

令和 3 年 6 月 30 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01724

研究課題名(和文) 微細加工技術を利用したナノピラー型マルチフェロイック複合体材料の開発

研究課題名(英文) Development of nano-pillar type multiferroic composite materials using microfabrication technique

研究代表者

小舟 正文 (KOBUNE, MASAFUMI)

兵庫県立大学・工学研究科・教授

研究者番号：90240960

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：高温スパッタ法により、a軸及びc軸配向エピタキシャルBi系強誘電体(BNEuT)薄膜をそれぞれ、二種類の基板上に作製した。反応性イオンエッチングにより、薄膜をマイクロロッド(MR)形状に微細加工して強誘電体ピラーを作製した。有機金属化学気相堆積(MOCVD)法によりフェリ磁性CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(CFO)をピラー空隙に堆積させてCFO/BNEuT複合体薄膜を作製した。本研究では、MOCVD成膜時間、基板温度及びポストアニール温度が複合体薄膜の構造・磁気・強誘電・電気磁気(ME)特性に及ぼす影響を調べた。ピラーがMR形状かつa軸配向を有するとき、複合体は最大の電気磁気電圧係数を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、磁場-電気分極制御型応用に関しマイクロピラー型CFO/BNEuT複合体薄膜を通して明瞭な電気磁気結合現象を観測できることを明らかにした。強誘電体薄膜を反応性イオンエッチングによりマイクロピラー化し、その上にMOCVD法を用いて強磁性体を堆積させる手法により、高再現性を実現できた点において学術的及び社会的(産業界)にも大いに意義がある。また、ピラーのアスペクト比を高めることにより、基板によるクランプ効果の低減がはかられ、その結果、電気磁気電圧係数が著しく向上することを実証した。この成果は本研究分野の材料性能向上のための指針となる。

研究成果の概要(英文)：a-axis- and c-axis-oriented epitaxial (Bi<sub>3.25</sub>Nd<sub>0.65</sub>Eu<sub>0.10</sub>)Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> (BNEuT) thin films were deposited on the two substrates by high-temperature sputtering. By microfabricating the obtained films for the microrod shape via reactive ion etching, ferroelectric pillar films were fabricated. The fabrication of CFO/BNEuT composite films was examined by depositing a ferrimagnetic cobalt ferrite (CFO) layer in the plate and rod gaps in BNEuT films by metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) using the above pillar films as a template. In the present study, the effects of the MOCVD time, substrate temperature, and postannealing temperature on the structural, magnetic, ferroelectric, and magnetoelectric (ME) characteristics were investigated in details. It was thus found that the CFO/BNEuT composite films using a ferroelectric pillar with a microrod morphology and an a-axis orientation exhibited the maximal ME voltage coefficient.

研究分野：複合材料および界面関連

キーワード：マルチフェロイック材料 高温スパッタ法 反応性イオンエッチング 有機金属化学気相堆積法 ピラー型複合体薄膜 電気磁気電圧係数 電気磁気結合現象

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

強誘電性、強磁性及び強弾性の3つの中から、複数の強性的性質を有する物質群をマルチフェロイクス (Multiferroics; MF) と呼ぶ。近年、その中でも強誘電秩序と磁気秩序が共存し、かつ両者間において強い交差相関をもち、室温動作が可能な MF 材料が基礎・応用研究において注目を集めている。強誘電性と強磁性間の電気磁気 (ME) 効果については、単相型と比較してすぐれた強誘電体と強磁性体の組み合わせによる複合型 (積層型, ピラー型) が有利である。また、複合型についても強誘電体が基板によるクランプ効果の影響を受けやすい積層型より、高アスペクト比をもつピラー型は、クランプ効果の影響が無視できるほど小さくなるため、大きな ME 効果を発現すると期待されている。しかしながら、これまでの MF 研究におけるピラー型に関する研究報告は国内外を通して極めて少ない。

