17p-PB1-5

熱雑音を利用するニューロン構造に学ぶ単電子信号伝搬の高速化

Evaluation of signal propagation efficiency in thermal-noise-harnessing neuromorphic single-electron circuit

横国大院工　○平島諒, 大矢剛嗣

Yokohama National Univ.　Ryo Hirashima, Takahide Oya

E-mail: hirashima-ryo-my@ynu.jp

【研究背景・目的】

近年、ナノテクノロジー分野の研究が盛んに行われている。その中で、単電子回路が注目されている。単電子回路は量子効果を利用して電子 1 個単位で制御することができ、高集積、極低消費電力等利点がある。しかしながら、熱などの雑音に弱いことが欠点として挙げられる。また、システム規模の増大に伴い、情報信号の伝搬に時間がかかってしまう。

本研究は、これらの問題を解決すべくシステムの信号伝搬速度を向上させる構造を持つニューロン(神経細胞)に注目する。ニューロン信号の電位変化(膜電位の変化)と単電子回路の一つである単電子振動子の挙動が類似しており[1]、細胞膜部分を単電子回路による等価回路として表現することができる。また、ニューロンの信号伝達では雑音を効果的に利用しているという様々な研究報告もある[2]。以上のことから、ニューロンのしくみを単電子回路に対応付けできると考え、単電子回路の欠点である熱雑音を積極的に利用して信号伝搬速度を向上させるシステムの構築を目指す。

前回の講演では各単電子振動子の接続部分にトンネル接合を用いることで、信号伝搬速度が向上することを報告した[3]。今回は、素子パラメータ、トンネル接合の並列数を変えてシミュレーションを実行する。それらが回路の信号伝搬速度へ与える影響を調査することで、速度向上につながった原因を考察する。

【シミュレーション】

本研究では、モンテカルロシミュレーションによって提案の単電子回路を表現し、その結果を確認する。本研究で主に用いる単電子振動子は、抵抗、量子ドット、トンネル接合、電源で構成される[4]。Fig.1 のように単電子振動子を 1 次元に配列し、ニューロンの構造を模擬した回路を設計する。並列数、素子パラメータの違いにより単電子振動子部分と接続部分でのトンネルのしやすさに変化が出ることを確認した(Fig.2)。このトンネル頻度の違いが速度向上に影響していると考えられる。詳細は講演にて発表する。

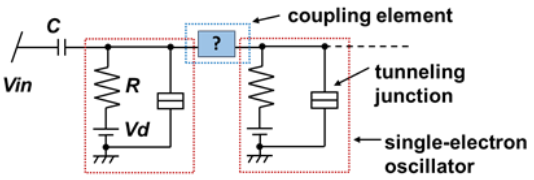

Fig.1　array of single-electron oscillators

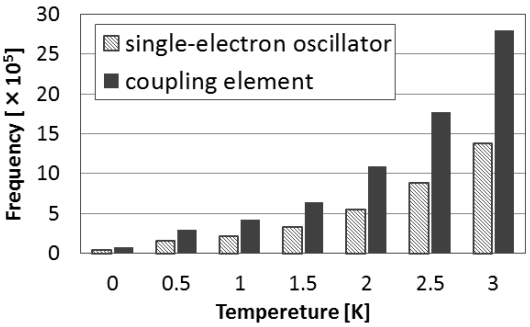

Fig.2　simulation results

【参考文献】

[1] T. Oya, et al., “Neuronal synchrony detection on signle-electron neural network,” *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 27, no. 4, pp. 887-894 (2006).

[2] A. O. Marcinek, et al., “Noise-assisted spike propagation in myelinated neurons,” *PHYSICAL REVIEW E*, 79,011904, (2009).

[3] 平島 他, *第61回応用物理学会春季学術講演会*,17a-F11-5, 2014.

[4] T. Oya et al., “Reaction-diffusion systems consisting of single-electron oscillators,” *Int. Journ. of Unconventonal Computing*, **1**, pp.177-194, (2005).

© 2014 年　応用物理学会