

全スピネル構造磁気トンネル接合の作製と評価

Fabrication and characterization of all-spinel structured magnetic tunneling junctions

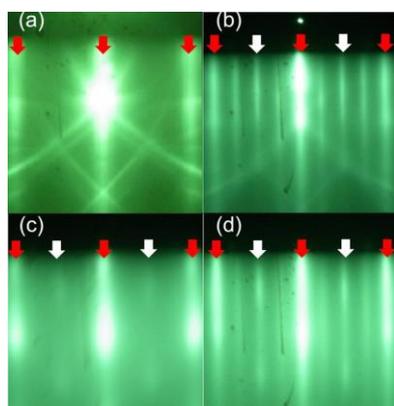
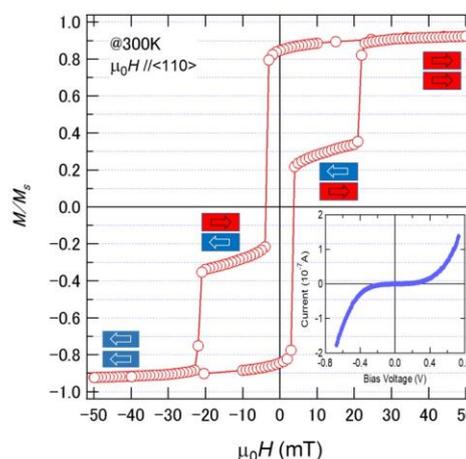
筑波大物工¹, 物材 (NIMS)² ○(D)田結 健¹, 柳原 英人¹, 介川 裕章²Univ. of Tsukuba¹, NIMS², ○Takeshi Tainosho¹, Hideto Yanagihara¹, Hiroaki Sukegawa²

E-mail: s1630108@u.tsukuba.ac.jp

【背景】 これまでに Fe_3O_4 の高いスピン分極率を利用して大きなトンネル磁気抵抗 (TMR) 比を実現することを目指した研究が試みられてきたが、期待されるほど大きな TMR は報告されていない。また、上下電極とともに Fe_3O_4 とした場合、トンネル障壁層程度の膜厚の非磁性絶縁体で電極間の磁気的な分離を実現することは困難であった。近年の研究により Fe_3O_4 表面でのスピン分極率の著しい低下が指摘されていることから[1]、 Fe_3O_4 のスピン分極率がデバイス作製時の界面構造に敏感に依存するものと考えられる。前回の発表で、我々は Fe_3O_4 薄膜上に Mg および Al を薄く成膜後、酸化させることでスピネル構造の障壁層を約 1.1 nm 形成し、上下電極の磁気的な結合が消失したことを報告した。しかし、同様の方法で障壁層の膜厚を増加させると障壁層はスピネル構造を維持しないことが明らかになった。そこで今回は、直接障壁層を反応性 RF マグネトロンスパッタ法により成膜する手法について検討した。さらに、微細加工により磁気トンネル接合素子を実際に作製し、電流-電圧 (I - V) 特性を評価した。

【実験方法】 $\text{MgO}(001)$ 基板の上に $\text{Ru}(10)/\text{Co}(14.4)/\text{Fe}_3\text{O}_4(21.2)/\text{MgAl}_2\text{O}_4(3)/\text{Al}(0.3)/\text{Fe}_3\text{O}_4(127.2)$ (MgO 基板) を成膜した。括弧内の数字は膜厚 (nm) を示す。酸化物層は反応性 RF マグネトロンスパッタ法により、金属層は DC スパッタ法により成膜した。表面の結晶構造は高速反射電子線回折 (RHEED) により観測された。また、室温における磁化曲線を測定した。また、フォトリソグラフィによって磁気トンネル接合 (pillar size : $20 \times 10 \mu\text{m}^2$) を作製し I - V 特性を直流 4 端子法により評価した。

【実験結果】 Fig.1 に基板、上下電極および障壁層の RHEED 像を示す。先行研究と同様のスピネル構造で見られるストリーク (白矢印) が現れたことから、上下電極および障壁層がすべてスピネル構造になっていることが示唆される。Fig.2 に磁化曲線を示す。上下の明瞭な磁気的分離および急峻な磁化反転が確認された。先行研究ではこのような磁気的分離に成功した例がない。さらに、 I - V 特性を Fig.2 の挿入図に示す。TMR 比は障壁層の抵抗値が高すぎたため確認されなかったが、トンネル伝導に特徴的な非線形な I - V 特性が確認された。Simmons の式によりトンネル障壁高さおよび障壁膜厚を推定すると、それぞれ 1.1 eV および 2.4 nm であった。この障壁高さは MgAl_2O_4 の本来の値 (2 ~ 3 eV) よりかなり小さいことから、障壁層の膜厚の最適化に加え、その作製条件に関してさらなる改善が必要であることが示唆された。

[1] M. Kurahashi *et al.*, PRB **81**, 193402 (2010).Fig.1 RHEED patterns of (a) MgO substrate, (b) bottom Fe_3O_4 , (c) spinel barrier, and (d) upper Fe_3O_4 .Fig.2 Magnetization curve and I - V curve (inset) of an $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$ junction.