

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04795

研究課題名(和文) 金属強磁性ナノワイヤーにおける磁壁電流駆動の観測

研究課題名(英文) Observation of current-driven domain wall motions in ferromagnetic nanowires

研究代表者

山田 啓介 (Yamada, Keisuke)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号：50721792

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、円柱形状を有する金属強磁性ナノワイヤーの磁気特性の評価と電気電伝導特性評価を目的に研究を行った。本研究では、(1) 磁性ナノワイヤーのアスペクト比における磁気特性変化の解明、(2) 強磁性/非磁性/強磁性の三層構造を有する磁性ワイヤーにおける磁化反転挙動の解明、(3) 単一磁性ナノワイヤーにおける磁気抵抗効果の観測とその磁区形成の解明、に関して成果を得ることができた。その他の研究として(4) 酸化物磁性ナノ粒子薄膜における微細構造と磁気物性の相関解明、(5) 数値計算を用いた磁化構造解析と外場によるスピンドYNAMIKSの解明、に関して成果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

本研究の成果の学術的意義は、円柱形の磁性ワイヤーにおける結晶構造と磁気特性の相関を明らかにし、また数値計算を用いることで、磁性ワイヤーにおける磁化反転挙動における磁区生成や磁壁移動について明らかにすることができたことである。社会的意義としては、磁性ワイヤーを用いた次世代磁気メモリや磁気センサの応用開発への基盤となる研究を実施できた点である。

研究成果の概要(英文)：We investigated the magnetic properties and electrical conduction properties in cylindrical metal-ferromagnetic nanowires. In the research, the following results were obtained.

(1) Elucidation of changes in magnetic properties depending on aspect ratio of ferromagnetic nanowires, (2) Elucidation of magnetization reversal behavior in ferromagnetic/nonmagnetic/ferromagnetic nanowires with three-layer structure, (3) Observation of the magnetoresistance effect in single magnetic nanowire and elucidation of its magnetic domain formation.

As other research, we investigated that (4) Elucidation of the correlation between microstructure and magnetic properties in ferromagnetic films composed with oxide magnetic nanoparticles, (5) Analysis of magnetization structures and elucidation of spin dynamics by using micromagnetic simulations. These results could clarify the magnetic properties and spin dynamics in antiferromagnet nanowires and magnetized synthetic antiferromagnetic coupling structure.

研究分野：磁気物性、スピントロニクス

キーワード：磁性ワイヤー 磁壁 磁化反転 磁区

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

エレクトロニクスデバイスの消費電力の低減は、エコロジーを目指す社会へ貢献できることから、必須の研究課題である。消費電力を抑えることができる次世代メモリとして研究や開発が行われているものに、不揮発性の性質を持つ磁性体を用いた磁気メモリが研究されている。磁気メモリを実現するためにサブミクロン・ナノスケールの強磁性体の磁区構造(「磁壁」、「スキルミオン」)を利用した様々な研究が行われている[1,2]。これらの試料は、物理堆積法(蒸着法、スパッタ法など)により成膜した強磁性薄膜を電子線リソグラフィ(またはフォトリソグラフィ)により微細加工を行うことで作製しているが、基板に対して三次元方向(z 方向)に試料を作製することや、円柱形の磁性細線を作製するには、高度な加工技術が必要であった。

本研究の動機は、水溶液電着法と呼ばれる電気化学反応により金属薄膜を堆積させる手法で作製した“磁性ナノワイヤー”に注目したことである。この手法と直径数十~数百 nm の細孔を持つテンプレートを用いることで、基板に対して三次元方向(z 方向)に円柱形の金属強磁性ナノワイヤーの作製が可能になる(図1)。また、円柱形状の磁性ナノワイヤーでは、外場に対して磁壁内の磁化が特徴的な磁化ダイナミクスを伴いながら移動が起こるため、高速な磁壁移動が可能であると理論的な報告がなされており[3]、その現象の観測や磁化ダイナミクスの解明は課題であった。

