

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04464

研究課題名（和文）スピントロニクス素子の磁化反転における動的電子状態をさぐる

研究課題名（英文）Dynamic behaviour of electronic states of spintronics device during magnetization switching

研究代表者

櫻井 浩（Sakurai, Hiroshi）

群馬大学・大学院理工学府・教授

研究者番号：80251122

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：1. CoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta多層膜における磁気コンプトン散乱・X線磁気円二色性スペクトルを用いた磁化反転挙動の測定：X線磁気円二色性スペクトル解析から求めたFeあるいはCo原子の軌道磁化曲線・スピン磁化曲線における磁化反転挙動は一致した。またSQUID磁力計で求めた磁化曲線ともおおむね一致した。

2. ナノ構造を有するFe/Co多層膜における磁化反転挙動と磁歪の測定：磁歪の磁場依存性と磁気コンプトンプロファイルの磁場依存性を解析して求めた磁気量子数別磁化曲線を比較した結果、磁歪が磁気量子数 $|m|=2$ の対称性に起因する可能性があることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、磁気コンプトン散乱・X線磁気円二色性スペクトルの磁場依存性を解析することで、スピン磁化曲線・軌道磁化曲線・磁気量子数選択磁化曲線を測定する手法が開発された。開発された手法を用いて、磁化反転や磁歪などマクロな特性を支配する電子状態が明らかになってきた。これらの成果により、低消費電力で駆動するスピントロニクスデバイスの開発に資すると期待される。

研究成果の概要（英文）：We measured magnetic field dependence of X-ray magnetic circular dichroism (XMCD) spectra for CoFeB/MgO and CoFeB/Ta multilayers. Orbital specific magnetic hysteresis (OSMH) curves and spin specific magnetic hysteresis (SSMH) curves were obtained from magneto optical sum rule. The spin specific magnetic hysteresis curves were also obtained from magnetic Compton scattering (MCS). The spin specific magnetization curves by the XMCD agree with those by the MCS well. The magnetic switching behavior agree between the orbital magnetization and spin magnetization. We measured magnetic field dependence of the magnetostriction for the Fe/Co multilayers with nanostructure. The magnetic quantum number selective magnetic hysteresis curves are obtained from the analysis of the magnetic field dependence of MCS for the Fe/Co multilayers. Our results show that magnetic field dependences of the magnetostriction for the Fe/Co multilayers are dominated by the magnetic quantum number of $|m|=2$ states.

研究分野：電気電子材料

キーワード：磁気コンプトン散乱 スピントロニクス 磁歪 軌道磁化曲線 スピン磁化曲線 磁気量子数別磁化曲線 X線磁気円二色性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

今後のIoTの進展に伴い消費電力・必要とされる素子数が増加すると予想され、素子の対する揮発性・高速性・耐久性・低消費電力などが求められている。磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)は記憶素子として有力視され、研究が進められている。一方、微細化に伴いセルサイズが小さくなると反磁化効果による書き込み電流の増大、熱擾乱など問題が指摘されている。そこでデバイスの駆動電流を低減するため、電場誘起磁化反転、電流駆動磁化反転、熱アシスト・マイクロ波アシスト磁化反転などが提案されている。従来の磁化反転挙動はLandau-Lifshitz-Gilbert(LLG)方程式に基づく検討がされているが、磁化反転に寄与する磁気モーメントの大きさは静的に扱われ、磁化反転過程における電子状態は変化しないと考えている。一方、磁化反転に伴い電子状態が変化している可能性があり、それらは磁歪等の効果に寄与していると考えられるが、そのような効果を考慮した研究は少ない。そこで本研究ではCoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta多層膜における磁気コンプトン散乱・X線磁気円二色性スペクトル解析を用いた磁化反転挙動の測定を行う。さらにナノ構造を有するFe/Co多層膜の磁化反転挙動と磁歪の測定を行う。

2. 研究の目的

- (1)CoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta多層膜における磁気コンプトン散乱・X線磁気円二色性スペクトルを用いた磁化反転挙動の測定
- (2)ナノ構造を有するFe/Co多層膜における磁化反転挙動と磁歪の測定

