

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：13901

研究種目：国際共同研究加速基金（帰国発展研究）

研究期間：2021～2023

課題番号：20K23374

研究課題名（和文）高温超伝導スピントロニクスの開拓

研究課題名（英文）Developing high temperature superconducting spintronics

研究代表者

小森 祥央（Sachio, Komori）

名古屋大学・理学研究科・助教

研究者番号：00880113

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 41,200,000円

研究成果の概要（和文）：ナノスケールの高温超伝導体と強磁性体の界面において、高温超伝導体の強い異方性と酸化物強磁性体の高いスピン偏極率に起因する、非従来型の交換相互作用・スピン輸送・近接効果を明らかにした。また、強磁性体の電気抵抗率を変えることで、磁性と高温超伝導の相互作用のメカニズムを切り替えることが可能であることが分かった。これらは、高温超伝導/強磁性界面を用いたナノエレクトロニクス素子を設計・制御する上で重要な知見であるといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超伝導エレクトロニクスは高速・低消費電力の古典演算だけでなく超伝導量子コンピューティングにも役立つため、その実用化に向けた研究が精力的に行われている。超伝導エレクトロニクスには金属超伝導体が主に用いられるが、本研究によって、酸化物高温超伝導体でのみ観測される磁性と超伝導の強い相互作用が実証され、新たな機能性を有する酸化物超伝導エレクトロニクスの実現につながる知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：At high-temperature superconductor/ferromagnet interfaces, we have demonstrated an unconventional magnetic exchange interaction, spin-transport, and proximity effects originating from an anisotropic superconductivity of cuprates and high spin-polarization of manganites. We found that the mechanism of the interaction between superconductivity and magnetism depends on the electrical resistivity of ferromagnetic materials. The results are useful in designing and controlling novel electronic devices based on the unconventional interplay at high-temperature superconductor/ferromagnet interfaces.

研究分野：超伝導

キーワード：高温超伝導 スピントロニクス スピンバルブ スピン流

### 1. 研究開始当初の背景

超伝導体/強磁性体/超伝導体のトンネル接合において、2つの超伝導体の基底状態の位相差を変化させられることが実証されて以降、超伝導と磁性の相関によって情報を制御する新たな超伝導デジタルコンピューティングに向けた研究が精力的におこなわれている。情報の制御は強磁性体の磁化の向き、あるいは磁化の大きさを変化させることで実現され、これらを超伝導回路において効率的に行うためには、超伝導体のクーパー対のスピンの相互作用を活用するのが望ましい。過去10年以上にわたる先行研究で、金属超伝導体の等方的なs波超伝導と磁性の相互作用は、その多くが明らかにされ、超伝導体/強磁性体界面での交換相互作用やそれによって生成された超伝導スピン電流による強磁性体の磁化制御の可能性が研究されてきた。しかしながら、現状では超伝導と磁性の相互作用の強さや超伝導スピン電流の密度が磁化制御には不十分であり、新たな超伝導材料によるブレイクスルーが必要な状況にある。

### 2. 研究の目的

本研究では、情報制御に有利な高い臨界電流密度や大きな凝縮エネルギーを有する高温超伝導体を用いた研究を行う。高温超伝導体と強磁性体の界面における複雑な交換相互作用やスピン輸送を明らかにし、新たなエレクトロニクス確立につながる学理を構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 高温超伝導体/強磁性体界面の作製

高温超伝導と磁性の界面での相互作用を評価するために、銅酸化物高温超伝導体とマンガン磁性酸化物の薄膜からなる様々なエピタキシャル積層構造をパルスレーザー堆積法によって作製する。一例としては、強磁性体/超伝導体/強磁性体からなる超伝導スピバルブ構造であり、2つの強磁性体の磁化の相対角度によって超伝導転移温度や超伝導臨界電流密度が変化し、これによって、超伝導と磁性の相互作用を評価することが可能となる。

#### (2) 超伝導特性・磁気特性の評価

作製した積層薄膜の超伝導特性は、超伝導転移温度近傍での磁気抵抗測定および超伝導転移温度以下での超伝導臨界電流測定によって評価した。磁気特性は超伝導量子干渉計および強磁性共鳴によって評価した。

