**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 УР
_____Сенченко П.В.
«13» _____12_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ И ОПТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | 28 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 8 | 8 | часов |
| Самостоятельная работа | 62 | 62 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 108 | часов |
| | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 8 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 78770

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является формирование у студента компетенций в области понимания основных технологических проблем в своей предметной области, а также в выборе методов и средства их решения.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомление студентов с основными теоретическими принципами решения задач по построению технологических процессов на основе анализа своей предметной области и выбора методов и средств их решения.
2. Будущий выпускник приобретает способность разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий квантовой и оптической электроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.21.
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** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПК-3. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий квантовой и оптической электроники | ПК-3.1. Знает методики технологической подготовки оборудования для производства приборов квантовой и оптической электроники | Знает как, на основе новых принципов, расширять технологические возможности существующего оборудования и осуществлять подбор комплектующих, необходимых для проведения технологических процессов. |
| | ПК-3.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования, предназначенного для производства приборов квантовой и оптической электроники | Умеет осуществлять сервисное обслуживание оборудования квантовой и оптической электроники. |
| | ПК-3.3. Владеет навыками настройки высокотехнологично го оборудования | Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования квантовой и оптической электроники. |

Согласована на портале № 78770

## 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 3 зачетных единиц, 108 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 |
|---|---|---|
| | | 8 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 46 | 46 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 62 | 62 |
| Подготовка к зачету | 6 | 6 |
| Подготовка к тестированию | 6 | 6 |
| Выполнение практического задания | 20 | 20 |
| Выполнение индивидуального задания | 20 | 20 |
| Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 10 | 10 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 108 | 108 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 3 | 3 |

## 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 | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | | |
| 1 Процесс получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники | 2 | 2 | 6 | 10 | ПК-3 |
| 2 Кинетика технологического процесса. Межфазные взаимодействия в технологических процессах | 4 | 2 | 6 | 12 | ПК-3 |
| 3 Вакуумная технология. Электроннолучевая, ионно-лучевая и плазменная технология | 4 | 2 | 6 | 12 | ПК-3 |
| 4 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств квантовой и оптической электроники | 6 | 6 | 16 | 28 | ПК-3 |
| 5 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов квантовой и оптической электроники | 6 | 4 | 16 | 26 | ПК-3 |
| 6 Сервисное обслуживание установок эпитаксии | 6 | 2 | 12 | 20 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 28 | 18 | 62 | 108 | |

Согласована на портале № 78770

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Итого | 28 | 18 | 62 | 108 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |
| 1 Процесс получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники | Понятие наноструктур. Квантовые ямы, квантовые точки, нановолокна, нанопроволоки. Фуллерены. Процесс получения одноэлектронного квантового транзистора. Безмасляные вакуумные системы для роста квантоворазмерных наноструктур и их расчет. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Кинетика технологического процесса. Межфазные взаимодействия в технологических процессах | Кинетика синтеза нанослоев. Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах с различной размерностью. Диффузионные явления при формировании наноструктур. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Вакуумная технология. Электроннолучевая, ионно-лучевая и плазменная технология | Корректирующие вакуумные расчеты. Общие принципы построения электронно-ионных и плазменных источников. Расчет электрофизических параметров технологических процессов. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 78770

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств квантовой и оптической электроники | Техника и технология формирования периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах с различной размерностью. Технология легирования и имплантации примесей в планарной технологии. Технология изготовления акустоэлектронных элементов на поверхностных акустических волнах (технология ПАВ). Планарная технология изготовления СВЧ элементов. Плазменные источники электронов (ПИЭЛ). | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов квантовой и оптической электроники | Виды эпитаксий, условия ее проведения и оборудование. Газофазная эпитаксия. МОСгидридная эпитаксия. Молекулярнолучевая эпитаксии. Контроль параметров роста нанослоев. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Сервисное обслуживание установок эпитаксии | Правила устройства электроустановок. Инструкция по эксплуатации технического оборудования. Инструкции по монтажу вакуумных коммуникаций. Инструкции по сервисному обслуживанию электрооборудования вакуумных установок. Электротехнический сервис. Сервис систем обеспечения служебных характеристик. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| | Итого за семестр | 28 | |
| | Итого | 28 | |

**5.3. Практические занятия (семинары)**

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.
Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Согласована на портале № 78770

