

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03225

研究課題名(和文) スピン軌道トルクによるハーフメタル強磁性体磁化制御とそのデバイス応用

研究課題名(英文) Spin-orbit-torque induced magnetization switching for halfmetallic ferromagnet

研究代表者

植村 哲也 (Uemura, Tetsuya)

北海道大学・情報科学研究院・教授

研究者番号：20344476

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、スピン軌道相互作用の大きい非磁性層と、スピン偏極率が本質的に100%となるハーフメタル強磁性体からなる積層構造において生じるスピン軌道トルクの学理を解明し、高速性・低消費電力性に優れた新規スピントロニクスデバイス実現のための基盤技術を創出することである。そのため、優れたハーフメタル性が実証されているCo基ホイスラー合金を電極とした強磁性トンネル接合と強いスピン軌道相互作用を有する非磁性材料を組み合わせた、新規磁気抵抗素子ならびに高周波自励発振デバイスを開拓し、Co基ホイスラー合金に対する明瞭なSOT磁化反転を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の進展により、ハーフメタル強磁性体という特異な電子状態を有する系において、伝導電子と局在電子スピン(磁化)の間に働く相互作用や磁化ダイナミクスに関する学理の解明が進み、電子の持つ電荷とスピンの双方を積極的に活用する新しい技術・学問分野であるスピントロニクスの発展に寄与する。工学的には、超高速大容量不揮発性メモリをはじめ、再構成可能論理回路、機械学習、超高感度磁気センサー等への応用が可能であり、情報エレクトロニクス分野のみならず、生体計測、医療、化学分析、創薬など広範囲の分野に波及効果が期待される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to clarify the physics of spin orbit torque produced in a heterostructure consisting of a non-magnetic material with strong spin orbit interaction and a 100% spin-polarized half-metallic material, and to develop a basic technology to realize a novel magnetoresistance device and/or self-excited oscillator with high performance. To do this, a novel three-terminal magnetic tunnel junction consisting of a non-magnetic material with a strong spin orbit interaction and a half-metallic Co-based Heusler alloy electrodes was fabricated, and clear SOT-induced magnetization switching for the Co-based Heusler alloy was demonstrated.

研究分野：電気電子工学

キーワード：スピン軌道トルク磁化反転 ハーフメタル強磁性体 強磁性トンネル接合 Co基ホイスラー合金 スピン軌道相互作用

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電子のスピンを用いて情報を記憶・処理するスピントロニクス素子の実用化に向けては、低消費電力性、高速性、信頼性を兼ね備えた磁化制御手法を確立することが重要である。磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)に用いられる強磁性トンネル接合(MTJ)においては、従来の電流周りに誘導される磁場を用いた磁化制御手法に代わって、近年、スピン移行トルク(STT)磁化反転と呼ばれる方式の実用化研究が進んでいる(図 1(a))。これは、一方の強磁性体(磁化固定層)の中で生成されたスピン偏極電子(スピンの向きが揃った電子)が他方の強磁性体(自由層)に注入された際、伝導電子と自由層の磁化の間での角運動量の移行に伴い発生するトルクを、磁化反転に利用する手法である。

さらに最近、STT 磁化反転に代わる新たな磁化制御手法として、スピン軌道相互作用の大きな重金属と強磁性体からなる二層構造に電流を流すことにより強磁性体の磁化を反転する手法が示された[1,2]。これはスピン軌道トルク(SOT)磁化反転と呼ばれ、自由層の磁化にトルクを及ぼす伝導電子スピンを重金属層内部もしくは強磁性体との界面におけるスピン軌道相互作用により生成する手法であり、これを活用した 3 端子型 MRAM が STT-MRAM の次の開発ターゲットとして注目されている(図 1(b)) [3]。しかしながら、これまでの SOT 磁化反転の研究は、原理実証にとどまっており、磁化制御機構の詳細な解明や実用化への指針はいまだ得られていない。また、強磁性体として Co や CoFeB などの 3d 遷移族金属が対象とされてきたが、これらのスピン偏極率(アップスピンとダウンスピンの存在比)はせいぜい 50~60% 以下であり、高性能化に限界がある。

