

Licht ins Dunkel mit leuchtenden Molekülen

Das Licht einer OLED ist homogen und das Trägermaterial flexibel. Damit wird sich unser Verständnis von Beleuchtung verändern: Jeder Gegenstand kann zur Leuchte werden. Organische Leuchtdioden sollen sich in den nächsten Jahren auch auf dem Massenmarkt etablieren und die Qualität des Lichts verbessern.

DR. GOTTHARD WEISSFLOG

Licht ist Emotion. Diese einfache Aussage begleitet den Menschen, seit er das Feuer bezwungen hat. War es doch eine der ersten Lichtquellen, die er eingesetzt hatte. Bis heute ist Licht für uns lebenswichtig. Allerdings haben sich die Quellen des Lichts grundlegend geändert. War es für lange Zeit die Glühfadenlampe, so bekommen wir das Licht heute von Halbleitern, die mit fluoreszierendem Phosphor beschichtet sind. Die sehr effiziente LED-Technik spart nicht nur Energie, sondern ihr Licht lässt sich durch optische Bauelemente exakt an die gewünschte Position bringen.

Neben der LED entwickelt sich parallel die OLED weiter und dringt in den Beleuchtungsmarkt vor. Die OLED ist sozusagen die auf organischen Materialien basierende Schwester der LED. Sie besteht aus organischen – sprich kohlenstoffhaltigen – Halbleiterschichten zwischen zwei Elektroden. Dabei ist mindestens eine Elektrode transparent. Sind beide Schichten transparent, wird das Licht sowohl nach oben als auch nach unten abgestrahlt. Der organische Schichtstapel wird auf einem mit Indiumzinnoxid

(ITO) beschichteten, leitfähigen Glassubstrat mit Dicken von 50 bis 100 Mikrometer, der transparenten Anode, aufgebracht. Als Substrat sind auch Kunststoffe möglich. Darauf folgt eine dünne, lichtundurchlässige Metallschicht als Kathode. Die untere Abdeckung besteht meist aus Glas. Ein großer Vorteil dieser sparsamen Leuchten sind ihre Flexibilität und der dünne Aufbau. Dieser wird beispielsweise durch Dünnschichtverkapselung erreicht. Damit lässt sich die Gesamtdicke auf unter einen Millimeter reduzieren. Bei aktuellen OLED-Modulen ist die aktive Schicht weniger als 500 Nanometer dick. Wird eine elektrische Spannung angelegt, emittiert die OLED in einem großen Raumwinkel diffuses Licht, dessen Farbe vom organischen Emitter-Molekül abhängt.

Die größten Feinde der OLED sind Sauerstoff und Wasser. Damit diese nicht eindringen können, ist eine hohe Barrierschicht



Bild: LG Chem

notwendig. Genau wie LEDs benötigen OLEDs keine Aufwärmphase und bieten sofort die volle Lichtleistung beim Einschalten, und wie die LEDs gehören sie zu den kalten Beleuchtungsquellen. Das macht sie interessant für die Architektur. Denn mit ihnen lassen sich völlig neue Designkonzepte realisieren. Beispielsweise ist es möglich, OLEDs direkt in Holzgegenstände zu integrieren. Man kann die leuchtenden OLEDs berühren, ohne dass man sich dabei verbrennt. Somit gibt es keine zentrale Lichtquelle mehr in einem Raum, sondern vielmehr leuchtet das Objekt selbst. Im Gegensatz zur LED als eine Punktlichtquelle ist die OLED zudem eine Flächenlichtquelle.

