

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03860

研究課題名(和文) 超高品質ヘテロエピタキシャル技術による革新的高効率スピン流制御

研究課題名(英文) Innovative and highly efficient spin-current control by ultra-high quality-heteroepitaxial-growth technology

研究代表者

大矢 忍 (Ohya, Shinobu)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授

研究者番号：20401143

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、超高品質単結晶ヘテロ構造の作製技術を用いることにより、物質が本来内因するスピンの依存した機能性を新たに開拓することを目標とした。実際に、酸化物の二次元電子ガスを用いて極めて高効率のスピン流電流変換に成功した。半導体ベースの強磁性材料において、強磁性体単一層に電流を流すだけで磁化反転が起こることを見出し、世界最小電流密度での磁化反転に成功した。酸化物磁気トンネル接合において、強磁性酸化物界面の特異な状態密度を活かして、金属系接合で磁化反転に必要な電流密度より約8桁小さな電流密度で磁化の90度回転が起こることを発見した。デバイス応用上有望な様々な新たな基礎的な知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原理的にエネルギー散逸がないとされている純スピン流を利用したり、強磁性体の磁化の不揮発性を利用して現在の集積回路を完全不揮発にすることにより、情報機器の消費電力を極限まで低減できる新しい技術を開拓することは極めて重要な課題である。本研究では、スピンの散乱を大幅に低減可能なオールエピタキシャルの酸化物二次元電子系や、半導体や酸化物の超高品質単結晶ヘテロ構造を用いて、非常に高効率のスピン流電流変換や、世界最小の電流密度での磁化反転現象や磁化回転現象などを観測することに成功した。本研究で得られた新たな知見は、将来的には、完全不揮発の極限的な低消費エネルギー情報処理技術の実現に結びつくものと期待される。

研究成果の概要(英文)：In this project, we have aimed to develop new spin-dependent functionalities inherent to materials by using ultra-high quality single-crystal heterostructures. We have succeeded in extremely efficient spin-charge current conversion in oxide-based two-dimensional electron-gas systems. In semiconductor-based ferromagnetic materials, we have found that magnetization reversal occurs simply by applying a current through a single ferromagnetic layer. We have successfully observed magnetization reversal at the lowest current density ever reported for spin-orbit torque magnetization reversal. In oxide-based magnetic tunnel junctions, by using the unique density of states of the ferromagnetic oxide interface, we have discovered that 90-degree rotation of magnetization occurs at a current density about 8 orders of magnitude smaller than that required for metallic magnetic tunnel junctions. In summary, we have obtained various new fundamental findings that are promising for device applications.

研究分野：スピントロニクス、結晶工学

キーワード：スピントロニクス 磁化反転 トンネル磁気抵抗効果 電界効果 分子線エピタキシー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、電子のスピン自由度を生かした新たなデバイスの創製に向けた研究が盛んに行われている。特にエネルギー散逸がないと考えられている純スピン流を利用したり、磁化の不揮発性を利用して揮発性のトランジスタを不揮発性デバイスに置き換えたりすることにより、情報機器の消費電力を極限まで低減可能な新しい技術の実現を目指す研究が活発に行われている。そのような目的において、純スピン流と電流を相互に効率的に変換することが極めて重要である。しかし、研究開始当初は、その変換効率は一般的な金属では最大でも0.1程度であった。また、このようなスピントロニクス分野においては、現在、強磁性体の磁化反転方式として採用されているスピン注入磁化反転の電流密度の低減が、既存のトランジスタの置き換えに向けた大きな課題となっている。純スピン流と電流間の変換効率を向上させることができれば、この問題を解決することが可能である。既存のトランジスタをすべて磁性デバイスで置き換えることができれば、オール不揮発の理想的な低消費エネルギーデバイスが実現できる可能性がある。

一方で、スピンは結晶の乱れに対して非常に敏感であり、強磁性体から注入された電子を、もとのスピンの向きを維持したまま、他の物質中で高効率に輸送するためには、オールエピタキシャルの高品質単結晶を用いた強磁性体/非磁性体ヘテロ構造の実現が不可欠である。従来、半導体デバイスでは、その高品質な単結晶性により、バンドエンジニアリングという手法を用いて、電子の流れが緻密に制御されてきた。しかし、スピン流の研究においては、用いられている材料系の結晶性が必ずしも良質ではなく、このような精緻なバンドエンジニアリングの概念はほとんど確立されていない。

我々は従来、単結晶からなる高品質の強磁性ヘテロ構造など、「電子の波動関数のコヒーレンスが顕わになる系」で、スピントロニクスの研究を展開してきた。その中で、電子がもつエネルギーの違いや、電子の波動性により誘起される量子サイズ効果が、その物質が本来もっている磁気秩序を変えてしまう程の多大な影響をもたらす場合があることを明らかにした [例えば、H. Terada, S. Ohya *et al.*, *Sci. Rep.* (2017), I. Muneta, S. Ohya *et al.*, *Nature Commun.* (2017), L. D. Anh, S. Ohya *et al.*, *Sci. Rep.* (2017)]。以前は、磁気異方性や、純スピン流と電流間の相互変換効率は、一般的には、物質そのものにより決まり人工的には制御できないと考えられていた。スピンは非常に緩和しやすく (通常は、スピン拡散長は数~数百 nm) 多くの研究では、スピン緩和がかなり進行した状態でスピン流の制御が行われている。このような場合には、“散乱”によりスピン流と電流は相互変換される。一方で、超高品質の単結晶薄膜を用いて、スピン緩和の影響の少ない理想的な環境を実現できれば、今まで散乱に埋もれて見えていなかった内因性のスピン流電流変換機構を十分に引き出すことにより、純スピン流電流変換効率を増大したり、磁気異方性を人工的に制御したりできると期待され、デバイス応用上の様々な課題を解決できる可能性がある。

2. 研究の目的

本プロジェクトでは、我々が長年積み重ねてきた超高品質ヘテロ構造の作製技術、微細加工技術およびゲート制御技術を用いて、スピン緩和の影響の極めて少ない理想的な環境下で、内因性の純スピン流電流変換機能を物質から最大限引き出すことを目標として研究を行った。このような今まで散乱に埋もれてほとんど見えなかったスピン流物理に焦点を当てることにより、新たな機能性を実現することを目指した。また、純スピン流電流変換の制御および増大、それを利用した高効率の磁化反転、ゲート電圧による磁気異方性 (対称性) 制御の実現を目指した。研究開始当初の具体的な目標は以下の通りであった。

目標 : $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ (LAO/STO) 二次元電子ガス領域やトポロジカル物質等の散乱に強い表面状態を用いた純スピン流と電流間の高効率変換

