

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04946

研究課題名(和文)ディラック電子系アンチペロブスカイト酸化物薄膜の作製と電子状態評価

研究課題名(英文)Growth of Dirac electron system antiperovskite oxides films

研究代表者

箕原 誠人(MINOHARA, Makoto)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・主任研究員

研究者番号：70728633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：物質中で質量のない粒子として振る舞うディラック電子を有する物質群は、極めて高い移動度を持つことから、次世代エレクトロニクス材料としての応用が期待されている。本研究では、ディラック電子系材料の1つと期待されるアンチペロブスカイト型酸化物 $\text{Ca}_3\text{SnO}$ 薄膜の作製とその電子状態評価を行なったものである。成長時の基板温度と酸素分圧の精密制御によって、 $\text{Ca}_3\text{SnO}$ 単結晶薄膜を得ることに成功した。得られた試料の電子状態評価を行なったところ、Snの価数は通常取りうる $\text{Sn}^{4+}$ や $\text{Sn}^{2+}$ ではなく、 $\text{Sn}^{4-}$ が主な構成要素であることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでのアンチペロブスカイト酸化物薄膜の作製に関する報告では、基板上に構成材料を交互に蒸着・積層させ、熱処理合成する複雑な手法が採用され、実用化の観点から不利であった。本研究では、PLD法を用いたアンチペロブスカイト酸化物の直接転写による薄膜作製が可能であることを実証した。本成果は、同様の直接転写による成膜手法であるスパッタ法(大面積化が容易)でも作製可能であることを示唆する結果である。

研究成果の概要(英文)：We have demonstrated the growth of antiperovskite oxides  $\text{Ca}_3\text{SnO}$  and p-type oxide semiconductor  $\text{SnO}$  films by pulsed laser deposition (PLD). By varying the temperature of the substrate and the partial pressure of oxygen during growth, we identified the optimal conditions for the PLD growth of  $\text{Ca}_3\text{SnO}$  films. The successful growth of epitaxial  $\text{Ca}_3\text{SnO}$  films on YSZ substrates is confirmed by X-ray diffraction measurements. Besides, the electronic structure of  $\text{Ca}_3\text{SnO}$  films is qualitatively reproduced by first-principles calculations. The results show that antiperovskite-oxide films can be directly synthesized from the target by using a PLD technique just like several other widely-studied oxide films. The present demonstration of the growth of antiperovskite oxides by PLD might be a promising avenue for the research of antiperovskite oxides in film form as well as artificial antiperovskite/perovskite oxide structures.

研究分野：酸化物エレクトロニクス

キーワード：スズ酸化物 PLD 薄膜成長 電子状態評価

### 1. 研究開始当初の背景

物質中で質量のない粒子として振る舞う「ディラック電子」を有する物質群（ディラック電子系）は、極めて高い電子移動度を持つ。そのため、例えば従来の動作速度を凌駕する超高速トランジスタなどの次世代エレクトロニクス材料としての応用が期待されている。特に、簡便なグラフェン作製手法の確立以来、多くのディラック電子系層状化合物を用いた研究が国内外を問わず盛んに進められている。ただし、特有の電子状態が単原子層や物質の表面といった2次元的な状態・領域においてのみ発現するため、基板や電極材料との接合によって、特有の電子状態が失われやすく、ディラック電子に基づく機能の用途は限られてしまう。

一方、図1に示すように、多彩な機能を示すペロブスカイト酸化物の類縁物質であるアンチペロブスカイト酸化物 ( $A_3BO$ ) は、強いスピン軌道相互作用に由来したディラック電子特有の電子状態（ディラックコーン）を持つことが最近の理論計算から予言された[1]。この物質は+2価のアルカリ土類金属イオン (A) と-2価の酸化物イオン (O) を含むため、金属イオン (B) としては異常な負の価数状態を取ると考えられる。さらに、従来の層状化合物と異なり、ディラックコーンが表面の電子状態としてではなく、バルクの電子状態として現れる。そのため基板や電極などの異種材料との界面形成による影響は小さいと考えられ、デバイス設計の自由度が高く、応用の範囲は広がると期待される。

