

**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)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_/Ж.В. Мацулевич/  
подпись                      ФИО

“20” июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.9 Оборудование и производство электронной техники**  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)  
для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники»

\_\_\_\_\_  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 180/5

Промежуточная аттестация: экзамен

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Мочалов Георгий Михайлович, д.т.н., доцент

(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-33

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 .....	5
4. Структура и содержание дисциплины .....	8
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины .....	17
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	19
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	20
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ .....	22
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	23
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины .....	25
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....	27

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

**1.1. Целью освоения дисциплины «Оборудование и производство электронной техники»** является изучение принципа действия и конструктивных особенностей оборудования производства изделий электронной техники, формирование у студентов компетенций, заключающихся в способности владеть основными техническими параметрами, эксплуатационными характеристиками и областями применения основных устройств и функциональных узлов оборудования электронной и микроэлектронной промышленности, в способности разрабатывать проектную и техническую документацию в соответствии со стандартами и техническими условиями.

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

- усвоить конструктивные особенности оборудования производства изделий электронной техники;
- усвоить взаимосвязь и влияние технологического процесса на устройство и специфику работы узлов и технологического оборудования электронной и микроэлектронной промышленности;
- сформировать знания по устройству, принципу действия, эксплуатационным характеристикам и области применения оборудования производства изделий электронной техники;
- овладеть способностью разбираться в вопросах влияния технологического процесса изготовления изделий электронной промышленности на конструкцию узлов и оборудования, предназначенного для их производства;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта экспериментальной работы.

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

**2.1. Учебная дисциплина «Оборудование и производство электронной техники»** включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части образовательной программы «Технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Физика», «Инженерная графика», «Компоненты электронной техники», «Моделирование химико-технологических процессов», «Процессы и аппараты производства изделий электронной техники», «Материаловедение для электронной промышленности», «Физико-химические основы технологии материалов и изделий электроники и нанoeлектроники».

Для усвоения дисциплины студент должен

- знать физические и физико-химические основы технологии производства изделий электроники и нанoeлектроники; принципы построения и функционирования устройств на основе традиционной элементной базы твердотельной электроники; основные технические параметры, эксплуатационные характеристики и области применения основных устройств и функциональных узлов твердотельной электроники; возможности интенсивных технологий, в том числе плазменных, в производстве материалов и изделий твердотельной электроники;
- уметь применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и нанoeлектроники; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальных

режимов проведения отдельных технологических операций; работать в коллективе (малых группах) при решении профессиональных задач;

- владеть информацией об областях применения и перспективах развития различных функциональных узлов и устройств современной электроники; навыками работы в коллективе (малых группах) при решении профессиональных задач.

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

Рабочая программа дисциплины «Оборудование и производство электронной техники» 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) «Оборудование и производство электронной и нанoeлектронной техники» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»:

а) профессиональных (ПК): ПК-4.

**Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами**

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПК-4</b>								
Моделирование химико-технологических процессов (Б1.В.ОД.8)						✓		
Оборудование и производство электронной техники (Б1.В.ОД.9)								✓
Общая химическая технология (Б1.В.ОД.10)						✓		
Процессы и аппараты производства изделий электронной техники (Б1.В.ОД.14)							✓	
Технология летучих высокочистых веществ для производства изделий электронной техники (Б1.В.ОД.16)								✓
Практика по						✓		

