International
IOR Rectifier

APPLICATION NOTES

PUBLISHED BY INTERNATIONAL RECTIFIER, 233 KANSAS STREET, EL SEGUNDO, CA 90245,(310)322-3331

AN-997J

SUPER-247 の取付け方法について

Andrew Sawle and Arthur Woodworth

訳：アイアールファーイースト株式会社

はじめに

従来の標準パッケージに、更に大きなチップを入れて欲しいとのニーズから、SUPER-247 は開発されました。本シリーズは、TO-264 と同等の大きさのチップが封入されています。SUPER-247 は、TO-247(TO-3P)と同じ外形寸法ですが、TO-247 より大きな放熱効果があり、TO-264 より省スペースとなります。本シリーズは又、ヒートシンクへの効率的な、信頼性の高い取付けを可能にしました。これにより、システムのコストおよびサイズを低減する事が出来ます。本アプリケーションノートは SUPER-247 をヒートシンクへ取付ける際の方法を記述したもので以下の項目を含んでいます。

- ¬ システム熱抵抗の限界
- ¬ 放熱の最適化の為の最少力及びデバイス特性に影響を及ぼさぬ最大力
- ¬ ウェット、ドライ状態の接触条件及び熱抵抗の効果
- ¬ デバイス・ヒートシンク間に電気絶縁シートを用いた時の熱抵抗の変化
- ¬ クリップタイプ及び取付方法

1. システムの熱抵抗の限界

システムの熱抵抗（$Rth_{(junction\text{-}ambient)}$）(システムとはパッケージからヒートシンクまでを指します) は 図1.1に示した様に、数々の要素から成立っています。

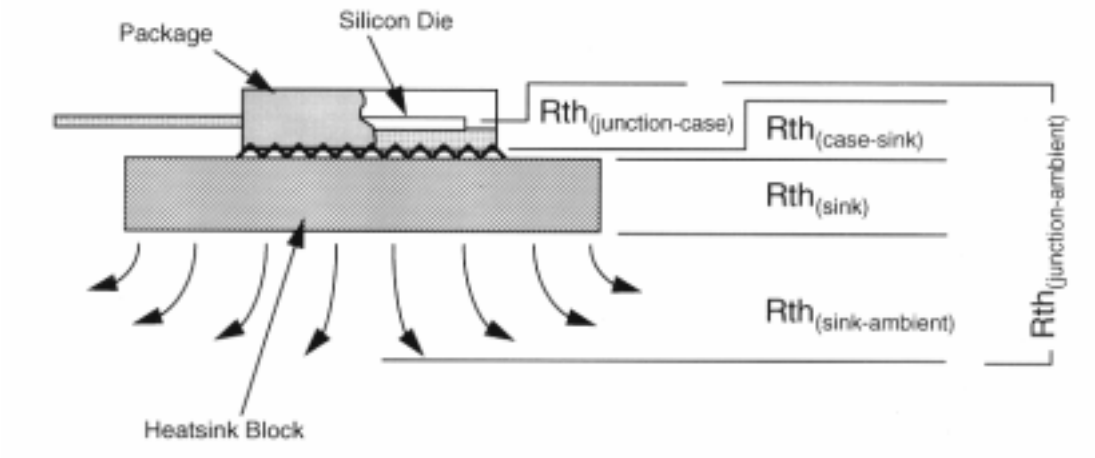


図 1.1　システム中の熱抵抗の要素

システムの設計者は、デザインにより個別部品を選定する事で熱抵抗の影響を変える事が出来ます。

- $R_{th(junction-case)}$ ： これは、製品の設計製造により決められてきます。システム設計者は直接には変える事はできません。
- $R_{th(case-sink)}$ (or 接触熱抵抗) ： パッケージとヒートシンク間のサイズと中間にしく材料、接触圧力により決まります。そこでシステム設計者は大きなパラメータへの影響要素を持つ事になります。
- $R_{th(sink)}$ and $R_{th(sink-ambient)}$ ： ヒートシンクの設計によって決められます。即ち、材質と形状です。システム設計者は 最適の性能とコストを見て両方に見合った放熱板をえらびます。

