

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01813

研究課題名(和文)強いスピン軌道相互作用を持つ1次元電子系の物性解明と超伝導接合への展開

研究課題名(英文) Experimental study of one-dimensional electron systems with strong spin-orbit interaction and the superconducting junction

研究代表者

松尾 貞茂 (Sadashige, Matsuo)

国立研究開発法人理化学研究所・創発物性科学研究センター・基礎科学特別研究員

研究者番号：90743980

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：強いスピン軌道相互作用を有するInAs細線において朝永ラッティンジャー液体性を確認した。実験理論両面から、強いスピン軌道相互作用は朝永ラッティンジャー液体にほとんど影響を及ぼさないことを解明した。また二重InAsナノ細線のジョセフソン接合で、弾道的クーパー対分離を観測し、非局所的に超伝導近接効果が起きる際のエネルギーの評価を行った。単一ナノ細線ジョセフソン接合では、弾道性に起因する半整数シャピロ階段や磁束渦での準粒子トラップによる超伝導電流の増強効果を解明した。また、トポロジカル絶縁体のジョセフソン接合のシャピロ階段測定から、マヨラナ粒子検出のためのデバイス構造の設計指針を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

InAs細線のラッティンジャー液体性に関する研究は、強いスピン軌道相互作用とラッティンジャー液体という普遍的な物理に関する重要な実験結果を掲示したものであり、1次元系の物理の発展に寄与する。弾道的クーパー対分離の結果では、マヨラナ粒子の実現に必要な条件が達成可能であることを実証しており、将来的な無磁場でのマヨラナ粒子の実現とトポロジカル量子計算の基盤技術につながる。半整数シャピロ階段および準粒子トラップによる超伝導電流の増強は、単一ナノ細線系での異常な現象が必ずしもマヨラナ粒子と関連してはいないことを示しており、今後のマヨラナ粒子の実証実験における指標となるもので重要な意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：We observed Luttinger liquid behavior in InAs wires that hold strong spin-orbit interaction. From the experimental and theoretical aspects, we proved that the spin-orbit interaction causes little effect on the Luttinger liquid. In a double InAs nanowire Josephson junction, we detected a ballistic Cooper pair splitting and evaluated a gap energy of the nonlocal superconducting proximity effect. In a single InAs nanowire Josephson junction, we discovered the half-integer Shapiro steps derived from the ballistic transport of the nanowire and revealed that the supercurrent enhancement invoked by the magnetic field is assigned to the electron cooling due to the quasiparticle trapping at the vortex cores. Then we observed the integer Shapiro steps in the topological insulator Josephson junctions and obtained the important knowledge for suitable device structures to hunt the Majorana Fermions.

研究分野：メソスコピック物理

キーワード：朝永ラッティンジャー液体 スピン軌道相互作用 ジョセフソン接合 マヨラナ粒子 クーパー対分離

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電子間相互作用がある1次元電子系は、フェルミ液体ではなく朝永ラッティンジャー液体(TLL)となる。当時、スピン軌道相互作用が織りなす物理現象に注目が集まっており、強いスピン軌道相互作用を持つTLLの性質はスピンドバイスへの応用なども含めて重要なトピックであった。スピン軌道相互作用の強い系におけるTLLの特性は理論的に調べられてきたが、実験的にスピン軌道相互作用がTLLにどのような影響を与えるのかは解明されておらず、未踏の領域であった。また、強いスピン軌道相互作用をもつ1次元電子系は超伝導体との接合系においてマヨラナ粒子を実現することが期待され¹、その兆候が報告されてきていた²。その中で、強いスピン軌道相互作用を持つTLLを二本並列に並べた時に無磁場でもマヨラナ粒子が出現するという提案³がなされていたが、これに関連した実験研究は全く報告されていなかった。

2. 研究の目的

本研究計画では(1)スピン軌道相互作用によるTLLスピン成分の電荷輸送への寄与の解明、(2)超伝導体と並列二重TLL接合で起きるクーパー対分離現象の検出とマヨラナ粒子のトンネル電流測定による実現、を目指した実験研究を行うことを計画した。

