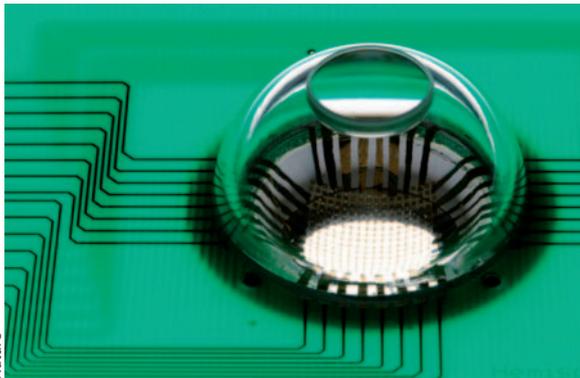


■ Elektronisches Auge

Ein neues Verfahren erlaubt die einfache Fertigung von gekrümmten Bildsensoren.

Das menschliche Auge ist ein ebenso schlichtes wie bemerkenswertes optisches System. Während technische Optiken aufwändige Linsenkombinationen erfordern, um Abbildungsfehler zu minimieren, kommt das Auge mit einer



Die an der University of Illinois in Urbana-Champaign entwickelte Kamera arbeitet mit einem konkaven Fotodetektor.

einfachen Konvexlinse aus. Möglich macht dies die gekrümmte Form der Netzhaut, die für ein weites, helles Gesichtsfeld mit geringen Abbildungsfehlern sorgt. Technische Bildsensoren dagegen sind herstellungsbedingt planar. Doch einem interdisziplinären Wissenschaftlerteam der amerikanischen University of Illinois in Urbana-Champaign ist es nun gelungen, das Labormuster einer Kamera mit gekrümmtem Bildsensor zu bauen.¹⁾

Die Forscher stellen dazu zunächst eine ebene, passive 16×16 -Matrix aus einkristallinen Siliziumfotodetektoren und p-n-Flächendioden mit konventionellen Fertigungsverfahren her. Eine Polymerschicht dient als Träger und als Schutz. Diesen Sensor bringen sie auf ein vorgespanntes Transferelement auf, das ohne mechanische Spannung in eine Halbkugelform mit etwa einem Zentimeter Krümmungsradius zurückschnappen kann. Der Sensor passt sich dann der Form des Transferelements an. Dass die einzelnen Pixel dabei kaum deformiert werden, liegt an den Verbindungen: Sie bestehen aus Polyimidbahnen, die mit Chrom und Gold beschichtet sind.

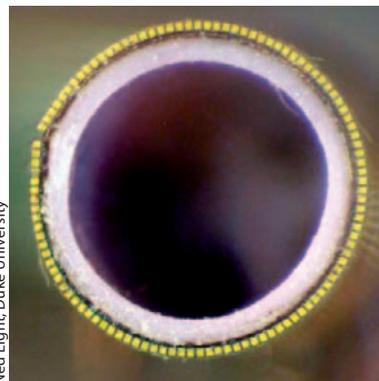
Bei einer Deformation lösen sie sich zwar vom Trägerpolymer des Bildsensors, aber funktionieren weiter als Interconnects. Die Ausbeute der nach diesem Verfahren gefertigten Sensoren liegt bei 95 bis 100 Prozent. Als Demonstrator haben die Wissenschaftler den Bildsensor in ein halbkugelförmiges, transparentes Gehäuse integriert, das von einer Plankonvexlinse (Durchmesser: ein Zoll, Brennweite: 35 mm) gekrönt wird.

Das Verfahren eröffnet neue Möglichkeiten, um z. B. billige, kompakte Kameras, bionische Implantate oder elektronische Tapeten zu fertigen.

■ Schall statt Röntgenlicht

Über eine 3D-Ultraschallsonde lässt sich ein Katheter steuern.

