

Luxeon™ Power Light Source を用いた放熱設計

Luxeon Power Light Source は、世界中のあらゆる発光ダイオード (LED) の中で Luxeon の革新的な放熱設計により、最小の大きさで最大の発光出力を達成しています。Luxeon は放熱経路と電気経路を分離し、より多くの熱をエミッターコアから逃がして、熱抵抗を大幅に下げる初めての LED ソリューションです。そのため、競合他社の LED と比較して Luxeon パッケージの処理熱量は大幅に増加しています。独自のハイパワー性能を備え、さらに大きく明るくなった Luxeon エミッターは、小型で耐久性のあるパッケージ内で大量の光を提供します。すなわち、照明設計者が新しい設計や製品アイデアを求めたり、既存の製品の品質、エネルギー効率、安全性、寿命を向上させるという特有の機会を提供しています。

Luxeon Power Light Source を用いた照明設計では、温度の上昇が光学的性能に与える影響など、あまりよく知られていないいくつかの要素について考慮する必要があります。この LED エミッター パッケージも、定格の作動温度以下に保つためには適切な放熱設計が必須になります。このアプリケーションノートでは設計技術者が放熱設計計画を立てるのに役立つ事柄について説明しています。

設計の最終決定を行う前に、実際の使用状態を模した熱モデルを作ることをお勧めします。『*Luxeon Custom Design Guide*』は、個々の LED エミッター パッケージの作動温度に関する重要事項の詳細が記載されています。目標温度を設定すると、熱モデルを用いてサイズ、ヒートシンク、必要風量などの要素がどのように作用するかを検討することができます。

放熱設計についてさらに開発サポートが必要な照明設計者には豊富なデータを提供します。放熱設計業界は、電子設計分野の発展とともに成長してきました。本書の巻末にある「熱分析データ」セクションには、業界データについての便利な解説が記載されています。

目次

ヒートシンクの最低条件	3
熱モデル	3
熱モデルの入出力	7
ヒートシンク特性のテスト装置	9
ヒートシンク特性のチャートと定義	10
自由対流 25mm のエミッター間隔でのヒートシンク	11
強制対流 25mm のエミッター間隔でのヒートシンク チャート	14
自由対流密集エミッター間隔でのヒートシンク チャート	14
ヒートシンクへの取付け	15
放熱設計の効果的な使用	17
最小サイズのヒートシンクを選択する手順	17
熱分析データ	18
設計の検討	18
例	19

ヒートシンクの最低条件

アルミニウム、メタルコア、プリントの各基板 (MCPCB、レベル 2 製品とも呼ばれる) に実装されたすべての Luxeon 製品は、購入後すぐに点灯させることができます。ただし、ヒートシンクを使用せずに Flood を数秒間以上点灯することはお勧めできません。

原則的に、Luxeon Power Light Source を用いた製品では、ヒートシンクを取付けたあと、いかなる作動条件下でも適切に放熱管理できるようにする必要があります。用途にもよりますが、このヒートシンクには簡単なアルミニウムの平板を使用することもできます。

Luxeon Star、Line、および Ring 製品は、MCPCB 上に実装された様々な構成 (『Luxeon Product Guide』を参照) の LED で構成されています。こうした製品はエミッタ

ーごとに 1in² の MCPCB が備えられています。この MCPCB は、放熱用としてだけでなく導電材としての役割も果たしています。ヒートシンクを追加することをお勧めしますが、ヒートシンクがなくてもこれらの製品は 25°C で作動します。ヒートシンクを使用しないと、MCPCB が非常に高温 (~70°C) になる場合がありますので、十分注意して使用してください。

Luxeon Flood を数秒間以上点灯する場合、その前にヒートシンクに実装してください。25°C で作動させるには、約 36in² (6" x 6" x 0.0625" 厚み) のアルミニウムの平板で十分です。

熱モデル

熱モデルの目的は接合部温度 ($T_{\text{接合部}}$ 、 T_j) を予測することです。ここで言う「接合部」とは、半導体ダイ内部の p-n 接合部を意味していて、フォトンが生成され放出されるチップ上の領域です。Luxeon 製品それぞれの最大推奨値はデータシートに記載されています。このセクションでは、熱モデルを使用する特定用途での接合部温度を決定する方法について解説しています。

A. 熱抵抗モデル

放熱設計に主に使われる数値要素の 1 つとして熱抵抗 (R_{Θ}) があります。熱抵抗は、温度差とそれに対応する消費電力の比率として定義されています。Luxeon Power Light Source とヒートシンクを組み合わせたときの全体の $R_{\Theta_{\text{接合部-外気 (J-A)}}$ は数式 1 のように定義されます。

$$R_{\Theta_{\text{接合部-外気}}} = \frac{\Delta T_{\text{接合部-外気}}}{P_d}$$

ここで、
 $\Delta T = T_{\text{接合部}} - T_{\text{外気}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$

$P_d = \text{消費電力 (W)}$

$P_d = \text{順方向電流 (If)} * \text{順方向電流圧 (Vf)}$

数式 1

熱抵抗の定義。

接合部で生成された熱は、接合部→スラグ、スラグ→基板、基板→外気という熱伝達経路を通過してダイから放出されます。

複数の面や素材の間に伝熱がある複雑なシステムの場合は、この熱伝達経路は図 1A に示すような直列の耐熱回路を使用してモデル化

することができます。各用途の全体的な熱抵抗 ($R_{\Theta_{j,a}}$) は、接合部から外気までの熱伝達経路の個々の熱抵抗の和として表されます (数式 2)。熱経路を構成している各熱抵抗の実際の部品を図 1B に示しました。各熱抵抗の実際の部品は温度接点間にあります。

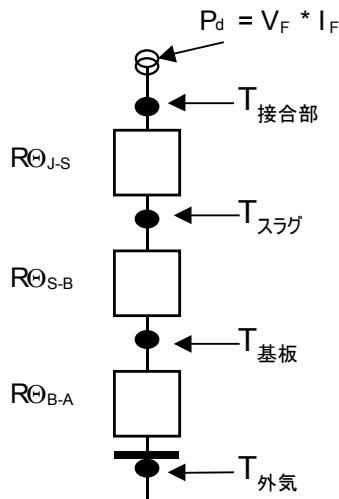


図 1A.
直列熱抵抗回路

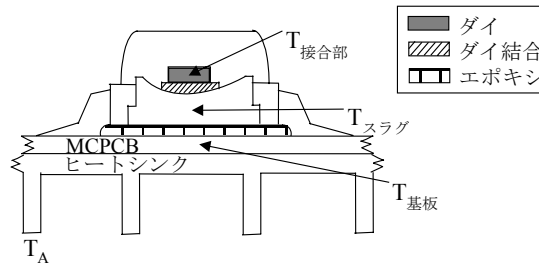


図 1B.
エミッター断面

$$R_{\Theta_{\text{接合部-外気}}} = R_{\Theta_{\text{接合部-スラグ}}} + R_{\Theta_{\text{スラグ-基板}}} + R_{\Theta_{\text{基板-外気}}}$$

数式 2. 熱抵抗モデル

ここで、

$R_{\Theta_{\text{接合部-スラグ (j-s)}}}$ = 接触するダイとスラグ素材を合わせたダイ結合の R_{Θ} 。

$R_{\Theta_{\text{スラグ-基板 (s-b)}}}$ = 接触するスラグと基板素材を合わせたエポキシの R_{Θ} 。

$R_{\Theta_{\text{基板-外気 (b-a)}}$ = ヒートシンク、基板、およびヒートシンクから外気への表面接触または接着剤の総合 R_{Θ} 。