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | |
| 1 Процесс получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники | Расчет вакуумных систем для формирования приборов квантовой и оптической электроники | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Кинетика технологического процесса. Межфазные взаимодействия в технологических процессах | Расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопереноса) | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Вакуумная технология. Электроннолучевая, ионно-лучевая и плазменная технология | Расчет электрофизических параметров электронно и ионнолучевого оборудования для формирования и обработки эпитаксиальных нанослоев | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств квантовой и оптической электроники | Обсуждение конструкторской части индивидуальных работ. Расчет параметров технологичности процесса эпитаксиального формирования нанослоев. Решение задач на литографические и термические процессы. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов квантовой и оптической электроники | Разработка маршрутной карты для формирования эпитаксиальных покрытий в вакууме. Разработка операционных карт. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Сервисное обслуживание установок эпитаксии | Конференция по защите индивидуальной работы. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Согласована на портале № 78770

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 |
|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | |
| 1 Процесс получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники | Подготовка к зачету | 1 | ПК-3 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-3 | Практическое задание |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Кинетика технологического процесса. Межфазные взаимодействия в технологических процессах | Подготовка к зачету | 1 | ПК-3 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-3 | Практическое задание |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Вакуумная технология. Электроннолучевая, ионно-лучевая и плазменная технология | Подготовка к зачету | 1 | ПК-3 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-3 | Практическое задание |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств квантовой и оптической электроники | Подготовка к зачету | 1 | ПК-3 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Выполнение индивидуального задания | 10 | ПК-3 | Индивидуальное задание |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-3 | Практическое задание |
| | Итого | 16 | | |

Согласована на портале № 78770

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов квантовой и оптической электроники | Подготовка к зачету | 1 | ПК-3 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Выполнение индивидуального задания | 10 | ПК-3 | Индивидуальное задание |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-3 | Практическое задание |
| | Итого | 16 | | |
| 6 Сервисное обслуживание установок эпитаксии | Подготовка к зачету | 1 | ПК-3 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 10 | ПК-3 | Защита отчета по индивидуальному заданию |
| | Итого | 12 | | |
| Итого за семестр | | 62 | | |
| Итого | | 62 | | |

### 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. | Сам. раб. | |
| ПК-3 | + | + | + | Зачёт, Защита отчета по индивидуальному заданию, Индивидуальное задание, Практическое задание, Тестирование |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| **8 семестр** | | | | |
| Зачёт | 0 | 0 | 30 | 30 |
| Защита отчета по индивидуальному заданию | 0 | 0 | 15 | 15 |
| Индивидуальное задание | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Практическое задание | 5 | 10 | 10 | 25 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |

Согласована на портале № 78770

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Итого максимум за период | 15 | 20 | 65 | 100 |
| Нарастающим итогом | 15 | 35 | 100 | 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. Орликов, Леонид Николаевич. Специальные вопросы технологии : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2007. - 229 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.).

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

3. Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники: Учебное пособие / Л. Н. Орликов - 2018. 103 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8175.

4. Специальные вопросы технологии приборов оптической электроники: Учебное пособие / Л. Н. Орликов - 2018. 125 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8246.

5. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 1. Основы физики плазмы / И. А. Котельников. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/202166.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов. - Томск : ТУСУР , 2005. - 316 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 101 экз.).

2. Черняев, Владимир Николаевич. Физико-химические процессы в технологии РЭА : Учебник для вузов. - М. : Высшая школа , 1987. - 375[1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

3. Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/131007.

Согласована на портале № 78770

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Специальные вопросы технологии приборов квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / Л. Н. Орликов - 2018. 36 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8196.

2. Специальные вопросы технологии приборов квантовой и оптической электроники: Методические указания по самостоятельной работе / Л. Н. Орликов - 2018. 25 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8197.

#### 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

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 самостоятельной работы

Согласована на портале № 78770

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, 209 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:

- 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.

