

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	5-4

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 $175^{\circ}\text{C}$ 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 $125^{\circ}\text{C}$ 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 $175^{\circ}\text{C}$ 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。
  - ・ $175^{\circ}\text{C}$ 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 $175^{\circ}\text{C}$ 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 $175^{\circ}\text{C}$ 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に選定方法は記載されていますが、下記の点に注意してください。

### 2.1 ヒートシンクの表面形状

製品を実装するヒートシンクは下記の表面条件を満たすように設計して下さい。粗さや平面度が条件を満たさない場合、接触熱抵抗の増加やパッケージ割れによる絶縁破壊などを起こす可能性があります。

1. ヒートシンクの表面粗さは、 $10\mu\text{m}$ 以下となるようにして下さい。
2. ヒートシンクの表面平面度は、ネジ取付穴の中心点間を結んだ直線を基準面とし、その基準面からのずれの最大値(最小値)が $100\text{mm}$ あたり $+50\mu\text{m}$  ( $-50\mu\text{m}$ ) 以内となるようにして下さい。  
ここで凸形状を「+」(プラス)、凹形状を「-」(マイナス)と定義しています。凹凸形状を共に有する場合は、最大値と最小値の絶対値の和が $50\mu\text{m}$ 以下となるようにして下さい。

図5-1にヒートシンクの表面粗さと平面度の定義について記します。

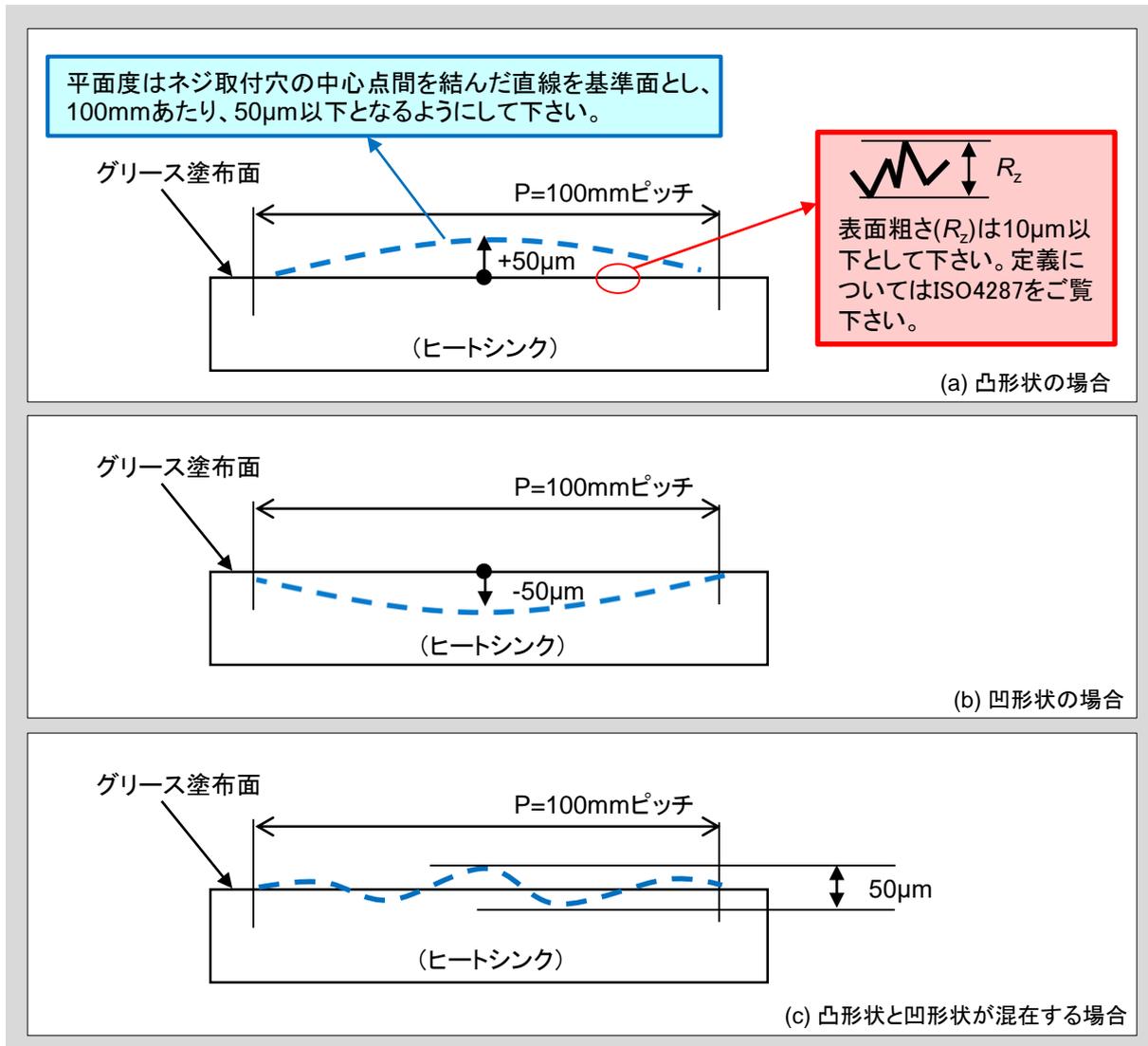


図5-1. ヒートシンクの表面粗さ及び平面度

