

Title	巨大トンネル磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明
Sub Title	Observation of large tunnel magnetocapacitance effect and elucidation of its mechanism
Author	海住, 英生(Kaiju, Hideo) 介川, 裕章(Sukegawa, Hiroaki)
Publisher	
Publication year	2024
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2023.)
JaLC DOI	
Abstract	2層の磁性層の間に極薄絶縁層が挟まれた磁気トンネル接合(MTJ)は、室温にて巨大なトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果を示すことから盛んに研究が進められている。本研究課題では、絶縁層としてMgAlOを用いたMTJを作製し、TMC効果の周波数特性、及び、電圧依存性を調べた。その結果、室温にて400%を超えるTMC効果の観測に初めて成功し、そのメカニズムが拡張デバイ・フレーリッヒモデルで説明できることがわかった。 Magnetic tunnel junctions (MTJs), which comprise a thin insulator sandwiched between two ferromagnetic layers, exhibit a high tunnel magnetocapacitance (TMC) effect at room temperature. The TMC effect is a phenomenon in which the capacitance changes with the magnetic field in tunneling systems. In this study, we investigate the frequency characteristics and voltage dependence of TMC effect in MgAlO-based MTJs. As a result, we observe a large TMC effect beyond 400% at room temperature in MgAlO-based MTJs. The observed results can be reasonably explained using Debye-Frolich model calculations combined with the Zhang formula, sigmoid function, parabolic approximation, and spin-dependent drift-diffusion theory. Additionally, the calculation predicts a 1500% TMC in the MTJs when 90% spin polarization is achieved. Our results provide a basis for the development of AC/DC spintronic applications.
Notes	研究種目：基盤研究 (B) (一般) 研究期間：2021～2023 課題番号：21H01397 研究分野：スピントロニクス
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_21H01397seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

令和 6 年 5 月 20 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01397

研究課題名 (和文) 巨大トンネル磁気キャパシタンス効果の発現とメカニズム解明

研究課題名 (英文) Observation of large tunnel magnetocapacitance effect and elucidation of its mechanism

研究代表者

海住 英生 (KAIJU, Hideo)

慶應義塾大学・理工学部 (矢上) ・教授

研究者番号：70396323

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 13,300,000 円

研究成果の概要 (和文) : 2層の磁性層の間に極薄絶縁層が挟まれた磁気トンネル接合(MTJ)は、室温にて巨大なトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果を示すことから盛んに研究が進められている。本研究課題では、絶縁層としてMgAlOを用いたMTJを作製し、TMC効果の周波数特性、及び、電圧依存性を調べた。その結果、室温にて400%を超えるTMC効果の観測に初めて成功し、そのメカニズムが拡張デバイ・フレーリッヒモデルで説明できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、静的なスピン蓄積と交流電場下のスピンドYNAMIXSに関する新たな学術的知見を提供するとともに、次世代革新的超高性能磁気センサ・メモリの実現に向けた重要な設計指針を導くと期待できる。

研究成果の概要 (英文) : Magnetic tunnel junctions (MTJs), which comprise a thin insulator sandwiched between two ferromagnetic layers, exhibit a high tunnel magnetocapacitance (TMC) effect at room temperature. The TMC effect is a phenomenon in which the capacitance changes with the magnetic field in tunneling systems. In this study, we investigate the frequency characteristics and voltage dependence of TMC effect in MgAlO-based MTJs. As a result, we observe a large TMC effect beyond 400% at room temperature in MgAlO-based MTJs. The observed results can be reasonably explained using Debye-Frolich model calculations combined with the Zhang formula, sigmoid function, parabolic approximation, and spin-dependent drift-diffusion theory. Additionally, the calculation predicts a 1500% TMC in the MTJs when 90% spin polarization is achieved. Our results provide a basis for the development of AC/DC spintronic applications.

