International
IOR Rectifier

APPLICATION NOTE

アプリケーション・ノート：AN-1012

インターナショナル・レクティファイアー社の パワー半導体パッケージ実装の考察

著者 Pamela Dugdale、Arthur Woodworth
インターナショナル・レクティファイアー社

目次

ページ

はじめに 2
熱接触の良好化 2
正しい実装手順 3
一般規則 4
ネジ実装 4
クリップ実装 5
ポップ・リベット 6
はんだ付け 6
他のパッケージに関する追加情報 6
SOT227 の実装 6

インターナショナル・レクティファイアー社の パワー半導体パッケージ実装の考察

著者 Pamela Dugdale、Arthur Woodworth
インターナショナル・レクティファイアー社

はじめに

完全な機能を実現するには、パワー半導体を正しく実装することが重要です。正しく実装しないと、熱的な問題と機械的な問題の両方が生じる可能性があります。このアプリケーション・ノートでは、パワー半導体の適切な実装方法について説明します。

熱接触の良好化

パワー半導体パッケージを実装する際の重要な考慮事項の 1 つは、放熱です。これは、チップの接合部温度とプラスチックのガラス転移温度によってデバイスの性能が制限されるためです。実際は、最大許容温度が存在し、その温度を上回るとデバイスの機能が保証できなくなります。デバイスの実装方法は、ヘッダーとヒートシンクの間の熱的接触（パッケージの放熱能力）に大きく影響する可能性があります。多くの場合、これは接触熱抵抗と呼ばれ、データシートに記載されます。パワー半導体パッケージの熱抵抗を構成する各要素の詳しい説明は、IR 社のアプリケーション・ノート AN-997『Mounting Guidelines for the Super-247』に記載されています。ケースとヒートシンクの間の熱抵抗は実装手法に最も依存するため、このアプリケーション・ノートではその熱抵抗を重点的に扱います。



図 1 パッケージ・ケースとヒートシンク間の接触熱抵抗の発生源を示す断面図

接触抵抗の物理的発生源は、表面が決して完全に平坦ではないということの結果です。実装面の推奨平坦度は 10mm 内で 0.02mm です。実装穴の製作時には、損傷が生じないように特に注意を払う必要があります。十分に準備された 2 つの表面の場合でも、大きなエアー・ギャップによって分離されたいくつかのポイントでのみ実際に接触が起こります。これを図 1 に示します。空気は非常に優れた熱絶縁物であるため、これは望ましくないことであり、熱抵抗を増加させます。表面間に閉じ込められた空気の量を低減する方法は 2 つあります。1 つは、2 つの表面を結合する力を増加させること、もう 1 つは、ギャップを埋めて接触領域の品質を改善することです。前者の場合は、クリップでチップの上に力を加えることによって、またはタブをヒートシンクに取り付けるネジのトルクを増加させることによって、これを行うことができます。取り付けネジに対するトルクの関数またはクリップ力の関数として熱抵抗がどのように変化するのかを図 2 と図 3 に示します。取り付けネジを締め付け過ぎると、半導体パッケージが変形し、熱抵抗が増加する可能性があります。これは図 2 に示されています。図 2 は PowIRtab™ に対するトルクの関数として熱抵抗を示しており、ドライ実装の場合は 1.1Nm で最小、ウェット実装の場合は 0.8Nm で最小となっています。他のパッケージ・タイプも同様の性質を示します。半導体を正しく実装してこの問題や他の問題を回避する方法については、このアプリケーション・ノートで詳しく説明します。

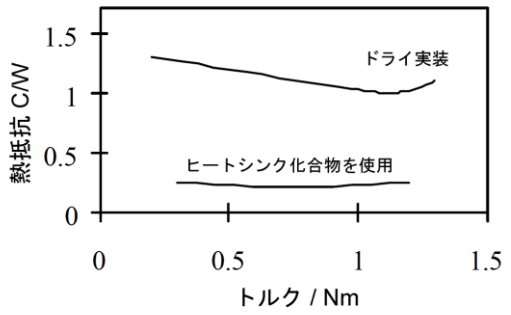


図 2 ヒートシンクに実装された PowIRtab™ パッケージの取り付けネジ・トルクの関数として表された接触熱抵抗（ドライ実装とヒートシンクコンパウンドを使用した実装）

