

LED 照明

(1996年～現在)

Key-words : LED、モジュール、光源、器具、放熱

注1 物体の色の見え方に及ぼすランプなどの光源の性質を演色性という。JIS（日本工業規格）で定められた基準光と対象となる光源で演色評価用の色票を照らしたときの色ずれを数値化し演色評価数（平均演色評価数（Ra）と特殊演色評価数（R9～R15））で表わされる。基準光のRaは100であり、数値が高い方が色の見え方がよい。

注2 発光効率、ランプ効率と称され、単位電力あたりの全光束 lm/W（ルーメン毎ワット）で表す。主な光源の効率は蛍光灯 40～110 lm/W 白熱電球 10～18 lm/W ハロゲン電球 20 lm/W HID（高圧水銀）ランプ 50～130 lm/W

発光ダイオード（Light Emitting Diode:LED）は、省電力、長寿命、小型の特徴を生かし、携帯電話や各種表示器具など産業分野を中心に発展している。近年、効率が上がったことから、照明用途で急激に普及しつつある。照明用途は青色発光のLEDと青色の補色である黄色（場合によってはさらに赤色、緑色）の蛍光体を組み合わせて白色を出す方式が主流である。省電力、長寿命に加え、光色のバリエーションや高輝度を実現できるなどの特長から新しい屋内・屋外照明として期待されている。現在、セラミックス部品は放熱性が高く耐熱性に優れる事からチップ基板、基板、蛍光体などに使用されているが、さらに大光量、高効率化を進めるためにチップからの熱対策としてセラミックス部品へ期待がかかっている。

1. 製品適用分野

LED 照明全般

LED 電球、モジュール、LED 器具

2. 製品

LED 電球（図1）、器具（図2）に使用されているLEDの構造を図3に示す。主なセラミックス部品はチップ基板、基板、蛍光体である。

3. 適用分野の背景

可視光LEDは、GaAs基板上にGaAsPエピタキシャル膜を成長することで1962年に初めて実現し電卓用、腕時計表示用として採用された。これら赤色、緑色のLEDに加え、1993年に青色LEDが販売されたことで3原色がそろい白色LEDが実現した。しかし3色LED方式では回路が複雑であり、かつ照明に必要な演色性^{注1)}の低さが課題であった。これを解決したのが1996年に発表された青色GaN-LEDと黄色YAG蛍光体をあわせた方式である。当時は5lm/Wと効率^{注2)}は大変低かったが、その後チップ、蛍光体等の材料面と構造面からの改良がなされ、現在は製品レベルで100lm/W、実験室レベルで150lm/Wに達したという発表がされている。省電力、長寿命、大光量の観点から新しい照明用光源として期待されている。LEDは50年の歴史を持つが、LED照明は12年とまだ歴史が浅く、今後さらなる技術革新が予想される。

4. 製品の特徴と仕様

【チップ材料】

白色LED用のチップは、紫外光、青色、緑色と幅



図1 LED 電球

LED 電球は、電球と同じ口金を持ち白熱電球の代替えとして省エネ、長寿命が期待される。



図2 LED 器具

LED 器具は現在はダウンライト、スポットライトが中心であるが、ベースライトへの導入が進んでいる。

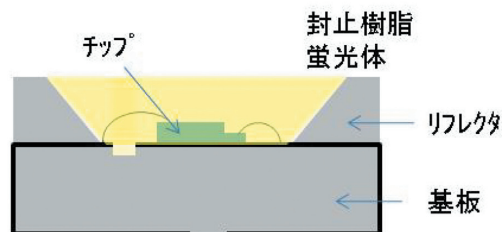


図3 LEDの構造

青色発光チップと黄色蛍光体で白色を得る白色LED方式。チップを基板上に実装し、蛍光体を分散した封止樹脂で包埋する。

広い光を発光する InGaN 系が用いられている。半導体層は、サファイア (Al_2O_3) 基板上に n 型窒化物半導体層 (n-GaN : Si) と発光層 (InGaN) と p 型窒化物半導体層 (p-GaN : Mg) が形成されている。電極は p 型半導体層上に透明電極 (AuNi) と p 側電極パッドのプラス側電極と、n 型窒化物半導体層上に n 側電極パッドを配置したマイナス側電極で構成されている。チップの最表面には保護層 (SiO_2) が設けられている。基板はサファイア (Al_2O_3) の他、炭化珪素 (SiC) が実用化されている。

