

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	単電子・少数電荷制御によるシリコン低消費電力ナノデバイス
研究機関・部局・職名	NTT物性科学基礎研究所・量子電子物性研究部・グループリーダー 主幹研究員
氏名	藤原 聡

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	122,000,000	122,000,000	0	122,000,000	122,000,000	0	
間接経費	36,600,000	36,600,000	0	36,600,000	36,600,000	0	
合計	158,600,000	158,600,000	0	158,600,000	158,600,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	85,806	41,141,152	77,017,500	1,470,678	119,715,136
旅費					0
謝金・人件費等				579,664	579,664
その他		1,705,200			1,705,200
直接経費計	85,806	42,846,352	77,017,500	2,050,342	122,000,000
間接経費計	30,000	34,470,000	1,500,000	600,000	36,600,000
合計	115,806	77,316,352	78,517,500	2,650,342	158,600,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
マスクアライナー	ズース・マイクロテック株式会社	1	40,950,000	40,950,000	2012/2/17	NTT物性科学基礎研究所
CVD装置 ユーティリティ工事	日本メックス株式会社	1	1,638,000	1,638,000	2012/3/22	NTT物性科学基礎研究所
縦型CVD装置	(株)国際電気セミコンダクターサービス	1	67,200,000	67,200,000	2012/5/29	NTT物性科学基礎研究所
近赤外蛍光寿命測定装置	浜松ホトニクス株式会社	1	9,817,500	9,817,500	2013/2/28	NTT物性科学基礎研究所
リモート・ソース・メータ	ケースレー社	1	1,470,678	1,470,678	2014/1/22	NTT物性科学基礎研究所

5. 研究成果の概要

半導体シリコンをナノスケールに微細加工し、そこを流れる電荷の最小構成粒子である電子を1個単位で操作・検出する技術を開発した。具体的には、GHzのクロック信号に合わせて電子1個を正確に転送できる単電子転送、電子1個の1万分の1の電荷量を高速に計測する電荷検出、電子1個のランダムな振る舞いを利用する単電子乱数、電子の確率共鳴現象に基づくセンシング、単電子レベルのゆらぎ抑制・エラー訂正などを実現した。また、光と電子の融合による高機能化を目指して、ナノスケールシリコン薄膜の発光増強を実現した。超低消費電力素子、超高感度センサ、新SI単位系構築のための高精度電気標準など、低エネルギー・高感度・高精度なエレクトロニクスの実現が期待できる。

課題番号	GR103
------	-------

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	単電子・少数電荷制御によるシリコン低消費電力ナノデバイス
	Silicon low power nanodevices based on the control of single or a few electrons
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	NTT 物性科学基礎研究所 量子電子物性研究部・グループリーダー 主幹研究員
	NTT Basic Research Laboratories, Physical Science Laboratory, Group Leader, Senior Research Scientist (Supervisor)
氏名 (下段英語表記)	藤原 聡
	Akira Fujiwara

研究成果の概要

(和文): 半導体シリコンをナノスケールに微細加工し、そこを流れる電荷の最小構成粒子である電子を1個単位で操作・検出する技術を開発した。具体的には、高速クロック信号に合わせて電子1個を正確に転送できる単電子転送とその精度評価技術、電子1個の電荷量を高速に計測する電荷検出、電子1個のランダムな振る舞いを利用する単電子乱数、電子の確率共鳴現象に基づくセンシング、単電子レベルのゆらぎ抑制・エラー訂正などを実現した。また、光と電子の融合による高機能化を目指して、ナノスケールシリコン薄膜の発光増強を実現した。超低消費電力素子・回路、超高感度センサ、新SI単位系構築のための高精度電気標準など、低エネルギー・高感度・高精度なエレクトロニクスの実現が期待できる。

(英文): Technology for manipulating and detecting electrons one by one has been developed with nanometer-scale silicon devices. The technology includes precise single-electron transfer driven by fast clock signal and its accuracy evaluation, fast charge sensing with a resolution of the elementary charge, random-number generation utilizing stochastic behavior of individual electrons, signal sensing based on stochastic resonance for electron motion, and suppression of the thermal fluctuation of electron numbers. Furthermore, enhanced light emission in a nanoscale silicon thin

様式21

film has been demonstrated. The developed technology is promising for ultralow-power devices and circuits, high-sensitivity sensors, and electrical standards for new SI units, which will lead to the realization of low-energy, ultra-sensitive, and high-precision electronics.

