

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18970

研究課題名(和文) 整合多層膜の自己調整応力場を用いたクロスオーバー状態の誘起と機能性の創出

研究課題名(英文) Cross-over states in coherent thin films under self-generated stress fields and their functionality

研究代表者

今野 豊彦 (Toyohiko, Konno)

東北大学・金属材料研究所・教授

研究者番号：90260447

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,700,000円

研究成果の概要(和文)：酸化物強誘電体材料は現代の科学文明を支える材料群のひとつであり、メモリーデバイスからセンサーまで広く応用されている。強誘電体特性は構造敏感な特性であり、酸化物の組成や応力場に依存する。本研究ではペロブスカイト型酸化物の相安定性に対する組成と応力場の関係を解明することを目的とした。

そのため化学的堆積法を用い、ペロブスカイト型酸化物基板の上に薄膜成長させ基板から応力を印加するとともに、大きさの異なる構成元素による全率固溶型の強誘電体相を成長させた。透過電子顕微鏡観察等により構造を同定した結果、バルク材料と比較し薄膜では強誘電相が発現する組成領域が組成に敏感に依存することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

酸化物強誘電体材料は、エコーなどの超音波デバイス、記憶媒体であるメモリーデバイス、あるいはエナジーハーベスターといった様々な分野で利用されている材料である。強誘電体特性は構造敏感な特性であり、酸化物の組成や応力場に依存する。本研究は特異な誘電特性をもつペロブスカイト型酸化物の相安定性に対する組成と応力場の関係を解明することを目的して開始された。

今回の研究により、強誘電体特性をデバイス等に薄膜形状で最大限の効率で応用する際の材料設計として、ペロブスカイト型酸化物を構成する遷移金属元素の大きさ及び基板の選択が重要な要素であることが判明した。

研究成果の概要(英文)：Ferro-electric oxide family constitutes one of the indispensable functional material in civilized world. Examples include ultrasonic devices for sensing equipment, memory devices for IT society, and low energy harvester in energy-saving machines. It is widely known that the ferro-electric properties sensitively depends on the crystallographic structure, which in return, is a function of composition of the oxides and external stress fields. This study was initiated therefore in order to elucidate the effects of composition and applied stress fields on the stability of the ferro-electric oxide phases.

Thin perovskite-type oxide films have been fabricated on substrates with various lattice constants by using a chemical solution deposition method, and the structures of these films were examined by X-ray diffraction and transmission electron microscopy. Our results demonstrated that morphologic phase boundaries depends on both the character of transition metal and applied stress.

研究分野：材料物性

キーワード：強誘電体 酸化物薄膜 透過電子顕微鏡 エックス線回折

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究では酸化物強誘電体の中でも特異な誘電特性を有したリラクサー強誘電体に着目し、薄膜状態における巨大な誘電率が発現する構造不安定な領域の組成ならびに応力依存性を解明することを目的としている。リラクサー現象は温度に対してディフューズな相転移 (DPT, diffuse phase transition) であり、ペロブスカイト型あるいはニオブ酸化物型の強誘電体酸化物において古くから知られている。これらはいずれもバルク状の酸化物であり、組成依存性や等方的圧力依存性についての研究成果はある。一方、近年のデバイス小型化などの社会的背景を受けて、強誘電体素材は何らかの基板上に成長した薄膜状で用いられることが多い。このような薄膜の挙動は組成の均一性、基板から整合界面を通して受ける応力の効果などが複雑で不明な点が多い。

(2) 本研究で用いる主要な構造解析の手段はX線回折と透過電子顕微鏡である。両者ともよく知られた解析手法であるが、前者においてはX線検出器に用いるセンサー技術の発展、後者においては収差補正技術の発展により得られる情報は飛躍的に増している。すなわち、これまで短時間で同定することの難しかった集合組織や微量の異相の有無の確認が容易になり、また単なる高分解能像だけでなく、原子量が反映されたZコントラストや歪み解析の技術が進み、原子種と局所的な歪み場の定量化が可能となってきた。