### 4. 研究成果

図1にSrTiO<sub>3</sub> (STO) 基板上に成長させた様々な超伝導スピバルブ構造(強磁性体100nm/超伝導体25nm/強磁性体50nmの3層構造)のX線回折測定の結果を示す。超伝導層には高温超伝導体のYBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> (YBCO) を、強磁性層にはマンガン磁性酸化物であるLa<sub>0.67</sub>Ca<sub>0.33</sub>MnO<sub>3</sub> (LCMO), La<sub>0.63</sub>Sr<sub>0.37</sub>MnO<sub>3</sub> (FM-LSMO), La<sub>0.875</sub>Sr<sub>0.125</sub>MnO<sub>3</sub> (FI-LSMO), Pr<sub>0.8</sub>Ca<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> (PCMO)などの様々な物質を用いた。図1(a)は、STO基板の(001)回折ピークとマンガン磁性酸化物の擬立方晶(001)回折ピークを示しており、c軸配向を示す結果である。図1(b)-(e)はSTO基板とマンガン磁性酸化物の103面近傍の逆格子空間マッピングの結果であり、全ての試料において、マンガン磁性酸化物がSTO基板と面内の格子定数を揃えて成長していることが分かる。そのため、マンガン磁性酸化物の上に成膜されたYBCO薄膜が受ける歪みは、いずれの試料においても同程度であり、超伝導と磁性の相互作用の観点からの物性の比較が可能な試料群となっている。

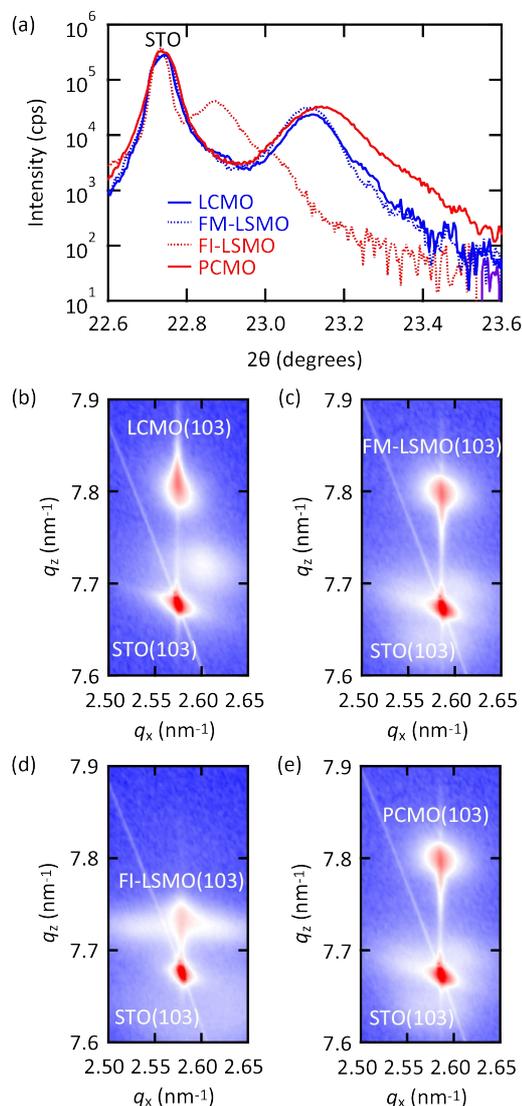


図1 (a) STO基板の(001)ピーク近傍での out-of-plane XRD パターン。(b-f) 様々なマンガン磁性酸化物を用いて作製した超伝導スピバルブの103面近傍の逆格子空間マッピング。

高温超伝導と磁性の相互作用は、超伝導転移温度 ( $T_c$ ) 近傍での磁気抵抗測定によって評価することが可能であり、 $T_c$ を減少させる相互作用を電気抵抗の増大として、 $T_c$ を増大させる相互作用を電気抵抗の減少として検知することができる。図2(a)にYBCOとPCMOからなる超伝導スピバルブの $T_c$ 近傍での磁気抵抗と磁化曲線を示す。2層のPCMOの磁化が保持力付近で反平行配列に近づくとつれて、電気抵抗が減少( $T_c$ が増大)する振る舞いが見られる。この効果は金属超伝導体においても報告されており、超伝導体のクーパ対のスピと強磁性体の磁化のスピの交換相互作用によるクーパ対の破壊効果が反平行の磁化配列でキャンセルされるためである。金属超伝導体の振る舞いと大きく異なる点は、高温超伝導体を用いた場合は、クーパ対の直径に相当する超伝導コヒーレンス長を大きく上回る厚みの超伝導層を用いた場合においても、 $T_c$ の変調効果が観測される点である。これに関して調査するために、高温超伝導体と同様に金属絶縁体転移近傍の低キャリア密度領域で超伝導が現れるs波の酸化物超伝導体BaPb<sub>0.75</sub>Bi<sub>0.25</sub>O<sub>3</sub>などを用いた比較を行ったところ、超伝導が異方的なd波に近づくとつれて、交換相互作用のスケールが長くなること分かり、超伝導が弱く、実効的にコヒーレンス長が長くなるd波のノード近傍の成分が長距離の交換相互作用を生み出すことを強く示唆する結果が得られた。

