

УДК 621.315.592

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ С ДОБАВКАМИ ОЛОВА

Г.Дж.АБДИНОВА*, Г.З. БАГИЕВА

*Азербайджанский Государственный Педагогический Колледж**
AZ-1065, Азербайджан, г. Баку, Иншаатчылар, 45
Министерство науки и образования, Институт физики,
AZ1143, Азербайджан, г. Баку, пр. Г.Джавида, 131
bagieva-gjulandam@mail.ru

Получена: 12.12.2023
Принята к печати: 01.03.2024

Ключевые слова: твердый раствор, термоэлектрическая эффективность, избыточные атомы, электроактивные вакансии.

РЕФЕРАТ

Были исследованы электропроводность, коэффициенты термоэдс и теплопроводности монокристаллов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}<\text{Sn}>$, на их основе рассчитана термоэлектрическая добротность этих материалов до и после отжига в интервале $90\div 300\text{K}$. Показано, что термоэлектрические параметры неотожженных кристаллов определяются, в основном, структурными несовершенствами, возникающими при их выращивании. Отжиг существенно изменяет значения и температурные зависимости термоэлектрических параметров изученных кристаллов. Эти изменения обусловлены заживлением структурных дефектов, донорным действием избыточного олова, существованием в кристаллах неконтролируемых примесных атомов и электроактивных вакансий в подрешетке катионов.

ВВЕДЕНИЕ

Теллурид свинца, теллурид олова и твердые растворы системы PbTe-SnTe используются для изготовления p - и n - типов проводимости ветвей термоэлектрических генераторов различного назначения [1-4]. Термоэлектрическая эффективность этих материалов достигает своего максимального значения в диапазоне температур $\sim 550\text{-}850\text{K}$. Актуальной является задача расширения диапазона температур применения твердых растворов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ за счет создания на их основе составов с повышенной термоэлектрической эффективностью на разных температурных уровнях. Наиболее термоэлектрически эффективным из твердых растворов систем PbTe-SnTe является состав $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$.

Термоэлектрическая эффективность Z полупроводникового материала определяется

параметрами электропроводности σ , коэффициентами термоэдс α и теплопроводности χ . Эти параметры, в свою очередь, зависят от концентрации n , подвижности μ , эффективной массы m^* , характеристик решетки материала, температуры T и т.д. Наиболее строгим, хотя и не учитывающим некоторые факторы, является выражение эффективности [5-7]

$$Z_{\text{макс}} = 1,2 \cdot 10^{-7} (\mu / \chi_p) (m^* / m_0)^{3/2} (T / T_0)^{3/2},$$

где m_0 - масса свободного электрона, χ_p - решеточная теплопроводность.

Получение $Z_{\text{макс}}$ возможно, если обеспечить в материале оптимальную концентрацию носителей тока

$$n_{\text{опт}} = 2(2\pi n^* kT)^{3/2} / h^3,$$

где k и h - постоянные Больцмана и Планка, соответственно.

Лучшими термоэлектриками оказываются полупроводники или полуметаллы с концентрацией носителей тока порядка 10^{19}см^{-3} .

Однако, на сегодняшний день многие аспекты влияния химического состава, легирования, микро- и наноструктуры на термоэлектрические характеристики полупроводниковых материалов остаются неясными.

Твердый раствор $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$, как и соединения PbTe , SnTe кристаллизуется в кубическую гранецентрированную решетку типа NaCl и содержит электроактивные катионные вакансии с концентрацией до $\sim 10^{19}\text{см}^{-3}$ [3,8,9]. В связи с этим концентрация носителей тока в теллуридах свинца и олова определяется, в первую очередь, этими катионными вакансиями. Вакансии также являются центрами рассеяния для носителей тока и фононов в этих материалах. Согласно данным [10-12], термоэлектрические параметры кристаллов PbTe , SnTe также существенно зависят от режима термической обработки, что связано с наличием в этих кристаллах различных структурных несовершенств, образовавшихся при их получении и изготовлении экспериментальных образцов для исследований.

