

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
“16” мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.5 Процессы микро- и нанотехнологии
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Физика, химия и технология поверхностей и межфазных границ»

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 216/6

Промежуточная аттестация: зачет, экзамен

экзамен, зачет с оценкой, зачет

**Разработчик(и): Мочалов Георгий Михайлович, д.т.н., профессор
(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 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ

от 22 сентября 2017 г. № 959 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ
протокол от 18.05.2023 г. № 21.

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 №

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.....	9
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	17
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	21
7. Информационное обеспечение дисциплины	22
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ	24
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	24
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	26
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	29

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью освоения дисциплины «Процессы микро- и нанотехнологии» является изучение передовых достижений, основных направлений, тенденций, перспектив и проблем развития технологических процессов современной электроники и наноэлектроники, формирование навыков оценки новизны исследований и разработок, применения и дальнейшего совершенствования технологических процессов для получения изделий микро- и наноэлектроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- формирование знаний основных процессов микро- и наноэлектроники;
- обучение представлениям о физической сущности процессов, применяемых в микро- и нанотехнологии;
- обучение представлениям об основных методах нанесения вещества, используемых в технологии производства микроэлектронных изделий;
- обучение представлениям об основных методах удаления и модифицирования вещества, используемых в технологии производства микроэлектронных изделий;
- освоение новых методологических подходов к решению профессиональных технологических задач в области производства изделий и приборов электроники и наноэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебная дисциплина «Процессы микро- и нанотехнологии» включена в перечень обязательных дисциплин вариативной части образовательной программы «Физика, химия и технология поверхностей и межфазных границ». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

В ходе освоения данной дисциплины необходимы базовые знания, которые студенты получили в ходе обучения по программе бакалавриата по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», где освоены такие дисциплины как «Физические основы электроники», «Схемотехника», «Основы проектирования электронной компонентной базы», «Технология производства печатных плат», «Материалы электронной техники», «Компоненты электронной техники», либо схожие по содержанию дисциплины.

Для освоения данной дисциплины магистр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического исследования. Магистры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных физических проблем с использованием приёмов и методов математической физики; для описания разнообразных физических процессов и состояний в полупроводниках и диэлектриках.

Содержание дисциплины «Процессы микро- и нанотехнологии» охватывает круг вопросов, связанных с физико-химическими процессами технологии получения микро- и наноэлектронных структур, легирования, модифицирования и фотолитографии

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины – «Процессы микро- и нанотехнологии» необходимы для освоения последующих курсов профессионального цикла дисциплин: «Специальные процессы и аппараты производства изделий электронной техники», «Физико-химические методы контроля процессов производства ИЭТ», «Проектирование, технология и электронная гигиена в электронной компонентной базе», «Технология и производство печатных плат» и др., при прохождении практик, а также при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

В содержании дисциплины сбалансировано соотношение между различными видами учебной работы: объем лекций достаточен для магистрантов данной магистерской программы, для получения практических навыков, ознакомления с компонентами современной электронной техники, их характеристиками и применением.

Рабочая программа дисциплины «Процессы микро- и нанотехнологии» 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) «Процессы микро- и нанотехнологии» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»:

а) профессионально-специализированные компетенции (ПСК): ПСК-1, 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>ПКС-1</i>				
Специальные процессы и аппараты производства изделий электронной техники (Б1.В.ОД.3)	✓	✓	✓	
Процессы микро- и нанотехнологии (Б1.В.ОД.5)	✓	✓		
Методы исследования материалов и структур электронной техники (Б1.В.ДВ.2.1)	✓	✓		
Методы глубокой очистки веществ для микроЭлектроники (Б1.В.ДВ.2.2)	✓	✓		
Технология и производство печатных плат (Б1.В.ДВ.3.1)		✓		
Технология печатных плат последнего поколения (Б1.В.ДВ.3.2)		✓		
Наночастицы в двухфазных системах (ФТД.1)		✓		

