

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14533

研究課題名（和文）Li侵入グラフェンの強磁性発現検証

研究課題名（英文）Verification of ferromagnetism in Li-intercalated graphene

研究代表者

一ノ倉 聖 (Ichinokura, Satoru)

東京工業大学・理学院・助教

研究者番号：00792566

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではスピントロニクスへの応用を目指し、グラフェンを元にした層間化合物の合成による2次元強磁性体の生成を目指した。特に、一般に磁性材料に用いられる遷移金属由来の強磁性ではなく、グラフェンに特徴的なフラットバンド占有による強相関効果由来の強磁性発現に着目した。電子供与性元素であるリチウムやカルシウムとの層間化合物合成により、グラフェンのフラットバンドを占有できることを明らかにした。グラフェンの層数や、基板として用いている炭化ケイ素表面の構造によってフラットバンドを制御できることを示した。また、2次元強磁性の検出に有用な、超高真空中で動作する異常ホール効果測定装置の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、グラフェン層間化合物におけるフラットバンド占有に関して新しい学術的知見を得た。層間の元素種、侵入密度、そしてグラフェンの層数という3つの軸によってフラットバンドの制御が可能である。グラフェン層間への元素挿入は、電気化学的手法により可逆的に行うことが可能である。よって、将来的にはグラフェンにおける磁性の電気的制御の実現が期待される。これは、スピントロニクスのさらなる省電力化に貢献し、現在爆発的に増大している情報処理にかかる電力の削減が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to synthesize interlayer compounds based on graphene to produce two-dimensional ferromagnetic materials for spintronics applications. Specifically, we investigated the ferromagnetism arising from the strong correlation effect due to flat band occupation, a characteristic feature of graphene, as opposed to the transition metals typically employed for magnetic materials. We discovered that the flat band of graphene can be occupied by synthesizing interlayer compounds with lithium and calcium, which are electron-donating elements. We demonstrated that the flat band can be manipulated by varying the number of graphene layers and the structure of the silicon carbide surface used as a substrate. Additionally, we developed a system for measuring the anomalous Hall effect in ultrahigh vacuum, which is instrumental in detecting two-dimensional ferromagnetism.

研究分野：半導体表面・界面電子物性

キーワード：グラフェン インターカレーション 炭化ケイ素 フラットバンド ファン・ホープ特異性

## 1. 研究開始当初の背景

近年の情報通信の大規模化に伴い、データセンター等における莫大なエネルギー消費が問題となっている。その解決へ向けた指導原理の一つとして、物質中の電子の電荷だけでなくスピンを情報担体として用いるスピントロニクスの研究が進められている。スピントロニクスの情報回路の集積化には素子の微細化が必要である。微細化の要請に応えるため、電子材料分野では低次元物質の研究が盛んに行われている。その代表格が炭素の2次元物質であるグラフェンである。グラフェンは優れた柔軟性、光学的透明性、電子移動度を有するため、次世代電子材料として全世界で爆発的な研究がなされている。スピントロニクス分野においても、グラフェンは長距離に渡ってスピン情報を伝搬させる媒質として注目されており、強磁性体からグラフェンへのスピン注入などが実証されている。さらに最近、強磁性を持つ2次元物質も発見されたことから、2次元物質のみからなるスピントロニクスデバイスが提唱されている。

本研究では、グラフェンをベースとした層間化合物の合成による2次元強磁性体の創出を目指す。層間化合物とは、2層グラフェンの層間や基板との界面に異種元素が侵入(インターカレーション)してできる化合物のことを言う。遷移金属を侵入させた場合には、遷移金属の電子軌道とグラフェンの電子軌道の混成による強磁性化が期待できる。一方、アルカリ金属等を侵入させた場合には、グラフェンでは元々非占有状態である「フラットバンド」への電子ドーピングにより強相関効果が顕在化し、強磁性が生じる可能性がある。すると、遷移金属フリーなオールグラフェン・スピントロニクスを実現できる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、グラフェン層間化合物の合成による2次元強磁性体の創出を目的とする。特に、アルカリ金属やアルカリ土壌金属が侵入したグラフェンにおいてフラットバンドや強磁性が生じるか、実験的に調べることを目的とする。

