

Bild 1: Rote, grüne und blaue OLEDs.

## Organischen Leuchtdioden

## OLEDs verändern den Display- und Beleuch-

OLEDs nehmen sowohl im Display- als auch im Beleuchtungsmarkt eine immer stärkere Position ein. Während die OLEDs in Displays für weniger Stromverbrauch und bessere Bildqualität sorgen, bieten sich im Beleuchtungsbereich völlig neue Anwendungen und Möglichkeiten.

Mehr als 20 Jahre ist es schon her, seit die ersten organischen Leuchtdioden (kurz OLEDs) bei Kodak für Aufmerksamkeit gesorgt haben und als die Beleuchtungsmittel der Zukunft gepriesen wurden. Seit 1997, einem Autoradio von Pioneer, sind OLED-Displays nun auf dem Markt erhältlich, und es sieht so aus, dass auch OLED-Beleuchtung in den nächsten Jahren auf dem Markt erscheinen wird. Zurzeit deutet auch nichts darauf hin, dass sich der Vormarsch der OLEDs in den nächsten Jahren verlangsamen wird.

## Funktionsweise von OLEDs

Moderne OLEDs bestehen aus mehreren dünnen Schichten organischer Materialien, die zwischen zwei großflächigen Elektroden angeordnet sind. Die Gesamtdicke der organischen Schichten liegt dabei normalerweise im Bereich von nur ungefähr 100nm. Damit das Licht aus dem Bauelement austreten kann, muss zumindest eine Elektrode transparent sein. Die organischen Schichten können prinzipiell in drei Zonen mit verschiedenen Funktionen eingeteilt werden. Die beiden Zonen, die in Kontakt mit den Elektroden stehen, werden auch Ladungsträgerschichten genannt. Sie sorgen dafür, dass bei angelegter Spannung Elektronen von der einen und Löcher von der anderen Elektrode in die Mitte der Diode, zur sogenannten Emissionsschicht, gelangen.

Treffen Löcher und Elektronen in der Emissionsschicht aufeinander, so führen sie zu einem angeregten Zustand des Moleküls, der zerfällt und dabei Licht erzeugt.

Auch wenn schon früh klar war, dass OLEDs energieeffizienter als andere Lichtquellen sein können, so konnte deren Potential lange nicht ausgenutzt werden, da klassische OLEDs immer einen relativ großen Kontaktwiderstand zwischen den Elektroden und den organischen Schichten aufwiesen. Erst mit der Einführung von dotierten Ladungsträgerschichten wie z.B. in Novaled PIN OLEDs konnten OLEDs mit vernachlässigbarem Kontaktwiderstand hergestellt werden (Bild 2). Bei der PIN OLED wird dabei eine Redox-dotierung angewandt, bei der der organische Halbleiter mit Molekülen dotiert wird, die entweder Elektronen abgeben oder aufnehmen können. Diese Methode ist damit vergleichbar zur Dotierung anorganischer Halbleiter und führt zur Generierung von Ladungsträgern, die sich beinahe ohne Energieverluste durch den Halbleiter bewegen können.

Durch die niedrigen Spannungen, die bei einer PIN OLED benötigt werden, konnte Novaled z.B. schon grüne OLEDs mit einer Lichtausbeute von 183 lm/W bei 1000 cd/m<sup>2</sup> herstellen. Die hohe Effizienz solcher Dioden spricht dafür, dass beinahe die gesamte elektrische Energie in Licht umgewandelt wird. Dotierte organische Halbleiterschichten werden heute deshalb in der OLED-Produktion standardmäßig eingesetzt.

## OLEDs, Alternative zu herkömmlichen Leuchtmitteln

Durch die erwähnten hohen Effizienzen sind OLEDs nun auch für den Beleuchtungsbereich viel attraktiver geworden. Ein Fünftel der elektrischen Energie weltweit wird heutzutage zu Beleuchtungszwecken benötigt. Effizientere Leuchtmittel können deshalb zu einer deutlichen Energieeinsparung führen. Bis heute konnten schon OLEDs mit einer Lichtausbeute zwischen 50 und 100 lm/W gezeigt werden. Damit erreichen OLEDs Effizienzen, die mit Leuchtstoffröhren vergleichbar sind. Im Gegensatz zu diesen kann jedoch mit OLEDs ein viel natürlicheres Licht (ähnlich dem Sonnenlicht) erreicht werden. Diese Eigenschaft wird typischerweise als Color Rendering Index (CRI) angegeben, deren Höchstwert bei 100 liegt. OLEDs können auf dieser Skala

mehr als 90 Punkte erreichen, während typische Leuchtstoffröhren deutlich unter diesem Bereich liegen.

