

単電子反応拡散回路における平行波の伝搬方向制御に関する検討

Study on controlling direction of plane wave propagation in single-electron reaction-diffusion circuit

○田村啓一郎、大矢剛嗣（横国大理工）

○Keiichiro Tamura, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: tamura-keiichiro-pd@ynu.jp

【研究背景・目的】

単電子回路とは、電子を一個単位で制御可能な電子デバイスであり、非線形性や高集積性、確率動作性に優れる。ナノテクノロジーの発展に伴い単電子回路は注目されてきていたが、最適な情報処理手法は未確立である。本研究では、Belousov-Zhabotinsky(BZ)反応という化学反応に注目し、その特徴を単電子回路の挙動に結び付ける。BZ 反応は、特定の溶液を混合したときに溶液の色が時間的に振動する反応のことであり、シャーレに溶液を入れると反応が波のように広がることが知られる。また、そのような応答をモデル化したものを反応拡散系と呼ぶ。BZ 反応の特徴の一つに、光を当てると反応が抑制される。つまり光の照射の制御により波が特定の方向にのみ進むようになる(平行波になる)。この特徴は、論理ゲートの表現に利用できることが報告されている^[1, 2]。また、単電子回路では電子トンネルによる電圧変化の伝播を波の広がりで見立てられる^[3]。本研究では、BZ 反応に基づく単電子反応拡散回路における平行波の表現と安定化を目的とする。

【研究内容】

単電子振動子を二次元平面上にコンデンサを介して繋げた層 (Fig. 1) を二層用意し、それぞれ波の伝搬と抑制の機能を持たせることで平行波を表現した。波の伝播は文献[3]と同様に、電子トンネルが連鎖的に広がるようにバイアス電圧を設定することで表現した。

前回の報告では、多重トンネル接合を用いることによる単電子反応拡散回路における平行波の進行の成功率の向上について説明した^[4]。

一方で、論理ゲートの表現には所望の方向に波を進行させる必要があり、回路の改良が必要であるということも明らかになった。

今回は、前回報告の回路の発展形として斜め方向の平行波の表現について報告する。斜め方向の波の表現はトリガを与える振動子同士に角度をつけることで行った。また、論理ゲートの表現を目指し、平行波伝播の成功率の向上の検証についても行った。詳細は講演にて述べる。

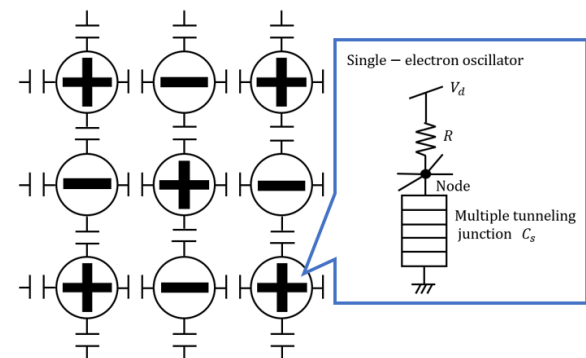


Fig. 1 Two-dimensional array of single-electron oscillators using multiple tunneling junctions.

(+/- indicates polarity of V_d .)

【参考文献】

- [1] A. Adamatzky, PLoS ONE **11**, e0168267, (2016).
- [2] M.-A Tsompanas, et al., Biosystems **206**, 10447, (2016).
- [3] T. Oya, et al., Int'l J. Unconv. Comp. **1**, 177, (2005).
- [4] 田村啓一郎, 他, 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会, 21p-A102-8, (2022).

【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・基盤研究(A)(JP18H03766), (B)(JP19H02545)、および(公財)栢森情報科学振興財団の助成を受け実施された。