

Mini-Laufwerk mit blauem Laser

Vor kurzem hat Philips den ersten Prototypen eines optischen Mini-Laufwerks vorgestellt, das mit blauem Laserlicht arbeitet.¹⁾ Die mit 405 nm gegenüber roten Laserdioden wesentlich kürzere Wellenlänge, die übrigens auch beim zukünftigen DVD-Nachfolger eingesetzt werden soll²⁾, sorgt dafür, dass auf einer optischen Disk mit einem Durchmesser von nur 3 cm bis zu 1 Gbyte Daten Platz finden. Das ist mehr als das Speichervermögen einer herkömmlichen CD-ROM.

Entwickelt hat Philips das kleine

1) www.research.philips.com

2) Physik Journal, April 2002, S. 16

3) G. Z. Yue et al., Appl. Phys. Lett. 81, 355



Das erste nur $5,6 \times 3,4 \times 0,75 \text{ cm}^3$ kleine voll funktionsfähige optische Laufwerk, das mit einem blauen Laser arbeitet, kann auf einer optischen Disk mit nur 3 cm Durchmesser eine Datenmenge von 1 Gbyte speichern – mehr als ein herkömmliches Laufwerk auf einer CD-ROM. (Foto: Philips Research)

optische Laufwerk für speicherintensive Kleingeräte wie z. B. Digitalkameras, Handys, Kleincomputer oder Musikgeräte. Wichtig für solche Anwendungen ist eine flache Bauweise. Begrenzender Faktor ist dabei die Höhe des optischen Linsensystems. Die Entwickler legten daher besonderen Wert darauf, diese optische Komponente zu verkleinern. Zu diesem Zweck entwickelten sie zum einen die bisher kleinste Objektivlinse für blaue Lasersysteme. Als Material verwendeten sie Plastik statt dem sonst üblichen Glas, da durch das einfacher zu verarbeitende Kunststoffmaterial ein variables Design möglich ist. Zum anderen entwickelte Philips auch einen drastisch miniaturisierten Aktuator, mit dem sich der Laserstrahl auf der optischen Disk positionieren und fokussieren lässt. Das Ergebnis war schließlich ein voll funktionsfähiges Laufwerk mit den Abmessungen $5,6 \times 3,4 \times 0,75 \text{ cm}^3$. Der jetzt vorgestellte Prototyp, dessen Antriebselektronik noch auf einer separaten Platine unterge-

bracht ist, konnte schon erfolgreich MP3-Dateien von einer optischen 3-cm-Disk abspielen. Das Ende der Miniaturisierung scheint noch nicht erreicht zu sein. Philips glaubt, das Laufwerk noch weiter verkleinern zu können.

Nanoröhren in Röntgenröhren?

Die Röntgenstrahlung wurde schon vor über 100 Jahren entdeckt. Und fast genauso lange wird sie in der Medizin und Industrie für zahlreiche Anwendungen genutzt. Doch trotz dieser langen Entwicklungsgeschichte hat sich der Aufbau einer Röntgenröhre in der Zwischenzeit kaum verändert: Bis zum heutigen Tag besteht eine solche Röhre aus zwei Elektroden in einem Vakuum – einer metallischen Glühwendel als Kathode, die bei einer Temperatur von rund 1000 °C Elektronen emittiert, und einem metallischen Target als Anode, das beim Aufprall von beschleunigten Elektronen die gewünschte Röntgenstrahlung emittiert. Dass es auch anders geht, haben vor kurzem Physiker und Mediziner der University of North Carolina und der Firma Applied Technologies gezeigt. Sie entwickelten eine Röntgenröhre, deren Kathode nicht erhitzt werden muss, sondern schon bei Raumtemperatur arbeitet.³⁾

Die Forscher verwendeten ein Array aus Kohlenstoff-Nanoröhren als Feldemissionskathode. Dies hat gegenüber herkömmlichen Röntgenröhren einige Vorteile: Das Bauteil ist viel kleiner als die heute üblichen Röhren und muss nicht langwierig erhitzt werden. Der allein durch die angelegte Spannung zu steuernde Röntgenstrahl lässt sich daher besser fokussieren. Und durch die kürzere Ansprechzeit ist



Physiker und Mediziner aus North Carolina haben eine Röntgenquelle mit einer Kohlenstoffnanoröhren-Kathode entwickelt. Diese sendet schon bei Raumtemperatur Elektronen aus, die auf ein Target beschleunigt werden, um Röntgenstrahlung zu erzeugen. Erste Tests waren vielversprechend. (Foto: University of North Carolina)

ein gepulster Betrieb möglich. Denkbare Einsatzgebiete wären tragbare Röntgenquellen für industrielle und medizinische Anwendungen.

Warum aber hat man bislang noch keine Feldemissionskathode, wie sie beispielsweise seit langem in Elektronenmikroskopen eingesetzt werden, als Kathode in einer Röntgenröhre verwendet?