3. 研究の方法

- (1)CoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta多層膜における磁気コンプトン散乱・X線磁気円二色性スペクトルを用いた磁化反転挙動の測定
高周波スパッタ法を用いてCoFeB(4nm)/MgO(1nm)およびCoFeB(4nm)/Ta(1nm)多層膜を作製した。Alフォイル基板あるいはSi基板を用いた。膜厚はいずれも1000nmであった。MgO層は(001)面が配向していたがCoFeB層はアモルファス相であった。SPRING-8-BL08Wで得られる182.6keVの楕円偏光X線を用いて磁気コンプトン散乱の磁場依存性を測定しスピン選択磁化曲線を測定した。また、KEK-PF-BL16AでFe-L_{2,3}端およびCo-L_{2,3}端におけるX線磁気円二色性スペクトルの磁場依存性を解析し、有効スピン磁化曲線および軌道磁化曲線を測定した。
- (2)ナノ構造を有するFe/Co多層膜における磁化反転挙動と磁歪の測定
高周波スパッタ法を用いてFe(xnm)/Co(xnm)(x=1,2,4,8)多層膜を作製した。Alフォイル基板あるいはSi基板には1000nm、ひずみゲージ(東京測器研究所ZFLA-1-11)上に2500nm製膜した。SPRING-8-BL08Wで得られる182.6keVの楕円偏光X線を用いて磁気コンプトン散乱の磁場依存性を測定しスピン選択磁化曲線を測定した。また、磁気コンプトンプロファイルを解析して磁気量子数選択的磁化曲線を求めた。

4. 研究成果

- (1)CoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta多層膜における磁気コンプトン散乱・X線磁気円二色性スペクトル解析を用いた磁化反転挙動の測定

CoFeB/MgOおよびCoFeB/Taを対象として、磁場を膜面垂直に印可してX線磁気円二色性スペクトルの磁場依存性を測定し、磁気光学総和側[1, 2]からスピン磁気モーメント・磁気双極子項の和の磁場依存性($M_{seff}(H)$)、有効スピン磁化曲線と軌道磁気モーメント磁場依存性($M_l(H)$)、軌道磁化曲線を求めた。Fig. 1にCoFeB/MgOの $M_{seff}(H)$ を示す。磁化の値は磁気飽和している2.5Tの値で規格化した。なお磁気コンプトン散乱によって求めたスピン磁化曲線($M_s(H)$)も合わせて示す[3]。Fe-L_{2,3}吸収端から得られたFe原子の $M_{seff}(H)$ -Fe、Co-L_{2,3}吸収端から得られたCo原子の $M_{seff}(H)$ -Coは磁気コンプトン散乱から得られたスピン磁化曲線($M_s(H)$)と一致する。試料がアモルファスであることから磁気双極子項はゼロであると推定される。実際、磁気飽和状態の2.5Tで測定した $M_s(2.5T)$ の角度依存性は一定値となり、磁気双極子項の効果はゼロと考えることができる[4]。以上から、X線磁気円二色性スペクトルの磁場依存性を解析することでスピン磁化曲線 $M_s(H)$ が可能であることがわかった。Fig. 1より、Fe原子とCo原子の磁化反転挙動は同一であることがわかる。Fig. 2にFeあるいはCo原子の軌道磁気モーメントの磁場依存性($M_l(H)$)を示す。磁化は磁気飽和している磁場2T、2.5Tの平

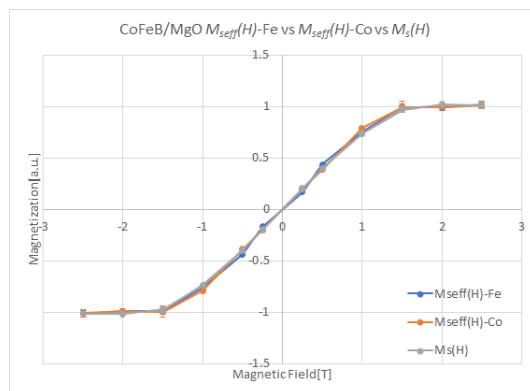


Fig. 1 Fe-L_{2,3}吸収端から得られたFe原子の $M_{seff}(H)$ -Fe、Co-L_{2,3}吸収端から得られたCo原子の $M_{seff}(H)$ -Co、磁気コンプトン散乱から得られた $M_s(H)$

