

セレン化銀ナノワイヤを用いたリザーバーコンピューティングデバイス

Ag₂Se nanowires network as reservoir computing device

九工大院生命体¹, UCLA² ◦(M2)琴岡匠¹, S. Lilak², A. Z. Stieg², J. K. Gimzewski², 田中啓文^{1*}

Kyushu Institute of Technology¹, University of California at Los Angeles²,

◦Takumi Kotooka¹, Samuel Lilak², Adam Z. Stieg², James K. Gimzewski², Hirofumi Tanaka^{1*}

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

[緒言] 近年、様々な物理現象を利用してリザーバーコンピューティングシステムをハードウェア上に実装する試みがなされている^[1]。その中に、化学的アプローチである硫化銀(Ag₂S)ナノワイヤ(NW)を用いたリザーバー応用の研究されていた^[2]。しかし、Ag₂Sは熱により、デバイス機能が低下することが報告され^[3]、熱耐性に優れたセレン化銀(Ag₂Se)が代替材料の有力候補として挙げられている^[4]。そこで本研究では、Ag₂Se-NW ランダムネットワークを作製し、そのリザーバーコンピューティング (RC) 特性を実験的に明らかにする。

[実験方法] 亜セレン酸ナトリウム (0.25 g) とグルコース (1.5 g) を 90 °C に保持した脱イオン水 100 mL に溶解させた。約 20 分後、反応を抑制させるために水槽で溶液を急冷した。底部に赤褐色の沈殿が生じ、これを脱イオン水で洗浄した。洗浄後の沈殿物を IPA 溶液に分散させ、暗室に約 1 週間保管すると、Se-NW が成長した。その後、50 mM の AgNO₃ 溶液に IPA 溶液から取り出した NW を約 3 時間浸漬した。Al 電極を作製した SiO₂ 基板に Ag₂Se-NW 溶液をキャストしてデバイスを作製した。Labview を用いて作製した電気測定プログラムで測定し、RC の代表的なタスクである波形学習と NARMA タスク^[5]を行った。

[結果と考察] 作製した Se-NW を AgNO₃ 溶液に浸漬する前後で XRD 測定をそれぞれ行ったところ、浸漬前は Se のみの回折ピークが、浸漬後は Se と Ag₂Se の回折ピークが確認され、AgNO₃ 溶液に浸漬後に Ag₂Se が合成されたことを確認した。また、浸漬前と浸漬後の SEM 画像からナノワイヤ形状を確認した。I-V 曲線にヒステリシスが表れており、メモリ機能を有していることを確認した。これは電圧印加により Ag₂Se 中の銀イオンが拡散・析出しスイッチングに寄与したことで起こったと考えられる。出力波形の V-t 測定結果を FFT 解析したところ、高次高調波が確認できたため、信号応答特性がリザーバーコンピューティングに必要な高次元性を有することを確認した。波形学習においては、代表的な波形の学習・生成に成功したので、波形分類などの音声認識に応用が期待できる。NARMA2、NARMA10 タスクの両者において生成波形がターゲット信号に追従したので、時系列データの処理を行えることが確認できた。以上のことから、作製したデバイスは RC デバイスとして応用が期待できる。

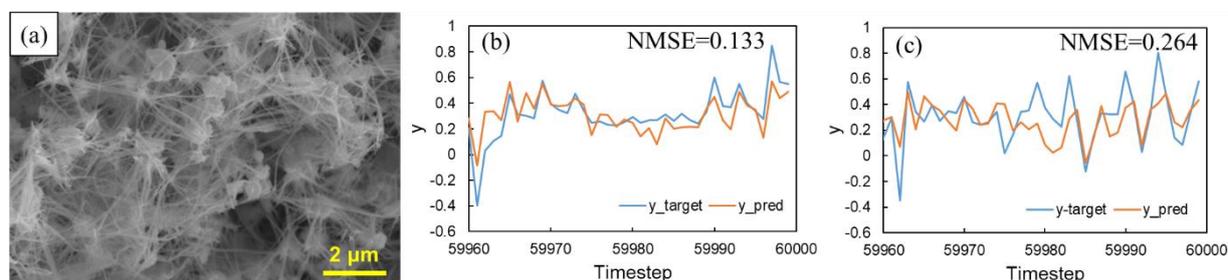


Fig.1 (a): SEM image of Ag₂Se nanowires. After surface was react to be Ag₂Se, morphology did not change. (b): Result of NAMRA2 task. (c): Result of NARMA10 task. Both tasks showed predicted wave follows to target wave. NMSE is normalized mean square error.

Refs. [1] G. Tanaka et al., *Neural Netw.* **115**, 100-123 (2019). [2] H. O. Sillin et al., *Nanotechnology* **24**, 384004 (2013). [3] E. C. Demis et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 1102B2 (2016). [4] M. Ferhat et al., *J. Appl. Phys* **88**, 813-816 (2000). [5] A. F. Atiya and A. G. Parlos, *IEEE Trans. Neural Networks* **11**, 697-709 (2000).