

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02853

研究課題名（和文）Li化学状態の空間分布を可視化する極低エネルギー軟X線顕微鏡の開発

研究課題名（英文）Development of ultra-low energy soft x-ray microscope to visualize the spatial distribution of Li chemical states

研究代表者

堀場 弘司 (Horiba, Koji)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光量子科学研究所 放射光科学研究センター・上席研究員

研究者番号：10415292

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：Liイオン二次電池は、マルチスケールの複雑な構造を持ち、その性能向上には各階層の挙動の解明が必要であるが、Liイオンの挙動理解が進んでいない。Liは観測が困難な元素であり、その化学状態をナノスケールで観察する新手法が求められている。本研究は、反射型集光素子と新しい透過軟X線検出法を組み合わせた装置を開発し、LiイオンのX線吸収端エネルギーでの利用を可能とすることを目的とする。成果として、K-Bミラーにより低エネルギー軟X線を10マイクロメートルに集光することを達成し、また開発した転換可視蛍光収量法よりLi K吸収端の透過軟X線吸収スペクトルの測定に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、反射型集光素子と新しい透過軟X線検出法を組み合わせた装置を開発し、LiイオンのX線吸収端エネルギーでの顕微吸収分光実験を可能にした。これにより、Liイオンの詳細な挙動解明が進み、電池の充放電メカニズムなどの理解が進展することが期待される。またこの技術は他の材料科学や化学分野にも応用可能であり、電気自動車の効率向上や再生可能エネルギーの蓄電技術の進展を促し、経済的なコストダウンと安全性の向上を図ることで、持続可能な社会の実現に大きく貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Li-ion batteries have a complex multiscale structure, and understanding each layer's behavior is necessary to improve its performance. However, understanding Li ions' behavior has yet to progress. Observing the chemical state of Li is complex, and a new method is required to observe its chemical state at the nanoscale. This study aims to develop an apparatus combining a reflective focusing device and a new transmission soft X-ray detection method to enable the use of Li ions at the X-ray absorption edge energy. As a result, we have succeeded in focusing low-energy soft X-rays to 10 micrometers by using a K-B mirror and measuring the transmitted soft X-ray absorption spectrum of the Li K absorption edge by the developed conversion visible fluorescence yield method.

研究分野：軟X線吸収分光

キーワード：軟X線吸収分光 軟X線顕微分光

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

未来の持続的発展可能な社会実現のため、低環境負荷技術の創出・革新は科学技術における急務である。その中でも電気自動車の車載用電池に代表されるようにクリーンエネルギーの主役となる **Li** イオン二次電池の需要は近年高まる一方であり、更なる高エネルギー密度化・高出力化・高充放電サイクル特性・安価・安全なデバイスの実現のため、様々な研究開発が行われている。**Li** イオン二次電池は、充放電動作時における **Li** イオンの脱挿入に伴う、ホスト結晶を構成する遷移金属を中心とした酸化還元反応といった原子スケールの反応メカニズムから、電極-電解質界面および各層内のイオン拡散やナノスケールの挙動、さらにセルの積層化やパッケージングといったマクロスケールの構造など、様々なスケールでの挙動が全て性能に直結する、マルチスケール階層構造の極致とも言えるデバイスである。このような複雑な階層を持つ **Li** イオン二次電池において現状の問題点を打破し、革新的な材料開発・電池システム開発による飛躍的な性能向上を達成するためには、各階層における挙動を解明し、その他階層については電池性能全体への影響を正しく理解する必要がある。

しかしながら、このような階層構造の物理現象解明において、最も基本的な動作メカニズムであるミクロスケールの **Li** イオンの挙動の理解が進んでおらず、このことが **Li** イオン二次電池の研究開発における大きな妨げとなっている。この原因は、そもそも **Li** という元素が非常に“見えにくい元素”であるという、根源的に回避できない問題に起因している。**Li** は原子番号 **3** の元素であり、原子位置や化学状態を観測するのに利用される電子がそもそも **3** 個（正イオンであれば **2** 個）しか存在せず、またその束縛エネルギーも非常に小さい。原子スケールの位置観測においては、電子散乱を利用する **X** 線回折では感度が非常に乏しいため、原子核散乱を利用する中性子回折実験が非常に重要な役割を担っている。一方で化学状態を観測するためには、束縛エネルギー約 **50 eV** 付近に唯一存在する **K** 殻の内殻電子を利用する以外に術はない。ナノスケールの元素選択的な化学状態の挙動を調べる手法として、**X** 線をナノレベルに集光して走査し、**X** 線吸収スペクトルの空間分布を取得する走査型透過軟 **X** 線顕微鏡 (**STXM**) が、広く認知されて利用されるようになってきているが、**50 eV** の低エネルギー **X** 線を利用する場合には焦点距離が極端に短くなることや、透過率が著しく減少することなどの理由により、一般的な手法として **Li** イオンの化学状態観察に利用することは困難である。このような背景から、**Li** の化学状態をナノスケールで観察するための新たな顕微分光手法が現在求められている。

