**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ФОТОНИКИ И ОПТОИНФОРМАТИКИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 2 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 26 | 26 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 84 | 84 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 180 | 180 | часов |
| | 5 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 2 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 53930

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение теоретических основ нанотехнологий, получивших наиболее широкое распространение в фотонике и оптоинформатике.

2. Формирование способности приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование знаний, умений, и практических навыков по построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи.

2. Формирование компетенций, необходимых для решения поставленных задач.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Специализированный модуль (hard skills – HS).

Индекс дисциплины: Б1.О.02.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 53930

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач | ОПК-3.1 .Знает структуру, назначение и содержание современных информационных ресурсов, используемых в научно-исследовательской работе | Знает структуру, назначение и содержание информационных ресурсов, необходимых при анализе спектров газовыделения, расчете параметров эпитаксии (толщины нанослоев, направления газофазных реакций, электрофизических параметров ), а также для построения маршрутной и операционной карт процесса молекулярной эпитаксии в индивидуальном задании |
| | ОПК-3.2 .Умеет осуществлять информационный поиск и использует новые знания в своей предметной области | Использует информационный поиск для расчета электрофизических параметров при ионно-плазменной подготовке материалов при эпитаксии, а также безмасляных вакуумных систем |
| | ОПК-3.3 .Владеет навыками предложения новых идей и подходов к решению инженерных задач с использованием информационных систем и технологий | Имеет навык предложения новых идей к решению задач построения последовательностей технологических операций при эпитаксии с использованием информационных систем. |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 53930

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-2. Способен к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи | ПКР-2.1 .Постановка задачи и определение набора параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование процессов, явлений и особенностей работы изделий оптотехники. | Из постановки задачи определяется набор параметров для моделирования работы вакуумной системы и электронно-лучевой системы при эпитаксии в своем индивидуальном задании. |
| | ПКР-2.2 .Определяет выходные параметры и функции разрабатываемого оптико-электронного прибора, которые должны быть определены в результате моделирования его функционирования на основе физических процессов и явлений. | В результате моделирования физических процессов и явлений определяет параметры и режимы, необходимые для проведения эпитаксии и работы безмасляной вакуумной системы. |
| | ПКР-2.3 .Разрабатывает математические модели функционирования оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений. | На основе физических процессов функционирования приборов нано-электроники разрабатывает математические модели изменения электрофизических параметров при эпитаксии. |
| | ПКР-2.4 .Владеет навыками проведения компьютерного моделирования функционирования оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений. | Имеет навык компьютерной расшифровки спектров газовыделения и моделирования физических процессов при электронно – лучевой обработке материалов в безмасляном вакуумне. |
| | ПКР-2.5 .Проводит анализ полученных результатов моделирования работы оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений. | На основе физических процессов и явлений проводит анализ полученных результатов моделирования безмасляных вакуумных систем и электрофизических параметров при эпитаксии. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 2 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 60 | 60 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 26 | 26 |

Согласована на портале № 53930

| | | |
|---|---|---|
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 84 | 84 |
| Подготовка к тестированию | 5 | 5 |
| Выполнение практического задания | 22 | 22 |
| Выполнение индивидуального задания | 41 | 41 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 16 | 16 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 5 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | | | |
| 1 Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники | 4 | 4 | 4 | 15 | 27 | ОПК-3, ПКР-2 |
| 2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков | 4 | 8 | 4 | 15 | 31 | ОПК-3, ПКР-2 |
| 3 Литография | 2 | 2 | 4 | 7 | 15 | ОПК-3, ПКР-2 |
| 4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах | 4 | 8 | 4 | 28 | 44 | ОПК-3, ПКР-2 |
| 5 Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям | 4 | 4 | - | 19 | 27 | ОПК-3, ПКР-2 |
| Итого за семестр | 18 | 26 | 16 | 84 | 144 | |
| Итого | 18 | 26 | 16 | 84 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |

