

市場拡大が進む相変化メモリ

—結晶・アモルファス相転移からトポロジカルなスピン応用へ—

Phase Change Memory World

-from crystal-amorphous phase transition to topological spin application-

産総研¹, JST CREST²

富永淳二

¹AIST, Nanoelectronics Research Institute, Systematic Materials Design Group, ²JST-CREST

E-mail: j-tominaga@aist.go.jp

大容量データを扱う AI の普及とともに、Flash メモリでは賄えない高速アクセス・大容量の不揮発性メモリとして、ストレージクラスメモリ¹と呼ばれる市場の拡大が進んでいる。その中で X-point 構造をもつ相変化メモリ (Phase-change memory, PCM) が 2018 年に市場に投入され、ストレージクラスメモリの地位を不動のものとした²。相変化メモリは 1990 年代後半に、書き換え型光ディスク (DVD-RAM, DVD-RW 等) として実用化され、ここで使われた GeSbTe 合金がそのまま相変化 X-point メモリにも引き継がれている。したがって GeSbTe 合金の耐熱・耐久性は過去 20 年以上にわたる光ディスク商品によって実証済みである。GeSbTe 合金の中で最も普及している組成は Ge₂Sb₂Te₅ であり、旧松下電器産業 (現パナソニック) の山田昇らが 1989 年に開発した国産材料であることを忘れてはならない³。発明以来、Ge₂Sb₂Te₅ 組成が 30 年にわたって光メモリのみならず電気メモリにも利用されていること自体が驚きであるが、この組成の結晶-アモルファス相転移に関する物理は、応物学会のみならず MRS などの海外の学会においても延々と議論されてきたことも驚きである。GeTe と Sb₂Te₃ からなる共晶組成が如何に安定で、かつ大きな抵抗変化と屈折率変化を発生できるのか、各年代の最新の解析装置と第一原理計算を駆使しても議論が尽きないホット・トピックスである。また 2011 年には Ge₂Sb₂Te₅ からなる一部の合金相 (Petrov 相) がトポロジカル絶縁体であることが予想され⁴、さらには GeTe 層と Sb₂Te₃ 層を積層した超格子構造が、Ge 原子の配置の違いによってディラック半金属にもワイル半金属にもなることも確認された⁵。ワイル相からなる GeTe/Sb₂Te₃ 超格子構造が実際に作製できるようになり、スピン流を室温で伝搬できることも分かってきた⁶。GeSbTe 合金の特異稀な物性は、実は眠っている大きなスピン軌道相互作用や対称性に由来するトポロジカルな特性に支えられているのかもしれない。製品性能の裏に隠された物理が顔を出したなら、応用物理の役割として、光ディスクや相変化メモリから本来発揮できる機能としての新しい物性を目覚めさせようではないか? これが著者からの提案である。

参考文献

1. <https://www.sbbit.jp/article/cont1/35980>.
2. <https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/architecture-and-technology/optane-memory.html>.
3. Yamada *et al.* *J. Appl. Phys.* **69** (1991) 2850.
4. J. Kim *et al.* *Phys. Rev.* **B 82**, 201312(R) (2010).
5. S. V. Eremeev *et al.* *Sci. Rep.* **6**, 38799, (2016).
6. J. Tominaga *et al.* SISC2019, San Diego, Dec. 2019.