

■ Lichtsignale auf dem Chip

Durch einen neuen Modulator rückt die optische Kommunikation auf Mikrochips näher.

Künftig werden Mikroprozessoren aus vielen einzelnen Kernen bestehen, die parallel als zentrale Recheneinheiten arbeiten. Bereits heute gibt es zwei- bis achtkernige Prozessoren zu kaufen. Das Kon-

zept der Parallelrechner, bei denen mehrere Prozessorplatinen untereinander über Kupferleitungen verbunden sind, lebt damit auf einem einzelnen Chip neu auf. Hersteller träumen bereits von hunderten Prozessorkernen auf einem Baustein.

Dieser Entwicklungssprung gelingt jedoch nur, wenn die Miniaturisierung weiter voranschreitet. Gerade die Kommunikation zwischen den Kernen auf dem Chip erfordert optische Verfahren, da elektrische Ströme zu viel Abwärme erzeugen würden. Eine Forschergruppe der IBM um William Green hat nun das Labormuster eines winzigen, elektro-optischen Modulators vorgestellt, der ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zur optischen Kommunikation auf dem Chip ist.¹⁾

Die Wissenschaftler fertigten den Siliziummodulator, dessen Prinzip auf einem Mach-Zehnder-Interferometer beruht, mit Elektronenstrahlithografie- und Plasmaätzverfahren. Andere Forschergruppen haben in der jüngeren Vergangenheit bereits ähnliche Bauelemente vorgestellt. Allerdings erforderten diese immer sehr hohe Steuerspannungen zwischen 3 und 16 V (gemessen zwischen den Extremwerten). Der IBM-Baustein kommt dagegen dank seiner höheren Empfindlichkeit mit deutlich weniger als einem Volt aus – erreichbar scheinen sogar 0,12 V

zu sein. Möglich wird dies durch eine unabhängige Steuerung von Amplituden und Phasen der Modulator-Resonatoren. Dank dieser hohen Empfindlichkeit könnte eine CMOS-Logik, der heutige Fertigungsstandard der Halbleiterindustrie, den Modulator direkt mit elektrischen Signalen steuern.

Die IBM-Forscher leiteten aus Messungen für ihr Labormuster maximale Übertragungsraten von 10 Gigabit pro Sekunde ab. Der Flächenbedarf des Modulators liegt bei 0,003 mm². Durch Optimierung des Layouts dürfte er sich um den Faktor drei verringern lassen.

Graphen, eine zweidimensionale Kohlenstoffstruktur, gilt als interessantes Material für künftige Transistoren, da es u. a. eine hohe Ladungsträgermobilität und eine stabile Kristallstruktur besitzt und sehr dünne Schichtdicken erlaubt. Allerdings müsste es sich für eine industrielle Nutzung großflächig auf Acht- oder Zwölf-Zoll-Wafer aufbringen lassen – eine Anforderung, die mit den heute herstellbaren winzigen Graphen-Schnipseln nicht zu erfüllen ist: Die größten bringen es gerade mal auf einige Millimeter. Eine Arbeitsgruppe um Stephen Chou von der Princeton University hat sich nun ein Verfahren ausgedacht, mit dem sich dieses Problem umgehen lässt: Die Wissenschaftler übertragen das Graphen per Transferdruck auf die relevanten Stellen des Wafers und fertigen so funktionierende Feldeffekttransistoren (FETs).²⁾

Stellen einer Siliziumdioxidfläche. Für eine ausreichende Haftung der Graphenschnipsel auf dem „Wafer“ genügt bereits eine saubere Oberfläche, auch eine vorherige Plasmaoxidation liefert gute Ergebnisse. Aus den bisherigen Forschungsergebnissen leiten Chou und seine Kollegen für die Positionierung der Stempel auf dem Siliziumkristall eine erreichbare Genauigkeit von weit mehr als 20 nm ab.

Die Forscher fertigten aus ihren Laborproben FETs mit einer Lochmobilität von 3735 cm²/Vs und einer Elektronenmobilität von 795 cm²/Vs – die bislang besten gemeldeten Werte. Der starke Unterschied der beiden Mobilitäten gehe auf die extrinsische Dotierung während der Präparation der Materialien zurück, so die Forscher.

■ Alternative zu Silizium

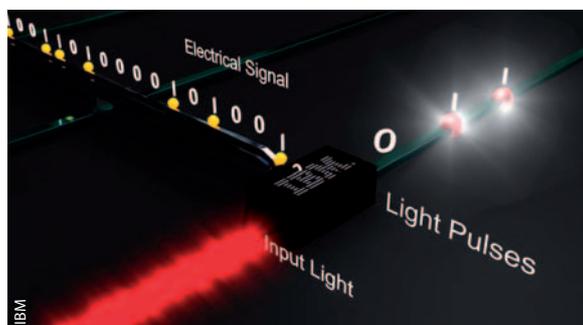
Per Transferdruck lassen sich auf großen Wafern Transistoren aus Graphen fertigen.

