



JAHRESBERICHT

2014
2015

JAHRESBERICHT 2014 2015



Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien und Systeme IKTS
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-7700
Fax +49 351 2553-7600

Institutsteil Hermsdorf
Michael-Faraday-Straße 1, 07629 Hermsdorf
Telefon +49 36601 9301-0
Fax +49 36601 9301-3921

Institutsteil Materialdiagnostik
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden-Klotzsche
Telefon +49 351 88815-501
Fax +49 351 88815-509

info@ikts.fraunhofer.de
www.ikts.fraunhofer.de

VORWORT



JAHRESBERICHT 2014/15

Liebe Partner und Freunde des IKTS,

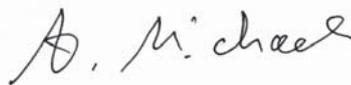
gerne legen wir Ihnen unseren neuen Jahresbericht vor und können erneut auf ein sehr erfolgreiches Jahr zurückblicken. An unseren drei Standorten haben wir bei einem Gesamthaushalt von jetzt über 54 Millionen € wieder eine sehr gute Drittmittel-Ertragsquote von 76 % erreicht, die sich zu je etwa 50 % aus Industrie- und öffentlichen Projekten zusammensetzt. Dieser Erfolg war nur durch die stabile und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit unseren Partnern aus der Forschung und vor allem der Industrie möglich, für die wir uns sehr bedanken. Danken möchten wir auch für die exzellente Unterstützung aus den verschiedenen Ministerien des Bundes und insbesondere der Freistaaten Sachsen und Thüringen. Nicht zuletzt durch diese Unterstützung konnten wir weiter in unsere Infrastruktur investieren und unsere Kernkompetenzen in voller Breite weiter ausbauen. Im laufenden Jahr möchten wir auf die Erweiterung der »Additiven Fertigung« als Technologieplattform und unseres Geschäftsfelds Bio- und Medizintechnik fokussieren.

Völlig neue Möglichkeiten und Perspektiven ergeben sich durch die Integration des IKTS-MD (Materialdiagnostik) in die IKTS Gesamtstruktur. Durch die Entwicklung neuer Prüfverfahren über die gesamte Wertschöpfungskette von der Materialdiagnostik bis zum in-line Produktionsmonitoring können wir unsere Kernkompetenzen und Angebote für die Industrie erheblich erweitern. Hierbei setzen wir auf ein ganzes Spektrum neuer Methoden aus den Bereichen der Optik (z. B. OCT: optical coherence tomography), Akustik (z. B. Hochfre-

quenz Phased-Array-Ultraschallanalytik), elektromagnetische Verfahren (z. B. Hochfrequenz-Wirbelstrom) und Röntgenverfahren (z. B. hochintegrierte Röntgenzeilendetektoren). Erhebliche Synergien ergeben sich auch in den Bereichen der Elektronik, Mikrosystemtechnik bis hin zu den »Smart Materials«. Durch die Integration der Elektronik- und Softwarekompetenz des IKTS-MD können wir unsere Systemkompetenz nun vervollständigen. Ein schönes Beispiel bildet unser über die Fraunhofer-Stiftung finanziertes »eneramic«-Projekt zur Entwicklung eines vollintegrierten 100 W-Brennstoffzellengerätes. Durch die Integration eigener Elektronik- und Softwarelösungen konnten wir die Systemkosten fast um den Faktor 2 senken und nun ein kommerzialisierbares Prototypengerät entwickeln. Um die Verflechtung der Standorte auch organisatorisch weitertreiben und damit die Synergien noch besser heben zu können, haben wir unsere Bereiche neu zugeschnitten und das IKTS-MD voll in unser Organigramm integriert. Durch diese Maßnahmen hoffen wir auch, die immer noch erheblichen betriebswirtschaftlichen Herausforderungen am IKTS-MD noch besser zu meistern.

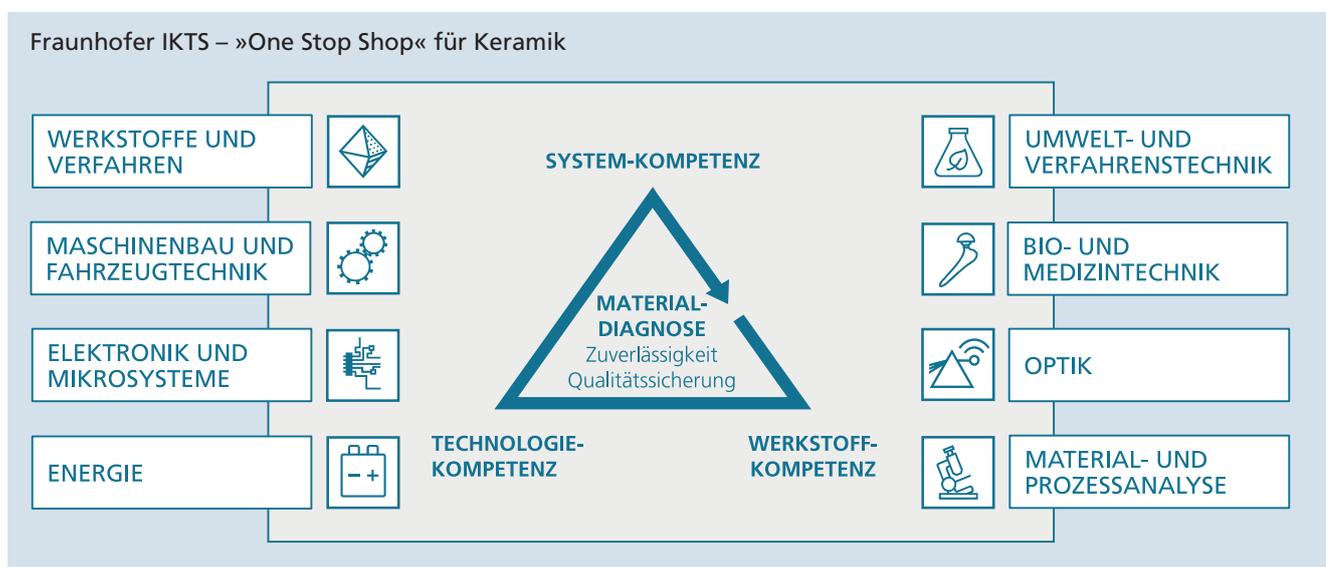
Weitere Highlights und Entwicklungstrends aus unseren Geschäftsfeldern haben wir im Bericht zusammengestellt. Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Durchblättern und hoffe auf zahlreiche neue Projektideen, die wir gerne mit Ihnen jederzeit diskutieren möchten. Wie immer besteht mein Angebot, von unserer ausgezeichneten Ausstattung und unserem hervorragenden IKTS-Team Gebrauch zu machen. Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit.

Ihr,



Alexander Michaelis

Mai 2015

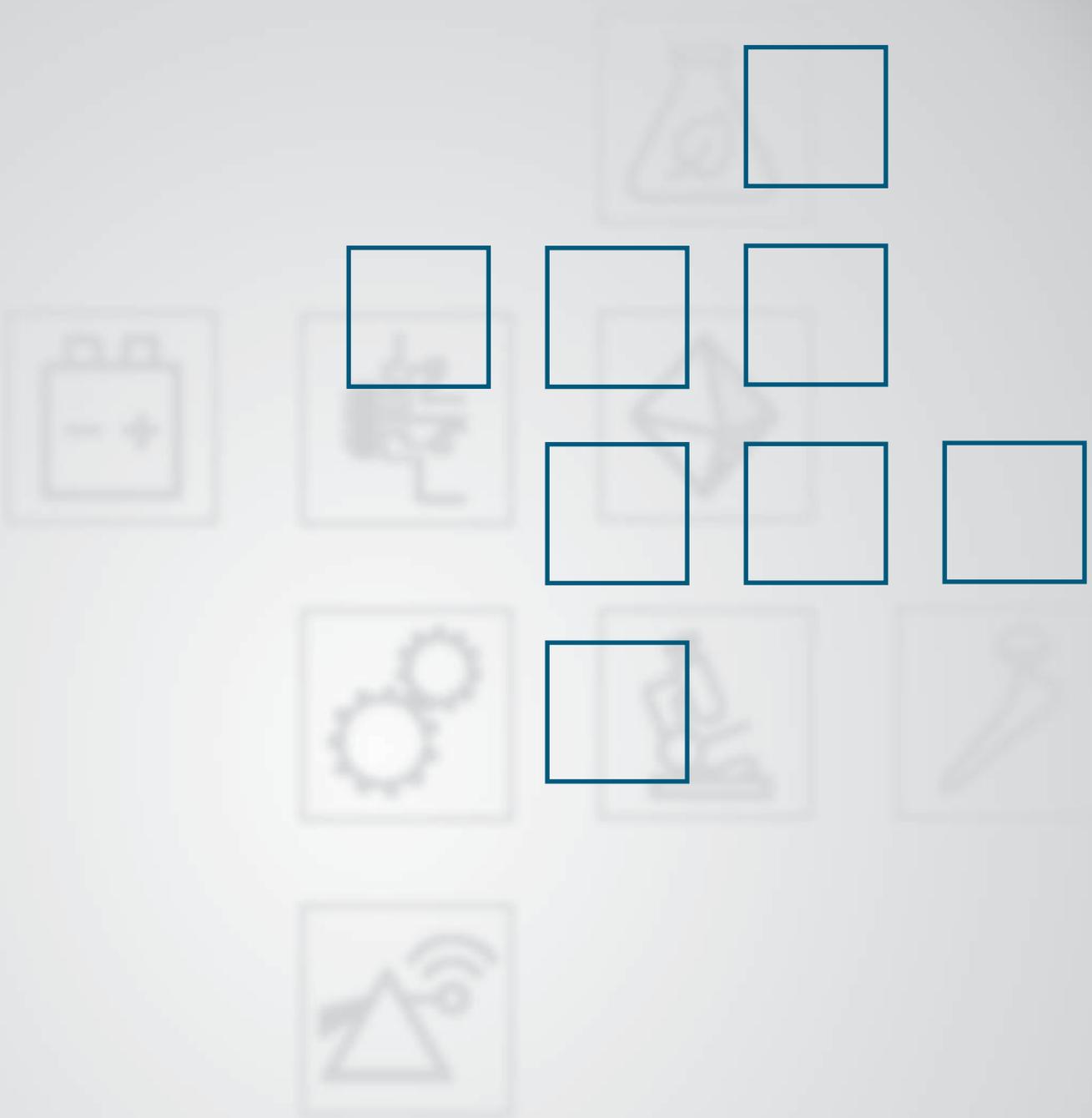


INHALT

JAHRESBERICHT 2014/15

2	Vorwort
4	Inhalt
5	Das Fraunhofer IKTS im Profil
6	Kurzporträt
8	Kernkompetenzen
10	Das Fraunhofer IKTS in Zahlen
12	Organigramm
14	Kuratorium
15	Die Fraunhofer-Gesellschaft
16	Retrospektive
16	Veranstaltungen und Highlights
22	Wissenschaft trifft Markt – Messerückblick
26	Aus der Forschungsarbeit der Fraunhofer IKTS-Geschäftsfelder
	26 Werkstoffe und Verfahren
	40 Maschinenbau und Fahrzeugtechnik
	50 Elektronik und Mikrosysteme
	58 Energie
	70 Umwelt- und Verfahrenstechnik
	80 Bio- und Medizintechnik
	88 Optik
	94 Material- und Prozessanalyse
102	Kooperationsausbau in Verbänden, Allianzen und Netzwerken
130	Namen, Daten, Ereignisse
134	Veranstaltungen und Messen – Ausblick
136	Anfahrt zum Fraunhofer IKTS

DAS FRAUNHOFER IKTS IM PROFIL



KURZPORTRÄT

DAS FRAUNHOFER IKTS IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS deckt das Feld der Technischen Keramik von der grundlagenorientierten Vorlauftforschung bis zur Anwendung in seiner ganzen Breite ab. Hierzu stehen an den Standorten Dresden-Gruna, Dresden-Klotzsche und Hermsdorf sowie in mehreren Außenstellen hervorragend ausgerüstete Labors und Technika auf mehr als 30 000 m² Nutzfläche zur Verfügung.

Ausgehend von einem umfassenden Werkstoffwissen über keramische Hochleistungswerkstoffe erstrecken sich die Entwicklungsarbeiten über die gesamte Wertschöpfungskette bis hin zur Prototypenfertigung. Das Fraunhofer IKTS bildet einen Dreiklang aus Werkstoff-, Technologie- und Systemkompetenz, der durch eine umfangreiche Materialdiagnose auf höchstem Niveau ergänzt wird. Chemiker, Physiker, Werkstoffwissenschaftler und Ingenieure arbeiten im IKTS interdisziplinär zusammen. Alle Arbeiten werden durch erfahrene Techniker begleitet.

Die Hersteller und vor allem die bestehenden und potenziellen Anwender von Keramik stehen als Projektpartner und Kunden im Fokus. Das Fraunhofer IKTS arbeitet in acht marktorientierten Geschäftsfeldern, um keramische Technologien und Komponenten für neue Branchen, neue Produktideen und neue Märkte jenseits der klassischen Einsatzgebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören die klassischen Werkstoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Mikrosysteme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medizintechnik, Optik sowie die Material- und Prozessanalyse. Das Institut bietet sich damit als kompetenter Ansprechpartner und erster Anlaufpunkt für alle keramikbezogenen Problemstellungen an – ein echter »One Stop Shop« für die Keramik.

Als unikale Kompetenzen können wir hierbei bieten:

Durchgehende Fertigungslinien vom Werkstoff zum Prototypen

In allen keramischen Stoffklassen stehen uns sämtliche Standardverfahren der Masseaufbereitung, Formgebung, Wärmebehandlung und Finishbearbeitung zur Verfügung. Wo es sinnvoll ist, kann selbst die Phasensynthese am Institut erfolgen. In der Funktionskeramik besteht eine besondere Kernkompetenz in der Pasten- und Folientechnologie. Mehrere Reinräume und kontaminationsarme Fertigungsbereiche werden bereitgehalten, unter anderem für die Technologielinien der Vielschichtkeramik und der hochreinen Oxidkeramik.

Multiskalenentwicklung

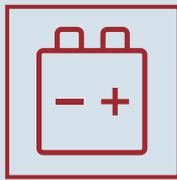
Das Fraunhofer IKTS kann Entwicklungen vom Labor- in den Technikumsmaßstab übertragen. Für alle relevanten Technologielinien stehen industrietaugliche Ausrüstungen und Maschinen aktueller Bauart zur Verfügung, um für Partner und Kunden die für den Markteinstieg notwendigen Prototypen und Vorserien zu realisieren, industrielle Fertigungslinien zu entwickeln und Qualitätsprozesse zu implementieren. Somit können Remanenzkostenrisiken und Time-to-Market minimiert werden.

Synergien zwischen den Werkstoffen und Technologien

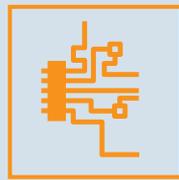
Die Kombination der unterschiedlichen Technologieplattformen, wie zum Beispiel der Funktions- und Strukturkeramik, erlaubt multifunktionale Bauteile und Systeme, die geschickt Eigenschaften der Keramik ausnutzen. Dies ermöglicht die Herstellung innovativer Produkte mit deutlichem Mehrwert und niedrigen Kosten.

Kompetente Analytik und Qualitätsbewertung

Gerade in keramischen Produktionsprozessen ist eine leistungsfähige Analytik und Qualitätskontrolle von Beginn an ein entscheidender Faktor für die Marktakzeptanz der Produkte. Da wir sowohl Werkstoffe als auch keramische Her-



Energie



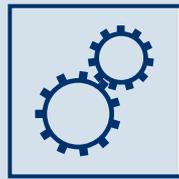
Elektronik und
Mikrosysteme



Umwelt- und
Verfahrenstechnik



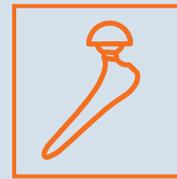
Werkstoffe und
Verfahren



Maschinenbau und
Fahrzeugtechnik



Material- und
Prozessanalyse



Bio- und
Medizintechnik



Optik

stellprozesse auf einer fundamentalen Ebene verstehen, gleichzeitig jedoch auch den Entwurf und die Integration komplexer physikalischer Prüfsysteme beherrschen, können wir unseren Kunden einzigartige Lösungen für Werkstofffragen in Produktion und Qualitätsüberwachung bieten.

Netzwerkbildner

In unseren laufenden Projekten sind wir aktuell mit über 450 nationalen und internationalen Partnern verbunden. Zudem ist das Fraunhofer IKTS in zahlreichen Allianzen und Netzwerken aktiv. Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft sind wir beispielsweise im Fraunhofer-Verbund Werkstoffe und Bauteile – MATERIALS tätig. Darüber hinaus stellt das Fraunhofer IKTS den Sprecher der Fraunhofer-Allianz AdvanCer, die aus vier besonders auf die Keramik spezialisierten Instituten besteht. Wir sind in der Lage, den Aufbau von Netzwerken, die für eine erfolgreiche Produktentwicklung notwendig sind, zu unterstützen und auch über unsere eigenen Möglichkeiten hinausgehende Kompetenzen zu vermitteln oder zu integrieren. Unsere Arbeiten an der Forschungsfront basieren auf einem langjährigen Erfahrungs- und Wissensschatz, der auf die Interessen unserer Partner ausgerichtet ist.

Standortübergreifendes Management zur nachhaltigen Qualitätssicherung

Qualität, Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Nachhaltigkeit gehören für uns zu den wichtigsten Instrumenten zur Differenzierung im Wettbewerb. Das IKTS verfügt daher über ein einheitliches Managementsystem nach DIN EN ISO 9001 sowie über ein Umweltmanagementsystem nach DIN EN ISO 14001. Darüber hinaus wird das Institut in seinen Teilbereichen nach weiteren Richtlinien zertifiziert, unter anderem nach dem Medizinproduktegesetz und wird regelmäßig verschiedenen industriellen Audits unterzogen.

KERNKOMPETENZEN

WERKSTOFFE UND HALBZEUGE

STRUKTURKERAMIK

- Oxidkeramik
- Nichtoxidkeramik
- Hartmetalle und Cermets
- Pulver und Suspensionen
- Polymerkeramik
- Faserkomposite
- Verbundwerkstoffe
- Schaumkeramik

FUNKTIONSKERAMIK

- Isolatoren
- Dielektrika
- Halbleiter
- Ionenleiter
- Magnete
- Pasten und Folien
- Lote und Glasdichtungen
- Precursorbasierte und Nanotinten
- Komposite

UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK

- Substrate**
 - Granulate
 - Platten
 - Rohre
 - Kapillaren
 - Hohlfasern
 - Waben
 - Schäume
- Membranen und Filter**
 - Oxide, Nichtoxide
 - Zeolithe, Kohlenstoff
 - MOF, ZIF, Komposite
 - Ionenleiter, Mischleiter
- Katalysatoren**
 - Oxide
 - Metalle, CNT

ROHSTOFF-, PROZESSANALYSE UND MATERIALDIAGNOSE

- Rohstoffanalyse und Bewertung**
 - Analyse von Partikeln, Suspensionen und Granulaten
 - Chemische Analyse
- Prozessbegleitende Charakterisierung in der keramischen Technologie**
 - Charakterisierung
 - Prozess-Simulation und Auslegung
 - Qualitätsmanagement
- Untersuchte Werkstoffe**
 - Stahl, NE-Metalle
 - Keramik, Beton
 - Werkstoffe der Halbleiterindustrie
 - Kunststoffe, Verbundwerkstoffe (GFK und CFK)
 - Biomaterialien und -gewebe

Prozessauslegung, Prozessüberwachung,

TECHNOLOGIE

KOMPONENTEN UND SYSTEME

Pulvertechnologie

Formgebung

Wärmebehandlung
und Sintern

Finishbearbeitung

Precursortechnologie

Fasertechnologie

Additive Fertigung

Pilotfertigung
und Scale up

Beschichtungs-
technologie

Fügetechnologie

Dickschicht- technologie

Multilayer
- HTCC, LTCC

Aerosol- und Inkjet-
Printing

Dünnschicht- technologie

Electrochemical
Machining

Galvanik

Stofftrennung

- Filtration
- Pervaporation
- Dämpferpermeation
- Gastrennung
- Membranextraktion

Katalyse

Biomasse- Technologie

- Aufbereitung
- Konversion

Photokatalyse

Chemische Verfahrenstechnik

Bauteilauslegung

Prototypen-
fertigung

Verschleiß-
komponenten

Werkzeuge

Optische
Komponenten

Heizsysteme

Medizintechnik und
Implantate

Filter

Systemdefinition und Anlagenentwicklung

Modellierung und
Simulation

Konstruktion und
Prototypenbau

Validierung/
CE-Kennzeichnung

Prüfstandsbau

Begleitung Feldtests

Muster und Prototypen

- Membranen, Filter
- Membranmodule
- Membrananlagen

Filtrationsversuche

- Labor, Technikum, Feld
- Pilotierung

Modellierung und Simulation

- Stofftransport
- Wärmetransport
- Reaktion

Reaktorentwicklung

Anlagenauslegung

Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung

- Gefüge und Phasen
- Mechanische und physikalische Eigenschaften
- Hochtemperatur-Eigenschaften
- Korrosion

Bauteil- und Systemverhalten

- Schadensanalyse
- Versagensmechanismen
- Messung und Simulation Bauteilverhalten
- Prüfung nach zertifizierten Normen und Prüfungen außerhalb des Normenbereichs

Technologien

- Mikro- und Nanoanalytik
- Ultraschall
- HF-Wirbelstrom
- Optische Methoden
- Röntgenverfahren

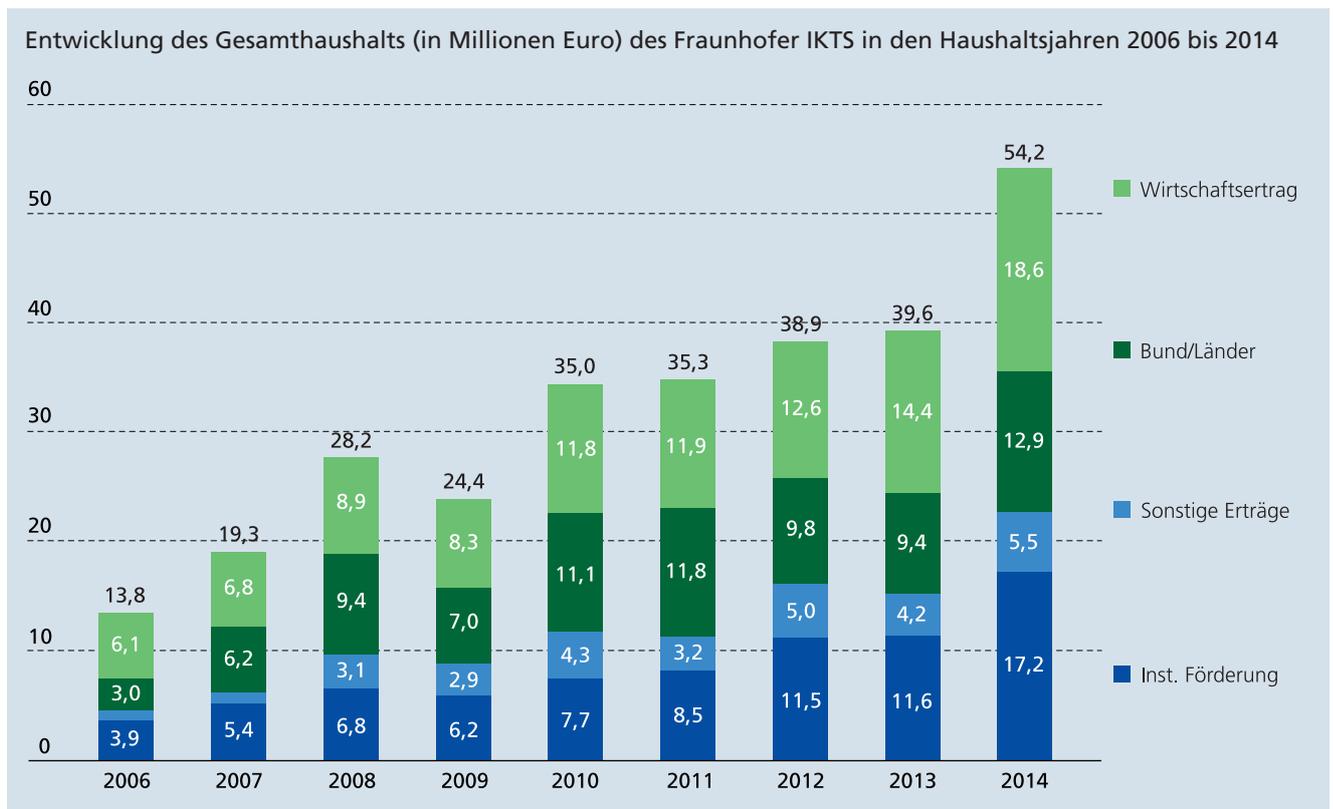
Komponenten, Systeme und Services

- Sensoren und Sensornetzwerke
- Prüfköpfe und Prüfsysteme
- Structural Health Monitoring
- Datenanalyse und Simulation
- Biomedizinische Sensorsysteme
- Prüfung nach zertifizierten Normen und Prüfungen außerhalb des Normenbereichs

Bauteilverhalten, Zuverlässigkeitsanalyse, Lebensdauer- und Qualitätsmanagement, Kalibrierung

DAS FRAUNHOFER IKTS IN ZAHLEN

DAS FRAUNHOFER IKTS IM PROFIL



Haushalt und Erträge

Der Gesamthaushalt des Fraunhofer IKTS ist sowohl durch organisches Wachstum in den Kostenstellen als auch durch die Integration des früheren Fraunhofer IZFP Dresden um 14,7 Millionen Euro auf 54,2 Millionen Euro angewachsen.

Das Volumen teilte sich mit 50,1 Millionen Euro auf den Betriebshaushalt (BHH) und 4,1 Millionen Euro auf den Investitionshaushalt auf. Die größten Summen entfielen mit 26,3 Millionen Euro BHH und 2,9 Millionen Euro Investitionshaushalt auf den Institutsteil Dresden in der Winterbergstrasse. Mit 13 Millionen Euro BHH und 1,1 Millionen Euro Investitionsvolumen war das IKTS-MD (Materialdiagnostik) im ersten gemeinsamen Haushaltsjahr noch deutlich überproportional

zu seinem Ertragsanteil an den Kosten beteiligt. Entsprechende Maßnahmen wurden hier eingeleitet. Bei eigenständig betrachtetem, ausgeglichenem Haushalt trug der Institutsteil Hermsdorf mit 10,8 Millionen Euro am BHH und mit 0,1 Millionen Euro am Investitionshaushalt bei. Weitere erhebliche Mittel für die Geräteausstattung in Hermsdorf sind im Rahmen der hier nicht enthaltenen Neubaumaßnahme und des Batterietechnikums zur Verfügung gestellt worden.

Personalentwicklung

Mit einem Wachstum um 138 Vollstellen erreichte die Personalstärke in allen Bereichen ein neues Rekordmaß. Insgesamt verstärkten 64 weitere wissenschaftliche Mitarbeiter das Team



des Fraunhofer IKTS. Zusätzlich arbeiten derzeit 20 Wissenschaftler als Doktoranden an der Fertigstellung ihrer Promotion. Damit erreichte der Wissenschaftleranteil mit 40 % wieder das Niveau vor der Integration des Institutsteils Hermsdorf. Ein wichtiger Schwerpunkt wurde mit 19 Auszubildenden in technischen und Verwaltungsberufen gesetzt.

Erweiterung der Forschungsbasis

Die Stärkung des Forschungsfelds Materialdiagnostik durch die Integration ist eine einmalige Chance für die Keramikforschung und für die mit dem IKTS verbundenen Industriepartner. Der Zugriff auf die Systemexperten wurde durch Integrationsprojekte vorbereitet. Das Jahr 2014 stand damit unter der Prämisse der Qualifizierung des Personals und der Ausrüstung. Weitere Anstrengungen sind hier erforderlich, da die spezifischen Werkstoffeigenschaften bisher nicht ausreichend mit den bisherigen Verfahren analysiert werden können. Neue Verfahren und ihre Einsatzbereiche sowie die Automatisierung von Prüfungen in der keramischen Fertigung waren Schwerpunkte 2014 und werden 2015 im Kontext Industrie 4.0 weiter ausgebaut.

Entwicklung des Personalbestands des Fraunhofer IKTS
Mitarbeiterzahl 2009 bis 2014, Vollstellenäquivalente Personalstruktur zum 31.12. des jeweiligen Jahres



■ Azubis	9	15	13	16	14	19
■ Studentische Hilfskräfte, Praktikanten, Diplomanden	45	43	40	27	28	44
■ Mitarbeiter mit Zeit- und Werksverträgen sowie Nebentätigkeit	2	6	6	5	8	16
■ Doktoranden	13	13	14	15	19	20
■ Graduierte und technische Mitarbeiter	106	187	211	221	223	267
■ Wissenschaftliche Mitarbeiter	101	137	147	154	150	214
=	276	401	431	438	442	580

■ Azubis ■ Studentische Hilfskräfte, Praktikanten, Diplomanden
 ■ Mitarbeiter mit Zeit- und Werksverträgen sowie Nebentätigkeit
 ■ Doktoranden ■ Graduierte und technische Mitarbeiter
 ■ Wissenschaftliche Mitarbeiter

1 Die Institutsleitung des IKTS, v.l.n.r.:
 Prof. Michael Stelter, Dr. Christian Wunderlich,
 Prof. Alexander Michaelis, Dr. Michael Zins,
 Dr. Ingolf Voigt.

ORGANIGRAMM FRAUNHOFER IKTS

DAS FRAUNHOFER IKTS IM PROFIL

Institutsleiter

Prof. Dr. habil. Alexander Michaelis

Stellvertretender Institutsleiter / Verwaltungsleiter

Dr. Michael Zins

Stellvertretender Institutsleiter / Marketing und Strategie

Prof. Dr. Michael Stelter, Dr. Bärbel Voigtsberger

Stellvertretender Institutsleiter

Dr. Ingolf Voigt

Stellvertretender Institutsleiter

Dr. Christian Wunderlich

Werkstoffe

Nichtoxidkeramik

Dipl.-Krist. Jörg Adler

Nitridkeramik und elektrisch funktionelle

Strukturkeramik

Carbidkeramik und Filterkeramik

Oxidkeramik

Dr. Isabel Kinski

Werkstoffsynthese und Werkstoffentwicklung

Pilotfertigung hochreine Keramik

Oxid- und polymerkeramische Komponenten

Verfahren und Bauteile

Dr. Hagen Klemm

Pulvertechnologie

Formgebung

Bauteilentwicklung

Finishbearbeitung

Verfahrenstechnik und Silikatkeramik

Sintern und Charakterisierung / Zerstörungsfreie Prüftechnik

Dr. habil. Mathias Herrmann

Thermische Analyse und Thermophysik*

Wärmebehandlung

Keramografie und Phasenanalyse

Umwelt- und Verfahrenstechnik

Nanoporöse Membranen

Dr. Hannes Richter

Zeolithmembranen und Nanokomposite

Kohlenstoffbasierte Membranen

Membranzustände

Hochtemperaturseparation und Katalyse

Dr. Ralf Kriegel

Hochtemperaturmembranen und -speicher

Hochtemperaturseparation

Katalyse und Materialsynthese

Biomassetechnologien und Membranverfahrenstechnik

Dr. Burkhardt Faßauer

Biomassekonversion und Wassertechnologie

Mischprozesse und Reaktoroptimierung

Membranverfahrenstechnik und Modellierung

Technische Elektrolyse und Geothermie

Chemische Verfahrenstechnik und Elektrochemie

Dr. Matthias Jahn

Modellierung und Simulation

Systemverfahrenstechnik

Elektrochemie

Technische Universität Dresden

ifWW – Anorganisch-Nichtmetallische Werkstoffe
IAVT – Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik
DCN – Dresden Center for Nanoanalysis

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Technische Umweltchemie

Prof. Dr. habil. Alexander Michaelis
Prof. Dr. habil. Norbert Meyendorf
Prof. Dr. habil. Ehrenfried Zschech

Prof. Dr. Michael Stelter

Pulver- und Suspensionscharakterisierung*
Labor für Qualität und Zuverlässigkeit*, Mechanisches Labor
Chemische und Strukturanalyse
Hartmetalle und Cermets
Akkreditiertes Prüfzentrum* * akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025

Elektronik und Mikrosystemtechnik

Intelligente Materialien und Systeme

Dr.-Ing. Holger Neubert

Multifunktionale Werkstoffe und Bauteile
Angew. Werkstoffmechanik und Festkörperwandler
Systeme für Zustandsüberwachung

Energiesysteme / Bio- und Medizintechnik

Werkstoffe und Komponenten

Dr. Mihails Kusnezoff

Fügetechnik und AVT
Hochtemperatur-Elektrochemie und Katalyse
Keramische Energiewandler
Werkstoffe MCFC

Systemintegration und Technologietransfer

Dr. Roland Weidl

Systemkonzepte
Validierung
Mobile Energiespeicher
Stationäre Energiespeicher
Dünnschicht-Technologien

Bio- und Nanotechnologie

Dr. Jörg Opitz

Bionanosensorik
Akustische Diagnostik
Optische Kohärenztomografie
Bio-Nanotechnologie-Anwendungslabor

Hybride Mikrosysteme

Dr. Uwe Partsch

Dickschichttechnik und Photovoltaik
Mikrosysteme, LTCC und HTCC
Funktionswerkstoffe für hybride Mikrosysteme
Systemintegration und AVT
Energietechnik-Labore HOT
Keramische Folien

Elektronikprüfung und Optische Verfahren

Dr. Mike Röllig

Optische Prüfverfahren und Nanosensorik
Speckle-basierte Verfahren
Zuverlässigkeit von elektronischen Mikrosystemen

Prüf- und Analysesysteme

Jun.-Prof. Henning Heuer

Elektronik für Prüfsysteme
Software für Prüfsysteme
Wirbelstromverfahren
Ultraschallsensoren und -verfahren

Mikroelektronik und Nanoanalytik

Prof. Dr. habil. Ehrenfried Zschech

Mikro- und Nanoanalytik
Materialien und Zuverlässigkeit für die Mikroelektronik

Projektgruppe Berlin

Prof. Dr. habil. Norbert Meyendorf

KURATORIUM

DAS FRAUNHOFER IKTS IM PROFIL

Durch den Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft sind folgende Personen in das Kuratorium des Fraunhofer IKTS berufen:

Dipl.-Ing. R. Fetter

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft
Abteilung 5, Referat 54

Dr. habil. M. Gude

Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
Leiter der Abteilung Energie und Klima

Dr. P. Heilmann

arxes Information Design Berlin GmbH
Geschäftsführer

A. Heller

Landrat des Saale-Holzland-Kreises

Prof. Dr. C. Kaps

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Bauchemie

Dr. W. Köck

PLANSEE SE, Reutte
Geschäftsführender Direktor

A. Krey

Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG), Erfurt
Geschäftsführer

Dr. R. Lenk

CeramTec GmbH, Plochingen
Leiter Service Center Entwicklung

Dr. C. Lesniak

ESK Ceramics GmbH & Co. KG, Kempten
Vice President Technology and Innovation

Dr. H.-H. Matthias

Tridelta GmbH, Hermsdorf
Geschäftsführer

Dr. R. Metzler

Rauschert GmbH, Judenbach-Heinersdorf
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. P. G. Nothnagel

Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH, Dresden
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. M. Philipps

Endress+Hauser GmbH & Co. KG, Maulburg
Bereichsleiter Sensorik

Dr.-Ing. W. Rossner

Siemens AG, München
Leiter Zentralabteilung Technik, Keramik

Dr. K. R. Sprung

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen
»Otto von Guericke« e.V., Berlin
Geschäftsführer

Dr. K.-H. Stegemann

X-FAB Dresden GmbH & Co. KG
Manager Business Development

Dr. D. Stenkamp

TÜV Nord AG, Hannover
Vorstandsmitglied

MR C. Zimmer-Conrad

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
Referatsleiter Technologiepolitik und Technologieförderung

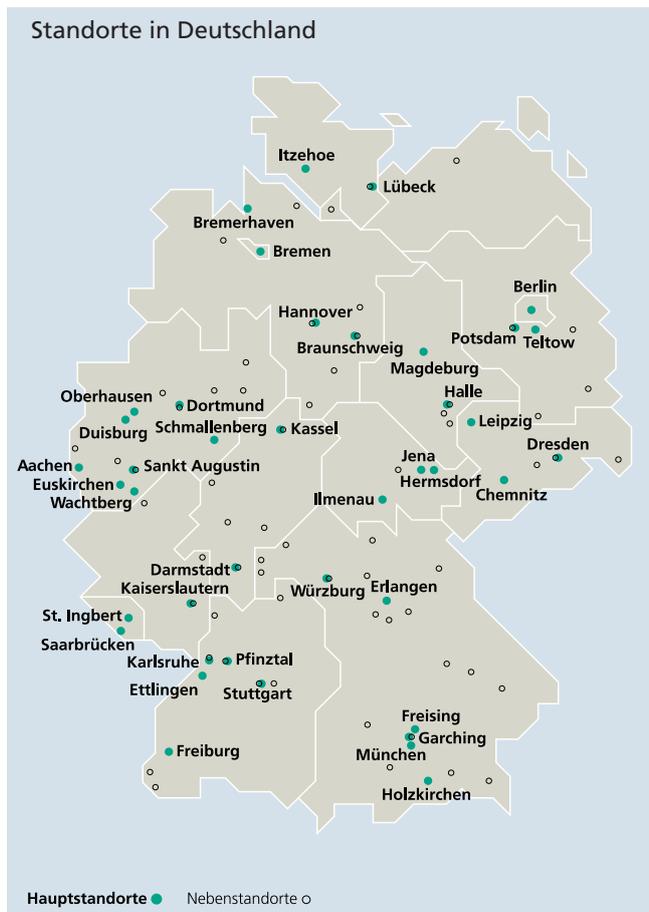
DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und Forschungseinrichtungen. Knapp 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2 Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,7 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.



Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

VERANSTALTUNGEN UND HIGHLIGHTS

RETROSPEKTIVE





RETROSPEKTIVE

22. März 2014

Tag des Wassers – Ausstellung und Mitmachexperimente auf Schloss Wackerbarth

Wasser ist Leben. Es ist der Hauptbestandteil des Menschen. Am 22. und 23. März 2014 drehte sich auf Schloss Wackerbarth alles um das Thema »Wasser und Energie«. Neben zahlreichen Forschungseinrichtungen präsentierte sich auch das IKTS mit Exponaten, Vorträgen und Experimenten und beantwortete so die Fragen der zahlreichen Besucher praxisnah und aktuell.

Auch kleine Besucher kamen auf Ihre Kosten, z. B. in der Aqualino Bastelwerkstatt oder im Hochwasserschutzfahrzeug der Feuerwehr. Wasser in seiner schönsten Form repräsentierte die begleitende Wasser-Fotografie-Ausstellung von Dr. Gabriele Neugebauer im Schloss.

28. März 2014

Südkoreanische Staatspräsidentin zu Besuch im Fraunhofer IKTS

Die Staatspräsidentin der Republik Korea, Park Geun-hye, besuchte im Rahmen ihres offiziellen Staatsbesuchs das IKTS in Dresden. Fraunhofer-Präsident Professor Reimund Neugebauer und Professor Alexander Michaelis, Leiter des Fraunhofer IKTS, trafen sich mit dem hohen Gast zu einem kurzen Austausch und führten die Präsidentin durch das IKTS. Park Geun-hye wurde von einer Delegation aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft sowie von Pressevertretern aus Korea begleitet. Auf deutscher Seite waren unter anderem der Ministerpräsident des Freistaats Sachsen, Stanislaw Tillich, anwesend sowie die sächsische Wissenschaftsministerin Professor Sabine Freifrau von Schorlemer und der Erste Bürgermeister der Stadt Dresden Dirk Hilbert.

Gegenstand des Treffens war die Verbesserung des Rahmens für Kooperationen. Dazu unterzeichneten die Präsidenten von Fraunhofer und dem südkoreanischen Forschungsinstitut ETRI eine Absichtserklärung zur Kooperation. ETRI gilt als bestes öffentliches Forschungsinstitut für Informations- und Kommunikationstechnik in Südkorea und wurde vom Patent Board der USA im Jahr 2011 auf Platz 1 gelistet. Die Gespräche mit der

Staatspräsidentin dienten auch dem Ziel, die Bedeutung dieser Kooperation auf höchster Ebene zu verankern, um damit künftig leichter Fördermittel einwerben zu können.

31. März 2014

Luftfahrt-Workshop in São Paulo

Die zerstörungsfreie Prüfung als Schlüsselement der Luft- und Raumfahrt war Thema der Tagung mit dem Titel »NDT in aviation«. Mehr als 30 Teilnehmer aus Wirtschaft und Forschung kamen im Centro de Convenções ABIMAQ zusammen, um sich zu aktuellen Entwicklungen und zukünftigen Herausforderungen auszutauschen. Das Fraunhofer IKTS leistete mit dieser Veranstaltung einen Beitrag zum Deutschlandjahr in Brasilien 2013/2014, einer Initiative des Auswärtigen Amtes mit dem Ziel der Intensivierung der strategischen Beziehungen beider Länder.

24. April 2014

Fraunhofer IKTS und Mayur REnergy Solutions Inc. (MRE) unterzeichnen Absichtserklärung zur Gründung eines Joint Ventures

Mit der Gründung eines Joint Ventures zur Entwicklung und Distribution kostengünstiger Brennstoffzellengeräte werden künftig effiziente und umweltfreundliche Systeme bereitge-

1 Koreanische Staatspräsidentin

Park Geun-hye zu Besuch am

Fraunhofer IKTS, v.l.n.r.

Staatspräsidentin Park Geun-hye,

Prof. Alexander Michaelis,

Prof. Reimund Neugebauer,

Prof. Sabine Freifrau von Schorlemer,

Ministerpräsident Stanislaw Tillich.

2 Rundgang durch den Showroom des

IKTS während des koreanischen Staats-

besuchs.

3 Ausstellungseröffnung im Schloss

Wackerbarth anlässlich des Tag des

Wassers.



RETROSPEKTIVE

stellt, mit denen die angespannte Stromsituation in Indien und anderen Entwicklungsländern nachhaltig gelöst werden kann. Die Vereinbarung zur Gründung dieses erfolgversprechenden Joint Ventures wurde im Rahmen einer Unternehmerreise des damaligen Ministers für Wirtschaft, Arbeit und Technologie des Freistaats Thüringen Uwe Höhn getroffen.

7. Mai 2014

Einweihung Fraunhofer-Forschungsneubau in Hermsdorf

Zwei Jahre nach der Grundsteinlegung wurde im Beisein des damaligen thüringischen Wissenschaftsministers Christoph Matschie sowie weiteren 150 Teilnehmern aus Politik, Wirtschaft und Forschung der dreistöckige Erweiterungsbau des Fraunhofer IKTS am Standort Hermsdorf feierlich eingeweiht. Die geschaffenen Kapazitäten ermöglichen den Ausbau der industrienahen Forschung im umwelttechnologischen Bereich und versprechen die Erschließung neuer Anwendungen der Hochleistungskeramik. Die strategischen Forschungsschwerpunkte konzentrieren sich auf die Leitmärkte Kreislauf- und nachhaltige Wasserwirtschaft, Rohstoffeffizienz sowie umweltfreundliche Energien und Energiespeicherung.

Mit der Errichtung neuer Labor-, Büro- und Technologieflächen auf 2 775 m² baut das Fraunhofer IKTS damit die verfahrenstechnischen Grundlagen zum Scale-up weiter aus. Von hier leistet das Institut national und international einen wesentlichen Beitrag zur Förderung, Entwicklung und zum Ausbau energie- und umweltfreundlicher Lösungen.

Für den Bau und neue wissenschaftliche Ausrüstungen stellte die Europäische Union 13,5 Millionen Euro aus dem »Operationellen Programm Thüringen 2007–2013« bereit. Weitere 4,5 Millionen Euro stammen zu jeweils gleichen Teilen aus Mitteln des Freistaats Thüringen und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Für das lokale industrielle Netzwerk spielen die Neuentwicklungen des Fraunhofer IKTS eine bedeutsame Rolle.

20.–21. Mai 2014

Workshop »Additive Fertigung von keramischen Werkstoffen«

Die additive, generative Fertigung ist für Kunststoffe und Metalle ein industriell etablierter Prozess. Auch für Keramiken gewinnen additive Fertigungsverfahren immer mehr an Bedeutung.

Der Workshop »Additive Fertigung von Keramik«, der im Namen der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung veranstaltet wurde, stellte aktuelle Forschungsaktivitäten und zukunfts-trächtige Anwendungen unterschiedlicher additiver Fertigungsverfahren für Keramikwerkstoffe vor. Knapp 80 Teilnehmer aus Industrie und Forschung machten die Veranstaltung zu einem großen Erfolg.

In der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung haben sich elf Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen, um die Entwicklung und Anwendung generativer Fertigungsverfahren voranzutreiben. Sie bilden zusammen die gesamte Technologiekette und Werkstoffvielfalt der additiven, generativen Fertigung ab.

5.–6. Juni 2014

Industrietag »Elektrisch-leitfähige Keramiken«

Die hohe Wirtschaftlichkeit und Effizienz elektrischer Heizelemente, keramischer Sensoren oder Elektroden generiert Wettbewerbsvorteile im Anlagen- und Maschinenbau, bei der Energieerzeugung, bei chemischen Technologien und in der Umwelt- und Verfahrenstechnik.

Der Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« widmete sich aktuellen Entwicklungen des Fraunhofer IKTS aus den Bereichen keramische Leiter, Bauteilfertigung und Verarbeitung der elektrisch leitenden Keramiken sowie der Simulation des Betriebsverhaltens keramischer Komponenten. Der Einladung folgten 50 Teilnehmer aus Industrie und Forschung. Abgerundet wurde die gelungene Veranstaltung durch eine begleitende Industrieausstellung über kommerziell verfügbare Keramikprodukte für elektrische Anwendungen.



RETROSPEKTIVE

4. Juli 2014

Lange Nacht der Wissenschaften

Bereits zum 12. Mal veranstaltete das Netzwerk »Dresden–Stadt der Wissenschaften« die Lange Nacht der Wissenschaften. Auf dem Gelände des Fraunhofer-Institutszentrums konnten die rund 1500 Besucher aktuelle Forschungshighlights, spannende Experimente und Vorträge rund um Fragen zu Energie, Umwelt, Gesundheit, Nanotechnologie und spezialisierten Werkstoffen in den vier Fraunhofer-Instituten erleben.

Im Fraunhofer IKTS wurden diesmal neuste Produktentwicklungen und Experimente aller drei Standorte präsentiert. Kinder und forschungsinteressierte Jugendliche konnten beispielsweise ihre Fingerabdrücke elektrochemisch sichtbar machen und mit hochempfindlicher Messtechnik Kornkäfern beim Kauen zuhören. Eine gläserne Kläranlage veranschaulichte die Reinigung von Abwässern mittels Mikroorganismen. Darüber hinaus konnten die Besucher sich über die Funktionsweise des Spritzgießens von Keramik informieren und lernen, wie aus Stroh Energie erzeugt werden kann.

8. August 2014

Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel besucht CEEC in Jena

»Die Energieforschung ist ein wichtiger strategischer Schlüssel für die Energiewende. Dies gilt insbesondere für systemorientierte Forschungsprojekte wie die Entwicklung neuer Speichertechnologien«, sagte Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel bei seinem Besuch im Zentrum für Energie und Umweltchemie CEEC in Jena. Natrium-Nickel-Chlorid-Batterien sind aus ökonomischer und ökologischer Sicht hervorragend für die stationäre Energiespeicherung geeignet. Kernkomponente dieser Batterien ist ein keramischer Elektrolyt aus β -Aluminiumoxid, der am Fraunhofer IKTS mit besonderem Augenmerk auf Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren und Qualitätssicherung entwickelt wird.

September 2014

Gründung eines Bio-Nano-Anwendungslabors

Das Fraunhofer IZI und das Fraunhofer IKTS haben mit Unterstützung des Freistaats Sachsen ein gemeinsames Anwendungslabor zur Forschung im Bereich Bio-Nanotechnologie in Leipzig gegründet.

Das Fraunhofer IKTS verfügt mit seinem Institutsteil Materialdiagnostik IKTS-MD über umfangreiches Know-how in den Bereichen der angewandten Mikroelektronik, Sensorsysteme, Nanoanalytik und Werkstoffcharakterisierung. Dieses wird nun mit den biologischen Kompetenzen des Leipziger Fraunhofer IZI, insbesondere im Bereich der Zell- und Molekularbiologie, verbunden. Ziel ist die Entwicklung von innovativen, minimal invasiven Analysetechniken und Sensorkonzepten sowie die Optimierung der Prozess- und Qualitätskontrollen in der Biotechnologie.

1 Unterzeichnung eines Termsheets mit Mayur REnergy Solutions Inc. (MRE) in Pune, Indien, zur Gründung einer gemeinsamen CFY-Stack Firma (SOFC). v.l.n.r. Uwe Höhn, damaliger Ministers für Wirtschaft, Arbeit und Technologie des Freistaats Thüringen, Siddharth R., Mayur REnergy Solutions Inc. (MRE), Prof. Alexander Michaelis, Fraunhofer IKTS, Dr. Jadhav, Member of Planning Commission of National Advisory Council India.

2 Einweihung Fraunhofer-Forschungsneubau in Hermsdorf.

3 Lange Nacht der Wissenschaften im Fraunhofer IKTS.

4 Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel am IKTS-Stand während des Besuchs im CEEC Jena.



RETROSPEKTIVE

11. November 2014

OptoNet-Clustertreffen im Institutsteil Hermsdorf

Als noch junges Mitglied im OptoNet e.V., dem Verband der optischen Industrie in Thüringen, lud der Institutsteil Hermsdorf erstmalig zum Clustertreffen ein.

Ziel dieses fruchtbaren Treffens war es, den fachlichen Austausch zwischen den Mitgliedern des Clusters zu fördern und über die Kompetenzen und neusten Forschungsergebnisse des Fraunhofer IKTS auf dem Gebiet der Optik zu informieren und künftige Synergieeffekte zu generieren.

Begleitend zum Vortragsprogramm bot eine Führung durch die Labore und Technika den rund 50 Teilnehmern die Möglichkeit, vertiefende Einblicke in die praktische Forschungsarbeit des Fraunhofer IKTS zu erhalten.

4.–5. Dezember 2014

Symposium »Elektrochemische Methoden in der Batterieforschung. Gut gemacht. Aber richtig interpretiert?«

In diesem Jahr standen im Fokus der 2005 begonnenen Tagungsreihe elektrochemische und dazu komplementäre Untersuchungsverfahren für Werkstoffe, die in Energiespeichern Anwendung finden. Das Symposium schlug somit eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und anwendungsorientierten Arbeiten zum Verständnis der Mechanismen und des Werkstoffverhaltens elektrochemischer Speicher.

Die begleitende Industrieausstellung bot Geräteherstellern eine effiziente Kontaktplattform und Gelegenheit, sich über aktuelle Entwicklungen zu informieren.

Rund 80 Teilnehmer aus Industrie und Forschung folgten der Einladung ins Fraunhofer IKTS nach Dresden und machten die Veranstaltung zu einem großen Erfolg.

15. Januar 2015

Vision Keramik

Zum nunmehr neunten Mal lud das Fraunhofer IKTS im Rahmen der Symposiumsreihe »Vision Keramik« ein. In einem hochkarätigen Programm mit eingeladenen Vorträgen aus Industrie und Wissenschaft wurde auf neue Entwicklungen und Innovationen auf dem Gebiet der Hochleistungskeramik aufmerksam gemacht. Schwerpunkt bildete diesmal die struktur- und funktionskeramische Werkstoffentwicklung insbesondere im Bereich der Oxidkeramik und Smart Materials. Diese Themenfelder sind eine wesentliche Kernkompetenz des Fraunhofer IKTS und wurden seit Gründung des Instituts von Dr. Andreas Krell und Dr. Andreas Schönecker geprägt, die 2015 in den »Unruhestand« treten. Im Rahmen des Symposiums sprachen beide Abteilungsleiter über zukünftige Herausforderungen und Visionen auf Ihren angestammten Arbeitsgebieten.

20. Januar 2015

CIO-Campus zum Thema »Wasser und Wertstoffe«

Erstmals veranstaltete das Fraunhofer IKTS Hermsdorf in Zusammenarbeit mit der Cleantech Initiative Ostdeutschland (CIO) den CIO-Campus zum Thema »Wasser und Wertstoffe«.

Die mehr als 100 Teilnehmer aus Politik, Wirtschaft und Forschung erhielten einen Einblick in neueste Ansätze zur Schließung von Ressourcenkreisläufen, praktische Erfahrungen aus Unternehmensperspektive und Möglichkeiten zur Förderung ressourceneffizienter Technologien im eigenen Unternehmen.

Vertreter des Bundeswirtschaftsministeriums, des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft sowie des Umweltbundesamtes zeigten außerdem aktuelle politische Rahmenbedingungen und Chancen für Unternehmen im Cleantech-Sektor auf.



Preise

Coating-Experten mit »Betonwerksteinpreis in der Kategorie Innovation« ausgezeichnet

Die Bundesfachgruppe Betonwerkstein, Fertigteile, Terrazzo und Naturstein BF BFTN zeichnete im Rahmen der Internationalen Werksteintage 2014 Dr. Thomas Hoyer und Anett Heyer vom Fraunhofer IKTS für ihr außerordentliches Engagement und ihre revolutionierenden Ergebnisse in der deutschen Betonwerksteinbranche aus.

Entwickelt wurden zukunftsweisende Oberflächenvergütungen für Betonwerkstein und Naturstein, mit denen im Gegensatz zu herkömmlichen Beschichtungen Eigenschaften wie Verfestigung, Fleckresistenz, Rutsicherheit und Brillanz des Gesteins gleichermaßen erreicht werden können. Die Beschichtungen basieren auf der neuartigen Nanokomposit-Technologie.

Fraunhofer-Medaille für Dr. Andreas Schönecker

Im Rahmen der neunten »Vision Keramik« erhielt Dr. Andreas Schönecker die begehrte Fraunhofer-Medaille. Diese Auszeichnung wird an Personen verliehen, die sich um die Fraunhofer-Gesellschaft besonders verdient gemacht haben.

Seit 40 Jahren arbeitet Dr. Andreas Schönecker als promovierter Physiker auf dem Gebiet der angewandten Materialforschung. Unter seiner Leitung entwickelte sich die Abteilung »Funktionskeramik« des Zentralinstituts für Festkörperphysik und Werkstoffforschung der Akademie der Wissenschaften der DDR zu einer der tragenden Säulen des Fraunhofer IKTS. Zentrale Themenfelder seines wissenschaftlichen Fachgebiets sind die Synthese, Technologie- und Bauteilentwicklung sowie der Funktionsnachweis multifunktionaler Werkstoffe auf Basis di-, ferro- und piezoelektrischer Hochleistungskeramiken. Das Anwendungsspektrum dieser Werkstoffe ist breit und wurde in zahlreichen F&E Projekten aus der Industrie und von öffentlichen Auftraggebern bearbeitet. Forschungsschwerpunkte der letzten Jahre beinhalteten u. a. Entwicklungen zu Vielschichtkondensatoren, Filtern, Sensoren, Aktoren, Ultraschallwandlern und Generatoren.

Weltweit erster Energieeffizienz-Award für Wissenschaftler des Fraunhofer IKTS

Am 30. September 2014 wurde auf dem Cool Silicon Day 2014 zum ersten Mal der »Cool Award« vergeben. Damit prämiert das Spitzencluster Cool Silicon hervorragende Lösungen für energieeffiziente Informations- und Kommunikationstechnologien. Insgesamt sieben Einzelprojekte in drei Kategorien wurden ausgezeichnet.

In der Kategorie »wissenschaftliche Arbeiten« ging ein Preis an Uwe Lieske, André Dietrich, Dr. Lars Schubert und Bernd Frankenstein vom Fraunhofer IKTS für ihren Beitrag »Wireless System for Structural Health Monitoring Based on Lamb Waves«, der im Projekt CoolSensorNet entstanden ist. Die IKTS-Wissenschaftler Bernd Frankenstein und Dr. Andreas Schönecker gehören zu den Preisträgern in der Kategorie »Energieeffiziente Lösung«. Sie wurden, neben anderen, für den Beitrag »Strukturmonitoring mit funkvernetzten Sensoren« aus dem Projekt CoolMaintenance ausgezeichnet.

Der Award wird für im Cool Silicon-Forschungsverbund verwirklichte Projekte verliehen, die einen weltweit einzigartigen Beitrag zur ressourcenschonenden Effizienzsteigerung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) geleistet haben.

- 1 *Blick in den Vortragsraum während des Symposiums »Elektrochemische Methoden in der Batterieforschung. Gut gemacht. Aber richtig interpretiert?«.*
- 2 *Dr. Andreas Krell im fachlichen Austausch mit Teilnehmern der »Vision Keramik«.*
- 3 *Dr. Andreas Schönecker erhielt die Fraunhofer-Medaille von Prof. Alexander Michaelis während der »Vision Keramik«.*
- 4 *Uwe Lieske (l.) ist Preisträger des Cool Awards 2014 in der Kategorie »wissenschaftliche Arbeiten«.*

WISSENSCHAFT TRIFFT MARKT – MESSERÜCKBLICK 2014

RETROSPEKTIVE





RETROSPEKTIVE

Das Institut führte das breite Themen- und Applikationsspektrum mit zahlreichen Technologie- und Produktpremieren auf die Bühne vieler nationaler und internationaler Fachmessen und Ausstellungen. Der Ausbau des Forschungsportfolios um die Kompetenzen Werkstoffdiagnose und -prüfung erweiterte die Präsenz des IKTS.

Ausgewählte Höhepunkte

Mit dem »Pastemäleon« hielt zu Jahresbeginn unter dem Motto »Customized functional films« ein tierisches Sinnbild für größte Flexibilität Einzug in die Exponatregie. Anlässlich des inzwischen fünften Auftritts auf der internationalen Nanotechnologiemesse und -konferenz nano tech in Tokio wurde Partnern erstmals ein modernes, REACH- und RoHS-konformes Pastenportfolio vorgestellt, welches individuell an kundenspezifische Anforderungen angepasst wird. Im parallel angebotenen, gut besuchten Seminar lag der Fokus auf Dick-schichtpasten für den Einsatz auf Siliziumnitrid – ein exzellentes Substratmaterial in der Fertigung zukünftiger Leistungselektronik. Die Fraunhofer-Repräsentanz in Tokio bewarb die Aktivitäten als erfahrener Mittler zwischen deutscher Forschung und japanischem Markt.

Im Februar lockte die FC Expo ebenfalls zahlreiche internationale Besucher nach Tokio. Die erstmalige Live-Demonstration des Brennstoffzellensystems eneramic® galt hier als Highlight des Auftritts. Im weiteren Jahresverlauf hatten neben bundesweiten Auftritten auch erstmals Interessenten in Korea und Brasilien die Möglichkeit, das Fraunhofer IKTS und die Entwicklungsergebnisse für eine mobile, netzferne und zuverlässige Stromversorgung kennenzulernen.

Auf dem weltbedeutenden Industrietreff Hannover Messe International (HMI) im April stellte das IKTS den Besuchern neuartige Lösungskonzepte für die Branchen Energie- und Umwelttechnik sowie Maschinen- und Anlagenbau vor. Wie zukünftig auch eine kostengünstige stationäre Energieversorgung gesichert ist, wurde mit der keramischen Hochtemperaturbatterie cerenergy® erstmals dem Publikum in Halle 27 präsentiert. Außerdem demonstrierten unsere Wissenschaftler die Anwendung des eneramic®-Brennstoffzellensystems als Energiequelle für Verkehrsleitsysteme. Während der Messe

wurde eine Ampelanlage gespeist, welche den Besuchern bereits aus weiter Entfernung leuchtend den Weg zum Stand wies. Eine weitere Premiere im Bereich der keramischen Formgebungstechnologien sprach Interessenten aus der chemischen Industrie und der instrumentellen Analytik im Strukturkeramiker-Bereich in Halle 6 an. Das neuartige Verfahren des Glaspulverspritzguss' ermöglicht eine neue Formenvielfalt für Glasbauteile.

Auf den beiden parallel stattfindenden internationalen Fachmessen für Life-Science-Prozesstechnologien Technopharm bzw. für Analytik und Handling von Pulver und Schüttgut Powtech Ende September in Nürnberg präsentierten die Experten des IKTS innovative Lösungen für die Bereiche Prozesskontrolle und Qualitätssicherung sowie moderne Verfahren und Entwicklungen im Bereich der Pulvertechnologie und der mechanischen Verfahrenstechnik. Zur effizienten Verarbeitung von Granulaten und pulverförmigen Bestandteilen in Industrieprodukten wurde erstmals eine in Kooperation mit dem Fraunhofer ITWM entwickelte Infrastruktur zur Simulation von Luft-Granulat-Strömungen in charakterisierten Materialien vorgestellt. Große Beachtung fand ein neuartiges Produktkennzeichnungsverfahren, mit dem unter Nutzung pulverförmigen keramischen Materials die zuverlässige Kontrolle der Sterilisation von Produkt- oder Verpackungsoberflächen durch Elektronenstrahlung ermöglicht wird.

- 1 Lutz Kiesel erläutert zur HMI die in Hermsdorf entwickelten keramischen Membranen.
- 2 Dr. Natalia Beshchasna im Gespräch zur Compamed in Düsseldorf mit dem optischen Krebsdiagnosegerät.
- 3 Anhand visualisierter Betriebsdaten beschreibt Thomas Pfeifer die mobile Stromerzeugung durch eneramic®.



RETROSPEKTIVE

Auf dem führenden internationalen Marktplatz für die medizinische Zuliefererbranche und Produktentwicklung Compa-med im November in Düsseldorf wurde erstmals die neueste Generation eines optischen Krebsdiagnosegeräts gezeigt. Der am Fraunhofer IKTS-MD entwickelte Prototyp zur Zelldiagnostik ermöglicht Ärzten mit Hilfe der Auto-Fluoreszenz menschlichen Gewebes und eines speziell für die bestimmte Geweberegion entwickelten Schwellenwert-Algorithmus' in wenigen Minuten die direkte automatische Auswertung entnommener Biopsien des Patienten. Die Präsentation erfuhr ein großes internationales Presseecho.

Überblick

nano tech

13. Internationale Nanotechnologiemesse und -konferenz
Tokio, 29.–31. Januar 2014
IKTS-Stand im Deutschen Pavillon

Battery Japan

5. Internationale Fachmesse für wiederaufladbare Batterien
Tokio, 26.–28. Februar 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Batterie

Fuel Cell Expo

10th International Hydrogen and Fuel Cell Expo
Tokio, 26.–28. Februar 2014
IKTS-Stand im Deutschen Pavillon

Intertraffic

Internationale Messe für Verkehrs- und Transportindustrie
Amsterdam, 25.–28. März 2014
Gemeinschaftsstand FABEMA

Printed Electronics

Berlin, 1.–2. April 2014

International Green Energy Expo

Daegu, 2.–4. April 2014

Hannover-Messe

Hannover, 7.–11. April 2014
IKTS-Stand (Halle 6)

IKTS-Stand (Halle 27)

Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Adaptronik (Halle 2)
Gemeinschaftsstand LEG Thüringen e.V. (Halle 4)
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Energie (Halle 13)
Gemeinschaftsstand Energy Saxony e.V. (Halle 27)

IFAT

Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft
München, 5.–9. Mai 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz SysWasser

RapidTech

Fachmesse und Anwendertagung für Rapid-Technologie
Erfurt, 14.–15. Mai 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping

Optatec

Internationale Fachmesse für optische Technologien, Komponenten und Systeme
Frankfurt, 20.–22. Mai 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

ILA Berlin Air Show

Internationale Luft- und Raumfahrtmesse
Berlin, 20.–25. Mai 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Innovationscluster LCE
Gemeinschaftsstand Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH

Innovationstag Mittelstand

Berlin, 22. Mai 2014

Sensor + Test

21. Internationale Messtechnik-Messe
Nürnberg, 3.–5. Juni 2014
Gemeinschaftsstand »Forschung für die Zukunft«

Actuator

14th International Conference on New Actuators
8th International Exhibition on Smart Actuators and Drive Systems
Bremen, 23.–25. Juni 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Adaptronik



RETROSPEKTIVE

CFK-Valley Stade Convention

Stade, 24.–25. Juni 2014
Gemeinschaftsstand mit Fraunhofer IFAM

European SOFC Forum

Luzern, 1–4. Juli 2014
Gemeinschaftsstand Energy Saxony e.V.

Green Energy and Biogas Brazil

Sao Paulo, 16.–18. Juli 2014

Euro PM

European Powder Metallurgy Congress and Exhibition
Salzburg, 21.–24. September 2014

WindEnergy Hamburg

Hamburg, 23.–26. September 2014
Gemeinschaftsstand Wind Energy Network

POWTECH

Fachmesse für Verfahrenstechnik, Analytik und Handling von
Pulver und Schüttgut
Nürnberg, 30. September–2. Oktober 2014

TechnoPharm

Fachmesse für sterile Produktionsprozesse in Pharma, Food
und Kosmetik
Nürnberg, 30. September–2. Oktober 2014

World of Energy Solutions

Stuttgart, 6.–8. Oktober 2014
Gemeinschaftsstand Energy Saxony e.V.

Composites

Europäische Fachmesse und Forum für Verbundwerkstoffe,
Technologie und Anwendungen
Düsseldorf, 7.–9. Oktober 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

Semicon Europe

Fachmesse für die europäische Halbleiterindustrie
Grenoble, 7.–9. Oktober 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Mikroelektronik

CellMAT

3rd Conference for Cellular Materials
Dresden, 22.–24. Oktober 2014

ASNT Fall Conference

Charleston, 27.–30. Oktober 2014
Gemeinschaftsstand Quality Network

FAD Konferenz und Ausstellung

Dresden, 5.–6. November 2014

electronica

26. Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendun-
gen der Elektronik
München, 11.–14. November 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

CompaMed

Fachmesse für die Zulieferer der Medizintechnik-Industrie
Düsseldorf, 12.–15. November 2014
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

Hagener Symposium

Konferenz und Ausstellung für Pulvermetallurgie
Hagen, 27.–28. November 2014

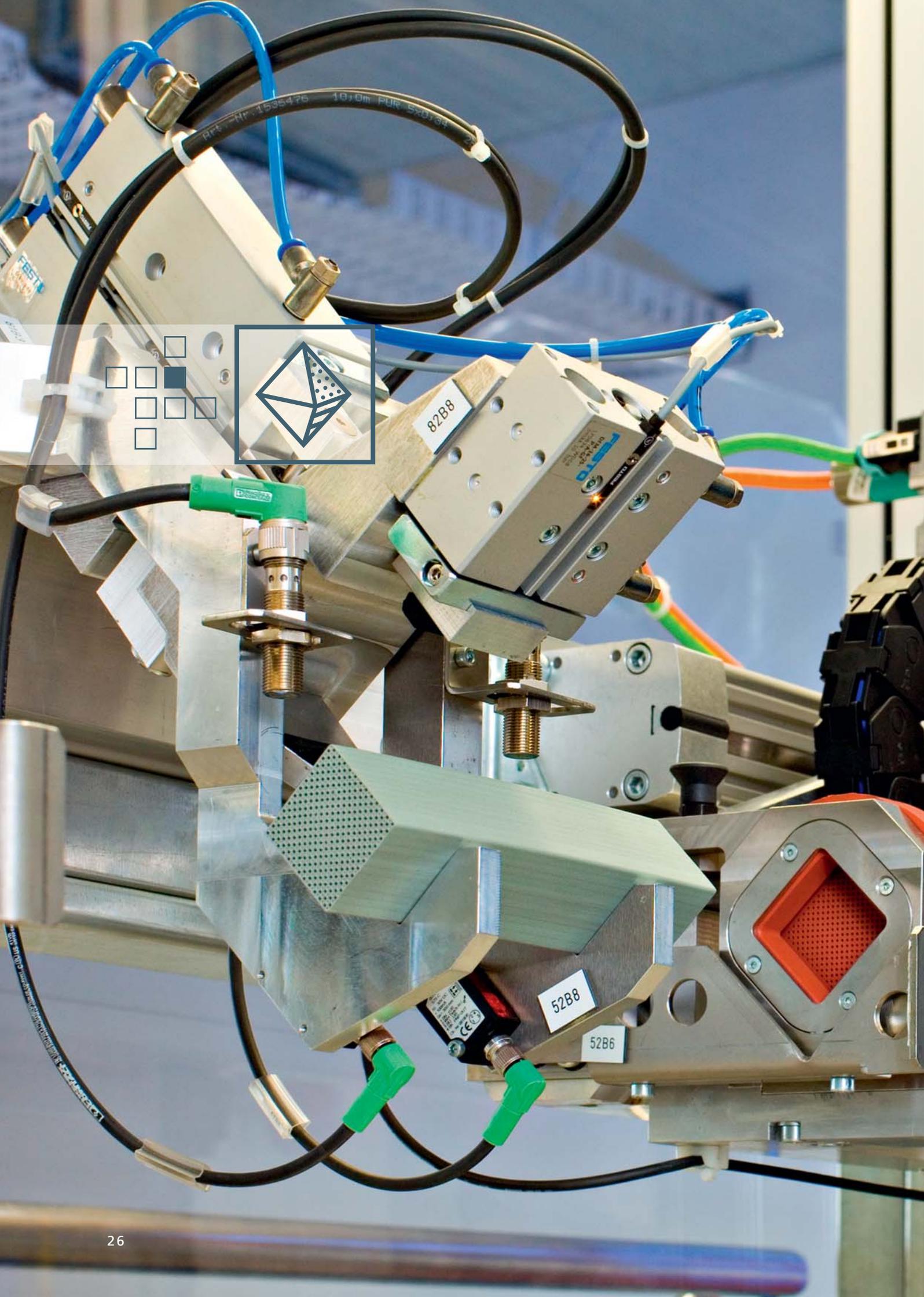
EuroMold

Weltmesse für Werkzeug- und Formenbau, Design und Pro-
duktentwicklung
Frankfurt am Main, 25.–28. November 2014
Gemeinschaftsstand Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung

1 *Martin Grund erläutert die Funktionsweise der keramischen Hochtemperaturbatterie cerenergy® zur HMI.*

2 *Großes Besucherinteresse am IKTS-Stand zur Powtech in Nürnberg.*

3 *Dr. Markus Eberstein, Miho Sakai von der japanischen Fraunhofer-Repräsentanz und Dr. Nikolai Trofimenko zur nanotech in Tokio.*



WERKSTOFFE UND VERFAHREN

Projektberichte

28 Additive Fertigung von Keramik

32 Faserbeschichtung für die Entwicklung neuer Kompositwerkstoffe

36 Impedanzanalyse für die Materialdiagnostik

38 Leitfähige Keramik als Elektrowerkstoff für den Hochtemperaturbereich

39 Keramische Nanopartikel für elektrolytische Schichten

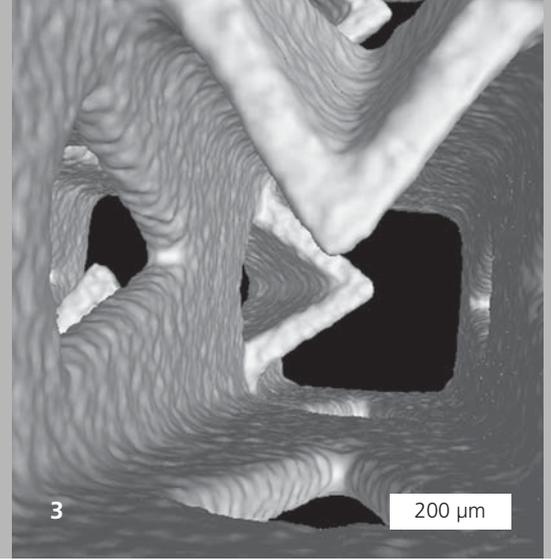
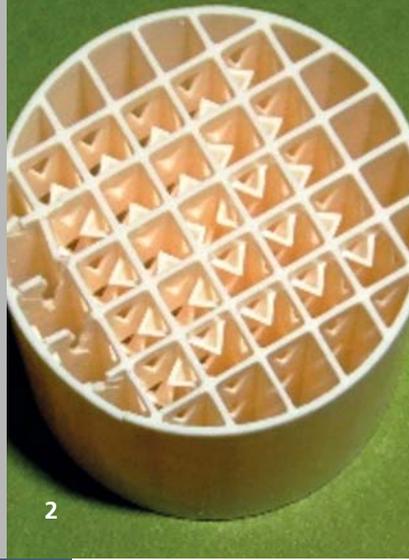
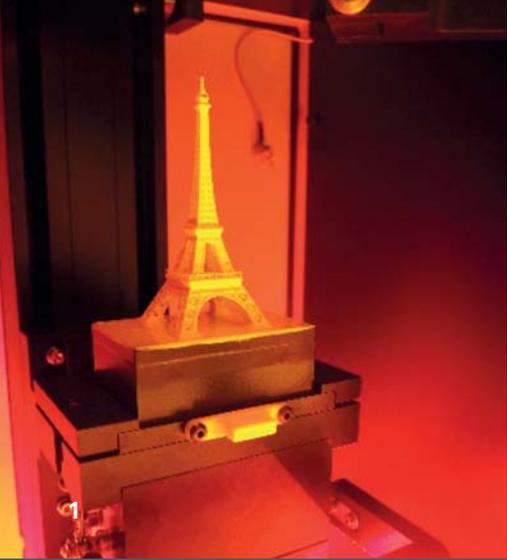
Das Geschäftsfeld »Werkstoffe und Verfahren« des Fraunhofer IKTS bietet oxidische, nichtoxidische und silikatkeramische Werkstoffe sowie Verbundwerkstoffe, Gläser, Hartmetalle und Cermets. Ausgehend von kommerziell verfügbaren Rohstoffen oder präkeramischen Vorstufen werden diese Werkstoffe für konkrete Anwendungen qualifiziert. Sie sind die Voraussetzung für die Herstellung von applikationsgerechten keramischen Prototypen und Kleinserien, die auf Grundlage nachhaltiger Verfahrensentwicklungen erfolgt.

Neue Anwendungsfelder werden durch eine gezielte Verbindung von strukturellen und funktionellen Eigenschaften in keramischen Werkstoffen oder Keramik-Metall-Verbunden erschlossen. Solche Konzepte finden sich unter anderem in Hochtemperaturwerkstoffen, leitfähigen Keramiken, Leuchtstoffen, transparenten Keramiken, polykristallinen Schleifstoffen oder funktionellen Schichten wieder.

Das Fraunhofer IKTS beherrscht und optimiert pulvertechnologische Fertigungsverfahren auf modernstem Niveau, sei es im Hinblick auf höchste Reinheit oder auf größte Kosteneffizienz. Damit wird die Basis für eine industriennahe Werkstoff- und Verfahrensentwicklung geschaffen. In mehreren Technologielinien werden Komponenten und Bauteile hergestellt. Ein Hochskalieren zu kleineren und mittleren Serien auf industrietauglichen Maschinen ist hausintern möglich.

Das breite Leistungsspektrum der Formgebungsverfahren reicht von der Press-, Gieß- und plastischen Formgebung über generative Verfahren bis hin zu Multilayertechnologie und Direktdruckverfahren. Eine große Anzahl von Wärmebehandlungsverfahren sowie eine leistungsfähige Grün- und Finishbearbeitung runden das umfangreiche Kompetenzportfolio des Fraunhofer IKTS ab. Mit Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise der chemischen Gasphasenabscheidung oder dem thermischen Spritzen, lassen sich Oberflächeneigenschaften verändern und Bauteile den individuellen Anforderungen anpassen. Unsere Kunden können auch hier von geschlossenen technologischen Ketten profitieren, die eine Entwicklung vom Labor bis in den Pilotmaßstab ermöglichen.

Die Mitarbeiter verfügen zudem über langjährige Erfahrungen in der produktionsgerechten und kundenspezifischen Auslegung von Bauteilen sowie in der Charakterisierung der Werkstoffe und Herstellungsprozesse. Hierzu zählt auch die Versagens- und Schadensanalyse von Bauteilen und die Beratung zum Einsatz keramischer Werkstoffe. Das Leistungsangebot umfasst darüber hinaus die Erstellung von Fertigungskonzepten sowie die Bewertung von Produktionsprozessen unter den Aspekten Kosten, Qualitätssicherung und Energieeffizienz. Bei Einführung innovativer Technologien und der Realisierung neuer Produkte kann das IKTS seine Partner bis zur Überführung in die Produktion begleiten.



ADDITIVE FERTIGUNG VON KERAMIK

Dr. Tassilo Moritz, Dr. Uwe Partsch, Dr. Steffen Ziesche, Dipl.-Ing. Uwe Scheithauer, M. Sc. Matthias Ahlhelm, Dipl.-Ing. Eric Schwarzer, Dr. Hans-Jürgen Richter

Die additive Fertigung ist für Kunststoffe und Metalle ein etablierter Prozess und wird vielfältig industriell umgesetzt. Auch für Keramiken gewinnen additive Fertigungsverfahren, das heißt, Fertigungsverfahren, bei denen das Werkstück element- oder schichtweise aufgebaut wird, immer mehr an Bedeutung, insbesondere auch unter dem Aspekt der Ressourcenschonung. Sie stehen gleichwohl erst am Anfang der technischen Umsetzung. Das derzeitige Design von keramischen Bauteilen wird bislang in erster Linie durch die Möglichkeiten der konventionellen Formgebung bestimmt. Additive Fertigungsverfahren gestatten Bauteilgeometrien herzustellen, die mit herkömmlichen keramischen Formgebungsverfahren nicht realisierbar sind, wie z. B. Komponenten mit komplexen inneren Kanälen. Ein wesentlicher Vorteil additiver Fertigungsverfahren besteht weiterhin darin, dass es sich um werkzeugfreie Formgebungsmethoden handelt, womit auch individualisierte Einzelstücke oder Kleinserien ohne hohe Werkzeugkosten effizient gefertigt werden können. Neben der geometrischen Vielfalt bieten additive Verfahren auch die prinzipielle Möglichkeit, Bauteile mit orts aufgelöstem Eigenschaftsprofil herzustellen, indem die Werkstoffzusammensetzung an jedem beliebigen Punkt des Bauteils variiert wird. Damit werden neue, geometrisch und funktional komplexe Keramikkomponenten als Individualteil oder Kleinserie, für technische und medizinische Anwendungen verfügbar sein.

Suspensionsbasierte additive Verfahren

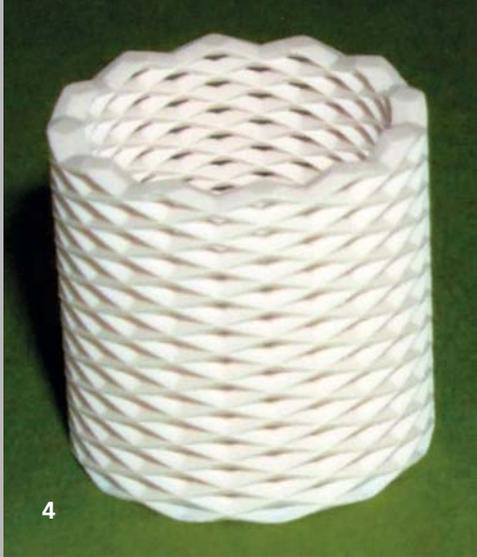
Um dichte Werkstoffgefüge mit hohem Eigenschaftsniveau zu erhalten, müssen additive Fertigungsverfahren genutzt werden, die Suspensionen oder Pasten verarbeiten, damit das Keramikpulver homogen dispergiert und mit möglichst hohem Volumenanteil vorliegt. Für die Herstellung dichter Keramikbauteile mit vergleichbaren Werkstoffeigenschaften wie der konventionell gefertigter Bauteile ist das DLP-Verfahren (direct light processing) sehr erfolgversprechend. Das Keramikpulver wird in einem photopolymerisierbaren, organischen Bindersystem ho-

mogen dispergiert. Durch selektive Maskenbelichtung (mittels Mikrospiegel) dieser Suspension entsteht der Keramik-Grünkörper entsprechend eines CAD-Datenmodells.