Введение различных примесей, в том числе атомов свинца, олова, теллура в кристаллы твердых растворов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ и соединения PbTe , SnTe приводит к появлению резонансных состояний в фоне разрешенных зон, стабилизации уровня Ферми [1,2,10,13-17], изменению концентрации катионных вакансий в них, что отражается в изменениях электрических, фотоэлектрических и термоэлектрических свойств. Добавлением таллия с концентрацией до 2 ат.% на фоне валентной зоны PbTe образуется примесная зона, расположенная примерно на 60 мэВ ниже потолка валентной зоны и имеющая ширину ~ 30 мэВ, что приводит к росту термоэдс [18]. В образцах $\text{Te}_{0,02}\text{Pb}_{0,98}\text{Te}$ экспериментально наблюдался двукратный рост термоэлектрической добротности при $\sim 700\text{K}$ по сравнению с PbTe [19]. Можно предполагать, что аналогичного изме-

нения в термоэлектрических свойствах можно достичь и введением олова сверх стехиометрии в твердый раствор $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$.

В данной работе, с целью выяснения зависимостей термоэлектрических параметров от концентрации, введенного сверх стехиометрии олова, выращены монокристаллы $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ с избытком Sn до 1,0 ат.% и исследованы их электропроводность σ , коэффициенты термоэдс α и теплопроводность χ в интервале температур $\sim 90 \div 300\text{K}$. На основе измеренных значений σ , α , χ оценены термоэлектрические эффективности n - и p - типов материалов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Синтез и выращивание монокристаллов твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ со сверх стехиометричным оловом до 1,0 ат.% проводились в режиме, описанным в работе [20]. Образцы для исследований вырезались из выращенных монокристаллических слитков диаметром $\sim 8\text{мм}$ на электроискровой установке в виде прямоугольных цилиндров высотой $\sim 12\text{мм}$.

Термоэлектрические параметры (σ , α , χ) измерялись методами, описанными в [21]. Измерения параметров проводились на неотожженных после их изготовления образцах и на этих же образцах, прошедших последовательный отжиг при 673 и 773K в атмосфере аргона в течение 120 часов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты измерений термоэлектрических параметров образцов твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$, содержащих сверх стехиометрии олово до 1,0 ат.% при температурах ~ 90 и 300K приведены в Таблице. Термоэлектрическая эффективность Z образцов, представленных в Таблице, была рассчитана из выражения

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi} \quad (1)$$

В полупроводниках коэффициент теплопроводности χ в области примесной проводимости равен сумме решеточной χ_r и электронной χ_e , составляющих

$$\chi = \chi_r + \chi_e. \quad (2)$$

В случае полупроводника с одним знаком носителей тока χ_e подчиняется закону Видемана-Франца

$$\chi_e = A(e/k)^2 \sigma T, \quad (3)$$

где k - постоянная Больцмана, e - заряд электрона, σ - измеренная при данной температуре электропроводность образца, A - коэффициент, зависящий от степени вырождения электронного газа и механизма рассеяния носителей тока. Значение параметра A можно определить из измеренных значений коэффициента термоэдс α по кривой $A = f(\alpha)$ [22]. Рассчитанные по (3) значения χ_e и из (2) значения χ_r также представлены в Таблице.

На Рис. 1 и 2 приведены температурные зависимости электропроводности и коэффициента термоэдс в интервале $\sim 90 \div 300\text{K}$ для образцов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}<\text{Sn}>$. Видно, что независимо от содержания сверхстехиометричного олова, $\sigma(T)$ неотожженных образцов обладает металлическим характером. Неотожженные образцы с $0,0 \div 0,10\text{ат.}\%$ сверхстехиометричного олова от 90 до $\sim 170 \div 200\text{K}$ имеют коэффициент термоэдс с отрицательным знаком. Знак термоэдс остальных образцов положительный во всем интервале температур. С ростом температуры α неотожженных образцов растет. Отжиг образцов при 673K приводит к уменьшению их электропроводности во всем интервале температур. Исключение составляет образец, содержащий $1,0\text{ат.}\%$ избыточного олова. При этом в интервале $\sim 125 \div 250\text{K}$ на температурных зависимостях электропроводности образцов, отожженных при 673K , наблюдаются участки активационного характера с энергией до $0,035\text{эВ}$. Знаки α для всех образцов при $\sim 90\text{K}$ отрицательные, с ростом температуры α стехиометричного состава и образцов с $0,1$ и

