

p-MnTe/n-AZO 積層構造素子のメモリ動作性

東北大工¹ O(M2)金美賢¹, (D2)森竣祐¹, 安藤大輔¹, 須藤祐司¹

E-mail: kim.mi.hyeon.q2@dc.tohoku.ac.jp

相変化メモリ(Phase change random access memory, PCRAM)は、次世代型不揮発性メモリの一種であり、ジュール熱による可逆的な相変化に伴う大きな電気抵抗差を利用して情報を記録する。将来的には、低エネルギー動作と高い熱安定性を示す PCRAM が期待されている。従来型の PCRAM は、アモルファス/結晶相間の相変化を用いる一方、最近、カルコゲナイド化合物である Manganese Telluride (MnTe)は、異なる結晶間の相変化(多形変態)を示すことが報告されている^[1]。MnTe は、従来型の PCRAM に対して、melting-free な多形変態を呈するため、より高速かつ省エネルギーを実現する相変化材料として期待される^[1]。しかし、PCRAM デバイスの実用化に向け、データを保存するには、メモリ材料だけでなく、任意のメモリセルのみに選択的に電流を流すため、ダイオード特性を示すセクターデバイスが必要となる。現在、セクタ材料としてアモルファスカルコゲナイド材料が使われているが、アモルファス状態を呈するため、その熱安定性に懸念がある。そこで、アモルファスカルコゲナイドに代わるセクタ材料として、メモリ層との pn 接合による自己選択性 PCRAM が提案されている^[2]。

上記した MnTe は、 β 相から α 相への相変化を示し、 α 相は $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の小さな比抵抗を、 β 相は $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の大きな比抵抗を示す^[2]。また、いずれも p 型半導体の性質を示すため、MnTe メモリ層と n 型半導体の積層構造による pn 接合の形成が期待できる。我々グループは、MnTe と AZO の積層構造素子において、 β 相、 α 相共にダイオード特性を示すことを確認した^[3]。そこで本研究では、p-MnTe/n-AZO 積層構造素子のメモリ動作性について評価した。

試料薄膜は RF マグネトロンスパッタリング法により成膜した。電極層はタングステン(W)を用いた。MnTe 膜は、Mn と Te ターゲットの同時スパッタより成膜した。その後、AZO をスパッタすることで、MnTe/AZO 積層構造を作製した。また、抵抗スイッチング動作を検証するため、Focus Ion Beam(FIB)法より、単純な構造の MnTe/AZO 積層構造メモリデバイスを作製した。

MnTe/AZO 積層構造におけるダイオード特性は、特に、AZO のキャリア密度を制御することで、 α -MnTe/AZO、 β -MnTe/AZO 積層構造のいずれもダイオード特性を示すことが確認された。MnTe/AZO 積層構造メモリデバイスに $300 \mu\text{A}$ の電流を与えると、MnTe/AZO 積層構造の抵抗が大きく変化する事が確認された。この抵抗スイッチング挙動は、相変化材料で観測される特徴であり、MnTe の相変化に起因するものであると考えられる。その後、50ns の電圧パルスを与えつつ、MnTe/AZO 積層構造の抵抗変化を観測した結果、18V 付近で、一桁程度の抵抗の変化が得られた。以上の結果は、p-MnTe/n-AZO 積層構造素子の自己選択性 PCRAM の可能性を示すものである。当日は、メモリ動作性について界面反応挙動などを踏まえて議論する。

[1] Mori, S. et al., Nature Communication, 11, 85 (2020).

[2] Shuang, Y., Hatayama, S. et al., Scientific Reports, 9, 20209 (2019).

[3] 金美賢, 森竣祐, 他, 第 67 回応用物理学会春学術講演会概要 (2020)