

20-Zoll-Monitor aus Plastik

Kaum ein Monat vergeht ohne einen neuen „Durchbruch“ bei den organischen Leuchtdioden (OLED). Die plastikähnlichen Kohlenwasserstoff-Verbindungen sollen Computerbildschirme und Displays preiswerter und energiesparender ma-



Dieser 20-Zoll-Bildschirm besteht aus organischen Leuchtdioden, die mit Dünnschichttransistoren aus amorphem Silizium angesteuert werden. (Quelle: IDTech)

chen. Diesmal sind Wissenschaftler vom IBM-Forschungslabor in Rüschlikon dran: Sie haben mit japanischen und taiwanesischen Kollegen einen 20-Zoll-Bildschirm gebaut, der Dünnschicht-Transistoren (TFT) aus amorphem Silizium mit der OLED-Technologie verheiratet. Auf einer Fachtagung im Mai soll der Monitor präsentiert werden.

Herkömmliche Flüssigkristalldisplays (LCD) bestehen aus Flüssigkristallen, die je nach angelegter elektrischer Spannung das Hintergrundlicht blockieren oder durchlassen. Der Nachteil: lichtschluckende Polarisatoren, lange Schaltzeiten, kleine Sichtwinkel. Der Vorteil: Die LCD-Pixel lassen sich mit Dünnschicht-Transistoren aus amorphem Silizium ansteuern, und die sind billig herzustellen. Die Kombination von amorpher Dünnschicht-Elektronik und Flüssigkristallen hat den TFT-LCD-Bildschirmen den Massenmarkt erschlossen.

Dieser Durchbruch blieb den organischen Leuchtdioden bislang verwehrt. Die rot, grün und blau leuchtende Moleküle ziehen nämlich einen elektrischen Strom. Die geringe Ladungsträgerbeweglichkeit in amorphem Silizium würde jedoch den Strom begrenzen, und das Display würde nur schwach leuchten, glaubte man bisher. Außerdem fürchtete man, der ständige Stromfluss würde den Transistoren schaden.

Die IBM-Forscher haben diese Vorurteile nun widerlegt. Sie fertigten einen 20-Zoll-Farbbildschirm mit 1280×768 Pixeln an, die sie mit amorphen Silizium-TFTs ansteuern. Mit verbesserten organischen Materialien konnten sie die Effizi-

enz der Leuchtpixel steigern. Der Bildschirm verbraucht mit 25 Watt etwa halb soviel Leistung wie ein vergleichbares LCD-Display. Die Farben leuchten so kräftig wie bei einem herkömmlichen Computer-Monitor. Details wollen die Wissenschaftler allerdings noch nicht verraten. Manchmal sei es einfach wichtig, eingetretene Pfade zu verlassen, sagt Chefentwickler Walter Riess. Noch ist die Herstellung der organischen Pixel recht aufwändig. Sollte es aber gelingen, die Dünnschicht-Technologie mit neuen Verfahren zur OLED-Herstellung zu kombinieren¹⁾, könnten die OLED-Flachbildschirme den LCD-Displays bald Konkurrenz machen.

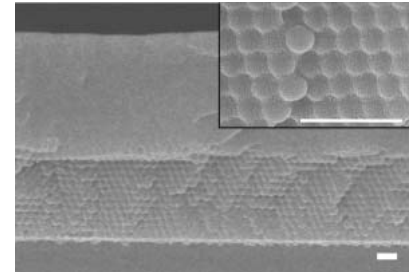
Chamäleon-Tinte

Kinder spielen gerne mit Geheimtinte aus Zitronensaft, die beim Trocknen verschwindet und beim Erwärmen wieder sichtbar wird. Polymerphysiker und Chemiker treibt – auf einem fortgeschrittenen Niveau – ähnliches um. An der University of Toronto haben Wissenschaftler eine Tinte entwickelt, die auf Knopfdruck ihre Farbe wechseln kann. Die Zaubertinte besteht aus einer kolloidalen Lösung mit knapp $300 \mu\text{m}$ dicken Quarzkügelchen. Beim Auftragen auf ein Glasscheibchen ordnen sich die Kügelchen von selbst in einer dichten Kugelpackung an (fcc-Struktur). Auf diese Weise entsteht ein photonischer Kristall, der wie ein Opal bevorzugt das Licht einer bestimmten Wellenlänge reflektiert.