### 8.4. 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 Процесс получения материалов для приборов квантовой и оптической электроники | ПК-3 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 78770

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Кинетика технологического процесса. Межфазные взаимодействия в технологических процессах | ПК-3 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Вакуумная технология. Электроннолучевая, ионно-лучевая и плазменная технология | ПК-3 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств квантовой и оптической электроники | ПК-3 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов квантовой и оптической электроники | ПК-3 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Индивидуальное задание | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Сервисное обслуживание установок эпитаксии | ПК-3 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Защита отчета по индивидуальному заданию | Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

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 |

Согласована на портале № 78770

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 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. Выберите приоритетный метод анализа на технологичность при изготовлении прибора оптической электроники
   а) трудовые затраты;

Согласована на портале № 78770

б) энергетические затраты;
в) материалоемкость;
г) применение стандартных деталей.

2. Выберите документ для начала разработки технического задания на проектирование технологических процессов алюминирования пластмассовых изделий электронной техники
   а) маршрутная карта;
   б) технологическая карта;
   в) операционная карта;
   г) чертежи.
3. Выберите основные проблемы в своей предметной области при обеспечении процесса эпитаксии
   а) аварийные режимы;
   б) невоспроизводимость результатов;
   в) отклонение режимов;
   г) негерметичности вакуумной системы.
4. Предложите подходы к разработке технического задания на проектирование технологического процесса производства источника электронов на основе анализа
   а) геометрического подобия;
   б) режимов работы аналогов;
   в) архива технологических операций;
   г) инструментального каталога.
5. Выберите метод поиска негерметичности вакуумной системы в диапазоне давлений 1 мм рт ст.
   а) анализ возможных мест течей;
   б) метод пробной жидкости;
   в) измерение распределения давления;
   г) применение течеискателя.
6. Выберите метод формирования высокоадгезионной полупрозрачной алюминиевой пленки на оптическом стекле
   а) термовакуумное;
   б) магнетронное напыление в инертной среде;
   в) электродуговое;
   г) ионноплазменное.
7. Выберите техническое задание на правильный алгоритм включения установки вакуумного напыления
   а) все закрыть, включить форвакуумный насос, через 5 минут включить диффузионный насос;
   б) все закрыть, одновременно включить все насосы;
   в) одновременно включить все насосы;
   г) Включить диффузионный, затем форвакуумный.
8. Выберите способ повышения адгезии пленки при термовакуумном испарении меди на кристалл ниобата лития.
   а) обработка кристалла хромпиком;
   б) отжиг и вжигание пленки после напыления;
   в) напыление подслоя из никеля;
   г) обработка кристалла спиртом.
9. Найдите основную ошибку в разработке технического задания на формирование медной пленки на оптоэлектронном элементе
   а) не проведен анализ последовательности операций;
   б) не учтены характеристики участников процессе;
   в) взяты не химически чистые материалы;
   г) не составлены операционные карты.
10. Выберите техническое задание на приоритетный способ уменьшения количества углеводородов в вакуумной системе в диапазоне давлений 1 Па
    а) промывка системы инертным газом;
    б) дозированный напуск и откачка газа;

Согласована на портале № 78770

в) испарение газопоглотителя в момент испарения;
г) применение вымораживающей ловушки.

11. Отразите в техническом задании причину некоторой разности показаний нескольких датчиков давления подключенных к вакуумной камере
    а) нет доверия к датчикам;
    б) технологический разброс изготовления датчиков;
    в) нет доверия к вакуумметрам;
    г) в камеру проводится напуск газа.
12. Укажите наиболее необходимые фрагменты технического задания на проектирование технологического процесса легирования оптического волновода
    а) предварительные исследования;
    б) показать заказчику перспективы;
    в) представить последовательность операций;
    г) представить комплект технической документации.
13. Выберите алгоритм расчета производительности высоковакуумных средств откачки газа для электронно-лучевого формирования алюминиевых пленок в потоке инертного газа в виде отношения
    а) потока газовыделения к рабочему давлению;
    б) суммарного потока газа к рабочему давлению;
    в) потока газовыделения к выходному давлению;
    г) потока газа к входному давлению.
14. Выберите метод расшифровки картины роста формы кристалла в процессе молекулярно-лучевой эпитаксии
    а) Ожэ-спектрометрия;
    б) дифрактометрия быстрых электронов;
    в) время пролетная масс-спектрометрия;
    г) эллипсометрия
15. Выберите фрагмент документа на проектирование аварийного завершения технологического процесса формирования пленки на установке вакуумного напыления
    а) выключить рубильник, закрыть все вентили;
    б) закрыть напуск газа,, выключить рубильник;
    в) снять нагрев, выключить рубильник;
    г) все выключить.
16. Укажите экспресс метод контроля направления синтеза пленки двуокиси титана в процессе вакуумного термического испарения
    а) скорость изменения давления во времени;
    б) изменение температуры испарителя;
    в) изменение давления при напылении;
    г) изменение температуры подложки.
17. Выберите фрагмент технические задания на проверку ошибок в конструкторских чертежах при проектировании производства изделия электронной техники. Проверка на..
    а) технологичность изготовления;
    б) условия сборки;
    в) соблюдение ГОСТ;
    г) выбор материалов.
18. Определите тип разряда, если он горит при давлении 1 Па при напряжении 400В и токе до 50 мА и его диаметр на катоде увеличивается с увеличением тока
    а) дуговой;
    б) нормальный тлеющий;
    в) аномальный тлеющий;
    г) искровой.
19. Выберите метод измерения тока источника электронов, работающего в непрерывном режиме
    а) пояс Роговского;
    б) цилиндр Фарадея;
    в) зонд;
    г) амперметр.

