

課題番号: GR103
助成額: 159百万円

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

グリーン・イノベーション

理工系

平成 23 年 2 月 10 日
～平成 26 年 3 月 31 日

藤原 聡

Akira Fujiwara

日本電信電話株式会社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

専門分野
ナノデバイス

キーワード

電子デバイス・電子機器／物性I／応用物性・結
晶工学／単電子デバイス

WEBページ

<http://www.brl.ntt.co.jp/people/afuji/index-j.html>



研究背景

パソコンや携帯機器など情報処理端末の飛躍的な性能向上は、我々の社会生活に大きな変革をもたらしているが、その一方で、端末を構成する半導体集積回路で消費される電力の増加が深刻な問題となっている。地球環境・エネルギーコストの観点から、大幅な省エネルギー化を可能とする電子素子の出現が期待されている。

研究目的

半導体材料であるシリコンを1メートルの1億分の1のサイズに微細加工し、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する。さらに、1個あるいは少数個の電子を利用した究極的な低エネルギー電子回路、光電子融合回路の基盤技術の創出を目指す。

実績

代表論文: Phys. Rev. B, 89, 165302, (2014)
特許出願: 2012-245106「発光素子」(2012年11月)
受賞: 応用物理学会優秀論文賞(2013年9月) Single-Electron Stochastic Resonance Using Si Nanowire Transistors, K. Nishiguchi and A. Fujiwara, Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 06G04
特記事項: 39th Int. Conf. on Micro and Nano Engineering (MNE) (London, Sept. 16-19 2013)にてプレナリ講演

研究成果

単電子転送精度の絶対評価

単電子転送精度の絶対評価を半導体素子で世界で初めて行うことに成功した。転送素子と電荷センサーを組み合わせた素子を作製し、単電子カウンティングにより、 10^{-4} (温度10K)の転送エラー率を計測した。また、ドーバントや界面準位を介した単電子転送も実証した。

単電子確率共鳴の観測

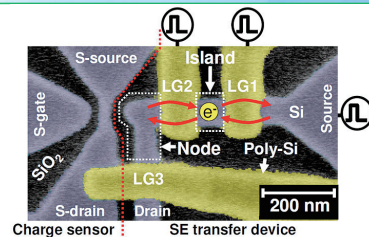
確率共鳴とは、ノイズ印加により信号検出のS/N比が改善される現象である。室温単電子検出を利用して、単電子のランダムな振る舞い起因する確率共鳴の実証に成功した。ノイズ環境下での高感度・省エネなセンシング技術として期待できる。

シリコンの直接遷移発光の増強

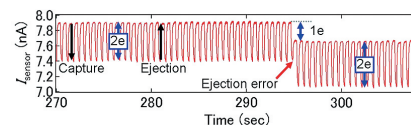
間接半導体であるシリコンは発光にフォノンの介在が必要のため、発光効率が悪い。発光ダイオードにおいてゲート電界により電子の谷状態の分離エネルギーを制御することにより、フォノン放出を伴わない直接遷移発光を大幅に増強できることを実証した。

2030年の
応用展開

従来と比べて桁違いに消費エネルギーの小さい電子素子の実現につながり、家庭用電子機器や携帯端末の低消費電力化が期待できる。また、超高感度センサーや新SI単位



図(a): 単電子転送精度評価用素子



図(b): 電子2個の往復転送の観測
(途中で電子1個分の転送エラーが発生)

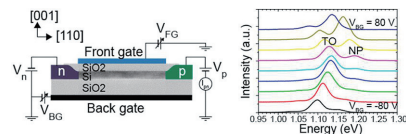


図: フォノンレス発光の増強

系構築に向けて実現が期待されている電流標準など、高感度・高精度なエレクトロニクスの実現が期待できる。