

## Wachstumsschub für Polymer-Displays

Geht es nach den führenden Elektronikherstellern, sollen Displays für Computer, Handys oder andere elektronische Geräte möglichst bald aus organischen Leuchtdioden (OLEDs, *Organic Light Emitting Diodes*) aufgebaut sein. Denn im Gegensatz zu Flüssigkristall-Displays haben diese einen größeren Blickwinkel, sind bei geringerem Stromverbrauch deutlich heller und zudem biegsam. Allerdings hat die dafür bislang verwendete hauptsächlich von Kodak entwickelte OLED-Technik einen großen Nachteil: Die auf sehr kleinen organischen Molekülen basierenden Schichtdioden müssen aufwändig im Vakuum aufgebracht werden, da sie weder löslich noch aufschmelzbar sind. Eine billigere Herstellung verspricht sich dagegen die britische Firma Cambridge Display Technology (CDT) mit der von ihr entwickelten LEP-Technik (*Light Emitting Polymers*). Diese Technik, die mit langkettigen organischen Molekülen arbeitet, ist zwar noch nicht so weit entwickelt wie die der OLED-Displays, doch sie hat einen wesentlichen Vorteil: Die langkettigen Moleküle lassen sich einfacher und preiswerter aufbringen. Eine vor kurzem von CDT fertig gestellte erste Produktionsstrecke für LEPs soll jetzt zeigen, dass sich organische, selbstleuchtende und flexible LEP-Displays auch als Massenprodukt fertigen lassen.<sup>1)</sup>

LEP-Schichten werden bislang hauptsächlich per Spin-Coating-Verfahren aufgebracht. Dazu wird eine Polymerlösung mittig auf ein Substrat getropft und durch Rotation verteilt. Dadurch ist Größe der beschichtbaren Flächen begrenzt. Eine weitaus vielversprechendere Technik eröffnet ein Tintenstrahl-Verfahren, mit dem sich sehr große Flächen Zeile für Zeile strukturiert beschichten lassen. CDT hat aus diesem Grund Ende letzten Jahres den Tintenstrahl-Drucker-Hersteller Litrex übernommen, der nun geeignete LEP-Drucker entwickeln soll. Noch im Laufe des Jahres soll das neue Verfahren eingesetzt werden. Dass dieses Vorhaben realistisch ist, zeigte ein Forscherteam der Universität von Arizona in Tucson, das bereits organische Solarzellen und Diodendisplay mittels herkömmlicher Tintenstrahl-Drucker herstellen konnte.<sup>2)</sup>

## Mikrofon im Chip

Computerchips schrumpfen immer weiter. Doch Mikrofone für Hörgeräte, Camcorder oder Handys sind bei der Größe einer Knopf-Batterie stehen geblieben. Um solche Geräte in Zukunft noch kleiner bauen zu können, wollen Entwickler des dänischen Unternehmens Sonion nun Mikrofone aus Silizium direkt auf Chips bauen.<sup>3)</sup> Ein kürzlich vorgestellter Prototyp misst mit nur fünf Kubikmillimetern gerade mal ein Zehntel des Volumens handelsüblicher Kleinstmikrofone.<sup>4)</sup>

Schallsensoren aus Silizium sind nicht wirklich neu. Doch diese platzsparenden Mikrofone konnten bisher nicht direkt auf Chips implementiert werden. Entwickler des Unternehmens Sonion können nun mit Standardmethoden der Chip-Herstellung einen winzigen Hohlraum unter eine Silizium-Oberfläche ätzen, sodass eine rund 500 nm dünne Membran und eine perforierte Gegenelektrode stehen bleiben, die ein Kondensatormikrofon bilden. Diese hauchdünne Schichtmembran wird beim Auftref-



**Forscher aus Dänemark bauen winzige Kondensatormikrofone aus Silizium und integrieren diese zusammen mit den zur Signalverarbeitung notwendigen Bauelementen auf einem Chip. Diese Mikrofon-Chips sind nur ein Zehntel so groß wie handelsübliche Kleinstmikrofone. (Quelle: Sonion)**

fen von Schallwellen in Schwingungen versetzt. Das entstehende elektrische Signal lässt sich elektronisch weiter verarbeiten. Je dünner dabei der Luftspalt zwischen Vorder- und Rückseite des Chips gemacht werden kann, desto besser wird die Empfindlichkeit. So wurde schon bei relativ kleinen Spannungen von 1,5 V eine Empfindlichkeit von etwa 10 mV/Pa gemessen.

Um den Schall-Sensor und die zur weiteren Signalverarbeitung notwendigen Bauelemente zusammen auf einem winzigen Chipformat integrieren zu können, stapelten die Forscher Mikrofon-Chip und integrierten Schaltkreis auf ei-

nem vorgeätzten Substrat-Chip nebeneinander – und fertig war ein äußerst kompaktes CSP-Mikrofon (*Chip-Scale-Package*) mit gerade einmal  $2 \times 3 \times 0,7 \text{ mm}^3$  Kantenlänge. Die Entwickler von Sonion hoffen, schon im kommenden Jahr mit der Serienproduktion ihrer CSP-Mikrofon-Chips starten zu können.