数式 1 で算出された数式 3 から Luxeon デバイスの接合部温度を求めることができます。

$$T_{\text{接合部}} = T_A + (P_d)(R\Theta_{J-A})$$

ここで、

T_A = 外気温度

P_d = 消費電力 (W) = 順方向電流 (I_f) * 順方向電圧 (V)

$R\Theta_{J-A}$ = 接合部から外気までの熱抵抗

数式 3. 接合部温度の計算式

数式 3

接合部温度の計算。

B. Luxeon Light Source の熱抵抗

Luxeon Power Light Source では、熱抵抗が最小になるように、Lumileds 社にて接合部から基板への熱経路を最適化しています。

Luxeon エミッターの熱抵抗 (MCPCB に実装されていない、レベル 1 とも呼ばれる) は $R\Theta_{J-S}$ で表されます。

Luxeon Power Light Source の熱抵抗 (MCPCB に実装、レベル 2 とも呼ばれる) は $R\Theta_{J-B}$ で表され、次の式のとおりです。

$$R\Theta_{J-B} = R\Theta_{J-S} + R\Theta_{S-B}$$

$R\Theta$ の代表的な値を表 2 に示します。

エミッターの種類	LUXEON POWER LIGHT SOURCE ($R\Theta_{J-B}$) MCPCB に実装、レベル 2	LUXEON EMITTER ($R\Theta_{J-S}$) MCPCB に実装、レベル 1
バットウィング (全色) ランバーシアン (緑、シアン、 青/ロイヤルブルー)	17°C/W	15°C/W
ランバーシアン (赤、 赤橙、アンバー)	20°C/W	18°C/W

表 2

Luxeon の標準的熱抵抗。

$$^{\circ}\text{C} / \text{W} = \text{摂氏 } (\Delta T) / \text{ワット } (P_d)$$

注記： $R\Theta_{J-S}$ と $R\Theta_{J-B}$ については、最新のデータシートを参照してください。

C. 複数の Luxeon 製品の熱抵抗

Luxeon Line、Ring、および複数構成の Star など Luxeon のマルチ エミッター製品の総合システム熱抵抗は図 2 に示すような並列熱抵抗モデルを使用して求めることができます。

このモデルでは、各エミッターは個別の並列熱抵抗で表されています。

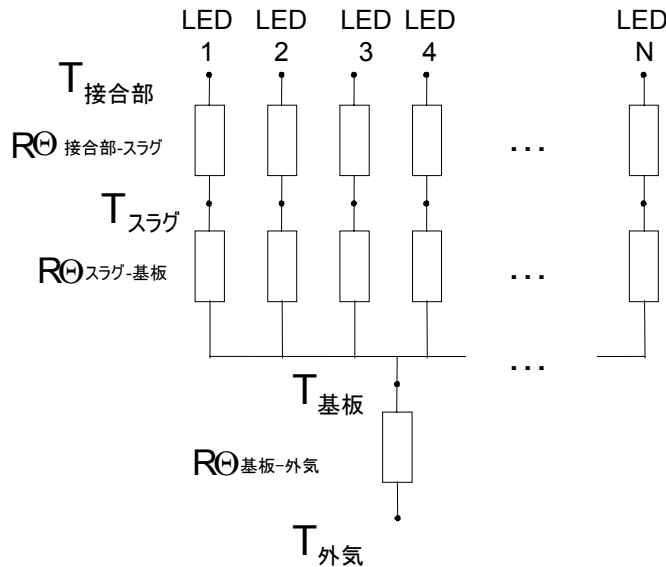


図 2

マルチ エミッター製品の並列熱抵抗モデル。

マルチ エミッター アレイの $R_{\theta_{J-B}}$ は、次の並列抵抗の数式を使用して求めます。

$$\frac{1}{\text{アレイ全体の } R_{\theta_{\text{接合部-基板}}}} = \frac{1}{LED(1)\text{-}R_{\theta_{\text{接合部-基板}}}} + \dots + \frac{1}{LED(N)\text{-}R_{\theta_{\text{接合部-基板}}}}$$

すべての並列抵抗値は等しいため、この数式は次のようになります。

$$\frac{1}{\text{アレイ全体の } R_{\theta_{\text{接合部-基板}}}} = \frac{N}{LED\text{エミッターの } R_{\theta_{\text{接合部-基板}}}}$$

または、

$$\text{アレイ全体の } R_{\theta_{\text{接合部-基板}}} = \frac{LED\text{エミッターの } R_{\theta_{\text{接合部-基板}}}}{N}$$

ここで、

$$LED \text{ エミッター } R_{\theta_{\text{接合部-基板}}} = R_{\theta_{\text{接合部-スラグ}}} + R_{\theta_{\text{スラグ-基板}}}$$

$N = \text{エミッター数}$

数式 4

マルチ エミッターとシングル エミッターの熱抵抗の関係。

例えば、Luxeon Line には 12 個のエミッターがあるため、 $N=12$ になります。Luxeon Line はバットウィング エミッターを使用しているため、アレイ全体の熱抵抗 $R\Theta_{J-B}$ は $(17^{\circ}\text{C}/\text{W})/12 = 1.42^{\circ}\text{C}/\text{W}$ で求められます。

Luxeon Line のアレイ全体の熱抵抗 $R\Theta_{\text{接合部-外気}(J-A)}$ は次のようになります。

$$\text{アレイ全体の } R\Theta_{\text{接合部-外気}} = 1.42 + R\Theta_{\text{基板-外気}}$$

アレイ全体の熱抵抗モデルを使用する場合は、すべての計算にアレイ全体の消費電力を使用する必要があります。アレイ全体の消費電力はすべてのエミッターの $V_f \cdot I_f$ の和です。

$$\text{アレイ全体の } R\Theta_{J-A} = \frac{\Delta T}{P_{d_総計}}$$

ここで、

$$\Delta T = T_{\text{接合部}} - T_{\text{外気}} (^{\circ}\text{C})$$

$$P_{d_総計} = \text{アレイの総消費電力 (W)}$$

数式 5

マルチ エミッター アレイの熱抵抗モデル。

熱モデルの入出力

熱モデルを使用して、用途別に接合部温度(T_J)を予測できます。このセクションでは、 T_J の最大目標値と下記の数式 3 の右辺にある変数を得る設定について解説します。熱モデルの変数は、用途設計を制御する要因として使用できます。

$$T_{\text{接合部}} = T_{\text{外気}} + (P_d)(R\Theta_{\text{接合部-外気}})$$

A. 接合部温度 (T_J) の設定限界

正しい放熱設計では、次の 3 つの要因に基づいた T_J 制限が考慮されています。

1. T_J の上昇に応じた発光出力
2. T_J の上昇に応じた色のずれ
3. 信頼性

T_J に応じた発光出力と色のずれについての詳細は『*Luxeon Custom Design Guide*』を参照してください。

1. 温度上昇に応じた光出力

LED は、 T_j が上昇すると発光出力の可逆損失が発生します。 T_j を低く保つほど製品の光源効率が高くなります (発光出力が向上する、など)。赤、赤橙、およびアンバー色のエミッターの (AlInGaP LED に基づく) 発光出力は、他の色に比べ、接合部温度の上昇に敏感です。