Согласована на портале № 53930

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники | Введение. Понятие наноструктур и история их развития. Классификация наноматериалов. Периоды кристаллической решетки наночастиц. Оптические свойства наночастиц. Фуллерены, как материалы наноэлектроники. Оптоэлектронные и акустоэлектронные элементы. Некоторые характеристики оптоэлектронных элементов. Эффекты, реализуемые на опто и акустоэлектронных элементах. Теория и технология изготовления одноэлектронного квантового транзистора. Безмасляные вакуумные системы для роста квантоворазмерных структур и их проектирование | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков | Понятие эпитаксии, виды эпитаксий. МОС-гидридная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Кинетика процесса молекулярно-лучевой эпитаксии. Фазовая диаграмма процесса роста эпитаксиальных пленок. Особенности легирования структур в процессе при МЛЭ. Контроль параметров роста эпитаксиальных структур. Растровая электронная микроскопия. Установки для молекулярно-лучевой эпитаксии. Моделирование условий эпитаксии. | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Литография | Общие понятия. Разрешающие возможности литографий. Фотолитография. Типовой литографический процесс. Выбор фоторезиста. Формирование фоторезистивного слоя. Процесс формирования изображения микросхемы. Заключительные этапы литографического процесса. Другие виды литографии. Нанолитография | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 53930

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах | Общие понятия. Последовательность операций при изготовлении транзистора по планарной технологии. Планарно-эпитаксиальная технология. Функциональные возможности планарной технологии. Технология легирования и имплантации примесей в планарной технологии. Моделирование и технология изготовления акустоэлектронных элементов на поверхностных акустических волнах (технология ПАВ). Планарная технология изготовления СВЧ элементов. Кинетика синтеза нанослоев. Физико-химические процессы кинетики конденсации пленок. Кинетика формирования пленок на подложке. Поверхностные явления при проведении технологических операций. Применение теории межфазных взаимодействий при формировании высококачественных пленок. | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям | Электрофизические методы очистки. Ионное травление материалов. Некоторые параметры сильноточных ионно-электронных источников. | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |
| 1 Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники | Безмасляные вакуумные системы для эпитаксии и их расчет | 2 | ПКР-2 |
| | Индивидуальные задания по изучаемой дисциплине | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 53930

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков | Расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопереноса). | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Расчет параметров газофазных реакций, расчет сорбционных и диффузионных процессов | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Расчет электрофизических параметров оборудования для формирования и обработки эпитаксиальных нанослоев | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Разработка алгоритма работы эпитаксиального вакуумного оборудования. | 2 | ПКР-2 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Литография | Решение задач по теме литографии | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах | Маршрутная и операционная карта. Расчет параметров технологичности процесса формирования нанослоев | 2 | ОПК-3 |
| | Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Взаимодействие частиц в плазме | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Электрические разряды в нанотехнологии | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 8 | |
| 5 Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям | Анализ электрофизических устройств фотоники и оптоинформатики | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Проектирование подготовительных операций для технологии приборов фотоники и оптоинформатики | 2 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 26 | |
| Итого | | 26 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | |
| 1 Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники | Спектрометрия газовыделения из кристаллов | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков | Молекулярная эпитаксия | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 53930

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Литография | Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах | Исследование процесса электронно-лучевой обработки материалов в безмасляном вакууме | 4 | ОПК-3, ПКР-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **2 семестр** | | | | |
| 1 Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-2 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПКР-2 | Практическое задание |
| | Выполнение индивидуального задания | 6 | ПКР-2 | Индивидуальное задание |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-3, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 15 | | |
| 2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков | Подготовка к тестированию | 1 | ПКР-2 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПКР-2 | Практическое задание |
| | Выполнение индивидуального задания | 6 | ПКР-2 | Индивидуальное задание |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-3, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 15 | | |

Согласована на портале № 53930

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 Литография | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-3, ПКР-2 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 2 | ОПК-3, ПКР-2 | Практическое задание |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-3, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 7 | | |
| 4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-3 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 8 | ОПК-3 | Практическое задание |
| | Выполнение индивидуального задания | 15 | ОПК-3 | Индивидуальное задание |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-3, ПКР-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 28 | | |
| 5 Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-3, ПКР-2 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ОПК-3, ПКР-2 | Практическое задание |
| | Выполнение индивидуального задания | 14 | ОПК-3, ПКР-2 | Индивидуальное задание |
| | Итого | 19 | | |
| Итого за семестр | | 84 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 120 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-3 | + | + | + | + | Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-2 | + | + | + | + | Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен |

Согласована на портале № 53930

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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** | | | | |
| Индивидуальное задание | 0 | 0 | 15 | 15 |
| Лабораторная работа | 5 | 10 | 10 | 25 |
| Практическое задание | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 15 | 20 | 35 | 100 |
| Нарастающим итогом | 15 | 35 | 70 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | 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) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Смирнов, Ю.А. Основы нано- и функциональной электроники. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 320 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/5855/#1.

Согласована на портале № 53930

2. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Учебное пособие / Л. Н. Орликов - 2019. 96 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9170.

3. Богданов, А.В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 236 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/101825?category=12697.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Петров, В.М. Адаптивные голографические интерферометры для наномеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Петров. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 192 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/108468.

2. Черняев, Владимир Николаевич. Физико-химические процессы в технологии РЭА : Учебник для вузов. - М. : Высшая школа , 1987. - 375[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.).

3. Орликов, Леонид Николаевич. Молекулярно-лучевая эпитаксия : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2007. - 107 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

4. Орликов, Леонид Николаевич. Специальные вопросы технологии : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2007. - 229 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Методические указания к практическим занятиям / Л. Н. Орликов - 2019. 24 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9114.

2. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Методические указания к лабораторным работам / Л. Н. Орликов - 2019. 75 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9113.

3. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Методические указания по самостоятельной работе / Л. Н. Орликов - 2019. 36 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9115.

#### 7.3.2. 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.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Согласована на портале № 53930

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

### 8.2. 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.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория технологии электронных приборов: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 108 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Доска магнитно-маркерная;
- Принтер HP Laser jet M1132;
- Установка вакуумного напыления УВН-2М;
- Течеискатель ПТИ-7;
- Вакуумный универсальный пост ВУП-4 - 2 шт.;
- Установка вакуумного напыления УРМ 387;
- Осциллограф С8-13;
- Осциллограф С1-65А;
- Источник питания Б5-46;
- Прибор комбинированный цифровой Щ4313;
- Вакуумметр ВСБ-1;
- Микроскопы: МБС-10, МИМ-7;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

### 8.4. 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.

Описание имеющегося оборудования:

Согласована на портале № 53930

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. 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 зрения** 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.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники | ОПК-3, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 53930

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков | ОПК-3, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Литография | ОПК-3, ПКР-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах | ОПК-3, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Подготовка изделий квантовой электроники к технологическим операциям | ОПК-3, ПКР-2 | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |

Согласована на портале № 53930

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Предложите приоритетный вариант окисления пленки олова на типовой установке вакуумного напыления с масляными средствами откачки:
   a) подача инертного газа с 5% кислорода;
   b) получение кислорода из порции воды;
   c) прокаливание кислородосодержащих солей;
   d) прогрев кубика льда.
2. Оцените присутствие углеводородов в спектре остаточных газов в вакуумной камере из обычной стали подключенной к турбомолекулярному насосу:
   a) создан «чистый безмасляный» вакуум;

Согласована на портале № 53930

b) доля углеводородов почти не уменьшилась;
c) спектр не отличается от масляного;
d) доля углеводородов увеличилась.

