

垂直磁気異方性を有するコバルトフェライト薄膜の導電性制御

Control of conductivity in cobalt-ferrite thin films with perpendicular magnetic anisotropy

名工大工¹, 関大シス理², 東大理³ ○(M2) 森下雅也¹, 市川知幸¹, 田中雅章¹,
古田元春¹, 眞下大輔¹, 本多周太², 岡林潤³, 壬生攻¹

Nagoya Inst. Tech.¹, Kansai Univ.² U. Tokyo³, ○Masaya Morishita¹, Tomoyuki Ichikawa¹, Tanaka A.

Masaaki¹, Motoharu Furuta¹, Daisuke Mashimo¹, Syuta Honda², Jun Okabayashi³, Ko Mibu¹

E-mail: m.morishita.095@stn.nitech.ac.jp

逆スピネル構造を持つコバルトフェライト ($\text{Fe}^{3+}(\text{Co}^{2+}\text{Fe}^{3+})\text{O}_4$, CFO) は、高いキュリー温度を持つ強磁性 (フェリ磁性) 絶縁体として古くから知られ、フェライト磁石やトンネル型スピニフィルター素子などに利用されてきた。また近年、膜面内方向に引張歪みを持つ CFO 薄膜が垂直磁気異方性 (PMA) を示すこと [1]、さらに Fe-rich の CFO ($\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_{4+\delta}$, $0 < x < 1$) 薄膜で垂直磁化が安定することが報告され [2, 3]、PMA を示す強磁性絶縁体層としてスピントロニクス分野での利用が期待されている [2, 4]。本研究では、PMA を持つ絶縁性 (Insulative) Fe-rich CFO ($\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_{4+\delta}$, I-CFO) と導電性 (Conductive) Fe-rich CFO ($\text{Co}_y\text{Fe}_{3-y}\text{O}_4$, C-CFO) の選択的な成膜方法を確立し、メスバウアー分光測定と X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定および電気伝導特性評価から導電性と陽イオン価数・陽イオン欠陥の相関について考察した [5]。

MgO(001)基板上にパルスレーザー堆積法を用いて、薄膜原料及び雰囲気ガスの種類を変えることで I-CFO および C-CFO 単層膜の作り分けに成功した。I-CFO および C-CFO 薄膜はいずれも膜面内方向の引張歪みによって PMA を示すことが確認された。Figure 1 に I-CFO (20 nm, $x = 0.23$) および C-CFO (20 nm, $y = 0.23$) のメスバウアー分光スペクトルを示す。導電性の違いが逆スピネル構造における八面体サイトの Fe^{2+} イオンの存在比に対応することが分かった。XMCD 測定からも同様の結果が得られた。さらに、第一原理電子状態計算により、 $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_{4+\delta}$ は絶縁性、 $\text{Co}_y\text{Fe}_{3-y}\text{O}_4$ は導電性を示す結果が得られた。これらはメスバウアー分光および XMCD の測定結果と整合する。C-CFO はハーフメタルの特性を持ち、PMA を持つ高効率なスピン注入源としても期待できる。以上の結果は、Fe-rich コバルトフェライト薄膜が、酸化物スピントロニクスに新たな機能性を与え得ることを示すものである。

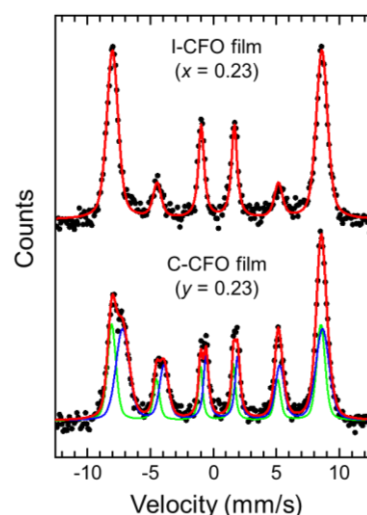


Fig. 1. Mössbauer spectra for I-CFO ($x = 0.23$) and C-CFO ($y = 0.23$) films taken at room temperature.

[1] H. Yanagihara *et al.*, J. Appl. Phys. **109**, 07D122 (2011), [2] K. Naruse *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **475**, 721 (2019), [3] J. Okabayashi *et al.* Phys. Rev. B, **105**, 134416 (2022), [4] M. A. Tanaka *et al.*, Appl. Phys. Lett., in press (2023), [5] M. Morishita *et al.*, submitted.