<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>
получению профессиональных умений и опыта 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
	Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: А/02.5 (ПС 40.058) Контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства радиоэлектронных средств					
ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и компонентов электронной техники	ИПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и изделий электронной техники и правил его эксплуатации	ЗНАТЬ: – типы аппаратов и конструктивные особенности их выбора/установки/работы, включая все пределы от получения монокристаллов до маркирования и упаковки микросхем	-	ВЛАДЕТЬ: – информацией о современных процессах и аппаратах, фирмах поставщиков ведущего оборудования	- Задания к контрольным работам по разделам	Вопросы для устного экзамена
	ИПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники	ЗНАТЬ: – основные технологические параметры процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники	УМЕТЬ: – проводить химико-технологический расчет аппарата и химико-технологического процесса в этом аппарате электронной техники	-	- Задания к контрольным работам по разделам	
	ИПК-4.3. Владеет основами проектирования технологической линии производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники	ЗНАТЬ: – основные технологические операции	УМЕТЬ: – формировать технологический процесс в виде технологических карт	ВЛАДЕТЬ: – информацией об основных технологических операциях и процессов	- Задания к контрольным работам по разделам	

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов, 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
		8 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>59</b>	<b>59</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
занятия лекционного типа (Л)	22	22
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	33	33
лабораторные работы (ЛР)		
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>67</b>	<b>67</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.)	67	67
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>54</b>	<b>54</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					
8 СЕМЕСТР									
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 1 Общая схема технологических процессов изготовления изделий электронной техники								
	Тема 1.1 Группы оборудования для техпроцессов на основе «мокрых» методов обработки при изготовлении изделий электронной техники. Группы оборудования для техпроцессов на основе «сухих» методов обработки при изготовлении изделий электронной техники.	1				подготовка к лекциям и практическому занятию [1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 1.2 Технологическая схема маршрута для производства проектируемой ИМС	1		2	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.1]			
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела				2	[1.1]			
	Итого по 1 разделу	2		2	4				

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					
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 2 Оборудование для элионной обработки								
	Тема 2.1 Оборудования для ионной имплантации (источники ионов, устройство сепараторов, устройство испарителя, устройства с диодной системой травления пленочных материалов)	1		2	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.2 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 2.2 Оборудования для нанесения тонких пленок, использующие электродинамический разгон вещества	1		2	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.2 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела				2	[1.2 – 1.3]			
	Итого по 2 разделу	2		4	8				
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 3 Оборудования для эпитаксии								
	Тема 3.1 Газовая система напуска парогазовых смесей в реактор установки по эпитаксии. Устройство реакторов нанесения эпитаксиальных слоев (планарный, цилиндрический, планетарный). Типы нагревателей (индукционный, ИК). Преимущества и недостатки.	1		2	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.2 – 1.3]	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					
	Тема 3.2 Материал реакторов (металл, кварц). Преимущества и недостатки. Пути преодоления недостатков металлических реакторов. Особенности работы с токсичными газами. Системы безопасности. Системы утилизации абгазов из эпитаксиальных установок.	1		2	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.2 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела				2	[1.2 – 1.3]			
	Итого по 3 разделу	2		4	8				
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 4 Элементная база вакуумных систем								
	Тема 4.1 Средства получения вакуума. Элементы вакуумных систем. Аппаратура для контроля процессов, происходящих в вакууме.	1			1	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.4]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 4.2 Устройство и принцип работы форвакуумных насосов, бустерного насоса, диффузионного насоса, турбомолекулярного насоса. Криогенные «ловушки».	1			1	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.4]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 4.1 Аппаратура для контроля процессов, происходящих в вакууме			3	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.4]	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					
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела				2	[1.4]			
	Итого по 4 разделу	2		3	7				
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 5 Оптико-механическое оборудование для фотолитографии и ремонта фотошаблонов								
	Тема 5.1 Основные тренды развития фотолитографии в настоящее время. Оборудования для контактной фотолитографии. Оптическая схема установки контактной фотолитографии. Преимущества и недостатки устройства контактной фотолитографии. Оборудования для проекционной фотолитографии.	2		2	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 5.2 Способ и устройство для исправления прозрачных дефектов фотошаблонов. Оборудование и методы ремонта фотошаблонов. Оптическая схема установки лазерной ретуши и коррекции фотошаблонов. Способ и устройство для исправления непрозрачных дефектов фотошаблонов. Лазерный метод устранения непрозрачных дефектов	2		2	3	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.5]	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					
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела				2	[1.5]			
	Итого по 5 разделу	2		4	8				
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 6 Оборудования для субмикронных литографических процессов								
	Тема 6.1 Оборудования для экспонирования с острофокусным электронным лучом.	1				подготовка к лекциям и практическому занятию [1.5-1.6]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 6.2 Устройство установки проекционной электролитографии. Конструкция электронных пушек.	0,5		2	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.5-1.6]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 6.3 Устройство установки проекционной рентгенолитографии. Лазерные плазменные источники для рентгеновской литографии.	2				подготовка к лекциям и практическому занятию [1.5-1.6]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 6.4 Устройство установки ионно-лучевой литографии. Источники ионов. Установки синхротронного излучения	0,5		2	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.5-1.6]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела				2	[1.5-1.6]			
	Итого по 6 разделу	4		4	6				

