

# TIM プリペースト IGBT モジュール

## IGBT Modules with Pre-Applied TIM

磯 亜紀良 ISO Akira

吉渡 新一 YOSHIWATARI Shinichi

IGBT モジュールを実装するとき、IGBT モジュールから発生する熱を速やかに伝達するために、冷却フィンと IGBT モジュールの間にサーマルグリースを塗布する。このサーマルグリース塗布を IGBT サプライヤーに求める顧客が増えている。これに応えるために、フェーズチェンジタイプの TIM (Thermal Interface Material) を用いたプリペースト IGBT モジュールを開発した。採用した TIM は、従来の 3 倍以上の放熱性能を持つとともに、45℃ 付近で液状化し、それ以下の温度では固体化するので輸送性に優れている。これにより、放熱性と信頼性 (サーマルマネジメント) を向上させた IGBT モジュールを実現した。

When an IGBT module is mounted, thermal grease is applied between the cooling fin and the IGBT module to promptly transfer the heat generated from the IGBT module. An increasing number of customers are requiring IGBT suppliers to perform this thermal grease application. To meet this requirement, Fuji Electric has developed a family of IGBT modules with pre-applied thermal interface material (TIM) of phase change type. The adopted TIM features a high heat dissipation performance that is three times or better than that of the conventional products, and is liquefied at around 45°C and solidified below that temperature, thus offering ease of transportation. This has realized IGBT modules with improved heat dissipation properties and reliability (thermal management).

### ① まえがき

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールは、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー、自動車、産業機械、社会インフラなどの分野において重要な基幹部品の一つである。IGBT モジュールの特性改善に当たっては、特に、発生損失の改善、放熱性や信頼性の向上が重要である。

本稿では、放熱性と信頼性の向上 (サーマルマネジメント) を実現した TIM (Thermal Interface Material) プリペースト IGBT モジュールについて述べる。

### ② 開発の背景

IGBT モジュールが電力を変換する際に発生する損失は、熱となって放出される。放熱性は、製品寿命や電力変換装置の性能に大きな影響を及ぼす。一般的に空冷や水冷方式の冷却フィンと IGBT モジュールの間に熱伝達用のサーマルグリースを塗って取り付ける。<sup>(1)</sup> 1 W 材と呼ばれる熱伝達率 1 W/(m<sup>2</sup>·K) 付近のサーマルグリースが使用されることが多い。その際、塗布パターンや塗布量が非常に重要である。<sup>(2)</sup> 近年、塗布工程を正確に行うために必要な塗布ツールやグリースプリンタの投資を避けるため、グリース塗布を IGBT サプライヤーに求める顧客が増えている。富士電機はこの要求に応えるために、TIM プリペースト IGBT モジュールを開発した。このモジュールでは、従来の 3 倍以上の放熱性能を持つ 3 W 材を採用し、さらに輸送性を考慮して、従来のサーマルグリースではなく、45℃ 付近で液状化し、それ以下の温度では固体化するフェーズチェンジタイプの TIM を採用した。

フェーズチェンジタイプの TIM は、ぬれ広がり性を制

御することが難しいが、富士電機が設計したステンシルマスクを使用することで、これを可能にした。

### ③ フェーズチェンジタイプ TIM の特徴

開発したプリペースト IGBT モジュールの最大の特徴は、フェーズチェンジタイプ TIM を採用していることにある。この TIM には次のような性質がある。

- (a) 初期はグリース状である。
- (b) 揮発性溶剤を加熱などにより除去することでゴム状に変化する。
- (c) さらに、一定の温度より高くなると、ゴム状からグリース状に変化する。

この TIM は次に示す手順で使用する。

- (a) グリース状の TIM を IGBT モジュールに塗布する。その際、使用時に厚さが均一になるようにステンシルマスクを使ってパターン状に塗布する。
- (b) 加熱により揮発性溶剤を除去し、ゴム状に変化させる。TIM は固体化しているため、輸送梱包 (こんぼう) が可能である。
- (c) 常温でヒートシンクに取付けを行う。
- (d) デバイス起動により IGBT モジュールの温度が上昇することで、TIM がグリース状に変化し、放熱フィンに均一に広がる。

実際の使用手順を図 1 に示す。

フェーズチェンジタイプ TIM と従来のサーマルグリースとの比較を表 1 に示す。サーマルグリースの熱伝導率が 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K) であるのに対し、フェーズチェンジタイプ TIM は 3.4 W/(m<sup>2</sup>·K) であり、従来よりも熱伝導率が約 3.8 倍高い。