$0,5\text{ат.}\%$ избытком олова выше ~ 125 и 200K меняются к положительному. Отжиг этих образцов при $\sim 773\text{K}$ приводит к росту их электропроводности при $\sim 90\text{K}$ до ~ 5 раз, σ всех образцов имеют металлическую температурную зависимость, коэффициент термоэдс во всем интервале температур для стехиометричного состава становится положительным, а для остальных составов - отрицательным. С ростом температуры абсолютные значения α образцов, отожженных при 773K , растут. В большинстве случаев в теплопроводности образцов основную роль играет ее решеточная составляющая χ_r . Только в случае образцов с $0,5$ и $1,0\text{ат.}\%$ избытком олова электронная составляющая теплопроводности превосходит решеточную.

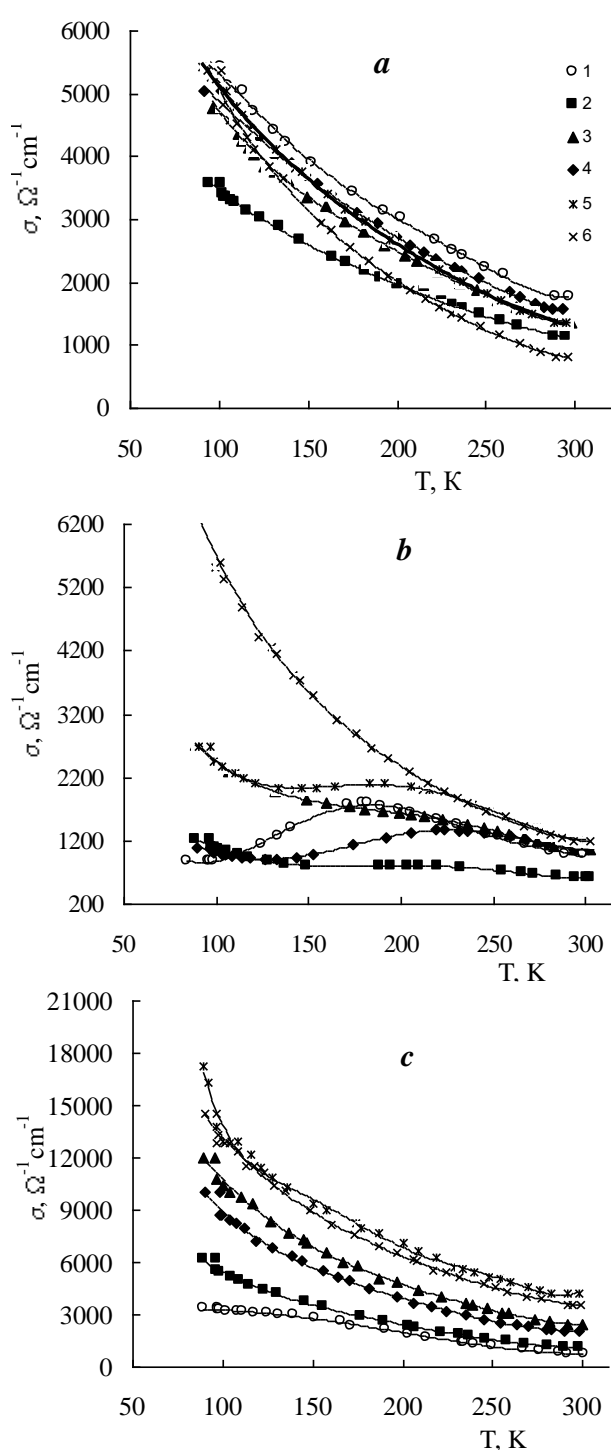
Наибольшую термоэлектрическую эффективность при $\sim 300\text{K}$ имеют образцы с $1,0\text{ат.}\%$ избытком олова, отожженные при 673K ($\sim 0,65 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$) и образцы с $0,05$ и $0,1\text{ат.}\%$ избытком олова, отожженные при 773K ($\sim 0,64 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$ и $0,61 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$, соответственно). Эти образцы имеют n -тип проводимости. Среди образцов с p -типом проводимости наибольшей Z обладает стехиометрический состав твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$, отожженный при 773K ($\sim 0,45 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$).

