熱伝導材料(TIM)を塗布したモジュール

本書について

適応範囲と目的

パワー半導体とヒートシンク間の熱伝導を最適化するためには，微細なギャップや凹凸を適切に埋める熱伝導材料を塗布することが必須です。選択した材料と塗布のプロセスは、熱伝導の結果に大きな影響を及ぼします。さらに、アプリケーションレベルで期待される製品寿命も満たさなければいけません。

最良の結果を得るためには、モジュール、熱伝導材料の局所分布や塗布プロセスを切り離せないものとして考える必要があります。

このアプリケーションノートでは，熱伝導材料 (TIM) を塗布したパワーモジュールの取り扱いについて説明します。

対象者

このアプリケーションノートは、パワーエレクトロニクスデバイスの取り扱いに携わるすべてのユーザーを対象とします。技術者や組立作業者が、記載されたモジュール技術を適切に使用するためのガイドとなることを目的とします。

目次

本書について **1**
目次 **1**
1 特長と特性 **2**
1.1 保管と移送 2
1.2 実装前のクリーニング 2
1.3 包装 2
1.4 外観 3
2 ヒートシンクへの取り付け **4**
3 組み立て時の取り扱い **5**
3.1 モジュールの PCB への取り付け 5
3.1.1 ウェーブはんだ付けの工程 5
3.1.2 PressFIT モジュールの取り付け 6
4 設計の熱特性の評価 **9**
4.1 赤外線カメラによる比較測定 9
4.2 TIM-Imprint の評価 10
5 高温環境下での TIM **12**
6 インフィニオン PowerBLOCK に搭載された TIM **13**
7 良質なパーツ - 概要 **14**
8 その他の情報 **15**
改訂履歴 **16**
免責事項 **17**

1 特長と特性

インフィニオンテクノロジーズが採用した TIM は、熱を加えると外観が変化する材料で構成されています。約 45 °C で固体状態からチキソトロピー状態に変化します。この温度以下では、固体はろうそくの蝋に似た粘性を示し、これがこの材料のユニークな機械的特長と放熱能力のベースとなっています。材料はスクリーン印刷で塗布されており、ハニカム形状や、材料を塗布しない領域ができることが特長です。

アプローチのハイライトは以下のとおりです。

- システム内の高い熱伝導性
- 非導電性、シリコーンフリー
- 一般的なモジュールではベースプレート温度 125 °C 、.XT タイプのモジュールではより高い温度で長期安定性が実証されています。
  詳細は「5. 高温環境下での TIM」を参照してください。
- ブリード, ポンピング, およびキャピラリー効果に強い。
- 無毒性
- 実装とクリーニングの簡略化

1.1 保管と移送

インフィニオン テクノロジーズのデバイスの保管および取り扱い方法は、ガイドライン [TR14_Storage_of_IFX_Prooducts]に記載されているルールを参照してください。これらのルールは、TIM があらかじめ適用されたモジュールにも適用されます。TIM を塗布したモジュールの保管は、最高 40 °C の大気圧条件下で 24 ヶ月まで可能です。水平に保管することが望ましいですが、必須ではありません。相転移温度を超える温度レベルでは、熱活性層への機械的な接触を防ぐ必要があります。これは、技術的な理由と個人の安全のためです。

チキソトロピー状態の材料の粘度を調整し、垂直に立てた状態でも材料が流れ出したり、最初の位置から垂れ落ちたりしないようにする必要があります。輸送中の衝撃や激しい振動は避けてください。

1.2 実装前のクリーニング

塗布された TIM 層は、使用可能な状態でなくてはいけません。埃や塵の粒子などに汚染されないように注意を払う必要があります。一般的なサーマルグリスとは異なり、層を破壊することなく汚染物を除去するのは非常に困難です。柔らかいブラシや乾いた布を使って、熱活性層から粒子やかけらを慎重に取り除き、TIM が取り除かれないように注意してください。大きな粒子はピンセット等を使って慎重に取り除いてください。TIM 層に傷をつけたり、強くこすったりしないよう注意してください。洗浄には十分注意してください。

1.3 包装

TIM 層を保護するため、モジュールは保護用の箱に梱包されています。個々のパッケージは、モジュールの TIM で覆われていない部分を保護できるように設計されています。Figure 1 のようなブリスターパックは、製造時、必要に応じてベースプレートやモジュールの上面にアクセスできるよう、どちらからでも開けられます。



