

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04940

研究課題名(和文) 酸化物界面における強誘電性揺らぎによる超伝導特性への影響

研究課題名(英文) Effect of ferroelectric fluctuations on superconductivity at oxide interfaces

研究代表者

堀場 律子(江口律子)(Eguchi, Ritsuko)

岡山大学・異分野基礎科学研究所・助教

研究者番号：50415098

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：LaAlO₃/SrTiO₃界面における超伝導物性に強誘電性の揺らぎを導入するため、基板を量子常誘電体として知られるSrTiO₃から強誘電相転移を示すCaドーピングSrTiO₃に置き変えたLaAlO₃/CaxSr_{1-x}TiO₃を作製した。界面に発現する金属伝導や超伝導特性を調べた結果、常伝導状態の抵抗率の温度変化では強誘電相転移にともなう異常が観測され、さらに低温では超伝導転移が観測された。LaAlO₃/CaxSr_{1-x}TiO₃の超伝導転移温度(T_c)の最高値はLaAlO₃/SrTiO₃の系よりわずかに上昇する程度であったが、常伝導状態での伝導度に対するT_cの相図は異なることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

酸素欠損を持つバルクのCaxSr_{1-x}TiO_{3-d}は強誘電相転移を示しさらに低温では超伝導を示すことが報告された。この報告により強誘電性揺らぎの超伝導への影響が議論され、強誘電性揺らぎがT_cの上昇に効果的に働くのではないかと予想が理論的になされた。このようなシナリオは、銅酸化物や鉄系の高温超伝導体において、超伝導が反強磁性相近傍に出現するという事に類似している。このように様々な電子物性相において、一見悪影響を及ぼすと予想される電子物性相の相境界近傍で新奇な物性や機能が現れるということは物性研究において大変興味深いポイントであり、新たな機能を創出するプラットフォームとなり得ると期待される。

研究成果の概要(英文)：In order to introduce ferroelectric fluctuations into the superconducting properties at the LaAlO₃/SrTiO₃ interface, LaAlO₃/CaxSr_{1-x}TiO₃ was fabricated, in which the substrate was replaced SrTiO₃ known as a quantum paraelectric material with CaxSr_{1-x}TiO₃ showing a ferroelectric phase transition. The anomalies associated with the ferroelectric phase transition were observed in the temperature dependence of resistivity at the normal state, and then the superconducting transition was observed at a lower temperature. The maximum value of the superconducting transition temperature (T_c) was slightly higher than that of the LaAlO₃/SrTiO₃ interface system. It was clarified that the phase diagram of T_c with respect to the conductivity in the normal state was different from that of the LaAlO₃/SrTiO₃ interface system.

研究分野：固体物理学

キーワード：超伝導 酸化物界面 強誘電性

1. 研究開始当初の背景

バンド絶縁体である LaAlO_3 と SrTiO_3 を接合するとその接合界面で金属的な伝導が発現するという研究結果が 2004 年に報告された [1]。これは、ペロフスカイト型構造を持つ LaAlO_3 の LaO 面と SrTiO_3 の TiO_2 面の原子層が接合した時に起き、電荷が蓄積する領域が界面に存在することによって金属的伝導が発生する。界面金属伝導を示すためには LaAlO_3 の臨界面厚 (約 4 ユニットセル) があることなどから、単なる SrTiO_3 側の酸素欠損によるキャリアの発生ではないと考えられている [2]。さらに、この系は極低温 (数百 mK) で超伝導転移を示し [3]、それは電子蓄積された界面の SrTiO_3 領域で発現する。つまり、二次元超伝導が実現していることになる。この超伝導特性は電界効果によるキャリア制御によって発現の有無を制御することができ、キャリア濃度に密接に関連している [4]。 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面に関する研究はこれまでに数多く報告されているが、超伝導に関しては超伝導転移温度 (T_c) のさらなる上昇が一つの課題となっていた。