3. Методом эпитаксии выращивают пленки:
   a) кристаллические;
   b) аморфные;
   c) крупнозернистые;
   d) мелкозернистые.
4. Ваше решение, если спустя 10 минут от включения диффузионного насоса проявилась нестандартная ситуация: в здании отключилась электроэнергия:
   a) обращаться в энергетическую службу;
   b) закрыть все затворы, напустить воздух в механический насос, выключить рубильник;
   c) выключить питание установки;
   d) ничего не делать.
5. Выберите вариант формирования высококачественных пленок на элементах оптоэлектроники в условиях поточного производства:
   a) безтигельное формирование пленок СВЧ испарением навески;
   b) электронно-лучевое безтигельное;
   c) магнетронное;
   d) ионно-плазменное.
6. Приоритетное направление газофазной реакции окисления пленки титана на ниобате лития определяется по:
   a) изменению температуры во времени;
   b) изменению давления во времени;
   c) изменению давления от температуры;
   d) по отсутствию изменений давления и температуры.
7. Для повышения адгезии Вы принимаете нестандартное решение– ввести операцию «высокотемпературного вжигания пленки». Ваше действие и ответственность в данной ситуации:
   a) прогреваете подложку вместе с пленкой;
   b) проводите анализ возможностей установки;
   c) уменьшаете температуру подложки;
   d) повышаете температуру испарителя.
8. Назначение подслоя при формировании пленок:
   a) повысить адгезию;
   b) декоративная цель;
   c) уменьшение газовыделения из подложки;
   d) улучшения равномерности распределения толщины.
9. Нестандартная ситуация: формирование фотокатодов идет по программе «времякоманда». Вы обнаружили, что обеспечивается недостаточный вакуум. Ваши действия:
   a) переходите на программу «Время- параметр»;
   b) продолжаете работу по прежней программе;
   c) перестраиваете время на подачу команд;
   d) проводите профилактику вакуумной системы.
10. Маршрутная карта определяет:
    a) последовательность технологических операций;
    b) маршрут изготовления изделия;
    c) операции на конкретном рабочем месте;
    d) операции над участниками процесса.
11. При формировании пленки произошла нестандартная ситуация: установка вышла на высокий вакуум, предельный для измерения термопарным датчиком, но высоковакуумный датчик отказал. Ваши действия:
    a) рассчитаете время, необходимое для высоковакуумной откачки и продолжите процесс;
    b) остановите процесс;
    c) будете затягивать время процесса;
    d) продолжите процесс по интуиции.

Согласована на портале № 53930

12. Предложите приоритетный вариант формирования алюминиевого контакта на кристалле ниобата лития на типовой вакуумной установке:
    a) электродуговое на установке УРМ 387 (булат);
    b) термическое на установке УВН-2М;
    c) катодное напыление на установке ВУП-4;
    d) ионно-плазменное напыление на установке УРМ 382.
13. Нестандартная ситуация. Во время выхода высоковакуумного диффузионного насоса на режим отключилась вода на охлаждение насоса. Ваши действия:
    a) снять нагрев, форвакуумный насос работает;
    b) закрываете затворы, форвакуумный насос работает;
    c) продолжаете работать;
    d) выключаете установку.
14. Предложите приоритетный метод стимулирования процесса ионного травления пьезокристалла:
    a) снятие поверхностного заряда с пьезоэлектрика;
    b) увеличение ионного тока;
    c) увеличение ускоряющего напряжения;
    d) травление в среде галогеносодержащих газов.
15. На 10 минуте запуска вакуумной установки проявилась нестандартная ситуация: включили нагрев высоковакуумного диффузионного насоса, но забыли включить форвакуумный насос для откачки выхода насоса. Ваши действия:
    a) снять нагрев, включить форвакуумный насос;
    b) включить форвакуумный насос;
    c) продолжать работать;
    d) обсудить ситуацию с коллегами.
16. Предложите приоритетный способ уменьшения количества газов в пленках при термическом испарении материала в вакууме:
    a) повышенная температура подложки;
    b) подача потенциала на подложку;
    c) работа на легких газах;
    d) работа в безмасляном вакууме.
17. После плановых профилактических работ на установке молекулярно-лучевой эпитаксии возникла нестандартная ситуация: датчики не показывают наличие вакуума, форвакуумные вакуумнасосы работают с перегрузкой. Ваши действия:
    a) делаете ревизию мест профилактики;
    b) проводите затяжку всех соединений;
    c) запускаете течеискатель для обнаружения негерметичности;
    d) выполняете поиск течи методом пробной жидкости.
18. Выберите критерий оценки начала ионного травления подложки:
    a) изменение давления в рабочей камере;
    b) изменение вольтамперной характеристики источника ионов и спектра излучения разряда;
    c) изменение температуры подложки;
    d) изменение температуры катода ионного источника.
19. Нестандартная ситуация. Стеклянная подложка разбилась и попала в диффузионный насос. Ваши действия:
    a) собрать осколки, очистить вход диффузионного насоса;
    b) разобрать насос и достать осколки;
    c) продолжать работать;
    d) учитывать влияние газовыделения стекла на работу насоса.
20. Выберите приоритетный датчик для измерения сверхнизкого давления (10-8Па) :
    a) манометр сопротивления;
    b) электроразрядный с накаленным катодом;
    c) Ионизационный датчик;
    d) термопарный датчик.

