**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Материалы нелинейной оптики**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 20 | 20 | часов |
| 2 | Практические занятия | 20 | 20 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 14 | 14 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 54 | 54 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 30 | 30 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 54 | 54 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 5184

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 51 от «31» 7 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 2015-09-03 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. ЭП _____ Кистенева М. Г.

Заведующий обеспечивающей каф.
ЭП _____ Шандаров С. М.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф.
ЭП _____ Шандаров С. М.

Эксперты:

профессор кафедра ЭП _____ Орликов Л. Н.

Согласована на портале № 5184

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование у студентов знаний о физико-химических свойствах материалов нелинейной оптики, технологии их получения и использования их при разработке устройств и систем фотоники и оптоинформатики.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Получение студентами базовых знаний в области технологии производства нелинейно-оптических и электрооптических кристаллов;

– Получение студентами 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» (Б1.В.ДВ.9.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Акустооптические методы обработки информации, Введение в фотонику и оптоинформатику, Когерентная оптика и голография, Оптическая физика, Оптическое материаловедение.

Последующими дисциплинами являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом, Голографические методы в фотонике и оптоинформатике.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-3 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат;

– ПК-3 способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике;

В результате изучения дисциплины студент 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 разработки маршрутной карты технологического процесса роста кристаллов на затравку из высокотемпературного раствора и расплава; навыками организации процессов входного контроля параметров выращенного кристалла и выходного контроля параметров оптических элементов, изготовленных из него.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 5184

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 54 | 54 |
| Лекции | 20 | 20 |
| Практические занятия | 20 | 20 |
| Лабораторные занятия | 14 | 14 |
| Из них в интерактивной форме | 30 | 30 |
| Самостоятельная работа (всего) | 54 | 54 |
| Выполнение домашних заданий | 4 | 4 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 14 | 14 |
| Проработка лекционного материала | 6 | 6 |
| Написание рефератов | 14 | 14 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 16 | 16 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 4.0 | 4.0 |

## 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 | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Введение. Классификация нелинейных оптических материалов | 2 | 4 | 0 | 3 | 9 | ОПК-3 |
| 2 | Нелинейные оптические эффекты | 4 | 4 | 6 | 15 | 29 | ОПК-3, ПК-3 |
| 3 | Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана | 4 | 0 | 4 | 7 | 15 | ОПК-3, ПК-3 |
| 4 | Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР | 4 | 4 | 0 | 8 | 16 | ОПК-3 |
| 5 | Фоторефрактивные кристаллы | 4 | 4 | 4 | 14 | 26 | ОПК-3, ПК-3 |
| 6 | Материалы для генерации когерентного излучения | 2 | 4 | 0 | 7 | 13 | ОПК-3 |
| | Итого | 20 | 20 | 14 | 54 | 108 | |

Согласована на портале № 5184

**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, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Введение. Классификация нелинейных оптических материалов | Классификация нелинейных оптических материалов и нелинейно-оптических эффектов. Линейные и нелинейные оптические материалы. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в нелинейной оптике. | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Нелинейные оптические эффекты | Генерация второй гармоники. Акустооптические и магнитооптические эффекты. Люминесценция. Фотохромизм. Фоторефракция. Фотовольтаический эффект. | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала 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. Монододоменизация кристаллов | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР | Нелинейные кристаллы семейства КТР. Бораты лития, бария. Водорастворимые нелинейные кристаллы KDP (KH2PO4) и иодаты лития. Расствор-расплавный метод выращивания кристаллов симейства КТР и боратов. | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Фоторефрактивные кристаллы | 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 | 4 | ОПК-3 |

Согласована на портале № 5184

| | | | |
|---|---|---|---|
| | сегнетоэлектрическое переключение как способ управления характеристиками фоторефрактивной голографической записи. | | |
| | Итого | 4 | |
| 6 Материалы для генерации когерентного излучения | Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов: алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий- недим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров. | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

**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 представ-лены 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 | 6 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 | Акустооптические методы обработки информации | | + | | | + | |
| 2 | Введение в фотонику и оптоинформатику | + | + | | | | + |
| 3 | Когерентная оптика и голография | | + | | | + | + |
| 4 | Оптическая физика | | + | | | | |
| 5 | Оптическое материаловедение | + | | | | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 | Взаимодействие оптического излучения с веществом | | + | | | | + |
| 2 | Голографические методы в фотонике и оптоинформатике | | + | | | + | |

