

**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.13 Основы технологии электронной компонентной базы**  
(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: 3/180

## Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Орлов Лев Константинович, д.ф.-м.н., с.н.с.  
(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-37

Начальник МО

---

/Н.Р. Булдакова/

(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.....	14
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	18
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	19
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	21
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	21
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	23
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	25

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

**1.1. Целью освоения дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы»** является формирование комплексного подхода по принципам работы основных элементов, формируемых на поверхности полупроводниковой пластины в процессе изготовления интегральных микросхем, к производству компонентной базы электронных изделий, к основным требованиям, предъявляемым к различным технологическим этапам изготовления пленочных элементов изделий и особенностям разных вариантов методов нанесения и формирования пленок в электронной технике.

**1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучить физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций;
- научиться рассчитывать физико-технологические условия для проведения отдельных технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электро-физическими параметрами;
- овладеть методиками контроля и анализа процессов электронной компонентной базы;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта экспериментальной работы.

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

**2.1. Учебная дисциплина «Основы технологии электронной компонентной базы»** 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 основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Физические основы электроники», «Схемотехника», «Основы проектирования электронной компонентной базы», «Компоненты электронной техники», «Материалы электронной техники» и другие.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины – «Основы технологии электронной компонентной базы» необходимы 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 «Основы технологии электронной компонентной базы» 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) «Основы технологии электронной компонентной базы» 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)					✓			
<b>Основы технологии электронной компонентной базы (Б1.В.ОД.13)</b>								✓
Физика конденсированного состояния (Б1.В.ОД.19)			✓	✓				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)						✓		
Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (Б2.П.2)							✓	
Преддипломная практика (Б2.П.3)								✓

**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. Способен проводить исследования материалов и компонентов электронной техники для разработки и оптимизации технологических процессов</b>	<i>ИПК-2.1. Знает материалы и технологии изготовления компонентов и изделий электроники и наноэлектроники</i>	<b>ЗНАТЬ:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные материалы, применяемые в электронной технике и их свойства;</li> <li>– основные физические и математические закономерности работы современных изделий электроники и наноэлектроники</li> </ul>	<b>УМЕТЬ:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать физико-математический аппарат для решения возникающих проблем</li> </ul>	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современными методиками выявления сущности научных проблем</li> </ul>	- Тестовые задания к контрольным работам по разделам	Вопросы для устного зачета с оценкой

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	<i>ИПК-2.2. Умеет проводить обоснованный выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий электроники и наноэлектроники</i>	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию интегральных микросхем, методы подготовки подложек;</li> <li>– методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоев, легирования, травления и нанесения защитных покрытий;</li> <li>– основные подходы к построению физических и математических моделей;</li> <li>– основные способы формирования элементов электронной компонентной базы</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять метод нанесения полупроводниковых слоев;</li> <li>– разрабатывать модели физикохимических процессов используемых методов нанесения пленок и покрытий;</li> <li>– выбирать наиболее эффективные методы формирования элементов и экспериментального исследования их параметров</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными способами компьютерного моделирования; современными методиками компьютерного и экспериментального (приборного) исследования изделий электроники</li> </ul>	<p>- Тестовые задания к контрольным работам по разделам</p>	Вопросы для устного зачета с оценкой
	<i>ИПК-2.3. Владеет навыками работы с открытыми источниками информации при выборе технологического оборудования, анализе совершенствования конструкции и технологии изготовления отдельных компонентов электроники и наноэлектроники</i>	<p><b>ЗНАТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы КМОП технологии;</li> <li>– основные этапы технологии производства элементов электронной компонентной базы</li> </ul> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решать задачи в области проектирования полупроводниковых приборов;</li> <li>– осуществлять выбор основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы</li> </ul> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета параметров основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы</li> </ul>	<p>- Тестовые задания к контрольным работам по разделам</p>	Вопросы для устного зачета с оценкой

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 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>108</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>44</b>	<b>44</b>
занятия лекционного типа (Л)	22	22
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	22	22
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	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>60</b>	<b>60</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.)	60	60
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)		

