

課題番号 : F-16-IT-0027
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名(日本語) : 新構造シリコン量子ドットデバイスの開発
 Program Title (English) : Development of novel silicon quantum dot devices
 利用者名(日本語) : 山岡裕¹⁾, 牧野貴臣¹⁾, 小寺哲夫²⁾, 波多野睦子²⁾
 Username (English) : Y. Yamaoka¹⁾, T. Makino¹⁾, M. Hatano²⁾
 所属名(日本語) : 1) 東京工業大学理工学研究科, 2) 東京工業大学工学院
 Affiliation (English) : 1) Graduate School of Eng., Tokyo Tech, 2) School of Eng., Tokyo Tech.

1. 概要(Summary)

半導体中の電荷スピンを用いた量子情報処理応用が期待されている。シリコン系では核スピンとの相互作用が小さく、長いコヒーレンス時間が実現されている。特に、シリコン量子ドット中の正孔スピンは、電子スピンと比べて強いスピン軌道相互作用を持つため、電界のみでスピン操作を実現できる。このため、将来的な集積化に向けて有利であるシンプルなデバイス構造を実現可能であり、近年注目を集めている。本研究課題では、pチャネルシリコン2重量子ドットを作製し、正孔輸送特性の評価を行った。素子作製のために、東京工業大学超高速エレクトロニクス研究棟の走査型電子顕微鏡 S4500 を利用した。素子評価により、明瞭なパウリスピンブロッケードを観測し、さらに、トップゲート電圧の調整により、パウリスピンブロッケード領域の拡張やスピン軌道相互作用長の変調に成功した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

走査型電子顕微鏡

【実験方法】

微細なシリコン量子ドット構造を作製するため、エッチング、酸化条件の最適化を行った。そのために、プラットフォーム支援による走査型電子顕微鏡を利用することで、量子ドットを形成するための狭窄領域の形状を確認した。素子の測定・評価については自機関に持ち帰って行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

走査型電子顕微鏡を利用して、条件だしを行うことで、Fig. 1 に示すような pチャネルシリコン2重量子ドット(DQD)を作製した。DQDの近傍には電荷検出計(CS)を作製した。素子評価を行った結果、1.5 Kにおいて明瞭な正孔輸送特性を得ることができ、設計した通りの素子を実現できた。この素子を用いて、明瞭なパウリスピンブロ

ックードを観測し、その磁場依存測定から、スピン軌道相互作用によるスピン緩和に起因する特性を得た。トップゲート電圧を調整することで、二重量子ドット間のトンネル結合を制御し、パウリスピンブロッケード領域を拡張した(20~170 mT)。さらに、トップゲート電圧の調整によって、スピン軌道相互作用長の変調に成功した。

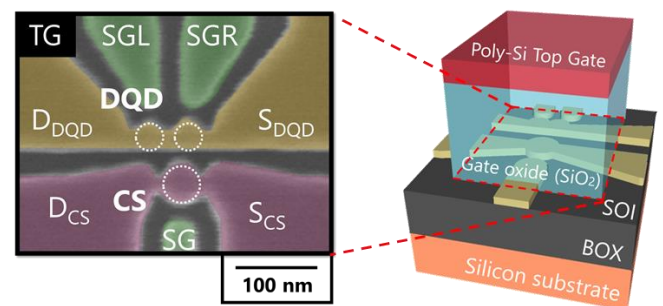


Fig. 1 The schematic device structure and an SEM image of p-channel silicon quantum dots.

4. その他・特記事項(Others)

謝辞: 本成果はプラットフォーム支援、及び JSPS 科研費 (JP26709023, JP16F16806) の助成により得られた。

支援機関共同研究者: 小田俊理教授 (東京工業大学・科学技術創成研究院未来産業技術研究所)、

その他の共同研究者: Dr. Aleksey Andreev (Hitachi Cambridge Laboratory)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) Y. Yamaoka, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 04CK07-1-4 (2017).

(2) Y. Yamaoka, et al., Silicon Quantum Electronics Workshop 2016, Delft, Netherland, 平成 28 年 6 月 13 日

6. 関連特許(Patent)

なし。