

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Гаваяна Мамикона Юрьевича «Влияние кристаллографической ориентации и примесного состава на оптические, диэлектрические и теплофизические характеристики кристаллов германия и парателлурифта» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Гаваяна М.Ю. посвящена исследованию особенностей оптических, диэлектрических и теплофизических характеристики кристаллов германия и парателлурифта в зависимости от примесного состава и кристаллографической ориентации.

Кристаллические германий и парателлурифт широко применяются в таких отраслях техники как оптоэлектроника, акустооптика, фотоэлектроника, лазерная техника. Работы по улучшению функциональных характеристик кристаллов за счет легирования, структурного совершенства при увеличении габаритов и разработка новых методов контроля основных оптических параметров являются весьма актуальными.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитированной литературы из 251 наименования. Оригинальная часть работы изложена в 9 научных публикациях автора в журналах из перечня ВАК.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, а также сформулированы цель и задачи исследования.

Первая глава содержит обзор литературы по теме диссертационной работы. Рассмотрены современные требования к качеству и характеристикам кристаллов германия и парателлурифта. Рассмотрена возможность улучшения характеристик кристаллов на основе легирования и совершенствования структуры.

Во второй главе приведены используемые в работе методики исследования оптических, диэлектрических и теплофизических свойств кристаллов германия и парателлурита. Приведено описание приборов, оборудования для экспериментальных исследований, используемых образцов.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований диэлектрических и теплофизических свойств монокристаллов парателлурита. Показано, что величины коэффициентов теплопроводности и диэлектрической проницаемости парателлурита зависят от кристаллографического направления, что напрямую связано с технологическими особенностями получения кристалла по методу Чохральского.

Четвертая глава посвящена изучению оптических и тепловых характеристик кристаллов германия. Проведены комплексные исследования крупногабаритных кристаллов германия диаметром 150 и 200 мм, выращенных разными методами. Получены спектральные зависимости монокристаллов германия, легированных примесями n и p - типа проводимости, а также сурьмой. Дана оценка оптического качества кристаллов. Легированные сурьмой кристаллы имеют высокое спектральное пропускание, близкое к теоретическому. Экспериментальным путем установлено, что коэффициенты теплопроводности и температуропроводности монокристаллов германия n – типа уменьшаются с ростом концентрации примеси сурьмы.

В работе использована методология комплементарного применения различных методов и средств для анализа характеристик кристаллов германия и парателлурита. Результаты теоретических положений и исследований хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными. Все вышесказанное свидетельствует о достоверности полученных



в работе результатов. Большая часть научных результатов диссертационной работы получена впервые.

Автор успешно справился с задачами, поставленными в диссертационной работе. К наиболее значимым можно отнести следующие научные результаты.

При исследовании свойств монокристаллов парателлуриата впервые показано, что значения диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  кристалла парателлуриата, выращиваемого по Чохральскому в направлении оси  $[1\bar{1}0]$ , отличаются от таковых в кристаллографически эквивалентных направлениях  $[110]$  и  $[010]$ . Обнаружена дисперсия  $\epsilon$  у образцов, вырезанных в направлениях, параллельных и перпендикулярных оптической оси  $[001]$ . Для параллельной ориентации мнимая составляющая в области низких частот линейно зависит от действительной части; в области высоких частот эта зависимость аппроксимируется дугой окружности. Для перпендикулярной ориентации подобные зависимости отсутствуют. Кроме того, с помощью диаграмм дисперсии  $\epsilon''(\epsilon')$  на кристаллах  $\text{TeO}_2$  впервые выявлены различия в поведении свойств образцов, вырезаемых из кристаллов в разных кристаллографических направлениях.

Установлено, что для низкой концентрации кислорода в монокристаллах германия (менее  $10^{15} \text{ см}^{-3}$ ), выращенных в вакууме, полоса поглощения соответствует частоте  $841 \text{ см}^{-1}$ . Для монокристаллов германия с высоким содержанием кислорода ( $10^{16} \dots 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ) наблюдается интенсивная полоса поглощения с максимумом при  $855 \text{ см}^{-1}$ .

Полученные в экспериментальной части работы данные представляют несомненный интерес как для дальнейшего развития теоретических представлений о механизмах формирования диэлектрических свойств технически ценных кристаллов, так и для развития технологии их выращивания.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертационной работе, являются хорошо обоснованными, поскольку основаны на детальном анализе оптических, диэлектрических и теплофизических свойств кристаллов германия и парателлурита.

Работа не лишена некоторых недостатков:

1. Список литературы (251 наименование) перегружен ссылками на работы прошлых десятилетий, включая публикации 40-х годов прошлого столетия. В то же время ссылки на современную литературу по тематике диссертации полностью не отличаются.
2. В тексте автореферата и диссертации встречаются стилистические неточности. Так, вывод 1 (...проницаемость, измеренная ... в процессе роста ...) допускает неоднозначное толкование (с. 17 автореферата); слово «контролёр» употреблено вместо «контроллер» (с. 43 диссертации) и др.
3. В главе 2 излишне подробно рассматриваются принципы работы и характеристики стандартной аппаратуры.
4. На рис. 3.10 (с. 90 диссертации) отсутствует кривая пироотклика 4, на рис. 3.11, а, в, г (с. 91) отсутствуют расчётные кривые 2.
5. В работе допущено одновременное применение международных и русских обозначений единиц физических величин.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают значимость и ценность работы. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертационной работы, а ее результаты являются хорошо апробированными, они докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

В целом диссертационная работа Гаваляна М.Ю. «Влияние кристаллографической ориентации и примесного состава на оптические, диэлектрические и теплофизические характеристики кристаллов германия и парателлурита» отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых



степеней, а ее автор Гавалян Мамикон Юрьевич заслуживает присуждения  
искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности  
01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры технологии металлов  
и материаловедения

Тверского государственного технического  
университета, доцент

Афанасьева Людмила Евгеньевна

3 мая 2016 г.

адрес: 170026 г.Тверь, наб. А. Никитина, 22

тел.: (4822)44-57-51, e-mail: common@tstu.tver.ru