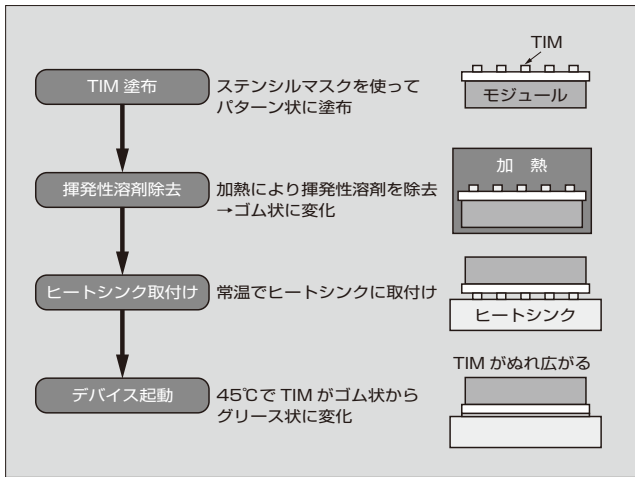


図1 フェーズチェンジタイプTIMの使用手順

表1 TIMの基本仕様

品名	開発品 (フェーズチェンジ タイプTIM)	従来品A (サーマル グリース)	従来品B (サーマル グリース)
外観	灰色	白	白
ベースオイル	ノンシリコン	シリコン	ノンシリコン
粘度 (Pa·s)	135	39	195
熱伝導率 [W/(m·K)]	3.4	0.9	0.9

4 プリペースト IGBT モジュールの性能

プリペースト IGBT モジュールについて性能試験を行った。試験に用いたモジュールと TIM は次のとおりである。

- 試験モジュール：1,200 V/600 A IGBT (2MBI600 VJ-120)
- 使用 TIM：フェーズチェンジタイプ TIM

4.1 めれ広がり性

富士電機が設計したステンシルマスクを使用して TIM を塗布し、TIM メーカーの推奨条件である 60℃、20分 で乾燥させた後に、規定トルクでガラスブロックに取り付けた (図 2)。通電状態を模擬するためにオープンを使って 60℃で加熱し、加熱時間が 10分、30分、60分経過した時点で抜き取り、TIM が全面に広がっていること (めれ広がり性) を確認した。オープン加熱時のモジュール温度を 図 3 に示す。加熱を始めてから 10分 で TIM がゴム状からグリース状に変化するフェーズチェンジが起こり、そこから 50分 で良好なめれ広がり性を確保できることを確認した (図 4)。

4.2 接触熱抵抗

1W 材のサーマルグリースから 3W 材のフェーズチェンジタイプ TIM に変えたことによる接触熱抵抗低減の効果について確認を行った。図 5 に接触熱抵抗の測定方法を示す。モジュール、フィン両面に加工を施して熱電対を設

