

令和元年5月9日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18756

研究課題名（和文）位相可変トポロジカルジョセフソン接合の創製

研究課題名（英文）Topological Josephson junction with arbitrary phase

研究代表者

新見 康洋（Niimi, Yasuhiro）

大阪大学・理学研究科・准教授

研究者番号：00574617

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、p波スピン三重項の可能性が指摘されたBiとNiの二層薄膜に着目し、スピン輸送測定を行うことで、Bi/Niがトポロジカル超伝導体であることを実証する。さらにこのトポロジカル超伝導体を用いて、巨視的波動関数の位相を任意に変調できるトポロジカルジョセフソン接合の創製を目指した。Bi/Niのスピン拡散長は3 nmで、Ni層に磁性があることと一致する。さらにスピンホール信号は、超伝導転移温度以下で約1000倍増幅した。観測されたスピンホール信号の形状は、s波超伝導体とは大きく異なることが分かった。現在、Bi/Niを用いてジョセフソン接合を作製し、臨界電流とNiの磁性との関係を調べている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在様々な形で量子コンピュータの研究が進んでいるが、超伝導磁束量子回路で用いられている物質の多くがニオブNbをベースとしたs波超伝導体である。しかし、トポロジカル超伝導体を用いた量子デバイスを創製できれば、波動関数の位相制御という新しい機能を付与できる。これにより、超伝導量子コンピュータへの応用（コンパクト化や省エネルギー化）も期待される。さらに、量子力学の位相を積極的に利用した新しい位相物理学を切り開く可能性もある。

研究成果の概要（英文）：In this work, we aimed 1) to verify that Bi/Ni bilayer is a topological superconductor by measuring the spin transport properties and 2) to demonstrate “Topological Josephson junction” with arbitrary phase using the Bi/Ni bilayer superconductor. We first performed spin transport measurements in Bi/Ni nanowires. The estimated spin diffusion length of Bi/Ni nanowires is 3 nm, which is shorter than that of thin Bi films. This result indicates that the Ni layer has a magnetic moment. The spin Hall signal in Bi/Ni below the superconducting transition temperature is enhanced by 1000 times compared to that above the transition temperature. In addition, it has a peculiar peak near the zero field, which has been never observed in an s-wave superconductor. We also fabricated Josephson junctions using the Bi/Ni bilayer superconductor. We are now investigating the relation between the critical current and the ferromagnetism of the Ni layer.

研究分野：低温スピン物性

キーワード：ジョセフソン接合 超伝導材料・素子 トポロジ ー スピン蓄積

1. 研究開始当初の背景

量子力学を理解し、利用することは、20世紀以降の物理学の根幹をなす。特に物性物理学において量子力学的な効果は、半導体中に形成される量子井戸や人工原子、また金属中では超伝導現象などで顕著に現れる。前者は電子のフェルミ波長よりも短い長さスケールで電子が閉じ込められたとき、電子は粒子としてだけでなく波としての性質も示す。一方後者の場合、超伝導状態を現象論的に記述できる巨視的波動関数が重要な役割を果たし、系全体でマクロな量子状態を示す。これらの量子現象において、波の振幅は粒子の存在確率を示す重要な物理量であるが、一方、波には「位相」というもう1つの自由度がある。通常、位相は直接的に観測、制御することは容易ではない。しかし、位相が重要な役割を果たす物理現象がある。それがジョセフソン効果である。

