

省エネルギー動作に向けた相変化メモリ材料の研究開発

Phase change materials for PCRAM realizing low-energy operation

東北大工¹, °須藤 祐司¹, (P) 畑山 祥吾¹, (D) 双 逸¹, (D) 森 峻祐¹

Tohoku Univ.¹, °Yuji Sutou¹, Shogo Hatayama¹, Yi Shuang¹, Shunsuke Mori¹

E-mail: ysutou@material.tohoku.ac.jp

PCRAM (Phase Change Random Access Memory) と称される相変化型不揮発性メモリが注目されている。その記録層には、アモルファス (A) 相と結晶相 (C) 間の可逆的な相変化が可能な相変化材料が用いられ、相変化に伴う大きな抵抗変化（一般的に、A 相が高い抵抗を示す）を利用して情報を記録する。そのメモリセル構造は単純なため、他メモリに比して高い集積度が期待できる。実用の相変化材料には、 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ をはじめとする Ge-Sb-Te 系化合物 (GST) が利用されている。GST は相変化に伴い大きな電気抵抗変化を示し、その相変化速度は ns オーダーと極めて速く、GST を記録層に用いた PCRAM は高速動作を可能にする。また、相変化の可逆性に優れるため長期繰返し性を実現する。反面、GST の結晶化温度は約 160°C と低く、A 相の耐熱性に乏しく高温環境下におけるデータ保持性に劣る。更に、他の次世代メモリと比較して動作エネルギーが高いといった課題を残している。次世代の PCRAM に向けては、データ保持性の向上やメモリ動作の省エネルギー化を可能にする新たな相変化材料の開発が期待される。

我々の研究グループは、 200°C 以上の高い結晶化温度を有する新しい相変化材料として、 Cu_2GeTe_3 [1] や $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ (CrGT) [2] といった遷移金属 (TM) を含む TM-Ge-Te 系化合物を提案してきた。特に、CrGT はこれまでの材料と異なり、A 相及び C 相共に半導体的性質 (p 型) を示し、更には、C 相の電気抵抗率が A 相のそれよりも高いといった特徴を持つ。この従来とは逆の抵抗変化により、GST に比して 1/10 以下までエネルギー動作を低減する事が可能である。また、3D クロスポイント構造では、スネーク電流を防ぐためにセクタ層が必須となるが、両相共に半導体である事を利用し、p 型相変化材料と n 型酸化物の積層による pn ダイオードを利用したセクタ/メモリ機能を併せ持つ PCRAM 素子を提案した[3]。更に極最近、MnTe 化合物が、従来の A/C 相変化ではなく、可逆的な結晶多形変化により大きな抵抗変化や光学特性変化を示す事を見出した[4]。この結晶多形変化は変位型相転移により構造が変化するため、その動作エネルギーは極めて小さく、次世代の PCRAM 材料として期待できる。

本シンポジウムでは、我々が最近取り組んでいるそれら遷移金属を含むカルコゲナイド系材料について、A 相や C 相の伝導機構やメモリ動作に及ぼす電極界面接触抵抗の影響、また、その相変化メカニズムについて紹介する。

[1] Y. Sutou et al., Acta Materialia, 60 (2012) 872.

[2] S. Hatayama et al., ACS Applied. Materials & Interfaces, 10, (2018) 2725.

[3] Y. Shuang et al., Scientific Reports, 9, (2019) 20209.

[4] S. Mori et al., Nature communications, 11, (2020) 85.