## 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>8 СЕМЕСТР</b>																			
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	<b>Раздел 1 Интегральные микросхемы – материалы, используемые при производстве ИС</b>																		
	Тема 1.1 Классификация ИС, особенности тонкопленочной планарной технологии	1			2	подготовка к лекциям [6.1.2] (ст. 35-79)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы												
	<b>Практическая работа № 1.1</b> Основные материалы микроэлектроники			4	4	подготовка к ПР [6.1.2] (ст. 35 - 79)	Коллоквиум												
	Тема 1.2 Технология подготовки подложке Si к эпитаксиальному росту, характеристики эпитаксиально чистой поверхности Si	1			2	подготовка к лекциям [6.1.2] (ст. 35-96)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы												
	<b>Итого по 1 разделу</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	<b>8</b>														
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	<b>Раздел 2 Методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоев в планарной технологии, механизмы роста пленок. Особенности взаимодействия молекулярных пучков с эпитаксиальной поверхностью</b>																		
	Тема 2.1 Методы, оборудование и особенности проточной и вакуумной газофазной эпитаксии, метод молекулярно-пучковой эпитаксии, механизмы роста пленок	2			2	подготовка к лекциям [6.1.3] (ст. 3-72)	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									
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Практическая работа № 2.1 Преимущество использования вакуумной химической эпитаксии в микроэлектронике			2	6	подготовка к ПР [6.1.3] (стр. 3-72)							
	Тема 2.2 Физико-химические процессы, протекающие на поверхности Si в условиях эпитаксиального наращивания слоев из атомарных и молекулярных пучков	2			2	подготовка к лекциям [6.1.3] (ст. 3-72)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Итого по 2 разделу	4		2	10								
	Раздел 3 Методы легирования слоев, локальное легирование примесями												
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Тема 3.1 Особенности диффузационного легирования кремния элементами 3-ей и 5-ой группы	1			2	подготовка к лекциям [6.1.6] (ст. 83 - 126)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Практическая работа № 3.1 Изоляция p-n переходом и коллекторной диффузией			4	4	подготовка к ПР [6.2.1.2]							
	Тема 3.2 Ионная имплантация – особенности ее использования в КНС и КНИ технологиях, эффекты канализирования и дальнодействия	1			2	подготовка к лекциям [6.1.6] (ст. 83 - 126)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Итого по 3 разделу	2		4	8								

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>Раздел 4 Физико химические свойства поверхности. Литография. Методы травления рисунка</b>													
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Тема 4.1 Структура и свойства эпитаксиальной поверхности кремния и соединений А3В5. Электрохимия поверхности кремния	1			2	подготовка к лекциям [6.1.2] (ст. 3-93)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Тема 4.2 Особенности использования метода взрывной литографии при формировании затвора полевого транзистора	1			2	подготовка к лекциям [6.1.2] (ст. 3-93)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Практическая работа № 4.1 Типы и характеристики кристаллических дефектов, возникающих при имплантации			4	4	подготовка к ПР [6.2.1.2]							
	<b>Итого по 4 разделу</b>	2		4	8								
	<b>Раздел 5 Защитные покрытия и термический окисел. Характеристики оксидных слоев. Другие типы покрытий</b>												
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Тема 5.1 Изготовление тонких пленок SiO <sub>2</sub> методом термического окисления, методом химического осаждения, локальное окисление Si	2			4	подготовка к лекциям [6.1.3] (ст. 3-72)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	Тема 5.2 Изготовление пленок SiC на поверхности Si методом химической конверсии и методом газофазной эпитаксии	2			4	подготовка к лекциям [6.1.3] (ст. 3-72)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Итого по 5 разделу</b>	4			8								

