

照明用LEDモジュールの最新動向

1. はじめに

一般的にLED照明とは、発光ダイオード(LED)を使用した照明器具と言います。1990年代に青色発光ダイオードが開発されて以降は、LEDによる白色光照明の実用可能性が高まり、局部照明を中心に徐々に市販製品が登場してきました。短期的には、省電力で長寿命だが高価格という点で従来の白熱電球を置き換える電球形蛍光灯と同じような位置付けにあり、長期的には今後の技術開発に伴う価格と消費電力の低下によって直管型蛍光灯を含めた従来型照明器具のかなりの割合を置き換えるものと期待されています。本稿では、照明用LEDモジュールを構成するために基本となる「照明用LEDデバイス」およびLED照明器具の主要部品となる照明用LEDデバイスで構成された「照明用LEDモジュール」に関して、現状の最新動向について報告します。

2. 照明用LEDデバイス

照明用LEDデバイスに求められる技術的ポイントは、「発光効率」「明るさ」「放熱」「寿命」「演色性」の要素となります。

またLEDの白色発光について少し述べると、LED素子の帯域は在来の

光源に比べるとずっと狭く、単一のLEDで白色光を出すことはできません。2色(互いに補色：青+黄 赤+青緑等)または3色(光の三原色：赤・緑・青)の光源を組み合わせることで白色にしています。別の方法として青色LEDに蛍光体を使用し擬似の白色光に変換することもできます。蛍光体の帯域は広く、帯域が広いほうが演色性に優れるため、LED照明には青色LEDに蛍光体を励起させて白色

発光させる方法をとります。(蛍光体は波長が元の光より長くなり、短波長である青色LEDの発明により初めてLED照明は現実的になりました。)白色LEDは青色LEDと黄色蛍光体を組み合わせたものが最も普及しているが演色性は優れません(図-1 Ra=60~80)。演色性が必要とする照明には青色LEDと赤色・緑色・黄色蛍光体を使って高演色性を実現しています(図-2 Ra=90以上)。

