

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：82118

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17470

研究課題名(和文) 界面エンジニアリングによる二酸化チタン薄膜の表面電子状態制御法の確立

研究課題名(英文) Control of surface electronic states for anatase TiO₂ thin film by interface engineering

研究代表者

箕原 誠人 (Minohara, Makoto)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特別助教

研究者番号：70728633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：酸化物半導体における表面電子状態の精密制御は、表面の機能を利用したガスセンサなどの電子デバイス、および触媒の機能を向上させる上で必要不可欠な技術である。本研究では、電荷不連続性の精密制御(界面エンジニアリング)を行った酸化物薄膜の表面電子状態の制御手法を確立することを目的とした。

界面構造を制御したLaFeO₃薄膜/SrTiO₃基板ヘテロ構造において、界面の終端構造の違いによって、LaFeO₃薄膜の電子状態が大きく変化したことを見出した。このことは、界面構造制御による表面電子状態制御ができていることを意味している。

研究成果の概要(英文)：We have investigated the electronic structure of polar/nonpolar oxide heterointerfaces between (001)-oriented LaFeO₃ film and Nb:SrTiO₃ substrate with different interfacial termination layer using x-ray photoemission spectroscopy. A certain built-in potential forms in Nb:SrTiO₃ substrate for the LaFeO₃/SrO-Nb:SrTiO₃, while almost flat band is maintained even after the LaFeO₃ deposition for the LaFeO₃/TiO₂-Nb:SrTiO₃. Since the estimated charge in the depletion layer is not sufficient to solve the polarity mismatch, the electronic reconstruction are presumably occurred in both sides of the LaFeO₃ film and the Nb:SrTiO₃ substrate. Moreover, the valence band spectra of thick LaFeO₃ films rigidly shifts -0.4 eV by changing the interfacial termination layer. This result indicates the different internal potential formation in LaFeO₃ film depending on the interfacial polarity, supporting the abovementioned interpretation on the possible electric reconstruction in LaFeO₃ layer.

研究分野：酸化物エレクトロニクス

キーワード：酸化物表面・界面

1. 研究開始当初の背景

酸化物半導体は、電子ドーピングによって絶縁体から金属、さらには超伝導特性といった多彩な機能を示す[1]。近年、新たな電子ドーピング手法として極性/無極性酸化物界面に生じる電荷不連続性が注目されている。これは、界面数層への局所的な電子ドーピングを可能にし、高移動度トランジスタや新奇量子状態発現の舞台として期待される手法である[2,3]。

応募者はこれまで、電子デバイスや触媒への応用が期待されるアナターゼ型二酸化チタン (TiO_2) に着目し、極性酸化物であるアルミン酸ランタン (LaAlO_3) 基板との界面の電荷不連続性に基づく電子ドーピングに取り組んだ。図 1 a, b に示すように、界面終端構造がわずかに 1 原子層異なる二つのヘテロ構造 ($\text{TiO}_2/\text{AlO}_2\text{-LaAlO}_3$ あるいは $\text{TiO}_2/\text{LaO-LaAlO}_3$) の作り分けにより、 TiO_2 薄膜への電子ドーピングを実現した。さらに応募者は、このようにして電子ドーピングした TiO_2 薄膜の電子デバイスとしての有用性を検証すべく、ショットキー接合を作製しその評価を行った。その結果、 TiO_2 薄膜と LaAlO_3 基板との界面終端構造の違いにより、整流特性が大きく変化する結果を得た。このことは、界面構造制御による TiO_2 薄膜の表面電子状態変化を示唆している (図 1 c, d)。しかしながら、これまで界面構造と表面電子状態との関係性に着目した研究例はなく、実際に表面で何が起きているのか、未だ明確な知見は得られていない。

