

ポータブル機器対応 InGaAlP 系 LED ランプ TL × U シリーズ

InGaAlP LED Lamps for Portable Equipment

高橋 望
N. Takahashi

野口 宗昭
M. Noguchi

佐伯 亮
R. Saeki

近年、機器の高機能・小型化が進み、AV用をはじめとしてポータブル機器が普及している。ポータブル機器は、小型の電池で駆動するものが一般的である。そのため機器の省電力化が重要で、省電力用の部品の要求が高くなっている。

当社は、この要求にこたえて InGaAlP 系の高輝度 LED 材料を用いて、ポータブル機器向け LED ランプ TL × U シリーズを開発した。発光色は赤・橙・黄・緑・純緑色の 5 種類である。この LED は、通常使用されている汎(はん)用光度 LED ランプの 5~10 倍の光度をもつため、電流を従来の 10~20 % 程度に抑えることにより省電力化を図ることができる。

Portable audio and video equipment has recently become highly popularized due to its high performance, compact size, and easy operation. Portable equipment is generally driven by a small battery. Therefore, a low-power-consumption design is important and low-power-consumption parts are also required.

Toshiba has developed a new series of InGaAlP LED lamps for portable equipment use called the TL × U series. This series of lamps has five emission colors: red, orange, yellow, green, and pure green. The luminous intensity of the TL × U series is five to 10 times brighter than that of general-purpose LED lamps currently in use. Moreover, the new LED lamps can be used with 10 to 20 % of the forward current of former devices.

1 まえがき

LED は、初期には数 mcd の光度で、屋内での使用に限定されていたが、今では 1 cd 以上になって屋外でのサインボードなどさまざまな用途で使用されている。

1990 年代になり MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) による InGaAlP 系の材料による LED が量産化され、LED の製造も新しい時代に入った。この材料により、赤色から緑色までの高輝度の LED を作ることができることから、現在では屋外用 LED の代表的な材料とされている。LED は、これまで複数の製造方法を発光色によって使い分けてきた。しかし、MOCVD による InGaAlP 系 LED により赤色～緑色で同じ材料、同じ製造装置で製造が可能になった。最近では、InGaAlP 系 LED に対しては屋外用だけでなく、普及型に適したローコストタイプの要求が高まってきている。

ここでは、MOCVD による InGaAlP 系 LED の特長と高輝度の特長を生かして、普及型・省電力用として開発した TL × U シリーズについて説明する。

2 LED の用途

2.1 LED の市場

2.1.1 屋外での利用

LED は、AV 機器などのインジ



図 1. InGaAlP LED ランプを使用した屋外 LED パネル InGaAlP 系の黄色発光の超高輝度 LED ランプを使用した大型の屋外 LED パネル。

Large-scale "ticker" display

ケータから屋外の大型表示盤まで、幅広く用いられている。図 1 は最近形成された大型 LED 表示盤の一例で、当社製 InGaAlP の世界最高光度レベルの黄色 LED ランプを約 70 万個用いて 47 m の横長のパネルを 3 枚設置したものである。InGaAlP 系 LED は高温・高湿環境下での寿命特性が他の材料の LED に比べて格段に優れており、高輝度であることとともに屋外での使用に適している。

2.1.2 AV 機器・携帯機器 LED ランプの主な形状を図 2 に示す。屋外では高輝度化が重要であることから、高

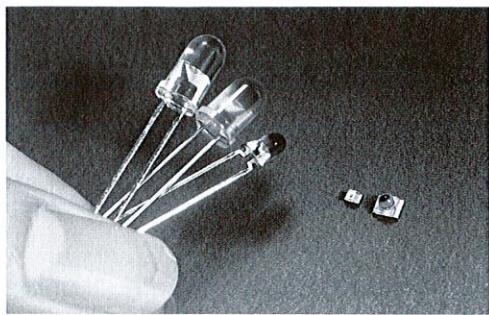


図2. LEDランプの主な形状 従来は砲弾型のLEDランプ(左)が主流であったが、携帯機器の普及などによりSMDパッケージ(右)のものが増えてきている。

Photograph of LED lamps

輝度設計が容易な砲弾型のLEDランプが主流である。これに対して、AV機器や事務機器などの分野では、プリント基板に対してSMD(Surface Mount Device)型の部品の搭載が増えてきている。したがって、部品の装着機やはんだ付け装置の共用化の面から、LEDランプもSMD型の採用が急速に増えている。

