

Ultrakurz und leistungsstark

Ultrakurzpulslaser eröffnen vielfältige neue Anwendungen in Wissenschaft und Technik. Bislang war die Ausgangsleistung dieser Systeme jedoch auf nur wenige Watt begrenzt. Forschern um Andreas Tünnermann an der Universität Jena und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik gelang es nun, diese Laserleistung auf über 100 Watt zu steigern. Gepaart mit Pulsdauern zwischen 50 und 300 Fem-



Photonische Kristallfasern, die in Längsrichtung mit luftgefüllten Kanälen durchzogen sind (oben), sind das Herzstück des neuen Ultrakurzpulslasers hoher Leistung. (Foto: FSU Jena)

tosekunden (billiardstel Sekunden) eröffnen sich neuartige Anwendungen von der gezielten Steuerung chemischer Reaktionen bis zur hochpräzisen Bearbeitung von Metallteilen, beispielsweise bei Einspritzdüsen im Motorenbau.

Das optische System, das jüngst auf der Fachmesse Photonics West im kalifornischen San José auf großes Interesse stieß, basiert auf einer mit Ytterbium dotierten Quarzglasfaser, die durch einen kontinuierlich emittierenden Diodenlaser angeregt wird. Diese aktive Faser, eine so genannte Photonische Kristallfaser, ist durch eine spezielle Mikrostrukturierung gekennzeichnet. Sie ist in der Längsrichtung mit Luft gefüllten, zylindrischen Hohlräumen durchzogen, wodurch sich besondere Eigenschaften der erzeugten Laserstrahlung ergeben. In einer Oszillator-Verstärker-Anordnung werden kurze Laserpulse im Wellenlängenbereich zwischen 1000 und 1100 Nanometern erzeugt. Wahlweise kann dieses optische System hohe Leistungen von über 100 Watt bei etwa 200 Femtosekunden kurzen Pulsen oder eine Leistung von

50 Watt bei 50 Femtosekunden kurzen Lichtblitzen erreichen. Im Unterschied zu heute verfügbaren gepulsten Laserquellen rechnet Tünnermann für sein Fasersystem mit verlässlicheren Laufzeiten, die gerade für technische Anwendungen von hoher Bedeutung wären.

Monitore mit 3D-Effekt

Bereits im vergangenen Jahr stellte der niederländische Technologiekonzern Philips erste Displays für kleine Spielekonsolen vor, die auf einem Flüssigkristall-Flachbildschirm (LCD) aufbauen und dreidimensionale Bilder zeigen, ohne dass spezielle Brillen nötig wären. Auf der diesjährigen CeBIT präsentierte Philips nun einen großen 3D-Monitor mit einer Bildschirmdiagonalen von 42 Zoll.

Der Monitor erreicht mit 1920 auf 1080 Bildpunkten volle HDTV-Auflösung (High Definition Television) und ist in Schärfe und Helligkeit vergleichbar mit handelsüblichen LCD-Geräten. Obwohl sich die Entwickler mit technischen Details sehr zurückhalten, lässt sich über einen bereits letzten Sommer in Eindhoven vorgestellten Prototypen auf die grundlegende Technik schließen. So befindet sich vor den Pixeln des LCD-Displays ein Areal aus kleinen Linsen. Diese spalten die Lichtstrahlen der angezeigten Bildpunkte so auf, dass in das linke Auge des Betrachters ein im Vergleich zum rechten Auge geringfügig verschobenes Bild fällt. Optimiert auf einen Abstand des Betrachters von wenigen Metern zum Bildschirm ergänzen sich diese beiden Stereobilder, und das dargestellte Objekt wird dreidimensional wahrgenommen. Allerdings funktioniert dies nur, falls auch eine Kamera mit einem entsprechenden Linsensystem verwendet wird. Die Philips-

Entwickler hoffen, dass sich Filmproduzenten mit der Verfügbarkeit der Monitore rasch dieser Aufnahmetechnik bedienen werden.

Erste Anwendungen sieht Philips in Anzeigetafeln für Werbung. Parallel zu Philips entwickelt auch der japanische Konzern Sharp 3D-Monitore. Ein erstes Produkt nutzt ebenfalls ein spezielles Linsensystem. Doch die Auflösung des mit 15 Zoll deutlich kleineren Monitors liegt lediglich bei 1024×768 Bildpunkten.

30 Nanometer mit Fotolithografie

Je mehr Transistoren auf einen Prozessor passen sollen, desto kleinere Strukturen müssen in die Siliziumrohlinge geätzt werden. Moderne Chipfabriken nutzen heute ultraviolette Licht mit 193 Nanometer Wellenlänge und erreichen über fokussierende Linsen und Immersionsschichten aus Wasser 65 nm Auflösung. Während man bislang davon ausging, dass die Grenzen der Machbarkeit bei 32 nm erreicht sein sollten, gelang Forschern vom IBM-Labor im kalifornischen San José der Schritt bis auf 29,9 nm. Damit lässt sich die bewährte Technologie der Fotolithografie mit ultraviolettem Licht noch etwa länger nutzen als es die Roadmap der Chipentwickler bisher vorgesehen hat.