## 3. 研究の方法

グラフェンは炭化ケイ素基板へのエピタキシャル成長により作製した。その際、成長条件の調整により単層～数層のグラフェンを作り分けた。層間化合物の合成は分子線エピタキシー法(MBE)を応用してリチウムやカルシウムを蒸着し、熱処理によってインターカレーションを促した。

これらの物質は大気によって容易に汚染されてしまうため、本研究ではMBEによって作製した試料を大気曝露することなく、フラットバンドや強磁性の発現を検証する必要がある。そこで、MBE、角度分解光電子分光(ARPES)、電気伝導測定装置が接続された複合真空装置を用いた。ARPES機構によってバンド構造の測定ができる。また、電気伝導測定部分は本研究で大幅な改良を行い、異常ホール効果を通じた強磁性検出ができるようにした。

強磁性に伴うバンド分裂を観測するための低温・高分解能ARPES測定は分子科学研究所UVSOR BL7U, 5Uにて行った。

## 4. 研究成果

### (1) リチウム層間化合物におけるフラットバンド占有と制御

単層～多層グラフェンのいずれにおいてもリチウムとの合成に成功した。単層グラフェンと炭化ケイ素の界面にリチウムが侵入しただけではフラットバンド占有には至らないが、グラフェンが2層になり、真空側からグラフェン/リチウム/グラフェン/リチウム/炭化ケイ素の積層構造が形成されると、フラットバンドが占有されることを明らかにした。特筆すべきことに、2層以上では層数によらず、フラットバンドが伝導電子を担い続ける傾向が観測された。層数が3から4に増加した際にフラットバンド近傍で電子密度がわずかに変化することがわかった。

フラットバンド近傍では強相関効果が増大し、わずかな電子密度の変化により強磁性を含む様々な状態が実現すると考えられている。従って本研究では層数制御によってグラフェンの状態を様々なコントロールできることを示した。この成果は下記の2つの学術論文として発表した。

S. Ichinokura\*, M. Toyoda, M. Hashizume, K. Horii, S. Kusaka, S. Ideta, K. Tanaka, R. Shimizu, T. Hitosugi, S. Saito, and T. Hirahara, "Van Hove singularity and Lifshitz transition in thickness-controlled Li-intercalated graphene" *Physical Review B* 105, 235307 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.235307>

一ノ倉聖\* , 豊田 雅之, 斎藤 晋, 平原 徹 「Li が侵入したグラフェンにおける層数依存 Lifshitz 転移」 **表面と真空** 65(11) 502-507 (2022).

2層グラフェン-リチウム層間化合物について低温で高分解能 ARPES 測定を行ったが、強磁性に伴うバンド分裂は観測されなかった。これは、フラットバンド機構による強磁性発現が電子密度に敏感であることで説明できる。上記のように、他の層数では電子密度が僅かに変化して強磁性が発現する可能性があるため、低温での高分解能 ARPES 測定が期待される。

### (2) カルシウム層間化合物におけるフラットバンド占有:基板との界面の効果

単層~多層グラフェンのいずれにおいてもカルシウムとの合成に成功した。単層グラフェンと炭化ケイ素の界面にカルシウムが侵入すると、フラットバンド占有に至ることを明らかにした。グラフェンが2層になり、真空側からグラフェン/カルシウム/グラフェン/カルシウム/炭化ケイ素の積層構造が形成された場合にはカルシウムの密度に依存した複雑な変化を観測した。カルシウムの密度が小さい場合にはフラットバンドが非占有だが、カルシウムの密度が増加すると占有状態となった。構造解析の結果から、この変化は単純な電子ドーピングではなく、過剰なカルシウムがグラフェンと炭化ケイ素の界面に金属層を形成し、それがグラフェンの電子軌道と混成することでフラットバンドを生み出すことが明らかになった。

2層グラフェン-カルシウム層間化合物は2016年に超伝導が観測されていた。そこで、フラットバンドの影響により基底状態がどのように変化するのか調べたところ、より高い転移温度で超伝導になることがわかった。この結果は、フラットバンド近傍の伝導電子の状態の一つに超伝導があることを示している。従って、今後電子密度の精密な制御により超伝導から強磁性状態への相転移を引き起こすことが期待できる。この成果は下記の学術論文として発表した。

S. Ichinokura\*, K. Tokuda, M. Toyoda, K. Tanaka, S. Saito, and T. Hirahara  
“Van Hove Singularity and Enhanced Superconductivity in Ca-intercalated Bilayer Graphene Induced by Confinement Epitaxy” *ACS Nano* 18, 13738-13744 (2024).

