

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K18732

研究課題名（和文）水素修飾で実現する高転移温度を持つ原子層超伝導体

研究課題名（英文）High temperature atomic layer superconductivity realized with hydrogenation

研究代表者

秋山 了太（Akiyama, Ryota）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・助教

研究者番号：40633962

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は薄膜や表面・界面で生じるFeSeなどの2次元超伝導に関して、水素修飾を行うことで転移温度を上昇させようという試みである。FeSe薄膜の作製と評価は完遂し、超伝導測定も行ったが、常伝導抵抗値が先行研究と比べても極めて低い試料しか作製できず、超伝導の明確な転移が見えなかった。その原因調査に時間がかかり、作製した超伝導体に対して水素修飾を行い系統的なデータの測定をする所までは至らなかったが、今後引き続き常伝導抵抗の高い試料の作製条件を探求し、低いものと何が違うのかを解明し、更に電気抵抗の温度依存性から超伝導転移温度を求めて、それが水素修飾によってどのように変化するのかを早急に確認したい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

FeSe薄膜の超伝導については未解明な点が多く、超伝導転移温度もばらついており、何がその要因となっているのか不明な点も多い。また作製法によって性質が大きく変わることが今回の研究結果から判明した。我々の試料は構造評価上はFeSeの単結晶で先行研究と同一にも関わらず、常伝導抵抗が先行研究に比べて顕著に低い。これをもたらし要因がポースメタルのような以上金属状態と結びつけて議論可能なのかなど、多くの疑問を投げかける結果となった。今後、より原子・電子構造も詳細に調べ、電気伝導の性質と絡めて解明していくことが必要で、その切り口を見つけたことが本研究の意義と言えるだろう。

研究成果の概要（英文）：This research project is an attempt to increase the transition temperature of two-dimensional superconductivity in thin films such as FeSe and at surfaces and interfaces by modifying them with hydrogen. Although we have completed the fabrication and evaluation of FeSe thin films and performed superconductivity measurements, no clear transition of superconductivity could be seen. Although it took some time to elucidate these issues, we have not yet reached the point where we can stably perform hydrogen modification on the fabricated superconductors and measure systematic data, we will continue our research to explore the conditions for fabricating samples with high normal resistance, to clarify what makes them different from those with low resistance, and to determine the superconductivity transition temperature from the temperature dependence of the electrical resistance. We would like to confirm how it is changed by hydrogen modification as soon as possible.

研究分野：低次元ナノ量子物理学

キーワード：超伝導 原子層物質 層状物質 ファンデルワールス物質 水素

### 1. 研究開始当初の背景

超伝導の転移温度を向上させ更新することは、超伝導研究者にとっての1つの大きな夢である。研究開始より少し前、2014年年末にプレプリントサーバーarXivに硫化水素化合物で超高压下において190Kの超伝導転移温度( $T_c$ )を観測したという報告があった。その後、Nature誌[1]により詳細に203Kの超伝導が145 GPaで達成されたと発表された。超伝導機構はBCS的であると言われながらも、その高い転移温度に大きな注目が集まった。大幅な $T_c$ 向上の原因として考えられるのは、何よりも構成元素の水素が全元素中で一番軽いということであり、従ってデバイ振動数も大きく、電子格子相互作用が大きいことが第一に挙げられる。金属水素における室温超伝導予測に代表されるように、水素化物が高い $T_c$ を齎すと以前から言われていた。それを超高压下にする事で常圧で不安定な硫化水素化合物を固体化して実現したものである。これを踏まえて我々は、原子層レベルの薄い超伝導体に水素修飾を行えば、修飾された表面・界面の効果が大きく働き $T_c$ を顕著に高められるのではないかとこのことを着想した。具体的には、FeSeの膜厚を原子層レベルに薄くするとバルクよりも $T_c$ が高くなることが報告されており、この元々高めの $T_c$ をもつ原子層超伝導に水素を修飾することで $T_c$ を向上することを計画した。

