

有機ELの性質に着想を得た、平面状のLED設計

リズ・コンゲロ

コストと製造の複雑さを理由に、一般照明におけるOLEDの普及が停滞する中、本稿では、その望ましい性質を実現する、効率的で費用対効果の高いLEDモジュール設計の検討を、照明の設計者と仕様定義者に提案したいと思う。

有機EL (Organic Light-Emitting Diode : OLED) 技術は、OLEDモジュールが極薄であることから、一般照明分野で市場の関心を集めている。残念ながら、製造コストが高く性能は低いために、1ルーメンあたりの価格 (\$/lm) は同等のLEDよりもまだ高い (<http://bit.ly/2YdKRNA>)。

OLEDと液晶ディスプレイ(LCD)にヒントを得た、平面光源の新しい技術が登場している。製造コストを抑えて性能を向上させるこの技術により、薄型のフォームファクタでOLEDに匹敵する望ましい性質を備えたLEDを実現することができる。

OLEDの進化と性質

OLED技術は、1990年代終わりから存在するが (<https://bit.ly/3tzf1uK>)、主流のOLEDが市場に登場したのは2012年で、徐々に価格が低下して性能が向上することによって、ゆくゆくはより広く普及すると考えられていた。蘭フィリップス社 (Philips)、独オスラム社 (Osram)、韓国LG社などのグローバルな市場リーダーが、照明、スマートフォン、テレビといった幅広い分野でのOLED技術の利用に可能性を見出していた。

OLEDは本質的に平面光源であるため、高輝度の点光源であるLEDとは対照的に、低グレアの拡散光を提供す

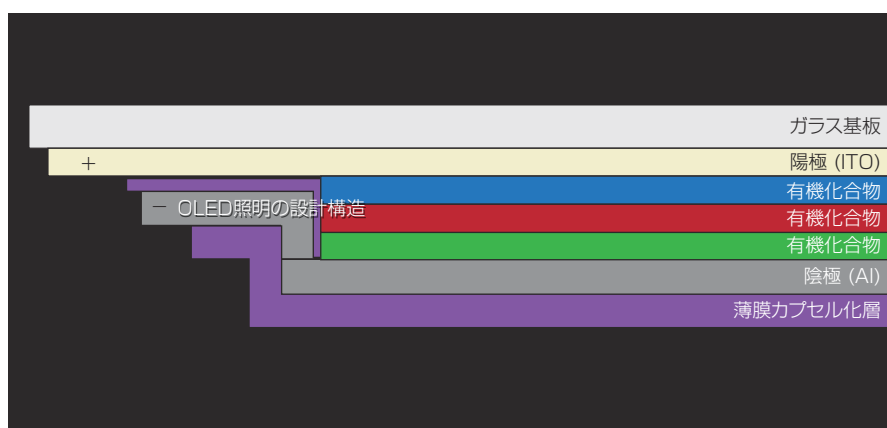


図1 OLED設計構造の複雑さと材料コストが、一般照明におけるその広範な普及を長期にわたって妨げている (画像提供: エームスコ・ライティング社)。

る。また、1.4mmという極薄形状により、標準的なランプでは達成できない独特の照明器具が設計可能であるほか、モジュールを表面実装することによって埋め込み型の外観を作り出すこともできる。市場分析では、電球の域を超えて、家具や布地、床材、階段に光源を埋め込むなどの用途への成長が予測されている (ElectroniCast Consultants社のOLED照明市場予測、2018年5月)。

ヒューマンセントリックライティング (Human Centric Lighting : HCL) が、研究開発 (R&D) から照明としての実用化へと進行していることに伴い、OLEDの他の性質も、固体照明 (Solid State Lighting : SSL) において魅力的なものとなっている。OLEDは、LEDよりも青色成分の少ない光を照射

