**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 70 | 70 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 8 | 8 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 38 | 38 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е. |

Экзамен: 4 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 28151

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 91 от «19» 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| Ассистент каф. ФЭ | _____ | Ю. С. Жидик |
| Профессор кафедра ФЭ, ТУСУР | _____ | Т. И. Данилина |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | _____ | П. Е. Троян |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан ФЭТ | _____ | А. И. Воронин |
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ | _____ | П. Е. Троян |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| Доцент кафедры физической электроники (ФЭ) | _____ | И. А. Чистоедова |
| Профессор кафедры физической электроники (ФЭ) | _____ | Т. И. Данилина |

Согласована на портале № 28151

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование базовых знаний в области вакуумных и плазменных технологий получения нанослоев, способов получения высокого вакуума, в области применения технологического вакуумного оборудования на этапах производства изделий микроэлектроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

- изучение основ вакуумной техники;
- изучение вакуумно-плазменных методов осаждения нанослоев;
- освоение технологического оборудования на этапах производства изделий микроэлектроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» (Б1.В.ОД.4) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники, Основы технологии электронной компонентной базы, Процессы микро- и нанотехнологии, Технология кремниевой наноэлектроники, Физика пленочных наноструктур.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
- ПСК-2 готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основы вакуумных и плазменных технологий, оборудование для получения микро- и наноструктур;
- **уметь** сравнивать различные вакуумные и плазменные методы получения нанослоев, выбирать требуемое вакуумное оборудование;
- **владеть** практическими навыками работы на вакуумных технологических установках, выполнять работы по подготовке вакуумного производства изделий электронной техники.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 4 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 70 | 70 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Из них в интерактивной форме | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа (всего) | 38 | 38 |
| Подготовка к контрольным работам | 6 | 6 |

Согласована на портале № 28151

| | | |
|---|---|---|
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | 12 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | 10 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПК-8 |
| 2 Способы получения высокого вакуума | 8 | 8 | 4 | 10 | 30 | ПК-8, ПСК-2 |
| 3 Выбор вакуумных насосов | 4 | 2 | 0 | 4 | 10 | ПК-8, ПСК-2 |
| 4 Методы измерения давления газов | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 | ПК-8, ПСК-2 |
| 5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования | 6 | 0 | 4 | 5 | 15 | ПК-8, ПСК-2 |
| 6 Вакуумные методы получения нанослоев | 6 | 4 | 4 | 8 | 22 | ПК-8, ПСК-2 |
| 7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев | 6 | 4 | 4 | 9 | 23 | ПК-8, ПСК-2 |
| Итого за семестр | 36 | 18 | 16 | 38 | 108 | |
| Итого | 36 | 18 | 16 | 38 | 108 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 1 Введение | Роль вакуумных и плазменных технологий в микро- и нано-электронике | 2 | ПК-8 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Способы получения | Основные законы вакуумной техники. Механиче- | 8 | ПК-8, |

Согласована на портале № 28151

| | | | |
|---|---|---|---|
| высокого вакуума | ские, паромасляные диффузионные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума. | | ПСК-2 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Выбор вакуумных насосов | Расчеты параметров для выбора насосов для конкретных применений | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Методы измерения давления газов | Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов. | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования | Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей. | 6 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Вакуумные методы получения нанослоев | Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев. | 6 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев | Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев. | 6 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Математика | | + | + | | | + | + |
| 2 Физика | | + | | + | | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Конструкторско-технологическое обеспечение производства изделий микроэлектроники | | | | | + | + | + |
| 2 Основы технологии электронной компонентной базы | | | | + | + | + | + |
| 3 Процессы микро- и нанотехнологии | | + | + | + | + | + | + |
| 4 Технология кремниевой наноэлектроники | + | + | | | + | + | + |