スピン偏極率の高い材料として近年、ハーフメタル強磁性体と呼ばれる物質群が注目されている。ハーフメタル強磁性体は、フェルミレベルが一方のスピンバンドのエネルギーギャップ中に位置するため、伝導電子のスピン偏極率が 100% となる物質である。ハーフメタル性が理論的に指摘されているいくつかの物質群の中でも、 Co_2YZ (Y は 3d 遷移族元素, Z は主族元素) の化学式で表される Co 基ホイスラー合金はその強磁性転移温度が室温よりも十分高く、最も実用的なスピントロニクス材料として注目されている。

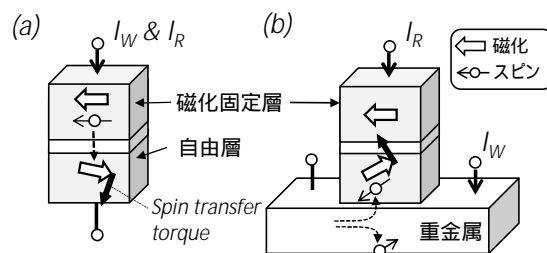


図 1. (a) 2 端子型 STT-MRAM と (b) 3 端子型 SOT-MRAM の MTJ. (a)では磁化固定層からトンネルバリアを介してスピン偏極電子が注入されるのに対し、(b)の構造では重金属層からスピン偏極電子が自由層に注入される。図中、 I_W , I_R はそれぞれメモリの書き込み電流、読み出し電流を表す。

2. 研究の目的

上記の背景から、本研究の目的は、スピン軌道相互作用の大きい非磁性層と、スピン偏極率が本質的に 100% となるハーフメタル強磁性体からなる積層構造において生じるスピン軌道トルク(スピン軌道相互作用によって生じるスピン流が磁化に及ぼすトルク)を利用した、ハーフメタル強磁性体磁化制御技術確立し、高速性・低消費電力性に優れた新規スピントロニクスデバイスを実現することである。具体的には、優れたハーフメタル性が実証されている Co 基ホイスラー合金を電極とした強磁性トンネル接合デバイスと強いスピン軌道相互作用を有する非磁性材料を組み合わせた、新規磁気抵抗素子ならびに高周波自励発振デバイスを開拓する。また、ハーフメタル強磁性体における伝導電子と局在電子スピン(磁化)間に働く相互作用や磁化ダイナミクスに関する学理を解明し、スピントルクに対するスピン軌道相互作用の効果を詳細に明らかにする。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、申請期間内に以下のことを実施した。

(1) Co 基ホイスラー合金の SOT 磁化反転を利用した 3 端子型 MTJ の開発

Co 基ホイスラー合金として、これまで MTJ や半導体スピン注入の研究で実績のある Co_2MnSi (CMS) を、スピン軌道相互作用の大きな非磁性層として重金属の Ta 層をそれぞれ用い、CMS/Ta の積層構造を MTJ の磁化自由層に組み込んだ 3 端子型 MTJ を作製した。図 2(a) に層構造を示す。MgO(001)基板上に、MgO パツファ(10)/CoFe(30)/CMS(5)/MgO(2.4)/CMS(3)/Ta(5)/Ru(3)からなる積層構造を成長した(括弧内の数値は膜厚(単位は nm)を表す)。この層構造に対して、微細加工を施し、接合面積が $0.25 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ の MTJ を作製した。CMS を含む多くの Co 基ホイスラー合金は面内磁化膜であるため、SOT による磁化反転の評価には MTJ のトンネル磁気抵抗を用いた。さらに、同素子を用いて高周波自励発振特性を評価した。

(2) 垂直磁気異方性を有する Co 基ホイスラー合金の SOT 磁化反転の評価

垂直磁化膜は素子の微細化に有利であるばかりでなく、SOT 磁化反転の閾電流密度低減の観点からも有望と考えられる。本研究では Co 基ホイスラー合金の垂直磁化特性を得るために、強い垂直磁気異方性を有する強磁性材料との交換結合を利用した。具体的には CMS と MnGa からなる二層膜を用いて CMS に垂直磁気異方性を誘起した。図 2(b)に層構造を示す。

MgO(001)基板の上に, MgO バッファ(10)/NiAl バッファ(5)/Mn_{1.8}Ga_{1.0}(3)/CMS(1)/Ta(5)/MgO(2)からなる積層構造を成長した. また図 2(b)に示すように, CMS 層はスライドシャッタを用いることで, 基板の半分の部分にだけ成膜した. これにより, CMS 層の有無以外の形成条件を同一にした. 垂直磁化膜の場合, その磁化状態は異常 Hall 効果(AHE)により評価できるので, 試料をホールパーに加工し, SOT 磁化反転特性ならびに, SOT 由来の有効磁場の大きさを AHE 信号から評価した.

