

Flexibler mit Glycerin

Ein Flüssigkern macht optische Zweikomponentenfasern elastischer.

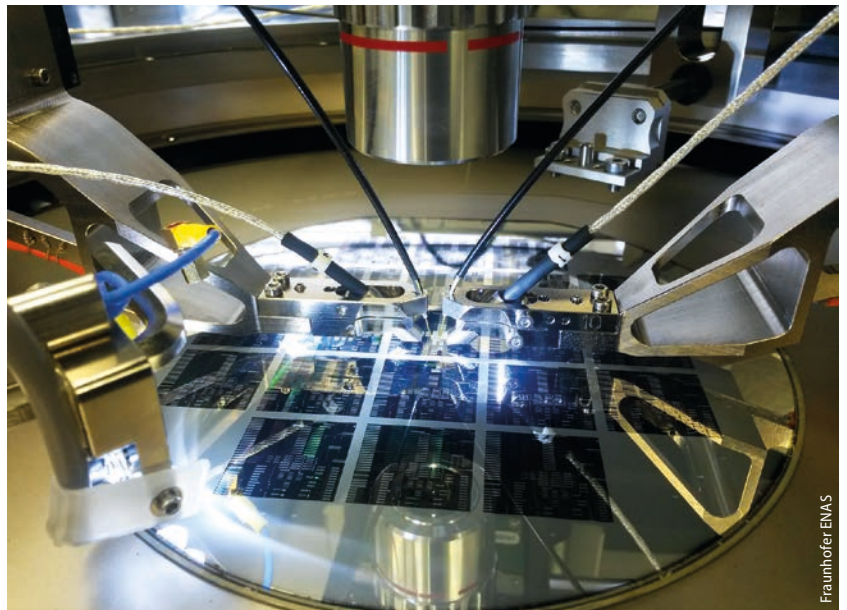
Wären optische Fasern verwebbar und dehnbar, ließe sich eine Signalübertragung auch in Seilen, Bedachungen oder Bekleidung realisieren. Allerdings besteht der Kern solcher Zweikomponentenfasern oft aus PMMA oder Polycarbonat, während der Mantel aus einem Polymer mit niedrigerem Brechungsindex die Totalreflexion am Übergang vom Kern zum Mantel sicherstellt. Zwar sind diese Fasern elastischer als Gläser; trotzdem reagieren sie relativ empfindlich auf Biegungen oder Zugkräfte. Ein Team der Schweizer Empa hat daher deutlich robustere Zweikomponentenfasern mit flüssigem Kern hergestellt.

Im Prinzip lassen sich Hohlfasern nachträglich mit einer geeigneten Flüssigkeit befüllen. Doch die hohen Kapillarkräfte aufgrund der engen Faserquerschnitte machen dies zumindest bei Längen von hunderten Metern indiskutabel langsam. Das Empa-Team nutzt daher ganz klassisch eine Spindüse, der es beide Materialien in flüssiger beziehungsweise geschmolzener Form zuführt.

Die typische Arbeitstemperatur liegt zwischen 200 und 300 °C, der Druck zwischen 50 und 100 bar. Flüssigkeiten für den Faserkern müssen daher temperaturbeständig sein, einen niedrigen Dampfdruck und eine gewisse Viskosität aufweisen. Wegen der metallischen Anlagenteile sollten sie nicht korrosiv wirken. Für eine optische Anwendung müssen sie zudem transparent sein und einen



Diese Flüssigkernfaser ist mit einem roten Farbstoff versetzt.



Test der chipbasierten Spektrometer auf dem Wafer

höheren Brechungsindex als der Mantel besitzen. Die Forschenden wählten Glycerin als Kern- und ein Fluoropolymer als Mantelmaterial. Experimentell zeigte sich, dass sich die Faser um bis zu zehn Prozent reversibel dehnen lässt – weit mehr als bei optischen Festkernfasern möglich.

Winziges Spektrometer

Chipintegrierte IR-Spektroskopie könnte auf dem Smartphone laufen.

Könnten Smartphones spektroskopisch arbeiten, ließe sich mit ihnen beispielsweise die Echtheit von Medikamenten, die Frische von Lebens- und Futtermitteln oder der Schadstoffgehalt in Luft, Wasser und Nahrung beurteilen. Dazu braucht es IR-Spektroskopie, die bislang nur als Handgerät oder sperriger Laboraufbau realisiert ist. Ein Smartphone macht die Anwendungen auch Laien zugänglich. Bisher gab es dazu verschiedene Vorschläge und Machbarkeitsstudien. Das Chemnitzer Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS hat nun eine hochintegrierte Lösung vorgestellt.

Dabei handelt es sich um eine Wafer-basierte Plattform für chipintegrierte optische und mikromechanische IR-Einzelkomponenten. Strahlungsquellen, Wellenleiter,

Fabry-Pérot-Filter, optische Gitterkopleer, Detektoren und Aktoren liegen in der Chipebene. Die Spektrometer des ENAS-Teams messen sowohl in Reflexion als auch in Absorption. Erste Chips liegen vor; derzeit erfolgt ihre Charakterisierung.

Perspektivisch ermöglicht der Ansatz Spektrometer, die nur ein Gramm wiegen und in der Massenfertigung einen Euro kosten. Für die Anwendung im Smartphone fehlt aber noch die geeignete Software. So müsste die gesamte Analytik im Hintergrund unbemerkt ablaufen. Als Ansatz dienen lernende Algorithmen in Verbindung mit Referenzdatenbanken anwendungsspezifischer Spektren. Laien könnten das Spektrometer letztlich so einfach bedienen wie einen QR-Code-Leser: Am Ende bliebe nur eine Anzeige, ob die untersuchte Substanz „unbedenklich“ (bei Schadstoffen oder Frische) beziehungsweise „original“ (bei Medikamenten) ist.

