

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18736

研究課題名(和文)トポロジカル絶縁体を活性層とするトランジスタの超高压特性の追求

研究課題名(英文)Study on transistor properties of topological insulator under pressure

研究代表者

久保園 芳博(Kubozono, Yoshihiro)

岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授

研究者番号：80221935

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)：電界効果によって、キャリアを多様なトポロジカル絶縁体に注入して、新規な超伝導体を実現するとともに、圧力を印加することで超伝導特性を制御することを目標とした。本研究課題を通じて、AgをドーピングしたBi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>に電界効果によりキャリア注入して電気特性を調べる実験(電界効果トランジスタ(FET)特性実験)を遂行した。また、xとyを変えることでフェルミレベルやディラック点の位置を制御したBi<sub>2-x</sub>SbxTe<sub>3-y</sub>Se<sub>y</sub>の高压での電気特性を調べ、超伝導の出現を確認した。それらの極薄単結晶を活性層としてイオン液体を使った電気二重層(EDL)FETを作製し、高压でのトランジスタ特性を調べる試みを進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の最終目標は、電界効果によってキャリアドーピングされたトポロジカル絶縁体で新規な超伝導体を作製して、更にそれに圧力を印加して超伝導特性を制御することである。そもそも、「電界効果キャリアドーピングされたトポロジカル物質に圧力を印加して超伝導を制御する」という研究は全く未開拓であって、まずは、どのように電界効果トランジスタを高压で動作させるのかといった点を解決せねばならない。このように、本研究課題は前人未至の研究ともいえるものである。これが実現できれば、自在なキャリア制御と圧力による物性制御を組み合わせることが可能となり、物性物理学の飛躍的な進展をもたらすことになる。

研究成果の概要(英文)：The research goal is to develop new superconducting materials via carrier doping of various topological insulators and to control the superconducting properties by applying pressure for their superconducting materials. Throughout this study, we have investigated the electric transport properties of Ag doped Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> which was electrostatically carrier-doped by a fabrication of field-effect transistor (FET) device. Moreover, we have fully investigated the electric transport properties of Bi<sub>2-x</sub>SbxTe<sub>3-y</sub>Se<sub>y</sub> in a wide pressure range, and discovered superconductivity under pressure. It should be noticed that the energy of Fermi level and Dirac point of Bi<sub>2-x</sub>SbxTe<sub>3-y</sub>Se<sub>y</sub> could be tuned depending on x and y. The electric-double-layer (EDL) FET with thin crystals of Bi<sub>2-x</sub>SbxTe<sub>3-y</sub>Se<sub>y</sub> have been fabricated and their transistor properties have been being investigated under pressure.

研究分野：物性物理化学

キーワード：電界効果キャリアドーピング 電界効果トランジスタ 超伝導 圧力 圧力誘起超伝導

## 1. 研究開始当初の背景

この数年の間に、「トポロジカル絶縁体」は物性物理学の中心的な研究テーマへと発展してきた。トポロジカル絶縁体は、バルクにエネルギーギャップが存在するにもかかわらず、境界領域にギャップレスの伝導状態が現れる奇妙な物質である。これは、内部の電子状態がトポロジカルに通常の絶縁体と異なっていることを意味しており、物理的に非常に興味のある研究対象の一つである。最も代表的なトポロジカル絶縁体である $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ は、single Dirac coneを有する単純なバンド構造を有する。2013年に、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ は高圧で超伝導転移することが発見された [1]。さらに、この物質にSrをドーピングして電子を注入することによって、常圧で超伝導が出現することがわかった [2]。この物質は圧力 ( $p$ ) を印加すると、およそ14 GPaで超伝導転移温度( $T_c$ )が8.3 Kとなる [3]。

