

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 4 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：17H03377

研究課題名(和文) 界面スピン-軌道結合制御と反強磁性スピンメカニクスの学理構築

研究課題名(英文) Control of interfacial spin-orbit coupling and its application to antiferromagnetic spin mechanics

研究代表者

谷山 智康 (TANIYAMA, Tomoyasu)

名古屋大学・理学研究科・教授

研究者番号：10302960

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：反強磁性から強磁性への磁気相転移を示すFeRh規則合金に焦点を当て、その磁気特性に対する4d、5d元素極薄膜の被覆効果と強誘電体とのヘテロ界面における歪効果について調査した。その結果、4d、5d元素極薄膜の被覆がFeRh規則合金薄膜の反強磁性秩序を安定化することを明らかにした。さらに、強磁性領域においては、電界により誘起された界面格子歪が磁気異方性を変調することが明らかとなった。これらの研究成果は、反強磁性スピントロニクスにおける新たな機能創出に繋がる重要な知見と言える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

反強磁性体の磁性制御とそのための学理構築は、外部磁場や電磁波に対して強固な耐性をもつ革新的磁気機能を創出する上で極めて重要である。本研究において得られた原子層被覆に伴う反強磁性秩序の安定化に関する知見は、界面における格子変調や軌道混成効果と磁気秩序の相関に関する物理的情報を提供するという学術意義に止まらず、界面歪を外部制御することで実現可能な新たな低消費電力反強磁性スピントロニクス技術を創出するという観点からも大きな社会的意義を有している。

研究成果の概要(英文)：Focusing on the antiferromagnetic to ferromagnetic phase transition of FeRh ordered alloy, we have investigated the capping effect of a 4d and 5d metal layer and the interfacial strain effect on the magnetic properties of FeRh. We have found that the capping effect has an effect that stabilizes the antiferromagnetic ordering. Moreover, electric-field induced interfacial strain has been found to affect the magnetic anisotropy in the ferromagnetic phase. We consider that these combined results are of importance to develop new functionality in antiferromagnetic spintronics.

研究分野：ナノ磁性、スピントロニクス

キーワード：スピントロニクス 反強磁性 界面 磁性規則合金

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

強磁性体とは対照的に、反強磁性体は物質全体としての磁化を持たないことから、従来デバイス機能において本質的な役割を果たすことは稀であった。一方で、外部磁場や電磁波に対して強固な耐性を持ち、近接干渉効果も小さいため、外乱に対する高い安定性を有している。この長を積極的に活用することで従来にはない磁気機能を創出しようとする分野(反強磁性スピントロニクス)が最近注目を集めている。しかしこの長は、スピン配列(副格子磁化配列)を磁場で制御することが不可能であることを意味し、デバイス機能の創成のための障壁ともなっている。そのため、スピン配列や磁気秩序等の磁気特性の制御手法の構築が大きな課題となっている。このような背景の中、我々は反強磁性秩序と強磁性秩序が拮抗した特異な磁気秩序状態を有する FeRh 合金に注目し、反強磁性-強磁性転移をスピン偏極した電子流で制御したり、反強磁性スピン配列を電流によるジュール発熱効果を利用して制御したりする研究を推進し、この困難の打開策を探求してきた。しかしながら、ジュール発熱による反強磁性スピン配列の制御手法はデバイス応用には不適であり、温度変調することなく磁気特性を操作するための新たな手法の創出が望まれている。また、我々は、強磁性/強誘電性ヘテロ構造における強誘電ドメインの電界制御により強磁性体の磁化配向を制御するための研究を推進してきた。その結果、垂直磁化多層膜の磁化配向を電界のみで膜面に垂直、平行方向で切替えることに成功し、界面におけるスピン-軌道相互作用を電界により操作可能であることが示された。

2. 研究の目的

以上の研究背景のもと本研究では、我々がこれまでに得てきた界面スピン-軌道相互作用の人工的操作などの手法を反強磁性体の磁気特性制御に適用することで、界面スピン-軌道相互作用を系統的に制御し、反強磁性体における磁気特性変調に関する学理を構築し、反強磁性体の磁気特性を制御するための新しい手法を提案・実証することを目的としている。

