

# 車載への適用が進む高輝度LEDランプ

Progressive Application of LED Lamps to Automotive Field

本館 淳哉

■ MOTODATE Junya

LED(発光ダイオード)ランプは、従来の電球に比べて優れた特性を持つためその応用範囲が広がっている。特に、長寿命や、低消費電力、高速応答性、薄型化が可能などの特長から、車載機器への適用が急速に拡大しつつある。

このような流れのなかで東芝は、結晶材料の開発と活性層の改善によるチップ発光効率の向上や、チップ構造の最適化とチップ表面処理の新技术開発による光取出し効率の向上、及び新たな銀ペーストの開発による温度上昇の抑制など、種々の技術開発によりLEDの高輝度化を進めてきた。これらの技術を、車載エクステリア用の有色LEDへ適用して製品化するとともに、よりいっそうの低コスト化と省電力化に向けて更なる高輝度化を進めている。

The fields of application of light-emitting diode (LED) lamps are rapidly expanding due to their excellent characteristics in comparison with existing electric bulbs. In particular, application to the automotive field is spreading due to the advantages of LEDs including low power consumption, long life, and high reliability.

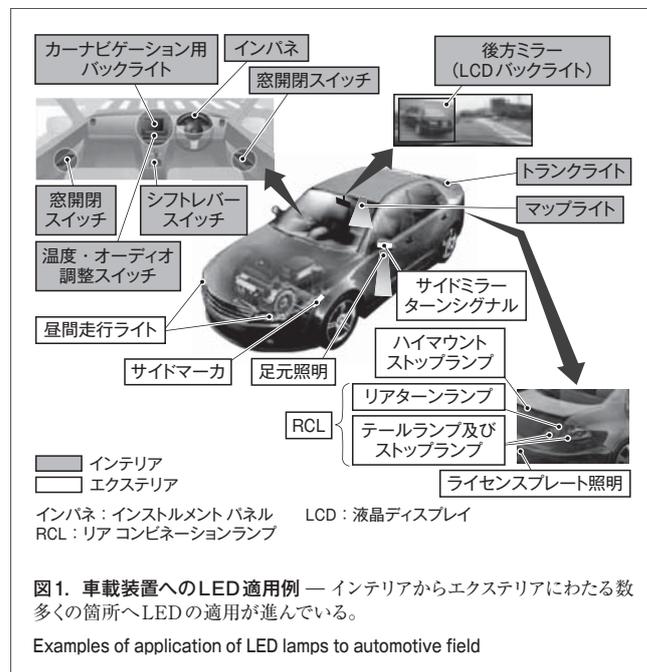
Toshiba has been developing high-brightness LEDs through the following technological advancements: (1) increase of light-emitting efficiency with new materials and structures, (2) optimization of the LED tip structure, (3) development of a new technique for surface treatment, and (4) development of a novel electrically conductive paste with high thermal conductivity. These technologies have been applied to color LEDs for automotive exteriors. We are continuing our efforts to develop LEDs with higher brightness contributing to cost reduction and energy saving.

## 1 まえがき

従来高輝度LEDは、表示板や信号機といった屋外の表示装置に用いられるのが一般的であった。しかし近年、車載装置の光源としての用途が急速に拡大している。これは、技術開発が進んで1個のLEDから取り出せる光の出力が増加した結果、実装スペースが小さく、かつ低消費電力で一定レベルの輝度を確保しなければならないという、車載用途に対する要求に応えることができるようになったためである。車載装置としてのLEDの代表的な用途を図1に示す。インテリア、エクステリアともに、広範な部分でLEDランプが使用されている。

このような状況のなかで、デザインの自由度を向上させ、またコストダウンを図るには、搭載するLEDの数を削減することが必要であり、それを達成するためによりいっそう高輝度のLEDを開発することが強く求められている。

東芝はこの要求に応え、LEDを更に高輝度化するための基礎技術の開発を進めている。ここでは、LEDの車載応用の概要と、高輝度化を実現する代表的な技術について述べる。



## 2 車載用LEDランプ

### 2.1 LEDランプの特長

車載用LEDランプは、インテリアではスイッチなどのバック

ライトとして早くから採用されてきた。一方、高輝度LEDを必要とするエクステリアとしての歴史は比較的新しく、1980年代後半に日本メーカーがHMSL(ハイマウントストップランプ)<sup>(注1)</sup>

