

三角形に配置したシリコン三重量子ドットのチャージセンシング

Charge sensing of a silicon triangular triple quantum dot system

東工大量子ナノ研セ¹, 東大ナノ量子機構², さきがけ-JST³, 東大生研⁴

溝口 来成¹, 小寺 哲夫^{1,2,3}, 堀部 浩介¹, 河野 行雄¹, 荒川 泰彦^{2,4}, 小田 俊理¹

QNERC, Tokyo Tech.¹, NanoQuine, the Univ. of Tokyo², PRESTO-JST³, IIS, the Univ. of Tokyo⁴

°Raisei Mizokuchi¹, Tetsuo Koderu^{1,2,3}, Kosuke Horibe¹, Yukio Kawano¹, Yasuhiko Arakawa^{2,4}, Shunri Oda¹

E-mail: mizokuchi.r.aa@m.titech.ac.jp

[背景]本研究では、電子スピン量子ビット実現のため、三角形に配置したシリコン三重量子ドット (TQD) のチャージセンシングを行った。TQD を使って実現される 3 電子スピン系は交換相互作用を利用することで電界のみでの量子ビット制御が可能であり¹⁾、局所磁界が不要な簡単な構造のため量子ビットの集積化に適している。また、三角形に配置した TQD では、直列のものとは違い、磁性体の性質に関わる物理現象であるフラストレート系として機能するためその解明に利用することができる²⁾。材料に用いているシリコンは、コヒーレンスを破壊する主な原因となる核スピンをほとんど持たないため長時間のコヒーレンスが期待される³⁾。しかしながら、その移動度の低さのため TQD の電流値から電子数変化を読み取ることは難しい。高感度な電荷センサを用いると、そのような電子数の変化でも読み取ることが可能になる。

[実験・結果]電子線リソグラフィ、反応性イオンエッチング技術を用いて、Silicon on insulator 基板を加工し、TQD を作製した。Fig.1 では、中心に TQD、その周辺にポテンシャルを変調するサイドゲート(SG)と単電子トランジスタ電荷センサ(CS)が集積された構造を表している。また、電荷センサはドレインとソースの電圧を調節することで TQD のポテンシャル変調に利用することも出来る。それぞれのゲートとリードの電圧を変化させ、センシングに適したパラメーターに調整した。Fig.2 は 300 mK におけるサイドゲート 1 と 3 の電圧が変化したときに CSb を流れる電流値の微分コンダクタンスを表している。TQD のそれぞれのドットに対応した電子数変化の線が現れており、センシングに成功している。また、ゲート電圧に対する依存性からどのドットに関する電子数変化か判断することができる(Fig.2)。

[謝辞] 本研究は、科研費 (22246040, 24102703), JST-さきがけ, 矢崎財団, 文部科学省イノベーションシステム整備事業の助成の基に遂行された。

- 1) D. P. DiVincenzo, et al., Nature 408.6810 (2000): 339-342.
- 2) M. Seo, et al., PRL110.4 (2013): 046803.
- 3) Alexei M. Tyryshkin, et al., Nature materials 11.2 (2011): 143-147.

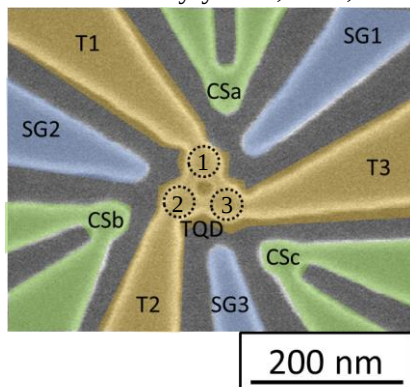


Fig.1: SEM image of triple quantum dot device

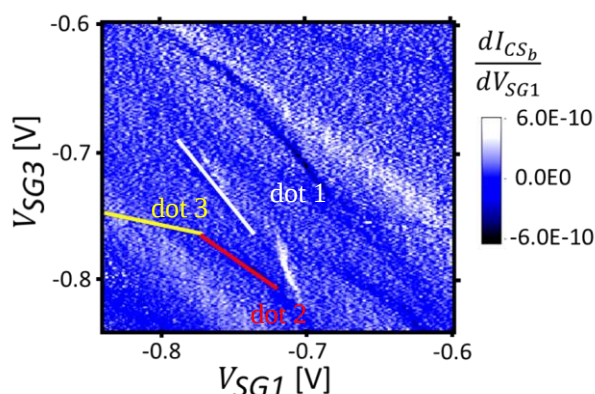


Fig.2: Differential conductance of CSb as a function of V_{SG1} and V_{SG3}