

緩衝層膜によるコバルトフェライト薄膜の歪制御

小野田 浩成, 久松 裕季, 井上 順一郎, Sonia Sharmin, 喜多 英治, 柳原 英人
(筑波大学)

Control of epitaxial strain in cobalt-ferrite thin films by various buffer layers

H. Onoda, Y. Hisamatsu, J. Inoue, S. Sharmin, E. Kita, and H. Yanagihara

(Univ. of Tsukuba)

はじめに

MgO(001)上に成膜したコバルトフェライト ($\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$: CFO) 膜はバルクとは異なる一軸性の磁気異方性を示し, その大きさは 14.7 Merg/cm^3 にも達する¹⁾. CFO/MgO 薄膜における垂直磁気異方性は, 基板との格子不整合 (+0.47%) による磁気弾性効果によって生じると理解されている²⁾. その発現機構の理解を深めるため, 現象論の範囲を超えて微視的な (電子論的な) 観点から理解を進めているところである³⁾. 電子論的な解釈に定量性を与えるためにも, 広い範囲で格子歪を変化させその結果誘起される磁気異方性を評価することが不可欠である. そこで本研究では, MgO と比して格子定数の大きい NbN および $\text{Mg}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{O}$ (MCO)を緩衝層として導入し, その上に成膜した CFO 薄膜の特性を調べ, 歪をパラメータとして磁気異方性の変化を実験的に調べることを試みた.

方法

MgO 単結晶基板上に反応性 RF マグネトロンスパッタリング法により NbN 薄膜と MCO 薄膜を作製した. 成膜温度は 600°C とし, それぞれ Nb 純金属ターゲットと MgO-CaO(7:3)焼結体ターゲットを使用して成膜を行った. CFO 薄膜は CoFe 合金ターゲットを使用して反応性 RF マグネトロンスパッタリング法により作製した. 成膜温度は 500°C とし, Ar + O₂ 雰囲気中で成膜を行った. 作製した試料は, 反射高速電子線回折法 (RHEED) による表面構造の観察, X 線回折法 (XRD) による格子定数と結晶構造の評価, および磁気特性の評価を行った.

実験結果

Fig.1 に (a)NbN(001) と (b) MCO(001) の RHEED 像を示す. NbN では, (a)のように明瞭なストリークパターンが現れていることから平坦性の良い膜が得られたと言える. MCO においても, (b)のようにストリークパターンであることから平坦性の良い膜であることが言える. しかし, MCO のストリークの線幅は広く, 結晶面は配向しているものの格子歪も大きいものと考えられる. これは, MgO と MCO の格子不整合が大きく, 格子緩和が起こる過程で格子面間隔が連続的に変化していることが原因だと考えられる. 格子不整合の緩和が起こると, それ以降は格子に歪みが生じなくなるため, 緩衝層の膜厚を厚くすることで RHEED 像は改善されると考えられる. Fig.2 に (a)NbN と (b)MCO 上に成膜した CFO(001)の RHEED 像を示す. NbN 上に成膜した CFO 薄膜は, (a)のようにハローパターンとなっていることから, 試料表面はアモルファス状で, 原子配列が揃っていないことが分かる. MCO 上に成膜した CFO 薄膜は, (b)のように MCO の 2 倍の格子定数に対応するストリークが現れており, これはスピネル型結晶構造を示唆しており, CFO 薄膜のエピタキシャル成長に成功したと言える. しかし, MCO 上に成膜した CFO 薄膜の in-plane 測定を行った結果から, CFO 薄膜の面内の格子定数がバルクの値より小さく面内圧縮歪みが導入されていることが示唆され, 磁化曲線の結果から, 面内磁化膜であることが分かった. 組成の異なる MCO 薄膜を作製して結晶構造の評価を行うなど MCO 薄膜についてさらなる解析が必要である.

参考文献

- 1) T. Niizeki *et al.*, J. Appl. Phys. 103, 162407 (2013).
- 2) J. Inoue *et al.*, IEEE Trans. Mag. 49, 3269 (2013).
- 3) J. Inoue *et al.*, Mater. Res. Express 1, 046106 (2014).

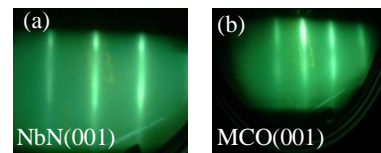


Fig. 1 RHEED images of various buffer layer (a) NbN (001)/MgO (b) MCO (001)/MgO

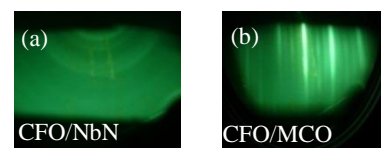


Fig. 2 RHEED images of Co ferrite (001) grown on (a) NbN (001), (b) MCO (001)