

ガリウムスズ酸化物薄膜 ReRAM における負性微分抵抗の発現

Negative differential resistance observed on Ga-Sn-O thin-film ReRAM

龍谷大¹ °三上 創太, 木村 睦, 宮戸祐治

Ryukoku Univ.¹ °S. Mikami¹, M. Kimura, Y. Miyato

E-mail: Y208001@mail.ryukoku.ac.jp

1. はじめに

高集積、低消費電力、高速動作等の特徴を持つ不揮発メモリの 1 つに、抵抗変化型メモリ (ReRAM) がある。ReRAM は印加電圧の履歴によって抵抗値がヒステリシス的に変化するメモリスタとして機能する。ReRAM はこれまでに、金属酸化物、酸化物半導体等さまざまな材料で開発が進められているが、本研究グループでは ReRAM をニューロモフィックシステムに応用することを目指し、それに適した材料の探索も行っている。最近、酸化物半導体の 1 種として知られるガリウムスズ酸化物 (GTO) 薄膜を金属電極でサンドイッチすることで、ReRAM として動作することを確認した [1]。この GTO-ReRAM が安定したヒステリシス特性・保持特性を示すには、GTO 薄膜のスパッタ成膜時に酸素流量をコントロールすることが重要であることがわかってきた。特に、GTO 薄膜の成膜時に、電極に接する境界部と中央部で、酸素流量を変化させる、つまり GTO 薄膜を 3 回に分け、酸素流量を変化させて成膜するプロセスが現状で最善だと考えている。本研究では、その酸素流量の条件探索をする中で、ReRAM として機能するとともに、負性微分抵抗特性も示す現象を観察したので報告する。

[1] S. Sugisaki, *et al.*, Sci. Rep. 9 (2019) 2757.

2. 実験方法および測定結果

スパッタリングガスの Ar に O₂ ガスを混合してチャンバーの全圧を 1 Pa に調整し、GTO ターゲット (組成比 Ga:Sn:O=1:3:7.5) を、60 W の条件で

RF マグネトロンスパッタにより成膜した。このとき、前述したように 3 回に分けて GTO 薄膜をスパッタ成膜しており、電極との境界にあたる上層/下層 GTO 薄膜と、中間層 GTO 薄膜とで、Ar と O₂ ガスの流量比を変えている。なお、基板には石英ガラス、上下の金属電極にはアルミを真空蒸着し、クロスバー構造のデバイスを完成させた。

次に、流量比条件を変えて作製したデバイスの I-V 特性を測定した。このうち、流量比条件として、上層/下層成膜時は Ar (sccm):O₂ (sccm)=20:0、中間層成膜時は Ar:O₂=20:1 で作製したデバイスの結果を Fig. 1 に示す。閾値電圧を超えると抵抗値が低くなり、電流値がヒステリシスを描く通常の ReRAM 特性が観察された。次に、流量比条件として、上層/下層成膜時は Ar:O₂=10:0.5、中間層成膜時は Ar:O₂=20:15 で作製したデバイスの結果を Fig. 2 に示す。Fig. 1(a) と異なり、Fig. 2(a) の印加最大電圧が低い 2 V の時でもヒステリシスが観察されており、Fig. 2(a)、(b) とともに印加電圧が 1 V を越すと負性微分特性が現れている。ヒステリシス特性も観察されたので、ReRAM 特有の印加電圧の履歴に伴う抵抗値変化も生じていることを意味する。なお、再現性も確認し、繰り返し電圧印加をしても同様の特性が観察された。

3. まとめ

この負性微分抵抗現象は、3 層の薄膜中に含有される酸素の多寡により GTO の半導体としての性質が変化した結果だと考えている。発表当日は、作製条件の詳細、考察結果についても述べる。

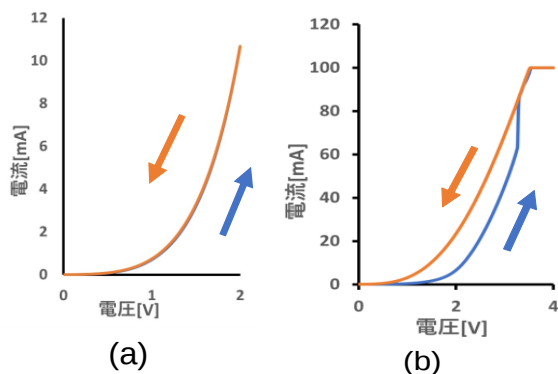


Fig.1: Typical I-V curves of a normal GTO-ReRAM. Maximum applied voltage in bias sweep : (a)+2V, (b) +4V.

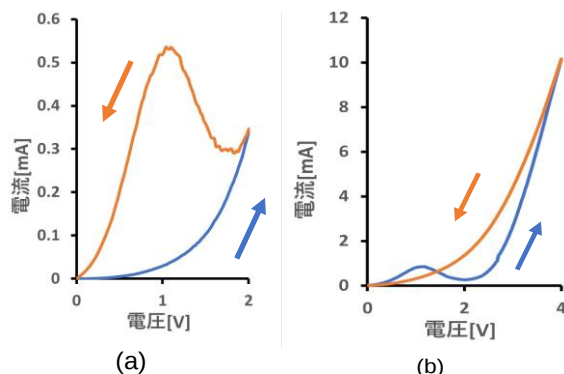


Fig.2: Unusual I-V curves of GTO-ReRAM fabricated with the different Ar/O₂ gas ratio conditions, showing a negative differential resistance. Maximum applied voltage in bias sweep: (a)+2V, (b) +4V.