

■ Richtiges Weiß

Erstmals erfüllt eine für Beleuchtungszwecke geeignete OLED internationale Farbstandards.

Organische Leuchtdioden (OLEDs) sind vielversprechende Kandidaten für die Allgemeinbeleuchtung der Zukunft. Mit ihnen wären flächige Büro- oder dekorative Ladenbeleuchtungen möglich. Dabei sind



BASF

OLEDs für Beleuchtungszwecke erfordern noch einiges an Forschungsarbeit.

sie nicht nur sparsamer im Verbrauch als Energiesparlampen, sondern auch transparent und künftig elastisch, was neue Anwendungen eröffnen würde. Für Beleuchtungszwecke eignen sich allerdings nur phosphoreszierende OLEDs, fluoreszierende, die heute z. B. in Displays Verwendung finden, haben eine zu geringe Quantenausbeute.

Forscher von BASF und Osram Opto Semiconductors haben nun gemeinsam eine OLED entwickelt, die eine Lichtausbeute von über 60 Lumen pro Watt erreicht und den internationalen Farbstandard Energy Star SSL erfüllt. Um den dort vorgegebenen Weiß-Korridor zu erreichen, legten die Wissenschaftler ihr Augenmerk auf den blauen Emitter, denn die roten und grünen Emitter, die für das Weißlicht ebenfalls erforderlich sind, gibt es bereits am Markt.

Als die Farbe mit der höchsten Frequenz verglichen mit Rot und Grün müssen geeignete tiefblaue Emittermaterialien Triplett-niveaus von mehr als 2,5 eV aufweisen. Diese Werte liegen jedoch in der Größenordnung der Bindungsenergie, was die Lebensdauer der heutigen Emitter begrenzt. Die BASF- und Osram-Forscher arbeiten daher mit phosphoreszierenden Iridium-Carben-

Komplexen, mit denen sie eine Matrix aus organischen Halbleitern dotieren. In der Abstimmung der Eigenschaften dieser Materialien liegt der Schlüssel zur Langlebigkeit des blauen Emitters. Denn in den nanometerdicken Schichten muss die Ladungsträgerbalance optimal sein: Wenn die Ladungsträger sich stauen, sinkt die Effizienz oder die Lebensdauer drastisch.

BASF und Osram wollen den blauen Emitter weiter optimieren. Denn erst wenn eine weiße OLED eine Betriebsdauer von mindestens 10 000 Stunden erreicht, lässt sich daraus ein Produkt für Beleuchtungszwecke machen.

■ Singende Fahnen

Dünne Schichten aus Kohlenstoff-Nanoröhren sind ideale Lautsprecher.

Lautsprecher bestehen im Prinzip aus einer trichterförmigen Membran, an deren Ende eine Schwing-spule befestigt ist. Diese liegt im Feld eines Permanentmagneten. Chinesische Wissenschaftler der Universität Tsinghua in Beijing und der Beijing Normal University haben festgestellt, dass sich Lautsprecher aus Kohlenstoff-Nanoröhren (CNT) bauen lassen – ganz ohne bewegliche Teile oder Magnete.¹⁾

Die Forscher verbanden Folien aus parallel ausgerichteten CNT mit zwei Elektroden. Die Klangqualität dieses einfachen Lautsprechers untersuchten sie mit einem Audioanalysator. Fazit: große Frequenzbandbreite, hohe Schalldruckpegel und geringer Klirrfaktor. Durch Tests ermittelten sie, dass ein einschichtiger CNT-Lautsprecher Leistungs-

dichten von 50 000 W/m² aushält. In einer Hinsicht verhalten sich die Folien anders als ihre konventionellen Gegenstücke: Sie verdoppeln die Ausgangsfrequenz gegenüber der Eingangsfrequenz, weshalb ein kommerzieller Audioverstärker keinen gewohnten Klangeindruck liefert. Dies lässt sich durch einen entsprechend angepassten Verstärker lösen.

Durch ihre Untersuchungen kommen die Wissenschaftler zu dem Schluss, dass CNT-Lautsprecher nicht schwingen, sondern Schall durch den thermoakustischen Effekt erzeugen: Der Wechselstrom erwärmt die dünnen Schichten und löst dadurch eine Temperaturoszillation aus, die sich in der Umgebungsluft als Druckschwankung äußert. Da beide Hälften des Wechselstroms zur Erwärmung beitragen, würde dies auch erklären, warum sich die Eingangsfrequenz verdoppelt.

CNT-Lautsprecher sind dehnbar, transparent und elastisch – das macht sie für völlig neue Anwendungen interessant: z. B. Lautsprecher, die direkt auf einem Display aufliegen oder die auf Fahnen im Wind flattern. Selbst Tapeten, Fenster oder Kleidung lassen sich damit belegen, denn allein ein einziger Vier-Zoll-Wafer mit Kohlenstoffröhren liefert eine 10 cm breite und 60 m lange Folie.