Im Vergleich zur LED ist die OLED noch jung: Im Jahr 1979 entdeckte das Forschertrio Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid und Hideki Shirakawa elektrisch leitfähige Polymere. Die weiße OLED wurde 1995

entwickelt. Sie hatte zum damaligen Zeitpunkt eine Energieeffizienz von weniger als einem Lumen/Watt (lm/W) und auch die Lebensdauer von nur einem Tag war kurz. Zum Vergleich: OLED-Module aus dem Jahr 2015 bieten mehr als 80 lm/W. Bis 2017 soll der Wert auf 120 lm/W steigen und bis 2020 auf bis zu 140 lm/W. Dann wäre die OLED gleichauf mit aktuellen LED-Entwicklungen. Auch die Lebensdauer ist auf 20.000 Stunden im Jahr 2015 gestiegen; bis 2020 soll ein Wert von 40.000 Stunden erreicht werden, bei einem Wert von L_{70} . Dieser Wert soll die Lebensdauer vereinheitlichen. Deshalb wird mit einer Resthelligkeit von 70 Prozent der Anfangshelligkeit gerechnet.

Farben sind eine weitere Stärke der OLEDs: Organische Moleküle haben in der Regel ein breites Emissionsspektrum. Dadurch sind alle Farbanteile des Lichts im Spektrum vorhanden. Das ermöglicht eine besonders natürliche Beleuchtung von Objekten.

Neues Licht mit der OLED:
Der Vorteil einer OLED-Leuchte ist ihre Flexibilität. Die lichtemittierenden Schichten werden auf ein flexibles Substrat aufgetragen, das dünn und auch biegsam ist.

OLED-Emissionen können auf praktisch jede Farbe, einschließlich Weiß, mit jeder Farbtemperatur abgestimmt werden. Die meisten weißen OLEDs bestehen aus einer roten, einer grünen und einer blauen Emissionsschicht, die zusammen hochwertiges weißes Licht erzeugen. Grundsätzlich sind langkettige polymere Substanzen (P-OLED) als Emittiermaterialien möglich. Allerdings verwenden die Bauelementhersteller fast ausschließlich Kleinmolekülmaterialien (SM-OLED). Sie verfügen über einen hohen Reinheitsgrad und erfüllen die erforderlichen Lebenszeiten.

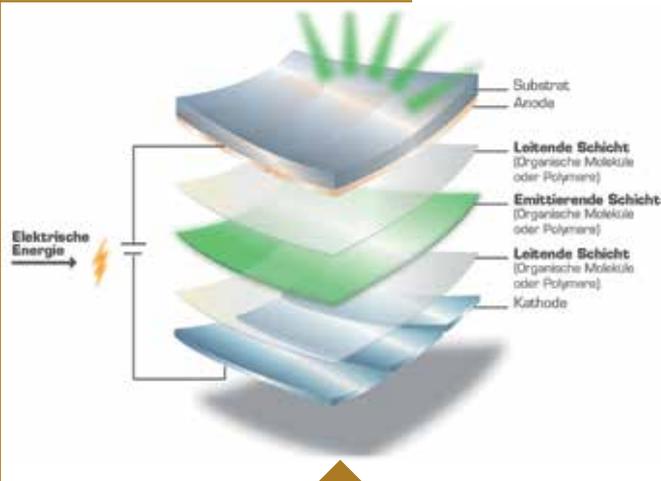
Die technischen Schwachpunkte bei der OLED sind eine stabile Massenproduktion und die Gutausbeute in der Produktion. Ebenfalls nicht förderlich für den Breitenmarkt sind sofortige Kurzschlüsse und sogenannte „Dark Spots“ oder auch, dass enge Farbortoleranzen nicht eingehalten werden. Eine kostengünstige Möglichkeit, um OLEDs zu fertigen, sind Druckverfahren. Doch ist die Massenproduktion auch hier erst mittelfristig zu erwarten.

