

Fe/MgO/MFe₂O₄ 3 層膜における磁気層間結合

Interlayer Exchange Coupling in Fe/MgO/MFe₂O₄ Tri-layer System

筑波大数理, °萩原 道夫, 柳原 英人

Univ. of Tsukuba, °Michio Hagihara, Hideto Yanagihara

E-mail: s1720387@s.tsukuba.ac.jp

【はじめに】 磁気層間結合は2層の強磁性層が磁氣的に結合する現象であり、磁性金属多層膜において広く見出されている[1]。また、絶縁体である MgO を介して磁気層間に反強磁性的な磁気層間結合が生じることが報告されており[2]、MBE 法により作製された Fe/MgO/ γ -Fe₂O₃ 構造においても適当な MgO 膜厚において比較的大きな反強磁性的層間結合が確認されている[3]。そこで本研究では、スパッタリング法を用いて Fe/MgO/ γ -Fe₂O₃、Fe/MgO/(Co,Fe)₃O₄ の3層膜構造を作製し、磁気層間結合の定量的評価を行うことを目的とした。ここで、 γ -Fe₂O₃ と (Co,Fe)₃O₄ はともにスピネル型構造のフェライトである。また、MgO(001)基板上に成膜した (Co,Fe)₃O₄ は垂直磁化膜となることが知られており[4]、3層膜構造とすることで MgO を介した垂直磁化膜と面内磁化膜の構造における層間結合の発現が期待される。

【実験方法】 RF マグネトロンスパッタリング法により、MgO(001)基板上に MgO(cap)(2 [nm])/Fe(10 [nm])/MgO (0-1.5 [nm])/ γ -Fe₂O₃ (13 [nm])、および Ru(cap)(2 [nm])/Fe(5 [nm])/MgO (0-1.5 [nm])/(Co,Fe)₃O₄ (50 [nm])多層膜を作製した。 γ -Fe₂O₃ を含む試料では、VSM 測定を行うことで、各 MgO 膜厚の多層膜試料の磁化曲線を得た。また、(Co,Fe)₃O₄ を含む試料においてはホールバー形状に微細加工を施し、Cr+Au 電極を設けることで各 MgO 膜厚におけるホール抵抗率を測定した。MgO と (Co,Fe)₃O₄ はどちらも絶縁性であるため、ここで得られるホール抵抗率は Fe 層の磁化と、正常ホール効果成分を反映している。各構造の磁化過程から、飽和に要する単位面積あたりのゼーマンエネルギーを算出し、交換結合定数 J_1 の MgO 中間層膜厚依存性をそれぞれ評価した。

【実験結果】 Fig.1 に各構造の磁気層間結合強度 J_1 の MgO 膜厚依存性を示す。Fe/MgO/ γ -Fe₂O₃ では MgO 膜厚 0.3 [nm]の試料において結合強度 J_1 が最大値-1.04 [erg/cm²]を、Fe/MgO/(Co,Fe)₃O₄ では MgO 膜厚 0.4 [nm]において J_1 が最大値-0.87 [erg/cm²]をとるような MgO 膜厚依存性が確認された。これは、両者ともに1単位胞程度の MgO 中間層を介した Fe 層と MFe₂O₄ 層で間接的な反強磁性磁気結合が生じ、磁気層間結合が発現していることを示唆する結果である。また、MgO 膜厚が薄い領域では、部分的なピンホールの存在により Fe 層と MFe₂O₄ 層とで直接的な結合が生じており、磁気層間結合を弱めていると考えられる。

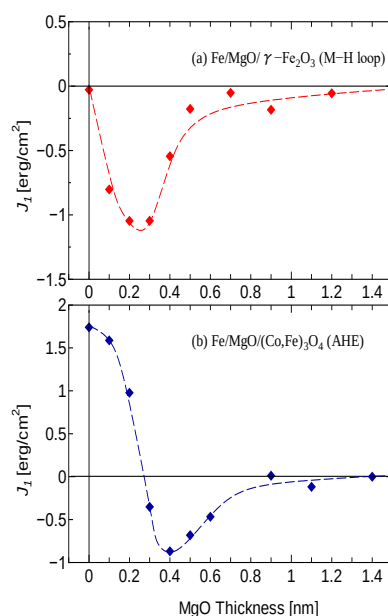


Fig1. Thickness dependence of MgO spacer for (a) Fe/MgO/ γ -Fe₂O₃ (M-H loop) and (b) Fe/MgO/(Co,Fe)₃O₄ (AHE)

[1] M. N. Baibich, et al., Phys. Rev. Lett., 61 (1988) 2472

[2] J. Faure Vincent, et al., Phys. Rev. Lett., 89 (2002) 107206

[3] H. Yanagihara, et al., J. Appl. Phys., 101 (2007) 09D101

[4] T. Niizeki et al., Appl. Phys. Lett, 103 (2013) 162407