

## ■ Mit Gefühl

**Ein integrierter Kraft- und Drehmomentsensor lässt sich kostengünstig fertigen.**

In Produktionshallen sind Roboter alltäglich. Allerdings arbeiten sie bisher in geschützten Bereichen, um Menschen durch ihre Bewegungen nicht zu gefährden. Wis-

Die Wissenschaftler haben den Sensor auf einen Transducer geklebt, der die Kräfte und Drehmomente eines Roboterarms auf das Silizium überträgt. Bei dem Transducer handelt es sich um einen 11 cm großen Kreis aus Stahl, in den vier Federarme eingearbeitet sind, auf denen der Sensor sitzt. Der Transducer dient als mechanischer Überlastschutz und gewährleistet genaue Messungen auch bei Temperaturänderungen.

arbeitet der HSG-IMIT-Sensor thermisch: Das Herzstück bildet eine Silizium-Nitrid-Membran mit einer Kantenlänge von 600  $\mu\text{m}$  und einer Dicke von 1  $\mu\text{m}$ . Auf ihr sitzen ein Heizer aus Polysilizium sowie Thermoelemente aus Polysilizium und Aluminium, die in Reihe geschaltet sind. Unter der Membran befindet sich ein Peltier-Element, das sie kühlt.

Die Forscher pulsen die Heizleistung zyklisch und erfassen das thermische Verhalten der Membran mit den Temperatursensoren. Wird der Taupunkt unterschritten, verändert das entstehende Kondensat die Wärmekapazität der Membran und damit das thermische Antwortsignal. Die Membrankühlung regeln die Wissenschaftler so, dass sich eine konstante Kondensatmenge einstellt. Parallel dazu messen sie die Membrantemperatur, sodass sie die Taupunkttemperatur bestimmen können. Dank dieses dynamischen Detektionsverfahrens ist der Sensor sehr langzeitstabil. Darüber hinaus ist er robust, vergleichsweise kostengünstig und arbeitet auch unter Druck.

## ■ Gefühlte Feuchte

**Ein mikrotechnischer Taupunktssensor deckt einen weiten Temperaturbereich ab.**

In vielen industriellen Anwendungen ist die absolute Feuchte eines Gases oder der Umgebungsluft entscheidend. Beispiele sind die Verpackung oder Lagerung von Lebensmitteln und pharmazeutischen Produkten, aber auch Trocknungsprozesse oder Anwendungen in der Drucklufttechnik. Messen lässt sich die absolute Feuchte z. B. mit Taupunktspiegeln, die kondensierenden Wasserdampf auf einer Referenzfläche detektieren. Am Taupunkt stellt sich ein Gleichgewicht zwischen kondensierendem und verdunstendem Wasser ein.

Forscher des Instituts für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft (HSG IMIT) in Villingen-Schwenningen haben nun einen mikrotechnischen Sensor entwickelt, der Taupunkte in einem weiten Bereich von  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$  messen kann. Anders als bei Taupunktspiegeln, die eine Kondensation optisch detektieren,

senschaftler des Fraunhofer-Instituts für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe haben nun einen integrierten Kraft- und Drehmomentsensor aus Silizium entwickelt, der künftig dabei helfen könnte, Kollisionen abzumildern. Gleichzeitig dürfte er kostengünstiger als heute erhältliche Kraft- und Drehmomentsensoren sein, deren Preise im vierstelligen Bereich liegen.

Der ISIT-Sensor funktioniert ähnlich wie ein Dehnungsmessstreifen, bei dem der elektrische Widerstand variiert, wenn sich Länge und Querschnitt durch Zug oder Druck verändern. Der quadratische Sensor misst 144  $\text{mm}^2$  und besteht aus einem Rahmen und einer zentralen Platte. Verbunden sind die beiden an jeder Seite mit einer Brücke, die in einem Ätzprozess hergestellt wird. Auf jeder Brücke befinden sich mehrere piezoresistive Widerstände. Bei dem Bauteil handelt es sich um einen Demonstrator; denkbar sind aber auch andere Größen, geometrische Flächen und Anordnungen der Messbrücken.

Stößt ein Roboterarm, der mit einem solchen Sensor ausgestattet ist, gegen ein Hindernis, verändert sich die Form des Siliziums um wenige Mikrometer. Als Folge fließt mehr oder weniger Strom, abhängig davon, ob die Brücke gedehnt oder gestaucht worden ist.



Der Dehnungssensor aus Silizium ist auf einen Transducer aus Stahl aufgeklebt.

