

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Материалы нелинейной оптики и динамической голографии**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**

Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Практические занятия	40	40	часов
2	Всего аудиторных занятий	40	40	часов
3	Самостоятельная работа	32	32	часов
4	Всего (без экзамена)	72	72	часов
5	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е.

Зачет: 2 семестр

Томск 2018

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

Доцент каф. КУДР

\_\_\_\_\_ М. Г. Кистенева

Заведующий обеспечивающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ

\_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Эксперты:

профессор кафедры ЭП

\_\_\_\_\_ Л. Н. Орликов

Доцент кафедры электронных при-  
боров (ЭП)

\_\_\_\_\_ А. И. Аксенов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование знаний об основных свойствах материалов нелинейной оптики и динамической голографии

Формирование способности применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов.

Формирование способности разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства

Формирование способностью использовать оптические методы для решения задач распознавания образов и искусственного интеллекта

### 1.2. Задачи дисциплины

- Получение базовых знаний в области технологии производства нелинейно-оптических и электрооптических кристаллов;
- Получение базовых знаний по методам легирования нелинейно-оптических и электрооптических кристаллов и их послеростовой обработки;
- Формирование основных представлений о способах получения материалов со свойствами, требуемыми для применений в устройствах и системах нелинейной оптики, управления лазерным излучением, динамической голографии.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Материалы нелинейной оптики и динамической голографии» (Б1.В.ОД.1.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Волноводная фотоника, Интегральная фотоника, Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов, Фоторефрактивная и нелинейная оптика.

Последующими дисциплинами являются: Динамическая голография.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-7 способностью применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов;
- ПК-8 способностью разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства;
- ПК-9 способностью использовать оптические методы для решения задач распознавания образов и искусственного интеллекта;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** Группы кристаллов, используемых для создания преобразователей лазерного излучения, параметрических генераторов света, оптических модуляторов, и их свойства; группы кристаллов, используемых для формирования динамических голограмм за счет явления фоторефракции; этапы технологических процессов и оборудование для выращивания оптических кристаллов из расплавов и высокотемпературных растворов; методы послеростовой обработки выращенных кристаллов для получения материалов с заданными свойствами
- **уметь** Рационально выбирать оптические материалы, используемые в нелинейной оптике, электрооптике, динамической голографии, в зависимости от предъявляемых к ним технических требований; рационально выбирать процессы послеростовой обработки кристаллов, с учетом результатов входного контроля параметров выращенного кристалла и требований к изготавливаемым из него элементам; организовать процесс входного контроля параметров выращенного кристалла и выходного контроля параметров оптических элементов изготовленных из него
- **владеть** Навыками, позволяющими применять современные методики исследования основных физико-химических свойств оптических стекол и кристаллов, методики прогнозирования

ния оптических и физико-химических параметров новых материалов

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	40	40
Практические занятия	40	40
Самостоятельная работа (всего)	32	32
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	32	32
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость, ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр				
1 Введение. Классификация нелинейных оптических материалов	6	6	12	ПК-7, ПК-8, ПК-9
2 Физические свойства монокристаллических материалов	8	8	16	ПК-7, ПК-8, ПК-9
3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана	8	6	14	ПК-7, ПК-8, ПК-9
4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР	10	6	16	ПК-7, ПК-8, ПК-9
5 Использование фоторефрактивных материалов в динамической голографии	8	6	14	ПК-7, ПК-8, ПК-9
Итого за семестр	40	32	72	
Итого	40	32	72	

##### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Не предусмотрено РУП.

##### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
	1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины					
1 Волноводная фотоника	+				
2 Интегральная фотоника	+				
3 Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов	+				+
4 Фоторефрактивная и нелинейная оптика			+		+
Последующие дисциплины					
1 Динамическая голография	+				+

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий		Формы контроля
	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-7	+	+	Собеседование, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Реферат
ПК-8	+	+	Собеседование, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Реферат
ПК-9	+	+	Собеседование, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Реферат

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

#### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

#### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение.	Роль оптических материалов при использовании	6	ПК-7, ПК-

Классификация нелинейных оптических материалов	оптических и голографических методов в задачах распознавания образов.		8, ПК-9
	Итого	6	
2 Физические свойства монокристаллических материалов	Сегнетоэлектрические кристаллы. Пьезоэлектрические кристаллы. Электрооптические кристаллы. Кристаллы для акустооптических приложений. Кристаллы – преобразователи одного вида энергии в другой. Кристаллы с кубической нелинейностью, используемые для преобразования оптического излучения.	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	8	
3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана	Свойства монокристаллов ниобата лития. Способы выращивания монокристаллов ниобата лития. Методы исследования состава и дефектности кристаллов ниобата лития. Методики исследования доменной структуры в кристаллах ниобата лития. Свойства монокристаллов танталата лития. Способы выращивания монокристаллов танталата лития. Дефекты структуры кристаллов танталата лития.	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	8	
4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР	Оптические свойства кристаллов КТР. Исследование влияния на оптическую и нелинейно-оптическую однородность кристаллов КТР технологических параметров ростового процесса. Использование кристаллов КТР для высокоэффективного нелинейного преобразования излучения твердотельных лазеров.	10	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	10	
5 Использование фоторефрактивных материалов в динамической голографии	Механизм возникновения фоторефракции. Фоторефрактивный эффект в кристаллах ZnGeP <sub>2</sub> . Фоторефрактивный эффект в кристаллах класса силленитов. Фоторефрактивные голограммы в кристаллах класса силленитов. Фоторефрактивный эффект в кристаллах ниобата лития.	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9
	Итого	8	
Итого за семестр		40	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Введение.	Подготовка к практиче-	6	ПК-7,	Выступление (доклад) на

Классификация нелинейных оптических материалов	ским занятиям, семинарам		ПК-8, ПК-9	занятия, Опрос на занятиях, Собеседование
	Итого	6		
2 Физические свойства монокристаллических материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Выступление (доклад) на занятии, Опрос на занятиях, Собеседование
	Итого	8		
3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Выступление (доклад) на занятии, Опрос на занятиях, Реферат, Собеседование
	Итого	6		
4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Выступление (доклад) на занятии, Опрос на занятиях, Реферат, Собеседование
	Итого	6		
5 Использование фоторефрактивных материалов в динамической голографии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-7, ПК-8, ПК-9	Выступление (доклад) на занятии, Опрос на занятиях, Реферат, Собеседование
	Итого	6		
Итого за семестр		32		
Итого		32		

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	10	12	12	34
Опрос на занятиях	6	6	6	18
Реферат	10	10	10	30
Собеседование	6	6	6	18
Итого максимум за период	32	34	34	100
Нарастающим итогом	32	66	100	100

#### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
---------------------------------	--------

≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Оптические свойства твердых тел: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2016. 126 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5935> (дата обращения: 15.06.2018).
2. Оптическое материаловедение: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2013. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2992> (дата обращения: 15.06.2018).
3. Основы физической и квантовой оптики: Учебное пособие / Шандаров В. М. - 2012. 197 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/750> (дата обращения: 15.06.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : Учебное пособие / Шандаров В. М., Мандель А. Е., Шандаров С. М., Буримов Н. И. - 2012. 244 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1553> (дата обращения: 15.06.2018).
2. Гейко, П. П. Прикладная нелинейная оптика : учебное пособие / П. П. Гейко ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 109 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 68, 109 (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Материалы нелинейной и интегральной оптики и динамической голографии: Методические указания по самостоятельной работе / Кистенева М. Г. - 2018. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7796> (дата обращения: 15.06.2018).
2. Материалы нелинейной и интегральной оптики и динамической голографии: Методические указания по практическим занятиям / Кистенева М. Г. - 2018. 8 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7705> (дата обращения: 15.06.2018).



### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Образовательный портал университета
2. Библиотека университета
3. Дополнительно к профессиональным базам данных рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

#### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

#### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### **14.1.1. Тестовые задания**

1. Нелинейные оптические материалы – это
  - материальные среды, в которых показатель преломления среды является нелинейной функцией длины волны падающего света
  - материальные среды, в которых диэлектрическая восприимчивость среды является нелинейной функцией напряжённости электрического поля падающей волны
  - материальные среды, в которых коэффициент отражения среды является нелинейной функцией длины волны падающего света
  - материальные среды, в которых коэффициент пропускания среды является нелинейной функцией длины волны падающего света
2. При взаимодействии лазерного излучения с нелинейными оптическими материалами возникают такие нелинейные явления, как
  - эффект Брюстера
  - пьезоэлектрический эффект
  - генерация высших оптических гармоник
  - динамическое рассеяние света
3. Электрооптический эффект обусловлен
  - изменением показателя преломления под действием света;
  - изменением показателя преломления под действием электрического поля;
  - изменением показателя преломления под действием механического напряжения;
  - изменением показателя преломления под действием температуры.
4. Диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектриков
  - не зависит от напряженности электрического поля;

- зависит от напряженности поля только при переменном напряжении;
  - не зависит от напряженности поля в области слабых полей и изменяется с ростом поля в области средних и сильных полей;
  - зависит от величины коэрцитивной силы.
5. Необходимым условием наличия пьезоэффекта в кристалле является
- наличие в нем плоскости симметрии;
  - наличие ионов кремния и кислорода;
  - отсутствие центра симметрии;
  - наличие спонтанной поляризации;
  - отсутствием вращательной оси симметрии 4-го порядка.
6. При обратном пьезоэлектрическом эффекте деформация диэлектрика
- зависит от напряженности поля по квадратичному закону;
  - не зависит от направления напряженности электрического поля;
  - линейно зависит от напряженности электрического поля;
  - линейно зависит от приложенного механического напряжения.
7. Направления электрических моментов ячеек сегнетоэлектрика внутри одного домена в отсутствие электрического поля
- разупорядочены, и суммарный электрический момент домена равен нулю;
  - сонаправлены, и домен поляризован до насыщения при температуре, ниже температуры Кюри;
  - определяются смещением зарядов за счет процессов релаксационной поляризации;
  - сонаправлены, и домен поляризован до насыщения при температуре, ниже температуры Кюри;
  - сонаправлены, и домен поляризован до насыщения при температуре, выше температуры Кюри.
8. Акустооптический эффект – это
- явление генерации акустических волн в нелинейных оптических материалах
  - явления дифракции, преломления, отражения или рассеяния света на периодических неоднородностях среды (зонах с разным показателем преломления), вызванных упругими деформациями при прохождении ультразвука
  - явление вращения плоскости поляризации под действием акустических волн
  - это явление изменения коэффициента пропускания света под воздействием акустических волн
9. Параметр, на который при выращивании кристаллов методом Чохральского обращают внимание, это
- параметр решетки кристалла;
  - тип кристаллической решетки кристалла;
  - плотность кристалла;
  - скорость вытягивания кристалла.
10. Кристаллы ниобата лития выращиваются
- методом Бриджмена;
  - гидротермальным методом;
  - методом Чохральского;
  - методом кристаллизации из раствора.
11. Одним из дефектов структуры кристаллов ниобата лития являются
- дислокации;
  - вакансии;
  - двойникование;
  - границы зерен.
12. Одним из способов формирования регулярных доменных структур в процессе послеростовой электротермической обработки являются
- переполяризация постоянным электрическим полем;
  - переполяризация при охлаждении до комнатной температуры при выключенном поле;
  - переполяризация при воздействии света;

