

■ Gedruckte Leuchte

Lichtemittierende elektrochemische Zellen lassen sich auf Folien einfacher herstellen als OLEDs.

Die künftige Beleuchtungstechnik wird nicht mehr aus Punktlichtquellen bestehen, sondern aus Flächenstrahlern. Dadurch wird die Raumbelichtung zu einem Bestandteil von Decken, Wänden oder Möbeln und ist nicht mehr zwangsläufig ein separates Designelement. Vor allem der technische Fortschritt bei organischen

pro Watt im grünen Spektralbereich bei einer Leuchtdichte von 600 Candela pro Quadratmeter. Bis zur Marktreife müssen Effizienz und Lebensdauer der LECs noch deutlich steigen. Zudem müssen die Forscher für den Übergang zu größeren Kacheln Wege finden, damit das emittierte Licht homogen über die Fläche verteilt bleibt.

■ Speicherchip auf Diät

Spannungsgesteuerte MRAMs benötigen deutlich weniger Energie.

Magnetische Speicherchips (MRAMs) gelten seit den 90er-Jahren als mögliche Nachfolger heutiger Speicherchips. MRAMs sind nichtflüchtig wie Flash-Speicher, die zum Beispiel in Smartphones oder Digitalkameras stecken, und lassen sich wie DRAMs, die in Computern als Arbeitsspeicher dienen, beliebig oft beschreiben. Eine Miniaturisierung und niedrige Fertigungskosten vorausgesetzt, könnte die MRAM-Technik also künftig DRAM und Flash ersetzen. Allerdings ist dafür noch viel Entwicklungsarbeit erforderlich.

Als Hoffnungsträger bei der weiteren Miniaturisierung der MRAMs gilt der Spin-Transfer-Torque-Effekt, bei dem die Magnetisierung durch den Spin der Elektronen im Steuerungsstrom kontrolliert wird. Wissenschaftler der University of California in Los Angeles haben dagegen ein Labormuster präsentiert, bei dem sie die Magnetisierung über die Spannung schalten.¹⁾ Im Vergleich zur strombasierten Steuerung ist der Energieaufwand zehnmal geringer, denn der Spin-Transfer-Torque-Effekt bringt relativ hohe ohmsche Verluste mit sich. Zudem erfordern MRAMs relativ große Transistoren, um den Steuerungsstrom zu schalten, was der Integrationsdichte abträglich ist.

Die Forscher verwenden für ihr Labormuster magnetische Tunnelkontakte. Bei ihnen liegt ein dielektrisches Metalloxid zwischen zwei ferromagnetischen Schichten. Zwischen diesen bildet sich eine magnetische Anisotropie

mit senkrechter Komponente aus. In einer der beiden Schichten ist die Magnetisierung fix, die andere lässt sich durch einen Strom oder eine Spannung verändern. Um das externe Magnetfeld zu vermeiden, lassen die Wissenschaftler durch ihren MeRAM (Magneto-electric RAM) getauften Baustein einen schwachen Strom fließen. Dieser ist zu klein für den Spin-Transfer-Torque-Effekt, wirkt aber auf die frei magnetisierbare Schicht wie ein spannungsabhängiges äußeres Magnetfeld.

■ Optik à la Radar

Phasengesteuerte Nanoantennen eröffnen neue Anwendungen.

In der Funk- und Radartechnik sind phasengesteuerte Antennenfelder Standard. Solche „Phased Arrays“ bestehen aus einzelnen Strahlern mit unterschiedlicher Phasenlage zueinander. Die emittierten elektromagnetischen Wellen interferieren, sodass das Antennen-Array im Fernfeld eine gemeinsame Strahlungscharakteristik aufweist. Sie ist elektronisch einstellbar, also rasch änderbar.