また、磁化配列に応じた $T_c$ の変化の振る舞いは強磁性層として用いる物質に強く依存することが明らかになり、強磁性層の磁気特性よりも電気特性の違いが超伝導と磁性の相互作用( $T_c$ の変化)に大きな影響をもたらすことがわかった。PCMOやFI-LSMOのような電気抵抗率の高い強磁性絶縁体を用いた超伝導スピバルブは、図2(a)のような反平行の磁化配列で $T_c$ が増大する(電気抵抗が減少する)振る舞いを示すのに対して、LCMOやFM-LSMOのような電気抵抗率の低いハーフメタルの強磁性体を用いた場合は図2(b)のように高磁場で平行の磁化配列に向かうにつれて電気抵抗が減少( $T_c$ が増大)する振る舞いが見られる。図3のように電気抵抗の変化は超伝導臨界電流の変化と対応しており、YBCOの常伝導成分の抵抗変化ではなく、超伝導状態の変化によって電気抵抗の変化が生じていることがわかる。

超伝導層の厚みを変えた試料の測定から、高磁場の平行磁化配列で $T_c$ を増大させる効果は、YBCO内のスピン輸送に伴う磁気抵抗効果[例えば図2(b)の $T_c$ よりも十分に高い100 Kのデータ]から見積もられるスピ拡散長や強磁性体からの漏れ磁場の長さのスケールとは異なることが分かった。一方で、交換相互作用による $T_c$ の変調効果のスケールと良く一致することから、超伝導のコヒーレンスに関連した効果であるといえる。2つの強磁性層の磁化の相対角度と $T_c$ の関係の詳細な評価から、近接効果によるクーパ対の強磁性層への漏れ出しが磁化の相対角度によって変化し、結果として $T_c$ が変化していることが示唆される結果が得られた。

以上の実験結果から、高温超伝導体と強磁性体の界面では、複数のクーパ対の破壊効果が存在することが見出され、超伝導の抑制が最大となる磁化配列(平行か反平行か)は対破壊効果の起源によって異なることが分かった。超伝導体は、対破壊効果を最小とする方向に隣接する強磁性体の磁化の向きを変える性質を有するため、これらの対破壊効果の大きさを制御できれば磁化の向きを超伝導によって自在に制御することも可能になると考えられる。本研究で、高温超伝導と磁性の相互作用のメカニズムが、強磁性層の電気抵抗率によって変わることが明らかになったため、例えば強誘電体を用いた電圧印加による強磁性体の電気抵抗率の変調などによって、高温超伝導と磁性の相互作用を操ることが可能な素子を実現できるのではないかと考えられる。

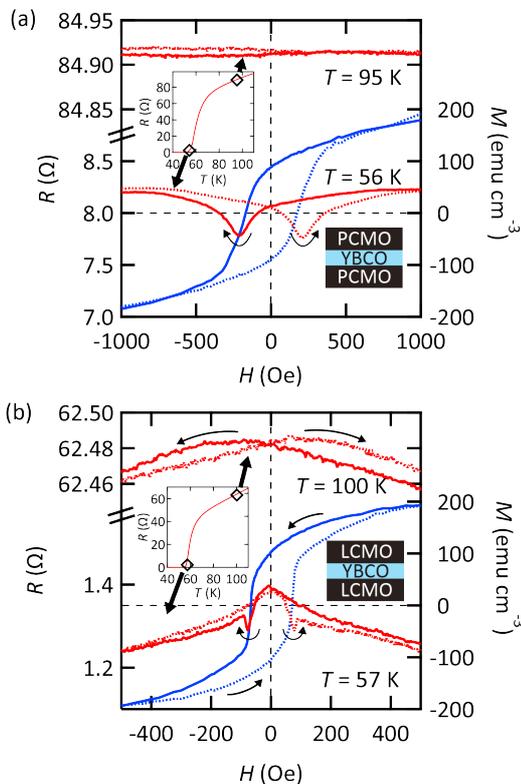


図2 (a) 強磁性絶縁体であるPCMOと (b) ハーフメタルであるLCMOを用いた超伝導スピバルブにおける $T_c$ 近傍での電気抵抗(赤線:左軸)と磁化(青線:右軸)の外部磁場依存性。