LAO/STO 界面は大きな Rashba 効果を有しており、巨大な純スピン流電流変換が期待される系の一つである。この界面に形成される複数の電子軌道の量子準位 (サブバンド) 間の交点では、スピン分裂が大きくなることが予想されていた。スピンポンピングにより純スピン流を LAO/STO 界面に注入し、大きな Rashba 分裂と逆 Edelstein 効果を用いて高効率の純スピン流電流変換を実現することを目指した。同様に、トポロジカル物質の表面状態を利用した高効率の電流変換も目的とした。

目標 : Edelstein 効果を利用した高効率磁化反転

上記目標の逆効果として、電流スピン流変換が起こることが知られている。この現象により、電流により磁化を高効率に反転できることが期待される。強磁性単結晶ヘテロ構造を用いて高効率の磁化反転を実証することを目指した。

目標 : ゲート電界による不揮発的磁気異方性制御デバイスの原理実証

酸化物からなる強誘電体等のトンネル障壁を用いた磁気トンネル接合における、ゲート電圧による強磁性体界面のフェルミレベル (E_F) の制御により、磁気異方性を制御できるデバイスの原理実証を目的とした。電界だけで大きくスピン (依存) 流の大きさを変えることができ、将

来的にはスピントロニクスデバイス的大幅な電力削減へつながる可能性がある。

3. 研究の方法

目標 に対する研究方法

- 分子線エピタキシーを用いてオールエピタキシャルペロブスカイト酸化物二次元電子系 LaSrMnO₃/LAO/STO を作製し、スピン流電流変換の測定を行った。ここで、スピン流は LaSrMnO₃ から LAO/STO における 2 次元電子系に注入される。本材料系は酸素圧や化学量論比に対して特性が非常に敏感に変化するため、素子の高品質化のために作製条件の最適化を徹底的に行った。LAO 中の Al の組成は二次元電子ガスの形成に大きく関わるが、Al 組成を意図的に変化させて、2 次元電子ガスが存在する試料と存在しない試料とで比較を行った。
- ゲート電圧印加可能なトポロジカル結晶絶縁体の作製を共同研究で進めた。
- LAO/STO におけるスピン流電流変換機構の理論的な理解を進めた。有効強束縛近似法を用いた界面のバンド構造の計算手法を確立した。
- LAO は絶縁体であるため、スピン流の流れが阻害されてしまう懸念が生じた。そこで、強相関金属である LaTiO₃ を用いて、LTO/STO の二次元電子ガス領域を用いてスピン流電流変換の研究も行った。

目標 に対する研究方法

- 酸化物や半導体などからなる単結晶強磁性ヘテロ構造を用いてスピン軌道トルク磁化反転を試みた。特に強磁性半導体 GaMnAs では、下記に述べるように非常に効率的な磁化反転が起こることが明らかになったため、詳細に研究を行った。磁化反転の検出は、異常ホール効果、面内ホール効果や、磁気トンネル接合などを用いて行った。
- 強磁性半導体 GaMnAs に対して、ゲート変調を行ったり、また、2 次高調波測定などを行い、スピントルクの性質について詳細に検討を行った。
- 予定されていた研究計画に加えて、上記で確立した手法を用いて、東京工業大学のグループが作製した室温で強磁性を示すフルホイ슬ー合金である Co₂FeSi に対するスピン軌道トルク磁化反転も試みた。

目標 に対する研究方法

- SrTiO₃ などをトンネル障壁に用いた磁気トンネル接合を作製し、トンネル磁気抵抗効果の観測と、バイアス電圧 (= この場合ゲート電圧として扱える) による磁気異方性の制御を試みた。

上記以外の関連研究

- 本プロジェクトでは、上記の計画に加えて、SrTiO₃ 基板上における P 型 2 次元正孔ガスの形成や、GaMnAs や、GaAs に MnAs ナノクラスター微粒子を埋め込んだ系を用いた、THz 波を用いたピコ秒での超高速磁化回転現象の観測なども試みた。さらに、スピントロニクスの新機能デバイスの実現に向けて、上記の技術を応用して、以前より研究を続けていた縦型スピントランジスタの研究を行い、半導体のチャネル材料の検討等も続け、性能の向上に成功し、新たな知見を得ることができた。

4. 研究成果

- 高効率のスピン流電流変換が可能な系の実現を目指して、オールエピタキシャルの LSMO/LAO/STO ヘテロ構造の成膜と高品質化のため、MBE の成長条件の詳細な調整を続けた。その結果、LSMO/LAO/STO において、スピンポンピング実験により、正の値としては世界最高のスピン流電流変換効率である 6.7 nm の逆エデルシュタイン長を 20 K で得ることに成功した。系統的な温度依存性の測定により、逆エデルシュタイン長は温度の上昇に伴い単調に減少することが明らかになった。有効強束縛近似法を用いたバンド計算により逆エデルシュタイン長の計算を行い、この温度依存性を定量的に説明できることが明らかになった。以上より、スピン流電流変換が内因性であることが明らかになった[Phys. Rev. Res. 2, 012014 (R) (2020) (Rapid Commun.)]。
- LaAlO₃ は絶縁体であるためスピン流がそこで減衰し、変換効率が低減している可能性を懸念していた。そこで、LaAlO₃ を LaTiO₃ に置き換えて研究を行った。LaTiO₃ は元来は反強磁性モット絶縁体であるが、通常は、歪みなどにより常磁性金属になっている。本物質のような強相関物質がスピン流にどう寄与するかは不明であった。実験の結果、低温で、全材料系を通して世界最大値である 193.5 nm の巨大な変換効率が得られた(論文投稿中)。
- 酸化物 2 次元系におけるスピン流電流変換の理論的な解析も行った。本系では、Ti の 3d 軌道のうちスピンを含め 6 つの軌道が伝導を担っている。強い閉じ込め効果のため、極めて複雑な量子化が起こっている。有効強束縛近似法を用いた計算を行い、各軌道のスピン流電流変換に対する寄与を見積もった結果、特に d_{xy} 軌道の第 2 サブバンドが極めて大きな寄与をもつことが明らかになった[Appl. Phys. Express 15, 013005 (2022)]。電子軌道の量子化の制御によりスピン流電流変換を制御できる新たな方向性を切り開く重要な知見と言える。

