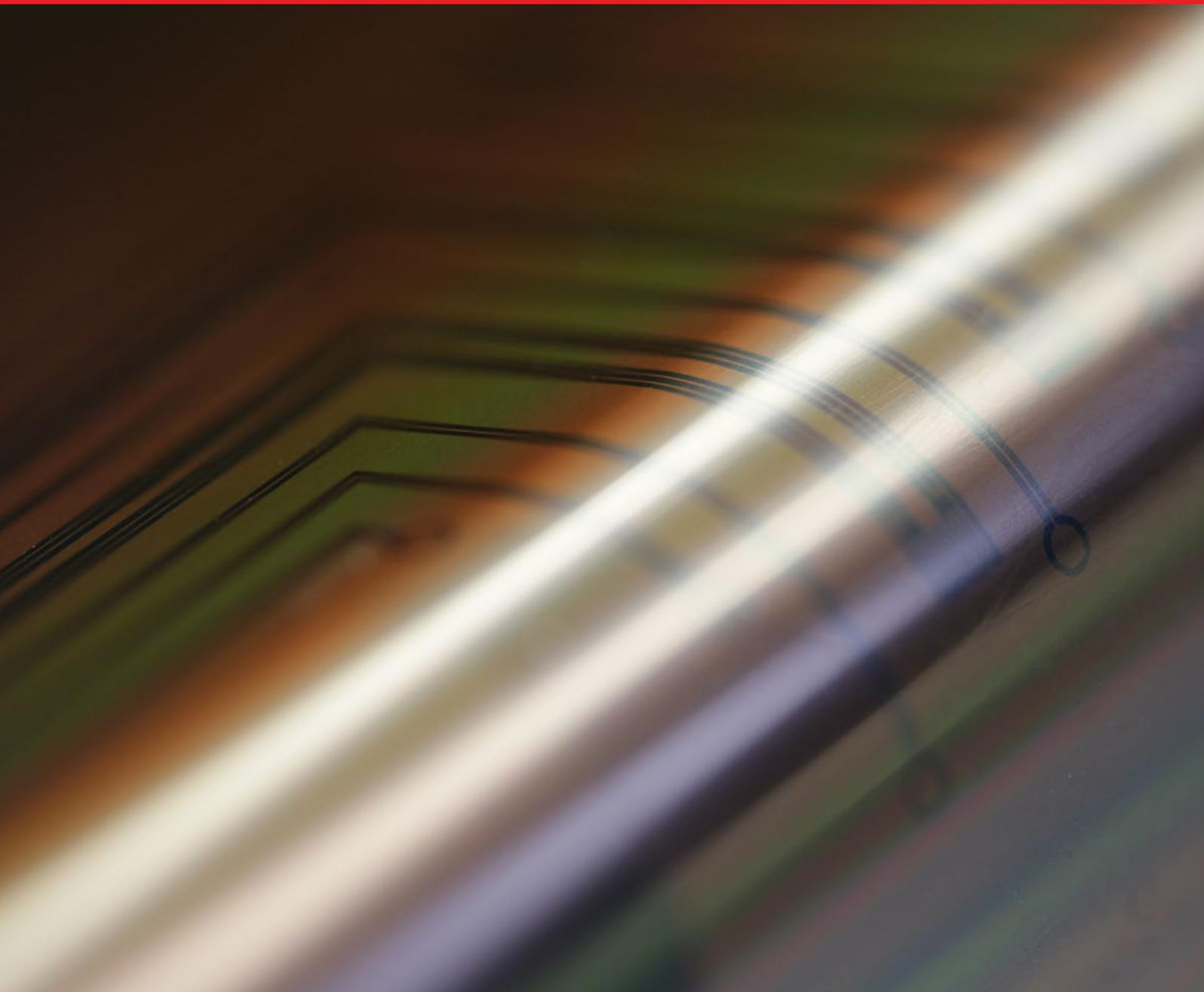
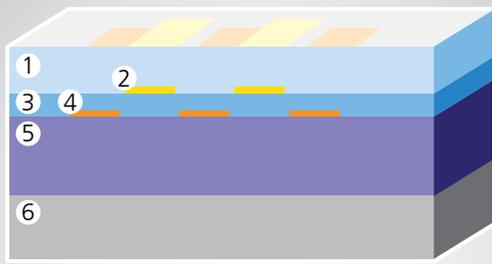