### 2. 研究の目的

本研究ではファンデルワールス力で層間結合しているような原子層超伝導体に対して、水素を修飾することでデバイ周波数を上昇させ、電子格子相互作用を増大させ、超伝導転移温度を上げることが目的とした。

### 3. 研究の方法

物質を水素修飾する方法についてはいろいろあるが、我々は超高真空チャンバーを用いているため、超高真空中に試料を設置し、そこへ水素雰囲気 $10^{-6}$ Torr程度導入して、さらに加熱したフィラメントを試料に相対させて水素クラッキングを行い水素化する方法を取る。我々はこの方法でSrTiO<sub>3</sub>表面を水素修飾することに成功している[2]。これにより原子層超伝導体に対して、表面、あるいは層間に水素を導入して、 $T_c$ の変化を観測したい。本研究では、まずFeSe超伝導薄膜を作製するところから始めた。しかしその作製に難航し、その良質な膜の作製と評価を行うことが何よりもまず重要であると認識し、作製条件を探求することから始めた。それを独立4探針電気伝導測定装置で冷却しながら測定し、 $T_c$ を求めた。そして水素修飾を行って $T_c$ の変化を観測する計画であった。

### 4. 研究成果

本研究でメインに用いるFeSeは図1のような結晶構造をとる。まず、SrTiO<sub>3</sub>(001)基板についてBHF処理した後、大気分圧比で1000°Cにおいてアニールすることで、 $\sqrt{13} \times \sqrt{13}$ の周期性を持つ表面構造を作製する。そのときのRHEEDパターンを図2に示す。その後、FeSeをMBE装置によって20ユニットセルほど成長した場合のXRDの $\theta$ - $2\theta$ スキャンの結果を図3に示す。これから分かるように、FeSeは(001)の単結晶成長をしており異相は確認されなかった。またXPS測定によってFe:Seの組成比率を計測した。Feの2p軌道とSeの3d軌道による光電子放出ピークが見られ、バックグラウンド引き算後にこれらの面積比をとることでFe:Seの元素比率は50.5 : 49.5と判明し、若干のFeリッチであることが推定された。次に、電気抵抗の温度依存性の結果を図4に示す。挿図のように4探針のうち2本に電流を印加し、残りの2本で電圧を測定することで電気抵抗を測定している。抵抗の傾向としては低温で顕著に減少しており、220 - 40 K程度の範囲では金属的なグリューナイゼンの式でフィッティング出来た(青色)。図5のように40 K以下では0.2  $\Omega/\square$ 程度となつてほぼ一定値となっており、超伝導にみえる。しかしこの時のI-V曲線を見ると直線的となっており、明確には臨界電流が確認できなかった。しかし、臨界電流がどの程度明確に見えるかは、超伝導転移している領域の割合によって大きく変わってくる。つまり、測定領域の中に部分的にまだ金属領域があった場合、直列抵抗として金属の抵抗が乗ってくる。そのとき、超伝導領域が降温で金属から超伝導状態へと変化する際の抵抗変化が、超伝導でない領域の抵抗に比べて十分に大きな割合で変化しないと、スクリーニングされてしまつて見えにくくなつてしまつてもおかしくない。つまり、超伝導転移前の抵抗が今回のように80 Kですでに1  $\Omega/\square$ を切るように大分低い場合、I-V

