

Академия наук СССР  
ордена Ленина Институт общей и неорганической  
химии им. Н. С. Курнакова

---

На правах рукописи  
«Для служебного пользования»

Экз. №

000068

*В. Б. Курнаков*  
*Хусейнов*

ХУСЕЙНОВ Бобомурад

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ ДИАРСЕНИДОВ КАДМИЯ И ЦИНКА**

(02.00.04 — физическая химия)

Диссертация на русском языке

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук

Москва — 1979

Работа выполнена в лаборатории химической термодинамики ордена Ленина института общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова АН СССР.

Научные руководители: д. х. н., профессор **В. Б. Лазарев**; к. х. н. **С. Ф. Маренкин**.

Официальные оппоненты: д. х. н. **С. А. Дембовский**; д. т. н. **Л. М. Ланда**.

Ведущее предприятие: Воронежский Государственный Университет, кафедра неорганической химии.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 1979 г.

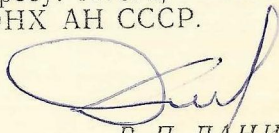
Защита диссертации состоится \_\_\_\_\_ 1979 г.

в \_\_\_\_\_ ч. на заседании Специализированного совета К 002.37.02 по химии и технологии неорганических веществ при ордена Ленина институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР (Москва, Ленинский проспект, 31).

С диссертацией можно ознакомиться у ученого секретаря ИОНХ АН СССР.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 117071, Москва, Ленинский проспект 31, ИОНХ АН СССР.

Ученый секретарь Совета  
кандидат хим. наук



В. П. ДАНИЛОВ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ  
ХИМИИ им.Н.С.КУРНАКОВА

---

Для служебного пользования  
Экз. № \_\_\_\_\_

ХУСЕЙНОВ БОБОМУРАД

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ДИАРСЕНИДОВ КАДМИЯ И ЦИНКА

(02.00.04 - физическая химия)

Диссертация на русском языке

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации, представленной на соискание  
ученой степени кандидата химических наук

Москва - 1979

Актуальность работы. Диарсениды кадмия и цинка являются перспективными материалами для полупроводникового приборостроения. Кристаллохимический анализ этих соединений предполагает наличие в них существенной анизотропии свойств, а также склонность их к стеклообразованию. Предполагаемая значительная анизотропия термоэлектрических свойств и широкие спектры пропускания представляют интерес для исследования возможности использования  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  в качестве материалов для изготовления высококачественных термоэлементов и оптических фильтров в ИК диапазоне длин волн.

Однако практическое использование диарсенидов кадмия и цинка сдерживается отсутствием технологии выращивания крупных и совершенных монокристаллов. Важным условием для технологии и применения этих соединений является знание физико-химических свойств, в частности таких, как исследование границ области гомогенности, кинетики кристаллизации, анизотропии механических и термоэлектрических свойств.

Цель работы. Рассматривая с современных позиций диарсениды кадмия и цинка как фазы переменного состава, целью работы было: установить границы области гомогенности этих соединений и исследовать физико-химические свойства твердых растворов в области гомогенности. Учитывая склонность к переохлаждению, а также возможность образования метастабильных фаз, важно было также изучить влияние скорости охлаждения расплавов этих соединений на фазовый состав. На основании этого отработать технологию синтеза и выращивания монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  с воспроизводимыми свойствами и исследовать анизотропию механических и термоэлектрических свойств этих соединений и в дальнейшем оценить возможность использования монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  в качестве материалов для изготовления анизотропных термоэлементов; исследовать стеклообразующие свойства расплавов  $Cd$  и  $As$  и получить крупные оптически однородные образцы стекол.

Постановка исследований. Для разработки технологии монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  с воспроизводимыми свойствами и стекол, прозрачных в ИК диапазоне, представилось необходимым решить следующие задачи:

I. Установить влияние скоростей охлаждения и степени перегрева на фазовый состав при кристаллизации расплавов  $Cd-As$  и

$Zn-As$ , чтобы исключить образование метастабильных фаз при синтезе соединений и разработать режимы получения стекла.