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					
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 7 Оборудование для нанесения тонких пленок								
	Тема 7.1 Устройство для нанесения тонких пленок (на основе полимеров и сополимеров).	0,5		1	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 7.2 Устройство для нанесения тонких пленок методом испарения в вакууме (ВУП).	0,5		1	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 7.3 Устройство для нанесения тонких пленок на основе катодного распыления.	0,5		1	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 7.4 Устройство для нанесения тонких пленок методом осаждения из газовой фазы. Устройство для нанесения тонких пленок методами термодиффузии	0,5		1	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.7]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Итого по 7 разделу	2		4	8				
	ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 8 Оборудования для анализа изделий электронной техники							
Тема 8.1 Оборудование для контроля изделий электронной техники. Оптические методы контроля.		1			2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.1]	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					
	Тема 8.2 Электрические методы контроля. Методы совмещения в процессе производства	2		2	2	подготовка к лекциям и практическому занятию [1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие № 8.1 Оптические методы контроля изделий электронной техники			2	2	подготовка к практическому занятию [1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 8 раздела				3	[1.1]			
	Итого по 8 разделу	3		4	9				
ПК-4: ИПК-4.1 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 9 Оборудования для анализа исходных материалов								
	Тема 9.1 Системы контроля качества продукции производств изделий электронной техники.	2			2				
	Тема 9.2 Системы анализа исходных материалов (газовая хроматография, хроматомасс-спектрометрия, УФ и ИК спектрометрия, атомно-абсорбционная спектрометрия). Системы для контроля влажности газов	2			1				
	Практическое занятие № 9.1 Системы анализа исходных материалов			4	4				

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					
	Самостоятельная работа по освоению 9 раздела				2				
	Итого по 9 разделу	4		4	9				
ИТОГО по дисциплине		22		33	67				