しかしながら、アンチペロブスカイト酸化物における3次元的なディラック電子の存在は理論上の推測に留まっており、電子状態評価が強く求められている。そのような電子状態評価に向けて、清浄表面を得ることが重要である。しかしながら、アンチペロブスカイト酸化物は異常な負の価数状態を取る金属イオンを含むため、薄膜作製は困難である。実際に国内外を見渡しても、薄膜合成に関する報告はわずか2例しかない状況であった。中でもパルスレーザー堆積法 (PLD法) を用いた先行研究においては、薄膜試料の結晶構造が同定できておらず、アンチペロブスカイト酸化物薄膜が作製できているかどうか疑わしい[2]。そのためアンチペロブスカイト酸化物は、①そもそも薄膜作製が可能なのか？②3次元的なディラック電子状態は存在するのか？について、未だ明らかになっておらず、応用の道筋が得られていないのが現状である。

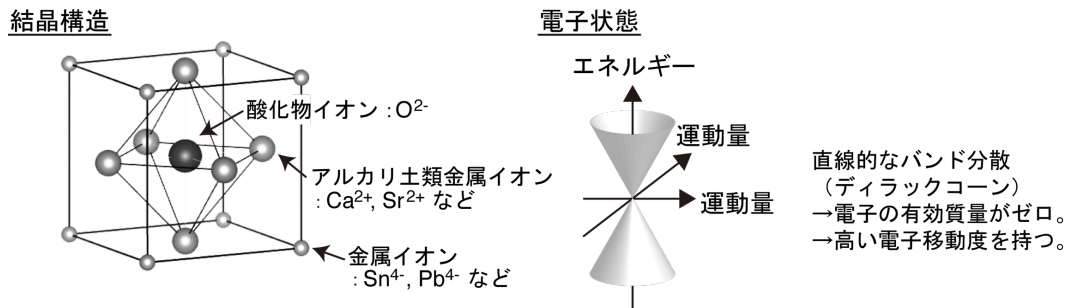


図1 本研究で対象とするアンチペロブスカイト酸化物の結晶構造と電子状態の概略図。

[1] T. Kariyado and M. Ogata, *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 083704 (2011).

[2] Y. F. Lee *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 112101 (2013).

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、①PLD法によるアンチペロブスカイト酸化物薄膜の作製、および②光電子分光 (PES) 測定による電子状態の直接観測を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究で対象とするアンチペロブスカイト酸化物は、揮発性のある Sn を含んでいるため、これらの元素が製膜過程で脱離する恐れがある。加えて、理想的なアンチペロブスカイト酸化物では、Sn イオンは負の価数状態であると考えられる。そのため、製膜条件最適化プロセスにおいて、作製した試料の化学組成や価数、価電子帯の電子状態の評価が不可欠である。そこで本研究では、X線・電子線回折による構造評価を駆使することで進められる“一般的な製膜条件最適化プロセス”に加え、光電子分光測定を用いた電子状態評価を評価関数として、PLD法によるアンチペロブスカイト酸化物薄膜の作製条件の最適化を行った。得られた試料について、フェルミレベル近傍の電子状態を、大気に晒すことなく光電子分光測定を行なった。

### 4. 研究成果

まず、PLD法による薄膜作製条件の最適化を行うため、成長時の基板温度と酸素分圧を系統的に変化させた。Sn イオン Sn<sup>4+</sup>が最安定構造であることから、Sn<sup>4+</sup>を安定化させるためには、

強還元雰囲気が必要であると考え、酸素を導入しないベース圧力での成膜も合わせて実施した。作製した試料の表面結晶性を示す高速電子線回折 (RHEED) パターンを図 2 (a) に示す。強還元雰囲気 (酸素導入なし) では、900 °C にて明瞭な RHEED パターンが得られたことから、Ca<sub>3</sub>SnO の成膜に成功したかに見えた。しかしながら実際にはスズの脱離が起きており (図 2 (b))、XRD 測定から格子定数が Ca<sub>3</sub>SnO とほぼ同一の CaO が成長していることがわかった。そこで成長温度を下げ、Sn 金属状態での脱離を抑制するために、微量な酸素ガスを導入したところ、基板温度 700 °C、酸素分圧 10<sup>-7</sup> Torr にて明瞭な RHEED パターンが観測されるとともに、Sn 由来の明瞭なオージェシグナルが得られた。