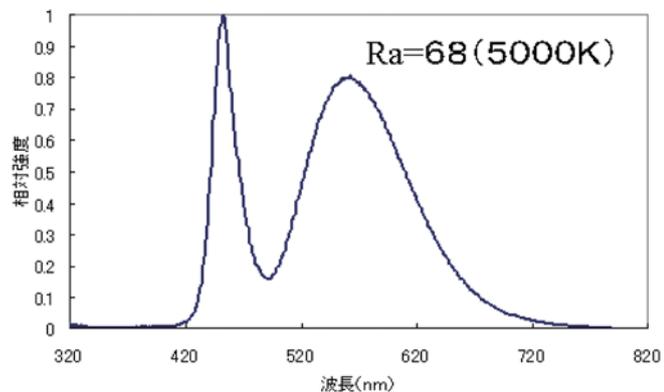


図-1 青色LED+黄色蛍光体の発光スペクトル

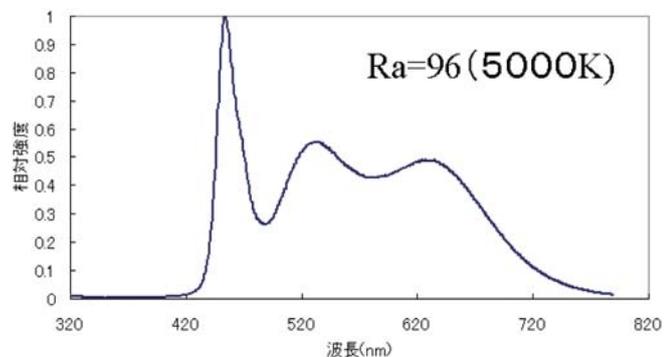


図-2 青色LED+緑色・黄色・赤色蛍光体の発光スペクトル

しかしながら、複数の蛍光体を用いた高演色LEDは低演色LED(青色発光LEDと黄色蛍光体の組み合わせ)に比べ発光効率は20~30%低下する傾向があります。

その他発光効率の向上、価格、寿命、照明製品としての機能評価など克服すべき課題があるが、次世代のあかりとして最も有力な光源になっています。

2.1 発光効率

発光効率(Luminous efficacy)はある照明機器が一定のエネルギーでどれだけ明るくできるかを表す指標です(単位は、単位電力あたりの全光束lm/W(ルーメン毎ワット)で表します。)。人間の目は同じエネルギーの光でも波長によって明るさが変わるため、波長ごとに視感度で重みづけされています。単位は、単位電力あたりの全光束lm/Wで表しエネルギー保存の法則により発光効率が683lm/Wを超えることはありません。また、人間の目は緑色・橙色付近の波長を明るく感じやすく、ナトリウムランプや高圧ナトリウムランプの発光効率が高くなっており、単位の定義上最大値となる683lm/Wは黄色単色光源によってしか実現できません。白色光源は視感度の低い赤色や青色などを含まなければならないため、仮に全エネルギーを可視光にできたとしても683lm/Wよりも大幅に小さい値となります。

白色LEDにおける発光効率の技術開発動向として、LED照明推進協議会から発光効率ロードマップ図-3が示されています。2015年頃には150lm/Wの効率となり、蛍光管同等の効率で照明光源としてLEDが本格的に照明光源となると推測されます。

LED照明推進協議会

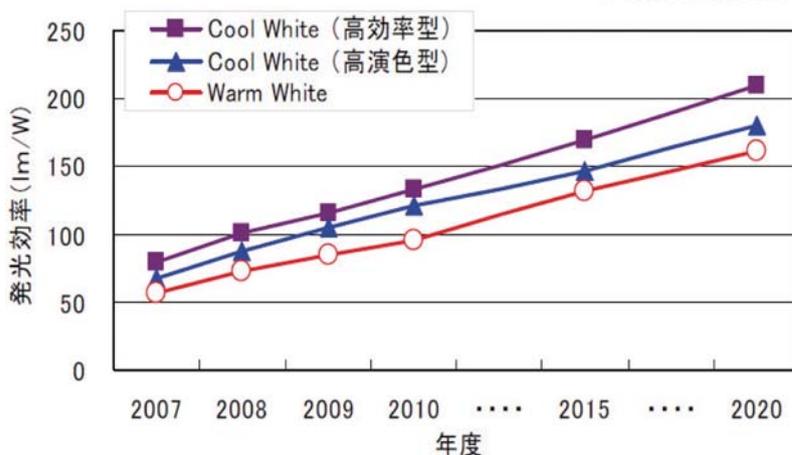


図-3 発光効率(白色)のロードマップ

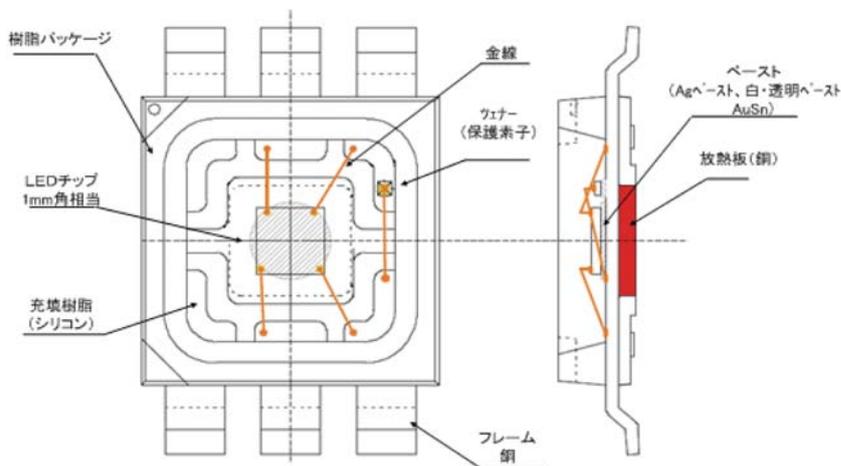


図-4 樹脂パッケージを用いた高放熱デバイス

2.2 明るさ

「発光効率」「明るさ」についてLED電球(光束:300lm 電力:5W)の設計で考えてみます。100lm/Wの低電力パッケージLEDにチップサイズ0.35mm角を実装し順電流20mA 順電圧3.2V(電力:64mW)で約80pcs以上のLEDが必要になります。これでは実装スペースがなく製品になりません。この様にLED照明の光学設計は、光源実装スペース・発光効率・明るさの3つの条件を最適化することが必要となります。

