

概要

熱抵抗網モデルはデバイスの放熱性能の推定と放熱設計に有用である。ムラタは UltraCP モジュールの熱抵抗値をデータシート上に記載し、提供している。このアプリケーションノートではどのように UltraCP モジュール内の最大温度を熱抵抗を利用して計算するのかを示す。

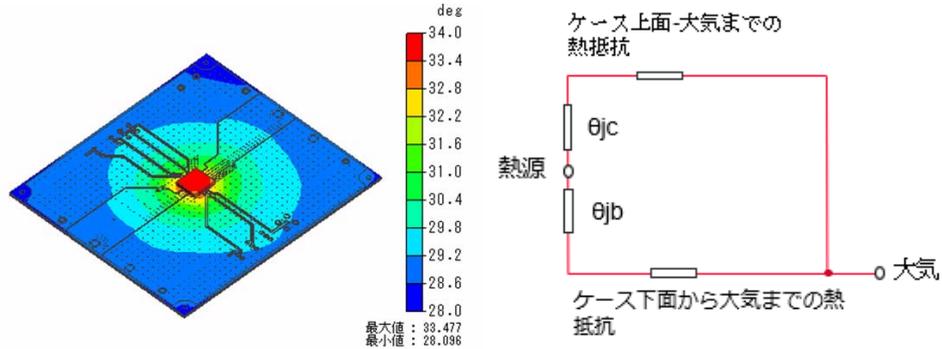


Table of contents

1. シンボルの定義	2
2. モジュールの動作温度と動作範囲.....	3
3. 熱抵抗	3
3.1 $\theta_{jc}(\theta_{jct})$ と $\theta_{jb}(\theta_{jcb})$	4
3.2 θ_{ja}	4
4. T _J の計算方法	5
5. 計算例	6
6. 参考	6

1. シンボルの定義

熱抵抗の概念を電源モジュールへ適用するが、基本的な用語は、JEDEC に則った表現とする。一部本文書用の独自表現については、説明欄に記載する。

表 1. シンボルの定義

記号	項目	説明
Ta	環境温度	モジュール使用環境における雰囲気温度
Tj	接合部温度	モジュール内最大温度
Tc	ケース温度	モジュールケース天面の温度
Tb	ケースボトム	モジュール実装面の基板最大温度
θ_{ja}	ジャンクションーエア間熱抵抗	モジュール内最大温度と環境温度測定点までの熱抵抗
θ_{jc}	ジャンクションーケース天面間熱抵抗	
θ_{jct}	モジュールケース天面とジャンクション温度間の熱抵抗	
θ_{jb}	ジャンクションーケースボトム間熱抵抗	
θ_{jcb}	モジュールジャンクション温度とモジュールケースボトム間の熱抵抗	
Ptotal loss	モジュールの総損失	独自表現

2. モジュールの動作温度と動作範囲

モジュールの動作温度には限界値があり、諸々の特性が満たせなくなったり、信頼性（寿命）を落としたり、最悪の場合モジュールの保護回路動作により動作停止におちいる。データシート上では破損に至らないが特性が劣化するレベルと破損に至るレベルの2段階で記載がされている。

1つ目は“絶対最大定格”で、この温度範囲を超える動作を行う場合、モジュールは破損に至る。

2つ目は“動作推奨範囲”で、この温度範囲内の動作であればモジュールは、低ストレスで特性劣化を抑えながら動作できる。

図.1 は動作状態とストレスの関係性を示した図である。動作温度の基準は T_j である。

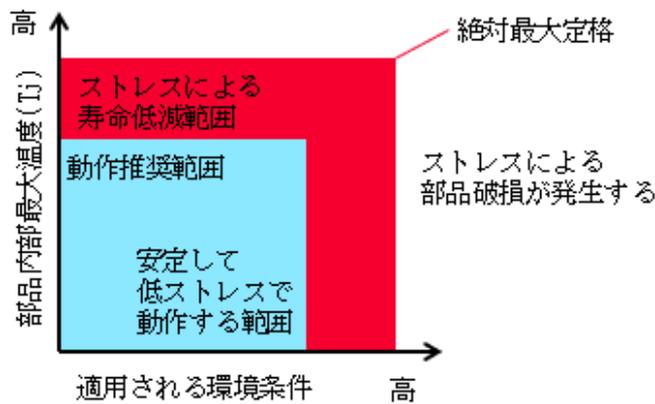


図 1. 動作範囲とストレス状態

3. 熱抵抗

熱抵抗は次の式で定義される。

$$A \text{ 面から } B \text{ 面までの熱抵抗の値} = \frac{A \text{ 面と } B \text{ 面の温度差}}{A \text{ 面と } B \text{ 面の間に流れる熱流}}$$

式 1

回路同様に熱抵抗網で機能表現をする場合は図.2 の左図のように、定義される 2 点 (AB) の間に白い箱（ないしは、電子回路と区別できる場合は Z 型の抵抗表現）で表記する。Fig. 2 の右図は左図と同一の熱抵抗表現を 3 次元形状で模試した図である。

