

DNA/Si-MOSFET におけるホールのゲート電圧変調による メソスコピックブロッケード/階段現象

Mesoscopic Blockade and Staircase Phenomena of Holes in DNA/Si-MOSFET by Gate Voltage Modulation

○松尾 直人¹、中村 昇平¹、高田 忠雄¹、部家 彰¹、山名 一成¹、
佐藤 旦²、横山 新²、大村 泰久³

(1. 兵庫県立大院工、2. 広島大ナノデバイス研、3. 関西大院理工)

○Naoto Matsuo¹, Shohei Nakamura¹, Tadao Takada¹, Akira Heya¹, Kazushige Yamana¹,
Tadashi Sato², Shin Yokoyama², Yasuhisa Omura³ (1.Univ. Hyogo, 2.Hiroshima Univ., 3.Kansai Univ.)

E-mail: nmatsuo@eng.u-hyogo.ac.jp

我々は λ -DNA をチャネル、Si をゲート/ソース/ドレイン電極とする MOSFET を世界に先駆けて開発し、ゲート電圧によるドレイン電流制御[1]、更には、グアニン塩基による電荷保持[2, 3]を報告した。本研究は λ -DNA のメソスコピック領域での低温伝導特性を調査する。図1は本実験に用いた素子構造である。図2に20~200Kにおける $I_d(V_g)$ 特性を示す。ブロッケード現象が $V_g = -2.5$ Vで消失するが、この電圧はゲート閾値電圧に相当する。低温になるに従い、熱活性化の寄与が減少し、明瞭な階段が観測される。電流階段は $-2.5 \sim -5$ V, $-5 \sim -10$ V, $-10 \sim -20$ V のプラトー領域から構成される。 V_g を増加させると I_d が急激に増加する理由は $\int_0^{E_f} eD(E)dE = Q_{DNA}$ で表される新たな量子準位が加わるからと考えられる。尚、 $D(E)$ はDNAの状態密度である。チャネル伝導度は量子伝導度 $2e^2/h$ より遥かに小さい値であるが、この理由はDNAチャネル内に多くの弾性散乱源が存在すると考えている。DNA中のホールの波動関数はp-Siソース/ドレインに浸み込むと考えられる。理由は $I_d(V_d)$ が低ドレイン印加電圧領域で直線を示し、且つ、 $I_d(V_g)$ が階段特性を示すからである[4]。ゲート電圧変調によるドレイン電流制御は多値論理回路の可能性を示唆する。

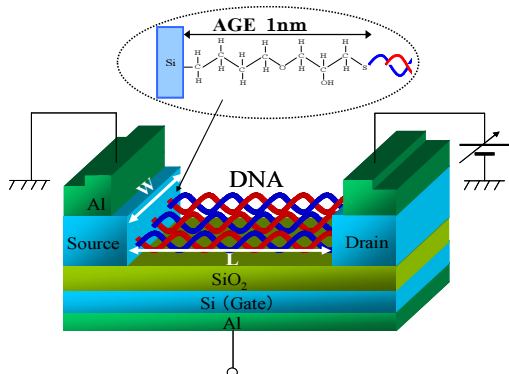


図1 DNA/Si-MOSFET の鳥瞰図。

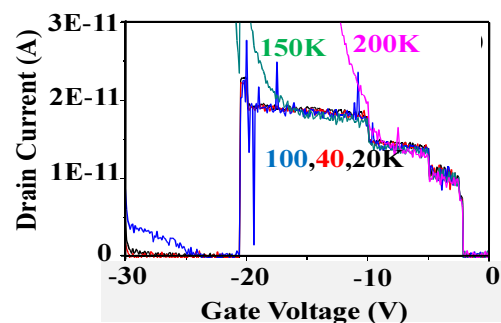


図2 20-200K における I_d-V_g 特性。

参考文献

- [1] S. Takagi et al., Nanoscale 4(2012) 1975.
- [2] N. Matsuo et al., Jpn. J. Appl. Phys. 51(2012) 04DD13.
- [3] S. Maeno et al., IEICE Electronics Express 11 (2014)1.

- [4] T. Yamada, Appl. Phys. Lett., 76(2000)628.