研究分野：スピントロニクス

キーワード：磁気トンネル接合 キャパシタンス 交流インピーダンス特性 表面・界面物性 ナノ構造

※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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

2 層の磁性層の間に極薄の絶縁層(膜厚:数 nm)が挟まれた磁気トンネル接合(MTJ)は、室温にて巨大なトンネル磁気抵抗(TMR)効果を示すことから国内外で盛んに研究が進められている。一方で、MTJ は磁場によりキャパシタンス(=電気容量 C)が変化するトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果も示す。TMC 効果とは、2 層の磁性層の磁化が平行であるとき C が大きくなり、反平行であるとき C が小さくなる現象である。TMC 効果も TMR 効果と同様に室温にて巨大な変化を示す。また、TMC 比は特定の周波数で極大値を示すことや、直流電圧を印加することで増大するなど、いくつかの興味深い特徴も有する。さらに、キャパシタンス検出では周波数の変調によって低インピーダンスが実現することから、低ノイズ化も可能となり、これにより超高感度化(=高 S/N 比: S は信号、 N はノイズ)も期待できる。また、素子に流す電流と検出電圧の間には位相差が生じることから低消費電力化も期待できる。これらにより、TMC 効果は将来の低ノイズ・省エネデバイス創製のための革新的技術になり得る。

TMC 効果は、2002 年に絶縁層として AlO を用いた MTJ において本研究代表者らにより見出された(*J. Appl. Phys.* **91**, 7430 (2002))。しかしながら、約 12 年間 TMC 比は伸び悩み、最大でも 50%程度に留まっていた。このような中、2015 年に本研究代表者らは、絶縁層として MgO を用いた MTJ において、当時最大値であった 155%の TMC 比を観測することに成功した(*Appl. Phys. Lett.* **107**, 132405 (2015))。更なる MTJ の改良、並びに、電圧誘起 TMC 現象(電圧を印加すると TMC 比が向上する現象)を利用することより、2021 年に 332%の TMC 比を達成した(*Sci. Rep.* **11**, 13807 (2021))。一方で、磁性層と絶縁層の界面格子整合率が高い MTJ では大きな TMR 比が得られることが、研究分担者らにより明らかにされていた(*Appl. Phys. Lett.* **108**, 132404 (2016))。

2. 研究の目的

そこで、本研究課題では、磁性層と絶縁層の界面格子整合性が優れた $\text{Fe/MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe}$ 、及び、 $\text{FeCo/MgAl}_2\text{O}_4/\text{FeCo}$ MTJ を作成し、TMC 効果の周波数特性と電圧依存性を詳細に調べることで、これまでで最大の TMC 比の観測を目指すとともに、そのメカニズムを解明することを目的とした。本研究課題の推進は、静的なスピン蓄積と交流電場下のスピンドायナミクスに関する新たな学術的知見を提供するとともに、次世代革新的超高性能磁気センサ・メモリの実現に向けた重要な設計指針を導くと期待できる。

3. 研究の方法

超高真空 DC/RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、 MgO 基板上に $\text{Cr/Fe/MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe/IrMn/Ru}$ 、及び、 $\text{Cr/Fe/FeCo/MgAl}_2\text{O}_4/\text{FeCo/Fe/IrMn/Ru}$ から構成される MTJ を作製した。最高到達真空度は 5×10^{-7} Pa である。Fe、及び、FeCo 磁性層の膜厚は 3–7 nm、 MgAl_2O_4 絶縁層の膜厚は 1–2 nm とした。素子のパターンニングにはフォトリソグラフィ法とイオンミリング法を用い、接合面積を $5 \times 10 \mu\text{m}^2$ とした。パターンニング後、磁性層に交換バイアスを付与するため、 $\sim 10^{-5}$ Pa、 175°C 、30 分の条件で磁場中熱処理(印加磁場 $H = 5 \text{ kOe}$)を行った。TMC 効果、並びに、TMR 効果の測定には磁場中交流 4 端子法を用いた。周波数帯域は 60 Hz–1 MHz とした。最大印加磁場は 320 Oe とした。最大印加直流電圧は 500 mV とした。