## **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 практическим занятиям, представленных в п. 6.3.

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

При промежуточном контроле (зачет с оценкой) 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
<b>ПК-4.</b> Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства материалов и компонентов электронной техники	<i>ИПК-4.1. Знает технологическое оборудование для производства материалов и изделий электронной техники и правила его эксплуатации</i>	Не знает типы аппаратов и конструктивные особенности их выбора/установки/работы, включая все пределы от получения монокристаллов до маркирования и упаковки микросхем. Не владеет информацией о современных процессах и аппаратах, фирмах поставщиков ведущего оборудования.	Частично знает типы аппаратов и конструктивные особенности их выбора/установки/работы, включая все пределы от получения монокристаллов до маркирования и упаковки микросхем. Частично владеет информацией о современных процессах и аппаратах, фирмах поставщиков ведущего оборудования.	Хорошо знает типы аппаратов и конструктивные особенности их выбора/установки/работы, включая все пределы от получения монокристаллов до маркирования и упаковки микросхем. Хорошо владеет информацией о современных процессах и аппаратах, фирмах поставщиков ведущего оборудования.	Знает в совершенстве типы аппаратов и конструктивные особенности их выбора/установки/работы, включая все пределы от получения монокристаллов до маркирования и упаковки микросхем. Уверенно владеет информацией о современных процессах и аппаратах, фирмах поставщиков ведущего оборудования.
	<i>ИПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники</i>	Не знает основные технологические параметры процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники. Не умеет проводить химико-технологический расчет аппарата и химико-технологического процесса в этом аппарате электронной техники.	Имеет представление об основных технологических параметрах процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники. Умеет проводить с ошибками химико-технологический расчет аппарата и химико-технологического процесса в этом аппарате электронной техники.	Хорошо знает основные технологические параметры процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники. Достаточно хорошо умеет проводить химико-технологический расчет аппарата и химико-технологического процесса в этом аппарате электронной техники.	Отлично знает основные технологические параметры процесса производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники. Уверенно умеет проводить химико-технологический расчет аппарата и химико-технологического процесса в этом аппарате электронной техники.
	<i>ИПК-4.3. Владеет основами проектирования технологической линии производства материалов и изделий электронной техники и нанoeлектроники</i>	Не знает основные технологические операции. Не умеет формировать технологический процесс в виде технологических карт. Не владеет информацией об основных технологических операциях и процессах	Частично знает основные технологические операции. Умеет формировать с ошибками технологический процесс в виде технологических карт в. Частично владеет информацией об основных технологических операциях и процессах	Хорошо знает основные технологические операции. Достаточно хорошо умеет формировать технологический процесс в виде технологических карт. Хорошо владеет информацией об основных технологических операциях и процессах	Знает в совершенстве основные технологические операции. Уверенно умеет формировать технологический процесс в виде технологических карт. Отлично владеет информацией об основных технологических операциях и процессах

## **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 Марков В. Ф. Материалы современной электроники: [учеб. пособие] /В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева; [под общ. ред. В. Ф. Маркова]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014 – 272 с. (электронное издание [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28841/1/978-5-7996-1186-6\\_2014.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28841/1/978-5-7996-1186-6_2014.pdf))

1.2 Технология и оборудование производства изделий электронной техники: учеб. пособие / Т.Г. Шикова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.- Иваново, 2019. -129 с. (электронное издание)

1.3 Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1: учебное пособие / Орликов Л.Н. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. (электронное издание, <https://www.iprbookshop.ru/13990..html> (дата обращения: 20.07.2024)

1.4 Розанов Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Розанов – М.: Высш. шк., 2000. – 320 с. (электронное издание)

1.5 Оборудование для фотолитографии и изготовления фотошаблонов: [Учеб. пособие] / А. Б. Камнев; Моск. ин-т электрон. машиностроения. - Москва: МИЭМ, 1988. - 52 с.: ил.; 20 см.

1.6 Лапшинов Б.А. Л 24 Технология литографических процессов. Учебное пособие / Б.А. Лапшинов – Московский государственный институт электроники и математики. М., 2011. – 95 с. (электронное издание)

1.7 Данилина Т.И. Технология тонкопленочных микросхем: учеб. пособие / Т.И. Данилина — Томск: ТУСУР, 2012. — 151 с.

### **6.2. Справочно-библиографическая литература**

6.2.1 ГОСТ 55753 – 2013 Комплексная система контроля качества ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ. Требования к обеспечению и контролю качества. Москва.: Стандартиформ. 2014. – 11 с.

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

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению лабораторных и практических учебных занятий по данной дисциплине:

#### **6.3.1 Методические указания, разработанные НГТУ**

6.3.1.1. 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 23.09.2015.

3.2 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\\_samocht\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samocht_rab.pdf?20).

3.3 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).

