

正方晶 PZT 薄膜とナノロッドにおける逆圧電特性の結晶方位依存性

Orientation Dependence of Converse Piezoelectric Effect

in Tetragonal PZT Thin Films and Nanorods

名古屋大¹, JST さきがけ², 物質・材料研究機構³, 東工大⁴, 高輝度光科学研究センター⁵

○山田智明^{1,2}, 安本洵¹, 伊藤大介¹, 坂田修身^{3,4}, 今井康彦⁵, 白石貴久⁴,

清水荘雄⁴, 舟窪浩⁴, 吉野正人¹, 長崎正雅¹

Nagoya Univ.¹, JST-PRESTO², NIMS³, Tokyo Tech.⁴, JASRI⁵

○T.Yamada^{1,2}, J.Yasumoto¹, D.Ito¹, O.Sakata^{3,4}, Y.Imai⁵, T.Shiraishi⁴,

T.Shimizu⁴, H.Funakubo⁴, M.Yoshino¹, and T.Nagasaki¹

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

【背景・目的】 $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ (PZT)をはじめとする強誘電体が生ずる大きな圧電性を利用した小型アクチュエーター等の薄膜デバイスが研究・開発されている。しかし、薄膜の逆圧電特性は基板拘束(クランピング)の影響でバルクのそれに比べ低いことが知られており、特性の向上が期待されている。これまで、薄膜の配向性とクランピングの関係については、主に単結晶の弾性定数が報告されている PbTiO_3 (PZT $x=0$)について調べられており、(111)薄膜が(001)薄膜よりクランピングの影響を受けにくい事が理論予測されている[1][2]。しかし PZT のモルフォトロピック相境界(MPB)に近づく組成領域については、クランピング効果の配向依存性は明らかにされていない。

本研究では、正方晶 PZT($x=0.35$)について、(001)配向及び(111)配向した薄膜(クランピング有り)とナノロッド(クランピング無し)を作製し、それらの逆圧電特性を比較する事で、クランピング効果の結晶方位依存性を調べた。

【実験方法】(111)配向薄膜と(001)配向及び(111)配向ナノロッドの作製には PLD 法を用いた。(100)及び(111) SrTiO_3 単結晶基板上に基板温度 700 °C、酸素分圧 200 mTorr で SrRuO_3 下部電極を作製し、その上に基板温度 610 °C、酸素分圧 200 mTorr (薄膜), 2 Torr (ナノロッド) で PZT をエピタキシャル成長させた。その後、上部電極として Pt を電子ビーム蒸着法で作製した。一方、(001)配向薄膜については、(100) SrRuO_3 /(100) LaNiO_3 /(100) CaF_2 上に MOCVD 法で作製された試料を用いた。薄膜及びナノロッドの配向を薄膜 X 線回折(XRD)で、ドメイン構造を XRD 及び圧電応答顕微鏡(PFM)で調べた。電界下での格子歪みを放射光 XRD (SPring-8 BL13XU) で評価し[3]、見かけの圧電定数 d_{33}^* を算出した。

【結果】XRD 測定および PFM 測定から、(100)基板上に作製された薄膜とナノロッドはいずれも(001)配向しており、完全な c ドメイン構造である事が分かった。従って、電界を印加することで、分極が 1 方向に揃った単ドメイン構造を作製できる事が明らかとなった。一方、(111)基板上に作製された薄膜とナノロッドには分極方向が異なる 6 つのドメインがあり、電界を印加することで、3 つの等価なドメインから成る構造に変化することを明らかにした。

放射光 XRD 電界下格子歪測定 (Fig. 1) より求めた圧電定数 d_{33}^* は、(001)配向薄膜が 65 pm/V に対し、(111)配向薄膜は 56 pm/V であった。一方、クランピングのないバルクの理論値は、(001)配向で 133 pm/V、(111)配向で 56 pm/V であり、(111)配向薄膜の d_{33}^* はクランピングの無いバルクの理論値と一致した。このことから、クランピング効果を支配する d_{31}^* 及びボアソン比が、(001)配向に比べて(111)配向では極めて小さいことが明らかとなった。また、これらの結果はクランピングの小さなナノロッドの結果とも一致した。本研究により、PZT におけるクランピング効果には、極めて大きな配向依存性があることが分かった。

参考文献:

- [1] Ouyang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **85**, 278 (2004).
- [2] Ouyang *et al.*, Adv. Eng. Mater. **7**, 229 (2005).
- [3] Sakata *et al.*, AIP Conf. Proc. **1234**, 151 (2010).

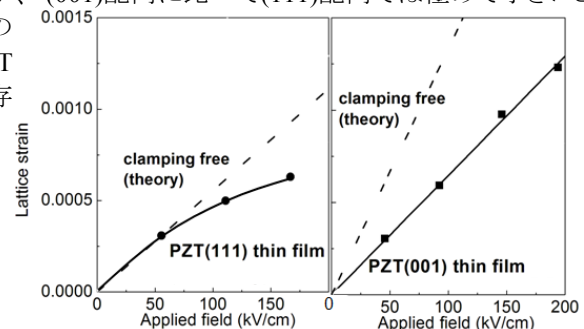


Fig. 1 Electric field dependence of lattice strain for (111)- and (001)-oriented PZT thin films.