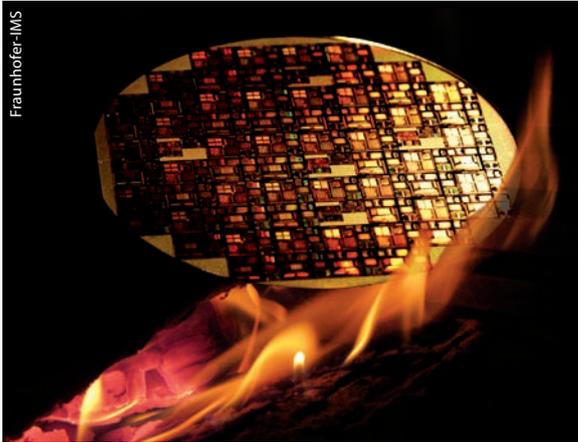


■ Kühlen Kopf bewahrt

Ein integrierter Drucksensor zeigt bei hohen Temperaturen drastisch kleinere Leckströme.

Der Bohrkopf ist bei der Erdölförderung starken Vibrationen sowie hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt. Welche Umgebungsbedingungen im Bohrloch herrschen, melden u. a. Drucksensoren am



Hitzebeständig: Der Duisburger Drucksensor arbeitet bei 250 °C noch optimal.

Bohrkopf, deren Daten an die Oberfläche übertragen werden. Drucksensoren, die in einem CMOS-Prozess (Complementary Metal Oxide Semiconductor) gefertigt sind, versagen bei Temperaturen über etwa 125 °C, weil durch die thermische Energie Elektron-Loch-Paare in den Halbleiterschichten entstehen, die zu Leckströmen führen.

Systemintegratoren bestellen daher immer ganze Chargen von Drucksensoren und messen deren temperaturabhängige Kennlinien. So identifizieren sie die Sensorchips, die die höchsten Temperaturen aushalten – ein aufwändiges Unterfangen. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS) in Duisburg haben einen Drucksensor entwickelt, der zuverlässig bis 250 °C arbeitet und der sich auch bis 350 °C noch für bestimmte Anwendungen eignet.

Integrierte Drucksensoren arbeiten kapazitiv: Bei einem CMOS-Chip sitzt eine Elektrode auf einem Siliziumsubstrat, über der sich in einer Mikrometergroßen Distanz eine zweite, flexible Elektrode befindet. Zwischen der ersten Elektrode und dem Substrat bildet sich ein

p-n-Übergang, da die Elektrode aus n-dotiertem und das Substrat aus p-dotiertem Silizium besteht. Er ist in Sperrrichtung geschaltet. Die IMS-Forscher nutzen die „Silicon on Insulator“-Technologie, bei der die Schaltkreise auf einer isolierenden Oxidschicht sitzen. Daraus resultiert eine geringere Leistungsaufnahme und damit um drei bis vier Größenordnungen kleinere Leckströme – der Schlüssel zur Temperaturstabilität des Sensors. Er besteht aus einem Feld aus Mess- und Referenzdruckdosen, die mit der Signalverarbeitungs- und Auswerteelektronik auf einen Chip integriert sind. Neben der Petrochemie bieten die Geothermie und Motortechnik weitere Einsatzfelder.

■ Kleiner Kraftmeier

Ein Diodenlaser erreicht hohe Leistungen auf effiziente Weise.

Diodenlaser sind sehr kompakt und in Lichtleiter einkoppelbar. Sie lassen sich mit elektrischem Strom pumpen und erreichen eine recht hohe Konversionseffizienz. Herkömmliche Diodenlaser haben jedoch auch ein breites Spektrum, das sich nur aufwändig mithilfe eines externen Gitters in einem schmalen Spektralbereich stabilisieren lässt. Wissenschaftler des Ferdinand-Braun-Instituts (FBH) in Berlin haben nun einen Diodenlaser entwickelt, der diese Nachteile weitgehend vermeidet.

Sie nutzen dazu eine Laserdiode, deren aktives Material periodisch strukturiert ist. In den Wellenleiter solcher Distributed-Feedback-Laser (DFB-Laser) ist ein Gitter integriert, das den Brechungsindex periodisch moduliert. Breitet sich



Der Berliner Distributed-Feedback-Laser erreicht 11 W optische Leistung.

Licht im Wellenleiter aus, entsteht eine scharfe Spektrallinie, die weniger als einen Nanometer breit ist und deren Lage sich kaum mit der Temperatur verändert. Der Divergenzwinkel des Lasers ist kleiner als 28 Grad, sodass sich das Licht relativ verlustarm in optische Systeme oder Glasfasern einkoppeln lässt.

Der entscheidende Kniff waren ein optimiertes Design der Halbleiterschichtstrukturen und ein verbesserter Prozess für die Herstellung des integrierten Gitters. Denn der Einbau eines solchen Gitters führt meist zu Verlusten und höheren Betriebsspannungen – schlecht für die Konversionseffizienz. Der FBH-Laser dagegen weist eine Effizienz von bis zu 58 Prozent auf. Er strahlt bei 976 nm mit einer optischen Leistung von 11 W. Kommerziell verfügbare DFB-Laser schaffen nur 4 W. Mögliche Anwendungen sind das Pumpen von Faser- oder Festkörperlasern sowie die Materialbearbeitung.

■ Flash-Kunststoff

Ein organischer nichtflüchtiger Speicher erreicht konkurrenzfähige Kennwerte.

