

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

Образовательно-научный институт  
физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.2 Вакуумно-плазменные процессы и технологии**  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)  
для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники»

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 144/4

## Промежуточная аттестация: экзамен

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Шоболов Евгений Львович, к.т.н.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Шоболова Тамара Александровна  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ

от 19 сентября 2017 г. № 927 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ  
протокол от 25.05.2023 г. № 22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 11.05.2023 г № 7.

Зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

---

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 16.05.2023 г № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.03.04-н-26

Начальник МО

---

/Н.Р. Булгакова/

(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

---

/Н.И. Кабанина/

(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	6
4. Структура и содержание дисциплины.....	10
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	20
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	23
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	24
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	25
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	26
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	28
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	32

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целями освоения дисциплины «Вакуумно-плазменные процессы и технологии»** является изучение современных вакуумно-плазменных (ионно-плазменных, плазмохимических, реактивно-ионных) технологий, применяемых или имеющих перспективы применения в производстве материалов и изделий электронной техники, а также развить способности и сформировать навыки анализа применимости и возможностей отдельных технологий для конкретных технологических процессов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучить теоретические основы и приемы практического использования современных интенсивных плазмохимических технологий, применяемых в производстве или имеющих перспективы применения в производстве материалов и изделий электронной техники и смежных областях техники;
- изучить свойства, методы получения и измерения вакуума и особенности применения вакуум-плазменных технологий в производстве приборов и устройств микропроцессорной и наносистемной техники;
- изучить физические явления и процессы, лежащие в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;
- получить систематизированное представление о современных научных подходах к изучению физических основ вакуумных и плазменных технологий;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта экспериментальной работы.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**2.1. Учебная дисциплина «Вакуумно-плазменные процессы и технологии»** включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части образовательной программы «Технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на результатах изучения естественнонаучных дисциплин, в том числе «Математика», «Физика», «Химия», «Информатика», а также дисциплин профиля: «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники», «Схемотехника», «Основы проектирования электронной компонентной базы», «Компоненты электронной техники», «Материалы электронной техники» и другие.

Для успешного усвоения дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и элементов теории уравнений математической физики, теории вероятностей и математической статистики, математических методов решения профессиональных задач;
- технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;
- законы Ньютона и законы сохранения, принципы специальной теории относительности Эйнштейна, элементы общей теории относительности, элементы

механики жидкостей, законы термодинамики, статистические распределения, законы электростатики, природу магнитного поля и поведение веществ в магнитном поле, законы электромагнитной индукции;

- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния, химические свойства элементов различных групп Периодической системы и их важнейших соединений;

уметь:

- проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;

- работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами, создавать резервные копии и архивы данных и программ, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;

- решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности;

- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач;

владеть:

- методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов;

- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами;

- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента

-теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических неорганических соединений.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины – «Вакуумно-плазменные процессы и технологии» необходимы для освоения последующих курсов базового и профессионального цикла дисциплин: «Оборудование и производство электронной техники», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Технология печатных плат», «Технология летучих высокочистых веществ для производства изделий электронной техники» и др., при прохождении практик, а также при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

В содержании дисциплины сбалансировано соотношение между различными видами учебной работы: объем лекций достаточен для бакалавров данного профиля, для получения практических навыков, знакомства с оборудованием и уяснения физической сущности процессов, протекающих в системах. Индивидуальная работа предназначена для обучения студентов основам технологий формирования структур интегральных микросхем с акцентированием внимания на особенностях реализации отдельных технологических операций, навыкам самостоятельной работы, работы с литературой.

Рабочая программа дисциплины «Вакуумно-плазменные процессы и технологии» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Вакуумно-плазменные процессы и технологии» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»:
  - а) профессиональных (ПК): ПК-2.

**Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами**

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<b>ПК-2</b>								
Вакуумно- плазменные процессы и технологии (Б1.В.ОД.2)							✓	
Компоненты электронной техники (Б1.В.ОД.4)							✓	
Материалы электронной техники (Б1.В.ОД.6)					✓			
Основы технологии электронной компонентной базы (Б1.В.ОД.13)								✓
Физика конденсированного состояния (Б1.В.ОД.19)			✓	✓				
Научно- исследовательская работа (Б2.П.1)						✓		
Практика по получению профессиональных умений и опыта						✓		

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
профессиональной деятельности (Б2.П.2)								
Преддипломная практика (Б2.П.3)								✓
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С  
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

**Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ПК-2.</b> Способен проводить исследования материалов и компонентов электронной техники для разработки и оптимизации технологических процессов	<i>ИПК-2.1. Знает материалы и технологии изготовления компонентов и изделий электроники и наноэлектроники</i>	<b>Тип профессиональной деятельности:</b> производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: А/02.5 (ПС 40.058) Контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства радиоэлектронных средств		
		<b>ЗНАТЬ:</b> – роль и возможности интенсивных технологий, в том числе вакуумно-плазменных в производстве материалов и изделий твердотельной электроники и смежных областях техники; – основные понятия и процессы взаимодействия лазерного излучения, ионных и электронных потоков с твердым телом; – особенности кинетики неравновесных гетерогенных процессов и их технологические возможности	<b>УМЕТЬ:</b> – применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе технологии изготовления современных приборов электроники	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> – информацией об областях применения и перспективах развития корпускулярно-фотонных технологий  - Задания к контрольным работам по разделам
		<b>Тип профессиональной деятельности:</b> производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: В/01.6 (ПС 40.058) Разработка рекомендаций по устранению и предупреждению брака при изготовлении радиоэлектронных средств		Вопросы для устного экзамена

