

交流ハーマン法の熱伝達解析

Heat Transfer Analysis on the Measurement of Thermoelectric Performances using a Harman Method

産総研 ○大川 顕次郎, 天谷 康孝, 藤木 弘之

AIST, ○Kenjiro Okawa, Yasutaka Amagai, Hiroyuki Fujiki

E-mail: okawa.k@aist.go.jp

未利用排熱を利用した熱電発電技術の実現には、材料の無次元熱電性能指数 ZT の正確な評価手法の確立は必須の技術課題である。 Z は電気抵抗率、ゼーベック係数、熱伝導率の 3 種類の物理パラメータの組み合わせで表されるため、一般的な各個評価法では異なる試料間での測定が必要となる。一方で、交流ハーマン法は、試料端のペルチェ熱によって生じる温度勾配を利用して、交直流抵抗測定から直接 ZT を求めることができる手法である ($ZT = (R_{DC} / R_{AC}) - 1$) [1,2]。しかし、交流ハーマン法で用いられる測定方程式は、理想的な断熱状態、ジュール熱やトムソン熱が発生しないこと、温度分布が無視できることを仮定して導出されており、定量的な熱補正についての議論は十分とは言えない。近年、リード線の熱損失や熱輻射、試料の形状効果を考慮した解析が行われたが[3,4]、熱収支の観点から導出されたマクロなものに限られている。そこで我々は、交流ハーマン法の高精度化に向けて、これまで考慮されなかった試料温度分布やイントリンシックなトムソン効果、熱伝達の影響を加えた熱解析を行い、低温領域まで測定可能な計測システムの構築を進めている。本稿では、熱伝達の影響を検証する為、バルク材料を用いた実験を行ったので報告する。

測定は 20 mm×3 mm×1 mm サイズのバルク焼結体(Bi,Sb)₂Te₃ (p 型)を用いて行った。試料の熱的絶縁性を確保し、電流端子は試料端に密着させペルチェ熱が十分発生するよう注意を払いセッティングを行った。Fig. 1 に、交流ハーマン法により求めた室温における(Bi,Sb)₂Te₃の ZT の真空圧力依存性を示す(電流実効値 $I_{ex} = 50$ mA, 交流周波数 $f = 10$ Hz, 電圧端子間距離 $l = 4.1$ mm)。大気圧下では ZT は 0.26 であったが、 10^{-1} Pa 以上になると ZT は急激に上昇し 0.48 となり飽和する。これは分子流領域に達することで熱伝達を担う分子が減少し、熱伝導が小さくなることで理解できる。講演では、熱解析から得られる熱伝達に関する熱補正項をもとに実験結果の妥当性を議論する。

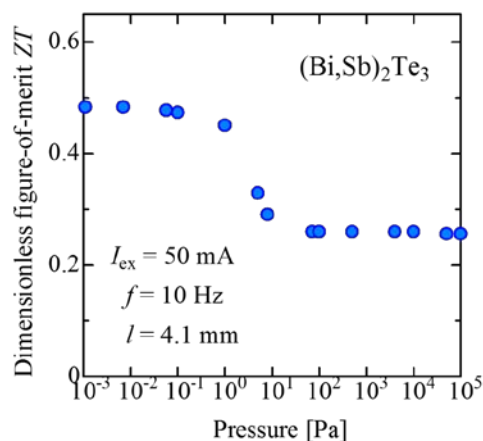


Fig. 1 Pressure dependence of the ZT measured by a Harman method at room temperature.

- [1] T. C. Harman, *J. Appl. Phys.* **29**, 1373 (1958).
- [2] H. Iwasaki *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, 6606 (2002).
- [3] D. Kraemer *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **85**, 045107 (2014).
- [4] M. Kang, *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, 26507 (2016).