



Nichia 170/131 Series LED 実装基板の放熱設計について

目次

1. 概要	.....	2
2. 対象とする LED	.....	2
3. 金属ベース基板の放熱設計	.....	3
4. FR-4 基板の放熱設計	.....	10
5. まとめ	.....	14

本書内に記載する型番 NCSW170C、および NCSW131C は弊社製品の型番であり、商標権を有する可能性のある他社製品といかなる関連性・類似性を有するものではありません。

1. 概要

LED が使用できる温度は LED のジャンクション温度 (T_J) に依存します。LED の T_J が高くなりすぎると、製品性能に悪影響を及ぼし、最悪の場合には不灯となる可能性があります。そのため、LED の T_J が仕様書で規定されている絶対最大定格を瞬時たりとも超えないように放熱設計する必要があります。

また、LED はパッケージ裏面から放熱するものが多く、LED を実装する基板は放熱設計を考慮するうえで非常に重要です。

本書では、実測やシミュレーションの比較評価結果とともに実装基板の放熱設計について解説します。

2. 対象とする LED

本書では、Nichia 170/131 Series の LED を対象とした放熱設計についての解説を行います。検証例として LED 型番 NCSW170C、NCSW131C を挙げていますので、同 Series の LED についても放熱設計の際の参考としてください。

表 1. 検証に用いた LED

LED 型番	NCSW170C	NCSW131C
LED 外形		
裏面電極パターン		
I_F [mA]	1000	1000
V_F [V]	Typ. 3.25	3.25
Φ_v [lm]	Typ. 350	350
$R_{\theta JS, el}$ [$^{\circ}C/W$]	Typ. 3.3	3.3

3. 金属ベース基板の放熱設計

LED を実装する金属ベース基板の放熱設計で注意する点は、下記のような項目が挙げられます。

- (A) Cu 箔面積と厚み
- (B) 絶縁層の熱伝導率
- (C) 基板材質
- (D) LED の実装ピッチ(クリアランス)

一般的に、LED の実装基板としては FR-4 を使用する場合が多いですが、放熱性を重視する場合には金属ベースの基板を使用することで T_J を低くすることができます。以降では、金属ベースの基板を使用する際の放熱設計について解説していきます。

また、本書では放熱設計の解説の際、Cu 箔パターンをわかりやすくするためにレジストパターンを割愛した簡易なイメージ図を使用しています。実際には、実装性を考慮して各 LED の仕様書に示すような推奨ランドパターンを開口部とするレジストが必要です。

3.1 Cu 箔面積と厚み

実装基板の放熱設計を行う際、Cu 箔面積や厚みは重要なパラメータとなります。これは FR-4 でも金属ベース基板でも共通です。下記に Cu 箔面積と厚みを変えた場合の熱シミュレーションの結果を示します。

LED 型番: NGSW170C (駆動電流 $I_F=1[A]$ 、実装数 1 個)
 実装基板: Al ベース基板 (40 × 40 × 1.5t[mm]、絶縁層厚み 120[μm])
 ヒートシンク: A6063 (40 × 40 × 25t[mm])
 シミュレーション: Flotherm

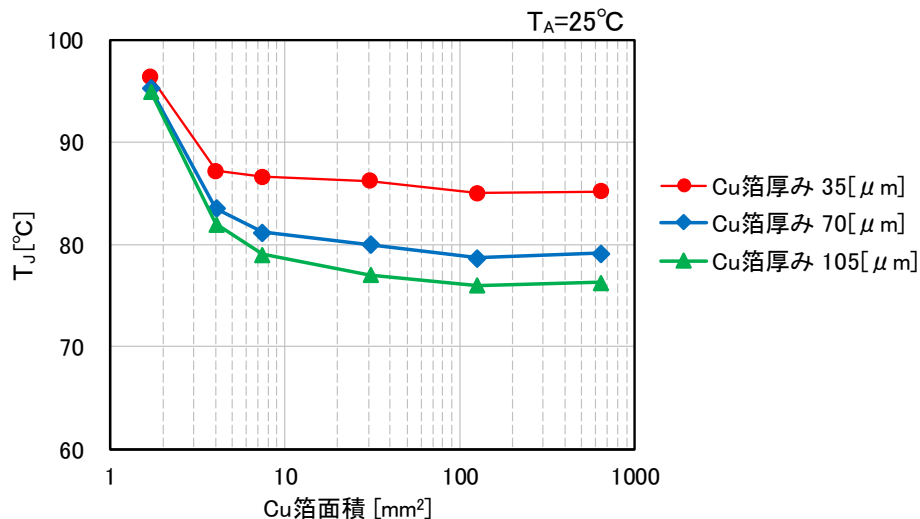


図 1. Cu 箔設計値(面積と厚み)と T_J の関係(シミュレーション)

表 2. Cu 箔面積と Cu 箔上の温度分布 (Cu 箔厚み 35[μ m])

Cu 箔面積 (片側)	Cu 箔設計値	Cu 箔上の温度分布
31[mm ²]		
125[mm ²]		
650[mm ²]		