## **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://elibrary.ru/defaultx.asp) [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/>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

**Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем**

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
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**

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
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)	
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**

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost">https://www.gost.ru/portal/gost</a>

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

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
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>
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 (компьютерный класс для проведения виртуального лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Рабочие столы, оснащенные компьютером (10 посадочных мест); 2. Рабочие столы (22 посадочных места); 3. Рабочее место преподавателя; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран 5. Стенд образовательный «Интегральные микросхемы. Печатные платы»	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
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	

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		материалов. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (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 Эрленмейера (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	
6	<b>1330-1</b> Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (10 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - вискозимет – плотномер Штабингера SVL3001; - хромато-масс-спектрометр; - планетарная мельница РМ100; - комплекс автоматический Porometer metcats plus; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000»; - спектрофотометр ИК-Фурье. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл),	



№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- *коллоквиум;*
- *контрольная работа;*
- *тест.*

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

**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 по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

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. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям**

1. Изложите назначение и этапы фотолитографии.
2. Охарактеризуйте методы повышения адгезии фоторезиста.
3. Охарактеризуйте свойства фоторезиста.
4. Поясните классификацию литографических процессов.
5. Изложите методы нанесения фоторезиста, их возможности и ограничения.
6. Охарактеризуйте методы сушки и задубливания фоторезиста.
7. Сколько частиц размером более 0,5 мкм допустимо в 1 м<sup>3</sup> воздуха в помещении класса чистоты 1000?
8. Ион натрия обладает высокой подвижностью, и даже малые количества ионной примеси могут приводить к нарушению работы микроэлектронных полупроводниковых интегральных структур. Опишите основной(ые) источники примеси Na<sup>+</sup>.

9. Поясните, как связаны между собой выход годных  $Y$  с плотностью дефектов  $D$ , размером (площадью) кристалла  $A$  и количеством технологических процессов  $n$ ,

используя выражение:  $Y \propto \frac{1}{(1 + DA)^n}$ . Ответ пояснить.

10. Почему в системе вентиляции в помещениях первого класса чистоты необходим ламинарный режим потока воздуха?

11. Назовите не менее двух типов оборудования, используемого на участке фотолитографии.

12. Назовите не менее двух типов контролируемых параметров и оборудование для их контроля на участке фотолитографии

13. Назовите не менее двух типов оборудования, используемого на участке диффузии.

14. Объясните терминологию ARPH (нанесение, удаление, формирование рисунка, нагрев) и в ее рамках классифицируйте:

a. процессы химического (CVD) и физического (PVD) осаждения тонких пленок.

b. процесс фотолитографии;

c. процесс высокотемпературного отжига;

d. процесс химико-механической полировки.

15. Азот, один из наиболее распространенных газов в технологии микроэлектроники, используется как в качестве газа-носителя, так и в качестве рабочего газа. Одинаковой ли чистоты должен быть азот в этих случаях. Ответ пояснить.

16. Назовите источники загрязнений, связанных с человеческим фактором.

17. Назовите основные задачи корпусировки кристаллов ИМС.

18. Поясните различие между микросваркой и микропайкой выводов ИМС. Имеется ли разница между корпусированием кристалла и разводкой выводов?

19. Опишите преимущества и недостатки керамических и пластиковых корпусов ИМС?

20. Опишите способы бескорпусного монтажа кристаллов на примере Flip-Chip технологии.

21. Перечислите виды контроля готовых ИМС.

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

#### **ЛЕКЦИЯ № Оборудования для ионной имплантации ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ГРУППОВОГО ОБСУЖДЕНИЯ НА ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ:**

1. Назовите не менее 3 преимуществ ионной имплантации по сравнению с высокотемпературной диффузией.

2. Назовите 3 основных задачи ионной имплантации в КМОП ИМС технологии. В чем заключался качественный скачок при переходе от высокотемпературной диффузии к ионной имплантации в производстве ИМС?

