

モット絶縁体のスピントロニクス

齊藤英治

東北大学金属材料研究所

JST-CREST & さきがけ、日本原子力研究機構

スピントロニクスで見出された新しい概念「スピン流(電子スピン角運動量の流れ)」は、磁場を介さない磁化の制御やこれに基づく情報書き込み、低損失での情報伝送を可能にすることから大きな注目を集めているが、伝導電子の運ぶスピン流を用いた場合高々マイクロメートルスケールで擾乱されてしまうという大きな問題があった。一方で、スピン流には伝導電子スピン流の他に、コヒーレントモード(スピン波)が運ぶスピン波が存在する。このスピン波の減衰距離は電荷ギャップの大きな磁性誘電体(モット絶縁体)では非常に長くなる(センチメートルスケール以上)ことが知られている。従って、絶縁体のスピン波スピン流を従来の伝導電子を使ったスピントロニクスに組み込むことができれば、スピン流を用いたスピントロニクスのポテンシャルを格段に向上させることができる。我々は、スピンホール効果やスピンプンプにより誘電体のスピン波と伝導電子がスピン角運動量を交換することを見出し、誘電体を利用したスピントロニクスの可能性を示した[1]。本講演では、スピン波と伝導電子を結びつけるための基礎物理現象のレビューを行い、誘電体を用いたスピン流伝送現象を紹介したい。

・スピンホール効果・逆スピンホール効果: スピンホール効果とは、スピン軌道相互作用により電流からスピン流が生成される現象である。この逆効果として、逆スピンホール効果がある[2-4]。これは、スピン流が電圧に変換される現象であり、スピン流を電氣的に高感度検出する重要な手法である。

・スピントルクとスピンプンプ: スピン流はスピン角運動量の交換により磁化にトルクを与え、磁性体の磁気ダイナミクスの制御を可能にする[3]。この逆効果はスピンプンプと呼ばれている。我々は、YIG/金属界面にもこれらの効果が存在することが見出し[1]、スピンホール効果と組み合わせることで電子的に誘電体中スピン波を生成させたり、誘電体中スピン波を電子的に検出することができることを示した。これを組み合わせることで、誘電体中にも電気信号を送信することができる。

本研究は、前川禎通先生、高梨弘毅先生、Prof.G.E.W.Bauer、Prof. J.Xiao、梶原瑛祐氏、内田健一氏、安藤和也博士、高橋三郎先生、家田淳一博士、安立裕人博士、大江純一郎博士との共同研究です。

[1] Y.Kajiwara, & E. Saitoh et al., Nature 464 (2010)262.

[2] E. Saitoh et al., Appl. Phys. Lett. 88(2006)182509.

[3] K. Ando & E. Saitoh et al., PRL (2008)036601.

[4] K. Uchida & E. Saitoh et al., Nature 455(2008)778.

[5] K. Uchida & E. Saitoh et al., Nature Mat 9 (2010) 894.