

LED 封止用ガラス材料

旭硝子（株）中央研究所

松本 修治, 中村 伸宏

Glass for LED encapsulation

Syuji Matsumoto, Nobuhiro Nakamura

Research Center, Asahi Glass Co., LTD

1. はじめに

1993年にサファイア基板に成膜されたIn-GaN系LEDで実用レベルの青色発光が報告されて以来^[1], 青色LEDおよびYAG蛍光体を組み合わせた白色LEDが広く普及してきた。特に, 近年は白色LEDで一般的な蛍光灯の発光効率(60lm/W程度)に追い付き, さらに追い越ししつつある^[2]。さらに, LEDチップ1つあたりの投入電力量も数W級までになり^[2], 自動車用ヘッドランプ, 道路照明などにも用途が広がりつつある。

青色LEDが開発された当初は, 赤色LEDなどと同様にエポキシ系樹脂が封止材として使われていた。しかし, LEDチップの性能が向上し, 発光が強くなるにつれて, 青色光および/または発熱によるエポキシ樹脂の黄変が顕在

化し^[3-5], 現在ではほとんどの高輝度LEDはシリコンで封止されている。

高輝度LED向けの封止材として, シリコンだけではなくガラスも候補材料として検討され, 例えば住田光学ガラスから先駆的な商品が発表されている^[6]。本稿ではガラスを封止材として用いた場合の特徴について報告する。

2. LED封止材料になぜガラスか?

今後, 一般照明および高輝度光源の用途でさらにLEDの普及が進むことは間違いない。普及の過程で, LEDチップ1つあたりの光量を増すために投入電力量が多くなり, 封止材にとってはさらに厳しい使用環境になることが予想される。このようなハイパワーLEDに適した封止材に求められる要件として, 以下の4点が重要であると考える。

- ①可視光の透過率が高いこと(紫外LEDの場合はその発光波長で透明なこと)
- ②耐光性&耐熱性に優れていること
- ③屈折率が高いほど, 外部量子収率の向上に

〒221-8755 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町 1150

TEL 045-374-7223

FAX 045-374-8866

E-mail: syuji-matsumoto@agc.com

寄与する

- ④ガスを透過しないこと（特に大気中の水蒸気, SO₂ など）

これらの要件をすべて高いレベルで満足させる材料として、ガラスは理想的である。

そこで、LEDを封止するために必要なガラスの特性として、我々は以下の6点が必要だと考えている。

- (1) 低温で軟化する [封止プロセスでLEDを破損/失活させない]
- (2) 膨張係数が素子基板に近い (サファイアの場合 $75 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$) [ガラスが割れない]
- (3) 耐候性が高い
- (4) 屈折率が高い
- (5) Pbを含まない [環境配慮]
- (6) アルカリ金属イオンを含まない [電極&配線を腐食させない]

3. ガラス封止LEDの特性^[7]

前記の6条件を考慮して開発したガラスの例を表1に示す。このSTM 099は、高屈折率ガラスとして利用されるTeO₂系ガラスをベースに開発した。

STM 099をハイパワーLEDの封止材として使用した環境を想定した加速実験として、加熱させた状態で青紫レーザーを照射させた。高輝度LEDに使われている樹脂材料がこの加速実験で20時間足らずで黄変してレーザー光の透過率が半減し、50時間で不透明になったのに対して、STM 099は150時間たっても全く変質していなかった(図1)。この様に、STM 099の耐光性と耐熱性については問題がないことを

表1 LED封止用ガラス (STM 099)

屈折率 (n_d)/分散 (ν_d) @588nm	1.94/24.8
屈折率 (n_i) @480nm	1.97
内部透過率 (10mm ^t) @460nm	98%
ガラス転移温度	450°C
線膨張係数 (@100-300°C)	$86 \times 10^{-7} \text{K}^{-1}$
ガラス組成系 (主成分)	酸化物系 (TeO ₂)
密度 (g/cm ³)	5.3

