

## Влияние термообработки на теплопроводность монокристаллов PbTe со сверхстехиометричным свинцом

Г.З. Багиева<sup>1</sup>, Р.М. Исмаилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики им. акад. Г.М. Абдуллаева Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджанская Республика

<sup>2</sup> Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджанская Республика

Выращены монокристаллы PbTe со сверхстехиометричным свинцом до 0.1 ат.% и исследовано влияние термообработки на их теплопроводность в интервале температур 90–300 К. Рассчитаны электронная и решеточная части теплопроводности и тепловое сопротивление, обусловленные структурными дефектами. Выяснено, что перенос тепла в исследованных кристаллах осуществляется в основном колебаниями решетки. Термическая обработка, заживляющая структурные дефекты, приводит к увеличению теплопроводности изученных образцов PbTe <Pb>.

**Ключевые слова:** монокристаллы, теплопроводность, технологические дефекты, сверхстехиометрия, вакансии.

### Введение

Соединения типа  $A^{IV}B^{VI}$  и твердые растворы на их основе принадлежат к числу полупроводниковых материалов, нашедших широкое применение в ИК-технике и термоэлектрических преобразователях [1–4].

В некоторых случаях возможности применения этих материалов ограничиваются высокой концентрацией электрически активных собственных дефектов (вакансии в подрешетке катиона и аниона), обусловленных отклонением состава от стехиометрии. Некоторые легирующие примеси, вводимые в PbTe, повышают его термоэлектрическую эффективность [5, 6]. Например, добавки Tl до 2 ат.% в PbTe увеличивают термоэлектрическую эффективность материала и этот сплав в основном применяют при низких температурах (до 400 К), добавление Na до 1 ат.% также увеличивает эффективность при температурах ~ 700 К, а добавки In повышают фоточувствительность тонких пленок в терагерцовой области спектра [7, 8]. В работах [9, 10] показаны возможности повышения термоэлектрической эффективности за счет увеличения коэффициента мощности и уменьшения теплопроводности путем наноструктурирования.

В связи с применением PbTe и его твердых растворов в термоэлектрических преобразователях исследованию их теплопроводности посвящен ряд работ [11–13].

В настоящей работе исследовано влияние избытков свинца и термообработки на теплопроводность  $\chi$  и решеточное тепловое сопротивление  $W_p$  монокристаллов PbTe в интервале температур 90–300 К.

### Методика эксперимента

Для синтеза соединения PbTe со сверхстехиометричными атомами свинца (0, 0.005, 0.05, 0.1 ат.% Pb) были использованы теллур марки Т-сЧ и свинец марки С-0000. Исходные компоненты дополнительно очищались от окисной пленки методом пропускания их расплава через узкие горлышки в откачанных до  $\sim 10^{-3}$  Па кварцевых ампулах. Образцы PbTe <Pb> получали прямым сплавлением исходных компонентов в кварцевой ампуле с внутренним диаметром ~ 8 мм, откачанной до остаточного давления  $\sim 10^{-3}$  Па при ~ 1225 К в течение 6 ч. Внутренняя поверхность кварцевых ампул с конусообразным концом графитизировалась. После синтеза ампула охлаждалась до комнатной температуры.

Охлажденная ампула с синтезированным материалом в вертикальном положении помещалась в двухзонный электронагреватель и методом Бриджмена выращивались монокристаллы данного синтезированного состава.

В процессе выращивания кристалла расстояние между верхними и нижними зонами электронагревателя составляло ~ 15 мм и верхняя зона имела температуру на 50 град выше, а нижняя на 50 град ниже температуры плавления состава. Скорость спуска ампулы (роста кристалла) ~ 2 мм/ч. Монокристалличность выращенных слитков PbTe <Pb> была подтверждена методом