IES TPC、リモート蛍光体光学部品を対象とするLM規格を検討

ジエンジョン・ジアオ

リモート蛍光体技術には、色の均一性や維持に優れているといった、SSLを上回る潜在的利点があり、近い将来には、LEDに対して定められているLM-80規格のようなIESの試験規格が設けられる可能性がある。

SSL(Solid State Lighting:固体照明)業界は、LED光源と照明器具/ランプの性能を特性評価するための規格や、光束維持率の経時変化を予測するための規格において、大きな進展を遂げてきた。リモート蛍光体を使用するLEDベースのモジュールは、LED向けに定義されているLM-80規格によって試験することができる。しかしIESは、将来的にはリモート蛍光体光学部品のみに適用される独立したLM規格を設けようと考えている。

「リモート蛍光体」は一般的に、LEDダイに蛍光体を直接接触させないLEDまたはLED照明製品(LEDランプ、ライトエンジン、照明器具など)の構造を指す。蛍光体を基板上に形成し、励起源であるLEDダイやパッケージから機械的に分離可能なコンポーネントとすることができる。このコンポーネント(混合チャンバと呼ばれる内面に反射性塗膜を施したエンクロージャでさらに覆う場合もある)を、青色または紫外線(UV)励起のLEDと組み合わせることにより、LED照明製品が構成される。リモート蛍光体構造を採用する利点としては、LEDダイに対する熱影響が低くなり、ダイと蛍光体の組み合わせによる光抽出効率が高くなること、光度分布がより均等になること、空間的な色調が均一になることが挙げられる。

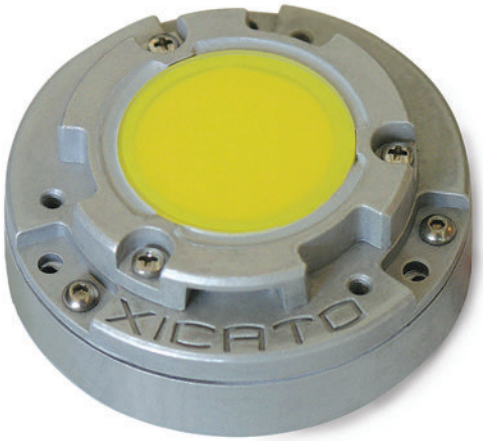

図1 米ズィカト社(Xicato)のLEDモジュール「XSM 80」は、リモート蛍光体またはコールド蛍光体技術によって白色光を生成する。

リモート蛍光体デバイスは、混合チャンバで覆う場合も覆わない場合も、LEDが放射する光のすべてまたは一部を新しいスペクトルに変換する。これによってLEDと蛍光体で構成されるパッケージから放射されるスペクトルは、望ましい色と品質の光を生成する。

通常、LEDダイは狭いスペクトル範囲で発光するが、蛍光体による変換後には、スペクトルは幅広になったり、複数のピークを持ったりする場合がある。異なるLEDと蛍光体の組み合わせを選択することによって、CCT(Correlated Color Temperature:相関色温度)やCRI(Color Rendering Index:演色指数)の値を変えることができる。リモート蛍光体を採用する場合、蛍光体粉末は通常、ガラス、プラスチック、またはシリコン製基板の内部に組み込むか、表面に塗布する。蛍光体を表面に塗布する際には、結合剤が使用される場合もある。内部表面を反射性の材料で被覆した、混合チャンバでこれを覆うことで、光出力をさらに高く、均一にすることができる。

LEDの経時劣化

リモート蛍光体デバイスもLEDと同様に、緩やかなペースで劣化が進むため、スペクトル放射、演色性、発光効率が徐々に低下し、時間の経過とともに性能が劣化していく。そのため、リモート蛍光体デバイスを採用する白色LEDランプや照明器具も同様に、経時とともに製品仕様を満たさなくなる可能性がある。リモート蛍光体デバイスの光束や色の維持率は、CCTやCRIの変化として現れる。最近では、リモート蛍光体を採用するCCTが低くCRIが高いLEDランプや照明器具は、劣化のペースがやや速いという調査結果も報告されている。

LEDの光源レベルと照明製品レベルの試験方法に関する規格として、IES LM-80とLM-84(未発行)が策定されている。LEDと照明製品の長期間にわたる光束と色の維持率を特性評価する方法を標準化することを目的とする。長期的な光束維持率を予測するための計算方法は、IES TM-21とTM-28(未発

