



## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов знаний о назначении, физических принципах и методах выполнения основных технологических процессов производства изделий электроники и нанoeлектроники.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

приобретение студентами знаний об основных технологических процессах производства изделий электроники и нанoeлектроники, о выборе методов и режимов проведения технологических процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Материалы и компоненты электроники и нанoeлектроники» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Материалы и компоненты электроники и нанoeлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования структуры и свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации

ПК-4 - Способен оценивать качество материалов в производственных условиях, на стадии опытно-промышленных испытаний, внедрения и эксплуатации

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	<p>Знать - закономерности проявления материалами конструкционных свойств;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методы и принципы управления сопротивлением материалов разрушению;</li><li>- определяющее влияние качества материала и изделия на долговечность и надежность конструкции, методы защиты от коррозии;</li><li>- мероприятия по охране окружающей среды и производству экологически чистых материалов и изделий;</li><li>- фундаментальные законы, описывающие изучаемый объект, процесс или явление (ИД-1<sub>ПК-2</sub>, ИД-2<sub>ПК-2</sub>).</li></ul> <p>Уметь - правильно оценивать уровень эксплуатационных воздействий на материал и рекомендовать необходимый уровень качества материала;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выбирать материал с оптимальными свойствами для конструкции, работающей в заданных условиях эксплуатации;</li></ul>

	<p>-установить требования к материалу по номенклатуре показателей качества: назначению, технологичности, эксплуатационным свойствам, экологичности;</p> <p>- выбрать оптимальный материал по заданным теплофизическим и механическим свойствам;</p> <p>- использовать современные технологии сбора, обработки и анализа данных;</p> <p>- выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий.</p> <p>Владеть - методами оценки качества материалов и выбора технологий;</p> <p>- навыками оценки достоверности полученных результатов;</p> <p>- методикой испытаний материалов, обработки экспериментальных данных, оформления результатов испытаний (ИД-3<sub>ПК-2</sub>).</p>
ПК-4	<p>Знать - принципы метрологического обеспечения (МО), метрологические службы и организации, государственный метрологический надзор;</p> <p>- основы сертификации, включая виды сертификации, основные стадии сертификации, нормативно-методическое обеспечение сертификации, деятельность органов сертификации и испытательных лабораторий;</p> <p>- основные средства и методы обеспечения и контроля качества в промышленности;</p> <p>- методику выбора средств и методов обеспечения качества и конкурентоспособности продукции.</p> <p>Уметь - контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;</p> <p>- разработать стандарт организации;</p> <p>- организовать процесс контроля качества;</p> <p>- организовывать мероприятия по метрологическому обеспечению производства;</p> <p>- составлять отчеты по выполненным работам ( ИД-2<sub>ПК-4</sub>).</p> <p>Владеть - навыками оценки всех качественных и количественных показателей материала;</p> <p>- навыками по разработке стандартов предприятия, подготовке документации к сертификации продукции;</p> <p>- методами оценки качества материалов в результате выполнения технико-экономических расчетов( ИД-1<sub>ПК-4</sub>).</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Материалы и компоненты электроники и наноэлектроники» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	108
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	144	144
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	288	288
зач.ед.	8	8

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Современное состояние и тенденции развития производства электроники и нанoeлектроники	Введение. Электроники и нанoeлектроники. Вводные понятия. Исторический экскурс. Полупроводниковые приборы. Гибридные интегральные схемы. Полупроводниковые интегральные схемы. Переход к низкоразмерным системам.	6	6	6	24	42
2	Элементы квантовой теории твердых тел	Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и уравнение Шредингера. Спин частицы и принцип Паули. Зонные диаграммы. Зонная диаграмма полупроводника. Блоховские функции. Основные типы идеальных твердотельных наноструктур. 2D, 1D, 0D. Квантовый размерный эффект для электронов в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками (электрон в квантовой яме). Квантовый размерный эффект в квантовой яме (прямозонный полупроводник). Квантовые ямы в полупроводниковых гетероструктурах. Физические основы нанoeлектроники (квантовое ограничение, баллистический транспорт носителей, туннелирование носителей заряда). Туннелирование носителей заряда через потенциальные барьеры. Основные характеристики и принцип работы	6	6	6	24	42

