## 電流緩和挙動から見るペロブスカイト酸化物抵抗変化メモリの AI デバイス応用の可能性

Current relaxation behavior of perovskite oxide resistive memory for AI device applications

## 東理大理<sup>1</sup> <sup>O</sup>(M2)橋本 悠太<sup>1</sup>,青木 裕雅<sup>1</sup>,木下 健太郎<sup>1</sup>

## Tokyo Univ. of Science<sup>1</sup>, °Y. Hashimoto<sup>1</sup>, H. Aoki<sup>1</sup>, K. Kinoshita<sup>1</sup>

## E-mail: 1520537@ed.tus.ac.jp

【序論】近年,不完全な抵抗保持特性を物理リザバーに応用した AI デバイスの研究が盛んである<sup>[1]</sup>.物 理リザバーに求められる複雑性・非線形性をより深めるために,入力信号に対して異なる応答を示す複 数の物理現象を共存させることが有効である<sup>[2]</sup>. Pt/Nbドープ SrTiO<sub>3</sub> (Nb:STO)では,「酸素欠陥の移動」 と「電子のトラップ・デトラップ」の異なるスイッチング機構が提案されている.本研究では, Pt/Nb:STO の パルス応答特性及び緩和電流を評価することで,両機構が共存し得ることを示した.

【実験方法】Nb:STO (Nb 濃度 0.5 wt%, 面方位 (100))単結晶基板表面上に, シャドウマスク越しに絶縁層として AlO<sub>x</sub>を 150 nm 成膜し, Nb:STO をライン状に露出させた. ここに厚さ 100 nm の Pt 配線を直交させることで, クロスポイント構造の素子を作製した (Fig 1 挿入図). パルス高さを 2 V に固定し, 電流値とパルス入射数の関係のパルス幅 (0.09, 0.1, 0.2 ms)依存性を評価した. パルスを 50 回連続入射した後, 続けて 10 mV の一定電圧における電流値の時間依存性を評価した.

【結果及び考察】Fig. 1 に各パルス幅に対する電流値の入射パルス数依存性を示す.パルス幅が 0.09 ms のとき,パルスを 50 回入射しても 1 桁以下の電流変化しか起こらない. 一方,パルス幅が 0.2 ms の とき,パルスの入射と共に電流値は大きく増加し,10 回程度で電流値が 3 桁程度増加した.パルス幅が 0.09 ms と 0.2 ms の間である 0.1 ms のとき,入射パルス数 40 回前後で増加幅が急激に増加し,初期電 流値より 2 桁程度大きな値で飽和した. 結果的に,0.1 ms 以上のパルス幅で 0.09 ms には見られない顕 著な非線形性が確認された. Fig. 1 に示したパルス幅 0.09 ms と 0.1 ms での測定直後の電流値の時間 依存性を Figs. 2(a)と(b)にそれぞれ示す. Curie-von Schweidler の法則があらゆる時間スケール τ に関す

るデバイ緩和の重ね合わせで与えられると仮定し<sup>[3]</sup>, 電流の時間依存性 $I(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i}{\tau_i} e^{-\tau_i}$  (Eq.1)による

フィッティングを行った結果を同図に実線で示す. ここで、 $A_i = C_i V$ であり、 $C_i$ は緩和時間 $\tau_i$ の異なる分極 機構により与えられる静電容量、Vは印加電圧である. パルス幅 0.09 ms の場合はn = 3 で、0.1 ms の場 合はn = 4 で、それぞれ最適なフィッティング結果が得られた. パルス幅 0.09 ms と 0.1 ms で抽出された  $\tau_i$ 及び $A_i$ を Figs. 2(a)、(b)の挿入図にそれぞれ示す. 即ち、パルス幅 0.1 ms では、0.09 ms と比べ 1 s 程 度の $\tau$ を持つ緩和項を加える必要がある. この結果は 0.09 ms パルスで見られた緩やかな電流増加はト ラップからの電子の開放に起因し、0.1 ms で見られた入射回数 40 回近傍での急激な電流増加は、ここに 酸素欠陥の移動が重畳された結果であることを示唆する. つまり、追加項は酸素欠陥の拡散に起因し、 異なるスイッチング機構の共存を示す. この複合機構により、書き込みと緩和の複雑性・非線形性を深め ることが可能であり、AI デバイス応用の観点から学習能力の向上に繋がると期待される. 【参考文献】[1] X. B. Yin, *et al.*, Phys. Chem. Chem. Phys. **18**, 31796 (2016), [2] E. Nako *et al.*, 2020 IEEE Symposium on VLSI Tech., [3] Y. Fukuda, Jpn. J. Appl. Phys. **33**, 5255 (1994).



**(b) (a)** n=3 =4 400 n= 6.0  $A_1/\tau_1=1.21\times 10^{-7}$   $\tau_1=103$  $A_1/\tau_1=1.00 \times 10^{-11} \tau_1=418$ Current, **/(t)** [nA] Current, *I*(*t*) [nA]  $A_2/\tau_2=1.26 \times 10^{-7}$   $\tau_2=13.4$  $A_2/\tau_2=8.00 \times 10^{-11} \tau_2=13.6$  $A_3/\tau_3=1.12\times 10^{-7}$   $\tau_3=3.71$  $A_3/\tau_3=1.70 \times 10^{-10} \tau_3=2.69$  $A_4/\tau_4=6.14\times 10^{-8}$   $\tau_3=1.10$ 100 4.5 0.09 ms 0.1 ms ٥Ħ 4.0 H 40 20 Time, *t* [s] Time, t [s]

Fig. 1 The dependence of current on injected pulse number for each pulse width. The structure device is shown in the inset.

Fig. 2 Current decay after the injection of pulses with the width of (a) 0.09 and (b) 0.1 ms, respectively. The solid lines show fitting results with Eq. 1 and extracted parameters are shown in the inset.