3. 研究の方法

反強磁性-強磁性転移を示す B2 規則構造を有する FeRh 規則合金に焦点を当て、格子変調や原子層被覆に伴う磁気特性の制御手法を構築するために、以下の研究項目を実施した。

- (1) マグネトロンスパッタ法および MBE 法を用いた FeRh 薄膜のエピタキシャル成長
- (2) 4d, 5d 元素極薄膜被覆した FeRh 薄膜の作製と磁気・電気特性評価
- (3) FeRh 薄膜/強誘電体ヘテロ構造における分極依存磁気特性

4. 研究成果

(1) マグネトロンスパッタ法および MBE 法を用いた FeRh 薄膜のエピタキシャル成長
マグネトロンスパッタ法を用いて Ar 分圧を制御することで反強磁性-強磁性転移を示す FeRh 薄膜を作製した。しかしながら、作製した FeRh 薄膜の磁気転移温度はバルク値よりも高く、また磁気転移の温度域が広いなど、理想的な FeRh 薄膜を作製することができなかった。そこで、成膜手法を MBE 法に変更し基板温度 620°C で FeRh 薄膜を成長した。その結果、明瞭な反強磁性-強磁性磁気相転移を示す FeRh エピタキシャル薄膜を作製することに成功した。

(2) 4d, 5d 元素極薄膜被覆した FeRh 薄膜の作製と磁気・電気特性評価

上記において確立した FeRh エピタキシャル薄膜成膜法を用いて高品質な FeRh 薄膜を作製し、さらに現有の MBE 装置を改良することで、シャドウマスク法により FeRh エピタキシャル薄膜の半面に室温で大気暴露することなく 4d, 5d 元素極薄膜を被覆し、

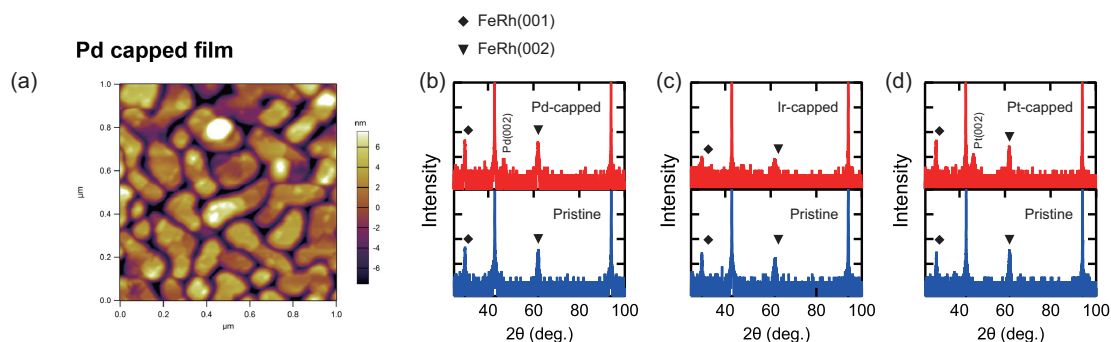


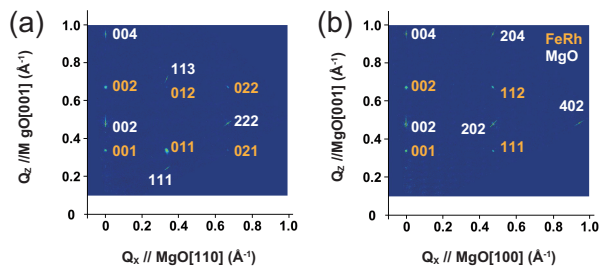
図 1 (a)Pd 被覆 FeRh 薄膜の AFM 像。(b) Pd 被覆 FeRh 薄膜、(c) Ir 被覆 FeRh 薄膜、(d) Pt 被覆 FeRh 薄膜の XRD パターン。

