

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04471

研究課題名(和文) 擬似反強磁性体を用いたスピントルクデバイスの創製

研究課題名(英文) Fabrication of spin torque devices by using quasi-antiferromagnetic materials

研究代表者

湯浅 裕美(福澤裕美)(Yuasa, Hiromi)

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：20756233

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：一般的な3d遷移金属では数GHzであるスピントルク周波数が高くなることを期待し、特異な90度結合を利用して擬似反強磁性層を作製した。静的な評価から得られた物性値に基づく数値計算により、動的な特性を見積もったところ、スピントルク発振周波数が最大で15GHzであることを導いた。さらに周波数を上げるために、磁化配列の設計を行った。その結果、2層の磁化が垂直と面内磁気異方性を持つとき、90度磁気結合を導入すると、スピントルク周波数が50GHzまで増加した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

磁性薄膜におけるスピントルクは、1996年の理論提唱、2001年の実験実証されて以降、精力的に研究され続け相応の時間が経っているが、明確な応用には結実していない。当初は汎用的な強磁性薄膜で研究され、近年は新たに反強磁性体で新たな物理を見出す研究が盛んである。これに対し、自然界には存在しない擬似反強磁性体を創成し、その物性を実験と計算の両面から明らかにし、周波数の観点では汎用元素を用いても50GHzまで増加できたことは、今後の応用先拡大と学理の深耕に結びつくものである。

研究成果の概要(英文)：Expecting that the spin torque frequency, which is several GHz for general 3d transition metals, will be increased in a quasi-antiferromagnetic layer created using a unique 90-degree coupling. The dynamic characteristics were estimated by numerical calculation based on the physical property values obtained from the static evaluation, that was derived that the spin torque oscillation frequency is 15 GHz at the maximum. In order to further increase the frequency, the magnetization arrangement was designed. As a result, when the magnetization of the two layers had vertical and in-plane magnetic anisotropy, the introduction of 90 degree magnetic coupling increased the spin torque frequency to 50 GHz.

研究分野：磁気デバイス、スピントロニクス

キーワード：スピントルク 磁化発振 周波数 シミュレーション 90度磁気結合

1. 研究開始当初の背景

これまで注目されなかった反強磁性体の物理が俄かに脚光を浴び、強磁性体で確立されている物理現象について反強磁性体ならではの特性を引き出すべく、議論がなされている。反強磁性体は総計で磁化がゼロであることに加え、磁気共鳴の周波数が THz に達するなど[1, 2]、魅力的な物性を兼ね備えているためである。一方、異なる物性ゆえに、強磁性体では容易に観測されてきた物理現象を、反強磁性体で実証することは難しい。その一つはスピントルクによる磁化の発振や反転である。理論的には可能であり、実験的な傍証も示されるものの[3, 4]、強磁性体で得られるような明確で実用的な磁化発振の実証結果は得られていない。原因の一つは、発振周波数を決定するパラメータである有効磁気異方性磁界 $H_{k,eff}$ が大きいことである。図 1 に各種磁性体 (3d 強磁性体、貴金属を含む強磁性体、反強磁性体) の磁気共鳴周波数を依存性として示す。社会利用および学術的に実績のある 3d 元素から成る強磁性体の周波数が数 GHz であるのに対し、反強磁性体は貴金属を含む強磁性体と同様、大きな $H_{k,eff}$ のお陰で高周波が得られるのではあるが、その反面、外部から非常に大きなエネルギーを与えない限りスピンの動きが、つまり発振しないという問題がある。