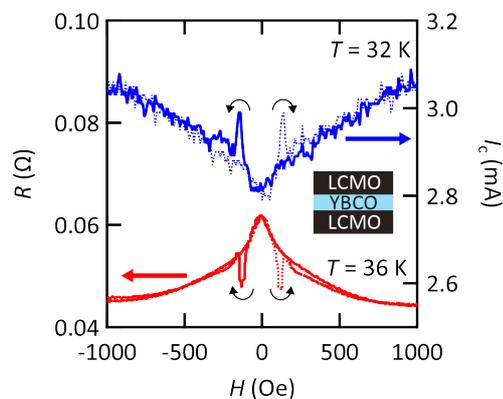


図3 LCMOを用いた超伝導スピバルブにおける $T_c$ 直上での電気抵抗(赤線:左軸)と $T_c$ 直下での臨界電流(青線:右軸)の外部磁場依存性。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 6件）

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Komori Sachio, Taniyama Tomoyasu  | 4. 巻<br>37                    |
| 2. 論文標題<br>Superconducting properties of bismuthate/manganite epitaxial multilayers | 5. 発行年<br>2024年               |
| 3. 雑誌名<br>Superconductor Science and Technology                                     | 6. 最初と最後の頁<br>035018 ~ 035018 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1088/1361-6668/ad2301                                | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Yamanoi Kazuto, Hase Kenta, Komori Sachio, Taniyama Tomoyasu, Nozaki Yukio      | 4. 巻<br>12          |
| 2. 論文標題<br>Y3Fe5012 film with multi-domain epitaxy on single-crystalline LiNbO3 substrate | 5. 発行年<br>2024年     |
| 3. 雑誌名<br>APL Materials   | 6. 最初と最後の頁<br>21130 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1063/5.0189760   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Delfanazari Kaveh, Li Jiahui, Xiong Yusheng, Ma Pengcheng, Puddy Reuben K., Yi Teng, Farrer Ian, Komori Sachio, Robinson Jason W.A., Serra Llorenç, Ritchie David A., Kelly Michael J., Joyce Hannah J., Smith Charles G. | 4. 巻<br>21          |
| 2. 論文標題<br>Quantized conductance in hybrid split-gate arrays of superconducting quantum point contacts with semiconducting two-dimensional electron systems   | 5. 発行年<br>2024年     |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Applied   | 6. 最初と最後の頁<br>14051 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/physrevapplied.21.014051  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Delfanazari Kaveh, Li Jiahui, Ma Pengcheng, Puddy Reuben K., Yi Teng, Xiong Yusheng, Farrer Ian, Komori Sachio, Robinson Jason W. A., Ritchie David A., Kelly Michael J., Joyce Hannah J., Smith Charles G. | 4. 巻<br>10            |
| 2. 論文標題<br>Large Scale On Chip Integration of Gate Voltage Addressable Hybrid Superconductor-Semiconductor Quantum Wells Field Effect Nano Switch Arrays  | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>Advanced Electronic Materials   | 6. 最初と最後の頁<br>2300453 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/aelm.202300453  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Chan A. K., Cubukcu M., Montiel X., Komori S., Vanstone A., Thompson J. E., Perkins G. K., Kinane C. J., Caruana A. J., Boldrin D., Blamire M., Robinson J., Eschrig M., Kurebayashi H., Cohen L. F. | 4. 巻<br>6         |
| 2. 論文標題<br>Controlling spin pumping into superconducting Nb by proximity-induced spin-triplet Cooper pairs   | 5. 発行年<br>2023年   |
| 3. 雑誌名<br>Communications Physics   | 6. 最初と最後の頁<br>287 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s42005-023-01384-w   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する      |