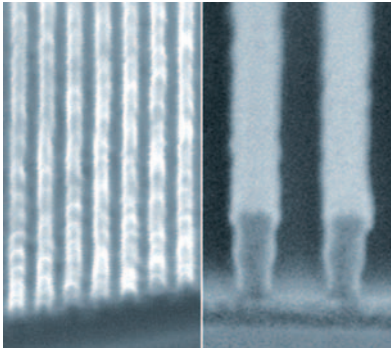
Der Kunstgriff des Teams um Robert D. Allen vom IBM Almaden Research Center liegt in einem extrem feinen Hell-Dunkel-Muster zweier interferierender Laserstrahlen. In einer Testanlage reichten nur die hellen Bereiche des Interferenzmusters aus, um den lichtempfindlichen Fotolack auf dem Siliziumwafer zu fixieren. In einem darauf folgenden Ätzprozess sind diese Bereiche geschützt und das umliegende Silizium geht in Lösung.

1) K. Kang et al., Science 311, 977 (2006)



Einen räumlichen Eindruck ohne spezielle Brillen verspricht ein neuer Monitor von Philips. (Quelle: Philips)

Doch allein mithilfe der Interferenz zweier 193-nm-Strahlen gelang es nicht, die 30-nm-Schwelle zu überwinden. Zusätzlich befindet sich zwischen der Belichtungsmaske und dem Rohling eine Immersionsflüssigkeit. Bewährt hat sich hier unter anderem Wasser. In Materialien mit hohen Brechungsindizes



Während der Standard in der Mikroelektronik derzeit Strukturen von 90 nm sind (rechts), ist es IBM gelungen, mit Fotolithografie knapp 30 nm (links) zu erreichen. (Quelle: IBM)

zwischen 1,6 und 1,7 verschiebt sich die Wellenlänge des eingestrahlten Licht zu kürzeren Wellenlängen und lässt sich stärker fokussieren. Derzeit arbeiten die Entwickler schon an geeigneten Werkstoffen, um sowohl für die Linsen, den Fotolack als auch die Immersionsflüssigkeit Brechungswerte von 1,9 zu erreichen. Gekoppelt mit der Belichtung über Interferenzmuster ließen sich noch geringfügig kleinere Strukturen erzeugen.

Dieses Ausreizen der herkömmlichen, optischen Lithografie hat seine Gründe. Denn für den nächsten Schritt in Größenordnungen unter 25 nm werden die Chiphersteller auf extremes ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von 13 nm umstellen müssen. Da in diesem EUV-Bereich jedoch keine transparenten Linsensysteme mehr für die Fokussierung existieren, müssen deutlich komplexere Spiegelsysteme diese Aufgabe übernehmen. Das treibt die Kosten für eine Chipfabrik deutlich in die Höhe.

Mehr Leistung für Lithiumionen-Akkus

Lithiumionen-Akkus speisen Handys und Laptops über Stunden und Tage mit Strom. Doch an Geräte mit größerem Leistungshunger wie Elektroautos oder Werkzeuge geben diese Akkus ihre Energie nicht schnell genug ab. Kisuk Kang und

seine Kollegen vom Massachusetts Institute of Technology in Cambridge suchten daher nach besseren Elektrodenmaterialien, um die Entladungsrate zu erhöhen. Einen guten Kandidaten für zukünftige Höchstleistungsbatterien fanden sie in einem Kathodenwerkstoff mit Mangan- und Nickelanteilen.¹⁾

Der Schlüssel für die rasche Verfügbarkeit starker Ströme liegt in der Beweglichkeit der Lithiumionen. Diese ist mit den heute weit verbreiteten Elektroden aus Lithiumkobaltoxid zu gering. Indem sie das Kobalt durch Mangan und Nickel ersetzt haben, gelang es den Forschern jedoch, die Beweglichkeit der Ionen auf mehr als das 50-fache zu erhöhen. Sowohl ab-initio-Rechnungen als auch erste Experimente mit Elektroden aus Lithiummangannickeloxid ($\text{Li}(\text{Ni}_{0,5}\text{Mn}_{0,5})\text{O}_2$) belegten diese Eigenschaft. Bisher weisen Lithiumakkus Leitfähigkeiten von gut $10 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ auf, bei Blei-Säure-Zellen wie in einer Autobatterie werden jedoch Werte von etwa $150 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ erreicht.

Die Ursache für die bessere Beweglichkeit sehen die Forscher im kristallinen Aufbau des Metalloxyds, in dem die Lithium-Atome oktaedrisch angeordnet sind. Für die Beweglichkeit der Lithiumionen sind die Zwischenschichten aus Sauerstoff und dem verwendeten Metall, Kobalt bzw. Nickel, von zentraler Bedeutung. Die aktuellen Messungen zeigten, dass die Lithium-Ionen im Kontakt mit Nachbarn aus Nickel leichter zwischen den Schichten springen können als bei Kobaltnachbarn. Dadurch könne, so die Forscher, in kürzeren Zeiträumen mehr Leistung aus einem entsprechenden Lithium-Ionen-Akku abgezogen werden.

Ob das neue Elektrodenmaterial schon bald in der Industrie Anwendung finden wird, bleibt jedoch fraglich. Nach Aussage von Dejan Illic von der Firma Varta Microbattery in Ellwangen spricht die geringe Stabilität von Elektroden mit Mangananteilen heute noch gegen einen zuverlässigen Einsatz dieses Materials. Doch sind die Batteriehersteller stark an einer Umstellung von Kobalt auf Mangan interessiert, da Kobalt nur in wenigen Minen weltweit zur Verfügung steht und mindestens fünfmal teurer ist.

JAN OLIVER LÖFKEN