

УДК 621.315.592

ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И ТЕПЛОТЫ В КРИСТАЛЛАХ SnTe CO СВЕРХ СТЕХИОМЕТРИЧНО-ВВЕДЕННЫМ ОЛОВОМ

Г.З.БАГИЕВА, Г.ДАДИНОВА, Т.ДАЛИЕВА, Д.ШАБИДНОВ

Институт физики НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, пр. Г. Джавида, 131
tunzalaliyeva@mail.ru

Получена: 07.05.2021
Принята к печати: 17.09.2021

Ключевые слова: сверхстехиометричные атомы, теплопроводность, вакансии, структурные дефекты, электронейтральные комплексы.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с перспективностью теллурида олова и его твердых растворов для термо- и фотоэлектрических преобразователей, а также особенностями их кристаллизации и строением валентной зоны исследованию физико-химических и некоторых физических свойств этих материалов посвящен ряд работ [1-7].

Диаграмма состояния системы Sn-Te была исследована методами термического и микроструктурного анализов [6]. В системе найдено одно соединение SnTe, плавящееся конгруэнтно при 790°C. В [7] изучалась протяженность области гомогенности на основе методов металлографического и рентгеновского анализов. Исследованы сплавы вблизи соединения SnTe с содержанием от 49,5 до 51,ат.% Te. Сплавы отжигали при 600, 500, 400, 300°C в течение 600, 520, 650 и 950 часов, соответственно. Выяснено, что после отжига при

РЕФЕРАТ

Исследованы электропроводность σ , коэффициенты термоэдс α и теплопроводности χ в интервале $-90-300\text{K}$ монокристаллов SnTe, выращенных из расплава составов, содержащих до 1,0ат.% избытка против стехиометрии олова. Определены решеточная χ_p и электронная χ_e составляющие теплопроводности, тепловые сопротивления, созданные вакансиями в подрешетке олова и дефектами, образующимися при получении образцов. Показано, что введенные сверх стехиометрии атомы Sn при малых концентрациях создают электронейтральные комплексы с вакансиями в подрешетке олова, что приводит к уменьшению σ , χ_p и χ_e при больших же концентрациях, заполняя эти вакансии, а также, создавая новые уровни, (носители тока) приводит к росту σ , χ_p и χ_e . Зависимости α образцов от концентрации избыточного олова и температуры удовлетворительно объясняются моделью двух валентных зон.

700°C сплав стехиометрического состава сохранил эвтектику SnTe+Sn, а однофазными были сплавы, содержащие 0,3 и 0,5ат.% избытка против стехиометрии теллура. В сплаве с 0,8ат.% избытка теллура была замечена эвтектика SnTe+Te. После отжига при 600, 500, 400°C данный сплав был однофазным, эвтектика SnTe+Te была обнаружена в сплаве с содержанием 51ат.% Te. Также выяснено, что преобладающими дефектами в теллуриде олова являются вакансии олова. В [8] предложена качественная модель, объясняющая высокую концентрацию вакансий олова в SnTe.

Выяснено, что [7] область гомогенности при 400°C лежит в пределах от 50,1±0,1 до 50,9±0,1ат.% Te. При этом постоянная решетка уменьшается с увеличением содержания теллура в пределах 6,324-6,302Å. По данным [1,9] границы области гомогенности при 600°C отвечают составам 50,1 и 51,1ат.% Te. В [10] также показано, что SnTe имеет односторон-

нюю область гомогенности, смещенную в сторону избытка теллура, и характеризуется высокой концентрацией собственных дефектов (в основном катионных вакансий). Из концентрационной зависимости постоянной решетки в области гомогенности, в системе Sn-Te был отделен [11] эффективный радиус катионной вакансии. Установлено, что введение катионных вакансий за счет отклонения от стехиометрии в SnTe приводит к существенно большей деформации решетки, чем любое катионное замещение [12].

Вакансии олова в SnTe должны влиять на концентрацию носителей тока, рассеивание фононов и электронов, т.е. на подвижность носителей тока, решеточную и электронную составляющие теплопроводности. Однако, в литературе работы, посвященные изучению влияния структурных вакансий на указанные параметры монокристаллов SnTe, почти отсутствуют. Такие исследования интересны тем, что материалы на основе SnTe являются среднетемпературными термоэлектриками, эффективность которых определяется значениями подвижности носителей тока и теплопроводности, а также тем, что могут давать сведения о рассеивании фононов и электронов на структурных вакансиях.

