

ワイル強磁性体 Co_2MnGa 薄膜の面内/面直熱流下での異常ネルンスト効果

Anomalous Nernst effect under in- and out-of-plane heat flux in the Weyl ferromagnet Co_2MnGa thin films

○上杉 良太¹, 肥後 友也^{1,2}, 朱 政¹, 近藤 浩太^{2,3}, 酒井 明人^{2,4}, 朝倉 海寛⁴,
大谷 義近^{1,2,3,5}, 中辻 知^{1,2,4,5,6}

(1. 東大物性研, 2. JST CREST, 3. 理研 CEMS, 4. 東大理物,
5. 東大トランス量子科学機構, 6. Johns Hopkins 大)

○R. Uesugi¹, T. Higo^{1,2}, Z. Zhu¹, K. Kondou^{2,3}, A. Sakai^{2,4}, M. Asakura⁴,
Y. Otani^{1,2,3,5}, and S. Nakatsuji^{1,2,4,5,6}

(1. ISSP, Univ. of Tokyo, 2. JST CREST 3. RIKEN CEMS, 4. Univ. of Tokyo,
5. Trans-Quantum Science Inst., Univ. of Tokyo, 6. Johns Hopkins Univ.)

E-mail: r_usg@issp.u-tokyo.ac.jp

熱電変換現象は、IoT 化に伴い需要の増加が見込まれる自立型電源や、熱電変換効果自体を用いた熱流センサとしての利用も期待されている。熱電変換効果として、ゼーベック効果や異常ネルンスト効果[1-6]が知られている。異常ネルンスト効果は、熱流、磁化、起電力がそれぞれ垂直方向に向いているという特性から、従来の π 型構造に縛られず、既存の薄膜加工プロセスのみでデバイスを作ることが可能である上に、信号増強のためのサーモパイル化による恩恵が大きい。一方で、強磁性体における異常ネルンスト係数は一般的には自発磁化の大きさに比例し、ゼーベック係数に比べ 2 桁ほど小さい値 ($\sim 1 \mu\text{V/K}$) で頭打ちとなっていた。しかし、近年、反強磁性体 Mn_3Sn において、室温ゼロ磁場下で大きな異常ホール効果[7]や異常ネルンスト効果[3]が発見された。この物質では磁化が非常に小さいにもかかわらず $0.35 \mu\text{V/K}$ という強磁性体並の異常ネルンスト係数を示す。ワイル点と呼ばれる時間反転対称性を破ったトポロジカルなバンド構造がその起源であると考えられ[8]、関連の物質群が注目されるようになった。フルホイスラー合金 Co_2MnGa はワイル点をもつ強磁性体であることが報告され[9]、室温で $6 \mu\text{V/K}$ 、高温では $8 \mu\text{V/K}$ の全物質中最高の変換効率を持つことが発見されたことで[4]異常ネルンスト効果を用いたデバイスが現実的となった。また、 Co_2MnGa の薄膜においては $2\sim 3 \mu\text{V/K}$ の異常ネルンスト係数が測定されている[5,6]が、いずれも面内方向の温度勾配を用いて測定したものであり、熱流センサなどで用いる面直方向の温度勾配について測定した例がない。

我々は成膜温度などを制御し、規則度の異なる Co_2MnGa 薄膜をスパッタリング法で作製した。X 線回折装置を用いて結晶構造の評価を行い、Mn と Ga がランダムに配列した B2 相、及び、フルホイスラーの L_{21} 相が得られたことを確認した。作製した薄膜試料を短冊状に加工し、異常ネルンスト効果の測定を行った。本講演では、 Co_2MnGa 薄膜に、面直方向の温度勾配を印加した際の異常ネルンスト効果の測定及び面内方向に温度勾配を印加した際のものととの比較を報告する。

[1] Y. Sakuraba, *Scr. Mater.* **111**, 19-32 (2016).

[2] M. Mizuguchi, and S. Nakatsuji, *Sci. Tech. Adv. Mater.* **20**, 262-275 (2019).

[3] M. Ikhlas, T. Tomita, *et al.*, *Nat. Phys.* **13**, 1085 (2017). [4] A. Sakai, *et al.*, *Nat. Phys.* **14**, 1119 (2018).

[5] H. Reichlova, *et. al.*, *Appl. Phys. Lett.* **113**, 212405 (2018).

[6] G. H. Park, *et. al.*, *Phys. Rev. B* **101**, 060406 (2020).

[7] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, *Nature* **527**, 212-215 (2015).

[8] K. Kuroda, T. Tomita, *et al.*, *Nat. Mater.* **16**, 1090-1095 (2017).

[9] I. Belopolski, *et al.*, *Science* **365**, 1278-1281 (2019).