低温における高分解能 ARPES 測定を、単層、2層グラフェンとカルシウムの層間化合物に対して行ったが、強磁性に伴うバンド分裂が見られなかった。前者に関しては電子密度が最適化されていないこと、後者に関しては超伝導層が基底状態となったことが原因であると考えられる。

### (3) 異常ホール効果測定系の構築

ARPES 装置と接続された独立駆動4探針電気伝導測定装置について、異常ホール効果検出のための改良を行った。ホール効果成分を検出するために6端子化を行った他、磁気ヒステリシスを観測するための磁場掃引機構を構築した。この機構の動作テストを兼ねて磁性トポロジカル絶縁体の測定を行い、強磁性発現に伴う異常ホール効果の測定に成功した。ARPES と異常ホール効果測定を一貫して行う性能は世界でも唯一であり、論文発表を予定している。

バンド構造測定により、グラフェン層間化合物に強磁性を発現させるには電子密度の精密な制御が必要であることがわかったため、本研究の期間内にその検出には至らなかった。一方、電気伝導測定装置を多端子化したことで、ゲート電圧の印可も可能になっている。従って、この機構を用いて電界効果により電子密度を精密に制御して強磁性の検証を今後行う予定である。

## 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 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ichinokura Satoru, Tokuda Kei, Toyoda Masayuki, Tanaka Kiyohisa, Saito Susumu, Hirahara Toru	4. 巻 18
2. 論文標題 Van Hove Singularity and Enhanced Superconductivity in Ca-Intercalated Bilayer Graphene Induced by Confinement Epitaxy	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 13738 ~ 13744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.4c01757	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 Ichinokura S., Hemmi A., Cun H., Tanaka K., Shimizu R., Hitosugi T., Greber T., Hirahara T.	4. 巻 122
2. 論文標題 Efficiency of electron doping to monolayer hexagonal boron nitride by alkali metals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 071601 ~ 071601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0140074	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 Ide Koshiro, Tanaka Tomoaki, Pedersen Asger, Ichinokura Satoru, Hirahara Toru	4. 巻 6
2. 論文標題 Temperature dependence of the superconducting gap of single-layer FeSe/SrTiO <sub>3</sub> : Direct comparison between transport and spectroscopic measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 124801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevmaterials.6.124801	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 Deng Jun, Nishio Kazunori, Ichinokura Satoru, Watanabe Yuki, Edamura Kurei, Nakayama Ryo, Shimizu Ryota, Hirahara Toru, Hitosugi Taro	4. 巻 5
2. 論文標題 Modifying the Interface between the Solvated Ionic Liquid Electrolyte and Positive Electrode to Boost Lithium-Ion Battery Performance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 10891 ~ 10896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c01533	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 Ichinokura S., Toyoda M., Hashizume M., Horii K., Kusaka S., Ideta S., Tanaka K., Shimizu R., Hitosugi T., Saito S., Hirahara T.	4. 巻 105
2. 論文標題 Van Hove singularity and Lifshitz transition in thickness-controlled Li-intercalated graphene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.105.235307	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 Kusaka S., Sasaki T. T., Sumida K., Ichinokura S., Ideta S., Tanaka K., Hono K., Hirahara T.	4. 巻 120
2. 論文標題 Fabrication of (Bi <sub>2</sub> ) <sub>m</sub> (Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> ) <sub>n</sub> superlattice films by Te desorption from a pristine Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> film	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 173102 ~ 173102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0090207	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 Toyama Haruko, Akiyama Ryota, Ichinokura Satoru, Hashizume Mizuki, Imori Takushi, Endo Yukihiko, 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 Si Wen, Tanaka Tomoaki, Ichinokura Satoru, Hirahara Toru	4. 巻 105