2. 研究の目的

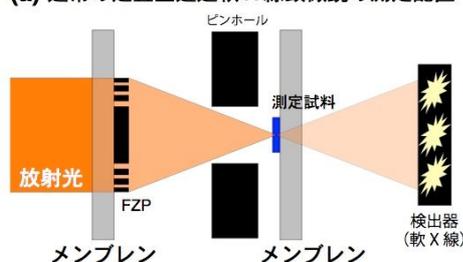
本研究開発ではこの問題を解決するため、メンブレンを透過させることなく使用できる集光素子および新たな透過軟 **X** 線検出法を適用し、**Li** 元素の **X** 線吸収端での利用を可能とする、新たな透過軟 **X** 線顕微分光装置を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

従来の **STXM** を低エネルギー **X** 線において利用する際の問題点は主に **2** つある。まず従来の **STXM** では集光素子としてフレネルゾーンプレート (**FZP**) を使用することが一般的であるが、この **FZP** 等の支持体として一般的に使用されるメンブレン (窒化シリコン: $0.2 \mu\text{m}$ 厚) における **X** 線透過率は、遷移金属の軟 **X** 線吸収測定に用いられる **1000 eV** 付近と比較しても、**Li** の **K** 吸収端である **50 eV** 付近では **2** 桁近く減少してしまう。通常の **STXM** では **FZP** 支持体と試料支持体のメンブレンを **2** 回通過するため、それだけで通常測定と比較して信号強度が **3** 桁以上減少することになる。もう一つの大きな問題として、**FZP** のような回折現象を利用する集光光学系においては、**X** 線のエネルギーに比例して集光距離が大きく変化することが挙げられる。例えば **1000 eV** の **X** 線を集光する場合と比較して、**50 eV** の **X** 線を利用する場合には焦点距離が **20** 分の **1** になり、集光素子と試料間の距離が極端に近くなってしまう。この状態では試料形状に著しく制約がかかることになる。

このような課題を解決するために、新たな透過軟 **X** 線顕微分光装置においては、まず一つ目の要素技術である集光素子として、**FZP** のような透過型集光素子の代わりに反射型の集光素子を適用する。具体的には高エネルギーの **X** 線集光で実績の

(a) 通常の走査型透過軟 **X** 線顕微鏡の測定配置



(b) 本提案で開発する顕微鏡の測定配置

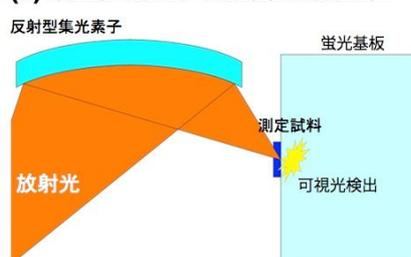


図 1 . (a)従来の **STXM** 装置の測定配置の模式図および(b)新たに開発する低エネルギー顕微鏡の測定配置の模式図。

ある **Kirkpatrick-Baez (K-B)** ミラーを採用する。これは反射型の集光光学系であり、**X** 線の光路は全て真空であるため、透過率に依存せず広いエネルギー領域の **X** 線を集光できるというメリットがある。また反射型の集光素子は、回折型の集光素子と異なり、焦点距離が **X** 線のエネルギーによらず一定であるというメリットも大きい。反射型の集光素子では、低エネルギーにおいて集光素子-試料間距離が接近してしまう問題が存在せず、同一装置で **Li** (~ 50 eV) の化学状態と遷移金属 (~ 1000 eV) の化学状態マッピングを同じ配置のまま行うことも可能となる。