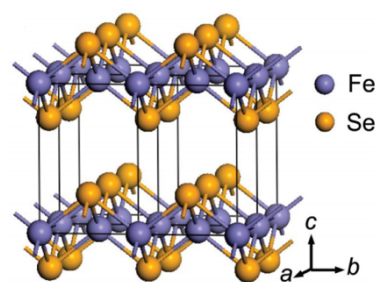


図1: FeSeの結晶構造図[5]。

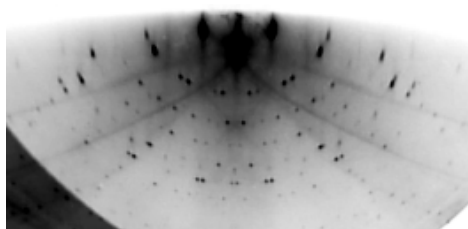


図2: SrTiO<sub>3</sub>(001)表面に形成した $\sqrt{13} \times \sqrt{13}$ の表面超構造。

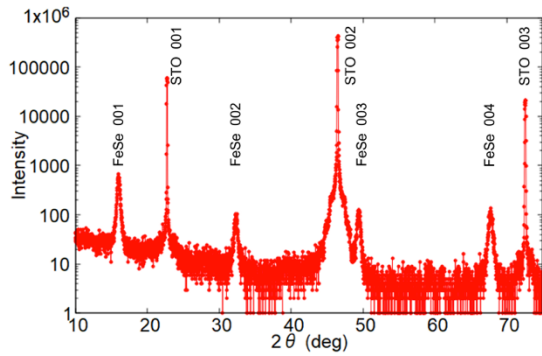


図3: SrTiO<sub>3</sub>(001)上に成長した FeSe 薄膜 20 ユニットセルの X 線回折 ( $\theta$ - $2\theta$ ) パターン。

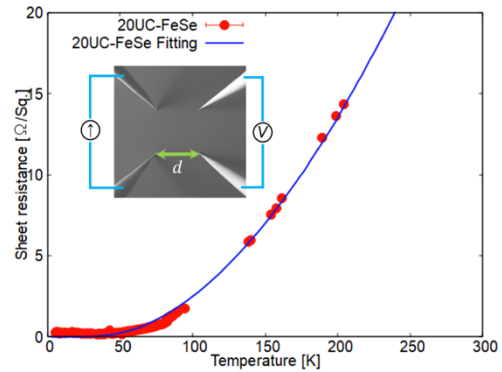


図4: FeSe 20 ユニットセル薄膜の電気抵抗値の温度依存性。挿図: 独立 4 探針の配置の様子。

曲線での臨界電流を検出するのは原理的に難しいということになる。抵抗が降温で低下し、装置の検出下限よりも上の抵抗値で一定値をとる場合、その抵抗値を取り始めた温度を超伝導転移温度と定義するならば、今回の  $T_c$  は  $\sim 40$  K ということができる。これは先行研究[3,4]と比較しても大きな齟齬はない値である。我々は他にも様々な条件で FeSe 薄膜を作製したが、いずれも同様に降温によって抵抗は下がり、その低下の大きさが大きいという特徴的な振る舞いが観測された。我々の作製した FeSe 薄膜は、低温での常伝導抵抗がかなり低いものばかりであったため、仮に超伝導転移したとしても、 $I$ - $V$  曲線を見ても明確に  $T_c$  を決定することが難しかった。しかし、なぜ先行研究と比較してこれほどまでに常伝導抵抗が低いのかは今のところ分かっていない。金属状態で何桁も抵抗が減少する振る舞いは少なくとも典型的な金属には見られず、興味深い。なお、これらの性質の解析と原因推定に時間を取られたため、研究期間内に水素修飾の効果を見ることは残念ながらできなかったが、上記知見を得た今、常伝導抵抗値の高い試料の作製条件探索及び、先行研究試料とは何が違うのかの解明、また  $T_c$  を電気抵抗値の温度変化から見積もるなどして、早期に水素修飾効果を観測したいと考えている。

