

課題番号 : F-19-OS-0013  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : ポリマー配線を用いたニューラルネットワーク型情報回路の創成  
 Program Title (English) : Innovative neural network informational circuit consisting of conducting polymer wires  
 利用者名(日本語) : 赤井恵, Gloh Kian Llian, 岡田将, 杉戸泰雅, 竹寫勇樹, 萩原成基, 新田純弥  
 Username (English) : M. Akai-Kasaya, G. K. Llian, M. Okada, Y. Sugito, Y. Takeshima, N. Hagiwara, A. Nitta  
 所属名(日本語) : 大阪大学 工学研究科 精密科学・応用物理学専攻  
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Osaka University  
 キーワード/Keyword : ニューラルネットワーク, ポリマー成長, リソグラフィ・露光・描画装置

### 1. 概要(Summary)

導電性高分子 PEDOT:PSS (Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate) は有機材料として有機電子デバイスへの応用が期待されている。PEDOT:PSS のワイヤー状重合成長は抵抗変化素子、自由空間配線、生体配線などへの応用が期待されているが、その詳細な空間成長制御は未だ困難である。本研究ではワイヤーを空間的に配線させ、その抵抗値の制御を試みた。また制御改善の為、ワイヤー成長時の印加電圧の周波数依存性、及び成長閾値電圧に着目して観察を行った。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

LED 描画システム、マスクアライナー

#### 【実験方法】

主に LED 描画システム、マスクアライナーによって形成した基盤に、RF スパッタを用いて多種類の金属を蒸着し、電極作成を行った。

作製した平面及び 3D 電極間に導電性高分子 PEDOT:PS を重合させ、その成長の度合いや水素ガス発生の条件を比較し、ポリマーワイヤー成長の最適な条件を探索し、またその電気化学的機構を考察する。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

ガラス上に金線と光硬化性樹脂を用いて単一の電極と 3つの電極間が約 200  $\mu\text{m}$  になるように基板を作製し、対向する電極間の抵抗値の制御を目標としてワイヤーを成長させた。Fig. 1 に示すように 1つの電極から 3方向へのワイヤーの配線し、3つの異なる抵抗値を測定することに成功した。しかしながらこの時、

電界を印加しない浮遊電極にもワイヤー成長が見られ、制御に至らなかった。原因として、作製した電極の近接電極間距離が電極幅に比べてあまり差がなく、溶液内の電場漏れによるものだと考えられる。

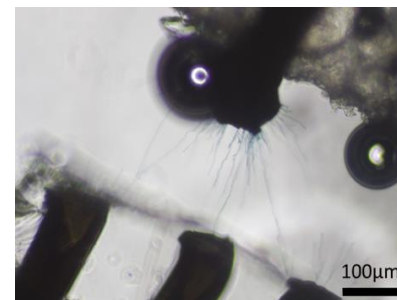


Fig. 1 Optical microscope image of 3D wiring of PEDOT:PSS between Au electrodes

このような電場漏れは平面電極を利用したワイヤー成長にもしばしば観察されている。そこで 2次元静電場シミュレーションを実施した。Fig. 2 に示すように、矩形波電圧-floating 電極間でも強い電界降下が確認され、これが原因でワイヤー成長が起こっていることが判った。

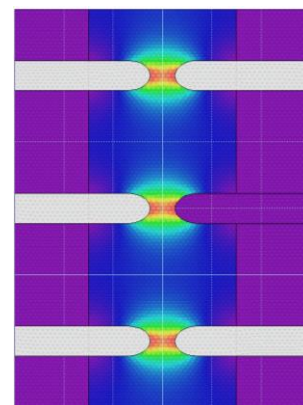


Fig. 2 Calculated electric field when a square wave is applied for left electrodes, where right electrodes (top & bottom) are grounded and a middle electrode is floating.

#### 4. まとめ

複数の電極間での空間配線を行い、抵抗値制御には失敗したものの空間的な配線に成功した。また、印加していた電圧値を PEDOT:PSS ワイヤの重合開始時、架橋時に記録し、電圧が低周波の際は小さく、高周波の際は大きくなることがわかった。今後の展望としては、印加電圧の波形やデューティ比を変更し、制御性の向上を目指していく。

#### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

1. 萩原 成基, 岡田 将, 杉戸 泰雅, 浅井 哲也, 桑原 裕司, 赤井 恵, "導電性高分子ワイヤを不揮発性抵抗変化素子として用いた機械学習の検討," 第 10 回分子アーキテクトニクス研究会, 九州国立博物館, (福岡), 2019 年 11 月 7-8 日.

2. 萩原 成基, 岡田 将, 杉戸 泰雅, 浅井 哲也, 桑原 裕司, 赤井 恵, "導電性高分子ワイヤを用いた相互結合型ネットワークの構築," 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, (札幌), 2019 年 9 月 18-21 日.

#### 6. 関連特許(Patent)

なし。