その後、バルク物質である Ca ドープ $\text{SrTiO}_{3-\delta}$ や酸素サイト ^{16}O を同位体の ^{18}O に置き換えた $\text{SrTiO}_{3-\delta}$ において超伝導が報告された [5-7]。注目すべきはこれらの物質は強誘電性を持ち合わせているということである。 SrTiO_3 は量子常誘電体であることが知られているが、Sr を少量の Ca で置き換えると、off-center 位置となる Ca サイトの双極子相互作用により強誘電性が発現すると考えられている。ノンドープの $\text{SrTiO}_{3-\delta}$ が超伝導を示すのと同様に、Ca ドープ $\text{SrTiO}_{3-\delta}$ も超伝導を示し、ある電子キャリア濃度のところで $\text{SrTiO}_{3-\delta}$ と比較して T_c の上昇が見られることが分かった。これはちょうど強誘電相が消失するところであるという主張がなされている。つまり、強誘電相が消失する「量子臨界点」近傍であることが T_c 上昇の重要なポイントである。一方、 $\text{SrTi}^{18}\text{O}_{3-\delta}$ でも T_c の上昇が実験的に観測され、理論的にも予想されている。これらの物質に共通している点は、強誘電性揺らぎが T_c の上昇に効果的に働いているのではないかという主張である。このようなシナリオは、銅酸化物や鉄系の高温超伝導体において超伝導が反強磁性相近傍に出現するという点に類似しており、常誘電相と強誘電相の相境界や量子臨界点近傍の物性は大変興味深い研究テーマである。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、強誘電相近傍における超伝導の発現の有無と超伝導特性への影響を調べることである。具体的には、酸化物薄膜界面における物性を研究対象とし、酸化物薄膜界面に関する研究の中でも興味深いトピックスのひとつである、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面における金属的伝導や超伝導を軸として研究を遂行する。この系において、強誘電相に極めて近い物質であり量子常誘電体として知られる SrTiO_3 を、強誘電性を示す物質に置き換えることによって二次元超伝導層に強誘電性揺らぎを導入し、「強誘電性と超伝導は共存するのか」「超伝導特性はどのように影響されるのか」という点について議論する。酸化物薄膜界面における超伝導に対する強誘電性揺らぎの効果을明らかにするとともに、強誘電性揺らぎ導入による超伝導転移温度の上昇の可能性を探索する。

3. 研究の方法

(1) LaAlO_3/Ca ドープ SrTiO_3 超格子薄膜の作製

標準的な $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 試料の基板を SrTiO_3 から Ca ドープ SrTiO_3 ($\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$) に変えて LaAlO_3 薄膜を基板上に成膜する。 $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ については Ca ドープ量が $0.002 < x < 0.02$ の非常に少量の範囲内で強誘電相転移を示すため、そのドープ量付近で強誘電相に転移する温度 (キュリー温度) が異なる 4 種の Ca ドープ量 (仕込み値: $x = 0.0025, 0.005, 0.01, 0.05$) の基板を用意した。それらの基板上に 10 ユニットセルの LaAlO_3 薄膜をパルスレーザー堆積法によりホールバー型に成膜した (図 1 (a))。また、超伝導特性の再現性を確認するため、同じ Ca ドープ量の $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 基板を使用した試料を複数個準備し、さらに $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ サイズの基板上には 2 つのデバイスを作製した。基板の底面には電界効果による伝導特性の変調を行うためにゲート電極を付けた。各 Ca ドープ量においては強誘電転移温度 (キュリー温度) が異なるため、強誘電

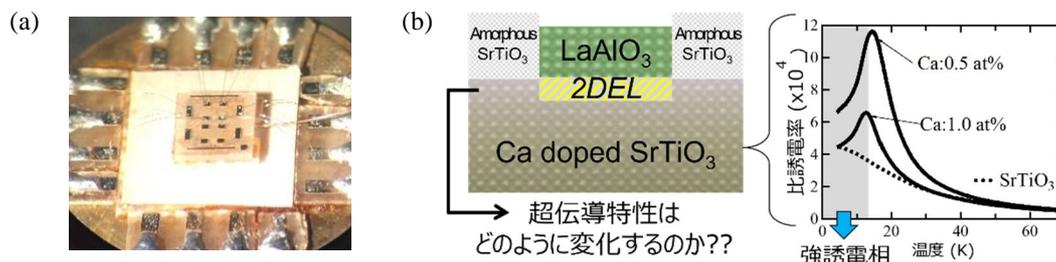


図 1 . (a) 作製した試料の写真 . (b) 試料の模式図と $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 基板の誘電率の温度依存性 .

