

共通ゲート三重ドット単電子デバイスのポンプ動作の解明

Explanation of pump operation of common-gate triple-dot single-electron devices

立命館大学、今井研究室、○高野谷 怜音、今井 茂

Ritsumeikan Univ. ○Reon Takanoya, Shigeru Imai

E-mail: re0042sh@ed.ritsumeai.ac.jp

1 はじめに

Fig.1のような共通ゲート三重ドット単電子デバイスは3つのゲート容量を非対称にすればポンプ動作を起こす[1]。しかし、どのような状況でもポンプ動作を起こすわけではない。そこで今回はどのような状況でポンプ動作が起きるかを明らかにする。

2 結果

3つのドットの電子配置を $d=(n_1, n_2, n_3)$, 電子の総数を $n_s = n_1 + n_2 + n_3$ とする。 $C_{g1}:C_{g2}:C_{g3}:C_j=1.2:1.1:1.2$ の時、 $n_s=0, n_s=1, n_s=2$ に対応してそれぞれ $d=(0,0,0), d=(0,1,0), d=(1,0,1)$ になる。 $V_s=V_d=0$ で V_g を上下させることにより n_s を (i) $0 \leftrightarrow 1$ あるいは (ii) $1 \leftrightarrow 2$ のように変化させる時、(i)はポンプ動作を起こさないが(ii)はポンプ動作を起こす。

$V_g \geq 0, n_1=n_3 \geq 0, n_2 \geq 0$ の場合常に $V_1 > V_3$ となる。そのため(i)の場合、 $n_s=0$ ($d=(0,0,0)$)で V_g を上昇させると (V_1-V_s) が (V_3-V_d) より早くクーロンブロッケード(CB)条件を破りソースからドットへ電子が移動する(Fig.2)。図中で電圧 V は $V'=(C_j/e)V$ のように規格化した。 $n_s=1$ ($d=(0,1,0)$)で V_g を下降させると (V_1-V_2) が (V_3-V_2) より早く CB 条件を破り中央ドットの電子がソースに向かって移動する(Fig.2)。こうして(i)はポンプ動作を起こさない。

次に(ii)の場合、 $n_s=1$ ($d=(0,1,0)$)で V_g を上昇させると (V_1-V_s) が (V_3-V_d) より早く CB 条件を

破りソースからドットへ電子が移動する(Fig.3)。 $n_s=2$ ($d=(1,0,1)$)で V_g を下降させると (V_d-V_3) が (V_s-V_1) より早く CB 条件を破り右側のドットの電子がドレインへ移動する(Fig.3)。こうして(ii)はポンプ動作を起こす。

ポンプ動作が起こるのは、 V_g を下降させる時に電子が中央ドットではなく両側のドットにある場合である。

参考文献

[1] S. Imai et al., Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 104001.

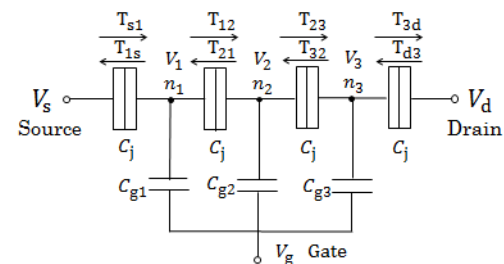


Fig.1 Equivalent circuit and tunneling $T_{s1} \sim T_{d3}$.

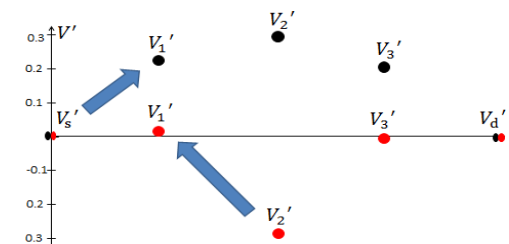


Fig.2 Potential distribution V_1', V_2' and V_3' . ●:

$n_s=0, V_g'=15/28$. ●: $n_s=1, V_g'=25/46$.

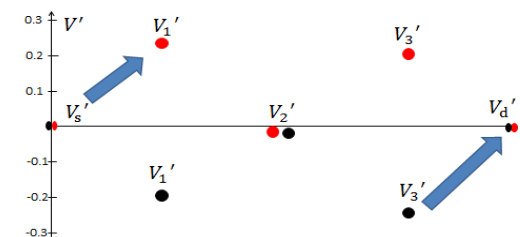


Fig.3 Potential distribution V_1', V_2' and V_3' . ●:

$n_s=1, V_g'=205/196$. ●: $n_s=2, V_g'=25/31$.