

垂直磁気異方性を示す $(\text{Co,Fe})_3\text{O}_4(001)$ エピタキシャル薄膜における磁気特性の基板温度依存性

内海優史, 新関智彦, 井上順一郎, 柳原英人, 喜多英治
(筑波大学)

Growth Temperature Dependence of Magnetic Properties on $(\text{Co,Fe})_3\text{O}_4(001)$ Epitaxial Films with Perpendicular Magnetic Anisotropy
Y. Utsumi, T. Niizeki, J. Inoue, H. Yanagihara, and Eiji Kita
(Univ. of Tsukuba)

はじめに

スピネル構造を持つコバルトフェライト $(\text{Co,Fe})_3\text{O}_4$ は, B 位置に配位した Co^{2+} イオンの軌道角運動量が結晶場中でも消失しないため, 大きな結晶磁気異方性を示すことが知られている¹⁾. また薄膜は, 基板との格子不整合の結果, 磁気弾性効果を通じて強い垂直磁気異方性を示す. 我々は, CoFe 合金ターゲットを用いた反応性スパッタリング法により, MgO 基板上に大きな垂直磁気異方性を示す CoFe_2O_4 薄膜を作製することに成功している^{2,3)}. その作製条件に強く依存して垂直磁気異方性定数 (K_u) や, 飽和磁化 (M_s) が著しく変化するなどの報告がある. さらに成膜時の温度 (T_s) に依存して角型比が大きく変化することを確認した. そこで, $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4(001)$ 薄膜の成膜条件と磁気特性, 特に角型比について焦点を当てて調べることにした.

実験方法

$\text{MgO}(001)$ 劈開面を基板としてターゲットには CoFe 合金を用いて O_2 反応性 RF マグネトロンスパッタリング法により試料を作製した. $\text{Ar}+\text{O}_2$ 雰囲気中で成膜を行い, 成膜時の O_2 流量を最大 10 sccm まで変化させた. 基板温度 T_s は 200°C から 600°C まで変えて最適な条件を探った. 試料評価は, RHEED 観察, X 線小角反射率法による膜厚測定, XRD を行った. 室温において ± 70 kOe の範囲で磁化測定, Quantum design 社 PPMS を用いて磁気トルク測定を行った. また, SIMS による測定を行い膜厚方向への Mg , Co , Fe の拡散の様子を確認した. さらに TEM 測定を行うことで, 成膜温度(T_s)と逆位相領域(APD), 逆位相境界(APB)の関係について調べた.

実験結果

図 1 に成膜温度の異なる $\text{Co}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4/\text{MgO}(001)$ 薄膜の飽和磁化, 角型比を示す. 飽和磁化は $T_s \sim 300^\circ\text{C}$ 程度でバルク並みの値となるが, 角型比は 600°C 程度で成膜しないと 0.9 を超える値とならない. $T_s = 300^\circ\text{C}$ と 600°C で成膜した試料の SIMS 測定の結果では, Fe , Co の分布には大きな差が見られなかった. また $T_s = 600^\circ\text{C}$ の試料において基板の成分である Mg が 30-40 nm 程度薄膜側に拡散している様子が確認された. また $T_s = 300^\circ\text{C}$ と 600°C で成膜した試料の APD に関する TEM 測定の結果では, 両者に関して領域の大きさや境界幅に関する差は見られなかった.

講演では, 基板温度が磁化過程に及ぼす影響についてより詳細に検討して報告したい.

謝辞

本研究は, 文部科学省元素戦略プロジェクトの助成を受けて行われた.

参考文献

- 1) J. C. Slonczewskii, Phys. Rev. 110 (1958) 1341
- 2) T. Niizeki et al. Appl. Phys. Lett. 103 (2013) 162407
- 3) 内海他, 第 37 回日本磁気学会学術講演会 3aC-1

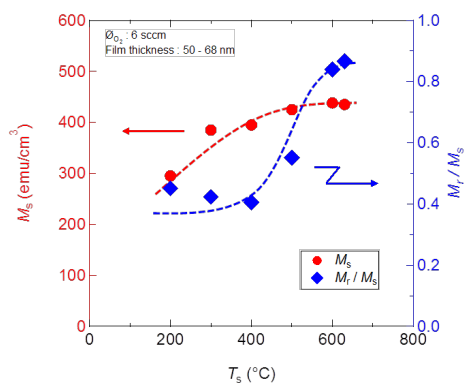


図 1 M_s 及び角型比の基板温度依存性