

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：12102

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0104

研究課題名（和文）電流駆動超高速磁壁移動を実現する窒化物スピントロニクス材料

研究課題名（英文）Nitride-based spintronics materials for ultrafast current-induced domain wall motion

研究代表者

末益 崇 (Suemasu, Takashi)

筑波大学・数理工学系・教授

研究者番号：40282339

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では以下の研究成果を得た。まず、スピン移行トルクにより、室温で3km/sに達する電流駆動磁壁移動を外部磁場のアシストなしで実証した。さらに、Mn4Nにドーピングすることで室温で磁化補償が生じる不純物元素を複数見出すことができた。また、スピン軌道トルクを利用するには極薄膜Mn4N膜を形成する必要があるが、分子線エピタキシー法での堆積時、Mnおよび窒素の供給量を精密に制御することで、膜厚約4nmのMn4N膜のエピタキシャル成長に初めて成功した。また、スピンHall効果を利用できるように重金属にPtを選び、Mn4N膜をPt/SrTiO₃(001)基板上にエピタキシャル成長することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AI活用に伴うデータ量の拡大により、半導体メモリーの消費電力が急拡大しており、記録保持に電力を使わない磁性体メモリーが注目されている。そのようなデバイスでは、磁性体の磁化の方向を電流で制御することが基本である。フェリ磁性体における高速な磁化制御は、これまでTb等の希少元素を構成元素とするフェリ磁性体で、スピン軌道トルクにより達成された。それに対し、レアアースフリーなMn4Nにより超高速の磁化制御が、スピン移行トルクにより達成されたことで、スピン移行トルクが見直される機会になった。今後、Mn4N系でスピン軌道トルクを用いることで、さらに高速な磁化制御が達成できると期待される。

研究成果の概要（英文）：The following results were obtained in this study. First, the spin-transfer torque has demonstrated the magnetic wall motion reaching 3 km/s at room temperature without any external magnetic field assist. Second, several impurity elements were found to produce magnetization compensation at room temperature by doping into Mn4N films. Third, the first successful epitaxial growth of Mn4N films with a thickness of about 4 nm was achieved by precisely controlling the amount of Mn and nitrogen supplied during the molecular beam epitaxy deposition process. Finally, Pt was selected as the heavy metal to take advantage of the spin Hall effect, and Mn4N films were successfully epitaxially grown on Pt/SrTiO₃(001) substrates.

研究分野：結晶成長工学、デバイス工学

キーワード：スピントロニクス フェリ磁性体 磁化補償 x線磁気円二色性 エピタキシャル成長 分子線エピタキシー

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

AI やビッグデータ用に大容量で低消費電力のメモリーが必須であり、情報保持に電力を使わない磁性体メモリーを半導体集積回路に組み込む研究開発が盛んに行われている。このようなデバイスでは、情報の 0 又は 1 に対応する磁化ベクトルの向きを制御することが重要である。フェリ磁性体における高速な磁化制御は、これまで Tb や Gd 等の希少元素を構成元素とするフェリ磁性体で、スピン軌道トルクにより達成されてきた。それに対し、研究代表者は、ありふれた元素で構成されるフェリ磁性体である Mn_4N において、スピン移行トルクにより 900m/s におよぶ高速の磁壁移動を達成してきた。磁性体の磁壁移動は、電流により運ばれる角運動量が磁性体に受け渡されることで生じる。このため、不純物元素を添加して Mn_4N の磁化が小さいほど、より高速の磁壁移動が可能になると考えられる。このような背景の中、磁性元素である Ni を微量添加した Mn_4N 膜において、室温で磁化補償が生じることが判明したため、このような磁化補償組成付近の Mn_4N を用いると角運動量補償が生じ、より高速の磁壁移動が達成できるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

角運動量補償が室温で生じる Ni ドープ Mn_4N 膜を用いて、スピン移行トルクにより Mn_4N を超える超高速の磁壁移動を達成することを目的とする。また、他の磁性不純物元素 (Fe, Co) や非磁性不純物 (Cu, Ga, Ge, Au, Sb, In) を添加した Mn_4N 膜をエピタキシャル成長し、磁化補償の有無を調べるため、磁気輸送特性および x 線磁気円二色性測定等を行った。