作製した試料の化学状態分析のため、内殻光電子分光測定を行なった結果を図 3 に示す。Ca<sub>3</sub>SnO は非常に不安定なため真空搬送が不可欠であるが、そのようにして実施した試料でさえも試料搬送チャンバーや導入槽の残留ガス (例えば H<sub>2</sub>O や CO<sub>x</sub> など) の表面吸着により表面反応が起こり、2 成分以上から構成されたスペクトルが観測された。ピーク分離を行なったところ、表面成分とバルク成分の 2 つに分離できることがわかる。ここで、Sn の価数について、特に Sn<sup>4+</sup> は標準物質や先行研究がないため、一般に光電子分光測定解析で用いられる化学シフト (結合エネルギーの絶対値) から価数の道程ができない。一方、Ca や O については、結合エネルギーからそれぞれ Ca<sup>2+</sup>、O<sup>2-</sup>であることがわかる。従って、試料全体の電荷中性条件を考えると、Sn は -4 価の異常原子価をとっている可能性が極めて高いことが明らかになった。

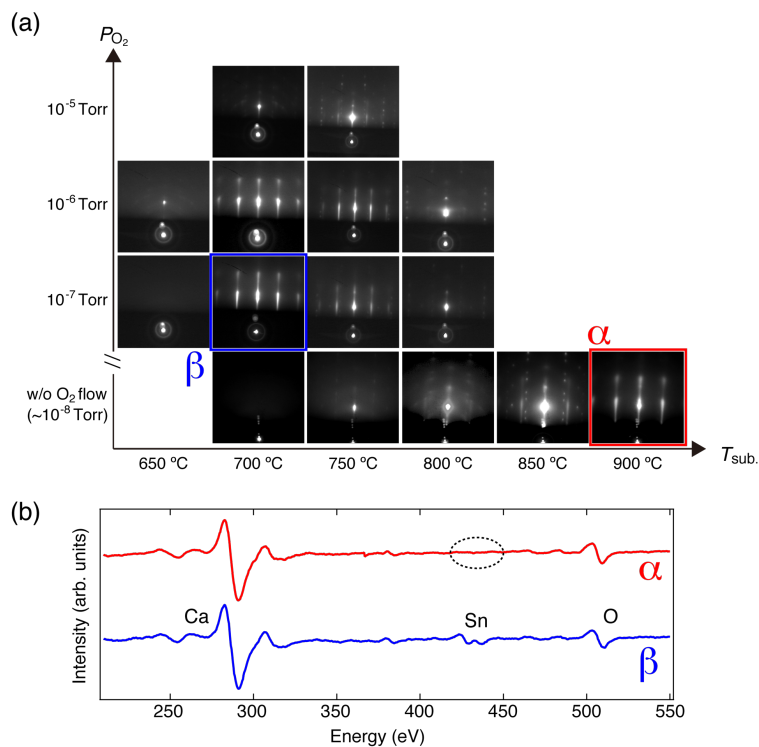


図 2 (a)作製した試料の電子線回折パターンおよび(b)試料 $\alpha$ ,  $\beta$ のオージェ電子線分光測定結果。

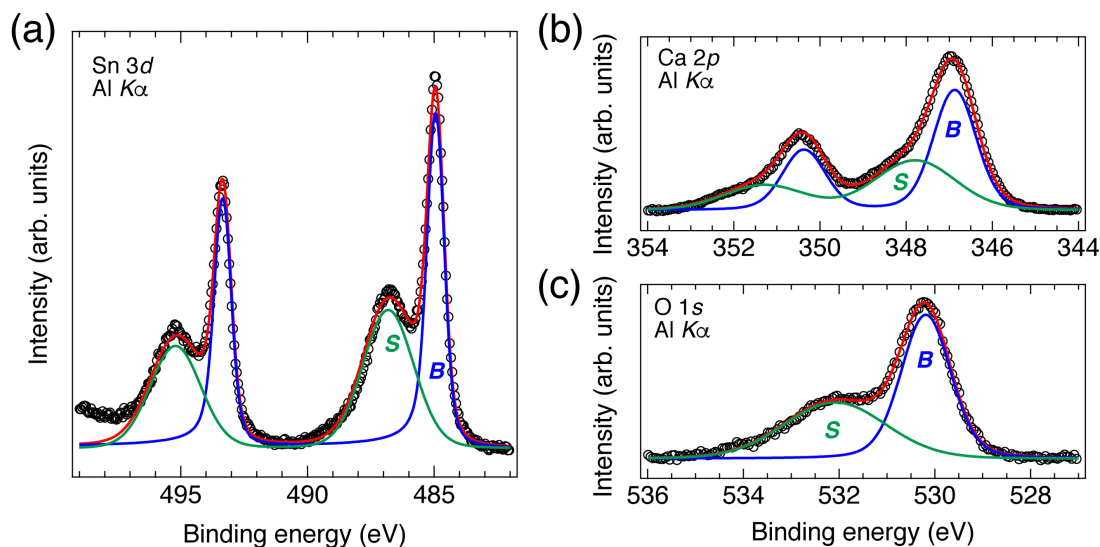


図3 作製した試料βの (a)Sn 3d、(b) Ca 2p、(c) O 1s 内殻光電子スペクトル測定結果。S は表面成分、B はバルク成分にそれぞれ対応する。

