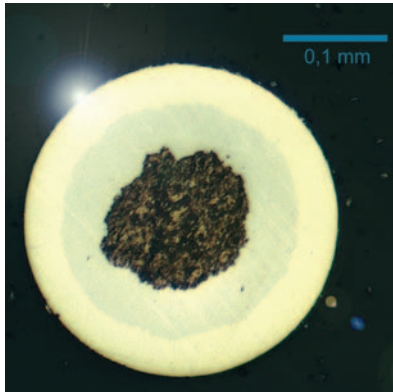


Neuer Supraleiter hebt ab

Zur Überraschung vieler Physiker stellte sich vor knapp drei Jahren heraus, dass Magnesiumdiborid (MgB_2) bei $-234\text{ }^\circ\text{C}$ (39 K) supra-leitend wird. Nun steht an Bord des japanisch-amerikanischen Röntgensatelliten ASTRO-E2 die erste technische Anwendung dieser Metallverbindung in Aussicht. Dazu lieferten Wilfried Goldacker und seine Kollegen vom Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) sechzig Meter eines 0,31 Millimeter dünnen, supra-leitenden Drahtes mit MgB_2 -Kern



Hohe Leitfähigkeit und große Stabilität charakterisieren diesen nur 0,31 Millimeter dünnen Spezialdraht mit einem supra-leitenden Kern aus Magnesiumdiborid, umgeben von einem Eisenmantel und einer Stahlhülle (Foto: FZ Karlsruhe).

an die NASA. Die ersten Tests des Drahtes auf Leitfähigkeit und Stabilität verliefen so erfolgreich, dass er Anfang nächsten Jahres an Bord von ASTRO-E2 ins All starten könnte.

Doch trotz seiner verlockend hohen Sprungtemperatur gestaltet sich die Verarbeitung des pulvrigen MgB_2 als schwierig. Um dennoch einen brauchbaren Draht zu erhalten, presste Goldacker das Material in einen Eisenmantel, der wiederum von einer stabilisierenden Stahl-schicht umgeben wird. Parallel zu dieser Füllmethode verfolgen die Karlsruher Drahtzieher noch einen zweiten, „in-situ“-Weg. Dazu wird in die metallische Draht-hülle ein Gemisch aus Magnesium und Bor gefüllt, das bei rund $600\text{ }^\circ\text{C}$ innerhalb des Eisenmantels zu MgB_2 reagiert. Der Vorteil dabei liegt in der höheren Stabilität des Supraleiters im Vergleich zum reinen Pressverfahren.

Auf 4,2 K gekühlt bestach der Draht mit kritischen Transportstromdichten von über 100000 A/cm^2 bei einem relativ hohen kritischen Magnetfeld von vier Tesla. Dieser Wert steht zurzeit für die weltweit höchsten Stromdichten von undotierten Materialien. An Bord von ASTRO-E2 sind diese Eigenschaften von MgB_2 willkommen für den elektrischen Anschluss der

hochempfindlichen Röntgende-ktoren. Um bei seinen Beobach-tungen ein möglichst gutes Signal-Rausch-Verhältnis zu erhalten, wird der Röntgendetektor des Satelliten auf $-256\text{ }^\circ\text{C}$ (17 K) gekühlt. Da dabei eine Aufwärmung der Mess-elektronik möglichst zu vermeiden ist, muss die Stromversorgung über einen Supraleiter und nicht über gute Wärmeleiter wie Kupfer führen. Der Supraleiter Niob hat allerdings eine Sprungtemperatur von 9 K, und keramische Hochtemperatur-Supraleiter sind zu brüchig für eine solche Mission.

Bewährt sich der Karlsruher Su-praleiterdraht, können sich die Wis-senschaftler bereits weitere Anwen-dungen beispielsweise für supra-leitende Magnetspulen vorstellen.

Fälschungssicher mit Quantenpunkten

Fluoreszierende Nanokristal-le docken heute auf chipgroßen Minilaboren an Moleküle an und identifizieren so Kandidaten für neue Arzneien. Nun sollen diese winzigen, ein bis zehn Nanometer großen Halbleiter-Partikel einer Tinte beigemischt werden, um Pass-fälschern das Handwerk zu legen. Dazu entwickelte das kanadische Institute for National Measurement Standards in Ottawa „Info-Ink“ mit Nanoteilchen aus Cadmiumselenid. Je nach Kombination dieser Quan-tenpunkte entsteht ein einzigartiger fluoreszierender Code, der auf ein Dokument aufgedruckt wird.



