

## ■ Strom und Licht vom Autodach

**Transparente OLEDs und Solarzellen ermöglichen neue Gestaltungskonzepte für Fahrzeuge.**

Die organische Elektronik wird die Nutzung elektronischer Bauteile verändern, weil man mit ihr preislich in günstigere Dimensionen vorstoßen kann und sie Anwendungen erlaubt, die bislang mit einer Siliziumelektronik nur schwer oder gar nicht möglich sind.



Sechseckige Elemente aus OLEDs und organischen Solarzellen sind in diesem Konzeptfahrzeug ins Autodach integriert.

Wissenschaftler der BASF und Philips haben kürzlich gemeinsam ein neues Beleuchtungs- und Gestaltungskonzept für Fahrzeuge vorgestellt, das organische LEDs (OLEDs) und organische Solarzellen miteinander kombiniert. In das Dach eines Konzeptfahrzeugs integriert kann diese Zellen-OLED-Kombination Solarstrom für das Bord-Entertainment oder eine Lüftung bereitstellen sowie bei Nacht als Innenraumbelichtung dienen. Solarzelle und OLED stecken in Sandwichbauweise im Dach und sind jeweils zwischen zwei Glasplatten eingekapselt.

Ausgangspunkt für die OLEDs war ein nicht transparentes Labormuster. Die spiegelnde Aluminiumschicht der OLEDs ersetzen die Forscher durch eine integrierte Prismenstruktur, die transparent ist und eine Effizienz bei der Lichtauskopplung von 50 bis 60 Prozent erreicht. OLEDs mit der Aluminiumschicht erreichen mehr als 80 Prozent Effizienz. Als transparente Elektrodenmaterialien dienen Indiumzinnoxid (Anode) und Silber (Kathode). Die größte Hürde für die nur 1,8 mm dünnen OLEDs

war eine dauerhafte Versiegelung gegenüber Umwelteinflüssen; auch ihre Lebensdauer ist geringer als bei konventionellen OLEDs.

Als Solarzelle dient eine Abwandlung einer Grätzel-Zelle, bei der ein organischer Farbstoff das einfallende Licht absorbiert. Anders als die Grätzel-Zelle arbeitet die vorliegende elektrochemische Solarzelle mit einem festen Elektrolyten. Sie erreicht eine Effizienz von etwa vier Prozent bei einer Transparenz von rund 20 Prozent. Auch bei der Solarzelle ist die Lebensdauer noch der limitierende Faktor.

## ■ Kraftwerk für die Piste

**Ein Skihelm mit integrierten Solarzellen versorgt Handy und Headset auf der Piste mit Energie.**

In Zukunftsvisionen mit allgegenwärtigen Computern gilt Hardware, die in Kleidungsstücke integriert ist, als beliebtes Szenario. Viele der bislang präsentierten Anwendungen sind aber noch reine Forschung. Ein Projektteam, dem Mitarbeiter des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin, der Radebeuler Firma Texsys und der TU Berlin angehören, hat einen Skihelm mit Bedienhandschuh vorgestellt, der einer Systemlösung sehr nahe kommt. Der konventionelle Helm ist mit Solarzellen für die Stromerzeugung bestückt. Integriert in sein Innenleben sind Akku, Regelungselektronik und Kopfhörer. Im Kinnriemen steckt ein Mikrofon. Ein Handy lässt sich über Bluetooth anbinden. Sein Be-



Die Solarzellen auf dem Skihelm sind verkapselt und seiner Kontur angepasst.

sitzer kann es über den Handschuh bedienen, der ebenfalls per Funk kommuniziert.

Bei den Solarzellen handelt es sich um Rückseitenkontaktzellen, deren Ströme über ein engmaschiges Gitter auf der Unterseite abgeführt werden. Dieses Gitter ist mechanisch relativ stabil, was die Projektbeteiligten sich zunutze machten: Sie zersägten die Wafer monokristalliner Silizium-Rückseitenkontaktzellen in Streifen. Diese durchtrennten sie durch äquidistante Schnitte so weit, dass das Rückseitenkontaktgitter unbeschädigt blieb. Die Solarzellen passen sich dann gut der Kontur des Helms an. Als Schutz vor äußeren Einflüssen ist das Modul in einer durchsichtigen Kunststoffschale mit Silikon vergossen. Die Zellen haben einen Wirkungsgrad von mehr als 20 Prozent und bedecken eine Fläche von rund 100 Quadratzentimetern, sodass sie maximal zwei Watt Leistung erbringen.

Einerseits kann der Nutzer so in der Mittagspause den Handy-Akku über ein Kabel laden, andererseits versorgen die Solarzellen die in Handschuh und Helm integrierten Verbraucher. Damit bei extremen Temperaturen genügend Energie zur Verfügung steht, arbeitet die Regelelektronik temperaturgesteuert.

