

超高輝度を実現するベアチップLEDの高密度実装技術開発(第2報)

ベアチップLEDの直接実装と回路設計

和田 雅行, 坂村 勝, 廣川 勝久, 花房 龍男

Densely Direct Mount of LED Bare Chips on Heat-Sink to Achieve Super High Brightness II

Direct Mount of LED Bare Chips and its Circuit design

WADA Masayuki, SAKAMURA Masaru, HIROKAWA Katsuhisa and HANAFUSA Tatsuo

Heat dissipation is important for making high brightness LED lights. We have studied direct mount of LED bare chips on heat-sink with nitrided surface to achieve super high brightness modules since 2010. In this report, The LED-chips are mounted on the heat-sink by using manual wire bonder and manual die bonder and its ability is experimentally evaluated.

高出力LEDモジュールでの放熱特性は大きな課題となっている。筆者らは平成22年度から超高輝度を実現するベアチップLEDの高密度実装技術開発に取り組んでいる。マニュアルダイボンダー及びマニュアルワイヤーボンダーを用いたヒートシンク材料への直接実装の試作について結果を報告する。

キーワード：LED, ベアチップ, パッケージ, 定電流

1. 緒言

近年、照明市場において、LEDの高輝度化、高効率化に伴い、一般照明へのLEDの普及は目覚しく、その市場規模は年々増加している。しかし2015年には、ほとんどの一般照明がLEDに変わる試算がある他、一般照明への展開は大手企業や安い海外製品が占めており、中小企業は市場に参入し難いのが現状である。これに対し高出力が必要な特殊照明分野は需要が少なく、ニッチな分野であること、またLEDは温度が高い状態で動作させると効率が極端に悪くなるため高出力LEDを使用する場合は十分な放熱設計を行う必要があり、開発の余地は残されている。

また県内企業に聞き取りを行ったところ、屋外投光器や特殊照明などに利用可能な10000ルーメン程度の光束量を備えた集光型照明のニーズが高いことがわかった。高出力なLEDモジュールの製品化では、高い放熱技術が鍵とされており、ヒートシンクや基板の放熱性および熱伝導性、LEDの配置などが重要になる。中でも、半導体実装において、アルミなどの熱伝導率が高い材料基板に直接実装する手法は、高出力、大面積になっているLEDチップの熱対策として重要視されている¹⁾。

第1報では、表面に高熱伝導・高放熱特性を有するAlN内部に、機械加工が可能で熱伝導性に優れるAlを有するAlN/Al複合材料系のヒートシンクの開発について報告した²⁾。本報告では、LEDベアチップのヒートシンク材料への直接実装と回路設計について検討したので報告する。

2. 直接実装

2.1 実験方法

以下の手順でヒートシンク材料への直接実装の試作を行った。表1に試作に使用した材料を示す。

- ① LEDの実装部分がくり貫かれた回路基板を、3種類の放熱基板(ヒートシンク材料)に接着剤で貼り付け実装基板とする。
- ② 実装基板に、コネクタをハンダ付けする。
- ③ マニュアルダイボンダーにより、放熱基板上にLEDのダイボンドを行う。
- ④ 乾燥機に入れ、150℃で1時間乾燥させる。
- ⑤ マニュアルボールワイヤーボンダーで配線の結線を金線で行う。
- ⑥ 封入樹脂でLEDを覆い、乾燥機に入れて100℃2時間、150℃1時間で乾燥させる。

放熱基板は表1の通り、材質及び成形方法が違う3種類、アルミのバルク、窒化アルミ、MIMアルミを使用した。封

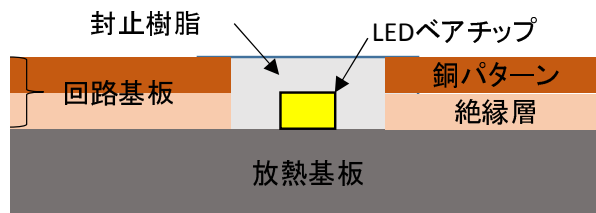


図1 LEDモジュール断面図

表 1 試作に使用した材料

No.	1	2	3	
LED	名称	ES-CEBLV15		NS375C_2SAA
	寸法 (μ m)	380×380×90		280 × 280 × 120
	電極寸法 (μ m)	φ 100		φ 90
放熱 基板	材料	アルミの バルク	MIM アルミ	窒化アルミ
	表面粗さ Ra(μ m)	0.114	2.414	0.561
回路 基板	材料	FR 4		
	寸法(mm)	20×20×0.3		
	銅箔厚さ (μ m)	25		
接着剤		CT220HK-D 2		
封止材		MCC 封止材 S シリーズ		
コネクタ		SM30B-SRDS		