3. 研究の方法

分子線エピタキシー法を用いて、 $SrTiO_3(001)$ 基板上に膜厚 10–20nm の Ni ドープ Mn_4N エピタキシャル膜を成長した。Ni の添加量については K セルの坩堝温度で制御した。また、KEK フォトンファクトリーにおいて x 線磁気円二色性測定により、 $Mn_{4-x}Ni_xN$ において、 $x=0.1$ と 0.2 の間で磁化補償が生じることが分かったので、この組成周辺で x の値を細かく振った試料を作製した。その後、共同研究者の Vila 博士 (フランス・Spintec) の下に試料を持ち込み、電子線描画装置およびイオンリング装置を用いて、幅 0.5–2.0 μm の細線構造に加工し、Kerr 効果顕微鏡とパルス電流源を用いて電流駆動磁壁移動速度の測定を室温で行った。同様にして、種々の元素を K セルにて蒸着し、Ni 以外の不純物添加 Mn_4N 膜をエピタキシャル成長し、特性を評価した。

4. 研究成果

$Mn_{4-x}Ni_xN(x=0.25)$ 膜について、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて評価した。図 1 に示す通り、基板との格子不整合率が小さいことに起因して、 $Mn_{4-x}Ni_xN(x=0.25)$ 膜/ $SrTiO_3(001)$ 界面にはミスフィット転位等がなく、単結晶成長していることが分かった。その他の Ni 組成の試料については TEM 観察していないが、Ni 添加量が微量範囲に限られていることから、他の試料についても転位等がない高品質なエピタキシャル成長が実現しているといえる。

図 2 にスピン移行トルクによる磁壁移動実験の結果を示す。Ni 組成 $x=0.15$ において、2km/s に達する超高速の磁壁移動を達成した。この値は、外部磁場のアシストがない室温化では世界最速の値である。また、 $x=0.2, 0.25$ においては、磁壁の移動方向が逆転することも分かった。

