

■ Pflaster mit Drucktechnik

Künftige Medikamentenpflaster arbeiten mit Tintenstrahlverfahren.

Wer mit dem Rauchen aufhören will, braucht einen starken Willen oder ein Nikotinpflaster. Auch in der Schmerztherapie finden Pflaster Anwendung, die den Wirkstoff per Diffusion unter die Haut bringen.

stoffen füllen lassen. Das komplette System ist 3 mm dick, und bis zu 1000 Mikronadeln sind technisch möglich. HP hat die Entwicklung an das irische Start-up-Unternehmen Crospon lizenziert, das entsprechende Wirkstoffpflaster binnen vier Jahren auf den Markt bringen will. Mit ihnen sollen sich Krankheiten wie Diabetes, Autoimmunerkrankungen und Osteoporose bequemer behandeln lassen.

■ Schalter aus Fußballen

Fullerentransistoren lassen sich bei Raumtemperatur fertigen.

Die organische Elektronik gilt als viel versprechendes Feld für neue Anwendungen, bei denen mechanische Flexibilität, Gewicht und Preis eine Rolle spielen. Unter den organischen Halbleiterbausteinen mit Elektronentransport weisen Fullerene eine hohe Mobilität in n-Kanal-Feldeffekttransistoren auf. Solche Fulleren-OFETs haben Elektronenmobilitäten von $6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, allerdings sind in der Herstellung Prozessschritte bei 250°C erforderlich. Einem Forscherteam um Bernard Kippelen vom amerikanischen Georgia Institute of Technology in Atlanta ist es nun mithilfe der physikalischen Gasphasenabscheidung gelungen, Fullerentransistoren bei Raumtemperatur zu fertigen.¹⁾ Dabei scheiden die Forscher die Fußballmoleküle als dünne Schicht auf ein Polymersubstrat ab, auf das sie zuvor eine Gate-Elektrode und ein Gate-Dielektrikum aufgebracht haben. Source- und Drain-Elektroden fertigen sie mit einer Schattenmaske. Die Wissenschaftler produzierten Kleinserien solcher Feldeffekttransistoren mit unterschiedlichen Geometrien und maßen die Eigenschaften der Bauteile. Die Elektronenmobilität bewegte sich zwischen $2,7$ und $5,0 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Das für den Aufbau von logischen Schaltungen wichtige Verhältnis der fließenden Ströme im On- (Spannung am Gate) und Off-Modus (keine Spannung) erreichte praxistaugliche Werte zwischen 10^6 und 10^8 . Die geringe

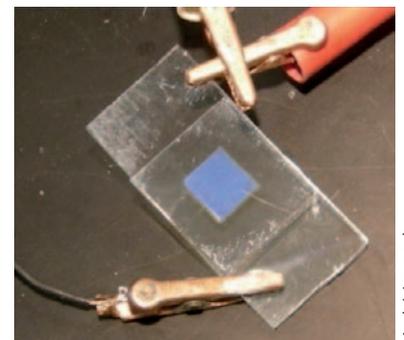
Schwellenspannung erleichtert die Integration der Fullerentransistoren in komplexere Bauteile. So sollen als nächstes gängige Schaltungen wie Inverter, Ring-Oszillatoren und Rechengatter aufgebaut werden.

■ Konkurrenz für LC-Displays

Photonische Kristalle vereinfachen Flachbildschirme.

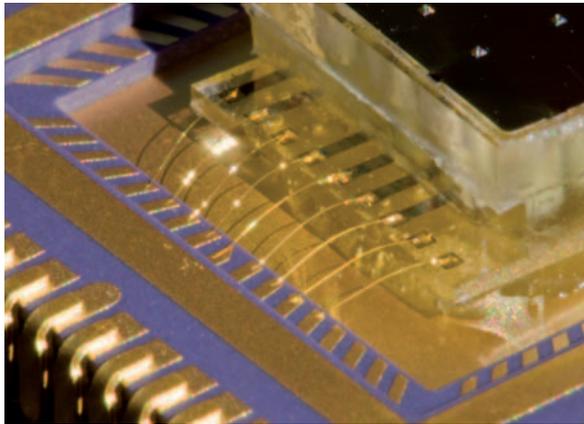
Flüssigkristall-Displays sind aus vielen elektronischen Produkten nicht mehr wegzudenken – egal, ob Handy, Fernseher oder E-Paper. Häufig sorgen Filter oder ein räumlich moduliertes Farbschema („Subpixel“) für die Farbmischung. Der Preis dafür sind merkliche Helligkeitsverluste. Wissenschaftler der Universitäten Toronto (Kanada) und Bristol (Großbritannien) haben einen neuen Weg beschritten, um diesen Nachteil zu vermeiden.²⁾ Als aktives Material für das Labormuster eines Flachbildschirms nutzen sie photonische Kristalle. Diese besitzen einen periodisch modulierten Brechungsindex und können durch kohärente optische Bragg-Beugung schmalbandig leuchten.

Die Forscher bauten ihr Display aus einem Siliziumdioxid-Metallpolymer-Komposit auf, das als Arbeitselektrode in einer elektrochemischen Zelle dient und ein Pixel darstellt. Dazu brachten sie ein Gerüst aus geordneten Siliziumdioxid-Mikrokugeln auf einen Glaträger auf und ließen ein Geflecht aus Polyferrocenylsilan (PFS) in die Zwischenräume einsickern.



Das Labormuster eines etwa ein Quadratzentimeter großen Flachbildschirms arbeitet mit Pixeln aus photonischen Kristallen.

André Arsenault



Hewlett-Packard

Beim Drucker abgespickt: Der Prototyp eines steuerbaren Wirkstoffpflasters.

