

## ■ Weniger ist mehr

**Ein Femtosekundenlaser erreicht eine mittlere Ausgangsleistung von 400 Watt.**

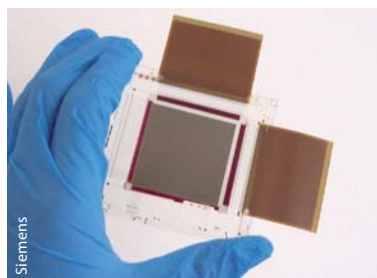
Femtosekundenlaser eignen sich bestens als Werkzeuge in der Ultrapräzisionsbearbeitung. Mit ihnen lassen sich sehr genau dünne Schichten abtragen, faserverstärkte

Faser- und Scheibenlaser: Scheibenlaser weisen nur geringe – unerwünschte – Nichtlinearitäten auf, ermöglichen aber auch nur geringe Verstärkungen; Faserlaser wiederum haben zwar eine hohe Verstärkung, aber merkliche nichtlineare Effekte, die sich nachteilig auf die Strahlqualität auswirken. Der ILT-Laser erzielt z. B. bei Pulsdauern unter 700 fs spektrale Bandbreiten von weniger als 2 nm. Daher ist eine dispersionskorrigierende Optik erst bei Pulsdauern erforderlich, die um Größenordnungen kleiner als bei Faserlasern sind.

## ■ Blick ins Nahinfrarot

**Quantenpunkte erweitern den Empfindlichkeitsbereich organischer Fotodioden.**

Für bildgebende Verfahren im Nahinfrarot gibt es immer mehr Anwendungen, z. B. in der Krebsdiagnostik, in der industriellen Prozessüberwachung oder bei Nachtsichtgeräten. Weil die Wasserdampfabsorption zwischen 1 und 1,8  $\mu\text{m}$  relativ gering ist, ist besonders dieser Spektralbereich für kommerzielle Anwendungen interessant. Allerdings ist man dabei auf relativ teure Sensoren angewiesen, die mit III-V-Halbleitern, etwa InGaAs, bestückt sind. Vergleichsweise billige Siliziumsensoren scheiden dagegen als lichtempfindliches Material aus, da Silizium oberhalb von 1,1  $\mu\text{m}$  nicht mehr empfindlich ist. Wissenschaftlern von Siemens und von den Universitäten Linz und Karlsruhe ist es nun gelungen, organische Fotodioden herzustellen, die bis zu Wellenlängen von 2  $\mu\text{m}$  arbeiten.<sup>1)</sup>



Organische IR-Fotodioden funktionieren auch in Verbindung mit einer aktiven Matrixschaltung.

Der Schlüssel zum Erfolg war die Zugabe kolloidaler Bleisulfid-Quantenpunkte zu dem organischen Material – einer Lösung aus halbleitenden Polymeren und Fullerenen, die als Donatoren und Akzeptoren fungieren. Denn auch aus organischen Materialien allein kann man keine Fotodioden aufbauen, die jenseits von 1  $\mu\text{m}$  Wellenlänge effizient arbeiten. Dafür hat organische Elektronik den Vorteil, dass sie sich aus einer Lösung sehr günstig herstellen lässt.

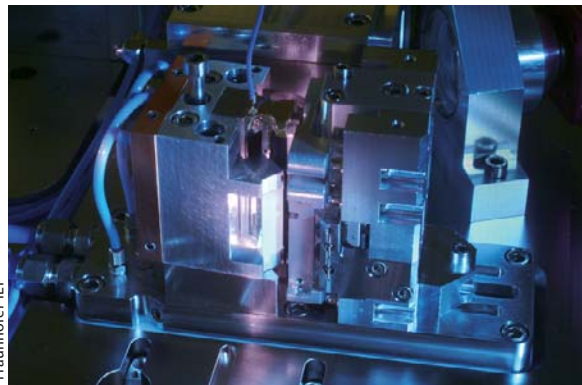
Mit den Quantenpunkten stellen die Wissenschaftler den Empfindlichkeitsbereich der Dioden gezielt ein. Sie machen sich dabei zunutze, dass die charakteristische Bandlückenenergie der Halbleiter, die den Bereich der Empfindlichkeit festlegt, direkt von der Zahl der Teilchen in den Quantenpunkten und dem Durchmesser dieser Halbleiter-Nanokristalle abhängt.