Durch das Aufdrucken von Nanokris-tallen aus CdSe, die je nach Größe bei unterschiedlichen Wellenlängen emittieren, sollen Dokumente fälschungssicher gemacht werden (Foto: H. Turner).

Angeregt mit dem ultravioletten Licht (370 nm) einer Leuchtdiode, emittieren verschieden große Nano-kristalle bei fünf Wellenlängen, von 535 nm bei 2,8 nm Durchmesser bis 640 nm bei 5,6 nm. Kombiniert mit zehn möglichen Intensitätsstufen – abhängig von der Menge der Partikel in der Tinte – liefert der „Info-Ink“-Aufdruck einen Wertepool für

rund eine Million verschiedene Va-riationen. Für das bloße Auge bleibt dieser aufgedruckte Code unsicht-bar. Das ausgesendete einzigartige Lichtspektrum lässt sich aber über Lichtleiter auf ein empfindliches Spektrometer führen, dort auf In-tensität und Farbanteile analysieren und direkt an einen PC für eine Au-thentizitäts-Prüfung weiterleiten.

Um die leuchtenden Quanten-punkte auf ein Dokument drucken zu können, verteilten Shoude Chang und seine Kollegen die Kristalle in einer Mischung aus Kunststoff und einem Lösungsmittel (Polystyrol und Toluol).¹⁾ Erste Tests verliefen vielversprechend, aber Chang will noch das Signal-Rausch-Verhältnis bei der Spektralmessung sowie die Langzeit-Stabilität der Quantenpunkte verbessern. Mit ein-erem noch zu findenden Partner aus der Industrie hofft er, dieses Siche-rungssystem in Kürze zur Markt-reife zu bringen. Fälscher sollen dann wegen der schwierigen Herstellung der Nanokristalle und der zahl-reichen Kombinationsmöglichkeiten der Leuchtunkte noch besser von einer Nachahmung abgeschreckt werden als bei klassischen Barcode-Mustern oder Hologrammen. Dar-auf hofft auch die Hamburger Firma Nanosolutions, die an ähnlichen Systemen auf der Grundlage von Nanokristallen arbeitet.

Silizium für Photonik-Chips

Jenseits heutiger Gigahertz-Chips locken Schaltkreise, die mit Licht statt mit elektrischen Ladungen schneller und effektiver arbeiten. Galten bisher Verbindungshalbleiter wie Galliumarsenid, Indiumphosphid oder Lithiumniobat als Grundstoffe für solche optischen Chips, kommt nun das klassische Silizium wieder ins Gespräch. Forscher des Chipproduzenten Intel belegten im firmeneigenen Labor in Santa Clara, dass das für photonische Anwendungen lang verschmähte Silizium doch zum Aufbau von Schlüsselkomponenten zukünftiger Opto-Chips geeignet ist. In Anbe-tracht des großen Erfahrungsschat-zes, den alle Chiphersteller weltweit mit diesem klassischen Halbleiter haben, könnte das Verharren bei dem gleichen Baumaterial zu einem schnelleren und kostengünstigeren Wechsel von der Elektronik zur Photonik führen.

Aufbauend auf einem Kondensa-

1) S. Chang, M. Zhou und C. P. Grover, Optics Express 12, 143 (2004)

2) A. Liu et al., Nature 427, 615 (2004)

3) G. H. Gelinck et al., Nature Materials 3, 106 (2004)

tor mit einer Metall-Oxid-Halbleiterstruktur (MOS), der mit fast den gleichen Prozessen wie ein klassischer CMOS-Transistor hergestellt wird, entwickelte das Team um Mario Paniccia einen schnellen, optischen Modulator, der Lichtintensitäten mit der Frequenz von rund einem Gigahertz variieren kann.²⁾ Über diese selektiven Intensitätsschwankungen werden die Daten auf ein Trägerlichtsignal codiert. Die Grundlage dafür liegt in kleinen Änderungen des Brechungsindex je nachdem, welches schaltbare, elektrische Feld auf den Modulator einwirkt. Während bisher mit Silizium bei maximal 20 MHz Schluss war, gelang es den Intel-Forschern, mit einem Dispersionseffekt freier Ladungsträger erstmals die Gigahertz-Hürde zu überwinden. Möglich wurde dies über die elektrisch angeregten Gigahertz-schnellen Phasenwechsel des unterlegten MOS-Kondensators. Diese Phasenwechsel wirkten sich unmittelbar auf die optische Modulation im Silizium aus und ermöglichten so die selektiven Intensitätsschwankungen im unteren Gigahertz-Bereich.