Minimalinvasive Verfahren sind aus der heutigen Medizin nicht mehr wegzudenken. Egal, ob für diagnostische oder therapeutische Zwecke – die Verfahren schonen die Patienten, da sie keine großen Wunden verursachen. Wenn Ärzte durch Katheder Blutgefäße reinigen oder Stents einbringen, nutzen sie Röntgenaufnahmen, um sich zu orientieren. Diese erfordern allerdings ein Kontrastmittel, das nicht jeder Patient gut verträgt, und oft die Verlegung des Patienten für den Eingriff, da das Röntgengerät ortsgelungen ist. Außerdem lässt sich Gewebe damit nicht so gut visualisieren und die Bilder liefern keine 3D-Daten in Echtzeit. Daher haben



Die 108 Ultraschallmesswertfühler sind ringförmig am Rand des Katheters angeordnet.

Wissenschaftler der Duke University in Durham (North Carolina) und der University of Virginia in Charlottesville eine bildgebende Technik in einen Katheter integriert: eine Ultraschallsonde.²⁾ Das Verfahren beseitigt alle Nachteile der Röntgenfluoreszenz.

Die Forscher um Stephen W. Smith nutzen dazu einen kommerziell erhältlichen Katheter, in dessen Mantel sie Piezoelemente aus Blei-Zirkonat-Titanat als Messfühler ringförmig anordnen. Sie experimentierten mit Ringen aus sowohl 54 als auch 108 Elementen. Als Verbindung zwischen Messfühler und Ausleselektronik dienen Flachkabel aus beschichtetem Kupfer.

Ihre Experimente führten sie bislang in einem Wassertank durch; noch dieses Jahr sollen aber Tierversuche beginnen. Die 108-Elemente-Sonden arbeiten bei 5 und 8,9 MHz, die 54-Elemente-Sonde bei 5 MHz. Dass die Technik prinzipiell funktioniert, konnten die Forscher im direkten Vergleich mit Röntgenfluoreszenzaufnahmen nachweisen. Weiter verbessern müssen sie das Signal-zu-Rausch-Verhältnis und die Zuverlässigkeit der einzelnen Messfühler.

■ Gummi-Elektronik

Kohlenstoff-Nanoröhren machen elektrische Leiter elastisch.

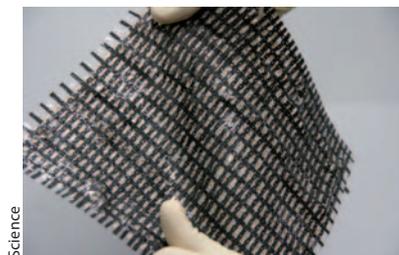
Durch neue Materialien und neue Verfahren versuchen Wissenschaftler weltweit, die Beschränkungen klassischer Elektronik zu überwinden. Denn heutige Komponenten eignen sich weder für dreidimensionale Oberflächenformen noch für besonders kostengünstige Anwendungen. Doch um reversibel verformbare Elektronik zu fertigen, müssen z. B. die Leiterbahnen dehnbar sein. Viele Forschergruppen experimentieren daher mit elastischen Polymeren, deren Leitfähigkeit sie durch die Beigabe anderer Materialien erhöhen. Kohlenstoff-Nanoröhren (CNT), die für ihre sehr hohe elektrische Leitfähigkeit bekannt sind, gelten hierfür

1) H. C. Ko et al., Nature 454, 748 (2008)

2) E. D. Light et al., IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control 55, 2066 (2008)

3) T. Sekitani et al., Science Express, DOI 10.1126/science.1160309 (2008)

4) B. D. Lawrence et al., Biomacromolecules 9, 1214 (2008)



Ein Gitter aus einem mit Nanoröhren versetzten Kunststoffleiter und integrierten Transistoren lässt sich in beliebige Richtungen ziehen, ohne es zu beschädigen.

als ideal, allerdings verklumpen die CNTs leicht, was in der Praxis bislang große Probleme bereitete.