## 2. 研究の目的

本研究は、高温スパッタ法により、 $a$  軸及び  $c$  軸配向エピタキシャル BNEuT 薄膜をそれぞれ、Nb:TiO<sub>2</sub>(101) 及び Pt(100)/MgO(100) 基板上に作製した後、RIE 法により、得られた薄膜をマイクロプレート (MP) とマイクロロッド (MR) 形状に微細加工して強誘電体ピラーを作製した。それらをテンプレートに用いて、MOCVD 法によりフェリ磁性 CFO を空隙に高密度に堆積させて CFO/BNEuT 複合体薄膜の作製を検討した。本研究では、MOCVD 成膜時間、基板温度及びポストアニール温度が複合体薄膜の構造・磁気・強誘電・電気磁気結合 (ME) 特性に及ぼす影響を詳細に調べた。得られた結果を基に、最大の  $\alpha_{ME}$  を得るための強誘電体ピラーの形状及び配向性を明らかにすることを目的とした。具体的には、以下の項目について研究を行った。

- (1) 高温スパッタ法による  $a$  軸及び  $c$  軸配向エピタキシャル BNEuT 薄膜の作製技術の確立。
- (2) RIE 法による非鉛系強誘電体薄膜を用いた MP 及び MR 構造体の精密微細加工技術の確立。
- (3) MOCVD 法の段差被覆性を利用した強誘電体ピラー空隙へのフェリ磁性 CFO 粒子の高密度堆積技術の開発及び薄膜成長機構の解明。
- (4) 磁歪効果の向上を目的としたポストアニール (温度、保持時間) と CFO 粒成長の検討。
- (5) CFO/BNEuT 複合体薄膜の  $\alpha_{ME}$  の精密測定技術の確立。

## 3. 研究の方法

本研究開発は、以下の 1)~5) の手順に従って行った。

- 1)  $a$  軸配向エピタキシャル BNEuT 薄膜は、高温スパッタ法により粉末ターゲットを用いて 650°C, 0.4 Pa 及び 230 min の条件で Nb:TiO<sub>2</sub>(101) 基板上に成膜した。一方、 $c$  軸配向エピタキシャル BNEuT 薄膜は、同様にセラミックターゲットを用いて 580°C, 0.4 Pa 及び 230 min の条件で Pt(100)/MgO(100) 基板上に成膜した。
- 2) MP 及び MR 構造体は、前述の 2 種類の BNEuT 薄膜上に 150 nm 厚みの Pt ハードマスクを成膜後、5  $\mu$ m ピッチ間隔の 2 種類のフォトマスクを用いる RIE プロセスにより作製した。
- 3) 2) で作製した 2 種類の強誘電体ピラー薄膜をテンプレートに用い、MOCVD 法により Co 源に Co(thd)<sub>2</sub> を、Fe 源に Fe(thd)<sub>3</sub> を用いて 450–600°C の基板温度と 140 min の成膜時間の条件で CFO を成膜し、基板温度依存性を調査した。得られた知見を基に、同様に 550°C の基板温度と 90–150 min の成膜時間の条件で CFO を成膜し、成膜時間依存性を調査した。
- 4) 3) で決定した 至適な基板温度 (550°C) と成膜時間 (120 min) を用いて複合体薄膜を作製した。得られた試料を窒素気流 (40 sccm) 中、700–850°C で 10 h の条件でポストアニールした。

5) 4)で作製した CF0/BNEuT 複合体薄膜のキャラクタリゼーション [相同定(XRD)・微細構造(表面・断面 FE-SEM) 観察・磁化-磁場 ( $M-H$ ) 特性(振動試料型磁力計)・強誘電特性(FCE3-EMS)・電気磁気結合(ME) 特性(ME 測定システム, AC 磁場: 1 kHz, 10 Oe, DC 磁場: 0-4.5 kOe) を行い, 最大の  $\alpha_{ME}$  を得るための強誘電体ピラーの形状及び配向性を検討した.

#### 4. 研究成果

##### (1) $a$ 軸及び $c$ 軸配向エピタキシャル BNEuT 薄膜の作製

$a$  軸配向エピタキシャル薄膜は, 高温スパッタ法により 650°C, 0.4 Pa の条件で Nb:TiO<sub>2</sub>(101) 基板上で得られた.  $a$  軸配向率  $\alpha_{(h00)} = 93-98\%$  であった. 一方,  $c$  軸配向エピタキシャル薄膜は, 高温スパッタ法により 580°C, 0.4 Pa の条件で Pt(100)/MgO(100) 基板上で得られた.  $c$  軸配向率  $\alpha_{(001)} = 95-99\%$  であった. 図 1 は作製した BNEuT(001)/Pt(100)/MgO(100) 試料の極点図形を示す. 図は BNEuT が下地層の Pt/MgO 基板面内で 45°回転した位置でヘテロエピタキシャル成長することを示唆する.

