



# LED の熱設計について

## 目次

1. 概要.....	2
2. LED の熱経路について.....	2
3. $T_j$ 算出方法について.....	3
4. 熱設計について.....	4
5. まとめ.....	8

### 1. 概要

LED を用いて製品を設計する際は、熱の発生に注意が必要です。LED の使用できる温度は、ジャンクション温度（以下「 $T_J$ 」という）により決められます。この  $T_J$  が最大値を超えると著しい光束低下、場合によっては故障モード（例えば、ワイヤー断線による LED の不灯等）となるため、最大値を超えないようにする必要があります。

また、 $T_J$  をできる限り低く抑えることにより製品の寿命を延ばすことができます。このことから、LED を使用する際は熱設計がとても重要になります。本書は、LED の熱設計の考え方を示します。

### 2. LED の熱経路について

LED から発生する熱について、図 1 に示す熱経路のイメージ図を用いて説明します。  
LED チップから周辺雰囲気の間には、ダイボンド、電極、はんだ、基板を介して熱伝達していると考えられます。

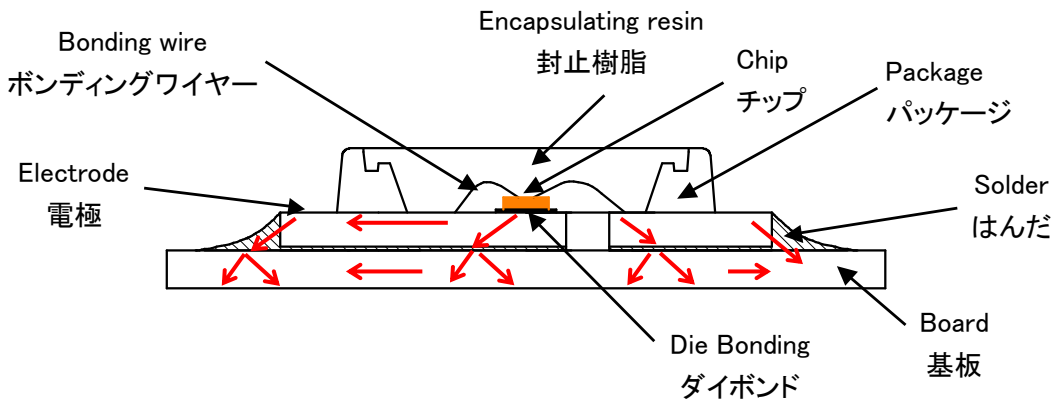


図 1. LED 構造と熱経路イメージ図（例：型番 NS3W183）

ここで、熱の流れを分かりやすくするため、図 2 にチップからの熱の流れ図を示します。

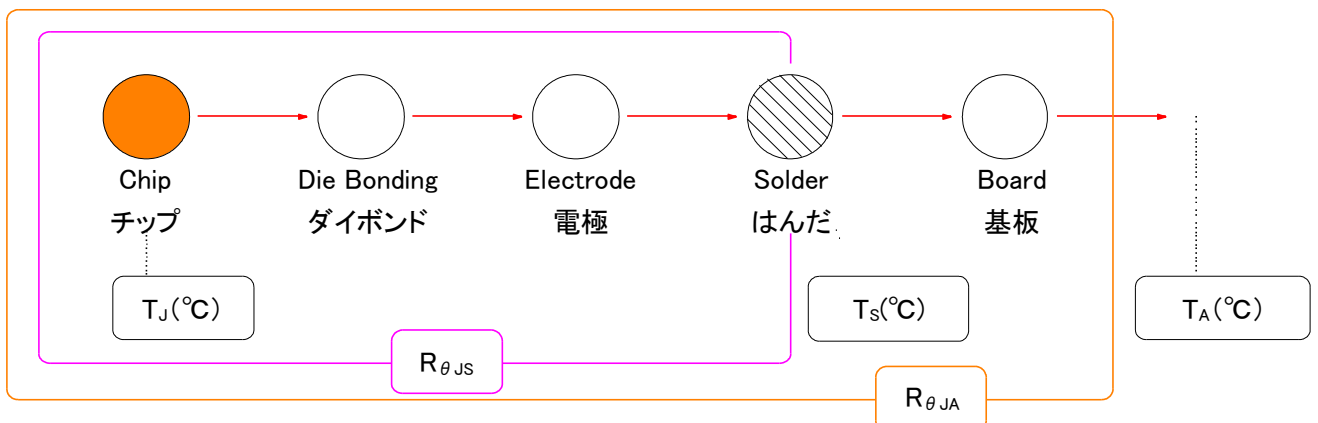


図 2. チップからの熱の流れ図

LED チップからの熱の温度勾配を熱抵抗 (°C/W) というパラメータで表現すると、次の 2 種類の  $T_J$  の関係式で表すことができます。

(1) LED チップから周辺雰囲気温度 ( $T_A$ ) までの熱抵抗:  $R_{\theta JA}$  を用いた場合

$$T_J = T_A + R_{\theta JA} \times W \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

- ・ $T_A$ : 周囲温度 (°C)
- ・ $R_{\theta JA}$ : LED チップから周辺雰囲気までの熱抵抗 (°C/W)
- ・ $W$ : 投入電力 (=  $I_F \times V_F$ ) (W)
- (※ $I_F$ : 順電流 (A)、 $V_F$ : 順電圧 (V))

(2) LED チップからカソード側はんだ接合部温度 ( $T_S$ ) までの熱抵抗:  $R_{\theta JS}$  を用いた場合

$$T_J = T_S + R_{\theta JS} \times W \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

- ・ $T_S$ : カソード側はんだ接合部温度 (°C)
- ・ $R_{\theta JS}$ : LED チップから  $T_S$  測定ポイントまでの熱抵抗 (°C/W)
- ・ $W$ : 投入電力 (=  $I_F \times V_F$ ) (W)
- (※ $I_F$ : 順電流 (A)、 $V_F$ : 順電圧 (V))

### 3. $T_J$ 算出方法について

$T_J$  を算出する方法は、 $T_S$  測定により  $T_J$  を算出する方法と  $V_F$  測定法による  $T_J$  を算出する方法があります。以下に、詳細内容を示します。

#### 3.1 $T_S$ 測定による $T_J$ 算出方法

(1) 図 3 に示すように実装されている LED の  $T_S$  測定ポイント (カソード側) に熱電対を取り付けます。LED を点灯させてから熱平衡状態に達した時点での温度  $T_S$ 、 $I_F$ 、 $V_F$  を測定します。