<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>
Практика по получению профессиональных умений и опыта научно-исследовательской деятельности (Б2.П.2)		✓		
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)				✓
ПКС-2				
Физико-химические методы контроля процессов производства ИЭТ (Б1.В.ОД.1)		✓		
Процессы микро- и нанотехнологии (Б1.В.ОД.5)	✓	✓		
Технология и производство печатных плат (Б1.В.ДВ.3.1)		✓		
Технология печатных плат последнего поколения (Б1.В.ДВ.3.2)		✓		
Технологическая практика (Б2.У.1)	✓			
Практика по получению профессиональных умений и опыта научно-исследовательской деятельности (Б2.П.2)		✓		
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		
ПКС -1. Способен к измерению и анализу результатов измерений параметров технологических операций	Тип профессиональной деятельности: научно-исследовательский; производственно-технологический Трудовая функция: А/02.7 (ПС 40.006) Контроль параметров технологической операции	ИПКС – 1.1. Измеряет параметры отдельных технологических операций ЗНАТЬ: - методы диагностического контроля поэтапных технологических операций при изготовлении ИС; - литографические операции при изготовлении ИС; - процессы нанесение полупроводниковых/ металлических/ диэлектрические слоев при изготовлении ИС	УМЕТЬ: - оценивать каждую технологическую операции с точки зрения пригодности его использования для следующей операции; - применять и интенсифицировать литографические операции при изготовлении ИС; - применять и интенсифицировать процессы нанесения полупроводниковых/ металлических/ диэлектрические слоев при изготовлении ИС	ВЛАДЕТЬ: - навыками использования компьютерных технологий для решения задач диагностического контроля поэтапных технологических операции при изготовлении ИС; - навыками использования компьютерных технологий для решения литографических задач с точки зрения его контроля в поэтапных технологических операции при изготовлении ИС; - методиками построения и анализа физико-математических моделей, моделирующих работу полупроводниковых/ металлических/ диэлектрических слоев	- Контрольные вопросы к практическим занятиям Вопросы для проведения устного зачета/экзамена

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации
Тип профессиональной деятельности: научно-исследовательский; производственно-технологический Трудовая функция: А/06.7 (ПС 40.006) Разработка и реализация мероприятий по устранению причин брака выпускаемой продукции				
ПКС-2. Способен определять и устранять причины отклонения параметров технологических операций от заданных	<i>ИПКС – 2.2. Применяет основы технологии производства полупроводниковых изделий для наложивания операции их производства</i>	<p>ЗНАТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные виды и области применения литографических процессов; - правила подготовки поверхности для проведения фотолитографии для различных типов ИС; - классы фоторезистов, правила их нанесения и хранения, на поверхность подложки <p>УМЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять полученные знания о литографических процессах в зависимости от требуемых типов изготовления ИЭТ; - применять навыки подготовки поверхностей в зависимости от типов ИЭТ; - определять пригодность применения фоторезистов для различных типов подложек <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения основ технологии производства МОП-транзисторов; - методиками нанесения фоторезистов на различные типы подложек используемых при производстве ИЭТ; - навыками очистки различных типов поверхностей для возможного их дальнейшего применения при производстве ИЭТ 	<p>- Контрольные вопросы к практическим занятиям</p>	Вопросы для проведения устного экзамена

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 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	
		1 сем	2 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	216	108	108
1. Контактная работа:	110	54	56
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	102	51	51
занятия лекционного типа (Л)	34	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	68	34	34
лабораторные работы (ЛР)			
1.2. Внеаудиторная, в том числе	8	3	5
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	3	3
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2		2
2. Самостоятельная работа (СРС)	79	54	25
реферат/эссе (подготовка)	7		7
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа	5	5	
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельный 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	49	18
Подготовка к экзамену (контроль)	27		27

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴										
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час														
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час															
1 СЕМЕСТР																			
ПКС-1: ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Раздел 1 Введение. Обеспечение эффективности производства и повышение качества изделий микроэлектроники																		
	Тема 1.1 Введение в дисциплину «Процессы микро- и нанотехнологии». Обеспечение эффективности производства и повышение качества изделий микроэлектроники	2			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация												
Итого по 1 разделу		2			3														
ПКС-1: ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Раздел 2 Технология изготовления МДП ИС																		
	Тема 2.1 Базовая технология. Самосовмещенная технология. Метод двойной диффузии	3			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация												
Практическое занятие 2.1 Термодинамический анализ и определение максимального выхода кремния при хлоридном методе эпитаксии				3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта												

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	Практическое занятие 2.2 Наклонная локальная ионная имплантация			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 2.3 Ионная имплантация через слой окисла			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 2.4 Последовательность технологических операций формирования КМОП-структур, исключающая эффект защелкивания			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Тема 2.2 Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического, нанокристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния	3			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация						
	Практическое занятие 2.5 Высокоэнергетические сильноточные процессы ионной имплантации: окисление, нитрирование, протонирование, радиационностимулированная диффузия, химический синтез	1		4	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Итого по 2 разделу	6		16	21								
ПКС-1:	Раздел 3 Технология структур на основе арсенида галлия												

