

ファラデー電流の利用によるイオン液体リザーバー素子の非線形性の向上 Improvement of nonlinearity in ionic liquid reservoir device by using Faradaic current

東理大理¹, 産総研², 豊田理研³, 鳥取大工⁴, 長瀬産業⁵

○松尾拓真^{1,2}, 佐藤暖^{1,2}, 佐藤洋士^{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}, H. Sato^{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】素子の非線形特性を活用する計算手法として近年、物理的リザーバーコンピューティング (PRC) が注目されている。我々は、Cu イオンを溶解させたイオン液体 (Cu-IL) 中に Pt ドット電極を多数配置する事で入力信号 (電圧) を複数の出力信号 (電流) に変換して高次元化し、非線形性を生み出す複数端子リザーバー素子の開発を行ってきた^[1]。更なる高性能化を実現するにはリザーバーの物理を明らかにする必要がある。そこで今回、Cu-IL を Pt 電極間に滴下した単純構造でパルス応答 (CV 特性) を評価した。その結果得られた電流はファラデー電流に起因しており、出力信号を複雑にしている事が明らかとなった。

【実験方法】Fig. 1 の様に Pt 電極間に Cu-IL を滴下した構造を作製した。Cu-IL として溶媒和 IL, Cu(Tf₂N)₂-Glyme(G3)=1:1^[2]を使用した。Pt 電極上面での銅析出を防ぐため Pt 電極先端以外を SiO₂ で覆う事で不要な銅析出を防止し、端子間のみ析出可能な構造を実現した。更に、電場印加による Cu-IL の移動を防ぐため、スピンコーティングで塗布した膜厚 2 μm のフォトレジスト AZ5214E をパターンニングし、レジスト壁で囲まれた IL プールを形成した。コンタクトパッドとして Au/Ti (100/10 nm) を成膜した。この素子に対し B1530A WGF MU を用いて三角波パルスを入力し、その応答を調査した。

【結果および考察】Fig. 1 の様に一方の電極を接地し、対極に電圧パルスを 3 連続入射した。1 を正電圧, 0 を負電圧の三角波で表現し、[1 1 1] 入力した際の電流波形を Fig. 2 (a) に示す。青線が入力電圧, 赤線が出力電流である。このグラフより正電圧パルスを連続的に印加する事で段階的な電流値の上昇が確認された。次に [1 0 0] 入力による電流波形を Fig. 2 (b) に示す。入力信号の極性が正から負に入れ替わる際にピークが現れるが (青矢印), 次に負電圧パルスを続けて印加するとピークの強度が減少する事が確認された (赤矢印)。正に戻さないと再びピークが現れないことからピークの起源は Cu-IL 中に含まれる酸化還元活性種のファラデー電流であると考えられるが、活性種の特定は今後の課題である。単体素子においては仮想ノードという概念を用い PRC を実現出来る^[3]。その際、出力の複雑性は PRC に必要な特性の一つである多次元変換能力に関与してくると思われる^[4]。Fig. 2 の結果より、Cu-IL の電気二重層容量への充放電に起因する電流にファラデー電流が重畳される事で複雑性が増し、時系列的特徴を抽出する能力の向上が期待される。

[1] 松尾他, 第 68 回 応用物理学会春季学術講演会, 17a-Z24-4 (2021). [2] H. Yamaoka *et al.*, *Chem. Lett.*, **46**, 1832-1835 (2017). [3] L. Appeltant *et al.*, *Nat. Commun.*, **2**, 468 (2011). [4] L. Appeltant *et al.*, *Sci. Rep.*, **4**, 3629 (2014).

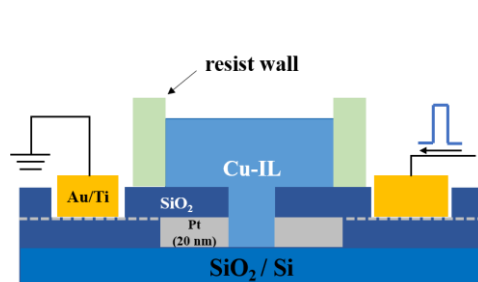


Fig. 1 Cross-sectional view of the device

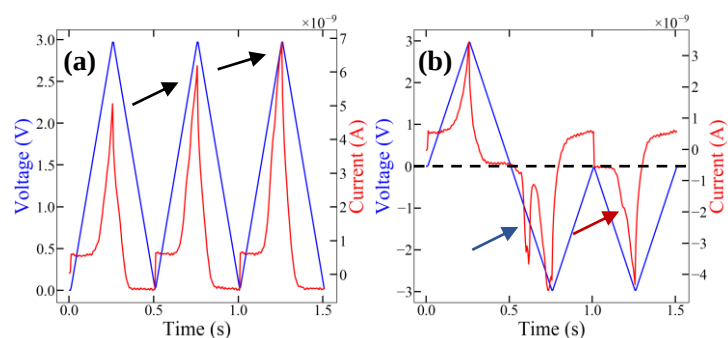


Fig. 2 Output current for 3 different pulse trains
(a) [1 1 1] (b) [1 0 0] (1: positive voltage, 0: negative voltage)