入樹脂として三菱化学の MCC 封止材 S シリーズを用いた。

回路基板と放熱基板、LED チップの断面図を図 1 に示す。ヒートシンクに直接 LED を実装することで、熱がダイレクトに伝わり、また回路基板が壁の役割を果たすことで、封入樹脂や蛍光剤が必要な箇所の上に塗布しやすいという特徴がある。

2.2 ダイボンド

ダイボンダーは WESTBOND 社製のマニュアル機である 7200CR を使用した。実装した LED はナイトライドセミコンダクター(株)製の紫外 LED (NS375C_2SAA) とエピスター製の青色 LED (ES-CEBLV15) の 2 種類で、5 個×20 個、合計 100 個を実装した。

紫外 LED のダイボンディングの実装範囲と間隔を図 2 に示す。実装範囲は回路基板をくりぬいた 4.5mm×11.5mm であり、紫外 LED (280 μm ×280 μm) を 100 個、チップの間隔を 514 μm として、セラミック基板上にダイボンドを行った。次に青色 LED のダイボンドの。実装範囲は紫外 LED と同じ 4.5mm×11.5mm であり (青色 LED 380 μm ×380 μm) を 100 個、電極側を 430 μm 、もう 1 つを 350 μm の間隔で MIM アルミとアルミバルク基板上にダイボンドを行った。

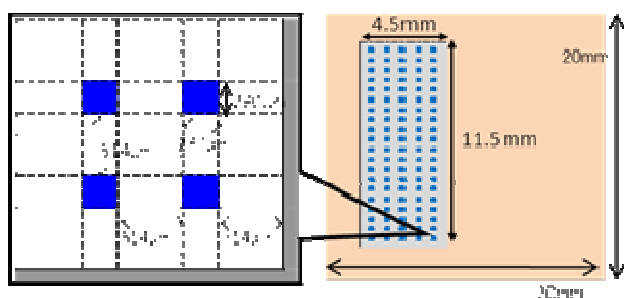


図 2 ベアチップ紫外 LED の実装間隔と実装範囲

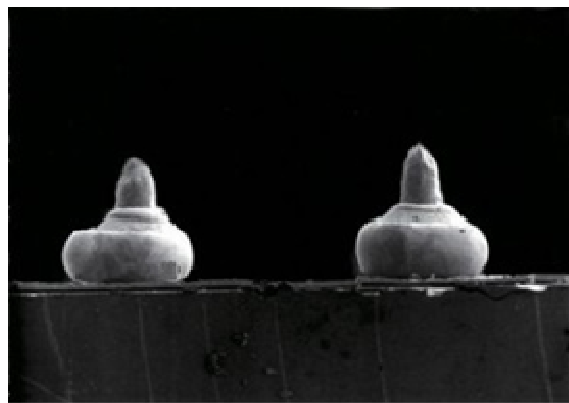


写真 1 横から見たバンプの様子

ハイソル株式会社 HP より転載³⁾

表 2 ワイヤーボンダーのパラメーター

項 目		(a)	(b)	(c)	(d)
超音波	出力 (W)	1.3	1.3	2.0	0.9
	周波数 (kHz)	63	63	63	63
	時間 (ms)	30	30	100	30
ボールサイズコントロール	電流 (メモリ)	100	70	70	60
	ボールサイズ (メモリ)	100	50	50	40
荷重	1st ボンド (g)	43	43	43	43
	2nd ボンド (g)	29	29	29	29
テール長 (μm)		6350	6350	6350	6350
ワーク温度 (°C)		150	150	150	150

2.3 ワイヤーボンド

2.3.1 ボンディング条件について

ワイヤーボンディングは WESTBOND 社の 7700D を使用して行った。ボールワイヤーボンダーは、超音波放電により金線を溶かし先端をボール状にすることで任意の方向に配線ができる。ボールの大きさや接着の強さで、配線の強度や、写真 1 に示すバンプという金ボールを潰した際にできる突起の形状が変化するため、適切なバンプができるようにボンダーの各パラメータの調整を行う必要がある。表 2 にパラメータ 4 種類を、写真 2 にパラメータの変更によるバンプの様子を示す。調整が可能な項目は 9 項目あるが、荷重については変更が容易ではないため、荷重以外のパラメータを変更しバンプの状態を観察した。

パラメータの変更により、バンプに 2 通りの変化を確認することができた。

1 つ目は、表 2 の (a) と (b) のようなボールサイズのコントロールによる、写真 2 (a) (b) に見られるようなバンプ径の変化である。ボールサイズは放電の強さで決まる。放電により流れる電流値が高いほど、溶ける金線の量が増えてボールサイズが大きくなる。図 3 にキャピラリー先端図を