Figure 1　　EconoPACK™ +用のブリスターパックと段ボールの箱

モジュールを取り扱う際には、半導体や静電気に敏感なデバイスと同様に、ESD 保護に関する規則を守ってください。

1.4　　外観

TIM は、モジュールに適用される分量を局所的に調整するために、ステンシル印刷を使用して塗布されています。実装前に印刷にダメージがないことをよく確認してください。Figure 2 にその例を示します。



Figure 2　　TIM を塗布したモジュール例: EconoPACK™ +

2 ヒートシンクへの取り付け

モジュールを交換する場合、ヒートシンクの汚れと残留物をきれいに除去する必要があります。低温下では、安全面も考慮した特別なクリーニングは必要ありません。手袋無しでもクリーニングが可能です。大きな粒子はスクイージーやスクレーパーで取り除けます。ヒートシンクの表面をこすったり、傷つけたりしないよう注意する必要があります。そのため、このステップでは、プラスチック製のスクレーパーを使用することを推奨します。さらに、乾いた布を使用してクリーニングできます。液体溶剤やクリーナーの使用は推奨しません。Figure 3 にクリーニングの推奨手順を示します。

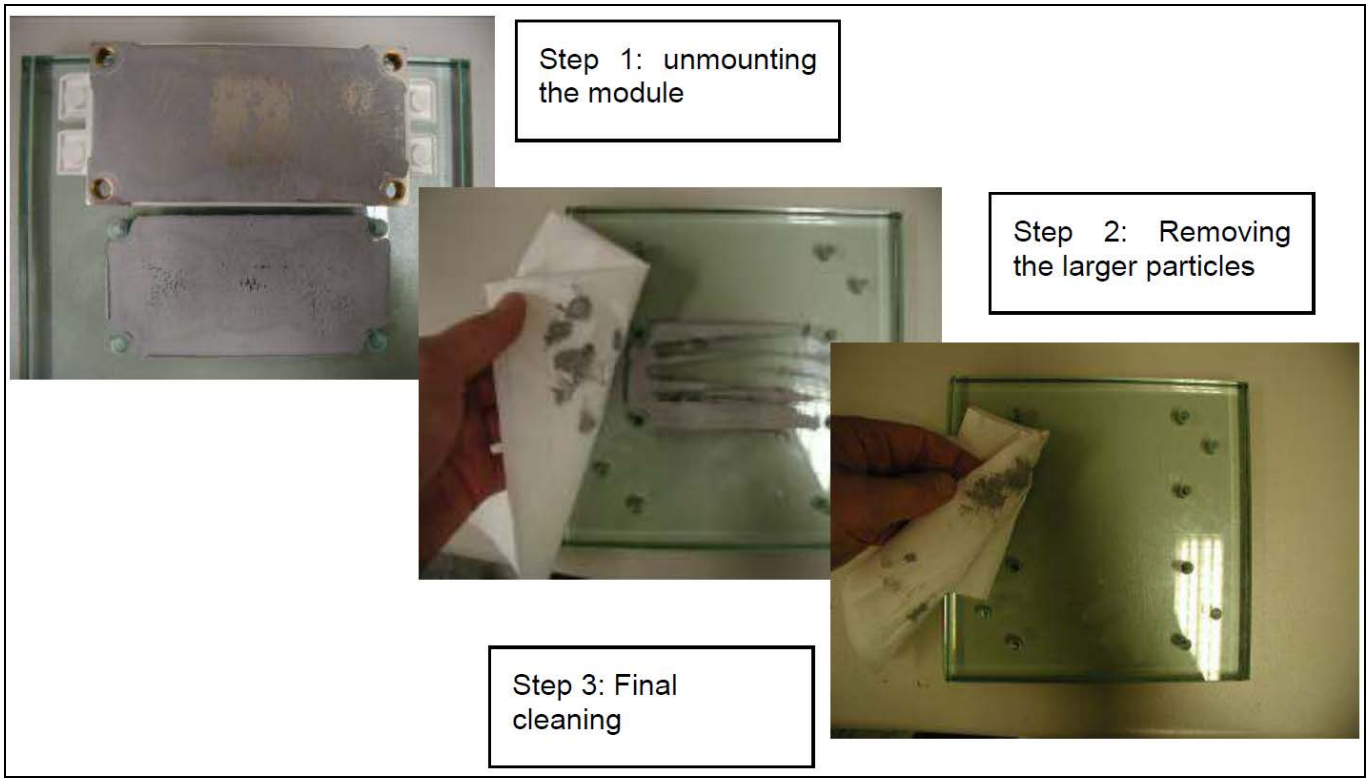


Figure 3 新しいモジュールを組み立てる前の実装エリアのクリーニング

微細な表面構造の内部には、微小な粒子が残存します。修理に使用するモジュールに TIM が塗布されている場合でも修理に支障はありません。最初の相転移では、熱界面が再び相互接続を形成し、優れた熱伝導を実現します。

以前別の放熱グリスで覆われていた場所に TIM 塗布モジュールを取り付ける場合、必ずグリス製造元の指定する手順で徹底的にクリーニングして下さい。

TIM 付きモジュールを再実装する場合、徹底的なクリーニングと新しい TIM の塗布が必要です。これは可能ですが、交換の仕方によって、モジュールの熱特性が変化することに留意する必要があります。したがって、この方法は推奨しません。

3 組み立て時の取り扱い

モジュールがブリスターパック無しで組み立てラインに運ばれる場合、取り扱いには注意が必要です。どのような場合においても、TIM 層は機能エリアとみなされますので、機械的接触, 引っ掻き, および接触から保護する必要があります。また、汚れ, 埃, 水分, 油分, およびグリスなどによる汚染も防がなければいけません。