することが示されており、人体の概日リズムに対する悪影響が低い可能性がある (<http://bit.ly/2kdfRzj>)。一般的な健康と幸福度という観点において、OLEDのグレアのない光は、「健康的な」照明ソリューションを可能にする。また、OLEDは水銀などの有害物質を含まないため、環境に優しく、100%リサイクル可能である。

OLEDは第3世代までに、300lmの光束と75lm/Wの発光効率 (3000K CCTで最大85 lm/W、光束は65~100lm、輝度は3000cd/m²)、90以上のCRI、50以上のR9を達成できるまでに進化した。3000Kと4000KのCCTで、円形、正方形、長方形の3つの形状で提供されており、フレキシブル基板の登場も間近に迫っている。この技術の開発における中心的な目標

の1つは、極薄光源の潜在的用途を広げることだった。照明設計者が薄型フォームファクタに対する創造力を自由に発揮できるような、他にはない手段を提供するというのが、そのビジョンだった。

OLED照明の普及が 停滞傾向にある理由

多大な投資があったにもかかわらず、OLEDは、LEDと同等の性能、寿命、商業的な実行可能性が達成できずにいる。実際、2017年までにフィリップス社、オスラム社、LG社がこの市場から撤退し、照明業界におけるOLED技術の実行可能性に疑問が残る形となった。OLEDの製造コストは低下せず、LEDの性能は向上したため、OLED照明の進歩は停滞しているように見える。OLED光源の方がコストが高いことには、複数の要因が起因している。

図1に示すように、OLEDの設計構造が、主流コンポーネントへの道を阻む主な要因である。基板とOLED化合物そのものに使われる材料の製造が複雑でコストが高いことが、一般照明市場における広範な利用の妨げになっている。

OLEDの製造量がまだ少なく、ややニッチな市場であることに、多くの照明器具のOEMが敬遠しがちである。シートtoシート方式からロールtoロール(R2R)方式へと製造プロセスを変更することによって、コストを削減するための研究開発も行われている(<http://bit.ly/2NBcKMm>)。しかしR2R方式では、劣化を最小限に抑えるためにバリアフィルムを十分に乾燥させるなどの課題に対処しなければならない。

もう1つの障害は、OLEDの性能がLEDよりも低いことである。現時点ではまだ高度なLEDの方が、優れた光出力、寿命、発光効率を達成する。米エネルギー省の論文には、OLED照明製品の予測寿命は、輝度の増加とともに短くなることが示されている。輝度25%で予測寿命は4万時間、100%では1万時間となる(<https://bit.ly/3dmKIRE>)。

しかし、アート照明やハイエンドな照明器具など、仕様定義においてコストや性能が重要視されない製品や、デザインや視覚的なインパクトにより高い価値がある製品など、OLED照明製品の市場は間違いなく存在する。

新たな活力を生み出す 平面LED技術の進歩

極薄OLEDというインパクトのあるデザインが、OLEDに欠けているものを補う新しい技術を考案するためのヒントとなった。性能を損なうことなく極薄の平面光源を生成することができるとしたら、どうだろうか。

近年、端面発光LEDパネルを小型化した構造を活用する、新しい技術が市場に登場している(図2)。ライトガイドプレートと、独特な形で組み合わされた光学フィルムによって、LEDの光出力と均一性を最大限に高めるとともにビーム角を制御するというものだ。

スマートフォン設計から着想を得たこのモジュールは、バックライト方式の照明からエッジライト方式のLEDへと移行したLCDの進化に由来している。この10年間で、スマートフォン本体に占めるディスプレイの体積を最小化する取り組みが進められ、スマートフォンディスプレイは驚くほど薄くなっている。このモジュールは、標準的なLCD技術に改良を加えて、ライトガイドプレートに入射したLEDからの光が、内部全反射(Total Internal Re-



図2 薄型の形状、グレアのない拡散光、高い色品質という、OLEDの望ましい性質に着想を得て考案された、新しい平面状のLEDライトガイドに基づくモジュールは、OLEDと同等の性質を備えつつ、それよりも効率的な性能を発揮する。(写真提供: エームスコ・ライティング社)

