Reservoir Computing を用いた Au ナノワイヤ狭窄化におけるコンダクタンス波形の予測

Prediction of Quantized Conductance in Au Nanowire Using Reservoir Computing

東京農工大　○大岡忠昌、三木司、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

○T. Ooka, T. Miki, and J. Shirakashi

E-mail: s177086z@st.go.tuat.ac.jp

Reservoir Computing（RC）は機械学習の一種であり、近年、時系列予測や画像認識などで用いられている[1, 2]。RNN では全ての重みを更新して学習するのに対し、RC では出力層と Reservoir 層を繋ぐ Readout 間の重みの更新のみとなっている。そのため、学習に必要なリソースを減らすことができ、ネットワークを大規模化することができる。これまで我々は、RC を用いた手指関節動作の予測が可能であることを明らかにしてきた[3]。今回の研究では、エレクトロマイグレーション(EM)を利用した原子接合の作製手法として知られる、フィードバック制御型エレクトロマイグレーション(FCE)法[4]によって得られる Au ナノワイヤでの量子化コンダクタンス波形の予測を行った。実際の FCE プロセスではナノワイヤのカタストロフィックな破断が発生することがあるため、量子化コンダクタンス波形の予測系を制御システムに取り入れることで、より自在に原子の移動を制御できると考えた。

図 1 に、RC を用いたコンダクタンス波形の予測手法を示す。初めに、Input Layer = 100 Units、Output Layer = 1 Unit、Hidden Layer（Reservoir）= 1400 Units の RC を構築した。Hidden Layer における Units 間の結合確率は 0.6 に設定した。次に、過去の FCE 実験で得られた 50 サンプル分のコンダクタンス波形を教師データとして RC に学習させた。教師データとは異なるコンダクタンス波形を学習済みの RC へ入力することで、Au ナノワイヤのコンダクタンス波形の予測を行う。図 1 のグラフにおいて、縦軸はコンダクタンス値 G を量子化コンダクタンス G_0 で割った値 G/G_0 であり、接合に存在する Au 原子の個数に対応する。FCE プロセスでは、コンダクタンスの急激な減少を検知した際、電圧にフィードバックをかけることでナノワイヤの狭窄化を行う。赤い実線で表されるコンダクタンスの実測値が急激に減少する前に、青い破線で示す予測値が減少した場合を理想的な予測波形とする。本システムを用いて、FCE プロセスにおけるコンダクタンス波形の実測値に対して 1 点先（150msec）の予測を行った。その結果、予測値が実測値より早く減少し始める様子を確認した。以上より、FCE 法における量子化コンダクタンス波形を RC によって予測することができ、より自在な原子移動制御に活用できることが示唆された。

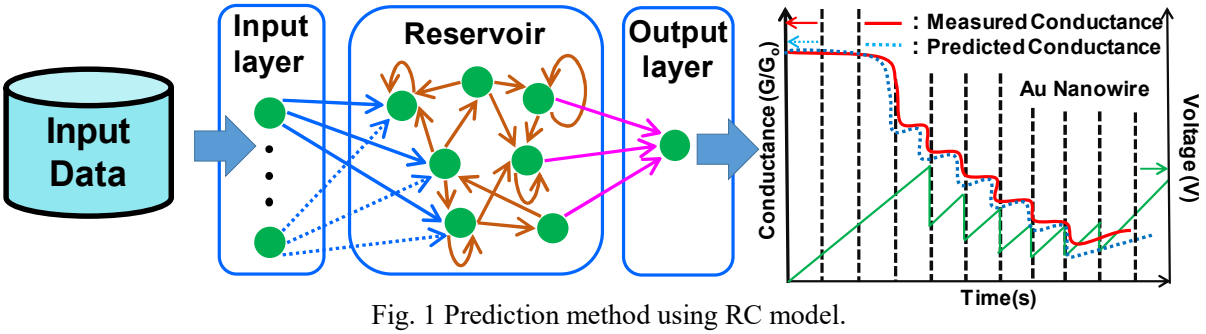

Fig. 1 Prediction method using RC model.

References

[1] M. Lukoševičius and H. Jaeger, Computer Science Review, 3 (2009) 127.

[2] W. Yao, Z. Zeng, C. Lian and H. Tang, Engineering Geology, 188 (2015) 101.

[3] 櫛谷、櫻井、平田、坂井、白樫、第80回応用物理学会春季学術講演会 19p-F211-1 (2019).

[4] D. R. Strachan et al., Appl. Phys. Lett., 86 (2005) 043109.

© 2021年 応用物理学会