

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского  
национального университета  
профессор Кушвахтзода К.Х.

«» 2021 год



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Диссертация «Исследование физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов на основе антимонида индия», на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04.- физическая химия выполнена на кафедре общей теоретической физики Кулябского Государственного университета им. А.Рудаки.

В период подготовки диссертации **Баротов Намозкул Иноятович** был соискателем кафедры общей и теоретической физики Кулябского государственного университета им. Абуабдуллох Рудаки. В настоящее время работает старшим преподавателем в Дангаринском государственном университете.

Научный руководитель- кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики Кулябского государственного университета Гафоров Сатор.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов было выдано 13.06.2021, №110.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Сделанные в работе выводы обоснованы различными физико-химическими методами исследований, а сама диссертационная работа является законченным научным исследованием. В результате проведенных исследований установлено, что соединения антимонида индия в твердом состоянии имеют полупроводниковый характер проводимости, а в жидком состоянии проявляет металлические свойства. При переходе из твердого состояния в жидкое исследованные параметры имеют скачок при температуре плавления. Это свидетельствует о разрушении кристаллической структуры дальнего порядка и химической ковалентной связи при

температуре плавления. Экспериментальные результаты температурных зависимостей коэффициентов электропроводности, термо-эдс, Холла, теплопроводность и другие коррелируют между собой. Такие результаты получены в образцах антимонида индия и антимонида индия легированного серебром.

Установлены экспериментальные температурные зависимости физико-химические параметры чистого антимонида индия и антимонида индия легированного серебром. Показано, что для теоретического описания экспериментальных результатов применены различные современные электронные модели, в частности М-модель.

Диссертационная работа **«Исследование физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов на основе антимонида индия»** является завершенным научным исследованием и по содержанию соответствует специальности 02.00.04-«Физическая химия», по которой представлена к защите.

**Личное участие автора.** Баротовым Н. И. проведены все экспериментальные исследования температурных зависимостей физико-химических параметров, обработаны результаты полученных данных методом наименьших квадратов и сформулированы основные выводы диссертации.

**Степень достоверности результатов проведенных исследований.** Достоверность полученных данных обеспечена и обоснована использованием в работе современных физико-химических современных методов исследований и обработки экспериментальных результатов методом наименьших квадратов.

**Новизна и практическая значимость диссертационной работы:**

-впервые проведены комплексные экспериментальные исследования температурных зависимостей коэффициентов электропроводности, термо-эдс и Холла.

-совершенствованы технологии синтеза и получения полимонокристаллических образцов антимонида индия и антимонида индия легированного серебром в лабораторных условиях.

-впервые получены образцы антимонида индия, легированного серебром и исследованы температурные зависимости физико-химических параметров.

- доказана индивидуальность существования соединения InSb в системе  $A^{III}B^V$ ;

- показано, что в системе  $A^{III}B^V$  образуются непрерывный ряд твердых растворов;

- впервые разработан держатель для исследования физико-химических параметров;

- усовершенствованы аппаратуры для синтеза и получения кристаллов  $A^{III}B^V$ ;

- исследована температурная зависимость теплоемкости соединения антимонида индия;

- рассчитаны термодинамические функции антимонида индия и антимонида индия легированного серебром;

- на основе экспериментальных данных по электропроводности, термоэдс и Холла рассчитаны концентрации и подвижность носителей заряда, энергия активации и др.

- рассчитаны температурные зависимости коэффициентов термоэлектрической добротности и показана их перспективность применения.

Эти параметры в значительной мере определяют кинетику и морфологию роста кристаллов различной физико-химической природы. Поэтому наличие такой корреляции позволяет регулировать процессы роста и осуществлять направленный синтез кристаллов бинарных соединений.

**Ценность научных работ соискателя** заключается в проведении комплексных экспериментальных исследований по разработке технологии получения поли- монокристаллов полупроводниковых соединений, в частности в бинарной системе In-Sb, а также в чистых и легированных антимонида индия.

- исследованы физико-химические, термоэлектрические и термодинамические свойства образцов в широком интервале температур, где:

- исследованы фазовые равновесия в соединении InSb;

- доказано существование индивидуальности соединений типа  $A^{III}B^V$ .

- В соединении InSb и InSb+Ag, определены основные параметры в чистом и легированных образцов, в твердом и жидком состоянии;

- на основе экспериментальных данных рассчитана концентрация и подвижность носителей заряда. (для данных образцов расчет вели впервые).