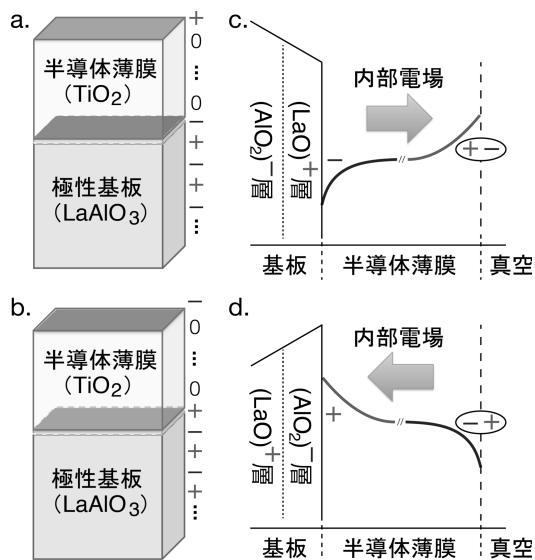


図 1 本研究で取り扱う試料構造の概略図 (a, b) および半導体薄膜内部で期待される電荷分布 (c, d)。

2. 研究の目的

そのような研究背景およびこれまでの研究成果をもとに、本研究では「表面電子状態に対する界面終端構造状態の影響」について

明らかにすることを目的とする。そのため、界面構造制御を行った $\text{TiO}_2/\text{LaAlO}_3$ ヘテロ構造を作製し、その TiO_2 薄膜の電子状態変化に関する研究を行う。

3. 研究の方法

本研究では、レーザー分子線エピタキシー (MBE) 法を駆使して原子レベルで界面構造を制御した $\text{TiO}_2/\text{LaAlO}_3$ ヘテロ構造を作製し、その上部 TiO_2 薄膜の電子状態の変化をその場光電子分光測定により直接観測する。これにより、界面エンジニアリングによる電子状態制御法を確立する。具体的には、緻密な界面構造制御によって界面極性の方向を制御した試料を作製し、内殻光電子分光測定および仕事関数測定を行うことで、電子状態変化に対する電子再構成と原子再構成の寄与を実験的に特定し、表面電子状態の制御性について明らかにする。

4. 研究成果

初年度では、界面構造を制御した TiO_2 薄膜/ LaAlO_3 基板ヘテロ構造を作製し、 TiO_2 薄膜の表面電子状態および内部電場について光電子分光測定を用いて詳細に調べることに取り組んだ。しかしながら、ワイドバンドギャップである LaAlO_3 基板は絶縁性が高く、光電子分光測定が困難であることがわかった。そこで研究対象を見直し、同様の酸化物半導体である LaFeO_3 薄膜の電子状態制御に取り組んだ。

図 2 に終端面制御した LaFeO_3 (5 u.c.) / Nb:SrTiO_3 ($\text{LaFeO}_3/\text{TiO}_2\text{-Nb:SrTiO}_3$ と $\text{LaFeO}_3/\text{SrO-Nb:SrTiO}_3$) ヘテロ構造、および参照用としての Nb:SrTiO_3 基板の $\text{Ti } 2p$ 内殻準位スペクトルを示す。基板のエネルギー位置と比較すると、 TiO_2 終端界面では両者あまり違いが見られない一方で、 SrO 終端界面では空乏層形成によるものと考えられる低結合エネルギー側への明確なシフトが観測されている。さらに、価電子帯スペクトルの結果 (図 2 b) においては、終端面を TiO_2 から SrO に変えることで、 LaFeO_3 薄膜の価電子帯スペクトルがその形状を保ったまま高結合エネルギー側に約 0.4 eV 程度リジッドにシフトしている。このことは、界面終端面の違いによる LaFeO_3 薄膜の内部電場反転を反映していると考えられる。

以上の結果は、本研究で提案した、薄膜と基板の界面構造の制御による内部電場制御を実証したものであり、ほかの酸化物半導体材料における物性・機能制御の手法として適応可能である基盤技術になると期待される。

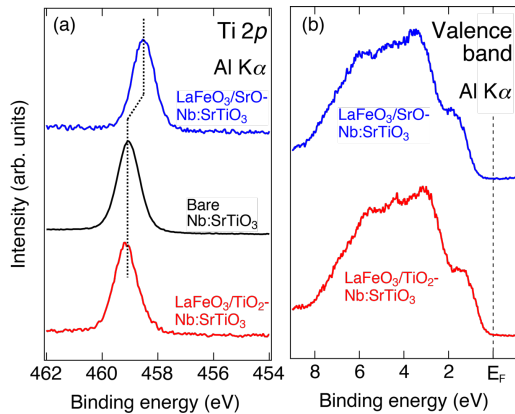


図2 (a) Ti 2p 内殻準位、(b) 価電子帯光電子スペクトル。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 33 件)

