

VORKONFEKTIONIERTE DICKSCHICHTSENSOREN FÜR VARIABLE BAUTEILOBERFLÄCHEN

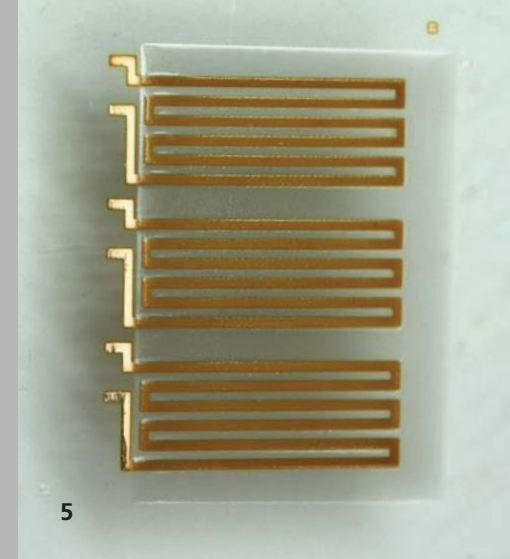
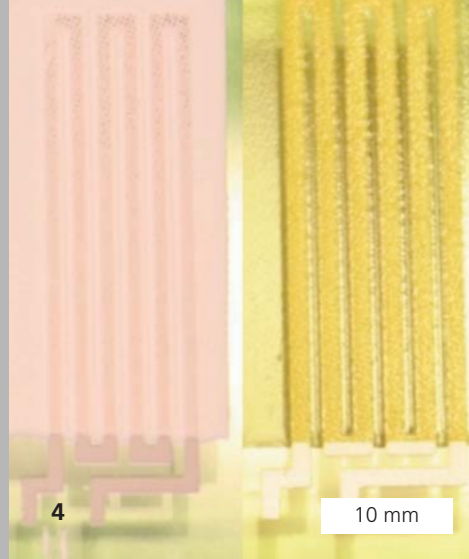
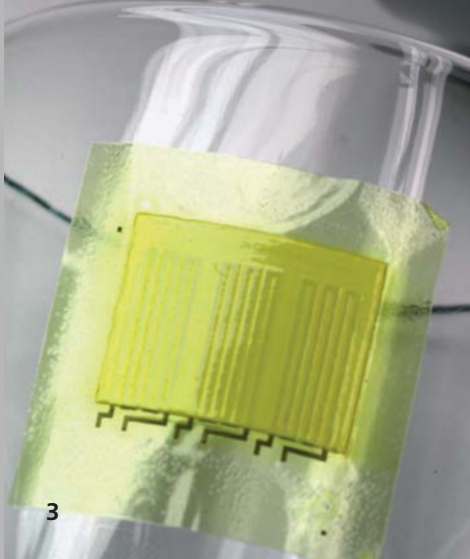
Dipl.-Ing. Thomas Seuthe, Dr. Markus Eberstein

Die Herstellung mehrlagiger, keramischer Funktionsschichten über Abscheideverfahren 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

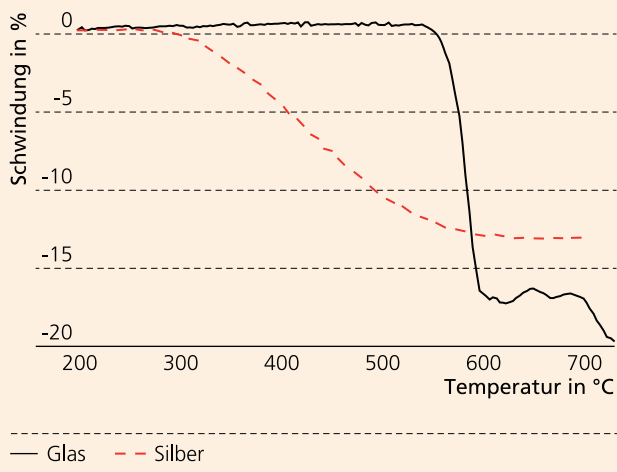


ELEKTRONIK UND MIKROSYSTEME

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)



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.

- 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.

