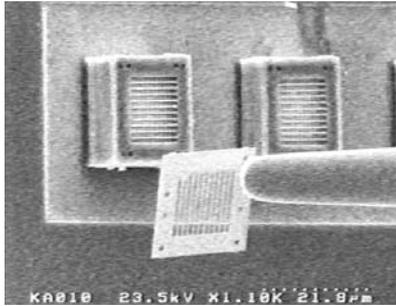


Stapeln in der Mikrowelt

Wer mit dem Gabelstapler 20 Paletten aufeinander schichtet, erntet dafür keine besondere Anerkennung. Das ist jedoch anders, wenn die Paletten nur 25 μm breit sind und mit einer Genauigkeit von 50 nm positioniert werden. Eine japanische Forschergruppe hat solch einen Miniatur-Stapel jetzt aus Indiumphosphid-Gittern zusammengesetzt. Er dient als „photonischer Kristall“ und reflektiert das Licht



Eine Mikrozange stapelt 25 Mikrometer breite Indiumphosphidgitter mit einer Genauigkeit von 50 Nanometern.

bestimmter Wellenlängen. In einer „Elektronik mit Licht“ (Photonik) sollen photonische Kristalle das Licht führen, um die Ecke lenken und einsperren.

Die Idee beruht auf einer Analogie zum Bändermodell in der Festkörperphysik: In einer periodischen Struktur führen Interferenzeffekte dazu, dass das Material nur für bestimmte Wellenlängen transparent ist. Andere Wellenlängen werden reflektiert. In Analogie zu den elektronischen Bandlücken in Festkörpern spricht man von photonischen Bandlücken bzw. Kristallen.

Photonische Kristalle im Labor herzustellen ist eine Kunst. Die Abstände der Gitterstäbe müssen ungefähr der Wellenlänge des Lichts entsprechen. In zwei Dimensionen lassen sich derartige Strukturen lithografisch herstellen. In drei Dimensionen ist das nicht mehr möglich. Kanna Aoki und seine Mitarbeiter haben jetzt klassische 2D-Lithografie mit Mikromanipulation kombiniert. Sie ätzen zunächst 0,5 μm dünne Gitterstrukturen aus InP mit herkömmlicher Fotolithografie (Indiumphosphid ist der wichtigste Halbleiter für optoelektronische Anwendungen wie Diodenlaser und Fotodioden.) Anschließend schichteten sie die Plättchen unter dem Elektronenmikroskop mit einer selbst entwickelten Mikrozange aufeinander. In Justage-Löcher am Rand legten sie Kügelchen, die für eine präzise Ausrichtung sorgten. Die fertigen Stapel reflektierten etwa 80 Prozent

des eingestrahlt Lichts bei 3–4,5 μm . Indem sie das Gitter an einer Stelle zerstörten, konnten die Forscher den Stapel für Licht bei 3,2 μm transparent machen.¹⁾

In weniger als einer Stunde hatten die Wissenschaftler 20 Gitter zu einem Stapel geschichtet. Für die Serienproduktion müssten sie das Verfahren automatisieren. Für Anwendungen in der Telekommunikation gilt es außerdem, die Gitterkonstante nochmals zu verkleinern, sodass die photonischen Kristalle bei 1,55 μm reflektieren und transmittieren. Die 3D-Strukturen sind vor allem für Experimente mit Lasern interessant, weil sie das Licht wie in einem Resonator einsperren.

Sensor-Graffiti im Windkanal

Was wären Experimentalphysiker ohne den Piezo-Effekt? Motoren aus Piezokristallen bewegen Tischen und Spiegel in Vakuumkammern, Piezosensoren messen Temperatur- und Druckschwankungen. Piezomaterialien bestehen aus polaren Molekülen, die eine elektrische Spannung in eine Längenänderung umwandeln und umgekehrt eine Spannung erzeugen, wenn auf sie Druck ausgeübt wird. Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung in Golm haben jetzt etwas Neues für alle Piezo-Fans entwickelt: einen piezoelektrischen Lack, der sich zum Beispiel auf Flugzeugflügel sprühen lässt, um im Windkanal die Druckverteilung auf das Blech zu testen.

