

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета РТЭ _____ Небольсин В.А.
«27» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Методы контроля оптических материалов и устройств»

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

Автор программы

_____/Костюченко А.В. /

Заведующий кафедрой
Твердотельной электроники

_____/Небольсин В.А.

Руководитель ОПОП

_____/Янченко Л.И.

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины – формирование у обучаемых знаний и навыков в области контроля структурных и оптических параметров оптических кристаллов и покрытий

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование у студентов знаний о принципиальных основах и возможностях современных методов исследования структуры и функциональных параметров оптических материалов; ознакомление с аппаратным оснащением методов исследования оптических материалов; формирование практических навыков по исследованию структуры и оптических параметров материалов; освоение расчетных методик, используемых для обработки и анализа экспериментальных данных исследования оптических материалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы контроля оптических материалов и устройств» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы контроля оптических материалов и устройств» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - Контроль параметров материалов, узлов и устройств физической электроники

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	знать физические принципы и возможности методов исследования структуры и оптических параметров материалов
	уметь выбирать режимы работы исследовательского оборудования для изучения конкретных структурных и оптических параметров объекта
	владеть навыками контроля структурных и оптических параметров оптических кристаллов и покрытий

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Методы контроля оптических материалов и устройств» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	63	63
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Структура и объекты изучения дисциплины. Общие характеристики оптических материалов. Основные методы исследования структуры и свойств оптических материалов	2	-	-	4	6
2	Основные оптические характеристики материала (поглощение, пропускание, отражение)	Коэффициент поглощения. Спектр поглощения. Собственное и примесное поглощение света. Дисперсия света. Коэффициент преломления. Френелевское отражение. Поляризация света при отражении от диэлектриков. Полное отражение света на границе раздела сред. Рассеяние света акустическими фонами. Тепловые эффекты взаимодействия оптического излучения с материалами.	6	6	-	12	24
3	Показатели оптического качества монокристаллов и покрытий	Основные категории оптических кристаллов по рассеянию. Двойное лучепреломление оптических кристаллов. Причины возникновения. Связь двойного лучепреломления с остаточными напряжениями в материале. Аномальная двухосность оптических кристаллов. Поляризационный контраст оптических кристаллов. Показатель преломления оптических материалов. Показатель ослабления оптических материалов. Дефекты кристаллической структуры материалов. Виды точечных дефектов. Термодинамика и	10	10	4	14	38

		подвижность точечных дефектов. Виды дислокаций. Условия возникновения и движения дислокаций. Дефекты упаковки. Двойники. Влияние дефектов кристаллической структуры на оптическое излучение. Влияние шероховатости поверхности материала на рассеяние оптического излучения. Пузырность оптических материалов. Свильность оптических монокристаллов. Нормативные документы, регламентирующие требования к оптическому качеству материалов.					
4	Методы анализа состава и структуры оптических материалов	Принципы работы и возможности сканирующих зондовых микроскопов. Методы сканирующей зондо-вой микроскопии. Атомно-силовая микроскопия. Основные количественные характеристики рельефа поверхности. Шероховатость. Физические принципы и возможности метода сканирующей электрон-ной микроскопии. Устройство сканирующего электронного микроскопа. Виды контраста в отраженных и вторичных электронах. Метод рентгеноспектрального анализа. Подготовка образцов для сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа. Дифракционные методы изучения материалов с помощью проникающего излучения рентгеновских лучей. Устройство рентгеновского дифрактометра и рентген-гониометра. Методы определения кристаллографической ориентации монокристаллов	8	10	6	17	41
5	Методы анализа оптических параметров материалов	Физические принципы и возможности методов оптической спектроскопии. Основы спектрофотометрии. Особенности устройства спектрофотометров в зависимости от спектрального диапазона используемого излучения и вида получаемых спектров (отражения, пропускания, поглощения). Основы Фурье-спектрометрии. Анализ спектров пропускания и отражения. Выбор спектрофотометра. Методы и техника рефрактометрии. Методы определения свильности, двулучепреломления оптических кристаллов.	10	10	8	16	44
Итого			36	36	18	63	153