3. 研究の方法

電子線リソグラフィを用いた半導体材料と超伝導体の接合に関する微細デバイスの作製を行い、極低温での超伝導電流や電子状態の測定を用いて研究を行った。特に、半導体材料であることの利点であるゲート制御性を利用し、半導体中の電子状態の制御を行いながら観測される超伝導現象の研究を行った。研究にはナノ細線として自己形成型InAsナノ細線および選択的領域成長型(SAG)のナノ細線を、量子細線として半導体InAs量子井戸から切り出された量子細線を用いた。また、3次元トポロジカル絶縁体としてBiSbTe薄膜を用いた。

4. 研究成果

(1)に関して、高移動度InAs量子井戸から切り出した量子細線の電流-電圧関係を温度、ゲート電圧(電子密度)を変えながら測定した。その結果、TLLの特性として知られる普遍的スケーリング関係がInAs量子細線においても成り立つことを明らかにした(図1参照)。さらに、理論式を用いてTLLパラメータを評価した。その結果、通常のスピン軌道相互作用を持たないTLLで期待されるTLLパラメータの理論予測と実験結果がほぼ一致することがわかった。これは強いスピン軌道相互作用はほぼTLL特性に影響を与えていないことを意味しており、非常に重要な実験的示唆である⁴。また、InAsでは非常に小さなTLLパラメータ状態を実現可能であることがわかった。これはInAs細線が強い電子相関を持ち、下記のクーパー対分離の高効率化にとって良い実験舞台となることを意味する。この実験結果を基に、理論グループと共同で強いスピン軌道相互作用を持つTLLの解析と輸送特性の評価を理論的に行った。その結果InAsでは電子間相互作用が強く働くこと、しかし、スピン軌道相互作用の影響は非常に小さいことを理論的に解明した⁵。

(2)に関して、自己形成型のInAsナノ細線二本と超伝導体の接合の加工技術を用いて二重細線のジョセフソン接合を作製し、超伝導電流の測定を行った。その結果、それぞれの単一細線で流れる超伝導電流の和よりも二重ナノ細線に流れる超伝導電流が大きくなっていることがわかった(図2参照)。これは、クーパー対分離により超伝導体間を運ばれる電流の存在を意味している。これまでの先行研究とは異なり伝導度はプラトー構造を示しており、弾道的な輸送特性での分離のはじめての検証に成功した。さらに、近接超伝導のギャップエネルギーを評価し、クーパー対分離による非局所的な近接超伝導相が局所的な近接超伝導相よりも大きなエネルギーを持つことを明らかにした。これらの結果は無磁場で二重ナノ細線にマヨラナ粒子を実現可能であることを示している⁶。

本研究結果を受けて、自己形成型ナノ細線でのジョセフソン接合の研究を推し進めるために、単一ナノ細線でのジョセフソン接合においてシャピロ階段の測定を行い、半整数シャピロ階段を得た。この得られた半整数シャピロ階段の起源を解明するため、温度依存性とゲート電圧依存性の調査を行い、半整数のシャピロ階段が細線内での電子の弾道的な輸送に起因することを見出した⁷。弾道的な細線の場合に期待される電流位相関係を用いた数値計算によりこの半整数シャピロ階段が再現することも確認した。これは、細線での弾道的な輸送により接合のダイナミクスに半整

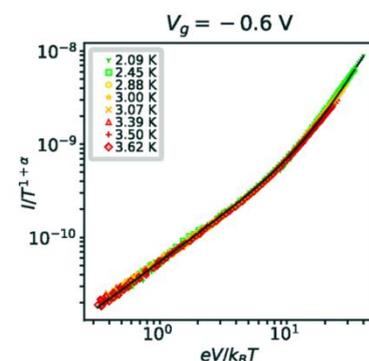


図1: 異なる温度での結果がTLLのスケーリング関係で説明される。

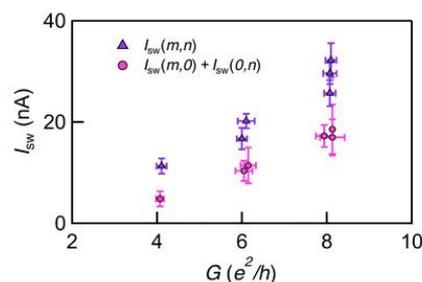


図2: 同じ伝導度でも△の二重細線状態のほうが○の単一細線での超伝導電流の和よりもクーパー対分離分だけ大きくなっている。

数シャピロ階段という特徴的な振る舞いが現れることを示した初めての実験結果であり、今後のマヨラナ粒子の検証実験へとつながるものである。また、並行してマヨラナ粒子実現の試みとして、上記のシャピロ階段の測定の途上で電子密度の電気制御が可能な3次元トポロジカル絶縁体のジョセフソン接合を作製し、そのシャピロ階段の測定を行った。マヨラナ粒子が存在するとき、奇数倍のシャピロ階段の消失が期待されるが、実験結果では奇数倍の階段も明瞭に観測された(図3参照)。解析の結果、これは電子密度制御のためのゲート構造によって奇数倍階段の消失が阻害されるためであることを明らかにし、今後のマヨラナ粒子の探索においてのデバイス構造の設計の指針を得た⁸。

