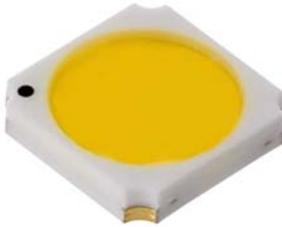


照明用パワーLED GSPW16□ 3JTE の放熱設計



1. はじめに

LED は青色発光が可能になったことにより、青色で励起した蛍光体が放つ黄色などの光と混色させた白色の表示が可能になりました。また、青色素子の発光効率が上がることにより、主にインジケータや比較的小さな LCD パネルのバックライトなどの用途に使われてきた LED が“光を照らす”照明用途に使われています。照明用に使われる LED はより明るく“物を照らす”機能・性能が重視され、より多くの光を取り出せることが求められています。このため照明用に設計された LED パッケージは大きな電流を流すことにより、多くの光を取り出せるよう設計されています。一方、LED 素子に与えられた電力は光として出力されますが、その多くは熱エネルギーになって放出されます。照明用 LED は、多くの電流を流すことができ、かつ、多くの熱を効率よく外部に放出できる材質や構造を持っています。このような LED を用いて照明機器を設計するには LED から放出された熱を照明機器内部・外部で効率よく放出しなければなりません。以降では照明用の LED の放熱設計の際にご考慮いただく点につきましてご説明しておりますので各種照明機器の設計にご活用ください。

2. LED の構造と熱的特性

LED 素子に投入された電力は素子の PN 接合部により、電流から光に変換され外部に放出されます。一方、光に変換されない電力は LED 素子の接合部にて熱に変換され外部に放出されます。熱を発生するメカニズムは従来から使われてきた LED と照明用に設計された LED も同じです。

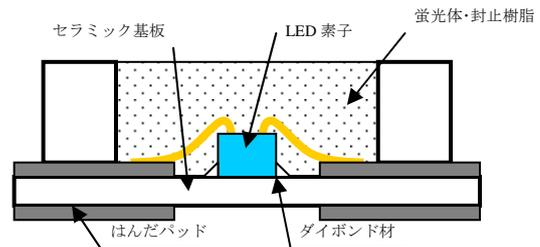


図 1 GSPW16□3JTE の構造

図 1 は照明用に設計された 1W クラスの LED (品番:GSPW16□3JTE) の構造を示します。この LED はパッケージの基材に、高い熱伝導率を持つセラミックを使用しております。図 1 の構造を持つ LED をある基板に実装し、放熱フィンに取り付けた場合の熱抵抗モデルを考えます。(図 2)

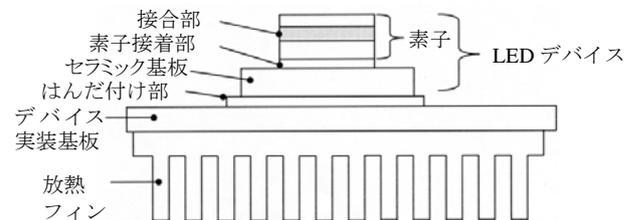


図 2 放熱構造

LED 素子の接合部から発生した熱は様々な経路で放熱されますが図 3 で示した経路が最も支配的です。図 3 におきましてはんだ付け部から周囲までの熱抵抗の値は実装条件に依存します。製品の仕様としましては、LED 素子ジャンクション部からはんだ付けパッドまでの LED 素子やその他の部材の熱伝導特性は実装条件に依らない製品固有の値ですので、簡略化された熱抵抗のモデルとして提供されます。したがって製品の仕様としましては図 3 における、製品の材料に固有な熱抵抗分は合成され、 R_{thj-s} の値が仕様として記載されます。また、接合部の温度はジャンクション温度と呼ばれ、LED 素子への信頼性への影響から最大温度が仕様値として記載されます。GSPW16□3JTE における熱的な仕様を表 1 にまとめます。

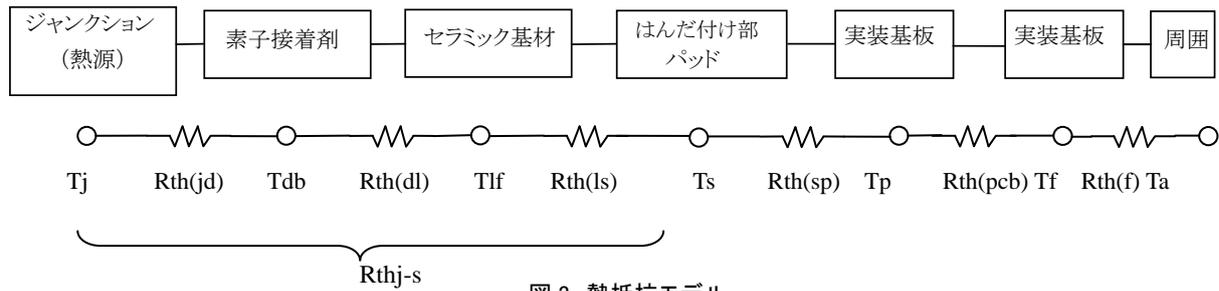


図3 熱抵抗モデル

項目 Item	Min.	Typ.	Max.	単位 Unit
熱抵抗(ジャンクション－はんだ付け部間) Thermal Resistance 【 Junction - Solder point】	—	20	—	[°C/W]
最大ジャンクション温度 Maximum Junction Temperature	—	—	150	[°C]

