

パワーモジュール

# 最適な放熱効果を与えるモジュールの組み付け方法

インバータやモータードライブ等にパワーモジュールを使用する際、半導体素子の導通損失やスイッチング損失により熱が発生するため、パワーモジュールの放熱に考慮した設計が求められます。本アプリケーションノートではパワーモジュールから発生した熱を裏面の放熱板からヒートシンクへ効率よく逃がすために、最適な取り付け方法とその効果を紹介します。

## パワーモジュールの裏面構造

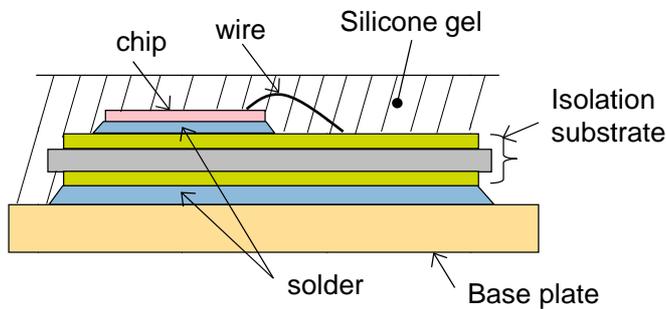
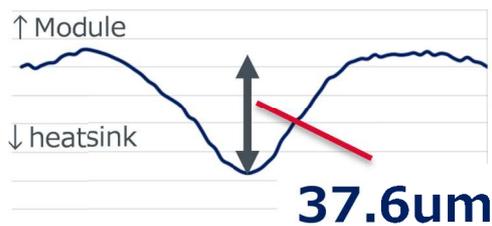
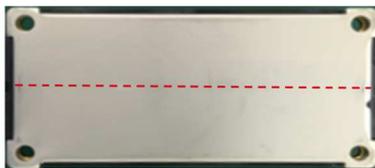


Figure 1. パワーモジュールの構造



Sample:BSM300D12P2E001

Figure 2. 放熱板の反り形状

パワーモジュールの構造は Figure.1 のように放熱と取り付けのための裏面放熱板と、チップと放熱板を絶縁するための基板からなります。裏面放熱板は平坦に見えますが、パワーモジュール後工程時にかかる応力により実際には反っています。Figure.2に放熱板の反り形状を示します。図のように 40 $\mu\text{m}$  ほどの凹凸が確認できます。このためパワーモジュールを締め付ける際に放熱板とシートシンクの界面には必ず隙間が生じ

ます。また放熱板が完全に凸の構造であってもモジュールやヒートシンクの取り付け面にキズがあれば同様に隙間は生じます。この隙間はパワーモジュールからのヒートシンクへの放熱を妨げ、シミュレーション等で算出された温度以上に発熱してしまう可能性があり、最悪の場合最大定格を超えて破壊する恐れがありますので注意が必要です。

## サーマルグリスによる界面の隙間充填

放熱板とヒートシンクの界面に存在する隙間を充填する物質として、シートもしくはグリスがあります。シートは固形状のため扱いやすい反面、組み付けに必要なトルク強度が大きく(例えば 8N $\cdot\text{m}$ )パワーモジュールの定格(3.5N $\cdot\text{m}$ )を超えるため適用には細心の注意が必要です。グリスは流動性があるため、パワーモジュールの定格内のトルク強度で使用できますが、厚さの制御が難しくまた温度変化によってグリスが流動してしまい(ポンプアウト)充填された隙間が再度生じてしまうので材料選定に注意が必要です。以下にサーマルグリスを使用した組み付け方法と放熱の効果を示します。

## サーマルグリスの塗布と組み付け

ヒートシンクに取り付ける際に生じる隙間はモジュールによって異なるため、塗布するグリスには適切な厚さがあります。薄すぎると界面の隙間を充填できず熱抵抗が増加してしまいますが、グリス自体に熱容量があるため厚すぎても熱抵抗が増加します。塗布後のグリスの厚さは 50-100 $\mu\text{m}$  になるようにしてください。グリスを裏面に広げるためにローラーやヘラで放熱板に直接押し当てる方法がありますが、厚さを均一にするためにメタルマスクを用いたスキージ塗布をおすすめします。Figure.3にメタルマスクを用いた塗布の一連の流れを示します。

- ① 固定するためにモジュールを型にはめる  
※隙間が生じる原因となるため裏面を拭いておく
- ② モジュールの上にメタルマスクを重ねる  
※メタルマスクも同様に拭いておく
- ③ グリスをメタルマスク上に塗る