##### (2) RIE 法による強誘電体ピラーの作製

強誘電体ピラーは, Pt ハードマスクを用いる微細加工プロセスを用いて作製した. 図 2 は  $a$  軸配向膜を 5  $\mu\text{m}$  ピッチ間隔で RIE 加工した (a) MP と (b) MR のチルト像を示す. 図に示すように, 本研究では強誘電体ピラーのミクロンオーダーの精密加工技術を確立できた.

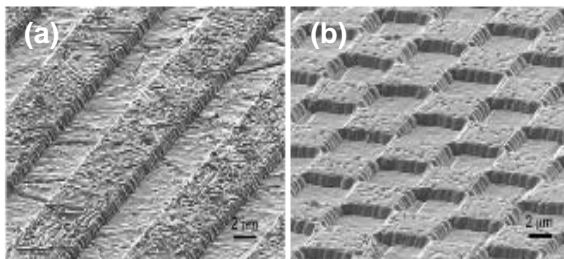


図2  $a$ 軸配向エピタキシャルBNEuT薄膜を5  $\mu\text{m}$  ピッチでRIE加工した (a) MP型と (b) MR型強誘電体ピラーのチルト像

##### (3) MR 型 CF0/BNEuT(001) 複合体薄膜の物性に及ぼす基板温度の影響

450-600°C, 120 min で堆積した CF0 薄膜は, いずれも逆スピネル型構造を有する多結晶状態を示した. 600°C でロッド頂上において異常粒成長が認められる. これは CF0 成膜機構が表面反応律速から拡散律速に変化したことを示唆する. また, 550°C ですぐれた磁気特性(残留磁化  $M_r = 27.5 \text{ emu/g}$ , 保磁力  $H_c = 849 \text{ Oe}$ ) が得られた. よって, CF0 成膜のための至適な基板温度は 550°C に決定した.

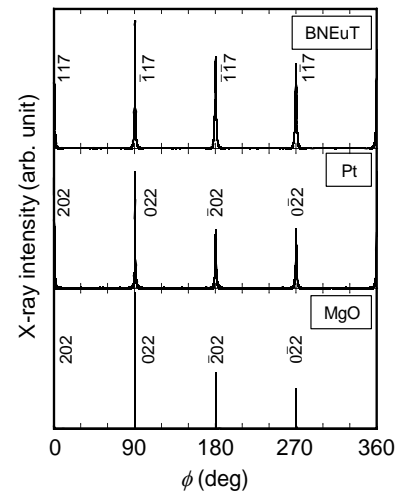


図1 580°Cで成膜したBNEuT/Pt(100)/MgO(100) 試料の極点図形

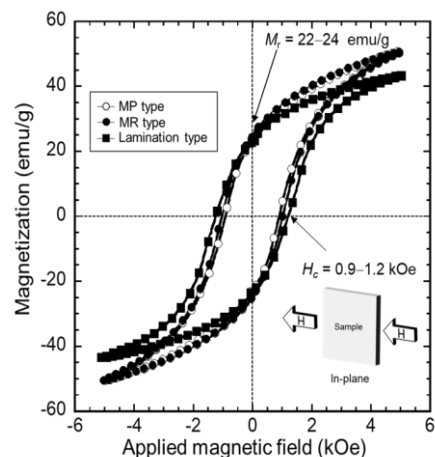


図3 700°CでポストアニールしたMP型, MR型及び積層型CF0/BNEuT( $h00$ ) 複合体薄膜試料の室温  $M-H$ 特性

#### (4) MP 型 CF0/BNEuT (h00) 複合体薄膜の物性に及ぼす成膜時間の影響

550°C, 90–150 min で堆積した CF0 薄膜は, いずれも逆スピネル型構造を有する多結晶状態を示した. 成膜時間の増加に伴い, MP 頂上部の粒子径は 0.2  $\mu\text{m}$  から 0.4  $\mu\text{m}$  まで増大した. また, 120 min ですぐれた磁気特性 ( $M = 26 \text{ emu/g}$ ,  $H_c = 1.0 \text{ kOe}$ ) と強誘電性 (残留分極  $P_r = 49 \mu\text{C/cm}^2$ , 抗電界  $E_c = 264 \text{ kV/cm}$ ) が得られた. よって, CF0 成膜のための至適な成膜時間は 120 min に決定した.

