S-3. LED による新しい照明システムと応用

Hide Warashina
(Osram Opto Semiconductors Japan)Makarand “Chips” Chipalkatti
(Osram Sylvania)

1. まえがき

白熱電球や蛍光灯による従来型照明システムの LED による置き換えは「照明の再発明」とも言うべき大掛かりな技術変革を必要とする。本稿では、現在利用可能な LED 素子を使った照明システムの技術水準と応用例を概観すると共に、将来 LED が照明の主流となるために越えていくべきハードルについて考察する。

2. LED 技術の現状

2-1 材料系と発光色

InGaN 系材料を用いた LED の発明・実用化により、かつて緑から赤にかけての波長域に限定されていた LED の発光色に青が加わり、さらに蛍光体との組み合わせによって単一素子での白色発光が可能になった。その他の色の LED においても、より高輝度をもたらす新しい材料系の実用化が進み、緑の GaP が InGaN に、赤の AlGaAs が InGaAlP に置き換えられるなど、材料系の集約が進んでいる（表 1）。

2-2 明るさと発光効率

黄色発光の YAG 系蛍光体と青色発光 LED を用いた白色ランプでは、実用レベルで 25 lm/W 程度の効率が見られているほか、最近の研究開発成果からは、遠からず 40-50 lm/W にも到達しようかという希望が見えてきている。また、実質的な点光源である LED を使った灯具では、従来型の照明に比べて光の利用効率を格段に高める光学設計が可能である。言い換えれば、光を必要な所にだけ無駄なく配分することができるので、実効的な発光効率が上記の 2 倍程度に相当するケースもある。

放熱と電流拡散におけるメリットから、発光効率を追求するためには小さな LED 素子を低電流で駆動すると有利である。一方、自動車のエクステリア用など大きな光出力が求められる応用分野に対しては、1.4 W の入力でも約 30 lm の白色発光が得られる製品なども市場に投入されつつある（図 1）。

2-3 演色性

青色発光ダイオードと黄色蛍光体との組み合わせによる白色 LED の演色性は特に赤において弱く、一般照明への応用における問題点として良く知られている。高い演色性が求められる応用においては、青+黄の（いわゆる 2 コンポーネントの）白色 LED ではなく、赤色の蛍光体を追加したり、RGB 3 色の LED を用いるなどの対策が必要である。

白色 LED の色再現を改善する方策として、紫外領域に発光ピークを持つ LED に RGB 3 色の蛍光体を組み合わせる試みがなされている。近頃、紫外 LED の発光効率は目覚ましい勢いで改善されてはいるものの、紫外から緑や赤への変換では、光子エネルギーのストークス損失が問題となる。例えば、紫外 LED からの 365 nm (3.40 eV) の光を 630 nm (1.97 eV) の赤色に変換する場合、紫外から赤色に変換される際の光子数の減少に加えて単一光子あたりのエネルギーが約 42% 低下する事を考慮に入れなけれ

Color	CIE Coordinates / Wavelength (nm)	Material
White	(0.32, 0.31)	GaN
White	(0.32, 0.31)	InGaN
Blue	466	GaN
Blue	470	InGaN
Verde Green	505	InGaN
True Green	525	InGaN
Pure Green	560	GaP
Green	570	GaP:N
Yellow	587	InGaAlP
Orange	605	InGaAlP
Amber	615	InGaAlP
Super Red	630	InGaAlP
Hyper Red	645	GaAlAs

表 1 LED の材料系と発光色
(Osram Opto Semiconductors の製品)

図 1 大出力 LED の
“Golden Dragon” と小型高
効率タイプ(左上)

ばならない。紫外発光から赤への変換までの量子効率を理想的なレベルにまで高めることができたとしても、赤色 LED からの直接発光の効率に比肩することは恐らく困難である。

3. LED モジュール

図 2 に Osram Opto Semiconductors の LED モジュール製品を示す。PC ボード上に LED を並べて実装したリニアモジュール、プラスチックモールドのレンズと一体化した矩形・円形モジュール、ライトガイドと組み合わせた面発光モジュールに大別される。

図2 LED モジュール

4. 応用

図 3 の米国 Washington D.C. の Thomas Jefferson Memorial のドームには 17,000 個の LED (247 m のリニアモジュール) が使われている。その他多くの応用例については発表の中で紹介する。

5. LED 照明の目指すもの

LED が従来の白熱電灯や蛍光灯を置き換えて照明の主流となるためには更なる技術的ブレークスルーが必要であることは間違いない。大出力の LED が出回り始めたとはいえ、100 lm、1,000 lm あるいはそれ以上の光束が必要とされる応用も少なくない。米国 OIDA の一般照明用 LED のロードマップでは、200

図3 Jefferson Memorial の LED 照明

lm/W の発光効率、100,000 時間以上の寿命、1,500 lm 以上の光束が 2020 年の目標として提案されている。コスト面では 1,000 lm あたり \$2、またはランプ 1 個あたり \$3 が示され、LED 照明機器メーカーが開発目標を検討する際のベンチマークとなっている。

6. まとめ

白色 LED の特性は目覚ましい勢いで改善を続けて来ており、既に白熱電球の効率を上回っている。今後数年間で、限りなく蛍光灯の効率に肉薄していくことが予想される。また、ランプ単体での発光効率では蛍光灯に劣る時点であっても、光の利用効率の高さから実質的に蛍光灯と同等のエネルギー効率が実現できる可能性がある。LED のランプ寿命が長いことも置き換えの推進力になるはずである。

LED を使った照明機器では蛍光灯や白熱電球の形状による制約が無くなり、これまで考えられなかったような自由なデザインが可能になる。従来とは全く異なる形で効率を追求した設計や色の変化を用いて心理的な効果を狙うアクティブな照明も可能である。LED がもたらす大きな自由度は、照明機器の設計に新しいフィロソフィーとクリエイティビティを要求する。