パッケージとヒートシンク間の熱抵抗はデータシートから得る事が出来ます。接触熱抵抗もメーカのデータですが、数値は‘ティピカル’であり、条件も１つだけです。以下にシステム中において、接触熱抵抗を改善する方法を示します。

2 最大と最少の接触圧力

前述のように、接触抵抗に影響する要因は数多くあります。その内の１つはパッケージがヒートシンクに押し付けられる際の接触圧です。

何故そして如何に接触圧力が熱抵抗に影響を及ぼすのか？

パッケージケースとヒートシンク表面は、完全にフラットではありません。そこで、この２つの接触は数箇所での接触となり表面間で空間が出来てしまいます（図1.2参照)。空間は良い熱絶縁となり、この事は、表面が完全に接触して（空間が無い）いる場合よりも、接触熱抵抗は大きくなります。しかし、接触圧が増えると（例えば、2つの表面を互いに押すと）接触点数が減少し、そして、空間は減り、接触熱抵抗は減少します。

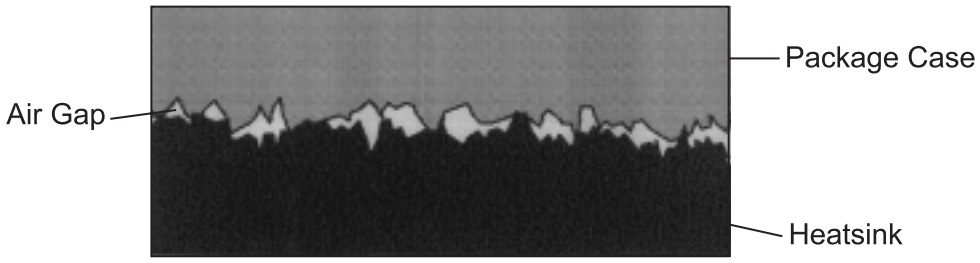


図 1.2　2つの表面粗さの異なった面の接触状態(拡大図)

最適の熱接触を得る為の最少の力は?

接触力が増えると接触抵抗は減少します。しかし、リニアでは変化せずに、力が増えると変化率は下がります(図1.3参照)。最初、接触熱抵抗は急激に減少するものの接触力が上がるに連れて減少巾は小さくなります。最少の接触力は従って、熱抵抗の限界の値に収束します。これは約20Nです。

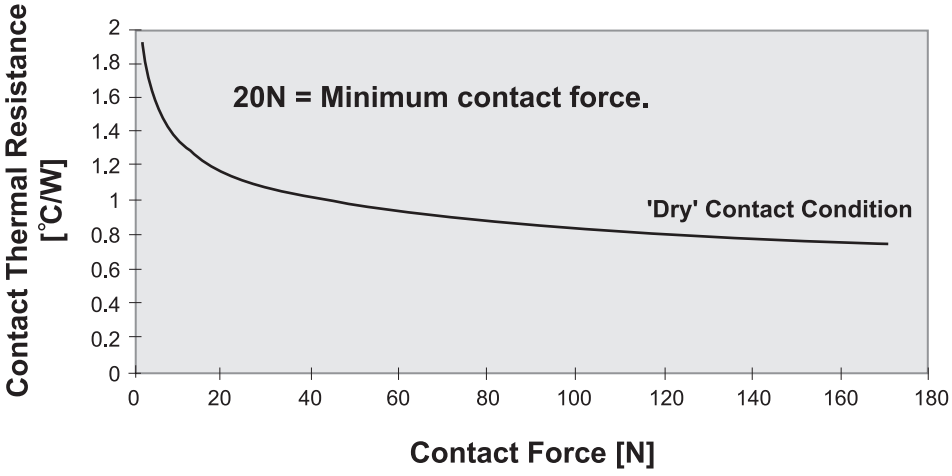


図 1.3　最小接触力

最大接触力

上記で述べた 20N の接触圧は最小値です。どんな力においても、デバイス特性が変化したり、パッケージが破壊するギリギリの力まで、接触抵抗は下がり続けます。この限界値は、20N ティピカルです。しかし、このメリットには条件がつきます。一般に接触圧が大きくなると、大きくしかもコスト高のクランプシステムになります。接触圧は、システムの熱定数とコストの最適化を考えて決めるべきです。