被覆の前後で構造、磁気特性等が変調される様子を調査した。4d, 5d 元素として、具体的には Pd, Ir, Pt を選択した。作製した Pd 被覆 FeRh 薄膜の原子間力顕微鏡 (AFM) 像を図 1(a) に示す。作製した薄膜は島状構造を持つことがわかる。本研究では、4d, 5d 元素薄膜の被覆による格子変調やスピン-軌道相互作用の変調効果を探求することを目的としているため、より被覆面積が大きくなる島状 FeRh 薄膜を得る成膜条件を意図的に選択して、FeRh 薄膜を作製した。図 1(b)-(d) に作製した 4d, 5d 元素極薄膜被覆 FeRh 薄膜の X 線回折 (XRD) パターンを示す。Pristine が被覆前、Capped が被覆後の XRD パターンを示す。被覆前の XRD パターンにはいずれも FeRh の (h00) 反射のみが見られ、良好なエピタキシャル成長が確認される。また、(100) ピークの存在から、FeRh 薄膜が B2 規則構造を持つことがわかる。さらに、XRD パターンからそれぞれの FeRh 薄膜の面直格子定数を算出すると、Pd, Ir, Pt 被覆した試料に対して、被覆前の格子定数がそれぞれ、2.992 Å, 2.998 Å, 2.991 Å であり、被覆後の格子定数がそれぞれ、2.991 Å, 2.998 Å, 2.991 Å となり、被覆前後で格子定数の有意な変化は認められなかった。次に、X 線逆格子空間マッピング (RSM) により面内格子定数を調査した結果を図 2 に示す。いずれの薄膜も面内の格子は MgO(001) 基板に拘束されており、Pd 被覆に伴う明瞭な格子変調の効果は見られない。以上の結果より、4d, 5d 元素薄膜の被覆によって FeRh 薄膜の格子は有意な変調を受けないことがわかる。

次に、それぞれの薄膜について反強磁性-強磁性転移温度への影響を調べるため、磁化の温度依存性を調査した。図 3 に結果を示す。FeRh の磁気相転移は 1 次転移であることから相転移が昇温、降温過程で温度履歴を伴うが、いずれの薄膜に対しても 4d, 5d 元素薄膜を被覆することで磁気相転移温度が上昇することがわかる。より定量的には、磁気相転移温度を温度履歴の中間温度で定義すると、相転移温度は Pd, Ir, Pt 被覆した試料に対して、被覆前の相転移温度がそれぞれ、364K, 388K, 376K であり、被覆後の相転移温度がそれぞれ、369K, 415K, 384K となった。特に Ir 被覆の薄膜において相転移温度の上昇が顕著である。さらに Ir 被覆の FeRh 薄膜では、温度履歴が小さくなる一方で、相転移がより緩慢に進む傾向が観測される。従って、以上の結果から、4d, 5d 元素薄膜の被覆が反強磁性秩序をより安定化すると結論づけられる。

FeRh 規則合金の磁気相転移温度の変調効果に関連して、これまでに元素置換効果、界面格子歪効果等の研究が報告されている。元素置換効果では、Pd 置換 FeRh において相転移温度が低下し、Ir 及び Pt 置換 FeRh において相転移温度が上昇することが報告されている。しかしながら、本研究では、Pd 被覆 FeRh 薄膜においても相転移温度が上昇していることから、成膜中に Pd 原子が FeRh 薄膜に混入した、いわゆる Pd 原子の界面拡散効果では本研究結果を説明することはできない。また、界面格子歪効果の既往研究では、界面圧縮歪みにより反強磁性秩序が安定化することが報告されている。しかし、

