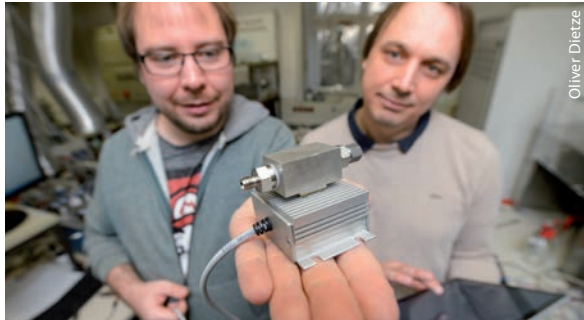


■ Feine Nase

Ein Halbleitersensor macht mobile Gas-Chromatographen deutlich empfindlicher.

Die Gas-Chromatographie ist eine ausgereifte und weit verbreitete Analyseverfahren in Medizin, Biologie, Chemie, Umweltanalytik



Oliver Dietze

Der Demonstrator des Gassensors hat die Größe einer Zigaretten-schachtel und ist noch weiter miniaturisierbar.

und Forensik. Dabei wird ein Gasgemisch verdampft und seine Bestandteile und deren Konzentrationen mit Hilfe eines Detektors seriell analysiert. Neben Gas-Chromatographen für das Labor gibt es auch erste mobile Geräte, die etwa in der Umweltanalytik oder dem Arbeitsschutz Verwendung finden. Ihre Detektoren sind noch nicht so ausgereift, was unter anderem daran liegt, dass das Gesamtsystem nicht viel kosten darf. Wissenschaftler der Universität des Saarlandes haben einen Detektor, den sie für die Messung von Schadstoffen in Innenräumen entwickelt hatten, so modifiziert, dass er sich für einen Einsatz an mobilen Gas-Chromatographen eignet. Seine Nachweisgrenze liegt bei unter 100 Femtogramm. Damit ist er um mindestens eine Größenordnung empfindlicher als Photoionisationsdetektoren und um mehrere Größenordnungen empfindlicher als Wärmeleitfähigkeitsdetektoren. Meist sind mobile Gas-Chromatographen mit einem dieser beiden Detektortypen ausgestattet.

Beim Detektor der Saarländer Forscher handelt es sich um einen Halbleitersensor, der auf Metalloxiden beruht. Der Sensor ist kommerziell erhältlich, Steuerung und Messtechnik sind neu entwickelt. Bei der Messung wird der Sensor auf etwa 450 °C erhitzt, sodass seine Oberfläche oxidiert. Strömt

ein Gas darüber, findet eine Reduktion statt, die den elektrischen Widerstand des Sensors verändert. Erfassen lassen sich damit die Konzentration des reduzierenden Gases und die Zeitspanne, in der es am Sensor ist. Die Messungen erfolgen im extrem hochohmigen Bereich, zwischen einem Giga- und einem Teraohm.

Der Sensor spricht auf flüchtige organische Verbindungen, Wasserstoff und Kohlenmonoxid an. Es gibt Interesse aus der Industrie.

■ Blick durchs Schlüsselloch

Eine miniaturisierte Sonde ermöglicht die endoskopische Analyse von Tumorgewebe.

Nach der Entfernung von Tumorgewebe ist es üblich, dieses durch einen Pathologen im Labor zu untersuchen. Das ist aber zeitintensiv und für den Patienten belastend. Interessant wäre daher die Analyse des Gewebes direkt während eines



IPHT Jena

Die faseroptische Sonde aus Jena ist nicht dicker als ein Kugelschreiber.

chirurgischen Eingriffs oder einer Endoskopie. Prinzipiell möglich wäre das, wie die Untersuchung von Gewebeproben im Labor mittels nichtlinearer Bildgebungsverfahren gezeigt hat. Zu diesen Verfahren gehören die Anti-Stokes-Raman-Streuung (CARS), die Frequenzverdopplung (SHG) und die Zwei-Photonen-Autofluoreszenz (TPEF). Wissenschaftler des Leibniz-Instituts für Photonische Technologien Jena und der Universität Jena haben nun gemeinsam mit der Firma Grintech eine kompakte, faseroptische Sonde entwickelt, die das im Körper eines Patienten ermöglicht.¹⁾

Sie verwenden eine Multikernfaser, die aus 10 000 lichtleitenden

Elementen besteht. Der räumliche Zusammenhang zwischen Eintritts- und Austrittsöffnung der Faser bleibt erhalten. Der Ort des Laserscanning-Mikroskops und der Steuerung lässt sich dadurch bequem vom Ort der Bildaufnahme trennen. Um einen geringen Durchmesser der Sonde bei ausreichender Bildqualität zu erreichen, haben die Forscher Gradientenindexlinsen vor die Multimodefaser gesetzt, deren Brechungsindex sich radial kontinuierlich verändert. Die Sonde ist nur 8 mm dünn.

Die Informationen aus den drei Kanälen – CARS, SHG, TPEF – gewinnen die Wissenschaftler über verschiedene Filter. Der Anregungslaser liefert 80 mW Leistung am Gewebe. Ein farbcodiertes Gesamtbild der drei Kanäle mit einigen hundert Mikrometern Seitenlänge entsteht innerhalb von eineinhalb Minuten. Die Forscher haben ihre Sonde an verschiedenen Gewebearten erprobt. Nun sollen Tests am Tiermodell folgen, später am Patienten.