二つ目の要素技術である新たな透過軟 **X** 線検出法として、申請者が科研費 (**16K05033**「**転換可視蛍光収量を用いた新しい透過軟 X 線吸収分光法の開発**」**基盤研究 C : 2016~2018**) において開発を進めてきた、蛍光基板による**転換可視蛍光収量法**を適用する。測定試料をメンブレン上ではなく **X** 線励起で可視蛍光発光を生じる基板上に作製する。試料を透過した **X** 線は基板に到達した時点で、その透過強度に依存した蛍光へと**転換**され、後方の可視光検出器でその強度を計測する。すなわち、支持体をシンチレータ検出器の一部とみなすことでメンブレンを不要とし、こちらも試料の透過率のみに依存した **X** 線計測が可能となる。

このような二つの独自性のある要素技術を組み合わせることにより、**Li** 元素の **X** 線吸収端エネルギーにおいても使用可能な、これまでにない新たな顕微分光装置を開発する。従来の **STXM** 装置および新たに開発する低エネルギー顕微分光装置の測定配置の模式図を図 **1** に示す。

4. 研究成果

(1) **K-B** ミラーによる低エネルギー軟 **X** 線の微小集光

低エネルギー軟 **X** 線を利用できる放射光ビームライン **KEK-PF BL28A** において、**K-B** ミラー縮小光学系を設計して導入した。検討を行い、**K-B** 型ミラーを採用した。集光サイズ評価は、フォトリソグラフィにより **Si** 基板上に **Au** を用いて描画されたパターンのエッジスキャンにより行った。図 **2** にその測定結果を示す。エッジ部分の微分解析によって得られたピークの半値幅からスポットサイズを評価した結果、約 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ まで微小集光出来ていることが明らかになった。これまでのこのビームラインにおける試料上でのスポットサイズは約 $200 \times 300 \mu\text{m}^2$ であったことから、約 **600** 分の **1** の微小スポットを達成した。

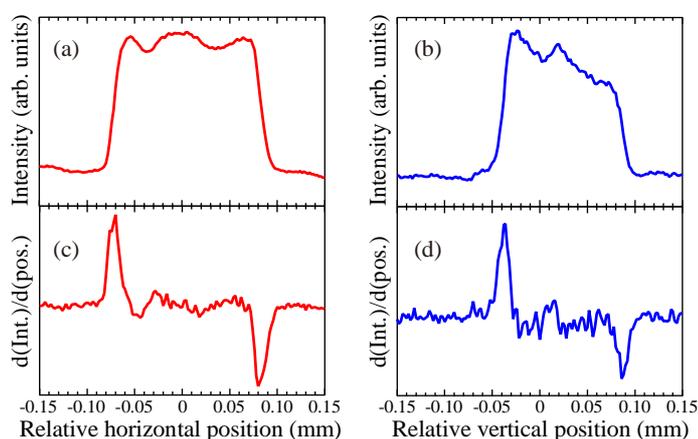


図 **2**. フォトリソグラフィパターンのエッジスキャンによるスポットサイズ評価結果。(a)水平方向のスキャン結果、(b)垂直方向のスキャン結果、(c)水平方向のスキャン結果の微分解析結果、(d)水平方向のスキャン結果の微分解析結果。

(2) 転換可視蛍光収量による **Li K** 吸収端の透過軟 **X** 線吸収スペクトル測定の実証

開発した**転換可視蛍光収量**によって **Li K** 吸収端の透過軟 **X** 線吸収スペクトル測定が可能であることを実証するための測定を行った。測定試料はサファイア基板上に酸化防止のため **10 nm** の **Ni** 金属を成膜した後、上に **100 nm** の **Li** 金属を成膜したものをを用いた。図 **3** に **Li K** 吸収端付近の透過軟 **X** 線吸収スペクトル測定結果を示す。**65 eV~70 eV** 付近に見られるピークは **Ni M_{4,5}** 吸収端の寄与と考えられ、**55 eV~65 eV** 付近に見られるいくつかの構造が **Li K** 吸収端の寄与と考えられる。従来の **Li** 金属の **Li K** 吸収端スペクトルと形状が異なっているが、これは試料搬送中の **Li** 金属の酸化を完全に抑えることが出来なかったことに起因すると考えられる。しかしながら **Li K** 吸収端からのスペクトルが確かに得られていることから、この**転換可視蛍光収量**の手法により **Li K** 吸収端の透過軟 **X** 線吸収スペクトル測定が可能であることが実証できた。