Согласована на портале № 78770

20. По какому закону должен работать регулятор температуры, чтобы температура не превышала определенной величины
    а) пропорционально интегральный с дифференцированием;
    б) пропорциональный;
    в) пропорционально интегральный;
    г) адаптивный.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Понятие энтропии
2. Какова связь между теплотой и энтропией?
3. Что такое энтальпия?
4. Какова связь энтропии и энтальпии
5. По каким критериям производится выбор технологических электронных пушек?
6. Как производится предсварочная обработка материалов?
7. Каким образом реализуется снятие напряжений после сварки?
8. Как рассчитываются параметры ионного травления?
9. Опишите условия улучшения чистоты и стехиометрии пленок.
10. Опишите принципы работы аппаратуры для контроля скорости и толщины нанесения пленок.
11. Охарактеризуйте достоинства и недостатки ионного осаждения пленок.
12. Назовите факторы, влияющие на скорость осаждения пленок
13. Поясните технологические приемы кристаллизации.
14. Объясните механизмы ориентации кристаллов при эпитаксии.
15. Расскажите, как провести анализ пленок на монокристалличность.
16. Опишите методы перекристаллизации пленок.
17. Перечислите приемы повышения точности измерения.
18. Проанализируйте методы реанимации рабочих режимов вакуумных установок
19. Перечислите основные документы для монтажа технологических установок.
20. Назовите элементы пусковой автоматики.

### 9.1.3. Темы практических заданий

1. Расчет вакуумных систем для формирования приборов квантовой и оптической электроники.
2. Расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопереноса).
3. Расчет электрофизических параметров электронно и ионнолучевого оборудования для формирования и обработки эпитаксиальных нанослоев.
4. Обсуждение конструкторской части индивидуальных работ. Расчет параметров технологичности процесса эпитаксиального формирования нанослоев. Решение задач на литографические и термические процессы.
5. Разработка маршрутной карты для формирования эпитаксиальных покрытий в вакууме. Разработка операционных карт.
6. Конференция по защите индивидуальной работы.

### 9.1.4. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Разработать процесс синтеза фуллеренов
2. Разработать процесс формирования просветляющего покрытия (Cu/MgF2/LiNbO3)
3. Разработать процесс синтеза нанослоя Pb для оптического волновода на стекле
4. Разработать процесс синтеза нанослоя окиси цинка для оптического волновода
5. Разработать процесс ионного травления нанослоя MgF2
6. Разработать процесс легирования поверхности ниобата лития железом
7. Разработать процесс изготовления диффузионного волновода на окиси титана
8. Разработать процесс получения эпитаксиальных пленок алюминия
9. Разработать процесс получения эпитаксиальных пленок арсенида галлия
10. Разработать процесс формирования зеркала с внешним отражающим слоем для оптических исследований

### 9.1.5. Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий

Согласована на портале № 78770

1. В чем актуальность Вашей работы?
2. Какие электрофизические параметры рассчитаны в работе?
3. На основе каких критериев произведен выбор оборудования?
4. Какие методы проектирования технологических процессов были использованы для оптимизации производства?
5. В чем заключается сервисное обслуживание оборудования?
6. В чем заключается перспективность технологических процессов?

### 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 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |

Согласована на портале № 78770

| | | |
|---|---|---|
| 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 № 78770

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 11 от «24» 11 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**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 № 78770