

半導体/強磁性金属積層構造における横ゼーベック係数増大とその機構

Enhancement of transverse Seebeck coefficient and its mechanism in semiconductor/ferromagnetic metal multilayer

大阪大学¹, 名大未来研², 東北大金研³, 北浦 怜旺奈¹, 石部 貴史¹, Himanshu Sharma³,

水口 将輝^{2,3}, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Tohoku Univ.², Nagoya Univ.³, Reona Kitaura¹, Takafumi Ishibe¹, Himanshu Sharma²,

Masaki Mizuguchi^{2,3}, Yoshiaki Nakamura¹

E-mail: u375896c@ecs.osaka-u.ac.jp

[背景・目的] 異常ネルンスト効果を利用した熱電変換デバイスの変換効率は、同じ無次元性能指数 ZT で比較した場合、ゼーベック効果を利用したデバイスよりも高い変換効率を示すことが理論的に提唱され、注目を集めている[1]。しかし、ゼーベック効果における ZT に比べ、異常ネルンスト効果における ZT は大きく下回っている。異常ネルンスト効果において高 ZT を実現するためには、横ゼーベック係数の増大と熱伝導率低減の同時実現が求められる。近年、強磁性金属/常磁性金属積層構造において、横ゼーベック係数が、界面効果により増大することが報告された[2]。しかし、一般に金属材料の熱伝導率は高く、 ZT は低い値に留まっている。一方で、ゼーベック効果を用いた熱電変換では、半導体ナノ構造を導入することで、劇的な熱伝導率低減と、それに伴う高 ZT 化が報告されている[3,4]。そこで我々は、低熱伝導率を有する半導体層と強磁性金属層から構成される積層構造を提案する。本研究では、熱伝導率低減を示す半導体 Si/強磁性金属 Co 積層構造において、横ゼーベック係数増大とその機構解明を目的とした。

[実験方法] 電子線蒸着装置を用いて、Si 基板上に Co, Si を同じ層厚（周期厚：5-70 nm）で交互に積層した。比較用試料として、Co 単層膜を作製した。構造評価には、X 線回析法、ラマン分光法、走査型電子顕微鏡法(SEM)を、熱電特性評価には、物理特性測定装置 (PPMS)、四探針法を、熱伝導率測定には 2 ω 薄膜熱伝導率計を用いた。

[結果] SEM 観察により、Si/Co 積層構造は各層で均一に積層されていることが分かった。Si/Co 超格子の横ゼーベック係数は Co 単層膜のそれと比べて、2.4 倍増大していることがわかった。熱伝導率を測定したところ、層厚 20 nm の Si/Co 積層構造は、Co 単層膜よりも 30 倍程低い熱伝導率を示した。本増大機構の解明のために、電気抵抗とホール抵抗の関係性を緻密に評価することで、電子輸送機構の理解を試みた。本講演で横ゼーベック係数増大とその要因について詳述する。

[謝辞] 本研究の一部は、科研費 基盤研究(A) (JP19H00853)、基盤研究 (S) (21H05016)、及びナノテクプラットフォーム(No. F-20-OS-0030, No. S-20-OS-0024)の支援にて行われた。

[引用] [1] M. Mizuguchi, et al., *Sci. Technol. Adv. Mater.* **20**, 262 (2019). [2] K. Uchida, et al., *Appl. Phys. Lett.* **114**, 113902 (2019). [3] Y. Nakamura, et al., *Nano Energy* **12**, 845 (2015). [4] T. Taniguchi, et al, *ACS Appl. Mater. Interface* **12**, 25428 (2020).