

インマテリオリザーバー利用を指向した光応答材料の電気特性

Electrical properties of photoresponsive material toward in-materio reservoir

九工大院生命体¹, 九工大 Neumorph センター² [○](B)箱嶋 将弥¹, 宇佐美 雄生^{1,2}, 琴岡 匠¹,
田中 啓文^{1,2,*}

Kyushu Inst. Tech, LSSE¹, Kyushu Inst. Tech., Neumorph Center²

[○](B)Masaya Hakoshima¹, Yuki Usami^{1,2}, Takumi Kotooka¹, Hirofumi Tanaka^{1,2,*}

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

[緒言]現在の人工知能(AI)システムでは、動作時の大消費電力が問題となっている。AI システムで用いられる人工ニューラルネットワークの一種であるリザーバーコンピューティング(RC)は、物理系を計算に利用することで中間層の重み計算が不要となり、計算部分の低消費電力化が可能のため注目を集めている。最近では材料自身に RC を行わせることが検討されている(インマテリオリザーバー) [1, 2]。その実現のためには、材料中の電気特性に非線形性、高次元性が必要とされる。本研究では、将来的な光制御性を期待して、光触媒の一種であるチタン酸化物の RC への利用可能性を調べることを目的とする。

[実験方法]チタン酸化物の前駆体合成法は報告に従った[3]。デバイス作製ではまず、 α -Fe₂O₃ 前駆体を、電極を配した基板上に滴下し、100℃のホットプレート上で乾燥後、電気炉中で 500℃で 2 時間アニール処理を行った。加えて、Bi₂₅TiO₃₉ 前駆体も同様に基板上に滴下、同条件で乾燥及びアニール処理を行い、最終的な α -Fe₂O₃/Bi₂₅TiO₃₉ 酸化物複合体デバイスを作製した。デバイスに正弦波信号(2V_{pp}, 11Hz)を入力し、得られた出力信号の FFT 解析、入出力信号のリサージュ曲線により、出力の高次性と位相変化を調べた。波形生成タスクも同条件の正弦波信号をデバイスに入力し、15 電極からの出力信号の線形結合が、教師データに追従するよう、リッジ回帰により学習させた。

[結果と考察] XRD の結果から α -Fe₂O₃/Bi₂₅TiO₃₉ 酸化物複合体が合成されていることを確認した。Bi₂₅TiO₃₉ について、SEM や TEM による観察の結果、数十 nm 程度の粒子が凝集し、数百 nm 程度のクラスター構造を形成していることが分かった。*I-V* 計測の結果、 α -Fe₂O₃/Bi₂₅TiO₃₉ 酸化物複合体が非線形電気特性を有することがわかった。図 1 (a), (b)に正弦波信号入力時に得られた出力信号の FFT 解析、入出力信号関係であるリサージュ曲線を示す。FFT では第六次高調波まで確認された。リサージュ曲線では入力と出力の間に位相差を示した。図 1(c)に矩形波をターゲットとした波形生成タスクの結果を示す。学習の結果、精度 89.3%であった。以上の結果から、 α -Fe₂O₃/Bi₂₅TiO₃₉ 酸化物複合体は、RC 利用が可能であると結論づけられた。

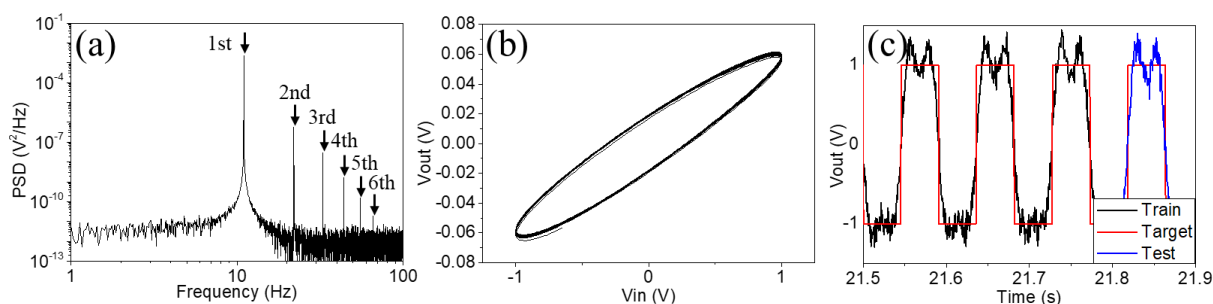


Fig.1: Physical property and RC benchmark task with α -Fe₂O₃/Bi₂₅TiO₃₉ composite. (a) FFT analysis of output signal obtained from V-t measurement. FFT spectrum showed integer multiples of the input sinusoidal wave frequency (11Hz). (b) Lissajous plot. (c) Prediction result of RC with square wave as target function.

Refs. [1] Y. Usami et al., Adv. Mater. **33**, 2102688 (2021). [2] D. Banerjee et al., Adv. Intell. Syst. (2022) published in online. DOI:https://doi.org/10.1002/aisy.202100145 [3] A. M. Huerta-Flores et al., J. Photochem. Photobiol. A **410**, 113077 (2021).