

**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: 1с6сfa0a-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: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**  
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**  
Курс: **1**  
Семестр: **2**  
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 2 семестр | Всего | Единицы |
|---|---------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                    | 16        | 16    | часов   |
| 2 | Практические занятия      | 24        | 24    | часов   |
| 3 | Всего аудиторных занятий  | 40        | 40    | часов   |
| 4 | Самостоятельная работа    | 32        | 32    | часов   |
| 5 | Всего (без экзамена)      | 72        | 72    | часов   |
| 6 | 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) 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, 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 делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.

Формирование способности разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники.

Формирование способности проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства.

Формирование готовности обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов

### 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.3.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Фоторефрактивная и нелинейная оптика.

Последующими дисциплинами являются: Динамическая голография.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

– ПК-10 способностью разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники;

– ПК-11 способностью проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства;

– ПК-13 готовностью обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов;

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 проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства и обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов

#### 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        |
| Лекции  | 16          | 16        |
| Практические занятия                          | 24          | 24        |
| Самостоятельная работа (всего)                | 32          | 32        |
| Проработка лекционного материала              | 5           | 5         |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 27          | 27        |
| 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  | Лек., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции   |
|---|---------|---------------|--------------|----------------------------|---------------------------|
| 2 семестр   |         |               |              |                            |                           |
| 1 Введение. Классификация нелинейных оптических материалов            | 2       | 2             | 5            | 9                          | ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-5 |
| 2 Физические свойства монокристаллических материалов                  | 4       | 6             | 7            | 17                         | ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-5 |
| 3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана  | 4       | 6             | 7            | 17                         | ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-5 |
| 4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР                        | 2       | 6             | 6            | 14                         | ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-5 |
| 5 Использование фоторефрактивных материалов в динамической голографии | 4       | 4             | 7            | 15                         | ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-5 |
| Итого за семестр  | 16      | 24            | 32           | 72                         |                           |

|       |    |    |    |    |  |
|-------|----|----|----|----|--|
| Итого | 16 | 24 | 32 | 72 |  |
|-------|----|----|----|----|--|

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов   | Содержание разделов дисциплины по лекциям  | Трудоемкость,<br>ч | Формируемые<br>компетенции         |
|---|--|--------------------|------------------------------------|
| 2 семестр   |  |                    |                                    |
| 1 Введение.<br>Классификация<br>нелинейных оптических<br>материалов               | Классификация нелинейных оптических материалов и нелинейно-оптических эффектов. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в динамической голографии.   | 2                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 2                  |                                    |
| 2 Физические свойства<br>монокристаллических<br>материалов                        | Кристаллы – преобразователи одного вида энергии в другой. Лазерные, акустические, нелинейно-оптические, полупроводниковые, сегнетоэлектрические, магнитные кристаллы и их применение. Монокристаллические материалы УФ-ИК диапазонов   | 4                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 4                  |                                    |
| 3 Способы синтеза<br>соединений основе<br>оксидов ниобия, тантала<br>и титана     | 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  | 4                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 4                  |                                    |
| 4 Кристаллы семейства<br>титанилфосфата калия<br>КТР                              | Нелинейные кристаллы семейства КТР. Бораты лития, бария. Водорастворимые нелинейные кристаллы KDP ( $KH_2PO_4$ ) и иодаты лития. Расплавный метод выращивания кристаллов семейства КТР и боратов   | 2                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 2                  |                                    |
| 5 Использование<br>фоторефрактивных<br>материалов в<br>динамической<br>голографии | 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 | 4                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 4                  |                                    |
| Итого за семестр  |  | 16                 |                                    |

