

磁気円二色性分光による傾斜格子歪希土類鉄ガーネットの磁気構造解析

Magnetic structure analysis by MCD in strain-gradient rare-earth iron garnet

東大院工¹, 東大 CSRN² ○山原 弘靖¹, 武田崇仁¹, 関 宗俊^{1,2}, 小林 正起^{1,2}, 田畑 仁^{1,2}

Univ. Tokyo¹, Univ. Tokyo, Center for Spintronics Research Network²,

○Hiroyasu Yamahara¹, Takahito Takeda¹, Munetoshi Seki^{1,2}, Masaki Kobayashi^{1,2}, Hitoshi Tabata^{1,2}

E-mail: yamahara@bioxide.t.u-tokyo.ac.jp

希土類鉄ガーネット ($R_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, RIGs) はフェリ磁性絶縁体 (常誘電体) であり、結晶構造が高い中心対称性を有する立方晶 (Ia3d) であるため、バルクでは自発電気分極を生じ得ない。筆者らは薄膜成長においてコヒーレントに歪んだ正方晶と格子緩和した立方晶の中間層に 20 nm 程度の傾斜歪みが存在することを見出し、Flexoelectricity による分極の存在を報告した[1]。さらに臨界膜厚以上の膜厚では磁気ヒステリシスの保磁場が増加する特徴的な磁性変化が見られている。

本研究では傾斜歪みを含む構造と磁性の相関を明らかにすることを目的として、電荷移動遷移 (波長 365-380 nm) における磁気円二色性 (MCD) と内殻励起による X 線磁気円二色性 (XMCD) による分析を実施した。試料はパルスレーザー堆積法 (PLD) により $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (GGG) 基板上に堆積した $\text{Sm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (SmIG) 薄膜で格子不整合は -1.2%、臨界膜厚 60 nm が見積もられる[2]。Fig.1(a) に各膜厚における MCD ヒステリシスを示し、Fig.1(b) に保磁場 H_c の膜厚依存性を示す。膜厚の増加に伴い 40 nm 付近で格子緩和が生じた試料では H_c に顕著な増加 ($H_c = 0.02 \text{ T} \rightarrow 0.15 \text{ T}$) がみられる。全電子収量法 (TEY) で計測された表面敏感な XMCD (Fig.1(c)) において、40 nm の試料では $H_c = 0.11 \text{ T}$ となり、MCD の結果とほぼ一致する一方、膜厚が 110 nm の試料では $H_c = 0.02 \text{ T}$ となった。この結果、歪み正方晶や格子緩和した立方晶に対して、部分緩和した傾斜歪み構造のみが高い H_c を有することが明らかとなり、転位がピンニングサイトとして働いていることを示している。一方、Fe $L_{2,3}$ XMCD スペクトルは膜厚によってフェリ磁性に寄与する電子構造は膜厚に対して有意な変化が見られていない。これまでの構造・誘電特性評価の結果をふまえると、傾斜格子歪み SmIG 薄膜において、残留分極と残留磁化が共存することが確認された。

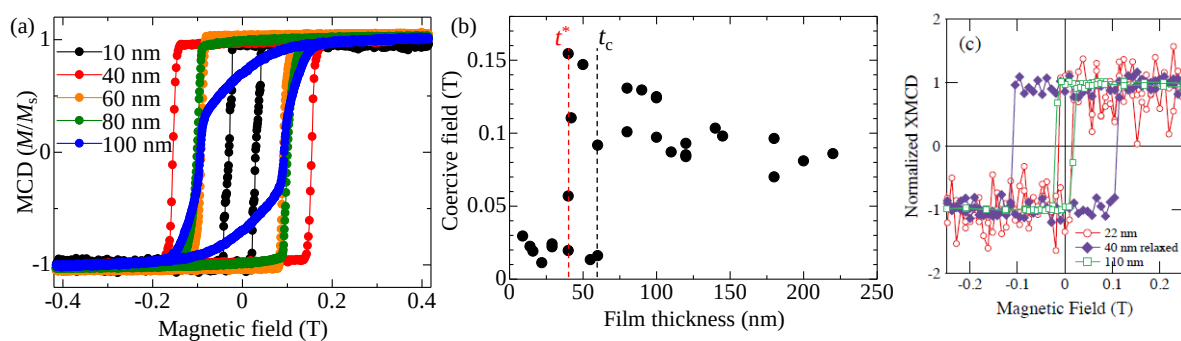


Fig. 1(a) Magnetic hysteresis loops measured by MCD with a wave length of 365-380 nm (corresponding to a photon energy of charge-transfer) for various thicknesses of SmIG films. (b) Thickness dependence of coercive field. t_c (~60 nm) and t^* (~40 nm) represent critical thickness estimated from the bulk lattice constant, and the thickness where relaxation starts estimated from structural analysis. (c) Magnetic-field dependence of the XMCD intensity at room temperature.

References [1] 山原ら、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019). [2] H. Yamahara et al., J. Magn. Mag. Mat., **323**, 3143 (2011).