1. B. S. Y. Kim, M. Minohara, Y. Hikita, C. Bell, and H. Y. Hwang
"Atomically-engineered epitaxial anatase TiO₂ metal-semiconductor field-effect transistors"
Appl. Phys. Lett. **112**, 133506 (2018).
2. K. Yamamoto, Y. Hirata, M. Horio, Y. Yokoyama, K. Takubo, M. Minohara, H. Kumigashira, Y. Yamasaki, H. Nakao, Y. Murakami, A. Fujimori, and H. Wadati
"Thickness dependence and dimensionality effects of charge and magnetic ordering in La_{1/3}Sr_{2/3}FeO₃ thin films"
Phys. Rev. B **97**, 075134 (2018).
arXiv:1703.09995 (2017).
3. R. Yukawa, M. Minohara, D. Shiga, M. Kitamura, T. Mitsuhashi, M. Kobayashi, K. Horiba, and H. Kumigashira
"Control of two-dimensional electronic states at anatase TiO₂ (001) surface by K adsorption"
Phys. Rev. B (2018) in press.
4. M. Takayanagi, T. Tsuchiya, W. Namiki, S. Ueda, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Terabe, and T. Higuchi
"Unexpected Metal-Insulator Transition in Thick Ca_{1-x}Sr_xVO₃ Film on SrTiO₃ (100) Single Crystal"
Appl. Phys. Lett. **112**, 133106 (2018).
5. M. Minohara, R. Yukawa, M. Kitamura, R. Kumai, Y. Murakami, and H. Kumigashira
"Growth of Antiperovskite Oxide Ca₃SnO Films by Pulsed Laser Deposition"
Submitted (2017).
arXiv:1710.03406 (2017).
6. M. Minohara, Y. Hikita, C. Bell, H. Inoue, M. Hosoda, H. K. Sato, H. Kumigashira, M. Oshima, E. Ikenaga, and H. Y. Hwang
"Dielectric collapse at the LaAlO₃/SrTiO₃ (001) heterointerface under applied electric field"
Sci. Rep. **7**, 9516 (2017).
arXiv:1403.5594 (2014).
7. T. Katayama, A. Chikamatsu, Y. Hirose, M. Minohara, H. Kumigashira, I. Harayama, D. Sekiba, and T. Hasegawa
"Ferromagnetism with strong magnetocrystalline anisotropy in A-site ordered perovskite YBaCo₂O₆ epitaxial thin film prepared via wet-chemical topotactic oxidation"
J. Mater. Chem. C **6**, 3445 (2018).
8. M. Takayanagi, T. Tsuchiya, K. Kawamura, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira, and T. Higuchi
"Thickness-dependent Surface Proton Conduction in (111) Oriented Yttria-stabilized Zirconia Thin Film"
Solid State Ion. **311**, 46 (2017).
9. G. Shibata, M. Kitamura, M. Minohara, K. Yoshimatsu, T. Kadono, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J.-i. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, A. Tanaka, H. Kumigashira, T. Koide, A. Fujimori
"Anisotropic spin-density distribution and magnetic anisotropy of strained thin films: Angle-dependent x-ray magnetic circular dichroism"
npj Quant. Mater. **3**, 3 (2017).
arXiv:1706.05183 (2017).
10. M. Kobayashi, K. Yoshimatsu, T. Mitsuhashi, M. Kitamura, E. Sakai, R. Yukawa, M. Minohara, A. Fujimori, K. Horiba, and H. Kumigashira
"Emergence of Quantum Critical Behavior in Metallic Quantum-Well States of Strongly Correlated Oxides"
Sci. Rep. **7**, 16621 (2017).
arXiv:1706.02433 (2017).
11. W. Namiki, T. Tsuchiya, M. Takayanagi, S. Furuichi, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Higuchi
"Electron Conduction of Nd_{0.6}Sr_{0.4}FeO_{3-d} Thin Film with Oxygen

