

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.076.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.12.2020 г. № 1

О присуждении Калмыкову Рустаму Мухамедовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Влияние примеси CdSe на термоэлектрические свойства сплавов PbTe» по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 05.10.2020г., протокол № 1, диссертационным советом Д 212.076.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования РФ, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, созданного приказом № 714/нк от 02.11.2012г.

Соискатель Калмыков Рустам Мухамедович, 1992 года рождения, в 2015г. окончил ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», в 2019г. окончил очную аспирантуру по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», получив диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель исследователь» по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия; с 01.09.2019г. работает старшим преподавателем кафедры физических основ микро- и нанoeлектроники Института информатики, электроники и робототехники ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Диссертация выполнена на кафедре электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Научный руководитель – Кармоков Ахмед Мацевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Официальные оппоненты:

Палчаев Даир Каирович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики конденсированного состояния и наносистем ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», г. Махачкала;

Сдобняков Николай Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, в своем положительном отзыве, подписанном деканом Факультета радиотехники и электроники, доктором технических наук, доцентом Небольсиним В.А. и утвержденным Первым проректором ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» доктором технических наук, профессором Дроздовым И.Г., указала, что диссертационная работа Калмыкова Р.М. является самостоятельной и завершенной научно-квалификационной работой, которая имеет несомненную научно-практическую ценность. В заключении отмечается, что представленное диссертационное исследование удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.п. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 года № 842), а ее автор, Калмыков Рустам Мухамедович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Калмыков, Р.М.** Методические особенности синтеза полупроводниковых сплавов на основе теллурида свинца / **Р.М. Калмыков, А.М. Кармоков** // Известия КБГУ. – 2016. – Т.6. – №4. – С. 31-34.

2. **Калмыков, Р.М.** Влияние изотермического отжига на электропроводность и термоЭДС PbTe, легированного CdSe / **Р.М. Калмыков, А.М. Кармоков** // Прикладная физика. – 2017. – №4. – С. 55-59.

3. **Калмыков, Р.М.** Удельная электропроводность и термоЭДС соединения PbTe с примесями CdSe / **Р.М. Калмыков**, А.М. Кармоков, Х.Х. Лосанов // Известия КБГУ. – 2017. – Т.7. – №3. – С. 71-74.

4. Кармоков, А.М. Зависимость площади межфазной поверхности в поликристаллах и композиционных материалах от концентрации и геометрии наночастиц / А.М. Кармоков, **Р.М. Калмыков**, О.А. Молоканов, О.О. Молоканова // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – Т.3. – №10. – С. 449-453.

5. Кармоков, А.М. Термоэлектрическая добротность композита PbTe-углеродные наночастицы / А.М. Кармоков, О.О. Молоканова, **Р.М. Калмыков**, О.А. Молоканов, М.М. Кармоков, А.Х. Дышекова, А.А. Усаев // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – Т.1. – №11. – С. 76-81.

6. **Калмыков, Р.М.** Температурные и концентрационные зависимости электропроводности и термоЭДС соединения PbTe с примесями CdSe / **Р.М. Калмыков**, А.М. Кармоков // *Известия вузов. Физика*. – 2018. – Т.61. – №3. – С. 76-81.

Kalmykov R.M. Temperature and concentration dependences of the electrical conductivity and thermal EMF of the PbTe compound with CdSe impurities / **R.M. Kalmykov**, А.М. Karmokov // *Russian Physics Journal*. – 2018. – Vol. 61. – №3. – P. 484-490.

7. Karmokov А.М. Electrophysical properties of PbTe doped with CdSe / А.М. Karmokov, **R.M. Kalmykov**, Z.V. Shomakhov // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 816, (2017).

8. **Kalmykov R.M.** The influence of structural and phase changes on the thermoelectric properties of PbTe doped with CdSe/ **R.M. Kalmykov**, А.М. Karmokov, Z.V. Ansokova // *Nano Hybrids and Composites*. – 2020. – Vol. 28. – P. 20-25.

9. ПАТЕНТ РФ №2642890. Кармоков А.М., **Калмыков Р.М.** Способ получения термоэлектрического материала для термоэлектрических генераторных устройств на основе теллурида свинца. 29.01.2018. Бюл. №4.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) *положительный отзыв от официального оппонента Палчаева Даира Каировича*, где имеются замечания:

– исследования температурных зависимостей удельной электропроводности и коэффициента термоЭДС, которые являются одними из основных характеристик термоэлектрических материалов, диссертант выполнил хорошо апробированными методами, представленными в литературе еще в прошлом веке. Поэтому может быть, было и не обязательно подробно представлять их в работе. Однако, для оценки коридора ошибок

полученных значений по этим свойствам, необходимы сведения об особенностях реализации известных методик с указанием геометрических размеров образцов, в том числе, размеров рабочего участка крепления зондов, а также основных характеристик измерительных приборов. Это необходимо для повышения значимости полученной базы данных, следовательно, и результатов анализа зависимостей значений соответствующих свойств от содержания «примеси» CdSe;

– в работе нет сведений о структурах образцов до отжига, а также являлись ли они равновесными, что можно было установить путем повторного исследования хотя бы одного свойства. База данных по свойствам для исследованных образцов до отжига представляла бы такую же ценность, как и результаты для них после отжига. Значимость сравнительного анализа свойств образцов до и после отжига при этом была бы явно выше.

