**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.
«28» _____09_____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ПРОЦЕССЫ ЛАЗЕРНОЙ И ЭЛЕКТРОННО-ИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2022 года (индивидуальный учебный план, гр. 352-М-инд)

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 10 | 10 | часов |
| Лабораторные занятия | 8 | 8 | часов |
| Самостоятельная работа | 72 | 72 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 1 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 28.09.2022
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 68570

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью освоения дисциплины является получение углубленного профессионального образования по лазерным и электронно-ионным технологиям, а также физическим процессам, протекающим в поверхностном слое твердого тела при торможении лазерного луча и ускоренных частиц, позволяющего выпускнику обладать предметно-специализированными компетенциями, обеспечивающими возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области квантовой и оптической электроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение закономерностей торможения электронов в твердом теле и вторичных процессов, вызываемых электронной бомбардировкой.
2. Изучение ионной бомбардировки поверхностей и процессов, вызываемых ионами, а также лучом лазера.
3. Получение информации о способах формировании электронных и ионных пучков.
4. Ознакомление обучающихся с использованием ионно-плазменных устройств в технологических процессах.

## 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.02.04.
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** | | |
| УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла | УК-2.1. Знает основные модели жизненного цикла проекта, его этапы и фазы, их характеристики и особенности | Знает основные модели жизненного цикла проекта, его этапы и фазы, их характеристики и особенности для реализации процессов лазерной и электронно-ионной обработки |
| | УК-2.2. Умеет разрабатывать и реализовывать этапы проекта в сфере профессиональной деятельности | Умеет разрабатывать и реализовывать этапы проекта в сфере процессов лазерной и электронно-ионной обработки |
| | УК-2.3. Имеет навыки работы в области проектной деятельности и реализации проектов | Имеет навыки работы в области проектной деятельности и реализации проектов по лазерной и электронно-ионной обработке |

Согласована на портале № 68570

| | | |
|---|---|---|
| УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели | УК-3.1. Знает содержание организации и руководства деятельностью рабочего коллектива (группы), социально-психологические характеристики рабочего коллектива (группы), основы поддержания нравственных отношений в рабочем коллективе (группе) | Знает содержание организации и руководства деятельностью рабочего коллектива (группы), социально-психологические характеристики рабочего коллектива (группы), основы поддержания нравственных отношений в рабочем коллективе (группе) |
| | УК-3.2. Умеет организовывать работу коллектива (группы) для достижения поставленной цели | Умеет организовывать работу коллектива (группы) для достижения поставленной цели |
| | УК-3.3. Владеет основными методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде, а также методами организации работы коллектива (группы) | Владеет основными методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде, а также методами организации работы коллектива (группы) |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПКР-8. Готов обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов | ПКР-8.1. Знает принципы выработки рекомендаций по корректировке и оптимизации параметров и режимов технологических операций и технологических процессов производства изделий микроэлектроники. | Знает принципы выработки рекомендаций по корректировке и оптимизации параметров и режимов технологических операций и технологических процессов лазерной и электронно-ионной обработки |
| | ПКР-8.2. Умеет анализировать характеристики изделий электронной техники и процессов их изготовления. | Умеет анализировать характеристики изделий электронной техники и процессов их изготовления с помощью лазерной и электронно-ионной обработки |
| | ПКР-8.3. Владеет навыками оценки экономической эффективности технологических процессов. | Владеет навыками оценки экономической эффективности технологических процессов лазерной и электронно-ионной обработки |

Согласована на портале № 68570

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-9. Готов осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства | ПКР-9.1. Знает методы авторского сопровождения разрабатываемых изделий микроэлектроники. | Знает методы авторского сопровождения разрабатываемых изделий микроэлектроники |
| | ПКР-9.2. Умеет анализировать причины брака выпускаемых изделий микроэлектроники. | Умеет анализировать причины брака выпускаемых изделий микроэлектроники |
| | ПКР-9.3. Владеет навыками подготовки дефектных ведомостей устройств, приборов и систем электронной техники. | Владеет навыками подготовки дефектных ведомостей устройств, приборов и систем электронной техники |

## 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 4 зачетных единиц, 144 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 |
|---|---|---|
| | | 1 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 36 | 36 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 10 | 10 |
| Лабораторные занятия | 8 | 8 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 72 | 72 |
| Подготовка к письменному опросу | 16 | 16 |
| Подготовка к тестированию | 20 | 20 |
| Подготовка к контрольной работе | 20 | 20 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | 10 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 6 | 6 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | | | |
| 1 Основы электронно-ионных и плазменных технологий | 2 | - | - | 8 | 10 | ПКР-8 |