“図 1. Cu 箔設計値(面積と厚み)と T_J の関係”のように、Cu 箔面積を大きくすることや Cu 箔厚みを厚くすることで T_J を下げることが可能です。また、“表 2. Cu 箔面積と Cu 箔上の温度分布 (Cu 箔厚み 35[μ m])”のように熱源から発生した熱は放射状に拡散するため、Cu 箔面積や厚みを大きくすると放熱に有利な設計となります。

3.2 絶縁層の熱伝導率

絶縁層の熱伝導率は、金属ベース基板の放熱で重要なパラメータの 1 つです。金属ベース基板でも絶縁層の熱伝導率が悪いと、FR-4 と変わらない放熱効果となってしまいう可能性もあります。安価なもので 0.8[W/mK]、高価なものでは 10[W/mK]以上と様々な基板があります。メーカーによって使用する絶縁層が異なりますし、同じメーカーでも異なる熱伝導率のグレードもありますので、基板設計の際には注意が必要です。

- LED 型番: NCSW170C (駆動電流 $I_f=1[A]$ 、実装ピッチ 1.75[mm])
- 1 個実装は中央のみ、5 個実装は中央 LED の T_J を測定
- 実装基板: Al ベース基板 (40×40×1.5t[mm]、Cu 箔厚み 35[μm]、絶縁層厚み 120[μm])
- ヒートシンク: A6063 (80×80×25t[mm])
- シミュレーション: Flotherm

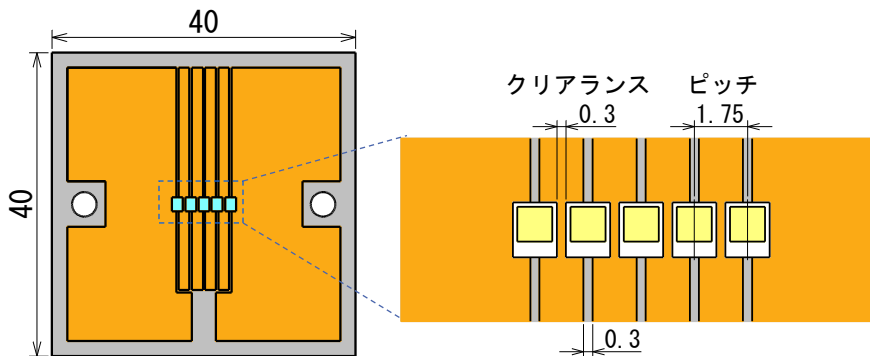


図 2. 評価基板 (絶縁層熱伝導率の比較)

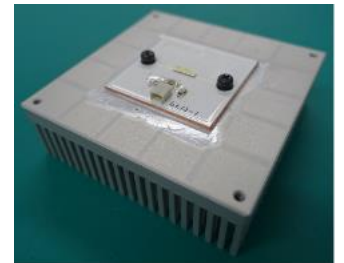


図 3. ヒートシンク

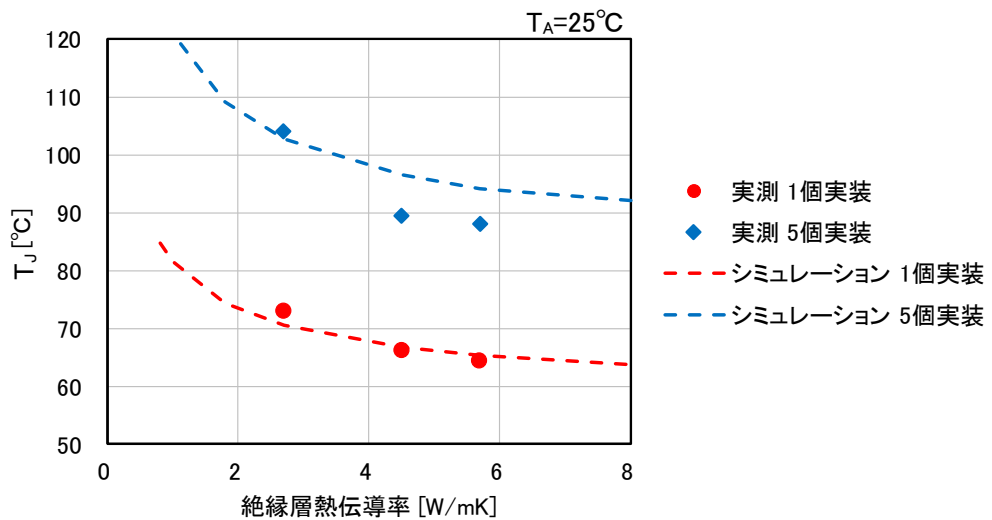


図 4. 絶縁層熱伝導率と T_J

3.3 ベース基板比較

LED 型番: NCSW170C (駆動電流 $I_F=1[A]$ 、実装ピッチ 1.75[mm])
 実装基板: Al ベース基板、Cu ベース基板
 (40×40×1.5t[mm]、Cu 箔厚み 35[μ m]、絶縁層厚み 120[μ m])
 ヒートシンク: A6063 (80×80×25t[mm])
 シミュレーション: Flotherm