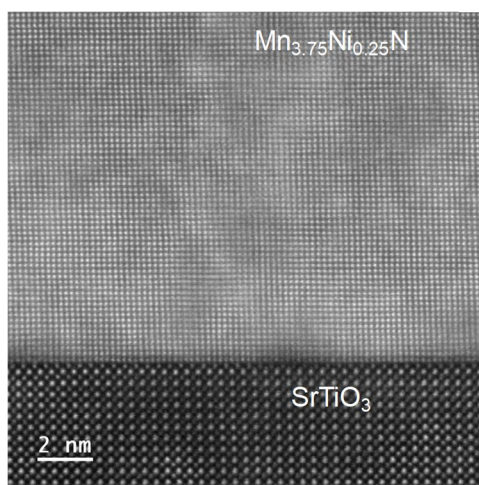


図 1. $Mn_{4-x}Ni_xN(x=0.25)$ 膜の断面 TEM 像。

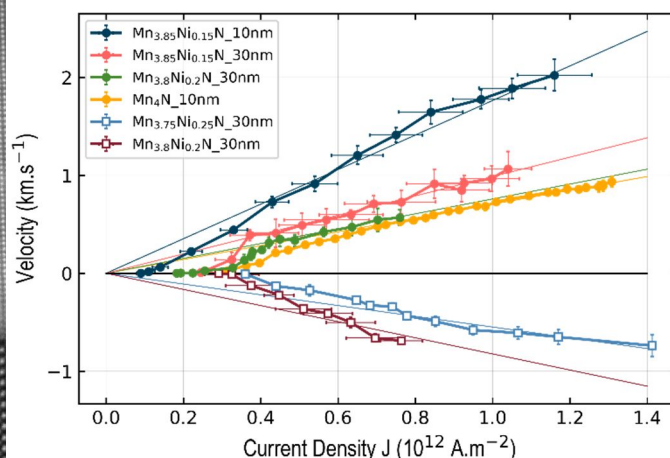


図 2. 磁壁駆動実験の結果。

続いて、不純物添加 Mn_4N 膜の例として、Cu 添加 Mn_4N について実験結果を示す。図 3(a)に示す通り、RHEED 像はストリークであり、Cu 添加量 $x=1.0$ においても高品質な単結晶のエピタキシャル膜が得られた。また、図 3(b)により、Cu 添加に伴い回折ピークが低角側にシフトすることから、図 3(c)の通り、格子定数が拡大したといえる。続いて、磁気特性を評価した。図 4(a)に示す通り、Cu 組成 $x=0.1$ 付近で飽和磁化が減少した。また、図 4(b)から保磁力が増加した。この結果は、Cu 組成 $x=0.1$ 付近で磁化補償が生じていることを示唆する。また、図 5(a)での Kerr 顕微鏡でのヒステリシス曲線、さらに、図 5(b)での磁化曲線のいずれにおいても、 $x=0.08$ と 0.14 の間で、ヒステリシス曲線の方向が反転している。以上の結果から、Cu 添加 Mn_4N 膜($Mn_{4-x}Cu_xN$)は、Cu 組成 $x=0.1$ 付近で室温で磁化補償が生じると結論づけた。同様な結果は、他の非磁性不純物においても得られており、今後の超高速磁壁移動の研究に繋がる結果といえる。