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Определение параметров оптических материалов (структуры, кристаллографических направлений и разориентации блоков в монокристаллах) методами рентгеновской дифрактометрии
2. Контроль шероховатости поверхности оптических кристаллов и покрытий методом атомно-силовой микроскопии
3. Определение прозрачности и показателя ослабления оптических кристаллов и покрытий и методами спектроскопии
4. Определение свильности, пузырности и угла аномальной двуосности оптических кристаллов
5. Определение адгезии просветляющих покрытий

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-5	знать физические принципы и возможности методов исследования структуры и оптических параметров материалов	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать режимы работы исследовательского оборудования для изучения конкретных структурных и оптических параметров объекта	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	владеть навыками контроля структурных и оптических параметров оптических кристаллов и покрытий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области; получение данных по результатам исследования материалов с помощью соответствующего оборудования структурного анализа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
--	--	--	---	---

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-5	знать физические принципы и возможности методов исследования структуры и оптических параметров материалов	Тест	Выполнение теста на 85- 100%	Выполнение теста на 70- 85%	Выполнение теста на 60- 70%	В тесте менее 60% правильных ответов
	уметь выбирать режимы работы исследовательского оборудования для изучения конкретных структурных и оптических параметров объекта	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками контроля структурных и оптических параметров оптических кристаллов и покрытий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Задание 1.

Укажите структурные дефекты в оптических кристаллах, приводящие к изменению значения показателя преломления

- 1) упругие макронапряжения;
- 2) точечные дефекты;
- 3) дислокации;
- 4) границы блоков;
- 5) пузыри;
- 6) свили.

Задание 2.

Укажите показатель, *не являющийся* параметром качества оптических кристаллов:

- 1) спектральный показатель ослабления;
- 2) двулучепреломление;
- 3) бессвильность;
- 4) пузырность;
- 5) коэффициент отражения;
- 6) двулучепреломление

Задание 3.

Какие из указанных методов позволяют определить кристаллографическую ориентацию кристалла

- 1) рентгеновская дифрактометрия;
- 2) атомно-силовая микроскопия
- 3) рентгеноспектральный микроанализ;
- 4) сканирующая электронная микроскопия;
- 5) интерферометрия.

Задание 4.

Установите соответствие между методом исследования и оптическим параметром кристалла, который позволяет исследовать метод. Запишите ответ в бланк.

1 Рентгеновская дифрактометрия	А Показатель ослабления излучения
2 Спектрофотометрия	Б Наличие в кристаллах двойников
3 Оптическая микроскопия	В Оптический контраст
	Г Разориентация блоков в кристаллах

Бланк ответа:

1	
2	
3	

Задание 5.

Какой параметр морфологических неоднородностей характеризует шероховатость поверхности?

- 1) линейные размеры в нормальном к поверхности направлении;
- 2) линейные размеры вдоль поверхности;
- 3) объем;
- 4) площадь поверхности.

Задание 6.

Укажите последовательность узлов в рентгеновском дифрактометре со схемой Брегга-Бретано, через которые распространяется рентгеновское излучение после выхода из рентгеновской трубки. Запишите ответ в бланк.

- А – образец;
- Б – детектор интенсивности излучения;
- В – монохроматор;
- Г – коллиматор;
- Е – абсорбер

Бланк ответа:

1	2	3	4	5

Задание 7.

Какие необходимые требования предъявляются к образцу для проведения рентгеновского микроанализа?

- 1) плоская поверхность;
- 2) отсутствие примесей на поверхности;
- 3) наличие барьерного покрытия на поверхности;
- 4) площадь поверхности не менее 1 см²

Задание 8.

При каком значении r зависимость коэффициента поглощения α от частоты излучения ν

$$\alpha(\nu) = \frac{B(h\nu - E_g)^r}{h\nu}$$

описывает разрешенные прямые переходы?

