

遷移金属含有アモルファスカルコゲナイドの低抵抗化機構の解明

Understanding the mechanism of lowering resistivity in transition metal included amorphous chalcogenide

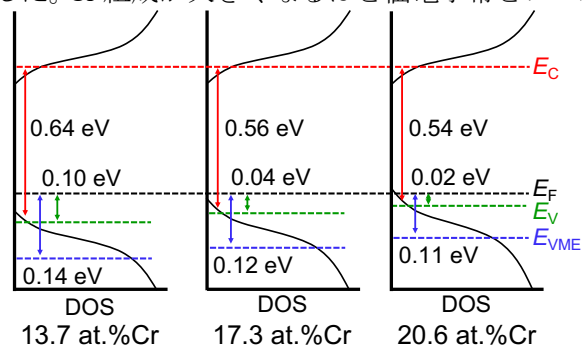
産総研デバイス技術¹, 東北大工², JASRI³, 高知工科大⁴, 慶應大理工⁵, ゲルツェン大⁶○(P) 畑山祥吾^{1,2}, 小林啓介^{3,4}, 齊藤雄太¹, フォンス・ポール^{1,5}, (D) シュアン・イ²,
(D) 森竣祐², コロボフ・アレキサンダー^{1,6}, 須藤祐司²AIST¹, Tohoku Univ.², JASRI³, Kochi Univ. Tech.⁴, Keio Univ.⁵, Herzen State Pedagogical Univ.⁶°Shogo Hatayama^{1,2}, Keisuke Kobayashi^{3,4}, Yuta Saito¹, Paul Fons^{1,5}, Yi Shuang²,Shunsuke Mori², Alexander V. Kolobov^{1,6}, Yuji Sutou²

E-mail: shogo-hatayama@aist.go.jp

16 属元素(カルコゲン)を含む材料であるカルコゲナイドは、半導体デバイス向けの材料として注目されており、結晶とアモルファス間での物性の違いを利用した不揮発性メモリ向けの記憶層や高抵抗なアモルファス自身の非線形電流-電圧特性を利用した素子選択層として応用されている。しかしながら、実用カルコゲナイド材料の多くはアモルファスの熱安定性の低さに課題があり、更なる高集積化や動作信頼性を損ねる要因となっている。この課題を解決する材料として、遷移金属(TM)含有アモルファスカルコゲナイド(TM-AC)が近年注目を集めている。TM-AC は従来材料を凌駕する高い熱安定性を示すが、その電気物性の起源については不明な点が多い。遷移金属を含まないアモルファスカルコゲナイドの場合、カルコゲン欠陥が多数の局在準位を形成し、キャリアをトラップすることで高抵抗化すると考えられている。一方で、TM-AC は比較的低い抵抗率を示し、遷移金属の含有量が多くなるほど抵抗率が減少することが経験的に分かっているものの、その詳細な機構については明らかになっていない。本研究では、TM-AC の一種である $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ (CrGT)に関して、アモルファスが低抵抗化する機構を調査した。

Cr 組成の異なる 5 種類の CrGT 膜を $\text{SiO}_2(100 \text{ nm})/\text{Si}$ 基板上に 200 nm の膜厚で成膜した。XRD によって、成膜した試料が全てアモルファスであることを確認し、光学測定によるバンドギャップ評価および硬 X 線光電子分光法による価電子帯近傍スペクトルの測定を行った。

Cr 組成の違いによるバンド構造変化を図に示した。Cr 組成が大きくなるほど価電子帯とフェルミ準位の差が小さくなっていることが分かる。これは、Cr クラスターに起因した状態が形成し、価電子帯上端が押し上げられた結果、バンド構造に変化が生じたためだと考えられる。つまり、TM-AC ではカルコゲン欠陥ではなく、TM クラスターが電気物性を決定付けており、抵抗率減少の原因となっていることが分かった。



Schematic image for the evolution of the band structures in amorphous CrGT with different Cr contents.