このステンシルデザインは、モジュールのエッジに沿って TIM で覆われていない部分があります。この部分を利用して、適切なキャリアでモジュールを運搬できます。

Figure 4 に見られるように、熱伝導に寄与しない部分や金属同士が直接接触しない部分が選ばれており、熱性能に悪影響を与えません。

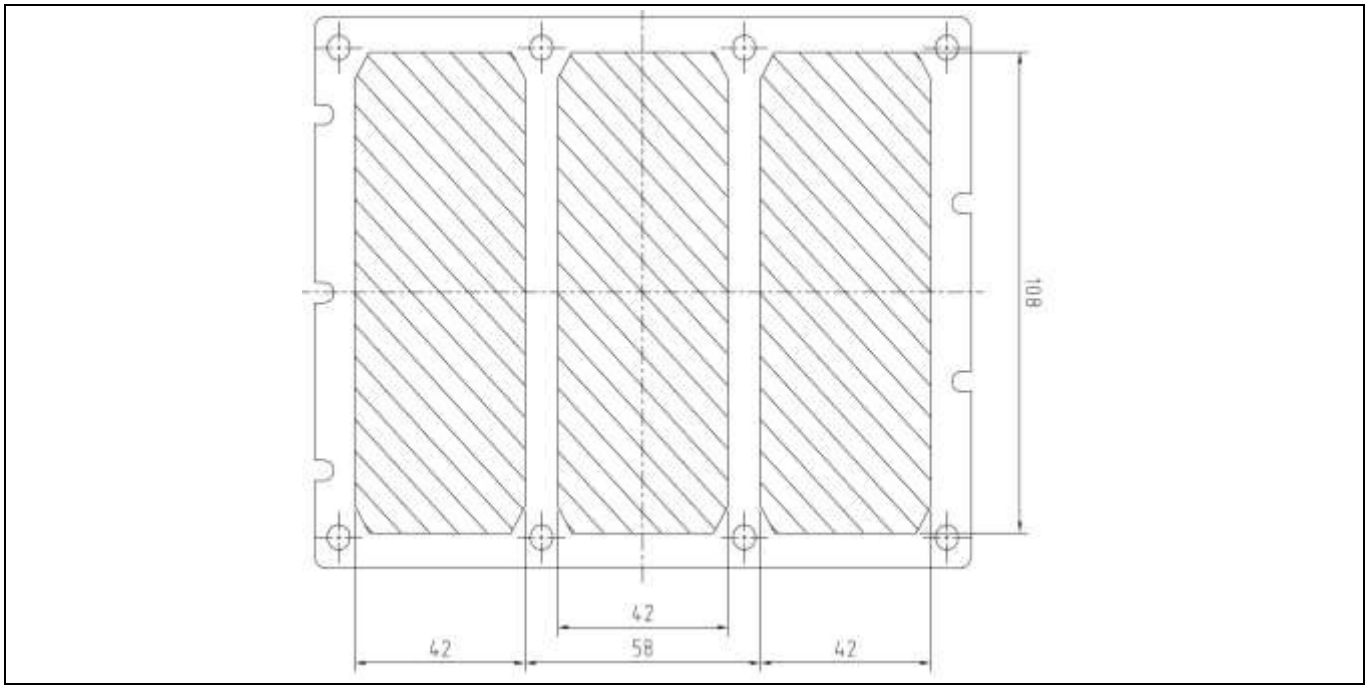


Figure 4 EconoPACK™ +と TIM で覆われていない部分のポジション: 斜線部分の周囲は、TIM 層を損傷することなくモジュールに接触できます。

さらに、TIM 層を保護するため、ベースプレートのネジ穴でモジュールをサポートするキャリアの構成が考えられます。

3.1 モジュールの PCB への取り付け

この手順は、モジュールが備えている接合技術によって異なります。以下の章では、はんだ付けを行う場合と、はんだ付けを行わない PressFIT 端子での例を紹介します。

3.1.1 ウェーブはんだ付けの工程

この工程では、モジュールを逆さまにして PCB の位置に置きます。ウェーブはんだ付け装置では、通常、最初に大きな部品の熱容量の影響を減らすために予熱を行います。これは、いわゆる「いもはんだ」を防ぎ、金属ピンを適切に湿潤させ、信頼性の高いはんだ接合を形成するために必要です。

この工程で、TIM は相転移温度を超えるレベルまで加熱されます。また、はんだ槽がカーテンで仕切られている場合、TIM 層が破壊されたり、TIM 粒子で炉内が汚染されたりする危険性があるため、その両方を避ける必要があります。

組み立て時の取り扱い

そのため、はんだ付けの際にモジュールのベースプレートに機械的に接触しないようにする必要があり、簡単な対策を施さなければいけません。機械的な接触を防ぐための隙間を大きくし、ベースプレートへの放射熱を考慮したシンプルな金属製のケージでモジュールを覆えば十分です。

TIM 層が相転移温度を超えると、その外観がわずかに変化することがあります。ベースプレートに印刷されたドットは、以前よりシャープなエッジを示さなくなることがあります。しかし、これは材料の熱的性質に影響を与えるものではありません。ウェーブはんだ付けのプロセスは、一般的な表面実装用の FR4 基板のはんだ付けに使用される JEDEC プロファイルに基づきテストされています。Figure 5 は、ウェーブはんだ付け後の EconoPACK™ 3 モジュールの写真です。