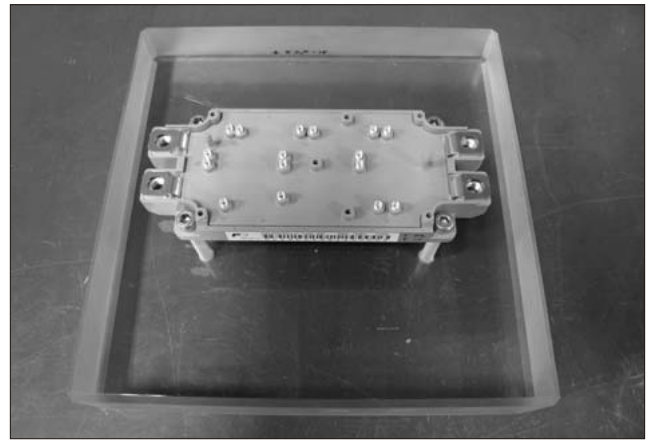


図2 ガラスブロック取付け状態

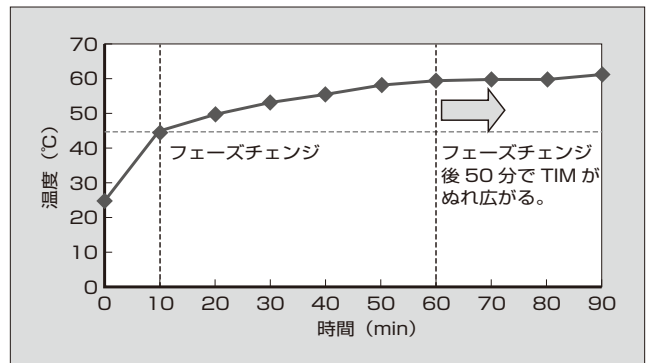


図3 オープン加熱時のモジュール温度

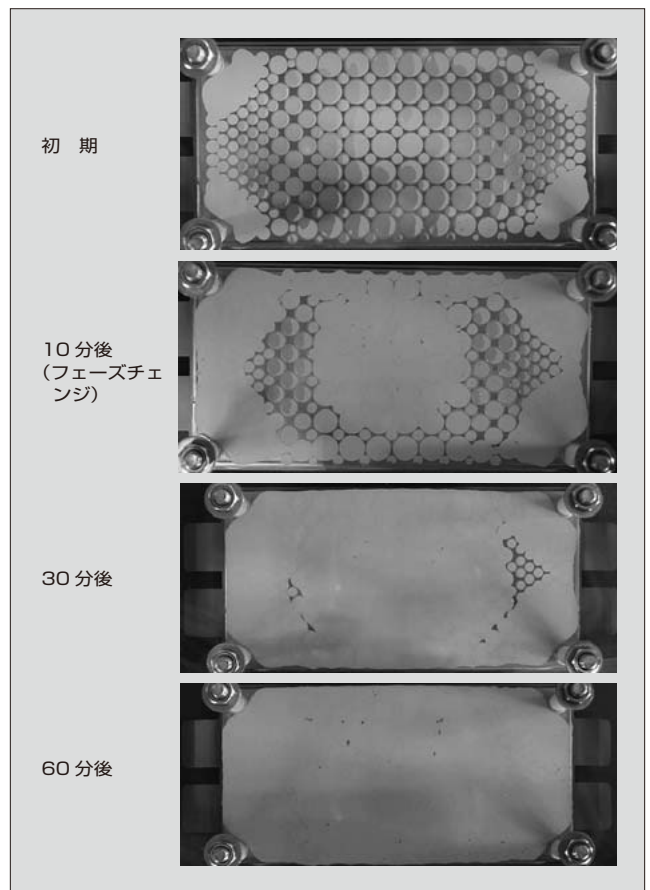


図4 TIMのめれ広がり性

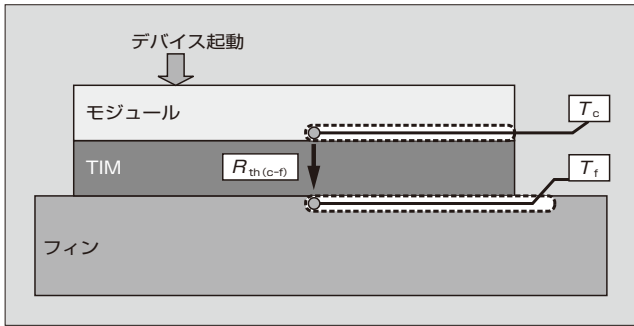


図5 熱抵抗測定方法

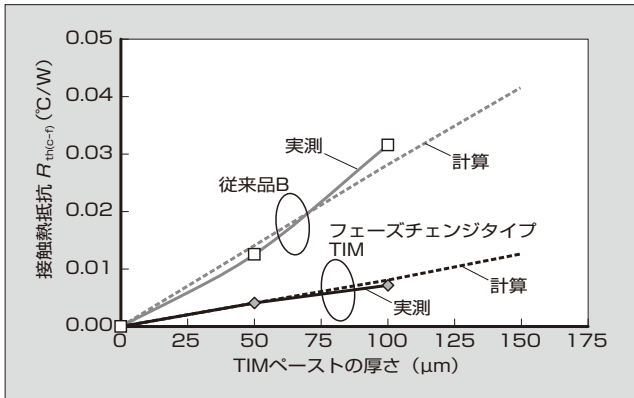


図6 接触熱抵抗比較

置し、式(1)で接触熱抵抗を算出した。

$$R_{th(c-f)} = (T_c - T_f) / P \quad \dots \quad (1)$$

$R_{th(c-f)}$ : 接触熱抵抗

$T_c$ : モジュールケース温度

$T_f$ : フィン温度

$P$ : デバイスへの印加電力

測定結果を図6に示す。接触熱抵抗はほぼ計算値と一致し、従来の1/3に低減できている。

#### 4.3 トルク抜け

放熱性を考える上で、TIMの性能のほかに考えなければならないのが、ヒートシンク取付け時に生じるトルク抜けである。トルク抜けとは、TIMがぬれ広がることによりTIMの膜厚が若干薄くなることで、モジュールをヒートシンクに取り付けるときのねじ締め付けトルクが若干低減（ねじが緩む）してしまう現象である。トルク抜けは、TIMの膜厚が厚いほうが発生しやすい傾向がある。この問題に対して、ヒートシンク取付けのねじにスプリングワッシャを使用することを推奨している。スプリングワッシャを使うことでトルク抜け問題が発生することなく実装できることを確認した（図7）。トルク抜け評価は、初期トルク3.5N・mで締め付けた後、ねじを緩めたときの最大トルクを戻しトルクと定義し、戻しトルクが規定トルク以上である場合は問題なしと判断している。締め付けトルク3.5N・mに対し、若干のトルク低下は生じているが、膜厚を厚くした場合においても規定トルクの2.5N・mを下回る

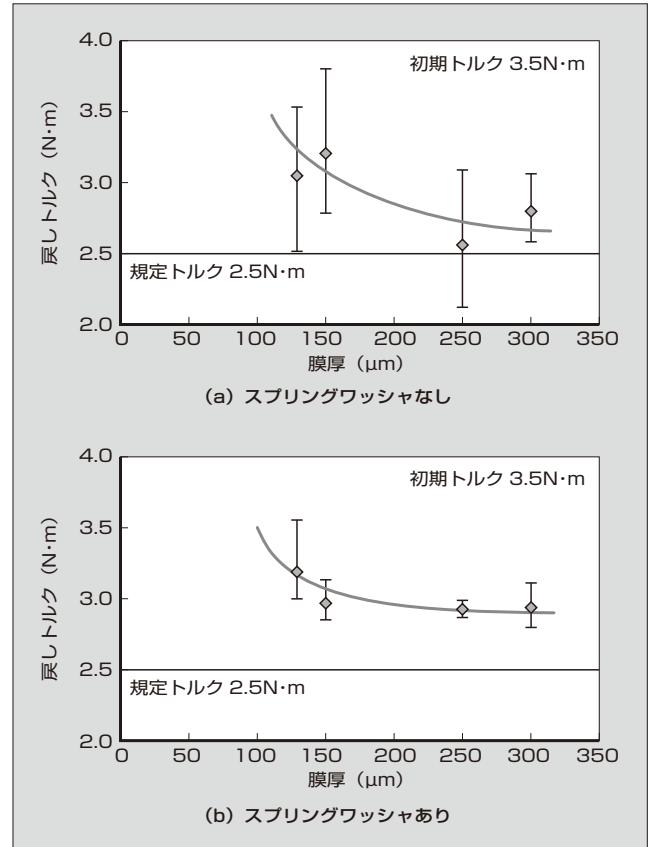


