

電界下 X 線回折による(111)正方晶 $\text{PbZr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65}\text{O}_3$ ナノロッドの圧電特性の評価Characterization of Piezo-response of (111) Tetragonal $\text{PbZr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65}\text{O}_3$ Nanorods

Using X-ray Diffraction under Electrical Fields

名大工¹, JST さきがけ², NIMS³, 東工大物質理工⁴ JASRI⁵ (M1)岡本 一輝¹, 山田 智明^{1,2},坂田 修身^{3,4}, 今井 康彦⁵, 吉野 正人¹, 長崎 正雅¹Nagoya Univ.¹, JST-PRESTO², NIMS³, Tokyo Tech.⁴, JASRI⁵ Kazuki Okamoto¹,Tomoaki Yamada^{1,2}, Osami Sakata^{3,4}, Yasuhiko Imai⁵, Masahito Yoshino¹, Takanori Nagasaki¹

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

1. 緒言

アスペクト比の大きな強誘電体ナノ構造 (ナノロッド) では、分極軸がロッド長手方向に対して傾斜している場合、大きな脱分極電界が水平方向に生じ、その強さはナノロッドの径に依存する[1, 2]。そのため、これら強誘電体ナノロッドでは、この電界の影響により圧電応答にサイズ効果が現れる可能性がある。そこで本研究では、ロッド長手方向に対して分極軸が傾斜した正方晶 (111) $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT)ナノロッド集合体を作製し、圧電特性のサイズ依存性を調べ、それらについて議論した。

2. 実験方法

30 nm 以下の厚みで SrRuO_3 (SRO) 下部電極層を SrTiO_3 (STO) (111) 基板上に 700 °C、200 mTorr O_2 雰囲気の中で、続いて $\text{PbZr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65}\text{O}_3$ ナノロッドを 600~650 °C、2 Torr O_2 雰囲気の中でパルスレーザー堆積法により堆積させた。作製した PZT ナノロッドの長さは 770~1100 nm の範囲である。さらに直径 100 μm 、厚み 100 nm の Pt 上部電極層は、PZT ナノロッド上に RF スパッタリングを用いて堆積させた。走査電子顕微鏡(SEM)を用いて、成長したナノロッドの平均径(27 nm~73 nm)を測定した(Fig. 1)。この PZT ナノロッドの結晶構造は X 線回折(XRD)を用いて分析した。この圧電特性を評価するために、電界下での放射光 XRD 測定を行った。これにより得られた PZT 222 ピークプロファイル(Fig. 2)から格子面間隔の変化を計算し、その圧電定数 $d_{33,f}$ を算出した。

3. 結果と考察

Fig. 2 よりナノロッドの平均径が小さいほどピークシフト量が大きいたことがわかる。直流電圧測定から見積もられた PZT ナノロッドの $d_{33,f}$ は、平均径が 73 nm のものは 47-76 pm/V、27 nm のものは 240-311 pm/V であり、ロッド径の減少に伴い圧電定数が増大した。(111)PZT 薄膜はその圧電応答に及ぼす基板拘束の影響が極めて小さいことが報告されており、その $d_{33,f}$ は 53 pm/V であることから[3]、圧電定数の向上は基板拘束の緩和のみでは説明できない。従って、径の減少に伴う圧電定数の増大はナノロッド水平方向に生じる大きな脱分極電界に起因する可能性がある。

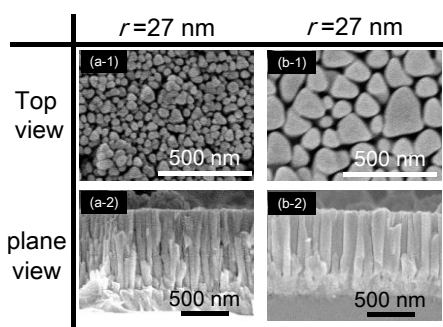


Fig. 1 SEM images of the PZT nanorods deposited with average radius of (a) 27 nm and (b) 73 nm; (1) are the top views and (2) are the cross-sectional views.

【参考文献】

- [1] J. Wang *et al.*, *Phys. Rev. B* **83**, 014104 (2011).
- [2] T. Yamada *et al.*, *Sci. Rep.* **7**, 5236 (2017).
- [3] T. Yamada *et al.*, *J. Appl. Phys.* **118**, 072012 (2015).

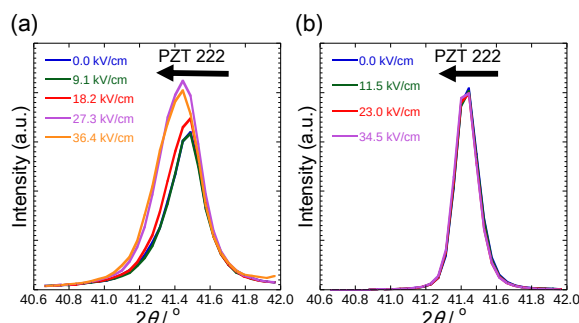


Fig. 2 PZT 222 peak profiles with different bias voltages for the (111)-PZT nanorods with average radius of (a) 27 nm and (b) 73 nm.

【謝辞】本研究の一部は JST さきがけ「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」及び科研費の助成を受けたものです。BL15XU での測定は NIMS 微細構造解析プラットフォームの支援を受けて実施されました。Pt 電極の作製には東工大の舟窪浩先生と清水荘雄先生にご協力いただきました。