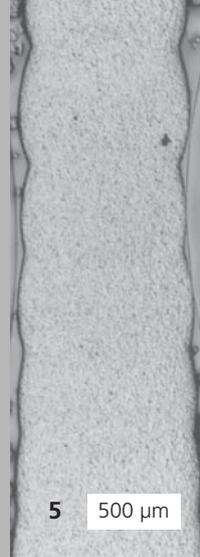
Lithography-based Ceramic Manufacturing (LCM)

Das DLP-Prinzip wird durch die Anlage CerFab7500 (Lithoz GmbH, Wien), die am IKTS genutzt wird, umgesetzt. Für dieses speziell für die additive Fertigung von Keramik entwickelte Verfahren hat sich der Name Lithography-based Ceramic Manufacturing (LCM) etabliert. In der genannten Anlage kann die Schichthöhe zwischen 25 µm und 100 µm variiert werden, die laterale Auflösung beträgt 40 µm. Analog zur Stereolithografie erfolgt mit Licht einer definierten Wellenlänge eine radikalische Polymerisation des Bindersystems, wodurch die Suspension verfestigt wird. Die Initiierung der Polymerisation erfolgt selektiv mittels Bestrahlung mit blauem Licht über das DLP-Modul, wodurch alle zu vernetzenden Bereiche einer Ebene gleichzeitig belichtet werden. Das erhöht die Produktivität gegenüber einer punktförmigen Bestrahlung mit UV-Laserstrahl, wie es beispielweise bei der Stereolithografie erfolgt.

Die verwendeten Suspensionen weisen hohe Feststoffvolumenanteile auf, womit Gründichten bis 55 % erreichbar sind. Da die Bauteile über Kopf gefertigt werden, die aktuell gefertigte Schicht also immer die unterste im Vorratsbehälter ist, kann mit sehr wenig Suspensionsvolumen gearbeitet werden, was wiederum für sehr kostenintensive Materialien von großer Bedeutung ist. Nach der Aushärtung der untersten Schicht am Wannenboden wird das Bauteil um einen der Schichtdicke entsprechenden Betrag angehoben, neue Suspension aufgetragen und die nächste Schicht belichtet. Momentan können Suspensionen für drei verschiedene Keramikwerkstoffe (Al_2O_3 , ZrO_2 und Tricalciumphosphat) auf der LCM-Anlage verarbeitet werden. Die erreichbaren Dichten nach konventionell-thermischem Processing (Entbindern / Sintern) der additiv hergestellten Grünkörper betragen für Al_2O_3 mind. 99,4 % der theoretischen

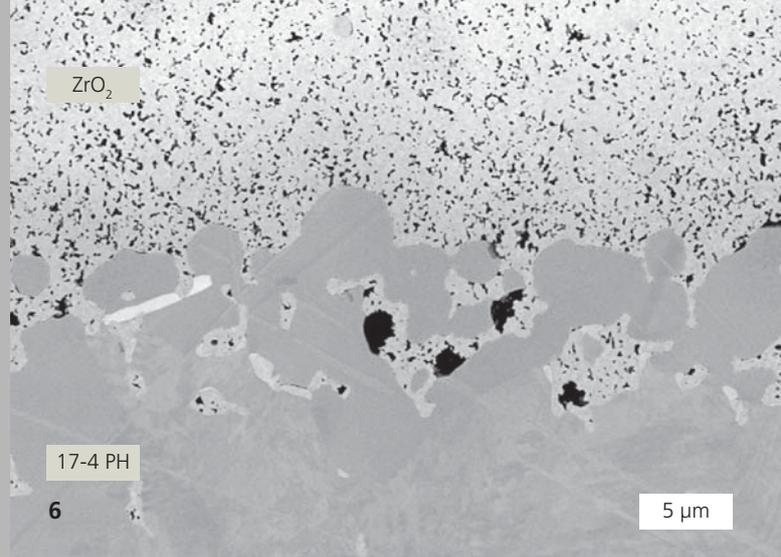


4



5

500 µm



6

17-4 PH

5 µm

WERKSTOFFE UND VERFAHREN

Dichte und für ZrO_2 mind. 99,0 %. Suspensionen für andere Keramikwerkstoffe können auf Kundenwunsch entwickelt werden. Bei der Anwendung photopolymerisierbarer Bindersysteme dürfen die Keramikpartikel in der Suspension die für die Photopolymerisation genutzte Strahlung nicht oder nur wenig absorbieren, weil sonst die Initiierung der Polymerisation verhindert wird. Deshalb sind dunkle Pulver mit dem LCM-Verfahren nicht oder nur eingeschränkt (je nach Absorptionseigenschaften) verarbeitbar.

3D-Thermoplastdruck (T3DP)

Mit dem 3D-Thermoplastdruck wird am IKTS ein neuartiger Ansatz verfolgt, der z. B. die oben genannten Einschränkungen zur Verarbeitbarkeit bestimmter Pulver nicht hat. Der Verfahrensansatz beruht auf der Verwendung von partikelgefüllten thermoplastischen Massen mit niedriger Schmelztemperatur (80–100 °C). Die Viskosität der Masse ist dabei relativ niedrig verglichen mit reinen Thermoplast-Materialien, die für das herkömmliche Fused Deposition Modeling (FDM) Anwendung finden, wie die Viskositätskurven von ZrO_2 -Massen zeigen. Bei diesem Verfahren erfolgt der Auftrag des Materials nicht vollflächig, sondern nur an den Stellen, an denen es benötigt wird. Eine heizbare Dispenseinheit, die in allen drei Raumrichtungen angesteuert wird, bewegt sich über eine fest stehende Plattform, auf der eine Metall- oder Glasplatte als Träger für das Keramikmaterial fixiert ist. Die thermoplastische Masse wird zur

Verarbeitung durch Wärmezufuhr in einen fließfähigen Zustand überführt und erstarrt sofort wieder bei Abkühlung. Dadurch erfolgt die Verfestigung der Masse nahezu unabhängig von den physikalischen Eigenschaften der verwendeten Pulver. Es erfolgt eine sehr gute Anbindung der einzelnen Lagen untereinander (Bild 5). Für diese Methode entwickelte thermoplastische Al_2O_3 -Massen, haben einen Pulveranteil ($d_{50} = 1,5 \mu m$) von 67 Vol.-%, bei ZrO_2 -Massen liegt der Pulveranteil ($d_{50} = 0,3 \mu m$) bei 45 Vol.-%. Für beide Werkstoffe sind mittels T3DP additiv Proben hergestellt, entbindert und gesintert worden, wobei für Al_2O_3 97,3 % und für ZrO_2 98 % der theoretischen Dichte erreicht worden sind. Es können mehrere Vorratsbehälter und Dispenseinheiten verwendet werden und somit unterschiedlichen Materialien in einem Bauteil abgeschieden werden. Damit sind mehrkomponentige und/oder gradierte Bauteile herstellbar. Die Anpassung des Schwindungsverhaltens der verschiedenen Komponenten erfolgt durch Einstellung des Pulvervolumenanteils in der Masse sowie durch Anpassung der Partikelgrößenverteilungen und gegebenenfalls Modifizierung der Partikelform. Für einen Werkstoffverbund ZrO_2 /Stahl sind erste Proben hergestellt worden, die die prinzipielle Anwendung des 3D-Thermoplastdruck zur Herstellung von mehrkomponentigen Bauteilen zeigen.

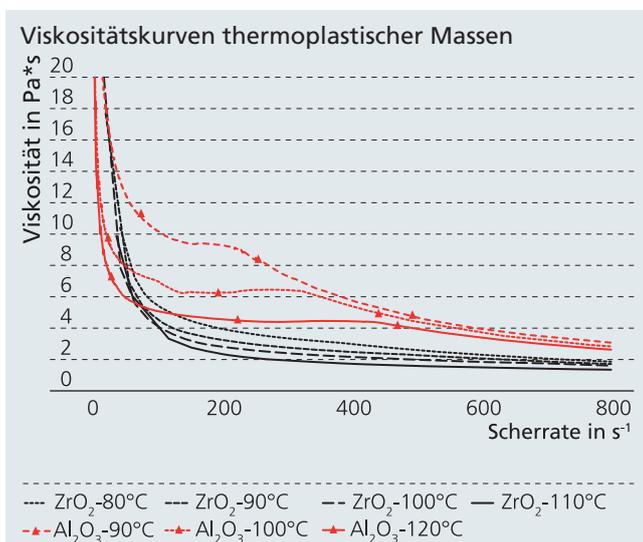
Pulverbasierte additive Verfahren

Bei diesen Verfahren wird eine Pulverschicht mit definierter Höhe durch eine Rakel aufgebracht und selektiv verfestigt.

3D-Pulverdruck

Das bekannteste Verfahren ist der 3D-Pulverdruck. Über einen Druckkopf wird eine Flüssigkeit auf das Pulverbett dosiert und

- 1 LCM-Verfahren: Herstellung eines Demonstratorteils.
- 2 LCM-Verfahren: Al_2O_3 -Wabenstruktur.
- 3 CT-Rekonstruktion (Detailbild) der Mischerstruktur aus Bild 2.
- 4 LCM-Verfahren: Offenzellige Struktur aus Al_2O_3 .
- 5 3D-Thermoplastdruck: Al_2O_3 -Schichten.
- 6 3D-Thermoplastdruck: Grenzfläche ZrO_2 -Stahl.





WERKSTOFFE UND VERFAHREN

durch die Wechselwirkung zwischen Flüssigkeit, Pulver und Binder, der entweder in der Flüssigkeit oder im Pulver enthalten ist, die Pulverschicht punktuell verfestigt. Die Dichte der gedruckten Grünkörper ist verfahrensbedingt relativ gering. Somit sind über 3D-Pulverdruck keine Bauteile mit dichtem Sintergefüge herstellbar. Das Verfahren wird z. B. für die Herstellung poröser, bioaktiver Keramikstrukturen aus Hydroxylapatit eingesetzt. Ebenso sind die Herstellung von Bauteilen für Filtrationsanwendungen und Katalysatorträgerstrukturen oder die Herstellung komplexer Keramikkerne / -formen für den Feinguss möglich. Am IKTS wird derzeit ein handelsüblicher 3D-Pulverdrucker mit einer Bauraumgröße von 350 x 250 x 200 mm³ und einer minimale Schichthöhe von 87 µm genutzt.

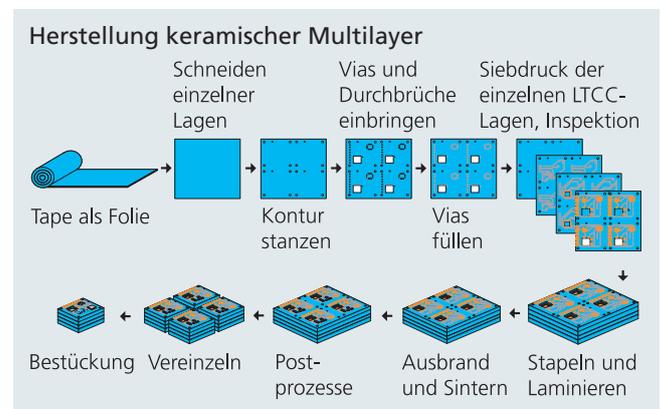
Selektives Lasersintern

Auch beim Lasersintern wird eine Pulverschicht mittels Rakel aufgebracht. Die selektive Verfestigung mit dem Laserstrahl kann zu einem dichten Werkstoffgefüge führen, wenn das Keramikpulver eine flüssigphasenbildende Komponente enthält (z. B. Al₂O₃ / SiO₂-Mischung). Daneben kann das Lasersintern, wie alle anderen additiven Verfahren, auch nur für die Formgebung des Keramikgrünkörpers genutzt werden. So wurden mit einer handelsüblichen Metalllasersinteranlage (CO₂-Laser) komplexe SiC-Bauteile hergestellt und mit den üblichen thermischen Nachbehandlungsschritten in SiSiC überführt. Die Werkstoffeigenschaften liegen auf demselben Niveau wie die mit konventioneller Technologie (Pressformgebung, Grün- und Finishbearbeitung) erreichbaren.

Laminated Object Manufacturing (LOM)

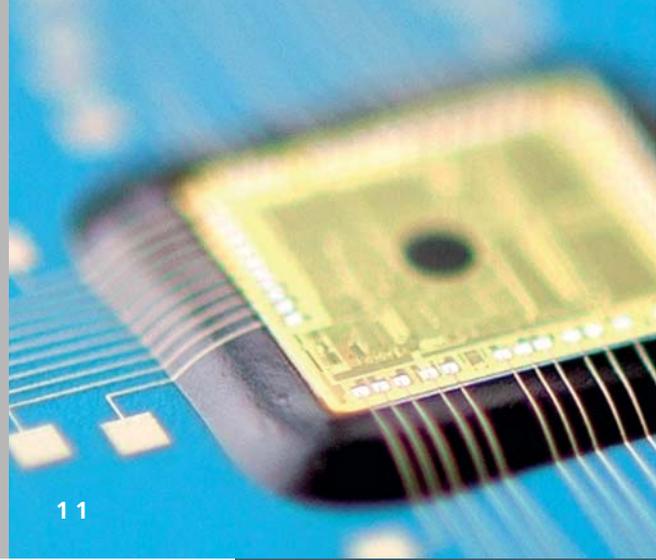
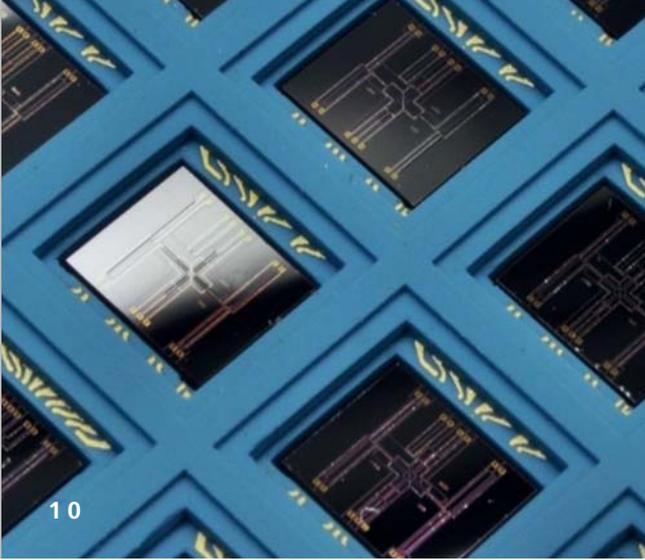
Eine am Fraunhofer IKTS seit 15 Jahren etablierte Technologie der Additiven Fertigung ist die keramische Multilayer-technologie bzw. Laminated Object Manufacturing (LOM). LOM eröffnet dem Anwender neben der technologieinhärenten Fähigkeit 3D-Komponenten aufzubauen, die Möglichkeit zur lagenweisen Integration weiterer Materialien und damit zur Einbettung verschiedener Funktionalitäten (z. B. Leiterbahnen, passive Bauelemente (R, L, C), Heizer und Sensoren). Der Technologiebezeichnung entsprechend werden zunächst keramische Folien mittels verschiedener Schlickergießtechnologien ein- oder mehrschichtig hergestellt und im Anschluss Layer für Layer strukturiert sowie z. B. mittels Sieb- und Schablonendruck

funktioneller Pasten mit den notwendigen Strukturen versehen.

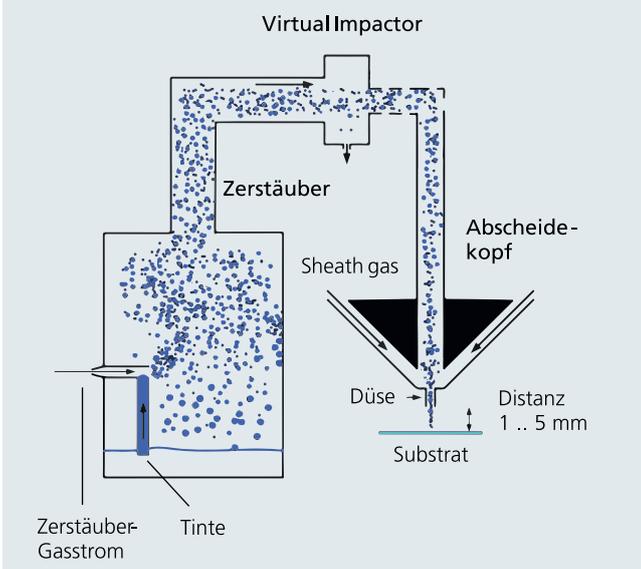


Durch Übereinanderschichten und Verpressen (Laminieren) der so hergestellten Einzelschichten wird die gewünschte 3D-Komponente generiert. Aktuelle Anwendungsgebiete des LOM sind die Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik (keramische und glaskeramische Mehrlagenverdrahtungsträger für Hochfrequenz- und Leistungsanwendungen), die Herstellung keramischer Bauelemente (Multilayerkondensatoren und -spulen), die Aktorik (piezoelektrische Stapelaktoren) sowie Sensorik (diverse physikalische und chemische Sensoren) und Medizin- und Biotechnologie (µ-fluidische Komponenten). Das Portfolio an für LOM zur Verfügung stehenden Materialien ist sowohl die keramischen Basisfolien (LTCC – Low Temperature Cofired Ceramics, HTCC – High Temperature Cofired Ceramics), als auch die nutzbaren Funktionspasten betreffend, sehr vielfältig.

Das Fraunhofer IKTS deckt hierfür die gesamte Wertschöpfungskette vom Material über simulationsbasierte Komponentenauslegung, die vollständige Technologielinie zur Herstellung bis hin zur Funktionsüberprüfung und Systemintegration ab. Aktuelle Entwicklungsschwerpunkte bei LOM-basierten Komponenten sind deren weitere Miniaturisierung z. T. für MEMS-Packages auf Wafer-Level (Bild 10), welche die Erhöhung der Strukturauflösung der verwendeten Fertigungstechnologien erforderlich macht, die forcierte Integration sowie der 3D-Druck passiver Bauelemente und die Integration nicht-elektrischer Funktionen im Mehrlagenaufbau (z. B. Kammern, Kanäle und Membranen unter Nutzung von Opfermaterialien).



Prinzipskizze des Aerosol-Jet-Verfahrens



Die Kombination des Laminated Object Manufacturing mit weiteren am IKTS etablierten Formgebungstechnologien (z. B. Ceramic Injection Molding – CIM) eröffnet zusätzliche Möglichkeiten zur Herstellung komplexer, funktionsintegrierter, miniaturisierter und kundenspezifischer keramischer 3D-Komponenten.

Schlüsseltechnologien für das Funktionalisieren derartiger 3D-Komponenten sind digitale Druckverfahren, mit deren Hilfe Freiformoberflächen hochauflösend mit den benötigten funktionellen Strukturen versehen werden können. Am IKTS sind hierfür verschiedene Mikroextrusions- und Dispensverfahren sowie die Ink- und Aerosol-Jet-Technologie verfügbar.

Die Aerosol-Jet-Technologie ist in besonderer Weise geeignet, 3D oder freigeformte Substrate mit funktionellen Strukturen (Leiterbahnen, R, L, C, Sensoren usw.) zu beschichten. Basis hierfür ist die Verdüsung, d.h. Aerosolisierung partikelfreier bzw. -haltiger Tinten im Mikromaßstab. Der so generierte Tröpfchenstrom wird am Druckkopf nochmals fokussiert (Durchmesser < 10 µm). Durch die vergleichsweise große Tailenlänge von 1–3 mm ist z. B. möglich, geometrische Stufen zu überdrucken, Funktionsstrukturen in Kavitäten zu schreiben oder auch Fasern zu beschichten

Zusammenfassung und Ausblick

Additive Fertigungsmethoden gestatten eine neue konstruktive Vielfalt keramischer Bauteile. Durch die werkzeugfreie Arbeitsweise und den schichtweisen Aufbau der Komponenten arbeiten diese Verfahren besonders kostengünstig und ressourcenschonend sowie nahezu abfallfrei. Damit rücken diese Methoden insbesondere für individualisierte Bauteile, Einzelteile oder Kleinserien in den Interessensfokus. Mögliche Anwendungen überstreichen dabei eine enorme Bandbreite von medizinischen, patientenspezifischen Instrumenten oder Implantaten über Spezialwerkzeuge bis hin zu individuellen Schmuckstücken oder Designartikeln. Der Trend der additiven Fertigung auf dem Gebiet der Keramik geht in Richtung der Erweiterung des Materialportfolios, in Richtung größerer Bauteildimensionen durch Vergrößerung der Bauräume der Fertigungsanlagen sowie in Richtung verbesserter Bauteileigenschaften, wie verbesserter Oberflächenqualität oder gesteigerter mechanischer Eigenschaften. Für eine zunehmende Funktionsintegration von keramischen Bauteilen werden Multimaterallösungen zur Eigenschaftskombination eine zunehmende Rolle spielen.

Mit angepassten, werkstofflichen und technologischen Entwicklungen wird es möglich sein, das hohe Innovationspotential der additiven Fertigung auch für die Keramik zu erschließen und so die industrielle Umsetzung voranzutreiben. Das IKTS ist dabei ein kompetenter, innovativer Forschungspartner sowohl für Keramikhersteller und -anwender als auch für Entwickler und Hersteller von Anlagen für die additive Fertigung.

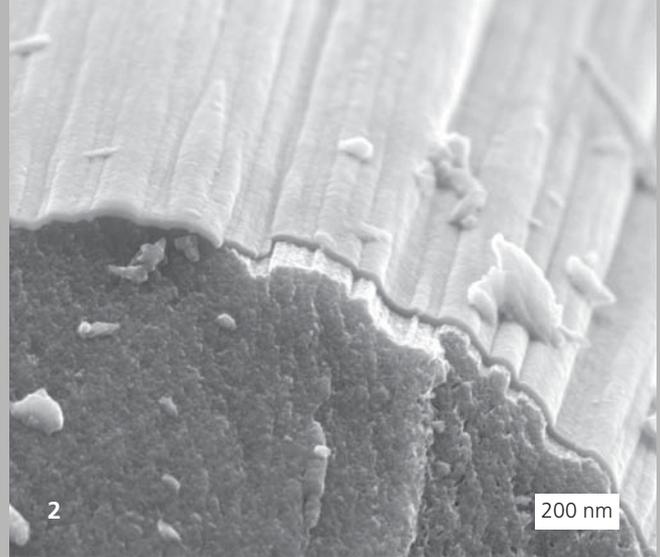
7 LCM-Verfahren: Al_2O_3 -Mischerstruktur.

8 3D-Pulverdruck: Demonstratorbauteil (Felsenbein) aus Hydroxylapatit, Datensatz von Phacon GmbH.

9 Selektives Lasersintern: Detailaufnahme SiSiC-Werkzeugeinsatz.

10 MEMS-Packages auf Wafer-Level.

11 Chipkontaktierung mittels Aerosol-druck.



WERKSTOFFE UND VERFAHREN

FASERBESCHICHTUNG FÜR DIE ENTWICKLUNG NEUER KOMPOSITWERKSTOFFE

Dr. Ingolf Endler, M. Sc. Alfaferi Zainal Abidin, Dipl.-Phys. Mario Krug, Dipl.-Ing. Katrin Schönfeld, Dipl.-Ing. Clemens Steinborn, Dr. Hagen Klemm

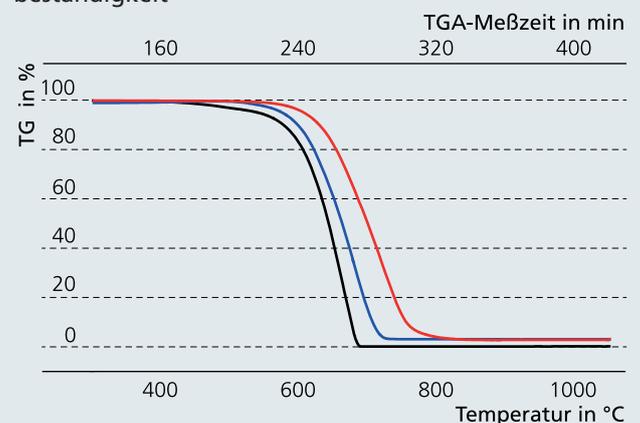
Faserverstärkte Verbundwerkstoffe finden aufgrund ihrer variablen Gestaltungsmöglichkeiten in vielen Bereichen der Industrie Verwendung. Dabei besitzen die verwendeten Fasern unterschiedliche Funktionen. Bei der Kombination von z. B. Glas oder Kohlenstofffasern mit einer duktilen Matrix wie Kunststoffe oder Metalle wird hauptsächlich das Ziel verfolgt, die Festigkeit und Steifigkeit dieser Werkstoffe zu verbessern. Im Falle von keramischen Faserverbundwerkstoffen soll mit den Fasern (Kohlenstoff oder keramische Fasern) hauptsächlich die Bruchzähigkeit und Schadenstoleranz der Werkstoffe erhöht werden. Unabhängig von der Art der Komposite besitzt das Faser-Matrix-Interface eine entscheidende Bedeutung bei der Einstellung optimaler Eigenschaften. Vielfältige Möglichkeiten eröffnen sich hier durch definierte Faserbeschichtungen, deren Funktion beispielsweise eine feste Matrixanbindung, der Schutz der Fasern vor möglichen Reaktionen mit der Matrix oder auch die Einstellung einer schwachen Faser-Matrix-Interface zur Realisierung eines schadenstoleranten Versagensverhaltens ist. Aktuell erfolgt im IKTS der Ausbau der Beschichtungsmöglichkeiten für unterschiedliche Faserwerkstoffe. Damit können zukünftig Endlosfasern und Rovings sowie dreidimensionale Fasergewebe homogen und im kontinuierlichen Betrieb beschichtet werden. Die Anlage eröffnet auch neue Möglichkeiten bezüglich der Schichttechnologien und Schichtvarianten. Sie ist sowohl für die Durchführung von CVD- als auch ALD-Prozessen konzipiert.

Kohlenstofffaserverstärkte Metallmatrix-Komposite

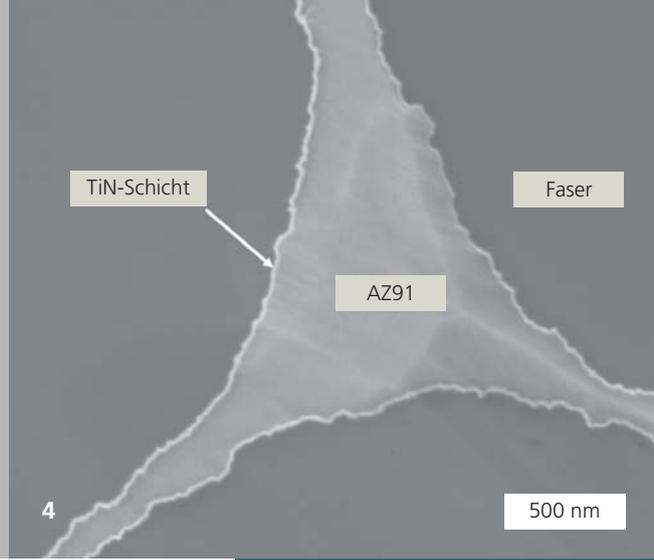
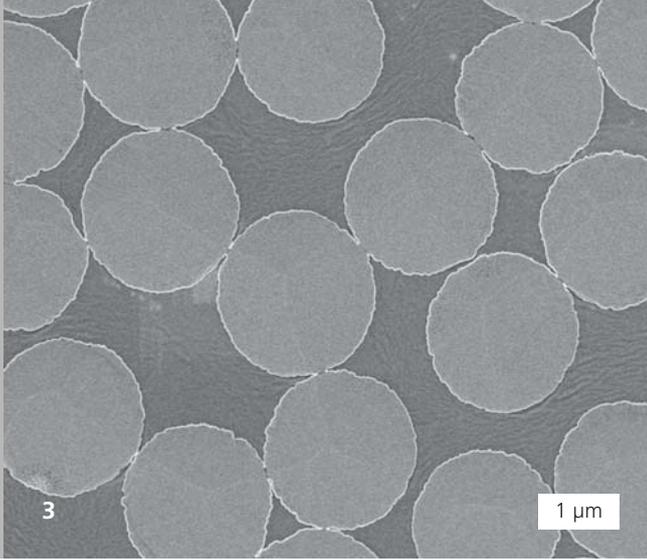
Die Herstellung moderner Metallmatrix-Komposite erfolgt heute unter Verwendung von 3D- und 2D-Kohlenstofffasergeweben, die aus Faserbündeln mit tausenden Einzelfasern bestehen. Schutzschichten aus Titanitrid (TiN) und Aluminiumoxid (Al_2O_3), die auf den Geweben aufgebracht werden, verhindern unerwünschte Reaktionen zwischen den Fasern und der Metallmatrix. Im Fraunhofer IKTS werden hier zwei Beschichtungstechnologien zur Herstellung der Schutzschichten eingesetzt:

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD) und Atomlagenabscheidung (ALD). Bild 1 zeigt eine neue Beschichtungsanlage, mit der zukünftig die kontinuierliche Beschichtung von Fasermaterialien sowohl mittels ALD als auch mit CVD möglich ist. Vielversprechende Ergebnisse wurden bisher sowohl mit ALD- Al_2O_3 -Schichten als auch mit CVD-TiN-Schichten erzielt, die in verschiedenen Laboranlagen hergestellt wurden. Beim ALD-Verfahren werden die Precursoren, sequentiell getrennt durch Spülgaspulse, zugeführt. Das im IKTS verwendete ALD-Verfahren zur Al_2O_3 -Abscheidung erfolgte bei einer relativ niedrigen Substrattemperatur unterhalb von $300\text{ }^\circ\text{C}$, wobei als Precursoren Trimethylaluminium (TMA) und Ozon oder Wasser eingesetzt wurden. Die Herstellung der TiN-Schutzschichten erfolgt hingegen mittels CVD. Die Abscheidung wird in diesem Fall mit einer Gasmischung aus TiCl_4 , N_2 und H_2 im Temperaturbereich zwischen $800\text{ }^\circ\text{C}$ und $850\text{ }^\circ\text{C}$ durchgeführt. Mit beiden Verfahren konnte eine homogene Beschichtung der Fasergewebe erzielt werden. In Bild 2 sieht man die Bruchfläche einer Einzel-

TGA-Analyse zur Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit

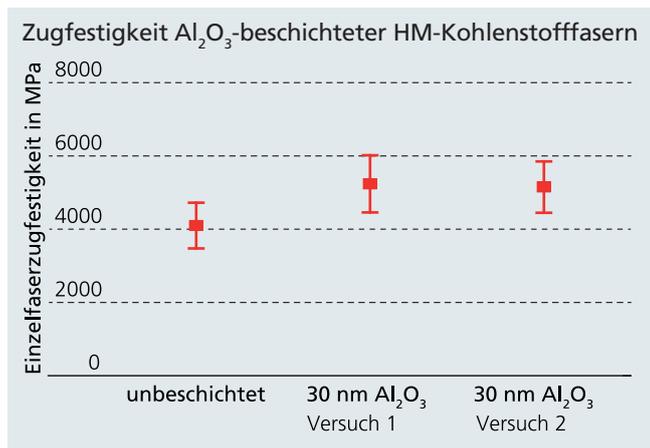


TGA @ 2,5 K/min (DIN 51006) — unbeschichtete Fasern
 — TiN beschichtet 35 nm — Al_2O_3 beschichtet 40 nm

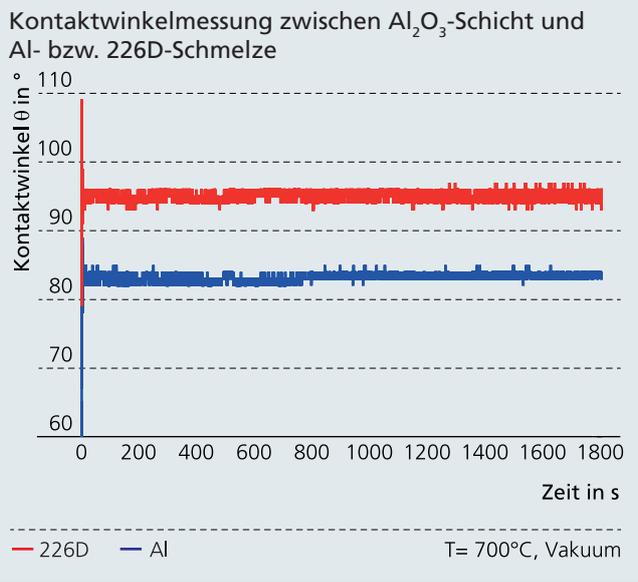


faser mit konformer und gut haftender ALD- Al_2O_3 -Schicht. Bild 3 demonstriert die homogene Beschichtung des kompletten Faserbündels, das einem 3D-Kohlenstofffasergewebe entnommen wurde. Die Al_2O_3 -Schicht besitzt eine amorphe Struktur mit glatter Oberfläche, die TiN-Schichten sind hingegen nanokristallin. Beide Schichtarten erhöhen die Oxidationsbeständigkeit der Fasern, wobei die Al_2O_3 -Schichten den besten Oxidationsschutz bieten, wie thermogravimetrische Analysen (TGA) in der Graphik auf voriger Seite verdeutlichen.

Die Beschichtung beeinflusst jedoch die Zugfestigkeit der Fasern. Eine deutliche Abnahme der Zugfestigkeit wird bei TiN-beschichteten Fasern beobachtet. Diese kann durch die Verwendung geringer Schichtdicken und niedriger Beschichtungstemperaturen gemildert werden. Bei einer Beschichtungstemperatur oberhalb von 850 °C wird eine spröde und die Zugfestigkeit senkende TiC_xN_y -Zwischenschicht gebildet. Eine akzeptable Zugfestigkeit von 2000 MPa wird erreicht, wenn die TiN-Schichtdicke auf 30 nm begrenzt und eine Beschichtungstemperatur von 850 °C nicht überschritten wird. Die Al_2O_3 -beschichteten Kohlenstofffasern zeigen im Vergleich zu einer unbeschichteten Faser keinen Festigkeitsabfall. Im Fall von Hochmodulfasern (HM-Fasern) wurde sogar eine reproduzierbar höhere Zugfestigkeit beobachtet, wie aus dem unteren Diagramm ersichtlich ist. Hier wirken sich die niedrige ALD-Beschichtungstemperatur unter 300 °C und die geringe Schichtdicke von 30 nm positiv aus. Die Herstellung der Composite erfolgt durch die Infiltration der beschichteten 2D- und 3D-Gewebe mit Metallschmelzen von Aluminium- und Magnesium-

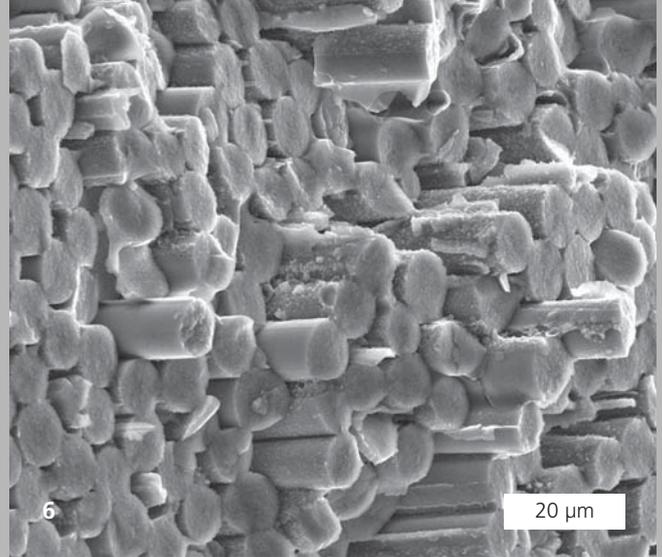
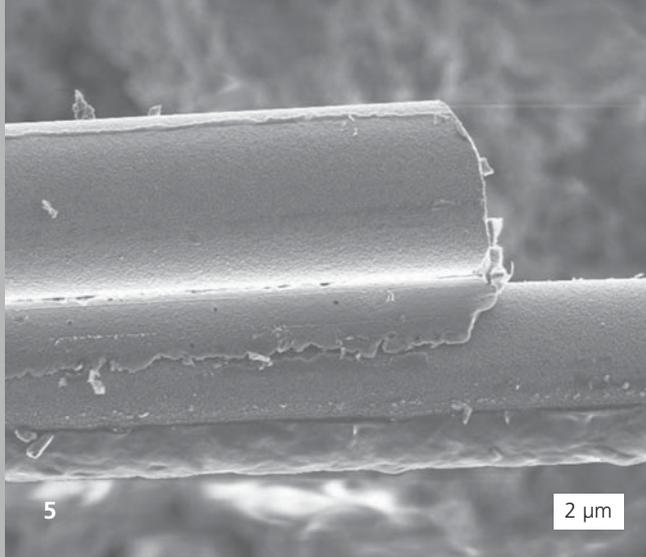


legierungen. Beide Schichttypen zeigen ein gutes Benetzungsverhalten für die verwendeten Metallschmelzen. Am FRI Krakow durchgeführte Kontaktwinkelmessungen mit Schmelzen aus reinem Al und Al-Legierungen zeigen jedoch erhebliche Unterschiede für beide Schichttypen. Die Messungen zum Vergleich der beiden Schichtsysteme für die Benetzung mit reinem Al ergaben Kontaktwinkel von 83 ° für die Al_2O_3 -Schicht und ca. 130 ° im Fall der TiN-Schichten. Die Kontaktwinkelmessung für die Al_2O_3 -Schicht ist in der Grafik unten rechts dargestellt. Die bessere Benetzbarkeit der Al_2O_3 -Schicht erweist sich hier als Vorteil bei der Anwendung zur Herstellung von MMC mit Al-Legierungen.



Als Infiltrationsverfahren kam die Gasdruckinfiltration (GPI) zum Einsatz. Verwendet wurde eine kommerzielle Mg-Al-Legierung (AZ91) und eine Al-Si-Legierung (226D).

- 1 Neue Anlage für die kontinuierliche Faserbeschichtung.
- 2 Al_2O_3 -beschichtete Einzelfaser.
- 3 Querschnitt eines Faserbündels mit homogener Al_2O_3 -Beschichtung.
- 4 REM-Aufnahme eines Composites aus TiN-beschichteten C-Fasern und der Legierung AZ91.



WERKSTOFFE UND VERFAHREN

Die Infiltration erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden. Die Al_2O_3 - oder TiN-beschichteten Gewebe konnten erfolgreich mit beiden Legierungen infiltriert werden. Der Komposit aus einem infiltrierten Al_2O_3 -beschichteten 2D-Kohlenstoffasergewebe zeigt einen dichten Verbund mit geringer Porosität. Die unerwünschte Aluminiumcarbid-Bildung wird vollständig vermieden. Dies ist auch der Fall, wenn eine TiN-Schutzschicht verwendet wird. Ein Komposit aus TiN-beschichtetem 3D-Gewebe und der Magnesium-Aluminiumlegierung AZ91 zeigt ebenfalls ein dichtes Gefüge ohne Al_4C_3 -Bildung am Faser-Matrix-Übergang (Bild 4). Sowohl TiN- als auch Al_2O_3 -Schicht sind wirksame Diffusionsbarrieren und schützen die Kohlenstoffasern vor der aggressiven Metallschmelze bei der MMC-Herstellung.

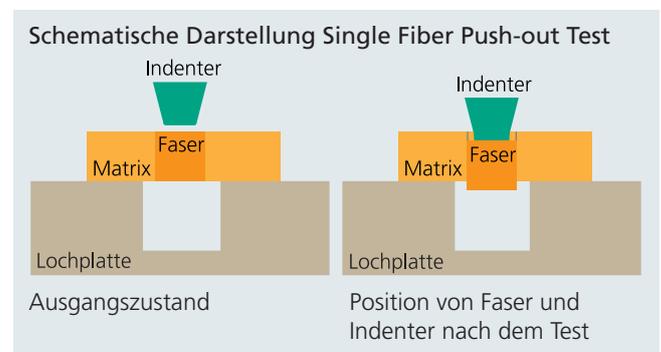
Keramische Faserverbundwerkstoffe

Auch bei keramischen Faserverbundwerkstoffen, die z. B. als Leichtbauwerkstoff oder in Hochtemperaturprozessen Anwendung finden, werden Faserbeschichtungen benötigt, die neben einem zuverlässigen Oxidations- und Korrosionsschutz der Fasern vor allem ein schadenstolerantes Verhalten gewährleisten müssen. Somit liegt im Gegensatz zu anderen Kompositwerkstoffen mit einer duktilen Matrix, z. B. kohlenstoffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) oder Metalle (MMC), der Schwerpunkt in dem Design einer Faser-Matrix-Anbindung, die eine Rissausbreitung im Bereich der Faser-Matrix-Interface gestattet.

Oft kommt es durch chemische Reaktionen bei der Wärmebehandlung während der Herstellung der Komposite zu einer sehr starken Bindung zwischen Faser und Matrix, die schadenstolerante Mechanismen wie Rissablenkung und Faserpull-out verhindern und somit ein sprödes Materialverhalten zur Folge haben. Durch eine zusätzliche Beschichtung der Fasern kann die Bindung zwischen Faser und Matrix gezielt eingestellt werden. Für nichtoxidische Komposite haben sich Schichten aus Kohlenstoff oder Bornitrid aufgrund der hexagonalen Schichtstruktur und der daraus resultierenden günstigen Abgleitbedingungen beim Pull-out durchgesetzt. Diese Schichten sind jedoch bei Langzeitanwendungen mit hohen Temperaturen an Luft nicht geeignet, da sie keine ausreichende Oxidationsstabilität besitzen.

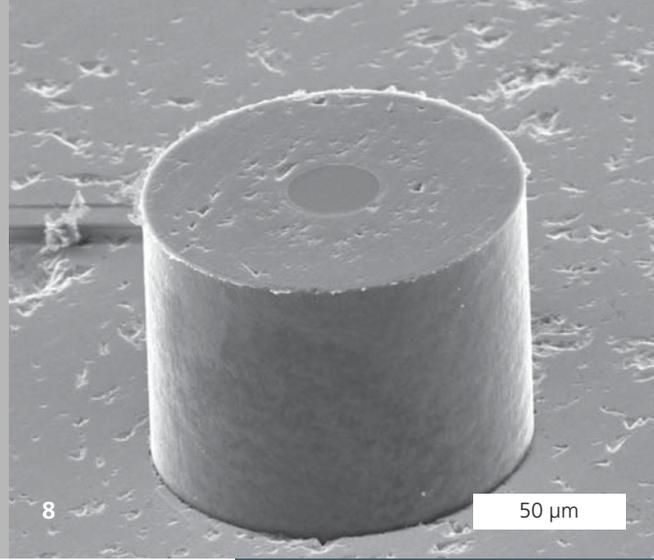
Bei künftigen Werkstoffentwicklungen müssen deshalb sehr hohe Anforderungen an das Beschichtungsmaterial bezüglich der chemischen und mechanischen Beständigkeit bei Temperaturen von $> 1000\text{ °C}$ gestellt werden.

Zur kontinuierlichen Beschichtung der keramischen Fasern kommen zwei verschiedene Verfahren zur Anwendung, welche am IKTS installiert sind und eingesetzt werden. Beim CLPC-Verfahren (Continuous Liquid Phase Coating) wird ein flüssiger Precursor als Beschichtungsmedium verwendet, der durch thermische Prozesse in eine keramische Schicht umgewandelt wird. Als ein Beispiel für diesen Prozess sind in Bild 5 mit Pyro-Kohlenstoff beschichtete SiC-Fasern dargestellt. In Bild 6 ist das Gefüge eines SiC-/ Si_3N_4 -Komposits mit einer Kohlenstoffbeschichtung dargestellt.



Durch das Herauslösen der Fasern wird ein schadenstolerantes Bruchverhalten realisiert. Ein weiteres Verfahren ist die Faserbeschichtung durch die chemische Gasphasenabscheidung (CVD). Dieses Verfahren bietet den Vorteil, dass eine Schichtabscheidung durch den Materialtransport über die Gasphase auch in den kleinsten Zwischenräumen erfolgt, so dass auch im Faserbündel oder in Geweben eine Beschichtung nachweisbar ist. Es können sehr dünne, gleichmäßige Schichten erzeugt werden, wie in Bild 3 dargestellt.

Wie bereits erwähnt, ist die Stärke der Bindung zwischen Faser und Matrix entscheidend für das schadenstolerante Bruchverhalten des Komposits. Zur Messung der mechanischen Anbindung werden am IKTS Ausdrückversuche an Einzelfasern (single fiber push-out tests) durchgeführt.

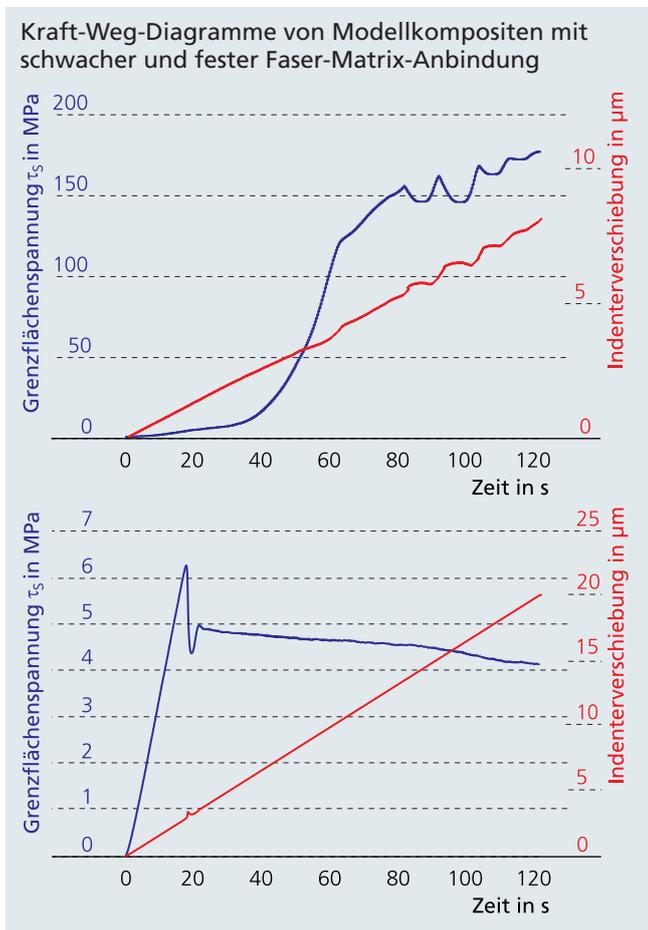


In Bild 7 ist eine in Messung befindliche Probe dargestellt. Auf diese Weise ist es möglich, die Faser-Matrix-Anbindung in Abhängigkeit von der Art der Beschichtung und der Beschichtungstechnologie zu charakterisieren und die Anforderungen an die Materialentwicklung zu definieren.

Durch die Präparation sehr dünner Proben ist es mit dieser Methode möglich, reproduzierbare Kraft-Weg-Messungen durchzuführen und daraus die charakteristische Scherspannung für die Faserablösung zu berechnen. Eine geringe Scherfestigkeit wird durch eine sehr schwache Anbindung zwischen Faser und Matrix hervorgerufen. Die Faser kann sehr leicht aus der Matrix herausgedrückt werden, wie es in Bild 8 dargestellt ist. Diese schwache Anbindung wird durch eine Beschichtung der Fasern hervorgerufen. Im Gegensatz dazu besitzen unbeschichtete Fa-

sern eine sehr hohe Scherfestigkeit. Wie im Diagramm abgebildet, erfolgt bei einer geringen Anbindung das Ablösen der Faser von der Matrix schon bei niedrigen Spannungen (6 MPa) und es ist eine deutliche Verschiebung des Indenters zu verzeichnen. Bei starker Faser-Matrix-Anbindung ist ein steiler Spannungsanstieg bis 120 MPa zu beobachten, ohne dass eine deutliche Verschiebung des Indenters erfolgt. Bei diesen Spannungen ist die Druckfestigkeit der Faser erreicht, sodass sich in der Faser Risse bilden. Bei einer derartig großen Grenzflächen-spannung bzw. Faser-Matrix-Anbindung ist für den Komposit ein sprödes Versagensverhalten zu erwarten. Die ermittelten Grenzflächeneigenschaften lassen sich auch auf das mechanische Verhalten der Kompositwerkstoffe übertragen.

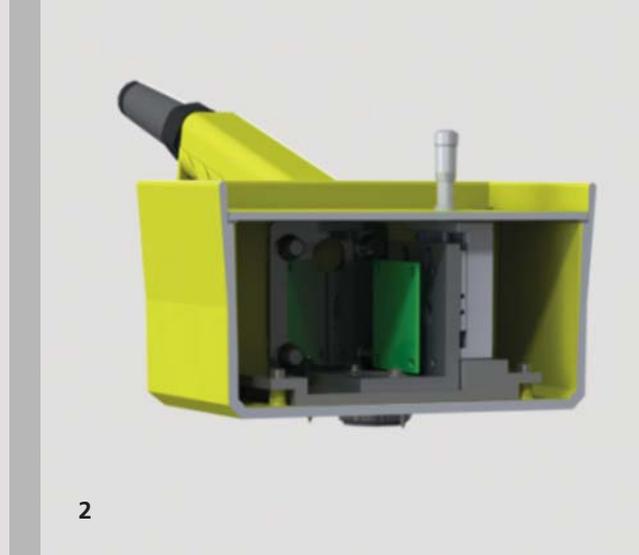
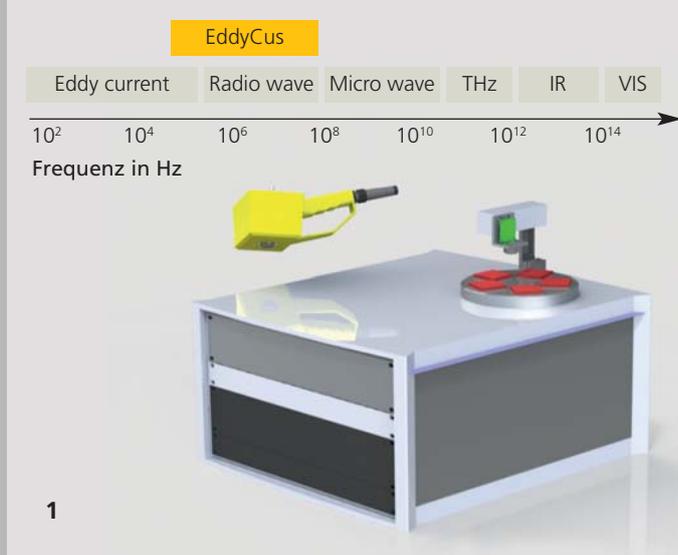
Durch diese Charakterisierungsmethode ist es möglich, ein geeignetes Design von Faser-Zwischenschicht-Matrix für den jeweiligen Anwendungsfall auszuwählen. Je nach Anwendung kommen oxidische oder nichtoxidische Fasern zum Einsatz. Das Matrixmaterial wird danach entsprechend den chemischen und mechanischen Anforderungen in Übereinstimmung zu dem oxidischen / nichtoxidischen Materialsystem ausgewählt. Um das geforderte schadenstolerante Verhalten zu erzielen, erfolgt als letzter Schritt im CMC-Design die Schichtauswahl an das jeweilige Materialsystem. Auf diese Art und Weise lassen sich, angepasst an den jeweiligen Anwendungsfall, die Compositeigenschaften gezielt einstellen.



Leistungs- und Kooperationsangebot

- Funktionelles Design der Faser-Matrix-Interface in Verbundwerkstoffen
- Kontinuierliche Faserbeschichtung über CLPC-, CVD- und ALD-Verfahren, Beschichtung von Fasergeweben
- Herstellung und Charakterisierung von MMC und CMC

- 5 Mit Pyro-Kohlenstoff über CLPC-Verfahren beschichtete SiC-Faser.
- 6 Bruchfläche eines CMC mit Beschichtung.
- 7 CSM-Gerät: Messvorrichtung für Push-out-Test.
- 8 SiC-ISCS-Faser mit schwacher Faser-Matrix-Anbindung nach dem Ausdrückversuch.



WERKSTOFFE UND VERFAHREN

IMPEDANZANALYSE FÜR DIE MATERIAL-DIAGNOSTIK

Jun.-Prof. Henning Heuer, Dipl.-Ing. Iryna Patsora, M. Sc. Susanne Hillmann, Dipl.-Ing. (BA) Martin Schulze, Dipl.-Ing. (FH) Matthias Pooch

Impedanzanalytische Verfahren

Verfahren der Impedanzanalyse zeichnen sich durch ihre Vielseitigkeit und einfache Handhabbarkeit aus. Die Impedanz ist ein materialspezifischer Parameter, der den Widerstand eines Materials gegen die Ausbreitung einer elektromagnetischen oder mechanischen Welle beschreibt. Im ersten Fall spricht man von der elektrischen, im zweiten Fall von der akustischen Impedanz. Beide Verfahren können eingesetzt werden, um komplexe Materialparameter, wie Dichte, E-Modul, Abweichung der stofflichen Zusammensetzung, Feuchte oder Polymerisation zu bewerten.

Elektrische Impedanzanalyse

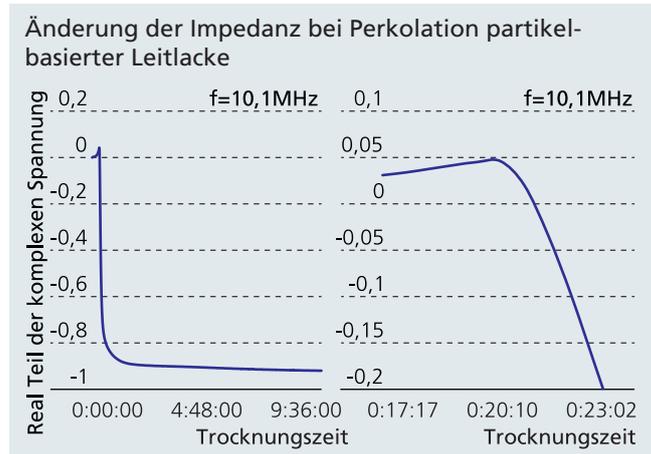
Die elektrische Impedanzanalyse kann sowohl mittels direkter elektrischer Kontaktierung eines Materials als auch mittels kapazitiver oder induktiver Einkopplung durchgeführt werden. Direktkontaktierende Verfahren sind meist an den Laborbetrieb gebunden und bei Festkörpern anwendbar. Für Flüssigkeiten, Pasten oder grüne Keramik kommen kapazitive bzw. induktive Verfahren zum Einsatz. Speziell die induktiven Verfahren im Radiowellen-Frequenzbereich ermöglichen eine Feldfokussierung. Damit erlauben sie sehr empfindliche, kontaktfrei arbeitende Sensoren mit einer, im Vergleich zu kapazitiven Sensoren, höheren Ortsauflösung.

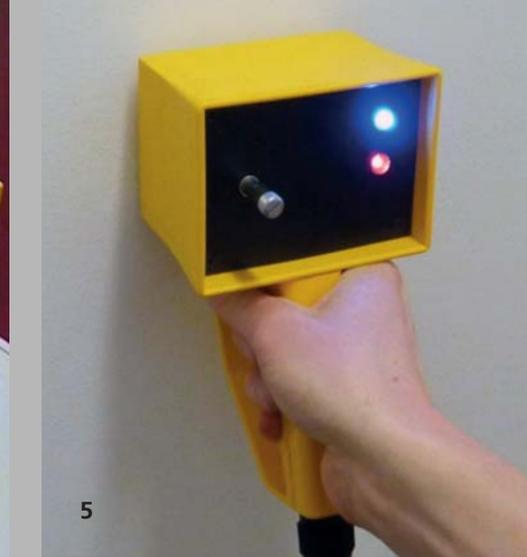
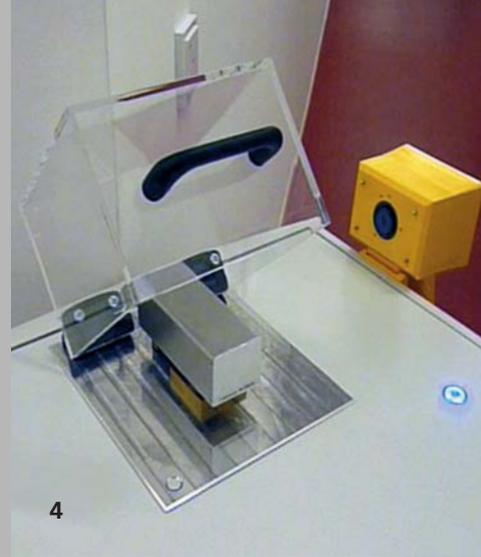
Grundlage des Verfahrens ist ein elektromagnetisches Wechselfeld, das über eine Induktionsspule in ein Objekt eingekoppelt wird. Bei elektrisch leitfähigen Objekten wird damit ein Wirbelstromfluss im Material angeregt. Für die Materialdiagnose wird die elektrische Impedanz der Messspule ausgewertet. Dielektrische Materialien können untersucht werden, da Verschiebestrome und Polarisierungseffekte das Feld und damit die Impedanz der Messspule beeinflussen.

Das Verfahren wird z. B. zur Bewertung des Trocknungsverhaltens von elektrisch leitfähigen Lacksystemen eingesetzt, die zukünftig als Blitzschutz im Flugzeugbau Anwendung finden können. Hierbei wird die Flugzeugoberfläche mit Lacken beschichtet, die mit elektrisch leitfähigen Partikeln versetzt sind.

Ziel des Verfahrens ist die Prognose der nach der Trocknung zu erwartenden Leitfähigkeit im noch nassen Zustand, also unmittelbar nach der Lackierung. Damit kann der Lack im Fall einer fehlerhaften Schichtdicke oder abweichenden Partikelkonzentration im nassen Zustand nachgearbeitet oder entfernt werden. Bisher ist die Prüfung des Beschichtungsergebnisses erst möglich, wenn der Lack getrocknet ist. Das kann sehr teuer werden, wenn der Lack bei einer Fehlbeschichtung auf der gesamten Flugzeugoberfläche mechanisch entfernt werden muss.

Der induktive Impedanz-Analysator »EddyCus® Wet« vom Fraunhofer IKTS ermöglicht die Bestimmung des Perkolationsverhaltens der Schicht über eine kontaktfreie Impedanzmessung sofort nach der Schichtabscheidung. Da die Partikel unmittelbar nach der Beschichtung noch nicht miteinander





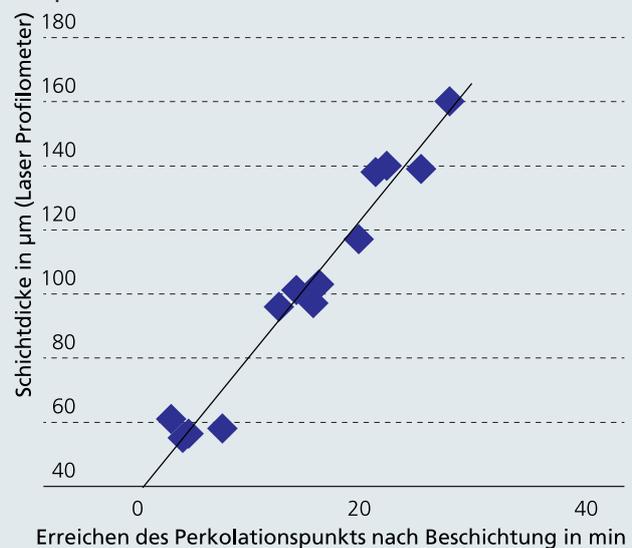
WERKSTOFFE UND VERFAHREN

verbunden sind, hat die Schicht dielektrische Eigenschaften. Bei der Trocknung setzt die Perkolation ein, d. h. die Partikel-dichte erhöht sich. Kurz vor Erreichen des Perkulationspunkts dominieren kapazitive Effekte zwischen den dicht benachbarten Partikeln. Nach erfolgter Perkolation ist die Schicht elektrisch leitfähig aber noch feucht. Der Zeitpunkt des Perkulationspunkts kann aus der Impedanzmessung sehr gut bestimmt werden und korreliert mit der zukünftigen Schichtdicke im trockenen Zustand. Die Partikelkonzentration und damit die Schichtleitfähigkeit im trockenen Zustand kann aus der Amplitude im Perkulationspunkt vorhergesagt werden.

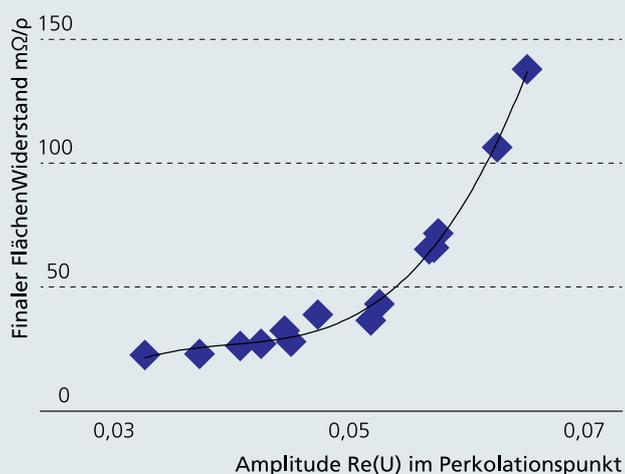
Über eine Kalibrierung des Messsystems kann zudem aus dem Perkulationspunkt auf die zukünftige Schichtdicke und Schichtleitfähigkeit geschlossen werden.

Der entwickelte Prototyp »EddyCus® Wet« verfügt über einen stationären und einen mobilen Sensor. Der stationäre Sensor dient der Referenzierung, der mobile Sensor kann am Objekt, z. B. auf einem Gerüst über Kopf am Flugzeug, angewendet werden.

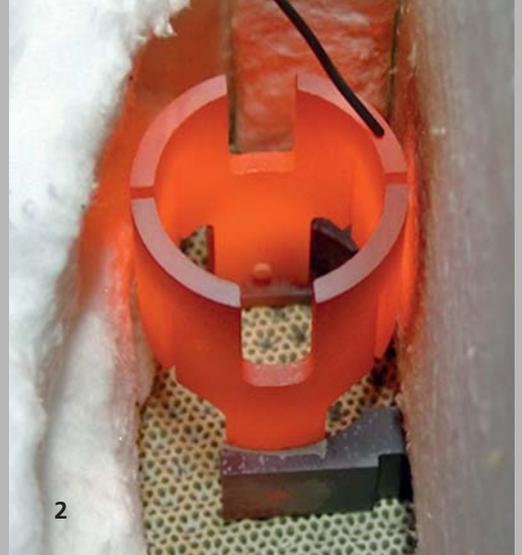
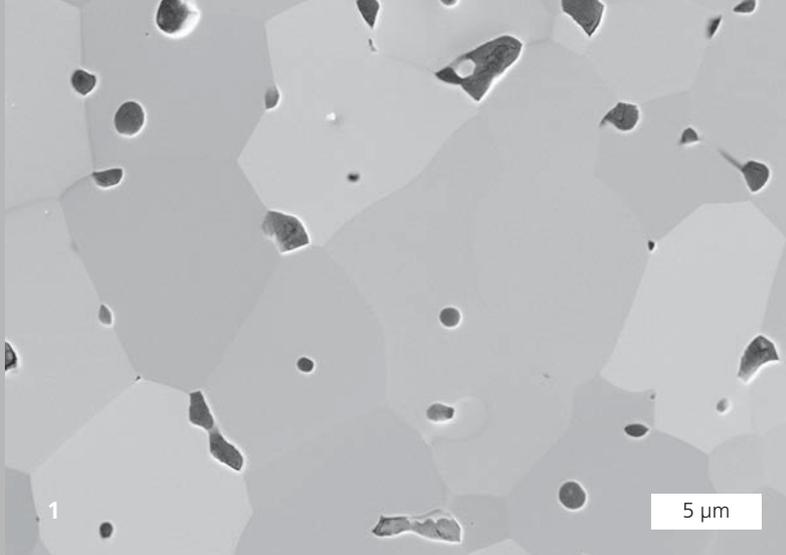
Prognose der Schichtdicke aus dem Perkulationszeitpunkt



Prognose des Flächenwiderstands aus der Amplitude



- 1 Einordnung von Radiowellenverfahren.
- 2 »EddyCus® Wet« – Konstruktions-system.
- 3 Prototyp »EddyCus® Wet«.
- 4 Stationärer Sensor zur Referenzierung des entwickelten Impedanz-Analysators.
- 5 Mobiler Sensor zur kontaktfreien Impedanzmessung.



LEITFÄHIGE KERAMIK ALS ELEKTROWERKSTOFF FÜR DEN HOCHTEMPERATURBEREICH

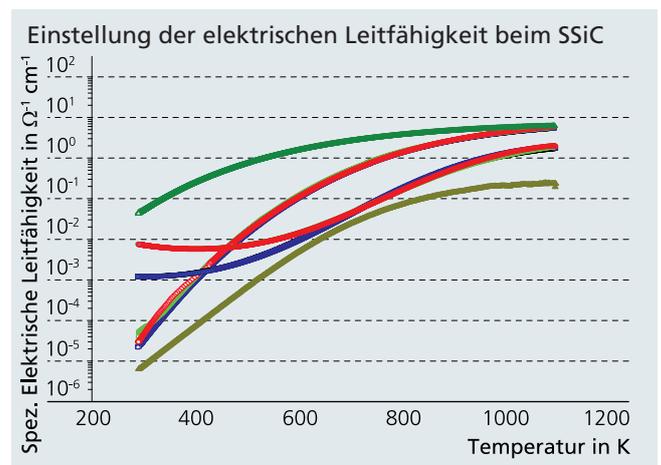
Dr. Hans-Peter Martin

Von keramischen Werkstoffen wird im Allgemeinen eine gute elektrische Isolation erwartet. Das trifft für sehr viele Keramikwerkstoffe zu. Andererseits sind Keramiken hinsichtlich der elektrischen Leitfähigkeit deutlich variabler als Metalle oder Kunststoffe. Keramikwerkstoffe sind insbesondere bei hohen Temperaturen elektrisch und konstruktiv, trotz inhärenter Sprödigkeit und Bruchanfälligkeit, vorteilhaft nutzbar. Auch für Temperaturen < 500 °C ist der Einsatz von Keramikwerkstoffen interessant, weil mechanische und chemische Stabilität fast immer vorhanden sind.

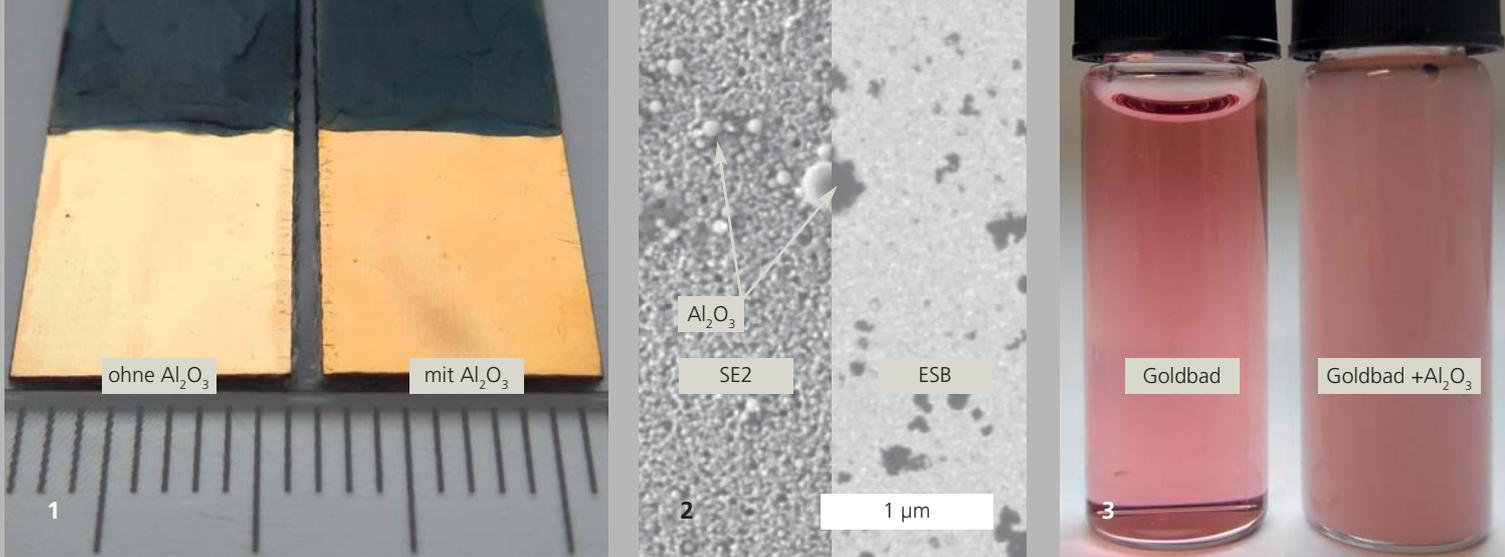
Metallähnliche Carbide (ZrC, TiC) oder Nitride (TiN, TaN) verfügen über eine hohe elektrische Leitfähigkeit bis zu 10⁵ S/cm, die bei Temperaturerhöhung abfällt. Im Unterschied zu Metallen und Metalllegierungen sind die genannten Werkstoffe in den meisten Fällen deutlich härter, hochtemperaturfester und chemisch stabiler. Aktuell werden am IKTS industriell nutzbare Herstellungsverfahren für Zirconcarbid-Werkstoffe entwickelt, die Wolfram und Molybdänwerkstoffe für Hochtemperaturanwendungen ersetzen können. Zirconcarbid zeichnet sich selbst bei Temperaturen um 2000 °C durch einen ähnlich niedrigen Vakuumdampfdruck wie Wolfram aus.

Elektrisch halbleitende Keramikwerkstoffe sind beispielsweise Siliziumcarbid, Borcarbid oder Titansuboxid. Neben einer moderaten elektrischen Leitfähigkeit im Bereich von 10⁻² bis 10³ S/cm bei Raumtemperatur, die auch bei einem Werkstofftyp über mehrere Größenordnungen verändert werden kann, verfügen diese Werkstoffe über eine thermische Belastbarkeit > 1000 °C, Abrasionsbeständigkeit und chemische Stabilität in aggressiver Atmosphäre. Das Eigenschaftsspektrum solcher Werkstoffe ist außergewöhnlich flexibel, so dass funktionale und konstruktive Aufgaben mit einem speziell angepassten Werkstoff gelöst werden können. Somit können beispielsweise Heizaufgaben und Temperatursensorfunktionen mit konstruktiv stützender Funktion durch Heizelementen aus Siliziumcarbid erfüllt werden.

Keramische Komposite aus metallähnlichen, halbleitenden und isolierenden Keramiken (z. B. Si₃N₄ + SiC + MoSi) oder beliebige Kombinationen aus verschiedenen halbleitenden Keramiken (z. B. SiC + B₄C) wurden am IKTS hergestellt und für spezielle Aufgaben angepasst. Für eine variable Multifunktionalität bieten derartige Kompositkeramiken eine verfügbare Basis. Genauer Kenntnis zu den jeweiligen Herstellungsbedingungen können erarbeitet werden und schaffen so die Voraussetzung für wirtschaftlich wettbewerbsfähige Werkstoffe mit zukunftsweisenden Optionen im Anlagenbau, für Maschinenkomponenten und in der Sensorik. Werkstoff- und Komponentenentwicklung sowie elektrische Messungen von Raumtemperatur bis 1000 °C einschließlich der Bestimmung elektronischer Werkstoffgrößen bilden die Grundlage anwendungsorientierter Projekte.



- 1 Gefüge eines bei 2000 °C drucklos gesinterten Zirconcarbidwerkstoffs.
- 2 Siliziumcarbidheizer.



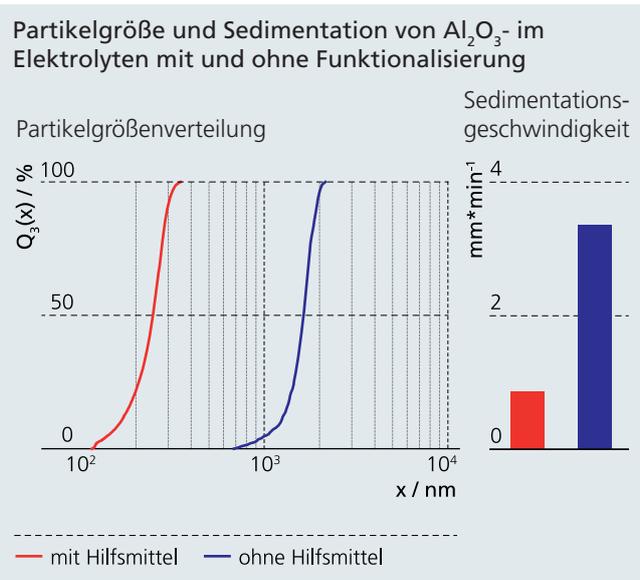
KERAMISCHE NANOPARTIKEL FÜR ELEKTROLYTISCHE SCHICHTEN

M. Sc. Mathias Weiser, Dr. Anja Meyer, Dr. Annegret Potthoff, Dr. Michael Schneider

Durch den Einbau von keramischen Partikeln während der elektrolytischen Abscheidung können galvanische Schichten hinsichtlich ihrer Funktionalität und Eigenschaft modifiziert werden. So können beispielsweise die Härte und Verschleißfestigkeit von Nickelschichten durch Zugabe von keramischen Mikropartikeln (z. B. B_4C) erhöht werden. Für die Entwicklung neuerer Dispersionsschichtsysteme geht der Trend zum Einbau submikro- und nanoskaliger Partikel, von denen man sich einerseits noch bessere mechanische Eigenschaften verspricht und die andererseits einen Einbau in noch dünnere Schichten erlauben.

Für viele Anwendungen ist es entscheidend, dass die keramischen Nanopartikel homogen in die elektrolytische Schicht eingebaut werden. Das setzt eine konstante Abscheiderate des Metalls wie der Partikel sowie eine konstante Konzentration vor der Elektrode voraus. Beides muss aufeinander abgestimmt werden. Zudem müssen Agglomeration und Sedimentation der keramischen Nanopartikel im galvanischen Bad vermieden werden. Da galvanische Bäder hoch leitfähig sind und die elektrochemische Doppelschicht um die Partikel nur eine geringe Reichweite aufweist, lassen sich nicht elektrostatisch gegen Agglomeration stabilisieren. Alternativ werden sterisch stabilisierende Hilfsmittel eingesetzt, die wiederum möglichst nicht in die Metallschicht eingebaut werden sollen. Die nebenstehende Grafik zeigt die erfolgreiche Stabilisierung nanoskaliger Al_2O_3 -Partikel in einem Goldelektrolyten durch den Einsatz eines organischen Hilfsmittels. Die Partikelgrößenverteilung zeigt, dass der Äquivalentdurchmesser $x_{50,3}$ von Al_2O_3 nur 270 nm anstatt 1,6 μm beträgt. Gleichzeitig sinkt die Sedimentationsgeschwindigkeit (Grafik rechts) und die zeitliche Stabilität des galvanischen Bads steigt, was für den Einsatz in der Galvanik vorteilhaft ist. Bild 3 zeigt die zur Beschichtung verwendete Suspension mit stabilisiertem Al_2O_3 im Goldbad. Durch den Einbau nanoskaliger keramischer Hartstoffe wie Al_2O_3 , WC u. a. können auch Goldschichten von weniger als einen Mikrometer Schichtdicke hart und verschleißbeständig

hergestellt werden. Das spart teure Edelmetalle als Auflage im Bereich der Schmuck- oder Uhrenindustrie oder erhöht die Lebensdauer von elektrischen Schwachstromkontakten.

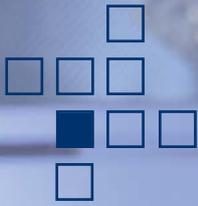
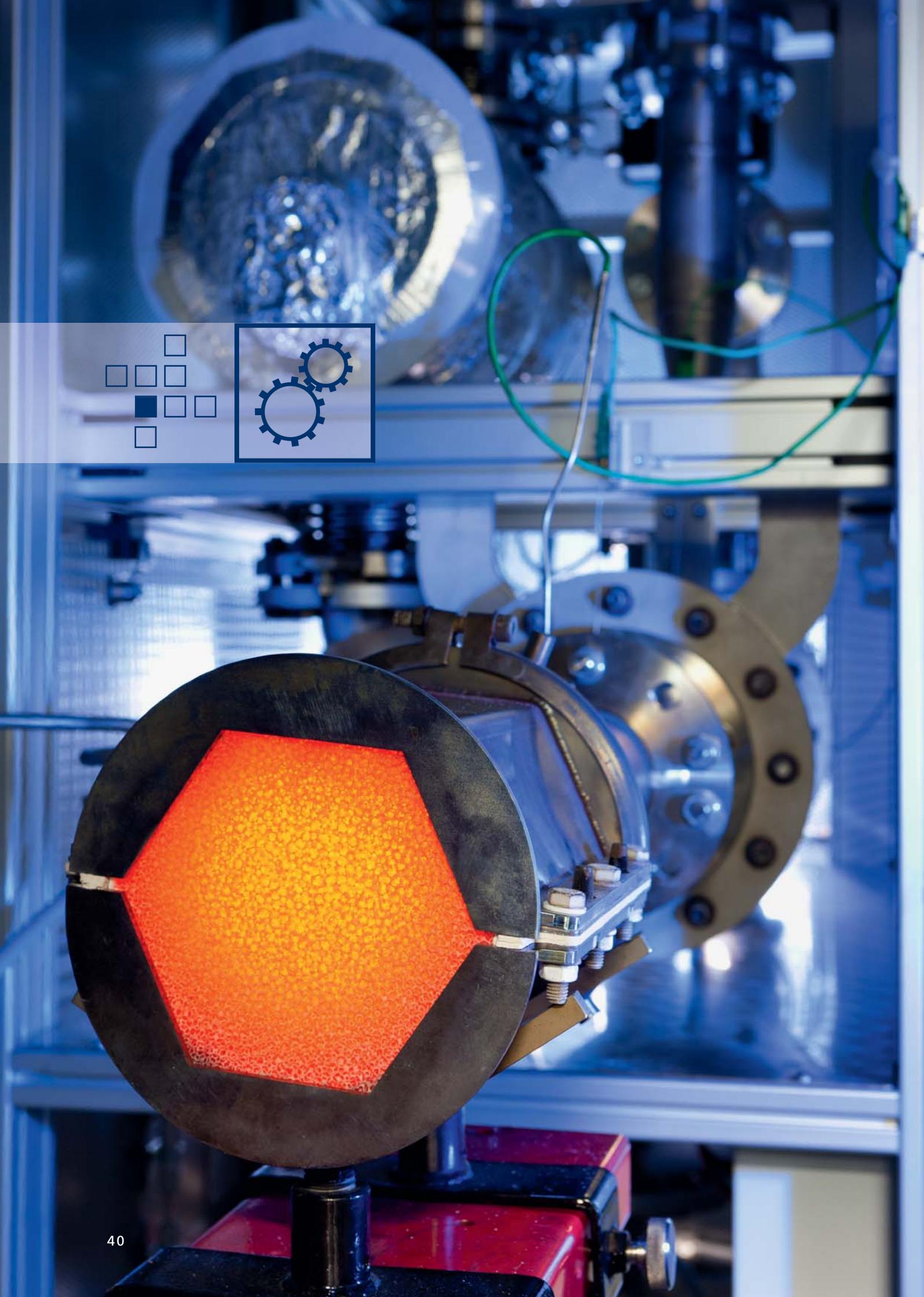


Danksagung

Die Autoren danken der AiF (IGF Nr. 16864 BR).

- 1 Goldschicht ohne und mit Al_2O_3 -Nanopartikeln.
- 2 REM-Aufnahme von Al_2O_3 -Nanopartikeln in einer Goldschicht (SE2 & ESB).
- 3 Goldbad ohne (l.) und mit (r.) Al_2O_3 .