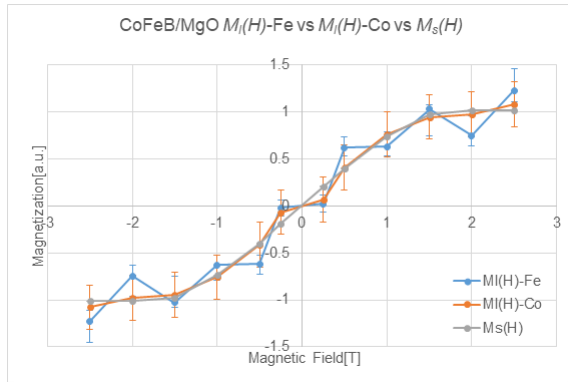


Fig. 2 Fe-L_{2,3} 吸収端から得られた Fe 原子の $M_I(H)$ -Fe、Co-L_{2,3} 吸収端から得られた Co 原子の $M_I(H)$ -Co、磁気コンプトン散乱から得られた $M_s(H)$

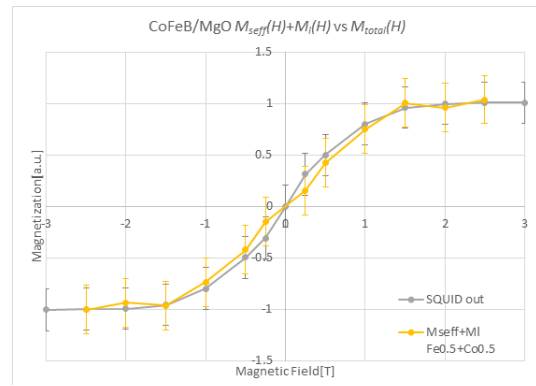


Fig. 3 SQUID 磁力計から求めた $M(H)$ 、X 線磁気円二色性から求めた $(0.5M_{seff}(H)$ -Fe + $0.5M_{seff}(H)$ -Co) + $(0.5M_I(H)$ -Fe + $0.5M_I(H)$ -Co)

均値で規格化している。Fe あるいは Co 原子の $M_I(H)$ は磁気コンプトン散乱で求めた $M_s(H)$ と挙動が一致する。Fig. 3 に SQUID 磁力計で求めた磁化曲線 $M(H)$ とスピン磁化曲線・軌道磁化曲線の和 ($M_{total}(H) = (0.5M_{seff}(H)$ -Fe + $0.5M_{seff}(H)$ -Co) + $(0.5M_I(H)$ -Fe + $0.5M_I(H)$ -Co)) の比較を示す。磁化は磁気飽和している磁場 2T、2.5T の平均値で規格化している。両者は概ね一致する。以上から、磁気コンプトン散乱・X 線磁気円二色性スペクトル解析を行った結果、スピン・軌道あるいは Fe 原子・Co 原子の磁化反転挙動は同一であることがわかった。なお、磁場の大きさが 1T 以下では、 $M(H/ < 1) > M_{total}(H/ < 1)$ である。SQUID 磁力計による磁化測定と振動試料型磁力計による測定値は一致することが確認されているので、マクロな磁化測定法とマイクロな磁化測定法の結果にわずかながら違いがある可能性が示唆される。

(2) ナノ構造を有する Fe/Co 多層膜における磁化反転挙動と磁歪

ナノ構造を付与することで、巨大磁歪効果が報告されている Fe-Co 系に着目[5]し、ナノ構造を制御した Fe/Co 多層膜の磁歪の磁場依存性と磁気量子数別 ($|m|=0, 1, 2$) 磁化曲線の関連の検討を行った。Fig. 4 に CuK α 1 を用いた X 線回折の結果を示す (縦軸は対数表示)。Fe(x nm)/Co(x nm) ($x=1, 2$) は bcc 相であり、Fe(x nm)/Co(x nm) ($x=4, 8$) では bcc と fcc/hcp の混相であることがわかる。