#### (5) MP 型 CF0/BNEuT (h00) 複合体薄膜の物性に及ぼすポストアニール温度の影響

700–750°C, 10 h アニールした CF0 薄膜は, いずれも逆スピネル型構造を有する多結晶状態を示した. 一方, 800–850°C, 10 h アニールした CF0 薄膜は, CF0 相以外に熱分解により生じたヘマタイト ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) 相と  $\text{Co}_3\text{O}_4$  相が出現した. 700°C ですぐれた磁気特性 ( $M_{5\text{kOe}} = 49 \text{ emu/g}$ ,  $H_c = 905 \text{ Oe}$ ) と強誘電性 ( $P_r = 15 \mu\text{C/cm}^2$ ,  $E_c = 155 \text{ kV/cm}$ ) が得られた. よって, MF 複合体としての至適なポストアニール温度は 700°C と判断された.

#### (6) 複合型の磁気特性に及ぼすピラー形状効果

図 3 は 700°C でポストアニールした MP, MR 及び積層型 CF0/BNEuT (h00) 試料の室温磁化–磁場 ( $M$ - $H$ ) 特性を示す. 図より MP 及び MR のピラー型はほぼ一致した  $M$ - $H$  挙動を示し, 積層型と比較して測定誤差の範囲内でわずかにすぐれていた.

#### (7) 複合型の強誘電性に及ぼすピラー形状効果

図 4 は 700°C でポストアニールした MP, MR 及び積層型 CF0/BNEuT (h00) 試料の室温分極–電界 ( $P$ - $E$ ) 特性を示す. 図より  $P_r$  は MR 型 > MP 型 > 積層型の順に顕著に減少した. これは強誘電体層のアスペクト比が支配的となり, 高い MR 型は基板によるクランプ効果をもっとも小さいことを示唆する. これより, MR 型は強誘電秩序と磁気秩序の両者間において強い交差相関が期待された.

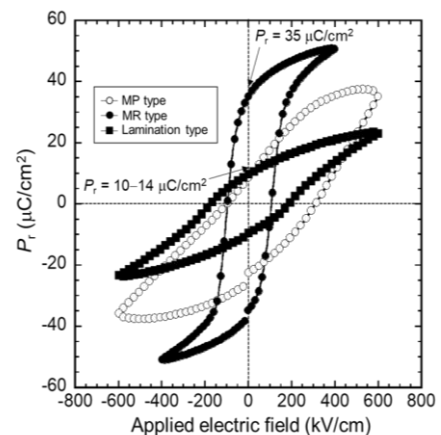


図4 700°CでポストアニールしたMP型, MR型及び積層型CF0/BNEuT (h00) 複合体薄膜試料の室温 $P$ - $E$ 特性

#### (8) 複合型の $\alpha_{\text{ME}}$ に及ぼすピラー形状及び配向効果

図 5 は (a) 700°C でポストアニールした MP, MR 及び積層型 CF0/BNEuT (h00) 試料及び (b) 700°C でポストアニールした MR 型 CF0/BNEuT (h00) と CF0/BNEuT (00 $\bar{1}$ ) 試料の室温  $\alpha_{\text{ME}}$  の DC 磁場依存性を示す. (a) より MR 型において 4.5 kOe の磁場印加で 5.5 mV/cm $\cdot$ Oe なる最大の  $\alpha_{\text{ME}}$  を得た. これは先述の MR 型の小さなクランプ効果に起因すると考えられる. また, (b) より強誘電体ピラーの配向は,  $c$  軸より  $a$  軸配向の方が約 2 倍高い  $\alpha_{\text{ME}}$  を示した. 以上の結果から, 強誘電体ピラーがマイクロロッド形状かつ  $a$  軸配向を有する当該複合体薄膜は, 磁気センサや電源不要キャパシタとして実用化が期待できる.