- 産業技術総合研究所の齋藤秀和博士らや物理工学専攻の岩佐教授らと共同で、酸化物半導体 GaO_x チャネルを用いた縦型スピントランジスタ構造を作製し、室温で 40% 程度の大磁気抵抗比と電流変調を得ることに初めて成功した [Appl. Phys. Express **12**, 23009 (2019).]
- 東京大学大学院新領域創成科学研究科の岡本博教授らのグループと共同でピコ秒の超短テラヘルツパルスを利用した新たな超高速磁化反転方式の研究を行った。MnAs ナノ微粒子が GaAs に埋め込まれたグラニューラ薄膜を利用して従来の研究の中では最も大きな 20% もの磁化の超高速変調に成功した [Appl. Phys. Lett. **114**, 062402 (2019)。Featured Article に選定された。参考記事：https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/articles/z0508_00100.html]。
- 強磁性半導体 GaMnAs を用いてスピン軌道トルク磁化反転（電流スピン流変換）の研究を行った。通常のスピン軌道トルク磁化反転は、強磁性体 / 重金属の 2 層構造で起こるが、GaMnAs の場合は、単膜に電流を流すだけで、また、 10^5 A/cm^2 台の金属多層膜と比較して 2 桁程度小さな電流密度で磁化が反転することが明らかになった。本結果は、GaMnAs のもつ内因性のスピン軌道相互作用に起因すると考えられる。本成果は Nature Communications に掲載され、日経プレスリリース、OPTRONICS ONLINE、日本の研究.com、EE Times Japan、academist Journal などにも研究内容が紹介された [Nat. Commun. **10**, 2590 (2019)。プレスリリース「電流を流すと N 極と S 極が反転する磁石を実現」http://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_201906141310533454820958.html]
- さらに GaMnAs の膜厚を変えた一連の試料で同様の測定を行ったところ、膜厚が 15 nm の時に、スピントルク磁化反転現象としては世界最小である $4.6 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ で磁化を反転できることが明らかになった。薄膜成長方向に対する Mn 濃度の不均一性に起因して電流に起因した磁場が発生しており、それが磁化反転を阻害するフィールドライクトルク成分を抑制していることが原因ではないかと考えられる。本成果は Nature Electronics に掲載され、日経プレスリリース、日本の研究.com、Optronics Online、日刊工業新聞でも取り上げられた。[Nature Electronics **3**, 751 (2020)。プレスリリース「磁石の NS の向きを世界最小の電流密度で反転させることに成功 ~ 強磁性半導体単層薄膜における超高効率スピントルク磁化反転 ~ 」http://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202011300932305533827314.html]
- GaMnAs にゲート電極を作製し、ゲート電圧によりスイッチング電流密度が変調できることを初めて示した。本結果は、薄膜表面の空乏層内の電界に起因した Rashba 型のスピン軌道相互作用が存在しており、それがゲート電界により変調されていることに起因していると考えられる。スピントルク磁化反転を人工的に制御できる新たな可能性を示す結果と言える（論文投稿中）。
- LSMO/STO/LAMO からなる強磁性トンネル接合を作製し、15 ~ 200 mV の小さなバイアス電圧かつ 10^{-2} A/cm^2 という極めて小さな電流密度（金属系接合で磁化反転に必要な電流密度の約 10^8 分の 1）で磁化が面内で 90 度反転する新しい現象を観測した。本結果は、Phys. Rev. Applied (Letter) に掲載され、EE Times Japan、Optronics Online などにも研究内容が紹介された。[Phys. Rev. Applied (Letter) **12**, 041001 (2019)。プレスリリース「磁化方向制御に必要な電力を極限まで低減可能な新たな方法を実証」]
- 研究計画では予定していなかった全くの新しい現象も観測された。SrTiO₃ 表面上では、従来 n 型伝導を有する 2 次元系のみが観測されており、p 型伝導は極めて特殊な場合にしか得られないことが分かっていた。本研究では、薄い酸化鉄を積層するだけで、酸化物としては最も高い正孔移動度である $24000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を有する p 型二次元伝導が得られることを初めて発見した。Adv. Mater. 誌に成果が掲載され、Optronics Online、日本の研究.com などにも研究内容が紹介された。新たなスピン流電流変換の舞台として利用できること期待される [Adv. Mater. **32**, 1906003 (2020)。プレスリリース「高い移動度をもつ二次元正孔伝導を酸化物で初めて実現 ~ 高機能酸化物エレクトロニクスの実現へ新たな道を開拓 ~ 」https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202002281509212668912826.html]
- 研究計画では予定していなかったが、スピンポンピングの基礎的な理解を進めるため、大阪大学大学院基礎工学研究科 浜屋研究室と共同で、オールエピタキシャルホイスラー合金 CoFeAlSi/Ge ヘテロ構造におけるスピン流電流変換の研究を行った。本試料に対してアニールを行い Ge の拡散をわずかに促進（3 nm 程度原子を拡散させた）したところ、スピンホール角が増大するという予期していなかった現象が明らかになった。本系のように、スピンホール効果がスピン流電流変換において支配的な系においては、ある程度の結晶の乱れの存在が、変換効率の増大させる可能性があることが明らかになった [Phys. Rev. Applied **14**, 024096 (2020).]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 R. Suzuki, Y. Tadano, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 10
2. 論文標題 Large tunnel magnetoresistance in a fully epitaxial double-barrier magnetic tunnel junction of Fe/ MgO/ Fe/ -Al2O3/ Nb-doped SrTiO3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Adv.	6. 最初と最後の頁 085115/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0002536	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 S. Kaneta, M. Yamada, S. Sato, S. Arai, L. D. Anh, K. Hamaya, and S. Ohya	4. 巻 14
2. 論文標題 Enhancement of the spin Hall angle by interdiffusion of atoms in Co2FeAl0.5Si0.5/n-Ge heterostructures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Applied	6. 最初と最後の頁 024096/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.14.024096	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. Du, S. Arai, S. Kaneta-Takada, L. D. Anh, S. Karube, M. Kohda, S. Ohya, and J. Nitta	4. 巻 10
2. 論文標題 Room-temperature perpendicular magnetic anisotropy of Pt/Co/AlOx trilayers on SrTiO3 (001)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 105010/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0023282	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 M. Jiang, H. Asahara, S. Sato, S. Ohya, and M. Tanaka	4. 巻 3
2. 論文標題 Suppression of the field-like torque for efficient magnetization switching in a spin-orbit ferromagnet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Electronics	6. 最初と最後の頁 751-756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41928-020-00500-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 Y. Takeda, M. Kobayashi, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Fujimori, S. Ohya, P. N. Hai, and M. Tanaka	4. 巻 128
2. 論文標題 Direct observation of the magnetic ordering process in the ferromagnetic semiconductor Ga _{1-x} MnxAs via soft X-ray magnetic circular dichroism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 213902/1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0031605, selected as Featured Article	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, Y. K. Wakabayashi, Y. Krockenberger, S. Ohya, M. Tanaka, Y. Taniyasu, and H. Yamamoto	4. 巻 118
2. 論文標題 Critical thickness for observing quantum transport of Weyl fermions in ultra-high quality SrRuO ₃ films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 92408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0036837	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. K. Wakabayashi, S. Kaneta-Takada, Y. Krockenberger, K. Takiguchi, S. Ohya, M. Tanaka, Y. Taniyasu, and H. Yamamoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Stoichiometry effects on the magnetotransport in epitaxial SrRuO ₃ films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 35226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0044272	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 M. Jiang, H. Asahara, S. Sato, T. Kanaki, H. Yamasaki, S. Ohya and M. Tanaka	4. 巻 10
2. 論文標題 Efficient full spin-orbit torque switching in a single layer of a perpendicularly magnetized single-crystalline ferromagnet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nat. Commun.	6. 最初と最後の頁 2590/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-10553-x	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 S. Goel, L. D. Anh, S. Ohya, and M. Tanaka	4. 巻 3
2. 論文標題 In-plane to perpendicular magnetic anisotropy switching in heavily-Fe-doped ferromagnetic semiconductor (Ga,Fe)Sb with high Curie temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Mater.	6. 最初と最後の頁 084417/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.3.084417	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 L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Seki, H. Tabata, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 12
2. 論文標題 Ultralow-power orbital-controlled magnetization rotation using a ferromagnetic oxide interface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Applied (Letter)	6. 最初と最後の頁 041001/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.12.041001	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. Ohya, D. Araki, L. D. Anh, S. Kaneta, M. Seki, H. Tabata, and M. Tanaka	4. 巻 2
2. 論文標題 Efficient intrinsic spin-to-charge current conversion in an all-epitaxial single-crystal perovskite-oxide heterostructure of La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Res.	6. 最初と最後の頁 012014 (R)/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.012014	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 S. Goel, L. D. Anh, S. Ohya, and M. Tanaka	4. 巻 127
2. 論文標題 Temperature dependence of magnetic anisotropy in heavily Fe-doped ferromagnetic semiconductor (Ga,Fe)Sb	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 023904/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5127583	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 L. D. Anh, S. Kaneta, M. Tokunaga, M. Seki, H. Tabata, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 32
2. 論文標題 High-mobility two-dimensional hole gas at a SrTiO3 interface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Adv. Mater.	6. 最初と最後の頁 1906003/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201906003	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 R. Suzuki, Y. K. Wakabayashi, K. Okamoto, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 112
2. 論文標題 Quantum size effect in a Fe quantum well detected by resonant tunneling carriers injected from an p-type Ge semiconductor electrode	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 152402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5020355	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. Nakamura, L. D. Anh, Y. Hashimoto, Y. Iwasaki, S. Ohya, M. Tanaka, and S. Katsumoto	4. 巻 969
2. 論文標題 Proximity-Induced Superconductivity in a Ferromagnetic Semiconductor (In,Fe)As	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/969/1/012036	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. Kanaki, H. Yamasaki, T. Koyama, D. Chiba, S. Ohya, M. Tanaka	4. 巻 8
2. 論文標題 Large current modulation and tunneling magnetoresistance change by a side-gate electric field in a GaMnAs-based vertical spin metal-oxide-semiconductor field-effect transistor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 7195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-24958-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 T. Ishii, H. Yamakawa, T. Kanaki, T. Miyamoto, N. Kida, H. Okamoto, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 8
2. 論文標題 Ultrafast magnetization modulation induced by the electric field component of a terahertz pulse in a ferromagnetic-semiconductor thin film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 6901/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-25266-2	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. Kanaki, H. Yamasaki, H. Terada, Y. Iwasa, S. Ohya, and M. Tanaka	4. 巻 57
2. 論文標題 Improved performance of a GaMnAs-based vertical spin electric double-layer transistor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. (Rapid Commun.)	6. 最初と最後の頁 090301/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.090301	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. Goel, L. D. Anh, S. Ohya, and M. Tanaka	4. 巻 99
2. 論文標題 Ferromagnetic resonance and control of magnetic anisotropy by epitaxial strain in ferromagnetic semiconductor (Ga _{0.8} Fe _{0.2})Sb at room temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 014431/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.014431	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. Kanaki, S. Matsumoto, S. K. Narayananellore, H. Saito, Y. Iwasa, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 12
2. 論文標題 Room-temperature side-gate-induced current modulation in a magnetic tunnel junction with an oxide-semiconductor barrier for vertical spin-MOSFET operation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Express	6. 最初と最後の頁 23009/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/aafed6	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. Ishii, H. Yamakawa, T. Kanaki, T. Miyamoto, N. Kida, H. Okamoto, M. Tanaka, and S. Ohya	4. 巻 114
2. 論文標題 Large terahertz magnetization response observed in ferromagnetic nanoparticles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 062402/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5088227, selected as Featured Article	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. Nakamura, L. D. Anh, Y. Hashimoto, S. Ohya, M. Tanaka, and S. Katsumoto	4. 巻 122
2. 論文標題 Evidence for Spin-Triplet Electron Pairing in the Proximity-Induced Superconducting State of an Fe-Doped InAs Semiconductor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 107001/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.107001	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92件 (うち招待講演 18件 / うち国際学会 32件)