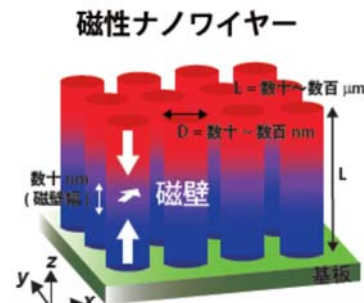


図1 磁性ナノワイヤーの概念図

2. 研究の目的

本研究の目的は、三次元構造を利用した金属強磁性ナノワイヤー中の磁壁の観察と外場(磁場、電流)による磁壁移動を観測することである。三次元構造を持つ磁性ナノワイヤーは、水溶液電着法を用いて作製する。構造の特徴としては、サブミクロン/ナノスケールの直径を持ち、基板面直方向(z 方向)に伸びた円柱構造である。物性の特徴としては、物理蒸着と微細加工により作製された基板に対して二次元的な構造を持つ今までに研究された磁性細線では見られない磁壁移動現象(磁壁内の磁化がスパイラル的移動を示す)が起こり、外場に対して磁壁移動速度が線形に上昇する特徴を持つ。本研究では、磁気力顕微鏡、磁気光学カー効果顕微鏡、電気的手法を用いて磁壁観察と磁壁移動の観測を行い、今までに報告がない磁壁移動ダイナミクスを明らかにすることであった。

3. 研究の方法

(1) 電着法による磁性ナノワイヤーの作製

磁性ナノワイヤー(Ni または Co)の作製は、細孔径が 50~200 nm 程度のアルミナ細孔テンプレート(AT)やポリカーボネート細孔テンプレート(PC)を利用して、パルス電着法により作製した。電着法における最適なカソードの電着電位は、各金属イオン水溶液(Cu, Ni, Co イオン)の濃度におけるサイクリックボルタムメトリー測定を行い決定した。

(2) 作製した磁性ナノワイヤーの評価と磁気特性評価

磁性ナノワイヤーの細線長さや元素分析は、走査型電子顕微鏡(SEM)、SEM に付属のエネルギー分散型 X 線分析(EDX)を用いて行った。テンプレート内に生成した磁性ワイヤーの結晶構造は、X 線回折装置(XRD)を用いて同定した。磁性ナノワイヤーの磁化の大きさは、磁化振動試料型磁力計(VSM)、交番力磁力計(AGM)により行い、磁化反転挙動を調べた。

(3) 電気的特性評価

磁性ナノワイヤー(Ni)の伝導特性は、異方性磁気抵抗(AMR)効果を測定し、評価した。伝導特性評価のために、一本の磁性ナノワイヤーを用いて測った。AT 内に作製した細線アレイの AT 部分を NaOH 溶液により溶かし、Ni ワイヤーを単離し Si 基板上に分散させた。分散した Ni ナノワイヤーを一本選び、微細加工によって磁性ナノワイヤーに電極(Ti/Cu/Ti)を付け磁気抵抗(MR)効果測定を行った。

(4) マイクロマグネティクス数値シミュレーションによる磁化ダイナミクスの評価

磁性ナノワイヤーにおける磁化構造や外場による磁化反転挙動や磁化ダイナミクスに関しては、マイクロマグネティクス計算による数値シミュレーションを用いて考察を行った。

4. 研究成果

(1) Ni ナノワイヤーのアスペクト比による磁気異方性の変化の調査:

パルス電着および PC 細孔テンプレートを使用して、直径 $d = 46 \sim 155$ nm、長さ $L = 46 \sim 3000$ nm (アスペクト比: $L/d = 0.5 \sim 30$)の構造を持つ Ni ナノワイヤーを作製し、細線内の磁気異方性について調べた。図 2(a)に、 $d = 100$ nm、 $L = 300$ nm ($L/d = 3$)の Ni ナノワイヤーについて AGM により測定した磁化曲線を示す。図 2(a)の結果は、磁化容易軸がワイヤー長手方向であることを示している。 L の値が d の値よりも小さくなると、磁化容易軸はワイヤー短手方向から長手方向に変化した。Ni ワイヤーの磁化容易軸を評価するために、磁化曲線から得られた飽和磁界を使