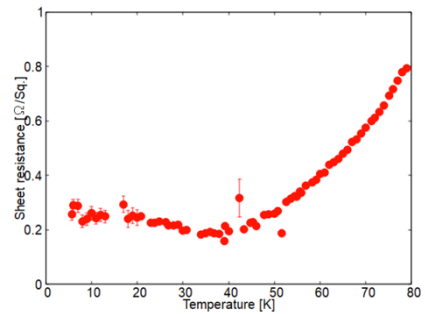


図5: 図4の低温部の振る舞い。

## References

- [1] A. P. Drozdov, M. I. Eremets, I. A. Troyan, V. Ksenofontov, and S. I. Shylin, *Nature* **525**, 73 (2015).
- [2] Y. Takeuchi, R. Hobara, R. Akiyama, A. Takayama, S. Ichinokura, R. Yukawa, I. Matsuda, and S. Hasegawa, *Phys. Rev. B* **101**, 085422 (2020).
- [3] N. Shikama, Y. Sakishita, F. Nabeshima, Y. Katayama, K. Ueno and A. Maeda, *Appl. Phys. Express* **13**, 083006 (2020).
- [4] A. K. Pedersen, S. Ichinokura, T. Tanaka, R. Shimizu, T. Hitosugi, and T. Hirahara, *Phys. Rev. Lett.* **124**, (2020).
- [5] F.-C. Hsu, J.-Y. Luo, K.-W. Yeh, T.-K. Chen, T.-W. Huang, P. M. Wu, Y.-C. Lee, Y.-L. Huang, Y.-Y. Chu, D.-C. Yan, and M.-K. Wu, *PNAS* **105**, 14262 (2008).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Toyama Haruko, Akiyama Ryota, Ichinokura Satoru, Hashizume Mizuki, Imori Takushi, Endo Yukihiro, Hobara Rei, Matsui Tomohiro, Horii Kentaro, Sato Shunsuke, Hirahara Toru, Komori Fumio, Hasegawa Shuji	4. 巻 16
2. 論文標題 Two-Dimensional Superconductivity of Ca-Intercalated Graphene on SiC: Vital Role of the Interface between Monolayer Graphene and the Substrate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 3582 ~ 3592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c11161	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 Takashiro Takuya, Akiyama Ryota, Kibirev Ivan A., Matetskiy Andrey V., Nakanishi Ryosuke, Sato Shunsuke, Fukasawa Takuro, Sasaki Taisuke, Toyama Haruko, Hiwatari Kota L., Zotov Andrey V., Saranin Alexander A., Hirahara Toru, Hasegawa Shuji	4. 巻 22
2. 論文標題 Soft-Magnetic Skyrmions Induced by Surface-State Coupling in an Intrinsic Ferromagnetic Topological Insulator Sandwich Structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 881 ~ 887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.1c02952	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 Huang Hongrui, Rahman Azizur, Wang Jianlin, Lu Yalin, Akiyama Ryota, Hasegawa Shuji	4. 巻 130
2. 論文標題 Spin-glass-like state induced by Mn-doping into a moderate gap layered semiconductor SnSe2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 223903 ~ 223903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0077612	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 Ito Hiroshi, Otaki Yusuke, Tomohiro Yuta, Ishida Yukiaki, Akiyama Ryota, Kimura Akio, Shin Shik, Kuroda Shinji	4. 巻 2
2. 論文標題 Observation of unoccupied states of SnTe(111) using pump-probe ARPES measurement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 43120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.043120	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 Fukui Naoya, Hobara Rei, Takayama Akari, Akiyama Ryota, Hirahara Toru, Hasegawa Shuji	4. 巻 102
2. 論文標題 Scattering of topological surface-state carriers at steps on surfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.115418	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 Huang H, Toyama H, Bondarenko L V, Tupchaya A Y, Gruznev D V, Takayama A, Hobara R, Akiyama R, Zotov A V, Saranin A A, Hasegawa S	4. 巻 33
2. 論文標題 Superconducting proximity effect in a Rashba-type surface state of Pb/Ge(111)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 075007 ~ 075007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/ab8ffe	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 Fan Di, Hobara Rei, Akiyama Ryota, Hasegawa Shuji	4. 巻 2
2. 論文標題 Inverse spin Hall effect induced by asymmetric illumination of light in topological insulator Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 23055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.023055	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 Takeuchi Y., Hobara R., Akiyama R., Takayama A., Ichinokura S., Yukawa R., Matsuda I., Hasegawa S.	4. 巻 101
