

非磁性重金属における熱流－スピンの変換の実験的観測

松田亮^A, 須小遼河^A, 伊藤大樹^A, 有木大晟^A, 木村崇^{A,B}
(九大理^A, 九大スピンセ^B)

Experimental observation of a conversion of spin and heat currents in nonmagnetic heavy metals

R. Matsuda^A, R. Suko^A, D. Ito^A, T. Arikawa^A, T. Kimura^{A,B}

(Dept. of Phys. Kyushu Univ.^A, Research Center for Quantum Nano-Spin Science, Kyushu Univ.^B)

背景

近年、スピントロニクス分野の発展に伴い、スピン流と熱の相互作用に起因する諸現象を扱うスピントロニクスという分野が新たな発展を見せている。電子の電荷とスピンの相互作用によって生じるスピンホール効果と、電子の熱とスピンの相互作用によって生じるスピンネルンスト効果では、発現の仕方が物質によって異なることが報告された¹。物質の構造のさらなる理解のために両分野の研究がより重要になることが示唆され、注目を集めている。

一方で、熱電現象は古くから知られており、様々な研究成果が報告されている。それらの熱電現象の中には、熱流と磁化の相互作用に起因する磁気熱電効果をはじめ、熱と電子スピンのホール効果¹や熱流自身のホール効果なども存在し、各現象は極めて類似の磁場依存性や電流依存性を引き起こすため、実験的に観測された信号の真の起源を見分けることは容易ではない。さらに、強磁性/常磁性遷移金属の界面は、強磁性近接効果などの効果が競合し²、現象をますます複雑にしている。

今回は、非磁性重金属細線と強磁性細線を架橋した構造における熱流とスピン流の変換について、常磁性重金属細線の膜厚依存や物質依存(Pt, Ta, Nb)の観点から実験結果を比較し議論する。

実験方法

電子線リソグラフィーによる微細加工のパターニング、および金属成膜において、SiO₂ (1 μm)/Siの基板の上に測定素子を作成した。金属成膜にはマグネトロンスパッタリング法と電子ビームおよび抵抗加熱蒸着法を用いた。

測定は、外部磁場を試料面内方向に印加し、第一高調波電圧の磁場依存性をロックイン検波することで、電気的に生成されたスピン流の特性を、また、第二高調波も同様にロックイン検波することで、熱的に生成されたスピン流の特性を評価した。

試作した素子の電子顕微鏡像を図1、および図2に示す。各素子において、第一高調波を用いてスピンホール効果を測定することで、スピン流の伝搬特性を評価した。次に、熱によるスピン流生成に関して、図1の素子では、スピンネルンスト効果によって生成されるスピン流を強磁性電圧端子を用いて検出し、図2の素子では、スピン吸収効果によって生じる逆スピンネルンスト効果による温度変化を、ゼーベック効果を用いて検出した。

参考文献

- 1 Sheng, P. et al. Science Advances 3, 7, doi:10.1126/sciadv.1701503 (2017).
- 2 Suzuki, M. et al. Physical Review B 72, 8, doi:10.1103/PhysRevB.72.054430 (2005).

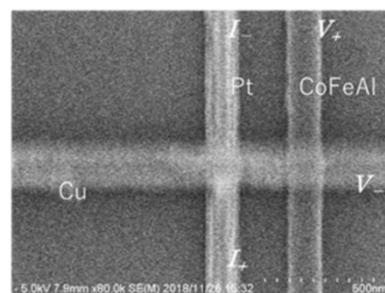


図1:熱流からスピン流への変換の測定素子

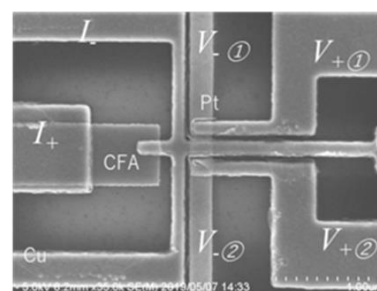


図2:スピン流からスピン流への変換の測定素子