Die Fotodioden erreichen eine externe Quanteneffizienz von rund 50 Prozent. Mit einem 256 mal 256 Pixel großen Bildsensor als Demonstrator konnten die Forscher die Fotodioden problemlos auf eine aktive Matrixschaltung aufbringen. Tests belegen, dass die hybriden Dioden eine Lebensdauer von mindestens einem Jahr haben – während Fotodetektoren mit kolloidalen Quantenpunkten maximal zwei Wochen leben.

## ■ Kino für die Hosentasche

**Ein Mini-Beamer projiziert notizblockgroße Bilder.**

Mobile Unterhaltungselektronik wird immer beliebter: Viele Handys haben inzwischen integrierte Kameras, aber um die Bilder anzuschauen, ist der Besitzer auf das kleine Display des Mobiltelefons angewiesen. Mit sog. Pikoprojektoren versuchen verschiedene Hersteller, bei der Präsentation von Bildern und Filmen neue Wege zu gehen. Erste Produkte gibt es bereits auf dem Markt, aber ihre optische Leistung überzeugt nicht immer. Als Lichtquelle dienen bei diesen Projektoren meistens



Femtosekundenlaser eignen sich zur ultrapräzisen Materialbearbeitung.

Kunststoffe bohren oder Oberflächen keramischer Bauteile strukturieren. Allerdings liegt die mittlere Leistung kommerziell erhältlicher Systeme derzeit unter 100 W – und das bei einem Preis von einigen 100 000 Euro. Daher finden fs-Laser in der Produktion bislang keine breite Anwendung. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik (ILT) in Aachen haben nun einen Laser entwickelt mit einer mittleren Leistung von 400 W und Pulsdauern von unter 700 fs.

Die Forscher nutzen hierfür ein modifiziertes Innoslab-Verfahren, bei dem ein Barren aus Laserdioden einen plattenförmigen Laserkristall pumpt. Das gepumpte Volumen hat einen linienförmigen Querschnitt und leuchtet den Kristall, der sich über die Längsflächen effektiv kühlen lässt, gut aus. Bei ihrem fs-Laser arbeiten die ILT-Forscher mit kommerziell erhältlichen GaAs-basierten Hochleistungslaserdioden, die in Verbindung mit einer aufwändigen Optik eine hohe Pumpintensität von 50 kW/cm<sup>2</sup> im laseraktiven Ytterbium-YAG-Kristall erzeugen. Die gesamte Ausgangsleistung der Oszillatoren, von denen jeder einzelne weniger als 2 W erreicht, lässt sich so in einem einzigen Schritt auf 400 W verstärken.

Bei dem fs-Laser handelt es sich um einen Kompromiss zwischen

1) T. Rauch et al., Nature Photonics (2009), DOI: 10.1038/NPHOTON.2009.72

2) X. Mao et al., Lab Chip (2009), DOI: 10.1039/b822982a

LEDs, die Bilder werden mit reflektierenden Flüssigkristallen oder Mikrospiegelaktoren projiziert.