申請者らは、最近、Agを $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ にドーピングして一部をBiと置換することで正孔を注入して、フェルミレベルの位置を伝導帯の底あたりに移動させた物質において、圧力誘起超伝導を実現した [4]。この物質は常圧では超伝導体ではないが、Agをドーピングしていない $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ に比較して、 $T_c$ の圧力依存性が大きく異なっていることもわかった [1,3,4]。すなわち、電子や正孔を $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ に注入することによって、常圧から超伝導を発現させたり、キャリアを注入しない $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ とは異なる $T_c$ の圧力依存性を得ることができる。したがって、電界効果でキャリアの濃度と種類を制御し、圧力を印加することで、更に高い $T_c$ を実現できるかもしれないという期待が生まれる。しかしながら、これまでの研究から超伝導を誘起するのに必要な圧力は最低でも3 GPa以上である。また、電界効果でキャリアを注入しながら、圧力を印加して超伝導特性を調べる研究はこれまで存在していないので、研究には大きな壁が立ちはだかっている。なお、得られる超伝導がトポロジカル超伝導であれば、超伝導体中の準粒子はそれ自身が反粒子となる「マヨラナ粒子」として振る舞う可能性があり、物性物理学としては非常に興味深いものがある。このような研究背景のもとで、本研究課題を立案して研究をスタートさせた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、電界効果によって精密に制御したキャリア濃度を有するトポロジカル絶縁体において、高圧で超伝導のような物理的に興味深い物性を見つけ出すことである。そのため、電気二重層 (EDL) をゲート絶縁体として、トポロジカル絶縁体を活性層とする FET を作製し、高圧で安定に動作させる手法を確立することを目標とした。

しかしながら、当初より、その研究を遂行することは極めて困難であることが予想されたので、「3. 研究の方法」に詳しく記載するように、いくつかの段階を経て、研究を遂行することにした。第一の研究は、Agをドーピングした $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ や、フェルミレベルとDirac点の位置を制御した多様な $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ の極薄単結晶を使った電界効果トランジスタ (FET) を作製し、イオン液体を使ったEDL FETを実現することである。第二の研究として、 $x$ と $y$ を変化させた $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 極薄単結晶の圧力下での電気特性から、高圧での超伝導特性を調

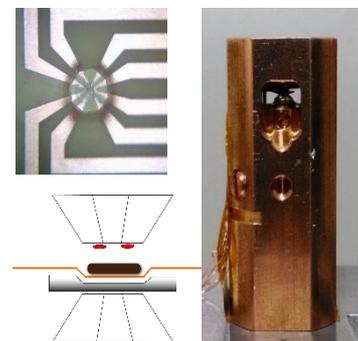


図1. 高圧電気抵抗測定用に設計されたダイヤモンドアンビルセル (写真と断面図) と電極。

べることにした。この際には、超伝導特性がトポロジカル超伝導体であるか否かについても検討を行って、トポロジカル超伝導の可能性を追求することにした。最後に、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  極薄単結晶や、その他のモデル物質を使って高圧下での FET 動作測定のための方法の確立を行って、実際に電界効果キャリアドープされたトポロジカル絶縁体の高圧での電気輸送特性を明らかにすることを目指した。

### 3. 研究の方法

研究目的を達成するために、以下の研究方法に基づいて研究を遂行することにした。

- (1) Ag をドープした  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  や、フェルミレベルと Dirac 点の位置を制御した多様な  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  の極薄単結晶を使った FET を作製し、イオン液体を使った EDL FET を実現する。とくに、トランジスタ特性の温度変化を調べ、低温での超伝導発現や、絶縁体 金属転移などの興味深い物性を明らかにする。
- (2)  $x$  と  $y$  を変化させた  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  極薄単結晶の圧力下での電気特性を調べて、高圧での超伝導特性を調べる。すなわち、フェルミレベルや Dirac 点の位置が異なる複数のトポロジカル絶縁体の圧力下での電気特性の変化、更には圧力誘起超伝導が観測されるならば、出現圧力や超伝導転移温度などの相違について詳しく調べる。この際には、超伝導特性がトポロジカル超伝導に帰属可能か否かについても検討を行うことにする。この研究の目的のために、40 GPa 程度の圧力を印加可能なダイヤモンドアンビルセル(図1)を用いて、4 端子電気抵抗測定を行う。
- (3)  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  極薄単結晶や、その他のモデル物質を使って高圧下での FET 特性測定を試みる。また、キャリアドープされた状態での電気抵抗の温度依存性を、広い圧力範囲で測定するための実験を行う。実際には図1に示すダイヤモンドアンビルセル内にトランジスタを組み込んで、イオン液体を圧力媒体として、圧力下での FET 特性の測定を行う。

