

BiFeO₃ 薄膜のドメインウォール幅(Ⅱ)

Thicknesses of Domain Walls in BiFeO₃ Thin Films (II)

坂本 広太, [○]藤沢 浩訓, 中嶋 誠二, 清水 勝(兵庫県大工)

Kota Sakamoto, [○]Hironori Fujisawa, Seiji Nakashima, and Masaru Shimizu (Univ. Hyogo)

E-mail: fujisawa@eng.u-hyogo.ac.jp

【序論】 強誘電体のドメインウォール(DW)は、導電性があることや光起電力効果が報告されており、近年ナノスケールのデバイスへの応用などが注目されている。DW を利用する上で DW の幅は基礎的物理量として重要であるが、複雑なドメイン構造を持つ菱面体晶 BiFeO₃ 薄膜の DW 幅に関する報告は少ない。これまでに我々は BiFeO₃ 薄膜の DW 幅を走査型非線形誘電率顕微鏡(SNDM)を用いて電氣的に調べてきたが(JJAP 53, 09PA13, 2014), 非帯電 DW に限られていた。今回、分極処理を行い、帯電 DW も含めて DW 幅を調べたので報告する。

【実験方法および結果】 膜厚 300 nm の BiFeO₃ 薄膜を SrRuO₃/SrTiO₃(100), (110), (111)基板上にエピタキシャル成長させた。分極の鉛直及び面内方向成分をそれぞれ SNDM および PFM で観察し、ドメイン構造を決定した。励振電圧は 3 V_{pp}, 周波数は 13 kHz として導電性カンチレバーを用いて測定し、DW を横切る SNDM の信号の変化から DW 幅を算出した。

これら 3 種類の薄膜において、成膜時に形成される 180° DW の幅を調べたところ、(001), (110) 配向膜では最小値と最頻値がそれぞれ数 nm と約 20 nm であるのに対し、(111)配向膜では最小値で 10 nm と明らかに大きな値を示した。(001), (110)配向膜では 100~200 nm の比較的大きなドメインが形成されているのに対し、(111)配向膜ではほぼ完全に下向きに自然分極しており、上向きの分極をもつドメインは直径数 10 nm 以下の島状であることが、これらの DW 幅の違いに影響を及ぼしていることが考えられた。そこで、分極処理によって形成した 180° DW の幅を調べた結果を表 1 に示す。自然分極した(111)配向膜に 250 nm 四方の反転ドメインを形成したところ、DW 幅は最小で 9 nm であり、成膜時に形成された DW の幅と大きな違いは無く、反転ドメインの大きさと DW 幅には明確な相関は見られなかった。次に、自然分極とは逆向き(上向き)に 500 nm 四方の領域を反転し、さらにその内部の 250 nm 四方の領域を下向きに反転して形成した 180° DW の幅を調べたところ、最小でも 21 nm と倍増した。これらは、180° DW では大きなポテンシャル変化により、DW 幅が増大することを示唆している。詳細は、帯電 DW も含めて当日議論する。

【謝辞】 本研究の一部は、日

本学術振興会科研費(若手研究 B)(No. 26820115), カシオ学術振興財団研究助成, 競輪の補助(26-120), 兵庫県立大学特別研究助成および同大学科学技術後援財団教育研究助成の支援により行われた。

Table 1 Thickness of 180° DWs in the epitaxial (111) BFO thin film		
分極処理の有無	最小値(nm)	最頻値(nm)
なし (as-grown)	11	28
250nm 四方を上向きに分極	9	28
500nm 四方を上向きに分極後, 250nm 四方を下向きに分極	21	62