特性も異なる。よって、強誘電特性の程度を変えた試料作製が可能となる。

(2) 伝導（超伝導）特性、磁気特性、誘電特性の調査と電界効果による超伝導特性のキャリア濃度依存性の調査

電気抵抗率の温度依存性の測定は、He クライオスタットと ^3He - ^4He 希釈冷凍機の実験装置を用いて室温から 50 mK 程度の極低温まで行った。本実験で重要な点は、どの程度の電子キャリア濃度で超伝導が発現し最高 T_c を示すのか、その時の強誘電性の発現の有無などを明確にすることである。そのために電界効果によるキャリア濃度の変調を行った。電界効果によるキャリア濃度の変調は、バルク試料のように電子ドープ量を変えた試料を個々に作製する必要がなく、連続的な変化を観測できるという利点がある。ここで、電界効果で最高 T_c を狙ったキャリア濃度の範囲をカバーできるかという検討が必要だが、バルクの Ca ドープ SrTiO_3 で超伝導が観測されているキャリア濃度と同程度のキャリアを、ゲート電圧を変化させることによって $\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 界面に蓄積できるため、キャリア濃度に依存した超伝導特性を調べることが可能である。

4. 研究成果

$\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 界面に発現する金属伝導や超伝導の特性を詳細に調べ、伝導特性に対する強誘電性揺らぎの効果を検証した。まず、界面での伝導特性を測定する前に、基板として使用している $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ の誘電率の温度依存性から強誘電相転移温度の確認(図 1 (b))やキャパシタンス測定などを行った。各基板のキュリー温度は過去に報告されている Ca ドープ量に対するキュリー温度とほぼ一致していた。またキャパシタンス測定より、 SrTiO_3 に対して $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ のキャパシタンスの値が 2~3 倍程度大きいことが分かった。つまり、電界効果によって蓄積できるキャリア(電子)量は同じ電圧 ($V_g = -40 \sim +40 \text{ V}$) において、 SrTiO_3 が $\delta n_{2D} \sim 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 程度に対して 2~3 倍程度多くなるということになる(図 2)。さらに Ca ドープ量による違いを正確に議論するために、 $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 基板に対して波長分散型 X 線分析測定を行い、実際の Ca ドープ量 (x) を確認した。その結果、誘電率の温度変化から求めた強誘電相転移温度の Ca ドープ量に対する変化と矛盾しない Ca ドープ量が得られた。

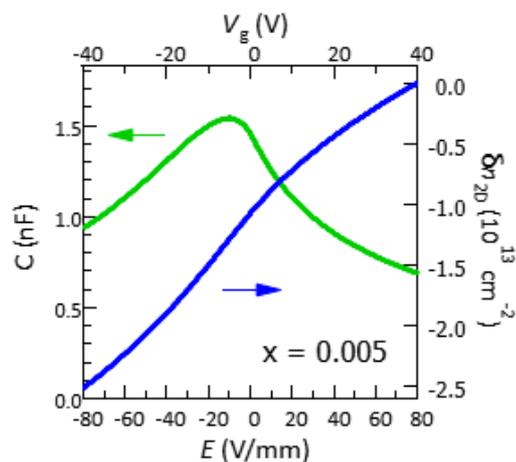


図 2. $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ($x=0.005$) のキャパシタンス(左軸)と蓄積シートキャリア密度(右軸)のゲート電圧依存性。

$\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 界面における 1.5 K までの抵抗率の温度依存性では、 $x=0.005$ と 0.01 の試料で低温まで金属的な伝導を観測することに成功した。一方、 $x=0.0025$ では 20 K 付近から抵抗率が上昇に転じる振る舞いが観測された。低温領域の抵抗率の温度変化を詳細に見てみると、 $\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ($x=0.005, 0.01$) の試料においても、キュリー温度付近で抵抗率のわずかな上昇などの異常がみられることが分かった。このような振る舞いは、バルクの Ca ドープ SrTiO_3 で報告されている強誘電相転移温度付近における抵抗率の微小な変化と同様であった。この結果から、 $\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 界面の存在する金属的伝導に寄与している電子が $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 基板の強誘電特性の影響を受けていることが確認できた。なお、ホール効果測定を行い、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面の系と同様にキャリアは電子であることを確認している。

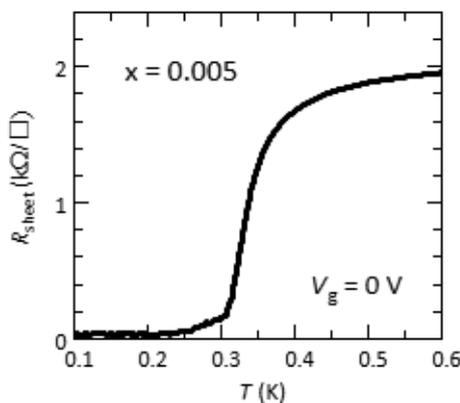


図 3. $\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ($x=0.005$) 界面の $V_g = 0 \text{ V}$ のときの抵抗率の温度依存性。