Materialforschern von der Universität Tokio ist unter der Führung von Takao Someya nun ein Durchbruch gelungen.³⁾ Sie fanden eine geeignete ionische Flüssigkeit, die das Verklumpen der CNTs unterbindet. In dieses 1-Butyl-3-Methylimidazoliumbis-Imid geben sie die einwandigen CNTs, deren Gewichtsanteil bis zu 20 Prozent betragen kann. Als elastischen Kunststoff mischen sie ein kommerziell erhältliches Copolymer bei. Das Gemisch sprühen sie dann als dünnen Film auf einen Glasträger und stanzen daraus die gewünschten Formen, die sie mit einem kommerziell erhältlichen Silikongummi überziehen.

Der neue Werkstoff zeigt im Ausgangszustand eine gute Leitfähigkeit von 57 Siemens pro Meter. Er lässt sich viele Male um bis zu 38 Prozent dehnen, ohne dass die Leitfähigkeit abnimmt. Zogen die Forscher das Material um 134 Prozent auseinander, sank die Leitfähigkeit dagegen auf sechs Siemens pro Meter. Im Verlauf eines Jahres verschlechterten sich die Eigenschaften der Proben nicht.

Als Demonstrator fertigten die Wissenschaftler ein $20 \times 20 \text{ cm}^2$ großes Netzwerk aus dem elastischen Leiter. In diese Matrix platzierten sie mit gängigen Verfahren rund 700 organische Transistoren, die elektrisch über das leitfähige Gummi miteinander verbunden sind. Solange sie den Demonstrator nicht stärker als um 70 Prozent dehnen, verändert sich die Charakteristik der Transistoren kaum.

■ Kompostierbare Optik

Aus Seidenfäden lassen sich optische Linsen und Gitter herstellen.

Heutzutage bestehen optische Elemente aus Glas, Halbleitern oder Polymeren. Obwohl sie eine gewaltige Vielfalt an Anwendungen ermöglichen, haben sie einen Nachteil: Sie sind weder per se biokompatibel noch biologisch abbaubar. Einer Wissenschaftlergruppe um David L. Kaplan und Fiorenzo G. Omenetto von der Tufts University in Medford (Massachusetts) ist es nun gelungen, aus Fäden der Seidenraupe optische Elemente aufzubauen.⁴⁾ Diese Biopolymere haben den Vorteil, dass sie sich in einer wässrigen Lösung bei Zimmertemperatur verarbeiten lassen. Gleichzeitig sind sie im Vergleich zu anderen Biopolymeren mechanisch robust und bringen sehr gute optische Oberflächeneigenschaften und eine hohe Transmission mit.

Die Materialforscher lösen dazu die Kokons in einem Salz und reinigen sie anschließend dialytisch. Dann gießen sie die Lösung in verschiedene optische Abgussformen, die kommerziell erhältlich sind, und lassen die dünnen Schichten trocknen. Die so gefertigte Seidenoptik der Forscher erreicht über einen weiten Teil des sichtbaren Spektrums eine Transmission von mehr als 90 Prozent, der Brechungsindex für Schichten zwischen 30 und 50 μm erreicht konstant den Wert 1,55. Für die Oberflächenrauigkeit der Beugungsgitter haben die Wissenschaftler Werte unterhalb von 10 nm gemessen. Bislang erreichen die so gefertigten Gitter Größen von $50 \times 50 \text{ mm}^2$; 37 Prozent des einfallenden Lichts beugten sie ins Hauptmaximum.

Die Verarbeitung bei niedrigen Temperaturen in wässrigen Lösungen bringt einen weiteren Vorteil mit sich: Seidenoptik lässt sich mit Enzymen oder beispielsweise Hämoglobin „dotieren“, wodurch ein Bauelement gleichzeitig optische und biochemische Funktionalität bekommt. Das macht diese Forschung zum Beispiel auch für Biosensoren interessant.

Michael Vogel