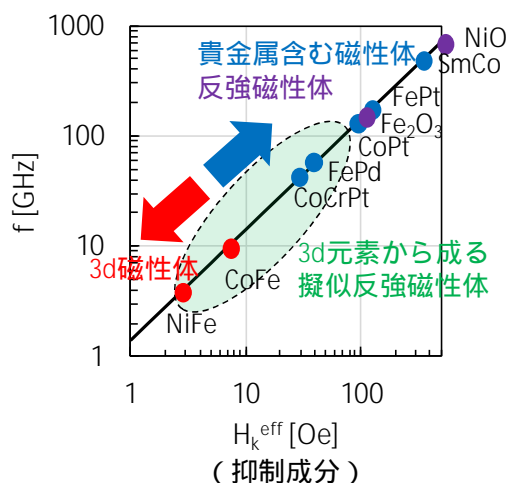


図 1 各種磁性体の磁気共鳴周波数
外部磁場 5 kOe 下、Kittel の式
 $f=(\gamma/2\pi)(H + H_{k,eff})$ で記述。

2. 研究の目的

これに対し、我々の持つ独自技術である 90 度磁気結合を用いて、強磁性体と反強磁性体の中間に相当する擬反強磁性層を創製する[5, 6] (図 2)。真の反強磁性体に比べると磁気共鳴周波数は下がるもののスピントルク発振の実現が期待され、高周波領域への適用が進むのみならず、この特性を解析することにより反強磁性体のスピントルクの実現について議論を進めることも出来る。一方、強磁性体を数 μm の円盤に微細加工することにより、発振周波数をサブ GHz まで 1 桁低減することが報告されている[7]。擬反強磁性層についても、微細加工を施すことで周波数を変化できる可能性がある。本研究の目的は、実証の難しい反強磁性体のスピントルク解明への端緒とし、強磁性体と反強磁性体の中間である擬反強磁性層のスピントルクを実証し、微細加工を取り入れて周波数をワイドレンジに制御することが目的である。

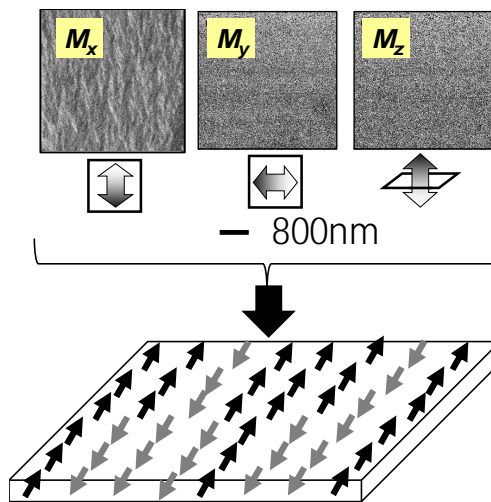


図 2 90 度磁気結合による擬反強磁性層の Spin SEM 像と模式図。磁区が筋状で、磁区の長手方向となる $\pm x$ 成分のみ磁化 (スピン) が存在する。

3. 研究の方法

上述の擬反強磁性体は、これまで巨視的な磁化測定と、2 次元的な磁区構造の Spin SEM 観察からその磁気構造の描像を得てきた。しかし、擬反強磁性体を作製するためには 90 度磁気結合をさせる強磁性体が必要であり、さらにその強磁性体の磁化を固着する反強磁性体も必要である。異種の磁性層が積層された構造では、近接する層の磁化も知る必要がある。これを調べるため、偏極中性子散乱を用いて 3 次元的な磁気構造を調べる。

次に、この磁気構造を念頭におき、数値計算によりスピントランスファートルク (STT : Spin transfer torque) における磁化歳差運動の発振周波数を計算する。LLG 方程式を用いたマイクロマグネティックシミュレーションである。発振閾電流値を実施可能な値へ調整し、STT による擬反強磁性層の発振実証をし、その周波数を見積もる。さらに周波数を有効磁場と電流密度で制御する。