### 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 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  |
|-------------|--------------|------------|-----------|---|
|             | Лек.         | Прак. зан. | Сам. раб. |   |
| ПК-5        | +            | +          | +         | Конспект самоподготовки, Собеседование, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Реферат |
| ПК-10       | +            | +          | +         | Конспект самоподготовки, Собеседование, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Реферат |
| ПК-11       | +            | +          | +         | Конспект самоподготовки, Собеседование, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест, Реферат |
| ПК-13       | +            | +          | +         | Конспект самоподготовки, 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,<br>ч | Формируемые<br>компетенции         |
|---|--|--------------------|------------------------------------|
| <b>2 семестр</b>  |  |                    |                                    |
| 1 Введение.<br>Классификация<br>нелинейных оптических<br>материалов               | Роль оптических материалов при использовании оптических и голографических методов в задачах распознавания образов.   | 2                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-5           |
|   | Итого  | 2                  |                                    |
| 2 Физические свойства<br>монокристаллических<br>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.   | 6                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 6                  |                                    |
| 3 Способы синтеза<br>соединений основе<br>оксидов ниобия, тантала<br>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. | 6                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 6                  |                                    |
| 4 Кристаллы семейства<br>титанилфосфата калия<br>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.   | 6                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 6                  |                                    |
| 5 Использование<br>фоторефрактивных<br>материалов в<br>динамической<br>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.  | 4                  | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 |
|   | Итого  | 4                  |                                    |
| Итого за семестр  |  | 24                 |                                    |

### 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.<br>Классификация<br>нелинейных оптических<br>материалов               | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4               | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Собеседование, Тест   |
|   | Проработка лекционного материала              | 1               |                                    |   |
|   | Итого   | 5               |                                    |   |
| 2 Физические свойства<br>монокристаллических<br>материалов                        | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6               | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Собеседование, Тест   |
|   | Проработка лекционного материала              | 1               |                                    |   |
|   | Итого   | 7               |                                    |   |
| 3 Способы синтеза<br>соединений основе<br>оксидов ниобия, тантала<br>и титана     | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6               | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Реферат, Собеседование, Тест |
|   | Проработка лекционного материала              | 1               |                                    |   |
|   | Итого   | 7               |                                    |   |
| 4 Кристаллы семейства<br>титанилфосфата калия<br>КТР                              | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5               | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Собеседование, Тест   |
|   | Проработка лекционного материала              | 1               |                                    |   |
|   | Итого   | 6               |                                    |   |
| 5 Использование<br>фоторефрактивных<br>материалов в<br>динамической<br>голографии | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6               | ПК-10,<br>ПК-11,<br>ПК-13,<br>ПК-5 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Реферат, Собеседование, Тест                                  |
|   | Проработка лекционного материала              | 1               |                                    |   |
|   | Итого   | 7               |                                    |   |
| 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)   |
| 65 - 69                              |  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 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).

#### 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 лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

##### **13.1.2. 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.

##### **13.1.3. 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 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

- пирозлектрический эффект;
- магнитооптический эффект;
- электрооптический эффект, вызванный полем пространственного заряда.

20. Дифракционная эффективность фазовых голограмм в фоторефрактивных кристаллах за-

висит 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. 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 спектроско-

пии.

- 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.

#### 14.1.3. 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.

#### 14.1.4. Вопросы на самоподготовку

- Классификация нелинейных оптических материалов и нелинейно-оптических эффектов.  
Принципы отбора веществ, перспективных для применения в динамической голографии.  
Лазерные, акустические, нелинейно-оптические, полупроводниковые, сегнетоэлектрические, магнитные кристаллы и их применение.  
Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана.  
Методы выращивания кристаллов ниобатов, танталатов.

Дефекты структуры кристаллов ниобатов и танталатов.

Основные причины фоторефракции.

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

Нелинейные кристаллы семейства КТР. Бораты лития, бария.

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

#### 14.1.5. Темы опросов на занятиях

Кристаллы – преобразователи одного вида энергии в другой.

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

Монокристаллические материалы УФ-ИК диапазонов

Описание монокристаллов по справочнику.

Двойникование.

Монодоменизация кристаллов

Нелинейные кристаллы семейства КТР. Бораты лития, бария.

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

Раствор-расплавный метод выращивания кристаллов семейства КТР и боратов.

Фоторефрактивный эффект в кислородно-октаэдрических кристаллах.

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

#### 14.1.6. 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  $\text{ZnGeP}_2$ .

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) Оптические свойства алюмоиттриевого граната.

13) Нелинейные оптические материалы, используемые для мини-лазеров.

#### 14.1.7. 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 доступная 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.