1. 発表者名 Le Duc Anh, Shingo Kaneta, Masashi Tokunaga, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Realization of a High-mobility Two-dimensional Hole Gas at a SrTiO ₃ Interface and Control of the Carrier Type
3. 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), J-1 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shingo Kaneta-Takada, Michihiro Yamada, Shoichi Sato, Shoma Arai, Le Duc Anh, Kohei Hamaya, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Artificial enhancement of the spin Hall angle of Ge using the interdiffusion of atoms in Co ₂ FeAl _{0.5} Si _{0.5} /n-Ge heterostructures
3. 学会等名 2020 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), Q4-03 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名	S. Kaneta-Takada, Y. K. Wakabayashi, Y. Krockenberger, S. Ohya, M. Tanaka, Y. Taniyasu, and H. Yamamoto
2 . 発表標題	Critical thickness for the emergence of quantum transport of Weyl fermions in ultrahigh-quality SrRuO3 films
3 . 学会等名	American Physical Society March Meeting 2021, M37.00009 (国際学会)
4 . 発表年	2021年

1 . 発表者名	M. Jiang, H. Asahara, S. Ohya and M. Tanaka
2 . 発表標題	Electric field control of spin-orbit torque switching in a spin-orbit ferromagnet single layer
3 . 学会等名	American Physical Society March Meeting 2021, J36.00004 (国際学会)
4 . 発表年	2021年

1 . 発表者名	T. J. Wijaya, L. D. Anh, S. Kaneta-Takada, M. Tanaka, and S. Ohya
2 . 発表標題	Electrical gate control of carrier type of the two-dimensional carrier gas at the FeOy/SrTiO3 interface and its field-effect-transistor operation
3 . 学会等名	American Physical Society March Meeting 2021, P55.00007 (国際学会)
4 . 発表年	2021年

1 . 発表者名	高田真悟, Le Duc Anh, 徳永将史, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明, 大矢忍
2 . 発表標題	SrTiO3界面における高移動度二次元正孔ガスの実現
3 . 学会等名	Spin-RNJ 若手オンライン研究発表会, 1A-2
4 . 発表年	2020年