### 4. 研究成果

Ag ドープされた  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  (ここでは、Ag は Bi と置換しており、 $\text{Ag}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  と記載できる) の極薄単結晶を活性層とする FET デバイスを作製した。この FET においては、イオン液体(1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate (bmim [PF<sub>6</sub>])) を使った EDL がゲートキャパシタとなっている。実際には、この研究は、本研究課題を開始する前から行っていたが、追加実験が必要であり、本研究課題で遂行した実験と考察をもとに最終的に論文を公表することができた。図2は、 $\text{Ag}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  の電界効果電子ドープに伴うシート抵抗率の温度依存性を示す。ゲート電圧が 0 V で、何ら電界効果で電子をドープしていないときには、 $\text{Ag}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  のフェルミレベルは、伝導帯の底にピンされているものと考えられるが、正のゲート電圧印加に伴って、フェルミレベルは伝導帯の方向にシフトするため、Ag ドープされていない  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  の電子状態に近づくはずである。実際に、図2に示すように、ゲート電圧が低い時には、シート抵抗率は温度の低下とともに上昇する絶縁体的な挙動を示している。 $\text{Ag}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  は、正の電圧印加による電子のドープとともに、金属

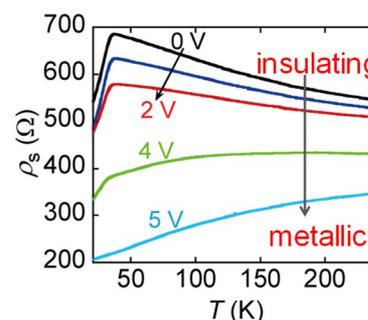


図2. ゲート電圧印加に伴うシート抵抗率の温度依存性の変化.

的な挙動へと変化している。この結果は、フェルミレベルが伝導帯にかかっている  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  の電気抵抗率に一致している。このように、 $\text{Ag}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  極薄単結晶を使った FET の作製を通じて、電界効果キャリアドーピングに成功した。なお、ゲート電圧印加量が小さい時に見いだされた低温 (35 K 付近以下) でのシート抵抗率の急激な低下は、半導体金属転移によるものであって、その起源については追及を続けている。なお、これまでの研究の結果、構造的な転移は存在せず、何らかの原因によってフェルミレベルの位置が変化している可能性が示唆されている。この結果は、Scientific Reports 誌において論文公表した [5]。

図 3 は、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  極薄単結晶の  $x = 0.25$ ,  $y = 1.0$  の規格化された電気抵抗の各圧力での温度依存性である。4.0 GPa 以下の低圧において、超伝導転移は観測されない。図 4 からわかるように、 $x$  を 0, 0.25, 0.5, 1.0 と変化させた場合にも常圧から 2 - 4 GPa 程度の低圧領域では超伝導転移は観測されなかった。これらの結晶に、更に圧力を印加すると、2 - 4 GPa 付近から超伝導転移が観測される。また、すべての  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  で、圧力の印加とともに  $T_c$  は上昇している。また、図 4 の色分けで示すように、すべての  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  は phase-I、II、III と構造相転移を起こしている。この結果からわかることは、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  の  $y = 1.0$  では、phase-I において超伝導が出現するということである。また、phase-I から phase-II に変化するところで、連続的ではあるが急激な  $T_c$  の上昇が観測されており、結晶構造による超伝導特性の変化が示唆されている。