Nicht zu vergessen ist aber auch die hohe Lebensdauer von OLEDs: bis zu 100.000 Stunden (mehr als 10 Jahre Dauerbetrieb) wurden bei Novaled schon erreicht. Man spricht deshalb bei OLEDs auch von einer „Mount-and-Forget“ Technologie, die beinahe keine Wartung benötigt. All diese Vorteile führen dazu, dass



Bild 3: Novaled Victory Lamp.

## AUTOR

Andreas Haldi arbeitet seit 2008 bei Novaled, wo er bei der Entwicklung von effizienten weißen OLEDs mitwirkt.



**all-electronics.de**  
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

**Hier klicken & informieren!**



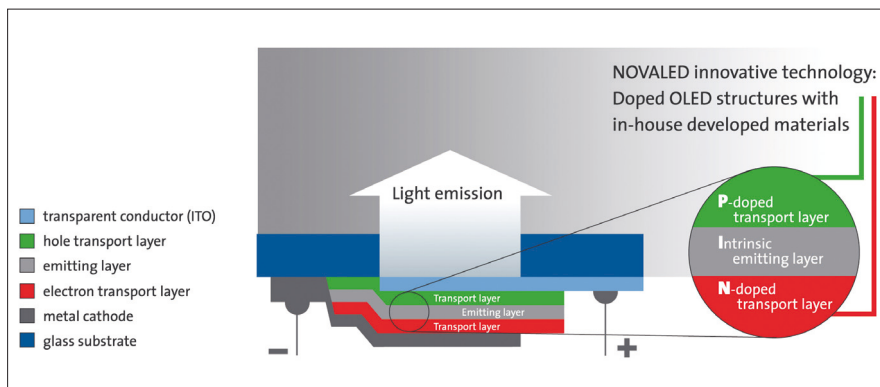


Bild 2: Schematischer Aufbau einer bottom-emission PIN OLED.

die Beleuchtungsriesen Osram, Philips und General Electrics schon große Investitionen in die OLED-Technologie gesteckt haben. Bisher sind allerdings mehrheitlich nur Prototypen von Lampen zu bestaunen, wie zum Beispiel die „Victory Lamp“ von Novaled (Bild 3) oder die „Early Future“, entstanden aus einer Kooperation von Osram mit dem Designer Ingo Maurer.

Um auf europäischer Ebene die Entwicklung der OLED-Beleuchtung zu beschleunigen, haben sich Philips, Osram und Novaled schon im Jahre 2004 mit weiteren europäischen Firmen und Universitäten im EU-Forschungsprojekt OLLA zusammengeschlossen. Zum Abschluss dieses Projektes in 2008 konnte eine OLED mit einer Lichtausbeute von 50,7 lm/W bei 1000 cd/m<sup>2</sup> und bei einem CRI von 90 präsentiert werden. Diese OLED übertraf damit die Effizienz von Glühlampen um einen Faktor drei. Die Lebensdauer war sogar um einen Faktor 10 länger, nämlich bei über 10.000 Stunden. Aufgrund der Erfolge von OLLA wurde im Herbst 2008 ein Nachfolgeprojekt mit dem Namen OLED100.eu gestartet. In diesem neuen Projekt wird einerseits gleichzeitig an der Verbesserung der Effizienz (100 lm/W), der Lebensdauer (100 000 Stunden) und der Größe (100 x 100 cm<sup>2</sup>) der heutigen weißen OLEDs gearbeitet. Andererseits werden aber auch neue Prozesse entwickelt, mit denen OLED Platten von 1 m<sup>2</sup> in Zukunft für 100 € oder weniger hergestellt werden können.