1. 発表者名 Shingo K.-T., M. Yamada, S. Sato, S. Arai, L. D. Anh, K. Hamaya, and S. Ohya
2. 発表標題 Artificial enhancement of the spin Hall angle of Ge using interdiffusion of atoms in Co ₂ FeAl _{10.5} Si _{0.5} /n-Ge heterostructures
3. 学会等名 応用物理学会 KOSEN スチューデントチャプター 第1回VR学術講演会,
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金田真悟, Le Duc Anh, 徳永将史, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明, 大矢忍
2. 発表標題 SrTiO ₃ 界面における高移動度二次元正孔ガスの実現
3. 学会等名 応用物理学会 KOSEN スチューデントチャプター 第1回VR学術講演会,
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木 恒星, 武田 崇仁, Le Duc Anh, 藤森 淳, 大矢 忍, V. N. Strocov, 田中 雅明, 小林 正起
2. 発表標題 Impurity Band and Valence Band Structure of p-type Ferromagnetic Semiconductor (In,Mn)As
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 8a-Z08-4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木亮太、但野由梨子、田中雅明、大矢忍
2. 発表標題 単結晶Fe/ MgO/ Fe/ -Al ₂ O ₃ / Nb:SrTiO ₃ 二重障壁磁気トンネル接合における大きなトンネル磁気抵抗効果と異常なバイアス電圧依存性
3. 学会等名 第25回半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (PASPS-25), 番号無し
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Araki, T. Takeda, L. D. Anh, A. Fujimori, S. Ohya, V. N. Strocov, M. Tanaka, and M. Kobayashi
2. 発表標題 Impurity Band and Valence Band Structure of p-type Ferromagnetic Semiconductor (In,Mn)As
3. 学会等名 第25回半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (PASPS-25), 番号無し
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Jiang, H. Asahara, S. Ohya, and M. Tanaka
2. 発表標題 Electric field control of spin-orbit torque magnetization switching in a spin-orbit ferromagnet single layer
3. 学会等名 第25回半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (PASPS-25), 番号無し
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒井勝真、金田真悟、Le Duc Anh、田中雅明、大矢忍
2. 発表標題 LaAlO ₃ /SrTiO ₃ 界面におけるスピン流電流変換に対するdxy量子化サブバンドの影響
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関わる研究グループ 第12回 研究会, P-14
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Theodorus Jonathan Wijaya, Le Duc Anh, Shingo Kaneta-Takada, Masaaki Tanaka, Shinobu Ohya
2. 発表標題 Electronic control of two-dimensional carrier gas at the FeO _y /SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関わる研究グループ 第12回 研究会, Cont-8
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Le Duc Anh, Theodorus J. Wijaya, Shingo Kaneta-Takada, Masaaki Tanaka, Shinobu Ohya
2. 発表標題 FeOy/SrTiO3界面における2次元キャリアガスを用いた電界効果トランジスタ
3. 学会等名 強制的秩序とその操作に関わる研究グループ 第12回 研究会, Cont-7
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shingo Kaneta-Takada, Michihiro Yamada, Shoichi Sato, Shoma Arai, Le Duc Anh, Kohei Hamaya, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Enhancement of the spin Hall angle of Ge using the interdiffusion of atoms in Co ₂ FeAl _{0.5} Si _{0.5} /n-Ge heterostructures
3. 学会等名 Spin-RNJ 2020年度成果報告会, Y-9
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Theodorus Jonathan Wijaya, Le Duc Anh, Shingo Kaneta-Takada, Masaaki Tanaka, Shinobu Ohya
2. 発表標題 Gate-controlled two-dimensional carrier transport at the FeOy/SrTiO3 interface
3. 学会等名 第12回低温センター研究交流会, P-11
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 但野由梨子、鈴木亮太、田中雅明、大矢忍
2. 発表標題 Fe/MgO/a -Ge/MgO/Fe からなる縦型スピナルブ素子における磁気抵抗効果の観測
3. 学会等名 第12回低温センター研究交流会, P-20
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒井勝真、金田真吾、Le Duc Anh、田中雅明、大矢忍
2. 発表標題 Influence of the quantization of the dxy band on spin-to-charge conversion at the LaAlO ₃ / SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 第12回低温センター研究交流会, P-3
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shinobu Ohya and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Electric field control of spin-orbit torque magnetization switching in a spin-orbit ferromagnet (Ga,Mn)As single layer
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 17p-Z19-12
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金田 真悟、若林 勇希、クロッケンバーガー ヨシハル、大矢 忍、田中 雅明、谷保 芳孝、山本 秀樹
2. 発表標題 高品質SrRuO ₃ 薄膜におけるワイルフェルミオンの膜厚依存量子伝導
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19p-Z14-2
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Anh Duc Le, Theodorus J. Wijaya, Shingo Kaneta-Takada, Masaaki Tanaka, Shinobu Ohya
2. 発表標題 Field-effect transistor based on two-dimensional carrier gas at the FeO _y /SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z14-10
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒井 勝真、金田 真悟、Le Duc Anh、田中 雅明、大矢 忍
2. 発表標題 Influence of the quantization of the dxy band on spin-to-charge conversion at the LaAlO ₃ / SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z19-6
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Suzuki、Yuriko Tadano、Anh Le Duc、Masaaki Tanaka、Shinobu Ohya
2. 発表標題 Unconventional bias dependence of tunnel magnetoresistance induced by the Coulomb blockade effect
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z19-4
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuriko Tadano、Ryota Suzuki、Masaaki Tanaka、Shinobu Ohya
2. 発表標題 Magnetoresistance in Fe/ MgO/ a-Ge/ MgO/ Fe vertical spin valve devices
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z19-5
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Theodorus Jonathan Wijaya, Le Duc Anh, Shingo Kaneta-Takada, Masaaki Tanaka, Shinobu Ohya
2. 発表標題 Electrical gate control of the two-dimensional carrier gas at the FeO _y / SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z14-11
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大矢忍
2. 発表標題 酸化物をベースとした異種接合界面における特異な電子構造の発現とデバイス機能応用
3. 学会等名 パナソニックミニラウンドテーブル (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大矢忍、Le Duc Anh、金田真悟、荒井勝真、徳永将史、 関宗俊、田畑仁、田中雅明
2. 発表標題 オールエピタキシャル単結晶ヘテロ接合を用いた新スピン機能創成
3. 学会等名 物理学会, 12pD1-4 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Ohya, L. D. Anh, S. Kaneta, M. Tokunaga, M. Seki, H. Tabata, and M. Tanaka
2. 発表標題 Realization of a high-mobility two-dimensional hole gas at an FeOy/SrTiO3 interface
3. 学会等名 16th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE2020), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Le Duc Anh, Takashi Yamashita, Noboru Okamoto, Hiroki Yamasaki, Daisei Araki, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 New functionalities at oxide interfaces: Ultralow-power magnetization switching by orbital selection and high-mobility two-dimensional hole/electron transport
3. 学会等名 American Physical Society March Meeting 2021, E35.00001 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinobu Ohya, Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Efficient spin-orbit-torque magnetization switching in a spin-orbit ferromagnetic-semiconductor (Ga,Mn)As single layer
3. 学会等名 SPIE Nanoscience + Engineering Spintronics XIV, OP111-54 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Ohya, L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Seki, H. Tabata, and M. Tanaka
