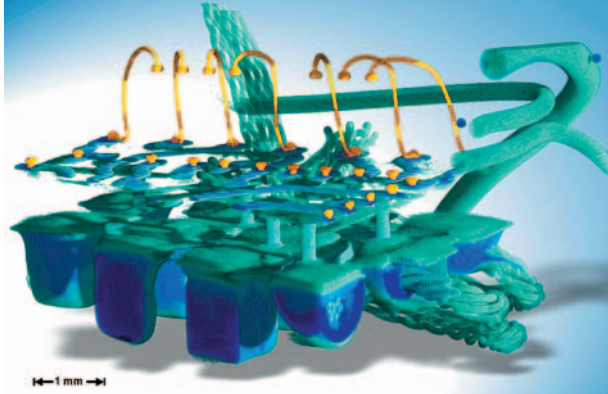


## Hörgerät im Röntgenlicht

Mithilfe der Röntgentomographie schauen Mediziner üblicherweise ins Innere des Menschen. Dafür genügt eine Ortsauflösung von einem halben Millimeter, weil sich der Patient während der Aufnahmen ohnehin nicht besser fixieren



Das Innenleben eines Hörgeräts, sichtbar gemacht mit hochauflösender Röntgentomographie (Quelle: Siemens)

lässt. Siemens-Wissenschaftler haben die Auflösung der Röntgentomographie jetzt auf wenige Mikrometer verbessert und das Innenleben eines Miniatur-Hörgeräts abgebildet. Mit diesem Verfahren ließe sich künftig die Fertigungsqualität von Handys und anderen hochintelligenten Geräten kontrollieren.

Das Prinzip der Röntgentomographie beruht darauf, das Objekt aus verschiedenen Richtungen mit Röntgenstrahlen zu durchleuchten. Aus den zweidimensionalen Projektionen rekonstruiert ein Computer die dreidimensionale Form des Objekts. Die Röntgenquelle sollte für eine hohe Genauigkeit möglichst punktförmig sein und der flächige Detektor möglichst viele Graustufen ortsaufgelöst aufnehmen können.

Die Siemens-Entwickler nutzten für ihren Tomographen kommerziell erhältliche Bauteile. Als Röntgenquelle diente ihnen eine Röhre, in der Elektronen mit hoher Präzision auf die Kathode fokussiert werden, wo sie Röntgenstrahlung erzeugen. Der Durchmesser des Fokus – und damit die Ausdehnung der Röntgenquelle – betrug wenige Mikrometer. Bei größerer Ausdehnung würde das beleuchtete Objekt Halbschatten werfen, und das rekonstruierte Bild wäre unscharf. Als Detektor benutzten die Ingenieure sieben Millionen Fotodioden auf einem 30 cm × 40 cm großen Schirm.

Um das Prinzip zu demonstrieren, legten die Siemens-Entwickler ein Innenohr-Hörgerät in den Tomographen und blitzten es aus etwa tausend verschiedenen Richtungen

an. Silizium und Plastik wurden dabei vom Röntgenlicht durchquert, ohne starke Schatten zu werfen, Metalle und Keramik absorbierten die Strahlung stark. In der 3D-Rekonstruktion sind zum Beispiel die Golddrähte der Elektronik deutlich zu sehen. Der Vorteil des Verfahrens: Für die Qualitätskontrolle müsste man die Geräte nicht mehr auseinander nehmen. Es bliebe allerdings auf Stichproben beschränkt – für das gezeigte Bild rechnete ein Computer-Cluster anderthalb Stunden.

## Pixel aus Plastik

Wer heute einen neuen Computer-Monitor braucht, erkundigt sich meist nach einem Flachbildschirm mit Flüssigkristallen (LCD). Beim LCD-Monitor sorgen einzelne Flüssigkristall-Pixel dafür, dass das Licht der Hintergrundbeleuchtung je nach Spannung entweder durchgelassen oder abgeblockt wird. Dieses Prinzip schränkt jedoch den Winkel ein, unter dem Schrift und Bilder noch deutlich zu erkennen sind. Einen größeren Blickwinkel würden Pixel aus fluoreszierenden Polymeren (PolyLEDs) erlauben, die aktiv leuchten. Solche „Plastik-Emitter“ leuchten nicht nur wahlweise rot, grün und blau, sie sind auch noch billig. Für die Herstellung von Computerbildschirmen fehlt allerdings noch eine Technik, um die Pixel schnell und mit hoher Auflösung aufzutragen. Chemiker von der Universität München haben jetzt ein lithographisches Verfahren erprobt, das eine hohe Auflösung erzielt und die Pixel parallel aufbringt.<sup>1)</sup>