Pristine film



Pd-capped film

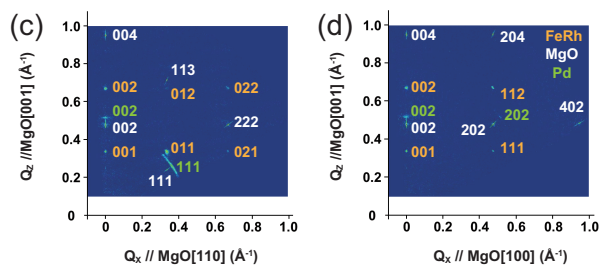


図 2 Pd 被覆前後における FeRh 薄膜の RSM パターン。

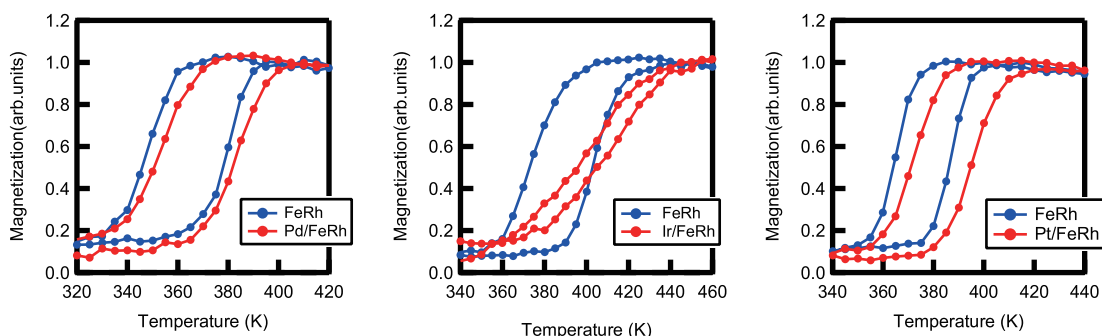


図 3 4d, 5d 元素薄膜の被覆前後における FeRh 薄膜の磁化の温度依存性

本研究において得られた 4d, 5d 元素薄膜の被覆による格子変形の効果は確認できていない。従って、4d, 5d 元素極薄膜の被覆に伴う格子変形の効果を反強磁性秩序の安定化の原因として結論づけることはできない。しかしながら X 線回折による検出限界以下の界面数原子層が格子変形を受け、結果として薄膜全体に磁気相転移が誘発された可能性を否定することはできないため、格子歪に起因する反強磁性秩序の安定化の有無に関してはさらなる実験的検証が必要であると考えられる。一方で、4d, 5d 元素は大きなスピン-軌道相互作用を有することから、界面での FeRh におけるスピン-軌道相互作用の変調効果が磁気異方性や磁気秩序の安定化に影響を与える可能性がある。この原因についても X 線磁気円二色性等の測定による軌道角運動量の変化などを通して今後解明してゆく必要がある。

(3) FeRh 薄膜/強誘電体ヘテロ構造における分極依存磁気特性

格子変調効果が $\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x$ 薄膜の磁気特性に与える影響を調べるために膜厚 30 nm の FeRh 薄膜/強誘電体 PMN-PT (001) ヘテロ構造を作製し、PMN-PT の強誘電分極の反転に伴う磁気異方性の変調効果について強磁性共鳴 (FMR) を用いて調査した。FMR を用いて調査するために本研究では、 $\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x$ 薄膜が室温で強磁性秩序を示す $x=0.3$ の組成領域における FeRh 合金を選択した。FeRh エピタキシャル薄膜を強誘電体 PMN-PT 上に成長するために下地層に膜厚 10 nm の SrTiO_3 薄膜を用いた。X 線回折による構造評価の結果、FeRh エピタキシャル薄膜を得ることに成功した。さらに、FeRh 薄膜は PMN-PT 基板に対して薄膜面内で 45° 回転して格子整合することが確認された。作製した FeRh/PMN-PT ヘテロ構造に対して、PMN-PT を基板面直の正負方向にそれぞれ分極させた後、FeRh の FMR 測定を行った。その結果、PMN-PT 薄膜の分極方向に依存した明瞭な FMR スペクトルの変化が観測された。特に、周波数 7.7 GHz においてその傾向が顕著になることが確認された。この分極方向に依存する FMR スペクトルの変調は FeRh の磁気異方性の変調効果と考えることができる。FeRh の磁気異方性の変調効果の起源として、PMN-PT の分極方向に依存する界面分極電荷の効果と PMN-PT の強誘電ドメイン構造の変化による界面歪効果が考えられる。しかしながら、FeRh 薄膜の膜厚が 30nm と比較的厚いことを考慮すると、前者の界面分極電荷の効果が金属 FeRh 中での遮蔽効果により大きな影響を与えたとはいえにくい。従って、後者の界面歪の効果がより支配的であると考えられる。一般に PMN-PT は 8 つの等価な $\langle 111 \rangle$ 方向を分極安定方向とし、分極反転に伴いそのいずれかの方向に分極を安定化させる。その際、 71° 分極反転過程と 180° 分極反転過程では反転の前後で界面歪に変化は生じない。一方で、 109° 分極反転過程では反転の前後で界面歪方向が 90° 回転する。そのため、本研究においては、FeRh/PMN-PT 界面において分極が 109° 分極反転過程を通して反転して FeRh 薄膜に歪が誘起され、結果として FeRh 薄膜の磁気異方性を変調されたと理解される。以上の結果は、FeRh 薄膜の磁気特性を電界を用いて制御可能であることを実証した結果と言える。

