

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-
проректор по учебной работе

П.Е.Троян



Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1cb6fa0a-52a6-4f49-ae0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

16 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 Семестр 4

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

| № | Виды учебной работы | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Семестр 5 | Семестр 6 | Семестр 7 | Семестр 8 | Всего | Единицы |
|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|
| 1. | Лекции | | | | 36 | | | | | | часов |
| 2. | Лабораторные работы | | | | 16 | | | | | | часов |
| 3. | Практические занятия | | | | 18 | | | | | | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | - | | | | | | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | | 70 | | | | | | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | | 8 | | | | | | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | | 38 | | | | | | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | | 108 | | | | | | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | | 36 | | | | | | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | | 144 | | | | | | часов |
| | (в зачетных единицах) | | | | 4 | | | | | | ЗЕТ |

Экзамен 4 семестр

Томск 2016

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (квалификация (бакалавр), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.03.2015 г. № 177.

Рабочая программа учебной дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 5 » мая 2016 г., протокол № 68.

Разработчик:

Профессор кафедры ФЭ

Т.И. Данилина / Т.И. Данилина

Заведующий кафедрой

Профессор кафедры ФЭ

П.Е. Троян / П.Е. Троян

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

Декан ФЭТ

А.И. Воронин / А.И. Воронин

Зав. профилирующей
кафедрой ФЭ

П.Е. Троян / П.Е. Троян

Зав. выпускающей
кафедрой ФЭ

П.Е. Троян / П.Е. Троян

Эксперты:

Председатель методической
комиссии факультета ФЭТ

И.А. Чистоедова / И.А. Чистоедова

Председатель методической
комиссии кафедры ФЭ

И.А. Чистоедова / И.А. Чистоедова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ 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 материалов и компонентов микро- и наносистемной техники.

Задачи дисциплины:

- изучение основ вакуумной техники;
- изучение вакуумно-плазменных методов осаждения нанослоев и контрольно-измерительного оборудования;
- освоение технологического оборудования используемого в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с основной образовательной программой по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» дисциплина «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» относится к обязательной дисциплине вариативной части учебного плана (Б1.В.ОД4).

Изучение данной дисциплины базируется на знании следующих дисциплин: физика, математика, химия.

Основные положения дисциплины необходимы студентам при изучении дисциплин: «Физика пленочных наноструктур», «Процессы микро- и нанотехнологий», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Технология кремниевой нанoeлектроники».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-8);

Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-9);

Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-10).

3.2. В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основы вакуумных и плазменных технологий, технологическое оборудование для получения микро- и наноструктур; контрольно-измерительное оборудование;

уметь: сравнивать различные вакуумные и плазменные методы получения нанослоев, выбирать требуемое технологическое и контрольно-измерительное оборудование;

владеть: практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполнять работы по получению микро- и нанослоев.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры |
|--|-------------|-----------|
| | | 4 |
| Аудиторные занятия (всего) | 70 | 70 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 36 | 36 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Практические занятия (ПЗ) | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 38 | 38 |
| В том числе: | | |
| Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам | 18 | 18 |
| Расчетно-графические работы | 10 | 10 |
| Подготовка к лабораторным работам, составление отчетов | 10 | 10 |

| | | |
|---|-----|-----|
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 144 | 144 |
| Зачетные единицы трудоемкости | 4 | 4 |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Практич. занятия. | Лабораторные работы | Самост. работа студента | Всего час | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|-------|---|--------|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------------|
| 1. | Введение | 2 | | | | 2 | ПК-8 |
| 2. | Способы получения высокого вакуума | 8 | 6 | 8 | 12 | 34 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 3. | Выбор вакуумных насосов | 4 | 2 | | 4 | 10 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 4. | Методы измерения давления газов | 4 | | | 2 | 6 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 5. | Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования | 6 | 2 | | 10 | 18 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 6. | Вакуумные методы получения нанослоев | 6 | 4 | 4 | 6 | 20 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 7. | Ионно-плазменные методы получения нанослоев | 6 | 4 | 4 | 4 | 18 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов | Содержание разделов | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|-------|---|---|---------------------|---------------------------------------|
| 1 | Введение | Роль вакуумных и плазменных технологий в микро- и нанoeлектронике | 2 | ПК-8 |
| 2 | Способы получения высокого вакуума | Основные законы вакуумной техники. Механические, паромасляные диффузионные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума. | 8 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 3 | Выбор вакуумных насосов | Расчеты параметров для выбора насосов для конкретных применений | 4 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 4 | Методы измерений давлений газов | Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов. | 4 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 5 | Практические рекомендации по выбору вакуумного оборудования | Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей. | 6 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 6 | Вакуумные методы получения нанослоев | Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев. | 6 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 7 | Ионно-плазменные методы получения нанослоев | Основные характеристики плазмы. Различные способы осаждения нанослоев. Активируемые плазмой методы получения нанослоев | 6 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |