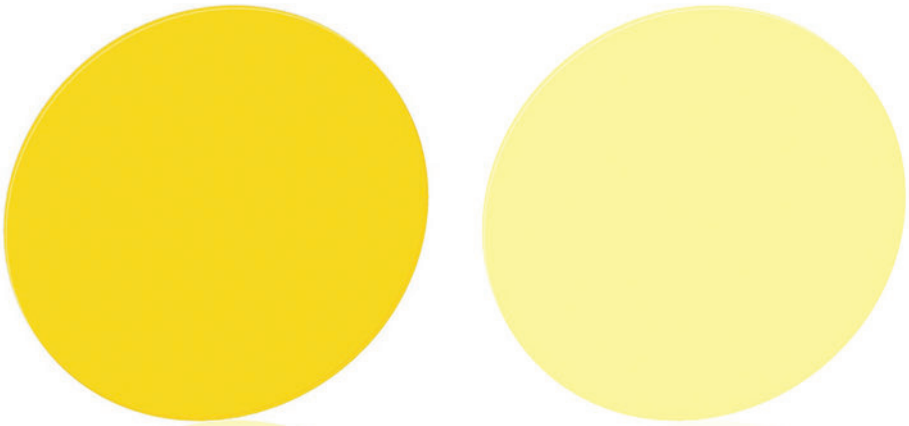

図2　米インテマティックス社（Intematix）のリモート蛍光体を使用するモジュールは最近、6000時間にわたって最初の光束を100％維持することが確認された。

行）においても策定されている。LEDランプ、ライトエンジン、照明器具の光束や色の維持率に対する試験にはコストがかかり、また、LED照明製品の構成が多様であることから、新製品が登場する度に再試験が必要になる場合が多い。試験に時間とコストがかかることが、迅速な市場普及の妨げになっている。

LED照明システムの光束低下につながる主な要因としては、LED、二次部品（プラスチックが使用されている場合）、リモート蛍光体デバイスなどが挙げられる。LED光源をLM-80とTM-21に基づいて試験して光束維持率を計算することができ、また、経時に伴うリモート蛍光体デバイスの劣化といったそれ以外の要因を測定できるならば、LED（LM-80）とリモート蛍光体デバイスに対するそれぞれ独立した試験データを統合して、長期的な光束維持率を予測できる。このプロセスを採用すれば、LEDとリモート蛍光体が組み合わされた多様なLED照明製品に対応することができ、個々のLEDとリモート蛍光体デバイスに対する試験を大幅に削減することができる。これが、リモート蛍光体LED照明規格の策定を促す主な原動力になっている。

光学部品の分離

リモート蛍光体デバイスは、LED光源とは切り離して、その劣化特性を試験することができる。IESのTPC（Testing Procedures Committee）の下に、試験規格を策定するための作業部会が最近設置された。LM-80に似た新しいLM規格を設け、規定された動作条件下でのリモート蛍光体デバイスの光束および色の維持率を測定する方法を定める予定である。LM-80と同様に、この新しいLM規格では、製品の性能等級を規定することはしない。実際の光度測定結果からの光束維持率の推定または外挿について、ガイダンスを示したり推奨したりすることはしない予定である。

リモート蛍光体デバイスの劣化特性を観測するための重要な制御パラメータとしては、何を選択するべきだろうか。LEDに対するLM-80試験では、LEDの駆動電流と筐体温度が2つの重要な変数とされている。物理特性と試験データにより、これら2つのパラメータが、LEDの光束と色の経時変化の基本的要因であることが示されている。一般的に、駆動電流が高いほど劣化のペースは速くなり、LEDの接合部温度に直接関連する筐体温度についても、同じこ

LEDs MAGAZINE JAPAN

Q e-DMプログラムをご存じですか？

LEDs Magazine JapanのE-DMプログラムなら、業種・職種・購買関与製品・担当製品など、ご希望の対象者に限定してメール配信を行うことが可能です。
弊誌読者の皆さまは、LED応用製品の利用やその開発、製造、マーケティングなどに携わっている方だけ。
LEDに特化した専門誌ならではの広告プログラムです。

A こんなご要望にお応えできます。

■既存顧客以外に新製品DMを送りたい
■製品カタログを送りたい
■人材募集を行いたい
■研究者対象の製品アンケートを実施したい
■技術者限定でセミナー告知を行いたい

e-DM 広告掲載料金（税抜）
データ使用料＋配信料　@100円
＊セグメント1項目につき　＋@10円

お問い合わせ・お申し込みは…
株式会社イーエクスプレス
Tel: 03-6721-9890　Email: ledj@led-japan.jp

とがいえる。

リモート蛍光体デバイスについては、放射照度と表面温度が劣化に関する2つの重要なパラメータであることが物理特性と試験データによって示されている。放射照度（LEDからリモート蛍光体デバイスへの光放射）を定量化し、リモート蛍光体デバイスの表面温度（通常はホットスポット[局所高温部]の最大温度）がわかれば、LM-80試験と同様に試験対象デバイスの変換効率を1000時間ごとに測定して、長期的な経時変化を把握することができる。詳細な試験手順については、TPC内の作業部会によって草稿が作成されている。