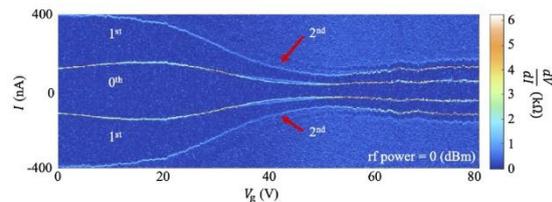


図3: シャピロ階段のゲート電圧依存性。どのゲート電圧でも1st階段が観測された。

また、マヨラナ粒子の研究に関して、単一ナノ細線ジョセフソン接合の磁場による超伝導電流の増強効果に関する実験を行った。これまで、単一ナノ細線ジョセフソン接合に面直磁場を印加した際に超伝導電流がある磁場で急激に増大する現象が報告されており、その起源としてマヨラナ粒子の物理が提案されており、マヨラナ粒子の実験的証拠の一つとされていた⁹。我々はまず、面内磁場を印加した際に現れる超伝導電流の増強効果を観測し、シャピロ階段の測定などから、これが有限磁場で超伝導性が局所的に壊れて形成されるローパスフィルタ効果によるものであることを明らかにした¹⁰。その後、面直磁場についても同様の測定を行い、増強が起きる特徴的な磁場がナノ細線の電子密度に依存しないことをあきらかにした。さらに、磁場の掃引方向に対してヒステリシスが観測されることを明らかにした。これらの結果から、観測された磁場による超伝導電流の増強現象は、超伝導体内に誘起された磁束渦の中心で熱励起されている準粒子がトラップされることにより電子温度が実効的に低くなるために起きる現象として説明できることが分かった。この磁場による超伝導電流の増強はマヨラナ粒子の証拠とされてきたが、我々の研究結果はトリビアルな起源であることを支持している。これら自己形成型ナノ細線と超伝導体の接合での我々の研究結果はマヨラナ粒子実験舞台での実現可能性やその実験的証拠の検証を行う上で重要な指標となるものであり、今後のマヨラナ粒子研究に大きく貢献するものである。

二重ナノ細線を用いたマヨラナ粒子の実現に必要な非局所超伝導関連の物理をより解明するために選択的領域成長型(SAG)のInAsナノ細線を用いた実験を行った。SAGナノ細線のゲート制御が困難であったことにより、当初予定していなかった非局所ジョセフソン効果の実験を行った。そのために、SAG二重ナノ細線上に一つの超伝導電極を共有する二つのジョセフソン接合を各ナノ細線上に形成したデバイスを作製した。接合間は超伝導金属でのみ接続されているが、接合のアンドレーエフ束縛状態が超伝導電極に染み出して結合することで、二つのジョセフソン接合がコヒーレントに結合する。この結合に起因して、非局所ジョセフソン効果が期待される。この効果の観測のため、二つの接合の片側は超伝導ループに埋め込まれた構造とし、磁場で位相差を制御可能となるようにした。極低温での観測の結果、ループの外にある接合のスイッチング電流が磁場に対して振動する様子が得られた。この結果は二つの接合を短距離でコヒーレントに結合するあたらしい手法へとつながる可能性がある。

さらに、二重量子ドットを用いた実時間測定でスピン閉塞状態における電荷遷移の完全計数統計の実験的構築と理論的再現に成功した。これにより初めてスピン相関を持つ電子状態のダイナミクスが単電子レベルで解明された¹¹。これは、超伝導半導体接合などの様々な系でのダイナミクス解明へとつながるものである。

また、コルビノ型ジョセフソン接合の輸送特性の基礎的な特性を研究し、特徴的な磁場依存性が観測された。また、その依存性からジョセフソン渦の大きさを評価する手法を開発した。これは、トポロジカル絶縁体上に形成されたジョセフソン接合中のジョセフソン渦中心に出るマヨラナ粒子の評価や制御につながる研究成果である¹²。