2. 論文標題 Two-dimensional conducting layer on the SrTiO <sub>3</sub> surface induced by hydrogenation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.085422	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 Huang Hongrui, Toyama Haruko, Bondarenko Leonid V, Tupchaya Alexandra Yu, Gruznev Dmitry V, Takayama Akari, Hobara Rei, Akiyama Ryota, Zotov Andrey V, Saranin Alexander, Hasegawa Shuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Superconducting proximity effect in a Rashba-type surface state of Pb/Ge(111)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	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) 10.1088/1361-6668/ab8ffe	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 Fan Di, Hobara Rei, Akiyama Ryota, Hasegawa Shuji	4. 巻 2
2. 論文標題 Inverse spin Hall effect induced by asymmetric illumination of light in topological insulator Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.023055	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 Lau Yong-Chang, Akiyama Ryota, Hirose Hishiro T, Nakanishi Ryosuke, Terashima Taichi, Uji Shinya, Hasegawa Shuji, Hayashi Masamitsu	4. 巻 3
2. 論文標題 Concomitance of superconducting spin-orbit scattering length and normal state spin diffusion length in W on (Bi,Sb) <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Materials	6. 最初と最後の頁 034001 ~ 034001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2515-7639/ab7e0c	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 Ryota Akiyama, Ryo Ishikawa, Kazuhiro Akutsu, Ryosuke Nakanishi, Yuta Tomohiro, Kazumi Watanabe, Kazuki Iida, Masanori Mitome, Shuji Hasegawa, Shinji Kuroda	4. 巻 1910.1054
2. 論文標題 Direct probe of ferromagnetic proximity effect at the interface in Fe/SnTe heterostructure by polarized neutron reflectometry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 arXiv	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) 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 Di Fan, Rei Hobara, Ryota Akiyama, Shuji Hasegawa	4. 巻 なし
2. 論文標題 Light induced inverse spin Hall effect by polarized circular light	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1809.08063
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 Yuki Shiomi, Keita Yamamoto, Ryosuke Nakanishi, Tomonori Nakamura, Satoru Ichinokura, Ryota Akiyama, Shuji Hasegawa, and Eiji Saitoh	4. 巻 113
2. 論文標題 Efficient Edelstein effects in one-atom-layer TI-Pb compound	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 052401-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5040546	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 Y Endo, S Ichinokura, R Akiyama, A Takayama, K Sugawara, K Nomura, T Takahashi, and S Hasegawa	4. 巻 30
2. 論文標題 Weak localization in bilayer graphene with Li-intercalation/desorption	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 305701-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/aaccc4	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 Ryota Akiyama, Kazuki Sumida, Satoru Ichinokura, Ryosuke Nakanishi, Akio Kimura, Konstantin A Kokh, Oleg E Tereshchenko, and Shuji Hasegawa	4. 巻 30
2. 論文標題 Shubnikov-de Haas oscillations in p and n-type topological insulator (Bi <sub>x</sub> Sb <sub>1-x</sub> ) <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 265001-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/aac59b	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 Y. Takeuchi, R. Hobara, R. Akiyama, A. Takayama, S. Ichinokura, R. Yukawa, I. Matsuda, S. Hasegawa	4. 巻 なし
2. 論文標題 Two-dimensional conducting layer on SrTiO <sub>3</sub> surface induced by hydrogenation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1904.00539
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 秋山了太、石川諒、阿久津和宏、飯田一樹、黒田眞司、長谷川修司	4. 巻 39
2. 論文標題 トポロジカル結晶絶縁体SnTeとFeヘテロ界面における強磁性proximity効果の検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CROSS季刊誌「四季」	6. 最初と最後の頁 6-7
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 -

