

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

М.1.1.5 Процессы микро- и нанотехнологии

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника

Магистр

(бакалавр/магистр/специалист)

Программа магистратуры

Электронные и нанoeлектронные приборы и устройства

Курс 1
Семестр 2

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	180 / 5	часов/зачетных единиц
Лекции	14	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	28	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	42	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	102	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	2	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Программу составили:

заведующий кафедрой с ученой степенью кандидата наук	КиПР	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

(наименование кафедры)		
15.01.2024	протокол №	12
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.И. Сушенцов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Лапин Владимир Авангардович, директор ООО "НПФ Мета-Хром"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументированно защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.1. Знает методы синтеза и исследования моделей.	знания: Знать методы синтеза и исследования моделей. умения: навыки:
	ОПК-2.2. Умеет адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования.	знания: умения: Уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования. навыки:
	ОПК-2.3. Владеет навыками методологического анализа научного исследования и его результатов.	знания: умения: навыки: Владеть навыками методологического анализа научного исследования и его результатов.
2. ОПК-3 Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК-3.1. Знает принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемноориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности.	знания: Знать принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемноориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности. умения: навыки:

ОПК-3.2. Умет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности.	знания: умения: Уметь использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности. навыки:
ОПК-3.3. Владеет методами математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий.	знания: умения: навыки: Владеть методами математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий.

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Основы научных исследований (ОПК-2), Математическое моделирование устройств и систем (ОПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих практиках: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (распределенная) (ОПК-2), Производственная практика. Научно-исследовательская работа (распределенная) (ОПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-3)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, процедуры самообучения, практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Формирование тонких пленок. Развитие вакуумных методов получения пленок	84	ОПК-2, ОПК-3
Лекция. Особенности формирования тонких пленок различных материалов. Выбор методов формирования тонких пленок. Оборудование и оснастка для формирования пленок. Параметры технологических процессов формирования пленок	2	
Лекция. Оптимизация технологических процессов формирования пленок. Особенности методов контроля параметров формируемых пленок	2	
Лекция. Проектирование технологических процессов формирования пленок. Перспективы развития вакуумных методов формирования пленок	2	
Практическое занятие. Исследование технологического процесса изготовления резисторной микросборки	4	
Практическое занятие. Исследование технологического процесса изготовления тонкопленочного конденсатора	6	
Практическое занятие. Исследование технологического процесса изготовления линии задержки на поверхностных акустических волнах	6	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение подготовка к практическим работам, оформление программы испытаний, оформление протокола испытаний, защита лабораторных работ	62	
Эпитаксия кремния. Легирование полупроводников	18	ОПК-2, ОПК-3
Лекция. Особенности процессов эпитаксии кремния. Оборудование для эпитаксии. Параметры технологических процессов эпитаксии. Контроль параметров при эпитаксии. Способы легирования полупроводников	2	
Лекция. Параметры технологических процессов легирования и их оптимизация. Особенности формирования диэлектрических пленок. Параметры и оптимизация технологических процессов формирования диэлектрических пленок	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение изучение методов проведения испытаний, изучение принципов организации и технологии испытаний	14	
Литография	42	ОПК-2, ОПК-3
Лекция. Особенности технологических процессов литографии. Параметры и оптимизация технологических процессов литографии	2	
Лекция. Процессы сухого травления. Выбор вида и параметров литографических методов в зависимости от конкретной задачи	2	
Практическое занятие. Исследование технологического процесса изготовления резисторной микросборки	4	
Практическое занятие. Исследование технологического процесса изготовления тонкопленочного конденсатора	4	
Практическое занятие. Исследование технологического процесса изготовления линии задержки на поверхностных акустических волнах	4	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение подготовка к практическим работам, оформление программы испытаний, оформление протокола испытаний, защита лабораторных работ	26
Иная контактная работа:	0
Подготовка к экзамену	30
Проведение экзамена	6

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Процессы микро- и нанотехнологии" рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к занятиям **семинарского типа** включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины "Процессы микро- и нанотехнологии" включает выполнение практических работ.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Сушенцов, Николай Иванович. Основы технологии микроэлектроники [Текст] : лаб. практикум для студентов [специальностей: 200800, 201500, 200700, 201100, 210100, 220500] / Н. И. Сушенцов, В. Е.	149

	перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. - 155 с. Экземпляры: всего 149.	
2.	Сушенцов, Николай Иванович. Основы технологии микроэлектроники [Текст] : [лаб. практикум для студентов вузов по специальностям 200800, 220500 и направлениям 551100, 654300] / Н. И. Сушенцов, В. Е. Филимонов. 3-е изд., перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. - 184 с. ISBN 5-8158-0366-9. Экземпляры: всего 11.	11 / https://portal.volgatech.net/books/Filimonov_Osnovy_tehnologii_mikroelektroniki.pdf
3.	Филимонов, Виталий Евгеньевич. Технология очистки подложек микро- и нанoeлектроники [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлениям подгот. 211000 "Конструирование и технология электрон. средств", 210100 "Электроника и нанoeлектроника"] / В. Е. Филимонов, Н. И. Сушенцов; М-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - 159 с. ISBN 978-5-8158-0867-6. Экземпляры: всего 71.	71 / https://portal.volgatech.net/books/Filimonov_tehnologija_ochistki_podlozhek.pdf
4.	Кузовкин, Владимир Александрович. Электроника [Текст] : электрофизические основы, микросхемотехника, приборы и устройства : [учеб. для студентов вузов по направлениям и специальностям техники и технологии] / В. А. Кузовкин. М.: Логос, 2005. - 327 с. ISBN 5-98704-025-6. Экземпляры: всего 9.	9
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	http://www.consultant.ru
2.	Информационно-правовой портал Гарант	http://www.garant.ru
3.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	http://www.cntd.ru

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	417 (III)	Проектор мультимедийный Hitachi CP-X 5 (1), Учебная лаборатория NanoEducator-8 Basic (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio

			Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
2.	419 (III)	Автоматизированная система контроля и управления установкой магнетронного распыления и дугового испарения для получения наноструктурированных плёнок (1), Автоматизированная технологическая установка магнетронного распыления для получения наноструктурированных пленок (1), Блок питания магнетрона "ELM-7.5/600S-R" (2), Монитор SAMSUNG 19" Ж/К (1), УСТАНОВКА ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ (1), УСТАНОВКА ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ (1), УСТАНОВКА УРМ-3 (1), ШКАФ ВЫТЯЖНОЙ (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при	отлично

	видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	
--	---	--

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

!SPEC=11.04.04_01

!COMP=ПКР-3

!COURSE=1

!DISC=Процессы микро- и нанотехнологии

!TYPE=2

!TASK 1

Ион – это частица ...

!TRUE

положительно заряженная

!FALSE

нейтральная

!FALSE

отрицательно заряженная

!FALSE

незаряженная

!TASK 2

Электрон – это частица...

!TRUE

отрицательно заряженная

!FALSE

нейтральная

!FALSE

положительно заряженная

!FALSE

незаряженная

!TASK 3

Технологический процесс состоит из....

!TRUE

технологических операций

!FALSE

технологических этапов

!FALSE

технологических переходов

!FALSE

технологических ходов

!TASK 4

Электроника (от греч. Ηλεκτρον — электрон) – наука....

!TRUE

о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и методах создания электронных приборов и устройств для преобразования электромагнитной энергии, в основном для приёма, передачи, обработки и хранения информации

!FALSE

в которой изучаются процессы, происходящие с заряженными частицами

!FALSE

о взаимодействии электронов с электромагнитными полями, в основном для приёма, передачи, обработки и хранения информации

!FALSE

об устройствах на полупроводниковой элементной базе: транзисторах и полупроводниковых диодах

!TASK 5

При производстве интегральных микросхем используется принцип....

!TRUE

групповой обработки

!FALSE

химической обработки

!FALSE

индивидуальной обработки

!FALSE

термической обработки

!TASK 6

Полупроводниковая технология – это метод изготовления ...

!TRUE

микросхем

!FALSE

резисторов

!FALSE

конденсаторов

!FALSE

печатных плат

!TASK 7

Гибридная технология – это метод изготовления ...

