

1 ダイオード-1 リザーバー素子構造における情報処理性能の評価

Evaluation of information processing performance in 1D1R (1 Diode-1 Reservoir device) structure

東理大理¹, 産総研², 豊田理研³, 鳥取大⁴, 長瀬産業⁵

○松尾拓真^{1,2}, 佐藤暖^{1,2}, 高相圭^{1,2}, 島久², 内藤泰久², 秋永広幸²,

伊藤敏幸³, 野上敏材⁴, 小林正和⁵, 木下健太郎¹

Tokyo Univ. of Science¹, AIST², Toyota Physical and Chemical Research Institute³,
Tottori Univ.⁴, NAGASE & CO., LTD.⁵

○T. Matsuo^{1,2}, D. Sato^{1,2}, S.-G. Koh^{1,2}, H. Shima², Y. Naitoh², H. Akinaga²,

T. Itoh³, T. Nokami⁴, M. Kobayashi⁵ and K. Kinoshita¹

E-mail: 1521544@ed.tus.ac.jp

【序論】物理リザーバデバイス (PRD) は, AI モデルの 1 つであるリザーバコンピューティング^[1]の中間層として機能する, 物理現象のダイナミクスを利用したデバイスである. 計算コストの低さや実装の簡易性から近年注目を集めており, 様々な物理系での動作実証がなされている. 我々はこれまで PRD に利用する物理現象として金属をドープしたイオン液体 (IL) 中で起こる酸化還元反応に着目し^[2], この素子 (IL-PRD) の時系列データ処理能力に与えるファラデー電流の影響について報告してきた. 前回, IL-PRD に入力する正負の電圧信号に非対称性を持たせる事によりパリティチェック (PC) の様な非線形タスクを実行できる事を示した^[3]. しかしこの方法では, 実際に AI デバイスとして用いる際には入力信号の前処理が必要となり, 余分な計算コストを生じる可能性もある. そこで今回, IL-PRD にダイオードを直列接続してデバイス自体に非対称性を持たせた 1D1R (1 ダイオード-1 リザーバー素子) 構造とし, この構造における情報処理性能を評価した. その結果, 1D1R 構造では対称的な電圧入力に対しても非線形タスクを実行できる事が分かった.

【実験方法】Pt 薄膜を微細加工して形成した入出力端子間に IL ($\text{Cu}(\text{Tf}_2\text{N})_2\text{-Glyme}(\text{G}3)=1:1$ ^[4]) を滴下し, IL-PRD を作製した. この素子と直列にツェナーダイオードを接続して電気特性評価を行った. ツェナー電圧 (V_Z) をパラメータとし, ダイオードにより変化した電流波形が時系列データ処理へ与える影響について調査した. 時系列データに対する非線形変換能力の評価には PC タスクを用いた.

【結果および考察】Fig. 1 (a) – (c) は, IL-PRD 単体 (1R 構造) 及び $V_Z=3.6\text{ V}$, 4.3 V のダイオードを接続 (1D1R 構造) した際の電流波形である. ダイオードが逆方向となる負電圧側でピークのシフト等が生じ, その変化が正電圧側の電流にも影響を与える結果, 両電圧極性で電流波形の形状が変化して電流の非対称性が上昇している. 1R 構造と 1D1R 構造それぞれの電流波形について, 時系列データに対する非線形変換能力を定量的に評価するため, PC ($T_{\text{delay}}=1$) タスクの相関係数を調べた. その結果, 1R と比較して 1D1R 構造では PC タスクの相関係数が 3 倍程度高いことが分かった. この結果は, 電圧極性に対する電流の非対称性が, 単体 PRD の非線形変換能力に関する指標となることを示している. 当日は, ダイオードを接続することによって電流波形に生じる幾つかの変化 (ピークシフトや最大電圧印加時の電流値など) のうち, 特にどの要素が情報処理能力に影響するのかについても議論する予定である.

[1] Jaeger and Haas, *Science*, 2004, 304, 78. [2] H. Sato *et al.*, *Front. Nanotechnol.*, 2021, 3, 660563. [3] 松尾 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021, 12a-S101-2. [4] H. Yamaoka *et al.*, *Chem. Lett.*, 2017, 46, 1832.

【謝辞】本研究の一部は, 文部科学省「ナノテクノロジー プラットフォーム」事業 (課題番号: JPMXP09F21NM0080) の支援を受けて, NIMS 微細加工プラットフォームにおいて実施されました.

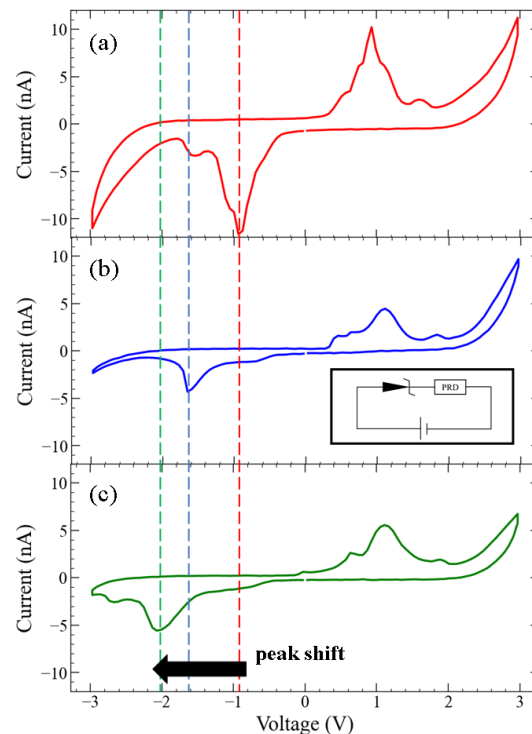


Fig. 1 I - V characteristics measured using (a) 1R, (b) 1D1R ($V_Z=3.6\text{ V}$), and (c) 1D1R ($V_Z=4.3\text{ V}$) structure. V_Z is Zener voltage.