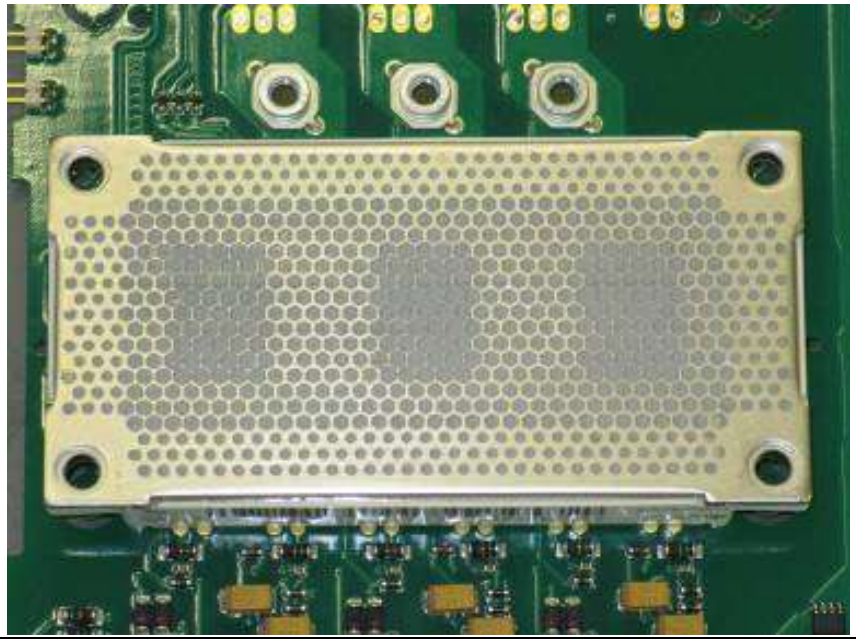


Figure 5　　ウェーブはんだ炉通過後の TIM 層付きモジュール

安全上の理由とモジュールの熱容量により、はんだ付け直後の材料に触れることは推奨しません。次の取り扱いステップに進む前に、まず冷却することを強く推奨します。

次の取り扱い工程に、モジュールをはんだ付けした PCB の再梱包が含まれる場合、すべての工程で TIM 層への機械的接触が無いよう、また TIM 層に傷がつかないよう注意してください。特に、表面の粗い台上で材料を動かすことは避ける必要があります。

はんだが付いたモジュールは、最初のステップでヒートシンクに実装することも可能です。その後、選択的にはんだ付けを行うことで、PCB との接続を形成できます。この場合、一般的なモジュールと TIM 塗布モジュールに差はありません。

3.1.2　　PressFIT モジュールの取り付け

PressFIT ピンは、モジュールと PCB の接続にレバープレスなどの機械が必要です。必要なツールの詳細は、アプリケーションノートに記載されています。

TIM を塗布したモジュールの扱いに必要なのは、プレスに少しの変化を加えることだけです。TIM で覆われていない部分でモジュールを支えるフレームがそれにあたります。その際、この外側の部分に圧入力が発生するため、残りの工程は TIM のない標準的なモジュールと変わりはありません。

ツールと TIM の間に必要な距離をもたせるために、適切なフレームの厚さは少なくとも 150～200 µm 以上確保する必要があります。

組み立て時の取り扱い

Figure 6 に EconoDUAL™ 3 または EconoPACK™ 3 でプレスできるフレームを示します。

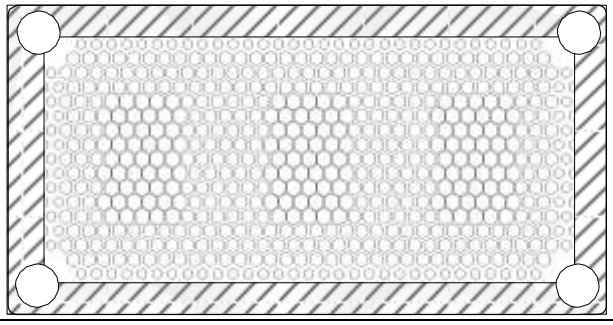


Figure 6　Econo モジュールを安全にプレスするためのフレームの模式図: 斜線部は接地面、ハニカム形状は TIM 層を表しています。

また、TIM を塗布したモジュール専用の実装ツールを使用することも可能です。このツールは、スタンプとカウンターホルダーで構成されています。スタンプの形や大きさは、その配置と同様に、TIM 層の形状に合わせて選択する必要があります。Figure 7 と Figure 8 のレンダリング図は、1 つの可能性を示しているに過ぎません。この 3D CAD ファイルは、ご要望に応じてインフィニオンから提供します。

