

単電子リザーバコンピューティング回路の性能向上検討

Performance Improvement of Single-Electron Reservoir Computing Circuit

○渡邊 隼弥, 大矢 剛嗣 (横浜大院理工)

○Shunya Watanabe, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: watanabe-shunya-cb@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単電子回路・デバイスをはじめとする数々のナノデバイスが登場している。単電子回路は電子を1個単位で制御できる回路であり低消費電力等が期待されているが、未だ単電子回路に適した情報処理手法は確立されていない。

単電子回路素子の一つである単電子振動子はニューロンに似た挙動をする^[1]。これを踏まえ本研究ではリザーバコンピューティング(RC)^[2]に着目している。

リカレントニューラルネットワークの一種であるRCは入力層、リザーバ層、出力層の3層で構成される。RCは出力層のみの重みを学習し、リザーバ層の重みは調整されないことが特徴である。そのためリザーバ層を非線形な物理系で置き換えることが可能で、様々な研究^[3]が報告されている。

ニューロンに似た動作をする単電子振動子と物理系で置き換えることのできるRCは相性が良いと考えられる。本研究では単電子回路の情報処理手法の一つとして、単電子振動子をリザーバ層に用いた単電子リザーバコンピューティング回路の設計を目的とする。

2. 研究内容

前回の報告ではFig. 1に示す単電子リザーバコンピューティング回路で、正弦波などの波形のオンライン学習をシミュレーションによりデモンストレーションしたについて述べた^[4]。

今回はリザーバ層で用いている単電子振動子を多重トンネル接合の単電子振動子(Fig. 2)に変更した単電子リザーバコンピューティング回路を紹介する。多重トンネル接合の単電子振動子は複数のトンネル接合が直列に接続された単電子振動子である。

単電子振動子は確率的な動作をするが、多重トンネル接合の単電子振動子は確率的な動作の影響を小さくすることができる。これにより学習性能の向上が期待される。詳細は講演にて述べる。

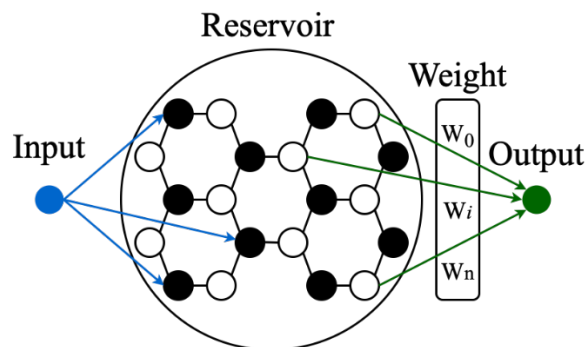


Fig. 1 Single-electron reservoir computing circuit. Black colored circle represents positive-biased single-electron oscillator (SEO) and white one represents negative-biased SEO^[4].

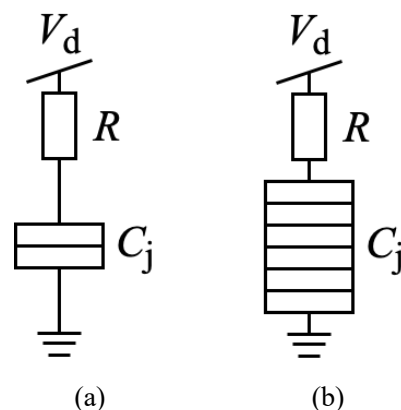


Fig. 2 (a): Single-electron oscillator (SEO).
(b): Multi-junction SEO.

【参考文献】

- [1] T. Oya, et al, Journal of Unconventional Computing, vol.1, pp. 177-194, 2005.
- [2] B. Schrauwen, et al, ESANN'2007 proceedings, pp. 471-473, 2007.
- [3] K. Nakajima, et al., Sci. Rep. **5**, No. 10487, 2015.
- [4] 渡邊隼弥, 大矢剛嗣, 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会, 21p-A102-6, 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。