## ■ Landkarte des Elektrosogs

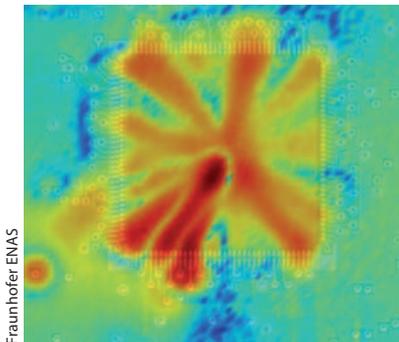
**Ein Nahfeldscanner erfasst schnell und mit hoher räumlicher Auflösung Störfelder.**

Elektronische Komponenten werden immer kleiner und leistungsfähiger. Mit dieser Miniaturisierung geht der sinkende Energiebedarf der Mikrochips und integrierten Schaltkreise einher. Die Kehrseite der Medaille ist ihre wachsende Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen: Einige hundert Millivolt reichen aus, um Transistoren aus dem Takt zu bringen. Sitzen Millionen von Transistoren auf einem Chip, lassen sich die Folgen solcher Störungen nur zum Teil simulieren; letzte Gewissheit bringt erst eine Vermessung des Prototyps in einer Absorberhalle mithilfe einer Antenne. Die Messungen sagen zwar etwas über die elektromagnetische Verträglichkeit des untersuchten Bauteils aus, aber



Den Prototyp des Taupunktssensors gibt es derzeit als Handmessgerät (Bild) und in druckfester Ausführung für Leitungen.

1) L. R. Senesac et al., Rev. of Scientific Instr. 80, 035102 (2009)



Der Nahfeldscanner kann die räumliche Verteilung eines elektromagnetischen Feldes äußerst genau bestimmen.

helfen aus zwei Gründen nicht bei der Ursachenforschung: Heutige Verfahren haben eine zu geringe räumliche Auflösung und erfassen nur die Amplitude des elektromagnetischen Feldes.

Wissenschaftler der Fraunhofer-Einrichtung für Elektronische Nanosysteme (ENAS) in Paderborn haben nun einen Nahfeldscanner entwickelt, der diese Probleme umgeht. Das Gerät misst die sechs Komponenten des elektromagnetischen Feldes räumlich aufgelöst bei verschiedenen Frequenzen. Daraus lassen sich die Amplitude und die Phasenverschiebung der Feldstärken ermitteln. Dank der Phaseninformation wird die wahre Feldverteilung berechenbar, während sich allein aus der Amplitude nur ein räumlich integriertes Feld ableiten lässt. Gemessen wird im Zeitbereich, da dies bei breitbandigen Analysen deutlich schneller geht als mit Frequenzbereichsverfahren. Das ENAS-Gerät kann Frequenzen vom wenigen Herz bis zu sechs GHz erfassen.

Die Magnetfeldsonden des Scanners sind als Spulen, die Sonde für das elektrische Feld als Monopol oder Dipol ausgeführt. Der Abstand zwischen Sonde und Probe liegt zwischen 10 und 50  $\mu\text{m}$ . Sonden-geometrie und Probenabstand korrelieren mit der erreichbaren räumlichen Auflösung, die beim ENAS-Gerät bei einem Hundertstel Millimeter liegt.

Derzeit bauen die Forscher bei Continental einen solchen Nahfeldscanner auf; ein weiterer Projektpartner ist Infineon. Parallel suchen die Wissenschaftler nach weiteren Anwendungsfeldern für das Gerät.

## ■ Feine Spürnase

**Pikogrammengen an Sprengstoffen lassen sich innerhalb von Millisekunden nachweisen.**

Nicht zuletzt durch die wachsende Terrorismusgefahr ist das Interesse an Detektoren für Sprengstoffe groß. Der Nachweis gasförmiger Stoffspuren in Echtzeit ist allerdings nicht einfach, wenn die Verfahren sehr empfindlich und gleichzeitig selektiv sein sollen. Heutige Geräte sind entweder sperrig und teuer, wie z. B. Ionen-Mobilitäts-Spektrometer, oder nicht sehr empfindlich. Raman- und laserinduzierte Analyse-spektroskopie eignen sich wiederum eher für Feststoffe als für Gase.

Wissenschaftler des Oak Ridge National Laboratory und der University of Tennessee haben gemeinsam mit Kollegen der Technischen Universität im dänischen Lyngby ein Verfahren für gasförmige Spuren entwickelt, das kostengünstig, schnell, empfindlich und selektiv ist.<sup>1)</sup> Derzeit arbeiten sie an einem mikroelektromechanischen Prototyp.

Der Sensor besitzt winzige Brücken, die aus einem Siliziumwafer gefertigt werden. Da durch jede Brücke ein elektrischer Strom fließt, lässt sie sich definiert erwärmen. Strömt Luft mit Spuren von Sprengstoffen über die Brücken hinweg, können Moleküle an ihnen hängen bleiben und die Brücken leicht auslenken bzw. ihre Masse verändern. Allerdings lässt sich daraus nur schließen, dass sich ein Molekül niedergeschlagen hat, aber noch nicht welches. Hierfür nutzen die Forscher aus, dass die Brücken eine geringe Wärmekapazität besitzen. Sie konnten nämlich die thermischen Charakteristika der adsorbierten Analyten ermitteln, indem sie die Brücken kontrolliert erwärmten und die thermische Antwort eines bestimmten Stoffes mit der theoretisch zu erwartenden verglichen. Die getesteten Sprengstoffe ließen sich mit dem Verfahren innerhalb von 50 Millisekunden bis hinab zu einer Grenze von 600 Pikogramm identifizieren.

**Michael Vogel**