### Neue Beleuchtungskonzepte durch OLEDs

OLEDs bieten jedoch neben den technischen Vorteilen noch ganz neue Mög-

lichkeiten für das Beleuchtungsdesign. OLEDs sind nämlich 2D-Lichtquellen, während heutige Leuchtmittel entweder Punktquellen (Spots oder Glühlampen) oder lineare Quellen (Leuchtstoffröhren) sind. Damit können nun plötzlich ganze Decken oder Wände als Beleuchtung dienen, wobei die OLEDs so dünn sind, dass sie nicht einmal zusätzlichen Platz beanspruchen werden. Zusätzlich dazu können OLEDs transparent und flexibel hergestellt werden (Bild 4). Sie können deshalb gleichzeitig als Fenster und Lampe dienen, oder sie können an verschiedene Formen angepasst werden. Dank des integrierten Reflektors in Form der einen metallischen Elektrode in der OLED, wird wohl in Zukunft auch nicht mehr zwischen Lichtquelle und Beleuchtungskörper unterschieden werden können. Es wird deshalb erwartet, dass Luminaire- und Lampenhersteller mittelfristig zur Konkurrenz werden.



Bild 5: Defekt tolerante OLED für extra lange Lebensdauern von Beleuchtungsanwendungen.

Bild 4: Transparente OLEDs bieten völlig neue Designmöglichkeiten für den Beleuchtungsmarkt.



### Defect Tolerant OLED für lange Lebensdauern

Für Beleuchtungszwecke wird allerdings erst einmal die OLED-Fläche zunehmen müssen. Diese Vergrößerung ist prozess-technisch nicht trivial, da bei der Produktion ein kleines Staubkorn auf dem Glassubstrat dicker als die OLED sein kann, wobei diese Stelle nach einer gewissen Funktionszeit der OLED durchbrennen und ein Kurzschluss entstehen kann. Dieser Kurzschluss führt dann bei herkömmlichen OLEDs normalerweise zu einem Totalausfall der OLED, was bei kleinen Pixels in Displays nur bei genauem Hinsehen gesehen werden kann, bei großen OLEDs in der Beleuchtung aber gleich zur Funktionsunfähigkeit einer größeren Fläche führt. Um dem entgegenzuwirken, hat Novaled die Defect Tolerant OLED entwickelt (Bild 5). Jede OLED-Fläche weist dabei zwei dünne Elektroden auf, die kammartig ineinander hineingreifen. Beim Ausfall eines Streifens ist dann der maximale Strom, der durch den Kurzschluss fließen kann, limitiert durch den Widerstand auf der Elektrode. Dadurch nimmt die Temperatur in der Nähe des Kurzschlusses nicht zu und der Kurzschluss kann sich nicht auf eine größere Fläche ausbreiten. Kurzschlüsse können deshalb auch in solchen Strukturen beobachtet werden, sie treten allerdings nur auf beinahe unsichtbar kleinen Linien auf. Das Gerät bleibt jedoch insgesamt voll funktionsfähig und die Lebensdauer ist deutlich erhöht.

 **infoDIRECT** 512/ed0709  
[▶ Link zur Firma Novaled](#)  
[www.elektronik-industrie.de](http://www.elektronik-industrie.de)

### Marktentwicklung für OLED-Produkte

Fast täglich werden momentan neue OLED-Produkte auf dem Markt eingeführt, und die Zahl wird in den nächsten Jahren weiter deutlich zunehmen. Dabei werden erst einmal kleine OLED-Displays einen noch größeren Marktanteil erobern. Einige optimistische Prognosen gehen dabei sogar von einem Marktanteil bis zu 50% aus. Gleichzeitig können noch dieses Jahr neuere größere OLED-Fernseher erwartet werden. Sony hat ein Nachfolgeprodukt zum XEL-1 schon angekündigt, und es wird erwartet, dass zumindest eine weitere asiatische Elektronikfirma auch noch einen ersten OLED-Fernseher auf den Markt bringen wird. Weitere Firmen werden voraussichtlich ihre ersten OLED-Fernseher in 2010 präsentieren.

Im Beleuchtungsmarkt werden erste OLED-Produkte in den kommenden Jahren erhältlich sein. Die großen Beleuchtungshersteller planen schon um 2011 mit der Massenproduktion von OLED-Beleuchtung zu beginnen. Dabei wird es sich zuerst aber wohl vor allem um hochpreisige Nischenanwendung mit speziellem Design handeln. Später werden OLEDs jedoch auch Leuchtstoffröhren und Glühlampen in Büros und Wohnräumen ersetzen.(jj)