- 1) 0,5;
- 2) 1,0;
- 3) 1,5;
- 4) 2,0.

Задание 9.

Верно ли следующее утверждение?

Для определения бессвильности оптических материалов используется теневой метод.

- 1) верно
- 2) неверно

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задание 1.

Какой категории по двулучепреломлению согласно ГОСТ 23136-93 должны соответствовать оптические кристаллы:

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4;
- 5) 5;
- 6) 6

Задание 2.

Назовите методику и оборудование, с помощью которых можно оценить коэффициента пропускания в дальней ИК области спектра

Бланк ответа:

Методика оценки коэффициента пропускания	
Оборудование для оценки коэффициента пропускания	

Задание 3.

Укажите последовательность операций при регистрации ориентировки монокристалла относительно базового среза в рентгеновском дифрактометре. Запишите ответ в бланк.

А - поворот монокристалла до выхода в брегговское положение путем регистрации дифрагированного луча детектором;

Б - измерение угла поворота монокристалла;

В - облучение среза пучком монохроматических коллимированных рентгеновских лучей;

Г - установка монокристалла в держателе на оси гониометра;

Д - юстировка нормали базового среза монокристалла перпендикулярно оси гониометра

Бланк ответа:

1	2	3	4	5

Задание 4.

Обведите правильные ответы

Какие необходимые требования предъявляются к образцу для проведения рентгеновского микроанализа?

- 1) плоская поверхность;
- 2) отсутствие примесей на поверхности;
- 3) наличие барьерного покрытия на поверхности;
- 4) площадь поверхности не менее 1 см²

Задание 5.

Верно ли следующее утверждение?

В соответствии с ГОСТ 11141-84 поверхность оптических кристаллов должна иметь класс чистоты IV-IXa.

- 1) верно
- 2) неверно

Задание 6.

1) Для выявления дислокации в кристалле парателлурита в качестве травителя используется:

- 1) Дистиллированная вода
- 2) Плавиковая кислота
- 3) Серная кислота
- 4) Карбонат натрия

Задание 7.

Укажите последовательность операций при определении угла отклонения среза монокристалла относительно требуемой ориентировки. Запишите ответ в бланк.

А - установить в гониометре приставку с монокристаллом базовым срезом по отношению к первичному пучку под углом, равным углу дифракции;

Б – определить углы наклона гониометра в положениях с 80 %-ной интенсивностью от максимального значения с обеих сторон рентгеновского пика;

В – установить детектор по отношению к первичному пучку под углом, равным удвоенному углу дифракции от плоскости, нормальной искомым ориентировке монокристалла;

Г – поворотом гониометра вблизи угла $\pm 1^\circ$, добиться максимальных показаний интенсиметра;

Д – открыть заслонку рентгеновской трубки;

Бланк ответа:

1		2	3	4	5

Задание 8.

Обведите правильный ответ. Верно ли следующее утверждение?

Согласно ГОСТ 3522-81 метод определения пузырности заключается в просмотре оптических материалов

- 1) при направленном освещении на темном фоне и определении размеров и числа имеющихся в них пузырей
- 2) при ненаправленном освещении на темном фоне и определении размеров, имеющихся в них пузырей
- 3) при ненаправленном освещении на темном фоне и определении числа имеющихся в них пузырей
- 4) при направленном освещении на светлом фоне и определении размеров и числа имеющихся в них пузырей

Задание 9.

Наличие двойников в кристалле парателлурита может устанавливаться визуально, с помощью лупы

- 1) 5-кратного увеличения
- 2) 20-кратного увеличения
- 3) 2-кратного увеличения

Правильный ответ: 2.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задание 1.

Укажите последовательность операций при регистрации ориентировки монокристалла относительно базового среза. Запишите ответ в бланк.

