

富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第5章 放熱設計



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12月現在のものです。この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。このマニュアルに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、データを確認してください。

本資料に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、本資料によって工業所有権、その他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。

 **注意**

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス(硫化水素、硫酸ガスなど)にさらされる環境で使用した場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第5章 放熱設計

| | |
|---------------------|-----|
| 1. 冷却体(ヒートシンク)の選定方法 | 5-2 |
| 2. ヒートシンク選定の注意事項 | 5-2 |
| 3. IPMの取り付け方法 | 5-3 |

本章では、XシリーズIPMの放熱設計について説明します。

1. 冷却体(ヒートシンク)の選定方法

- ・IGBTを安全に動作させるためには接合温度 T_{vj} が 175°C を超えないようにする必要があります。
 - また、放熱設計のため T_c が 125°C を超えないようにする必要があります。
 - ・定格負荷時はもちろんですが、過負荷時等の異常時にも必ず 175°C 以下になるよう十分に余裕を持った熱設計を実施してください。
 - ・ 175°C 以上の温度で動作させるとチップが熱破壊する危険性があります。
- IPMではIGBTのチップ温度が 175°C を越えると、 T_{jOH} 機能が動作しますが、温度上昇が急激な場合、保護できない可能性もあります。
- FWDについてもIGBTと同様に 175°C を超えないように注意してください。
- ・冷却体(ヒートシンク)の選定時には必ずチップ中央直下のケース温度を測定してください。
- チップ配置につきましては、IPMの仕様書を御参照ください。
- また、具体的な設計については、下記資料を参照してください。

「IGBTモジュールアプリケーションマニュアル RH984」

- ・発生損失の求め方
- ・ヒートシンク(冷却体)の選定方法
- ・ヒートシンク(冷却体)への取り付け方法
- ・トラブルシューティング

2. ヒートシンク選定の注意事項

IGBTモジュールアプリケーションマニュアル RH984にヒートシンクの選定方法は記載されていますが、ヒートシンク面の平坦度に注意してください。ヒートシンクはネジ取り付け位置間で平坦度を 100mm で $\pm 50\mu\text{m}$ 以内、表面の粗さは $10\mu\text{m}$ 以下を推奨します。ヒートシンクの面が窪んでいる場合には、接触熱抵抗($R_{th(c-s)}$)の増加を招きます。

[理由]

- ・マイナスの場合: ヒートシンクーIPM間に隙間ができ、放熱性が悪化(接触熱抵抗 $R_{th(c-s)}$ が増加)します。
- ・ $+50\mu\text{m}$ 以上の場合: IPMの銅ベースが変形し、内部絶縁基板に割れが発生する場合があります。

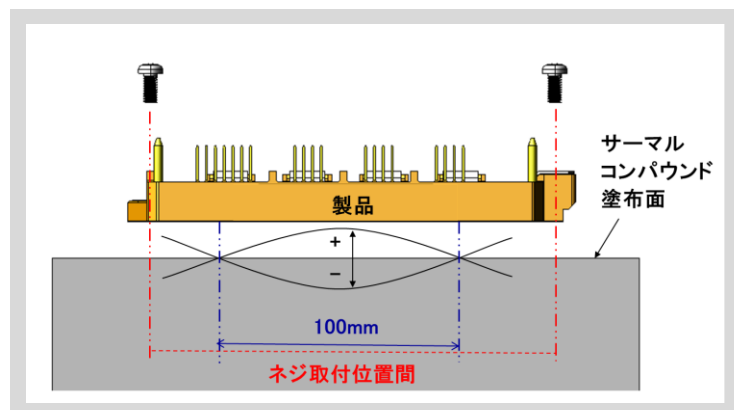


図5-1 ヒートシンク面の平坦度

3. IPMの取り付け方法

3.1 ヒートシンクへの取り付け方法

熱抵抗はIPMがヒートシンクに取り付けられる位置により変化しますので、下記の点に注意してください。

- ・IPM1個をヒートシンクに取り付ける場合、ヒートシンクの中心に取り付けると熱抵抗が最小となります。
- ・1つのヒートシンクに複数個のIPMを取り付ける場合は、各IPMが発生する損失やヒートシンク上の熱の拡がり・流れを考慮して、取り付け位置を決定してください。IPMの発生損失が大きい場合は、占有面積を大きくしてください。