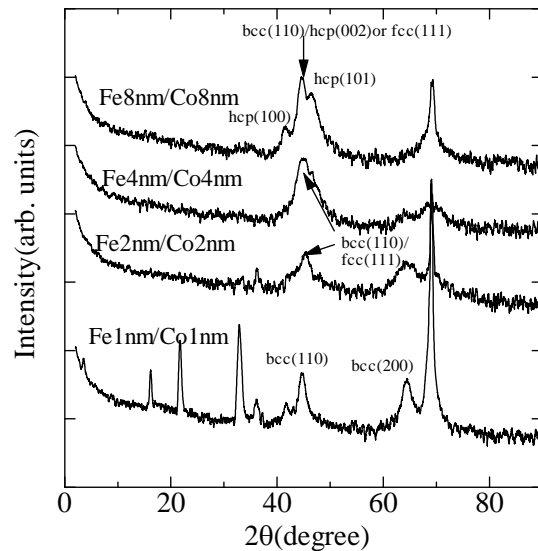


Fig. 4 Si 基板上に製膜した Fe(x nm)/Co(x nm) 多層膜の X 線回折パターン

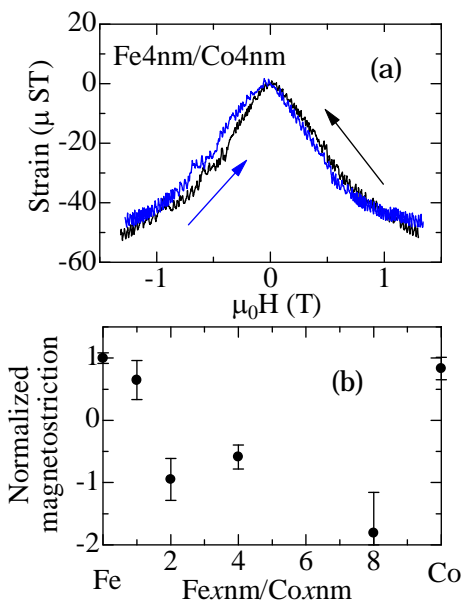


Fig. 5 (a) 面直に磁場印可した場合の Fe4nm/Co4nm の磁歪。磁場ゼロを基準としている (b) 1.5T における磁歪の大きさ。Fe の磁歪の大きさを基準としている。

次にひずみゲージを用いた磁歪測定システムを開発し磁歪を測定した。Fig. 5(a) に Fe(4nm)/Co(4nm) 多層膜に面直に磁場を印可して得られた磁歪の磁場依存性を示す。Fig. 5(a) に示すように、1.5T における磁歪の大きさを図示した結果が Fig. 5(b) である。ただし、鉄の薄膜の磁歪の大きさを基準として表示している。磁歪は Fe 薄膜と Co 薄膜で同じ符号であり、Fe/Co 多層膜では磁歪の符号が逆となった。また、ナノ構造が付与されていると考えられる Fe(8nm)/Co(8nm) の磁歪の大きさは、Fe 薄膜の 2 倍程度となった。Fig. 6 に Fe/Co 多層膜における磁気コンプトンプロファイルの磁場依存性を解析して得られた磁気量子数別 ($|m|=0, 1, 2$) 磁化曲線[3,6]を示す。磁場は膜面に垂

