

■ Gedrucktes Papier, statt gedruckter Buchstaben

Die weltweit erste Fabrik für elektronisches Papier entsteht in Dresden.

Seit den 70er-Jahren geistert die Vision des elektronischen Papiers durch die Köpfe der Entwickler. Damit ließe sich z. B. der Inhalt eines Buches oder einer Zeitung nachträglich ohne großen Aufwand aktualisieren, denn elektronisches Papier lässt sich immer wieder neu beschreiben. Von der Idee bis zur Marktreife ist es allerdings ein

ren Potenzial von Marktforschern mit hohen zweistelligen Milliarden-summen veranschlagt wird.

Plastic Logic mischt in einem Teil dieses Zukunftsmarktes mit: Die Briten haben die Rückseite ihres elektronischen Papiers – Träger und Elektronik – ebenfalls aus Kunststoff aufgebaut, andere E-Paper-Prototypen nutzen dagegen als Rückseite Metallfolien und klassische Siliziumelektronik. In einer Pilotanlage in Cambridge fertigt Plastic Logic seit längerem Prototypen in Kleinserien, die eine Bild-diagonale von zehn Zoll (25 cm) haben und eine Auflösung von 150 ppi (Pixel per Inch) mit bis zu 16 Graustufen erreichen. Kleinere Displays hat das Unternehmen bereits mit Auflösungen von 300 ppi gefertigt. Die Displays lassen sich mit einem Krümmungsradius von 2 cm zusammenrollen. Auf der Roadmap des Unternehmens steht für das Jahr 2012 ein A5-großes Display, das Videos wiedergeben kann.

Die von Plastic Logic gefertigten Rückseiten lassen sich mit allen gängigen E-Paper-Vorderseiten anderer Hersteller kombinieren. Bevorzugt arbeitet das Unternehmen aber mit E-Ink zusammen, einem amerikanischen Hersteller elektronischer Tinte. Das Prinzip der elektronischen Tinte beruht auf Millionen von kleinen Kügelchen, in die weiße und schwarze Farbpigmente eingelagert sind, deren Orientierung sich durch eine angelegte elektrische Spannung beeinflussen lässt. Diese Tinte befindet sich zwischen zwei Kunststofffolien, die als Vorderseite des elektronischen Papiers dienen. Die E-Ink-Folie und die Rückseite bilden dann gemeinsam das E-Paper. Der Kontrast des elektronischen Papiers ist inzwischen mit dem von gewöhnlichem bedrucktem Papier vergleichbar. Ein Schwachpunkt ist derzeit das Blättern in elektronischen Seiten: Der Bildaufbau ist recht träge, weshalb auch die Wiedergabe von Videos noch nicht möglich ist.



Plastic Logic

Elektronisches Papier lässt sich ähnlich wie echtes Papier nutzen und sogar zusammenrollen – zum Zerknüllen eignet es sich allerdings noch nicht.

langer Weg: Ende 2008 will das britische Unternehmen Plastic Logic nun die nach eigenen Angaben weltweit erste Fabrik für die Herstellung elektronischen Papiers in Betrieb nehmen. Das Unternehmen, eine Ausgründung des Cavendish Lab der Universität Cambridge, hat hierfür Zusagen an Geldmitteln im Gesamtwert von 100 Millionen Dollar von Risikokapitalgebern und der öffentlichen Hand bekommen. Die Fabrik entsteht im Dresdner „Saxony Valley“ und soll aktive Displays fertigen, die sich problemlos wie Papier zusammenrollen lassen.

Die technische Basis der Geräte bilden funktionale Polymere, die wie Silizium als Leiter, Halbleiter oder Isolatoren dienen können. Im Gegensatz zu Silizium sind bei der Produktion elektronischer Schaltungen jedoch keine lithografischen Verfahren erforderlich – Polymerelektronik lässt sich einfach drucken. Hierfür kommen sowohl Massendruckverfahren als auch Tintenstrahldruck zum Einsatz. Die Polymerelektronik gilt als eine der großen Zukunftstechnologien, de-

■ Bei der CD gespickt

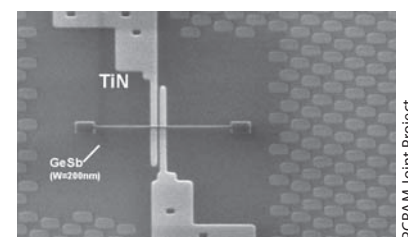
In zehn Jahren könnte ein Phase-Change-Mikrochip in tragbaren Digitalgeräten stecken – und Flash-Karten ersetzen.

Flash-Speicherchips sind heute das Speichermedium der Wahl in der Unterhaltungselektronik, z. B. für Digitalkameras und MP3-Player. Da sie Strom nur beim Lesen und Schreiben der Daten benötigen, schonen sie Batterien und Akkus.

Doch nach heutigem Wissensstand lassen sich Flash-Speicher nicht problemlos weiter miniaturisieren. Zumindest dürfte es große Schwierigkeiten bereiten, die dabei ausgenutzte Form des Tunneleffekts (Fowler-Nordheim-Tunneln) bei Strukturgrößen unterhalb von 45 nm zu kontrollieren. Dann verliert der Flash-Baustein seinen Vorteil als nicht-flüchtiger Speicher.

