

GaFeO₃ 型マルチフェロイック材料のドメイン構造

Domain Structure of GaFeO₃-Type Multiferroic Materials

東工大フロンティア研¹、学習院大理²、JFCC³、東北大金研⁴ ○片山 司¹、安井 伸太郎¹、
濱崎 容丞²、森分 博紀³、小西 綾子³、木口 賢紀⁴、白石 貴久⁴、赤間 章裕⁴、伊藤 満¹

¹Tokyo Tech. MSL, ²Gakushuin Univ., ³JFCC, ⁴Tohoku Univ., °T. Katayama¹, S. Yasui¹,
Y. Hamasaki², H. Moriwake³, A. Konishi³, T. Kiguchi⁴, T. Shiraishi⁴, A. Akama⁴, M. Itoh¹

E-mail: katayama.t.ad@m.titech.ac.jp

【はじめに】近年、強誘電体やマルチフェロイック材料のドメイン壁が二次元電子ガスや光電気効果などの新奇機能発現に重要な役割を示すことが報告され、注目を集めている。本研究では室温で強誘電性とフェリ磁性を併せ持つ GaFeO₃ 型マルチフェロイック薄膜に注目し、その微視的構造の観測を行った。その結果 GaFeO₃ 型薄膜は他の強誘電材料に比べ非常に大きなドメイン壁密度(1.2×10⁶ cm⁻¹)を有しており(ドメインサイズは 5-15 nm 程度)、ドメイン壁の影響がマクロ物性に大きく反映される系である可能性が示唆された。講演では透過型電子顕微鏡(TEM)観測と第一原理計算より明らかになった詳細なドメイン構造を紹介すると共に、ナノドメイン構造がマクロな物性(強誘電性や磁性)にどの様に影響するかを議論する。

【実験方法】パルスレーザー堆積法により *c* 軸配向 GaFeO₃ 型酸化物薄膜を SrTiO₃(111)基板上に作製した。得られた膜の結晶構造は X 線回折、TEM、第一原理計算により評価した。磁気特性は SQUID 磁束計を用いて、強誘電特性は強誘電体テスタを用いて評価した。

【結果と考察】図 1(a)にドメインサイズ(*S*)のヒストグラムを示す。ドメイン幅($\omega = S^{1/2}$)の平均値($\langle\omega\rangle$)は 12 nm と非常に小さく、ドメイン壁に伴う粒界エネルギーが小さいことが示唆された。またドメインサイズには偏りがあり、 $\omega > 50$ nm の比較的大きなドメインも観測された。その様なドメイン中には、反位相境界(APB)が *a* 軸に垂直な方向に現れた(図 1(d))。図 1(e,f)に観測されたドメイン壁の代表例を示す。ドメイン壁近傍のカチオン配置はバルクのそれと大きく変わらず、ドメイン壁厚さが非常に薄いことが見出された。またドメイン壁密度は 1.2×10⁶ cm⁻¹ と非常に大きく、驚くべきことにドメイン壁からの距離が 2 nm 以内の領域が全体の 50% を占めることが明らかになった。理論計算からはこれらのドメイン壁が分極反転を妨げる方に働くことが予測された。実験から得られる分極値は理論値の 20-30% 程度であり、それを支持する結果を得た。また強誘電性の周波数依存性や短時間での強誘電性緩和という特異な現象も観測され、ナノドメイン構造がマクロな物性に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。さらに、これらのナノドメイン構造は基板を変えることで大きく変化した。ドメイン構造の変化は磁性にも大きな影響を示し、磁気異方性はドメイン種の増加とともに大幅に減少した。

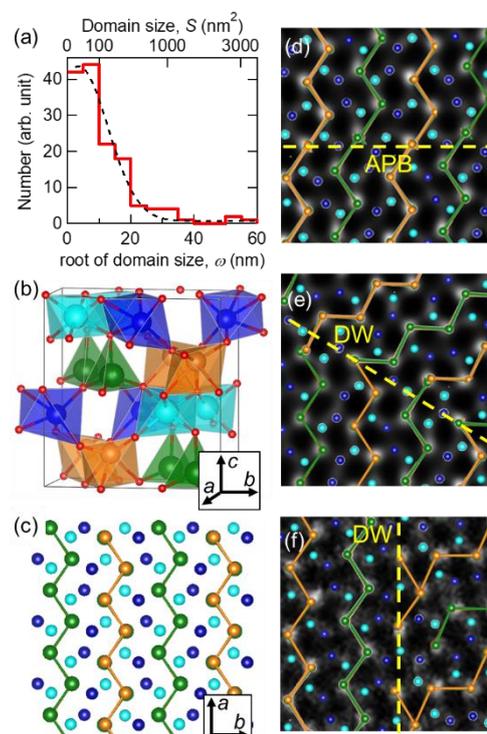


Figure 1. (a) Domain size and (b) side- and (c) top-view crystal structures of the Ga_{0.8}Fe_{1.2}O₃ film. Plane-view TEM images of the film around (d) antiphase boundary (APB) and (e) twin-type and (f) 120°-type domain walls (DW).