А - поворот монокристалла до выхода в брегтовское положение путем регистрации дифрагированного луча детектором;

Б - измерение угла поворота монокристалла;

В - облучение среза пучком монохроматических коллимированных рентгеновских лучей;

Г - юстировка нормали отражающей плоскости перпендикулярно оси гониометра;

Д - установка монокристалла в держателе на оси гониометра;

Е - юстировка нормали базового среза монокристалла перпендикулярно оси гониометра

Бланк ответа:

1	2	3	4	5

Задание 2.

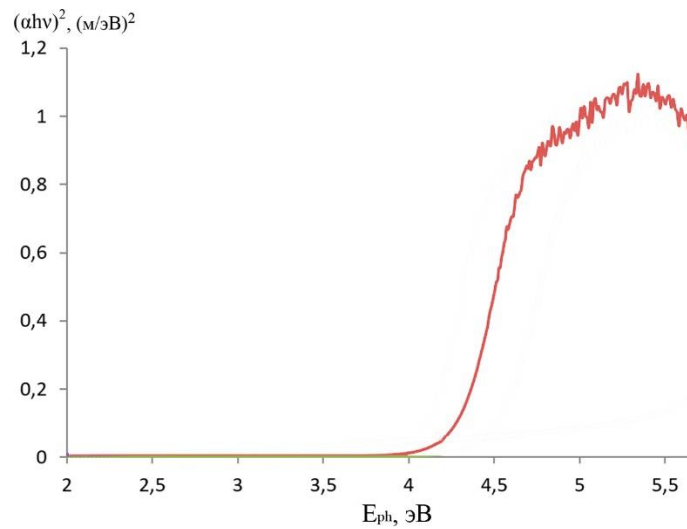
Назовите методику и оборудование, с помощью которых можно оценить разориентацию блоков в акустооптическом монокристалле в пределах $15' - 1^\circ$

Бланк ответа:

Методика оценки разориентации блоков	
--------------------------------------	--

Задание 3.

По экспериментальной зависимости коэффициента поглощения от энергии фотона просветляющего покрытия определите величину прямых оптических переходов E_g .



Бланк ответа:

E_g , эВ	
------------	--

Задание 4.

По лауэграмме кристалла с кубической решеткой определите с помощью сетки Вульфа (источник 1) углы между осями зон, формирующими зональные кривые первого порядка. Запишите ответ в бланк.