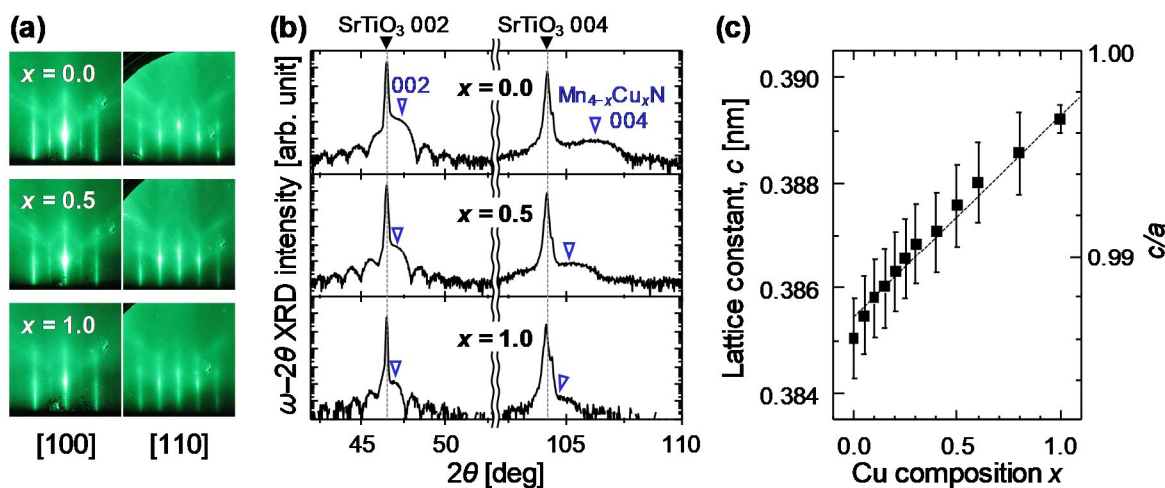


図 3. (a) RHEED パターン、(b) out-of-plane X 線回折パターン、(c) 成長方向の格子定数の Cu 添加量依存性。

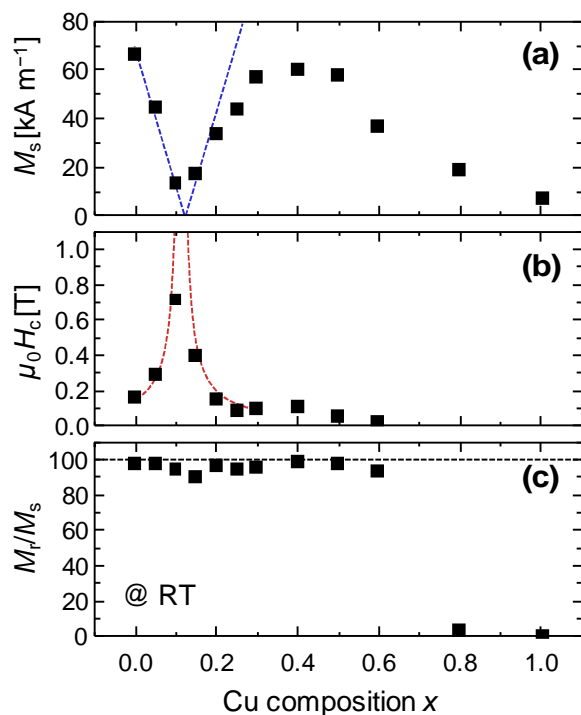


図 4. (a) 飽和磁化、(b) 保磁力、(c) 角型比の Cu 添加量依存性。

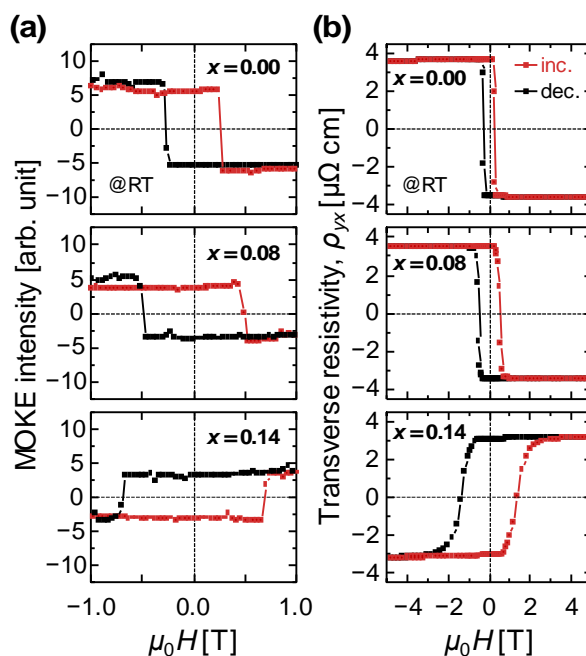


図 5. (a) MOKE ヒステリシス曲線および (b) 磁化曲線。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Horiuchi Takumi, Komori Taro, Yasuda Tomohiro, Hirose Taku, Toko Kaoru, Amemiya Kenta, Suemasu Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Ferrimagnetic-ferromagnetic phase transition in Au-doped Mn ₄ N epitaxial films confirmed by x-ray magnetic circular dichroism	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 025107.1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000412	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 Yasuda Tomohiro, Komori Taro, Hirose Taku, Horiuchi Takumi, Toko Kaoru, Suemasu Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Sign reversal in anomalous Hall effect at two Sn compositions in Mn ₄ -xSn _x N films on MgO(001) substrates	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 015119.1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000411	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 Komori Taro, Horiuchi Takumi, Mitarai Haruka, Yasuda Tomohiro, Amemiya Kenta, Suemasu Takashi	4. 巻 564
2. 論文標題 Magnetic structure of 3d-element doped Mn ₄ N films confirmed by X-ray magnetic circular dichroism: Conditions for magnetic compensation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 170050.1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2022.170050	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 Komori Taro, Mitarai Haruka, Yasuda Tomohiro, Ghosh Sambit, Vila Laurent, Attane Jean-Philippe, Honda Syuta, Suemasu Takashi	4. 巻 132
2. 論文標題 Anisotropic magnetoresistance in Mn ₄ -xNixN and the change in the crystalline field	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 143902.1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0107172	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 Aonuki Sho, Narita Shunsuke, Takayanagi Kaori, Iwai Ai, Yamashita Yudai, Toko Kaoru, Suemasu Takashi	4. 巻 62
2. 論文標題 Demonstration of B-ion-implanted p-BaSi2/n-Si heterojunction solar cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SD1017.1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acab08	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 Du Rui, Aonuki Sho, Hasebe Hayato, Kido Kazuki, Takenaka Haruki, Toko Kaoru, Mesuda Masami, Suemasu Takashi	4. 巻 62
2. 論文標題 Structural design of BaSi2 solar cells with a-SiC electron-selective transport layers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SD1015.1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acab09	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 Takenaka Haruki, Hasebe Hayato, Kido Kazuki, Koitabashi Ryota, Mesuda Masami, Toko Kaoru, Suemasu Takashi	4. 巻 62
