

熱設計

TO パッケージの放熱設計事例

放熱材料の効果

TO-247、TO3PFM, TO-220 などの TO (Transistor Outlines) パッケージとコールドプレートの構成において、絶縁基板と TIM (Thermal Interface Material) の放熱材料の違いによる熱抵抗の変化をシミュレーションで確認し、熱抵抗を低くするための熱設計事例を紹介します。

シミュレーションモデルの概要

TO-247 パッケージの外観を Figure 1 に示します。裏面に放熱用の金属パッド (サーマルパッド) が露出しており、このパッドはケース内部でダイ (半導体チップ) のドレインと電気的に接続されています。

これをコールドプレートに接続する場合は Figure 2 のように両者の間に絶縁基板を挿入する必要があります。また、サーマルパッドと絶縁基板および絶縁基板とコールドプレートの間には接触熱抵抗を低減するために TIM を挿入することが一般的です。ここでは、絶縁基板と TIM の材料を変えたときの熱抵抗への影響をシミュレーションで確認するため、Figure 2 のようなモデルを構築しました。

コールドプレートは理想的な水冷環境で水温は 65°C に設定しています。

この状態で絶縁基板と TIM の熱伝導率を変更したときの熱抵抗の変化をシミュレーションで求めます。

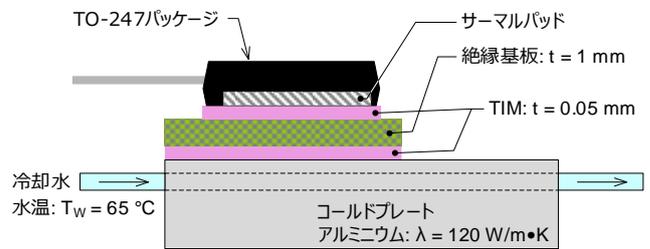


Figure 2. シミュレーションモデル概要図
説明のため厚みを強調表現しています

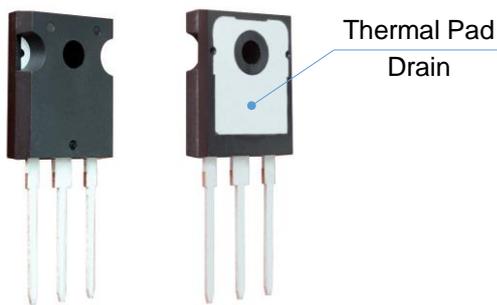


Figure 1. TO-247 パッケージ外観

放熱材料の効果

熱伝導率が異なる絶縁基板を使用した時の熱抵抗の変化を Figure 3 に示します。絶縁基板は Al_2O_3 (アルミナ) と AlN (窒化アルミニウム) で各 2 種類の熱伝導率が異なる材料を選択しました。縦軸はジャンクションから冷却水までの熱抵抗ですが、熱伝導率が一番低い材料を基準とした相対値で表示しています。

絶縁基板の熱伝導率が高くなるにしたがって熱抵抗は低くなります。一番熱伝導率が高い絶縁基板では $0.27^\circ\text{C}/\text{W}$ の熱抵抗低減効果で値としては僅かですが、例えば、消費電力が 50W の場合はジャンクション温度が 13.5°C 低下する効果が得られます。

次に熱伝導率が異なる TIM を使用した時の熱抵抗の変化を Figure 4 に示します。TIM は熱伝導率が異なる 4 種類を選択しました。縦軸の熱抵抗は前のグラフ同様に熱伝導率が一番低い材料を基準とした相対値で表示しています。

TIM の熱伝導率が高くなるにしたがって熱抵抗は低くなります。一番熱伝導率が高い TIM では $0.12^\circ\text{C}/\text{W}$ の熱抵抗低減効果で値としては僅かですが、例えば、消費電力が 50W の場合はジャンクション温度が 6.0°C 低下する効果が得られます。

最後に、絶縁基板と TIM の両方を変更した時の熱抵抗の変化を Figure 5 に示します。ここでも熱抵抗は熱伝導率が一番低い材料の組み合わせを基準とした相対値で表示しています。

両材料の熱伝導率が高くなるにしたがって熱抵抗は低くなります。一番熱伝導率が高い材料の組み合わせでは $0.39^\circ\text{C}/\text{W}$ の熱抵抗低減効果になりました。例えば、消費電力が 50W の場合はジャンクション温度が 19.5°C 低下する効果が得られます。