次に、第一原理計算による理論上の推測に留まる3次元的なディラック電子の存在について知見を得るため、価電子帯スペクトル測定を行なった。その結果を図4に示す。結合エネルギー4～8 eVとフェルミレベル直下(～2 eV)に特徴的なスペクトル形状が見て取れる。理想的なCa<sub>3</sub>SnOの結晶構造を仮定して得られた状態密度(図中青)と比較すると、実験的に得られたスペクトル形状は、計算結果とよく対応していることがわかる。特に、フェルミレベル近傍では、一見するとフェルミレベルを横切るような状態密度があるように見えるが、実際にはわずかにギャップが開いており、この結果もバンド計算結果を支持するものである。

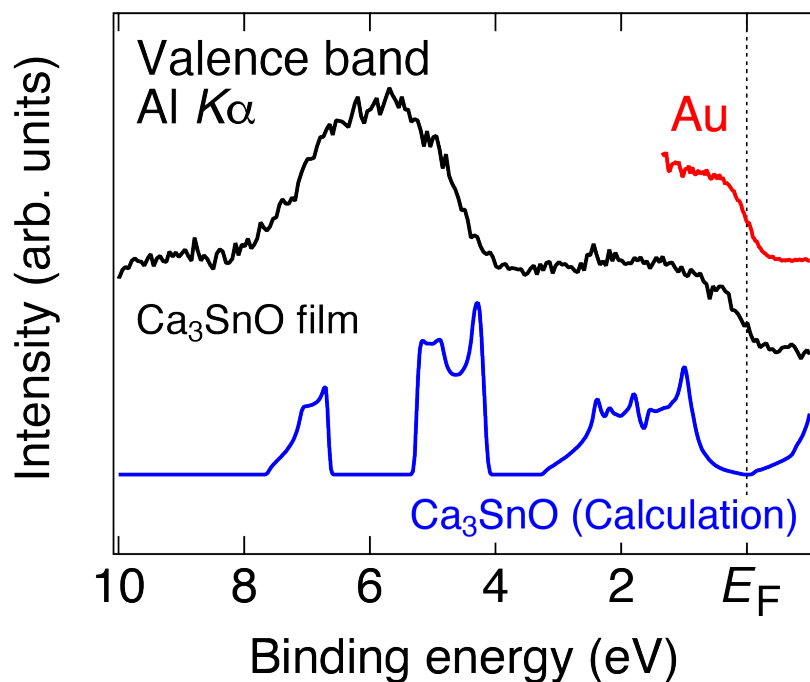


図4 作製した試料βの価電子帯光電子スペクトル。理想的な結晶構造を仮定した際の第一原理計算による状態密度を青線で示す。

以上の結果より、ディラック電子系酸化物Ca<sub>3</sub>SnOはパルスレーザー堆積法に代表される物理吸着法にて、ターゲット材料から直接転写することで作製可能であることが明らかになった。こ

