

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：33924

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03240

研究課題名(和文)バルクスピン軌道トルク効果の学理解明とスピndeバイスへの応用

研究課題名(英文)Scientific principle elucidation of bulk spin orbit torque and its application for spin devices

研究代表者

栗野 博之(AWANO, HIROYUKI)

豊田工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40571675

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：磁性膜と重金属膜のヘテロ界面にはジャロシンスキー守谷相互作用とスピンホール効果が発現し、スピントロニクスデバイスの新たな駆動原理として期待されている。しかし、これは界面効果であるため界面数nmにしか及ばず応用上の問題であった。そこで、希土類金属と遷移金属からなるRE-TM磁性膜と重金属膜を積層した磁性細線を作成し、電流磁壁駆動の実験を行ったところ、驚いたことにこの界面効果がTbCoでは15nm程度、GdFeCoでは500nm以上にまで及ぶことがわかった。このバルク的に利用可能なバルクスピン軌道トルクは高機能省電力メモリやロジック等の新たなスピneレクトロニクス技術への応用展開が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

磁性膜と重金属膜のヘテロ界面にはジャロシンスキー守谷相互作用とスピンホール効果が発現し、スピントロニクスデバイスの新たな駆動原理として期待されている。しかし、これは界面効果であるため界面数nmにしか及ばず応用上の問題であった。そこで、希土類金属と遷移金属からなるRE-TM磁性膜と重金属膜を積層した磁性細線を作成し、電流磁壁駆動の実験を行ったところ、驚いたことにこの界面効果がTbCoでは15nm程度、GdFeCoでは500nm以上にまで及ぶことがわかった。このバルク的に利用可能なバルクスピン軌道トルクは高機能省電力メモリやロジック等の新たなスピneレクトロニクス技術への応用展開が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Current driven domain wall motions of Rare Earth (RE) - Transition Metal (TM) / Pt magnetic wire were observed. In the case of TbCo/Pt magnetic wire, the domain wall (DW) moves along to the current direction by spin orbital torque (SOT) due to the hetero-interface. The DW velocity was 100 m/sec. The Tb has large orbital magnetic moment (L). Therefore, the ferri-magnetic coupling between Tb and Co was dispersed, the SOT was also dispersed. If it is the cause of the slow domain wall speed, making a GdFeCo/Pt magnetic wire using a small L Gd may increase the domain wall speed by the current. As a result of experiment, we succeeded in increasing the domain wall speed of GdFeCo to 2600 m/sec. Next, the thickness of the GdFeCo layer on which the SOT effectively works was investigated. Surprisingly, even if the GdFeCo thickness is 500 nm, the domain wall moves still in the current direction by SOT. Thus, by using RE-TM magnetic layer, the SOT interface effect can be improved to bulk effect.

研究分野：スピントロニクス

キーワード：バルクスピン軌道トルク 磁性細線メモリ スピneロジック 磁壁駆動速度 希土類・遷移金属合金
フェリ磁性材料 電流磁壁駆動 臨界電流密度

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

IoTによるセンシングデータをビッグデータとして蓄え、人工知能でこの大量のデータの中から革新的なイノベーションを生み出す、そんな第4次産業革命による生産性の革新的な進展や、安心安全な社会インフラ構築が期待されている。この指数関数的に増大するビッグデータの保存には、SRAM、DRAM、SSD、HDDのメモリヒエラルキーシステムが利用されている。しかし、データ量の指数関数的な増大は消費電力量の指数関数的増大を伴うため、その革新的な省電力メモリの出現が求められている。そこで、磁壁駆動型 MRAM や Racetrack memory が注目されている。SRAM や DRAM は停電になるとデータが消失する揮発性メモリであるため常時電力を供給する必要があり、大量の待機電力を浪費している。一方、磁壁駆動型 MRAM や Racetrack memory は磁性体で出来ているため電力を供給せずとも、データを永久に保存できる。データセンターでは、停電時に大量のデータが消失しないよう非常用電源に常に充電しており、これもすごく大きな電力の浪費となっているが、磁壁移動 MRAM や磁性細線メモリであれば、この非常用電源の電力も大幅にカットできる。

