

有機EL、いまだコストの課題に直面する 一般照明分野への挑戦

マーク・ハルパー

朗報は、有機EL (OLED)の効率と寿命が向上していることである。製造コストは急落するだろう。ただし、大量に購入されるようになればの話だ。本稿では、卵が先か、鶏が先かのように聞こえるこの状況について解説する。

有機EL技術がもたらすとされていた、素晴らしい新未来を覚えているだろうか。有機発光ダイオード (Organic Light Emitting Diode : OLED)によって、LED革命は短命に終わるというものだ。リジッドな材料または折り曲げ可能な材料でできた、光る薄板である有機ELが、一般照明における一大変革として点光源のLEDに取って代わり、デザインと光品質において計り知れないほどのメリットをもたらすと、推進派が宣言していたことは、読者ももちろん覚えているだろう。

念のため指摘しておくが、その変革はまだ起きていない。米イーストマン・コダック社 (Eastman Kodak)が有機ELを発明してからおよそ32年が経ち、照明企業が一般照明市場における可能性を語り始めてから12年以上が経過したが、有機ELはいまだ一般照明市場にはそれほど浸透していない。ディスプレイ画面というまったく異なる市場でシェアを獲得し、自動車業界でもテールライトとして存在感を示しつつあるが、一般照明市場では、ハイエンドな建築照明に用途がほぼ限定されており、しかもその分野でも、改良されたLED設計と競合する状態にある。そうした設計としては、LEDs Magazineが過去に取り上げたような、より均一で拡散されたLED照明を提供するために光学ライトガイドを採用する、端面



有機ELの熱心な推進派の多くが今、有機ELはLEDに取って代わるのではなくLEDと共存するのだと主張している。1つの完璧な例として、アキュイティー・ブランズ社の新しいハイブリッド型照明器具「Olessence」には、ダウンライトに有機ELパネル、間接照明にLEDが使用されている。(写真提供:アキュイティー・ブランズ社)

発光の平面照明器具などがある。

その過程で犠牲になった企業もあった。最も直近では韓LG社だ。同社は、一般照明用の有機ELパネルを製造する数少ないメーカーの1つだったが、同市場から撤退したようである。ディスプレイ画面用の有機ELはまだ製造している

が、ちまたのうわさによると、2019年に入って照明用の有機ELに見切りをつけ、パネルと最終照明器具の両方の組み立てを打ち切ったという (本誌は最大限の努力を尽くしたが、LG社の確認をとることはできなかった)。

そして照明業界の2大企業である蘭



フラウンホーファーが作成したこれらの蝶のように、有機ELはLEDよりも、想像力に富んだデザインに適している。(写真提供：フラウンホーファーFEP)

シグニファイ社 (Signify) と独オスラム社 (Osram) は、ともに有機ELから手を引くことを決断し、シグニファイ社 (当時はフィリップス・ライティング社 [Philips Lighting]) は、2015年に有機EL事業を売却し、オスラム社の最高経営責任者 (CEO) を務めるオラフ・バーリエン氏 (Olaf Berlien) は2016年に、有機ELは照明市場向けにはコストが高すぎるという見解を明らかにした。実際、オスラム社は2019年末までにすべての有機EL事業を縮小する。自動車業界向けのテールライト用製品は今後も供給するという。

業界の最大の課題として残るのはコストである。普及を妨げるそれ以外の障害としては、エネルギー効率と製品寿命があったが、今ではコストがその

2つを上回る障害となっているようだ。

しかしちょっと待ってほしい。有機ELはそもそもLEDに取って代わるなどと考えられていたことは一度もなかった。2つの技術は常に、共存する方向へと向かっていた。少なくとも有機ELの支持者らは今、そう述べている。彼らが有機ELのこれまでの見直しを書き換えているのか、それとも、彼ら自身がマーケティングやメディアにあおられて高まった期待の犠牲者であり、今になって事実をはっきりさせているのかは、意見の分かれるところである。

いずれにせよ、現実としては、有機ELは確かに現在、少なくともLEDと共存する方向に向かっているようで、今後数年間のうちにそうなる可能性がある。ただし、より多くの照明企業が

この技術を推進し、それによってオスラム社があまりにも高すぎると嘆いたコストが低下すればの話である。

「この技術が初めて照明分野に登場した時は、間違いなくかなりの期待感があり、照明業界はこれに注目し始めた」と、米アキュイティー・ブランド社 (Acuity Brands) の設計パートナーシップ担当ディレクターを務めるジェニン・ワン氏 (Jeannine Wang) は述べた。同社は、有機EL照明器具の開発と販売を積極的に手掛ける、数少ない主要照明企業の1社である。「中には、有機ELがLEDに取って代わるという構想を打ち出す人もいた。その発想がどこから来たのか私にはよくわからない。なぜなら、それらの技術の照明における動作の仕組みに関する基本的知



