

交番力顕微鏡を用いた $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ マルチフェロイック 薄膜の電場・磁場の同時イメージング

芦 佳, 江川 元太, 木下 幸則, 吉村 哲, 〇齊藤 準
(秋田大学)

Simultaneous imaging of electric and magnetic field on $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ multiferroic films by
alternating force microscopy

J. Lu, G. Egawa, Y. Kinoshita, S. Yoshimura and 〇H. Saito
(Akita Univ.)

はじめに 我々は、これまで遠距離力である電場と磁場を、試料表面近傍において高い空間分解能で極性を含めて検出できる特長を有する、交番電気力顕微鏡 (A-EFM) ならびに交番磁気力顕微鏡 (A-MFM) を開発してきた¹⁾²⁾。A-EFM は、励振された導電性探針に、探針の共振周波数と異なる非共振の交流電場を印加して非共振の交番電気力を発生させ、A-MFM は、励振されたソフト磁性探針に、非共振の交流磁場を印加して非共振の交番磁気力を発生させ、これら非共振交番力が誘起する探針振動の周波数変調現象を利用して、観察試料から発生する静電場ならびに静磁場を、周波数復調後にロックイン検出する。本研究では、静電場と静磁場の同時画像化を目的として、探針に導電性のソフト磁性探針を用い、異なる周波数の交流電場と交流磁場を印加して、静電場と静磁場を発生する $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ 強誘電・強磁性マルチフェロイック薄膜を観察した結果を紹介する。

実験方法 計測システムは、汎用の走査型プローブ顕微鏡 (日本電子製 JSPM-5400) に、2 出力の信号発生器、周波数復調器 (PLL 回路) 及び 2 台のロックインアンプを付加して構成した。探針には、自作した導電性を有する CoZrNb ソフト磁性探針 (Si 探針に磁性膜を 30 nm 成膜) を用い、周波数の異なる交流電場および交流磁場を印加して、自作した(111) 配向 $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ 薄膜 (表面酸化 Si 基板上的 Ta/Pt 下地層に 100 nm 成膜) の試料面に垂直方向の静電場および静磁場を観察した (Fig.1)。交流電場は探針と Ta/Pt 下地層間に交流電圧を印加して発生させた。

実験結果 観察に先立ち、強誘電性分域構造を探針と Ta/Pt 下地層間に直流電圧を印加して形成した。その際、 $3\ \mu\text{m}$ 角の領域に 12 V 印加した後に、その中央の $1\ \mu\text{m}$ 角の領域に -12 V 印加した。Fig.2 (a),(b),(e),(f) に静電場の強度像と位相像および対応する線プロファイルを示す。探針には 0.2 V, 300 Hz の交流電圧および 200 Oe, 78 Hz の交流磁場を印加した。静電場像では強誘電性分域構造が明瞭に観察され、分域境界では、垂直電場の絶対値が極小値をとり、位相は境界を隔てて 180° 異なっており、垂直電場の方向が反転している。静磁場像においても、強誘電性分域構造と同じ場所に強磁性磁区構造が観察され、磁区境界で垂直磁場の絶対値が極小値をとり、位相は境界を隔てて 180° 異なっており、垂直磁場の方向が反転している。以上よりこの強誘電・強磁性薄膜では、電気分極 P と磁気モーメント M との間でお互いを平行に保つ強い相互作用があることがわかる。本計測手法は、強誘電・強磁性薄膜等の機能性薄膜の局所物性解析に有効と考えられる。

参考文献

1) H. Saito, et al., *J. Appl. Phys.*, **109**, 07E330 (2011), 2) J. Lu et al., *J. Appl. Phys.*, **112**, 124110 (2012)

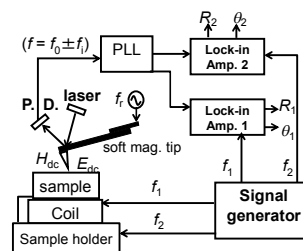


Fig.1 Measuring system

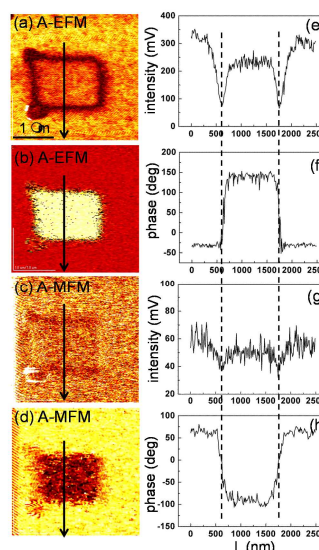


Fig. 2 Electric and magnetic field images of $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ multiferroic film.