

Packaged LEDs

LED、光品質を大幅に向上 — CSP の未来に向けて前進

モーリー・ライト

パッケージLEDは数年前に、ほとんどすべての一般照明分野で従来の光源を置き換えられる性能レベルに達した。しかし率直に言って、光と色の品質と、多くの固体照明(SSL:Solid State Lighting)製品の下で過ごす人に与える印象については、改善が必要である。本誌が前回パッケージLEDを特集してから(<http://bit.ly/2MOq7vh>)、状況は著しく変化している。産業分野向けのトロファ照明などの製品に採用される、汎用的なローエンドのLEDは今でも多数存在し、一部の製品ではグレア(まぶしさ)がやはり問題になっているが、その一方で、はるかに高品質なLEDも市場に提供されており、より目に優しく、ヒューマン・セントリック・ライティング(HCL:Human Centric Lighting)の実現という約束を果たす可能性がある。それと同時にSSL業界は、多くの用途に対して高度な中出力パッケージとチップスケールパッケージ(CSP:Chip Scale Package)技術を適用する方向に進んでおり、低出力から超高出力までのすべての分野にわたって品質を向上させている。また、この全般的な技術トレンドは一般照明にとどまらず、園芸用照明や、人間の可視域の範囲外で動作する紫外線(UV)および赤外線(IR)LEDといった活気ある分野にまで広がっている。

ソウル・セミコンダクター社の「SunLike」



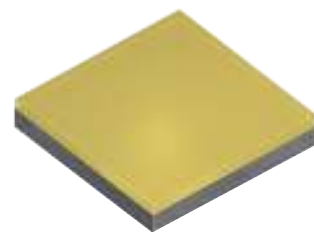
まずは、冒頭の段落で触れたいいくつかのトレンドに関連するLEDファミリを紹介しよう。ソウル・セミコンダクター社は、SunLike LED技術を2017年夏に発表した。より標準的な青色の励起光の代わりに紫色のエミッタまたはポンプをベースとするアーキテクチャと、東芝マテリアルと提携して開発した3蛍光体の組み合わせが採用されている。スペクトルパワー分布(SPD:Spectral Power Distribution)は太陽光を模倣しており、青色エネルギーピークが除去されている。青色エネルギーピークは、夜間にブルーライトを浴びると概日リズムが乱れるという問題につながる恐れがあり、目に悪いと考える人もまだ存在する。ソウル・セミコ

ンダクター社は最近、韓国のある医学部でSunLike LEDを導入したところ、睡眠パターンが改善し、目の疲れが軽減されたとする調査結果を公表した(<http://bit.ly/2MOh3Xg>)。同社はこの1年間でSunLike技術を、中出力LEDからチップオンボード(COB:Chip On Board)部品に至るまでのさまざまな製品にわたって商用化した(図は15WのCOB)。SunLikeファミリのLEDは、イタリアのポンペイ遺跡にも導入されており、壁画を見に訪れる人々の体験を向上させている(<http://bit.ly/2Mrci4W>)。さらに同社は、必然的に高額となる製品で、照明業界の顧客を獲得し始めている。SunLikeポートフォリオは、ハイエンドの小売施設、美術館、健康と幸福感を高めるための照明(HCL)、さらには園芸用照明などをターゲットとしている。

詳細情報:<http://bit.ly/2Nf3wY7>

オスラム社の「Oslon Pure」

蛍光体などの材料から、製造プロセ

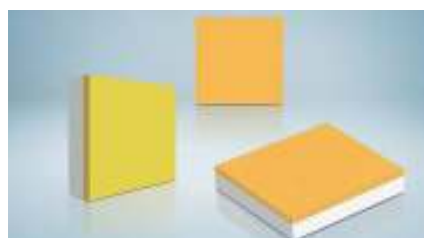


スの工程やパッケージ設計に至るまで、LEDのコンポーネントレベルで光品質の改善を目指す設計手法は多数存在する。オスラム・オプト・セミコンダクターズ社は、CSPの概念に、製造におけるアクティブなLED層のレーザリフトオフを組み合わせた、独特の手法を採用している。同社は2018年初頭に、Oslon Pure LEDを発表した。ディスプレイに展示される商品を強調する指向性照明製品によって、ハイエンド小売施設をターゲットとしている。このLEDは、標準的なサファイア基板上で製造されるが、リフトオフ処理によってサファイアを除去した後、LEDチップは上下逆さまにして不透明のシリコン基板に固定される。このアーキテクチャは、LEDチップとパッケージデ

