

1 *Gedruckte magnetische Nonius-Struktur zur Drehzahl- und Positionsmessung.*

DICKSCHICHTSENSORIK – ÜBERWACHUNG DIREKT AM BAUTEIL

**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM**

Formgebung und Funktionswerkstoffe

Prof. Dr.-Ing. Matthias Busse
Wiener Straße 12
28359 Bremen

Kontakt:

Dr.-Ing. Georg Veltl
Dipl.-Ing. Mario Kohl

Telefon +49 421 2246-211
Telefax +49 421 2246-300
georg.velt@ifam.fraunhofer.de

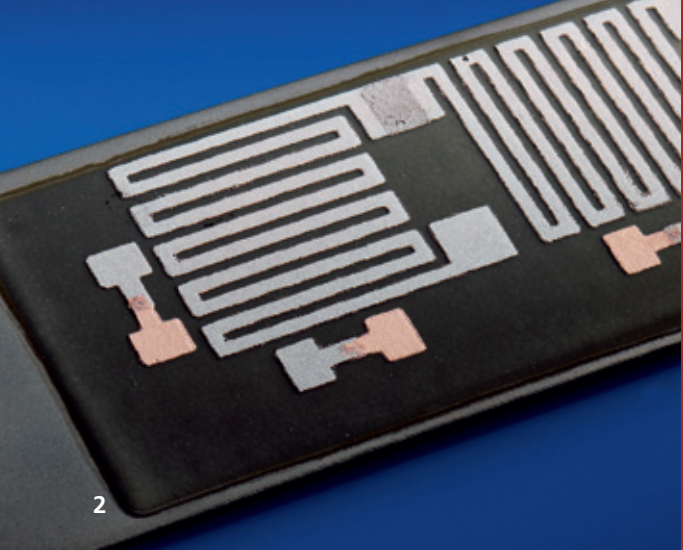
www.ifam.fraunhofer.de

In zunehmendem Umfang ist eine Zustandsüberwachung von Bauteilen erforderlich, um Systeme zu kontrollieren oder Wartungsintervalle zu optimieren, wofür unterschiedliche Sensoren benötigt werden.

Das Fraunhofer IFAM hat auf Basis pulvergefüllter Pasten unterschiedliche Sensoren entwickelt, die direkt auf Bauteile applizierbar sind. Vorteilhaft bei der Anwendung pulvergefüllter Pasten ist – neben der großen Materialvielfalt – die Nutzbarkeit etablierter Fertigungsverfahren, wie beispielsweise Sieb- oder Schablonendruck. Dieser ermöglicht es, komplexe Geometrien kostengünstig, schnell und in großen Stückzahlen herstellen zu können.

Grundkonzept des Verfahrens

Das Konzept der Sensorapplikation mittels pulvergefüllter Pasten besteht darin, für die Sensoreigenschaften geeignete Werkstoffe auszuwählen und mit Zusatzstoffen zu einer druckfähigen Paste zu verarbeiten. Diese wird mittels Sieb- oder Schablonendruck auf die Bauteiloberfläche aufgetragen, getrocknet und anschließend gesintert. Hierbei können über die Sinterparameter die späteren Sensoreigenschaften beeinflusst werden. Bei der Anwendung auf elektrisch leitfähigen Oberflächen ist eine zusätzliche elektrische Isolierung zwischen Sensor und Bauteil notwendig. Diese wird durch die Aufbringung einer Emailleschicht realisiert. Mit Emaille lassen sich hochohmige (10^{10} bis 10^{14} Ohm) Isolationsschichten herstellen, die sich durch eine hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit sowie gute Haftungseigenschaften auszeichnen.



2



3

Anwendungsbeispiele

Ein großes Einsatzgebiet von Sensoren ist die Überwachung von Bauteilen und Systemen. Im Folgenden wird die Funktion der am Fraunhofer IFAM bereits hergestellten Sensoren kurz erläutert.