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

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 | Математика | | + | + | | | + | + |
| 2 | Физика | | + | | + | | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 | Технология кремниевой наноэлектроники | + | + | | | | + | + |
| 2 | Основы технологии электронной компонентной базы | | | | | | + | + |
| 3 | Процессы микро- и нанотехнологий | | + | + | | | + | + |
| 4 | Моделирование и проектирование микро- и наносистем | | | | | | + | + |
| 5 | Физика пленочных наноструктур | | | | | | | + |

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

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|----------------------|--------------|----------|-----|-----|--|
| | Л | Лаб.раб. | Пр. | СРС | |
| ПК-8 | + | + | + | + | Контрольные работы. Выполнение практических заданий, индивидуальных заданий. Защита отчетов по лабораторным работам. |
| ПК-9 | + | + | + | + | Контрольные работы. Выполнение практических заданий, индивидуальных заданий. Защита отчетов по лабораторным работам |
| ПК-10 | | + | + | + | Контрольные работы. Выполнение практических заданий, индивидуальных заданий. Защита отчетов по лабораторным работам |

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Формы | Лекции (час) | Практические занятия (час) | Лабораторные работы (час) | Всего |
|--------|---|--------------|----------------------------|---------------------------|-------|
| | Тесты | 4 | | | 4 |
| | Исследовательский метод решения ситуационных практико-ориентированных задач | | 4 | | 4 |
| | Итого интерактивных занятий | | | | 8 |

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика лабораторных работ | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК |
|-------|----------------------|--|---------------------|--------------------|
| 1. | 2, 3 | Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки | 4 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 2. | 2, 3, 4 | Вакуумные напылительные установки | 4 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 3. | 2,3,4,6 | Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме | 4 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |
| 4. | 4,5,7 | Ионно-плазменный метод получения нанослоев | 4 | ПК-8, ПК-9, ПК-10 |

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|-------|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| 1. | 2 | Определение основных параметров механических насосов | 2 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |
| 2. | 2, 3 | Расчет эффективной скорости откачки | 2 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |
| 3. | 2, 3 | Расчет параметров диффузионных насосов | 2 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |
| 4. | 2,3 | Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов | 2 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |
| 5. | 2,3,5 | Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа | 2 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |
| 6. | 6 | Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме | 4 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |
| 7. | 7 | Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении | 4 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 |

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполнения работы |
|-------|----------------------|--|----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1. | 1,7 | Подготовка к контрольным работам | 8 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 | Контрольные работы |
| 2 | 2,3,6,7 | Подготовка к практическим занятиям | 10 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 | Выполнение практических заданий |
| 3. | 2,3,4,5,6,7 | Подготовка к лабораторным работам и защита отчетов | 10 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 | Отчеты по лабораторным работам |
| 4. | 2, 5 | Выполнение индивидуальных заданий | 10 | ПК-8,ПК-9,ПК-10 | Расчетно-графические работы |

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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 |
|--|--|---|---|------------------|
| Посещение занятий | 3 | 3 | 4 | 10 |
| Контрольная работа № 1 | | 10 | | 10 |
| Индивидуальные задания | | 13 | | 13 |
| Контрольная работа № 2 (тестовая) | | 10 | | 10 |
| Практические занятия | 12 | 8 | 7 | 27 |
| Выполнение и защита результатов лабораторных работ | | | 24 | 24 |
| Компонент своевременности | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Итого максимум за период: | 17 | 46 | 37 | 100 |
| Нарастающим итогом | 17 | 63 | 100 | 100 |

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 |

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) |
| 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

12.1.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебное пособие.-Томск: ТУСУР, 2012.- 90 с.- [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

12.2 Дополнительная литература

12.2.1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. – М.: ВШ, 1990. – 320 с. (4 экз.)
 12.2.2. Вакуумная техника. Справочник. Под ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1985. – 360 с. (1 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для подготовки студентов по направлениям 210100.62 «Электроника и нанoeлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» – Томск: ТУСУР, 2012. - 20 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