(注1) リアウインドウ内などに取り付けられたストップランプ。

表1. LEDランプと白熱電球との比較

Comparison of LED lamps and incandescent bulbs

項目		仕様	
		白熱電球	LED
消費電力	ストップランプ (W)	21×2	2.8×2
	テールランプ (W)	5×2	0.24×2
	ハイマウントストップランプ (W)	18	2.4
点灯速度	(s)	0.3	0.01

で実用化し、2002年ころからRCL (リア コンビネーションランプ) (注2) として一般的に用いられるようになった。

LEDは従来の白熱電球に比べて、多くのメリットを車両にもたらす。例えば、①長寿命である、②消費電力が少なく省エネルギー・低燃費化に寄与する、③高速応答性により完全点灯までの時間が短縮され、安全性を向上させる、④灯具を薄型化できる、⑤灯具デザインの自由度を向上させる、などである。LEDランプと白熱電球の消費電力及び応答性の比較を表1に示す。LEDランプを使用することで消費電力は合計で1/10以下に低減している。また、ストップランプの点灯速度が速いことは後続車の制動距離の短縮につながる。100 km/hで走行する車両の場合には制動距離9 mの短縮に相当し、追突防止に有効である。

近年では、LEDの高輝度化に伴い、搭載率及び搭載車種数が増加しつつある。

## 2.2 車載用LED高輝度化の歴史

当社は1980年代から、車載応用としてインテリア及びエクステリアの両面でLED高輝度化の取組みを進めている。当社の車載用LEDの高輝度化と製品展開の歴史を図2に示す。

## 3 LEDの高輝度化技術

LEDの高輝度化に際しては、チップ自体の発光効率やチップからの光取出し効率の向上、及び温度上昇の抑制が重要である。ここでは、これらを実現する技術について述べる。

### 3.1 チップ発光効率の向上

チップ自体の発光効率を向上させるには、チップの結晶材料の開発と活性層構造の改善が主体となる。結晶材料はGaAlAs (ガリウム アルミニウム ヒ素) 材料による赤色LEDに始まり、その後InGaAlP (インジウム ガリウム アルミニウム リン) 四元系材料に移行してきた。InGaAlPは、組成を変えることで緑、黄、及び赤と幅広い発光色をカバーできるので、当社の有色系LEDランプにはこの結晶材料を使用している。

一方、発光領域である活性層部分の構造では、SH (シングルヘテロ) 構造に始まり、DH (ダブルヘテロ) 構造、更にMQW (多重量子井戸) 構造と、発光効率がより高いものへ改善が進められている。

### 3.2 光取出し効率の向上

発光効率の最大化に加えて、放射された光を効率良くチップ外部に取り出すことも重要であり、チップの全体構造の最適化、及びチップ表面の処理法に新技術を適用することにより効率向上が図られている。

3.2.1 チップ構造の最適化 LEDチップ構造を最適化した概要を図3に示す。

従来構造では、発光層の裏面方向に放射された光は、外部へ取り出されずに基板で吸収され、損失となっていた。一方新構造では、チップ側面へ凹凸加工を施すことによって、これらの光を有効に取り出せるようにしている。これにより、当社の車載用有色系LEDであるTLxKシリーズでは、従来品(当社

