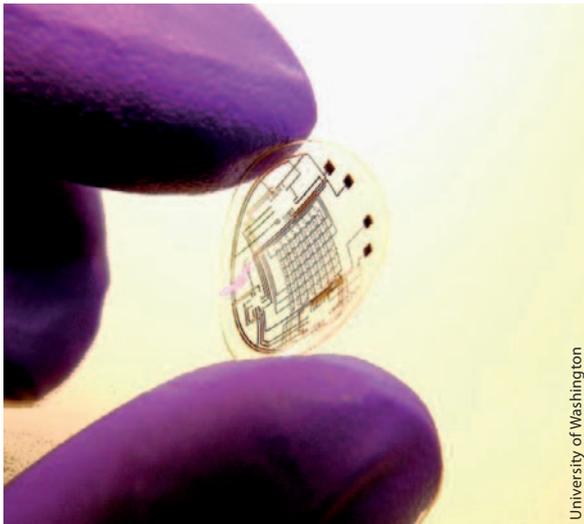


■ Mehr als Sehschärfe

Kontaktlinsen mit integrierter Elektronik bestehen einen ersten Praxistest.

Kontaktlinsen könnten mehr leisten, als die Sehkraft ihres Trägers zu verbessern. Schon heute erlauben es etwa Head-up-Displays Piloten oder Autofahrern, Informationen zu erfassen, ohne den Blick von der Frontscheibe abwenden zu müssen. Sind schnelle Reaktionen



Kontaktlinsen mit integrierter Elektronik eröffnen neue Anwendungen.

gefragt, können die Nutzer so entscheidende Augenblicke gewinnen. Warum, fragten sich amerikanische Wissenschaftler, sollen solche Display-Funktionen nicht direkt auf Kontaktlinsen zur Verfügung stehen? Zumal Kontaktlinsen, erfolgreich mit elektronischen Schaltelementen beschichtet, auch als medizinische Sensoren dienen könnten, z. B. um den Glukosespiegel zu kontrollieren.

Eine Arbeitsgruppe der University of Washington in Seattle hat nun eine Kontaktlinse gefertigt, die mit funktionierenden Leuchtdioden bestückt ist.¹⁾ Dazu mussten sie einen Weg finden, wie der in gängigen Kontaktlinsen verwendete PET-Kunststoff bei der Beschichtung keinen Schaden nimmt. Kontaktlinse und Leuchtdioden fertigen die Forscher in getrennten Arbeitsschritten. Die Kontaktlinse besteht aus einer PET-Folie, die mit gängigen Lithografie- und Sputter-Verfahren so beschichtet und kontaktiert wird, dass die LEDs später in einem Prozess durch Selbst-

organisation automatisch an den richtigen Stellen zu liegen kommen. Abschließend beschichten die Wissenschaftler das Kunststoffsubstrat und die Elektronik mit Acrylglas, sozusagen als biologische Passivierung. Dann erwärmen sie das bislang planare Bauteil und stempeln daraus die Kontaktlinse.

Für die Tests der Linsen an Kaninchen ließen sich die LEDs nicht ansteuern, vielmehr ging es zunächst nur um die biologische Verträglichkeit, die laut den Wissenschaftlern gut sei. Allerdings gaben sie zu, dass durch das abschließende Formen der Kontaktlinse die Ausbeute an funktionierenden Einheiten bislang merklich sinkt.

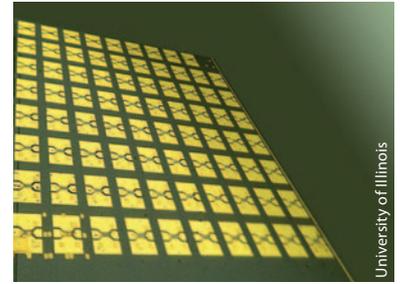
■ Radio aus Nanoröhren

Demonstrator mit Kohlenstoff-elektronik empfängt Verkehrsfunk.

