

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____/Ж.В. Мацулевич/
подпись ФИО

“20” июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.18 Технология тонких пленок и покрытий
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники»

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 108/3

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Корнев Роман Алексеевич, д.х.н.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2023

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

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

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

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

(подпись)

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

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.03.04-н-42

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.....	18
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	22
7. Информационное обеспечение дисциплины	23
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	25
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	25
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	27
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	31

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью освоения дисциплины «Технология тонких пленок и покрытий» является изучение физических явлений, происходящих на различных этапах процесса напыления и роста пленок; существующих теорий роста тонких пленок, рассмотрению современных методов роста и контроля качества пленок, их возможностях и ограничениях; взаимосвязи физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- получение и закрепление теоретических и практических знаний в области физических и физикохимических явлений и процессов, лежащих в основе наиболее важных методов исследования состава, структуры и свойств материалов и покрытий и явлений в них;
- понимание принципов работы и устройства типовых приборов и аппаратуры, используемых в данных методах, способов приготовления и подготовки образцов, обработки и анализа регистрируемых характеристик и источников возможных ошибок, определения точности экспериментов и их ограничений;
- приобретение знаний и навыков по оценке возможностей методов и их практическому использованию в получении тонкопленочных структур различной природы, изучению процессов и явлений в них;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта экспериментальной работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Дисциплина основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Физические основы электроники», «Схемотехника», «Основы проектирования электронной компонентной базы», «Квантовая и оптическая электроника», «Общая химическая технология», «Моделирование химико-технологических процессов» и другие.

Для усвоения дисциплины студент должен
знать

- классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока; особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов;

- основы физики вакуума, плазмы и твердого тела; принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники; их конструкции, параметры и характеристики и методы их моделирования;

уметь

- применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач;

владеть

- навыками практического применения законов физики, химии и экологии;

- методами обработки и оценки погрешности результатов измерений;

- сведениями о технологии изготовления материалов электронной техники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины – «Технология тонких пленок и покрытий» необходимы для освоения последующих курсов профессионального цикла дисциплин: «Вакуумно-плазменные процессы и технологии», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Технология 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 бакалавров данного профиля, для получения практических навыков, ознакомления с компонентами современной электронной техники, их характеристиками и применением.

Рабочая программа дисциплины «Технология тонких пленок и покрытий» 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) «Технология тонких пленок и покрытий» направлен на:

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

а) профессиональных (ПК): ПК-3.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-3								
Метрология, стандартизация и технические измерения (Б1.В.ОД.7)								✓
Технология летучих высокочистых веществ для производства изделий электронной техники (Б1.В.ОД.16)								✓
Технология печатных								✓

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
плат (Б1.В.ОД.17)								
Технология тонких пленок и покрытий (Б1.В.ОД.18)							✓	
Физико-химические технологии производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники (Б1.В.ОД.20)						✓	✓	
Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (Б2.П.2)						✓		
Преддипломная практика (Б2.П.3)								✓
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК–3. Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования характеристик материалов и компонентов электронной техники	Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: В/02.6 (ПС 40.058) Разработка единичных технологических процессов изготовления радиоэлектронных средств					
	ИПК-3.1. Применяет знания о физической природе поведения твердых тел для решения задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного назначения	ЗНАТЬ: – области применения тонкопленочных материалов в электронике и смежных отраслях	УМЕТЬ: – оценивать взаимосвязь и закономерности в ряду «состав – строение – свойства» тонкопленочных материалов; - переносить полученные знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок	ВЛАДЕТЬ: – информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях; - областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе	- Задания к контрольным работам по разделам	Вопросы для устного зачета с оценкой
	Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: В/01.6 (ПС 40.058) Разработка рекомендаций по устранению и предупреждению брака при изготовлении радиоэлектронных средств					

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	ИПК-3.2. Применяет знания свойств и принципов работы полупроводниковых приборов в области планарной технологии	ЗНАТЬ: – область применения технологий напыления тонких пленок	УМЕТЬ: – формулировать требования к свойствам тонких слоев, используемых для решения практических задач, и выбирать необходимые технологические решения для реализации поставленных задач	ВЛАДЕТЬ: – методами контроля параметров тонких плёнок и выбора технологических режимов	- Задания к контрольным работам по разделам	Вопросы для устного зачета с оценкой
	ИПК-3.3. Аргументированно выбирает и реализовывает эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик электронных приборов, схем и устройств	ЗНАТЬ: – технологическое оборудование для создания тонкопленочных материалов в электронике; - современные и наиболее перспективные физические и химические методы получения тонкопленочных материалов	УМЕТЬ: – применять современные физико-химические методы для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств; - определять экспериментальным или расчетным путем оптимальных режимов проведения отдельных технологических операций	ВЛАДЕТЬ: – навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве тонкопленочных материалов; - современными физико-химическими методами для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств	- Задания к контрольным работам по разделам	Вопросы для устного зачета с оценкой
	Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: В/02.6 (ПС 40.058) Разработка единичных технологических процессов изготовления радиоэлектронных средств					