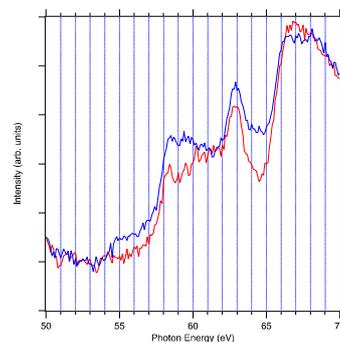


図 **3**. **Li** 金属薄膜の**転換可視蛍光収量**による **Li K** 吸収端の透過軟 **X** 線吸収スペクトル

(3) **Li** 試料用サンプルステージの開発

Li 金属のみならず **Li** 電池用正極材料等の試料においても、大気中で容易に劣化する材料が多いことから、**転換可視蛍光収量**測定チャンバーとグローブボックスを接続し、グローブボックス内で準備した試料をそのまま測定チャンバーへ移送して測定が可能な**サンプルステージ**の開発を行った。図 **4** にその写真を示す。サンプルステージには**サンプルホルダー**を装着し、両端のクランプにより **2** 端子の電気的接触を取ることが可能となっており、この**サンプルステージ**を用

いることで **Li** 電池デバイスのオペランド測定なども可能となる。



図 4 . **Li** 試料用サンプルステージの写真。(左)測定チャンバーに取り付けられたステージと移送機構の全景、(右)グローブボックス内に挿入されたサンプルステージのサンプルホルダー装着部。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計48件（うち査読付論文 45件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 K. Sugawara, H. Kusaka, T. Kawakami, K. Yanagizawa, A. Honma, S. Souma, K. Nakayama, M. Miyakawa, T. Taniguchi, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, S. Orimo, M. Toyoda, S. Saito, T. Kondo, and T. Sato	4. 巻 23
2. 論文標題 Direct Imaging of Band Structure for Powdered Rhombohedral Boron Monosulfide by Microfocused ARPES	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 1673-1679
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.2c04048	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 D. Asakura, E. Hosono, M. Kitamura, K. Horiba, E. Magome, H. Setoyama, E. Kobayashi, H. Yuzawa, T. Ohigashi, T. Sakai, R. Kanega, T. Funaki, Y. Sato, and A. Ohira	4. 巻 18
2. 論文標題 Redox Reaction in Ti-Mn Redox Flow Battery Studied by X-ray Absorption Spectroscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry-An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 e202201047-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202201047	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 K. Horiba, T. Imazono, H. Iwasawa, K. Fujii, J. Miyawaki, Y. Ohtsubo, N. Inami, T. Nakatani, K. Inaba, A. Agui, H. Kimura, and M. Takahasi	4. 巻 2380
2. 論文標題 Design of nano-ARPES beamline at 3-GeV next-generation synchrotron radiation facility, NanoTerasu	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012034-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2380/1/012034	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 T. Kato, Y. Li, K. Nakayama, Z. Wang, S. Souma, F. Matsui, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, Y. Yao, and T. Sato	4. 巻 129
2. 論文標題 Fermiology and Origin of Tc Enhancement in a Kagome Superconductor Cs(V _{1-x} Nbx) ₃ Sb ₅	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 047002-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.206402	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 K. Ide, N. Watanabe, T. Katase, M. Sasase, J. Kim, S. Ueda, K. Horiba, H. Kumigashira, H. Hiramatsu, H. Hosono, and T. Kamiya	4. 巻 121
2. 論文標題 Low-temperature-processable amorphous-oxide- semiconductor-based phosphors for durable light-emitting diodes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 192108-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0115384	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 B. K. Saika, S. Hamao, Y. Majima, X. Huang, H. Matsuoka, S. Yoshida, M. Kitamura, M. Sakano, T. Hatanaka, T. Nomoto, M. Hirayama, K. Horiba, H. Kumigashira, R. Arita, Y. Iwasa, M. Nakano, and K. Ishizaka	4. 巻 4
2. 論文標題 Signature of topological band crossing in ferromagnetic Cr1/3NbSe2 epitaxial thin film	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 L042021-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.4.L042021	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 C.-W. Chuang, S. Souma, A. Moriya, K. Nakayama, A. Ikeda, M. Kawaguchi, K. Obata, S. Saha, H. Takahashi, S. Kitagawa, K. Ishida, K. Tanaka, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, S. Yonezawa, J. Paglione, Y. Maeno, and T. Sato	4. 巻 6
2. 論文標題 Fermiology of a topological line-nodal compound CaSb2 and its implication to superconductivity: Angle-resolved photoemission study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 104203-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.104203	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 D. Otsuki, A. Hishikawa, T. Ishida, D. Shibata, Y. Takasuka, M. Kitamura, K. Horiba, Y. Takagi, A. Yasui, C. Sow, S. Yonezawa, Y. Maeno, and T. Yoshida	4. 巻 91
2. 論文標題 Metallic Surface State in the Bulk Insulating Phase of Ca2-xSrxRuO4 (x = 0.06) Studied by Photoemission Spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114704-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.114704	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 S. Kaneta-Takada, M. Kitamura, S. Arai, T. Arai, R. Okano, L. Anh, T. Endo, K. Horiba, H. Kumigashira, M. Kobayashi, M. Seki, H. Tabata, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 13