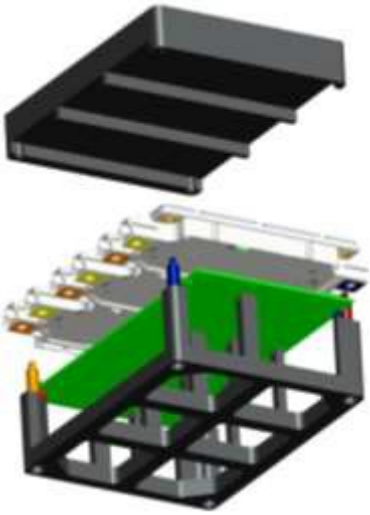


Figure 7　EconoPACK™ + モジュールの圧入可能なツール、底面から見た図

組み立て時の取り扱い

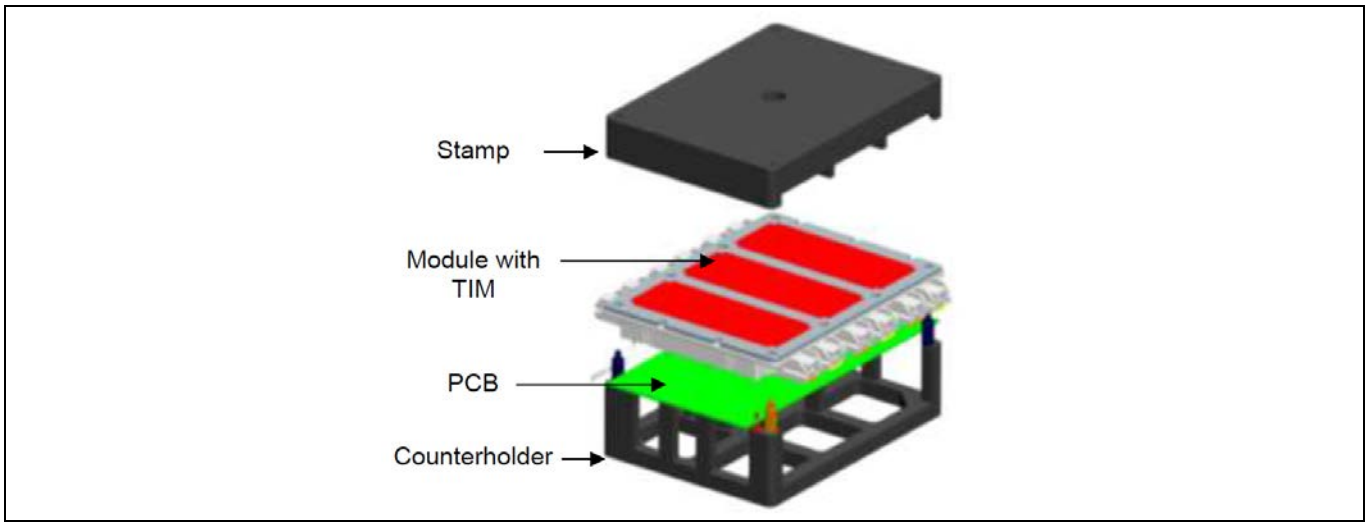


Figure 8　　EconoPACK™ + モジュールの圧入可能なツール、上面から見た図

PressFIT モジュールについても、まずヒートシンクにデバイスを取り付け、次に PCB に圧入することが可能です。この手順は TIM 有無での違いはありません。

4 設計の熱特性の評価

多くの場合、熱シミュレーションは、新規の設計時に熱特性を評価する基礎となります。これらのシミュレーション結果は、実際のアプリケーションにできるだけ近い条件下となるよう、最終的なハードウェアの実地試験によって検証するよう注意しなければいけません。

パワー半導体は負荷がかかると熱的な状況に陥りますが、それは温度スイングと温度レベルに分類されます。どちらの値も直接測定できます。熱モデルを迂回路や二次的なパラメータとして使用した判定は推奨しません。

4.1 赤外線カメラによる比較測定

この測定方法は、最も信頼性の高い方法です。パワーモジュール内の熱拡散と温度レベルについて、最も正確であると言えるでしょう。この方法には、開封して内部にゲルのない、黒体スプレーを噴霧したモジュールと、適切な赤外線カメラが必要です。絶縁ゲルが無いので、高電圧でのモジュール動作は選択できません。非常に低い電圧でモジュールの定格電流の範囲内の大電流を供給できる電源が必須です。直列接続された IGBT の場合、電源はデバイスの順方向電圧以上の電圧を供給しなければいけません。Figure 9 にヒートシンク, ファン, コントローラ, およびタイマーで構成される実験室のセットアップの写真を示します。