3. Назовите механизмы торможения ионов в кремнии. В предположении, что два иона бомбардируют поверхность монокристаллической кремниевой подложки с одинаковой энергией и под одинаковым углом, окажутся ли они на одной глубине? Ответ пояснить.
4. Какие параметры установки ионной имплантации позволяют управлять концентрацией примеси и глубиной ее залегания. Что такое доза излучения, энергия бомбардировки? Ответ пояснить.
5. Поясните выражение, связывающее глубину проникновения, энергию и сорт бомбардирующего иона.
6. Почему после ионной имплантации необходим отжиг подложки?
7. Назовите преимущества быстрого отжига после ионной имплантации по сравнению с классическим отжигом в печах.
8. Поясните, что такое пиковый и лазерный отжиг поверхности после ионной имплантации.
9. Почему оборудование ионной имплантации требует высокого вакуума и высокого электрического напряжения?
10. Какой наиболее токсичный газ используется при ионной имплантации? Как узнать его по характерному запаху? Что делать, если вы узнали его по запаху? Источником какой примеси – p или n типа – он являлся?
11. Для чего подложку поворачивают на небольшой (например, на  $7^\circ$ ) угол при ионной имплантации?
12. Приведите типовые значения энергии ионов и дозы при формировании:
  - a. Карманов
  - b. Сток истоковых областей
13. Поясните отличия между обычной и плазменно-иммерсионной (РПИ) ионной имплантацией.
14. Охарактеризуйте методы контроля параметров имплантированных слоев:
  - a. Вторичная ионная масс-спектрометрия
  - b. Четырехзондовый метод
  - c. «Метод тепловых волн»
15. В каких отраслях промышленности, помимо полупроводникового производства, используется ионная имплантация?

#### **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 «Оборудование и производство электронной техники»

Билет содержит 2 вопроса из разных тем курса.

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену**  
**(ПК-4: ИОПК-4.1, ИОПК-4.2, ИОПК-4.3):**

1. Электронная компонентная база: основные понятия и определения, классификация.
2. Технологические схемы процессов изготовления полупроводниковых приборов и ИМС, понятия типового и унифицированного технологических процессов.
3. Электронная гигиена: понятия чистых помещений в соответствии с ISO 14644-1, требования к чистым помещениям.
4. Электронная гигиена: факторы загрязнений (динамические, статические), категории и источники загрязнений.
5. Электронная гигиена: понятие чистоты по взвешенным частицам, классификация чистых помещений и чистых зон по ISO 14644-1.
6. Электронная гигиена: классификация чистых помещений по типу вентиляции, по типу расположения зон.
7. Жидкие химические и газообразные среды: назначение, классификация, типы загрязнений.
8. Жидкие химические и газообразные среды: способы очистки газов, методы очистки воды.
9. Гетерирование: понятие, методы гетерирования.
10. Планирование рельефа: назначение, наиболее распространенные методы.
11. Основные технологические процессы технологии изготовления микро и нанoeлектроники.
12. Эпитаксия: определение, достоинства слоев, пример применения в биполярных и КМОП ИМС.
13. Газофазная эпитаксия: физико-химические основы, режимы процесса.
- 14.
15. Типы оборудования для газофазной эпитаксии, последовательность проведения технологического процесса
16. Виды подложек: SOI, SSOI, технология напряженного кремния, селективное эпитаксиальное выращивание.
17. Высокотемпературные процесс в технологии. Оборудование для высокотемпературных процессов (диффузионные печи).
18. Окисление кремния: физико-химические основы. Применение оксидов кремния в технологии.
19. Жидкостная очистка перед окисление: назначение, процедура, реактивы. Скорость окисления: факторы, на нее влияющие.
20. Окисление в сухом и влажном кислороде. Типовые последовательности операций.
21. Окисление при повышенном давлении. Методы контроля толщины слоев оксида кремния. Тенденции развития процессов окисления в технологии.