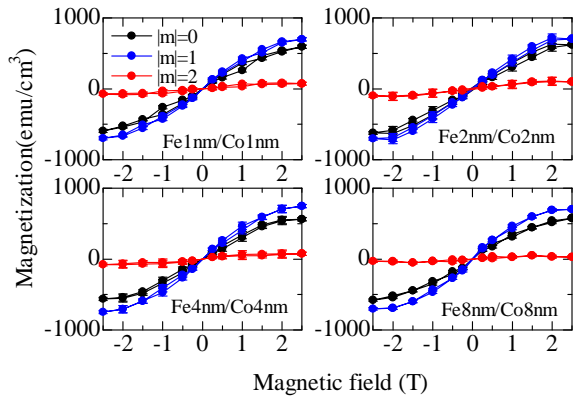


Fig. 6 Fe/Co 多層膜に面直に磁場印可した場合の磁気量子数別 ($|m|=0, 1, 2$) 磁化曲線

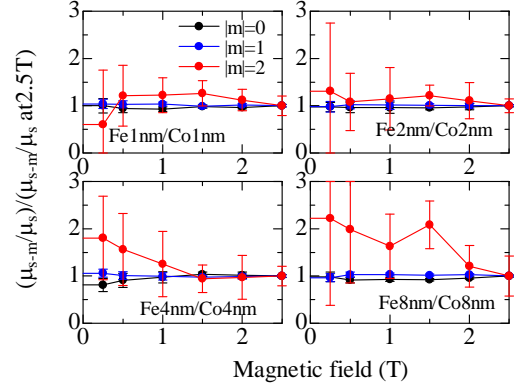


Fig. 7 磁気量子数別 ($|m|=0, 1, 2$) の磁化への寄与の磁場依存性。ただし、磁気飽和状態 (2.5T) を基準としている。

直に印可している。Fig. 7 は Fig. 6 で得られた磁気量子数別磁化曲線をスピン磁化曲線で規格化した結果である。磁化曲線における磁気量子数 $|m|=0, 1, 2$ の寄与の磁場依存性を示す。ただし、磁気飽和状態にある 2.5T を基準とした磁場依存性となるように規格化した。ナノ構造が付与されていると考えられる Fe8nm/Co8nm においては、磁気量子数 $|m|=2$ の磁場依存性が顕著であり、磁歪に寄与していることを示唆する。以上から、大きな磁歪の系では、磁気量子数 $|m|=2$ の磁化反転挙動が磁歪と関連すると考えられる。

参考文献

- [1] B. T. Thole et. al., PRL 68, 1943 (1992)
- [2] P. Carra et. al., PRL 70, 694 (1993)
- [3] M. Yamazoe et al., J. Phys. Condens. Matter 28, 436001 (2016).
- [4] J. Stohr and H. König, PRL 75, 3748 (1995).
- [5] D. Hunter et al., Nat. Commun. 2, 518(2011).
- [6] H. Sakurai, CONMAT2021, October 18-20, 2021, on-line (Valencia, Spain)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Agui Akane, Sakurai Hiroshi, Tsuji Naruki, Ito Haruka, Nitta Kiyofumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect on Compton Scattering Spectra by Hermite-Gaussian Light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 650 ~ 650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst11060650	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 Sakurai Hiroshi, Tsuji Naruki, Zama Yoshio, Suzuki Kosuke, Hoshi Kazushi, Hiramoto Daisuke, Sakurai Yoshiharu, Furuhashi Tomohiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Temperature and Chemical Reaction Distribution of a Laminar Diffusion Flame Measured by X-ray Compton Scattering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 787 ~ 787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst11070787	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 Suzuki Kosuke, Suzuki Shunta, Otsuka Yuji, Tsuji Naruki, Jalkanen Kirsi, Koskinen Jari, Hoshi Kazushi, Honkanen Ari-Pekka, Hafiz Hasnain, Sakurai Yoshiharu, Kanninen Mika, Huotari Simo, Bansil Arun, Sakurai Hiroshi, Barbiellini Bernardo	4. 巻 118
2. 論文標題 Redox oscillations in 18650-type lithium-ion cell revealed by <i>in operando</i> Compton scattering imaging	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 161902 ~ 161902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0048310	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 Hafiz Hasnain, Suzuki Kosuke, Barbiellini Bernardo, Tsuji Naruki, Yabuuchi Naoaki, Yamamoto Kentaro, Oriyama Yuki, Uchimoto Yoshiharu, Sakurai Yoshiharu, Sakurai Hiroshi, Bansil Arun, Viswanathan Venkatasubramanian	4. 巻 594
2. 論文標題 Tomographic reconstruction of oxygen orbitals in lithium-rich battery materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 213 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03509-z	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 Suzuki Kosuke, Otsuka Yuji, Hoshi Kazushi, Sakurai Hiroshi, Tsuji Naruki, Yamamoto Kentaro, Yabuuchi Naoaki, Hafiz Hasnain, Orikasa Yuki, Uchimoto Yoshiharu, Sakurai Yoshiharu, Viswanathan Venkatasubramanian, Bansil Arun, Barbiellini Bernardo	4. 巻 7
2. 論文標題 Magnetic Compton Scattering Study of Li-Rich Battery Materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 4~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/condmat7010004	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 Sakurai Hiroshi, Hoshi Kazushi, Harasawa Yosuke, Ono Daiki, Zhang Kun, Nagao Akie, Ohno Yumiko, Sunaguchi Naoki, Suzuki Kosuke, Torikoshi Masami	4. 巻 38
2. 論文標題 Electron Density and Effective Atomic Number Measurement by Using a Newly Developing Photon Counting CT System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Engineering Forum	6. 最初と最後の頁 93~99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/aef.38.93	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 Dashora Alpa, Suthar Mahesh, Kumar Kishor, Choudhary R.J., Phase D.M., Sakurai H., Tsuji N., Sakurai Y., Ahuja B.L.	4. 巻 824
