

リフレクタ付き1.6×0.8mm LEDの開発

Development of 1.6×0.8mm LED with Reflector

星野 匡 紀*
Masanori Hoshino

渡 邊 英 之*
Hideyuki Watanabe

概要 自動車の計器類やスイッチは、安心安全な運転をサポートする機能的な部品であるとともに、顧客の購買意欲を駆りたてるため、デザイン性の強い部品としての側面をもつ。多様化したデザインに対応するため、LEDには小型化、高光度化が求められる。これまで、標準的な小型パッケージとして、広く使われてきた1.6×0.8mmチップLEDは、放熱性、配光特性に課題があり、高光度化が難しかった。そこで、リードフレームを用いたフラットLEDの技術を発展させることで、1.6×0.8mmパッケージで2000mcd級の高光度LEDを開発したので報告する。

1. まえがき

液晶バックライトや一般照明のLED化、さらにはスマートフォンの普及は、2000年代にLEDの市場規模を大きく飛躍させるインパクトとなった。この背景には、ノーベル物理学賞を受賞した「青色LED」の発明⁽¹⁾と、蛍光体との組み合わせによる「白色LED」の実用化⁽²⁾にあることは、言うまでもない。その後、様々な分野でLEDが普及し、現在では、自動車のヘッドライトにも、白色LEDが使われるようになった。

自動車分野へのLED応用に着目すると、その本格的な実用化は、1990年代までさかのぼる。小型・長寿命の特性を活かし、従来、電球が使われていた室内のスイッチ類に、LEDが搭載されはじめた。白色LEDの登場以前、単色LEDが表示用として使われていた。当時は、リードタイプの砲弾型LEDが主流であったが、面実装化の市場要求と相まって、3.0×1.5mmチップLEDが、室内用として普及された。その後、実装部品の高密度化、デザインの多様化により、更に小型な1.6×0.8mmチップLEDが上市され、現在、標準的なパッケージサイズとなっている。

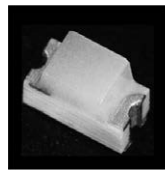

自動車の室内デザインは、運転をサポートする機能的な側面と、顧客の購買意欲を駆りたてるデザイン性の強い側面をもつ。特に、後者は、各社様々な工夫が取り入れメーカー独自の色で統一し、自社ブランドのイメージ

を作ることがある。ここ最近のトレンドとして、ブラックアウトパネルが挙げられる。LEDの上に光を吸収する材料を配置するため、LEDに求められる明るさは、従来の4倍以上になる。このような高光度化の動きに対応するため、主流の1.6×0.8mmサイズでありながら、2000mcd級の高光度LEDを開発したので報告する。

LEDに光学部品を組み合わせる場合、配向性に偏りがあると使いにくい。リフレクタ付きのパッケージとすることで、異方性のない配光を実現した。

一方で、夜間に点灯させる部位では、明るすぎることで、運転の障害になることがある。このような場面では、逆に、明るさを抑えたLEDが求められる。したがって、同じパッケージで明るさのバリエーションを揃えることは重要である。ここでは、同じチップを使いながら、LEDの明るさを調整する技術を開発したので、あわせて報告する。

表1 パッケージ比較

	チップLED	フラットLED
外形寸法 (mm)	1.6×0.8×t1.1	1.6×0.8×t0.6
基 材	樹脂積層板	銅合金
熱 抵 抗 (°C/W)	300	80
半値角 2θ1/2 (deg)	300	120
写 真		

*デバイス事業本部 オプト事業部 先行技術課

2. パッケージ構造とチップLEDの課題

チップLEDは、樹脂基板上にチップをマウントし、樹脂モールドした構造となっている(表1)。基板上に配した銅箔が、主な放熱経路であるため熱抵抗が高く、5~10mAで使われる事が多い。そのため、白色での明るさは100~500mcd程度と十分とは言えない。また、モールド樹脂は基板上に露出した構造となっており、その露出面を通して、光が外部に取り出される。したがって、配光特性は、半値角が広く非対称となっている(図1)。そのため、光学部品と組み合わせる場合、光り方にムラを感じるなどの課題があった。

