

ゲート容量が非対称な共通ゲート三重ドット単電子ターンスタイルの動作解析

Analytical Study on a Common Gate Triple Dot Single Electron Turnstile with Asymmetric Gate Capacitances

立命館大理工[○]中 篤志, 今井 茂

Ritsumeikan Univ.,[○] Atsushi Nakajima, Shigeru Imai

E-mail: re006089@ed.ritsumei.ac.jp

はじめに:これまで我々は図1に示すような共通ゲート三重ドット単電子ターンスタイルについて、ゲート容量が均一である場合 ($C_{g1} = C_{g2} = C_{g3}$) と不均一だが対称である場合 ($C_{g1} = C_{g3}$) の動作解析を行ってきた[1, 2]。今回は、 $C_{g2} = C_{g3}$ として C_{g1} のみが異なる非対称の場合の動作解析を行なった。

結果: $C_{g1}/C_{g2} = 1.15$ の場合の stability diagram を図2に示す。 ($n_1n_2n_3$) は各安定領域に対応するドット内の電子配置である。黄色の矢印にそってゲート電圧 V_g を上下させることにより、電位 $V/2$ が負であるドレイン電極に向かって電子を移動させること、すなわちポンプ動作を実現することが可能になる。図3にこの時の電子移動のシーケンスを示す。図中の S、D、G はそれぞれソース、ドレイン、ゲート電極である。

図2の矢印にそって V_g が高くなり動作点が tunneling T1 のクーロンブロックード (CB) 条件の境界を越えると、電子配置は (010) から (110) へ変化する。しかし、(110) は安定領域を持たないため、さらに tunneling T7 が起こり、(101) で安定する。(図3の(a)→(b)→(c))

次に、図2の矢印にそって V_g が低くなり動作点が電子配置 (101) の安定領域から tunneling T3 の CB 条件の境界を越えると、電子配置は (101) から (100) へと変化する。動作点は電子配置 (100) の安定領域の外部にあるため、先ほどと同様に引き続き tunneling T5 が起こり電子配置

は (010) で安定する。(図3の(c)→(d)→(e))

このように $V < 0$ であるにもかかわらず、 $V > 0$ の場合と同じ方向で同じシーケンスのターンスタイル動作が実現し、ポンプとして機能する。

検討: V_g を印加したとき、容量結合の強い C_{g1} 側のドットの電位 V_1 は C_{g3} 側のドットの電位 V_3 より大きく変化する。ポンプ動作が実現した理由は、正の V_g を印加したとき、 V_3 の電位が高くなって tunneling T4 が起こるより前に、電位 V_1 がソース電極の電位 $|V|/2$ より充分高くなり tunneling T1 が起こるためであると考えられる。

参考文献

- [1] S. Imai, Jpn. J. Appl. Phys., **50** (2011) 034302.
- [2] 森安他, 第57回応物, (2010) 20a-P14-10

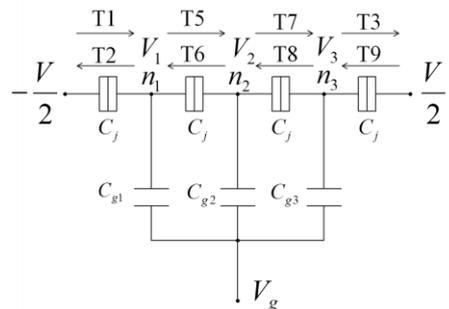


図1 解析した等価回路と tunneling T1 ~ T8

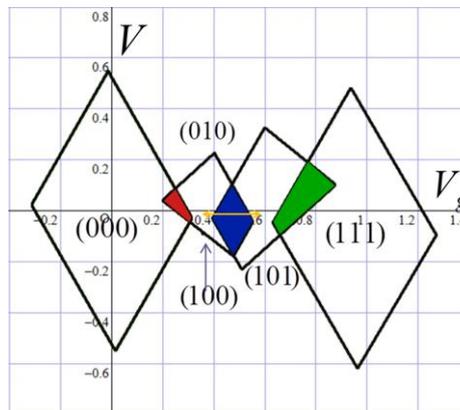


図2 $C_{g1}/C_{g2} = 1.15$ の場合の stability diagram

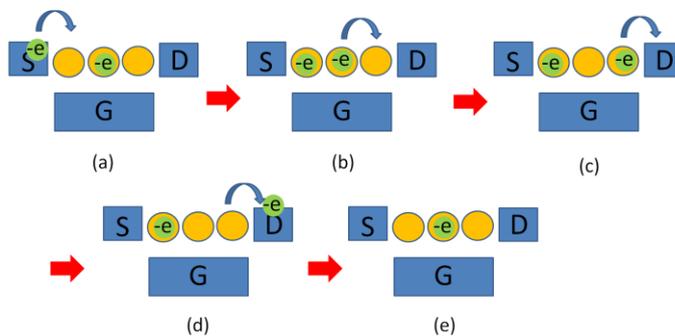


図3 矢印(図2、 $V < 0$)の位置でのターンスタイル動作