

放熱シートにおける熱伝導率と 実際の放熱効果

鉄道総合技術研究所 上條 弘貴

1. はじめに

パワーデバイスは、グリースを用いてヒートシンクに取り付けられ放熱を確保しているが、流れ出し、枯れといった経年劣化による放熱効果の低下や、交換時の作業性など、信頼性を確保する上で課題がある。一方、作業性が良く、熱伝導率が高い放熱シートの開発が進められ、グリースの代わりとして適用されてきているが、期待通りの効果が得られない場合もある。

本報告では、パワーデバイスとヒートシンク間の放熱材料として、3種類のシートについて、材料単体の熱伝導率と実際にパワーデバイス-ヒートシンク間に使用された場合の熱抵抗を測定し、放熱効果の関係を考察した。

2. 放熱シート

試験は、表1に示す一般に市販されている高熱伝導タイプの放熱シートでメーカーが異なる2種類 (A、B) と、電気絶縁シート1種類 (C) の計3種類について実施した。

表1 シート特性

| シート | A | B | C |
|----------------|----------------|--------|--------|
| 樹脂 | シリコン | シリコン | シリコン |
| 基材 | ガラスクロス | ガラスクロス | ガラスクロス |
| 厚さ (mm) | 0.2 | 0.25 | 0.18 |
| 熱伝導率 (W/(m·K)) | 3.1*1 4.5*2 | 0.8*2 | <0.3 |
| 絶縁破壊電圧 (kV) | 4 | 6.6 | 7~9 |

*1 : ISO 22007-2、*2 : ASTM E 1530

3. 熱伝導率

材料の熱伝導特性を表す物性値として熱伝導率で評価されることが多いが、測定対象の材質、特性や、測定条件などにより、各種の規格、測定、評価方法があり、測定方法、条件、装置特性などで、その測定値が異なることがある^{1),2)}。

そこで、温度傾斜法の原理に基づいた自作測定装置による定常法と、JIS H 7801に準拠したキセノンフラッシュアナライザーにより熱拡散率を測定し別途測定した密度、比熱容量から熱伝導率を算出する非定常法の2通りの方法で熱伝導率を測定した²⁾。

シート単体の熱伝導率の測定結果を、図1に示す。すべてのシートにおいて、定常法の測定結果に比べて非定常法の測定結果の方が大きな値となった。

4. パワーモジュール取付時の放熱効果

パワーモジュールが、シートを介してヒートシンクに取り付けられた実際の放熱効果を評価するため、半導体チップから周囲までの熱構造関数を算出し³⁾、シートの熱抵抗を推定した。測定は、JEDEC規格のJESD51-14に準拠した冷却法で行った⁴⁾。

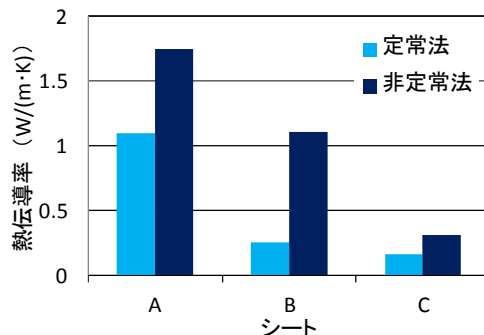


図1 シート単体の熱伝導率測定結果

熱抵抗の測定結果を、図2に示す。また、熱伝導率の測定結果をもとに、シートの面積、厚さを測定条件に合わせ熱抵抗に換算した結果も、図2に示す。測定結果から、実際にパワーモジュール-ヒートシンク間に使用された場合の熱抵抗は、非定常法によりシート単体で測定された熱伝導率をもとに計算した値に比べて大きく、定常法によりシート単体で測定された熱伝導率をもとに計算した値に比べて小さくなる傾向にあるが、シートにより大小関係が異なる場合や、その差にも違いが見られた。

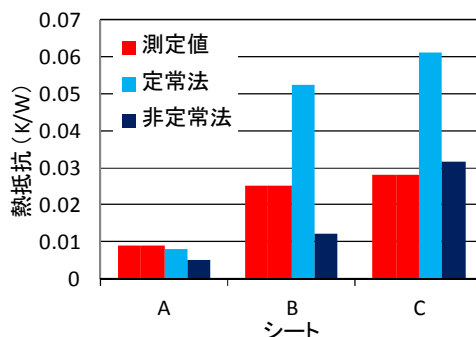


図2 パワーモジュール取付時の熱抵抗測定結果

5. おわりに

シート単体の熱伝導率を測定し、実際にパワーデバイス-ヒートシンク間に取り付けられた時の放熱効果を評価した結果、シート単体の熱伝導率は測定方法により値が異なること、シート単体の熱伝導率から換算した熱抵抗は実際に測定された値と差がみられ熱設計には注意が必要なことなどを示した。

参考文献

- 1) 上條弘貴、福田典子：「鉄道車両用パワーデバイス取付部の材料特性と放熱効果」、平成27年電気学会産業応用部門大会講演論文集、No. 5-43, pp. V-285~286, 2015
- 2) 福田典子、上條弘貴：「車両用パワーデバイス取付部の材料特性と放熱効果」、鉄道総研報告、Vol. 29, No. 9, pp. 47-50, 2015
- 3) T. Fukuda : "Degradation of Power Semiconductor Modules for Trains", EPE' 13 ISBN:978-90-75815-17-7 and 978-1-4799-0114-2, 2013
- 4) JEDEC STANDARD, JESD51-14 : "Transient Dual Interface Test Method for the Measurement of the Thermal Resistance Junction to Case of Semiconductor Devices with Heat Flow Trough a Single Path"