パイスのフットプリントが同一で、真のCSPであるといえる。ただし、パッケージは基本的に、シリコン基板と、製造プロセスのバックエンドで実装された電気的接点で構成されている(詳細については、LightFair Internationalのビデオインタビューを参照。<http://bit.ly/2MT1ei5>)。この手法の最大のメリットは、LEDの最終的に上面となる部分のみから発光することである。発光は、強度と、角度に対する色変化(COA: Color Over Angle)の面で極めて均質である。また、本質的に5面発光体である多くのCSP LEDを悩ませる側面発光がないので、側面発光に対処するための追加の製造工程が不要である。指向性照明のアレイにおいて、このアーキテクチャは、コンポーネント間のクロストークを懸念することなく、LEDをさらに高密度に配置することができる。

詳細情報:<http://bit.ly/2Nk8WRp>

サムスン社の「Fillet-Enhanced CSP」

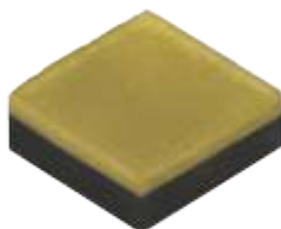


サムスン社は、CSP技術にいち早く着手した企業である。このパッケージ手法は、一般照明に利用されるよりも前にテレビのバックライト装置などの用途で採用されており、サムスン社はテレビの主要メーカーだからである。同社は2016年のLightFairで、CSP技術を一般照明分野に対して本腰を入れて推進していくことにしたと発表した(<http://bit.ly/2MSqHbi>)。より最近では、FEC(Fillet Enhanced CSP) LED

と呼ぶものを発表している。このアーキテクチャは、構造の4面に反射性コーティングを施すことによって側面発光をなくし、すべての光が上面から照射されるようになっている。5面発光は、広範囲に光を拡散するトロファ照明などの用途では、何の問題もない。しかし、FECアーキテクチャは、スポットライトなどの指向性SSL製品をターゲットとしている。発表に際してサムスン社は、1Wの中出力版と5Wの高出力版とするFEC製品をリリースした。これらの製品は、低い相関色温度(CCT: Correlated Color Temperature)で200lm/W程度の効率を達成する。

詳細情報:<http://bit.ly/2MT1k9r>

クリー社の「XLamp XD16」



クリー社は過去に何度もCSP技術に疑問を呈し、セラミック基板上のLEDは卓越した性能を備えており、CSP技術に移行してコンポーネントの製造工程を減らしてもそれに見合うメリットが得られないと主張してきた。2015年のStrategies in Lightの討論会でも、この概念に関する議論が交わされた(<http://bit.ly/2MQXIof>)。しかし、パッケージLEDのフットプリントがチップと同じであることは、多数のLEDを密接に並べて配置する指向性照明などの分野において、やはり魅力的な概念である。そこでクリー社は2017年初頭に、セラミック基板を採用しつつ、フットプリントがチップに近い「NX」アーキテクチャを発表した([\[bit.ly/2MTvGIU\]\(http://bit.ly/2MTvGIU\)\)。続いて2017年終盤には、NXプラットフォームに基づくXLamp XD16 LEDを発表した。XDという接頭語は、extreme density\(超高密度\)を意味する。クリー社はリリース当時、この製品は284lm/mm²のルーメン密度を達成すると述べていた。当時の他の高出力LEDアーキテクチャのルーメン密度は、140lm/mm²程度だった。このアーキテクチャは、ほとんどのCSP LEDと比べて光学性能と熱性能が改良されていると、クリー社は述べていた。側方の発光を上面に反射させるとともに、下方向の発光も上面に反射させる設計になっている。一方、熱対策の仕組みは複雑である。セラミック基板は、一次レベルの熱緩和を行うとともに、LEDチップとヒートシンクまたはメタルコアプリント回路基板\(PCB: Printed Circuit Board\)の間に熱抵抗を本質的に追加する。真のCSPアーキテクチャを採用してより容易に熱を拡散できるのが、最適なSSLシステム設計だが、この熱基板のほうが、多くの照明器具設計者にとって確実に作業する上で扱いやすいかもしれない。](http://</p></div><div data-bbox=)

