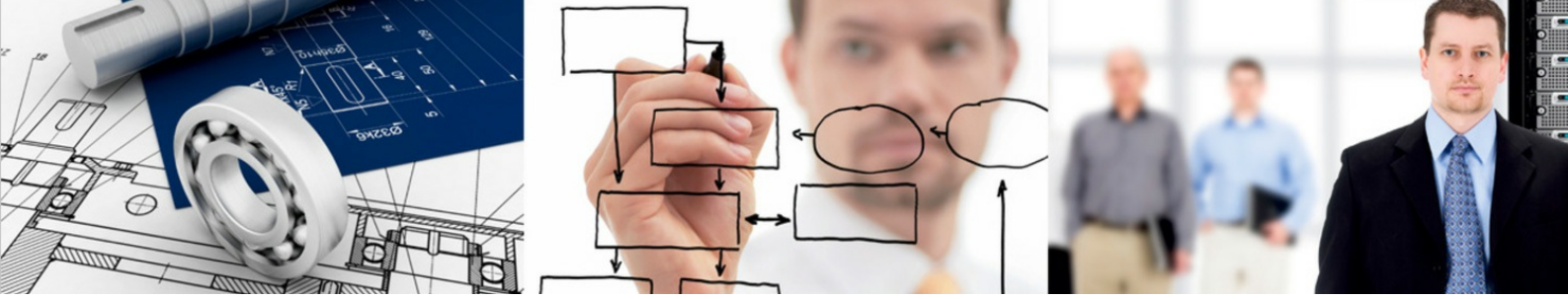


KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

Zukunft durch Innovation und Forschung

Digitale Fertigungsverfahren für die Herstellung von Low-Cost-Sensorik auf Basis gedruckter Leiterstrukturen

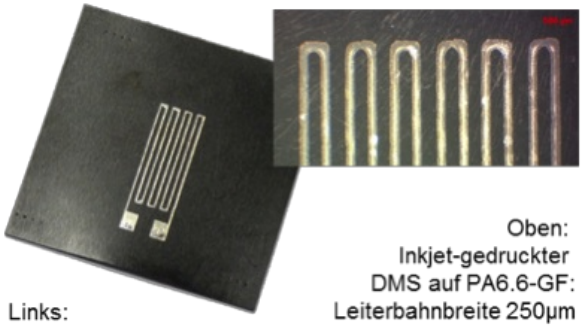
Durch den Einsatz dezentraler Elektronik und dreidimensionaler Multifunktionsbaugruppen wie etwa Molded Interconnect Devices (MID) werden Produkte effizienter, flexibler und wettbewerbsfähiger. Sensorik spielt dabei oftmals eine wichtige Rolle, wobei heute durch den Einsatz der Mikrosystemtechnik eine immer höhere Inte-grationsdichte realisiert wird. Parallel wächst jedoch auch der Kostendruck, so dass innovative, flexible Ansätze für die Fertigung von Sensoren mehr denn je gefragt sind.

Problemstellung

Die Herstellung von Sensoren erfolgt heute überwiegend durch mikrosystemtechnische Verfahren und Prozesse auf Grundlage der Silizium-Halbleitertechnik, teilweise ergänzt um mikromechanische Verfahren. Zu den typischen Prozessschritten gehören Strukturierungsverfahren, Ätz- und Vakuumprozesse wie beispielsweise Sputterprozesse zur Schichtabscheidung. Insgesamt sind diese Verfahren aufgrund der notwendigen technischen Anlagen und des notwendigen Einhaltens von speziellen Produktionsbedingungen, z.B. Reinräume, sehr aufwändig. Resistive Sensoren können aber auch mit Hilfe von Drucktechniken wie dem Siebdruck von Dickschichtpasten hergestellt werden. Dabei wird die funktionelle Struktur mittels eines Tools (Drucksieb) auf einen hitzebeständigen Trägerwerkstoff gedruckt und anschließend bei Temperaturen >500°C gesintert, um die gewünschten Eigenschaften erzielen zu können. Allerdings müssen in beiden Fällen die Sensoren nach ihrer Herstellung aufwändig in die spätere Applikation integriert werden.