4. 研究成果

図 1 に $\text{Fe/MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe}$ MTJ における TMR 効果、及び、TMC 効果を示す。TMR 比は周波数に依存せず一定で約 184%を示した。一方で、TMC 比は 140 Hz で最大値となり、223%を示した。図 2 に TMC 比、及び、TMR 比の周波数特性を示す。TMC 比の計算にはデバイ・フレーリッヒモデルを用い、TMR 比の計算にはジュリエの式を用いた。計算結果と実験結果が良い一致を示すことがわかる。続いて、図 3 に $\text{FeCo/MgAl}_2\text{O}_4/\text{FeCo}$ MTJ における TMC 比、及び、TMR 比の周波数特性を示す。TMR 比は周波数に依存せず一定で約 216%を示した。一方で、TMC 比は 140 Hz で最大値となり、373%を示した。373%の TMC 比は電圧誘起 TMC 現象を利用しない条件下ではこれまで報告された中で最大値である。 $\text{Fe/MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe}$ と比較して、 $\text{FeCo/MgAl}_2\text{O}_4/\text{FeCo}$ における TMC 比が向上した理由は、Fe よりも FeCo のスピン分極率が高いためであると考えられる。計算フィッティングによりスピン分極率を見積もった結果、 $\text{Fe/MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe}$ における

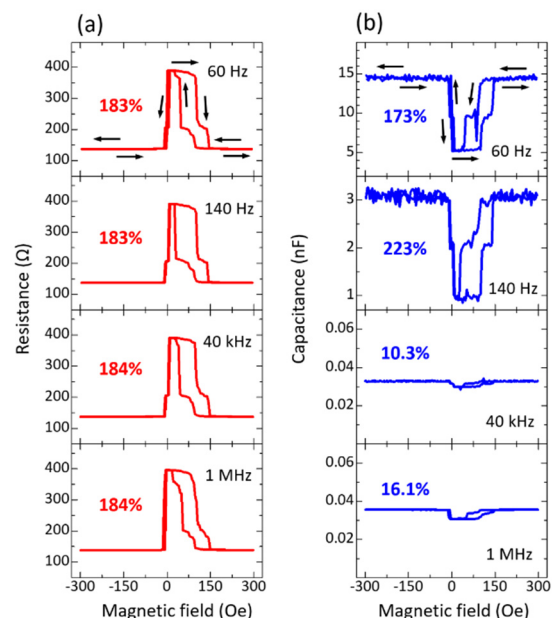


図 1 $\text{Fe/MgAl}_2\text{O}_4/\text{Fe}$ における(a) TMR 効果と (b) TMC 効果。

Fe のスピン分極率は 62.7%であることに對し、FeCo/MgAl₂O₄/FeCo における FeCo のスピン分極率は 73.0%であった。なお、Fe/MgAl₂O₄/Fe と同様、図 3 に示すように、FeCo/MgAl₂O₄/FeCo においても実験結果は計算結果と良い一致を示した。

続いて、Fe/MgAl₂O₄/Fe、及び、FeCo/MgAl₂O₄/FeCo において、周波数を 140 Hz に固定し、TMC 比の電圧依存性を調べた。図 4(a)に Fe/MgAl₂O₄/Fe における TMC 比の電圧依存性を示す。電圧が正であるとき (=電子を基板側の下層 Fe から注入したとき)、電圧が大きくなるに従い、TMC 比は大きくなった。印加電圧が 325 mV のとき、TMC 比は最大で 426%を示す。図 4(b)に FeCo/MgAl₂O₄/FeCo における TMC 比の電圧依存性を示す。電圧が正であるとき (=電子を基板側の下層 FeCo から注入したとき)、電圧が大きくなるに従い、TMC 比は大きくなった。印加電圧が 75 mV のとき、TMC 比は最大で 456%を示す。456%の TMC 比はこれまで報告されている中で最大値である。また、Fe/MgAl₂O₄/Fe と FeCo/MgAl₂O₄/FeCo の結果を比較すると、400%の巨大な TMC 比を示す電圧領域は、FeCo/MgAl₂O₄/FeCo では広いことがわかる。また、この巨大な TMC 比は低バイアスで観測されることもわかる。これらの結果は、応用上、低エラーレート、並びに、低消費電力の実現に繋がる結果であることを示している。また、TMC 比の電圧依存性のメカニズムを明らかにするため、ジャン・シグモイドモデル、放物線バリア近似、スピン依存ドリフト拡散モデルを取り入れたデバイ・フレリッヒモデルによる計算を行った。その結果、図 4(a)と図 4(b)に示すように、実験結果と計算結果が良い一致を示すことがわかった。本計算結果によると、Fe/MgAl₂O₄/Fe と FeCo/MgAl₂O₄/FeCo において、正の領域に電圧を印加すると、スピンキャパシタンスの影響で TMC 比が向上することが明らかになった。Fe/MgAl₂O₄/Fe と FeCo/MgAl₂O₄/FeCo では、磁性層と絶縁層の界面格子整合性が極めて優れている。その結果、磁性層と絶縁層の界面にスピンキャパシタンスが形成される。スピンキャパシタンスが形成されると、電圧を印加するに従い、MTJ の全キャパシタンスは、磁化平行状態と磁化反平行状態においてともに下がる。こ