の結果は、将来的な実用化の観点からも重要な知見である。加えて、光電子分光測定による電子状態評価より第一原理計算を支持する結果が得られた。このことは、第一原理計算で予測されたディラック電子特有のバンド構造が形成されている可能性を示唆するものである。ディラック電子特有のバンド構造の直接観測に向けて、角度分解光電子分光測定の実際が不可欠であり、さらなる表面清浄化技術、超高真空搬送技術の確立などが今後の課題となる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Aiura Yoshihiro, Ozawa Kenichi, Mase Kazuhiko, Minohara Makoto, Suzuki Satoshi	4. 巻 27
2. 論文標題 Development of a high-precision XYZ translator and estimation of beam profile of the vacuum ultraviolet and soft X-ray undulator beamline BL-13B at the Photon Factory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 923 ~ 933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577520006712	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 Yamamoto Chihiro, He Xinyi, Katase Takayoshi, Ide Keisuke, Goto Yosuke, Mizuguchi Yoshikazu, Samizo Akane, Minohara Makoto, Ueda Shigenori, Hiramatsu Hidenori, Hosono Hideo, Kamiya Toshio	4. 巻 31
2. 論文標題 Double Charge Polarity Switching in Sb Doped SnSe with Switchable Substitution Sites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2008092 ~ 2008092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202008092	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 Akane Samizo, Makoto Minohara, Naoto Kikuchi, Kyoko K. Bando, Yoshihiro Aiura, Ko Mibu, Keishi Nishio	4. 巻 2012
2. 論文標題 Site-Selective Oxygen Vacancy Formation Derived from the Characteristic Crystal Structures of in Sn-Nb complex Oxides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 12921
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kohei Yamamoto, Tomoyuki Tsuyama, Suguru Ito, Kou Takubo, Iwao Matsuda, Niko Pontius, Christian SchBler-Langeheine, Makoto Minohara, Hiroshi Kumigashira, Yuichi Yamasaki, Hironori Nakao, Youichi Murakami, Takayoshi Katase, Toshio Kamiya, Hiroki Wadati	4. 巻 2103
2. 論文標題 Photoinduced Transient States of Antiferromagnetic Orderings in La <sub>1/3</sub> Sr <sub>2/3</sub> FeO <sub>3</sub> and SrFeO <sub>3</sub> Thin Films Observed through Time-resolved Resonant Soft X-ray Scattering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 16038
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Minohara Makoto, Samizo Akane, Kikuchi Naoto, Bando Kyoko K., Yoshida Yoshiyuki, Aiura Yoshihiro	4. 巻 124
2. 論文標題 Tailoring the Hole Mobility in SnO Films by Modulating the Growth Thermodynamics and Kinetics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 1755 ~ 1760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b11616	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 Minohara Makoto, Kikuchi Naoto, Yoshida Yoshiyuki, Kumigashira Hiroshi, Aiura Yoshihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Improvement of the hole mobility of SnO epitaxial films grown by pulsed laser deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 6332 ~ 6336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9TC01297D	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 Kitamura Miho, Kobayashi Masaki, Sakai Enju, Minohara Makoto, Yukawa Ryu, Shiga Daisuke, Amemiya Kenta, Nonaka Yosuke, Shibata Goro, Fujimori Atsushi, Fujioka Hiroshi, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi	4. 巻 100
2. 論文標題 Relationship between charge redistribution and ferromagnetism at the heterointerface between the perovskite oxides LaNiO <sub>3</sub> and LaMnO <sub>3</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245132 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.100.245132	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 Aiura Yoshihiro, Ozawa Kenichi, Tezuka Yasuhisa, Minohara Makoto, Samizo Akane, Bando Kyoko, Kumigashira Hiroshi, Mase Kazuhiko	4. 巻 21
2. 論文標題 In-gap state generated by La-on-Sr substitutional defects within the bulk of SrTiO <sub>3</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 14646 ~ 14653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP02307K	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 Otsuki Daiki, Koderu Kenjiro, Shimonaka Daiya, Arita Masashi, Namatame Hirofumi, Taniguchi Masaki, Minohara Makoto, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Ikenaga Eiji, Yasui Akira, Uchimoto Yoshiharu, Toyoda Satoshi, Morita Masahito, Fukuda Katsutoshi, Yoshida Teppei	4. 巻 10
2. 論文標題 Thickness-induced metal to insulator transition in Ru nanosheets probed by photoemission spectroscopy: Effects of disorder and Coulomb interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1541 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-58057-9	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 Minohara Makoto, Yukawa Ryu, Kitamura Miho, Kumai Reiji, Murakami Youichi, Kumigashira Hiroshi	4. 巻 500
2. 論文標題 Growth of antiperovskite oxide Ca <sub>3</sub> SnO films by pulsed laser deposition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 33 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2018.08.014	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 Yukawa R., Minohara M., Shiga D., Kitamura M., Mitsuhashi T., Kobayashi M., Horiba K., Kumigashira H.	4. 巻 97
2. 論文標題 Control of two-dimensional electronic states at anatase TiO <sub>2</sub> (001) surface by K adsorption	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.165428	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 Chikamatsu Akira, Kurauchi Yuji, Kawahara Keisuke, Onozuka Tomoya, Minohara Makoto, Kumigashira Hiroshi, Ikenaga Eiji, Hasegawa Tetsuya	4. 巻 97
2. 論文標題 Spectroscopic and theoretical investigation of the electronic states of layered perovskite oxyfluoride Sr <sub>2</sub> RuO <sub>3</sub> F <sub>2</sub> thin films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.235101	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 Yajima T., Minohara M., Bell C., Hwang H. Y., Hikita Y.	4. 巻 113
2. 論文標題 Inhomogeneous barrier heights at dipole-controlled SrRuO <sub>3</sub> /Nb:SrTiO <sub>3</sub> Schottky junctions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 221603 ~ 221603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5052712	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 該当する