用して実効磁気異方性定数 K_{eff} を算出し、マイクロマグネチックシミュレーション結果と比較した(図 2(b))。計算結果は、アスペクト比 L/d が減少するにつれて K_{eff} 値が減少した。この結果は実験結果を定性的に説明できた。しかしながら、実験結果と計算結果では、 K_{eff} 値に差があった。この結果は、実験で作製した Ni ワイヤが多結晶構造であり、磁化反転における磁壁生成箇所が多数存在することにより磁化反転が容易に起こるため、 K_{eff} 値が小さくなったと考えられる。

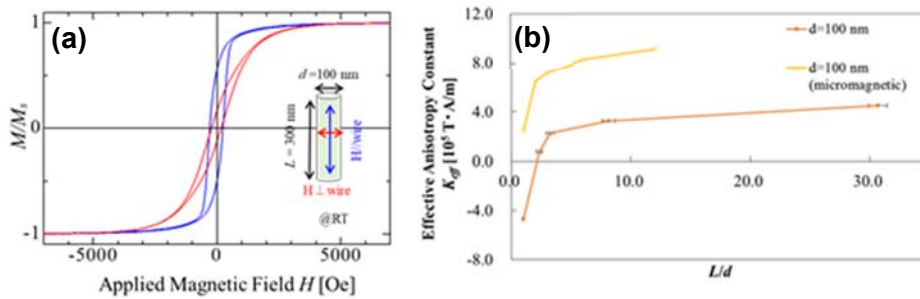


図 2 (a) Ni ワイヤ($d = 100 \text{ nm}$, $L = 300 \text{ nm}$)のヒステリシス曲線
(b) アスペクト比に対する K_{eff} の依存性

(2) Ni/Cu/M ($M = \text{Ni, Co}$) ワイヤにおける結晶構造、直径、Cu 層厚さが磁化反転挙動に及ぼす影響調査：

磁性層をセグメント化した磁性ワイヤにおいて、特に 2 層の磁性層において、結晶構造、形状的特性、2 層の磁性層間に非磁性層 Cu を挟んだ場合の磁化反転挙動を調べることを目的として研究を行った。電着法と PC を用いて、長さ $L \sim 2 \sim 3 \mu\text{m}$ の円柱形の Ni/Cu/M ($M = \text{Ni, Co}$) 磁性ワイヤを作製した。EDX による Ni/Cu/M 磁性ナノワイヤの観察と元素分析結果を図 3(a,b)に示す。図 3(a,b)では、Cu 層厚さ(t_{Cu})は、約 100 nm である。図 3(c,d)には、Ni/Cu/M 磁性ナノワイヤ(図 3(c) $M = \text{Ni}$, (d) $M = \text{Co}$)の直径 $d = 50, 100 \text{ nm}$ 、Cu 層厚さ $0 \leq t_{\text{Cu}} \leq 500 \text{ nm}$ の試料を用いて、磁化測定を行い、細線長手方向の角形比($M_r/M_{s \parallel}$)の結果を示した図である。直径 $d = 50 \text{ nm}$ 、 $0 \leq t_{\text{Cu}} \leq 500 \text{ nm}$ の時は、 $M = \text{Ni}$ (Co)で角形比は t_{Cu} によらず、 $M_r/M_{s \parallel} \sim 0.79$ (~ 0.64)とほぼ一定であった。一方、 $d = 100 \text{ nm}$ 、 $0 \leq t_{\text{Cu}} \leq 500 \text{ nm}$ の時は、 $M = \text{Ni}(\text{Co})$ において t_{Cu} に依存して角形比が、 $M_r/M_{s \parallel} = 0.71$ から 0.42 (0.53 から 0.40) まで 41% (25%) 減少した。M による角形比の違いや角形比の t_{Cu} 依存性は、M の結晶磁気異方性と、直径による磁化構造変化の違いが大きな要因となっていることがわかった。