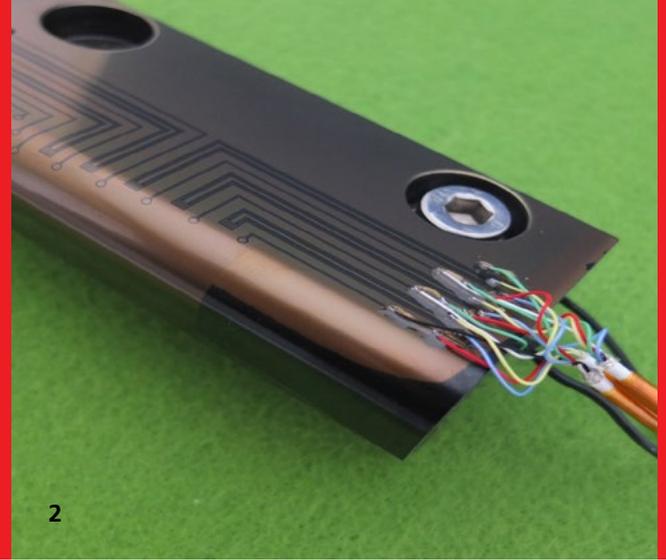
# **SMART FACTORY – SENSORIK FÜR DIE PRODUKTION**





- 1 Isolations- und Verschleißschutzschicht (3  $\mu\text{m}$ )
- 2 Temperaturmäanderstruktur (0,2  $\mu\text{m}$ )
- 3 Isolations- und Verschleißschutzschicht (1  $\mu\text{m}$ )
- 4 Elektrodenstruktur Cr (0,2  $\mu\text{m}$ )
- 5 DiaForce® (6  $\mu\text{m}$ )
- 6 Metallischer Grundkörper

1



2

## MULTISENSORSYSTEM – UNIVERSELL UND INDIVIDUELL

Die vierte industrielle Revolution – Industrie 4.0 – kann nur gelingen, wenn neben der Datenverarbeitung auch die für die Messdaten verantwortliche Sensorik weiterentwickelt wird. In den letzten Jahren wünscht sich die Industrie verstärkt eine Sensorik, die direkt auf Bauteiloberflächen in Kontakt mit dem Werkstück eingesetzt wird, um lokal Messdaten auch während des Prozesses erfassen zu können. Am Fraunhofer IST wurde daher ein multifunktionales Dünnschichtsystem für die lokale Messung der Druck- und Temperaturverteilung auf der Oberfläche von beispielsweise Werkzeugen entwickelt. Dabei handelt es sich um ein verschleißfestes Mehrschichtsystem, das neben einer lokalen Kraft- bzw. Druckmessung auf der komplex geformten Oberfläche auch eine lokale Temperatur- und Verschleißmessung in den Hauptbelastungszonen des Bauteils ermöglicht – ohne Integration von zusätzlichen Messgeräten. Die Sensormodule lassen sich individuell gestalten, in bestehende Maschinen integrieren oder direkt auf 2D- und komplex geformten 3D-Bauteilen abscheiden.

### Das Schichtsystem

Das Dünnschichtsystem besteht aus folgenden Funktionsschichten, die auf einem Grundkörper aus Stahl abgeschieden werden (vgl. Abbildung 1):

- | einer piezoresistive Sensorschicht (Material: DiaForce®,  $d \sim 6 \mu\text{m}$ ),
- | einer lithographisch strukturierten Metallschicht (Material: Chrom,  $d \sim 0,2 \mu\text{m}$ ),
- | einer Isolations- und Verschleißschutzschicht (Material: SiCON®,  $d \sim 1 \mu\text{m}$ ),
- | einer Temperaturmäanderstruktur (Material: Chrom,  $d \sim 0,2 \mu\text{m}$ ) und
- | einer Isolations- und Verschleißschutzschicht (Material: SiCON®,  $d \sim 3 \mu\text{m}$ ).

