新規な磁性半導体熱電材料を用いた熱電発電デバイスの研究開発

Development of novel magnetic semiconductor thermoelectric materials and devices

○森 孝雄 [1,2]（1. 物材機構、2. 筑波大学）

°Takao Mori[1,2] (1.NIMS, 2.Univ. Tsukuba)

E-mail: MORI.Takao@nims.go.jp

ゼーベック効果によって熱を固体素子で電気に変換する熱電材料の開発は廃熱発電の省エネだけでなく、エネハベによって IoT センサーやデバイスの動作電源としても期待される[1]。熱電材料の性能指数として $ZT = S^2\sigma/\kappa$（S：ゼーベック係数、σ：電気伝導率、κ：熱伝導率）が使われ、各物性パラメータの相反する要請により工夫が必要で[2]、我々の取り組みを中心に紹介する。

高電気伝導と低熱伝導のパラドックスに対しては、種々のナノ構造によって、フォノンを選択散乱させる原理が確立されてきており、例えば、ナノ構造の種類によって良く散乱するフォノンの周波数依存性の理解は、材料設計の良い指針を与える[3]。我々も、活用しやすい手法として、多元系を活用して、低融点の相を意図的に析出させることで、従来低性能と考えられていた多孔の生成制御による高性能化手法を最近見出した[4]。

一方で、ゼーベック係数と電気伝導率のトレードオフの凌駕、すなわち出力因子 $S^2\sigma$の増大方法に関しては、バンドエンジニアリングのいくつかの原理が提唱されているが、必ずしも幅広い活用が容易でなく、我々は磁性を活用した熱電高性能化原理を開発している。発端は、キャリアードープ $CuFeS_2$ において見出された高い出力因子が磁気相互作用起源と示唆されたことである[5]。系の理解が進み[6]、その他、磁性スピネル系においても高性能が見出され[7]、資源豊富な鉱物系の熱電発電デバイスも作製された。磁性イオンのドープにより、キャリアとの強い相互作用が創出され、希薄磁性半導体 $CuGa_{1-x}Mn_xTe_2$ において、出力因子の大きな増大を見出した[8]。この手法は幅広い熱電材料の特性向上に有効であると考えられる。一方で、多元系のホイスラー系において、スピン揺らぎによって、ゼーベックと出力因子の増大が確認され[9]、磁気相互作用と合わせてマグノンに依存しない、比較的高温でも有効な高性能化原理を見出している。

JST の CREST プロジェクトおよびメンバーに感謝する。

[1] T. Mori and S. Priya, *MRS Bulletin*, 43, 176 (2018), H. Akinaga, et al., *Sci. Tech. Adv. Mater.*, 19, 543 (2018), I. Petsagkourakis, et al., *Sci. Tech. Adv. Mater.*, 19, 836 (2018).
[2] W. Liu et al., *Mater. Today Phys.*, 1, 50 (2017), T. Mori, *Small*, 13, 1702013 (2017).
[3] Z. Liu, et al., *MRS Bull.*, 43, 181 (2018), "*Thermoelectric Nanomaterials*" (Springer, Heidelberg, 2013).
[4] A. U. Khan, et al., Nano Energy, 31 152 (2017).
[5] N. Tsujii and T. Mori, *Appl. Phys. Express*, 6, 043001 (2013).
[6] *Angew. Chem. Int. Ed.*, 54, 12909 (2015), *Mater. Today Phys.*, 3, 85 (2017).
[7] *Chem. Mater.*, 29, 2988 (2017), *Inorg. Chem.*, 57, 5258 (2018).
[8] A. Fahim, et al., *J. Mater. Chem. A* 5, 7545 (2017).
[9] N. Tsujii, et al., "Observation of enhanced thermopower due to spin-fluctuation in weak itinerant ferromagnet", *Science Advances* (2019) in press.

© 2019年 応用物理学会