

Auナノギャップを用いたリザーバーの短期記憶と非線形動作特性

Short-Term Memory and Nonlinear Dynamics of Reservoir Computing Using Electromigrated Au Nanogaps

東京農工大¹、一関高専²、釧路高専³

○坂井奎太¹、清川莉玖¹、小山諒也¹、八木麻実子²、伊藤光樹³、白樫淳一¹

Tokyo University of Agriculture & Technology¹, NIT, Ichinoseki College², NIT, Kushiro College³

°K. Sakai¹, R. Kiyokawa¹, R. Koyama¹, M. Yagi², M. Ito³ and J. Shirakashi¹

E-mail: s185338q@st.go.tuat.ac.jp

近年、機械学習の一種であるリザーバーコンピューティング(RC)が注目を集めており、リザーバー部のハードウェア実装も多く報告されている[1, 2]。これまで我々は、通電による原子の移動現象を利用してナノギャップの抵抗制御が可能なアクティベーション法を提案してきた[3]。本手法を適用した Au ナノギャップでは、Short-Term Plasticity 特性[4]を利用した RC への応用も検討されている[5]。一般に、リザーバー部のダイナミクスには短期記憶と非線形性が求められる。そこで今回は、アクティベーション適用時の Au ナノギャップにおけるダイナミクスの評価として、Short-Term Memory (STM)タスクと Parity Check (PC)タスクを検討した。

はじめに、電子線リソグラフィとリフトオフプロセスによって、数十 nm 程度のナノギャップ構造を作製した。まず、リザーバーの動作点を揃えるため、予め Au ナノギャップに対しアクティベーションを適用し、素子を低抵抗化させた。次に、時系列データの入力に対するリザーバーの応答を測定した。入力の時系列データとして 0 または 1 のランダムな数列を用い、マスク関数を 0 または 1 の値を持つ binary マスクに設定して、入力電圧波形を生成した。入力が 1 の時は電圧パルス、0 の時はデバイスの状態を変化させない Read 電圧を Au ナノギャップへ印加した。得られた電流波形より、Readout 部にロジスティック回帰を用いて 400 ビット分のデータを学習した。図 1(a)に、テスト動作時の入力データ $u(k)$ を示す。これより、遅延 $D=1$ の時の STM タスクの教師関数 $y_{STM}(k)$ は図 1(b)のようになる。図 1(c)に示した RC の出力 $o_{STM}(k)$ より、正答率 0.9 が得られ、1 つ前の入力データを記憶していることが確認できた。以上の結果から、本手法を適用した Au ナノギャップがリザーバーコンピューティングに必要なダイナミクスを備えていることが示唆された。

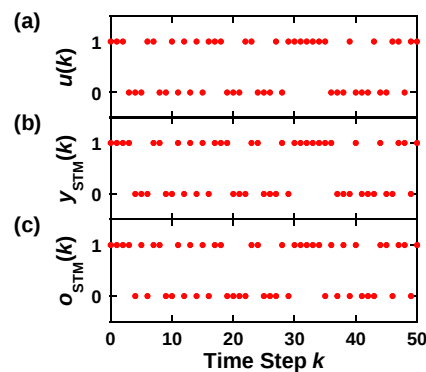


Fig. 1 Typical: (a) input $u(k)$; (b) teacher-function output for the STM task; (c) output of the reservoir computing trained with STM function.

References

- [1] J. Nakayama, K. Kanno and A. Uchida, Opt. Express 24 (2016) 8679.
- [2] C. Du, F. Cai, M. A. Zidan, W. Ma, S. H. Lee and W. D. Lu, Nat. Commun. 8 (2017) 2204.
- [3] S. Kayashima, K. Takahashi, M. Motoyama and J. Shirakashi, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 46 (2007) L907.
- [4] K. Sakai, T. Sato, S. Tani, M. Ito, M. Yagi and J. Shirakashi, AIP Advances 9 (2019) 055317.
- [5] 坂井、佐藤、八木、伊藤、白樫: 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-F211-3 (2019).