フラウンホーファーとホルストセンター (Holst Centre) は、有機EL基板のロールツーロール方式の製造プロセスを共同開発した。フラウンホーファーによると、最大で長さ数百メートルの有機EL基板が現在製造可能で、需要さえあれば低コスト量産を行う準備は整っているという。(写真提供：フラウンホーファー FEP)

識や、その物理的性質から考えて、2つの技術は非常に相補的に動作するためである」(ワン氏)。

ソフトな光

有機ELは本質的に、LEDよりも目に優しい、ソフトで拡散されたグレアのない光を発し、ヒューマンセントリックという観点では、より優れた選択肢である可能性がある。一方、LEDは点光源で、小さなパッケージへの収容や長距離への投光の面で優れている。有機ELは、LEDでは必要となる量の青色光を使うことなく、白色光を生成できるので、青色成分の多い光を最小限に抑えたい場所や用途(夜勤シフト労働者の作業空間など)に理想的

である。赤外域(IR)や紫外域(UV)の波長を除去するように構築することも可能で、芸術作品、スーパーの食品売り場、展示ケースに並べられた香水に対する照明など、UVやIRにさらされると品質が損なわれるあらゆる物質を対象とした、特定用途に適用できる可能性がある。

しかしここでもう一度繰り返すが、2つの照明技術は共存するというのが、新たに確立された一般通念である。その縮図となる1つの例として、アキュイティ社は、5月に発表した同社最新の有機EL照明器具「Olessence」に両方の技術を搭載している。この吊り下げ型天井照明は、有機ELによってグレアなく拡散する下向きの白色直接

照明を供給しつつ、天井を向いたLEDによって間接照明を供給する。

ドイツのドレスデンにあるフラウンホーファー FEP(Fraunhofer FEP)で、フレキシブル有機エレクトロニクス担当部門ディレクターを務めるクリスチャン・メイ氏(Christian May)は、有機EL推進派として、製造コストの削減につながる可能性のある製造プロセスに取り組んでいるが、同氏も有機ELはLEDに置き換わるものでは決してないという意見に同意している。

「より多くの有機ELが一般照明に使われるようになれば良いと思う。しかし、ニーズが本当にあるだろうか。ニーズは確かにある。しかし、日常的なニーズの多くは、特にLEDなどの他の

技術で適切に対応することができる。必ずしも最適ではないが適切に対応でき、しかも非常に手頃な価格でそれが可能だ。従って、非常に幅広い用途において、有機ELのニーズはない。もちろん、演色評価数(Color Rendering Index : CRI)など、照明品質が非常に優れているといったメリットはある。また、それが人間の幸福感に対して非常に重要であることを示す研究結果が、続々と報告されている。しかし率直に言って、家庭内という小さな規模、そして業界という大きな規模における日常生活や日用品に対しては、既存の無機LED技術で良好な方法を生み出すことのほうが、より重要である」(メイ氏)。

コストの問題

有機ELの熱心な推進派の意見としては奇妙に聞こえるかもしれない。しかしメイ氏の主張の根底にあるのは、有機ELをLEDの領域にさらに推し進めるには、製造コストを引き下げなければならないという考え方である。そしてそれこそまさに、フラウンホーファーにおけるメイ氏の取り組みである。同研究機関が開発を進めるロールツーロール(Roll to Roll : R2R)の製造プロセスは、成功すれば、今日採用されているより高価なシートツーシートのプロセスに置き換わる可能性がある。

それは多くの人々にとって望ましいことだ。「共存」が語られてはいるものの、有機ELは実際には市場において期待されるほどの成果を上げていない印象が否めないからである。

「グレアがなく、薄く適応性の高い(定められた形状に折り曲げ可能な)フォームファクタの製品の製造を支援する、固体照明(Solid State Lighting : SSL)の拡散面光源を誰かが考案しな

ければならないし、その機会が存在する」と、独立系コンサルタントのノーマン・バーズレイ氏(Norman Bardsley)は述べた。同氏はカリフォルニア州ダンビルを拠点に、SSLに関するアドバイスを米エネルギー省(Department of Energy : DoE)に提供している。「それはまだ、私や多くの人々が期待していたような形では考案されていない(中略)この点に関して、まだ有機ELがLEDに負けたとは私は思っていないが、有機ELが効率向上とコスト削減に苦戦し続けているというのは確かだ、コストは大きな問題である」(バーズレイ氏)。

R2R

バーズレイ氏は、フラウンホーファーにおけるR2Rの取り組みに感銘を受けている。R2Rは、他の手段では達成できなかった成功を収める可能性がある。コニカミノルタは2010年代に入ってからR2Rラインに巨額の投資をしたが、商業的に軌道に乗せることはできなかった。中華民国經濟部が設立した台湾の工業技術研究院(Industrial Technology Research Institute : ITRI)など、これに取り組む組織は他にも存在する。

