

シリコン 2 重単電子ポンプにおける単電子クーロン衝突

Coulomb collision of single electrons in silicon double single-electron pumps

NTT 物性基礎研 ○山端 元音、Nathan Johnson、藤原 聡

NTT Basic Research Labs., ○Gento Yamahata, Nathan Johnson, and Akira Fujiwara

E-mail: gento.yamahata@ntt.com

単電子間のクーロン相互作用は飛行電子を利用した量子ビット (飛行量子ビット) における決定的 2 量子ビットゲートとして利用できる可能性が期待されている [1]。また、単電子ポンプから放出されたホットエレクトロンは遮蔽効果が小さいため、最近、GaAs 系の単電子衝突実験において強いクーロン相互作用に起因する単電子のアンチバンチングが観測されている [2]。一方、量子ビット応用に有用なシリコン系では単電子レベルでのホットエレクトロンの相互作用観測の報告はない。今回、2 つのシリコン単電子ポンプを用いて単電子を衝突させ、クーロン相互作用に起因する電流増大を観測したので報告する。

Fig. 1(a) に示す、10 nm スケールのシリコン細線上に 3 つのポリシリコンゲート電極を持つ構造 [3] において、ゲート電圧調整により 2 つの量子ドットを形成し、左右のドットを単電子ポンプとして動作させた。中央ゲートにパルス電圧を印加し、右ドットを介した単電子ポンプ動作で右ドット内に捕獲される電子数を制御した後、左ゲートにパルス電圧を印加し、左ドットを介した単電子ポンプ動作によりホットエレクトロンを放出した。Fig. 1(b) に、この際に流れる電流の絶対値を ef で規格化した値を示す。横軸の電圧 V_g は、右ドットから見た右バリア高さが一定になるように選んだ。右ドット電子数がゼロの場合、 ef の電流プラトーが観測された [Fig. 1(b) 赤線]。ホットエレクトロンがそのまま放出された電流である。一方、右ドットに電子が 1 つ存在する場合、ホットエレクトロンに起因する電流に加え、捕獲された電子に起因する電流増大が ef に対して 5% 程度観測された [Fig. 1(b) 青線]。電子衝突時のクーロン相互作用により右ドットの電子が確率的に放出されたものと理解できる。これは、シリコン系におけるホットエレクトロンの単電子レベルでのクーロン相互作用の観測であり、飛行量子ビット応用へ向けた重要な進展と考えられる。

参考文献: [1] C. Bäuerle *et al.*, Rep. Prog. Phys. **81**, 056503 (2018). [2] J. D. Fletcher *et al.*, arXiv:2210.03473 (2022). [3] G. Yamahata *et al.*, Nat. Nanotechnol. **14**, 1019 (2019).

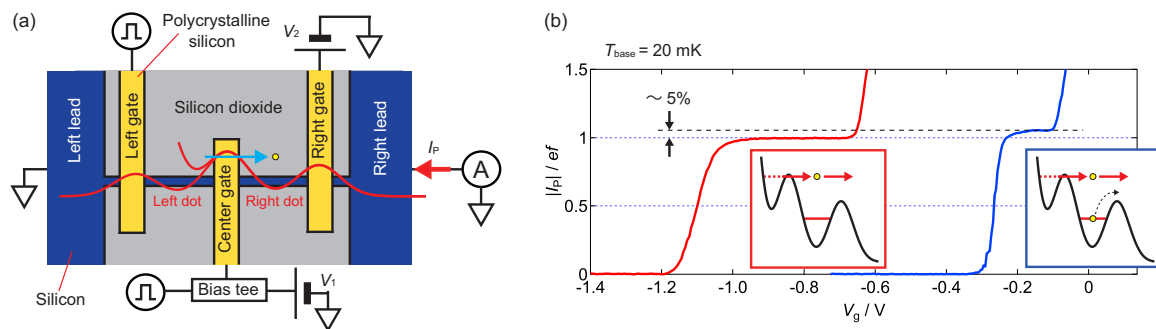


Fig. 1: (a) Schematic top view of the device with a part of the electrical connections. A potential diagram (red line) is superposed on the schematic. Frequency f of voltage pulses is 250 MHz. (b) I_p normalized by ef as a function of $V_g = \alpha V_1 + \beta V_2$, where e is the elementary charge and α (β) is a constant. The red (blue) line corresponds to hot-electron injection to a zero-electron (one-electron) dot.