Согласована на портале № 28151

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 Физика пленочных наноструктур | | | | | | + | + |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-8 | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПСК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

| Методы | Интерактивные практические занятия, ч | Интерактивные лекции, ч | Всего, ч |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| Мозговой штурм | 1 | | 1 |
| Решение ситуационных задач | 2 | | 2 |
| Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением | | 4 | 4 |
| Исследовательский метод | 1 | | 1 |
| Итого за семестр: | 4 | 4 | 8 |
| Итого | 4 | 4 | 8 |

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 28151

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 2 Способы получения высокого вакуума | Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования | Вакуумные напылительные установки | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Вакуумные методы получения нанослоев | Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев | Ионно-плазменный метод получения нанослоев | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 2 Способы получения высокого вакуума | Определение основных параметров механических насосов | 2 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Расчет эффективной скорости откачки | 2 | |
| | Расчет параметров диффузионных насосов | 2 | |
| | Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов | 2 | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Выбор вакуумных насосов | Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа | 2 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Вакуумные методы получения нанослоев | Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев | Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении | 4 | ПК-8, ПСК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 28151

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | |
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-8 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Способы получения высокого вакуума | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-8, ПСК-2 | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 1 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 3 Выбор вакуумных насосов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПСК-2 | Контрольная работа, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 1 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Методы измерения давления газов | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-8, ПСК-2 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Итого | 1 | | |
| 5 Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-8, ПСК-2 | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 1 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 6 Вакуумные методы получения нанослоев | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПСК-2 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по | 3 | | |

Согласована на портале № 28151

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | лабораторным работам | | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 1 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 7 Ионно-плазменные методы получения нанослоев | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-8, ПСК-2 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 2 | | |
| | Итого | 9 | | |
| Итого за семестр | | 38 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 74 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | |
| Контрольная работа | 7 | 7 | | 14 |
| Опрос на занятиях | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Отчет по индивидуальному заданию | | 7 | | 7 |
| Отчет по лабораторной работе | | | 15 | 15 |
| Отчет по практическому занятию | 8 | 8 | 5 | 21 |
| Тест | | | 7 | 7 |
| Итого максимум за период | 17 | 24 | 29 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 17 | 41 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Согласована на портале № 28151

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебное пособие / Данилина Т. И. - 2012. 89 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3871, дата обращения: 07.06.2018.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Беркин А.Б. Физические основы вакуумной техники : учеб. пособие / А.Б. Беркин, А.И. Василевский. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014.-84 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=546221, дата обращения: 07.06.2018.

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Данилина Т. И. - 2013. 28 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3867, дата обращения: 07.06.2018.

2. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для подготовки студентов по направлениям 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Данилина Т. И. - 2013. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3868, дата обращения: 07.06.2018.

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах,

Согласована на портале № 28151

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - https://edu.tusur.ru/
2. Электронная библиотека - www.elibrary.ru

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

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

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

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, 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 аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 224 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Согласована на портале № 28151

Программное обеспечение не требуется.

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

Лаборатория технологии интегральных схем
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа
634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 116 ауд.
Описание имеющегося оборудования:
- Установка вакуумного напыления УРМ-3 (2 шт.);
- Установка вакуумного напыления УВН-2М-1;
- Установка вакуумного напыления ВУП-5;
- Насос Вакуумный 2 НВР-5ДМ;
- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания HY 3003;
- Микроскоп ММУ-3;
- Микроскоп МИИ-4;
- Микроскоп МБС-9;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### 13.1.4. 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.

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

Согласована на портале № 28151

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1) Что такое быстрота действия насосов?

а) объем газа, поступающий в работающий насос в единицу времени;

б) объем газа, поступающий в единицу времени из сосуда в трубопровод;

в) производительностью насоса при данном впускном давлении;

г) количество газа, проходящего через поперечное сечение трубопровода в единицу времени.

2) При каком из режимов течения газа по длинному трубопроводу род газа не влияет на проводимость трубопровода?

а) молекулярный режим;

б) вязкостный режим;

в) молекулярно-вязкостный режим;

г) однозначно определить невозможно.

3) Что такое коэффициент использования насоса?

