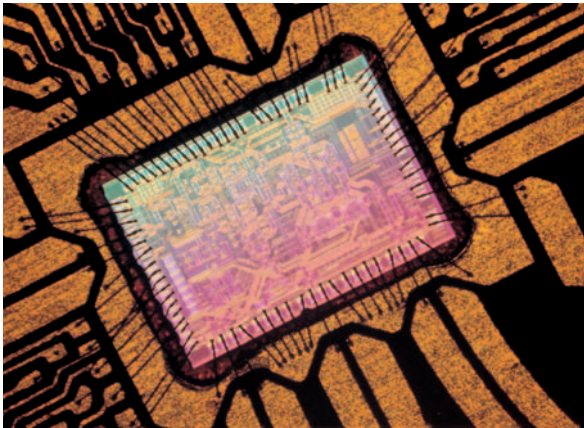


■ Schneller – und dadurch billiger

Das Rückgrat der Internetinfrastruktur bilden Glasfaserleitungen, über die sich große Datenmengen schnell übertragen lassen. Irgend-



Dieser Chip wandelt Internet-Daten, die über Glasfaserleitungen transportiert werden, mit 107 Gbit/s in elektrische Signale um. Bislang sind für den Empfang solcher Signale sehr komplexe und teure Aufbauten nötig. (Foto: Siemens)

wann müssen die optischen Signale jedoch in Kupferkabeln weiterreisen, was ihnen nur gelingt, wenn sie zuvor zu elektrischen Signalen geworden sind. Die Umwandlung ist eines der Nadelöhre, da sie Zeit kostet. Forscher von Siemens und Infineon haben nun jedoch gemeinsam den Prototypen eines rein elektrischen Empfängers entwickelt, der optische Signale mit einer Datenrate von 107 Gbit/s verarbeiten kann. Das entspricht ungefähr der Datenmenge von zwei DVDs pro Sekunde. Herzstück des Empfängers ist ein Silizium-Germanium-Chip, der das elektrische Signal einer Fotodiode direkt aufnehmen kann. Bislang musste man, um solche Übertragungsraten auf der Empfängerseite zu verarbeiten, das Ausgangssignal optisch in mehrere Signale aufspalten; Fotodioden wandelten dann jedes der optischen Teilsignale in elektrische Signale um. Der nun entwickelte Prototyp macht diese optische Aufspaltung überflüssig, weil er die Signale mehr als doppelt so schnell weiterverarbeiten kann wie heutige Produkte.

Durch die nach wie vor rasant wachsende Nutzung des Internet sind die Telekommunikations-

netzbetreiber gezwungen, ihre Datenstrecken weiter auszubauen. Auf den derzeit leistungsfähigsten Strecken strömen die Daten mit maximal 40 Gbit/s – also nicht mal halb so schnell wie die Rate, die der nun vorgestellte Prototyp verarbeiten kann. Da sich der Chip relativ günstig in Massen produzieren lässt, werden die bisher in den Vermittlungsstellen der Netzbetreiber eingesetzten teuren opto-elektronischen Wandler überflüssig.

Siemens-Projektleiter Rainer H. Derksen und seine Kollegen hoffen, den nun präsentierten Prototyp bis in zwei, drei Jahren in marktreife Produkte überführen zu können. Er hat Abmessungen von 1,7 mal 2,5 mm und bringt es mit Anschlüssen und Gehäuse auf die Größe einer Zigarettenschachtel. Einen Praxistest führten die Wissenschaftler gemeinsam mit Kollegen des Heinrich-Hertz-Instituts in Berlin durch. Dabei übertrugen sie Daten über eine 480 Kilometer lange Glasfaserleitung, bei der der 107 Gbit/s-Empfänger fehlerfrei arbeitete.

■ Strahlender Rekordhalter

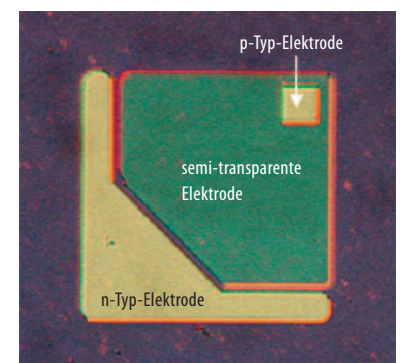
Optische Leuchtdioden ersetzen Glühlampen in immer mehr technischen Anwendungen. Im UV-Bereich ist dieser „Verdrängungswettbewerb“ jedoch noch nicht so intensiv. Nun haben Wissenschaftler am Grundlagenforschungslabor des japanischen Telekommunikationsriesen NTT in Atsugi aber eine LED bei einer so kurzen Wellenlänge zum Leuchten gebracht, wie noch niemand vor ihnen.¹ Die aus Aluminium-Nitrid bestehende Leuchtdiode strahlt bei 210 nm im tiefen Ultraviolett (UVC). Damit könnte der Arbeitsgruppe um Yoshitaka Taniyasu der erste Schritt auf dem Weg zu kommerziellen UV-Leuchtdioden gelungen sein.

Das Interesse an solchen Produkten wäre groß, da in Technik, Biologie und Medizin heute Bakterien, Pilze und Viren mit Quecksilber, Xenon- oder Deuteriumlampen zerstört werden. Diese Lampen haben hohe Betriebsspan-

nungen, sind relativ sperrig und gehören wegen dem Quecksilber zum Sondermüll. Eine LED für den UVC-Bereich hätte keinen dieser Nachteile – und könnte künftig wegen ihrer kurzen Wellenlänge auch für optische Datenspeicher von Interesse sein.