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>Раздел 6 Последовательность технологических процессов при изготовлении КМОП схем</b>													
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	<b>Тема 6.1</b> Смешанные монолитные ИС на полевых и биполярных структурах	1			3	подготовка к лекциям [6.1.4] (ст.10 - 168); [6.2.1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 6.2</b> Методы межслоевой и межэлементной изоляции приборов	1			3	подготовка к лекциям [6.1.4] (ст.10 - 168); [6.2.1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Итого по 6 разделу</b>	2			6								
<b>Раздел 7 Методы спрашивания пластин – SMART-CUT технология</b>													
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	<b>Тема 7.1</b> КМОП/SIMOX и КМОП/FIPOS методы, структуры КМОП КНИ	1			1	подготовка к лекциям [6.1.4] (ст.10 - 168); [6.2.1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 7.2</b> Совмещение технологии напряженного кремния с технологией спрашивания пластин	1			1	подготовка к лекциям [6.1.4] (ст.10 - 168); [6.2.1.1]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Практическая работа № 7.1</b> Виртуальные подложки			2	2	подготовка к ПР [6.2.1.1]							
	<b>Практическая работа № 7.2</b> Карбидная электроника			4	2	подготовка к ПР [6.2.1.1]							

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>Итого по 7 разделу</b>	2		6	6								
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	<b>Раздел 8 Металлическая электрическая разводка. Технология монтажа, сборки и герметизации ИМС</b>												
	<b>Тема 8.1</b> Технология изготовления омических контактов, электрическая разводка	2			3	подготовка к лекциям [6.1.7] (ст. 10 - 306); [2.2] (ст.35 - 59)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Тема 8.2</b> Корпусирование кристаллов, контроль параметров	2			3	подготовка к лекциям [6.1.1] [6.1.7] (ст. 10 - 306	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы						
	<b>Итого по 8 разделу</b>	4			6								
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		22		22	60								

## **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 [6.2.1.1 – 6.2.1.2], 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-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>	Не знает основные материалы, применяемые в электронной технике и их свойства; основные физические и математические закономерности работы современных изделий электроники и наноэлектроники. Не умеет использовать физико-математический аппарат для решения возникающих проблем. Не владеет современными методиками выявления сущности научных проблем.	Частично знает основные материалы, применяемые в электронной технике и их свойства; основные физические и математические закономерности работы современных изделий электроники и наноэлектроники. Умеет использовать с ошибками физико-математический аппарат для решения возникающих проблем. Частично владеет современными методиками выявления сущности научных проблем.	Хорошо знает основные материалы, применяемые в электронной технике и их свойства; основные физические и математические закономерности работы современных изделий электроники и наноэлектроники. Умеет использовать с ошибками физико-математический аппарат для решения возникающих проблем. Хорошо владеет навыками решения типовых современными методиками выявления сущности научных проблем.	Знает в совершенстве основные материалы, применяемые в электронной технике и их свойства; основные физические и математические закономерности работы современных изделий электроники и наноэлектроники. Уверенно использует физико-математический аппарат для решения возникающих проблем. Уверенно владеет современными методиками выявления сущности научных проблем.

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>	<p>Не знает классификацию интегральных микросхем, методы подготовки подложек; методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоев, легирования, травления и нанесения защитных покрытий; основные подходы к построению физических и математических моделей; основные способы формирования элементов электронной компонентной базы.</p> <p>Не умеет определять метод нанесения полупроводниковых слоев; разрабатывать модели физикохимических процессов используемых методов нанесения пленок и покрытий; выбирать наиболее эффективные методы формирования элементов и экспериментального исследования их параметров.</p> <p>Не владеет основными способами компьютерного моделирования; современными методиками компьютерного и экспериментального (приборного) исследования изделий электроники.</p>	<p>Имеет представление о классификацию интегральных микросхем, методы подготовки подложек; методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоев, легирования, травления и нанесения защитных покрытий; основные подходы к построению физических и математических моделей; основные способы формирования элементов электронной компонентной базы. Умеет определять метод нанесения полупроводниковых слоев; разрабатывать модели физикохимических процессов используемых методов нанесения пленок и покрытий; выбирать наиболее эффективные методы формирования элементов и экспериментального исследования их параметров. Частично владеет основными способами компьютерного моделирования; современными методиками компьютерного и экспериментального (приборного) исследования изделий электроники.</p>	<p>Хорошо знает классификацию интегральных микросхем, методы подготовки подложек; методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоев, легирования, травления и нанесения защитных покрытий; основные подходы к построению физических и математических моделей; основные способы формирования элементов электронной компонентной базы. Достаточно хорошо умеет определять метод нанесения полупроводниковых слоев; разрабатывать модели физикохимических процессов используемых методов нанесения пленок и покрытий; выбирать наиболее эффективные методы формирования элементов и экспериментального исследования их параметров. Хорошо владеет основными способами компьютерного моделирования; современными методиками компьютерного и экспериментального (приборного) исследования изделий электроники</p>	<p>Отлично знает классификацию интегральных микросхем, методы подготовки подложек; методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоев, легирования, травления и нанесения защитных покрытий; основные подходы к построению физических и математических моделей; основные способы формирования элементов электронной компонентной базы. Уверенно умеет определять метод нанесения полупроводниковых слоев; разрабатывать модели физикохимических процессов используемых методов нанесения пленок и покрытий; выбирать наиболее эффективные методы формирования элементов и экспериментального исследования их параметров. Отлично владеет основными способами компьютерного моделирования; современными методиками компьютерного и экспериментального (приборного) исследования изделий электроники.</p>

