

光応答性有機材料 P3HT を用いたマテリアルリザーバードバイスの評価

Studying on material reservoir computing device made of organic photoresponsive material

九工大院生命体¹, 九工大 Neumorph センター²,

°(M1)中岡佑輔¹, (D3)琴岡匠¹, 宇佐美雄生^{1,2}, 田中啓文^{1,2,*}

Kyushu Inst. Tech., LSSE¹, Kyushu Inst. Tech. Neumorph Center²,

°Yusuke Nakaoka¹, Takumi Kotooka¹, Yuki Usami^{1,2}, Hirofumi Tanaka^{1,2,*}

*E-mail: tanaka@brain.kyutech.jp

[緒言] 近年 AI システムの進化に伴い、現行のコンピュータアーキテクチャであるノイマン型構造による計算コストや消費電力の増大が懸念されている。その理由の一つに、Artificial Neural Network (ANN) が挙げられる。ANN は入力層、中間層、出力層から構成されており、各ノードに係る積和演算の重みを学習により更新することで認識や分類を行う必要がある。リザーバードバイス(RC)は ANN アルゴリズムの一種であり、中間層を非線形特性を有する全ノードのランダム結合によりブラックボックスとして扱い、出力部分の重みの更新のみで学習可能なため、低計算コスト、低消費電力が期待されている^[1]。最近の研究では RC のリザーバ部を様々な物理的システムに置換できると報告されており、ハードウェアを用いて更なる低消費電力化が期待される。これまで我々は様々な機能的な材料を用いて RC の構築を検討してきた^{[2][3][4][5]}。ポリ(3-ヘキシルチオフェン-2,5-ジイル)(P3HT)は有機太陽電池材料として使われており、光反応性、非線形性を持つことが知られている^[6]。本研究では、P3HT を RC として使い、性能を RC のベンチマークタスクの一つである NARMA2 タスクを光照射の有無で比較したので報告する。

[実験方法] P3HT(Merck, regioregular)をクロロベンゼンに 0.1M(モノマー分子量: 166 g/mol)溶解し、室温で 1 時間攪拌した。P3HT 溶液 5 μ L を電極上に滴下し、80°C で 10 分加熱した。電極材料にアルミニウムを使用し、フォトリソグラフィを用いパターンニングした。電流-電圧測定には半導体パラメータアナライザ(4156B, Hewlett Packard)を使用し、光照射にはハロゲンライト(SCHOTT, megalight100)を用いた。NARMA2 タスクには LabVIEW で統合されたシステムを使用し、入力にホワイトノイズを使用した。NARMA2 タスクで用いられる目標時系列データは以下の式で表される^[7]。また、Normalized mean square error (NMSE)を用い NARMA2 タスクの性能比較を行った。

$$y(k+1) = 0.4y(k) + 0.4y(k)y(k-1) + 0.6u^3(k) + 0.1 \quad (u(k): \text{input data})$$

[結果と考察] 図 1(a)に光照射時(470 W/m²)と遮光環境下における電流-電圧計測の結果を示す。遮光時と比較して光照射により電流値が 10 倍に増大した。図 1(b), (c)に NARMA2 の結果を示す。遮光環境下における NMSE の 0.241 に対して、光照射時(470 W/m²)は 0.148 と減少した。以上の結果から、P3HT 利用時の光照射による RC の性能向上が期待される。

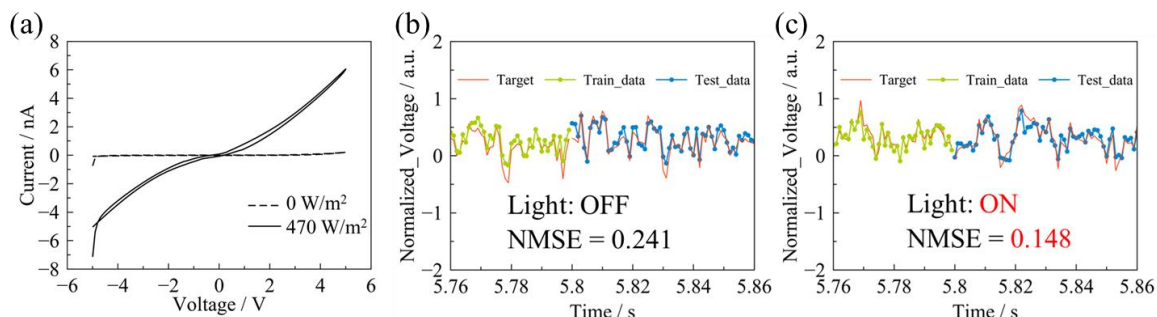


Fig.1 (a)Current-Voltage curve, NARMA2 task (b) without, and (c) with light irradiation (470 W/m²).

Refs. [1] H. Jaeger et al., *Science* 304, 78-80 (2004). [2] Y. Usami et al., *Adv. Mater.* 33, 1-9 (2021). [3] D. Banerjee et al., *Adv. Intell. Syst.*, 4, 2100145 (2022). [4] S. Azhari et al., *IEEE Sensors*, 21, 27810-27817 (2021). [5] Hadiywarman et al., *Japanese Journal of Applied Physics*, 60, SCCF02 (2021). [6] B. C. Thompson, J. M. J. Frechet, *Angew. Chem.* 47, 58-77 (2008). [7] A. F. Atiya et al., *IEEE Trans. on Neural Netw.*, 11, 697-709 (2000).