<引用文献>

1. Y. Oreg, et al., Phys. Rev. Lett. 105, 177002 (2010)
2. V. Mourik, et al., Science 336, 1003 (2012)
3. J. Klinovaja, et al., Phys. Rev. B 90, 045118 (2014)
4. Y. Sato, et al., Phys. Rev. B 99, 155304 (2019)
5. C.-H. Hsu, et al., Phys. Rev. B 100, 195423 (2019)
6. K. Ueda, et al., Science Advances 5, eaaw2194 (2019)
7. K. Ueda, et al., Phys. Rev. Research 2, 033435 (2020)
8. Y. Takeshige, et al., Phys. Rev. B 101, 115410 (2020)
9. J. Tiira, et al., Nat. Commun. 8, 14984 (2017)
10. H. Kamata, et al., Phys. Rev. B (R) 98, 041302 (2018) Editor's Suggestion
11. S. Matsuo, et al., Phys. Rev. Research 2, 033120 (2020)
12. S. Matsuo, et al., Phys. Rev. B 102, 045301 (2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yuusuke Takeshige, Sadashige Matsuo, Russell S. Deacon, Kento Ueda, Yosuke Sato, Yi-Fan Zhao, Lingjie Zhou, Cui-Zu Chang, Koji Ishibashi, Seigo Tarucha	4. 巻 101
2. 論文標題 Experimental study of ac Josephson effect in gate-tunable (Bi1 _{1-x} Sb _x) ₂ Te ₃ thin-film Josephson junctions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115410
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.101.115410	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 Kento Ueda, Sadashige Matsuo, Hiroshi Kamata, Shoji Baba, Yosuke Sato, Yuusuke Takeshige, Kan Li, Soren Jeppesen, Lars Samuelson, Hongqi Xu, Seigo Tarucha	4. 巻 5
2. 論文標題 Dominant nonlocal superconducting proximity effect due to electron-electron interaction in a ballistic double nanowire	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaaw2194
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/sciadv.aaw2194	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 Chen-Hsuan Hsu, Peter Stano, Yosuke Sato, Sadashige Matsuo, Seigo Tarucha, Daniel Loss	4. 巻 100
2. 論文標題 Charge transport of a spin-orbit-coupled Tomonaga-Luttinger liquid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 195423
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Yosuke Sato, Sadashige Matsuo, Chen-Hsuan Hsu, Peter Stano, Kento Ueda, Yuusuke Takeshige, Hiroshi Kamata, Joon Sue Lee, Borzoyeh Shojaei, Kaushini Wickramasinghe, Javad Shabani, Chris Palmstrom, Yasuhiro Tokura, Daniel Loss, Seigo Tarucha	4. 巻 99
2. 論文標題 Strong Electron-Electron Interactions of a Tomonaga-Luttinger Liquid Observed in InAs Quantum Wires	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 155304
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Kento Ueda, Sadashige Matsuo, Hiroshi Kamata, Shoji Baba, Yosuke Sato, Yusuke Takeshige, Kan Li, Soren Jeppesen, Lars Samuelson, Hongqi Xu, Seigo Tarucha	4. 巻 1810
2. 論文標題 Dominant non-local superconducting proximity effect due to electron-electron interaction in a ballistic double nanowire	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 4823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Kamata H., Deacon R. S., Matsuo S., Li K., Jeppesen S., Samuelson L., Xu H. Q., Ishibashi K., Tarucha S.	4. 巻 98
2. 論文標題 Anomalous modulation of Josephson radiation in nanowire-based Josephson junctions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 41302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.041302	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 Kuroyama K., Larsson M., Chang C. Y., Muramoto J., Heya K., Fujita T., Allison G., Valentin S. R., Ludwig A., Wieck A. D., Matsuo S., Oiwa A., Tarucha S.	4. 巻 99
2. 論文標題 Photogeneration of a single electron from a single Zeeman-resolved light-hole exciton with preserved angular momentum	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 85203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.085203	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39件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 Kento Ueda, Sadashige Matsuo, Hiroshi Kamata, Yosuke Sato, Yusuke Takeshige, Kan Li, Soren Jeppesen, Lars Samuelson, Hongqi Xu, Seigo Tarucha