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		Оценочные средства	
				Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	<p><i>ИПК-2.2. Умеет проводить обоснованный выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий электроники и наноэлектроники</i></p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> – физические основы работы современных плазмохимических и ионнохимических технологических установок</p>	<p><b>УМЕТЬ:</b> – рассчитывать основные технологические параметры и характеристики процессов обработки материалов электронной техники концентрированными потоками высокогенергетичных частиц; – оценить характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов плазменной обработки</p>	<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> – навыками выбора методов и условий обработки материалов различной природы; – навыками анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки</p> <p>- Задания к контрольным работам по разделам</p>	<p>Вопросы для устного экзамена</p>

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

*Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам*

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего часов	в т.ч. по семестрам
		7 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)		
лабораторные работы (ЛР)	34	34
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	51	51
<b>Подготовка к зачету с оценкой (контроль)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

*Таблица 4 -Содержание дисциплины, структурированное по темам*

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>										
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час														
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час															
<b>7 СЕМЕСТР</b>																			
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Раздел 1 Введение. Основы электронной теории твердого тела</b>																		
	Тема 1.1 Основные понятия и принципы классической и квантовой теории твердого тела. Корпускулярно-волновая природа частиц и фотонов	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы												
	Тема 1.2 Соотношение неопределенности Гейзенberга, уравнение Шредингера. Зонная теория твердого тела	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы												
	<b>Итого по 1 разделу</b>	<b>2</b>			<b>4</b>														
ПК-2:	<b>Раздел 2 Термо-, авто- и вторичная электронная и фотоэлектронная эмиссия</b>																		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Тема 2.1</b> Формирование и транспортировка электронных потоков. Основные понятия о процессах эмиссии электронов и ионов с поверхности твердых тел под действием постоянного или высокочастотного электрического поля, светового излучения, температуры, электронной или ионной бомбардировки, механической обработки и других внешних факторов	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 2.2</b> Интенсивные и неинтенсивные, релятивистские и нерелятивистские электронные потоки. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитных полях. Электронная оптика: источники электронов. Электростатические линзы и зеркала, магнитные линзы и т.д.	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Лабораторная работа 2.1</b> Изучение влияния пространственного заряда на вольт-амперную характеристику термопотока		4		4	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технологии выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	<b>Итого по 2 разделу</b>	2	4		8								
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Раздел 3 Физические процессы взаимодействия корпускулярных и фотонных излучений с твердыми телами</b>												
	<b>Тема 3.1</b> Механизмы радиационного дефектообразования в твердых телах с различным типом межатомных связей. Упругие и неупругие потери энергии первичного излучения при взаимодействии веществом	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 3.2</b> Условия возникновения радиационных дефектов при облучении излучениями «надпороговых» и «допороговых» энергий. Эффект «далнодействия». Практическое применение радиационных обработок в технологии электроники	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>	
		Контактная работа	Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Итого по 3 разделу</b>	2			4					
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Раздел 4 Примеры использования электронных потоков в технологии и приборах вакуумной электроники</b>									
	<b>Тема 4.1</b> Основные понятия и схемы процессов электронно-лучевой литографии, осаждения тонких пленок, а также описания аналитических методов контроля структурного совершенства гомо- и гетерокомпозиций помошью электронографии электронной микроскопии, с т.ч., растровой микроскопии	2			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы			
	<b>Тема 4.2</b> Применение эмиссионных катодов в изделиях вакуумной электроники: классификация катодов, их основные характеристики базовые технологические операции изготовления. Особенности устройств вакуумной микроэлектроники по сравнению традиционной полупроводниковой: быстродействие, стойкость к воздействию внешних дестабилизирующих факторов и др	2			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	Лабораторная работа 4.1 Принцип работы и устройство растрового электронного микроскопа		4		4	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	Лабораторная работа 4.2 Изучение спектров вторичных электронов		4		4	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	Итого по 4 разделу	4	8		12								
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Раздел 5 Плазма. Методы получения, свойства и диагностика</b>												
	Тема 5.1 Основные понятия о плазме как об агрегатном состоянии вещества. Механизмы и технические способы генерации плазмы. Свойства плазмы: явления переноса ионов, излучение	2			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Тема 5.2</b> Поведение в электромагнитных полях, неустойчивость и др. Методы контроля параметров плазмы и управления плазменными потоками	2			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Лабораторная работа 5.1</b> Моделирование кинетики плазмохимических процессов в различных плазмообразующих газах и смесях		2		4	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	<b>Лабораторная работа 5.2</b> Моделирование кинетики взаимодействия активных частиц плазмы с обрабатываемой поверхностью		2		4	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Лабораторная работа 5.3</b> Исследование возможностей методов диагностики плазмы (метод зондов Лангмюра, оптическая эмиссионная спектроскопия) для получения информации по ее электрофизическим параметрам и стационарным концентрациям нейтральных и заряженных частиц		4		4	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	<b>Итого по 5 разделу</b>	4	8		16								
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Раздел 6 Применение плазмы в электронике</b>												
	<b>Тема 6.1</b> Основы плазмохимического травления в результате реакций химически активных частиц (ионов, электронов) поверхностными атомами обрабатываемого материала	0,5			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 6.2</b> Плазменные усилители, стабилизаторы напряжения и генераторы СВЧ-излучения	0,5			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Итого по 6 разделу</b>	1			2								
ПК-2:	<b>Раздел 7 Методы формообразования и локальной микрообработки в технологии электроники</b>												