2. 発表標題 Ultra-low power bias-driven magnetization switching by quasi-Fermi level control at an interface of a perovskite-oxide-based magnetic tunnel junction
3. 学会等名 5th Computational Chemistry (CC) Symposium -The Main Symposium of ICCMSE 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinobu Ohya, Le Duc Anh, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Anomalous magnetic behavior observed at ferromagnetic perovskite-oxide interfaces and its application to efficient magnetization rotation
3. 学会等名 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinobu Ohya, Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, Toshiki Kanaki, Hiroki Yamasaki, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Efficient magnetization switching by spin-orbit torque in a single layer of perpendicularly magnetized ferromagnetic semiconductor GaMnAs
3. 学会等名 SPIE Nanoscience + Engineering, 11090-95 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Le Duc Anh, Takashi Yamashita, Noboru Okamoto, Hiroki Yamasaki, Daisei Araki, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Efficient bias-driven magnetization control by orbital selection at a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ interface
3. 学会等名 American Physical Society March Meeting 2020, R19.00001 (Virtual) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Ohya, L. D. Anh, S. Kaneta, M. Tokunaga, M. Seki, H. Tabata, and M. Tanaka
2. 発表標題 Realization of a high-mobility two-dimensional hole gas at an FeO _y /SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 16th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE2020) (Virtual) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大矢忍, Le Duc Anh, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明
2. 発表標題 強磁性酸化物界面における超低消費電力磁化スイッチング
3. 学会等名 第3回 CSRN-Tokyo Workshop 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢忍, Le Duc Anh, 荒木大晴, 金田真悟, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明
2. 発表標題 オールエピタキシャルペロブスカイト酸化物ヘテロ構造を用いた新しいスピン機能の創製
3. 学会等名 スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点 2019年度 年次報告会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢忍, 荒木大晴, Le Duc Anh, 金田真悟, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明
2. 発表標題 高品質エピタキシャル単結晶酸化物ヘテロ界面による高効率真性スピン流電流変換
3. 学会等名 第24回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-24), 1-5 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shobhit Goel, Le Duc Anh, Nguyen Thanh Tu, Shinobu Ohya, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Magnetic anisotropy switching in heavily-Fe-doped high-Curie-temperature ferromagnetic semiconductor (Ga _{0.7} Fe _{0.3})Sb with a critical thickness
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019, TuA1-7 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ohya, T. Ishii, H. Yamakawa, T. Kanaki, T. Miyamoto, N. Kida, H. Okamoto, and M. Tanaka
2. 発表標題 Large terahertz magnetization response in ferromagnetic nanoparticles
3. 学会等名 SpinTech X International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Jiang, H. Asahara, S. Sato, T. Kanaki, H. Yamasaki, S. Ohya, M. Tanaka
2. 発表標題 Highly efficient spin-orbit torque switching in a single GaMnAs thin film with perpendicular magnetic anisotropy
3. 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), E-6-05 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Goel, L.D. Anh, S. Ohya, and M. Tanaka
2 . 発表標題 In-plane to perpendicular magnetic anisotropy switching in heavily-Fe-doped ferromagnetic semiconductor (Ga,Fe)Sb with high Curie temperature
3 . 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), E-5-02 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Wickramasinghe, J. Yuan, K. Sardashti, M. Dartiailh, W. Mayer, M. Jiang, L. Anh, M. Tanaka, S. Ohya, V. Manucharyan, and J. Shabani
2 . 発表標題 Transport Properties of Superconductor- Ferromagnetic- Semiconductor Heterostructures
3 . 学会等名 The 35th North American Conference on Molecular Beam Epitaxy (NAMBE 2019), MBE-1WeM5 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Le Duc Anh, Takashi Yamashita, Hiroki Yamasaki, Daisei Araki, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2 . 発表標題 Efficient bias-driven magnetic-field-free magnetization switching by orbital selection at a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /SrTiO ₃ interface
3 . 学会等名 26th International Workshop on Oxide Electronics (iWOE26) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shinobu Ohya, Tomoaki Ishii, Hiromichi Yamakawa, Toshiki Kanaki , Tatsuya Miyamoto, Noriaki Kida, Hiroshi Okamoto, and Masaaki Tanaka
2 . 発表標題 Large terahertz magnetization response in ferromagnetic nanoparticles embedded in a semiconductor
3 . 学会等名 2019 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), CC-09 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, Shinobu Ohya, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Highly efficiently spin-orbit torque magnetization switching in a perpendicularly magnetized ferromagnetic-semiconductor single layer: Damping like torque and field like torque
3. 学会等名 2019 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), BC-08 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ohya, D. Araki, L. D. Anh, S. Kaneta, M. Seki, H. Tabata, and M. Tanaka
2. 発表標題 Large intrinsic spin-to-charge current conversion in an all-epitaxial single-crystal perovskite-oxide heterostructure of La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃
3. 学会等名 American Physical Society March Meeting 2020, M41.00003 (virtual) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shingo Kaneta, Le Duc Anh, Masashi Tokunaga, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 High-mobility two-dimensional hole gas at the SrTiO ₃ interface formed by depositing an ultrathin metal film at room temperature
3. 学会等名 American Physical Society March Meeting 2020, L64.00012 (virtual) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金田真悟, 荒井勝真, Le Duc Anh, 山田道洋, 浜屋宏平, 大矢忍,
2. 発表標題 Co ₂ FeAl _{0.5} Si _{0.5} /n-Geを用いたスピンプンピング実験における界面ラフネスのスピンドット変換の見積もりに与える影響
3. 学会等名 強制的秩序とその操作に関わる研究グループ第9回研究会-夏の学校-, P10
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinobu Ohya, Daisei Araki, Le Duc Anh, Shingo Kaneta, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Theoretical understanding of the efficient intrinsic spin-to-charge current conversion in La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E216-3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, Shinobu Ohya, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Spin-orbit torque magnetization switching in a perpendicularly magnetized ferromagnetic-semiconductor single layer: Damping like torque and field like torque
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 20a-E216-8