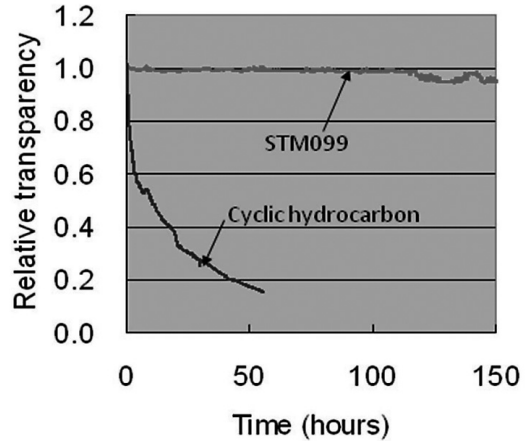


図1 STM 099 および樹脂材料を加熱させた状態での青紫レーザーを照射 (レーザーの発光波長: 405 nm, サンプル温度: 180°C)

確認した。

アルミナ基板上に金配線を施し、金のスタッドバンプを介して $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ の青色LEDをフリップチップ実装してLED素子を準備した。(電極部分を配線基板に対向させた実装方法) 準備したLEDの上に、 1 mm^3 の立方体に加工したSTM 099を載せ、600°Cで15分間加熱してガラスを軟化流動させることでLEDチップを封止した(図2)。

ガラス封止LEDの電流-電圧特性を確認したところ、封止前後で有意な特性変化は無かった。未封止LED, シリコン封止LED, ガラス封止LEDで比較した電流-輝度特性を図3に示す。未封止LED比べて、シリコン封止LEDは約20%の輝度向上が、ガラス封止LEDではさらに18.5%の輝度上昇が認められた。これは、封止材の屈折率差に準じた傾向であり、屈折率が約2であるSTM 099とInGaNの屈折率(2.5~3.0)の屈折率差がシリコンよりも十分に小さいことが、光取り出し効率を良くする効果になっている。

このガラス封止LEDの長期信頼性を確認するために、80°Cの環境で定格駆動電流(20 mA)で駆動させ続けた。この実験を2年以上

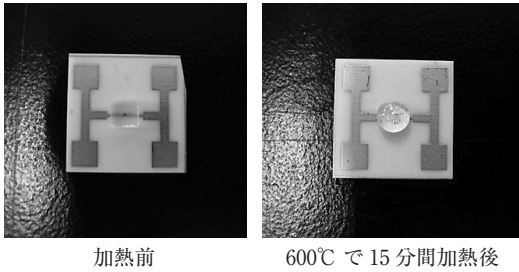


図2 600℃ で加熱前後のLED 素子とガラス

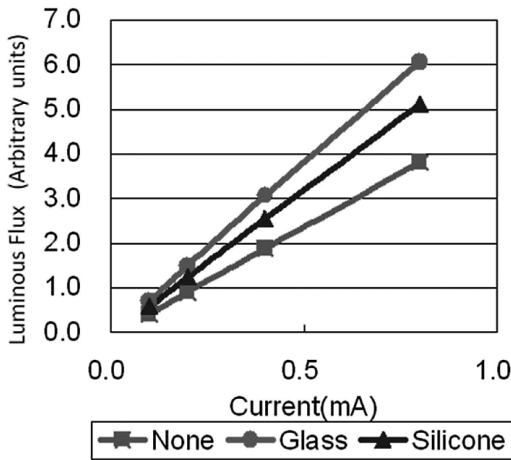


図3 未封止LED, シリコン封止LED, ガラス封止LEDで比較した電流—輝度特性 (積分球で全拘束を測定)

(約 18,000 時間) 実施したが、電流—電圧特性、電流—輝度特性ともに、有意な変化は起きなかった。一般的なLED素子(シリコン封止)は、室温で40,000時間の使用で60%の輝度を保証しているが、ガラス封止LEDはこれを大幅に上回することは間違い無い。一般的な

LED素子ではシリコンの劣化が主に輝度低下の要因であることから、劣化モードが無いガラスでは当然の耐久性であると考えられる。

4. LED封止用に開発したガラス材料

STM 099を含め、旭硝子で開発したLED封止用ガラスを表2に示す。

STM 099とSTM 029は高屈折率なZnO-B₂O₃-TeO₂系ガラスであり、上記で示したように光取り出しに有利なガラスである。さらに、これらのガラスは屈折率が2に近いので、球状のガラスレンズとして使用すると、極めて指向性の高い光源となる。これまでに我々はガラス封止のための加熱プロセスで、LEDチップ上でガラスが軟化しながら球状に成形され、さらに光学軸が自動的に調針されることを報告した^[8]。この球ガラス封止LEDを使用すると例えば超小型プロジェクターの光源などに利用できる可能性がある。