温度上昇に関連した発光出力損失は信号機の信号などで発生します。LED 光源を後から取付けただけの信号では十分な放熱が得られない場合があります。日中の温度上昇により、信号が薄暗くなる場合があります。信号ハウジングを事前に設計することで、部品を冷やす空気の流れが生まれ、この状態を緩和できます。

Luxeon 製品データシートにあるチャートでは、用途に応じた発光出力要件に基づいて最大 T_j 値を決めることができます。

2. 温度上昇に応じた色のずれ

エミッターの色は T_j の上昇に応じて波長がやや高くなります。この効果を定量化するずれ値については『Luxeon Custom Design

Guide』を参照してください。人間の目はアンバー領域の色の変化を認識しやすいのですが、この効果に最も敏感なエミッターの色は赤、赤橙、およびアンバーです。

この効果の重要度は用途で使用する色の範囲要件により異なります。許容色範囲が非常に小さい場合は、最大 T_j 目標値を設定する際に色のずれを把握する必要があります。

3. 信頼性に基づいた温度定格

Luxeon Power Light Source を安心して作動させるには、表 1 に示す LED の絶対最大熱定格を守ってください。最大 T_j 値は、ダイを取り囲むシリコン カプセルの許容熱応力に基づいています。

項目	最高値
LED の接合部温度	120
アルミ・コア PCB の温度	105
保管/動作温度	
光学系なしの LUXEON 製品 (STAR, STAR/C)	-40 ~ 105
光学系ありの LUXEON 製品 (STAR/O, LINE, RING)	-40 ~ 75

表 1

最大熱定格。

B. 外気温度状態についての検討

この放熱設計では、Luxeon Power Light Source がその製品寿命の間に遭遇する最高外気温度 (T_a) を考慮して設計する必要があります。ほとんどの場合、最悪の条件での T_a を決定するにあたって、製品規格が使用できます。

製品規格が使用できない場合は、代表的な最大 T_a 値を測定してください。

この外気温度には、電子回路からの発熱や直射日光の加熱による温度も含める必要があることに注意してください。

C. 消費電力

消費電力 (P_o) は、エミッターの順方向電圧 (V_f) と順方向電流 (I_f) の積で表されます。可視光線

として放出される割合 (約 10%) は放熱設計では無視できます。

D. ヒートシンクのモデルへの追加

$R\theta_{J-A}$ の要素 $R\theta_{B-A}$ (図 1A を参照) は、ヒートシンクと取付け接触面を表しています。ヒートシンクの熱抵抗 $R\theta_{B-A}$ を正しく選択していただければ製品を正常に使用することができます。 $R\theta_{B-A}$ を選択する手順は後述の例に記載されています。この選択には様々なデータを

ご利用いただけます。そのうちのいくつかは本書巻末の「データ」セクションに記載されています。次のセクションに、用途に最も適したヒートシンクを決定するための説明を記載します。

ヒートシンクの特性

A. データ チャートの説明

1. テスト装置

Luxeon Star 及び Flood について、フィン付きヒートシンクと平板ヒートシンクなど、いくつかの標準的なヒートシンク構成のテストを行いました。テストで使用した構成は次の通りです。ファンを使用しない自由 (または自然) 対流環境 (図 3A、3B、3C、3D) と、小型の風洞内での強制対流 (図 3E)。

テストした Luxeon Star には光学系は取付けてありません。光学系が Luxeon エミッターの $R\theta_{J-B}$ を変えることはありませんが、その向きによっては、取付けられているヒートシンク上を流れる対流が影響を受ける可能性があります。

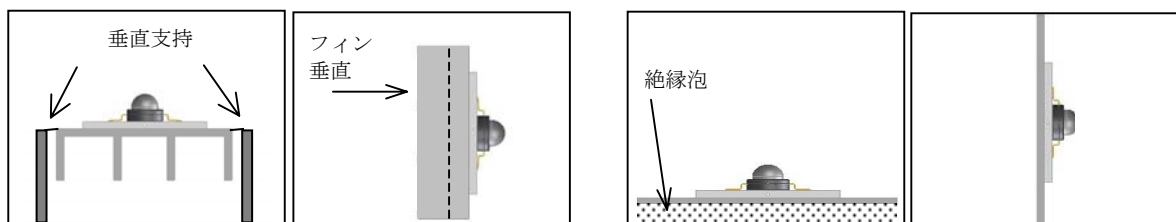


図 3A フィン付き・水平

図 3B フィン付き・垂直

図 3C 平板・水平

図 3D 平板・垂直

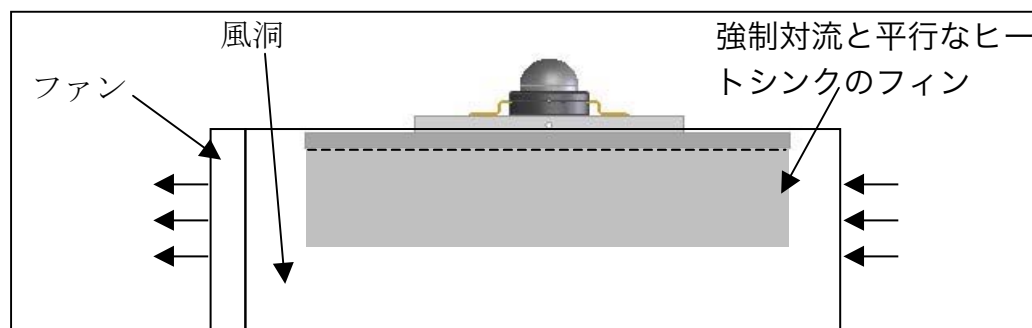


図 3E フィン付き・水平、風洞内

テストを行ったのは、フィン付きヒートシンクと平板の2種類です。ヒートシンクはアルミニウム製です。アルミニウムは熱伝導率が非常に良く迅速に低コストで利用できるため、通常、最適です。テストしたヒートシンクのサイズは複数あり、そのうち2つはフィン付きヒートシンクです。

いくつかのサンプルは図3B、3C、3Dに示すように水平および垂直の自由対流環境にてテストを行いました。

フィン付きヒートシンクは制御ボリュームに入れた小型の風洞内でテストしました。図3Eでは強制的に空気を循環させています。同じ装置を使用して、ファンを停止した自由対流環境で

2. ヒートシンク特性のチャート形式

以下に、各用途に必要なヒートシンクのサイズと種類の選択に役立てていただくためのチャートを示します(図4~9)。図4~8の25mm ずつ間隔を空けたエミッターのチャートでは、Y軸に $R_{\theta_{B-A}}$ を、X軸にエミッターごとに必要なヒートシンク面積を示しています。

3. ヒートシンクのサイズの定義

以下のチャートでは、ヒートシンクを2つの方法で定量化しています。「露出面積」は、対流にさらされているヒートシンクの総表面積の合計を意味しています。「占有面積」とは、次の図に示されているヒートシンクの投影面積を意味しています。

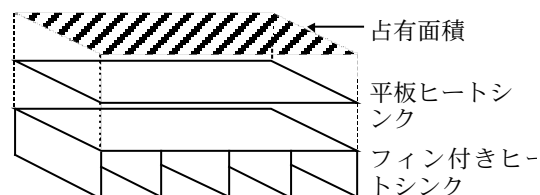
占有面積が決められている場合は、フィン付きヒートシンクの露出面積は平板ヒートシンクよりも大きくなります。