а) величина, показывающая объем газа, поступающий в работающий насос в единицу времени;

б) величина, показывающая количество газа, проходящего через поперечное сечение трубопровода за единицу времени;

в) величина, показывающая объем газа, откачиваемого из сосуда за единицу времени;

г) величина, показывающая во сколько раз скорость откачки объема ниже быстроты действия насоса;

4) Исходя из каких соображений производится выбор вакуумных насосов?

а) быстрота действия насоса должна превышать расчётную быстроту действия, а предельное давление должно быть меньше требуемого с учетом коэффициента использования насоса;

б) быстрота действия насоса не должна превышать расчётную быстроту действия, а предельное давление должно быть выше требуемого с учетом коэффициента использования насоса;

в) быстрота действия насоса и его предельное давление не должны превышать расчётных значений с учетом коэффициента использования насоса;

г) быстрота действия насоса и его предельное давление должны превышать расчётных значений с учетом коэффициента использования насоса.

5) Назовите основное условие механической молекулярной откачки.

а) длина вращающейся окружности твердого тела превышает длину свободного пробега молекул газа;

б) скорость движения поверхности больше или равна скорости теплового движения молекул откачиваемого газа;

в) создание движущей силы молекул газа за счет градиента их концентраций на входном и выходном фланцах насоса;

г) захват и перемещение молекул газа подвижными лопастями насоса.

6) Уравнение сплошности потока газа…

а) показывает постоянство газа в любом сечении трубопровода при условии отсутствия натекания газа извне;

Согласована на портале № 28151

б) показывает постоянство газа в любом сечении трубопровода при условии неменяющейся быстроты действия насоса и скорости откачки объема;

в) характеризует движущую разность давлений;

г) характеризует скорость откачки объема.

7) Что такое селективность откачки?

а) степень вакуума, создаваемого откачивающей системой;

б) удаление молекул газа строго одним классом насосов;

в) улучшение чистоты остаточной атмосферы после процесса откачки;

г) преобладание скорости откачки строго одного газа по сравнению с другими.

8) Какой фактор не влияет на предельное давление диффузионных насосов?

а) температура нагревателя;

б) диаметр входного фланца насоса;

в) род откачиваемого газа;

г) давление в выходном фланце насоса

9) Чем определяется величина предельного давления насосов объемной откачки?

а) скоростью откачки;

б) количеством циклов откачки;

в) наличием «вредного» пространства в конструкции насоса;

г) величиной откачиваемого объема.

10) Чем определяется скорость откачки многоступенчатого диффузионного насоса и предельное давление?

а) скорость откачки длинной паровой струи первой ступени, предельное давление – количеством ступеней;

б) скорость откачки и предельное давление в равной степени определяются температурой нагревателя;

в) скорость откачки количеством ступеней, предельное давление длинной паровой струи первой ступени;

г) скорость откачки и предельное давление в равной степени определяются свойствами рабочей жидкости

11) Каким параметром определяется предельное давление криоконденсационного насоса?

а) давлением насыщенных паров откачиваемого газа;

б) плотностью откачиваемого газа;

в) массой молекул откачиваемого газа;

г) диаметром молекул откачиваемого газа.

12) Как зависит температура нити термопарного вакуумметра от давления газа в области сверхнизких давлений:

а) линейно убывает с понижением давления;

б) не зависит от давления;

в) сначала возрастает, затем убывает;

г) линейно возрастает с понижением давления.

13) Нижний предел измеряемых давлений ионизационным вакуумметром будет тем меньше, чем

а) меньше ионный ток;

б) больше электронный ток;

в) меньше электронный ток;

г) больше ионный ток.

14) Что в первую очередь определяет давление насыщенных паров металлов при термическом испарении в вакууме?

а) чистоту полученной пленки металла;

б) температуру испарения металла;

в) скорость конденсации атомов металла на подложке;

г) скорость испарения атомов металла с испарителя.

15) Как зависит скорость роста пленки при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?

Согласована на портале № 28151

а) обратно пропорционально;

б) прямо пропорционально;

в) не зависит;

г) зависимость неоднозначная.

16) Что такое коэффициент распыления при ионно-плазменном распылении мишени.

