17p-A16-1

チャージセンサを用いた 2 重結合シリコン量子ドット内のスピンブロッケード現象の観測

Observation of the spin blockade in a silicon double quantum dot using a charge sensor

東工大量子ナノ研セ [1]，東工大電子物理 [2]，東大ナノ量子機構 [3]
○堀部 浩介 [1]，小寺 哲夫 [2,3]，小田 俊理 [1]
QNERC, Tokyo Tech.[1], Dept. of Phys. Electron.[2], NanoQuine, the Univ. of Tokyo[3]
○Kosuke Horibe[1], Tetsuo Kodera[2,3], Shunri Oda[1]
E-mail: horibe.k.aa@m.titech.ac.jp

半導体量子ドット中の電子スピンを用いて量子ビットを形成する研究が行われている[1]。近年は化合物半導体と比べて、スピン軌道相互作用が小さく、また核スピンを持たない同位体をもつシリコンが注目を集めている[2]。量子ビット状態を測定するために結合量子ドット間のスピンブロッケード現象が用いられている[3]。シリコンにはバレー構造による複雑性があり、結合量子ドット間のトンネリングやスピンブロッケード現象もバレー構造の影響を受けることになるため、この影響を調べることは重要である。本研究では、シリコン 2 重結合量子ドット内のスピンブロッケード現象を、チャージセンサを用いて観測した。また、バレーブロッケードに起因すると思われるブロッケード現象を観測したので報告する。

Fig.1 は実験に用いた素子の電子顕微鏡写真を示している。SOI 基板の SOI 層を電子線リソグラフィにより加工し、2 重結合量子ドット（DQD）及びチャージセンサとしての単一量子ドット（CS）を作製した。トップゲート(TG)電圧を印加することにより SOI 層に誘起される 2 次元反転電子をチャネルとして利用する MOS 構造となっている。測定はベース温度 300 mK で行った。DQD の左右の量子ドット内電子数を(m, n)と表すとき、(3, 1)-(2, 2)間トンネリングの電荷 3 重点において、チャージセンサを用いることにより明瞭なスピンブロッケード現象を観測した(Fig.2(a), 2(b))。DQD のソース・ドレインに印加するバイアス（V_D-V_S）が正負反対である Fig.2(a)と(b)を比べると、(a)の方でブロッケードが観測されていることがわかる。

また、DQD の(2,1)-(1,2)間トンネリングにおいて、V_D-V_S が正のとき、負のときで同様に電荷 3 重点の測定を行ったところ、正負の両方の測定でブロッケード現象が観測された。このブロッケード現象は異なるバレー間のトンネリングが抑制されるバレーブロッケードに起因すると考えられる。

謝辞　本研究は，科研費（26630151，26709023），文部科学省イノベーションシステム整備事業、日本学術振興会科研費（25007182）の助成の基に遂行された。

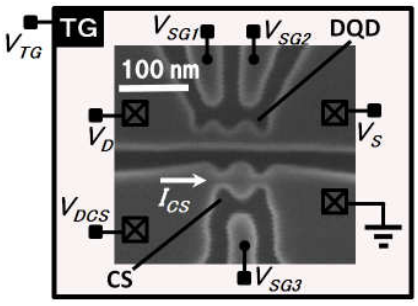


Fig.1: SEM image of a device.

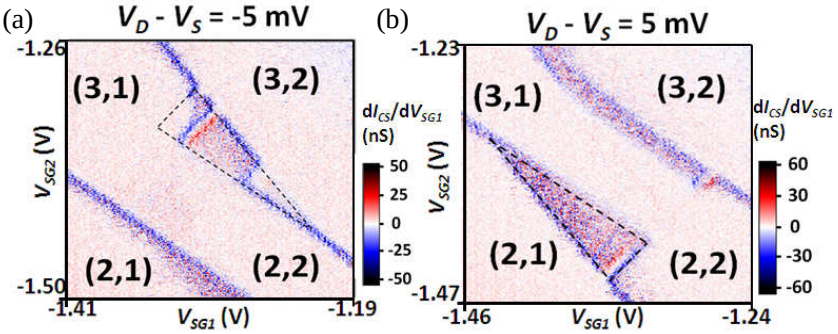


Fig.2: Transconductance dI_{CS}/dV_{SG2} of a CS as functions of V_{SG1} and V_{SG2}. V_{TG} = 4.05 V, V_{SG3} = 100 mV, (a) V_D =700 mV, V_S = 705 mV, (b) V_D =705 mV, and V_S = 700 mV.

[1] F. H. L. Koppens, *et al.*, Science **309**, 1346 (2005).
[2] M. A. Eriksson *et al.*, Quantum Inf. Process. **3**, 133 (2004).
[3] B. M. Maune, *et al.*, Nature **481**, 344 (2012).

© 2014 年　応用物理学会