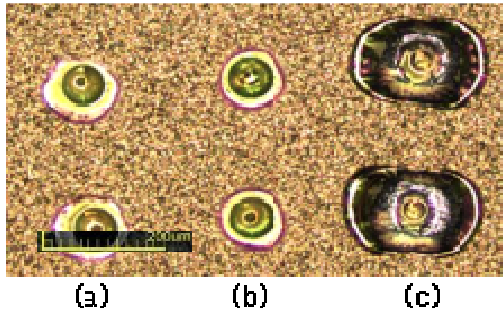


写真2 パラメーター調整を行ったバンプの様子

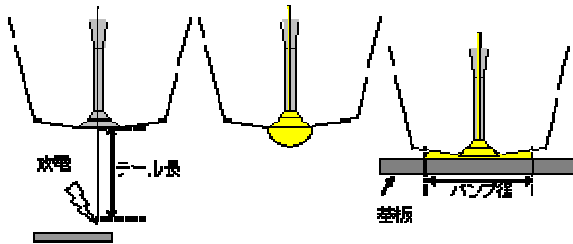


図3 キャピラリー先端と1st ボンディングの拡大図

示す。バンプの突起の形状はキャピラリーで決まるため、ボールサイズが大きすぎると、電極よりもバンプ径が大きくなり発光面が小さくなってしまふ。ボールサイズが小さい場合、接着面積が小さくなるため、接着力が弱くなりボンディングが剥がれ易くなる。

もう1つは、バンプの接着や形状への影響があった。超音波の出力およびワーク温度の変化がこれに当たり、総じて、ボールサイズに対し値が大きすぎるとバンプがつぶれてしまい接着面が大きくなる。また突起がなくなるため、ワイヤーが切れやすい。逆に小さすぎると接着できないほか、ボールがニードルの中で固まり詰まってしまいボンディングができなかった。

今回の試作ではNS375C_2SAAの電極寸法の $\phi 90 \mu\text{m}$ に合わせてワイヤーボンダーの調整を行った。

調整を行ったパラメータを表2の(d)に示す。電極が小面積であるため、ボールサイズ及び電流の値を下げてバンプ径を小さくし、同じくバンプが潰れないよう超音波出力を下げて対応した。回路側の電極にバンプをいくつか打ち、サイズと形状に問題が無いことを確認した後、配線を行った。基板側の電極との配線について、基板がLEDよりも高い位置にあるため基板側の電極は封入樹脂による保護ができない。そのため2ndの後にバンプで補強することにより、接着力を強化した。ボンディング後の状態を写真3に示す。

3. 点灯回路と電源装置

3.1 仕様

試作モジュールの点灯条件として、以下の仕様を満たす電源装置及び回路を設計した。

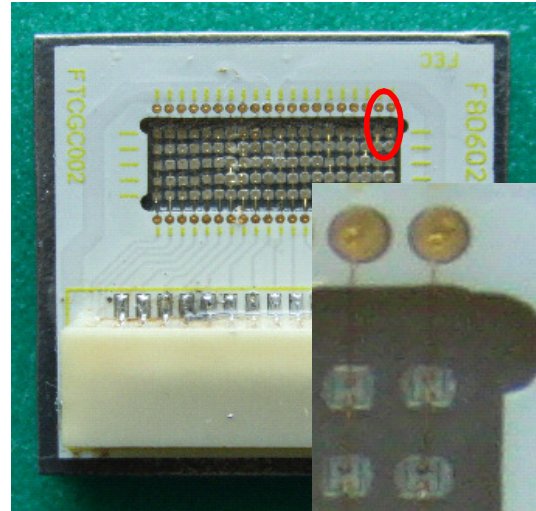


写真3 ボンディング結果



図4 電源構成図

- ① 家庭用AC電源でLEDを点灯できること。
- ② LEDを10個単位で点灯、消灯が可能なこと。
- ③ 周期信号によるPWM制御ができること。

構成としては、図4の様にAC-DCコンバータ部、定電流回路部、LED試作基板部からなる。

3.2 駆動回路

放熱基板に貼り付けた実装基板回路は仕様②を満たすために、並列の1ラインごとに制御できる回路パターン(図5)を設計した。LED部と定電流回路基板をコネクタとケーブルで繋ぐことで、電源や駆動回路の変更を可能にした。

図6に定電流回路部の回路図を示したが、15mAの定電流ダイオードを1ラインごと計20個使用している。また2ラインごとにスイッチとトランジスタを置き、点灯数を変更できるように設計した。