Можно полагать, что концентрацию вакансий олова в SnTe можно варьировать введением в расплав стехиометрического состава избыточных (сверх стехиометрии) атомов олова.

Учитывая это, с целью выяснения механизма действия вакансий олова на механизм образования и рассеяния носителей тока, а также на перенос тепла в кристаллах SnTe, полученных из расплава стехиометрического состава, синтезированы из шихты, содержащие до 1,0ат.% избытка против стехиометрии олова образцы теллурида олова, выращены их монокристаллы, исследованы их электрические свойства и теплопроводность в интервале температур 90-300K.

Исследования проводились на образцах, не прошедших отжиг, и на образцах, прошедших отжиг при 773K. Отжиг образцов прово-

дился в среде спектрально чистого аргона в течение 120 часов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Синтез образцов SnTe из стехиометрической шихты (из шихты, содержащая 50,00 ат.% Sn и 50,00 ат.% Te) и образцов SnTe из шихты стехиометрического состава (навески), в которую дополнительно добавлено избыточное (сверх стехиометрии) олово 0,01; 0,05; 0,10; 0,50 и 1,0ат.%, проводился прямым сплавлением соответствующих количеств исходных компонентов в вакуумированных до $\sim 10^{-3}$ Па кварцевых ампулах при температуре $\sim 1135\text{K}$ в течение 6 часов. Были использованы олово марки ОВЧ-000, теллур марки Т-с4 (99,999). В процессе синтеза применялось вибрационное перемешивание расплава. Внутренняя поверхность кварцевых ампул, предназначенных для синтеза составов и выращивания их монокристаллов, предварительно графитизировалась. Дифрактограммы, полученные на дифрактометре XRD Bruker D8 ADVANCE, подтвердили однофазность и высокий уровень кристалличности исследуемых образцов (Рис.1).

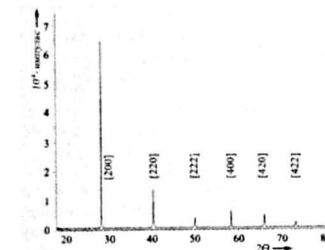


Рис.1
Дифракционная картина SnTe.

Монокристаллы SnTe с избытком олова выращивались методом Бриджмена. Уточненные параметры элементарной ячейки теллурида олова оказались 6,318(1)Å (пр.гр.Fm 3m). Длина монокристаллических слитков диаметром 13±1мм составляла ~25мм. Однородность слит-

ков проверялась и измерениями электрического сопротивления на различных участках вдоль слитка. Длина участка слитков однородного по электрическим свойствам достигала 20-22мм. Из однородной части слитков на электроискровой установке были вырезаны образцы в виде цилиндра диаметром 13-14мм и высотой ~10мм. Нарушенный слой, образующийся на торцах образцов при резке, удаляли электрохимическим травлением.

Сняты микроструктуры сплавов 50,00ат.% Sn и 50,00ат.% Te и сплавов, содержащих 0,5 и 1,0ат.% избытка олова. Из исследования полученных микроструктур следует, что образец из стехиометрической шихты содержит вторую фазу. При малых концентрациях избыточного Sn содержание второй фазы уменьшается, а при больших (~1ат.%) концентрациях несколько растет.

Электрические параметры и теплопроводность образцов измеряли методами, описанными в [13], в направлении длины слитков. Погрешность измерения указанных параметров во всем интервале температур не превышала 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Температурные зависимости электропроводности σ образцов монокристаллов SnTe с избытком олова, прошедших отжиг при ~773К, представлены на Рис.2.

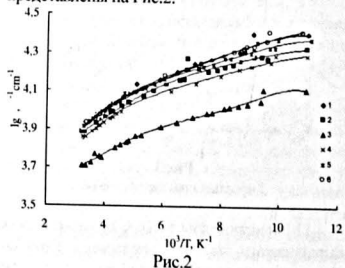


Рис.2 Температурные зависимости электропроводности образцов SnTe с добавкой олова: 0(1); 0,01(2); 0,05(3); 0,1(4); 0,5(5) и 1,0(6)ат.%Sn сверх стехиометрии, отожженных при 773К в течение 120 часов.