2. Исследовать участки диаграмм состояния фазовых равновесий систем  $Cd-As$  и  $Zn-As$  в области существования  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  для определения границ областей гомогенности и влияния состава на свойства твердых растворов в области гомогенности.

3. Отработать технологию монокристаллов диарсенида кадмия и цинка из расплава и газовой фазы с воспроизводимыми свойствами.

4. Оценить влияние стеклообразующих добавок на стеклообразование расплавов  $Cd$  с  $As$  с целью получения крупных оптически прозрачных образцов стекла.

5. Исследовать анизотропию термоэлектрических свойств монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$ , изготовить анизотропные термоэлементы и испытать их чувствительность и инерционность.

Научная новизна. Предполагая, что соединения  $A^{IV}B_2^{VI}$  являются фазами переменного состава, были исследованы участки диаграммы состояния фазовых равновесий систем  $Cd-As$  и  $Zn-As$ . Установлено, что  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  являются двусторонними фазами переменного состава, образуя с компонентами твердые растворы.

Определено влияние йода на стеклообразование расплавов  $Cd$  с  $As$  и построена область стеклообразования в системе  $Cd-As-I$ . Получены образцы стекла в этой системе диаметром более 40 мм. Разработана технология монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  из газовой фазы и расплава. Исследована анизотропия их термоэлектрических свойств. Из ориентированных монокристаллов  $CdAs_2$  изготовлены высокочувствительные анизотропные термоэлементы с малой инерционностью.

Практическая ценность работы. Результаты проведенных исследований могут служить основой технологии синтеза и выращивания монокристаллов диарсенидов кадмия и цинка из газовой фазы и расплава. Образцы стекла, обладая широким спектром пропускания, могут быть использованы в качестве материала для изготовления оптических фильтров в ИК диапазоне волн и элементов волоконной оптики. Монокристаллы диарсенида кадмия обладают значительной анизотропией термо-э.д.с.  $\sim 1000$  мкв/град. Испытания приемников тепловых потоков на базе термоэлементов из  $CdAs_2$  по-

казали, что их чувствительность достигает 1-1,5 в/вт, а инерционность значительно меньше секунды, т.е. в несколько раз лучше, чем и приемников из других термоэлементов.

Апробация работы. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 10 статьях и в одном авторском свидетельстве.

Результаты работы были доложены на III и IV Всесоюзных конференциях по полупроводниковым соединениям группы А<sup>IV</sup>В<sup>V</sup>, а также на семинарах лабораторий химической термодинамики ИОНХ АН СССР и ФТИ АН Тадж.ССР.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и списка литературы. Работа изложена на 115 стр., содержит 60 рис. и 27 таблиц. Список использованной литературы насчитывает 104 русских и иностранных наименований.

В первой главе приведены литературные данные по физико-химическим и физическим свойствам диарсенидов кадмия и цинка, необходимые для точной формулировки задачи и интерпретаций полученных результатов. Описаны кристаллическая структура и  $ZnAs_2$ , диаграммы состояния систем  $Cd-As$  и  $Zn-As$ , термодинамические свойства, технология получения поликристаллов и монокристаллов. Рассмотрены методы получения стеклообразного диарсенида кадмия и результаты исследования оптических, термоэлектрических свойств диарсенидов кадмия и цинка. Отмечена недостаточность и противоречивость данных физико-химических и физических свойств  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$ , необходимых для отработки технологии монокристаллов и практического их использования.

В главе II представлено описание методик, которые использовались в работе, таких как: ДТА, РФА, микроструктурного анализа, измерения микротвердости, электропроводности, постоянной

Холла и химического анализа.

ДТА был проведен с помощью пирометра Курнакова, НТР-70 с нагревательным устройством ПРТ-1000М.

РФА и рентгеноструктурные исследования выполнены методами Дебая-Шеррера и Лауэ.

Микроструктура исследовалась на микроскопе МИМ-7.

Измерения микротвердости проведены на микротвердомере ПМТ-3, калибровку прибора осуществляли на монокристаллах  $\text{CaF}_2$  (точность измерений  $\pm 5 \text{ кг/мм}^2$  )

Постоянную Холла, термо-э.д.с. и электропроводность измеряли компенсационным методом (точность измерений: для  $\rho = \pm 5\%$ ,  $R = \pm 10\%$ ,  $\alpha = \pm 15\%$ ).