MASCHINENBAU UND FAHRZEUG- TECHNIK

Projektberichte

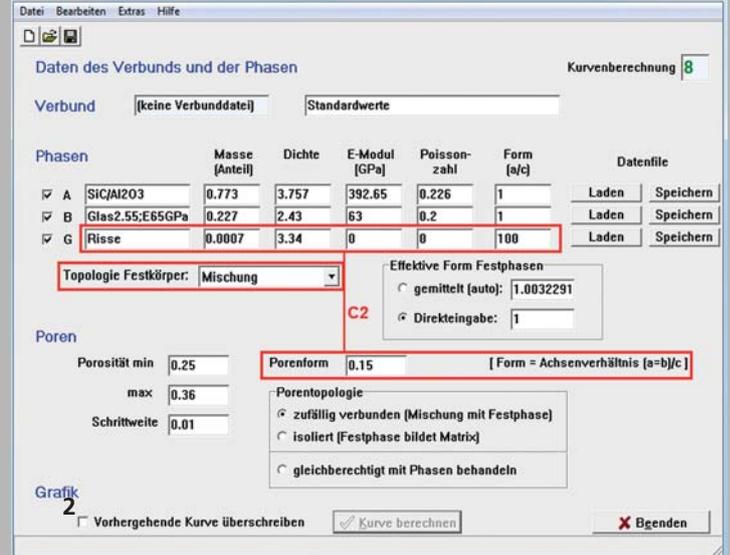
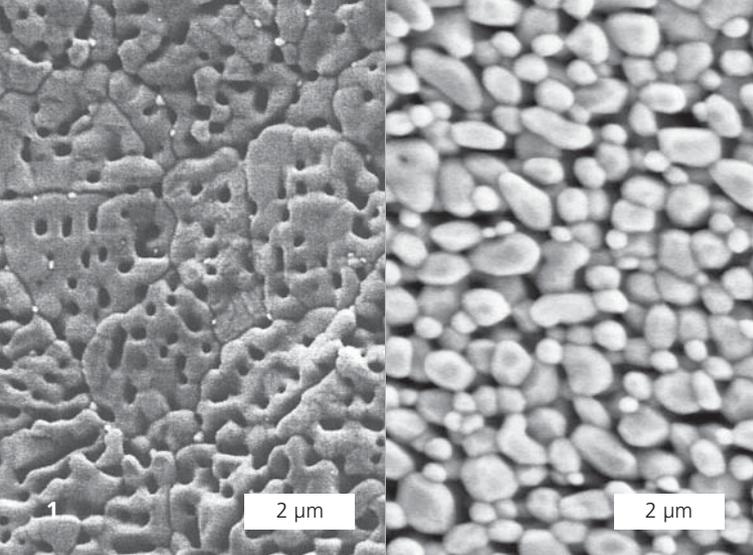
- 42 Schleifkörper und poröse Keramiken: Der E-Modul als Festigkeitskriterium
- 44 Komplexe Bauteile aus Siliziumcarbid durch drucklose Gießformgebung
- 46 Nanoskalige Werkzeugwerkstoffe für Fertigungsaufgaben im Maschinenbau
- 47 Phased-Array-Ultraschallprüfsystem für die Radsatzvollwellenprüfung
- 48 Prozessüberwachung von Hydraulikkomponenten
- 49 Automobilelektronik – Materialien und Zuverlässigkeit

Das Geschäftsfeld »Maschinenbau und Fahrzeugtechnik« des Fraunhofer IKTS bietet traditionell Verschleißteile und Werkzeuge sowie spezifisch beanspruchte Bauteile aus Hochleistungskeramiken, Hartmetallen und Cermets für den Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Einen neuen Schwerpunkt bilden optische, elastodynamische und magnetische Prüfsysteme für die Überwachung von Komponenten und Fertigungsanlagen.

Steigende Energie- und Rohstoffpreise, der verschärfte internationale Wettbewerb und die verstärkten Forderungen nach Nachhaltigkeit stellen heute große Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau dar. Im Fahrzeugbau spielen zudem immer strenger werdende Abgasnormen eine Rolle. Durch den Einsatz von Komponenten aus Hochleistungskeramik können entscheidende Verbesserungen in bestehenden und neuen Systemen erreicht werden.

Das Fraunhofer IKTS unterstützt seine Kunden bei der applikationsorientierten Werkstoffauswahl und -entwicklung, wobei sowohl etablierte Materialsysteme als auch neue Kombinationen zum Einsatz kommen. Die Mitarbeiter verfügen über langjährige Erfahrungen in der keramik- und hartmetallgerechten Auslegung von Bauteilen und ein umfangreiches Know-how hinsichtlich der wirtschaftlichsten Herstellverfahren und der erfolgreichen Integration in das Anwendersystem. Neue Ideen für Anwendungen werden so schnell und kostengünstig in Prototypen und Kleinserien umgesetzt. Bei der Auswahl des Herstellungsprozesses kann auf eine im internationalen Maßstab herausragende Bandbreite an keramischen Fertigungsverfahren zurückgegriffen werden. Die vorhandene Ausrüstung erlaubt ein Hochskalieren der Prozesse über den Technikumsmaßstab bis hin zur Überführung in die industrielle Fertigung.

Prüf- und Monitoringsysteme überwachen den Betriebszustand von Komponenten und Anlagen. Frühzeitig erkennen und lokalisieren sie Defekte. Dafür steht ein breites Portfolio an einzigartigen Methoden zur zerstörungsfreien Erfassung von kritischen Materialparametern wie Faser- und Gefügestrukturen, Spannung, Porosität, Rissbildung oder Delaminationen zur Verfügung. Die Signale werden detektiert, über eigene leistungsfähige Hardwarekomponenten verarbeitet und durch die im Haus entwickelte Software visualisiert und ausgewertet.



SCHLEIFKÖRPER UND PORÖSE KERAMIKEN: DER E-MODUL ALS FESTIGKEITSKRITERIUM

Dr. Andreas Krell, Dipl.-Ing. Thomas Hutzler

Nicht nur poröse Keramiken für Filtration oder Katalyse sondern auch kompakte Schleifkörper benötigen eine hohe offene Porosität, unterliegen aber weit stärkeren Belastungen. Die Sicherung mechanischer Zuverlässigkeit ist deshalb für den technischen Einsatz maßgeblich. In der Schleifkörperfertigung gilt oft der Elastizitätsmodul (E-Modul) als einfach messbares Qualitätskriterium. Bei Neuentwicklungen ist zunächst unbekannt, welcher theoretische E-Modul einer neuen Zusammensetzung oder einer durch ein modifiziertes Brennregime veränderten Porenform im Erfolgsfall zuzuordnen ist.

Jede modellierende Berechnung muss hierzu die Vielzahl unterschiedlicher theoretischer Ansätze zur Beschreibung des E-Moduls in Abhängigkeit von Porosität, Porenform und Porenanordnung beachten. So weist z. B. das im linken Teil von Bild 1 gezeigte Gefüge mit isolierten Poren in kontinuierlicher Matrix bei gleicher Porosität einen offenkundig höheren E-Modul mit höherer mechanischer Stabilität auf als die rechts gezeigten partiell miteinander versinterten Partikel.

In Schleifkörper-Gefügen (Bild 3 und 4) werden unterschiedliche Brenntemperaturen und resultierende Viskositätsänderungen des als körniges Pulver zugesetzten Glasbinders die Topologie des Binders und die Form der Porenkanäle steuern. Andererseits sind natürlich auch die Zusammensetzungen der Schleifkörper mit den E-Modulen und Poisson-Zahlen der Komponenten zu berücksichtigen, z. B. wenn nominelle Diamant-Scheiben zusätzliches Al_2O_3 -Stützkorn enthalten oder dem Glasbinder eine feine Hartstoffkomponente als Verstärkung zugesetzt wird.

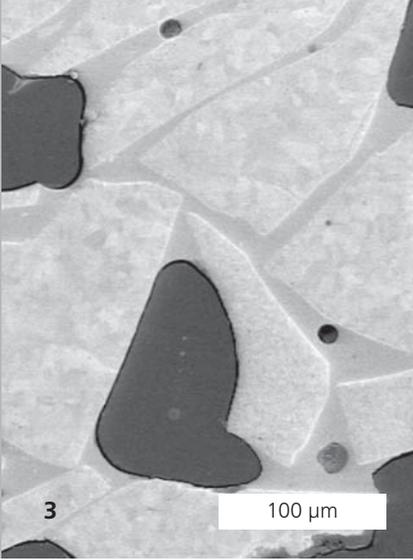
Im Auftrag des Fraunhofer IKTS wurde an der TU Dresden von Dr. W. Kreher auf Basis umfangreicher theoretischer Entwicklungen [1] ein auf Windows-Rechnern nutzbares Modellierungsprogramm entwickelt, das mit IKTS-Datensätzen u. a. zu Al_2O_3 , SiC, Diamant und unterschiedlichen Glasbindern die Berechnung effektiver E-Modulen und Poisson-Zahlen beliebiger

Hartstoffkombinationen erlaubt. Für kompakte Schleifkörper (Bild 4) oder andere poröse Teile (Bild 5) wird die Vorhersage des Porosität-E-Modul-Zusammenhangs unter Anpassung an unterschiedliche Brennregime, d. h. unterschiedliche Binder- und Poren-Konfigurationen, dadurch realisiert, dass die in Bild 2 gezeigte Eingabemaske folgende Unterschiede berücksichtigen kann:

- Unterschiedliche Formfaktoren der Glasbinderkomponente,
- Behandlung des Glasbinders als mit den Hartstoffpartikeln gleichberechtigte »Mischung« oder als »Matrix« sowie
- Eingabe eines Formfaktors für die Poren (Werte < 1 kennzeichnen längliche Kanäle) und Auswahl unterschiedlicher Poren-Topologien.

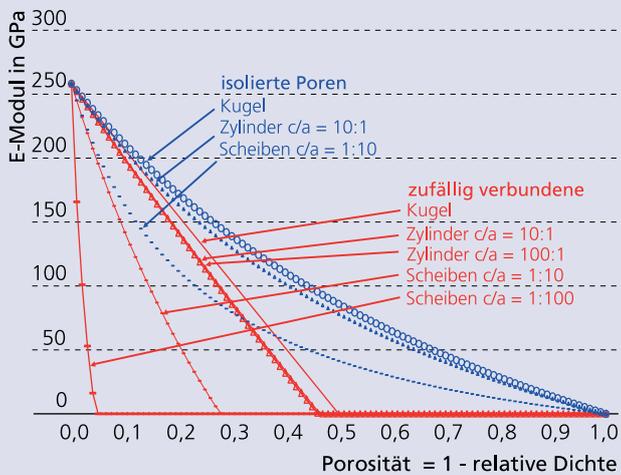
Falls erforderlich, kann zur Beschreibung fehlerhafter Körper auch eine eventuelle Defektpopulation berücksichtigt werden (im Eingabebeispiel: »Risse«).

Das erste Diagramm zeigt beispielhaft für Schleifkörper aus 60 Ma.-% Korund (Al_2O_3), 25 % kubischem Bornitrid (CBN) und 15 % Glasbinder den Einfluss unterschiedlicher Poren-Anordnung und Poren-Form auf die Abhängigkeit des E-Moduls von der Porosität (blau: Modell des effektiven Felds [Topologie Bild 1, links]; rot: Modell des effektiven Mediums für verbundene Poren [Topologie Bild 1, rechts]). Das zweite Diagramm demonstriert, wie der Vergleich gemessener und berechneter E-Modulen von Schleifkörpern aus 63 Ma.-% Korund (Al_2O_3), 14 % Siliziumcarbid (SiC) und 23 % Glasbinder auf eine hier noch zu niedrige Sinterung dieser bei 880 °C gebrannten Körper weist. Übereinstimmung wird unter der Annahme zylinderförmiger Porenkanäle erzielt, wenn der Glasbinder noch keine dünne, die Hartstoffpartikel umhüllende Matrix gebildet hat und der Schleifkörper eine (geringe) Riss-häufigkeit enthält.



MASCHINENBAU UND FAHRZEUGTECHNIK

Einfluss unterschiedlicher Porenstrukturen auf die Abhängigkeit des E-Moduls von der Porosität am Beispiel eines glasgebundenen CBN-Al₂O₃-Schleifkörpers



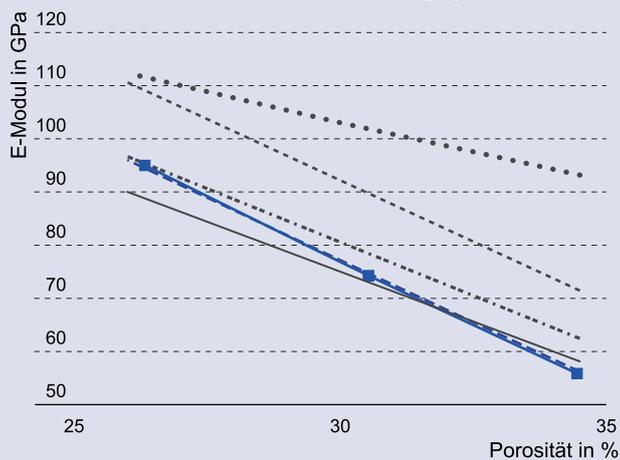
Leistungs- und Kooperationsangebot

- E-Modul/Porositäts-Modellierung komplexer Schleifkörper und anderer keramischer Teile in Abhängigkeit von Zusammensetzung und Gefüge-Topologie
- Entwicklung von Schleifkörpern und porösen Keramiken mit Festigkeitsanforderungen

Quellen

- [1] W. Kreher, W. Pompe, Internal Stresses in Heterogeneous Solids, Akademie-Verlag, Berlin, 1989

Vergleich real gemessener und für verschiedene Poren- bzw. Defektstrukturen modellierter E-Moduln am Beispiel eines glasgebundenen SiC-Al₂O₃-Schleifkörpers



- Modell B: Glas = Matrix, isolierte Poren
- Modell C1: Glasphase punktuell
- Modell D: Glasphase punktuell, als dünner Film
- Modell C2: Glasphase punktuell, Zylinder-Poren, +0,07 % Risse
- Experiment
- Modell A: Glas = Matrix, verbundene Poren

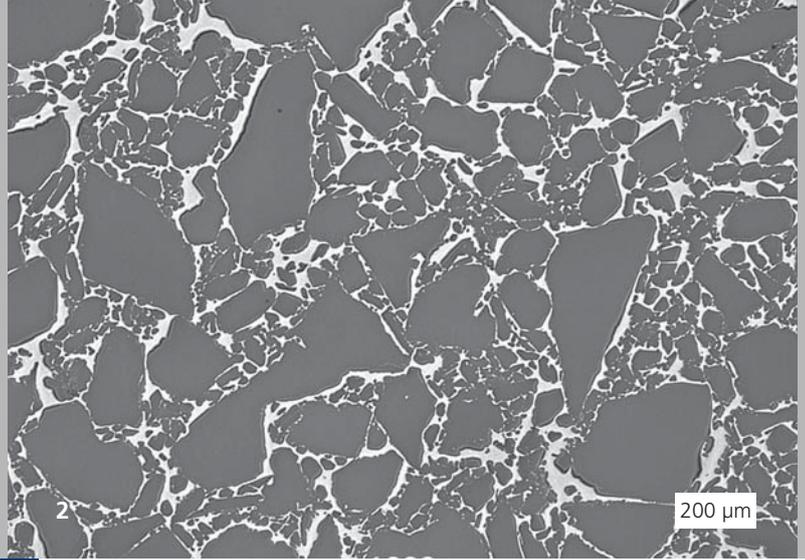
1 Poröse Al₂O₃-Gefüge mit unterschiedlichen Porenstrukturen, zu beschreiben mit Modell des »effektiven Felds« (links) bzw. des »effektiven Mediums« (rechts).

2 Eingabemaske zur E-Modul-Berechnung.

3 Komplexes Schleifkörpergefüge aus polykristallinem Al₂O₃-Schleifkorn, Glas-Binder (grau) und Poren (dunkel).

4 Kompakte Schleifscheibe zur Metallbearbeitung.

5 Defektarme, mittels Gießverfahren und Sinterung erzeugte poröse Al₂O₃-Rohre als Substrate für Filtrationsmembranen.



KOMPLEXE BAUTEILE AUS SILIZIUMCARBID DURCH DRUCKLOSE GIESSFORMGEBUNG

Dipl.-Ing. Steffen Kunze, Dipl.-Krist. Jörg Adler, Dr. Uwe Petasch

Ausgangssituation

Durch die quasi schwindungsfreie Herstellung eignet sich siliziuminfiltriertes Siliziumcarbid (SiSiC) für die Produktion komplexer und großvolumiger keramischer Bauteile. Als Urformverfahren bieten sich hierfür sowohl das Schlickergießen als auch die spanende Formgebung aus isostatisch verpressten SiC-Grünkörpern an. Für die Erzeugung von Komponenten mit großen Wandstärkeunterschieden und/oder anspruchsvollen Hinterschnidungen stoßen diese konventionellen Herstellungsvarianten jedoch an ihre verfahrenstechnischen Grenzen. Die Fertigung von Bauteilen mit solchen anspruchsvollen geometrischen Anforderungen ist derzeit nur durch Modulbauweisen und der Verfahrenskombination mit Garnierprozessen möglich, welche mit einem erheblichen kostenintensiven Material-, Maschinen- und Personalaufwand verbunden sind.

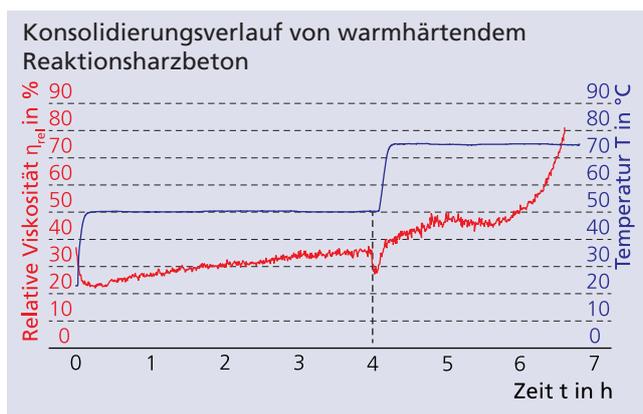
Lösungsansatz

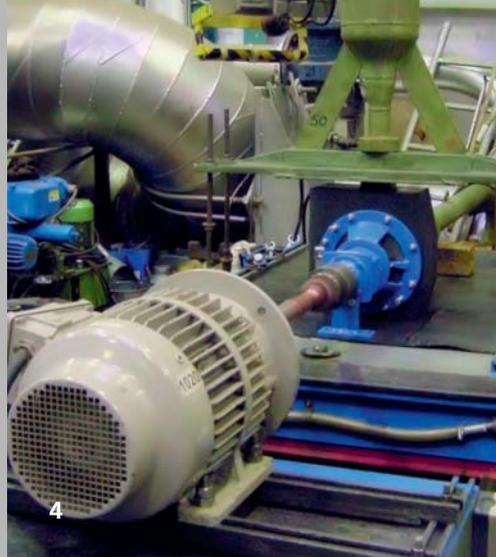
Eine Methode zur Erweiterung der Formgebungsmöglichkeiten sowie der kostengünstigeren Herstellung von SiSiC-Komponenten bietet die Adaption des Produktionsverfahrens für Reaktionsharzbetone an die keramische Fertigung.

Reaktionsharzbetone, die überwiegend aus einer Mischung eines polymeren Bindemittelsystems mit grobkörnigen SiC-Partikeln bestehen, lassen sich drucklos in offene Formen gießen und härten. Die Verwendung von Elastomeren oder Wackskernen in der Gießform ermöglicht bei diesem Verfahren die Herstellung großer und komplexer Grünkörper mit Hinterschnidungen und Wandstärkeunterschieden in einem Arbeitsschritt.

Der Erfolg der Gießformgebung ist dabei wesentlich vom Bindemittel sowie dem Konsolidierungsverlauf der Reaktionsharzbetone abhängig. Während der teils mehrere Stunden andauernden Gießprozesse, ist die Einhaltung einer ausreichenden Topfzeit des Harzsystems erforderlich. Zur Verhinderung von Sedimentationsprozessen der Füllstoffe muss das Bindemittel im Anschluss an den Formfüllvorgang jedoch in der Lage sein zügig zu konsolidieren. Des Weiteren benötigt das Harzsystem eine hohe Kohlenstoffausbeute bei der Pyrolyse.

Für die Umsetzung des Anforderungsprofils kommt ein Novolak mit einer massenbezogenen Kohlenstoffausbeute von ca. 40 % zum Einsatz. Dessen Vernetzung wird durch eine im IKTS entwickelte Kombination von aminischen (Hexamethylen-tetramin) und epoxidischen (Bisphenol-A-diglycidylether) Härtern durchgeführt. Diese ermöglichen die Warmhärtung des Phenolharzes schon bei sehr niedrigen Temperaturen unterhalb von 80 °C, was eine Voraussetzung für die Verwendung von Wachs- und Elastomerformteilen darstellt. Im Anschluss an die Konsolidierung werden die Reaktionsharzbetone in zwei Arbeitsschritten zu SiSiC überführt. Während einer Pyrolyse wandelt sich unter der Abspaltung niedermolekularer Verbindungen bei Temperaturen bis 900 °C die polymere Matrix in Glaskohlenstoff um. Im Anschluss daran wird der poröse SiC-Formkörper mit flüssigem Silicium infiltriert wobei der Kohlenstoffbinder mit diesem zu einer sekundären SiC-Phase reagiert.





MASCHINENBAU UND FAHRZEUGTECHNIK

Bei der Pyrolyse und Silizierung beträgt die Längenabnahme der hochgradig mit SiC gefüllten Gussteile lediglich 0,1 %. Das dementsprechend quasi schwindungsfrei herstellbare SiSiC zeichnet sich durch sein sehr grobkörniges Gefüge mit Korn-durchmessern von teils über 1000 μm aus. Die mechanischen Eigenschaften des SiSiC-Werkstoffs sind dennoch sehr gut. Die auf ein Einheitsvolumen von 1 mm^3 korrelierte Weibullfestigkeit beträgt 175 MPa bei einem Weibullmodul von 17. Die Riss-zähigkeit liegt mit einem Wert von 2,8 $\text{MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$, ebenso wie die erreichte Dichte von 3,05 g/cm^3 , im Bereich konventioneller SiSiC-Keramiken. Das Material zeichnet sich generell durch eine sehr hohe Härte und Verschleißbeständigkeit aus. Es ist weiterhin gasdicht, chemikalienbeständig gegen Säuren und Lösemittel, temperaturbeständig bis ca. 1300 $^{\circ}\text{C}$ und besitzt bei Raumtemperatur eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit von ca. 150 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Technische Anwendungen

Die Wirtschaftlichkeit des Herstellungsverfahrens ermöglicht unter anderem im Chemie- und Anlagenbau die Substitution konventioneller Werkstoffe. Durch die herausragenden chemischen, thermischen und tribologischen Eigenschaften von SiSiC lassen sich dadurch vor allem die Standzeiten von Maschinen und/oder deren Produktivität steigern.

Als erste Anwendungen wurden daher, gemeinsam mit den Unternehmen SICcast Mineralguß GmbH und Düchting Pumpen GmbH, Radialpumpenlaufräder gefertigt. Für die Gießformgebung sind dabei auch industrielle Anlagen zur Herstellung von Reaktionsharzbetonen mit Batchgrößen von bis zu 600 kg erfolgreich getestet worden. Die Einsatzgebiete solcher keramischer Pumpen liegen vor allem in Anwendungen, die bei sehr hohen Temperaturen verarbeitungstechnisch anspruchsvolle Medien, wie etwa korrosive Chemikalien oder hochgradig mit abrasiven Partikeln angereicherte Suspensionen, fördern. Derzeit befindet sich ein Radialpumpenlaufrad mit einem Außendurchmesser von 436 mm, einer Lastdrehzahl von ca. 1000 1/min und Nennleistung von ca. 90 kW als Prototyp im Langzeittest. Im Anschluss daran können Aussagen bezüglich der Verschleißbeständigkeit sowie der zu erwartenden Standzeitverlängerung in konkreten Anwendungen im Vergleich mit konventionellen Werkstoffen getroffen werden.

Neben der Pumpenindustrie liegen weitere potentielle Anwendungsgebiete in der Herstellung von Düsen, Mühlen, Rekupe-ratoren oder Brennern. Aufgrund der hohen Steifigkeit und niedrigen Längenausdehnungskoeffizienten eignet sich diese Keramik beispielsweise auch zur Herstellung von Gehäusen und Trägersystemen in Hochpräzisionsanwendungen der opti-schen Industrie.

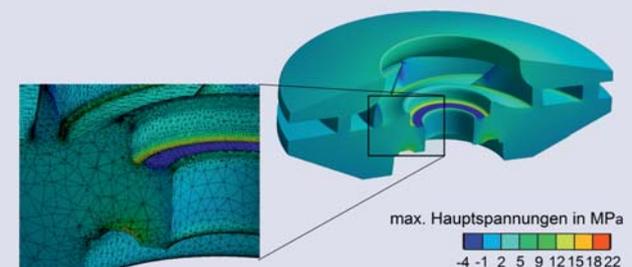
Danksagung

Die vorgestellten Arbeiten sind Ergebnisse aus Gemeinschaftsprojekten mit den Firmen SICcast GmbH und Düchting Pumpen GmbH. Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie für die Förderung im Rahmen des ZIM Projekts KF2087322LL1.

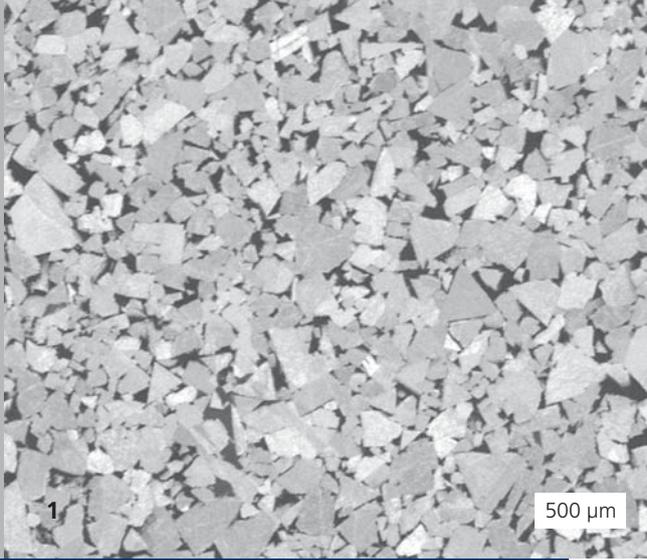
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Verfahrens- und Systementwicklung für Reaktionsharz-betone und Strukturkeramiken aus SiSiC
- Auslegung und Anfertigung von Applikationsmustern und Prototypen
- Bauteil- und Werkstoffcharakterisierung

FEM-Simulation der Spannungsverteilung im Bauteil



- 1 Verfüllvorgang des Reaktionsharz-betons.
- 2 Gefügedarstellung des grobkörnigen SiSiC-Werkstoffs.
- 3 Keramisches Radialpumpenlaufrad as fired (Durchmesser 250 mm).
- 4 Pumpenprüfstand des Partners Düchting Pumpen GmbH.
- 5 Umlenkdüse (350 x 250 x 250 mm^3).



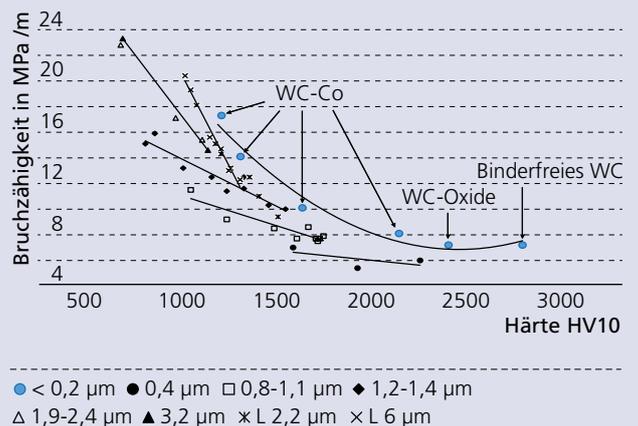
NANOSKALIGE WERKZEUGWERKSTOFFE FÜR FERTIGUNGSAUFGABEN IM MASCHINENBAU

Dipl.-Ing. Johannes Pötschke

Für anspruchsvolle Fertigungsaufgaben wie die Zerspaltung von Titan- und Nickelsuperlegierungen, die Bearbeitung gehärteter Stähle, das Drehen und Fräsen von Hartmetallen oder Keramiken sowie das Präzisionsblankpressen von Glas werden neue und besonders leistungsfähige Werkzeugwerkstoffe benötigt. In der Arbeitsgruppe Hartmetalle und Cermets wurden in den letzten Jahren dazu verschiedene auf nanoskaligem Wolframcarbid (WC) basierende binderfreie und binderhaltige Hartmetalle entwickelt. Durch die Optimierung von Zusammensetzung und pulvermetallurgischer Fertigung können nun Werkzeuge mit deutlich gesteigerter Härte sowie Bruchzähigkeit hergestellt werden. Die Herstellung beruht auf besonders feinkörnigen WC-Pulvern mit einer mittleren Partikelgröße d_{BET} von ~ 90 nm. Durch eine angepasste Mischmahlung werden homogene Mischungen hergestellt, welche mittels konventionellem uniaxialen oder kaltisostatischen Pressvorgang zu Werkzeugen oder Werkzeugrohteilen verarbeitet werden können. Die Sinterung erfolgt abhängig von der verwendeten Art und Menge des Binders bei Temperaturen von etwa 1300 °C (nanoskalige Hartmetalle) über 1550 °C (nanoskalige WC-Oxid-Verbundbauteile) bis zu 1900 °C (binderfreie Hartmetalle).

Die binderfreien Hartmetalle weisen aufgrund ihrer sehr geringen Hartstoffkorngröße eine Härte von über 2800 HV10 auf. Sie können aufgrund ihrer Feinheit und der nach einem Polieren vorliegenden sehr geringen Oberflächenrauheit ideal als Pressstempel für Präzisionsglaslinsen eingesetzt werden. Binderfreie Hartmetalle, aber auch Mischkeramiken aus Wolframcarbid und Oxiden wie ZrO_2 oder Al_2O_3 können weiterhin für den Verschleißschutz oder als Dichtringe verwendet werden. Nanoskalige WC-Co-Hartmetalle mit einem Co-Bindergehalt von 6 bis 15 Ma-% besitzen bessere mechanische Eigenschaften als die derzeit verwendeten ultrafeinen Hartmetalle. Wie in Diagramm 1 gezeigt, konnte durch die Verwendung der nanoskaligen Ausgangspulver die Kombination von Härte und Bruchzähigkeit deutlich über die von konventionellen Hartme-

Härte und Bruchzähigkeit der nanoskaligen WC basierten Hartmetalle



tallen gesteigert werden. Auch die Biegefestigkeit liegt mit über 4500 N/mm² deutlich über den bis jetzt eingesetzten Hartmetallen.

Im BMBF-Projekt NanoHM von der Firma Kennametal Widia Essen durchgeführte Zerspaltungstests an Nickelsuperlegierungen zeigten, dass die nanoskaligen Hartmetalle, bei ansonsten gleichen Bedingungen, den bis jetzt eingesetzten Hartmetallen deutlich überlegen sind.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Optimierung und Herstellung von WC-Keramiken für spezielle Anwendungen und Fertigungsumgebungen
- Legierungsentwicklung binderhaltiger Hartmetalle oder WC-freier Hartmetalle (Cermets)
- Materialcharakterisierung von Hartmetallen und Cermets
- Untersuchung von Ausfallursachen

1 Nanoskaliges Hartmetallgefüge, WC-10Co, Sehnenlänge < 100 nm.

2 Werkzeuge aus nanoskaligem Hartmetall (geschliffen von Fisch-Tools).



PHASED-ARRAY-ULTRASCHALLPRÜFSYSTEM FÜR DIE RADSATZVOLLWELLENPRÜFUNG

Dipl.-Ing. (FH) Christian Richter, Dipl.-Ing. Andreas Floet, Henry Scholz

Zur Vermeidung von Unfällen und Zwischenfällen im Bahnbetrieb wird bei der Wartung von Bahnfahrzeugen auch auf Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zurückgegriffen. Durch den Einsatz komplexer Messsysteme können beispielsweise feinste Risse oder Korrosion identifiziert und beurteilt werden.

Bei Wagen im Schienengüterverkehr kommen vorwiegend Radsatzvollwellen zum Einsatz. Diese sind aufgrund ihres Nutzungsprofils (hohe Wechsellasten, Laufleistung, Schienenzustand) für Defekte und Ermüdung anfällig. Die Radsatzvollwellen werden im Rahmen der planmäßigen Instandsetzung ausgebaut und mit Ultraschalltechnik auf mögliche Schäden geprüft. Die Deutsche Bahn nutzte dafür bisher teilautomatisierte Phased-Array-Prüfanlagen der ersten Generation.

Im Rahmen eines Industrieprojekts unter Beteiligung des Fraunhofer IKTS-MD, des Systemintegrators arxes-tolina GmbH und des Mechanikpartners BIP-Industrietechnik GmbH wurden diese Prüfanlagen durch optimierte Anlagen ersetzt.

In den neuen Anlagen werden mehrere Ultraschallgeräte des Typs »PCUS® pro Array« zusammen mit der vollautomatisierten Prüfsoftware »PCUS® pro Lab« eingesetzt. Diese am IKTS-MD entwickelten und bis zur industriellen Serienreife optimierten Ultraschallgeräte zeichnen sich durch eine kompakte Bauform, hohe Kanalanzahl, außergewöhnlich gutes Signal-Rausch-Verhältnis sowie eine überragend hohe Datenübertragungsrate aus. Ihre kompakte Bauform erlaubt eine sehr nahe Montage an den Prüfköpfen. Dadurch werden Störeinflüsse und Signalverzerrungen, die mit langen Signalkabeln einhergehen, minimiert.

Die am Fraunhofer IKTS-MD entwickelte Prüfsoftware wurde im Rahmen eines Projekts des IKTS-MD mit der arxes-tolina GmbH weiterentwickelt und optimiert. Sie ermöglicht eine schnelle und zuverlässige Bewertung der Ultraschallbilder bei

gleichzeitig intuitiver und ergonomischer Bedienung. Dabei ist die Software in der Lage, alle in der Anlage integrierten Ultraschallprüfgeräte parallel anzusteuern und so die vorgegebene Taktzeit durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Phased-Array-Prüfköpfe zu minimieren.

Innerhalb dieses Industrieprojekts fertigte das IKTS-MD angepasste Phased-Array-Prüfköpfe nach Vorgaben der arxes-tolina GmbH, die lackierte und beschichtete Radsatzvollwellen mit hoher Empfindlichkeit prüfen können. Damit entfällt die bisher notwendige mechanische Vorbehandlung der Wellenoberfläche, z. B. durch Sandstrahlen. Die speziell gekrümmten Prüfköpfe können zudem an allen Wellenbauarten eingesetzt werden.

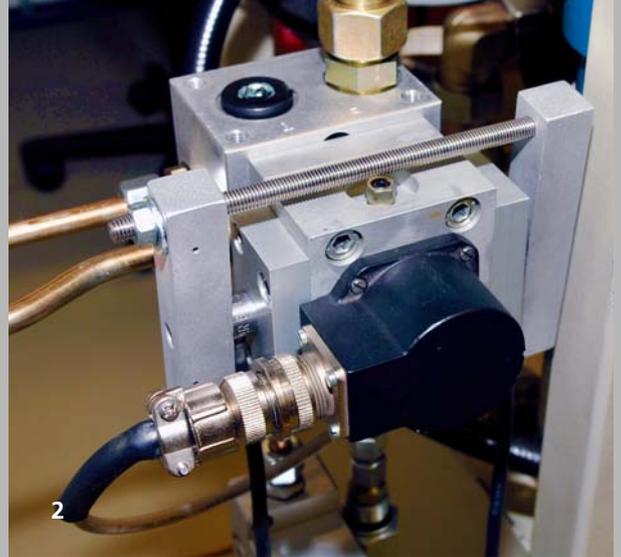
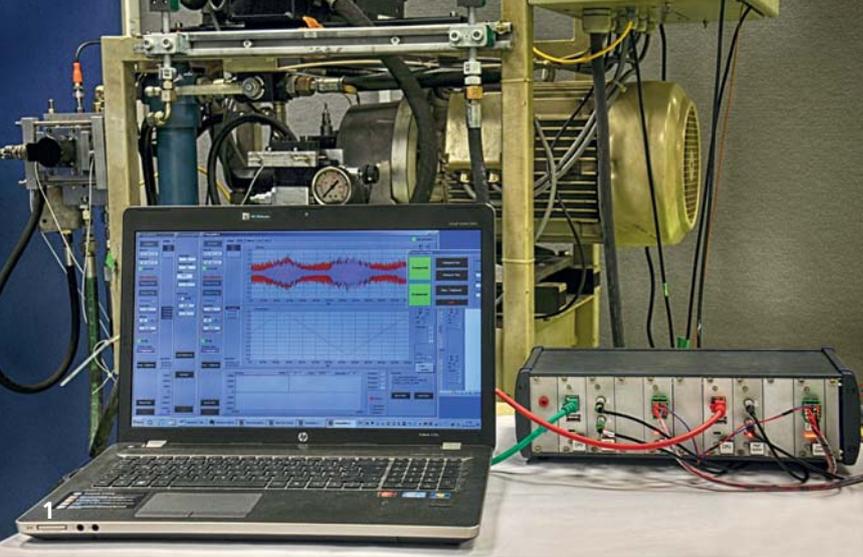
Die neuen Ultraschallprüfsysteme sind auf höchste Zuverlässigkeit, lange Lebensdauer, geringen Verschleiß und damit auf niedrige Wartungs- und Instandhaltungskosten optimiert.

Bereits zwei Anlagen wurden bei der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH errichtet und nach dem Probetrieb vollständig abgenommen. Diese Systeme dienen internationalen Industriepartnern als Referenz. Derzeit laufen Verhandlungen über die Beauftragung weiterer Anlagen.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Ultraschallsysteme nach Kundenspezifikationen
- Entwicklung und Anpassung von Prüfsoftware
- Entwicklung von Hochleistungsmesselektronik

1 Optimierte zerstörungsfreie Prüfung von Radsatzvollwellen für den Schienengüterverkehr.



MASCHINENBAU UND FAHRZEUGTECHNIK

PROZESSÜBERWACHUNG VON HYDRAULIK-KOMPONENTEN

Dipl.-Ing. Mareike Stephan, Dipl.-Geophys. Eberhard Schulze

Aufgabe

Ziel der Entwicklungsarbeit war es, eine effektive Überwachung hydraulischer Prüfstände mit unterschiedlichen Methoden zu ermöglichen.

Bisher müssen Prüfstände regelmäßigen Wartungs-Checks unterzogen werden, auch wenn sich noch kein Fehler in der Anlage abzeichnet. Das hier entwickelte System soll eine kostensparende zustandsabhängige Wartung ermöglichen.

Verfahren

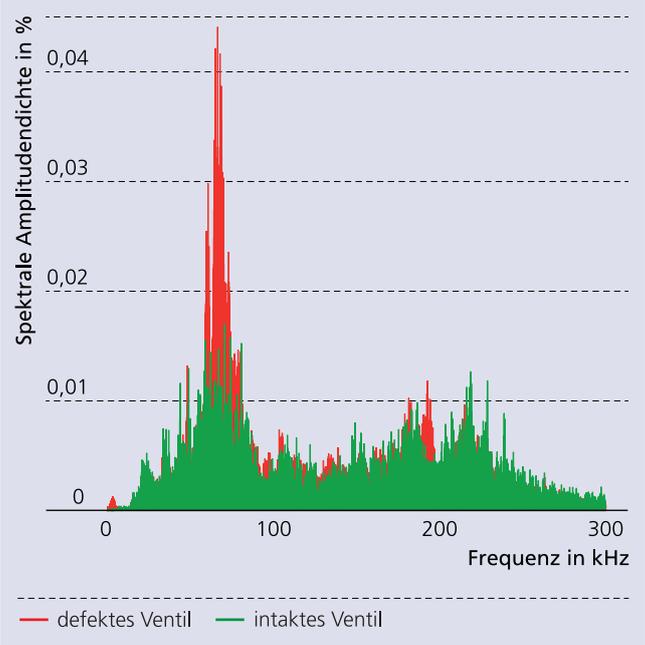
Im Mittelpunkt der Monitoring-Strategie steht die Überwachung der Ventile, insbesondere der Servoventile, mittels Körperschallsensoren. Durch den Ölstrom werden akustische Körperschallsignale in einem sehr breiten Frequenzspektrum von 10 bis 500 kHz angeregt, die die hydraulischen Prozesse charakterisieren. Änderungen des Zustands durchströmter Komponenten, z. B. durch Verschleiß von Ventilkegeln, führen zu variierenden Signaleigenschaften. Aus den Hüllkurven der Zeitsignale und aus dem Amplitudenspektrum der Signale können Merkmale extrahiert werden, die für die Zustandsüberwachung der Komponenten geeignet sind.

Hard- und Software

Der Hydraulikmonitor besteht aus digitalen Modulen, die jeweils zwei Kanäle hochfrequenter akustischer Signale mit einer möglichen Abtastrate von bis zu 4 MHz und vier Kanäle niederfrequenter Betriebsgrößen wie Temperatur, Durchfluss, Druck und Ventilsteuerstrom verarbeiten können.

Die Datenerfassung und -übergabe an den PC erfolgt auf Basis eines Mikrokontrollers im Messgerät. Die Messungen können kontinuierlich oder in festgelegten Zeitintervallen ausgeführt werden.

Amplitudendichtespektren akustischer Signale von intakten und defekten Ventilen



- 1 Monitor für die Überwachung von Hydraulikkomponenten.
- 2 Servoventil mit akustischen Sensoren.





AUTOMOBILELEKTRONIK – MATERIALIEN UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Dr. Martin Gall, Dr. André Clausner, Dipl.-Ing. Christoph Sander, Dr. Matthias Kraatz, Prof. Ehrenfried Zschech

Der Anteil elektronischer Bauelemente in Fahrzeugen nimmt kontinuierlich zu. Das hat mehrere Ursachen: Zum einen wird durch die Anwendung modernster Elektronik die Funktionalität und Bedienbarkeit drastisch gesteigert, zum anderen wird auch die Effizienz signifikant verbessert (Verbrennungskontrolle, Getriebeschaltung, etc.). Hinzu kommt die immer höhere Vernetzung des Automobils. Neben dem wachsenden Angebot im Bereich Infotainment gewinnt das autonome Fahren an Bedeutung. Dies wiederum stellt noch höhere Ansprüche an die Leistungsfähigkeit, Informationsdichte und Übertragungsrate der Mikro- und Nanoelektronik. Bis etwa 2010 wurden nur »ältere« Technologieknoten verwendet, die aufgrund des abgeschlossenen Reifeprozesses höhere und besser verstandene Zuverlässigkeit bieten. Aktuell halten neue Technologien (z. B. 20/22 nm CMOS-Prozesse) Einzug in das Automobil. Um die Betriebssicherheit dieser neuen Technologieknoten zu sichern, kooperieren das Fraunhofer IKTS mit der Volkswagen AG und dem Fraunhofer IIS-EAS auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit von mikro- und nanoelektronischen Bauteilen. Die Tabelle zeigt die wichtigsten Unterschiede der Anforderungen in den Bereichen »Consumer electronics« und »Automotive«. Während die meisten Halbleiterhersteller die weniger stringenten Ansprüche im Bereich »Consumer electronics« abdecken, gelten im Automobilbereich höhere Anforderungen. Unterschiede liegen vor allem in der anvisierten Lebensdauer von 15 gegenüber drei Jahren und der Ausfallrate von 0 % (»Zero defects«) gegenüber bis zu 10 %.

Ausgehend von heutiger Standard-Mikroelektronik, die für automobiler Anwendungen qualifiziert ist, werden Eigenschaften, Potenziale und Herausforderungen zukünftiger Mikroelektronik für diesen Anwendungsbereich erarbeitet. Wesentliche Konstruktions- und Prozessbestandteile der Mikroelektronik-Produkte werden hinsichtlich einer Zuverlässigkeitsbewertung evaluiert, u. a. Elektromigration (EM), Stressmigration (SM), Time-Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) des BEOL, Temperature Cycling (TC), Gate Oxide Integrity (GOI). Standardmo-

delle für Extrapolationen zu applikationsspezifischen Operationsbedingungen werden einer kritischen Analyse und Validitätsprüfung unterzogen.

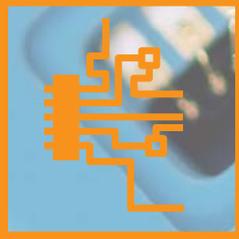
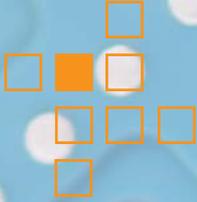
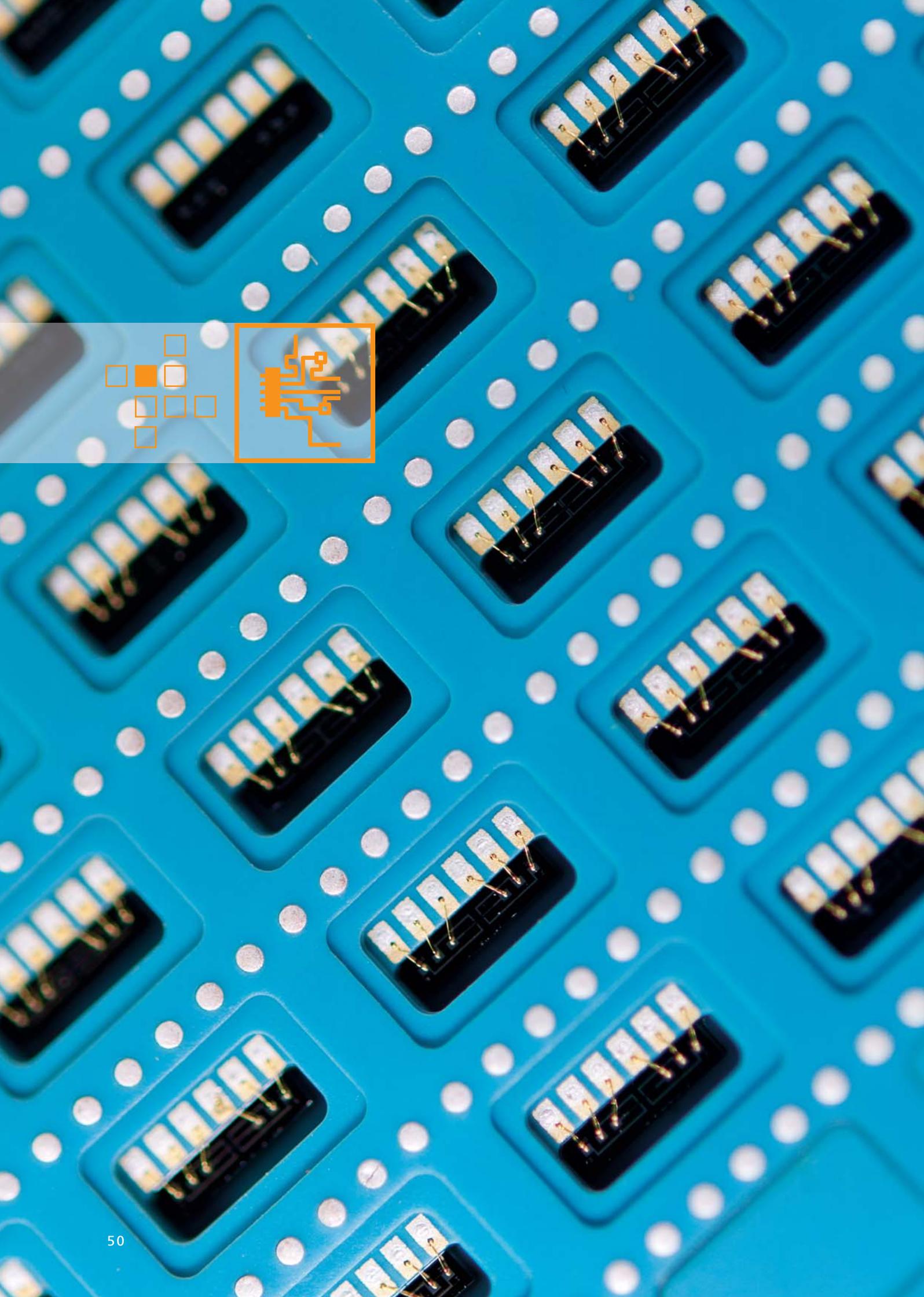
Auf Grundlage der am IKTS entwickelten multiskaligen Materialdatenbank, welche die charakteristischen thermomechanischen Eigenschaften der in Halbleiterprozessen verwendeten Werkstoffe beschreibt, werden die zuverlässigkeitslimitierenden Mechanismen ausgearbeitet, die die Lebensdauer eines in der Automobilbranche verwendeten Bauteils bestimmen. Diese Lebensdauer wird als Funktion des automobilen Anwendungsbereichs charakterisiert. Dabei wird der gesamte Aufbauprozess neuer elektronischer Systeme (z. B. einer Electronic Control Unit) berücksichtigt.

Unterschiedliche Anforderungen an die Mikroelektronik

Eigenschaft	Consumer	Automotive
Temperaturbereich	0 °C bis + 40 °C	- 40 °C bis + 155 °C
Betriebsdauer	1–3 Jahre	10–15 Jahre
Vibration	Vernachlässigbar	0–2000 Hz
Beschleunigung	Vernachlässigbar	500 m/s ²
ESD-Sicherheit	Bis 3 kV	Bis 15 kV
Tolerierte Feldausfallmenge	< 10 %	Ziel: Null-Fehler
Dokumentation Ausfallverhalten	Nein	Ja
Langfristversorgung	Nein	Bis 30 Jahre

Wichtige Anwendungsbereiche der Mikro- und Nanoelektronik:

- 1 Consumer electronics
(Quelle: commons.wikimedia.org).
- 2 Automotive
(Quelle: Volkswagen AG).



ELEKTRONIK UND MIKROSYSTEME

Projektberichte

- 52 Vorkonfektionierte Dickschichtsensoren für variable Bauteiloberflächen
- 54 Design-Support-Tool zur Gewährleistung vibrationsfester Elektronik
- 55 Smart Transfer – Offene Technologieplattform zur Entwicklung smarter Produkte
- 56 Passgenaue Kompositwandler auf Basis piezokeramischer Fasern und Perlen
- 57 Funktionalisierung keramischer Schichten bei 200 °C

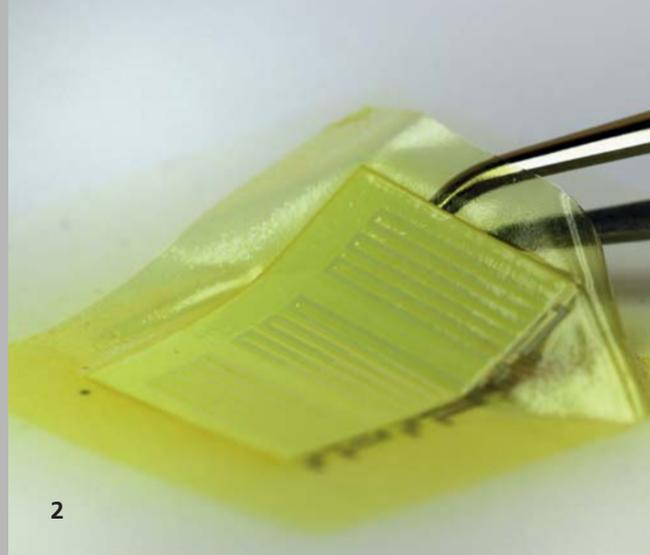
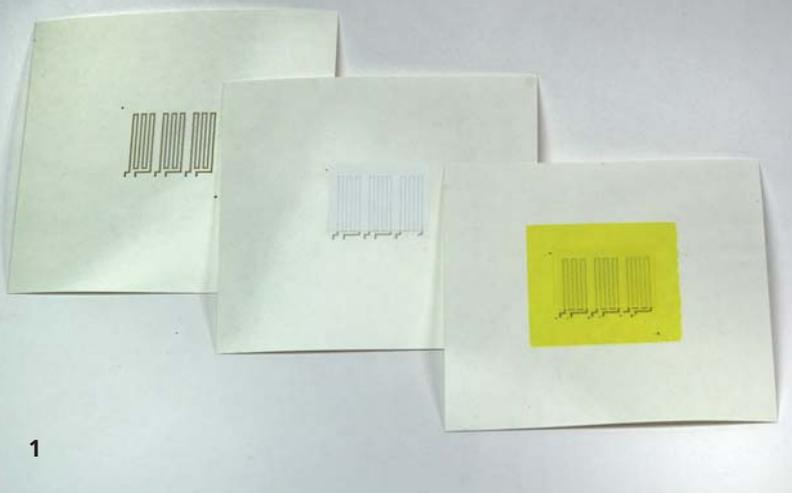
Im Geschäftsfeld »Elektronik und Mikrosysteme« bietet das Fraunhofer IKTS Materialien, Technologien, Komponenten und Systeme für die Mikro- und Nanoelektronik, Energietechnik, Sensorik und Aktorik sowie für industrielle Prüfsysteme.

Mikrosysteme werden zukünftig nicht nur deutlich komplexer, robuster und kleiner, sondern durch erweiterte Funktionalitäten zunehmend direkt mit ihrer Umwelt interagieren. Daraus ergeben sich steigende Anforderungen an die Entwicklung kostengünstiger sowie zuverlässiger Werkstoff- und Fertigungslösungen für miniaturisierte Baugruppen. Diese Herausforderungen löst das Fraunhofer IKTS durch eine integrierte Betrachtung von Material, Prozess und Systementwurf.

Das Fraunhofer IKTS entwickelt funktionskeramische Werkstoffe, die durch ihre außergewöhnlichen Eigenschaften für einen Einsatz in harschen Umgebungen geeignet sind. Diese können mit Hilfe verschiedenster Synthese-, Aufbau-, Füge-, Schichtabscheidungs- und Strukturierungstechnologien je nach Anforderung und Kundenwunsch verarbeitet und in komplexen Mikrosystemen appliziert werden. Mit standardisierten und bewährten Herstellungsprozessen lassen sich wettbewerbsfähige Kosten erreichen. Keramische Komponenten können zusätzliche fluidische, thermische, Sensor- oder Aktorfunktionen realisieren, die mit den elektronischen Komponenten der Signalverarbeitung oder Leistungselektronik direkt zusammenwirken. Eine besondere Kompetenz besitzt das Fraunhofer IKTS in Bezug auf multifunktionale Werkstoffe wie etwa Piezokeramiken, elektrokalendarische Materialien und Formgedächtnislegierungen. Mit solchen Werkstoffen lassen sich sogenannte »smarte« Systeme entwickeln, bei denen der Werkstoff selbst mehrere Funktionen miteinander verknüpft.

Einen Schwerpunkt im Portfolio des Geschäftsfelds stellen Sensoren und komplexe Sensorsysteme dar, mit denen viele chemische, elektrochemische, elektrische, thermische, akustische, elektromagnetische, mechanische sowie optische Parameter erfasst werden können. Angepasst an die individuellen Prozessanforderungen entsteht hausintern die Auswerteelektronik mit ihrer Hard- und Software. Die Systeme finden in der Automobil- und Energietechnik, der zerstörungsfreien Prüfung sowie der Zustands- und Prozessüberwachung Anwendung.

Im Geschäftsfeld »Elektronik und Mikrosysteme« stehen maßgeschneiderte Materialien, Designregeln und Prüftechnologien zur Verfügung, um die Einsatzgebiete miniaturisierter Systeme kontinuierlich zu erweitern, Entwicklungszyklen zu verkürzen und Systemzuverlässigkeit sicherzustellen. Die umfangreiche technische Infrastruktur sowie spezifische Industrieangebote gewährleisten einen industrieorientierten Entwicklungsprozess und einen effizienten Transfer von Know-how und Technologie zum Kunden.



VORKONFEKTIONIERTE DICKSCHICHTSENSOREN FÜR VARIABLE BAUTEILOBERFLÄCHEN

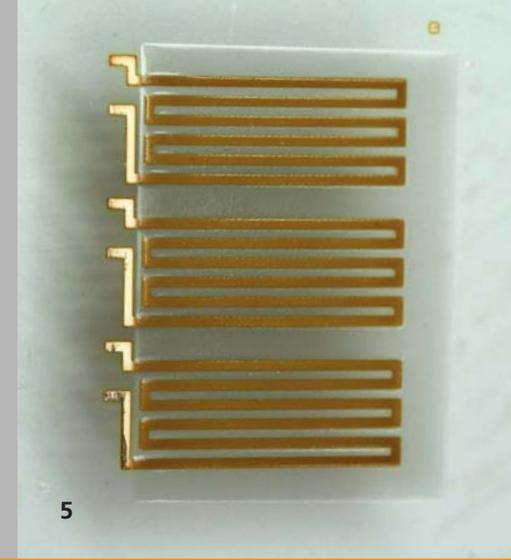
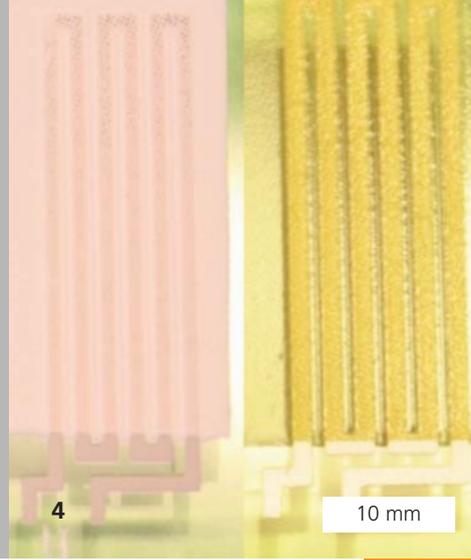
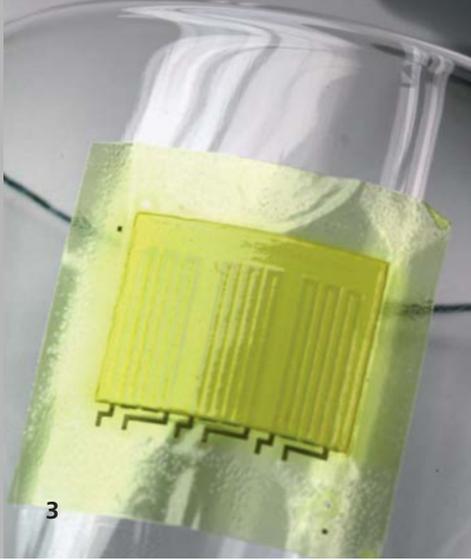
Dipl.-Ing. Thomas Seuthe, Dr. Markus Eberstein

Die Herstellung mehrlagiger, keramischer Funktionsschichten über Abscheidungsverfahren wie Siebdruck, Dispenser, Aerosol-Druck ist heute gängige Praxis. Jedoch ist in einer Produktionsumgebung teilweise erheblicher Aufwand nötig, um Druck und Einbrand mit der erforderlichen Präzision und der nötigen Reproduzierbarkeit zu realisieren (Reinräume, Personal). Auch werden die Anwendungsgebiete durch die Größe der bearbeitbaren Substrate eingeschränkt. So ist der Druck auf Substrate, die eine Kantenlänge von einem Meter überschreiten, z. B. mit einem herkömmlichen Labordrucker nur schwer realisierbar. Um hier eine Lösung zu finden, wurde ein Schiebepild-Verfahren untersucht, bei dem die zu erstellende Struktur mit allen Anforderungen an Schichtdicken und Kontureigenschaften zuerst auf eine nichthaftende Unterlage im Mehrlagenaufbau gedruckt und getrocknet wurde, um sie anschließend über eine Transportschicht auf Substrate beliebiger Größe zu übertragen, ähnlich wie es bei der Applikation von Dekorkeramiken bereits seit Längerem angewendet wird. Diese Art der Substratbearbeitung ermöglicht die Übertragung von Dickschichtsensoren auf Substrate variabler Größe und Form, wodurch der Anwendungsbereich der Dickschichttechnik erweitert wird. So konnte in einem Forschungsprojekt eine zweilagige Sicherheitsschaltung für Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) entwickelt werden.

Die Herstellung von ESG erfolgt durch eine Temperaturbehandlung, bei der eine herkömmliche Floatglasscheibe im sogenannten Vorspannofen schnell über ihre Transformations-temperatur (T_g) erhitzt und anschließend stark abgeschreckt wird. Die dabei eingefrorenen thermischen Spannungen führen zu einer signifikanten Festigkeitserhöhung des Glases. ESG findet daher Anwendung bei Glasschiebetüren, Glastischplatten, Fassadenverkleidungen, Autoseitenscheiben und Sicherheitsgläsern, z. B. für Schaufenster. Hier entstand der Bedarf nach zweilagige Alarmschaltungen, bestehend aus einer Leitbahn und einer Glasisolationsschicht, die während der kurzen Temperaturbehandlung im Vorspannofen sinterbar sind.

Die erste Herausforderung bestand in der fehlerfreien Abscheidung beider übereinander liegender Schichten auf ein speziell beschichtetes Papiersubstrat per Siebdruck. Über eine umfassende Optimierung der Druckparameter ist es gelungen, die übereinander liegenden Schichten (Leitbahn, Glasisolation, Übertragungslack) fehlerfrei und mit ausreichender Substratbenetzung abzuscheiden. Die Schichten müssen gemeinsam von dem Papiersubstrat auf das Glassubstrat übertragen werden können, ohne eine der Schichten zu beschädigen und somit deren Funktionalität zu beeinflussen. Da ESG nicht erneut über T_g erhitzt werden darf, besteht die zweite Herausforderung darin, die Schaltung direkt im Vorspannofen, d.h. bei hohen Heizraten von 100 K/s, einzubrennen. Weiterhin müssen die mit dem Schiebepild (Decal) aufgebrachten Lagen im Kosintern nacheinander verdichten, damit austretende Gase der verdichtenden unteren Schicht (Leitbahn) durch die zu diesem Zeitpunkt noch poröse obere Schicht (Glasisolation) austreten können. Um dieser Anforderung zu genügen, wurden die zur Erstellung der Schichten verwendeten Silber- und Glaspulver in ihrem Sinterverhalten so eingestellt, dass ein Einbrand während des Kosinterns mit Aufheizraten bis zu 100 K/s abgestuft ablaufen kann. Zu diesem Zweck musste ein Optimum der Sinterverläufe gefunden werden, bei dem die Sinterung der Schichten lange genug verzögert wird, um ein vollständiges Entweichen der Gase zu ermöglichen und die anschließende Verdichtung jedoch schnell genug abläuft, um eine vollständige Sinterung innerhalb weniger Sekunden zu gewährleisten.

Der optimierte Sinterverlauf der verwendeten Materialien ist in Diagramm 1 dargestellt. Die Sinterung des Silberpulvers beginnt bei etwa 300 °C und ist bei oberhalb 550 °C nahezu abgeschlossen. Erst jetzt beginnt die Sinterung der darüber liegenden Glas-/Isolationsschicht. Die für den Einbrand im Glasvorspannofen optimierten Decals für die Alarmschaltung erzeugen robuste und defektfreie Schichten. Der spezifische Widerstand der Leitbahnen erreicht dabei annähernd den von

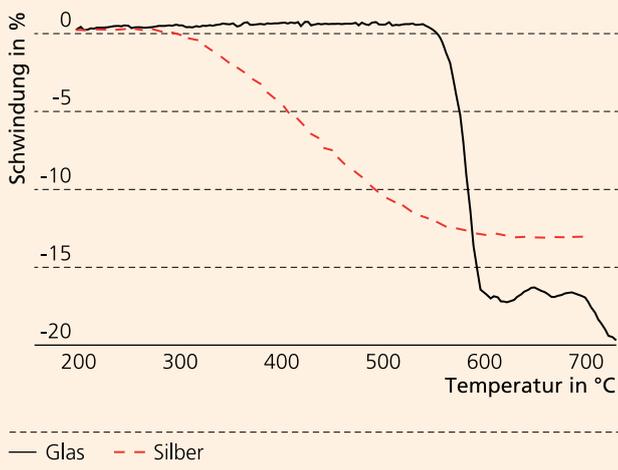


ELEKTRONIK UND MIKROSYSTEME

reinem Silber. Die Isolationsschicht zeigt, bei einer Schichtdicke von etwa 20 μm , eine Durchschlagsfestigkeit von mehr als 1 kV.

Das neue Decal-Verfahren zur Herstellung und Übertragung technischer keramischer Mehrlagenaufbauten ermöglicht bei einfacher Handhabung eine reproduzierbare Qualität hochauflösender Mehrlagenaufbauten und umgeht zudem die Einschränkung durch die bedruckbare Substratgröße. Es eignet sich somit zur Realisierung aktiver und passiver elektrischer Elemente (Sensoren, Antennen, Smart Label) hoher Qualität auf Substraten variabler Größe oder auch gewölbten Oberflächen und eröffnet somit völlig neue Anwendungsgebiete für die keramische Dickschichttechnik.

Erhitzungsmikroskopisches Schwindungsverhalten mit steigender Temperatur der verwendeten Glaspulver (schwarze Linie) und Silberpulver (rote Linie)

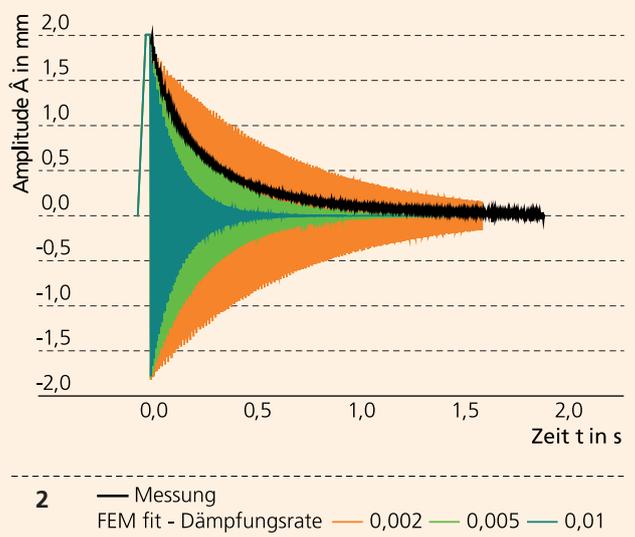
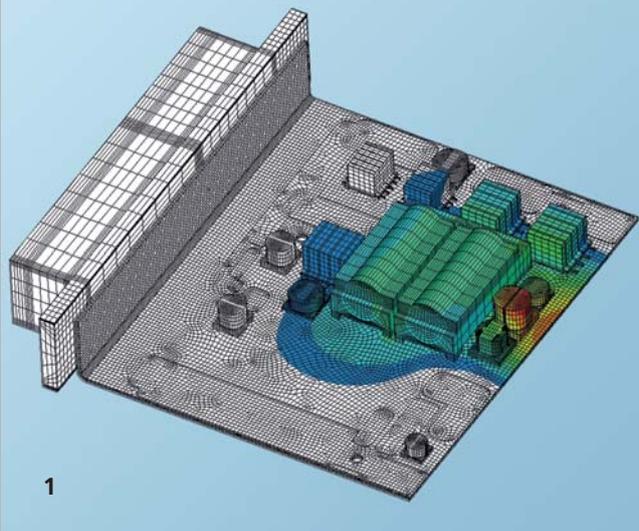


- 1 Auf Papier gedruckte, mehrlagige Funktionsschichten aus Leitbahn, Isolationsschicht und Lackschicht (von links nach rechts).
- 2 Ablösen der Funktionsschichten vom Trägerpapier.
- 3 Mehrlagenkeramik vor der Sinterung auf einem Trinkglas mit gewölbter Oberfläche.
- 4 Leiterschleife mit Isolationsschicht auf ESG vor (links) und nach dem Einbrand (rechts).
- 5 Leitbahn mit Isolationsschicht auf ESG nach dem Einbrand.

Danksagung

Wir danken dem BMWi und der AiF für die Unterstützung des Forschungsvorhabens KF 2087336AG3. Weiterhin bedanken wir uns bei unseren Projektpartnern H. J. Amann und R. Petersen der Firma Amann GmbH in Rehau für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.





DESIGN-SUPPORT-TOOL ZUR GEWÄHRLEISTUNG VIBRATIONSFESTER ELEKTRONIK

Dr. Mike Röllig, Dipl.-Ing. René Metasch, Dipl.-Ing. Robert Schwerz

Zuverlässige Elektronik bedeutet für hochwertige und sicherheitsrelevante Produkte einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil. Den Mittelpunkt der Untersuchungen im hier vorgestellten Projekt bildet die Zuverlässigkeit von Motorsteuerungen, wie sie in jedem Automobil eingesetzt werden. Deren Betriebsfestigkeit unter Stößen und Vibrationen muss in jeder Fahrsituation gewährleistet sein.

Die strukturmechanische Simulation über die Finite-Elemente-Methode (FEM) trägt hier entscheidend zur Auslegung und Konstruktion von Motorsteuerungen bei. Die Simulation erlaubt es, komplexe mechanische Zusammenhänge zu verstehen und unterschiedliche Konstruktions- und Werkstoffvariationen rasch umzusetzen. Ziel ist es, in möglichst kurzer Zeit ein robustes Design für die Motorsteuerung bereitzustellen, so dass keine kritischen mechanischen Beanspruchungen zu Frühausfällen von elektronischen Bauelementen führen.

Im Rahmen des Projekts ist ein Design-Support-Tool entstanden, das die extrem beschleunigte Netzgenerierung von FEM-Modellen ermöglicht. Der Zeitfaktor liegt hierbei bei 1:250. Komplexe Motorsteuerungen sind nun innerhalb von zehn Minuten modelliert und bedürfen nicht mehr des manuellen Aufwands über fünf Arbeitstage (Bild 1). Dabei sind Netzgeometrie, Werkstoffe und Belastungsprofile einbezogen. Das Design-Tool basiert auf einer FEM-Programmiersprache (APDL-ANSYS) und greift auf eine Datenbank zu, in der einzelne Submodelle zur Erstellung von elektronischen Bauelementen hinterlegt sind. Diese Datenbank ist auf die Kundendatenbank qualifizierter Bauelemente zuschneidbar, d. h. jederzeit bei Neuqualifizierung von Bauelementen mit geringem Aufwand erweiterbar.

Über eine grafische Nutzereingabeschnittstelle (GUI) werden sämtliche Designparameter abgefragt, die für eine Belastungsberechnung unter Vibration erforderlich sind. In der gegenwärtigen Ausbaustufe werden Vibrationslasten in Form von

Power Spectral Density (PSD) und harmonischen Schwingungen berechnet.

Die Auswertung, ob es sich um gute oder weniger gut platzierte Bauelemente handelt, erfolgt über deren berechnete mechanische Beanspruchung. Es wurde ein Kriterium erarbeitet, welches den Vergleich zu über- oder unterbeanspruchten Bauelementen zulässt. Im Vorfeld erfolgte eine Kalibrierung des Schwingungsverhaltens von Substraten mit und ohne elektronische Bauelemente. Dafür wurden reale Schwingungsversuche zur Bestimmung des variablen Werkstoffdatensatzes für die Leiterplatte als Kupfer-Glasfaser-Polymergemisch zugrunde gelegt. Zudem wurden anhand von schwingungsmechanischen Stufentests die Beanspruchungslimits der Bauelemente bestimmt, die als Kriterium für ihren Ausfall vorliegen.

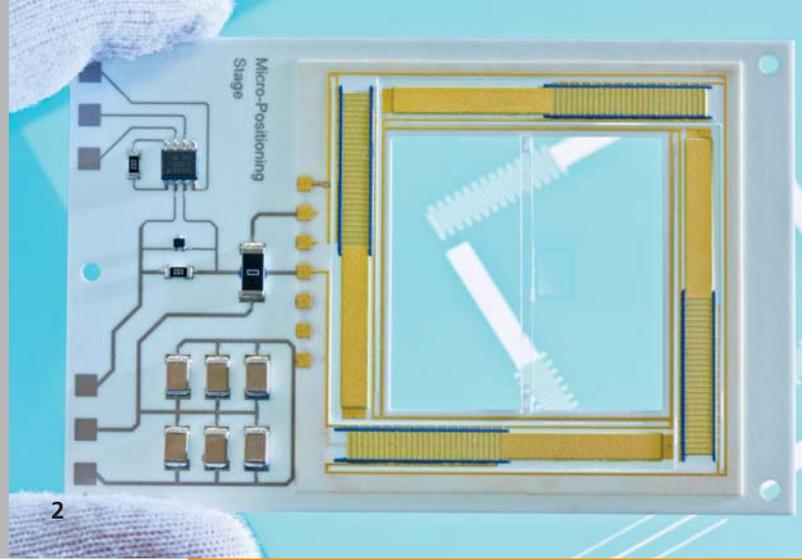
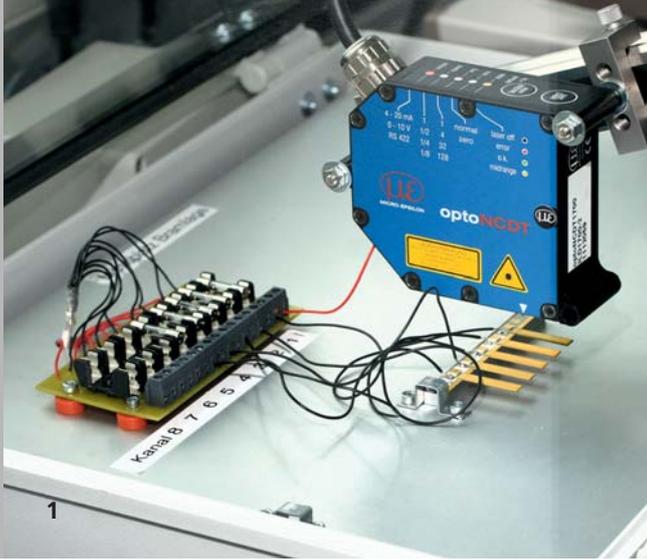
Dadurch können sofort nach der Berechnung Hinweise auf kritische Bauelementpositionen gegeben werden. Damit kann der Designer durch stabilisierende Maßnahmen gezielt eingreifen.

Der Design-Tool-Ansatz soll auch in thermische Beanspruchungsanalysen überführt werden. Hierbei wird eine Routine aus grob- und feinvernetzten Modellen eingebunden.

Danksagung

Das Team bedankt sich bei der Continental Automotive GmbH Regensburg für das entgegengebrachte Vertrauen.

- 1 FEM-Netz einer elektronischen Baugruppe einer Motorsteuerung modelliert in zehn Minuten, Darstellung der berechneten Verformung.
- 2 Gedämpftes Abklingverhalten eines Substrats und Kalibrierung der Dämpfungseigenschaften mittels FEM.



SMART TRANSFER – OFFENE TECHNOLOGIEPLATTFORM ZUR ENTWICKLUNG SMARTER PRODUKTE

Dr. Andreas Schönecker, Dr. Holger Neubert, Dr. Peter Neumeister

Die hier vorgestellte Technologieplattform »Smart Transfer« ist Teil des Initialkonzeptes »smart³ | materials-solutions-growth« zur Entwicklung marktfähiger Produkte hoher Funktionalität und struktureller Einfachheit und basiert auf der BMBF-Förderinitiative »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation«. Das Nutzungs- und Kooperationsangebot richtet sich vor allem an KMUs, deren wirtschaftlicher Erfolg durch Faktoren wie fehlende Integrationstechnologien, Pfadabhängigkeiten in Innovationsprozessen und ungenutztes Marktpotenzial an Grenzen stößt, und die deshalb ihre Wertschöpfungsketten erweitern wollen. Die im smart³-Netzwerk verankerten Schlüsseltechnologien zur Entwicklung smarter Produkte sollen Vertragspartnern offen stehen. Hierfür werden geeignete strategische Organisations- und Kooperationsstrukturen geschaffen und praktisch erprobt. Geplant ist die Entwicklung einer offenen Technologieplattform in technischer und organisatorischer Hinsicht, die auch den Schutz des Know-hows der Nutzer sicherstellt.

Schwerpunkt des Technologieangebots sind Leistungen zur Auslegung und Technologieentwicklung für die Integration piezokeramischer Komponenten in Mikrosysteme. Additive Fertigung, Mehrkomponentenspritzguss sowie keramische Dickschichttechnik stellen dabei besondere Schwerpunkte dar. Profitieren können sowohl Werkstoff- und Komponentenersteller als auch potentielle Hersteller smarter Endprodukte für unterschiedliche Marktsegmente. Als erste Leitanwendung werden Generatoren auf der Basis elektromechanischer Energiewandler für die dezentrale Versorgung verbrauchsarmer Elektronik betrachtet. Technologische Fragestellungen betreffen die Herstellbarkeit des Generatormoduls mit den verfügbaren Verfahren der Mikrosystemtechnik, die Elektronikintegration und der Nachweis ausreichender Energieversorgung eines angeschlossenen elektrischen Verbrauchers. Als wirtschaftliche Fragestellung wird untersucht, zu welchen Kosten eine Akzeptanz am Markt erreicht werden kann. Weitere Leitanwendungen werden im Dialog mit Vertragspartnern abgeleitet. In »Smart Transfer« kooperieren die Fraunhofer Institute IKTS, IWU und

IAP sowie die Fima XENON Automatisierungstechnik GmbH als Technologiepartner, unterstützt durch Erfahrungsträger zur Anwendung von Formgedächtnislegierungen und Kunststoffen. Geeignete Organisations- und Kooperationsstrukturen der Technologieplattform werden durch den Lehrstuhl für Unternehmenskooperation der Freien Universität Berlin untersucht und gemeinsam mit den Netzwerkpartnern umgesetzt. Triple Helix DIALOG entwickelt die internen und externen Kommunikationsprinzipien. Die Sichtweise der Endverbraucher wird durch Einbindung von Design- und Gestaltungs kompetenz in die Forschungs- und Entwicklungsprozesse verankert. Die Technologiepartner sind in der Lage, bestehendes Technologie-Know-how praktisch und beispielhaft zu demonstrieren und für Anwender im Rahmen einer geförderten oder direkten Auftragsforschung und Entwicklung nutzbar zu machen. Das Verbinden der richtigen Partner, also der Leistungsanbieter der smart³-Technologieplattform mit den Leistungsnehmern, wird durch ein in Vorbereitung befindliches digitales, webbasiertes Instrument effizient und systematisch erfolgen.

