

超薄 $\text{Co}_2\text{FeAl}/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ エピタキシャル積層構造 を用いた垂直磁化膜の作製

介川裕章、J. P. Hadorn、大久保忠勝、宝野和博、三谷誠司
(物材機構)

Fabrication of perpendicular magnetization films using an ultrathin $\text{Co}_2\text{FeAl}/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ epitaxial stack
H. Sukegawa, J. P. Hadorn, T. Ohkubo, K. Hono, and S. Mitani
(NIMS)

はじめに

酸化物層と強磁性層との界面に誘起される強い垂直磁気異方性を利用した垂直磁化膜構造が近年大きな注目を集めている。特にスピン注入書込型磁気ランダムアクセスメモリ (STT-MRAM) への応用にむけて、高いトンネル磁気抵抗 (TMR) 比が得られる MgO バリアと CoFeB を組み合わせた構造が盛んに研究されている¹⁾。また、強磁性体層として Fe^{2+} や Co_2FeAl (CFA) 合金³⁾を用いることによっても MgO との界面に大きな垂直磁気異方性が誘起されることが報告されている。一方、これらの強磁性体と MgO との間には3~4%程度の格子不整合が存在するため、これらの界面においてミスフィット転位や格子ひずみの導入によって構造が乱されうるといった問題がある。 MgAl_2O_4 をベースとするバリアは、MTJのバリア層として高いTMR比が得られることに加え⁴⁾、 MgO に比べ強磁性体との格子不整合を小さくできることから、より理想的な界面構造の作製が期待でき垂直磁気異方性をさらに向上できる可能性を秘めている。本研究ではエピタキシャルCFA超薄膜と MgAl_2O_4 薄膜を積層させることにより大きな垂直磁気異方性が得られたことを報告する。

実験方法

多層膜構造はマグネトロンスパッタ装置を用いて作製し、主な膜構造として $\text{MgO}(001)$ 単結晶基板上にCr層をバッファとして、CFA (t_{CFA}) /Mg (0.2 nm) /MgAl (t_{MgAl}) /Oxidation/Ru保護層 (2 nm) とした。CFA層はCo-Fe-Alの合金ターゲットから成膜を行った。また、MgAl層の酸化にはプラズマ酸化法および自然酸化法を用いた⁴⁾。作製した多層膜は真空中熱処理(熱処理温度 T_{ex})を行った後、VSMを用いて磁気特性評価を室温で行った。また構造解析にはHAADF-STEMを用いた。

実験結果

MgAl層酸化条件を t_{MgAl} に応じて最適化することにより、 $T_{\text{ex}} \geq 200^\circ\text{C}$ で垂直磁気磁化膜が得られた。例として Fig. 1 には、 $t_{\text{CFA}} = 1.0$ nm、 $t_{\text{MgAl}} = 0.45$ nm の膜厚に対し5 Paの酸素雰囲気中で10分間の自然酸化により作製したCFA/ MgAl_2O_4 構造の磁化曲線 ($T_{\text{ex}} = 200^\circ\text{C}$) を示している。この曲線から垂直磁化膜として得られていることがわかる。 $t_{\text{CFA}} = 1.0$ nmを用いた場合、垂直磁気異方性エネルギー K_{eff} は最大 4×10^6 erg/cm³程度と大きな値が得られることもわかった。HAADF-STEM像による解析から作製した積層膜はCFA、 MgAl_2O_4 層とも(001)方位にエピタキシャル成長しており、界面にミスフィット転位がほとんど存在しない格子整合構造が得られていることが確認された。これらの結果は MgAl_2O_4 を用いて高品質な垂直磁化膜構造を実現可能であることを示している。本研究の一部は、革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により委託されて行われた。

参考文献

- 1) 例えば S. Ikeda *et al.*, *Nature Mater.* **9**, 721 (2010). 2) J. W. Koo *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 192401 (2013). 3) Z. C. Wen *et al.*, *Adv. Mater.* **26**, 6483 (2014). 4) H. Sukegawa *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **105**, 092403 (2014).

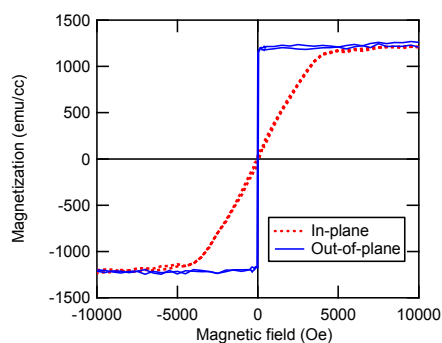


Fig. 1 Magnetization loops for a CFA ($t_{\text{CFA}} = 1$ nm)/Mg (0.2 nm)/MgAl ($t_{\text{MgAl}} = 0.45$ nm)-Ox multilayer annealed at $T_{\text{ex}} = 200^\circ\text{C}$ measured at room temperature.