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	ИПК-3.4. Определяет основные характеристики процессов тепло- и массопередачи и осуществляет проектирование процессов химической технологии	ЗНАТЬ: – физические основы технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины; - специфику структуры тонких пленок, основные типы дефектов структуры тонких пленок, взаимосвязь физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами	-	ВЛАДЕТЬ: – методами планирования и проведения исследований и экспериментов с использованием технологии напыления тонких плёнок	- Задания к контрольным работам по разделам	Вопросы для устного зачета с оценкой

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего часов	в т.ч. по семестрам
		7 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	55	55
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	51	51
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	53	53
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	53	53
Подготовка к экзамену (контроль)		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 -Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий 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					
7 СЕМЕСТР									
ПК-3: ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ИПК-3.4	Раздел 1 Особенности роста тонких пленок								
	Тема 1.1 Понятия «пленка» и «тонкая пленка». Примеры свойств и возможностей применения тонких пленок. Этапы процесса осаждения пленок и их физико-химические особенности.	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 1.2 Конденсация и образование зародышей, рост тонких пленок. Капиллярная модель зародышеобразования. Четыре стадии роста пленки. Влияние характера зарождения пленок на их структуру	1			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 1.1 Механизмы конденсации			3	4	подготовка к занятию [1.1 – 1.5]	обучение на основе опыта		
	Практическое занятие 1.2 Адсорбция и диффузия атомов			3	4	подготовка к занятию [1.1 – 1.5]	обучение на основе опыта		
	Итого по 1 разделу	2		6	12				

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					
ПК-3: ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ИПК-3.4	Раздел 2 Физико-химические основы подготовки поверхности подложек								
	Тема 2.1 Подложки пленочных микросхем. Микрогеометрия поверхности подложки. Реальная поверхность. Методы подготовки поверхности. Физико-химические основы обезжиривания, травления.	2			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 2.2 Плазмохимическая и ионная обработка поверхности. Вакуум-термическая подготовка поверхности. Разновидности отжига. Методы интенсификации процесса очистки подложек. Методы нагрева и охлаждения подложек, измерения температуры. Методы контроля очистки. Общие технологические условия нанесения тонких пленок.	2			2	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Лабораторная работа 2.1 Поверхностная обработка подложек различной природы		2		4	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий 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					
	Итого по 2 разделу	4	2		8				
ПК-3: ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ИПК-3.4	Раздел 3 Термическое вакуумное напыление								
	Тема 3.1 Нанесение пленок путем термического испарения в вакууме. Характеристики этапов испарения, переноса и конденсации. Влияние технологических факторов на свойства пленок. Этапы формирования потока, транспорта и осаждения. Проволочные и ленточные нагреватели. Индукционный и электроннолучевой нагрев. Термоионный режим холодной и горячей плазмы. Специфика технологии проводящих и диэлектрических пленок, защитных покрытий. Таблица режимов, материалов и скорости осаждения.	2			1	подготовка к лекциям [6.1.6] (ст. 83 - 126)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная рабога студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 3.2 Вакуумно-термическое испарение, оценка степени загрязнения пленок, конструкции испарителей, испарение соединений и сплавов, распределение осажденных пленок по толщине. Скорость испарения. Энергетический спектр испаренных атомов, их угловое распределение. Расчет скорости осаждения при баллистическом и диффузионном транспорте вещества от источника к подложке. Способы нагрева загрузки и конструкции испарителей. Испарение сплавов и соединений. Загрязнения в пленках и требования к вакууму.	2			1	подготовка к лекциям [6.1.6] (ст. 83 - 126)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 3.3 Лазерное испарение. Взаимодействие лазерных пучков с поверхностью материалов. Глубины проникновения, коэффициенты отражения, механизмы передачи энергии. Испарение материалов под действием лазеров. Импульсное лазерное испарение. Влияние мощности и длительности импульса.	2			1	подготовка к лекциям [6.1.6] (ст. 83 - 126)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий 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					
	Лабораторная работа 3.1 Получение пленок различного состава методом термического испарения в вакууме		1		2	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Лабораторная работа 3.2 Исследование влияния параметров процесса формирования многослойных оптических покрытий на их свойства		1		2	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Практическое занятие 3.1 Формирование молекулярного потока			3	2	подготовка к занятию [1.1 – 1.5]	обучение на основе опыта		
	Практическое занятие 3.2 Исследование процесса нанесения материала магнетронной системой распыления			3	2	подготовка к занятию [1.1 – 1.5]	обучение на основе опыта		
	Итого по 3 разделу	6	2	6	11				
ПК-3: ИПК-3.1	Раздел 4 Ионно-плазменное распыление								

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					
ИПК-3.2 ИПК-3.3 ИПК-3.4	Тема 4.1 Катодное вакуумное распыление. Принцип действия. Параметры катодного распыления. Физическое и реактивное катодное распыление. Влияние рабочих характеристик на параметры технологических процессов. Область применения катодного распыления	1			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 4.2 Ионное распыление, коэффициент распыления, скорость распыления, оценка степени загрязнения при ионном распылении, диодная система распыления на постоянном токе, высокочастотное распыление, триодная система ионного распыления, магнетронное распыление магнитных и немагнитных материалов; автоэмиссионное и ионно-кластерное распыление; реактивное распыление. Контроль процесса осаждения тонких пленок.	1			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий 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					
	Лабораторная работа 4.1 Получение пленок методом катодного распыления		1		2	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Лабораторная работа 4.2 Получение пленок методом ионно-плазменного (триодного) распыления		2		2	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Лабораторная работа 4.3 Получение пленок методом магнетронного распыления		1		2	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Итого по 4 разделу	2	4		8				
ПК-3: ИПК-3.1	Раздел 5 Методы нанесения композиционных покрытий								