2. 発表標題 Cooper pair splitting in a ballistic Josephson junction of InAs double nanowire
3. 学会等名 New materials and structures in topological and correlated systems (Gordon research conference) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yosuke Sato,Sadashige Matsuo,Chen-Hsuan Hsu,Peter Stano,Daniel Loss,Kento Ueda,Yuusuke Takeshige,Hiroshi Kamata,Joon Sue Lee,Borzoyeh Shojaei,Javad Shabani,Christopher Palmstrom,Yasuhiro Tokura,Seigo Tarucha
2 . 発表標題 Strong electron-electron interactions of a Tomonaga-Luttinger liquid observed in wires formed on InAs quantum well
3 . 学会等名 New materials and structures in topological and correlated systems (Gordon research conference) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Takeshige,S. Matsuo,Russell S. Deacon,Kento Ueda,Yosuke Sato,Yi-Fan Zhao,Ling Zhang,Cui-Zu Chang,Koji Ishibashi,Seigo Tarucha
2 . 発表標題 Experimental study of gate tunable Josephson junctions on topological insulator (Bi _{0.8} Sb _{0.2}) ₂ Te ₃
3 . 学会等名 Quantum Designer Physics 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Matsuo,K. Kuroyama,S. Yabunaka,J. Muramoto,S. R. Valentin,A. Ludwig,A. D. Wieck,S. Tarucha
2 . 発表標題 Experimental study on full counting statistics of the Pauli spin blockade effect
3 . 学会等名 Quantum Designer Physics 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kento Ueda,Sadashige Matsuo,Hiroshi Kamata,Yosuke Sato,Yusuke Takeshige,K. Li,Soren Jeppessen,Lars Samuelson,Hongqi Xu,Seigo Tarucha
2 . 発表標題 Observation of dominant non-local superconducting proximity effect due to electron-electron interaction in a ballistic double nanowire
3 . 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuusuke Takeshige, Sadashige Matsuo, Russell Stewart Deacon, Kento Ueda, Yosuke Sato, Yi-Fan Zhao, Ling Zhang, Cui-Zu Chang, Koji Ishibashi, Seigo Tarucha
2. 発表標題 Observation of a.c. Josephson effect in gate tunable Josephson junction on topological insulator (Bi _{0.2} Sb _{0.8}) ₂ Te ₃ films
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Matsuo, K. Kuroyama, J. Muramoto, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, Y. Tokura, S. Tarucha
2. 発表標題 Breakdown of Pauli spin blockade by phonon irradiation in a GaAs double quantum dot
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾 貞茂
2. 発表標題 半導体ナノ細線を用いたマヨラナ粒子実現の試みと展望
3. 学会等名 2019年度第2回ATIスピントロニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 洋介, 松尾 貞茂, C.-H. Hsu, P. Stano, 武重 有祐, 鎌田 大, J. S. Lee, B. Shojaei, K. Wickramasinghe, J. Shabani, C. Palmstrom, 都倉 康弘, D. Loss, 樽茶 清悟
2. 発表標題 Tomonaga-Luttinger liquid behavior in wires on an InAs Quantum well holding strong spin-orbit interaction
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 松尾貞茂
2. 発表標題 半導体ナノ細線への非局所超伝導近接効果の観測と制御
3. 学会等名 第27回渦糸物理ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒山和幸,松尾貞茂,Sascha R. Valentin,Arne Ludwig,Andreas D. Wieck,都倉康弘,樽茶清悟
2. 発表標題 Real-time observation of spin-flip tunneling processes driven by a nearby phonon source
3. 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2019 (HQS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田健人,松尾貞茂,鎌田大,佐藤洋介,武重有祐,K. Li,S. Jeppesen,L. Samuelson,H. Q. Xu,樽茶清悟
2. 発表標題 Anomalous Shapiro steps in Josephson junctions of ballistic InAs nanowires
3. 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2019 (HQS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾貞茂
2. 発表標題 半導体ナノ細線の超伝導接合を用いたマヨラナ粒子実証の試み
3. 学会等名 マヨラナ励起の実証に向けて(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田健人, 松尾貞茂, 鎌田大, 佐藤洋介, 武重有祐, K. Li, S. Jeppesen, L. Samuelson, H. Q. Xu, 樽茶清悟
2. 発表標題 InAsナノ細線ジョセフソン接合におけるシャピロステップのゲート依存性
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 松尾貞茂, 黒山和幸, 藪中俊介, Sascha R. Valentin, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, 樽茶清悟
2. 発表標題 GaAs二重量子ドットにおけるパウリスピン閉塞効果の完全計数統計
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 松尾貞茂
