3ω 法を用いた Bi-Te 系熱電厚膜の熱伝導率測定Ⅲ

Thermal conductivity measurement of Bi-Te film by 3ω method III

北陸先端大, ○西野俊佑, 小矢野幹夫, 大平圭介

JAIST, Shunsuke Nishino, Mikio Koyano, and Keisuke Ohdaira Email: s_nishino@jaist.ac.jp

熱電変換材料の低次元化による ZT 向上の可能性が理論的に示されて以降, ナノスケールの熱電材料に関する研究が盛んに行われている。 我々のグループでは,インク状にした Bi-Te 系材料のナノ微粒子を用いて作製した,表面の粗い Bi-Te 系厚膜試料の熱伝導率を 3ω 法で測定する手法を開発してきた。前回の発表では,自作の小型加圧セルを 3ω 測定装置に組み込み,厚膜試料の熱伝導率を推定する手法を提案した [1]. この手法に基づき,本研究では,熱処理した Bi-Te 厚膜試料の熱伝導率測定を行った。

厚膜試料の作製方法を次に示す. インク状の p 型 Bi_2Te_3 微粒子試料をアルミブロック上に滴下し, 1 時間真空乾燥を行った. その後, 赤外線ランプ加熱炉 (MILA-5000; ULVAC, Inc.) で 5 分間, 400°C, Ar ガスフロー中で熱処理した.

 3ω 測定時の実験配置と熱流の様子を Fig.1 に示す。石英ガラス基板にアルミニウム細線 (幅 100 μ m, 厚さ 100 nm) を真空蒸着した後,Cat-CVD 法[2] で絶縁層となる SiN $_x$ 膜(厚さ 100 nm)を堆積させた。その上に,厚膜試料をアルミブロックごと置き,加圧セルで挟み込んだ。このとき,細線から発生した熱は,試料方向の熱流 \dot{Q}_{sample} および基板方向の熱流 \dot{Q}_{sub} となって緩和していく。 3ω 測定を行い,二方向の熱流の比率を求め,そこから厚膜試料の熱伝導率を推定する。

未処理および熱処理後の厚膜試料について、試料厚さ L を変化させて 3ω 測定を行い、系全体

の熱伝導率 κ_{total} を求めた. Figure 2 に示すように、いずれの試料でも κ_{total} は L^{-1} に対して直線的に増加する. κ_{total} - L^{-1} 直線の傾きは熱処理後試料のほうが大きいが、切片は一致することが注目される. 傾きおよび切片をそれぞれ a,b とすると、二方向熱流の比率は $\dot{Q}_{sample}/\dot{Q}_{sub}=ab^{-1}L^{-1}$ で表せる [3]. この熱流比と既知の石英ガラス基板の熱伝導率を用いて熱処理後試料の κ_{sample} を計算すると、 $0.69\sim1.26$ Wm $^{-1}K^{-1}$ となった. この値は、前回報告した、保護剤を含む未処理の厚膜試料($0.1\sim0.4$ Wm $^{-1}K^{-1}$)より高く、バルク試料(1.3 Wm $^{-1}K^{-1}$)[4] に近い、未処理試料では、Bi-Te 粒子間に保護剤が残存しており、これが熱伝導を妨げていると考えられる. この結果は、熱処理を行うことで保護剤が除去され、粒子同士が直接接触していることを示唆する.



- [2] S. Okada and H. Matsumura, Jpn. J. Appl. Phys., 36, 7035 (1997).
- [3] S. Nishino et al., J. Electron. Mater., DOI:10.1007/s11664-014-2993-9
- [4] B. Poudel et al., Science 320, 634 (2008).

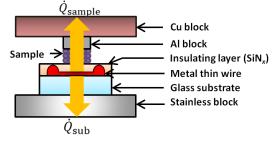


Fig. 1 Schematic picture of experimental setup

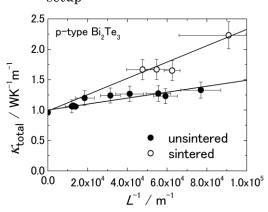


Fig. 2 Relation of κ_{total} and inverse of sample thickness L^{-1}