Состав и однородность кристаллов контролировали на рентгеновском электронном микроанализаторе "Сомевак".

Анализ на содержание металла в сплавах  $\text{Cd-As}$  и  $\text{Zn-As}$  (точность  $\pm 0,2$  ат.%) проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе "Резкин-Элмер-303".

Физико-химический анализ участков диаграмм состояния  
фазовых равновесий в системах  $\text{Cd-As}$  и  $\text{Zn-As}$ , в  
области существования  $\text{CdAs}_2$  и  $\text{ZnAs}_2$

( Глава III )

Для проверки предположения о существовании областей гомогенности у диарсенидов кадмия и цинка методами термического, рентгенофазового, микроструктурного анализов, измерением микротвердости, электропроводности, постоянной Холла и термо-э.д.с. исследованы системы  $\text{Cd-As}$  и  $\text{Zn-As}$  в интервалах концентраций 60-70 ат.%  $\text{As}$  и 60-75 ат.%  $\text{As}$ , соответственно. Синтез образцов проведен с интервалом 0,1 ат.%. Образцы готовились сплавлением  $\text{Cd}$  марки КД-00,  $\text{Zn}$  - "о.ч." и  $\text{As}$  - В-5, в стеклогуглеродных тиглях, которые помещали в вакуумированные до  $1 \cdot 10^{-5}$  мм рт.ст. кварцевые ампулы. В составы добавляли избыток  $\text{As}$ , который рассчитывали из данных по давлению пара над соединениями и свободного объема ампул. Синтез проводили при температурах 650 и 790°C для образцов  $\text{Cd}$  и  $\text{Zn}$  с мышьяком, соответственно. Перепад температуры по длине ампул допус-

кался не более  $2^{\circ}\text{C}$ , в противном случае наблюдали существенный сдвиг по составу из-за сублимации мышьяка, скорость охлаждения составляла 25 град/час. При увеличении скорости охлаждения расплавы *Cd* с *As* образовывали метастабильные фазы, а в случае *Zn* с *As* + слитки получались с большим количеством раковин. Образцы для исследований подвергали гомогенизирующему отжигу, время которого определяли экспериментально по контрольным измерениям микротвердости, термо-э.д.с. и электропроводности. Отжиг заканчивали после получения стабильных и не зависящих от времени отжига значений этих величин. Для сплавов *Cd-As* при 500, 300 и  $200^{\circ}\text{C}$  оно составляло 800, 1100 и 1200 ч, для *Zn-As* при 550, 400 и  $300^{\circ}\text{C}$  время отжига составляло 1000, 1200 и 1500 ч. После отжига состав образцов контролировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Результаты исследования представлены на рис.1.

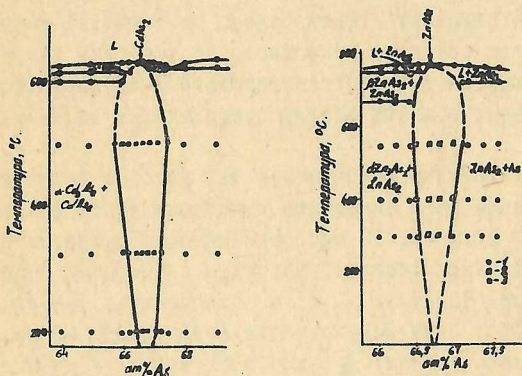


Рис.1 Микродиаграммы состояния фазовых равновесий систем *Cd-As* и *Zn-As*: 1- данные ДТА, 2- двухфазные, 3- однофазные сплавы.



Соединения  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  являются двусторонними фазами переменного состава, образуя со своими компонентами твердые растворы.  $CdAs_2$  растворяет при  $500^\circ C$  0,9 ат. %  $Cd$  и 0,8 ат. %  $As$ , при  $300^\circ C$  - 0,4 ат. %  $Cd$  и 0,5 ат. %  $As$ , при  $200^\circ C$  - 0,3 ат. %  $Cd$  и 0,3 ат. %  $As$ .  $ZnAs_2$  растворяет при  $550^\circ C$  0,2 ат. %  $Zn$  и 0,4 ат. %  $As$ , при  $300^\circ C$  - 0,1 ат. %  $As$ .

