

Hall-bar 法を用いた電子および正孔スピンの対向注入下における YH₂ の共鳴ホール効果

Resonant Hall effect under counter injection of electron and hole spin currents in Hall-bar structure of paramagnetic ambipolar conductor YH₂

佐藤 枢¹, 芦沢優吾¹, 高橋侑太郎¹, 川口颯天¹, Mst. Sanjida Aktar¹, 三上亮太¹, 秋里宗次郎¹, 菅沼奈央¹, 吉住年弘¹, [○]酒井政道¹, 花尻達郎², 中島義賢², 徳田正秀², 藤井泰彦², 長谷川繁彦³, 中村 修⁴, P. V. Thach³, 栗野博之³

埼玉大理工¹, 東洋大学², 阪大産研³, 岡山理大⁴, 豊田工大⁵

K. Sato¹, Y. Ashizawa¹, Y. Takahashi¹, H. Kawaguchi¹, M.S Aktar¹, R. Mikami¹, S. Akisato¹, N. Suganuma¹, T. Yoshizumi¹, [○]M. Sakai¹, T. Hanajiri², Y. Nakajima², M. Tokuda², Y. Fujii², S. Hasegawa³, O. Nakamura⁴, P. V. Thach³, H. Awano³

Saitama Univ. ¹, Toyo Univ. ², ISIR Osaka Univ.³, Okayama Univ. of Sci.⁴, Toyota Tech. Inst.³

E-mail: sakai@fms.saitama-u.ac.jp

緒言 両極性伝導体のスピン流には電子型と正孔型がある。本研究では、電子・正孔個別スピン流の代わりに、電子スピン流と正孔スピンの和によって合成されるスピン流（以下、平行スピン流）とこれらの差によって合成されるスピン流（以下、反平行スピン流）の 2 種類に注目する。フェリ磁性体 Tb₂₆Fe₆₆Co₈ を 4 端子に用いた van der Pauw 型構造を使った YH₂ (35 μm × 35 μm) のホール抵抗には、スピン注入による異常ホール効果が観測され、それを平行スピン流の自律モードに共鳴した現象として解釈した[1]。一方、熱力学 (Gibbs-Duhem 関係式) を考慮した理論計算によれば、平行スピン流に関するスピン緩和時間を τ とすれば、反平行スピン流に関するそれは実効的に $\tau(n_h + n_e)/(n_h - n_e)$ である[2]。YH₂ では正孔濃度 n_h と電子濃度 n_e とがほぼ等しいため (電荷偏極度は 0.15% [1])、反平行スピン流のコヒーレンス長は平行スピン流のそれよりも 25 倍程度大きいと予想される。したがって、反平行スピン流の自律モードに共鳴するホール効果の観測が期待できる。

実験方法 試料は Hall-bar 型構造である。ソース・ドレイン電極には Tb₃₃Fe₆₇ を用い、電圧検出電極には Au を用いた。電流チャネル (YH₂) の厚さは 300 nm, チャネル長は 90 μm である。ソース電極から正孔スピン流が、ドレイン電極からは電子スピン流がそれぞれ YH₂ に向かって注入されるので、反平行スピン流が支配的である。Hall 効果測定は、室温下、-0.3 T ~ +0.3 T の磁場範囲下で行い、交流電流 (50 μA, 10 Hz) を用いて、電圧測定は位相検波法による。

結果と考察 実験によって得られたホール抵抗の磁場依存性と反平行スピン流を考慮した共鳴ホール効果の理論計算とを比較したのが図 1 である。講演では、平行スピン流を考慮した計算との比較を行い、どちらのモデルが適切かを議論する。

[1] M. Sakai et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 033001(2018).

[2] M.S Aktar et al., Appl. Phys. Express 12, 053004 (2019).

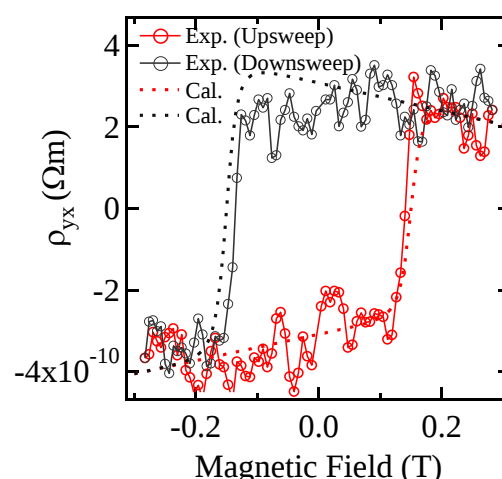


Fig.1 Room temperature Hall resistivity in TbFe/YH₂ Hal-bar device with a 90 μm channel length. Solid and dashed lines are calculation in terms of the resonant Hall effect model considering antiparallel spin current.