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Komori Sachio, Tada Kohei, Taguchi Noboru, Taniyama Tomoyasu, Masese Titus   | 4. 巻<br>11                  |
| 2. 論文標題<br>Antiferromagnetic ordering and signatures of enhanced spin-frustration in honeycomb-layered tellurates with Ag bilayers | 5. 発行年<br>2023年             |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Materials Chemistry C   | 6. 最初と最後の頁<br>11213 ~ 11217 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1039/d3tc01915b   | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Omura Hiroki, Komori Sachio, Arai Shigeo, Yoda Kahoru, Imura Keiichiro, Taniyama Tomoyasu                     | 4. 巻<br>19          |
| 2. 論文標題<br>Controllable Perpendicular Magnetic Anisotropy in Fe/FeRh Heterostructures Probed by Ferromagnetic Resonance | 5. 発行年<br>2023年     |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Applied   | 6. 最初と最後の頁<br>64077 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/physrevapplied.19.064077  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|  |                      |
|--|----------------------|
| 1. 著者名<br>Hisada Yuichi, Komori Sachio, Imura Keiichiro, Taniyama Tomoyasu                     | 4. 巻<br>122          |
| 2. 論文標題<br>Interlayer coupling-dependent magnetoelastic response in synthetic antiferromagnets | 5. 発行年<br>2023年      |
| 3. 雑誌名<br>Applied Physics Letters  | 6. 最初と最後の頁<br>222402 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1063/5.0151832  | 査読の有無<br>有           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|  |                      |
|--|----------------------|
| 1. 著者名<br>Imura Keiichiro, Ishikawa Shota, Komori Sachio, Taniyama Tomoyasu  | 4. 巻<br>122          |
| 2. 論文標題<br>Enhanced magnetic modulation at a border of magnetic ordering in La <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> MnO <sub>3</sub> /BaTiO <sub>3</sub> (100) heterostructure | 5. 発行年<br>2023年      |
| 3. 雑誌名<br>Applied Physics Letters  | 6. 最初と最後の頁<br>202402 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1063/5.0150917  | 査読の有無<br>有           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Satya Prakash Pati, Takamasa Usami, Sachio Komori, Tomoyasu Taniyama  | 4. 巻<br>4               |
| 2. 論文標題<br>Emergence of Quasi Two-Dimensional Electronic States at the Interface of LSMO/STO via Lattice Mismatch-Induced Strains | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>ACS Applied Electronic Materials  | 6. 最初と最後の頁<br>4748-4754 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1021/acsaem.2c00967  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Sachio Komori*, Juliet E. Thompson* (co-first), Guang Yang, Graham Kimbell, Nadia Stelmashenko, Mark G. Blamire, and Jason W. A. Robinson | 4. 巻<br>17            |
| 2. 論文標題<br>Enhancement of Josephson Critical Currents in Ferromagnetic Co <sub>40</sub> Fe <sub>40</sub> B <sub>20</sub> by Thermal Annealing       | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Applied   | 6. 最初と最後の頁<br>L021002 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/physrevapplied.17.021002  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>R. Fittipaldi, R. Hartmann, M. T. Mercaldo, S. Komori et al                            | 4. 巻<br>12         |
| 2. 論文標題<br>Unveiling unconventional magnetism at the surface of Sr <sub>2</sub> RuO <sub>4</sub> | 5. 発行年<br>2021年    |
| 3. 雑誌名<br>Nature Communications  | 6. 最初と最後の頁<br>5792 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41467-021-26020-5   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する       |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Mi-Jin Jin, Doo-Seung Um, Kohei Ohnishi, Sachio Komori, Nadia Stelmashenko, Daeseong Choe, Jung-Woo Yoo, Jason W. A. Robinson | 4. 巻<br>21                |
| 2. 論文標題<br>Pure Spin Currents Driven by Colossal Spin-Orbit Coupling on Two-Dimensional Surface Conducting SrTiO <sub>3</sub>           | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Nano Letters  | 6. 最初と最後の頁<br>6511 ~ 6517 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1021/acs.nanolett.1c01607  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

[学会発表] 計50件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 26件)

