

# BiFeO<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の正方晶歪の制御とその圧電特性

## Control of Tetragonal Distortion for BiFeO<sub>3</sub> Epitaxial Thin Films and the Piezoelectric Properties

阪府大工 ○川原祐作, 氏本勝也, 吉村武, 藤村紀文

Osaka Prefecture Univ., Y. Kawahara, K. Ujimoto, T. Yoshimura, and N. Fujimura

E-mail: tyoshi@pe.osakafu-u.ac.jp

### 【はじめに】

近年ユビキタスデバイスネットワークの実現が期待されており、その自立電源として振動発電が注目を集めている。振動エネルギーから電力を取り出すにはいくつかの方法があるが、圧電方式は小型化、高効率化に有利であることから盛んに研究されている。我々は振動発電に用いる圧電体薄膜として BiFeO<sub>3</sub> 薄膜に注目しており、これまでに(100)SrTiO<sub>3</sub> 基板上に作製した(100)エピタキシャル薄膜において  $-4.3 \text{ C/m}^2$  の圧電応力定数( $e_{31,f}$ )および Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> 薄膜と同等の性能指数(FOM=21 GPa)を報告してきた<sup>1,2)</sup>。このような特性が得られた要因として、ドメイン構造や歪誘起 MPB の効果を考えている。本講演では、基板との格子不整合により正方晶歪を加えた菱面体晶の BiFeO<sub>3</sub> において、電場や歪場が結晶構造および圧電特性におよぼす影響について議論する。

### 【実験方法および結果】

(100)BiFeO<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜はレーザーアブレーション法により(100)SrRuO<sub>3</sub>/(100)SrTiO<sub>3</sub> 基板上に作製した。膜厚および成長温度を変化させることで、膜に加わる歪の大きさを制御した。

(100)SrTiO<sub>3</sub> の 002 および 204 面付近の X 線逆格子マッピング

測定より薄膜の結晶構造を調べたところ、004 面付近の BiFeO<sub>3</sub> の回折ピークは一つであるのに対し、204 面付近のピークは  $\langle 0k0 \rangle$  方向に二つに分離していることから  $\langle 110 \rangle$  方向に菱面体晶歪を有すること、また面外および面内面間隔が異なることから正方晶歪を有することが明らかになった。Fig. 1

には 50、100 および 350 nm の膜厚を有する試料の成長温度と正方晶歪の大きさの関係を示している。膜厚が薄いほど、また成長温度が低いほど正方晶歪が増加している。これらの試料の圧電特性を調べるために、圧電応答力顕微鏡を用いて電界誘起歪の測定を行った。膜厚 350 nm、成長温度 620 および 650 °C の試料に 5 Hz のバイポーラ電圧を印加したときの歪-電圧曲線を Fig. 2 に示す。両試料とも強誘電体特有のバタフライ型の歪-電圧曲線を示している。また線形領域の傾きから  $d_{33,AFM}$  を算出した結果、成長温度 620 °C の試料では負バイアス側で 71 pm/V、正バイアス側で 114 pm/V、650 °C では負バイアス側で 59 pm/V、正バイアス側で 104 pm/V であり、620 °C の試料の方が大きい圧電応答を示すことがわかった。この菱面体晶の BiFeO<sub>3</sub> 薄膜に正方晶歪を導入することで得られる圧電特性の向上は、歪誘起 MPB の効果であると考えられる。

Fig. 1

Growth temperature (°C)	50 nm (circles)	100 nm (triangles)	350 nm (squares)
550	4.1	3.8	2.3
600	3.8	3.8	1.3
650	3.8	2.8	1.0

Fig. 2

Applied voltage (V)	620 °C (dashed)	650 °C (solid)
-15	0.8	0.8
-10	0.5	0.5
-5	0.2	0.2
0	0.0	0.0
5	0.5	0.5
10	1.5	1.5
15	3.0	1.8

1) K. Ujimoto, T. Yoshimura, and N. Fujimura: Appl. Phys. Lett. **100** (2012) 102901.

2) F. Calame, and P. Muralt: Appl. Phys. Lett. **90** (2007) 062907.