## 2. 研究の目的

以上の背景から本研究では応用上重要なペロブスカイト型強誘電体薄膜に着目し、組成と応力が結晶構造と強誘電特性に及ぼす効果を解明することを目的とした。具体的には次の内容を解明すること、またそのために必要な技術を実証することを目的としている。

(1) ペロブスカイト型酸化物の化学式は  $ABO_3$  である。A サイトは比較的大きなアルカリ土類元素や鉛などにより占有され、酸素原子とともに安定な骨格を形成し、B サイトには遷移金属は比較的小さなアルカリ土類元素が入り、この B サイト元素が変位することにより分極が発生し材料は誘電性を呈する。本研究においては A サイトを鉛で固定し、B サイト元素をマグネシウム、ニオブ、チタンとし、これらを系統的に変化させることにより、構造不安定性を呈する組成相境界領域 (Morphological Phase Boundary, MPB) を同定することを目的とする。

(2) 上記酸化物を薄膜状に成長させる際に基板として用いるペロブスカイト型酸化物の格子定数を系統的に変化させることにより、薄膜への応力状態を変化させる。すなわち、上記した組成変化による内包的なフラストレーションと格子定数の変化が、基板からの応力によりどのような形で揺らぎ、たとえば基板からの薄膜成長中に起こる構造変化を定量的に評価する。また、格子定数の異なった多層膜における構造を調べることにより、基板からだけでなく層間の整合界面による応力場という複合効果の検証も視野に入れる。

(3) 以上を達成するために用いるX線回折法ならびに透過電子顕微鏡法の定量性を評価することも本研究の推進には欠かせない要因であり、本研究の目的の一翼と位置づける。すなわちX線回折においては逆空間マッピングにより複数の相が微量存在する場合の検出感度と精度を実験的に検証する。また走査型透過電子顕微鏡により得られた原子レベルのコントラストから応力場を抽出するための方法についても、コントラストを得るための検出器の配置と得られた応力場の妥当性を検証する。

## 3. 研究の方法

### (1) 強誘電体薄膜の作成

有機金属 (MOD, Metal Organic Decomposition) 溶液を用いた化学溶液堆積法 (CSD, Chemical Solution Deposition) によりアモルファス状の酸化物薄膜を生成し、急速加熱の熱処理により結晶化させる。基板種の選択、MOD溶液濃度の調整により応力状態、膜厚、多層膜の生成などのパラメータの調整を行う。

### (2) 薄膜の構造評価

作成した薄膜の結晶構造とエピタキシャル性はX線解析 (XRD) 透過電子顕微鏡 (TEM)、走査型透過電子顕微鏡 (STEM) を併用しながら行う。一方、局所的なドメイン構造、転位等の欠陥分布、歪み場の分布は TEM と STEM により取得した像を解析することにより実施する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 超格子膜における層間応力場による安定相の生成と応力緩和

リラクサー効果を発現することで知られている

$\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  (PMN) に  $\text{PbTiO}_3$  (PT) を固溶することによりロンボヘドラル相 (R相) から正方相 (T相) への構造相転移が起こる。この相境界領域が上記した MPB であるが、薄膜状にすることで基板から応力が印加され、組成だけでなく界面を通じた応力場が構造相転移そのものに変化を与えることが予想される。このような PMN-PT そのものの格子定数も PT の量に依存し、PT 組成  $x$  の異なった PMN- $x$ PT 膜を相互に堆積し整合多層膜を生成することにより、これらの膜間に弾性応力場を付加することが可能である。

図1に一つの層の組成を  $x=0.9$  と固定、もう一つの層の PT 量を  $x=0-0.8$  とし、この一組みの厚さを 15nm と固定したうえで、このペアを  $\text{SrTiO}_3$  基板上に5層繰り返し積層して得られた薄膜のX線回折パターンを示す。期待される層間の格子ミスマッチは組成域①, ②, ③でそれぞれ 0.57-1.56%, 2.12-2.48%, 2.85-3.29% である。格子ミスマッチの増加とともに複数の相の存在に起因する衛星反射のピークが出現し、その強度は組成域①において最も大きいことがわかる。