Bislang waren Ingenieure auf piezoelektrische Folien angewiesen, wenn sie Druckschwankungen auf gekrümmten Flächen messen wollten. Auch die Fraunhofer-Forscher in Golm dachten zunächst an Folien, als sie den Auftrag bekamen, ein Touchpad in Kugelform zu entwickeln. Doch die Folien lassen sich nicht beliebig stark krümmen und nahtlos aneinander fügen. Also entwickelten die Polymerforscher einen Piezo-Lack, der sich mit einer Sprühpistole aufbringen lässt. Die Schwierigkeit bestand darin, ein geeignetes Lösungsmittel für die polaren piezoelektrischen Moleküle zu finden. Es darf einerseits keine Fäden ziehen und andererseits nicht so schnell verdampfen, dass beim Sprühen nur noch Krümel auf der Oberfläche ankommen.

Burkhard Elling und Rudi Danz fanden ein Gemisch aus organi-

schon Lösungsmitteln mit den gewünschten Eigenschaften. Die genaue Zusammensetzung wollen sie noch nicht verraten. Den Lack mit den gelösten Piezo-Molekülen sprühten sie in ersten Tests auf eine 10 mal 20 Zentimeter große, elektrisch leitende Fläche. Anschließend kontaktierten sie die Oberseite der 10 μm dünnen Lackschicht mit einer Metallfolie, sodass der Lack wie ein Elektrolyt zwischen zwei Kondensatorflächen eingebettet war. Die Piezo-Moleküle waren zunächst noch statistisch ausgerichtet. Erst durch kurzzeitiges Anlegen einer Spannung von 2000 Volt wurde das Material „aktiviert“. Wirkt nun ein Druck auf den Lack, misst man eine Spannung an den Elektroden. Trennt man die Metallfolie in viele kleine Elektroden, lässt sich die räumlich variable Druckverteilung an der Oberfläche bestimmen. Mit



Eine Kugel als Touchpad soll dreidimensionales Formen am Bildschirm ermöglichen. Ein neuer Piezolack könnte als Sensor dienen. (Foto: FIRST)

dem Lack ließen sich nicht nur Flügel im Windkanal, sondern auch Blechpressen im Automobilbau vermessen, schlagen die Wissenschaftler vor.

Abstand halten mit schnellen Chips

Am Institut für Halbleiterphysik in Frankfurt an der Oder (IHP) sind die Wissenschaftler stolz auf eine Pilotanlage, mit der sie Mikrochips auf der Basis von Silizium-Germanium-Kohlenstoff (SiGe:C) fertigen. Inzwischen werden dort die ersten Prototypen für High Tech-Anwendungen hergestellt. Mitte Februar stellte Wolfgang Winkler vom IHP auf einer amerikanischen Fachtagung einen SiGe:C-Chip vor, der Frequenzen von einigen zehn GHz erzeugt. Die Chips könnten eines Tages für die Breitband-Datenübertragung und als Abstandsradar in Autos eingesetzt werden.

1) Nature Materials 2, 117 (2003)

Die SiGe:C-Technologie vereint die Vorteile der Silizium-Fertigung mit den vorteilhaften Eigenschaften des Halbleiters Germanium. In Si-Ge-Verbindungen sind die Ladungsträger beweglicher als in reinem Silizium. Außerdem lässt sich Silizium-Germanium besser und billiger verarbeiten als die verbreitete Verbindung von Gallium und dem giftigen Arsen.

Winkler und seine Mitarbeiter haben auf einem Si-Wafer einen Oszillator aus schnellen SiGe:C-Komponenten aufgebaut und Frequenzen von 60 und 76 GHz erzeugt. Der bisherige Rekord lag nach Angaben des IHP bei 51 GHz. Die neue Technologie ist für die Serienproduktion interessant, weil sich sowohl SiGe-Komponenten für Hochfrequenz als auch integrierte Metalloxid-Transistoren (CMOS) für die digitale Signalverarbeitung auf dem Chip integrieren lassen. Die Frequenzen sind nicht willkürlich gewählt. Bei 60 GHz liegt ein freies Frequenzband, das sich für die Datenübertragung anbietet. Damit ließe sich in der Videothek der Zukunft ein Film mit einer Rate von 1 Gbit/s übertragen. Die Oszillatoren bei 76 GHz könnte man in Stoßstangen einbauen, wo sie als Abstandsradar beim Einparken helfen würden.