1. 執行金額 158,600,000 円
(うち、直接経費 122,000,000 円、 間接経費 36,600,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

本研究では、現在の半導体集積回路において深刻になっている消費電力増大、デバイス特性ばらつきといった課題の解決のため、従来の電界効果トランジスタ回路の指導原理から脱却を目指し、新しい動作原理に基づくデバイスの基礎技術を構築することを目的とする。ナノメートルサイズのシリコンで発現する単電子現象の物理を解明するとともに、電子を1個ずつ転送、検出、機能利用する単電子・少数電荷制御デバイスの基礎技術を確立する。

(1) 高速・高精度単電子転送技術

- ・単電子転送の精度評価を行い、動作速度 100MHz 以上、転送エラー率 10^{-8} 以下を実現する。
- ・転送精度最適化のための、動作条件、動作速度を明らかにする。
- ・LSIレベルのビットエラーを実現するエラー補償技術、デバイス・回路構成法を明らかにする。

(2) 単電子乱数の応用技術

- ・単電子のダイナミクスを解明し、乱数の質やその制御条件を明らかにする。
- ・単電子乱数により機能を発現し既存技術との比較によりそのメリットを数値的に明らかにする。

(3) 単電子・少数電荷の高感度・高速検出技術

- ・室温における電荷検出能 $10^{-4} e/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下を実現し、高感度化の最適条件を明らかにする。
- ・高速化のための駆動方法・最適条件を明らかにし、MHz 以上の動作速度を実現する。

(4) 光電子融合技術の開発

・SOI(Silicon-on-insulator)基板上ナノデバイスの発光の機構、特に電界依存性、不純物効果、谷分離効果を利用し、バルクシリコンに比べて発光効率1桁上の改善を実現する。

(5) 回路構成法検討

- ・従来回路との比較で消費電力 1/10～1/100 の回路構成法を明らかにする。

4. 研究計画・方法

(1) 高速・高精度単電子転送技術

- ・単電子転送エラーのカウンティングを行い、単電子転送精度の定量的な絶対評価を行う。

- ・エラーを決定する因子(温度、界面トラップレベル等)を特定し、最適動作条件を検討する。

(2) 単電子乱数の応用技術

- ・単電子乱数の質の評価のため、単電子ショット雑音の大きさを評価する。
- ・確率共鳴現象など単電子のランダムな運動を利用した信号検出の動作を実証する。

(3) 単電子・少数電荷の高感度・高速検出技術

- ・電荷計のノイズ特性を評価する。
- ・LC共振回路とシリコンナノ細線トランジスタ多を組み合わせたデバイス構造を用いて、高周波数領域における電荷検出能を評価する。

(4) 光電子融合技術の開発

- ・薄層 SOI の発光ダイオード構造を用いて、電流注入による発光特性を測定し、ゲート電界効果や不純物効果などを評価する。

(5) 回路構成法検討

- ・単電子転送のエラーを補正する技術や回路構成法を検討し、その能力を評価する。

5. 研究成果・波及効果

本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 単電子転送精度の絶対評価の実現と低エラー率の達成

単電子転送のエラーを定量的に評価するためには、通常のDC電流測定では不可能であり、特別に設計・作製された高感度電荷計付きの単電子転送デバイスを用いる必要がある(図1)。単電子は、転送ゲートにクロック信号を加えることにより、微小電荷島を介して電荷ノードに転送され、そのエラーは、電荷ノード内の電子数を高感度電荷計でモニターすることによりカウントができる。我々は、世界で初めての半導体における転送エラーの絶対評価に成功し、温度 17K で転送エラー率 10^{-3} を実現した(論文 Appl. Phys. Lett. 2011)。

