

材料の観点から、熱電材料

Thermoelectrics; from the material standpoint

○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廃熱を直接電気に変換し得る熱電材料の開発は社会に大きな恩恵を与え得る。さらに、固体素子であるためにメンテナンス・フリーで高信頼性であり、スケール効果がないために大小の熱源や用途に対応できる。しかし、熱電材料応用の広範囲普及はまだ実現しておらず、その大きな理由として材料の性能不足が挙げられる。熱電材料の高性能化には両面作戦、すなわち、A.既存の高性能材料に対するナノテクの活用、B.より飛躍的な高性能化を与え得る新原理や新規材料系の探索、の両方を進めていくべきと考えられる。本講演では、それぞれの側面における最近の進展・発見を取り上げる。

A. フォノンの選択散乱による高性能化[1]

A1. 機械的なボールミルや HPT によるナノ構造化

A2. ボトムアップで安価な wet process による熱電材料のナノシート創製[2]

A3. 層状化合物における building defect の制御[3]

B. 新原理、新規材料の探索

B1. 磁性半導体の可能性：CuFeS₂ 系は室温で予想以上に大きなパワーファクターを発現し、磁気相互作用による高性能化と提唱されている[4]。

B2. 複合効果：ホウ化物系において、従来のトレードオフ関係を破る、同時にゼーベック係数の 220% の増大と電気伝導の ~10,000% の増大が得られた[5]。

B3. 新規材料：層状窒化物 AMN₂ が等電荷酸化物系に比べて熱電高性能であることが提起[6]。

さらに、性能以外で熱電材料応用のもう一つの難しさに、材料の p、n のマッチングが挙げられる。最近、発電所の topping cycle や太陽集光熱発電応用を目指した高温電材料において、内包原子制御により、同じ結晶構造（すなわちそれ以上ないマッチング）、同じ構成元素で（すなわち異種元素添加による拡散や凝集の問題なしに）、ゼーベック係数の絶対値 200 μV/K 以上の正負 (p, n) を自在に制御することに成功し、実用化に資する熱電材料の開発へ向けて進展した[7]。

[1] “Thermoelectric Nanomaterials”, ed. K. Koumoto and T. Mori, Springer Series in Materials Science Vol. 182 (Springer, Heidelberg, 2013) pp. 1-375.

[2] C. Nethravathi *et al.*, *J. Mat. Chem. A*, 2, 985 (2014).

[3] X. J. Wang *et al.*, *APL Mater.*, 2, 046113 (2014).

[4] N. Tsujii and T. Mori, *Appl. Phys. Express*, 6, 043001 (2013). Selected as a SPOTLIGHT

[5] A. Prytuliak *et al.*, *Mat. Res. Bull.*, 48, 1972 (2013).

[6] I. Ohkubo and T. Mori, *Chem. Mater.*, 26, 2532 (2014), *Inorg. Chem.*, 53, 8979 (2014).

[7] T. Mori *et al.*, Patent application (2012), S. Maruyama *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* 101, 152101 (2012), *J. Appl. Phys.* 115, 123702 (2014), R. Sahara *et al.*, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 15, 035012 (2014).