**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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| | Виды занятий | Формы контроля |
|---|---|---|

Согласована на портале № 5184

| Компетенции | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |
|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-3 | + | + | + | + | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии |
| ПК-3 | | | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Мозговой штурм | 4 | 2 | 2 | 8 |
| Работа в команде | | 4 | | 4 |
| Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением | | | 2 | 2 |
| Решение ситуационных задач | 2 | | 2 | 4 |
| Исследовательский метод | 2 | 4 | 2 | 8 |
| Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением | | | 2 | 2 |
| Презентации с использованием видеофильмов с обсуждением | 2 | | | 2 |
| Итого за семестр: | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого | 10 | 10 | 10 | 30 |

## 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 5184

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

| Названия разделов | Содержание лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Нелинейные оптические эффекты | Исследование электрооптического эффекта в нелинейных оптических кристаллах на базе интерферометра Маха-Цендера | 4 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Исследование генерации второй гармоники в кристаллах ниобата лития | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| 3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана | Исследование оптических свойств кристаллов ниобата лития | 4 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Фоторефрактивные кристаллы | Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов | 4 | ОПК-3, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 14 | |

## 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов | Содержание практических занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Введение. Классификация нелинейных оптических материалов | Линейные и нелинейные оптические материалы | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Нелинейные оптические эффекты | Электрооптические, акустооптические и магнитооптические эффекты и кристаллы. | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР | Кристаллы семейства титанилфосфата калия | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Фоторефрактивные кристаллы | Нелинейные фоторефрактивные кристаллы | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Материалы для генерации | Лазерные материалы | 4 | ОПК-3 |

Согласована на портале № 5184

| | | | |
|---|---|---|---|
| когерентного излучения | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Введение. Классификация нелинейных оптических материалов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-3 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 2 Нелинейные оптические эффекты | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Выполнение домашних заданий | 4 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 3 Способы синтеза соединений основе оксидов ниобия, тантала и титана | Написание рефератов | 2 | ОПК-3, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 4 Кристаллы семейства титанилфосфата калия КТР | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Написание рефератов | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 5 Фоторефрактивные кристаллы | Подготовка к практическим занятиям, | 3 | ОПК-3, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект |

Согласована на портале № 5184

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | семинарам | | | самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Написание рефератов | 6 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 14 | | |
| 6 Материалы для генерации когерентного излучения | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Написание рефератов | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 7 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 90 | | |

**9.1. Темы рефератов**

1. Кристаллы пентобарата калия и дигидрофосфата калия для преобразования лазерного излучения в третью и четвертую гармоники.
2. Кристаллы для генерации лазерного излучения.
3. Материалы для генерации второй гармоники.
4. Кристаллы нитрата натрия и нитрата бария для преобразования излучения твердотельных лазеров на основе эффекта вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР).
5. Свойства и применение кристаллов силленитов.
6. Материалы для записи оптической информации.
7. Влияние фотоиндуцированного поглощения света на фоторефрактивный эффект в кристаллах силленитов.
8. Влияние легирования на фоторефрактивные свойства кристаллов ниобата лития.
9. Взаимодействие световых волн на отражательной голографической решетке в кубических фоторефрактивных кристаллах
10. Кристаллы дидейтерофосфата калия для нелинейных и электрооптических приложений.
11. Кристаллы пентобарата калия и дигидрофосфата калия для преобразования лазерного излучения в третью и четвертую гармоники.
12. Исследование оптической и нелинейно-оптической однородности кристаллов КТР.
13. Изготовление нелинейных элементов из кристаллов КТР и их характеристики.
14. Свойства и применение кристаллов ниобата лития.
15. Свойства монокристаллов танталата лития.

**9.2. Темы домашних заданий**

16. Оптические эффекты в нелинейных оптических материалах, обусловленные анизотропией.
17. Нелинейные оптические эффекты, обусловленные квадратичной нелинейностью.
18. Нелинейные оптические эффекты, обусловленные кубической нелинейностью.
19. Фотохромный эффект в нелинейных оптических материалах.
20. Люминесценция в нелинейных оптических материалах.

