

シャボン膜の挙動を模倣した単電子回路設計

Design of bubble-inspired circuit mimicking behavior of bubble film

○倉田 信彦、大矢 剛嗣 (横国大院理工)

○Nobuhiko Kurata, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: kurata-nobuhiko-wj@ynu.jp

【研究背景・目的】

単電子回路は、電子を 1 個単位で制御できるデバイスであるが最適な情報処理手法が確立されていない課題がある。そこで、情報処理システムの手本として物理現象や自然界で見られる現象に着目する。これは、物理現象や自然界には、効率よく高度な情報処理を行う現象が見られるためである。特に本研究では、シャボン膜の挙動に注目する。

シャボン膜は表面張力により最短のネットワークを形成することが知られている。例えばプラスチックの板を二枚用意し、経由地点を柱として接続する。その後シャボン液に浸して引き上げると膜が収縮していき、最終的な形は全ての柱を経由する最短のネットワークになる^[1]。(Fig.1)

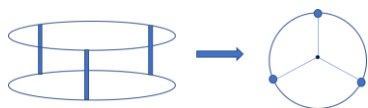


Fig.1 Behavior of bubble film

本研究では、シャボン膜の挙動を模倣した単電子デバイスを設計することで非線形問題の 1 つである最短シュタイナー問題の解を発見する新たな情報処理システムの実現を目的とする。

【研究内容】

前回の報告では、単電子振動子と単電子メモリという 2 種類の単電子回路を用いて、単電子シャボン膜回路として 3 層構造の回路を提案した^[2]。そこでこの回路が新しい情報処理機能を有するデバイスになり得ることを示した。ここで単電子振動子は抵抗、トンネル接合が直列接続された回路^[3]であり、単電子メモリはキャパシタ、二重のトンネル接合が直列接続された回路である。

シャボン膜の挙動を再現するには収縮という動作の均一性が重要である。しかし前回報告した単電子シャボン膜回路では、シャボン膜の収縮を再現した第一層の多重トンネル接合を用いた単電子振動子のノード電圧が、他の層のノード電圧の変

化を受ける相互作用の影響により、収縮の均一性を保てていない課題があった。

そこで今回の提案回路では、多重トンネル接合を用いた単電子振動子に対して他層との接続数を減らすため、新たに多重トンネル接合を用いた単電子振動子の層の直下に単電子メモリの層を加えた。これにより収縮を表現する単電子振動子に対して他の層のノード電圧変化の影響が軽減し、収縮の再現性が高まった。今回設計した回路図と第一層のシミュレーション結果を Fig.2 に示す。詳細については講演にて述べる。

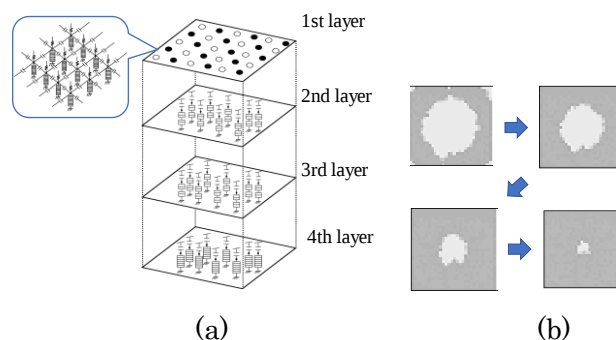


Fig.2 (a) New bubble-inspired circuit,

(b) snapshots of simulated operation in 1st layer.

【参考文献】

- [1] 大原洋平, 他, シャボン膜の性質を数学的に考察する教材の提案, 岐阜数学教育研究, Vol. 10, pp.99-105, (2011).
- [2] 倉田信彦, 他, 第65回 応用物理学会春季学術講演会, 17p-F210-7, (2018)
- [3] Takahide Oya, et. al., International Journal of Unconventional Computing, vol. 1, pp. 177-194, (2005).

【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・挑戦的萌芽研究 (JP16K14242)及び基盤研究(A)(JP18H03766)の助成を受け実施された。