

令和 2 年 9 月 10 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03249

研究課題名(和文) 巨大スピホール効果を利用した微小領域の磁化制御とGMR磁気センサへの応用

研究課題名(英文) Local magnetization control using spin Hall effect and its application to GMR magnetic sensors

研究代表者

岩田 聡 (Iwata, Satoshi)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

研究者番号：60151742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：巨大磁気抵抗効果と磁歪の逆効果を利用した歪みセンサの開発を行なった。高感度かつ環境磁界による影響のない歪みセンサを実現するためには、磁化自由層の磁化方向を交流的に変調して、外部磁界の影響を取り除くことが有効であることを明らかにした。次に電力消費を低減するために、スピホール効果を利用して磁化方向を制御する素子の開発を行なった。センサ素子は、スピホール効果を発現するTa/FeCo、スピバルブ膜および、両者を交換結合する反強磁性NiO層から成る構造とした。スピホール効果によるスピ流により磁化自由層の磁化反転が観測され、スピホール効果による磁化自由層の磁化方向制御の可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発を進めた歪みセンサは、マイクロサイズに微細化できることから、これをアレイ状に配列した触覚センサへの応用が考えられる。ロボットの指先の繊細な感覚をフィードバックすることを可能とする触覚センサは、介護ロボットなどにおいて求められている機能である。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we have developed strain-sensor using giant magnetoresistance effect, where inverse magnetostriction effect is applied to the magnetic free layer in a spin valve structure. In order to avoid from influence of magnetic stray field, we employ sinusoidal signal detection method, where the magnetization direction of the magnetic free layer was modulated by alternative magnetic field by flowing AC current through Al strip line formed on GMR element. In next stage, we have investigated magnetization control by spin-Hall effect. The sensor device is composed from Ta/FeCo layer for producing spin current, a magnetoresistive spin-valve element and anti-ferromagnetic NiO layer which magnetically connects Ta/FeCo and spin-valve layers. In this device, magnetization reversal by spin Hall effect was observed.

研究分野：スピントロニクス

キーワード：巨大磁気抵抗効果 スピバルブ膜 反強磁性NiO層 磁気異方性 磁歪現象 スピホール効果 スピ
ン流 歪みセンサ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

巨大磁気抵抗効果 (GMR) やトンネル磁気抵抗効果 (TMR) を利用した磁気センサは、高い磁界感度、微細加工により微小化可能、広い温度範囲で利用可能、簡潔な 2 端子の素子構造などの特長から、磁界センサだけでなく、位置センサ、ロータリーセンサ、バイオセンサなど幅広い応用が検討されており、実用化も進みつつある。これら磁気抵抗効果センサの幅広い応用が可能なのは、磁気抵抗素子を構成する磁性材料の磁気異方性や磁歪現象など、磁性特有の物性が利用できるためである。

我々は、これまで実現が困難であったセンシングを磁気抵抗効果を利用して実現することを目指して、さまざまな素子構造や検出方式を提案し、磁気センサの高感度化や高機能化に取り組んできたが、注目している機能の 1 つとして、人間の触覚がある。指先のような触覚を再現するセンサは、介護ロボットなど繊細な作業を行なうロボットには必要な機能であるが、これを実現するためには、数 100 μm サイズのセンサを 2 次元アレイ状に多数配列するとともに、センサ材料が、物体に軽く接触したときの材料の歪みを高感度に検出する必要がある。外力による歪みが、磁気物性に及ぼす影響については、磁歪現象がよく知られており、磁歪現象と磁気抵抗効果を結びつけば、(1) 外力により磁性材料が変形、(2) 磁歪の逆効果で磁性材料の磁気異方性が変化、(3) 磁性材料の磁化方向が変化して磁気抵抗素子の出力が変化、という流れで、歪みを検出することができる。

一方、新しい機能をもつ磁気抵抗センサを開発するためには、素子を構成する磁性層の磁性を検出方式に合わせて自在に制御する必要がある。微細加工した磁性層パターンの磁化方向などを制御するためには、外部から磁界を加えればよいが、外部磁界コイルの配置は、センサ素子の外形を大きくしてしまう。そこで、我々は、最近、磁気ランダムアクセスメモリへの応用の観点から注目されている巨大スピホール効果を磁気センサに応用することを本研究で提案した。スピホール効果は、局所的に磁性を制御することが可能であるため、マイクロサイズの磁気センサに応用すれば、素子の微細化、省エネルギー化に大きく寄与することが期待される。