のフィン付きヒートシンクの特長も明らかにしました(図3A)。フィン付きヒートシンクを吊り下げて空気がその下を循環するようにしました。

Luxeon Starの実装には留め具を使用しました。ヒートシンクの取付け面は滑らかで多少研磨されています。熱潤滑油は使用しませんでした。

このテストは、自由な対流を制御して再現性が向上するように密閉されたテストボックス内で行いました。すべての測定は定常状態で行われています。はじめのうち、外気の温度は25°Cでしたが、LEDが定常状態の温度に近づくにしたがって外気の温度も上昇しました。

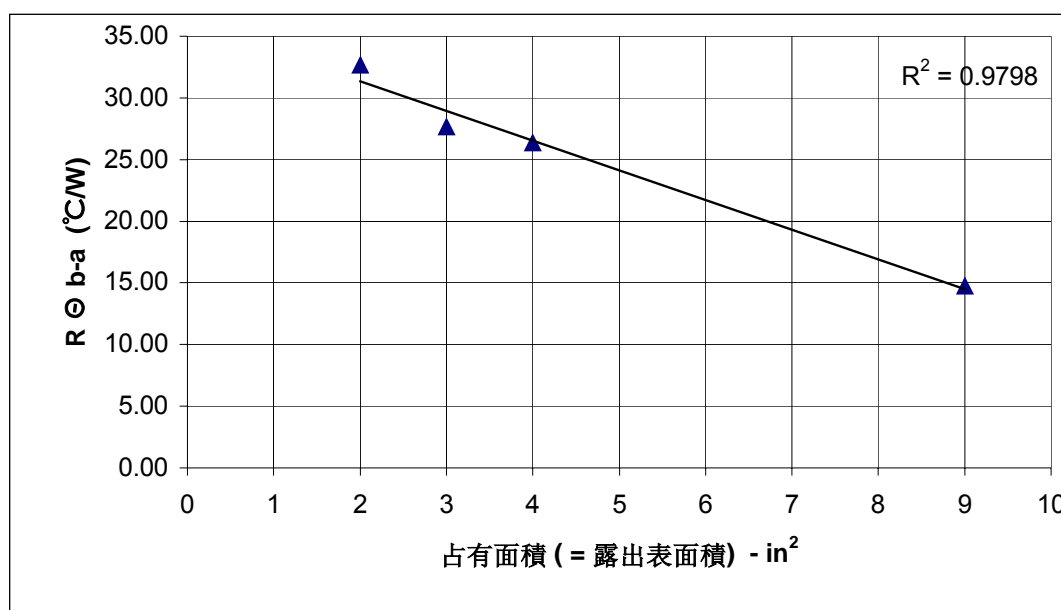
図9の間隔を密集させたエミッターのチャートでは、 $R_{\theta_{B-A}}$ とアレイ全体に必要なヒートシンク面積を示しています。ヒートシンクの種類とテスト装置(図3Aから3B)は各チャートのタイトルと説明に記載されています。



B. ヒートシンク特性のチャート - 25mm エミッター間隔

Luxeon エミッターを 25mm 以上離すと、各エミッターは個別の熱源として働きます。図 4～8 のチャートを使えば、Luxeon Star、Line、Ring と、エミッターの取付け間隔が 25mm 以上あるカスタム基板のヒートシンクサイズを決定できます。これらのチャートは、20mm ほどの間隔で密集させたカスタム基板

のヒートシンクの特性を知る際にも便利です。より密集させたエミッターを取付けた基板については、セクション C のチャートを使用してください。図 4～8 では、 $R_{\theta_{b,a}}$ と各用途でエミッターごとに必要なヒートシンクの面積を表しています。



平板ヒートシンク、0.09" (2.3mm) 絶縁泡上にて水平

図 3C の装置実線：データの直線適合

2. 自由(自然)対流内での水平平板ヒートシンク(図3C)

露出表面積が広がると、熱抵抗は低下します。図 4 に、ほぼ直線の平板水平ヒートシンクとの関係を示します。

水平に取付けた場合は、平板ヒートシンクの上向きの表面 1 か所のみが対流にさらされることとなります。下面は絶縁泡に接触してい

ます。これは対流効率が最も低い方向であるため、予想される熱抵抗は最も高くなります。

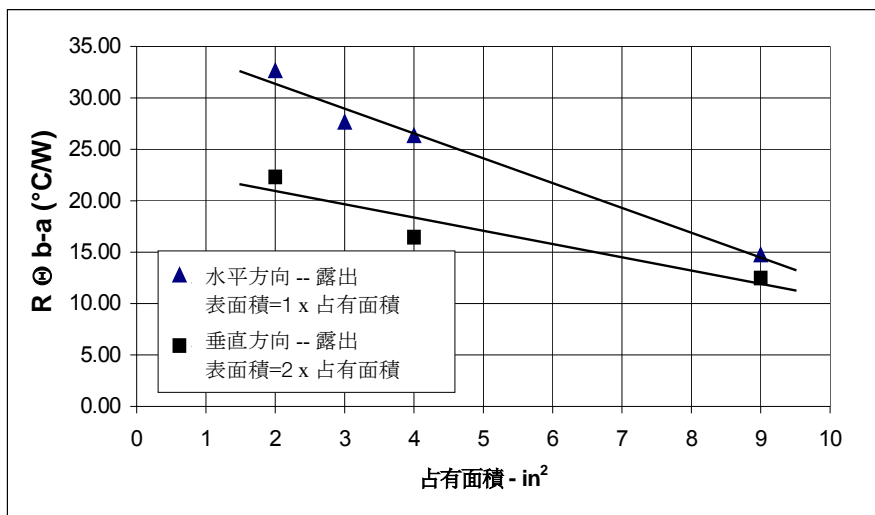
図 4

エミッター 1 個あたりの $R_{\theta_{\text{基板-外気}}}$ と占有面積の関係。

3. 自由対流での水平方向(図3C)と垂直方向(図3D)との関係

平板ヒートシンクを垂直に取付けた場合は、両面が自由対流にさらされるため、表面積は

2倍になります。その結果、同じ占有面積でもヒートシンクの効率が上がることになります。この効率は、図5に占有面積との関係で説明されています。



平板ヒートシンク 0.09" (2.3mm) 厚 - 図 3C の水平装置 - 図 3D の垂直装置

垂直方向では、露出面積が2倍になると熱抵抗が大幅に減少します。水平ヒートシンクの総表面積は占有面積と同じです。ヒートシンクが垂直な場合は、総表面積は占有面積の2倍になります。

自由対流の特性により、垂直ヒートシンクもより効率が上がります。垂直面上を移動する浮揚性のある暖かい空気は、水平面から垂直に離れていく空気より効率が高くなります。

占有面積が9in²に近づくと2方向のR_{θ b-a}が一点に集中しはじめます。このことは、エミッターごとに占有面積が9in²に近づくと、ヒートシンクの向きは熱抵抗に影響を与えなくなることを示しています。また、各エミッターに9in²以上の面積がある場合、R_{θ b-a}の低下

が進み、面積の増加に合わせてR_{θ b-a}の下限が約10~11°C/Wに近づきます。

4. 平板ヒートシンクの効率範囲

図5に示した2つの条件は、平板ヒートシンクの最高効率(垂直、2つの対流面)と最低効率(低対流絶縁泡上にて水平)を示しています。ほとんどの用途はこの範囲に収まると考えられます。