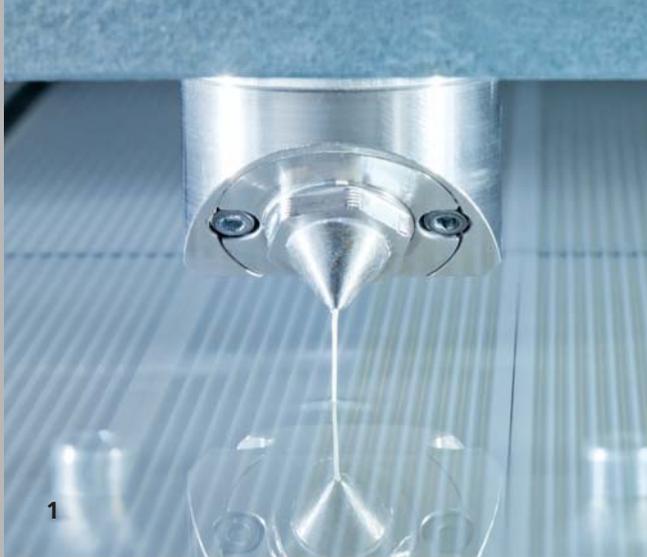
Leistungsangebot

- Darstellung marktfähiger Wertketten durch Inanspruchnahme der Technologieplattform (shared production) im Rahmen von Produktentwicklungen
- Klärung der Wertketten für eine Produktidee durch Versuchsproduktionen
- Unterstützung bei der Markterprobung innovativer Produkte

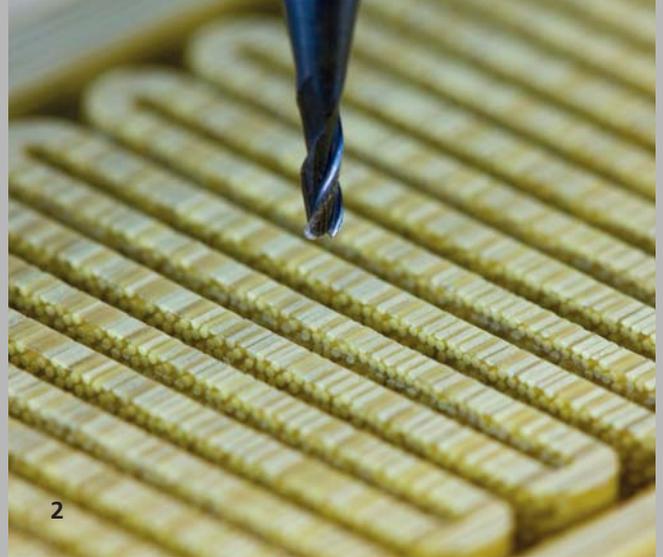
Quellen

- [1] www.smarthoch3.de
 [2] www.unternehmen-region.de/de/6829.php

- 1 Betriebsprüfung Biegeaktoren.
 2 Mikropositioniersystem für optische Linsen.



1



2

ELEKTRONIK UND MIKROSYSTEME

PASSGENAUE KOMPOSITWANDLER AUF BASIS PIEZOKERAMISCHER FASERN UND PERLEN

Dr. Sylvia Gebhardt, Dipl.-Ing. Kai Hohlfeld

Piezoelektrische Wandler auf Basis von Piezokeramik-Polymer-Verbundwerkstoffen finden als Sensoren, Aktoren, Ultraschallwandler oder Generatoren vor allem in der Adaptronik, in der Medizintechnik sowie in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung Einsatz. Im Hinblick auf eine leistungsfähige Auslegung und kosteneffektive Fertigung solcher Wandler müssen sowohl die verwendeten piezokeramischen Komponenten als auch die daraus entstehenden piezoelektrischen Composite speziell auf den Anwendungsfall zugeschnitten sein. Während für Aktoren und Ultraschallwandler piezokeramische Fasern mit gerichteter Anordnung von Vorteil sind, können für Sensoren und Generatoren auch regellos angeordnete Piezokeramik-Komponenten eingesetzt werden, die einen geringeren Fertigungsaufwand benötigen.

Das IKTS verfügt über eine Faserspinnanlage mit deren Hilfe piezokeramische Fasern quasi-kontinuierlich hergestellt werden können. Technologische Grundlage ist ein Phaseninversionsverfahren, bei dem ein lösungsmittelhaltiger Schlicker bestehend aus Binderlösung, piezokeramischem Pulver sowie Additiven in ein Wasserbad gesponnen wird. Durch den Austausch des Lösungsmittels im Schlicker mit Wasser als Nichtlösemittel koagulierte der Binder und es entsteht eine feste Grünfaser.

Über Einstellung des Düsendurchmessers D , der Extrusionsgeschwindigkeit v_E und der Verfahrgeschwindigkeit v_R beim Faserspinnen kann der Durchmesser der piezokeramischen Faser definiert eingestellt werden. Erprobt ist ein Durchmesserbereich der Piezokeramik-Fasern von $d = 100\text{--}800\ \mu\text{m}$.

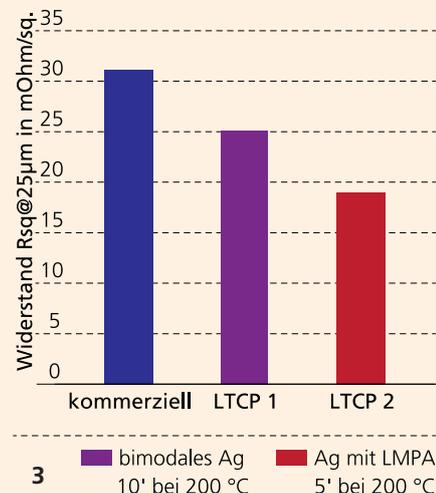
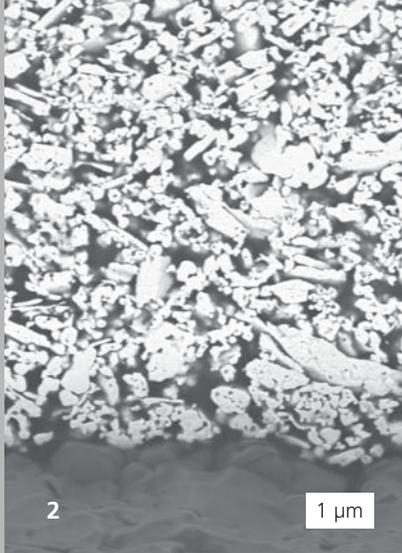
Zur Herstellung sphärischer piezokeramischer Komponenten wird der Schlicker durch eine Düse diskontinuierlich in ein Wasserbad getropft. Dabei bestimmen die Fallhöhe h , der Druck p sowie der Düsendurchmesser D die Geometrie und den Durchmesser der entstehenden Komponenten. Durch gezielte Variation lassen sich piezokeramische Perlen im Durchmesserbereich $d = 0,8\text{--}1,6\ \text{mm}$ fertigen.

Mit beiden Verfahrensvarianten steht eine leistungsfähige Technologie zur Herstellung dichter piezokeramischer Elemente in breiter Geometrievariation zur Verfügung.

Das Anwendungsspektrum der piezokeramischen Komponenten ist breit. Für die Schwingungs- und Geräuschdämpfung sowie für Aufgaben der Strukturkontrolle werden piezokeramische Fasern parallel z. B. als Monolage angeordnet und mit einem Epoxidharz vergossen. Nach dem Freilegen der Faserflächen durch Schleifen oder Sägen können Interdigitalelektroden zur Kontaktierung und Ansteuerung angebracht werden. Es entsteht ein Flächenwandler, der besonders für Aufgaben als Sensor und Aktor oder als Generator geeignet ist. Zur Fertigung von Ultraschallwandlern für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Medizin- oder Sonartechnik werden piezokeramische Fasern parallel z. B. als Bündel angeordnet und ebenfalls mit einem Polymer infiltriert. Der so entstandene Faser-Polymer-Block kann mechanisch durch Sägen, Fräsen und Schleifen in Form gebracht und anschließend kontaktiert werden. Durch die Anordnung der Fasern (definiert/undefiniert) sowie Dicke und Form des Wandlers können Ultraschallwandler für verschiedene Aufgaben (hochfrequent/niederfrequent, fokussiert/nicht fokussiert, segmentiert/flächig) maßgeschneidert werden. Vorteile beim Einsatz piezokeramischer Perlen in Verbundwerkstoffen werden besonders für die Realisierung sensorischer Aufgaben sowie zur Energieversorgung verbrauchsarmer Elektronik aus Schwingungen gesehen. Die Perlen werden dabei als Monolage in die Polymermatrix eingebracht und die Oberfläche für die Kontaktierung durch Schleifen freigelegt. Das Verfahren eignet sich besonders zur kosteneffektiven Fertigung großflächiger Wandler, bei denen geringere Leistungsdichten toleriert werden können.

1 Herstellung piezokeramischer Fasern durch Faserspinntechnik.

2 Mechanische Bearbeitung eines Piezofaserkomposits durch CNC-Fräsen.



FUNKTIONALISIERUNG KERAMISCHER SCHICHTEN BEI 200 °C

Dipl.-Chem. Stefan Körner, Dr. Markus Eberstein

Die keramische Dickschichttechnik ermöglicht die Herstellung elektronischer Schaltungen auf Substraten aus unterschiedlichsten Materialien (Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid, Glas, Stahl o. ä.). Leitbahn-, Widerstands- und Isolationsschichten können durch hochauflösende Abscheidungsverfahren variabel und hochselektiv gedruckt und eingebrannt werden. Die für den Einbrand konventioneller Dickschichtpasten verwendeten Temperaturen liegen üblicherweise bei 850 °C, so dass weniger temperaturbeständige Substrate wie organische Polymere, Folien oder ITO-Schichten mit konventionellen Pasten nicht beschichtet werden können. Das IKTS entwickelt für diesen Anwendungsbereich spezielle Pasten auf Basis von Polymeren, welche bei 200 °C thermisch aushärten und mit Funktionsphasen gemischt werden. Je nach Anforderung der Anwendung können für Leitbahnpasten Silber und Kupfer oder für Widerstandspasten Kohlenstoff in verschiedenen Modifikationen (Ruß, Graphit, Carbon Nanotubes) verwendet werden.

Leitbahnpasten (LTCP – Low Temperature Conductor Pastes) erreichen einen Widerstand von 25 $m\Omega/sq$ bei einer Härtungsdauer von 10 Minuten bei 200 °C. Die Leitfähigkeit in diesem Verbund wird durch Perkolationpfade zwischen den leitfähigen Partikeln mittels bimodaler Pulvermischungen (Bild 2; Bild 3 LTCP 1) eingestellt. Alternativ kann man zu herkömmlichen Metallpulvern auch LMPA-Pulver (Low Melting Point Alloy) hinzugeben. Diese schmelzen während der Härtung auf und bilden zusätzliche leitfähige Pfade zwischen den Metallpartikeln. Der Widerstand sinkt bei einer Härtungsdauer von nur 5 Minuten bei 200 °C auf 19 $m\Omega/sq$ (Bild 3, LTCP 2). Entsprechende Pasten werden beispielsweise bei der Herstellung von hocheffizienten MWT+-Solarzellen (Metal Wrap Through) verwendet [1] eingesetzt (Bild 1).

Anwendungen im Bereich der Sensorik erfordern häufig funktionale Schichten mit einem definierten elektrischen Widerstand. Dafür werden am IKTS Pasten (LTRP – Low Temperature

Resistor Pastes) mit unterschiedlichen Kohlenstoffmodifikationen als Funktionsphase hergestellt und optimiert. Es können Schichten über einen Widerstandsbereich 10^{-3} bis $10^6 \Omega$ eingestellt werden. Eine Anwendungsmöglichkeit für Widerstandspasten auf Polymerbasis sind zum Beispiel Dehnungsmessstreifen mit einer hohen Sensivität für Längenänderungen. Die am IKTS hierfür entwickelten Widerstandspasten besitzen einen Widerstand von 2 $M\Omega/sq$ und Gauge-Faktoren von bis zu 16.

Die Dickschichtpasten auf Polymerbasis bieten neben der thermischen Härtung im Ofen die Möglichkeit, selektiv ohne thermische Beanspruchung des Substrats ausgehärtet zu werden. Dies kann durch Blitzlichtlampen oder photochemisch mittels UV-Bestrahlung geschehen, wofür die Bindersysteme jeweils angepasst werden. Alternativ kann ein induktives Härten der Paste erfolgen. Dieser Ansatz ist insbesondere für Leitbahnpasten interessant. Die niedrigen Härtungstemperaturen erleichtern die Erzeugung von Schaltungen und Sensoren auch auf Bauteilen, welche aufgrund von geometrischen Abmessungen nicht in üblichen Öfen prozessiert werden können. Entsprechende Sensoren können mobil und selektiv direkt auf das Substrat appliziert werden. So ist auch die Nachrüstung bestehender Systeme, wie etwa Windräder, möglich.

Quellen

[1] I. Dirnstorfer et al., Development of Silicon Heterojunction Metal Wrap Through Solar Cells, Proceedings PVSEC, 2014.

- 1 MWT⁺-Solarzelle mit Leitpaste auf Silber-Polymer-Basis.
- 2 Querschliff eines Leiterzuges (LTCP 1) einer MWT⁺-Solarzelle.
- 3 Leitbahnwiderstände verschiedener Niedertemperaturpasten in Abhängigkeit von Härtungsdauer und Zusammensetzung.





ENERGIE

Projektberichte

- 60 SOFC-Systementwicklung und Feldtest für kommerzielle Anwendungen
- 62 Festelektrolyte für Natriumbasierte Batterien
- 64 Entwicklung umweltfreundlicher Fertigungsverfahren für Lithium-Batterien
- 66 Neues Ultraschall-Phased-Array-Verfahren »HUGE-NDT«
- 67 Verfahrens- und Komponentenentwicklung für Power-to-Gas und Power-to-Products

Im Geschäftsfeld »Energie« bietet das Fraunhofer IKTS innovative Komponenten, Module und komplette Systeme der Energietechnik, die auf Basis von keramischen Werkstoffen und Technologien entwickelt, gebaut und getestet werden. Die Anwendungen reichen von Energiespeicher- und Brennstoffzellensystemen über Solarzellen, Energy-Harvesting-Module und thermische Energiesysteme bis hin zu Lösungen für bioenergetische und chemische Energieträger.

Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist eine der zentralen Aufgaben im 21. Jahrhundert. Dazu müssen erneuerbare und konventionelle Energien wirtschaftlich konkurrenzfähig mit einer hohen Effizienz und minimierten Schädigungen genutzt werden. Bei der Umwandlung und Speicherung von elektrischer und thermischer Energie sind sowohl die Robustheit und Lebensdauer der Systeme als auch deren Herstell- und Betriebskosten relevant.

Als Komplett-Dienstleister bearbeitet das Fraunhofer IKTS diese Problemstellungen umfassend, denn nur so können wirklich innovative Lösungsansätze entstehen. Gerade im dynamischen Marktsegment der Energieerzeugung und -speicherung führt dies zu deutlichen Wettbewerbsvorteilen. An erster Stelle steht dabei stets eine sorgfältige Analyse und gegebenenfalls Modellierung und Simulation von keramischer Komponente und System, um spezifische Eigenschaften optimal nutzen zu können sowie deren Integration in Energiewandler und -systeme zu optimieren. In Kooperation mit Industriepartnern betreibt das Fraunhofer IKTS mehrere Technika, in denen die vollständige Prozesskette für eine moderne Fertigung von Energiesystemkomponenten abgebildet wird. Auf einzigartige Weise können so die am Institut konzipierten Werkstoffe und Prozesse im semiindustriellen Umfeld mit Kunden getestet und optimiert werden.



ENERGIE

SOFC-SYSTEMENTWICKLUNG UND FELDTTEST FÜR KOMMERZIELLE ANWENDUNGEN

Dipl.-Ing. Thomas Pfeifer, Dr. Sebastian Reuber, Dipl.-Ing. Markus Barthel

Neben dem Einsatz zur dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung und Hausenergieversorgung sind SOFC-Systeme für zahlreiche industrielle Anwendungen und netzferne Stromversorgungsanlagen besonders geeignet. Dabei bietet die Nutzbarkeit verschiedenster Brennstoffe in SOFC-Anlagen, wie z. B. Erdgas, Flüssiggas, Biogas, Ethanol, Diesel und Kerosin entscheidende technologische Vorteile für die Entwicklung anwendungsspezifischer und marktgängiger Systeme. Am Fraunhofer IKTS wurden in verschiedenen öffentlich geförderten und Industrieprojekten geeignete Prozesse und Methoden etabliert, um SOFC-Anlagenkonzepte und -Prototypensysteme für unterschiedlichste Kundenanforderungen und Einsatzfälle zu entwickeln. Bei der Umsetzung arbeiten Fachkräfte aus verschiedenen Arbeitsgruppen des IKTS in interdisziplinären Projektteams zusammen.

Stacktechnologie für die Entwicklung von SOFC-Anlagen

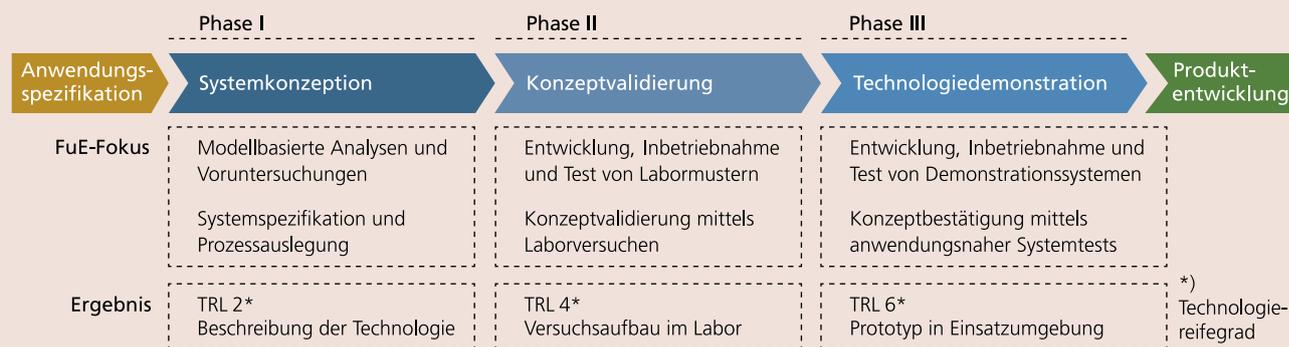
Im Ergebnis der Zell- und Stackentwicklung der vergangenen Jahre sind am IKTS zwei SOFC-Technologieplattformen für die Systemintegration verfügbar. Die eneramic®-Technologie kann für Anlagen im Leistungsbereich zwischen 50 und 300 W_{el} eingesetzt werden. CFY-Stacks sind in Standardgrößen von 10 bis

40 Zellen mit einer Leistung zwischen 300 W_{el} und 1,2 kW_{el} verfügbar. Größere Leistungen können durch die Integration mehrerer Stacks in HotBox-Module erreicht werden. Die SOFC-Stacks des IKTS basieren auf elektrolytgetragenen Zellen (ESC), welche sich durch gute Langzeitstabilität und Zyklfestigkeit auszeichnen. In verschiedenen Versuchen wurde der Stackbetrieb über mehr als 20 000 Stunden bzw. 60 Start/Stop-Zyklen mit einer Leistungsdegradation unter 1 % pro 1000 h bzw. 1 % pro zehn Zyklen nachgewiesen. Bei Bedarf können auch SOFC-Stacks externer Anbieter für die Anlagenentwicklung genutzt werden.

SOFC-Systementwicklung und -demonstration

Für die Entwicklung von SOFC-Anlagen wird zunächst eine detaillierte Systemspezifikation und Prozessauslegung erarbeitet. Hierbei werden alle anwendungsspezifischen Randbedingungen betrachtet und ein Systemkonzept unter besonderer Berücksichtigung der geplanten Anlagenfahrweise und Brennstoffaufbereitung entwickelt. Das vorgeschlagene Konzept wird anschließend mit Vorversuchen auf Komponenten-, Hot-Box- und Systemebene überprüft. Nachfolgende Design-Iterationen und modellbasierte Analysen dienen zur Realisierung

Projektphasen der SOFC-Systementwicklung für kommerzielle Anwendungen



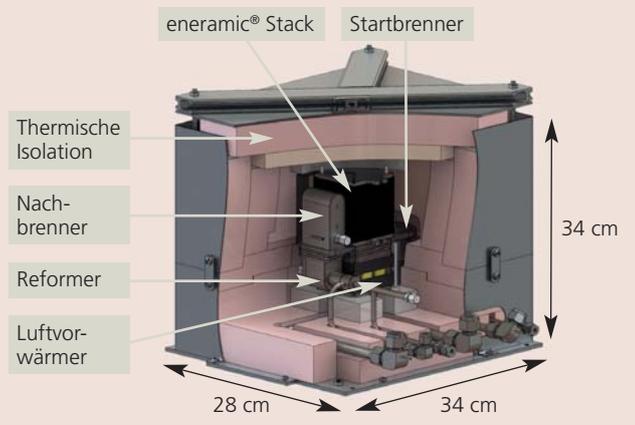


3

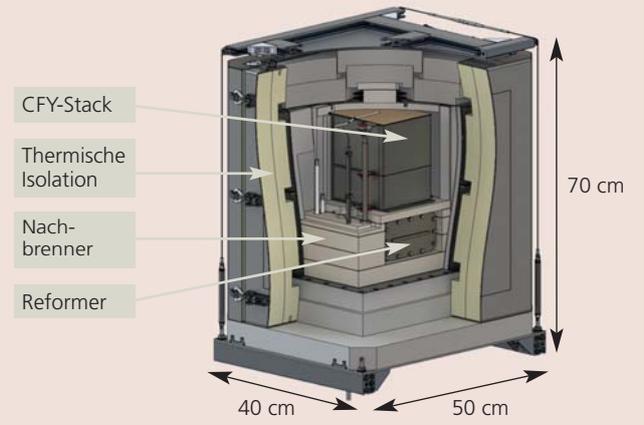


4

Schnittmodell der HotBox für einen tragbaren SOFC-Stromerzeuger mit 100 W_{el}



Schnittmodell des Stack-Moduls für ein stationäres SOFC-System mit 1 kW_{el}



optimierter Lösungen für Prototypen- und Demonstrationssysteme. Der Entwicklungsprozess findet unter direkter Einbindung der Projektpartner, Kunden bzw. Anwender statt und beinhaltet gegebenenfalls den Know-how- und Technologietransfer für eine nachfolgend geplante Produktentwicklung und Kommerzialisierung.

den Aufbau einer Anlagenfertigung vor Ort. In der ersten Projektphase wurden bis Ende 2014 zwei Prototypensysteme zur Konzeptvalidierung errichtet und in Betrieb genommen. Mit der nachfolgenden Systemgeneration wird bis Ende 2015 die Grundlage für Demonstrationsprojekte und Feldtests in Indien realisiert.

Aktuelle Entwicklungsprojekte

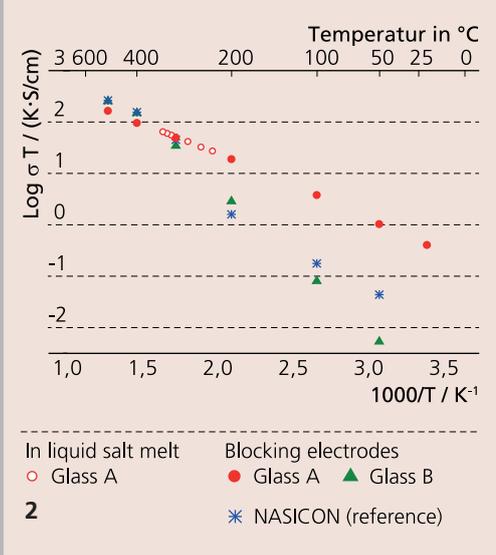
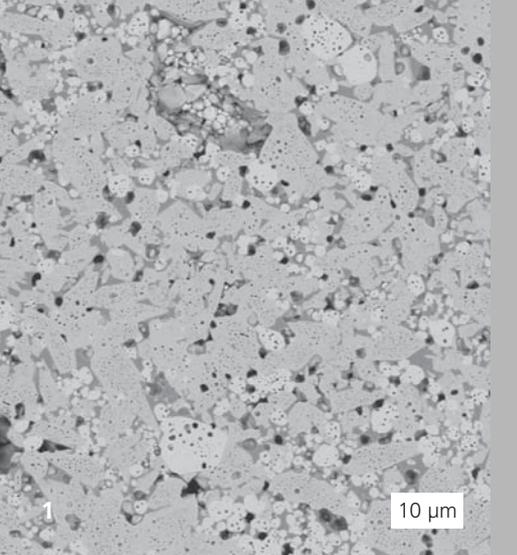
Leistungs- und Kooperationsangebot

Mit finanzieller Unterstützung der Fraunhofer-Zukunftsstiftung wurde das mit Flüssiggas betriebene eneramic®-System für die netzferne Stromversorgung entwickelt. Das System ist konzipiert für industrielle Anwendungen mit geringer Leistungsaufnahme und sehr langen Laufzeiten. Die neueste Prototypengeneration wird gegenwärtig in Feldtests mit Verkehrsleitsystemen und Anlagen für den kathodischen Korrosionsschutz demonstriert. Für die Weiterentwicklung und Kommerzialisierung des Geräts ist eine Ausgründung in Vorbereitung.

- Entwicklung anwendungsspezifischer Systemkonzepte auf Basis der SOFC-Stacktechnologie des IKTS oder externer Partner
- Modellbasierte Systemanalysen und techno-ökonomische Bewertung von Anlagenkonzepten
- Herstellung und Inbetriebnahme von Versuchsanlagen und Prototypensystemen zur Konzeptvalidierung und Geräteentwicklung
- Pilotfertigung von SOFC-Anlagenkomponenten, -Modulen und -Prototypensystemen
- Durchführung von Versuchskampagnen, Demonstrationsprojekten, Feldtests und Baumusterprüfungen

Im Auftrag des indischen Unternehmens Mayur REnergy Pvt. Ltd. wird seit Mitte 2013 ein stationäres SOFC/Batterie-Hybrid-System für die dezentrale Stromerzeugung und Mikro-KWK entwickelt. Das h2e®-System soll für die kontinuierliche Stromversorgung von Wohngebäuden und gewerblichen Einrichtungen in Indien eingesetzt werden. Daneben sind netzferne Anwendungen im ländlichen Raum, beispielsweise für Funkmasten und Bewässerungsanlagen geplant. Das Projekt beinhaltet den Technologietransfer für die Produktentwicklung und

- 1 h2e®-Prototypensysteme.
- 2 CFY-Stack.
- 3 eneramic®-Feldtest, kathodischer Korrosionsschutz.
- 4 eneramic®-Feldtest, Verkehrsleit-einrichtung.



ENERGIE

FESTELEKTROLYTE FÜR NATRIUM-BASIERTE BATTERIEN

Dr. Matthias Schulz, Dr. Jochen Schilm, Dr. Roland Weidl, Dr. Axel Rost

Batterien auf Basis von Natriumionen sind vor allem für stationäre Energiespeicher in großen Leistungsklassen attraktiv, da die erforderlichen Rohstoffe kostengünstig sind und die Zellkonzepte hohe Speicherdichten aufweisen. Während Hochtemperaturbatterien bereits einen fortgeschrittenen Entwicklungsstand vorweisen können, existieren Na/S-Niedertemperaturkonzepte ausschließlich im Labormaßstab. Es hat sich im Laufe ihrer Entwicklung herausgestellt, dass in allen bekannten Typen Natriumionen leitende keramische Separatoren entscheidende Funktionen erfüllen, um entweder den Betrieb prinzipiell zu ermöglichen oder Degradationsprozesse zu verhindern. Neben ihrer Funktion als Separator fungieren sie als Festelektrolyt und haben bedeutenden Einfluss auf Leistungsdichte und intrinsische Sicherheit der Batterien. Im IKTS werden Werkstoffe und Herstellungsverfahren für Komponenten der Na-Batterien entwickelt und charakterisiert.

Niedertemperatur-Na/S-Batteriekonzepte

In Verbindung mit flüssigen Elektrolyten sind Niedertemperatur-Na/S-Batteriekonzepte seit längerer Zeit Gegenstand der Forschung, da sie Anwendungstemperaturen unter 100 °C bis hin zur Raumtemperatur ermöglichen sollen. Eines ihrer Hauptprobleme stellt die Degradation durch die Migration von Natrium-Polysulfid-Verbindungen durch poröse und polymere Separatorfolien hindurch dar. Dieser Prozess lässt sich durch dichte und Natriumionen leitende Separatoren mit Festelektrolytfunktion vermeiden. Während Na-β-Aluminat diesen Anforderungen im Bereich der Hochtemperaturkonzepte gerecht wird, ergeben sich bei niedrigeren Betriebstemperaturen aufgrund der abgesenkten Betriebstemperatur andere Anforderungen an Elektrolytmaterialien. Hier ist es erforderlich, dichte, dünne und ionisch leitfähige Membranen zu realisieren, die eine gute Stabilität in Verbindung mit flüssigen Batterieelektrolyten aufweisen. Vielversprechende Materialsysteme stellen kristallisierende Gläser dar, die sich bei Temperaturen unterhalb von 1000 °C über die Pulverroute verarbeiten lassen.

Als geeignete Technologien können das Foliengießen für monolithische planare Substrate und der Siebdruck für die Realisierung leitfähiger Schichten genannt werden. Im Basissystem Na₂O-RE₂O₃-SiO₂ (RE = Seltenerdoxide) lassen sich unter Verwendung von Additiven zahlreiche Zusammensetzungen als Gläser erschmelzen und in Pulverform zu Glaskeramiken verarbeiten. Die Sinterung in Verbindung mit einem Kristallisations-schritt zur Gefügeausbildung und Einstellung von leitfähigen Phasen kann unterhalb von 1000 °C erfolgen (Bild 1). Die Leitfähigkeiten der resultierenden Glaskeramiken liegen im Bereich der aus der Literatur für Beta-Aluminat und NASICON bekannten Werte (Bild 2). Bislang konnten Ionenleitfähigkeiten bis zu 0,25 mS/cm bei Raumtemperatur realisiert werden. So sind über das Foliengießen ionisch leitfähige Substrate mit Dicken von 160 µm hergestellt worden (Bild 3). Messungen dieser Substrate in Niedertemperatur-Na/S-Testzellen mit flüssigelektrolyten ergaben zu NASICON- und Beta-Aluminat-Substraten vergleichbare Resultate. Mögliche Anwendungen für solche Festelektrolyte stellen beispielsweise neuartige Natrium-Schwefel-Niedertemperaturbatteriekonzepte dar.

Na-β-Aluminat für Hochtemperaturbatterien

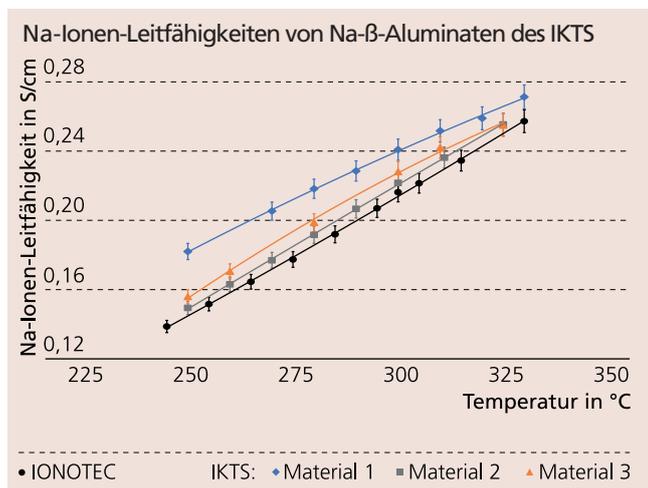
Na-β-Aluminat ist eine Keramik, die als Festkörperelektrolyt in Na/NiCl₂ und Na/S-Hochtemperaturbatterien zur Anwendung kommt. Bei Betriebstemperaturen von ca. 300 °C weisen die keramischen Separatoren eine exzellente Leitfähigkeit für Na-Ionen auf. Gleichzeitig zeigt die Keramik eine hervorragende Stabilität gegen schmelzflüssiges Natrium und aggressive Bestandteile der Kathode (S, NaAlCl₄). Na-β-Aluminat als auch die Batteriezellen werden aus kostengünstigen und verfügbaren Rohstoffen gefertigt und am IKTS durch neue technologische Ansätze hinsichtlich einer kostengünstigen Technologie neu bewertet.



Materialentwicklung

In einem Rohstoffscreening wurde Na-β-Aluminat-Pulver im Labormaßstab synthetisiert. Hinsichtlich optimaler physikalischer und elektrochemischer Eigenschaften wurden die Ansätze systematisch variiert. Nach der Pulversynthese liegt ein Na-β-Aluminat mit nahezu 100 % der gewünschten β"-Phase vor. Durch die Sinterung in angepassten natriumstabilen Kapseln werden Elektrolyte (Becher, Stäbe, Scheiben – Bild 4) für elektrochemische Tests hergestellt. Wichtige Kenngrößen wie die Dichte, der Phasenbestand und die Na-Ionen-Leitfähigkeit wurden an Laborproben bestimmt und so die optimale Rohstoff- und Aufbereitungstechnik ermittelt. Die Na-Ionen-Leitfähigkeit der Keramik wurde mit Impedanzspektroskopie in speziellen Hochtemperatur-Zellen bestimmt. Mit 0,24 S/cm bei 300 °C liegt diese im internationalen Vergleich im Spitzenfeld. Die Dichten liegen über 98 % des theoretischen Werts, womit die Festigkeiten von ca. 200 MPa erreicht werden. Ergebnis der Laboruntersuchungen ist eine Prozessroute für die Herstellung von Na-β-Aluminat-Festkörperelektrolyten vom Rohstoff bis zum fertigen Bauteil.

Die Laborergebnisse wurden in den Technikumsmaßstab überführt, sodass 20 kg Pulver- und Granulatchargen auf skalierbaren Aggregaten verarbeitet werden. Davon ausgehend werden Elektrolytrohre mit einer Länge von bis zu 300 mm und einem Durchmesser von bis zu 33 mm durch Pressen hergestellt (Bild 4). Für die Formgebung durch Extrusion wurden organische



Plastifikatoren und Binder getestet. Nach einem Optimierungsprozess werden zurzeit Elektrolytrohre mit 10 mm Durchmesser extrudiert, die nach der Sinterung Dichten von bis zu 95 % erreichen.

Zellentwicklung

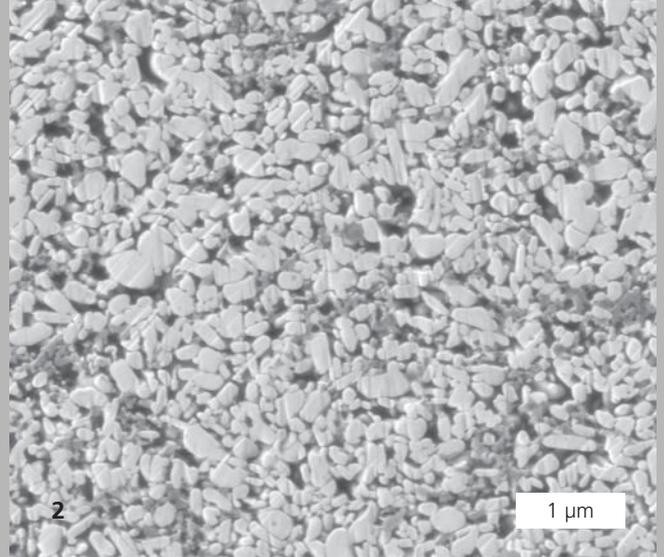
Für die elektrochemische Charakterisierung des Na-β-Aluminats und die Tests an Na/NiCl₂-Kathoden (Bild 5) stehen am IKTS eine Reihe spezieller Hochtemperaturzellen zur Verfügung. Von Leitfähigkeitsmesszellen an Stäbchen und Becherproben bis hin zu 5 Ah Na/NiCl₂-Laborzellen (Bild 6) wurden die Eigenentwicklungen gebaut und getestet. Eine Übertragung der gewonnenen Erfahrungen auf 40-Ah-Laborzellen wird zurzeit umgesetzt. In CAD/FEM unterstützten Designstudien wurde ein industrialisierbares, kostengünstiges Zelldesign einschließlich Blechgehäuse und aller erforderlichen Verschlusskomponenten entwickelt. Die konstruktive Umsetzung in Prototypen befindet sich in Vorbereitung.

Leistungsangebot

- Materialentwicklung und Herstellung von Na-β-Aluminat-Pulvern, Granulaten und Elektrolyten
- Kathodenentwicklung und Charakterisierung (Na/NiCl₂)
- Materialentwicklung von leitfähigen Glaskeramiken
- Formgebungs- und Sinterverfahren für Festelektrolytkomponenten (Pressen, Foliengießen, Extrusion)
- Werkstoffwissenschaftliche und elektrochemische Material- und Komponentencharakterisierung
- Untersuchungen auf Zellebene (Zyklisierung, Degradation)

- 1 Gefüge einer Glaskeramik mit einer Leitfähigkeit von 0,24mScm⁻¹ bei RT.
- 2 Vergleich temperaturabhängiger Leitfähigkeiten von Glaskeramiken und NASICON.
- 3 Gesinterte, glaskeramische Folien.
- 4 Na-β-Aluminat-Elektrolyte.
- 5 3D-CAD einer 5 Ah Na/NiCl₂-Laborzelle.
- 6 Granuliertes Na/NiCl₂-Kathodenmaterial.





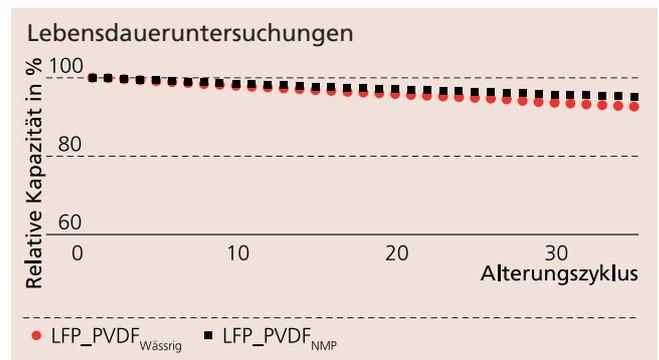
ENERGIE

ENTWICKLUNG UMWELTFREUNDLICHER FERTIGUNGSVERFAHREN FÜR LITHIUM-BATTERIEN

Dr. Mareike Wolter, Dipl.-Phys. Diana Leiva, Dr. Kristian Nikolowski, Dr. Roland Weidl
Dipl.-Ing. Stefan Börner, Dr. Uwe Partsch

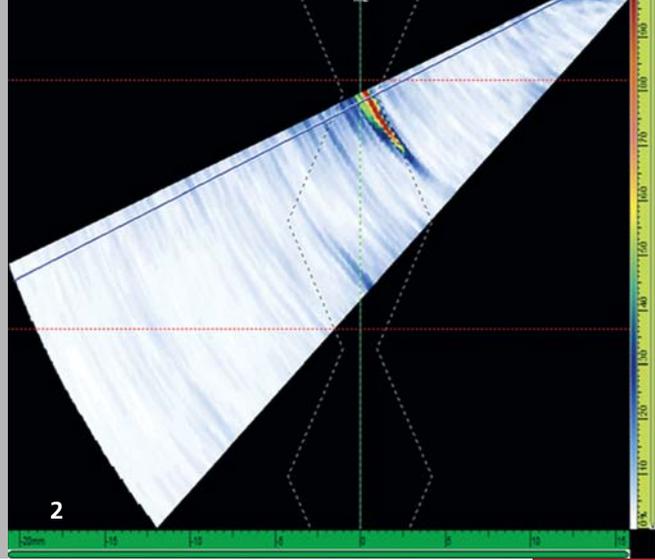
Die Reduzierung der Fertigungskosten ist wesentliche Voraussetzung für die zukünftige Verbreitung von Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität aber auch für die stationäre Energiespeicherung. Das IKTS entwickelt dafür vom Labor- bis zum Pilotmaßstab geeignete Technologien und Verfahren. Für die Erprobung im industriellen Kontext steht die gemeinsam von IKTS und ThyssenKrupp System Engineering betriebene Pilotlinie zur Verfügung. Aktueller Schwerpunkt der Arbeiten ist die Entwicklung umweltfreundlicher Fertigungsverfahren vom Elektrodenaktivmaterial bis hin zur Batteriezelle, die auf umweltschädliche Substanzen verzichten, den Energiebedarf senken oder die effiziente Nutzung der eingesetzten Rohstoffe sichern. Üblicherweise werden organische Lösungsmittel wie N-Methylpyrrolidon (NMP) im Herstellungsprozess der positiven Elektrode verwendet. Diese bergen potenziell nicht nur Gesundheits- und Sicherheitsrisiken, die erforderliche Sicherheitsausrüstung bedingt außerdem zusätzliche Investitionen. Die Fertigungskosten werden dabei maßgeblich durch die Elektrodentrocknung und das Recycling des Lösungsmittels bestimmt. Aufgrund der potenziell geringeren Kosten und größeren Umweltfreundlichkeit wächst das Interesse an der Entwicklung von wässrigen Elektroden slurries. Für die Herstellung von graphitbasierten Anoden sind wasserbasierte Slurries bereits Stand der Technik. Für die Kathoden stellt dies jedoch nach wie vor eine Herausforderung dar. Gefordert werden dabei (i) eine homogene Vermischung von Aktivmaterial, Leitzusätzen und Binder, (ii) geeignete rheologische Eigenschaften bezogen auf das Elektrodenbeschichtungsverfahren, (iii) mechanische Integrität der Elektrode (gute Haftung zwischen den Komponenten der Beschichtung und zwischen Beschichtung und Stromsammler) und (iv) die Kompatibilität mit dem Aluminiumstromsammler in Bezug auf das Korrosionsverhalten. In der Entwicklung wasserbasierter Slurries wurde kohlenstoff-beschichtetes LiFePO_4 (Südchemie) als Aktivmaterial sowie Ruß (Timcal) als Leitzusatz verwendet. Als Binder kam PVDF (Solvay) in Kombination mit Carboxymethylcellulose (CMC, Walocel) als Dispergator zum Einsatz. Um den Einfluss von Mischtechnologie, Slurryrezeptur und -verarbei-

tung auf die elektrochemischen Eigenschaften wie Kapazität, Ratenfähigkeit und Zyklenstabilität zu untersuchen, wurden die Technikumsanlagen des IKTS verwendet. Für die Slurryaufbereitung wurden zwei verschiedene Mischtechniken (Netzsch Planetenmischer und Eirich Intensivmischer) verglichen. Die Beschichtung des Aluminiumableiters erfolgte Rolle-zu-Rolle mittels Doctor Blade. Danach wurden die Elektroden mit einem Kalander verdichtet. Die elektrochemische Untersuchung der Elektroden erfolgte in Halbzellenanordnung gegen Lithium, um die Unterschiede in Kapazität und Leistungsfähigkeit zu bewerten. Für Lebensdaueruntersuchungen wurden die Elektroden in Vollzellenanordnung gegen Graphit in CR3220 Knopfzellen getestet. Die Graphik zeigt Ergebnisse von vergleichenden Lebensdaueruntersuchungen. Diese belegen, Leistungsfähigkeit und Stabilität der im Technikumsmaßstab wässrig hergestellten Elektroden sind vergleichbar zu Elektrodenrezepturen basierend auf dem standardmäßig verwendeten NMP.



- 1 Elektrodenherstellung im Technikumsmaßstab.
- 2 REM-Aufnahme einer wässrig hergestellten LiFePO_4 -Kathode.





ENERGIE

NEUES ULTRASCHALL-PHASED-ARRAY-VERFAHREN »HUGE-NDT«

M. Sc. Susanne Hillmann, Zsolt Bor, David M. Schiller-Bechert

Die sichere, einfache und reproduzierbare Prüfung von Rohrrundschweißnähten ist eine wichtige Fragestellung in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, vor allem in Kraftwerken und Anlagen der chemischen Industrie. Dabei ist die Prüfung von dünnwandigen Rohren mit einer Wanddicke von weniger als sechs Millimetern in der aktuellen Normung nur mit der Durchstrahlungsprüfung möglich. Dieses sehr aufwendige Verfahren verlängert aber die Anlagenwartung durch die recht kleinen Strahlungsfenster stark. Mit einem Ultraschallverfahren können solche Rundnähte viel schneller und zudem im Mehrschichtsystem geprüft werden. Fehler mit Kerbwirkung in der Naht werden nachweislich eher von Ultraschallverfahren als mit Durchstrahlung gefunden.

Rohrrundschweißnähte können inzwischen mit am Markt verfügbarem geeignetem Phased-Array-Equipment inkl. halbautomatisierten Scannern geprüft werden. In der Vergangenheit konnten diese Ultraschallverfahren wegen der komplexen Schallausbreitung in den dünnen Wänden mit Wanddicken kleiner als 6 mm nicht angewendet werden. Inzwischen ist die starke Defokussierung des Schallbündels bei gleichzeitig extrem kurzen Schallwegen zwischen den Sprüngen mit dem Verfahren aber beherrschbar.

Das HUGE-NDT-Prüfverfahren wurde vom Akkreditierten Prüflabor des Fraunhofer IKTS-MD gemeinsam mit dem Projektpartner Ingenieurbüro Prüfdienst Uhlemann entwickelt, optimiert und abschließend auch erfolgreich validiert. Das Verfahren besteht aus einer bestimmten Anordnung von Phased-Array-Prüfköpfen, einer speziellen Anpassung am Prüfgerät, einer Justierung sowie einer ausgewählten Bewertung der Anzeigen. Damit können Fehler mit Kerbwirkung in Nähten dünnwandiger Rohre mit einer Wahrscheinlichkeit von über 95 % gefunden werden.

Bisher wurden über 6000 derartige Schweißnähte im regulierten Bereich von Kohlekraftwerken mit diesem Verfahren geprüft. Die Kontrollprüfung fand stichprobenartig über Durchstrahlungsprüfung sowie zerstörende Schlibfbilder statt und hat die hohe Fehlerauffindwahrscheinlichkeit der Validierung bestätigt.

Durch den Einsatz des Prüfverfahrens können die Prüfzeiten in Kraftwerken und Chemieanlagen mehr als halbiert werden, was enorme Einsparungen für die Betreiber bedeutet. HUGE-NDT hat das Potenzial, die Durchstrahlungsprüfung an diesen Komponenten zukünftig vollständig zu ersetzen. Somit könnte auf den aufwendigen Strahlenschutz in diesen Bereichen verzichtet werden, was den Gesundheitsschutz der Mitarbeiter stark erhöht. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, dass auch Materialien geprüft werden können, die aufgrund ihrer Gefügestruktur mit der Radiographieprüfung nur sehr schwer zu untersuchen sind, wie z. B. Austenite. Durch seine Funktionsweise ist das Verfahren auch an Stellen einsetzbar, an denen der Scanner nur an einer Seite der Naht appliziert werden kann und der Platz für die Radiographieprüfung bisher nicht ausreichte. Somit kann die Anzahl der untersuchten Nähte deutlich erhöht werden.

Das Fraunhofer IKTS bietet Prüfdienstleistungen mit dem HUGE-NDT-Verfahren an. Darüber hinaus können auch externe Partner für das Verfahren qualifiziert oder Kooperationen zur Weiterentwicklung des Prüfverfahrens für spezielle Anwendungsfälle geschlossen werden.

- 1 Halbautomatischer Scanner für HUGE-NDT-Verfahren im Praxiseinsatz.
- 2 Beispiel eines Sektor-Scans mit Anzeige eines Flankenbindefehlers.



ENERGIE

VERFAHRENS- UND KOMPONENTENTWICKLUNG FÜR POWER-TO-GAS UND POWER-TO-PRODUCTS

Dr. Matthias Jahn, Dr. Mihails Kusnezoff, Dipl.-Ing. Erik Reichelt, Dr. Stefan Megel

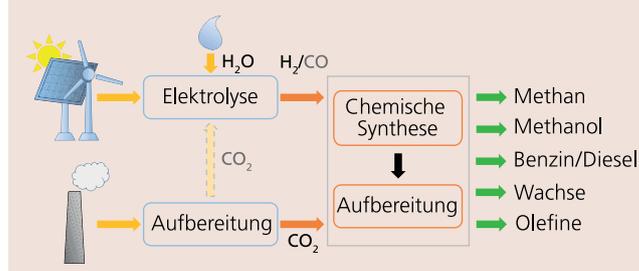
Motivation

Wesentliches Ziel der Energiewende ist der langfristige Umstieg von fossilen auf regenerative Energieträger wie Wind und Sonne. Jedoch sind diese nachhaltigen Quellen nur fluktuativ verfügbar. Somit ist es notwendig, geeignete Technologien zur Speicherung von »Überschussenergie« zu entwickeln. Einige Konzepte basieren auf der Speicherung dieser Energie in chemischen Verbindungen. Dabei können sowohl herkömmliche gasförmige und flüssige Energieträger als auch chemische Wertstoffe die gewünschten Zielprodukte sein. Der dezentrale Anfall der regenerativen Energie bedingt dabei meist dezentrale Verfahrens- und Anlagenkonzepte, die sich in ihren Anforderungen von großskaligen Anlagen deutlich unterscheiden. Die Entwicklung sogenannter Power-to-Gas- und Power-to-Products-Verfahren und der hierfür notwendigen Werkstoffe und Komponenten ist Gegenstand der Forschungstätigkeiten am IKTS.

Verfahrenskonzepte

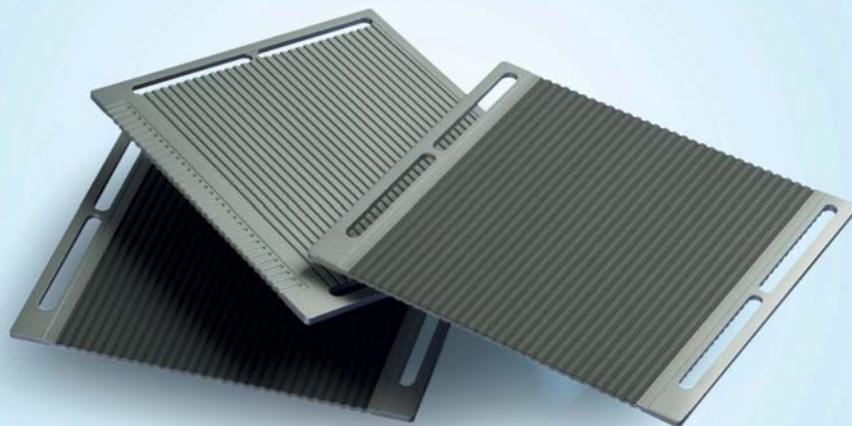
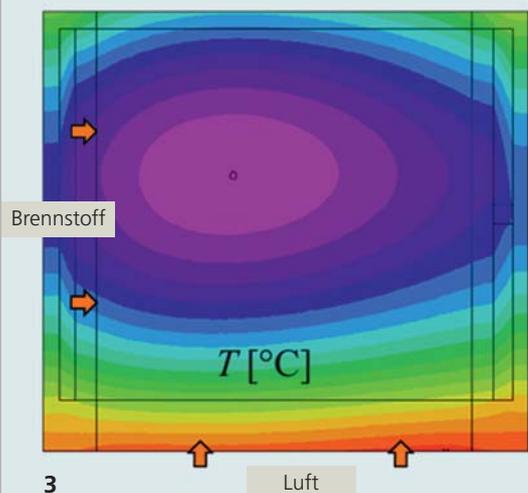
Grundlage aller Konzepte zur Speicherung elektrischer Energie in chemischen Produkten ist die Bereitstellung von Wasserstoff (H_2) und Kohlenstoffmonoxid (CO) bzw. Kohlenstoffdioxid (CO_2). Wasserstoff kann über Elektrolyse aus Wasser gewonnen werden. Dabei stehen mehrere Verfahren zur Verfügung. Neben der etablierten alkalischen Elektrolyse und der PEM-Elektrolyse (Proton Exchange Membrane) ist hier vor allem die Hochtemperaturelektrolyse (SOEC – Solid Oxide Electrolysis Cell) zu nennen. Dieser in der Entwicklung befindliche Prozess weist neben einer höheren Effizienz auch im Hinblick auf das Gesamtkonzept einen weiteren Vorteil auf. Für die Synthese von Kohlenwasserstoffen wird stets eine Kohlenstoffquelle (CO_2) benötigt. Im Gegensatz zu anderen Elektrolyseverfahren erlaubt die SOEC neben der Umsetzung von H_2O auch die Co-Elektrolyse von CO_2 . Auf diesem Weg kann in einem einzelnen Prozessschritt ein für die folgende chemische

Schematische Darstellung zur Nutzung regenerativer Energie für die Synthese chemischer Produkte



Synthese nutzbares Synthesegas aus H_2 und CO hergestellt werden. Die benötigte Quelle für CO_2 kann dabei unterschiedlicher Art sein. Neben Abgasen aus Verbrennungsprozessen wie z. B. in Kraftwerken können auch CO_2 -reiche Abgase aus verschiedenen anderen industriellen Prozessen eingesetzt werden. Besonders in der Stahl- und Zementindustrie fallen solche nutzbaren Abgase an, die jedoch meist einer Aufbereitung und CO_2 -Abtrennung bedürfen. Als vollständig regenerative Kohlenstoffquelle kann CO_2 aus der Luft verwendet werden. Die Abtrennung ist jedoch aufgrund der relativ geringen atmosphärischen Konzentration sehr aufwändig. Wird das CO_2 nicht über eine Co-Elektrolyse in CO gewandelt, kann es auch katalytisch in einer zusätzlichen Prozessstufe gewandelt werden. In einigen chemischen Synthesen kann es auch direkt umgesetzt werden. Zielprodukte können sowohl Methan, welches in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden kann, als auch flüssige Energiespeicher wie Benzin oder Diesel sein. Aber auch Wertprodukte, wie Wachse und Olefine, können mit diesem Ansatz gewonnen werden.

Ein konkretes Verfahrenskonzept ist immer abhängig vom gewünschten Zielprodukt und von der zur Verfügung stehenden CO_2 -Quelle. Je nachdem ist mitunter eine thermische Koppelung einzelner Prozessschritte möglich. Für die meist kleinskaligen dezentralen Anlagen ist eine hohe Wärmeintegration und geschickte Verschaltung verschiedener Teilprozesse von ent-



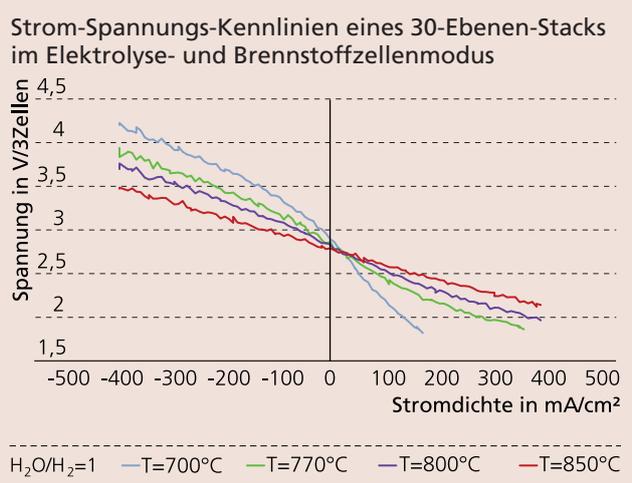
scheidender Bedeutung, da nur so ausreichend hohe Wirkungsgrade zu erreichen sind. So kann z. B. die Abwärme exothermer Synthesestufen zur Verdampfung des in der SOEC benötigten Wassers genutzt werden. Auch die interne Nutzung eventuell auftretender Nebenprodukte beeinflusst die Effizienz der einzelnen Konzepte entscheidend. Um möglichst geeignete Verschaltungen der einzelnen Prozessstufen zu identifizieren, erfolgt die Auslegung der Verfahren auf Basis von Prozesssimulationen. Auch an die Belastbarkeit bei dynamischen Betriebsfällen stellen die dezentralen Anlagen höhere Anforderungen als großindustrielle Prozesse. Dies muss sowohl bei der Entwicklung einzelner Prozessstufen wie der Elektrolyse und der chemischen Synthese als auch bei Werkstoffentwicklung berücksichtigt werden.

Elektrolyse

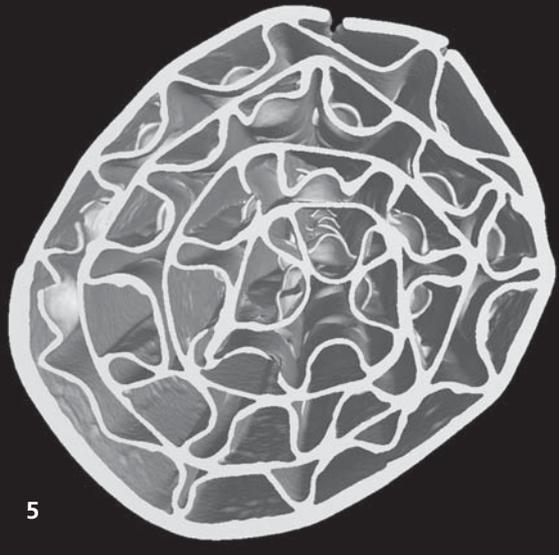
Der Hochtemperatur-Elektrolyseur (SOEC), auch als Festoxid- oder oxidkeramische Elektrolysezelle bekannt, verfügt über ein beachtliches Wirkungsgradpotential bei der Wasserstoffgewinnung. Durch die direkte und gut steuerbare Umwandlung von elektrischer in chemische Energie des Wasserstoffs bei gleichzeitiger Wärmeproduktion und dadurch Kompensation der endothermen Wasserzerlegung birgt eine SOEC das Potential für sehr hohe Wirkungsgrade bei der Wasserstofferzeugung (nahe 98 %). Durch den Betrieb bei hohen Temperaturen ($T = 700\text{ °C} - 1000\text{ °C}$) ist es möglich den Widerstand der Zelle erheblich zu senken und Pt-freie Katalysatoren in den Elektroden einzusetzen. Der Aufbau eines SOEC-Moduls ist dem der Hochtemperaturbrennstoffzelle (SOFC – Solid Oxide Fuel Cell) sehr ähnlich. Dadurch ist es möglich, diese Module abwechselnd als Elektrolyseur und Brennstoffzelle zu betreiben. Dies erlaubt z. B. je nach den aktuellen Anforderungen die Speicherung von Energie aus dem Netz oder deren Einspeisung in das Netz. Für die Kopplung mit chemischen Prozessen, wie z. B. die Synthese von Kraftstoffen, bietet sich darüber hinaus der Vorteil, dass die Abwärme exothermer Prozessstufen für die Verdampfung des Wassers genutzt werden und so die Wärmeintegration des Gesamtprozesses verbessert werden kann. Im Gegensatz zur alkalischen Elektrolyse und zur PEM-Elektrolyse gibt es bei der Hochtemperatur-Elektrolyse vor allem im Bereich der Langzeitstabilität noch Entwicklungsbedarf. In diesem Punkt unterscheidet sich die SOEC bisher noch von der Hochtemperaturbrennstoffzelle, die bereits auf einem kommerzialisierbaren Entwick-

lungsstand angelangt ist. Aufgrund der hohen Betriebstemperaturen einer SOEC ist es möglich, dass die effiziente Wasserzerlegung auch in Anwesenheit weiterer Gasbestandteile direkt an der Anode der SOEC durchgeführt werden kann, weil die SOEC-Anode katalytisch aktive Komponenten wie z. B. Nickel beinhaltet. Durch die örtliche Kopplung endothermer Wasser-Elektrolyse und exothermer elektrochemischer Verlustleistung der Zelle wird das Kühlen der Elektrolysezelle, was z. B. im Fall der PEM-Elektrolyse einen zusätzlichen großen Luftstrom durch die Zelle erfordert, stark vereinfacht. Weiterhin ist die elektrische Energie, die für die Wasserzerlegung bei 800 °C notwendig ist, im Vergleich zur bei Raumtemperatur benötigten Energie geringer. Diese Tatsache ist thermodynamisch begründet und wurde experimentell nachgewiesen.

Die Herausforderung der bisher im Vergleich zum Brennstoffzellenbetrieb höheren Degradation wird derzeit von Wissenschaftlern in den USA (Ceramtec, Inc.) [1] und Europa (Haldor Topsoe A/S) [2] angegangen. Die Degradation aller Stack-Komponenten unter Wasserdampf ist weitestgehend noch uner-



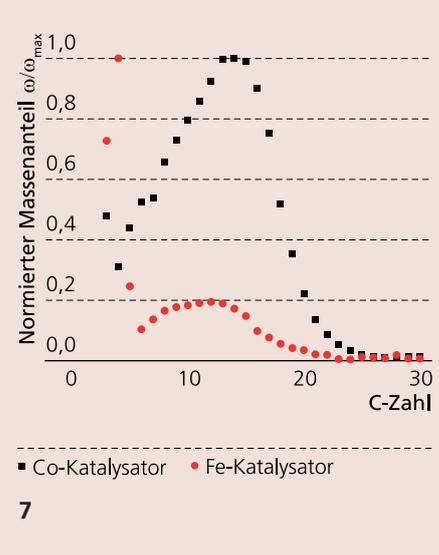
- 1 30-Ebenen-CFY-Stack in Transportvorrichtung.
- 2 Laboranlage zur Methanisierung und Fischer-Tropsch-Synthese.
- 3 Temperaturverteilung in einer Hochtemperatur-Elektrolysezelle.
- 4 Mk351-Interkonnektoren mit Schutzschicht aus Entwicklung mit Plansee SE.



5



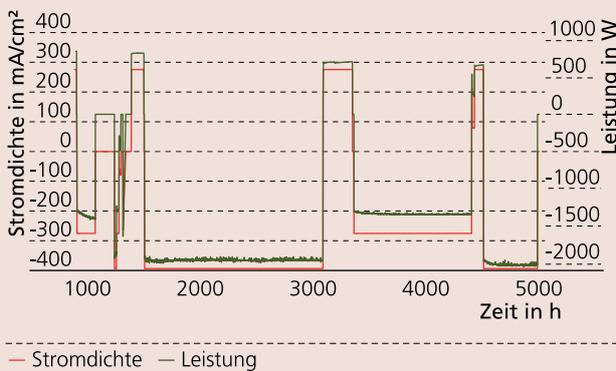
6



7

ENERGIE

Langzeittest eines 30-Ebenen CFY-Stack im Elektrolysebetrieb



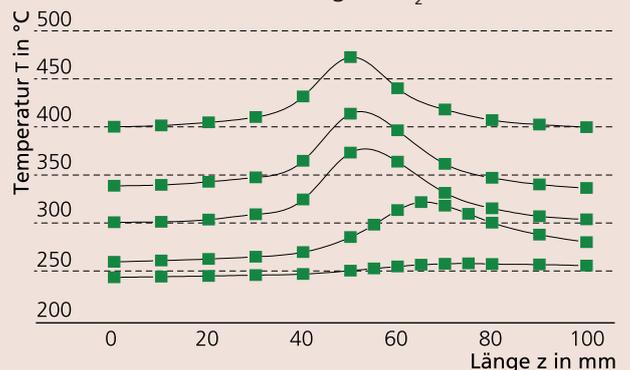
forscht. Da allerdings zu erwarten ist, dass alle weiteren Komponenten des gegenwärtigen SOFC-Moduls in diesem Betriebsmodus den Belastungen standhalten können, konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten auf die Zellentwicklung. Ein weiteres Entwicklungsziel ist die Darstellung eines stabilen Betriebs unter erhöhtem Druck. Bei der Entwicklung der Zellen kann dabei auf umfangreiche Erfahrungen aus dem Bereich der SOFC-Entwicklung zurückgegriffen werden. Seit 1998 wird am IKTS ein planarer Stack (sog. CFY-Stack) für die Anwendung im SOFC-Bereich entwickelt und hat gegenwärtig eine kommerzielle Reife erreicht. Auf Basis dieser Plattform werden zurzeit SOEC-taugliche Stacks entwickelt. Dabei werden Zellen auf der Basis von dünnen ZrO_2 -basierten Elektrolyten eingesetzt.

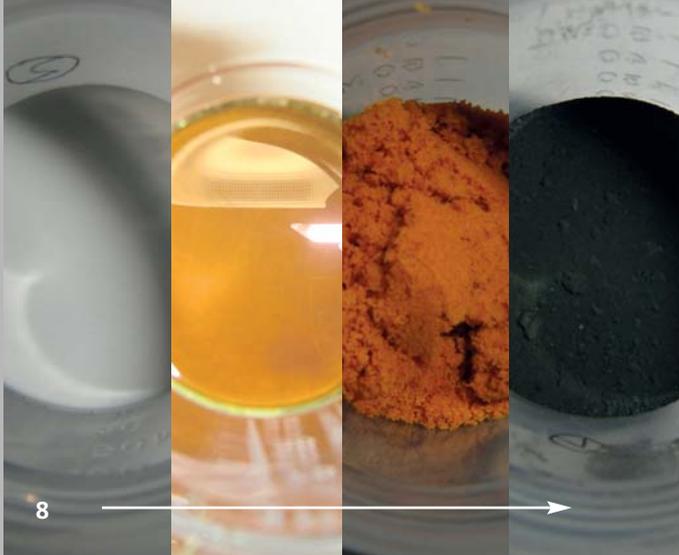
Die experimentellen Ergebnisse zeigen eine sehr geringe Langzeitdegradation. Verantwortlich dafür ist eine sehr homogene Temperaturverteilung im Stack, die im thermoneutralen Betriebspunkt erreicht wird. Unter diesen Bedingungen wird im Stack durch Strom genau so viel Wärme produziert wie für die Wasserdampferzeugung notwendig ist. Die Betriebsbedingungen für diesen Punkt können mittels Simulation vorhergesagt und später im Betrieb eingestellt werden. Das Simulationsmodul bildet einen wesentlichen Baustein für die Integration von Stacks in SOEC-Systeme. Es ist durchaus möglich, die Stacks im leicht exothermen Betriebspunkt zu betreiben. Dabei wird ein Überschuss an Wärme produziert. Dies kann für das Erreichen eines hochintegrierten Gesamtprozesses von Vorteil sein.

Chemische Synthesen

Im Bereich der chemischen Synthesen werden insbesondere die Methanisierung und die Fischer-Tropsch-Synthese betrachtet. Die Anwendung neuer strukturierter keramischer Katalysatorträger steht in beiden Fällen im Fokus der aktuellen Untersuchungen. Diese auf keramischer Folientechnologie basierenden Strukturen erlauben eine gezielte Einstellung des Verweilzeitverhaltens und die Reduzierung von Temperaturgradienten und Hotspots. Die Trägerstrukturen zeichnen sich dadurch aus, dass Stoff- und Wärmetransporteigenschaften gegenüber bisher untersuchten Waben und Pelletschüttungen verbessert werden können. Insbesondere bei Mehrphasenreaktionen wie der Fischer-Tropsch-Synthese haben Stoff- und Wärmetransport einen entscheidenden Einfluss auf die Produktselektivitäten. Da aus dem typischen Produktgemisch der Fischer-Tropsch-Synthese nur bestimmte Fraktionen als Zielprodukte gewünscht sind, ist das gezielte Einstellen der Selektivität von entscheidender Bedeutung. Bei den Untersuchungen zur Anwendung der neuartigen Trägerstrukturen für die Fischer-Tropsch-Synthese stehen insbesondere Wachse sowie kurzkettige Olefine als Zielprodukte im Fokus. Beide Produkte sind im Gegensatz zu Methan und Diesel bzw. Benzin nicht nur stoffliche Energiespeicher, sondern auch wichtige Zwischen- und Endprodukte der chemischen Industrie, die bisher aus Rohöl gewonnen werden. Im Vergleich zu fossilen Produkten weisen z. B. die synthetischen Wachse neben ihrer nachhaltigen Produktion auch weitere vorteilhafte Eigenschaften auf. So sind sie frei von aromatischen und polyzyklischen Verbindungen und daher besonders für die Anwendung in der Kosmetikindustrie geeignet [3].

Temperaturprofile für verschiedene Eintrittstemperaturen bei der Methanisierung mit H_2/CO





Dieses Beispiel demonstriert, dass die Konzepte zur Nutzung von Überschussstrom auch die Herstellung von Produkten hoher wirtschaftlicher Bedeutung ermöglichen. Für die gezielte Produktion von Wachsen werden Co-basierte Katalysatoren eingesetzt. Zur Steigerung der Reduzierbarkeit und der Aktivität wird z. B. Ru verwendet. Kurzkettige Olefine stellen ein wichtiges Zwischenprodukt der chemischen Industrie dar. Für die Synthese werden promotierte Fe-Katalysatoren genutzt. Da hohe Ausbeuten an Olefinen eine geringe Verweilzeit und ein enges Verweilzeitspektrum erfordern, eignen sich die neuen Träger in besonderem Maße für die Übertragung des bisher industriell genutzten Wirbelschichtverfahrens auf Festbettreaktoren. Die Identifizierung geeigneter Katalysatorsysteme ist ein wesentlicher Bestandteil der Arbeiten zur Olefinsynthese. Für die Methanisierung werden verschiedene Ni-basierte Katalysatorsysteme präpariert und getestet. Im Fokus steht dabei insbesondere die Nutzung von CO₂ aus der Luft bzw. aus Abgasströmen für die Synthese von CH₄. Da in der vorgelagerten Elektrolyse neben H₂ auch CO aus CO₂ bereitgestellt werden kann, erfolgen die Messungen sowohl mit CO₂ als auch mit CO. Aufgrund der im Vergleich höheren Exothermie bei der Methanisierung mit CO wird für die Bewertung der Trägerstrukturen diese Reaktion herangezogen. Die Katalysatoren werden dabei in Pulverform eingesetzt oder über Washcoating-Prozesse auf die strukturierten Träger aufgebracht. Über die Messung von Temperaturprofilen wird der Einfluss der Strukturen auf den Wärmetransport im Bett beurteilt.

Entwicklungsstand und aktuelle Forschungsarbeit

Basierend auf den in der Vergangenheit durchgeführten Entwicklungsarbeiten im Bereich der SOFC wurde eine Hochtemperatur-Elektrolysezelle erfolgreich aufgebaut und getestet. Die aktuellen Arbeiten konzentrieren sich auf den Stackaufbau, die Reduktion von CO₂ zu CO und auf die Verbesserung der Langzeitstabilität. Im Bereich der chemischen Synthesen wurden neue keramische Katalysatorträger entwickelt und getestet. Den Schwerpunkt der aktuellen Arbeiten bilden die Untersuchungen zur Steigerung der Selektivität für hochwertige Zielprodukte wie Wachse und Olefine. Zur Systemauslegung wurde ein Prozessmodell auf Basis von Matlab/Simulink erstellt, welches Prognoserechnungen für unterschiedliche Prozesskonzepte ermöglicht und somit eine Effizienzbewertung erlaubt. Für die Nutzbarmachung von Kohlendioxid aus der Luft als

Kohlenstoffquelle gibt es noch weiteren Entwicklungsbedarf, um das Verfahren wirtschaftlich darstellen zu können. Da es durch die Kopplung von Hochtemperaturolektrolyse und Fischer-Tropsch-Synthese möglich ist sowohl alternative Kraftstoffe als auch Basischemikalien herzustellen, eröffnet sich durch das Verfahrenskonzept ein sehr großes Anwendungsgebiet zum Einsatz von Überschussstrom aus regenerativen Energien für chemische Synthesen. Dabei können je nach Einsatzgebiet kundenspezifische Lösungen erarbeitet werden.

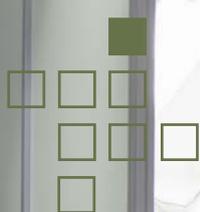
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung von anwendungsangepassten Verfahrenskonzepten und Reaktoren
- Prozess- und Reaktorsimulation
- Innovative keramische Trägerstrukturen für den Einsatz in Synthesereaktionen
- Katalysatorentwicklung und -screening
- Hochtemperatur-Elektrolysezellen, -Stacks und -Module
- Auslegung und Bau von Reaktoren und Pilotanlagen

Quellen

- [1] S. Elangovan, J. Hartvigsen, D. Larsen, I. Bay, F. Zhao, ECS Transactions, 35 (1) 2875-2882 (2011)
- [2] M. Petitjean, M. Reytier, A. Chatroux, L. Bruguière, A. Mansuy, H. Sassoulas, S. Di Iorio, B. Morel, J. Mougín, ECS Transactions, 35 (1) 2905-2913 (2011)
- [3] M. Bekker, N. R. Louw, V. J. Jansen van Rensburg, J. Potgieter, International Journal of Cosmetic Science, 35 (1) 99-104 (2013)

- 5 Computertomographische Aufnahme einer keramischen Folienstruktur.
- 6 Flüssige und wachsförmige Produkte der Fischer-Tropsch-Synthese.
- 7 Produktzusammensetzung bei der Fischer-Tropsch-Synthese.
- 8 Katalysatorpräparation.
- 9 Stackeinbau in Fügemaschine.



UMWELT- UND VERFAHRENS- TECHNIK

Projektberichte

- 72 Elektrochemische Verfahren für Wasserbehandlung und Rohstoffrecycling
- 74 Membranerprobung im Technikum und Feldversuch
- 76 Schockwellenrecycling von Keramiken und Keramik-Edelmetall-Verbunden
- 77 Photokatalytische Abwasserreinigung mit funktionalisierter, zellulärer Keramik
- 78 Prüfung und Entwicklung von DeNOx-Katalysatoren
- 79 Keramische Trägerstrukturen für die heterogene Katalyse

Im Geschäftsfeld »Umwelt- und Verfahrenstechnik« bietet das Fraunhofer IKTS Werkstoffe, Technologien und Systeme, die die Umwandlung von Stoffen und Energie sicher, effizient, umwelt- und klimaschonend gestalten. Im Mittelpunkt stehen dabei Prozesse im Bereich konventioneller und Bioenergien, Strategien und Verfahren zur Wasser- und Luftreinigung sowie zur Rückgewinnung von werthaltigen Rohstoffen aus Reststoffen. Keramische Technologien ermöglichen neue Reaktorkonzepte für die chemische Industrie.

Das Fraunhofer IKTS gehört zu den weltweit führenden Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Stofftrenntechnik unter Verwendung keramischer Materialien. Werkstoff-, Technologie- und Verfahrensexpertise greifen ineinander und ermöglichen so komplexe verfahrenstechnische Systeme für energieeffiziente Trennverfahren, chemische Umsetzung und Wertstoffrückgewinnung. Keramische Membranen, Filter, Adsorbentien und Katalysatoren des Fraunhofer IKTS spielen eine zentrale Rolle bei Prozessen der Gasaufbereitung und Wasserbehandlung. Zudem werden keramische Membranverfahren mit innovativen Werkstoffen zu neuen Reaktorkonzepten kombiniert.

Das Wissen um die Prozesstechnik zur Zerkleinerung, zum Aufschluss und Mischen biogener Substrate stellt eine weitere Kernkompetenz des Fraunhofer IKTS im Bereich der biochemischen und thermochemischen Biomassekonversion dar. In zahlreichen Labor- und Pilotanlagen werden fluidische, elektrochemische und thermomechanische Kenngrößen für die Stofftransportvorgänge und Reaktionen modelliert, validiert und optimiert. Mit umfangreichen Laboren, Technika und den Applikationszentren für Membrantechnologie und Bioenergie verfügt das Geschäftsfeld über eine ausgezeichnete Infrastruktur, um Projekte verschiedenster Umfänge und Skalen realisieren zu können. Die Ergebnisse fließen direkt in Demonstrationsanlagen ein, die beim Kunden errichtet und durch das Fraunhofer IKTS betreut werden können.



ELEKTROCHEMISCHE VERFAHREN FÜR WASSERBEHANDLUNG UND ROHSTOFFRECYCLING

Dipl.-Chem. Hans-Jürgen Friedrich

Elektrochemische Verfahren verfügen aufgrund ihrer Selektivität, eines relativ einfachen Aufbaus und einer guten Skalierbarkeit über ein erhebliches Anwendungspotenzial in den Bereichen Umwelt- und Rohstofftechnologie.

Für die Behandlung stark mineralisierter, sulfatreicher Bergbauwässer wurde das RODOSAN®-Verfahren entwickelt und für verschiedene Anwendungsfälle im technischen Pilotmaßstab erprobt (Bild 1 und 2). Dabei handelt es sich um ein Membranelektrolyse-Verfahren, das die weitgehend selektive Abtrennung von Sulfat bei gleichzeitiger Konversion in verwertbare Produkte (Sulfatdünger) zulässt. Damit kann ein unerwünschter Wasserinhaltsstoff in einen Wertstoff konvertiert werden. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil gegenüber alternativen wenig selektiven Verfahrensansätzen wie Nanofiltration oder Umkehrosmose dar. So kann zwar Wasser von Trinkwasserqualität erzeugt werden, allerdings ist die Verwertung der erzeugten Konzentrate ein ungelöstes Problem. Auch energetisch bieten solche Verfahren hier keinen Vorteil.

Im technischen Pilotmaßstab konnte bislang gezeigt werden, dass eine Verminderung der Salinität um bis zu 60 % möglich ist, im Technikumsmaßstab werden zwischenzeitlich Werte von mehr als 80 % erreicht. Weiterhin werden Schwermetall- und Aluminiumionen quantitativ abgetrennt und Pufferkapazität erzeugt. Hierfür werden keine Prozesschemikalien benötigt.

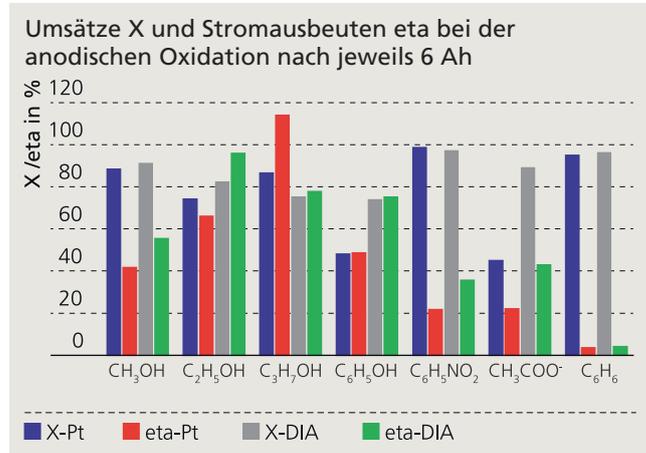
Anfänglich bereitete die Behandlung calciumreicher Wässer Probleme durch erhebliches Scaling in den Membranelektrolysezellen. Zwischenzeitlich konnten dafür wirkungsvolle Abwehrmaßnahmen entwickelt und im Pilotmaßstab erprobt werden. Das Verfahren ist vorrangig für die Behandlung größerer Wasservolumina konzipiert, wie sie für den Bergbau typisch sind. Die Anlagen sind jedoch modular aufgebaut, sodass eine breite Spannweite von Anlagengrößen im praktischen Einsatz realisiert werden kann (0,01–2 m³/s). Neben dem behandelten Wasser und dem dabei erzeugten Dünge-

mittel wird bei der Elektrolyse in nennenswertem Umfang H₂ erzeugt sowie CO₂ als Prozesschemikalie verwendet.

Membranelektrolyse-Verfahren eignen sich auch hervorragend für die Zerstörung persistenter organischer Schadstoffe in kontaminierten Wässern. Zahlreiche solcher Verbindungsklassen, z. B. Nitroaromaten können durch alternative Verfahren wie Photo- oder Ozonolyse nur unvollständig abgebaut werden. Ein biologischer Abbau findet kaum statt. Bei der elektrochemischen Totaloxidation werden organische Substanzen vollständig zu CO₂ umgesetzt. Aus Heteroatomen entstehen dabei die entsprechenden oxidierten Anionen wie das folgende Beispiel (Nitrobenzol) illustriert:



Die erfolgreiche Einsetzbarkeit wurde inzwischen für eine ganze Reihe von Anwendungsfällen, teils bis zum Pilotmaßstab, demonstriert (Behandlung von Chemieabwasser, Reinigung durch Sprengstoffe kontaminierter Grundwässer, Behandlung radioaktiver Abfälle).

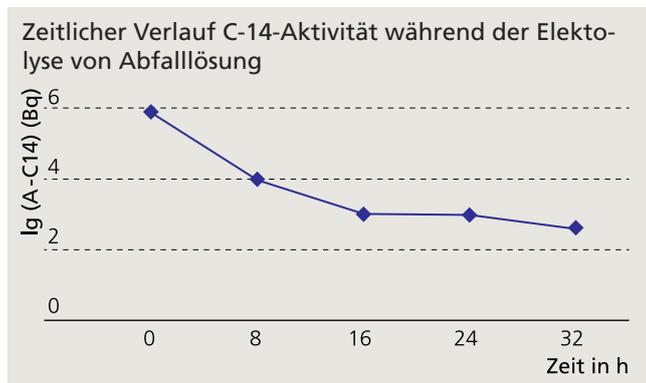


Letzteres ist Gegenstand eines aktuellen BMBF-Projekts mit dem Ziel einer Pilotierung (FKZ 02S9154). Innerhalb dieses Pro-



jekts wurden in breiterem Umfang Untersuchungen zum Einfluss des Elektrodenmaterials und der Reaktionsbedingungen auf die Umsetzung diverser chemischer Verbindungen durchgeführt. Dabei erwies sich zumeist bordotierter Diamant als überlegenes Anodenmaterial.

