シングルドメイン Pb(Zr, Ti)O3 薄膜の電気光学効果

Electro-optic effect in single domain Pb(Zr, Ti)O₃ thin films

岡山大院自然¹,名大工² [○]近藤 真矢 ^{1,2},山田 智明²,吉野 正人²,岸本 昭¹, 寺西 貴志¹,長崎 正雅²

Okayama Univ. ¹, Nagoya Univ. ² °Shinya Kondo ^{1,2}, Tomoaki Yamada ¹, Masahito Yoshino ¹, Akira Kishimoto ¹, Takashi Teranishi ¹ and Takanori Nagasaki ¹

E-mail: s-kondo@okayama-u.ac.jp

【緒言】 近年、強誘電体材料を用いた電子光学 (EO) デバイスがプラズモンを用いた特性の向上 や Si フォトニクスへの応用が可能なことから大きな注目を集めている[1]。これらの材料では $PbZr_xTi_{1-x}O_3(PZT)$ のようなペロブスカイト構造を持つ酸化物で大きな EO 係数を示す。PZT の EO 特性については、シングルドメイン構造の EO 係数が $PbTiO_3$ のみで報告されており、組成相境界 (MPB) 近傍の組成や多結晶構造の膜での研究が多く、内因的な EO 応答の評価がこれまでなされていなかった。そこで、本研究では熱膨張係数の大きな CaF_2 基板上でバッファー層を用いることで PZT 薄膜を作製し、初めてシングルドメイン構造の PZT の EO 特性の評価を行った。

【実験方法】 薄膜の作製はパルスレーザー堆積法を用いた。鉛 5%過剰の正方晶 PZT (x=0.35) 及び菱面体晶 PZT (x=0.7) ターゲットを用いて、基板温度 $610\sim630$ °C、酸素分圧 200 mTorr の条件で SrRuO $_3$ (SRO)//LaNiO $_3$ //CaF $_2$ 及び SRO//SrTiO $_3$ //TiO $_2$ //CeO $_2$ //CaF $_2$ 基板上にそれぞれ堆積した (Fig. 1-(a), (b)参照)。また、上部電極は直径 100 及び 200 μ m、厚さ 10 nm の白金層を電子ビーム蒸着法で作製した。 薄膜の結晶構造や配向性の評価は X 線回折(XRD)、電気特性の評価には X との評価には X を用いた。また、EO 特性の評価は自作の電界変調型のエリプソメーターを使用して、シングルドメインの EO 係数を評価した。

【実験結果】 XRD 測定の結果、作製した PZT 膜はどちらの組成でもエピタキシャル成長しており、シングルドメインであることがわかった。また、これらの PZT 膜はバルクと同程度の格子定数と残留分極値を示した。次に、EO 係数の AC 電界依存性の結果を Fig. 1-(c)に示す。 どちらの膜でも 1 次の EO 効果を示した。 Fig. 2 に横軸を自発分極と誘電率の積として、本研究で測定した EO 係数を先行研究のデータと合わせて示した。今回の測定値は理論直線とおおよそ一致しており、またこれまでの多くの報告では外因的な寄与の影響で大きな EO 応答を示すことが示唆された。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 19J12654 および (公財) 村田学術振興財団 (TY) の助成を受けたものです。

【参考文献】[1] S. Abel et al., Nat. Mater. 18, 42 (2019).

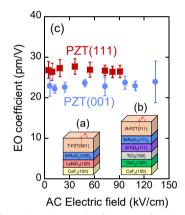


Fig. 1. Schematic images for heteroepitaxial structures for (a) the tetragonal and (b) the rhombohedral PZT films and (c) AC electric field dependence of the EO coefficient r_c for the PZT films.

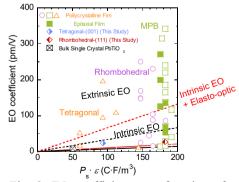


Fig. 2. EO coefficient as a function of spontaneous polarization, P_S times dielectric constant, ε for PZT films measured in this study and previously reported PZT films, and a bulk single crystal PbTiO₃. The solid and dotted lines show theoretical estimated values.