На основании анализа изменения пикнометрической плотности, постоянных решетки, микротвердости и постоянной Холла в области гомогенности  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  при избытке металла, наиболее характерно образование твердых растворов вычитания, а при избытке  $As$  наиболее вероятно образование твердых растворов замещения.

### Стеклообразование в системе $Cd-As-J$ .

(Глава IV)

Расплавы  $Cd$  с  $As$  при больших скоростях охлаждения образуют стекло, но стеклообразующие свойства этих расплавов невысоки и не удается получать образцы стекла диаметром более нескольких миллиметров без значительного количества кристаллической фазы. По аналогии с халькогенидными стеклами, в которых добавка галогенов способствует их стеклообразованию, было предположено, что введение иода увеличит стеклообразующие свойства расплавов  $Cd$  с  $As$ . С целью поиска оптимального соотношения ингредиентов методами термического, рентгенофазового и микроструктурного анализов исследована область стеклообразования в системе  $Cd-As-J$  (рис. 2).

За граничные составы принимались те, которые образовывали однофазное стекло (без включения кристаллической фазы), в ампулах диаметром не менее 10 мм, закаливанием расплава в ледяной воде. Максимальными стеклообразующими свойствами обладали составы, содержащие 15-25 ат. %  $J$  по отношению к  $CdAs_2$ . Образцы таких составов были получены диаметром более 40 мм. Температура стеклования стекла  $T_g$  для всех составов практически не изменялась от содержания иода и составляла  $263-273^\circ C$ , температура кристаллизации стекла  $T_c$  изменялась от  $325^\circ$  для

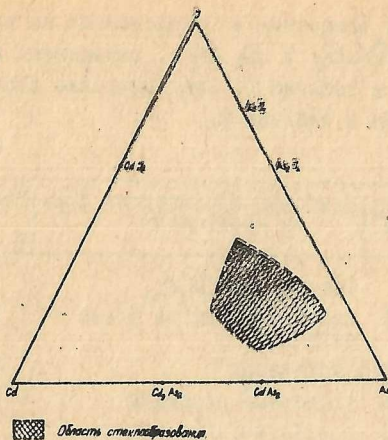


Рис.2. Область стеклообразования в системе *Cd-As-J*

состава 10 ат.% J к *CdAs<sub>2</sub>* и увеличивалась до 370°С к составу 30 ат.% J к *CdAs<sub>2</sub>*.

Измерение оптических свойств стекол в системе *Cd-As-J* показало, что они обладают коэффициентом пропускания ~60% в интервале 2-25 мкм. Стекла в этой системе обладают полупроводниковыми свойствами с дырочным типом проводимости. Удельное сопротивление образца состава 20 ат.% J к *CdAs<sub>2</sub>* изменялось от  $5 \cdot 10^8$  ом.см при 77°К до  $1,6 \cdot 10^5$  ом.см при 300°К. Микротвердость образца этого состава составляла  $270 \pm 5$  кг/мм<sup>2</sup>.

### Выращивание монокристаллов *CdAs<sub>2</sub>* и *ZnAs<sub>2</sub>*

(Глава V)

Монокристаллы *CdAs<sub>2</sub>* и *ZnAs<sub>2</sub>* были получены из газовой фазы и направленной зонной перекристаллизацией расплава. Рост монокристаллов из газовой фазы был проведен пересублимацией в двухзонных горизонтальных печах. Влияние температурных градиен-

тов, температур зон испарения и конденсации на размеры и формы монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$ , выращенных из газовой фазы, представлено в таблице 1. Электрические свойства монокристаллов приведены в таблице 2.