Видно, что $\sigma(T)$ для всех образцов обладает металлическим характером. С ростом концентрации избыточного олова в образце с 0,05ат.% σ образцов при данной температуре падает. Дальнейший рост концентрации олова сопровождается ростом значения σ при данной температуре и приближением ее к значению σ стехиометрического образца.

Кривые температурной зависимости коэффициента термоэдс α образцов стехиометрического состава, не прошедших и прошедших отжиг при различных температурах, имеют минимум в области температур ~190-220К (Рис.3). Подобные минимумы $\alpha(T)$ наблюдаются и для кристаллов с 0,01 и 1,0ат.% избытка олова.

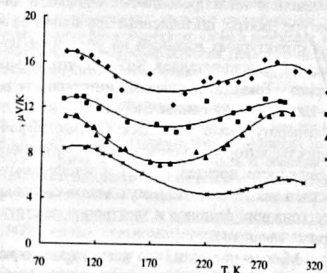


Рис.3

Температурные зависимости коэффициента термоэдс образцов SnTe стехиометрического состава не прошедших (1) и прошедших отжиг при 473(2), 573(3), 773К (4).

На Рис.4а представлены температурные зависимости общей теплопроводности (χ) исследованных образцов, прошедших отжиг при 773К в течение 120 часов. Видно, что во всех случаях значение χ с ростом температуры уменьшается.

Для выяснения механизмов влияния избыточных (введенных в шихту сверх стехиометрии) атомов олова на теплопроводность SnTe выделены и анализированы основные составляющие общей теплопроводности в них в интервале температур 90-300К.

Для полупроводников с параболической зоной в случае произвольного вырождения и упругого рассеяния носителей тока

$$L = A (\kappa/\epsilon)^2 \quad \text{и} \quad \chi_0 = A (\kappa/\epsilon)^2 \sigma T,$$

где κ - постоянная Больцмана, ϵ - заряд электрона, A - параметр, зависящий от параметра рассеяния. Значение A определяли из измеренных нами экспериментальных значений коэффициента термо-эдс. с образцов по кривой $A=f(\alpha)$ [14,15].

Измеренные значения χ , а также значения χ_0 и χ_e , определенные с помощью вышеприведенных выражений при 90 и 300К, приведены в Таблице I, где также приведены значения σ и α образцов при 90 и 300К.

Из данных таблицы следует, что тепло в изученных образцах переносится, в основном, колебаниями решетки. Электронная составляющая теплопроводности образцов не превышает ~30% от общей теплопроводности.

Из таблицы также следует, что после отжига тепловые и электрические параметры образцов при данной температуре претерпевают определенные изменения. Во всех случаях отжиг сопровождается ростом решеточной части теплопроводности.

В неотожженных и отожженных образцах SnTe с ростом концентрации избыточно введенного олова до 0,05ат.% решеточная теплопроводность как при ~90 так и при 300К уменьшается, а выше 0,05ат.% растет.

На Рис.4б представлены температурные зависимости теплового сопротивления решетки ($W_p=1/\chi_0$) образцов SnTe с избыточно введенным оловом. Прямолинейный характер зависимостей $W_p(T)$ показывает, что тепловое сопротивление создается, в основном, за счет фонон-фононного рассеяния.

Вакансии олова в SnTe создают дефекты, рассеивающие фононы. Тепловое сопротивление материала с точечными дефектами можно представить в виде [14]

$$W_p = W_0 + D/c^2$$

где W_0 - теплосоппротивление материала без дефектов, D и c - постоянные.

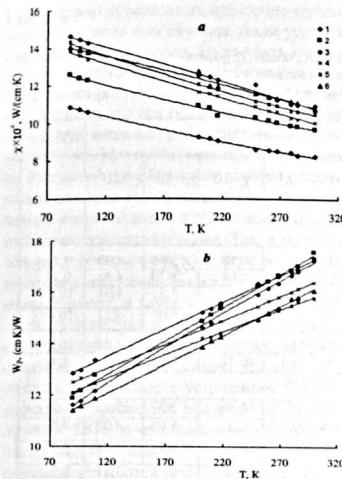


Рис.4

Температурные зависимости общей теплопроводности (а) и теплового сопротивления (б) образцов телурида олова после отжига (обозначения те же, что и на рис.2).