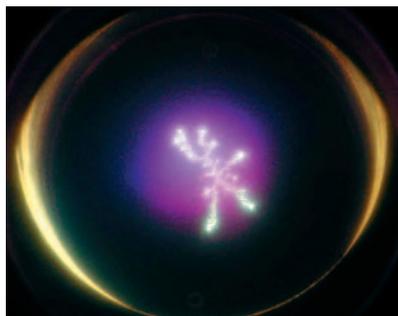
Abstand verringern dank Kohlenstoff

Die erste Festplatte der Welt war ein Monstrum. Sie wurde im Jahr 1956 von IBM auf den Markt gebracht: 50 Platten mit einem halben Meter Durchmesser speicherten damals fünf Megabyte Daten. Heute ist eine „Microdrive“ kleiner als eine Streichholzschachtel und fasst 1 Gigabyte. Doch je höher die Speicherdichte wird, umso dichter muss der Schreib- und Lesekopf über der Festplatte schweben. In den besten Festplatten beträgt der Abstand etwa 10 nm. Materialforscher aus Dresden haben jetzt eine Schutzschicht entwickelt, die noch kleinere Abstände erlaubt.

Festplatten bestehen aus magnetisierbaren Nickellegierungen. Darüber wird bislang eine Schutzschicht aus Kohlenstoffnitrid aufgesputtert. Sie dient als Schutz vor mechanischen Beschädigungen. Der Schreib- und Lesekopf schwebt zwar auf einem Luftkissen. Doch bei Erschütterungen des Laptops kann es durch-

aus mal vorkommen, dass er die Platte berührt. Außerdem verhindert die Schicht, dass die Festplatte korrodiert. Unterhalb von vier Nanometern wird die Kohlenstoffnitridschicht jedoch durchlässig für Sauerstoff und verliert an Wirksamkeit.

Peter Siemroth vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahlentechnik hat mit seinen Mitarbeitern eine neue Beschichtung entwickelt, die dünner ist und die Festplatten dennoch besser schützt. Diese



In einer Bogenentladung wird zwischen einer Graphit-Elektrode und einer Metall-Kathode eine Plasmaentladung gezündet (violett). Dabei entstehen Kohlenstoffionen und größere Rußpartikel.

Schicht besteht aus amorphem Kohlenstoff, der mithilfe einer Bogenentladung verdampft wird und sich auf der Festplatte ablagert. Bei diesem Ansatz gibt es eine Schwierigkeit: In der Plasmaentladung entstehen neben Kohlenstoffionen auch größere Partikel, die auf der Festplatte wie große Hindernisse liegen würden. Mit gekrümmten Magneten sorgten die Wissenschaftler dafür, dass nur die Kohlenstoffionen auf die Festplatte gelangten, ähnlich wie in einem Massenspektrometer (siehe Foto). Auf der Festplatte bildete der Kohlenstoff eine amorphe, 1,3 nm dünne Schicht. Aufgrund von ca. 70 Prozent diamantähnlichen Bindungen ist die Schicht hart und bietet den erforderlichen Schutz.

Die neuen Schutzschichten wurden in Zusammenarbeit mit IBM entwickelt. Zur Erprobung an fertigen Festplatten kam es bislang jedoch nicht. IBM hat seine Festplatten-Sparte an Hitachi verkauft. Die Festplatten-Produktion von IBM in Mainz soll bis Mitte des Jahres eingestellt werden. Und von Hitachi kamen bislang keine Angebote für eine weitere Zusammenarbeit. Siemroth hofft nun, dass aus dem Mainzer Werk ein Forschungsinstitut hervorgeht, das weiterhin an der Entwicklung interessiert ist.

MAX RAUNER