Таблица 1

№ пп	T исп, °C	T конд, °C	град, см	Наиболее характерные формы кристаллов	Размеры в мм <sup>3</sup>
Соединение $CdAs_2$					
I	585	560	2,1	крупноблочные по форме ампулы	18x7x5
2	585	555	1,875	доденаэдр	7x4x3
3	580	555	1,5	усеченные пирамиды	10x1x0,5
4	575	540	1,9	призматические иголки	9x5x3
5	575	545	2,0	мелкие зародыши	-
6	575	550	2,1	пирамидально-призматические	10x5x2
7	570	540	2,1	трехгранные призмы	9x3x1
8	570	550	1,3	полный перенос, поликристаллы	-
9	560	540	1,2	мелкие пластинки	4x2x0,5
10	560	515	2,5	игольчатые кристаллы	3x1x0,5
11	560	500	4	корка	-
Соединение $ZnAs_2$					
I	740	728	1,3	призматические пластинки	7x3x1
2	740	730	1,0	" "	6x4x1
3	740	725	1,3	пластинки	8x3x1
4	745	730	1,5	трехгранные призмы	6x2x1
5	750	740	2,2	крупноблочные по форме ампулы	9x5x3
6	755	725	1,8	полиэдры	7x3x2
7	700	660	2,6	переноса нет	-

Соединения  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  относятся к числу легколетучих, при их нагревании происходит термическая диссоциация так, что в газовую фазу испаряется мышьяк. При этом состав этих соединений вначале отклоняется от стехиометрии в области их гомоген-

ности, а затем в твердой фазе образуются  $Cd_3As_2$  и  $Zn_3As_2$ . Поэтому при выращивании монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  из расплава для сохранения стехиометрического состава необходимо создавать равновесное давление паров мышьяка. При выращивании монокристаллов направленной зонной перекристаллизацией это достигалось использованием печи дополнительного подогрева и введением избытка мышьяка. Температура печи и навеска мышьяка рассчитывались из данных по давлению пара над расплавами  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$ , которые были получены измерением давления статическим методом с использованием манометра Бурдона. Температуры печи дополнительного подогрева, обеспечивающие стехиометрический состав  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  были 595 и 620°C соответственно. Температуры зоны для  $CdAs_2$  составляла 650°, а для  $ZnAs_2$  800°C.

Таблица 2

№ п/п	77°K				300°K				Тип проволочной димос-ти	Ориентация
	$P_1$ ом-см	$R_1$ см <sup>3</sup> /кул	$n_1$ см <sup>-3</sup>	$\mu_1$ см <sup>2</sup> /сек	$P_2$ ом-см	$R_2$ см <sup>3</sup> /кул	$n_2$ см <sup>-3</sup>	$\mu_2$ см <sup>2</sup> /сек		
$CdAs_2$										
1	0,8	$1,8 \cdot 10^{23}$	$4,7 \cdot 10^{15}$	2250	3,4	$1,7 \cdot 10^{23}$	$3,67 \cdot 10^{15}$	500		[001]
2	1,1	$2,6 \cdot 10^{23}$	$2,4 \cdot 10^{15}$	2180	5,8	$2,4 \cdot 10^{23}$	$2,6 \cdot 10^{15}$	410	"	"
3	10,8	$3,5 \cdot 10^{23}$	$1,78 \cdot 10^{15}$	325	16,8	$3,1 \cdot 10^{23}$	$2,0 \cdot 10^{15}$	180	"	[100]
4	2,9	$4,0 \cdot 10^{23}$	$1,56 \cdot 10^{15}$	1400	17,7	$3,8 \cdot 10^{23}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	214	"	"
5*	1,5	$1,9 \cdot 10^{23}$	$3,3 \cdot 10^{15}$	1260	3,8	$1,6 \cdot 10^{23}$	$3,9 \cdot 10^{15}$	420	"	[001]
6*	5,0	$1,8 \cdot 10^{23}$	$3,4 \cdot 10^{15}$	360	7,0	$1,3 \cdot 10^{24}$	$4,8 \cdot 10^{15}$	185	"	"
$ZnAs_2$										
1	-	-	-	-	46	$1,2 \cdot 10^{24}$	$2 \cdot 10^{14}$	26	p	(001)
2*	100	$1,8 \cdot 10^{23}$	$3,6 \cdot 10^{15}$	180	10	$1,6 \cdot 10^{23}$	$3,9 \cdot 10^{15}$	160	"	"

X) монокристаллы, полученные зонной перекристаллизацией расплава

Скорость первого прохода зоны составляла 4 см/час. При последующих проходах зоны со скоростью 1 см/час были получены монокристаллы, ориентированные вдоль направления [001]. Для получения монокристаллов, ориентированных по другим направлениям, необходимо использовать соответствующие затравки. Данные по

свойствам монокристаллов приведены в таблице 2.