用途に合わせてヒートシンクを選択するには、最も比較しやすい条件を決定する必要があります。また、図5に示した限度より大きいまたは小さいR_{θ b-a}を生成する可能性があるその他の要因についても評価する必要があります。例えば、ヒートシンクを対流面に取付けたり、45°の角度で取付けたりすると、図5の水平方向の場合よりR_{θ b-a}を低下させる要因となります。

図 5

自由対流でのエミッター1個あたりのR_{θ 基板-外気}と占有面積の関係。

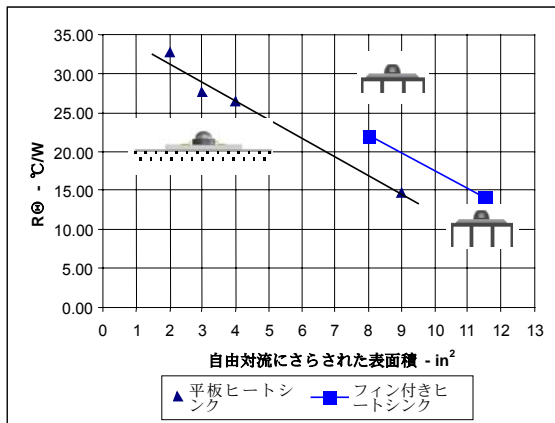


図 6.

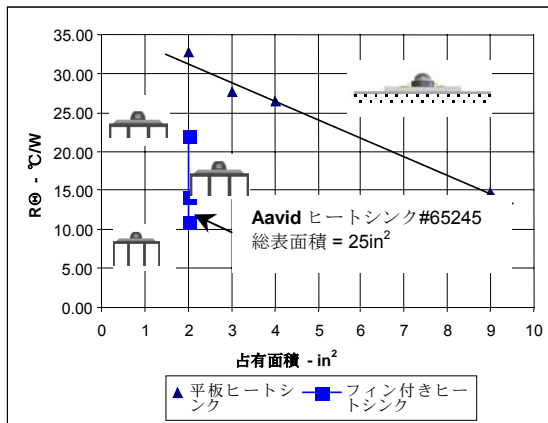


図 7.

自由対流でのエミッター 1 個あたりの $R_{\theta_{\text{基板-外気}}}$

水平平板ヒートシンク - 図 3A の装置と水平フィン付きヒートシンク - 図 3C の装置の関係

5. 自由(自然)対流でのフィン付きヒートシンク(図3A)と水平ヒートシンク(図3C)の関係

テストした 2 つのフィン付きヒートシンクは、占有面積は 2in^2 と同じですが露出面積が異なっています。フィン付きヒートシンクではフィンの個数と長さを増加させると表面積が広がります。フィンの間隔は約 0.25in です。図 6 は、フィン付きヒートシンクと平板ヒートシンクの露出面積ごとの $R_{\theta_{\text{B-A}}}$ を示しています。図 6 に示したヒートシンクは水平です(フィン付きは図 3A の装置、平面は図 3C の装置)。

$R_{\theta_{\text{B-A}}}$ を同じにする場合は、フィン付きヒートシンクは平板ヒートシンクよりも広い露出面積が必要になります。そのため、エミッター間隔が 25mm の、熱を管理する Luxeon Power Light Source には平板ヒートシンクが効果的です。

フィン付きヒートシンクの表面を完全に利用するためには、フィンを対流の流れの方向に向ける必要があります。垂直方向を向いている場合(図 3B の装置)、フィン付きヒートシンクの $R_{\theta_{\text{B-A}}}$ はやや低くなるかもしれません。

6. フィン付きヒートシンクによる占有面積の縮小

図 7 は、フィン付きヒートシンクと平板ヒートシンクの占有面積あたりの $R_{\theta_{\text{B-A}}}$ を示しています。各フィン付きヒートシンクの占有面積は 2in^2 です。平板ヒートシンクの占有面積は露出面積と同じです。フィン付きヒートシンクの 2in^2 の占有面積と合わせるには、平板ヒートシンクでは約 6in^2 の占有面積が必要になります。占有面積が大きな制約となる場合は、フィン付きヒートシンクを使用すると効率が良くなります。

2in^2 の占有面積を持つフィン付きヒートシンクを使用した場合の $R_{\theta_{\text{B-A}}}$ の下限は約 $10 \sim 11^\circ\text{C/W}$ です。この性能をよく表しているヒートシンクは AAVID ヒートシンク押出成型 部品番号 65245 です。長さが 1.6in のこのヒートシンクでは総表面積が 25in^2 、占有面積が 2in^2 あります。図 7 にこのヒートシンクの $R_{\theta_{\text{B-A}}}$ が示されています。図 5 の 9in^2 垂直平板ヒートシンク(総表面積 18in^2)と大体同じ $R_{\theta_{\text{B-A}}}$ となります。

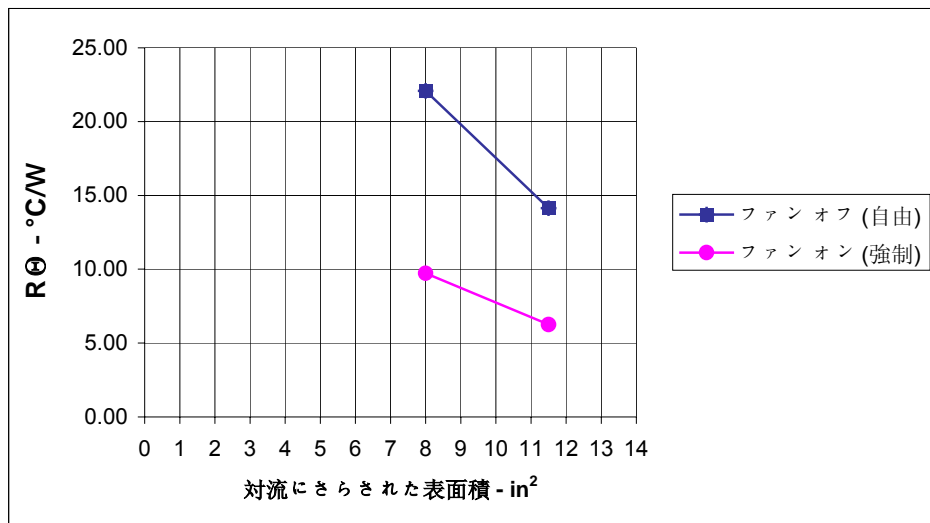


図 8. エミッター 1 個あたりの $R_{\theta_{\text{基板-外気}}}$ - 自由対流 (図 3A のテスト装置) と 強制対流 (図 3E のテスト装置) - 42f/min (12.8m/min) ファン稼動時の対流の関係

B. 自由対流でのヒートシンク - 密集エミッター間隔

密集してパッケージされている Luxeon エミッターは単一の熱源として働きます。このチャートでは Luxeon Flood とエミッター間隔が 9 ~ 13mm のカスタムレベル 2 基板の特性を明らかにできます。また、最大で約 19mm の間隔を持つクラスタ化されたエミッターのヒートシンクの特性も明らかにできます。

間隔がこれより広い場合はセクション B のチャートを使用してください。図 9 の以下のチャートはアレイ全体の $R_{\theta_{B-A}}$ とアレイ全体に必要なヒートシンク面積の関係を示しています。マルチエミッター製品の熱抵抗モデルは、図 2 に示したアレイ全体の $R_{\theta_{B-A}}$ です。