**9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов**

Согласована на портале № 53930

1. Квантовая точка, параметры и методы получения.
2. Ионный синтез нанослоев.
3. Квантовые ямы.
4. Понятие каллоидальной точки.
5. Нанотрубки и устройства на их основе.
6. Фуллерены, свойства и методы их получения.
7. Схемы безмасляных вакуумных систем для нанотехнологий.
8. Методы получения кристаллических пленок.
9. Кинетическое уравнение процесса откачки газа.
10. Расчет вакуумных систем.
11. Охарактеризуйте общие условия искусственной эпитаксии.
12. Назовите виды литографий и их разрешающие возможности.
13. Охарактеризуйте позитивные и негативные фоторезисты.
14. Приведите типовой фотолитографический процесс.
15. Опишите методы нанесения фоторезиста, их достоинства и недостатки.
16. Охарактеризуйте методы совмещения изображений.
17. Как проводится перенос изображения в топологические слои?
18. Приведите критерии выбора фотошаблонов.
19. Назовите методы мультипликации и репродуцирования.
20. Поясните принцип работы фотоповторителя.
21. Охарактеризуйте методы травления фоторезиста.
22. Сравните термоионное и электронно-лучевое осаждение пленок.
23. Каковы особенности безтигельного испарения пленок?
24. Как получить пленки равномерной толщины?
25. Каковы особенности испарения сублиматоров?

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Формирование покрытий с конкретными функциональными свойствами на кон-кретном кристалле.
2. Нанесение оптических покрытий на конкретные изделия; материалы подложек: кристалл, полиэтиленовой пленка, лавсан, винипроз, стекло, керамика и т.д.
3. Ионная обработка конкретных материалов (травление, очистка, полировка).
4. Модификация поверхности под действием ионного или электронного воздействия.
5. Разработка программных продуктов и отработка технологии программирования при проведении технологических процессов.
6. Процесс изготовления оптического волновода на ниобате лития.
7. Процесс изготовления волновода на стеклах.
8. Технология формирования окисной пленки титана на танталате висмута, ниобате лития или на стекле.
9. Процесс легирования и диффузии элементов (железо, медь, свинец, церий и др.) в ниобат лития.
10. Технология ионного легирования или ионной имплантации в пьезокристаллы.
11. Процесс формирования зеркальных покрытий с внешним отражающим слоем.

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Спектрометрия газовыделения из кристаллов
2. Молекулярная эпитаксия
3. Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов
4. Исследование процесса электронно-лучевой обработки материалов в безмасляном вакууме

### 9.1.5. Темы практических заданий

1. Безмасляные вакуумные системы для эпитаксии и их расчет
2. Расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопереноса)
3. Расчет электрофизических параметров оборудования для формирования и обработки эпитаксиальных нанослоев

Согласована на портале № 53930

4. Разработка алгоритма работы эпитаксиального вакуумного оборудования.
5. Расчет параметров газофазных реакций, расчет сорбционных и диффузионных процессов
6. Решение задач по теме литографии
7. Маршрутная и операционная карта. Расчет параметров технологичности процесса формирования нанослоев
8. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях
9. Взаимодействие частиц в плазме
10. Электрические разряды в нанотехнологии
11. Анализ электрофизических устройств фотоники и оптоинформатики
12. Проектирование подготовительных операций для технологии приборов фотоники и оптоинформатики

### 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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) |

Согласована на портале № 53930

| | | |
|---|---|---|
| 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. 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.

Согласована на портале № 53930

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | С.М. Шандаров | Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | С.М. Шандаров | Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349 |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ЭП | А.И. Аксенов | Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961 |
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ЭП | Л.Н. Орликов | Разработано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6 |

Согласована на портале № 53930