表1 GSPW16□3JTE の熱的な仕様値

3. ジャンクション温度の推定

LED 素子の接合部は数百 μm のたいへん薄い半導体層になっており、接合部の温度を直接測定することは不可能です。したがって前述した製品の熱抵抗値の仕様値と製品をはんだ付けした部分の温度(T_s)を測定することにより推定します。

式1がジャンクション温度を推定するための計算式です。

$$T_j = R_{thj-s} \times I_F \times V_F + T_s \quad \text{式1}$$

T_j : ジャンクション温度

R_{thj-s} : LED の熱抵抗

(ジャンクション部－はんだ付け部)

I_F : 順方向電流

V_F : 順方向電圧

T_s : はんだ付け部の温度

はんだ付け部の温度は、製品を実装する条件、基板の材質、放熱フィンの有無などに依存します。LED に流す電流を同じとした場合、放熱性の違いにより T_s が変化します。 T_s を低く保つことによりジャンクション温度も低くなります。ジャンクション温度の最大定格は 150°C ですので、この値以下になるよう設計いただくことは必須ですが、一般的に

LED のジャンクション温度と寿命には相関があり、低いほど光束の劣化が少なくなります。 T_s を低く保つことが、長寿命な照明機器の設計に重要です。

4. 実装における放熱性

上述のように LED 単体としての熱特性は製品に固有な仕様となっておりますので、放熱特性を良好に保つためには実装基板、その他の条件に大きく依存します。実装基板としましては、放熱特性だけではなく、LED への電流供給という電気的接続の機能が必要になります。一般的な電子機器に使われている基板の他、熱伝導率の良い、金属基板が有効です。実装基板として考えられる代表的な材質の熱伝導率を表2に示します。現在は基板メーカー各社の努力により一般的な熱伝導率より改善された基材が日々開発されておりますが表2は一般的な数値を示しております。

通常の電子回路の実装に使われるFR-4という材質はアルミや銅などの金属基板と比較すると500倍も悪い数値となっております。

材質	熱伝導率 [W/m・K]
FR-4	0.4
アルミニウム	236
銅	398

表2 基板材料の熱伝導率

以下の例ではFR-4とアルミ基板により、同じ実装パッドを使って熱抵抗を測定した結果です。実装パッドは弊社推奨のパッドにて設計しており、パッドによる放熱効果は考慮していない例です。(図4)

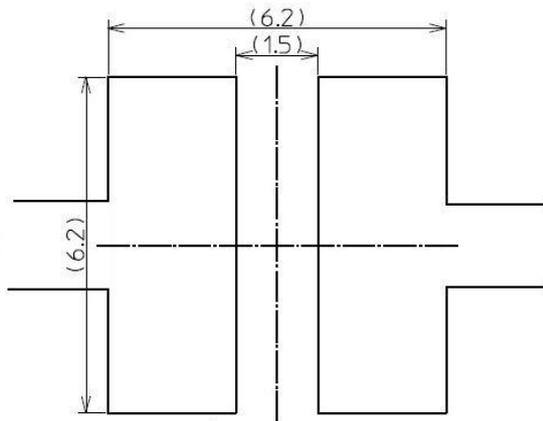


図4 標準実装パッド

実装基板の仕様	IF=350mA、1,000 秒点灯後の熱抵抗値 [/W]
FR-4 基材厚み 1.6mm 銅厚み 35um	100
アルミ 基材厚み 1.6mm	40

表3 標準パッドにおける熱抵抗比較

熱抵抗の比較結果を表3に示します。この測定では基板へ放熱フィンの取り付けはありません。また、順電流は350mA、1,000秒(約15分)間点灯させた後、熱抵抗を測定しております。従いまして熱的には飽和状態での熱抵抗値を測定しております。結果からお分かりの通り、基材の熱伝導率の差がそのまま熱抵抗値に反映されていることとなります。

次の例はFR-4基板の実装パッドおよびLED実装部近辺の導電パターンに工夫を加えた基板の熱抵抗測定結果を示します。(表4)基板のパターンは図5、図6で示すように導電パターンを上下2層で構成し貫通ビアを設け、上下のパターンを接続した設計になっております。試作した基板の図面を図7(LED実装面)、図8(裏面)に示します。銅パターンは基板サイズ同等な大きさとし、放熱効果を可能な限り追求したものです。

