照明向け有機ELの現状をつかむ

ジェニーン・クロバク-カンド

有機ELは、屋内照明を補完する光源として発展を見せている。本稿では、有機ELを利用した最新の照明製品で用いられている技術や、満たすべき特性、現状と将来性について概観する。

現在、有機EL（OLED：Organic Electroluminescence）は、携帯電話端末、MP3プレーヤ、高級車のオーディオ表示パネル、タブレットPCなど、主に一般消費者向けのエレクトロニクス製品で利用されている。フランスのナンシー大学の研究者らが有機材料を用いた電界発光を最初に観測したのは、1950年代のことである。それ以降、有機ELは半世紀以上にもわたり、われわれにとっては「知識としては知っている」というレベルの存在であり、その効果はかなりの高電圧を材料に加えないと観測できなかった。

現在の有機ELは、W・タン氏（W.Tan）とA・バンスライク氏（A.VanSlyke）がコダック社（Kodak）の研究者であったときに発明した技術から生まれた。彼らが行ったブレークスルーにより、低電圧でも動作する技術が実現され、かなり現実的なコストで製造が可能になった。今日の有機ELの構造は、コダック社の特許に基づいている。また、東北パイオニアは、1997年11月に、自動車のダッシュボードパネル向けの有機ELを初めて量産に結び付けた。

携帯情報端末（PDA）向けの最初の有機ELスクリーンは、2004年に登場した。また、2008年ごろになると、一般消費者向けの製品を扱うエレクトロニクス企業が、高い解像度、高いコントラスト比、600cd/cm^{2}のピーク輝度を備える大型の有機ELテレビを実現した。

こうしたディスプレイ用の有機ELは、まず、コスト、重量、消費電力の削減を目指して開発された。続いてコントラストと視野角が改善され、より良いユーザーエクスペリエンスが得られるようになった。つまり、ディスプレイ用途向けの有機ELは、一定の成果を得ているということである。では、一般照明向けの有機ELは、どのような状況にあるのだろうか。照明向けの有機ELの可能性を理解するために、まずは、技術面での状況から簡単に俯瞰してみたい。

構造と製造方法

有機ELは、有機材料の層をアノード（陽極）とカソード（陰極）の2枚の電極で挟んだサンドイッチ構造から成る。それらすべてがガラスやプラスチックの基板上に形成されている。電極に低いDC電圧を加えると、有機材料から成る薄膜内部の電荷（正孔と電子）が結合し、光が放出される。放出された光の特性と強度、有機ELの構造に依存した光抽出の得られ方によって、各種の照明用途に対する適合の度合いが決まる。

有機ELの開発技術者たちにとって、挑戦すべき目標の1つは、パネルの大型化であった。一般に、パネルは1回の工程で印刷できる面積が広いほど、必要な量の光を得るためのコストを下げることができる。いくつかのパネル