4. 研究成果

(1) 擬似反強磁性の磁気構造解析

磁性酸化層に特有の 90 度磁気結合を用いて、特異な磁気構造をもつ“擬似反強磁性層”を創製した。本プロジェクトの事前実験として、擬似反強磁性層の 2 次元磁気マップを Spin SEM によって観察し、磁化が概ね反平行に配列した筋状の磁区から構成されることを明らかにしていた。ここで、磁化は完全な反平行ではなく少し傾いた成分を持っていることが分かっている。この原因を調べるために、積層体全体の 3 次元的な磁気構造を偏極中性子散乱によって解析した。その結果、擬似反強磁性層の反平行からずれた磁化の成分は、90 度磁気結合の強度に依存して現れることが分かった。擬似反強磁性層をもつ積層体は、総合的に 10 層程度のナノ薄膜から構成される。これほど複雑な積層体の磁化配列を解析するのは容易ではなく、X 線反射率から構造パラメータを算出し、散乱中性子は 2 極でなく 4 極データを用い、計算誤差が収束する事で構造と磁気のパラメータを見積もった。図 3 は、偏極中性子散乱プロファイルから解析により求めた磁化配列である。磁化曲線と対応させて示した。2 つの試料は、磁性積層膜の下地層を変えてある。下地層選択により、90 度磁気結合エネルギーの大きさを制御する方法を実証した。下地層は直接的には積層膜の凹凸を変化し、その凹凸によって 90 度磁気結合エネルギーが変化する。

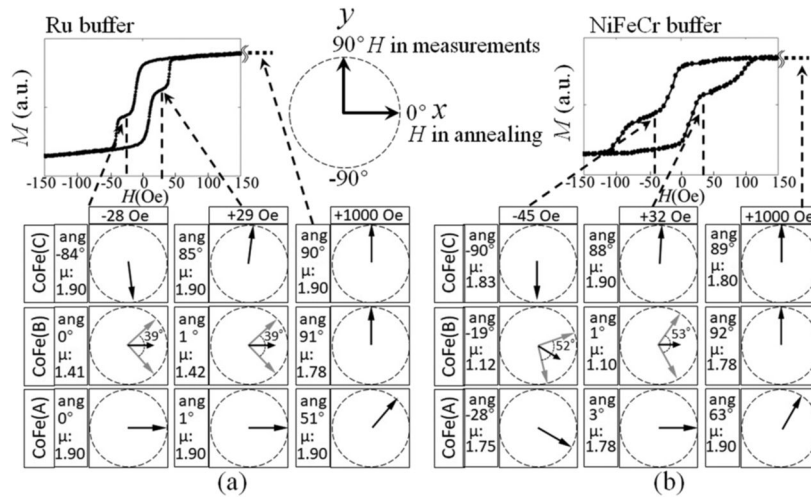


図 3 偏極中性子散乱スペクトルの解析から見積もった磁化配置。

(2) シミュレーションによるスピントルク発振周波数の見積もり

擬似反強磁性層を含む積層体に、電流を流した時のスピントルク発振をシミュレーションによって再現した。実験で確認された磁気構造の膜において、電流を流した時にスピントルク発振が得られる条件、つまり電流値を見出し、その時の発振周波数を見積もった。図 4 は、90 度磁気結合を決定する Biquadratic 結合係数 B_{12} に対する発振周波数を示した図である。その結果、従来の強磁性体よりも発振周波数が高く、さらに、90 度磁気結合エネルギーを強くするほど周波数が高くなることが示唆された。GHz からサブ THz までを繋ぐ可能性が導かれた。一方、このように高い Biquadratic 結合係数 B_{12} は一般的ではない。一般的に得られる 90 度磁気結合の下で周波数を上げる方策を、項目(4)にて行う。

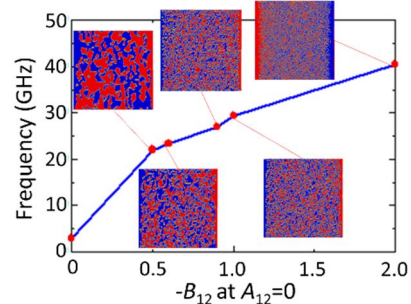


図 4 スピントルク発振周波数の Biquadratic 結合係数 B_{12} 依存性

(3) 静的磁化曲線との対応によるシミュレーションモデルの精度向上

上記のシミュレーションでは、ある磁場における磁化の大きさを再現できる条件を見出すことで、90 度磁気結合を決定する Biquadratic 結合係数 B_{12} を見積もっていた。しかし、磁化を合わせるだけでは冗長性があり、一意に Biquadratic 結合係数 B_{12} を求められているかは曖昧な状況であった。そこで、磁化曲線だけでなく磁区構造まで合わせ込むことで解の冗長性を無くし、より高い精度で Biquadratic 結合係数 B_{12} を求めることを行った。磁区構造は、図 5 左に示すように、高分解能 Kerr 効果顕微鏡で観察した。その結果、Biquadratic 結合係数 B_{12} に空間分布を持たせる必要があり、その分布を制御することで、より正確な値に近い Biquadratic 結合係数 B_{12} を見積もることが出来た。一例を図 5 右に示す。軸構造まで考慮して合致させた計算結果である。