表 OLEDと平面LED光源の性質の比較

	Light Technologies Hikari SQ	LG Display LL056RS1	OLEDworks FL300
公称出力 (lm)	300	75	300
発光効率 (lm/W)	88	90	75
寿命 (hrs L70B50)	60,000	40,000	40,000
CRI	90+	90+	90+
CCT(K)	2700, 3000, 4000	3000, 4000	3000, 4000
ビーム角(度)	110	-120	-120
寸法(mm)	100×100	100×100	127×127
ベゼル(mm)	5.0	-5.0	9.0
モジュールの厚さ(mm)	3.2	N/A	1.4

flection : TIR)を防ぐ表面形状によって抽出されるようにしている。

しかし、実行可能な照明製品を実現するには、LEDのルーメン出力とディスプレイのCCTに関連する光学的な課題を解決する必要がある。ディスプレイを実現するには、明るくなりすぎないようにルーメン出力を低くする必

要がある。ディスプレイのCCTは8000K～10,000Kの範囲にする必要があるが、これは高すぎて照明モジュールには適さない。モジュールの寿命のために、熱管理の改良も必要である。

OLEDと同じ目標を目指すには、面光源としてのその能力を維持するために、OLEDと物理的に類似した薄型の

デザインをこのLEDモジュールで実現する必要があった。また、電氣的レイアウトは標準的なLEDドライバと互換性を持ち、直列と並列の両方の構成で配線可能で、DALI (Digital Addressable Lighting Interface)やその他のLED調光技術によって完全に制御可能でなければならない。

これらの目標を達成するためのカギを握るのが、一連の光学フィルムとライトガイドプレートだった。照度とビーム角を均一にしてグレアを抑えつつ、高く機能的なルーメン出力を維持するための設計を考案し、特許を取得した(図3)。

照明の設計者と製作者にとって、照明ソリューションは、機能的であるとともに装飾的でなければならない。OLEDと同様に、極薄の平面LEDモジュールは、設計者の創造性の観点からの要件を満たしつつ、製作者の仕様を満たす機能を備える。表面実装が容易であることも重要である。推奨されるのは、光を透過する接着フィルムを、モジュールの前面または裏面に貼る方法である。モジュールはIP20で、屋内で使用する場合は照明器具の中に封入する必要がない。モジュールは消費電力が低いいため、適切な低電圧のドラ

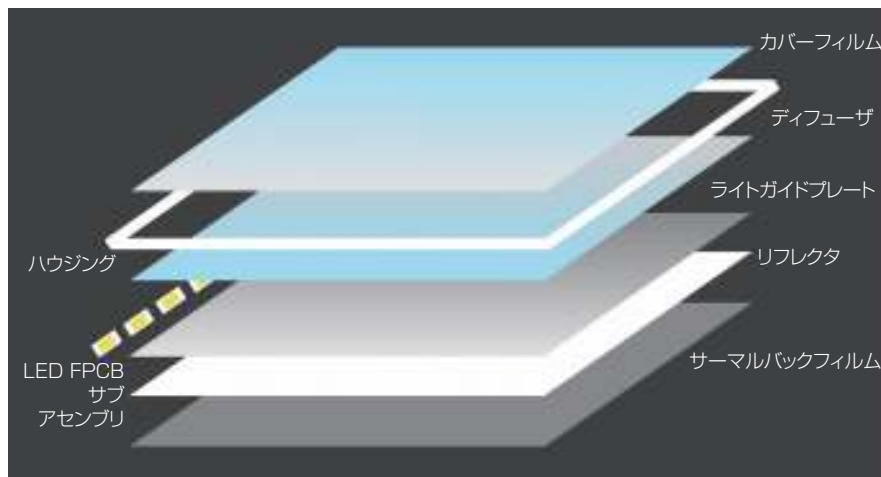


図3 LCDの製造と組み でのプロセスにより、光学フィルムとライトガイドプレートを用いて一般照明向けの均一な光を生成する、平面LEDモジュールの開発を前進させることができた。(写真提供：エームスコ・ライティング社)。