## Neues holographisches Speichermedium

Die amerikanische Firma InPhase, ein Spin-Off der Bell Labs von Lucent, hat das erste langzeitstabile Speichermedium entwickelt, in dem sich Daten als Hologramme speichern lassen. Verglichen mit heute üblichen DVDs ist die Datendichte größer und die Übertragungszeit deutlich schneller: Auf DVD großen, so genannten Tapestry-Disks lassen sich schon heute über 100 Gbyte speichern und mit 20 Mbyte/s auslesen – genug für die Wiedergabe von 30 Minuten Videofilm. Nachfolgende Tapestry-Generationen sollen auf einer einzigen Disk problemlos ein Tbyte an Daten speichern können.

Das größte Problem für die Entwicklung eines holographischen Speichersystems war es, das geeignete Medium zu finden, in dem sich Hologramme überhaupt speichern lassen. Es soll wenig kosten, muss langzeitstabil sein und eine große Speicherdichte erlauben. Das Medium, das all das erfüllt und an dem seit mehr als acht Jahren geforscht wird, besteht aus zwei unabhängig voneinander polymerisierenden chemischen Systemen. Bei der Herstellung der Disk polymerisiert eine Systemkomponente und bildet die Grundmatrix. Die andere photosensitive Komponente verbleibt dagegen unpolymerisiert in diesem Material.

Wird nun die Disk an einer Stelle mit einem holographischen Interferenzbild belichtet, polymerisiert die photosensitive Komponente an bestimmten Stellen aus und das Muster wird in Form der dabei entstehenden Brechungsindexänderung gespeichert. Auslesen lässt sich das gespeicherte Interferenzmuster, indem die Disk wieder von einem Laserstrahl durchleuchtet und das erzeugte Wellenmuster auf einen Detektor projiziert wird. Das neue Material soll Daten über 30 Jahre lang sicher speichern. InPhase hofft, die ersten kommerziellen ho-

1) [www.cdtltd.co.uk](http://www.cdtltd.co.uk)

2) [www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns9992166](http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns9992166)

3) [www.sonion.com](http://www.sonion.com)

4) P. Rombach et al., *Sensors and Actuators A* 95, 196 (2002)



Das erste langzeitstabile Medium zur holographischen Datenspeicherung kann mehr Daten speichern und hat eine höhere Transferrate als die heute üblichen DVDs. (Quelle: InPhase)

lographischen Datenträger und Laufwerke Ende 2003 ausliefern zu können. Derzeit testen bereits zahlreiche andere Unternehmen das neue Material.

## Käufliche Quantenkryptographie

Datenverschlüsselungssysteme setzen meist darauf, dass eventuelle Spione den Code nur durch zeitraubendes Ausprobieren knacken könnten. Wenn jedoch ein Lösungsalgorithmus entdeckt werden würde, wäre der Code nicht mehr sicher. Die Genfer Firma ID Quantique, ein Spin-Off der Uni Genf, will daher ein kommerzielles Quantenkryptographie-System für 100 000 Euro auf den Markt bringen, das nicht auf mathematischer Komplexität, sondern auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruht.<sup>6)</sup> Damit ist es das erste Kryptographieverfahren, das zumindest theoretisch 100 % abhörsicher ist!

Das System nutzt aus, dass sich Texte mit dem so genannten *One-Time-Pad*-Verfahren verschlüsseln lassen.<sup>7)</sup> Dabei addiert man der ursprünglichen Nachricht in seiner binären Form eine zufällige Folge von Nullen und Einsen hinzu – den so genannten Schlüssel. Das Ergebnis ist eine Bitfolge, die keine nutzbare Information enthält und somit über beliebige Kanäle verschickt werden kann. Addiert der Empfänger der Bitfolge jedoch den Schlüssel hinzu, liegt ihm die ursprüngliche Nachricht vor. Folglich besteht das Problem der sicheren Nachrichtenübermittlung mithilfe eines *One-Time-Pads* darin, den Schlüssel keinem Dritten in die Hände fallen zu lassen. Vorausgesetzt, er wird – wie der Name schon sagt – nur einmal verwendet.

Zur Schlüsselübermittlung nutzen die Schweizer Physiker aus, dass sich quantenmechanische Zustände durch die Messung der Zustände verändern. Mithilfe einzelner Photonen, die je nach Information unterschiedlich polarisiert sind, lassen sich *One-Time-Pads* über Glasfasern sicher übermitteln, bzw. bei Sender und Empfänger gleichzeitig erzeugen. Würde man dafür nur zwei Polarisationszustände verwenden, könnte ein Spion die Polarisierung eines einzelnen Photons messen und – um seinen Eingriff zu vertuschen – ein neues Photon mit der richtigen Polarisierung erzeugen. Einen Ausweg bietet die Wahl zweier Basen: Null bzw. Eins können einmal durch horizontal bzw. vertikal polarisierte Photonen übertragen werden und ein andermal durch  $-45^\circ$  bzw.  $+45^\circ$  polarisierte Photonen. Wählen Sender und Empfänger ihre Basen zufällig aus, und verständigen sie sich anschließend über die Ergebnisse, bei denen der Analysator des Empfängers zum Polarisator des Senders passte, liegt bei beiden eine Bitfolge vor, die sich als *One-Time-Pad* zum Verschlüsseln eignet. Ein alleiniges Abhören des Vergleichs enthält keinerlei nutzbare Information. Ein Spion müsste schon zusätzlich beim Übermitteln der Photonen die Polarisationszustände messen – und dabei würde er Spuren hinterlassen.

