

トリプルドット単電子トランジスタの作製とターンスタイル動作

Fabrication of Triple-Dot Single-Electron Transistor and Single-Electron Transfer Operation

○曹民圭¹、内田貴史¹、福地厚¹、有田正志¹、藤原聡²、高橋庸夫¹

(1. 北大院情報、2. NTT 物性基礎研)

○Min Gyu Jo¹, Takafumi Uchida¹, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi¹, Masashi Arita¹, Akira Fujiwara²,
Yasuo Takahashi¹

(1.Hokkaido Univ., 2.NTT Basic Research Lab.)

E-mail: mingyujo@eis.hokudai.ac.jp

研究背景：単電子トランジスタは一般に量子ドットがトンネルバリアに挟まれた構造を持ち、量子ドットはゲートと容量的にカップルする。複数の量子ドットを有する単電子デバイスは単電子転送や量子コンピューティング等へ応用できる。特に三つの量子ドットを有する単電子デバイスは、単一のゲートに高周波電圧を印加することで、周波数 f に比例した単電子転送動作ができるターンスタイルデバイスとして適した構造である。しかし三つの量子ドットを作製することは容易ではないと考えられている。本研究ではシンプルな方法で三つの量子ドットがカップルした単電子トランジスタの作製法を示し、ターンスタイル動作を確認した。

デバイス作製：三つの量子ドットがカップルした単電子トランジスタは、SOI(silicon on insulator)基板上に形成した、Si 細線の両端の細線取付け部にくびれを入れた構造を約 1000°C で熱酸化することにより作製された。細線の中央部はパターン依存酸化 (PADOX) による強い圧縮ストレスのためにシリコンのバンドギャップが低下し量子ドットが形成される。そして Si 細線取付け部では、2 次元 Si のエッジ部での酸化抑制と裏面からの酸化による複雑な酸化が生じ、自動的に両側にドットが形成される。

実験結果：Fig.1 はクーロンダイヤモンド図である。二つのクーロンダイヤモンドが重なった領域がみられる。この領域を往復するパルス電圧の印加によりターンスタイル動作を試した。Fig.2 を見ると、ゲートに 1 MHz のパルスを印加するとドレイン電流が量子化電流 (ef) = 160 fA のところで平坦な電流領域が現れ、ターンスタイルとして動作することがわかる。さらにパルスの周波数を 2 MHz、0.5 MHz に変化させ、 ef に比例する電流が流れるターンスタイル動作を確認した。

結論：SOI 基板上に形成する Si 細線パターンを工夫した PADOX により、三つの量子ドットを有する単電子トランジスタを作製し、ターンスタイルとして動作することを確認した。

1) M. Jo, et al., Thin Solid Films,
518, S186-(2010).

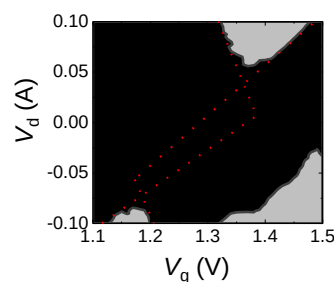


Fig.1 Coulomb diamond

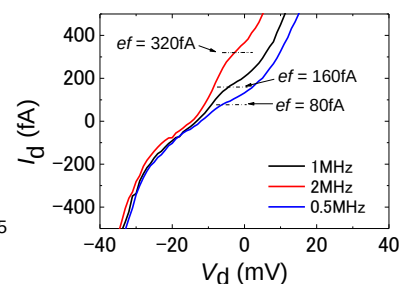


Fig. 2 Turnstile operation