Для монокристаллов  $CdAs_2$  характерна значительная анизотропия термо-э.д.с.  $\Delta\alpha + \alpha_{23}, \alpha_{11}$ , которая может достигать 1000 мкв/град. Эта характеристика является основной для использования монокристаллов в качестве анизотропных термоэлементов, которые широко применяются в приемниках тепловых потоков и измерителях мощности миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн. Из монокристаллов  $CdAs_2$  были изготовлены анизотропные термоэлементы, испытания которых в ИТФ АН УССР показали, что их чувствительность  $\bar{I} = 1,5$  в/вт, а инерционность значительно меньше секунды, т.е. в несколько раз лучше, чем у термоэлементов, изготовленных из других анизотропных полупроводников.

### ВЫВОДЫ

1. Методами физико-химического анализа исследованы диаграммы состояний фазовых равновесий систем  $Cd-As$  в интервале концентраций 60-70 ат. %  $As$  и  $Zn-As$  в интервале концентраций 60-75 ат. %  $As$ .

2. Установлено, что  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  являются двусторонними фазами переменного состава;  $CdAs_2$  растворяет при 500<sup>00</sup> 0,9 ат. %  $Cd$  и 0,8 ат. %  $As$ , при 300<sup>00</sup> - 0,4 ат. %  $Cd$  и 0,5 ат. %  $As$ , а  $ZnAs_2$  растворяет при 550<sup>00</sup> 0,2 ат. %  $Zn$  и 0,4 ат. %  $As$ .

3. На основании анализа изменения  $\rho$  составом пикнометрической плотности и постоянных решетки определены типы твердых растворов в области гомогенности  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$ ;  $CdAs_2$  с кадмием образует твердые растворы вычитания, а с мышьяком - замещения;  $ZnAs_2$  с цинком - твердые растворы вычитания.

4. Установлено влияние скоростей охлаждения на фазовый состав при кристаллизации расплавов в системе  $Cd-As$  в интервале концентраций 60-70 ат. %  $As$ ; при скоростях охлаждения менее 25 град/час кристаллизация расплавов происходит по стабильной части диаграммы состояния  $Cd-As$ , при увеличении скорости охлаждения ~100 град/час образуются метастабильные фазы, при дальнейшем увеличении скорости охлаждения возможно образование стекла.

5. Показано, что введение иода способствует стеклообразованию расплавов кадмия с мышьяком; установлена область стеклообразования в системе  $Cd-As-J$ ; получены образцы стекла диаметром более 40 мм; обладающие высокой оптической прозрачностью в ИК диапазоне длин волн в интервале 2-25 мкм.

6. Измерена температурная зависимость давления пара над  $CdAs_2$ , определены оптимальные условия роста монокристаллов из газовой фазы, выявлена зависимость форм роста объемных, пластинчатых и игольчатых монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$ .

7. Разработана технология монокристаллов  $CdAs_2$  и  $ZnAs_2$  по методу направленной зонной перекристаллизации расплава.

8. Измерены термоэлектрические свойства монокристаллов диарсенидов кадмия и цинка, обнаружена значительная анизотропия термо-э.д.с., для  $CdAs_2$  она может достигать ~1000 мкВ/град.

9. Изготовлены и испытаны приемники тепловых потоков на базе анизотропных термоэлементов  $CdAs_2$  с чувствительностью 1-1,5 в/вт и инерционностью менее секунды, что в несколько раз превосходит параметры приемников на основе других анизотропных полупроводников.

10. Приемники тепловых потоков на базе  $CdAs_2$  используются на предприятии п/я Г-4461 для измерения индикатрис отражения технических материалов.