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小森 祥央                   |
| 2. 発表標題<br>超伝導体/強磁性体界面における非従来型近接効果 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 2024年春期大会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2024年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小森 祥央                             |
| 2. 発表標題<br>超伝導体/強磁性体界面におけるスピン三重項近接効果と超伝導交換結合 |
| 3. 学会等名<br>第84回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)          |
| 4. 発表年<br>2023年                              |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Sachio Komori  |
| 2. 発表標題<br>Superconducting exchange coupling and spin-transport at oxide superconductor/ferromagnet interfaces                  |
| 3. 学会等名<br>13th International Conference on the Intrinsic Josephson Effect and High-Temperature Superconductivity (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>久田 優一, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康    |
| 2. 発表標題<br>Co/Ru/Co/PMN-PTにおける層間磁気結合の電界変調 |
| 3. 学会等名<br>第71回応用物理学会春季学術講演会              |
| 4. 発表年<br>2024年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>鈴木 聡悟, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康 |
| 2. 発表標題<br>高温超伝導スピナルブにおける界面交換結合とスピン輸送  |
| 3. 学会等名<br>第71回応用物理学会春季学術講演会           |
| 4. 発表年<br>2024年                        |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>泉 統真, 久田 優一, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康 |
| 2. 発表標題<br>多層膜ドット/Pt/Fe ヘテロ構造における磁気ダンピング異常   |
| 3. 学会等名<br>第71回応用物理学会春季学術講演会                 |
| 4. 発表年<br>2024年                              |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>西村 太一, 小森 祥央, 掛谷 一弘                  |
| 2. 発表標題<br>銅酸化物超伝導-マンガン系強磁性ヘテロ構造における超流動密度の温度依存性 |
| 3. 学会等名<br>第71回応用物理学会春季学術講演会                    |
| 4. 発表年<br>2024年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>泉 統真, 久田 優一, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康    |
| 2. 発表標題<br>[Co/Ni] 多層膜/Pt/Fe ヘテロ構造における磁気ダンピング異常 |
| 3. 学会等名<br>第47回日本磁気学会学術講演会                      |
| 4. 発表年<br>2023年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>久田 優一, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康    |
| 2. 発表標題<br>単結晶Co/Ru/Co人工反強磁性体/PMN-PTの電界効果 |
| 3. 学会等名<br>第47回日本磁気学会学術講演会                |
| 4. 発表年<br>2023年                           |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>鈴木 聡悟, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康  |
| 2. 発表標題<br>高温超伝導スピナルブにおける Tcのマンガン酸化物依存性 |
| 3. 学会等名<br>第84回応用物理学会秋季学術講演会            |
| 4. 発表年<br>2023年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>西村 太一, 中村 公大, 小森 祥央, J. ロビンソン, J. マンジュネ, J. ティノン, S. ディロン, 掛谷 一弘 |
| 2. 発表標題<br>高温超伝導体 - 強磁性体二層膜における超伝導電子密度測定                                    |
| 3. 学会等名<br>第84回応用物理学会秋季学術講演会  |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Y. Hisada, S. Komori, K. Imura, T. Taniyama  |
| 2. 発表標題<br>Effect of interlayer exchange coupling on magnetoelastic response in Co/Ru/Co/PMN-PT artificial multiferroic structure |
| 3. 学会等名<br>MRM2023/IUMRS-ICA2023 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Y. Ohashi, S. Suzuki, S. Komori, T. Taniyama                           |
| 2. 発表標題<br>Electric field Effect of magnetodynamic properties in LSMO/PMN-PT(011) |
| 3. 学会等名<br>MRM2023/IUMRS-ICA2023 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>H. Sumida, T. Kanno, Y. Hisada, S. Komori, T. Taniyama                   |
| 2. 発表標題<br>Asymmetric magnetoelectric effects in Fe70Co30/PMN-PT(011) multiferroics |
| 3. 学会等名<br>MRM2023/IUMRS-ICA2023 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>S. Suzuki, S. Komori, K. Imura, T. Taniyama                               |
| 2. 発表標題<br>Key factors determining Tc-switching in oxide superconducting spin-valves |
| 3. 学会等名<br>11th International Symposium on Metallic Multilayers (MML 2023) (国際学会)    |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>T. Izumi, Y. Hisada, S. Komori, K. Imura, T. Taniyama                          |
| 2. 発表標題<br>Anomalous ferromagnetic resonance in [Co/Ni] multilayer/Pt/Fe heterostructures |
| 3. 学会等名<br>11th International Symposium on Metallic Multilayers (MML 2023) (国際学会)         |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Y. Ohashi, S. Suzuki, S. Komori, T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Magnetic properties of interfacial lattice distorted and relaxed phases of LSMO/SrTiO <sub>3</sub> (011) |
| 3. 学会等名<br>11th International Symposium on Metallic Multilayers (MML 2023) (国際学会)                                   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>S. Yamada, T. Usami, S. Komori, S. Nagata, Y. Nozaki, T. Taniyama, and K. Hamaya                            |
| 2. 発表標題<br>Epitaxial Co <sub>2</sub> FeSi/LiNbO <sub>3</sub> multiferroic heterostructures with a low damping constant |
| 3. 学会等名<br>Intermag 2023 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Y. Hisada, S. Komori, K. Imura, and T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Electric field modulation of spin-flop behaviors in Co/Ru/Co/PMN-PT(011) artificial multiferroic heterostructures |
| 3. 学会等名<br>Intermag 2023 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>T. Kikuta, S. Komori, K. Imura, and T. Taniyama                                    |
| 2. 発表標題<br>Superconducting transition temperature and proximity coupling in Nb/Co multilayers |
