

新材料と従来材料の自由で簡易な複合化による実用的な熱界面の構築

Various Composites of Emerging and Conventional Materials for Practical Thermal Interfaces

早大先進理工¹, 東大院工² 金澤 優貴¹, 横井 建人¹, 川上 慧¹, 宗像 瀬文¹, 杉目 恒志¹,
許 斌², 塩見 淳一郎², 野田 優^{1,*}

Waseda Univ.¹, Univ. Tokyo² Yuki Kanazawa¹, Kento Yokoi¹, Seibun Munakata¹, Satoru
Kawakami¹, Hisashi Sugime¹, Bin Xu², Junichiro Shiomi², Suguru Noda¹

*E-mail: noda@waseda.jp

あらゆるデバイスは、その動作にエネルギー変換を伴うが、変換されるエネルギーは最終的には熱となる。その熱のデバイス外への除去が高度に高性能化したデバイスの性能を律するようになっている。廃熱の有効利用においても熱の効率的な輸送は欠かせない。特に難しい固-固界面での熱輸送に対し、最新の学術成果を熱界面材料(TIM)として具現化する我々の取り組みを紹介したい。

1. 高分子マトリクス TIM [1,2]

TIMでは高い熱伝導率と柔軟性の両立が求められる。高分子樹脂を柔軟マトリクスとし、伝熱材をフィラとして充填するのが一般的だが、フィラ間の伝熱を樹脂が阻害する。炭素繊維(CF)は軸方向に約 1000 W/m K の高い熱伝導率と高アスペクト比を有し有望である。我々はインクのせん断塗工で CF が面内配向した樹脂シートを作り、ロッド成形、スライスして CF を垂直に 50 wt%以上と高密度充填した TIM を開発した。サブフィラに膨張化黒鉛を用い、ベンチマークの In シートと同程度の 19 mm² K/W の低熱抵抗を実現した(図 1)[1]。同様に六方晶窒化ホウ素の板状結晶を用いて絶縁性 TIM も開発、50 mm² K/W 以下を実現した[2]。

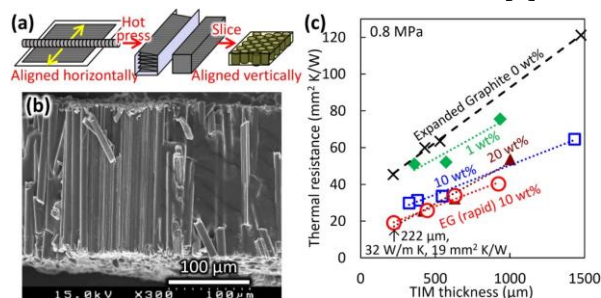


図 1. CF を樹脂に垂直稠密充填した TIM [1]

2. CNT マトリクス・エアロゲル TIM [3]

樹脂はフィラ間の伝熱を阻害し、耐熱性も低い。カーボンナノチューブ(CNT)や窒化ホウ素ナノチューブ(BNNT)は高い熱伝導率と耐熱性を持つが、実スケールでは充填密度が上がらず性能が出な

い。我々はCNTやBNNTのスポンジ状自立膜を、伝熱を阻害しない柔軟・高耐熱マトリクスに利用した。紙漉きのように分散・ろ過で 99 wt%の Ag 微粒子を 1 wt%以下の CNT で保持したエアロゲル TIM を開発した(図 2)[3]。

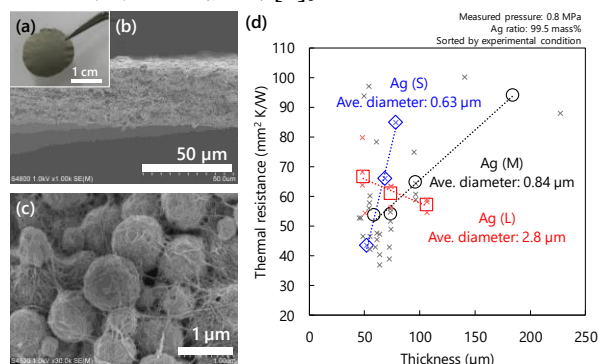


図 2. 1 wt%の CNT で 99 wt%の Ag 微粒子を保持したエアロゲル TIM [3]

3. マトリクスフリー・エアロゲル TIM [4]

CNT スポンジは弾性を有するため、CNT を減らすほど TIM が潰れやすく熱抵抗が下がる。ガス中蒸発法で Ag ナノ粒子を Ag 箔の両面に数分で担持した CNT 0 wt%の TIM も開発、In シートに迫る低熱抵抗を実現した(図 3)[4]。

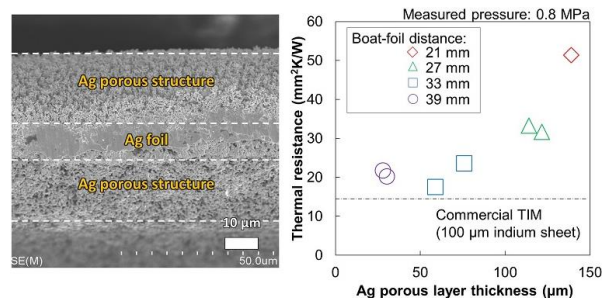


図 3. 粒子膜/箔/粒子膜構造の Ag 製 TIM [4]

謝辞: 成果の一部は JST CREST 特定課題調査による。

参考文献

- [1] Y. Kanazawa, et al., 10th A3 Symposium on Emerging Materials, P-22, Oct. 2019.
- [2] 横井ら, 化学工学会第 85 年会, PC282, 2020 年 3 月.
- [3] S. Kawakami, et al., NT19, P078, Jul. 2019.
- [4] S. Munakata, et al., APCChE2019, PD279, Sep. 2019.