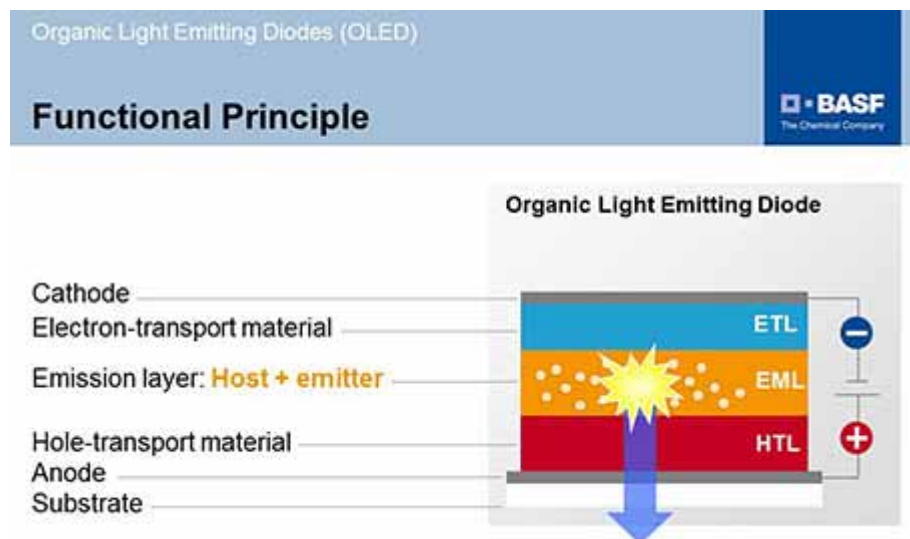


Das Licht der Zukunft

Geht es nach den Wissenschaftlern in den Forschungsabteilungen der führenden Lichttechnik-Unternehmen, ist es das Licht der Zukunft. Dieses magische Licht wird von OLEDs erzeugt - von Leuchtdioden, die aber nicht in herkömmlicher Technik aus Halbleiterkristallen aufgebaut sind, sondern aus organischen Materialien bestehen.

Es ist ein weiches, blendfreies Licht. Ein Licht, das von irgendwoher zu kommen scheint, ohne an einen bestimmten Ort gebunden zu sein. Es ist anders als das harte Licht von Leuchtstoffröhren und weicher als das punktförmige, gleißende Licht von Leuchtdioden. Aus dieser Andersartigkeit gegenüber den üblichen so genannten III-V-Halbleitermaterialien ergeben sich eine Reihe wichtiger Konsequenzen für Gestaltung und Einsatzmöglichkeiten. Für Leuchtdesigner stellen OLEDs geradezu eine Offenbarung dar: Ihr flächiger Aufbau und ihre Anpassungsfähigkeit an jegliche Geometrie inspiriert sie zu kühnen Formen, scheinbar losgelöst von den funktionalen Anforderungen herkömmlicher Leuchtmittel. OLEDs gibt es bereits im kommerziellen Handel; allerdings ist die Fertigung bislang noch im Stadium von Pilotprojekten. Bis die OLEDs für jeden Haushalt erschwinglich sind, bis sie so langlebig und preisgünstig sind wie herkömmliche LEDs, ist noch einiges an Forschungsarbeit zu leisten.



funktioniert bei OLEDs nicht anders als bei konventionellen LEDs: Beim Rekombinieren von Ladungsträgern entsteht ein Lichtquant. Quelle: BASF

Licht aus vielen Schichten

Der grundlegende Aufbau organischer Leuchtdioden ist simpel. Mit ihrer Aufeinanderfolge verschiedener Schichten erinnern sie an Omas Geburtstagstorte - nur dass die Schichten weniger als ein Mikrometer dick sind und das Material nicht nach Kriterien geschmacklicher Harmonie ausgewählt und aufeinandergeschichtet

wird, sondern nach elektrischen und optischen Eigenschaften. Auf einem Trägermaterial - typischerweise Glas - befindet sich eine Kathode, die elektrisch negativ geladene Elektronen in die darüber liegende Transportschicht emittiert. Auf der gegenüberliegenden Seite des "Kuchens" sendet eine Anode sogenannte Defektelektronen aus, im Physiker-Jargon als "Löcher" bezeichnet. Die Löcher tragen eine positive elektrische Ladung. Sie werden ebenfalls zunächst in eine Transportschicht entlassen. Zwischen den beiden Transportschichten liegt eine Emitterschicht. Hier treffen die Elektronen und die positiv geladenen Defektelektronen zusammen und "rekombinieren", wie die Physiker sagen: Ihre Ladung hebt sich gegenseitig auf. Bei diesem Vorgang wird ein Lichtquant erzeugt - daher die Bezeichnung Emitter. Je nach verwendetem Material emittiert eine OLED Licht in unterschiedlichen Farben. Weißes Licht wird durch das "Übereinanderstapeln" einzelner OLEDs in den Grundfarben erzeugt.