※ $T_S$  測定ポイントおよび  $R_{\theta JS}$  は、LED により異なります。詳細は弊社仕様書をご確認ください。

※使用する熱電対は熱の影響を最小限にするため、可能な限り細い熱電対をご使用ください。

また、測定ポイントへの熱電対の取り付けは半田付けで行うことを推奨します。

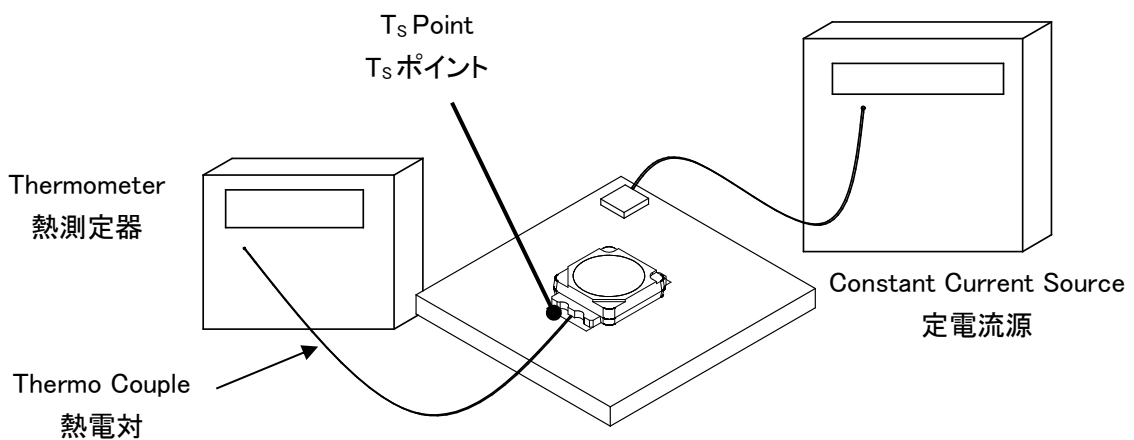


図 3. 熱測定環境

(2) 測定した  $T_S$  と  $I_F$ 、 $V_F$  から、②式を用いて  $T_J$  を算出できます。

### 3.2 VF 測定法による T<sub>J</sub> 算出方法

(1)対象とする LED について、恒温槽を用いて周囲温度 T<sub>A</sub> ごとの順電圧 V<sub>F</sub> 値を測定します。

※測定は無風の環境下にて行います。

※測定時は自己発熱による V<sub>F</sub> 低下を極力抑えるため、パルス電流にて行います。

(推奨例:パルス幅 10ms 以下、Duty 比 1/10 以下)

(2) (1)の測定結果より、周囲温度 T<sub>A</sub>-順電圧 V<sub>F</sub> のグラフを作成します。(T<sub>A</sub> ≒ T<sub>J</sub> とみなせます。)

※参考例として、型番 NS3W183 の周囲温度-順電圧特性を図 4 に示します。

(3) 次に無風の環境下にて LED を連続点灯させ、熱平衡状態での LED の V<sub>F</sub> 値を測定します。

(4) (2)で作成した周囲温度 T<sub>A</sub>-順電圧 V<sub>F</sub> 特性グラフを用いて、(3)で測定した V<sub>F</sub> 値から T<sub>J</sub> を求めます。

【例】 図 5 に示すように、V<sub>F</sub>=3.41(V) の場合、T<sub>J</sub> は 50°C となります。

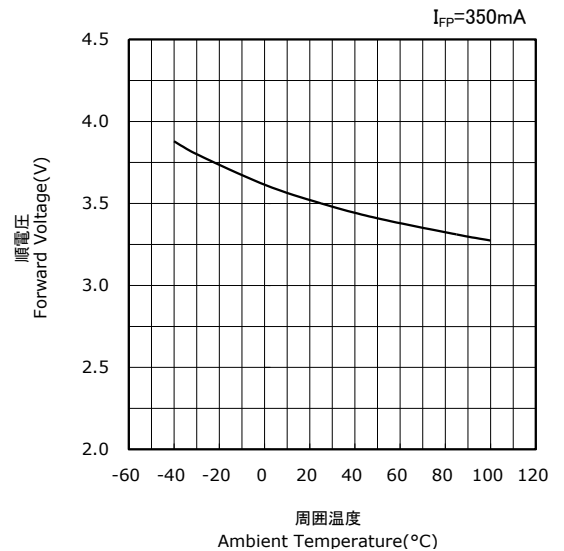


図 4. 周囲温度-順電圧特性(型番 NS3W183)

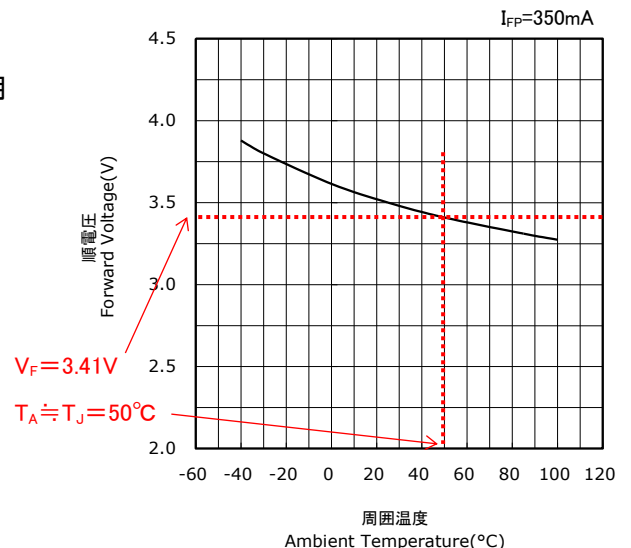


図 5. T<sub>J</sub> の算出例 (型番 NS3W183)

## 4. 熱設計について

製品設計を行う際は、放熱能力を上げる(熱抵抗を低くする)設計を取り入れることで、T<sub>J</sub> を低くすることができます。設計例として下記項目が挙げられます。

