

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

氏名：藤原聡

機関名：日本電信電話株式会社NTT物性科学基礎研究所

1. 研究の背景

パソコンや携帯機器など情報処理端末の飛躍的性能向上は、我々の社会生活に大きな変革をもたらしていますが、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は増加の一途をたどっており、地球環境・エネルギーコストの観点から大きな問題となっています。

2. 研究の目標

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個単位で正確に操作・検出する技術を開発することにより、電子1個1個の動きを利用した究極的な低エネルギー電子回路の基盤技術を提供します。

3. 研究の特色

従来型の回路とは異なる原理での動作を実現するため、電子1個の操作精度の評価などの精密な測定により電子1個1個の振舞いを明らかにし、その制御技術を確立します。また、現在の応用技術の主流であるシリコンテクノロジーを駆使することにより、実用化への展開が容易で、工業的価値の高い技術を構築します。

研究の対象とする構造は、現在の回路の基本構成要素であるトランジスタの寸法を極限まで小さくしたものです。従来のトランジスタでは、ゲートと呼ばれる部分に電圧を加えることにより、シリコンを流れる電流(多数個の電子)のオンオフを行います。一方、単電子・少数電荷制御型ナノデバイスでは、非常に細い線状のシリコン(シリコンナノ細線)を電流の通り道とし、電子1個1個の流れをゲートで制御することを特徴とします。電子1個1個を情報処理に用いるために2つのアプローチを考えています。一つめのアプローチは、電子1個に情報を担わせる際に重要となるビットエラーを定量的に把握するために、GHzなど高速クロックでの単電子操作の精度の絶対評価を行い、その背後にある物理、制御因子を明らかにした上で高精度化をはかっていくことです。もう一つのアプローチは、電子1個1個の制御をあえて行わず、その確率的振舞いを乱数として利用し、フレキシブルでエラー耐性のある情報処理に応用していく方向です。いずれのアプローチにおいても、微細な構造を作製する技術、材料の欠陥・不純物やそれに起因するノイズなどの影響を把握しながら、材料、電子物性、回路にまたがる幅広い検討を進めていきます。

4. 将来的に期待される効果や応用分野

従来と比べて桁違いに消費エネルギーの小さい電子装置の実現につながり、家庭用電子機器や携帯端末の低消費電力化が期待できます。また、超高感度センサーや電気量の標準などの高感度・高精度なエレクトロニクスの実現に貢献します。

研究内容

実施： NTT物性科学基礎研究所
ナノデバイス研究グループ

(デバイス作製・ナノプロセス開発)
シリコン4インチライン

高速・高精度 単電子転送技術

- ・精度評価(エラー測定)
- ・電子ダイナミクス制御
- ・量子・スピン効果
- ・不純物、結晶欠陥の効果

単電子 乱数応用技術

- ・フレキシブル論理
- ・ノイズ、熱ゆらぎの利用

超高感度 電荷検出技術

- ・単電子・少数電荷検出
- ・高速化検討

光電子融合技術

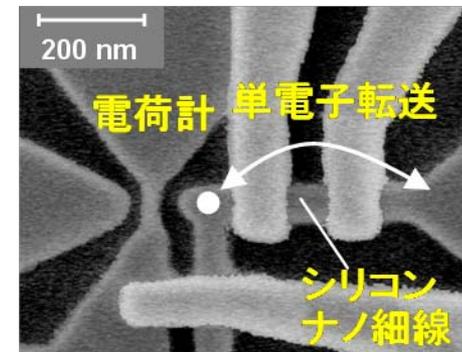
- ・微弱光・少数キャリア検出
- ・擬似直接遷移発光

単電子・少数電荷 制御の基礎技術確立

- ・エラー 10^{-8} 以下
- ・エラーの補償または利用技術

回路構成法検討

- ・消費電力従来比1/10-1/100



電子1個の転送操作
とその精度評価