OLED-Material ist Geheimrezept

Soweit ähneln die Vorgänge im Innern von OLEDs denjenigen in herkömmlichen III-V-Halbleitern. Nur die Materialien sind sehr unterschiedlich. Es handelt sich um organische Stoffe, so viel ist klar. Doch auf die Frage nach genaueren Angaben werden die beteiligten Unternehmen und Forschungsinstitute sehr einsilbig. „Dazu machen wir keine Angaben“, heißt es etwa in der Pressestelle des Beleuchtungstechnik-Anbieters Osram. Auch der Konkurrent vom Philips-Forschungszentrum in Aachen hüstelt nur vielsagend ins Telefon, um dann anzudeuten, dass die Materialfrage als so wettbewerbsentscheidend betrachtet wird, dass man dazu lieber nichts ausplaudern möchte. Von dem in der OLED-Technik führenden Fraunhofer Center for Organic Materials and Electronic Devices Dresden (COMEDD) ist immerhin so viel zu erfahren: Es handelt sich um Oligomere. Im Gegensatz zu ihren chemischen Verwandten, den Polymeren, weisen Oligomere nur kurze Molekülketten auf. „Wir verwenden kleine Moleküle, eben Oligomere, die aus der Dampfphase abgeschieden werden“, klärt Uwe Vogel auf, Leiter der Geschäftseinheit Mikrodisplays am COMEDD. Die Zusammenstellung und Abfolge dieser Materialien entscheidet über den Markterfolg des fertigen Produkts; sie bestimmen Parameter wie Helligkeit, Wirkungsgrad, Lebensdauer und Farbe. Für ihre Entwicklungen bedienen sich die Halbleiterphysiker vielfach der Hilfestellung von Unternehmen mit hoher Expertise im Materialbereich wie BASF oder Novaled, letztere ebenfalls in Dresden angesiedelt. Auch diese machen aus der genauen Zusammensetzung ihrer Materialien ein Geheimnis, angeboten und verkauft werden sie unter kryptischen Bezeichnungen. Das Kürzel NET-18 beispielsweise bezeichnet ein Elektronen-Transportmaterial, NET-39 steht für ein Material für die Rekombinationsschicht.



Die kachelförmigen OLED-Leuchtkörper erzeugen ein flächiges, schattenloses Licht. Quelle: Fraunhofer COMEDD

OLED-Kacheln in Rekordgröße

Durch sorgfältige Mischung der Materialien und raffinierten Einsatz hauchdünner Zwischenschichten, etwa zur Verstärkung des Leuchteffekts, erzielen die OLED-Experten immer bessere Werte für ihre Leuchtkörper. Fraunhofer COMEDD produziert im Labormaßstab OLED-Kacheln mit einer Kantenlänge von gut 1000 Quadratzentimeter. Das ist rekordverdächtig, erklärt Christian May, Geschäftsfeldleiter Lighting und Photovoltaik am COMEDD. Kommerziell produzierte OLEDs kommen nur auf 100 bis 300 Quadratzentimeter. Bei der Lichtausbeute lassen sich etwa 45 Lumen pro Watt (lm/W) erzielen; Entwicklungen bis 60 lm/W sind auf den Roadmaps der Hersteller bereits vorgezeichnet. Das ist allerdings noch weit von der Lichtintensität der anorganischen LEDs entfernt, die mit 250 lm/W wesentlich heller leuchtet. Auch die Lebensdauer von bisher nur einigen tausend Betriebsstunden bereitet den Forschern noch Kopfzerbrechen.

Zudem ist die diskrete Fertigung aufwendig und umständlich, was die OLEDs noch sehr teuer macht. Neuartige Produktionstechniken wie das kürzlich vom COMEDD vorgestellte Roll-to-Roll-Verfahren lassen jedoch erwarten, dass auf Sicht von einigen Jahren die Fertigung preiswert und zuverlässig genug sind, um OLEDs massentauglich zu machen.

