磁気層間結合における異常ホール効果

Anomalous Hall effect in an interlayer exchange coupling system

筑波大学　　小泉 洸生、萩原 道夫、柳原 英人
Univ. of Tsukuba　H. Koizumi, M. Hagihara, and H. Yanagihara
E-mail:s1930092@s.tsukuba.ac.jp

【背景】

磁気層間結合(IEC)とは 2 層の強磁性層が磁気的に結合する相互作用であり、多くの系において強磁性的または、反強磁性的な結合が発現することが確認されている[1,2]。2 層間に反強磁性的な結合が存在する系に外部磁場を加えると、それらが互いに競合することで複雑なスピンテクスチャが生じる可能性がある。Fe/MgO /$Co_{0.125}Fe_{2.875}O_4$(CFO)では、Fe と CFO が直接結合した場合には強磁性的な結合が働き、MgO 中間層を介した場合には反強磁性的な結合が働くことが報告されている。また CFO は垂直磁化膜であることから磁場中では IEC とゼーマンエネルギーの競合が期待される。そこで本研究では、Fe/MgO/CFO の 3 層構造を作製し、MgO 膜厚を適当に調節することで、2 つの結合の強度を調整し、異常ホール効果（AHE）をプローブとして、IEC と外部磁場との競合について調べた。

【実験と結果】

反応性 RF マグネトロンスパッタリング法により、MgO(001)基板上に Fe(5 nm)/MgO (0~2.0 nm)/CFO(50 nm)多層膜構造で、MgO 中間層の厚さ(t_{MgO})を連続的に変化させた試料を作製した。試料作製後ホールバー形状に微細加工を施し、Cr+Au 電極を設けた。さらに、MgO 勾配に沿って複数の電圧測定経路を設計することで、各 t_{MgO} におけるホール抵抗率を測定した。MgO と CFO は絶縁体であるため、ホール効果測定では Fe 層の磁化を反映したホール信号が得られる。

AHE により得られた磁化過程について測定をおこなったところ Fig.1(a)のように、磁場が高磁場から低磁場に遷移する場合(青矢印)と、低磁場側から高磁場側に遷移する場合(赤矢印)でホール抵抗率にヒステリシスが現れ、その差分には Fig.1(b)のような構造があった。ゼロ磁場付近におけるヒステリシスは、IEC に基づいた有効磁場によるものである。一方で、CFO 単層の保磁力($\mu_0 H_C^{CFO}$)は 0.15 T 程度であり、$\mu_0 H_C^{CFO}$ 以上では、Fe と CFO 間の反強磁性的 IEC と外部磁場とが競合し、Fe 層全体で感じる磁場と、界面付近の IEC に起因した有効磁界が競合する磁化配置となる。AHE 曲線に異常な構造が観測されうる現象の一つとしてトポロジカルホール効果が挙げられ[3]、本系でこのようなスピンテクスチャが生じている可能性が示唆される。講演では、MgO 膜厚や温度依存性などの詳細な実験結果について議論する。

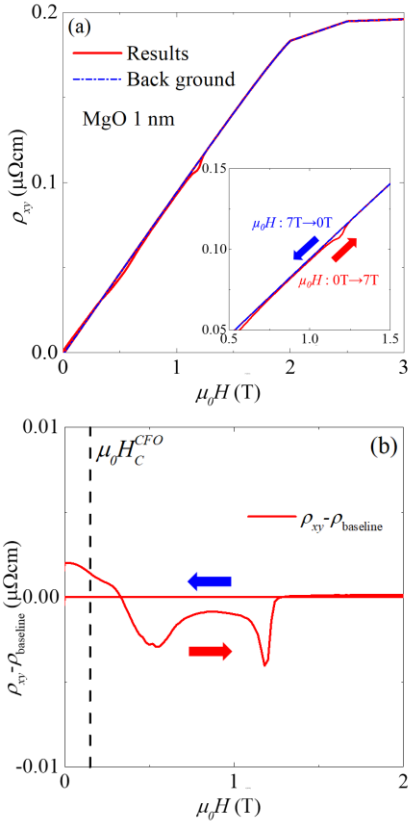

Fig.1 (a) Dependence of Hall resistivity for a Fe 5 nm thick film at 300K. The dotted curves indicate the contribution from AHE that is deduced from the measurement with external magnetic field from 7T to 0T. (b) Hall resistivity that is subtracted baseline.

参考文献

[1] J. Faure-Vincent, et al., Phys. Rev. Lett. **89**, 107206 (2002)
[2] H. Yanagihara, *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **44,** 064011 (2011)
[3] J. Matsuno, et al., Sci. Adv., **2**, 1600304 (2016).