- определена температурная зависимость теплоемкости, определены отдельные ее составляющие части и установлены пределы экспоненциального закона температурной зависимости теплоемкости в соединениях  $A^{III}B^V$ . По данным теплоемкости рассчитана температурная зависимость термодинамических функций этих соединений.

- по температурным зависимостям физико-химических, электрофизических свойств соединений  $A^{III}B^V$  сделано заключение о том, что

наблюдаются радикальные изменения в структуре химической связи при переходе из твердого состояния в жидкое при плавлении и дальнейшем нагреве расплавов данных соединений;

-рассчитаны температурные зависимости коэффициента термоэлектрической эффективности (добротности) данных образцов, на основе которых сделаны предложения об их практическом применении;

- установлены экспоненциальные законы температурной зависимости подвижности носителей заряда и механизм их рассеяния.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 11 публикациях, которые достаточно полно отражают её содержание, из них 2 в научных журналах, рекомендованных ВАК Республики Таджикистан и РФ.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 20 научных работах, из них 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и 16 в материалах международных и республиканских конференций.

Список научных публикаций соискателя по теме диссертации:

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

#### **Статьи, опубликованные соискателя в научных журналах,**

#### **рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:**

1. Баротов Н.И., Гафоров С. Антимонида индия легированного серебром. Весник Таджикского национального университета, (научный журнал), 2021.(находится в печати)

3. С.К. Каримов, С. Гафоров, Н.И. Баротов, У.А. Гулматов. Исследование электрофизических свойств чистого и легированного антимонида галлия железом в зависимости от температуры. Весник Таджикского национального университета, (научный журнал) 1/4(168). Душанбе: «СИНО» 2015, с. 97-101.

4. Баротов Н.И., Гафоров С. Современные модели металлов и полупроводников в твердом и жидком состоянии. «Симург» - Научно медицинский журнал, Хатлонского государственного медицинского университета, № 10 (2), 2021, с. 136-139, Душанбе - «Бебок».

#### **Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:**

1. Н.И. Баротов, С. Гафоров. Физико-химические свойства соединений антимонида индия и антимонида индия легированного серебром. Институт технологий и инновационного менеджмента в городе Куляб, научно – популярный журнал, «Наука и технология XXI века», 2020 / №2(1) с. 48-55.

2. Штерн Ю.И., Гафоров С., Баротов Н.И., Собирова У. Электропроводность, термо-эдс и эффект Холла в антимониде галлия, легированного железом. Вестник Курган-тюбинского государственного университета имени Носира Хусрава, научный журнал, 2/2 (54) Бохтар-2018, с. 46-47.
3. Каримов С.К., Гафоров С., Баротов Н.И. Барическая зависимость магнетосопротивления InSb в условиях всестороннего сжатия. Вестник Курган-тюбинского государственного университета имени Носира Хусрава, 2/2 (54) Бохтар-2018.с. 27-28.
4. Электрофизические свойства антимонида галлия (GaSb), легированного хромом (Cr). Вестник Курган-тюбинского государственного университета имени Носира Хусрава 2/1 (52) Бохтар-2018. с. 29-33.
5. С. Ситамов, Н.И. Баротов, Ш.И. Холов. Изменение эффективной массы и некоторые физические свойства соединения  $A^{III}Sb$  в твердом и жидком состоянии. «Симург» - Научно медедсинский журнал 1'2019, Ежеквартальное издание Хатлонского государственного медетсинского университета, с.46-51.
6. Баротов Н.И., Нуров Қ., Олимов А.Р., Масъалаҳои умумии масолеҳшиносӣ дар рушди ояндаи техникӣ. Материалы международной научно-методической конференции химия производных глицерина: синтез, свойства и аспекты использования. Дангара-2016, с. 73-74.
7. Тошматов А.Д., Усмонов С.Д., Баротов Н.И. Модель ионного движения фтора в кристаллической структуре. Маводи конфронсиилми- методии чумхуриявӣ «проблемҳои актуалии физика» бахшида ба 70 – солагии аълоҷии маорифи чумхурии Тоҷикистон, дотсенти кафедраи методикаи таълими физикаи ДДОТ ба номи С. Айни с. 150-151, Душанбе-2009с.
8. Кальцов А.Ш., Гафоров С., Баротов Н.И., Шарипов А. П. Некоторые физические свойства чистых и легированных GaSb, GaSb+Cr, GaSb+GaAs. VI-я международная научно теоретическая конференция: «Физико-химические основы получения комплекса свойств полупроводниковых, композиционных и диэлектрических материалов». Рес. Таджикистан г. Куляб 25-27 декабря 2013, Душанбе «Бухоро» 2014, 6-8ст.
9. Айвазов А. А., Гафоров С., Баротов Н.И., Собирова У. Экспериментальное исследование электропроводность и термо-ЭДС в  $Bi-ViMn$ . VI-я международная научно теоретическая конференция: «Физико- химические основы получения комплекса свойств полупроводниковых, композиционных и диэлектрических материалов». Рес. Таджикистан г. Куляб 25-27 декабря 2013, Душанбе «Бухоро» 2014, с. 39-40.
10. Штерн Ю.И., Гафоров С., Баротов Н.И., Собирова У. Электропроводность, термо-ЭДС и эффект Холла в антимониде галлия легированного железом. VI-я международная научно теоретическая конференция: «Физико- химические