- термоэлектрическая переполаризация.
13. Кристаллы КТР имеют
- кубическую структуру;
  - гексагональную структуру;
  - орторомбическую структуру;
  - тетрагональную структуру;
  - моноклинную структуру.
14. Электрические и оптические свойства кристаллов КТР определяются
- высокой температурой Кюри;
  - присутствием макродефектов структуры;
  - присутствием точечных дефектов и примесей;
  - отсутствием оптически активных центров.
15. Кристаллы KDP выращиваются
- методом Бриджмена;
  - из водных растворов;
  - гидротермальным методом;
  - методом Чохральского.
16. Выращивание кристаллов иодата лития проводят методом
- методом Чохральского;
  - методом Бриджмена;
  - изотермического испарения растворителя;
  - из водных растворов.
17. Кристаллы бората бария выращиваются
- методом Бриджмена;
  - из водных растворов;
  - гидротермальным методом;
  - кристаллизации из раствора в расплаве;
  - методом Чохральского.
18. Фоторефрактивный эффект заключается в
- изменении коэффициента поглощения под действием света;
  - изменении показателя преломления под действием света;
  - изменении показателя преломления под действием деформации;
  - изменении показателя преломления под действием температуры.
19. Основной причиной фоторефракции является
- пироэлектрический эффект;
  - магнитооптический эффект;
  - электрооптический эффект, вызванный полем пространственного заряда.
20. Дифракционная эффективность фазовых голограмм в фоторефрактивных кристаллах зависит от
- удельного сопротивления материала;
  - толщины кристалла;
  - величины приложенного напряжения к кристаллу;
  - коэффициента диффузии.
21. Дифракционная решетка в фоторефрактивном кристалле возникает при
- деформации кристалла;
  - периодически неоднородном распределении интенсивности света при взаимодействии двух оптических лучей;
  - изменении температуры кристалла.
22. Для изучения фоторефрактивного эффекта используют методы
- голографический;
  - измерения коэффициента поглощения;
  - модуляции интенсивности света;
  - измерения показателя преломления.

### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

Классификация нелинейных оптических материалов и нелинейно-оптических эффектов.

Принципы отбора веществ, перспективных для применения в динамической голографии.

Кристаллы – преобразователи одного вида энергии в другой.

Лазерные, акустические, нелинейно-оптические, полупроводниковые, сегнетоэлектрические, магнитные кристаллы и их применение.

Монокристаллические материалы УФ-ИК диапазонов

Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана.

Описание монокристаллов по справочнику.

Методы выращивания кристаллов ниобатов, танталатов.

Дефекты структуры кристаллов ниобатов и танталатов.

Двойникование.

Монодоменизация кристаллов

Нелинейные кристаллы семейства КТР. Бораты лития, бария.

Водорастворимые нелинейные кристаллы KDP ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) и иодаты лития.

Расствор-расплавный метод выращивания кристаллов семейства КТР и боратов.

Фоторефрактивный эффект в кислородно-октаэдрических кристаллах.

Основные причины фоторефракции.

Фоторефракция в практически важных кристаллах: ниобат лития, ниобат бария-стронция, ниобат бария-натрия, ниобат калия.

Фазовые переходы и сегнетоэлектрическое переключение как способ управления характеристиками фоторефрактивной голографической записи.

### 14.1.3. Вопросы на собеседование

1) Нелинейные оптические материалы. Классификация.

2) Принципы отбора веществ, перспективных для применения в динамической голографии.

3) Оптические и голографические методы и схемы решения задач распознавания образов.

4) Методики прогнозирования оптических и физико-химических параметров новых материалов.

5) Монокристаллические материалы УФ-ИК диапазонов.

6) Оптические преобразователи частоты.

7) Магнитные кристаллы.

8) Нелинейно-оптические компоненты на основе периодически поляризованного ниобата лития для преобразования инфракрасного излучения лазера в ультрафиолетовый, синий и зеленый оптический спектр.

9) Исследование фазового перехода в танталате лития методом бриллюэновской спектроскопии.

10) Свойства и применение кристаллов силленитов.

11) Материалы для записи оптической информации.

12) Свойства и применение кристаллов ниобата лития.

13) Свойства монокристаллов танталата лития.

14) Кристаллы дидейтерофосфата калия для нелинейных и электрооптических приложений.

15) Кристаллы пентобарата калия и дигидрофосфата калия для преобразования лазерного излучения в третью и четвертую гармоники.

16) Кристаллы для генерации лазерного излучения.

17) Материалы для генерации второй гармоники.

18) Кристаллы нитрата натрия и нитрата бария для преобразования излучения твердотельных лазеров на основе эффекта вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР).

19) Исследование оптической и нелинейно-оптической однородности кристаллов КТР.

20) Изготовление нелинейных элементов из кристаллов КТР и их характеристики.

21) Узкозонные полупроводниковые кристаллы.

22) Широкозонные оптические кристаллы.

23) Отрицательные кристаллы карбида кремния.