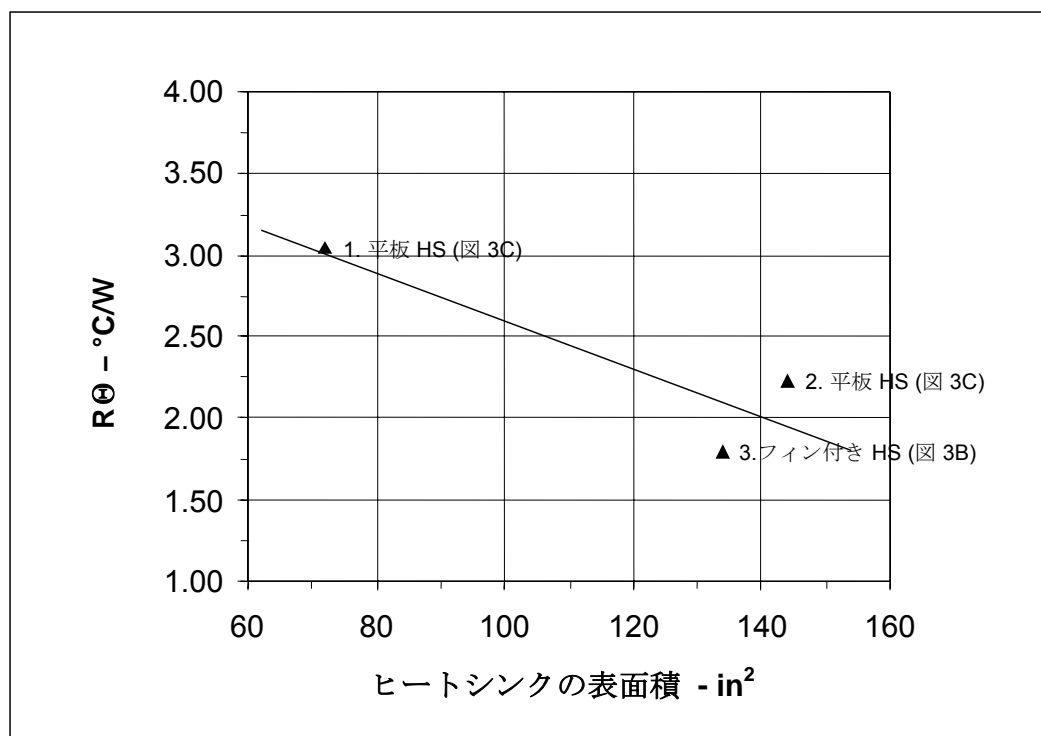


図 9. 高密度エミッター ヒートシンク

(基板から外気への) アレイ全体の熱抵抗と露出表面積の関係

12 および 18 個のエミッターを使用した 3 種類の Luxeon Flood ヒートシンクの特性を明らかにしました。結果は図 9 に示したとおりです。すべてのヒートシンクを全面に自由対流のある垂直方向に取付けました。平板ヒートシンク (図 3D のテスト装置を参照) とフィン付きヒートシンク (図 3B を参照) の両方がテストされています。

図 9 は 10 ~ 20 個のエミッターを使用するカスタム用途にあわせてヒートシンクのサイズを決定するのに最も便利でしょう。ただし、これは約 3 ~ 20 個の密集して配置されたエミッターを利用する用途でも、ヒートシンクのサイズ決定のおおまかな指針となります。

ヒートシンクへの取付け

A. 機械的取付け

最良の結果を得るため、Luxeon Power Light Source (レベル 2 製品) は、ボルトやナットなどで直接ヒートシンクに取り付けることをお勧めします。これらの留め具は滑らかに加工または押出成型された金属面への取付けに使

用できます。熱潤滑油 (Wakefield Eng. Thermal Compound など) を追加すれば、空隙を減らし、鑄型や平坦でない面への熱接触を向上させることができます。

B. 接着取付け

テープや接着剤を使って平坦でない面への熱接触を助けることができます。表 3 に、商用接着剤およびテープの標準的な熱抵抗を示します。こうした接着剤の放熱性能は、通常、テープより高いですが、接着剤はグループでだいたい同じように機能する必要があります。

外気の高い場所で操作している場合は、できるだけ低い熱抵抗で製品を使用するようにしてください。

* の印が付いた製品については製品データシートを参照してください。熱伝導率と、一覧で $R\Theta_{\text{基板-ヒートシンク上部}}$ を持つ製品を比較すれば $R\Theta_{\text{基板-ヒートシンク上部}}$ を概算できます。

接着剤	レベル 1 取付け – エミッター スラグから基板へ エミッター 1 個あたり $R\Theta_{\text{スラグ-基板}} (^{\circ}\text{C}/\text{W})$ を追加 $0.044\text{in}^2 (28\text{mm}^2)$ スラグ領域	レベル 2 取付け – 基板からヒートシンクへ エミッター 1 個あたり $R\Theta_{\text{基板-ヒートシンク上部}} (^{\circ}\text{C}/\text{W})$ を追加 $1\text{in}^2 (625\text{mm}^2)$ 基板領域	メーカー情報
接着剤約 0.010” の厚み	アミコン E3503-1	4.8	* EMERSON & CUMING-BELGIUM PH: 0032/ 14 57 56 11
	エポ テック T7109	2.3	* EPOXY TECHNOLOGY 1 508 667 3805 WWW.EPOTEK.COM
テープ	ボンドプライ 105 (厚み 0.005”)	1.4	3 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ THE BERGQUIST COMPANY WWW.BERGQUISTCOMPANY.COM
	ケプトン	9.5	

表 3

接着剤およびテープの標準的な熱抵抗。

接着剤や接触材を選択する前に、Luxeon および御社の製造プロセスと用途との適合性と互換性を確認してください。Lumileds 社では Emerson and Cuming 社のアミコン 3503-1 を使用しています。また、Epoxy Technology 社のエポ テック T7109 は、Luxeon Power Light Source を使用した Lumileds 社の製造プロセスに適合しています。使用する前に接着剤を十分に評価することを強くお勧めします。

以下の製品は Luxeon Power Light Source を使用する特定の用途および製造プロセスに適合しています。

製品	会社	Web サイト
SE9184, PC1500, PC2500	Dow Corning	www.dowcorning.com/electronics
DP-190 灰色	3M	www.3M.com
ポラーチップ M20, CP7003	Gore	www.gore.com/electronics
T645	Chomerics	www.chomerics.com
MT125	Thermoset	www.thermoset.com
383, 3873	Loctite	www.loctite.com
PPI RD628	PPI Adhesives	www.ppitapes.com

表 4

放熱接着剤と放熱材のサブライヤの例。

放熱設計の効果的な使用

- エミッターが 25mm 以上離れている場合、アルミニウム平板ヒートシンクとフィン付きヒートシンクの効率はほぼ同じにできます。
- フィン付きヒートシンクは占有面積の最小化に効果的です。
- 平板ヒートシンクの放熱性能を最大化するには、(25mm の間隔で取付けた) エミッターごとに約 9in² の露出表面積を取ってください。
- Luxeon Flood を室温 (25°C) で作動させるには、36in² の露出表面積を持つ平板ヒートシンクが必要です。
- 可能であれば、滑らかで平坦な表面にヒートシンクを取付ける際には留め具を使用してください。

設計の検討

図 4～9 のチャートを使用してヒートシンクのサイズとその方向や形状を決めてください。ヒートシンクの要件を定義します。この一般的な手順を以下に示します。

用途に合った放熱要件と光学要件が決まったら、エミッター 1 個あたりに必要な $R\theta_{B-A}$ を最初に決める必要があります。次に必要な $R\theta_{B-A}$ に基づいてチャートのデータを使用し、