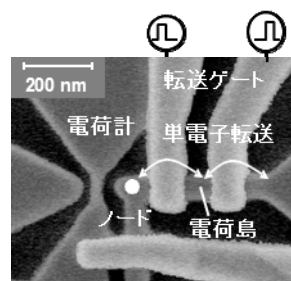


図1. 単電子転送エラー評価用デバイス

さらに低温(4K 程度)条件での評価を実施し(図2)、転送パルス立ち上がり時間 2ns(実効周波数約 100MHz に相当)において、転送エラー率 10^{-4} を達成した。高速動作可能な半導体デバイスにおいて、電子カウンティングに基づく絶対評価の値として世界最小値が得られた。(論文 Phys. Rev. B 2014)。精度のさらな

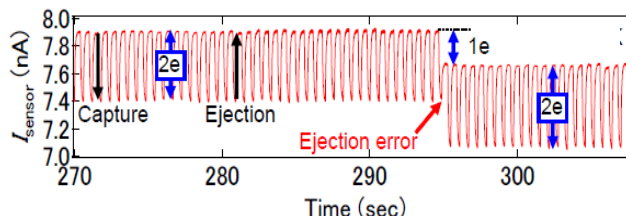


図2. 単電子転送のエラー評価。実験では2個の電子(素電荷 e の2個分)を往復運動させ、その動きを高感度電荷計(図縦軸:電荷計電流)で検出している。図では、1個しか電子が転送できなかった転送エラーが1回発生している。

る改善は必要であるが、新 SI 単位系構築に有益な電流標準や電子1個の操作に基づく低消費電

力回路への応用が期待できる。

(2)局在準位を利用した単電子転送の実現

転送ゲート間に形成される電荷島ではなく、デバイス中の局在準位を介した単電子転送を利用するアプローチを試みた。転送ゲート間の領域に選択的に不純物原子を添加し、不純物を介した単電子転送の動作をクロック周波数 2.5MHz で実現した(図3)。不純物添加領域を空間的に制限した制御性に優れたデバイスでの動作は世界で初めてである(論文 Nanoletters 2012)。また、高速化に向けた検討として、シリコンの界面準位などの電荷トラップ準位を用いて、GHz クロックの高速転送も実現した。比較的大きなエネルギー深さを持つ局在準位を用いることにより、高速・高精度単電子転送の実現が期待できる(現在、論文投稿中)。

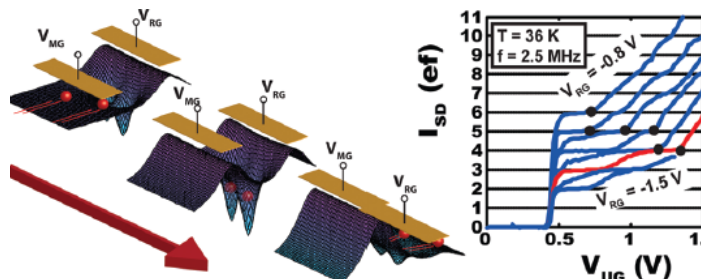


図3. 不純物準位を用いた単電子転送の動作模式図(左図)と単電子転送特性(右図、縦軸:転送電流)。不純物1個に対し電子を1個ずつ捕獲し、放出する。

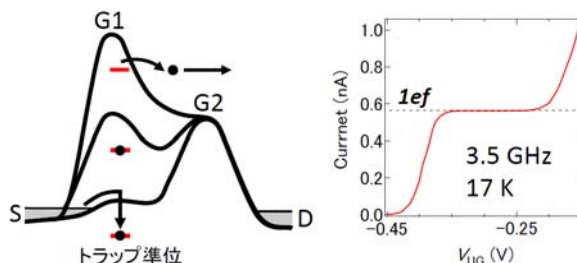


図4. トラップ準位を利用した単電子転送の動作模式図(左図)と高速転送特性(右図、縦軸は転送電流)。10-30meV 程度のエネルギー深さを有するトラップ準位で GHz 動作を実証した。

(3)単電子確率共鳴デバイスの動作実証

確率共鳴とは、ノイズ印加により信号検出の感度が改善される現象である。室温単電子検出技術を利用して、単電子のブラウン粒子としてのランダムな振る舞いに起因する確率共鳴の観測とそのセンサ応用の実証に成功した(図5)。室温単電子検出を駆使した確率共鳴の観測は世界で初めてであり、パルス時間幅 10ns の高速パルスでの動作も確認した。少数電子で動作するため、ノイズ環境下での高感度・省エネルギーなセンシング技術への応用が期待できる(論文 Jpn. J Appl. Phys. 2011、2013 年応用物理学会優秀論文賞受賞)。