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					
ИПК-3.2 ИПК-3.3 ИПК-3.4	Тема 5.1 Механические методы нанесения покрытий: окунание, полив, протяжка, центрифугирование, трафаретная печать, пульверизация.	1			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 5.2 Электрофизические методы: электростатическое распыление, электрофорез. Химическое и электрохимическое осаждение покрытий.	1			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Лабораторная работа 5.1 Получение люминесцентного покрытия методом катафореза		1		1	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Лабораторная работа 5.2 Получение люминесцентного покрытия методом осаждения		2		1	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий 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					
	Лабораторная работа 5.3 Получение люминесцентного покрытия методом фотопечати		2		1	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Лабораторная работа 5.4 Электрохимическое осаждение медных и цинковых покрытий		2		1	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Итого по 5 разделу	2	7		6				
ПК-3: ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ИПК-3.4	Раздел 6 Структура и свойства тонких пленок, методы их контроля								
	Тема 6.1 Физические свойства тонких пленок: толщина, внутренние напряжения, адгезионная прочность, электрическое сопротивление.	0,5				подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий 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					
	Тема 6.2 Методы контроля: интерферометрия, эллипсометрия, микрогравиметрия, в том числе с использованием пьезокварцевых резонаторов	0,5			1	подготовка к лекциям [1.1 – 1.5]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 6.1 Индивидуальные сообщения по заданной теме			5	5	подготовка к занятию [1.1 – 1.5]	обучение на основе опыта		
	Лабораторная работа 6.1 Исследование свойств тонких пленок (толщины, электрического сопротивления, спектральных характеристик)		2		2	подготовка к лабораторному занятию [6.2.1.1, 6.2.1.2]	обучение на основе эксперимента, исследовательский метод, технология выполнения лабораторных заданий в малых группах		
	Итого по 6 разделу	1	2	5	8				
ИТОГО по дисциплине		17	17	17	53				

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

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

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

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

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

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК–3. Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования характеристик материалов и компонентов электронной техники	<i>ИПК-3.1. Применяет знания о физической природе поведения твердых тел для решения задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного назначения</i>	Не знает области применения тонкопленочных материалов в электронике и смежных отраслях. Не умеет оценивать взаимосвязь и закономерности в ряду «состав – строение – свойства» тонкопленочных материалов; переносить полученные знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок. Не владеет информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях; областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе.	Частично знает области применения тонкопленочных материалов в электронике и смежных отраслях. Умеет оценивать с ошибками взаимосвязь и закономерности в ряду «состав – строение – свойства» тонкопленочных материалов; переносить полученные знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок. Частично владеет информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях; областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе.	Хорошо знает области применения тонкопленочных материалов в электронике и смежных отраслях. Умеет взаимосвязь и закономерности в ряду «состав – строение – свойства» тонкопленочных материалов; переносить полученные знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок. Хорошо владеет информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях; областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе.	Знает в совершенстве области применения тонкопленочных материалов в электронике и смежных отраслях. Уверенно умеет взаимосвязь и закономерности в ряду «состав – строение – свойства» тонкопленочных материалов; переносить полученные знания о технологии напыления тонких плёнок на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок. Уверенно владеет информацией о значении тонких пленок в современной науке, технике и технологиях; областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
	<i>ИПК-3.2. Применяет знания свойств и принципов работы полупроводниковых приборов в области планарной технологии</i>	<p>Не знает область применения технологий напыления тонких пленок.</p> <p>Не умеет формулировать требования к свойствам тонких слоев, используемых для решения практических задач, и выбирать необходимые технологические решения для реализации поставленных задач. Не владеет методами контроля параметров тонких плёнок и выбора технологических режимов.</p>	<p>Имеет представление об области применения технологий напыления тонких пленок. Частично умеет формулировать требования к свойствам тонких слоев, используемых для решения практических задач, и выбирать необходимые технологические решения для реализации поставленных задач. Частично владеет методами контроля параметров тонких плёнок и выбора технологических режимов.</p>	<p>Хорошо знает область применения технологий напыления тонких пленок. Достаточно хорошо умеет формулировать требования к свойствам тонких слоев, используемых для решения практических задач, и выбирать необходимые технологические решения для реализации поставленных задач. Хорошо владеет методами контроля параметров тонких плёнок и выбора технологических режимов.</p>	<p>Отлично знает область применения технологий напыления тонких пленок. Уверенно умеет формулировать требования к свойствам тонких слоев, используемых для решения практических задач, и выбирать необходимые технологические решения для реализации поставленных задач. Отлично владеет методами контроля параметров тонких плёнок и выбора технологических режимов.</p>