さらに、この超伝導ギャップがどのような対称性を有するか (クーパー対の対称性) を調べて、超伝導がトポロジカルに non-trivial であるかを明らかにした。図 5 は  $\text{Bi}_{1.75}\text{Sb}_{0.25}\text{Te}_2\text{Se}$  の 10.3 GPa での上部臨界磁場の温度依存性から調べた還元磁場 ( $h^*$ ) の規格化温度 ( $t = T/T_c$ ) 依存性を示す。これより、 $h^* - t$  プロットが  $p$ -wave polar model でフィットできることがわかる。これは  $p$  波超伝導で

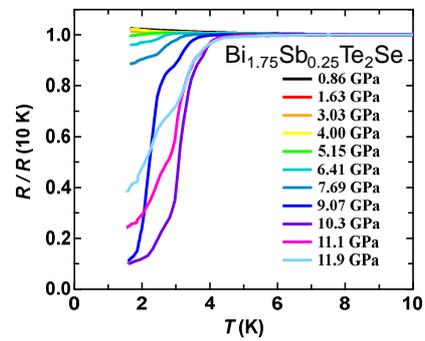


図 3.  $\text{Bi}_{1.75}\text{Sb}_{0.25}\text{Te}_2\text{Se}$  の各圧力下での規格化電気抵抗 ( $R / R(10 \text{ K})$ ) の温度依存性。

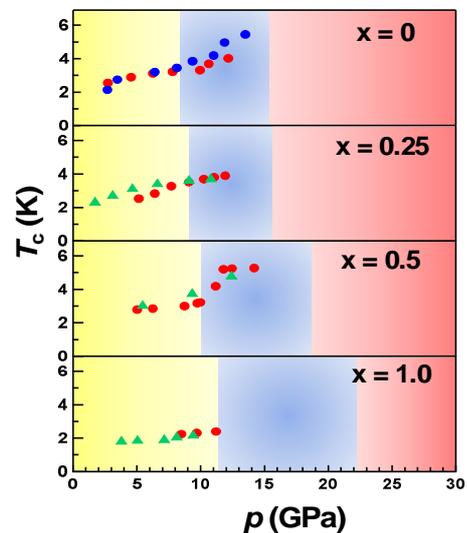


図 4.  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  の  $T_c$  の圧力依存性。黄色、青、赤で示した領域は異なる結晶相 phase-I, phase-II, phase-III に対応する。

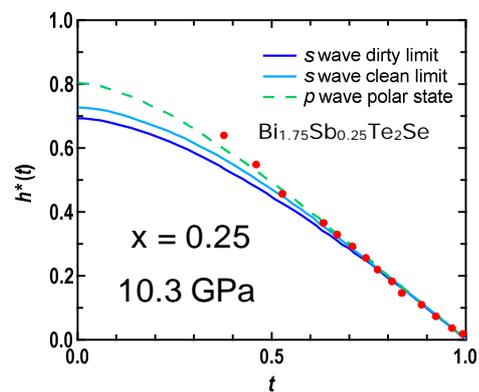


図 5.  $\text{Bi}_{1.75}\text{Sb}_{0.25}\text{Te}_2\text{Se}$  の 10.3 GPa での  $h^*$  の  $t$  依存性。  $p$ -wave polar model でフィットできる。

あることを示しており、超伝導相がトポロジカルに non-trivial であること（トポロジカル超伝導であること）が示唆されている。このようにトポロジカル絶縁体の圧力誘起超伝導相について、そのトポロジカル性を示唆する実験結果を得ることができた。この結果は、Physical Review B において論文として公表した [6]。

さらに、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  極薄単結晶の  $x = 1, y = 2.0$  についても、圧力下での電気抵抗測定実験を行って、圧力誘起超伝導相を発見した。この場合、超伝導相は phase-II において出現しており、 $y = 1.0$  の場合とは大きく異なっている。Te の存在比が小さくなると、超伝導が phase-II で出現する傾向があり、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  の場合においても phase-II で超伝導が出現している [1]。上記の結果については、現在論文を投稿し改訂中である [7]。