2. 論文標題 Study of magnetism in Fe doped CoCr204 using magnetic Compton scattering and first-principles computations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 153883~153883
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.153883	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 Suzuki Kosuke, Otsuka Yuji, Tsuji Naruki, Hoshi Kazushi, Sakurai Yoshiharu, Sakurai Hiroshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Identifying the Degradation Mechanism in Commercial Lithium Rechargeable Batteries via High-Energy X-ray Compton Scattering Imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 5855~5855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10175855	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 Tsuji Naruki, Sakurai Hiroshi, Sakurai Yoshiharu	4. 巻 116
2. 論文標題 Depth dependence of spin-specific magnetization hysteresis loops measured by magnetic Compton scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 182402 ~ 182402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0007398	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 Ikebuchi T., Hirata Y., Funada S., Tsukamoto A., Ito H., Suzuki K., Hoshi K., Tsuji N., Sakurai H., Shiota Y., Moriyama T., Ono T.	4. 巻 45
2. 論文標題 Estimation of Angular Momentum Compensation Temperature in GdFe Film by Magnetic Compton Scattering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Magnetics Society of Japan	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) 10.3379/msjmag.2101L002	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 Suzuki Kosuke, Honkanen Ari-Pekka, Tsuji Naruki, Jalkanen Kirsi, Koskinen Jari, Morimoto Hideyuki, Hiramoto Daisuke, Terasaka Ayumu, Hafiz Hasnain, Sakurai Yoshiharu, Kanninen Mika, Huotari Simo, Bansil Arun, Sakurai Hiroshi, Barbiellini Bernardo	4. 巻 4
2. 論文標題 High-Energy X-Ray Compton Scattering Imaging of 18650-Type Lithium-Ion Battery Cell	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 66 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/condmat4030066	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 Agui Akane, Harako Akino, Shibayama Akane, Haishi Kento, Tsuji Naruki, Liu Xiaoxi, Ma Chuang, Sakurai Hiroshi	4. 巻 484
2. 論文標題 Temperature dependence of the microscopic magnetization process of Tb ₁₂ Co ₈₈ using magnetic Compton scattering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 207 ~ 211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2019.04.031	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 Sakurai Hiroshi, Haishi Kento, Shibayama Akane, Shioda Ryohei, Ito Haruka, Suzuki Kosuke, Hoshi Kazushi, Tsuji Naruki, Sakurai Yoshiharu	4. 巻 6
2. 論文標題 Temperature dependence of spin/orbital magnetization switching behaviour at the interface in CoFeB/MgO and CoFeB/Ta multi-layered films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Research Express	6. 最初と最後の頁 096114 ~ 096114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2053-1591/ab332b	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 Hafiz Hasnain, Suzuki Kosuke, Barbiellini Bernardo, Orikasa Yuki, Kaprzyk Stanislaw, Tsuji Naruki, Yamamoto Kentaro, Terasaka Ayumu, Hoshi Kazushi, Uchimoto Yoshiharu, Sakurai Yoshiharu, Sakurai Hiroshi, Bansil Arun	4. 巻 100
2. 論文標題 Identification of ferrimagnetic orbitals preventing spinel degradation by charge ordering in LixMn2O4	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.100.205104	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