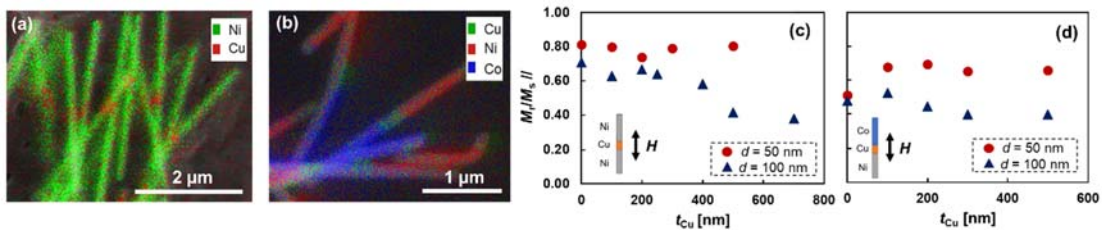


図 3 (a,b) Ni/Cu/M ワイヤの SEM-EDX による観察と元素分析結果($d = 100 \text{ nm}$)
(c,d) Ni/Cu/M ワイヤの Cu 層厚さに対する角形比依存性($d = 50, 100 \text{ nm}$)

(3) 単一磁性ナノワイヤにおける磁気抵抗効果の観測：

3-(3)に記載した方法で単一磁性ナノワイヤ(直径 $\sim 380 \text{ nm}$)を Si 基板上に加工し、磁気抵抗測定を行った。作製した試料の XRD による結晶構造や TEM による直接観察と磁気抵抗測定の結果から、単一磁性ナノワイヤでの磁化反転挙動を明らかにすることを目的とした。AMR 観測では、外部磁場 $H = 2 \sim 9 \text{ kOe}$ を一定にし、細線長手方向(電流方向)と外部磁場方向のなす角度を θ とし、 $\theta = 0 \sim 360^\circ$ の範囲で測定を行った。

図 4(a)に Ni 細線単線に電極を付着させた試料の光学顕微鏡像を示す。Ni 細線の抵抗値は約 400Ω が得られ、単一 Ni 細線の導通を確認した。この試料を用いて AMR 観測を行った。外部磁場 $H = 9 \text{ kOe}$ で $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で磁場-電流角度依存性を測定した結果を図 4(b)に示す。AMR の角度依存性由来する抵抗値変化である $\cos^2 \theta$ (点線)に挙動を示した。また MR 比は約 1% と確認できた。外部磁場が、 $5 \leq H \leq 9 \text{ kOe}$ までは、図 4(b)と同

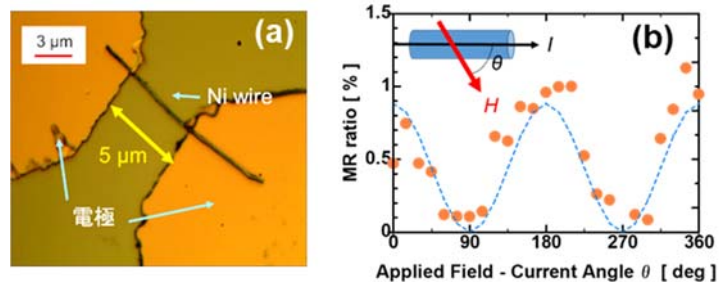


図 4 (a) 試料の光学顕微鏡像 (b) $H_{\text{ap}} = 9 \text{ kOe}$ における MR 結果

様の結果が得られた。一方、 $H < 5 \text{ kOe}$ では、磁場角度に依存した AMR 効果が観測できなかった。この理由は、印加磁場が小さいため、細線内で多磁区構造を形成するからである。これは、電着法で作製した Ni ワイヤーが多結晶で形成されているため、粒界が多く存在し、粒界や粒界一粒子間で磁区生成が起き、多磁区構造を形成しやすいからだと考えられる。

