

短チャネルトンネル電界効果トランジスタにおける 深い準位を介した単一電子輸送

Defect-assisted single-electron transport in short-channel tunnel field-effect transistor

理研¹, 産総研², 物材機構³ ○大野圭司¹, 森貴洋², 森山悟士³

RIKEN¹, AIST², NIMS³ ○K. Ono¹, T. Mori², S. Moriyama³

E-mail: k-ono@riken.jp

局在準位を介したトンネル電気伝導には単一電子帯電効果だけでなく、局在準位の電子スピンや核スピンに依存した電流閉鎖が現れることが知られており、新たなスピン機能素子につながる可能性をもっている[1]。我々はシリコン技術と整合性をもち、室温で動作する単一電子素子を実現するため、シリコン MOS 構造のチャネル/ゲート絶縁膜界面付近に存在するダングリングボンド(DB)欠陥、およびトンネル電界効果トランジスタ(TFET)構造に着目した研究を行った。DB 欠陥はシリコンバンドギャップ内の深い位置に準位を持ち、絶縁膜のアモルファス性を反映し個々の準位は一定の分布を持っている [2]。TFET はチャネル・ソース間のツェナートンネルによる急峻なスイッチングが可能だけでなく、そのチャネル長が十分短い場合にはシリコンバンドギャップ内にある深い準位を介したソース・ドレイン間のトンネル電気伝導が可能である (図 1(a))。

産総研 SCR で作製された最短チャネル長 45 nm までの TFET について温度 1 K から 225 K までの電気伝導特性を評価した。多くの素子は通常の TFET として動作するが、チャネル長 50 nm 程度以下の複数の素子で帯電エネルギー 0.2-0.4 eV 程度の単一電子輸送が観測された(図 1(b))。この特性は DB 欠陥を介した単一電子伝導を示唆している。講演では局在準位の個数やエネルギー準位、単一電子伝導とソース・ドレイン間の直接ツェナートンネルとの競合、素子の冷却・昇温サイクルに対する安定性などについて議論する。

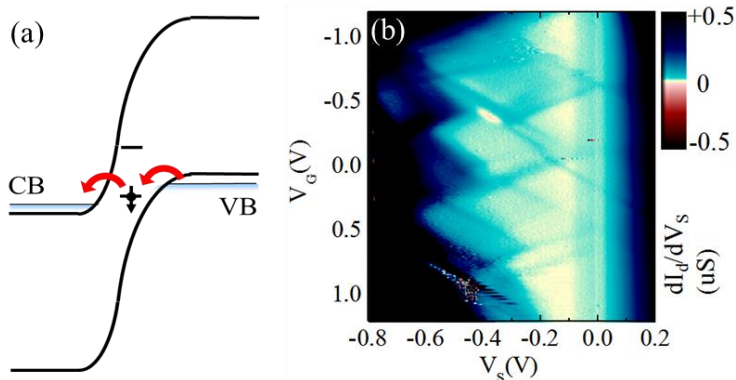


Fig. 1 (a) Schematic energy landscape of single electron tunneling via a mid-gap defect state. (b) Differential conductance plot of a short-channel TFET with mid-gap defects, measured at $T = 70$ K. A part of Coulomb diamonds are seen at $-0.6 \text{ V} < V_s < 0 \text{ V}$.

- [1] K. Ono, *et al*, Science, **297**, 1313 (2002). K. Ono and S. Tarucha, Phys. Rev. Lett **92**, 256803 (2004). J. Baugh, *et al*, Phys. Rev. Lett. **99**, 096804 (2007). R. Takahashi, *et al*, Phys. Rev. Lett. **107**, 026602 (2011).
- [2] C. R. Helms and E. H. Poindexter, Rep. Prog. Phys. **57**, 791 (1994). P. Lenahan, *et al*, IEEE Trans. Nuc. Sci. **48**, 2131 (2001). J. T. Ryan, *et al*, Appl. Phys. Lett. **95**, 103503 (2009).