



# KERAMIKINTEGRIERTE MINIATURSPULEN FÜR DIE DREHZAHLMESSUNG IN TURBOLADERN

Dipl.-Ing. Martin Ihle, Dr. Steffen Ziesche, Dr. Uwe Partsch

Wirbelstromsensoren ermöglichen bei elektrisch leitenden Materialien die berührungslose Erfassung von Weg, Abstand, Position sowie Schwingungen und Geschwindigkeiten. Die keramische Multilayer-Technologie (Low-Temperature Co-Fired Ceramics, LTCC) bietet hier die optimale Plattform, um Messspulen der aktiven Wirbelstromsensorik flexibel in sehr kleine Bauformen zu integrieren. In LTCC gedruckte und eingebettete Messspulen können in sehr rauen Umgebungen bei Einsatztemperatur bis 550 °C verwendet werden.

Gemeinsam mit der Jaquet Technology Group hat das Fraunhofer IKTS eine LTCC-Spule zur Messung der Drehzahl im Turbolader von Fahrzeugmotoren entwickelt. Die Drehzahlmessung ist entscheidend, um den Motor mit der optimalen Luftmasse zu versorgen und somit den Kraftstoffverbrauch zu minimieren.

## Layout des Sensorelements

Entscheidend für die Performance ist der Gütefaktor der Messspule. Durch neuartige, am IKTS entwickelte LTCC-Fertigungsprozesse konnte der laterale Windungsabstand der gedruckten Spulen auf 30 µm gesenkt werden, was deren Induktivität verbessert. Gleichzeitig wurde die Metallisierungsschichtdicke erhöht und somit der Innenwiderstand der Spulen signifikant reduziert. Im Ergebnis konnte ein deutlich rausch- und verlustärmeres Messsignal erzielt werden.

Entwicklungstreiber war neben der Miniaturisierung mit optimierter Güte auch die Integration eines flexiblen Spulendesigns in LTCC. Typischerweise werden Spulen dieser Art als gewickelte Drahtspulen in Spiralförmigkeit realisiert.

Die am Fraunhofer IKTS entwickelte LTCC-Doppel-D-Spule liefert aufgrund des zugeschnittenen Designs ein schmalbandigeres magnetisches Feld und somit ein deutlicheres Messsignal an Turboladerschaufeln beispielsweise aus Aluminium wie auch aus Titan. Diese neuartigen Mikroschichten im flexiblen LTCC-Doppel-D-Design mit optimierter Güte und einem Aspektverhältnis von  $> 1$  (Höhe-zu-Breite-Verhältnis der gedruckten Leiterbahnen) heben sich weit vom aktuellen Stand der Technik ab.

## Produktion

Aufgrund der optimierten Sensoreigenschaften wird diese innovative LTCC-Spulenteknologie in das Produktportfolio der Jaquet Technology Group zur Messung der Drehzahl von Turboladern für PKWs und LKWs aufgenommen.

## Leistungs- und Kooperationsangebot

- Entwicklung und Konstruktion von individuellen LTCC-Spulen-Varianten (Sensoren, Transformatoren, etc.)
- Aufbau und Erprobung von Vorserien

1 Gesinterte LTCC-Doppel-D-Spule im Größenvergleich zu einem Streichholzkopf.

2 CT-Scan-Aufnahme der LTCC-Spule in Sensor-Vergussmasse.

3 Querschnittsbild der LTCC-Spule.