■ Erlaufener Strom

Ein Minigenerator am Gürtel verwandelt die Bewegungen seines Trägers in elektrische Energie.

Der Stromhunger mobiler Geräte ist nur mit Batterien oder Akkus zu stillen. Versiegt die Stromquelle, heißt es, zur Steckdose zu gehen oder im Elektromarkt Nachschub zu besorgen. Da wäre es doch bequem, wenn sich die mechanische Bewegungsenergie in Strom umwandeln ließe. Auf dem Markt gibt es bereits LED-Taschenlampen, die nach 30 Sekunden Schütteln ungefähr 20 Minuten lang Licht liefern. Der Erfinder dieser Technik, das US-Unternehmen Applied Innovative Technologies, tüfelt nun an einer mechanischen Mignonzelle.

Auch M2E Power, eine Start-up-Firma aus Boise in Idaho, entwickelt derzeit den Prototyp eines tragbaren Generators, der ebenfalls auf dem Induktionsgesetz beruht. Das Know-how für die Technologie hat M2E vom Idaho National Laboratory lizenziert. Das Gerät besteht aus einem Magneten, der an Federn aufgehängt ist und durch eine Spule schwingen kann. Ein Lithiumpolymer dient als Akku, ein Doppelschichtkondensator als Puffer. Hat ein solches Gerät z. B. die



Elektro-optische Modulatoren sind ein wichtiger Schritt zum optischen Computer.

1) W. Green et al., Optics Express 15, 17264 (2007)

2) X. Liang et al., Nano Letters 7, 3840 (2007)



Ein neuer Mikrogenerator kann am Gürtel getragen werden und wandelt dort die Bewegung seines Trägers in elektrische Energie um.

Größe einer Monozelle, nimmt das Lithiumpolymer die Hälfte des Volumens ein. Innerhalb einer Stunde kontinuierlicher Bewegungen lasse sich der Akku zu 80 Prozent aufladen, so das Unternehmen, für die restlichen 20 Prozent seien „einige weitere Stunden“ erforderlich.

M2E Power hält sich, was die Details der Technologie betrifft, mit Verweis auf die laufende Patentierung sehr bedeckt. Dank des vorhandenen Know-hows sei es möglich, ein Gerät zu konstruieren, das bereits bei minimalen Bewegungen des Magneten – die Verschiebung um die Dicke von nur einer Spulenwindung genüge – elektrische Energie speichere.

Erster Anwender der Technik könnte das Militär sein, denn Soldaten tragen heutzutage zig Kilo an Batterien mit sich herum – z. B. für Funkgeräte, Minendetektoren und GPS-Empfänger.

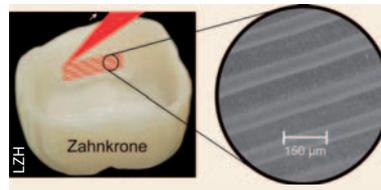
■ Verzahnte Zahnkronen

Besser haftende Keramikronen mit laserstrukturierten Innenseiten

Zahnkronen gehen stets im falschen Moment kaputt. So passiert es immer wieder, dass sich Kronen vom Zahnstumpf lösen. Forscher des Laser Zentrum Hannover (LZH) haben einen Weg gefunden, wie sich die Haftung von Keramikronen verbessern lässt. Dazu erzeugen sie mit einem Femtosekundenlaser auf der Innenseite der Zahnkrone Mikrostrukturen, durch die sich die wirksame Oberfläche für die Verbindung von Krone und Zement vergrößert. Die Wissenschaftler überprüften dazu an einem Mo-

dell den Einfluss verschiedener Mikrostrukturierungen auf die Festigkeit und das Fließverhalten des Zements, indem sie Geometrie und Strukturabstände variierten. Dabei zeigte sich, dass durch die größere Grenzfläche zwischen Keramik und Zement die Reibhaftung um mehr als 30 Prozent zunimmt.

Die mechanische Spannung erreicht innerhalb der Zahnkrone in den Vertiefungen der Keramik ihre Maximalwerte. Simulationen und Versuche zeigten jedoch, dass diese Werte sowie die im Bereich des Zements unterhalb der kritischen Bruchfestigkeit liegen. Da sich die



Die laserstrukturierten Innenflächen steigern die Haftung von Zahnkronen.

Querschnittsform der Furchen außerdem kaum auf die erreichbare Haftung auswirkt, können die Wissenschaftler das sich automatisch ergebende Parabolprofil nutzen und damit die höchste Prozesseffizienz erreichen. Dies ermöglicht Geschwindigkeiten von mehreren Quadratmillimetern pro Minute.

Die Mikrostrukturierung der Keramikronen wird ein Teilprozess einer vollautomatischen Kronenfertigung sein. Die hierfür erforderliche 5-Achsen-Präzisionsmaschine, die mithilfe eines Femtosekundenlasers Keramikronen aus dem Vollmaterial fertigt, entwickelt der Industriepartner Kugler GmbH derzeit gemeinsam mit dem LZH und der Universität Frankfurt.

Michael Vogel