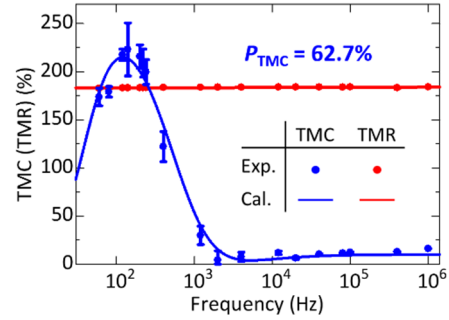


図 2 Fe/MgAl₂O₄/Fe における TMC と TMR の周波数特性。

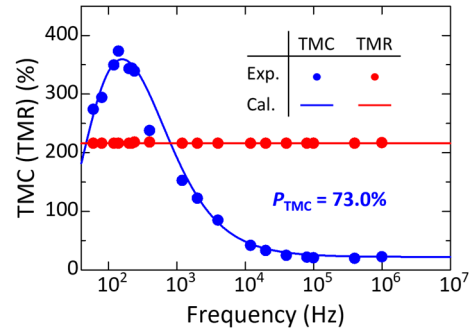


図 3 FeCo/MgAl₂O₄/FeCo における TMC と TMR の周波数特性。

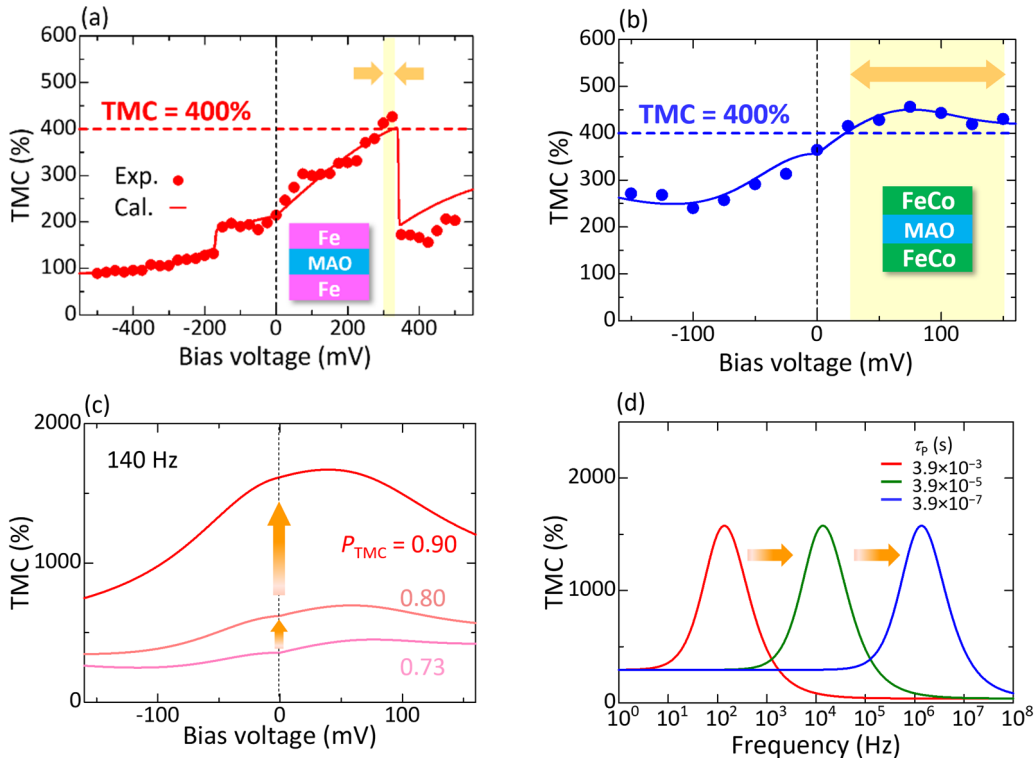


図 4 (a) Fe/MgAl₂O₄/Fe と (b) FeCo/MgAl₂O₄/FeCo における TMC の電圧依存性。TMC の (c)電圧依存性と (d)周波数特性に関する計算結果。

れにより TMC 比が向上する。また、前述のように、Fe と比較すると、FeCo ではスピン分極率が高いため、FeCo/MgAl₂O₄/FeCo において、これまでで最大値となる TMC 比が観測されたものと結論付けられる。最後に、本理論計算により巨大 TMC 比の予測について検討を行った。図 4(c) に示すように、90%の大きなスピン分極率を有する MTJ を用いることで、1500%を超える巨大な TMC が得られることが明らかになった。この巨大な TMC は、図 4(d)に示すように、緩和時間が 0.39 μ s 程度に短くなると、1.4 MHz 程度の高周波側にシフトすることもわかった。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Yuto Shibata, Kenta Sato, Hiroaki Sukegawa, and Hideo Kaiju	4. 巻 16
2. 論文標題 Large magnetocapacitance of up to 456% at room temperature in FeCo/MgAl ₂ O ₄ /FeCo(001) magnetic tunnel junctions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 113003(1-6)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1882-0786/ad0b40	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 Hideki Fujiwara, Seigo Daikokuya, Tatsuki Mirokuin, Kyohei Hayashi, Mizuki Matsuzaka, Yuri Ohashi, Christophe Pin, Hideo Kaiju, Kenji Hirai, and Hiroshi Uji-i	4. 巻 6
2. 論文標題 Site-specific Synthesis of Conductive Graphitic Nanomaterials on a NiFe Thin Film by Localized Laser Irradiation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 13885-13893
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsanm.3c01272	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 Yu Matsushima, Zijing Zhang, Yuri Ohashi, Tsunagu Hatakeyama, Gang Xiao, Takumi Funato, Mamoru Matsuo, and Hideo Kaiju	4. 巻 124
2. 論文標題 Emergent magneto-inductance effect in permalloy thin films on flexible polycarbonate substrates at room temperature	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 022404 (1-7)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0181272	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 Cong He, Keisuke Masuda, Jieyuan Song, Thomas Scheike, Zhenchao Wen; Yoshio Miura, Tadakatsu Ohkubo, Kazuhiro Hono, Seiji Mitani, and Hiroaki Sukegawa	4. 巻 261
2. 論文標題 Nano-crystal domains in Co-based fcc(111) epitaxial magnetic junctions and their impact on tunnel magnetoresistance	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 119394(1-14)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.actamat.2023.119394	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. Sato, H. Sukegawa, K. Ogata, G. Xiao and H. Kaiju	4. 巻 12