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Тема 3.1 ИМС и дискретные приборы на основе арсенида галлия. Основные методы и технология выращивания эпитаксиальных слоев	3			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация						
	Тема 3.2 Требования к полуизолирующем подложкам. Технология формирования буферных слоев. Технология выращивания активных слоев	3			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация						
	Практическое занятие 3.1 Моделирование процесса магнетронного распыления материала распыления материала испарителя кольцевой формы			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 3.2 Особенности формирования ИС на основе арсенида галлия без эпитаксиального наращивания			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Итого по 3 разделу	6		6	12								
ПКС-1:	Раздел 4 Сборка полупроводниковых приборов и ИС												

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Тема 4.1 Сборка полупроводниковых приборов и ИС. Посадка кристалла в корпус на основе эвтектики, пайки и приклевивания. Присоединение выводов к кристаллу	3			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация						
	Практическое занятие 4.1 Герметизация приборов в металлокерамических корпусах. Герметизация керамикой и пластмассой			4	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 4.2 Сборка микроэлектронных устройств. Оборудование для сборки. Герметизация: пайка, обволакивание, заливка, прессование			4	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 4.3 Интегрированные технологические кластерные комплексы: минифабрики, нанотехнологические комплексы на основе туннельно-полевого массопереноса и модификации			4	4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Итого по 4 разделу	3		12	13								

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ПКС-1: ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Подготовка к контрольной работе				5								
ИТОГО за 1 семестр		17		34	54								
2 СЕМЕСТР													
ПКС-1: ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Раздел 1 Способы изоляции ИС												
	Тема 1.1 Способы изоляции ИС	5			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 1.1 Расчет профиля распределения концентрации примеси при имплантации через слой диэлектрика			8	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Итого по 1 разделу	5		8	5								
ПКС-1: ИПКС-1.1	Раздел 2 Технология изготовления ИС на основе биполярных транзисторов												

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
ПКС-2: ИПКС-2.2	Тема 2.1 Технология изготовления ИС на основе биполярных транзисторов	6		4	2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 2.1 Расчет профиля распределения примеси в транзисторной структуре, полученной методом двойной ионной имплантации			9	2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Практическое занятие 2.2 Построение технологических процессов на основе оптимального сочетания принципов управления, самоформирования, самоорганизации: адаптивный синтез микро- и наноэлектронных структур, самосогласованные цепи технологических операций			8	3								
	Итого по 2 разделу			17	7								
ПКС-1: ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Раздел 3 Технология изготовления ИС на основе биполярных транзисторов												
	Тема 3.1 Многоуровневая металлизация. Взрывная фотолитография. Особенности медной металлизации	6			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						

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 ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	Практическое занятие 3.1 Атомно-молекулярная инженерия. Перспективы кремниевой наноэлектроники. Индустрия наносистем. Применение углеродных нанотрубок в технологии полупроводниковых приборов. Наноинженерия с использованием СЗМ-зондов			9	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта						
	Итого по 3 разделу	6		9	6								
ПКС-1: ИПКС-1.1 ПКС-2: ИПКС-2.2	Подготовка и выполнение реферата				7								
ИТОГО за 2 семестр		17		34	25								
ИТОГО по дисциплине		34		68	79								

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

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- выполнение групповых заданий на практических занятиях;
- тестирование по темам лекционных занятий;
- решение практических задач;
- подготовка и защита реферата;
- выполнение контрольной 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 – 1 семестр) успеваемость студентов оценивается по системе: «зачтено», «незачтено».

«Зачтено» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

«Зачтено» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные магистрантом с помощью «наводящих» вопросов;

«Зачтено» – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания магистрантом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

«Не зачтено» – магистрант демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятия.

При промежуточном контроле (экзамен – 2 семестр) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично «5» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая

последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

Хорошо «4» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов;

Удовлетворительно «3» – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания студентом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

Неудовлетворительно «2» – студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятия.