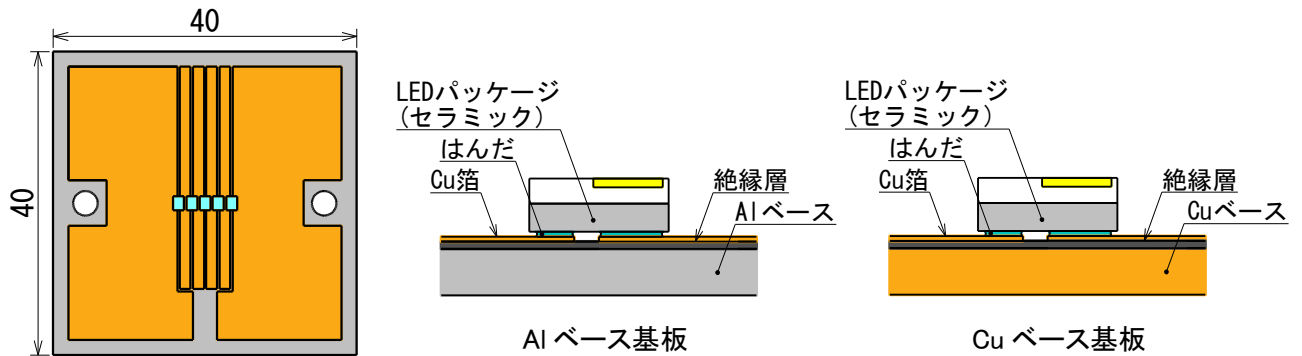


図 5. 比較評価基板と断面イメージ図

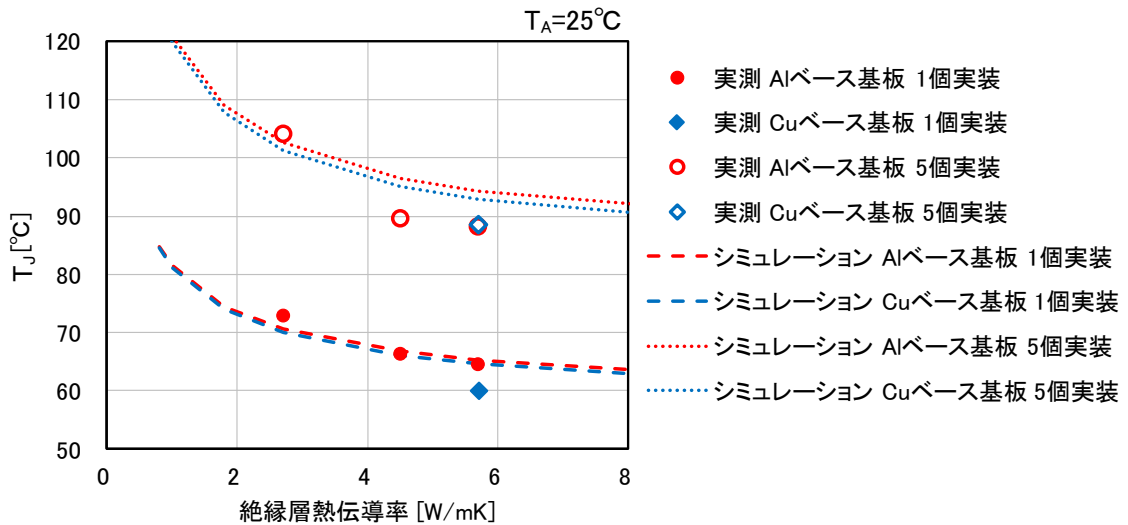


図 6. ベース基板比較結果

上記のような環境(基板、ヒートシンク)ではベース基板の材質にはほとんど差はみられず、絶縁層の影響が支配的となります。後述する“3.5 放熱バイパス基板”で示すように、熱伝導率の高い Cu の材料を使うと、より LED の T_J を下げる設計手法もありますのでご参照ください。

3.4 2 端子品と 3 端子品の T_J 比較

LED 型番: NCSW170C、NCSW131C (駆動電流 $I_F=1[A]$ 、実装ピッチ 1.75[mm])
 実装基板: Al ベース基板 (40×40×1.5t[mm]、Cu 箔厚み 35[μm]、絶縁層厚み 120[μm])
 ヒートシンク: A6063 (80×80×25t[mm])
 シミュレーション: Flotherm