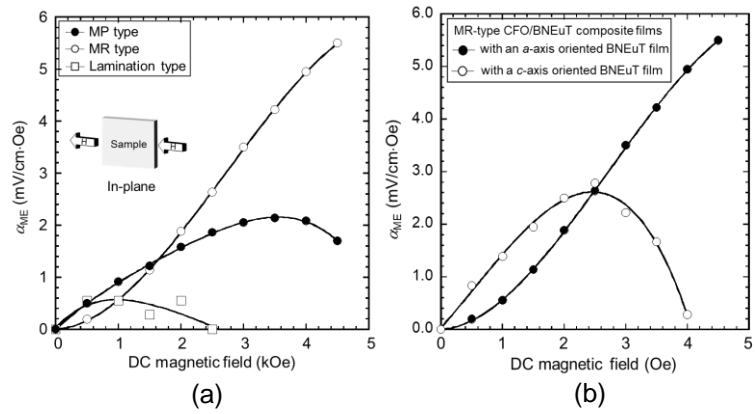


図5 (a) 700°CでポストアニールしたMP型, MR型及び積層型 CF0/BNEuT ( $h00$ ) 複合体薄膜試料及び (b) 700°CでポストアニールしたMR型CF0/BNEuT ( $h00$ ) とCF0/BNEuT ( $00l$ ) 試料の室温 $\alpha_{MR}$ のDC磁場依存性

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 T. Migita, M. Kobune, R. Ito, T. Obayashi, T. Kikuchi, H. Fujisawa, and S. Nakashima	4. 巻 58
2. 論文標題 Fabrication and Physical Properties of Bismuth Layer-Structured Ferroelectric Thin Films with c-Axis Orientation Epitaxially Grown by High-temperature Sputtering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SLLB09 (5pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab388f	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 R. Ito, M. Kobune, M. Yoshii, R. Ito, Y. Haruna, T. Obayashi, T. Migita, T. Kikuchi, K. Kanda, and K. Maenaka	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication and Characterization of Micropillar-type Multiferroic Composite Thin Films by Non-aqueous Sol-gel Method Using Ferroelectric Pillars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SCCB08 (6pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4aa1	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 T. Migita, M. Kobune, R. Ito, T. Obayashi, T. Kikuchi, H. Fujisawa, K. Kanda, K. Maenaka, H. Nishioka, N. Fukumuro, and S. Yae	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication and Characterization of Micropillar-type Multiferroic Composite Thin Films by Metal Organic Chemical Vapor Deposition Using a Ferroelectric Microplate Structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SCCB10 (5pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4a98	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 T. Obayashi, M. Kobune, T. Matsunaga, R. Ito, T. Migita, T. Kikuchi, K. Kanda, and K. Maenaka	4. 巻 45
2. 論文標題 Effects of Pt Sacrificial Layer on Microfabrication in Layered Bismuth-based Ferroelectric Thin Films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Trans. Mat. Res. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 31-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 R. Ito, M. Kobune, K. Takuwa, T. Kikuchi, and Y. Yoneda	4. 巻 45
2. 論文標題 Effects of Structural Factors on Piezoelectric Performance of Lead-free Perovskite Compounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Trans. Mat. Res. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 77-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 K. Kikuchi, M. Kobune, T. Kikuchi, T. Migita, Y. Haruna, S. Yae, and N. Fukumuro	4. 巻 43
2. 論文標題 Structural, Magnetic and Electric Characteristics of Multiferroic CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /BNEuT Composite Thin Films Produced by Non-aqueous Sol-gel Process	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Trans. Mat. Res. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 105-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 M. Kobune, M. Yoshii, H. Takasaki, R. Ito, T. Migita, K. Kanda, K. Maenaka, and Y. Hayashi	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication and Physical Properties of Microrod-Type Multiferroic Composite Thin Films by Metal Organic Decomposition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SPPB06 (6pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aba553	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29件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 R. Ito, M. Kobune, M. Yoshii, R. Ito, Y. Haruna, T. Migita, T. Obayashi, T. Kikuchi, K. Kanda, and K. Maenaka
2. 発表標題 Fabrication and Characterization of Micropillar-type Multiferroic Composite Thin Films Produced by Non-aqueous Sol-gel Method Using a Ferroelectric Microrod Structure
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	T. Migita, M. Kobune, R. Ito, T. Obayashi, T. Kikuchi, H. Fujisawa, K. Kanda, and K. Maenaka
2. 発表標題	Fabrication and Characterization of Micropillar-type Multiferroic Composite Thin Films Produced by Metal Organic Chemical Vapor Deposition Using a Ferroelectric Microplate Structure
3. 学会等名	The 7th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	M. Kobune, Y. Haruna, T. Migita, and T. Kikuchi
2. 発表標題	Fabrication and Physical Properties of Micropillar Type Multiferroic Composite Thin Films Produced Using a Non-Aqueous Sol-Gel Process
3. 学会等名	2019 ISAF-ICE-EMF-IWPM-PFM Joint Conference (F2CPI2 2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	T. Kikuchi, M. Kobune, M. Nakanishi, and T. Fujii
2. 発表標題	Chemical State Analysis of Sr <sub>3</sub> Co <sub>2</sub> -xZn <sub>x</sub> Fe <sub>24</sub> O <sub>41</sub> by Auger Electron Spectroscopy
3. 学会等名	The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	右田翼, 小舟正文, 伊藤涼雅, 大林泰貴, 菊池丈幸, 藤沢浩訓, 中嶋誠二
2. 発表標題	高温スパッタ法によるエピタキシャルc軸配向ビスマス層状構造強誘電体薄膜の作製とその諸特性
3. 学会等名	第36回強誘電体応用会議(FMA-36)
4. 発表年	2019年