25mm の間隔のシングルまたはマルチ エミッターを使用する場合は、図 4～8 を使用してヒートシンクの要件を決定できます。Luxeon Flood など間隔が密集したエミッターを使用する場合は図 9 を使用してください。

A. 最小サイズのヒートシンクを選択する手順

ステップ 1) $R\theta_{J-A}$ の許容値を決定します。 T_J が制約要因とすると、次の数式を使用して求めることができます。

$$T_J = T_A + (P)(R\theta_{J-A})$$

この式に絶対最高温度 T_J と、最悪の作動条件として温度 T_A を代入します。実際の用途で必要とされる光学性能を達成するために、 T_J は 120°C 未満でなければならない場合があります。詳細については『Luxeon Custom Design Guide』を参照してください。

1 ストリング当たりの消費電力、 P は次の式で求めることができます。

$$P = (V_F)(I_F)$$

$R\theta_{J-A}$ は次のようになります。

$$R\theta_{\text{接合部-外気}} = \frac{(T_{\text{接合部}} - T_{\text{外気}})}{P}$$

ステップ 2) $R\theta_{B-A}$ から Luxeon のエミッターの $R\theta_{J-B}$ (表 1 にあります。最新の製品データシートもチェックしてください) を引き算して $R\theta_{B-A}$ の目標値を求めます。

ステップ 3) 計算により求めた $R\Theta_{B-A}$ を目標値として使用し、図 4～9 のチャートのデータを検討して、最適なヒートシンクの構成を決定します。 $R\Theta_{B-A}$ の目標値を達成することができるヒートシンクの面積を求めます。ここでの目的は、必要なヒートシンクの大体のサイズを求めることにあります。フィン付きヒートシンクを使用すると占有面積が少なくすみすみます。

ヒートシンクサイズの制約が分かっている場合は、特定のヒートシンク設計に対応した

B. その他の熱分析データの利用について

「結果」のセクションに示されているデータだけでなく、 $R\Theta_{B-Ak}$ の目標値を達成する適切なヒートシンクを決めることができる他のデータも入手できます。このデータには、公表されているヒートシンクの特性データや、熱分析ソフトウェアなどがあります。

こうした参考資料を使用する場合、Luxeon のエミッターは、取付け面全体に等間隔で配置されていない点熱源として作用することに注意してください。

押出成型のヒートシンクとしては Aavid Thermalloy 社製のものがあります。同社は、熱抵抗の値をもとにして標準のヒートシンクのサイズを選択することができる無料のソフ

C. 設計の確認

その用途での実際の試作品がある場合は、エミッターのメタルコア プリント基板の温度を監視し、熱モデルから得られた結果と比較することが重要です。

$R\Theta_{B-A}$ の目標値を最初に決めることができます。設計の検討中、ヒートシンクのサイズを制約として使用しながら徐々に入力変数を変更できます。

例えば、用途によっては駆動電流、 I_F 、を小さくしても発光出力の条件を満たすことができます。これにより消費電力、 P を低減することができ、結果的にヒートシンクを小さくしても達成可能な $R\Theta_{B-A}$ の目標値を大きくすることができます。

トウェアを提供しています。このソフトウェアや、その他の熱分析ツールとソフトウェアには、以下に示す Web リンクからアクセスできます。

<http://www.aavidthermalloy.com/>

R-シータ社もヒートシンク製品のメーカーです。同社でも次の Web リンクにて分析ツールを提供しています。

<http://www.r-theta.com/>

熱分析データおよびツールについては以下のサイトにも掲載されています。

<http://www.electronics-cooling.com>

<http://www.coolingzone.com>

<http://www.thermalwizard.com>

基板の最も熱い部分、通常はエミッター アレイの中心付近のエミッター ベースにできるだけ近い所 (図 10) で温度を監視してください。予想される外気温度範囲、対流、およびその他の熱負荷にて設計を評価してください。

エンクロージャー内での用途には役立ちませんが、温度は表面調査温度計を使用して監視できます。通常、熱電対が温度監視には最も実用的です。

推奨する熱電対 (TC) の取付け

1. TC を基板の最も熱い領域に配置します。
例えば、エミッターのクラスタ アレイの中心付近や熱を発生する電子回路付近など。
2. TC をできるだけエミッターのベース近くに配置します。TC の先端をリード線の上に取り付けしないでください。TC をエミッターのハンダパッドにハンダ付けするか取付けます。
3. 直径が小さな TC (J タイプ) を使用する場合は、TC を接着剤で取付ける場合は、TC



図 10. T_{基板} を監視する熱電対の位置

の先端をエミッターのベースに付ける形で基板の上部に平らにテープ付けできます。

4. 大きめな T または K タイプを使用する場合は、TC の先端を基板上に平らにテープ付けできず、正確性が失われることがあります。そうした場合は、TC の直径よりほんの少し大きめな深さ 0.03" の穴を基板の上部にあけてください。(図 11) TC の先端を直角に折り曲げます。接触を良くするため、TC の先端を誘導性のあるペースト (Wakefield Eng, Thermal Compound など) に浸けてください。TC の先端を挿入し、TC のワイヤをテープまたは接着剤で固定して TC の先端がしっかりと挿入されるようにします。

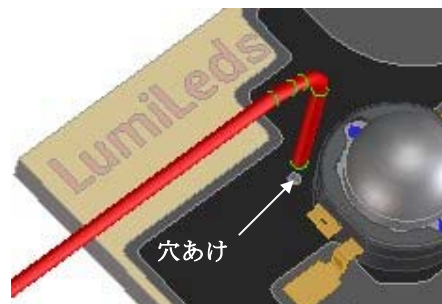


図 11. 基板内の熱電対の先端

D. 例

例 1: Luxeon Star - シングル エミッター

シングル エミッター Luxeon Star を使用するには、自由対流のアルミニウム製平板ヒートシンクが必要です。このヒートシンクが作動する最高外気温度は 85°C です。この用途では

335mA で駆動するアンバー バットウィング エミッターを使用しています。

ステップ 1) $R\Theta_{\text{接合部-外気}}$ の許容値を決定します。次の熱伝導の数式を使用します。

$$T_{\text{接合部}} = T_{\text{外気}} + (P)(R\Theta_{\text{接合部-外気}})$$

または、

$$R\Theta_{\text{接合部-外気}} = \frac{(T_{\text{接合部}} - T_{\text{外気}})}{(P)}$$

ここで、

$T_J = 120^\circ\text{C}$ (接合部の最高温度)

$T_A = 85^\circ\text{C}$ (作動条件に基づく最高温度)

アンバー バットウィング エミッターの最高

$V_f = 3.3\text{ V}$ (データシートを参照)

$$P_d = (V_f)(I_f)$$

$$P_d = 3.3\text{ V} * 335\text{ mA} = 1.1\text{ W}$$

$R\Theta_{J-A}$ は次のようになります。

$$R_{J-A} = \frac{(120 - 85)}{1.1}$$

$$R\Theta_{J-A} = 32^\circ\text{C/W}$$

ステップ 2) $R\Theta_{B-A}$ の目標値を求めます。

Luxeon エミッターの $R\Theta_{J-B}$ を減算します。

$R\Theta_{B-A} = 32^\circ\text{C/W} - 17^\circ\text{C/W}$ (バットウィング LED の場合)

$$R\Theta_{B-A} = 15^\circ\text{C/W}$$

例 2: Luxeon Line — 12 エミッター

Luxeon Line (エミッター 12 個) を垂直に取付ける場合について説明します。光学系の付いた Luxeon 製品の場合は、最高外気作動温度は 75°C です。このエミッターは赤で、駆動電流は 325 mA です。

