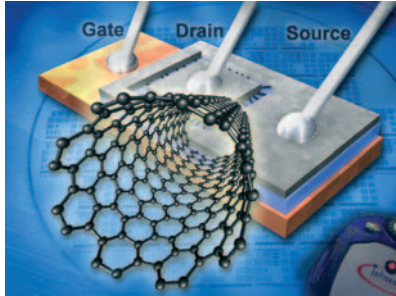


Rekord mit Nanotube-Transistor

90 Millionstel Millimeter messen die kleinsten Strukturen auf Siliziumchips, die heute die modernsten Fabriken verlassen. Gleich fünfmal kleiner jedoch ist das Herzstück eines neuen Transistors, den Forscher



Bevor Kohlenstoff-Nanoröhrchen Silizium als Grundstoff der Elektronik ablösen, sind noch viele Hürden zu nehmen. (Quelle: Infineon)

des Münchener Chipproduzenten Infineon mit Nanoröhrchen aus Kohlenstoff hergestellt haben. Mit einer so genannten Gate-Länge von nur 18 Nanometern setzt sich das deutsche Unternehmen an die Spitze der Entwicklung für die zukunftsweisende Nanoelektronik, die nicht mehr auf komplexe Siliziumschaltkreise aufbaut.

Chips mit Nanoröhrchen könnten in Zukunft bei größeren Schaltgeschwindigkeiten deutlich weniger Strom verbrauchen als Silizium-Module, erklären die Infineon-Forscher um Franz Kreupl. Mit einem Durchmesser von rund einem Nanometer kann der dünne Hohlkörper bei einer geringen Versorgungsspannung von nur 0,4 Volt Ströme von über 15 Mikroampere tragen. Die Stromdichte liegt dabei etwa um das Zehnfache über dem des heutigen Standard-Werkstoffes Silizium. Aufgrund der „ballistischen“ Leitung weisen die Elektronen sogar eine hundertfach höhere Mobilität auf.

In ihrem Prototyp lassen die Forscher das halbleitende Kohlenstoff-Röhrchen direkt aus einer heißen Methan-Atmosphäre auf einer hochreinen Unterlage wachsen. Mit diesem prinzipiell einfachen Prozess bräuchte man für solche Transistoren deutlich weniger Arbeitsschritte als mit der Silizium-Technologie, was zu niedrigeren Produktionskosten führen könnte. Doch jeder Röhrchen-Transistor ist heute noch ein Einzelstück und Prognosen, wann das erste Nanoröhrchen-Herz in einem Computer schlagen wird, wagen die Forscher nicht. Zu den ungelösten Problemen zählt die gezielte Herstellung der Röhrchen, denn jede dritte ist ein hervorragendes

der Leiter und kann nicht als Halbleiter in Transistoren verwendet werden. Eine verlässliche Technik, die Röhrchen im Vorfeld zu sortieren, gibt es noch nicht. Dennoch ist Kreupl davon überzeugt, dass er seine Nanotube-Transistoren noch weiter schrumpfen lassen kann, um im kommenden Jahrzehnt mit anderen Chiptechnologien konkurrieren zu können.¹⁾

Beamer für die Westentasche

Gerade mal so groß wie ein Spielwürfel ist ein lichtstarker Laserbeamer, der in Mobiltelefone eingebaut werden und quasi überall Präsentationen an die Wand werfen könnte. An dieser Zukunft arbeiten Forscher vom Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie ISIT in Itzehoe, die nun einen monochromatisch grün leuchtenden Prototyp mit einer Auflösung von 320×240 Bildpunkten entwickelt haben. Herzstück des Projektionsgeräts ist ein winziger goldbeschichteter Spiegel mit einem Durchmesser von 1,5 Millimetern.