1. 発表者名 赤松剛史, 赤井涼人, 菊池丈幸, 小舟正文, 中西真, 藤井達生
2. 発表標題 磁気記録向けM型Srフェライトの低温合成
3. 学会等名 第14回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林優一, 市野元太, 菊池丈幸, 小舟正文, 中西真, 藤井達生
2. 発表標題 泥漿鑄込み法を用いた六方晶系フェライト焼結体の作製
3. 学会等名 第14回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊池丈幸, 赤松剛史, 小島啓輔, 小舟正文, 中西真, 藤井達生
2. 発表標題 高密度磁気記録向けM型ヘキサフェライトの低温合成の試み
3. 学会等名 第57回粉体に関する討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大林泰貴, 小舟正文, 松永拓也, 伊藤稜, 右田翼, 菊池丈幸, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 反応性イオンエッチング法によるピスマス層状構造強誘電体薄膜の微細加工及び特性評価
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高崎英幸, 小舟正文, 宅和知隼, 大林泰貴, 松永拓也, 伊藤稜, 右田翼, 菊池丈幸, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 ビスマス層状構造強誘電体薄膜の微細加工に及ぼすPt犠牲層の影響
3. 学会等名 化学工学会姫路大会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小湊大輝, 小舟正文, 伊藤涼雅, 高崎英幸, 伊藤稜, 右田翼, 菊池丈幸, 藤沢浩訓, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 a軸配向強誘電体マイクロロッド薄膜を用いるMOCVD-マルチフェロイック複合体薄膜の作製と特性評価
3. 学会等名 2020年日本セラミックス協会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田耕平, 小舟正文, 大林泰貴, 高崎英幸, 伊藤稜, 右田翼, 菊池丈幸, 藤沢浩訓, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 c軸配向強誘電体マイクロロッド薄膜を用いるMOCVD-マルチフェロイック複合体薄膜の作製と特性評価
3. 学会等名 2020年日本セラミックス協会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菊池丈幸, 市野元太, 小舟正文, 中西真, 藤井達生
2. 発表標題 Sr <sub>2</sub> Co <sub>2</sub> Fe <sub>28</sub> O <sub>46</sub> X型ヘキサフェライトの高周波応答特性
3. 学会等名 2020年日本セラミックス協会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤涼雅, 小舟正文, 菊池丈幸, 右田翼, 大林泰貴
2. 発表標題 高温スパッタ法によるヘテロエピタキシャルBNEuT薄膜の創製及びその構造特性
3. 学会等名 第13回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大林泰貴, 小舟正文, 菊池丈幸, 右田翼, 伊藤涼雅, 藤澤浩訓
2. 発表標題 c軸方向にヘテロエピタキシャル成長したBNEuT薄膜の誘電・強誘電及び圧電特性
3. 学会等名 第13回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 右田翼, 小舟正文, 菊池丈幸, 伊藤涼雅, 大林泰貴, 藤澤浩訓
2. 発表標題 高温スパッタ法によるヘテロエピタキシャルBNEuT薄膜の創製とその諸特性
3. 学会等名 第13回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松永拓也, 小舟正文, 菊池丈幸, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 反応性イオンエッチング法による非鉛強誘電体薄膜の微細加工技術の開発
3. 学会等名 第13回日本セラミックス協会関西支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Migita, M. Kobune, T. Kikuchi, R. Ito, T. Obayashi, and H. Fujisawa
2. 発表標題 Fabrication and Structural, Ferro- and Piezoelectric Properties of Heteroepitaxially c-Axis-Oriented BNEuT Thin Films