Bei der Totaloxidation stofflich teilweise unbekannter Proben radioaktiver C-14-Abfälle konnte in ersten kleinmaßstäblichen Tests (Bild 3) ein Umsatz erreicht werden, der eine Entsorgung der dekontaminierten flüssigen Phase als konventioneller Abfall zulässt. Das freigesetzte C-14-CO₂ wird dabei in einem nachgeschalteten Absorptionsschritt in endlagerfähige Erdalkalicarbonate überführt.

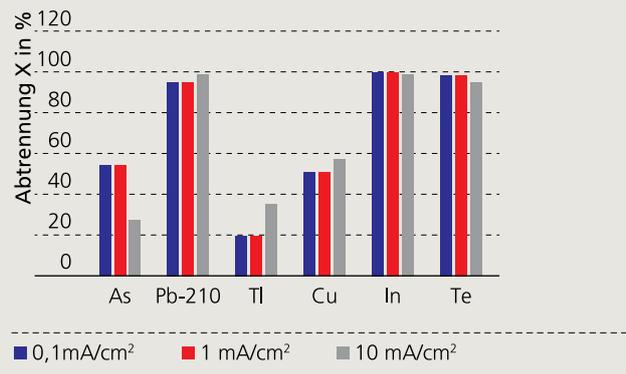


Mit dem Projekt sollen zugleich die Grundlagen für ein C-14-Recycling geschaffen werden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet, bei dem sowohl die Abtrennung von Radionukliden als auch die Gewinnung seltener Metalle auf elektrochemischem Wege im Fokus steht, ist die Konditionierung von Thermalsolen in der Tiefen-Geothermie (BMW-Projekt FKZ 0325696). Im Vordergrund steht dabei die Vermeidung von sogenanntem Scaling durch natürlich vorkommende Radionuklide wie Pb-210 und toxische Schwermetalle. Scaling führt in der Praxis zu Betriebsstörungen bis hin zu sicherheitsrelevantem Bauteilversagen und zu erheblichen Zusatzkosten für Wartung und Entsorgung. Entwicklungsziel ist hier die Abtrennung der unerwünschten Komponenten, vorzugsweise noch untertage. Andererseits enthalten Thermalsolen teilweise auch seltene Metalle in Konzentrationen, die eine Gewinnung prinzipiell möglich erscheinen lassen.

Im Rahmen eines Förderprojektes der DBU (FKZ 31916/01) werden beide Ansätze gegenwärtig näher untersucht. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse in Modellsole zeigen, dass sowohl die elektrochemische Abtrennung toxischer Schwermetalle als auch die Abscheidung von seltenen Metallen auch bei den typischerweise vorliegenden Konzentrationen <1 mg/l meist mit hoher Ausbeute möglich ist.

Elektrochem. Abscheidung von Scalents aus Modellsole, Verweilzeit je 240 s (10 mA/cm² = 120 s)



Vor allem die Abscheidung des kritischen Nuklids Pb-210 erscheint als sehr aussichtsreich. Ebenso können Indium und Tellur nahezu vollständig abgetrennt werden. Bei Arsen und Thallium werden weitere Verbesserungen angestrebt, was Gegenstand derzeitiger FuE-Arbeiten ist. Für die anstehenden Praxistests wird ein mobiler Teststand, ausgelegt in PN 40 mit TÜV-Abnahme und bergrechtlicher Zulassung genutzt, der ebenso für In-situ-Korrosionsuntersuchungen verwendet wird (Bild 4).

Weitere Arbeitsgebiete sind die Rückgewinnung von Laugungschemikalien aus der Extraktion von Sekundärrohstoffen durch Elektrodialyse und die Entwicklung elektrochemischer Selektionsschritte bei der Trennung von Seltenen Erden und von anderen seltenen Metallen.

- 1 Pilotanlage elektrochemische Sulfat-abtrennung.
- 2 Übersicht Anlagenstandort.
- 3 Laborversuchsstand C-14-Totalmine-ralisation.
- 4 Teststand Tiefe Geothermie.



MEMBRANERPROBUNG IM TECHNIKUM UND FELDVERSUCH

Dr. Marcus Weyd, Dipl.-Ing. Christian Pflieger, Dipl.-Ing. Steffen Wöhner

Membranverfahren sind als energetisch effiziente Trennverfahren in der Technik weit verbreitet. Sie benötigen keine chemischen Hilfsstoffe und sind alternativen Trennverfahren bezüglich der Selektivität meist deutlich überlegen. Anorganische Membranen zeichnen sich durch hohe Flussleistungen aus. Des Weiteren sind sie bei extremen chemischen und thermischen Bedingungen einsetzbar. Am Fraunhofer IKTS werden anorganische Membranen für Trennprozesse in flüssigen, dampfförmigen und gasförmigen Medien entwickelt. Das Ziel der Entwicklungen besteht zumeist darin, die Trennleistung und Trennschärfe der Membranen weiter zu verbessern, die Membranflächen pro keramischem Element zu erhöhen bzw. Membranen für neuartige Trenaufgaben zu synthetisieren und zu erproben. Hierbei werden auch neue Trägergeometrien entwickelt, die bezüglich Stofftransport bewertet werden müssen. Einige Membrantypen werden prototypisch hergestellt. Unterstützend zur Membranentwicklung müssen die Eigenschaften der Membranen ermittelt werden. Porengrößen von oft unterhalb einem Nanometer bedingen spezieller Testverfahren. Porengrößen und Porengrößenverteilungen müssen bestimmt und die Schichtqualität analysiert werden.

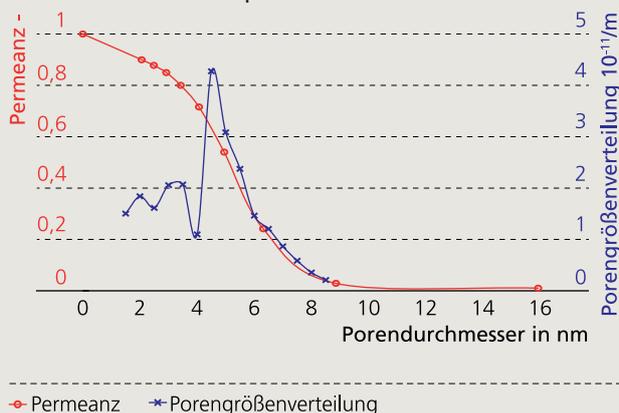
Diese Eigenschaften müssen für Labormuster von nur wenigen Zentimeter Länge aber auch für 1,2 m lange Membranen analysiert werden. Ebenso muss sichergestellt sein, dass die Membranen für die jeweiligen Prozessbedingungen (Druck, Temperatur, Prozessmedien, pH-Wert) geeignet sind. Es folgen die wesentlichen Methoden der Membrancharakterisierung:

- Permporosimetrie
- Bubble-Point-Methode
- Permeationsmessung
- Trenngrenzenbestimmung
- Simulation von Stofftransport und Festigkeit
- Berstdruckprüfung
- Kontaktwinkelmessung
- Ermittlung von Säure- und Laugenstabilität

Entscheidend für den wirtschaftlichen Einsatz eines Membranverfahrens sind die Trennleistungen im technischen Prozess bei Verwendung der realen Medien. Diese Daten werden in einem mehrstufigen Prozess erhoben. Erste Prinzipversuche in Laboranlagen mit kleineren Membrangeometrien liefern bei reduziertem Aufwand eine qualitative Aussage zum Membranverfahren. Nach positivem Testergebnis erfolgen Versuche mit industriell relevanten Membrangeometrien (z. B. Mehrkanalrohre, Länge 1,2 m) in Pilotanlagen im Technikum, mit dem Ziel erste belastbare Leistungsdaten zu erfassen. Das IKTS verfügt über Membrananlagen im Labor- und Pilotmaßstab für Verfahren wie Pervaporation, Dampfpermeation, Gaspermeation, Mikro-, Ultra- und Nanofiltration sowie organophile Nanofiltration.

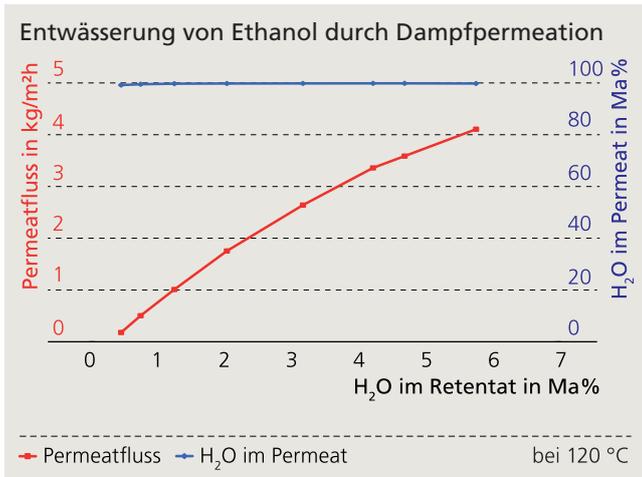
Eine Gaspermeationsanlage zur Gastrennung und zur Trocknung von Gasgemischen bei hohen Temperaturen und eine Pilotdampfpermeationsanlage konnten 2014 in Betrieb genommen werden. Mit der Dampfpermeationsanlage können Lösungsmittel unter gleichzeitiger Verwendung mehrerer Membranmodule getrocknet und azeotrope Zusammensetzungen gebrochen werden. Auch Dauerversuche sind bei Temperaturen bis 220 °C und Drücken bis 25 bar möglich.

Porengrößenverteilung einer Ultrafiltrationsmembran ermittelt durch Permporosimetrie





UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK



Anlagen zeichnen sich durch folgende Eigenschaften/Merkmale aus:

- Automatisierter Batch- oder Feed-and-Bleed-Betrieb
- Befüllungs- bzw. Füllstandsüberwachung
- Regelung auf Druck bzw. Permeatvolumenstrom
- Intelligenter Retentat-/Produktaustrag
- Heiz- und Kühlfunktion
- Rückspülfunktion (2 Arten)
- Datenaufnahme

Die Feldversuchsanlagen können im Batchbetrieb eine definierte Anzahl an Zyklen verarbeiten und sich selbstständig füllen. Die Temperaturregelung erfolgt automatisch mit Thermostat oder extern vorgehaltenem Kühl- oder Heißwasser. Im Feed-and-Bleed-Betrieb kann der Produkt- bzw. Retentat-austrag proportional zum Permeatfluss erfolgen, um an einem vorgegebenen Konzentrationspunkt zu fahren. Die Anlagen können auch in ein Ringleitungssystem einer bestehenden Anlage integriert werden.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Kunden- und anwendungsspezifische Membrantestung und -erprobung
- Pilotierung von Membranprozessen
- Verfahrensentwicklung für die genannten Membranprozesse
- Entwicklung und Bau geeigneter Membrangehäuse
- Entwicklung und Konstruktion von Membran(test)anlagen
- Entwicklung von Membranreinigungsstrategien von z. B. bestehenden Membrananlagen beim Kunden
- Durchführung und/oder Begleitung bzw. Auswertung von Feldversuchen
- Lieferung von Membranmustern
- Konzeptentwicklung zum Einbinden von Membrananlagen/-verfahren in kundenspezifischen Produktionsablauf

Für Applikationsuntersuchungen im Bereich der Flüssigfiltration sowie im Bereich der organophilen Nanofiltration verfügt das IKTS über ein Applikationszentrum Membrantechnik in Schmal-kalden. Der Fokus liegt hier neben der Membrancharakterisierung auf der Verfahrenserprobung und -entwicklung in Form von praktischen Machbarkeitsversuchen. Mobile Anlagen können für kunden- bzw. projektspezifische Projekte verwendet werden. Am Applikationszentrum werden diese Versuchsanlagen in Form von Prototypen ebenso entwickelt und aufgebaut.

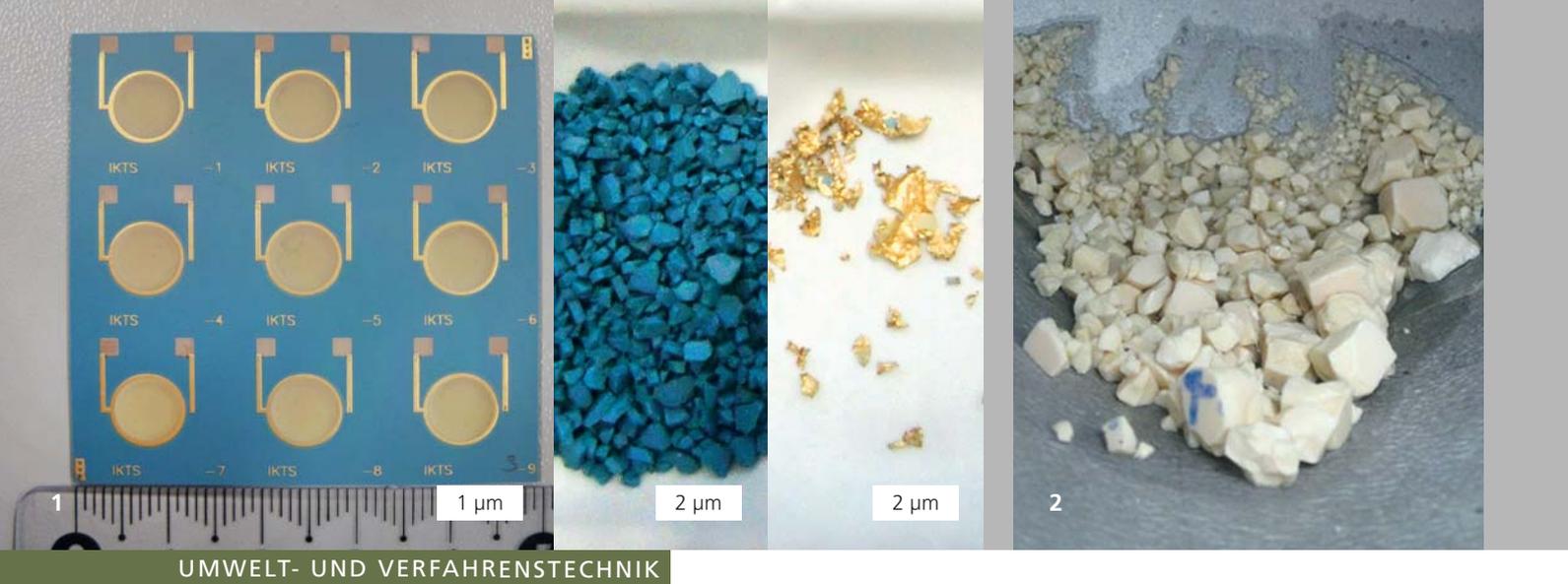
Im Bereich der Flüssigfiltration sind folgende Anlagen verfügbar:

- Tischanlagen (MF, UF, NF; PN16)
- Laboranlagen (MF, UF, NF, UO; PN16/PN100)
- Feldversuchsanlagen (MF, UF, NF; PN25)
- Mobile ATEX-Anlagen (MF, UF, NF; PN25/PN40)

Es wird Wert darauf gelegt, dass jeder Membranprozess auch mit Membranen industriell relevanter Geometrie betrieben werden kann. Zur Membrancharakterisierung hinsichtlich Bestimmung des Klarwasserflusses bzw. des Rückhaltes von Testsubstanzen werden gesondert Anlagen vorgehalten. Die Bestimmung der Säure- oder Laugenstabilität erfolgt in verschiedenen Spezialanlagen für die Verwendung der jeweiligen Medien. Darüber hinaus können statische Auslagerungsversuche von Membranen in aggressiven Medien bei Temperaturen bis 150 °C durchgeführt werden.

Für die Membranerprobung im Feldversuch wurden spezialisierte Feldversuchsanlagen entwickelt und aufgebaut. Diese

- 1 Membranerprobung im Technikum.
- 2 Mobiler Filtrationscontainer zur Verwendung mit organischen Lösungsmitteln.
- 3 Mobile Filtrationsanlage mit Rückspüleinheit und Temperaturregelung.
- 4 Pilotdampfpermeationsanlage im Technikum.



SCHOCKWELLENRECYCLING VON KERAMIKEN UND KERAMIK-EDELMETALL-VERBUNDEN

Dipl.-Ing. Axel Müller-Köhn, Dipl.-Ing. Carolin Lohrberg, Dipl.-Ing. Kerstin Lenzner, Dipl.-Ing. Anne Bergner, Dr. Manfred Fries, Dr. Tassilo Moritz

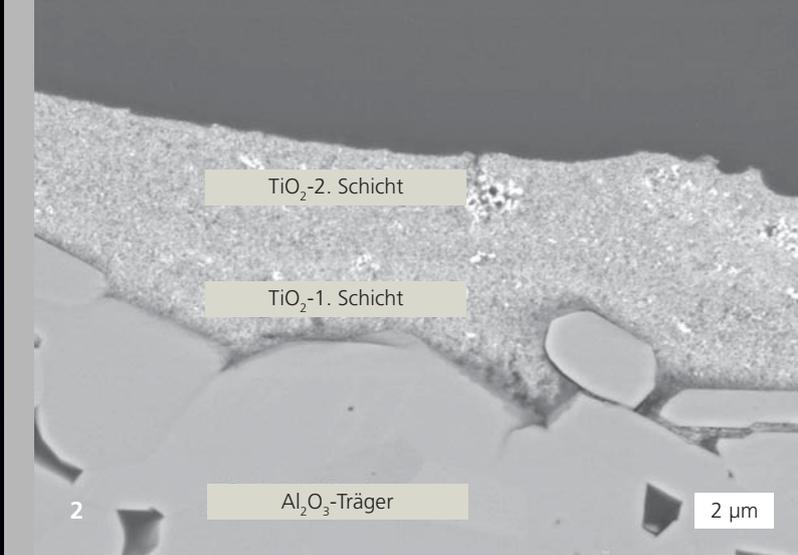
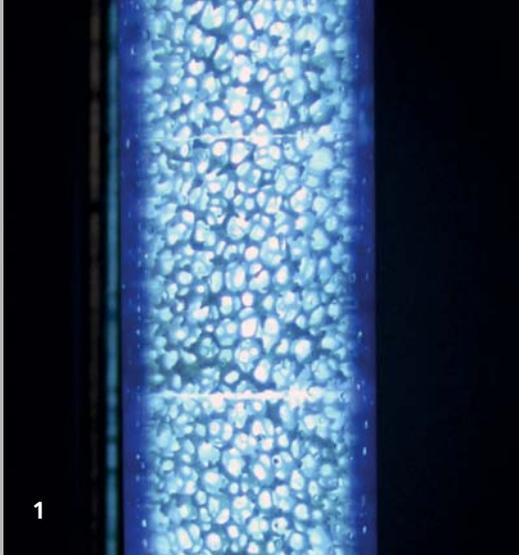
Die Bauteil- und Systementwicklung von Keramiken ist gekennzeichnet durch einen zunehmenden Grad der Integration verschiedenster Komponenten und Funktionalitäten. Das keramische Material übernimmt häufig die Funktion eines Trägers, eines Gehäuses oder einer eigenständigen Funktionskomponente in Form eines elektrischen Leiters, Isolators oder Dielektrikums. Diese Komponenten werden häufig mit Metallen oder Edelmetallen über Beschichtungs-, Löt- und Kontaktierungsverfahren sowie Co-Sinterverfahren stoffschlüssig miteinander verbunden.

Beispiele solcher Werkstoffverbundbauteile oder -systeme finden sich in Form von Mehrlagen-Bauteilen, wie z. B. Brennstoffzellenstacks, Sensorbauteilen oder piezoelektrischen Aktoren, Katalysatorträgern oder medizinischen Instrumenten. Als metallische Verbundpartner sind häufig Gold, Platin, Silber und Kupfer zu finden. Auf der keramischen Seite werden vielfach Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid oder Seltenerdoxide verwendet.

Durch die Adensis GmbH wurde ein innovatives, materialelektives Zerkleinerungsverfahren entwickelt, wodurch eine Anreicherung bzw. Rückgewinnung der enthaltenen strategischen Metalle, Seltenerdoxide und Edelmetalle erzielt wird. Das Verfahren bedient sich mechanischer Schockwellen in einem flüssigen Medium, um eine Energieeinkopplung und damit eine Zerkleinerung zu bewirken. Die Schockwellen werden mit Hilfe des elektrohydraulischen Effekts erzeugt, bei dem in einer Flüssigkeit zwischen zwei Elektroden ein kurzzeitiger, intensiver Lichtbogen gezündet und somit eine Stoßentladung erzeugt wird. Hierbei ergibt sich kein Kontakt mit einem festen Mahlkörper, sodass gewissermaßen ein »berührungsfreies« Trennverfahren vorliegt.

Im Rahmen eines durch das SMWK geförderten, gemeinsamen Forschungsvorhabens (Fö.-Nr. 100119802) konnte der wichtigste Vorteil des EHZ-Verfahrens – ein materialsensitiver Aufschluss – am Beispiel der Trennung von LTCC-Keramiken (Low Temperature Co-fired Ceramics) und aufgedruckten Gold- bzw. Silberkomponenten sowie der Zerkleinerung hochwertiger Keramikkomponenten deutlich herausgestellt werden. Als wirtschaftlich sinnvolle Materialsysteme stellen sich LTCC und ZrO_2 -Keramiken sowie keramische Beschichtungen dar. Anhand dieser Beispielsysteme wurde die Zerkleinerungs- und Trenneffizienz und ihre Recyclierbarkeit, d. h. der Wiederaufführung in den Rohstoffkreislauf, untersucht und als aussichtsreiche Recyclingmethode im Sinne der Ressourceneinsparung bewertet.

- 1 LTCC-Bauteil vor (links) und nach (rechts) Zerkleinerung und Sortierung.
- 2 Zerkleinertes Material eines Zirkoniumoxid-Monolithen.



PHOTOKATALYTISCHE ABWASSERREINIGUNG MIT FUNKTIONALISIERTER, ZELLULÄRE KERAMIK

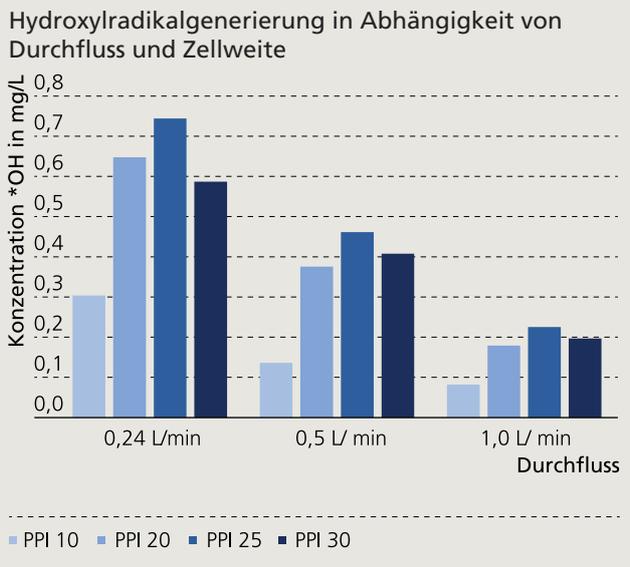
Dipl.-Ing. Franziska Saft, Dipl.-Ing. Heike Heymer, Dipl.-Krist. Jörg Adler, Dr. Burkhardt Faßauer

Spurenstoffe anthropogenen Ursprungs, insbesondere persistente und bioakkumulierende Human- und Veterinärpharmaka, sind in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus des öffentlichen Interesses getreten, da sie durch konventionelle Abwasserreinigungsverfahren nicht vollständig abgebaut werden und sich somit in der aquatischen Umwelt anreichern. AOP-Verfahren (Advanced Oxidation Processes) wie z. B. die Photokatalyse, deren Fokus auf der Erzeugung nicht selektiv reagierender Hydroxylradikale beruht, sind in der Lage, eine vollständige Oxidation persistenter Stoffe bei simultaner Desinfektion zu erzielen. Der Oberflächenkontakt zwischen Schadstoff und Katalysator/Licht ist bei der Anwendung des photokatalytisch initiierten Schadstoffabbaus von besonderer Bedeutung. Große optimal bestrahlte Katalysatoroberflächen begünstigen somit eine effiziente Erzeugung von Hydroxylradikalen.

Die Immobilisierung von Katalysatoren auf zellulären, keramischen Substraten ermöglicht im Vergleich zu wenig effizienten Fixierungsvarianten auf Behälterwänden bzw. Membranoberflächen hohe Wechselwirkungsflächen sowie günstige Eindringtiefen der Lichtbestrahlung.

Aus diesem Grund wurden am Fraunhofer IKTS zelluläre Keramiken mit unterschiedlichen Porengrößen (PPI – Pores per Inch) und Geometrien mit einer photokatalytisch aktivierbaren TiO_2 -Beschichtung entwickelt. Hierfür wurden Al_2O_3 -Schaumkeramikträger zwischen PPI10 (4–5 mm Porenweite) und PPI30 (2 mm Porenweite) nach dem Schwartzwalder-Verfahren hergestellt und anschließend mit einer TiO_2 -Suspension mittels Tauchverfahren allseitig beschichtet. Die Schichtdicke des TiO_2 beträgt bis zu 100 µm. Die Einsatzmöglichkeiten der beschichteten Keramiken wurden unter Verwendung von Modellschadstoffen und realen Abwässern systematisch untersucht.

Es konnte gezeigt werden, dass mit einem zu anderen AOP-Verfahren vergleichsweise niedrigen Energieeintrag ein vollständiger Abbau von Problemschadstoffen wie Carbamazepin



und Diclofenac bei simultaner Desinfektion möglich ist. Das IKTS bietet anwendungsorientierte Leistungen zur Entwicklung von Materialien und Verfahren für die Aufbereitung unterschiedlich belasteter Wässer an.

- 1 Zelluläre Keramik unter UV-C-Bestrahlung im Versuchsreaktor.
- 2 Stereomikroskopische Aufnahme einer zweifach TiO_2 -beschichteten, zellulären Keramik.





UMWELT- UND VERFAHRENSTECHNIK

PRÜFUNG UND ENTWICKLUNG VON DeNO_x-KATALYSATOREN

M. Sc. Marcel Hübner, Dr. Uwe Petasch

DeNO_x-Katalysatoren dienen zur Reduzierung von im Abgas enthaltenen Stickoxiden, die nicht nur wegen ihrer reizenden und giftigen Wirkung kritisch für die Gesundheit des Menschen und die Umwelt zu sehen sind, sondern auch weil sie zusammen mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen Ozon bilden. In den letzten 20 Jahren konnten laut Bundesumweltamt die Stickstoffoxid-Emissionen in Deutschland um mehr als 50 % gesenkt werden. Als treibende Kraft für diese Entwicklung ist vor allem die immer restriktivere Abgasgesetzgebung zu sehen, die zu einer deutlichen Verschärfung der NO_x-Emissionsgrenzwerte führte. Diese Grenzwerte können zum heutigen Stand in nahezu allen Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbereichen nur durch den Einsatz effektiver Abgasnachbehandlungssysteme erreicht werden.

Die Prüfung und Entwicklung von Katalysatoren für die Abgasnachbehandlung bilden einen Arbeitsschwerpunkt in der Gruppe Carbid- und Filterkeramik des Fraunhofer IKTS. Diese Arbeiten umfassen sowohl die Untersuchung der Eigenschaften und des Einsatzverhaltens konventioneller Katalysatoren, als auch die Entwicklung eigener Katalysatorlösungen. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung von Katalysatoren auf Basis unterschiedliche Substrate, wie hochporöse Waben- und Filtersegmente, offenzellige Schaumkörper und Schaumpellets. Zu den Katalysatoranwendungen zählen sowohl klassische SCR- und NO_x-Speicher-katalysatoren als auch DeNO_x-funktionalisierte Partikelfilter.

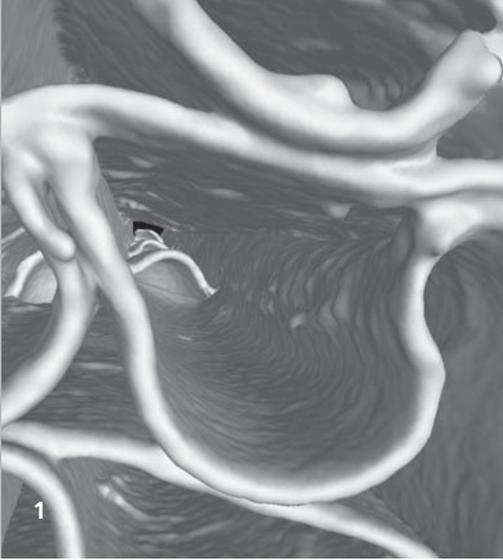
Der Vergleich der verschiedenen Katalysatorstrukturen erfolgt durch eine gleichartige Beschichtung mit kommerziellen Katalysatorpulvern und der anschließenden Bewertung anwendungsrelevanter Eigenschaften, wie der Reaktivität und dem Gegendruck, die durch das unterschiedliche Durchströmungsverhalten beeinflusst werden. Für die Untersuchung und Optimierung der katalytischen Eigenschaften von Abgasnachbehandlungskatalysatoren wurde ein Synthesegasprüfstand mit moderner Analysetechnik aufgebaut. Für die DeNO_x-Katalysa-

toren werden damit spezifische Eigenschaften, wie NO_x-Konvertierung, NH₃-Speicherfähigkeit, Light-off-Temperatur, Sekundäremissionen (z. B. N₂O) und Resistenz gegen Vergiftung ermittelt. Diese Untersuchungen erfolgen in Abhängigkeit von der Temperatur (RT bis 900 °C), dem NO₂/NO_x-Verhältnis (Standard- und Fast-SCR), der Abgaszusammensetzung (NH₃, NO_x, O₂, HC, H₂O, SO_x) und dem Volumenstrom (10-100 l/min). Die Messung der Katalysatoren erfolgt typischerweise an Bohrkernproben oder an speziell gefertigten Prüflingsgeometrien. Zur Erreichung repräsentativer und aussagekräftiger Ergebnisse wird das Probenvolumen auf anwendungsrelevante Durchströmungsbedingungen angepasst und kann im Maximum einen Liter betragen. Neben der Reaktivitätsuntersuchung stehen spezielle Analysemethoden zur Charakterisierung der Materialeigenschaften der Katalysatoren zur Verfügung. Durch die Analyse alterungsbedingter Veränderungen der Katalysatorzusammensetzung, der Washcoatstruktur und der spezifischen Oberfläche sowie der mechanischen und thermomechanischen Eigenschaften können Desaktivierungsmechanismen verstanden werden.

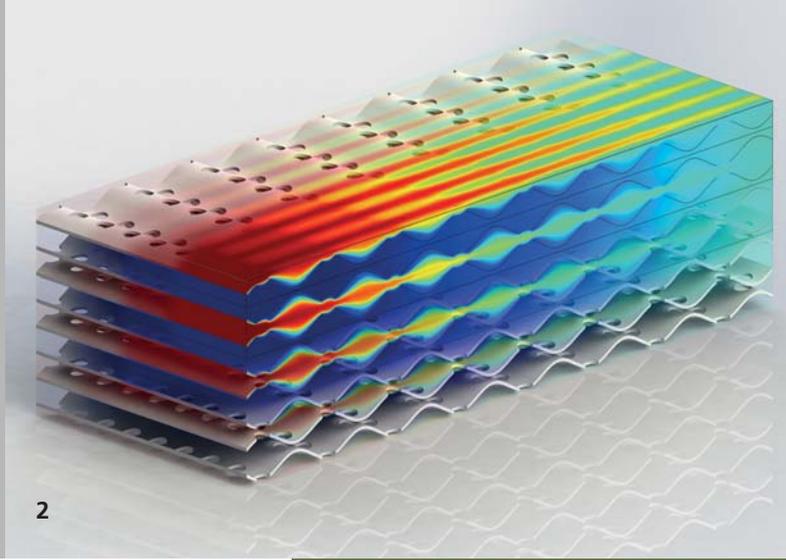
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Material- und Technologieentwicklung zur Herstellung und katalytischen Beschichtung von keramischen Substraten (hochporöse Wabenkörper und Filtersegmente, offenzellige Schäume, Schaumpellets)
- Anwendungsbezogene Eigenschaftsbestimmung und -optimierung von DeNO_x-Komponenten hinsichtlich Katalysatoraktivität, -struktur und -zusammensetzung
- Prüfung charakteristischer Alterungsmerkmale (Desaktivierungsmechanismen) von DeNO_x-Komponenten in Post-Mortem-Analysen

- 1 Substrate für DeNO_x-Katalysatoren.
- 2 Synthesegasprüfstand zur Aktivitätsuntersuchung von Abgaskatalysatoren.



1



2

KERAMISCHE TRÄGERSTRUKTUREN FÜR DIE HETEROGENE KATALYSE

Dipl.-Ing. Erik Reichelt, Dipl.-Ing. Uwe Scheithauer, Dr. Wieland Beckert, Dr. Matthias Jahn

Vor dem Hintergrund der sich wandelnden Energie- und Rohstoffbasis erfahren dezentrale Anlagen zur Energiebereitstellung und zur Herstellung chemischer Produkte ein gesteigertes Interesse. Die Entwicklung neuer Prozesse für solche kleinskaligen Anlagen bzw. die Übertragung bekannter Prozesse auf diese macht die Nutzung neuer Reaktorkonzepte notwendig. Eine vergleichbare Effizienz zu hochintegrierten, großskaligen Prozessen erfordert eine Verbesserung der Effizienz der einzelnen Prozessschritte. Hier können neuartige keramische Trägerstrukturen einen wichtigen Beitrag leisten.

Bisher industriell eingesetzte Katalysatorträgerstrukturen weisen nur geringe Einstellmöglichkeiten bezüglich Stofftransport und Druckverlust auf. Während sich z. B. Pellets durch gute Stofftransporteigenschaften auszeichnen, ist der hohe Druckverlust ein entscheidender Nachteil. Wabenförmige Katalysatorträger hingegen zeigen zwar niedrige Druckverluste, jedoch auch schlechte Stofftransporteigenschaften. Eine gezielte Einstellung dieser Eigenschaften ist bisher nur über die Nutzung metallischer Träger möglich. Probleme bereitet hier jedoch die langzeitstabile Beschichtung mit Aktivmaterial. Neue keramische Fertigungsmethoden erlauben die Herstellung maßgeschneiderter Katalysatorträger, die darüber hinaus Eigenschaften wie mechanische und thermische Stabilität sowie gute Beschichtbarkeit auf sich vereinen. Insbesondere für stark exotherme oder durch Stofftransportvorgänge limitierte Reaktionen wie Methanisierung oder Fischer-Tropsch-Synthese sind diese Strukturen deshalb vorteilhaft. Eine Fertigungsmöglichkeit bietet die Nutzung keramischer Folientechnologie. Ausgangsmaterial in Pulverform wird mittels Foliengießen in sogenannte Grünfolien als Breit-Flach-Erzeugnisse überführt, die quasi endlos hergestellt, umgeformt, gewickelt, gestapelt und/oder miteinander verbunden werden können. Dabei können auch unterschiedliche Materialien in einer Grünfolie oder in einem Verbund aus verschiedenen Grünfolien kombiniert werden, sodass bei der abschließenden Sinterung auch Material- und Eigenschaftsgradienten realisiert werden können.

Besonders interessant ist hier die Möglichkeit zur Integration metallischer Schichten zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit. Durch einfache Verfahrensschritte können in den Kanälen der Trägerstrukturen Strömungselemente und Turbulenzpromotoren eingebracht werden. Die Möglichkeit zur endlosen Fertigung erlaubt eine einfache Übertragung auf den industriellen Fertigungsmaßstab. Ein Verfahren, welches sich durch besonders viele Freiheitsgrade bei der Formgebung auszeichnet, ist die additive Fertigung. Zwar ist diese bisher aufgrund höherer Fertigungskosten für den breiten industriellen Einsatz nur bedingt nutzbar, doch für spezielle Anforderungen, u. a. im Bereich hochpreisiger Feinchemikalien, ist der Einsatz auf diesem Weg gefertigter Katalysatorträger denkbar. Die Möglichkeit zur gezielten Selektivitätsbeeinflussung kann in diesem Fall die höheren Fertigungskosten rechtfertigen.

Beide Verfahren haben gemeinsam, dass sie zahlreiche Optionen und Variationsmöglichkeiten zum Aufbau von Katalysatorträgerstrukturen bieten. Die komplexen Zusammenhänge zwischen konstruktiver Gestaltung und den für den Prozess wichtigen lokalen Größen übersteigen die Möglichkeiten einer intuitiven Analyse. Hier bietet die Nutzung von Simulationswerkzeugen die Möglichkeit zur gezielten Identifizierung geeigneter Strukturen für spezifische Anwendungen.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung und Fertigung anwendungsspezifischer Katalysatorträgerstrukturen
- Katalysatorbeschichtung und -screening
- Reaktor- und Prozessauslegung
- CFD- und Multiphysics-Simulation

1 Computertomographische Aufnahme einer keramischen Folienstruktur mit Turbulenzpromotoren.

2 Simulation des Konzentrationsprofils.



BIO- UND MEDIZINTECHNIK

Projektberichte

- 82 Bio-Nanotechnologie-Anwendungslabor (BNAL) in Leipzig
- 84 Topisch UV-Licht erzeugende Keramiken zur Beseitigung von Biofilmen und Fouling
- 86 Kristallisationsverhalten von Lithiumdisilicat-Verblendkeramik
- 87 Simulationsgestützte Bestimmung der Biomechanik am menschlichen Auge

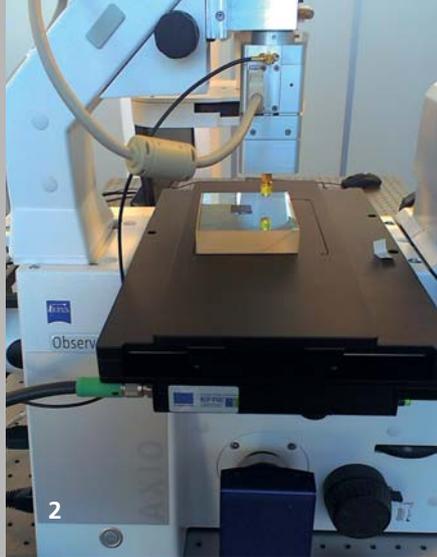
Im Geschäftsfeld »Bio- und Medizintechnik« bietet das Fraunhofer IKTS keramische Werkstoffe, Komponenten und Systeme für die Dentaltechnik, Endoprothetik sowie die biomedizinische Diagnostik und Therapie.

Die umfangreiche Erfahrung mit keramischen Werkstoffen ist der Grundstein, um die Produktentwicklung vom Rohstoff bis zum kompletten medizintechnischen Gerät unterstützen zu können. Qualitäts-, Kosten- und regulatorische Anforderungen sind zentraler Fokus der Arbeiten am Fraunhofer IKTS und werden durch eine hervorragende technische Infrastruktur mit zertifizierten Laboren sichergestellt. Dabei bestehen langjährige Kooperationen sowohl in der Bearbeitung von kundenspezifischen Aufgabenstellungen als auch im Rahmen von Gutachtertätigkeiten.

Das Fraunhofer IKTS ist zertifiziert nach dem Medizinproduktegesetz für die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der biokeramischen Werkstoffe und Komponenten sowie der Herstellung von Halbfabrikaten für die Medizintechnik. Diese werden vorwiegend in der Dentaltechnik und Endoprothetik eingesetzt, insbesondere als Knochenersatzmaterial sowie in biokeramischen Oberflächen- und Formkörperdesigns. Auf Basis kommerziell verfügbarer Materialien werden neue keramische Werkstoffe und Komponenten mit verbesserten und modifizierten Eigenschaften entwickelt. Dabei nutzen die Wissenschaftler Schäumungs-, Abform- und Schlickergusstechnologien, Plasmabeschichtungs- und Sol-Gel-Verfahren sowie innovative Verfahren wie die Additive Fertigung.

Einen weiteren Schwerpunkt bilden Verfahren der Zell- und Gewebediagnostik, die Aufschluss über das Verhalten von Zellen im Körper und gegenüber Fremdmaterialien geben und die so zur Diagnose sowie Behandlung schwerwiegender Krankheiten beitragen. Grundlage dafür ist ein breites Portfolio physikalischer Charakterisierungsverfahren, ergänzt um eine umfassende Kompetenz im Bereich bildgebender Methoden sowie der Verarbeitung großer Datenmengen. Im Fokus stehen dabei Verfahren, Systeme und Instrumente für die Stimulation und das Monitoring von Zellen und Geweben sowie für die Separation, Detektion und Suppression von mikrobiellen Organismen und Toxinen. Darüber hinaus werden optische, akustische und bioelektrische Verfahren für die klinische Labordiagnostik und Point-of-Care-Diagnostik sowie für Home-Care-Applikationen qualifiziert. Das Dienstleistungsangebot reicht von der Konzeption, Verfahrens- und Softwareentwicklung über die Konstruktion und den Bau von Prototypen bis hin zur Unterstützung bei der Überführung in die Fertigungsphase.

Das Fraunhofer IKTS verfügt neben den biophysikalischen, biochemischen und biomechanischen Prüflaboren auch über zertifizierte Labore für die Zell- und Immunbiologie sowie für die Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsrisiken von Nanopartikeln.



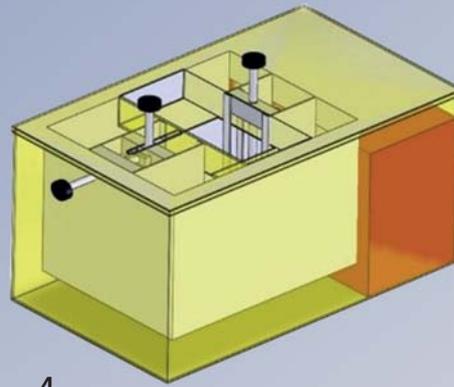
BIO-NANOTECHNOLOGIE-ANWENDUNGSLABOR (BNAL) IN LEIPZIG

Dr. Jörg Opitz, Dr. Kristin Alberti

Das Bio-Nanotechnologie-Anwendungslabor BNAL ist eine gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Institute IKTS und IZI. Am Standort des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig sollen die Ressourcen beider Institute in gemeinsamen Projekten verknüpft werden. Für die Geräteausstattung des Labors wurden 3 Mio. Euro aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) bewilligt. Die Ausrüstung des BNAL ermöglicht erstmalig die konzentrierte Bearbeitung interdisziplinärer Themen – von der biologisch-medizinischen Grundlagenforschung über die Verfahrensentwicklung bis hin zur Entwicklung und Validierung neuester Technologien und Systemlösungen. Dabei fungiert die labor- und verfahrenstechnische Einheit zukünftig als Basis für Forschungs- und Entwicklungskooperationen mit international führenden Unternehmen oder Forschungseinrichtungen. Durch die Kombination aus hochmoderner Geräteausstattung und fachlicher Kompetenz zweier Fraunhofer-Institute ist es möglich, neue Kontakte gemeinsam anzusprechen und für bestehende Kontakte neue Themenfelder zu erschließen.

Das Fraunhofer IKTS nutzt die Kooperation, um eigene Analysemethoden und Messgeräte an aktuelle Fragestellungen angepasst weiterzuentwickeln und somit neue Anwendungsmöglichkeiten und Technologiefelder zu erschließen. Im BNAL sollen biologische Fragestellungen mit folgenden innovativen Messmethoden bearbeitet werden:

1. Die Optische Kohärenztomographie (OCT) liefert hochaufgelöst räumliche Informationen aus dem Untersuchungsobjekt. Ein wesentlicher Aspekt der zellbiologischen Forschung ist die Charakterisierung von Zelloberflächen. Die geplanten Systeme zielen auf die strukturelle und chemische Analyse biofunktionalisierter Oberflächen. Zudem ermöglicht die plasmonische Nanosensorik das direkte Studium des zeitlichen Ablaufs von Prozessen an Zellmembranen. Beispiele für solche Prozesse sind die Aufnahme von Wirkstoffen aus Medikamentenfreisetzungssystemen, die Kopplung von Viren an die Zelle oder die Verfolgung der Zellteilung, z. B. zur Beurteilung von Teilungsraten.
2. Die wirbelstrombasierte Impedanzspektroskopie ermöglicht als berührungsloses Messverfahren die zeitlich aufgelöste und beliebig wiederholbare Messung eines Systems (z. B. Antigene/Antikörper, Analyten). Da das Verfahren in kleinste Volumina übertragbar ist, lassen sich differenzierte Nachweise von Substanzen vornehmen, Messungen an Zellen zur medizinischen Diagnostik durchführen, therapeutische Substanzen entwickeln oder der zeitliche Verlauf von Polymerisationsprozessen organischer Substanzen untersuchen. Der Rückschluss auf Erkrankungen von biologischen Geweben durch Messung des Impedanzspektrums kann ein großes Anwendungsfeld im medizinischen Bereich eröffnen.
3. Die Ultraschall-Spektroskopie wird derzeit in der Analytik von fluiden Medien aber auch in der medizinischen Diagnostik, z. B. der Analyse von Zellgeweben und anderen biologischen Materialien, eingesetzt. Dort bewirken Änderungen der Mineralisierung oder der Molekülketten eine Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Systems. Die dadurch veränderte Geschwindigkeit und Dämpfung einer Ultraschallwelle ermöglicht die quantitative Bestimmung elastomechanischer Eigenschaften von biologischen Geweben und großen organischen Molekülen. So können verschiedene Gewebearten identifiziert oder pathologische Zustände untersucht werden.



BIO- UND MEDIZINTECHNIK

4. Im BNAL steht ein Raster-Akusto-Mikroskop zur Verfügung, das neben der akustischen und optischen Mikroskopie künftig zusätzlich die photoakustische Mikroskopie integriert. Durch akustische oder photoakustische Anregung können räumliche Änderungen der mechanischen Impedanz innerhalb biologischer Materialien detektiert werden. Dies ermöglicht die Analyse der strukturellen Beschaffenheit einer Probe über viele Längenskalen. Zudem können Organismen, Organe und einzelne Zellen bis hin zu Zellbestandteilen (Organellen) abgebildet und charakterisiert werden. Diese multiakustische Mikroskopie ermöglicht tiefere Einblicke in die 3D-Struktur von biologischen Systemen auf sehr kleiner Ebene.
5. Seit kurzem gibt es technische Möglichkeiten, immunologische und mikrobiologische Inaktivierungen bzw. Sterilisationen miniaturisiert und in Verfahrensabläufe zu integrieren. Das BNAL beherbergt dafür eine Anlage zur Bestrahlung mit Elektronen sowie eine Dosimetrie-Einheit. Durch die Bestrahlung von organischem Material mit niederenergetischen Elektronen können Prozesse in diesem Material gezielt beeinflusst werden. So können z. B. Zellteilung und Reproduktionsrate gesteuert werden, die je nach Dosis bis zur Sterilisation einer mit Zellen besetzten Oberfläche reichen kann. Des Weiteren lassen sich verschiedene Eigenschaften von Zellen und zellulär besiedelten Oberflächen durch Bestrahlung hochpräzise manipulieren. Dazu gehören Rauigkeit, Reaktivität, der Zustand verschiedener chemischer Bindungen oder die Ladung. Diese Parameter spielen nicht nur für das Verhalten lebender Zellen eine wichtige Rolle, sondern insbesondere auch für die Wechselwirkung zwischen Substrat und Zelle.
6. Durch die Anwendung eines innovativen Messverfahrens zur Bestimmung der zeitaufgelösten Relaxation der Autofluoreszenz an biologischen Geweben oder Einzelzellen sollen künftig deren bisher noch nicht bzw. nicht genügend charakterisierte Eigenschaften analysiert werden. Dafür steht ein spezielles Fluoreszenzrelaxations-Spektrometer zur Verfügung. Durch die Beschreibung bisher nicht analysierbarer Eigenschaften eröffnet sich beispielsweise die Möglichkeit, medizinische oder pharmazeutische Fragestellungen zu beantworten.

Ergänzt werden diese Geräte durch technische Ausrüstung des Fraunhofer IZI, das seine Schwerpunkte im BNAL in die Bereiche Molekulardiagnostik, Durchflussszytometrie und Nanostrukturierungen legt.

Mit der Etablierung des BNAL werden ideale Voraussetzungen für eine optimale Zusammenführung und Nutzung des an den Fraunhofer-Instituten IZI und IKTS verfügbaren Know-hows geschaffen. Das Anwendungslabor wird sein Wirkungsfeld im Schnittpunkt der Fachgebiete Zellbiologie, Medizin, Biotechnologie, Nanotechnologie und Medizintechnik haben und stellt einen wichtigen Verknüpfungspunkt der Fachgebiete im Netzwerk der sächsischen Wissenschaftslandschaft dar. Die beteiligten Institute bieten ihre Kompetenzen im BNAL gebündelt potenziellen Auftraggebern an und schaffen durch die enge Zusammenarbeit einen Mehrwert, den jedes Institut für sich allein nicht generieren könnte.

Danksagung

Unser Dank für die Finanzierung der Geräteausstattung des BNAL gilt dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung EFRE der Europäischen Union und dem Freistaat Sachsen.

- 1 OCT-Messgerät
(Quelle: Evonta-Technology GmbH).
- 2 Multi-Acousto-Scope
(Quelle: PVA TePla AG).
- 3 Bestrahlungssystem
(Quelle: COMET AG).
- 4 Impedanzanalyzesystem
(Quelle: Suragus GmbH).
- 5 Dosimetrie-Einheit
(Quelle: TISAD GmbH & Co. KG).





TOPISCH UV-LICHT ERZEUGENDE KERAMIKEN ZUR BESEITIGUNG VON BIOFILMEN UND FOULING

Dr. Holger Lausch, Dr. Katja Wätzig, Dr. Isabel Kinski, Dr. Thomas Härtling

Biofilme auf medizinischen Implantaten, dentalen Restaurationen sowie das Fouling in der maritimen und Immobilienwirtschaft stellen noch immer eine große Herausforderung dar. Bei der Entwicklung neuer Gegenstrategien steht beim Antifouling vor allem die Giftfreiheit und damit die Umweltverträglichkeit sowie bei der Biofilmbekämpfung deren Zytotoxizität in den Grenzgeweben im Zentrum.

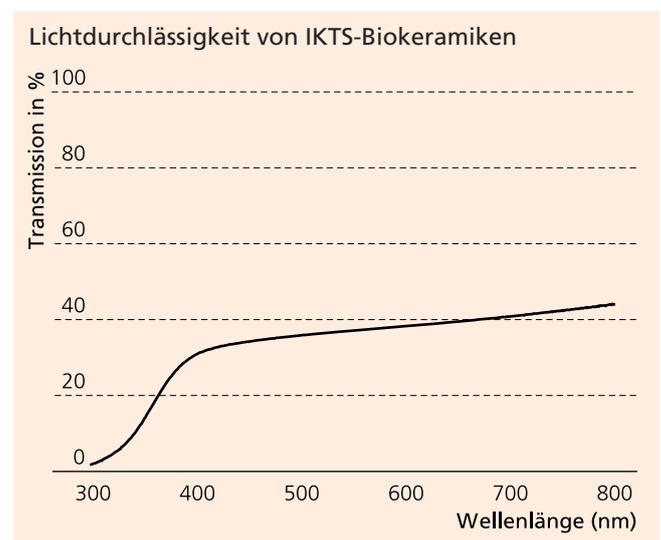
Die Entfernung von Fouling- und Biofilmschichten erfolgt in der Regel mechanisch. Die Effektivität hängt von der chemisch-toxischen oder biochemisch-zytotoxischen Vorbehandlung ab. Diese chemisch-toxischen und biochemisch-zytotoxischen Bekämpfungsstrategien stoßen bei Fouling und Biofilmen auf ausgefeilte Gegen- und Schutzstrategien vor allem an ihrer Oberfläche, deren Überwindung macht die am Markt etablierten Methoden ineffizient bzw. kostenintensiv. Dagegen stoßen die rein mechanischen Bekämpfungsstrategien nicht selten aufgrund der enormen Adhäsion des Biofilms auf feuchten Oberflächen mit Stufen, Rissen und Spalten an ihre Grenzen, wirken nur kurzfristig oder steigern den Aufwand. So stellt sich die Frage nach einer Alternative zur Bekämpfung von Fouling und Biofilmen durch die Oberfläche hindurch bis hin zur Adhäsionsebene.

Forschungsansatz

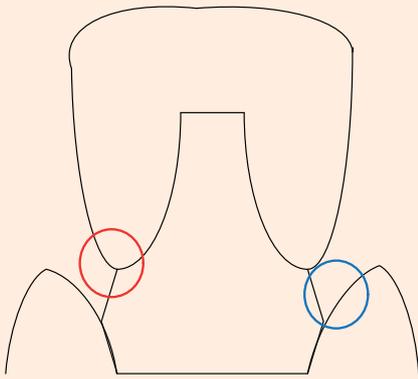
Da die Haftung des Biofilms durch starke chemische Bindungen an der Substratoberfläche wirkt und zugleich auch die Bindungen innerhalb der gesamten haftenden Schicht verändert bzw. stärkt, ist die Zerstörung der Adhäsion der Anlagerungen bzw. des Biofilms an der Oberfläche notwendig. Dies kann über eine UV-basierte Bestrahlung erfolgen, sodass die haftbildenden Biopolymere bzw. Biopolymerkomplexe photo-dissoziativ gespalten werden. Gelingt es, den Biofilm auf seiner ungeschützten Rückseite zur Oberfläche hin einer UVA- und/oder UVB-Strahlung auszusetzen, so kann dieser Effekt direkt genutzt werden. Für die Anwendung muss die Oberfläche

bzw. das Substrat für eine UV-Strahlung durchlässig sein. Die relevanten Zahnkeramiken, Polymerkomposite, Gläser u. Ä. sind jedoch im UV-Bereich nicht transparent.

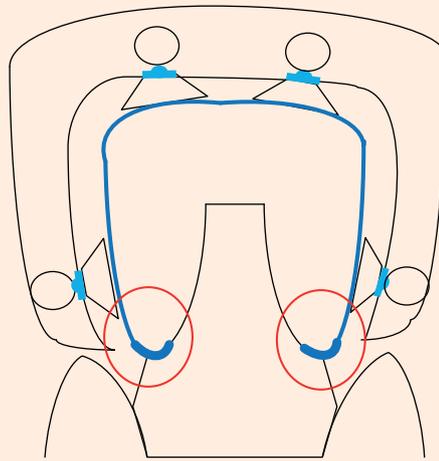
Um trotzdem eine UV-Wirkung auf der Grenzfläche zwischen Biofilm und Substrat zu generieren, muss die UV-Strahlung nur topisch und konditioniert erfolgen, um nicht auch gleichzeitig gesundes Zellgewebe zu schädigen. Zur Erzielung dieser Wirkung wird die Eigenschaft der Lichtdurchlässigkeit im sichtbaren Bereich (nicht UV!) genutzt. Nach Durchdringung des Materials z. B. mit blauer Lichtstrahlung wird mit deren Hilfe lokal definiert und topisch an der Haftseite des Biofilms UV-Licht erzeugt. Dies setzt eine lichtumwandelnde Schicht (UV-Leuchtschicht) auf der mit Biofilm besiedelten Substratoberfläche voraus, damit die ungeschützte Rückseite des Biofilms bestrahlt werden kann. Lichtdurchlässige Werkstoffe, die mit einer Leuchtschicht versehen werden können, stellen die dentalen Bio- und Verblendkeramiken des IKTS mit Transmissionsraten von 20 bis 60 % im sichtbaren Lichtspektrum dar (Diagramm unten).



3



4



BIO- UND MEDIZINTECHNIK

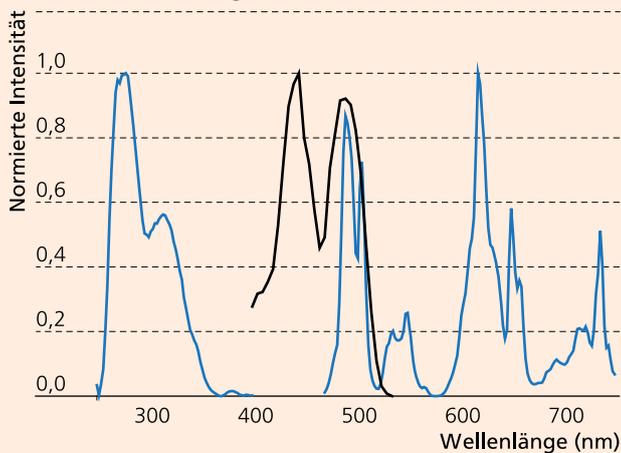
Wird diese lichtdurchlässige Keramik mit Leuchtschicht z. B. mit einem nicht zytotoxischen Laser im sichtbaren blauen Wellenlängenbereich von 450 oder 490 nm bestrahlt, emittiert diese an der Biofilmrückseite auch eine UVA/UVB-Strahlung. Die Art der Leuchtschicht und deren Dichte auf der Substratoberfläche sowie die Expositionsdauer erlauben so eine topisch dosierbare UV-Emission an der Haftungsgrenze des Biofilms ohne Beeinträchtigung der gesunden Geweberegionen.

entwickelten Verblend-/Kronen-/Brückenkeramik aufgrund ihrer vorteilhaften Lichtdurchlässigkeit (Transmissionsrate) im sichtbaren Strahlungsbereich besonders gute Voraussetzungen, wenn sie mit einer UV-Leuchtschicht gezielt an der Präparationsgrenze ausgestattet sind und mit intensivem blauem Licht z. B. mit Hilfe eines leuchtenden Kieferschutzes bestrahlt werden (Bild 4).

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Maßgeschneiderte, applikationsspezifische Synthesen und Entwicklungen von keramischen Leuchtstoffen inklusive Charakterisierung
- Entwicklung von applikationsspezifischen Beschichtungen und entsprechenden Oberflächenstrukturen
- Gerätetechnische Umsetzung der Applikationsmöglichkeiten

Emissionsbanden bei Bestrahlung mit blauem Licht (450 nm Wellenlänge), Anregungsbanden nachgewiesen für UV-Strahlung



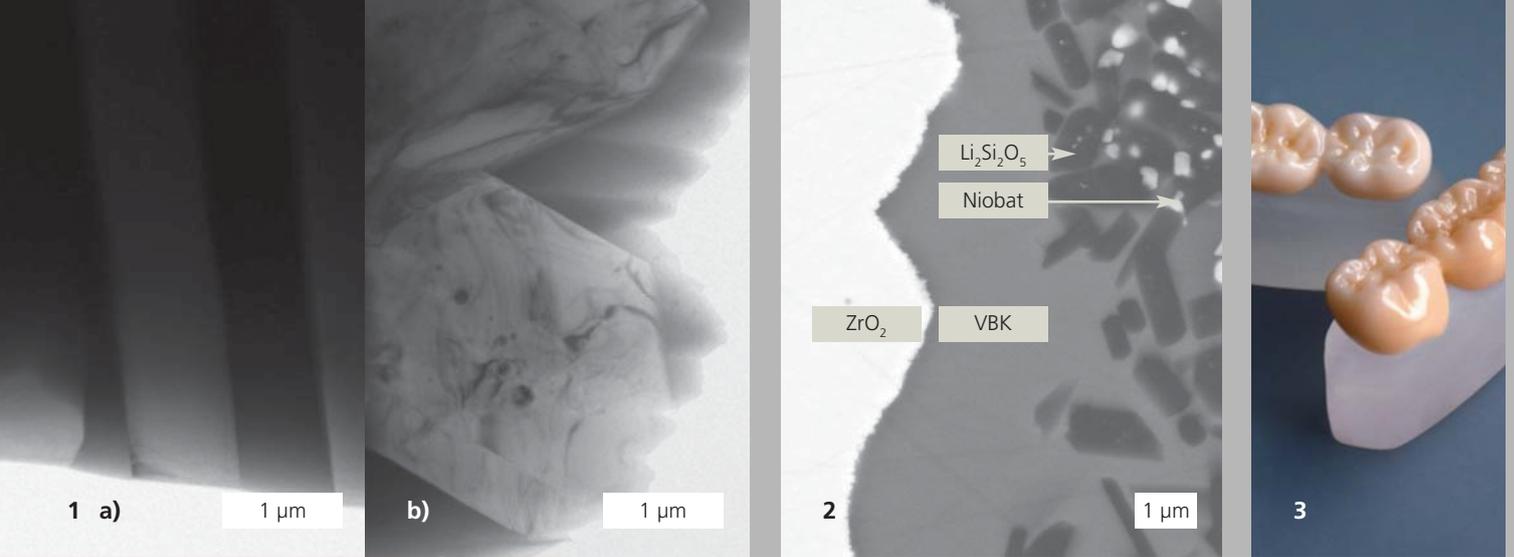
— angeregt bei $\lambda = 450$ nm — detektiert bei $\lambda = 280$ nm

Anwendung

Eine der ersten Anwendungen könnte der Schutz der Präparationsgrenze von dentalen Restaurationen sein. An der Präparationsgrenze bildet sich ein mehr oder weniger ausgeprägter Spaltbereich zwischen dem Dentin (Zahnhal) und der dentalen Restauration (Bild 3).

Dort finden Biofilme, insbesondere die auch Periimplantatit (Art der Parodontitis) verursachenden Keime, besonders attraktive Besiedlungsareale. Diese Areale sind mit den marktüblichen Gegenmitteln besonders schwer erreichbar und bilden Biofilmiseln, die immer wieder Biofilmkeime ausstreuen. Für die Anwendung des o. g. UV-Effekts bieten die im IKTS

- 1 Verblendkeramik mit Transmission im sichtbaren Licht.
- 2 Kronengerüste mit biologischem Design.
- 3 Präparationsgrenze (rot), Dentin-Gingiva-Bereich (blau).
- 4 Schematische Darstellung eines Kieferschutzes mit blauer Beleuchtung.



KRISTALLISATIONSVERHALTEN VON LITHIUM-DISILICAT-VERBLENDKERAMIK

Dipl.-Chem. Martina Johannes, Dr. Roland Ehrh

Lithiumdisilicat-Glaskeramik als Verblendkeramik

Lithiumdisilicat-Glaskeramiken sind seit Langem bekannt. Die Verarbeitung erfolgt durch Fräsen bzw. Heißpressen aus Blanks. Für die entwickelte Verblendkeramik werden Pulver verwendet. Bei einer Temperatur von 900 °C kristallisiert Lithiumdisilicat (LDS) mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 µm/s [1]. Wird gepulvertes Material eingesetzt, ist das entsprechende Korn in kürzester Zeit durchkristallisiert. Mit der Kristallisation ist eine Erhöhung der Viskosität verbunden, die die Reaktionsgeschwindigkeit sowohl mit dem benachbarten Korn als auch mit dem TZ3Y-Substrat reduziert. Um die sehr guten Eigenschaften der Lithiumdisilicatglaskeramik auch als Verblendkeramik (VBK) zu nutzen, ist es erforderlich, den Anteil von Kristall- und Glasphase zu steuern.

Verhältnis $\text{Li}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ auf das Kristallisationsverhalten

Die TEM-Aufnahmen [2] (Bild 1a/b) zeigen die Veränderung der Morphologie vom Lithiumdisilicat in Abhängigkeit von dem Verhältnis $\text{Li}_2\text{O}:\text{SiO}_2$. Bezogen auf das Molverhältnis 1:2 vom LDS liegt in Bild 1a ein Überschuss an SiO_2 (1:2,6) und in Bild 1b ein Mangel an SiO_2 (1:1,4) vor. Der Überschuss an Li_2O führt zu schärferen Kristallkonturen, vielen Stapelfehlern und Einschlüssen im Kristall (1b). Für die Verblendkeramik ist die Probe mit dem höheren SiO_2 -Anteil, den weniger ausgeprägten Kristallgrenzen bzw. dem kontinuierlicheren Übergang zwischen Kristall- und Glasphase besser geeignet. In den Kristallen der Probe (1a) zeigen TEM-Aufnahmen keine Einschlüsse und nur wenige Stapelfehler.

Grenzflächen-, Oberflächeneffekte und Diffusionsprozesse

a) Grenzfläche Verblendkeramik zum Zirkonoxid ZrO_2 diffundiert aus der Gerüstkeramik in die Verblendkeramik. TOF-SIMS-Untersuchungen [2] zeigen, dass die Ionen der Komponenten Li_2O , Na_2O und Nb_2O_5 in die Zirkonoxidkeramik

diffundieren. Dies führt zu einer Verarmung an Li^+ -Ionen im Grenzbereich der Verblendkeramik und damit zur Herausbildung einer Glasphase. Das Diffusionsverhalten ermöglicht einen sehr intensiven Haftverbund zwischen dem Gerüst aus Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid und der Verblendkeramik.

b) Grenzfläche LDS-Kristall zur benachbarten Glas- bzw. Kristallphase

Für die entwickelte Verblendkeramik ist Nb_2O_5 ein wesentlicher Bestandteil. Mit der Kristallisation von LDS und den damit verbundenen Konzentrationsverschiebungen bilden sich Natriumniobatkristalle unmittelbar an den LDS-Kristallen. Mikro-Raman-Spektroskopie zeigt sowohl auf dem Niobatkristall als auch im amorphen Bereich einen intensiven Peak bei der Wellenzahl von 860 cm^{-1} . Die dem Niobat analogen Struktureinheiten begünstigen das Verschmelzen der gepulverten LDS-Glaskeramik und die Herausbildung einer glatten Oberfläche.

c) Oberfläche der Verblendkeramik und Applikation

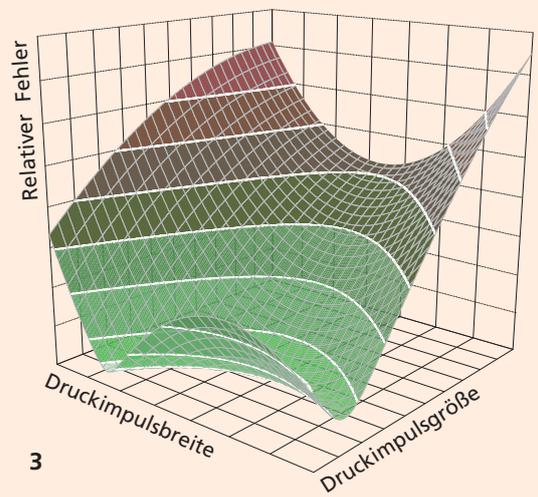
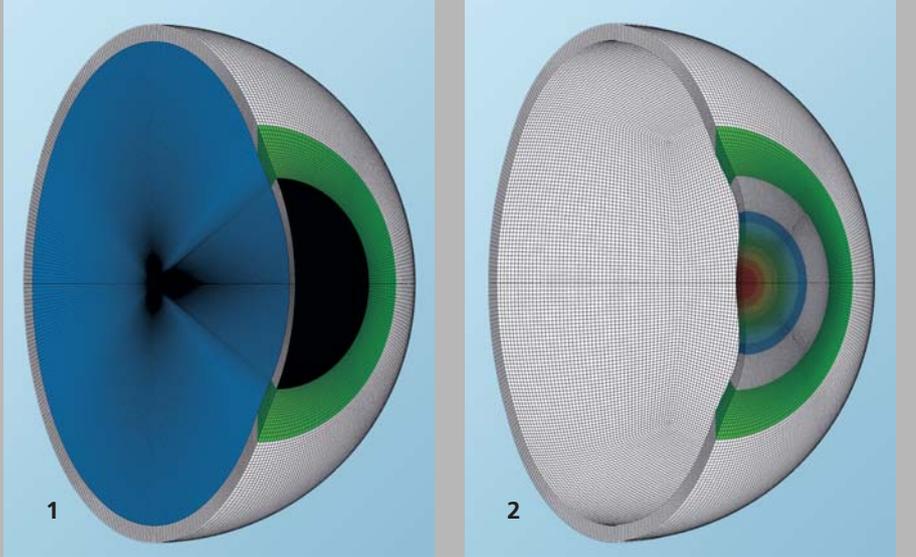
Nach dem Temperprozess ist die Oberfläche der Verblendkeramik glatt, glasig und benötigt keinen Glanzbrand. Der entwickelte Verblendkeramiktyp befindet sich beim Projektpartner in der Phase der Markteinführung. Bild 3 zeigt eine dentale Restauration mit aufgesprühter Verblendkeramik.

Quellen

- [1] T. Honma and T. Komatsu, Journal of the Ceramic Society of Japan 116(12) 1314-1318 2
- [2] TEM/TOF-SIMS in Kooperation mit Fraunhofer IWM / Prof. Höche

- 1 Einfluss von $\text{Li}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ auf die Kristallstruktur vom LDS (TEM).
- 2 Grenzfläche Verblendkeramik zum ZrO_2 -Gerüst (REM).
- 3 Zirkonoxid-Brücke mit aufgesprühter Verblendkeramik.





SIMULATIONSGESTÜTZTE BESTIMMUNG DER BIOMECHANIK AM MENSCHLICHEN AUGE

Dipl.-Ing. Stefan Münch, Dr. Mike Röllig, Dr. Frank Schubert

Je früher man Krankheiten erkennt, desto früher kann man diese therapieren. Bei Augenerkrankungen wie dem Grünen Star sind bisherige Diagnosemöglichkeiten begrenzt. Hinzu kommt, dass man durch Behandlungen nur den Ist-Zustand erhalten und keine Verbesserung erzielen kann. Ähnlich verhält es sich beim Keratokonus, einer Ausdünnung und Verformung der Hornhaut. Um die Erkrankungen möglichst früh zu erkennen und damit viel Sehkraft erhalten zu können, bedarf es einer effektiven Methode.

Ursache oder Nebenwirkung verschiedener Augenerkrankungen sind Änderungen in den biomechanischen Eigenschaften der Augenbestandteile. Die Herausforderung besteht darin, diese Eigenschaften zerstörungsfrei zu bestimmen. Dafür hat die OCULUS Optikgeräte GmbH ein Gerät zur berührungslosen Messung des Augeninnendrucks entwickelt, ein sogenanntes Luftpulstonometer. Dieses verformt mithilfe eines Luftstrahls die Augenhornhaut und zeichnet die Verformungen optisch auf. Anhand der Verformungen kann dann auf die biomechanischen Eigenschaften des Auges geschlossen werden, wenn man die funktionellen Zusammenhänge kennt.

Das Fraunhofer IKTS-MD, die OCULUS Optikgeräte GmbH und die Augenklinik des Universitätsklinikums Dresden arbeiten aktuell an einer Weiterentwicklung des Geräts. Ziel dieses Projekts ist die Ermittlung von Regressionsfunktionen zur inversen Bestimmung der Materialeigenschaften des Auges.

Ein numerisches Modell ermöglicht mit vergleichsweise wenig Aufwand viele Parametervariationen durchzuführen. In Kombination mit statistischen Verfahren wie der Signifikanzanalyse kann man so die Einflüsse verschiedener Parameter auf bestimmte Zielgrößen systematisch untersuchen. Ausgangspunkt für ein solches Modell war in diesem Fall die Bestimmung der Kennwerte des Luftimpulses, die durch die Instationarität des Impulses messtechnisch nicht erfassbar sind. Deshalb wurden Experimente an Kontaktlinsen durchgeführt. Diese Versuche

wurden anschließend unter Variation der Luftimpulskennwerte nachsimuliert, um die funktionellen Zusammenhänge zu erfassen. Das Diagramm zeigt den relativen Fehler zwischen dem Ergebnis der Funktionen und des Experiments in Abhängigkeit der Kennwerte. Im weiteren Projektverlauf wurde ein geometrisch detailliertes numerisches Modell des menschlichen Auges erstellt, das nun schrittweise an die Realität herangeführt wird. Aktuell beinhaltet es anisotrope Materialeigenschaften, die entsprechend dem realen Verlauf der Collagenfasern im Auge (= Faserverstärkung) ausgerichtet sind. Zudem besitzt das Modell einen Iterationsalgorithmus, der den geometrischen Ausgangszustand des Auges unter Innendruck mit hoher Genauigkeit einstellt. Zukünftig werden hyperelastische Materialmodelle und eine für Faserverbundwerkstoffe typische Abhängigkeit der Materialeigenschaften von der Beanspruchungsart (Zug/Druck) implementiert.

Obwohl das Modell noch nicht ausgereift ist, konnten neben gerätetechnischen bereits medizinischen Fragestellungen nachgegangen werden, beispielsweise Untersuchungen zum Einfluss des Glaskörpers und seiner Viskosität auf das Verformungsverhalten und den Innendruck. Weiterhin wurden vereinfachte Regressionsfunktionen zur Bestimmung der Biomechanik ermittelt. Zukünftig sollen Funktionen mit höherer Genauigkeit und zusätzlichen Aussagen folgen.

- 1 Numerisches Modell des menschlichen Auges.
- 2 Verformter Modellzustand (Fluid ausgeblendet).
- 3 Oberflächendarstellungen der relativen Abweichung über den Luftimpulskennwerten.



OPTIK

Projektberichte

- 90 Optische Keramiken mit spezifisch eingestellter spektraler Transmission
- 92 Barrierschichten für die Verkapselung organischer Elektronik
- 93 Folien- und 3D-Dosimetrie für die Überwachung von Elektronenstrahlprozessen

Im Geschäftsfeld »Optik« bietet das Fraunhofer IKTS keramische Materialien, Komponenten und Systeme für Beleuchtung, Medizin- und Lasertechnik, optische Mess- und Diagnosesysteme sowie Schutzanwendungen.

Optische Technologien sind Innovations- und Wachstumstreiber. Dies gilt für die Beleuchtung, etwa bei ressourcenschonenden LEDs, aber auch für minimal-invasive medizinische Diagnosesysteme oder berührungslose Messgeräte. Das Fraunhofer IKTS transferiert wissenschaftliches Grundlagen-Know-how mit Hilfe von wettbewerbsfähigen Technologien in Produkte mit hoher Performance und Zuverlässigkeit. Diese Technologiekette beginnt beim Werkstoff und endet bei der Integration in komplexe Systeme.

Seit Jahren ist das Fraunhofer IKTS weltweit führend in der Herstellung von transparenten Keramiken mit besonders feinkristallinen Gefügen und äußerst guten mechanischen Parametern. Diese polykristallinen Keramiken haben eine derart hohe Qualität, dass sie für solche optischen oder photonischen Anwendungen einsetzbar sind, die eine hohe optische Homogenität und mechanische Belastbarkeit bei gleichzeitig minimalem Absorptions- und Streuverlust erfordern. Eine gezielte Dotierung oder Phasensynthese führt dagegen zu optisch aktiven Materialien wie beispielsweise Leuchtstoffen, bei denen eine hohe Quantenausbeute, thermische Stabilität des Farbraums oder lange Nachleuchtzeiten entscheidende Parameter darstellen. Führt man diese Technologien zusammen, entstehen am Fraunhofer IKTS aktive Optokeramiken mit einer homogenen Verteilung der Dotierstoffe in der keramischen oder polymeren Matrix. Diese Bauteile haben sowohl aktive und strahlformende als auch gute mechanische und thermische Eigenschaften und finden vielfältige Verwendung in der Optoelektronik. Von zunehmender Bedeutung für das Geschäftsfeld sind optische Systeme, die nicht auf Transmission, sondern auf Reflexion beruhen und als Hochleistungskomponenten in der Laser- und Weltraumtechnik eingesetzt werden.

Für die schnelle und kostengünstige Zustandsdiagnose von Materialien, Baugruppen sowie industriellen und biomedizinischen Prozessen bieten optisch basierte Verfahren ein besonderes Potenzial. Überall, wo berührungsfrei gemessen werden muss oder extreme Bedingungen vorherrschen, können optische Verfahren ihre Vorteile ausspielen. Am Fraunhofer IKTS werden etablierte und neue Methoden entwickelt und nach Anforderungen des Kunden als Gesamtsystem in den jeweiligen Prozess integriert. Neben Verfahren auf Basis der Licht-Materie-Wechselwirkung stellen optisch aktive Nanosensoren einen Schwerpunkt in der Entwicklung optischer Mess- und Diagnosesysteme dar.

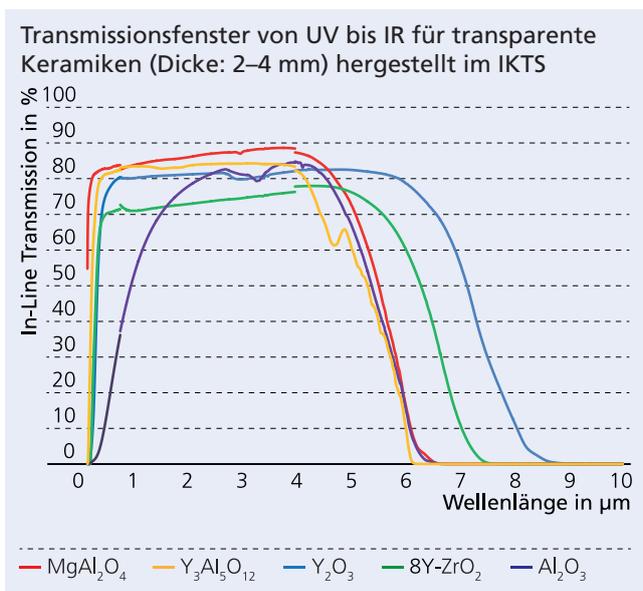


OPTIK

OPTISCHE KERAMIKEN MIT SPEZIFISCH EINGESTELLTER SPEKTRALER TRANSMISSION

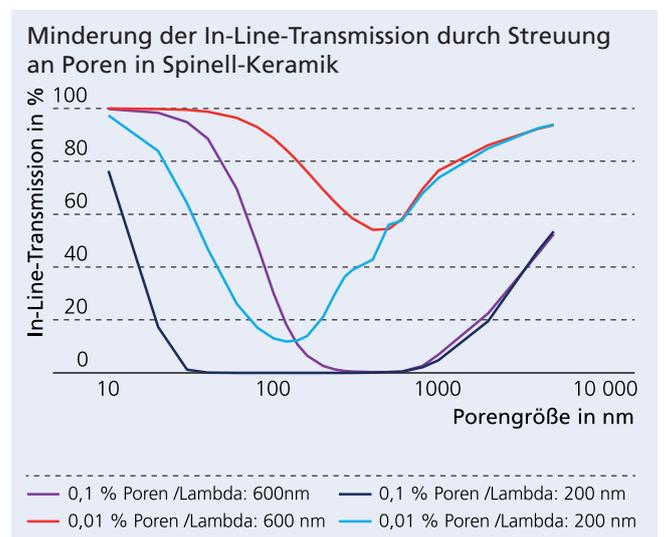
Dr. Jens Klimke, Dr. Andreas Krell

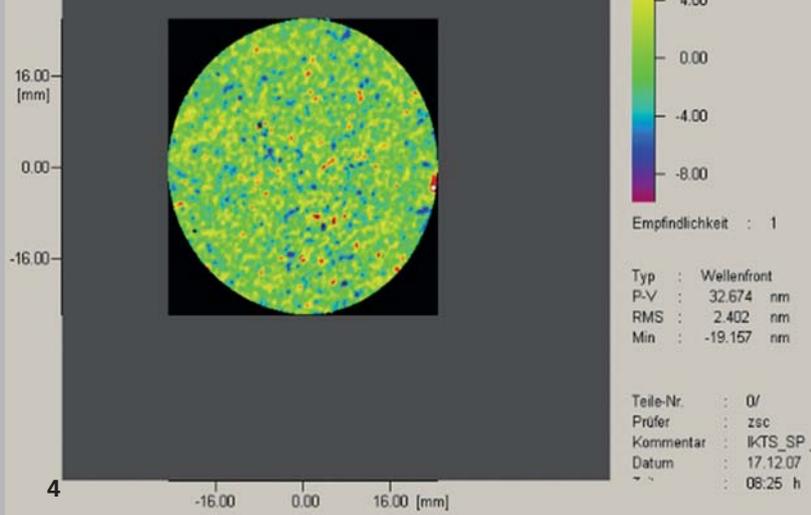
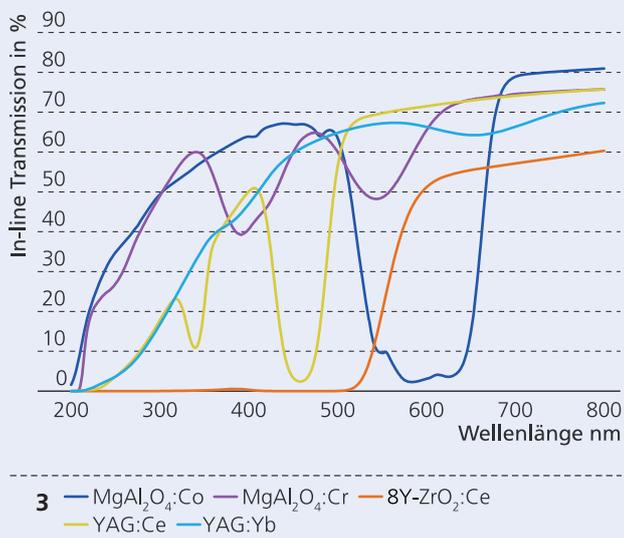
Die Lichtdurchlässigkeit an Festkörpern wird durch den atomaren Aufbau bestimmt und kann in Abhängigkeit von der Wellenlänge durch den komplexen Brechungsindex beschrieben werden. Der Realteil des Brechungsindex erfasst die Reflexion an der Oberfläche und der Imaginärteil die Absorption beim Durchtritt des Lichtsstrahls. Im Realkristall ist die Größe des Fensters des lichtdurchlässigen Bereichs zwischen den Absorptionskanten im kurzwelligen bzw. langwelligen Bereich des Spektrums durch die Defektpopulation sowie die Reinheit des Materials limitiert. Das nachstehende Diagramm zeigt Transmissionspektren einiger unterschiedlich transparenter Keramiken vom UV- bis IR-Bereich. Die transparenten Keramiken können ähnliche spektrale Transmissionen wie Einkristalle erreichen, weisen jedoch einige Besonderheiten auf, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.



