

複合材料効果を利用した $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$ 熱電材料の高性能化

Composite effects on thermoelectric properties of $\text{Ag}_{2-x}\text{Cu}_x\text{S}$

leading to a large enhancement in dimensionless figure of merit ZT

豊田工業大学, °(B)村瀬 公希, 金 柯怜, 松波 雅治, 竹内 恒弘

Toyota Technological Institute, °Koki MURASE, G. KIM, M. MATSUNAMI, and T. TAKEUCHI

E-mail: sd17068@toyota-ti.ac.jp

緒言

Byeon らは 360-400K で構造相変態を起こす Cu_2Se に対して温度勾配を与え、低温相と高温相を試料内に分離して存在させることで巨大な ZT を得た。^[1] しかし、巨大な ZT が得られる温度領域は僅か数 K と極めて狭く、素子に使うことは難しいと考えられる。本研究では、この問題を解決し、広い温度範囲で高い熱電性能を示す熱電材料開発を目的とし、 Cu_2Se と類似した構造相変態を起こす Ag_2S を構成要素とする複合材料効果の開発に取り組んだ。

Ag_2S は室温で約 $900 \mu\text{VK}^{-1}$ の大きなゼーベック係数 S と約 $0.5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ の低い熱伝導度 κ を有するが、比抵抗 ρ が $1 \times 10^8 \text{ m}\Omega\text{cm}$ 以上であり、良い熱電材料ではない。450 K 付近で高温相へ相変態をし、比抵抗は低くなるものの、ゼーベック係数が小さく ($\rho=3 \text{ m}\Omega\text{cm}$, $|S| < 100 \mu\text{VK}^{-1}$)^[1]、低温相と同様に高性能な熱電材料として認識されていない。しかし、昇温に伴う絶縁相から金属相への相変態を利用して、材料内に低温相と高温相を共存させることで、比較的広い温度範囲で Cu_2Se の様に大きな ZT が得られると考えた。また、元素の部分置換により相変態温度と動作温度を制御できると予想した。

実験方法

試料は熔融法を用いて合成した。粉末 X 線回折測定により、単相であることを確認した後、放電プラズマ焼結により高密度化した。相

変態温度の Cu ドーピング量 $x(x=0, 0.01, 0.03, 0.05)$ 依存性を確認するために、示差走査熱量計(DSC)を用いて熱分析を行った。 κ の温度依存性は Laser Flash 法を用い、 ρ 、 S の温度依存性は下部加熱上部測定(BHTM; Bottom Heating Top Measurement)法により測定した。

結果

Fig. 1 に示すように、 Ag_2S を用いることで、大きな $ZT (>20)$ が得られる温度領域を 40 K 程度にまで広げること成功した。^[2] また、熱分析の結果、 x の値を変化させることで、相変態温度が著しく減少することを明らかにした。これにより比較的広い温度範囲で大きな熱電性能を得られる可能性を示した。

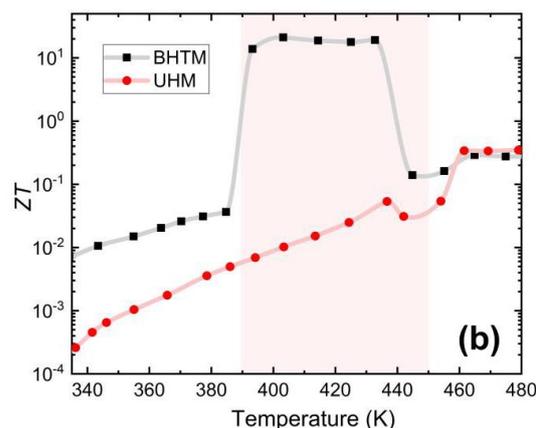


Fig. 1 ZT of Ag_2S by BHTM and UHM^[2]

参考文献

- [1] D. Byeon *et al.*, *Nat. Commun.* **10**, 72-78 (2019).
- [2] G. Kim *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys.* (2021) in press.