Mithilfe pulvergefüllter Pasten ist es möglich, **magnetisch sensorierbare Strukturen** auf Bauteilen herzustellen. Hartmagnetische Strukturen aus NdFeB oder anderen hartmagnetischen Materialien können auf Bauteile gedruckt und anschließend mit diesen versintert werden, um z. B. deren Drehzahl zu messen oder ihre Position in Bezug zu einem Magnetfeld-Sensor zu bestimmen.

Es ist auch möglich, weichmagnetische Materialien auf unmagnetisches Grundmaterial zu applizieren und durch eine externe Feldspule messtechnisch zu erfassen. Durch so genannte Nonius-Strukturen, wie in Abbildung 1 zu sehen, ist es möglich, Drehzahl und Positionswinkel gleichzeitig zu erfassen. Durch mehrere Spuren, die jeweils gegeneinander versetzt sind, lässt sich die Messgenauigkeit erhöhen. Magnetische Materialien finden in der Antriebs- bzw. Automatisierungstechnik Einsatz.

Ein anderes Einsatzgebiet ist die Überwachung von Bauteilbelastungen. Mit den so genannten **Dehnungsmessstreifen**, kurz DMS, ist dies zu realisieren. Hierfür können verschiedene Materialien mit temperaturunabhängigem Widerstand (z. B. eine CuNiMn-Legierung) direkt auf das Bauteil gedruckt werden.

Die Belastung des Bauteils erzeugt eine Wegänderung des Dehnungsmessstreifens, somit kann eine Widerstandsänderung detektiert werden.

Aufgrund der guten Haftungseigenschaft von elektrisch isolierender Zwischenschicht und verdruckter pulvergefüllter Paste kann auch eine plastische Verformung bzw. Überbelastung eines Bauteils eruiert werden.

Von großer Bedeutung ist die Temperaturüberwachung im Maschinen- / Anlagenbereich. Es können alle gängigen **Thermoelement-Paare** (z. B. Typ T: Cu – CuNi) je nach Temperatureinsatzbereich auf die lokal isolierten Bauteile appliziert werden. Hierbei wird mit einer hohen Genauigkeit die Thermospannung aufgenommen, wodurch die vorherrschende Temperatur gemessen werden kann.

Unser Angebot

Das Fraunhofer IFAM bietet die Entwicklung, Modifizierung und Fertigstellung von direkt applizierbaren Sensorelementen an. Hierzu gehören u. a. die Modifizierung der Pastenzusammensetzung und die Ermittlung eines Sinterzyklus zur Einstellung der gewünschten Sensoreigenschaften. Im Einzelnen sind dies:

- Pastenentwicklung und –herstellung
- Entwicklung bauteilspezifischer Sensoren
- Beratung über geeignetes Druckverfahren
- Funktionalisieren von Oberflächen
- Integration in die bestehenden Fertigungsprozesse

- Beratung / Erstellung neuer Produktionslinien

Ausstattung

Am Fraunhofer IFAM ist die komplette Linie zur Aufbereitung und Verarbeitung von gefüllten Pasten vorhanden:

- Mischer, Rührer (Turrax)
- Walzenstuhl
- Dispermat, (temperierbar, evakuierbar)
- Sieb-/Schablonendrucker
- Dispenser
- Trockner
- verschiedene Sinteröfen mit unterschiedlichen Prozessatmosphären von Luft, Schutzgas bis reduzierend
- Schichtdickenmessgerät
- elektrische und magnetische Charakterisierung
- Metallographie & Analytik

2 *Nahaufnahme eines mittels Siebdruckverfahren hergestellten Dehnungsmessstreifens mit Thermoelementpaar Typ T (Cu-CuNi)*

3 *Mittels Siebdruckverfahren hergestellter Dehnungsmessstreifen (Gesinterter DMS - links; ungesinterter DMS - rechts)*