以上のように、本研究では、FeRh 薄膜の磁気秩序に対する 4d, 5d 元素極薄膜の被覆効果及び強誘電体による界面歪効果を通して、FeRh の磁気特性の制御手法について検討した。その結果、磁気秩序を界面被覆により制御できることを実証し、磁気異方性を電界で制御可能であることを示すことに成功した。一方で、そのメカニズムに関しては、現状では明確に結論づけることができず、今後、より微視的な実験的検証が必要であると言える。にもかかわらず、本研究において得られた知見は、反強磁性体の磁気特性を外部制御するための一手法を提案するものであり、今後の物理的メカニズムの解明を通して、本手法を反強磁性スピントロニクスにおいて利用した新たな機能性の創出に繋がることを期待したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 T. Taniyama, Y. Shirahata, R. Shiina, E. Wada, and M. Itoh	4. 巻 2017
2. 論文標題 Thermally driven magnetization switching of perpendicularly magnetized multilayers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. IEEE Nano 2017	6. 最初と最後の頁 1023-1026
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/NANO.2017.8117394	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 V. Gorige, A. Swain, K. Komatsu, M. Itoh, and T. Taniyama	4. 巻 11
2. 論文標題 Magnetization reversal in Fe/BaTiO ₃ (110) heterostructured multiferroics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi (RRL)- Rapid Research Letters	6. 最初と最後の頁 1700294
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1002/pssr.201700294	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. Tanaka, T. Moriyama, T. Usami, T. Taniyama, and T. Ono	4. 巻 11
2. 論文標題 Spin torque in FeRh alloy measured by spin-torque FMR	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Express	6. 最初と最後の頁 13008
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.7567/APEX.11.013008	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 A. Swain, K. Komatsu, M. Itoh, T. Taniyama, and V. Gorige	4. 巻 8
2. 論文標題 Strain-mediated magnetic response in La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /SrTiO ₃ /La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /BaTiO ₃ structure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 55808
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1063/1.5006597	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 S. Isogami and T. Taniyama	4. 巻 215
2. 論文標題 Strain mediated in-plane uniaxial magnetic anisotropy in amorphous CoFeB films based on structural phase transitions of BaTiO ₃ single-crystal substrates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi (a)	6. 最初と最後の頁 1700762
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.201700762	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. Ban, K. Komatsu, S. Sakuragi, T. Taniyama, H. Kageshima, and T. Sato	4. 巻 112
2. 論文標題 Change in magnetization of ferromagnetic Pd(001) ultrathin films induced by the strain effect of BaTiO ₃	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 142409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5020956	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 J. Okabayashi, Y. Miura, and T. Taniyama	4. 巻 4
2. 論文標題 Strain-induced reversible manipulation of orbital magnetic moments in Ni/Cu multilayers on ferroelectric BaTiO ₃	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj Quantum Mater.	6. 最初と最後の頁 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41535-019-0159-y	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. Usami, M. Itoh, and T. Taniyama	4. 巻 115
2. 論文標題 Compositional dependence of Gilbert damping constant of epitaxial Fe _{100-x} Rh _x thin films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 142403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5120597	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 S. P. Pati and T. Taniyama	4. 巻 53
2. 論文標題 Voltage-driven strain-induced coexistence of both volatile and non-volatile interfacial magnetoelectric behaviors in LSMO/PMN-PT (001)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. D: Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 54003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab50e7	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43件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 21件)