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
	<i>ИПК-3.3. Аргументированно выбирает и реализовывает эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик электронных приборов, схем и устройств</i>	Не знает технологическое оборудование для создания тонкопленочных материалов в электронике; современные и наиболее перспективные физические и химические методы получения тонкопленочных материалов. Не умеет применять современные физико-химические методы для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальных режимов проведения отдельных технологических операций. Не владеет навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве тонкопленочных материалов; современными физико-химическими методами для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств.	Имеет представление о технологическом оборудовании для создания тонкопленочных материалов в электронике; современных и наиболее перспективных физических и химических методах получения тонкопленочных материалов. Умеет, но с ошибками применять современные физико-химические методы для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальных режимов проведения отдельных технологических операций. Частично владеет навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве тонкопленочных материалов; современными физико-химическими методами для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств.	Хорошо знает технологическое оборудование для создания тонкопленочных материалов в электронике; современные и наиболее перспективные физические и химические методы получения тонкопленочных материалов. Достаточно хорошо умеет применять современные физико-химические методы для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальных режимов проведения отдельных технологических операций. Хорошо владеет навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве тонкопленочных материалов; современными физико-химическими методами для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств.	Отлично знает основные принципы технологического оборудования для создания тонкопленочных материалов в электронике; современные и наиболее перспективные физические и химические методы получения тонкопленочных материалов. Уверенно умеет применять современные физико-химические методы для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальных режимов проведения отдельных технологических операций. Отлично владеет навыками разработки и использования новых технологических процессов и оборудования в производстве тонкопленочных материалов; современными физико-химическими методами для идентификации тонкопленочных структур, а также приемами оценки их функциональных свойств.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
	<i>ИПК-3.4. Определяет основные характеристики процессов тепло- и массопередачи и осуществляет проектирование процессов химической технологии</i>	Не знает физические основы технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины; специфику структуры тонких пленок, основные типы дефектов структуры тонких пленок, взаимосвязь физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами. Не владеет методами планирования и проведения исследований и экспериментов с использованием технологии напыления тонких плёнок.	Имеет представление о физических основах технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины; специфике структуры тонких пленок, основные типы дефектов структуры тонких пленок, взаимосвязь физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами. Частично владеет методами планирования и проведения исследований и экспериментов с использованием технологии напыления тонких плёнок.	Хорошо знает физические основы технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины; специфику структуры тонких пленок, основные типы дефектов структуры тонких пленок, взаимосвязь физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами. Хорошо владеет методами планирования и проведения исследований и экспериментов с использованием технологии напыления тонких плёнок.	Отлично знает физические основы технологий напыления тонких плёнок и методы измерения их толщины; специфику структуры тонких пленок, основные типы дефектов структуры тонких пленок, взаимосвязь физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами. Отлично владеет методами планирования и проведения исследований и экспериментов с использованием технологии напыления тонких плёнок.

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 Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. В 2 т. Т. 1. Физико-химические основы технологии микроэлектроники / [под общ. ред. Ю. Н. Коркишко]. - М.: БИНОМ. Лаборатор. знаний, 2010. - 392 с. (электронное издание)

1.2 Берлин Е. В. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением / Е. В. Берлин. – М. : Техносфера, 2014. – 256 с. (электронное издание)

1.3 Драгунов В.П. Основы наноэлектроники / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридкин – Новосибирск. Издательство НГТУ, 2000. 332 с. (электронное издание <https://djvu.online/file/rzQ0l9rrWS7E9>).

1.4 Бобров Г.В. Теория и технология формирования неорганических покрытий [Электронный ресурс] : Монография / Г.В. Бобров, А.А. Ильин, В.С. Спектор. - М.: Альфа-М, 2014. - 928 с.(электронное издание <http://znanium.com/catalog/product/471414>)

1.5 Марков В. Ф. Материалы современной электроники: учебное пособие / В.Ф. Марков, В.Ф. Маркова - Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/69626.html> (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:

6.2.1.1 Холодкова, Н. В. Технология материалов электронной техники : лаб. практикум [Электронный ресурс] / М-во образования и науки Рос. Федерации, Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново: ИГХТУ, 2013.- 181 с.
(<http://edu.isuct.ru/mod/data/view.php?id=117&rid=417>)

6.2.1.2 Холодкова Н. В. Электронный учебник «Технология тонких пленок и покрытий» / Н. В. Холодкова. – Иваново: Образовательный портал ИГХТУ, 2021. (электронное издание <http://edu.isuct.ru/enrol/index.php?id=288>)

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_samost_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.nttu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf. Дата обращения 24.04.2023.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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

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

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

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

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	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 типа, групповых и	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23
3	1334-4 Мультимедийная аудитория (компьютерный класс для проведения виртуального лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Рабочие столы, оснащенные компьютером (10 посадочных мест); 2. Рабочие столы (22 посадочных места); 3. Рабочее место преподавателя; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран) 5. Стенд образовательный «Интегральные микросхемы. Печатные платы»	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)
4	1334-3 Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - хроматографический комплекс; - исследовательская лаборатория моделирования вакуумных процессов; - спектрфотометр; - 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	1334-1 Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - лабораторные аналитические весы; - высокочастотный генератор СЭЛТ-ВЧИ-2,0/40; - высокочастотный дуговой плазмотрон; - плита электрическая; - шкаф сушильный; - магнитная мешалка; - источник водорода с оборудованием для приготовления специальной воды;	

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		- спектрофотометр; - поляриметр. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750 мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	
6	1330-1 Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (10 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - вискозимет — плотномер Штабингера SVL3001; - хромато-масс-спектрометр; - планетарная мельница PM100; - комплекс автоматический Porometer metcats plus; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000»; - спектрофотометр ИК-Фурье. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина «Технологии тонких пленок и покрытий» состоит из шести связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Технология тонких пленок и покрытий» осуществляется в следующих формах:

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

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно

проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения.