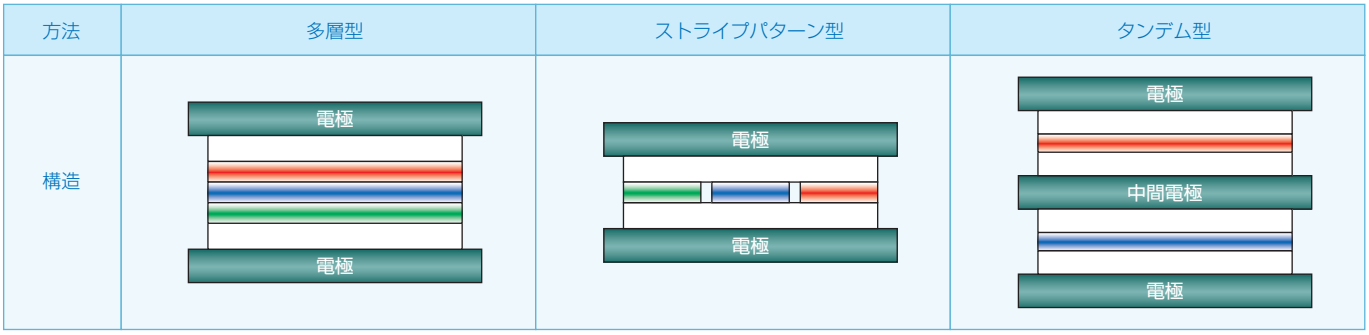

図1　ストライプパターンによるアプローチは、光出力を最大化し、カラー調色を可能にする。

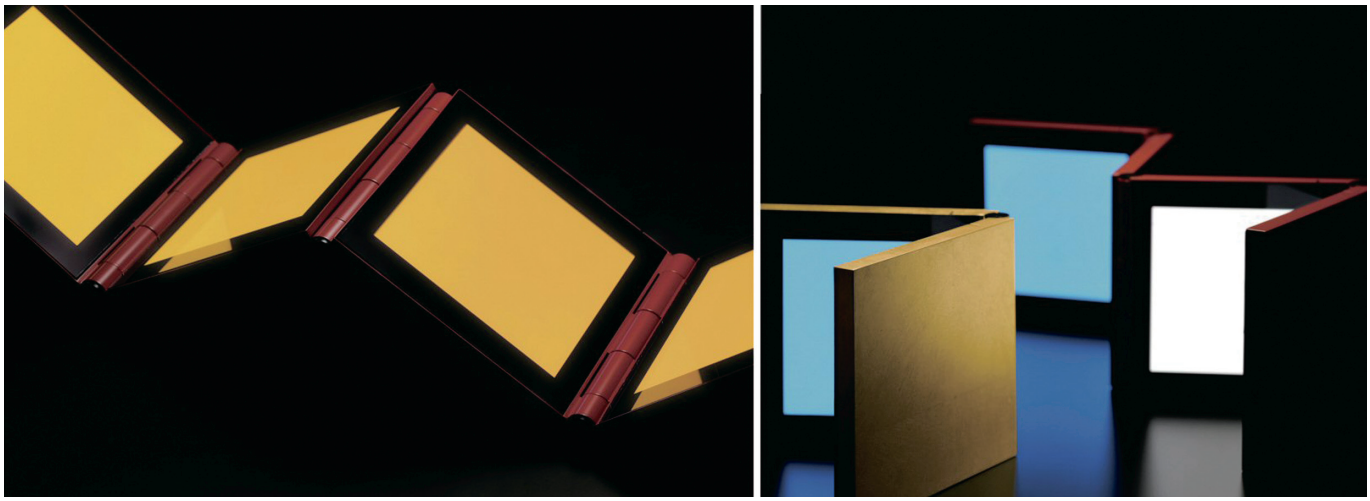

図2　この有機ELパネルでは、調光、カラー調色、白色調色の3つの機能を利用できる。

の集合を固定して十分な光強度を確保するのに要するコストが発生しないからだ。一方、大型化の限界は、工程と材料の制約によって決まる。そして、もう1つ考慮すべきこととして、有機ELの動作寿命が挙げられる。動作寿命は、光出力が大きいほど短くなるので、それぞれの用途に応じ、光出力と寿命の最適なトレードオフについて考慮する必要がある。

通常、有機ELは、**図1**に示す3つのうちいずれかの方法を用いて製造される。いくつかの有機ELメーカーは、加工が最も容易な多層型（図の左）を好んで用いている。タンデム型（図の右）は少し複雑だが、より高い光出力が得られ、大型化も容易である。タンデム型では、多層型の構造を組み合わせて利用する場合もある。

図2に示したのは、三菱化学が「Verbatim（バーベイタム）」のブランドで販売している有機ELパネルである。この製品では、赤、緑、青のストライプの有機ELが隣接して蒸着されている。この製法はより複雑だが、2つのメリットが得られる。1つは光抽出に関係したメリットである。1本の有機ELのストライプ内部にある各層は、それぞれに屈折率が異なる。これによりデバイス内部で反射が生じ、発生する光が外部に到達する割合が制限される。RGB（赤-緑-青）のストライプは、エネルギー消費に対して光出力を最大化するのに最適な構造を備えている。もう1つの利点は、この構造の有機ELでは、ほかの構造の場合と同様の調光機能だけでなく、フルカラー調整、白色調整が行える調色機能も得られることにある。