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
ПКС-2. Способен определять и устранять причины отклонения параметров технологических операций от заданных	ИПКС – 2.2. Применяет основы технологии производства полупроводниковых изделий для налаживания операции их производства	<p>Не знает основные виды и области применения литографических процессов; правила подготовки поверхности для проведения фотолитографии для различных типов ИС; классы фоторезистов, правила их нанесения и хранения, на поверхность подложки.</p> <p>Не умеет применять полученные знания о литографических процессах в зависимости от требуемых типов изготовления ИЭТ; применять навыки подготовки поверхностей в зависимости от типов ИЭТ; определять пригодность применения фоторезистов для различных типов подложек. Не владеет навыками применения основ технологии производства МОП-транзисторов; методиками нанесения фоторезистов на различные типы подложек используемых при производстве ИЭТ; навыками очистки различных типов поверхностей для возможного их дальнейшего применения при производстве ИЭТ</p>	<p>Имеет представление об основных видах и областях применения литографических процессов; правилах подготовки поверхности для проведения фотолитографии для различных типов ИС; классах фоторезистов, правила их нанесения и хранения, на поверхность подложки. Умеет, но с ошибками применять полученные знания о литографических процессах в зависимости от требуемых типов изготовления ИЭТ; применять навыки подготовки поверхностей в зависимости от типов ИЭТ; определять пригодность применения фоторезистов для различных типов подложек. Плохо владеет навыками применения основ технологии производства МОП-транзисторов; методиками нанесения фоторезистов на различные типы подложек используемых при производстве ИЭТ; навыками очистки различных типов поверхностей для возможного их дальнейшего применения при производстве ИЭТ</p>	<p>Хорошо знает основные виды и области применения литографических процессов; правила подготовки поверхности для проведения фотолитографии для различных типов ИС; классы фоторезистов, правила их нанесения и хранения, на поверхность подложки. Достаточно хорошо умеет применять полученные знания о литографических процессах в зависимости от требуемых типов изготовления ИЭТ; применять навыки подготовки поверхностей в зависимости от типов ИЭТ; определять пригодность применения фоторезистов для различных типов подложек. Хорошо владеет навыками применения основ технологии производства МОП-транзисторов; методиками нанесения фоторезистов на различные типы подложек используемых при производстве ИЭТ; навыками очистки различных типов поверхностей для возможного их дальнейшего применения при производстве ИЭТ</p>	<p>Отлично знает основные виды и области применения литографических процессов; правила подготовки поверхности для проведения фотолитографии для различных типов ИС; классы фоторезистов, правила их нанесения и хранения, на поверхность подложки. Уверенно умеет применять полученные знания о литографических процессах в зависимости от требуемых типов изготовления ИЭТ; применять навыки подготовки поверхностей в зависимости от типов ИЭТ; определять пригодность применения фоторезистов для различных типов подложек. Уверенно владеет навыками применения основ технологии производства МОП-транзисторов; методиками нанесения фоторезистов на различные типы подложек используемых при производстве ИЭТ; навыками очистки различных типов поверхностей для возможного их дальнейшего применения при производстве ИЭТ</p>

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 Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий: учебное пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 456 с. (электронный вариант)

1.2 Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 431 с. (электронный вариант)

1.3 Раскин А.А., Прокофьева В.К. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: учеб. пособие / В. Ю. Киреев. – М.: Техносфера, 2006. – 191 с. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 164 с. (электронное издание)

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 «Компоненты электронной техники»:

6.2.1 Методические указания:

1.1 Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование: учеб. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009, 397с. (электронный вариант)

1.2 Степаненко И.П Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2000, 488с. (электронный вариант)

1.3 Зубков М.В., Максимов О.А. Процессы микро- и нанотехнологий: Методические указания. - Рязань: РИЦ РГРТУ, 2018. (электронный вариант: <https://elib.rsre.u.ru/ebs/download/1890>)

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.

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_samoc_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. 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](#) [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.
9. Компоненты и технологии журнал об электронных компонентах, датчиках, микросхемах, микроконтроллерах, светодиодах, DSPs <https://kite.ru/>

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	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

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)

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
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 РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Тех эксперт»	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	1342 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 22 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)
2	1221 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт. ;	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14);

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23
3	<p style="text-align: center;">1334-4</p> <p>Мультимедийная аудитория (компьютерный класс для проведения виртуального лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)</p>	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	<p style="text-align: center;">1334-3</p> <p>Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)</p>	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	
5	<p style="text-align: center;">1334-1</p> <p>Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)</p>	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;	

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		<ul style="list-style-type: none"> - источник водорода с оборудованием для приготовления специальной воды; - спектрофотометр; - поляриметр. <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;">1330-1</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"> - вискозиметр – плотномер Штабингера SVL3001; - хромато-масс-спектрометр; - планетарная мельница PM100; - комплекс автоматический Porometer metcats plus; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000»; - спектрофотометр ИК-Фурье. <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 «Процессы микро- и нанотехнологии» состоит из связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Процессы микро- и нанотехнологии» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим занятиям, доклады рефератов с презентациями, подготовка к контрольной работе, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в

тематической последовательности. Описание последовательности действий обучающегося:

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

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10- 15 минут).