2.3 放熱

LEDデバイスの信頼性を高めるためには、LEDチップから発生した熱

を効率よく放熱する必要があります。LEDパッケージの放熱を高める手段として、高価な高放熱パッケージ(セラミック、アルミ)を使用する方法、安価な低放熱樹脂パッケージに高熱伝導放熱板との組み合わせを使用する方法があります。後者はLEDを実装する基板に放熱機能が必要となります。例として安価な低放熱パッケージ+高熱伝放熱板を図-4に示します。

本デバイスの特長は、パッケージに安価な樹脂(ジェネスタ等)を使用し、LEDチップを放熱するために、パッケージ底面が放熱板となっています。充填樹脂には、パッケージと密着性があるシリコン系樹脂を使用

しており長寿命を実現しています。フレームは6端子で、0.5mm角程度の中電力LEDを複数実装できる構造です。また、ツェナーダイオードを実装しており、静電気耐圧向上を実現しています。

2.4 寿命

LEDは固体発光方式のため、従来の光源のようにフィラメントの断線により不点灯になることはほとんど起こりません。使用材料(パッケージ樹脂、充填樹脂、LEDチップペースト)の劣化などにより、点灯時間の経過に沿って徐々に光量が減少します。LEDの寿命は、一般照明用LEDモジュール—性能要求事項(JIS C 8155)の3.13項のLEDモジュールの寿命で「全光束が点灯初期に測定した値の70%に下がるまでの総点灯時間」と記載されています。

2.5 演色性

放電灯の光である物体の色を見た場合に太陽光で見た色と異なることに気づきますが、それは物の色には二通りの見え方があるためです。物の色はその物が発光体として物自身が光を放出しているものと、他の光源からの光を受けてその光の一部を吸収、その残りを反射しているものがあり、後者の場合、光源の光に含まれる光の成分(スペクトル)が変化すると同じ物体の色でも見える色が変化します。このように物の色は一定ではなく受ける光によって変化するので、一般に、太陽光線で見たとときの色の見え方の差が大きいと演色性が悪く、その差が少なければ演色性が良いと評価されます。

2.6 演色評価指数

演色評価数とは、平均演色評価

色：Ra(8種類)と特殊演色評価色(7種類)の合計15の試験色を試料光源と基準光(JISが定める自然光に近い色)とのずれの大きさを数字にしたものです。基準光で見たときを「100」として、試料光源で見たときの演色性の色ずれが大きくなるに従って、数値が小さくなります。つまり、演色性が「よい」ランプ・電球は演色評価数が大きく、逆に演色性が「わるい」ランプ・電球は演色評価数が小さくなります。高演色LEDと従来型LEDの演色評価指数例を図-5に示します。

3. 照明用LEDモジュール

照明用LEDモジュールとは、前述の照明用LEDデバイスを配線基板に実装した集合体のことをいい、電源装置を組み込んだ形態のものや、用途に合わせたケーシングをしたものがあります。