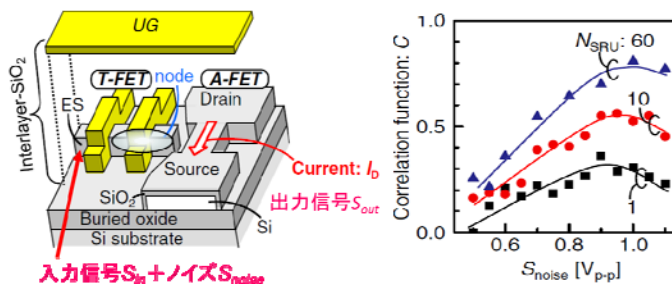


図5. 室温動作の単電子ランダム転送・検出デバイス(左図)とそれを用いた確率共鳴の観測(右図、縦軸:入出力信号の相関係数、横軸:ノイズ電圧)。適切なレベルのノイズを加え、時分割を利用した多数回測定(60回)により入出力相関は増加する。

(4) 高速・高感度単電荷検出の実現

微小容量を有するシリコンナノ細線トランジスタとLC共振回路組み合わせることにより、高速・高感度な電荷検出を室温で実現した。従来低温で用いられていた RF-SET(高速単電子トランジスタ)の技術を、室温動作のトランジスタに適用することにより、室温で 20MHz、 $2 \times 10^{-4} e/\sqrt{\text{Hz}}$ の高速・高感度の電荷検出を実現した(図6)。周波数は世界最高レベルであり、感度も室温における世界最良値である(論文 Appl. Phys. Lett. 2013)。

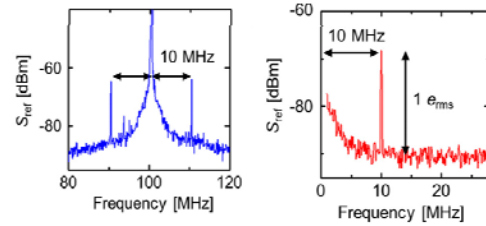


図6. LC共振回路中のシリコン細線トランジスタに共振周波数付近の信号を入射した場合の反射信号のスペクトル特性。ゲートに10MHzの微小信号を加えた場合、入射周波数に対して側帯波が発生する。図は、室温において、ゲート電荷として $1e$ (素電荷)に相当する信号を加えた場合の結果であり、単電子レベルの信号が十分検出できていることがわかる。

(5) 薄層シリコンを用いた発光ダイオードの評価

高温長時間アニールすることにより特殊な Si/SiO₂ 界面を備えた薄層シリコン MOSFET 構造の発光ダイオードを作製し、ゲート電極により基板垂直方向に電界を導入することにより、間接半導体であるシリコンにおいて、フォノン放出を伴わない直接遷移の発光を増強できることを実証した(図7)。直接遷移発光(NP)とフォノンの放出を伴う間接遷移発光(TO)の強度比に着目すると、バルクシリコンと比べて800倍も大きい値を示すことが判った。また、この直接遷移の増強効果は、ゲート電界で連続的に調整が可能である(国際会議発表2件、現在論文投稿中)。直接遷移化の物理的起源は、特殊な界面に起因する電子谷縮退状態の巨大なエネルギー分離に起因していることが実験・理論の両側面から確認できており、シリコン電子回路の一部を発光デバイスとして用いるなど光電子融合技術への応用が期待できる。