磁壁駆動型 MRAM や Racetrack memory は磁壁にデータを持たせるメモリーであり、電流で磁壁を駆動してデータの記録再生を行う。この磁壁駆動力にはスピントランスファートルク (STT) が用いられている。この磁壁駆動に必要な最小の電力密度を臨界電流密度 (J_c) と呼んでいるが、世界中の研究者がこの記録膜に用いている磁性材料はフェロ磁性体 Co/Ni 多層膜や CoFeB であり、磁壁駆動に必要な臨界電流密度は $3 \times 10^7 \text{J/cm}^2$ 程度の大きさである。実用を考えるとあと1~2桁の低減が望まれている。そこで、我々は磁化の小さなフェリ磁性体を使って、この J_c 低減に取り組んできた。TbFeCo 合金からなる磁性細線を用いると J_c を $4 \times 10^6 \text{J/cm}^2$ に低減できることを見出した。これらの結果は、高価な Si 基板利用した結果である。指数関数的にデータ量が増えると、コストも指数関数的に増えるため問題である。そこで、Si 基板に比べて 10000 分の 1 の安価なプラスチックを用いて電流磁壁駆動の実験を行ったところ電流密度を更に 1 ケタ低減できることが分かった。

一方、この磁性細線には下地層に SiO、重金属 Pt のカバー層を用いていた。この磁性細線に電流を印加すると、電流は Pt 層にも流れ込む。TbFeCo はアモルファス合金であり電気抵抗が Pt よりも 1 ケタ大きい。すなわち、電流のほとんどは Pt 層に流れる。これは一見無駄に見えるが、実は重金属 Pt 層と TbFeCo 層のヘテロ界面には対称性の破れからくるスピンホール効果によりスピン流が TbFeCo 層にも流れ込む。このスピン流は TbFeCo 層内の磁壁に作用し、大きな駆動力となることが明らかになった。この磁壁駆動力をスピン軌道トルク (SOT) と呼ぶ。前述のフェリ磁性 TbFeCo 磁性細線における J_c 低減効果はこの STT と SOT の駆動力に起因していることがわかった。世界中の主な磁性細線メモリ研究者はフェロ磁性体である Co/Ni 多層膜を利用しており、このヘテロ界面が作る SOT は界面効果であるため磁性層厚さが厚くなると駆動力が消失することを報告している (図 1: APEX 京大グループの発表)。このように、フェロ磁性体の場合には SOT の有効磁性層厚さは 2nm 程度と薄く、SOT を有効活用することが難しいことが問題であった。一方、本提案のフェリ磁性材料からなる磁性細線の場合には、磁性層の膜厚が厚くても SOT が働くことを見出した (図 2)。これは、フェリ磁性体の場合には SOT が界面効果ではなく、バルク的な効果であることを意味している。

2. 研究の目的

そこで、この新しい「バルクスピン軌道トルク効果」について詳細に調べてメカニズムを解明することを本研究の目的とし、応用展開を目指すことにした。また、前述の Si 基板をプラスチック基板に変えるだけで J_c を大幅に低減できた理由は熱にあると考えられる。そこで、磁性細線に電流を印加した時の熱応答についても明らかにすることも本研究の追加課題である。

3. 研究の方法

磁性細線の作製には、一般的なリフトオフ法とナノインプリント法を用いた。磁性細線の作製には超高真空マグネトロンスパッタ装置を用い、基板上に下地膜、磁性膜、カバー層を成膜した。本研究費でこのマグネトロンスパッタ装置の利用効率を高める真空チャンバーの増設を行った。これにより利用効率が飛躍的に高まった。この試料をネオアーク製偏光顕微鏡の試料ステージにセットし、ピコセカンド社のパルス電流印加装置で 100nsec 以下のパルス電流を印加して、磁性細線上の磁壁の動く様子を詳細に観察した。また、この偏光顕微鏡には青色レーザーが搭載されており、対物レンズで集光された光で局所的に磁壁制御することも可能である。プラスチック基板上への磁性細線作成法にはナノインプリント装置を用いた。また、磁性細線にパルス電流を印加した時の発熱する様子は TDK 製のナノ MDS を用いた。この測定ヘッドは静電気で容易に壊れやすいため慎重に実験を行った。