2. 論文標題 Substrate-induced broken C <sub>4</sub> symmetry and gap variation in superconducting single-layer FeSe / SrTiO <sub>3</sub> - ( 13 × 13 )	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.105.104502	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 Tanaka Tomoaki, Ichinokura Satoru, Pedersen Asger, Hirahara Toru	4. 巻 60
2. 論文標題 Monolayer FeSe films grown on SrTiO3 with controlled surface superstructures studied by scanning probes: evidence for interface superconductivity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SE0801 ~ SE0801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abefad	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 Fukasawa T., Kusaka S., Sumida K., Hashizume M., Ichinokura S., Takeda Y., Ideta S., Tanaka K., Shimizu R., Hitosugi T., Hirahara T.	4. 巻 103
2. 論文標題 Absence of ferromagnetism in MnBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> / Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> down to 6 K	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.103.205405	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30件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 一ノ倉聖、豊田雅之、徳田啓、田中清尚、斎藤晋、平原徹
2. 発表標題 Caがインターカレートした2層グラフェンにおけるCa-3d軌道の価電子帯への寄与
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石原和宜、出高志朗、一ノ倉聖、田中清尚、平原徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体MnBi <sub>2</sub> Te <sub>4</sub> サンドイッチ構造の電子構造とその温度依存性
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 徳田啓, 一ノ倉聖, 豊田雅之, 田中清尚, 斎藤晋, 平原徹
2. 発表標題 超伝導体C6CaC6とSiC基板の界面Caが誘起する金属的バンドと転移温度の上昇
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 出高志朗, 田中友晃, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 SrTiO3基板上の単層FeSeの電子輸送による超伝導転移と電子状態測定による超伝導"ギャップ"の比較
3. 学会等名 表面・界面スペクトロスコーピー2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一ノ倉聖, 豊田雅之, 徳田啓, 田中清尚, 斎藤晋, 平原徹
2. 発表標題 Ca インターカレート 2 層グラフェンに 過剰な Ca が誘起する自由電子バンド
3. 学会等名 UVSORシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Si Wen, Tomoaki Tanaka, Satoru Ichinokura, Toru Hirahara
2. 発表標題 Substrate-induced Broken C4 Symmetry and Gap Variation in Superconducting Monolayer FeSe/SrTiO3 - 13 x 13
3. 学会等名 2nd International Symposium on Trans-Scale Quantum Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石原和宜, 福嶋隆司朗, 一ノ倉聖, 田中清尚, 平原徹
2. 発表標題 Vを用いたBi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> の磁気拡張の試みと電子状態測定
3. 学会等名 第5回日本表面真空学会若手部会研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石原和宜, 福嶋隆司朗, 一ノ倉聖, 田中清尚, 平原徹
2. 発表標題 Vを用いたBi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> の磁気拡張の試みと電子状態測定
3. 学会等名 2022年日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 徳田啓, 一ノ倉聖, 豊田雅之, 田中清尚, 斎藤晋, 平原徹
2. 発表標題 Caインターカレート2層グラフェンに過剰なCaが誘起する自由電子バンド
3. 学会等名 2022年日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 出高志朗, 田中友晃, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 SrTiO <sub>3</sub> 基板上的単層FeSeの臨界電流による超伝導ギャップの推定
3. 学会等名 2022年日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Ichinokura, M. Toyoda, M. Hashizume, K. Horii, S. Kusaka, S. Ideta, K. Tanaka, R. Shimizu, T. Hitosugi, S. Saito, T. Hirahara
2. 発表標題 Van Hove Singularity in Thickness Controlled Li-Intercalated Graphene
3. 学会等名 IVC-22 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Si Wen, Tomoaki Tanaka, Satoru Ichinokura, Toru Hirahara
2. 発表標題 Substrate-induced Broken C4 Symmetry and Gap Variation in Superconducting Monolayer FeSe/SrTiO <sub>3</sub> - 13 × 13
3. 学会等名 日本表面真空学会 2022年関東支部講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 徳田啓, 一ノ倉聖, 田中清尚, 平原徹
2. 発表標題 Caインターカレート2層グラフェンに過剰な Ca が誘起する自由電子バンド
3. 学会等名 日本表面真空学会 2022年関東支部講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石原和直, 福嶋隆司朗, 田中清尚, 平原徹
2. 発表標題 V を用いた Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> の磁気拡張の試みと電子状態測定