2) положительный отзыв от официального оппонента Сдобнякова Николая Юрьевича, в котором имеются следующие замечания:

– не достаточно подробно описаны имеющиеся изломы на графиках температурных зависимостей термоэлектрических параметров и причины их проявления;

– в тексте диссертации не понятна надпись на рис. 43 диаграммы состояния системы PbTe-CdSe. Имеется ввиду новые данные диаграммы состояния системы или поправки к ней?

– для сравнения и выбора более оптимальных значений термоэлектрических параметров действительно достаточно ограничиться концентрацией добавляемой примеси CdSe в 10 мол%?

– автор не обосновывает выбор режимов изотермического отжига, а именно, температуру 750 К в течение 10 часов. Возможно, в результате длительного отжига более, чем 10 часов, были бы получены весьма интересные научные результаты;

– остается неясным, почему при изменении концентрации примеси CdSe от 7 до 10 мол% существенным образом изменяется степень влияния изотермического отжига на характер температурной зависимости мощности (рис. 71 и 72);

– в некоторых литературных ссылках пропущено названия статьи.

3) положительный отзыв от ведущей организации с замечаниями:

– в работе автором не поясняется, почему для проведения изотермического отжига выбрана температура 750 К;

– для оценки эффективности работы термоэлектрических преобразователей чаще всего пользуются так называемой

термоэлектрической добротностью, которая определяется формулой (1.3), представленной в работе. Однако, автор ограничился лишь определением термоэлектрической мощности, что не позволяет эффективно оценить практическую применимость разработанных и исследованных в работе материалов;

– в дальнейшем следовало бы измерить также и электрофизические свойства образующихся новых фаз, что возможно дало бы объяснение особенностей кривых температурных зависимостей;

– в тексте диссертации имеются также замечания по оформлению работы:

- некоторые подписи к рисункам оторваны от самих рисунков (например, рис. 55, 56), что затрудняет чтение текста;

- оформление отдельных литературных источников выполнено с нарушением стандартов (например, 25, 26, в которых отсутствует название работы).

4) положительный отзыв от Камилова Ибрагимхана Камиловича, член-корреспондента РАН, доктора физико-математических наук, профессора, руководителя отдела физики фазовых переходов Института физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского федерального исследовательского центра Российской Академии Наук (г. Махачкала). Имеется следующее замечание:

– в качестве недостатка следует отметить то, что следовало бы более подробно описать влияние фазового состава на термоэлектрические свойства по сравнению с однородным материалом;

5) положительный отзыв от Мирошниковой Ирины Николаевны, доктора технических наук, профессора, директора Института радиотехники и электроники, заведующей кафедрой электроники и наноэлектроники ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (г. Москва). Имеется следующее замечание:

– в качестве недостатка можно отметить только несколько излишнее для автореферата описание технологии синтеза (стр. 7) и небольшую небрежность в оформлении рисунка 9;

6) положительный отзыв от Саввина Владимира Соломоновича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры общей и специальной физики Обнинского института атомной энергетики-филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Обнинск). Имеется следующее замечание:

– известно, что халькогениды обладают заметной летучестью. Представляется, что в автореферате уделено недостаточно внимания

возможному изменению состава некоторых сплавов в результате испарения теллура в процессе исследования теплофизических параметров;

7) положительный отзыв от Борлакова Хисы Шамиловича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры общепромышленных и естественнонаучных дисциплин Северо-Кавказской государственной академии (г. Черкесск). Имеется следующее замечание:

– из текста автореферата не вполне ясно, позволяет ли созданная автором методика получить только сплавы на основе РbTe или можно и другие соединения?

8) положительный отзыв от Бойко Антона Николаевича, кандидата технических наук, доцента кафедры микроэлектроники Национального исследовательского университета «МИЭТ» (г. Москва). Имеется следующее замечание:

– для представленных данных по изменению параметров решетки сплавов в зависимости от концентрации примесей не указаны значения погрешностей. Вследствие этого характер графического отображения зависимостей (рис. 3-4 автореферата) не является очевидным. Замечание касается и ряда других графиков, представленных в автореферате.