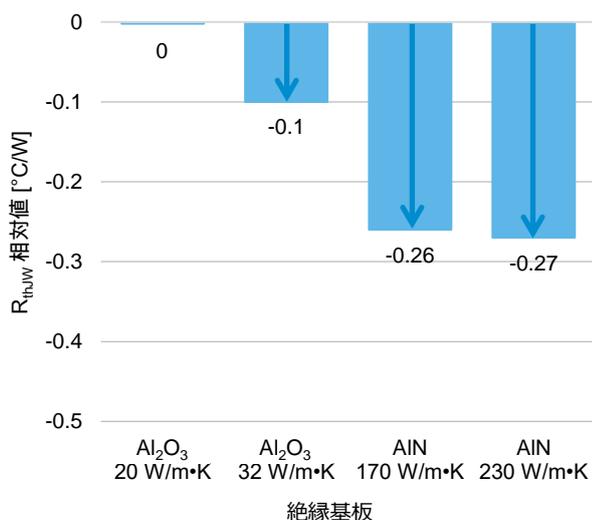


Figure 3. 絶縁基板の違いによる熱抵抗の変化

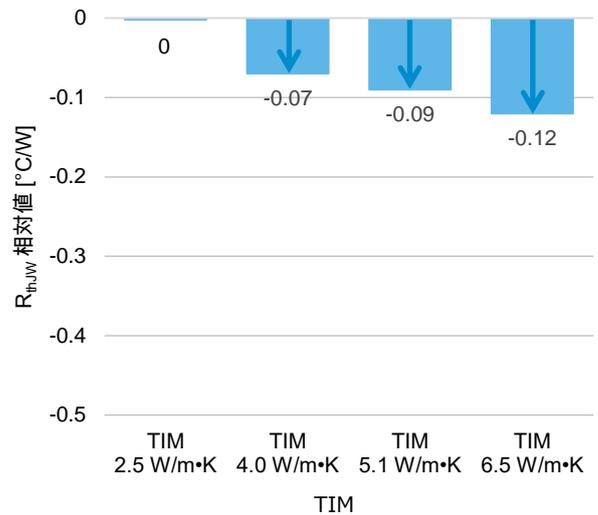


Figure 4. TIM の違いによる熱抵抗の変化

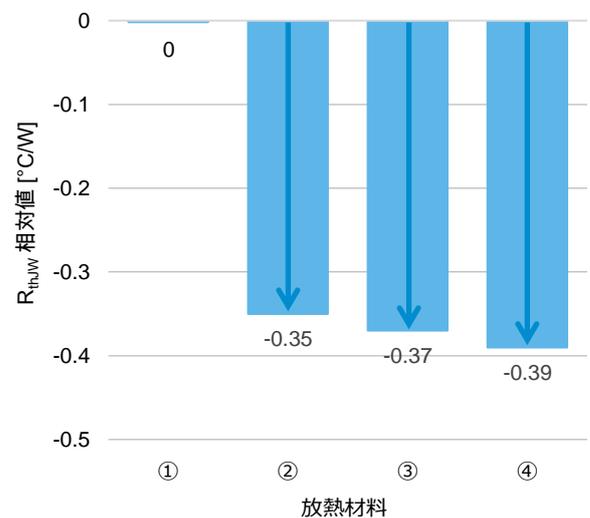


Figure 5. 放熱材料の違いによる熱抵抗の変化

以上のように、消費電力が大きなアプリケーションでは僅かな熱抵抗の違いでも大きな温度差が発生します。ここで紹介した絶縁基板、TIM の条件は一例です。実際には各メーカーから様々な特徴を持った材料が用意されています。また、今回は絶縁基板と TIM を使用しましたが、絶縁シートのみで構成することもあります。絶縁シートのみで構成するとき、グリースのポンプアウトや経年劣化などの課題を解決することができますが、接触熱抵抗の影響が顕著に見えてきます。放熱材料は手元にある材料を使いまわすのではなく、そのシステムに最適な材料を選択することが重要です。

参考データ

シミュレーションに使用した TIM のデータを以下に示します。

[信越化学工業株式会社「信越シリコン」](#)

製品カテゴリー	製品名	熱伝導率
液状シリコンゴム	KE-1891	4.0 W/m・K
ギャップファイラー	SDP-5040-A/B	5.1 W/m・K
ギャップファイラー	SDP-6560-A/B	6.5 W/m・K

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 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たものです。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、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又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を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



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ご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>