

Fe₃O₄(111)/SrTiO₃(111)スパッタエピタキシャル膜の垂直磁気異方性

渡邊 雅人

((公財)電磁材料研究所)

Perpendicular magnetic anisotropy in Fe₃O₄(111)/SrTiO₃(111) sputtered epitaxial thin films

Masato Watanabe

(Research Institute for Electromagnetic Materials)

はじめに

マグネタイトは高キュリー点(850K)を有し、高温相がハーフメタル特性あるいは大きな異常ホール効果($\rho_H \sim 10 \mu\Omega\text{cm}$)など興味深い電子物性を示すが、立方晶のため反磁界エネルギー以上の強い一軸磁気異方性は得られない。もし整合歪みなどで異方性を制御し垂直磁化膜が得られれば、垂直磁化型 MRAM など各種デバイス応用への展開も期待できる。本講演では、強い垂直異方性を示す(111)配向 Fe₃O₄ エピタキシャル膜が得られたのでこの結果について報告する。

実験方法

FeO 焼結ターゲットを用い、Ar+O₂ 混合ガスを導入した反応性 RF マグネトロンスパッタ法により、600°Cまで加熱した SrTiO₃(111)単結晶基板上に成膜を行った。Ge(220)モノクロメータを用いた高分解能 XRD で構造評価を行い、VSM および CEMS(内部転換電子メスbauer分光)により磁性評価を行った。比較のために MgO(100)および SrTiO₃(100)基板上への成膜も行った。

実験結果

流量比で酸素量 1~2% の Ar+O₂ 混合ガスを導入した場合に、面直に(111)配向した Fe₃O₄膜が生成し、Fe₃O₄(311)の極点図に相当する XRD ϕ スキャンから面内構造も制御されたエピタキシャル膜であることを確認した。

膜厚依存性を検討した結果、膜厚減少とともに XRD ピークシフトの増大が観測され、整合歪みが印加されていると考えられる。磁化および保磁力が最も大きくなった 87 nm 厚試料の磁化カーブを Fig. 1 に示す。垂直成分の磁化が面内成分よりも大きく強い垂直異方性が誘起されていることが確認できる。一方、比較のため作製した(100)配向試料の磁化カーブからは、大きな垂直異方性の誘起は確認されなかった。

この試料の CEMS スペクトルを A, B サイトの分解成分とともに Fig. 2 に示す。3 : x : 1 : 1 : x : 3 のピーク強度比から得られた磁気モーメントの方向は、面直から 30° 以内で(100)配向の場合と比較し垂直に近く、磁化カーブに対応した結果となった。反磁界エネルギー $2\pi M^2 = 1.5 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ 以上の垂直異方性の誘起が予想される。無反跳分率の影響を考慮し、A, B サイト成分の積分強度比から求まる Fe_{3.8}O₄ の空孔パラメータ δ は 10^{-3} オーダーで十分小さく、ストイキオメトリーに近い Fe/O 組成であることが確認された。

本研究は、科研費 17K06806 の交付を受け実施している。

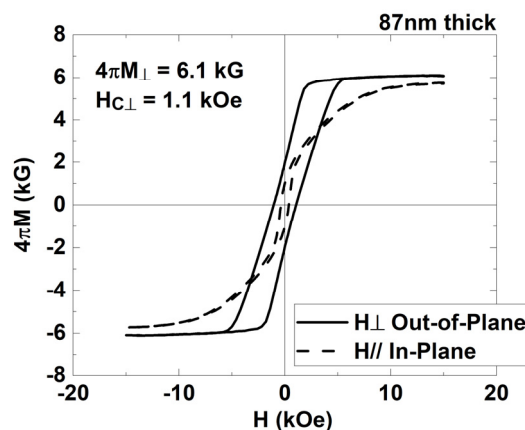


Fig. 1 Magnetic hysteresis curves for 87nm thick Fe₃O₄(111) / SrTiO₃(111) thin film.

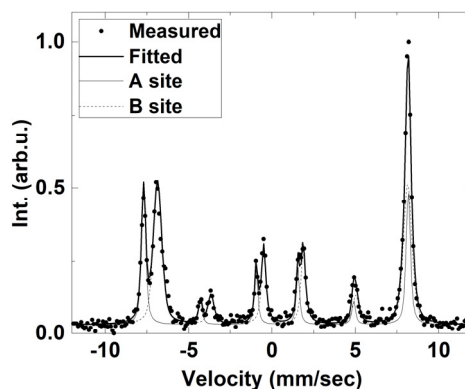


Fig. 2 CEMS spectra for 87nm thick Fe₃O₄(111) / SrTiO₃(111) thin film.