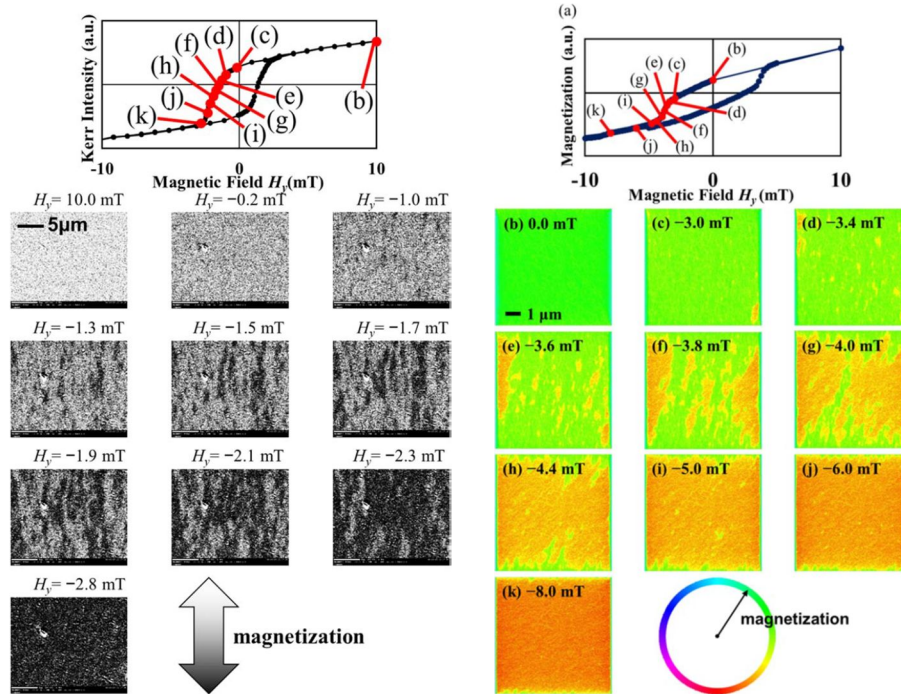


図5 (左図)高分解能 Kerr 効果顕微鏡による磁化曲線と軸構造。
 (右図) Biquadratic 結合係数 B_{12} に空間分布を取り入れたシミュレーション結果。
 平均値 -0.2 mJ m^{-2} , 標準偏差 0.12 mJ m^{-2} の場合。

(4) オルソゴナル構造における周波数向上

一般的に得られる Biquadratic 結合係数 B_{12} において、周波数をさらに向上する方策として、2 層の強磁性層が面内磁化膜と垂直磁化膜で構成されているオルソゴナル構造を導入した。オルソゴナルだけでは磁化反転が容易なため安定発振領域が狭い。90 度磁気結合を導入することで安定な磁化発振を実現する電流領域を拡大することに成功した。オルソゴナル構造と 90 度磁気結合の組み合わせにより、安定なスピントルク発振が得られ、その周波数は 50 GHz に到達した。これは、汎用的な 3d 遷移金属で得られるスピントルク周波数の 10 倍の周波数である。このように広い周波数帯域でのスピントルク磁化発振を得る設計を得た。