イバとともに使用すれば、バッテリー動作の回路に対応する。

第1世代のモジュールは、100×100mmのフォームファクタで平均450lmを達成し、CRIは90以上、R9は65以上、平均発光効率は85lm/Wである。表は、よく知られているOLED光源と、アイルランドのライトリー・テクノビート社(Lightly Technologies)が開発したLEDモジュールの主要な性質と仕様を比較して示したものである。

フォームファクタの 進歩と将来の見通し

平面LED技術は現在、1つの形状でしか実現されていないが、将来的には、調光機能や、モノのインターネット(Internet of Things: IoT)システムとの接続機能など、さらなる機能の追加が見込まれている。この平面技術の最大のメリットは、製造コストが低いことである。無機LEDに、一連の特殊フィルムとライトガイドを組み合わせることで、OLEDの外観をはるかに低い価格で実現することができる。また、極薄の形状を維持しつつ、OLEDよりも優れた寿命と性能を提供する。

各種市場指標からは、標準的なLED光源のまぶしさを取り除いて、利用者のより近くに配置できる照明ソリューションが求められていることがうかがえる。例えば、快適な読書灯、ペンダント型のタスクライト、デスクライト、壁付け照明などである。平面LEDモジュールは、クリーンなライン、薄い表面、高い光品質によって、多くの設計者の必須要件を満たす。平面状の表面全体から光を放つこのモジュールは、小さなスペースに控えめに組み込むことができる(図4)。ヒートシンクを追加する必要はなく、最小



図4 平面LEDモジュールは、OLEDと同じように用いることができる。高CRIの光は、小売や娯楽環境に効果的で、表面に埋め込む場合も照明器具を構築する場合も、独特の外観設計を可能にする。(写真:Gavriil Papadiotis氏撮影、エームスコ・ライティング社の許可を得て転載)

限のスペースしか占有しない。スペースに制約がある場合に、軽量で薄型のこのソリューションのメリットが生かされる可能性がある。

平面光源は、装飾照明以外にも数多くの用途に適用できる。市場分野は、自動車、RV、航空のほか、居住空間や商業空間などの従来型のものまで多岐にわたる。グレアのないCRI93の光は、色を鮮やかに引き立たせるため、例えば、ディスプレイに並べられた小売商品を美しく見せることも可能だ。

どの業界でもそうであるように、SSL設計者は常に、次の素晴らしいイノベーションを求めている。OLEDは、魅力的な概念を照明分野にもたらし、年月とともに改良されて、さらに薄いディスプレイ、リッチな色合い、高い性能を実現した。OLEDによってユニークなデザインの照明が構築できるよ

うになった。OLEDは、照明メーカーの創造性に自由度を与えつつ、コンパクトなフォームファクタを備えた機能的な光源である。

米OLEDワークス社(OLEDworks)しか主要メーカーが存在しないこともあり(<http://bit.ly/2Yfk43L>)、OLED照明の商用化の動きは、一般照明市場で軌道に乗るにはあまりにも遅いように思われる。需要が伸びないために製品価格は未だに高く、それが広範な普及を阻む障害となっている。

その一方で、スマートフォン技術の進化と同様に、OLEDに注がれた研究開発によって、薄型平面照明の足りない部分を補うことのできる、新しい技術が進歩している。より効率的なLED技術を、OLEDに似た形状で利用することにより、魅力的な新世代の照明が生み出されるだろう。

著者紹介

リズ・コンゲロ(LIZ CONGERO)は、複数の照明製品を製造および販売する米エームスコ・ライティング社(Aamsco Lighting)のセールス及びマーケティング担当副社長。

URL: <https://www.aamsco.com/>

LEDJ