1. 発表者名 T. Usami, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Long Range Spin Wave Propagation in Ordered Ferromagnetic FeRh
3. 学会等名 SpinTECH IX (International school and conference 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Ban, K. Komatsu, S. Sakuragi, T. Taniyama, H. Kageshima, and T. Sato
2. 発表標題 Mangeto-elastic Effect on Ferromagnetism Induced by Quantum-well States in Pd Thin Film
3. 学会等名 International Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宇佐見, Bali, Lindner, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 反強磁性/強磁性界面を有する細線における強磁性共鳴
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Usami, R. Bali, J. Lindner, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 FMR Linewidth Variation with Distance from Lateral Antiferromagnet/Ferromagnet Interfaces
3. 学会等名 Magnetic and Optics Research International Symposium (MORIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taniyama, Shirahata, Shiina, Wada, and Itoh
2. 発表標題 Thermally driven magnetization switching of perpendicularly magnetized multilayers
3. 学会等名 17th IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小松, 鈴木, 青木, 瀧崎, 安井, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 面内強誘電 BaTiO ₃ 薄膜上に作製した Cu/Ni 多層膜における垂直磁気異方性
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

1. 発表者名 J. Okabayashi, T. Taniyama
2. 発表標題 Relationship between strain and orbital magnetic moments in Ni/Cu multilayers studied by electric-field-induced XMCD and first-principle calculation
3. 学会等名 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡林 , 谷山
2. 発表標題 Ni/Cu 多層構造の電場誘起XMCD
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 坂, 小松, 櫻 , 谷山, 影島, 佐藤
2. 発表標題 BaTiO ₃ が誘導する歪みを利用した電界印加による Pd 薄膜の強磁性制御
3. 学会等名 日本物理学会 2017 年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Swain, K. Komatsu, M. Itoh, T. Taniyama, and V. Gorige
2. 発表標題 Strain mediated magnetic response in La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /SrTiO ₃ / La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ /BaTiO ₃ structures
3. 学会等名 62nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Komatsu, I. Suzuki, T. Aoki, Y. Hamasaki, S. Yasui, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Perpendicular Magnetic Anisotropy of CuNi Multilayers on in-Plane Polarized Ferroelectric Epitaxial BaTiO ₃ Thin Films
3. 学会等名 62nd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Taniyama
2. 発表標題 Reversal control of magnetic domain walls in perpendicularly magnetized multilayer/ferroelectric heterostructures
3. 学会等名 NPG Asia Materials Future Materials Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 I. Kokawa, K. Komatsu, T. Usami, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Magnetoelastic modulation of perpendicular magnetic anisotropy of Co/Ni multilayer/BaTiO ₃
3. 学会等名 Magnetic and Optics Research International Symposium (MORIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂, 小松, 櫻木, 谷山, 影島, 佐藤
2. 発表標題 BaTiO ₃ を用いた歪み印加による Pd(100) 薄膜の強磁性変調
3. 学会等名 日本物理学会第 73 回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 粉川, 小松, 宇佐見, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 磁気弾性効果による Co/Ni 多層膜の磁気異方性変化
3. 学会等名 日本物理学会第 73 回 年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Taniyama
2. 発表標題 Electric field control of perpendicular magnetic anisotropy in multiferroic heterostructures
3. 学会等名 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 宇佐見, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 FexRh1-x合金薄膜におけるダンピング定数の組成依存性
3. 学会等名 日本物理学会 2018 年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷山
2. 発表標題 界面マルチフェロイクスの基礎と応用
3. 学会等名 強的秩序とその操作に関する研究グループ第7回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Taniyama
2. 発表標題 Strain transfer effects on magnetism at ferromagnetic/ferroelectric interfaces
3. 学会等名 14th IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XIV) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Usami, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Compositional Dependence of Gilbert Damping in FexRh1-x Thin Films
3. 学会等名 2019 Joint MMM-Intermag (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Noda, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Capping effect of 4d,5d metal layers on magnetism of FeRh thin films
3. 学会等名 International School on Spintronics and Korea-Japan Spintronics Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 I. Kokawa, T. Usami, M. Itoh, T. Taniyama
