

単電子反応拡散回路における平行波の表現

Design of new single-electron reaction-diffusion circuit for generation of plane waves

○中森唯斗、大矢 剛嗣 (横国大理工)

○Yuito Nakamori, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: nakamori-yuito-nm@ynu.jp

1. 研究背景・目的

近年、ナノテクノロジーの発展により、多種多様なナノデバイスが開発され、注目されている。そのうちのひとつとして、電子一個単位で制御をする単電子回路があり、この回路の特徴として、非線形性、高集積性、並列処理性に優れることなどが挙げられる。しかし、未だ最適な情報処理の手法は確立されておらず、現在も模索が続いている。本研究では Belousov-Zhabotinsky(BZ)反応と呼ばれる化学反応において反応が波のように広がっていく様子に着目する。BZ 反応に代表される系は反応拡散系と呼ばれ、様々な数学モデルが提案され、また生体の挙動や体表面に現れる模様、さらには生存競争等、自然界に現れる様々な現象の一端を説明できるともいわれている。ここで、BZ 反応では反応の特殊な条件の一つに、反応が平行波のように広がっていく状態があり、これにより波に指向性が現れる。これを利用し様々な論理ゲートの構築ができることが報告されている^[1, 2]。ここで、単電子回路は電子トンネルの発生を連鎖することにより、発生の伝播を波の動きとして表現でき、単電子反応拡散回路としてすでに提案されている^[3]。本研究では単電子反応拡散回路を用いて、上述の BZ 反応の特殊状態を模倣し、新たな単電子情報処理システムの構築を目的とする。

2. 研究内容

本研究では、上述の BZ 反応の特殊状態を模倣する単電子回路の表現手法を提案する。BZ 反応を表す反応拡散モデルである Oregonator モデルの反応拡散方程式は以下の式で表される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{\epsilon}(u - u^2 - (fv + \phi)\frac{u - q}{u + q}) + D_u \nabla^2 u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = u - v$$

u と v はそれぞれ拡散因子と抑制因子でありその他の変数 $\epsilon, q, f, D_u, \phi$ はその挙動を決定するパラメータとなっている。 ϕ が特定の条件を満たす時、上記の特殊状態となるため、 ϕ の特

徴を単電子回路に落とし込むことで平行波の模倣を可能にする。

今回の報告では、拡散因子と抑制因子の性質をそれぞれ持った二層の単電子回路の設計について述べる。波の伝搬は単電子振動子を二次元平面的に配列し、それぞれの振動子のバイアス電圧を電子トンネルが起こる閾値に限りなく近づけ、電位変化を連鎖的に発生させることで表現した。単電子振動子とは抵抗とトンネル接合を直列に接続した素子である。各層において、同じ座標同士の振動子を連結させることで片方の層の動きがもう片方の層にも反映されるようにした (Fig. 1)。

今回は、単電子回路において ϕ の効果に基づき各因子の役割を持った層を設計し、動作確認を行った。詳細は講演にて述べる。

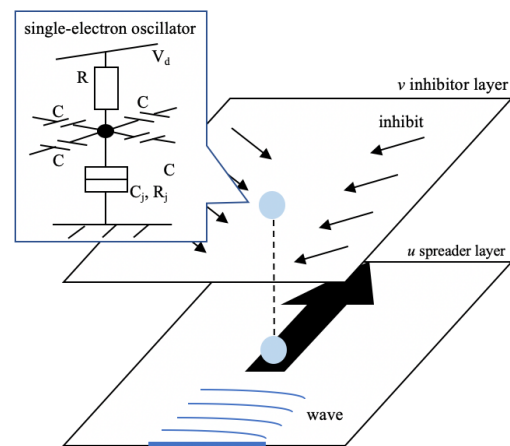


Fig. 1 Designed plane wave circuit.

【参考文献】

- [1] A. Adamatzky, PLoS ONE **11**, e0168267, (2016).
- [2] M.-A. Tsompanas, et al., Biosystems **206**, 104447, (2021).
- [3] T. Oya, et al., Int'l J. Unconv. Comp. **1**, pp. 177-194, (2005).

【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・基盤研究 (A)(JP18H03766), (B)(JP19H02545)の助成を受け実施された。