

Si 単電子トランジスタにおける excited state のゲート電圧による変化

Gate voltage dependence on excited states of Si single-electron transistor

北大院情報¹, NTT 物性基礎研²°吉岡 勇¹, 竹中 浩人¹, 内田 貴史¹, 有田 正志¹, 藤原 聡², 高橋 庸夫¹IST, Hokkaido Univ.¹, NTT Basic Research Labs.², °Isamu Yoshioka¹, Hiroto Takenaka¹, Takafumi Uchida¹, Masashi Arita¹, Akira Fujiwara², Yasuo Takahashi¹,

E-mail: yossyis1119@gmail.com

1.はじめに

単電子トランジスタは電子 1 個の動きを制御でき、高集積化が可能のため将来の集積化デバイスとして注目されている。このデバイスはサイズが小さく量子効果を利用できる。その解析方法としてクーロンダイヤモンドを描き、クーロンダイヤモンド外側に見える excited state により評価できるが、研究報告の例が少ない。我々は、少数電子系においてバックゲート電圧 V_{bg} によりゲート容量が変化する現象[1]を報告してきたが、ここでは V_{bg} により excited state が変化するところを見出したので報告する。

2.実験方法

単電子トランジスタはパターン依存酸化(PADOX)法[2]を用いて作製した。SOI 基板上的 Si 層を幅 50 nm、長さ 50 nm、厚さ 25 nm の Si 細線に加工し、これをドライ酸化すると、Si 細線の両端にトンネルバリアができ、細線の中心に Si ナノドット (クーロン島) が自動的に形成される。この SET では、上部にゲート電極 (V_g) が取り付けられ、さらにシリコン基板をバックゲートとして用いることができる。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 V_{bg} をパラメータ (0~20V まで変化) とした、微分コンダクタンス dI_d/dV_d の等高線プロットである。図では、 V_{bg} を変化させたときに単電子島の電子数 (図中の数字) が等しくなる V_g 領域を示した。我々はクーロンダイヤモンドに沿って見える青い線 (微分抵抗が小さい) が excited state であると考えている。また、電子数=5 のクーロンダイヤモンドの右上と右下には、微分コンダクタンスが負である領域 (黒い線) が見える。これも excited state のひとつと考えている。図 1 を詳細に見ると、多数見えている excited state の位置が V_{bg} により変化しており、大きく動くもの、少し動くもの、ほとんど動かないものに分かれることがわかる。電子数=5 のクーロンダイヤモンドの右上と右下の領域に注目すると、右上の領域では、ネガティブコンダクタンスの 2 本の黒線が、 V_{bg} の増加に従ってとクーロンダイヤモンドから離れていき、最終的に合体する。同時に新たな excited state がダイヤモンド近くから現れ、移動しながら最終的には 2 つになる。一方、右下の領域の excited state はほとんど動かない。excited state が V_{bg} により変化するのは、上下向きの電界が変化することにより島の形が変化するためと考えられる。逆に変化しないものは、主に横方向の形状に依存している excited state であると考えられる。

[1]内田他、第 59 回応用物理学関係連合講演会(2012 春)17p-46.

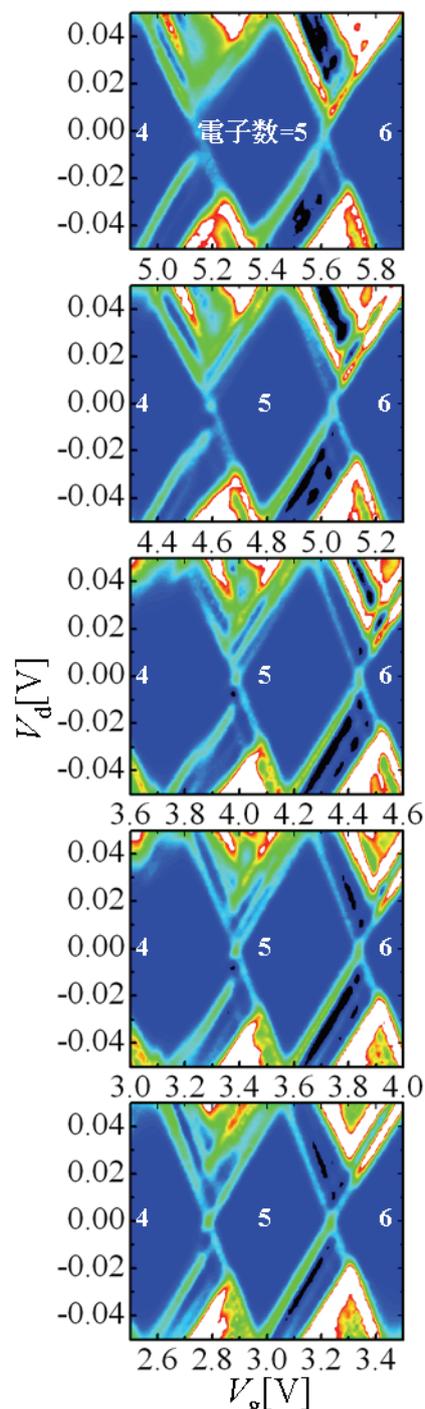
[2] Y. Takahashi et al., Electron. Lett., **31**, 136 (1995).

図 1. V_{bg} による excited state の変化。上から $V_{bg}=0, 5, 10, 15, 20V$