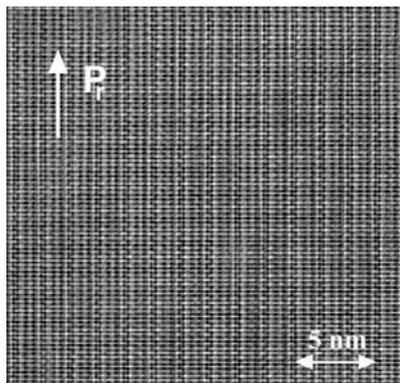
Bislang gab es einfach kein Material für Kaltkathoden, die einen stabilen Strom von 10–50 mA emittieren können, wie er für Kathoden in einer Röntgenröhre notwendig wäre. Die jetzt verwendeten Kohlenstoff-Nanoröhren (*Carbon Nanotube*, CNT) emittieren dagegen schon einzeln einen Strom von rund 1 mA. Bringt man sie geeignet gebündelt auf eine Oberfläche auf, sollte sich ein ausreichend hoher Emissionsstrom erreichen lassen.

Die Forscher verwenden einwandige, im Mittel rund 1,4 nm dicke CNTs (*single wall nanotubes*) und bringen diese elektrophoretisch aus einer Suspension auf eine leitende Metallscheibe auf. Damit dieser Auftrag besonders gleichmäßig gelingen kann, haben sie zuvor thermisch eine dünne Eisen-Schicht auf die Metallscheibe aufgedampft. Die Dicke der CNT-Schicht und die Packungsdichte der Nanoröhren lassen sich dabei leicht durch drei Parameter steuern: durch den Elektrophorese-Strom, durch die Dauer der Beschichtung und durch die CNT-Konzentration in der Suspension. Das Ergebnis war eine $0,2 \text{ cm}^2$ große CNT-Kathode, die einen stabilen Gesamtstrom von 28 mA emittiert. Erste praktische Tests waren vielversprechend. Wann jedoch kommerzielle Röntgenröhren mit CNT-Kathoden auf den Markt kommen, ist noch ungewiss.

Fortschritte bei Arbeitsspeichern

Computer werden immer schneller – doch langwierig hochgefahren werden müssen sie trotzdem noch. Grund sind die heute üblichen Arbeitsspeicher (DRAM, *dynamic random access memory*). Diese speichern Daten in Form von elektrischen Ladungen und brauchen dafür eine permanente Stromversorgung. Besonders für stromsparende sofort einsatzbereite Computer ist die Industrie daher an nichtflüchtigen Arbeitsspeichern interessiert. Am vielversprechendsten

sind MRAMs (*magnetic RAMs*) und FRAMs (*ferroelectric RAMs*).⁴⁾ Bei diesen nichtflüchtigen Speichern werden Daten durch die Ausrichtung magnetischer Momente (MRAM) bzw. in Form von elektrischen Momenten (FRAM) gespeichert. Um eine große Datendichte erreichen zu können, müssen die



Wissenschaftlern aus Halle ist es gelungen, das für nichtflüchtige ferroelektrische Speicherbausteine wichtige Material Wismut-Lanthan-Titan-Oxid mit einer zur Speicherung optimalen Kristallorientierung in dünnen Schichten auf Silizium abzuscheiden. Die Ausrichtung der remanenten Polarisation P_r nach oben bzw. unten entspricht dem Binärsignal 0 bzw. 1. (Quelle: MPI für Mikrostrukturphysik)

ferromagnetischen bzw. ferroelektrischen Materialien als möglichst dünne Schichten auf Silizium-Wafer aufgebracht werden. Forschern des Max-Planck-Instituts (MPI) für Mikrostrukturphysik in Halle (Saale) ist es nun gelungen, dünne ferroelektrische Wismut-Lanthan-Titan-Oxid-Schichten so auf eine Silizium(100)-Oberfläche aufzubringen, dass sich eine besonders günstige Kristallorientierung ausbildet.⁵⁾

Wismut-Lanthan-Titan-Oxid ($\text{Bi}_{3,25}\text{La}_{0,75}\text{Ti}_4\text{O}_{12}$) gilt als eines der aussichtsreichsten Materialien für nichtflüchtige Speicherbausteine aus ferroelektrischen Schichten. Ein ungelöstes Problem war bislang jedoch, dass gerade die für Speicherbausteine interessanten dünnen Schichten beim Abscheiden auf Silizium in einer Kristallorientierung aufwachsen, die gerade keine guten Speichereigenschaften aufweisen, d. h. die Vorteile des Materials gingen beim Auftrag verloren. Die MPI-Wissenschaftler haben jetzt jedoch einen Weg gefunden, dünne Wismut-Lanthan-Titan-Oxid-Schichten aufzuwachsen, die zu 99 % die gewünschte a-Achsen-Orientierung aufweisen. Schlüssel zum Erfolg war dabei eine 60 nm dicke Pufferschicht aus Yttrium-Zirkon-

Oxid mit einer darüber liegenden, elastisch gedehnten und nur 10 nm dünnen Elektrodenschicht aus Strontium-Ruthenium-Oxid.