12.3.2. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 210100.62 «Электроника и нанoeлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» – Томск: ТУСУР, 2013.- 28 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id 231

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы


13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с установленным программным обеспечением (п. 12.3), проектор и экран.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры Физической электроники, оснащенной вакуумным технологическим оборудованием.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

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

 **УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян

«__» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур
(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление(я) подготовки (специальность) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике»
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет электронной техники (ФЭТ)
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра физической электроники (ФЭ)
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 2 Семестр 4

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Зачет _____ семестр

Диф. зачет _____ семестр

Экзамен 4 семестр

Разработчики: профессор каф. ФЭ Данилина Т.И.

Томск 2016

1 Введение

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

ФОС по дисциплине «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|------|--|---|
| ПК-8 | Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники | Знать основы вакуумных и плазменных технологий, технологическое оборудование для получения микро- и наноструктур; Уметь решать задачи по выбору параметров вакуумного оборудования и технологии напыления нанослоев; Владеть практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполнять работы по получению компонентов микро- и наносистемной техники. |

| | | |
|---------------------|---|---|
| <p>ПК-9</p> | <p>Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p> | <p>Знать методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; Уметь использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований; Владеть практическими навыками контроля давления газов и толщины нанослоев.</p> |
| <p>ПК-10</p> | <p>Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p> | <p>Знать современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники; Уметь выбирать технологическое оборудование для конкретного применения; Владеть практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по напылению микро- и нанослоев.</p> |

2 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-8

ПК-8: Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого вида занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2.– Этапы формирования компетенции ПК-8 и используемые средства оценивания

| 1. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Содержание этапов | Базовые технологические процессы и технологическое оборудование для получения микро- и наноструктур | Решать задачи по выбору параметров вакуумного оборудования и технологии напыления нанослоев | Практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполнять работы по получению компонентов микро- и наносистем |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания | Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания | Практические занятия Лабораторные работы |
| Используемые средства оценивания | Контрольные работы; Тесты; Защита индивидуальных заданий; Выполнение практических занятий | Контрольные работы; Выполнение лабораторных работ; Защита отчетов; Защита индивидуальных заданий; Выполнение практических занятий | Выполнение лабораторных работ, защита отчетов; Защита практических занятий |

2 Компетенция ПК-9

ПК-9: Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

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

Таблица 3– Этапы формирования компетенции ПК-9 и используемые средства оценивания

| 2. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|--|--|
| Содержание этапов | Базовые контрольно-измерительное оборудование для измерения давления газов для контроля толщины нанослоев. | Рекомендовать контрольно-измерительное оборудование для конкретного технологического процесса. | Практическими навыками контроля давления газов, толщины нанослоев. |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания; | Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания; | Практические занятия Лабораторные работы |
| Используемые средства оценивания | Контрольные работы; Тесты; Защита индивидуальных заданий; Выполнение практических занятий | Контрольные работы; Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; Индивидуальные задания; Защита практических занятий | Выполнение лабораторных работ и защита отчетов; Защита практических занятий |

3 Компетенция ПК-10

ПК-10: Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Этапы формирования компетенции ПК-10 и используемые средства оценивания

| 3. Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|--|---|--|
| Содержание этапов | Современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов микро- и наносистемной техники. | Выбирать технологическое оборудование для конкретного применения | Практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, навыками по напылению микро- и нанослоев. |
| Виды занятий | Контрольные работы; Тесты; Индивидуальные задания; Практические занятия; | Контрольные работы; Тесты; Индивидуальные задания; Практические занятия; Защита практических занятий; Лабораторные работы; | Защита практических занятий; Лабораторные работы; |
| Используемые средства оценивания | Лекции; Практические занятия; Индивидуальные задания; | Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания; | Практические занятия; Лабораторные работы; Индивидуальные задания; |

1. Компетенция ПК-8 - Готовность использовать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов, компонентов нано- и микросистемной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

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

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-8 приведена в таблице 6.