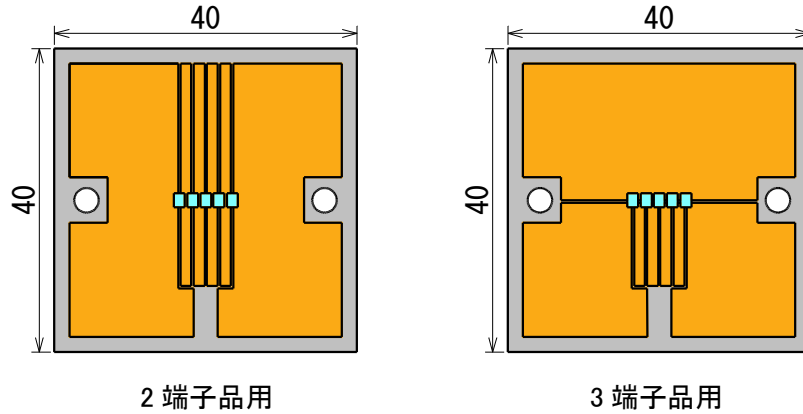


図 7. 評価基板

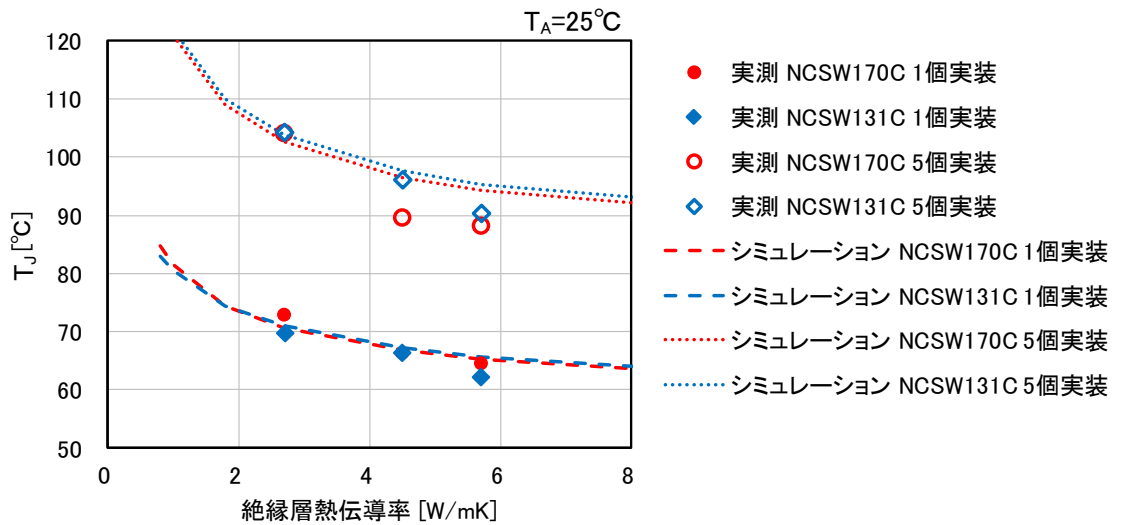


図 8. LED 2 端子品と 3 端子品の T_J 比較

上記評価結果のように、2 端子品と 3 端子品の LED はシミュレーション上でも実測でも放熱面での有意な差はありませんでした。

3.5 放熱バイパス基板

“3.4 2 端子品と3 端子品の T_J 比較”のように LED を複数個ならべて使用する際、 $T_A=25^\circ\text{C}$ 環境で T_J が 90°C を超えるような放熱設計を行うと、 $T_A=85^\circ\text{C}$ 環境では LED の T_J が絶対最大定格の 150°C を超える可能性があります。放熱を良くするための手法として、下記のような基板も紹介します。

- LED 型番: NCSW131C (駆動電流 $I_F=1[\text{A}]$ 、実装ピッチ 1.75[mm])
- 実装基板: Cu ベース放熱バイパス基板
($40 \times 40 \times 1.5\text{t}[\text{mm}]$ 、Cu 箔厚み 35[μm]、絶縁層厚み 120[μm])
- ヒートシンク: A6063 ($80 \times 80 \times 25\text{t}[\text{mm}]$)
- シミュレーション: Flotherm

