

Ag₂Se と Ag₂S ナノワイヤネットワーク物理デバイスの性能比較

Performance evaluation of Ag₂Se and Ag₂S nanowire network as a physical device

九工大院生命体¹, UCLA², 九工大 Neumorph センター³, [○](D2)琴岡匠¹, S. Lilak², A. Z. Stieg²,

J. K. Gimzewski^{2,3}, 田中悠一朗^{1,3}, 田向権^{1,3}, 宇佐美雄生^{1,3}, 田中啓文^{1,3*}

Kyushu Inst. Tech¹, University of California, Los Angeles², Kyushu Inst. Tech. Neumorph Center³,

[○]Takumi Kotooka¹, Sam Lilak², Adam Z. Stieg², James K. Gimzewski^{2,3}, Yuichiro Tanaka^{1,3},

Hakaru Tamukoh^{1,3}, Yuki Usami^{1,3}, Hirofumi Tanaka^{1,3*}

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

【緒言】 近年、様々な物理現象を利用したハードウェアを開発する研究がなされている^[1]。その中に、材料科学的アプローチによる Ag₂S ナノワイヤ(NW)を用いた情報処理デバイスが報告されている^[2]。しかし、Ag₂S の熱脆性より、デバイス機能が低下することが報告され^[3]、熱耐性に優れた代替材料としてセレン化銀(Ag₂Se)が有力候補として挙げられている^[4]。本研究では Ag₂S と Ag₂SeNW ランダムネットワークデバイスをそれぞれ作製し、電気的測定を通じて情報処理デバイスとしての有用性を証明する。また、低消費電力でメモリ消費量が少ない点から、脳型ハードウェアに適用が可能とされているモデルである Binarized Convolutional Neural Network(BCNN)^[5]を用いて音声分類を行い、Ag₂S と比較して Ag₂Se デバイスの方が有用であることを証明する。

【実験方法】 Ag₂Se、Ag₂SNW をそれぞれ化学合成により作製し、各々別の電極にそれぞれの懸濁液をキャストしてデバイスを作製した。LabVIEW を用いて作成した電気測定プログラムを用いて測定し、RC の代表的なタスクである任意波形学習を行った。音声分類では Free Spoken digit data(FSDD)^[6]というデータセットを用いて話者分類を行った。音声データの振幅を電圧に変換し、1 データにつき約 2 秒の時間インターバルでデバイスに入力した。出力をソフトウェアで構築した BCNN に入れ、音声分類を行い、予測精度を確認した。

【結果と考察】 作製したデバイスの双方において *I-V* 曲線にヒステリシスが表れており、非線形特性を有していることを確認した。出力信号の電圧の時間変化(*V-t*)測定を行い FFT 解析したところ、高調波特性が確認できたため、信号応答特性が RC に必要な高次元性を有することを確認した。Fig.1(a)に Ag₂SNW デバイスの波形学習結果を、(b),(c)に Ag₂SeNW デバイスとの波形学習結果（正規化二乗平均誤差と精度）の比較を示す。Ag₂SNW デバイスでも波形学習を実行できているが、Ag₂SeNW デバイスのほうが高精度であった。これは Ag₂SNW ネットワークが発生したジュール熱により不安定になることが原因であることが考えられる。音声分類の結果については当日に詳細を述べる。

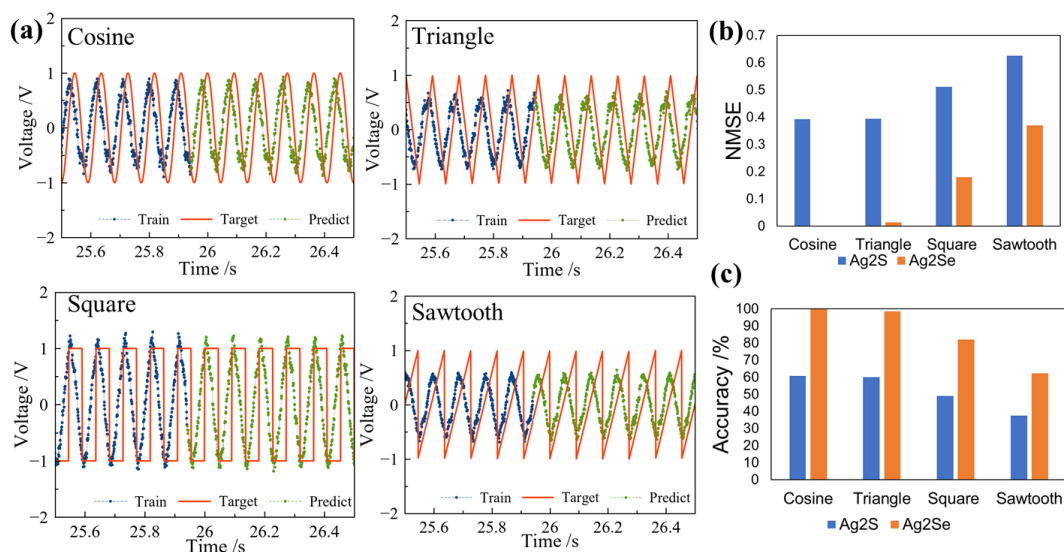


Fig.1 (a) Waveform generation task with Ag₂S nanowire device (b) Normalized mean square error (NMSE) and (c) accuracy of waveform generation task for Ag₂S and Ag₂Se devices.

Refs. [1] G. Tanaka et al., *Neural Netw.*, **115**, 100-123 (2019). [2] H. O. Sillan 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] I. Hubara et al., *In Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 4114 (2016). [6] Z. Jackson et al., “Jakobovski/free-spoken-digit-dataset: v1.0.10,” Aug. (2020).