この状況をさらに定量的に評価するために 002ピーク付近における逆空間マップを取得した。一例として図2に組成を  $x=0.8, 0.5, 0.1$  と変化させた場合の結果を示す。

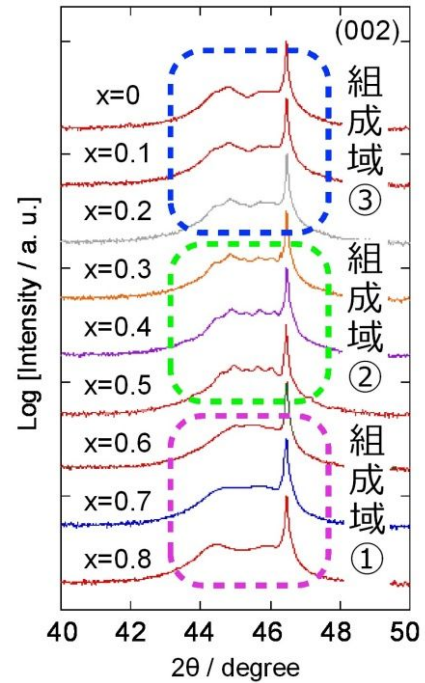


図1 (PMN-0.9PT/PMN- $x$ PT)<sub>5</sub> 多層膜の XRD パターン

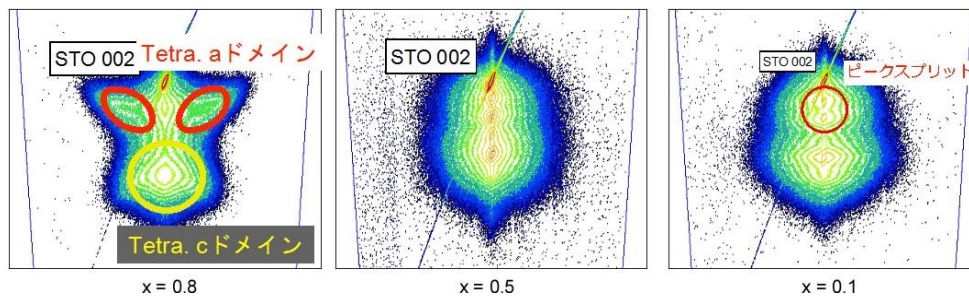


図2 (PMN-0.9PT/PMN- $x$ PT)<sub>5</sub> 多層膜の 002 ピーク付近の逆格子マッピング

この結果から格子ミスマッチの比較的小さな  $x=0.8$  では正方相が安定なことに加え、ドメイン構造を有していることがわかる。組成域①の逆格子空間マップにおいても、90°ドメイン構造に値するパターンが出現しており、 $2\theta-\omega$  プロファイルでも見られた超格子反射が確認され、さらに STEM による歪みマップからも、90°ドメイン構造が消失した格子回転の無い構造が分布していることがわかった。特に面外方向・面内方向の歪みマップをから、面内方向には全体的に均一な面間隔が分布しているのに対して、面外方向には周期的な面間隔の変化が現れ、単層膜では軸比が大きい PMN-0.9PT の軸比が大きく減少していることが示唆された。一方、組成域②に該当する逆格子空間マップから組成域③で観測された衛星反射がほとんど消失している事が確認され、これはミスフィット転位の導入に伴う界面ラスネスの低下を示していると考えられる。

次にこれらの多層膜の TEM および STEM を用いた実空間観察の結果を示す。図3に  $x=0.8$  の比較的低倍の HAADF-STEM像と幾何位相解析法

(Geometrical Phase Analysis, GPA) による歪みマップを示す。このように多層膜を貫通する形で正方晶ドメインが基板と整合性よく成長しており、また歪みが解放される膜の上側では R相が安定化していることがわかる。すなわち、基板からの束縛による応力場の解放が出現する相の安