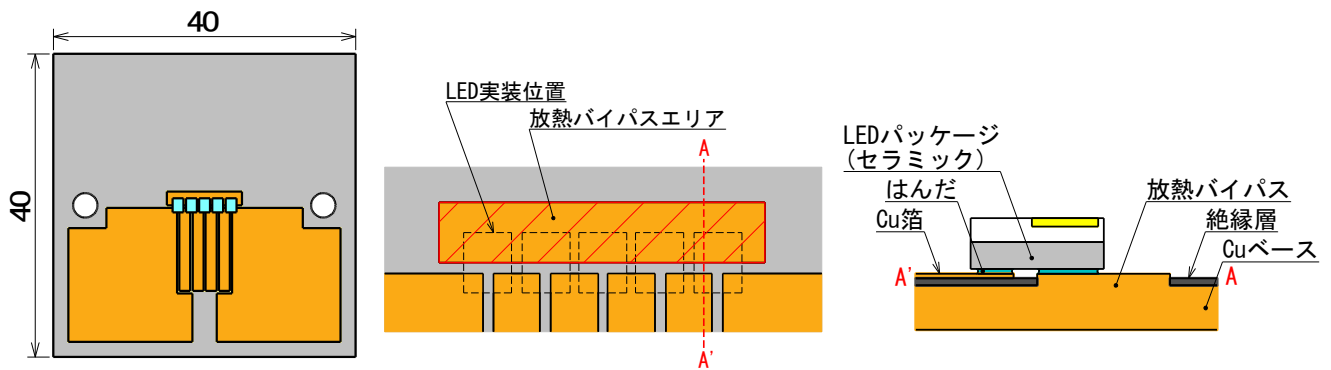


図 9. 放熱バイパス基板のイメージ図

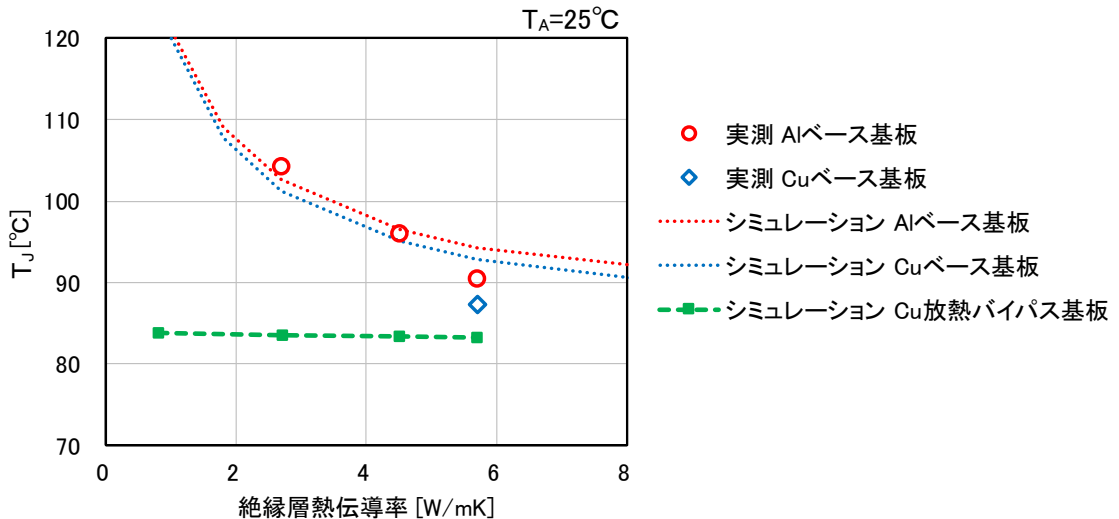


図 10. 放熱バイパス基板の評価結果

複雑な構造のためコストが高くなってしまいう設計となりますが、上記結果のように LED の T_J を大きく下げることが可能です。LED を複数実装するなど T_J に余裕がない場合には、放熱性を高めるための有効な手段となります。

3.6 LED 実装のクリアランスについて

LEDを複数実装する場合、実装のクリアランスもLEDの T_J へ影響を与えます。光学系の設計から考えるとクリアランスは狭いほど有利になることが多いですが、クリアランスが狭くなると T_J が高くなるため注意が必要です。

LED 型番: NCSW131C (駆動電流 $I_F=1[A]$ 、実装数 5 個)
 実装基板: Al ベース基板、Cu ベース基板、Cu ベース放熱バイパス基板
 (40 × 40 × 1.5t[mm]、Cu 箔厚み 35[μm]、絶縁層厚み 120[μm])
 ヒートシンク: A6063 (80 × 80 × 25t[mm])
 シミュレーション: Flotherm

