

特異構造を用いたフォノン輸送制御と熱電応用

Phonon transport control and thermoelectric application by using peculiar structures

阪大院基礎工¹, 高知工科大², [○]中村 芳明¹, 藤田 武志²,

Osaka Univ.¹, Kochi Univ. Technol.²,

[○]Yoshiaki Nakamura¹, Takeshi Fujita²

E-mail: nakamura@ee.es.osaka-u.ac.jp

【背景】未利用熱の活用の一つとして熱電変換があり、その高性能化のためにはゼーベック係数 (S)、電気伝導率 (σ) が高く、熱伝導率 (κ) が低い材料の開発が必要である。その戦略の一つとしてナノ構造の導入があり、そこでは界面散乱・フォノン閉じ込めにより、 κ を低減させることができる。しかし、一般には、相関のために S と σ を同時に高い値にすることは難しく、ナノ構造を導入して κ を低減しながら、 $S^2\sigma$ を向上させる方法論が必要とされている。我々は、図 1 に示すようにフォノン閉じ込めナノ構造を導入して κ 低減した高 S 材料 X を開発し、そこに超高 σ をもつ金属 Y (高 κ) を混ぜて複合化して、材料 X に主に温度差がかかるように制御することで、材料 X の高 S を維持しながら金属混入により σ を増大させることを考えた。本研究では、応用上の利点を有する Si 系材料を舞台とし、 κ を究極低減する特異ナノ構造を高 S 材料で形成し、本特異ナノ構造を利用したフォノン輸送・熱流制御による出力因子増大の方法論について紹介する。

【実験手法】 κ 低減のための特異構造として、分子線エピタキシー法により、極小エピタキシャル Si ナノドット (ND) 連結構造薄

膜を作製した。また、その ND の熱電特性の知見を用いてフォノン輸送・熱流制御による $S^2\sigma$ 増大を狙うために、差圧鋳造法を用いて ND 含有 SiGe と Au の複合材料を形成した。

【結果】Si ND 連結構造では、アモルファス Si の値を下回る κ 低減に成功した[1]。また、同様の特異 ND を Si 中に導入しても、低い κ が得られることが分かった[2]。その低 κ が実現している状況で、高い S 、 σ が得られる条件を調べたところ、 S 、 σ に対する特異 ND 自体の影響は少なく、高 $S^2\sigma$ には高結晶性が重要な因子であることがわかった[3]。本特異 ND の知見を活かして、図 1 に示す方法論を試すため、差圧鋳造法により ND 含有 SiGe と Au の複合材料を作製した。構造評価をしたところ、狙い通り SiGe 中への Au の混入及び Ge リッチ ND の形成を確認した。本複合材料は、SiGe と比較して約 2 倍の出力因子増大を示し、熱流制御による効果の実証に成功した[4]。

【謝辞】本研究は、CREST-JST、基盤研究 A (16H02078, 19H00853) の支援により行われた。

【参考文献】 [1] Y. Nakamura, *et al.*, *Nano Energy* **12**, 845 (2015). [2] S. Yamasaka, *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, 22838 (2016). [3] S. Sakane, *et al.* *Materials Toda Energy* **13**, 56 (2019). [4] S. Sakane, *et al.*, *ACS Appl. Energy Mater.* in press.

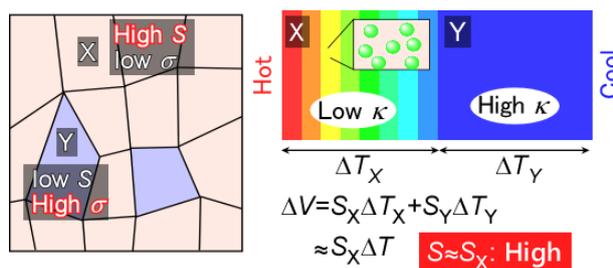


Figure 1 Conceptual diagram of thermal management.