| 3. 学会等名<br>Intermag 2023 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>T. Nishimura, K. Nakamura, S. Komori, J. Robinson, J. Mangeney, J. Tignon, S. Dhillon, I. Kakeya           |
| 2. 発表標題<br>Superfluid density measurement of superconductor/ferromagnet bilayer by terahertz time-domain spectroscopy |
| 3. 学会等名<br>MRM2023/IUMRS-ICA2023 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Sachio Komori  |
| 2. 発表標題<br>FIB fabrication of singlet and triplet Josephson devices                     |
| 3. 学会等名<br>International workshop on nanostructured novel superconductors (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|                                |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小森 祥央               |
| 2. 発表標題<br>スピン三重項超伝導電流の生成と制御   |
| 3. 学会等名<br>第70回 応用物理学会 春季学術講演会 |
| 4. 発表年<br>2023年                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Sachio Komori                                      |
| 2. 発表標題<br>Oxide superconducting spintronics                  |
| 3. 学会等名<br>Electron & Spin on Quantum Materials (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小森 祥央, 鈴木 聡悟, Angelo Di Bernardo, Jason Robinson, 谷山 智康 |
| 2. 発表標題<br>異方の超伝導によって誘起される長距離交換磁気結合                                |
| 3. 学会等名<br>第28回 渦糸物理ワークショップ (招待講演)                                 |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Sachio Komori   |
| 2. 発表標題<br>Magnetic exchange through oxide superconductors   |
| 3. 学会等名<br>Unconventional transport in superconducting & magnetic systems with spin-orbit coupling (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Sachio Komori  |
| 2. 発表標題<br>Oxide superconducting spin-valves and exchange coupling  |
| 3. 学会等名<br>International workshop on superconducting spintronics (Superconducting spintronics 2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>S. Suzuki, S. Komori, K. Imura, T. Taniyama                                      |
| 2. 発表標題<br>Superconducting control of magnetization in oxide superconducting spin-valves    |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>S. Ishikawa, K. Imura, S. Komori, and T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Control of Magnetic Ordering of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3/\text{BaTiO}_3(100)$ Heterostructures |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)                              |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>T. Kanno, K. Imura, S. Komori, and T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Asymmetric electric field induced magnetic anisotropy in $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}/\text{PMN-PT}$ heterostructures |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)                                       |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>H. Omura, S. Komori, K. Imura, and T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Controllable Perpendicular Magnetic Anisotropy in $\text{Fe}/\text{FeRh}$ Heterostructures Probed by Ferromagnetic Resonance |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Y. Hisada, S. Komori, K. Imura, and T. Taniyama                                   |
| 2. 発表標題<br>Electric Field Effects in Co/Ru/Co/PMN-PT Multiferroic Synthetic Antiferromagnets |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>T. Kikuta, S. Komori, K. Imura, and T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Electric Field Control of the Superconducting Transition Temperature in Nb/Co/PMN-PT Heterostructures |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)                      |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Y. Osawa, H. Omura, S. Komori, K. Imura, and T. Taniyama   |
| 2. 発表標題<br>Ferromagnetic Resonance and Magnetic Damping Anomaly in Fe <sub>1-x</sub> Rh <sub>x</sub> Ordered Alloy Thin Films |
| 3. 学会等名<br>24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)                                   |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大橋 裕生, 鈴木 聡悟, 小森 祥央, 谷山 智康                        |
| 2. 発表標題<br>LSMO/SrTiO <sub>3</sub> (011)における界面格子歪み相と緩和相の磁気特性 |
| 3. 学会等名<br>第70回応用物理学会春季学術講演会                                 |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>久田 優一, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康    |
| 2. 発表標題<br>Co/Ru/Co人工反強磁性体における磁気異方性への電界効果 |
| 3. 学会等名<br>第70回応用物理学会春季学術講演会              |
| 4. 発表年<br>2023年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>菊田 智弘, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康           |
| 2. 発表標題<br>YBCO/LSMO/PMN-PTヘテロ構造における超伝導転移温度の電界制御 |
| 3. 学会等名<br>2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会                |
| 4. 発表年<br>2022年                                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>鈴木 聡悟, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康        |
| 2. 発表標題<br>LSMO/YBCO/LSMO超伝導スピナルブにおける2つの対破壊効果 |
| 3. 学会等名<br>2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会             |
| 4. 発表年<br>2022年                               |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>久田 優一, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康 |
| 2. 発表標題<br>Co/Ru/Co人工フェリ磁性体の磁化過程       |
| 3. 学会等名<br>第46回 日本磁気学会学術講演会            |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