3.2 サーマルコンパウンドの塗布

接触熱抵抗を小さくするために、ヒートシンクとIPMの取り付け金属ベース面の間にサーマルコンパウンドを塗布して使用してください。

サーマルコンパウンドの塗布方法については、一般的にステンシルマスクを用いた塗布や、ローラーなどでの塗布方法があります。

サーマルコンパウンドはヒートシンクへの熱伝導を促進するものですが、それ自体も熱容量をもっています。したがって、適切な塗布厚に対して厚く塗布しすぎるとヒートシンクへの放熱を妨げることになりチップ温度の上昇を招きます。一方、サーマルコンパウンドの厚さを適切な厚さに対して薄くした場合には、ヒートシンクとIPM間でサーマルコンパウンドの未接合部分が生じて接触熱抵抗が上昇する可能性があります。したがって、サーマルコンパウンドは適切な厚さで塗布する必要があります。

サーマルコンパウンドの塗布厚が不適切な場合にはヒートシンクへの放熱が悪くなるため、最悪の場合にはチップ温度が175°Cを上回ることで破壊に至る可能性があります。

このような理由からサーマルコンパウンドの塗布方法としてはIPM裏面に均一な厚さでの塗布が可能なステンシルマスクによる塗布方法を推奨します。

ステンシルマスクによるサーマルコンパウンド塗布方法例の概略を図5-2に示します。基本的な方法は、所定の重さのサーマルコンパウンドをステンシルマスクによってIPMの金属ベース面に塗布する方法です。その後、サーマルコンパウンドが塗布されたIPMをヒートシンクに各製品の推奨トルクでネジを締め付けることによって、サーマルコンパウンド厚を概ね均一にすることが可能となります。