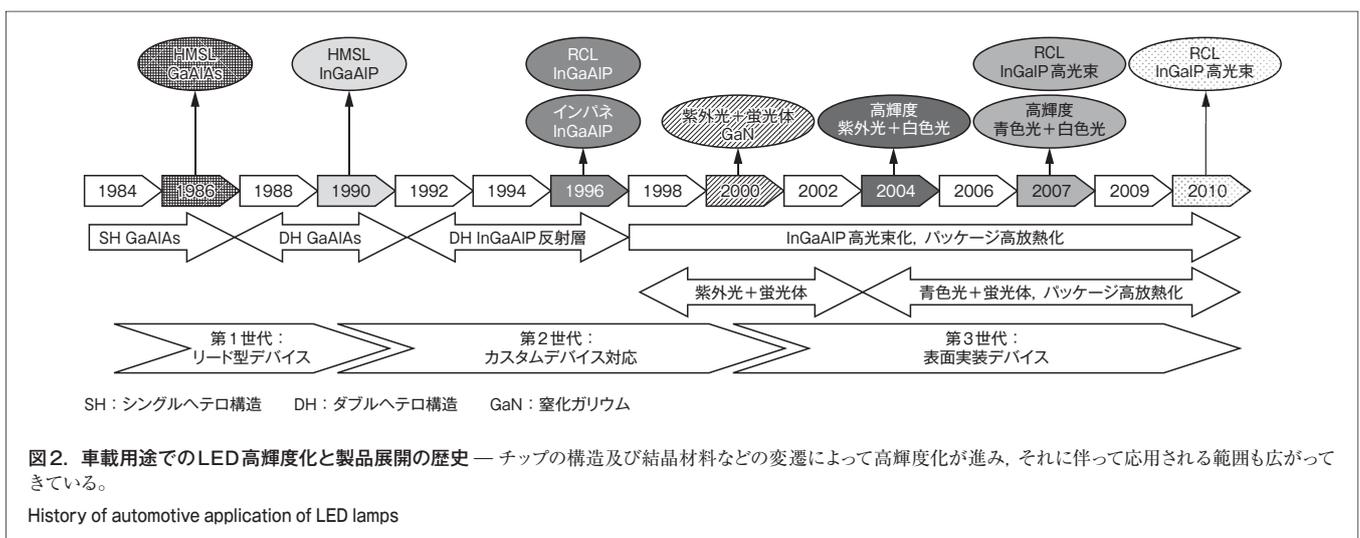
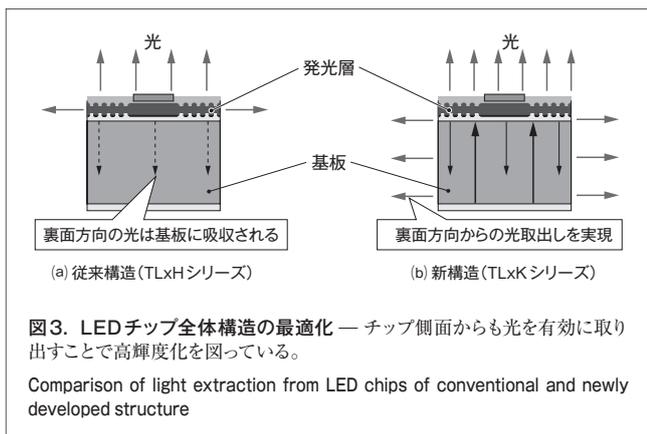


図2. 車載用途でのLED高輝度化と製品展開の歴史 — チップの構造及び結晶材料などの変遷によって高輝度化が進み、それに伴って応用される範囲も広がってきている。

History of automotive application of LED lamps

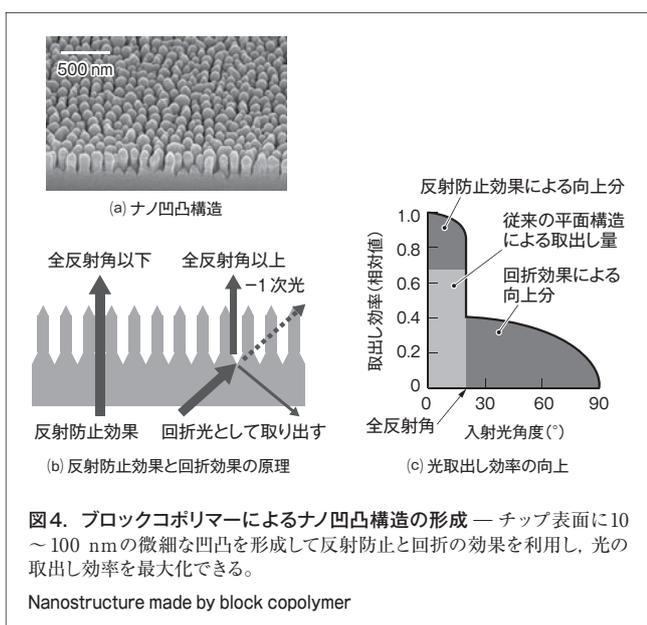
(注2) 自動車後部に装備されたターンランプやストップランプなどが一体に配置されたランプ。



TLxHシリーズ)に比べて約3倍の高光束化を実現している。

**3.2.2 チップ表面処理の新技术** チップ表面へ適切な凹凸加工を施すことにより光取出し効率を向上させることができる。一例として、ウェット エッチングによって表面に凹凸構造を作成する方法がある。この処理を行わないものと比べ、チップからの光取出し効率が約1.4倍に向上する効果を見込むことができる。反面、この手法には、凹凸形状の制御が容易ではなく、一定形状を保ったり、形状を最適化することが難しいという短所がある。

