**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: 1c6cfa0a-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

Согласована на портале № 31549

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

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 приборов (ЭП) _____ А. И. Аксенов

Согласована на портале № 31549

## 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 изучения, 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 параетров 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 прогнозирова-

Согласована на портале № 31549

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 KTP | 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.

Согласована на портале № 31549

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- |

Согласована на портале № 31549

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 ZnGeP2. 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 |

Согласована на портале № 31549

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Классификация нелинейных оптических материалов | ским занятиям, семинарам | | ПК-8, ПК-9 | занятии, 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 |
|---|---|

Согласована на портале № 31549

| | |
|---|---|
| ≥ 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 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | 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).

Согласована на портале № 31549

### 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.

Согласована на портале № 31549

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;

Согласована на портале № 31549

• 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 отсутствии 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 электротермическй обработки являются

• переполяризация постоянным электрическим полем;

• переполяризация при охлаждение до комнатной температуры при выключенном поле;

• переполяризация при воздействии света;

Согласована на портале № 31549

• термоэлектрическая переполяризация.

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;

• магнитооптичекий 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;

• периодчески 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.

Согласована на портале № 31549

### 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.

Монододоменизация кристаллов

Нелинейные кристаллы семейства KTP. Бораты лития, бария.

Водорастворимые нелинейные кристаллы KDP (KH2PO4) и иодаты лития.

Расствор-расплавный метод выращивания кристаллов симейства KTP 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 KTP.

20) Изготовление нелинейных элементов из кристаллов KTP 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.

Согласована на портале № 31549

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 ZnGeP2.

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 ZnGeP2.

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.

Согласована на портале № 31549

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-

Согласована на портале № 31549

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.

Согласована на портале № 31549