共通ゲート型と非共通ゲート型の 単電子ターンスタイルの消費エネルギーの比較

Comparison of Dispersion energies of common-gate and non-common-gate single-electron turnstiles

立命館大学大学院理工学研究科 ○安田 実可、 今井 茂
Ritsumeikan Univ. Mika Yasuda, Shigeru Imai
E-mail : re0080pf@ed.ritsumei.ac.jp

１．はじめに

単電子デバイスの消費エネルギーは非常に小さいとされているが、詳細な研究は少ない。

共通ゲート型三重ドット単電子デバイスでは、ゲート電圧V_gをスイングさせることでターンスタイル動作とポンプ動作の両方が可能である[1,2]。ソース・ドレイン電圧$V>0$で電子を移送するターンスタイル動作では、ソース・ドレイン電源がeVだけ仕事をしている。ここで、eは素電荷量である。他方、$V\leq 0$で電子を移送するポンプ動作ではゲート電源が仕事をしている。２つの動作は同じ構造のデバイスでおきるので、ターンスタイル動作でもゲート電源が仕事をしていると推測される。前回は、非共通ゲート型デバイスのターンスタイル動作において、両方の電源が仕事をしていることを確認した[3]。

今回は、共通ゲート型デバイスにおける電源の仕事を明らかにし、非共通ゲート型と共通ゲート型の三重ドット単電子デバイスの１サイクルのターンスタイル動作による消費エネルギーの比較を行う。なお、トンネル接合の容量はすべてC_j、ゲート容量もすべてC_gとする。

２．ターンスタイル動作による消費エネルギーの比較

３つのドットの電子状態を$n_1n_2n_3$と表す。以下の３種類のターンスタイル動作におけるエネルギー変化を比較する。

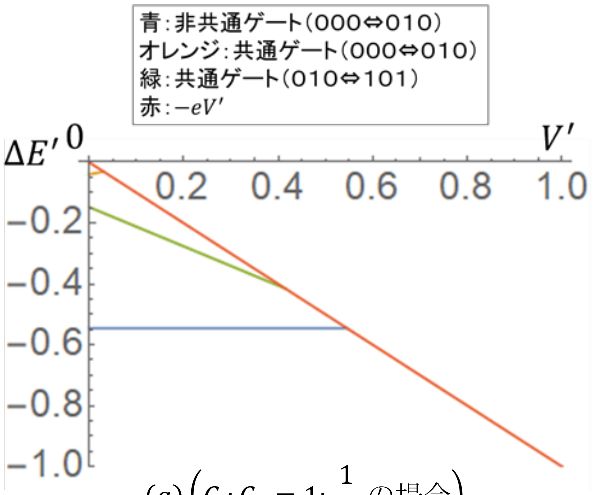
(a)．非共通ゲート型（０００⇔０１０）
(b)．共通ゲート型（０００⇔０１０）
(c)．共通ゲート型（０１０⇔１０１）

図１に１サイクル後の系全体のエネルギー変化を示す。

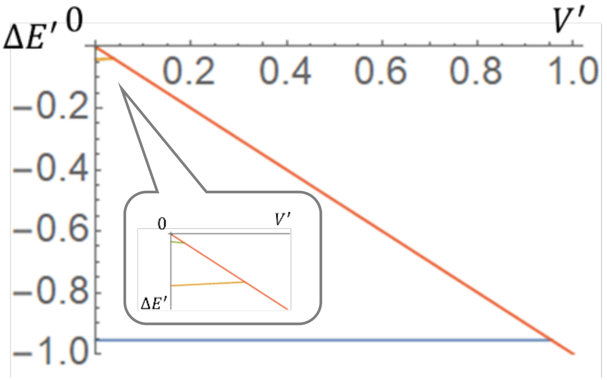
非共通ゲート型デバイスでは、１サイクル後の系全体のエネルギー変化はソース・ドレイン電圧の値に依存しない[3]。

１サイクルの動作による消費エネルギー$|\Delta E'|$は、（非共通ゲート型デバイス）＞（共通ゲート型デバイス）である。

共通ゲート型デバイスにおいて、電子状態が０００⇔０１０と変化するターンスタイル動作と０１０⇔１０１と変化するターンスタイル動作の１サイクルの消費エネルギーの大小関係は、C_j:C_gの値により変化する。



(a) $\left(C_j\colon C_g = 1\colon\frac{1}{10}\right.$の場合$\left.\right)$



(c)$(C_j\colon C_g = 1\colon 10$ の場合$)$

図１．１サイクル後の系全体のエネルギー変化。$V'=\frac{C_jV}{e}, E'=\frac{C_jE}{e^2}$ である。

参考文献

[1] S. Imai et al., JJAP, **48**(2009)124502.
[2] S. Imai et al., JJAP, **54**(2015)104001.
[3]安田他,第７９回応用物理学会秋季学術講演会(2018)20p-PB3-1.