図7 トルク抜け評価

ことはなく、従来のサーマルペーストと同等の結果を得ている。

#### 5 今後の展開

現在、製品展開を行っているプリペースト IGBT モジュールには、M254、M629の2種類のパッケージがある。M271、M272パッケージ製品の開発にも着手しており、その他のパッケージについても系列拡大を進める予定である。

TIM プリペースト IGBT モジュールは、放熱性の向上に加え、TIMを塗布した状態で輸送梱包が可能な製品（図8）であるため、増えつつあるグリース塗布をIGBTサブ



図8 出荷状態

ライヤーに求める顧客への展開が期待できる。

## 6 あとがき

本稿では、放熱性向上と信頼性向上を実現した TIM プリペースト IGBT モジュールについて述べた。

今後も、さらなる顧客ニーズに応えられるよう、対象製品の系列拡大を進めるとともに、TIM のほか高放熱材料の技術開発など、IGBT モジュールのサーマルマネジメントの技術を高め、新製品の開発を行っていく所存である。

### 参考文献

- (1) Momose, F. Thermal management of IGBT module systems, PCIM Asia<sup>1</sup>.
- (2) FUJI IGBT MODULES APPLICATION MANUAL.

“Chapter 6 Cooling Design”.

- (3) 西村芳孝ほか. IGBTモジュールのサーマルマネジメント技術. 富士時報. 2009, vol.82, no.6, p.423-427.



### 磯 亜紀良

IGBT モジュールの構造開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部産業モジュール技術部チームリーダー。



### 吉渡 新一

IGBT モジュールの開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部産業モジュール技術部チームリーダー。





\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。