ステップ 1) $R\Theta_{\text{基板-外気}}$ の許容値を決定します。次の熱伝導の数式を使用します。

$$R\Theta_{\text{接合部-外気}} = \frac{(T_{\text{接合部}} - T_{\text{外気}})}{(P)}$$

ここで、

ステップ 3) 「結果」セクションのヒートシンクの特長データを検討します。

熱抵抗の目標値 ($R\Theta_{B-A} = 15^\circ\text{C/W}$) は、実際のスペース要件に合わせて、数種類の異なったヒートシンク的设计により達成することができます。自由対流を受ける面が 1 か所のみ平板ヒートシンクを水平に取付ける場合に必要な面積は約 9 in^2 です (図 4)。

この設計は、自由対流面が 2 か所ある 4 in^2 の平板ヒートシンクを垂直に取付けても実現することができます (図 5)。

占有面積を 2 in^2 に減らす場合は、総表面積約 11.5 in^2 のフィン付きヒートシンクを使用することもできます (図 8)。

エミッターの所要駆動電流が 350 mA の場合は、この $R\Theta_{B-A}$ の目標値では若干低いために、少し広い面積のヒートシンクが必要となる可能性もあります。

$T_J = 120^\circ\text{C}$ (接合部の最高温度)

$T_A = 75^\circ\text{C}$

V_f 最高値 = 20 V / 直列接続した 6 個のエミッター (データシートを参照してください)

V_f の最高値 = 3.3 V

$$P_d = 325\text{ mA} * 3.3\text{ V} = \text{エミッター 1 個あたり } 1.1\text{ W}$$

$R\Theta_{J-A}$ は次のようになります。

$$R_{J-A} = \frac{(120 - 75)}{1.1}$$

$$R_{J-A} = 41^\circ\text{C/W}$$

ステップ 2) $R\theta_{B-A}$ の目標値を求めます。

数式 4 を使用してエミッター 1 個当たりの $R\theta_{J-B}$ を求めます。

$$\text{アレイ全体の } R\theta_{\text{接合部-基板}} = \frac{\text{LEDエミッターの } R\theta_{\text{接合部-基板}}}{N}$$

Luxeon Line の総 $R\theta_{J-B} = 1.4^\circ\text{C/W}$ (データシートを参照)

$$\text{エミッター 1 個あたりの } R\theta_{J-B} = 1.4^\circ\text{C/W} * 12$$

$$\text{エミッター 1 個あたりの } R\theta_{J-B} = 17^\circ\text{C/W}$$

$$RT_{B-A} = 41^\circ\text{C/W} - 17^\circ\text{C/W}$$

$$RT_{B-A} = \text{エミッター 1 個あたり } 24^\circ\text{C/W}$$

ステップ 3) 「結果」セクションのヒートシンクの特性データを検討します。

図 5 を見ると、Luxeon Line では、垂直方向に自由対流面が 2 箇所あるエミッター 1 個あたり、占有面積 2in^2 の平板ヒートシンクが必要なことが分かります。これは占有面積 24in^2 、総表面積 48in^2 のヒートシンクに相当します。

方法の確認

この方法の妥当性をテストするために、 48in^2 の平板ヒートシンクを取付けた Luxeon Line 12 エミッター アレイに計測器を取付け測定しました。

システム全体の RQ_{J-A} は、数式 4 と同様の計算式を使用して求めることができます。ここで "N" はエミッターの個数を表します。

$$\text{システム全体の } R\theta_{\text{接合部-外気}} = \frac{\text{エミッターの } R\theta_{\text{接合部-外気}}}{N}$$

$$\text{システム全体の } R_{J-A} = 3.4^\circ\text{C/W}$$

T_A の値に対する T_J は、数式 3 を使用して求めることができます。システム全体の RT_{J-A} を使用する場合は、アレイの総消費電力を使用する必要があります。

$T_A = 25^\circ\text{C}$ として T_J を計算します。

$$\text{アレイの総消費電力} = 12 * 1.1\text{W} = 13.2\text{W}$$

数式 3 :

$$T_{\text{接合部}} = T_{\text{外気}} + (P)(R\theta_{\text{接合部-外気}})$$

$$T_J = 25^\circ\text{C} + (13.2\text{W})(3.4^\circ\text{C/W})$$

$$T_J = 70^\circ\text{C}$$

垂直方向での $R\theta_{B-A}$ の測定値は 2.5°C/W でした。アレイ全体の $R\theta_{J-B}$ 値 1.42°C/W を加算すると、システム全体の $R\theta_{J-A}$ の測定値は 3.9°C/W であるのに対し、 $R\theta_{J-A}$ の予想値は 3.4°C/W でした。

Luxeon について



Luxeon は固体発光 (LED) 技術の新世界です。Luxeon Power Light Source ソリューションの利点は従来の発光技術とは段違いです。のみならず、ほかの LED ソリューションに比べても、はるかに有利です。Luxeon なら、これまで不可能だった製品をつくりだして市場に投入することができます。つまり、市場において明白な競争力を持った製品を製造することが可能になります。小型軽量、優美で格好よく、明るい製品。そして、かつてないほど楽しく使え、効率がよく、環境にやさしい製品です。

L U X E N  TM

企業概要

Luxeon 製品は Lumileds Lighting 社 (LLC) が開発、製造および販売しています。Lumileds 社は発光ダイオード (LED) を世界中に供給しており、年間に数十億個もの LED を製造しています。Lumileds 社は 3 つのベースカラー (赤、緑、青) および白の基本的な LED 材料を製造している LED の総合メーカーです。Lumileds 社は、カリフォルニア州サンノゼおよびオランダのベストに研究開発センターを持っています。製造工場はカリフォルニア州サンノゼおよびマレーシアにあります。

Lumileds 社は、高光束 LED 技術を開拓しており、固体 LED 技術と照明分野の橋渡しをしています。Lumileds 社は、最も優れた、最も高輝度な LED の技術開発に専心しており、照明分野に新しい用途と新しい市場をもたらしています。

LUMILEDS TM
LIGHT FROM SILICON VALLEY

©2003 Lumileds Lighting, U.S. LLC. All rights reserved. Lumileds Lighting 社は Agilent Technologies 社および Philips Lighting 社の合併会社です。Luxeon は Lumileds Lighting 社の商標です。製品仕様は予告なく変更されることがあります。

発行番号 AB05 (2004 年 6 月)

Lumileds 社は、Luxeon の性能その他の特性に影響を与える工程および材料を変更する場合があります。かかる変更の後に納入される製品は、引き続き、公表されている仕様諸元を満たしますが、サンプルまたは変更前のご注文により納入される製品と異なる場合があります。

LUMILEDS

www.luxeon.com
www.lumileds.com

テクニカルサポートおよび最寄りの Lumileds の販売店の所在地については下記にお問い合わせください。

各国共通：

+1 408-435-6044
米国フリーダイヤル：877-298-9455
ヨーロッパ：+31 499 339 439
アジア：+65 6248 4759
ファックス：408-435-6855
電子メールアドレス：
info@lumileds.com

Lumileds Lighting, U.S. LLC
370 West Trimble Road
San Jose, CA 95131