1. 著者名 Shiga D., Minohara M., Kitamura M., Yukawa R., Horiba K., Kumigashira H.	4. 巻 99
2. 論文標題 Emergence of metallic monoclinic states of VO <sub>2</sub> films induced by K deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 125120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.125120	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42件(うち招待講演 1件/うち国際学会 14件)

1. 発表者名 土橋 優香、三溝 朱音、佃 康平、西尾 圭史、菊地 直人、簀原 誠人、組頭 広志
2. 発表標題 八面体中の欠陥構造を利用した $\delta$ -SnWO <sub>4</sub> のp型伝導性の発現
3. 学会等名 第36回 日本セラミックス協会関東支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佃 康平、三溝 朱音、土橋 優香、西尾 圭史、菊地 直人、簀原 誠人
2. 発表標題 In <sub>3</sub> +添加Bi <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> におけるサイト選択的な酸素欠損生成
3. 学会等名 第36回 日本セラミックス協会関東支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佃 康平、菊地 直人、簗原 誠人、三溝 朱音、土橋 優香、西尾 圭史
2. 発表標題 EXAFSを用いたIn <sub>3</sub> +添加Bi <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> の局所構造解析
3. 学会等名 第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佃 康平、菊地 直人、簗原 誠人、三溝 朱音、土橋 優香、西尾 圭史
2. 発表標題 In <sub>3</sub> +添加Bi <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> の作製とサイト選択的な酸素欠陥生成
3. 学会等名 S A Tテクノロジー・ショーケース 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土橋 優香、菊地 直人、三溝 朱音、簗原 誠人、佃 康平、組頭 広志、西尾 圭史
2. 発表標題 特徴的な部分構造を利用したa-SnWO <sub>4</sub> のp型伝導性の発現と正孔の起源
3. 学会等名 S A Tテクノロジー・ショーケース 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土橋 優香、菊地 直人、簗原 誠人、三溝 朱音、西尾 圭史
2. 発表標題 酸素雰囲気アニールによるp型 -SnWO <sub>4</sub> のキャリア濃度向上
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三溝 朱音、菊地 直人、簀原 誠人、阪東恭子、壬生攻、西尾 圭史
2. 発表標題 p型半導体スズニオブ酸化物におけるスズ周辺の酸素欠陥生成
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 湯川龍、簀原誠人、志賀大亮、北村未歩、三橋太一、小林正起、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 アナターゼ型TiO <sub>2</sub> 薄膜の作製とアルカリ金属吸着による表面の2次元電子状態制御
3. 学会等名 2020年度 関西薄膜・表面物理セミナー
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 簀原 誠人、菊地 直人、吉田 良行、組頭 広志、相浦 義弘
2. 発表標題 Improvement of the hole mobility of SnO epitaxial films grown by pulsed laser deposition
3. 学会等名 26th International Workshop on Oxide Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 簀原 誠人、三溝 朱音、菊地 直人、阪東 恭子、吉田 良行、相浦 義弘
2. 発表標題 Tailoring the hole mobility in SnO films by modulating the growth thermodynamics and kinetics
3. 学会等名 The 3rd Workshop on Functional Materials Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村 未歩、小林 正起、籾原 誠人、坂井 延寿、藤岡 洋、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Mechanism of charge transfer phenomena in perovskite-oxide interfaces
3. 学会等名 VUVX19 Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芝田 悟朗、北村 未歩、籾原 誠人、吉松 公平、門野 利治、石上 啓介、原野 貴幸、Yukio Takahashi、Shoya Sakamoto、野中 洋亮、池田 啓祐、Zendong Chi、古瀬 充穂、淵野 修一郎、岡野 眞、J.-i. Fujihira、A. Uchida、K. Watanabe、H. Fujihira、S. Fujihira、A. Tanaka、組頭 広志、T. Koide、藤森 淳
2. 発表標題 Magnetic and Orbital Anisotropies in La <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> MnO <sub>3</sub> Thin Films Studied by Angle-dependent X-ray Magnetic Circular and Linear Dichroism
3. 学会等名 VUVX19 Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志賀 大亮、籾原 誠人、北村 未歩、湯川 龍、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Emergence of Metallic Monoclinic States of VO <sub>2</sub> Films Induced by K Deposition
