

MnTe 半導体薄膜の多形転移メカニズムおよび速度論的調査

Polymorphic transformation mechanism and kinetic study in MnTe semiconductor films

東北大工¹ °(D)森 峻祐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

Society 5.0 の実現に向け、膨大な情報をより高速に処理する次世代メモリ技術として、従来のフラッシュメモリの性能を凌駕する、相変化メモリ (PCRAM) が挙げられる。PCRAM の記憶層には相変化材料 (PCM) が用いられており、アモルファス／結晶相間の可逆的な相変化に伴い、PCM の電気抵抗変化を利用して情報を記録する。しかしながら、従来の PCM はアモルファス化における融点以上の加熱が動作エネルギーの増大を招くと指摘されている。即ち、アモルファス相を用いること自体が、今後の省エネルギー化に対するボトルネックとなっている。このような問題を鑑みて、私たちのグループでは異なる結晶構造間で変化 (多形転移) することで物性変化を生じる、MnTe 化合物薄膜¹⁾に着目した。MnTe は、ウルツ鉱型構造の β 相から NiAs 型構造の α 相への多形転移に伴い、電気抵抗が大きく低下する。実際に MnTe を用いたメモリ素子は、従来の PCM と比較しても極めて省エネルギーかつ高速で動作することが実証され、原子の微小なズレによる多形転移、即ち変位型相転移により優れたメモリ動作を示すことを発見した²⁾。また、この変位型多形転移をレーザーパルス照射により誘起し、光学特性も大きく変化させることができるため、MnTe 薄膜の多形転移現象の広範な半導体分野への波及が期待できる。

本研究では、鍵となる変位型多形転移の発生起源として、積層構造により生じる熱ひずみ (応力) の影響について、高分解能透過型電子顕微鏡 (HR-TEM) を用いた直接観察により調査した。また、示差走査型熱量計 (DSC) を用いた熱分析により、速度論的な視点から MnTe は薄膜の $\beta \rightarrow \alpha$ 多形転移挙動を解析した。図 1 のように、黒線で囲んだ面内で原子が僅かに変位することで、 $\beta \rightarrow \alpha$ 多形転移が生じることが分かり、熱応力により進行することが示唆されている³⁾。また図 2 のように、DSC の発熱ピークを Kissinger 法により解析すると、 $\beta \rightarrow \alpha$ 多形転移の活性化エネルギーは 1.41 eV 程度であった。これは、原子のランダムな拡散を伴うアモルファスの結晶化と比べて明らかに小さく、MnTe の変位型多形転移における原子のズレが微小なことが、定量的に示唆された結果である⁴⁾。

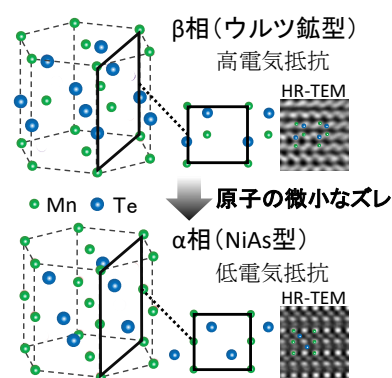


図 1 MnTe の $\beta \rightarrow \alpha$ 多形転移

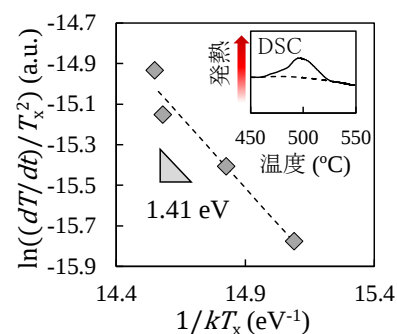


図 2 DSC 曲線と Kissinger プロット

- 1) S. Mori et al., *Mater. Trans.* **59** (2018) 1506–1512.
- 2) S. Mori et al., *Nature Commun.* **11** (2020) 85.
- 3) S. Mori et al., *Mater. Des.* **196** (2020) 109141.
- 4) S. Mori et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **60** (2021) 045504.