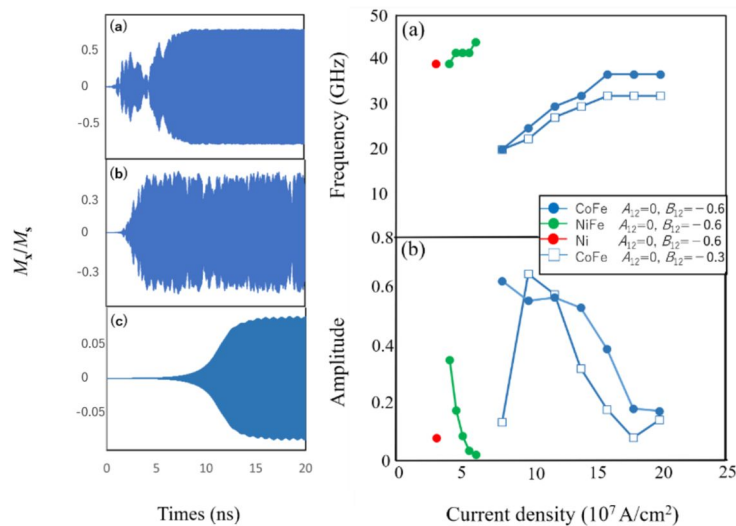


図6 (左図) 磁化発振層が(a) $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$, (b) $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$, (c) Ni の場合のスピントルク発振。
 (右図) 発振周波数と振幅の電流密度依存性。

参考文献

- [1] C. J. Gorter, Rev. Mod. Phys. 25 332 (1953).
- [2] J. Nishitani et al., Appl. Phys. Lett. 96 221906 (2010).