Описание последовательности действий обучающегося:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

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

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

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

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

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

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

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

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

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

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

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

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

- записывать надо сжато;

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

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

10.3. Методические указания для лабораторных занятий

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

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

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

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

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

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

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

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

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

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность,

целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к лабораторному занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Лабораторное занятие – это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

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

Самостоятельная работа реализуется:

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

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

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

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

11.1.1. Примерные типовые вопросы (задания) к практическим занятиям

Практическое занятие 3.2 Исследование процесса нанесения материала магнетронной системой распыления

1. Дайте определение понятию «плазма».
2. Дайте определение понятию «ионизация».
3. Перечислить методы ионно-плазменного распыления.
4. Пояснить необходимость применения метода ВЧ распыления.

5. Обосновать причины редкого применения триодных систем распыления в промышленности.
6. Описать основные элементы конструкции диодной, триодной и магнетронной систем распыления.
7. Пояснить необходимость применения метода реактивного распыления.
8. Дать определение коэффициенту распыления.
9. Перечислить преимущества ионно-плазменного распыления над термическим испарением в вакууме.
10. Перечислить достоинства и недостатки методов ионно-плазменного распыления.

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

ЛЕКЦИЯ (тема 1.1) Понятия «пленка» и «тонкая пленка». Примеры свойств и возможностей применения тонких пленок. Этапы процесса осаждения пленок и их физико-химические особенности

ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ГРУППОВОГО ОБСУЖДЕНИЯ НА ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ:

1. Перечислить классификации тонких пленок.
2. Что такое димер и какова причина его образования?
3. Изобразить температурную шкалу распределения механизмов конденсации.
4. Как связана критическая плотность потока пара, поступающего на подложку, с температурой подложки?
5. Какие параметры и как оказывают влияние на образование островковой структуры пленки?
6. Назовите теории гетерогенного зародышеобразования.
7. Назовите условия, при которых имеют место коалесценция и коагуляция.
8. Перечислите основные стадии роста тонких пленок при зародышевом механизме.
9. В чем особенность послойного и спирального механизмов роста пленок?
10. Что такое «псевдоморфизм» по отношению к механизмам роста тонких пленок?

11.1.3 Типовые вопросы (задания) для устного опроса по лабораторным работам

Лабораторная работа 2.1 Поверхностная обработка подложек различной природы

1. Классификация методов очистки поверхности подложек.
2. Перечислить требования, предъявляемые к подложкам.
3. Перечислите стадии процесса травления полупроводниковых подложек.
4. Назовите лимитирующие стадии процесса травления полупроводниковых подложек и соответствующие виды им травления.
5. Дайте определение понятию «обезжиривание».
6. Дайте определение понятию «травление».
7. Дайте определение понятию «отжиг».
8. Перечислить типы очистительного отжига.
9. Перечислить достоинства и недостатки вакуумного отжига.

10. Какой тип химического травления позволяет определить кристаллографическую ориентацию полупроводника.

11.1.4 Примерные темы докладов, сообщений к практическому занятию 6.1

Получение многокомпонентных (композитных) покрытий

1. методом термического испарения в вакууме с резистивным нагревом
2. методом термического испарения в вакууме с электронно-лучевым нагревом
3. ионно-плазменными методами

Получение оптических покрытий

4. физические принципы интерференционного просветления оптических поверхностей.
5. принципы расчета интерференционных просветляющих покрытий.
6. материалы интерференционных покрытий.
7. параметры, характеризующие просветляющие покрытия, и их измерение.

Термические методы осаждения

8. термохимическое осаждение при реакциях замещения
9. термохимическое осаждение при реакциях термораспада

Технология конверсионных покрытий

10. оксидирование – анодирование
11. хромирование
12. фосфатирование

Химическое и электрохимическое осаждение металлических покрытий:

13. меднение
14. золочение
15. серебрение
16. хромирование
17. никелирования

Методы формирования люминесцирующих покрытий:

18. метод электрофореза
19. метод трафаретной печати (сеткографии)
20. аэрозольный метод
21. сухое напыление люминофора
22. метод возгонки люминофора в вакууме на горячую или холодную подложку

Методы контроля свойств тонких пленок:

23. интерферометрия
24. эллипсометрия
25. микрогравиметрия, в том числе с использованием пьезокварцевых резонаторов

Исследование свойств тонких пленок:

26. электропроводность
27. микротвердость
28. адгезия
29. химический состав;
30. магнитные свойства.