さて、携帯電話をはじめてとするポータブル機器市場が活況である。ここでは、SMD型LEDランプが多用されており、押しボタン・LCD(液晶ディスプレイ)用バックライトなど、ほとんどのLEDランプがSMD型である。また、バッテリ駆動が前提となるため、省電力化の設計が重要であることから、LEDランプには低電流駆動が可能な高輝度の要求が高い。以前から屋外用の超高輝度LEDをSMDパッケージに搭載する要求もあった。しかし、屋外用LEDランプは高輝度化が優先の設計であることから、一般的には汎用光度のLEDランプに比べてかなり高価であり、実際には価格面での問題が残っていた。

3 InGaAlP系LEDとMOCVD

3.1 InGaAlP系LEDの特長

TL×Uシリーズの説明の前に、まずInGaAlP系LEDの特長と他の材料のLEDとを比較する。

3.1.1 材料としてのInGaAlP 可視光領域において高輝度LEDを製作するために適した特性をもつ材料は、おおよそ次の条件を満たさなければならない。

- (1) 禁制帯幅が可視光の波長に相当する
- (2) 特定の基板材料と格子整合する
- (3) 発光層が直接遷移型半導体である

図3に窒化物を除くIII-V族化合物半導体の格子定数と禁制帯幅の関係を示す。従来、可視光LEDに用いられていた材料(GaAsP, GaP)は、(1)と(2)の条件を満たすが、(3)の条件を同時に満たすことはできなかった。GaAlAsだけはすべ

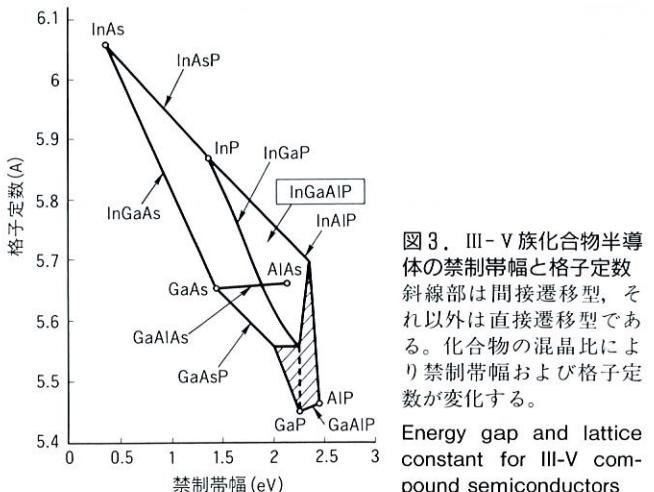


図3. III-V族化合物半導体の禁制帯幅と格子定数
斜線部は間接遷移型、それ以外は直接遷移型である。化合物の混晶比により禁制帯幅および格子定数が変化する。

Energy gap and lattice constant for III-V compound semiconductors

ての条件を満たすが、禁制帯幅が比較的小さいため可視光では赤色だけに応用されている。これに対し、InGaAlPは赤色～緑色までの波長に相当する禁制帯幅をもつ直接遷移型半導体であり、GaAs基板に格子整合させることができる。すなわち、図3のなかで唯一、前述の3条件のすべてを満たす材料であり、低コスト・高輝度の赤～緑色LEDを実現できる可能性をもつ材料である。