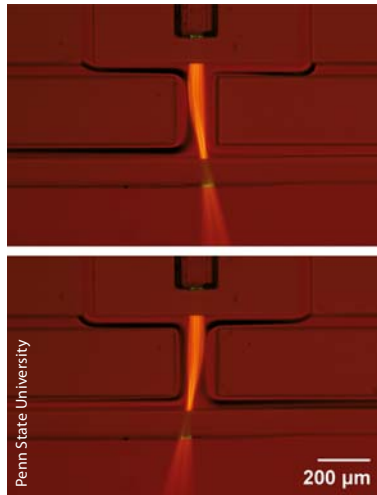
Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF) in Jena und für Photonische Mikrosysteme (IPMS) in Dresden haben nun den Prototyp eines Projektionssystems entwickelt, das ohne Beleuchtungseinheit auskommt und dadurch sehr wenig elektrische Energie benötigt. Als Kernstück dient ein Display aus organischen Leuchtdioden (OLED), das am IPMS entwickelt wurde. Es besteht aus 640 mal 480 Pixel und misst rund 17 mal 12 mm<sup>2</sup>. Eine 15-fach vergrößernde Optik projiziert Bilder, die das OLED-Display darstellt, auf eine 30 cm entfernte Fläche. Das monochromatische Display strahlt mit 10 000 Candela pro Quadratmeter. Eine Farbvariante erreicht derzeit eine etwa halb so hohe Leuchtdichte, da die OLED-Materialien für die drei Grundfarben unterschiedliche Quantenausbeuten haben. Zum Vergleich: Ein heutiger Flüssigkristallbildschirm erreicht 150 bis 300 Candela pro Quadratmeter.

Der Prototyp des Beamers ist ohne Elektronik rund 25 mm lang und 18 mm im Durchmesser. Die Wissenschaftler arbeiten an einer Kunststoffoptik, welche die Herstellungskosten weiter senken würden. Besonders wichtig ist dies für preiskritische Anwendungen in der Unterhaltungselektronik.

## ■ Flexible Optik

**Eine neue Flüssigkeitslinse lässt sich gut in Chiplabors integrieren.**

Labs-on-a-chip gelten in der Mikroanalytik als ein Zukunftsmarkt. Mit dieser Technologie lassen sich winzige Mengen einer Flüssigkeit auf einem einzigen Chip vollständig und automatisch analysieren. Als wesentliche Komponente solcher mikrofluidischen Systeme gelten einstellbare Mikrolinsen, die für die Analyse nötiges Licht entsprechend fokussieren oder ablenken. Bei den meisten dieser Linsen handelt es sich bislang um klassische bre-



Mit der Flüssigkeitslinse lässt sich ein Lichtstrahl gezielt „umklappen“.

chende Optiken mit gekrümmten Oberflächen. Zwangsläufig lassen sie sich nicht so gut in das Gesamtsystem integrieren, wie das mit einer Linse möglich wäre, die das Licht nur parallel zur Geräteebene fokussiert. Sie ließe sich leichter an andere Komponenten wie Laser, die in den Chip integriert sind, oder Wellenleiter anbinden.

Eine Arbeitsgruppe um Tony Jun Huang von der Pennsylvania State University hat nun eine solche Optik entwickelt.<sup>2)</sup> Als Vorbild nahmen sich die Wissenschaftler Gradientenindex-Linsen, wie sie in der Optoelektronik üblich sind. Eine solche GRIN-Optik fokussiert das Licht mithilfe eines planen Linsenkörpers, der in seinem Inneren einen variablen Brechungsindex besitzt. Die Forscher haben ihre Linse aus Flüssigkeiten aufgebaut: Einer konstanten Calciumchlorid-Mikroströmung mischen sie zwei regelbare Wasserströme bei. Verändern sie die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, variiert die Diffusion des Calciumchlorids und dadurch der Brechungsindex des Gemisches. Indem sie die Durchflussgeschwindigkeiten der beiden Wasserströme unterschiedlich groß einstellen, können Huang und seine Kollegen sogar die optische Achse und damit die Richtung des austretenden Lichtstrahls verändern.

Obwohl die Linse sich noch in einem recht frühen Entwicklungsstadium befindet, suchen die Wissenschaftler bereits Lizenznehmer.

**Michael Vogel**