Den variablen Farbeffekt erreichten André Arsenault und seine Kollegen, indem sie die Zwischenräume des photonischen Kristalls mit einem Polymer-Gel (PFS) füllten. Durch Zugabe verschiedener Lösungsmittel dehnte sich das Gel unterschiedlich stark aus und veränderte die Gitterkonstante des photonischen Kristalls. Dadurch schimmerte die Tinte in unterschiedlichen Farben zwischen orange und infrarot. Nach dem Trocknen wird wieder die ursprüngliche Farbe reflektiert. Der Farbwechsel dauerte jeweils weniger als eine Sekunde. Mit einer angelegten Spannung ließ sich außerdem steuern, wie viel Lösungsmittel das polare Gel aufnimmt. Dadurch ist auch eine elektronische Steuerung der Farbe möglich.²⁾

Für das Schreiben auf Papier ist

die „Photonische Tinte“ noch nicht geeignet, zumal ein Reservoir für das Lösungsmittel verfügbar sein muss. Eher lassen sich biegsame Displays mit der neuartigen Flüssigkeit beschriften. Auch optische Schalter, die auf Knopfdruck bestimmte Wellenlängen blockieren, sind nach Ansicht der Autoren



Ein photonischer Kristall, dessen Gitterkonstante sich chemisch steuern lässt, dient als farbwechselnde Tinte. Die Vergrößerung zeigt die wohlgeordnete Kugelpackung; der Balken ist einen Mikrometer lang. (Foto: Arsenault et al., Univ. Toronto)

denkbar. Um das Farbspektrum zu erweitern, müssen Quarzkügelchen mit anderen Durchmessern verwendet werden.

Atomphysiker messen Herzströme

Nicht nur die Erde, auch der Mensch strahlt magnetische Felder ab. Sie werden von elektrischen Strömen im Gehirn und im Herzen hervorgerufen. Das stärkste biomagnetische Feld – es kommt vom Herzschlag – beträgt zwar nur 100 Picotesla, etwa ein Millionstel der Stärke des Erdmagnetfelds. Doch mit hochsensitiven Sensoren lassen sich sogar Magnetfelder dieser Größenordnung messen. Mithilfe von SQUIDS (Superconducting quantum interference devices) erstellen Ärzte Magnetokardiogramme (MKG) des Patienten und berechnen daraus die Stromverteilung im Herzen. Die SQUIDS müssen während der Messung allerdings mit flüssigem Helium gekühlt werden. Das ist aufwändig und teuer. Zwei Forschungsgruppen haben nun ein Verfahren für die Magnetokardiographie entwickelt, das mit der Genauigkeit der SQUIDS konkurrieren kann – und bei Raumtemperatur funktioniert.

Der Sensor, den Georg Bison, Robert Wynands und Antoine Weis von der Universität Fribourg in der Schweiz gebaut haben, kombiniert

1) s. Physik Journal, April 2003, S. 16

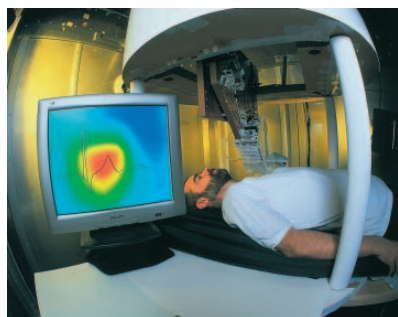
2) A. Arsenault et al., Advanced Materials 15, 503 (2003)

3) G. Bison, R. Wynands und A. Weis, Appl. Phys. B 76, 325 (2003)

4) K. Kominiš et al., Nature 422, 596 (2003)

5) R. Fiederling et al., Appl. Phys. Lett. 82, 2160 (2003)

Techniken aus der Atom- und Laserphysik.³⁾ Er besteht aus einer wenige Zentimeter langen Glasküvette, die mit Cäsiumdampf gefüllt ist. Die Idee beruht darauf, den Spin der Alkaliatome als magnetische Sensoren zu verwenden. Die Atome werden von dem polarisierten Laserstrahl optisch in einen ausgewählten Spinzustand gepumpt. Das magnetische Feld einer Helmholtzspule dient als Quantisierungsachse. Radiofrequenzstrahlung sorgt dafür, dass die Atome periodisch zwischen zwei Spinzuständen hin und her wechseln. Diese Oszillation lässt sich mithilfe von Laserlicht nachweisen. Überlagert man dem Sensor nun ein weiteres