!TRUE

ГИС

!FALSE

СБИС

!FALSE

МДП

!FALSE

МОП

!TASK 8

При столкновении электрона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

вторичная электронная эмиссия

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

ионная имплантация

!FALSE

окисление

!TASK 9

При столкновении электрона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

Эмиссия фотонов

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

ионная имплантация

!FALSE

окисление

!TASK 10

При столкновении электрона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

нагрев твердого тела

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

ионная имплантация

!FALSE

окисление

!TASK 11

При столкновении электрона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

эмиссия атомов и молекул

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

ионная имплантация

!FALSE

окисление

!TASK 12

При столкновении иона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

десорбция атомов и ионов

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

электрический пробой

!FALSE

окисление

!TASK 13

При столкновении иона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

ионная имплантация

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

электрический пробой

!FALSE

окисление

!TASK 14

При столкновении иона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

ионное распыление

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

электрический пробой

!FALSE

окисление

!TASK 15

При столкновении фотона с твердым телом в вакууме возникает ...

!TRUE

нагрев вещества

!FALSE

термическая диффузия

!FALSE

электрический пробой

!FALSE

окисление

!TASK 16

Рентгеновская дифракция исследует...

!TRUE

кристаллическое строение твердого тела

!FALSE

химический состав твердого тела

!FALSE

микротвердость твердого тела

!FALSE

пластическую деформацию твердого тела

!TASK 17

Адсорбция ...

!TRUE

концентрирование одного из веществ на поверхности другого

!FALSE

испарение одного из веществ с поверхности другого

!FALSE

внедрение одного из веществ в поверхность другого

!FALSE

нагрев поверхности вещества

!TASK 18

Адгезия пленок не зависит от ...

!TRUE

способа измерения

!FALSE

чистоты поверхности подложки

!FALSE

материала подложки

!FALSE

шероховатости поверхности подложки

!TASK 19

Органические растворители очищают подложку от...

!TRUE

жировых загрязнений

!FALSE

пыли

!FALSE

припоев

!FALSE

солей

!TASK 20

Количество стадий зарождения пленок

!TRUE

4

!FALSE

1

!FALSE

2

!FALSE

3

!TASK 21

Атомная модель наилучшим образом описывает конденсацию материалов при ...

!TRUE

малых критических зародышах

!FALSE

больших критических зародышах

!FALSE

малых пересыщениях

!FALSE

высокой температуре

!TASK 22

Капиллярная модель наилучшим образом описывает конденсацию материалов при ...

!TRUE

больших критических зародышах

!FALSE

малых критических зародышах

!FALSE

больших пересыщениях

!FALSE

Низкой температуре

!TASK 23

Пленки, получаемые магнетронным распылением, имеют

!TRUE

Волокнистое (текстурированное) поликристаллическое строение

!FALSE

монокристаллическое строение

!FALSE

поликристаллическое строение

!FALSE

аморфное строение

!TASK 24

Пленки, получаемые эпитаксией, имеют

!TRUE

монокристаллическое строение

!FALSE

волокнистое (текстурированное) поликристаллическое строение

!FALSE

поликристаллическое строение

!FALSE

аморфное строение

!TASK 25

Кристаллическое строение пленок не зависит

!TRUE

чистоты помещения

!FALSE

температуры подложки

!FALSE

скорости осаждения

!FALSE

материала подложки

!TASK 26

Способ, позволяющий получить пленки с наиболее совершенным поликристаллическим строением !TRUE

магнетронное распыление

!FALSE

термическое испарение

!FALSE

диодное распыление

!FALSE

триодное распыление

!TASK 27

Способ, позволяющий получить пленки с наиболее совершенным монокристаллическим строением !TRUE