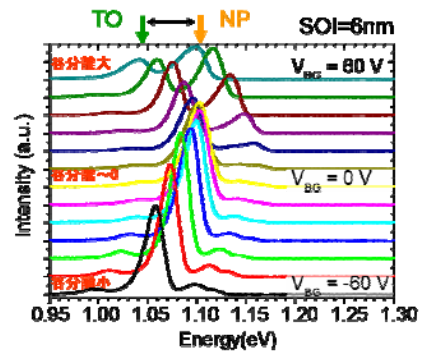


図7. 薄層シリコン発光ダイオードの発光スペクトル。ゲート電界制御により電子を特殊な界面に押し付けると直接遷移成分(NP)が著しく増強されることが見出された。

(6) フィードバック制御による電子数ゆらぎの抑制

単電子のエラー補正のための技術の一つとして、電荷島の電子数ゆらぎ(熱によるエラー)を電荷計で計測し、計測されたエラーを補償するような操作を行うスキームを考案した。実際に、電荷島の電子数を計測し、個数を一定に保つようなフィードバック制御をすることにより、電子数の熱ゆらぎを約 70%抑制できることを実験で確認した(現在国際会議投稿中)。現在は、計測信号をチップ外に取り出してのフィードバック制御であるため低速動作であるが、デバイス構造の改良やオンチップでのフィードバック制御により速度向上が期待できる。

6. 研究発表等

雑誌論文 計 17 件	<p>(掲載済み一査読有り) 計 16 件</p> <p>[1] Y. Takahashi, M.Jo, T.Kaizawa, Y. Kato, M.Arita, <u>A.Fujiwara</u>, Y.Ono, H.Inokawa, and J.-B.Choi: Si nanodot device fabricated by thermal oxidation and their applications, Key Engineering Materials 479 pp.175-183 (2011).</p> <p>[2] K. Nishiguchi and <u>A. Fujiwara</u>: Single-electron stochastic resonance using Si nanowire transistors, Jpn. J. Appl. Phys. 50, 06GF04 (2011).</p> <p>[3] K. Nishiguchi, Y. Ono and <u>A. Fujiwara</u>: Single-electron counting statistics of shot noise in nanowire Si metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, Appl. Phys. Lett. 98, 193502 (2011).</p> <p>[4] G. Yamahata, K. Nishiguchi, and <u>A. Fujiwara</u>: Accuracy evaluation of single-electron shuttle transfer in Si nanowire metal-oxide-semiconductor field-effect transistors, Appl. Phys. Lett. 98, 222104 (2011).</p> <p>[5] M. A. H. Khalafalla, Y. Ono, G. P. Lansbergen, and <u>A. Fujiwara</u>: Low temperature carrier transport in p-channel silicon-on-insulator transistors doped with indium, J. Appl. Phys. 110 014512 (2011);</p> <p>[6] G. Lansbergen, Y. Ono and <u>A. Fujiwara</u>: Donor based single electron pumps with tunable donor binding energy, Nano Lett. 12 763–768 (2012).</p> <p>[7] T. Thorbeck, <u>A. Fujiwara</u>, and Neil. Zimmerman, Simulating Capacitances to Silicon Quantum Dots: Breakdown of the Parallel Plate Capacitor Model, IEEE Transactions on Nanotechnology 11 975 (2012).</p> <p>[8] K. Nishiguchi and <u>A. Fujiwara</u>: Nanowire Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistors with Small Subthreshold Swing Driven by Body-Bias Effect, Appl. Phys. Express 5, 085002 (2012).</p> <p>[9] H. Kageshima and <u>A. Fujiwara</u>: First-principles study of nonclassical effects in silicon-based nanocapacitors, Phys. Rev. B 85, 205304-1-6 (2012).</p> <p>[10] K. Nishiguchi and <u>A. Fujiwara</u>: Detecting signals buried in noise via nanowire transistors using stochastic resonance, Appl. Phys. Lett. 101, 193108 (2012).</p> <p>[11] V. T. Renard, I. Duchemin, Y. Niida, <u>A. Fujiwara</u>, Y. Hirayama and K. Takashina: Metallic behaviour in SOI quantum wells with strong intervalley scattering, Scientific reports 3 : 2011 DOI: 10.1038/srep02011 (2013).</p> <p>[12] Y. Niida, K. Takashina, Y. Ono, <u>A. Fujiwara</u> and Y. Hirayama: Electron and hole mobilities at a Si/SiO₂ interface with giant valley splitting, Appl. Phys. Lett. 102, 191603 (2013).</p> <p>[13] K. Takashina, Y. Niida, V. T. Renard, B. A. Piot, D. S. D. Tregurtha, <u>A. Fujiwara</u>, and Y. Hirayama, Phys. Rev. B 88, 201301(R) (2013).</p> <p>[14] K. Nishiguchi, H. Yamaguchi, <u>A. Fujiwara</u>, H. S. J. van der Zant, and G. A. Steele: Wide-bandwidth charge sensitivity with a radio-frequency field-effect transistor, Appl. Phys. Lett. 103, 143102 (2013).</p> <p>[15] G. Yamahata, K. Nishiguchi, and <u>A. Fujiwara</u>: Accuracy evaluation and mechanism crossover of single-electron transfer in Si tunable-barrier turnstiles Phys. Rev. B 89, 165302 (2014)</p> <p>[16] K. Nishiguchi, Y. Ono, and <u>A. Fujiwara</u>: Single-electron thermal noise, Nanotechnology 25, 275201 (2014).</p> <p>(未掲載一査読なし) 計 1 件</p> <p>[1] <u>藤原聡</u> 単電子デバイスの現在・過去・未来 (電子情報通信学会誌解説記事)</p>
----------------	--

