

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)
実施状況報告書(平成24年度)**

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. 当該年度の研究目的

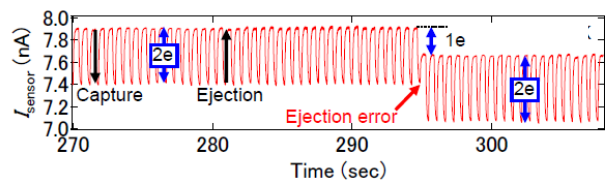
デバイスの作製・特性評価により、以下を推進する。

- (1) 極低温における単電子転送精度絶対評価により、転送エラー率 10^{-8} 以下を達成する。
- (2) 確率共鳴デバイスの並列化による性能向上を達成し、その機構を明らかにする。
- (3) 薄層シリコン物性制御により擬似直接遷移を実現し、発光効率改善を達成する。

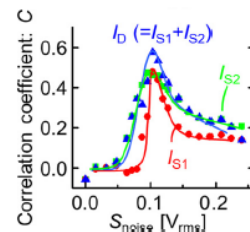
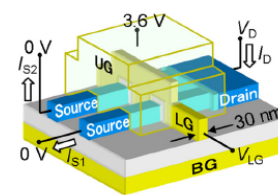
2. 研究の実施状況

H24年度については、以下の進捗があった。

(1) 極低温における単電子転送精度絶対評価を実施し、シリコン電荷島を介した単電子転送方式において、従来の転送エラー率 10^{-2} から2桁改善の 10^{-4} を実現した。エラー率の評価には、高感度電荷計を用いた単電子カウンティングを用いて行った(図1)。計測されたエラー率は、転送パルス信号によるデバイス実効温度の上昇によるものであり、パルス信号を小さくすることにより、さらなる高精度化が期待できることを確認した。



(2) ノイズを利用して信号を検出する確率共鳴デバイスを検討し、急峻スイッチ動作トランジスタとその並列化により信号検出能力を向上させることができることを実証した。急峻スイッチは、シリコン細線におけるインパクトイオン化現象を利用することで実現した。従来の並列化の手法では、ノイズの平均化を図るため、個々のデバイスに互いに相関のないノイズを印加する必要があり複雑なシステムが必要であった。今回、急峻スイッチ動作トランジスタに特有のヒステリシスとその確率的な振る舞いを利用することにより、1種類のノイズでデバイス並列化による能力向上を実現できることを示した(図2)。



(3) 薄層シリコン MOSFET 構造を用いた発光ダイオードを評価し、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型遷移の発光を増強できることを実証した。これは、電界導入により電子の空間分布と結晶運動量分布が変調され、いわゆる電子の谷縮退状態のエネルギー分離が大きくなったことの結果として理解することができる。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計4件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計4件</p> <p>[1] 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>[2] 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>[3] 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>[4] 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>会議発表 計9件</p>	<p>専門家向け 計9件</p> <p>[1] (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>[2] H. Takenaka, M. Shinohara, T. Uchida, M. Arita, <u>A. Fujiwara</u>, Y. Ono, K. Nishiguchi. H. Inokawa and Y. Takahashi: High-frequency properties of Si Single-electron transistor, 2012 Silicon Nanoelectronics Workshop (June 2012, Hawaii, USA).</p> <p>[3] K. Takashina, Y. Niida, V.T. Renard, B.A. Piot, D. Tregurtha, <u>A. Fujiwara</u>, 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)</p> <p>[4] C. J. Edwardson, P. G. Coleman, K. Takashina, D. Tregurtha and <u>A. Fujiwara</u>: Positron Studies of Silicon Quantum Well Interfaces, 16th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-16), (Bristol, UK, 19-24 August, 2012).</p> <p>[5] <u>A. Fujiwara</u>, 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).</p> <p>[6] <u>A. Fujiwara</u>: Silicon single-electron transfer device, International Workshop on Silicon Quantum Electronics (February 2013, Villard-de-Lans, France)</p> <p>[7] G. Yamahata, K. Nishiguchi and <u>A. Fujiwara</u>: Crossover of transfer mechanism in Si single-electron turnstiles, International Workshop on Silicon Quantum Electronics (February 2013, Villard-de-Lans, France)</p> <p>[8] 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</p> <p>[9] 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</p>
<p>図書 計0件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状況 計2件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計2件</p> <p>「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>「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>

様式19 別紙1

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	サイエンスキャンプ 2013 スプリング(実施日:H25年3月25・26日、場所:神奈川県厚木市/NTT厚木研究開発センタ、主催:科学技術振興機構)において 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。
新聞・一般雑誌等掲載 計0件	
その他	

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されません

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の累計)	③当該年度受領額	④(=①-②-③)未受領額	既返還額(前年度迄の累計)
直接経費	122,000,000	115,000,000	5,000,000	2,000,000	0
間接経費	36,600,000	34,500,000	1,500,000	600,000	0
合計	158,600,000	149,500,000	6,500,000	2,600,000	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執行額	②当該年度受領額	③当該年度受取利息等額 (未収利息を除く)	④(=①+②+③)当該年度合計収入	⑤当該年度執行額	⑥(=④-⑤)当該年度未執行額	当該年度返還額
直接経費	72,067,842	5,000,000	0	77,067,842	77,017,500	50,342	0
間接経費	21,620,354	1,500,000	0	23,120,354	23,105,250	15,104	0
合計	93,688,196	6,500,000	0	100,188,196	100,122,750	65,446	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	77,017,500	縦型CVD装置、近赤外蛍光寿命測定装置
旅費		
謝金・人件費等		
その他		
直接経費計	77,017,500	
間接経費計	23,105,250	
合計	100,122,750	

4. 当該年度の主な購入物品(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
縦型CVD装置	(株)国際電気セミコンダクター	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
				0		