Die hervorragenden Eigenschaften des Materials lassen sich durch zwei physikalische Größen charakterisieren: Für die remanente Polarisation P_r – ein Maß für die Größe des möglichen Speichersignals – erreichten die Wissenschaftler einen sehr hohen Wert von 32 mC/cm^2 ; bisherige Werte lagen wegen der ungünstigeren Kristallorientierung nur bei 10 mC/cm^2 . Für die prozentuale Abnahme der remanenten Polarisation nach 10^9 Schreibzyklen – ein Maß für die Langzeitstabilität der Speicherschicht – ergab sich ein Wert von lediglich 9%. Damit wurde erstmals bewiesen, dass sich diese Speicherschichten für die kommerzielle Mikroelektronik tatsächlich einsetzen lassen.

Einem anderem Problem haben sich Forscher aus Nijmegen angenommen: Sie haben die Lese- und Schreibgeschwindigkeit nichtflüchtiger Speicher erhöht. Statt eines Schreibkopfes, der aufwändig positioniert werden müsste, verwenden sie zum Schreiben zwei Femtosekundenpulse eines Ti:Saphir-Lasers. Diese schicken sie zeitlich versetzt auf zwei GaAs-Schalter, sodass zwei Magnetpulse entstehen, die je nach angelegter Spannung an den Schaltern und je nach Abstand der Pulse magnetische Dipole an bestimmten Stellen einer ferromagnetischen Schicht ausrichten können.⁶⁾ Damit gelang es ihnen erstmals eine Speicherzelle eines MRAMs in nur 200 ps zu beschreiben. Es scheint also fast nur noch eine Frage der Zeit zu sein, wann nichtflüchtige RAM-Bausteine mit den heutigen konkurrieren können.

Elektronisches Papier wird bunt

Moderne Displays für mobile elektronische Geräte sollen nicht nur robust, billig, flexibel und kontrastreich sein, sondern auch noch stromsparend. Elektronisches Papier, das einmal angezeigte Daten auch ohne weitere Energiezufuhr darstellen kann, würde diese Anforderungen erfüllen.⁷⁾ Allerdings gibt es derzeit noch nicht einmal monochromes elektronisches Papier zu kaufen. Doch die Entwicklung schreitet weiter voran: Auf einem Symposium der *Society for Information Display* in Boston hat die ame-

rikanische Firma E Ink kürzlich den ersten Prototypen eines hochauflösenden Aktiv-Matrix-Farbbildschirms mit elektronischer Tinte vorgestellt.⁸⁾ Entwickelt hat sie es zusammen mit dem japanischen Filterspezialisten TOPPAN und dem Elektronikriesen Philips Electronics. E Ink steuerte die elektronische Tinte bei⁹⁾, TOPPAN ein spezielles Farbfilterarray und Philips die aktive Hintergrundmatrix.

Das jetzt vorgestellte energiesparende, selbstleuchtende Farbbildschirm mit elektronischer Tinte kann 4096 Farben darstellen und eignet sich besonders für mobile Anwendungen. Es hat eine Bilddiagonale von fünf Zoll mit einer RGB-Auflösung von 320×234 Pixel – das entspricht etwa 80 Pixel pro Inch (ppi).

Das Display mit elektronischer Tinte lässt sich selbst bei direktem Sonnenlicht und unter praktisch jedem Blickwinkel ablesen – ganz so wie echtes Papier. Ein großer Vorteil auf dem Weg zum Massenarti-



Der erste Prototyp eines Farbbildschirms mit elektronischer Tinte kann 4096 Farben in einer RGB-Auflösung von 320×234 Pixel darstellen. Als stromsparende Anzeige – deren Bild auch dann noch da ist, wenn keine Spannung anliegt – soll es schon 2004 in Kleincomputern, Handys oder elektronischen Büchern auf den Markt kommen. (Foto: E Ink)

kel ist auch, dass sich die einzelnen Komponenten wie Dünnschicht-Transistoren, IC-Treiber und Farbfilterarrays mit Prozessabläufen herstellen lassen, die sich schon bei anderen Produkten bewährt haben. Mit auf dem Markt erhältlichen farbigen Tintendisplays rechnet E Ink in rund zwei Jahren. Philips will schon Mitte nächsten Jahres monochrome Bildschirme mit elektronischer Tinte verkaufen.

HOLGER KOCK

4) Phys. Bl., Februar 2001, S. 18

5) H. N. Lee et al., Science 296, 2006 (2002)

6) Th. Gerrits et al., Nature 418, 509 (2002)

7) Phys. Bl., Januar 2001, S. 20

8) www.eink.com

9) Phys. Bl., Juni 2001, S. 19