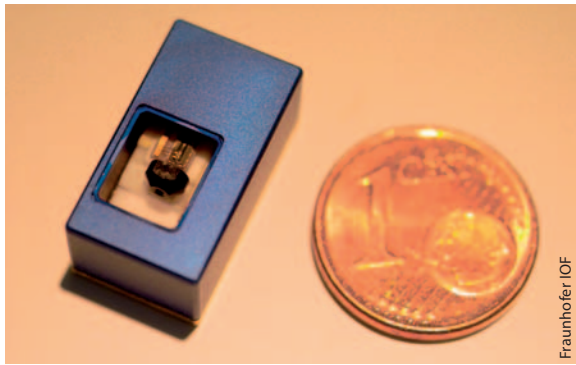


■ Beamer für die Hosentasche

Videoprojektoren könnten bald auf das Format eines Zuckerwürfels schrumpfen

Fotoapparate und andere Geräte der Unterhaltungselektronik werden immer kleiner. Nur an den Videobeamern scheint die Miniaturisierung vorbeizugehen – aus zwei Gründen: Die heute für die Bilderzeugung verwendeten Mikro-



Bei dieser Machbarkeitsstudie eines Mini-Beamers befinden sich der Spiegel und eine rote Laserdiode im Gehäuse, die Ansteuerungselektronik ist extern untergebracht.

spiegel-Arrays lassen sich kaum noch weiter verkleinern, und die Hochdrucklampe eines Projektors widersetzt sich ebenfalls allen Schrumpfungsvorhaben. In einem marktüblichen Beamer erzeugt ein Mikrospiegel-Array aus einer Million kleiner, umklappbarer Spiegel das Projektionsbild.

Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Photonische Mikrosysteme in Dresden und für Angewandte Optik und Feinmechanik in Jena weisen nun einen Ausweg aus diesem Dilemma. Sie haben das Mikrospiegel-Array durch einen Einzelspiegel aus Silizium ersetzt, der um zwei senkrecht zueinander stehende Achsen um jeweils einige Grad schwenkbar ist. Als Lichtquelle nutzen sie einen Laser. Die Ablenkfrequenzen des Spiegels liegen im Kilohertzbereich. Beleuchtet der Laserstrahl den schwenkbaren Spiegel, überstreicht das reflektierte Licht eine bestimmte Fläche und beschreibt dabei Lissajous-Figuren höherer Ordnung. Durch eine Modulation der Laserintensität können die Fraunhofer-Forscher gleichzeitig 256 „Graustufen“ darstellen. Das projizierte Bild entsteht also nicht

zeilenweise. Eine Lissajous-Figur ist in weniger als 0,1 ms geschrieben – für den Betrachter ist dies nicht auflösbar.

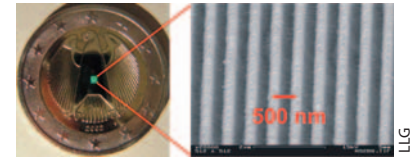
Kombiniert mit einem roten, blauen und grünen Laser, ließen sich mit einem solchen Spiegel-Bild in VGA- und möglicherweise auch SVGA-Auflösung projizieren. Spiegel, Laserdioden und Ansteuerungselektronik fänden künftig in einem nur zuckerwürfelgroßen Gehäuse Platz. Die hierfür erforderliche grüne Laserdiode ist allerdings noch ein Traum, da es bislang kein geeignetes Halbleitermaterial gibt, das Laserstrahlung im Grünen emittiert. Aber bereits jetzt, so die Wissenschaftler, wären Beamer möglich, die nur ein Viertel der Größe handelsüblicher Projektoren hätten. Andere mögliche Einsatzfelder der Spiegel-Laser-Kombination liegen in der Automobilindustrie als Head-on-Displays oder in der berührungslosen 3D-Messtechnik.

■ Ärger für Produktpiraten

Ein Femtosekunden-Laser markiert metallische Oberflächen fälschungssicher.

Laut Deutscher Bundesbank stieg im ersten Halbjahr 2006 allein im deutschen Zahlungsverkehr der Anteil der gefälschten Euro-Münzen gegenüber dem Vorjahr um fast 40 Prozent an. Forschungseinrichtungen und Unternehmen haben nun gemeinsam in dem Projekt Simulan unter Federführung des Laser-Laboratoriums Göttingen untersucht, ob sich Hologramme als fälschungssicheres Merkmal auf Geldmünzen eignen. Dazu erzeugten die Forscher mit Hilfe eines Femtosekunden-Lasers Mikrostrukturen auf Münzen mit Detailgrößen von einigen 100 nm. Das rund einen Quadratmillimeter große Hologramm verursacht unter Lichteinfall ein charakteristisches Beugungsmuster, das sich mit speziellen Lesegeräten überprüfen lässt. Der Laser erlaubt Pulse zwischen 100 fs und 1 ps bei 248 nm Wellenlänge und schädigt das bearbeitete Material nur an der Oberfläche.

Als einziges konkurrierendes Verfahren, um solche komplexen Sicherheitsmerkmale schnell und in großen Stückzahlen auf Metalloberflächen anzubringen, käme das Nanoprägen in Frage. Allerdings nutzt sich der Stempel aufgrund der erforderlichen hohen Drücke relativ rasch ab – Qualitätsschwankungen wären die Folge.



Auf den ersten Blick sehen die Euro-Münzen mit Hologramm genauso aus wie gewöhnliche. Unter Lichteinfall zeigen sie jedoch ein charakteristisches Beugungsmuster.