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shingo Kaneta, Shoma Arai, Le Duc Anh, Michihiro Yamada, Kohei Hamaya, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Influence of the interface quality on the estimation of the spin-to-charge conversion efficiency in spin pumping experiments on Co ₂ FeAl _{0.5} Si _{0.5} /n-Ge
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E216-2
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shobhit Goel, Le Duc Anh, Shinobu Ohya, and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Magnetic anisotropy switching from perpendicular to in-plane with temperature in heavily-Fe-doped ferromagnetic semiconductor (Ga,Fe)Sb
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-E216-3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, Shinobu Ohya and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Extremely efficient magnetization switching using Dresselhaus spin-orbit coupling by suppressing the filed-like term
3. 学会等名 第24回半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (PASPS-24), P-5
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金田真悟, 山田道洋, 佐藤彰一, 荒井勝真, Le Duc Anh, 浜屋宏平, 大矢忍
2. 発表標題 Co ₂ FeAl _{0.5} Si _{0.5} /n-Geヘテロ構造における原子の界面拡散を用いたスピホール角の人工的増大
3. 学会等名 第24回半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (PASPS-24), P-9
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢 忍, 荒木 大晴, Le Duc Anh, 金田 真悟, 関 宗俊, 田畑 仁, 田中 雅明
2. 発表標題 LaSrMnO ₃ / LaAlO ₃ / SrTiO ₃ ヘテロ構造における真性高効率スピン流電流変換とその理論的理解
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関わる研究グループ 第10回 研究会, Cont-3
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木 亮太, 但野 由梨子, 田中 雅明, 大矢 忍
2. 発表標題 Fe/MgO/Fe/ -Al ₂ O ₃ /Nb:SrTiO ₃ からなるフルエピタキシャル二重障壁磁気トンネル接合における大きなトンネル磁気抵抗効果
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関わる研究グループ 第10回 研究会, Cont-5
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金田真悟, Le Duc Anh, 徳永将史, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明, 大矢忍
2. 発表標題 SrTiO ₃ 界面における高移動度二次元正孔ガスの実現
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関わる研究グループ 第10回 研究会, Cont-9
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金田真悟, Le Duc Anh, 徳永将史, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明, 大矢忍
2. 発表標題 SrTiO ₃ 界面における高移動度二次元正孔ガスの実現
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会, 13p-D411-10 (virtual)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryota Suzuki, Yuriiko Tadano, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Large tunnel magnetoresistance in a fully epitaxial Fe/MgO/Fe/ -Al ₂ O ₃ /Nb:SrTiO ₃ double-barrier magnetic tunnel junction
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会, 12p-A501-6 (virtual)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Youhei Asahara, Le Duc Anh, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2. 発表標題 Spin-dependent current modulation in perovskite-oxide-based three-terminal magnetic tunnel junctions for the realization of vertical spin transistors
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会, 13a-A501-3 (virtual)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 S. Goel, L. D. Anh, S. Ohya, and M. Tanaka
2 . 発表標題 Epitaxial strain effect on the ferromagnetic resonance and magnetic anisotropy of (Ga _{0.8} ,Fe _{0.2})Sb thin films at room temperature
3 . 学会等名 The 20th International Conference on Molecular Beam Epitaxy (ICMBE 2018), Th-C1-5 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shobhit Goel, Le Duc Anh, Shinobu Ohya, and Masaaki Tanaka
2 . 発表標題 Epitaxial strain effect on ferromagnetic resonance and magnetic anisotropy of room temperature ferromagnetic semiconductor (Ga _{0.8} ,Fe _{0.2})Sb thin films
3 . 学会等名 International Workshop on nanoscale-electron-photon interactions via energy dissipation and fluctuation 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ryota Suzuki, Yuki K. Wakabayashi, Kohei Okamoto, Masaaki Tanaka, and Shinobu Ohya
2 . 発表標題 Quantum size effect in a Fe quantum well detected by resonant tunneling carriers injected from a p-type Ge semiconductor electrode
3 . 学会等名 International Workshop on nanoscale-electron-photon interactions via energy dissipation and fluctuation 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Jiang, H. Asahara, S. Sato, T. Kanaki, H. Yamasaki, S. Ohya, and M. Tanaka
2 . 発表標題 Efficient full spin-orbit torque switching in a single layer of a perpendicularly-magnetized ferromagnetic semiconductor GaMnAs
3 . 学会等名 2019 Joint MMM-Intermag (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Ohya, T. Kanaki, S. Matsumoto, S. K. Narayananellore, H. Saito, Y. Iwasa, and M. Tanaka
2 . 発表標題 Room-temperature operation of a vertical spin field-effect transistor with an oxide semiconductor GaOx channel layer
3 . 学会等名 2019 Joint MMM-Intermag, GD-12 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Suzuki, Y. K. Wakabayashi, K. Okamoto, M. Tanaka, and S. Ohya
2 . 発表標題 Observation of spin-dependent resonant tunneling in an Fe quantum well detected by carriers injected from a p-type Ge semiconductor electrode
3 . 学会等名 2019 Joint MMM-Intermag, GC-01 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Tanaka and S. Ohya
2 . 発表標題 Ultra-low-power magnetization rotation by orbital selection at a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /SrTiO ₃ interface
3 . 学会等名 American Physical Society March Meeting 2019, P40.00002 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Tanaka and S. Ohya
2 . 発表標題 Correlation between the bias dependence of tunneling anisotropic magnetoresistance and tunneling magnetoresistance in a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ -based magnetic tunnel junction
3 . 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会 E18a-131-9
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名	Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, Toshiaki Kanaki, Hiroki Yamasaki, Shinobu Ohya and Masaaki Tanaka
2. 発表標題	Efficient full spin-orbit torque switching in a single layer of a perpendicularly-magnetized ferromagnetic semiconductor GaMnAs
3. 学会等名	第79回応用物理学会秋季学術講演会 20a-131-2
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	荒木大晴、Le Duc Anh、金田 真悟、田中 雅明、大矢 忍
2. 発表標題	La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃ 単結晶エピタキシャルヘテロ構造におけるスピン流-電流変換
3. 学会等名	強制的秩序とその操作に関わる研究グループ 第7回 研究会-若手夏の学校- 01
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Le Duc Anh, Noboru Okamoto, Munetoshi Seki, Hiroshi Tabata, Masaaki Tanaka, Shinobu Ohya
2. 発表標題	Observation of peculiar magnetic anisotropy at the interface of a La _{0.6} Sr _{0.4} MnO ₃ /LaAlO ₃ heterostructure
3. 学会等名	CSRN-Osaka Annual Workshop 2018 (CSRN-Osaka 2018年度成果報告会) P14
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Shobhit Goel, Le Duc Anh, Shinobu Ohya, Masaaki Tanaka
2. 発表標題	Thickness dependence of the magnetic anisotropy of high-Curie-temperature ferromagnetic semiconductor (Ga _{0.7} ,Fe _{0.3})Sb thin films