Согласована на портале № 5184

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Конспект самоподготовки | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Опрос на занятиях | 12 | 12 | 12 | 36 |
| Отчет по лабораторной работе | 6 | 8 | 8 | 22 |
| Итого максимум за период | 22 | 24 | 24 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 22 | 46 | 70 | 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 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

Согласована на портале № 5184

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2059., свободный.
2. Оптическое материаловедение: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2013. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2992, свободный.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Шандаров С.М., Шандаров В.М., Мандель А.Е., Буримов Н.И. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография. Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 241[1] с. - ISBN 978-5-86889-426-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)
2. 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: http://edu.tusur.ru/publications/1553, свободный.
3. Акустические кристаллы: Справочник / А. А. Блистанов [и др.]; ред.: М. П. Шаскольская. - М.: Наука, 1982. - 632 с.: ил. - Библиогр.: с. 589-632. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)
4. Шандаров В. М. Основы физической и квантовой оптики: учебное пособие для вузов /В. М. Шандаров; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 258 с. - ISBN 5-86889-228-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 24 экз.)

### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания по самостоятельной работе / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1094, свободный.
2. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания к практическим занятиям / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1093, свободный.
3. Исследование электрооптического эффекта в нелинейных оптических кристаллах на базе интерферометра Маха-Цендера: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 -«Фотоника и оптоинформатика» / Быков В. И., Мельник К. П. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3496, свободный.
4. Исследование генерации второй гармоники в кристаллах ниобата лития: Методические указания к лабораторной работе / Щербина В. В., Шандаров С. М. - 2012. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1067, свободный.
5. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5970, свободный.
6. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986, свободный.

### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета
2. Библиотека университета

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные стенды для исследования оптических свойств нелинейных оптических материалов.

Согласована на портале № 5184

Демонстрационные плакаты.
Переносные макеты для демонстрации на лекциях и проведения лабораторных работ.
Microsoft PoweRoint для проведения лекций, операционные системы Windows и Unix для проведения лабораторных работ.

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 5184

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**Материалы нелинейной оптики**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- Доцент каф. ЭП Кистенева М. Г.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 5184

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ОПК-3 | способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат | 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.; Должен 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.; Должен владеть Навыками разработки маршрутной карты технологического процесса роста кристаллов на затравку из высокотемпературного раствора и расплава; навыками организации процессов входного контроля параметров выращенного кристалла и выходного контроля параметров оптических элементов, изготовленных из него.; |
| ПК-3 | способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике | |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Согласована на портале № 5184

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | 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 | Рационально выбирать оптические материалы, используемые в нелинейной оптике, электрооптике, динамической голографии, в зависимости от предъявляемых к ним технических требований | Навыками разработки маршрутной карты технологического процесса роста кристаллов на затравку из высокотемпературного раствора и расплава |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные |

Согласована на портале № 5184

| | | | |
|---|---|---|---|
| | лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Может анализировать связи между различными физическими понятиями и моделями, представляет способы и результаты использования различных физико-математических моделей материалов нелинейной оптики ; | • Умеет решать задачи повышенной сложности, корректно выражать и аргументированно обосновывать результаты; | • Самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование. Владеет разными способами представления результатов в графической, математической форме, в форме физических моделей ; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Понимает связи между различными физическими понятиями, имеет представление о физико-математических моделях в данной области знаний, аргументирует выбор метода решения задачи, составляет план решения и графически иллюстрирует задачу ; | • Умеет решать типовые задачи, математически выражать и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа экспериментальных и теоретических исследований материалов нелинейной оптики; | • Самостоятельно работает на исследовательских установках. Может интерпретировать и иллюстрировать полученные экспериментальные и теоретические результаты ; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Дает определения основных понятий, воспроизводит основные физические | • Умеет работать со справочной литературой и рассчитывать основные | • Правильно использует приборы, указанные в описании лабораторной работы, |

Согласована на портале № 5184

| | | | |
|---|---|---|---|
| | факты, идеи; знает основные алгоритмы решения типовых задач. ; | параметры материалов нелинейной оптики. ; | понимает терминологию и сущность процессов; |

**2.2 Компетенция ПК-3**

ПК-3: способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | 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. | 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 | Навыками организации процессов входного контроля параметров выращенного кристалла и выходного контроля параметров оптических элементов, изготовленных из него. |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Согласована на портале № 5184