Zielsetzung

Generative Fertigungsverfahren wie der Inkjet-Druck in Verbindung mit Werkstoffen auf Nanopartikelbasis bieten das Potential, durch vereinfachte und verkürzte Prozessketten Kosten zu reduzieren und die Produkteinführungszeit zu reduzieren. Mit Hilfe der digitalen Druckverfahren lassen sich darüber hinaus funktionelle Strukturen direkt auf Bauteile oder Oberflächen aufbringen, so dass die Integration der Low-Cost-Sensorik in das spätere Bauteil erheblich vereinfacht wird.
Allerdings stehen solche maskenlosen Fertigungsverfahren noch am Anfang der Verwertung. Die Gründe hierfür sind die noch fehlenden Erfahrungswerte bei der Herstellung der Messwertaufnehmer, den Wechselwirkungen der eingesetzten Materialien und Produktionsparameter und dem noch zu ermittelnden Langzeitverhalten der Messwertaufnehmer unter definierten Einsatzbedingungen.



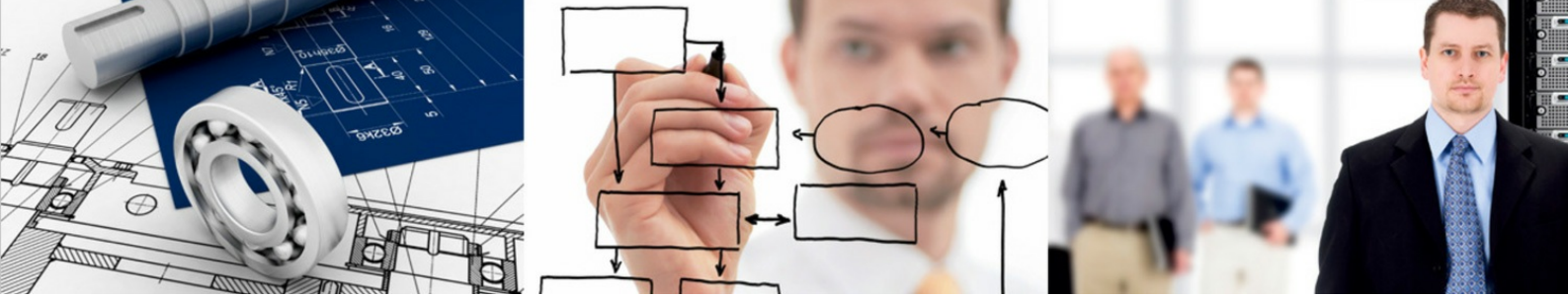
Links:
Gedruckter DMS-Prototyp

Oben:
Inkjet-gedruckter
DMS auf PA6.6-GF:
Leiterbahnbreite 250µm
Schichtdicke 0,5-0,7µm

In diesem Projekt wird der Inkjetdruck als Fertigungsverfahren für Dehnungs- und Temperatursensoren auf Basis piezoresistiver bzw. thermoresistiver Messprinzipien weiterentwickelt. Die resultierenden Sensoren sollen in Hinblick auf ihre Zuverlässigkeit und ihr Langzeitverhalten untersucht werden. Es werden die Inkjet-Druckprozesse für die Integration der Sensoren in Bauteile erarbeitet und optimiert sowie geeignete Tintenmaterialsysteme auf Basis von Ag- und Kohlenstoffnanopartikeln für die prototypische Realisierung resistiver Sensorstrukturen (Dehnungs- und Temperatursensoren) auf isolierenden, polymeren Trägerwerkstoffen zur Erfassung von Lastzuständen, Verformungen oder auch Temperaturen untersucht. Damit werden die Grundlagen für eine zukünftige direkte Sensorintegration in Bauteile und eine spätere Kommerzialisierung gelegt.

Vorgehensweise

In diesem innovativen Projekt soll die Eignung der gedruckten Sensoren für mögliche Anwendung unter Zugrundelegung bestimmter Anwendungsbedingungen untersucht werden. Die Anwendungen, die zusammen mit den beteiligten Industriepartnern ausgewählt werden, erfordern unter anderem den Einsatz polymerer Substrate für die gedruckten Sensoren,



die Entwicklung und Bewertung angepasster Sinterprozesse für resistive Sensoren auf thermisch gering beständigen Substraten, die umfassende Charakterisierung der gedruckten Elementarsensoren, die Qualifizierung des Langzeitverhaltens der Sensoren sowie die Entwicklung eines Konzeptes zur Ankontaktierung der gedruckten Sensoren. Das Projekt soll am Ende außerdem eine technisch-wirtschaftliche Bewertung des neuen Ansatzes ermöglichen und so den beteiligten Firmen und den Mitgliedern des vbm eine Handlungsrichtlinie für die Nutzung dieser neuen Technologie liefern.