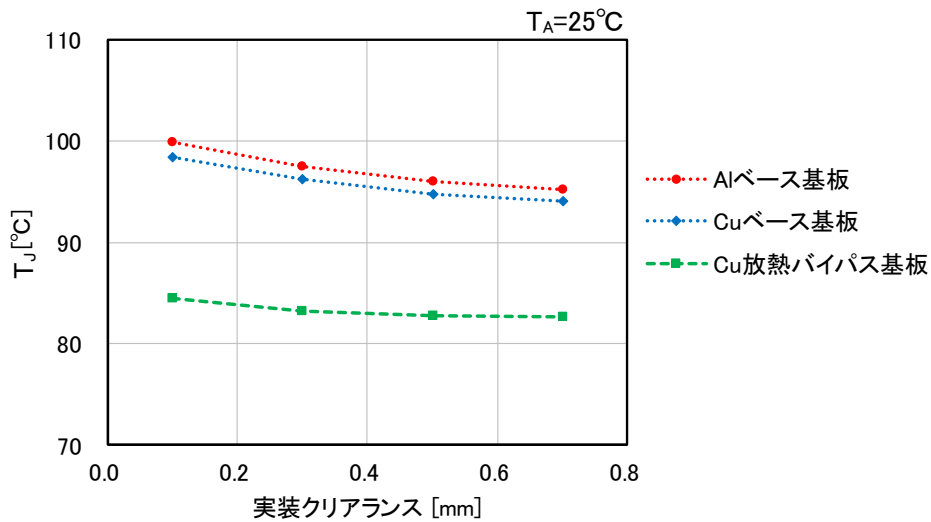


図 11. 実装クリアランス比較シミュレーション

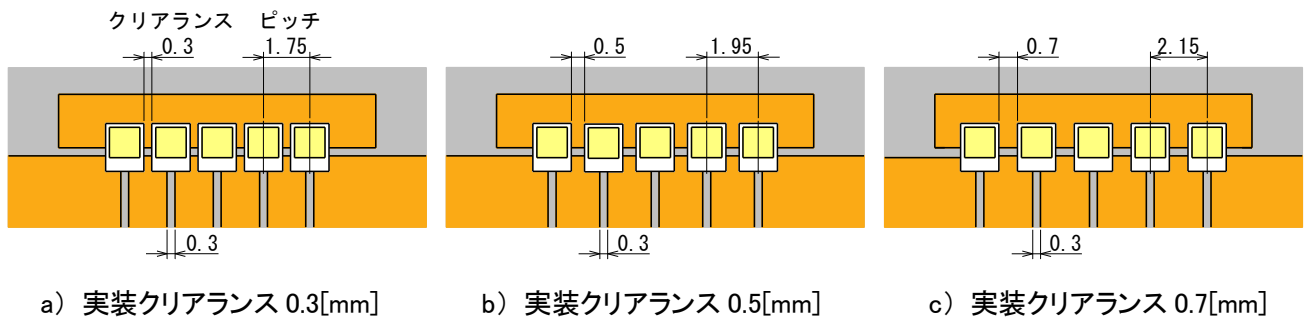


図 12. 実装クリアランスイメージ図(例:Cu 放熱バイパス基板)

4. FR-4 基板の放熱設計

以降では、FR-4 を実装基板として使用する際の放熱設計について解説します。FR-4 基板の放熱設計で注意する点は、下記が挙げられます。

- (A) Cu 箔パターン(面積)と厚み
- (B) スルーホール
- (C) ヒートシンクとの組み合わせ

(A)の Cu 箔設計については金属ベース基板と同様で、Cu 箔面積が大きく厚い設計が放熱には有利です。
 (B)のスルーホールは、ホール径、位置(LED からの距離)、ホール数、ホール側面の Cu 厚みが放熱設計に関わるパラメータとなります。

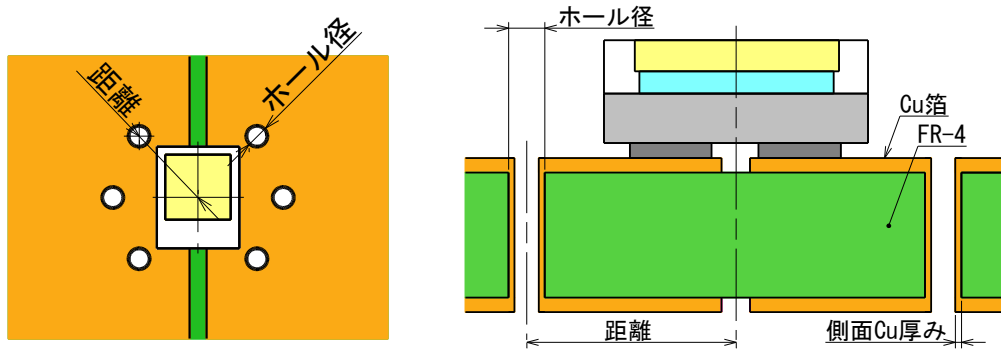


図 13. スルーホールのイメージ図

4.1 スルーホール

- LED 型番: NCSW170C (駆動電流 $I_f=1[A]$ 、実装数 1 個)
 実装基板: FR-4 基板 (30×70×1.6t[mm]、Cu 箔厚み 70[μm])
 スルーホール (側面 Cu 厚み 35[μm])
 ヒートシンク: なし
 シミュレーション: Flotherm