Выращенные методом Бриджмена монокристаллы твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}<\text{Sn}>$, как и все реальные твердые тела, содержат различные структурные несовершенства. Они зависят как от условий получения кристаллов, так и характера внешних воздействий при выращивании, изготовлении образцов и т.д. Природа и поведение структурных дефектов в зависимости от состава разные и остаются неясными. Это обусловлено многообразием типов дефектов и возможных вариантов при взаимодействии между собой и примесями. Кроме этого, эти несовершенства неустойчивы, а состояние системы в этом случае неравновесное. Термообработка в определенном режиме позволяет получить состояние системы приближенное к равновесному. Термическая обработка в установленном режиме позволяет получать материал с заданными свойствами.

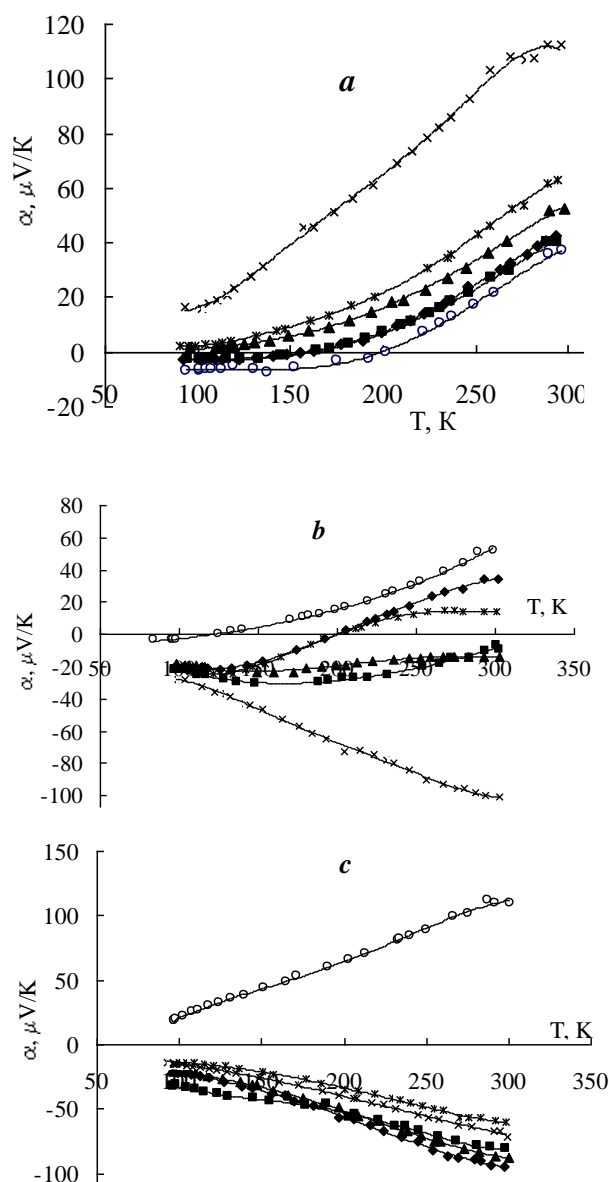
Таблица

Электропроводность σ ($\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$), коэффициенты термоэдс α (мкВ/град) и общая χ , решеточная χ_p и электронная χ_e теплопроводности ($10^{-2}\text{Вт/см}\cdot\text{град}$), термоэлектрическая эффективность Z (10^{-3}K^{-1}) кристаллов $\text{Pb}_{0.75}\text{Sn}_{0.25}\text{Te}<\text{Sn}>$ при $\sim 300\text{K}$.