Heute gibt es bereits Leuchtdioden für den langwelligen UV-Bereich. Die Kontrolle und richtige Einstellung ihrer Eigenschaften ist jedoch schon bei ihnen schwierig. Taniyasu und seine Kollegen nutzten für ihre LED als Halbleiter Aluminium-Nitrid (AlN), da es eine sehr große Bandlücke von 6 eV aufweist. Die NTT-Wissenschaftler dotierten für den n-Halbleiter das AlN mit Silizium, für den p-Halbleiter mit Magnesium. Sie kontrollierten sehr genau die Menge der Dotiersubstanzen, damit es nicht zur Selbstkompensation kommt, wodurch die Leitfähigkeit verringert würde. Außerdem sorgten sie dafür, dass die Wasserstoffatome der gasförmigen p-Dotiersubstanzen nicht wieder die Eigenschaften des Halbleiters aufheben.

Zwei Hürden haben die UVC-Leuchtdioden aber noch zu nehmen, bevor man über ihren technischen Einsatz nachdenken kann: Erstens muss ihre Effizienz von derzeit 10^{-6} Prozent mindestens um den Faktor eine Million steigen, heutige LEDs erreichen Werte von zehn Prozent. Zweitens liegt die erforderliche Betriebsspannung mit 25 Volt noch viel zu hoch. Für eine größere Effizienz müsste die Kristallqualität der AlN-Schichten wesentlich besser werden, für ge-



Eine LED für den extremen UV-Bereich. Als Basismaterial dient Aluminium-Nitrid, da es eine sehr große Bandlücke von 6 eV besitzt.

¹ Taniyasu et al., Nature 441, 325 (2006)

² Unal et al., Appl. Phys. Lett. 88, 183105 (2006)

ringere Betriebsspannungen sind effizientere Dotierverfahren erforderlich, damit die Leitfähigkeit bei Zimmertemperatur steigt.

■ Sortieren im Millisekundentakt

Am amerikanischen Almaden Research Center der IBM in San Jose ist es Wissenschaftlern gelungen, mit Hilfe eines modifizierten Rasterkraftmikroskops (AFM) Moleküle innerhalb von Millisekunden elektrophoretisch zu sortieren.² Die Elektrophorese nutzt die unterschiedliche Wanderungsgeschwindigkeit von Teilchen durch ein Medium aus, an das ein elektrisches Feld angelegt ist. Aufgrund ihrer elektrischen Ladung und Größe weisen die Teilchen verschiedene elektrophoretische Mobilitäten auf.



Mit Hilfe eines modifizierten Rasterkraftmikroskops „zeichneten“ Wissenschaftler dieses IBM-Logo aus DNA-Fragmenten. Die Linien sind zwischen 59 und 79 nm breit.

Die Arbeitsgruppe um H. Kumar Wickramasinghe nutzte für ihre Experimente die unterschiedlichen elektrophoretischen Oberflächenmobilitäten aus, die Moleküle in einem dünnen Wasserfilm zeigen, der sich über einer modifizierten AFM-Spitze bildet. Die AFM-Spitze hatten die Wissenschaftler dazu mit einer 1 bis 1,6 nm dicken Schicht aus Polyethylen-Glykolsilan versehen. Das Silan sorgt für die erforderliche hydrophile Oberfläche. Dann legten die IBM-Forscher zwischen die metallisch beschichtete Oberfläche des Spitzenträgers und einem leitenden Trägermaterial unter der Spitze ein Feld von 10^6 V/m an.

Mit diesem Feld lassen sich Moleküle von der Basis der Sonden spitze entlang der elf Mikrometer langen AFM-Spitze zum darunter

liegenden Substrat bewegen. Zunächst legten die Wissenschaftler eine Spannung an, so dass die Moleküle aus einer wässrigen Lösung zur Basis der AFM-Spitze wanderten. Dann kehrten Wickramasinghe und seine Kollegen die Spannungspolarität um: Die Moleküle – es handelte sich um einsträngige DNA-Fragmente mit fünf beziehungsweise 16 Basenpaaren – wanderten daraufhin entlang der Spitze wieder nach unten, wobei ihre Geschwindigkeit von der Zahl der Basenpaare abhing. Das 16 Basenpaare lange DNA-Fragment benötigte hierfür 5 ms, während es in einem konventionellen 8,5 cm langen Mikroflüssigkanal 170 s benötigen würde. Auch die zeitliche „Verschmierung“ der wandernden Moleküle im elektrophoretischen Medium (die Peakbreite) verringerte sich deutlich auf 1 ms gegenüber 5 s.

Aus diesen beiden Effekten ergibt sich eine um vier bis fünf Größenordnungen schnellere Sortierung mit dem Rasterkraftmikroskop gegenüber konventionellen Verfahren der Elektrophorese. Den IBM-Wissenschaftlern gelang es auch, neutrale Moleküle (Streptavidin) mit Hilfe des Rasterkraftmikroskops zu sortieren. Möglich macht dies der Wasserfilm um die AFM-Spitze, der eine elektroosmotische Strömung ermöglicht.

Das Verfahren könnte künftig in Medizin und Biologie die DNA-Sequenzierung drastisch beschleunigen und die notwendigen Probenmengen verringern. In den beschriebenen Versuchen verwendeten die Wissenschaftler weniger als 0,1 Zeptomol (10^{-22} Mol).

Auch die Manipulation von Molekülen ist mit dem demonstrierten Verfahren vorstellbar: Wickramasinghe und seine Kollegen zeigten, dass sich mit einer pulsierenden Spannung und der gleichzeitigen Bewegung der AFM-Spitze Moleküle an bestimmten Stellen des Trägermaterials absetzen lassen: Mit 59 bis 79 nm breiten Linien aus DNA-Fragmenten mit fünf Basenpaaren „zeichneten“ sie so das IBM-Logo.

Michael Vogel