

■ Vorbild Schmetterling

Die Absorption von Solarzellen lässt sich durch Nanolöcher relativ einfach deutlich steigern.

Solarzellen verlieren einen wesentlichen Teil ihres theoretisch möglichen Wirkungsgrads, weil das einfallende Licht reflektiert statt absorbiert wird. Wie dem Problem

Absorption über fast den gesamten sichtbaren Spektralbereich.

Für die Herstellung der nanostrukturierten Schicht bedienen sich die Forscher eines Verfahrens, das auf einem Gemisch aus zwei Polymeren beruht und sich per Spin-Coating auftragen lässt. Dabei kommt es zu einer Phasentrennung, sodass die Polymere sich durch Selbstorganisation in der gewünschten Weise anordnen. Nachgeschaltet sind zwei Ätzschritte. Das Verfahren hat aufgrund seiner Einfachheit und Skalierbarkeit einige Vorteile gegenüber der konventionellen Lithografie. So ist es über die Prozessparameter beispielsweise möglich, die Verteilung der Löcher gezielt zu steuern.

Absorptionsverhalten sich bei Dehnung verändert, auf ihren Anwendungsfall übertragen. Solche Lichtleiter dienen beispielsweise dazu, das mechanische Verhalten von Brücken zu überwachen. Sie sind aber kaum dehnbar. An einem Ellbogen, der sich weit über 90° abwinkeln lässt, funktionieren sie daher nicht. Deshalb nutzen die Wissenschaftler das Elastomer PDMS. Es ist thermisch stabil, isotrop, homogen und über einen weiten Spektralbereich hochtransparent. Diesem Material mischen sie einen Fluoreszenzfarbstoff bei, dessen Absorptionsverhalten im Lichtleiter vom Grad der Dehnung abhängt.

Das Labormuster hat einen Durchmesser von 0,5 mm. Auch nach 500 Dehnungen um bis zu 100 Prozent nahm es wieder seine ursprüngliche Länge an. Zur Demonstration des Messprinzips klebten die Forscher den Lichtleiter auf den Fingerrücken eines Handschuhs und bestimmten sein Absorptionsverhalten, wenn der Finger gekrümmt wird. Zudem befestigten sie einen Lichtleiter am Hals eines Probanden und konnten so sowohl gesprochene Töne als auch tiefes Atmen erfassen. Die erzielte relative Genauigkeit bei der Messung des Absorptionssignals lag bei ± 1 Prozent, über eine große Spanne von 100 Prozent Dehnung des Lichtleiters.



R. H. Siddique, Caltech

Die Schmetterlingsart „Gewöhnliche Rose“ stand Pate für diese Struktur aus Nanolöchern, durch welche die Absorption einer dünnen Schicht drastisch steigt.

beizukommen ist, erforschen derzeit zahlreiche Forschungseinrichtungen. Wissenschaftler des KIT in Karlsruhe und des Caltech in Pasadena haben nun einen Ansatz entwickelt, bei dem ein asiatischer Tagfalter als Vorbild diente: Die schwarzen Flügel der Gewöhnlichen Rose weisen Nanostrukturen auf, die Licht über einen weiten Spektralbereich stark absorbieren.¹⁾

Die Forscher haben diese Strukturen mikrospektroskopisch und mit dem Rasterelektronenmikroskop detailliert analysiert. Dabei zeigte sich, dass die starke Absorption unter anderem auf winzigen Löchern beruht. Die Wissenschaftler erstellten daraufhin ein Computermodell der Strukturen, um das Absorptionsverhalten möglichst genau zu simulieren. Mit diesem Wissen erzeugten sie in einer Schicht amorphen Siliziums, wie sie auch bei Dünnschichtsolarzellen zum Einsatz kommt, eine unregelmäßige Struktur aus Löchern mit einem Durchmesser zwischen 133 nm und 343 nm. Die Absorptionsfähigkeit dieser Schicht stieg für senkrecht einfallendes Licht um mehr als 90 Prozent, bei schräg einfallendem Licht um bis zu 200 Prozent. Dieser Extremwert trat bei einem Einfallswinkel von 50° auf. Zudem erstreckte sich die deutlich höhere

■ Dehnbare Optik

Extrem elastische Lichtleiter erfassen zuverlässig Bewegungen, selbst an Gelenken.

Sensoren, die sich direkt am Körper oder integriert in Kleidungsstücke tragen lassen, gelten als viel versprechende Zukunftstechnologie. Sie würden es zum Beispiel erlauben, den Trainingsfortschritt von Sportlern oder die Bewegungen von Computerspielern und Robotern genauer zu erfassen. Viele der bisherigen Labormuster beruhen auf elektronischen Sensoren. Forscher der Tsinghua-Universität in Peking haben nun das Labormuster eines optischen Sensors entwickelt, der starke Verformungen zuverlässig detektiert, aber auch relativ geringe Muskelaktivitäten erfasst.²⁾

Sie haben dazu das Detektionsprinzip von Lichtleitern, deren

■ Kompakte Spürnase

Ein chipintegrierter Sensor kann Spurengase nachweisen.