11.1.5 Примерные типовые задачи к контрольной работе

Комплект задач минимального уровня сложности

1. Определить механизм конденсации серебра на подложку с температурой 150 °С.
а) П – Ж (К); б) П – К; в) П – Ж (А).
 2. Определить механизм конденсации алюминия на подложку с температурой 350 К:
а) П – Ж (К); б) П – К; в) П – Ж (А).
 3. Определить механизм конденсации висмута ($T_{пл} = 271\text{ °С}$) на подложку с температурой 87 °С. а) П – Ж (К); б) П – К; в) П – Ж (А).
 4. Определить механизм конденсации свинца ($T_{пл} = 327\text{ °С}$) на подложку с температурой 50 °С а) П – Ж (К); б) П – К; в) П – Ж (А).
 5. Показать на температурной шкале распределение механизмов конденсации серебра.
 6. Определить время жизни атома висмута на подложке при комнатной температуре.
 7. Определить время жизни атома золота, если температура подложки 323 К.
 8. Определить время жизни атомов тантала на стеклянной подложке при температуре 380 К.
 9. Определить диффузионную длину атомов серебра по подложке из стекла, температура которой 50 °С.
 10. Определить длину диффузионного пробега атома никеля на подложке из Si при $T_{пл} = 120\text{ °С}$. Постоянная решетки подложки $a = 0,543\text{ нм}$.
 11. Определить длину диффузионного пробега атома алюминия на подложке из NaCl при 120 °С. ($a_{NaCl} = 0,56\text{ нм}$). Определить механизм конденсации меди на подложке из монокристалла NaCl, температура которой составляет 460 К.
 12. Определить механизм конденсации пленок золота на аморфной подложке при температуре 473 К.
1. При испарении алюминия необходимо обеспечить давление паров $5 \cdot 10^{-2}\text{ мм рт.ст.}$ Какой надо выбрать температуру испарителя?
 2. Определить плотность потока паров алюминия, которая обеспечит начало конденсации на стеклянной подложке при температуре +100 °С.
 3. Как изменится давление паров никеля при увеличении температуры испарителя на 15%.
 4. Как изменится давление паров кремния при увеличении температуры испарителя на 20%.

Комплект задач базового уровня сложности

1. Как изменится процесс конденсации и какие изменения произойдут в осаждаемом материале при конденсации Si на подложку из Ge при 565 К, если произошло снижение температуры на 20°.
2. Температура стеклянной подложки при конденсации селена 329 К. Как изменится механизм конденсации и какие изменения произойдут в осаждаемом материале, если селен конденсируется при той же температуре на подложку из NaCl.
3. Температура аморфной подложки при конденсации хрома 328 °С. Какие произойдут изменения, если пленку осаждать на монокристалл кремния.
4. Температура аморфной подложки при конденсации Bi 365 К. Каким будет механизм конденсации на подложке из Si при той же температуре.
5. Как изменится время жизни атома серебра на подложке, если ее температура увеличилась от комнатной до +100 °С.

6. Как изменится время жизни атома алюминия на подложке, если температура ее уменьшилась от $+150^{\circ}\text{C}$ до комнатной.

7. Как изменится время жизни атома меди на подложке из стекла при температуре 50°C , если она увеличится до 100°C .

8. Как необходимо изменить плотность потока атомов алюминия при конденсации на стеклянную подложку, если температура подложки изменилась от комнатной до $+100^{\circ}\text{C}$.

9. Плотность потока пара атомов алюминия, поступающих на подложку, составляет $8 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Определить, возможна ли конденсация при температуре подложки 100°C . Если конденсация невозможна, то как надо изменить параметры?

10. Рассчитать критическую плотность потока пара, которая необходима, чтобы началась конденсация серебра на стеклянной подложке при температуре $+200^{\circ}\text{C}$.

11. Чему равна критическая температура подложки при конденсации никеля, если плотность потока пара составляет $3 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-2}$?

12. Как изменится механизм конденсации и какие изменения произойдут в осаждаемом материале при конденсации висмута на стеклянную подложку при температуре 190 K , если произошло снижение температуры на 20° ?

13. Определить механизм конденсации пленки серебра на стекле при температуре подложки 550°C и необходимую плотность потока пара для обеспечения конденсации.

14. Определить длину диффузионного пробега атомов кремния на кремниевой подложке (температура подложки 80°C) при энергии активации процесса диффузии 0 эВ ; $0,27 \text{ эВ}$; $0,53 \text{ эВ}$.

15. Определить длину диффузионного пробега атома никеля на подложке из кремния при 120°C , учесть, что энергия активации диффузии равна трети энергии десорбции атомов никеля. Чему равна критическая температура подложки при конденсации никеля, если плотность потока пара составляет $3 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$?

16. Определить критическую температуру подложки, ниже которой возможна конденсация хрома на стекле, если точечный источник испарения обеспечивает плотность потока пара $5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

17. Определить критическую температуру подложки, ниже которой возможна конденсация никеля на стекле. Никель испаряется из поверхностного испарителя площадью 1 см^2 , расположенного параллельно подложке на расстоянии $0,1 \text{ м}$ от подложки, при условной температуре испарителя.

18. Определить возможность конденсации золота на стекле и механизм конденсации. Золото испаряется термически из точечного испарителя площадью $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ при температуре 1600°C . Центр подложки смещен относительно испарителя на 30 мм , а расстояние между ними 100 мм . Температура подложки 50°C .

19. Определить механизм конденсации алюминия на стекле при температуре 200°C и оценить, возможна ли конденсация, если алюминий испаряется из точечного испарителя при температуре на 20% выше условной. Площадь испарителя $5 \cdot 10^5 \text{ м}^2$. Центр подложки смещен относительно испарителя на 4 см . Расстояние от испарителя до подложки $0,12 \text{ м}$.