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ИПК-2.1 ИПК-2.2	<b>Тема 7.1</b> Технологические способы формирования геометрии и топологии расположения на несущей подложке металлических, неметаллических и комбинированных автокадов для приборов вакуумной электроники: традиционное анизотропно-локальное жидкостное химическое травление, ионно-лучевой и плазмохимическое травление, а также комбинированные методы использованием специальных технологических слоев (пористый, аморфный или поликристаллический кремний)	1			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Лабораторная работа 7.1</b> Исследование процессов формирования наноразмерных структур в кремнии с помощью реактивного ионного травления		2		2	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	<b>Итого по 7 разделу</b>	1	2		3								
ПК-2: ИПК-2.1	<b>Раздел 8 Эффекты взаимодействия электромагнитного излучения с твердыми телами</b>												

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ИПК-2.2	<b>Тема 8.1</b> Механизмы трансформации примесно-дефектного состава твердых тел с различным типом межатомных связей под действием электромагнитных волн различной частоты	0,5				подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 8.2</b> Особенности изменения структуры и свойств диэлектриков полупроводников и металлов в постоянном и переменном электромагнитном поле	0,5				подготовка к лекциям [1.1 – 1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Лабораторная работа 8.1</b> Изучение процесса плазмостимулированного химического осаждения из газовой фазы для получения тонких диэлектрических пленок при изготовлении изделий наноэлектроники		2		2	подготовка к лабораторному занятию [1.1 – 1.7]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах						
	<b>Итого по 8 разделу</b>		2		2								
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		17	34		51								

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, контрольные работы.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Вопросы, индивидуальные задания, задачи и тесты представлены в методических указаниях к лабораторным занятиям, представленных в п. 6.3.

### **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

При промежуточном контроле (экзамен) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**Таблица 6 –Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-2. Способен проводить исследования материалов и компонентов электронной техники для разработки и оптимизации технологических процессов	ИПК-2.1. Знает материалы и технологии изготовления компонентов и изделий электроники и наноэлектроники	Не знает роль и возможности интенсивных технологий, в том числе вакуумно-плазменных в производстве материалов и изделий твердотельной электроники и смежных областях техники; основные понятия и процессы взаимодействия лазерного излучения, ионных и электронных потоков с твердым телом; особенности кинетики неравновесных гетерогенных процессов и их технологические возможности. Не умеет применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе технологии изготовления современных приборов электроники. Не владеет информацией об областях применения и перспективах развития корпускулярно-фотонных технологий.	Частично знает роль и возможности интенсивных технологий, в том числе вакуумно-плазменных в производстве материалов и изделий твердотельной электроники и смежных областях техники; основные понятия и процессы взаимодействия лазерного излучения, ионных и электронных потоков с твердым телом; особенности кинетики неравновесных гетерогенных процессов и их технологические возможности. Умеет применять с ошибками полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе технологии изготовления современных приборов электроники. Частично владеет информацией об областях применения и перспективах развития корпускулярно-фотонных технологий.	Хорошо знает роль и возможности интенсивных технологий, в том числе вакуумно-плазменных в производстве материалов и изделий твердотельной электроники и смежных областях техники; основные понятия и процессы взаимодействия лазерного излучения, ионных и электронных потоков с твердым телом; особенности кинетики неравновесных гетерогенных процессов и их технологические возможности. Умеет применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе технологии изготовления современных приборов электроники. Хорошо владеет информацией об областях применения и перспективах развития корпускулярно-фотонных технологий.	Знает в совершенстве роль и возможности интенсивных технологий, в том числе вакуумно-плазменных в производстве материалов и изделий твердотельной электроники и смежных областях техники; основные понятия и процессы взаимодействия лазерного излучения, ионных и электронных потоков с твердым телом; особенности кинетики неравновесных гетерогенных процессов и их технологические возможности. Уверенно использует применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе технологии изготовления современных приборов электроники. Уверенно владеет информацией об областях применения и перспективах развития корпускулярно-фотонных технологий.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	<i>ИПК-2.2. Умеет проводить обоснованный выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий электроники и наноэлектроники</i>	Не знает физические основы работы современных плазмохимических и ионнохимических технологических установок. Не умеет рассчитывать основные технологические параметры и характеристики процессов обработки материалов электронной техники концентрированными потоками высокозэнергетичных частиц; оценить характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов плазменной обработки. Не владеет навыками выбора методов и условий обработки материалов различной природы; навыками анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки.	Имеет представление о физических основах работы современных плазмохимических и ионнохимических технологических установок.. Умеет рассчитывать основные технологические параметры и характеристики процессов обработки материалов электронной техники концентрированными потоками высокозэнергетичных частиц; оценить характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов плазменной обработки. Частично владеет навыками выбора методов и условий обработки материалов различной природы; навыками анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки.	Хорошо знает физические основы работы современных плазмохимических и ионнохимических технологических установок. Достаточно хорошо умеет рассчитывать основные технологические параметры и характеристики процессов обработки материалов электронной техники концентрированными потоками высокозэнергетичных частиц; оценить характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов плазменной обработки. Хорошо владеет навыками выбора методов и условий обработки материалов различной природы; навыками анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки.	Отлично знает физические основы работы современных плазмохимических и ионнохимических технологических установок.. Уверенно умеет рассчитывать основные технологические параметры и характеристики процессов обработки материалов электронной техники концентрированными потоками высокозэнергетичных частиц; оценить характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов плазменной обработки. Отлично владеет навыками выбора методов и условий обработки материалов различной природы; навыками анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1 Аксенов, А. И. Вакуумная и плазменная электроника: учебное пособие / А. И. Аксенов. — Москва: ТУСУР, 2012. — 19 с. (электронное издание URL: <https://e.lanbook.com/book/10869>)