Kohlenstoff-Nanoröhren gelten seit ihrer Entdeckung als möglicher Nachfolger heutiger Silizium-elektronik. Der Weg dorthin ist allerdings noch weit: Die Röhren zeigen in Grundlagenexperimenten zwar überlegene elektrische Eigenschaften, aber bis die Wissenschaft daraus digitale Schaltungen aufbauen kann, muss sie noch viele Hürden nehmen. Einer Forschergruppe um John Rogers von der University of Illinois in Urbana-Champaign ist es nun immerhin gelungen, ein Radio aus einwandigen Kohlenstoff-Nanoröhren zu bauen – und zwar mit gängigen Verfahren der Halbleitertechnik.²⁾

Die Forscher stellten die Nanoröhren mittels Gasphasenabscheidung auf Quarzsubstraten her. Dabei erreichten sie durch das Quarzgitter, dass sich die Röhren bei einer durchschnittlichen Dichte von fünf pro Mikrometer parallel ausrichteten. Daraus fertigten sie mit Verfahren der Fotolithografie und Rotationsbeschichtung Hochfrequenztransistoren.

Das aus diesen Transistoren als Demonstrator aufgebaute Radio nutzt ein Heterodyne-Empfängerdesign aus vier kapazitiv gekoppelten Stufen: eine aktive



Diese identischen Radiochips arbeiten mit Nanoröhren und bilden die Grundlage für das neuartige Radio.

Resonanzantenne, zwei Hochfrequenzverstärker (bis zu 14 dB) und ein Audioverstärker. Alle vier Komponenten arbeiten mit Kohlenstoff-Nanoröhren. Zum Testen konstruierten die Forscher die Antenne so, dass ihre Resonanz bei 1090 kHz liegt, um mit dem Radio die Verkehrsmeldungen des Lokalsenders von Baltimore zu empfangen.

Die neu entwickelten Verfahren erlauben eine weitere Skalierung und Miniaturisierung: Integrierte Schaltkreise mit bis zu hundert Transistoren sind das nächste Ziel.

Bereits letzten November hatte eine Arbeitsgruppe unter Leitung von Alex Zettl an der University of California in Berkeley ein Radio aus einer einzigen Nanoröhre gebaut.

■ Handliche Röntgenquelle

Pyroelektrische Kristalle könnten kleinere Messgeräte erlauben.

Röntgenspektroskopische Messungen spielen u. a. in der Umweltanalytik und der Medizin eine große Rolle. Konventionelle Röntgenquellen sind inzwischen zwar recht kompakt, zusammen mit dem Hochspannungserzeuger aber immer noch koffergroß. Die Arbeitsgruppe von Dirk Meyer an der TU Dresden hat jetzt Fortschritte erzielt, miniaturisierte Röntgenquellen für eine breite Palette an Anwendungen zu optimieren. Die Forscher nutzen hierfür Kristalle, die den pyroelektrischen Effekt zeigen: Bei solchen Kristallen, z. B. Lithiumniobat, führt eine zeitliche Temperaturänderung zu einer Ladungstrennung.

Für ihre Röntgenquelle setzen die Dresdner Physiker das Lithium-

1) H. Ho et al., Proc. of the 21st IEEE Int. Conf. on Micro Electro Mechanical Systems MEMS, 403 (2008)

2) C. Kocabas et al., PNAS 105, 1405 (2008)

3) S. Tay et al., Nature, 451, 694 (2008)

niobat in einer Vakuumkammer auf ein Peltier-Element. Erwärmen sie den Kristall, der die Größe einer 1-Cent-Münze hat, bilden sich an den gegenüberliegenden Oberflächen Polarisationsladungen aus, die ein äußeres elektrisches Feld erzeugen. Dieses Feld kann Teilchen im umgebenden Restgas bis auf Bewegungsenergien im MeV-Bereich beschleunigen. Wenn sie auf eine dünne Metallfolie auftreffen, entsteht Röntgenstrahlung.

