

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 621.315.592

DOI: 10.17223/00213411/64/10/91

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ОБЪЕМНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ  
ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ М.М. Тагиев<sup>2,1</sup>, Г.Д. Абдинова<sup>1</sup>, И.А. Абдуллаева<sup>3</sup><sup>1</sup> Институт физики Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджанская Республика<sup>2</sup> Азербайджанский государственный экономический университет, г. Баку, Азербайджанская Республика<sup>3</sup> Институт радиационных проблем Национальной академии наук Азербайджана,  
г. Баку, Азербайджанская Республика

Для выяснения механизма переноса тепловой энергии в объемно наноструктурированных образцах твердого раствора  $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$  получены экструдированные образцы этого материала из порошка кристалликов (зерен) с размерами не более  $2 \cdot 10^3$ , 950, 650, 380, 30 и 15 нм, исследована их теплопроводность в интервале  $\sim 80$ –300 К. Были рассмотрены образцы, не прошедшие послеекструзионный отжиг, и эти же образцы, прошедшие отжиг в вакууме при  $\sim 503$  К в течение 2 ч. Определены решеточные ( $\chi_p$ ) и электронные ( $\chi_e$ ) составляющие теплопроводности. Показано, что в исследованных образцах при низких температурах теплопроводность, в основном, осуществляется колебаниями решетки (примерно до 85%), а при  $\sim 300$  К – электронами проводимости (примерно до 64%). При температурах  $\sim 80$  К с уменьшением размеров зерен  $\chi_e$  растет, а  $\chi_p$  несколько падает, что вызвано ростом концентрации носителей тока и усилением рассеяния фононов на границах зерен. Предложенные объяснения подтверждаются и измерениями электрических параметров изученных образцов.

**Ключевые слова:** экструзия, размер зерна, твердый раствор, теплопроводность, текстура.

## Введение

Твердые растворы систем Bi–Sb являются наиболее эффективными материалами для создания различных низкотемпературных термо- и магнитотермоэлектрических преобразователей энергии [1–4]. Особенно перспективными в этом направлении являются высокопрочные экструдированные материалы на основе этих систем [5–8]. Метод имеет большую производительность и открывает широкие возможности для профилирования ветвей термоэлементов [9–14] и получения однородной матричной микроструктуры [15]. Термоэлектрическое охлаждение – это лучшее техническое решение для задач понижения температуры и термостабилизации элементов микроэлектроники, оптоэлектроники и светотехники. Термоэлектрические мелкозернистые материалы механически более прочны, чем материалы, полученные кристаллизацией из расплава, а увеличение термоэлектрической эффективности в них можно достичь за счет уменьшения решеточной теплопроводности в результате возрастания рассеяния фононов на границах зерен [16, 17]. Актуальной задачей термоэлектричества является поиск соответствующих термоэлектрических материалов, которые должны иметь высокую термоэлектрическую эффективность (добротность)  $Z = \alpha^2 \sigma / \kappa$ , где  $\sigma$ ,  $\alpha$  и  $\kappa$  – коэффициенты электропроводности, термоЭДС и теплопроводности соответственно [18]. Для получения материала с необходимыми параметрами следует установить закономерности влияния состава, режима получения, размера зерен, легирования, концентрации носителей заряда и условия рассеяния электронов и фононов, приводящие к достаточно высокому отношению подвижности носителей тока к решеточной теплопроводности ( $\mu / \chi_p$ ), что непосредственно влияет на термоэлектрическую эффективность материала.

Термоэлектрические свойства образцов различных составов на основе систем Bi–Sb исследованы неоднократно. Однако работы по изучению закономерностей влияния размеров зерен (особенно в области наноразмеров) на тепловые и электрические параметры этих кристаллов практически отсутствуют.

С уменьшением размеров зерен в транспортных свойствах начинают проявлять себя граничные эффекты, в том числе процессы рассеяния фононов и электронов на границах зерен [19]. Высокопрочные экструдированные материалы на основе Bi–Sb наиболее интересны с точки зрения возможного повышения их термоэлектрической добротности при наноструктурировании.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>