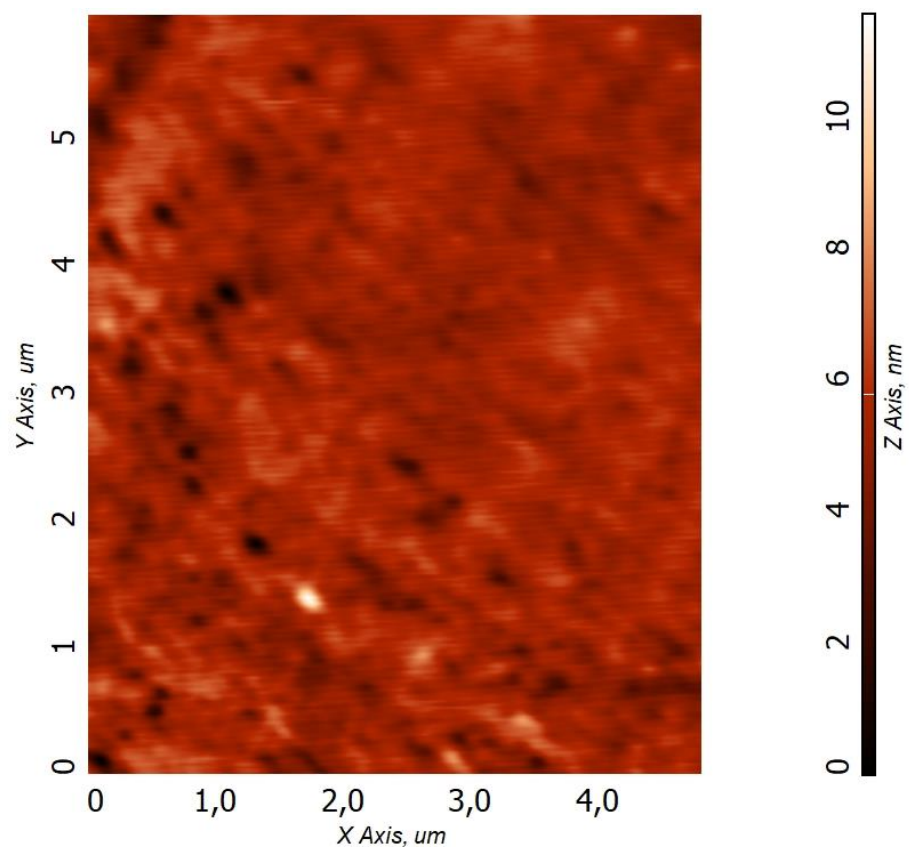


Бланк ответа:

Угол между осями	
------------------	--

Задание 5.

Назовите вид дефекта, представленного на изображении, и допустимость его наличия в монокристаллах парателлурита для изготовления призм светозвукопроводов для дефлекторов. Запишите ответ в бланк.



АСМ-скан поверхности среза кристалла TeO_2 после травления в 15% растворе NaOH

Бланк ответа:

1	Вид дефекта	
2	Допустимость наличия	

Задание 6.

Назовите вид дефекта, представленного на изображении, и допустимость его наличия в монокристаллах парателлуриата для изготовления призм светозвукопроводов для дефлекторов. Запишите ответ в бланк.



Бланк ответа:

1	Вид дефекта	
2	Допустимость наличия	

Задание 7.

Назовите вид дефекта, представленного на изображении, и допустимость его наличия в монокристаллах парателлуриата для изготовления призм светозвукопроводов для дефлекторов. Запишите ответ в бланк.

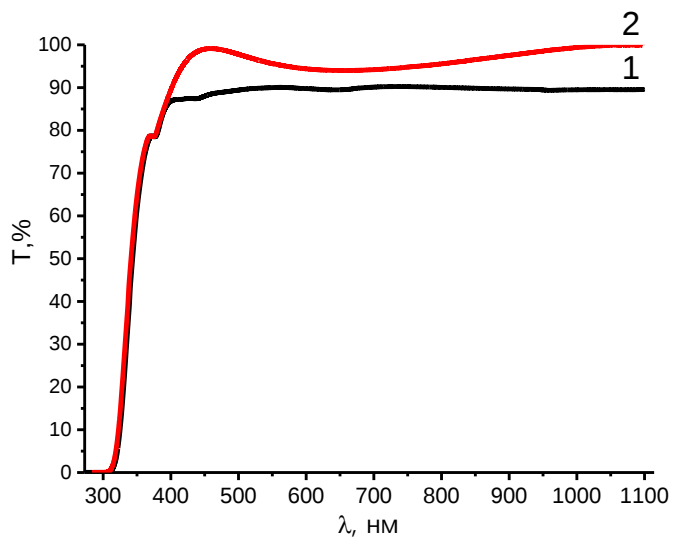


Бланк ответа:

1	Вид дефекта	
2	Допустимость наличия	

Задание 8.

По экспериментальным спектрам пропускания оптического кристалла (показатель преломления $n_m = 2,26$) с покрытием и без определите показатель преломления просветляющего покрытия (n) толщиной 270 нм.



Бланк ответа:

n	
-----	--

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Физические принципы взаимодействия оптического излучения с диэлектрическими материалами
2. Виды и особенности структурных и оптических дефектов в материалах
3. Параметры и критерии, характеризующие оптическое качество материалов в соответствии ГОСТ 23136-93
4. Область применения и возможности оптических, рентгеноструктурных, рентгеноспектральных и зондовых методов исследования состава, структуры и субструктуры материалов
5. Методы, позволяющие исследовать установленные ГОСТ 23136-93 оптические свойства материалов
6. Методики анализа морфологических характеристик материалов с помощью атомно-силовой и сканирующей электронной микроскопии
7. Методики определения кристаллической структуры материалов с помощью рентгеновской дифрактометрии
8. Способы определения кристаллографических направлений в монокристаллах с помощью рентгеновской дифрактометрии
9. Методика определения химического состава материалов с помощью рентгеноспектрального анализа
10. Методики качественного и количественного анализа указанных в ГОСТ 23136-93 структурных дефектов оптических кристаллов
11. Методики определения коэффициента оптического пропускания, отражения и поглощения материалов с помощью спектрофотометрии
12. Методики определения поляризационного контраста, аномальной двуосности и свильности оптических материалов
13. Категории, классы и группы материалов по оптическим показателям согласно ГОСТ 23136-93
14. Особенности формирования структурных и оптических дефектов в монокристалле парателлурита при выращивании методом Чохральского
15. Физический механизм и условия возникновения интерференционных явлений оптического излучения в многослойных оптических материалах
16. Эксплуатационные свойства (оптические, механические, химические) наиболее распространенных пленочных материалов, используемых в качестве просветляющих покрытий
17. Методика расчета толщины и порядка оптических слоев в просветляющих покрытиях
18. Методика контроля оптической толщины покрытий
19. Методика оценки адгезии покрытий

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и 2 задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается

1 баллом, задача оценивается в 5 баллов (2 балла за верный ход решения (рассуждения) и 3 балла за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	(наименование темы из раздела 5.1)	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	(наименование темы из раздела 5.1)	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	(наименование темы из раздела 5.1)	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	(наименование темы из раздела 5.1)	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	(наименование темы из раздела 5.1)	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	(наименование темы из раздела 5.1)	ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется

проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Андреев, А. Н. Оптические измерения : учебное пособие / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин. — Москва : Логос, Университетская книга, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-98704-173-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/9092.html>

2. Оптическое материаловедение. Материалы и оптические элементы в фотонике : учебное пособие / А. Г. Глушенко, Е. П. Глушенко, Г. Н. Гончарова, С. В. Жуков. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 241 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75385.html>

3. Денисов, Д. Г. Оптические материалы и технологии : учебно-методическое пособие / Д. Г. Денисов, Н. В. Барышников. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2020. — 126 с. — ISBN 978-5-7038-5508-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115358.html>

4. Архипкин, В. Г. Фотонные кристаллы и нанокompозиты. Структурообразование, оптические и диэлектрические свойства / В. Г. Архипкин, А. М. Бакиров, Б. А. Беляев ; под редакцией В. Ф. Шабанов, В. Я. Зырянов. — Новосибирск : Сибирское отделение РАН, 2009. — 257 с. — ISBN 978-5-7692-1096-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/15820.html>

5. В.В. Ожерельев, А.В. Костюченко, С.В. Канныкин, А.И. Донцов. Методы исследования структуры твердых тел: учебное пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2021.

6. Свистова, Т.В. Методы исследования материалов и структур электроники : учеб. пособие. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2007. - 225 с.

7. Газенаур, Е. Г. Методы исследования материалов / Газенаур Е.Г., Кузьмина Л.В., Крашенинин В.И. - Москва : КемГУ (Кемеровский государственный университет), 2013. - ISBN 978-5-8353-1578-9. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44317

8. Мионов В. Основы сканирующей зондовой микроскопии: учеб. пособие. - М. : Техносфера, 2004. - 144 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- Программа обработки результатов сканирующей микроскопии «Image_Analysis_P9»;
- База межплоскостных расстояний «Powder Diffraction File Alphabetical Index Inorganic Compounds»;
- Microsoft Office Word 2013/2007;
- Microsoft Office Excel 2013/2007;

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Оптический интерферометр, атомно-силовой микроскоп, оптический микроскоп ($\times 50-100$), спектрофотометр оптического диапазона, рентгеновский дифрактометр, сканирующий электронный микроскоп

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Методы контроля оптических материалов и устройств» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета структурных и оптических параметров оптических кристаллов и покрытий. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо

	сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.