会議発表	専門家向け 計 37 件
計 37 件	<p>[1] T. Thorbeck, <u>A. Fujiwara</u>, and N. Zimmerman: Gate Capacitance Reproducibility and Modeling in Silicon Double Quantum Dots, 2011 APS March meeting (2011.3.21-3.25, Dallas).</p> <p>[2] 西口克彦、<u>藤原聡</u>、“シリコン・ナノ細線トランジスタを利用した確率共鳴”、第 58 回応用物理学学会学術講演会、神奈川工科大学、2011. 3.24-27.</p> <p>[3] 小野行徳、<u>藤原聡</u>“低ドースイオン注入領域におけるシリコン中砒素の ESR 観察”、第 58 回応用物理学学会学術講演会、神奈川工科大学、2011. 3.24-27.</p> <p>[4] 山端元音、西口克彦、<u>藤原聡</u>“シリコン細線 MOSFET におけるシャトル単電子転送”、第 58 回応用物理学学会学術講演会、神奈川工科大学、2011. 3.24-27.</p> <p>[5] 篠原迪人、三上圭、加藤勇樹、有田正志、<u>藤原聡</u>、高橋庸夫、“Si 単電子トランジスタにおける光照射による単一正孔トラップと電気伝導特性の変化”、第 58 回応用物理学学会学術講演会、神奈川工科大学、2011. 3.24-27.</p> <p>[6] 西口克彦、<u>藤原聡</u>、“単一電子を利用した確率共鳴”、第 58 回応用物理学学会学術講演会(シンポジウム)、神奈川工科大学、2011. 3.24-27.</p> <p>[7] 新井田佳孝、高品圭、小野行徳、<u>藤原聡</u>、平山祥郎、“シリコン二次元電子系における谷偏極状態での金属絶縁体相転移”、第 66 回日本物理学学会年次大会、新潟大学、2011.3.25-28.</p> <p>[8] 篠原迪人、三上圭、加藤勇樹、有田正志、<u>藤原聡</u>、高橋庸夫、“Si 単電子トランジスタにおける光照射による単一キャリアトラップ生成と電気伝導特性”、電子情報通信学会技術研究報告 電子デバイス研究会、北海道大学、2011. 2.23-25.</p> <p>[9] 西口克彦、<u>藤原聡</u>、“単一電子を利用した確率共鳴”、電子情報通信学会技術研究報告 電子デバイス研究会、北海道大学、2011. 2.23-25.</p> <p>[10] G.P. Lansbergen , Y. Ono and <u>A. Fujiwara</u>: Charge switching in wire MOSFETs studied by separation of capture and emission, 2011 Silicon Nanoelectronics Workshop (SNW-11), (Jun 2011, Kyoto)</p> <p>[11] G. Yamahata, K. Nishiguchi, and <u>A. Fujiwara</u>: Accuracy of Single-electron Shuttle Transfer in Si Nanowire MOSFETs, 19th international conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS19), (Jul. 2011, USA)</p> <p>[12] G.P. Lansbergen , Y. Ono and <u>A. Fujiwara</u>: Charge transfer by multiple donors in a Si nanowire, 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials, Nagoya, Japan (Sep. 2011).</p> <p>[13] K. Nishiguchi and <u>A. Fujiwara</u>: Stochastic resonance using a steep-subthreshold-swing transistor, 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2011), Kyoto, Japan (Oct. 2011).</p> <p>[14] G.P. Lansbergen , Y. Ono and <u>A. Fujiwara</u>: Donor based SE pumps with tunable donor binding: the International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (ICONN 2012), Session 11.8-2, Perth, Australia (Feb. 5-9).</p> <p>[15] 山端元音、西口克彦、<u>藤原聡</u>、“シリコン細線 MOSFET における単電子転送メカニズム”、第 73 回応用物理学学会学術講演会、山形大学、2011. 8.29.-9.2.</p> <p>[16] G.P.Lansbergen, Y.Ono, <u>A.Fujiwara</u>、“Donor-based charge pump”、第 59 回応用物理学関係連合講演会、早稲田大学、2012. 3.15-18.</p> <p>[17] 西口克彦、<u>藤原聡</u>、“シリコン・ナノワイヤ・トランジスタ確率共鳴素子による高速センサ”、第 59 回応用物理学関係連合講演会、早稲田大学、2012. 3.15-18.</p> <p>[18] 西口克彦、<u>藤原聡</u>、“急峻な電流特性のトランジスタを利用した確率共鳴”、電子情報通信学会技術研究報告 電子デバイス研究会、北海道大学、2012. 2.7-8.</p> <p>[19] 登坂仁一郎、西口克彦 影島博之 <u>藤原聡</u>、“シリコン量子井戸におけるトンネル電流注入発光”、電子情報通信学会技術研究報告 電子デバイス研究会、北海道大学、2012. 2.7-8.</p> <p>[20] (招待講演) <u>A. Fujiwara</u>, G. Yamahata, K. Nishiguchi, G. P. Lansbergen and Y. Ono: Silicon Single-Electron Transfer Devices: Ultimate Control of Electric Charge, 2012 Silicon Nanoelectronics Workshop (June 2012, Hawaii, USA).</p> <p>[21] H. Takenaka, M. Shinohara, T. Uchida, M. Arita, <u>A. Fujiwara</u>, Y. Ono, K.</p>