Таблица 6

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Знать базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур, понимать области конкретного применения технологического оборудования | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для сравнения различных вакуумно-плазменных методов получения нанослоев. | Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, способен самостоятельно выполнять работы по напылению нанослоев. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Хорошо (базовый уровень) | Знает базовые технологические процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур. | Умеет решать задачи по выбору параметров вакуумного оборудования и технологии напыления нанослоев. | Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполняет работы по напылению нанослоев под руководством оператора. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Знает базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур. | Умеет решать простые задачи. | Работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора. |

2. Компетенция ПК-9 - Готовность использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

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

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-9 приведена в таблице 8.

Таблица 8

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|--|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Знает методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; | Умеет использовать базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований; | Владеет практическими навыками контроля давления газов и толщины нанослоев |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; | Понимает необходимость контроля давления газов и толщины нанослоев. | Владеет практическими навыками измерения давления газов и толщины слоев под руководством оператора. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Знает методы измерения давления газов, методы контроля толщины нанослоев; | Понимает необходимость контроля давления газов и толщины нанослоев. | Осуществляет контроль давления газов, толщины нанослоев совместно с оператором |

3. Компетенция ПК-10 - Готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам приведены в таблице 9

Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

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

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-10 приведена в таблице 10.

Таблица 10

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Знает базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур, понимать области конкретного применения технологического оборудования | Умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения. | Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, способен самостоятельно выполнять работы по напылению нанослоев. |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Хорошо (базовый уровень) | Знает базовые технологические процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур. | Умеет выбирать технологическое оборудование для конкретного применения. | Владеет практическими навыками работы на вакуумном технологическом оборудовании, выполняет работы по напылению нанослоев под руководством оператора. |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Знает базовые процессы вакуумно-плазменных методов получения наноструктур. | Умеет решать простые задачи по выбору технологического оборудования. | Может работать на технологическом оборудовании при прямом участии оператора. |

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: тесты, контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, лабораторные работы, экзамен.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

3.1. Контрольные работы:

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

Тема контрольной работы № 2 – Вакуумно-плазменные технологические процессы получения компонентов микро- и наносистемной техники.

3.2. Тесты по следующим разделам:

- 1) Основы вакуумной техники;
- 2) Способы получения высокого вакуума;
- 3) Выбор вакуумных насосов;
- 4) Методы измерения давления газов.

3.3. Выполнение домашних индивидуальных заданий на тему: «Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа в конкретной технологической установке».

3.4. Темы практических занятий:

- 1) Определение основных параметров механических насосов;
- 2) Расчет эффективной скорости откачки;
- 3) Расчет параметров диффузионных насосов;
- 4) Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов;
- 5) Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа;
- 6) Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме;
- 7) Расчет времени напыления пленок при ионно-плазменном распылении.

3.5. Лабораторные работы:

- 1) Механические вакуумные насосы для предварительной откачки вакуумной установки;
- 2) Вакуумные напылительные установки;
- 3) Осаждение резистивных и проводящих пленок методом термического испарения в вакууме;
- 4) Ионно-плазменный метод получения нанослоев.

3.6. Экзамен:

- 1) Основное уравнение вакуумной техники. На что влияет проводимость трубопроводов и от чего она зависит?
- 2) Криоконденсационные насосы. Как зависят характеристики насосов от температуры криопанели?
- 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 использовать 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 установившемся режиме?

- 11) Как зависит скорость конденсации при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?
- 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 нанослов.
- 18) Объяснить зависимость скорости испарения от температуры испарения.
- 19) Рассмотреть процесс распыления в тлеющем разряде.
- 20) Плазменные методы получения нанослов сложных веществ.

4 Методические материалы

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

4.1. Основная литература

4.1.1. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Учебное пособие.-Томск: ТУСУР, 2012.- 90 с.- [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=231

4.2. Дополнительная литература

4.2.1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. – М.: ВШ, 1990. – 320 с. (4 экз.)

4.2.2. Вакуумная техника. Справочник. Под ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1985. – 360 с. (10 экз.)

4.3. Учебно-методические пособия и программное обеспечение

4.3.1. Данилина Т.И. 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» – Томск: ТУСУР, 2012. - 20 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=231

4.3.2. Данилина Т.И. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур. – Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направлений 210100.62 «Электроника и микроэлектроника» и 222900.62 «Нанотехнологии и микросистемная техника» – Томск: ТУСУР, 2013.- 28 с.– [электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=231

4.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

4.5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации лекционных и практических занятий необходимы: компьютер с установленным программным обеспечением (п. 12.3), проектор и экран.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры Физической электроники, оснащенной вакуумным технологическим оборудованием.