ジョセフソン効果とは、2つの超伝導体の間に、薄い絶縁体や常伝導体を挟んだとき、超伝導の巨視的波動関数がトンネル効果によって他方の超伝導体中にしみ出し、2つの巨視的波動関数の位相差に応じて超伝導電流が流れる現象で、そのような接合はジョセフソン接合と呼ばれる。一方、超伝導体の間に弱い磁化をもつ強磁性体を挟んだ場合、巨視的波動関数は強磁性体内で振動し、位相が π だけ反転した状況も存在する。前者を0接合、後者を π 接合と呼ぶ。これまでのジョセフソン接合では、0接合か π 接合の2種類しか存在しない。しかし、スピン軌道相互作用の強い物質を用いたジョセフソン接合、もしくは超伝導ギャップに特徴的な構造を有するトポロジカル超伝導体と呼ばれる物質を用いたジョセフソン接合を作製することで、2つの巨視的波動関数の位相差を任意に変調できることが理論的に予測されており[A. Buzdin, Phys. Rev. Lett. 101, 107005 (2008).]、これまで着目されてこなかった波動関数の位相という自由度を自在に変調できる可能性がある。

波動関数の位相の自由度を変調するために、本研究では、 p 波スピン三重項超伝導体の可能性が指摘された半金属ビスマス Bi と強磁性ニッケル Ni の二層薄膜に着目した。Gong らの報告によれば[X.-X. Gong et al., Chin. Phys. Lett. 32, 067402 (2015)]、MgO 基板上に数 nm の Ni と数十 nm の Bi を積層させると、4 K 程度で超伝導転移を示し、さらに点接触アンドレーフ反射の実験から、 p 波スピン三重項の可能性が報告されている。通常、トポロジカル超伝導体と呼ばれる物質は、バルク結晶がほとんどで、ジョセフソン接合のように、数マイクロメートルスケールで微細加工することが非常に困難である。一方で Bi/Ni のような薄膜であれば、電子線描画装置とアルゴンミリング法を用いて、比較的容易にサブマイクロメートルの素子を作製することが可能である。

2. 研究の目的

本研究課題ではまず、Bi/Ni 薄膜超伝導体がトポロジカル超伝導体のうち、スピンの揃ったクーパー対が形成されるカイラル超伝導体か、スピン偏極していないヘリカル超伝導体かを特定することを目的とした。2種類を同定する手法はいくつか考えられるが、本研究課題では、その後のジョセフソン接合素子の作製と関連するため、Bi/Ni 薄膜をサブマイクロメートルの細線に加工し、スピン輸送測定を用いて、カイラル超伝導体かヘリカル超伝導体であるかを同定することを目指した。これらの知見を活かして、トポロジカル超伝導体を用いたジョセフソン接合素子を作製できる。

研究開始当初は、Bi/Ni 薄膜超伝導体がカイラル超伝導体かヘリカル超伝導体か判別されていなかったが、ごく最近報告された点接触アンドレーフ反射測定によれば、Bi/Ni 超伝導薄膜では、超伝導転移後も Ni 層は磁性を持ち、その磁化方向と p 波スピン三重項の節の方向が一致するカイラル超伝導体であることが指摘された[G. J. Zhao et al., arXiv:1810.10403.] (図1参照)。スピン偏極したクーパー対が実現している場合、スピン緩和時間の抑制が期待される。一方で、スピン偏極していないヘリカル超伝導体の場合には、スピン緩和時間の増大が期待される[T. Wakamura et al., Phys. Rev. Lett. 112, 036602 (2014).]。したがって、スピン輸送測定の観点から、微細化した Bi/Ni 細線がカイラル超伝導体かヘリカル超伝導体かを判別できる。また同じ素子を用いて、スピンホール効果を観測することができ、スピンホール効果にもカイラル超伝導体とヘリカル超伝導体の違いが現れると期待される。