詳細情報:<http://bit.ly/2MQCXZF>

ルミレッズ社、中出力製品を改良



中出力LEDの分野に話を進めると、ここ数年で最も話題にのぼるトレンドは、予測を上回るペースで価格が低下していることかもしれないが、それよりも重要なトレンドは、特に信頼性と過酷な環境に対する耐性という面で、より堅牢な設計に移行していることであ

る。ルミレッズ社は、2016年に「Mid Power March」と称して新製品を発表して以来、中出力パッケージにおける自社の進歩を長期にわたって大々的に宣伝してきた (<http://bit.ly/2NkauH>)。より最近では、高天井用照明や屋外の街灯やエリア照明など、高出力アーキテクチュアが主流だった分野を明確にターゲットとした中出力LEDを発表している。2018年初頭には、「Luxeon 5050 LED」を発表した。モデル番号のとおり、5×5mmのフットプリントを特長とする。外観は中出力LEDに似ているが、一次光学部品がなく、プラスチックパッケージに収容されているようだ。しかしこのLEDは2Wで動作可能で、ルミレッズ社によると、屋外照明や産業用照明をターゲットとしており、DesignLights Consortium (DLC) の高水準の仕様を満たす照明器具が実装できるだけの性能を備えるという。その数カ月後には、「Luxeon 3030 2D LED」がリリースされた。パッケージにエミッタが2個収められており、発光面 (LES: Light Emitting Surface) が円形または正方形のモデルが提供されている。すべての製品に、「hot color targeting」とルミレッズ社が呼ぶ技術が採用されている。標準的な照明システム温度での動作に基づいてLEDがビンギングされていることを意味し、この手法により、このLEDを採用する照明器具は、導入後に色ずれが生じることがないという。

詳細情報: <http://bit.ly/2NjHqK9>

日亜化学工業の「Optisolis」

中出力LEDは、信頼性が高くなっただけでなく、演色性や白色点などの項目も改善されている。日亜化学工業が2018年初頭に発表したOptisolis LEDには、光品質に関するそのようなメッセージが込められていた。この



LEDはすべてのモデルで「非常に優れたCRI」を実現する、というのが発表時の主張だった。演色評価数 (CRI: Color Rendering Index) は、LEDの色品質を示す指標としては適切でないと言われていたが、日亜は、CRIが広く認知されているからという理由で、総合的なCRI Raスコアと16個の個別色見本スコア (90以上) に基づいてLED性能を宣伝することにした。Optisolisは当初、日亜の長年にわたって確立された「757」製品ファミリーの一環として提供されていたが、その技術は近い将来、他の種類のLEDにも拡大される予定である。日亜は、青色の励起光を紫色域にシフトし、440nmの励起光を用いた暖白色の製品と、420nmの励起光を用いた冷白色の製品によって、優れた演色性を達成している。しかし同社は、SPD内にUVエネルギーはなく、Optisolisのターゲット用途の1つである美術館照明に採用する場合に、このLEDによって材質が劣化することはないと強調した。

詳細情報: <http://bit.ly/2NhRgpQ>

LG イノテック社の「Eye Pleasing LED」



LG イノテック社も、人間が仕事を

したり生活したりする上でより快適な中出力LEDを提供したいと考えている。同社はこれらの製品を、「Eye Pleasing」(目に優しい)を意味する接頭辞を付けてEP LEDと呼んでいる。残念ながら、同社は性能に関する詳しい情報を公開しておらず、問い合わせたところ、LEDのSPD特性や、蛍光体構成などのアーキテクチュアは、機密情報であるとの回答だった。SPDデータの一部は公開されており、青色ピークがより長い波長にシフトされており、465nm以下の発光が抑えられている。415~455nmの波長が、網膜に害を与える可能性があると言われており、同社は述べた。一方、このLEDは465~495nmの範囲のエネルギーが高く、同社によると、その範囲の波長は人体生理機能を活性化するという。同社は最近、これ以外にも複数のLEDを発表しており、詳細は不明だが、園芸用照明向けのLEDやUV LED (<http://bit.ly/2NqmFXf>) に加え、より最近では、紫色を強化したLEDを連続殺菌向けに提供している (<http://bit.ly/2MQYIOD>)。