## ■ Silizium statt Saphir

**Die Fertigung von Gallium-Nitrid-Leuchtdioden profitiert künftig stärker von Skaleneffekten.**

Leuchtdioden sind zwar inzwischen in der Alltagsbeleuchtung angekommen, aber die Technologie ist noch so jung, dass es bei den Leistungsdaten und Fertigungsprozessen immer wieder Fortschritte gibt, die zu niedrigeren Preisen führen. Nun ist es Forschern von Osram Opto Semiconductors gelungen, Prototypen blauer und weißer LEDs herzustellen, bei denen sie die lichtemittierenden Gallium-Nitrid-Schichten auf Silizium- statt auf Saphir-Wafern wachsen lassen. Silizium-Wafer sind in der Herstellung fünf- bis zehnmals günstiger, zudem

1) C. Weichsel et al., J. Appl. Phys. 2012 (angenommen)



Osram Opto Semiconductors

Osram fertigt seine Hochleistungs-LED-Chips auf InGaN-Basis heute auf Wafern mit 150 mm Durchmesser.

gibt es sie standardmäßig bis zu einer Größe von 300 mm, während Saphir-Wafer nur Durchmesser von 50 bis 150 mm haben.

Zwei Probleme galt es dafür zu lösen: Zunächst mussten die Forscher durch spezielle Schichtstrukturen defektarme Epitaxieschichten erzeugen, um das Kristallgitter an das Silizium anzupassen. Das größere Problem stellten jedoch die sehr unterschiedlichen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten von GaN und Silizium dar, da die Epitaxie bei Temperaturen von über 1000 °C abläuft. Sie unterscheiden sich in der thermischen Ausdehnung um einen Faktor zwei, während Saphir und GaN relativ ähnliche Werte aufweisen. Die Forscher bedienten sich eines Verfahrens, das nun erstmals mit Blick auf eine Massenfertigung angewandt wurde: Sie lassen Schichtstrukturen so wachsen, dass das System während der Epitaxie bereits mechanisch verspannt ist, sodass es bei der späteren Abkühlung relaxiert.

Der Prototyp einer blauen LED in einem 1-mm<sup>2</sup>-Gehäuse erreicht bei 3,15 V Spannung eine Leistungseffizienz von 58 Prozent. Kombiniert mit einem Phosphorkonverter im Standardgehäuse, also als weiße LED, entspricht das 140 Lumen bei 350 mA mit einer Effizienz von 127 lm/W bei 4500 K. Erste Leuchtdioden auf Silizium sind schon in den kommenden zwei Jahren denkbar.

## ■ Wärmere Farben

**Das Licht organischer Leuchtdioden nähert sich gewohnten Farbtönen und -qualitäten.**

Bei der Beleuchtung dominieren nach wie vor Glühbirnen und Leuchtstoffröhren. LEDs setzen sich erst langsam durch, OLEDs sind noch weit von der Alltagstauglichkeit entfernt. Beiden LED-Technologien gehört aber zweifellos die Zukunft. Dass gerade Glühbirnen nach wie vor sehr beliebt sind, liegt auch an ihrem warmweißen Licht. Manche Menschen stören sich an den kälteren Farbtönen der Leuchtstoffröhren. Technisch gesprochen weisen Leuchtstoffröhren einen geringeren Farbwiedergabeindex auf und liegen in der Normfarbtafel zu weit von der Kurve eines Schwarzkörperstrahlers entfernt.

Dieses Problem haben weiße OLEDs in noch viel stärkerem Maße. Einer Arbeitsgruppe um Karl Leo von der TU Dresden ist es gelungen, ein Labormuster einer weißen OLED zu entwickeln, die in der Normfarbtafel relativ nahe der Schwarzkörperkurve liegt.<sup>1)</sup> Der Farbwiedergabeindex der OLED erreicht einen Wert von 82 – Glühbirnen liegen bei fast 100, Leuchtstoffröhren zwischen 70 und 90. Für ihre weiße OLED verwendeten die Forscher vier unterschiedliche Leuchtstoffe in den Emitterschichten, um mit den Farben Blau, Grün, Gelb und Rot das gesamte sichtbare Spektrum abzudecken. Die Wahl der Schichtdicken steuerte Farbton und Farbqualität des emittierten Lichts. Die weiße OLED erwies sich als ziemlich farbstabil, wenn die Forscher die Stromdichte um einen Faktor 100 variierten. Verantwortlich hierfür ist die stabile Lage der Rekombinationszone in der OLED.

Das Labormuster ist rund 6 mm<sup>2</sup> groß und erreicht eine Effizienz von 17,4 Lumen pro Watt bei einer Leuchtdichte von 1000 Candela pro Quadratmeter. Für höhere Effizienzen bei vergleichbarem oder besserem Farbwiedergabeindex wären effizientere blaue Leuchtstoffe erforderlich, deren Spektrum zu kürzeren Wellenlängen reicht.

**Michael Vogel**