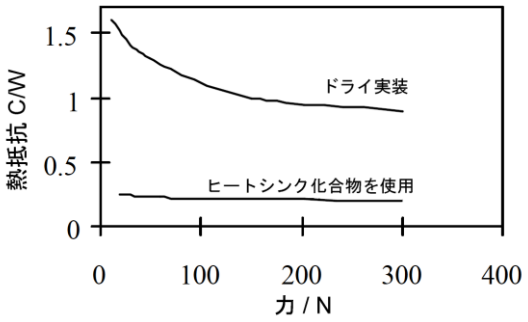


図 3 ヒートシンクに実装された PowIRtab™ パッケージのクリップ力の関数として表された接触熱抵抗（ドライ実装とヒートシンクコンパウンドを使用した実装）

2 つ目の手法は、コンパウンドの使用です。通常、これは電気的に絶縁している熱伝導性材料（アルミナなど）を加えたシリコン・グリースです。グリースは、2 つの表面間の距離を増加させることなくギャップを埋めるために使用します。グリースの層が厚すぎる場合は、熱抵抗が増加します。特定の用途に対するグリースの適正量を決定するには、一連の実験を行う必要があります。いくつかのパワー・パッケージとヒートシンクは、異なる量のグリースを各実装面の片側に均一に塗布して組み立てる必要があります。これは、小型のゴム・ローラーを使用して行うことができます。分量が適正な場合は、デバイスにゆっくりとトルクを与えるか、デバイスをヒートシンクにクリップで取り付けると、ごく少量のグリースがデバイスの外周部に現れます。余分な化合物は慎重に除去してください。

グリースの代わりに熱伝導性パッドを使用することもできます。これらのパッドは圧力下で形状適応性があり、グリースと同じ方法で空気間隙を埋める傾向があります。この手法の主な利点は、取り扱いやすいことです。ただし、これらのパッドの多くはシリコン・ベースであるため、この場合の熱抵抗はグリースを使用した時よりも高くなる傾向があります。これに加えて、シリコン・パッドは電気的な絶縁も提供します。これは、特定の用途に応じて長所にも短所にもなり得ます。代わりに、相変化材料を使用することもできます。これらの材料は固体ですが、50℃～60℃ の温度に加熱されると流体となり、エアー・ギャップを埋めます。そのような材料は、単独で使用するか、シリコンまたは他の熱伝導性パッド上のコーティングとして使用できます。電気的絶縁が不要な場合は、相変化材料をアルミニウム箔上の薄いコーティングとして使用できます。熱グリース、相変化材料、およびシリコン伝導性パッドの相対性能を表 1 に示します。これらの結果は、IR 社の技術者が Assembly R&D ラボで測定したものです。

界面材料	電気的特性	接合部とヒートシンク間の熱抵抗
ヒートシンクコンパウンド	非伝導	0.7°C/W
相変化コンパウンド	非伝導	1.2°C/W
相変化コンパウンドでコーティングされたアルミニウム箔	伝導	1.2°C/W
熱伝導性パッド	絶縁	1.6°C/W
熱伝導性パッド	伝導	1.6°C/W

表 1 熱界面材料の性能

正しい実装手順

この節では、TO220 パッケージの正しい実装手順について説明します。これには、クリップ実装、ネジ実装、および絶縁の要件に関する情報も含まれます。TO-220 を例として使用することにより、パワー・パッケージの実装に関連する一般的な問題のほとんどがカバーされます。他のパワー・パッケージ（IR 社の PowIRtab™ および Super パッケージなど）に固有の問題は、次節で説明します。

一般規則

- プリント基板 にリードをはんだ付けする前に、TO-220 パッケージを常にヒートシンクに固定する必要があります。
- リードを曲げる際には、パッケージと曲げる点の間のリード部を固定して、パッケージに圧力がかからないようにしてください。標準パッケージの場合はプラスチックから 2mm、TO-273 の場合はプラスチックから 3mm の最短距離でリードを曲げる必要があります。脚部の設計上の理由により、TO-274 は通常はリードフォーミングされません。
- リードは 90° 以下の角度で曲げ、2 回以上曲げないようにしてください。
- 曲率半径はリードの厚さ以上（理想的には、リードの厚さの 2 倍以上）にする必要があります。
- 横方向のリード成形はお勧めできません。プリント基板 に実装する際には、リードのピン間隔に準拠してください。
- プリント基板 とその プリント基板 に実装されたヒートシンクにデバイスが堅く固定されている場合は、リードを曲げて熱膨張の差を考慮することを推奨します。
- パッケージや表面仕上げに機械的な損傷を与えないように注意してください。
- ヒートシンクコンパウンドまたは他の熱界面材料を使用してください。

ネジ実装

- TO-220 の場合は、M3 ネジを使用する必要があります。タッピング・ネジは使用しないでください。
- 矩形ワッシャをネジ頭と実装タブの間に挿入することを推奨します。実装工程中にワッシャがパッケージのプラスチック本体を損傷しないように注意してください。
- 推奨される実装トルクは 1.1Nm です。この値を超えないようにしてください。
- 電気的絶縁が必要な場合は、絶縁パッドと絶縁ブッシュを使用してください。