3. 学会等名	第23回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-23) 0-4
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Tanaka and S. Ohya
2. 発表標題 Bias-driven magnetic-anisotropy switching using a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /SrTiO ₃ interface
3. 学会等名 第23回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-23) 0-9
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒木大晴、Le Duc Anh、金田 真悟、田中 雅明、大矢 忍
2. 発表標題 Efficient spin-to-charge current conversion in a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃ epitaxial single-crystal heterostructure
3. 学会等名 第23回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-23) 0-11
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miao Jiang, Hirokatsu Asahara, Shoichi Sato, Toshiki Kanaki, Hiroki Yamasaki, Shinobu Ohya and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Efficient full spin-orbit torque switching in a single layer of perpendicularly-magnetized ferromagnetic semiconductor GaMnAs
3. 学会等名 第23回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-23) P-11
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大矢 忍, Le Duc Anh, 岡本 昂, 関 宗俊, 田畑 仁, 田中 雅明
2. 発表標題 La _{0.6} Sr _{0.4} MnO ₃ /LaAlO ₃ ヘテロ界面における特異な磁気異方性
3. 学会等名 スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク (Spin-RNJ) シンポジウム TKY-03
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Seki, H. Tabata, M. Tanaka and S. Ohya
2. 発表標題 Ultra-low power bias-driven magnetization switching by quasi-Fermi level control at an interface of a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ -based magnetic tunnel junction
3. 学会等名 第10回低温センター研究交流会 P-52
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shobhit Goel, Le Duc Anh, Shinobu Ohya and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Magnetic anisotropy switching in heavily-Fe-doped high-Curie-temperature ferromagnetic semiconductor (Ga _{0.7} ,Fe _{0.3})Sb with a critical thickness
3. 学会等名 第10回低温センター研究交流会 P-41
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Araki, L. D. Anh, S. Kaneta, M. Tanaka, and S. Ohya
2. 発表標題 Efficient spin-to-charge current conversion in a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃ epitaxial single-crystal heterostructure
3. 学会等名 第10回低温センター研究交流会 P-50
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Jiang, H. Asahara, S. Sato, T. Kanaki, H. Yamasaki, S. Ohya, and M. Tanaka
2. 発表標題 Evaluation of the spin-orbit torque strength and efficiency in a perpendicularly-magnetized ferromagnetic semiconductor GaMnAs
3. 学会等名 第10回低温センター研究交流会 P-45
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎君
2. 発表標題 ナノスケール構造におけるGaMnAsの電界制御異方性磁気抵抗
3. 学会等名 第10回低温センター研究交流会 P-54
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. D. Anh, T. Yamashita, H. Yamasaki, D. Araki, M. Seki, H. Tabata, M. Tanaka and S. Ohya
2. 発表標題 Ultra-low power bias-driven magnetization switching by quasi-Fermi level control at an interface of a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ -based magnetic tunnel junction
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会 10a-M101-6
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shobhit Goel, Le Duc Anh, Shinobu Ohya and Masaaki Tanaka
2. 発表標題 Magnetic anisotropy switching in heavily-Fe-doped high-Curie-temperature ferromagnetic semiconductor (Ga _{0.7} ,Fe _{0.3})Sb with a critical thickness
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会 12p-M101-8
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Araki, L. D. Anh, S. Kaneta, M. Tanaka, and S. Ohya
2. 発表標題 Efficient spin-to-charge current conversion in a La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /LaAlO ₃ /SrTiO ₃ epitaxial single-crystal heterostructure
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会 11a-M101-7
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	M. Jiang, H. Asahara, S. Sato, T. Kanaki, H. Yamasaki, S. Ohya, and M. Tanaka
2. 発表標題	Evaluation of the spin-orbit torque strength and efficiency in a perpendicularly-magnetized ferromagnetic semiconductor GaMnAs
3. 学会等名	第66回応用物理学会春季学術講演会 11ap-M101-2
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	大矢忍, Le Duc Anh, 関宗俊, 田畑仁, 田中雅明
2. 発表標題	強磁性ペロブスカイト酸化物ヘテロ界面における特異な磁気異方性
3. 学会等名	応用物理学会 強制的秩序とその操作に関わる研究グループ主催 酸化物エピタキシャル薄膜研究の最前線 (招待講演)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	大矢忍
2. 発表標題	"磁石の原理" を使って目指す高効率人工知能社会
3. 学会等名	時習館特別授業 (招待講演)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	大矢忍、田中雅明
2. 発表標題	高品質エピタキシャル単結晶ヘテロ構造を用いた縦型スピントランジスタ実現への試み
3. 学会等名	第2回 CSRN-Tokyo Workshop 2018 (招待講演)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Shinobu Ohya, Le Duc Anh, Tatsuya Matou, Noboru Okamoto, Kento Takeshima, Munetoshi Seki, Hitoshi Tabata, and Masaaki Tanaka (invited)
2. 発表標題 Novel spin-related tunneling phenomena in perovskite oxide heterostructures
3. 学会等名 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR) 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018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, and Masaaki Tanaka (invited)
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 Nanoscience + Engineering, 10732-117 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 半導体デバイスおよびその製造方法	発明者 レデウックアイン、 金田真悟、大矢忍、 田中雅明、関宗俊、	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/042516	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 半導体デバイスおよびその製造方法	発明者 レデウックアイン、 金田真悟、大矢忍、 田中雅明、関宗俊、	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-205568	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>大矢研究室 http://www.cryst.t.u-tokyo.ac.jp/ohya/ 東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻大矢研究室 http://www.cryst.t.u-tokyo.ac.jp/ohya/ プレスリリース：半導体が磁石にもなるとき何が起ころのか？ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202012070956487295674878.html プレスリリース：磁石のNSの向きを世界最小の電流密度で反転させることに成功 ~ 強磁性半導体単層薄膜における超高効率スピン軌道トルク磁化反転~ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202011300932305533827314.html プレスリリース：高い移動度をもつ二次元正孔伝導を酸化物で初めて実現 ~ 高機能酸化物エレクトロニクスの実現へ新たな道を開拓~ https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202002281509212668912826.html プレスリリース：磁化方向制御に必要な電力を極限まで低減可能な新たな方法を実証 https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_201910070954562671915193.html Academicist journal：電流を流すだけで”磁化が反転する磁石”を実現！ https://academicist-cf.com/journal/?p=11301 プレスリリース：電流を流すとN極とS極が反転する磁石を実現 https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_201906141310533454820958.html プレスリリース：磁性半導体中にスピン三重項の超伝導電流を流すことに成功 http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=7876 ピコ秒で動作する超高速メモリの実現に向けた新たな進展 https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/articles/z0508_00100.html Nanoparticles help realize 'spintronic' devices https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/en/press/z0508_00031.html</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
---------	---------