Ergebnisse / Nutzen

In diesem Projekt wird sich eine Vielzahl von Erkenntnissen zur drucktechnischen Erstellung von piezo- und thermoresistiven Messwertaufnehmern ergeben, die direkt in die Entwicklungen von Anwendungen einfließen können. Derzeit stehen die digitalen Druckverfahren in der Elektronik noch am Anfang einer kommerziellen Verwertung, was unter anderem auf noch fehlende Erfahrungen in Bezug auf die Zuverlässigkeit der gedruckten Strukturen zurückzuführen ist. Mit den in diesem Projekt zu erarbeitenden Ergebnissen kommt man dem Ziel, digitale Drucktechnologien kommerziell in Verbindung mit bestehenden Fertigungsverfahren einsetzen zu können, einen großen Schritt näher. Vor allem die Erkenntnisse in Bezug auf Wechselwirkungen zwischen Materialien, Langzeitverhalten und Alterung der Messwertaufnehmer und die Ermittlung der Grenzen der digitalen Drucktechnik im Bereich der Sensorherstellung sind von außerordentlichem Wert für die weitere Anwendung dieser Technologie.

Die bezüglich der digitalen Fertigung von Sensoren gewonnenen Erkenntnisse sind nicht nur für Dehnungssensoren oder Temperatursensoren von Interesse. So gibt es Bestrebungen, elektronische Strukturen auf und in verschiedene Arten von Materialien einzubetten (z.B. MID-Verfahren), bei denen additive digitale Druckverfahren eine zentrale Rolle spielen. Die Ergebnisse aus diesem Projekt lassen sich als Grundlagen in diesen Anwendungsgebieten nutzen. Gedruckte Leiterbahnen zur Leitung von elektrischen Signalen oder als Antennen sind weitere denkbare Anwendungen für den digitalen Druck in der Elektronik.

Über die elektrisch leitfähigen Strukturen hinaus lassen sich durch den Einsatz geeigneter Tintenmaterialien auch andere elektronische Bauelemente realisieren. So sind Kondensatoren, Spulen oder chemische Sensoren ebenfalls über solche Verfahren denkbar. Um solche Strukturen realisieren zu können, sind genau die Fragestellungen, wie sie in diesem Projekt untersucht werden, zu adressieren.

Dieses Projekt bildet also die Basis für eine Vielzahl von denkbaren Anwendungsmöglichkeiten, die man weiterverfolgen könnte. Der Vorteil der digitalen Drucktechnologie liegt vor allem in der hohen Flexibilität der zu druckenden Strukturen, da man auf die aufwändige Herstellung von Masken und anderen Druckhilfsmitteln verzichten kann. Das ermöglicht eine einfache Entwicklung von Testmustern und Prototypen, was den Entwicklungsaufwand bei der Herstellung von elektronischen Bauteilen deutlich reduzieren würde. Dank dieser Technologie könnte man kundenspezifische Baugruppen ab einer Losgröße von eins kostengünstig herstellen. Es wäre zum ersten Mal in der Elektronikproduktion möglich, Unikate wirtschaftlich anbieten zu können.

Nicht zuletzt kann die drucktechnische Erstellung von elektrischen Bauteilen mittels des Digitaldrucks in Kombination mit neuen additiven Fertigungsverfahren, wie z.B. dem Rapid-Prototyping-Verfahren, zu neuen Produkten führen, die derzeit außerhalb von bekannten Fertigungsmöglichkeiten liegen. Gerade im Bereich sehr individuell zu gestaltender Produkte, z.B. bei der Herstellung von Prothesen oder anderen Medizinprodukten, könnten durch die Kombination verschiedener additiver Fertigungsverfahren Bauteile mit einer hohen Funktionsintegration hergestellt werden, Ein Beispiel hierfür sind Sensoren, die direkt in die Oberfläche von Prothesen eingebettet werden.

Forschungspartner

Prof. Dr.-Ing. Marcus Reichenberger
Telefon: 0911/5880-1082
Telefax: 0911/5880-5109
E-Mail: marcus.reichenberger@th-nuernberg.de
Labor für Aufbau- und Verbindungstechnik an der Technischen Hochschule Nürnberg

Dr. Jens Helbig
Telefon: 0911/5880-1751
Telefax: 0911/5880-5750
E-Mail: jens.helbig@th-nuernberg.de
Kompetenzzentrum Analytik, Nano- und Materialtechnik (KAM) an der Technischen Hochschule Nürnberg

Projektpartner

- Continental Temic microelectronic GmbH, Nürnberg
- Frenzelit Werke GmbH, Frankenhammer, Bad Berneck
- Kaufbeurer Mikrosysteme Wiedemann GmbH, Kaufbeuren
- WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, Klingenberg