Aufgrund ihres polykristallinen Aufbaus wird die Transmission bei Keramiken durch Streuanteile an Poren und Fremdphasen

beeinflusst. Bei anisotropen Kristallsystemen (wie Korund und tetragonalem Zirkonoxid) sind zusätzliche Streuanteile durch die Richtungsabhängigkeit des Brechungsindex, die zu einer Aufspaltung des Lichtwegs an jedem einzelnen Kristallit führen, zu berücksichtigen. Um eine hinreichende Transparenz zu erzielen, müssen die Streuanteile minimiert werden. Dies gelingt durch defektvermeidende Herstellung der keramischen Grünkörper und durch Sinterverfahren, die nahezu vollständige Verdichtung zu porenfreien Keramiken ermöglichen. Die Transmissionsminderung durch Streuung ist am stärksten für Streuzentren, deren Durchmesser der Wellenlänge des Lichts entsprechen. Der Einfluss der Doppelbrechung kann daher durch Gefügekorngrößen kleiner als die Wellenlänge des Lichts verringert werden. Ebenso tragen kleine Porengrößen tendenziell weniger zur Lichtstreuung bei. Das nachstehende Diagramm zeigt eine Simulation der Transmissionsminderung durch Mie-Streuung an 0,1 % bzw. 0,01 % kugelförmigen Poren unterschiedlicher Größe in Spinellkeramik von 1 mm Dicke in Abhängigkeit des Porendurchmessers für die Wellenlängen 200 nm und 600 nm.





OPTIK

Mikrorisse wie sie z. B. beim Tempern an Luft erzeugt werden, wirken sich daher besonders im kurzwelligen Bereich des Spektrums aus. Einzelne größere Defekte > 20 µm mindern die Transparenz im Mittel nur wenig, werden jedoch visuell als störend empfunden und können für optische Anwendungen aufgrund der Abbildungsfehler nicht toleriert werden. Eine gezielte Beeinflussung der spektralen Transmission kann durch den Einbau von Dotierungen erfolgen. Durch spezifische Dotierungen realisierte Absorptionszustände sind die Basis für keramische Laserbauteile, optische Filter sowie keramische Szintillatoren für die Lichttechnik und Medizintechnik. Bild 1 zeigt transparente Spinellkeramiken (Dicke 3,9 mm) mit Kobaltdotierung (blau) bzw. Chromdotierung (rot) sowie eine ceriumdotierte 8Y-ZrO₂-Keramik (orange, Dicke 1,9 mm). Die Absorptionsbanden der Keramiken sind im UV-Vis-Spektrum (Bild 3) abgebildet. Bild 2 zeigt YAG-Keramiken (Dicke 2,7 mm), mit Ytterbium dotiert (hellblau) bzw. Cerium-dotiert (gelb). Die Absorptionsbande der Ceriumdotierung ist, wie das In-Line-Transmissionsspektrum (Bild 3) zeigt, gegenüber der ceriumdotierten 8Y-ZrO₂-Keramik zu kürzerer Wellenlänge verschoben. Beide Mechanismen, der Einbau von Absorptionszentren bzw. von Streuzentren eröffnen gegenüber den klassischen transparenten Materialien Glas, Einkristall und transparenten Kunststoffen Möglichkeiten, Materialien, mit neuen optischen Eigenschaften zu kreieren bzw. die im Vergleich zu Glas hervorragenden mechanischen und thermischen Eigenschaften der Keramiken mit neuen optischen Eigenschaften zu verbinden. Gegenüber Einkristallen bieten transparente Keramiken Vorteile durch den isotropen Aufbau des polykristallinen Gefüges, vereinfachte Herstellungsverfahren und neue Dotierungsmöglichkeiten z. B. in höheren Konzentrationen. Potentielle Anwendungen für transparente Keramiken sind z. B. mechanisch, thermisch oder chemisch stabile Fenster für ballistischen Schutz oder für thermisch bzw. chemisch beanspruchte Reaktoren sowie IR-transparente Domes. Die speziellen optischen Eigenschaften von Keramiken, wie hoher Brechungsindex und geringe Spannungsdoppelbrechung, machen Transparentkeramiken interessant für optische Linsensysteme.

Die Anforderungen an die optische Qualität der Keramiken stellen sich für die jeweiligen Anwendungsfälle unterschiedlich dar. Die folgende Tabelle definiert Entwicklungsziele hinsichtlich der Kriterien: Verlustfaktor k, In-Line-Transmission, optische Homogenität und Anzahl sichtbarer Defekte für die

Wellenlänge von 600 nm für die Anwendungsfelder keramische Fenster, optische Linsen aus Keramik und Laserkeramiken. Diese Parameter sind zum Teil hochambitioniert, weil sie letztlich auf der Aufgabe basieren, die perfekte, d. h. im Volumen vollständig defektfreie Keramik herzustellen. Die notwendigen Technologien müssen für jedes Kristallsystem und jede Dotierung, ausgehend von den keramischen Rohstoffen über Formgebung und Sinterung neu erarbeitet werden. Das IKTS stellt sich dieser Herausforderung seit nunmehr 15 Jahren erfolgreich, wie die gute optische Homogenität von IKTS-Spinellkeramik zeigt (siehe Bild 4, Messung Zeiss-SMT), die die Anforderungen an lasertaugliche Saphir-Einkristalle hinsichtlich der Homogenität übertrifft.

Optische Anforderungen unterschiedlicher Anwendungsfelder an transparente Keramiken

Anwendungsfeld	Verlustfaktor k In-line ~600 nm	In-line-Transmission ~600 nm, 4 mm Dicke	Optische Homogenität Δn	Anzahl sichtbarer Defekte >20 µm
Fenster	≤ 0,05 cm ⁻¹	> 0,95 T _{max}	-	<100/cm ³
Optische Linsen	< 0,01 cm ⁻¹	> 0,99 T _{max}	< 0,05 ppm	<10/cm ³
Laserkeramik	< 0,001 cm ⁻¹	> 0,999 T _{max}	0,01–1 ppm	~0

Für weitere Fortschritte ist die systematische Erforschung des Zusammenhangs zwischen Eigenschaften der keramischen Ausgangsstoffe und ihrem Verdichtungsverhalten, sowie zu den Sintermechanismen an Keramiken bei Dichten > 99,9 % der theoretischen Dichte erforderlich.

Danksagung

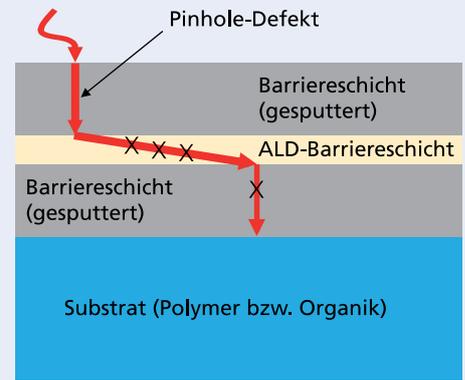
Teile der vorgestellten Arbeiten wurden unterstützt durch: King Abdulaziz City for Science and Technology (Riad, Saudi-Arabien), Schott AG (Mainz), Zeiss-SMT GmbH (Oberkochen)

- 1 *Dotierte MgAl₂O₄- und 8Y-ZrO₂-Keramiken mit spezifischer Absorption.*
- 2 *Dotierte YAG-Keramiken mit spezifischer Absorption.*
- 3 *In-Line-Transmissionsspektren der Keramiken aus Bild 1 und Bild 2.*
- 4 *Homogenitätsmessung an IKTS-Spinellkeramik.*



1

OPTIK



2

BARRIERESCHICHTEN FÜR DIE VERKAPSELUNG ORGANISCHER ELEKTRONIK

Dipl.-Phys. Mario Krug, Dr. Ingolf Endler

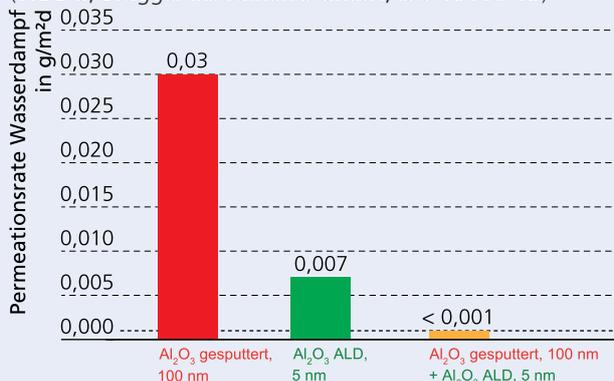
Organische Elektronik, wie organische Solarzellen oder OLEDs, basieren auf funktionellen Dünnschichten, welche empfindlich gegenüber Sauerstoff- und Feuchtigkeitseinwirkungen sind. Angestrebte Trägersubstrate für die organische Elektronik, wie z. B. Polymere, weisen oft eine sehr hohe Permeationsrate für Wasserdampf und Sauerstoff auf. Aus diesem Grund wird eine exzellente, dem Substrat angepasste, Verkapselung der organischen Elektronik benötigt. Diese muss die Permeationsrate von Sauerstoff auf weniger als $10^{-3} \text{ cm}^3(\text{m}\cdot\text{d}\cdot\text{bar})^{-1}$ und die von Wasserdampf auf weniger als $10^{-4} \text{ g}(\text{m}^2\text{d})^{-1}$ begrenzen. Bisher etablierte Verkapselungsverfahren verwenden z. B. einen Schichtstapel, bei dem eine mehrere Mikrometer dicke organische Zwischenschicht in zwei je ca. 100 nm dicke anorganische Barrierschichten eingebettet ist. Diese werden mit PVD-Verfahren im Vakuum aufgebracht, während die Zwischenschicht nasschemisch hergestellt wird. Dabei erweist sich die Vakuumunterbrechung in der Prozesskette als störend für die Entwicklung von integralen Verfahren für die Herstellung von Verkapselungssystemen. Das am IKTS zusammen mit dem Fraunhofer FEP entwickelte Verkapselungsverfahren kombiniert

anorganische Barrierschichten, welche über Magnetronspütern aufgebracht werden, mit einer über das Verfahren der Atomlagenabscheidung (ALD) abgeschiedenen dünnen Zwischenschicht. Diese dünne ALD-Zwischenschicht wird ebenfalls im Vakuum aufgebracht und überdeckt bzw. verschließt Defekte der darunter befindlichen Sputterschicht (Bild 2).

Ein Vergleich verschiedener Schichten (Diagramm links) verdeutlicht, dass eine nur 5 nm dicke ALD- Al_2O_3 -Schicht eine wesentlich bessere Barrierewirkung als eine gesputterte 100 nm Schicht erzielt. Die Kombination beider Schichten verbessert die Barrierewirkung signifikant, wobei die Nachweisgrenze für Wasserdampf von gebräuchlichen Barriermessgeräten unterschritten wird. Zur Einschätzung der Verkapselungsqualität wurde deshalb eine 20 nm ALD- Al_2O_3 -Schicht, eingebettet zwischen 2 je 100 nm gesputterten Al_2O_3 -Schichten, auf einem Kunststoff mittels optischen Kalziumtests untersucht. Die ermittelte Wasserdampfpermeation betrug dabei lediglich $6 \cdot 10^{-5} \text{ g}(\text{m}^2\text{d})^{-1}$ und ist vergleichbar mit anderen Verkapselungsverfahren. Die Verwendung von ALD-Barrierschichten eröffnet damit neue Möglichkeiten für die Einführung kontinuierlich arbeitender Herstellungsverfahren unter Vermeidung von Vakuumunterbrechungen. Diese Arbeiten zeigen, dass die sehr dünnen ALD-Schichten ein vielversprechender Baustein in integralen Verkapselungskonzepten für empfindliche organische Elektronik sind.

Wasserdampfpermeation verschiedener Barrierschichtsysteme

(WDDG, Brügger Instruments GmbH, ISO 15106-03)



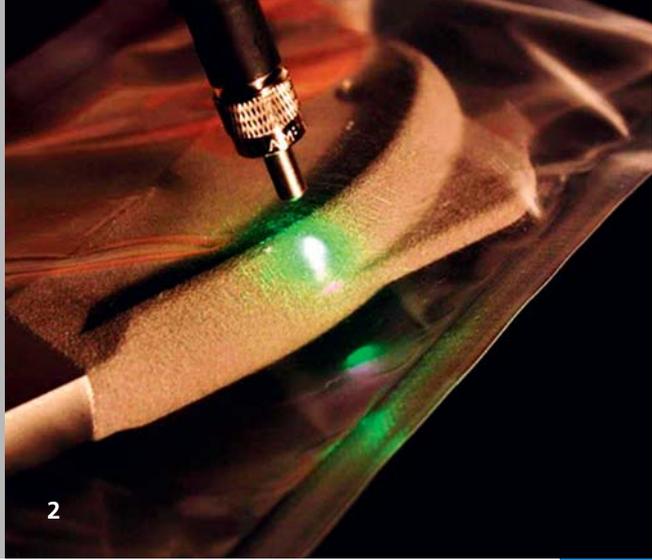
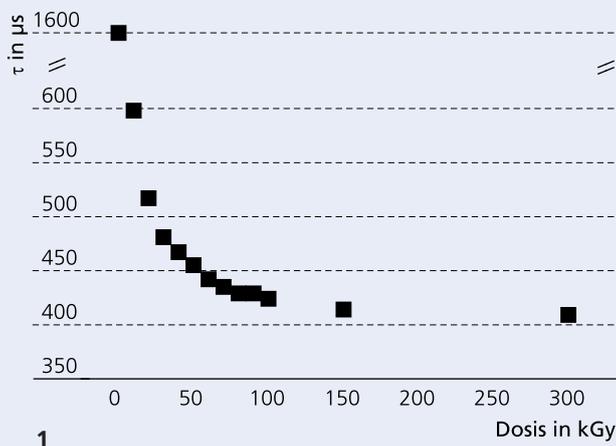
Substrat: PET, 75 μm

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Herstellung und Untersuchung von Barrierschichten
- Entwicklung von ALD-Prozessen
- Musterbeschichtungen für die Produktentwicklung

1 ALD-Laborbeschichtungsanlage des IKTS.

2 Aufbau und Wirkungsmechanismus des neuen Barrierschichtsystems.



FOLIEN- UND 3D-DOSIMETRIE FÜR DIE ÜBERWACHUNG VON ELEKTRONENSTRAHLPROZESSEN

M. Sc. Manuela Reitzig, M. Sc. Jens Antons, Dr. Jörg Opitz, Dr. Christiane Schuster, Dr. Thomas Härtling

Die Sterilisation von Oberflächen mittels Elektronenstrahl im Niedrigenergie-Bereich (E beam) ist z. B. beim aseptischen Verpacken von Produkten wichtig. So können hochempfindliche Medizinprodukte, Oberflächen von Lebensmittelverpackungen, thermolabile Kunststoffe, sensitive Elektronik oder funktionale biologische Materialien sterilisiert werden. Bislang existiert jedoch keine In-situ-Methode, um eine erfolgreiche Elektronenstrahl-Sterilisation nachzuweisen, was die Qualitätssicherung sehr teuer macht.

Am Fraunhofer IKTS wurde ein Verfahren entwickelt, das den Erfolg der Sterilisation zuverlässig und orts aufgelöst prüft. Dafür werden pulverförmige anorganische Leuchtstoffe eingesetzt, die ihre optischen Eigenschaften im Zuge der Elektronenbestrahlung ändern. Diese Leuchtstoffe zeigen als Reaktion auf optische Anregung, z. B. durch Laserbestrahlung, eine ausgeprägte Lumineszenz. Besonders interessant sind dafür die sogenannten Aufwärtskonversionsmaterialien. In dieser Stoffklasse bewirkt das elektronische Zusammenspiel von Wirtskristallgitter und Dotierung, dass nach der Absorption zweier niederenergetischer Lichtquanten (Photonen) ein höherenergetisches Quant emittiert wird. Auf diese Weise wird Infrarotlicht (IR) im Kristallgitter in sichtbares Licht umgewandelt.

Die Nachleuchtzeit der keramischen Leuchtstoffe gibt Auskunft über die mittels Elektronenstrahl eingebrachte Strahlungsdosis. Bild 1 zeigt die optische Antwort nach Anregung der Pigmente mit einem kurzen Lichtpuls. Nach dem Energieeintrag durch den Sterilisationsprozess ist eine klare Reduktion der Lumineszenzlebensdauer τ zu beobachten, die in ihrer Ausprägung abhängig von Wirtsgitter und Dotierung ist. Mit zunehmend applizierter Strahlungsdosis reduziert sich die Lumineszenzlebensdauer weiter.

Indem die anorganischen Pigmente direkt in Verpackungsmaterialien (z. B. Kunststofffolien) integriert oder auf die Oberfläche von Testkörpern aufgebracht werden, ist eine Qualitäts-

kontrolle des Bestrahlungsvorgangs möglich. In der Entwicklungsarbeit zeigte sich, dass die physikalische Integration mittels Compoundierung aufgrund der Anwendungsnähe am besten geeignet ist.

Mit anorganischen Leuchtstoffen versetzte Folien werden am Fraunhofer IKTS als Dosimeterfolien für den Nachweis von Elektronen- und Gammastrahlung eingesetzt (Bild 2). Darüber hinaus ist auch die Beschichtung von dreidimensionalen Testkörperoberflächen mit den Pigmenten möglich. Dies ermöglicht beispielsweise die dosimetrische Untersuchung komplizierter Oberflächen, etwa Schraubgewinden an Lebensmittelverpackungen. Solche Oberflächen mit feinen Strukturen stellten für Dosismessstreifen bisher eine große Herausforderung dar.

Neben der hohen lateralen Dosisauflösung liegt ein großer Vorteil der anorganischen Pigmente im weiten Dynamikbereich der Reaktion auf die eingebrachte Dosis (bis > 100 kGy; höchste Empfindlichkeit bis 25 kGy). Außerdem kann die Abfrage der Lumineszenz sofort erfolgen, d. h. ohne weitere Aufbereitung der Dosimeterfolie oder der beschichteten Oberfläche. Damit kann das Verfahren direkt in situ in Bestrahlungsanlagen eingesetzt und zur Prozesssteuerung genutzt werden. In speziellen Fällen kann sogar lokal nachsterilisiert werden.

Im Hinblick auf stetig steigende Ansprüche an die Qualitätssicherung weisen anorganische Leuchtstoffe somit mehrere deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Dosismessverfahren auf.

1 Abhängigkeit der Lumineszenzlebensdauer τ von der applizierten Strahlungsdosis.

2 Verpackungsmaterial mit integrierten anorganischen Pigmenten unter Infrarotanregung.



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

Projektberichte

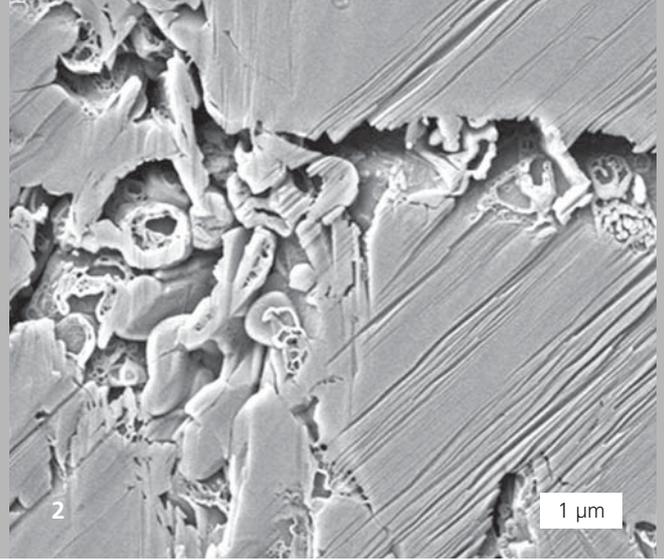
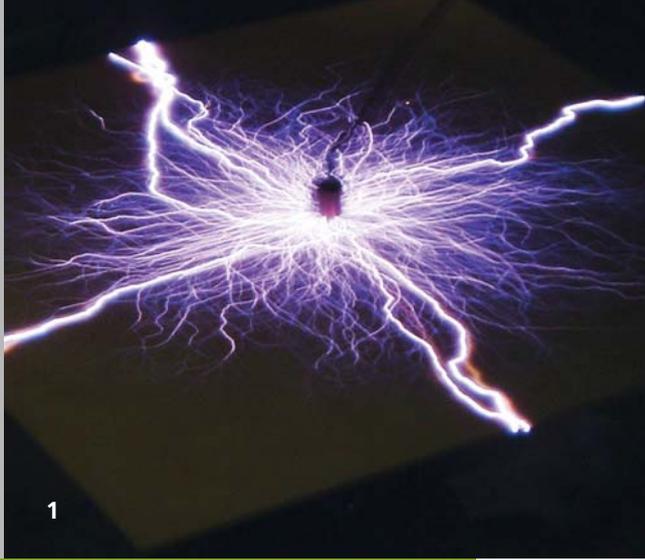
- 96 Schadensanalyse und Korrosionsverhalten von keramischen Komponenten
- 98 Röntgenmikroskopie für Energietechnik, Materialforschung und Mikroelektronik
- 100 3D-Prüfung transluzenter Keramikbauteile mit optischer Kohärenztomographie
- 101 Thermophysikalische Eigenschaften: Grundlage für Simulation und Ofenauslegung

Im Geschäftsfeld »Material- und Prozessanalyse« bietet das Fraunhofer IKTS Anwendern und Herstellern von Rohstoffen, Werkstoffen und Bauteilen ein umfassendes Portfolio an Test-, Charakterisierungs- und Analysemethoden für Materialeigenschaften und Produktionsprozesse. Im Mittelpunkt stehen dabei keramische Werkstoffe, Bauteile und Verfahren für technische Anwendungen einschließlich Leichtbau sowie Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik, Photonik und Biomedizin.

Wie beeinflussen Gefüge und Zusammensetzung die makroskopischen Eigenschaften eines Werkstoffs und damit des Produkts? Kann ein bestehender Werkstoff durch einen kostengünstigeren ersetzt werden, ohne dass ein Produkt an Qualität verliert? Wie können Herstellungsprozesse stabil, kosteneffektiv und nachhaltig eingerichtet werden? Welche Qualitätsstandards müssen eingehalten werden? Um diese und andere Fragen zu beantworten, die mit der Anwendung und Herstellung von Werkstoffen verbunden sind, müssen komplexe Zusammenhänge zwischen Rohstoff, Herstellungstechnologie, Werkstoffgefüge und Eigenschaften sowie Einsatzbedingungen als Gesamtheit betrachtet werden. Kennwerte werden dafür nicht nur ermittelt, sondern auch interpretiert.

Das Fraunhofer IKTS versteht sich als zentraler Anlaufpunkt für alle Fragen der chemischen, thermischen, mikrostrukturellen, mechanischen, tribologischen, elektrischen und elektrochemischen Analyse, Bewertung und Optimierung von Werkstoffen und Bauteilen sowie den damit verbundenen Fertigungsverfahren. Neben allen notwendigen Standardanalysemethoden stehen speziell für die Ermittlung des Hochtemperaturverhaltens weltweit einzigartige Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung. Auf Grundlage einer umfangreichen Prozess-, Werkstoff- und Analysekompetenz unterstützt und berät das Fraunhofer IKTS bei der Entwicklung neuer Werkstoffe und Produkte, bei der Klärung komplexer Versagensmechanismen und beim Erreichen gesetzlicher und qualitativer Standards. Mit akkreditierten Laboren für die Kennwertermittlung an Pulvern, Suspensionen, thermophysikalischen und elektrischen/dielektrischen Eigenschaften von Werkstoffen, elektrischen Komponenten und Teilsystemen ist das Haus in der Lage, vielfältige Aufgaben der Qualitätssicherung und Zertifizierung von Produkten und Prozessen bis hin zur Prototypenprüfung im Kundenauftrag zu übernehmen.

Das Fraunhofer IKTS ist ein zuverlässiger, mehrfach akkreditierter und auditiertes Dienstleister für die Untersuchung und Bewertung werkstoffwissenschaftlicher Grundlagen, anwendungsspezifischer Fragestellungen sowie messtechnischer Entwicklungen.



SCHADENSANALYSE UND KORROSIONSVERTHALTEN VON KERAMISCHEN KOMPONENTEN

Dr. Mathias Herrmann, Dr. Sören Höhn, Dipl.-Ing. Kerstin Sempf, Dipl.-Ing. Roy Torke

In weiten Bereichen der Wirtschaft besteht der dringende Bedarf an kostengünstigen Produktionskomponenten, die eine längere Lebensdauer sowohl unter abrasiven tribologischen als auch korrosiven Bedingungen aufweisen. Das führt dazu, dass existierende Werkstoffe und Komponenten in den verschiedensten Anwendungen immer stärker belastet werden. Neben der Entwicklung leistungsstarker Werkstoffe ist eine fundierte beanspruchungsgerechte Materialauswahl für die unterschiedlichsten Applikationen notwendig, um vorzeitiges Bauteilversagen zu vermeiden. Das erfordert eine genaue Kenntnis des Werkstoffverhaltens unter mechanischer, thermischer, korrosiver und tribologischer Belastung. Dieses Wissen kann einerseits mittels ausgereifter Mess- und Analysemethoden generiert werden, die die extremen Belastungsbedingungen abbilden können; andererseits können durch eine fundierte Analyse und Bewertung von Schadensfällen Rückschlüsse auf die Ausfallursache gezogen und dadurch eine Qualifizierung der Werkstoffe ermöglicht werden. Zur Lösung der Fragestellungen steht eine unikale Kombination von modernen Analysegeräten und Know-how für die Charakterisierung der Gefüge und Eigenschaften der gesamten Palette von keramischen Werkstoffen, Hartmetallen und Cermets im IKTS zur Verfügung. Durch die enge Verflechtung der Charakterisierung mit den anderen Abteilungen des IKTS ist eine fundierte Interpretation der Ergebnisse möglich.

Bei der Analyse von Schadensfällen für Kunden aber auch von im IKTS entwickelten Komponenten werden umfangreiche fraktographische Untersuchungen von Bruchflächen und Änderungen der Gefüge und Eigenschaften vorgenommen. Falls notwendig, sind begleitende Simulationen der Belastungen möglich, um die Schadensursachen zu bestimmen. Oft gibt schon eine fraktographische Untersuchung klare Aussagen über den Bruchursprung und bruchauslösende Defekte. Aus deren Art und Größe kann auf die Belastungen und damit mögliche Fehlerursachen zurückgeschlossen werden. Im Bauteil zerstörungsfrei erkannte Defekte können zielgenau durch mechanische bzw. ionenstrahlbasierte Methoden (BIB; FIB) präpa-

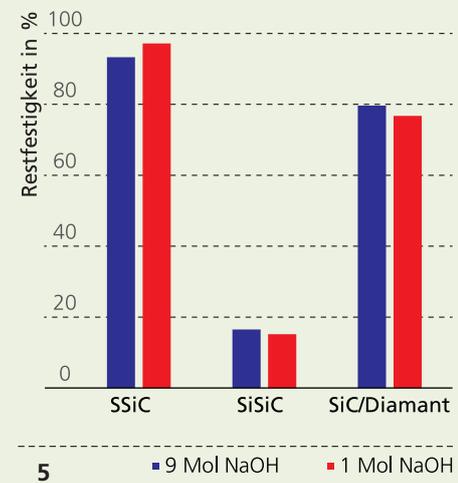
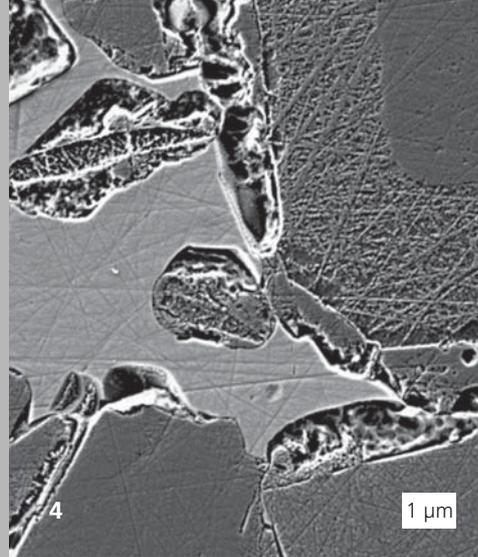
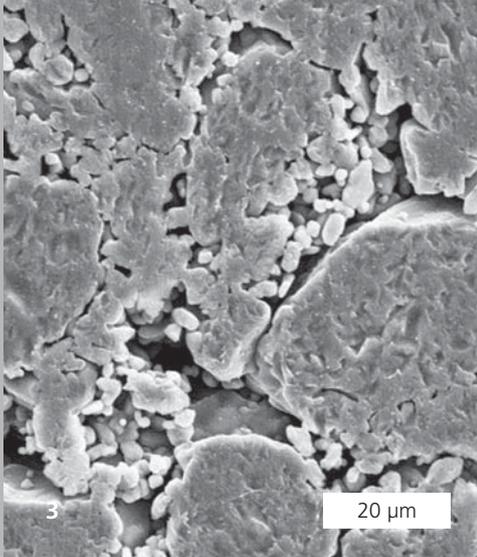
riert werden. Diese können dann vergrößert dargestellt und analysiert werden. Dazu stehen leistungsfähige Rasterelektronenmikroskope und ein Transmissionselektronenmikroskop im IKTS zur Verfügung.

Durch Mikroröntgendiffraktometrie oder auch durch Beugung des Elektronenstrahls im Rasterelektronenmikroskop können neben den Informationen der chemischen Analyse auch Aussagen zur Kristallstruktur der Phasen gewonnen werden.

Ein Beispiel für eine solche Zielpräparation ist in den Bildern 1 und 2 dargestellt. Nach Beaufschlagung dünner hBN-Scheiben mit einer Feldstärke bis zu 80 KV/mm kommt es zum Durchschlag. In Bild 2 ist der Durchschlagkanal, der mittels Ionenstrahlschnitt präpariert wurde, dargestellt. Die Untersuchungen zeigen, dass es partiell zur Oxidation aber auch zum Schmelzen des hBN kommt [1]. Im Gegensatz zu anderen untersuchten Materialien zeigt hBN keine Mikrorisse um den Durchschlagskanal, was auf das exzellente Thermoschockverhalten hindeutet.

Die Schadensanalyse kann durch Simulation der mechanisch-thermischen Belastungen durch angepasste Prüfmethode bis hin zu Tests im Vibrationsprüfstand (Beschleunigung < 200 g) oder durch die Simulation von Thermoschock oder Klimaschwankung bzw. numerische Simulationen nachgebildet werden.

Neben mechanisch-thermischen Belastungen spielt Korrosion eine wichtige Rolle im Einsatzverhalten der Werkstoffe. Im IKTS wurden daher vielfältige Methoden zur Korrosionsprüfung von keramischen Werkstoffen und Bauteilen etabliert. Einen Überblick über die wichtigsten Methoden zeigt Tabelle 1. Darüber hinaus können an spezielle Anwendungen angepasste Tests (z. B. Wechselwirkung mit Metallschmelzen) auf Basis des umfangreichen Know-hows generiert und durchgeführt werden. Neben der Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen entsprechend normierten Tests erfolgt auch die darüber hinausgehende Prüfung



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

der Stabilität unter verschiedensten Bedingungen, um die Korrosionskinetik und -mechanismen zu bestimmen. Der Korrosionsfortschritt wird dabei mittels verschiedenster Parameter, z. B. Masse-, Geometrieänderung, Korrosionsschichtbildung, Gefüge-, Phasenänderung, Restfestigkeit beschrieben und mit den Gefügen und Zusammensetzungen der Werkstoffe korreliert.

Korrosion ist eine Eigenschaft des Systems, daher ist die genaue Kenntnis und Kontrolle der Korrosionsbedingungen wichtig. Die Bilder 3 und 4 zeigen die Oberflächen von SiSiC nach Korrosion in 1 M NaOH nach 200 h bei 70 °C (Bild 3) und nach Beaufschlagung einer Spannung bei Raumtemperatur. Während ohne Wirkung des elektrischen Stroms SiC stabil ist und nur das durch die Herstellung vorhandene freie Silizium durch das NaOH herausgelöst wird, erfolgt bei der elektrochemischen Korrosion ein Angriff auf das sekundär während der Silizierung gebildete SiC. Das vorhandene freie Si wird weit weniger angegriffen, was auf unterschiedliche Korrosionsmechanismen hindeutet [2]. Oft reicht die einfache Messung der Masseänderung oder Korrosionsschichtdicke nicht aus, um das Verhalten der Werkstoffe unter Anwendungsbedingungen zu verstehen.

Übersicht über die Standardkorrosionsmethoden im IKTS

Methode	Temperatur	Medien
Korrosion durch Flüssigkeiten unter Normaldruck	bis Siedetemperatur	Säuren, Laugen, Salzlösungen
Elektrochemische Korrosion in verschiedensten Elektrolyten	Nahe RT	Säuren, Laugen, Salzlösungen
Hydrothermale Korrosion	< 250 °C	Druck < 200 bar, Wasser, Salzlösungen, verdünnte Säuren, Wasserdampf
Gaskorrosion	< 2000 °C	Gas verschiedenster Zusammensetzung, strömend
Heißgas / Brennerprüfstand	< 1600 °C	Strömungsgeschwindigkeit v = 100 m/s, Druck 1 atm, bis 30 % Wasserdampf
Salzsprühnebeltest	35 °C	DIN EN ISO 9227 (NSS)
Feuchte Wärme	0-100 °C / 10-100 %rel.	konstant Klima, auch zyklische Tests möglich
Widerstand gegen Kriechwegbildung und Erosion	Normalklima	normale und erschwerte Bedingungen, DIN EN 60112; DIN IEC 60587
Lichtbogenbeständigkeit	Normalklima	Niederspannung - Hochstrom Hochspannung - Niedrigstrom

Dazu ist zusätzlich die Messung der Restfestigkeiten notwendig. Bild 5 zeigt die Änderung der Restfestigkeit von SiSiC, SiSiC und von SiC-Diamantwerkstoffen nach der 200-stündigen Korrosion in NaOH bei 90 °C. Obwohl sowohl in SiSiC als auch in den SiC-Diamantwerkstoffen Si herausgelöst wird, ist der Abfall der Festigkeiten vollkommen unterschiedlich. Das kann durch die unterschiedliche Ausbildung des SiC-Skeletts in beiden Werkstoffen während der Herstellung erklärt werden [3].

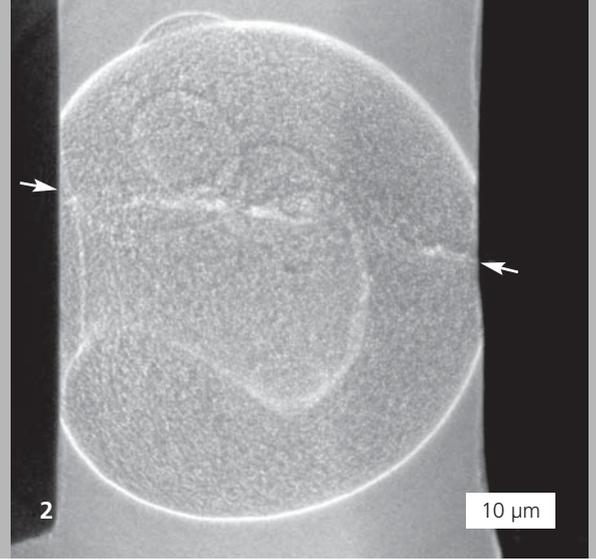
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Beratung bei der applikationsbezogenen Werkstoffauswahl und Auslegung von Bauteilen
- Analyse von Schadensfällen und Schadensmechanismen
- Analyse der Zusammensetzung und Mikrostruktur von keramischen Werkstoffen
- Prüfungen verschiedenster Art nach nationalen und internationalen Standards
- Bestimmung des Korrosionsverhaltens und Korrosionsmechanismen keramischer Werkstoffe
- Bestimmung von thermophysikalischen, elektrischen, mechanischen und chemisch korrosiven Werkstoff- und Bauteilkennwerten
- Werkskalibrierungen nach VDI, VDE, DGQ-Richtlinien

Quellen

- [1] C. Steinborn, M. Herrmann, u. a., J. Europ. Ceram. Soc., 34, 2014, 1703
- [2] M. Herrmann, K. Sempf, u.a., Ceram. Inter., 41, 2015, 4422
- [3] M. Herrmann, B. Matthey, S. Kunze u. a. cfi/Ber. DKG 2015,10; E39

- 1 Spannungsdurchschlag durch einen keramischen Werkstoff.
- 2 FESSEM-Bild eines Durchschlagkanals in hBN-Keramik.
- 3 Oberfläche eines in NaOH-korrodieren SiSiC-Werkstoffs.
- 4 FESEM-Abbildung der Korrosion des gleichen SiSiC-Werkstoffs unter elektrochemischen Bedingungen.
- 5 Restfestigkeit nach 200 h Korrosion bei 90 °C in NaOH.



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

RÖNTGENMIKROSKOPIE FÜR ENERGIETECHNIK, MATERIALFORSCHUNG UND MIKROELEKTRONIK

Dr. Jürgen Gluch, Prof. Ehrenfried Zschech

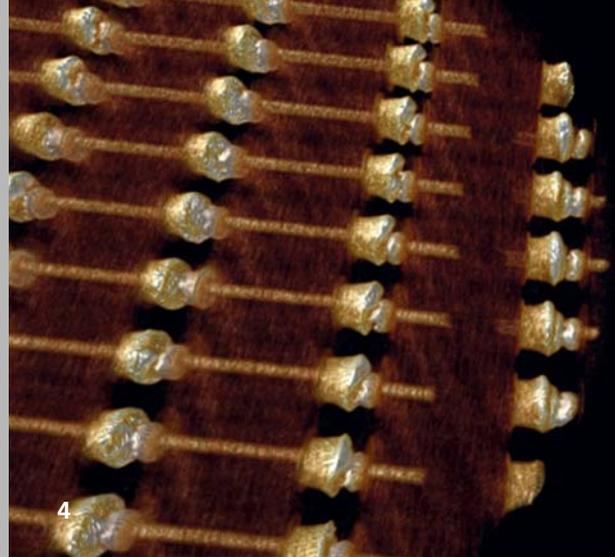
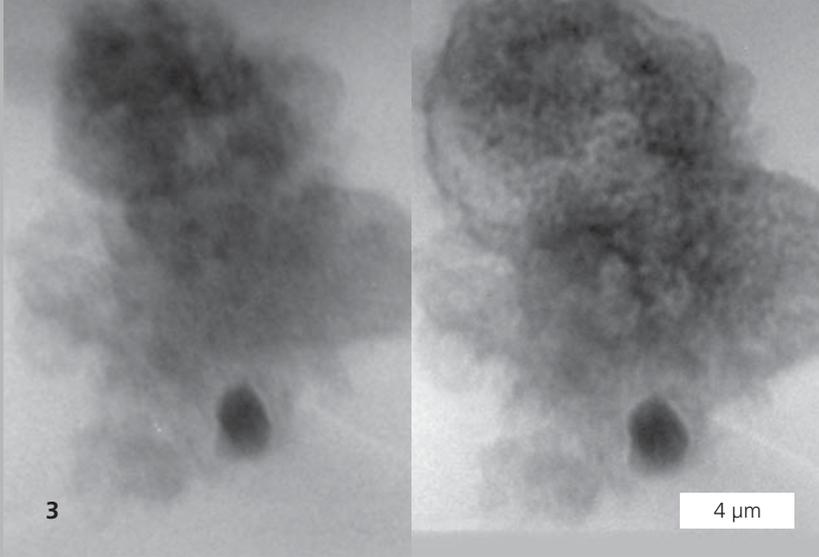
Die Röntgenmikroskopie ist ein modernes zerstörungsfreies Verfahren, das zunehmend zur hochaufgelösten Analytik von Strukturen und Fehlern in Werkstoffen oder biologischen Objekten eingesetzt wird. Die Anwendungen reichen von der Materialforschung über die Energietechnik, Geowissenschaften und Mikroelektronik bis hin zu Biologie und Medizin. Heute werden in Labor-Röntgenmikroskopen (Bild 1) meist Fresnel-Zonenplatten als fokussierende Optiken verwendet. Da mit diesen eine Auflösung von ca. 50 nm erreicht werden kann, füllt die Röntgenmikroskopie die Lücke zwischen der Licht- und der Elektronenmikroskopie. Bei der Röntgen-Computertomographie (CT) werden aus verschiedenen Richtungen aufgenommene Röntgenbilder eines Objekts zu virtuellen Schnittbildern zusammengesetzt und rechnerbasiert ausgewertet. Damit ist die Abbildung von vergrabenen Strukturen und Werkstoffkomponenten (z. B. in Verbundwerkstoffen) möglich, aber ebenso die Erkennung von Fehlern in Materialien und Bauteilen, wie Einschlüsse, Poren und Risse. Des Weiteren kann die Substruktur in biologischen Zellen analysiert werden.

In der Materialforschung wird die Röntgenmikroskopie sowohl zur Untersuchung von Strukturwerkstoffen als auch Funktionswerkstoffen eingesetzt. Die Nano-Röntgen-CT eignet sich dazu, das 3-dimensionale Gefüge, die Morphologie und die Topologie von Gefügebestandteilen abzubilden. Dazu zählen Ausscheidungen, Poren sowie – im Falle von Verbundwerkstoffen – Teilchen oder Fasern. Ist der Röntgenabsorptionskontrast gering oder bestehen nur geringe Unterschiede zwischen den Gefügebestandteilen, so kann durch Ausnutzung des Zernike-Phasenkontrasts trotzdem ein kontrastreiches Bild aufgenommen werden. Dadurch werden vor allem Grenzflächen und Oberflächen, aber auch Delaminationen und Risse hervorgehoben. Dieser Kontrastmechanismus ermöglicht auch, hochfeste oxidische Keramikfasern in einer Matrix aus demselben Material abzubilden. Im digitalen Volumenmodell kann die Lage und Anordnung der Fasern genau vermessen werden. Diese Daten dienen als Input für Simulationen, mit denen me-

chanische Eigenschaften von Hochleistungskeramiken über das Werkstoffdesign optimiert werden. Zudem können Delaminationen bei und Risse nach Belastung von Verbundwerkstoffen lokalisiert werden.

Werden In-situ-Prüfvorrichtungen eingesetzt, sind im Röntgenmikroskop Experimente unter Beobachtung möglich, bei denen neben 3D-Informationen auch 4D-Datensätze gewonnen werden. Über einen miniaturisierten Double-Cantilever-Beam-Test (DCB), d. h. eine piezogesteuerte mechanische Prüfeinrichtung, die im Strahlengang des Röntgenmikroskops positioniert wird, können gezielt kleinste Dehnungen eingestellt und deren Auswirkungen beobachtet werden. Bild 2 zeigt eine durch Sprühtrocknung hergestellte Granalie aus Aluminiumoxid, die zwischen zwei Backen eingespannt und mechanisch belastet ist. Dies simuliert das Pressen eines Grünkörpers aus dem granulierten Keramikpulver, bei dem die Granalie mit Einwirken einer bestimmten Kraft zerbricht und verdichtet wird. Da die Röntgenstrahlung das Objekt durchstrahlt, werden in der Radiographie mit Phasenkontrast neben der inneren Struktur (in Bild 2 ist die Granalie hohl) auch Risse (Pfeile) und, sofern vorhanden, Einschlüsse fremder Phasen sichtbar.

Unter anderem wird die Röntgenmikroskopie in der Forschung und Entwicklung von Energiespeichermaterialien und -prozessen angewandt. Für das Studium kinetischer Prozesse ist es notwendig, miniaturisierte Reaktionskammern im Röntgenmikroskop anzuordnen und zu nutzen. Das ermöglicht die Beobachtung chemischer Prozesse bei Temperaturen bis 700 °C und unter inerter oder reaktiver Atmosphäre bei Normaldruck, so dass z. B. innovative Prozesse zur Wasserstoffspeicherung untersucht werden können. Für die chemische Speicherung von Wasserstoff kann der zyklisch betriebene Dampf-Eisen-Prozess eingesetzt werden. Da dieser auch bei niedrigem Druck abläuft und keine seltenen oder teuren Elemente erfordert, handelt es sich um eine potenzielle Technologie für die dezentrale Energiespeicherung im mittleren Maßstab. Dabei werden Lebensdauer



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

und Speicherkapazität des Speichermaterials durch die morphologischen Änderungen im Eisen/Eisenoxid während der zyklisch betriebenen Oxidation/Reduktion bestimmt. Durch die große Oberfläche und die damit verbundene hohe Reaktivität von sehr feinen Eisenpulvern kann die Prozesstemperatur entscheidend abgesenkt werden. In In-situ-Experimenten wurde die Oxidationsreaktion an sehr feinen Eisenpulvern mit Partikeldurchmessern von unter 100 nm bei einer Temperatur bis 500 °C in einer mit Wasserdampf beladenen inerten Atmosphäre durchgeführt. Die Ausbildung einer dichten Oxidhaut verhindert den Gasaustausch, d. h. die Abgabe von Wasserstoff oder das Eindringen von Wasserdampf, und führt zum Aufblähen der Pulveragglomerate (Bild 3). Solch dichte Oxidschichten gilt es durch Material- und Prozessoptimierung zu vermeiden. Eine geeignete Methode dafür ist die In-situ-Röntgenmikroskopie, die eine Untersuchung der Prozesse auf mikroskopischer Ebene erlaubt.

In der Mikroelektronikindustrie gewinnt die Abbildung vergrabener Strukturen und Defekte für Prozesskontrolle und Qualitätssicherung zunehmend an Bedeutung. Bei neuartigen Verfahren der Aufbau- und Verbindungstechnik, z. B. die 3-dimensionale Stapelung von Chips oder die Verwendung von Interposern, können durch die Röntgen-CT Defekte beim elektrochemischen Füllen von metallischen Durchkontaktierungen im Chip (Through-Silicon-Vias – TSVs) lokalisiert und ausgemessen werden. Die konventionelle Mikro-Röntgen-CT liefert aussagekräftige Übersichtsaufnahmen von mikroelektronischen Produkten (Bild 4). Interessierende Bereiche (»Regions of interest«) können darin identifiziert und anschließend mit der Nano-Röntgen-CT in höherer Auflösung aufgenommen und untersucht werden. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Poren mit Sub-100 nm-Dimension in Kupfer-TSV-Strukturen (einige μm Durchmesser, einige 10 μm Höhe) zu detektieren. Auch Unregelmäßigkeiten bei der Ausbildung intermetallischer Phasen und mögliche Risse in Mikro-Lotverbindungen, z. B. aus einer Silber-Zinn-Legierung, die die lateral gestapelten Chips elektrisch verbindet, sind nachweisbar.

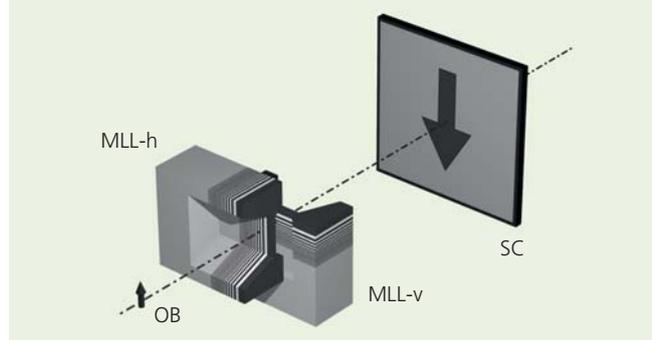
Die Erhöhung der Auflösung der Röntgenmikroskopie erfordert neue Röntgenoptiken. Multilayer-Laue-Linsen, die statt Fresnel-Zonenplatten als fokussierende Optiken eingesetzt werden, ermöglichen Auflösungen von 10 nm und darunter. Am IKTS konnten gekreuzte Multilayer-Laue-Linsen hergestellt und bereits erfolgreich in ein Labor-Röntgenmikroskop für Vollfeld-Ab-

bildung integriert werden. Die damit realisierte Abbildung scheint ungestört zu sein. Diese Arbeiten sind Basis dafür, in Zukunft noch kleinere Strukturen zu analysieren, beispielsweise modernste Chips, deren Verdrahtungsstrukturen auf der Chip-Ebene Dimensionen von 100 nm und darunter erreicht haben. Eine Analyse von Fehlern in diesen Leitbahnen erfordert eine Auflösung von 10 nm. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die dreidimensionale Untersuchung biologischer Strukturen, z. B. die Abbildung von Substrukturen in Zellen.

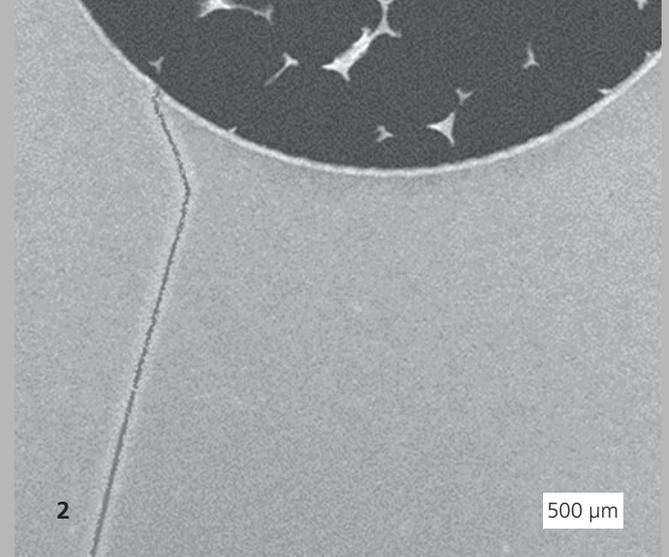
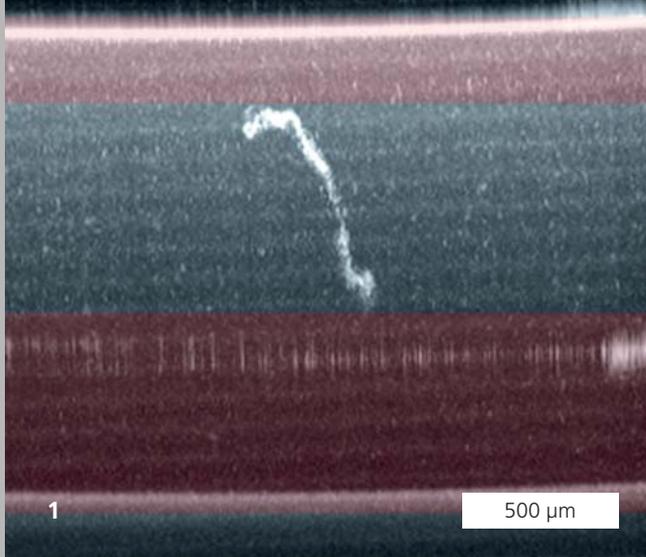
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Hochauflösende 2D- und 3D-Röntgenmikroskopie
- Untersuchung kinetischer Prozesse, In-situ-Experimente: Temperaturkammer, chemische Reaktionskammer, mechanischer Micro-DCB-Test
- Abbildung im Absorptions- und Zernike-Phasenkontrast
- Höchste Auflösung bis minimal 32 nm Pixelbreite
- Aufnahme und Rekonstruktion von 3D- und 4D-Datensätzen (Tomographie, Laminographie, zeitaufgelöste Tomographie und Bildserien)
- Datenauswertung, Segmentierung

Schematische Darstellung gekreuzter Multilayer-Laue-Linsen für Vollfeld-Abbildung



- 1 Innenansicht des Röntgenmikroskops.
- 2 Keramische Sprühgranale unter mechanischer In-situ-Belastung im Moment des Zerschneidens.
- 3 In-situ-Oxidation von Eisenpulver unter Wasserstofffreisetzung.
- 4 3D-Interconnect-Struktur in einem Mikrochip mit TSVs und Lötverbindungen.



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

3D-PRÜFUNG TRANSLUZENTER KERAMIKBAUTEILE MIT OPTISCHER KOHÄRENZTOMOGRAPHIE

Dipl.-Ing. (FH) Christian Wolf, Dipl.-Ing. (FH) Christian Jürgens, Dipl.-Ing. Uta Oberbach, Dr. Thomas Härtling, Dr. Isabel Kinski

Das klassische Einsatzgebiet der optischen Kohärenztomographie (OCT) ist die Medizintechnik (Augenheilkunde, Dermatologie). Erstmals soll dieses Verfahren auch in der zerstörungsfreien Prüfung transluzenter keramischer Bauteile angewendet werden. Ziel ist die Entwicklung einer automatisierten Prüflösung zur Prozessüberwachung bei der Herstellung keramischer Produkte, um fehlerhafte Bauteile so früh wie möglich aus dem Fertigungsprozess auszusondern.

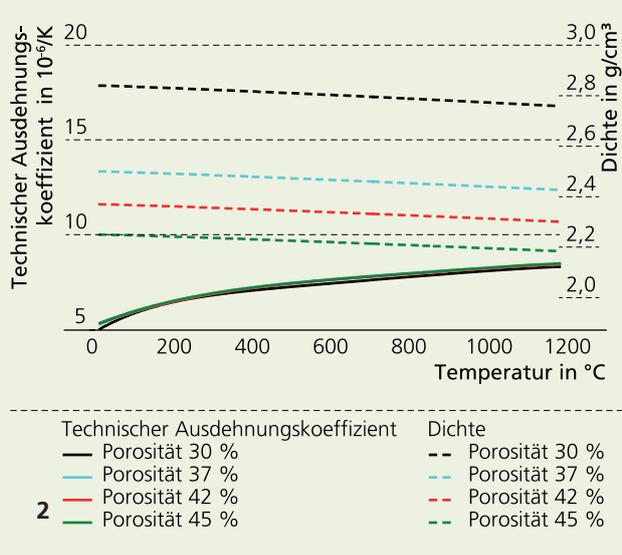
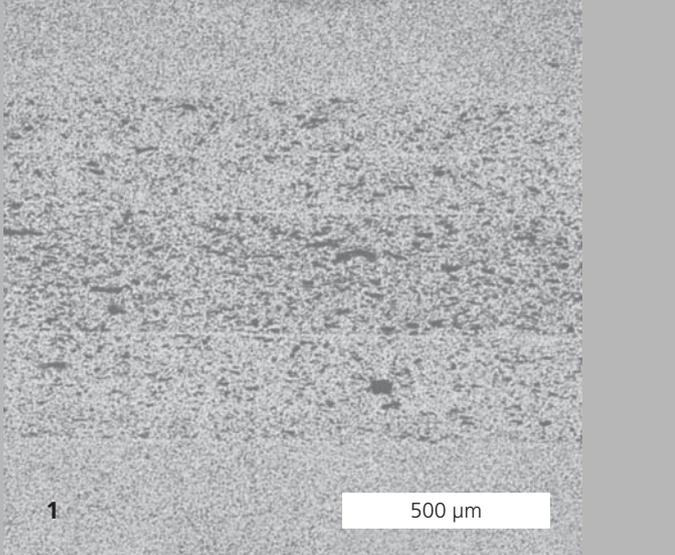
In keramischen Bauteilen wird Licht aufgrund der Gefügeeigenschaften bzw. Oberflächenstrukturen stark gestreut. Deshalb ist die Detektion von Fehlern und Materialinhomogenitäten im Bauteilvolumen mit abbildenden optischen Verfahren nur sehr eingeschränkt möglich. Die OCT überwindet diese Schwierigkeiten und befähigt das Fraunhofer IKTS zur strukturellen Analyse von porösen und dichten Keramiken (z. B. Schäume, Al_2O_3 -Bauteile). Durch nahinfrarotes Licht können halbtransparente Medien zerstörungsfrei untersucht werden. Dazu wird mit einem angepassten Messkopf Licht entsprechender Wellenlänge in die zu untersuchende Oberfläche eingestrahlt. Für dieses berührungsfreies Verfahren ist kein Koppelmedium notwendig. Das anschließend rückgestreute Licht wird interferometrisch verarbeitet und bildet die Streuintensität im Medium tiefenaufgelöst ab (A-Scan). Durch Aneinanderreihung einer bestimmten Anzahl von A-Scans entsteht ein Querschnittsbild, das analog zum Ultraschall als B-Scan bezeichnet wird. Durch zusätzliche Verschiebung des Messkopfs oder des Prüfkörpers kann eine Serie von Querschnittsbildern aufgenommen werden. Dieser Bilderstapel kann als Tomogramm dargestellt werden, das die relevanten Informationen aus dem Inneren des Prüfobjekts beinhaltet.

Die zur optischen 3D-Prüfung eingesetzte OCT liefert hoch aufgelöste Informationen über die Streuintensitäten in verschiedenen Keramiken. Aus der bildhaften Darstellung dieser Signale lässt sich eine Vielzahl von Qualitätsparametern extrahieren.

Die vielseitige OCT-Messtechnik kann in der gesamten Fertigungskette eingesetzt werden. So können bei Schäumen z. B. Porengrößen und Stegbreiten bestimmt oder bei dichten Keramiken strukturelle Fehler, wie Risse, Poren, Einschlüsse, Inhomogenitäten oder Kerben automatisch detektiert werden. Am Fraunhofer IKTS wird aktuell ein System zur Bewertung planarer Hochleistungskeramiken, wie Elektrolyte für Festoxidbrennstoffzellen (SOFC), und hochfester Funktionsbauteile aufgebaut. Gegenüber projektiven Verfahren können Fehlerart und räumliche Fehlerposition in einem Bauteil mit OCT sehr gut spezifiziert werden. Bild 1 zeigt ein OCT-Querschnittsbild durch ein keramisches Bauteil. Während Fehler im rot markierten Bereich unkritisch sind, da diese im späteren Prozess abgetragen werden, darf der mittlere Bereich keine Fehler enthalten. Damit kann das Bauteil bereits vor einem kostenintensiven Prozessschritt (Hartbearbeitung) als defekt deklariert werden. Das rechtzeitige Aussortieren fehlerhafter Teile führt zu einer Ausbeutesteigerung in der keramischen Industrie. Bei der thermisch trennenden Bearbeitung keramischer Elektrolyte kann es zur Rissbildung an den Schnittkanten kommen. In Bild 2 ist ein solcher thermisch induzierter, von der Schnittkante in das Materialvolumen verlaufender Riss dargestellt. Weist das keramische Trägersubstrat derartige Defekte auf, wird die Robustheit des gesamten SOFC-Stacks über die Betriebsdauer erheblich gemindert. Bisher erfolgt die Prüfung manuell und fordert neben einem hohen Zeitaufwand auch Expertenwissen. Hier ermöglicht die OCT eine automatisierbare Qualitätssicherung der Elektrolyte, eine Steigerung der Robustheit von SOFC-Stacks und eine erhöhte Wertschöpfung.

1 Querschnitt einer inhomogenen Keramik mit einem fadenartigen Einschluss.

2 OCT-Abbildung eines Risses in einer mit Laser geschnittenen Keramik.



MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

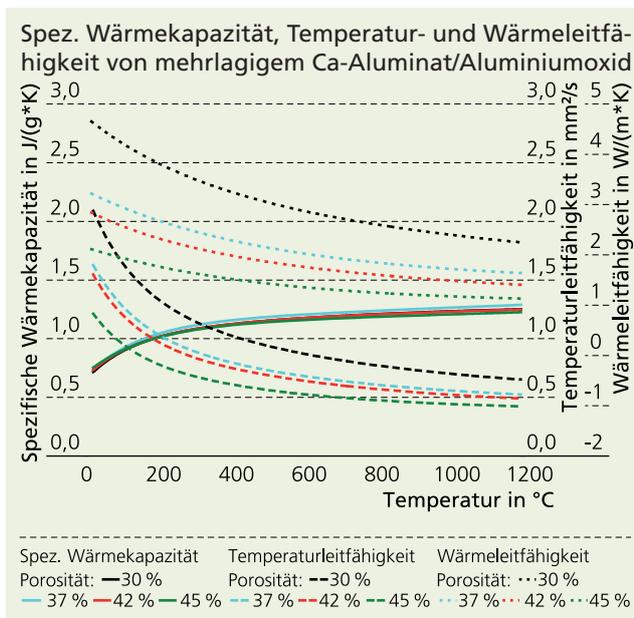
THERMOPHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN: GRUNDLAGE FÜR SIMULATION UND OFENAUSLEGUNG

Dr. Tim Gestrich, Dr. Arno Kaiser, Dipl.-Ing. Uwe Scheithauer

Feuerfest- bzw. Hochtemperaturmaterialien besitzen eine Schlüsselfunktion für Hochtemperaturbauteile in sehr unterschiedlichen industriellen Bereichen (Stahl, Glas, Zement, Energie). Das Materialsystem Ca-Aluminat/Aluminiumoxid bietet vielversprechende Möglichkeiten zur Einstellung von maßgeschneiderten Eigenschaften. Der Werkstoff wurde durch die Kombination von Aluminiumoxidpulver und Calciumkarbonat in einem Masseverhältnis von 11:1 hergestellt. Um die Porosität zu erhöhen wurden Zellulose-Fasern zugesetzt. Der Anteil wurde im Bereich von 0 bis 12 Masseprozent variiert [1]. Ein Gefüge mit Porositäts-Gradient sollte eine verbesserte Thermochockbeständigkeit zur Folge haben und wurde durch die Laminierung von Grünfolien mit unterschiedlichem Gehalt an porenbildenden Hilfsstoffen hergestellt. Um die optimale Anordnung dieser unterschiedlichen Folien zu bestimmen, ist es notwendig, den Einfluss der Porosität auf die thermophysikalischen Eigenschaften zu kennen. Thermomechanische Analyse (TMA)/Thermodilatometrie (TDil), Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK/DSC) und Laserflash-Analyse (LFA) wurden zur Bestimmung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha(T)$, der Wärmekapazität $c_p(T)$ und der Temperaturleitfähigkeit $a(T)$ eingesetzt. Die Temperaturabhängigkeit der Dichte wurde aus der Dichte bei Raumtemperatur und dem gemessenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestimmt. Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda(T)$ ergibt sich entsprechend Gleichung:

$$\lambda(T) = \rho(T) \cdot c_p(T) \cdot a(T)$$

Der thermische Ausdehnungskoeffizient und die Wärmekapazität der vier untersuchten Materialien sind unabhängig von der Porosität und steigen mit der Temperatur an. Dies entspricht den Erwartungen. Dichte, Temperaturleitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit hängen stark von der Porosität ab. Höhere Porosität führt zu geringeren Werten dieser Eigenschaften. Die ermittelten Abhängigkeiten und Kennwerte werden für die Optimierung von Hochtemperaturbauteilen genutzt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen des DFG Projekts SPP1418 »FIRE II« erarbeitet. Wir danken der DFG für die finanzielle Unterstützung.



Leistungs- und Kooperationsangebot

- Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften (Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Wärmeausdehnung)
- Thermodynamische Berechnungen

Quellen

[1] Scheithauer, U.; Slawik, T.; Haderk, K.; Moritz, T.; Michaelis, A.: Development of planar and cylindrical refractories with graded microstructure, proceedings of UNITECR 13th, 2013

- 1 Querschnitt einer Multilayer-Komponente mit Gefügegradient.
- 2 Thermischer Ausdehnungskoeffizient und Dichte von mehrlagigem Calciumaluminat/Aluminiumoxid.

KOOPERATIONSAUSBAU IN VERBÜNDEN, ALLIANZEN UND NETZWERKEN

Die Wissenschaftler des Fraunhofer IKTS sind in zahlreichen thematisch orientierten Netzwerken, Allianzen und Verbänden aktiv. Dadurch können wir unseren Kunden ein gemeinsames und koordiniertes Leistungsangebot unterbreiten.

Mitgliedschaft in Fraunhofer-Verbänden, Allianzen, Netzwerken und Demonstrationszentren

AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V.

American Ceramic Society

Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V. (AGEF)

Bundesverband Energiespeicher e.V.

Bundesverband mittelständische Wirtschaft – Unternehmerverband Deutschland e. V. (BVMW)

Carbon Composites e.V. (CCeV)

Cool Silicon e.V.

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V.

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM)

Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP)

Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V.

Deutsche Keramische Gesellschaft e.V. (DKG)

Deutsche Thermoelektrik-Gesellschaft

Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DRESDEN-concept e.V.

Dresdner Fraunhofer-Cluster Nanoanalytik

Dresdner Gesprächskreis der Wirtschaft und der Wissenschaft e.V.

Energy Saxony e.V.

Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Hochschulrat

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)

Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB)

European Powder Metallurgy Association (EPMA)

Expertenkreis Hochtemperatursensorik in der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V.

Expertenkreis Keramikspritzguss (CIM) in der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V. (DKG)

Fachverband Biogas e.V.

Förderkreis Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren e.V. (FAD)

Forschungsgesellschaft für Messtechnik, Sensorik und Medizintechnik e.V. Dresden (fms)

Fraunhofer-Allianz Adaptronik

Fraunhofer-Allianz AdvanCer

Fraunhofer-Allianz Batterien

Fraunhofer-Allianz Energie	Kompetenzzentrum Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/ Thüringen e.V. (LRT)
Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung	Kompetenzzentrum nanoeva®
Fraunhofer-Allianz Leichtbau	Materialforschungsverbund Dresden e.V. (MFD)
Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie	medways e.V.
Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation von Produkten, Prozessen	Meeting of Refractory Experts Freiberg e.V. (MORE)
Fraunhofer-Allianz SysWasser	Mikro-Nanotechnologie Thüringen e.V. (MNT)
Fraunhofer-Cluster 3D-Integration	NanoMat – überregionales NETZWERK für Materialien der Nanotechnologie
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik	Nanotechnologie-Kompetenzzentrum »Ultradünne funktionale Schichten«
Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS	OptoNet e.V.
Gemeinschaft Thermisches Spritzen e.V. (GTS)	ProcessNet – eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, Fachausschuss Produktionsintegrierte Wasser- und Abwassertechnik
Gemeinschaftsausschuss Hochleistungskeramik der Deutschen	Silicon Saxony e.V.
Gesellschaft für Materialkunde e.V. und der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V.	smart³ e.V.
Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung e.V. (GFE)	Treffpunkt Keramik
Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V. (GfKORR)	Verband der Wirtschaft Thüringens e.V. – Ausschuss für Forschung und Innovation
Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e.V.	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
Innovationszentrum Bahntechnik Europa e.V.	Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)
International Energy Agency (IEA) Implementing Agreement on Advanced Fuel Cells	Wasserwirtschaftliches Energiezentrum Dresden e.V.
International Zeolite Association	WindEnergy Network Rostock e.V.
KMM-VIN (European Virtual Institute on Knowledge-based Multifunctional Materials AISBL)	

DER FRAUNHOFER-VERBUND WERKSTOFFE, BAUTEILE – MATERIALS

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik umfasst bei Fraunhofer die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Fertigungsverfahren im quasi-industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen.

In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors und Technika gleichrangig die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt, dies über alle Skalen vom Molekül bis zum Bauteil und zur Prozesssimulation. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund MATERIALS den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nichtmetallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe sowie Halbleitermaterialien ab. Der Verbund setzt sein Know-how vor allem in den Geschäftsfeldern Energie & Umwelt, Mobilität, Gesundheit, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen und Wohnen, Mikrosystemtechnik und Sicherheit ein. Über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen sowie die Bewertung des kundenspezifischen Einsatzverhaltens werden Systeminnovationen realisiert.

Ziele des Verbunds sind

- Erhöhung von Sicherheit und Komfort sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in den Bereichen Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Bauen und Wohnen
- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energieerzeugung, Energiewandlung, Energiespeicherung und -verteilung
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Verbesserung der Biokompatibilität und der Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien
- Verbesserung der Nutzung von Rohstoffen und Qualitätsverbesserung der daraus hergestellten Produkte
- Recyclingkonzepte

Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Angewandte Polymerforschung IAP
- Bauphysik IBP
- Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Chemische Technologie ICT
- Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
- Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI
- Silicatiforschung ISC
- Solare Energiesysteme ISE
- System- und Innovationsforschung ISI
- Werkstoffmechanik IWM
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
- Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM (Gastinstitut)
- Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (Gastinstitut)
- Integrierte Schaltungen IIS (Gastinstitut)

Verbundvorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
www.materials.fraunhofer.de



VERBÜNDE, ALLIANZEN, NETZWERKE

DIE FRAUNHOFER-ALLIANZ ADVANCER

Systementwicklung mit Hochleistungskeramik

Der Einsatz von Hochleistungskeramik ermöglicht neue Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau, in der Medizintechnik sowie der Energietechnik. Dazu zählen beispielsweise hocheffiziente Werkzeuge und -beschichtungen, neuartige Material- und Fertigungstechnologien für medizintechnische Produkte sowie kreative Lösungen für energie- und ressourcenschonende Industrieprozesse. Keramische Hochleistungswerkstoffe haben sich als ausgewiesenes Kompetenzfeld der Fraunhofer-Gesellschaft etabliert.

In der Fraunhofer-Allianz AdvanCer haben die vier beteiligten Institute IKTS, IPK, ISC/HTL und IWM ihre Kompetenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammengefasst, um für Industrieunternehmen individuelle Systemlösungen unter Einsatz von Hochleistungskeramik zu erarbeiten. Die Kompetenz reicht von der anwendungsorientierten Entwicklung von Werkstoffen, Fertigungsprozessen und Bearbeitungstechnologien bis hin zur Bauteilcharakterisierung, Bewertung und zerstörungsfreier Prüfung unter Einsatzbedingungen. Dabei werden die Entwicklungsarbeiten auch mit Methoden der Modellierung und Simulation begleitet und unterstützt.

Weiterhin hat die Fraunhofer-Allianz AdvanCer ein umfassendes Präsentations-, Schulungs- und Beratungsangebot zur Hochleistungskeramik aufgebaut, um vor allem kleine und mittelständische Unternehmen bei komplexen Aufgabenstellungen von der Prototypentwicklung bis hin zum Technologietransfer zu unterstützen. Seit 2005 bietet AdvanCer ein dreiteiliges Schulungsprogramm für Techniker und Ingenieure an. Die Schulungsblöcke bauen aufeinander auf, können jedoch auch als Einzelseminare in Anspruch genommen werden.

Aufgabenspektrum

- Werkstoffentwicklung für Struktur- und Funktionskeramik, faserverstärkte Keramik, Cermets, Keramikverbunde
- Bauteilauslegung und Funktionsmusterentwicklung
- Systemintegration und Nachweis der Serienfähigkeit
- Pulver-, Faser- und Beschichtungstechnologien
- Werkstoff-, Bauteil- und Prozesssimulation
- Material- und Bauteilprüfung
- Fehlerbewertung, Schadensanalysen, Qualitätsmanagement
- Analyse des Energiebedarfs für thermische Prozesse und Entwicklung von Temperaturzyklen mit besserer Energieeffizienz
- Effizienzsteigerung durch Einsatz von Keramikkomponenten

Leistungsangebot

- Entwicklung, Prüfung und Bewertung von Werkstoffen
- Prototypenherstellung bis Kleinserienfertigung
- Methoden- und Technologieentwicklung, Technologietransfer
- Prozessanalyse und -gestaltung
- Beratung, Machbarkeitsstudien, Schulungen

Sprecher der Allianz

Dr. Michael Zins
michael.zins@ikts.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
www.advancer.fraunhofer.de

1 Untersuchungen zum NC-Freiformschleifen eines Mikro-gasturbinenrotors aus Si_3N_4 .
(Quelle: Fraunhofer IPK)



1

VERBÜNDE, ALLIANZEN, NETZWERKE

TREFFPUNKT KERAMIK – CERAMIC APPLICATIONS

Der Treffpunkt Keramik ist fester Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit des Instituts. Unternehmen nutzen den schnellen Zugang über den Treffpunkt Keramik zur Forschungsinfrastruktur der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Kooperation zwischen dem Fraunhofer IKTS, dem Göller Verlag und den derzeit 26 Mitgliedern ist die Basis für neue Projektideen. Zukünftig werden hier neue Themen im Bereich Materialdiagnostik angeboten. Die Möglichkeit, in einem Raum die aktuellsten Forschungsthemen zu sehen und gleichzeitig den Kontakt zu potenziellen Lieferanten herstellen zu können, ist ein Alleinstellungsmerkmal des Fraunhofer IKTS. Auch die Mitglieder der Fraunhofer-Allianz AdvanCer profitieren hiervon. Der Treffpunkt ist ein geeignetes Forum, um z. B. Industriepartner für forschungsbegleitende Ausschüsse bei AiF-Projekten zu gewinnen.

Das neu entstandene Magazin »Ceramic Applications« ist dabei ein zentrales Element, um potenzielle Anwender zu informieren. Gemeinsame Messeauftritte auf der Hannovermesse und auf der Ceramics Expo bilden strategische Marketingallianzen.

In den Seminarveranstaltungen und Schulungen des Demonstrationszentrums AdvanCer wird durch die Präsentation des Stands der Technik die von den Teilnehmern gewünschte Praxisnähe realisiert. Das IKTS sichert hierdurch, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, ein Projektforum, das die Kontakte zu Projektträgern und Forschungseinrichtungen vereinfacht. Durch die wechselseitige Einbindung in zahlreiche Veranstaltungen haben sich im Jahr 2014 mehr als 1650 Besucher in Dresden über Produktinnovationen und Bezugsquellen informiert.

Für das Jahr 2015 wird ein Highlight sicherlich der »Tag der Technischen Keramik« auf der Ceramitec in München sein. Im Rahmen eines gemeinsamen Auftritts wird die Technische Keramik mit ca. 30 Partnern auf mehr als 400 m² präsentiert. Die Allianz AdvanCer ist für die wissenschaftliche Gestaltung des Vortragsprogramms verantwortlich.

Die Mitglieder im Treffpunkt Keramik

TREFFPUNKT KERAMIK CERAMIC APPLICATIONS



1 Präsentation des Treffpunkt Keramik auf dem Ceramic Applications-Stand zur Hannover Messe 2015.

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

Erteilte Patente 2014

Adler, J.; Heymer, H.

Verfahren zum Recycling von pulverförmigen Siliciumcarbid-Abfallprodukten

DE 10 2013 218 450 B3

Ahlhelm, M.; Moritz, T.

Synthetisches Knochenersatzmaterial und Verfahren zu seiner Herstellung

DE 10 2012 211 390 B4

Bednarz, M.; Paulus-Rodatz, U.

Elektrode für eine Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle und Verfahren zu ihrer Herstellung
KR101392712 B1

Boettge, D.; Adler, J.; Standke, G.

Zellulärer Werkstoff für Hochtemperaturanwendungen und Verfahren zu seiner Herstellung
DE 10 2008 061 644 B4

Diefenbacher, A.; Voss, H.;

Schuch, G.; Noack, M.; Voigt, I.;

Richter, H.; Caro, J.
Verfahren zur Herstellung einer Komposit-Membran sowie Verwendungen
EP 2 032 239 B1

Endler, I.; Höhn, M.

Beschichtete Körper aus Metall, Hartmetall, Cermet oder Keramik sowie Verfahren zur Beschichtung derartiger Körper
US 8 748 016 B2;
CN 102686772 B; JP 5583224 B2

Fischer, B.; Krüger, P.; Reinert, S.

Stabanordnung für Mikrofokus-Röntgenröhren

DE 10 2013 010 481 B3

Frankenstein, B.; Weihnacht, B.;

Rieske, R.; Fischer, D.

System zur Überwachung des Zustands von Rotorblättern an Windenergieanlagen
EP 2 495 434 B1

Fritz, R.; Haase, S.; Allardt, H.;

Zöllinger, M.; Reetz, R.;

Friedrich, H.-J.

Verfahren und Vorrichtung zur Entfernung von Nitroaromaten aus Abwasser
EP 2 571 816 B1

Härtling, T.; Katzmann, J.

Sensorsubstrat für die oberflächenverstärkte Spektroskopie
EP 2 636 640 B1;
DE 10 2012 004 582 B4

Heddrich, M.; Marschallek, F.;

Beckert, W.; Pfeifer, T.; Stelter, M.;

Jahn, M.; Pönicke, A.; Lorenz, C.;

Belitz, R.

Festoxid-Brennstoffzellen-System
DE 10 2009 037 148 B4

Klesse, T.; Lieske, U.; Weihnacht, B.;

Frankenstein, B.

Anordnung zur zerstörungsfreien Überwachung oder Prüfung von Bauteilen mittels Schallwellenanalyse
EP 2 541 541 B1

Kusnezoff, M.; Michaelis, A.;

Schneider, M.

Anordnung mit mindestens einer Farbstoffsolarzelle
DE 10 2010 056 338 B4

Lausch, H.; Arnold, M.; Brand, M.

Anordnung zur topischen Stimulation der Ossifikation/Osteo-/Soft-Tissue-Genese und/oder Suppression mikrobieller Inflammation sowie zur Osseointegration von Implantaten
DE 10 2011 050 813 B4

Niese, S.

Keilförmige mehrschichtige Laue-Linse und Verfahren zu ihrer Herstellung
DE 10 2013 005 845 B3

Opitz, J.; Fischer, B.;

Morgenstern, P.; Schreiber, J.;

Gerich, C.

Verfahren zur Bestimmung des Geschlechts an Vogeleiern
EP 2 336 751 B1

Peterhans, S. I.; Burmeister, U.;

Wagner, W.; Weiser, C.; Huber, J.;

Ottmann, N.

Brennstoffzellenanordnung mit modularem Aufbau
DE 10 2009 013 586 B4

Reinlein, C.; Beckert, E.; Peschel, T.;

Damm, C.; Gebhardt, S.

Adaptiver deformierbarer Spiegel zur Kompensation von Fehlern einer Wellenfront
US 8 708 508 B2

Richter, H.-J.; Scheithauer, U.;

Haderk, K.; Refle, O.;

Visotschnig, R.; Graf, C.

Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Formkörper durch schichtweisen Aufbau
DE 10 2012 009 464 B4

Sauchuk, V.; Otschik, P.; Eichler, K.;

Kusnezoff, M.

Katalytisch aktives Bauelement für Thermoionisationsdetektoren zum Nachweis von halogenhaltigen Verbindungen und Verfahren zur Herstellung eines oxidkeramischen Werkstoffes für das Bauelement
EP 2 057 103 B1

Scheithauer, U.; Brückner, B.;

Schönecker, A.

Vorrichtung für eine definierte Positionierung von faden- oder rohrförmigen elektrostriktiven, ferroelektrischen oder piezokeramischen Elementen für die Herstellung von aktorisch und/oder sensorisch wirksamen Elementen
DE 10 2009 043 132 B4

Schreiber, J.; Cikalova, U.; Khilo, N.;

Bendjus, B.