これを改善して、光取出し効率を更に向上させ、同時に凹凸形状の安定化を図る技術として、当社は反射防止効果と回折効果の双方を併せ持つナノ凹凸構造を開発して導入を進めている。これは、ブロックコポリマーの自己組織化パターンをマスクに用いてリソグラフィを行うことによって、10～100 nm程度の微細凹凸構造をチップ表面に形成し<sup>(1)</sup>、光取出し効率を向上させる技術である。チップ表面の状態と、光取出し効率を改善する原理を図4に示す。



LED上にブロックコポリマー薄膜を形成し、アニール処理によりマイクロ相分離を発生させる。このときブロックコポリマーの組成をコントロールすることで薄膜にドット状のパターンが発現する。その後、イオンエッチングを行うことでドット状のマスクを得る。これに引き続き、RIE (反応性イオンエッチング)を行うことによって、LEDの表面にナノ凹凸構造が形成される。

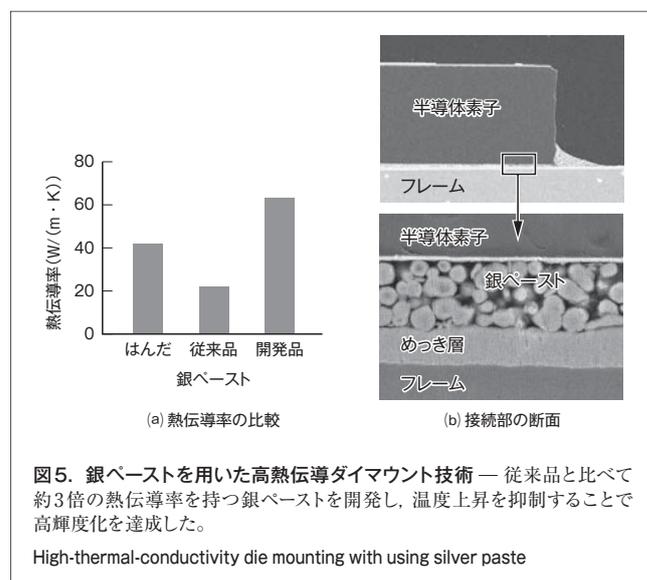
凹凸構造の周期、高さ、及び分離度を最適化することにより、光取出し効率を最大化できる。

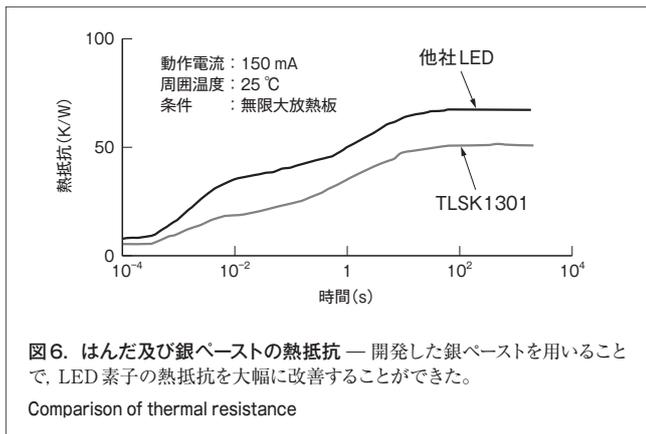
### 3.3 温度上昇の抑制

光取出し効率の改善に加え、温度上昇の抑制も高輝度化の重要な技術の一つである。内部量子効率が改善されてきているとはいえ、大注入電流で駆動する条件の下では、チップからの発熱による出力飽和を改善していくことも重要である。放熱性の向上はLED素子に限らず、パワーデバイスでも重要な問題となる。これを解決するため、当社は材料メーカーと共同で、高い熱伝導率を持つ銀ペーストを開発した。

銀ペーストは、導電性をもたらす銀粒子、ペースト基材(樹脂)、及び溶剤で構成される。銀粒子の形状と、樹脂及び溶剤を改良するとともに、硬化条件を適正化することで、業界最高レベルの熱伝導率60 W/(m・K)を実現した(図5)。これは、鉛すずはんだと同等の放熱性を持つ接続をもたらし、かつ、はんだでは実現困難な200℃以下の低温プロセスでチップのアセンブリを行うことを可能にする。LEDのパッケージには比較的耐熱温度の低い材料が使用されているため、この新ペーストは放熱性の向上及びそれに伴う高輝度化に加え、アセンブリの面でもLED素子に適したものである。