Молекулярно-лучевая эпитаксия

!FALSE

термическое испарение

!FALSE

диодное распыление

!FALSE

триодное распыление

!TASK 28

Высокую скорость осаждения пленок имеет

!TRUE

магнетронное распыление

!FALSE

молекулярно-лучевая эпитаксия

!FALSE

диодное распыление

!FALSE

триодное распыление

!TASK 29

Соответствие кристаллического строения пленки и подложки необходимо при

!TRUE

молекулярно-лучевой эпитаксии

!FALSE

диодном распылении

!FALSE

магнетронном распылении

!FALSE

термическом испарении

!TASK 30

Механизм роста пленок при вакуумных методах получения пленок

!TRUE

нормальный

!FALSE

тангенциальный

!FALSE

послойный

!FALSE

эпитаксиальный

!TASK 31

Механизм роста пленок при эпитаксии

!TRUE

Тангенциальный, послойный

!FALSE

нормальный

!FALSE

вырожденная эпитаксия

!FALSE

волокнистый

!TASK 32

760–25 мм. рт. ст. $\sim 10^5$ – $3,3 \cdot 10^3$ Па

!TRUE

низкий вакуум

!FALSE

средний вакуум

!FALSE

высокий вакуум

!FALSE

сверхвысокий вакуум

!TASK 33

10^{-3} — 10^{-6} мм. рт. ст. $\sim 1,33 \cdot 10^{-1}$ — $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па

!TRUE

высокий вакуум

!FALSE

средний вакуум

!FALSE

низкий вакуум

!FALSE

сверхвысокий вакуум

!TASK 34

Для получения низкого вакуума применяется

!TRUE

пластинчато-роторный насос

!FALSE

диффузионный паромасленный насос

!FALSE

Турбо-молекулярный насос

!FALSE

Криогенный насос

!TASK 35

Для получения высокого вакуума применяется

!TRUE

диффузионный паромасленный насос

!FALSE

пластинчато-роторный насос

!FALSE

насос Рутса

!FALSE

спиральный насос

!TASK 36

Схема технологического процесса получения пленок:

!TRUE

загрузка подложек в вакуумную камеру, нагрев подложек, ионная очистка подложек, нанесение пленки, отжиг, охлаждение подложек, выгрузка подложек

!FALSE

загрузка подложек в вакуумную камеру, нагрев подложек, отжиг, ионная очистка подложек, нанесение пленки, охлаждение подложек, выгрузка подложек

!FALSE

загрузка подложек в вакуумную камеру, нагрев подложек, ионная очистка подложек, нанесение пленки, охлаждение подложек, отжиг, выгрузка подложек

!FALSE

загрузка подложек в вакуумную камеру, нагрев подложек, ионная очистка подложек, охлаждение подложек, нанесение пленки, отжиг, выгрузка подложек

!TASK 37

Слои оксида кремния применяют в электронике для

!TRUE

во всех указанных случаях

!FALSE

для пассивации поверхности полупроводников

!FALSE

для изоляции отдельных элементов СБИС друг от друга

!FALSE

для диффузии легирующих примесей в качестве маски

!TASK 38

Способ, которым нельзя получить оксид кремния высокого качества

!TRUE

термическое испарение

!FALSE

термическое окисление

!FALSE

ионное распыление

!FALSE

плазмохимическое окисление

!TASK 39

Способ, которым можно получить нитрид кремния высокого качества

!TRUE

магнетронное реактивное распыление

!FALSE

термическое окисление

!FALSE

термическое испарение

!FALSE

плазмохимическое окисление

!TASK 40

Пленки каких металлов нельзя получить электрохимическим осаждением

!TRUE

Титан

!FALSE

Никель

!FALSE

Золото

!FALSE

Серебро

!TASK 41

Пленки каких металлов можно получить методом химического (автокаталитического) восстановления металлов

!TRUE

Все указанные

!FALSE

Никель

!FALSE

Медь

!FALSE

Палладий

!TASK 42

Какие слои нельзя получить с помощью трафаретной печати

!TRUE

полупроводниковые

!FALSE

резистивные

!FALSE

проводящие

!FALSE

диэлектрические

!TASK 43

Какие процессы позволяют получать легированные монокристаллические слои полупроводника

!TRUE

термическая диффузия и ионная имплантация

!FALSE

магнетронное распыление

!FALSE

оксидирование

!FALSE

фотолитография

!TASK 44

Схема технологического процесса фотолитографии:

!TRUE

нанесение фоторезиста, сушка, совмещение фотошаблона и экспонирование, проявление, сушка, травление пленки, удаление фоторезиста