【基板材料】

高効率化、大光量化のためにはチップの発熱による発光効率の低下の防止と寿命中の劣化による着色を抑える事が必要であり、一部でセラミックス材料が用いられている。基板に求められる特性を次に示す。

- ①放熱性がよい
- ②光による劣化が少ない
- ③反射率の波長依存性が少ない
- ④絶縁性が高い

材料はアルミナ (Al_2O_3) が主流。サブマウントとしてシリコン (Si) を使用する場合もある。近年、セラミックスは基板だけでなくリフレクタにも用いられている。

【蛍光体】

青色励起用蛍光体の主流は YAG (イットリウム、アルミニウム、ガーネット) 蛍光体である。アルミン酸イットリウム ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ に付活剤としてセリウム (Ce) を添加した酸化物蛍光体である。黄色に発光することでチップからの青色と合わせて疑似白色を作る。その他の酸化物蛍光体として、珪酸ストロンチウム・バリウム ($\text{Sr, Ba}_2\text{SiO}_4$ に付活剤としてユーロピウム (Eu) を添加したシリケート蛍光体がある。この系は黄色以外にも Sr と Ba の組成比を変えることにより緑色から橙色まで発光色を変えることができる。さらに照明用途としては色の見え方に影響のある演色評価数 (Ra) を向上させるために赤色や緑色蛍光体が増えられる場合がある。赤色蛍光体は $\text{CaAlSiN}_3 : \text{Eu}$ 窒化物蛍光体が目されている。温度特性の優れた酸窒化物も近年開発が加速されている。

5. 製法

【チップ材料】

基板材料のサファイア (Al_2O_3) などの単結晶は結晶

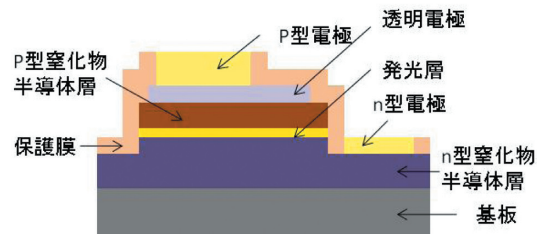


図4 チップ断面構造

サファイア (Al_2O_3) や炭化珪素 (SiC) 基板の上に各層が形成させている。

成長法で製造する。結晶成長法には大きく分けると気相法、液相法、固相法があるが、液相法が一般的である。

【基板材料】

アルミナ基板はシート成形法または金型を用いるプレス成形で製造する。

【蛍光体】

YAG などの酸化物蛍光体は原料、助剤フラックスを乾式混合したあと、大気圧で高温焼成しその後洗浄、粉碎して粒径を調整する。一方の窒化物蛍光体は焼成は高圧と窒素存在下で行う必要であるのに加え、原材料の窒化物の純度が製品の特性に大きく影響を与えるなど課題は多い。今後はよりシンプルな合成方法が望まれている。

6. 今後

LED 照明は、現在の LED 電球および店舗、施設照明に加え、今後はオフィスや一般家庭のベース照明へ展開することが予想されている。加えて入力電圧に対する早い応答や可視光通信にも利用できることなど大きな可能性を秘めている。今後さらなる大光量、高効率化がすすむとされ、チップからの熱対策として放熱性、絶縁性の高いセラミックス部品へ期待が広がっている。

【連絡先】 川島 浄子

東芝ライテック(株) 研究開発センター
〒237-8510 横須賀市船越町 1-201-1