4. 研究成果

磁壁駆動力 STT では磁壁は電子流の方向に動く。つまり、電流と逆向きに磁壁が動く。一方、重金属層に Pt を使った場合には、SOT で磁壁は電流方向に動く。したがって、この磁壁の電流に対する移動方向を見れば、磁壁駆動力として STT が支配的なのか SOT が支配的なのかを見分けることが出来る。図 2 には、磁化の小さなフェリ磁性細線 TbCo/Pt 磁性細線の電流磁壁駆動の実験結果を示したが、TbCo 膜厚が 10nm 程度まで磁壁は電流方向に動いているので SOT が支配的

であることがわかる (PRB)。これは図 1 に示したフェロ磁性 Co/Ni 磁性細線の臨界膜厚 2nm よりも 5 倍も厚く、界面効果ではなくバルク的な効果であると言える。一方、TbCo 層の厚みを更に厚く 13nm にすると、STT と SOT がキャンセルして磁壁は動かなくなる。更に TbCo 層厚を 18nm よりも厚くすると磁壁は電流と逆向きに動き、STT が支配的になったことがわかる。このメカニズムを詳細に検討した結果、4 f 電子が磁性を担う Tb と 3 d 電子が磁性を担う Co のスピンの互いに逆向きに結合しているため、Pt 層からのスピン流が減衰せずバルク的に磁性層奥まで侵入することが分かった (Nature Materials)。この臨界膜厚を決めているのは何かを明らかにするため Tb を Gd に変えた GdFeCo 磁性細線で同様の実験を行った。その結果を図 3 に示した。なんと、驚いたことに GdFeCo の場合には、TbCo 層厚が 200nm と分厚くても磁壁は電流方向に動き、SOT が働いていることがわかった。更に、TbCo 層厚を 500nm まで厚くしても磁壁は電流方向に動き、未だに SOT が減衰せずに働いていることが確認できた。この厚みであれば、どのような応用展開にでも利用できるので大いに応用貢献できる結果である。ここには示さないが、更に驚いたことにこの Pt 層を取り除いた Pt 層からのスピン流を取り除いた磁性細線でも SOT が働いていることが分かった。これは高価な Pt を使わなくても SOT を利用できる本研究の画期的な成果である。すなわち、希土類と遷移金属だけで SOT を発現できると言うことである。希土類自体が重金属であり、合金内に組成分布や異方性の分散などの非対称要素が影響した結果かもしれない。

さて、この SOT の原因を調べるために世界中の研究者が盛んに研究を行っている。そこで、本研究では、測定が容易な磁気光学効果による検出を試みた。SOT は伝導現象であるが、光の低エネルギー側の結果にはこの伝導現象が重畳すると考えられる。一般に、磁気光学効果は用いている材料の磁気光学定数がわかれば、計算で求めることが出来る。しかも、過去の多くの研究で様々な材料を多層化しても、その理論計算結果と実験値が良く一致することが明らかになっている。したがって、磁気光学効果の実験値と計算値に差が生じた場合には、その原因が SOT 由来のモノと考えられる。そこで、まずはヘテロ界面が上下面に対象にあり、互いに SOT が打ち消し合うと考えられる Pt/TbCo/Pt 対称構造膜の極磁気光学 Ker 回転角と Kerr 楕円率のスペクトルを測定し、計算値と比較してみた。その結果を図 4 に示す。実験値と測定値が良く一致していることがわかり、SOT は互いにキャンセルしていることがわかる。しかし、図 5 に示すように、片側の Pt 層を取り除いて非対称構造にした場合、Kerr 回転角、Kerr 楕円率両方に実験値と測定値に大きな差が生ずることが分かった (Crystals)。この影響はここには示さないがバルク SOT 効果の大きかった GdFeCo/Pt では更に大きな違いとなって現れることを確認した。もっと確実にこの現象を見るために更なる低エネルギー側での実験を現在進めている。