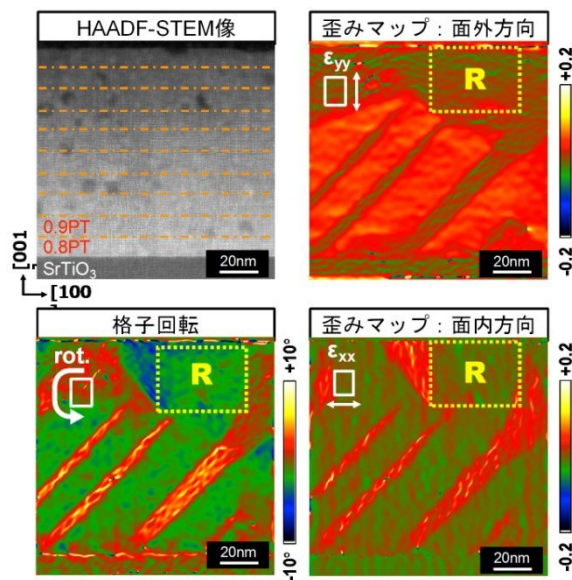


図3 (PMN-0.9PT/PMN-0.8PT)<sub>5</sub> 多層膜の HAADF-STEM 像とひずみマップ



定性を左右している。

一方、PT 濃度の減少に伴い格子ミスマッチは増加する。図 4 に  $x=0.5$  の組成に対して得ら得

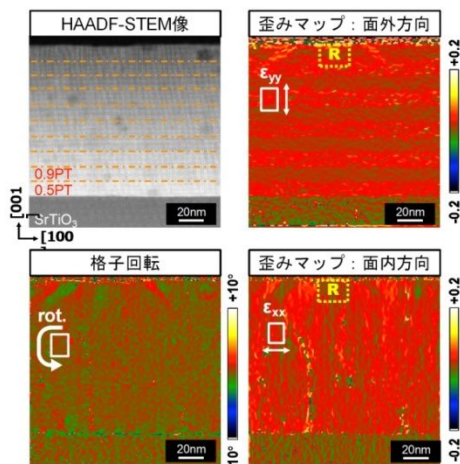


図 4 (PMN-0.9PT/PMN-0.5PT)<sub>5</sub> 多層膜の HAADF-STEM 像とひずみマップ

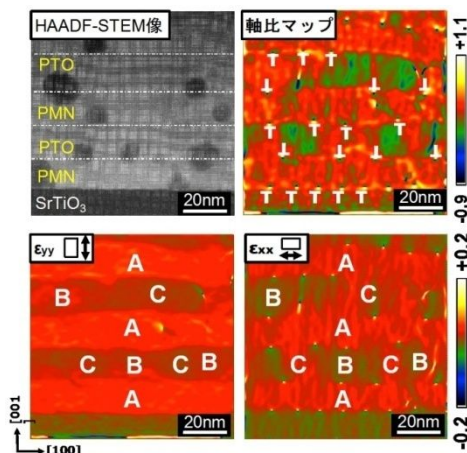


図 5 (PMN-0.9PT/PMN-0.1PT)<sub>5</sub> 多層膜の HAADF-STEM 像とひずみマップ

れた歪みマップを示したが、 $90^\circ$ ドメイン構造が消失し、格子回転の無い構造が分布していることがわかる。特に面外方向・面内方向の歪みマップに着目すると、面内方向には全体的に均一な面間隔が分布しているのに対して、面外方向には周期的な面間隔の変化が現れていることがわかり、これは単層膜では軸比が大きい PMN-0.9PT の軸比が多層状態となることにより、大きく減少していることを示唆する。さらに最表面層の PMN-0.9PT 層では微細な  $90^\circ$ ドメイン構造が形成されているだけでなく、R 相を含んだ 2 相共存状態が出現していることがわかる。これは自由表面による応力緩和によって、歪み超格子構造が崩れたためであると考えられる。

図 5 に  $x=0.1$  の組成に対して得られた歪みマップを示す。このように格子ミスマッチの増加に伴い、PMN-0.9PT/PMN-0.1PT 層間の整合性を担保するためにミスフィット転位が多数、出現していることがわかる。この結果をさらに詳細に逆格子空間マップの結果と比較すると、点 A は PMN 層、点 B、点 C はそれぞれミスフィット転位を起点に 2 層に分布した PTO 層の領域に対応していることが分かる。

