直並列接続型 Au ナノギャップを用いた物理リザバーコンピューティング

Physical Reservoir Computing Using Series-Parallel-Connected Au Nanogaps

東京農工大 [1]、一関高専 [2]、釧路高専 [3]

○田中雄大 [1]、三木司 [1]、島田萌絵 [1]、坂井奎太 [1]、八木麻美子 [2]、伊藤光樹 [3]、白樫淳一 [1]

Tokyo University of Agriculture & Technology [1], NIT, Ichinoseki College [2], NIT, Kushiro College [3]

°Y. Tanaka[1], T. Miki[1], M. Shimada[1], K. Sakai[1], M. Yagi[2], M. Ito[3], and J. Shirakashi[1]

E-mail: s173812q@st.go.tuat.ac.jp

機械学習の手法の一つとして、簡便で高速な学習が可能であるリザバーコンピューティング(RC)が注目を集めている[1]。RC は単一の非線形素子を用いた遅延時間システム[2]によって物理実装が可能であり、半導体レーザーやメモリスタなど様々な素子を用いた物理 RC が報告されている[3]。これまで我々は、Au ナノギャップが持つシナプス特性を利用した RC を実装し、Short Term Memory (STM) タスクと Parity Check (PC) タスクを用いて、ダイナミクスの評価を検討してきた[4-6]。そこで今回は、Au ナノギャップ RC において、より多様なダイナミクスを引き出すことを狙い、Au ナノギャップを直並列に接続した際のリザバー性能を検討した。

はじめに、電子線リソグラフィーとリフトオフプロセスによって、直並列接続型の一例として、2×1 並列のナノギャップ構造を作製した。図 1 は 2×1 並列 Au ナノギャップを用いた RC の構成を示す。まず、0 または 1 の 2 値で生成された時系列データに対して Mask 関数を重畳し、時間 T に引き伸ばし生成した入力電圧信号 $u(k)$を 2×1 並列 Au ナノギャップに印加する。次に、得られた出力電流 $I(k)$を時間軸上で区切り、仮想ノードとして観測することで多ノード化した。各ノードの重み付き線形和を RC の出力 $y(k)$とし、教師データ $d(k)$との誤差を最小化するように線形回帰を用いて重みの学習を行った。STM Capacity (STMC)と PC Capacity (PCC) を評価指標に用いて、リザバーに求められる短期記憶と非線形性を検討した。この結果、STMC、PCC はそれぞれ 1.02、1.00 となり、単一の Au ナノギャップを用いた従来の手法[6]と比較して、リザバー部における非線形性の向上が確認できた。以上の結果より、Au ナノギャップの直並列な集積化は、リザバーの性能向上に寄与する可能性が示唆された。

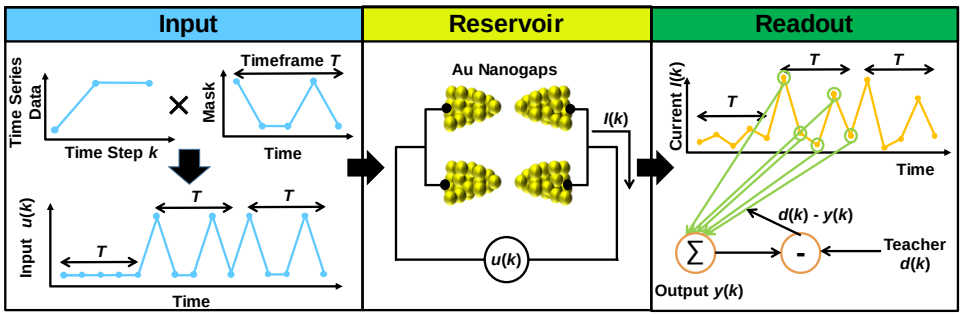

Fig. 1 Schematic of a reservoir computing (RC) system based on the series parallel Au nanogaps.

References

[1] H. Jaeger, and H. Haas, Science 304(5667) (2004) 78.

[2] L. Appeltant, M. C. Soriano, G. Van der Sande, J. Danckaert, S. Massar, J. Dambre, B. Schrauwen, C. R. Mirasso and I. Fischer, Nat. Commun. 2 (2011) 468.

[3] G. Tanaka, T. Yamane, J. B. Héroux, R. Nakane, N. Kanazawa, S. Takeda, H. Numata, D. Nakano, and A. Hirose, Neural Netw. 115 (2019) 100.

[4] K. Sakai, T. Sato, S. Tani, M. Ito, M. Yagi, and J. Shirakashi, AIP Adv. 9 (2019) 055317.

[5] K. Sakai, T. Sato, R. Kiyokawa, R. Koyama, M. Yagi, M. Ito, and J. Shirakashi, Jpn. J. Appl. Phys. 59 (2020) 050601.

[6] K. Sakai, M. Yagi, M. Ito, and J. Shirakashi, Appl. Phys. Lett. 119 (2021) 084101.

© 2022年 応用物理学会