

投稿解説

143-Zintl 相化合物 $\text{RbZn}_4(\text{As},\text{Ge})_3$ の輸送特性小野圭吾^{*,**}, 木方邦宏^{**}, 神原陽一^{*}, †李 哲虎^{**}Transport Properties of 143-Zintl Phase Compound $\text{RbZn}_4(\text{As},\text{Ge})_3$

by

Keigo ONO^{*,**}, Kunihiro KIHOU^{**}, Yoichi KAMIHARA^{*} and †Chul-Ho LEE^{**}

(Received Mar. 7, 2024; Accepted Apr. 12, 2024)

要 約

熱電変換とは温度差によって発電を行う技術であり、省エネルギー社会実現の鍵として注目を集めている。近年、我々は143-Zintl 相化合物 $\text{Rb}(\text{Zn},\text{Cu})_4\text{As}_3$ が比較的高い無次元性能指数 $ZT=0.53$ (797 K) を示すことを報告した。本研究では RbZn_4As_3 の As を Ge で置換した材料 $\text{RbZn}_4\text{As}_{2.8}\text{Ge}_{0.2}$ を合成した。その高温輸送特性を測定した結果、non-doped 試料と比べて電気抵抗率及びゼーベック係数の低下が確認され、正孔の濃度増加に成功したことが明らかとなった。

キーワード：熱電変換, Zintl 相化合物, 材料合成

1. 背景

近年、省エネルギー社会の実現に向けて熱電変換技術が注目を集めている。熱電変換とは温度差によって発電を行う技術であり、これまで捨てられていた廃熱を電力として再利用できることから次世代の発電方式として期待されている。一方で、他の発電方式に比べて変換効率が低く、広く社会には普及していない。変換効率を向上させるためには高性能な熱電材料の開発が必要不可欠である。

熱電材料の性能は次の式 (1) で表され、無次元性能指数 ZT が高いほど高性能となる。性能向上には高いゼーベック係数 S 、低い電気抵抗率 ρ 、そして低い電子熱伝導率 κ_e 及び格子熱伝導率 κ_l を兼ね備えた材料の開発が重要である¹⁾。

$$ZT = \frac{S^2}{\rho(\kappa_e + \kappa_l)} T \quad (1)$$

一方で、ゼーベック係数 S 、電気抵抗率 ρ 、電子熱伝導率 κ_e はキャリア濃度の関数であるため独立して制御することが難しい¹⁾。しかし、格子熱伝導率 κ_l は独立した制御が可能のため、高性能な熱電材料の開発には格子熱伝導率 κ_l を低減させることが有効である。

これまでに様々な材料の熱電特性が報告されているが、中でも Zintl 相化合物は低い格子熱伝導率を有することから注目されている^{2),3)}。特に 122-Zintl 相化合物 AM_2X_2 (A: アルカリ (土類) 金属又はランタノイド, M: 遷移金属, X: ニクトゲン) は精力的に研究が行われている材料系であり、高性能な熱電材料が多く報告されている^{4),5)}。また、高性能な 122-Zintl 相化合物の多くはニクトゲンに Sb を使用した材料であったが、近年ではより軽い元素である As を使用した材料も報告されている⁶⁾。

122-Zintl 相化合物はスペーサー層の一部を取り除くことで類似の結晶構造を有する層状物質 143-Zintl 相化合物を形

令和 6 年 3 月 7 日受付

* 慶應義塾大学理工学部物理情報工学科: 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

Department of Applied Physics and Physico-Informatics, Faculty of Science and Technology, Keio University: 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa 223-8522, Japan

** 産業技術総合研究所省エネルギー研究部門材料物性グループ: 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第二

Materials Physics Group, Research Institute for Energy Conversion, AIST: 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan

†:連絡先/Corresponding author