■ Ökologisch korrekt

Eine Pilotanlage in Spanien erzeugt Wasserstoff mithilfe von Sonnenenergie.

Wasserstoff kann in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Energiewirtschaft leisten. Der Weg dahin ist allerdings noch weit. Bislang gilt die Elektrolyse als das Verfahren der Wahl, um Wasserstoff zu erzeugen. Nun ist es Wissenschaftlern des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln erstmals gelungen, das Gas in einer 100-kW-Pilotanlage mit Sonnenenergie in einem thermodynamischen Kreisprozess zu produzieren. An dem Projekt



Nano Letters

Lautsprecher aus Kohlenstoff-Nanoröhren funktionieren auch, wenn sie im Wind wehen.

1) L. Xiao et al., Nano Lett., Online-Ausgabe, DOI: 10.1021/nl802750z

2) N. K. Gupta et al., Appl. Phys. Lett. 93, 193511 (2008)



An der erleuchteten Stelle tritt das Sonnenlicht in den Absorber des Solarturms ein.

wirken Entwickler aus Dänemark, Griechenland, Großbritannien und Spanien mit. Die Pilotanlage steht bei Almería in Andalusien, wo in großem Stil an der Nutzung der Sonnenenergie industrienah geforscht wird.

In der Anlage der DLR-Wissenschaftler sammelt ein Heliostatenfeld die Sonnenstrahlung, um die zwei Reaktormodule zu erhitzen, die jeweils einen halben Quadratmeter groß sind. Sie bestehen aus einer porösen Keramik, die mit einem Metalloxid beschichtet ist. Durch die Kanäle strömt Wasserdampf. Das Aussehen der Module erinnert an einen Autokatalysator.

Das Metalloxid auf der Oberfläche wirkt jedoch nicht als Katalysator, sondern senkt die freie Enthalpie der Wasseraufspaltung auf negative Werte ab; Wasserstoff entsteht. Der dabei freiwerdende Sauerstoff oxidiert das Metalloxid höher und wird gebunden, lässt sich allerdings durch passende Umgebungsbedingungen wieder austreiben. Dazu muss die Temperatur von 800 auf 1200 °C erhöht werden, also mehr Sonnenenergie vom Heliostatenfeld auf den Absorber fallen. Während also ein Modul Wasserstoff erzeugt, wird das zweite regeneriert.

In den kommenden Monaten wollen die DLR-Forscher nun die Pilotanlage unter realen Bedingungen testen und optimieren. Erst dann lässt sich auch der Wirkungsgrad bestimmen. Der Sprung aus dem Labor zu dieser Pilotanlage ist aber anspruchsvoller als der spätere Schritt zu einer Anlage im Megawattbereich, da die 100-kW-Pilotanlage skalierbar ist.

■ Bewegungslos pumpen

Das Mineral Klinoptilolith bildet das Herzstück einer Mikropumpe.

Seit mehr als zwei Jahrzehnten helfen Mikropumpen, winzige Gas- oder Flüssigkeitsmengen exakt zu dosieren. Anwendung finden sie z. B. in der Gaschromatographie oder beim Aufspüren von Kampfmitteln. Die meisten Pumpen arbeiten mit beweglichen Teilen, was Probleme bei der Miniaturisierung bereitet: Der relative Anteil der Reibungskräfte steigt, weil das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen wächst. Naveen Gupta und Yogesh Gianchandani von der University of Michigan in Ann Arbor haben ein Pumpenprinzip ersonnen, das dieses Problem umgeht.²⁾

Die beiden Wissenschaftler nutzen das natürlich vorkommende Mineral Klinoptilolith, dessen Poren ein dichtes Netz aus Nanokanälen mit Durchmessern von etwa 0,45 nm ($> 10^{14}$ Poren/cm²) bilden. Damit erreicht das Mineral Werte, die lithographisch derzeit nicht zu meistern wären.

Für ihren Demonstrator setzen sie zwei Scheiben (2,3 mm Dicke, 48 mm Durchmesser) des zu den Zeolithen gehörenden Minerals auf eine Widerstandsheizfolie und packen den Aufbau in eine thermisch isolierende PVC-Hülle. Das Gerätchen arbeitet nach dem Prinzip der Knudsen-Pumpe: Die mittlere freie Weglänge des Gases ist größer als die Gefäßabmessungen; bei Zimmertemperatur funktioniert eine solche Pumpe nur mit Kanälen, deren Durchmesser höchstens 100 nm beträgt. Aufgrund der thermischen Effusion driften die Moleküle in den Kanälen vom kühleren zum wärmeren Ende.

Die Wissenschaftler erreichen im Labor einen Gasdurchsatz von $6,6 \cdot 10^{-3}$ cm³/(min · cm²) bei einer hineingesteckten Leistung von weniger als 300 mW/cm². Mehrstufige Knudsen-Mikropumpen könnten ihrer Ansicht nach 0,005 bis 0,02 cm³/(min · cm²) mit Leistungsdichten von etwa 1 W/cm² erzielen.

Michael Vogel