ところで、磁性細線に電流を印加するとジュール発熱することが考えられる。そこで、図 6 (a) に示す磁性細線及び電極を作成した。磁性細線の積層構造は図 6 (b) に示した。電極に DC 電流を印加した時のナノ MDS で磁性細線の発熱分布を測定した結果が図 6 (c) である。最大発熱部の温度は 34°C で室温 32°C より 2°C くらい発熱していることがわかる。また、熱が基板に逃げるため細線エッジの温度は低くなっていることがわかる。印加した電流は磁壁駆動に必要な電流であるが、実際には 100nsec 以下の短パルスなのでこの観察結果ほどには発熱していないことがわかった。200 μ sec と DC 電流に近いようなパルス電流ではあるが、このパルス電流を印加した時の磁性細線中央部の熱応答測定結果を図 6 (d) に示す。ほとんど DC 電流と思われるようなパルス電流でも熱応答が観察できたが、その温度上昇はわずかであった。更なる短パルス電流での熱応答について現在研究を継続している。

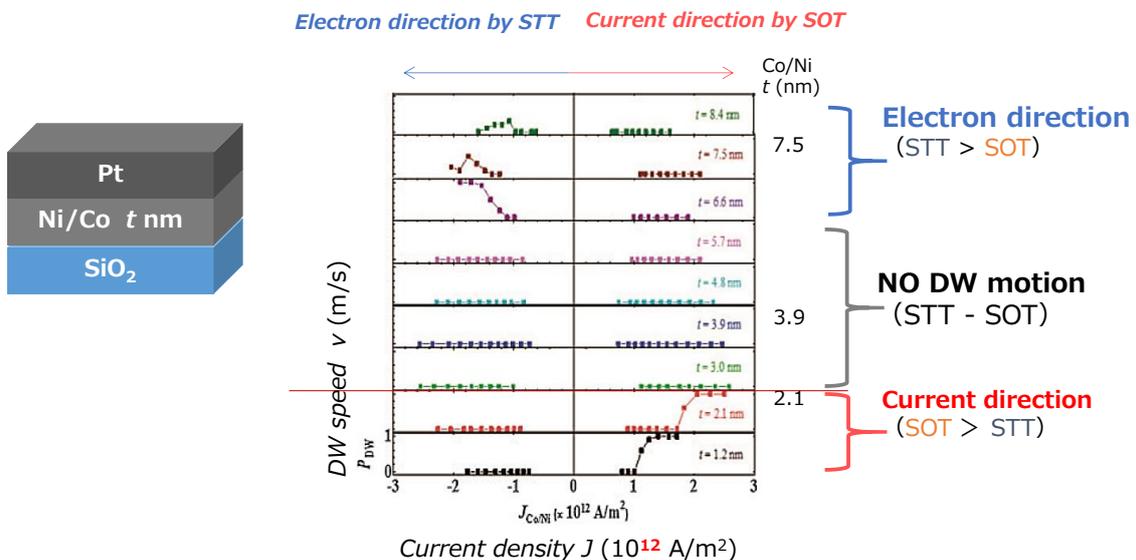


図1 Co/Niフェロ磁性層/Pt磁性細線の電流磁壁駆動における磁性層膜厚依存性

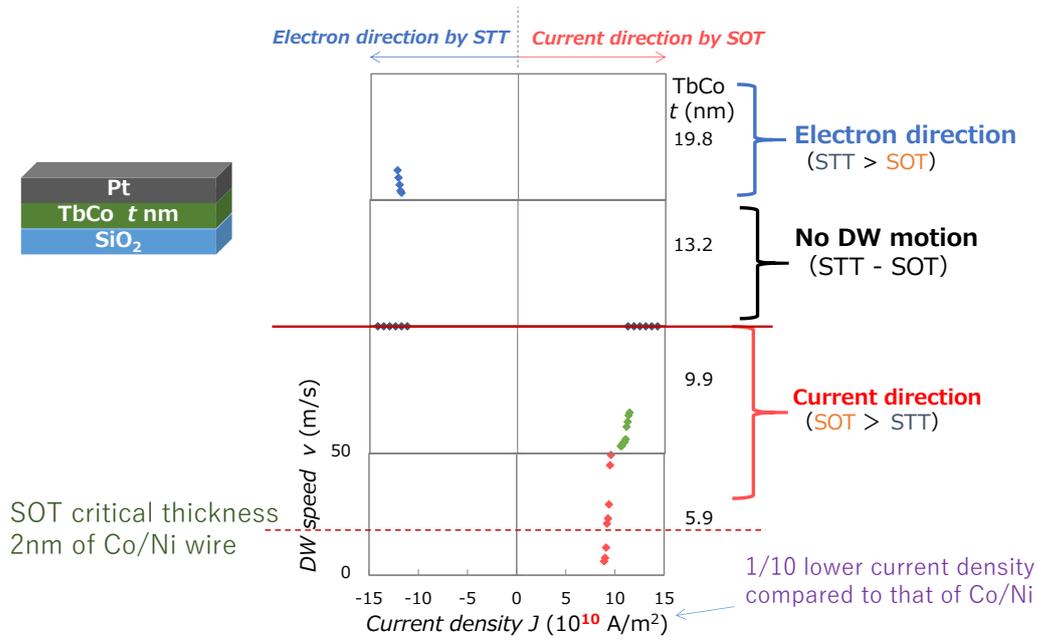


図2 TbCoフェリ磁性層/Pt磁性細線の電流磁壁駆動における磁性層膜厚依存性

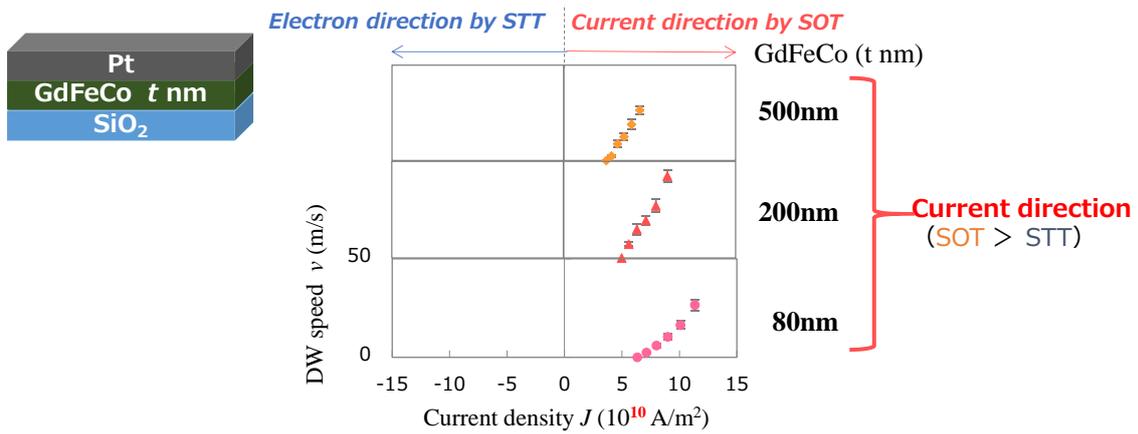