なお、富士電機が推奨するステンシルマスクのデザインは、お客様の御要望に応じて提供が可能です。

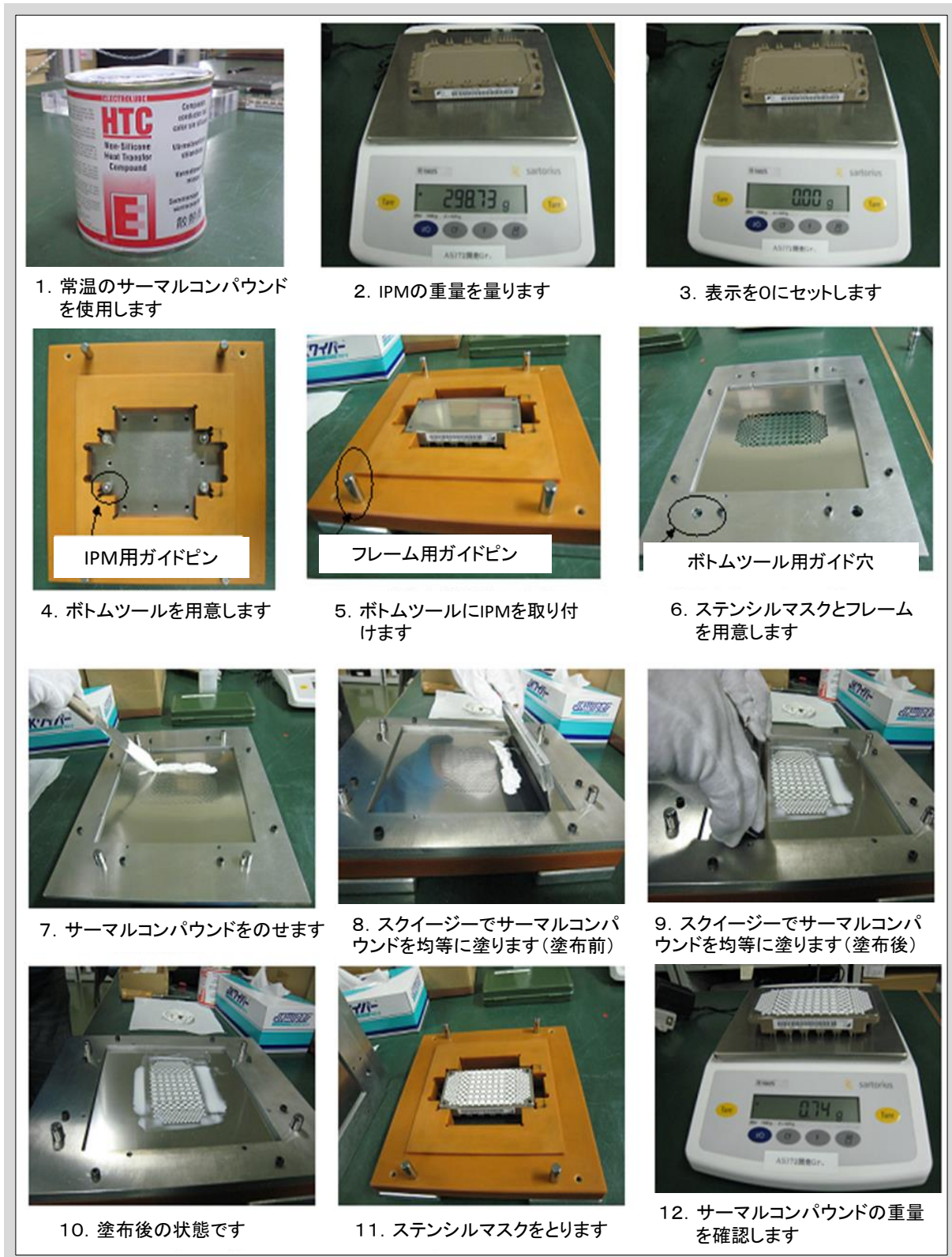


図5-2 サーマルコンパウンド塗布方法例の概略

ここで、サーマルコンパウンド厚が均一であると仮定した場合の必要な重さは、次の式で表すことができます。

$$\text{サーマルコンパウンド厚 } (\mu\text{m}) = \frac{\text{サーマルコンパウンドの重さ (g)} \times 10^{-4}}{\text{IPMのベース面積 (cm}^2\text{)} \times \text{サーマルコンパウンドの密度 (g/cm}^3\text{)}}$$

この式から必要なサーマルコンパウンド厚に対する重さを求めて、その重さのサーマルコンパウンドをIPMに塗布してください。ここでサーマルコンパウンドが広がった後の厚さ(サーマルコンパウンド厚)は約100 μm を推奨いたします。

なお、サーマルコンパウンドの最適な塗布厚は使用するサーマルコンパウンドの特性や塗布方法などによって変わりますので確認して使用してください。

表5-1にIPMの裏面ベース面積を示します。

表5-1 IPMの裏面ベース面積

| パッケージ | 裏面ベース面積(cm ²) |
|-----------|---------------------------|
| P639 | 14.74 |
| P629 | 21.71 |
| P626、P644 | 22.77 |
| P636、P638 | 41.17 |
| P630 | 55.67 |
| P631 | 141.24 |

3.3 締め付け方法

IPM取り付け時のネジの締め付け方法を図5-3に示します。なお、ネジは規程の締め付けトルクで締め付けるようにしてください。

規程トルクは仕様書中に記載されておりますので別途参照してください。このトルクが不足すると、接触熱抵抗が大きくなることや、動作中に緩みが生じる恐れがあります。逆にトルクが過大の場合にはケースの破損等の恐れがあります。

3.4 IPMの取り付け方向

押し出し成型によって作られたヒートシンクにIPMを取り付ける場合、図5-3に示すように、ヒートシンクの押し出し方向と平行に、IPMを取り付けるよう推奨します。これはヒートシンクが変形する影響を少なくするためです。