In den Augen der Projektbeteiligten sind fälschungssichere Münzen allerdings nicht die einzigen Einsatzgebiete des Verfahrens, sondern sämtliche metallische Oberflächen. In Zeiten zunehmender Produktpiraterie könnte es auch für Unternehmen z. B. in der Medizintechnik, Automobil- oder Flugzeugindustrie interessant sein, ihre hochwertigen Bauteile schon im Produktionsprozess mit fälschungssicheren Merkmalen auszustatten. Auch Diamanten oder Schmuck ließen sich mit dem Verfahren markieren.

■ Empfindsame Hülle

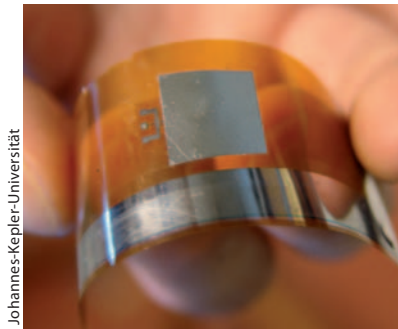
Aus elektrisch geladenen Polymerschäumen lassen sich „intelligente“ Böden oder Kleidung fertigen.

Polymerschäume bilden eine noch relativ junge Gruppe von Elektreten, also Materialien, die elektrische Ladungen speichern können. Ihre Hohlräume lassen sich durch eine von außen angelegte Spannung elektrisch aufladen, und die Schäume erzeugen ein elektrisches Signal, wenn eine Druckkraft auf sie einwirkt. Da sich die Feldrichtung umkehren lässt, werden diese Materialien in Analogie zu einem ferromagneteten Ferroelektret genannt.

Siegfried Bauer und seinen Kollegen von der Johannes-Kep-

1) Appl. Phys. Lett. **89**, 073501 (2006)

2) Proc. of IMECE2006, 13990 (ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition)



Johannes-Kepler-Universität
Ferroelektret und Dünnschichttransistor sitzen vereint auf einem flexiblen Trägermaterial.

ler-Universität in Linz ist es nun gemeinsam mit Forschern der Princeton University erstmals gelungen, aus Ferroelekturen und TFTs (Dünnschichttransistoren) einen integrierten Drucksensor zu fertigen, der auf einer biegsamen Kunststoffolie sitzt.¹⁾ Der Ferroelektret schaltet dabei den Transistor. Verschwindet der auf den Elektret ausgeübte Druck, kehrt auch der Transistor wieder in seinen Ausgangszustand zurück.

Da es Polymerschäume quasi als Meterware gibt, sind damit großflächige Sensoren möglich, beispielsweise für druckempfindliche Böden oder großflächige Mikrofone und Lautsprecher, die sich in die Kleidung einarbeiten lassen. Auch an druckempfindliche Hautimplantate könnte man denken.

Wenn die Linzer Forscher Druck auf den Sensor ausüben, ändert sich die Dicke – also die Kapazität – des Ferroelektrits und das Dipolmoment. Das Material kann daher in zwei Modi arbeiten: In der kapazitiven Betriebsart misst der Sensor – im Gegensatz zu traditionellen piezoelektrischen Sensoren aus Keramik oder Kristallen – auch statische Drücke. Im piezoelektrischen Modus führt die Veränderung der Polarisierung im Innern des Polymerschaums zu einem entsprechenden Spannungssignal. Die Wissenschaftler haben ihren Sensor als „Mikrofon“ genutzt und erreichten dabei Empfindlichkeiten von etwa 0,1 mV/Pa über nahezu den gesamten hörbaren Frequenzbereich. Die erzeugte Spannung des Mikrofon-Demonstrators hängt linear von der Lautstärke ab.

■ Kühle Luft für heiße Chips

Eine miniaturisierte „Ionenpumpe“ kühlt heiße Oberflächen.

Die Mikroelektronikindustrie steht vor zwei großen Herausforderungen, die sich aus dem Zwang zur weiteren Miniaturisierung ergeben: Die Ingenieure müssen mit Verlustströmen und mit der Abwärme auf immer kleinerem Raum klar kommen. Noch in diesem Jahrzehnt wird beispielsweise die Größe der Basis in einem Transistor auf rund 25 nm schrumpfen. Eine klassische Kühlung mit Kühlkörpern und Ventilatoren für Prozessoren und andere Bauteile stößt also irgendwann auch an ihre geometrischen Grenzen.

Alexander V. Mamishev und seine Kollegen von der University of Washington haben nun eine winzige „Ionenpumpe“ als Kühler vorgeschlagen.²⁾ Diese besteht aus einer Elektrode mit starker Krümmung (Spitzenradius 25 μm) als Emitter und einer ebenen Elektrode als Kollektor. Liegt eine äußere Spannung an, werden die Luftmoleküle in der Umgebung der Elektrodenspitze ionisiert und wandern im elektrischen Feld zur ebenen Elektrode. Dabei stoßen sie mit neutralen Luftmolekülen zusammen und übertragen einen Teil ihrer Energie: Es bildet sich ein fast laminarer Luftstrom aus.

Mamishev und seine Kollegen fertigten die Elektroden mit in der Halbleitertechnik gängigen Verfahren aus einem Silizium-Wafer. In Tests unter Standardbedingungen konnten sie mit der Ionenpumpe eine auf 60 °C erwärmte Oberfläche um bis zu 25 °C kühlen. Nun geht es darum, solche Elektroden weiter zu verkleinern und in geeignete Kühlkörperkanäle zu integrieren. Auch ein mathematisches Modell fehlt noch, das die Steuerung einer Vielzahl solcher integrierten Miniaturkühler auf einem Chip beschreibt.

Michael Vogel