3. 接触条件

前述の様に、パッケージケースとヒートシンク間の接触条件により接触熱抵抗は影響されます。接触条件は数多くあります。表面粗さ、表面仕上げ、塗装仕上げ、中間材などです。ヒートシンクの表面粗さは、デバイスが実装される面全体で 0.02 ミリ以下でなければなりません。、パッケージとヒートシンク間の表面は、当然熱グリースか他材料が追加されても、クリーンにしておく必要があります。表面にグリースやよごれがあった場合には、熱抵抗は上がります。しかし、普通の塗装仕上げ（50 μ m）であれば、熱抵抗はそれほど変わりません。

中間材料

表面粗さの異なった２つの面ではエアギャップを生じます。最も一般的な解決策は、表面間に熱伝導性の良いコンパウンドを使い、接触熱抵抗を下げる事です。このコンパウンド材は湿気が表面間に入るのを防ぎます。

多くの会社から、放熱性のよいコンパウンドが出されています。これらは、電気絶縁を施された、アルミニウムのような熱伝導度の高い、シリコングリースからなっています。薄いほど、コンパウンドはギャップを埋め、表面間の距離を広くしません。厚くすれば２つの表面間距離は広くなり接触抵抗は増加します。以下の図 1.4 は“ ドライ状態 ”での接触抵抗をコンパウンド有と無の２つのケースで接触抵抗に対してプロットした図です。

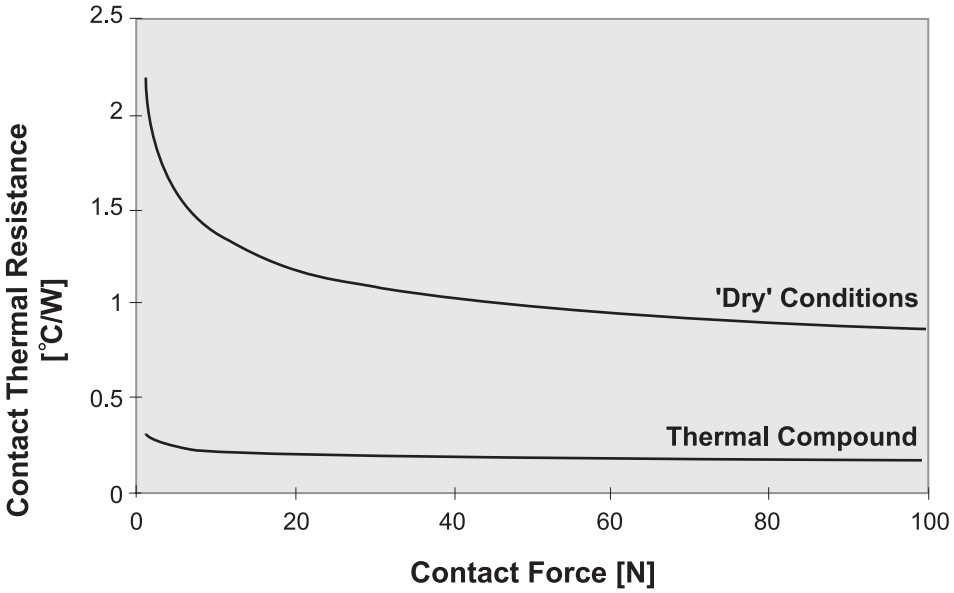


図 1.4　接触熱抵抗（‘ ドライ ’とコンパウンド状態）接触圧に対して

最少接触圧力 20N では、接触抵抗は以下の通りです。

接触条件	$Rth_{(cs)}$@20N接触圧
‘ドライ’ （コンパウンド無）	1.2℃/W
熱コンパウンド	0.2℃/W

SUPER-247裏側のメタルのヒートスプレッダはデバイスのピンからは電気的に絶縁されていません。即ち、*MOSFET*の場合、ヒートスプレッダはドレインになり、*IGBT*ではコレクタになります。そこで、デバイスは電気的に並列でなく、同じヒートシンクを使っている場合には、パッケージとヒートシンク間に電気絶縁材をいれる必要があります。絶縁材は普通パッドであり、多くの会社からパッドの種類やサイズが要求に応じて出されています。