[学会発表] 計43件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 秋山了太
2. 発表標題 トポは端だが役に立つ ~表面・界面で起こる強磁性・超伝導~
3. 学会等名 表面科学と原子層科学のエッジ、日本表面真空学会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryota Akiyama
2. 発表標題 Observation of topological Hall effect in sandwich structures with self-assembled intrinsic topological ferromagnet Mn(Bi,Sb) <sub>2</sub> Te <sub>4</sub>
3. 学会等名 Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors (PASPS) -26 (招待講演)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Ryota Akiyama
2. 発表標題 Induced effects by introducing ferromagnetism into topological insulators
3. 学会等名 2021年日本物理学会シンポジウムInterdisciplinary surface science researches toward innovative materials and devices (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Akiyama
2. 発表標題 Emergence of correlated surface states in topological Hall effect in the self-assembling magnetic sandwich topological insulator structure
3. 学会等名 The 5th JOINT SYMPOSIUM 2020 between Tsinghua University and The University of Tokyo "Trans scale Materials Science" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryota Akiyama
2. 発表標題 Structural and magnetic effects on surface states in topological (crystalline) insulators
3. 学会等名 NTTI 2019 & BEC 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠山晴子, 中村友謙, 田中宏明, L. V. Bondarenko, A. Y. Tupchaya, D. V. Gruznev, 保原 麗, 秋山 了太, A.V. Zotov, A.A. Saranin, 長谷川 修司
2. 発表標題 半導体基板上的2次元(Pb,Au)層の構造と物性
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高城 拓也, 秋山 了太, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, 遠山 晴子, A. V. Zotov, A. A. Saranin, 長谷川 修司
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造MnTe/(Bi1-xSbx)2Te3 の作製とその評価
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊和己, 中西亮介, 秋山了太, 福居直哉, 豊田良順, 西原寛, 長谷川修司
2. 発表標題 In/SnTe/Bi(111)構造における二次元超伝導の観測
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高城拓也, 秋山了太, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, 遠山晴子, 中西亮介, 樋渡功太, A. V. Zotov, A. A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 室温強磁性トポロジカル絶縁体MnTe/ (Bi1-xSbx)2Te3の電気伝導特性
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山了太, 佐藤瞬亮, 遠藤由大, 長谷川修司
2. 発表標題 SiC(0001)上に成長した青リンの構造と伝導特性
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊和己, 友弘雄太, 嶋野武, 石川諒, 秋山了太, 阿久津和宏, 飯田一樹, 黒田眞司, 長谷川修司
2. 発表標題 偏極中性子反射率法を用いたEuS/SnTeおよびEuS/PbTeヘテロ界面における磁化の測定
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤由大, 鄭帝洪, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 K修飾されたCaインターカレートグラフェン/SiCの輸送特性
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鄭帝洪, フェルバケルヨルト, 遠藤由大, 遠山晴子, 渡邊和己, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 Yb蒸着されたグラフェン/SiCにおける強磁性の発現
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠山晴子, Huang Hongrui, 中村友謙, Bondarenko Leonid, Tupchaya Alexandra, Gruznev Dimitry, 保原麗, 高山あかり, 秋山了太, Zotov Andrey, Saranin Alexander, 長谷川修司
2. 発表標題 Ge(111)基板上の2次元Pbの表面構造および超伝導
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤由大, 鄭 帝洪, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 K修飾されたCaインターカレートグラフェン/SiCによる超伝導
3. 学会等名 2019年秋季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Guo Yuxiao, 保原麗, 秋山了太, 遠山晴子, 長谷川修司
2. 発表標題 Anisotropic electrical conductance on a (001) surface of topological crystalline insulator (Pb,Sn)Se
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山了太, 宮内恵太, 遠藤由大, 佐藤瞬亮, 保原麗, 長谷川修司
2. 発表標題 SiC(0001)上に成長した原子層単結晶青リンの特性
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊和己, 友弘雄太, 嶋野武, 石川諒, 秋山了太, 阿久津和宏, 飯田一樹, 黒田眞司, 長谷川修司
2. 発表標題 偏極中性子反射率法による強磁性体/トポロジカル結晶絶縁体ヘテロ界面における磁化の深さ依存性の測定