Ein gemeinsames Forscherteam der Unternehmen IBM, Macronix und Qimonda hat nun eine potenzielle Nachfolgetechnologie für Flash-Speicher gefunden, die mit diesem Problem nicht zu kämpfen hat. Sie nutzt das Phase-Change-Verfahren, auf dessen Prinzip auch die CD beruht: Durch die Zufuhr von Energie lässt sich das Speichermedium zwischen einem amorphen und einem kristallinen Zustand hin- und herschalten. Während bei der CD eine Laserdiode die Energie zuführt, genügt in der Welt der Mikrochips die Form des Spannungsimpulses, um amorphe und kristalline Zustände zu erzeugen – Nullen und Einsen eben.

Der von dem Firmenkonsortium entwickelte Prototyp einer Speicherzelle besteht im Wesentlichen aus einer schmalen, maximal 200 nm dünnen Phase-Change-Brücke, die zwei Elektroden mit-



PCRAM Joint Project

Phase-Change-Speicherzellen sind leistungsfähiger als Flash-Chips und lassen sich leichter miniaturisieren.

einander verbindet. Zwischen den beiden Elektroden befindet sich eine schmale Lücke, die mit einer 40 bis 200 nm dicken Oxidschicht gefüllt ist. Beim Phase-Change-Material handelt es sich um ein dotiertes Germanium-Antimon-Gemisch, für das die Unternehmen Patentschutz beantragt haben. Der Zustand der Brücke lässt sich über Spannungsimpulse an den beiden Elektroden schalten. Zur Ansteuerung der Speicherzelle ist einer der Kontakte mit der Bitline (eine Spalte der Speichermatrix), der andere mit der Wordline (eine Zeile der Speichermatrix) verbunden. Kristalliner und amorpher Zustand der Phase-Change-Zelle unterscheiden sich durch ihren elektrischen Widerstand; dies ermöglicht das Auslesen der Nullen und Einsen.

Das neue Material zeigte in Versuchen, dass es nicht-flüchtige Speicherzellen ermöglicht, die sich mehr als 500-mal so schnell schalten lassen wie Flashes und beim Schreiben weniger als die Hälfte der Leistung benötigen. Der Querschnitt der Phase-Change-Brücke soll sich bis auf 3 mal 20 nm reduzieren lassen – Strukturgrößen, die die Chipindustrie für 2015 plant.

■ Anmutige Kristalle

Ein neues Züchtungsverfahren für reinere Gallium-Arsenid-Halbleiter

Kristalle aus der Halbleiterverbindung Gallium-Arsenid spielen als Ausgangsmaterial für optoelektronische und hochfrequente Bauelemente eine wichtige Rolle. Die Herstellung solcher III-V-Halbleiter ist jedoch fertigungstechnisch schwierig, da einer der Stoffe, hier das Arsen, flüchtig ist. Traditionell züchtet man solche Kristalle daher mit einer Boroxid-Abdeckung, die verhindert, dass die Arsenkonzentration in der Schmelze sinkt. Das Boroxid verunreinigt jedoch die Halbleiterkristalle, was wiederum zu unerwünschten Materialeigenschaften führt. Die Defekte hängen auch mit dem Konzentrationsverhältnis von Gallium und Arsen in der Schmelze zusammen, aber bis-



Dieser Gallium-Arsenid-Kristall wurde mit dem neuen Verfahren gezüchtet.

lang war es nicht gelungen, dieses Verhältnis während des Züchtungsvorgangs gezielt zu beeinflussen.

Frank M. Kießling und seine Kollegen vom Institut für Kristallzüchtung (IKZ) in Berlin-Adlershof haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sich reinere GaAs-Kristalle züchten lassen. Sie nutzen dazu eine Weiterentwicklung der seit Jahrzehnten bekannten Czochralski-Methode, bei der ein Kristall langsam aus der Schmelze nach oben gezogen wird. Die Wissenschaftler nennen ihr Verfahren Dampfdruck-kontrollierte Czochralski-Methode; es kommt ohne Boroxid-Abdeckung aus.

Um die gewünschte Arsenkonzentration in der Schmelze einzustellen, kontrollieren die IKZ-Forscher in situ, wie schnell sich das Arsen verflüchtigt und führen es im gleichen oder geringeren Maße wieder zu. Das Verfahren lässt sich auch auf die Züchtung anderer III-V-Halbleiter übertragen. Vor einem industriellen Einsatz der Methode steht jedoch noch ihre prozesstechnische Ausgestaltung.

Erstmals gelang es den Forschern unter den geschilderten Züchtungsbedingungen, den Kohlenstoffgehalt im Kristall in situ zu kontrollieren und damit halb-isolierendes Material vom n-Typ aus Ga-reichen Schmelzen herzustellen. Solche GaAs-Kristalle besitzen eine besonders hohe Infrarottransmission, was wiederum für die künftige Entwicklung von IR-Linsen interessant ist.

Michael Vogel