2. 論文標題 Large magnetocapacitance beyond 420% in epitaxial magnetic tunnel junctions with an MgAl2O4 barrier	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7190(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-11545-6	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 M. Matsuzaka, Y. Sasaki, K. Hayashi, T. Misawa, T. Komine, T. Akutagawa, M. Fujioka, J. Nishii and H. Kaiju	4. 巻 4
2. 論文標題 Room-temperature magnetoresistance in Ni78Fe22/C8-BTBT/Ni78Fe22 nanojunctions fabricated from magnetic thin-film edges using a novel technique	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanoscale Advances	6. 最初と最後の頁 4739-4747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2NA00442A	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 Y. Ohashi, Y. Matsushima and H. Kaiju	4. 巻 570
2. 論文標題 Modulation of magnetic anisotropy by bending in Ni and Ni78Fe22 thin films on polycarbonate organic substrates	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 170497(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2023.170497	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. Scheike, Z. Wen, H. Sukegawa and S. Mitani	4. 巻 122
2. 論文標題 631% room temperature tunnel magnetoresistance with large oscillation effect in CoFe/MgO/CoFe(001) junctions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 112404(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0145873	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 K. Ogata, Y. Nakayama, G. Xiao, and H. Kaiju	4. 巻 11
2. 論文標題 Observation and theoretical calculations of voltage-induced large magnetocapacitance beyond 330% in MgO-based magnetic tunnel junctions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13807(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-93226-4	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 T. Nakagawa, K. Ogata, Y. Nakayama, G. Xiao, and H. Kaiju	4. 巻 118
2. 論文標題 Sign Inversion Phenomenon of Voltage-induced Tunnel Magnetocapacitance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 182403(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0050304	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 H. Kaiju and T. Nagahama	4. 巻 141
2. 論文標題 Principle and Recent Advances in Tunnel Magnetocapacitance Effect	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 270-278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.141.270	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. Scheike, Z. Wen, H. Sukegawa, and S. Mitani	4. 巻 120
2. 論文標題 Enhanced tunnel magnetoresistance in Fe/MgAl-Ox/Fe(001) magnetic tunnel junctions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 032404(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0082715	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 —