- ・基板材質の選択
- ・基板の銅箔面積の最適化
- ・LED 配置(LED ピッチ)の最適化
- ・ヒートシンクの導入

各項目の詳細内容を以下に示します。

## 4.1 基板材質の選択

基板の種類は大きく分けて、図 6 に示す樹脂系基板、金属ベース系基板、セラミック系基板に分類されます。

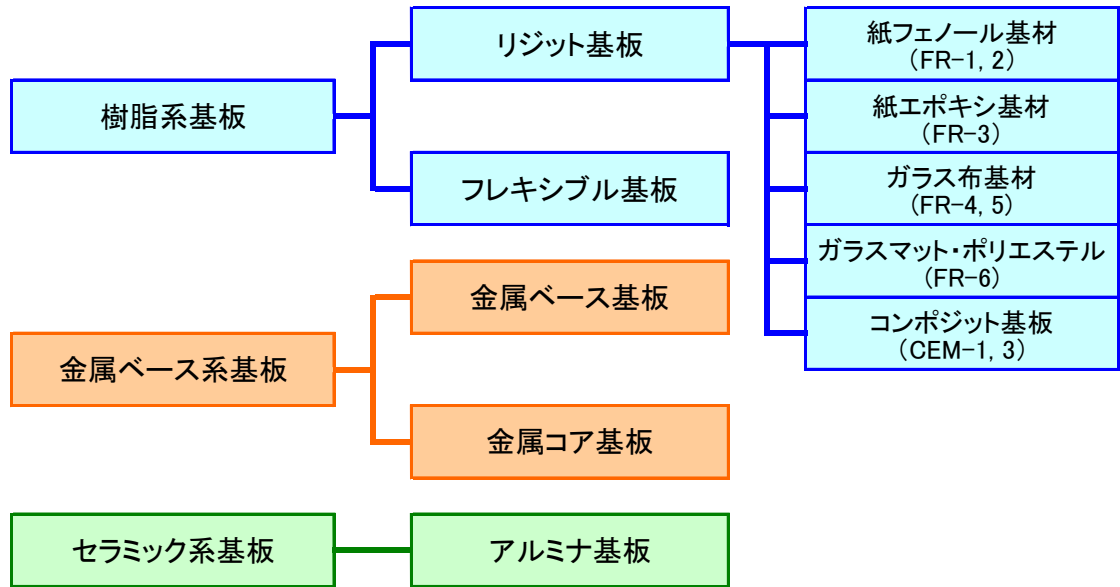


図 6. 基板分類図

一般的に安価で寸法安定性に優れたガラス布基板 (FR-4) を使用する場合が多いですが、高い熱伝導率の金属ベース系基板を使用することで  $T_J$  を低くすることができます。

参考例として、FR-4、アルミ基板による熱測定結果を表 1 および図 7 に示します。

表 1. 型番 NS6W183 熱測定結果

	Type A	Type B	Type C	Type D
Appearance				
Board Material	FR-4			Aluminum
$R_{\theta JA}$ (°C/W)	63	50	44	34
PWB Size	30mm × 30mm, t=1.6mm			30mm × 30mm, t=1.7mm
Copper Area Face	154mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	302mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	616mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	500mm <sup>2</sup> , t=0.07mm
Copper Area Back	154mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	302mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	616mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	-
$I_F$ (mA)	700			
$V_F$ (V)	3.18	3.24	3.29	3.3
$T_s$ (°C)	143	118	95	80
$T_J$ (°C)	165	141	118	103

※Measurement condition :  $R_{\theta JS} = 10^\circ\text{C/W}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , Thermo Couple:  $\Phi 0.076\text{mm}$