9) положительный отзыв от Кутуева Руслана Азаевича, проректора по общим вопросам, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет». Имеется следующее замечание:

– к сожалению, в автореферате представлены результаты исследования на сканирующем электронном микроскопе только для РbTe и сплава РbTe с примесями CdSe 0,5 мол%. Автору следовало бы представить результаты исследования всех образцов для проведения сравнительного анализа.

Во всех отзывах отмечаются несомненная актуальность и новизна исследования, высокий научный уровень, а также личный вклад диссертанта в разработку темы. Отмеченные недостатки не снижают значимость представленного исследования и носят частный характер.

В отзывах констатируется, что диссертационная работа «Влияние примеси CdSe на термоэлектрические свойства сплавов РbTe» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Калмыков Рустам Мухамедович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации

обосновывается тем, что:

– официальные оппоненты являются компетентными специалистами в области фундаментального, теоретического и экспериментального изучения теплофизических и электрофизических свойств, процессов и явлений, протекающих на границах раздела фаз при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах, а также компетентны в вопросах разработки физических основ технологии получения материалов с определенными свойствами;

– Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет» занимает достойное место на международной арене и является широко известным научно-образовательным центром, специализирующимся в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **представлена** разработанная новая методика получения однородных сплавов на основе полупроводниковых соединений теллурида свинца путем воздействия на жидкий расплав ультразвуковыми волнами;

– **впервые проведены** исследования структурных и фазовых изменений в сплавах PbTe при добавлении примесей CdSe методами рентгеновской дифрактометрии и сканирующей электронной микроскопии;

– **получены** новые температурные зависимости удельной электропроводности, коэффициента термоЭДС и термоэлектрической мощности полупроводниковых соединений на основе PbTe с примесями CdSe;

– **установлено** влияние изотермического отжига на температурные зависимости удельной электропроводности, коэффициента термоЭДС и термоэлектрической мощности в сплавах PbTe с примесями CdSe.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **установлены** температурные зависимости теплофизических свойств сплавов PbTe с примесями CdSe, которые могут быть использованы для развития теории фазовых переходов в сложных полупроводниковых материалах;

– **показано** изменение параметра решетки a в сплавах PbTe с примесями CdSe и в образующейся в них новой фазы CdTe, а также значительное уменьшение данного параметра при концентрациях примеси CdSe больше 5 мол%;

– **выявлены** структурные изменения в сплавах PbTe с содержанием примеси CdSe 0,5; 1; 2; 3; 5; 7 и 10 мол%, а также их влияние на

температурные зависимости термоэлектрических параметров и энергии активации проводимости при изотермическом отжиге;

– **проведена** количественная оценка вклада электропроводности образующихся новых фаз в матрице основного компонента PbTe на основе теории Максвелла для обобщенной проводимости изотропной среды с включениями частиц сферической формы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что экспериментальные результаты структурных и фазовых изменений, температурных зависимостей удельной электропроводности, коэффициента термоЭДС и термоэлектрической мощности сплавов на основе PbTe с примесями CdSe можно использовать для дальнейшего развития физики термоэлектрических материалов, а также включить в справочные издания по теплофизическим свойствам полупроводниковых материалов. Также они могут найти практическое применение при создании приборов и устройств микро- и нанoeлектроники, новых композиционных материалов, термоэлектрических преобразователей и др. Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс Института информатики, электроники и робототехники КБГУ им. Х.М. Бербекова и используются студентами направления «Электроника и нанoeлектроника» при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ (бакалаврских работ и магистерских диссертаций), а также при проведении учебных занятий с аспирантами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее: использованные в диссертационной работе основные научные положения, данные экспериментальных измерений и выводы физически обоснованы и согласуются с известными теоретическими и экспериментальными данными. Достоверность полученных данных также обеспечена тщательным и многократным исследованием каждого образца на сертифицированном оборудовании с применением широкого комплекса современных взаимодополняющих аттестованных методов. Основные результаты и сделанные выводы неоднократно докладывались и обсуждались на различных научных форумах.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в научных экспериментах, определении основных методов решения поставленных задач, обсуждении полученных результатов, формулировке выводов, личном участии в апробации результатов исследования, разработке экспериментальных установок.

На заседании 14.12.2020 г. (протокол №1) диссертационный совет принял решение присудить Калмыкову Рустаму Мухамедовичу учёную

степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.14, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против 0, воздержавшихся 0.

И.о. председателя

диссертационного совета

д. ф.-м. н., профессор



О.Г. Ашхотов

Ученый секретарь

диссертационного совета

д. ф.-м. н., профессор

А.А. Ахкубеков

17.12.2020г.