2. 論文標題 Formation of NiO films by reactive sputtering and application to BaSi2 heterojunction solar cells as hole-selective interlayer material	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SD1011.1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aca770	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 Narita Shunsuke, Aonuki Sho, Yamashita Yudai, Takayanagi Kaori, Toko Kaoru, Suemasu Takashi	4. 巻 62
2. 論文標題 High-temperature post-annealing effect on the device performance of B-doped p-type BaSi2/n-Si heterojunction solar cells grown by molecular beam epitaxy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SD1003.1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aca257	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 Hasebe Hayato, Kido Kazuki, Takenaka Haruki, Mesuda Masami, Toko Kaoru, Migas Dmitri B., Suemasu Takashi	4. 巻 62
2. 論文標題 Towards B-doped p-BaSi2 films on Si substrates by co-sputtering of BaSi2, Ba, and B-doped Si targets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SD1010.1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aca4d7	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 Cao Yuguang, Mouesca Jean-Marie, Gambarelli Serge, Suemasu Takashi	4. 巻 62
2. 論文標題 Study of electron paramagnetic resonance as a tool to discriminate between boron related defects in barium disilicide	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SD1009.1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aca4d9	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 T. Yasuda, T. Komori, H. Mitarai, S. Honda, S. Ghosh, L. Vila, J.P. Attane, K. Amemiya, T. Suemasu	4. 巻 55
2. 論文標題 Ferrimagnetic-ferromagnetic phase transition in Mn4N films favored by non-magnetic In doping	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 115003.1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ac3e90	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 K. Ito, S. Honda, T. Suemasu	4. 巻 33
2. 論文標題 Transition metal nitrides and their mixed crystals for spintronics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 062001.1~21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/ac2fe4	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. Suemasu, L. Vila, J. P. Attane	4. 巻 90
2. 論文標題 Present Status of Rare-earth Free Ferrimagnet Mn ₄ N and Future Prospects of Mn ₄ N-based Compensated Ferrimagnets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 081010.1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.081010	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 Haruka Mitarai, Taro Komori, Taku Hirose, Keita Ito, Sambit Ghosh, Syuta Honda, Kaoru Toko, Laurent Vila, Jean-Philippe Attane, Kenta Amemiya, Takashi Suemasu	4. 巻 4
2. 論文標題 Magnetic compensation at two different composition ratios in rare-earth-free Mn ₄ -xCoxN ferrimagnetic films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 094401.1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.4.094401	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 Keita Ito, Yoko Yasutomi, Siyuan Zhu, Munisa Nurmatam, Masaki Tahara, Kaoru Toko, Ryota Akiyama, Yukiharu Takeda, Yuji Saitoh, Tamio Oguchi, Akio Kimura, Takashi Suemasu	4. 巻 101