1.2 Сушков, А. Д., Вакуумная электроника: физико-технические основы: учеб. пособие для вузов/ А. Д. Сушков. - СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 464 с. (электронное издание)

1.3 Морозов А.И. Введение в плазмодинамику - М., Физматлит, 2008, 614 с. (электронное издание <https://obuchalka.org/2013101373956/vvedenie-v-plazmodinamiku-morozov-a-i-2006.html>)

1.4 Ефремов А.М. Вакуумно-плазменные процессы и технологии / А.М. Ефремов, В.И. Светцов, В.В. Рыбкин — Иваново: ГОУВПО Иван. гос. хим.- технол. ун-т., 2006. — 260 с. (электронное издание)

1.5 Берлин Е. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е. Берлин, С. Двинин, Л. Сейдман — М.: Техносфера, 2007. 176 с. (электронное издание)

1.6 Галперин В.А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях / В.А. Галперин, Е.И. Данилкин, А.И. Мочалов. — М.: Техносфера, 2007. — БИНOM. Лаборатория знаний, 2013. — 283 с. (электронное издание)

1.7 Берлин, Е. В. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии / Е. В. Берлин, Л. А. Сейдман. - М.: Техносфера, 2010. - 528 с (электронное издание)

### **6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

#### **6.2.1 Методические указания, разработанные НГТУ**

6.2.1.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).

Дата обращения 24.04.2023.

6.2.1.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20).

Дата обращения 24.04.2023.

6.2.1.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf). Дата обращения 24.04.2023.

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elib.tolgas.ru/) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://uisrussia.msu.ru/](http://uisrussia.msu.ru). – Загл. с экрана.

### **7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

**Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем**

<b>№</b>	<b>Наименование ЭБС</b>	<b>Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС</b>
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

***Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем***

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>
<b>1</b>	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
<b>2</b>	Электронная база избранных статей по философии	<a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>
<b>3</b>	Единый архив экономических и социологических данных	<a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>
<b>4</b>	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
<b>5</b>	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
<b>6</b>	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ**

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

<b>№</b>	<b>Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ</b>	<b>Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования</b>
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	<b>1342</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 22 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)
2	<b>1221</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)
3	<b>1334-4</b> Мультимедийная аудитория	1. Рабочие столы, оснащенные компьютером (10 посадочных мест);	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
	(компьютерный класс для проведения виртуального лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	2. Рабочие столы (22 посадочных места); 3. Рабочее место преподавателя; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран 5. Стенд образовательный «Интегральные микросхемы. Печатные платы»	Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23
4	<b>1334-3</b> Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - хроматографический комплекс; - исследовательская лаборатория моделирования вакуумных процессов; - спектрофотометр; - плита электрическая; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - цифровой биологический микроскоп; - прибор для измерения удельной поверхности дисперсных пористых материалов. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эrlenмейера (100-500мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	
5	<b>1334-1</b> Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - лабораторные аналитические весы; - высокочастотный генератор СЭЛТ-ВЧИ-2,0/40; - высокочастотный дуговой плазмотрон; - плита электрическая; - шкаф сушильный; - магнитная мешалка; - источник водорода с оборудованием для приготовления специальной воды; - спектрофотометр; - поляриметр. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750 мл, колбы Эrlenмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
6	<p style="text-align: center;"><b>1330-1</b></p> <p>Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)</p>	<p>1. Лабораторные столы (10 посадочных мест);</p> <p>2. Лабораторное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вискозиметр – плотномер Штабингера SVL3001;</li> <li>- хромато-масс-спектрометр;</li> <li>- планетарная мельница PM100;</li> <li>- комплекс автоматический Porometer metcats plus;</li> <li>- вытяжной шкаф;</li> <li>- магнитная мешалка;</li> <li>- водяная баня;</li> <li>- комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000»;</li> <li>- спектрофотометр ИК-Фурье.</li> </ul> <p>3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эrlenмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки</p>	

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина «Ваккумно-плазменные процессы и технологии» состоит из восьми связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Ваккумно-плазменные процессы и технологии» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, лабораторные занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, лабораторным занятиям, доклады с презентациями, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и

обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10- 15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в электронной библиотечной системе (по 1 часу).

4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1-2 задачи.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (экзамен).

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

### **10.3. Методические указания для лабораторных занятий**

На лабораторных занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

1. Ознакомиться с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы.
2. Проработать конспект лекций.
3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

1. Ответить на вопросы плана лабораторного занятия.
2. Выполнить домашнее задание.
3. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к лабораторному занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Лабораторное занятие – это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть

предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе (рубежной аттестации) обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, лабораторных занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в табл. 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

### **11.1.1. Примерные типовые тестовые задания:**

1. Квазинейтральность плазмы – это:
  - 1) равенство концентраций ионов и нейтральных частиц
  - 2) равенство концентраций отрицательных ионов и электронов
  - 3) равенство концентраций положительно и отрицательно заряженных частиц
  - 4) доминирование концентрации электронов над ионами
  - 5) доминирование концентрации нейтральных частиц над заряженными
2. Какой из перечисленных параметров не относится к внешним параметрам плазмы
  - 1) давление плазмообразующего газа
  - 2) концентрация электронов
  - 3) скорость потока газа
  - 4) мощность, вкладываемая в плазму
  - 5) состав плазмообразующего газа
3. Какое соотношение между температурами электронов ( $T_e$ ), ионов ( $T_i$ ) и нейтральных частиц ( $T_n$ ) характерно для неизотермической низкотемпературной плазмы
  - 1)  $T_e = T_i = T_n$
  - 2)  $T_e = T_i > T_n$
  - 3)  $T_e < T_i = T_n$

