

【基盤研究(S)】
理工系(工学I)



研究課題名 シリコンナノ構造を基盤としたドーパント原子デバイスの開発

静岡大学・電子工学研究所・教授 田部 道晴 (たべ みちはる)

研究分野: 工学

キーワード: 電子デバイス・集積回路、シリコン、ドーパント、原子デバイス

【研究の背景・目的】

シリコンテクノロジーは、トランジスタの発明以来ドーパント不純物原子を利用して発展してきた。これは多数のドーパント原子を統計平均化して扱うものであり今日まで有効に機能してきたが、最近素子の微細化が進みドーパントの数や配置の揺らぎがデバイス特性に大きな影響を与えるようになってきた。これは半導体デバイス原理に関わる問題であり抜本的な解決策が求められている。一方、極限的デバイスの観点から単ドーパントによる FET 特性が我々を含むいくつかのグループから報告されて始めている。

本研究は、個々のドーパント原子を利用したドーパント原子デバイスの開発を目指すものである。1個のドーパント原子を用いたトランジスタを基本とし、さらに2個～数个を利用したメモリ、単電子転送デバイス、フォトニックデバイスなどドーパント原子デバイス群の開発を目指す。並行してドーパント原子導入プロセス、検出技術および第一原理計算によるナノ物性の研究を総合的に行って、ドーパント原子デバイス工学の基盤を構築する。

【研究の方法】

本研究計画では、ドーパント原子デバイス、ドーパント高精度導入プロセス技術、ドーパント位置検出技術および第一原理計算による理論的解析を総合的に進める。特に、デバイスでは本研究計画の要となる単一原子トランジスタに最重点を置くとともに、将来の集積化を想定した時に重要となると思われるメモリ、単電子転送、およびフォトン検出デバイスの動作実証を行う。

【期待される成果と意義】

本研究計画の目的は、従来技術の延長ではなく、原子デバイスの学問・技術体系の構築である。オーストラリア・欧・米を中心として、リンのスピンの利用した量子コンピュータの研究が見られるが、世界的に見て類似の研究はほとんどない。本研究から生み出される原子デバイスはスケーリングの極限に位置する究極の低消費電力デバイスであり、大きなオンオフ比を持つ単電子 FET や、電子1個単位で書き込みするメモリ、電子1個を正確に転送制御できるデバイス、光情報処理と融合するフォトニックデバイスなど、いずれも革新的な新デバイス群である。さらに、ドーパント原子の複合化などによりデバイスの室温動作を目指しており、これらが実現できれば実用化への道が大

きく開かれる。その先には集積化ナノエレクトロニクスやナノフォトニクスとの融合など広範な産業応用が待ち構えている。

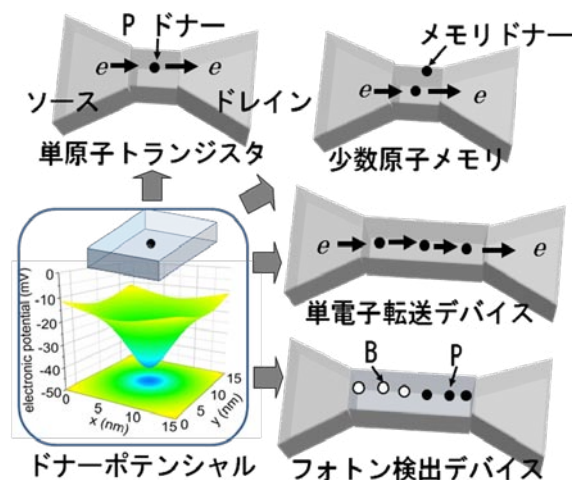


図1. 動作実証を目指すドーパント原子デバイス

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- M. Tabe, D. Moraru, M. Ligowski, M. Anwar, R. Jablonski, Y. Ono and T. Mizuno “Single-Electron Transport through Single Dopants in a Dopant-Rich Environment”, *Phys. Rev. Lett.*, Vol.105, pp.016803-1-4 (2010).
- E. Hamid, D. Moraru, J. C. Tarido, S. Miki, T. Mizuno and M. Tabe, “Single-electron transfer between two donors in nanoscale thin silicon-on-insulator field-effect transistors”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 97, pp.262101-1-3 (2010).

【研究期間と研究経費】

平成23年度～27年度
161,100千円

【ホームページ等】

<http://www.rie.shizuoka.ac.jp/~nanohomeromtabe@rie.shizuoka.ac.jp>