図3 GdFeCoフェリ磁性層/Pt磁性細線の電流磁壁駆動における磁性層膜厚依存性

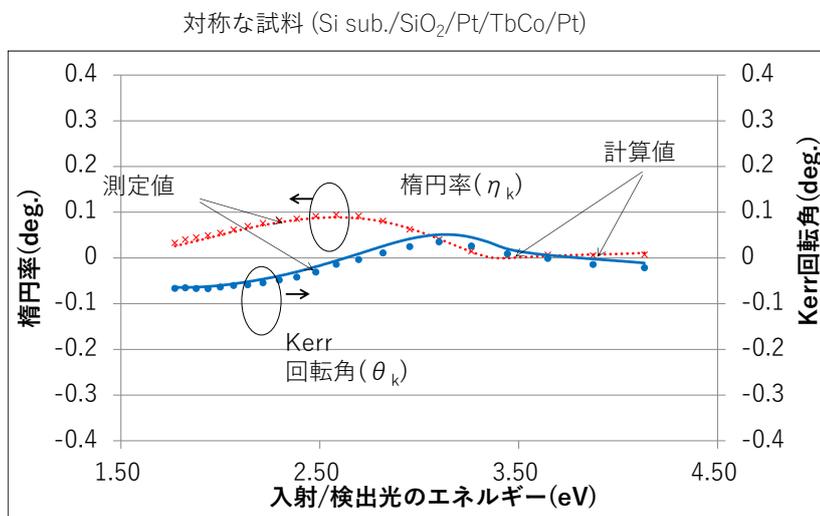


図4 Pt/TbCo/Pt (TbCo両界面がPtで対称構造) 試料の極磁気光学 Kerr効果とKerr楕円率における入射/検出光エネルギー依存性 実験結果と計算結果

非対称な試料(Si sub./SiO₂/SiN/TbCo/Pt)

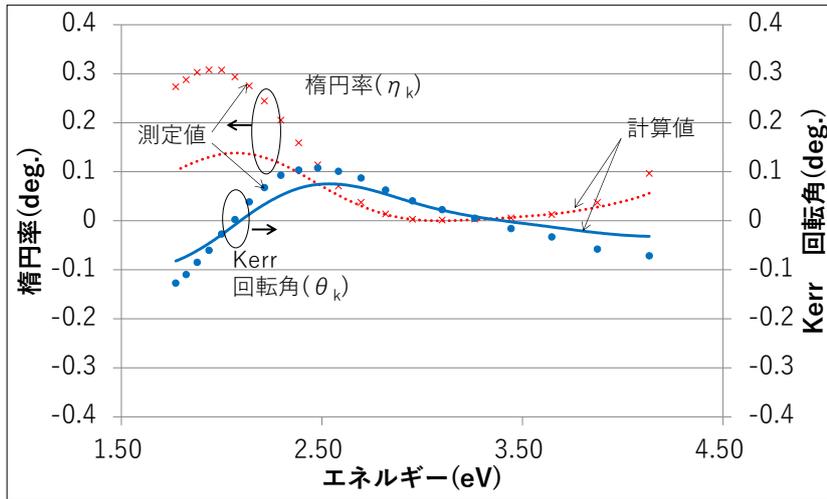


図5 SiN/TbCo/Pt (TbCo片界面だけPtの非対称構造) 試料の極磁気光学 Kerr効果とKerr楕円率の入射/検出光のエネルギー依存性実験結果と計算結果