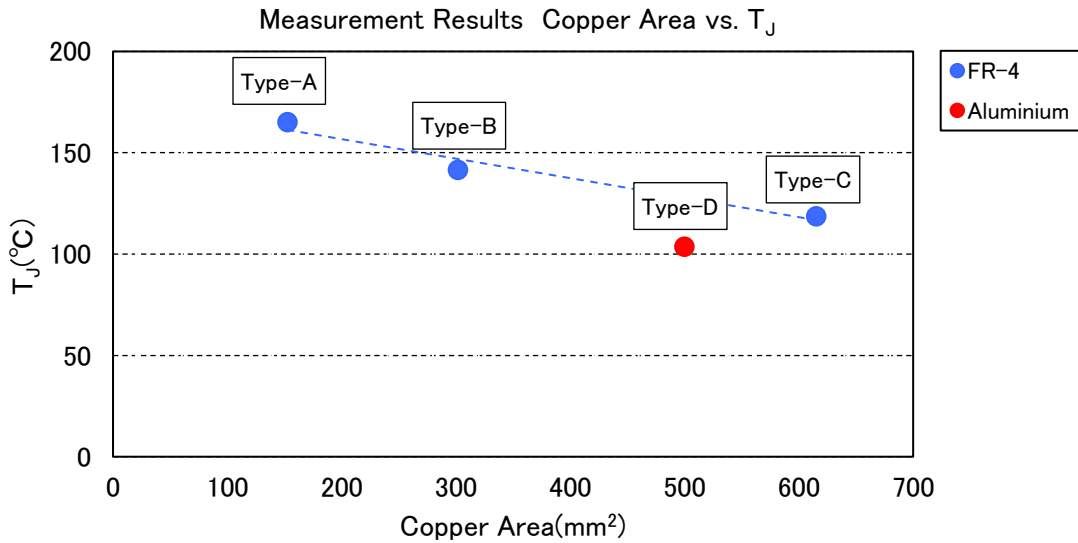


図 7. 型番 NS6W183 熱測定結果 (銅箔面積 vs.  $T_j$ )

