

4 端子平面型アモルファス GaO_x メモリスタ素子の開発と抵抗変化特性評価

Development and resistive switching properties of four-terminal planer amorphous GaO_x memristive devices

阪大院基礎工 〇(M1)池内 太志, 林 侑介, 藤平 哲也, 酒井 朗

Osaka Univ. 〇Taishi Ikeuchi, Yusuke Hayashi, Tetsuya Tohei, Akira Sakai

E-mail: sakai@ee.es.osaka-u.ac.jp

背景: メモリスタは印加電圧に応じて抵抗値が不揮発に変化する特徴を持つことから、シナプス模倣素子としての利用が期待されている。アモルファス GaO_x は電圧印加による酸素空孔密度分布の変化により抵抗スイッチングが生じることが報告されており^[1]、我々はこれまでにアモルファス GaO_x を用いた 2 端子メモリスタ素子を作製し、その抵抗変化特性を評価してきた^[2]。一方、シナプスには 2 端子素子では模倣が困難な高次の機能も存在するため、多端子構造を持つメモリスタ素子の開発も進めている^[3]。今回、アモルファス GaO_x を用いた 4 端子平面型メモリスタ素子を種々の条件で作製し電気特性評価を行った。

実験方法: YAG レーザーの第 4 次高調波 (波長 266 nm) 及び Ga₂O₃ ターゲットを用いたパルスレーザー蒸着法により、SiO₂/Si 基板上に種々の Ar 分圧、膜厚で GaO_x 薄膜を成長させ、反射高速電子回折観察により、成長した膜がアモルファスであることを確認した。その後マグネトロンスパッタリングで Pt 電極を成膜することで、2 組の対向する 2 つの電極からなる 4 端子平面型素子を作製した。図 1 は電圧印加プロトコルである。電極 3、4 を接地し、電極 1 と 2 にそれぞれ 1 V の電圧 V_1 と V_2 を印加して電極 1-3、2-4 間の抵抗値 R_{1-3} 、 R_{2-4} を計測した後、電極 1 と 3 を接地しながら電極 2 と 4 に同時に電圧 $V_{2,4}$ を 100 秒間印加した。電圧 $V_{2,4}$ は 0 V を基準に 1 V 刻みで最大値 14 V から最小値 -14 V まで変化させ、このサイクルを繰り返して R_{1-3} 、 R_{2-4} の変化特性を計測した。

実験結果: Ar 分圧 4.0×10^{-1} Pa、膜厚 90 nm の素子に対する結果を図 2 に示す。図 2(a)、(b) はそれぞれ、印加した $V_{2,4}$ に依存する R_{1-3} 、 R_{2-4} を表している。1 サイクル目では、 $V_{2,4}$ が増加するにつれて R_{1-3} と R_{2-4} はともに $V_{2,4}$ が最大になるまで減少し、 R_{1-3} (R_{2-4}) は低 (高) 抵抗状態に到達する。この状態は $V_{2,4}$ を減少させても一旦保持されるが、 $V_{2,4}$ が -7 V (-3 V) で抵抗値が増加 (減少) し、 $V_{2,4}$ の最小値で高 (低) 抵抗状態に到達する。これらの結果は、 $V_{2,4}$ 印加によって、酸素空孔がドリフトし、低 (高) 抵抗状態では電極 1-3 間に、高 (低) 抵抗状態では電極 2-4 間に集積したためと考えられる。その後、この状態は $V_{2,4}$ を増加させても一旦保持されるが、3 V (7 V) で抵抗値が減少 (増加) し、元の低 (高) 抵抗状態に戻る。2 サイクル目では $V_{2,4}$ に対して可逆的に R_{1-3} 、 R_{2-4} が変化する結果が得られた。抵抗変化特性の成膜雰囲気依存性、膜厚依存性については当日報告する。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費 (JP19K04468、JP20H00248) の助成を得て行われた。

[1] Y. Aoki *et al.*, *Nat. Commun.* 5, 3473 (2014). [2] M. Joko *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* 59, SMMC03 (2020).

[3] Z. Nagata *et al.*, *Sci. Reports* 9, 10013 (2019).

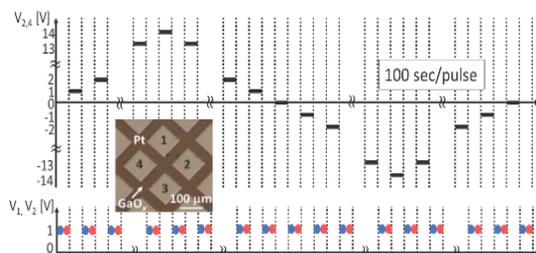


Fig.1. Protocols of the applied voltage $V_{2,4}$ and V_1 and V_2 . R_{1-3} , R_{2-4} is measured at 1 V in between respective steps of $V_{2,4}$ application. The inset is an optical microscopy image of the 4 terminal device.

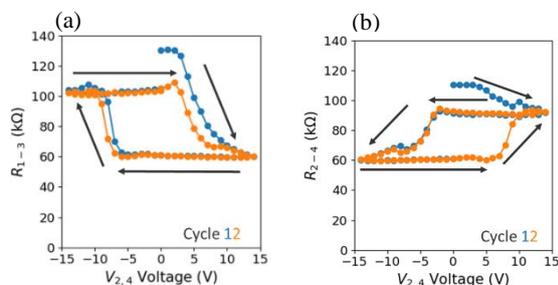


Fig.2. Variation of (a) R_{1-3} , (b) R_{2-4} after respective steps of $V_{2,4}$ application. Blue and orange curves show the first and the second cycles of the $V_{2,4}$ applications, respectively.