

課題番号 : F-15-IT-0011  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : 半導体人工量子系における電子ダイナミクスの研究  
 Program Title(English) : Electron dynamics in semiconductor nanostructures  
 利用者名(日本語) : 藤澤利正, 橋坂昌幸  
 Username(English) : T. Fujisawa, M. Hashisaka  
 所属名(日本語) : 東京工業大学大学院理工学研究科  
 Affiliation(English) : Graduate school of Science, Tokyo Institute of Technology

## 1. 概要(Summary)

半導体量子ドットの電荷状態や電子スピン状態の量子ダイナミクスは、量子コンピュータなどの量子情報素子への発展性が見込まれることから注目されているが、フォノン散乱や核スピン揺らぎによるデコヒーレンスが懸念されている。本研究では、フォノン散乱や核スピン揺らぎが電子系に与える影響を調べることで、新しい量子情報技術を確立することを目指している。東京工業大学のナノテクノロジープラットフォーム事業による電子ビーム露光など支援を受けて、量子ドット構造やフォノン共振器などの半導体微細構造を作製し、電子系とフォノン・核スピンとの結合系に関する研究を推進した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

電子ビーム露光装置、走査型電子顕微鏡、電子ビーム露光データ加工ソフトウェア

### 【実験方法】

AlGaAs/GaAs 半導体ヘテロ構造基板上に、プラットフォームの電子ビーム露光によりレジストパターンを形成し、金属薄膜(Ti/Au)を蒸着することによりゲート電極を形成した。写真(コントラスト・着色加工)は、プラットフォームの走査型電子顕微鏡によって観察したゲート電極を示しており、適当な電圧を印加することにより、二重量子ドット(丸印)や量子ポイント接合(PC)を形成することができる。作製した試料は、東京工業大学藤澤研究室の希釈冷凍機などによって測定し、動的核スピン偏極の制御<sup>(1)</sup>やフォノン共振器中の量子ドットにおけるフォノン支援トンネル現象の研究<sup>(2)</sup>を行った。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

写真のような二重量子ドット素子を用いて電子スピン/核スピンのフィードバック効果を調べ、スピン一重項によ

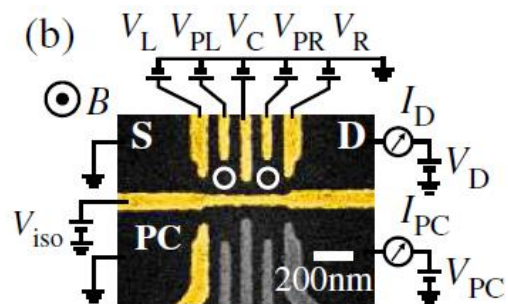


Fig. 1. Scanning electron micrograph of a quantum dot device.

って電流の閉塞がおこる「交換相互作用誘起のスピンブロックード」現象を見出した。この場合、2つの量子ドットの核スピン偏極が一致する方向に動的核スピン偏極が進み、その結果として電流閉塞が起こることを示し、核スピン揺らぎを抑制する技術に応用することができる。

## 4. その他・特記事項(Others)

本研究は、科研費(26247051, 15K13271)の支援を受けた。共同研究者:村木康二氏(NTT 物性基礎研)、技術支援者:河田眞太郎氏(東工大量子ナノ)に感謝致します。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) D. Imanaka, S. Sharmin, M. Hashisaka, K. Muraki, and T. Fujisawa, "Exchange-Induced Spin Blockade in a Two-Electron Double Quantum Dot", Phys. Rev. Lett. 115, 176802 (2015).
- (2) J. C. H. Chen, Y. Sato, R. Kosaka, M. Hashisaka, K. Muraki, and T. Fujisawa, "Enhanced electron-phonon coupling for a semiconductor charge qubit in a surface phonon cavity", Sci. Rep. 5, 15176 (2015).

## 6. 関連特許(Patent)

なし