2. 論文標題 Manipulation of saturation magnetization and perpendicular magnetic anisotropy in epitaxial CoxMn ₄ -xN films with ferrimagnetic compensation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104401.1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.104401	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 Sambit Ghosh, Taro Komori, Ali Hallal, Jose Pena Garcia, Toshiki Gushi, Taku Hirose, Haruka Mitarai, Hanako Okuno, Jan Vogel, Mairbek Chshiev, Jean-Philippe Attane, Laurent Vila, Takashi Suemasu, Stefania Pizzini	4. 巻 21
2. 論文標題 Current-Driven Domain Wall Dynamics in Ferrimagnetic Nickel- Doped Mn ₄ N Films: Very Large Domain Wall Velocities and Reversal of Motion Direction across the Magnetic Compensation Point	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 2580-2587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.1c00125	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 Taku Hirose, Taro Komori, Toshiki Gushi, Kaoru Toko, Takashi Suemasu	4. 巻 535
2. 論文標題 Perpendicular magnetic anisotropy in ferrimagnetic Mn4N films grown on (LaAlO3)0.3(Sr2TaAlO6)0.7(0 0 1) substrates by molecular beam epitaxy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 125566.1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2020.125566	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 Taku Hirose, Tara Komori, Toshiki Gushi, Akihito Anzai, Kaoru Toko, Takashi Suemasu	4. 巻 10
2. 論文標題 Strong correlation between uniaxial magnetic anisotropic constant and in-plane tensile strain in Mn4N epitaxial films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 API Advances	6. 最初と最後の頁 025117.1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5141818	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 Komori Taro, Hirose Taku, Gushi Toshiki, Toko Kaoru, Hanashima akayasu, Vila Laurent, Attane Jean-Philippe, Amemiya Kenta, Suemasu Takashi	4. 巻 127
2. 論文標題 Magnetic reversal in rare-earth free Mn4-xNixN epitaxial films below and above Ni composition needed for magnetic compensation around room temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 043903 ~ 043903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5128635	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 Komori Taro, Gushi Toshiki, Anzai Akihito, Vila Laurent, Attane Jean-Philippe, Pizzini Stefania, Vogel Jan, Isogami Shinji, Toko Kaoru, Suemasu Takashi	4. 巻 125
2. 論文標題 Magnetic and magneto-transport properties of Mn4N thin films by Ni substitution and their possibility of magnetic compensation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 213902 ~ 213902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5089869	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