4)  $T_e < T_i < T_n$

5)  $T_e > T_i = T_n$

4. Какой из перечисленных процессов носит название диссоциативного прилипания:

- 1)  $AB + e \rightarrow A + B + e$
- 2)  $AB + e \rightarrow A + B^+ + 2e$
- 3)  $AB + e \rightarrow AB^- + e$
- 4)  $AB + e \rightarrow A^- + B^+ + e$
- 5)  $AB + e \rightarrow A^- + B$

5. Какой из перечисленных процессов носит название рекомбинации:

- 1)  $AB + e \rightarrow A^- + B$
- 2)  $AB + e \rightarrow AB^+ + 2e$
- 3)  $A^+ + B \rightarrow B^+ + A$
- 4)  $A^- + B \rightarrow A + B + e$
- 5)  $A^- + B^+ \rightarrow A + B$

6. Процесс рекомбинации заряженных частиц в плазме идет:

- 1) с выделением энергии
- 2) с поглощением энергии
- 3) без изменения энергии
- 4) с выделением или с поглощением, в зависимости от типа частиц
- 5) с выделением или с поглощением, в зависимости от вида рекомбинации

7. Плавающий потенциал – это:

- 1) положительный потенциал плазмы относительно стенок реактора
- 2) отрицательный потенциал плазмы относительно стенок реактора
- 3) избыточный отрицательный потенциал одного электрода относительно другого
- 4) отрицательный потенциал, возникающий на поверхности, контактирующей с плазмой
- 5) положительный потенциал, возникающий на поверхности, контактирующей с плазмой

8. Амбиполярная диффузия – это:

- 1) диффузия электронов
- 2) совместная диффузия электронов и положительных ионов
- 3) совместная диффузия электронов и отрицательных ионов
- 4) диффузия под действием внешнего электрического поля
- 5) совместная диффузия электронов и нейтральных частиц

9. Коэффициент амбиполярной диффузии электронов:

- 1) равен коэффициенту их свободной диффузии
- 2) ниже коэффициента их свободной диффузии
- 3) выше коэффициента их свободной диффузии
- 4) может быть выше и ниже в зависимости от типа газа
- 5) может быть выше и ниже в зависимости от давления газа

10. Какой из перечисленных параметров не относится к внешним параметрам плазмы

- 1) давление плазмообразующего газа
- 2) плавающий потенциал
- 3) скорость потока газа

- 4) мощность, вкладываемая в плазму  
5) состав плазмообразующего газа
11. Какое соотношение между температурами электронов ( $T_e$ ), ионов ( $T_i$ ) и нейтральных частиц ( $T_n$ ) характерно для изотермической плазмы
- 1)  $T_e = T_i = T_n$
  - 2)  $T_e = T_i > T_n$
  - 3)  $T_e < T_i = T_n$
  - 4)  $T_e < T_i < T_n$
  - 5)  $T_e > T_i = T_n$
12. Какой из перечисленных процессов носит название диссоциативной ионизации:
- 1)  $AB + e \rightarrow A + B + e$
  - 2)  $AB + e \rightarrow A + B^+ + 2e$
  - 3)  $AB + e \rightarrow AB^- + e$
  - 4)  $AB + e \rightarrow A^- + B^+ + e$
  - 5)  $AB + e \rightarrow A^- + B$
13. Какой из перечисленных процессов носит название отлипания:
- 1)  $AB + e \rightarrow A^- + B$
  - 2)  $AB + e \rightarrow AB^+ + 2e$
  - 3)  $A^+ + B \rightarrow B^+ + A$
  - 4)  $A^- + B \rightarrow A + B + e$
  - 5)  $A^- + B^+ \rightarrow A + B$
14. Процесс рекомбинации нейтральных частиц в плазме идет:
- 1) с выделением энергии
  - 2) с поглощением энергии
  - 3) без изменения энергии
  - 4) с выделением или с поглощением, в зависимости от типа частиц
  - 5) с выделением или с поглощением, в зависимости от вида рекомбинации
15. Коэффициент амбиполярной диффузии положительных ионов:
- 1) равен коэффициенту их свободной диффузии
  - 2) ниже коэффициента их свободной диффузии
  - 3) выше коэффициента их свободной диффузии
  - 4) может быть выше и ниже в зависимости от типа газа
  - 5) может быть выше и ниже в зависимости от давления газа
16. Распределение электронов по энергиям в изотермической плазме описывается функцией
- 1) Ферми-Дирака
  - 2) Максвелла-Больцмана
  - 3) Бозе-Эйнштейна
  - 4) Драйвестена
  - 5) не одной из перечисленных
17. Неравновесность газоразрядной плазмы проявляется в том, что
- 1) средняя энергия и концентрация электронов выше, чем нейтральных частиц
  - 2) средняя энергия электронов выше, чем нейтральных частиц
  - 3) средняя энергия электронов ниже, чем нейтральных частиц
  - 4) подвижность электронов выше, чем ионов
  - 5) концентрация электронов выше, чем нейтральных частиц