!FALSE

Нанесение фоторезиста, совмещение фотошаблона и экспонирование, проявление, сушка, травление пленки, удаление фоторезиста

!FALSE

нанесение фоторезиста, проявление, сушка, травление пленки, удаление фоторезиста

!FALSE

нанесение фоторезиста, сушка, экспонирование, проявление, сушка, травление пленки

!TASK 45

От чего не зависит скорость диффузии

!TRUE

время

!FALSE

температура

!FALSE

Концентрация примеси

!FALSE

Состав легирующей примеси

!TASK 46

Стадии легирования полупроводников:

!TRUE

Загонка и разгонка

!FALSE

Окисление и травление

!FALSE

Нанесение и отжиг

!FALSE

Плавка и охлаждение

!TASK 47

При фотолитографии используют:

!TRUE

Ультрафиолетовое излучение

!FALSE

Рентгеновское излучение

!FALSE

Электронный луч

!FALSE

Ионный пучок

!TASK 48

Основные требования к нанотехнологии

!TRUE

размер элементов 10–100 нм, отличие и появление новых свойств материала

!FALSE

размер элементов 1–10 нм, синтезировано природой

!FALSE

размер элементов 10–100 нм, синтезировано природой

!FALSE

получено атомной сборкой

!TASK 49

Основной элемент зондового микроскопа

!TRUE

Кантилевер

!FALSE

щуп

!FALSE

лазер

!FALSE

электронный луч

!TASK 50

Какие технологические операции не входят в процесс изготовления МДП микросхемы

!TRUE

сеткография

!FALSE

диффузия

!FALSE

литография

!FALSE

окисление кремния

!TASK 51

Проводящие пленки металлов толщиной 10 мкм используют в ...

!TRUE

толсто пленочной технологии

!FALSE

тонко пленочной технологии

!FALSE

полупроводниковой технологии

!FALSE

электронной технологии

!TASK 52

Скорость распыления металлов не зависит от

!TRUE

температуры

!FALSE

давления в вакуумной камере

!FALSE

мощности разряда

!FALSE

Энергии ионов

!TASK 53

Пленки какого металла имеют низкую адгезию к подложке

!TRUE

Медь

!FALSE

Титан

!FALSE

Вольфрам

!FALSE

хром

!TASK 54

Какие технологические процессы не относятся к технологии микроэлектроники

!TRUE

литье

!FALSE

сварка

!FALSE

пайка

!FALSE

клейка

!TASK 55

Термическая диффузия

!TRUE

это процесс переноса примесей из области с высокой в область с низкой концентрацией, стимулированный высокой температурой

!FALSE

способ введения атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путём бомбардировки его поверхности пучком ионов с высокой энергией

!FALSE

эмиссия атомов с поверхности твёрдого тела при его бомбардировке тяжёлыми заряженными или нейтральными частицами

! FALSE

Процесс создания оксидной плёнки на поверхности кремниевой подложки

!TASK 56

Ионная имплантация

!TRUE

способ введения атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путём бомбардировки его поверхности пучком ионов с высокой энергией

!FALSE

это процесс переноса примесей из области с высокой в область с низкой концентрацией, стимулированный высокой температурой

!FALSE

Процесс создания оксидной плёнки на поверхности кремниевой подложки

!FALSE

эмиссия атомов с поверхности твёрдого тела при его бомбардировке тяжёлыми заряженными или нейтральными частицами

!TASK 57

Термическое окисление

!TRUE

Процесс создания оксидной плёнки на поверхности кремниевой подложки

!FALSE

способ введения атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путём бомбардировки его поверхности пучком ионов с высокой энергией

!FALSE

это процесс переноса примесей из области с высокой в область с низкой концентрацией, стимулированный высокой темпе-ратурой

!FALSE

эмиссия атомов с поверхности твёрдого тела при его бомбардировке тяжёлыми заряженными или нейтральными частицами

!TASK 58

Ионное распыление

!TRUE

эмиссия атомов с поверхности твёрдого тела при его бомбардировке тяжёлыми заряженными или нейтральными частицами

