17p-A16-6

単電子検出を利用したフィードバック制御による熱ゆらぎの抑制

Suppression of thermal noise by feedback control using single electron detection

NTT 物性科学基礎研究所　°知田　健作、西口　克彦、山端　元音、藤原　聡
NTT Basic Research Laboratories °Kensaku Chida, Katsuhiko Nishiguchi,
Gento Yamahata, and Akira Fujiwara
E-mail: chida.kensaku@lab.ntt.co.jp

【はじめに】単電子デバイスは超低消費電力回路や電流標準への応用が期待されているが、熱エネルギーに起因する意図しない電子移動（熱ゆらぎ）によるエラーが問題となるため、一般的には低温での動作が必要となる。デバイス中の熱ゆらぎを抑制することができれば実効的にデバイス温度が下がるため、単電子デバイスの高温動作化・高精度化が期待される。そこで本研究では、室温において、微小キャパシタ内電子数 N の実時間測定を通した熱ゆらぎの観測を行い、フィードバック制御によって熱ゆらぎによる電子移動の訂正を行った。その結果、微小キャパシタ内の熱ゆらぎの大きさを約 70 %低減し、実効温度を約 100 K にまで下げることに成功した。**【実験手法】**デバイスは SOI(Silicon on insulator)基板上に形成され、電子溜(Reservoir)、ゲート電極(Gate)、微小キャパシタ(Capacitor)、検出器(Detector)から構成される(Fig. 1) [1]。微小キャパシタの帯電エネルギーE_c (= e^2/C)は 17 meV で、室温における熱エネルギーk_BT = 26 meV よりも小さい。そのため、電子はゲート電極によって形成されたバリアを越えて電子溜－微小キャパシタ間をランダムに行き来しており(Fig. 2)、N は熱ゆらぎの大きさを反映した範囲でゆらいでいる[2]。N は検出器電流 I_d を用いて観測され、N が基準値 N_{ave} よりも大きい（小さい）ときは N を減少（増加）させるために電子溜のポテンシャルを V_{FB} だけ下げる（上げる）フィードバック制御を行った (Fig. 2)。**【結果】**Fig. 3(a) にフィードバック制御を行っていないとき(V_{FB} = 0 mV)の測定結果を示す。I_d は N のゆらぎを反映し、ステップ状の変化を示す。I_d を N に変換し、N のヒストグラムを作成した結果が Fig. 3(b) で、その分散δN^2 は 1.5 であった。Fig. 3(c) はフィードバック制御下 (V_{FB} = 80 mV) の測定結果である。Fig. 3(d) よりδN^2 は 0.5 と求まった。このδN^2 の減少は、N の実時間観測にもとづいたフィードバック制御により熱ゆらぎによる電子移動を訂正したことで、微小キャパシタ内の熱ゆらぎの大きさが約 70 %低減され、実効温度を約 100 K にまで下げることができたことを意味している。例えば、本研究で行ったフィードバック制御を高速化し単電子転送デバイスに応用することで、単電子転送の高温動作化・高精度化が期待される。**【謝辞】**本研究の一部は、最先端次世代研究開発支援プログラム(GR103)の助成を受けて行われた。**【参考文献】**[1] K. Nishiguchi *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47**, 8305 (2008). [2] K. Nishiguchi, Y. Ono, and A. Fujiwara, (to be published in *Nanotechnology*).

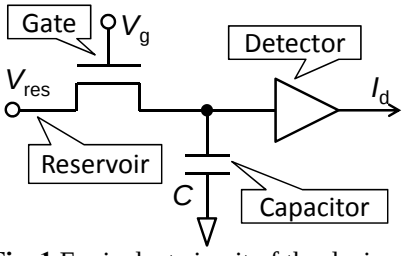

Fig. 1 Equivalent circuit of the device.

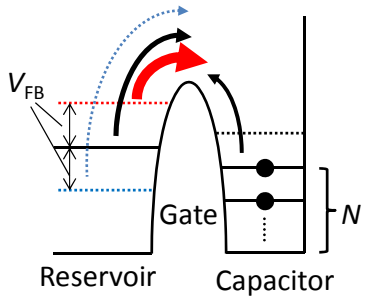

Fig. 2 Schematic of feedback control. The reservoir potential modulates the rate at which electrons enter the node. The thickness of the curved arrows represents the rate.

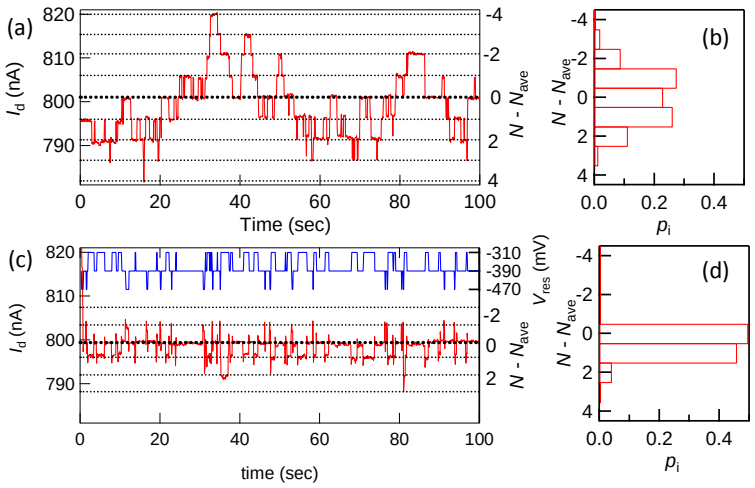

Fig. 3 (a) I_d as a function of time. N-N_{ave} is indicated in the right axis. (b) Probability p_i as a function of N-N_{ave} obtained from a data set including (a). (c) I_d and the reservoir potential V_{res} as a function of time under the feedback control with V_{FB} = 80 mV. The right axis indicates V_{res} and N-N_{ave}. (d) p_i as a function of N-N_{ave} obtained from a data set including (c).

© 2014 年　応用物理学会