

課題番号 : F-18-OS-0002  
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 Lian, 岡田将, 杉戸泰雅, 竹嶋勇樹, 萩原成基, 橋本優奈  
Username (English) : M. Akai-Kasaya, G. K. Lian, M. Okada, Y. Sugito, Y. Takeshima, N. Hagiwara, Y. Hashimoto  
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) : Department of Precision Science and Technology, Graduate School of Engineering, Osaka University  
キーワード/Keyword : ニューラルネットワーク, ポリマー配線, 精密電極配線, リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要(Summary)

我々は空間を自由に配線出来る可塑性を持った有機高分子(ポリマー)材料を用い、機械学習法を用いたニューラルネットワーク回路の作製に取り組んでいる。何もない空間に配線を生やす技術は今ありません。導電性を持つポリマーは、単量体溶液の中の指向性の高い重合反応として、まるで神経細胞ニューロンのように溶液内の自由空間をワイヤー状に成長する。ポリマーワイヤーは指定された電極端子間に指向性を持って成長し、また、その導電性を変化させ保持する「不揮発性の抵抗変化メモリ」として機能する。本研究ではその抵抗変化の制御に重点を置いた。

## 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、EB 蒸着装置

### 【実験方法】

上記装置を用いて電極作製を行った。微細電極が必要となった場合は電子ビームリソグラフィ装置を用いた。またレーザーラマン顕微鏡(阪大合成 PF)等を用いて成長したワイヤーの物性計測を行った。

作製した複数の電極間コンダクタンス増加を計測制御するシステムを用いて、機械学習法によってポリマーニューラルネットワークを成長させた。また、より効率的な学習を実現する為に、ポリマー成長に伴うコンダクタンス増加におけるより詳細な成長条件を明らかにした。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

我々は、導電性高分子 PEDOT:PSS

(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate)) を人工ニューラルネットワーク (ANN) 専用ハードウェアの不揮発性抵抗変化素子として利用する。PEDOT:PSS はモノマーである EDOT を、マイクロスケール電極間に電流を集中させ電界重合することでワイヤーが成長し、電極間を架橋することにより電極間のコンダクタンス値が増加することから、抵抗変化素子として利用することが可能である[2]。本研究では、電極間のギャップを 100  $\mu\text{m}$  で固定し電極先端の曲率半径を  $\rho=0, 30, 40, 50 \mu\text{m}$  と 4 パターン用意し、どの先端形状が最も抵抗変化素子で有用であるかを最大コンダクタンス値から判断した。結果、 $\rho=0 \mu\text{m}$  の場合の針状電極では  $G_{\text{MAX}}$  が  $\mu\text{S}$  オーダーだったのに対して、円形電極(Fig. 1)では高分子ワイヤーがより多く電極間を架橋することによって最大コンダクタンス値が数十  $\mu\text{S}$  となり、針状電極よりも一桁ほど抵抗変化素子として容量が大きく、制御性も高いことがわかった。



Fig. 1 optical image of circular electrodes( $\rho=30 \mu\text{m}$ )

## 4. その他・特記事項(Others)

科学研究費補助金 基盤 B, 科学技術振興事業団 戦略的創造事業推進事業 さきがけ  
関連課題番号 : S-18-OS-0002

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

1. 赤井恵, 「ポリマーが織り成すニューラルネットワーク」高分子 4月号 特集 表面・界面の構造がキワ立つ高分子トピック Vol.67, No.4, p.192 (2018).
2. H. Tanaka, M. Akai-Kasaya, A. Termeh Yousefi, L. Hong, L. Fu, H. Tamukoh, D. Tanaka, T. Asai, and T. Ogawa, “A Molecular Neuromorphic Network Device consisting of Single-Walled Carbon Nanotubes complexed with Polyoxometalate” Nature Communication, 9, 2693 (2018).

国内海外発表計 16 件

## 6. 関連特許 (Patent)

なし