3.1.2 MOCVD MOCVDは、薄膜形成法の一種であり、その応用分野も多岐にわたる。近年は各種の半導体薄膜結晶成長に広く用いられており、その用途も半導体レーザ、LED、高速電子デバイスなどへ急速に広がっている。また、製造装置も急速に発展・改良が進んでおり、一世代前の研究室用に近い装置から量産用装置として変化している。図4にMOCVD装置の概念を示す。

原料は有機金属化合物や水素化物を用いる。GaAsのようなIII-V族化合物半導体を成長させる場合は、一般にIII族(Ga)原料に有機金属(トリメチルガリウムなど)、V族(As)

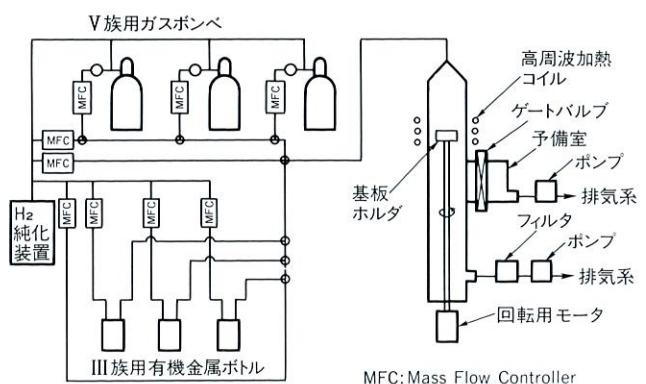


図4. MOCVD装置の概念 有機金属化合物や水素化物を高温の基板上に供給して反応させ、堆積させてLEDを形成する。他の方法と比べて薄膜形成の制御性が高い。

Schematic diagram of MOCVD system

原料に水素化物(アルシンなど)を用いる。それらを高温加熱した基板上に供給して熱分解・反応させることで、基板上にIII-V族化合物が堆(たい)積する。この方法では成長膜の組成や厚さの制御性が良好であり、多重量子井戸構造(MQW)の製作も可能である。

3.2 MOCVDによるLEDの特長

3.2.1 InGaAlP MOCVDをLEDに適用することの最大のメリットは、InGaAlP系材料の応用を可能にしたことである。この材料は、前述のように赤色から緑色の光の波長に相当する直接遷移型の禁制帯幅をもつため、以前から可視光半導体素子の材料として注目されていた。しかし、従来からGaAlAsLEDなどの製作に用いられているLPE(Liquid Phase Epitaxy)法では、この混晶の組成制御は難しい。

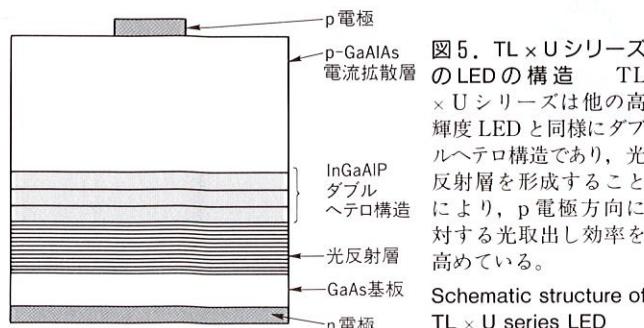
3.2.2 半導体レーザから可視光LEDへ 当社は、可視光レーザで培った技術を基にLEDの研究開発を行い、赤・橙・黄・緑色の超高輝度LEDの開発・量産化に成功した。薄膜成長制御が容易なMOCVDの利点を生かし、構造は多層薄膜を利用した光反射層や電流狭窄(さく)構造など、従来のLEDより複雑であるが、素子構造の変革によりさらに高輝度化を達成することができた。この反面、膜成長速度が遅いことから数十ミクロン以上の厚膜の成長が不得手であるため、発光部表面全体への電流の注入が課題であったが、低抵抗のGaAlAs層を発光表面に設けることでこの問題を解決している。