研究成果(1),(3)においては、作製した磁性ナノワイヤーにおける基礎的物性理解を得ることができた。研究成果(3)においては、国内外における位置付けとして、磁性ナノワイヤーの物性を探る研究を遂行できる段階に到達した状況である。今後の展望としては、外場による磁壁移動の観測を電氣的測定により行うためにホール電圧測定用の電極加工を行うことや、磁壁の直接観察を行うなどの課題をクリアし、高速磁壁移動解明の研究へ繋げていく。研究成果(2)は、磁性層をセグメント化した構造を有する三次元構造磁気メモリに知見を与えることのできる成果であり論文発表を準備している段階である。今後の展望としては、セグメント化した磁性層内に電流を印加した場合に、それぞれのセグメントの磁性層内で起こる磁壁移動ダイナミクスの解明を行うことや、セグメント化を上手く生かした磁化ソリトンのメモリに繋がる物性解明について研究を行っていく。研究成果(1)-(3)においては、学会発表を 5 件(国内 2 件、国際 3 件)行った。

以下に当初予期していないこと事象が起きたことにより得られた新たな研究成果(4),(5)と得られた知見について述べる。

(4) 酸化物磁性ナノ粒子薄膜における微細構造と磁気物性の相関解明：

光アイソレータや高周波コイルに活用されている酸化物磁性体であるイットリウム・鉄ガーネット(YIG)を化学合成法で合成し薄膜化した試料の微細構造と磁気物性に関する研究を行った。薄膜化した試料では、ナノ粒子からなる膜の特徴を活かして、GHz オーダーの電磁波の共鳴吸収である強磁性共鳴観測や、Pt/YIG 薄膜に熱勾配を与えることで起電力が発生するスピitzerバック効果の研究を行った。

スピitzerバック効果の研究では、化学合成法の一つである共沈法により合成したナノ粒子から形成される YIG 膜における起電力の観測に初めて成功し、1 件の論文発表を行った[4]。図 5(a)に YIG 膜の微細構造観察を SEM により行った結果を示す。直径が数百 nm 程度の微粒子の凝集により膜が形成されている。図 5(b)に Pt/YIG 膜において起電力測定を行った結果を示す。熱勾配が増すほど、起電力の値が大きくなるのが観測でき、スピitzerバック効果に由来する起電力を観測できた。

また強磁性共鳴観測に関する研究に関しては、酸化物磁性ナノ粒子薄膜における微細構造と磁気物性の解明を行っている。

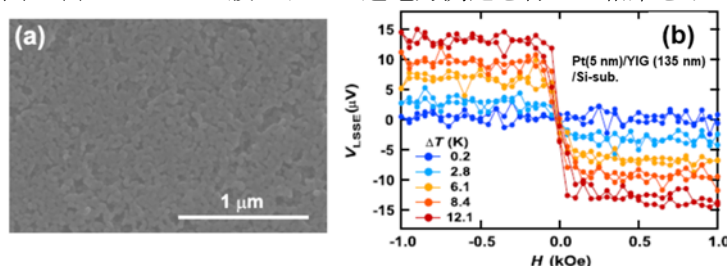


図 5 (a) YIG 薄膜表面観察像 (b) スピitzerバック起電力測定結果

(5) 数値シミュレーションを用いた磁化構造解析と外場によるスピンダイナミクスの解明：

マイクロマグネティクス数値シミュレーションを用いて、磁区構造変化の解析や外場によるスピンダイナミクスの解明を目的とした研究を行った。この研究は、研究課題を異なる側面から指針や知見を与えることができ、また新しい磁気デバイス(磁気メモリなど)への設計や開発に繋がる研究である。

① 反強磁性細線に傾斜電界を印加し、反強磁性体中の磁壁移動について調べた。その結果、傾斜電界を印加することで、反強磁性体中の磁気異方性変化が起こり、磁壁が移動する。磁壁移動速度は、 1 km/s と高速に移動することがわかった。また傾斜電界は、反強磁性体の磁壁を構成する磁化にネールフィールドと呼ばれる、磁化の副格子に互いに逆方向のトルクを与える効果があることを明らかにした(図 6)。本研究成果は、論文発表を 1 件行った[5]。