Содержание избыточного олова в $\text{Pb}_{0.75}\text{Sn}_{0.25}\text{Te}$, ат. %	До отжига						После отжига при 673К						После отжига при 773К					
	σ	α	χ	χ_e	χ_p	Z	σ	α	χ	χ_e	χ_p	Z	σ	α	χ	χ_e	χ_p	Z
0,0	1772,6	36,2	2,55	1,2	1,35	0,057	976,8	51,9	2,40	0,66	1,74	0,11	773,2	109,8	2,06	0,44	1,62	0,45
0,01	1153,0	40,2	3,05	0,78	1,27	0,066	617,9	-9,1	1,91	0,49	1,42	0,0026	1139,4	-81,3	3,06	0,69	2,31	0,25
0,05	1375,2	52,2	2,53	0,93	1,60	0,090	1062,7	-13,8	2,27	0,84	1,43	0,0089	2467,8	-87,6	2,97	1,47	1,50	0,64
0,1	1577,1	41,1	3,90	1,06	2,24	0,055	1071,7	34,3	2,66	0,80	1,86	0,047	2099,8	-94,2	3,02	1,20	1,82	0,61
0,5	1358,0	62,8	3,55	0,86	2,69	0,104	1229,0	14,4	2,83	0,97	1,86	0,009	4213,0	-60,0	3,96	2,60	1,36	0,36
1,0	829,3	112,3	3,65	0,47	3,18	0,281	1206,5	-101,1	1,87	0,72	1,15	0,65	3584,2	-71,1	3,60	2,22	1,38	0,50


Рис.1

Зависимости электропроводности неотожженных (a) и отоженных при 673K (b) и 773K (c) в течение 120 часов образцов твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te} <\text{Sn}>$ от температуры. Кривые 1-6 относятся к образцам с 0,0; 0,01; 0,05; 0,10; 0,50 и 1,0 ат.% сверхстехиометричным оловом, соответственно.


Рис.2

Зависимости коэффициента термоэдс неотожженных (a) и отоженных при 673K (b) и 773K (c) в течение 120 часов образцов твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te} <\text{Sn}>$ от температуры. Обозначение те же, что на рис.1.

Анализ результатов влияния отжига на термоэлектрические параметры кристаллов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ дает основание предполагать следующее. Как и кристаллы других реальных твердых тел, образцы неотожженных кристаллов твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ содержат различные структурные несовершенства. Эти несовершенства играют роль рассеивающих центров для носителей тока и фононов, а также

центров донорного или акцепторного характера. Значения электрических параметров и теплопроводности, и их температурная зависимость для образцов на основе неотожженных кристаллов определяются, в основном, этими несовершенствами. На фоне определяющей роли структурных несовершенств, действия избыточных атомов олова и других возможных факторов на термоэлектрические свойства кристаллов твердого раствора $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ не обнаруживаются.

Последовательным отжигом при 673К и 773К в течение 120 часов в каждом случае структурные дефекты, возникающие в процессах выращивания кристаллов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ и изготовлении из них экспериментальных образцов, залечиваются. В результате, в образцах на основе отоженных кристаллов концентрация носителей тока и тип проводимости определяются, в основном, собственными электроактивными вакансиями в подрешетках катионов и аниона, а также имеющимися исходными неконтролируемыми примесями. В образцах, прошедших отжиг при 673К происходит частичное залечивание структурных несовершенств. Поэтому в этих образцах компенсация электроактивных вакансий структурными несовершенствами продолжается и на $\sigma(T)$ выявляются активационные области, связанные неконтролируемыми исходными примесями. Отжиг при 773К приводит к дальнейшему залечиванию структурных несовершенств, и в образцах, проходящих отжиг при 773К, электрические параметры определяются вакансиями в подрешетках катионов и аниона. Атомы олова, введенные сверх стехиометрии, в образцах, прошедших отжиг при 773К, создавая новые донорные центры, увеличивают концентрацию свободных электронов, электропроводность и меняют знак коэффициента термоэдс с положительного на отрицательный.

Залечивания структурных несовершенств сопровождаются ослаблением рассеяния фоонов и увеличением решеточной составляющей теплопроводности χ_r .

В полупроводниковых структурах, в том числе термоэлементах, одной из основных характе-

ристик является удельное контактное сопротивление r_k контактов металл-полупроводник. В термоэлементах параметр эффективности определяется величиной [6]

$$Z_T = \frac{\alpha^2}{\chi} \cdot \frac{1}{\rho + r_k/2\ell} \quad (4)$$

где ρ - удельное сопротивление полупроводникового материала, из которого изготовлены ветви термоэлемента, ℓ - длина ветвей термоэлемента.