この測定結果より同じ基板サイズにて  $T_j$  を比較すると、アルミ基板の方が低く、熱的に有利であると言えます。

4.2 基板の銅箔面積の最適化

図 8 に示すように基板の銅箔パターン面積をできるかぎり広くすることにより、LED で発生した熱をより多く基板へ放熱させることができます。

表 1、図 7 の測定結果からも分かるように、銅箔パターン面積を大きくしていくことで  $T_j$  は小さくなり、熱的に有利であると言えます。

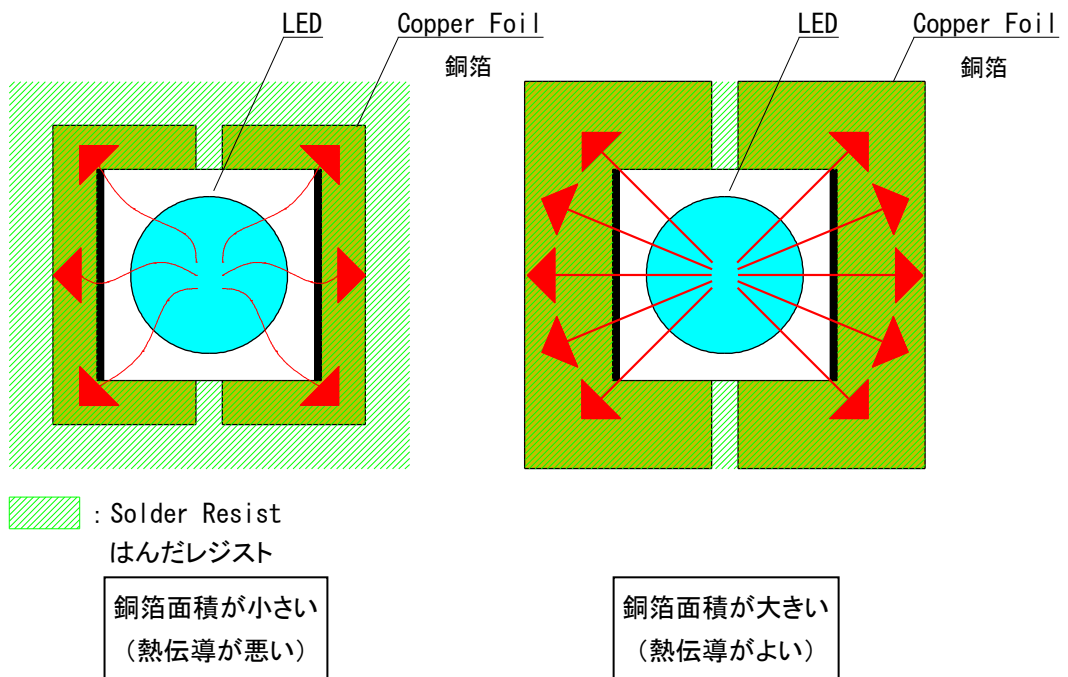


図 8. 基板の銅箔パターン形状