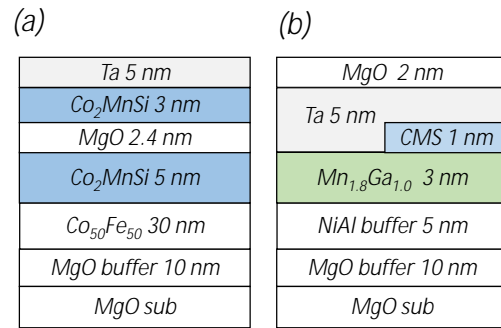


図 2. (a) CMS/Ta を組み込んだ 3 端子型 MTJ の層構造, (b) MnGa/CMS 反強磁性結合膜に対する SOT 磁化反転素子の層構造.

4. 研究成果

以下に, 本研究で得られた主な成果を項目ごとにまとめる.

(1) Co 基ホイスラー合金の SOT 磁化反転を利用した 3 端子型 MTJ の開発

図 3(a), (b)に作製した 3 端子型 MTJ の MR 特性と SOT 磁化反転特性を示す. 作製した MTJ は室温にて明瞭な磁気抵抗特性を示した. SOT 磁化反転の測定では, いったん MTJ の磁化配置を平行状態に揃えた後, MTJ 上部の Ta 線にパルス電流 I_p を流し, SOT 磁化反転を試みた. I_p 印加後, 接合に直流電流を流し, そのときのトンネル抵抗値を測定することで自由層の磁化状態を評価した. 無磁場下では CMS の SOT 磁化反転が得られなかったが, -18 mT の補助磁場を印加することで, $I_p = -12$ mA のところで低抵抗状態から高抵抗状態へ変化し, 明瞭な SOT 磁化反転が観測された. この結果はホイスラー合金に対する SOT 磁化反転の初めての実証例である.

次に, 自励発振素子の評価を行った. バイアス T を用いて Ta 線および MTJ の接合に直流電流を流すと, SOT により磁化の歳差運動が持続し, それに伴い接合の抵抗が変化する. この抵抗変化によって接合の両端に発生する高周波電圧をスペクトラムアナライザで測定した. しかしながら, 作製した素子の抵抗が高すぎたため, 高周波回路のマッチングがとれず, 明瞭な発振スペクトルが得られなかった. そこで MTJ の MgO トンネルバリアを Ag に置き換えた GMR 素子を新たに作製し, 測定を試みた. 結果を図 4 に示す. 7.38 GHz 付近に急峻な発振スペクトルが観測されており, SOT 由来の自励発振が確認された.

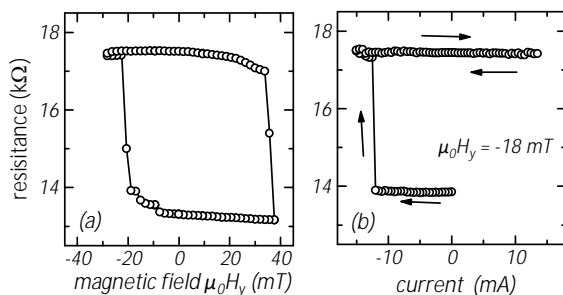


図 3. 作製した 3 端子型 MTJ の(a)磁気抵抗特性と (b) SOT 磁化反転特性.