2. 発表標題 Experimental study on superconducting junctions of a double InAs nanowire
3. 学会等名 The Future of Topological Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chien-Yuan Chang, K. Kuroyama, S. Matsuo, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, A. Oiwa, and Seigo Tarucha
2. 発表標題 Polarization-to-spin conversion and entanglement absorption via a double quantum dot device
3. 学会等名 平成30年度スピン変換年次報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chien-Yuan Chang, Kazuyuki kuroyama, Marcus Larsson, Sadashige Matsuo, Takafumi Fujita, Sascha R Valentin, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, Akira Oiwa, Seigo Tarucha
2. 発表標題 Polarization-to-spin conversion and entanglement distribution via coherent interface with semiconductor double quantum dot
3. 学会等名 APS March Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kuroyama, S. Matsuo, J. Muramoto, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, Y. Tokura and S. Tarucha
2. 発表標題 Two electron spin dynamics in a double quantum dot driven by a phonon source
3. 学会等名 One-Day Symposium on Spintronic Properties of Graphene and Related 2D Materials
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾貞茂
2. 発表標題 Strong electron-electron interaction and Non-local superconducting proximity effect in InAs nanowires
3. 学会等名 Topological Materials Science Seminar (81) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武重有祐, 松尾貞茂, Russell S. Deacon, 上田健人, 佐藤洋介, Yi-Fan Zhao, Ling Zhang, Cui-Zu Chang, 石橋幸治, 樽茶清悟
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体(Bi _{1-x} Sb _x) ₂ Te ₃ のジョセフソン接合における交流ジョセフソン効果
3. 学会等名 日本物理学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾貞茂
2. 発表標題 Induced superconductivity in double InAs nanowires
3. 学会等名 日本物理学会2019年春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒山和幸, 松尾貞茂, 村本文, Sascha R. Valentin, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, 都倉康弘, 樽茶清悟,
2. 発表標題 GaAs横型二重量子ドットにおけるフォノン励起のスピン三重項を介した単一電子のトンネル現象の実時間観測
3. 学会等名 日本物理学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kuroyama, C. Y. Chang, J. Muramoto, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, , S. Matsuo, A. Oiwa and S. Tarucha
2. 発表標題 Towards entanglement transfer from a single photon pair to a single electron-photon pair using spin-resolved light hole excitation
3. 学会等名 International Conference on Integrated Quantum Photonics2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾貞茂
2. 発表標題 超伝導接合における非局所効果とマヨラナ粒子の探索
3. 学会等名 第8回QUATUO研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武重有祐, 松尾貞茂, Russell S. Deacon, 上田健人, 佐藤洋介, Yi-Fan Zhao, Ling Zhang, Cui-Zu Chang, 石橋幸治, 樽茶清悟
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体(Bi1-xSbx)2Te3のジョセフソン接合を流れる超伝導電流のゲート制御
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 上田健人, 松尾貞茂, 鎌田大, 佐藤洋介, 武重有祐, K. Li, S. Jeppesen, L. Samuelson, H. Q. Xu, 樽茶清悟
2. 発表標題 InAs二重ナノ細線を用いた一次元伝導体におけるクーパー対分離の磁場依存性
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 黒山和幸, 村本文, 部谷謙太郎, Marcus Larsson, 藤田高史, Sascha R. Valentin, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, 松尾貞茂, 大岩顕, 樽茶清悟
2. 発表標題 GaAs横型量子ドットにおけるスピン分離した軽い正孔の共鳴光学励起による単一光子偏光から電子スピンへの量子状態転写の実証
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 黒山和幸, 松尾貞茂, 村本文, Sascha R. Valentin, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, 都倉康弘, 樽茶清悟
2. 発表標題 GaAs 横型量子ドットにおけるスピン - 格子相互作用を介したフォノンによる電子スピン反転の実時間測定
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 K. Ueda , S. Matsuo, H. Kamata, Y. Sato, Y. Takeshige K. Li, S. Jeppesen, L. Samuelson, H. Q. Xu and S.Tarucha
2 . 発表標題 Observation of ballistic Cooper pair splitting
3 . 学会等名 8th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effect and Quantum Information
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S.Matsuo, K.Kuroyama, S.Yabunaka, S.R.Valentin, A. Ludwig, A. Wieck, S.Tarucha
2 . 発表標題 Full Counting Statistics of Pauli Spin Blockade in a GaAs double quantum dot