新たに開発された高熱伝導率を持つ銀ペーストを使用した製品の熱抵抗を、従来使用されてきた銀ペーストと比較して図6に示す。過渡熱抵抗及び定常熱抵抗ともに改善されており、定常熱抵抗では20℃/Wの低減が確認された。放熱板





の大きさが制限され、かつ、温度条件が厳しい環境で応用するときには、この熱抵抗の改善は非常に有利である。

### 3.4 製品への適用

これまで述べた技術を適用した高光束LEDランプは、TLSK1300シリーズとして既に製品化されている。TLSK1300シリーズLEDの外観を図7に、主要特性を表2に示す。

この製品では、LEDのリードフレーム及び電氣的に導通された金属プレートをレーザ溶接で固着する表面実装型パッケージを採用しており、車載用途、特にRCLに特有の曲面実



図7. 高輝度LED TLSK1300シリーズ — 高輝度化実現するための様々な技術を取り入れ、車載用途、特にRCLに特有の曲面実装に適したパッケージとなっている。

TLSK1300 series high-brightness LED lamps

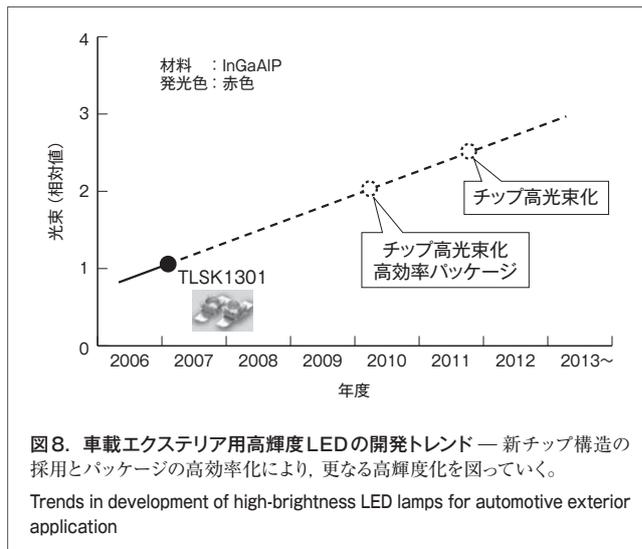
表2. 高輝度LED TLSK1300シリーズの諸元

Specifications of TLSK1300 series

項目	仕様	
	TLSK1301	TLSK1302
発光色	赤色	
光束 (lm)	7	
順電圧 (V)	2.65	
主波長 (nm)	616	
全半値角* (°)	40	90

測定条件: 動作電流 120 mA, 周囲温度 25 °C

\*光の強度が1/2に低下する角度



装に適したパッケージとなっている。RCLやHMSLなどの灯具の高光束化や低消費電力化に貢献するとともに、パッケージの熱抵抗が低いため高電流駆動も可能になる。

当社は、これらの技術を総合的に適用し、新チップ構造及び新パッケージの開発を進め、LEDランプの更なる高輝度化を図っている。車載エクステリア用のInGaAlP赤色LEDのトレンドを図8に示す。高輝度化により、使用LED数の更なる削減と、いっそうの省電力化に寄与していく。

## 4 あとがき

高輝度LEDの代表的な応用分野である車載エクステリアに必要な、高輝度化を達成するための主な技術開発について述べた。ほかにも多くの技術施策が検討されており、LEDの高輝度化はよりいっそう加速するものと思われる。

特性向上に対する市場からの要求はとどまることがないが、これに対応していくことで更なる市場拡大を見込むことができる。当社は、今後も継続してユーザーからの要求にタイムリーに応えられる製品の開発を続けていく。

## 文献

- (1) 稗田泰之. 自己組織化を利用した微細加工で実現する1Tビット/in<sup>2</sup>級磁気記録媒体. 東芝レビュー. 63, 7, 2008, p.56 - 57.



本館 淳哉 MOTODATE Junya

セミコンダクター社 ディスクリート半導体事業部 光半導体応用技術部参事。光半導体素子の応用技術業務に従事。  
Discrete Semiconductor Div.