Bislang galt die seriell ablaufende Ink-Jet-Technik als besonders viel versprechend. Dabei wird die Polymerlösung mit einem umfunktionierten Tintenstrahldrucker einfach auf ein Substrat aufgetragen, sodass blau, grün und rot leuchtende Pixel dicht nebeneinander liegen. Anschließend werden die getrockneten Polymer-Pixel mit Elektroden kontaktiert. Eine angelegte Spannung injiziert Ladungsträger in das Polymer. Bei der Rekombination der Elektronen-Loch-Paare werden Photonen emittiert. Erste Bildschirme, die auf diese Weise gefertigt wurden, wirken allerdings noch recht grobkörnig.

Klaus Meerholz, inzwischen an der Universität Köln, vergleicht die Tintenstrahltechnik mit einem

„Mikrospucken“. Treffen die Polymertröpfchen auf das Trägermaterial, zerfransen sie ein wenig. Das fällt bei Papier nicht weiter auf, verschlechtert aber in der Bildschirmfertigung die Auflösung. Meerholz und seine Mitarbeiter haben daher mit der Firma Covion eine neue Klasse von elektrolumineszierenden Polymeren entwickelt, die durch UV-Licht aushärten und sich dadurch fotolithographisch manipulieren lassen. Das gelöste



Die lithographisch strukturierten Polymere müssen für den Lebensdauertest eine Weile brennen. Wenn sie 10000 Stunden durchhalten, werden sie für Display-Hersteller interessant. Das Substrat ist 25 mm × 25 mm groß. (Quelle: Klaus Meerholz)

Polymer wird gleichmäßig auf das Glassubstrat aufgetragen und anschließend durch eine Maske belichtet. An den belichteten Stellen wird das Polymer hart, der Rest lässt sich abwaschen. Auf diese Weise erzielten die Forscher einzelne Pixel mit einer Auflösung von wenigen Mikrometern – was für hochauflösende Bildschirme bei weitem ausreicht. Für die anderen Farben wiederholten sie die Prozedur. Nun gilt es, die Lebensdauer der Leuchtpixel zu testen.

## Trickreiche Linsen

Wer eine Ausbildung zum Feinoptiker macht, lernt Glas zu schleifen und Linsen zu polieren. Wenn allerdings Linsen für die Mikrooptik gefragt sind, nutzen diese Fertigkeiten nicht mehr viel. Linsen für CCD-Kameras, Leuchtdioden und Glasfasern werden gebacken, geätzt, gestempelt. Zwei Forschungsgruppen haben jetzt ihre neuesten Tricks vorgestellt. Physiker um Bruno Lengerer von der RWTH Aachen ätzen Linsen für Röntgenstrahlen in Silizium.<sup>2)</sup> Ein amerikanisches Team stempelte Mikrolinsen in Harz.<sup>3)</sup>

Röntgenlinsen lassen sich im Prinzip in jedem Haushalt anfertigen: Man bohrt ein Loch durch einen Aluminiumklotz – fertig. Da Luft einen größeren Brechungs-

1) Nature 421, 829 (2005)

2) Appl. Phys. Lett. 82, 1486 (2003)

3) Appl. Phys. Lett. 82, 1152 (2003)

index für Röntgenstrahlen hat als Aluminium, wird Röntgenlicht, das das Loch von der Seite durchquert, fokussiert – ähnlich wie sichtbares Licht, das von der Seite auf einen Glasstab trifft. Tatsächlich hatte Lenglers Gruppe im Jahr 1996 eine Röntgenlinse aus 50 eng benachbarten Löchern in Aluminium hergestellt und erstmals Röntgenstrahlen mit einer Brechungslinse fokussiert.