3 . 学会等名 8th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effect and Quantum Information
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 C. -Y. Chang, K. Kuroyama, S. Matsuo, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, A. Oiwa, and S. Tarucha
2 . 発表標題 Toward entanglement transfer between photon pairs to electron-photon pairs with Zeeman-resolved light hole.
3 . 学会等名 8th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effect and Quantum Information
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y.Takeshige, S.Matsuo, R.S.Deacon, K.Ueda, Y.Sato, Yi-Fan Zhao, Ling Zhang, Cui-Zu Chang, K.Ishibashi, S.Tarucha
2 . 発表標題 Shapiro response of gate-tunable Josephson junctions on (Bi1-xSbx)Te3 thin film
3 . 学会等名 8th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effect and Quantum Information
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yosuke Sato, Sadashige Matsuo, Chen-Hsuan Hsu, Kento Ueda, Yuusuke Takeshige, Hiroshi Kamata, Joon Sue Lee, Borzoyeh Shojaei, Javad Shabani, Chris Palmstrom, Yasuhiro Tokura, Peter Stano, Daniel Loss, and Seigo Tarucha
2 . 発表標題 Strong Electron-Electron Interactions of Tomonaga-Luttinger Liquid observed in InAs Quantum Wires
3 . 学会等名 8th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effect and Quantum Information
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Kuroyama, S. Matsuo, J. Muramoto, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, Y. Tokura, S. Tarucha
2 . 発表標題 Phonon-induced enhancement of spin flip process in a GaAs double quantum dot
3 . 学会等名 8th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effect and Quantum Information
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Kuroyama , S. Matsuo, M. Larsson , K. Heya , J. Muramoto , T. Fujita , S.R. Valentin , A. Ludwig , A.D. Wieck , A. Oiwa , S. Tarucha
2 . 発表標題 Quantum state conversion from a single photon polarization to a single electron spin using spinresolved light hole excitation
3 . 学会等名 34th International Conference on the Physics of Semiconductors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kento Ueda, Sadashige Matsuo, Hiroshi Kamata, Yosuke Sato, Yusuke Takeshige, Kan Li, Soren Jeppesen, Lars Samuelson, Hong-qi Xu, Seigo Tarucha
2 . 発表標題 Observation of Cooper pair splitting in a ballistic Josephson junction through double InAs nanowires
3 . 学会等名 34th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Sato, Sadashige Matsuo, Chen-Hsuan Hsu, Peter Stano, Daniel Loss, Kento, Ueda, Yuusuke Takeshige, Hiroshi Kamata, Joon Sue Lee, Borzoyeh Shojaei, Javad Shabani, Christopher Palmstrom, Yasuhiro Tokura, Seigo Tarucha
2. 発表標題 Tomonaga-Luttinger liquid behaviour in 1D electron system fabricated from InAs Quantum well holding strong spin-orbit interaction
3. 学会等名 34th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuo Sadashige, Tateno Mizuki, Sato Yosuke, Ueda Kento, Takeshige, Yusuke, Kamata Hiroshi, Lee Joon Sue, Shojaei Borzoyeh, Palmstrom Christopher J., Tarucha Seigo,
2. 発表標題 Evaluation of Josephson Vortex Core Size Induced in Corbino-geometry Josephson Junctions
3. 学会等名 20th International Conference on Superlattices, Nanostructures and Nanodevices (ICSNN) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>初めてクーバー対を2本の細線に弾道的に分離 - 1次元電子系を用いた量子情報処理技術の新展開 - https://www.riken.jp/press/2019/20191005_1/index.html Device splits and recombines https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/rr/20191227_2/index.html</p>

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
研究協力者	館野 瑞樹 (tateno mizuki)		

6. 研究組織（つづき）

	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	上田 健人 (ueda kento)		
研究協力者	佐藤 洋介 (sato yosuke)		
研究協力者	武重 有祐 (takeshige yuusuke)		
研究協力者	鎌田 大 (kamata hiroschi)		
連携研究者	樽茶 清悟 (tarucha seigo) (40302799)	国立研究開発法人理化学研究所・創発物性科学研究センター・グループディレクター (82401)	

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