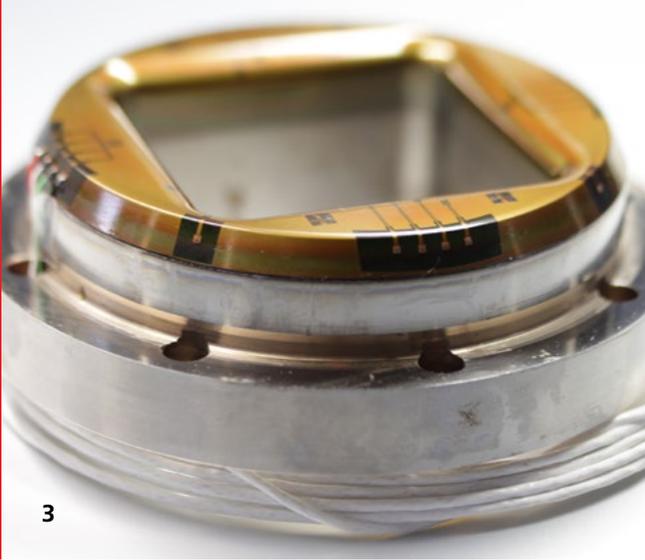
### Das Herstellungsverfahren

Die zu behandelnden Oberflächen werden in einer plasma-unterstützten chemischen Gasphasenabscheidung (PACVD) mit der piezoresistiven und tribologisch beständigen Kohlenwasserstoffschicht DiaForce® in einer Dicke von 6  $\mu\text{m}$  beschichtet. Um lokal Belastungen messen zu können, werden einzelne kreisförmige Elektrodenfelder aus Chrom auf der Sensorschicht mittels physikalischer Gasphasenabscheidung (PVD) in Kombination mit Photolithographie und nasschemischer Ätzung gefertigt. Weiter wird eine 1  $\mu\text{m}$  dicke elektrische Isolationsschicht aus der mit Silizium und Sauerstoff modifizierten Kohlenwasserstoffschicht SiCON® abgeschieden. Auf diese Isolationsschicht wird in einem zweiten PVD-Prozess eine weitere 0,2  $\mu\text{m}$  dicke Chromschicht aufgetragen, die im Anschluss so strukturiert wird, dass sie zum einen Mäanderstrukturen aufweist, die zur Temperaturmessung verwendet werden. Zum anderen sind Leiterbahnen von den zur Kraftmessung bereits gefertigten Elektrodenstrukturen hin zum Kontaktierungsbereich enthalten. Die Sensorstrukturen müssen vor Verschleiß geschützt werden, weshalb zusätzlich eine abschließende 3  $\mu\text{m}$  dicke Deckschicht aus SiCON® abgeschieden wird.

### Der Nutzen integrierter Dünnschichtsensorik

Die am Fraunhofer IST entwickelten multifunktionalen Dünnschichtsysteme bieten gegenüber herkömmlichen Messsystemen eine Reihe von Vorteilen, u. a.:

- | Optimierung von Simulationen
- | Optimierung und Überwachung von Produktionsprozessen
- | Erhöhung des Verständnisses von Betriebszuständen
- | Optimierung von Wartungsintervallen
- | Reduzierung von Ausschuss



## EIN SCHICHTSYSTEM – VIELFÄLTIGE ANWENDUNGEN

### Sensorik für den Kunststoffspritzguss

Verschleißbeständige Dünnschichtsensorysysteme spielen in den unterschiedlichsten Anwendungen gerade im Bereich von Echtzeiterfassung von Prozessdaten eine immer größere Rolle – so auch im Kunststoffspritzguss. Das innovative multifunktionale Dünnschichtsystem bietet die Möglichkeit, simultan während des Kunststoffspritzgussprozesses sowohl die Kraft- als auch die Temperaturverteilung auf der Spritzgusswerkzeugoberfläche in direktem Kontakt mit der Kunststoffschmelze zu erfassen.

### Sensorik für den Blechbiede- und den Tiefziehprozess

Bei der Herstellung von Blechbauteilen treten häufig Fertigungsfehler wie Falten, Risse und Einschnürungen am umgeformten Blech auf, die den Ausschuss erhöhen. Durch die Integration von Dünnschichtsensorik ist es möglich, Prozessführungen zu regeln, und so Schwankungen auszugleichen und die Zahl der Ausschussteile zu minimieren. Das am Fraunhofer IST entwickelte neuartige Dünnschichtsensorysystem steht in direktem Kontakt mit dem umzuformenden Werkstück und erlaubt die genaue Messung von Druck- und Temperaturverteilungen, sodass das Blechverhalten im Blechbiede- und Ziehprozess präzise bestimmt werden kann.

### Unterlegscheibensensorik

Unterlegscheiben mit einer integrierten Dünnschichtsensorik haben ein breites Anwendungspotenzial in ganz unterschiedlichen Bereichen vom Hochregal über Produktions- und Windkraftanlagen bis hin zum Hoch- und Brückenbau. Das Besondere der am Fraunhofer IST entwickelten Unterlegscheibensensorik ist, dass die Messstellen für die lokale Bestimmung der Druck- und Temperaturverteilung kundenspezifisch auf dem Bauteil abgeschieden werden können. Dadurch kann die Sensorik individuell an die einzelnen Wünsche und Anforderungen der Kunden angepasst werden.

- 1 *Schematische Darstellung des multifunktionalen Schichtsystems.*
- 2 *Blechstreifenziehwerkzeug mit vollständigem Dünnschichtsensorysystem.*
- 3 *Tiefziehwerkzeug mit vollständigem Sensoraufbau.*
- 4 *Verschiedene Stadien aus der Produktion des Unterlegscheiben-Sensorysystems.*



## KONTAKT

*Fraunhofer-Institut für Schicht-  
und Oberflächentechnik IST  
Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig  
[www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)*

*M.Sc. Anna Schott  
Phone +49 531 2155 674  
[anna.schott@ist.fraunhofer.de](mailto:anna.schott@ist.fraunhofer.de)*