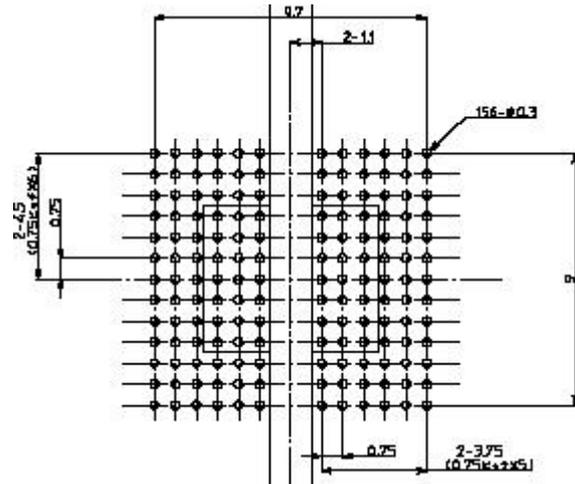


図5 改良実装パッドおよびパターン

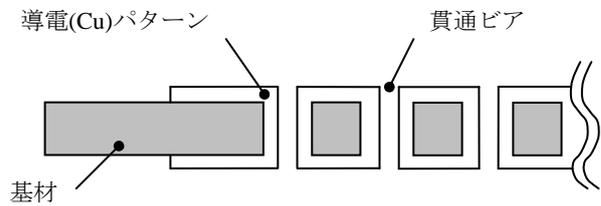


図6 基板断面

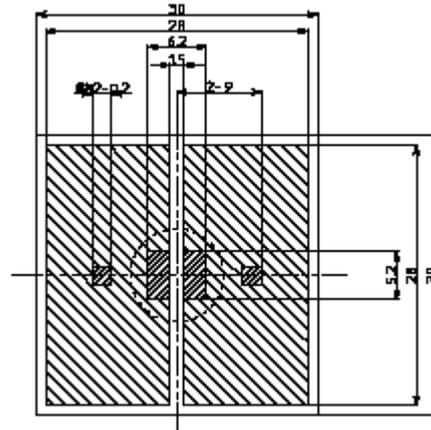


図7 LED実装面

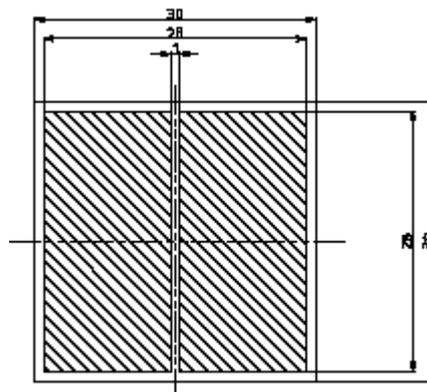


図8 裏面

表 4 の結果は先の測定結果と同様、放熱フィンなし、順電流 350mA、1,000 秒間点灯後の熱抵抗を示しております。表 3 の結果と比較して、明らかなように熱伝導率の悪い FR-4 でも、実装パターン工夫により、金属基板と同等な熱抵抗を持たせることが可能になります。また、銅パターンの厚みにより熱抵抗に 7°C 程度の差が見られます。照明機器の設計の際にはご検討をお願いいたします。

基板仕様	熱抵抗 [/W]
基材厚み 1.6mm 銅箔厚み 35um	57
基材厚み 1.6mm 銅箔厚み 18um	65

表 4 FR-4 基板の熱抵抗

5. はんだ付け部の温度測定

上述のように、実装基板の材質や実装パターンによる放熱性の良し悪しを熱抵抗の値の比較として示しました。熱抵抗の測定は、LED 素子の持つ、順方向電圧の温度依存性を利用した測定方法で、測定するためには電圧測定精度の高い専用の測定器が必要です。熱抵抗の測定なしに放熱性の評価をするためには、前述しましたように、LED のはんだ付け部の温度を測定し、式 1 による計算式にてジャンクション温度を推定することが簡単です。

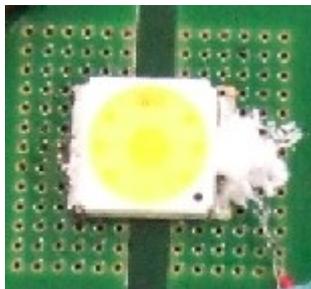


図 9 熱電対による端子部温度測定

はんだ付け部の温度を測定する方法をご紹介します。

図 9 は熱電対をはんだ付け部に取り付け温度を計測している例です。熱電対は、はんだ付け部に常に接触している状態にする必要があります。図 9 の例では熱導電性のよいシリコンで固定しております。シリコンは塗布後、ある程度固まる性質の材料が最適です。サンハヤト株式会社の SCV-22 などを推奨いたします。