Robert Wynands im Selbstversuch mit dem neuartigen Sensor für schwache Magnetfelder (Foto: SNF)

kleines Magnetfeld – zum Beispiel das Herzmagnetfeld –, ändert sich die Frequenz des oszillierenden Signals. „Der Sensor funktioniert wie eine Atomuhr, die durch das Herzmagnetfeld aus dem Takt gebracht wird“, erklärt Robert Wynands.

Um die hohe Genauigkeit zu erreichen, mussten die Forscher äußere Magnetfelder gut abschirmen und mithilfe eines zweiten, eine Handbreit vom Patienten entfernten Sensors eine Differenzmessung ausführen. Dennoch ließen sich die Rauschsignale der Stromversorgung bei 50 Hz und der Schweizer Eisenbahn bei 16 2/3 Hz nicht komplett unterdrücken. Das Ergebnis kann sich gleichwohl sehen lassen. Nach der Bearbeitung mit einem Softwarefilter erreichten die Forscher eine Genauigkeit von 100 Femtotesla nach einer Sekunde Mittelungszeit. SQUIDS liegen zwischen 1 und 100 Femtotesla. Amerikanische Physiker von der Princeton-Universität haben mit einer ähnlichen Apparatur sogar eine Genauigkeit von 0,5 Femtotesla erreicht.⁴⁾ Damit ließen sich auch die Magnetfelder der schwachen Hirnströme messen – allerdings nur in aufwändig abgeschirmten Räumen.

Licht vom Spin

Gleich zwei Forschungsrichtungen träumen derzeit davon, die konventionelle Elektronik zu revolutionieren: Photonik und Spintronik. Die Vision der Photonik ist eine „Elektronik mit Licht“, die Spintronik hat es auf den Spin der Leitungselektronen abgesehen. Würzburger Physiker haben jetzt untersucht, wie man den Spin der Elektronen besonders effizient nachweisen kann. Die Lösung: eine vertikal emittierende „Spin-Leuchtdiode“, deren Licht je nach Spin der injizierten Elektronen unterschiedlich polarisiert ist.

Ziel der Spintronik ist es, den Spin der Ladungsträger als zusätzliche Informationseinheit zu nutzen. Die Herausforderung besteht darin, die Spins der Elektronen gezielt einzustellen, zu manipulieren und auszulesen. Die naheliegendste Lösung, spinpolarisierte Elektronen zu erzeugen, sind Ferromagneten, in denen die Ladungsträger von vornherein polarisiert sind. Allerdings taugen diese metallischen Materialien nicht für eine Halbleiterelektronik mit Transistoren und Dioden. Laurens Molenkamp und seine Mitarbeiter haben deshalb vor vier Jahren eine Sandwichstruktur hergestellt, in der spinpolarisierte Elektronen aus einem semimagnetischen Halbleiter in einen nichtmagnetischen Halbleiter injiziert werden. Die nichtmagnetische Halbleiterschicht diente gleichzeitig als aktive Schicht einer Leuchtdiode. Anhand der Polarisation des abgestrahlten Lichts konnten die Wissenschaftler auf die Spinpolarisation der Ladungsträger schließen.

In ihren jüngsten Experimenten hat Molenkamps Gruppe nun die optimale Geometrie für die Spin-LED untersucht. Beobachtet man senkrecht zur Sandwichstruktur, deutet zirkular polarisiertes Licht auf spinpolarisierte Ladungsträger hin. Seitlich abgestrahltes Licht enthält dagegen keine Information über den Spinzustand. Die Würzburger Physiker detektierten 70 Prozent zirkular polarisiertes Licht. Berücksichtigt man die Spin-Relaxation in der Halbleiterschicht, kann man von einer nahezu perfekten Spin-Injektion ausgehen.⁵⁾ Mit der Spin-LED steht der Spintronik nun ein Bauteil zum effizienten Nachweis der Spins zur Verfügung – bislang aber nur bei einer Temperatur von wenigen Kelvin.

MAX RAUNER