Siehst du dieses Licht?

Ein Vorteil des Roll-to-Roll-Verfahrens besteht darin, dass sich OLEDs damit von starrem Glas als Substrat verabschieden können; stattdessen verwendet das vom COMEDD entwickelte Verfahren Aluminiumfolie. Die damit erzeugten OLED-Leuchten lassen sich beliebig formen. In Zukunft wollen die Forscher statt der Alufolie auch transparente Plastikfolien als Substrat verwenden. Damit könnte man einen lange gehegten Traum realisieren und beispielsweise Fenster bauen, die

wahlweise durchsichtig sind und das Tageslicht hereinlassen oder selbst leuchten. "Wir werden Licht sehen an Stellen, wo wir es noch nicht gewohnt sind - transparent und zugleich flexibel", prophezeit May.

Neben der Beleuchtung zieht ein weiteres großes Anwendungsfeld für OLEDs die Blicke der Kunden auf sich: Bildschirme für Smartphones, Computer und bald auch für Fernsehgeräte. Während gängige Bildschirme eine separate Hintergrundbeleuchtung benötigen, leuchten die Bildpunkte der OLED-Bildschirme selbst und verhelfen den Displays zu ungeahnter Brillanz und Strahlkraft.

Bei großen OLED-Bildschirmen dominieren asiatische Unternehmen die Forschung und teilen auch den Auftragskuchen der Fertigung unter sich auf. In einem ganz speziellen Segment haben Wissenschaftler aus Deutschland jedoch eine weltweite Spitzenstellung - und wiederum sind es die Forscher vom Fraunhofer COMEDD in Dresden. Die Kunst, so genannte Mikrodisplays mit hoher Auflösung herzustellen, beherrschen sie am besten.

Tausend mal schneller schalten

Mikrodisplays sind, im Gegensatz zu normalen Bildschirmen, auf einen Siliziumchip integriert. Mit der Kombination aus CMOS-Silizium und OLED-Display können Bildschirme eine weit höhere Performance erzielen, als bei den gängigen Displays, bei denen die Matrix der Ansteuertransistoren auf einem Glasträger aufgebracht ist. So reagieren die schnellsten Computerbildschirme heute im Zeitraum von Millisekunden. Bei Mikro-OLED-Displays auf Silizium sind dagegen Schaltzeiten im Mikrosekundenbereich realistisch, sie schalten also bis zu tausendmal schneller. Vor allem aber lassen sich mit den Mikrodisplays ganz erstaunliche Pixeldichten erzielen. Sie lassen Fernsehbildschirme in HD-Qualität, ja selbst Apples vielbestauntes neues Retina-Display weit hinter sich. „Die besten heute kommerziell verfügbaren Displays besitzen eine Dichte von 316 Pixel per Inch (ppi)“, erklärt COMEDD-Forscher Uwe Vogel. „Unsere Displays bringen es auf 3000 ppi und noch viel mehr“.

Allerdings sind die Mikrodisplays mit all ihrer Pixeldichte so klein, dass man sie nicht direkt betrachten kann. Anwendungen gibt es trotzdem; sie lassen sich beispielsweise als Lichtquelle in digitalen Projektoren einsetzen. Auf ein baldiges Ende der teuren, weil kurzlebigen Hochleistungslampen für die Beamer sollten Anwender aber in absehbarer Zeit nicht hoffen: Wegen ihrer geringen Größe besitzen die Mikrodisplays auch nur eine sehr niedrige Leuchtstärke. „Mikrodisplays lassen keinen hohen Lichtstrom zu“, so Vogel. „Damit können Sie allenfalls Handy-Beamer bauen“.

Die SMS in der Brille

Eine andere Anwendung verspricht mehr Erfolg: Mikrodisplays lassen sich in Datenbrillen integrieren. In Anwendungen von Virtueller Realität oder Augmented Reality sind sie damit ein zentrales Element. Getragen von Chirurgen im OP-Saal, können sie beispielsweise feines Nervengeflecht sichtbar machen. Oder Monteuren komplexer Anlagen zeigen, wie die Bauteile zusammenpassen, mit denen sie hantieren. Aber es muss ja nicht einmal so etwas Abgehobenes wie Augmented

Reality sein, auch ganz naheliegende Anwendungen sind denkbar. „Man könnte damit einfach eine SMS in einer Brille darstellen“, sagt Vogel.