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-2.3. Владеет навыками работы с открытыми источниками информации при выборе технологического оборудования, анализе совершенствования конструкции и технологии изготовления отдельных компонентов электроники и наноэлектроники</i>	Не знает методы КМОП технологии; основные этапы технологии производства элементов электронной компонентной базы. Не умеет решать задачи в области проектирования полупроводниковых приборов; осуществлять выбор основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы. Не владеет методами расчета параметров основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы.	Имеет представление о методах КМОП технологии; основных этапах технологии производства элементов электронной компонентной базы. Умеет решать задачи в области проектирования полупроводниковых приборов; осуществлять выбор основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы. Частично владеет методами расчета параметров основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы.	Хорошо знает методы КМОП технологии; основные этапы технологии производства элементов электронной компонентной базы. Достаточно хорошо умеет решать задачи в области проектирования полупроводниковых приборов; осуществлять выбор основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы. Хорошо владеет методами расчета параметров основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы.	Отлично знает методы КМОП технологии; основные этапы технологии производства элементов электронной компонентной базы. Уверенно умеет решать задачи в области проектирования полупроводниковых приборов; осуществлять выбор основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы. Отлично владеет методами расчета параметров основных технологических операций для производства элементов электронной компонентной базы.

## **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.

6.1.1 Щепетов А. Г. Основы проектирования приборов и систем: учебник и практикум для вузов / А. Г. Щепетов. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 458 с. (электронное  
издание)

[https://vk.com/doc10943591\\_529126146?hash=bEA6pFYUj0mvinfxmWb2G0KmH9vDf6LBzzLgSC38PE8](https://vk.com/doc10943591_529126146?hash=bEA6pFYUj0mvinfxmWb2G0KmH9vDf6LBzzLgSC38PE8)

6.1.2 Лапшинов Б.А. Технология литографических процессов. Учеб. пособ. М.: МИЭМ, 2011. - 95 с. (электронное издание)

6.1.3 Агеев, О.А., Федотов, А.А., Смирнов, В.А. Методы формирования структур элементов наноэлектроники и наносистемной техники: Учебное пособие/ О.А.Агеев, А.А. Федотов, В.А. Смирнов.- Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 72 с. (электронное издание)

6.1.4 Процессы и оборудование микротехнологии. Часть 1 / Ю.Б. Цветков. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 168 с. (электронное издание file:///C:/Users/user/Downloads/789\_Primer-razdela-uchebnogo-posobiya..pdf)

6.1.5 Епифанов Г.И. Физика твердого тела /Епифанов Г.И. – СПб: «Лань», 2011. – 288 с.

6.1.6 Мартинес-Дуарт Дж. М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Мартинес-Дуарт Дж. М: Техносфера, 2009. – 368 с.

6.1.7 Сычик В.А. Технология сборки интегральных схем: конспект лекций по дисциплине «Технология сборки полупроводниковых приборов и интегральных схем» для студентов специальности 1-41 01 01 «Технология материалов и компонентов электронной техники» / В. А. Сычик. – Минск: БНТУ, 2014. – 306 с.