図 4 と図 5 に TO-220 の推奨実装状態を示します。

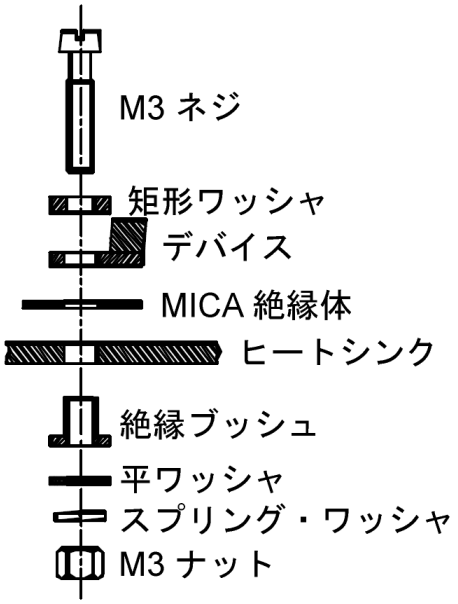


図 4 ナットを使用してヒートシンクを通したネジ実装

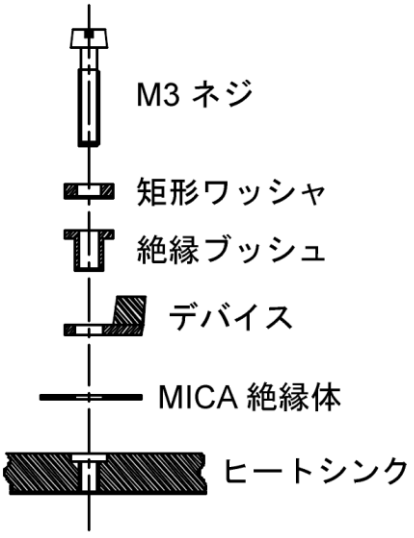


図 5 タップ付きヒートシンクへのネジ実装

クリップ実装

この節は、TO-220 および Super220™（TO-273）パッケージに適用されます。

- クリップ実装を使用すると、シリコンの上に力がかかり、熱的接触が良好になります。

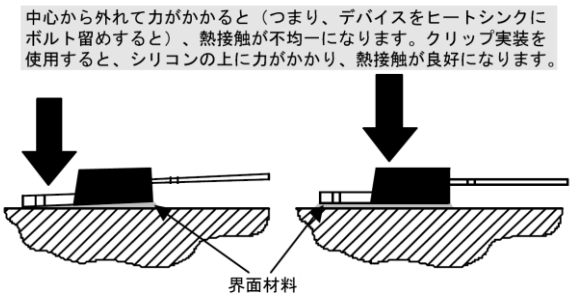


図 6 加わる力の位置の効果

- クリップによって供給される力を増やすと、熱抵抗が減少します。これは図 3 に示されています。ただし、より強力なクリップを使用しても、必ずしも性能改善が得られるわけではありません。通常は、最小 20N ～最大 50N の力を加えることを推奨します。
- 絶縁は、ブッシュを使わずに絶縁パッドを使用することで安全に実現されます。
- ボンド・ワイヤーと実装クリップの間の絶縁は、モールド材によって提供されます。ボンド・ワイヤーとクリップの間にあるプラスチックの最小厚さは、フルモールドデバイスのヘッダー部のプラスチックの厚さを上回ります。これにより、2.5kV RMS AC に相当する 4kV DC 絶縁が提供されます。
- 厚さが 5mm 未満のヒートシンクの場合は、サドル・クリップを使用する必要があります。これらのクリップでは、15N ～ 50N の接触力が得られます。

