液相レーザーアブレーションによる Bi_2Te_3 のナノ粒子化
Nanoparticle formation of bismuth telluride by laser ablation in liquid

九大シス情[1]，リンテック株式会社[2]，○高鶴 凌[1]，東畠 三洋[1]，中村 大輔[1]，
加藤 邦久[2]，近藤 健[2]
Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University[1],
LINTEC Corporation[2]
○Ryo Kozuru[1], Mitsuhiro Higashihata[1], Daisuke Nakamura[1], Kunihisa Kato[2], Takeshi Kondo[2]
E-mail:kozuru@laserlab.ed.kyushu-u.ac.jp

1 はじめに

現在，熱と電気エネルギーを直接変換する機能を有する熱電変換材料は廃熱を利用したエネルギーの回収・再利用など環境・エネルギー問題を解決する技術の一つとして注目されている．熱電変換材料の熱電性能は無次元性能指数 ZT（$ZT=S^2\sigma T/\kappa$（S:ゼーベック係数，σ：導電率，T：絶対温度，κ：熱伝導率）で表され，ZT=1 以上が実用的な熱電デバイスの指標とされる．これまで ZT を高めるために材料の組成最適化や新材料の開発に関する研究が広くなされてきたが，近年，熱電材料をナノ粒子化することで電気伝導率およびゼーベック係数を維持しつつ熱伝導率を低減させて ZT を飛躍的に向上させる研究が盛んに行なわれている．中でも，Bi_2Te_3 は室温から 200 ℃の温度領域で高い熱電性能を示すことから注目されている[1, 2]．従来の微細化にはボールミリングといった手法が主流であるが，本研究では液相レーザーアブレーションを導入し，Bi_2Te_3 のナノ粒子化を目指している．液相レーザーアブレーションによる微細化が実現すれば，材料の捕集においても利点を有する．

2 実験と結果

実験では，平均粒径数 μm の Bi_2Te_3（n 型, p 型）粒子を原料として，エタノール（C_2H_5OH）2.5 ml に加えることで分散液を準備し，攪拌しながらレーザー照射を行なった．使用したレーザーは Nd:YAG レーザー（波長 355 nm，パルス幅 10 nsec，繰り返し周波数 10Hz）であり，照射時間は 20 min.であった．照射後，分散液を Si 基板上に滴下してエタノールを蒸発させたのち Scanning Electron Microscope(SEM)にて観察した．Fig.1 に原料である n 型 Bi_2Te_3 パウダーと液相レーザーアブレーション後の粒子の SEM 像を示す．液相レーザーアブレーション後の粒子は丸みを帯びており，レーザー照射によって溶融した原料がエタノール中で表面張力により球形を構成したものと考えられる．一方，照射後数時間静置したのち，上澄みを同様に観察したところ，粒径 10 nm 程度の粒子が存在することを確認した．Fig.2 には Fig.1 に示す粒子の X‐ray diffraction (XRD) 分析の結果を示す．鋭いピークはいずれも Bi_2Te_3 の結晶ピークを示しており，レーザー照射前後でスペクトルがほぼ同じであることからレーザー照射後も結晶性が保たれていることがわかった．この実験では照射時間が短かったためにレーザー照射されなかった粒子も少なからず存在していると考えられるが，Bi_2Te_3 のナノ粒子化の手法として液相レーザーアブレーションが有用である可能性が示された．現在は，レーザー照射条件による微細化依存性について調査を進めている．

[1] M. Takashiri, S. Tanaka, M. Takishi, M. Kihara, K. Miyazaki, H. Tsukamoto, J. Alloy. Comp. 462, 351-355(2008)
[2] B. Poudel, Q. Hao, Y. Ma, Y. Lan, A. Minnich, B. Yu, X. Yan, D. Wang, A. Muto, D. Vashaee, A. Chen, J. Liu, M. S. Dresselhaus, G. Chen, Z. F. Ren, Science 320, 634-638(2008)

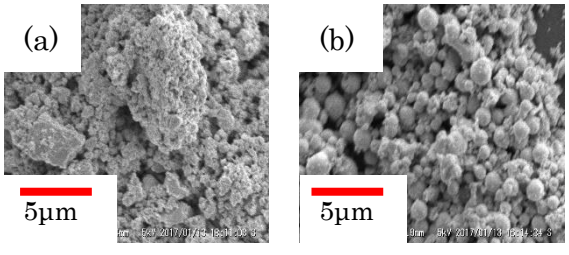

Fig.1 SEM images of Bi_2Te_3 powder before (a) and after laser ablation (b).

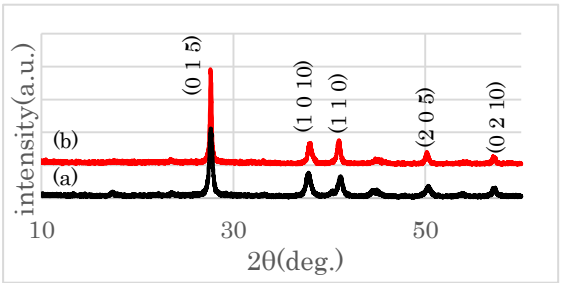

Fig.2 X-ray diffraction spectra of Bi_2Te_3 before (a) and after laser ablation (b).

© 2017年 応用物理学会