2. 論文標題 Giant spin-to-charge conversion at an all-epitaxial single-crystal-oxide Rashba interface with a strongly correlated metal interlayer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5631-1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-33350-5	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 T. Kato, Y. Li, K. Nakayama, Z. Wang, S. Souma, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, and T. Sato	4. 巻 106
2. 論文標題 Polarity-dependent charge density wave in the kagome superconductor CsV3Sb5	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L121112-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.L121112	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 H. Fujiwara, K. Terashima, J. Otsuki, N. Takemori, H. O. Jeschke, T. Wakita, Y. Yano, W. Hosoda, N. Kataoka, A. Teruya, M. Kakihana, M. Hedo, T. Nakama, Y. Onuki, K. Yaji, A. Harasawa, K. Kuroda, S. Shin, K. Horiba, H. Kumigashira, Y. Muraoka, and T. Yokoya	4. 巻 106
2. 論文標題 Anomalously large spin-dependent electron correlation in the nearly half-metallic ferromagnet CoS ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085114-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.085114	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 M. Kobayashi, N. H. D. Khang, T. Takeda, K. Araki, R. Okano, M. Suzuki, K. Kuroda, K. Yaji, K. Sugawara, S. Souma, K. Nakayama, K. Yamauchi, M. Kitamura, K. Horiba, A. Fujimori, T. Sato, S. Shin, M. Tanaka, and P. N. Hai	4. 巻 6
2. 論文標題 Rhombic Fermi surfaces in a ferromagnetic MnGa thin film with perpendicular magnetic anisotropy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Materials	6. 最初と最後の頁 074403-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.074403	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 N. Hasegawa, K. Yoshimatsu, D. Shiga, T. Kanda, S. Miyazaki, M. Kitamura, K. Horiba, and H. Kumigashira	4. 巻 105
2. 論文標題 Electronic band structure of Ti2O3 thin films studied by angle-resolved photoemission spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235137-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.235137	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 M. Kobayashi, M. Seki, M. Suzuki, R. Okano, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Tanaka, and H. Tabata	4. 巻 105
2. 論文標題 Intervalence charge transfer and charge transport in the spinel ferrite ferromagnetic semiconductor Ru-doped CoFe2O4	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205103-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.205103	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 T. Takeda, S. Sakamoto, L. Anh, Y. Takeda, S. Fujimori, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Tanaka, and M. Kobayashi	4. 巻 105
2. 論文標題 Development of magnetism in Fe-doped magnetic semiconductors: Resonant photoemission and x-ray magnetic circular dichroism studies of (Ga,Fe)As	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 195155-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.195155	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 M. Kitamura, S. Souma, A. Honma, D. Wakabayashi, H. Tanaka, A. Toyoshima, K. Amemiya, T. Kawakami, K. Sugawara, K. Nakayama, K. Yoshimatsu, H. Kumigashira, T. Sato, and K. Horiba	4. 巻 93
2. 論文標題 Development of a versatile micro-focused angle-resolved photoemission spectroscopy system with Kirkpatrick-Baez mirror optics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 033906-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0074393	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 S. Fukuma, A. Chikamatsu, T. Katayama, T. Maruyama, K. Yanagisawa, K. Kimoto, M. Kitamura, K. Horiba, H. Kumigashira, Y. Hirose, and T. Hasegawa	4. 巻 6
2. 論文標題 Crystal structure and electronic property modification of Ca ₂ RuO ₄ thin films via fluorine doping	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Materials	6. 最初と最後の頁 035002-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.035002	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 Soma Takuto, Yoshimatsu Kohei, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Ohtomo Akira	4. 巻 105
2. 論文標題 Two-dimensional superconductivity in single-band correlated 2H-type NbO ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104504-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.104504	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 Kaidong, Nishio Kazunori, Horiba Koji, Kitamura Miho, Edamura Kurei, Imazeki Daisuke, Nakayama Ryo, Shimizu Ryota, Kumigashira Hiroshi, Hitosugi Taro	4. 巻 22
2. 論文標題 Synthesis of High-Entropy Layered Oxide Epitaxial Thin Films: LiCr _{1/6} Mn _{1/6} Fe _{1/6} Co _{1/6} Ni _{1/6} Cu _{1/6} O ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 1116~1122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.1c01076	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 Yukawa R., Kobayashi M., Kanda T., Shiga D., Yoshimatsu K., Ishibashi S., Minohara M., Kitamura M., Horiba K., Santander-Syro A. F., Kumigashira H.	4. 巻 12