さらに Bi/Ni 超伝導薄膜を用いて、巨視的波動関数の位相を自由に変調できるジョセフソン接合を創製することを目指した。

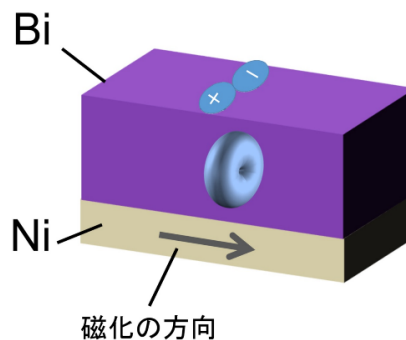


図1. Bi/Ni 超伝導薄膜で期待される超伝導ギャップの模式図と Ni 磁化方向との関係。

3. 研究の方法

(1) Bi/Ni 薄膜を用いたスピン輸送素子の作製

Bi/Ni 薄膜がカイラル超伝導体かヘリカル超伝導体かを判定するために、スピン緩和時間の測定と、スピンホール効果の測定を行う必要がある。これらの測定を可能にするのが、図 2 に示すスピン輸送素子である。まず、超伝導転移を示す Bi(35 nm)/Ni(2 nm)/MgO 薄膜に対し、電子線リソグラフィ法とアルゴンミリング法を用いて、300 nm の細線状に加工した。これは、スピン流がサブマイクロメートルで減衰するためである。さらに、スピン流を Bi/Ni 細線に注入するための強磁性パーマロイ Py(Ni₈₁Fe₁₉)細線、及びスピン流を伝搬するための非磁性体 Cu 細線を、電子線リソグラフィと金属蒸着及びリフトオフ法によって作製した。それぞれの細線幅は 100 nm である。

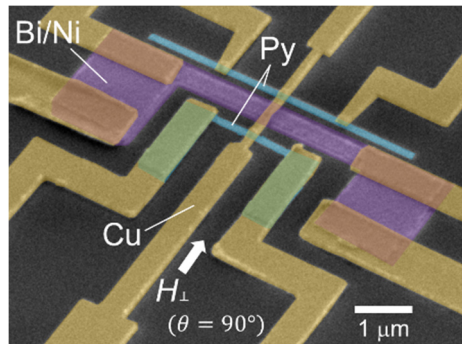


図 2. Bi/Ni 薄膜を細線加工して得られたスピン輸送素子。

スピン緩和時間やスピン拡散長に関しては、図 2 下側にある Py 細線から Cu 細線に電流を流し、上側の Py 細線と Cu 細線との間の電圧を測定することから見積もることができる。下側の Py 細線と Cu 細線との間で生じたスピン流は、スピン軌道相互作用の強い Bi/Ni 細線内に吸収される。完全に吸収されなかったスピン流が上側の Py 細線まで到達するため、Bi/Ni 細線がない場合の素子と比較することによって、Bi/Ni のスピン拡散長を算出することができる [Y. Niimi and Y. Otani, Rep. Prog. Phys. 78, 124501 (2015).]。またこの手法は、Bi/Ni 細線が超伝導転移をしても有効であることが示されている [T. Wakamura et al., Phys. Rev. Lett. 112, 036602 (2014).]。

さらに、同じスピン輸送素子を用いて、Bi/Ni 細線中でのスピン流-電流変換を可能にする逆スピンホール効果を測定することもできる。逆スピンホール効果を測定するには、スピン拡散長を算出するときと同様に、下側の Py 細線から Cu 細線に電流を流して、Cu 細線内にスピン流を発生させる。Cu 細線内を拡散するスピン流は、スピン軌道相互作用の強い Bi/Ni 細線に面直方向に吸収されるため、伝導電子のスピン量子化軸を図 2 の $H_{\perp}(\theta=90^{\circ})$ 方向にすることで、Bi/Ni の細線方向に電荷の蓄積が生じ、細線両端の電圧降下を測定することで Bi/Ni の逆スピンホール効果を測定できる。さらに超伝導体に特有の準粒子を媒介とした逆スピンホール効果の検出もこの素子で可能である [T. Wakamura et al., Nat. Mater. 14, 675 (2015).]。