24) Фазовые переходы и сегнетоэлектрическое переключение как способ управления характеристиками фоторефрактивной голографической записи.

- 25) Материалы с отрицательным показателем преломления.
- 26) Нанокристаллические материалы.
- 27) Нелинейные кристаллы с регулярной и нерегулярной доменными структурами.
- 28) Влияние фотоиндуцированного поглощения света на фоторефрактивный эффект в кристаллах силленитов.
- 29) Влияние легирования на фоторефрактивные свойства кристаллов ниобата лития.
- 30) Взаимодействие световых волн на отражательной голографической решетке в кубических фоторефрактивных кристаллах.

#### 14.1.4. Темы рефератов

- 1) Структура кристаллов титанил-фосфата калия.
- 2) Оптические свойства кристаллов КТР.
- 3) Сегнетоэлектрические фазовые переходы в кристаллах КТР.
- 4) Влияния на оптическую и нелинейно-оптическую однородность кристаллов КТР технологических параметров ростового процесса.
- 5) Использование кристаллов КТР для высокоэффективного нелинейного преобразования излучения твердотельных лазеров.
- 6) Основные причины фоторефракции.
- 7) Механизм возникновения фоторефракции.
- 8) Фоторефрактивный эффект в кристаллах  $ZnGeP_2$ .
- 9) Оптические свойства кристаллов силленитов.
- 10) Фоторефрактивный эффект в кристаллах класса силленитов.
- 11) Фоторефрактивные голограммы в кристаллах класса силленитов.
- 12) Фоторефрактивный эффект в кристаллах ниобата лития.
- 13) Фазовые переходы и сегнетоэлектрическое переключение.
- 14) Алюмоиттриевый гранат.
- 15) Алюминат иттрия.
- 16) Калий-неодим-фосфатное стекло.
- 17) Материалы, используемые для мини-лазеров.

#### 14.1.5. Темы докладов

- 1) Методы выращивания кристаллов титанил-фосфата калия.
- 2) Оптические свойства кристаллов КТР.
- 3) Сегнетоэлектрические фазовые переходы в кристаллах КТР.
- 4) Использование кристаллов КТР в динамической голографии.
- 5) Фоторефрактивные кристаллы.
- 6) Фоторефрактивный эффект.
- 7) Фоторефрактивный эффект в кристаллах  $ZnGeP_2$ .
- 8) Оптические свойства кристаллов силленитов.
- 9) Фоторефрактивный эффект в кристаллах класса силленитов.
- 10) Применение кристаллов силленитов в нелинейной оптике.
- 11) Фоторефрактивный эффект в кристаллах ниобата лития.
- 12) Фазовые переходы и сегнетоэлектрическое переключение.
- 13) Оптические свойства алюмоиттриевого граната.
- 14) Алюминат иттрия.
- 15) Калий-неодим-фосфатное стекло.
- 16) Нелинейные оптические материалы, используемые для мини-лазеров.

#### 14.1.6. Зачёт

Пример тестового опроса для получения зачета:

Тема: «Физические свойства нелинейных кристаллов»

1. Электрооптический эффект обусловлен

- изменением показателя преломления под действием света;
- изменением показателя преломления под действием электрического поля;
- изменением показателя преломления под действием механического напряжения;
- изменением показателя преломления под действием температуры.

Тема: «Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана»

1. Параметр, на который при выращивании кристаллов методом Чохральского обращают внимание, это

- параметр решетки кристалла;
- тип кристаллической решетки кристалла;
- плотность кристалла;
- скорость вытягивания кристалла.

Тема: «Нелинейные кристаллы титанилфосфата калия (КТР)»

1. Кристаллы КТР имеют

- кубическую структуру;
- гексагональную структуру;
- орторомбическую структуру;
- тетрагональную структуру;
- моноклинную структуру.

Тема: «Фоторефрактивные эффекты в кристаллах»

1. Фоторефрактивный эффект заключается в

- изменении коэффициента поглощения под действием света;
- изменении показателя преломления под действием света;
- изменении показателя преломления под действием деформации;
- изменении показателя преломления под действием температуры.

#### **14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступ-

ная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.