

MagnEFi conference 2022 の Prize of Best Scientific Poster を受賞して

物性理論研究部門 加藤研究室 博士課程 1年 石川 卓門

この度、ギリシャにて開催された MagnEFi Conference 2022 にて Prize of Best Scientific Poster を受賞させていただきました。この賞はポスター発表を行った 48 名の中から最も優れた発表を行った 1 名に送られる賞です。このような賞をいただくことができ、大変光栄です。

受賞対象となったポスター発表のタイトルは「Spin-Hall magnetoresistance in quasi-two-dimensional antiferromagnetic insulator / metal bilayer systems」です。スピントロニクス分野では、スピン自由度を用いたデバイス応用が期待され、実験・理論共にさかんに研究が行われています。なかでもスピンホール磁気抵抗効果(SMR)はスピン角運動量の流れであるスピン流を介することで生じる磁気抵抗効果であり、磁気メモリへの応用や磁性体を持つ磁気励起の検出手法として期待されています。

SMRは、スピン軌道相互作用によって電流からスピン流への変換を起こすスピンホール効果とスピン流から電流への変換を起こす逆スピンホール効果が合わさって生じる新しい磁気抵抗効果であり、2013年に強磁性絶縁体と常磁性金属を接合させた系で初めて発見され[1]、これまで様々な物質を用いたSMRが実験によって観測されています。近年では、強磁性絶縁体の代わりに反強磁性絶縁体を用いたSMRも活発に研究されています。反強磁性絶縁体を用いた磁気デバイスはメモリの高密度化に貢献すると考えられており、SMRは反強磁性絶縁体のネールベクトルの有力な検出手法と考えられています。これまでに多くの実験が行われており、SMRの温度依存性や反強磁性絶縁体の膜厚依存性などが調べられています[2]。

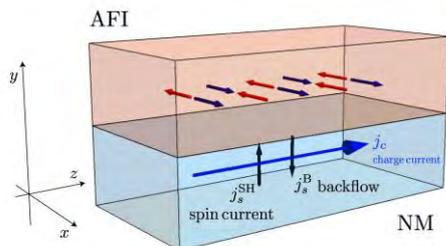


図 1 反強磁性絶縁体と常磁性金属の接合系を用いたスピンホール磁気抵抗効果のセットアップ。論文[4]より引用。

SMR の理論解析はスピン拡散方程式を用いた現象論的な議論が主流ですが、スピンミキシングコンダクタンスと呼ばれる現象論的パラメータを用いるため、温度依存性などを議論することが困難でした。2020 年に非平衡グリーン関数法に基づいて SMR の微視的理論[3]が構築されましたが、この研究では低温領域に対してスピン波近似を用いた解析のみが行われ、スピン波近似が適用出来ない高温領域を含む広い温度領域での温度依存性の解析は課題として残っていました。

本研究では、反強磁性絶縁体を用いた SMR のセットアップを考え(図 1)、非平衡グリーン関数を用いた微視的理論[3]を基に SMR を定式化した上で、微視的理論で必要となる局所スピン帯磁率を量子モンテカルロ法によって数値的に評価し、反強磁性絶縁体の SMR の温度依存性について、スピンの大きさ、膜厚、乱れなどの依存性を議論しました。

その結果、SMR のピーク温度と反強磁性絶縁体の転移温度の関係や SMR の膜厚依存性など実験結果と半定量的に一致する結果が得られました。また、スピンの大きさに依存して SMR の値や高温でのふるまいが変わることや、乱れの効果によって SMR のシグナルが抑えられるなどの性質を明らかにしました。これらの結果は、SMR の新たな理解につながることを期待されます。

謝辞

本研究は、加藤岳生准教授(物性研究所)、松尾衛氏(中国科学院大学カブリ理論科学研究所)との共同研究により行われました。また、本研究は東京大学知能社会国際卓越大学院プログラム、JSPS 科研費(課題番号: 20K03831、20H01863)の助成を受けたものです。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- [1] H. Nakayama, M. Althammer, Y. T. Chen, K. Uchida, Y. Kajiwara, D. Kikuchi, T. Ohtani, S. Geprags, M. Opel, S. Taka- hashi, R. Gross, G. E. W. Bauer, S. T. B. Goenenwein, and E. Saitoh, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 206601 (2013).
- [2] D. Hou, Z. Qiu, J. Barker, K. Sato, K. Yamamoto, S. Velez, J. M. GomezPerez, L. E. Hueso, F. Casanova, and E. Saitoh, *Phys. Rev. Lett.* **118**, 147202 (2017).
- [3] T. Kato, Y. Ohnuma, and M. Matsuo, *Phys. Rev. B* **102**, 094437 (2020).
- [4] T. Ishikawa, M. Matsuo, and T. Kato, arXiv:2208.08096 (2022).