Smarte Wundheilung

Nanostrukturen aus Magnesiumhydroxid ermöglichen neue Verbände.

Die antibakterielle Wirkung von Silber ist seit langem bekannt, weswegen es in Wundverbänden zum Einsatz kommt. Das biokompatible Magnesiumhydroxid $Mg(OH)_2$ fin-

det sich in verschiedenen pharmazeutischen Formulierungen. Es gilt als antimikrobiell und entzündungshemmend, spielt aber in Wundverbänden quasi keine Rolle. Das will ein Team der RMIT University im australischen Melbourne ändern, zumal $\text{Mg}(\text{OH})_2$ deutlich billiger als Silber ist. Dazu haben die Forschenden die Basis eines neuen Wundverbands entwickelt, der auch den Fortschritt der Wundheilung per Fluoreszenz anzeigen kann, ohne den Verband öffnen zu müssen.¹⁾

Die Beteiligten haben einen chemischen Prozess erarbeitet, um gezielt hauchdünne zweidimensionale $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -Strukturen auszufällen. Die resultierenden Nanosheets fluoreszieren stark unter UV-Licht, weil es zur Komplexbildung zwischen den



Das elektrogesponnene Vlies aus Polymerfasern und $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -Nanosheets fluoresziert im UV-Licht.

organischen Bestandteilen der Ausfällungslösung und der $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -Matrix kommt. Die Nanosheets sind in biokompatible Fasern integriert, die per Elektrosponnen hergestellt wurden. Das resultierende Material passt sich gut den Körperkonturen an und ließe sich in einen konventionellen Baumwollverband einarbeiten.

Gesunde Haut hat einen leicht sauren pH-Wert, eine infizierte Wunde dagegen einen deutlich alkalischen. Auf diese Änderung reagiert die Fluoreszenz der $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -Nanosheets: Sie leuchten nur so lange hell, wie die Wunde entzündet ist. Das könnte es ermöglichen, den Zustand einer Wunde über mehrere Tage zu beurteilen, ohne den Verband zu öffnen – was gerade bei chronischen Wunden die Gefahr von Neuinfektionen

reduziert. Das RMIT-Team sucht nun Partner für vorklinische und klinische Studien.

Dem Brennen auf der Spur

Mit einer Atomlagenthermosäule lässt sich die Wärme im Brennraum erfassen.

Bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren, Gasturbinen, Strahltriebwerken oder künftigen Wasserstoffmotoren entscheiden die entstehenden Wärmelasten mit darüber, ob die Verbrennung optimal abläuft. Eine unsaubere Verbrennung entsteht zum Beispiel in der Nähe der Brennraumwände, weil diese einen Teil der Wärmeenergie abführen, sodass nicht mehr die gewünschte Temperatur vorliegt. Besonders viele Rußpartikel können die Folge sein.

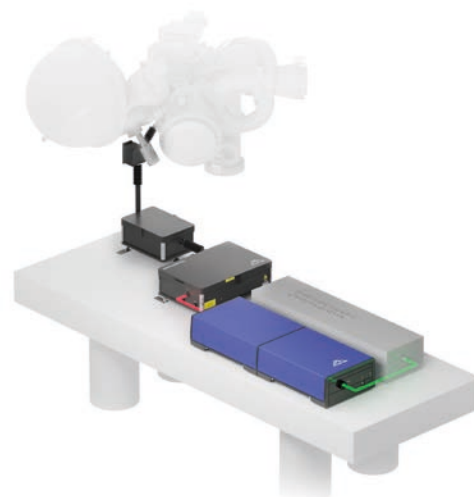
Bislang erfolgte die Messung von Wärmeflüssen in Motoren indirekt über Druck oder Temperatur: Mit Modellannahmen leiten sich aus den Messwerten die Wärmeflüsse ab. Das kann fehlerbehaftet sein, und die geringe zeitliche Auflösung verhindert es, den Verbrennungsprozess besser zu verstehen. Ein Team der Hochschule Landshut und des Ditzinger Motorenbauers Siegfried Spiess GmbH hat nun ein Verfahren entwickelt und erprobt, das Auflösungen im Mikrosekundenbereich ermöglicht. Das Sensormodul nutzt eine Atomlagenthermosäule als Detektor. Solche ALTP-Sensoren bestehen aus dünnen Schichten eines Hochtemperatur-Supraleiters, in denen der anisotrope Seebeck-Effekt aus einer Temperaturdifferenz eine messbare Thermospannung erzeugt. Die Sensoren sind kommerziell erhältlich und messen auch die Leistung von Lasern.

Die Forschenden haben ihr Sensormodul aufwändig kalibriert, um aus dem Messsignal unmittelbar Wärmeflüsse abzuleiten, für Konvektion und Wärmestrahlung. Die erreichte zeitliche Auflösung von einigen Mikrosekunden ist weitaus besser als bisher; die relative Messgenauigkeit erreicht vergleichbare 10 bis 15 Prozent. Das Sensorelement lässt sich bündig in die Brennraumwand einbauen.

Michael Vogel

Laser-ARPES

190 nm / 6,5 eV UV-Quelle



- Photonenenergie 5,77 bis 6,5 eV
- Energieauflösung < 0,2 meV
- Photonenfluss 10^{15} photons/s
- Fokussierbarkeit < 50 μm

1) A. Truskewycz et al., ACS Appl. Mater. Interfaces **13**, 27904 (2021)