- ④ ③で塗られたグリスをスキージで手前に押すように裏面に広げる  
※スキージはメタルマスクに対して 60°ほど傾け、2-3cm/秒の速さで動かす。一度に塗布しきれない場合は複数回行う
- ⑤ 裏面にグリスが塗布された状態

ここで使用したメタルマスクの図面が必要な場合は、お問い合わせ (<https://www.rohm.co.jp/contactus>) からご要望ください。

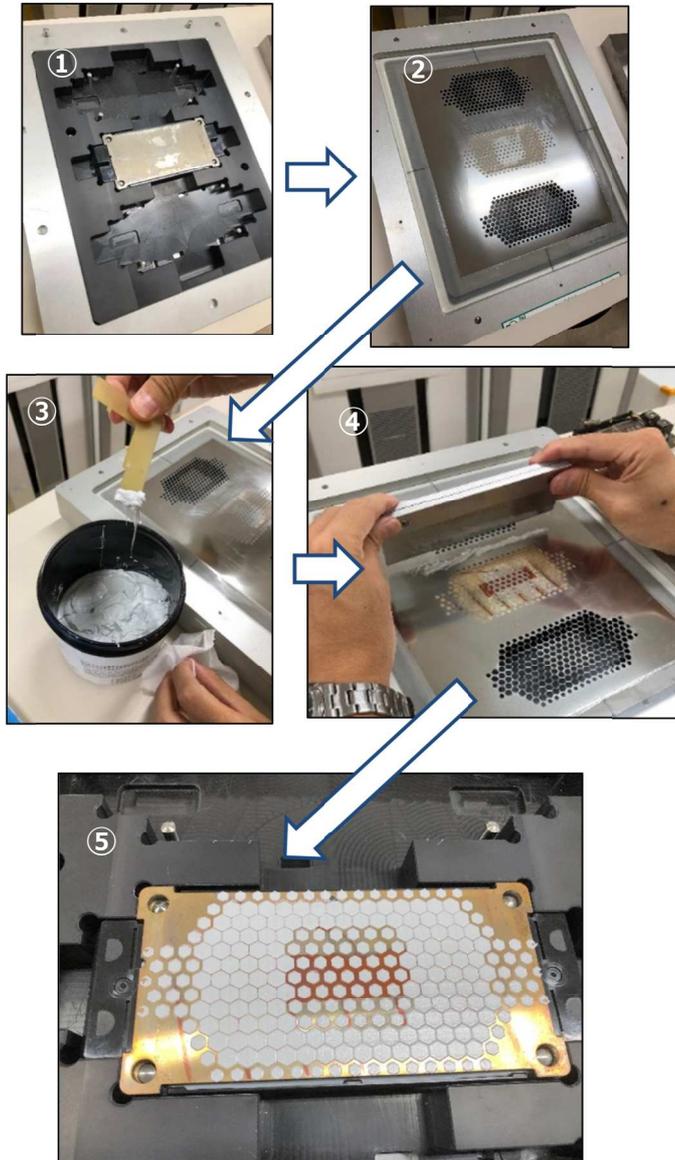


Figure 3. メタルマスクを用いたグリス塗布

ヒートシンクの接触面は Figure.4 のように以下の条件を満たしてください。条件を満たさない接触面に取り付けると、モジュール内部の絶縁基板を破壊する場合があります。

- ・平坦度が 30um 以下の凸面である事  
(凹面の場合想定以上の熱抵抗値となります。)
- ・表面粗さは 10um 以下である事

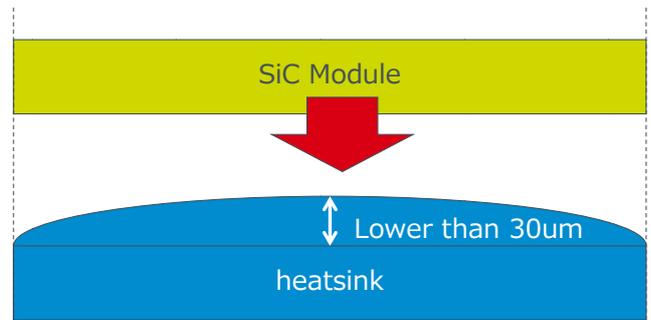


Figure 4. ヒートシンクの接触面

サーマルグリスはヒートシンクへの組み付けトルクでかかる力によって広がります。よってモジュールを組み付ける際の締め付けトルク強度は、段階的に増やす事で効率よくグリスが広がります。締め付け順序例を以下に示します(Figure.5)。①と②の間に 1.0N・m 程度のトルク強度を更に設定するとより効果的にグリスを広げる事ができます。なお締め付けトルク強度は最大定格値を超えないようにしてください。最大定格値を超えて締め付けると、モジュール内部の絶縁基板を破壊する場合があります。

