

青色LEDと安価な色素で構成する白色LED

1997年に、最初の白色発光ダイオード(LED)が窒化ガリウム(GaN)と蛍光体セリウム：イットリウムアルミニウムガーネット(Ce:YAG)を使って製造された⁽¹⁾。このLEDは、高効率で、高輝度であるが、製造工程に一貫性がなく、高価な無機蛍光材料を使用する。その代替法として、イタリアのパレルモ大学とスイスの半導体工場ノバガン(Novagan)の研究チームは、有機物質の光ルミネセンス、特にペリレン系色素の光周波数ダウンコンバージョンのポンプとして機能する1つの光源を使用することで、白色LEDをより簡便、より低コストで製造する方法を開発した⁽²⁾。

有機色変換

高効率の冷白色LED光はGaN/インジウムGaN(GaN/InGaN)青色LEDから黄色ダウンコンバージョンを通して得られた。従来の無機色変換プロセスを使わず、青色LEDを使って米BASF社製のルモゲンペリレン系色素を励起した。市販品の色素(または顔料)は450

表1 三種類のPMMA溶液を使って作製されたLEDの光束と光学効率

| LED PMMA1 | | | |
|-----------|--------|-------|-------|
| 供給電流 | 5 | 10 | 20 |
| 光束 | 1.73 | 2.99 | 5.11 |
| 光学効率 | 106.23 | 86.74 | 67.73 |
| LED PMMA2 | | | |
| 供給電流 | 5 | 10 | 20 |
| 光束 | 0.84 | 1.55 | 2.72 |
| 光学効率 | 51.95 | 45.71 | 37.29 |
| LED PMMA3 | | | |
| 供給電流 | 5 | 10 | 20 |
| 光束 | 1.40 | 2.61 | 4.80 |
| 光学効率 | 86.59 | 76.87 | 64.99 |

nmの吸収極大と500nm周辺の広い蛍光ピークを持つ。

最初に、標準的なInGaNベース青色LEDをサファイア基板上に金属有機化学蒸着(MOCVD)によって組み立てた。このLEDのピーク発振波長はCIE色度図中の色度座標(0.1477, 0.0338)で表される450nmに中心があった。

ルモゲン色素を、溶媒として酢酸エチルを使って、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)溶液に溶解させ、さまざまなPMMA分子量を試験した。サファイア基板の裸の側面にスピンまたはディップ法で色素溶液をコートし、異なる厚みのコーティングを得た。LEDを定電流(5、10、または20mA)で駆動して、発光スペクトルと色度座標を分光計と校正済みフォトダイオードで測定した。

LED出力パラメータ(表1)を最適化するために、重量パーセントの異なる3種の溶液、2つは8%(PMMA1とPMMA2)と1つは11%(PMMA3)を調製した。溶液PMMA1とPMMA3は分子量350,000の重合体を使って準備し、PMMA2には分子量996,000の重合体を使った。等量の色素を各溶液に対して使用し、スピナー速度は1200rpmとした。

商品レベルの性能

測定されたパラメータから、最良の結果はPMMA1溶液のディップコーティングで得られることが分かった。このコーティングは均質性に乏しいが、スピンコーティングに比べてかなり厚かった。研究チームは自己評価データで9.37lmの光束と118.23lm/Wの光学効率(駆動電流20mA)ならびに(0.2687、

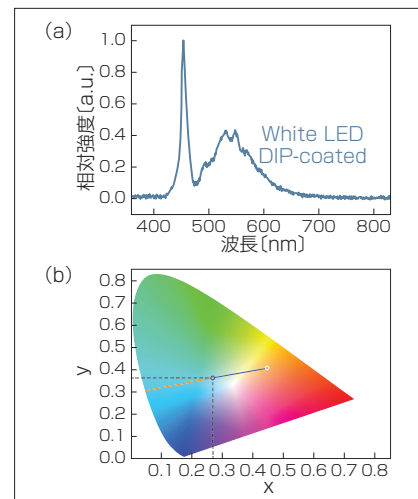


図1 有機色素(LED上にスピンコートまたはディップコートされるPMMA溶液に懸濁させた顔料からなる)の励起に青色LEDを使用するタイプの白色LEDを製造した。PMMA1は、LED出力パラメータ(表1)、彩度スペクトル(a)とCIE色度座標(b)によって証拠付けられているように、最良の結果を生み出した。(資料提供:パレルモ大学)

0.3629)の色度座標を持つ純粋で強力な白色光を実証した。色素ベース白色LEDの仕様は、5~6.3lmの出力と50lm/Wの効率を持つ市販の独OSRAMオプトセミコンダクターズ社(OSRAM Opto Semiconductors)製TOPLED長寿命LUW T6SG白色LEDよりも優っている。

パレルモ大学のマウロ・モスカ氏(Mauro Mosca)は、「従来の蛍光体ではなく、有機材料を使う白色LEDの製造の利点は、グラフィックアートで汎用されている顔料だけからなる安価で処理が容易な色素を用いることにある。堆積操作の簡便性を考えれば、この工程は工業的生産に適しており、低駆動電流で高効率の白色LEDは低電力消費のライティングソリューションにふさわしい」と語っている。(Gail Overton)

参考文献

- (1) S. Nakamura and G. Fasol, The Blue Laser Diode (The Complete Story); Springer-Verlag; Heidelberg, Germany (1997).
- (2) F. Caruso et al., IEEE Electron. Lett., 48, 22, 1417-1419 (Oct. 25, 2012).