トポロジカル絶縁体である  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$  ( $x = 0.5, y = 1.0$ ) を使って EDL FET を作製し、これの FET 特性を調べるとともに、圧力を印加して FET 特性を調べる研究を試みている。このさいの FET 構造は、 $\text{Ag}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  の極薄単結晶 EDL FET と同様にサイドゲート型である [5]。図 6 に示すように、極薄単結晶試料をダイヤモンドアンビルセル内に設置して、2 つの白金電極を単結晶上に置いてソース・ドレイン電極とし、更に、もう 1 本の白金電極をサイドゲート電極として、イオン液体がサイドゲート電極と単結晶試料を覆うようにした。現在までに、圧力を印加しての FET 動作測定実験を繰り返しているところであって、この方法を使って圧力下での FET 動作が可能であることをつかんでいる。引き続き低温での輸送特性実験と 10 GPa 以上での高圧での FET 動作を実現するための研究を進めている。

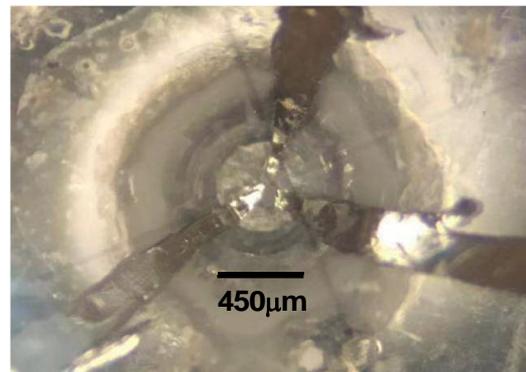


図 6. 高圧 FET 動作を目指してダイヤモンドアンビルセル内に設置した白金電極。

[1] P. P. Kong *et al.* J. Phys.: Condens. Matter 25, 362204 (2013).

[2] Z. H. Liu *et al.* J. Am. Chem. Soc. 137, 10512 (2015).

[3] Y. H. Zhou *et al.* Phys. Rev. B 93, 144514 (2016).

[4] T. He *et al.* Phys. Rev. B 97, 104503 (2018).

[5] E. Uesugi *et al.* Sci. Rep. 9, 5376 (2019).

[6] T. He *et al.* Phys. Rev. B 100, 094525 (2019).

