

熱設計

2 抵抗モデルの使い方

熱シミュレーションモデルの中でも最も簡単なモデルの一つとして、2 抵抗モデルがあります。ここでいう熱シミュレーションは 3 次元モデル熱伝導、熱流体解析ツールを対象としています。2 抵抗モデルを用いることで、基板上に作成した回路の熱シミュレーション結果を比較的短時間で得ることができます。このアプリケーションノートではその 2 抵抗モデルの使い方について説明します。

2 抵抗モデルの概要

2 抵抗モデルとは、半導体デバイスの熱モデルとして最も簡単なモデルであり、Figure 1 のような配列で表すことができます。実際に 2 抵抗モデルをシミュレーションソフト上で表現する場合は、Figure 2 のように同形状の直方体を 2 つ重ねた形で表します。2 抵抗モデルの構造は、パッケージをジャンクションから上下に分けただけの簡単なモデルのため、ディスクリート製品などの単機能なデバイスに向いています。また JEDEC 準拠の 4 層基板をもとに作成していることから、多層基板や放熱性能の高い基板に接続する場合にも向いています。一方で、2 抵抗熱モデルは熱シミュレーションにおいて全体的に一律な温度結果を得ることになるため、局所的に発熱する動作モードやチップレイアウトで使用する場合、また放熱性能の低い基板に接続する場合には不向きとなり、シミュレーション精度が低くなってしまいう可能性があります。これらの粗さを持つ 2 抵抗モデルは、熱モデルとして最も複雑な詳細モデルに比べると精度は低いですが、解析時間を大幅に短縮することができるという特徴を持ちます。

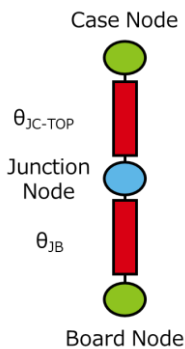


Figure 1. 2 抵抗モデルの物理的な配列

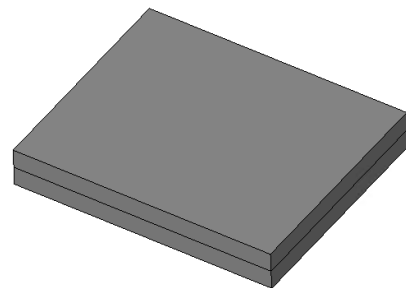


Figure 2. 2 抵抗モデル例

[LDOレギュレータ BD950M5EFJ-C](#)

(パッケージ名:HTSOP-J8)

Figure 1 において、Junction Node はチップの熱源部であり、デバイス動作時の熱は全てここに発生します。Case Node はパッケージの上面部であり、すぐ上の環境(通常は空気やヒートシンクと一緒に使用される熱伝導材料)と直接熱接触しています。Board Node は、デバイス端と基板の接点から 1mm 以内の位置の基板表面温度を示しており、パッケージのフットプリントの直下の環境(通常はプリント配線基板)と直接熱接触しています。そして Junction から Case、および Junction から Board の Node 間は、2 つの熱抵抗(θ_{JC-TOP} 、 θ_{JB})でそれぞれ接続された構造となっており、この 2 つの熱抵抗が Figure 2 における 2 つの直方体に対応しています。なお 2 抵抗モデルにおいて、Junction Node で発生した熱は Case Node 方向と Board Node 方向の 2 方向にのみ流れ、パッケージ側面から周囲の流体に伝達される熱の流れは考慮しないものとして扱います。

2 抵抗モデルに関するより詳細な説明は、アプリケーションノート「[熱シミュレーション用 2 抵抗モデル](#)」を参照してください。

2 抵抗モデルの入手方法

Step 1

-ROHM ホームページにアクセスし、TOP ページの右上にある「サイト検索」窓に製品形名を入力します。



Figure 3. ホームページ内サイト検索窓

Step 2

-検索結果から該当形名をクリックし、個別製品ページに移動します。



Figure 4. 該当型名検索例(BD950M5EFJ-C)

Step 3

-製品ページ内の[ドキュメント]をクリックします。

-[ドキュメント]内の[熱設計]より、2 抵抗モデルアプリケーションノートをダウンロードしてください。ただし、2 抵抗モデルは全ての製品には対応していません。



Figure 5. 製品ページ例(BD950M5EFJ-C)



