

チャージセンサのバックアクションによる シリコン量子ドット内電子励起の観測

Observation of the excitation of electrons in silicon quantum dots generated from the
back-action of a charge sensor

東工大量子ナノ研セ¹, 東大ナノ量子機構², さきがけ-JST³

○堀部 浩介¹, 小寺 哲夫^{1,2,3}, 河野 行雄¹, 小田 俊理¹

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

○Kosuke Horibe¹, Tetsuo Koderu^{1,2,3}, Yukio Kawano¹, Shunri Oda¹

E-mail: horibe.k.aa@m.titech.ac.jp

シリコン量子ドットを用いた電子スピン量子ビットを目指した研究が注目されている[1]。電子スピン状態を測定するためにチャージセンサが利用されるが、このチャージセンサ自体が量子ビットのコヒーレンスを破壊し得ることが知られている。この量子ビットに対するチャージセンサの影響はバックアクションと呼ばれており、バックアクションの大きさや物理的機構、対策方法を明らかにすることは量子情報素子を構築する上で重要となっている。

本研究では、Silicon-on-insulator 基板のシリコン層を 2 重結合量子ドット形状に加工し、絶縁膜堆積後にトップゲート (TG) を形成することにより MOS 構造のデバイスを作製した。Fig.1 は量子ドット形成後の電子顕微鏡写真を示している。2 重結合量子ドット (DQD) と、チャージセンサとして用いる単一量子ドット (CS) を作製している。

測定は温度 300 mK で行った。チャージセンサドレイン電圧 V_{DCS} とサイドゲート電圧 V_{SG2} を変化させながら、DQD の右側量子ドットとリード間の電子トンネルをチャージセンサにより測定した (Fig.2)。サイドゲート電圧により DQD 内電子数を調整しており、この電子トンネルは(0,1)-(0,2)間電子トンネルに対応する (括弧の中の数字は DQD の左右の量子ドット内電子数を表している)。ここで、 V_{DCS} に依存して、トンネリングを表す線が 2 本に分裂していることがわかる。この現象は、CS から散逸されたエネルギーにより DQD 内電子が励起準位へと励起されていることを強く示唆している。この測定により、チャージセンサドレイン電圧 V_{DCS} を小さくするほどバックアクションが小さくなることがわかった。

また、(0,1)-(0,2)間電子トンネルにおいて、観測された右側量子ドットの基底準位と第一励起準位のエネルギー差は、理論的にバレースプリッティング E_{VS} に一致することが予測される。本測定により $E_{VS} = 0.28$ meV が得られ、この値は DQD の電荷三重重点におけるスピントロケードの測定により得られた値 $E_{VS} = 0.27$ meV とほぼ一致した。

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] M. A. Eriksson *et al.*, Quantum Inf. Process. **3**, 133 (2004).

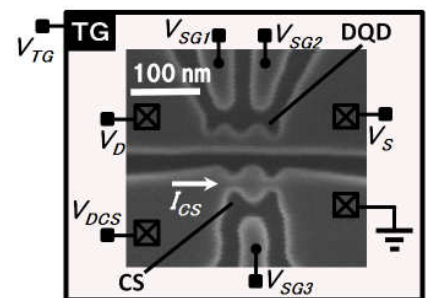


Fig.1: SEM image of a device.

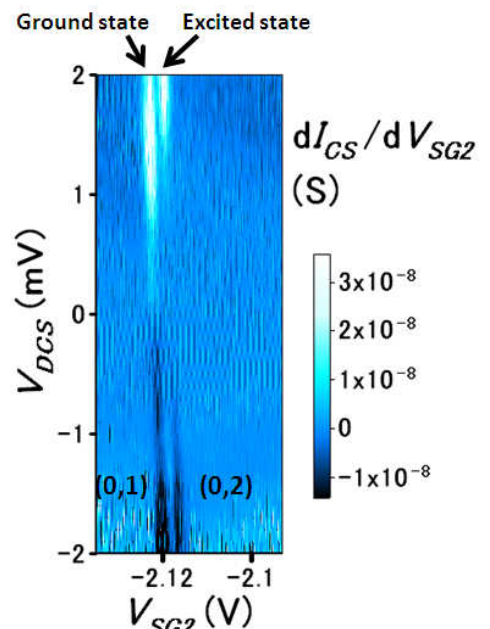


Fig.2: Transconductance dI_{CS}/dV_{SG2} of a CS as functions of V_{SG2} and V_{DCS} . $V_{TG} = 4.35$ V, $V_D = V_S = 600$ mV, $V_{SG1} = -2.49$ V, and $V_{SG3} = -155$ mV.