### 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の発生損出が大きい場合は、占有面積を大きくしてください。

#### 3.2 サーマルグリースの塗布

製品からヒートシンクへの放熱性を確保するために製品取り付け面とヒートシンクとの間にサーマルグリースを塗布してください。サーマルグリースは製品取り付け面に塗布願います。

サーマルグリースの特性、塗布量、塗布方法が適切でない場合、サーマルグリースが十分に製品全体に拡がらず放熱性が悪化することによる熱破壊や、高温動作時や温度サイクルでのサーマルグリースの劣化や枯渇による製品寿命の低下に繋がる可能性があります。サーマルグリースの選定と塗布方法には十分留意してご使用ください。

サーマルグリースの必要量(重さ)は厚さが均一であると仮定した場合に次式から算出することができます。

$$\text{サーマルグリースの重さ(g)} \times 10^4 = \frac{\text{サーマルグリースの厚さ}(\mu\text{m})}{\text{製品のベース面積}(\text{cm}^2)} \times \text{サーマルグリースの密度}(\text{g}/\text{cm}^3)$$

塗布方法は、適切な厚さを管理するためにステンシル工法を推奨します(図5-2)。推奨のステンシルマスクパターンは、お客様のご要望に応じて提供が可能です。

実装した後に素子を取り外すとサーマルグリースの拡がり具合を確認する事ができます。製品取り付け面全体にサーマルグリースが十分に拡がっていることを確認してください。

またサーマルグリースを塗布する際には、製品全面のサーマルグリースの拡がりだけでなく、製品の放熱状態をお客様にてご確認をお願いします。

弊社では、ELECTROLUBE社HTCサーマルグリースを用いて、弊社指定ステンシルマスク、弊社納入仕様書記載の形状のヒートシンクにて、実使用上問題ないと考えられる塗れ拡がりを確認しております。表5-1にHTCサーマルグリースの代表特性を示します。

また、フェイズチェンジサーマルインターフェイス材料、サーマルシートの使用については、下記の様に製品に過大なストレスが発生する可能性があります。

#### ・フェイズチェンジサーマルインターフェイス材料:

グリース固化時は通常のサーマルグリースに対して大幅に硬さが増加します。締結点間にグリースによる段差があると、製品締結時に当該段差部で製品に過大なストレスが発生する可能性があります。締結時の製品ストレスを軽減する為、締結トルクを段階的に増す、加温しグリースを軟化させた状態で締結する等、対策をご検討ください。またグリースが軟化し拡がった後は締付トルクが低下する可能性がある為、規定トルクの範囲内での増し締めや、スプリングワッシャーを使用する等、対策をご検討ください。