Figure 9 EconoPACK™ + で行った赤外線測定のテストベンチ

IR カメラにより、モジュール内部の温度分布や最高到達温度を正確に観察できます。

Figure 10 は、赤外線カメラで撮影した写真です。モジュール内の IGBT はすべて動作しています。この実験では、空気は左から右へ流れています。

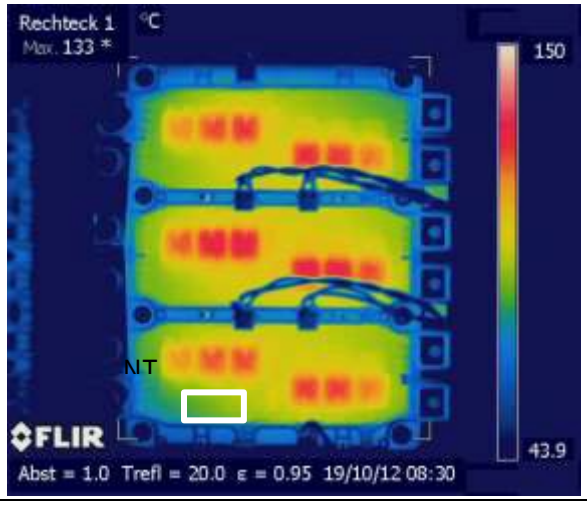


Figure 10　　負荷状態のモジュールの赤外線カメラによる写真 DUT FS450R17OE4P

この例の測定においては、モジュール内部で約 95,200 回の測定をしています。最高到達温度も簡単に確認できます。NTC の位置の温度がチップ温度より低いことがはっきりとわかります。この測定では、IGBT のホットスポットが 133 °C であるのに対し、NTC の温度は約 105 °C でした。

4.2　　TIM-Imprint の評価

従来の方法では，ある熱伝導性グリスのインプリントとその熱特性の相関関係を導き出そうとしていました。しかし、この方法は大きな誤判定を招くため、推奨しません。

Figure 11 と Figure 12 を例として説明します。

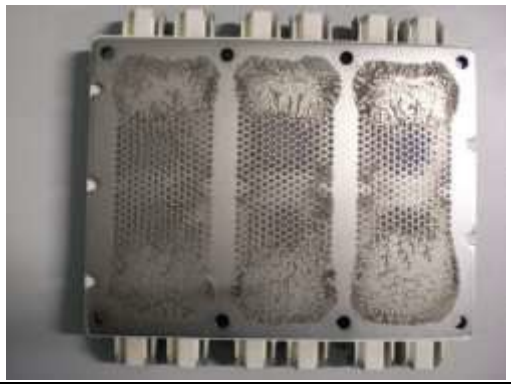


Figure 11　　サイクル後の TIM 層の外観。ベースプレート側から見た図

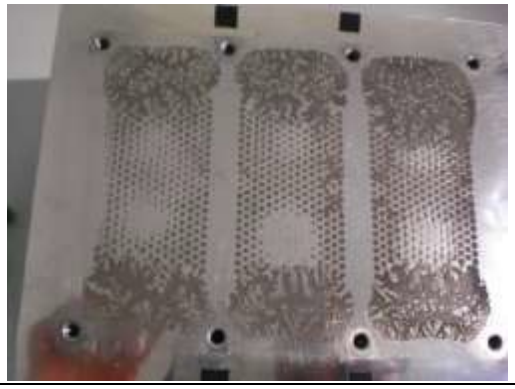


Figure 12　　サイクル後の TIM 層の外観。ヒートシンク側から見た図

プリントパターンが残っているにも関わらず、熱性能は良好であることが判明しました。Figure 10 に温度レベルとその分布を示します。

5 高温環境下での TIM

特長と特性で説明したように、インフィニオンの TIM の基本のバージョンは、モジュールのベースプレート温度が 125°C まで到達しても恒久的に動作することが認定されています。

インフィニオンは、IGBT5 と.XT テクノロジーにより、最大 175°C までのジャンクション温度で動作し、かつベースプレート温度が 125°C を超える可能性のあるチップ世代を発表しました。

この先進技術に適したソリューションを提供するため、このパワーデバイスのファミリーに適用される材料は、IEC60747-9 に基づき認定されています。この規格の値を超える 125°C から 150°C への昇温試験を実施し、すべての試験に合格しました。

