

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Айдиняна Нарека Вааговича “Кинетика роста крупногабаритных монокристаллов парателлурита и германия в методе Чохральского”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность темы.

Развитие оптического приборостроения и лазерной техники, работающих в ИК-области спектра, а также расширение номенклатуры акустооптических приборов обуславливают в настоящее время значительный интерес к проблеме выращивания крупногабаритных кристаллов германия и пателлурита высокого качества. Усовершенствование технологии роста кристаллов и определение оптимальных условий получения для снижение дефектности крупногабаритных кристаллов с целью улучшения эксплуатационных характеристик оптических деталей из германия и элементов акустооптических приборов-актуальное направление оптического материаловедения.

Тема работы Н.В. Айдиняна: кинетика роста крупногабаритных монокристаллов пателлурита и германия полученных методом Чохральского, включающая решение теоретических и технологических вопросов с привлечением новых методик исследования и получения новых экспериментальных результатов весьма актуальна. Прикладные вопросы, связанные с тепломассопереносом при росте кристаллов и гидродинамикой на поверхности расплава, а также исследование дефектов структуры и оптических аномалий в крупногабаритных кристаллах пателлурита и германия изучаются в настоящее время.

Методы и объекты исследования.

Для успешного решения научных и технологических задач использовали комплексное исследование морфологии поверхности кристаллов методами

селективного травления, оптической, растровой, просвечивающей микроскопии, интерференционной профилометрии, а также микро рентгеновский анализ. Объектами исследования в работе были крупногабаритные кристаллы германия, выращенные из расплава методом Чохральского и направленной кристаллизации и монокристаллы парателлурита. Для определения температур в ростовой зоне использовали термопары и телевизионную аппаратуру, а также предложенный бесконтактный метод оценки температуры, основанный на фиксации цветных изображений поверхности.

Содержание работы.

Диссертация изложена на 158 страницах, включает 77 рисунков и 2 таблицы, разделена на введение, четыре главы, заключение и список литературы.

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи. Показаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава состоит из развернутого обзора литературы по теории роста кристаллов из расплава. Отражена специфика нормального и тангенциального механизма роста, а также кинетические характеристики роста кристалла. Приведены данные о влиянии примесей и гидродинамики расплава на кинетику роста кристаллов методом Чохральского. Рассмотрены способы оценки кинетических коэффициентов с помощью морфологических исследований габитуса выращенных кристаллов.

Во второй главе выведены формулы для расчета вертикальной и радиальной скоростей роста кристалла при выращивании методом Чохральского, учитывающие испарение расплава со свободной поверхности. Определены зависимости скорости вытягивания от времени при разращивании конической части кристаллов парателлурита и германия. Показана асимметрия процессов роста и плавления массивных кристаллов.

Третья глава посвящена методам измерения температурных полей в ростовой зоне. Приведен разработанный метод определения температуры, основанный на получении цветных цифровых изображений поверхности расплава в тигле в

процессе роста кристаллом. Измерено переохлаждение расплава при росте кристалла германия и парателлурита методом Чохральского, изучено зарождение и длительное существование в расплаве диоксида теллура конвективных ячеек – вихрей Тейлора.

В четвертой главе проведены исследования свойств монокристаллов парателлурита и германия. С помощью оптической микроскопии, интерференционной профилометрии, РЭМ, АСМ и гониометрии изучены габитус, морфология и микрорельеф боковых поверхностей и поверхностей отрыва у кристаллов. Обнаружены и проиндексированы грани кристаллов, характеризующие проявление нормального или тангенциального механизма роста. Изучена дислокационная структура поверхности кристаллов, измерено оптическое пропускание парателлурита и германия, а также оптическая однородность монокристаллов парателлурита методом коноскопии. Установлены технологические параметры выращивания кристаллов парателлурита и германия методом Чохральского, обеспечивающие преобладание тангенциального механизма роста по фронту кристаллизации.

В заключении сформулированы основные выводы по работе.

Новизна исследований и полученных результатов.

1. Предложена методика расчета вертикальной и горизонтальной скоростей роста кристаллов, учитывающая процесс испарения со свободной поверхности расплава при выращивании методом Чохральского, позволяющая проводить процесс при постоянной скорости. Определена константа испарения расплава диоксида теллура при температуре выращивания кристалла.

2. Определены кинетические коэффициенты для диоксида теллура и германия для нормального механизма роста кристалла по методу Чохральского.

3. Установлены температурные флуктуации на поверхности расплава для диоксида теллура и германия при выращивании крупногабаритных кристаллов. Показано, что гидродинамической режим с вихрями Тейлора обеспечивает постоянную форму фронта кристаллизации.

4. Доказано, что сингулярными гранями для реализации тангенциального механизма роста для кристаллов парателлурита являются грани тетрагональной призмы {110}, а кристаллов германия грани октаэдра {111}.

Практическая значимость полученных результатов.

Полученные автором теоретические и экспериментальные результаты имеют практическое значение для дальнейшего исследования свойств кристаллов германия и парателлурита, а также для оптимизации процесса выращивания крупногабаритных кристаллов высокого качества. Выполненная работа является необходимым этапом решения научных и технологических задач.

Адаптированные и разработанные методики исследования являются уникальным инструментом изучения морфологии поверхности не только кристаллов германия и парателлурита.

Общая оценка диссертационной работы.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, изложена грамотным, научным языком, содержит иллюстрации и таблицы, текст сопровождается ссылками на публикации. Однако, диссертационная работа не лишена некоторых недостатков:

-не достаточно аргументирован критериальный подход к описанию свойств расплава при выращивании крупногабаритных кристаллов германия и парателлурита методом Чохральского, отсутствуют некоторые данные используемые для их расчета.

- не приведена спектральная чувствительность матрицы цифровой камеры используемой для получения цветных изображений с последующим расчетом температуры поверхности расплава.

- разработанные методики исследования поверхности кристаллов не приведены в приложении к диссертации.

- имеются недочеты по диссертации: ошибочна ссылка на рисунок 3.18 (стр.99), дублируются литературные ссылки 118 и 119 (стр. 158), на спектрах пропускания кристаллов отсутствует толщина образца (стр.128).

Использование термина «морфология» не всегда корректно, например «морфология фронтов кристаллизации» (стр. 116).

Заключение.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку представленной работы. Список публикаций и представление результатов на конференциях свидетельствуют о высокой степени апробации работы. Текст диссертации не содержит существенных ошибок. Автореферат полностью отражает содержание работы.

Оценивая в целом диссертацию Айдиняна Н.В. можно утверждать: диссертационная работа законченное научное исследование выполненное автором на высоком методическом уровне. Новые научные результаты, полученные соискателем, имеют практическое значение для описания крупногабаритных кристаллов германия и парателлурита и для совершенствования процесса их выращивания. По объему решенных задач, актуальности исследования и практической значимости полученных результатов диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, изложенным в положении № 842 от 24.09.2013 г. «О присуждении ученых степеней» предъявляемых к кандидатским диссертациям и соответствует специальности 01.04.07, а ее автор – Айдинян Нарек Ваагович заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – “Физика конденсированного состояния”.

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

В.Н. Ветров

192171, г. С-Петербург, ул. Бабушкина, д. 36, к. 1
тел.: (812) 449-46-99, факс: (812) 560-19-82
e-mail: info@goi.ru; Vasvetrov@mail.ru