При 300К в случае термоэлемента на основе кристаллов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te} <1,0\text{ат.}\% \text{Sn}>$ и $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te} <0,05\text{ат.}\% \text{Sn}>$, прошедших отжиг при 673 и 773К, соответственно, с $\ell = 1,2\text{см}$ контактным сплавом мас. $\%95\text{In} + 4\text{Ag} + 1\text{Au}$ ($r_k \approx 1,51 \cdot 10^{-4} \text{Ом} \cdot \text{см}^2$), термоэлектрическая эффективность, вычисленная из выражения (4), составляет $\sim 0,60 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовано влияние отжига при 673 и 773К на термоэлектрические свойства (электропроводность, коэффициенты термоэдс и теплопроводность) монокристаллов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$ со сверхстехиометричным оловом до 1,0ат. $\%$ и оценены эффективность Z этих материалов в интервале $\sim 90 \div 300\text{К}$. Рассчитаны электронные и решеточные составляющие теплопроводности кристаллов.

Выяснено, что термоэлектрические параметры неотожженных образцов $\text{Pb}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te} <\text{Sn}>$ определяются, в основном, структурными несовершенствами, возникающими при выращивании кристаллов. Отжиг, устраняя эти структурные дефекты, приводит к выявлению в образцах роли исходных примесей и электроактивных вакансий в подрешетках свинца и олова, а также донорных центров, созданных избыточными атомами олова. Наибольшую эффективность при комнатной температуре имеют отоженные кристаллы с 1,0ат. $\%$ и 0,05ат. $\%$ избытком олова, обусловленные их малой решеточной теплопроводностью ($\sim 1,15 \div 1,50 \text{Вт} / \text{см} \cdot \text{град}$).

1. А.В.Дмитриев, И.П.Звягин. *Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов*, УФН, **18** (2010) 821-838.
2. Г.Г.Алексеева, М.В.Ведерников, Е.А.Гуриева, Л.В.Прокофьева, Ю.И.Равич. *Концентрация дырок и термоэлектрическая эффективность твердых растворов $Pb_{1-x}Sn_xTe<Te>$* , ФТП, **34** (2000) 935-939.
3. Ю.И.Равич, Б.А.Ефимова, И.А.Смирнов. *Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца $PbTe$, $PbSe$, PbS* . М.: Наука, (1968) 384.
4. Г.Д.Абдинова, Т.Д.Алиева. *Термоэлектрические свойства кристаллов твердого раствора $Pb_{0.75}Sn_{0.25}Te<Pb>$ и термоэлементов на их основе*. Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy, **XLIII** №2 (2023) 100-104.
5. А.Ф.Июффе. *Полупроводниковые термоэлементы*. Изд. АН СССР, М.-Л., (1960) 188.
6. Е.А. Коленко. *Термоэлектрические охлаждающие приборы*, Л.: Наука. (1967) 284.
7. А.С.Охотин, А.А.Ефимов, В.С.Охотин, А.С.Пушкарский. *Термоэлектрические генераторы*, М.: Атомиздат, (1966) 320.
8. Н.Х.Абрикосов, Л.Е.Шелимова. *Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$* , М.: Наука, (1975) 195.
9. Г.З.Багиева. *Электрические свойства кристаллов твердого раствора $Pb_{0.75}Sn_{0.25}Te$ с различными структурными дефектами*, Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy, **XLII** №5 (2022) 63-69.
10. Г.А.Ахмедова, Г.Д.Абдинова, Д.Ш.Абдинов. *Влияние отжига на электрические свойства монокристаллов $PbTe$, легированных таллием*, ФТП, **45** (2011) 149-151.
11. Г.З.Багиева, Г.Д.Абдинова, Е.А.Аллахвердиев, Д.Ш.Абдинов. *Влияние структурных дефектов на теплопроводность поли- и монокристаллического $PbTe$* , Неорган. материалы, **48** (2012) 901-904.
12. Г.З.Багиева, Г.Д.Абдинова, Н.Б.Мустафаев, Д.Ш.Абдинов. *Влияние отжига на электрические свойства кристаллов $SnTe$* , Неорган. материалы, **52** (2017) 351-353.
13. Н.М.Ахундова, Г.Д.Абдинова. *Перенос электрического заряда и теплоты в кристаллах $SnTe$ с различными концентрациями вакансий в подрешетке олова*, Известия вузов, Физика, **63** (2020) 120-124.
14. В.И.Кайданов, Ю.И.Равич. *Глубокие и резонансные состояния в полупроводниках типа $A^{IV}B^{VI}$* , УФН, **145** (1985) 51-86.
15. Б.А.Волков, Л.И.Рябова, Д.Р.Хохлов. *Примеси с переменной валентностью в твердых растворах на основе теллурида свинца*, УФН, **172** (2002) 875-906.
16. Л.И.Рябова, Д.Р.Хохлов. *Терагерцовая фотопроводимость и нетривиальные локальные электронные состояния в легированных полупроводниках на основе теллурида свинца*, УФН, **184** (2014) 1033-1047.
17. Н.М.Ахундова, Т.Д.Алиева. *Электрические свойства монокристаллов $SnTe$ с избытком олова и структур $SnTe$ -металл*, Известия вузов, Физика, **62** (2019) 100-103.
18. С.А.Немов, Ю.И.Равич. *Примесь таллия в халькогенидах свинца: Методы исследования и особенности*, УФН, **168** (1998) 817-842.
19. J.P.Hermans, V.Jovovic, T.S.Toberez, A.Sarnat, K.Kurosaki. *Enhancement of thermoelectric efficiency in $PbTe$ by distortion of the electronic density of states*, Science, **321** (2008) 554-557.
20. Т.Д.Алиева, Г.Д.Абдинова, Н.М.Ахундова. *Электрические свойства кристаллов $Pb_{0.75}Sn_{0.25}Te<Sn>$ и их контактов с эвтектикой ($In-Ag-Au$)*, Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy, **XLII** №2 (2022) 66-73.
21. А.С.Охотин, А.С.Пушкарский, Р.П.Боровикова, В.А.Симонов. *Методы измерения характеристик термоэлектрических материалов и преобразователей*, М.: Наука, (1974) 168.
22. В.С.Оскотский, И.А.Смирнов. *Дефекты в кристаллах и теплопроводность*, Л.: Наука, (1972) 160.