### **6.2. 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 практических учебных занятий по дисциплине «Основы технологии проектирования электронной компонентной базы»:

#### ***6.2.1 Методические указания, разработанные преподавателями:***

6.2.1.1 Водзинский В.Ю. Современное состояние и перспективы КМОП технологии в производстве СБИС / Водзинский В.Ю., Офрова О.В. – Нижний Новгород: НГТУ, 2009, 70 с.

6.2.1.2 Воротынцев В.М. Моделирование ионной имплантации методом Монте-Карло / Воротынцев В.М., Водзинский В.Ю., Блохина Н.П. – Нижний Новгород.: НГТУ, 2008, 105 с.

#### ***6.2.2 Методические указания, разработанные НГТУ***

6.2.2.1. 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.

6.2.2.2 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.

6.2.2.3 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/>. – 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>

<b>№</b>	<b>Наименование ЭБС</b>	<b>Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС</b>
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)	
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 H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)	
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>
1	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>
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

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
6	Информационно-справочная система «Техсперт»	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*

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	<b>1342</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 22 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н H365-

<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>
	индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)
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 H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)
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 H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)
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 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	

<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>
5	<p style="text-align: center;"><b>1334-1</b></p> <p>Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)</p>	<p>1. Лабораторные столы (6 посадочных мест);</p> <p>2. Лабораторное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- лабораторные аналитические весы;</li> <li>- высокочастотный генератор СЭЛТ-ВЧИ-2,0/40;</li> <li>- высокочастотный дуговой плазмотрон;</li> <li>- плита электрическая;</li> <li>- шкаф сушильный;</li> <li>- магнитная мешалка;</li> <li>- источник водорода с оборудованием для приготовления специальной воды;</li> <li>- спектрофотометр;</li> <li>- поляриметр.</li> </ul> <p>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</p>	
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 Rorometer 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 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 за 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**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

## **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**

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям [6.3.1.1 – 6.3.1.2], представленных в п. 6.3.1.

### 11.1.1. Примерные задания контрольных работ:

1. При загонке бора в кремний КЭФ-2 при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  за время  $t_1=20$  мин со здана поверхностная концентрация  $3\times10^{20} \text{ см}^{-3}$ . Найти глубину залегания  $p-n$ -перехода, образованного при последующей разгонке при  $1200^{\circ}\text{C}$  в течение 1,5 ч.

2. Определить энергию и дозу имплантации ионов В для формирования  $p-n$ -перехода на глубине 0,3 мкм в кремнии с исходной концентрацией  $8\times10^{15} \text{ см}^{-3}$ .

3. На кремниевой пластине термическим окислением получен слой  $\text{SiO}_2$  толщиной 0,2 мкм. Какое дополнительное время потребуется, чтобы получить еще 0,1 мкм  $\text{SiO}_2$  в сухом кислороде при  $1200^{\circ}\text{C}$ ?

4. Осаждение диоксида кремния за счет разложения ТЭОС происходит при температуре  $700^{\circ}\text{C}$  со скоростью 9 нм/мин. При добавлении в реакционную смесь фосфорсодержащих легирующих добавок энергия активации реакции разложения ТЭОС уменьшается с 1,9 эВ до 1,4 эВ. Какова при этом скорость роста ФСС?

5. Построить распределение толщины осажденного слоя методом ПФХО, если пластины диаметром 150 мм расположены на расстоянии 15 мм друг от друга, лимитирующей является гетерогенная стадия, имеет место реакция первого порядка, отношение коэффициента диффузии газа к константе скорости реакции 500.

6. Рассчитать изменение толщины пассивной базы вследствие эмиттерной диффузии фосфора в КЭФ-1 при  $1050^{\circ}\text{C}$  в течение 1 ч, если введенное в приповерхностную область количество бора, равное  $2\times10^{15} \text{ см}^{-2}$ , предварительно разгоняли при  $1150^{\circ}\text{C}$  в течение 2 ч.

7. При загонке фосфора в кремний КДБ-10 при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  за время  $t_1=20$  мин создана поверхностная концентрация  $10^{21} \text{ см}^{-3}$ . Найти глубину залегания  $p-n$ -перехода, об- разованного при последующей разгонке при  $1200^{\circ}\text{C}$  в течение 1 ч.