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

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

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

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (зачет (1 семестр); экзамен (2 семестр).

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

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

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

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

Самостоятельная работа реализуется:

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

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

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

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1.1. Примерные типовые вопросы (задания) к практическим занятиям

Тема индивидуального задания № 1: Диффузия примесей в кремний

При выполнении задания требуется обосновать выбор технологии (одностадийная, двухстадийная), изложить ее основы, условия проведения. В соответствии с исходными данными задания следует рассчитать режимы диффузии, профили распределения примеси в легированных областях и оценить технологическую погрешность по сопротивлению легированной области.

Вариант 1

Определить режимы диффузии и профиль распределения примеси при диффузии бора в кремний, ранее легированный фосфором при $T=1200$ С за время 120 мин и имеющий $\rho = 700$ Ом/кв и $x_{pN} = 4$ мкм. Концентрация подложки 10^{14} см⁻³. Область, легированная бором, имеет $\rho = 200$ Ом/кв и глубину залегания р – n перехода $x_{pN} = 2,2$ мкм. Рассчитать погрешность сопротивления слоя при ширине 20 мкм и длине 1 мм.

Вариант 2

При формировании МДП-структур с каналами n – типа проводится диффузия фосфора, и получают области с поверхностным сопротивлением 40 Ом/⁻¹ и $x_{pN} = 1$ мкм. Примесь внедряется в изолированную область с удельным поверхностным сопротивлением $\rho = 700$ Ом/кв и $x_{pN} = 6$ мкм, полученной при температуре $T=1200$ С за 3 часа. Определить время диффузии фосфора, профиль распределения примеси и погрешность сопротивления слоя с шириной 20 мкм и длиной 30 мкм.

Тема индивидуального задания № 2: Эпитаксия пленок кремния

При выполнении второго индивидуального задания следует выбрать технологию получения эпитаксиальной пленки кремния на кремниевой подложке. С учетом задания рассчитать режимы эпитаксии, построить профиль автолегирования и определить смещение границы раздела подложка – эпитаксиальная пленка.

Вариант 1

На подложке 200КЭС-0,01 выращена эпитаксиальная пленка 10 КДБ-0,5. Определить режимы эпитаксии и профиль автолегирования, если скорость потока газа, содержащего SiCl₄, 0,5 см/с, а температуры роста пленки Тэ1=1300К, Тэ2=1400К и Тэ3=1600К.

Вариант 2

На монокристалле кремния типа КДБ-5 получить эпитаксиальную пленку с удельным сопротивлением 0,5 Ом*см и толщиной 5 мкм. Рассчитать режимы получения пленки при температурах Тэ=1000 К, 1200 К и 1400 К и смещение границы раздела пленка – подложка в результате автолегирования.

11.1.2. Типовые вопросы (задания) для контрольной работы

1. Указать параметры подложки марки:

100_5КЭФ0,1/4КЭМ8_

200КДБ15

2. Представить структуру пинч – резистора.

3. Определить погрешность диффузионного резистора по поверхностному сопротивлению. Резистор получен диффузией бора в кремний типа КЭФ-1,0, обеспечивающей поверхностную концентрацию $5 \cdot 10^{18}$ см⁻³ и глубину залегания р – n перехода 2,7 мкм. Диффузия проводится при температуре 1150 С. Точность поддержания температуры 0,5 С, а времени 30 с.

4. На какой глубине образуется р – п переход при диффузии?
5. Какая примесь используется при создании базовых областей биполярных транзисторов ИМС.
6. Пленка кремния осаждается путем восстановления 1 % тетрахлорида кремния в потоке водорода при температуре 1400 К. Какова эффективность процесса, если отношение кремния к хлору на входе равно 0,25.
7. На подложке 200КЭС-0,01 выращена эпитаксиальная пленка 10 КДБ-0,5 со скоростью 1 мкм/мин. Определить концентрацию сурьмы в пленке на глубине 9 мкм в результате автолегирования, если температура эпитаксии 1523 К.
8. Почему при получении пленок двуокиси кремния термическим окислением используется так называемая комбинированная технология, и что она означает?
9. Какие требования предъявляются к подзатворному диэлектрику МДП-структур? Как они реализуются с точки зрения выбора технологии?

