長期・短期記憶を形成可能なポリマーワイヤーシナプスの創成

Creation of polymer wire synapse capable of forming long-term and short-term memory

阪大院工 [1], 北大院情報 [2], 阪大院理 [3]

○萩原成基 [1], 関崎翔馬 [1], 桑原裕司 [1], 浅井哲也 [2], 赤井恵 [2,3]

Osaka Univ.[1,3], Hokkaido Univ.[2],

○N. Hagiwara[1], S. Sekizaki[1], Y. Kuwahara[1], T. Asai[2], M. Akai-Kasaya[2,3]

E-mail: hagiwara@ss.prec.eng.osaka-u.ac.jp

従来のコンピュータに代わってニューラルネットワーク演算を効率よく実行できる脳型ハードウェアに関する研究はクロスバー構造を中心として発展しつつある[1]が、その構造は実際の脳と大きくかけ離れており、脳が施す高度な情報伝達処理には遠く及ばない。そこで我々はこれまで、ニューロンが軸索を伸ばしてネットワークを形成するかのごとく、液中でワイヤー状に電解重合成長して Fig. 1 のように任意の電極間を配線できる導電性ポリマーPEDOT:PSS(ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン):スルホン酸)に着目し、これを用いた新方式脳型回路を提案してきた[2]。

今回、Au マイクロ電極ギャップ間のコンダクタンス変化を、電極間を架橋しているポリマーワイヤーのコンダクタンス変化により誘起し、シナプスの結合強度変化を再現しようと試みた。まず、ワイヤーが架橋した電極ギャップをモノマー・ドーパント混合溶液へ浸し、電極間へ 2.5 V の電圧パルス(幅 10 ms)を高頻度で連続印加した結果、電極間コンダクタンス値が徐々に上昇していく様子が観測された。これは電解重合により陽極近傍のワイヤー径が増加することに由来する。増加したコンダクタンス値は半永久的に保持されたことから、この変化挙動はシナプス長期増強(Long-term potentiation: LTP)を再現していると言える。また、LTP によって低抵抗状態になった電極ギャップへ、±1.5 V 程度の比較的小さな電圧パルスを印加すると、極性に応じて電極間コンダクタンス値が僅かに増減することが見出された。これを応用し、我々は電圧パルスの極性及び印加回数を制御することで電極間コンダクタンス値を連続的・可逆的に制御することに成功した。また、得られたコンダクタンス値は時間の経過とともに減衰し、数分程度である一定の値へと収束した。シナプス短期可塑性(Short-term plasticity: STP)に対応するこのコンダクタンス変化挙動は、可逆的ドーピング反応と、LTP によって得られた非対称なワイヤー径分布によって説明される。Fig. 2 に示すように、LTP と STP をどちらも再現し得る本ポリマーワイヤーシナプスは将来、柔軟に学習可能な高集積脳型情報処理回路を提供する。

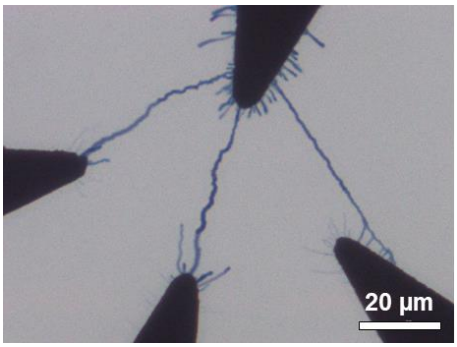

Figure 1. Optical image of PEDOT:PSS conductive polymer wires

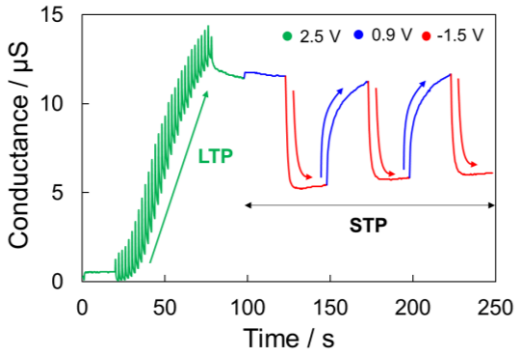

Figure 2. Reproduction of synaptic LTP and STP by polymer wire synapse

[1] S. H. Jo *et al.*, *Nano Letters* **10**(4), 1297-1301 (2010)

[2] M. Akai-Kasaya *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys* **59**, 060601 (2020)

© 2021年 応用物理学会