写真4に、試作した電源装置(コンバータ部、コントロール基板、定電流回路基板)を示す。コントロール基板で定電流回路のトランジスタに流す電流を制御することで、オン時間とオフ時間を制御するPWM制御と、1ラインごとの自動駆動が可能になっている。

写真5に青色LEDモジュールを点灯させたときの様子を示す。一部のLEDが点灯しなかったが、顕微鏡で確認したところ、配線が外れたといった不良はなかった。点灯しなかったLEDは直列の一部であり、LEDの配線不良の場合、LED全てが点灯しなくなる。したがってワイヤーボンディングに問題は無いものと考えられる。

LED自体が故障しているか確かめるために、不点灯LEDを含むラインのみDC電源を当て、投入電流を増やして点灯させた。定格電流(20mA)では不点灯だったLEDが弱く

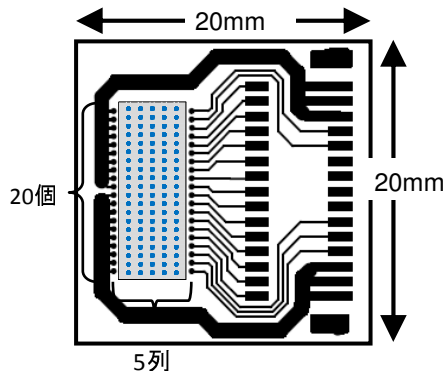


図5 配線パターン図

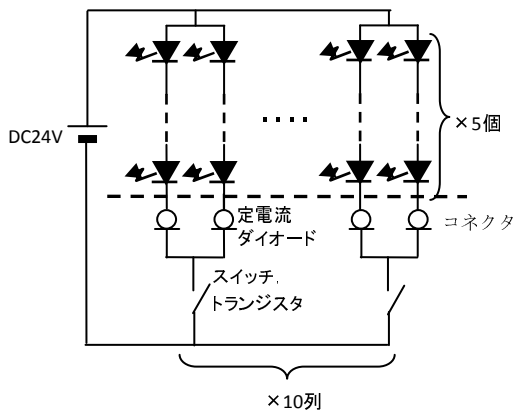


図6 定電流回路図

発光し、さらに電流値を上げると全てのLEDが点灯した。
このことから、不点灯のLEDは起電圧および発光閾値電流がずれる初期不良と推定した。問題解決には実装前にLEDを検査する必要があると考えられる。

4. 結 言

LEDベアチップのヒートシンク材料への直接実装を行い、モジュールを点灯させた。

ダイボンドでは、MIMで作成された表面が粗い基板を含めた3種類の材料について導電性ペーストでの実装が可能であることを確認した。ワイヤーボンドでは装置のパラメータの調整をバンプの形状観察により行った。電源回路では定電流ダイオードを使用した定電流回路を試作し、モジュールを点灯させた。モジュール点灯時にLEDが不点灯のものが見られ、実装前にLEDを検査する必要があることが分かった。

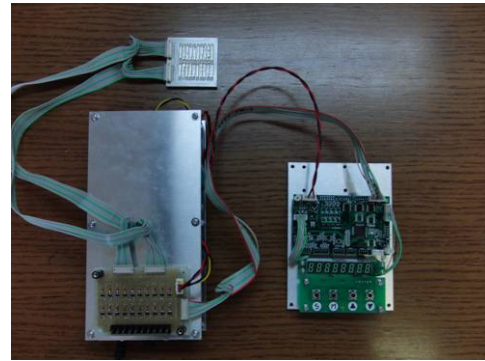


写真4 電源装置

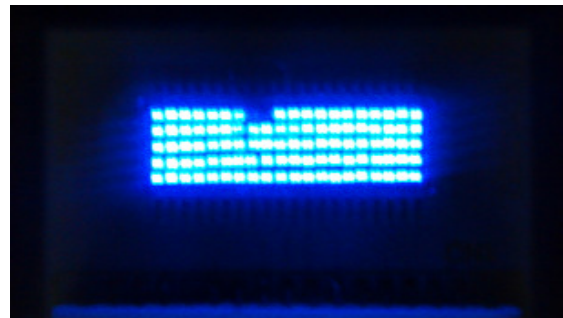


写真5 LEDモジュール点灯

5. 文 献

- 1) LED照明推進協議会:LED照明ハンドブック, 2006, p. 51.
- 2) 坂村勝ほか3名:広島県立東部工業技術センター研究報告, **25**, 1-4 (2012).
- 3) 横から見たバンプ図:ハイソル(株)HPより転載
url:<http://www.hisol.jp/products/bonder/wire/mbb/mbb-b.html>