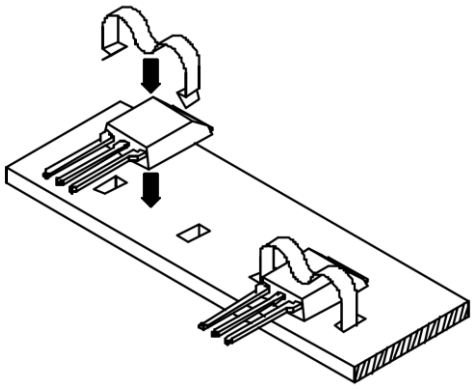


図 7 Super220™ パッケージのサドル・クリップ実装

- 厚さが 5mm 以上のヒートシンクの場合は、U クリップを使用します。これらのクリップでは、15N ～ 50N の接触力が得られます。

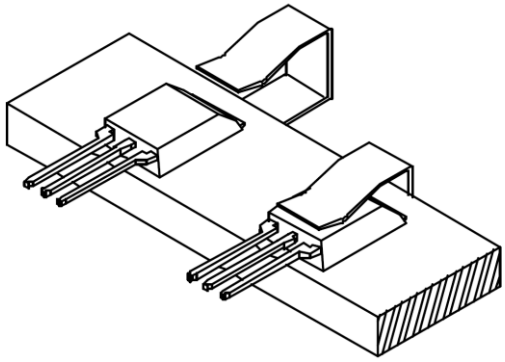


図 8 Super-220™ パッケージの U クリップ実装

- 押し出し成型ヒートシンクの機構にクリップが固定される独自のクリップ・ソリューションは数多く存在します。25N ～ 50N の力を得られます。

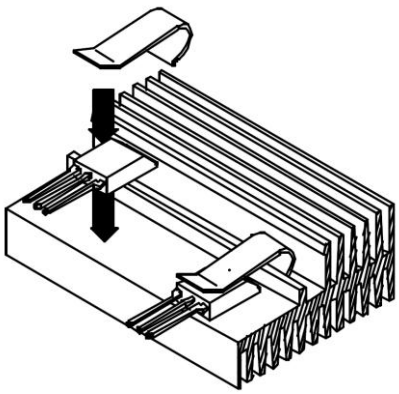


図 9 Super-220 のカスタム・クリップ実装

ポップ・リベット

- ポップ・リベットではなく、柔らかい材料によるプレス・リベットを使用することを推奨します。
- ヒートシンクの穴は、許容範囲内でデバイス実装穴よりも小さくなければなりません。これにより、デバイスよりもヒートシンクの方に、より堅くリベットが押し込まれます。

はんだ付け

パワー半導体パッケージのはんだ付けについては、別のアプリケーション・ノート『Surface Mounting of Larger Devices』で説明しています。一般に、アルミニウムのヒートシンクに実装されるデバイスは、ネジ実装またはクリップ実装する必要があります。新技術の Powersites™ を利用すると、はんだ付け可能なパワー半導体パッケージをアルミニウムのヒートシンクに実装できます。

他のパッケージ・タイプに関する追加情報

- Full-Pak デバイスは、設計によってパッケージが絶縁されているため、絶縁パッドや絶縁ブッシュを必要としません。
- Super220™（TO-273）は、ネジ実装用の穴がないため、クリップを使用して実装する必要があります。「穴のない」設計により、パッケージはより多くの電流を流すことができます。Super220™（TO-273）パッケージの詳しい実装手順は、AN-1000『Mounting Guidelines for the Super-220』に記載されています。
- Super247™（TO-274）は、ネジ実装用の穴がないため、クリップを使用して実装する必要があります。「穴のない」設計により、パッケージはより多くの電流を流すことができます。Super247™（TO-274）パッケージの詳しい実装手順は、AN-997『Mounting Guidelines for the Super-247』に記載されています。
- PowIRtab パッケージの実装手順は、AN-1010『PowIRtab™ Mounting Guidelines』に記載されています。
- これは、バス・バーへの実装に適した高電流パッケージです。

SOT227 の実装

SOT227 は、いくつかの特殊な実装要件が伴うパワー・モジュールです。



- パッケージには 2 つの実装穴と 4 つの接続端子があります。
- リードを接続する前に、デバイスをヒートシンクに固定してください。
- 端子と実装ベースでの最大許容トルクは 1.3Nm です。
- M4 ネジは、ロック・ワッシャと共に使用してください。これらはパッケージに付属しています。
- 実装穴の中心の離隔は 30mm ± 0.2mm です。寸法の詳細はデータシートに記載されています。
- 最初の取り付けネジは最大トルクの 3 分の 1 まで締め付け、2 番目のネジもそれと同じトルクに締め付けてください。その後、両方のネジを完全に締め付けてください。
- グリースを塗った表面の場合、推奨実装トルクにおけるケースとシンクの間の熱抵抗は 0.05℃/W です。

熱管理および実装アクセサリのサプライヤへのリンク

社名	リンク	供給品
Aavid Thermal Technologies	http://www.aavid.com/	界面材料、クリップ、ヒートシンク
Austerlitz Electronic GmbH	http://www.austerlitz-electronic.com/	界面材料、クリップ、ヒートシンク
Bergquist	http://www.bergquistcompany.com/	界面材料
Chomerics	http://www.chomerics.com/	界面材料、PowerSites™、ヒートスプレッダ
Fischerelektronik	http://www.fischerelektronik.de/	ヒートシンク、クリップ
Fujipoly	http://www.fujipoly.com/	界面材料
Kunze-Folien	http://www.kunze-folien.de/	界面材料、クリップ、カスタム・ヒートシンク
R-Theta	http://www.r-theta.com/	ヒートシンク
Redpoint Thermalloy	http://www.thermalloy.com/	界面材料、クリップ、ヒートシンク
Thermagon Inc	http://www.thermagon.com/	界面材料
Warth International	http://www.warth.co.uk/	界面材料、クリップ