18. При уменьшении давления газа средняя энергия электронов в плазме
- 1) не изменяется
  - 2) увеличивается
  - 3) уменьшается
  - 4) проходит через максимум
  - 5) проходит через минимум
19. В каком из перечисленных процессов среди продуктов реакции отсутствуют нейтральные частицы:
- 1) ионизация
  - 2) диссоциативная ионизация
  - 3) диссоциативное прилипание
  - 4) диссоциация
  - 5) отлипание
20. Механизм рекомбинации Или-Ридила предполагает взаимодействие:
- 1) двух частиц в газовой фазе
  - 2) трех частиц в газовой фазе
  - 3) двух адсорбированных частиц
  - 4) частицы в газовой фазе с адсорбированной частицей
  - 5) частицы в газовой фазе с двумя адсорбированными частицами
21. При увеличении давления газа средняя энергия электронов в плазме
- 1) не изменяется
  - 2) увеличивается
  - 3) уменьшается
  - 4) проходит через максимум
  - 5) проходит через минимум
22. В каком из перечисленных процессов среди продуктов реакции отсутствуют нейтральные частицы:
- 1) ионизация
  - 2) диссоциативная ионизация
  - 3) диссоциативное прилипание
  - 4) диссоциация
  - 5) отлипание
23. Процесс рекомбинации нейтральных частиц в объеме плазмы идет:
- 1) с выделением энергии
  - 2) с поглощением энергии
  - 3) без изменения энергии
  - 4) с выделением или с поглощением, в зависимости от типа частиц
  - 5) с выделением или с поглощением, в зависимости от механизма рекомбинации
24. Механизм рекомбинации Лангмюра-Хиншельвуда предполагает взаимодействие:
- 1) двух частиц в газовой фазе
  - 2) трех частиц в газовой фазе
  - 3) двух адсорбированных частиц
  - 4) частицы в газовой фазе с адсорбированной частицей
  - 5) частицы в газовой фазе с двумя адсорбированными частицами
25. Зависимость коэффициента распыления от энергии ионов - это:
- 1) прямая, выходящая из центра координат

- 2) кривая с насыщением  
3) кривая с минимумом  
4) экспонента с отрицательным показателем  
5) кривая с максимумом
26. В процессе ионно-плазменного травления основными активными частицами являются:  
1) все частицы плазмы  
2) положительные ионы и нейтральные возбужденные частицы  
3) положительные и отрицательные ионы  
4) отрицательные ионы  
5) положительные ионы
27. При протекании процесса травления в кинетическом режиме, его скорость:  
1) не зависит от температуры подложки  
2) экспоненциально возрастает с ростом температуры  
3) линейно возрастает с ростом температуры  
4) линейно снижается с ростом температуры  
5) характер изменения зависит от типа газа
28. При протекании процесса травления в диффузационном режиме, его скорость лимитируется:  
1) скоростью хим. реакции на поверхности  
2) скоростью доставки активных частиц из объема к поверхности  
3) скоростью адсорбции активных частиц  
4) скоростью десорбции продуктов реакции  
5) величиной температуры обрабатываемой поверхности.
29. В процессе радикального травления основными активными частицами являются:  
1) все частицы плазмы  
2) нейтральные частицы  
3) нейтральные частицы и электроны  
4) нейтральные частицы и положительные ионы  
5) нейтральные частицы и отрицательные ионы
30. Загрузочный эффект – это:  
1) невоспроизводимость результатов травления от партии к партии пластин  
2) влияние примесей атмосферного воздуха на результат травления  
3) зависимость скорости травления от числа одновременно обрабатываемых пластин  
4) зависимость скорости травления от размеров реактора  
5) зависимость скорости травления от давления газа
31. Для какого вида травления характерно образование радиационных дефектов:  
1) радикальное  
2) плазменное  
3) ионно-плазменное  
4) фотостимулированное газовое  
5) жидкостное
32. Какой из видов травления наиболее чувствителен к примесям кислорода в рабочем газе:  
1) радикальное

2) плазменное

3) ионно-плазменное

4) фотостимулированное газовое

5) реактивное ионное

33. Скорость ионно-плазменного травления с ростом давления газа

1) монотонно снижается

2) монотонно возрастает

3) не изменяется

4) проходит через минимум

5) проходит через максимум

34. Анизотропия травления количественно характеризуется отношением:

1) скоростей травления в центре и на краю пластины

2) скоростей травления в пластины в двух взаимно перпендикулярных направлениях

3) скоростей травления пластины и маски

4) скоростей травления пластины и образования активных частиц плазмы

5) шероховатостей поверхности до и после травления

35. Селективность травления количественно характеризуется отношением:

1) скоростей травления в центре и на краю пластины

2) скоростей травления в пластины в двух взаимно перпендикулярных направлениях

3) скоростей травления пластины и маски

4) скоростей травления пластины и образования активных частиц плазмы

5) шероховатостей поверхности до и после травления

36. Какой из видов травления обеспечивает наибольшую анизотропию процесса:

1) радикальное

2) плазменное

3) ионно-плазменное

4) фотостимулированное газовое

5) жидкостное

37. При проведении ионно-плазменного травления основными рабочими газами являются:

1) хлорсодержащие газы

2) фторсодержащие газы

3) инертные газы

4) хлор- или фтор-содержащие, в зависимости от типа обрабатываемого материала

5) кислород.