4 省電力用InGaAlP系LED

4.1 TL×Uシリーズの開発目的

現在、携帯機器の需要が活発であり、GaAsPなどの安価な汎用光度のLEDでは十分な光度が得られないばかりか、高電流で使用しなければならない場合が多く、普及型の高輝度LEDの要求が強くなってきた。携帯機器はバッテリ駆動であることから、低消費電力化が長時間使用を可能にする。図5にTL×UシリーズのLED構造例を示す。

TL×Uシリーズは、低コスト化のための施策を取り込むとともに電流フロー光学シミュレーションを用いること



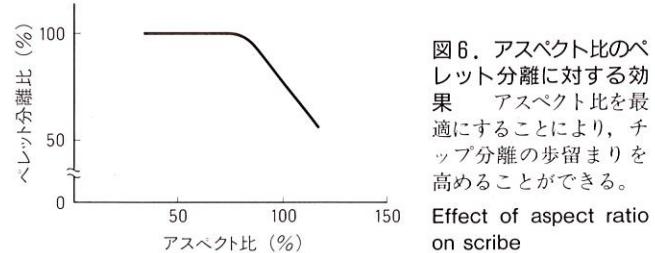
ポータブル機器対応InGaAlP系LEDランプ TL×Uシリーズ

により、上述の要求にこたえた仕様となっている。以下にその内容について述べる。

4.2 チップ形成技術

従来、チップをウェーハから切り離す方法としてダイシング法(サイクロ状にウェーハをダイヤモンドカッタで切断する方法)を用いていたが、これにはいわゆる切りしろが必要である。これに対し、今回、LEDでは業界初の結晶のへき開性を利用した新しい分離技術(スクライブ方式)を採用し、切りしろが出ないようにしてウェーハ1枚当たりのペレットの取り数を格段に増やすことを行った。これにより大幅なコストダウンが実現できる。

スクライブ技術のポイントは、ウェーハの厚さと分離するペレットのサイズ(幅)を最適化することにある。ウェーハが薄く、ペレットサイズが大きいほどスクライブは容易である。このペレットの幅と厚さの比(アスペクト比)とスクライブ工程での量産性を図6に示す。アスペクト比を高くし、かつコストダウンのためにペレットサイズを小さくする必要があるので、スクライブの前にウェーハ裏面を削る。しかし、ウェーハが薄すぎると強度がなくなり、他の工程上での不便が発生する。これらの要因から、スクライブに最適な素子形状を決定し、高い歩留りと小サイズ化によるコストダウンを両立させることができた。



4.3 シミュレーションによる最適化

4.3.1 シミュレーションによる設計 LEDランプを開発する場合に、チップから透明樹脂を通じて外部への光取出しに対しての光学シミュレーションによりレンズ設計を実施しているが、その精度が高くなってきたことからレンズの設計が容易になり開発時間も短縮されている。今回、当社で開発したチップ内の電流フロー、およびチップでの発光の最適化とレンズから外部への光取出しの最適化を含めて行うシミュレーション技術を開発し、LEDチップおよびランプの設計を行った。

4.3.2 シミュレーション例 チップデザインの最適化のために各層の膜厚とキャリア濃度、電極デザインを最適化し、光度の低下を最小限に抑えながら膜厚を半減させ、使用するガス量を減らすことを目的としてシミュレーション

ンを行った。

図7にこのシミュレーション結果の例(発光強度の表面分布)を、図8にLEDランプの指向性シミュレーション結果を示す。このシミュレーションでは、LEDチップを構成する各層の抵抗率、屈折率、膜厚、および活性層からの発光量と分布から、最終的に透明樹脂を通してチップからLEDランプの外部への発光強度を予測するものである。このシミュレーションにより最適な構造が得られた。

