

熱流制御と共鳴準位効果を用いた熱電出力因子増大

Enhancement of power factor by thermal management with resonant level effect

阪大院基礎工¹, 中大理工², 高知工科大³, 東邦大⁴, 九州シンクロトロン光研究センター⁵

○坂根 駿也^{1,2}, 石部 貴史¹, 藤田 武志³, 大江 純一郎⁴, 小林 英一⁵, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Chuo Univ.², Kochi Univ. Technol.³, Toho Univ.⁴, Kyusyu Synch. Light Res. Center⁵,

°Shunya Sakane^{1,2}, Takafumi Ishibe¹, Takeshi Fujita³, Jun-ichiro Ohe⁴,

Eiichi Kobayashi⁵, Yoshiaki Nakamura¹

E-mail: shunyasakane@kc.chuo-u.ac.jp

【背景】熱電材料の高性能化には熱伝導率の低減と出力因子の増大が必要であり、特に出力因子は電気伝導率 (σ)、ゼーベック係数 (S) に相関があるため向上させることが難しい。これまで、熱電材料に不純物を添加し共鳴準位を形成することで S を増大させる研究が行なわれてきたが、同時に σ が低減してしまうことで出力因子向上に制約があった。また、我々はこれまで高 S 材料中に高 σ 材料を導入することで σ を増大し、さらにコンポジット材料中の熱分布に注目して、高 S を持つ材料に大きな温度差を与えることで、全体として高 S を維持することに成功してきた (熱流制御; サーマルマネジメント) [1]。そこで本研究では、SiGe に Au を添加し、Au 原子による共鳴準位の形成と Au 結晶を電気伝導層とするサーマルマネジメント効果を同時に実現することで、高 S と高 σ を同時に達成し、高出力因子を得ることを目的とした。

【実験手法】急冷鋳造法により、円柱状のバルク SiGeAu (Si:Ge:Au=79:19:2) 合金を作製した。その際、n 型ドーピングするため P を 0.1-3% 添加したものを作製した。構造評価は走査型電子顕微鏡 (SEM) -エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) を用いて行ない、電子状態評価は吸収端近傍 X 線吸収微細構造 (NEXAFS) を用いた。熱電物性評価は ZEM-3 (アドバンス理工) を用いた。

【実験結果】まず、第一原理計算により SiGe 中の Au 原子が伝導帯底近傍に共鳴準位を形成することを確認した。また SEM-EDX 分析により Au ドープした SiGe 領域 (共鳴準位による高 S) と Au 結晶領域 (高 σ) に分かれていることを確認した。熱電物性を確認すると、Au を添加していない SiGe と比較して電気伝導率とゼーベック係数の同時増大を確認でき、結果として室温近傍で 2 倍以上の出力因子増大に成功した。これは、共鳴準位によって増大した S がサーマルマネジメントにより全体の S として得られたためであると考えられる [2]。本講演ではこれらの結果について詳細を発表する。

【謝辞】本研究の一部は CREST-JST、基盤研究 A (19H00853)、若手研究 (21K14479) の支援により行われた。

【参考文献】 [1] S. Sakane, *et al.*, *ACS Appl. Energy Mater.* **3**, 1235 (2020). [2] S. Sakane, *et al.*, *J. Mater. Chem. A* **9**, 4851 (2021).