Prototype(1)と(2)はSnO-ZnO-P₂O₅系ガラスであり、500℃以下の低温で封止することができる。特に、Prototype(2)は400℃以下での封止が可能であり、LEDの電極および実装接合部の素材選択が容易になる。(500℃以上の封止温度では、第3章で報告した金配線&金バンブ接合のように、特殊な実装が必須になる。)

また、Prototype(1)と(2)は近紫外域での透過特性も優れ、例えば1mm厚のときに365nmで90%程度の内部透過率を有している。今後、発光効率、投入電力量ともに性能が向上してい

表2 旭硝子で開発したLED封止用ガラス

	ガラス系	軟化温度 (°C)	封止温度 (°C)	膨脹係数 (×10 ⁻⁷ /°C)	屈折率 [n _d]	内部透過率(%) [1mm@405nm]	内部透過率(%) [1mm@365nm]
STM099	ZnO-B ₂ O ₃ -TeO ₂	490	590	86	1.94	95	19
STM029	ZnO-B ₂ O ₃ -TeO ₂	460	520	104	1.89	>99	92
Prototype (1)	SnO-ZnO-P ₂ O ₅	375	480	90	1.76	99	97
Prototype (2)	SnO-ZnO-P ₂ O ₅	327	400	105	1.79	99	89

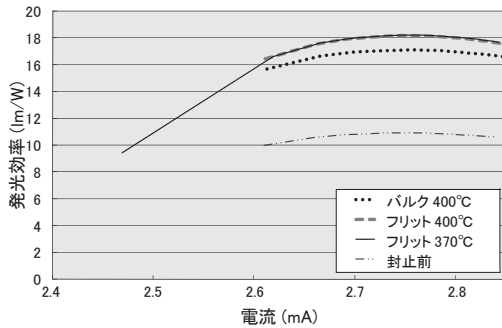


図4 Prototype(2)で封止したガラス封止LEDの発光効率

(バルク：ブロック状ガラスで封止
フリット：粉末ガラスで封止)

る紫外LED向けの封止材として適していると考えられる。紫外光に対するシリコンの耐性は良好とは言えず、青色LED以上にガラス封止が役にたてるのではないかと考えている。

Prototype(1)と(2)は粉末ガラス(フリット)を作製し、そのフリットでLEDチップを封止することもできる。粉末化することで封止のための加熱温度を数十℃下げることができた。図4にPrototype(2)で封止した時の発光効率を示す。フリットで370℃の加熱で封止した時に、最も発光効率が優れていた。フリットの形態であれば、白色LED用に蛍光体を分散させることも容易である。また、樹脂と混合したペーストにすることで、印刷が可能になり、例えば多数のLEDを実装した基板に広く薄くガラスコートすることで封止材としての機能を果たすことも考えられる。

5. おわりに

ここまでガラス封止LEDについて前向きな

報告をさせていただいた。実際に我々はLEDのハイパワー化はガラスが活躍できるチャンスだと考え、ガラスを準備している。しかしながら、LED素子を製造する場合に、本稿で紹介したガラスを使用するためには封止プロセスで350℃を超えてしまう。従来のシリコン封止では「作製プロセス温度<素子使用温度<200℃」が一般的であり、ガラスで封止するためには部材構成&プロセスを大きく変える必要があるため、ガラス封止LEDの一般化は容易ではない。現状で一般的なLED封止材であるシリコンでも改善がなされ、その牙城は強力である。

しかし、LEDは更にハイパワー化が進み、紫外LEDの高輝度化も顕著であり、ガラス材料の優位性が生かせる用途が増えてくると期待している。今後、我々もガラス封止LEDの普及に貢献したい。

引用文献

- [1]. http://www.nichia.co.jp/jp/about_nichia/history.html
- [2]. 例えば、「日経エレクトロニクス2011年5月30日号」
- [3]. D. Morita et al., Jpn. j. of Appl. Phys, 43 (2004) 5945
- [4]. T. Fujii et al., Appl. Phys. Lett., 84 (2004) 855
- [5]. K. Orita et al., Jpn. J. Appl. Phys, 43 (2004) 5809.
- [6]. http://www.sumita-opt.co.jp/ja/news/20120402_761.html
- [7]. N. Nakamura et al., Journal of the Ceramic Society of Japan Vol. 116, No. 1358, pp. 1075-1078 (2008)
- [8]. N. Nakamura et al., SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY 2007 INTERNATIONAL SYMPOSIUM, p. 915 (2007)