- [3] A. S. Núñez, et al., Phys. Rev. B 73 214426 (2006).
- [4] S. Urazhdin et al., Phys. Rev. Lett. 99 116603 (2007).
- [5] 湯浅裕美その他, 登録特許 4469482 : 2010/03/05 登録 .
- [6] H. Yuasa et al., Digest of 11th Joint MMM-Intermag Conference, GE-09, (2010).
- [7] K. Yamada et al., Nat. Mater, 6 269 (2007).
- [8] C. Chesman et al., Phys. Rev. B 58 101 (1998).
- [9] Miron et al., Nat. Mater. (2010).
- [10] R. Khymyn et al., Sci. Rep. 7 43705 (2017).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Niimura Takumi, Kurokawa Yuichiro, Horiike Shu, Li Houlin, Hanamoto Hiroki, Weber Ramon, Berger Andreas, Yuasa Hiromi	4. 巻 102
2. 論文標題 Influence of interface layer insertion on the spin Seebeck effect and the spin Hall magnetoresistance of Y3Fe5O12/Pt bilayer systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 94411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.094411	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 Mitsuda Akihiro, Kaneda Motoki, Matsutomo Kanta, Kimura Takashi, Yuasa Hiromi	4. 巻 61
2. 論文標題 Pressure Effects on Magnetic and Transport Properties in CoFe-Based Spin Valve	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1483 ~ 1486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MN2019040	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 Li Houlin, Kurokawa Yuichiro, Niimura Takumi, Yamauchi Tomoki, Yuasa Hiromi	4. 巻 59
2. 論文標題 Composition dependence of spin Seebeck voltage in YIG/Pt100-X Ru X, Pt100-X Cu X, and Pt100-X (Cu0.5Ru0.5) XX	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 073001 ~ 073001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab9653	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 Naoki, Horiike Shuu, Kurokawa Yuichiro, Tanaka Terumitsu, Chang Po-Chun, Lin Wen-Chin, Yuasa Hiromi	4. 巻 60
2. 論文標題 Direct observation of magnetic process in quasi-antiferromagnet by high-resolution Kerr microscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SBB105 ~ SBB105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abe5c2	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 G. Nagashima, Y. Kurokawa, Y. Zhong, S. Horiike, D. Schonke, P. Krautscheid, R. Reeve, M. Kl&aui, Y. Inagaki, T. Kawae, T. Tanaka, K. Matsuyama, K. Ohnishi, T. Kimura, and H. Yuasa	4. 巻 126
2. 論文標題 Quasi-antiferromagnetic multilayer stacks with 90 degree coupling mediated by thin Fe oxide spacers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 093901-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5117869	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 Yongshi Zhong, Yuichiro Kurokawa, Gen Nagashima, Shu Horiike, Takayasu Hanashima, Daniel Schnke, Pascal Krautscheid, Robert M. Reeve, Mathias Klau, and Hiromi Yuasa	4. 巻 10
2. 論文標題 Determination of fine magnetic structure of magnetic multilayer with quasi antiferromagnetic layer by using polarized neutron reflectivity analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 015323-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5130445	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 Shuu Horiike, Gen Nagashima, Yuichiro Kurokawa, Yongshi Zhong, Kazuto Yamanoi, Terumitsu Tanaka, Kimihide Matsuyama and Hiromi Yuasa	4. 巻 59
2. 論文標題 Magnetic dynamics of Quasi-antiferromagnetic layer fabricated by 90 degrees magnetic coupling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 10.7567/1347-4065/ab5d62	6. 最初と最後の頁 SGGI02-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab5d62	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 Hiromi Yuasa	4. 巻 2020
2. 論文標題 Fabrication of spin torque devices by using quasi-antiferromagnetic materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 79-81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2020.1.79	査読の有無 無
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 Hashimoto Naoki, Horiike Shuu, Kurokawa Yuichiro, Tanaka Terumitsu, Chang Po-Chun, Lin Wen-Chin, Yuasa Hiromi	4. 巻 60
2. 論文標題 Direct observation of magnetic process in quasi-antiferromagnet by high-resolution Kerr microscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SBB105 ~ SBB105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abe5c2	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 Liu C., Kurokawa Y., Hashimoto N., Horiike S., Tanaka T., Yuasa H.	4. 巻 58
2. 論文標題 Spin Transfer Torque Oscillation in Orthogonal Magnetization Disks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2021.3084608	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 Hamada Yuki, Kurokawa Yuichiro, Yamauchi Tomoki, Hanamoto Hiroki, Yuasa Hiromi	4. 巻 119
2. 論文標題 Anomalous Nernst effect in Fe-Si alloy films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 152404 ~ 152404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0062637	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 Martin Valderrama Carmen, Quintana Mikel, Martinez-de-Guerenu Ane, Yamauchi Tomoki, Hamada Yuki, Kurokawa Yuichiro, Yuasa Hiromi, Berger Andreas	4. 巻 54
2. 論文標題 Insertion layer magnetism detection and analysis using transverse magneto-optical Kerr effect (T-MOKE) ellipsometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 435002 ~ 435002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ac0d2a	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 Yamauchi Tomoki、Hamada Yuki、Kurokawa Yuichiro、Yuasa Hiromi	4. 巻 61
2. 論文標題 Anomalous Nernst effect dependence on composition in Fe _{100-x} Rh _x alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SC1019 ~ SC1019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac3ef1	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21件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Naoki Hashimoto, Shuu Horiike, Yuichiro Kurokawa, Po-Chun Chang, Wen-Chin Lin, Hiromi Yuasa
2. 発表標題 Direct observation of magnetic process in quasi-antiferromagnet by high resolution Kerr microscopy
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Houlin Li, Hiromi Yuasa, Tomoki Yamauchi, Yuichiro Kurokawa
2. 発表標題 Spin Hall Angle Control by Doping Element into Pt Host
3. 学会等名 65th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤本 真大, 伊藤 正裕, 若江 将和, 黒川 雄一郎, 湯浅 裕美
2. 発表標題 TbxFe _{100-x} /Pt細線のスピナービットトルクにおけるTb添加効果
3. 学会等名 2020年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山内友喜, 花本寛気, 黒川雄一郎, 湯浅裕美
2. 発表標題 熱酸化Si基板上におけるCsCl型規則相FeRh合金薄膜成長
3. 学会等名 2020年度応用物理学会九州支部学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒川雄一郎, 濱田勇樹, 湯浅裕美
2. 発表標題 酸化鉄ナノ粒子分散膜を用いたスピン熱電変換の観測
3. 学会等名 第44回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shu Horiike, Gen Nagashima, Yuichiro Kurokawa, Yongshi Zhong, Kazuto Yamanoi, Terumitsu Tanaka, Kimihide Matsuyama, Hiromi Yuasa
2. 発表標題 Magnetic dynamics of quasi-antiferromagnetic layer fabricated by 90 degrees magnetic coupling
3. 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鍾永師, 永島玄, 堀池周, 花島隆泰, 黒川雄一郎, 湯浅裕美
2. 発表標題 90度磁気結合膜の偏極中性子線反射率による微細磁気構造解析
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 Y. Zhong, Y. Kurokawa, G. Nagashima, S. Horiike, T. Hanashima, D. Schnke, P. Krautscheid, R.M. Reeve, M. Klau and H. Yuasa
2. 発表標題 Determination of fine magnetic structure of magnetic multilayer with quasi antiferromagnetic layer by using polarized neutron reflectivity analysis
3. 学会等名 MMM2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本直樹, 堀池周, 鍾永師, 黒川雄一郎, 湯浅 裕美
2. 発表標題 疑似反強磁性層におけるスピホール磁気抵抗の観測
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 2019年

