

傾斜歪希土類鉄ガーネット薄膜におけるフレクソエレクトリック分極

Flexoelectric nanodomains in rare-earth iron garnet thin films under strain gradient

東大院工¹, 東北大 NICHe² °山原 弘靖¹, Bin Feng², 関 宗俊¹, 足立 真輝¹, Md Shamim Sarker¹,

武田 崇仁¹, 小林 正起¹, 石川 亮¹, 幾原 雄一¹, 長 康雄², 田畑 仁¹

Univ. of Tokyo¹, NICHe Tohoku Univ.², °H. Yamahara¹, B. Feng¹, M. Seki¹, M. Adachi¹, Md. S.

Sarker¹, T. Takeda¹, M. Kobayashi¹, R. Ishikawa¹, Y. Ikuhara¹, Y. Cho², H. Tabata¹

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

希土類鉄ガーネット ($R_3Fe_5O_{12}$, RIG) はフェリ磁性絶縁体であり、磁気光学効果やスピン波伝搬の優れた磁気特性を示す。一方、バルクでは立方晶 ($Ia3d$)、エピタキシャル薄膜においてもコヒーレントな格子歪みによる正方晶 ($I4_1/acd$) の高い中心対称性を持ち、結晶点群の制約により自然界では残留分極を生じ得ない。電気双極子とスピンの配向が実現されれば、多機能な記憶材料としての応用が期待される。

本研究では傾斜歪みによって残留分極が生じるフレクソエレクトリック効果[1]に着目し、RIGの傾斜歪みを含む構造と磁性・誘電物性の相関を明らかにすることを目的とする[2]。基板と薄膜は $Gd_3Ga_5O_{12}$ (GGG) と $Sm_3Fe_5O_{12}$ (SmIG) を選択し、格子不整合は 1.2%、臨界膜厚 60 nm が見積もられる[3]。パルスレーザー堆積法 (PLD) により様々な膜厚の SmIG 薄膜を作製した結果、図 1 の STEM 像に示すように転位が発生する臨界膜厚付近で 15 nm にわたる傾斜歪み構造を観察した。非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) によって傾斜歪み SmIG において負に分極したナノドメインの存在を確認し、フレクソエレクトリック効果による誘電分極が示唆された。さらに X 線磁気円二色性分光 (XMCD) によって傾斜歪み SmIG のフェリ磁性と保磁場の増大を確認した。希土類鉄ガーネット薄膜と単結晶基板との格子ミスマッチを最適化することで傾斜格子歪を導入し、局所的な空間反転対称性を創出することで、磁化と電氣的な分極が共存して残留することを実現した。

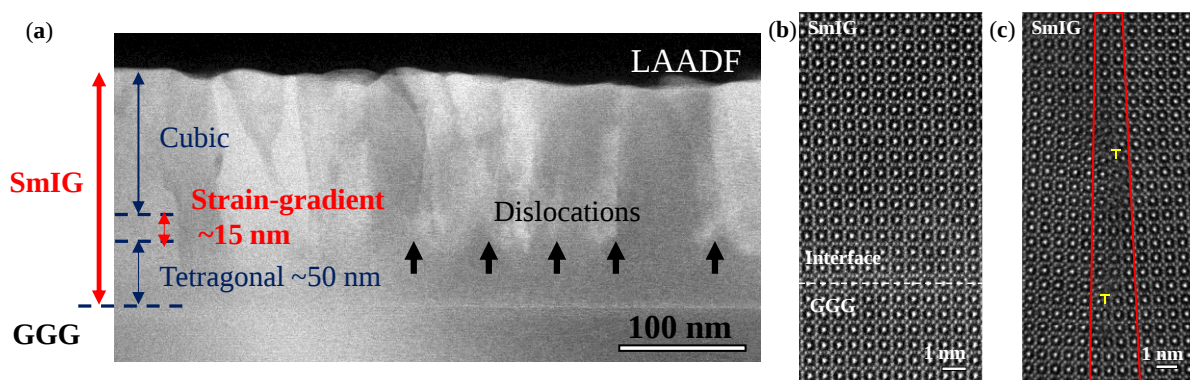


Figure 1. STEM analysis of 180 nm-thick SmIG film. (a) Micrometer-scale LAADF-STEM image. Dislocations are denoted by arrows. (b) Nanometer-scale HAADF-STEM image around the SmIG/GGG interface. (c) Nanometer-scale HAADF-STEM image around dislocations.

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 (19K15022) , 中谷医工計測技術振興財団, Beyond AI 研究費および JST-CREST (JPMJCR2202) の助成により実施された。

References [1] B. Wang et al., Prog. Mater. Sci. **106**, 100570 (2019). [2] H. Yamahara et al., Commun. Mater. **2**, 95 (2021). [3] H. Yamahara et al., J. Magn. Mag. Mat., **323**, 3143 (2011).