(2) Bi/Ni 薄膜を用いたジョセフソン接合素子の作製

上述のスピン輸送測定によって Bi/Ni 薄膜がカイラル超伝導体であることを実証した後、トポロジカルな性質を機能化する研究に取りかかる。トポロジカルな性質が最も現れやすいのは、ジョセフソン接合における巨視的波動関数の位相である。そこで Bi/Ni カイラル超伝導体を用いて、ジョセフソン接合を作製する。図 1 に示すように、Ni の残留磁化方向と超伝導ギャップの節の方向が一致する。したがって、Bi/Ni 薄膜でジョセフソン接合を作製し、接合に対して、節が向き合うか、ギャップの開いている部分が向き合うかが制御できる。ギャップの開いている部分が向き合う方が、超伝導臨界電流が大きくなることが予想されるため、臨界電流を残留磁化と接合のなす角度の関数でプロットすることで、残留磁化と節との関係がより明確になる。

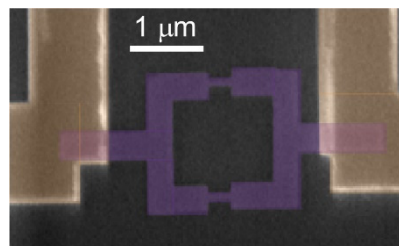


図 3. マイクロブリッジ型ジョセフソン接合の電子顕微鏡。

図 3 に示すように、電子線リソグラフィとアルゴンミリング法を用いて、マイクロブリッジ型のジョセフソン接合の作製を行った。このジョセフソン接合における臨界電流を、Ni の残留磁化の方向を制御しながら測定することができる。

4. 研究成果

(1) Bi/Ni 薄膜におけるスピンホール角

まずは 300 nm 幅の Bi/Ni 薄膜が実際に超伝導転移するかどうかを確認した。スピン輸送素子に組み込まれた幅 300 nm の Bi(35 nm)/Ni(2 nm)/MgO 細線の抵抗率の温度依存性を図 4 に示す。室温付近での抵抗率 ρ はおよそ $350 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ と金属としては比較的高いが、温度の低下とともに抵抗率も減少し、 $T=4.2 \text{ K}$ で超伝導転移が開始することが分かった。さらに冷却すると、抵抗率は一気に低下するが、細線加工した試料では、薄膜試料と異なり、ゼロ抵抗は観測されず、最低温度 $T=1.6 \text{ K}$ でわずかな残留抵抗率 ($1.5 \mu\Omega\cdot\text{cm}$) が観測された。

次に、超伝導転移温度以上の $T = 10 \text{ K}$ で測定された Bi/Ni 細線における逆スピンホール抵抗 R_{ISHE} (Bi/Ni 細線で観測される電圧降下 V_{ISHE} を Py-Cu に流す電流 I で割った値) を図 5(a) に示す。Bi は典型的なスピン軌道相互作用の強い物質であるにも関わらず、観測された信号は代表的なスピンホール物質として知られる白金と比べて小さな値 [Y. Niimi and Y. Otani, Rep. Prog. Phys. **78**, 124501 (2015).] で、 $R_{\text{ISHE}} = 9 \mu\Omega$ であった。またこの小さな信号が逆スピンホール効果によるものであることは、磁場を印加する方向を面内 180° 変えて、 $H_{\perp} (\theta = -90^\circ)$ にしたときに、逆スピンホール効果のゼロ磁場付近の傾きが逆になることから証明できる。さらに後述するスピン拡散長に関する情報も合わせると、超伝導転移温度以上の $T = 10 \text{ K}$ における Bi/Ni 細線のスピンホール角を算出できる。その値は 0.8% で [M. Tokuda et al., Appl. Phys. Express **12**, 053005 (2019).]、この値は Bi 単体薄膜で報告されているものと定量的にも一致する [D. Hou et al., Appl. Phys. Lett. **101**, 042403 (2012); H. Emoto et al., J. Appl. Phys. **115**, 17C507 (2014).]