有機ELの製造プロセスでは、光出力の最大化と画素欠陥の最少化を目指すことになる。これらの目標を達成するために、三菱化学は、気相蒸着によるドライプロセスの代わりにウェットプロセスを使用することで、有機ELを構成する層を実現した。このプロセスでは、異物となる微細粒子が存在したときに、有機ELの構造内で欠陥が発生するのを防止できる。

照明向けに満たすべき特性

上述したように、照明用の有機ELは、発光面積を大きくして十分な光を有効に放出できるものでなければならない。一般に、光の品質は、色をどのくらい正確に表現できるのかを表す演色評価数（CRI：Color Rendition Indexes）を用いて評価される。また、低消費電力で動作できるということは、高い効率で電力から光への変換が行えるということを意味する。この特性は、エネルギーの消費とCO_2の放出を低減することが求められている現在の世界にとって必須のものとなる。また、ディスプレイ用途の場合と同様に、照明用途の有機ELにも、有害物質を含まない、簡単に使用できる、オン／オフの応答が

速いといった特性が要求される。

光源のCRIは、R1からR8までの異なる8種の色タイルを照らした際の光の輝きによって決まり、タイルから反射したスペクトルを測定することで評価する。一般に、CRIでは、R1～R8の値を平均した平均演色評価数（Ra）を使用する。赤色のR9は、Raの計算には使われないが、人の視覚にとっては重要なので、有機ELの照明にはR9値が高いことも必要になる。なお、R9（約650nm）を超える波長の光は人の視覚にほとんど影響を与えない。今日の有機ELパネルの場合、R9値は84、Ra値は80以上となる。

図3　Verbatimの有機ELディスプレイは、内原智史デザイン事務所と共同で設計された（写真：Toshio Kaneko）。

実現できている仕様

図2で紹介した調光、カラー／白色の調色に対応する有機ELパネルは、サイズが約140mm×140mmである。色温度3000Kにおける輝度は、発光面上の光抽出膜によって増強され、約1000cd/m^{2}に達する。消費電力は、約2Wである。パネルの厚みは3.6mm～8.65mmの間で、出力が初期値の70%に低下するまでの動作寿命は8000時間を超える。

白色については、標準の暖白色の2700Kから明るい太陽光と等価の約6500Kの範囲で調整できる。それぞれのパネルの背面に、簡単な3チャンネルの電子コントローラを配置して使用すると、ほぼ瞬間的に色の調整が行える。このカラー調色と調光とを組み合わせると、場の雰囲気に応じ、情緒にあふれた照明を実現できる。例えば、明るい白色は朝の雰囲気には適しているが、夕方には、それにふさわしい落ち着いた色調で照らすことが可能だ。

調光制御に用いるインターフェースとしては、DMX（DMX512：Digital Multiplex with 512 pieces of Information）とDALI（Digital Addressable Lighting Interface）の2つをサポートする。これらのプロトコルは十分に確立されており、さまざまな低コストのコントローラを利用できる。パネルの校正は容易であり、製造プロセスの変動によって生じるパネル間の色調の差は、コントローラを用いて整合させることが可能である。なお、近い将来、DALIは、調光機能だけでなく、色制御のすべての機能に対応するように拡張されるであろう。

有機ELは、この技術の熱心な支持者が提案してきたように、屋内用の一般照明を置き換える存在にまではなっていない。しかし、現在の有機ELは、雰囲気照明と作業照明を補完する段階には達している。作業場と家庭の両方において、美しく、バランスの良い照明を実現可能なものへと進化したのだ。商店などの公共空間も含めて、有機ELの適用場所については無限の可能性がある。そして、その省エネ性能は、最も熱心な環境保護主義者の要求をも満たせるレベルにある。

著者紹介
ジェニーン・クロバク-カンド氏（Jeanine Chrobak-Kando）は、バーベイタム社（Verbatim、www.verbatim-europe.com）の事業開発マネージャ。

LEDJ