Figure 6. 2 抵抗モデルアプリケーションノートのリンク位置

熱シミュレーション方法

使用するシミュレータによって設定方法は異なりますが、ここでは Simcenter Flotherm™(Siemens Industry Software Inc.)を使用して説明します。

1. 前述の通り、ロームのホームページから該当製品の 2 抵抗モデルアプリケーションノートを入手します。
2. Flotherm 上の「モデル作成」タブから「コンパクトコンポーネント」を選択し、モデルを生成します。

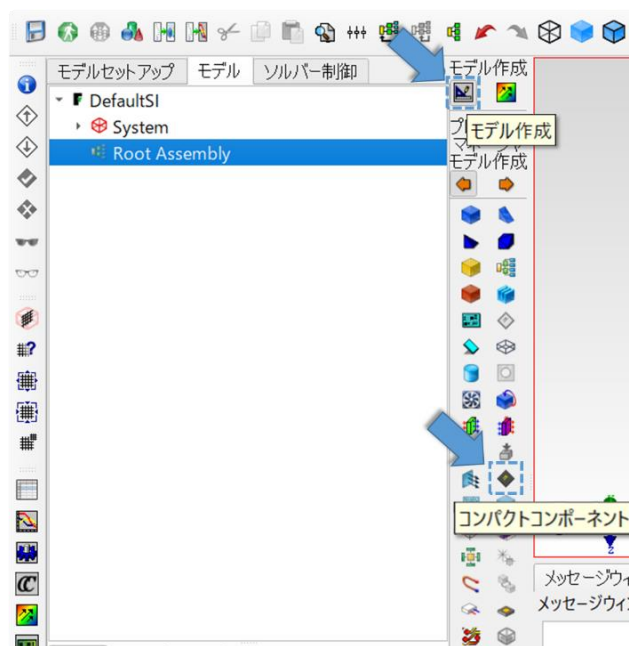


Figure 7. コンパクトコンポーネントモデル生成方法

3. 作成したモデルを選択した上で、「モデル」タブよりモデルタイプを「2 抵抗モデル」に設定し、ジャンクション発熱量を、デバイス使用時に想定される消費電力値に設定します。

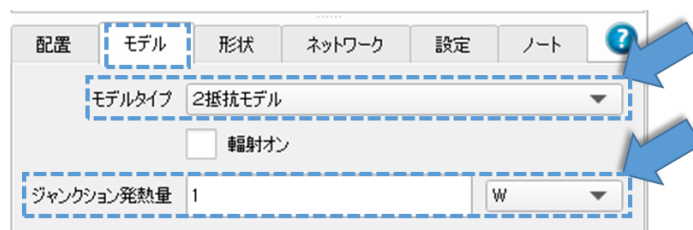


Figure 8. 物性値の入力例

4. 1.で入手したアプリケーションノート内の2抵抗モデル(Figure 9)を参考に、Figure 10 のよう「形状」タブから寸法を入力してモデル化を行います。このとき上面層厚さと底面層厚さは、Z 方向厚さの半分の値をそれぞれ入力します。

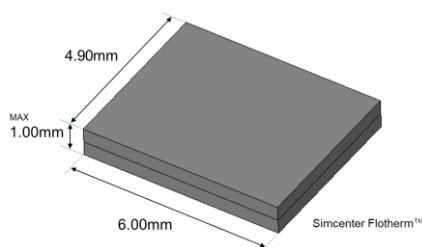


Figure 9. 2 抵抗モデル参考例
(パッケージ名:HTSOP-J8)



Figure 10. 2 抵抗モデルの寸法入力例

5. 1.で入手したアプリケーションノート内の2抵抗値(Figure 11)を参考に、「ネットワーク」タブ内にて2抵抗値を入力します。このとき熱抵抗の単位を K/W にし、2抵抗モデルアプリケーションノートに記載してある θ_{JC-TOP} 値を Junction-Top の抵抗欄に、 θ_{JB} 値を Junction-Bottom の抵抗欄にそれぞれ入力します。

熱抵抗値

表子	値
θ_{JTop}	37.3 [°C/W]
θ_{JB}	7.1 [°C/W]

Figure 11. 2 抵抗モデル値参考例
(パッケージ名:HTSOP-J8)