В общем случае теплопроводность полупроводника может осуществляться колебаниями решетки (χ_0), электронами проводимости (χ_e), биоплярной диффузией электронов и дырок в области собственной и смешанной проводимости (χ_c), а также при низких температурах в магнитных полупроводниках магнетонами (χ_{mag}) и при средних температурах в достаточно чистых полупроводниках фотонами (χ_{ph}) [14,15]. Однако в области примесной проводимости, в случае, когда полупроводник непрозрачен в инфракрасной области, его теплопроводность можно выразить в виде

$$\chi = \chi_0 + \chi_e \quad (1)$$

Для металлов

$$\chi = L_0 \sigma T, \quad (2)$$

где L_0 - число Лоренца, σ - удельная электропроводность исследуемого металла.

Таблица 1

Электропроводность ($\sigma, \Omega^{-1} \text{см}^{-1}$), коэффициент термо-э.д.с. (α , мкВ/К), общая (χ), решеточная (χ_p), электронная (χ_e) составляющие теплопроводности (W_T , смК) и добавочное тепловое сопротивление W_p , (см К/Вт) образцов SnTe с избыточно введенным оловом.

| Содержание избыточно введенного олова, ат.% | 90 К | | | | | 305 К | | | | | ΔW_0 |
|---|------------------------|----------|-------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | σ | α | $\chi \cdot 10^2$ | $\chi_p \cdot 10^2$ | $\chi_e \cdot 10^2$ | σ | α | $\chi \cdot 10^2$ | $\chi_p \cdot 10^2$ | $\chi_e \cdot 10^2$ | |
| | До отжига | | | | | | | | | | |
| * | 22816 | 24,2 | 12,20 | 8,61 | 3,59 | 8337 | 29,8 | 10,18 | 5,80 | 4,38 | 9,1 |
| 0,01 | 21107 | 23,0 | 11,75 | 8,43 | 3,80 | 8119 | 37,7 | 10,04 | 5,70 | 4,31 | 9,4 |
| 0,05 | 14572 | 22,6 | 10,10 | 7,80 | 2,30 | 6662 | 35,7 | 9,02 | 5,51 | 3,51 | 10,2 |
| 0,1 | 24573 | 23,5 | 11,88 | 8,01 | 3,87 | 8027 | 33,5 | 10,28 | 6,07 | 4,21 | 10,4 |
| 0,5 | 19235 | 33,0 | 11,31 | 8,28 | 3,03 | 7278 | 34,8 | 10,38 | 6,34 | 4,04 | 10,3 |
| 1,0 | 21874 | 19,1 | 12,23 | 3,78 | 3,45 | 7812 | 20,4 | 10,39 | 6,22 | 4,17 | 9,4 |
| | После отжига при 773 К | | | | | | | | | | |
| * | 21875 | 8,7 | 14,58 | 10,35 | 4,23 | 7086 | 5,6 | 10,89 | 5,77 | 5,12 | 6,3 |
| 0,01 | 20951 | 22,8 | 12,53 | 9,23 | 3,30 | 7649 | 22,3 | 9,64 | 5,62 | 4,02 | 7,7 |
| 0,05 | 12861 | 20,8 | 10,83 | 8,80 | 2,03 | 5112 | 19,7 | 8,23 | 5,55 | 2,68 | 8,7 |
| 0,1 | 19282 | 21,3 | 13,84 | 10,80 | 3,04 | 7249 | 20,0 | 10,04 | 6,23 | 3,81 | 8,5 |
| 0,5 | 23392 | 23,7 | 14,29 | 10,61 | 3,68 | 8187 | 35,5 | 10,50 | 6,33 | 4,17 | 8,2 |
| 1,0 | 25557 | 8,5 | 14,01 | 9,41 | 4,60 | 8519 | 6,5 | 10,77 | 5,66 | 5,11 | 8,0 |

Обозначения: * - образец SnTe, полученный из стехиометричной шихты.