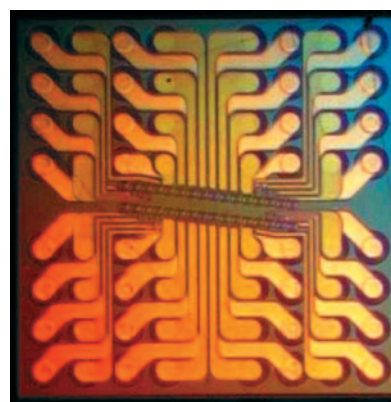
Mit diesem quantenkryptographischen Verfahren wurden zwar schon Schlüssel über fast 70 km sicher übertragen, doch die Datenrate der Nachrichtenübertragung wird durch Transportverluste der Glasfasern begrenzt. Denn eine Verstärkung der Einzel-Photonen-Signale ist wegen ihrer quantenmechanischen Natur ausgeschlossen. Auf 10 km lassen sich derzeit bis zu 4000 Bits, auf 20 km noch 1500 Bits und auf 50 km nur noch 100 Bits pro Sekunde übertragen. Die Entwickler gehen davon aus, dass in ein bis zwei Jahren die ersten Quantenschlüsselverteiler im Alltag eingesetzt werden.

## Schnelle Bandspeicher mit Mehrkanaltechnik

Was ist eigentlich das derzeit beste Speichermedium für große Datenmengen? Festplatten sind schnell, aber bezogen auf die Kosten pro Gigabyte auch relativ teuer. Band-

laufwerke dagegen, so genannte Streamer, sind wesentlich billiger, jedoch sind die Zugriffszeiten mit 50 bis 90 Sekunden recht lang. Die norwegische Firma O-Mass, eine Tochter von Tandberg Data, will jetzt mithilfe eines neuen optomagnetischen Verfahrens die Zugriffszeiten und Datentransferraten auf Magnetbänder verbessern.<sup>8)</sup>

Bei der so genannten O-Mass-Technik wird ein Speicherband magnetisch beschrieben und auf optischem Wege wieder ausgelesen. Dadurch lassen sich die Preisvorteile von Magnetbändern mit kurzen Zugriffszeiten von 3 bis 4 Sekunden verbinden. Erreicht wird dies durch einen neuen Mehrkanalkopf, der aus einem  $8\text{ mm}^2$  großen Chip besteht und gleichzeitig in 32 Kanälen auf ein besonders breites (9,2 cm) und kurzes (66 m) Magnetband schreiben kann. Die einzelnen Datenspuren (insgesamt rund 16 000) liegen dabei nicht parallel sondern quer zu Bandlaufrichtung.



Bei der so genannten O-Mass-Technik sind auf einem einzigen nur  $8\text{ mm}^2$  großen Chip 32 Schreibköpfe integriert (die kleinen Strukturen in der Bildmitte). Das Besondere dabei: Die magnetischen Daten werden optisch ausgelesen. (Quelle: Tandberg)

Das magnetische Auslesen solcher hoher Datendichten wäre extrem aufwändig. Die Entwickler von O-Mass nutzen daher ein optisches Verfahren: Wenn ein Laserstrahl auf magnetische Materialien trifft, ändert sich seine Polarisation. Auf diese Weise lässt sich die magnetische Information als Bild auf eine photoempfindliche Zelle projizieren und auslesen. Das hat zwei Vorteile: Erstens lassen sich so mehrere Datenspuren parallel analysieren. Und zweitens ist keine mechanische Nachjustierung des Schreiblese-Kopfs notwendig sondern nur eine optische bzw. softwaretechnische Spurverfolgung – und die ist preiswert zu realisieren. Die ersten O-Mass-Bandlaufwerke mit 600 Gbyte unkomprimierter Datenmenge sowie einer Datentransferrate von 64 Mbyte/s sollen Ende 2003 auf den Markt kommen.

HOLGER KOCK

5) [www.inphase-technologies.com](http://www.inphase-technologies.com)

6) [www.idquantique.com](http://www.idquantique.com) und [www.gap-optique.unige.ch/quantum.asp](http://www.gap-optique.unige.ch/quantum.asp)

7) siehe auch Phys. Bl., Juni 1999, S. 25

8) [www.tandbergdata.com/o-mass/](http://www.tandbergdata.com/o-mass/)