3. 学会等名 VUVX19 Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村 未歩、小林 正起、籾原 誠人、坂井 延寿、藤岡 洋、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Mechanism of charge transfer phenomena in perovskite-oxide interfaces
3. 学会等名 26th International Workshop on Oxide Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯川 龍、義原 誠人、志賀 大亮、北村 未歩、三橋 太一、小林 正起、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Control of two-dimensional electron liquid states at anatase-TiO <sub>2</sub> (001) surface by H-adsorption
3. 学会等名 26th International Workshop on Oxide Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志賀 大亮、義原 誠人、北村 未歩、湯川 龍、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Emergence of Metallic Monoclinic States of VO <sub>2</sub> Films Induced by K Deposition
3. 学会等名 26th International Workshop on Oxide Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 義原 誠人、菊地 直人、吉田 良行、組頭 広志、相浦 義弘
2. 発表標題 パルスレーザー堆積法で作製したSnO <sub>2</sub> 薄膜における正孔移動度の向上
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 義原 誠人、三溝 朱音、菊地 直人、阪東 恭子、吉田 良行、相浦 義弘
2. 発表標題 熱力学・動力学的条件制御に基づくSnO <sub>2</sub> 薄膜の移動度制御
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 正俊、樋口 雄飛、片瀬 貴義、簀原 誠人、麻生 亮太郎、吉田 秀人、井出 啓介、平松 秀典、上田 茂典、組頭 広志、細野 秀雄、神谷 利夫
2. 発表標題 モット絶縁体LaNiO <sub>3</sub> 超薄膜に発現する巨大フォノンドラッグ熱電効果
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三溝 朱音、菊地 直人、簀原 誠人、阪東 恭子、相浦 義弘、西尾圭史
2. 発表標題 p型三元系Sn <sub>2</sub> +酸化物における正孔生成と酸素欠陥生成による電荷補償
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土橋 優香、三溝 朱音、菊地 直人、簀原 誠人、相浦 義弘、西尾圭史
2. 発表標題 -SnWO <sub>4</sub> における正孔生成とp型伝導の発現
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村 未歩、小林 正起、簀原 誠人、坂井 延寿、湯川 龍、藤岡 洋、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 ペロブスカイト酸化物ヘテロ界面における電荷移動の発現機構
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地 直人、相浦 義弘、簀原 誠人、三溝 朱音、永田 晋哉、西尾圭史
2. 発表標題 Sn <sub>2</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> におけるSn <sup>4+</sup> 量によるp型伝導性制御の試み
3. 学会等名 日本セラミクス協会2020年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三溝 朱音、西尾圭史、菊地 直人、簀原 誠人、阪東 恭子、相浦 義弘
2. 発表標題 Sn <sub>2</sub> +系パイロクロアSn <sub>2</sub> M <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (M=Nb, Ta)におけるSn周辺の不規則構造評価
3. 学会等名 日本セラミクス協会2020年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村 未歩、堀場 弘司、小林 正起、坂井 延寿、簀原 誠人、湯川 龍、志賀 大亮、雨宮 健太、T.Nagai、野中 洋亮、芝田 悟朗、藤森 淳、藤岡 洋、組頭 広志
2. 発表標題 Origin of interfacial ferromagnetism between perovskite transition-metal oxides LaNiO <sub>3</sub> and LaMnO <sub>3</sub>
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北村 未歩、堀場 弘司、簀原 誠人、湯川 龍、志賀 大亮、豊島 章雄、田中 宏和、永谷 康子、小菅 隆、雨宮 健太、組頭 広志
2. 発表標題 Present Status of wide-energy-range VUV-SX beamline BL-2 MUSASHI at KEK-PF
3. 学会等名 Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北村 未歩、堀場 弘司、小林 正起、坂井 延寿、籾原 誠人、湯川 龍、志賀 大亮、雨宮 健太、野中 洋亮、芝田 悟朗、藤森 淳、藤岡 洋、組頭 広志
2. 発表標題 Origin of interfacial ferromagnetism between perovskite oxides LaNiO <sub>3</sub> and LaMnO <sub>3</sub>
3. 学会等名 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀場 弘司、北村 未歩、籾原 誠人、湯川 龍、志賀 大亮、豊島 章雄、田中 宏和、永谷 康子、小菅 隆、雨宮 健太、組頭 広志
2. 発表標題 Wide-energy-range synchrotron beamline for spectroscopic analysis of surface and interface, BL-2 MUSASHI