38. Какой из видов травления обеспечивает наименьшую селективность процесса:

1) радикальное

2) плазменное

3) ионно-плазменное

4) фотостимулированное газовое

5) жидкостное

39. При взаимодействии атомов хлора с медью основным продуктом реакции является  $\text{CuCl}_2$ . Каково максимально возможное значение вероятности взаимодействия в данной системе:

- 1) 2
- 2) 1
- 3) 0.5
- 4) 0.1
- 5) 0.01

40. При взаимодействии атомов хлора с кремнием основным продуктом реакции является  $\text{SiCl}_4$ . Каково максимально возможное значение вероятности взаимодействия в данной системе:

- 1) 2
- 2) 1
- 3) 0.5
- 4) 0.25
- 5) 0.1

41. При взаимодействии атомов хлора с алюминием максимально возможная вероятность процесса составляет  $1/3$ . Какой основной продукт данной реакции:

- 1)  $\text{AlCl}$
- 2)  $\text{AlCl}_2$
- 3)  $\text{Al}_2\text{Cl}_2$
- 4)  $\text{AlCl}_3$
- 5)  $\text{Al}_2\text{Cl}_3$

42. Самой быстрой стадией процесса травления, протекающего в кинетическом режиме, является:

- 1) адсорбция активных частиц
- 2) доставка активных частиц к поверхности
- 3) химическая реакция
- 4) десорбция продуктов взаимодействия
- 5) диффузия активных частиц в слое продуктов на поверхности

43. При проведении плазменного травления фоторезистивных масок основными рабочими газами являются:

- 1) хлорсодержащие газы
- 2) фторсодержащие газы
- 3) инертные газы
- 4) хлор- или фтор-содержащие, в зависимости от типа обрабатываемого материала
- 5) кислород.

44. Скорость ионно-плазменного травления с ростом мощности, вкладываемой в плазму

- 1) монотонно снижается
- 2) монотонно возрастает
- 3) не изменяется
- 4) проходит через минимум
- 5) проходит через максимум

45. Скорость ионно-плазменного травления с ростом примеси кислорода в рабочем газе

- 1) монотонно снижается
- 2) монотонно возрастает
- 3) не изменяется
- 4) проходит через минимум
- 5) проходит через максимум

### **11. 1.2 Примерные задания контрольных работ:**

1. Определить работу выхода у фотокатода в электрическом поле 108 В/см, если «красная» граница находится при энергии квантов 1,5 эВ.

2. Водородная плазма с начальной плотностью  $1012 \text{ см}^{-3}$  и соотношением ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}^{2+}$  и  $\text{H}^{3+} = 1:1:1$  распадается за счет объемной рекомбинации. Оцените, за какое время плотность плазмы уменьшится в 10 раз. Коэффициент рекомбинации для ионов  $\text{H}^+$  равен  $\beta \sim 5 \cdot 10^{-13} \text{ см}^3 / \text{s}$ , для ионов  $\text{H}^{2+}$  и  $\text{H}^{3+} \sim 10^{-9} \text{ см}^3 / \text{s}$ .

3. Отличие диагностики по Оже-электронам и отраженным электронам.

4. Определить «верхний» край энергетического спектра вторичных электронов при бомбардировке поверхности вольфрама ( $\phi=4,5$  эВ) ионами  $\text{C}^+$  (11,3 эВ),  $\text{K}^+$  (4,34 эВ) и  $\text{K}^{2+}$  (31,63 эВ) с энергией 50 эВ?

5. Какие существуют способы подавления паразитного распыления стенок в плазменном объеме?

6. Способы повышения электрической прочности в межэлектродном промежутке?

7. Как изменится напряжение на (тлеющем) разряде, если плотность тока увеличить в 2 раза, а давление газа не изменять?

8. Найти условие «высокочастотности» разряда в диоде по напряженности электрического поля (для частоты 13.56 МГц), если расстояние между электродами 2 см, частота столкновений электронов с атомами водорода  $v_{ea} = 5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ .

9. Применение магнитного поля в плазменных системах (DC, ВЧИ, ЭЦР, дуга).

10. Механизмы нагрева плазмы в постоянном, ВЧ, СВЧ разрядах.

#### **11.1.3. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**

**ЛЕКЦИИ (тема 6.1) Основы плазмохимического травления в результате реакций химически активных частиц (ионов, электронов) поверхностными атомами обрабатываемого материала**

#### **ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ГРУППОВОГО ОБСУЖДЕНИЯ НА ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ:**

1. Какими параметрами характеризуют результат плазменного травления? Дайте определение анизотропии и селективности травления.

2. Что такое коэффициент распыления? От каких параметров он зависит?

3. Какие плазмообразующие газы используют для процессов ионного травления?

4. Назовите основные достоинства и недостатки ионного травления.

5. Назовите последовательность стадий гетерогенной плазмохимической реакции.

6. Какие газы используют для плазмохимического травления неорганических материалов?

7. Назовите отличия между кинетическим и диффузионным режимом протекания гетерогенной плазмохимической реакции. В каком режиме проявляется загрузочный эффект?

8. Назовите принципиальные различия между плазмохимическим и радикальным травлением.

9. Назовите основные достоинства и недостатки плазмохимического травления.

10. Определите роли нейтральных и заряженных частиц в процессе реактивно-ионного травления.

#### **11.1.4 Типовые вопросы (задания) для устного опроса по лабораторным работам**

##### **Лабораторная работа 5.1 Моделирование кинетики плазмохимических процессов в различных плазмообразующих газах и смесях**

1. Дайте определение плазмы.
2. Расшифруйте понятие квазинейтральности плазмы.
3. По каким критериям происходит классификация плазменных систем на равновесные и неравновесные?
4. В чем причина неравновесности низкотемпературной газоразрядной плазмы?
5. Что понимают под активными частицами плазмы?
6. Назовите основные виды процессов под действием электронного удара.
7. Какими параметрами определяется константа скорости процессов под действием электронного удара?
8. Дайте определение процесса рекомбинации активных частиц плазмы. Назовите принципиальное отличие процессов гомогенной и гетерогенной рекомбинации.
9. Что такое амбиполярная диффузия?
10. Что такое плавающий потенциал? Каковы причины его возникновения?