11.1.3 Примерные тестовые задания к практическим занятиям

- 1 Структура эпитаксиальных пленок:
 - а) поликристаллическая;
 - б) монокристаллическая;
 - в) аморфная;
 - г) жидккая
- 2 Какой из методов эпитаксии позволяет производить рост данного материала при наиболее низких температурах?
 - а) газофазная эпитаксия;
 - б) МОС-гидридная эпитаксия;
 - в) МЛЭ;
 - г) МОС эпитаксия.
- 3 Какие скорости роста характерны для процесса МЛЭ?
 - а) ~1 мкм/мин;
 - б) ~0,3 мкм/мин;
 - в) ~0,1 мкм/час;
 - г) ~10 мкм/мин.
- 4 Метод МЛЭ отличается от других методов эпитаксии:
 - а) низкой температурой процесса, высокой точностью управления уровнем легирования;
 - б) повышенной дефектностью эпитаксиального слоя, зависимостью разброса электрофизических параметров эпитаксиальных слоев от давления в реакторе;
 - в) высокой температурой процесса, размытием границы раздела эпитаксиальный слой – пластина;
 - г) низкой температурой процесса, размытием границы раздела эпитаксиальный слой – пластина.
- 5 Чем определяется элементный состав выращиваемого раствора InGaAs методом МЛЭ:
 - а) отношением потоков Ga и As;
 - б) отношением потоков In и Ga;
 - в) потоком атомов As;

г) потоком атомов In.

6 На этапе разгонки примесь распределяется по закону:

- а) интеграла функции ошибки;
- б) параболическому;
- в) линейному;
- г) закону Гаусса.

7 На этапе загонки примесь распределяется по закону:

- а) интеграла функции ошибки;
- б) параболическому;
- в) линейному;
- г) закону Гаусса.

8 При легировании полупроводника p-n-переход образуется на глубине, где:

- а) концентрация введенной примеси больше концентрации исходной примеси;
- б) концентрация введенной примеси равна концентрации исходной примеси;
- в) концентрация введенной примеси меньше концентрации исходной примеси;
- г) на поверхности полупроводника.

9 Для создания базовых областей n+-p-n-транзисторов в качестве легирующей примеси используется:

- а) мышьяк;
- б) фосфор;
- в) бор;
- г) сурьма.

10 Для создания скрытых слоев в полупроводниковой ИМС в качестве легирующей примеси используется:

- а) бор;
- б) алюминий;
- в) мышьяк;
- г) фосфор.

11 Для создания эмиттерных областей n+-p-n-транзисторов в качестве легирующей примеси используется:

- а) сурьма;
- б) алюминий;
- в) бор;
- г) фосфор.

12 При создании легированных областей методом термической диффузии максимум концентрации примеси находится:

- а) на глубине p-n-перехода; xp-n;
- б) на поверхности;
- в) на глубине $1/2 x_{(p-n)}$;
- г) на глубине средней проекции пробега R_p .

13 При создании легированных областей методом ионного легирования максимум концентрации примеси находится:

- а) на глубине p-n-перехода; xp-n;

- б) на поверхности;
- в) на глубине средней проекции пробега R_p .
- г) на глубине $1/2 x_{(p-n)}$;

14 Этап разгонки проводится в атмосфере:

- а) легирующей примеси;
- б) кислорода;
- в) водорода;
- г) аргона.

15 При проведении локальной диффузии маской является:

- а) фоторезист;
- б) фотошаблон;
- в) пленка двуокиси кремния;
- г) пленка алюминия.

16 В эпитаксиальной пленке донорная или акцепторная примесь распределяется:

- а) по закону Гаусса;
- б) равномерно;
- в) по закону интеграла функции ошибок;
- г) по параболическому закону.

17 Диэлектрическая изоляция элементов биполярной ИМС обеспечивает:

- а) надежную изоляцию элементов;
- б) простоту технологии;
- в) сложную механическую обработку пластин;
- г) введение дополнительной операции диффузии.

18 При получении эпитаксиальных пленок кремния используется метод химического осаждения из газовой фазы, так как:

- а) отсутствуют примеси и загрязнения;
- б) обеспечивается высокая подвижность атомов на подложке;
- в) процесс идет при низкой температуре;
- г) процесс идет в сверхвысоком вакууме.

