

巨大圧電性発現機構の in-situ 測定による解明 *in-situ* Analysis of Origin of Giant Piezoelectric Response

舟窪 浩¹、金 容寛¹、坂田修身²、木村 滋²

Hiroshi Funakubo^{1*}, Yong Kwan Kim¹, Osami Sakata², and Shigeru Kimura²

¹東京工業大学 大学院 総合理工学研究科物質科学創造専攻、

²(財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門

¹Department of Innovative and Engineered Materials, Tokyo Institute of Technology

²Japan Synchrotron Radiation Research Institute / SPring-8

本研究では 近年我々が見出した大きな圧電性を発現する(100)/(001)配向正方晶 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65})\text{O}_3$ 膜について、電圧印加による配向変化を $100 \mu\text{m}$ のサイズの上部電極上で直接評価した。その結果、電界の印加によって(100)配向が減少し、(001)配向が増加する事が明らかになった。この結果は電界印加による配向変化が起きていることを示唆している。

Origin of the large piezoelectric property obtained for (100)/ (001) - oriented $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65})\text{O}_3$ films were tried to *in-situ* investigated using Synchrotron radiation source. 300 nm -thick tetragonal (001)/(100)-oriented $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65})\text{O}_3$ films grown on (111) SrRuO_3 /(111) SrTiO_3 substrates by MOCVD were measured. The volume fraction of (100) orientation was found to decreased by an electric field, while (001) one increased. This data shows that the domain switching of (100)-oriented one to (001) one by an electric field.

背景

アクチュエータは、インクジェットへのヘッドやハードディスクの位置決め等への応用が検討されているマイクロマシンの心臓部品である。またナノテクノロジーを代表する評価装置である操作型プローブ顕微鏡の性能を決定するスキャナーにも使用されるキー材料でもある。

PbTiO_3 と PbZrO_3 の固溶体である $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ [PZT]は、アクチュエータ用に最も広く用いられている材料であり、特にその膜

はマイクロエレクトロ-メカニカルシステム microelectro-mechanical system (MEMS)への応用を目指した研究が進められている。我々は最近比較的高い(100)配向体積を有する(100)および(001)混合配向膜で大きな圧電性が発現されることを見出した。¹⁾この大きな圧電性の起源については、ラマン分光測定によって(100)配向のドメインの(001)配向ドメインへの“ドメインスイッチング”が示唆された。しかしラマン分光法ではその変化率を定量的に見積もることができず、このスイッチング

が大きな圧電性の主要な起源なのかが明らかになっていない。

本研究では、放射光の強力線源を用いることで、非常に絞られた範囲からのX線回折を、短時間で取得可能にすることによって、電界をかけた場所での in-situ による格子の変化を観察することを目的としている。

実験方法

実験はビームラインBL13XUを用いて行った。試料は $\text{Pb}(\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{O}_2)_2\text{-Zr}(\text{O} \cdot t\text{-C}_4\text{H}_9)_4\text{-Ti}(\text{O} \cdot i\text{-C}_3\text{H}_7)_4\text{-O}_2$ の原料系から、MOCVD 法で $(100)\text{SrRuO}_3// (100)\text{SrTiO}_3$ 基板上に作製した膜厚が 300 nm の $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65})\text{O}_3$ 膜である。²⁾ 作製した薄膜は上部に電子線蒸着法を用いて、100 および 200 $\mu\text{m}\phi$ の電極ドットを作製した。得られた薄膜に種々の電圧を印加した。このサンプルの電極上にシンクロトロン法光を集光することによって電極上の XRD 回折を取得した。

実験結果

図 1 に今回測定した、測定のシーケンスを示す。XRD 測定後、直流の一定電圧を印加し、その後その直流印加電圧を最大値としたヒステリシス測定を行う。そしてその後に XRD 測定を再度行ってこれを繰り返した。

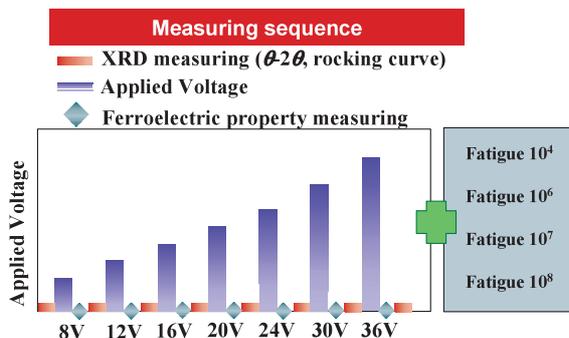


Fig.1 Measurement sequence.