2. 論文標題 Resonant tunneling driven metal-insulator transition in double quantum-well structures of strongly correlated oxide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 7070-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-27327-z	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 Hagiwara K., Ishikado M., Horio M., Koshiishi K., Nakata S., Ideta S., Tanaka K., Horiba K., Ono K., Kumigashira H., Yoshida T., Ishida S., Eisaki H., Shamoto S., Fujimori A.	4. 巻 3
2. 論文標題 Superconducting gap and pseudogap in the surface states of the iron-based superconductor PrFeAsO _{1-y} studied by angle-resolved photoemission spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 043151-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.3.043151	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 Takane Daichi, Kubota Yuya, Nakayama Kosuke, Kawakami Tappei, Yamauchi Kunihiko, Souma Seigo, Kato Takemi, Sugawara Katsuaki, Ideta Shin-ichiro, Tanaka Kiyohisa, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Oguchi Tamio, Takahashi Takashi, Segawa Kouji, Sato Takafumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Dirac semimetal phase and switching of band inversion in XMg ₂ Bi ₂ (X=Ba and Sr)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21937-1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-01333-z	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 Thees M, Lee Min-Han, Bouwmeester R L, Rezende-Gonalves Pedro H., David E, Zimmers A, Fortuna F, Frantzeskakis E, Vargas Nicolas M., Kalcheim Y, Le Fevre P, Horiba K, Kumigashira H, Biermann S, Trastoy J, Rozenberg Marcelo J., Schuller Ivan K., Santander-Syro A F.	4. 巻 7
2. 論文標題 Imaging the itinerant-to-localized transmutation of electrons across the metal-to-insulator transition in V ₂ O ₃	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabj1164-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abj1164	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 Kusaka H, Ishibiki R, Toyoda M, Fujita T, Tokunaga T, Yamamoto A, Miyakawa M, Matsushita K, Miyazaki K, Li L, Shinde Satish L, S. L. Lima M, Sakurai T, Nishibori E, Masuda T, Horiba K, Watanabe K, Saito S, Miyauchi M, Taniguchi T, Hosono H, Kondo T	4. 巻 9
2. 論文標題 Crystalline boron monosulfide nanosheets with tunable bandgaps	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 24631~24640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ta03307g	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 Mo Shishin, Katayama Tsukasa, Chikamatsu Akira, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Hasegawa Tetsuya	4. 巻 33
2. 論文標題 Epitaxial-Strain-Induced Spontaneous Magnetization in Polar Mn ₂ Mo ₃ O ₈	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 7713 ~ 7718
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.1c01877	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 Endo Mizuki, Kawasoko Hideyuki, Soma Seigo, Yamauchi Kunihiko, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Kimura Noriaki, Oguchi Tamio, Sato Takafumi, Fukumura Tomoteru	4. 巻 5
2. 論文標題 Large magnetoresistance of a compensated metal Cu ₂ Sb correlated with its Fermi surface topology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 105002-1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.5.105002	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 Anada Masato, Sakaguchi Satoshi, Nagai Kazuki, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Wakabayashi Yusuke	4. 巻 104
2. 論文標題 Local polarization and valence distribution in LaNiO ₃ /LaMnO ₃ heterostructures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085111-1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.085111	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 Iimori Takushi, Visikovskiy Anton, Imamura Hitoshi, Miyamachi Toshio, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Mase Kazuhiko, Nakatsuji Kan, Tanaka Satoru, Komori Fumio	4. 巻 5
2. 論文標題 Electronic structure of 3-twisted bilayer graphene on 4H-SiC(0001)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 L051001-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.5.L051001	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 Mizutani T., Tanaka S., Saze T., Fujii K., Matsuoka H., Nakano M., Wadati H., Kitamura M., Horiba K., Iwasa Y., Kumigashira H., Yoshiki M., Taguchi M.	4. 巻 103
2. 論文標題 Total reflection hard x-ray photoelectron spectroscopy: Applications to strongly correlated electron systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205113-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.205113	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 Nishio Kazunori, Nakamura Naoto, Horiba Koji, Kitamura Miho, Kumigashira Hiroshi, Shimizu Ryota, Hitosugi Taro	4. 巻 116