3. 学会等名 日本表面真空学会 2022年関東支部講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福嶋隆司朗, 角田一樹, 竹田幸治, 田中清尚, 石原和宜, 一ノ倉 聖, 平原 徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体サンドイッチ構造の電子状態と磁化特性
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 W. Si, T. Tanaka, S. Ichinokura, T. Hirahara
2. 発表標題 Substrate-induced Broken C4 Symmetry and Gap Variation in Superconducting Single-layer FeSe/SrTiO3 - 13x 13
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一ノ倉聖, 徳田啓, 福嶋隆司朗, 堀井健太郎, 遠山晴子, 秋山了太, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 長谷川修司, 平原徹
2. 発表標題 Caがインターカレートしたグラフェンにおける2重ディラックバンドと層間電子状態
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 W. Si, T. Tanaka, S. Ichinokura, and T. Hirahara
2. 発表標題 Substrate-induced Broken C4 Symmetry in Superconducting Monolayer FeSe/SrTiO3 - 13x 13
3. 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy(ICSPM29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Ichinokura, M. Toyoda, M. Hashizume, K. Horii, S. Kusaka, S. Ideta, K. Tanaka, R. Shimizu, T. Hitosugi, S. Saito, T. Hirahara
2. 発表標題 Van Hove Singularity in Thickness Controlled Li-Intercalated Graphene
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Nakanishi, K. Nishio, S. Ichinokura, K. Shimizu, Y. Kobayashi, N. Nakamura, D. Imazeki, R. Shimizu, T. Hirahara, T. Hitosugi, and S. Watanabe
2. 発表標題 First-Principles Analysis on Band alignment of LiTi2O4 and SrTiO3 to Understand Ion Diffusion Modulation via Substrate Choice
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋 隆司朗, 角田 一樹, 竹田 幸治, 一ノ倉 聖, 平原 徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体サンドウィッチ構造の電子状態と磁化特性
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出高志朗, 小林俊博, 田中友晃, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹,
2. 発表標題 Nbドープ SrTiO3上の単層 FeSeの電気伝導特性
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 一ノ倉 聖, 豊田 雅之, 橋爪 瑞葵, 堀井 健太郎, 日下 翔太郎, 出田 真一郎, 田中 清尚, 清水 亮太, 一杉 太郎, 斎藤 晋, 平原 徹
2. 発表標題 Liインターカレートしたグラフェンにおける van Hove特異性の層数依存性
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 司 文, 田中 友晃, 一ノ倉 聖, 平原 徹
2. 発表標題 Local effect of sqrt13xsqrt13 reconstruction on single-layer FeSe/SrTiO3
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 一ノ倉聖, 豊田雅之, 橋爪瑞葵, 堀井健太郎, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 斎藤晋, 平原徹
2. 発表標題 Liインターカレートした単層および多層グラフェンにおける質量のあるディラックコーン
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出高志朗, 小林俊博, 田中友晃, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹,
2. 発表標題 NbドープSrTiO3上の単層FeSeの電気伝導測定
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠山晴子, 秋山了太, 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 飯盛拓嗣, 松井朋裕, 堀井健太郎, 佐藤瞬亮, 保原麗, 遠藤由大, 福山寛, 平原徹, 小森文夫, 長谷川修司
2. 発表標題 SiC基板上のCaインターカレートグラフェンにおける超伝導
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SI WEN, TOMOAKI TANAKA, SATORU ICHINOKURA, TORU HIRAHARA
2. 発表標題 Local Effect of Surface Reconstruction on Superconducting Monolayer FeSe on SrTiO <sub>3</sub> 13 × 13
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠山晴子, 秋山了太, 佐藤瞬亮, 遠藤由大, 保原麗, 堀井健太郎, 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 平原徹, 飯盛拓嗣, 小森文夫, 松井朋裕, 福山寛, 長谷川修司
2. 発表標題 Caインターカレート誘起フリースタンディンググラフェンにおける構造と超伝導の相関
3. 学会等名 日本表面真空学会 2021年度関東支部講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoru Ichinokura
2. 発表標題 Intercalation-induced superconductivity in graphene
3. 学会等名 2nd International Meeting on Thin Film Interfaces, Surfaces and Composite Crystals (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021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
---------	---------