これらの結果をまとめると PMN-PT 多層膜による研究では次のことを明らかにした。すなわち、格子ミスマッチの変化に伴って、PMN-PT 超格子薄膜は 3 種類の構造を形成し、これらは大きく分けて整合界面を形成する弾性変形が支配的な構造と、半整合界面を形成する歪み緩和が出現する構造に分類できる。また、格子ミスマッチの増加に伴う弾性変形には (i) 正方相の不安定化による  $90^\circ$ ドメイン構造の消失、(ii) 各層の界面へのミスフィット転位の導入という異なった緩和がおこり、それぞれの境界のミスフィット量それぞれ 1.56 ~ 2.12 % および 2.48 ~ 2.85 % の付近にあることを明らかにした。

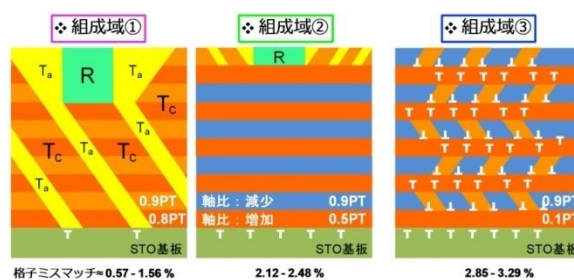


図 6 (PMN-0.9PT/PMN-0.1PT)<sub>5</sub> 多層膜構造。層間のミスフィットにより導入される弾性ひずみは (a) ドメイン構造、(b) ミスフィット転位により緩和される

(2)  $\text{PbTiO}_3$  (PT) および  $\text{PbZrO}_3$  (PZ) 膜における MPB 近傍のドメイン構造に及ぼす弾性場の効果

図 7 に本研究で作成したストロンチウムチタネイト ( $\text{SrTiO}_3$ 、格子定数:  $0.3905\text{nm}$ ) 基板上にエピタキシャル成長した  $\text{PbZr}_{0.4}\text{Ti}_{0.6}\text{O}_3$  膜の STEM-HAADF 像を示す。格子定数の差から成長した膜に対して、整合面では圧縮応力が、ミスフィット転位近傍では引張応力がかかっていることがわかる。圧縮応力下では T 相が、引張応力下では R 相が安定化するが、前者ではさらにドメイン

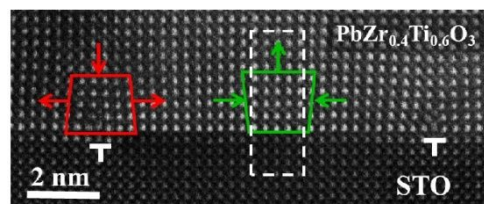


図 7  $\text{SrTiO}_3$  基板と  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$  膜との整合界面

選択により応力場を緩和することが可能である。

この研究においては基板からの束縛だけでなく、CSD法によって酸化物を結晶化させる際の熱膨張率の差による応力というパラメータの効果を調べるために基板としてカリウムチタネイト ( $\text{KTiO}_3$ 、格子定数:  $0.3989\text{nm}$ ) も用いることにより PT-PZ系のMTB組成域に及ぼす組成と応力の効果を系統的に調査することとした。

図8に基板の004近傍の XRDパターンならびに逆空間マッピングをチタン濃度  $x$  の関数 ( $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ) としてまとめた結果を示す。