市場変革をもたらす規格

Energy StarやDesignLight Consortium（DLC）プログラムの現行仕様では、リモート蛍光体LED照明製品に対し、最終製品レベルで試験を行い、長期的な性能に関する基準を満たすことを確認することが求められている。リモート蛍光体デバイスの試験方法が新しいLM規格で制定される場合、これらの製品群をどのように分類するか、リモート蛍光体デバイスの変更範囲がどの程度までならば再試験を不要とするかという問題をさらに検討する必要がある。

LED光源レベルとEnergy Starに対し、米環境保護庁（EPA：Environmental Protection Agency）は2011年9月、LED照明製品に対してLM-80のデータに基づく評価を行うためのガイダンスを発行した。業界慣行に基づき、このガイダンスでは、これまでに試験済みのLED光源の後継製品について、詳細に記述されている。例えば、LED光源の構成材料や構造、さらには動作条件などが変更された場合でも、新しいLEDはLM-80に基づいて再試験する必要がある。

リモート蛍光体技術を採用する製品に対する、より適切で効果的な仕様を確立することを目的とするEnergy Starプログラムなどの仕様策定活動を支援するために、NEMA（National Electrical Manufacturers Association：全米電気機器製造業者協会）のLighting Divisionは、メーカーの観点から推奨を行う白書を作成している。この白書では、ユーザー教育に向けてリモート蛍光体の技術情報を開示することに加えて、再試験が必要となる可能性のある、LEDリモート蛍光体照明製品の派生形を列挙することも目的としている。

NEMAによる意見提供

リモート蛍光体は必ずLED光源とともに使用されるため、異なる種類のLED照明製品は、LEDが異なるものと蛍光体が異なるものという2つの種別に分類することができる。NEMAの白書では、特に蛍光体（より具体的には、リモート蛍光体デバイスと混合チャンバとされる）に対する再試験を求めることを検討するよう推奨する予定である。例えば、基板材料、蛍光体の種類、蛍光体を基板に結合する方法、形状、厚さなどが変われば、そのデバイスは再試験が必要になる可能性がある。混合チャンバについては、反射性材料やチャンバの形状などが変われば、こちらも再試験が必要になる可能性がある。

策定が進められるこれらの新しい規格文書は、業界慣行を反映したものである。リモート蛍光体の試験手順に関する新しいLMが制定されれば、より一貫性のある試験データを収集することができる。NEMAの白書では、照明器具全体を試験することなく、LED照明で使用されるリモート蛍光体デバイスの品質を確認するための仕様を策定する際の合理的な情報も提供する。

この取り組みの最終的な目標は、収集した試験データを用いた長期的予測に対し、信頼性が高いか、または理にかなった方法を得ることである。どのような場合でも、リモート蛍光体デバイスを試験し続けて、光束が維持されなくなる時点を見届けるという方法は、現実的に考えて採用できない。そのため、TM-21やTM-28に似た計算手段を定める必要がある。このような手段の開発は、これまで以上に困難になるだろう。物理特性と実験データに基づく数学的モデル以外に、予測の信頼度を高める統計的計算を行うには十分なデータが必要になる。

リモート蛍光体を採用する製品は、登場してからまだ日が浅いため、業界がLEDに対してTM-21が策定されたときの状態に達するまでには、十分な時間と実践が必要である。長期的にはメーカーとユーザーの両方にとって有益な予測方法が必ず考案されると、確信してよいだろう。

著者紹介

ジエンジョン・ジアオ（Jianzhong Jiao）博士は、独オスラム・オプト・セミコンダクターズ社（Osram Opto Semiconductors）社の規制および新興技術担当ディレクター。照明専門家として国際的に認められており、LEDとSSLの規格策定活動に積極的に関与している。SAEの照明委員会（Lighting Committee）会長、NGLIA会長、NEMA SSL技術委員会（Technical Committee）会長を務めた経験があり、現在は、IESNA試験手順委員会（Testing Procedure Committee）、道路照明委員会（Roadway Lighting Committee）コンピュータ委員会（Computer Committee）、ANSI SSL作業部会（Working Groups）、UL8750規格テクニカルパネル（Standard Technical Panel of UL8750）に加え、IEEE、CIE USA、SEMI、JEDECなどの組織の規格委員会のメンバーを務めている。同氏の連絡先：jianzhong.jiao@osram-os.com。

LEDJ