### 4.3 LED 配置(LED ピッチ)の最適化

図 9 に示すように LED ピッチが狭いと LED から発生する熱が集中して、放熱し難くなります。参考例として 2×2 の LED 配置した基板での熱分布シミュレーションを図 10 に示します。シミュレーション結果からも、LED ピッチが狭いと、隣の LED 熱の影響により熱がこもり易くなります。このため、可能な限り LED ピッチを広くとることで  $T_J$  を低くすることができます。

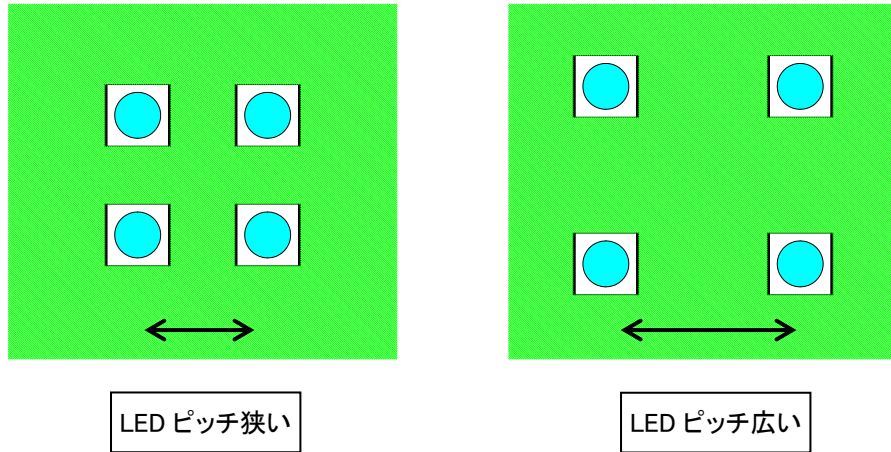


図 9. LED 配置図

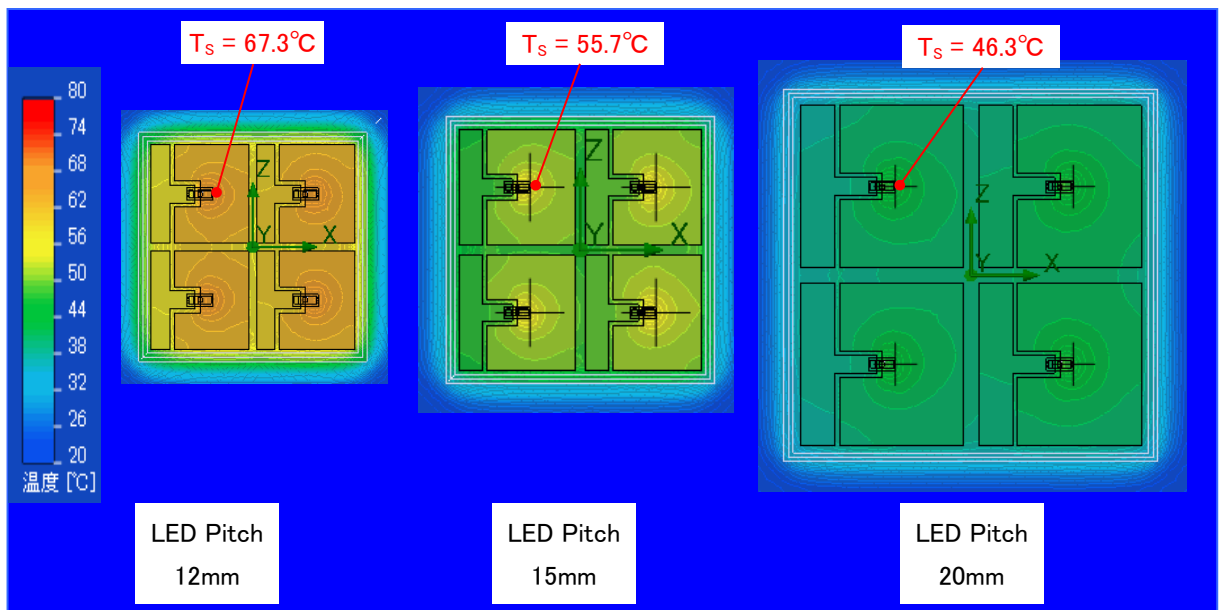


図 10. 型番 NSSW157 2×2 LED 配置の熱分布シミュレーション結果 (参考例)