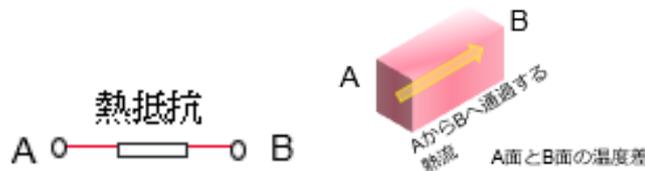


図 2. 熱抵抗モデル (左: シンボル図、右 3 次元での理想モデル)

熱抵抗の概念は単純ですが、モジュールの放熱性を詳細な熱抵抗モデルで表すのは難しい。モジュール内は熱源になるデバイスが複数あり、経路となるパターンも複雑に這っており、製品毎にモデルが変わってしまうためである。本資料では、2 抵抗モデルのみを利便性のために説明する。2 抵抗モデルは 2 つの熱抵抗 (θ_{jb} 、 θ_{jb}) と 1 つの熱源から構成される熱抵抗モデルとなっている。(詳細は次の節で説明する。)

3.1 $\theta_{jc}(\theta_{jct})$ と $\theta_{jb}(\theta_{jcb})$

2抵抗モデルはモジュール上面と熱源の間にある熱抵抗 $\theta_{jc}(\theta_{jct})$ とモジュール下面と熱源の間にある熱抵抗 $\theta_{jb}(\theta_{jcb})$ で表される。構成する熱抵抗 $\theta_{jc}(\theta_{jct})$ 、 $\theta_{jb}(\theta_{jcb})$ の値は図. 3の方法で決定される。図. 3 において、熱抵抗は青色のZ型抵抗器、熱源は赤ドット、モジュールの上面（下面）は黄ドットで表されている。熱抵抗の定義（式1）の通り、熱源から発せられた熱流が熱抵抗 $\theta_{jc}(\theta_{jct})$ 、 $\theta_{jb}(\theta_{jcb})$ のいずれかをどの程度通るのか、把握する必要がある。

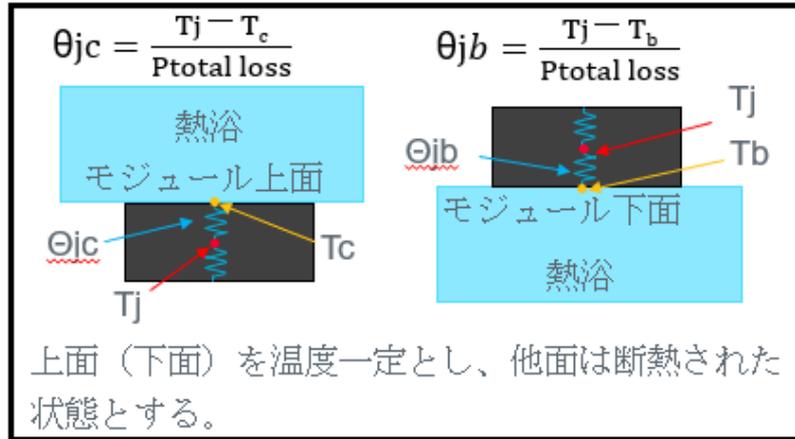


図 3. θ_{jc} と θ_{jb} の定義

熱流量を測定するためには、放熱面以外の熱流が発生しない状態（放熱面以外の面は断熱された状態）で、熱源の発熱量を測定する必要がある。ないしは該当する経路以外の放熱を計算から除く必要がある。

3.2 θ_{ja}

θ_{ja} は図. 4 で定義される。モジュールからのすべての熱流が大気対流で伝導されるか、輻射で放熱されるため、熱源と十分モジュールから離れた点の大気温度との差を熱源の全発熱量で割ることで決定される。またこの値はモジュールの実装基板の放熱性能により変化する値となる。

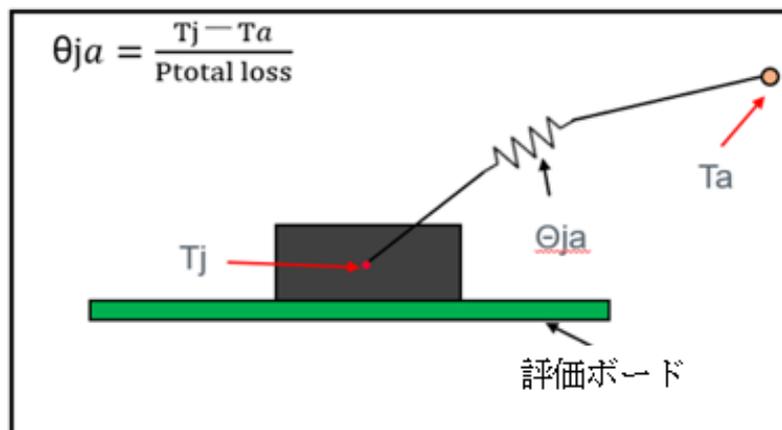


図 4. 部品最大温度（ジャンクション温度）と大気までの熱抵抗 θ_{ja}

4. Tj の計算方法

- 1) データシートから熱抵抗の値を読む。(Thermal resistance θ_{jc} , θ_{jb} の値)
- 2) モジュールの全損失を使用環境条件で測定するか、推定する。推定は製品のデータシートに掲載されている効率カーブから、該当する入出力条件の際の効率の値を読み、以下の式から全損失をもとめる方法で行う。