Forscher von Hewlett-Packard haben sich das Prinzip solcher Pflaster näher angeschaut und Ähnlichkeiten zum Tintenstrahlverfahren gefunden: Hier wie da geht es darum, genau definierte Mengen eines Wirkstoffs kontrolliert abzugeben. Bei den Druckern enthält jedes Tintenreservoir einen winzigen elektrischen Widerstand, mit dem sich die Tinte schnell erhitzen lässt. Die resultierenden Gasbläschen lagern sich zu einer einzigen großen Gasblase zusammen und schießen aufgrund des Überdrucks aus der Düse auf das Papier. Diesen Mechanismus haben die HP-Forscher nun auf das Medikamentenpflaster übertragen. Der Prototyp ist $2,5 \text{ cm}^2$ groß und enthält 400 zylindrische Reservoirs, die jeweils in 200 bis $300 \mu\text{m}$ langen Mikronadeln enden. Die Wissenschaftler erhitzen allerdings nicht den Wirkstoff selbst, sondern einen Schalter, der sich bei Erwärmung kontrolliert ausdehnt. Da die Mikronadeln nur so tief in die Haut eindringen, dass sie die Nerven nicht erreichen, lassen sich Wirkstoffe schmerzfrei injizieren. Ein integrierter Mikroprozessor steuert Dosierung, zeitlichen Verlauf und wählt das jeweilige Reservoir aus, da die Reservoirs sich prinzipiell mit verschiedenen Wirk-

1) X.-H. Zhang et al., Appl. Phys. Lett. 91, 092114 (2007)

2) A. C. Arsenault et al., Nature Photonics 1, 468 (2007)

3) J. Meyer et al., Appl. Phys. Lett. 91, 113506 (2007)

Die Wissenschaftler taufen diesen photonischen Kristall P-Ink.

In der elektrochemischen Zelle befindet sich ein organischer Elektrolyt. Liegt eine oxidierend wirkende Spannung an dem P-Ink-Komposit an, setzen die Eisenatome im PFS Elektronen frei, während Anionen des Elektrolyten in das Polymer hineinwandern, um dort den Aufbau der positiven Ladung zu neutralisieren. Diese Ionen bringen das Polymergerüst zum „Wachsen“, sodass es die Mikrokügelchen auseinander drängt. Das reflektierte optische Beugungsmaximum wandert dadurch zu längeren Wellenlängen. Liegt eine reduzierend wirkende Spannung an, kehren sich die Verhältnisse um.

Da sich der Oxidationszustand der P-Ink-Filme kontinuierlich einstellen lässt, verschiebt sich die reflektierte Farbe abhängig von der Spannung. Eine Spannungsänderung von weniger als 2 V deckt ein Spektrum von 425 bis 900 nm ab. Die Farbe stellt sich dabei innerhalb von ein bis zwei Sekunden ein – also noch recht langsam. Hundert Oxidations-Reduktions-Zyklen in Folge verändern Helligkeit und Lage des Farbmaximums kaum. Trotzdem seien laut den Wissenschaftlern noch ausführliche Stabilitätstests notwendig. Auch die Winkelabhängigkeit der Reflexion ist noch ungeklärt.

■ Schlankheitskur für OLEDs

Ein geeignet ausgewähltes Anodenmaterial erleichtert die Fertigung organischer Leuchtdioden.

Organische Leuchtdioden (OLEDs) gelten als viel versprechende Zukunftstechnik, da sie verglichen mit heutigen Flüssigkristallen einen sehr geringen Energiebedarf haben. Allerdings stehen ihrem Einsatz noch einige Hürden im Weg, wie z. B. ihre begrenzte Lebensdauer und die relativ aufwändige Herstellung. Einem Wissenschaftlerteam der TU Braunschweig um Thomas Riedl ist es nun gelungen, eine einfacher strukturierte OLED zu entwickeln, die gegenüber vergleich-



TU Braunschweig

Die in Braunschweig entwickelten vereinfachten OLEDs leuchten im Grünen.

baren OLED-Varianten deutlich bessere Kennzahlen liefert.³⁾ Der Schlüssel zum Erfolg liegt darin, dass die Forscher Löcher direkt in die Leitungsschicht der Leuchtdiode injizieren können.

Eine OLED besteht im Wesentlichen aus einer Leitungs- und einer emittierenden Schicht, die von einer Anode bzw. Kathode begrenzt werden. Um Löcher in die organischen Schichten zu injizieren, müsste die Austrittsarbeit des Anodenmaterials groß sein, da sonst die Energiebarriere zu hoch wäre und damit der Effizienz der OLED schaden würde. Dieses Problem löst man bislang häufig, indem auf eine Anode mit geringer Austrittsarbeit mehrere Schichten aus Materialien mit entsprechend angepassten Austrittsarbeiten folgen, die die Höhe der ursprünglichen Energiebarriere sozusagen in kleinere Stufen zerlegen. Allerdings macht dies die Fertigung komplexer, da typischerweise zwei zusätzliche organische Schichten erforderlich sind.

Die Braunschweiger Forscher identifizierten mit Messungen und Modellierung Wolframoxid mit einer Austrittsarbeit von 6,4 eV als ideales Anodenmaterial, um die Löcher direkt und ohne zusätzliche Schichten injizieren zu können. Bei einer Leuchtdichte von 100 Candela pro Quadratmeter erreichen diese Leuchtdioden eine Leistungseffizienz von 40 Lumen pro Watt und eine Stromeffizienz von 45 Candela pro Ampère. Diese Werte liegen ungefähr 60 Prozent höher als diejenigen, die sich bislang mit vergleichbar einfachen OLED-Strukturen realisieren ließen.

Michael Vogel