Видно, что точечные дефекты дают не зависящий от температуры вклад в теплопроводность. Это экспериментально наблюдалось в PbTe с примесью йода [16], а также в кристаллах $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ [17] и $\text{Sn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ [18]. В связи с этим значение добавочного теплового сопротивления ΔW_0 , обусловленное дефектами, можно определить экстраполяцией линейной зависимости решеточной части теплопроводности W_p от температуры в области низких температур. При экстраполяции линейной зависимости W_p от T в области низких температур отсекают на оси тепловых сопротивлений при T=0K отрезок, равный теплопроводности, созданному дефектами в исследованных образцах SnTe. Значения ΔW_0 также показаны в таблице.

Совместный анализ полученных данных по тепловым и электрическим параметрам SnTe с избыточно введенными атомами олова

позволяет выдвинуть следующие предположения. Атомы Sn при малых концентрациях (до 0,05ат.%) распределяются по образцу SnTe, создают донорные центры [19]. Эти донорные центры, компенсируя двукратно заряженные вакансии в SnTe, создают с ними электронейтральные комплексы. Компенсация двукратно заряженных вакансий приводит к уменьшению концентрации дырок и, соответственно, к уменьшению электропроводности σ и росту коэффициента термо-э.д.с. Электронейтральные комплексы вакансия-атомы олова, рассеивая фононы, уменьшают решеточную часть теплопроводности. При концентрациях 0,05ат.% Sn этот процесс завершается, σ , χ_p и χ_e достигают минимума. При дальнейшем увеличении содержания избыточно введенного олова, созданные оловом дополнительные донорные центры приводят к росту концентрации электронов в образце, т.е. к росту σ и χ_e .

При больших содержаниях избыточно введенного олова часть атомов олова, также располагаясь в вакансиях олова, уменьшают концентрацию структурных дефектов (вакансий), что завершается ростом χ_p . Об этом свидетельствует и тот факт, что при больших концентрациях избыточно введенного Sn (больше 0,5ат.%), значение коэффициента термоэ.д.с. сильно падает. Указанное предположение хорошо согласуется с данными зависимости добавочного теплового сопротивления ΔW_0 от концентрации избыточно введенного олова. Так, в не отожженных и отожженных образцах с ростом концентрации избыточно введенного олова ΔW_0 вначале растет, а затем уменьшается. Из таблицы следует, что во всех случаях тепловое сопротивление, обусловленное дефектами в отожженных образцах меньше, чем в не отожженных. Это связано с устранением отожгом дефектов в кристаллах, возникающих при получении SnTe и изготовлении образцов для измерений. Из сравнения значений ΔW_0 для не отожженных и отожженных образцов видно, что доля этих дефектов в общем тепловом сопротивлении, обусловленная структурными дефектами, достигает ~30%.

Авторы работы [2], исследуя зависимость электропроводности, коэффициента термоэ.д.с. постоянной Холла и продольного эффекта Нернста-Эттингсаузена в поликристаллических образцах SnTe с различными концентрациями дырок, подготовленных методом горячей пресовки, показали, что особенности в электрических параметрах можно объяснить на основе модели двух валентных зон, разделенных энергетическим зазором при наличии межзонного рассеяния. Согласно этой модели, валентные зоны теллурида олова при ~100К разделены энергетическим зазором равным 0,03эВ. Легкие дырки имеют эффективную массу 0,4 m_0 , подвижность ~3500см²/В·с, а тяжелые дырки - эффективную массу 3 m_0 , и подвижность ~50см²/В·с. Как и в других теллуридах четвертой группы [2,3,5,20] с ростом температуры ширина запрещенной зоны уменьшается. При этом зазор между двумя максимумами валентных зон уменьшается с

температурой с той же скоростью, т.е. со скоростью [2]

$$\frac{d\Delta E}{dT} = -(2-3) \times 10^{-4} \text{ эВ/К.}$$

До температуры, соответствующей минимуму на зависимости $\alpha(T)$, главную роль в проводимости играют и легкие дырки.