Согласована на портале № 68570

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 Взаимодействие электронов с твердым телом | 4 | 4 | - | 13 | 21 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| 3 Взаимодействие ионов с твердым телом | 4 | 2 | 8 | 25 | 39 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| 4 Тепловое действие лазерных, электронных и ионных лучей | 4 | 2 | - | 13 | 19 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| 5 Модификация поверхностных свойств твердого тела при облучении пучками ускоренных частиц | 4 | 2 | - | 13 | 19 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| Итого за семестр | 18 | 10 | 8 | 72 | 108 | |
| Итого | 18 | 10 | 8 | 72 | 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 |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 1 Основы электронно-ионных и плазменных технологий | Краткая история развития исследований по взаимодействию ускоренных частиц и когерентного излучения на твердое тело. Роль и место дисциплины в формировании инженера электронной техники. | 2 | ПКР-8 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Взаимодействие электронов с твердым телом | Рассеяние электрона в твердых телах. Плотность поглощенной энергии, механизмы рассеяния, потери энергии. Пробег электронов в твердом теле, связь между пробегом электрона и потерями энергии. Химическое действие электронного облучения, стимулирование химических реакций, диссоциация сложных соединений, десорбция газов. | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Взаимодействие ионов с твердым телом | Торможение ионов, потери энергии ионов при торможении в веществе. Катодное распыление поверхности твердых тел при воздействии потоков ионов. Эмиссия электронов и ионов с поверхности вещества, подвергнутого ионной бомбардировке. Химическое действие ионов с веществом. Ионная имплантация. | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 68570

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Тепловое действие лазерных, электронных и ионных лучей | Стационарный нагрев, локальный нагрев электронными, лазерными и ионными пучками. Образование «кинжального» шва при электронно-лучевой сварке. | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Модификация поверхностных свойств твердого тела при облучении пучками ускоренных частиц | Закалка поверхности стали при импульсном, лазерном и электронном нагреве. Повышение твердости и износостойкости металлов в результате ионного облучения. | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | 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 |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 2 Взаимодействие электронов с твердым телом | Расчет длины свободного пробега и глубины проникновения электрона. | 2 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Расчет скорости испарения твердого тела под воздействием электронного луча. | 2 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Взаимодействие ионов с твердым телом | Расчет глубины пробега ионов в твердом теле. Вторичная ион-электронная эмиссия. | 2 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Тепловое действие лазерных, электронных и ионных лучей | Тепловой расчет при взаимодействии заряженных частиц с твердым телом. Расчет параметров термического процесса напыления. | 2 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Модификация поверхностных свойств твердого тела при облучении пучками ускоренных частиц | Модификация поверхности твердого тела при облучении пучками электронов и ионов. | 2 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 10 | |
| Итого | | 10 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Согласована на портале № 68570

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |
| 3 Взаимодействие ионов с твердым телом | Исследование процесса ионной обработки материалов | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 8 | |

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |
| 1 Основы электронно-ионных и плазменных технологий | Подготовка к письменному опросу | 4 | ПКР-8 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-8 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 2 Взаимодействие электронов с твердым телом | Подготовка к письменному опросу | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 13 | | |
| 3 Взаимодействие ионов с твердым телом | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 6 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Отчет по лабораторной работе |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 25 | | |

Согласована на портале № 68570

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 Тепловое действие лазерных, электронных и ионных лучей | Подготовка к письменному опросу | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 13 | | |
| 5 Модификация поверхностных свойств твердого тела при облучении пучками ускоренных частиц | Подготовка к письменному опросу | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 13 | | |
| Итого за семестр | | 72 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 108 | | |

### 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. | |
| ПКР-8 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Письменный опрос, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-9 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Письменный опрос, Тестирование, Экзамен |
| УК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Письменный опрос, Тестирование, Экзамен |
| УК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Письменный опрос, Тестирование, Экзамен |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 68570

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Контрольная работа | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Письменный опрос | 5 | 6 | 6 | 17 |
| Лабораторная работа | 0 | 5 | 5 | 10 |
| Тестирование | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | 0 | 5 | 5 | 10 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 16 | 27 | 27 | 100 |
| Нарастающим итогом | 16 | 43 | 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. Процессы лазерной и электронно-ионной технологии: Учебное пособие / А. И. Аксенов - 2018. 123 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7262.

2. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1198-6. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/167879.

3. Рожанский, В. А. Теория плазмы : учебное пособие / В. А. Рожанский. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1233-4. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/168368.

4. Лазеры: применения и приложения: учебное пособие / А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов, С. В. Ивакин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 520 с. — ISBN 978-5-8114-2234-0. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/168977.

### 7.2. Дополнительная литература

Согласована на портале № 68570

1. Сушков, А. Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие / А. Д. Сушков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 5-8114-0530-8. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/167723.
2. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2088-9. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/167409.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование процессов ионной обработки материалов и ионноплазменного распыления материалов: Методические указания к лабораторным работам / Л. Н. Орликов - 2019. 32 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9110.
2. Специальные вопросы технологии приборов квантовой и оптической электроники: Методические указания к лабораторным работам / Л. Н. Орликов - 2018. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8195.
3. 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.
4. 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 аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной

Согласована на портале № 68570

аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 237 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Магнитно-маркерная доска;
- 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.

### 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, 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.

### 8.5. 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

Согласована на портале № 68570

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 Основы электронно-ионных и плазменных технологий | ПКР-8 | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Взаимодействие электронов с твердым телом | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Взаимодействие ионов с твердым телом | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |

Согласована на портале № 68570

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Тепловое действие лазерных, электронных и ионных лучей | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Модификация поверхностных свойств твердого тела при облучении пучками ускоренных частиц | ПКР-8, ПКР-9, УК-2, УК-3 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | 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 |
| 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.

Согласована на портале № 68570

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или 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. Траекторный пробег электрона - это … .
   1) расстояние между двумя соударениями.
   2) длина ломанной в результате столкновений с атомами траектории.
   3) проекция траектории на прямую, перпендикулярную поверхности.
   4) проекция траектории на прямую, параллельную поверхности.
2. Проекционный пробег электрона - это ….
   1) расстояние между двумя соударениями.
   2) длина ломанной в результате столкновений с атомами траектории.
   3) проекция траектории на прямую, параллельную поверхности.
   4) проекция траектории на прямую, перпендикулярную поверхности.
3. Поперечный пробег электрона – это ….
   1) длина ломанной в результате столкновений с атомами траектории.
   2) проекция траектории на прямую, перпендикулярную поверхности.
   3) проекция траектории на прямую, параллельную поверхности.
   4) расстояние между двумя соударениями.
4. Вторичная электронная эмиссия – это ….
   1) отражение части электронов от поверхности твердого тела и возбуждение эмиссии электронов из его поверхностного слоя.
   2) эмиссия электронов с поверхности твердого тела при облучении ее потоками фотонов.
   3) эмиссия электронов с нагретой поверхности твердого тела.
   4) эмиссия электронов с поверхности твердого тела при наличии сильного внешнего электрического поля.
5. Какому закону подчиняется угловое распределение вторичных электронов?
   1) Не подчиняется никакому закону.
   2) Закону тангенса.
   3) Закону синуса.
   4) Закону косинуса.
6. Что такое катодолюминесценция?
   1) Явление свечения твердого тела под действием электронной бомбардировки.

Согласована на портале № 68570

2) Явление свечения твердого тела под действием потока фотонов.
3) Явление свечения твердого тела под действием электрического поля.
4) Явление свечения твердого тела под действием магнитного поля.

7. Тормозное рентгеновское излучение – это .....
1) излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов с молекулами газа.
2) излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с электронами кристалла.
3) излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с молекулами газа.
4) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов со свободными и связанными электронами кристалла.

8. Характеристическое рентгеновское излучение – это ….
1) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов с молекулами газа.
2) Излучение, связанное с взаимодействием медленных электронов с электронами кристалла.
3) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов со свободными и связанными электронами кристалла.
4) Излучение, связанное с взаимодействием ускоренных электронов в глубине атомов, с принадлежащими им электронами.

9. Характеристическое рентгеновское излучение наблюдается, если величина анодного напряжения ….
1) равна напряжению на ускоряющем электроде.
2) меньше критического напряжения.
3) равна критическому напряжению.
4) больше критического напряжения.

10. Как изменяется интенсивность характеристического излучения с увеличением анодного напряжения?
1) Интенсивность характеристического излучения определяется только значением анодного тока.
2) Остается неизменной.
3) Уменьшается.
4) Увеличивается.

11. Что такое полимеризация?
1) Полное разрушение полимерных цепей.
2) Реакция продольного сшивания молекул мономера.
3) Разрушение полимерных цепей на более короткие.
4) Реакция поперечного сшивания молекул мономера.

