

AFM による PbTiO_3 ナノ島の分極量評価Evaluation of ferroelectric polarization of PbTiO_3 nanoislands by AFM兵庫県大工 [○]井川 将志, 中嶋 誠二, 藤沢 浩訓, 清水 勝Univ. Hyogo. [○]M. Igawa, S. Nakashima, H. Fujisawa, and M. Shimizu

E-mail: er12t002@steng.u-hyogo.ac.jp

【序論】我々はこれまで、MOCVD 法を用いて成長初期に形成される PbTiO_3 ナノ島の作製を行い、圧電応答顕微鏡(PFM)を用いてナノ島の圧電定数 d_{33} が高さ 10 nm 以下で減少していくことを明らかにしてきた。また、AFM を用いて導電性探針を PbTiO_3 ナノ島に直接コンタクトさせ分極反転電荷密度 ΔP を測定し、高さ 5 nm 程度のナノ島でも薄膜と同程度の大きな自発分極を有するということや高さ 5 nm 以下で ΔP が減少していくことを報告してきた¹⁾。しかし、分極反転電荷密度 ΔP と圧電定数 d_{33} のサイズ依存性を比較すると、 ΔP と d_{33} の値が減少し始める高さが ΔP では 5 nm で d_{33} では 10 nm とそれぞれで異なっていた。しかし、 ΔP と d_{33} のサイズ依存性はそれぞれ別々に測定しており、同一のナノ島で測定出来ていないため違いが生じた可能性がある。そこで今回 PFM を用いた圧電定数 d_{33} 及び分極反転電荷密度 ΔP の測定を同一のナノ島で行い、サイズ依存性を評価した。

【実験方法】試料は Pt/Ir/SrTiO₃ 上に MOCVD 法によりエピタキシャル成長させた PbTiO_3 ナノ島を用いた。 ΔP の測定では AFM を用いて先端曲率半径 25 nm の導電性探針を単一のナノ島に上部電極として直接コンタクトし電荷検出回路に Q-V アンプを用いて測定を行った。

【結果】高さ 3.0 nm、面積 $70.4 \times 59.0 \text{ nm}^2$ のナノ島にコンタクトし励振電圧 1 V_{pp}、励振周波数 13 kHz、三角波電圧 $\pm 2.5 \text{ V}$ で測定した圧電ヒステリシスループを Fig.1 に示す。圧電ヒステリシスループからナノ島の圧電定数 d_{33} は 8.7 pm/V となった。同一のナノ島に電圧 2 V、幅 400 ns、立ち上がり時間 100 ns のパルス電圧を印加した際の出力電荷波形を Fig.2 に示す。出力電荷波形から分極反転パルス印加後に蓄積している電荷($Q_1 = 24.5 \text{ fC}$)から非反転パルス印加後に蓄積している電荷($Q_2 = 20.9 \text{ fC}$)を引いて分極反転電荷($Q_1 - Q_2$)を求めると 3.6 fC となり、ナノ島全体で分極反転しているとみなして ΔP を算出すると $86.7 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ となった。算出した ΔP と d_{33} は PbTiO_3 薄膜の $\Delta P = 200 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、 $d_{33} = 40 \text{ pm}/\text{V}$ のそれぞれ 40 %、20 %であり、 d_{33} の方が大きく減少した。また、 d_{33} が ΔP に比べて値が大きく減少する高さが高い傾向が得られた。

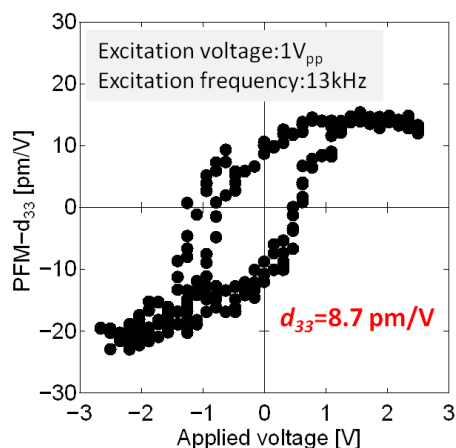


Fig.1 Piezoelectric hysteresis loop of a PbTiO_3 nanoisland with a height of 3.0 nm and a width of $70.4 \times 59.0 \text{ nm}$.

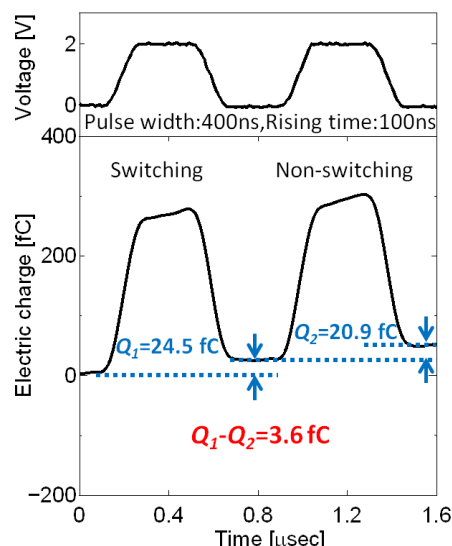


Fig.2 An applied voltage pulse train and switching charge transient of a PbTiO_3 nanoisland with a height of 3.0 nm and a width of $70.4 \times 59.0 \text{ nm}$.

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費(2465621)の援助のもとに行われた。

【参考文献】1) H. Fujisawa *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 09LA07.