а) коэффициент, показывающий эффективность используемой распылительной системы при ионно-плазменном распылении;

б) коэффициент, показывающий эффективность использования мишени при ионно-плазменном распылении;

в) коэффициент, показывающий степень износа мишени при ионно-плазменном распылении;

г) коэффициент, показывающий сколько атомов из мишени способен выбить один ион.

17) Коэффициент распыления при ионном распылении с увеличением температуры мишени…

а) не изменяется;

б) уменьшается;

в) увеличивается;

г) ведет себя неоднозначно.

18) Как изменится время напыления с увеличением температуры испарения при неизменной требуемой толщины пленки?

а) не изменится;

б) уменьшится;

в) увеличится;

г) ведет себя неоднозначно.

19) В каком случае рекомендуется метод «взрывного испарения»?

а) в случае, когда испаряемое вещество представлено в виде сложных соединений;

б) при напылении тугоплавких материалов;

в) при напылении драгоценных материалов;

г) в случае, когда испаряемое вещество «отравляет» вакуумную систему.

20) Разброс толщины плёнок по подложке при термическом испарении в вакууме в первую очередь обусловлен:

а) статистическим распределением Гаусса;

б) неравномерностью испарения материала с испарителя;

в) неравномерностью нагрева подложки;

г) различием расстояний от испарителя до различных точек подложек.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1) Основное уравнение вакуумной техники. На что влияет проводимость трубопроводов и от чего она зависит?

2) Криоконденсационные насосы. Как зависят характеристики насосов от температуры криопа-нели?

3) Показать необходимость высокого вакуума при напылении пленок. Определить границы по давлению.

4) Механические насосы. Основные характеристики.

5) Принцип работы одноступенчатого диффузионного насоса. Что будет, если в насосе исполь-зовать в качестве рабочей жидкости ртуть или воду?

6) Основное уравнение вакуумной техники. Объяснить, что такое коэффициент использования насоса.

7) Способ получения высокого вакуума с помощью криоадсорбционных насосов.

8) Как произвести выбор вакуумного насоса в установившемся режиме?

9) Что такое эффективная скорость откачки? Как ее определить в зависимости от режимов течения газов по трубопроводам?

10) Как произвести выбор вакуумного насоса в неустановившемся режиме?

11) Как зависит скорость конденсации при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?

Согласована на портале № 28151

12) Получение пленок из тугоплавких металлов ионно-плазменным распылением. Скорость распыления.

13) Особенности испарений соединений и сплавов при термическом испарении.

14) Как изменится время напыления с увеличением температуры испарения?

15) Рассмотреть процесс испарения путем нагрева ускоренными электронами.

16) Скорость осаждения пленок при ионно-плазменном распылении. Параметры, с помощью которых можно управлять временем напыления пленок.

17) Требования к вакууму в ионно-плазменных методах получения нанослев.

18) Объяснить зависимость скорости испарения от температуры испарения.

19) Рассмотреть процесс распыления в тлеющем разряде.

20) Плазменные методы получения нанослоев сложных веществ.

#### 14.1.3. Темы контрольных работ

Тема контрольной работы № 1 – Вакуумно-технологическое и контрольно-измерительное оборудование;

Тема контрольной работы № 2 – Вакуумно-плазменные технологические процессы получения нанослоев.

#### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Роль вакуумных и плазменных технологий в микро- и нано-электронике

Основные законы вакуумной техники. Механические, паромасляные диффузионные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума.

Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов.

Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей.

Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев.

Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев.

#### 14.1.5. Темы индивидуальных заданий

Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа в конкретной технологической установке.

#### 14.1.6. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Определение основных параметров механических насосов

Расчет эффективной скорости откачки

Расчет параметров диффузионных насосов

Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов

Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа

Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме

Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении

#### 14.1.7. Темы лабораторных работ

Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки

Вакуумные напылительные установки

Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме

Ионно-плазменный метод получения нанослоев

### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории | Виды дополнительных оценочных | Формы контроля и оценки |
|---|---|---|

Согласована на портале № 28151

| обучающихся | материалов | результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 28151