詳細情報: <http://bit.ly/2NhJnAt>

クリー社、中出力およびCOB製品を追加

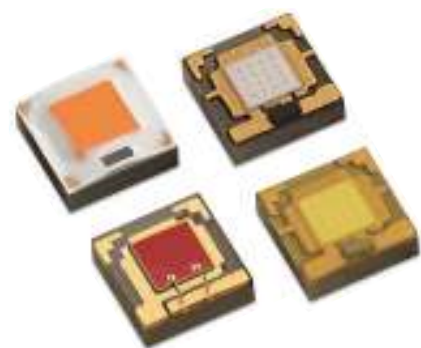


2018年は転換点として、クリー社の歴史に永遠に刻まれることだろう。Wolfspeed部門ではパワー半導体に関する焦点の変更があったかもしれないが、新しい経営陣によって財政的に好転した (<http://bit.ly/2MNxsLo>)。そ

れでもLEDに関しては、上述のXD16など、技術リーダーであることに変わりはない。また、汎用的な中出力LEDと、アルミニウム基盤に基づくCOB製品を追加して、全般的なポートフォリオの拡充も行った。LightFairでは、中国サンナン・オプトエレクトロニクス社(San'an Optoelectronics)との提携による成果が展示されていた。Jシリーズの中出力LEDは、業界標準の正方形および長方形のフットプリントを備え、汎用製品を対象とする照明メーカーとの事業を同社が開拓するための手段となるものである。COB分野に関しては、同社はセラミック基板上に製造されたLEDで主導的な立場にあるが、アルミニウム基板を好む照明器具開発者もいる。クリー社は2017年、アルミニウムに基づく製品をいくつか追加し、2018年にはLightFairを前に、シチズン時計の製品と互換性のあるフォームファクタを追加した。金属基板に基づくCOBで、シチズンが主導的な地位にあるためである。

詳細情報:<http://bit.ly/2MNMEYQ>

ルミレッズ社の「Luxeon CZ」

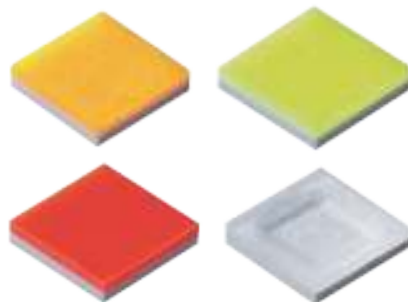


カラーLEDは、一般照明においてはやはりニッチな分野だが、コンポーネントのアーキテクチャやデザインの観点では、非常に興味深い分野で、その用途は、緊急車両照明、ファサード照明、ダイナミックなエンターテイ

メント照明など多岐にわたる。本誌では、このLED技術と用途について、数年前の特集記事で詳しく取り上げた(<http://bit.ly/2NojJtQ>)。ルミレッズ社は、かなり以前からカラーLED分野の主要メーカーの1社で、幅広い色範囲でモノクロ製品と蛍光体変換製品の両方を提供している。2018年に入り、高出力製品であるLuxeon CZ LEDファミリをリリースしたが、この製品には、一般的なドーム型の一次光学部品は搭載されていない。ルミレッズ社によると、既存の「Luxeon C」のLEDのように一次光学部品を備えるコンポーネントよりも、パンチのあるビームが中心に集束されるアーキテクチャになっているという(<http://bit.ly/2MMOcCy>)。CZアーキテクチャは、隣接するデバイス間のクロストークが最小限に抑えられるため、密接に配置されたアレイにより適しているとも同社は述べた。

詳細情報:<http://bit.ly/2NmckLC>

日亜化学工業、「Direct Mountable Chip」にカラーラインナップを追加



カラーLEDが普及し、動的に色を変えられる照明の応用分野が増えること、CSPなどの技術が参入してくるだろうことは想像に難くない。日亜は、DMC(Direct Mountable Chip)製品ファミリの一環として、カラーCSP LEDを一足早く提供した点で優位に立っている。同社は2018年4月、青

色、緑色、橙色、赤色のLEDを、すでに提供されていた白色のDMC LEDに追加した。白色を含むすべてのLEDで、蛍光体変換が採用されている。これは、順方向電圧、ルーメン低下、色ずれなどの動作特性が、すべてのLEDで類似になることを意味する。その一貫性が、SSLシステム設計を簡素化すると同社は考えている。カラーLEDの主なターゲット分野は緊急車両で、ファサード照明やエンターテインメント照明がそれに続く。