■ Licht ins Dunkel gebracht

Mit einem Fluoreszenz-Scanner lässt sich die Qualität von Bitumen beurteilen.

Asphalt besteht im Wesentlichen aus Gesteinskörnern und dem Bindemittel Bitumen, einem Erdölprodukt. Infolge von Witterungseinflüssen oxidiert das Bitumen im Asphalt im Lauf der Zeit, versteift und wird spröde. Eindringendes Wasser verschlimmert die Situation weiter, sodass irgendwann Schlaglöcher entstehen. Das ist unvermeidbar, geschieht allerdings unterschied-



Da das Fluoreszenzsignal schwach ist, muss die Messung mit dem Bitumen-Handscanner nah an der Probe erfolgen.

1) A. Lukic et al., Optica 4, 496 (2017)

lich schnell. Neben Witterung und Verkehrsbelastung kann der Grund dafür auch sein, dass die Qualität des Bitumens auf dem Weg von der Raffinerie bis zum Asphaltieren gelitten hat oder bereits vorab minderwertig war. Etablierte Labortests ermöglichen nur eine Aussage über die Rheologie des Bitumens, nicht über chemische Veränderungen, die für seine Alterung entscheidend sind. Das wollen Wissenschaftler der TU Wien ändern.

Sie haben das Labormuster eines Handscanners entwickelt, mit dem sich die chemische Beschaffenheit von Bitumen spektroskopisch analysieren lässt – direkt vor Ort. Vorausgegangen ist eine umfassende experimentelle Untersuchung der Chemie des Bitumens, verbunden mit einer theoretischen Analyse. So haben die Forscher festgestellt, dass die Mengenverhältnisse der wichtigsten Bestandteile – Alkane, Aromate, Harze und Asphaltene – die Autofluoreszenz von Bitumen bestimmen. Oxidieren diese Bestandteile, verändert sich das Fluoreszenzsignal, weil sich die Mengenverhältnisse verschieben. Für den Nachweis genügt eine Anregung mit je einer Leuchtdiode im Blauen, Violetten und Ultravioletten. Gemessen werden die Fluoreszenzsignale bei 525 nm. Für die Analyse des Bitumens ist also kein komplettes Spektrum erforderlich.

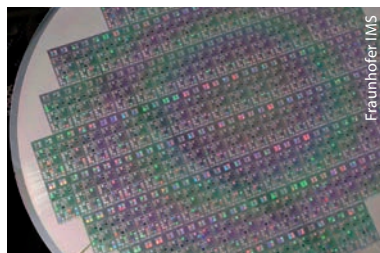
Das Messprinzip funktioniert in allen Stadien der Herstellung des Bitumens bis zum Aufbringen auf die Straße. Nun wollen die Forscher eine Referenzdatenbank aufbauen, damit der Scanner direkt anzeigen kann, ob die Qualität einer untersuchten Probe in Ordnung ist.

■ Heiße Sache

Dank eines neuen Fertigungsprozesses sind Kondensatoren hitzebeständig bis 300 °C.

Konventionelle Elektronik ist für den Betrieb bei Temperaturen bis 125 °C spezifiziert. Wird es bei einer Anwendung heißer, ist bei Design und Konstruktion ein entsprechender Aufwand nötig, um ausrei-

chend zu kühlen. Bei manchen Anwendungen treten durchaus Temperaturen weit jenseits der 200 °C auf, etwa an den Bohrmeißeln der Ölindustrie oder in Einspritzanlagen von Motoren oder Flugzeugturbinen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg haben nun einen flexiblen Prozess entwickelt, um passive und aktive elektronische Bauelemente zu fertigen, die Temperaturen bis 300 °C widerstehen. Als Demonstrator haben sie exemplarisch einen Kondensator in einem Metalloxid-Halbleiterverfahren hergestellt.



Vertiefungen in den Elektroden, die hier auf dem Wafer zu sehen sind, erlauben die Nutzung eines dickeren Dielektrikums.

Zwei Maßnahmen sind für die hohe Temperaturbeständigkeit entscheidend. Einerseits ätzen die Forscher Vertiefungen in die Elektroden, um deren Fläche zu vergrößern. So lässt sich mit den nur einen Quadratmillimeter großen Elektroden ein höherer Kapazitätsbelag (Kapazität pro Fläche) erreichen und ein dickeres Dielektrikum verwenden. Eine dickere Schicht widersteht hohen Temperaturen besser und reduziert Leckströme im Kondensator. Als Elektrodenmaterialien dienen hochdotiertes Silizium bzw. Ruthenium. Zweitens nutzen die Forscher für das Dielektrikum eine Materialmischung mit einer höheren Dielektrizitätszahl als das gängige Siliziumdioxid: Tantalpentoxid und Aluminiumoxid, schichtweise aufgetragen.

Je nach Vorgabe lassen sich im Prozess verschiedene Parameter optimieren, etwa Leckstrom, Durchbruchspannung oder Kapazitätsbelag. Erstes Interesse aus der Industrie gibt es bereits.

Michael Vogel