- Vacancies Prepared by RF Magnetron Sputtering"
J. Phys. Soc. Jpn. 86, 074704 (2017).
12. M. Ochi, N. Namiki, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira and T. Higuchi
"Oxide Ion Conduction of $\text{BaCe}_{0.80}\text{Zr}_{0.10}\text{Y}_{0.10}\text{O}_{3-d}$ Thin Film with Oxygen Vacancies"
Trans. Mater. Res. Soc. Japan **42**, 97 (2017).
 13. T. Higuchi, S. Furuichi, W. Namiki, M. Takayanagi, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira, and T. Tsuchiya
"Hole-Proton Mixed Conduction of Perovskite-Oxide Thin Film with Oxygen Vacancies and Lattice Distortion for SOFC Electrode"
ECS Transactions **78**, 1973 (2017).
 14. M. Takayanagi, T. Tsuchiya, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, and T. Higuchi
"Surface Electronic Structure of Proton-doped YSZ Thin Film by Soft-X-ray Photoemission Spectroscopy"
Trans. Mater. Res. Soc. Japan **42**, 61 (2017)
 15. T. Onozuka, A. Chikamatsu, T. Katayama, Y. Hirose, I. Harayama, D. Sekibe, E. Ikenaga, M. Minohara, H. Kumigashira, and T. Hasegawa
"Reversible Changes in Resistance of Perovskite Nickelate NdNiO_3 Thin Films Induced by Fluorine Substitution"
ACS Appl. Mater. Int. **9**, 10882 (2017).
 16. T. Wakita, K. Terashima, T. Hamada, H. Fujiwara, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, G. Kutluk, M. Nagao, S. Watauchi, I. Tanaka, S. Demura, H. Okazaki, Y. Takano, Y. Mizuguchi, O. Miura, K. Okada, Y. Muraoka, and T. Yokoya
"Ce $4f$ electronic states of $\text{CeO}_{1-x}\text{F}_x\text{BiS}_2$ studied by soft X-ray photoemission"
Phys. Rev. B **95**, 085109 (2017).
 17. S. Furuichi, T. Tsuchiya, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira and T. Higuchi
"Structural and Electrical Properties of BaPrO_{3-d} Thin Film with Oxygen Vacancies"
Trans. Mater. Res. Soc. Japan **42**, 15 (2017).
 18. S. Furuichi, T. Tsuchiya, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, and T. Higuchi
"Ion Conduction of BaPrO_{3-d} Thin Film with Mixed Valence State for SOFC Anode Electrode"
ECS Trans. **75**, 99 (2017).
 19. W. Namiki, T. Tsuchiya, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira and T. Higuchi
"Electron-Ion Mixed Conduction of $\text{Nd}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{FeO}_3$ Cathode Electrode Thin Film for Solid Oxide Fuel Cell"
ECS Trans. **75**, 83 (2017).
 20. M. Takayanagi, T. Tsuchiya, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira and T. Higuchi
"Proton Conduction on YSZ Electrolyte Thin Films Prepared by RF Magnetron Sputtering"
ECS Trans. **75**, 115 (2017).
 21. T. Tsuchiya, K. Kawamura, W. Namiki, S. Furuichi, M. Takayanagi, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Terabe, T. Higuchi
"Resonant Photoemission and X-ray Absorption Spectroscopies of Lithiated Magnetite Thin Film"
Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 04CK01 (2017).
 22. Y. Kobayashi, T. Koike, M. Okawa, R. Takayanagi, S. Takei, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira, A. Yasui, E. Ikenaga, T. Santo, and K. Asai
"Ce Core-Level Spectroscopy, and Magnetic and Electrical Transport Properties of Lightly Ce-Doped YCoO_3 "
J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 114704 (2016).
 23. F. Gunkel, C. Bell, H. Inoue, B. J. Kim, A. G. Swartz, T. Merz, Y. Hikita, S. Harashima, H. K. Sato, M. Minohara, S. Hoffmann-Eifert, R. Dittmann, and H. Y. Hwang
"Defect Control of Conventional and Anomalous Electron Transport at Complex Oxide Interfaces"
Phys. Rev. X **6**, 031035 (2016).
 24. T. Mitsuhashi, M. Minohara, R. Yukawa, M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, and H. Kumigashira
"Influence of k_{\perp} -broadening on ARPES spectra of the (110) and (001) surfaces of SrVO_3 films"
Phys. Rev. B **94**, 125148 (2016).