Verfahren zur berührungslosen, zerstörungsfreien Bestimmung der Härte, Porosität und/oder mechanischen Spannungen an Werkstoffen oder Verbundwerkstoffen
EP 2 580 570 B1

Wätzig, K.; Krell, A.; Klimke, J.

Verfahren zur Herstellung von

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- redispersierbaren hochreinen Nanospinellpulvern und redispersierbares hochreines Nanospinellpulver
DE 10 2009 046 036 B4
- Yeap, K.B.; Kopycinska-Müller, M.; Zschech, E.; Gall, M.
Anordnung und Verfahren zur synchronen Bestimmung des Schermoduls und der Poissonzahl an Proben aus elastisch isotropen und anisotropen Werkstoffen
DE 10 2013 014 807 B3
- **Patentanmeldungen 2014**

- Binhussain, M.; Alakeel, A. K.; Binmajid, M. M.; Klimke, J.
High strength transparent ceramic using corundum powder and methods of manufacture
- Binhussain, M.; Alakeel, A. K.; Binmajid, M. M.; Klimke, J.
Nano-porous corundum ceramics and methods of manufacture
- Herrmann, M.; Matthey, B.; Schilm, J.
Bauteil hergestellt aus keramischem Werkstoff und Verfahren zu seiner Herstellung
- Hutzler, T.; Krell, A.
Transparente Spinellkeramiken und Verfahren zu ihrer Herstellung
- Jahn, M.; Heddrich, M.; Reichelt, E.
Verfahren zur Herstellung flüssiger und/oder fester Kohlenwasserstoffverbindungen
- Jurk, R.; Eberstein, M.; Reinhardt, K.; Schmidt, U.
Verfahren zur Bestimmung der Qualität von elektrisch leitenden Verbindungen zwischen Frontseitenkontakten und der halbleitenden Schicht von in der Photovoltaik eingesetzten Siliciumwafern
- Körner, S.; Eberstein, M.
Verfahren zur Herstellung eines Silber enthaltenden Glaspulvers sowie die Verwendung des Glaspulvers
- Kriegel, R.; Kircheisen, R.; Sonnenberg, C.; Schulz, M.
Verfahren und Anordnung zur Erzeugung und thermischen Kompression von Sauerstoff
- Kusnezoff, M.; Näfe, H.
Sensor zur Bestimmung des Anteils eines oxidischen Gases in einem Messgas
- Pötschke, J.; Richter, V.
Verschleißfeste Wolframcarbid-Keramiken und Verfahren zu ihrer Herstellung
- Richter, H.; Kämnitz, S.; Voigt, I.; Grützner, J.; Martin, D.
Kohlenstoffmembran, Verfahren zur Herstellung von Kohlenstoffmembranen und deren Verwendung
- Scheithauer, U.; Reichelt, E.; Beckert, W.; Schwarzer, E.; Pohl, M.; Jahn, M.; Ganzer, G.
Monolithischer statischer Mischer und/oder katalytisch wirkendes Element sowie Verfahren zur Herstellung
- Scheithauer, U.; Schwarzer, E.; Poitzsch, C.; Richter, H.-J.; Moritz, T.; Stelter, M.
Verfahren zur Herstellung keramischer und/oder metallischer Bauteile
- Wolter, M.; Nikolowski, K.; Partsch, U.; Roscher, M.; Echelmeyer, T.; Tittel, D.; Clauss, M.
Elektroenergiespeicherelement, Verfahren und Vorrichtung zu seiner Herstellung
- **Buch- und Zeitschriftenbeiträge**

- Aubel, O.; Beyer, A.; Talut, G.; Gall, M.
Empirical BEOL-TDDB evaluation based on I(t)-trace analysis
Microelectronics Reliability 54(2014), Nr.9–10, S.1671–1674
- Ahmed, R.R.; Faisal, N.H.; Al-Anazi, N.; Al-Mutairi, S.; Toma, F.-L.; Berger, L.-M.; Potthoff, A.; Polychroniadis, E.K.; Sall, M.; Chaliampalias, D.; Goosen, M.F.A.
Structure property relationship of suspension thermally sprayed WC-Co nanocomposite coatings
Journal of Thermal Spray Technology 24(2014), Nr.3, S.357–377
- Bansal, N.P.(Ed.); Kusnezoff, M.(Ed.)
Advances in solid oxide fuel cells IX. Preface
Ceramic Engineering and Science Proceedings 34(2014), Nr.4, S.VII–VIII
- Bardl, G.; Nocke, A.; Cherif, C.; Kupke, R.; Klein, M.; Heuer, H.
Defect detection in carbon fiber non-crimp fabrics and CRFP with high-frequency eddy current technique
Technische Textilien 57(2014), Nr.4, S.E142–E143
- Berger, L.-M.
Coatings by thermal spray
Sarin, V.K.(Ed.); Nebel, C.E.(Ed.): Comprehensive Hard Materials. Vol.3: Super Hard Materials
Burlington: Elsevier Science (2014), S.471–506
- Berger, L.-M.; Toma, F.-L.; Scheitz, S.; Trache, R.; Börner, T.
Thermisch gespritzte Schichten im System Al_2O_3 - Cr_2O_3 - TiO_2 – ein Update
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014), Nr.6, S.465–475
- Bertovic, M.; Calmon, P.; Carter, L.; Fischer, J.; Forsyth, D.; Holstein, R.; McGrath, B.; Müller, C.; Pavlovic, M.; Ronneteg, U.; Rummel, W.; Schubert, F.; Selby, G.
Summary of the "Open space technology discussions" on reliability of NDE
MP Materials Testing 56(2014), Nr.7-8, S.602–606
- Birke, V.; Schuett, C.; Burmeier, H.; Friedrich, H.-J.
Impact of trace elements and impurities in technical zero-valent iron brands on reductive dechlorination of chlorinated ethenes in groundwater
Naidu, Ravi(Ed.); Birke, Volker(Ed.): Permeable Reactive Barrier: Sustainable Groundwater Remediation
Taylor & Francis: Hoboken (2014), Chapter 5, S.87–97
- Böhme, S.; Stärk, H.-J.; Meißner, T.; Springer, A.; Reemtsma, T.; Kühnel, D.; Busch, W.
Quantification of Al_2O_3 nanoparticles in human cell lines applying inductively coupled plasma mass spectrometry (neb-ICP-MS, LA-ICP-MS) and flow cytometry-based methods
Journal of Nanoparticle Research 16(2014), Nr.9, Art.2592, 16 S.
- Börner, F.-D.; Schreier, M.; Feng, B.; Lippmann, W.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.; Hurtado, A.
Development of laser-based joining technology for the fabrication of ceramic thermoelectric modules
Journal of Materials Research 29(2014), Nr.16, S.1771–1780
- Bremerstein, T.; Rudolph, M.; Peuker, U.A.
Effect of solvent exchange on the stability of sterically functionalized magnetite nanoparticles in poly(methyl methacrylate) solutions and resulting spray dried composites
Transactions of the Institution of Chemical Engineers. A 92(2014), Nr.11, S.2523–2533
- Bremerstein, T.; Höhn, S.; Potthoff, A.; Blug, B.; Amann, T.
Rheologisches Verhalten der beim Strömungsschleifen genutzten SiC-Suspensionen
Chemie-Ingenieur-Technik 86(2014), Nr.3, S.262–269

- Busch, J.; Meißner, T.; Potthoff, A.; Oswald, S.
Investigations on mobility of carbon colloid supported nano-scale zero-valent iron (nZVI) in a column experiment and a laboratory 2D-aquifer test system
Environmental Science and Pollution Research International: ESPR 21(2014), Nr.18, S.10908–10916
- Busch, J.; Meißner, T.; Potthoff, A.; Oswald, S.
Transport of carbon colloid supported nanoscale zero-valent iron in saturated porous media
Journal of Contaminant Hydrology 164(2014), S.25–34
- Conze, S.; Pönicke, A.; Martin, H.-P.; Rost, A.; Kinski, I.; Schilm, J.; Michaelis, A.
Manufacturing processes for TiO_x-based thermoelectric modules: From suboxide synthesis to module testing
Journal of Electronic Materials 43(2014), Nr.10, S.3765–3771
- Davami, K.; Shaygan, M.; Kheirabi, N.; Zhao, J.; Kovalenko, D.; Rummeli, M.; Opitz, J.; Cuniberti, G.; Lee, J.-S.; Meyyappan, M.
Synthesis and characterization of carbon nanowalls on different substrates by radio frequency plasma enhanced chemical vapor deposition
Carbon (2014), Nr.72, S.372–380
- Derenko, S.; Härtling, T.; Unglaube, G.; Eng, L.M.; Opitz, J.
A compact differential refractive index sensor based on localized surface plasmons
Sensors and Actuators. A 214(2014), S.252–258
- Derenko, S.
Sensors for environmental monitoring based on localized surface plasmons
Hochschulschrift, 2014, VII, 120 S. (Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2014)
- Dörfler, S.; Pinkert, K.; Weiser, M.; Wabnitz, C.; Goldberg, A.; Ferse, B.; Giebeler, L.; Althues, H.; Schneider, M.; Eckert, J.; Michaelis, A.; Beyer, E.; Kaskel, S.
D2 enertrode: Production technologies and component integration of nanostructured carbon electrodes for energy technology – functionalized carbon materials for efficient electrical energy supply
Advanced Engineering Materials 16(2014), Nr.10, S.1196–1201
- Eckhard, S.; Fries, M.; Teipel, U.; Antonyuk, S.; Heinrich, S.
Modification of the mechanical granule properties via internal structure
Powder Technology 258(2014), S.252–264
- Eckhard, S.; Fries, M.; Teipel, U.
Variation der mechanischen Eigenschaften von Sprühgranulaten über die innere Struktur
Chemie-Ingenieur-Technik 86(2014), Nr.3, S.307–317
- Feng, B.; Martin, H.-P.; Börner, F.-D.; Lippmann, W.; Schreier, M.; Vogel, K.; Lenk, A.; Veremchuk, I.; Dannowski, M.; Richter, C.; Pfeiffer, P.; Zikoridae, G.; Lichte, H.; Grin, J.; Hurtado, A.; Michaelis, A.
Manufacture and testing of thermoelectric modules consisting of B_xC and TiO_x elements
Advanced Engineering Materials 16(2014), Nr.10, S.1252–1263
- Freund, S.(Hrsg.); Gaal, A.(Hrsg.); Fraunhofer-Allianz AdvanCer
AdvanCer Newsletter. Ausgabe 2014/1 und 2014/2
Dresden: Fraunhofer IKTS, 2014, 4 S.
- Friedrich, H.-J.; Zschornack, D.; Knappik, R.; Müller, W.
Electrochemical incineration of C-14-containing liquid wastes – first results and outlook
Atw 59(2014), Nr.6, S.376–381
- Garett, J.C.; Sigalas, I.; Herrmann, M.
TEM investigation of the inter-
- face formation in cubic boron nitride containing α -SiAlON composites**
Ceramics International: CI 40(2014), Nr.10, Pt.B, S.16169–16175
- Geller, S.; Neumeister, P.; Gude, M.; Tyczynski, T.
Studies on the polarisation behaviour of novel piezoelectric sensor modules
Sensors and Actuators. A 218(2014), S.162–166
- Glage, A.; Weigelt, C.; Räthel, J.; Biermann, H.
Fatigue behaviour of hot pressed austenitic TWIP steel and TWIP steel/Mg-PSZ composite materials
International Journal of Fatigue 65(2014), S.9–17
- Goncalves, J.; Shaikh, A.; Reitzig, M.; Kovalenko, D.; Michael, J.; Beutner, R.; Scharnweber, D.; Cuniberti, G.; Opitz, J.
Detonation nanodiamonds bio-functionalization and incorporation into titanium alloy surfaces as first steps towards medical application
Beilstein Journal of Organic Chemistry 10(2014), S.2765–2773
- Grehn, M.; Seuthe, T.; Höfner, M.; Griga, N.; Theiss, C.; Mermillod-Blondin, A.; Eberstein, M.; Eichler, H.J.; Bonse, J.
Femtosecond-laser induced ablation of silicate glasses and the intrinsic dissociation energy
Optical Materials Express 4(2014), Nr.4, S.689–700
- Guillon, O.; Gonzalez-Julian, J.; Dargatz, B.; Kessel, T.; Schierning, G.; Räthel, J.; Herrmann, M.
Field-assisted sintering technology/spark plasma sintering: Mechanisms, materials, and technology developments
Advanced Engineering Materials 16(2014), Nr.7, S.830–849
- Han, T.Y.
Phased array ultrasonic testing of dissimilar metal welds using geometric based referencing delay law technique
Dresden: TUDpress, 2014, IV, 155 S. (Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2014) ISBN: 978-3-944331-62-1
- Hauschildt, M.; Hintze, B.; Gall, M.; Koschinsky, F.; Preuß, A.; Bolom, T.; Nopper, M.; Beyer, A.; Aabel, O.; Talut, G.; Zschech, E.
Advanced metallization concepts and impact on reliability
Japanese Journal of Applied Physics 53(2014), Nr.5, Special Issue 2, Art.05GA11, 10 S.
- Herrmann, M.; Toma, F.-L.; Berger, L.-M.; Kaiser, G.; Stahr, C.C.
Comparative study of the corrosion resistance of thermally sprayed ceramic coatings and their bulk ceramic counterparts
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.2, S.493–504
- Herrmann, M.; Sempf, K.; Schneider, M.; Sydow, U.; Kremmer, K.; Michaelis, A.
Electrochemical corrosion of silicon carbide ceramics in H₂SO₄
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.2, S.229–235
- Herrmann, M.; Standke, G.; Höhn, S.; Himpel, G.; Gestrich, T.
High-temperature corrosion of silicon carbide ceramics by coal ashes
Ceramics International: CI 40(2014), Nr.1, S.1471–1479
- Herrmann, M.; Sempf, K.; Wendrock, H.; Schneider, M.; Kremmer, K.; Michaelis, A.
Electrochemical corrosion of silicon carbide ceramics in sodium hydroxide
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.7, S.1687–1693
- Herrmann, M.; Schönfeld, K.; Klemm, H.; Lippmann, W.; Hurtado, A.; Michaelis, A.
Laser-supported joining of SiC-

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- fiber/SiCN ceramic matrix composites fabricated by precursor infiltration
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.12, S.2913–2924
- Herrmann, M.; Kluge, E.; Rödel, C.; McKie, A.; Staden, F.V.
Corrosion behaviour of silicon carbide-diamond composite materials in aqueous solutions
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.10, S.2143–2151
- Herrmann, M.; Klemm, H.
Corrosion of ceramic materials
Sarin, V.K.: Comprehensive Hard Materials. Vol.2: Ceramics
Amsterdam: Elsevier, 2014, S.413–446
- Herrmann, M.; Matthey, B.; Kunze, S.; Petasch, U.
SiC-diamond materials: Wear-resistant and versatile
Ceramic forum international: cfi. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 91(2014), Nr.10, S.E39–E43
- Herzog, T.; Walter, S.; Heuer, H.
GigaSonic – Untersuchungen an hochfrequenten Dünnschichtschwingern für zukünftige Phased-Array-Sensoren
Galvanotechnik 105(2014), Nr.1, S.178–184
- Herzog, T.; Walter, S.; Heuer, H.
GigaSonic – Untersuchungen an hochfrequenten Dünnschichtschwingern für zukünftige Phased-Array-Sensoren
Produktion von Leiterplatten und Systemen: PLUS 16(2014), Nr.5, S.1047–1052
- Heubner, C.; Lämmel, C.; Junker, N.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Microscopic in-operando thermography at the cross section of a single lithium ion battery stack
Electrochemistry Communications 48(2014), S.130–133
- Hildebrandt, S.; Kinski, I.; Mosch, S.; Waltinger, A.; Uhlig, F.; Michaelis, A.
Non-contact printing: Conductive track geometry affected by ink rheology and composition
Microsystem Technologies (2014), doi:10.1007/s00542-014-2275-8, online first
- Hillmann, S.; Schiller-Bechert, D.M.; Uhlemann, F.
Neues und verbessertes Verfahren zur Prüfung von Rohrundschweißnähten
VGB PowerTech Journal (2014), S.17
- Himpel, G.; Herrmann, M.; Höhn, S.; Klinger, M.
High-temperature corrosion of aluminium nitride ceramics by coal ashes
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.2, S.267–276
- Höhn, S.; Michaelis, A.(Hrsg.)
Beitrag zur quantitativen Charakterisierung keramischer Granulate, Grünkörper und Werkstoffe im angesinterten Zustand
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014, IX, 223 S.
(Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2013)
(Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe, 21)
ISBN 978-3-8396-0686-5
- Hohfeld, K.; Gebhardt, S.; Schönecker, A.; Michaelis, A.
PZT components derived by polysulfone spinning process
Advances in Applied Ceramics (2014), doi:10.1179/1743676114Y.000000229, online first
- Huck, C.; Neubrech, F.; Vogt, J.; Toma, A.; Gerbert, D.; Katzmann, J.; Härtling, T.; Pucci, A.
Surface-enhanced infrared spectroscopy using nanometer-sized gaps
ACS Nano 8(2014), Nr.5, S.4908–4914
- Jahn, M.; Reichelt, E.; Heddrich, M.; Weder, A.
Synthesegaserzeugung aus Biogas – Reaktordesign und Integration in ein Festoxidbrennstoffzellensystem
Chemie-Ingenieur-Technik 86(2014), Nr.4, S.486–496
- Joedecke, C.B.; Michaelis, A.(Hrsg.)
Wolfram-Dickschichtmetallisierungen im Simultaneinbrand mit Aluminiumnitrid
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014, VII, 151 S.
(Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2014)
(Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe, 23)
ISBN 978-3-8396-0727-5
- Johnson, O.T.; Sigalas, I.; Herrmann, M.
Comparative study of reactive and non-reactive sintering route for producing B₂O-TiB₂ materials
Ceramics International: CI 40(2014), Nr.1, Pt.A, S.573–579
- Junker, N.; Rabbow, T.; Schneider, M.; Schilm, J.; Michaelis, A.
Chemical degradation of screen-printed thick films on LTCC
Journal of Ceramic Science and Technology 5(2014), Nr.3, S.209–216
- Joneit, D.; Nadler, M.; Heuer, H.
Correction of eddy current measurements to obtain accordance with simulation results
NDT & E International 62(2014), S.167–171
- Kaiser, S.; Reichelt, E.; Gebhardt, S.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Porous perovskite fibers – preparation by wet phase inversion spinning and catalytic activity
Chemical Engineering and Technology 37(2014), Nr.7, S.1146–1154
- Kiziltaş-Yavuz, N.; Bhaskar, A.; Dixon, D.; Yavuz, M.; Nikolowski, K.; Lu, L.; Eichel, R.; Ehrenberg, H.
Improving the rate capability of high voltage Lithium-ion battery cathode material LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ by ruthenium doping
Journal of Power Sources 267(2014), S.533–541
- Klatt, J.; Gerich, C.E.; Gröbe, A.; Opitz, J.; Schreiber, J.; Hanken, H.; Salomon, G.; Heiland, M.; Kluwe, L.; Blessmann, M.
Fractal dimension of time-resolved autofluorescence discriminates tumour from healthy tissues in the oral cavity
Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 42(2014), Nr.6, S.852–854
- Krell, A.
Comment: The effect of grain size on the mechanical and optical properties of spark plasma sintering-processed magnesium aluminate spinel MgAl₂O₄ (Rothaman et al.)
International Journal of Applied Ceramic Technology (2014), doi:10.1111/ijac.12280, online first
- Krell, A.
Comments on "An extended hardness limit in bulk nanoceramics" by J.A. Wollmershauser, B.N. Feigelson, E.P. Gorzkowski, C.T. Ellis, R. Goswami, S.B. Qadri, J.G. Tischler, F.J. Kub, R.K. Everett, Acta Materialia 69(2014) 9-16
Scripta Materialia 92(2014), S.63–64
- Krell, A.; Hutzler, T.; Klimke, J.
Defect strategies for an improved optical quality of transparent ceramics
Optical Materials 38(2014), S.61–74
- Krell, A.; Strassburger, E.
Order of influences on the ballistic resistance of armor ceramics and single crystals
Materials Science and Engineering, A. Structural materials, properties, microstructure and processing 597(2014), S.422–430
- Kubec, A.; Braun, S.; Niese, S.; Krüger, P.; Patommel, J.; Hecker, M.; Leson, A.; Schroer, C.G.
Ptychography with multilayer

Laue lenses

Journal of Synchrotron Radiation 21(2014), Nr.5, S.1122–1127

Kurzydowski, K.; Boczkowska, A.; Kozera, R.; Salacinska, A.; Bielinski, J.; Endler, I.; Abidin, A.Z.; Höhn, M.; Krug, M.

Coatings

Gude, M.(Ed.); Foundry Research Institute -IOD-, Kraków:

Textile reinforced carbon fibre/aluminium matrix composites for light-weight applications

Krakow: Foundry Research Institute (2014), S.33–76

Kwok, K.; Kiesel, L.; Frandsen, H.L.; Søgaard, M.; Hendriksen, P.V.

Strength characterization of tubular ceramic materials by flexure of semi-cylindrical specimens

Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.5, S.1423–1432

Langklotz, U.; Michaelis, A.(Hrsg.)

(Mikro-)elektrochemische Untersuchungen zur Schichtdicke und den dielektrischen Eigenschaften dünner anodischer Oxidfilme auf Titan und TiAlV6-4

Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014, XX, 225 S.

(Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2013) (Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe, 20)

ISBN 978-3-8396-0654-4

Liao, Z.; Gall, M.; Yeap, K.B.; Sander, C.; Mühle, U.; Gluch, J.; Standke, Y.; Aubel, O.; Vogel, N.; Hauschildt, M.; Beyer, A.; Engelmann, H.J.; Zschech, E.

In-situ study of the TDDB-induced damage mechanism in Cu/ultra-low-k interconnect structures

Microelectronic Engineering (2014), doi:10.1016/j.mee.2014.09.014, online first

Liao, Z.; Gall, M.; Yeap, K.B.; Sander, C.; Aubel, O.; Mühle, U.; Gluch, J.; Niese, S.; Standke, Y.; Rosenkranz, R.; Löffler, M.; Vogel, N.; Beyer, A.; Engelmann, H.J.; Guttmann, P.

Schneider, G.; Zschech, E.

A new in situ microscopy approach to study the degradation and failure mechanisms of time-dependent dielectric breakdown: Set-up and opportunities

Advanced Engineering Materials 16(2014), Nr.5, S.486–493

Lincke, M.; Poss, R.; Tillmann, A.; Klöden, B.; Gläser, S.; Faßauer, B.

Materialentwicklung und verfahrenstechnische Erprobung eines energie- und rohstoffeffizienten Entschwefelungssystems für Biogas

Thrän, D.(Hrsg.); Deutsches BiomasseForschungszentrum DBFZ, Leipzig: Neue Wege zur

Prozessoptimierung in Biogasanlagen. Abgeschlossene Vorhaben im BMU-Förderprogramm. TI.2

Leipzig: DBFZ (2014), S.17–27

(BMU-Förderprogramm "Energetische Biomassenutzung". Schriftenreihe 16)

Lipińska-Chwalek, M.; Kiesel, L.; Malzbender, J.

Mechanical properties of porous MgO substrates for membrane applications

Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.10, S.2519–2524

Mannschätz, A.; Härtel, A.; Müller-Köhn, A.; Moritz, T.; Michaelis, A.; Wilde, M.

Manufacturing of two-colored co-sintered zirconia components by inmold-labelling and 2C-injection molding

Ceramic forum international: cfi. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 91(2014), Nr.8, S.E53–E58

Meier, K.; Lautenschläger, G.; Wolter, K.-J.; Röllig, M.; Schiebl, A.

Lebensdauer von SMD-Lotkontakten unter kombinierter Vibrations- und Temperaturbelastung: Untersuchungen bei Raumtemperatur, bei Hochtemperatur und nach isothermer Voralterung

Produktion von Leiterplatten und

Systemen: PLUS 16(2014), Nr.5, S.1058–1066

Meißner, T.; Oelschlägel, K.; Potthoff, A.

Dispersion of nanomaterials used in toxicological studies: A comparison of sonication approaches demonstrated on TiO₂ P25

Journal of Nanoparticle Research 16(2014), Nr.2, Art.2228

Meißner, T.; Oelschlägel, K.; Potthoff, A.

Implications of the stability behavior of zinc oxide nanoparticles for toxicological studies

International Nano Letters 4(2014), Nr.3, Art.116, 13 S.

Michaelis, A.(Hrsg.); Schneider, M.(Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

Symposium "Angewandte Elektrochemie in der Materialforschung" 2014. Elektrochemische Methoden in der Batterieforschung. Gut gemacht. Aber richtig interpretiert?: 4. und 5. Dezember 2014 im Fraunhofer IKTS in Dresden. Tagungsband.

Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014, 127 S. (Schriftenreihe Angewandte Elektrochemie in der Werkstoffwissenschaft, 4) ISBN 978-3-8396-0822-7

Mosch, S.; Fritsch, M.; Trofimenko, N.; Jurk, R.

Metal nano-inks: From synthesis to application

Coating International 47(2014), S.16–17

Müller-Köhn, A.; Janik, J.; Neubrand, A.; Klemm, H.; Moritz, T.; Michaelis, A.

Fabrication of short fiber reinforced SiCN by injection molding of preceramic polymers

Ceramic Transactions 248(2014), S.381–389

Müller-Köhn, A.; Ahlhelm, M.; Moritz, T.; Michaelis, A.; Ladisch, S.

Prediction and validation of fiber orientation in short fiber reinforced injection molded SiCN-ceramics

Ceramic forum international: cfi. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft 91(2014), Nr.3-4, S.E63–E68

Müller-Köhn, A.; Ahlhelm, M.; Laddisch, S.; Moritz, T.; Michaelis, A.

Vorhersage und Validierung der Faserorientierung in kurzfaserverstärkten, spritzgegossenen SiCN-Keramiken

Kriegesmann, J.; Deutsche Keramische Gesellschaft e.V. DKG:

Technische Keramische Werkstoffe. Loseblattausgabe. Aktualisierte Ausgabe

Ellerau: HvB Verlag, 18 S. (Ergänzungslieferung Juli 2014, Kapitel 3.4.8.9)

Naidoo, M.; Johnson, O.; Sigalas, I.; Herrmann, M.

Influence of tantalum on the microstructure and properties of Ti(C,N)-Ni cermets

International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 42(2014), S.97–102

Nerowski, A.; Pötschke, M.; Wiesenhütter, U.; Nicolai, J.; Cikalova, U.; Dianat, A.; Erbe, A.; Opitz, J.; Bobeth, M.; Baraban, L.; Cuniberti, G.

Effect of waveform of ac voltage on the morphology and crystallinity of electrochemically assembled platinum nanowires

Langmuir. The ACS Journal of Surfaces and Colloids 30(2014), Nr.19, S.5655–5661

Neumeister, P.; Eßlinger, S.; Gebhardt, S.; Schönecker, A.; Flössel, M.

Effect of mechanical constraints in thin ceramic LTCC/PZT multilayers on the polarization behavior of the embedded PZT

International Journal of Applied Ceramic Technology 11(2014), Nr.3, S.422–430

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Niese, S.; Krüger, P.; Kubec, A.; Laas, R.; Gawlitza, P.; Melzer, K.; Braun, S.; Zschech, E.
Fabrication of customizable wedged multilayer Laue lenses by adding a stress layer
Thin Solid Films 571(2014), Nr.2, S.321–324
- Niese, S.; Krüger, P.; Kubec, A.; Braun, S.; Patommel, J.; Schroer, C.G.; Leson, A.; Zschech, E.
Full-field X-ray microscopy with crossed partial multilayer Laue lenses
Optics Express 22(2014), Nr.17, S.20008–20013
- Ortwein, A.; Zeuner, A.; Jentsch, T.; Zeißler, R.; Seifert, P.; Schlichting, H.; Meyer, B.
Determination of residence time distributions in different high pressure gasification processes by radioactive tracers
International Journal of Hydrogen Energy 39(2014), Nr.22, S.11606–11610
- Pecanac, G.; Kiesel, L.; Kriegel, R.; Malzbender, J.
Comparison of thermo-mechanical characteristics of non-doped and 3 mol% B-site Zr-doped $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_3$ -sigma
Ceramics International: CI 40(2014), Nr.1, Pt.B, S.1843–1850
- Pecanac, G.; Kiesel, L.; Malzbender, J.
Steady-state creep of porous and an extended analysis on the creep of dense BSCFZ perovskite
Journal of Membrane Science 456(2014), S.134–138
- Peschel, M.; Michaelis, A.(Hrsg.)
Frontseitenkontaktierung polykristalliner Siliziumsolarzellen mittels bleifreier ZnO-haltiger Gläser in Silberpasten
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014, 169 S.
(Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2014)
(Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe, 24)
ISBN 978-3-8396-0741-1
- Pippardt, U.; Böer, J.; Kiesel, L.; Kircheisen, R.; Kriegel, R.; Voigt, I.
Co-firing technology for the preparation of asymmetric oxygen transporting membranes based on BSCF and Zr-doped BSCF
AIChE Journal 60(2014), Nr.1, S.15–21
- Pippardt, U.; Böer, J.; Bollert, C.; Hoffmann, A.; Heidenreich, M.; Kriegel, R.; Schulz, M.; Simon, A.
Performance and stability of mixed conducting composite membranes based on substituted ceria
Journal of Ceramic Science and Technology 5(2014), Nr.4, S.309–316
- Pötschke, J.; Richter, V.; Michaelis, A.
Fundamentals of sintering nano-scaled binderless hardmetals
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials (2014), doi:10.1016/j.ijrmhm.2014.04.022, online first
- Pötschke, J.; Richter, V.; Gestrich, T.; Michaelis, A.
Grain growth during sintering of tungsten carbide ceramics
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 43(2014), S.309–316
- Reichelt, E.; Heddrich, M.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Fiber based structured materials for catalytic applications
Applied Catalysis. A 476(2014), S.78–90
- Reitzig, M.; Winkler, M.; Härtling, T.; Röder, O.; Opitz, J.
Evaluation of low energy electron beam dose application by means of a portable optical device
Optical Engineering 53(2014), Nr.11, Art.114102, 4 S.
- Richter, H.
Large-scale ceramic support fabrication for palladium-membranes
- Doukelis, A.(Ed.); Panopoulos, K.(Ed.); Koumanakos, A.(Ed.); Kakaras, E.(Ed.):
Woodhead publishing series in energy. Vol. 68: Palladium membrane technology for hydrogen production, carbon capture and other applications: Principles, energy production and other applications
Amsterdam: Elsevier (2014), Chapter 4, S.69–82
- Roszeitis, S.; Feng, B.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.
Reactive sintering process and thermoelectric properties of boron rich boron carbides
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.2, S.327–336
- Rutkowski, B.; Kriegel, R.; Malzbender, J.
Ex-service analysis of membrane tubes after the operation in a demonstrator unit
Journal of Membrane Science 462(2014), S.69–74
- Sander, C.; Standke, Y.; Niese, S.; Rosenkranz, R.; Clausner, A.; Gall, M.; Zschech, E.
Advanced methods for mechanical and structural characterization of nanoscale materials for 3D IC integration
Microelectronics Reliability 54(2014), Nr.9–10, S.1959–1962
- Scheithauer, U.; Dannowski, M.; Schwarzer, E.; Slawik, T.
Innovative kiln furniture, their influence on the temperature distribution within the kiln, and a new production technology
Interceram 63(2014), Nr.6, Special edition: Refractories manual II, S.312–316
- Scheithauer, U.; Bergner, A.; Schwarzer, E.; Richter, H.-J.; Moritz, T.
Studies on thermoplastic 3D printing of steel-zirconia composites
Journal of Materials Research 29(2014), Nr.17, S.1931–1940
- Schneider, M.; Kremmer, K.; Lämmel, C.; Sempf, K.; Herrmann, M.
Galvanic corrosion of metal/ceramic coupling
Corrosion Science 80(2014), S.191–196
- Schneider, M.; Schubert, N.; Höhn, S.; Michaelis, A.
Anodic dissolution of cobalt in aqueous sodium nitrate solution at high current densities
Materials and Corrosion (2014), doi:10.1002/maco.201407638, online first
- Schneider, M.; Kremmer, K.
The effect of bath aging on the microstructure of anodic oxide layers on AA1050
Surface and Coatings Technology 246(2014), S.64–70
- Schroth, S.; Michaelis, A.(Hrsg.)
Optische In-situ-Beobachtung des anodischen Auflösungsverhaltens von Kupfer unter ECM-nahen Bedingungen.
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2014, XV, 133 S.
(Zugl.: Dresden, TU, Diss., 2013)
(Kompetenzen in Keramik. Schriftenreihe, 22)
ISBN 978-3-8396-0693-3
- Schubert, N.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Electrochemical machining of cemented carbides
International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 47(2014), S.54–60
- Schumann, K.; Unger, B.; Brandt, A.; Fischer, G.; Richter, H.; Jänchen, J.
Herstellung und Charakterisierung von kompakten bindemittelfreien Zeolithformkörpern mit Faujasit- und Linde Typ A-Struktur
Chemie-Ingenieur-Technik 86(2014), Nr.1–2, S.106–111
- Schwankl, M.; Rübner, M.; Flössel, M.; Gebhardt, S.; Michaelis, A.; Singer, R.F.

- Koerner, C.
Active functionality of piezoceramic modules integrated in aluminum high pressure die castings
Sensors and Actuators. A 207(2014), S.84–90
- Schwarz, B.
Manchmal ist kaputt besser – Substratvorbehandlung
Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe. Ausgabe A (2014), Nr.21, S.28–31
- Seifollahi Bazarjani, M.; Müller, M.; Kleebe, H.J.; Jüttke, Y.; Voigt, I.; Baghaie Yazdi, M.; Alff, L.; Riedel, R.; Gurlo, A.
High-temperature stability and saturation magnetization of superparamagnetic nickel nanoparticles in microporous polysilazane-derived ceramics and their gas permeation properties
ACS Applied Materials & Interfaces 6(2014), Nr.15, S.12270–12278
- Slawik, T.; Bergner, A.; Puschmann, R.; Franke, P.; Räthel, J.; Behnisch, T.; Scholl, R.; Berger, L.-M.; Moritz, T.; Zelm, R.; Gude, M.; Michaelis, A.; Beyer, E.; Leyens, C.; Großmann, H.; Kieback, B.
Metal-ceramic layered materials and composites manufactured using powder techniques
Advanced Engineering Materials 16(2014), Nr.10, S.1293–1302
- Standke, G.; Herrmann, M.; Kunze, S.; Heymer, H.; Adler, J.; Höhn, S.
Siliciumcarbid-Feuerfestwerkstoffe für Vergasungsreaktoren
Chemie-Ingenieur-Technik 86(2014), Nr.10, S.1753–1760
- Steinborn, C.; Herrmann, M.; Keitel, U.; Schönecker, A.; Eichler, J.
Correlations between microstructure and dielectric properties of hexagonal boron nitride
Journal of the European Ceramic Society 34(2014), Nr.7, S.1703–1713
- Tillmann, W.; Sievers, N.; Pfeiffer, J.; Wojarski, L.; Zielke, R.; Pönicke, A.; Schilm, J.
Examination of the porosity in reactive air brazed joints by ultrasonic testing
Advanced Engineering Materials 16(2014), Nr.2, S.1437–1441
- Toma, F.-L.; Berger, L.-M.; Kuntze, T.; Scheitz, S.; Thiele, S.
Funktionalisierung von Keramikoberflächen durch thermisch gespritzte Schichten
Thermal Spray Bulletin 7(2014), Nr.1, S.36–42
- Toma, F.-L.; Berger, L.-M.; Shakhverdova, I.; Leupolt, B.; Potthoff, A.; Oelschlägel, K.; Meißner, T.; Ibáñez Gomez, J.A.; de Miguel, Y.
Parameters influencing the photocatalytic activity of suspension-sprayed TiO₂ coatings
Journal of Thermal Spray Technology 23(2014), Nr.7, S.1037–1053
- Töpfer, J.; Hesse, J.; Bierlich, S.; Barth, S.; Capraro, B.; Rabe, T.; Nagib-Zadeh, H.; Bartsch, H.
Integration of Ni-Cu-Zn and hexagonale ferrites into LTCC modules: cofiring strategies and magnetic properties
Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 61(2014), Supplement Nr.S1, S.S214–S217
- Wätzig, K.; Kunzer, M.; Kinski, I.
Influence of sample thickness and concentration of Ce dopant on the optical properties of YAG:Ce ceramic phosphors for white LEDs
Journal of Materials Research 29(2014), Nr.19, S.2318–2324
- Wätzig, K.; Kinski, I.
Preparation and characterization of a transparent, photoluminescent MgAl₂O₄:Eu²⁺ ceramic
Zeitschrift für Naturforschung. B 69(2014), Nr.2, S.159–164
- Wätzig, K.
Transparentkeramik als Alternative zu Einkristallen
Laser-Magazin (2014), Nr.3, S.62–63
- Weber, J.; Krujatz, F.; Hilppmann, G.; Grütznert, S.; Herrmann, J.; Thierfelder, S.; Bienert, G.; Illing, R.; Helbig, K.; Hurtado, A.; Cuniberti, G.; Mertig, M.; Lange, R.; Günther, E.; Opitz, J.; Lippmann, W.; Bley, T.; Haufe, N.
Biotechnological hydrogen production by photosynthesis
Engineering in Life Sciences 14(2014), Nr.6, S.592–606
- Weihnacht, B.; Boerner, F.
Measurement of retention functions with hysteresis using ground-penetrating radar
Near Surface Geophysics 12(2014), Nr.4, S.539–548
- Windisch, T.
Numerical and experimental studies towards improvements in laser-acoustic microscopy by optical-based sound beam shaping
Journal of Physics. Conference Series 520(2014), Art.012002, 8 S.
- Yeap, K.B.; Gall, M.; Liao, Z.; Sander, C.; Mühle, U.; Justison, P.; Aubel, O.; Hauschildt, M.; Beyer, A.; Vogel, N.; Zschech, E.
In situ study on low-k interconnect time-dependent-dielectric-breakdown mechanisms
Journal of Applied Physics 115(2014), Nr.12, Art.124101, 8 S.
- Zeidler, S.; Puhlfürb, P.; Kätzel, U.; Voigt, I.
Preparation and characterization of new low MWCO ceramic nanofiltration membranes for organic solvents
Journal of Membrane Science 470(2014), S.421–430
- Zgalat-Lozynskyy, O.; Andrzejczuk, M.; Varchenko, V.; Herrmann, M.; Ragulya, A.; Polotai, A.
Superplastic deformation of Si₃N₄ based nanocomposites reinforced by nanowhiskers
Materials Science and Engineering, A. Structural materials, properties, microstructure and processing 606(2014), S.144–149
- Zörgiebel, F.M.; Pregel, S.; Römhildt, L.; Opitz, J.; Weber, W.; Mikolajick, T.; Baraban, L.; Cuniberti, G.
Schottky barrier-based silicon nanowire pH sensor with live sensitivity control
Nano Research 7(2014), Nr.2, S.263–271
-
- Vorträge und Poster**
- Abel, J.; Moritz, T.; Klemm, H.; Michaelis, A.
Additivfreies Verbinden gleichartiger keramischer Formkörper mittels Schwindungsfügen
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Abel, J.; Kunz, W.; Moritz, T.; Klemm, H.; Michaelis, A.
Manufacturing of high-strength silicon nitride ceramics by powder injection molding
International Conference on Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides – MIM 2014, Long Beach, California (24.–26.2.2014), Vortrag
- Abidin, A.Z.; Malczyk, P.; Krug, M.; Endler, I.; Czulak, A.; Michaelis, A.
Al₂O₃-coated carbon fibers for CF/Al-MMC prepared by ALD
8th Aachen-Dresden International Textile Conference, Dresden (27.–28.11.2014), Poster
- Adler, J.; Böttge, D.; Petasch, U.
Functionalizing cellular ceramics by coating
38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag
- Adler, J.
Keramische Schäume und ihre Anwendungen
Advancer-Schulungsprogramm

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag
- Adler, J.; Heymer, H.
Semi permeable silicon carbide ceramics in light metal melts
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Adler, J.; Kriegel, R.; Petasch, U.; Richter, H.; Voigt, I.; Weyd, M.
Ceramics for filtration
13th International Ceramics Congress and 6th Forum on New Materials – CIMTEC 2014, Montecatini Terme, Italy (8.–19.6.2014), Vortrag
- Adler, J.
Offenzellige Schaumkeramiken – Fertigung, Kontaktierung und Anwendungsmöglichkeiten zur direkten und indirekten Wärmeübertragung
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Ahlhelm, M.; Moritz, T.; Gorjup, E.; Briesen, H.
Novel foam structure for bone replacement materials
Bionection – Partnering Conference for Technology Transfer in Life Sciences, Dresden (9.–10.10.2014), Poster
- Almeroth, P.; Männel, D.; Jahn, M.; Reschetilowski, W.
Investigation of CeO₂-doping on γ-Al₂O₃-supported Pt catalysts for partial oxidation of ethanol to syngas
47. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (12.–14.3.2014), Poster
- Arnold, M.
Bariumtitanat – Eigenschaften und aktuelle Anwendungen einer klassischen kaltleitenden Keramik
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Baade, J.; Reuber, S.; Pönicke, A.; Wunderlich, C.
eneramic® – The mobile SOFC power generator well on its way to commercialization
CEES Conference »Environmental Testing and Safety of Batteries and Fuel Cells«, Pfintzal (18.9.2014), Vortrag
- Barbosa, M.M.; Puschmann, R.; Thiele, S.; Toma, F.-L.; Martin, H.-P.; Berger, L.-M.; Leyens, C.; Beyer, E.; Van Der Laag, N.J.
Development of thermally sprayed Ca₂Fe₂O₅ coatings for thermoelectrical applications
International Thermal Spray Conference & Exhibition – ITSC 2014, Barcelona, Spain (21.–23.5.2014), S.485-490, Vortrag
- Barth, S.; Glöb, D.; Bartzsch, H.; Juuti, J.; Gerlach, G.; Suchanek, G.; Heuer, H.; Walter, S.; Herzog, T.; Frach, P.; Palosaari, J.
Sputter deposition of stress-controlled piezoelectric AlN and AlScN films for ultrasonic and energy harvesting applications
7. GMM Workshops »Energieautarke Sensorik«, Magdeburg (24.–25.2.2014), S.86–90, Vortrag
- Barth, S.; Krug, M.; Glöb, D.; Fahlteich, J.; Enderl, I.
Kombinationsverfahren aus Magnetron-Sputtern und ALD für Hochbarriere-Verkapselungen
10. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik, Leipzig (2.–4.9.2014), Vortrag
- Barth, S.; Bartzsch, H.; Glöb, D.; Frach, P.; Zywitzki, O.; Herzog, T.; Walter, S.; Heuer, H.
Effect of process parameters on structure and piezoelectric properties of AlN and Al_xSc_{1-x}N films deposited by pulsed magnetron sputtering
2014 IEEE International Ultrasonics Symposium – IUS 2014, Chicago (3.–6.9.2014), S.769–772, Vortrag
- Baumgärtner, C.; Vinnichenko, M.; Heinig, K.-H.; Kusnezoff, M.
Coarsening behavior and phase stability of porous LiAlO₂ for MCFC
Materials Research Society Fall Meeting 2014, Boston, Massachusetts, USA (30.11.–5.12.2014), Vortrag
- Beckert, W.
Simulationsunterstützung für keramische Heizeranwendungen
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Bednarz, M.; Baade, J.; Pönicke, A.; Pfeifer, T.; Reuber, S.; Wunderlich, C.
Demonstration and commercialization of the eneramic 100 W, LPG-fueled SOFC power generator
2014 Fuel Cell Seminar & Energy Exposition, Los Angeles (10.–13.11.2014), Vortrag
- Belda, C.; Dietzen, E.; Kusnezoff, M.; Trofimenko, N.; Vashook, U.; Michaelis, A.; Guth, U.
Interaction of perovskite type lanthanum-calcium-chromites-titanates La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ti_yO_{3-δ} with solid electrolyte materials
38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag
- Berger, L.-M.; Thiele, S.; Börner, T.; Janka, L.C.; Rodriguez Ripoll, M.
Influence of Cr₃C₂-NiCr feedstock powder characteristics on the deposition efficiency, coating microstructures and abrasion wear resistance
International Thermal Spray Conference & Exhibition – ITSC 2014, Barcelona, Spain (21.–23.5.2014), S.806–812, Poster
- Berger, L.-M.; Shakhverdova, I.; Puschmann, R.; Gräfensteiner, D.M.; Leidich, E.; Schiefer, S.; Gerlach, M.
Investigation of HVOF-sprayed (Ti,Mo)(C,N)-Ni hardmetal coatings for static friction applications
International Thermal Spray Conference & Exhibition – ITSC 2014, Barcelona, Spain (21.–23.5.2014), S.239–245, Vortrag
- Berger, L.-M.
Kann man WC-Co-Schichten substituieren ... und wenn ja, wodurch?
6. GTV-Kolloquium Thermisches Spritzen, Luckenbach (5.9.2014), Vortrag
- Berger, L.-M.; Thiele, S.; Trache, R.; Shakhverdova, I.
Mikrostruktur, Phasenzusammensetzung und Eigenschaften von WC-haltigen HVOF-gespritzten Hartmetallschichten auf Cr₃C₂-Basis
17. Werkstofftechnisches Kolloquium an der TU Chemnitz, Chemnitz (11.–12.9.2014), Vortrag
- Bramlage, B.; Ernst, D.; Gebhardt, S.
Monolithic micro-positioning stage on piezo thick film technology
14th International Conference on New Actuators – Actuator 2014, Bremen (23.–25.6.2014), S.381–384, Paper C3.2, Vortrag
- Bramlage, B.; Ernst, D.; Gebhardt, S.; Pabst, O.; Reinlein, C.
Piezokeramische Dickschichttechnik für Optische Anwendungen – Deformierbare Spiegel und hochintegrierbare Stellelemente
7. Workshop Optische Technologien, Hannover (26.11.2013), S.63–82, Vortrag
- Bremerstein, T.; Potthoff, A.; Mayer-Uhma, T.
Effect of surface chemistry on the rheology of silicon carbide suspensions and their cutting performance during wire sawing
29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition –

- EU PVSEC, Amsterdam (22.–26.9.2014), Poster
- Buschmann, M. H.; Feja, S.; Meyer, A.; Potthoff, A.
Complex model of thermal conductivity of nanofluids
20th European Conference on Thermophysical Properties – ECTP 2014, Porto (31.8.–4.9.2014), Vortrag
- Clausner, A.
Mechanical properties and topology of new ultra low-k dielectrics
Nanobrücken 2014 – Nanomechanical Testing Workshop & Hysitron User Meeting, Saarbrücken (26.–28.3.2014), Vortrag
- Clausner, A.
Mechanical properties of nano-scale materials and thin films: Nanoindentation and related techniques
European Advanced Training Course: Nano-scale Materials Characterization – Techniques and Applications, Dresden (22.–24.10.2014), Vortrag
- Eberstein, M.
Aerosol jet printing of micro resistors using nanoscale powder
13th International Nanotechnology Conference & Exhibition – nanotech 2014, Tokyo (29.–31.1.2014), Vortrag
- Eberstein, M.; Seuthe, T.; Mermillod-Blondin, A.; Bonse, J.; Grehn, M.; Eichler, H.-J.
FS-laser structuring for highly integrated ceramic microsystems
European COST Action 1205: Joint MC/WG and ESRG Meeting, Ingelfingen (6.10.2014), Vortrag
- Eberstein, M.; Schmidt, U.; Körner, S.; Reinhardt, K.; Jurk, R.; Partsch, U.
In-situ observations of glass frit related effects during the front side paste contact formation
40th IEEE Photovoltaic Specialists Conference – PVSC 2014, Denver (8.–13.6.2014), S.3463–3469, Vortrag
- Eberstein, M.; Schmidt, U.; Jurk, R.; Reinhardt, K.; Körner, S.; Partsch, U.
In-situ resistance of sintering silver-glass composites for solar cell contacts
88. Jahrestreffen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, 1st Joint Meeting of DGG – ACerS GOMD, Aachen (25.–30.5.2014), Vortrag
- Eberstein, M.; Müller, R.
Model-based shrinkage control of ceramic thick film and multilayer composites
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag
- Eberstein, M.; Kretzschmar, C.; Rebenklau, L.; Reppe, G.; Rebs, A.
Post fired via metallizations with enhanced functional properties
IMAPS/ACerS 10th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2014, Osaka (14.–16.4.2014), Vortrag
- Eberstein, M.
Property control of thick film pastes by inorganic additives and the organic vehicle
Germany-Japan Joint Workshop »Organic Electronics and Nano Materials«, Tokyo (27.1.2014), Vortrag
- Eberstein, M.
Thick film pastes for aluminum nitride
13th International Nanotechnology Conference & Exhibition – nanotech 2014, Tokyo (29.–31.1.2014), Vortrag
- Eckhard, S.; Fries, M.; Svoboda, H.
Einfluss chemischer Hilfsstoffe auf die Verarbeitungseigenschaften von Sprühgranulat
DKG-Symposium »Verfahren zur Aufbereitung keramischer Rohstoffe« 2014, Erlangen (26.–27.11.2014), Vortrag
- Eckhard, S.; Fries, M.; Antonyuk, S.; Heinrich, S.; Teipel, U.
Variation innerer Strukturparameter keramischer Sprühgranulate und deren Einfluss auf Bruchfestigkeit und Bruchdeformation
Jahrestagung Fachausschuss Trocknungstechnik – ProcessNet, Karlsruhe (19.–21.2.2014), Vortrag
- Eckhard, S.; Fries, M.
Modification of internal granule structure via spray-drying parameters
26th European Conference on Liquid Atomization & Spray Systems, Bremen (8.–10.9.2014), S.17–18, Vortrag
- Ernst, D.; Bramlage, B.; Gebhardt, S.; Oberdörster, A.; Pabst, O.; Wippermann, F.
Plenoptic camera with adaptable depth of field using PZT thick film actuators
14th International Conference on New Actuators – Actuator 2014, Bremen (23.–25.6.2014), S.134–137, Vortrag
- Eßlinger, S.; Neumeister, P.; Schönecker, A.
Effective poling of hard PZT ceramics for high-power ultrasound applications
14th International Conference on New Actuators – Actuator 2014, Bremen (23.–25.6.2014), S.53–55, Vortrag
- Eßlinger, S.; Neumeister, P.; Schönecker, A.
Influence of temperature modulation during poling on the performance of hard piezoelectric materials
2014 Joint IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices & Workshop on Piezoresponse Force Microscopy – 2014 Joint IEEE ISAF/IWATMD/PFM, State College, Pennsylvania (12.–16.3.2014), Vortrag
- Eydam, A.; Suchanek, G.; Eßlinger, S.; Schönecker, A.; Neumeister, P.; Gerlach, G.
Polarization characterization of PZT disks and of embedded PZT plates by thermal wave methods
Electroceramics XIV Conference, Bukarest (16.–20.6.2014), S.31–36, Vortrag
- Feller, C.; Griebmann, H.; Eberstein, M.
All-solid-state pH-Sensor in keramischer Multilayer-Technologie
17. ITG/GMA Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2014, Nürnberg (3.–4.6.2014), Paper 22, Vortrag
- Feng, B.; Martin, H.-P.; Pönicke, A.; Trache, M.; Dannowski, M.; Hunger, J.; Michaelis, A.
Behavior of ceramic thermoelectric modules under thermal cycling with large temperature gradients
12th European Conference on Thermoelectrics – ECT 2014, Madrid (24.–26.9.2014), Poster
- Feng, B.
Borcarbide – Hochtemperaturwerkstoffe mit elektrischer und thermoelektrischer Funktion
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – EL CERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Fischer, J.; Michauk, J.; Herzog, T.; Heuer, H.
Design and fabrication of curved ultrasonic phased array probes for customized applications
ASNT Annual Conference 2014, Charleston (27.–30.10.2014), Vortrag
- Fischer, M.; Gropp, S.; Nowak, J.; Capraro, B.; Hoffmann, M.; Müller, J.
RF-MEMS-platform based on silicon-ceramic-composite-substrates
IMAPS/ACerS 10th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2014, Osaka (14.–16.4.2014), Vortrag

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Fries, M.
Pulveraufbereitung
Advancer-Schulungsprogramm
Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag
- Fries, M.; Glöß, B.
Struktur- und eigenschaftsoptimierte Granulate für die Pressverdichtung – Anforderungen und Optimierungsansätze aus Sicht der Entwicklung von HL-Keramiken
DKG-Symposium »Verfahren zur Aufbereitung keramischer Rohstoffe« 2014, Erlangen (26.–27.11.2014), Vortrag
- Fritsch, M.
3D electrode design with metal foam collectors for LiB
Kraftwerk Batterie, Münster (24.–26.3.2014), Poster
- Füssel, A.; Adler, J.; Böttge, D.; Standke, G.; Michaelis, A.
Improvement of ceramic foams made of silicon carbide for high temperature applications
CELLMAT 2014 – Cellular Materials, Dresden (22.–24.10.2014), Vortrag
- Füssel, A.; Adler, J.; Standke, G.; Michaelis, A.
Langzeitstabilität von SiC-Schaumkeramik im Brennereinsatz
7. Sitzung DGM-Fachausschuss Zellulare Werkstoffe, Höhr-Grenzhausen (21.–22.5.2014), Vortrag
- Gall, M.
Large-scale statistical analysis of electromigration current density exponent and activation energy values
13th International Workshop on Stress-Induced Phenomena in Microelectronics, Austin (15.–17.10.2014), Vortrag
- Gebhardt, S.; Schönecker, A.
Keramische Targets – Herausforderungen und Chancen
15. Wörlitzer Workshop »Herstellung und Bearbeitung von Materialien für die Dünnschichtabscheidung«, Wörlitz (3.6.2014), Vortrag
- Gebhardt, S.; Ernst, D.; Bramlage, B.; Schönecker, A.
Piezoceramic components in thick film technology for adaptive optics
2014 Joint IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices & Workshop on Piezoresponse Force Microscopy – 2014 Joint IEEE ISAF/IWATMD/PFM, State College, Pennsylvania (12.–16.3.2014), Vortrag
- Gestrich, T.; Kaiser, A.
Sintering process and equipment
European Powder Metallurgy Association Short Course on Hardmetals – EPMA, Wien (9.–11.4.2014), Vortrag
- Gestrich, T.; Herrmann, M.; Kaiser, A.; Neher, R.
Thermal analysis of ceramic materials at high temperatures
40. GEFTA Jahrestagung – GEFTA'40, Berlin (16.–19.9.2014), Vortrag
- Gierrth, P.; Rebenklau, L.
Aging effects of solder joints on rapid thermal firing silver-pastes
5th Electronics System-Integration Technology Conference – ESTC 2014, Helsinki (16.–18.9.2014), Poster
- Gierrth, P.; Zieschank, M.; Rebenklau, L.
Evaluation of long time stability of solder joints on Ag thick film conductors on Al₂O₃
37th International Spring Seminar on Electronics Technology – ISSE 2014, Dresden (7.–11.5.2014), S.137–142, Poster
- Gierrth, P.; Rebenklau, L.
Wettability of rapid thermal firing silver-pastes
37th International Spring Seminar on Electronics Technology – ISSE 2014, Dresden (7.–11.5.2014), S.1–6, Poster
- Giuntini, D.; Räthel, J.; Herrmann, M.; Olevsky, E.A.
Temperature uniformization in spark-plasma sintering by novel tooling design
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag
- Glöß, B.; Fries, M.
Integrierte Methode zur Analyse des Matrizenfüllprozesses beim uniaxialen Trockenpressen
Jahrestreffen Agglomerations- und Schüttguttechnik mit Beteiligung der Fachgemeinschaft Anlagen- und Prozesssicherheit – ProcessNet, Magdeburg (10.–12.3.2014), Vortrag
- Glöß, B.; Fries, M.
Methode zur Analyse des Matrizenfüllens keramischer Pressgranulate
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Goldberg, A.; Ihle, M.; Ziesche, S.; Külls, R.
Development of a robust, ceramic MEMS – packaging as hermetically sealed and highly shockresistant SMD-device
5th Electronics System-Integration Technology Conference – ESTC 2014, Helsinki (16.–18.9.2014), 4 S., Vortrag
- Gropp, S.; Fischer, M.; Dittrich, L.; Capraro, B.; Müller, J.; Hoffmann, M.
Wetting behaviour of LTCC and glasses on nanostructured silicon surfaces during sintering
IMAPS/ACerS 10th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2014, Osaka (14.–16.4.2014), Vortrag
- Günther, C.; Richter, H.; Voigt, I.; Michaelis, A.; Tzeuschler, H.; Krause-Rehberg, R.
- Structure investigation of a sulfur containing hydroxysodalite without chromophores like sulfur radical anions
26. Deutsche Zeolith-Tagung, Paderborn (26.–28.2.2014), S.288–289, Poster
- Härtling, T.; Reitzig, M.; Opitz, J.; Zeh, C.
Sensor auf Basis keramischer Leuchtstoffe – Prozesskontrolle in den Bereichen Medizintechnik und Automobilproduktion
18. Leibniz-Konferenz »Sensorsysteme 2014«, Lichtenwalde (16.–17.10.2014), Vortrag
- Heddrich, M.; Reichelt, E.; Albrecht, T.; Greß, C.; Jahn, M.; Näke, R.
System performance comparison employing either partial oxidation or anode offgas circulation as reforming methods within a biogas SOFC system
11th European SOFC & SOE Forum 2014, Luzern, Schweiz (1.–4.7.2014), Poster
- Herrmann, M.
Hochleistungskeramik für korrosive Anwendungen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag
- Herrmann, M.
Fehlerquellen bei der Herstellung keramischer Werkstoffe
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil III: Konstruktion, Prüfung, Freiburg (13.–14.11.2014), Vortrag
- Herrmann, M.
Gefügedarstellung und Bewertung
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil III: Konstruktion, Prüfung, Freiburg (13.–14.11.2014), Vortrag
- Herrmann, M.; Wolfrum, A.-K.; Garrett, J.; Zschippang, E.; Sigalas, I.; Michaelis, A.
Diamond, cBN reinforced silicon

- nitride materials: Potential wear resistant components**
8th International Symposium on Nitrides – ISNT 2014, Wildbad Kreuth (31.8.–5.9.2014), Vortrag
- Herrmann, M.; Räthel, J.
Inductive heating and field assisted sintering technique for zirconia
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag
- Herrmann, M.; Neher, R.; Gestrich, T.
Sintering mechanism of liquid phase sintered silicon carbide
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag
- Heubner, C.
Experimentelle Methode zur Bestimmung der Stromdichteverteilung in porösen Interkalationselektroden
4. Symposium »Angewandte Elektrochemie in der Materialforschung«, Dresden (4.–5.12.2014), Vortrag
- Heubner, C.; Schneider, M.; Junker, N.; Lämmel, C.; Michaelis, A.; Hess, A.; Mortazavi, B.; Roode-Gutzmer, Q.; Yang, H.; Bobeth, M.; Cuniberti, G.
Numerical simulation and in operando measurement of the local temperature evolution in a lithium ion battery cell
17th International Meeting on Lithium Batteries, Como (10.–14.6.2014), Poster
- Hiemer, B.; Jonitz, A.; Su, Y.; Brand, M.; Lausch, H.; Hansmann, D.; Bader, R.
Electrical stimulation of human osteoblasts: A comparison of different in-vitro test setups
60th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, New Orleans (15.–18.3.2014), Vortrag, Poster
- Hiemer, B.; Jonitz-Heincke, A.; Su, Y.; Grunert, P.; Brand, M.; Lausch, H.; Hausmann, D.; Bader, R.
Elektrostimulation humaner, primärer Knochenzellen: Ein Vergleich verschiedener In vitro-Analysesysteme
IV. Münchener Symposium für experimentelle Orthopädie, Unfallchirurgie und muskuloskeletale Forschung, München (13.–14.2.2014), Vortrag
- Hillmann, S.; Schiller-Bechert, D.M.; Bor, Z.; Meyendorf, R.; Eylon, D.; Meyendorf, N.
Fallstudie über spezielle Prüfaufgaben für Luftfahrt-Komponenten aus Titanlegierungen
DGZfP-Jahrestagung 2014, Potsdam (26.–28.5.2014), Poster
- Hillmann, S.; Schiller-Bechert, D.M.; Bor, Z.; Uhlemann, F.
HUGE-NDT: New ultrasonic phased array method for characterizing circumferential welds at thin-walled pipes
ASNT Annual Conference 2014, Charleston (27.–30.10.2014), Vortrag
- Hillmann, S.; Schiller-Bechert, D.M.; Bor, Z.; Uhlemann, F.
HUGE-NDT – Prüfung von Rohrrundschweißnähten an dünnwandigen Rohren
46. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden (14.–15.10.2014), Poster
- Hillmann, S.
New approaches and new sensor designs for material characterization using Barkhausen noise technique
Barkhausen-Fachkolloquium, Dresden (7.3.2014), Vortrag
- Hoyer, T.
Steine, Gold und Silber – geschützt durch Nanokomposite
10. ThGOT Thementage Grenz- und Oberflächentechnik, Leipzig (2.–4.9.2014), Poster
- Hoyer, T.
Steine, Gold und Silber – geschützt durch Nanokomposite
Innovationsforum Inn-O-Kultur – Mit innovativen Oberflächentechniken unser Kulturerbe bewahren, Erfurt (14.–15.7.2014), Poster
- Jahn, M.; Kaiser, S.; Reichelt, E.; Pohl, M.; Gebhardt, S.; Scheithauer, U.; Adler, J.; Michaelis, A.
Neuartige keramische Fasern für den Einsatz in der heterogenen Katalyse
Fachsymposium »Keramik in der chemischen und pharmazeutischen Verfahrenstechnik« – DKG Ausschuss Werkstoffanwendungen, Darmstadt (29.1.2014), Vortrag
- Jüttke, Y.; Richter, H.; Voigt, I.; Stelter, M.
High temperature stable non-oxide ceramic membranes for gas separation
3rd International Conference on Competitive Materials and Technology Processes, IC-CMTP3, Miskolc-Lillafüred (6.–10.10.2014), S.137, Vortrag
- Jüttke, Y.; Kämnitz, S.; Richter, H.; Voigt, I.; Michaelis, A.
Non-oxide ceramic membranes for gas separation
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Jurk, R.; Mosch, S.; Fritsch, M.; Ihle, M.
Synthesis of nano metal particles for low sintering conductive inks
Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference 2014 – DDMC, Berlin (12.–13.3.2014), S. 269–273, Vortrag
- Kabakchiev, A.; Metais, B.; Ratchev, R.; Guyenot, M.; Buhl, P.; Hossfeld, M.; Schuler, X.; Metasch, R.; Röllig, M.
Description of the thermo-mechanical properties of a Sn-based solder alloy by a unified viscoplastic material model for finite element calculations
15th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems – EuroSimE 2014, Gent, Belgien (7.–9.4.2014), S.32–37, Vortrag
- Kaiser, S.; Reichelt, E.; Gebhardt, S.; Jahn, M.; Michaelis, A.
Application of polysulfone spinning process for production of catalytically active ceramic fibers
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Kinski, I.; Conze, S.; Veremchuk, I.; Michaelis, A.; Grin, Y.; Schnelle, W.
Design of ceramics by a precursor-derived route
6th Indo-German Frontiers of Engineering Symposium 2014, Potsdam (22.–25.5.2014), Vortrag
- Kinski, I.; Oberbach, T.
Hochverschleißfeste kostengünstige Dispersionskeramik für die Implantologie
Thüringer Werkstofftag, Jena (19.3.2014), Vortrag
- Kinski, I.
Optisch aktive Keramiken
Optonet Clustertreffen 2014 – Keramik trifft Photonik, Hermsdorf (11.11.2014), Vortrag
- Kinski, I.; Moritz, T.
Oxidkeramiken und neue Trends der Formgebung am Fraunhofer IKTS
Vision Keramik: Werkstoffe – Technologien – Systeme: Symposium & Ausstellung, Dresden (16.–17.1.2014), Vortrag
- Kinski, I.; Conze, S.; Veremchuk, I.; Michaelis, A.; Grin, Y.; Schnelle, W.
Precursor-derived phases for structured oxide thermoelectric materials
6th Indo-German Frontiers of Engineering Symposium 2014, Potsdam (22.–25.5.2014), Poster
- Klemm, H.
Hochleistungskeramik für Hochtemperaturanwendungen
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werk-

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

stoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag

Klemm, H.; Kunz, W.; Michaelis, A.
Hot gas corrosion and EBC development for ceramic materials

38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag

Klemm, H.; Kunz, W.

Influence of oxidation processes on mechanical properties of silicon nitride

13th International Ceramics Congress and 6th Forum on New Materials – CIMTEC 2014, Montecatini Terme, Italy (8.–19.6.2014), Vortrag

Köhler, B.; Endler, I.; Herzog, T.; Heuer, H.; Kopycinska-Müller, M.; Krüger, P.; Schönecker, A.; Schubert, F.

Piezoelectric properties of CVD deposited AlN layers as active material for ultrasonic transducers

11th European Conference on Non-Destructive Testing – ECNDT 2014, Prag (6.–10.10.2014), Poster

Köhler, B.; Kopycinska-Müller, M.; Krüger, P.; Endler, I.; Schönecker, A.
Piezomode AFM zum Nachweis der piezoelektrischen Eigenschaften von AlN-Schichten für Ultraschall-Wandler Anwendungen

DGZfP-Jahrestagung 2014, Potsdam (26.–28.5.2014), Poster

Körner, S.; Kiefer, F.; Peibst, R.; Heinemeyer, F.; Krügener, J.; Eberstein, M.

Basic study on the influence of glass composition and Al content on the Ag/Al paste contact formation to boron emitters

5th Workshop on Metallization of Crystalline Silicon Solar Cells, Konstanz (20.–21.10.2014), Vortrag

Körner, S.; Reinhardt, K.; Schmidt, U.; Eberstein, M.

Effect of glass viscosity on electrical performance of PV-pastes

88. Jahrestreffen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, 1st Joint Meeting of DGG – ACerS GOMD, Aachen (25.–30.5.2014), Poster

Körner, S.; Reinhardt, K.; Schmidt, U.; Eberstein, M.

Effect of O₂ partial pressure on Ag transport during firing of PV-pastes

88. Jahrestreffen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, 1st Joint Meeting of DGG – ACerS GOMD, Aachen (25.–30.5.2014), Poster

Körner, S.

Effects of glass chemistry and viscosity on interface morphology and electrical characteristics of PV silver films

88. Jahrestreffen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, 1st Joint Meeting of DGG – ACerS GOMD, Aachen (25.–30.5.2014), Vortrag

Körner, S.; Reinhardt, K.; Eberstein, M.; Partsch, U.

Impact of oxygen partial pressure on Ag paste contact formation

4th International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics – Silicon PV 2014, 's-Hertogenbosch (25.–27.3.2014), Poster

Körner, S.; Reinhardt, K.; Partsch, U.; Eberstein, M.

Influence of oxygen micro atmosphere during contact formation

4th International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics – Silicon PV 2014, 's-Hertogenbosch (25.–27.3.2014), S.688–692, Vortrag

Körner, S.; Furche, S.; Feller, C.; Reinsch, S.; Müller, R.; Eberstein, M.

Model based glass matrix composites with controlled porosity for membrane applications

International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag

Krell, A.

Hochleistungskeramik für Ver-

schleißanwendungen

Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag

Krell, A.; Strassburger, E.; Hutzler, T.; Klimke, J.

Single and polycrystalline transparent ceramic armor with different crystal structure

38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag

Krell, A.

Transparente Keramik

Optonet Clustertreffen 2014 – Keramik trifft Photonik, Hermsdorf (11.11.2014), Vortrag

Kriegel, R.

Keramiken für die O₂-Erzeugung – von der Diffusion zum Kapitalwert

Fachkolloquium des VDI-Arbeitskreises Verfahrenstechnik Mitteldeutschland, Jena (20.11.2014), Vortrag

Kriegel, R.

MIEC membrane plants – competitive to commercial technologies?

MEMBRAIN – HGF-Alliance »MEMBRAIN« – Gasseparationsmembranen für emissionsfreie fossile Kraftwerke, Final Meeting, Jülich (21.–22.10.2014), Vortrag

Kriegel, R.

Scale up of oxygen permeator

1st Workshop of the Sino-German Co-Operation Group on Inorganic Membranes: Advanced Technology for Clean Energy and Clear Environment, Hannover (3.–5.11.2014), Vortrag

Krug, M.; Barth, S.; Endler, I.; GlöB, D.; Fahlteich, J.; Boeffel, C.; Frach, P.

Combination of pulse magnetron sputtering and atomic layer deposition for very low water vapor and oxygen transmission rates

using cheap standard plastic substrates

10th International Conference on Coatings on Glass and Plastics – ICCG 10, Dresden (22.–26.6.2014), S.117–120, Vortrag

Kühnel, D.; Weil, M.; Duis, K.; Busch, W.; Meißner, T.; Potthoff, A.; Springer, A.; Scholz, S.; Schmitt-Jansen, M.; Mackenzie, K.

Extensive ecotoxicological assessment of the nanocomposite Carbo-Iron® applied for groundwater remediation

7th International Nanotoxicology Congress – Nanotox 2014, Antalya (23.–26.4.2014), Poster

Kunze, S.; Zarges, G.; Petasch, U.

Manufacturing of silicon-infiltrated silicon carbide (SiSiC) using the polymer concrete (PC) casting method

DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag

Kusnezoff, M.; Megel, S.; Trofimenko, N.; Michaelis, A.

Stacks on basis of CFY interconnects: status and prospects

38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag

Kusnezoff, M.; Schilm, J.; Fritsch, M.; Rost, A.; Langklotz, U.; Kramer, D.

Glass-ceramic solid electrolytes for lithium and sodium ion batteries

5. Dresdner Werkstoffsymposium »Werkstoffoberflächen für Mensch und Technik«, Dresden (8.–9.11.2014), Vortrag

Kusnezoff, M.; Weidl, R.; Michaelis, A.

Materials and manufacturing technologies for electrochemical converters and storage devices

Fraunhofer Delegation to 3rd FIT Platform 2014, Bangalore, India (22.11.2014), Vortrag

- Kusnezoff, M.
Stacks based on CFY-interconnects: status and prospects
2014 Asian SOFC Symposium and Exhibition, Busan, Südkorea (21.–24.9.2014), Vortrag
- Lämmel, C.; Schneider, M.; Johne-Michaelis, R.; Michaelis, A.
In-situ temperature measurement close to the interface metal/oxide under hard anodizing condition
2nd International Symposium on Anodizing Science and Technology – AST 2014, Sapporo (4.–6.6.2014), Vortrag
- Lämmel, C.
Untersuchungen von Elektrodenwerkstoffen für EDLC – Ein Methodenvergleich
4. Symposium »Angewandte Elektrochemie in der Materialforschung«, Dresden (4.–5.12.2014), Vortrag
- Langklotz, U.
Einfluss des Zelldesign auf die elektrochemische Impedanzspektroskopie
4. Symposium »Angewandte Elektrochemie in der Materialforschung«, Dresden (4.–5.12.2014), Vortrag
- Langklotz, U.; Heubner, C.; Schneider, M.; Michaelis, A.
Investigations on the kinetics and thermodynamics of active materials for lithium ion batteries using a single particle electrode
65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Lausanne (31.8.–5.9.2014), Poster
- Langklotz, U.; Rost, A.; Wagner, D.; Freitag, A.
Lithium ion conductive glass ceramic filled polymer separators for the use in Li-S batteries
3rd Workshop »Lithium-Sulfur-Batteries«, Dresden (12.–13.11.2014), Poster
- Lenzner, K.; Potthoff, A.
Einfluss des Aufbereitungszustandes nanodisperser Rohstoffe auf die Eigenschaften gesinterter Formkörper
DKG-Symposium »Verfahren zur Aufbereitung keramischer Rohstoffe« 2014, Erlangen (26.–27.11.2014), Vortrag
- Liao, Z.
In-situ study of the TDDB-induced damage mechanism in Cu/ultra-low-k interconnect structures
Materials for Advanced Metallization – MAM 2014, Chemnitz (2.–5.3.2014), Vortrag
- Lincke, M.; Poss, R.; Tillmann, A.; Klöden, B.; Gläser, S.; Faßbauer, B.
Materialentwicklung und verfahrenstechnische Erprobung eines neuartigen energie- und rohstoffeffizienten Entschwefelungssystems für Biogas auf Basis metallischer Schäume
7. Innovationskongress Biogas, Osnabrück (22.–23.5.2014), Vortrag
- Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.; Rostalski, K.; Kraume, M.
Besonderheiten bei der Maßstabsübertragung von Rührprozessen von hochkonzentrierten faserigen Suspensionen
17. Köthener Rührer-Kolloquium, Köthen (26.6.2014), Vortrag
- Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.
CFD-Modelle für Mehrphasensysteme – Validierung mit Prozess-Tomographie
Jahrestreffen der Fachgruppen »Mehrphasenströmungen« und »Wärme- und Stoffübertragung« – ProcessNet, Fulda (24.–25.3.2014), Poster
- Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.
Qualification and quantification of mixing processes in biogas plants
2nd International Symposium on Multiscale Multiphase Process Engineering – MMPE, Hamburg (24.–27.9.2014), Poster
- Lomtscher, A.; Jobst, K.; Deutschmann, A.; Rostalski, K.; Kraume, M.
Qualifizierung von Mischprozessen in Biogasanlagen – Schaffung eines Werkzeugs zur Auslegung und den Betrieb von Rührsystemen
Jahrestreffen der Fachgruppen »Computational Fluid Dynamics«, »Mischvorgänge« und »Rheologie« – ProcessNet, Würzburg (24.–26.2.2014), Vortrag
- Martin, H.-P.
Neue Entwicklungsrichtung bei keramischen Heizleitern
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – EL-CERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Martin, H.-P.; Lankau, V.; Trache, M.
Temperaturabhängige elektrische Messungen an Keramikwerkstoffen
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Poster
- Martin, H.-P.
Titansuboxide – Ein Keramikwerkstoff mit extremer elektrischer Variabilität
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Meier, K.; Lautenschläger, G.; Röllig, M.; Schiebl, A.; Wolter, K.-J.
Lebensdauerbestimmung für Lotkontakte von SMD-Bauelementen unter Vibrations- und Temperaturbelastung
7. DVS/GMM-Tagung Elektronische Baugruppen und Leiterplatten – EBL 2014, Fellbach (11.–12.2.2014), S.322–328, Vortrag
- Meier, K.; Röllig, M.; Schiebl, A.; Wolter, K.-J.
Reliability study on chip capacitor solder joints under thermo-mechanical and vibration loading
15th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems – EuroSimE 2014, Gent, Belgien (7.–9.4.2014), S.590–596, Vortrag
- Meinl, J.; Gestrich, T.; Michaelis, A.
Processes during stabilization of PAN-based carbon fibers
40. GEFTA Jahrestagung – GEFTA'40, Berlin (16.–19.9.2014), Poster
- Meißner, T.; Klein, T.; Busch, J.; Potthoff, A.
Characterization of interactions between Carbo-Iron® and dispersants
International Workshop »Nanoparticles in Soils and Waters: Fate, Transport and Effects«, Landau (11.–13.3.2014), Poster
- Meißner, T.; Kühnel, D.; Weil, M.; Potthoff, A.
Characterization of nanostructured materials for toxicological investigations demonstrated on the nanocomposite Carbo-Iron®
7th International Nanotoxicology Congress – Nanotox 2014, Antalya (23.–26.4.2014), Poster
- Meißner, T.; Oelschlägel, K.; Potthoff, A.
Sonication of nanomaterials used in toxicological studies
International Workshop »Nanoparticles in Soils and Waters: Fate, Transport and Effects«, Landau (11.–13.3.2014), Vortrag
- Mermillod-Blondin, A.; Seuthe, T.; Eberstein, M.; Grehn, M.; Bonse, J.; Rosenfeld, A.
Quantitative estimate of fs-laser induced refractive index changes in the bulk of various transparent materials
Optical Micro- and Nanometrology V, Brüssel (15.–17.4.2014), Paper 91320X, Vortrag
- Metasch, R.; Röllig, M.; Kabakchiev, A.; Metais, B.

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Ratchev, R.; Meier, K.; Wolter, K.-J. **Experimental investigation of the visco-plastic mechanical properties of a Sn-based solder alloy for material modelling in Finite Element calculations of automotive electronics** 15th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems – EuroSimE 2014, Gent, Belgien (7.–9.4.2014), Paper 6813860, S.569–576, Vortrag
- Metasch, R.; Röllig, M.; Wolter, K.-J.; Meyendorf, N. **Zuverlässigkeitsbewertung von elektrischen und mechanischen Verbindungen mit dem iQPro-Demonstrator** 7. DVS/GMM-Tagung Elektronische Baugruppen und Leiterplatten – EBL 2014, Fellbach (11.–12.2.2014), S.316–321, Vortrag
- Meyendorf, N.; Hillmann, S.; Cikalova, U.; Schreiber, J. **Advances in Barkhausen noise analysis** Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2014, San Diego (10.–13.3.2014), Paper 90613R, Poster
- Meyer, A.; Potthoff, A.; Weiser, M.; Schneider, M. **Ceramic nanoparticle suspensions for wear-resistant coatings** International Workshop Dispersion Analysis & Materials Testing 2014, Berlin (23.–24.1.2014), Vortrag
- Meyer, A.; Potthoff, A. **Einfluss von Mahl-/Dispergierbedingungen auf die Wirkung chemischer Hilfsstoffe bei der Suspensionsherstellung** DKG-Symposium »Verfahren zur Aufbereitung keramischer Rohstoffe« 2014, Erlangen (26.–27.11.2014), Vortrag
- Michaelis, A. **Vision Keramik am Fraunhofer IKTS** Vision Keramik: Werkstoffe – Technologien – Systeme: Symposium & Ausstellung, Dresden (16.–17.1.2014), Vortrag
- Michaelis, A. **Future potential of advanced ceramics and contribution of Fraunhofer for technology transfer to industry** 38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag
- Michaelis, A. **Potential and challenges for the application of smart advanced ceramic materials** CETRASE Seminar University of Dayton, Ohio (12.9.2014), Vortrag
- Michaelis, A. **Innovations in the field of energy & environmental technology** 1st Fuel Cell Symposium, Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia (25.–26.3.2014), Vortrag
- Michaelis, A. **Hochleistungskeramik: Technologien – Werkstoffe – Anwendungen** 5. Dresdner Werkstoffsymposium »Werkstoffoberflächen für Mensch und Technik«, Dresden (8.–9.11.2014), Vortrag
- Molin, C.; Keitel, U.; Neumeister, P.; Gebhardt, S.; Schönecker, A. **0.92 Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ – 0.08 PbTiO₃ relaxor ferroelectrics modified with different dopants for electrocaloric cooling application** 2014 Joint IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices & Workshop on Piezoresponse Force Microscopy – 2014 Joint IEEE ISAF/IWATMD/PFM, State College, Pennsylvania (12.–16.3.2014), Vortrag
- Moritz, T. **Formgebung** Advancer-Schulungsprogramm
- Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag
- Moritz, T.; Mannschatz, A.; Scholl, R.; Slawik, T.; Müller-Köhn, A.; Härtel, A. **Novel technological challenges in Ceramic Injection Molding** International Conference on Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides – MIM 2014, Long Beach, California (24.–26.2.2014), Vortrag
- Mühle, U.; Gluch, J.; Zschech, E. **Application of energy filtering in STEM-mode for mapping of elements and chemical bindings** 18th International Microscopy Congress – IMC 2014, Prag (7.–12.9.2014), Vortrag
- Mühle, U.; Löffler, M. **Atomic resolution studies of materials and interfaces: Transmission electron microscopy** European Advanced Training Course: Nano-scale Materials Characterization – Techniques and Applications, Dresden (22.–24.10.2014), Vortrag
- Müller-Köhn, A.; Schilm, J.; Moritz, T.; Mannschatz, A. **Formgebung von Glas mittels Pulverspritzguss für komplex geformte Komponenten** Workshop »Bearbeitung von Glaswerkstoffen mit innovativen Verfahren«, Düsseldorf (20.10.2014), Vortrag
- Müller-Köhn, A.; Mannschatz, A.; Moritz, T. **Herstellung multifunktionaler Keramikbauteile über kombinierende Pulverspritzgussvarianten** Moldex3D Anwendertreffen, Neu-Ulm (23.–24.9.2014), Vortrag
- Neubeck, R.; Weihnacht, B.; Frankenstein, B. **Mode-selective imaging procedures of acoustic ultrasonic data on hollow cylinder geometries for structural-health-monitoring** 11th European Conference on Non-
- Destructive Testing – ECNDT 2014, Prag (6.–10.10.2014), Vortrag
- Neumeister, P.; Flössel, M.; Eßlinger, S.; Gebhardt, S.; Schönecker, A. **Towards efficient integrated piezoelectric transducers for sensing, actuation and SHM** 7th European Workshop on Structural Health Monitoring – EWSHM 2014, Nantes (8.–11.7.2014), S.718–724, Poster
- Oehme, F. **Grünbearbeitung technischer Hochleistungskeramik: Methoden, Instrumente und Entwicklungen** Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil II: Bearbeitung, Berlin (7.–8.5.2014), Vortrag
- Oehme, F. **Hochpräzisionsbearbeitung mittels Koordinatenschleifen** Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil II: Bearbeitung, Berlin (7.–8.5.2014), Vortrag
- Opitz, J.; Härtling, T.; Derenko, S.; Gerich, C.; Reitzig, M.; Röder, O. **Innovative optic sensing concepts towards applications in biotechnology and medicine** SPIE NanoScience and Engineering 2014, San Diego (17.–21.8.2014), Vortrag
- Opitz, J.; Kinski, I.; Herrmann, M. **Materials development and diagnostics at Fraunhofer IKTS** Defect Reduction in Ceramics, Stoke-on-Trent (5.3.2014), Vortrag
- Partsch, U. **Keramische Mikrotechnologie für Optik und Photonik** Optonet Clustertreffen 2014 – Keramik trifft Photonik, Hermsdorf (11.11.2014), Vortrag
- Patsora, I.; Hillmann, S.; Heuer, H.; Calzada, J. G.; Foos, B.C. **High-frequency eddy current system for analyzing wet con-**

ductive coatings using multi-frequency algorithm

11th European Conference on Non-Destructive Testing – ECNDT 2014, Prag (6.–10.10.2014), Vortrag

Patsora, I.; Hillmann, S.; Heuer, H.; Calzada, J.G.; Foos, B.C.