2. 研究の目的

上に述べたように、我々は、触覚センサを実現するためのマイクロサイズの歪みセンサの実現を 1 つの目標としている。歪みセンサでは、スピバルブ型の磁気抵抗素子の磁化自由層に磁歪定数の大きい磁性材料を導入するとともに、地磁気をはじめとする環境磁界の影響を低減する検出方式の開発も必要である。我々は、本研究以前から歪みセンサの研究に取り組んでおり、磁化自由層の磁化方向を交流磁界で振動的に変化させて、振動振幅を検出する方式を開発してきた。しかし、本研究以前に開発した歪みセンサでは、磁化方向制御のための交流磁界は、直径 8cm ほどのヘルムホルツコイルを使用して発生していたため、素子外形のマイクロサイズ化は困難であった。そこで、本研究では、まず、交流磁界を発生するためのヘルムホルツコイルの代わりに、交流電流により交流磁界を発生するマイクロサイズのストリップラインを用いた素子構造の試作に取り組んだ。また、ストリップラインによる交流磁界の発生には、10 mA 前後の交流電流が必要なため、センサの動作電力をマイクロワットレベルに引き下げることが難しい。そのため、磁化自由層の磁化方向を振動させるための手段として、スピホール効果の利用を検討した。スピホール効果を用いれば、局所的にスピ流を発生させられるので、これを磁化自由層に注入することができれば、消費電力の大幅な低減が期待できる。

3. 研究の方法

まず、ストリップラインに流す交流電流により、磁化方向制御を行う構造の歪みセンサの開発を行なった。スピバルブ型の磁気抵抗素子部の構造は、薄板ガラス基板

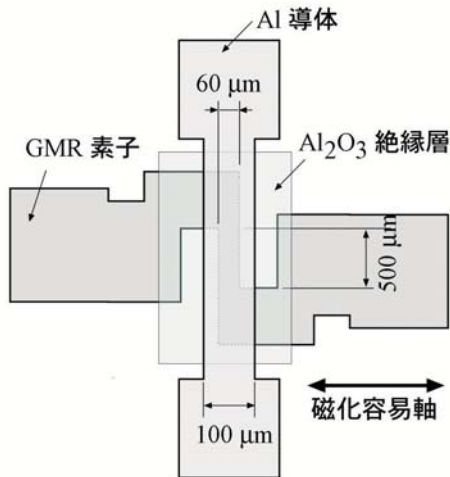


図 1. 巨大磁気抵抗効果を利用した歪みセンサの素子構造

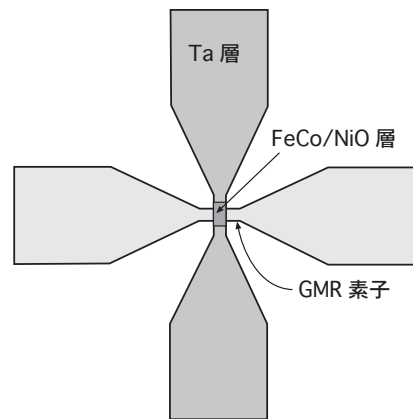


図 2. ピンホール効果を利用した磁気抵抗センサの素子構造

/Ta(5)/FeSiB(20)/FeCoB(1.5)/Cu(2.6)/CoFe(3)/MnIr(10)/Ta(2) とした。カッコ内の数字は、層厚で単位は nm である。成膜には、8 元マグネトロンスパッタリング装置を用いた。磁化自由層は、FeSiB(20)/FeCoB(1.5) の 2 層構造となっているが、FeSiB は磁歪定数の大きい磁性層で、歪みを検出するための層であり、Cu 層に接している FeCoB 層は、Co 濃度が高く GMR 効果を大きくするための層である。この構成の GMR 素子で、約 3% 程度の磁気抵抗効果が得られる。この GMR 膜を微細加工で、幅 $60 \mu\text{m}$ 、長さ $500 \mu\text{m}$ の細線に加工した。微細加工後に電極部分を残して、絶縁層の Al_2O_3 層 200nm を形成した後、リフトオフ法により、幅 $100 \mu\text{m}$ の Al 導体線を GMR 細線の真上に形成した (図 1)。