ƏLAVƏ QALAYA MALİK Pb_{0,75}Sn_{0,25}Te BƏRK MƏHLULU ƏSASINDA TERMoeLEKTRİK MATERIALLARI

G.C.ABDİNOVA, G.Z.BAĞİYEVA

Stexiometriyadan 1,0at.% -dək əlavə qalaya malik Pb_{0,75}Sn_{0,25}Te monokristallarının termoelektrik parametrləri 90-300K intervalında tədqiq olunmuş və termoelektrik effektivlikləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, termik işlənmə keçməmiş nümunələrin termoelektrik parametrləri əsasən kristallarda göyərdilmə zamanı yaranan struktur pozuntuları ilə təyin olunur. 673 və 773K-də aparılan termiki işlənmə həmin pozuntuları aradan qaldıraraq kristallarda mövcud olan başlanğıc aşqarların, qurğuşun və qalay altqəfəslərindəki elektroaktiv vakansiyaların, habelə əlavə qalay atomlarının yaratdığı donör mərkəzlərinin termoelektrik parametrlərinə təsirini aşkarlamağa imkan yaradır. Otaq temperaturunda ən yüksək termoelektrik effektivliyi termiki işlənmə keçmiş 1,0 və 0,05at.% əlavə qalaya malik nümunələrdə müşahidə olunur ($\sim 0,65 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$).

THERMOELECTRIC MATERIALS BASED ON SOLID SOLUTION Pb_{0,75}Sn_{0,25}Te WITH ADDITIONAL LEAD

G.D.ABDİNOVA, G.Z.BAGİEVA

The thermoelectric parameters of Pb_{0,75}Sn_{0,25}Te single crystals with tin addition from stoichiometry to 1.0at.% in the range of 90-300K were studied and their thermoelectric efficiency was calculated. It has been established that the thermoelectric parameters of samples that have not undergone heat treatment were mainly determined by the structural distortions that occur in the crystals during annealing. Thermal treatment at 673 and 773K eliminated these violations and allowed detecting the influence of initial additives present in crystals, electroactive vacancies in lead and tin sublattices, as well as donor centers created by additional tin atoms, on thermoelectric parameters. The highest thermoelectric efficiency at room temperature was observed in samples with addition of 1.0 and 0.05 at.% tin after heat treatment ($\sim 0.65 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$).