〔学会発表〕 計38件（うち招待講演 11件／うち国際学会 21件）

1. 発表者名 若本瑞葵、柴田有仁、Gang Xiao、海住英生
2. 発表標題 磁気トンネル接合を用いた発振制御型磁気センシング
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuto Shibata, Kenta Sato, Hiroaki Sukegawa, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 FeCo/MgAl ₂ O ₄ /FeCo(001) magnetic tunnel junctions with a large magnetocapacitance ratio of 456%
3. 学会等名 The 71st JSAP Spring Meeting 2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuto Shibata, Kenta Sato, Hiroaki Sukegawa, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Large Tunnel Magnetocapacitance Effect in FeCo/MgAl ₂ O ₄ /FeCo(001) Magnetic Tunnel Junctions
3. 学会等名 Intermag 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Room-Temperature Magnetoresistance in Nanojunctions Consisting of C ₈ -BTBT Molecules Sandwiched Between Two Magnetic Thin-Film Edges
3. 学会等名 Intermag 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zijing Zhang, Yu Matsushima, Yuri Ohashi, Mizuki Matsuzaka, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Emergent Magneto-Inductance Effect in Ni ₄₅ Fe ₅₅ Thin Films on Polycarbonate Substrates
3. 学会等名 Intermag 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mizuki Matsuzaka, Takahiro Misawa, Ryunosuke Miyamoto, Zijing Zhang, Kenta Sato, Yuma Sasaki, Junji Nishii, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Evaluation of structural, electrical and magnetic properties in nanoscale junctions using high-mobility molecules
3. 学会等名 The 84th JSAP Autumn Meeting 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroaki Sukegawa
2. 発表標題 Record for tunnel magnetoresistance of 631% at room temperature with barrier interface control technology
3. 学会等名 The 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Thomas Scheike, Cong He, Zhenchao Wen, Hiroaki Sukegawa, and Seiji Mitani
2. 発表標題 Giant oscillatory tunnel magnetoresistance: an unsolved spin dependent tunneling puzzle
3. 学会等名 The 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名
Cong He, Keisuke Masuda, Jieyuan Song, Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Hiroaki Sukegawa, Yoshio Miura, Tadakatsu Ohkubo, Kazuhiro Hono, and Seiji Mitani
2. 発表標題
Three Types of Nano Crystal Domain Structures in Fully Epitaxial fcc-Co/MgO/Co(111) Magnetic Tunnel Junctions.
3. 学会等名
The 68th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2023) (国際学会)
4. 発表年
2023年