② 垂直磁気異方性の反強磁性結合構造(p-AFC)を有するナノ磁性体において、ナノ秒のパルス電流によるスピンの注入磁化反転について調べた(図 7(a))。p-AFC 構造における上下層の膜厚(飽和磁化)の差が小さくなると、損失定数が小さい際に、反転電流密度が単層構造の値より低減することがわかった(図 7(b))。p-AFC 構造を有したナノ磁性体では、二層構造を有しているため単層構造よりも体積を大きくすることができることから、この結果は熱安定性を増加させた場合でも、反転電流低減化が可能であることを示している。提案した構造は、スピントルクを用いるスピン注入型メモリ(Spin-RAM)の素子の設計において、有用な指針を示すことができた。本研究成果は、論文発表を 1 件行った[6]。

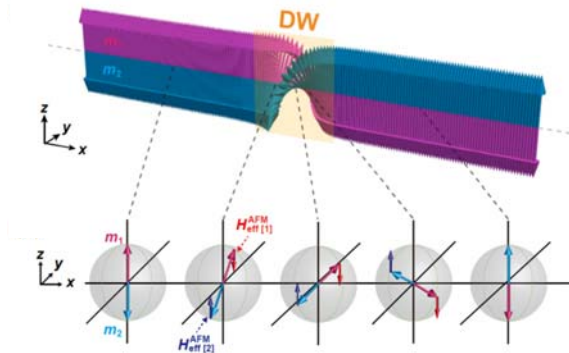


図6 反強磁性体中の磁壁(上図)に印加された
ネールフィールドトルク(下図)の概念図

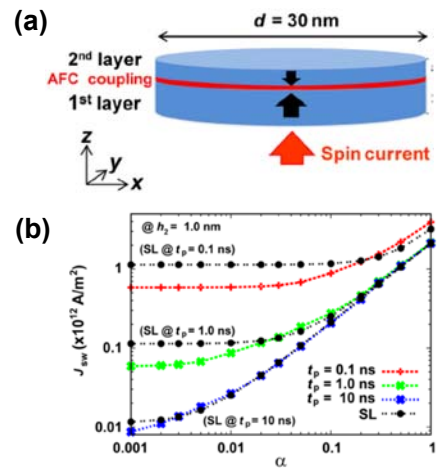


図7 (a) 反強磁性結合構造における計算モデル
(b) 損失定数に対する反転電流密度依存性

<引用文献>

- [1] S. S. P. Parkin, et al., *Science* **320**, 190 (2008).
- [2] J. Sampaio, et al., *Nat. Nanotech.* **8**, 839 (2013).
- [3] M. Yan, et al., *Phys. Rev. Lett.* **104**, 057201 (2010).
- [4] K. Yamada, et al., *IEEE Trans. Magn.* **55**, 4500104 (2019).
- [5] K. Yamada, et al., *Appl. Phys. Express* **11**, 113001 (2018).
- [6] K. Yamada, et al., *J. Appl. Phys.* **127**, 133906 (2020).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yamada Keisuke, Kubota Keisuke, Nakatani Yoshinobu	4. 巻 127
2. 論文標題 Reduction of the switching current in perpendicularly magnetized nanomagnets using an antiferromagnetic coupling structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 133906-1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0005472	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 Moriyama Takahiro, Hayashi Kensuke, Yamada Keisuke, Shima Mitsuhiro, Ohya Yutaka, Tserkovnyak Yaroslav, Ono Teruo	4. 巻 101
2. 論文標題 Enhanced antiferromagnetic resonance linewidth in NiO/Pt and NiO/Pd	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 060402-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.060402	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 Nakamura Ryo, Saegusa Shunya, Suzuki Satoru, Nakao Aiko, Utsumi Yuichi, Ohkochi Takuo, Oura Masaki, Takizawa Yukako, Saiki Tsunemasa, Lee Taekhyeon, Kim Kab-Jin, Yamada Keisuke, Ogasawara Takeshi, Yamaguchi Akinobu	4. 巻 31
2. 論文標題 Magnetic Scattering in Ni Wires Fabricated on Ferroelectric LiNbO3 Substrate for Magnetic Sensor Application	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 3007 ~ 3022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2019.2494	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 Nakatani Yoshinobu, Yamada Keisuke, Hirohata Atsufumi	4. 巻 9
2. 論文標題 Switching of Skyrmion chirality by local heating	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13475-1 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-49875-7	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 Moriyama Takahiro, Hayashi Kensuke, Yamada Keisuke, Shima Mitsuhiro, Ohya Yutaka, Ono Teruo	4. 巻 3
2. 論文標題 Intrinsic and extrinsic antiferromagnetic damping in NiO	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 051402-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.3.051402	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 Yamada Keisuke, Kurokawa Yuichiro, Kogiso Kazuma, Yuasa Hiromi, Shima Mitsuhiro	4. 巻 55
2. 論文標題 Observation of Longitudinal Spin Seebeck Voltage in YIG Films Chemically Prepared by Co-Precipitation and Spin Coating	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2865199	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 Yamaguchi Akinobu, Yamada Keisuke, Nakao Aiko, Saiki Tsunemasa, Utsumi Yuichi, Ogasawara Takeshi	4. 巻 55