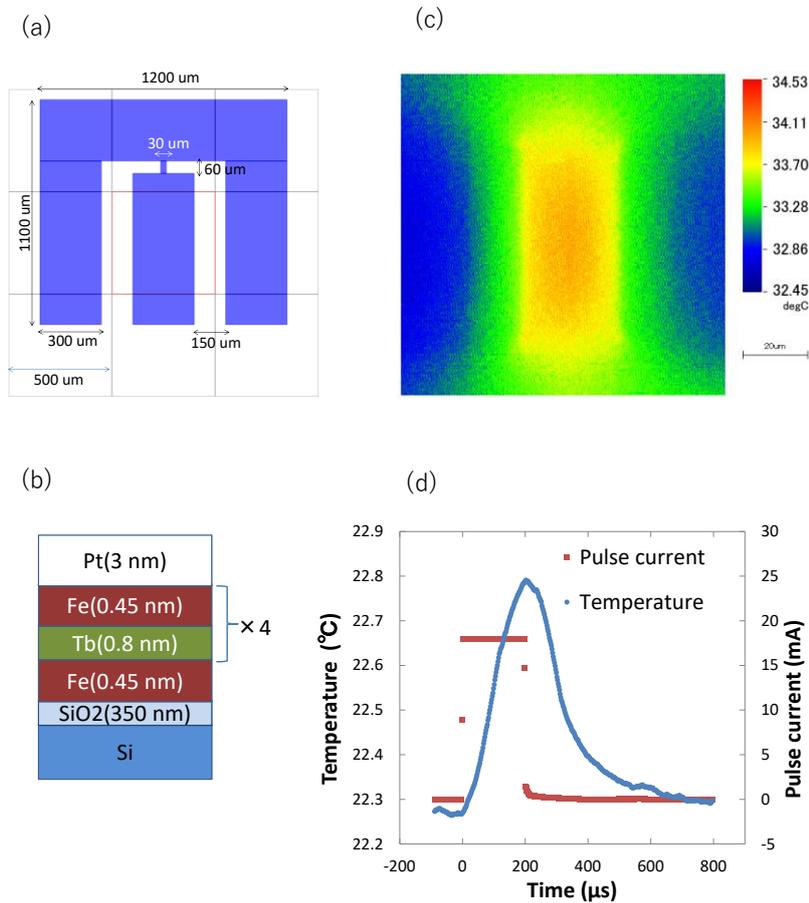


図6 (a) 電流印加により磁性細線の発熱分布を調べるための試料構造
 (b) 磁性細線の積層構造: Si基板/SiO₂/(Fe/Tb多層膜)/Fe/Pt
 (c) DC電流を(a)の電極に $4.9 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ 印加したときの磁性細線発熱分布をナノMDSにて測定した実験結果。最高到達温度は34°C程度である。このとき室温は32°Cなので温度上昇は2°C程度であった。
 (d) パルス幅200 $\mu \text{ sec}$ のパルス電流($4.9 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$)印加したときのナノMDSによる熱応答測定結果。パルス幅はかなり長いのでDC電流と同程度と考えられるが、温度上昇は0.36°C程度であった。また、パルス電流発熱の加熱、冷却応答は遅い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 J. Yu, D. Bang, R. Mitshra, R. Ramaswamy, J. H. Oh, H. J. Park, Y. Jeong, P. V. Thach, D. K. Lee, G. Go, S. W. Lee, Y. Wang, S. Shi, X. Qiu, Hi. Awano, K. J. Lee, H. Yangi	4. 巻 18
2. 論文標題 Long spin coherence length and bulk-like spin-orbit torque in ferrimagnetic multilayers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Materials	6. 最初と最後の頁 29-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41563-018-0236-9	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 S. Iemoto, S. Sumi, P. V. Thach, H. Awano, M. Hayashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Interference Induced Enhancement of Magneto-Optical Effect in Pt/TbCo Hetero-Structured Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst8100377	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 D. Bang, P. V. Thach, H. Awano	4. 巻 3
2. 論文標題 Current-induced domain wall motion in antiferromagnetically coupled structures: Fundamentals and applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Materials and Devices	6. 最初と最後の頁 389-398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsamd.2018.09.003	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 粟野博之, Do Bang, Pham Van Thach	4. 巻 MAG-19-023
2. 論文標題 [Tb/Co]/Pt磁性細線の電流磁壁駆動に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会マグネティックス研究会資料	6. 最初と最後の頁 50-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 家元章吾、鷺見聡、Pham Van Thach, 粟野博之, 林将光	4. 巻 MAG-18-105
2. 論文標題 Pt/TbCoヘテロ界面積層膜における磁気光学効果の波長依存性評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会マグネティックス研究会資料	6. 最初と最後の頁 33-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Satoshi Sumi, Hiroyuki Awano, and Masamitsu Hayashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Interference induced enhancement of magneto-optical Kerr effect in ultrathin magnetic films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038	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 Yuichiro Kurokawa, and Hiroyuki Awano	4. 巻 8
2. 論文標題 Multilayered current-induced domain wall motion in Pt/Tb-Co/Ta/Tb-Co/Pt magnetic wire	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 25309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.501784	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 粟野博之、浅利司、柴田凌輔	4. 巻 117
2. 論文標題 フレキシブルナノインプリントプラスチック基板を用いたバルクスピントルク磁化反転 ~ 大幅な磁化反転電流密度低減	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告書	6. 最初と最後の頁 57-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Do Bang, 鷲見聡、栗野博之	4. 巻 MAG17-148
2. 論文標題 (Tb/Co) /Pt ヘテロ界面磁性細線の電流磁壁駆動	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電気学会マグネティックス研究会資料	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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17件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 H. Awano, C. Y. Wu, H. Kondo, R. Yoshimura, S. Sumi, Y. Kurokawa, D. Bang, P. V. Thach, K. W. Lin