・サーマルシート:

締結点間にシートによる段差があると、製品締結時に当該段差部で製品に過大なストレスが発生する可能性があります。ヒートシンク締結ネジ穴部周囲を含む、製品裏面全体にシートを配置することをご検討ください。

上記の説明は基本的なサーマルグリースについての考え方を示しておりますが、お客様にてご使用の際には、十分な適用検証を実施し、お客様の責任において適用をお願いします。

表5-1. HTCサーマルグリースの代表特性と推奨厚さ

	単位	数値
粘度 (23°C, 1RPM)	Pa·s	202 ~ 205 *
熱伝導率	W/m·K	0.9 *
塗れ拡がり後の平均厚さ	μm	100 +/- 30

\* HTC技術データシートより抜粋

表5-2 IPMの裏面ベース面積

パッケージ	裏面ベース面積 (cm <sup>2</sup> )
P639	14.74
P629	21.71
P626, P644	22.77
P636, P638	41.17
P630	55.67
P631	141.24

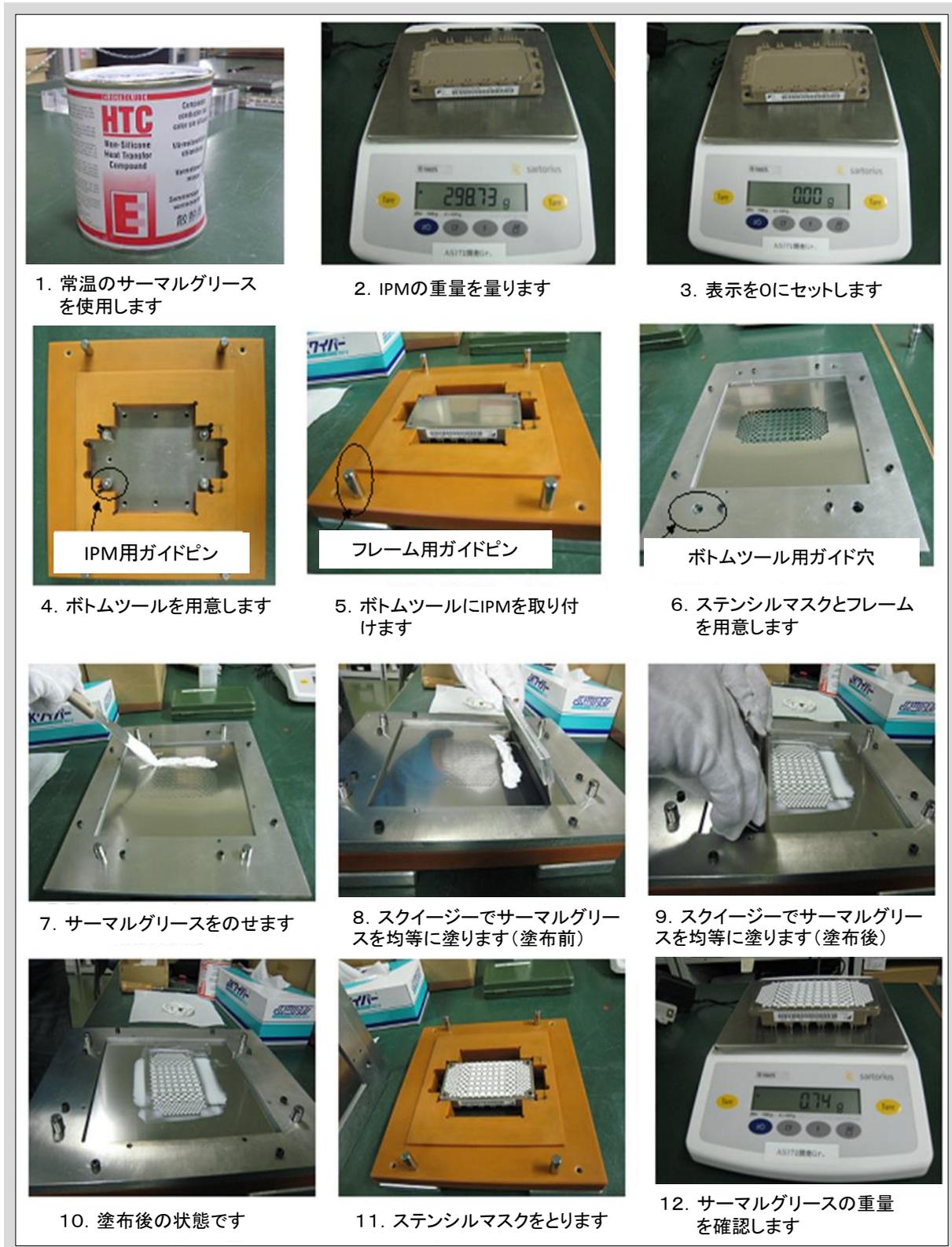


図5-2 サーマルグリース塗布方法例の概略

### 3.3 締め付け方法

IPM取り付け時のネジの締め付け方を図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下さい。また、ネジを使用する際にはスプリングワッシャーを使用することを推奨します。