ソウルバイオシス社の「UV WICOP」



ソウル・セミコンダクター社はCSP LED技術で主導的な地位にあり、自社のアプローチをWICOP(wafer-level integrated chip on PCB:基板上のウエハレベル集積チップ)と名付けている。一般照明用のCSP製品を初めて本当に幅広く取りそろえたのは同社で、それまで中出力または高出力の領域だった分野に対応できるポートフォリオを提供している(<http://bit.ly/2Nkbn6v>)。一方、子会社のソウルバイオシス社は、殺菌や浄化などの用途をターゲットとするUV-LED技術で主導的な地位にある企業うちの1社である。そしてソウルバイオシス社は最近、UV WICOP製品ラインの製造を開始したと発表した。本記事執筆時点で、そのLEDは商用展開されていないようだ。しかし、同社が実際の応用環境で製品を試験したことは明らかである。同社によると、

CSPを採用することにより、信頼性と製品寿命を向上させ、発光出力を高め、製造コストを低減することができたという。写真は、防水性モジュールに搭載されたLEDの1つである。この開発に基づく特許を取得したと同社は発表している。

詳細情報：<http://bit.ly/2Nhv7rA>

クリスタルIS社の「Klaran WD」



UV-C域（一般的に180～280nm）のLEDはまだ、広く商用展開できるだけの成熟した状態に達していないというのが一般的な認識だが、殺菌用途に対するその可能性には非常に興味深いものがある。しかしLEDメーカーは、寿命が1万時間以上のUV-C LEDの製造に苦戦しており、5000時間でさえ難しい状態にある。それ以外にも出力やコストの問題がまだ存在する。しかし、クリスタルIS社は2018年初頭、Klaran WD (Water Disinfection) LEDを発表し、商用浄水製品がLED技術に移行する臨界点と予測される、0.25ドル/mWという出力あたりコストのしきい値を超えたと述べた。同社は、AIN（窒化アルミニウム）基板上にAINエピタキシャル層という、基板と同種の結晶を成長させる製造手法を採用している点で、UV分野において独特である。Klaran WDは、最大40 mWの発光出力が可能である。同社は2018年に、今日のUV LEDを一部で考え

られているよりもはるかに早く量産展開できるように、殺菌製品の使われ方について解説する記事も本誌に寄稿している（<http://bit.ly/2MOg9d7>）。この記事では、瞬時にオン/オフ可能なLED技術により、SSL UV製品は、従来の殺菌灯を使用する消毒システムのように連続的に稼働する必要がないことが指摘されている。

詳細情報：<http://bit.ly/2Ni1arh>

オスラム社の「Oslon Black IR」



UVと反対側の非可視領域であるIR域にも、セキュリティ、距離測定、バイオメトリクスなど、多数の興味深い用途がある。オスラム社は「IRED」と呼ぶ製品を、そのような用途の多くに向けて提供している。同社は2018年、Oslon Black IREDファミリを発表した。ドーム型の一次光学部品を搭載する高出力パッケージで、自動車の内装と外装の両方の車載分野をターゲットとする。ドーム型レンズによってビームが精密に制御されるので二次光学部品が不要であることから、パッケージはさらにコンパクトになっており、スペースに制約のある用途に対応する。波長850nmのLEDは、歩行者検出や車線逸脱監視などの目的に、自動車の外装に使用できる。車内用には、波長940nmの製品がある。興味深い用途として、運転者の目の動きと顔をモニタ

リングし、注意力の維持と潜在的な危険状態の回避を行うシステムがある。

詳細情報：<http://bit.ly/2BKCFyo>

サムスン社の 園芸用LEDおよびモジュール



園芸用照明は、LEDの特殊市場として最も注目を集めている分野の1つである。温室の補助照明、従来型の屋内栽培室の天井照明、LED照明をレイヤ状に導入する屋内垂直農園などの用途がある。この分野を開拓したのはルミレッズ社とオスラム・オプト・セミコンダクターズ社で、両社が何年もの間この市場を占有してきた。クリー社が数年前に、遠赤色LEDで同市場に積極的な参入を果たし、ソウル社もそれに続いた。日垂も、この分野向けの白色LEDを園芸用製品としてひそかに追加している。サムスン社はLightFairの直前に、園芸用照明をターゲットとする幅広い種類のLEDとモジュールを発表した。「LH351B Red LED」は波長660nmで、350mAで駆動する場合の光合成量子束 (PPF: Photosynthetic Photon Flux) が2.15 μmol/sである。この製品は、高出力アーキテクチャに基づいている。同社は、中出力で広スペクトルの白色LED製品ラインの2製品の園芸向け仕様も公開した。また、QシリーズとH inFluxレベル2のモジュールをこの市場向けに提供している。

詳細情報：<http://bit.ly/2MNMEYQ>