Основное содержание диссертационной работы доложено на III и IV Всесоюзных координационных совещаниях по полупроводниковым соединениям  $A^{IV}B^V$ , г. Душанбе 1976 г., Ужгород 1978 г., на научных конференциях ИОНХ АН СССР 1977, 1978 гг., на семинарах лабораторий химической термодинамики ИОНХ и физики полупроводников ФТИ им. С.У. Умарова АН Тадж.ССР. Основное содержание диссертационной работы опубликовано:

1. Р.А. Кариева, Б.Хусейнов, С.Ф. Маренкин, „Изучение диаграммы состояния  $Cd-As$  в области существования соединения  $CdAs_2$ “, Тезисы докл. III Всесоюзного координационного совещания по полупроводниковым соединениям  $A^{IV}B^V$ , стр. 21, г. Душанбе, 1976.

2. С.Ф. Маренкин, С.И. Максимова, Б.Хусейнов, В.Я. Шевченко, „Исследование области гомогенности  $CdAs_2$ “, Неорганические материалы, т. 14, №3, 397-400, 1978.

3. В.Б. Лазарев, С.Ф. Маренкин, Б.Хусейнов, В.Я. Шевченко, А.И. Чернов, „Стеклообразование в системе  $Cd-As-J$ “, ДАН СССР,

т.238, №3, 586-587, 1978.

4. С.Ф.Маренкин, Р.А.Кариева, Б.Хусейнов, С.И.Максимова, К.К.Бельский „Исследование области гомогенности диарсенидов цинка и кадмия“, Тезисы докл. IV Всесоюзного координационного совещания по полупроводниковым соединениям  $A^{II}B^V$ , стр. 28, Ужгород, 1978.

5. Р.А.Кариева, Б.Хусейнов, С.Ф.Маренкин „Стеклообразование в системе  $Cd-As-J$ “, Тезисы докл. IV Всесоюзного координационного совещания по полупроводниковым соединениям  $A^{II}B^V$ , стр.30 Ужгород, 1978.

6. В.В.Соболев, В.И.Донецких, А.И.Козлов, С.Г.Кронтору, В.Я.Шевченко, Б.Хусейнов „Прецизионные спектры отражения кристаллов диарсенидов цинка и кадмия“, Тезисы докл., IV Всесоюз.координационное совещ. по полупроводниковым соединениям  $A^{II}B^V$ , стр.55, Ужгород, 1978.

7. В.П.Саныгин, Б.Хусейнов „Изучение структуры и состава пленок  $CdAs_2$ “, Тезисы докл. IV Всесоюз.коорд.совещания по полупроводниковым соединениям  $A^{II}B^V$ , стр.5-6, Ужгород, 1978.

8. В.Б.Лазарев, В.Я.Шевченко, О.А.Герашенко, С.Ф.Маренкин, С.А.Сажина, Б.Хусейнов „Диарсенид кадмия - новый высокоэффективный материал для анизотропных термоэлементов“, Тезисы докл. IV Всесоюз.коорд.совещания по полупроводниковым соединениям  $A^{II}B^V$ , стр. 58, Ужгород, 1978.

9. S. F. Marenin, B. Huseynov, V. J. Shevchenko, N. K. Belyskiy, „The growth of  $CdAs_2$  and  $ZnAs_2$  single crystals from the vapor phase“, *Journ. Cryst. Growth*, 44, 2, 259 (1978).

10. В.Б.Лазарев, В.Я.Шевченко, О.А.Герашенко, С.Ф.Маренкин Б.Хусейнов „Диарсенид кадмия - новый материал для анизотропных термоэлементов“, Неорган.материалы, т.14, №11, 1982, 1978.

11. В.Б.Лазарев, С.Ф.Маренкин, Б.Хусейнов, В.Я.Шевченко, А.П.Чернов "Стекло" положительное решение по заявке №2557350/29-33 (156874), 1978.

Подп. к печати 25.3.79 г.      Объем 1,0 п. л.      Заказ 34      Тир. 100

---

Типография МХТИ имени Д. И. Менделеева