Allerdings liegen die Vorteile der OLED bei der Beleuchtung auf der Hand. LG Chem hat beispielsweise das Bibliotheksgebäude von Südkoreas ranghöchster Universität mit 1.100 OLED-Tischleuchten ausgestattet. Neben den ästhetischen Gesichtspunkten liegt der Vorteil vor allem im Licht selbst, denn es schont die Augen. In Bezug auf die spektrale Auflösungsdichte ist eine OLED-Leuchtdiode eine energieeffiziente, künstliche Lichtquelle, die dem natürlichen Sonnenlicht sehr ähnlich ist. Doch anders als das Sonnenlicht weisen OLED-Leuchten keine UV-Emissionen auf. Ein weiterer Vorteil ist, dass, wie bereits erwähnt, OLEDs

VIELE MÖGLICHKEITEN MIT DER OLED

Flach und flexibel – die Eigenschaften der OLED ermöglichen es, künftig Wände und Decken mit OLEDs zu verkleiden. Auch transparente OLEDs sind möglich: Hier sind beide Elektroden durchsichtig. Aufgrund von deutlich geringeren Leitfähigkeiten der transparenten Elektroden gegenüber Metallkathoden stellt die Skalierung von transparenten OLEDs auf größere Flächen noch eine Herausforderung dar. Transparente OLEDs strahlen Licht in zwei Hauptrichtungen – nach vorn und nach hinten – ab. Dabei lässt sich das Emissionsverhältnis im Herstellungsprozess zwischen 50:50 und etwa 80:20 einstellen. Das geschieht über das Einstellen der Leitfähigkeit der Elektroden, das zu einer veränderten Reflektivität führt. Ein extremeres Emissionsverhältnis würde zu einer sehr geringen Resttransmission führen, also die Transparenz deutlich absenken.

OLED-AUFBAU



Ein organischer Schichtstapel wird auf das mit einem Halbleiter beschichtete Glassubstrat aufgebracht. Die Kathode ist aus Metall.

kalte Beleuchtungsquellen sind. Die minimale Wärmeentstehung von weniger als 35 °C erlaubt es, OLEDs gefahrlos zu berühren. Mit den Schreibtischlampen zeigt sich, dass OLEDs in der Allgemeinbeleuchtung angekommen sind.

Dank ihres flächigen Lichts eignet sich die OLED auch für Anwendungen im Auto, vor allem für den Einsatz im Innenraum als Ambientbeleuchtung, Akzentbeleuchtung oder als Signalbeleuchtung für Schlusslicht, Bremslicht oder Fahrtrichtungsanzeiger. Doch auch hier gilt: Die OLED muss vor Wasser und Sauerstoff geschützt und hermetisch verkapselt werden. Die organischen Materialien müssen zudem vor Sonnenlicht und hohen Temperaturen geschützt werden. Außerdem unterscheidet man bei der Lebensdauer zwischen aktiver Lebensdauer der OLED in Betrieb und der passiven Lager-Lebensdauer der ausgeschalteten OLED. So sehen die Autohersteller vor, dass die OLED als Leuchtmittel nicht mehr ausgetauscht wird. Die passive Lebensdauer muss daher mindestens einem Fahrzeugleben von mehr als 15 Jahren entsprechen. Je nach Beleuchtungsfunktion kommt die OLED auf eine aktive Lebensdauer von bis zu 10.000 Betriebsstunden.

In einem Kleinserienfahrzeug ist die OLED bereits im Einsatz. Im aktuellen BMW M4 GTS hat der bayerische Automobilbauer zusammen mit Osram fächerförmig angeordnete organische Leuchtdioden in die Heckleuchte integriert. Insgesamt sind 15 OLEDs pro Leuchte verbaut. Ihre Helligkeit liegt bei 1.200 Candela pro Quadratmeter und sie übernehmen die volle Schlusslichtfunktion. Dabei steigt die Qualität des Lichts, weil sich die Lichtflächen räumlich anordnen und separat ansteuern lassen. Die Beispiele zeigen: Die OLED bietet viele Einsatzmöglichkeiten. Auf jeden Fall wird sie unser Verständnis von Beleuchtung verändern.

ein Artikel von

ELEKTRONIK
PRAXIS