основы получения комплекса свойств полупроводниковых, композиционных и диэлектрических материалов». Рес. Таджикистан г. Куляб 25-27 декабря 2013, Душанбе «Бухоро» 2014, с. 41-44.

11. Каримов С. К., Гафоров С., Баротов Н.И., Технологические процессы получения полупроводниковых материалов в космосе. VI-я международная научно теоретическая конференция: «Физико- химические основы получения комплекса свойств полупроводниковых, композиционных и диэлектрических материалов». Рес. Таджикистан г. Куляб 25-27 декабря 2013, Душанбе «Бухоро» 2014, с. 65-70ст.

12. Каримов С. К., Гафоров С., Баротов Н.И., Механизм формирования неоднородности в  $INSb$ . VI-я международная научно теоретическая конференция: «Физико- химические основы получения комплекса свойств полупроводниковых, композиционных и диэлектрических материалов». Рес. Таджикистан г. Куляб 25-27 декабря 2013, Душанбе «Бухоро» 2014, с. 82-85.

13. Гафоров С., Баротов Н.И. Применение м-модели к описанию расплава антимонида индия. Матералы республиканская научно-теоретическая конференция «Актуальные проблемы науки и образования в условиях глобализации» в честь 75-летия Кулябского государственного университета имени А. Рудаки, (часть 1), Куляб-2020, с. 133-138.

14. Каримов С. К., Гафоров С., Баротов Н.И., Исследование электрофизических свойств в расплавах халкогенидов серебра. Матералы республиканская научно-теоретическая конференция «Актуальные проблемы науки и образования в условиях глобализации» в честь 75-летия Кулябского государственного университета имени Абуабдулло Рудаки, (часть 1), Куляб-2020, с. 133-138.

15. С.К. Каримов, С. Гафоров, Н. Баротов, С. Ситамов. Обоснование металлизации жидкого антимонида индия. Материлы международной научно практической конференции ГОУ Хатлонского государственного медицинского университета (1-я годовичная), посвященной «Годом развития села, туризма и народных ремёсел (2019-202.)», 25 декабря 2020-Дангара, с. 359-364.

16. Н. И. Баротов, С.К. Каримов, С. Гафоров, С. Ситамов. Электрофизические свойства антимонида индия и антимонида индия легированного серебром. Материлы международной научно практической конференции ГОУ Хатлонского государственного медицинского университета (1-я годовичная), посвященной «Годом развития села, туризма и народных ремёсел (2019-202.)», 25 декабря 2020-Дангара, с. 276-278.

Учитывая вышеизложенное, расширенное заседание кафедры

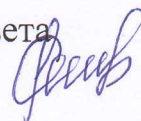
неорганической и аналитической химии с участием ведущих ученых ТНУ рекомендуют к защите диссертационную работу Баротову Намозкула Иноятовича на тему: **«Исследование физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов на основе антимонида индия»**, представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04- физическая - химия.

На заседании присутствовало 58 человек, в том числе 4 доктора химических и технических наук, 25 доцентов и старшие преподаватели, ассистенты.

Результаты голосования: «за»-58 человек, «против»- нет, «воздержалось» - нет.

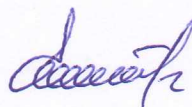
Постановление №04 от 15.06.2021г.

Председатель Малого диссертационного совета  
химического факультета ТНУ, доцент



Файзуллозода Э.Ф.

Секретарь Совета, к.х.н., доцент



Ёрмамадова С.Г.

Подписи кандидата химических наук, декана химического факультета Таджикского национального университета Э.Ф. Файзуллозода и секретаря Совета, кандидата химических наук, доцента С.Г. Ёрмамадовой утверждаю:

Начальник управления кадров  
и спецстаи ТНУ



Тавкиев Э.Ш.