

原子変位による MnTe 薄膜の $\beta \rightarrow \alpha$ 多形変化

$\beta \rightarrow \alpha$ polymorphic transformation in MnTe films via atomic-displacement

東北大工¹ °(D2)森 竣祐¹, 安藤 大輔¹, 須藤 祐司¹

Tohoku Univ.¹, °Shunsuke Mori¹, Daisuke Ando¹, Yuji Sutou¹

E-mail: shunsuke.mori.t7@dc.tohoku.ac.jp

IoT 社会の到来に伴い、大容量かつ高速で省エネルギーな不揮発性メモリとして、Ge-Sb-Te 系化合物のアモルファス/結晶相間相変化を利用した、相変化メモリ (PCRAM) が期待されている¹⁾。我々のグループでは、融解を必要としない省エネルギーな相変化材料として、MnTe 多形体薄膜に注目している。MnTe は、高温相である β 相から室温で安定な α 相への多形変化に伴い、大きな電気抵抗変化を示す^{2,3)}。また、実際に α -MnTe を記録層としたメモリデバイスを作製したところ、 α 相は β' 相と呼ばれる、 β 相とはやや原子配置が異なる構造に変化したことが確認された。この α/β' 間多形変化により、極めて高速かつ省エネルギーなメモリ動作性能を示す事が分かった⁴⁾。このような優れた動作性能は、Mn および Te 原子の僅かなズレによる多形変化、即ち変位型相変態と考えられる。一方で、 α -MnTe を得るには成膜ままの β 相を熱処理して α 相を得るというプロセスを踏むため、 $\beta \rightarrow \alpha$ 多形変化メカニズムの調査は重要である。このような多形変化は、基板や電極からの拘束、即ち熱応力による影響が考えられる。そこで本研究では、基板上に成膜した MnTe 薄膜について、上部に W 電極を成膜した場合としない場合において、 $\beta \rightarrow \alpha$ 多形変化にどのようなメカニズムの違いがあるかを調査することを目的とした。

スパッタリング法により β -MnTe 薄膜を作製し、in-situ で W 層 (100nm) を MnTe 層の上に成膜した。また比較用として、C 層 (約 10nm) を蒸着法により MnTe 層にキャップした。これらを Ar フロー中で熱処理すると、W 層の場合は 500°C においても α 相へ変態中であるのに対し、C の場合は 475°C で変態が完了した。即ち、W 電極からの拘束に伴い、 $\beta \rightarrow \alpha$ 多形変化の完了温度は上昇することが考えられる。500°C で 30 分間の等温保持を行うと、W 層下の β -MnTe 薄膜は完全に α 相へと変態した。X 線回折により、W 層で拘束されている場合は、熱処理後の α -MnTe は c 軸方向の配向を維持しているのに対し、C 層の場合は配向が維持されず、周囲からの拘束に伴い組織的にも違いが生じることが分かった。より詳細なメカニズムを解明するために、イオンミリング法により薄膜試料を薄片化し、高分解透過電子顕微鏡による変態中の MnTe 薄膜の断面組織観察を行った。原子像観察より、 β 相は β' 相を経て α 相へと変態しており、 $\beta \rightarrow \beta' \rightarrow \alpha$ の二段階変態であることが確認された。それぞれの段階において、puckering と buckling と呼ばれる原子変位による変位型相変態が生じていることが明らかとなった。

- 1) M. Wuttig *et al.*: Nature Materials **6** (2007) 824–832.
- 2) S. Mori *et al.*, Materials Transactions **59** (2018) 1506–1512.
- 3) S. Mori *et al.*, Proc. PCOS2018 (2018) 84–85.
- 4) S. Mori *et al.*, Nature Communications **11** (2020) 85.
- 5) S. Mori *et al.*, Materials and Design **196** (2020) 109141.