

Cu-Ir スピンホール層を有する人工反強磁性構造の創製

増田啓人¹、関剛斎^{1,2}、窪田崇秀^{1,2}、高梨弘毅^{1,2}

(¹ 東北大学金属材料研究所、² 東北大学 CSRN)

Fabrication of artificial antiferromagnetic structure with Cu-Ir spin Hall layer

H. Masuda¹, T. Seki^{1,2}, T. Kubota^{1,2}, and K. Takanashi^{1,2}

(¹IMR, Tohoku Univ., ²CSRN, Tohoku Univ.)

はじめに

低い磁場感受率、漏れ磁場の抑制及び高い磁気共鳴周波数など多くの利点を有する反強磁性体がスピントロニクス分野で注目を集めている¹⁾。反強磁性スピントロニクスの課題の1つが、反強磁性磁気構造を効率的に制御する手法の確立である。低磁場感受率の反強磁性体に対して有効になると考えられているのが、スピンホール効果によって生じるスピン軌道トルク (SOT) の活用である。これまで、バルク反強磁性体とスピン軌道相互作用の大きな Pt などの非磁性層を組み合わせた系において、SOT と反強磁性磁気構造の相互作用が調べられてきた^{2,3)}。しかし、バルク反強磁性体では磁区や反強磁性結合強度を制御することが難しく、反強磁性体に作用するスピン軌道トルクの系統的な研究には不向きである。これに対して、反強磁性結合した金属人工格子を用いれば非磁性層または強磁性層の膜厚を変えることによって反強磁性結合強度を制御することが可能である。加えて、多数ある界面の効果によって大きなスピン軌道トルクが発現する可能性があり、系統的なスピン軌道トルクの研究に適した研究対象であると言える。

したがって、本研究の最終目的は、強い反強磁性結合及び大きなスピン軌道トルクを両立できる金属人工格子の探索である。この目的を達成するために、本研究では、Co/Cu-Ir/Co 人工格子に着目した。Co/Co 系は反強磁性結合を示す代表的な金属人工格子であり、加えてその大きな巨大磁気抵抗効果は電気的な手法によって磁化方向を評価する際に有利となる。一方、Cu はスピンホール効果をほとんど示さないが、Cu に Ir を添加することによって $\theta_{SH} = 2.1 \pm 0.6\%$ のスピンホール角を得られることが報告されている⁴⁾。しかしながら、Co/Cu-Ir/Co における反強磁性結合についての報告はない。そこで、本研究では Co/Cu-Ir/Co が反強磁性結合とスピンホール効果を両立できる非磁性中間層材料であるかを調べた。

実験結果

薄膜試料として、マグネトロンスパッタリング装置を用いて Al₂O₃ (0001) 基板 / バッファー層 (Cr (10 nm) / Au (5 nm) / Cu (35 nm) を熱処理によって合金化したもの) / Co (2 nm) / Cu、Ir、または Cu-Ir (t nm) / Co (2 nm) / Cu (2 nm) / Cr (5 nm) を作製した。ここで Cu-Ir の組成比は、Cu : Ir = 95 (at%) : 5 (at%) である。

振動試料型磁力計を用いて作製した試料の磁化曲線を測定し、反強磁性結合強度の中間層厚 t 依存性を調べたところ、Co/Cu/Co 及び Co/Cu-Ir/Co は $t \approx 0.75$ (nm) の試料、Co/Ir/Co は $t \approx 0.5$ (nm) の試料において反強磁性結合強度が最大となることが分かり、Cu-Ir 中間層を用いて人工反強磁性構造を形成できることが明らかとなった。

次に、Cu-Ir の θ_{SH} を定量的に見積もるため、Al₂O₃ (0001) 基板 / Co (2 nm) / Cu-Ir (t nm) / Cr (5 nm) の 3 層構造におけるスピンホール磁気抵抗効果を調べた。その結果、スピンホール角 $\theta_{SH} \approx 4.3\%$ という値が得られ、本研究で用いた Cu-Ir 非磁性中間層が反強磁性結合とスピンホール効果を両立できる材料であることが確認された。

参考文献

- 1) T. Jungwirth, X. Marti, P. Wadley, and J. Wunderlich, Nat. Nano. 11, 231 (2016).
- 2) W. Zhou et al., Phys. Rev. Mater. 2, 094404 (2018).
- 3) T. Moriyama et al., Sci. Rep. 8, 14167 (2018).
- 4) Y. Niimi et al., Phys. Rev. Lett. 106, 126601 (2011).