一方、スピントール効果による磁化方向制御に関する実験においては、スピントール効果を生み出す Ta/FeCo 層と、GMR 素子の絶縁を確保して磁気抵抗比を減少させない工夫が必要であった。つまり、Ta/FeCo 層と、GMR 層は、磁気的に結合しているが、電気的には絶縁している状態を作り出す必要がある。そのため、両者の間に反強磁性 NiO 層を設けた。作製した素子構造は、図 2 のように、下部に形成した GMR 素子の細線の上に NiO 層を成膜し、GMR 細線に直交する形に FeCo/Ta 層を形成した。

4. 研究成果

本研究で開発している歪みセンサの動作原理を図 3 に示す。GMR 層の固定層と自由層の磁化容易軸は、成膜中の磁界印加で細線の長さ方向の直角方向に誘導されている。細線と平行方向に 10 Oe 程度の直流磁界を印加すると、磁化自由層の磁化が磁界方向に回転する。次に細線の真上の Al 導体に交流電流を流すと、アンペールの法則により交流磁界が発生する。磁界の方向は、細線に垂直のため、磁化自由層の磁化方向は、交流的に振動する。今、外部から力を加えて、ガラス基板を歪ませると、磁歪の逆効果により、磁化自由層の実効的な磁気異方性が変化する。磁化自由層の振動振幅は、実効的な磁気異方性が小さいほど大きくなる。また、磁化自由層が振動すると、GMR 素子の出力は、同じ周波数で変化するため、出力信号から、同一周波数の成分を検出することで、磁気異方性の変化、すなわち、歪みの変化を検出することができる。図 4 は、計装アンプと帯域フィルターを用いた検出回路を示している。GMR 素子は、ブリッジ回路に組み込まれ、ブリッジの出力が計装アンプで増幅される。計装アンプの出力は、オペアンプを利用したハイパスフィルターを通り、最後にローパスフィルターを通して出力となる。磁化方向を変調する周波数は 1kHz 、交流磁界の振幅は 0.6 Oe とした。図 5 は、 0.1mm 厚のガラス基板上の素子に加えた歪みと出力の関係を示している。 1×10^{-4} 程度の比