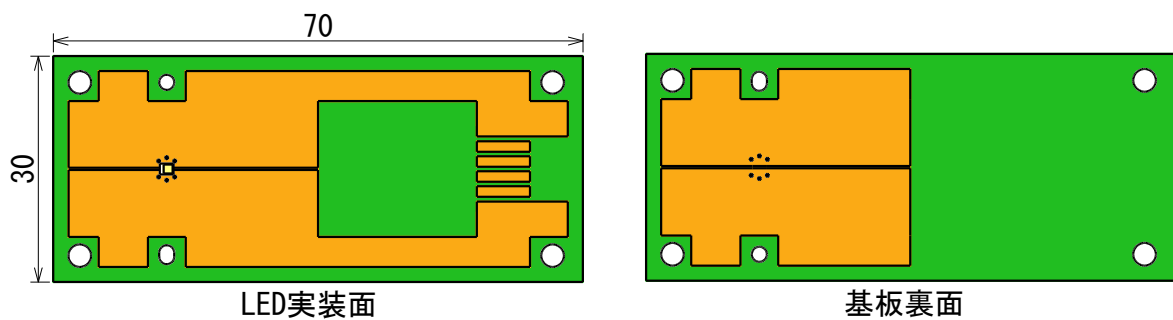


図 14. FR-4 スルーホール評価基板イメージ

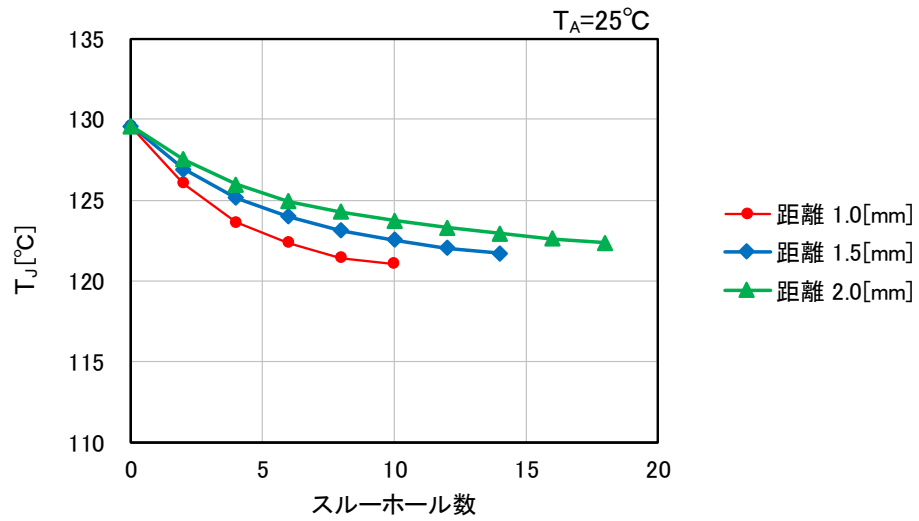


図 15. スルーホール比較 1(ホール数と距離)

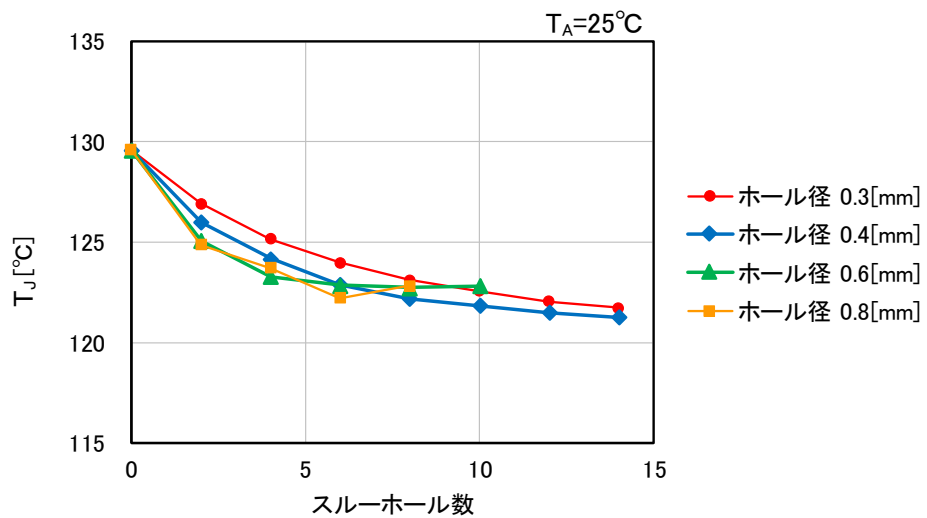


図 16. スルーホール比較 2(ホール数とホール径)

スルーホールは LED との距離を近くすることや数を増すことで放熱効果が上がっていきませんが、必ずしもホール径が大きく数が多いほうが有利となるわけではありません。また、数を増やすことで加工のコスト増となりますので、放熱効果とのバランスを見極めることが重要です。

4.2 Cu 箔パターン

Nichia 170/131 Series はセラミックパッケージであるため、アノード側、カソード側の両方の電極から均一に放熱します。リードフレームタイプの LED では下記のような非対称の基板 Cu 箔パターンをとることは多いですが、Nichia 170 Series では両側を対象にした Cu 箔パターンとすることが放熱には効果的です。

また、アノード、カソード両方にスルーホールを設ける場合は、裏面側でもアノード、カソード両方の電位を持ってしまいうため裏面側を浮かせて使うなど、裏面側でショートしないような対策が必要です。

- LED 型番: NCSW170C (駆動電流 $I_F=1[A]$ 、実装数 1 個)
- 実装基板: FR-4 基板 (30×70×1.6t[mm]、Cu 箔厚み 70[μm])
スルーホール (ホール径 0.4[mm]、側面 Cu 厚み 35[μm])
- ヒートシンク: なし
- シミュレーション: Flotherm

表 3. FR-4 基板の Cu 箔パターン比較結果(シミュレーション)

	対称	非対称
Cu 箔パターン	<p>LED実装面</p> <p>基板裏面</p>	<p>LED実装面</p> <p>基板裏面</p>
スルーホールパターン		
LED T_J	121[°C]	136[°C]

上記結果では、 $T_A=25^\circ C$ でも T_J は $120^\circ C$ 以上となっており、高温環境での動作にマージンを持っていません。FR-4 のサイズを大きくすることや、ヒートシンクを使うなどで T_J を下げるのが可能です。基板やヒートシンクの放熱設計だけで LED の T_J を十分に下げられない場合は、LED の駆動電流を下げることも必要です。LED の駆動電流を下げることで光束が下がってしまいますが、LED の T_J の絶対最大定格を超えない設計にすることが重要です。