Auch andere Arbeitsgruppen haben bereits solche Röntgenquellen gebaut, allerdings ist es den Dresdenern erstmals gelungen, die Quelle kontinuierlich zum Strahlen zu bringen. Denn in der geschilderten Anordnung lässt sich nur eine Heiz- oder Kühlphase ausnutzen. Um das zu umgehen, bedecken die Forscher die Kristalloberfläche mit einer dünnen Schicht (z. B. aus Öl) und betreiben sie an einem experimentell ermittelten Phasenübergangspunkt, an dem die Schichtbausteine in freie Moleküle übergehen. Im stationären Gleichgewicht von thermodynamisch bestimmter Anlagerung und Freisetzung kann diese Röntgenquelle tagelang arbeiten. Die vollständige Erklärung der mikroskopischen Prozesse steht noch aus.

Zwar böte diese Quelle nur 0,1 bis 1 Prozent der Strahlungsintensität „großer“ röntgenspektroskopischer Messgeräte, aber für bestimmte Anwendungen ist dies kein Ausschlusskriterium. Vorteilhaft wäre auf jeden Fall die geringe Größe, so ließe sich in einer Zigarettenschachtel ein Minilabor mit einer solchen Quelle locker unterbringen – ein wichtiges Argument für mobile Messgeräte.

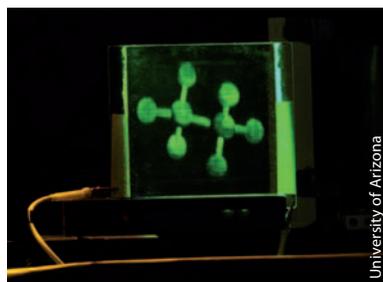
■ Holo-Display zum Updaten

Ein Bildschirm stellt holografische Bilder in Minutenschnelle dar.

3D-Bildschirme, die beim Zuschauen keine Kompromisse erfordern, stehen ganz oben auf der Wunschliste von Medizin, Militär und Unterhaltungsindustrie. Denn die heutigen Beschränkungen

sind allgegenwärtig: Für manche Bildschirme sind spezielle Brillen erforderlich, bei anderen sieht der Betrachter ein räumliches Bild nur in einem sehr eng begrenzten Blickfeld. Andererseits ermöglicht die Holografie 3D-Bilder mit hoher Auflösung und gleichzeitig großen Betrachtungswinkeln – allerdings sind die Bilder nur statisch.

Forscher der University of Arizona in Tucson und der kalifornischen Firma Nitto Denko Technical haben nun das Labormuster eines holografischen Displays entwickelt, das diese Schwäche ausmerzt.³⁾ Als geeignetes Material dafür erwies sich ein fotorefraktives Polymer. Solche Polymere können Bildinformationen (Amplitude und Phase) räumlich speichern, außerdem lassen sie sich löschen und wieder neu beschreiben. Polymere



Erstmals lässt sich ein holografischer Bildschirm löschen und neu beschreiben.

haben dabei gegenüber fotorefraktiven anorganischen Oxiden den Vorteil, dass sie sich großflächig und günstig herstellen lassen.

Die Wissenschaftler fertigten ein Display mit einer Fläche von $10 \times 10 \text{ cm}^2$, das sie mittels Laserlicht einer Wellenlänge von 532 nm innerhalb von drei Minuten komplett beschrieben. Dieses Bild blieb bis zu drei Stunden auf dem Display erhalten. Ein vollautomatisches optisches System rechnet dazu die Objektinformationen in „Hologrammbildelemente“ um, die es mit 100 mW/cm^2 Laserintensität sequenziell in benachbarte Bereiche des Bildschirms schreibt.

Das Verfahren ist skalierbar: Laser höherer Leistung bzw. empfindlichere fotorefraktive Polymere erlauben es, noch größere Bereiche zu beschreiben oder kleinere Bereiche schneller.

Michael Vogel