

RF マグネトロンスパッタ法による ϵ -Fe₂O₃(001)層のエピタキシャル成長

渡邊 雅人

((公財)電磁材料研究所)

Epitaxial growth of ϵ -Fe₂O₃(001) layer by RF magnetron sputtering

Masato Watanabe

(Research Institute for Electromagnetic Materials)

はじめに

α , β , γ , ϵ , ζ と5つある Fe₂O₃ の多形体の一つである ϵ 相は、斜方晶であり a 軸および b 軸方向にフェライトとしては強い結晶磁気異方性 ($K_a = 7.7 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$, $K_b = 1.2 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$) を持つ一方、フェリ磁性体のため飽和磁化は 1.26 kG と小さく、このため異方性定数と飽和磁化の比である異方性磁界は非常に大きくなる(154 kOe)。その結果、高保磁力(20 kOe)と高共鳴周波数(182 GHz)が得られている。また、室温でマルチフェロ特性を有することも知られているため、ミリ波電磁波吸収材料、磁気記録媒体およびマルチフェロを利用したデバイスなどへの応用展開が期待されている。しかし、 ϵ 相は準安定相のため合成が困難であり、現状その合成方法のほとんどがナノ粒子の化学合成あるいはPLDによるエピタキシャル成長の二つに限られている。今回、薄膜合成として工業的応用上重要となる RF マグネトロンスパッタ法によりエピタキシャル ϵ -Fe₂O₃ 層の成長を試みたので、その結果について報告する。

実験方法

800°Cに加熱した SrTiO₃(111)および YSZ(100)基板上に、 α -Fe₂O₃ 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成膜を行った。構造は高分解能 XRD, HAADF-STEM および極微電子線回折で、磁気特性は VSM で評価を行った。

実験結果

スパッタガス圧および Ar+O₂ スパッタガスの酸素流量比を変化させた成膜を検討した結果、スパッタ放電限界に近い 1 mTorr の低ガス圧および 25 %以上の高酸素ガス流量で c 軸配向した ϵ 相が生成することが XRD から確認された。低ガス圧ではスパッタ粒子の平均運動エネルギーが高くなるため、高いスパッタ粒子エネルギー、高酸素濃度雰囲気、高基板温度が ϵ 相生成に必要と考えられる。Fig. 1 の断面 TEM 観察および極微電子線回折から、SrTiO₃(111)基板上に膜厚 5 nm 程度の ϵ 相エピタキシャル層が生成し、5 nm 以上の膜厚では α 相となることが確認された。一方 PLD による ϵ 相エピタキシャル成長では、100 nm 程度の膜厚試料が得られ、面内に3回対称の方位を持つ数 nm サイズの c 軸配向ナノドメインからなる微細構造を持つことが報告されており¹⁾、今回のスパッタ法による試料とは異なる組織が得られている。ヒステリシスカーブは、磁氣的にソフトな相とハードな相が混在した特徴を示した。

参考文献

- 1) M. Gich et al., Appl. Phys. Lett., 96 (2010) 112508.
- 2) M. Watanabe, Determinations Nanomed Nanotechnol. 1 (2019) DNN.000502, arXiv:1903.01022.

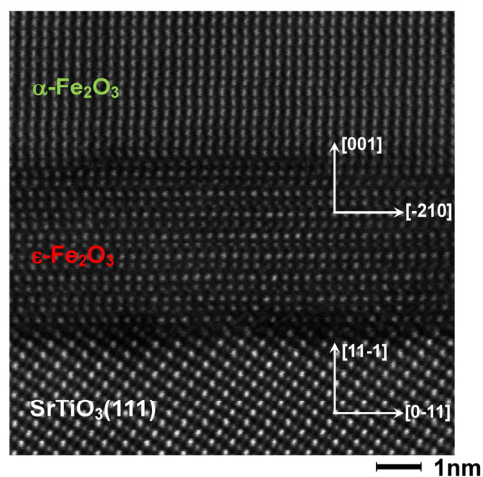


Fig.1 Cross sectional HAADF-STEM image for α -Fe₂O₃ / SrTiO₃(111) film. ²⁾