12. Что такое деструкция?
1) Полное разрушение полимерных цепей.
2) Реакция поперечного сшивания молекул мономера.
3) Реакция продольного сшивания молекул мономера.
4) Разрушение полимерных цепей на более короткие.

13. Какой тип газового разряда используется в плазменных ускорителях плазмы?
1) Аномальный тлеющий.
2) Нормальный тлеющий.
3) Темновой.
4) Дуговой.

14. Какой тип газового разряда используется в магнетронах?
1) Аномальный тлеющий.
2) Темновой.
3) Дуговой.
4) Нормальный тлеющий.

15. Ионное травление – это ….
1) разрушение поверхностных слоев бомбардировкой ионами металлов.
2) удаление материала в результате химической реакции между ионами и радикалами плазмообразующего газа и атомами материала.
3) удаление поверхностных слоев вследствие распыления их ионами химически активных газов.

Согласована на портале № 68570

4). разрушение поверхностных слоев бомбардировкой ионами инертных газов.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Корпускулярно-оптические системы для получения электронного пучка.
2. Корпускулярно-оптические системы для получения ионного пучка.
3. Электропитание и вакуумные системы корпускулярно-лучевых установок.
4. Источники электронов с термокатодом.
5. Классификация плазменных источников электронов.
6. Параметры плазменных источников электронов.
7. Тлеющий отражательный разряд с полым катодом.
8. Источники электронов на основе отражательного разряда.
9. Высоковольтный тлеющий разряд.
10. Источники электронов на основе высоковольтного тлеющего разряда.
11. Размерная обработка с помощью электронного луча.
12. Сварка с помощью электронного луча.
13. Напыление пленок с помощью электронного луча.
14. Источники ионов на основе газового разряда.
15. Источники ионов металлов.
16. Оборудование для ионного легирования.
17. Вакуумно-дуговые источники плазмы.
18. Технологическое применение плазменных ускорителей.
19. Ионная имплантация.
20. Электронно-лучевая сварка.
21. Размерная обработка с помощью лазерного луча.
22. Сварка с помощью лазерного луча.
23. Закалка поверхности стали при импульсном, лазерном и электронном нагреве.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для письменного опроса

1. Взаимодействие электронов с твердым телом.
2. Взаимодействие ионов с твердым телом.
3. Анализ поверхности твердых тел пучками заряженных частиц.
4. Напыление металлических пленок.
5. Напыление диэлектрических пленок.
6. Ионно-плазменные методы нанесения тонких пленок.
7. Радиационные дефекты в веществе, вызванные ионной бомбардировкой.

### 9.1.4. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Рассчитать энергию фотона для проведения процесса фотолитографии на длине волны 0,4 мкм.
2. Рассчитать энергию электрона для проведения процесса электронолитографии при напряжении 15 кВ.
3. Диаметр электронного пучка для литографии составляет 10,25 мкм. Рассчитать возможный диаметр пучка с учетом дифракции электронов на фотошаблоне. Угол сходимости пучка равен 0,1 рад. Ускоряющее напряжение равно 10 кВ.
4. Рассчитать коэффициент пересчета между измерением энерговклада калориметрическим и электрическим способом. Форму импульса принять прямоугольной. Ускоряющее напряжение 100 кВ, ток ионов 1 кА, длительность импульса 10 мкс. Масса калориметра 0,366 кг, удельная теплоемкость калориметра 0,39. Изменение температуры калориметра 7 градусов.
5. Рассчитайте длину волны, соответствующую электрону при проведении процесса электронолитографии на напряжении 20 кВ.

### 9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Исследование процесса ионной обработки материалов
2. Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов

### 9.2. Методические рекомендации

Согласована на портале № 68570

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 |
| 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:

Согласована на портале № 68570

– 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 № 68570

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
протокол № 98 от «30» 8 2022 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ЭП | Н.И. Буримов | Согласовано, 393931b1-af66-45e5-a537-c5831244e4ca |
| Заведующий обеспечивающей каф. Физики | Е.М. Окс | Согласовано, 99053dca-2aae-4b14-9bb4-8377fd62b902 |
| И.О. начальника 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. физики | А.С. Климов | Согласовано, 3ad9472f-31be-4051-a091-9e227bbc551b |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. физики | А.В. Казаков | Разработано, d0ef62de-2136-4340-b02d-1febc0cef0ee |

Согласована на портале № 68570