2. 発表標題 Current driven domain wall motion study of magnetic wire with hetero-interface between RE-TM and heavy metal layers
3. 学会等名 The 5th International Conference of Asian Union of Magnetics Societies (IcAUMS 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Awano, P. V. Thach, D. Bang, S. Sumi
2. 発表標題 Spin orbit torque effect of TbCo/Pt magnetic wires
3. 学会等名 ETOPIM11 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Awano, W.C. Ying, R. Yoshimura, S. Sumi, P.V. Thach
2. 発表標題 Influence of the Tb layer on current driven domain wall motion in Pt / Co / Tb magnetic wire
3. 学会等名 INTERMAG 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sawa, M. Kawamoto, S. Sumi, P. V. Thach, K. Tanabe, H. Awano
2. 発表標題 Observation of thermal distribution of magnetic nanowire memory by current injection
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. Iemoto, S. Sumi, H. Awano, M. Hayashi
2. 発表標題 Interference induced enhancement of magneto-optical effect in Pt/TbCo hetero-structured films
3. 学会等名 ETOPIM11 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iemoto, S. Sumi, H. Awano, M. Hayashi
2. 発表標題 Magneto-optical properties of Pt/TbCo heterostructure films
3. 学会等名 INTERMAG 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本 憩, 鷺見 聡, 田辺 賢士, 粟野 博之
2. 発表標題 磁性層/重金属層ヘテロ構造の磁気光学効果
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤 拓哉, 鷺見 聡, 田辺 賢士, 粟野 博之
2. 発表標題 電流磁壁駆動磁性細線の温度分布測定
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 晨、黒川 雄一郎、鷺見 聡、田辺 賢士、粟野 博之
2. 発表標題 厚膜GdFeCo磁性細線における電流誘起磁壁移動
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Awano
2. 発表標題 Spin Orbitoronics study in hetero- structure of ferri-magnetic (RE-TM) and heavy metal Pt
3. 学会等名 IEEE, Progress in electromagnetics Research Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Pham Van Thach, Do Bang, Hiroyuki Awano
2. 発表標題 Fast current-induced domain wall motion in Tb/Co multilayered wires with symmetric structure
3. 学会等名 18th Magnetism and Optics Research International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iemoto, S. Sumi, H. Awano, M. Hayashi
2. 発表標題 Magneto-optical characteristics of Pt/TbCo hetrostructure films
3. 学会等名 18th Magnetics and Optics Research International Simposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyasu Kondo, Yuichiro Kurokawa, Hiroyuki Awano
2. 発表標題 Enhancement of Dzyaloshinsky Moriya interaction in TbFeCo/Co/Pt magnetic layer wires by manipulating Co thin layer thickness
3. 学会等名 IEEE, International symposium on advanced magnetic materials and applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Pham Van Thach, Do Bang, Hiroyuki Awano
2. 発表標題 Enhancement of current induced-domain wall motion in Tb/Co multilayers sandwiched between heavy metal with opposite spin hall angles
3. 学会等名 IEEE, International symposium on advanced magnetic materials and applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 近藤 広泰, 黒川 雄一郎, 栗野 博之
2. 発表標題 TbFeCo/Pt 磁性細線のヘテロ界面に Co 層を挿入したときのスピン軌道相互作用の影響
3. 学会等名 IEEE Magnetics Society 名古屋支部若手研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Do Bang, 鷲見聡、粟野博之
2. 発表標題 (Tb/Co)/Ptヘテロ界面磁性細線の電流磁壁駆動
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 粟野博之、浅利司、柴田凌輔
2. 発表標題 フレキシブルナノインプリントプラスチック基板を用いたパルクスピントルク磁化反転
3. 学会等名 電子情報通信学会Technical Reports
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