$$\text{“全損失”} = \text{“モジュール出力電力”} \times \frac{1 - \text{“データシート上の効率”}}{\text{“データシート上の効率”}}$$

式 2 全損失の計算式

- 3) モジュール天面と裏面（実装側）の温度をシミュレーションにより計算するか、実測する。（天面温度は T_t 、実装側の温度は T_b とします。）
- 4) 熱源の温度 T_j を次の式から計算する。

$$T_j = \theta_{jb} * (P_{totalloss} - P_{hf}) + T_b$$

ここで P_{hf} は熱源から大気に直接接しているモジュール表面への熱流とする。

もしモジュール天面が実装面を除いて主な放熱面である場合 P_{hf} は以下のように簡略化できる。

$$P_{hf} = \frac{T_j - T_c}{\theta_{jc}}$$

T_j の式は P_{hf} の式を代入し、整理することで以下のように変形できる。

$$T_j = \frac{\theta_{jb} * P_{loss} + \frac{\theta_{jb}}{\theta_{jc}} * T_c + T_b}{1 + \frac{\theta_{jb}}{\theta_{jc}}}$$

T_c と T_b が定義できる場合は、 T_j を推定するのに利用できる。

より精度を求める場合は、データシート上に記載の熱抵抗を用いてシミュレーションソフトで算出される事を推奨する。

5. 計算例

以下に4章の T_j の計算例を挙げる。

図. 5 はモジュールの熱抵抗値である。

Table1 は測定結果（左表）と4章に基づいた計算結果になる。

この場合はモジュール天面温度と熱源の温度が 1°C 以下の差であるという結果になっている。

- 熱抵抗

$$\Theta_{jc} = 51.8 \text{ degC/W}$$

$$\Theta_{jb} = 6.27 \text{ degC/W}$$

$$\Theta_{ja} = 19.0 \text{ degC/W}^*1$$

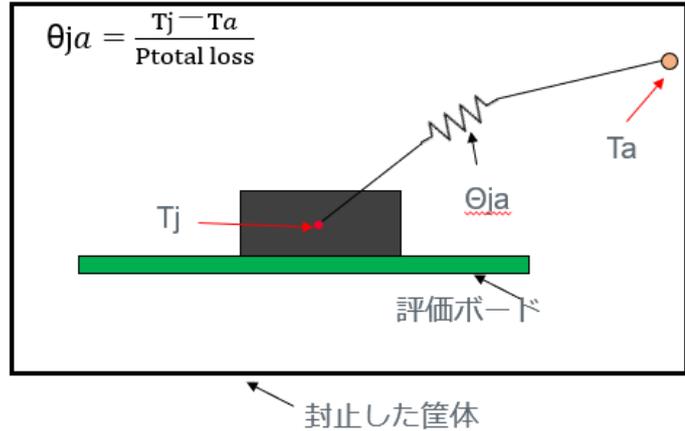


図 5. 計算例の熱抵抗

表 2. 測定結果

Item	Value	Unit
Top surface Temperature	43.81	degC
PCB Temperature near the module	37.4	degC
Ta	26.04	degC
Efficiency	92.5	%
Vin	11.9975	V
Iin	1.2138	A
Vout	1.7856	V
Iout	7.5454	A

表 3. 計算結果

Item	Value	Unit
Ploss	1.09	W
Tj	44.2	degC
Θ_{jb}	6.27	degC/W
Θ_{jc}	51.8	degC/W
Θ_{jb}/Θ_{jc}	0.121	NA

6. 参考

単語の定義について

JEDEC JESD51-12 Page 6 to page 10

実測で熱抵抗を算出する場合（本資料では紹介しません）

JEDEC JESD51-2A

免責

- ・本資料に記載された情報は、当社製品を理解していただくためのものです。最終的には必ず納入仕様書をご確認ください。
- ・本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- ・本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成しておりますが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社はその責任を負うものではありません。
- ・本資料の情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
- ・本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません
- ・文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。

お問い合わせフォーム

<https://www.murata.com/contactform?Product=Power%20Device>

著作権および商標

当文書の情報は著作権法、商標法、その他の知的財産権関連法令で保護されています。当社の承諾なく複写・転載することは法律で禁止されています。