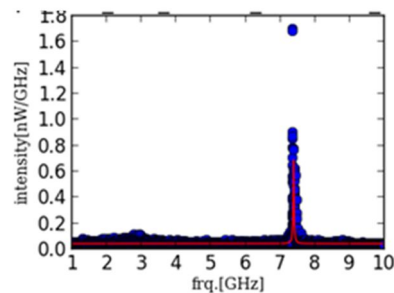


図 4. CMS/Ta の SOT を用いた自励発振特性

(2) 垂直磁気異方性を有する Co 基ホイスラー合金の SOT 磁化反転の評価

図 5(a), (b)に MnGa および MnGa/CMS の Polar-MOKE 測定と AHE 測定の結果を示す. 磁場は膜面垂直方向に印加した. 図 5(a)に示すように, CMS 層の有無によらず明瞭なヒステリシスループが得られ, MnGa 単層膜および MnGa/CMS 二層膜ともに垂直磁化特性が確認された. CMS を付加することで磁化の値が減少していることから, CMS と MnGa は反強磁性的に結合していることがわかった. このとき, MnGa の磁気モーメントの方が CMS のそれよりも大きいことから, MnGa の磁化が外部磁場の方向を向いていると考えられる. また, 飽和磁化の値と自発磁化の値がほぼ等しいことから, ゼロ磁場でも面内磁化成分を持たないことが示され, 従って, CMS に垂直磁化特性が付与されていることが確認された. なお, MnGa/CMS ではヒステリシスループの極性が反転しているが, これは CMS が MnGa よりも基板表面近くにあるため, CMS の磁化が優先的に観測されたためと考えられる. また, 図 5(b)に示す AHE 信号は, 同図(a)に示した MOKE 信号を反映しており, このことから MnGa や MnGa/CMS の

磁化状態は AHE 測定により検出できることがわかる。

次に, MnGa/CMS 反強磁性結合二層膜に対する SOT 磁化反転の結果を図 6 に示す。明瞭な SOT 磁化反転が得られた。一方, CMS 層無しの場合には, Ta 線の耐久限界以下の電流範囲では SOT 磁化反転が観測されなかった。そこで, 両試料における SOT 由来の有効磁場の大きさを, C. Pai らにより提案された手法[4]により評価したところ, CMS 層有りの場合の有効磁場は CMS 層無しの場合に比べおよそ 5 倍大きくなることがわかった。

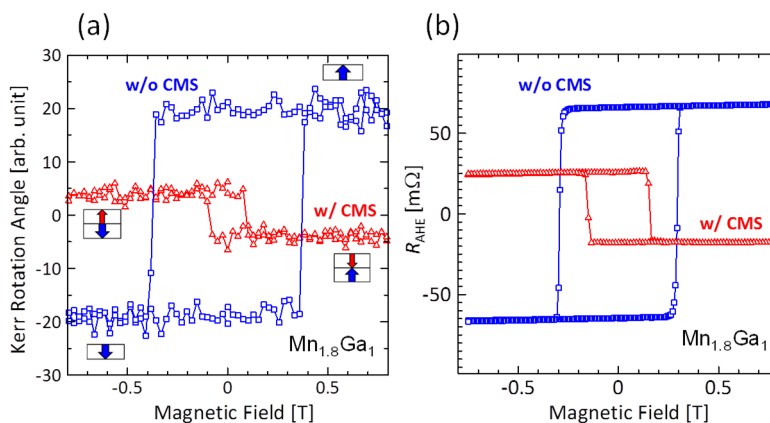


図 5. MnGa/CMS 二層膜の(a) MOKE 測定結果と(b)異常 Hall 効果測定結果

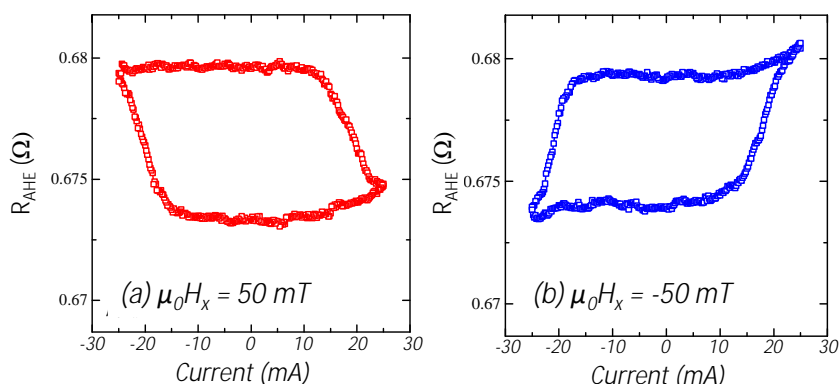


図 6. MnGa/CMS 二層膜の SOT 磁化反転特性

以上, ハーフメタル性が期待される Co 基ホイスラー合金薄膜 CMS と, 重金属 Ta からなる二層膜を磁化自由層に組み込んだ 3 端子型 MTJ を開発し, Ta のスピホール効果による CMS の明瞭な SOT 磁化反転を実証した。さらに, MnGa との交換結合により CMS に垂直磁気異方性を誘起し, その SOT 磁化反転の実証を行った。以上により, ハーフメタル強磁性体の Co 基ホイスラー合金に対する SOT 磁化反転を活用した高速性・低消費電力性に優れた新規スピントロニクスデバイスの基盤技術を確立し, 本研究課題の目的を達成した。