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Hiroshi Sakurai
2. 発表標題 Magnetostriktion and Magnetic Quantum Number Specific Magnetic Hysteresis Curves in a Nano-Structured Co/Fe Multilayer Films
3. 学会等名 CONMAT2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroshi Sakurai, Kosuke Suzuki, Shoya Ishii, Takashi Nozawa, Hidetsugu Ozaki, Hiroto Haga, Hiroyasu Tanigawa, Yoji Someya, Masao Tsuchiya, Hiroshi Takeuchi, Naruki Tsuji
2. 発表標題 Development of non-destructive testing (NDT) technique for HIPed interface by Compton scattering X-ray spectroscopy
3. 学会等名 ICFRM20 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井 浩、辻 成希、座間 淑夫、鈴木 宏輔、星 和志、平本 大輔、櫻井 吉晴、古畑 朋彦
2. 発表標題 X線コンプトン散乱による拡散層流火炎の温度・化学反応分布測定
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井翔也, 鈴木真粧子, 伊藤遥, 鈴木宏輔, 星和志, 高橋学, 雨宮健太, 櫻井浩
2. 発表標題 X線磁気円二色性を用いたCoFeB/MgO及びCoFeB/Ta多層膜の磁化曲線の測定
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻井浩, 塩田棕平, 石井翔也, 鈴木宏輔, 星和志, 宮崎紫生, 辻成希, 櫻井吉晴, 高橋学
2. 発表標題 Co/Fe人工格子の磁歪と磁気量子数選択磁化曲線
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高野 皓大、鈴木 宏輔、星 和志、石本 修一、花輪 洋宇、辻 成希、櫻井 浩
2. 発表標題 大容量キャパシタの局所的反応分布のoperando計測
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	櫻井 浩, 塩田 椋平, 石井 翔也, 鈴木 宏輔, 星 和志, 宮崎 紫生, 高橋 学, 辻 成希, 櫻井 吉晴
2. 発表標題	Co/Fe人工格子の磁歪と磁気量子数選択磁化曲線
3. 学会等名	2021年度 第1回SPRUCスピントロニクス研究会 「放射光がもたらすスピントロニクス研究の最前線」(SPRUCナノスピントロニクス研究会/日本磁気学会 スピントロニクス研究会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Kosuke Suzuki, Naruki Tsuji, Yuki Orikasa, Yoshiharu Uchimoto, Yoshiharu Sakurai and Hiroshi Sakurai
2. 発表標題	Compton Scattering Imaging for Operando Observation of Lithiation State on Commercial Lithium Battery Cells
3. 学会等名	The Electrochemical Society Meeting (PRiME 2020) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Hiroshi Sakurai, Ryohei Shioda, Kento Haishi, Haruka Ito, Akane Shibayama, Kosuke Suzuki, Kazushi Hoshi, Naruki Tsuji and Yoshiharu Sakurai
2. 発表標題	Temperature dependence of magnetic quantum number specific magnetic hysteresis curves for CoFeB/MgO and CoFeB/Ta multilayered films
3. 学会等名	Mat Science 2020(online) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	伊藤 遥, 鈴木真粧子, 高橋 学, 鈴木宏輔, 星 和志, 雨宮健太, 櫻井 浩
2. 発表標題	CoFeB/MgO多層膜におけるXMCDの磁場依存性(17aA-2)
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 塩田 棕平, 伊藤 遥, 鈴木宏輔, 星 和志, 石井翔也, 辻 成希, 櫻井 浩
2. 発表標題 Fe/Co多層膜の磁気コンプトンプロファイルの磁場依存性(17aA-3)
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 Hiroshi Sakurai, Kazushi Hoshi, Daiki Ono, Yuki Kobayashi, Akie Nagao, Yosuke Harasawa, Kosuke Suzuki, Naoki Sunaguchi, Yumiko Ohno and Masami Torikoshi
2. 発表標題 Quantitative imaging by using a newly developing photon counting CT system
3. 学会等名 International Conference on Technology and Social Science 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Suzuki, Hiroshi Sakurai, Naruki Tsuji, Yoshiharu Sakurai, Yuki Orikasa, Yoshiharu Uchimoto, Hafiz Hasnain
2. 発表標題 Bernardo Barbiellini and Arun Bansil, High-Energy X-ray Compton Scattering for Non-destructive and Quantum Characterization in Batteries
3. 学会等名 The 11th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Sakurai, Kazushi Hoshi, Daiki Ono, Yuki Kobayashi, Akie Nagao, Yosuke Harasawa, Kosuke Suzuki, Naoki Sunaguchi, Yumiko Ohno and Masami Torikoshi
2. 発表標題 Material quantification by use of a photon counting CT system