#### **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Экзамен проводится в устной форме по всему материалу изучаемого курса «Вакумно-плазменные процессы и технологии»

##### **Перечень примерных тематических вопросов для подготовки к экзамену (ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.2):**

1. Обоснования синергетики плазменных процессов. Опыт Кобурна. Преимущества Плазменных технологий

2. Области применения плазменных технологий. Получение и преобразование энергии: реакторы для управляемого термоядерного синтеза, магнитогазодинамическая машина, термоэлектрические преобразователи. Источники частиц и излучений: лазерные системы, разделение изотопов, плазменные телевизоры. Технологические процессы.

3. Элементарные процессы в газоразрядной плазме. Возбуждение, диссоциация, ионизация, рекомбинация: ионные и электронные процессы, основные закономерности (сечения процессов). Дрейф и диффузия

4. Процессы на поверхности. Основные закономерности эмиссионных процессов. Предельные плотности тока при первичных эмиссионных процессах (термо- и автоэмиссия

эмиссии). Работа выхода. Контактная разность потенциалов. Туннелирование (эффект Шоттки). Автоэлектронные эмиттеры.

5. Процессы на поверхности. Основные закономерности вторичных эмиссионных процессов. Вторичная электрон-электронная эмиссия (энергоспектр, коэффициент эмиссии). Эмиттеры.

6. Ион-электронная эмиссия (потенциальная и кинетическая эмиссии). Эмиттеры.

7. Фотоэлектронная эмиссия. Эмиссия электронов из диэлектриков и полупроводников. Эмиттеры. Фотоэлектронная спектроскопия.

8. Элементарные процессы при адсорбции и десорбции (прилипание, предстояние, термодесорбция). Поверхностная ионизация. Каналы десорбции

9. Взаимодействие ионов с поверхностью. Торможение ионов в веществе (электронные, ядерные потери). Проективный пробег. Канализация. Высоковольтная имплантация и имплантеры для микроэлектроники. Высокодозная имплантация в плазме. Фокусированные источники ионов.

10. Процессы при отражении частиц. Коэффициенты отражения (энергии, частиц). Энергоспектр отраженных частиц. Спектроскопия медленных ионов. Спектроскопия быстрых ионов.

11. Процессы на поверхности при распылении. Основные закономерности (коэффициент распыления энергия распыленных частиц). Самораспыление. Физико-химическое распыление. Лазерное распыление. Виды травления в микроэлектронике. Системы для травления поверхности.

12. Процессы в газоразрядной плазме. Зажигание разряда. Ионизационный коэффициенты. Потенциал зажигания. Тлеющий разряд (нормальный и аномальный, затрудненный, с полым катодом). Классическая газоразрядная трубка. Вольт-амперная характеристика.

13. Разряды в магнитном поле (пеннинговский, магнетронный). Движение электронов в магнитном поле. Пеннинговский разряд. Вольт-амперные характеристики. Разновидности магнетронных распылительных установок.

14. Дуга с горячим катодом. Вакуумные дуги. Разновидности дуговых разрядов. Катодные пятна: развитие, стабилизация. Промышленные дуговые установки: Булат, MEVVA, Радуга, Диана, дуоплазматрон, калютрон.

15. Дуга высокого давления. Свойства дуг высокого давления. Каналовая модель. Температура струи. Электродуговые плазматроны. Стабилизация дуги. Классификация и применение плазматронов.

16. ВЧ и СВЧ разряды. Движение электронов в переменном поле. ВЧ нагрев. Стохастический нагрев. ВЧ и СВЧ плазмотроны для высокотемпературной обработки материалов. ВЧ реакторы (ВЧИ, ВЧЕ, геликон, геликальный источник). СВЧ пробой. Разряд в волноводе. СВЧ разряд в магнитном поле. ЕЦР нагрев: основные закономерности и конструкции. СВЧ (микроволновые и ЕЦР) реакторы.

17. Формирование ускоренных пучков заряженных частиц. Эмитанс и яркость. Электронные пушки и ускорители.

18. Формирование ускоренных пучков заряженных частиц. Пространственный заряд пучка. 3-х электродная и 4-х электродная оптические системы. Многоапertureные системы. Ионные источники (инжекторы, имплантеры, многозарядные ионы для ядерной физики и ядерной медицины, отрицательные ионы). Плазменные пушки и плазменные ускорители (инжекторы, электрореактивные движители).

19. Вакуумно-плазменные технологии. Нанесение покрытий и пленок (испарение, распыление, ионные пучки). Режимы формирования пленки. Методы осаждения пленок (вакуумное осаждение, распыление, ионное осаждение). Плазмо-химические методы осаждения пленок. Плазмо-химические реакторы для утилизации отходов, для очистки поверхности и нанесение пленок.

20. Модификация поверхности неполупроводниковых материалов (высококонцентрационная, высокодозная (РШ) и низкоэнергетичная имплантации). Предельная доза имплантации.

21. Современные планарные технологии микроэлектроники. Травление и осаждение пленок. Высокоэнергетическая имплантация и современные имлантеры. EUV-литография и фокусированные ионные пучки. MEMS технологии.

22. Диагностика поверхности. Электронная микроскопия. Растворный микроскоп. Ожеспектроскопия.

23. Диагностика поверхности. Ионная микроскопия (принципы работы и основные параметры). ВИМС (принципы работы и основные параметры).