20. Какой надо выбрать площадь поверхностного испарителя, чтобы число атомов вещества, поступающее на подложку, было таким же, что и из точечного испарителя площадью $0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Направление потока совпадает с нормалью к подложке, а подложка параллельна испарителю.

216. Определить критическую температуру подложки, ниже которой возможна конденсация пленки кадмия на стекле, при температуре 600 K , если кадмий испаряется из

полоски длиной 20 мм и шириной 4 мм. Полоска параллельна поверхности подложки. Расстояние от испарителя до подложки 0,1 м.

22. Как необходимо изменить плотность потока паров золота при конденсации на кристалл хлористого натрия, если температура подложки со 100 °С увеличилась до 250 °С?

23. Определить критическую температуру подложки, ниже которой возможна конденсация алюминия на стекле, если точечный источник испарения обеспечивает плотность потока пара $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$.

24. Определить критическую температуру подложки, ниже которой возможна конденсация меди на стекле. Медь распыляется при разрядном токе 300 мА с мишени диаметром 200 мм. Коэффициент распыления 1,8.

25. Цинк испаряется из поверхностного испарителя (полоска длиной 20 мм и шириной 10 мм), расположенного параллельно подложке на расстоянии 0,15 м от подложки при условной температуре испарителя. Как изменится давление паров цинка при увеличении температуры испарителя на 15%. Определить критическую температуру подложки, ниже которой возможна конденсация цинка на стекле.

Комплект задач повышенного уровня сложности

1. Показать на температурной шкале распределение механизмов конденсации пленок алюминия на аморфной подложке. Рассчитать время жизни атомов алюминия при температуре подложки, соответствующей переходу из ПК механизма в ПЖ(К) механизм. Определить плотность потока атомов алюминия при этой же температуре, при которой возможна конденсация.

2. Плотность потока пара атомов алюминия, поступающих на подложку, составляет $8 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Определить, возможна ли конденсация при температуре подложки 100 °С и каков механизм конденсации. Если конденсация невозможна, то как надо изменить параметры? Рассчитать время жизни атома алюминия на поверхности при критической температуре подложки.

3. Определить время жизни одиночного атома и димера титана (частота собственных колебаний димера 10^{11} с^{-1}) на аморфной подложке при температуре, соответствующей точки перехода механизма «пар-кристалл» в механизм «пар-жидкость(кристалл)». Считать, что энергия связи атомов в димере равна половине энергии десорбции.

4. Определить механизм конденсации нитрида кремния ($T_{\text{пл}} = 1900 \text{ °С}$) на кремниевой подложке при температуре 420 °С и оценить, возможна ли конденсация, если пленку получают ионным реактивным распылением кремния в среде азота при токе разряда 300 мА и площади мишени 5 см², если до подложки доходит 60% распыленных частиц. Коэффициент распыления равен 1,7.

5. Рассчитать, при каком давлении можно получить диэлектрическую пленку оксида алюминия стехиометрического состава. Пленку получить термическим реактивным испарением алюминия в среде кислорода при температуре 1775 К из точечного источника площадью $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$. Пленка осаждается на стеклянную подложку при 70 °С.

6. Определить давление, при котором можно получить пленку нитрида кремния стехиометрического состава, если температура подложки 100 °С. Пленку получить ионным реактивным распылением в среде азота при токе разряда 300 мА и площади мишени 5 см², если до подложки доходит 60% распыленных частиц. Коэффициент распыления равен 1,7.

7. Рассчитать давление, обеспечивающее получение пленки SiO₂ стехиометрического состава. Пленку получить термическим испарением из поверхностного источника

площадью $0,5 \text{ см}^2$ при температуре на 30% выше условной. Центры подложки и испарителя находятся на одной линии.

11.1.6 Примерные тестовые задания к практическим занятиям

1. Переходу состояния поверхности из гидрофобного в гидрофильное способствует процесс
 1. ионное травление
 2. обезжиривание
 3. отжиг
 4. промывание в воде
2. Селективные травители – это травители, у которых лимитирующая стадия
 1. диффузия реагента к поверхности
 2. адсорбция реагента
 3. химическая реакция
 4. десорбция продуктов реакции
 5. диффузия продуктов реакции от поверхности
3. При химическом травлении кремния азотная кислота выполняет роль
 1. комплексообразователя
 2. окислителя
 3. восстановителя
 4. катализатора
4. При химическом обезжиривании нецелесообразно повышать концентрацию перекисно-аммиачного раствора больше 15%, так как
 1. возможно повторное загрязнение пластины
 2. процесс очистки будет происходить слишком быстро
 3. появляется мутность раствора
 4. увеличивается вязкость раствора
5. Пластина загрязнена минеральными жирами или органическими материалами. Какой метод нецелесообразно использовать для очистки?
 1. ионная очистка
 2. физическое обезжиривание
 3. промывание в воде
 4. кислотное травление
6. К жидкостным способам очистки относят (указать неверное утверждение)
 1. обезжиривание
 2. термообработка
 3. кислотное травление
 4. промывание в воде
7. Полирующие травители – это травители, у которых лимитирующая стадия
 1. диффузия реагента к поверхности
 2. адсорбция реагента
 3. химическая реакция
 4. десорбция продуктов реакции
 5. диффузия продуктов реакции от поверхности
8. При химическом травлении кремния плавиковая кислота выполняет роль
 1. комплексообразователя

