不揮発性相変化メモリ用遷移金属カルコゲナイド相変化材料の開発

Development of Transition-Metal Based Chalcogenide Phase-Change Materials for Non-Volatile Phase-Change Memory Application

産総研ナノエレ [1]，東北大工 [2]，原子力機構 [3]，高知工大 [4]，名大 [5]
○齊藤 雄太 [1]，畑山 祥吾 [2]，雙 逸 [2]，進藤 怜史 [2]，フォンス ポール [1]，
コロボフ アレクサンダー[1]，小林 啓介 [3,4,5]，須藤 祐司 [2]
AIST NeRI[1]，Tohoku Univ.[2]，JAEA[3]，Kochi Tech.[4]，Nagoya Univ.[5]
○Yuta Saito[1]，Shogo Hatayama[2]，Shuang Yi[2]，Satoshi Shindo[2]，Paul Fons[1]，
Alexander V. Kolobov[1]，Keisuke Kobayashi[3,4,5]，Yuji Sutou[2]
E-mail: yuta-saito@aist.go.jp

次世代不揮発性メモリの最有力候補の一つとして相変化メモリ(PCRAM)が注目を集めている。実際、最近 Intel、Micron が商品化した 3D XPoint メモリ（商品名:Optane）には、相変化材料(Ge-Sb-Te 合金)が用いられており、また、ごく最近、STMicrelectronics が自動車用マイコンへの埋め込み不揮発性メモリに PCRAM を採用しサンプル出荷したことが発表された。このように、基礎研究から量産化へと軸足が動きつつあるが、依然市場は小さく、Flash メモリや DRAM 規模を目指すためには材料開発が不可欠である。代表的な相変化材料である Ge-Sb-Te 合金は書換型光ディスクで成功を収めことで、PCRAM にも採用されているが、より高温環境下で用いられる半導体メモリにとって、相の安定性、とりわけアモルファス相の結晶化温度が不十分である。結晶化温度を上昇させる試みとして、種々の元素を Ge-Sb-Te に添加したものが盛んに研究されている。著者らのグループでは、遷移金属を含むテルライド系の相変化材料に着目し研究を行ってきた[1]。典型的な相変化材料は周期表の 14 族以降の元素で構成されており、p 電子による結合が主である。一方で、遷移金属を含むテルライドでは遷移金属の d 電子が結合に重要な働きをすると考えられる。実際、Cu_2GeTe_3 という相変化材料のアモルファス相、結晶相の電子状態を硬 X 線光電子分光と第一原理計算によって調査したところ、Cu の d 電子の結合への寄与が相変化の前後で変化していることを突き止めた[2,3]。これまで遷移金属を含むテルライドがあまり研究されてこなかった理由は、アモルファスと結晶であまり大きな反射率変化を示さないためであったが、光ディスクにとって重要なこの特性は、電気抵抗の違いでデータを記録する PCRAM には不要であり、アプリケーションの違いによって材料探索の方針を変えなければならない典型的な一例であると考えられる。現に、Cu_2GeTe_3 を用いたメモリデバイスでは、アモルファスと結晶で電気抵抗は 3～4 桁程度変化する[4]。この研究をきっかけに材料探索の新たな指針が提案され、これまで注目されてこなかった遷移金属カルコゲナイドへと研究の対象を拡大していくことの意義を示した。本発表では、新規相変化材料の開発指針と、最新の結果について報告する[5,6]。

[1] Sutou et al., *Acta Mater.* **60** (2012) 872, [2] Saito et al., *Chem. Mater*. **29** (2017) 7440, [3] Kobayashi et al., *Phys. Rev. B*, **97** (2018) 195105, [4] Shindo et al., *Mater. Sci. Semicond. Proc*. **47** (2016) 1, [5] Hatayama et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **10** (2018) 2725, [6] Shuang et al., *Appl. Phys. Lett*. **112** (2018) 183504.

© 2019年 応用物理学会