

省エネ・高速化に向けた新相変化メモリ材料開発

Development of phase change materials enabling low-power and fast operation PCRAM

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

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

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

次世代メモリの一つに、相変化メモリ: PCRAM (Phase Change Random Access Memory) がある。一般的に、PCRAM は、アモルファス相 (高抵抗) と結晶相 (低抵抗) 間の可逆的な変化が可能な相変化材料 (PCM) を記録層として用い、ジュール加熱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。このメモリは PCM を電極で挟み込んだ単純構造を有するため、他メモリに比し高い集積度が可能と言われている。実際、PCRAM を原理としたストレージクラスメモリ (SCM) の量産が既に始まっている。実用材料には、Ge-Sb-Te 系化合物 (GST) が利用されている。GST は ns オーダーの高速相変化を示すため、フラッシュメモリよりも高速動作が可能であり、また、長期繰返し性にも優れる。反面、GST アモルファス相の結晶化温度は 160°C 程度と低く耐熱性に乏しい。また、アモルファス化のため材料を溶かす必要があり、他の次世代メモリに比べると動作エネルギーが大きい課題を残しており、将来に向けては、GST の性能を凌駕する新材料開発が期待されている。

これまでも GST の低耐熱性を改善すべく世界中で様々な研究開発が成されてきており、ドーピング型 GST や共晶型 PCM などが開発されてきた。元素間の結合エンタルピーの観点からすれば、遷移金属を含むカルコゲナイドがアモルファス相の耐熱性に優れる事が示唆されるが、GST の最大の課題である大きな動作エネルギーを低減するには、同時に、①融点が低い、あるいは、②結晶相の抵抗が高い、といった材料物性が求められる。そのような観点から、我々の研究グループは、新 PCM として①Cu₂GeTe₃[1]や②Cr₂Ge₂Te₆[2,3]といった材料を提案している。特に、Cr₂Ge₂Te₆ は従来 PCM とは異なり、結晶相の方がアモルファス相よりも高い抵抗を示し、省エネ化に適した材料である事が分かってきた。更に最近では、多形化合物である MnTe 半導体において、アモルファス相を介す事無く、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が得られることも分かってきた[4]。この結晶多形変化は、無拡散型の変位型相変態により構造が変化するため、従来の相変化材料に比して省エネ・高速動作が可能であり、次世代の相変化型材料として期待できる。本発表では、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、相転移メカニズムや電極界面接触抵抗の影響について触れ、将来に向けた PCRAM の省エネ・高速化の可能性について紹介する。

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

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

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

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