1. 発表者名
SCHEIKE, Thomas, WEN, ZhenChao, SUKEGAWA, Hiroaki, MITANI, Seiji
2. 発表標題
CoFe/MgO/CoFe(001) magnetic tunnel junctions with giant tunnel magnetoresistance exceeding 630% at room temperature
3. 学会等名
第47回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年
2023年

1. 発表者名
シャイケ トーマス, 温 振超, 介川 裕章, 三谷 誠司
2. 発表標題
630%を超える室温トンネル磁気抵抗比の観測
3. 学会等名
2023年第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年
2023年

1. 発表者名
Hiroaki Sukegawa
2. 発表標題
Development of spinel barriers for high performance magnetic tunnel junctions
3. 学会等名
The 6th International Conference of Asian Union of Magnetism Societies (IcAUMS2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年
2023年

1. 発表者名 Hiroaki Sukegawa
2. 発表標題 Room temperature tunnel magnetoresistance new record of 631%, toward new spintronic devices
3. 学会等名 The 34th Magnetic Recording Conference (TMRC 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Hiroaki Sukegawa, and Seiji Mitani
2. 発表標題 Analysis of large oscillations in tunnel magnetoresistance and resistance of Fe/Mg ₄ Al- ₀ x/Fe magnetic tunnel junctions
3. 学会等名 MML2023 (11th International Symposium on Metallic Multilayers) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroaki Sukegawa
2. 発表標題 Advancing TMR through Epitaxial Technology: Reaching 631% at Room Temperature
3. 学会等名 The 2023 Spintronics Workshop on LSI (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jieyuan Song, Thomas Scheike, Cong He, Zhenchao Wen, Hiroaki Sukegawa, Tadakatsu Ohkubo, Kazuhiro Hono, and Seiji Mitani
2. 発表標題 Co ₉₀ Fe ₁₀ /Mg-Al- ₀ /Co ₉₀ Fe ₁₀ magnetic tunnel junctions with a fully epitaxial fcc (111) structure
3. 学会等名 Intermag 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Shinya Kasai, Hiroaki Sukegawa, and Seiji Mitani
2. 発表標題 Sawtooth-like giant oscillation of tunnel magnetoresistance in epitaxial Fe/Mg ₄ Al-0x/Fe(001) magnetic tunnel junctions
3. 学会等名 Intermag 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroaki Sukegawa
2. 発表標題 Frontier of giant tunnel magnetoresistance effect for future spintronic application
3. 学会等名 The 1st Y-KAST International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zijing Zhang, Yu Matsushima, Yuto Shibata, Tsunagu Hatakeyama, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Emergent magneto-inductance effect at room temperature in Ni ₇₈ Fe ₂₂ thin films on glass substrates
3. 学会等名 CEMS Symposium on Emergent Quantum Materials 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 介川裕章、T. Scheike、Z. Wen、三谷誠司
2. 発表標題 巨大室温トンネル磁気抵抗比631%の観測
3. 学会等名 2024年第71回 応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kenta Sato, Hiroaki Sukegawa, Kentaro Ogata, Gang Xiao, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Large magnetocapacitance beyond 420% in epitaxial magnetic tunnel junctions with an MgAl204 barrier
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Observation of magnetoresistance in Ni78Fe22/C8-BTBT/Ni78Fe22 nanojunctions at room temperature
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuri Ohashi, Yu Matsushima, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Fabrication and evaluation of Ni78Fe22 thin films on polycarbonate for flexible magnetic sensors
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenta Sato, Hiroaki Sukegawa, Kentaro Ogata, Gang Xiao, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Large magnetocapacitance beyond 420% in epitaxial Fe/MgAl204/Fe magnetic tunnel junctions