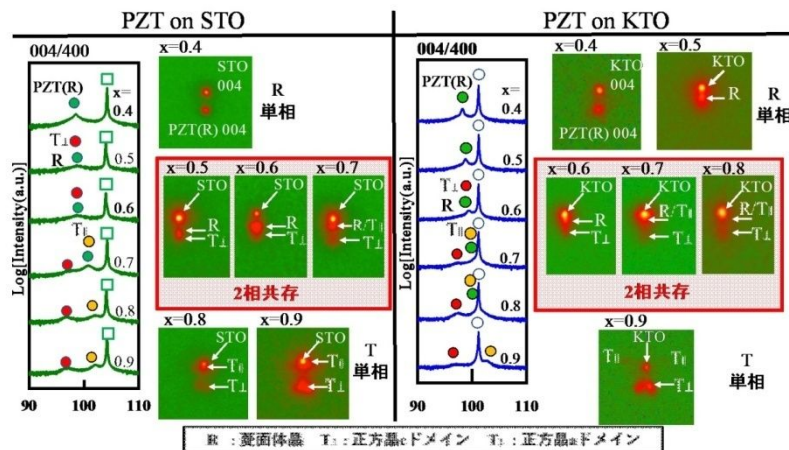


図 8  $\text{SrTiO}_3$  基板および  $\text{KTiO}_3$  基板上のにエピタキシャル成長させた  $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$  膜の 004 ピーク付近の回折パターンと逆格子マッピング

このようにピーク位置とスポットの広がり基板によって異なった変化を呈する。X線回折の結果は巨視的なものであるが、ここに示す一連の結果から PZTにおける MPB組成域は基板からの応力状態で異なり、STO上で  $x=0.5-0.7$ 、KTO上で  $x=0.6-0.8$  付近であることがわかった。すなわち、MPB組成はバルクより薄膜とすることで Ti高濃度側にシフトし、さらに KTO上に成長させることでより Ti高濃度側にシフトする。換言すれば、Ti濃度の増加とともに R相の安定組成領域が広がるとともに T相が界面付近において核生成することが示唆された。

この原因を究明するために作成したすべての組成において STEM観察を行い、得られた HAADF-STEM像をもとに歪み解析を行った。その結果、STO基板上に生成した MPB組成域の PZT薄膜では基板との界面付近に T相の  $90^\circ$ ドメインが存在すること、さらに Ti高濃度化に伴い膜厚方向に成長・粗大化することが判明した。詳細な解析の結果、この  $90^\circ$ ドメインはミスフィット転位芯を核として形成することがわかった。一方、比較として用いた KTO基板上に成膜した PZT薄膜の場合、 $90^\circ$ ドメインはミスフィット転位に加え、整合界面においても界面付近に形成することがわかった。全般に KTO と PZTは整合性がよく、総じてドメインの密度も小さいことが確認された。

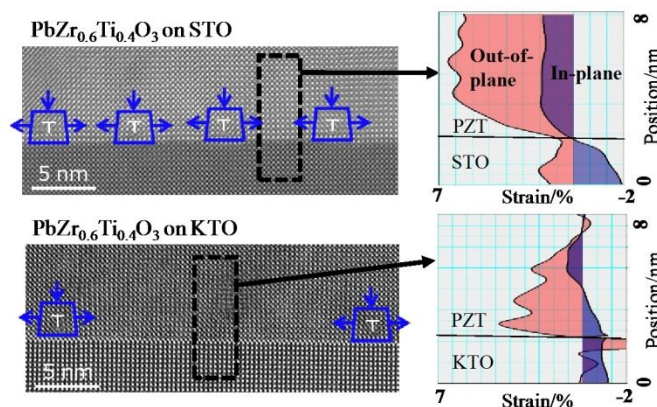


図 9  $\text{SrTiO}_3$  基板および  $\text{KTiO}_3$  基板上のにエピタキシャル成長させた  $\text{PbZr}_{0.6}\text{Ti}_{0.4}\text{O}_3$  膜の STEM-HAADF 像ならびに GPA 解析からそれぞれの厚さにおける面外方向および面内方向の応力分布