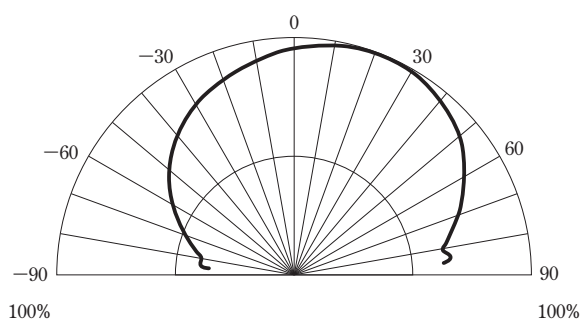


図1 1.6×0.8mm チップLEDの配光特性 (Ta=25℃)

3. リフレクタ付き1.6×0.8mm LEDの開発

標準的なLEDパッケージとして、3.5×2.8mmフラットLEDがある。リードフレーム上にあらかじめリフレクタ樹脂を成形させたバスタブ型のパッケージであり、リードフレーム上にチップを実装したのち、シリコン系樹脂をバスタブ内に封入して作製する。リフレクタで光を反射させることで、ランバertianな配光特性を実現している。また、チップを銅合金のリードフレームに実装することで、チップで発生した熱を効率よくリードフレームに伝達し、パッケージ外部に放熱することができる。この特徴を1.6×0.8mmパッケージに応用することで、リフレクタ付き1.6×0.8mm LEDを開発した。

リフレクタ樹脂は、高耐熱の熱可塑性樹脂を用いた。反射率を高めるため、白色顔料を多量に添加しており、成形時の粘度が高い。従来の成形方法で1.6×0.8mmパッケージを成形すると、細部まで樹脂が成形されず、未充填となる課題があった。そこで、熱可塑性樹脂の流動性を改善し、成形条件を最適化することで、成形速度を損なうことなく、1.6×0.8mmパッケージを成形することができた(図2)。

白色LEDは、青色チップに黄色蛍光体を組み合わせ



図2 リフレクタ付き1.6×0.8mm 白色LED 鳥瞰写真

る方法が、よく使われる。なお、高演色照明用のLEDでは、青色チップに、緑色蛍光体と赤色蛍光体が組み合わせられることは、既報の通りである⁽³⁾。

青色チップは、絶縁性のサファイア基板上に、MOVPE法などを用い、InGaNをエピタキシャル成長して作られる。チップ上面にアノード電極とカソード電極の両方をもつ上面2電極タイプのチップが、広く流通している。上面2電極チップは、コストパフォーマンスに優れるが、金ワイヤでパッケージと配線する必要があるため、チップ搭載エリアに加え、ワイヤボンドエリアをパッケージ内に確保する必要がある。1.6×0.8mmパッケージの限られた実装エリアで、2000mcd級の高光度を実現するためには、上面2電極チップは適さない。今回、フリップチップ型の青色LEDチップを用いることで、実装可能エリアを有効に活用し、目標光度を実現した。

フリップチップを用いるメリットは、ワイヤ配線が不要になるため、従来、非発光領域となっていた領域を、発光領域(チップ実装領域)に充てることが可能となる。また、発熱領域である活性層が、チップの実装面側となるため、チップで発熱した熱を効率よく、パッケージ側に伝えることができる(図3)。

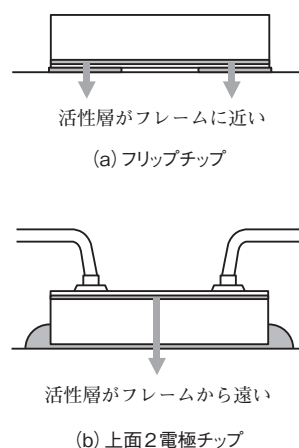


図3 フリップチップと上面2電極チップの放熱経路

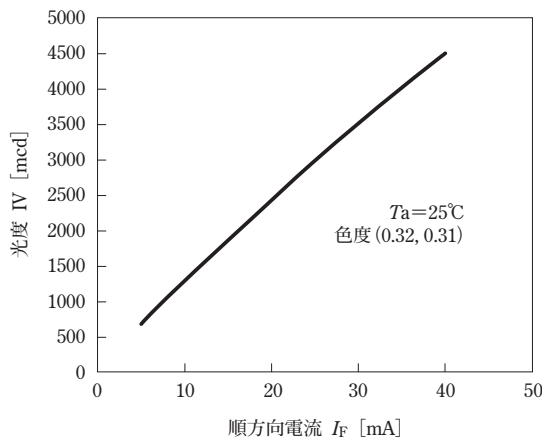


図4 リフレクタ付き1.6×0.8mm 白色LEDの順電流—光度特性

図4は、熱可塑樹脂のリフレクタを備えた1.6×0.8mmパッケージに、フリップチップ型LEDチップを実装し、黄色蛍光体を混合したシリコン樹脂で封止した白色LEDの順電流と光度の関係である。 $I_F = 20\text{mA}$ のとき、光度2400mcdであった ($T_a = 25^\circ\text{C}$)。