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鄭帝洪, フェルバケルヨルト, 遠藤由大, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 SiC 基板上 Yb 蒸着グラフェンにおける強磁性の発現
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高城拓也, 秋山了太, Kibirevlvan, MatetskiyAndrey, 遠山晴子, 中西亮介, 樋渡功太, ZotovAndrey, Saranin Alexander, 長谷川修司
2. 発表標題 室温強磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ接合 MnTe/(Bi1-xSbx)2Te3の電気伝導特性評価
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鄭帝洪, V. Jort, 遠藤由大, 渡邊和己, 遠山晴子, 高城拓也, 保原麗, L. V. Bondarenko, A. Y. Tupchaya, D. V. Gruznev, A. V. Zotov, C, A. A. Saranin, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 Yb吸着グラフェン/SiCの磁性
3. 学会等名 2020年春季日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hongrui Huang, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 Si(111)とSiC(0001)とグラフェンに成長した層状SnSe2の輸送特性
3. 学会等名 2020年春季日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郭宇嘯, 秋山了太, 保原麗, 遠山晴子, Grzegorz Mazur, Tomasz Dietl, 長谷川修司
2. 発表標題 トポロジカル結晶絶縁体(Pb,Sn)Se(001)表面における異方的な電気伝導特性
3. 学会等名 2020年春季日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高城拓也, 秋山了太, I. A. Kibirev A. V. Matetskiy, 遠山晴子, 中西亮介, 樋渡功太, A. V. Zotov, A. A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 強磁性トポロジカル絶縁体サンドイッチ構造Mn(Bi1-xSbx)2Te4/(Bi1-xSbx)2Te3/ Mn(Bi1-xSbx)2Te4/Si(111)の電気伝導特性
3. 学会等名 2020年春季日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 ファン デイ, 保原麗, 秋山了太, 長谷川修司
2. 発表標題 Bi2Se3上へのBi蒸着による偏光誘起光電流の変調
3. 学会等名 2020年春季日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Takashiro, R. Akiyama, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, H. Toyama, A. V. Zotov, A. A. Saranin, and S. Hasegawa
2. 発表標題 Fabrication and Evaluation of Magnetic Topological Insulator Heterostructure MnTe/(Bi1-xSbx)2Te3
3. 学会等名 Topological Phases and Functionality of Correlated Electron Systems 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Shinobu Ohya, Akiyori Yamamoto, Tomonari Yamaguchi, Ryo Ishikawa, Ryota Akiyama, Le Duc Anh, Shobhit Goel, Yuki K. Wakabayashi, Shinji Kuroda, Masaaki Tanaka
2. 発表標題	Observation of the inverse spin Hall effect in the topological crystalline insulator SnTe using spin pumping
3. 学会等名	SPIE Optics+Photonics 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Ryota Akiyama, Ryosuke Nakanishi, Kazumi Watanabe, and Shuji Hasegawa
2. 発表標題	2-dimensional superconductivity in SnTe on Bi/Si(111)
3. 学会等名	New Trend of Topological Insulator 2018 (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	H. Ito, Y. Otaki, Y. Tomohiro, Y. Ishida, R. Akiyama, A. Kimura, S. Shin, S. Kuroda
2. 発表標題	Observation of the unoccupied state of SnTe by laser-excited angle resolved photoemission spectroscopy
3. 学会等名	New Trend of Topological Insulator 2018 (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	秋山了太
2. 発表標題	トポロジカル結晶絶縁体の電子物性評価とその応用
3. 学会等名	ISSPワークショップ・スピン軌道強結合伝導系におけるサイエンスの新展開 (招待講演)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 宮内恵太、秋山了太、中西亮介、遠藤由大、長谷川修司
2. 発表標題 新奇層状物質青リンのAu(111)へのエピタキシャル成長とその電気伝導特性評価
3. 学会等名 日本表面科学会 第3回関東支部講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤寛史, 大滝祐輔, 石田行章, 秋山了太, 木村昭夫, 幸埴, 黒田眞司
2. 発表標題 トポロジカル結晶絶縁体SnTe薄膜の表面バンド分散と超高速キャリアダイナミクス
3. 学会等名 2018年秋季日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今中康貴, D. Kindole, 竹端寛治, 大滝祐輔, 伊藤寛史, 秋山了太, 黒田眞司
2. 発表標題 IV-VI族半導体PbSnTeのテラヘルツサイクロトロン共鳴
3. 学会等名 2018年秋季日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 73. 渡邉和己, 石川諒, 秋山了太, 阿久津和宏, 飯田一樹, 黒田眞司, 長谷川修司
2. 発表標題 偏極中性子反射率法を用いたFe/SnTeヘテロ構造界面における強磁性近接効果の観測
