

ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出
2017年度採択研究代表者

2018年度 実績報告書

宮崎 康次

九州工業大学大学院工学研究院
教授

有機-無機ヘテロ界面によるフォノン・電子輸送フィルタリング

§ 1.研究成果の概要

本計画では、熱輸送特性(機械的特性)の大きく異なる有機材料と無機材料を混合し、有機-無機界面に生じる大きな熱抵抗を利用して、熱電変換の高効率化を目指している。室温で最も高い効率を示す熱電半導体 Bi_2Te_3 を無機材料として、PEDOT:PSS、ポリイミドといった有機材料を混合すると、非常に低い熱伝導率が得られることを突き止めていたが、その低い熱伝導率が PEDOT:PSS と Bi_2Te_3 の界面といった有機-無機材料界面に生じる大きな界面熱抵抗(無機-無機材料界面の 10 倍)に起因していることを定量的に明らかとした。さらに熱電特性の高い塗布可能な材料として、現在最も高い熱電特性を示す PEDOT:PSS に代わる材料として、ハロゲン化ペロブスカイトに着目した。ハロゲン化ペロブスカイトは、塗布できる太陽電池として激しい研究開発競争にある材料であるが、キャリア濃度を高めることで熱電半導体として適用できる可能性が指摘されており、米国を中心に開発されている熱電材料である。本年度は、 MASnI_3 と CsSnI_3 の開発を進め、材料の混合濃度、混合時間、溶媒種類、薄膜加熱温度、時間、アンチソルベットの有無といった種々の塗布条件を機械学習により整理し、生成された薄膜の熱電特性(ゼーベック係数、導電度、熱伝導率)を測定して生成された薄膜を評価した(図 1)。その結果、ゼーベック係数 $65\mu\text{V/K}$ 、導電度 243S/cm と極めて高いパワーファクターを達成し、PEDOT:PSS の最高値 $75\mu\text{V/K}$ 、 248S/cm とほぼ同等の膜を得ることができた。測定された熱伝導率は $0.6\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 程度と想定された通り低く、室温 300K 付近で無次元性能指数 $ZT=0.1$ と高い値を示した。

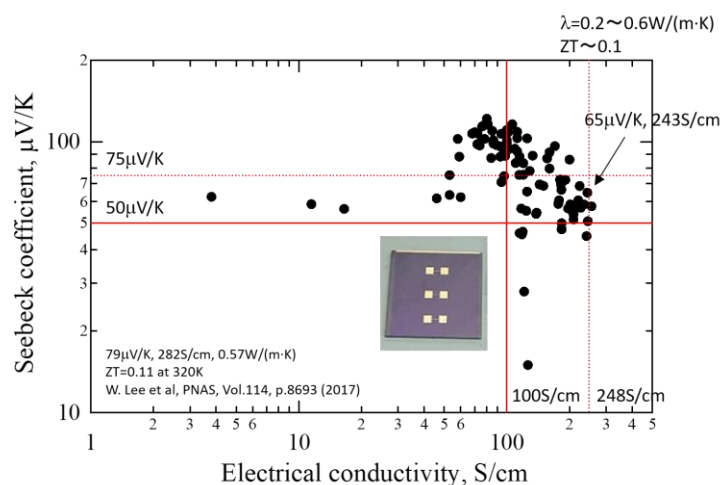


図 1 CsSnI_3 ペロブスカイトの熱電特性 (パワーファクター)。縦軸にゼーベック係数、横軸に導電度を示す。縦軸、横軸ともに高い値が熱電特性として必要となる。

【代表的な原著論文】

1. Kunihisa Kato, Kou Kuriyama, Tomohide Yabuki, Koji Miyazaki, "Organic-inorganic Thermoelectric Material for a Printed Generator", Journal of Physics : Conf. Series, Vol. 1052, 012008, 2018
2. 栗山 洸, 矢吹 智英, 宮崎 康次, "3 オメガ法を用いた有機-無機界面の熱抵抗測定", 日本伝熱学会論文集, Vol. 27, No.2, pp.53-58, 2019

§ 2. 研究実施体制

(1) 宮崎グループ

- ① 研究代表者: 宮崎 康次 (九州工業大学大学院工学研究院 教授)
- ② 研究項目
 - ・有機-無機材料界面における界面熱抵抗測定
 - ・熱電薄膜生成とその熱電特性評価

(2) 早瀬グループ

- ① 主たる共同研究者: 早瀬 修二 (九州工業大学大学院生命体工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・ハロゲン化ペロブスカイト薄膜生成とその物性、構造評価

(3) 飯久保グループ

- ① 主たる共同研究者: 飯久保 智 (九州工業大学大学院生命体工学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・熱電薄膜の熱電特性、安定構造評価のための第一原理計算
 - ・実験条件探索のための機械学習計算