Über Rahmen an zwei feinen Torsionsfedern – lithographisch aus Silizium geätzt – aufgehängt, kann der Spiegel 7200-mal pro Sekunde entlang von zwei senkrecht aufeinander stehenden Achsen gezielt



Ein 1,5 mm kleiner beweglicher Mikrospeigel soll das Herzstück eines handlichen Beamers werden (Quelle: Fraunhofer ISIT)

ausgerichtet werden. Dabei lenkt er einen einfallenden Strahl (Wellenlänge: 532 nm) eines Festkörperlaser je nach Bildsignal auf eine Projektionsfläche. Die 20 Mikrometer dünnen Siliziumdrähte dienen dabei als Rückholfedern in der mechanischen Aufhängung des Spiegels, die ähnlich einem Kardangelen aufgebaut ist. Mit Spannungen bis 50 Volt werden die Halterahmen des Spiegels rasant über elektrostatische Abstoßung gezielt um kleine Winkel ausgelenkt, sodass mit der Frequenz von 7,2 kHz Bildpunkt

für Bildpunkt, Zeile pro Zeile projiziert werden können. Um Fehler in der Projektion zu vermeiden, dient ein zweiter Laser als Kontrolle. Er strahlt ebenfalls auf den beweglichen Spiegel; das reflektierte Licht trifft jedoch auf eine Photodiode, die ortet, wie der Spiegel verkippt ist und ihre Korrekturwerte an die Steuerelektronik weitergibt.

Allein durch den tischgroßen Laser passt der Testaufbau noch in kein Handy, doch soll eine winzige Laserdiode (635 nm, rot) demnächst das Licht für das insgesamt 5 mal 5 Millimeter kleine Modul liefern. Derzeit arbeiten die Forscher um Ulrich Hofmann noch an einer besseren Modulation des Laserlichts, um verschiedene Helligkeitswerte exakt erzeugen zu können. Parallel soll die Frequenz für den Bildaufbau vervierfacht werden, um auch VGA-Qualität (640×480 Pixel) erreichen zu können. Mit zukünftigen leistungsstarken grünen und blauen Laserdioden könnte auch eine Vollfarbversion dieses Minibeamers entstehen. Für diese weitere Entwicklung arbeitet Hofmann schon heute mit einem großen Handy-Hersteller zusammen.

Geschrumpfter SRAM-Speicher

Schnelle Zugriffszeiten und hohe Taktfrequenzen verlangen im Computer nach sehr schnellen, flüchtigen Arbeitsspeichern. Diese Aufgabe erfüllen SRAM-Module (Static Random Access Memory), die im Unterschied zu den langsameren DRAM-Speichern (Dynamic Random Access Memory) allerdings mehr Platz benötigen und aufwändiger zu produzieren sind. Doch Wissenschaftlern vom IBM-Forschungslabor in Yorktown Heights gelang es nun, eine SRAM-Zelle mit sechs Transistoren auf ein Zehntel der heute üblichen Größe schrumpfen zu lassen. Auf dem IEDM-Treffen (International Electron Devices Meeting) in San Francisco präsentierten sie ihren nur 0,197 Quadratmikrometer kleinen Prototyp.

Der Schlüssel zu diesem Erfolg lag in der Kombination zweier Lithographie-Methoden, um Nanometer feine Strukturen in das Silizium zu bannen. Für die größeren Abschnitte bis etwa 150 Nanometer Größe nutzten sie klassisch die Photolithographie (Wellenlänge des Belichtungslichts: 248 Nanometer).

1) R. V. Seidel et al., Nano Letters, DOI: 10.1021/nl048312d

Doch für eine möglichst exakte und symmetrische Dotierung des Gate-Polysiliziums sind Genauigkeiten von etwa zehn Nanometer nötig. Diese werden mit der Elektronenstrahl-Lithographie erreicht, mit der direkt auf dem Chip eine Art Schablone für den Ionenstrahl des Dotierungsmaterials erzeugt wird. Auf 5 bis 50 Kilovolt beschleunigte Elektronen „belichten“ dazu einen Fotolack (Polymethylmethacrylat). Die unbelichteten Bereiche bleiben bei der Entwicklung erhalten, so dass eine exakt durchlöchernde Maske für die darauf folgende Implantation der Ionen entsteht. Die Dotier-Ionen treffen beim Flug durch diese Maske auf wenige Nanometer genau nur an den gewünschten Stellen auf das Polysilizium und lagern sich in das Material ein.

