

## 熱雑音による単電子信号伝送の高速化と評価

### Evaluation of signal propagation speed in thermal-noise-harnessing single-electron circuits

○平島 諒、大矢 剛嗣 (横国大院工)

○Ryo Hirashima, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

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

#### 【研究背景・目的】

近年、これまでの電子産業の性能向上を支えてきたムーアの法則に基づいた性能向上に限界が近づいており、微細化に代わる新たな手段が模索されている。その中で、量子効果を用いて電子数個で制御可能な単電子回路が注目されている。単電子回路は、高集積、低消費電力という利点に加え、並列情報処理デバイスへの応用が期待される。しかし、単電子回路には、熱雑音に弱い、信号の伝達速度が遅いといった欠点がある。本研究は、これらの問題を解決すべく神経細胞であるニューロンに着目した。

ニューロンには、信号の伝達速度を向上させる構造が存在しており、雑音を効果的に用いているという報告もある[1]。また、ニューロンにおける電位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[2]、単電子振動子を用いた等価回路で細胞膜構造を表現することが出来る。以上より、ニューロンの信号伝達のしくみを単電子回路に対応付けることができると考え、本研究では、単電子回路の欠点である熱雑音を積極的に利用して、信号伝達速度を向上させることを目指す。

#### 【研究方針・結果】

本研究では、新規単電子回路を設計し、モンテカルロシミュレーションによって評価を行う。主に用いる単電子振動子は、高抵抗、量子ドット、トンネル接合、電源で構成される[2]。これまでに、熱雑音を用いて単電子回路の信号伝達速度が向上する可能性を示している[3]。また、前回の講演では、単電子回路を二次元化し、回路に雑音耐性を持たせることで、5Kまでの範囲で正常な信号伝達を確認できたことを報告した[4]。そこで今回は、雑音環境下での正常動作について相関値を用いた定量的な評価を行い、二次元化した単電子回路(Fig.1)において信号伝達速度の測定を行った。

Fig.2 に、バイアス電圧  $V_d=6.0\text{mV}$  での各雑音における、相関値の変化を示した。相関値は、2つの変数の関連度を示したものであり、この

値が1に近いほど、2つの変数の関連度が高くなる。この結果で、7Kと8Kの間で相関値に大きな変化が見られることから、7Kまでの範囲で信号が正常に伝達していることがわかる。また伝達速度測定の結果、熱雑音の増加に伴って伝達速度が遅くなった。これは、接続部のトンネル接合で電子トンネルが発生していないことが原因だと考えられる。よって今後は、接続部でも電子トンネルが発生する構造を検討し、信号伝達速度の向上を目指す。詳細は講演にて発表する。

#### 【参考文献】

- [1] O. Marcinek, et al., *Physical Review E*, vol. 79, pp. 011904\_1-011904\_7 (2009).
- [2] T. Oya, et al., *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 27, no. 4, pp. 887-894 (2006).
- [3] R. Hirashima, et al., *The 2014 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications*, PDP3133 (2014).
- [4] 平島 他, 第62回応用物理学会春季学術講演会, 14a-A20-3 (2015).

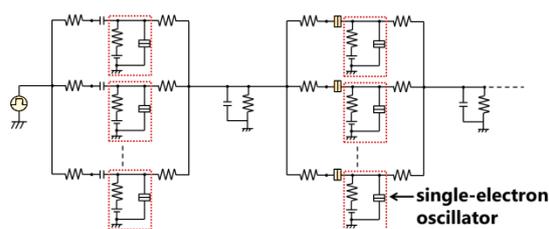


Fig.1 Neuromorphic single-electron circuit

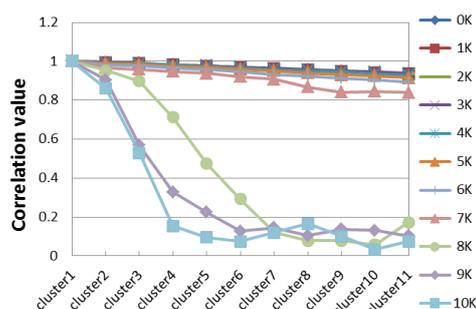


Fig.2 Simulation results