- ① 0.5N・m の強度で 1→2→3→4 の順番に締め付ける
- ② 3.0N・m の強度で 1→2→3→4 の順番に締め付ける

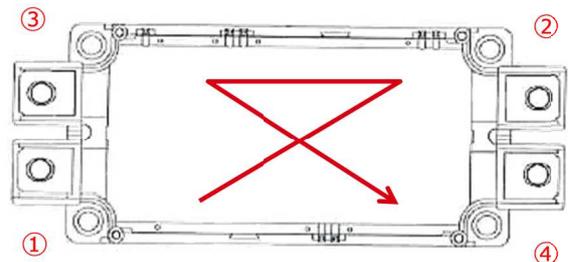


Figure 5. 締め付けの順番

### サーマルグリスによる放熱効果

メタルマスクを用いたグリスによる放熱効果を確認するために通電時のチップの温度を赤外線カメラで確認しました。試験条件を Table 1. にまとめています。比較対象としてシートによる効果も確認しています。Figure.6 にサーマルグリス及び放熱シートを用いた場合のチップの発熱状態を示します。この実験では充填物質に関係なく上記に記した締め付け条件で組み付けています。また Figure.7 に通電時のチップの温度プロファイルを示します。

Table 1. 温度観察の試験条件

Item	Parameter
Sample	BSM300D12P2E001
DC Current(A)	225
Duration(s)	60
Chiller Temp(°C)	50

Figure.6 及び Figure.7 の結果から、チップの発熱温度について Table 2.のような結果になりました。サーマルグリスを用いた場合では、チップ間で温度の差が 5℃以下のため効果的に放熱されている事が確認できます。対して放熱シートを用いた場合特に中央のチップが発熱し、チップ間で温度の差が 20℃もあります。また平均温度も高くなっているため放熱が効果的に行われていない事がわかります。シートを使用する際シートが弛んでいたりキズが入っていたりすると、隙間を充填するためにより強いトルク強度が必要になります。そのためトルク強度が不足していると中央部分にネジ締めによる力が充分にかからない場合があり、図のように中央のチップの発熱温度が高くなってしまったと考えられます。

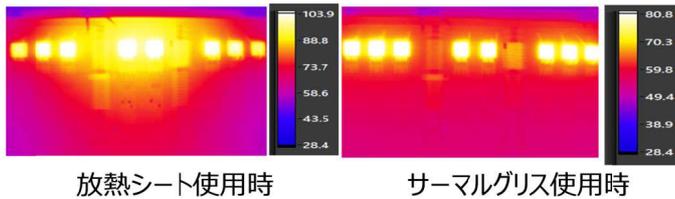


Figure 6. 通電時の発熱の様子

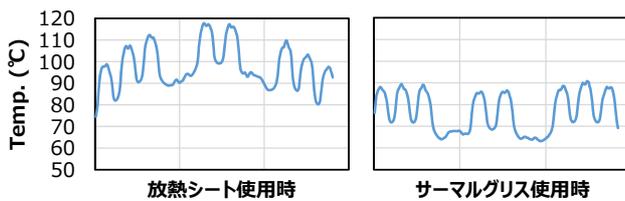


Figure 7. 通電時の温度プロファイル

Table 2. 通電時のチップ温度

	max(°C)	min(°C)	ave(°C)
Sheet	117.8	97.6	108
Grease	90.8	86	87.8

## まとめ

最適な熱抵抗を得るために、メタルマスクにより厚さが制御されたサーマルグリスを利用する事をお奨めしています。ただし締め付けによるグリスの広がりにはグリスの粘度に影響します。本アプリケーションノートで紹介した締め付け方法により粘度が 160Pa・s までグリスが広がる事を確認していますが、粘度が極端に大きすぎる場合規定内の締め付けトルクで取り付けたとしても過剰な力がモジュールにかかります。これによりモジュール内部の絶縁基板が破壊する場合がありますのでグリスの選定に注意してください。このアプリケーションノートが SiC モジュールを使用するための一助になることを期待します。

以上

## 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レレーティング、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のですが、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、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/>