フラウンホーファーのメイ氏は、有機ELのR2Rはほぼ準備が整っており、ただ市場需要を待っている状態にあると述べた。「有機ELの加工とロールツーロールが可能であることが、概して示されている。この1年間で一定のレベルに到達し、この方向に突き進むことを決めた。全般的に、この技術はほぼ準備が整っている」(メイ氏)。

しかし、鶏が先か、卵が先かの問題がある。この技術を採用する量産市場が存在しないのだ。

「ロールツーロール技術は、従来のシ

ートツーシート加工では適切に対応できない大規模市場があれば、魅力的だ。しかし、まずは市場が必要である。生産量が必要だが、現時点ではそれが存在しない。ロールツーロールを稼働させるには、参入市場を準備することが非常に重要である」とメイ氏は述べた。

あるいはバーズレイ氏が指摘するように、「R2Rの問題は、業界に組み込む方法が見つからないこと」なのである。

中身が半分入ったグラス

有機ELを普及させるための準備は整っており、いま必要なのはそれを採用する市場だけという主張から連想するのは、「glass half-empty, half-full」(グラスに半分しか入っていないと考えるか、半分も入っていると考えるか、という意味)という昔ながらの表現である(鶏と卵に飽き足らず、グラスの慣用語まで持ち出したことを許してほしい)。半分も入っているという楽観的な見方をする人々は、これだけの年月を経て、エンドユーザーや照明器具メーカーはなぜまだ、製造業者が提供する有機EL材料を欲しないのだろうかと首をかしげる。その理由の1つとして指摘されるのは、LED技術の進歩である。例えば、端面発光体の開発により、前述の有機ELの平面発光機能の一部が、LED設計によって模倣できるようになった。

半分も入っていると考える、アキュイティー社のワン氏のような熱心な推進派は、市場採用はすぐそこまで迫っていると主張する。

アキュイティー社に独占的に有機ELパネルを供給する米OLEDワークス社(OLEDWorks)は、どの組織にもまして楽観的だ。同社は、有機ELを発明したコダック社に勤務していた科学者

らによって2010年に設立された。コダック社の本拠地であるニューヨーク州ロチェスターを拠点とするOLEDワークス社は、有機EL市場を先導している。

同社のCEOで共同創設者のデビッド・デジョイ氏 (David DeJoy) は、有機ELが大空間の直接照明に使われた少数の事例において、反応は圧倒的に好意的だったと指摘した。「体験者は、とにかく心地がよいと口をそろえる。そこに居たいと思わせる快適な空間に感じるらしい」とデジョイ氏は述べた。同氏は、ロチェスター地区のオフィスに有機EL照明を設置する業務に関わった。同技術の多数の性質の中から、同氏は、光を均等に拡散させる「ランバート反射」の品質を特に挙げた。

「波長域が広く自然に拡散するランバート反射のエリア光源としてのこの技術の基本概念に目を向けると、LED

を非常に適切に補完するものであることがわかる」とデジョイ氏は述べた。

デジョイ氏は、有機ELとLEDの共存推進という立ち位置に身を置いているらしい。

「それらは互いに競合すべき技術ではない」と同氏は述べて、アキュイティエー社のハイブリッド照明 Olessence を例に挙げた。「それらは、適切に利用すれば調和を生み出す技術だ」(デジョイ氏)。

しかし、その調和もコストが引き下げられなければ得られない。これについてもデジョイ氏は楽観的で、OLEDワークス社は、広範な商用市場向けに経済的に運用するために必要なのは生産量だけ、というレベルまでシートツーシート方式の設備を洗練化していると述べた。

「われわれのビジネスモデルは、LED

のビジネスモデルと同様に、規模によってメリットが生まれる」とデジョイ氏は述べた。「当社の現在の製造施設は、2015年にフィリップス社から譲り受けたドイツのアーヘンにある施設や、独自にイノベーションと開発を手掛けたロチェスターの施設を含めて、規模によってメリットが得られるようになっていく。当社のサプライチェーンもそれを知っている。生産量が増加すれば、当社はコストを確実に引き下げることができる」(デジョイ氏)。

OLEDワークス社は、長期的にはR2Rへの移行を望んでおり、フラウンホーファーでの進捗状況を注視しているが、シートツーシート方式で製造を進める準備は整っている。

パートナーを求めて

また、自社の製造ラインで収益を上



有機ELは、青色波長のエネルギーが少ない光を供給可能で、バイオリズムを支えるヒューマンセントリックライティング (HCL：人に優しい照明) 設計において、有効となる可能性がある。(写真提供：アキュイティエー・ブランズ社)