※基板設計上、銅箔パターン面積はできる限り大きく設定しています。また、パターン間クリアランスは一定としています。

### 4.4 ヒートシンクの導入

基板背面側にヒートシンクを設けることで放熱性を高めることができます。参考例として表 3 にヒートシンクの有無による熱測定結果を示します。この測定結果からもヒートシンク有で  $R_{\theta JA}$ 、 $T_J$  は低くなり、熱的に有利であると言えます。また、基板とヒートシンクとの接続には、熱伝導性の高い両面テープ、放熱シート、または放熱グリスを用いることでさらに有効となります。図 11 にヒートシンクとの接続例を示します。

表 3. 型番 NS6W183 ヒートシンク有無による熱測定結果

	without Heat Sink	with Heat Sink
Appearance		
Board Material	FR-4	
$R_{\theta JA}$ [ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ]	44	32
PWB Size	30mm × 30mm, t=1.6mm	
Copper Area	616mm <sup>2</sup> , t=0.07mm	
$I_F$ (mA)	700	
$V_F$ (V)	3.29	3.49
$T_s$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	95	73
$T_J$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	118	97

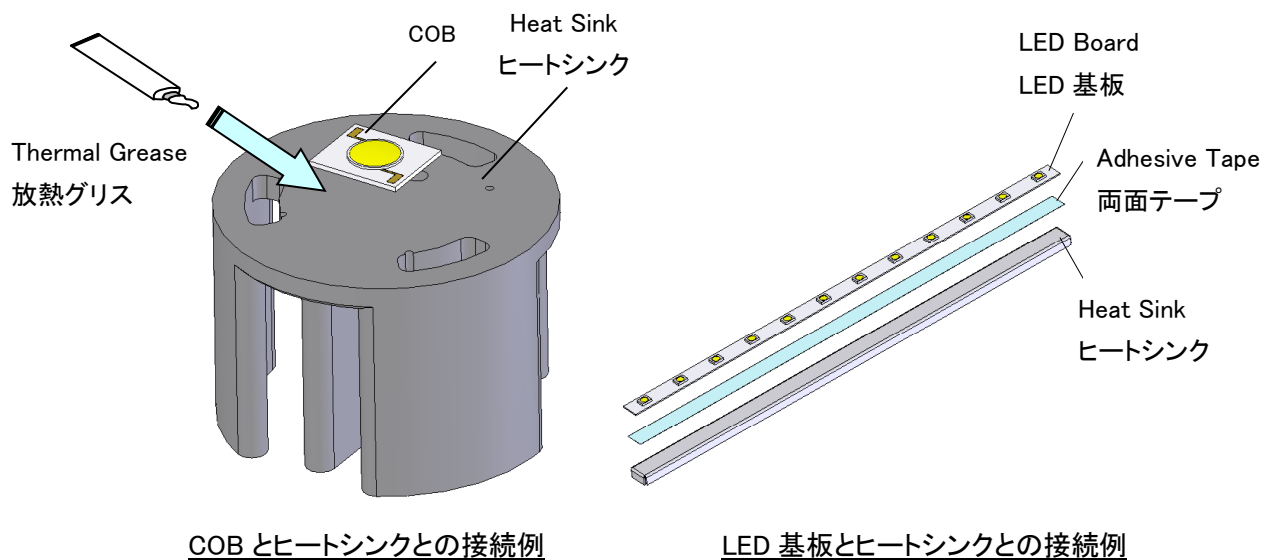


図 11. 基板とヒートシンクとの接続例

### 5. まとめ

本書で紹介しました熱設計例を踏まえて、製品設計を行うことにより、効率よく LED をご使用いただくことができます。また、製品の信頼性向上にもつながります。



## <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