3. 学会等名 2018年秋季日本物理学会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 S.P. Liu, Y. Takeuchi, J.L. Wang, R. Akiyama, and S. Hasegawa
2. 発表標題 Bose-metal behavior in epitaxial FeSe thin films grown on SrTiO <sub>3</sub>
3. 学会等名 2018年秋季日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高城拓也, 秋山了太, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, 遠山晴子, A. V. Zotov, A. A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造MnTe/ (Bi <sub>1-x</sub> Sbx) <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> の作製とその評価
3. 学会等名 2019年春季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤寛史, 大滝祐輔, 友弘雄太, 石田行章, 秋山了太, 木村昭夫, 辛埴, 黒田眞司
2. 発表標題 トポロジカル結晶絶縁体 (Pb,Sn)Te (111)薄膜のレーザー励起ARPES測定による非占有状態の観測と超高速キャリアダイナミクス
3. 学会等名 2019年春季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮内恵太, 秋山了太, 保原麗, 長谷川修司
2. 発表標題 Au/CuSi/Si(111)テンプレート上における原子層青リンの結晶成長とその評価
3. 学会等名 2019年春季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠山晴子, 中村友謙, 田中宏明, L. V. Bondarenko, A. Y. Tupchaya, D. V. Gruznev, 保原麗, 秋山了太, A.V. Zotov, A.A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 Si(111)上の(Pb,Au)表面合金層の構造と伝導特性
3. 学会等名 2019年春季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊和己, 中西亮介, 秋山了太, 福居直哉, 豊田良順, 西原寛, 長谷川修司
2. 発表標題 In/SnTe/Bi(111)構造における二次元超伝導の観測
3. 学会等名 2019年春季日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠山晴子, 中村友謙, 田中宏明, L. V. Bondarenko, A. Y. Tupchaya, D. V. Gruznev, 保原麗, 秋山了太, A.V. Zotov, A.A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 半導体基板上の2次元(Pb,Au)層の構造と物性
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高城 拓也, 秋山了太, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, 遠山晴子, A. V. Zotov, A. A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造MnTe/(Bi <sub>1-x</sub> Sbx) <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> の作製とその評価
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊和己, 中西亮介, 秋山了太, 福居直哉, 豊田良順, 西原寛, 長谷川修司
2. 発表標題 In/SnTe/Bi(111)構造における二次元超伝導の観測
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 岩塩型構造を持つ化合物の単結晶薄膜及びその製造方法	発明者 秋山了太	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-030143	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>リサーチマップ  <a href="https://researchmap.jp/rakiyama">https://researchmap.jp/rakiyama</a>  リサーチゲート  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama">https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama</a>  研究室ホームページ  <a href="http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/">http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/</a>  リサーチマップ  <a href="https://researchmap.jp/rakiyama">https://researchmap.jp/rakiyama</a>  リサーチゲート  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama">https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama</a>  研究室ホームページ  <a href="http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/">http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/</a>  リサーチマップ  <a href="https://researchmap.jp/rakiyama">https://researchmap.jp/rakiyama</a>  リサーチゲート  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama">https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama</a>  研究室ホームページ  <a href="http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/">http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/</a>  研究室HP  <a href="http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/">http://www-surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp/</a>  Researchgate  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama">https://www.researchgate.net/profile/Ryota_Akiyama</a></p>
--

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