従来光源(蛍光管や電球)のサイズに制約を受けることなく、LEDの配置により、小型のものから大型のもの

の、丸型、ライン型、面型と様々な形状にできることにより、今まで照明が困難とされてきたような空間にまで照明が実現できるようになりました。

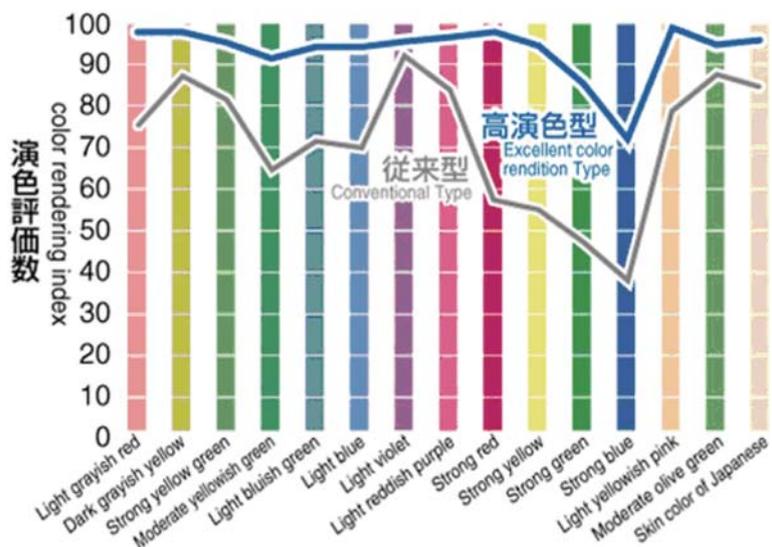
また、LEDの長寿命を生かした、光源交換レスを前提にしたモジュールが一般的となっています。

3.1 LED光源基板

LEDによる照明が実現化してきた中で、LED光源基板も以下のような変化を遂げてきました。

当初、白色砲弾型LEDをガラスエポキシ基板に並べて実装し、簡易な電源回路で点灯する方式から始まり、薄型で放熱にも有利な面実装型LEDを実装したもの、さらに高光束・大電流に対応した照明用デバイスを、放熱を考慮したアルミベース基板へ実装したものへと変化してきました。

放熱を効果的に行うための基板については、材質だけでなく金属を積層したものや埋め込んだものなど、



| | Ra | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 高演色型 | 96 | 98 | 98 | 95 | 91 | 94 | 94 | 96 | 97 | 98 | 94 | 86 | 71 | 99 | 95 | 96 |
| 従来型 | 78 | 76 | 87 | 81 | 65 | 71 | 70 | 92 | 84 | 58 | 56 | 48 | 39 | 79 | 88 | 85 |

図-5 高演色型と従来型の演色評価数

多くの工法が生み出されました。

現状、照明用デバイスを基板の性能によって、そのモジュールの性能が決まってしまうことが多く、製品としての特徴が出しにくいものとなってきたため、最近の光源基板は、配線を施したアルミやセラミックの基板の上に直接LEDチップをダイ・ワイボンディングし、蛍光体を練った樹脂でLEDチップをコーティングするCOB(Chip On Board)方式が用いられます。

COB方式は、放熱の効果だけでなく、構成部材やリフロー工程の削減などのメリットもあります。

3.2 モジュール筐体

LED光源基板から出た熱を早く伝え、そして、放熱するために、モジュールの筐体は表面積を大きくするためのフィン構造を持ったアルミなどを用いるのが一般的といえます。

しかしながら、軽量、且つ小型を

目的としたものについては、小さな表面積で放熱効果を高めることが必要となり、筐体表面に特殊なアルマイト処理を施したり、放熱塗料による塗装を施す技術が取り入れられています。

また、比較的発熱量の少ないLED光源基板を用いる場合は、射出成型で安く大量に生産可能な、放熱性を高めた樹脂筐体などが注目されつつあります。

LEDが長寿命であるが故、モジュールの使用環境は様々で、防水性、耐候性、耐熱性等を、筐体の材質や構造で実現する必要があります。

3.3 電源装置

モジュールに組み込まれる電源装置は、定電流回路や各種保護機能を有したものが大半をしめており、近年、これらの機能を1つのICと少数の付加部品で実現可能としたLED照明電源用ドライバICが多く発売さ

れるようになってきました。

また、寿命の観点から電解コンデンサレス電源が注目を浴びています。

照明用LEDモジュールとしての発光効率を高めるためにも、電源装置の効率は大きく影響し、無視できないものとなっています。

4. おわりに

LED照明が普及し始めた現在、前述のような技術課題が急速に解決され、求められている「光の量」(明るさ・光束)については、各社がほぼ横並びとなりつつあります。

今後においては、色のばらつきや演色性、適した配光といった「光の質」についての特徴や優位性を求められる段階がやってきたのではないかと考えます。