

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Борисенко Е.Б. «Фазовые превращения и рекристаллизация галогенидов и халькогенидов металлов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния**

Исследуемые в работе щелочногаллоидные кристаллы (ЩГК) – соединения АПВVI, АПВVI давно и успешно используются в лазерной оптике ИК диапазона. В последнее время потребность в этих материалах растет, поскольку благодаря ряду свойств они могут успешно применяться и в других практически важных приложениях. Так, ЩГК могут быть использованы одновременно в ИК и ТГц диапазонах, например, в лазерах с двойной накачкой. Широкозонные кристаллы халькогенидов цинка и кадмия, обеспечивающие высокое разрешение детекторов ионизирующих излучений, при определенных химических составах могут работать при комнатной температуре, т.е. без охлаждения. Халькогениды галлия GaSe, GaS с гексагональной решеткой эффективны для применения в качестве преобразователей частот в ИК и ТГц диапазонах благодаря высокому коэффициенту нелинейной восприимчивости.

Поэтому создание новых материалов на базе традиционных и разработка методик для получения кристаллов с заданными свойствами, включая легирование, различные послеростовые обработки являются актуальными задачами. В этой связи приобретает теоретическое и практическое значение изучение стабильности структуры и свойств исследуемых кристаллических материалов после различных воздействий, изучение фазовых превращений произошедших при затвердевании и в твердом состоянии после различных обработок.

Новые результаты, полученные в работе, имеют научное значение в области исследования фазовых переходов в неметаллических системах и могут применяться на практике.

На основе проведенных исследований автор показала в своей диссертационной работе, что после таких обработок, как пластическая деформация и легирование, в исследуемых кристаллах происходит рекристаллизация, которая может привести к деградации приобретенных свойств. На основании исследования механизмов и кинетики рекристаллизации и старения в ЦГК при комнатной температуре после пластической деформации разработаны оптимальные режимы легирования и деформации, обеспечивающие высокую длительную прочность этих материалов при сохранении прозрачности в ИК диапазоне на уровне монокристаллов. Автором предложены условия термообработки ЦГК, снижающие гигроскопичность этих кристаллов. Разработанные методики позволят повысить износостойкость и увеличить срок службы оптических элементов из этих кристаллов.

В работе получены новые керамические материалы из нанопорошков соединений CdTe, Cd-Zn-Te, Zn-Se-Te. Фазовый анализ нанопорошков, полученных из паровой фазы, показал, что они неоднородны по своему фазовому составу. В зависимости от условий получения, они содержат в различных соотношениях гексагональную и кубическую фазы. Обнаружено, что при пластической деформации происходит переход из метастабильной гексагональной в стабильную кубическую модификацию. На основании проведенных экспериментов в диссертационной работе предложены режимы холодного прессования этих порошков и отжига, позволившие получить однофазные керамические материалы высокой плотности с решеткой сфалерита.

Экспериментально показана перспективность выращивания методом движущегося нагревателя в условиях микрогравитации монокристаллов Cd-Zn-Te высокого качества, требуемого для материалов детекторов.

Впервые в ходе исследований было обнаружено влияние внешних условий роста из расплава на характер затвердевания халькогенидов галлия: наблюдался переход от нормального к дендритному росту в кристаллах GaSe

и GaTe. Показано, что дендриты - это фрактальные объекты, рост которых описывается моделью ограниченной диффузией агрегации кластеров (ОДА), вычислена их размерность Хаусдорфа. Получены монокристаллы  $\text{GaSe}_{1-x}\text{S}_x$  во всем диапазоне концентраций легирующего вещества (серы). Показано, что они представляют собой непрерывный ряд твердых растворов, что может быть использовано для создания варизонных гетероструктур. Предложены способы легирования при кристаллизации эрбием, позволяющие заметно увеличить растворимость эрбия по сравнению с известными данными, что позволит повысить нелинейные характеристики кристаллов. Основные результаты работы отражены в автореферате, а также содержатся в журналах высокого рейтинга из списка WoS (30 статей, 1 монография) и в патентах на изобретение (13 патентов РФ). Несмотря на разнообразие исследуемых материалов, диссертация представляет собой целостный заверченный научный труд, который вносит вклад в область исследований фазовых и структурных превращений в кристаллах диэлектриков и полупроводников.

При общей положительной оценке реферата необходимо сделать следующие замечания.

1. В работе получены кристаллы халькогенидов галлия, легированные эрбием с повышенной растворимостью эрбия в твердом растворе. Согласно литературным данным, повышение растворимости эрбия способствует повышению нелинейных характеристик материала. Однако, в работе нет измерений, подтверждающих это. Из реферата непонятно, проводились ли на этих образцах тесты каких-либо оптических свойств.
2. Пункты, входящие в “Положения, выносимые на защиту” в ряде случаев повторяют те, что указаны в разделе “Научная новизна”.

Данные замечания не снижают высокую оценку проделанной автором работы, ее научную и практическую значимость, достоверность полученных результатов.

Автореферат свидетельствует о том, что представленная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении научных степеней» (пункты 9-14), утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (с изменениями «Положения» от 10 ноября 2017 года), а ее автор – Борисенко Елена Борисовна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

**Благин Анатолий Вячеславович,**  
**заведующий кафедрой «Физика» Донского государственного**  
**технического университета (ДГТУ), доктор физико-математических**  
**наук по научной специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного**  
**состояния», профессор.**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ДГТУ)

344000, ЮФО, Ростовская область, г.Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.

Телефон +7 (951) 4911522

e-mail [a-blagin@mail.ru](mailto:a-blagin@mail.ru)

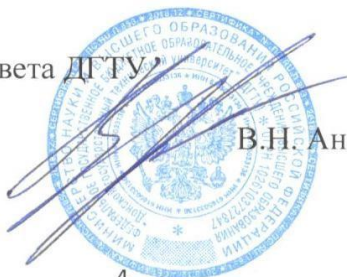


Благин А.В.

21.09.2021

Подпись заведующего кафедрой «Физика», д.ф.-м.н. Благина А.В.  
удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета ДГТУ



В.Н. Анисимов