Figure 12. 物性値の入力例

6. 作成した2抵抗モデルを、任意の基板に実装して熱シミュレーションを実行してください。

シミュレーション実施例

先述のシミュレーション方法を踏まえて、2抵抗モデルを使用した熱設計の実施例を示します。ここでは Figure 13 のような、via がない1層基板に BD950M5EFJ-C の詳細モデルを実装したモデルを例として考えます。このときにデバイスの消費電力を 1W とし、ジャンクション温度が 60°C を超えないような条件を考えます。

この条件で熱シミュレーションを行うと、ジャンクション温度が 79.4°C となり、条件として設定した 60°C を超えてしまいました(Figure 14)。そこで、ジャンクション温度を条件内の温度に抑えるために、部品周りの環境条件を変える必要があります。しかし条件を変えてその都度シミュレーションを行うとなると、詳細モデルを用いたシミュレーションでは長い時間がかかってしまいます。そこで詳細モデルより簡単な2抵抗モデルを用いてシミュレーションを行います。

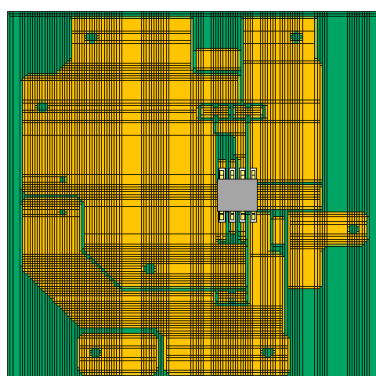


Figure 13. 詳細モデル実装基板例

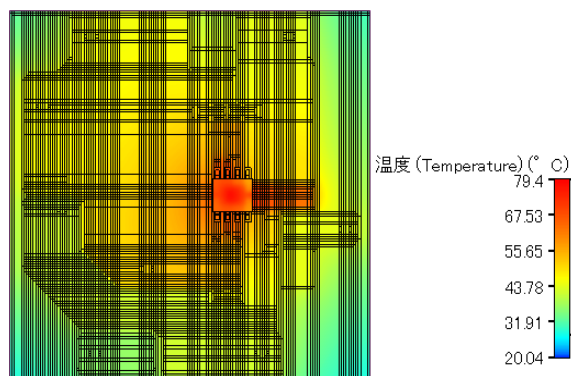


Figure 14. 詳細モデル実装基板熱シミュレーション結果

先述の2抵抗モデル化の手法を用いて、Figure 15 のように2抵抗モデルを作成します(水色の部分)。ここから Figure 16 のように銅箔の層数、部品周りの via の数を変更しシミュレーションを行うと、ジャンクション温度が 57.8℃となり、60℃を下回っていることが確認できました。実際に元の詳細モデルをこの条件でシミュレーションすると 57.1℃となり、2抵抗モデルを用いた際の結果との誤差が 1℃以下と、かなり小さいことが判ります。シミュレーションの条件と結果は Table 1 にまとめています。

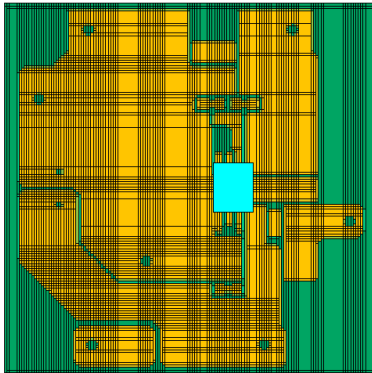


Figure 15. 2抵抗モデル実装基板

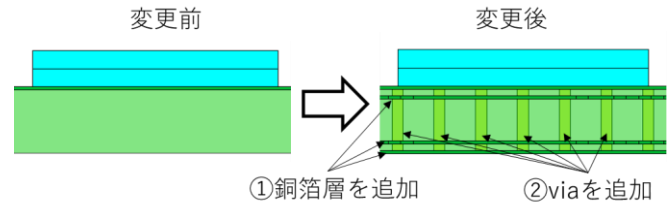
Figure 16. 2抵抗モデル実装基板の熱的改善例
(基板側面視点)

Table 1. シミュレーション条件と結果

	改善前モデル (詳細モデル)	改善後モデル (2抵抗モデル)	改善後モデル (詳細モデル)
Via 数	0 個	84 個	84 個
銅箔層数	1 層(70um)	4 層(70um)	4 層(70um)
ジャンクション温度	79.4℃	57.8℃	57.1℃