Mit dieser Technik greifen die IBM-Forscher der „ITRS-Roadmap“, der Planungsgrundlage der Chiphersteller, schon um Jahre voraus. Denn erst Anfang des kommenden Jahrzehnts wird mit Fertigungstechniken für 45 oder gar 32 Nanometer feine Chipstrukturen gerechnet. Bis die Kombination aus ausgereifter Photolithographie und aufwändiger Elektronenstrahl-Lithographie in den Chipfabriken einzieht, können jedoch noch vier bis fünf Jahre vergehen. Im Prinzip aber halten es die IBM-Experten für möglich, noch feinere Strukturen von unter zehn Nanometern mit der Belichtung über Elektronen zu erzeugen.

Handy als universelle Datenbox

Das Handy als Türschlüssel, Geldbeutel, Check-In-Helfer am Flughafen oder Hotel – die Funktechnik der RFID-Chips (Radio Frequenz Identifikation) macht es möglich. Während die günstigen kleinen Datenträger heute zunehmend den Streifencode auf Produkten ersetzen, wollen Entwickler vom Philips Forschungslabor in Aachen diese Technik für alle sinnvoll einsetzen. Integriert in ein Mobiltelefon reicht dabei eine kurze Berührung eines RFID-Chips aus, um innerhalb von Sekundenbruchteilen Daten an das Handy zu senden.

Unter der Bezeichnung NFC (Near Field Communication) integrierten sie in PDA, Handy oder Fernseher eine RFID-Schnittstelle, die andere Kanäle von Bluetooth,

Infrarot oder WLAN ergänzen soll. Über eine integrierte Radiofrequenz-Spule wird aktiv eine Verbindung zu den passiven RFID-Funkchips aufgebaut. Die auf der Funkfrequenz von 13,56 Megahertz zum Datenaustausch erforderliche Spannung wird dabei induktiv über das elektromagnetische Feld vom Handy als RFID-Scanner auf die batterielosen Funkchips, auch Transponder genannt, übertragen. Bewusst reduzierten die Entwickler dabei die Reichweite dieses Funkkanals auf etwa zehn Zentimeter, damit kein Unbefugter in der Nähe die Daten stehlen und missbrauchen kann.

In ersten Testläufen übertragen so Funkchips in Filmplakaten Hintergrundinformationen oder der Handybesitzer erhält per Berührung eines Verkaufsterminals die elektronische Eintrittskarte zu einem Konzert. Die Datenrate liegt heute bei 424 Kilobit pro Sekunde, doch soll in Kürze bis zu ein Megabit pro



Die von Waretiketten und Skipässen bekannte RFID-Technologie soll Handys neue Möglichkeiten erschließen. (Quelle: Philips)

Sekunde möglich werden. Neben Bild-, Musik- oder Textdaten können auch Befehlssequenzen übertragen werden, die automatisch nach dem Kontakt der beiden Geräte für den Aufbau einer schnelleren oder weiter reichenden Verbindung über Bluetooth, Infrarot oder WLAN sorgt. Bereits im Frühjahr 2005 wird Nokia die ersten Handys mit der NFC-Technologie von Philips zum RFID-Scanner aufrüsten. Im NFC-Forum haben sich auch weitere Elektronik-Hersteller wie Sony zusammengefunden, um bereits im kommenden Jahr die geschätzte Zahl von einer Million verkaufter NFC-Geräte zu erreichen.

JAN OLIVER LÖFKEN