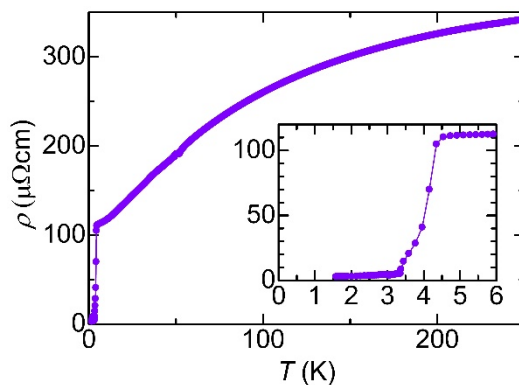


図 4. スピン輸送素子に組み込まれた幅 300 nm の Bi(35 nm)/Ni(2 nm)/MgO 細線の抵抗率の温度依存性。拡大図は 6 K 以下の抵抗率の温度依存性を示す。

超伝導転移温度以上で比較的小さかった逆スピンホール抵抗は、超伝導転移温度以下になると劇的な変化を示す。図 5(b) に超伝導転移温度以下の $T = 2.3 \text{ K}$ で測定された逆スピンホール抵抗を示す。Py-Cu に流す電流量 I が大きい場合、ジュール熱の影響で、スピンホール素子の有効的な電子温度が上昇することが知られている [T. Wakamura et al., Phys. Rev. Lett. **112**, 036602 (2014); T. Wakamura et al., Nat. Mater. **14**, 675 (2015).]、 I を小さくすると、環境温度と電子温度の差が縮まる。この特性を利用して、 I の大きさを $10 \mu\text{A}$ まで小さくすると、逆スピンホール抵抗 R_{ISHE} の値が $10 \text{ m}\Omega$ 程度となり、 $T = 10 \text{ K}$ のときと比べて 1000 倍近く増幅した。このように、 I を小さくすることで、 R_{ISHE} が 1000 倍近く増幅することは s 波超伝導体である NbN 細線を用いたスピンホール素子でも報告されている [T. Wakamura et al., Nat. Mater. **14**, 675 (2015).]。しかし R_{ISHE} の信号の形状は、常伝導状態のものと異なり、ゼロ磁場付近で大きなピーク構造を持つ。これは s 波超伝導体である NbN 素子では観測されなかった信号である [T. Wakamura et al., Nat. Mater. **14**, 675 (2015).]。 T_c 以下で観測された特異な逆スピンホール信号の起源を解明するために、現在さらなる実験を行っている途中である。現時点で、ゼロ磁場付近に現れるピーク構造に関しては、強磁性 Ni 層に由来する結果を得ており、さらに詳細な実験を行うことで、カイラル超伝導体とスピン輸送現象との関係を明らかにする予定である。

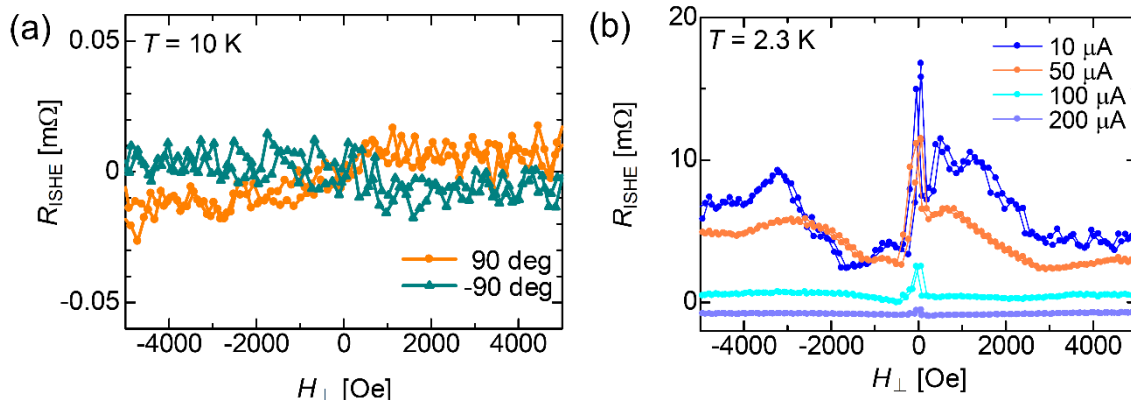


図 5. Bi/Ni 細線で測定された逆スピンホール信号 R_{ISHE} 。(a) 超伝導転移温度以上の $T = 10 \text{ K}$ で測定された結果。外部磁場の方向を $\theta = 90^\circ$ と -90° に変えることで、得られた信号が逆スピンホール効果によることを示すことができる。(b) 超伝導転移温度以上の $T = 2.6 \text{ K}$ で測定された結果。Py-Cu に流す電流量 I を変えて測定を行った。

