

半導体/強磁性体積層構造における 熱伝導率低減と横ゼーベック係数増大の同時実現

Simultaneous realization of thermal conductivity reduction and transverse Seebeck
coefficient enhancement in semiconductor/ferromagnetic metal multilayer

阪大院基礎工¹, 東北大金研², 名大未来研³, (M2)北浦 怜旺奈¹, 石部 貴史¹, Himanshu
Sharma², 水口 将輝^{2,3}, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Tohoku Univ.², Nagoya Univ.³, Reona Kitaura¹, Takafumi Ishibe¹, Sharma Himanshu²,
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用いた熱電変換デバイスは、同じ ZT で比較した場合、ゼーベック効果を用いたデバイスよりも熱電変換効率の最大値が高いことが理論的に提唱され、注目を集めている[1]。近年、強磁性金属/常磁性金属積層構造において、界面効果により異常ネルンスト効果の大きさの指標の一つである横ゼーベック係数が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いため、 ZT は低い値に留まる。このため、横ゼーベック係数の増大と同時に熱伝導率低減を同時に実現可能な材料が求められる。一方で、ゼーベック効果を用いた熱電変換デバイスでは、半導体ナノ構造の導入により大幅な熱伝導率の低減と、それに伴う高 ZT 化が報告されている[3,4]。そこで我々は、低熱伝導率な半導体層と強磁性金属層からなる積層構造を提案する。本研究では、半導体 Si/強磁性金属 Co 積層構造を作製し、横ゼーベック係数増大と熱伝導率低減を同時に実現することを目的とした。

[実験] 電子線蒸着装置を用いて、Si (001)基板上に Co, Si をそれぞれ同じ膜厚(20 nm)で交互に積層した (基板温度：室温)。比較用試料として、室温で Co 単層膜を作製した。構造評価には、走査型電子顕微鏡法(SEM)、X 線回析法、ラマン分光法を用いた。横ゼーベック係数評価には、物理特性測定装置 (PPMS)を、熱伝導率測定には 2ω 法を用いた。

[結果] Si/Co 積層構造の SEM 像を確認したところ、各層 20 nm で均一に積層されていることが分かった。熱伝導率を測定したところ、この Si/Co 積層構造は、参照用の Co 単層膜よりも 30 倍程度低い熱伝導率を示した。さらに、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。これより、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熱伝導率低減の同時実現に成功したと言える。本講演で詳細を報告する。

[謝辞] 本研究の一部は、JST-CREST (Grant No. JPMJCR1524)及び科研費 基盤研究(A) (JP19H00853), 挑戦的研究(萌芽) (JP19K22110)、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).