2. 発表標題 Magnetic anisotropy and spin dynamics in [Co/Ni] multilayers/BaTiO3
3. 学会等名 International School on Spintronics and Korea-Japan Spintronics Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Usami, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Gilbert Damping in FexRh1-x thin films
3. 学会等名 International School on Spintronics and Korea-Japan Spintronics Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇佐見, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 Fe _{1-x} Rh _x 規則合金薄膜におけるダンピング定数評価
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 谷山
2. 発表標題 マルチフェロイック材料の話
3. 学会等名 第 9 回磁気センサの高機能とシステム化調査専門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Usami, T. Noda, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Modification of the phase transition of FeRh thin films induced by capping of heavy metals
3. 学会等名 Joint European Magnetic Symposia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Usami, M. Itoh, T. Taniyama
2. 発表標題 Low Gilbert damping in ordered Fe _{1-x} Rh _x thin films
3. 学会等名 Joint European Magnetic Symposia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇佐見, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 Fe _{1-x} Rh _x 規則合金におけるダンピング定数の温度依存性
3. 学会等名 日本物理学会 2019 年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. P. Pati, T. Usami, T. Taniyama
2. 発表標題 Effect of lattice mismatch induced strain on dynamic magnetic properties of La _{1-x} Sr _x MnO ₃ films
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 石川, 谷山
2. 発表標題 [Co/Ni] 多層膜 /PMN-PT 界面マルチフェロイク構造における磁気異方性
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 S. P. Pati, T. Taniyama
2. 発表標題 Tuning Curie temperature of La _{1-x} Sr _x MnO ₃ - films by oxygen defect induced lattice strain
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 谷山
2. 発表標題 界面マルチフェロイク材料の創製とその機能応用
3. 学会等名 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Zheng, T. Usami, T. Taniyama
2. 発表標題 Voltage control of ferromagnetic resonance in FeRh/PMN-PT multiferroic heterostructures
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 T. Taniyama
2. 発表標題 Interfacial multiferroics for low energy spintronic applications
3. 学会等名 NPG Asia Materials Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. P. Pati, T. Usami, and T. Taniyama
2. 発表標題 Magnetization dynamics of epitaxially grown manganite thin films on (001) oriented ferroelectric PMN-PT substrates
3. 学会等名 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Okabayashi, Y. Miura and T. Taniyama
2. 発表標題 Strain-induced reversible manipulation of orbital magnetic moments in Ni/Cu multilayers on ferroelectric BaTiO ₃
3. 学会等名 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ishikawa and T. Taniyama
2. 発表標題 Electric field induced magnetic anisotropy in [Co/Ni]/PMN-PT multiferroic heterostructures
3. 学会等名 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷山
2. 発表標題 界面マルチフェロイクスにおける電気磁気効果
3. 学会等名 CSRN-Tokyo ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. P. Pati and T. Taniyama
2. 発表標題 Voltage controlled interfacial magnetoelectric effects mediated by piezoelectric strain
3. 学会等名 IEEE Magnetics Society Nagoya Chapter 若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Usami, M. Itoh, and T. Taniyama
2. 発表標題 Temperature dependence of Gilbert damping constant of FeRh thin films
3. 学会等名 New Perspective in Spin Conversion Science (NPSCS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. P. Pati, T. Taniyama
2. 発表標題 Voltage induced multilevel nonvolatile switching of perpendicular magnetization in an interfacial multiferroic heterostructure
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 S. P. Pati, T. Taniyama
2. 発表標題 Voltage induced magnetization variation in LSMO/PMN-PT heterostructures
3. 学会等名 日本物理学会第 75 回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇佐見, 伊藤, 谷山
2. 発表標題 FeRh 規則合金薄膜のダンピング定数と有効磁化の温度依存性
3. 学会等名 日本物理学会第 75 回年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 T. Taniyama	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 14
3. 書名 "Interface-Related Magnetic Phenomena in Novel Heterostructures" in Novel Structured Metallic and Inorganic Materials	

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ www.j-group.phys.nagoya-u.ac.jp
--

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
---------------------------	-----------------------	----