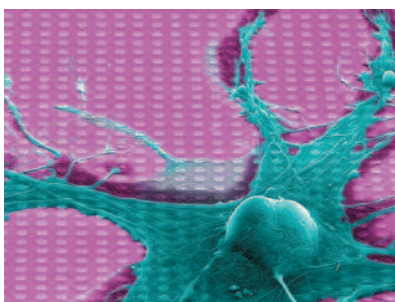
Nach einigen Versuchen mit parabolisch gefrästen Aluminium-Linsen sind die Forscher nun dazu übergegangen, Linsen aus Silizium zu ätzen. Silizium absorbiert das Röntgenlicht kaum und lässt sich wesentlich besser mikrostrukturieren. In Zusammenarbeit mit IBM beschichteten die Forscher eine Siliziumscheibe mit einer dünnen Chromschicht, in der sie mit einem Elektronenstrahl parabolische Formen freilegte. Mit einem fluorhaltigen Gas ätzten sie die Formen in das darunter liegende Silizium. Auf diese Weise entstanden hintereinander liegende Parabolinsen, die in einer Dimension fokussieren. Die Brennweite betrug einige Millimeter. Bisher lagen die Brennweiten im Zentimeter-Bereich. Mithilfe von zwei solchen Linsen-Arrays fokussierten Physiker an der European Synchrotron Radiation Source in Grenoble einen Röntgenstrahl auf  $400 \text{ nm} \times 200 \text{ nm}$  nach einer Distanz von 42 Metern.<sup>2)</sup> Die neuen Linsen erlauben Experimente mit hoher Auflösung an vergleichsweise kurzen *Beamlines*.

Für andere Anwendungen, aber nicht weniger trickreich haben Wissenschaftler von den Bell Labs und der Cornell University Mikrolinsen-Arrays angefertigt. Sie klebten zwölfmal zwölf Glaslinsen mit einem Durchmesser von einem Millimeter auf ein Glassubstrat und überzogen dieses mit einem Kunststoff. Nach dem Aushärten diente der Kunststoff als Negativ-Form. Anschließend beschichteten die Forscher die Form mit einem Epoxydharz, der auch die Mulden füllte. Nach dem Aushärten unter UV-Licht stand ein transparentes Plättchen mit aneinandergereihten Mikrolinsen zur Verfügung.<sup>3)</sup> Interessant an dem Verfahren ist vor allem der mit Quarz-Nanopartikeln angereicherte Harz, der beim Aushärten kaum schrumpft und sehr gute optische Eigenschaften besitzt. Die Linsen kosten wenig und lassen viel Licht durch, betonen die Forscher.

MAX RAUNER

## Neuro-Chip misst Signale von Nervenzellen

Die Verbindung von lebenden Zellen und elektronischen Schaltkreisen verspricht zahlreiche Anwendungen für die Erforschung von Denkprozessen oder hoch empfindliche Biosensoren in der Umweltanalytik. Wissenschaftler um Peter Fromherz vom Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried präsentierten nun gemeinsam mit Infineon einen Neuro-Chip, der den rudimentären Anfängen der Zell-Elektronik-Hybriden entwachsen ist und Neurologen einen tieferen Einblick in die Funktion der Hirnneuronen ermöglicht.



Der „Neuro-Chip“ stellt direkten Kontakt zu einer lebenden Nervenzelle her. Seine hochempfindlichen Sensoren nehmen die elektrischen Signale der Zelle auf. (Quelle: Infineon/MPI für Biochemie)

Die  $128 \times 128$  Sensoren des Chips sind auf einer Fläche von etwa einem Quadratmillimeter untergebracht und haben einen Abstand von nur etwa acht Mikrometer. Weil der Durchmesser einer Nervenzelle ungefähr zehn Mikrometer beträgt, ist sichergestellt, dass ein auf dem Chip aufgebrachter Nerv auf jeden Fall Kontakt mit einem Messfühler hat, ganz gleich wo die Zelle wächst. Der Neuro-Chip ist damit in der Lage, mehrere Zellen oder Netze gleichzeitig in zwei Dimensionen zu analysieren und 32 Millionen Signale pro Sekunde aufzeichnen. Die schwachen elektrischen Signale zwischen den Nervenzellen – wenige millionstel bis maximal fünf tausendstel Volt – werden auf dem Chip verstärkt und an eine Analyse-Elektronik weitergeleitet. So sollen Hirnforscher mit bisher unerreichter Genauigkeit das Verhalten von Nervengewebe auf äußere Reize zerstörungsfrei und über mehrere Wochen verfolgen können.

JAN OLIVER LÖFKEN