Organische Halbleiter eröffnen der Elektronik neue Möglichkeiten, weil sie sich bei niedrigeren Temperaturen fertigen lassen als Halbleiter aus Silizium. Zudem genügt ihnen als Substrat eine Kunststoffolie, sodass elektronische Schaltungen aus ihnen biegsam sind. In den vergangenen Jahren haben Forschungseinrichtungen und Unternehmen daher z. B. Labormuster oder Prototypen von organischen Solarzellen, Leuchtdioden und integrierten Schaltkreisen vorgestellt. Flash-Speicher mit konkurrenzfähigen Kennwerten waren nicht darunter, weil die dicken dielektrischen Schichten relativ hohe externe Spannungen von einigen zehn Volt erforderten. Die angelegten Spannungen zum Schreiben und Löschen sollten aber eine Größenordnung darunter liegen. Ein Wissenschaftlerteam der Universitäten Tokio und Linz sowie des

1) T. Sekitani et al., Science 326, 1516 (2009)

2) K.-M. H. Lenssen et al., Proc. of IDW'09 529 (2009)

Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung in Stuttgart hat einen organischen Flash-Speicher gefertigt, der diese Anforderung erfüllt.¹⁾

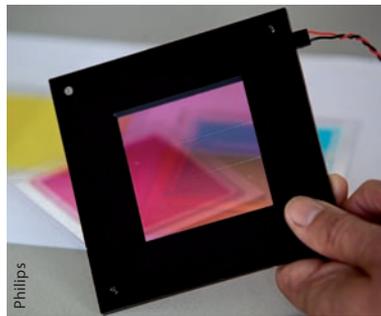
In Flash-Speichern können Floating-Gate-Transistoren geringe Ladungsmengen permanent speichern. Solche Transistoren verfügen wie gewöhnliche Feldeffekttransistoren über Gate-, Drain- und Source-Anschlüsse, haben aber zusätzlich elektrisch isolierte Floating Gates. Das isolierende Dielektrikum muss dünn genug sein, damit die Ladungen bei einer äußeren Schreibspannung ins Floating Gate tunneln oder per Feldemission dorthin gelangen können. Die Wissenschaftler mussten also ein Dielektrikum entwickeln, das sich bei Temperaturen verarbeiten lässt, die dem Kunststoff nicht schaden, und gleichzeitig dünne Schichtdicken mit wenig Defekten erlaubt. Sie wählten ein System aus Aluminiumoxid-Lagen und der selbstorganisierenden Monoschicht einer Alkylphosphonsäure.

Die Transistoren überstehen mehr als tausend Schreib-Lösch-Zyklen bei Spannungen unterhalb von 6 V. Kommerziell erhältliche anorganische Flash-Speicher sind für eine Million Zyklen ausgelegt.

■ Elektronisches Chamäleon

Geräteoberflächen lassen sich auf Knopfdruck einfärben.

Elektronisch einstellbare Oberflächen gelten als Trend, z. B. Tapeten, die ihr Aussehen auf Knopfdruck verändern. Die technische Grundlage dafür sollen vor allem organische Leuchtdioden liefern, aber auch LED-Felder oder andere, selbst leuchtende Display-Technologien sind denkbar. Mitarbeiter von Philips Research in den Niederlanden haben sich nicht-emittierenden elektronischen Oberflächen angenommen, da sie weniger Strom verbrauchen und weder bei grellem Sonnenlicht noch bei schrägem Blickwinkel ihre Brillanz verlieren. Sie haben sie E-Skin getauft.²⁾ E-Skin setzt auf Philips' E-Paper-Technologie auf, kommt



Auf der Kunststoffolie sitzen 676 organische Floating-Gate-Transistoren, das Herzstück in Flash-Speichern.

aber ohne Matrixanordnung aus, weil keine so hohe Auflösung erforderlich ist. Das senkt die Zahl der externen Kontakte und damit den Fertigungsaufwand drastisch.

Wie bei der Elektrophorese richten die Forscher geladene Partikel mithilfe eines elektrischen Feldes aus. Ohne äußere Spannung verteilen sich die Partikel gleichmäßig über die gesamte Fläche, und die E-Skin nimmt die Farbe der Partikel an. Durch eine angelegte Spannung und entsprechend strukturierte Elektroden lassen sich die Partikel auf einen kleinen Teil der gesamten Fläche konzentrieren, sodass die Verkleidung durchsichtig wird. Bei den Labormustern lagen die Schaltzeiten mit einigen Volt Spannung bei etwa einer Sekunde.

Elektronisches Papier kann Graustufen meist mit zusätzlichen Elektroden oder einer geeigneten Ansteuerung darstellen. Die E-Skin würde dadurch jedoch komplex und teuer. Deshalb bringen die Forscher an der Unterseite der E-Skin eine unstrukturierte Gegenelektrode an; an der Oberseite befindet sich die gewählte Elektrodengeometrie. So können die Partikel senkrecht zur Blickrichtung wandern sowie zwischen den beiden Grenzflächen. Die geschickte Wahl von anziehenden und abstoßenden elektrischen Spannungen an den Elektroden ermöglicht es, Graustufen darzustellen. Das Prinzip ist auf die subtraktive Farbmischung übertragbar, woraus sich sämtliche Farbnuancen ergeben. Damit wären z. B. individuell gefärbte Handgehäuse oder Tapeten denkbar.

Michael Vogel