[学会発表] 計22件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Tomohiro Yasuda, Taro Komori, Taku Hirose, Takumi Horiuchi, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Epitaxial growth of Sn-doped Mn ₄ N films and their magneto-transport properties at room temperature
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 Takumi Horiuchi, Taro Komori, Taku Hirose, Tomohiro Yasuda, Kenta Amemiya, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Analysis of magneto-transport properties in Mn ₄ -xAuxN epitaxial films and their magnetic structures by x-ray magnetic circular dichroism
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 安田 智裕, 小森 太郎, 堀内 拓海, 旗手 蒼, 都甲 薫, 未益 崇
2. 発表標題 Mn ₄ -xGexN薄膜のエピタキシャル成長と磁気輸送特性評価
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Aoi Hatate, Taro Komori, Tomohiro Yasuda, Takumi Horiuchi, Kenta Amemiya, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Growth of Mn ₄ -xGaxN epitaxial films and analysis of their magnetic structure by X-ray magnetic circular dichroism
3. 学会等名 70th JSAP Spring Meeting
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takumi Horiuchi, Taro Komori, Taku Hirose, Tomohiro Yasuda, Kenta Amemiya, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Growth and characterization of magneto-transport properties of Mn ₄ -xAuxN epitaxial films grown by molecular beam epitaxy
3. 学会等名 83rd JSAP Autumn Meeting
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taku Hirose, Taro Komori, Tomohiro Yasuda, Takumi Horiuchi, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Fabrication of Mn ₄ N ultrathin epitaxial films on SrTiO ₃ (001) substrates and evaluation of their roughness and magneto-transport properties
3. 学会等名 83rd JSAP Autumn Meeting
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Haruka Mitarai, Tomohiro Yasuda, Taro Komori, Kaoru Toko, Kenta Amemiya and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Magnetic structures of Co-rich Mn ₄ -xCoxN epitaxial films
3. 学会等名 26th Symposium on the Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taro Komori, Haruka Mitarai, Tomohiro Yasuda, Kaoru Toko, Syuta Honda and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Significant composition ratio dependence of magneto-transport properties in compensated Mn ₄ -xNixN
3. 学会等名 26th Symposium on the Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Horiuchi, Taro Komori, Haruka Mitarai, Tomohiro Yasuda, Kenta Amemiya, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Growth of Mn ₄ -xCr _x N epitaxial films and analysis of their magnetic structure by X-ray magnetic circular dichroism
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taro Komori, Haruka Mitarai, Tomohiro Yasuda, Kaoru Toko, Syuta Honda and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Evaluation of the properties of ultrathin Mn ₄ N epitaxial films by growing tilted films with molecular beam epitaxy
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruka Mitarai, Tomohiro Yasuda, Taro Komori, Kaoru Toko, Kenta Amemiya and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Magnetic structure of Co-rich Mn ₄ -xCoxN epitaxial films proved by X-ray magnetic circular dichroism
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomohiro Yasuda, Taro Komori, Haruka Mitarai, Takumi Horiuchi, Kaoru Toko, Takashi Suemasu
2. 発表標題 Growth of Sn-doped Mn ₄ N epitaxial films and evaluation of their properties at room temperature
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taro Komori, Haruka Mitarai, Tomohiro Yasuda, Kaoru Toko, Syuta Honda and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Examination of magneto-transport properties in Mn ₄ -xNixN acquired by experiment and ab-initio calculation
3. 学会等名 The 68th JSAP Spring Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruka Mitarai, Taro Komori, Taku Hirose, Akihito Anzai, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Exploring magnetic compensation composition in Fe-doped Mn ₄ N epitaxial films at room temperature
3. 学会等名 The 68th JSAP Spring Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomohiro Yasuda, Taro Komori, Haruka Mitarai, Kenta Amemiya, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Growth of Mn ₄ -xInxN epitaxial films and analysis of its structure by X-ray magnetic circular dichroism
3. 学会等名 The 68th JSAP Spring Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taro Komori, Haruka Mitarai, Taku Hirose, Kaoru Toko and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Analysis of the magneto-transport properties in Mn ₄ -xNixN films with large current induced domain wall mobility and anomalous Hall effect
3. 学会等名 The 81st JSAP Autumn Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Haruka Mitarai, Taro Komori, Taku Hirose, Keita Ito, Kaoru Toko, Kenta Amemiya and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Magnetic compensations in Mn ₄ -xCo _x N epitaxial films proved by X-ray magnetic circular dichroism
3. 学会等名 The 81st JSAP Autumn Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taro Komori, Haruka Mitarai, Taku Hirose, Takashi Suemasu
2. 発表標題 Temperature dependence of magneto-transport properties in Mn ₄ -xNi _x N measured by anomalous magnetoresistance important for current induced domain wall motion
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Mitarai, T. Hirose, T. Komori, K. Toko, and T. Suemasu
2. 発表標題 Alterations of magnetic and magneto-transport properties of Mn ₄ N thin films by Co substitution
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taku Hirose, Haruka Mitarai, Taro Komori, Kaoru Toko, and Takashi Suemasu
2. 発表標題 Improvement of crystalline quality and magnetic properties of Mn ₄ N thin films on LSAT substrate by post-annealing process
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Komori, T. Hirose, K. Amemiya, T. Suemasu
2. 発表標題 Magnetic compensation of Mn4-xNixN confirmed by X-ray magnetic circular dichroism and analysis on its structure
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hirose, T. Komori, T. Suemasu
2. 発表標題 Optimization of growth temperature of Mn4N thin films on LSAT(001) grown by molecular beam epitaxy
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

環境半導体・磁性体研究室 http://www.bk.tsukuba.ac.jp/~ecology/ 環境半導体・磁性体研究室 http://www.bk.tsukuba.ac.jp/~ecology/ 環境半導体・磁性体研究室 http://www.bk.tsukuba.ac.jp/~ecology/journalpapers.html 環境半導体・磁性体研究室 http://www.bk.tsukuba.ac.jp/~ecology/journalpapers.html
--

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	本多 周太 (Honda Syuta) (00402553)	関西大学・システム理工学部・准教授 (34416)	

6. 研究組織（つづき）

	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	中堂 博之 (Cyudo Hiroyuki) (30455282)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 先端基礎研究センター・研究副主幹 (82110)	
研究分担者	柳原 英人 (Yanagihara Hideto) (50302386)	筑波大学・数理物質系・教授 (12102)	
研究分担者	奥村 宏典 (Okumura Hidenori) (80756750)	筑波大学・数理物質系・助教 (12102)	

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