Was bei Radar, Richtfunk, Rundfunk und Radioastronomie klappt, ist prinzipiell auf den optischen Bereich übertragbar. Da die charakteristischen Wellenlängen dort je-



Ein- und ausgeschaltete LECs auf der Versuchsanlage bei Osram – gedruckt auf einer Endlosfolie

Leuchtdioden (OLEDs) nährt diese Hoffnung. Ausreichend helle und langlebige OLEDs auf Glasträgern erreichen gerade die Marktreife. Zwar lassen sich OLEDs prinzipiell drucken, allerdings sind die erforderlichen dünnen Schichten nicht massenhaft in gleichbleibender Qualität zu fertigen.

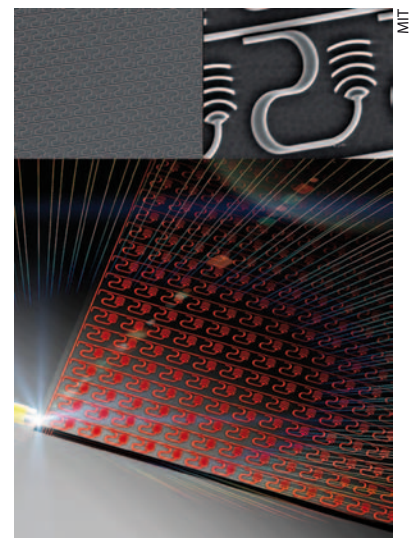
Im Vergleich zu OLEDs sind lichtemittierende elektrochemische Zellen (LECs) toleranter gegenüber dem Fertigungsprozess. Sie sind ähnlich aufgebaut wie OLEDs, besitzen aber frei bewegliche Ionen in ihrer aktiven Schicht. Liegt eine äußere Spannung an, ordnen sich die Ionen in nanometerdünnen Doppelschichten an den Elektroden an und ermöglichen es, Elektronen beziehungsweise Löcher effizient zu injizieren. Letztlich bildet sich ein pn-Übergang unabhängig von der Dicke der aktiven Schicht aus.

Wissenschaftlern von Osram ist es zusammen mit mehreren Projektpartnern gelungen, LECs in einer Größe von $15 \times 14 \text{ cm}^2$ mit einer Versuchsanlage auf Folien zu drucken. Die Labormuster erreichten eine Effizienz von 17 Lumen

1) J. G. Alzate et al., Tech. Dig. IEEE Int. Electron Devices Meet. **2012**, 681 (2012); P. Khalili Amiri et al., J. Appl. Phys. **113**, 013912 (2013)

2) J. Sun et al., Nature **493**, 195 (2013)

3) S. Y. Chou et al., Optics Express **21**, A60 (2013)



Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop (oben) zeigen die einzelnen Antennen, die künstlerische Darstellung (unten) das Array.

doch um Größenordnungen kleiner sind, gilt es, optische Antennen-Arrays auf Chipbasis aufzubauen. Die Anforderungen an die Präzision der Fertigung sind hoch, andererseits erlaubt die Halbleiterfertigung sehr hohe Integrationsdichten. Bislang gab es daher nur ein- oder kleine zweidimensionale optische Antennen-Arrays. Wissenschaftler des Massachusetts Institute of Technology haben nun ein Array mit 64 mal 64 Antennen vorgestellt.²⁾ Sie haben die Antennen aus Silizium gefertigt, also kompatibel zur etablierten CMOS-Technologie.

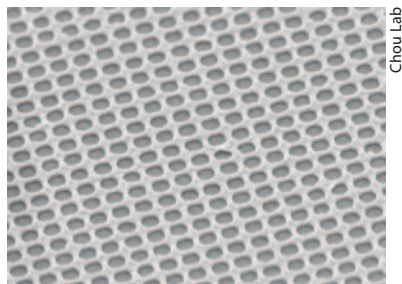
Jedes Element des Arrays besteht aus einer Nanoantenne, um die Strahlungsleistung zu emittieren, und aus zwei optischen Verzögerungsstrecken, um die Phase des ankommenden Lichts anzupassen. Ein Laserstrahl mit 1,55 μm wird in einen Siliziumwellenleiter auf dem Chip und von dort evaneszent in die Wellenleiter der Antennenreihen eingekoppelt. Integrierte passive Bauelemente stellen sicher, dass jede Antenne die gleiche optische Strahlungsleistung bekommt.

