

多結晶 Bi 薄膜におけるスピン変換

江本裕行¹、安藤裕一郎^{1,2}、江口学²、新庄輝也²、仕幸英治³、伏屋雄紀⁴、○白石誠司^{1,2}

1. 阪大院基礎工、2. 京大院工、3. 大阪市大院工、4. 電通大先進理工

Spin Conversion in polycrystalline Bi thin Films

H. Emoto¹, Y. Ando^{1,2}, G. Eguchi², T. Shinjo², E. Shikoh³, Y. Fuseya⁴, M. Shiraishi^{1,2}

1. Osaka Univ., 2. Kyoto Univ., 3. Osaka City Univ., 4. Univ. Electro-communication

1. はじめに

ビスマス(Bi)は Nernst-Ettingshausen 効果[1]、Shubnikov-de Haas 振動[2]、Seebeck 効果[3]など様々な効果が最初に発見された物質として知られ、その豊かな物性は広く研究者の興味を喚起している。スピントロニクス観点から見ると、Bi は非放射性元素の中で最大のスピン軌道相互作用(SOI, 1.8 eV[4])を有し、またそのバンド構造が L 点における狭バンドギャップ(10 meV)の Dirac 的線型バンド構造[5]であることから、電荷(スピン)の高速移動や SOI によるスピン制御・スピン変換など、こちらも様々な物性が発現することが期待され、近年大きな関心を集めている。2013 年の Rojas-Sanchez らによる Bi/Ag 系における逆 Rashba-Edelstein 効果(IREE)の発見[6]は逆スピンホール効果(ISHE)[7,8]に次ぐ Bi 系での新たなスピン変換効果としてこの分野に更なる注目を集めるきっかけとなったが、Bi/Ag 界面に注入されたスピン流は NiFe の強磁性共鳴下でのスピンポンピングによるものであったため、NiFe の自発的 ISHE[9]などの spurious な効果との切り分けが十分でない、という問題が残っている。本研究ではスピン源に磁性絶縁体であるイットリウム=鉄=ガーネット(YIG)を用いることでこの問題を回避しながら Bi におけるスピン変換物性を精査した[10]。

2. 実験結果

Bi は抵抗加熱法を用いて YIG 上に成長させた。Bi 膜厚は 10-60 nm と変化させた。X 線回折実験からこの Bi は多結晶構造を有していることがわかった。YIG からの純スピン流注入のために試料を ESR 装置 (JEOL, FA-200, TE₀₁₁ キャビティ) 中にセットし 9.12 GHz の高周波磁場を印加した。スピンポンピング実験は室温で行った。

IREE は Bi と接合物質との界面における Rashba 効果とその界面で形成される 2 次元電子系が起源であるため、スピン変換によって生成された電流は Bi の膜厚に依存しないが、ISHE はスピン緩和長の距離スケールにおけるスピン散乱が起源のため、Bi 膜厚依存性を持つという本質的違いがある。Bi は半金属、YIG は絶縁体であるため両者の界面には一定の無視できない界面電場が存在すると期待されるが、実験結果は生成電流量が Bi 膜厚に対して明瞭な依存性を有しておりスピン変換機構が IREE でなく ISHE であることを強く示唆する。また ISHE を記述する理論式からスピン緩和長は約 20 nm と見積もられた。

講演では実験結果の詳細を紹介しながら Bi のスピン緩和機構も議論する。

参考文献

1. A. V. Ettingshausen and W. Nernst, *Annalen der Physik und Chemie* **265**, 343 (1886).
2. L. Schubnikov and W. J. de Haas, *Comm. Phys. Lab. Leiden*, **207d**, 35 (1930).
3. T.J. Seebeck, *Abh. Alad. Wiss. Berlin* **289**, 1820 (1822).
4. D. Shoenberg and M.Z. Uddin, *Proc. R. Soc. London, Ser. A* **156**, 687 (1936).
5. M. H. Cohen and E. I. Blount, *Phil. Mag.* **5**, 115 (1960).
6. J.-C. Rojas-Sanchez et al., *Nature Comm.* **4**, 3944 (2013).
7. D. Hou et al., *Appl. Phys. Lett.* **101**, 042403 (2012).
8. H. Emoto, Y. Ando, E. Shikoh, Y. Fuseya, T. Shinjo and M. Shiraishi, *J. Appl. Phys.* **115**, 17C507 (2014).
9. A. Tsukahara, Y. Ando, Y. Kitamura, H. Emoto, E. Shikoh, M.P. Delmo, T. Shinjo and M. Shiraishi, *Phys. Rev. B* **89**, 235317 (2014).
10. H. Emoto, Y. Ando, G. Eguchi, E. Shikoh, Y. Fuseya, T. Shinjo and M. Shiraishi, submitted.