2. 論文標題 Low resistance at LiNi1/3Mn1/3Co1/3O2 and Li3PO4 interfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 053901 ~ 053901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5133879	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 Dai J., Frantzeskakis E., Fortuna F., Lomker P., Yukawa R., Thees M., Sengupta S., Le Fevre P., Bertran F., Rault J. E., Horiba K., Muller M., Kumigashira H., Santander-Syro A. F.	4. 巻 101
2. 論文標題 Tunable two-dimensional electron system at the (110) surface of SnO2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085121 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.085121	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 Nishioka D., Tsuchiya T., Namiki W., Takayanagi M., Kawamura K., Fujita T., Yukawa R., Horiba K., Kumigashira H., Higuchi T.	4. 巻 15
2. 論文標題 Surface Proton Conduction of Sm-Doped CeO2- Thin Film Preferentially Grown on Al2O3 (0001)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale Research Letters	6. 最初と最後の頁 42 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s11671-020-3267-5	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 Chikamatsu Akira, Maruyama Takahiro, Katayama Tsukasa, Su Yu, Tsujimoto Yoshihiro, Yamaura Kazunari, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Hasegawa Tetsuya	4. 巻 4
2. 論文標題 Electronic properties of perovskite strontium chromium oxyfluoride epitaxial thin films fabricated via low-temperature topotactic reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 025004 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.4.025004	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 Harada T., Sugawara K., Fujiwara K., Kitamura M., Ito S., Nojima T., Horiba K., Kumigashira H., Takahashi T., Sato T., Tsukazaki A.	4. 巻 2
2. 論文標題 Anomalous Hall effect at the spontaneously electron-doped polar surface of PdCoO ₂ ultrathin films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 013282 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.013282	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 Mitsuishi N., Sugita Y., Bahramy M. S., Kamitani M., Sonobe T., Sakano M., Shimojima T., Takahashi H., Sakai H., Horiba K., Kumigashira H., Taguchi K., Miyamoto K., Okuda T., Ishiwata S., Motome Y., Ishizaka K.	4. 巻 11
2. 論文標題 Switching of band inversion and topological surface states by charge density wave	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2466 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-16290-w	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 Suzuki Ikumi, Kan Daisuke, Kitamura Miho, Shen Yufan, Horiba Koji, Shimakawa Yuichi	4. 巻 127
2. 論文標題 Influence of oxygen vacancies on magnetic properties of perpendicularly magnetized NiCo ₂ O ₄ epitaxial thin films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 203903 ~ 203903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0008173	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 Sato Yusuke, Fukaya Yuki, Cameau Mathis, Kundu Asish K., Shiga Daisuke, Yukawa Ryu, Horiba Koji, Chen Chin-Hsuan, Huang Angus, Jeng Horng-Tay, Ozaki Taisuke, Kumigashira Hiroshi, Niibe Masahito, Matsuda Iwao	4. 巻 4
2. 論文標題 Electronic structure of a (3×3)-ordered silicon layer on Al(111)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 064005 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.4.064005	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 Fujiwara Kohei, Kitamura Miho, Shiga Daisuke, Niwa Yasuhiro, Horiba Koji, Nojima Tsutomu, Ohta Hiromichi, Kumigashira Hiroshi, Tsukazaki Atsushi	4. 巻 32
2. 論文標題 Insulator-to-Metal Transition of Cr2O3 Thin Films via Isovalent Ru3+ Substitution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 5272 ~ 5279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.0c01497	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 Maruyama Takahiro, Chikamatsu Akira, Katayama Tsukasa, Kuramochi Kenta, Ogino Hiraku, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Hasegawa Tetsuya	4. 巻 8
2. 論文標題 Influence of fluorination on electronic states and electron transport properties of Sr2IrO4 thin films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 8268 ~ 8274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0TC01734E	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 Kan Daisuke, Mizumaki Masaichiro, Kitamura Miho, Kotani Yoshinori, Shen Yufan, Suzuki Ikumi, Horiba Koji, Shimakawa Yuichi	4. 巻 101