2. 論文標題 The Study on Magnetization Reversal of Stripe-Domain Structure in Ni Wires Fabricated on a LiNbO3 Substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2874629	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 Tanabe Kenji, Yamada Keisuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of the Dzyaloshinskii-Moriya interaction on the topological Hall effect in crossed nanowires	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 113003~113003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/APEX.11.113003	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 Yamada Keisuke, Kubota Keisuke, Nakatani Yoshinobu	4. 巻 11
2. 論文標題 Magnetic domain wall motion in anti-ferromagnetic nanowires induced by sloped electric field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 113001 ~ 113001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/APEX.11.113001	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 Yamada Keisuke, Kondo Shingo, Shima Mutsuhiro	4. 巻 57
2. 論文標題 The effects of Al/Fe ratio on the magnetic and fluorescence properties of (Yb,Gd) ₃ (Sc,Al,Fe) ₅ O ₁₂ garnet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 093001 ~ 093001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.093001	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9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 K. Yamada, K. Kogiso, Y. Shiota, T. Moriyama, T. Ono, and M. Shima
2. 発表標題 Change of damping constant with microstructure in nanocrystalline YIG thin films on Si substrate
3. 学会等名 10th Joint European Magnetic Symposia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kikuchi, K. Yamada, Y. Nakatani, and M. Shima
2. 発表標題 Magnetization Reversal in Ni/Cu/Ni Cylindrical Nanowires
3. 学会等名 ICMaSS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正木信也, 山本幹也, 伊藤将慶, 山田啓介, 黒川雄一郎, 塩田陽一, 森山貴広, 小野輝男, 湯浅裕美, 嶋睦宏
2. 発表標題 多結晶ガーネット薄膜のスピンゼーベック電圧とギルバートダンピング定数の相関の解明
3. 学会等名 第43回 日本磁気学会・学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正木信也, 山田啓介, 黒川雄一郎, 塩田陽一, 森山貴広, 小野輝男, 湯浅裕美, 嶋睦宏
2. 発表標題 多結晶YIG薄膜におけるスピンゼーベック電圧と損失定数の相関解明
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 K. Yamada, M. Kikuchi, Y. Nakatani, and M. Shima
2. 発表標題 Magnetization reversal and helical domain wall formation in Ni/Cu/Ni cylindrical nanowires.
3. 学会等名 9th Joint European Magnetic Symposia (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Yamada, Y. Kurokawa, K. Kogiso, H. Yuasa and M. Shima
2. 発表標題 Observation of Longitudinal Spin Seebeck Voltage in Chemically Synthesized Y3Fe5O12 Films.
3. 学会等名 21th International Conference on Magnetism (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池真由, 山田啓介, 仲谷栄伸, 嶋睦宏
2. 発表標題 非磁性Cu層がNi/Cu/Niナノ細線の磁化反転挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第79回・応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Azizan, K. Yamada, M. Shima
2. 発表標題 Fabrication and Magnetic Behavior of Ni Magnetic Nanowire Arrays
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Azizan, K. Yamada, M. Shima
2. 発表標題 Electrochemical Synthesis of Ni Magnetic Wire Arrays
3. 学会等名 第78回・応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017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