8. Рассчитать эффективную концентрацию примеси в КДБ-10 на глубине 3 мкм при по- следовательной диффузии фосфора ( $Q_{(\text{P})}=10^{15} \text{ см}^{-2}$ ,  $T=1100^{\circ}\text{C}$ ,  $t=3$  ч) и бора ( $Q_{(\text{B})}=5\times10^{15} \text{ см}^{-2}$ ,  $T=1150^{\circ}\text{C}$ ,  $t=2$  ч).

9. Рассчитать эффективную концентрацию примеси в КДБ-7,5 на глубине 1,5 мкм при последовательной диффузии фосфора ( $N_{0(P)}=10^{21} \text{ см}^{-3}$ ,  $T=1050^\circ\text{C}$ ,  $t=1,5$  ч) и бора ( $N_{0(B)}=5\times10^{21} \text{ см}^{-3}$ ,  $T=1150^\circ\text{C}$ ,  $t=3$  ч).

10. Пластины кремния марки КЭФ-5 легируют бором с дозой  $10^{12} \text{ см}^{-2}$  при энергии 100 кэВ. Затем проводят отжиг в течение 2 ч при  $1000^\circ\text{C}$ . Чему равна пиковая концентрация бора после отжига?

11. Рассчитать глубину залегания  $p-n$ -перехода в КЭФ-2, полученного ионной имплантацией бора с энергией  $E=100$  кэВ до максимальной концентрации  $N_m=10^{20} \text{ см}^{-3}$  с последующей диффузионной разгонкой при  $1150^\circ\text{C}$  в течение 2 ч.

12. Рассчитать градиент концентрации примеси в  $p-n$ -переходе, полученном на глубине 3 мкм путем диффузии бора в КЭФ-2 до поверхностной концентрации  $N_0=10^{18} \text{ см}^{-3}$  при  $1000^\circ\text{C}$ .

13. Кремниевая пластина окисляется несколько раз в процессе изготовления ИС. Найти результирующую толщину окисла после каждой из следующих операций, проводимых последовательно: а) 60 мин при  $1100^\circ\text{C}$  в сухом  $\text{O}_2$  и  $\text{HCl}$  (добавляется достаточное количество  $\text{HCl}$ , чтобы увеличить скорость окисления на 10 % по сравнению со скоростью окисления в чистом  $\text{O}_2$ ); б) 2 ч при  $1000^\circ\text{C}$  в пирогенном водяном паре (при 1 атм).

14. Рассчитать градиент концентрации примеси в  $p-n$ -переходе, полученном на глубине 25 мкм путем диффузии фосфора в КДБ-0,4 до поверхностной концентрации  $N_0=3\times10^{20} \text{ см}^{-3}$  при  $1250^\circ\text{C}$ .

15. Поверхностное сопротивление при использовании четырехзондового метода определяется выражением  $R_s=(\pi/\ln 2)U/I$ . Если при измерениях  $I=1$  мА, какое напряжение будет измерено для  $n$ -области, в которой суммарная плотность атомов  $10^{12} \text{ см}^{-2}$ ? Фосфор введен с помощью диффузии в очень высокомомную пластину  $p$ -типа.

16. Канал МОП-транзистора легируют бором до максимальной концентрации  $8\times10^{16} \text{ см}^{-3}$  на глубине 0,1 мкм. Найти энергию ионов, дозу легирования и разброс  $\Delta R_p$ .

17. Выбрать энергию  $\text{As}^+$  и дозу облучения для формирования в  $n$ -Si с  $N_{\text{исх}}=2\times10^{15} \text{ см}^{-3}$  сильнолегированного заглубленного слоя  $n^+$ -типа так, чтобы на глубине 0,3 мкм концентрация имплантированной примеси равнялась  $N_{\text{макс}}=2\times10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Рассчитать результирующую поверхностную концентрацию примеси.

18. На кремниевой пластине термическим окислением получен слой  $\text{SiO}_2$  толщиной 0,2 мкм. Какое дополнительное время потребуется, чтобы получить еще 0,1 мкм  $\text{SiO}_2$  в сухом кислороде при  $1200^\circ\text{C}$ ?