LED用リードフレームは、青色チップの光を有効活用するために、銀メッキとする場合が多い。照明用LEDは、特に、発光効率を重視する傾向にあるため、銀メッキが多用される一方で、温度、湿度、腐食ガスなどの環境に影響を受けやすい。本製品では、メッキ表面を金とすることで、耐環境性の向上を図った。また、配光特性は、既存の3.5×2.8mm LEDと同様に、半値角120°のランバーシアン配光となった(図5)。

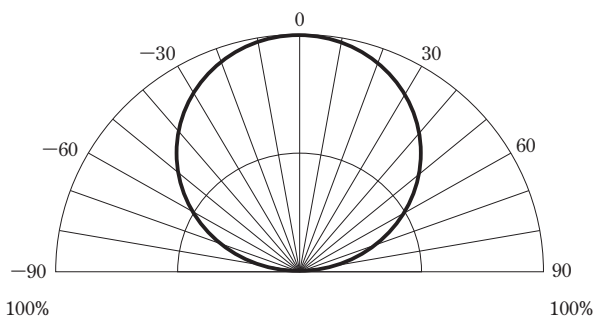


図5 リフレクタ付き1.6×0.8mm 白色LEDの配光特性 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

既存のチップLEDは、樹脂積層板の上にLEDチップを実装しているため、チップから発生する熱を逃がしにくい構造となっている。リフレクタ付き1.6×0.8mmは、銅合金リードフレーム上にチップを実装すること、および、フリップチップを用いることで、放熱性を改善した。

図6は、過渡熱抵抗と構成部材の熱容量を構造関数としてまとめたものである。熱抵抗の異なる2種類の基板にLEDを実装し、それぞれの構造関数を比較すること

で、LED単独の熱抵抗を求める方法を用いた⁽⁴⁾。LED単独の構造関数は、共通であるが、意図的に変えた基板1と基板2の構造関数は、異なるため、カーブが分岐するところまでが、LEDの特性を示すことになる。図6の分岐点から、リフレクタ付き1.6×0.8mm LEDの熱抵抗は、約80°C/Wとなる。なお、同様な測定で求められる1.6×0.8mmチップLEDの熱抵抗は、約300°C/Wであった(図7)。

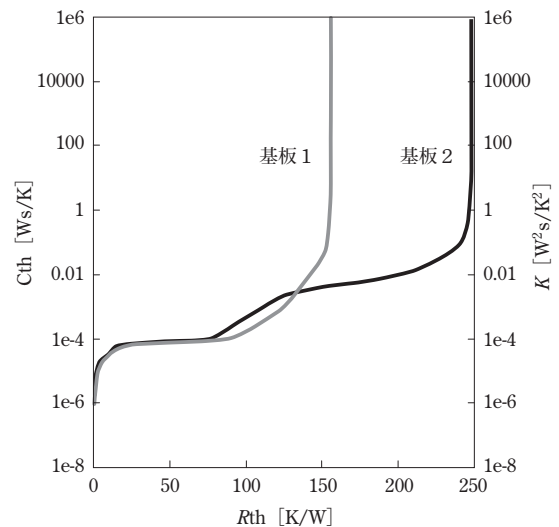


図6 リフレクタ付き1.6×0.8mm 白色LEDの構造関数

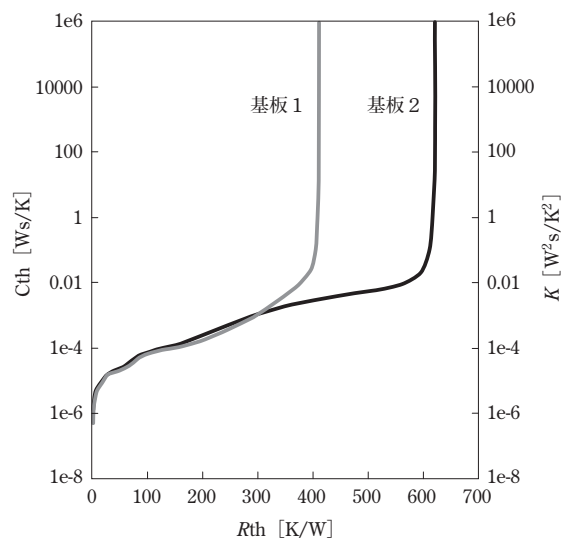


図7 1.6×0.8mmチップLEDの構造関数

今回製作したリフレクタ付き1.6×0.8mm LEDに対し、連続通電試験を実施した(図8)。実装基板は、図6の「基板2」に相当する。これを $T_a = 100^\circ\text{C}$ の恒温槽に入れ、順電流 $I_F = 40\text{mA}$ を印加した。2000時間後の光度維持率は、76%であり、50%以上の目標に対し、十分なマージンが確保できた。