Radio-frequency eddy current based impedance spectroscopy for characterization of the percolation process of wet conductive coatings

QNDE Conference 2014, Boise, Idaho (20.–25.7.2014), Vortrag

Patsora, I.; Hillmann, S.; Heuer, H.; Calzada, J.G.; Cooney, A.T.; Foos, B.C.

Untersuchung des Trocknungsverhaltens von dünnen, elektrisch leitfähigen Lacken mit dem Wirbelstromverfahren

DGZfP-Jahrestagung 2014, Potsdam (26.–28.5.2014), Poster 27, Poster

Petasch, U.

Keramische Katalysatorträger für SCR-Katalysatoren: Wabenkörper und alternative Substrate

10. Internationale CTI-Konferenz SCR Systeme, Stuttgart (8.–9.7.2014), Vortrag

Pfeifer, T.; Barthel, M.; Dosch, C.; Megel, S.; Scholz, M.; Wunderlich, C.

Development of a SOFC/battery-hybrid system for distributed power generation in India

11th European SOFC & SOE Forum 2014, Luzern, Schweiz (1.–4.7.2014), Poster

Pfeifer, T.; Barthel, M.; Dosch, C.; Megel, S.; Scholz, M.; Wunderlich, C.; Kusnezoff, M.

Development of a SOFC/battery-hybrid system for distributed power generation in India

3rd International Hydrogen & Fuel Cell Conference, Udaipur, Indien (7.–9.12.2014), Vortrag

Pfeifer, T.; Barthel, M.; Dosch, C.; Megel, S.; Scholz, M.; Wunderlich, C.; Kusnezoff, M.

Development of a SOFC/battery-hybrid system for distributed power generation in India

2014 Asian SOFC Symposium and Exhibition, Busan, Südkorea (21.–24.9.2014), Vortrag

Pfeifer, T.; Barthel, M.; Dosch, C.; Megel, S.; Scholz, M.; Wunderlich, C.; Kusnezoff, M.

Development of a SOFC/battery-hybrid system for distributed power generation in India

2014 Fuel Cell Seminar & Energy Exposition, Los Angeles (10.–13.11.2014), Vortrag

Pfeifer, T.; Reuber, S.; Pönicke, A.; Wunderlich, C.

eneramic – LPG fueled mini SOFC system for off-grid applications

International Green Energy Expo & Conference 2014, Daegu, Südkorea (2.–4.4.2014), Vortrag

Pfeifer, T.; Frömmel, A.

Hochtemperatur-Brennstoffzellen in kommunalen Anwendungen

Energy Saxony Workshop »Wirtschaftliche Anwendung innovativer Energietechnologien im kommunalen Bereich«, Dresden (27.10.2014), Vortrag

Pflieger, C.; Weyd, M.; Herrmann, K.; Voigt, I.

Nanoporous ceramic membranes for separation processes in liquid and gaseous media

IFAT 2014: Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- & Rohstoffwirtschaft, München (5.–9.5.2014), Vortrag

Pippardt, U.; Kiesel, L.; Kircheisen, R.; Kriegel, R.

Keramische asymmetrische Membranen der Zusammensetzung $Ba_{0,5}Sr_{0,5}Co_{0,8}Fe_{0,2}O_{3-\delta}$ zur Sauerstoffseparation

Infotag Membrantechnik »Neuentwicklungen Cross Flow Filtration – Membranen, Module und Prozesse«, Frankfurt/Main (9.4.2014), Poster

Pönicke, A.; Rost, A.; Schilm, J.; Martin, H.-P.; Kusnezoff, M.

Fügetechnologien für keramikbasierte thermoelektrische Module

3. W3-Kolloquium »Fügen von Metall, Keramik und Glas«, Hanau (26.3.2014), Vortrag

Pönicke, A.; Reuber, S.; Wunderlich, C.; Michaelis, A.

The eneramic® power generator – A reliable fuel cell battery hybrid system for off-grid power supply

38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag

Pötschke, J.; Richter, V.; Michaelis, A.

Fundamentals of sintering nano-scaled binderless hardmetals

10th International Conference on the Science of Hard Materials – ICSHM 10, Cancun, Mexico (10.–14.3.2014), Vortrag

Pötschke, J.; Richter, V.; Michaelis, A.

Influence of small additions of MeC on properties of binderless tungsten carbide

Euro PM 2014 – Powder Metallurgy Congress & Exhibition, Salzburg (21.–24.9.2014), Poster

Pötschke, J.; Richter, V.; Michaelis, A.

Sintering of nanoscaled WC-based composites

International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag

Potthoff, A.; Meißner, T.; Kühnel, D.

Toxicity testing for nanomaterials: Dispersion decides

7th International Nanotoxicology Congress – Nanotox 2014, Antalya (23.–26.4.2014), Poster

Potthoff, A.

Characterization of nanoparticles: Chemical and physical analysis techniques

European Advanced Training Course: Nano-scale Materials

Characterization – Techniques and Applications, Dresden (22.–24.10.2014), Vortrag

Potthoff, A.; Meißner, T.

Dispersion and characterisation of nanoparticles

NanoValid Summer School, Tallinn (16.–17.6.2014), Vortrag

Potthoff, A.; Toma, F.-L.

Suspension – Ready for thermal spraying?

6th International Workshop On Suspension and Solution Thermal Spraying, Tours (8.–9.10.2014), Vortrag

Räthel, J.; Hennicke, J.; Dyatlova, Y.; Herrmann, M.; Rumyantsev, V.

New Developments of FAST/SPS Tool Materials

13th International Ceramics Congress and 6th Forum on New Materials – CIMTEC 2014, Montecatini Terme, Italy (8.–19.6.2014), S.37–42, Vortrag

Reichelt, E.; Kaiser, S.; Jahn, M.; Michaelis, A.

Catalytic application of ceramic fibers prepared by phase inversion spinning

47. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (12.–14.3.2014), Poster

Reichelt, E.; Kaiser, S.; Jahn, M.; Michaelis, A.

Stofftransportuntersuchungen an faserbasierten keramischen Katalysatorträgerstrukturen

Jahrestreffen Reaktionstechnik 2014 – ProcessNet, Würzburg (28.–30.4.2014), Poster

Reinhardt, K.; Schmidt, U.; Körner, S.; Jurk, R.; Partsch, U.; Eberstein, M.

Observation of the contact formation of PV frontside pastes by in-situ contact resistance measurement

4th International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics –

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Silicon PV 2014, 's-Hertogenbosch (25.–27.3.2014), S.702–707, Poster
- Reinhardt, K.; Eberstein, M.; Saphiannikova, M.
Structure related shear thinning of pastes for thick film deposition
 9th Annual European Rheology Conference – AERC 2014, Karlsruhe (8.–11.4.2014), Poster
- Reinlein, C.; Appelfelder, M.; Goy, M.; Gebhardt, S.; Gutzeit, N.
Testing of thermally piezoelectric deformable mirror with buried functionality
 MEMS Adaptive Optics VIII, San Francisco (2.2.2014), Paper 897804, Vortrag
- Reitzig, M.; Härtling, T.; Opitz, J.
(Bio)hybrid materials based on optically active particles
 Reporters, Markers, Dyes, Nanoparticles, and Molecular Probes for Biomedical Applications VI, San Francisco (2.–5.2.2014), Paper 895605, Vortrag
- Reuber, S.; Pönicke, A.; Wunderlich, C.; Michaelis, A.
eneramic® – The mobile SOFC power generator well on its way to commercialization
 11th European SOFC & SOE Forum 2014, Luzern, Schweiz (1.–4.7.2014), Paper A0602, Vortrag
- Reuber, S.; Pönicke, A.; Barthel, M.; Baade, J.
eneramic® – An LPG-fueled mini fuel cell system for off-grid power supply
 Group Exhibit Hydrogen, Fuel Cells and Batteries 2014, Hannover (7.–11.4.2014), Vortrag
- Reuschel, J.; Tschirpke, C.; Herold, V.; Johannes, M.; Schneider, J.
Einfluss der Korngröße auf der Bearbeitbarkeit von Y-TZP und Y-TZP/Al₂O₃-Keramik
 DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Poster
- Richter, H.; Kriegel, R.; Klefenz, H.; Voigt, I.
Assessment of the energy demand of a prototype stand-alone oxygen generator using MIEC membranes
 13th International Conference on Inorganic Membranes – ICIM2014, Brisbane, Australia (6.–9.7.2014), Vortrag
- Richter, H.; Kämnitz, S.; Weyd, M.; Michaelis, A.; Voss, H.; Terre, J.; Kuhn, J.; Lubenau, U.; Mothes, R.
Carbon membranes of tailored properties for gas separating processes
 26. Deutsche Zeolith-Tagung, Paderborn (26.–28.2.2014), S.34–35, Vortrag
- Richter, H.; Voigt, I.; Weyd, M.; Puhlfürß, P.; Endter, A.
Ceramic NF-membranes with low cut-off for water and solvent filtration
 1st Workshop of the Sino-German Co-Operation Group on Inorganic Membranes: Advanced Technology for Clean Energy and Clear Environment, Hannover (3.–5.11.2014), Vortrag
- Richter, H.; Kämnitz, S.; Günther, C.; Weyd, M.; Jäger, B.; Richter, J.; Voigt, I.
Nanoporous inorganic membranes for high temperature water separation
 13th International Conference on Inorganic Membranes – ICIM2014, Brisbane, Australia (6.–9.7.2014), Vortrag
- Richter, H.; Weyd, M.; Meyer, R.
Silicalite/silicone membranes for ethanol separation
 6th International FEZA Conference, Leipzig (8.–12.9.2014), Vortrag
- Richter, H.-J.
3D-Pulverdruck poröser Keramiken für technische und medizintechnische Anwendungen
 Workshop »Additive Fertigung von Keramik«, Dresden (20.–21.5.2014), Vortrag
- Richter, J.; Kriegel, R.; Jahnecke, H.; Beckmann, M.; Böhning, D.; Müller, M.
A combined catalyst and oxygen carrier system for tar containing gases
 47. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (12.–14.3.2014), Poster
- Roode-Gutzmer, Q.; Heubner, C.; Hess, A.; Mortazavi, B.; Bobeth, M.; Schneider, M.; Cuniberti, G.; Michaelis, A.
Investigation of the SOC dependence of electrochemical parameters for a lithium ion battery cell by simulation of GITT measurements
 14th Ulm Electrochemical Talks – UECT 2014, Ulm (23.–26.6.2014), Poster
- Rost, A.; Schilm, J.; Kramer, D.; Langklotz, U.; Michaelis, A.
Glass-ceramic solid electrolytes for lithium and sodium ion batteries
 225th ECS Meeting, Orlando (11.–15.5.2014), Vortrag
- Rost, A.; Schilm, J.; Suffner, J.; Kusnezoff, M.; Michaelis, A.
Development and testing of sealing glasses for SOFCs based on CFY-interconnects
 11th European SOFC & SOE Forum 2014, Luzern, Schweiz (1.–4.7.2014), Vortrag
- Sander, C.
Advanced methods for mechanical and structural characterization of nanoscale materials for 3D IC integration
 25th European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis – ESREF 2014, Berlin (29.9.–2.10.2014), Vortrag
- Scheithauer, U.
Thermoplastischer 3D-Druck zur Herstellung dichter Keramikwerkstoffe
 Workshop »Additive Fertigung von Keramik«, Dresden (20.–21.5.2014), Vortrag
- Scheithauer, U.; Schwarzer, E.; Schweigard, L.; Haderk, K.; Visotschnig, R.; Richter, H.-J.
Use of phase inversion processes for additive manufacturing of ceramics
 Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference 2014 – DDMC, Berlin (12.–13.3.2014), S.65–70, Vortrag
- Schilm, J.; Pönicke, A.; Kluge, M.; Sichert, I.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.
Titanium suboxide based thermoelectric modules – Manufacturing, properties and operational behavior
 4. IAV Tagung Thermoelektrik, Berlin (10.–12.12.2014), Poster
- Schilm, J.; Pönicke, A.; Kluge, M.; Sichert, I.; Martin, H.-P.; Michaelis, A.
Titanium suboxide based thermoelectric modules – Manufacturing, properties and operational behavior
 12th European Conference on Thermoelectrics – ECT 2014, Madrid (24.–26.9.2014), Poster
- Schneider, J.; Johannes, M.; Tschirpke, C.; Herold, V.
Influence of the grain size and hydrothermal aging on the reciprocating wear behavior of Y-TZP/Al₂O₃ composite ceramics
 European Symposium on Friction, Wear and Wear Protection, Karlsruhe (6.–8.5.2014), Vortrag
- Schneider, M.; Heubner, C.; Junker, N.; Lämmel, C.; Michaelis, A.
Local in-operando temperature measurements across the interfaces of a lithium ion battery cell using microscopic thermography
 65th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Lausanne (31.8.–5.9.2014), Poster
- Schneider, M.; Heubner, C.; Junker, N.; Lämmel, C.; Michaelis, A.
Local in-operando temperature

- measurements across the interfaces of a lithium ion battery cell using microscopic thermography
17th International Meeting on Lithium Batteries, Como (10.–14.6.2014), Poster
- Schneider, M.; Langklotz, U.; Gierth, U.
SEM/EDX-investigation of rust scales formed on an aluminium-steel friction weld under marine atmosphere
European Corrosion Congress – EuroCorr 2014, Pisa (8.–12.9.2014), Vortrag
- Schneider, M.; Schubert, N.; Michaelis, A.
Temperature measurement under near-ECM conditions
10th International Symposium on ElectroChemical Machining Technology – INSECT 2014, Saarbrücken (13.–14.11.2014), S.127–134, Vortrag
- Schönecker, A.
Intelligente Materialien – Anwendungspotenzial Multifunktionalität
Vision Keramik: Werkstoffe – Technologien – Systeme: Symposium & Ausstellung, Dresden (16.–17.1.2014), Vortrag
- Schönfeld, K.
Zirkoncarbide – Alternativer Heizleiterwerkstoff für höchste Temperaturen im Vakuum
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Scholl, R.; Slawik, T.; Moritz, T.; Michaelis, A.
Modified sinter unit – Sintering of metal and ceramic compacts
Euro PM 2014 – Powder Metallurgy Congress & Exhibition, Salzburg (21.–24.9.2014), Poster
- Schubert, F.
A modeling platform for ultrasonic immersion testing of polycrystalline materials with flaws
11th European Conference on Non-Destructive Testing – ECNDT 2014, Prag (6.–10.10.2014), Vortrag
- Schubert, F.; Köhler, B.; Lieske, U.
A novel sensor design for generation and detection of shear-horizontal waves based on piezoelectric fibres
11th European Conference on Non-Destructive Testing – ECNDT 2014, Prag (6.–10.10.2014), Vortrag
- Schubert, F.; Hipp, R.; Gommlich, A.
Determination of diameter and thickness of weld nuggets in resistance spot weldings by high frequency ultrasound inspection
11th European Conference on Non-Destructive Testing – ECNDT 2014, Prag (6.–10.10.2014), Vortrag
- Schubert, F.
High resolution ultrasonic imaging of resistance spot weldings
5th International User Meeting on Scanning Acoustic Microscopy, Halle (4.–5.12.2014), Vortrag
- Schubert, N.; Simunkova, L.; Schneider, M.; Michaelis, A.
The effect of solvents on the surface quality during ECM of WC
10th International Symposium on ElectroChemical Machining Technology – INSECT 2014, Saarbrücken (13.–14.11.2014), S.57-62, Vortrag
- Schubert, R.; Weidl, R.
Neue anorganische Werkstoffe für optische Systeme
Optonet Clustertreffen 2014 – Keramik trifft Photonik, Hermsdorf (11.11.2014), Vortrag
- Schumann, K.; Unger, B.; Brandt, A.M.; Fischer, G.; Richter, H.
Compact full zeolite shapes molded bodies – Manufacturing and characterization
6th International FEZA Conference, Leipzig (8.–12.9.2014), Poster
- Schumann, K.; Unger, B.; Brandt, A.M.; Fischer, G.; Richter, H.; Jänchen, J.
- Kompakte bindemittelfreie Zeolithformkörper – Herstellung und Charakterisierung**
Thüringer Werkstofftag, Jena (19.3.2014), Poster
- Schwarz, B.
Stand und neueste Entwicklungen der Substratvorbehandlung für den Biomasseeinsatz in Biogasanlagen
Winterakademie PlanET Biogastechnik, Münster (22.1.2014), Vortrag
- Schwarz, B.
Wirtschaftlichkeit verschiedener Substratbehandlungsverfahren für Biogasanlagen
5. Biogastagung Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Verden (11.3.2014), Vortrag
- Schwerz, R.; Röllig, M.; Osmolovsky, S.; Wolter, K.-J.
Reliability assessment of discrete passive components embedded into PCB core
15th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems – EuroSimE 2014, Gent, Belgien (7.–9.4.2014), Paper 6813776, S.61–67, Vortrag
- Schwerz, R.; Röllig, M.; Franke, M.; Lautenschläger, G.; Wolter, K.-J.
Zuverlässigkeitspotential von eingebetteten passiven und aktiven Bauelementen für die sensorische Strukturüberwachung
7. DVS/GMM-Tagung Elektronische Baugruppen und Leiterplatten – EBL 2014, Fellbach (11.–12.2.2014), S.254–261, Vortrag
- Semu, D.
SiSiC foams as structured catalyst substrates for oxidation of CO & C₃H₈
47. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker, Weimar (12.–14.3.2014), Poster
- Seuthe, T.; Grehn, M.; Mermillod-Blondin, A.; Bonse, J.; Eberstein, M.
Structural phenomena in multi-component silicate glasses after femtosecond laser pulse irradiation
European Materials Research Society Spring Meeting – EMRS, Lille (26.–30.5.2014), Poster
- Seuthe, T.; Grehn, M.; Mermillod-Blondin, A.; Bonse, J.; Eberstein, M.
Femtosecond-laser induced structural changes of silicate glasses investigated by μ -Raman spectroscopy
88. Jahrestreffen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, 1st Joint Meeting of DGG – ACerS GOMD, Aachen (25.–30.5.2014), Vortrag
- Simon, A.; Kämnitz, S.; Richter, H.; Voigt, I.; Ritter, U.
CNTs auf asymmetrischen Trägern, für Anwendungen in der Membran- und Energiespeichertechnik
6. Inno.CNT Jahreskongress 2014 – Kohlenstoff-Nanomaterialien-Fachtagung, Karlsruhe (18.–19.2.2014), V9, Vortrag
- Simon, A.; Kämnitz, S.; Richter, H.; Voigt, I.; Ritter, U.
Wachstum von CNTs auf asymmetrisch, porösen Trägern für die Energie- und Umwelttechnik
6. Inno.CNT Jahreskongress 2014 – Kohlenstoff-Nanomaterialien-Fachtagung, Karlsruhe (18.–19.2.2014), Poster
- Slawik, T.; Moritz, T.; Recklies, K.; Gestrich, T.; Neumeister, P.; Scholl, R.; Michaelis, A.
Co-sintering – Adaption of green density and sintering behavior of metal-ceramic multilayers
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Poster
- Stahn, M.; Richter, H.; Puhlfürb, P.; Reichel, U.; Bärthel, J.; Kemnitz, E.
Erhöhung der Festigkeit oxidkeramischer Bauteile durch prozessintegriertes Einbringen eines Material- und Gefügegradienten

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Standke, G.; Füssel, A.; Böttge, D.; Adler, J.; Michaelis, A.
New characterization methods and properties of silicon carbide ceramics with high temperature stability
CELLMAT 2014 – Cellular Materials, Dresden (22.–24.10.2014), Vortrag
- Steinborn, C.; Klemm, H.; Michaelis, A.
Characterization of fiber matrix interface in CMCs using single fiber push out tests
38th International Conference and Exhibition on Advanced Ceramics and Composites – ICACC 2014, Daytona Beach (26.–31.1.2014), Vortrag
- Stelter, M.; Michaelis, A.
Aktuelle Trends in der Keramik
33. Hagener Symposium Pulvermetallurgie »Neue Horizonte in der Pulvermetallurgie – Werkzeuge, Produkte und Verfahren«, Hagen (27.–28.11.2014), Vortrag
- Stockmann, J.
Prototypenentwicklung und Kleinserienfertigung von Komponenten aus technischer Keramik
Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden (5.–6.6.2014), Vortrag
- Stockmann, J.
Verbindungstechnik
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil III: Konstruktion, Prüfung, Freiburg (13.–14.11.2014), Vortrag
- Thiele, M.; Herrmann, M.
Boron suboxide: Recent progress towards establishing a new class of superhard materials
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag
- Töpfer, J.; Löhnert, R.; Barth, S.; Capraro, B.; Bartsch, H.; Müller, J.; Schmidt, R.
Low temperature co-fired Ca-Titanate multilayers for integration into LTCC modules
IMAPS/ACerS 10th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2014, Osaka (14.–16.4.2014), Vortrag
- Toma, F.-L.; Berger, L.-M.; Potthoff, A.; Langner, S.
Demands and economic aspects of thermal spraying with suspensions – an Overview
International Thermal Spray Conference & Exhibition – ITSC 2014, Barcelona, Spain (21.–23.5.2014), S.368–372, Vortrag
- Toma, F.-L.; Shakhverdova, I.; Leupolt, B.; Potthoff, A.; Oelschlägel, K.; Meißner, T.; Ibáñez Gomez, J.A.; de Miguel, Y.
Effects of suspension feedstock, operating parameters and photocatalytic tests on the microstructures and photocatalytic performances of suspension sprayed TiO₂ coatings
6th International Workshop on Suspension and Solution Thermal Spraying, Tours (8.–9.10.2014), Vortrag
- Trache, R.; Shakhverdova, I.; Puschmann, R.; Toma, F.-L.; Berger, L.-M.; Thiele, S.
Einfluss von Beschichtungspulver und HVOF-Spritzprozess auf die Eigenschaften von Cr₃C₂NiCr-Schichten
17. Werkstofftechnisches Kolloquium an der TU Chemnitz, Chemnitz (11.–12.9.2014), Vortrag
- Voigt, I.; Richter, H.; Kriegel, R.
Anorganische Membranen für die Gastrennung
19. Sitzung DKG Fachausschuss Werkstoffanwendung, Darmstadt (29.1.2014), Vortrag
- Voigt, I.
Ceramic nanofiltration membranes – one decade of successful application and new developments
13th International Conference on Inorganic Membranes – ICIM2014, Brisbane, Australia (6.–9.7.2014), Vortrag
- Voigt, I.; Puhlfürß, P.; Richter, H.; Weyd, M.; Prehn, V.
Efficient production integrated separation with ceramic NF membranes
15. Aachener Membran Kolloquium, Aachen (12.–13.11.2014), S.175–180, Vortrag
- Voigt, I.; Bolduan, P.; Rösler, H.-W.
Membranen für die Wasser- und Abwasseraufbereitung
721. DECHEMA-Kolloquium »Industrielles Wassermanagement«, Frankfurt/Main (20.3.2014), Vortrag
- Voigt, I.
Nanoporöse keramische Membranen zur nachhaltigen Wasser- und Lösemittelsparung durch Kreislauferschließung
BMBF Technologiegespräch zum Thema »Neue Werkstoffe und Nanotechnologie für die Umwelttechnik – Umweltschäden detektieren, vermeiden und sanieren«, Frankfurt/Main (12.11.2014), Vortrag
- Voigt, I.; Puhlfürß, P.; Herrmann, K.; Richter, H.
Neue keramische NF-Membranen für die prozessintegrierte Wasseraufbereitung und Badpflege
Infotag Membrantechnik »Neuentwicklungen Cross Flow Filtration – Membranen, Module und Prozesse«, Frankfurt/Main (9.4.2014), Vortrag
- Voigt, I.; Richter, H.; Kämnitz, S.; Kriegel, R.
Porendesign in keramischen Schichten für den Einsatz als selektive Membran
Vision Keramik: Werkstoffe – Technologien – Systeme: Symposium & Ausstellung, Dresden (16.–17.1.2014), Vortrag
- Voigt, I.
Innovationen in der Membranfiltration zur Industrieabwasserreinigung
26. Kolloquium zur Abwasserwasserwirtschaft »Innovationen in der Membranfiltration zur Industrieabwasserreinigung«, Hamburg (23.–24.9.2014), S.191–200, Vortrag
- Wätzig, K.; Kunzer, M.; Kinski, I.; Klimke, J.; Krell, A.
Development and optical properties of Ce:YAG ceramics for white LEDs
10th Laser Ceramic Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for Photonic Applications, Breslau (1.–5.12.2014), Vortrag
- Wätzig, K.; Koszyk, S.; Kinski, I.; Jahn, M.
Katalytische Aktivität von Sr_yMn₂O_{3+d}-Pulvern unterschiedlicher Stöchiometrie
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Poster
- Wätzig, K.; Kinski, I.
Optical Characterization of Eu²⁺-doped Transparent Spinel Ceramic
DKG-Jahrestagung 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014), Vortrag
- Wätzig, K.
Transparentkeramik – Werkstoff mit speziellen Eigenschaften und neuen Anwendungen
Spezielle Probleme der Festkörperphysik und Materialforschung – Fraunhofer IAF, Freiburg (7.11.2014), Vortrag
- Weihnacht, B.; Schulze, E.; Frankenstein, B.
Acoustic emission analysis in the dynamic fatigue testing of fiber composite components
31st Conference of the European Working Group on Acoustic Emission – EWGAE, Dresden (3.–5.9.2014), Paper we4b1, Vortrag

- Weihnacht, B.; Frankenstein, B.; Gaul, T.; Schubert, L.; Schulze, E. **Structural Health Monitoring (SHM) für ausgedehnte Rohrkomponenten mit geführten Wellen**
DGZfP-Jahrestagung 2014, Potsdam (26.–28.5.2014), Paper mi1a1, Poster
- Weil, M.; Meißner, T.; Springer, A.; Busch, W.; Kühnel, D.; Duis, K. **The nanocomposite Carbo-Iron® shows no adverse effects on growth, survival and gene expression in zebrafish**
International Workshop »Nanoparticles in Soils and Waters: Fate, Transport and Effects«, Landau (11.–13.3.2014), Vortrag
- Weil, M.; Meißner, T.; Potthoff, A.; Kühnel, D. **Harmonisation of toxicity testing for nanomaterials: Proposal for decision trees**
7th International Nanotoxicology Congress – Nanotox 2014, Antalya (23.–26.4.2014), Poster
- Weiser, M.; Meyer, A.; Grieger, C.; Schneider, M.; Potthoff, A.; Köster, F. **Ceramic nanoparticles for wear-resistant gold coatings**
Materials Science Engineering – MSE 2014, Darmstadt (23.–25.9.2014), Vortrag
- Weiser, M.; Meyer, A.; Grieger, C.; Schneider, M.; Potthoff, A.; Köster, F. **Keramische Nanopartikel für dispersionsverfestigte galvanische Goldschichten**
ZVO Oberflächentage 2014, Neuss (17.–19.9.2014), Vortrag
- Werner, D.; Wätzig, K.; Kinski, I.; Michaelis, A. **Optimization of process parameters to prepare $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ phosphor**
DGM-Nachwuchsforum 2014, Darmstadt (22.–25.9.2014), Poster
- Weyd, M. **Ceramic membranes for gas and vapor separation**
Science-to-Business – Workshop »Accelerating Clean Energy Adoption«, University of Connecticut, Storrs (15.7.2014), Vortrag
- Weyd, M.; Prehn, V.; Puhlfürß, P.; Richter, H.; Voigt, I. **Ceramic nanofiltration membranes of enlarged membrane area for water application – results of project CeraWater**
4rd Dissemination Workshop of the Nano4water cluster: »Nano enabled systems and membranes for water treatment«, Stockholm (23.–24.4.2014), Vortrag
- Wolf, J.M.; Schulz, S.; Schneider, P.; Zschech, E. **Fraunhofer cluster 3D integration – key to a holistic technology and service approach**
8th International Conference and Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems – MEMS, NEMS, ICs and Electronic Components, Wien, Österreich (26.–27.3.2014), S.599–602, Vortrag
- Wolf, M. J.; Schneider, P.; Schulz, S.; Zschech, E. **3D technology as a holistic approach – quo vadis?**
European 3D TSV Summit, Grenoble, France (21.–22.1.2014), Vortrag
- Wolf, M. J.; Schulz, S.; Schneider, P.; Zschech, E. **Fraunhofer cluster 3D integration**
Pan Pacific Microelectronics Symposium – PAN PACIFIC 2014, Kohala Coast, Hawaii, USA (11.–13.2.2014), S.297–301, Vortrag
- Wolfrum, A.-K.; Herrmann, M.; Michaelis, A. **Densification of cBN and diamond ceramic matrix composites**
International Conference on Sintering 2014, Dresden (24.–28.8.2014), Vortrag
- Wolfrum, A.-K.; Herrmann, M.; Michaelis, A. **SiAlON ceramics reinforced with coated cubic boron nitride prepared via FAST/SPS**
8th International Symposium on Nitrides – ISNT 2014, Wildbad Kreuth (31.8.–5.9.2014), Vortrag
- Wolter, M.; Leiva Pinzon, D.M.; Fritsch, M.; Börner, S. **Process development and optimization for Li-ion battery production**
27th World Electric Vehicle Symposium and Exhibition – EVS27, Barcelona (17.–20.11.2013), Paper 6914828, Vortrag
- Wuchrer, R.; Lautenschlager, H.; Metasch, R.; Röllig, M.; Fleischer, T.; Härtling, T. **Filter-based interrogation of fiber bragg grating sensors**
37th International Spring Seminar on Electronics Technology – ISSE 2014, Dresden (7.–11.5.2014), S.453–457, Vortrag
- Wufka, A. **Biogasgewinnung aus hoch lignozellulosehaltigen biogenen Reststoffen**
6. Hohen Luckower Bioenergieseminar, Hohen Luckow (2.4.2014), Vortrag
- Wufka, A. **Biogasgewinnung aus hoch lignozellulosehaltigen biogenen Reststoffen**
DBFZ Jahrestagung, Workshop »Best-Practise-Beispiele in der energetischen Biomassenutzung«, Leipzig (1.–2.10.2014), Vortrag
- Wufka, A. **Vergärung von Stroh**
Energetische Nutzung von Stroh und Schilf, Gülzow (3.4.14), Vortrag
- Wunderlich, C. **Aktuelle und zukünftige Märkte für Hochtemperaturbrennstoffzellen (SOFC)**
Vision Keramik: Werkstoffe – Technologien – Systeme: Symposium & Ausstellung, Dresden (16.–17.1.2014), Vortrag
- Wunderlich, C.; Pfeifer, T.; Freund, S.; Kunath, M. **Green technology innovations at Fraunhofer IKTS**
International Green Energy Expo & Conference 2014, Daegu, Südkorea (2.–4.4.2014), Vortrag
- Zins, M. **Anwendungen und Lieferanten keramischer Hochleistungskomponenten**
Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Vortrag
- Zschech, E.; Niese, S.; Gluch, J.; Löffler, M.; Röntzsch, L.; Wolf, J. **Anwendung der Röntgenmikroskopie in der Werkstoffwissenschaft**
5. Dresdner Werkstoffsymposium »Werkstoffoberflächen für Mensch und Technik«, Dresden (8.–9.11.2014), Vortrag
- Zschech, E. **Materialdiagnostik am Fraunhofer IKTS-MD**
Vision Keramik: Werkstoffe – Technologien – Systeme: Symposium & Ausstellung, Dresden (16.–17.1.2014), Vortrag
- Zschech, E. **Survey of analysis techniques for multiscale materials characterization**
European Advanced Training Course: Nano-scale Materials Characterization – Techniques and Applications, Dresden (22.–24.10.2014), Vortrag
- Zschippang, E. **Strukturkeramik für elektrische Anwendungen**
DKG-Jahrestagung 2014,

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

Clausthal-Zellerfeld
(24.–26.3.2014), Vortrag

Zschippang, E.; Wolfrum, A.-K.;
Herrmann, M.; Michaelis, A.;
Haas, D.; Berroth, K.

Preparation and characterization of Si₃N₄-diamond composites

8th International Symposium on Nitrides – ISNT 2014, Wildbad Kreuth
(31.8.–5.9.2014), Vortrag

Zschippang, E.

Siliziumnitrid und siliziumcarbidbasierte Komposite – Einstellung von elektrischen Eigenschaften

Industrietag »Keramische Werkstoffe für elektrische Anwendungen« – ELCERAM, Dresden
(5.–6.6.2014), Vortrag

Zschippang, E.; Klemm, H.;
Herrmann, M.; Guth, U.;
Michaelis, A.

Tailoring the electrical resistivity of Si₃N₄-SiC-based composites

4th International Symposium on SiAlONs and Non-oxides – ISS-NOX4, Nagahama, Japan
(25.–28.5.2014), Vortrag

Lehrtätigkeiten von Mitarbeitern

Dr. Barth, S.

Vorlesung
»Keramische Verfahrenstechnik«
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena,
Fachbereich SciTec (WS 14/15)

Dr. Eberstein, M.

Vorlesung
»Dickschichttechnik«
TU Bergakademie Freiberg,
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik (SS 14)

Dr. Fries, M.

Vorlesung
»Granulationsverfahren und Granulatcharakterisierung in der keramischen Industrie«
TU Bergakademie Freiberg
(5.6.2014)

Dr. Gall, M.

4th Lecturing at TU Dresden
Prof. Dr. Zschech, E.; Dr. Gall, M.;
Dr. Aubel, O.

Master's Program Nanoelectronic Systems

Module »Semiconductor Industry Challenges: Market Dynamics – Technology Innovations – Yield and Reliability Engineering«

LECTURE: »Reliability Engineering and Kinetics of Degradation Processes in Advanced Electronics«

TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
(WS 14/15)

Dr. Gall, M.

Vorlesung und Praktikum
»Introduction to Nanobiotechnology«
TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Materialwissenschaften (WS 14/15)

Dr. habil. Herrmann, M.

Vorlesung und Studentenbetreuung
»Technische Keramische Werkstoffe«
University of Witwatersrand,
Johannesburg, Südafrika (09/2014)

Dipl.-Ing. Höhn, S.

Vorlesung
»Keramografie«, im Rahmen der Lehrveranstaltung »Metallografie«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (13.01.2014)

Dr. Jahn, M.

Vortrag
»Heterogeneous Catalysis with Ceramics«

Katalyseverbund Mitteldeutschland
(15.7.2014)

»Mitteldeutscher Katalyse-Lehrverbund« Kurs 2014, Leipzig
(14.–18.7.2014)

Dr. Jahn, M.

Vortrag
»Synthesegaserzeugung aus Biogas – Reaktordesign und Integration in ein Festoxidbrennstoffzellensystem«
Brennstoffchemisches Seminar am Engler-Bunte-Institut des KIT,
Karlsruhe (3.2.2014)

Dr. Jahn, M.

Vortrag
»Heterogeneous Catalysis with Ceramics«

Winterschool/compact course
»Characterization of micro- and nano-materials«, BTU Cottbus-Senftenberg (11.2.2014)

Dr. Jahn, M.

Vortrag
»Neuartige keramische Trägerstrukturen für den Einsatz in der heterogenen Katalyse«
Institutsseminar, Universität Leipzig,
Technische Chemie (16.4.2014)

Dr. Kinski, I.

Vorlesung
»Hydrothermalsynthese und Solvothermalysen«
Friedrich Schiller Universität Jena,
Institut für Technische Chemie und Umweltchemie (20.1.2014)

Dr. Kinski, I.

Vorlesung
»Precursorsynthese«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (28.1.2014)

Dr. Kinski, I.

Vorlesung
»Oxidkeramik – ZrO₂ und Al₂O₃«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (7.11.2014)

Dr. Kriegel, R.

Vorlesung
»Keramische Verfahrenstechnik«
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena,
Fachbereich SciTec (WS 14/15)

Prof. Dr. Michaelis, A.;

Dr. Kusnezoff, M.;

Dr. Heddrich, M.;

Dr. Rebenklau, L.

Vorlesung
»Keramische Funktionswerkstoffe«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (SS 14)

Prof. Dr. Michaelis, A.

Vorlesung und Praktikum
»Keramische Werkstoffe«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (SS 14)

Prof. Dr. Michaelis, A.;

Dr. Kinski, I.;

Dr. Herrmann, M.;

Dr. Klemm, H.;

Dr. Moritz, T.;

Dr. Potthoff, A.;

Dr. Gestrich, T.;

Dr. Kusnezoff, M.;

Dr. Neumeister, P.

Vorlesung
»Prozesse – Gefüge – Eigenschaften keramischer Werkstoffe«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (WS 14/15)

Dr. Moritz, T.

Vorlesung
Vertiefung Keramik »Spritzgießen«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (WS 14/15)

Dr. Moritz, T.

Vorlesung
Vertiefung Keramik »Additive Fertigung«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (WS 14/15)

Dr. Moritz, T.

Vorlesung
»Keramikspritzgießen«
TU Bergakademie Freiberg
(3.7.2014)

Dr. Moritz, T.

Vorlesungsreihe
»Grundlagen der Technischen Keramik«
Kunsthochschule Halle, Burg Griebichenstein (WS 13/14)

Dr. Neumeister, P.

Vorlesung
»Bruchkriterien und Bruchmechanik«
TU Dresden, Institut für Festkörpermechanik (SS 14)

Dr. Rebenklau, L.

Vorlesung
»Dickschichttechnik« und
»Multilayerkeramik«
in der Vorlesung von Prof. Michaelis
»Funktionskeramik«
TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft (SS 14)

Prof. Dr. Stelter, M.

Vorlesung
»Technische Chemie I / II«
Friedrich-Schiller-Universität Jena
(SS 14; WS 14/15)

Prof. Dr. Stelter, M.

Vorlesung

»Technische Umweltchemie«

Friedrich-Schiller-Universität Jena

(SS 14; WS 14/15)

Prof. Dr. Stelter, M.

Vorlesung

»Energiesysteme – Materialien und Design«

Friedrich-Schiller-Universität Jena

(WS 14/15)

Dr. Voigt, I.

Vorlesung

»Keramische Verfahrenstechnik«

Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena,

Fachbereich SciTec (WS 14/15)

Dr. Weyd, M.

Vorlesung

»Filtern mit keramischen

Membranen«

TU Dresden, Institut für Werkstoff-

wissenschaft (26.11.2014)

Dr. Zins, M.

Vorlesung

»Metalle, Kunststoffe, Keramiken – Technische Keramik als Leichtbaustoff«

TU Dresden, Institut für Werkstoff-

wissenschaft (WS 13/14, WS 14/15)

Mitarbeit in Gremien und Fachausschüssen**Gremien****Dr. Krell, A.**

- Associate Editor des »Journal of the American Ceramic Society«, American Ceramic Society

Dr. Kusnezoff, M.

- Fraunhofer Energy Alliance, Representative
- SOFC Symposium of ICACC Conference series organized by American Ceramic Society in Daytona Beach, Organizer
- VDMA Working Group High Temperature Fuel Cells, Coordinator
- Scientific committee of European Fuel Cell Forum, Scientific Advisory Committee Member

- European Fuel Cell Forum -EFCF-, Scientific Advisory Committee

Dr. Gall, M.

- IEEE Transactions on Device and Materials Reliability (TDMR), Editor

Prof. Dr. Michaelis, A.

- Editorial Board des »International Journal of Materials Research«, Hanser Verlag
- Editorial Board des »Journal of Ceramic Science and Technology«, Göller Verlag
- Schriftenreihe Kompetenzen in Keramik / Publication Series Competencies in Ceramics, Michaelis, A.(Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer Verlag, Start 2006
- Schriftenreihe Kompetenzen in Keramik und Umweltverfahrenstechnik, Michaelis, A.(Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer Verlag, Start 2008
- Schriftenreihe Angewandte Elektrochemie in der Werkstoffwissenschaft / Applied Electrochemistry in Material Science, Michaelis, A.(Hrsg.); Schneider, M.(Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer Verlag, Start 2009
- AGEF e.V. Institut an der Heinrich-Heine-Universität, Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschungsinstitutionen e.V., Mitglied
- American Ceramic Society, Mitglied
- DECHEMA Gesellschaft für Chemie Technik und Biotechnologie e.V., Mitglied
- DECHEMA-Arbeitsausschuss »Angewandte Anorganische Chemie«
- Deutscher Hochschul-Verband, Mitglied
- DGM Deutsche Gesellschaft für Materialkunde, Mitglied
- DKG-Vorstandsmitglied sowie Vorsitzender der Forschungsgemeinschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft, Forschungsbeirat, Leiter der wissenschaftlichen Arbeiten
- DPG-Deutsche Physikalische Gesellschaft
- Dresden-concept e.V.

- Dresdner Gesprächskreis der Wirtschaft und der Wissenschaft e.V.

- Energiebeirat des Wirtschaftsministeriums Sachsen
- EPMA European Powder Metallurgy Association, Mitglied
- Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Sprecher
- Fraunhofer USA, Board of Directors
- Fa. Roth & Rau, Aufsichtsratsmitglied
- Gutachterausschuss »Interne Programme« der Fraunhofer Gesellschaft, Vorsitzender
- GreenTec Awards, Jury Mitglied
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Mitglied
- IFW Dresden e.V., Mitglied
- Materialforschungsverbund Dresden e.V. MFD, Mitglied und Vorstand
- NOW GmbH, Beiratsmitglied
- Silicon Saxony e.V., Mitglied
- Solarvalley Mitteldeutschland e.V., Mitglied, Vorstand
- »World Academy of Ceramics« WAC, Mitglied

Dr. Schneider, M.

- Schriftenreihe Angewandte Elektrochemie in der Werkstoffwissenschaft / Applied Electrochemistry in Material Science, Michaelis, A.(Hrsg.); Schneider, M.(Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer Verlag, Start 2009
- DGO-Bezirksgruppe Sachsen der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik, Vorsitzender
- Fachbeirat der Gesellschaft für Korrosionsschutz, GfKORR, Mitglied

Prof. Dr. Stelter, M.

- Center for Energy and Environmental Chemistry CEEC, Jena, Mitglied des Direktoriums
- MNT Mikro-Nano-Technologie Thüringen e.V., Vorstandsmitglied
- RIS3-Arbeitskreis »Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung«, Freistaat Thüringen
- VDMA, Arbeitsgemeinschaft Forschung und Innovation in der Medizintechnik

Dr. Richter, H.

- International Zeolite Association

Dr. Voigt, I.

- BVMW-Bundesverband für mittelständische Wirtschaft
- DKG, Deutsche Keramische Gesellschaft, Mitglied des Vorstands
- DECHEMA Gesellschaft für Chemie, Technik und Biotechnologie e.V., Mitglied
- American Ceramic Society – AcerS, Mitglied

Dr. Voigtsberger, B.

- DKG-Mitglied des Präsidiums und Vorstands
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Koordination«
- Hochschulrat Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena
- IHK Ostthüringen zu Gera, Ausschuss für Industrie und Forschung

Dr. Wunderlich, C.

- Fuel Cell Energy Solutions GmbH, Mitglied im Beirat
- Energy Saxony e.V., 2. Vorsitzender
- European Fuel Cell Forum, International Board of Advisors

Dr. Zins, M.

- Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Sprecher
- Editorial Board des »Ceramic Applications«, Göller Verlag, Chairman

Fachausschüsse**Dipl.-Krist. Adler, J.**

- DGM Fachausschuss »Zelluläre Werkstoffe«
- FAD-Förderkreis »Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren e.V.«

Dr. Beckert, W.

- Fraunhofer-Allianz »Numerische Simulation von Produkten und Prozessen« NUSIM

Dipl.-Math. Brand, M.

- Fachausschuss »Schallemissionsprüfung (SEP)« der Deutschen

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung DGZfP
- Dr. Faßbauer, B.**
- Fraunhofer-Allianz SysWasser
 - Wasserwirtschaftliches Energiezentrum Dresden – e.qua impuls e.V.
 - Fachverband »Biogas«
- Freund, S.**
- Fraunhofer-Allianz AdvanCer, Geschäftsstelle
- Dr. Fries, M.**
- DGM/DKG-Arbeitskreis »Verarbeitungseigenschaften synthetischer keramischer Rohstoffe«, Leiter
 - DKG-Fachausschuss FA III »Verfahrenstechnik«
 - ProcessNet-Fachgruppe »Agglomerations- und Schüttguttechnik«, Beiratsmitglied
 - ProcessNet-Fachgruppe »Trocknungstechnik«, Beiratsmitglied
- Dr. Gall, M.**
- Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie
 - Europäische Forschungsgemeinschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS)
- Dr. Gestrich, T.**
- Gemeinschaftsausschuss »Pulvermetallurgie«, Expertenkreis »Sintern«
 - GEFTA-Arbeitskreis »Thermophysik«
- Dipl.-Ing. Gronde, B.**
- Gemeinschaft »Thermisches Spritzen e.V.«
 - DVS-Arbeitsgruppe »Thermisches Spritzen«
- Dr. Herrmann, M.**
- DGM-Fachausschuss »Field Assisted Sintering Technique / Spark Plasma Sintering«
- Dr. Kaiser, A.**
- GEFTA-Arbeitskreis »Thermophysik«
 - DGM-Fachausschuss »Thermodynamik, Kinetik und Konstitution der Werkstoffe«
- Dr. Kinski, I.**
- American Ceramic Society – AcerS, Mitglied
- Dr. Klemm, H.**
- DKG-Arbeitskreis »Verstärkung keramischer Stoffe«
 - DIN-Normungsausschuss »Materialprüfung NMP 291«
 - DIN-Normungsausschuss »Materialprüfung NMP 294«
 - Carbon Composites e.V., Arbeitskreis »Ceramic Composites«
- Kunath, R.**
- Arbeitskreis »Spezialbibliotheken«
- Dr. Kusnezoff, M.**
- DIN/VDE, Referat K 141, DKE Deutsche Kommission, »Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik«
 - DIN/VDE, Referat K 384, DKE Deutsche Kommission, »Brennstoffzellen«
 - DGM Arbeitskreis »Aufbau- und Verbindungstechnik für Hochtemperatursensoren«, Leiter Arbeitsgruppe AVT
- Dr. Lausch, H.**
- VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, GMM-Fachausschuss 4.7 »Mikro-Nano-Integration«
 - VDE/DGMT/BMBF Begleitforschung »Intelligente Implantate«, externes Mitglied
 - Fraunhofer-Gesellschaft e.V., Forschungsplanung, Fraunhofer Discover Markets 2030
 - InfectoGnostics Forschungscampus Jena/Förderinitiative »Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen« des BMBF
- Dipl.-Ing. Ludwig, H.**
- DGM-Fachausschuss »Biomaterialien«
- Dr. Moritz, T.**
- Management Committee of COST action MP0701 »Nanocomposite Materials«
 - DECHEMA-Fachausschuss »Nanotechnologie«
- DKG-Expertenkreis »Keramik-spritzguss«, Vorstandsvorsitzender
 - Redaktionsbeirat der cfi, Ber. DKG, Vorsitzender
 - Management Committee of COST action MP1105 »Flamertardant Materials«
 - Mitgliedschaft im Fachausschuss III »Verfahrenstechnik« der DKG
 - Mitgliedschaft in der Additive Manufacturing Group der EPMA
- Dipl.-Phys. Mürbe, J.**
- VDI-Bezirksverein Dresden, Arbeitskreis »Granulometrie«
- Nake, K.**
- DGM-Arbeitskreis »Härteprüfung und AWT«, Fachausschuss »FA-12«
- Dr. Petasch, U.**
- FAD-Förderkreis »Abgasnachbehandlungstechnologien für Dieselmotoren e.V.«
- Dr. Pönicke, A.**
- DVS-Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe W3 »Fügen von Metall, Keramik und Glas«
- Dr. Potthoff, A.**
- DGM/DKG-Arbeitskreis »Prozessbegleitende Prüfverfahren«
 - DECHEMA/VCI-Arbeitskreis »Responsible Production and Use of Nanomaterials«
 - Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie
- Dipl.-Ing. Räthel, J.**
- DGM-Fachausschuss »Field Assisted Sintering Technique / Spark Plasma Sintering«
- Dr. Rebenklau, L.**
- VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, GMM Fachausschuss 5.5 »Aufbau- und Verbindungstechnik«
 - Arbeitskreis »Aufbau- und Verbindungstechnik für Hochtemperatursensoren«
 - DVS-Arbeitsgruppe A 2.4 – Bonden im DVS
- Dr. Reichel, U.**
- DKG-Fachausschuss 6 »Werkstoffanwendungen«
 - DKG-Arbeitskreis »Verarbeitungseigenschaften synthetischer keramischer Rohstoffe«
 - DGM-Fachausschuss »Field Assisted Sintering Technique / Spark Plasma Sintering«
- Dr. Richter, H.-J.**
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Biokeramik«
 - DGM-Fachausschuss »Additive Fertigung«
- Dr. Richter, V.**
- VDI-Fachausschuss »Schneidstoffanwendung«
 - DECHEMA/VCI-Arbeitskreis »Responsible Production and Use of Nanomaterials«
 - DGM-Arbeitskreis »Materialkundliche Aspekte der Tribologie und der Endbearbeitung«
 - DIN-Normenausschuss »Werkstofftechnologie« (NWT), AA »Probenahme und Prüfverfahren für Hartmetalle«
 - DIN-Normenausschuss »Materialprüfung« (NMP), AA »Nanotechnologien«
 - DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Pulvermetallurgie«, Expertenkreis »Sintern«
 - Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie
 - EPMA-Arbeitskreis »European Hard Materials Group«
- Dr. Rost, A.**
- DVS-Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe W3 »Fügen von Metall, Keramik und Glas«
 - DKG/DGG-Arbeitskreis »Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe«
- Dr. Schilm, J.**
- DGG-Fachausschuss 1 »Physik und Chemie des Glases«
 - DKG/DGG-Arbeitskreis »Glasig-kristalline Multifunktionswerkstoffe«
 - DVS-Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe W3 »Fügen von Metall, Keramik und Glas«

Dr. Schönecker, A.
- Beirat der Smart Material GmbH

Dr.-Ing. Schubert, F.
- DGZfP-Fachausschuss »Ultraschall«, Unterausschuss »Modellierung und Bildgebung«, Mitglied
- DGZfP-Fachausschuss »Ultraschall«, Unterausschuss »Phased Array«, Stellv. Leiter
- DGZfP-Arbeitskreis Dresden, Leiter

Dipl.-Chem. Schubert, R.
- DKG-Expertenkreis »Keramik-spritzguss«

Dipl.-Ing. Stahn, M.
- VDI-Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb

Standke, G.
- DGM Fachausschuss »Zellulare Werkstoffe«

Prof. Dr. Stelter, M.
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Energie«
- DGM-Fachausschuss »Werkstoffe der Energietechnik«
- medways e.V.
- Optonet e.V.

Dipl.-Min. Thiele, S.
- GTS-Gemeinschaft Thermisches Spritzen e.V.

Dr. Voigt, I.
- ProcessNet-Fachgruppe »Produktionsintegrierte Wasser- und Abwassertechnik«
- ProcessNet-Fachgruppe »Membrantechnik«
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Keramische Membranen«, Leiter
- DGM/DKG-Gemeinschaftsausschuss »Hochleistungskeramik«, Arbeitskreis »Koordinierung«

Dr. Weidl, R.
- EFDS Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.
- BVES Bundesverband Energiespeicher, Arbeitsgruppe 2 »Road-

map der Energiewende und Rolle der Energiespeicher«

Dr. Weyd, M.
- DGMT Deutsche Gesellschaft für Membrantechnik e.V.

Dr. Wunderlich, C.
- VDI-Fachausschuss »Brennstoffzellen«

Dr. Zins, M.
- DKG-Koordinierungsgruppe »Strukturwerkstoffe Fachauschüsse«
- DKG-Fachausschuss »Keramikwendungen«
- DKG-Fachausschuss »FA 6: Werkstoffanwendung«, Leiter
- Fachausschuss »Pulvermetallurgie«
- Deutsche Messe AG, Fachmessebeirat »Industrial Supply«
- Messe München, Fachbeirat »Ceramitec«
- Institut für Prozess- und Anwendungstechnik Keramik, RWTH Aachen, Vorstand

Programmausschüsse bei Fachtagungen

Prof. Dr. Michaelis, A.
- DKG-Jahrestagung 2014 / Symposium Hochleistungskeramik DKG/DGM 2014, Clausthal-Zellerfeld (24.–26.3.2014)
- 13th International Ceramics Congress and 6th Forum on New Materials – CIMTEC 2014, Montecatini Terme, Italy (8.–13.6.2014), Member of the international advisory board
- 5th International Congress on Ceramics – ICC5, China, Peking (17.–21.8.2014), Member of the board of the international advisory committee
- 5. Dresdner Werkstoffsymposium »Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde«, Dresden, TU Dresden IfWW (8.–9.12.2014)
- Symposium Vision Keramik 2015, IKTS Dresden (15.1.2015), Organisator
- IMAPS/ACerS/DKG 11th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ce-

ramic Microsystems Technologies – CICMT 2015, Dresden (20.–23.4.2015), Conference committee, Chair

- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCEE, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Co-chair
- 6th International Congress on Ceramics – From Lab to Fab – ICC6, Dresden (21.–25.8.2016), Conference committee, Chair

Dr. Eberstein, M.
- IMAPS/ACerS/DKG 11th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2015, Dresden (20.–23.4.2015), Local organizing committee

Freund, S.
- Advancer-Schulungsprogramm Hochleistungskeramik Teil I: Werkstoffe, Verfahren, Anwendungen, Dresden (5.–6.3.2014), Organisation

Dr. Fries, M.
- 19. DKG-Fortbildungsseminar – Technologische Grundlagen der Granulierung und Granulatverarbeitung, IKTS Dresden/TU Dresden (9.–10.04.2014), Programm-Organisator
- 7. DKG-Fortbildungsseminar – Sprühtrocknung: Technologie – Statistische Versuchsplanung – Produkt- und Prozessoptimierung, IKTS Dresden/TU Dresden (12.–13.11.2014), Programm-Organisator
- 7. DKG/DGM-Arbeitskreissitzung »Verarbeitungseigenschaften synthetischer Rohstoffe«, in Kooperation mit der TK des VKI e.V. und der Nabaltec AG, Dresden (16.10.2014), Programm-Organisator
- DKG-Symposium »Verfahren zur Herstellung keramischer Schichten«, Erlangen (26.–27.11.2014), Mitglied Programmausschuss

Dr. Gall, M.
- 18th IEEE International Interconnect Technology Conference – IITC/24th Materials for Advanced Metallization Conference – MAM, Grenoble, France (18.–21.5.2015), Technical committee
- 2015 IEEE International Reliability Physics Symposium – IRPS, Monterey, CA, USA (19.–23.4.2015), Technical committee

Dr. Gestrich, T.
- 33. Hagerer Symposium Pulvermetallurgie »Neue Horizonte in der Pulvermetallurgie – Werkzeuge, Produkte und Verfahren«, Hagen (27.–28.11.2014), Programmausschuss

Dr. Härtling, T.
- Second International Symposium on Optical Coherence Tomography for Non-Destructive Testing – OCT4NDT, Fraunhofer IKTS Dresden (25.–26.3.2015), Organisator

Dr. Herrmann, M.
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCEE, Session T4S3 »Novel, Green, and Strategic Processing and Manufacturing Technologies« and Session T4S11 »Materials Diagnostics and Structural Health Monitoring of Ceramic Components and Systems«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer

Dr. Klemm, H.
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCEE, Session T2S2 »Advanced Ceramic Coatings for Power Systems«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer

Dr. Köhler, B.
- 11th International Symposium on

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

- Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T4S11 »Materials Diagnostics and Structural Health Monitoring of Ceramic Components and Systems«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Krell, A.**
- Symposium Vision Keramik 2015, IKTS Dresden (15.–16.1.2015), Organisator
- Dr. Kusnezoff, M.**
- 11th European SOFC & SOE Forum 2014, Luzern, Schweiz (1.–4.7.2014), Scientific Advisory Committee
 - 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T1S1 »High-temperature Fuel Cells and Electrolysis«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Moritz, T.**
- IMAPS/ACerS/DKG 11th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2015, Dresden (20.–23.4.2015), Chair
- Dr. Opitz, J.**
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T4S11 »Materials Diagnostics and Structural Health Monitoring of Ceramic Components and Systems«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Partsch, U.**
- IMAPS/ACerS/DKG 11th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2015, Dresden (20.–23.4.2015), Local organizing committee
- Pfeifer, T.**
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T1S1 »High-temperature Fuel Cells and Electrolysis«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Richter, H.**
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T3S4 »Porous and Cellular Ceramics for Filter and Membrane Applications«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Richter, H.-J.**
- Workshop »Additive Fertigung von keramischen Werkstoffen«, Dresden (20.–21.5.2014), Organisator
- Dr. Schneider, M.**
- 7th International Workshop on Impedance Spectroscopy – IWIS 2014, Chemnitz (24.–26.9.2014), Programm Committee
 - 10th International Symposium on Electrochemical Machining Technology – INSECT 2014, Saarbrücken (13.–14.11.2014), Advisory Board
 - Symposium Industrieausstellung »Angewandte Elektrochemie in der Materialforschung«, Dresden (4.–5.12.2014), Organisator
- Dr. Schönecker, A.**
- Symposium Vision Keramik 2015, IKTS Dresden (15.–16.1.2015), Organisator
 - International Symposium on Piezocomposite Applications – ISPA 2015, Fraunhofer Institute Center Dresden, Germany (17.–18.9.2015), Conference organizer
- Prof. Dr. Stelter, M.**
- 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T4S3 »Novel, Green, and Strategic Processing and Manufacturing Technologies«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Voigt, I.**
- 13th International Conference on Inorganic Membranes, Brisbane, Australia (6.–9.7.2014), International Scientific Committee
 - 11th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications – CMCee, Session T3S4 »Porous and Cellular Ceramics for Filter and Membrane Applications«, Vancouver, Canada (14.–19.6.2015), Session Organizer
- Dr. Wunderlich, C.**
- ASME 12th Fuel Cell Science, Engineering and Technology Conference, Boston, MA (30.6.–2.7.2014), Track Co-Organizer
- Dr. Zins, M.**
- 90. DKG-Jahrestagung 2015 & Symposium Hochleistungskeramik 2015 / 90th DKG Annual Conference & Symposium on High-Performance Ceramics 2015, Bayreuth (15.–19.3.2015), Mitglied-Programmausschuss
- Prof. Dr. Zschech, E.**
- 3rd Dresden Nanoanalysis Symposium, Dresden (17.4.2015), Scientific Coordinator
 - 2015 International Conference on Frontiers of Characterization and Metrology for Nanoelectronics – FCMN, Dresden, Germany (14.–16.4.2015)
-
- Dissertationen**
-
- Derenko, Susan**
Sensors for Environmental Monitoring based on Localized Surface Plasmons
Dissertation 2014
- Fraunhofer IKTS – TU Dresden,
Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften
- Günther, Christiane**
Entwicklung von Sodalithmembranen für die Gastrennung unter industriellen Bedingungen
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – Friedrich-Schiller-Universität Jena, Otto-Schott-Institut für Materialforschung – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- Han, Tae-Young**
Phased Array Ultrasonic Testing of Dissimilar Metal Welds using Geometric based Referencing Delay Law Technique
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Joedecke, Christian Bernd**
Wolfram-Dickschichtmetallisierungen im Simultaneinbrand mit Aluminiumnitrid
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen
- Köhler, Bernd**
Scannende Erfassung von Ultraschall-Wellenfeldern für die zerstörungsfreie Prüfung, die zerstörungsfreie Materialcharakterisierung und die Strukturüberwachung
Habilitation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
- Kovalenko, Daria**
Micro-Raman Spectroscopy of Nano- and Micro-Structured Materials
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen
- Lankau, Volkmar**
Untersuchung technischer Einflussgrößen auf die elektrische Leitfähigkeit von festphasen-gesintertem Siliciumcarbid

Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden,
Fakultät Maschinenwesen, Institut
für Werkstoffwissenschaft

Peschel, Maik

Frontseitenkontaktierung polykristalliner Siliziumsolarzellen mittels bleifreier ZnO-haltiger Gläser in Silberpasten
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec – TU Dresden, Institut für Festkörpermechanik

Reuber, Sebastian

Ein systemtechnischer Ansatz zur ein- und multikriteriellen Optimierung von Energiesystemen am Beispiel der SOFC-Prozesssynthese
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TH Mittelhessen – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Rödel, Conny

Beitrag zur Aufklärung molekularer Wechselwirkungen von organischen Additiven in technischen Korund-Suspensionen
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Rödig, Thomas

Eignung piezoelektrischer Werkstoffe für mechanoelektrische Festkörpergeneratoren
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Thiele, Maik

Superharte Werkstoffe auf der Basis von Borsuboxid (B₂O₃)
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Werkstoffwissenschaft

Zschippang, Eveline

Elektrisch leitfähige Komposite auf Basis von Siliciumnitrid-Siliciumcarbid
Dissertation 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden,

Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften

Diplomarbeiten

Albrecht, Thomas

Untersuchungen zum Betriebsverhalten eines mit realem Biogas betriebenen SOFC-Systems mit Anodenabgasrezirkulation
Bachelorarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Almeroth, Philipp

Präparation und Charakterisierung von edelmetallhaltigen Trägerkatalysatoren für die partielle Oxidation von Ethanol
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Antons, Jens

Structural and Sensitivity Optimization of Gold Nanohole Arrays Used for Molecular Sensing
Masterarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Biotechnologisches Zentrum

Fogel, Stefan

Untersuchung von Scale-up-Kriterien durch Quantifizierung des Mischverhaltens disperser Mehrphasensysteme in Biogasreaktoren mit ovaler Reaktorgeometrie im Labor- und Technikumsmaßstab
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Gleichner, Benjamin

Modellgestützte Analyse von SOFC/Batterie-Hybridssystemen zur Haushaltsstromversorgung in Indien
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Grünberg, Ivo

Reaktionstechnische Untersuchungen an verschiedenen strukturierten perowskitischen Katalysatoren
Bachelorarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Heng, Chang Win

Entwicklung von 1-3 Piezokompositen für Hochtemperatur-Ultraschallprüfköpfe
Bachelorarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Elektrotechnik

Hipp, Raffael Luca Maria

Quantitative Charakterisierung von Punktschweißungen mittels Ultraschallmikroskopie unter besonderer Berücksichtigung von Oberflächenbeschaffenheit und Gefügedämpfung
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Hochmuth, Robert

Experimentelle Charakterisierung und Modellierung von regenerativen Wärmespeichern für Hochtemperatur-Separationsprozesse
Masterarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Ilmenau, Fakultät Maschinenwesen

Knüpfer, Paul

Mess- und Auswertungsroutinen zum Granulat-Füllverhalten beim uniaxialen Trockenpressen
Bachelorarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Bergakademie Freiberg, Fakultät Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

Münch, Stefan

Systematische Untersuchung biomechanischer und geometrischer Einflussgrößen auf das Verformungsverhalten einer Cornea während der Luftpulstonometrie
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Luft- und Raumfahrttechnik

Neubeck, Robert

Wellenmodenselektive Migrationsverfahren für Ultraschalldaten und ihre Anwendung an Plattenstrukturen

Masterarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik

Oertel, Tobias

Entwicklung stabiler hydrophober Mixed-Matrix-Membranen für die Ethanolabtrennung
Bachelorarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Ostrikow, Alexander

Wirtschaftlichkeitsbewertung der Sauerstoffproduktion über keramische Membranen im Vergleich zu konventionellen Technologien
Bachelorarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Safonow, Elena

Elektrochemische Untersuchungen an flexiblen integrierten Multielektrodenarrays für Retina-Implantate
Bachelorarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Schlotza, Stephanie

Untersuchungen zur thermochemischen Modifikation von Klärschlammaschen mit dem Ziel der Anwendung in Heißgasfiltrationsprozessen
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – Hochschule Fresenius, Fachbereich Chemie und Biologie

Scholz, Matthias

Charakterisierung der Prozesszustände eines Hochtemperatur-Brennstoffzellenmoduls (SOFC)
Diplomarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Schreck, Marvin

Entwicklung modularer, automatisierter Sicherheitstechnik für Katalyse- und Permeations-Messplätze
Masterarbeit 2014
Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE

Schwab, Olga

Untersuchungen zu Einbrennverhalten und Haftmechanismen von Ag-Dickschichten auf AlN-Keramik
Masterarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik

Sendler, Thomas

Polymerabgeleitete Membranen zur Hochtemperaturanwendung – Überführung von Verfahrensparametern auf kreiszylindrische Substrate
Bachelorarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Steinke, Nadja

Funktionalisierung von nanostrukturierten Goldoberflächen für die Detektion von Biomolekülen mittels Oberflächenplasmonenresonanzsensorik
Diplomarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Stelzig, Thomas

Entwicklung grundlegender Verfahrensparameter zur Abscheidung von CNTs auf porösen keramischen ZrO_2 -Trägern mittels CVD-Verfahren
Masterarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Stier, Konstantin

Untersuchung des Einflusses der Pulveraufarbeitung auf die Gastrennung von schwefelmodifiziertem Sodalith
Bachelorarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Trümper, Stephan

Elektrochemische Untersuchung von dispersionsverfestigten Schichten mittels elektrochemischer Quarzmikrowaage
Diplomarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Tschirpke, Caroline

Einfluss der Korngröße und hydro-

thermalen Alterung auf die mikrostrukturellen und mechanischen Oberflächeneigenschaften von Y-TZP/ Al_2O_3 -Dispersionskeramiken
Masterarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – Friedrich-Schiller-Universität Jena, Physikalisch-Astronomische Fakultät, Institut für Materialwirtschaft und Werkstofftechnologie

Uhlig, Elias

Beständigkeitsuntersuchungen von keramischen Nanofiltrationsmembranen
Bachelorarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec

Wagner, Lisabeth

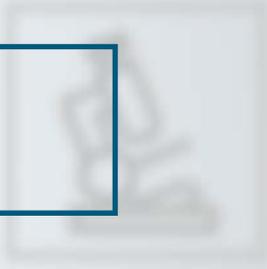
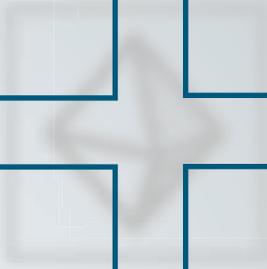
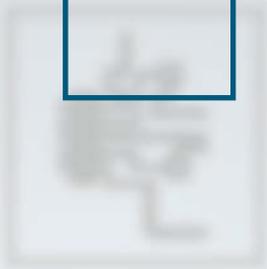
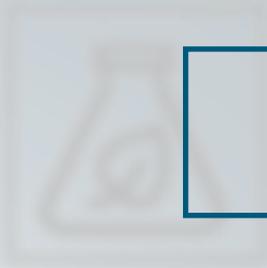
Experimentelle Bestimmung notwendiger Parameter für die Simulation des thermisch-elektrochemischen Verhaltens von Elektrodenmaterialien
Diplomarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen

Winkler, Mathias

Herstellung und Charakterisierung eines Komposites aus einer elektronenleitenden $MgFe_2O_4$ - und einer ionisch leitfähigen $Ce_{0,8}Gd_{0,2}O_{2-\delta}$ -Phase zur Herstellung von dichten mischleitenden Membranen für die Anwendung unter CO_2 -Bedingungen im Kraftwerk
Masterarbeit 2014

Fraunhofer IKTS – Ernst-Abbe Fachhochschule Jena, Fachbereich SciTec



VERANSTALTUNGEN UND MESSEN – AUSBLICK

Tagungen und Events

International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect & Ceramic Microsystems Technologies – CICMT 2015

20.–23. April 2015, Fraunhofer IKTS, Dresden

Arbeitstreffen der Fraunhofer-Allianz Leichtbau

22. April 2015, Fraunhofer IKTS-MD, Dresden

AMZ-Campus

9. Juni 2015, Fraunhofer IKTS-MD, Dresden

International Symposium on Piezocomposites Applications ISPA

Gemeinschaftsveranstaltung der Smart Material GmbH und des NASA Langley Research Center

17.–18. September 2015, Fraunhofer IKTS, Dresden

2nd Battery Days Dresden 2015

In Kooperation mit den Graz Battery Days

22.–24. September 2015, Fraunhofer IKTS, Dresden

CoolTransferDay von Cool Silicon

November 2015, Fraunhofer IKTS-MD, Dresden

6th International Congress on Ceramics (ICC6), Konferenz und Industriemesse

21.–25. August 2016,

Internationales Congress Center Dresden

<http://www.icc-6.com/>

Weitere Informationen finden Sie unter

www.ikts.fraunhofer.de/de/veranstaltung.html

Seminare/Workshops

**AdvanCer-Schulungsprogramm:
Einführung in die Hochleistungskeramik**

Teil II / 2015: Bearbeitung

6.–7. Mai 2015, Berlin

Teil I / 2015: Werkstoffe, Verfahren

11.–12. Juni 2015, Dresden

Teil III / 2015: Konstruktion, Prüfung

12.–13. November 2015, Freiburg

Weitere Informationen finden Sie unter

www.advancer.fraunhofer.de



Messebeteiligungen

CERAMICS EXPO

Cleveland, 28.–30. April 2015

SMT HYBRID PACKAGING

Nürnberg, 5.–7. Mai 2015

Gemeinschaftsstand Future Packaging

WIND UND MARITIM

Rostock, 6.–7. Mai 2015

DGZfP DACH-Tagung

Salzburg, 11.–13. Mai 2015

PCIM EUROPE

Nürnberg, 19.–21. Mai 2015

Gemeinschaftsstand ECPE European Cluster for Power Electronics

SENSOR+TEST

Nürnberg, 19.–21. Mai 2015

Gemeinschaftsstand Forschung für die Zukunft

EES ELECTRICAL ENERGY STORAGE

München, 10.–12. Juni 2015

Gemeinschaftsstand mit ThyssenKrupp System Engineering

ACHEMA

Frankfurt a.M., 15.–19. Juni 2015

CARBON

Dresden, 12.–16. Juli 2015

LASER WORLD OF PHOTONICS

München, 22.–25. Juli 2015

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

WERKSTOFFWOCHE

Dresden, 14.–17. September 2015

EUROMAT

Warschau, 20.–24. September 2015

Gemeinschaftsstand DFCNA

ISPA 2015

Dresden, 17.–18. September 2015

EuroPM

Reims, 4.–7. Oktober 2015

WORLD OF ENERGY SOLUTIONS

Stuttgart, 12.–14. Oktober 2015

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand Allianz Batterien

SEMICON EUROPA

Dresden, 20.–22. Oktober 2015

Gemeinschaftsstand Silicon Saxony

CERAMITEC

München, 20.–23. Oktober 2015

PRODUCTRONICA

München, 10.–13. November 2015

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

PRORA Fachtagung »Prozessnahe Röntgenanalytik«

Adlershof, 12.–13. November 2015

HAGENER SYMPOSIUM

Hagen, 25.–27. November 2015

FAD Konferenz

Dresden, November 2015

Fraunhofer-Gemeinschaftsstand

DRESDNER SENSOR-SYMPOSIUM

Dresden, Dezember 2015

Weitere Informationen finden Sie unter

www.ikts.fraunhofer.de/de/messen.html

ANFAHRT ZUM FRAUNHOFER IKTS



Weitere Informationen und Anfahrtsskizzen
finden Sie unter
www.ikts.fraunhofer.de/de/kontakt.html

So erreichen Sie uns in Dresden

Straßenverbindung

- Autobahndreieck Dresden West: Autobahnwechsel A4 auf A17 in Richtung Prag
- Abfahrt an der Ausfahrt Dresden Prohlis/Nickern (Ausfahrt 4)
- Weiterfahrt ca. 2 km auf der Ausfallstraße in Richtung Zentrum
- Am Ende der Ausfallstraße über die Ampel geradeaus weiterfahren auf den Langen Weg Richtung Prohlis (IHK)
- Nach ca. 1 km links abbiegen auf die Mügelnstraße
- An der nächsten Ampelkreuzung rechts abbiegen auf die Straße Moränenende
- Unter der Eisenbahnbrücke durch weiter geradeaus bis zur nächsten Ampel, dann links einbiegen in die Breitscheidstraße
- Weiterfahrt ca. 3 km immer geradeaus über An der Rennbahn auf die Winterbergstraße
- Das Fraunhofer IKTS befindet sich auf der linken Seite
- Melden Sie sich bitte an der Pforte an

Nahverkehr

- Dresden-Hbf.: ab Haltestelle Hauptbahnhof-Nord mit Straßenbahnlinie 9 (Richtung Prohlis) bis Wasaplatz
- Weiter mit Buslinie 61 (Richtung Weißig/Fernsehturm) oder Buslinie 85 (Richtung Striesen) bis Haltestelle Grunaer Weg

Flugverbindung

- Ab Flughafen Dresden-Klotzsche mit dem Taxi zur Winterbergstraße 28 (ca. 10 km)
- Oder mit der S-Bahn (unterirdische S-Bahn-Station) zum Hauptbahnhof, weiter s. Bahn



So erreichen Sie den Institutsteil Materialdiagnostik

Straßenverbindung

- Autobahn A4: Ausfahrt Dresden-Flughafen
- Weiter über Hermann-Reichelt-Straße in Richtung Hoyerswerda auf Grenzstraße
- Maria-Reiche-Straße ist die erste Abzweigung rechts nach Dörnichtweg
- Vom Zentrum Dresden: B97 in Richtung Hoyerswerda
- 400 m nachdem die Straßenbahngleise von der Straßenmitte auf die rechte Seite wechseln nach links in die Grenzstraße abbiegen
- Maria-Reiche-Straße zweigt nach etwa 500 m links ab

Nahverkehr

- Ab Dresden Zentrum mit Straßenbahnlinie 7 (Richtung Weixdorf) bis Arkonastraße
- In Fahrtrichtung schräg nach links durch das Wohngebiet, dann links in Grenzstraße gehen
- Maria-Reiche-Straße erreichen Sie nach etwa zehn Minuten Fußweg auf der linken Seite
- S-Bahn Linie 2 bis Dresden-Grenzstraße
- Entgegengesetzt zur Fahrtrichtung ca. 400 m zurückgehen
- Rechts in die Maria-Reiche-Straße gehen

Flugverbindung

- Ab Flughafen Dresden-Klotzsche mit Bus 80 bis Grenzstraße Mitte, dann 150 m der Grenzstraße folgen
- Oder mit S-Bahn eine Haltestelle bis Dresden-Grenzstraße und etwa 400 m die Grenzstraße weiter laufen

So erreichen Sie den Institutsteil Hermsdorf

Straßenverbindung

- Ausfahrt Bad Klosterlausnitz/Hermsdorf (A9, Ausfahrt 23)
- Weiterfahrt auf Naumburger Straße in Richtung Hermsdorf
- Im Stadtzentrum (Kreisverkehr) rechts abbiegen in Robert-Friese-Straße
- Straßenverlauf in das Industrie- und Gewerbegebiet folgen, dann rechts in Michael-Faraday-Straße abbiegen
- Nach ca. 20 m erreichen Sie links das Gelände des Fraunhofer IKTS
- Ausfahrt Hermsdorf-Ost (A4, Ausfahrt 56b)
- Weiterfahrt Geraer Straße in Richtung Hermsdorf
- Dann links in Regensburger Straße einbiegen und dem Verlauf der Hauptstraße folgen
- Am Kreisverkehr rechts abbiegen und Straße Am Globus folgen, die in die Robert-Friese-Straße mündet
- Dann links in Michael-Faraday-Straße abbiegen
- Nach ca. 20 m erreichen Sie links das Gelände des Fraunhofer IKTS

Nahverkehr

- Ab Bahnhof Hermsdorf-Klosterlausnitz
- Laufen Sie nach rechts in Richtung Eisenbahnbrücke
- Geradeaus in Keramikerstraße (Brücke nicht überqueren), vorbei an Porzellanfabrik und Stadthaus Hermsdorf
- Dann rechts abbiegen, den Kreisverkehr passieren und geradeaus in Robert-Friese-Straße gehen
- Nach etwa 600 m rechts in Michael-Faraday-Straße gehen
- Nach ca. 20 m erreichen Sie links das Gelände des Fraunhofer IKTS

Redaktion/Layout

Katrin Schwarz
Peter Peuker
Andrea Gaal
Anja Ziesche
Fanny Pohontsch
Nicole Michel
Rita Kunath

Druck

ELBTAL Druckerei & Kartonagen Kahle GmbH

Bilder

Atelier »Mein Foto« Dresden
Foto Wachs Dresden
Fotograf Jürgen Lösel, Dresden
Fotostudio FotoGen, Dresden
Fraunhofer IKTS
MEV Verlag

Institutsadresse

Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien und Systeme IKTS
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-7700
Fax +49 351 2553-7600

Institutsteil Hermsdorf
Michael-Faraday-Straße 1, 07629 Hermsdorf
Telefon +49 36601 9301-0
Fax +49 36601 9301-3921

Institutsteil Materialdiagnostik
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden-Klotzsche
Telefon +49 351 88815-501
Fax +49 351 88815-509

info@ikts.fraunhofer.de
www.ikts.fraunhofer.de

**Ansprechpartnerin
Presse und Öffentlichkeitsarbeit**

Dipl.-Chem. Katrin Schwarz

Telefon +49 351 2553-7720
katrin.schwarz@ikts.fraunhofer.de

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer IKTS, Dresden 04/2015

Titelbild

*Simulationsgestützte Bestimmung des Ausfallverhaltens
elektronischer Baugruppen.*