19 При окислении кремния в сухом кислороде пленка двуокиси кремния получается:

- а) хорошего качества;
- б) с большой скоростью;
- в) при низкой температуре;
- г) с низкой плотностью

20 В МДП ИС на транзисторах с каналами одного типа проводимости изоляция элементов:

- а) диэлектрическая;
- б) не требуется;
- в) комбинированная;
- г) за счет введения дополнительной операции диффузии для создания разделительного кармана.

11.1.4 Примерные типовые темы рефератов

Учебным планом по дисциплине «Процессы микро- и нанотехнологии» предусмотрено выполнение реферата с целью выработки у обучающихся опыта

самостоятельного получения углубленных теоретических знаний, а также приобретение навыков практической реализации результатов исследования в области профессиональной деятельности.

Задачи курсового проектирования:

- формирование у обучающихся навыков аналитического мышления;
- воспитание чувства ответственности за качество принятых решений;
- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных обучающимися ранее;
- формирование профессиональных навыков, связанных с самостоятельной деятельностью будущего бакалавра;
- развитие умения ориентироваться в источниках новой информации, навыков работы с научной, справочной литературой и нормативной документацией;
- формирование практических навыков применения норм проектирования, методик расчетов, технологических инструкций, типовых проектов, стандартов и других нормативных материалов;
- оформление материалов (четкое, ясное, технически грамотное и качественное литературное изложение пояснительной записки);
- развитие творческого мышления и умения самостоятельно принимать решения в исследуемой области.

При подготовке реферата студент должен частично использовать литературу из библиографического списка, а также заниматься самостоятельным подбором информационных источников, большое внимание, уделив периодическим изданиям.

Работа выполняется в печатном виде, оформляется титульным листом с указанием названия университета, института, кафедры, дисциплины и названия темы, а также фамилии и группы студентов.

При оформлении реферата используется стандартный формат листа А4 (297 × 210 мм) с односторонним заполнением. Страницы нумеруются арабскими цифрами в центре или правом нижнем углу. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер на нем не прописывается. Рекомендуется использовать текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14 пт, интервал полуторный. Абзацный отступ 4 знака (1,25 см). Поля страницы: левое – 3 см, правое – 1,5, верхнее и нижнее – 2 см.

Общий объем реферата не должен превышать 20-25 страниц печатного текста.

При оформлении презентации представляются следующие требования:

Текстовая информация

- размер шрифта: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст);
- цвет шрифта и цвет фона должны контрастировать (текст должен хорошо читаться), но не резать глаза;
- тип шрифта: для основного текста гладкий шрифт без засечек (Arial, Tahoma, Verdana), для заголовка можно использовать декоративный шрифт, если он хорошо читаем;
- курсив, подчеркивание, жирный шрифт, прописные буквы рекомендуется использовать только для смыслового выделения фрагмента текста.

Графическая информация

- рисунки, фотографии, диаграммы призваны дополнить текстовую информацию или передать ее в более наглядном виде;
- желательно избегать в презентации рисунков, не несущих смысловой нагрузки, если они не являются частью стилевого оформления;
- цвет графических изображений не должен резко контрастировать с общим стилевым оформлением слайда;
- иллюстрации рекомендуется сопровождать пояснительным текстом;
- если графическое изображение используется в качестве фона, то текст на этом фоне должен быть хорошо читаем.

Единое стилевое оформление

- стиль может включать: определенный шрифт (гарнитура и цвет), цвет фона или фоновый рисунок, декоративный элемент небольшого размера и др.;
 - не рекомендуется использовать в стилевом оформлении презентации более 3 цветов и более 3 типов шрифта;
 - оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от его содержательной части;
 - все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле;
- Содержание и расположение информационных блоков на слайде**
- информационных блоков не должно быть слишком много (3-6);
 - рекомендуемый размер одного информационного блока — не более 1/2 размера слайда;
 - желательно присутствие на странице блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга;
 - ключевые слова в информационном блоке необходимо выделить;
 - информационные блоки лучше располагать горизонтально, связанные по смыслу блоки — слева направо;
 - наиболее важную информацию следует поместить в центр слайда;
 - логика предъявления информации на слайдах и в презентации должна соответствовать логике ее изложения.

Реферат выполняется в соответствии с требованиями. Представляется с устным докладом и сопровождающей доклад презентацией. Сдача рефератов осуществляется в соответствии с графиком проведения практических занятий.