パッドは、明らかに、余分の抵抗が間に加わる点で接触抵抗に悪影響を与えます。再び、接触熱抵抗は接触圧に依存します。以下の図 1.5 は、絶縁パッドを使った時、熱抵抗が上昇する事を示しています。Isolator Pad として新しくカーブを追加しました。従って、ヒートシンクから電気的にデバイスを絶縁すると、システムの熱抵抗は上がります。

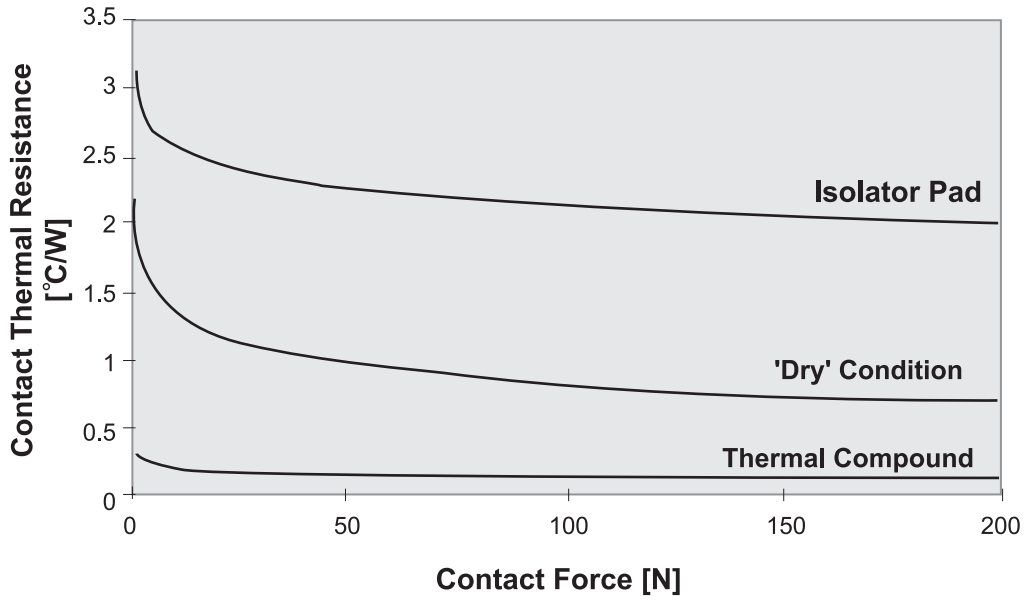


図 1.5　接触熱抵抗と接触圧曲線

4. 典型的なクリップタイプと機能

何故クリップか?

接触圧タイプのクリップマウント方法は一般的になりつつあります。クリップマウントは従来のネジ止め方式に比べ多くのメリットがあります。

- クリップは、接触表面全体に均一な圧をかける。ネジ止め方式では、確かに、高い力で止める事が出来ますが力は、パッケージの一箇所に集中し、パッケージ－ヒートシンク間のロスが発生します。
- クリップは、ネジで止めるより、素早く固定できる。
- クリップは、かかる力を調整し、同一の力になるようにします。そこで、締め過ぎ（パッケージやヒートシンクの変形）や締め不足（接触熱抵抗が増える）の危険性がなくなります。

クリップタイプ

既に多くのクリップが用途毎に市場にて入手可能です。以下にクリップの種類と取付方法を示します。ここに示した例の他、もっと別の方法があるかもしれませんが解っている方法を示します。

サドルクリップ

サドルクリップを用いて、SUPER-247 をヒートシンクへ取付けた例を以下の図 1.6 に示します。



図 1.6 SUPER-247 のサドルクリップを用いたヒートシンクへの取付方法

サドルクリップを使った場合、ヒートシンク材は薄く、一般に 5㎜ 以下です。クリップはそしてヒートシンクの裏面に対して固定します。クリップは接触圧で 20-60N になります。