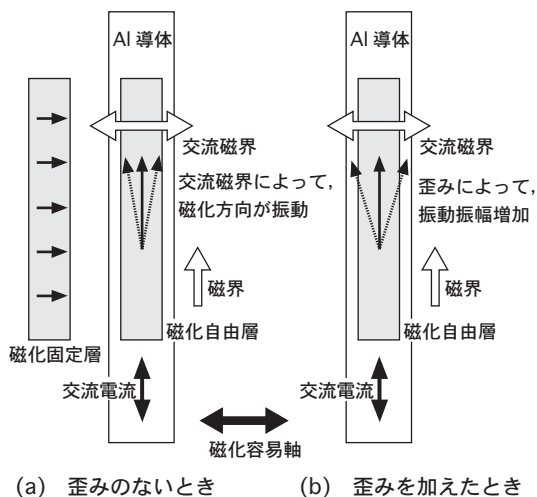


図 3. 作製した歪みセンサの動作原理

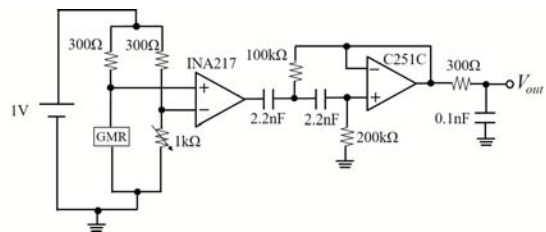


図 4. 歪みセンサにおける信号増幅回路

較的小さな歪みの変化に対して 100 mV を超える出力変化が得られていることが分かる。

スピンホール効果を利用したセンサ素子として、まず、NiO 層を介した磁性層間の交換結合の強さを調べたところ、NiO 層 10nm 前後である程度強い磁気的な結合が得られることが分かった。また、スパッタ成膜した NiO 層の絶縁性を調べたところ、シート抵抗はある程度大きいものの NiO 層 (10~20 nm) を挟む金属層間の抵抗は大きくなく、GMR 層に流したセンス電流が NiO 層を通過して、FeCo/Ta 層にも分流することが分かった。そこで、GMR 層と FeCo/Ta 層が接する面積をできるだけ小さくするため、両者が十字型にクロス構造を採用した。この十字型構造の GMR 特性を調べたところ、センス電流の分流は、十分低く抑えられていることが確認された。作製した素子において、スピンホール効果によるスピン注入効果を調べるために、磁化自由層のスピン注入磁化反転の実験を行なった。GMR 素子の磁化容易軸方向に直流磁界を印加しながら、上部 Ta 層に電流パルスを通して、スピンホール効果による磁化反転を GMR 素子の出力変化として検出した。図 6 は、Ta 層に流すパルス電流と GMR 素子の抵抗変化の関係を示している。図 6(a) では、負のパルス電流を流すことで、平行状態から反平行状態へ、(b) 図では、正のパルス電流で反平行から平行状態に遷移している。この実験では、mA レンジのパルス電流を流しているため、電流磁場効果の影響を受けている可能性もある。そのため、Ta 層と FeCo 層の間に Al₂O₃ 層を挿入して、スピン流を遮断する構造の素子も作製して、同様の実験を行なった。その結果、磁化自由層の磁化反転は起きなかったため、上記の磁化反転はスピンホール効果による可能性が高いと判断された。さらに磁化自由層の磁化方向を交流的に変調するために、Ta 層に交流電流を流して GMR 素子の出力を観察した。Ta 層に流す交流電流は、1~4 mA とし、周波数は 100~1000 Hz の間で変化させた。GMR 素子には、1 mV 程度の交流出力が観察された。この出力と外部磁界との関係などを調べたが、スピンホール効果による信号を示しているかどうかについては、確証が得られておらず、今後の課題である。

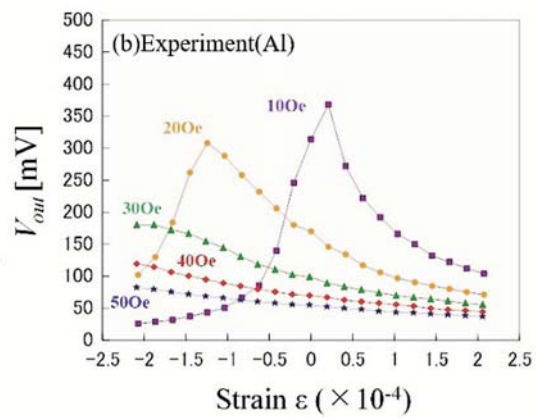
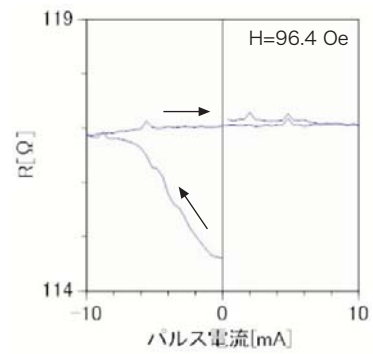
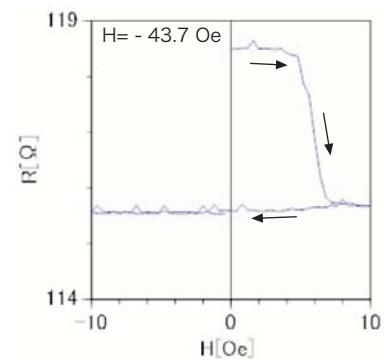