Nishiguchi, H. Inokawa and Y. Takahashi: High-frequency properties of Si Single-electron transistor, 2012 Silicon Nanoelectronics Workshop (June 2012, Hawaii, USA).

[22] K. Takashina, Y. Niida, V.T. Renard, B.A. Piot, D. Tregurtha, A. Fujiwara, and Y. Hirayama: Spin and Valley Polarization Dependence of Resistivity in Two-Dimensions, 31st International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS) (July 29 - Aug. 3 2012, Zurich, Switzerland)

[23] C. J. Edwardson, P. G. Coleman, K. Takashina, D. Tregurtha and A. Fujiwara: Positron Studies of Silicon Quantum Well Interfaces, 16th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-16), (Bristol, UK, 19-24 August, 2012).

[24] A. Fujiwara, G. Yamahata, and K. Nishiguchi: Accuracy of single-electron transfer in Si nanowire MOSFETs, Workshop on Innovative Nanoscale Devices and Systems (WINDS) p.56 (2012.12.2-7, Hawaii).

[25] A. Fujiwara: Silicon single-electron transfer device, International Workshop on Silicon Quantum Electronics (February 2013, Villard-de-Lans, France)

[26] G. Yamahata, K. Nishiguchi and A. Fujiwara: Crossover of transfer mechanism in Si single-electron turnstiles, International Workshop on Silicon Quantum Electronics (February 2013, Villard-de-Lans, France)

[27] 山端元音、西口克彦、藤原聡“シリコン単電子転送素子の極低温における精度評価”、第60回応用物理学会春季学術講演会、神奈川工科大学、2013. 3.27-30.

[28] 登坂仁一郎、西口克彦、藤原聡“シリコン MOFET における谷分離と発光の関係”、第60回応用物理学会春季学術講演会、神奈川工科大学、2013. 3.27-30.

[29] J. Noborisaka, K. Nishiguchi, A. Fujiwara: Enhancement of phononless optical transitions by large valley splitting in silicon MOSFETs, the 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC), (Makuhari, Japan, July 14-19, 2013).

[30] V.T. Renard, Y. Niida, I. Duchemin, A. Fujiwara, Y. Hirayama and K. Takashina: Influence of intervalley scattering on the metallic behavior in Si MOSFETs, 20th Int. Conf. on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-20), (Poland , Jul. 1-5, 2013).

