

研究課題名

強誘電体薄膜に対する電極からの応力印加効果に関する研究

研究代表者名

静岡大学大学院・工学研究科・坂元尚紀

研究分担者名

静岡大学大学院・工学研究科・新井貴司

静岡大学大学院・工学研究科・奥田卓也

1. はじめに

近年の電子機器の軽薄短小化に伴い、高い誘電率を有する BaTiO₃(BT)や圧電材料として利用されている Pb(Zr,Ti)O₃(PZT)に代表される強誘電体材料も小型化・高性能化を目指し、薄膜化が求められている。一方で材料を薄膜化した際、多くの因子(サイズ効果、微構造、配向性、応力)が特性に影響を及ぼすことが一般に知られている。課題申請者らのこれまでの研究から、化学溶液法(CSD法)で作製した LaNiO₃(LNO)あるいは (La,Sr)MnO₃(LSMO)等の熱膨張係数の大きい酸化物 (LNO:12.5x10⁻⁶/K, LSMO:11.0x10⁻⁶/K, PZT:7.9x10⁻⁶/K) を下部電極として用いると、PZT 薄膜の強誘電特性を著しく向上させられることを見出している。XRD およびラマン散乱により、この原因は電極薄膜と強誘電体薄膜との熱膨張係数差に起因する強誘電体薄膜面内方向への圧縮応力であることが示唆されている。

薄膜界面における応力状態、微構造、結晶配向性等に関する情報はこれら薄膜の強誘電特性・圧電特性等に対する応力や電極構造の影響を明らかにするために必須である。しかしながら XRD およびラマン散乱による解析では薄膜の膜厚方向に関する情報を持っていないため、これらの情報を得ることが出来ない。そこで本研究課題では薄膜試料を膜面内方向に薄片化すること、および透過型電子顕微鏡による観察・解析によって応力印加された強誘電体薄膜の微構造・結晶構造に関する知見を得ることを目的とした。これらの研究を遂行するためには、イオンミリング・イオンスライサー・FIB 等による精密な試料加工技術および収差補正レンズを搭載した高分解能 TEM 等による解析が必要である。特に今年度は LNO 薄膜の積層に対する影響を詳しく調査することを目的とした。

2. 研究経過

CSD法による LNO 薄膜の断面 TEM 観察により膜内の微小領域(100nm 以下)における電子回折パターンから格子定数を算出した応力分布を測定した。これまで、LNO 薄膜上の PZT 薄膜について応力状態の解析を行っていたが、LNO 単独での解析により、基板と LNO 薄膜との界面において LNO 層は面内引っ張り応力を受けている一方、解放されている LNO 膜表面では応力が緩和されていることが明らかとなった。この現象は PZT 薄膜が積層されている場合には見られないものであり、PZT 薄膜との間の相互作用により結晶格子が歪んでいることが明らかとなった。両者の熱膨張係数差に依存した応力が原因となっていることの裏付けとなる証拠であると言える。また LNO 薄膜は基板付近から積層数が増えるに伴って面外方向に[001]配向が強まっていく傾向にあり、自己配向性を有した成長をしていることが明らかとなった。

3. 研究成果

1. “Micro/Crystal structure analysis of CSD derived porous LaNiO₃ electrode films”, Naonori SAKAMOTO, Kotaro OZAWA, Tomoya OHNO, Takanori KIGUCHI, Takeshi MATSUDA, Toyohiko KONNO, Naoki WAKIYA and Hisao SUZUKI, Journal of the Ceramic Society of JAPAN 121[8] 619-622 (2013)

4. まとめ

熱膨張係数の高い LNO あるいは LSMO 電極上に PZT 等の強誘電体薄膜を積層した構造について、面内圧縮応力と面外方向への[001]配向制御により強誘電特性の向上が起こることが示唆された。今後は BTO 等の他の強誘電体薄膜系についても調査範囲を広げていきたい。

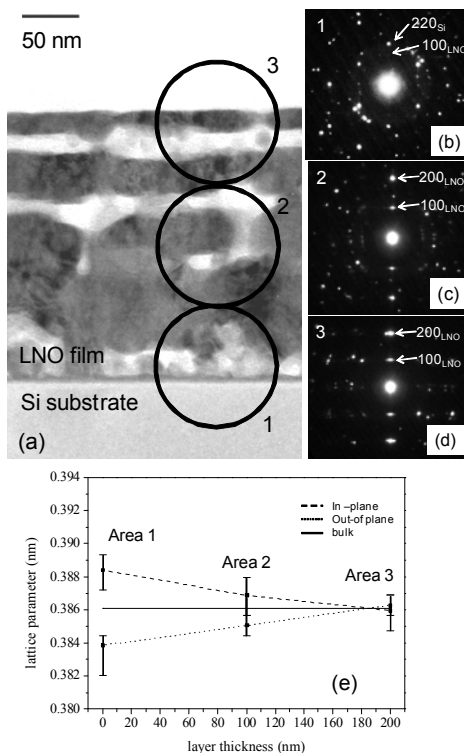


Fig. 1. (a-d) Cross-Sectional TEM image and electron diffraction patterns at areas 1-3. The lattice parameters indicated the LNO film is subjected to tensile stress in-plane.