Примерные темы рефератов:

- 1 Технология изготовления интегральной микросхемы ЭСЛ.
- 2 Технология изготовления ИС на совмещенных МОП-транзисторах.
- 3 Фоточувствительные приборы с зарядовой связью на МДП ИС.
- 4 Технология изготовления схемы ИМС ТТЛ.
- 5 Технология изготовления КМДП ИС типа ИЛИ-НЕ.
- 6 Технология изготовления транзистора с двумерным электронным газом.
- 7 Подложки полупроводниковых ИМС. Маркировка и параметры подложек.
- Структуры элементов.
- 8 Расчет режимов диффузии и профилей легирования
- 9 Расчет точности изготовления диффузионных элементов
- 10 Расчет режимов газофазной эпитаксии и профилей автолегирования
- 11 Расчет режимов молекулярно-лучевой эпитаксии
- 12 Расчет режимов окисления
- 13 Литография в технологии микро- и наноэлектронике
- 14 Расчет технологических режимов для создания изоляции ИМС
- 15 Разработка типовых технологических процессов изготовления полупроводниковых приборов и ИМС
- 16 Основы нанотехнологий

Критерии оценки за рефераты:

Оценка «отлично» – выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объем, соблюдены

требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

Оценка «удовлетворительно» – имеются существенные отступления от требований к рефериорированию. В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

Оценка «неудовлетворительно» – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

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

Зачет и экзамен проводится в устной форме по материалу изучаемого курса «Процессы микро- и нанотехнологии»

**Перечень примерных тематических вопросов для подготовки к экзамену
(ПКС-1: ИПКС-1.1; ПКС-2: ИПКС-2.2):**

- 1 Физико-химические процессы очистки поверхности подложек.
- 2 Условия получения монокристаллических пленок.
- 3 Механизм роста и кинетика окисления кремния.
- 4 Физические основы процесса термической диффузии.
- 5 Технология эпитаксиального наращивания пленок и оборудование.
- 6 Технология изготовления диффузионных элементов
- 7 Технологический процесс изготовления биполярных ИМС по эпитаксиально-планарной технологии
- 8 Технологический процесс изготовления МДП ИС на комплементарных транзисторах
- 9 Технология изготовления биполярной ИМС по полипланарной технологии
- 10 Выбор метода получения рисунка интегральных микросхем
- 11 Технология металлизации полупроводниковых ИМС
- 12 Химическое осаждение из газовой фазы. Плазмохимическое осаждение.
- 13 Технология изготовления биполярной ИМС по диэлектрической изоляции
- 14 Технология изготовления биполярной ИМС по изопланарной технологии
- 15 Технология изготовления МДП ИМС с каналами одинакового типа проводимости
- 16 Технология МЛЭ
- 17 Технология МОС гидридной эпитаксии
- 18 Получение легированных областей методом ионного легирования
- 19 Основы зондовых нанотехнологий
- 20 Основы литографических методов с высокой разрешающей способностью

- 21 Какова главная тенденция прогресса микроэлектроники?
- 22 Назовите важнейший показатель уровня реализации комплекса интеграции?
- 23 Сколько элементов содержат функциональные изделия БИС ?
- 24 Что определяет и для чего используется понятие «степень интеграции ИС»?
- 25 Что такое большая интегральная микросхема?
- 26 В чем заключается функциональная сложность БИС?
- 27 Что понимается под интегральной плотностью БИС?
- 28 Как классифицируются ИС по виду обрабатываемого сигнала?
- 29 В каких случаях применяются аналоговые интегральные микросхемы?
- 30 Как называется емкость, отражающая перераспределение зарядов непосредственно в р-п-переходе?
- 31 Как называется процесс захватывания электрическим полем р-п перехода неосновных носителей заряда и их перенос через р-п переход в область с противоположным типом проводимости?
- 32 Какие элементы конструкции микросхем вы знаете?
- 33 Назовите основные электрические параметры микросхем.
- 34 Что такое подложка?
- 35 Какие функции в технике ИМС выполняют подложки?
- 36 По каким признакам классифицируют подложки?
- 37 Какие структурные признаки квалификации Вы знаете?
- 38 Как классифицируют подложки по назначению?
- 39 Какие подложки применяют при изготовлении полупроводниковых ИМС?
- 40 Что такое полупроводниковая пластина?
- 41 Какими параметрами определяется пригодность полупроводникового материала для использования в интегральных микросхемах?
- 42 Какие операции включает в себя подготовка пластин, получаемых из слитков монокристаллического кремния?
- 43 Что такое термическое вакуумное напыление?
- 44 Из чего состоит схема испарения?
- 45 Чем характеризуется термическое испарение?