図9にSTOならびに KTO上にエピタキシャル成長させた  $\text{PbZr}_{0.6}\text{Ti}_{0.4}\text{O}_3$ 膜の高分解能STEM-HAADF像を示す。このように格子ミスマッチの少ない KTO/PZT 界面ではミスフィット転位も減少する。さらに GPA を用いて面内方向 (in-plane) と面外方向 (out-of plane) のひずみ分布を同図の右側に示す。この結果、STOでも KTO でも面内方向に圧縮ひずみ場が存在し、T相の安定化を促していることがわかった。一方、KTO 上に PZT膜を成長させた場合の方が転位面間隔が大きく、したがって T相の核生成はより Ti高濃度側で起こると結論された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sujin Choi, Takahisa Shiraishi, Takanori Kiguchi, Takao Shimizu, Hiroshi Funakubo, and Toyohiko J. Konno	4. 巻 113
2. 論文標題 Formation of polar phase in Fe-doped ZrO <sub>2</sub> epitaxial thin films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 262903
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/1.5063757	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takanori Kiguchi, Takahisa Shiraishi, Takao Shimizu, Hiroshi Funakubo, and Toyohiko J. Konno	4. 巻 57
2. 論文標題 Domain orientation relationship of orthorhombic and coexisting monoclinic phases of Y <sub>0.15</sub> -doped HfO <sub>2</sub> epitaxial thin films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 11UF16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/JJAP.57.11UF16	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takahisa Shiraishi, Sujin Choi, Takanori Kiguchi, Takao Shimizu, Hiroshi Uchida, Hiroshi Funakubo, and Toyohiko J. Konno	4. 巻 57
2. 論文標題 Fabrication of ferroelectric Fe doped HfO <sub>2</sub> epitaxial thin films by ion-beam sputtering method and their characterization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 11UF02
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/JJAP.57.11UF02	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T. Shiraishi, Y. Ito, M. Ishikawa, H. Uchida, T. Kiguchi, M. K. Kurosawa, H. Funakubo and T.J. Konno	4. 巻 126
2. 論文標題 Preparation of {001}c-oriented epitaxial (K, Na)NbO <sub>3</sub> thick films by repeated hydrothermal deposition technique	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 281-285
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.17251	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 木口賢紀、舟窪浩、今野豊彦	4. 巻 57
2. 論文標題 整合界面をもつ強誘電体薄膜のドメイン構造形成に及ぼす局所弾性場の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 97-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.57.97	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kiguchi, Takanori Fan, Cangyu Shiraishi, Takahisa Konno, Toyohiko J.	4. 巻 56
2. 論文標題 Strain-induced nanostructure of Pb(Mg1/3Nb2/3)O-3-PbTiO3 on SrTiO3 epitaxial thin films with low PbTiO3 concentration	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 10PB12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.10PB12	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shiraishi, Takahisa Ishikawa, Mutsuo Uchida, Hiroshi Kiguchi, Takanori Kurosawa, Minoru K. Funakubo, Hiroshi Konno, Toyohiko J.	4. 巻 56
2. 論文標題 Characterization of (111)-oriented epitaxial (K0.5Na0.5)NbO3 thick films deposited by hydrothermal method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 10PF04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.10PF04	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 直方晶相ハフニア薄膜におけるドメイン構造
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 PbTiO <sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の界面急峻性に及ぼす半導性SrTiO <sub>3</sub> 基板の影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 Lattice mismatch effect on biaxial strain exerted on epitaxially-grown BiFeO <sub>3</sub>
3. 学会等名 第66回応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 組成相境界近傍のPZTエピタキシャル薄膜における微細構造
3. 学会等名 第66回応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 強誘電体(Hf,Ce)O <sub>2</sub> 薄膜の作製とその結晶構造評価
3. 学会等名 第66回応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 STEM-EELS法による直方晶相ハフニア薄膜の結晶構造評価
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木口賢紀
2. 発表標題 直方晶相ハフニア薄膜のドメイン構造の電子エネルギー損失分光
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白石貴久、Sujin Choi、木口賢紀、今野豊彦
2. 発表標題 強誘電体HfO <sub>2</sub> 基超薄膜のドメイン構造評価
3. 学会等名 第73回日本顕微鏡学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白石貴久、Sujin Choi、清水荘雄、舟窪浩、木口賢紀、今野豊彦
2. 発表標題 固相エピタキシー法による強誘電体HfO <sub>2</sub> 基薄膜の作製
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	白石 貴久  (Shiraishi Takahisa)  (50758399)	東北大学・金属材料研究所・助教   (11301)	
研究 分担者	木口 賢紀  (Kiguchi Takanori)  (70311660)	東北大学・金属材料研究所・准教授   (11301)	