2. 論文標題 Spin and orbital magnetic moments in perpendicularly magnetized Ni _{1-x} Co _{2+y} O _{4-z} epitaxial thin films: Effects of site-dependent cation valence states	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224434 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.224434	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 Nishio Kazunori, Nakamura Naoto, Horiba Koji, Kitamura Miho, Kumigashira Hiroshi, Shimizu Ryota, Hitosugi Taro	4. 巻 3
2. 論文標題 Impact of the Crystal Orientation of Positive Electrodes on the Interface Resistance across a Solid Electrolyte and Electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 6416 ~ 6421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c00644	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 Nakayama Kosuke, Wang Zhiwei, Takane Daichi, Souma Seigo, Kubota Yuya, Nakata Yuki, Cacho Cephise, Kim Timur, Ekahana Sandy Adhitia, Shi Ming, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Takahashi Takashi, Ando Yoichi, Sato Takafumi	4. 巻 102
2. 論文標題 Observation of inverted band structure in the topological Dirac semimetal candidate CaAuAs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 041104(R) 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.041104	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 Takatsu Hiroshi, Yamashina Naoya, Shiga Daisuke, Yukawa Ryu, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Terashima Takahito, Kageyama Hiroshi	4. 巻 543
2. 論文標題 Molecular beam epitaxy growth of the highly conductive oxide SrMoO ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 125685 ~ 125685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2020.125685	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 Shiga D., Yang B. E., Hasegawa N., Kanda T., Tokunaga R., Yoshimatsu K., Yukawa R., Kitamura M., Horiba K., Kumigashira H.	4. 巻 102
2. 論文標題 Thickness dependence of electronic structures in VO ₂ ultrathin films: Suppression of the cooperative Mott-Peierls transition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115114 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.115114	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 Shimizu Ryota, Sasahara Yuki, Hamada Ikutaro, Oguchi Hiroyuki, Ogura Shohei, Shirasawa Tetsuroh, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Orimo Shin-ichi, Fukutani Katsuyuki, Hitosugi Taro	4. 巻 2
2. 論文標題 Polarity reversal of the charge carrier in tetragonal TiHx(x=1.6-2.0) at low temperatures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033467 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.033467	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 Chikamatsu Akira, Katayama Tsukasa, Maruyama Takahiro, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Wadati Hiroki, Hasegawa Tetsuya	4. 巻 118
2. 論文標題 Investigation of the electronic states of A-site layer-ordered double perovskite YBaCo20x (x = 5.3 and 6) thin films by x-ray spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 012401 ~ 012401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0031096	査読の有無 無
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 Sakai Enju, Tsutsumi Naoya, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Tsuji Yoshiko	4. 巻 247
2. 論文標題 Transport properties and electronic structure of fluorine-doped SnO2 prepared by ultrasonic assisted mist deposition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena	6. 最初と最後の頁 147041 ~ 147041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elspec.2020.147041	査読の有無 無
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 Endoh Norifumi, Akiyama Shoji, Tashima Keiichiro, Suwa Kento, Kamogawa Takamasa, Kohama Roki, Funakubo Kazutoshi, Konishi Shigeru, Mogi Hiroshi, Kawahara Minoru, Kawai Makoto, Kubota Yoshihiro, Ohkochi Takuo, Kotsugi Masato, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Suemitsu Maki, Watanabe Issei, Fukidome Hirokazu	4. 巻 11
2. 論文標題 High-Quality Few-Layer Graphene on Single-Crystalline SiC thin Film Grown on Affordable Wafer for Device Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 392 ~ 392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano11020392	査読の有無 無
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2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 K. Horiba, T. Imazono, H. Iwasawa, K. Fujii, Jun Miyawaki, Y. Ohtsubo, T. Nakatani, A. Agui, H. Kimura, and M. Takahasi
2. 発表標題 Design for nano-ARPES beamline at 3-GeV next-generation synchrotron radiation facility
3. 学会等名 14th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀場弘司
2. 発表標題 PFにおけるマイクロARPES装置の開発と応用
3. 学会等名 2020年度量子ビームサイエンスフェスタ（招待講演）
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
研究分担者	北村 未歩 (Kitamura Miho) (00783581)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西量子科学研究所 放射光科学研究センター・併任 (82502)	
研究分担者	細野 英司 (Hosono Eiji) (80462852)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員 (82626)	

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