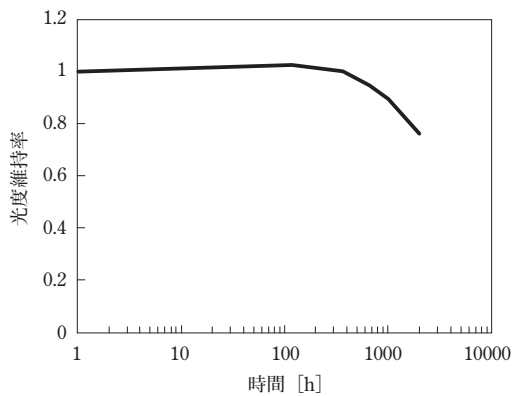


図8 連続通電試験結果 ($T_a=100^{\circ}\text{C}$, $I_F=40\text{mA}$)

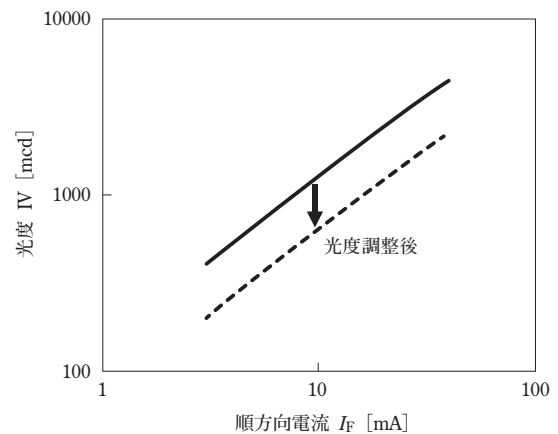


図9 光吸収材による光度調整

4. 光度調整技術

自動車の室内で使われる表示パネルは、ブラックアウトパネルに代表されるように、高光度な光源が求められる一方で、夜間モードにおいては、運転者に眩しさを感じさせないように、光度を抑えた光源が使われる。このように、求められる光度の幅が広いと、同じチップでは対応できない場合がある。そこで、光吸収材を封止材に混ぜることにより、LEDの輝度を低下させ、所望の光度に合わせる技術を開発した。

カーボンブラックなど黒色系材料は、光吸収率が高く、少量の添加で光度を低下させることができる。しかし、わずかな添加量の違いで、光度が大きく変化してしまうため、量産には向かない。そこで、添加材を改める事で、添加量のばらつきによる光度ばらつきの問題を解決した。

図9は、光吸収材を用いる事で、光度を1/2に下げたLEDを作製し、光度の電流依存性を示したものである。リニアリティを維持したまま、光度を下げる事ができた。光吸収材の濃度を変えることで、光度を1/4まで下げることができる。

5. まとめ

リフレクタ付き1.6×0.8mm LEDを開発し、順電流 $I_F=20\text{mA}$ のとき、光度 $IV=2400\text{mcd}$ （周囲温度 25°C ）を確認した。配光特性は、ランバーシアンとなっており等方的である。周囲温度 $T_a=100^{\circ}\text{C}$ 、順電流 $I_F=40\text{mA}$ の連続通電にて、2000時間後の光度が50%以上を維持しており、十分なマージンが確保できた。一方で、光吸収材を組み合わせる事で、光度のバリエーションを広げる技術を開発した。これにより、1つのパッケージで様々な明るさに対応する事ができるようになった。

デザインの多様化により、1.6×0.8mmサイズは維持したまま、さらに高光度なLEDが求められている。今後、構成部材の改良、最適化により、4000mcdを超える製品を目指していく。

参考文献

- (1) The Novel Prize in Physics 2014
- (2) LED照明推進協議会「LED基礎知識」
- (3) サンケン技報2018
「青色励起方式による超高演色LED照明の用途」
- (4) JEITA ED-4912A 発光ダイオード