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。

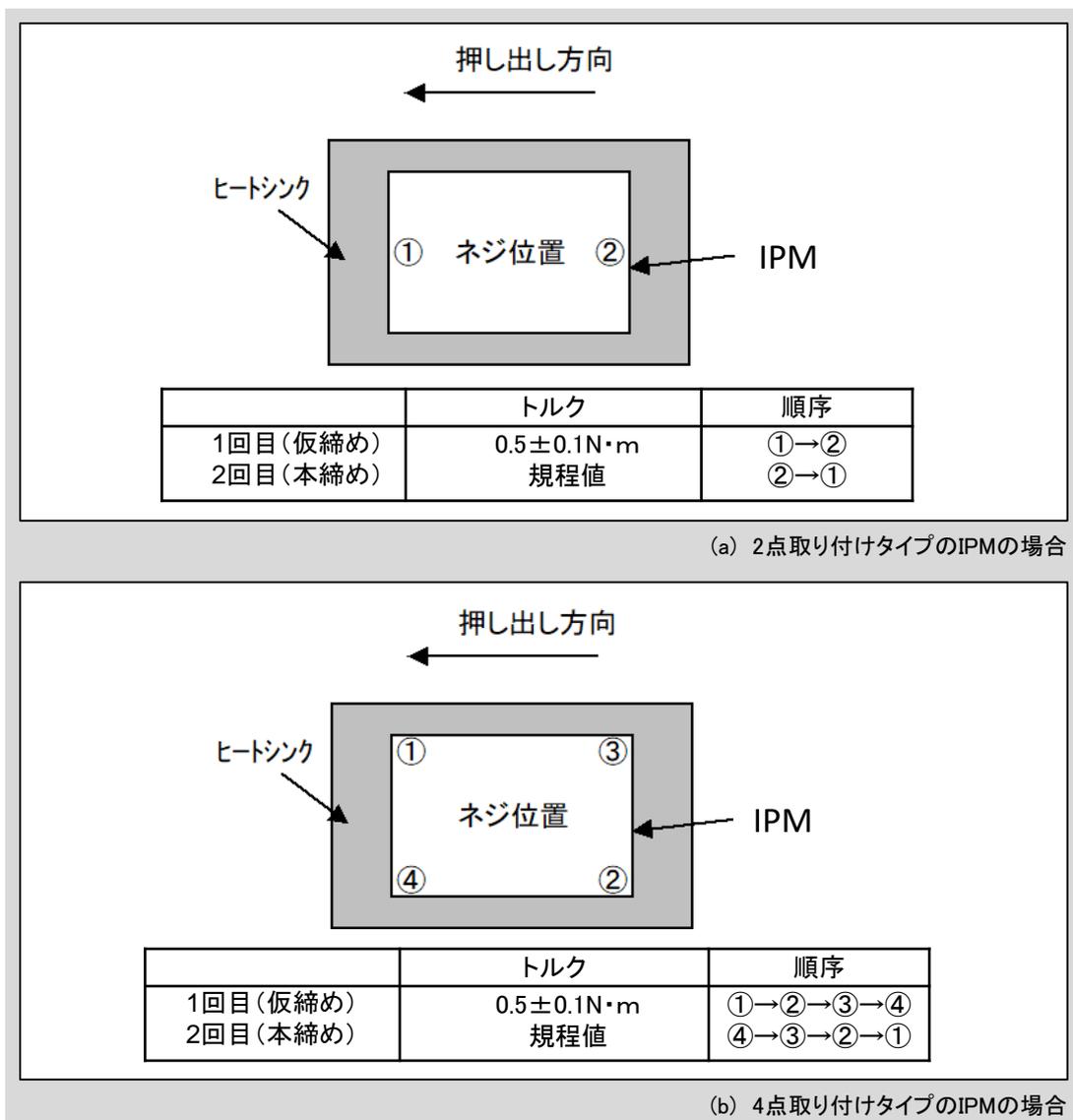


図5-3 IPMの取り付け方法

### 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 $125^{\circ}\text{C}$ 以下であることに加え、チップ $^{\circ}$ が $175^{\circ}\text{C}$ 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。

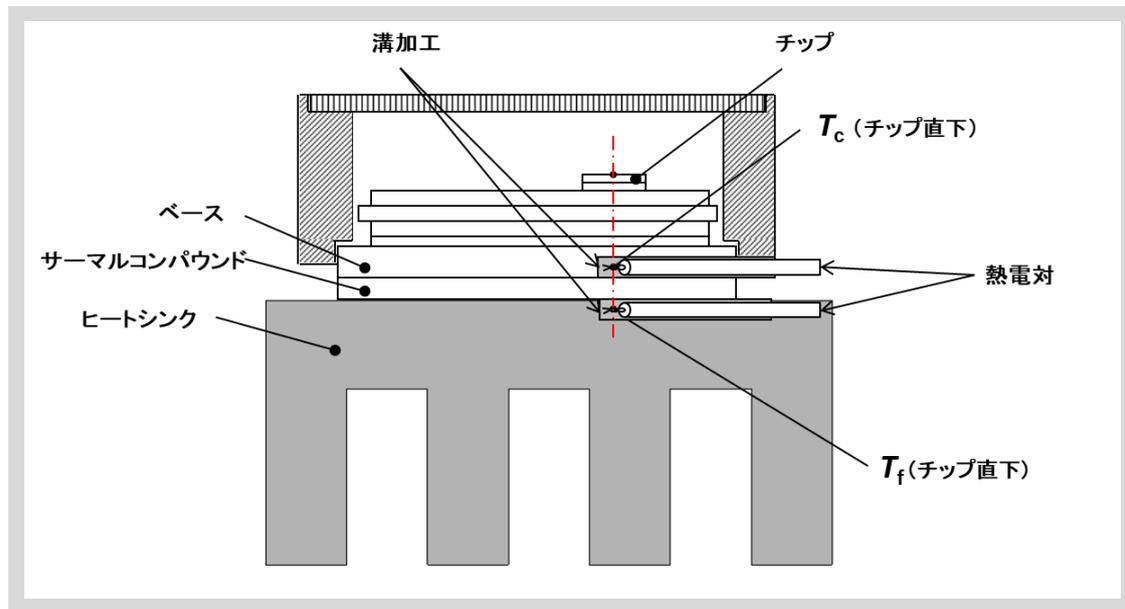


図5-4 ケース温度の測定