c ドメイン(Ba, Sr)TiO_3 薄膜の歪みが電気光学効果に及ぼす影響(2)

Influence of strain on electro-optic effect in *c*-domain (Ba, Sr)TiO_3 thin films (2)

名大工 [1] ○(D) 近藤 真矢 [1], 山田 智明 [1], 吉野 正人 [1], 長崎 正雅 [1]

Nagoya Univ. [1], ○Shinya Kondo[1], Tomoaki Yamada[1], Masahito Yoshino[1], and Takanori Nagasaki[1]

E-mail: t-yamada@energy.nagoya-u.ac.jp

【緒言】

近年の情報通信システムの発展に伴い、電気光学 (EO) デバイスの大幅な小型化と省エネルギー化が求められており、強誘電体薄膜を用いた新たなデバイス構造が期待されている[1]。しかし、薄膜の EO 効果は、多くの場合バルクのそれとは異なることが報告されている[2]。その原因の一つとして、歪みの影響が考えられるが、実験的にも理論的にも歪みと EO 効果の関係は系統的にはほとんど明らかにされていなかった。そこで、以前の(1)の発表で強誘電体薄膜における歪みが EO 効果に及ぼす影響の現象論モデルを構築し、EO 効果の歪み依存性に関する発表を行った。

本発表では異なる歪みの薄膜の EO 効果を実際に測定することで、実験的に歪みが EO 効果に及ぼす影響を明らかにすることを目的にする。

【実験方法】

パルスレーザー堆積（PLD）法を用いて基板温度 700 °C、酸素分圧 10 mTorr の条件で $SrRuO_3$ (SRO)/$SrTiO_3$ (STO)(001)単結晶基板上に異なる歪みを有する複数の $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$（BST）薄膜を作製した。また、下部電極の SRO は PLD 法で基板温度 700 °C、酸素分圧 200 mTorr で 20 nm になるよう成膜し、上部電極としては光が透過するよう直径 200 μm、厚さ 10 nm の白金を電子ビーム蒸着法で作製した。薄膜の結晶構造、配向性、結晶性や歪みは X 線回折（XRD）で評価した。また、異なる歪みを有する BST 薄膜の EO 効果を評価するために、波長 632.8 nm の He-Ne レーザーを用いた温度可変の電界変調型のエリプソメーターを構築した。そして、検光子の角度や電界に対する変調強度の変化を測定することで、EO 係数の歪み依存性や温度依存性について調べた。さらに、これらの結果と(1)で発表した現象論モデルを用いた理論計算の結果との比較を行った。

【結果と考察】

Fig. 1 に異なる膜厚の BST 薄膜の BST *103* 周りの XRD 逆格子空間マップ測定の結果を示す。膜厚の増加に伴い格子ミスマッチによる面内圧縮歪みが緩和し、歪みが減少した。また、全ての薄膜で *c* ドメインであることを確認した。Fig. 2 に異なる歪みの BST 薄膜の EO 係数の温度依存測定の結果を示す。誘電率及び格子定数の温度依存測定から、歪み *u* が–1.09 %のときは相転移温度 T_0 は 580 K 以上、*u*= –0.38 , –0.10 %のときはそれぞれ T_0＝430 K, 300 K であった。EO 係数は *u*= –1.09 %のとき、ほとんど変化しないが、*u*= –0.38 %のときは温度に対して単調に増加した。一方、室温が相転移温度である *u*= –0.10 %のときは、温度の増加に伴い減少する傾向が見られた。これらの結果から、EO 係数は歪みによって変化した相転移温度に向かって大きくなることが明らかになった。

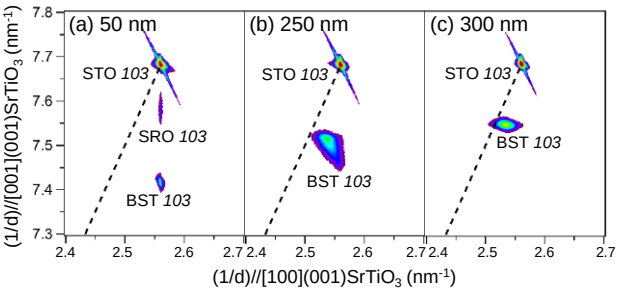

Fig. 1. XRD reciprocal space maps around BST 103 for $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ (*x*=0.5) thin films with different film thickness: 50 (a), 250 (b), and 300 (c) nm on SRO/STO substrates.

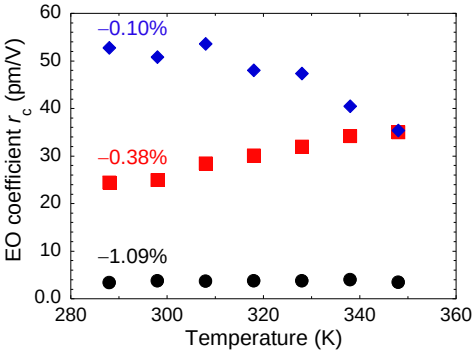

Fig. 2. Temperature dependence of EO coefficients for $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ (*x*=0.5) thin films with the different magnitude of misfit strain on SRO/STO substrates.

【参考文献】

[1] A. Melikyan *et al.*, Nature Photonic **8**, 229 (2014).
[2] D. Y. Wang *et al.*, J. Appl. Phys. **101**, 043515 (2007).