引用文献

- [1] I. M. Miron et al., Nature **476**, 189 (2011).
- [2] L. Liu et al., Science **336**, 555 (2012).
- [3] S. Fukami et al., Nature Mater. **15**, 535 (2016).
- [4] C. Pai, et al., Phys. Rev. B **93**, 144409 (2016).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Li Ting, Yan Wei, Zhang Xinhui, Hu Bing, Moges Kidist, Uemura Tetsuya, Yamamoto Masafumi, Tsujikawa Masahito, Shirai Masafumi, Miura Yoshio	4. 巻 101
2. 論文標題 Off-stoichiometry effect on magnetic damping in thin films of Heusler alloy Co ₂ MnSi	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 174410(12pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.174410	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 Yamanouchi Michihiko, Bao Nguyen Viet, Shimohashi Fumiaki, Jono Kohey, Inoue Masaki, Uemura Tetsuya	4. 巻 9
2. 論文標題 Magnetic properties and spin-orbit-torque-induced magnetization switching in Ta/MnGa grown on Cr and NiAl buffer layers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 125245(4pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5129300	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 Yamanouchi Michihiko, Bao Nguyen Viet, Inoue Masaki, Uemura Tetsuya	4. 巻 58
2. 論文標題 Interaction between spin-orbit torque and domain walls in a Ta/MnGa/NiAl structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 100903(4pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab3e79	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 Inoue Masaki, Inubushi Kazuomi, Mouri Daiki, Tanimoto Tessei, Nakada Katsuyuki, Kondo Kenji, Yamamoto Masafumi, Uemura Tetsuya	4. 巻 114
2. 論文標題 Origin of biquadratic interlayer exchange coupling in Co ₂ MnSi-based current-perpendicular-to-plane pseudo spin valves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 062401(5pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5082605	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 Lin Zhichao, Pan Da, Rasly Mahmoud, Uemura Tetsuya	4. 巻 114
2. 論文標題 Electrical spin injection into AlGaAs/GaAs-based two-dimensional electron gas systems with Co ₂ MnSi spin source up to room temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 012405(5pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5077027	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 Rasly Mohmoud, Lin Zhichao, Uemura Tetsuya	4. 巻 96
2. 論文標題 Systematic investigations of transient response of nuclear spins in the presence of polarized electrons	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 184415(8pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.184415	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 Inoue Masaki, Hu Bing, Moges Kidist, Inubushi Kazuumi, Nakada Katsuyuki, Yamamoto Masafumi, Uemura Tetsuya	4. 巻 111
2. 論文標題 Influence of off-stoichiometry on magnetoresistance characteristics of Co ₂ MnSi/Ag-based current-perpendicular-to-plane spin valves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 082403(5pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5000244	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 Lin Zhichao, Rasly Mahmoud, Uemura Tetsuya	4. 巻 110
2. 論文標題 Electrical detection of nuclear spin-echo signals in an electron spin injection system	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 232404(4pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4985650	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43件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Michihiko Yamanouchi, Nguyen Viet Bao, Masaki Inoue, and Tetsuya Uemura
2. 発表標題 Effects of spin-orbit torque on domain wall motion in a Ta/MnGa/NiAl structure
3. 学会等名 64th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 城野 航平, 下橋 史明, ゲンビエットバオ, 井上 将希, 山ノ内 路彦, 植村 哲也
2. 発表標題 NiAlバッファおよびCrバッファ上に成長した極薄MnGa垂直磁化膜のスピン軌道トルク特性
3. 学会等名 第55回応用物理学会北海道支部/第16回日本光学会北海道支部合同学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下橋 史明, 城野 航平, 植村 哲也
2. 発表標題 同一基板上に形成した極薄MnGa単層膜および極薄MnGa/Co ₂ MnSi二層膜における構造と磁気特性の評価