25. T. Katayama, A. Chikamatsu, K. Yamada, K. Shigematsu, T. Onozuka, M. Minohara, H. Kumigashira, E. Ikenaga, T. Hasegawa
"Epitaxial growth and electronic structure of oxyhydride SrVO₂H thin films"
J. Appl. Phys. **120**, 085305 (2016).
26. M. Minohara, M. Kitamura, H. Wadati, H. Nakao, R. Kumai, Y. Murakami, and H. Kumigashira
"Thickness-dependent physical properties of La_{1/3}Sr_{2/3}FeO₃ thin films grown on SrTiO₃ (001) and (111) substrates"
J. Appl. Phys. **120**, 025303 (2016).
27. M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, E. Sakai, M. Minohara, T. Mitsushashi, A. Fujimori, T. Nagai, H. Fujioka, and H. Kumigashira
"Spatial distribution of transferred charges across the heterointerface between perovskite transition metal oxides LaNiO₃ and LaMnO₃"
Appl. Phys. Lett. **108**, 111603 (2016).
28. K. Horiba, M. Kitamura, K. Yoshimatsu, M. Minohara, E. Sakai, M. Kobayashi, A. Fujimori, and H. Kumigashira
"Isotropic Kink and Quasiparticle Excitations in the Three-Dimensional Perovskite Manganite La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃"
Phys. Rev. Lett. **116**, 076401 (2016).
arXiv:1504.07808 (2015).
4. "Thickness Dependent Physical Properties of La_{1/3}Sr_{2/3}FeO₃ Thin Films Grown on SrTiO₃ (001) and (111) Substrates", M. Minohara, M. Kitamura, H. Wadati, H. Nakao, R. Kumai, Y. Murakami, and H. Kumigashira, 23rd International Workshop in Oxide Electronics, Nanjing (China), Oct 2016
5. "Construction of wide-energy-range VUV-SX beamline BL-2 MUSASHI at KEK-PF", K. Horiba, M. Minohara, T. Mitsushashi, K. Amemiya, A. Yagishita, Y. Kitajima, A. Toyoshima, H. Tanaka, T. Kikuchi, T. Mori, Y. Saito, K. Nigorikawa, Y. Nagatani, T. Kosuge, and H. Kumigashira, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), Zurich (Switzerland), Jul 2016
6. "In situ angle-resolved photoemission study on K-adsorbed anatase TiO₂ (001) surfaces", R. Yukawa, M. Minohara, T. Mitsushashi, M. Kitamura, M. Kobayashi, K. Horiba, and H. Kumigashira, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), Zurich (Switzerland), Jul 2016
7. "Charge transfer phenomena across the heterointerface between perovskite oxides LaNiO₃ and LaMnO₃", M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, E. Sakai, M. Minohara, T. Mitsushashi, A. Fujimori, T. Nagai, H. Fujioka, and H. Kumigashira, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), Zurich (Switzerland), Jul 2016
8. "Influence of the "k₁-broadening" on ARPES spectra of the (110) surface of SrVO₃ thin films", T. Mitsushashi, M. Minohara, R. Yukawa, M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, and H. Kumigashira, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), Zurich (Switzerland), Jul 2016
9. "Isotropic kink in La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ thin films studied by in situ angle-resolved photoemission spectroscopy", K. Horiba, M. Kitamura, K. Yoshimatsu, M. Minohara, E. Sakai, M. Kobayashi, A. Fujimori, and H. Kumigashira, 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2016), Zurich (Switzerland), Jul 2016
10. "Atomically Engineered Metal-Insulator Transition at the TiO₂/LaAlO₃ Heterointerface", M. Minohara, Energy Materials and Nanotechnology 3CG 2015, Hong Kong (China), invited, Dec 2015
11. "Electrical and Structural Properties of BaCe_{0.85}Ru_{0.05}Y_{0.10}O_{3-δ} Thin Film Prepared by RF Magnetron Sputtering", M. Ochi, N. Suzuki, T. Suetsugu, S. Yamaguchi, T. Tsuchiya, M. Minohara, H. Kumigashira and T. Higuchi, MNC2015, Toyama International Conference Center, Nov 2015
12. "Metal-Insulator Transition of VO₂ Thin

他 5 件

〔学会発表〕 (計 66 件)