(2) Bi/Ni 薄膜におけるスピン拡散長

図 2 で示したスピン輸送素子を用いて、Bi/Ni 細線のスピン拡散長も見積もることができる。「3. 研究の方法」で説明したように、Bi/Ni 細線がある場合とない場合で、上側の Py 細線におけるスピン蓄積を測定することで、スピン軌道相互作用の強い Bi/Ni 細線に吸収されるスピン流を算出でき、さらにそこからスピン拡散長を求めることができる [Y. Niimi and Y. Otani, Rep. Prog. Phys. **78**, 124501 (2015).]。逆スピンホール効果の場合と違い、磁場を Py 細線と平行に印加する。下側と上側の Py 細線では保磁力に差があるため、磁場範囲によって 2 つの Py 細線の磁化が平行か反平行になる。

この差から上側の Py 細線のスピンの蓄積を求めることができる。

図 6 に、Bi/Ni 細線が超伝導転移する温度以上の $T = 10 \text{ K}$ で測定されたスピンの蓄積信号 R_S (上側の Py 細線と Cu 細線との間の非局所電圧 V_S を、Py-Cu に流す電流 I で割った値) を示す。Bi/Ni 細線を挿入することによって、 R_S が約 20% まで減衰することが分かった。このことは、スピン軌道相互作用の強い Bi/Ni 細線にスピン流が吸収されていることを意味している。この減衰率から、Bi/Ni 細線のスピン拡散長は $T = 10 \text{ K}$ で 2.7 nm になった [M. Tokuda *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 053005 (2019).]。通常、Bi 単体のスピン拡散長は $20 \sim 50 \text{ nm}$ 程度であり [H. Emoto *et al.*, Phys. Rev. B **93**, 174428 (2016); F. Komori *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **52**, 368 (1983); S. Sangiao *et al.*, Europhys. Lett. **95**, 37002 (2011).]、本研究で得られた値と比べてると、一桁程度小さい。この結果は、Bi 層の下にある Ni の磁化の影響を反映していると考えられる。

現在、超伝導転移温度以下のスピン緩和時間を測定中である。また図 3 に示したジョセフソン接合を用いて、残留磁化の方向と超伝導臨界電流の関係を調べている。

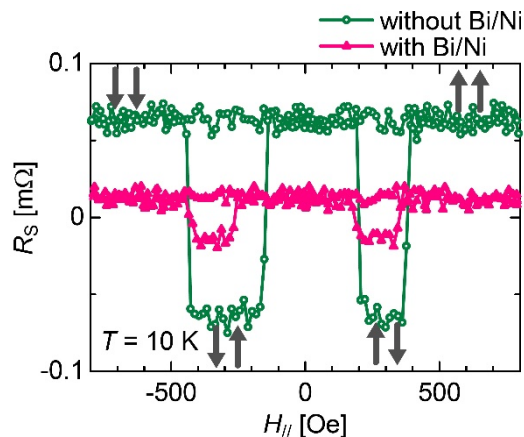


図 6. Bi/Ni 細線を挿入した場合と挿入しない場合で測定された $T = 10 \text{ K}$ におけるスピンの蓄積信号。図中の矢印は下側及び上側の Py 細線の磁化方向を示す。

5. 主な発表論文等 (研究代表者には下線、責任著者には*を付ける。)

[雑誌論文] (計 6 件)

