

アモルファス $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ の高速結晶化機構の解明

Investigation of fast crystallization mechanism in amorphous $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$

東北大工¹ ○(P) 畑山 祥吾¹, 須藤 祐司¹

Tohoku Univ.¹, °Shogo Hatayama¹, Yuji Sutou¹

E-mail: shogo.hatayama.c6@tohoku.ac.jp

【背景】IoT 社会を迎えつつある現代において、情報を保存・処理するメモリの重要性が益々高まっている。これまでに様々なメモリ技術が提案されてきたが、なかでもメインメモリとストレージ間のボトルネックを解消するストレージクラスメモリ(SCM)は新しい不揮発性メモリ技術として注目を集めている。実用化されている SCM には相変化材料(PCM)が用いられており、PCM はアモルファス相と結晶相との間で大きな抵抗差が生じるため、この抵抗差を利用してデータを不揮発に記録可能である。SCM の動作速度は PCM の結晶化速度に律速される。これまで実用材として用いられてきた Ge-Sb-Te 化合物(GST)は高速な結晶化が可能(約 50ns)である一方、アモルファス相の耐熱性に乏しいためデータ保持性能が低いという課題がある。そのため、これまでの研究ではアモルファス相の耐熱性が高い材料開発が盛んに行われてきたものの、結晶化速度と耐熱性はトレードオフの関係にあるため、これら二つの特性を併せ持つ材料の開発は困難であった。一方で、近年、我々の見出した $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ (CrGT)はアモルファス相の耐熱性が高いにも関わらず、メモリデバイスは GST 以上に高速な動作(約 30ns)が可能であると実証されている[1]。しかしながら、CrGT が高い耐熱性と高速動作性を両立する機構については不明な点が多く残されている。そのため、本研究では CrGT の高速結晶化機構に焦点を当て、示差走査熱量計(DSC)測定および広域 X 線吸収微細構造(EXAFS)法を用いることで速度論と局所構造変化の観点から調査を行った。

【実験結果】初めに DSC 測定により CrGT の速度定数 K を評価した。昇温速度 $50^\circ\text{C}/\text{min}$ で加熱した時の K は、CrGT が $1.4 \times 10^{-3}/\text{s}$ 、GST が $2.1 \times 10^{-3}/\text{s}$ であり、CrGT は GST と同程度の結晶化速度を有していることが分かった[2]。より詳細な調査を行うため、様々な温度で熱処理した CrGT について EXAFS 法を用いて Cr 周りの Te 配位数($N_{\text{Cr-Te}}$)変化を評価した。図 1 は $N_{\text{Cr-Te}}$ と熱処理温度の関係を示しており、図中の点線は結晶化温度に対応する。この結果から、アモルファス相では $N_{\text{Cr-Te}}$ は約 3 であることが分かった。興味深いことに CrGT は結晶化直後にアモルファス相と同程度の $N_{\text{Cr-Te}}$ を有する準安定相が出現し、その後の熱処理によって $N_{\text{Cr-Te}}$ が増加して安定相へと変化することが明らかとなった。つまり、アモルファス相と準安定相との間にある局所構造類似性が CrGT の高速な結晶化を可能にしていることが分かった[3]。

[1] S. Hatayama et al. ACS Appl. Mater. Interfaces **10**, 2725 (2018).

[2] S. Hatayama et al. MRS Commun. **8**, 1167 (2018).

[3] S. Hatayama et al. ACS Appl. Mater. Interfaces **11**, 43320 (2019).

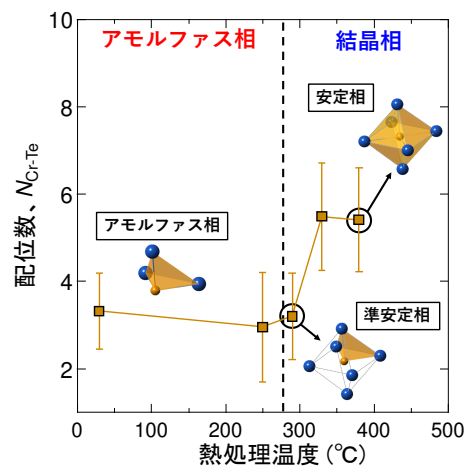


図 1 $N_{\text{Cr-Te}}$ の熱処理温度依存性