19p-C8-6

ダブルゲート Si 単電子トランジスタにおける Excited state の特性変化

The characteristics of Excited states of double-gate Si single-electron transistor

北大院情報 [1]，　NTT 物性基礎研 [2]
°吉岡　勇 [1]，内田　貴史 [1]，佐藤　光 [1]，有田　正志 [1]，藤原　聡 [2]，高橋　庸夫 [1]
IST. Hokkaido Univ. [1], NTT Basic Research Labs. [2],　°Isamu Yoshioka[1], Takafumi Uchida[1],
Hikaru Satou[1],Masashi Arita[1], Akira Fujiwara[2], Yasuo Takahashi[1],
E-mail: i-yoshioka@frontier.hokudai.ac.jp

1.はじめに

単電子トランジスタは MOSFET とともにこれからの集積回路をリードする可能性があるとして研究されている。また SET は電子 1 個の動きを制御できるため、究極の低消費電力デバイスとして注目されている。このデバイスの少数電子系では様々な特徴的な現象が生じそのひとつとして負性微分抵抗が現れることがある。前回我々は、少数電子系においてバックゲート電圧 V_{bg} により Excited state が変化することを見出した[1]。このときの Excited state は微分コンダクタンスが低いもののみを扱ったが、本研究では電流値が大きくなる Excited state の可能性について議論する。また、V_{bg} によって微分コンダクタンスの大きさが変化することを見出したので報告する。

2.実験方法

SET は Si の MOSLSI プロセスを用いて、SOI 基板上に作製した。電子ビーム（EB）リソグラフィーとドライエッチングにより SOI 基板上の Si 層を幅 44 nm、長さ 50 nm、厚さ 25 nm の Si 細線に加工し作製した。これを 1000℃ドライ酸化すると、細線中心にポテンシャル井戸、その両端にトンネル障壁を有する SET 構造が自動的に形成されることになる。この自己組織的な SET の作製手法を、パターン依存酸化法と呼ぶ。これにゲート電極を取り付け、SET が完成する。ここでは、SOI の Si 基板をバックゲートとして用いた。電気伝導特性を、約 8 K の温度にて測定した。

3.結果

図 1 はドレイン電流-ゲート電圧特性である。SET の特徴であるクーロン振動を確認できる。島内のおよその電子数を図中に示す。次に電子数 1~3 の微分コンダクタンスをゲート電圧 V_g とドレイン電圧 V_d に対して等高線プロットしたクーロンダイヤモンド特性を図 2 に示す。バックゲート電圧を(a)V_{bg}=0V、(b) V_{bg}=20 としてある。図中に島内のおよその電子数を示してある。V_{bg} を変えると、Excited state の位置や微分コンダクタンスの値が変化する様子が見える。V_{bg} に係わりなく、多くの Excited state は、概して微分コンダクタンスが小さくなる（図でコントラストが暗くなる）ように現れ、特に電子数 1 や 2 に対応するダイヤモンドの右下の Excited state は負性微分抵抗を示している。これは、Excited state に注入された電子がトンネルしにくくなっているものと考えられる。しかし、(b)における電子数 3 のダイヤモンドの左下領域には、ダイヤモンドのエッジに平行に、明るい線状のコントラストが見え、この領域では微分コンダクタンスが大きくなっているようにも見える。化合物半導体の SET で見られるように微分コンダクタンスが高くなる Excited state である可能性がある。

[1]吉岡他、第 60 回応用物理学関係連合講演会(2013 春)29p-G9-3.

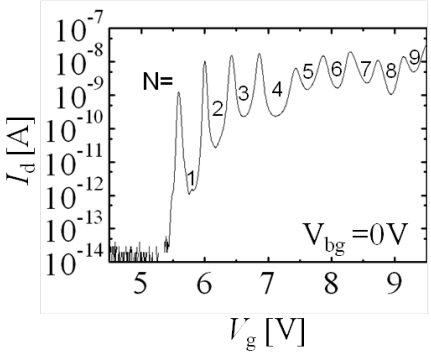

図 1　I_d-V_g 特性

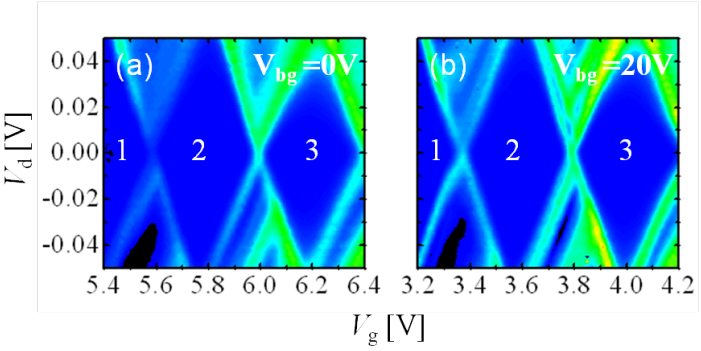

図 2　クーロンダイヤモンド特性

© 2013 年　応用物理学会