19. Построить распределение толщины осажденного слоя методом ПФХО, если пластины диаметром 150 мм расположены на расстоянии 15 мм друг от друга, лимитирующей является гомогенная стадия..

20. Изолирующая диффузия  $p^+$ -типа проводится сквозь эпитаксиальный слой толщиной 10 мкм, содержащий донорную примесь в концентрации  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Эффективная концентрация примеси на поверхности обрабатываемого участка равна  $5\times10^{19} \text{ см}^{-3}$  и остается постоянной в течение всего процесса диффузии. Рассчитайте время, необходимое для проведения этой диффузии при  $1100^\circ\text{C}$ .

**11.1.2. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**  
**ЛЕКЦИИ по темам раздела 3 Методы легирования слоев, локальное**  
**легирование примесями**

1. Перечислить основные технологические процессы получения эпитаксиальных пленок на полупроводниковых подложках.
  2. Провести сравнительный анализ различных способов эпитаксиального наращивания.
  3. Перечислить особенности электронно-ионной технологии.
  4. Перечислить дефекты, вносимые электронно-ионной обработкой и указать способы их устранения.
  5. Рассчитать глубину залегания p-n-перехода при имплантации ионов различных энергий.
  6. Перечислить основные этапы литографического процесса.
  7. Перечислить перспективные способы формирования топологии ИМС-структур.
  8. Перечислить основные этапы сборки полупроводниковых приборов и ИС.
- Перечислить методы и категории испытаний полупроводниковых приборов и ИС.

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

Зачет с оценкой проводится в устной форме по всему материалу изучаемого курса «Основы технологии электронной компонентной базы»

**Перечень примерных тематических вопросов для подготовки к зачету с оценкой (ПК-2):**

1. Этапы развития электроники. Микро, нано, био, функциональная и другие электронники. Основные этапы разработки и изготовления компонентов (изделий).
2. Основные этапы изготовления тонкопленочных гибридных ИМС.
3. Основные этапы изготовления биполярных п/п ИМС.
4. Основные технологические этапы изготовления толстопленочных ИМС.
5. Корпускулярно-фотонная технология. Структурная и функциональная схемы устройств КФТ.
6. Термовакуумное испарение. Конденсация материала на поверхности подложки.
7. Основные стадии роста пленки. Испарение веществ сложного состава.
8. Термовакуумное испарение. Теория процесса, скорость испарения, механизмы испарения с поверхности жидкой и твердой фаз.
9. Термовакуумное испарение. Расчет толщины пленок. Способы получения пленок равномерной толщины.
10. Нанесение пленок методом катодного распыления.
11. Магнетронное и высокочастотное распыление. Распыление в электрических разрядах.
12. Нанесение пленок методами трафаретной печати, пульверизации, электрофореза, седиментации.
13. Особенности нанесения монокристаллических пленок и гетероструктур. Авто-, рео-, гетеро- и искусственная эпитаксия. Молекуллярно-лучевая эпитаксия.
14. Нанесение плёнок методом пиролиза, при химической транспортной реакции, методом полимеризации.
15. Нанесение плёнок методом взрыва вещества.
16. Способы получения плёнок окисла кремния.

17. Основы процесса диффузии. Введение примесей методом термодиффузии.
18. Законы Фика и распределение примеси в веществе. Лазерная и другие виды термической диффузии.
19. Ионная имплантация и радиационно-стимулированная диффузия.
20. Лазерная диффузия, диффузия в электролитах и в электрическом поле, радиационно-стимулированная диффузия
21. Способы формированияnanoструктур с применением сканирующего туннельного микроскопа, химической самосборки. Импринтинг, микроконтактная печать.
22. Оптическая литография. Закон Рэлея – Аббе. Способы увеличения разрешения. Фазосдвигающие маски.
23. Электроно-, рентгено- и ионолитография.
24. Иммерсионные объективы, двойное экспонирование.
25. Двойное паттернирование, силирирование.
26. Методы монтажа в производстве электронных компонентов.
27. Герметизация изделий в производстве электронных компонентов.
- 28. Лазерная сварка и разновидности пайки в производстве изделий электронной компонентной базы.**