Уменьшение зазора с ростом температуры между подзонами легких и тяжелых дырок сопровождается ростом вклада тяжелых дырок в проводимость и в коэффициент термоэ.д.с. По-видимому, начиная с температуры, соответствующей минимуму на кривой $\alpha(T)$, вклад тяжелых дырок σ и α постепенно становится решающим, в результате чего α с температурой растет, а зависимость σ образцов от температуры усиливается. Это показывает, что двухзонная модель удовлетворительно объясняет и температурные зависимости коэффициента термоэ.д.с. образцов монокристаллов SnTe с избытком Sn.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом Бриджмена выращены монокристаллы соединения SnTe с избытком олова до 1,0ат.%, исследованы их электропроводность σ и коэффициент термоэ.д.с. и теплопроводности χ в интервале температур от 90 до 300К. Расчитаны электронная и решеточная составляющие теплопроводности, а также тепловое сопротивление, вызванное структурными дефектами. Показано, что тепло в изученных образцах SnTe с избыточно введенными атомами олова переносится, в основном, колебаниями решетки, а электронная составляющая теплопроводности в них не превышает ~30% от общей теплопроводности. В тепловом сопротивлении в образцах значительную роль играют структурные дефекты, связанные с вакансиями олова. Избыточные (введенные сверх стехиометрии) атомы Sn до 0,05ат.%, как донорные центры, создают электронейтральные комплексы с вакансиями, рассеивая фононы, приводят к уменьшению σ и χ_p и росту α , после 0,05ат.%, заполняя эти вакансии и создавая новые носители тока, приводят к росту σ .

Зависимость α образцов от концентрации избыточного Sn и температуры хорошо объясняется двухзонной моделью.

С отжигом зачищаются дефекты, возникающие при получении SnTe и изготовле-

нии образцов, что приводит к уменьшению добавочного теплового сопротивления до 25-30%.

1. R.F.Brebrick, A.J.Strauss. *Anomalous Thermoelectric Power as Evidence for Two-Valence Bands in SnTe*. *Phys. Rev.*, **131** (1963) 104-110.
2. В.И.Кайданов, И.А.Черник, Б.А.Ефимова. *Исследование зонной структуры и механизма рассеяния носителей тока в теллуриде олова*. *ФТП*, **1** (1967) 869-879.
3. Г.З.Багиева, Г.Д.Абдинова, Н.Б.Мустафаев, Д.Ш.Абдинов. *Влияние отжига на электрические свойства кристаллов SnTe*. *Неорган. Материалы*, **53** (2017) 351-353.
4. А.С.Охотин, А.А.Ефимов, В.С.Охотин, А.С.Пушкарский. *Термоэлектрические генераторы*. М. Атомиздат, (1976) 320.
5. Н.М.Ахундова. *Электрическая проводимость и теплопроводность твердого раствора Sn_{1-x}Mn_xTe (0 < x < 0,04)*. *Известия высших учебных заведений. Физика*, **60** (2017) 114-117.
6. М.Хансен, Л.Андерко. *Структура двойных сплавов*. М.: Металлургиядат, (1962) 1488.
7. Л.Е.Шелимова, Н.Х.Абрикосов. *Система Sn-Te в области соседства SnTe*. *Журнал неорганической химии*, **9** (1964) 1979-1882.
8. M.R.Lorenz, D.M.Jepsen. *An explanation of high cation vacancy concentration and p-type conductivity in semiconductors containing a multivalent metal in its lowest valence state*. *J. Phys. Chem. Solids*, **26** (1965) 1177-1179.
9. Б.А.Ефимова, В.И.Кайданов, Б.Я.Мойжес, И.А.Черник. *О зонной модели SnTe*. *ФТП*, **7** (1965) 2524-2527.
10. Е.И.Рогачева, Г.В.Горне, П.К.Жигарева, А.Б.Иванова. *Область гомогенности монотеллурида олова*. *Неорган. Материалы*, **27** (1991) 267-276.
11. П.И.Дюбенко, Е.И.Рогачева, В.М.Косевич. *Влияние иоды, галлия, сурьмы и висмута на*

свойства теллурида олова. *Изв. АН СССР, Неорган. Материалы*, **19** (1983) 1457-1461.