- (1) M. Tokuda, N. Kabeya, K. Iwashita, H. Taniguchi, T. Arakawa, D. Yue, X.-X. Gong, X.-F. Jin, K. Kobayashi, and Y. Niimi*, “Spin transport measurements in metallic Bi/Ni nanowires”, Applied Physics Express **12**, 053005-1~4 (2019). 査読有。
DOI: 10.7567/1882-0786/ab15ae
- (2) Y. Omori, E. Sagasta, Y. Niimi*, M. Gradhand, L. E. Hueso, F. Casanova, and Y. Otani*, “Relation between spin Hall effect and anomalous Hall effect in 3d ferromagnetic metals”, Physical Review B **99**, 014403-1~6 (2019). 査読有。
DOI: 10.1103/PhysRevB.99.014403
- (3) S. Suzuki, H. Taniguchi, T. Kawakami, M. Cosset-Cheneau, T. Arakawa, S. Miyasaka, S. Tajima, Y. Niimi*, and K. Kobayashi, “Electrical contacts to thin layers of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ”, Applied Physics Express **11**, 053201-1~4 (2018). 査読有。
DOI: 10.7567/APEX.11.053201
- (4) H. Taniguchi, S. Suzuki, T. Arakawa, H. Yoshida, Y. Niimi*, and K. Kobayashi, “Fabrication of thin films of two-dimensional triangular antiferromagnet Ag_2CrO_2 and their transport properties”, AIP Advances **8**, 025010-1~6 (2018). 査読有。
DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.036602
- (5) W.-J. Yan, E. Sagasta, M. Ribeiro, Y. Niimi, L. E. Hueso*, and F. Casanova*, “Large room temperature spin-to-charge conversion signals in a few-layer graphene/Pt lateral heterostructure”, Nature Communications **8**, 661-1~7 (2017). 査読有。
DOI: 10.1038/s41467-017-00563-y
- (6) S. Iwakiri, Y. Niimi, and K. Kobayashi, “Dynamics of pure spin current in high-frequency quantum regime”, Applied Physics Express **10**, 053001-1~4 (2017). 査読有。
DOI: 10.7567/APEX.10.053001

[学会発表] (計 21 件)

- (1) M. Tokuda, K. Iwashita, N. Kabeya, H. Taniguchi, T. Arakawa, Y. Niimi, K. Kobayashi, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin, 「Inverse spin Hall effect and magnetoresistance in superconducting Bi/Ni nanowire」、平成 30 年度スピン変換年次報告会、東北大学 (2019/3/18).
- (2) 徳田将志, 岩下孔明, 壁谷奈津紀, 谷口祐紀, 荒川智紀, 新見康洋, 小林研介, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin, 「Bi/Ni 超伝導ナノ細線の磁気抵抗測定」、日本物理学会第 74 回年次大会、九州大学 (2019/3/15).