3. 学会等名 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 志賀 大亮、籾原 誠人、北村 未歩、湯川 龍、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Control of the Metal-Insulator Transition in VO <sub>2</sub> Thin Films by K Deposition
3. 学会等名 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯川 龍、籾原 誠人、志賀 大亮、北村 未歩、三橋 太一、小林 正起、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 In situ angle-resolved photoemission studies of the quasi-two-dimensional electron liquid states formed at anatase TiO <sub>2</sub> (001) surface by K adsorption
3. 学会等名 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 北村 未歩、小林 正起、坂井 延寿、簀原 誠人、湯川 龍、志賀 大亮、雨宮 健太、野中 洋亮、芝田 悟朗、藤森 淳、藤岡 洋、組頭 広志
2. 発表標題 Origin of interfacial ferromagnetism between perovskite oxides LaNiO <sub>3</sub> and LaMnO <sub>3</sub> studied by synchrotron-radiation spectroscopy
3. 学会等名 Congress of Smart Materials-2019(W-C-S-M-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 簀原 誠人、北村 未歩、和達 大樹、中尾 裕則、熊井 玲児、村上 洋一、組頭 広志
2. 発表標題 面方位制御La <sub>1/3</sub> Sr <sub>2/3</sub> FeO <sub>3</sub> 薄膜における電荷不均化の膜厚依存性
3. 学会等名 第14回固体イオニクスセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 簀原 誠人、北村 未歩、和達 大樹、中尾 裕則、熊井 玲児、村上 洋一、組頭 広志
2. 発表標題 面方位制御La <sub>1/3</sub> Sr <sub>2/3</sub> FeO <sub>3</sub> 薄膜における電荷不均化の膜厚依存性
3. 学会等名 強制的秩序とその操作に関わる第7回研究会－若手夏の学校－
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 並木 航、高柳真、土屋敬志、簀原 誠人、堀場 弘司、組頭 広志、樋口透
2. 発表標題 Nd <sub>0.6</sub> Sr <sub>0.4</sub> FeO <sub>3</sub> - の薄膜化による電気特性・電子構造変化
3. 学会等名 第14回固体イオニクスセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北村 未歩、小林 正起、坂井 延寿、義原 誠人、湯川 龍、志賀 大亮、雨宮 健太、野中 洋亮、芝田 悟朗、藤森 淳、藤岡 洋、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 ペロブスカイト型遷移金属酸化物LaNiO <sub>3</sub> /LaMnO <sub>3</sub> ヘテロ構造における界面強磁性の起源
3. 学会等名 第10回放射光学会若手研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 穴田 壮人、藤井 宏昌、義原 誠人、Christopher Bell、疋田 育之、Harold. Y. Hwang、若林 裕助
2. 発表標題 表面X線回折の差分測定による表面微小変位の定量観測法
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金井大輔、高柳亮平、中村拓海、大川万里生、小林義彦、小林 正起、義原 誠人、堀場 弘司、組頭 広志、小野寛太、Eike F. Schwier、島田賢也、齋藤智彦
2. 発表標題 共鳴光電子分光法によるPr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> の電子構造の研究II
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯川 龍、義原 誠人、志賀 大亮、北村 未歩、三橋 太一、小林 正起、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 K吸着によるAnatase TiO <sub>2</sub> (001)表面の2次元電子状態制御
3. 学会等名 表面・界面スペクトロスコーピー研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北村 未歩、小林 正起、簀原 誠人、坂井 延寿、湯川 龍、藤岡 洋、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 ペロブスカイト型遷移金属酸化物ヘテロ界面における電荷移動の発現機構
3. 学会等名 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯川 龍、簀原 誠人、志賀 大亮、北村 未歩、小林 正起、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 アナターゼ型TiO <sub>2</sub> の表面水素修飾2次元金属状態
3. 学会等名 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志賀 大亮、簀原 誠人、北村 未歩、湯川 龍、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 K 蒸着したVO <sub>2</sub> 薄膜における単斜晶系金属相の出現
3. 学会等名 第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯川 龍、簀原 誠人、志賀 大亮、北村 未歩、三橋 太一、小林 正起、堀場 弘司、組頭 広志
2. 発表標題 Anatase TiO <sub>2</sub> (001)表面の2次元電子状態制御
3. 学会等名 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------