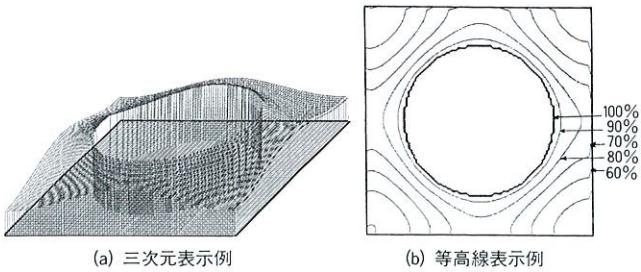


図7. シミュレーションによるチップ表面の発光強度分布 LEDチップ内の電流フローおよび各層の設計値から、発光強度分布をコンピュータシミュレーションで予想し、最適なチップデザインを決定する。
Computer-generated surface light emission intensity profiles of InGaAlP LED

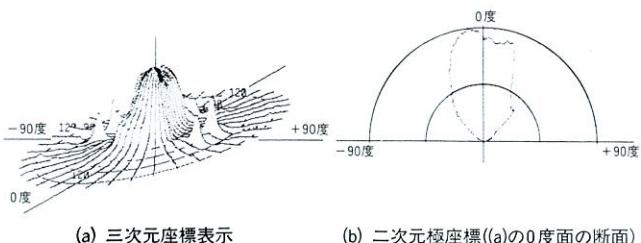


図8. LEDランプの指向特性のシミュレーション結果例 チップからの発光強度分布を基にLEDランプの指向特性のシミュレーションを行い、パッケージ設計を行う。

Result of viewing angle simulation

4.4 用途

図9に、GaAsP系LEDのTLS133Aと今回開発した製品の中からほぼ同じ指向特性をもつTLSU113Pとの電流と発光強度特性を示す。これにより、同じ電流で約10倍の光度が得られ、同じ光度を得ようとした場合にほぼ1/10の電流にすることができることがわかる。これにより、携帯機器などにおける省電力化と、バッテリ寿命の改善を図ることができる。

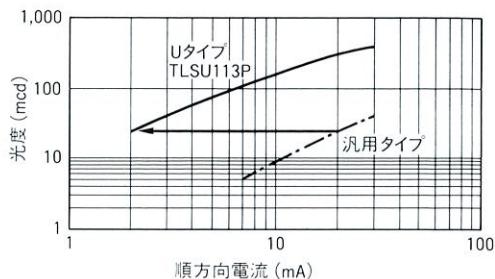


図9. TL×UシリーズLEDランプと汎用光度LEDランプの特性比較
例 汎用光度LEDランプに対して当社比約10倍の光度をもつ例。
同じ光度を約1/10の電流で得ることができる。

Luminous intensity of TLSU113P

5 あとがき

ここで述べたLEDチップを使用して、赤・橙・黄・緑・純緑色の5色で砲弾型LEDランプを24種類、SMD型LEDランプを20種類ラインアップした。今後はさらなる製品展開と歩留まり向上などにより、従来から使用されているGaAsP・GaPの汎用光度LED市場でInGaAlP系LEDをさらに展開していきたい。

文 献

- (1) 高橋 望: LEDパネル、ディスプレイ, 2, 1, pp.51-58 (1996)
- (2) 藤村則夫: 輝度上がる可視LED, 日経エレクトロニクス, 7, 号外, pp. 71-82 (1991)
- (3) 波多腰玄一: 光半導体材料と可視光発光デバイス, 照明学会誌, 77, 1, pp.27-32 (1993)
- (4) 佐伯 亮, 他: InGaAlP高輝度LEDの耐高温・高湿性評価, 第41回応用物理学関係連合講演会, 31p-T-5 (1994)



高橋 望 Nozomu Takahashi

半導体システム技術センター 光半導体応用技術部主務。
可視光LED製品の応用技術に従事。
Semiconductor System Engineering Center



野口 宗昭 Muneaki Noguchi

半導体システム技術センター 光半導体応用技術部。
可視光LED製品の応用技術に従事。
Semiconductor System Engineering Center



佐伯 亮 Ryo Saeki

個別半導体事業部 光半導体技術部。
可視光LEDチップの開発に従事。
Discrete Semiconductor Div.