- (3) M. Tokuda, K. Iwashita, N. Kabeya, H. Taniguchi, T. Arakawa, Y. Niimi, K. Kobayashi, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin, “Magnetoresistance measurements in superconducting Bi/Ni nanowire”, International Symposium in Honor of Professor Nambu for the 10th Anniversary of his Nobel Prize in Physics, Osaka, Japan (2018/12/12).
- (4) M. Tokuda, K. Iwashita, N. Kabeya, H. Taniguchi, T. Arakawa, Y. Niimi, K. Kobayashi, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin, 「Magnetoresistance measurements in superconducting Bi/Ni nanowire」, 第 12 回物性科学領域横断研究会、奈良先端科学技術大学院大学 (2018/11/30).
- (5) Y. Niimi, “Application of 2D antiferromagnetic materials to spintronic devices (招待講演)”, One-Day Symposium on Spintronic Properties of Graphene and Related 2D Materials, Kashiwa, Japan (2018/11/22).
- (6) 新見康洋, 「二次元三角格子反強磁性体の磁気抵抗 (招待講演)」, 平成 30 年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「電荷とスピンの制御に基づく精密物性科学の構築とデバイス応用」、仙台 (2018/11/2).
- (7) 新見康洋, 「スピン間強結合系におけるスピン変換現象 (招待講演)」, 日本物理学会 2018 年秋季大会、同志社大学 (2018/9/10).
- (8) 徳田将志, 岩下孔明, 壁谷奈津紀, 谷口祐紀, 荒川智紀, 新見康洋, 小林研介, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin, 「Bi/Ni 薄膜におけるスピンホール効果の測定」、日本物理学会 2018 年秋季大会、同志社大学 (2018/9/9).
- (9) 岩下孔明, 徳田将志, 壁谷奈津紀, 谷口祐紀, 荒川智紀, 新見康洋, 小林研介, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin, 「Bi/Ni 超伝導薄膜におけるスピン緩和時間測定」、日本物理学会 2018 年秋季大会、同志社大学 (2018/9/9).
- (10) 新見康洋, 「二次元三角格子反強磁性体 (招待講演)」, 2017 年度第 3 回スピントロニクス研究会、仙台 (2018/2/26).
- (11) Y. Niimi, “Detection of spin dynamics with spin current (招待講演)”, New Excitations in Spintronics, Sendai, Japan (2018/1/12).
- (12) 壁谷奈津紀, 岩下孔明, 谷口祐紀, 荒川智紀, 新見康洋, 小林研介, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin, 「Bi/Ni 薄膜におけるスピン輸送測定」、第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22、大阪大学 (2017/12/4).
- (13) 岩下孔明, 壁谷奈津紀, 谷口祐紀, 荒川智紀, 新見康洋, 小林研介, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin, 「Bi/Ni 超伝導薄膜接合系の電気伝導測定」、第 22 回半導体スピン工学の基礎と応用 PASPS-22、大阪大学 (2017/12/4).
- (14) 新見康洋, 「スピン流で観る物理現象 (招待講演)」, 2017 年度キラル物性若手の会、大阪府立大 (2017/11/20).
- (15) 新見康洋, 「スピン流と磁気揺らぎ (招待講演)」, 平成 29 年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「電荷とスピンの制御に基づく精密物性科学の構築とデバイス応用」、仙台 (2017/11/3).
- (16) Y. Niimi, “Spin current as a probe to detect spin dynamics (招待講演)”, Nanyang Technological University (NTU) - Osaka University (OU) Joint Workshop, Toyonaka, Japan (2017/9/28).
- (17) 岩下孔明, 壁谷奈津紀, 谷口祐紀, 河村智哉, 荒川智紀, 新見康洋, 小林研介, X.-X. Gong, D. Yue, X.-F. Jin, 「Bi/Ni 超伝導薄膜接合系の電気伝導測定」、日本物理学会 2017 年秋季大会、岩手大学 (2017/9/21).
- (18) Y. Niimi, 「Nano Spin Conversion in Atomic Layer Materials with Strong Spin-Orbit Interactions (招待講演)」, 平成 29 年度「ナノスピン変換科学」研究会、大阪大学 (2017/9/12).
- (19) N. Kabeya, K. Iwashita, H. Taniguchi, T. Arakawa, Y. Niimi, K. Kobayashi, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin, 「Spin transport in superconducting Bi/Ni bilayers」、平成 29 年度「ナノスピン変換科学」研究会、大阪大学 (2017/9/11).
- (20) K. Iwashita, N. Kabeya, H. Taniguchi, T. Arakawa, Y. Niimi, K. Kobayashi, X.-X. Gong, D. Yue, and X.-F. Jin, 「Josephson junctions fabricated with Bi/Ni bilayer film」、平成 29 年度「ナノスピン変換科学」研究会、大阪大学 (2017/9/11).
- (21) Y. Niimi, “Spin current as a probe to detect spin dynamics (招待講演)”, Collaborative Conference on Spin Dynamics, Jeju, Korea (2017/5/23).

[その他]

ホームページ等

<https://yasuniimi.net/>