げられるだけの生産量を促進するために、OLED ワークス社は7月、より多くの照明器具メーカーに有機ELへの注力を促すことを目的としたチャンネルパートナープログラムを立ち上げた。本稿執筆時点で、実際のパートナーはまだ発表されていないが(長年にわたって提携してきたアキュイティー社はこの新規プログラムに参加しない)、デジョイ氏は近いうちにパートナーが集まると自信をのぞかせていた。

OLED ワークス社が、自動車業界における事業を積極的に推進しており、一般照明用製品に使用するのと同じ製造ラインを使って、テールライト用の有機ELを製造していることも、状況を後押ししている。同社の自動車業界のパートナーには独アウディ社(Audi)などがあり、また、オスラム社が手放した事業も同社が拾い上げることにすると考えられている。

デジョイ氏はさらに、多くの有機EL開発者と同様に、有機EL照明器具は、光学部品、ドライバ、ディフューザ、ヒートシンク、導波管など、必要となるシステム部品数がLEDと比べてはるかに少ないので、最終製品コストの面でもメリットがあることも指摘した。

「われわれが実際に検討するのは、ライトエンジンのコストだけでなく、提供する照明器具のシステムコストだ」とデジョイ氏は述べた。ひとたび既存ライン上の生産量を確保することができれば、OLED ワークス社は、最終的な有機EL照明器具をLED照明器具と同等のコストで製造できるようになるだろうと、同氏は言う。

有機ELのシステムコスト削減に貢献したもう1つの進歩は、OLED ワークス社などの有機ELパネルメーカーによって、各社製品のエネルギー効率が現在、多くのLEDと同等の約85lm/Wにまで

高められていることである。ただし、DoEは有機EL製品のストレステストに関する最新レポートにおいて、寿命と色度シフトにはまだ改善の余地があると報告している。

効率の向上により、アキュイティー社のような照明器具メーカーは、少ない光源でより多くの光を生成できるようになった。アキュイティー社のワン氏によると、同社が数年前に発売した初代Olessenceには、それぞれ約150lm/ftのダウンライトを提供する有機ELパネルが2列平行に並んでいたが、新しいハイブリッド型製品には、それぞれ300lm/ftのパネルが1列にしか並んでいないという。「フットプリントを約半分に縮小することができた。半分の有機EL面積で2倍の光を生成している」とワン氏は述べた。

有機ELそのものの効率にはまだばらつきがあり、開発者はさまざまな手法を適用してその改善に努めている。例えばOLED ワークス社は、米ペンシルベニア州立大(Pennsylvania State University)と協力して、より多くの光子を抽出している。

しかし、今日の有機ELは、最終照明器具レベルではLEDと概して同等だが、ランプシェードやディフューザなどの部品を考慮に入れると話は違って来る。それらによって基本的に、LEDの効率は低下する。

「装飾用LEDは一般的に100lm/W未満なので、85lm/Wならばそれと同等だ」とコンサルタントのバーズレイ氏は指摘する。「フォームファクタがさほど問題にならないLED高天井照明や、天井に取り付けられるが外観は美しくないトロファ照明の効率は、

100lm/Wよりも高い。基本的に、それ以外のものはすべて、汎用品のLED電球であっても、グレアを防ぐためにシェードを周りに取り付けた時点で、実質的に100 lm/Wを下回ってしまう」(バーズレイ氏)。

また、DoEは有機ELの寿命に懸念を示しているが、OLED ワークス社のデジョイ氏は、寿命は大幅に改善されてきたと指摘する。OLED ワークス社のパネルの定格寿命は、3000cd/m²(カンデラ毎平方メートル)のリジッドモデルの場合で最大10万時間だが、同一モデルで8400cd/m²の場合は3万時間となる(どちらも3000Kの場合)。同社はその他に、輝度、波長成分、有機ELがリジッドか曲面か(リジッドのほうが寿命が長い)に違いがある、定格寿命が2万5000時間、3万時間、5万時間のモデルを取り揃えている。

「寿命が10万時間以上であるという主張には、常に疑問が残る。有効なテストを実施するのにかなりの時間を要するためだ」とバーズレイ氏は言い添えた。「積層構造の採用によって、有機ELのルーメン低下は大幅に緩和されたというのは確かに正しい。電流密度が低いためである。他の信頼性指標、特に初期故障のほうがおそらく重要だが、そのデータを得るのは難しい。照明の設置や使用方法に依存するためである」(バーズレイ氏)。

しかし概して、有機ELの寿命は延びており、効率は向上しており、コストは低下に向けた準備が整った状態にある。必要なのは、購入者だけだ。これは、一般照明市場における有機ELの最後の挑戦になるか、新しい始まりになるかのいずれかである。

著者紹介

マーク・ハルパー(MARK HALPER)はLEDs Magazineの寄稿記者で、エネルギー/テクノロジー/ビジネス関連のジャーナリスト。e-mail: markhalper@aol.com