〔国際学会〕

1. "Growth of antiperovskite-type oxide Ca₃SnO thin films by pulsed laser deposition", M. Minohara, R. Yukawa, M. Kitamura, R. Kumai, Y. Murakami, and H. Kumigashira, 24th International Workshop in Oxide Electronics, Chicago, IL (USA), Oct 2017
2. "Two-dimensional electron liquid states at the K-adsorbed anatase-TiO₂ (001) surface", R. Yukawa, M. Minohara, D. Shiga, M. Kitamura, T. Mitsushashi, M. Kobayashi, K. Horiba, and H. Kumigashira, 24th International Workshop in Oxide Electronics, Chicago, IL (USA), Oct 2017
3. "Control of the metal-insulator transition in VO₂ thin films by K deposition", D. Shiga, M. Minohara, M. Kitamura, R. Yukawa, T. Mitsushashi, K. Horiba, and H. Kumigashira, 24th International Workshop in Oxide Electronics, Chicago, IL (USA), Oct 2017

- Film with Oxygen Vacancies”, T. Suetsugu, T. Tsuchiya, M. Kobayashi, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira and T. Higuchi, MNC2015, Toyama International Conference Center, Nov 2015
13. “Electrical and Structural Properties of Pt/TiO_{2-d}/Pt Thin Film Prepared by RF Magnetron Sputtering Using Oxygen Radical”, K. Kawamura, N. Suzuki, T. Tsuchiya, M. Minohara, H. Kumigashira and T. Higuchi, MNC2015, Toyama International Conference Center, Nov 2015
14. “Electronic Structure of α -Fe₂O₃ Thin Film with Lattice Distortion Prepared by RF Magnetron Sputtering”, K. Kawamura, N. Suzuki, S. Yamaguchi, M. Ochi, T. Tsuchiya, M. Minohara, M. Kobayashi, K. Horiba, H. Kumigashira and T. Higuchi, MNC2015, Toyama International Conference Center, Nov 2015
15. “Atomically Engineered Anatase TiO₂ Metal-Semiconductor Field-Effect Transistor”, B. S. Y. Kim, M. Minohara, Y. Hikita, C. Bell, and H. Y. Hwang, 22nd International Workshop on Oxide Electronics, Paris (France), Oct 2015
16. “Charge transfer at the heterointerface between perovskite oxides LaNiO₃ and LaMnO₃”, M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, E. Sakai, M. Minohara, T. Mitsushashi, A. Fujimori, H. Fujioka, and H. Kumigashira, 22nd International Workshop on Oxide Electronics, Paris (France), Oct 2015

【国内学会】

1. 「K蒸着によるVO₂薄膜の金属-絶縁体転移制御」, 志賀大亮、箕原誠人、北村未歩、湯川龍、三橋太一、堀場弘司、組頭広志, 応用物理学会春季学術講演会、東京、2018.3
2. 「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メカニズム」, 北村未歩、小林正起、箕原誠人、坂井延寿、藤岡洋、堀場弘司、組頭広志, 応用物理学会春季学術講演会、東京、2018.3
3. 「PLD法によるアンチペロブスカイト型酸化物Ca₃SnO薄膜の作製」, 箕原誠人、湯川龍、組頭広志, 第64回応用物理学会春季学術講演会、神奈川、2017.3
4. 「面方位制御La_{1/3}Sr_{2/3}FeO₃薄膜における電荷不均化の膜厚依存性」, 箕原誠人、北村未歩、和達大樹、中尾裕則、熊井玲児、村上洋一、組頭広志, 第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、兵庫、2017.1
5. 「面方位制御La_{1/3}Sr_{2/3}FeO₃薄膜における電荷不均化の膜厚依存性」, 箕原誠人、北村未歩、和達大樹、組頭広志, 第63回応用物理学会春季学術講演会、東京、2016.3
6. 「終端面制御したLaFeO₃/Nb:SrTiO₃ヘテロ接合界面の電子状態」, 箕原誠人、北村未歩、三橋太一、小林正起、堀場弘司、組頭広志, 第29回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、千葉、2016.1

7. 「終端面制御したLaFeO₃/Nb:SrTiO₃ヘテロ接合界面の電子状態」, 箕原誠人、北村未歩、三橋太一、小林正起、堀場弘司、組頭広志, 第76回応用物理学会秋季学術講演会、愛知、2015.9

他43件

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織
- (1) 研究代表者
箕原 誠人 (MINOHARA, Makoto)
 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特別助教
 研究者番号：70728633
- (2) 研究分担者 ()
 研究者番号：
- (3) 連携研究者 ()
 研究者番号：
- (4) 研究協力者 ()