|         |  |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Alex K. Chan, Murat Cubukcu, Sachio Komori, Alexander Vanstone, Juliet Thompson, Garry Perkins, Mark Blamire, Jason Robinson, Matthias Eschrig, Hidekazu Kurebayashi, Lesley Cohen |
| 2. 発表標題 | Spin Pumping Long-Range Spin-Triplet Currents into Superconducting Nb Through Cr/Fe Interfaces   |
| 3. 学会等名 | Unconventional transport in superconducting & magnetic systems with spin-orbit coupling (招待講演) (国際学会)  |
| 4. 発表年  | 2022年  |

|         |  |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Alex K. Chan, Murat Cubukcu, Sachio Komori, Alexander Vanstone, Juliet Thompson, Garry Perkins, Mark Blamire, Jason Robinson, Matthias Eschrig, Hidekazu Kurebayashi, Lesley Cohen |
| 2. 発表標題 | Spin Pumping Long-Range Spin-Triplet Currents into Superconducting Nb Through Cr/Fe Interfaces   |
| 3. 学会等名 | 67th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)  |
| 4. 発表年  | 2022年  |

|         |   |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Sachio Komori   |
| 2. 発表標題 | Triplet supercurrents in ferromagnets and singlet superconductors |
| 3. 学会等名 | Materials Research Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)                     |
| 4. 発表年  | 2021年   |

|         |   |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Sachio Komori, Jason Robinson   |
| 2. 発表標題 | Superconducting filtering of triplet supercurrents                                      |
| 3. 学会等名 | Low dimensional superconducting hybrids for novel quantum functionalities (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年  | 2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小森 祥央, Juliet Thompson, Jason Robinson |
| 2. 発表標題<br>CoFeBの熱処理による超伝導臨界電流の巨大変調               |
| 3. 学会等名<br>第82回 応用物理学会 秋季学術講演会                    |
| 4. 発表年<br>2021年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>橋本 敬宏, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康          |
| 2. 発表標題<br>薄膜界面マルチフェロイクスのためのPMN-PT(110)薄膜の高品質成長 |
| 3. 学会等名<br>第82回 応用物理学会 秋季学術講演会                  |
| 4. 発表年<br>2021年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>石川 翔太, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康   |
| 2. 発表標題<br>La <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> MnO <sub>3</sub> 薄膜/BaTiO <sub>3</sub> (100)における磁気異方性変調効果 |
| 3. 学会等名<br>日本磁気学会第45回学術講演会   |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>菊田 智弘, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康       |
| 2. 発表標題<br>Nb/Co/PMN-PTヘテロ構造における超伝導転移温度の電界制御 |
| 3. 学会等名<br>2022年第66回応用物理学会春季学術講演会            |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>菅野 樹, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康            |
| 2. 発表標題<br>Fe70Co30/PMN-PT(001)における磁気-電気結合の界面依存性 |
| 3. 学会等名<br>2022年第66回応用物理学会春季学術講演会                |
| 4. 発表年<br>2022年                                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大村 浩貴, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康    |
| 2. 発表標題<br>Fe/FeRh規則合金ヘテロ構造における強磁性共鳴の界面効果 |
| 3. 学会等名<br>2022年第66回応用物理学会春季学術講演会         |
| 4. 発表年<br>2022年                           |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大澤 優子, 大村 浩貴, 小森 祥央, 井村 敬一郎, 谷山 智康             |
| 2. 発表標題<br>Fe1-xRh <sub>x</sub> 規則合金薄膜における強磁性共鳴と磁気ダンピング異常 |
| 3. 学会等名<br>2022年第66回応用物理学会春季学術講演会                         |
| 4. 発表年<br>2022年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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                 |                       |                         |      |
|---------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------|
| 英国      | University of Cambridge | University of Glasgow | Imperial College London | 他1機関 |
| ドイツ     | University of Konstanz  |                       |                         |      |
| イタリア    | University of Salerno   |                       |                         |      |
| 韓国      | UNIST                   |                       |                         |      |