

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Гаваляна Мамикона Юрьевича "Влияние кристаллографической ориентации и примесного состава на оптические, диэлектрические и теплофизические характеристики кристаллов германия и парателлурита", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Гаваляна М.Ю. посвящена исследованию современными методами оптических и тепловых свойств кристаллов германия, а также диэлектрических и тепловых характеристик кристаллов парателлурита. Основные направления исследования: определение влияния предыстории кристаллов германия их кристаллографической ориентации, дислокационной структуры и видов допирования на оптические характеристики в ИК-области спектра; оценка изменения диэлектрической проницаемости (действительной и мнимой компонент) монокристаллов парателлурита при изменении кристаллографической ориентации исследуемой поверхности кристалла; определение коэффициентов теплопроводности и температуропроводности кристаллов германия и парателлурита.

### **Актуальность темы диссертации**

Развитие оптического приборостроения и лазерной техники, работающих в ИК-области спектра, а также расширение номенклатуры спектральных и акустооптических приборов обуславливают значительный интерес к проблеме выращивания крупногабаритных кристаллов германия и парателлурита высокого качества и аттестации свойств кристаллов и деталей из них. В настоящее время актуальными направлениями исследования являются: выявление закономерностей анизотропии свойств выбранных кристаллов и оценка применимости новых методов исследования и контроля характеристик кристаллов, особенно в части крупногабаритных кристаллов.

## Характеристика диссертационной работы

Работа Гаваляна М.Ю. удачно сочетает комплексный подход решения поставленных задач и высокий экспериментальный уровень выполненных исследований. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка публикаций автора и списка цитируемой литературы. Она представляет законченную научную работу. Стержнем работы является методическая часть, включающая современные методы определения оптических и тепловых характеристик кристаллов, также измерение диэлектрической проницаемости кристаллов парателлурита.

Обзор литературы, приведенный в первой главе работы и описание методической части исследования во второй главе представляется логичным и достаточно полным. Главы третья и четвертая являются результатами исследований полученных автором.

В третьей главе приведены результаты исследований диэлектрических и теплофизических свойств монокристаллов парателлурита. Установлена анизотропия диэлектрической проницаемости парателлурита и частотные зависимости действительной и мнимой компонент диэлектрической проницаемости при температурах 30 °С до 360 °С.

Четвертая глава посвящена определению оптических и тепловых характеристик кристаллов германия. Исследование спектров пропускания кристаллов германия, легированных примесями Sb, Bi, Co, Ga, Al, Ni, а также легированного сурьмой бездислокационного германия показало, что максимальным пропусканием обладают монокристаллы, легированные примесью электронного типа (Sb, Bi) с проводимости 5–10 Ом·см. Зафиксировано положение пиков фононного поглощения с частотами 841, 749, 645 см<sup>-1</sup>. Также выполнены спектральные исследования монокристаллов германия с высоким содержанием кислорода, полосу поглощения на частоте 855 см<sup>-1</sup> автор относит к последнему. Определена оптическая однородность крупногабаритных кристаллов германия и пропускание германия в терагерцовом диапазоне длин волн излучения.

В каждом параграфе приведена обоснованная и ясная интерпретация экспериментальных результатов.

### **Новизна и достоверность результатов и выводов**

Выдвигаемые соискателем на защиту положения четко сформулированы и обоснованы. В работе используются современные высокочувствительные методики для определения свойств кристаллов. Некоторые выводы работы получены за счет совместного использования методик основанных на разных физических принципах. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

### **Научная и практическая значимость работы**

В диссертации получен ряд новых научных результатов. В первую очередь следует отметить научную значимость следующих результатов автора:

- приведены результаты исследования анизотропии оптических свойств кристаллов германия и диэлектрической проницаемости парателлурита,
- определена оптическая неоднородность крупногабаритных кристаллов германия, предложены критерии оценки качества кристаллов; выявлены закономерности влияния примеси на пропускание излучения в кристаллическом германии в инфракрасном и терагерцовом спектральном диапазоне;
- впервые определено положение фоновых и «кислородных» полос поглощения в кристаллах германия,
- установлена зависимость коэффициента теплопроводности для кристаллов парателлурита и германия от кристаллографического направления, а также для кристаллов германия n-типа от концентрации примеси.

Большая часть полученных автором экспериментальных результатов имеют практическое значение для дальнейшего исследования свойств кристаллов германия и парателлурита и оптимизации процесса выращивания крупногабаритных кристаллов высокого качества. Выполненная работа являются необходимым этапом решения научных и технологических задач.

Адаптированные методики являются уникальным инструментом исследования полупроводниковых кристаллов. Полученные результаты могут быть использованы в практической и научно-исследовательской деятельности связанной с разработкой оптических и акустических приборов нового поколения.

**По диссертационной работе следует сделать следующие замечания:**

- не приведены погрешности расчетных параметров полученных в результате исследования,

- отсутствуют рекомендации по изготовлению деталей из кристаллов германия и парателлурита,

- имеются недочеты по оформлению диссертации: неоправданно завышен объём 2 главы, не выдержан стиль написания текста, имеется ряд неточностей и опечаток в тексте диссертации (например стр.87- механизм дисперсии, стр.94-«мелкие» примеси, автореферат стр. 9 –изменение типа дисперсии, стр.14-размах величин ).

Отмеченные недостатки не снижают общего высокого уровня представленной диссертационной работы и не влияют на общую положительную оценку.

По материалам исследования автором опубликованы 13 работ, в том числе 9 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК для диссертаций по данной специальности, результаты апробированы на международных и всероссийских конференциях. Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

По актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости результатов диссертационная работа "Влияние кристаллографической ориентации и примесного состава на оптические, диэлектрические и теплофизические характеристики кристаллов германия и парателлурита" соответствует требованиям пунктов 9-14 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", предъявляемым ВАК

к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842), а ее автор Гавальян Мамикон Юрьевич, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Ведущий научный сотрудник  
АО «Научно-исследовательский и технологический  
институт оптического материаловедения  
Всероссийского научного центра  
«Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»,  
доктор технических наук

Ветров Василий Николаевич

26.04.2016

E-mail: [vasvetrov@mail.ru](mailto:vasvetrov@mail.ru)

192171, Санкт-Петербург, Бабушкина, 36/1.

0.