図 5. 歪みセンサにおける印加した歪みと信号出力の関係。パラメータは、困難軸方向に加えた静磁界の値。



(a) 平行状態から反平行状態への磁化反転



(b) 反平行状態から平行状態への磁化反転

図 6. スピンホール効果による磁化自由層の磁化反転。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Ishikawa, Y. Miwa, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata	4. 巻 55
2. 論文標題 MnGa (001) Textured Film Fabricated on Thermally Oxidized Si Substrate for Application to Ion Beam Bit Patterned Media	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Magn.	6. 最初と最後の頁 3200104-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2889499	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 D. Oshima, T. Kato, S. Iwata	4. 巻 10
2. 論文標題 Highly (001) oriented MnAl film fabricated on CoGa buffer layer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Adv.	6. 最初と最後の頁 025012-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5130452	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 W. Zhao, T. Kimura, T. Kato, D. Oshima, Y. Sonobe, S. Takahashi, S. Iwata	4. 巻 493
2. 論文標題 Spin transfer torque switching of hybrid memory layers with low Curie temperature CoPd/Pd multilayers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Magn. Magn. Mat.	6. 最初と最後の頁 165749-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2019.165749	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 K. Kawakami, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata	4. 巻 59
2. 論文標題 K. Kawakami, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata: Spin Orbit Torques in Ferrimagnetic GdFeCo with Various Compositions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SEEF01-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab51b5	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. Kimura, X. Dong, K. Adachi, D. Oshima, T. Kato, Y. Sonobe, S. Okamoto, N. Kikuchi, Y. Kawato, O. Kitakami, S. Iwata	4. 巻 57
2. 論文標題 Spin transfer torque switching of Co/Pd multilayers and Gilbert damping of Co-based multilayers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 09TD01-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.09TD01	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Kato, D. Oshima, S. Iwata	4. 巻 9
2. 論文標題 Ion Irradiation for Planar Patterning of Magnetic Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 27-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst9010027	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. Otaki, T. Kato, S. Okamoto, N. Kikuchi, D. Oshima, S. Iwata, O. Kitakami	4. 巻 54
2. 論文標題 Variation of Magnetization Dynamics of Co/Ni Multilayer by Capturing Magnetic Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Magn.	6. 最初と最後の頁 6100804-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2832660	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 W. Zhao, X. Dong, T. Kimura, T. Kato, D. Oshima, Y. Sonobe, Y. Kawato, S. Iwata	4. 巻 54
2. 論文標題 Hybrid memory layer with low Curie temperature CoPd/Pd multilayer for high-density magnetic random access memory cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Magn.	6. 最初と最後の頁 3401405-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2018.2828138	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Oshima, T. Kato, S. Iwata	4. 巻 54
2. 論文標題 Ion Beam Bit Patterned Media Using MnGa Alloy Films (Invited)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Magn.	6. 最初と最後の頁 3200207-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2017.2733765	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Dai Bing, Guo Yong, Zhu Jiaqi, Kato Takeshi, Iwata Satoshi, Tsunashima Shigeru, Yang Lei, Han Jiecai	4. 巻 50
2. 論文標題 Spin transfer torque switching in exchange-coupled amorphous GdFeCo/TbFe bilayers for thermally assisted MRAM application	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 135005 ~ 135005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/aa5bca	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 Hashimoto Y., Yamamoto N., Kato T., Oshima D., Iwata S.	4. 巻 123
2. 論文標題 Spin-valve giant magneto-resistance film with magnetostrictive FeSiB amorphous layer and its application to strain sensors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 113903-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5018467	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32件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 T. Kato, D. Oshima, S. Iwata
2. 発表標題 Planar bit patterned MnGa films fabricated by ion irradiation
3. 学会等名 5th International Conference of Asian Union of Magnetism Societies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kato
2. 発表標題 Ion implantation for planar nano-patterning of magnetic materials
3. 学会等名 11th International Conference of Electrical, Transport, and Optical Properties of Inhomogeneous Media (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Otaki, T. Kato, S. Okamoto, N. Kikuchi, D. Oshima, S. Iwata, O. Kitakami
2. 発表標題 Detection of magnetic nanoparticles by variation of magnetization dynamics of Co/Ni multilayer
3. 学会等名 IEEE International Magnetism Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Horie, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 Ion beam patterning of ultrathin L10-MnGa (001) film grown on CoGa buffer layer
3. 学会等名 IEEE International Magnetism Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 W. Zhao, T. Kimura, T. Kato, D. Oshima, Y. Sonobe, Y. Kawato, S. Iwata
2. 発表標題 Hybrid memory layer with low Curie temperature CoPd/Pd multilayer for high-density magnetic random access memory cells