[7] T. He *et al.* submitted.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Wakabayashi Yusuke, Nakamura Masanari, Sasaki Kaori, Maeda Takahiro, Kishi Yuutaro, Ishii Hiroyuki, Kobayashi Nobuhiko, Yanagisawa Susumu, Shimo Yuma, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 140
2. 論文標題 Surface Structure of Organic Semiconductor [n]Phenacene Single Crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14046 ~ 14049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b08811	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 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
1. 著者名 Uesugi Eri, Uchiyama Takaki, Goto Hidenori, Ota Hiromi, Ueno Teppei, Fujiwara Hirokazu, Terashima Kensei, Yokoya Takayoshi, Matsui Fumihiko, Akimitsu Jun, Kobayashi Kaya, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Fermi level tuning of Ag-doped Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> topological insulator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41906-7	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 Pompei Emanuela, Turchetti Claudio, Hamao Shino, Miura Akari, Goto Hidenori, Okamoto Hideki, Fujiwara Akihiko, Eguchi Ritsuko, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 未定
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 未定
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 He Tong, Yang Xiaofan, Taguchi Tomoya, Ueno Teppei, Kobayashi Kaya, Akimitsu Jun, Yamaoka Hitoshi, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Ota Hiromi, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Terashima Kensei, Yokoya Takayoshi, Jeschke Harald O., Wu Xianxin, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 100
2. 論文標題 Pressure-induced superconductivity in Bi <sub>2-x</sub> Sb <sub>x</sub> Te <sub>3-y</sub> Se <sub>y</sub>	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 Yang Xiaofan, Li Huan, He Tong, Taguchi Tomoya, Wang Yanan, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Horie Rie, Horigane Kazumasa, Kobayashi Kaya, Akimitsu Jun, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Yamaoka Hitoshi, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Superconducting behavior of a new metal iridate compound, SrIr <sub>2</sub> , under pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 025704 ~ 025704
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 <sub>1-x</sub> Cs <sub>x</sub> Ti <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>8</sub> , 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 ~ 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 Yang Xiaofan, He Tong, Taguchi Tomoya, Li Huan, Wang Yanan, Goto Hidenori, Eguchi Ritsuko, Miyazaki Takafumi, Yamaoka Hitoshi, Ishii Hirofumi, Liao Yen-Fa, Kubozono Yoshihiro	4. 巻 21
2. 論文標題 Superconducting properties of (NH <sub>3</sub> )yLi <sub>x</sub> FeSe <sub>0.5</sub> Te <sub>0.5</sub> under pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 113010 ~ 113010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/ab5034	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 Okamoto Hideki, Hamao Shino, Kozasa Keiko, Wang Yanan, Kubozono Yoshihiro, Pan Yong-He, Yen Yu-Hsiang, Hoffmann Gernar, Tani Fumito, Goto Kenta	4. 巻 -
2. 論文標題 Synthesis of [7]phenacene incorporating tetradecyl chains in the axis positions and its application in field-effect transistors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0tc00272k	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

[学会発表] 計5件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Y. Kubozono
2. 発表標題 Pressure-induced superconductivity in metal doped topological materials and two dimensional materials
3. 学会等名 The first international workshop on Momentum Microscopy & Spectroscopy for Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidenori Goto, Ritsuko Eguchi, Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Carrier doping of graphene with electric-field effect and doping effect
3. 学会等名 EMRS 2018 Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tong He, Kaya Kobayashi, Jun Akimitsu, Hidenori Goto, Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Pressure-induced superconductivity in Ag-doped Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> topological insulator
3. 学会等名 EMRS 2018 Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Pressure driven superconductivity in topological materials
3. 学会等名 Superstripes 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Kubozono
2. 発表標題 Pressure driven superconductivity in topological insulators
3. 学会等名 MRM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Yoshihiro Kubozono (editor) / Chapter 8: Yoshihiro Kubozono	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 332頁 (Chapter 8 担当: 23頁)
3. 書名 Physics and Chemistry of Carbon-Based Materials	

1. 著者名 Hiroshi Daimon and Yuji C. Sasaki (eitor) / Chapter 8.1: Yoshihiro Kubozono, Hidenori Goto, Hiroko Yamda	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Maruzen pub. / World Scientific	5. 総ページ数 209頁 (Chapter 8.1 担当: 22頁)
3. 書名 3D local structure and Functional Design of Materials	

〔産業財産権〕

〔その他〕

岡山大学異分野基礎科学研究所超伝導・機能材料研究コア (Kubozono group) <a href="http://interfa.rlss.okayama-u.ac.jp/">http://interfa.rlss.okayama-u.ac.jp/</a>
--

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
連携研究者	後藤 秀徳  (Goto Hidenori)  (90322669)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・准教授   (15301)	トポロジカル物質の単結晶作製、デバイス作製、圧力下のFET動作特性測定
連携研究者	堀場 律子  (Horiba Ritsuko)  (50415098)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・助教   (15301)	トポロジカル物質の単結晶作製、デバイス作製、圧力下のFET動作特性測定
連携研究者	小林 夏野  (Kobayashi Kaya)  (60424090)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・准教授   (15301)	トポロジカル物質の単結晶作製

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	横谷 尚睦 (Yokoya Takayoshi) (90311646)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授  (15301)	トポロジカル物質の電子状態解析