6 インフィニオン PowerBLOCK に搭載された TIM

Figure 13 に、TIM と利用可能な Infineon PowerBLOCK の概観を示します。



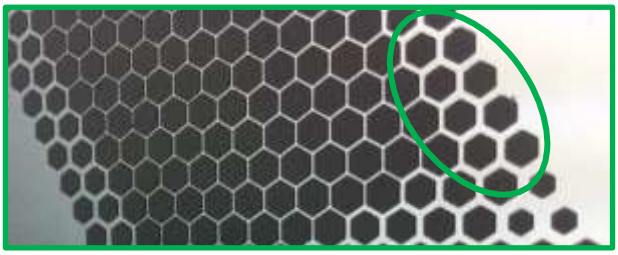
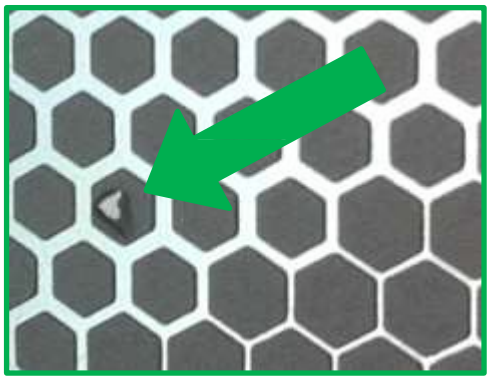
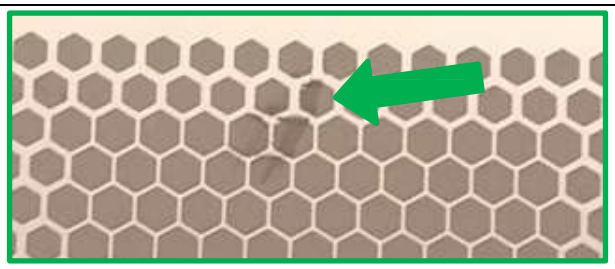
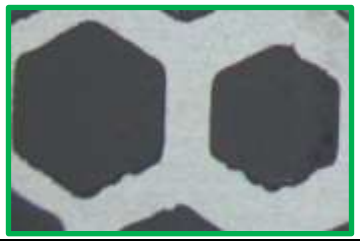
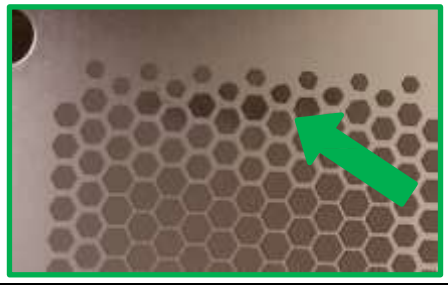
Figure 13 TIM を塗布した PowerBLOCK

これらのパーツについても、本アプリケーションノートの記述が適用されます。その他の情報は、AN2016-07 [Use and installation manual PowerBLOCK Modules with TIM]に記載されています。このファイルはインフィニオンのウェブサイトからダウンロードできます。

7 良質なパーツ - 概要

プリント工程を厳重に管理および監視し、材料の取り扱いを最高水準に保っているにもかかわらず、TIM 層にわずかな偏差が生じることがあります。これらは、熱性能や材料の期待寿命に悪影響を及ぼすことはありません。

ここでは、いくつかの偏差の例を挙げています。すべてノンクリティカルと考えられるものです。

許容範囲内の偏差: 単一ハニカムの端の変色や少量の TIM	
許容範囲内の偏差: プリンティング密度の高い領域以外で、材料の一部の欠け	
許容範囲内の偏差: TIM 層上部の局所的な変色や微小なキズ	
許容範囲内の偏差: 単一ハニカムの拡散エッジ	
許容範囲内の偏差: 2 つのハニカムの間にある少量の物質	
表示したすべてのケースは、自動検査システムによって、適切な量の材料がモジュールに適用されていることが確認されています。	

8 その他の情報

熱伝導材料とその応用に関する科学論文やホワイトペーパーなどの詳細情報は、www.infineon.com/TIM を参照してください。

改訂履歴

版数	発行日	変更内容
**	2022-12-26	これは英語版 AN 2012-07 Modules with preapplied thermal interface material Revision 2.1 を翻訳した日本語版 AN 2012-07_JA Revision 2.1 です。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2022-12-26
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2022 Infineon Technologies AG.
All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Go to www.infineon.com/support

Document reference
Revision 2.1

重要事項

本手引書に記載された本製品の使用に関する手引きとして提供されるものであり、いかなる場合も、本製品における特定の機能性能や品質について保証するものではありません。本製品の使用の前に、当該手引書の受領者は実際の使用環境の下であらゆる本製品の機能及びその他本手引書に記された一切の技術的情報について確認する義務が有ります。インフィニオンテクノロジーズはここに当該手引書内で記される情報につき、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

警告事項

技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。
インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。