3. 学会等名 IEEE International Magnetism Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Ishikawa, Y. Miwa, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 MnGa (001) textured film fabricated on Si substrate for application to ion beam bit patterned media
3. 学会等名 2019 Joint MMM-Intermag Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 Perpendicular magnetic anisotropy of Fe304/Cr multilayers
3. 学会等名 2019 Joint MMM-Intermag Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Zhao, T. Kimura, T. Kato, D. Oshima, Y. Sonobe, Y. Kawato, S. Iwata
2. 発表標題 Current induced magnetization switching of hybrid memory layer comprised of CoPd/Pd and Co/Pd multilayers
3. 学会等名 40th International Symposium on Dry Process (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田賢汰, 橋本侑也, 加藤剛志, 大島大輝, 岩田聡
2. 発表標題 FeSiBフリー層の磁化方向変調型GMR歪みセンサの検討
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三輪佳嗣, 石川徹, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 ビットパターン媒体に用いるSi基板上MnGa (001)配向膜の作製
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 Fe304 / Cr 多層膜における垂直磁気異方性
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國島和哉, 周興, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 垂直磁化Co超薄膜における電界アシストスピンホール磁化反転
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川上圭祐, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 SiN/GdFeCo/Ta膜におけるスピンホール磁化反転
3. 学会等名 第6回応用物理学会SC東海地区学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國島和哉, 周興, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 MgO/Co/Pt積層膜の電界アシストスピンホール磁化反転
3. 学会等名 IEEE Magnetism Society 名古屋支部若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田寛汰, 橋本侑也, 加藤剛志, 大島大輝, 岩田聡
2. 発表標題 FeSiBフリー層を有するGMR素子を用いた磁化方向変調型歪みセンサ
3. 学会等名 電気学会マグネティックス/電子材料合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 Ion Beam Bit Patterned Media Using MnGa Alloy Films
3. 学会等名 The 28th Magnetic Recording Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Kimura, X. Dong, D. Oshima, T. Kato, Y. Sonobe, Y. Kawato, S. Iwata
2. 発表標題 Spin transfer torque switching of Co/Pd-based multilayers with low Curie temperature
3. 学会等名 Magnetism and Optics Research International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kawakami, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 Compositional dependence of spin orbit torques in ferrimagnetic GdFeCo / Ta bilayers The calcination temperature dependence of microstructural, vibrational spectra and magnetic properties of nanocrystalline Mn _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄
3. 学会等名 Magnetics and Optics Research International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Ishikawa, K. Fukuta, D. Oshima, T. Kato, T. Nakamura, Y. Kotani, K. Toyoki, S. Iwata
2. 発表標題 Scanning X-ray magnetic circular dichroism observation of magnetic state of ion-irradiation bit patterned L1 ₀ -MnGa films
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 Y. Hashimoto, N. Yamamoto, T. Kato, D. Oshima, S. Iwata
2. 発表標題 Magnetic strain sensor using spin valve GMR films with FeSiB free layer
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 K. Kawakami, D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 Compositional Dependence of spin orbit torques in amorphous GdFeCo films
3. 学会等名 62nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Kimura, X. Dong, D. Oshima, T. Kato, Y. Sonobe, Y. Kawato, S. Iwata
2. 発表標題 Current induced magnetization switching of Co/Pd-based multilayers with low Curie temperature
3. 学会等名 62nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 D. Oshima, T. Kato, S. Iwata
2. 発表標題 First order reversal curve diagram analysis of ion irradiated bit patterned MnGa film
3. 学会等名 IEEE International Magnetism Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Hashimoto, N. Yamamoto, T. Kato, D. Oshima, S. Iwata
2. 発表標題 Magnetic strain sensor using GMR films with magnetostrictive FeSiB free layer
3. 学会等名 IEEE International Magnetism Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村匠, 董夏菌, 大島大輝, 加藤剛志, 園部義明, 川戸良昭, 岩田聡
2. 発表標題 低キュリー温度Co/Pd系多層膜を用いたスピン注入磁化反転
3. 学会等名 第41回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 イオン照射により作製したMnGaビットパターン膜のFORC解析
3. 学会等名 第41回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川上圭祐, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 アモルファスGdFeCo膜におけるスピン軌道トルク
3. 学会等名 第41回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋本侑也, 山本直樹, 加藤剛志, 大島大輝, 岩田聡
2. 発表標題 FeSiBフリー層を有するスピンバルブ型GMR歪みセンサ
3. 学会等名 第41回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川上圭祐, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 SiN / GdFeCo / Ta膜におけるスピン軌道トルク
3. 学会等名 電気学会マグネティックス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大瀧雄介, 加藤剛志, 岩田聡, 菊池伸明, 岡本聡, 北上修
2. 発表標題 Co/Ni多層膜に吸着させた磁性微粒子による磁化ダイナミクスの変化
3. 学会等名 第17回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋本侑也, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 FeSiBフリー層を有する磁化方向変調型GMR歪みセンサ
3. 学会等名 平成29年度物質・デバイス領域共同研究拠点展開共同研究B研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 周興, 大島大輝, 加藤剛志, 岩田聡
2. 発表標題 垂直磁化Co膜における電界アシストスピンホール磁化反転
3. 学会等名 IEEE Magnetism Society 名古屋支部若手研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	加藤 剛志 (Kato Takeshi) (50303665)	名古屋大学・工学研究科・准教授 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	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	大島 大輝 (Oshima Daiki) (60736528)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・助教 (13901)	