22. Высокотемпературная диффузия: задачи, назначение. Понятие диффузионной маски и теплового бюджета процесса.
23. Способы диффузии. Диффузия из легированных окислов: последовательность процесса, виды диффузантов. Контроль параметров диффузионных слоев. Недостатки высокотемпературной диффузии.
24. Отжиг: виды. Отжиг после ионной имплантации: назначение, применение в современной технологии.
25. Отжиг: виды. Отжиг для формирования твердых растворов и для оплавления.
26. Высокотемпературное химическое осаждение из газовой фазы: области применения.
27. Высокотемпературное химическое осаждение из газовой фазы поликристаллического кремния: параметры процесса, типовая последовательность проведения процесса, оборудование.
28. Высокотемпературное химическое осаждение из газовой фазы нитрида кремния: параметры процесса, типовая последовательность проведения процесса, оборудование. Применения нитрида кремния в технологии.
29. Быстрые термические процессы: назначение, классификация, параметры. Типовое оборудование. Тенденции развития.
30. Фотолитография (определение). Требования к фотолитографии.
31. Фотолитография (определение). Фоторезисты: виды, составы.
32. Фотолитография (определение). Операции ФЛ (последовательность). Очистка перед ФЛ. Подготовка к нанесению ФР.
33. Фотолитография (определение). Операции ФЛ (последовательность). Нанесение ФР. Сушка ФР.
34. Фотолитография (определение). Совмещение и экспонирование: требования, сканеры, степперы, источники излучения, контроль дозы.
35. Фотолитография (определение). Операции ФЛ (последовательность). Сушка после экспонирования, проявление, задубливание.
36. Плазма. Плазменные процессы в технологии: назначение, классификация.
37. Способы создания плазмы в технологии. Неизбежность ионной бомбардировки.
38. Плазмостимулированное химическое осаждение.
39. Плазменное травление. Плазменное распыление.
40. Оборудование плазменного осаждения и травления.
41. Удаленная плазма (процессы в послесвечении). Назначение. Высокоплотная плазма: способы создания.
42. Технология биполярных ИМС. Классификация основных методов электрической изоляции элементов ИМС.
43. Базовый процесс формирования биполярной ИМС с изоляцией элементов при помощи р- n-перехода на примере интегрального n-p-n-транзистора.
44. Метод коллекторной изолирующей диффузии. Метод базовой изолирующей диффузии.

45. Технология БиП ИМС на основе трех фотошаблонов. Технология БиП ИМС на основе двойной диффузии.
- 46.
47. ЭПИК (ЕРІК) – процесс изготовления БиП ИМС. КВД и VIP процессы изготовления БиП ИМС.
48. Декаль-процесс изготовления БиП ИМС. КНС-технология изготовления БиП ИМС.
49. Изопланарная технология изготовления БиП ИМС: Изопланар-1, Изопланар-2.
50. Эпипланарная и полипланарная технологии изготовления БиП ИМС.
51. Совмещенная технология изготовления БиП ИМС.
52. Технология МДП ИМС. Сравнение базовых технологий МДП и БиП ИМС.
53. Базовый технологический процесс изготовления МДП ИМС.
54. Изготовление МДП ИМС методом двойной диффузии. Технология МДП ИМС на пассивных подложках.
55. Технология комплиментарных МДП ИМС.
56. E2IC-технология (технология с использованием приподнятых электродов)
57. PSA-технология (технология с самосовмещением с использованием поликремния)
58. Модифицированный PSA-процесс (APSA-процесс)
59. Самосовмещенный с вертикальной изоляцией биполярный интегральный транзистор VIST
60. Суперсамосовмещенная технология изготовления биполярного интегрального транзистора SST I
61. Суперсамосовмещенная технология изготовления биполярного интегрального транзистора SST II
62. Суперсамосовмещенная технология изготовления биполярного интегрального транзистора SST III
63. Самосовмещенный биполярный интегральный транзистор с двумя слоями поликремния
64. Технология nMOS и pMOS
65. LOCOS изоляция
66. STI изоляция
67. Методы формирования карманов p и n-типа
68. Структура комплексов технологических процессов производства изделий твердотельной электроники и наноэлектроники.