3. 学会等名 The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Obayashi, M. Kobune, T. Kikuchi, T. Migita, R. Ito, and H. Fujisawa
2. 発表標題 Electrical Characteristics of BNEuT Thin Films Heteroepitaxially Grown in the c-Axis Direction
3. 学会等名 The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Ito, M. Kobune, T. Kikuchi, T. Migita, and T. Obayashi
2. 発表標題 Fabrication and Structural Characteristics of BNEuT Thin Films Heteroepitaxially Grown by Sputtering
3. 学会等名 The 12th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大林泰貴, 小舟正文, 菊池丈幸, 右田翼, 伊藤涼雅, 藤澤浩訓
2. 発表標題 c軸方向にヘテロエピタキシャル成長したBNEuT薄膜の誘電・強誘電及び圧電特性
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 伊藤涼雅, 小舟正文, 菊池丈幸, 右田翼, 大林泰貴
2. 発表標題 高温スパッタ法によるヘテロエピタキシャルBNEuT薄膜の創製及びその構造特性
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 右田翼, 小舟正文, 菊池丈幸, 伊藤涼雅, 大林泰貴, 藤澤浩訓
2. 発表標題 高温スパッタ法によるヘテロエピタキシャルBNEuT薄膜の創製とその諸特性
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 高崎英幸, 小舟正文, 伊藤涼雅, 大林泰貴, 右田翼, 菊池丈幸
2. 発表標題 c軸配向ヘテロエピタキシャルピスマス層状構造強誘電体薄膜の作製と物性評価
3. 学会等名 2019年日本セラミックス協会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井正光, 小舟正文, 伊藤涼雅, 大林泰貴, 右田翼, 菊池丈幸
2. 発表標題 非水系ゾル-ゲル法を用いたマルチフェロイック複合体の作製
3. 学会等名 2019年日本セラミックス協会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤稜, 小舟正文, 松永拓也, 右田翼, 菊池丈幸, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 反応性イオンエッチング法によるビスマス層状構造強誘電体薄膜の微細加工
3. 学会等名 2019年日本セラミックス協会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 右田翼, 小舟正文, 高崎英幸, 伊藤稜, 菊池丈幸, 藤沢浩訓, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 Effects of Pt Sacrificial Layer on Microfabrication in Layered Bismuth-Based Ferroelectric Thin Films
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小舟正文, 高崎英幸, 吉井正光, 伊藤稜, 右田翼, 菊池丈幸, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 有機金属分解法によるマイクロロッド型マルチフェロイック複合体薄膜の作製とその諸特性
3. 学会等名 第37回強誘電体応用会議 (FMA-37)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 右田翼, 小舟正文, 伊藤涼雅, 高崎英幸, 伊藤稜, 菊池丈幸, 藤沢浩訓, 神田健介, 前中一介
2. 発表標題 有機金属化学気相堆積法を用いて作製したマイクロロッド型マルチフェロイック複合体薄膜の諸特性に及ぼす基板温度の影響
3. 学会等名 第37回強誘電体応用会議 (FMA-37)
4. 発表年 2020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	神田 健介  (KANDA KENSUKE)  (20446735)	兵庫県立大学・工学研究科・准教授   (24506)	
研究 分担者	菊池 丈幸  (KIKUCHI TAKEYUKI)  (50316048)	兵庫県立大学・工学研究科・准教授   (24506)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------