[31] V.T. Renard, B.A. Piot, Y. Niida, D.S.D. Tregurtha, A. Fujiwara, Y. Hirayama, X. Waintal, G. Fleury, and K. Takashina: Effects of Valley Polarization on Spin Polarization in a Silicon 2DEG, 20th Int. Conf. on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-20), (Poland , Jul. 1-5, 2013).

[32] (招待講演 : Plenary talk) A. Fujiwara, Silicon-based nanodevices for diverse applications, 39th Int. Conf. on Micro and Nano Engineering (MNE) (London, UK, Sept. 16-19 2013).

[33] Y. Takahashi, H. Takenaka, T. Uchida, M. Arita, A. Fujiwara and H. Inokawa: High-speed operation of Si single-electron transistor, 2013 ECS Autumn meeting (Oct.27-Nov.1, 2013, USA).

[34] G. Yamahata, K. Nishiguchi, and A. Fujiwara: Mechanism crossover of single-electron transfer in Si tunable-barrier turnstiles, The International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (ISNTT2013), (Kanagawa, Japan , Nov. 2013) (NTT 主催会議における発表)

[35] J. Noborisaka, K. Nishiguchi, and A. Fujiwara: Electrical tuning of phononless optical transition by controlling valley splitting in silicon MOSFETs, The International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (ISNTT2013),

	<p>(Kanagawa, Japan , Nov. 2013) (NTT 主催会議における発表)</p> <p>[36] K. Nishiguchi, H. Yamaguchi, <u>A. Fujiwara</u>, H. S. J. van der Zant, and G. A. Steele: High-charge-sensitivity radio-frequency field-effect transistor with large and tunable readout frequency, 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2013), (Sapporo, Japan , Nov. 2013).</p> <p>[37] 山端元音、西口克彦、藤原聡 “単一トラップ準位を介した高速単電子ポンプ”、第61 回応用物理学会春季学術講演会、青山学院大学、2014. 3.17 -20.</p>
図書	
計0件	
産業財産権 出願・取得 状況	<p>(出願中) 計4件</p> <p>[1] 「半導体発光素子」 発明者:登坂仁一郎、西口克彦、小野行徳、影島博之、藤原聡、出願人:日本電信電話株式会社、特願 2011- 51146、平成 23 年 3 月 9 日出願 (国内特許)</p> <p>[2] 「半導体装置」 発明者:小野行徳、藤原聡、品田賢宏 出願人:日本電信電話株式会社、早稲田大学、特願 2012-138436、平成 24 年 6 月 20 日出願 (国内特許)</p> <p>[3] 「発光素子」 発明者:登坂仁一郎、西口克彦、藤原聡、出願人:日本電信電話株式会社、特願 2012-245106、平成 24 年 11 月 7 日出願 (国内特許)</p> <p>[4] 「単一電荷転送素子」 発明者:山端元音、西口克彦、藤原聡、出願人:日本電信電話株式会社、特願 2014-027269、平成 26 年 2 月 17 日出願 (国内特許)</p>
計4件	
Webページ (URL)	http://www.brl.ntt.co.jp/people/afuji/index-j.html
国民との科学・技術対 話の実施状 況	<p>[1] 高校生向けセミナー 平成 23 年 11 月 22 日 NTT厚木研究開発センタ 研究所訪問の高校生(約40名)に「NTTの研究者となって17年」と題した講演を行い、研究者という仕事の紹介を行い、将来の進路についてのQ&Aなどの対話を行った。</p> <p>[2] サイエンスキャンプ 2013 スプリング (主催:科学技術振興機構) H25 年 3 月 25,26 日 NTT厚木研究開発センタ 高校生10名に対して、「ナノテクノロジーが切り拓く情報処理社会」と題し、半導体デバイスの基礎とその応用に関する講義ならびに実験実習を行った。</p> <p>[3] 大学院生向け研究紹介 平成 26 年1月 9 日 NTT厚木研究開発センタ 研究所訪問の大学院生(約 20 名)に対して「シリコン単電子デバイス」の研究状況について説明をするとともに、実験装置などの見学を行った</p>
新聞・一般 雑誌等掲載 計0件	
その他	

7. その他特記事項