!FALSE

это процесс переноса примесей из области с высокой в область с низкой концентрацией, стимулированный высокой темпе-ратурой

!FALSE

Процесс создания оксидной плёнки на поверхности кремниевой подложки

!FALSE

способ введения атомов примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки путём бомбардировки его поверхности пучком ионов с высокой энергией

!TASK 59

Магнетронное распыление

!TRUE

технология нанесения тонких плёнок на подложку с помощью катодного распыления мишени в плазме магнетронного разряда

!FALSE

эмиссия атомов с поверхности твёрдого тела при его бомбардировке тяжёлыми заряженными или нейтральными частицами

!FALSE

ионный пучок физически разрушает поверхность пленки, распыляя материал

!FALSE

эпитаксиальный рост в условиях сверхвысокого вакуума

!TASK 60

Применение лазеров в технологии микроэлектроники –

!TRUE

подгонка резисторов

!FALSE

резка металла

!FALSE

измерение расстояний

!FALSE

голография

!END

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Полирование пластин, виды. Нарушенный слой поверхности.
2. Травление. Очистка пластин. Жидкостное травление, травители.
3. Плазменное травление пластин, принцип, классификация.
4. Ионное травление, разновидности. Преимущества и недостатки. Установки ионного травления.
5. Газовое травление. Травители. Методы химического травления.
6. Плазмохимическое и ионно-химическое травление. Оборудование.

7. Диффузия из неограниченного (бесконечного) источника примеси. Уравнение диффузии, распределение примеси.
8. Диффузия из конечного (ограниченного) источника примеси. Уравнение диффузии, распределение примеси.
9. Двойная последовательная диффузия примеси в п/пр. Формирование транзисторной структуры. Распределение примеси.
10. Техника проведения процессов диффузии. Разновидности, классификация.
11. Диффузионные системы, оборудование. Последовательность проведения диффузии.
12. Ионная имплантация, сущность, принцип. Параметры распределения примеси.
13. Ионная имплантация через слой диэлектрика. Распределение примеси, параметры, эквивалентная толщина.
14. Процессы эпитаксиального наращивания п/пр. пленок. Назначение, классификация.
15. Эпитаксия из молекулярных пучков (МЛЭ). Принцип, оборудование, достоинства, недостатки.
16. Реакции химического взаимодействия при эпитаксии кремния в газовой фазе.
17. Последовательность технологического процесса эпитаксии. Установки для проведения эпитаксии.
18. Хлоридный и гидридный методы эпитаксии кремния.
19. Гетероэпитаксия кремния на диэлектрике.
20. Процессы легирования эпитаксиальных структур. Особенности технологического оборудования.
21. Функциональные назначения диэлектрических пленок в п/пр. электронике. Требования, параметры.
22. Процесс термического окисления кремния в парах воды.
23. Процесс термического окисления кремния в сухом и во влажном кислороде.
24. Комбинированный метод термического окисления кремния. Оборудование.
25. Процессы осаждения оксида кремния термическим разложением тетраэтоксисилана и окислением силана кислородом.
26. Методы химического осаждения пленок нитрида кремния. Оборудование.
27. Реактивное катодное и ионно-плазменное осаждение пленок нитрида кремния. Оборудование.
28. Процесс термического вакуумного напыления, описание, оборудование.
29. Литографические процессы, назначение, описание, разновидности.
30. Разновидности литографии, сравнение методов, достоинства, недостатки.
31. Резистивные пленки в литографии. Требования, параметры. Позитивные и негативные фоторезисты.
32. Контактная фотолитография, последовательность операций.
33. Фоторезисты. Назначение. Фотохимические процессы в фоторезистах.

34. Методы нанесения фоторезистивных пленок.

35. Контактная фотолитография. Операции совмещения и экспонирования.

36. Проявление фоторезиста. Оптические эффекты при экспонировании. Виды брака при фотолитографии.

37. Проекционная фотолитография. Способы. Современные методы и устройства оптической коррекции.

38. Рентгенолитография и электронно-лучевая литография. Резист РММА.

39. Современные методы литографии (нанолитографии). Зондовая, перьевая. Нанопечать.