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Знать основные экспериментальные методы и приборы для исследования материалов нелинейной оптики. Может анализировать связи между различными физическими понятиями и моделями, представляет способы и результаты использования различных физико-математических моделей материалов нелинейной оптики ; | • Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать результаты исследований свойств материалов нелинейной оптики; | • Владеет навыками измерения, анализа исследуемых характеристик и моделирования физических процессов в материалах нелинейной оптики; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Понимает связи между различными физическими понятиями, имеет представление о физико-математических моделях в данной области знаний, аргументирует выбор метода решения задачи, составляет план решения и графически иллюстрирует задачу. ; | • Умеет математически выражать и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа экспериментальных и теоретических исследований свойств материалов нелинейной оптики; | • Владеет основами измерения и анализа исследуемых характеристик материалов нелинейной оптики ; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Дает определения основных понятий, воспроизводит основные физические факты, идеи; знает основные методики исследования свойств материалов нелинейной оптики; | • Умеет работать со справочной литературой. Умеет объяснить результаты своей работы. ; | • Может эффективно работать под наблюдением преподавателя; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Вопросы на самоподготовку

– Как классифицируются нелинейные оптические материалы? Где применяются нелинейные оптические материалы? Как классифицируются нелинейно-оптические эффекты? Как различаются спектральные характеристики нелинейных оптических материалов? Каковы физико-механические свойства нелинейных оптических материалов и методы их измерения? Какие кристаллы и поликристаллы, используемые в динамической голографии, Вы знаете? Каковы

Согласована на портале № 5184

принципы отбора веществ, перспективных для применения в динамической голографии Каковы современные тенденции развития нелинейных оптических материалов? Способы выращивания кристаллов ниобата лития. Свойства монокристаллов ниобата лития. Методы исследования состава и дефектности кристаллов ниобата лития Методики исследования доменной структуры в кристаллах ниобата лития Способы выращивания кристаллов танталата лития Свойства монокристаллов танталата лития Способы выращивания монокристаллов танталата лития. Дефекты структуры кристаллов танталата лития. Оптические свойства кристаллов КТР. Способы выращивания кристаллов КТР. Исследование влияния на оптическую и нелинейно-оптическую однородность кристаллов КТР технологических параметров ростового процесса. Изготовление нелинейных элементов из кристаллов КТР и их характеристики. Использование кристаллов КТР для высокоэффективного нелинейного преобразования излучения твердотельных лазеров. Оптические свойства кристаллов KDP (KH2PO4). Способы выращивания кристаллов KDP (KH2PO4). Использование кристаллов дидейтерофосфата калия для нелинейных и электрооптических приложений. Использованрие кристаллов пентобарата калия и дигидрофосфата калия для преобразования лазерного излучения в третью и четвертую гармоники Что такое фоторефрактивный эффект? 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. Влияние легирования на фоторефрактивные свойства кристаллов ниобата лития. Фазовые переходы в кристалле ниобата лития.

### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Классификация нелинейных оптических материалов и нелинейно-оптических эффектов. Линейные и нелинейные оптические материалы. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в нелинейной оптике.

– Генерация второй гармоники. Акустооптические и магнитооптические эффекты. Люминесценция. Фотохромизм. Фоторефракция. Фотовольтаический эффект.

– 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 КТР. Бораты лития, бария. Водорастворимые нелинейные кристаллы KDP (KH2PO4) и иодаты лития. Расствор-расплавный метод выращивания кристаллов симейства 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.

– Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов: алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий- недим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров.

### 3.3 Темы докладов

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

– Кристаллы для генерации лазерного излучения.

– Материалы для генерации второй гармоники.

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

– Свойства и применение кристаллов силленитов.

– Материалы для записи оптической информации.

– Влияние фотоиндуцированного поглощения света на фоторефрактивный эффект в кристаллах силленитов.

– Влияние легирования на фоторефрактивные свойства кристаллов ниобата лития.

Согласована на портале № 5184

– Взаимодействие световых волн на отражательной голографической решетке в кубических фоторефрактивных кристаллах

– Кристаллы дидейтерофосфата калия для нелинейных и электрооптических приложений.