Die Forscher konnten mit diesem Aufbau eine einfache optische Abbildung erzeugen, die sie zuvor am Rechner simuliert hatten. Außerdem zeigten sie anhand eines 8 \times 8-Antennen-Arrays, dass die Phase der emittierten Strahlung über die Dotierung der Verzögerungsstrecke dynamisch abstimmbaar ist. So lässt sich die Strahlungscharakteristik des Arrays dynamisch verändern, was interessant für Anwendungen in der Kommunikation, für LADAR (Laser Detection and Ranging) oder für die biomedizinische Bildgebung ist.

■ Nachbrenner für Solarzellen

Eine Anode mit plasmonischen Eigenschaften ermöglicht Solarzellen mit höherem Wirkungsgrad.

Für effizientere Dünnschicht-Solarzellen sind drei Dinge erstrebenswert: eine höhere Einkopplung des Lichts in die Zelle, eine stärkere Absorption in der aktiven Schicht, die dünner als die klassische Absorp-



Chou Lab

Ein Netz aus Gold dient in der neuen Solarzelle als Anode.

tionslänge ist, sowie der Ersatz der transparenten ITO-Elektrode (Indiumzinnoxid), die in organischen Solarzellen derzeit die teuerste Komponente darstellt. Das Problem: An jeder Grenzfläche zwischen Luft und Solarzelle sowie innerhalb der Solarzelle kommt es zu Reflexionen, durch die ein wesentlicher Anteil des Lichts die Zelle wieder verlässt, bevor es Elektron-Loch-Paare erzeugen kann. Wissenschaftler der Princeton University haben nun eine organische Solarzelle entwickelt, die bei allen drei Anforderungen deutliche Verbesserungen ermöglicht.³⁾ Sie fertigten Labormuster mit einer aktiven Fläche von 3 \times 3 mm². Auf einen 4-Zoll-Glaswafer prägten sie dazu nanolithografisch ein Netz aus Gold, das in der Solarzelle als Anode dient. Die Elektrode ist nur 30 nm dick und weist Löcher mit 175 nm Durchmesser auf. Als Kathode fungiert eine Aluminiumschicht. Zwischen den Elektroden befindet sich die 85 nm dicke aktive Polymerschicht der organischen Solarzelle.

Das Labormuster ermöglicht eine Lichteinkopplung und Absorption – also einen Lichtanteil, der in der Zelle verbleibt – von rund 90 Prozent. Bei standardisierter Sonneneinstrahlung beträgt der Leistungswirkungsgrad 4,4 Prozent – 52 Prozent mehr als eine vergleichbare Referenzzelle mit klassischer ITO-Anode. Auch auf sehr schräg einfallendes oder polarisiertes Licht sprach die Zelle an – mit 175 Prozent fiel diese Steigerung gegenüber der ITO-Zelle sogar noch deutlicher aus. Zudem hat die neue Anodenstruktur einen um den Faktor 4,5 geringeren Widerstand pro Fläche als eine ITO-Anode.

Michael Vogel

DER CALLISTER JETZT AUCH AUF DEUTSCH KANN'S



W. D. CALLISTER
D. G. RETHWISCH

Übersetzungsherausgeber:
M. Scheffler

Materialwissenschaften und Werkstofftechnik Eine Einführung

ISBN: 978-3-527-33007-2
November 2012
ca. 1100 S. mit ca. 1200 Abb.,
davon 800 in Farbe Gebunden

Der „Callister“ bietet für Hauptfachstudenten an Universitäten und Fachhochschulen den gesamten Stoff der Materialwissenschaften für den Bachelor und das beginnende Masterstudium.

Das Buch ist auch perfekt als Lehrbuch in Wahlpflichtvorlesungen für Nebenfachstudenten geeignet.

€ 69,- Einführungspreis
bis 15.11.2013 - danach € 79,-

Wiley-VCH • Tel. +49 (0) 62 01-606-400
E-Mail: service@wiley-vch.de
Irrtum und Preisänderungen vorbehalten.
Stand der Daten: Oktober 2012

 WILEY-VCH