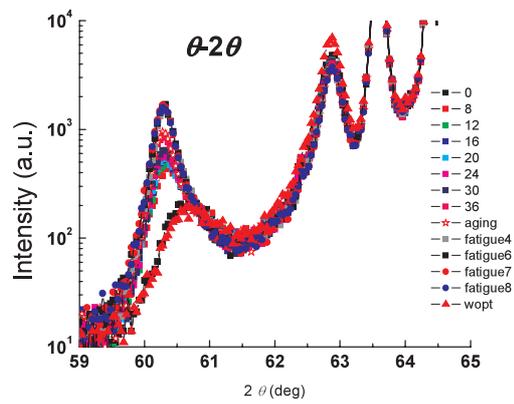


Fig.2 θ - 2θ scans change with an applied electric voltage.

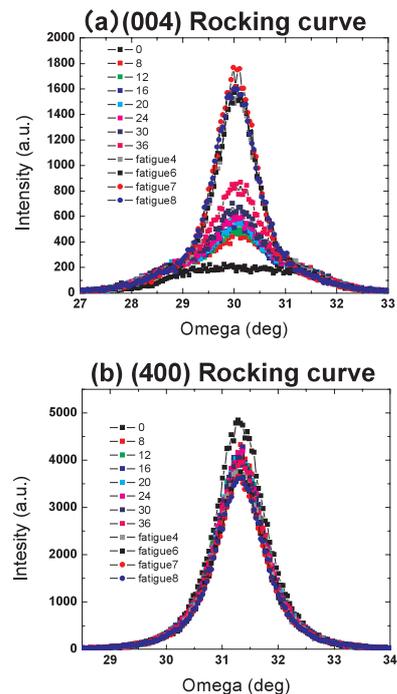


Fig.3 (a) (004) and (b) (400) rocking curve change with an applied electric voltage.

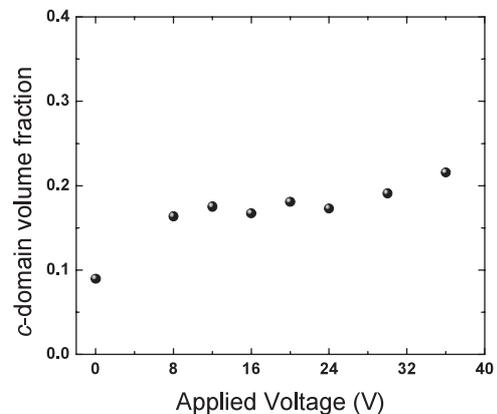


Fig.4 c-domain volume fraction as a function of an applied voltage.

図 2 に電界印加による θ - 2θ 測定結果の変化を示す。(004)のピーク強度が増加し、(400)のピークが減少しているのがわかる。

図 3 に(004)および(400)回折でのロックイングカーブの変化を示した。半々幅は大きく変化しておらず、強度の変化は図 2 に示した θ - 2θ 測定結果とほぼ一致していることがわかる。この結果から電界の印加によって(100)配向が減少し、(001)配向が増加していることが確認できた。図 4 にその結果を図示してある。

参考文献

- 1) Y. K. Kim *et al.*, submitted.
- 2) Y. K. Kim, *et al.*, Appl. Phys. Lett., **86**, 212905 (2005).

論文発表等

- 1) Y. K. Kim, *et al.*, under preparation.
- 2) Y. K. Kim, Submitted to International Conference of Integrated Ferroelectrics.

キーワード

ドメインスイッチング

PZT では、(100)と(001)配向は 90° 結晶軸が異なっているが、膜厚方向に電界を印加することによって、(001)配向が(100)配向となることをドメインスイッチングという。