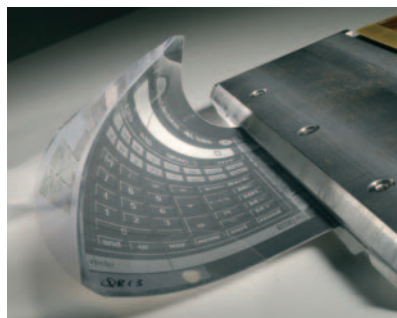
Doch so wichtig ein schneller Modulator für zukünftige Photonik-Chips ist, noch fehlen für den Weg zum fertigen Chip geeignete, winzige Lichtquellen und Verstärker-Komponenten, ebenfalls aus Silizium.

Biegsame Schaltkreise für elektronisches Papier

In diesem Jahr bringt Philips mit seinem Technologiepartner E-Ink das erste Handheld-große Lesegerät mit elektronischem Papier auf den Markt. Dieses „Papier“ ist zwar dünn, stromsparend und ohne Hintergrundbeleuchtung kontrastreich wie ein Laserausdruck auf Normalpapier, lässt sich aber nicht wie eine Zeitung rollen. Diese Flexibilität rückt nun mit einer biegsamen Schaltelektronik näher. Im Forschungslabor Eindhoven entwickelten Gerwin Gelinck und Kollegen ein elektronisches Papier aus einer organischen Halbleiter-Schicht aus Pentazen, die sich mit einem Radius von nur einem Zentimeter aufrollen lässt.³⁾

Um die schwarzen und weißen Pigmentkapseln innerhalb des 300 Mikrometer dünnen, elektronischen Papiers für eine Schwarz-Weiß-Anzeige durch Spannungen auf und ab

driften zu lassen, müssen sie wie die Flüssigkristalle in einem TFT-Display über ein unterlegtes Transistorfeld angesteuert werden. Insgesamt 1888 Transistoren auf Pentazen-Basis bilden auf einer 25 Mikrometer dünnen Polyimid-Folie die bislang leistungsfähigsten integrierten Schaltkreise mit organischen Halbleitern. Die Forscher brachten damit auf einer 3,5 × 3,5 Zentimeter kleinen Fläche insgesamt 64 × 64 Bildpunkte mit Kantenlängen von einem halben Millimeter unter. Laut Aussage von Philips soll auch schon eine Steigerung der Auflösung auf 320 × 240 Pixel mit einer Diagonalen von 12,7 Zentimeter (85 dpi) gelungen sein.



Dieses flexible Aktiv-Matrix-Display wird über organische Dünnschichttransistoren angesteuert (Foto: Polymer Vision).

Die für die Reaktion der Pigmentkapseln nötige Schaltspannung von 15 Volt lässt sich mit einer Frequenz von bis zu 5 kHz regeln, sodass die Polymer-Elektronik schnell genug für das Abspielen von Videofilmen wäre. Bei einem Stromverbrauch von 4 mW kann eine Standardbatterie (1,5 Wh) dieses Display 21 Stunden lang versorgen. In weiteren Versuchen soll der Strombedarf, der vor allem auf kapazitiven Verlusten innerhalb des Polymerfilms beruht, weiter gesenkt werden. Auch die Lebensdauer der Pentazen-Schaltkreise, die derzeit bei 25 °C und 30 % Luftfeuchte in einem Monat ein Drittel ihrer Ladungsträgerbeweglichkeit verlieren, hofft das Team um Gelinck mit einem Kapselverfahren zu verlängern. Da Philips im E-Paper eine vielversprechende Alternative zu stromschluckenden TFT-Bildschirmen sieht, sollen die flexiblen Plastiks Schaltkreise kombiniert mit videotauglichen Farbvarianten der elektronischen Tinte von der neu eingerichteten Arbeitsgruppe „Polymer Vision“ möglichst zügig zur Marktreife gebracht werden.

JAN OLIVER LÖFKEN