3. 学会等名 The 23rd RIES-Hokudai International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Observation of spin signal in molecular nanojunctions utilizing magnetic thin-film edges at room temperature
3. 学会等名 The 23rd RIES-Hokudai International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mizuki Matsuzaka, Yuma Sasaki, Kyohei Hayashi, Takahiro Misawa, Takashi Komine, Tomoyuki Akutagawa, Masaya Fujioka, Junji Nishii, and Hideo Kaiju
2. 発表標題 Room-temperature magnetoresistance in Ni78Fe22/C8-BTBT/Ni78Fe22 nanojunctions fabricated using magnetic thin-film edges
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Hiroaki Sukegawa, Seiji Mitani
2. 発表標題 Giant tunnel magnetoresistance of 429% at 300 K and 1,034% at 10 K in Fe/Mg-rich Mg-Al-O/Fe(001) junctions
3. 学会等名 24th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces (ICMFS-2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 介川 裕章, シャイケ トーマス, 温 振超, 葛西 伸哉, 三谷 誠司
2. 発表標題 Fe/MgAlO/Fe(001)単結晶トンネル接合における巨大トンネル磁気抵抗効果
3. 学会等名 第46回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroaki Sukegawa
2. 発表標題 Giant Tunnel Magnetoresistance at Room Temperature: Recent Progress and Prospect
3. 学会等名 The 6th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, and The 5th Symposium on International Joint Graduated Program in Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Shinya Kasai, Hiroaki Sukegawa, Seiji Mitani
2. 発表標題 Staircase-like tunnel resistance increase with barrier thickness in epitaxial Fe/Mg4Al-0x/Fe(001) magnetic tunnel junctions
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 緒方健太郎, 中山雄介, Gang Xiao, 海住英生
2. 発表標題 330%を超える巨大トンネル磁気キャパシタンス効果の観測とメカニズム解明
3. 学会等名 電気学会A部門マグネティックス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中川健, 緒方健太郎, 中山雄介, Gang Xiao, 海住英生
2. 発表標題 電圧誘起トンネル磁気キャパシタンスの符号反転現象
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 Hiroaki Sukegawa, Thomas Scheike, Qingyi Xiang, and Zhenchao Wen
2. 発表標題 Revisiting Fe/MgO/Fe(001): Giant tunnel magnetoresistance up to ~420% at room temperature
3. 学会等名 The 32nd Magnetic Recording Conference (TMRC2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tadakatsu Ohkubo, Kazuhiro Hono, and Seiji Mitani
2. 発表標題 トンネル磁気抵抗効果の新展開
3. 学会等名 電気学会 光・熱・電気との相互作用を活用した高機能磁気デバイス技術調査専門委員会5月研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 介川 裕章
2. 発表標題 磁気トンネル接合のトンネルバリア開発による巨大磁気抵抗の実現
3. 学会等名 2021年日本電子材料技術協会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 シェーク トーマス, 向 清懿, 温 振超, 介川 裕章, 大久保 忠勝, 宝野 和博, 三谷 誠司
2. 発表標題 Fe/MgO/Fe(001): 室温400%・低温900%を超えるトンネル磁気抵抗比の観測
3. 学会等名 第45回 日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Scheike, H. Sukegawa, Q. Xiang, Z. Wen, T. Ohkubo, K. Hono, S. Mitani
2. 発表標題 Giant tunnel magnetoresistance ratio and oscillation Fe/MgO/Fe(001) and Fe/MgAlO/Fe(001) magnetic tunnel junctions
3. 学会等名 2022 Joint MMM & Intermag (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Hiroaki Sukegawa, and Seiji Mitani
2. 発表標題 Giant tunnel magnetoresistance in Fe/Mg4Al-0x/Fe(001) magnetic tunnel junctions
3. 学会等名 2022年第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室ホームページ https://www.kaiju.appi.keio.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
研究分担者	介川 裕章 (SUKEGAWA Hiroaki) (30462518)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・磁性・スピントロニクス材料研究拠点・主幹研究員 (82108)	

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			
米国	ブラウン大学			