3. 学会等名 第55回応用物理学会北海道支部/第16回日本光学会北海道支部合同学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下橋 史明, ゲンビエットバオ, 山ノ内 路彦, 植村 哲也
2. 発表標題 NiAlバッファ上に成長した極薄MnGa垂直磁化膜のスピン軌道トルク磁化反転
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 Fumiaki Shimohashi, Nguyen Viet Bao, Michihiko Yamanouchi, and Tetsuya Uemura,
2. 発表標題 Spin-orbit-torque induced magnetization switching for an ultra-thin MnGa grown on NiAl buffer layer
3. 学会等名 2019年 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 Z. Lin, D. Pan, M. Rasly and T. Uemura
2. 発表標題 Electrical spin injection into an AlGaAs/GaAs-based 2DEG system with a Co ₂ MnSi spin source up to room temperature
3. 学会等名 14th Joint MMM-Intermag Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Mouri, M. Inoue, K. Inubushi, T. Tanimoto, K. Nakada, M. Yamamoto, and T. Uemura
2. 発表標題 Origin of bi-quadratic interlayer exchange coupling in Co ₂ MnSi-based pseudo spin valves
3. 学会等名 2018 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Inoue, D. Mouri, K. Inubushi, K. Nakada, M. Yamamoto, and T. Uemura
2. 発表標題 Mn-composition dependence of strength of bi-quadratic interlayer exchange coupling in Co ₂ MnSi-based pseudo spin-valves
3. 学会等名 IEEE International Magnetism Conference 2018 (INTERMAG 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Z. Lin, D. Pan, M. Rasly and T. Uemura
2 . 発表標題 Electrical spin injection into an AlGaAs/GaAs-based high-mobility two-dimensional electron system
3 . 学会等名 IEEE International Magnetism Conference 2018 (INTERMAG 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Inoue Masaki, D. Mouri, K. Inubushi, K. Nakada, M. Yamamoto, T. Uemura
2 . 発表標題 Mn-composition dependence of strength of bi-quadratic interlayer exchange coupling in Co ₂ MnSi-based pseudo spin-valves
3 . 学会等名 IEEE Int'l Magnetism Conf. 2018 (INTERMAG 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Z. Lin, D. Pan, M. Rasly, T. Uemura
2 . 発表標題 Electrical spin injection into an AlGaAs/GaAs-based high-mobility two-dimensional electron system
3 . 学会等名 IEEE Int'l Magnetism Conf. 2018 (INTERMAG 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Uemura
2 . 発表標題 Coherent manipulation of nuclear spins in GaAs using electrical spin injection
3 . 学会等名 International Workshop on NanoScience and NanoOptics 2017 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Inoue, B. Hu, K. Moges, K. Inubushi, K. Nakada, M. Yamamoto, and T. Uemura
2 . 発表標題 Influence of Mn composition in Co ₂ MnSi films on magnetoresistance characteristics of Co ₂ MnSi-based current-perpendicular-to-plane spin valves
3 . 学会等名 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Inoue, B. Hu, K. Moges, K. Inubushi, K. Nakada, M. Yamamoto, and T. Uemura
2 . 発表標題 Influence of Mn composition in Co ₂ MnSi films on magnetoresistance characteristics of Co ₂ MnSi-based giant magneto-resistance devices
3 . 学会等名 9th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Z. Lin, M. Rasly, and T. Uemura
2 . 発表標題 Electrical Detection of Nuclear Spin-Echo Signals in an Electron Spin Injection System
3 . 学会等名 9th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Rasly, Z. Lin, M. Yamamoto and T. Uemura
2 . 発表標題 Analysis of transient response of nuclear spins in GaAs with/without nuclear magnetic resonance
3 . 学会等名 IEEE Int'l Magnetics Conf. 2017 (INTERMAG 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 植村 哲也
2. 発表標題 ホイスラー合金のハーフメタル特性に対する非化学量論組成の影響とスピントロニクスデバイスへの応用
3. 学会等名 科学研究費・基盤研究(S) 成果報告会「規則合金スピントロニクス材料の新展開」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植村 哲也
2. 発表標題 欠陥制御によるCo基ホイスラー合金のハーフメタル性の増大とデバイス応用
3. 学会等名 第79回日本磁気学会ナノマグネティックス専門研究会(招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 磁気抵抗効果素子	発明者 犬伏和海、中田勝之、植村哲也	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-037806	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

北海道大学ナノ電子デバイス学研究室 http://www.ist.hokudai.ac.jp/labo/nanodev/index.html
--

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	近藤 憲治 (Kondo Kenji) (50360946)	北海道大学・電子科学研究所・准教授 (10101)	