

金属 2 層膜におけるスピナーベック効果と異常ネルンスト効果の分離

Separation of spin Seebeck and anomalous Nernst effects in two metallic layers

豊田工大, °(B)小田 大地, 栗野 博之, 田辺 賢士

Toyota Tech. Inst., °D. Oda, H. Awano, and K. Tanabe

E-mail: sd21024@toyota-ti.ac.jp

スピナーベック効果 (SSE) [1]は、強磁性層と重金属層の 2 層構造に対し、温度勾配を加えることで起電力が発現する熱電変換現象の 1 つである。この起電力は、強磁性層内の温度勾配に比例し、重金属層内で誘起される。一方、類似の現象として、異常ネルンスト効果 (ANE) がある。この効果は、強磁性層内の温度勾配に比例し、強磁性層内で起電力が発生する現象である。この 2 つの効果は起源が異なるものの、起電力信号が重畳して検出されることが多い。しかし SSE の研究を進めるためには、SSE 単体の起電力を明確に抽出する必要がある。これまでの先行研究において、Kikkawa らは強磁性絶縁層 ($Y_3Fe_5O_{12}$: YIG) と強磁性金属層である NiFe 層の 2 層構造において、熱伝導率に注目することで SSE と ANE の分離に成功している[2]。しかし、金属 2 層膜において分離した研究例はない。そこで我々は、Kikkawa らの研究に基づいて、薄膜に対し垂直方向と水平方向に熱流を加え、ANE 単体における起電力と、ANE と SSE の複合型における起電力を計測することで、SSE 単体の起電力を抽出する手法を提案する。そして本手法を GdCo/Pt の 2 層金属膜に適用した結果について報告する。

作製した試料構造は、① $Si_3N_4(10\text{ nm})/Amo-Gd_xCo_{1-x}(30\text{ nm})/Si_3N_4(3\text{ nm})/SiO_2\text{ glass sub.}$ および② $Pt(10\text{ nm})/Amo-Gd_xCo_{1-x}(30\text{ nm})/Si_3N_4(3\text{ nm})/SiO_2\text{ glass sub.}$ である。Amo-GdCo 層は、コスパッタ法により成膜した。組成比はエネルギー分散型 X 線分析装置により測定した。各試料において、面内に熱流を印加することで横ゼーベック係数($E_{//}/\nabla T$)を、面直に熱流を印加することで熱流密度(J_Q)あたりの起電力 (E_{\perp}/j_Q)を測定した (Fig. 1)。この 4 つの測定結果に対して、並列回路モデルおよび、面直、面内方向の材料の等方性を仮定することで (Fig. 2)、 $x=28\text{ at\%}$ のとき、SSE による横ゼーベック係数は $E_{Pt}/(\nabla T)_{GdCo} = 0.23\text{ }\mu\text{V/K}$ であると算出することができた。GdCo の組成依存性などの詳細は、当日報告する予定である。

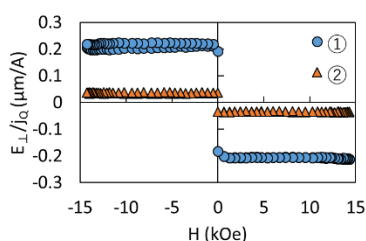


Fig. 1 E_{\perp}/j_Q as a function of magnetic field. The circle and triangle indicate $Gd_{28}Co_{72}$ and $Gd_{28}Co_{72}/Pt$, respectively.

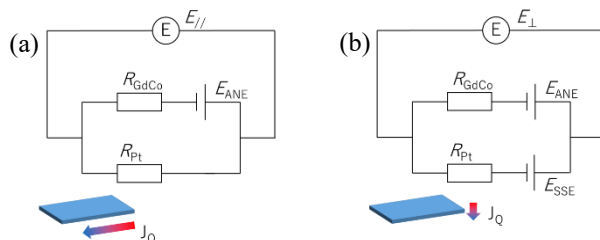


Fig. 2 (a-b) Equivalent circuits of measurement setup for heat flow in in-plane and perpendicular directions, respectively.

[1] K. Uchida *et al.*, Nature **455**, 778 (2008).

[2] T. Kikkawa *et al.*, Physical Review B **88**, 214403 (2013).