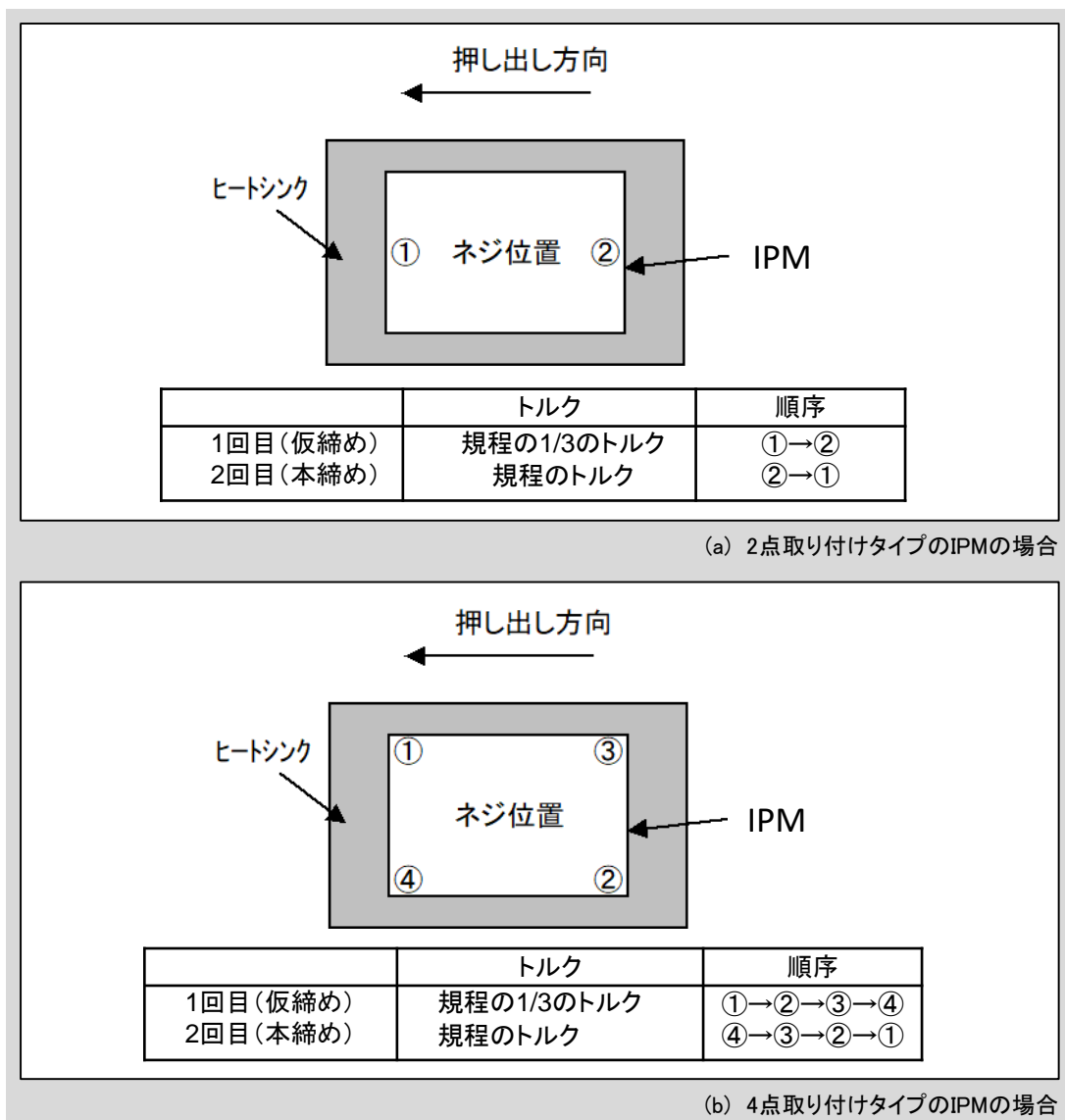


図5-3 IPMの取り付け方法

3.5 チップ温度の検証

ヒートシンクを選定し、IPMの取り付け位置を決めた後、 T_c (チップ直下)と T_f (チップ直下)の温度を測定し、チップ接合温度(T_{vj})を確認してください。

ケース温度(T_c)の正確な測定方法例を図5-4に示します。仕様書記載のチップ座標を参照頂き、チップ直下のケース温度を測定してください。

ケース温度が125°C以下であることに加え、チップ[°]が175°C以下であり、装置想定寿命を考慮した放熱設計であるか検証実施してください。

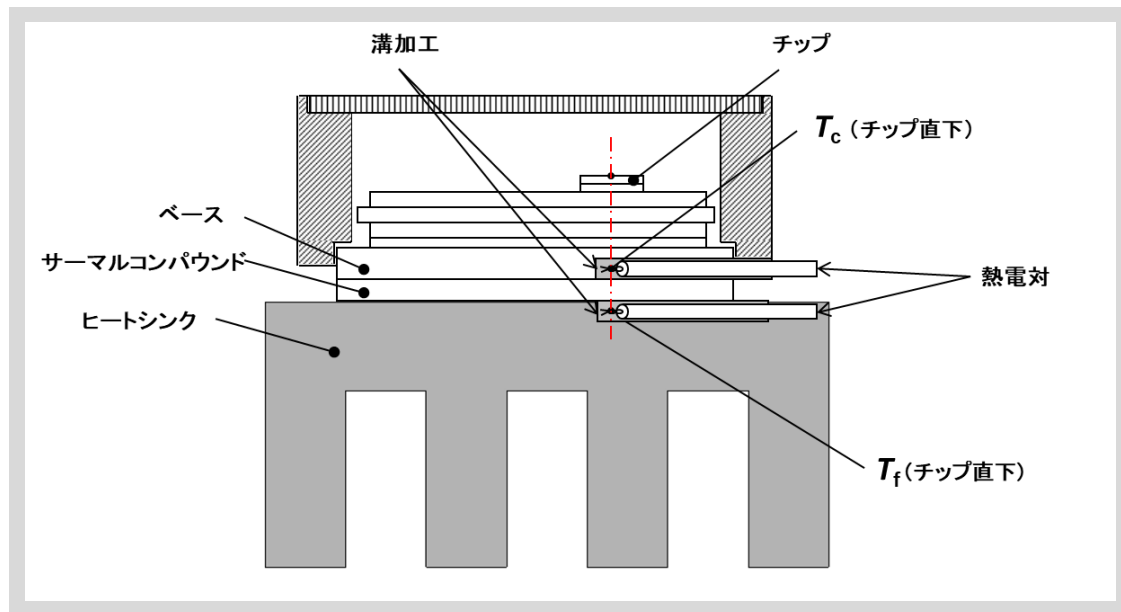


図5-4 ケース温度の測定