また改善後のモデルについて、詳細モデルの場合と2抵抗モデルの場合でのシミュレーションにおけるグリッド数、所要時間を Table 2 にまとめました。Table 2 の通り、2抵抗モデルを用いたシミュレーションでは詳細モデルを用いたものよりもグリッド数を大幅に少なく、計算時間を短くできることがわかります。なお、ここで示しているシミュレーションは一例であり、条件によって2抵抗モデルで短縮できる時間は異なります。

以上のことから、2抵抗モデルは詳細モデルと大きな誤差がなく短い時間でシミュレーションできるため、条件設定を細かく変更する際に有用です。

Table 2. 改善後モデル比較

	2抵抗モデル	詳細モデル	改善率
グリッド数	1,143,248	3,656,419	69%減
シミュレーション時間	4分7秒	9分29秒	57%減

最後に、今回使用した PC スペックを以下に示します。

使用 OS : Windows10 64bit

CPU : Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2650 v4 12core(うち 10 コア使用)

メモリ: 128 GB

使用時の注意事項

2抵抗モデルは JEDEC Standard 環境を想定した熱抵抗であるため、特定のアプリケーション環境との乖離が大きければ大きいほど予測精度が低下します。また θ_{JB} と θ_{JC-TOP} は、基板レベルの熱シミュレーションモデルに組み込むための熱性能の指標として使用することができ、その結果の精度は、情報がどのように使用されるか、その他環境のモデル化誤差や離散化誤差、シミュレーションソフトウェアによっても異なります。また θ_{JB} と θ_{JC-TOP} は主に性能指数であるため、基板レベルのシミュレーション結果の精度は、詳細モデルで得られるものよりも低くなります。

ご 注 意

- 1) 本資料に記載されている内容は、ロームグループ(以下「ローム」という)製品のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新のデータシートもしくは仕様書を必ずご確認ください。
- 2) ローム製品は、一般的な電子機器(AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器等)もしくはデータシートに明示した用途への使用を意図して設計・製造されています。したがって、極めて高度な信頼性が要求され、その故障や誤動作が人の生命、身体への危険もしくは損害、またはその他の重大な損害の発生に関わるような機器または装置(医療機器、輸送機器、交通機器、航空宇宙機器、原子力制御装置、燃料制御、カーアクセサリーを含む車載機器、各種安全装置等)(以下「特定用途」という)にローム製品のご使用を検討される際は事前にローム営業窓口までご相談くださいますようお願いいたします。ロームの文書による事前の承諾を得ることなく、特定用途にローム製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 3) 半導体を含む電子部品は、一定の確率で誤動作や故障が生じる場合があります。万が一、誤動作や故障が生じた場合であっても、人の生命、身体、財産への危険または損害が生じないように、お客様の責任においてフェールセーフ設計など安全対策をお願いいたします。
- 4) 本資料に記載された応用回路例やその定数などの情報は、ローム製品の標準的な動作や使い方を説明するためのもので、実際に使用する機器での動作を明示的にも黙示的にも保証するものではありません。したがって、お客様の機器の設計において、回路やその定数及びこれらに関連する情報を使用する場合には、外部諸条件を考慮し、お客様の判断と責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 5) ローム製品及び本資料に記載の技術を輸出または国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続きを行ってください。
- 6) 本資料に記載された応用回路例などの技術情報及び諸データは、あくまでも一例を示すものであり、これらに関する第三者の知的財産権及びその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。また、ロームは、本資料に記載された情報について、ロームもしくは第三者が所有または管理している知的財産権その他の権利の実施、使用または利用を、明示的にも黙示的にも、お客様に許諾するものではありません。
- 7) 本資料の全部または一部をロームの文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
- 8) 本資料に記載の内容は、本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。ローム製品のご購入及びご使用に際しては、事前にローム営業窓口で最新の情報をご確認ください。
- 9) ロームは本資料に記載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万が一、本資料に記載された情報の誤りによりお客様または第三者に損害が生じた場合においても、ロームは一切その責任を負いません。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどをご用意しておりますので、お問い合わせください。

ROHM Customer Support System

<https://www.rohm.co.jp/contactus>