

強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ ナノロッドの電荷遮蔽によるドメイン制御

Domain structure control in ferroelectric $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ nano-rods by charge screening

○山田智明¹, 伊藤大介¹, Tomas Sluka², Nava Setter², 坂田修身^{3,4}, 生津資大⁵, 舟窪浩⁴,
吉野正人¹, 長崎正雅¹

(名古屋大¹, EPFL², 物質・材料研究機構³, 東工大⁴, 愛知工大⁵)

○T. Yamada¹, D. Ito¹, T. Sluka², N. Setter², O. Sakata^{3,4}, T. Namazu⁵, H. Funakubo⁴,
M. Yoshino¹, T. Nagasaki¹

(Nagoya Univ.¹, EPFL², NIMS³, Tokyo Tech.⁴, Aichi Inst. Tech.⁵)

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

【緒言】近年、 $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (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などの薄膜デバイスが盛んに研究・開発されている。これらのナノスケール構造の強誘電体を用いたデバイスでは、ドメイン構造が圧電応答の大きな鍵を握っていることが、多くの研究で示唆されている。

これまで、強誘電体薄膜では、主に基板と膜の格子定数や熱膨張係数のミスマッチを利用したドメイン構造の制御が行われてきた。しかしナノスケールの強誘電体では、上記のミスマッチだけでなく、表面・界面近傍での不完全な電荷補償（電荷遮蔽）がもたらす脱分極電界によってドメイン構造が変化する可能性がある。強誘電体のドメイン構造を、ナノ構造体の次元性やそのサイズで制御出来れば、新たなドメイン構造制御の手法として使用できる可能性がある。

そこで本研究では $\{100\}$ 配向した正方晶 PZT($x=0.35$)薄膜を集束イオンビームでナノロッド形状に加工し、ナノロッドのドメイン構造のサイズ依存性および電氣的境界条件の違い（電荷遮蔽の有無）の影響を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】Nb-0.5 wt%添加の $\text{SrTiO}_3(100)$ 単結晶基板の上に基板温度 625 °C, 酸素分圧 200 mTorr で厚み 1200 nm の PZT($x=0.35$)薄膜をエピタキシャル成長させた。次に白金電極を電子ビーム蒸着法で作製し、集束した Ga イオンビームにより PZT 薄膜を幅 4 μm , 2 μm , 1 μm , 500 nm, 200 nm, 100 nm の四角柱状（ロッド形状）に加工した。ナノロッドのドメイン構造を明らかにするために、SPring-8 BL15XU の放射光マイクロビーム X線回折を用いて a, c ドメインの回折強度を測定した。

【結果と考察】 $\{100\}$ PZT 薄膜の XRD 測定から、膜中には $[001]$ を分極軸に持つ c ドメインと、 $[100], [010]$ を分極軸に持つ a ドメインが存在していることがわかった。この薄膜を用いて、集束イオンビームで各種サイズのナノロッドを作製した。その結果、アスペクト比が 1 以下となる幅 2 μm 以上のナノロッドでは、薄膜と同様に a ドメインの存在が確認されたが、幅 1 μm 以下のロッドでは a ドメインが観察されず、完全 c ドメイン構造を有していることが明らかとなかった。さらに、完全 c ドメイン構造のロッド側面を白金で被覆した結果、一部の領域で a ドメインが安定化されることがわかった。これらの結果は、ロッド側面の電荷遮蔽がドメイン構造に大きな影響を与えることを示唆しており、電荷遮蔽状態を考慮した Phase field 法によるシミュレーション結果とも一致した。