

軍隊ガニの挙動に学ぶ信号入力位置自在な単電子論理回路の構築

Construction for single-electron logic circuit with free selectable signal input terminals

mimicking soldier crab ball gate

○浜名良樹, 大矢剛嗣 (横国大院工)

○Yoshiki Hamana, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: hamana-yoshiki-nz@ynu.jp

【背景・目的】近年の情報処理デバイスとして、単電子回路が注目されている。しかし単電子回路を用いた最適な計算手法は確立されておらず、様々な検討が行われている。本研究では軍隊ガニのユニークな挙動が論理動作を示す[1]ことに着目した。また、これまで本研究グループでは、ビリヤードボールやドミノ倒しの物理を単電子回路に模倣し、論理回路を設計する研究を行ってきた[2,3]。どちらの研究でも決められた経路を辿ることで論理回路を実現していた。本研究では、軍隊ガニの挙動を単電子回路に模倣し、経路にとらわれずに並列処理が可能となる新しい単電子情報処理手法を確立することを目的としている。

【単電子振動子】本研究では、軍隊ガニの挙動を表現するために、単電子振動子を用いる。単電子振動子とは、高抵抗とトンネル接合を直列に接続した素子である。バイアス電圧を閾値以下に設定したうえで、入力を与えると電子がトンネルし、急激にノード電圧が変化する。このノード電圧変化の有無を波として扱い、カニの進行に対応させる。Fig. 1(a),(b)のように単電子振動子を接続すると、波が一方向に進行する。図中の丸は1つの単電子振動子を表し、プラスやマイナスはバイアス電圧の正負を表す。また、単電子振動子を結ぶ線には振動子を結合するための容量が含まれている。(a)の場合、波は縦方向または横方向に進んでいき(縦横回路)、(b)の場合、斜め45度方向に進んでいく(ななめ回路)。これらの回路は入力する位置によって辿る経路が変わるため、経路によらない論理回路の基礎となる構造である。

【シミュレーション方法・結果】前回の報告[4]では、Fig. 2(a)に示すような構造を用いて、NAND回路の設計を行った。この構造は、縦横回路からななめ回路への一方通行が実現できる。また、Fig. 2(b)のように接続すると、ななめ回路から縦横回路への一方通行が実現できる。これらの構造を組み合わせることで、縦横回路に入力される場合と

ななめ回路から入力される場合、それぞれの波の進行方向を区別できる。一つの回路構造内で波の自由な進行を可能にするため、経路によらない論理回路が実現できる。その一例として、縦横回路入力の場合のシミュレーション結果を Fig. 3 に示す。これらの結果より、どの方向から入力されても同様な動作を行う回路(経路によらない論理回路)が実現できた。詳細は講演にて報告する。

【参考文献】

[1]Y.-P. Gunji, et al., *Complex Systems*, **20**, pp. 93-104, 2011.

[2]S.hayashi, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* 51, pp. 06FE11_1-06FE11_5, 2012.

[3]大竹 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 17a-F11-1, 2014.

[4]浜名 他, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 14a-A20-1, 2015.

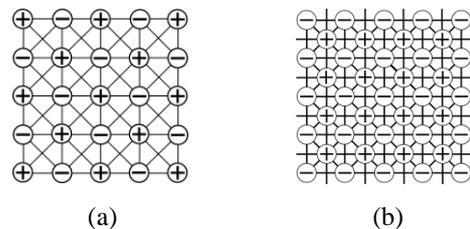


Fig. 1 Array of single electron oscillators

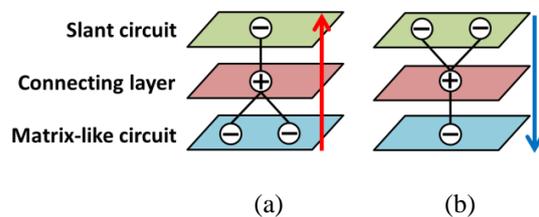


Fig. 2 schematic of layered circuits

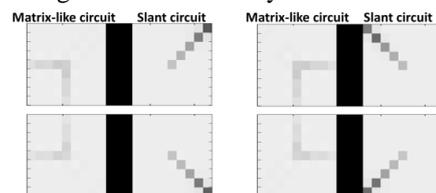


Fig. 3 Results of simulation