'U' クリップ

'U' クリップの組立例を図1.7に示します。

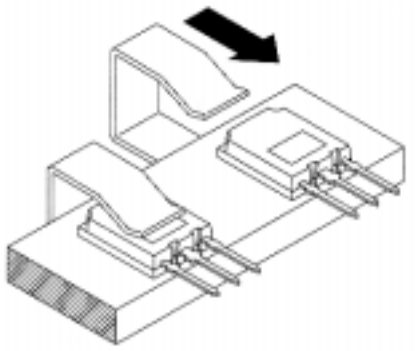


図1.7　U クリップアセンブリ

この方法では、デバイスとヒートシンクを一緒に止めます。同じクリップタイプでヒートシンクに対し、前止め、後止めが可能です。Uクリップは、20－40Nの接触圧です。この力は、ヒートシンク材の厚さに依存しています。即ち、材質が薄いと力は増えます。

成形時クリップ取付け

押出し機で成形時、ヒートシンク自体にクリップが留められた例です。図1.8にその具体的にクリップが留められた例を示します。



図1.8　成形ヒートシンクにクリップが取付けられた例(スロット留め)

この方法だと、接触圧は15－25Nになります。しかし、成形されたスロットはヒートシンク本体同様にコスト高となり、本方法はヒートシンクフィンやクリップレールに置き代わっています（図1.9参照)。押出機で成形されたヒートシンクは、コスト安で、圧も高く、25－30Nとなります。

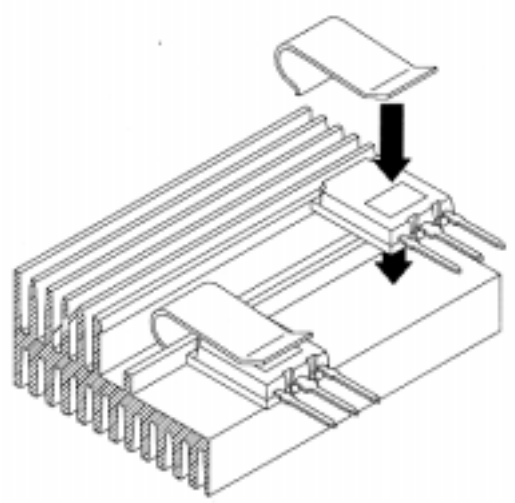


図1.9　成形ヒートシンクにクリップが取付けられた例（レール留め）

その他の方法

ヒートシンクメーカは、各種ヒートシンクを、押出し機タイプ、金属成形やカスタム品をそれ相当のコストにて提供しています。数社からはクリップを埋め込み、或は、熱コンパウンドや絶縁材を含めて提供しています。

クリップの入手先

以下の会社にて、本アプリケーションノートで紹介したクリップを入手出来ます。

Redpoint Thermalloy
Cheney Manor
Swindown
Wiltshire
SN2 2QN

Awid Thermal Technologies
Corporate Headquarters
One Kool Path
Laconia
New Hampshire
USA

Austerlitz Electronic gmbh
Ludwig Feuerbach -Straβe 38
90961 Nüenburg, Postfach 1048
GERMANY

TO-247 ヒートシンクへの取付

本アプリケーションノートで紹介したクリップ取付け方は TO-247(TO-3P)パッケージにも適用できます。しかし、TO-247をネジ止めすることでヒートシンクへの接触面が減少し、接触熱抵抗が、0.2-C/W(SUPER-247)から 0.24-C/W(TO-247)に増加します。従って、最少クランプ力 20N がかかった時、SUPER-247 の接触熱抵抗のグラフは出来ません。

結 論

SUPER-247 では、TO-247 より熱放散が優れており、同じサイズに大きなチップを封入する事が出来ます。またヒートシンクへの取付も、迅速に安く出来ます。しかし、ヒートシンクへの取付方法はシステムの熱性能（チップ、パッケージ、ヒートシンク）に影響を及ぼします。設計者は、接触熱抵抗や設計パラメータに良い面悪い面を考慮しつつ直接システムの選定をする事が出来ます。

本アプリケーションノートは、最良の熱接触の為には適当な力（20N）が必要であり、中間材は熱抵抗に悪影響を及ぼす事を述べています。コンパウンドを薄くすれば接触熱抵抗は良くなりますが､電気絶縁の面からは悪くなります。

多くのクリップ止めの方法が出現しておりそのうち幾つかを紹介しました｡どれを選択するかはアプリケーション、最適のコスト、熱特性を選びながら決められるべきでしょう。