12. Е.И.Рогачева, О.Н.Нашекина. *Упрочнение решетки при катионном замещении в полупроводниковом соединении SnTe*. *Материалы*, **31** (1995) 723-726.
13. А.С.Охотин, А.С.Пушкарский, Р.П.Боровикова, В.А.Симонов. *Методы измерения характеристик термоэлектрических материалов и преобразователей*. М. Наука, (1974) 168.
14. В.С.Осокотский, И.А.Смирнов. *Дефекты в кристаллах и теплопроводность*. Л.: Наука, (1972) 160.
15. И.А.Смирнов, В.И.Тамарченко. *Электронная теплопроводность в металлах и полупроводниках*. Л.: Наука, (1977) 151.
16. Б.Д.Девяткова, И.А.Смирнов. *Влияние примесей галогенов на теплопроводность теллуристого свинца*. *ФТП*, **3** (1961) 2298-2309.
17. Г.З.Багиева, Г.Д.Абдинова, Н.Б.Мустафаев, Д.Ш.Абдинов. *Теплопроводность монокристаллов кристаллов Pb_{1-x}Mn_xTe с избытком теллура*. *Неорган. материалы*, **49** (2013) 1164-1167.
18. Г.З.Багиева, Г.Д.Абдинова, Н.Б.Мустафаев, Д.Ш.Абдинов. *Теплопроводность кристаллов Sn_{1-x}Mn_xTe*. *Неорган. Материалы*, **52** (2016) 1290-1294.
19. Е.Патли. *Сульфид и селенид свинца*. В сб. *Материалы, используемые в полупроводниковых приборах*, под редакцией К.Хосарта, М.: Мир (1968) 97-146.
20. Г.З.Багиева, Г.Д.Абдинова, Н.Б.Мустафаев, Д.Ш.Абдинов. *Электрические свойства монокристаллов Pb_{1-x}Mn_xTe с избытком теллура*. *ФТП*, (2013) 289-292.

STEOHIOMETRIYADAN ARTIQ QALAYLI SnTe KRISTALLARINDA ELEKTRİK VƏ İSTİLİK DAŞINMASI

G.Z.BAGIYEVA, G.C.ABDINOVA, T.C.ƏLİYEVA, C.Ş.ABDINOV

Müxtəlif birləşmələrin əridilməsi prosesi nəticəsində əldə olunan və qalqı stexiometriyası nisbətən 1.0% dərəcəsinə qədər olan SnTe-nin tək kristalların elektrik keçiriciliyi σ , termoelektrik gücü α və istilik keçiriciliyi χ -90-300K arasıda araşdırılmışdır. İstilik keçiriciliyinin qafas χ_0 və elektron χ_e komponentləri, qalayın alt hissəsində mövcud olan boşluqlar tərəfindən yaranan istilik müqavimətləri və nümunələrin hazırlanması zamanı əmələ gələn qüsurlar müəyyən edilmişdir. Aşağı konsentrasiyalarda stexiometriya üzərində təbii olunan Sn atomlarının σ , χ_0 və χ_e azalmasına gətirib çıxaran qalayın alt hissəsindəki boşluqlarla elektrik-neutal komplekslərin yaranılması göstərilmiş, yüksək konsentrasiyalarda bu boşluqları diktərarəq yeni səviyyələrin yaranılması (cəريان dasıyıcılar) ilə σ , χ_e və χ_0 vahalərin artırılmasına gətirib çıxarmışdır. Nümunələrin artıq qalay və temperatur konsentrasiyasından asılılıqları iki valentli zolaq modeli ilə qnaşətəxş şəkildə izah olunmuşdur.

TRANSFER OF ELECTRICITY AND HEAT IN CRYSTALS SnTe WITH SUPERSTOICHIOMETRIC INSERTED TIN

G.Z.BAGIEVA, G.D.ABDINOVA, T.D.ALIEVA, D.SH.ABDINOV

Single crystals of SnTe grown from a melt of compositions containing of up to 1.0at.% excess against the tin stoichiometry were researched for their electrical conductivity σ , thermoelectric power coefficients α and thermal conductivity χ in the range of -90-300K. The lattice χ_0 and electronic χ_e components of thermal conductivity, thermal resistances created by vacancies in the tin sub-lattice and defects formed during sample preparation have been determined. It has been shown that the Sn atoms introduced over stoichiometry at low concentrations create electrically neutral complexes with vacancies in the tin sub-lattice, which leads to decreasing in σ , χ_0 and χ_e values; whereas at high concentrations, filling these vacancies and creating new levels (current carriers) results in the growth of σ , χ_e and χ_0 values. The dependences of the samples on the excess of tin concentration and temperature have been satisfactorily explained by the model of two-valence bands.