

磁気相転移に伴う Dy/NiFe 2 層膜のスピンの吸収効率の変化

慶大^A, 中国科学院大^B, 原研^C, 理研^D, 慶大スピン研^E

山野井 一人^A, 榊原有理^A, 藤本純治^B, 松尾衛^{B,C,D}, 能崎幸雄^{A,E}

Variation of spin sink efficiency in Dy/NiFe bilayer owing to magnetic phase transition

^ADept. of Phys. Keio Univ., ^BUCAS., ^CJAEA, ^DRIKEN, ^EKeio Spintronics Center

K. Yamanoi^A, Y. Sakakibara^A, J. Fujimoto^B, M. Matsuo^{B,C,D}, and Y. Nozaki^{A,E}

はじめに

4f希土類金属は強いスピン軌道相互作用を有するため、次世代のスピンロニクス材料や永久磁石の要素元素として不可欠な材料群である。中でも Dy は温度により強磁性と反強磁性（らせん磁性）の2種類の磁気秩序状態を同一材料で実現できるため、磁気とスピン散乱の相関を系統的に調べる上で理想的な系である。Dy のらせん磁性はハイゼンベルグ型の交換相互作用と RKKY 相互作用の競合により実現することが知られている。近年、反強磁性体を用いた長距離スピン流輸送¹やスピン揺らぎを用いた巨大スピンホール効果²など興味深い物理現象も報告されている。そこで本研究では、Dy と強磁性 NiFe を接合した2層膜のギルバートダンピング定数を測定することにより、磁気相転移に伴う Dy のスピン吸収効率の変化を評価した。

実験方法及び結果

マグネトロンスパッタリング法により、熱酸化 Si 基板上に Ta(3 nm)/Dy(50 nm)/NiFe(20 nm) 多層膜を連続成膜した。Dy 成膜時のみ基板を 350 度に加熱し、他の金属は室温成膜した。その後、イオンミリング装置とレーザー描画装置を用いて、多層膜を細線形状に加工し、その上から Ti/Au で構成されるマイクロ波導波路を作製した。まず、Dy 薄膜の磁気特性の温度依存性を評価するために、200 mT の静磁場で Dy-磁化の温度依存性を測定した。その結果、130~178 K の温度範囲にて反強磁性相が出現することが分かった。図 1 に、ベクトルネットワークアナライザを用いて測定した室温における導波路の S_{11} パラメータの周波数依存性を示す。マイクロ波の吸収が見られる周波数が静磁場強度に依存して変化しており、Dy に接合した NiFe の FMR 周波数と一致した。同様の実験を 110~300 K の範囲の任意の温度にて実施し、スペクトルの半値幅の周波数依存性から有効ダンピングの温度依存性を評価した。更に、NiFe/Dy の有効ダンピングから、NiFe 単層でのダンピング定数の温度依存性を差し引くことで、Dy のスピン吸収効果を算出した結果を図 2 に示す。Dy のスピン吸収効果は、常磁性(PM) から反強磁性(AFM) への相転移点では極大を示した一方で、AFM から強磁性(FM) への相転移点では単調に増加した。前者は、スピン吸収効果が相転移点近傍におけるスピン揺らぎにより増大することを示している³。また FM に対して AFM ではスピン吸収効果が大幅に低下し、PM と同程度であることが分かった。

発表では、Dy のスピンポンピング効果に加えて、Dy のスピンホール角についても議論する予定である。

参考文献

- 1) R. Lebrun, A. Ross, S. A. Bender, A. Qaiumzadeh, L. Baldrati, J. Cramer, A. Brataas, R. A. Duine and M. Kläui, Nature (2018).
- 2) Y. Niimi, M. Kimata, Y. Omori, B. Gu, T. Ziman, S. Maekawa, A. Fert and Y. Otani, PRL 115, 196602 (2015).
- 3) Y. Ohnuma, H. Adachi, E. Saitoh and S. Maekawa, PRB 89, 174417 (2014).

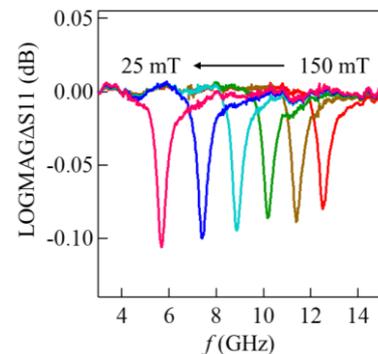


図 1. 25~150 mT の範囲の異なる静磁場で測定した Dy/NiFe 2 層膜の FMR スペクトル

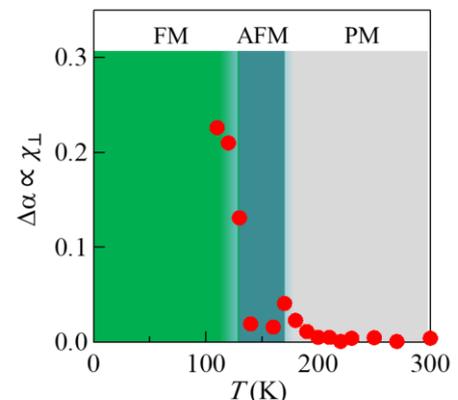


図 2. Dy/NiFe 多層膜のスピン注入効率の温度依存性