1. 発表者名 Houlin Li, Hiromi Yuasa, Tomoki Yamauchi, Yuichiro Kurokawa
2. 発表標題 Spin Hall Angle Control by Doping Element into Pt Host
3. 学会等名 65th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒川雄一郎, 山田啓介, 谷口知大, 堀池周, 田中輝光, 湯浅裕美
2. 発表標題 低飽和磁化材料をフリー層とするbiquadratic 結合を用いたスピントルクオシレータの基礎検討
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 劉楚寒, 橋本直樹, 堀池周, 黒川雄一郎, 湯浅裕美
2. 発表標題 Biquadratic magnetic coupling dependence on material of spacer
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Chuhan, H. Naoki, H. Shu, Y. Kurokawa and H. Yuasa
2. 発表標題 Spin Transfer Torque Oscillation in Orthogonal Magnetization Disks
3. 学会等名 INTERMAG2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Yuasa
2. 発表標題 Spin Current Enhancement by Inserting Ultra-Thin Magnetic Layer at Interface Between YIG and Pt
3. 学会等名 INTERMAG2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Carmen Martin Valderrama, Mikel Quintana, Tomoki Yamauchi, Yuki Hamada, Yuichiro Kurokawa, Hiromi Yuasa, and Andreas Berger
2. 発表標題 Insertion layer magnetism detection using transverse-MOKE ellipsometry
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Yamauchi, Hamada Yuki, Yuichiro Kurokawa and Hiromi Yuasa
2. 発表標題 Anomalous Nernst effect dependence on composition in Fe ₁₀₀ -XRhX alloys
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichiro Kurokawa, Masahiro Itoh, Masakazu Wakae, Masahiro Fujimoto, Uraku Kamihoki, and Hiromi Yuasa
2. 発表標題 Inactivation of damping like torque in Gd-Fe with small amount of Tb on Ta layer
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本直樹, 黒川雄一郎, 劉楚寒, 田中輝光, 湯浅裕美,
2. 発表標題 2成分磁化を扱うシミュレーションによる希土類フェリ磁性体角運動量補償点におけるスピン移行トルク発振
3. 学会等名 電気関係学会九州支部第74回連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Hamada, Y. Kurokawa, T. Yamauchi and H. Yuasa
2. 発表標題 Anomalous Nernst effect in Fe-Si alloy films
3. 学会等名 2022 Joint MMM-INTERMAG (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 L. Chuhan, Y. Kurokawa, N. Hashimoto, T. Tanaka and H. Yuasa
2. 発表標題 Spin Torque Oscillation Starting-up Time Dependence on the Initial Magnetization Orientation in Orthogonal Magnetization Disks
3. 学会等名 2022 Joint MMM-INTERMAG (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Kurokawa, N. Hashimoto, C. Liu, T. Tanaka and H. Yuasa
2. 発表標題 Sub-THz spin torque oscillation excited by inverse effective spin torque in ferrimagnetic material at angular momentum compensation composition
3. 学会等名 2022 Joint MMM-INTERMAG (国際学会)
4. 発表年 2022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

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