さらに低温にしたところ、 $x=0.005$ と 0.01 の試料でゼロ抵抗が観測され、超伝導転移を示すことがわかった(図 3)。最高超伝導転移温度 (T_c) は $x=0.005$ で観測された $T_c \sim 320 \text{ mK}$ で、 T_c は x によって異なる結果であった。またゲート電圧印可 ($V_g = -60 \sim +70 \text{ V}$) による超伝導特性の変化を確認したところ、常伝導状態の抵抗率の値の変化とともに T_c も変調する様子が観測された。常伝導状態のシート伝導度に対する T_c の相図を作成し、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面の相図と比較すると、 $\text{LaAlO}_3/\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ ($x=0.005$) では低い伝導度の領域で最高 T_c を記録していることが分かった。つまり、キャリア濃度が少ない領域で超伝導が実現

しているということになる。バルクの Ca ドープ SrTiO_{3.δ}においても、SrTiO_{3.δ}が最高 T_c を記録するキャリア濃度よりも低キャリア濃度の領域（強誘電相が消失していると予想されているキャリア濃度領域）で SrTiO_{3.δ}の T_c よりも高くなっている傾向が観測されており、本実験結果はバルクの例と類似した振る舞いであると考えられる。LaAlO₃/Ca_xSr_{1-x}TiO₃ 界面におけるキャリアは、界面の制限された領域に濃度勾配を持って分布しており、強誘電相が消失するキャリア濃度を特定することは困難であるが、LaAlO₃/Ca_xSr_{1-x}TiO₃ 界面においても強誘電性揺らぎが界面超伝導の特性に影響を与えていることが示唆される結果が得られた。