2. окислителя
 3. восстановителя
 4. катализатора
9. Какая стадия кислотного травления должна быть лимитирующей, чтобы процесс происходил анизотропно
1. диффузия реагента к поверхности
 2. адсорбция реагента
 3. химическая реакция
 4. десорбция продуктов реакции
 5. диффузия продуктов реакции от поверхности
10. Поверхность пластины сильно запылена. Какой метод нецелесообразно использовать для очистки?
1. ионная очистка
 2. физическое обезжиривание
 3. промывание в воде
 4. кислотное травление
11. Использовать в качестве метода контроля кондуктометрический метод целесообразно после
1. отжига в сухом водороде
 2. обезжиривания в щелочных растворах
 3. плазмохимического травления
 4. отжига в азоте
12. В методе контроля чистоты поверхности по смачиваемости по уравнению Фоукса-Юнга определяют:
1. угол смачиваемости
 2. поверхностную энергию материала
 3. сопротивление материала
 4. твердость материала
13. О качестве проведенной очистки поверхности в случае кондуктометрического метода контроля очистки свидетельствует
1. увеличение сопротивления промывных вод
 2. уменьшение угла смачиваемости
 3. постоянство коэффициента трения
 4. уменьшение оптической плотности промывных вод
14. Ионное травление характеризуется
1. низкой энергией ионов
 2. применением фреонов в качестве плазмообразующих газов
 3. низким давлением газа
 4. высокой температурой процесса
15. К сухим способам очистки относят (указать неверное утверждение)
1. отжиг
 2. газовое травление
 3. кислотное травление
 4. ионное травление
16. Достоинства вакуумного отжига (указать неверное утверждение)
1. отсутствие взаимодействия нагреваемых деталей с внешней газовой средой

2. «залечивание» мелких пор в металле
3. малое газовыделение из отожженных деталей
4. высокий срок хранения отожженных деталей

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

Зачет с оценкой проводится в устной форме по всему материалу изучаемого курса «Технология тонких пленок и покрытий»

Перечень примерных тематических вопросов для подготовки к зачету с оценкой (ПК-3: ИПК-3.1, ИПК-3.2, ИПК-3.3, ИПК-3.4):

1. Тонкая пленка: понятие, классификация, применение.
2. Стадии роста тонких пленок.
3. Адсорбция как первичная стадия конденсации атомов на подложке.
4. Механизмы конденсации.
5. Влияние температуры подложки на механизм конденсации.
6. Гомогенная теория зародышеобразования.
7. Теории гетерогенного зародышеобразования.
8. Зародышевый или островковый механизм роста тонких пленок.
9. Послойный механизм роста тонких пленок.
10. Спиральный или дислокационный механизм роста тонких пленок.
11. Эпитаксиальный механизм роста тонких пленок.
12. Подложка: понятие, требования, поверхность подложек.
13. Загрязнения: виды, источники, классификация методов удаления.
14. Особенности обезжиривания в органических растворителях.
15. Особенности обезжиривания в щелочных растворах.
16. Травление как метод очистки. Особенности травления металлических изделий.
17. Особенности очистки стеклянных и керамических деталей.
18. Химическое травление полупроводниковых подложек.
19. Электрохимическое травление полупроводниковых подложек.
20. Способы интенсификации процесса очистки.
21. Отжиг: классификация по назначению.
22. Восстановительный отжиг в сухом водороде.
23. Окислительно-восстановительный отжиг во влажном водороде.
24. Отжиг в вакууме как метод очистки
25. Окислительный отжиг и в среде инертных газов.
26. Газовое травление полупроводниковых подложек.
27. Ионное травление полупроводниковых подложек.
28. Плазмохимическое травление полупроводниковых подложек.
29. Ионно-химическое травление полупроводниковых подложек.
30. Контроль качества очистки поверхности по смачиваемости.
31. Методы контроля качества очистки поверхности: люминесцентный, трибометрический, кондуктометрический.
32. Влияние вакуума на процесс нанесения пленок.

33. Метод термического испарения в вакууме.
34. Получение пленок с равномерным распределением толщины.
35. Испарители с резистивным нагревом.
36. Испарители с электронно-лучевым нагревом.
37. Сущность, особенности и преимущества ионно-плазменного напыления.
38. Диодные системы ионно-плазменного напыления.
39. Триодные системы ионно-плазменного напыления.
40. Магнетронные системы ионно-плазменного напыления.
41. Высокочастотный метод ионного распыления.
42. Реактивный метод распыления.
43. Химический метод формирования покрытий.
44. Электрохимический метод формирования покрытий.
45. Электрофоретическое нанесение покрытий.
46. Метод катафореза как метод получения люминесцентных покрытий.
47. Метод центрифугирования.
48. Метод пульверизации.
49. Метод окунания и полива.
50. Метод трафаретной печати.
51. Адгезия как свойство пленок: методы определения.
52. Толщина тонких пленок: методы определения.
53. Интерферометрия как метод контроля свойств тонких пленок.
54. Оценка проводящих свойств тонких пленок.
55. Оптические свойства тонких пленок и методы их контроля.