17p-A16-4

Si 単電子トランジスタにおける励起準位の分類

Classification of excited states in Si single-electron transistor

北大院情報 [1], NTT 物性基礎研 [2]
○佐藤光 [1], 内田貴史 [1], 吉岡勇 [1], 有田正志 [1], 藤原聡 [2], 高橋庸夫 [1]
IST. Hokkaido Univ.[1], NTT Basic Research Labs.[2], ○Hikaru Satoh[1], Takafumi Uchida[1], Isamu Yoshioka[1], Masashi Arita[1], Akira Fujiwara[2], Yasuo Takahashi[1]
E-mail: hika-s@frontier.hokudai.ac.jp

1.はじめに

単電子トランジスタ(Single-Electron-Transistor: SET)は、電子 1 個の単位で動作させることが可能なデバイスである。サイズが小さく省電力のため、将来の集積デバイスとしての応用が期待されている。しかしながら、その特性については未だ不明な点が多い。本研究では、CMOSLSI プロセスと互換性のある効率的な方法で作製された Si-SET の特性評価を通じて、観察される励起準位について調査した。

2.実験方法

SET はパターン依存酸化(PADOX)法を用いて作製した。SOI 基板の上層 Si を Si 細線状に加工し、これを 1000 ℃でドライ酸化すると PADOX が生じ、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（島）が自動的に形成される。これにゲート電極を取り付け、SET が完成する。この SET における電流-電圧特性を 8K の温度で測定し、微分コンダクタンスから励起準位を評価した。

3.結果

単電子トランジスタ（SET）では特有のクーロン振動が観測され、ドレイン電圧 V_D とゲート電圧 V_G を縦軸と横軸にして微分コンダクタンス dI_D/dV_D を三次元プロットすると、Fig. 1 の例に示すようなクーロンダイヤモンドと呼ばれる、電流が流れにくい領域が明示できる。クーロンブロッケード現象が解消されたダイヤモンドの外側部分では、ドレイン電圧によって電流が単調に変化するはずであるが、そうはならず電流変化の特異的な部分が複数観測される。これは SET の小さな島内に形成される離散的準位（Excited State：励起準位）を介したトンネル現象と考えられる。形成した単電子島がどのような構造をしていて、どのような条件のときに Excited State が現れるのかは解明できていないが、Fig. 1(a)～(c)を見比べると、ダイヤモンドの四辺に対して現れる Excited State の位置はいくつかのパターンに分類出来ることがわかる。Fig. 1(a)は、ダイヤモンドの右側の上下に Excited State が現れる場合で、V_G を上昇させていくとクーロンブロッケードが破れた後に Excited State が現われ、Ground State の高エネルギー側に Excited State が存在し、V_D の正負に係らず同じ Excited State が伝導に関与していると考えられる。(b)の場合にはダイヤモンドの左上と右下に Excited State が見える。一方向側（この場合は、ドレイン側）からの電子注入が起きる場合にのみ Excited State が見えるということに対応している。これは、ドレイン側のトンネル障壁が相対的に低く、島内の Excited State がドレインと強くカップルしている考えられる。反対にダイヤモンドの右上と左下に現れる場合には、ソースと強くカップルしている。(c)ではダイヤモンドの四辺に Excited State が見えている。これは、ソース・ドレイン両方のフェルミレベルに対し島内の Excited State が関与している場合であり、Ground State の上下に Excited State が存在していると考えられる。

このように、伝導に関与する Excited State の位置と、ソース・ドレインと接するトンネルバリアのポテンシャル障壁の形状に依存して、Excited State が現われる位置を系統的に整理することができる。

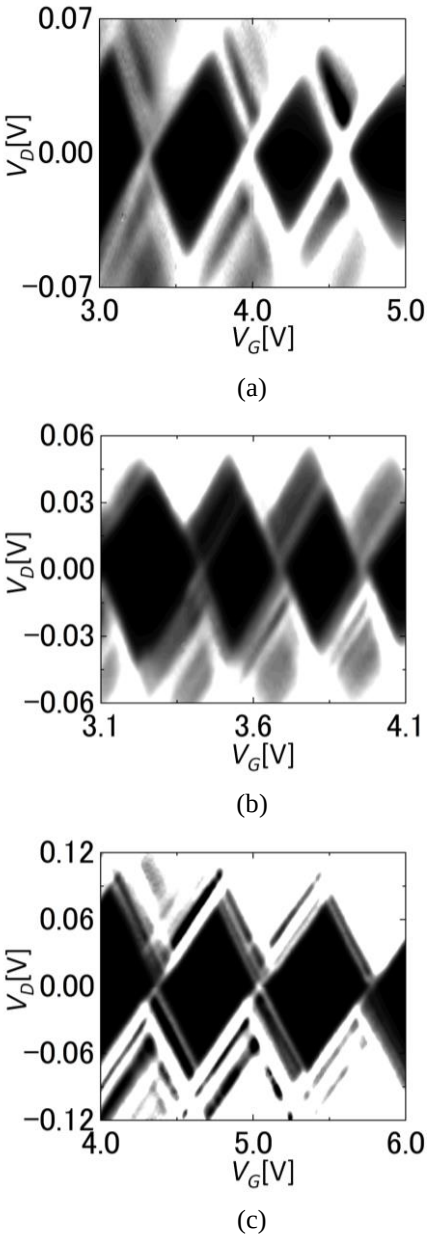

Fig.1 Examples of Coulomb diamonds

© 2014 年　応用物理学会