3. 学会等名 International Conference on Mechanical, Electrical and Medical Intelligent System 2019 (ICMEMIS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Sakurai, Kento Haishi, Akane Shibayama, Kosuke Suzuki, Kazushi Hoshi, Naruki Tsuji and Yoshiharu Sakurai
2. 発表標題 Spin/orbital magnetization switching behaviour for CoFeB/MgO and CoFeB/Ta interface
3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Suzuki, D. Hiramoto, N. Tsuji, Y. Orikasa, Y. Uchimoto, Y. Sakurai and H. Sakurai
2. 発表標題 Non-Destructive Visualization of Lithiation State in the Real Batteries using Compton Scattering Imaging
3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井浩, 拜詞健人, 柴山茜, 塩田椋平, 伊藤遥, 鈴木宏輔, 星和志, 辻成希, 櫻井吉晴
2. 発表標題 CoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta界面におけるスピン・軌道磁化の磁化反転挙動
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 鈴木宏輔, Hafiz Hasnain, Barbiellini Bernardo, 折笠有基, Kaprzyk Stanislas, 辻成希, 山本健太郎, 星和志, 内本喜晴, 櫻井吉晴E, Bansil Arun, 櫻井浩
2. 発表標題 磁気コンプトンプロファイルによるLi _x Mn ₂ O ₄ の磁気構造
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 安居院あかね, 原子秋乃, 拝詞健人, 櫻井浩, 劉小晰, 辻成希
2. 発表標題 TbxCo100-x垂直磁化膜の磁化反転挙動
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 原子秋乃、櫻井浩、劉小晰、馬闌、鈴木宏輔、星和志、辻成希、櫻井吉晴、安居院あかね
2. 発表標題 TbCoアモルファス垂直磁化膜の磁化反転挙動の温度変化
3. 学会等名 第43回に日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代 睦、想田 光、吉田拓矢、櫻井 浩
2. 発表標題 逐次近似法を用いた微小炭素イオンビームの線量分布再構成におけるフィルタ処理の検討
3. 学会等名 第118回医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井 浩
2. 発表標題 磁気コンプトン散乱測定を用いた角運動量補償温度算出の試み
3. 学会等名 第9回 実用スピントロニクス新分野創成研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉井敦、佐藤健司、中尾和人、桑原潤史、辻成希、鈴木宏輔、櫻井吉晴、櫻井浩
2. 発表標題 車載用リチウムイオン電池におけるコンプトン散乱イメージング
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井浩、拝詞健人、柴山茜、塩田椋平、伊藤遥、鈴木宏輔、星和志、辻成希、櫻井吉晴
2. 発表標題 CoFeB/MgOおよびCoFeB/Ta多層膜におけるスピン・軌道磁化の磁化反転挙動と温度変化
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平本大輔、鈴木宏輔、Ari-Pekka Honkanen、辻成希、Kris Jalakanen、Jari Koskinen、森本英行、Hasnain Hafiz、櫻井吉晴、Mika Kanninen、Simo Huotari、Arun Bansil、Bernardo Barbiellini、櫻井浩
2. 発表標題 コンプトン散乱イメージングによる円筒型Liイオン電池の非破壊測定
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安居院あかね、原子秋乃、拝詞健人、櫻井浩、劉小晰、辻成希
2. 発表標題 TbxCo100-xアモルファス垂直磁化膜の磁化反転挙動
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原澤 陽介、星 和志、小野 大輝、小林 結貴、長尾 明恵、森本 一成、鈴木 宏輔、砂口 尚輝、大野 由美子、取越 正巳、櫻井 浩
2. 発表標題 フォトンカウンティングCTを用いた線減弱係数スペクトルの測定
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 森本 一成、星 和志、鈴木 宏輔、大野 由美子、取越 正巳、櫻井 浩
2. 発表標題 X線線減弱係数スペクトルを用いた水・エタノール系の濃度測定
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 鈴木 宏輔、鈴木 駿太、武藤 祐介、星 和志、大野 由美子、取越 正巳、櫻井 浩
2. 発表標題 フォトンカウンティングCTによる元素定量法の開発とリチウム実電池への応用
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 櫻井浩, 平田雄翔, 池淵徹也, 塚本新, 伊藤遥, 鈴木宏輔, 星和志, 辻成希, 小野輝男
2. 発表標題 磁気コンプトン散乱測定を用いた角運動量補償温度算出の試み
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0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

櫻井浩・電子情報 | 研究者情報 - Gunma University
https://researchers-info.st.gunma-u.ac.jp/ei_sakurai_hiroshi/

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	高橋 学 (Takahashi Manabu) (50250816)	群馬大学・大学院理工学府・教授 (12301)	

	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
研究協力者	鈴木 宏輔 (Suzuki Kosuke) (90580506)	群馬大学・大学院理工学府・准教授 (12301)	
研究協力者	辻 成希 (Tsuji Naruki) (90573113)	高輝度光科学研究センター・回折・散乱推進室・主幹研究員 (84502)	

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