In der Öl- und Gasindustrie müssen Wartungstrupps regelmäßig Pipelines auf Lecks überprüfen. Das könnte künftig auch automatisch gehen: Forscher von IBM haben nämlich einen chipintegrierten Sensor für Methan entwickelt, mit dem sich kostengünstig ein Überwachungsnetz aufbauen ließe, das permanent die Pipelines kontrolliert.³⁾ Das Herzstück des Sensors ist ein sehr schmaler Siliziumwellenleiter von 10 cm Länge. Er sitzt in mehreren Windungen auf dem Chip, belegt so nur 16 mm² Fläche



Changxi Yang, Tsinghua-Universität

Mit einem hochelastischen Lichtleiter lässt sich zuverlässig die Krümmung eines Fingers detektieren.

1) R. Siddique et al., Sci. Adv., DOI:10.1126/sciadv.1700232

2) J. Guo et al., Optica 4, 1285 (2017)

3) L. Tombez et al., Optica 4, 1322 (2017)

und dient als Messstrecke: Am einen Ende befindet sich ein Laser mit 1650 nm Wellenlänge, der über einen Lichtleiter angekoppelt ist, am anderen Ende ein ungekühlter Indium-Gallium-Arsenid-Detektor.

Der Sensor misst mittels Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS). Die Oberseite des Wellenleiters ist dazu dem direkten Umfeld ausgesetzt. Befindet sich dort ein Spurengas, koppelt das evaneszente Feld des Wellenleiters an die Rotations-Vibrations-Schwingungen des Gases. Dies führt zu einem Energieverlust, den der Detektor als steigende Absorption erfasst. Demonstriert haben die Forscher das Prinzip mit Methan, durch Modifikationen am Wellenleiter ließe sich das Prinzip aber über den Nahinfrarotbereich hinaus bis zu 8 μm Wellenlänge anwenden. Zunächst integrieren die IBM-Forscher aber nun Lichtquelle und Detektor mit der Messstrecke auf einen einzigen Chip.

Das Labormuster erreicht eine Nachweisgrenze unterhalb von 100 ppm (Volumen). Das ist um einen Faktor 10^6 schlechter als bei hochempfindlichen TDLAS-Geräten. Allerdings enthalten solche Geräte einzelne optische Komponenten, die sich nicht beliebig miniaturisieren lassen. Hieran scheitert ihre Massenproduktion – und damit auch kostengünstige Sensornetze.

■ Routinierte Alterskontrolle

Ein Ultraschallscanner gibt Auskunft über das Alter von Personen.

Menschenhandel oft in Verbindung mit sexueller Ausbeutung ist ein weltweites Problem. Häufig sind Minderjährige betroffen, bei denen Schleuser bei der Einreise mit gefälschten Ausweisdokumenten eine Volljährigkeit vortäuschen. Grenzschutz und Polizei stehen dabei vor dem Problem, dass es bislang keine aussagekräftigen Routinekontrollen gibt. Denn um das Alter eines Menschen zuverlässig anhand der Wachstumsfuge im Unterarm zu bestimmen, ist eine Röntgen-



Selbst medizinische Laien können mit dem Ultraschallscanner die Wachstumsfuge im Unterarm kontrollieren.

untersuchung nötig. Das geht in Deutschland nicht ohne richterlichen Beschluss. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Biomedizinische Technik IBMT in Sulzbach haben nun einen Ultraschallscanner entwickelt, der nichtinvasiv arbeitet, also keinen richterlichen Beschluss erfordert. Besteht nach einer Kontrolle mit ihm ein Verdacht, erfolgt eine Röntgenuntersuchung.

Für ihren Ansatz nutzen die Forscher aus, dass bei 95 Prozent der 18-jährigen Frauen der Knorpel der Wachstumsfuge bereits verknöchert ist, was zuverlässig im Ultraschallsignal zu erkennen ist. Bei Männern korreliert die Volljährigkeit schwächer mit der Umbildung der Wachstumsfuge. Der Demonstrator arbeitet bei einer Frequenz von 1 MHz, damit die Ultraschallwellen tatsächlich in den Knochen eindringen.

Das Gerät misst in Transmission mit vier Ultraschallwandlern pro Seite. Die Wandler sind senkrecht zum Arm beweglich gelagert. Das vergrößert den Bereich, in dem die Messung verlässlich erfolgt – und ermöglicht dadurch medizinischen Laien die korrekte Bedienung des Geräts. Ultraschallmesstechnik, Software und Signalanalyse haben die IBMT-Forscher entwickelt, der Industriepartner Cemec die mechanische Bewegung der Wandler. Der mobile Scanner ist mit einem Smartphone oder Tablet koppelbar, auf dem die Auswertung der Messung abläuft. Das Gesamtsystem erfüllt die behördlichen Anforderungen, etwa beim Datenschutz. Nun hat eine klinische Studie mit dem Gerät begonnen.

Michael Vogel