< 引用文献 >

- [1] A. Ohtomo *et al.*, Nature 427, 423 (2004).
- [2] S. Gariglio *et al.*, J. Phys. Condens. Matter. 27, 283201 (2015).
- [3] N. Reyren *et al.*, Science 317, 1196 (2007).
- [4] A. D. Caviglia *et al.*, Nature 456, 624 (2008).
- [5] C. W. Rischau *et al.*, Nature Physics 13, 643 (2017).
- [6] J. E. Edge *et al.*, Phys. Rev. Lett. 115, 247002 (2015).
- [7] A. Stucky *et al.*, Sci. Rep. 6, 37582 (2016).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 12件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Li Huan, Wang Yanan, Aoki Yutaro, Nishiyama Saki, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Miura Akari, Suzuki Ai, Zhi Lei, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kambe Takashi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 10
2. 論文標題 A new protocol for the preparation of superconducting KBi2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 26686 ~ 26692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra04541a	査読の有無 有
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 Li Huan, Wang Yanan, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Zhi Lei, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Structure and superconducting properties of multiple phases of (NH3)yAExFeSe (AE: Ca, Sr and Ba)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 395704 ~ 395704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/ab9911	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 Zhi Lei, Goto Hidenori, Takai Akihisa, Miura Akari, Hamao Shino, Eguchi Ritsuko, Nishikawa Takao, Tokito Shizuo, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 124
2. 論文標題 Band Engineering of Bilayer Graphene through Combination of Direct Electron Transfer and Electrostatic Gating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 24001 ~ 24008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c07537	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 Wang Yanan, Li Huan, Taguchi Tomoya, Suzuki Ai, Miura Akari, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Superconducting behavior of BaTi2Bi2O and its pressure dependence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 23315 ~ 23322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cp04771f	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 He Tong, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Zhi Lei, Miyazaki Takafumi, Kobayashi Kaya, Akimitsu Jun, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Superconductivity in Bi ₂ -xSbxTe ₃ -ySey (x = 1.0 and y = 2.0) under pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 465702 ~ 465702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/abaad2	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 Taguchi Tomoya, Wang Yanan, Yang Xiaofan, Li Huan, Takabayashi Yasuhiro, Hayashi Kouichi, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 60
2. 論文標題 Emergence of a Pressure-Driven Superconducting Phase in Ba _{0.77} Na _{0.23} Tl ₂ Sb ₂₀	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3585 ~ 3592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c02836	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 Suzuki Ai, Taguchi Tomoya, Li Huan, Wang Yanan, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Superconductivity in topological insulator -PdBi ₂ under pressure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 135702 ~ 135702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/abd99c	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 Ritsuko Eguchi, Megumi Senda, Eri Uesugi, Hidenori Goto, Akihiko Fujiwara, Yasuhiko Imai, Shigeru Kimura, Takashi Noji, Yoji Koike, Yoshihiro Kubozono	4. 巻 7
2. 論文標題 Inhomogeneous superconductivity in thin crystals of FeSe _{1-x} Tex (x=1.0, 0.95, and 0.9)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Research Express	6. 最初と最後の頁 36001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2053-1591/ab7c85	査読の有無 有
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 Xiaofan Yang, Huan Li, Tong He, Tomoya Taguchi, Yanan Wang, Hidenori Goto, Ritsuko Eguchi, Rie Horie, Kazumasa Horigane, Kaya Kobayashi, Jun Akimitsu, Hirofumi Ishii, Yen Fa Liao, Hitoshi Yamaoka, Yoshihiro Kubozono	4. 巻 32
2. 論文標題 Superconducting behavior of a new metal iridate compound, SrIr ₂ , under pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 25704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/ab4605	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 Wang Yanan, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Li Huan, He Tong, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 58
2. 論文標題 Preparation and characterization of superconducting Ba _{1-x} Cs _x Ti ₂ Sb ₂ O, and its pressure dependence of superconductivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	6. 最初と最後の頁 110603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4ef5	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 Tong He, Xiaofan Yang, Tomoya Taguchi, Teppei Ueno, Kaya Kobayashi, Jun Akimitsu, Hitoshi Yamaoka, Hirofumi Ishii, Yen-Fa Liao, Hiromi Ota, Hidenori Goto, Ritsuko Eguchi, Kensei Terashima, Takayoshi Yokoya, Harald O. Jeschke, Xianxin Wu, Yoshihiro Kubozono	4. 巻 100
2. 論文標題 Pressure-induced superconductivity in Bi _{2-x} Sb _x Te _{3-y} Se _y	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW B	6. 最初と最後の頁 94525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.094525	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 Pompei Emanuela, Turchetti Claudio, Hamao Shino, Miura Akari, Goto Hidenori, Okamoto Hideki, Fujiwara Akihiko, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Fabrication of flexible high-performance organic field-effect transistors using phenacene molecules and their application toward flexible CMOS inverters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 6022-6033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8tc05824e	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 Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Wang Yanan, He Tong, Uchiyama Takaki, Takai Akihisa, Zhi Lei, Miyazaki Takafumi, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Yamaoka Hitoshi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 6
2. 論文標題 Preparation and characterization of a new metal-intercalated graphite superconductor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Research Express	6. 最初と最後の頁 016003 ~ 016003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2053-1591/aae9d2	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 Okamoto Hideki, Hamao Shino, Eguchi Ritsuko, Goto Hidenori, Takabayashi Yasuhiro, Yen Paul Yu-Hsiang, Liang Luo Uei, Chou Chia-Wei, Hoffmann Germar, Gohda Shin, Sugino Hisako, Liao Yen-Fa, Ishii Hirofumi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Synthesis of the extended phenacene molecules, [10]phenacene and [11]phenacene, and their performance in a field-effect transistor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39899-4	査読の有無 有
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

〔学会発表〕 計4件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Eguchi Ritsuko
2. 発表標題 Synthesis and Physical Properties of Niobium Oxide Dihalide NbOBr ₂
3. 学会等名 International Meeting on Thin Film Interfaces and Composite Crystals (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ritsuko Eguchi, Margherita Boselli, Adrien Waelchli, Gernot Scheerer, Danfeng Li, Stefano Gariglio, Jean-Marc Triscone
2. 発表標題 Conductivity and superconductivity at LaAlO ₃ /Ca-doped SrTiO ₃ interfaces
3. 学会等名 Workshop 'Progress in Superconductivity Research'
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ritsuko Eguchi, Margherita Boselli, Adrien Waelchli, Stefano Gariglio, Jean-Marc Triscone
2. 発表標題 Superconductivity at LaAlO ₃ /Sr _{1-x} Ca _x TiO ₃ interfaces
3. 学会等名 European Materials Research Society (E-MRS) 2018 Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口律子, Margherita Boselli, Adrien Waelchli, Gernot Scheerer, Danfeng Li, Stefano Gariglio, Jean-Marc Triscone
2. 発表標題 LaAlO ₃ /Sr _{1-x} Ca _x TiO ₃ 界面の超伝導特性
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018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		
スイス	ジュネーブ大学		