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

– Исследование оптической и нелинейно-оптической однородности кристаллов КТР.

– Изготовление нелинейных элементов из кристаллов КТР и их характеристики.

– Свойства и применение кристаллов ниобата лития.

– Свойства монокристаллов танталата лития.

– Оптические эффекты в нелинейных оптических материалах, обусловленные анизотропией.

– Нелинейные оптические эффекты, обусловленные квадратичной нелинейностью.

– Нелинейные оптические эффекты, обусловленные кубической нелинейностью.

– Фотохромный эффект в нелинейных оптических материалах.

– Люминесценция в нелинейных оптических материалах.

### 3.4 Экзаменационные вопросы

– Классификация нелинейных оптических материалов. Классификация нелинейно-оптических эффектов. Линейные и нелинейные оптические материалы. Принципы отбора веществ, перспективных для применения в нелинейной оптике. Генерация второй гармоники. Акустооптические эффект. магнитооптические эффект. Люминесценция. Фотохромизм. Фоторефракция. Фотовольтаический эффект. Кристаллы на основе оксидов ниобия, тантала и титана. Методы выращивания кристаллов ниобатовв. Дефекты структуры кристаллов танталатов Дефекты структуры кристаллов ниобатов и танталатов. Нелинейные кристаллы семейства КТР. Бораты лития, бария. Водорастворимые нелинейные кристаллы KDP (KH2PO4) и иодаты лития. Расствор-расплавный метод выращивания кристаллов симейства 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. Требования, предъявляемые к лазерным материалам. Свойства основных лазерных материалов: алюмоиттриевого граната, галий-скандий-гадолиниевого граната, алюмината иттрия, калий- недим-фосфатного стекла. Материалы, используемые для мини-лазеров.

### 3.5 Темы лабораторных работ

– Исследование электрооптического эффекта в нелинейных оптических кристаллах на базе интерферометра Маха-Цендера

– Исследование генерации второй гармоники в кристаллах ниобата лития

– Исследование оптических свойств кристаллов ниобата лития

– Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Введение в нелинейную оптику: Учебное пособие / Шандаров С. М. - 2012. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/2059., свободный.

2. Оптическое материаловедение: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2013. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2992, свободный.

Согласована на портале № 5184

### 4.2. Дополнительная литература

1. Шандаров С.М., Шандаров В.М., Мандель А.Е., Буримов Н.И. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах: монография. Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2007. - 241[1] с. - ISBN 978-5-86889-426-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)
2. 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: http://edu.tusur.ru/publications/1553, свободный.
3. Акустические кристаллы: Справочник / А. А. Блистанов [и др.]; ред.: М. П. Шаскольская. - М.: Наука, 1982. - 632 с.: ил. - Библиогр.: с. 589-632. (наличие в библиотеке ТУСУР - 3 экз.)
4. Шандаров В. М. Основы физической и квантовой оптики: учебное пособие для вузов /В. М. Шандаров; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск: ТУСУР, 2005. - 258 с. - ISBN 5-86889-228-3 (наличие в библиотеке ТУСУР - 24 экз.)

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания по самостоятельной работе / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1094, свободный.
2. Материалы нелинейной оптики и динамической голографии: Методические указания к практическим занятиям / Шварцман Г. И., Кистенева М. Г. - 2012. 12 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1093, свободный.
3. Исследование электрооптического эффекта в нелинейных оптических кристаллах на базе интерферометра Маха-Цендера: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 -«Фотоника и оптоинформатика» / Быков В. И., Мельник К. П. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3496, свободный.
4. Исследование генерации второй гармоники в кристаллах ниобата лития: Методические указания к лабораторной работе / Щербина В. В., Шандаров С. М. - 2012. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1067, свободный.
5. Исследование анизотропии оптических свойств кристаллов ниобата лития: Методическое пособие к лабораторной работе для студентов бакалавриата по направлению 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника» Профиль: «Квантовая и оптическая электроника» / Давыдов В. Н. - 2016. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5970, свободный.
6. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов: Методические указания к лабораторной работе для студентов направлений 210100.62 – Электроника и наноэлектроника, 222900.62 – Нанотехнологии и микросистемная техника / Буримов Н. И., Шандаров С. М. - 2014. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3986, свободный.

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета
2. Библиотека университета

Согласована на портале № 5184