

自立構造のスputタエピタキシャル PbTiO₃ 薄片の共振特性と温度特性

Resonance and temperature characteristics of free-standing sputter-epitaxial PbTiO₃ plates.

早大先進理工¹, 材研², JST さきがけ³ ○松田 友佳^{1,2}, 柳谷 隆彦^{1,2,3}

Waseda Univ.¹, ZAIKEN², JST-PRESTO³, ○Yuka Matsuda^{1,2}, Takahiko Yanagitani^{1,2,3}

E-mail: corokekun@ruri.waseda.jp, yanagitani@waseda.jp

1. 研究背景

Pb (Zr_xTi_{1-x}) O₃ (PZT)系のエピタキシャルスパッタ膜は、バルクのキュリー点を越える 550 °C でも圧電性を維持する[1], MPB が出現せずに Ti の組成比の増加に伴い電気機械結合係数 (k_t^2) が一律に増加する[2]といったバルクにはない特有の性質が報告されている. この違いの原因は基板拘束力の影響であるという説もあるが[3], 数 μm 以上の厚膜では緩和されていると考えられる. そこで本研究では, 基板拘束力の影響を調べるために報告例の少ないエピタキシャル成長の PbTiO₃ (PTO)の自立薄膜を作製し, k_t^2 の算出および温度特性を測定した.

2. 実験

導電性 La-SrTiO₃ 基板の上に, RF スパッタ法により PTO を出来る限り長時間(100 時間)成膜した. 続いて結晶性を評価した. PTO(002)面の ω -ロックイングカーブの半値幅は約 1.1° であり, 結晶配向性はまずまず良好である. PTO 厚膜の(101)面の極点図では四回対称が確認され, エピタキシャル成長していることが確認された.

3. 電気機械結合係数の評価

ネットワークアナライザを用いて, PTO エピタキシャル厚膜の縦波変換損失を測定した. また, Mason モデルによる計算値と実測値との比較から, 電気機械結合係数 k_t^2 を見積もった(Fig. 1). 43 MHz で最小値 3.7 dB であり, Mason モデルによる計算値との比較により, k_t^2 は 16.9%と推定された.

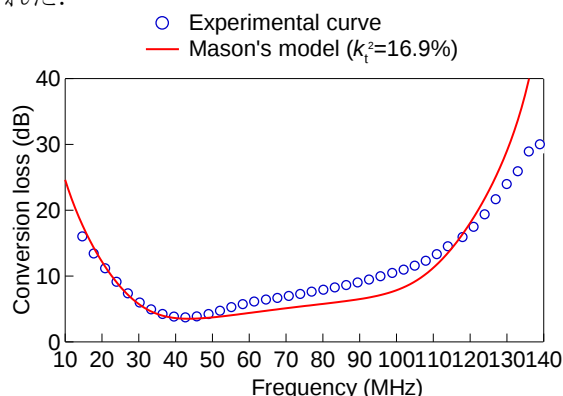


Fig. 1 Comparison of experimental and theoretical conversion loss.

成膜した PTO エピタキシャル厚膜を基板から剥離させ自立薄片の共振特性を測定した. 共振・反共振法では, コンダクタンスが最大値をとる共振周波数 f_s とレジスタンスが最大値をとる反共

振周波数 f_p を次の式に代入することで電気機械結合係数 k_t^2 を算出する. f_s と f_p はそれぞれ 91.03 MHz, 108.9 MHz であり, k_t^2 は 35%と算出された.

$$k_t^2 = \frac{\pi f_s}{2 f_p} \tan \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{f_p - f_s}{f_p} \right)$$

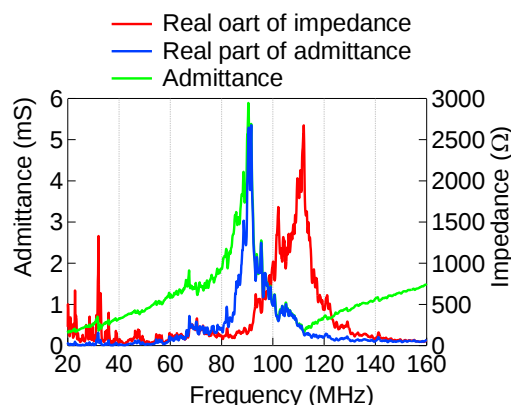


Fig. 2 Resonance characteristics of free-standing epitaxial PbTiO₃ plates.

4. 温度特性の評価

この PTO 薄片の共振周波数と反共振周波数を 140°C から 35°C の範囲で測定し, 周波数温度係数 (TCF)を算出した. 基本モードの共振周波数と反共振周波数の TCF はそれぞれ -25 ppm/°C, -21 ppm/°C で TCF は予想外に良好な値を示した. AlN(-28 ppm/°C [4]), ZnO(-61.5 ppm/°C [5])と比べても良い TCF である.

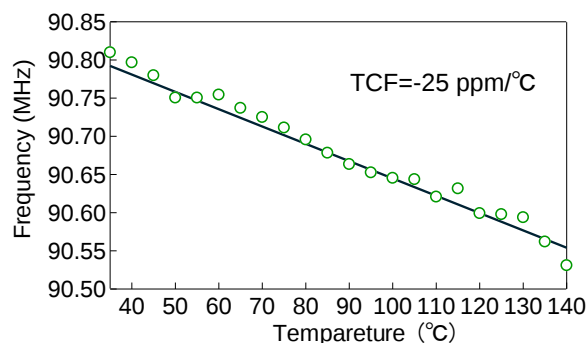


Fig. 3 PbTiO₃ plates shows a good TCF of resonance frequency (-25 ppm/°C).

- [1] T. Yanagitani, et al., IFCS2014, 6859872-1 (2014).
- [2] R. Noda, et al., Proc. of 2018 IUS, 8580154 (2018).
- [3] K. Wasa, et al., JAP, **117**, 124106-1 (2015).
- [4] K. M. Lakin, et al., Proc. of 2000 IUS, **1**, 855 (2000).
- [5] E. F. Tokarev, et al., Sov. Phys. Solid State, **17**, 629 (1975).