4.3 FR-4 の基板サイズ

FR-4 の基板サイズを大きくすることで、Cu 箔パターンの面積を広げて LED の T_J を下げることが可能です。下記に、基板サイズを大きくした熱シミュレーションの結果を示します。

- LED 型番: NCSW170C (駆動電流 $I_F=1[A]$ 、実装数 1 個)
- 実装基板: FR-4 基板 (基板厚み 1.6[mm]、Cu 箔厚み 70[μm])
スルーホール (ホール径 0.4[mm]、側面 Cu 厚み 35[μm])
- ヒートシンク: なし
- シミュレーション: Flotherm

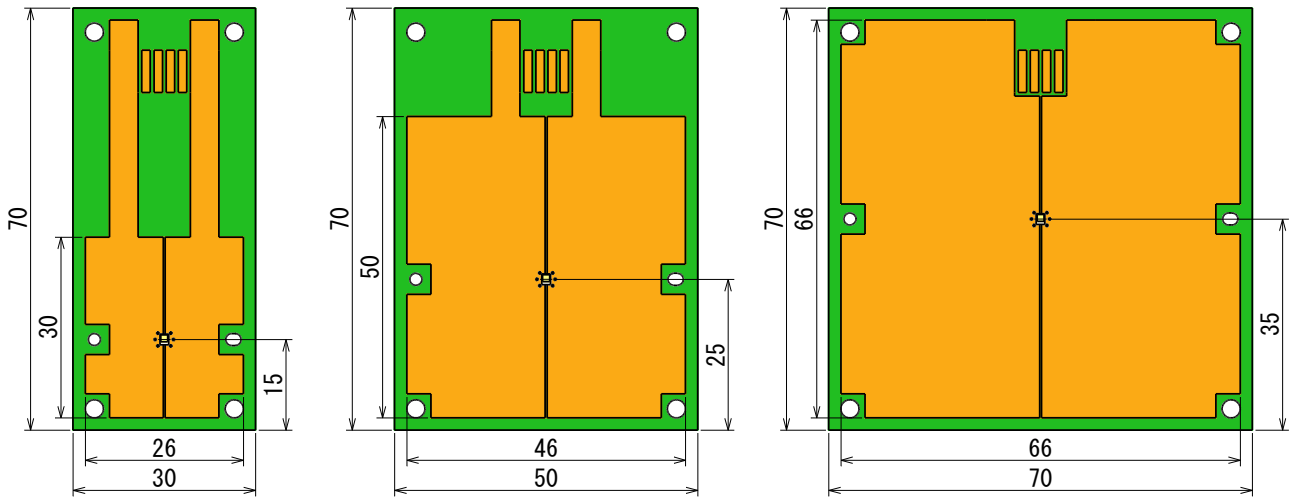


図 17. サイズ比較の FR-4 基板イメージ図

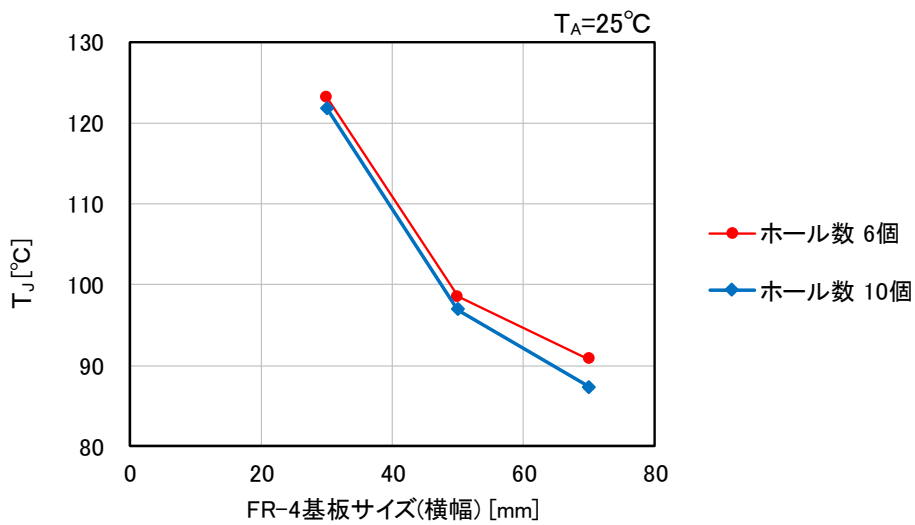


図 18. FR-4 基板サイズ比較結果(シミュレーション)

5. まとめ

LED の T_J を適切な温度にてご使用して頂くため、基本的な実装基板の放熱設計手法について解説させて頂きました。繰り返しとなりますが、LED の T_J 絶対最大定格を瞬時たりとも超えない設計とするようにお願いします。

また、本書では実装基板の放熱設計について実測やシミュレーション結果を一例として記載しておりますが、ヒートシンクやハウジングなどお客様のご使用環境を再現したものではありません。最終的にはお客様の実機にて LED の T_J をご確認して頂けますようお願いいたします。

<免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148