		туннельного диода.					
3	Механическая и химико-механическая обработка полупроводников в изделиях электроники и нанoeлектроники	Основные задачи и виды механической обработки полупроводников. Методы резания полупроводниковых слитков на пластины и кристаллы. Сравнительная характеристика различных методов резания. Шлифование пластин. Механизмы шлифования. Основные характеристики процесса шлифования. Механизмы полирования. Роль химических процессов в полировании полупроводников. Основные характеристики процесса полирования.	6	6	6	24	42
4	Технохимические процессы подготовки полупроводниковых подложек ИМС. Методы технологического контроля изделий электроники и нанoeлектроники	Кинетика и термодинамика химического травления. Механизмы химического травления. Электрохимическая и химическая теории саморастворения полупроводников. Основные травители для кремния и полупроводниковых соединений. Газовое высокотемпературное травление. Ионно-плазменная обработка. Механизмы ионной, ионно-химической и плазмохимической обработки. Перспективы систем с магнетронным распылением. Контроль качества поверхности. Сведения по теории надежности изделий электронной техники. Классификация причин отказов полупроводниковых приборов и ИМС. Анализ причин отказов. Выход годных ИС. Перспективные технологические методы в производстве ИС. Тенденции развития технологических процессов микро- и нанoeлектроники.	6	6	6	24	42
5	Диэлектрические слои	Требования к диэлектрическим слоям в технологии электроники. Пленки диоксида кремния. Кинетика термического окисления кремния. Зависимость толщины пленки диоксида кремния от времени процесса. Физические процессы, сопровождающие окисление. Технология термического окисления в сухом кислороде. Технология термического окисления в парах воды. Окисление во влажном кислороде. Дефекты, возникающие при термическом окислении кремния. Пиролитическое осаждение диоксида кремния. Анодное окисление кремния. Методы осаждения диоксида кремния.	6	6	6	24	42

		Параметры процесса осаждения и свойства окисных пленок.					
6	Эпитаксиальные структуры	Место эпитаксиальных процессов в производстве полупроводниковых приборов и ИМС. Классификация эпитаксиальных процессов. Эпитаксия кремния из газовой фазы. Основы процессов массопереноса и химической кинетики. Легирование и автолегирование. Выбор оптимальной технологии. Оценка параметров и дефекты эпитаксиальных слоев, способы контроля и устранения. Эпитаксия из газовой фазы соединений типа А <sup>3</sup> В <sup>5</sup> и твердых растворов на их основе. Хлоридно-гидридный, хлоридный и МОС (МОХОПФ) методы. Гетероэпитаксия. Технология получения полупроводниковых сверхрешеток. Жидкофазная эпитаксия. Перспективы развития процесса жидкостной эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Применяемые системы и характеристики слоев. Тенденции развития эпитаксиальной технологии	6	6	6	24	42
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>144</b>	<b>252</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Технология формирования транзисторной структуры методом диффузии
2. Технологии формирования структуры ионным легированием
3. Маскирующие свойства оксида кремния
4. Плазмохимическое травление фоторезиста
5. Термическое окисление кремния в сухом кислороде
6. Термическое окисление кремния во влажном кислороде.
7. Фотолитографический процесс в производстве полупроводниковых интегральных схем
8. Химическая очистка и травление поверхности кремния
9. Нарращивание эпитаксиальных слоев способом контролируемого охлаждения раствора-расплава
10. Анизотропное травление кремния. Получение V-образных канавок в кремниевых пластинах.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	<p>Знать - закономерности проявления материалами конструктивных свойств;</p> <p>- методы и принципы управления сопротивлением материалов разрушению;</p> <p>- определяющее влияние качества материала и изделия на долговечность и надежность конструкции, методы защиты от коррозии;</p> <p>- мероприятия по охране окружающей среды и производству экологически чистых материалов и изделий;</p> <p>- фундаментальные законы, описывающие изучаемый объект, процесс или явление (ИД-1<sub>ПК-2</sub>, ИД-2<sub>ПК-2</sub>).</p>	Сдана теория, выполнены практические задания.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>Уметь - правильно оценивать уровень эксплуатационных воздействий на материал и рекомендовать необходимый уровень качества материала;</p> <p>- выбирать материал с оптимальными свойствами для конструкции, работающей в заданных условиях эксплуатации;</p> <p>- установить требования к материалу по номенклатуре показателей качества: назначению, технологичности, эксплуатационным свойствам, экологичности;</p> <p>- выбрать оптимальный материал по заданным теплофизическим и механическим свойствам;</p> <p>- использовать современные</p>	Сдана теория, выполнены практические задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	<p>технологии сбора, обработки и анализа данных;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий.</li> </ul>			
	<p>Владеть - методами оценки качества материалов и выбора технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками оценки достоверности полученных результатов;</li> <li>- методикой испытаний материалов, обработки экспериментальных данных, оформления результатов испытаний (ИД-3пк.2).</li> </ul>	Сдана теория, выполнены практические задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	<p>Знать - принципы метрологического обеспечения (МО), метрологические службы и организации, государственный метрологический надзор;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы сертификации, включая виды сертификации, основные стадии сертификации, нормативно-методическое обеспечение сертификации, деятельность органов сертификации и испытательных лабораторий;</li> <li>- основные средства и методы обеспечения и контроля качества в промышленности;</li> <li>- методику выбора средств и методов обеспечения качества и конкурентоспособности продукции.</li> </ul>	Сдана теория, выполнены практические задания.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>Уметь - контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработать стандарт организации;</li> <li>- организовать процесс контроля качества;</li> <li>- организовывать мероприятия по метрологическому обеспечению производства;</li> <li>- составлять отчеты по</li> </ul>	Сдана теория, выполнены практические задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	выполненным работам (ИД-2ПК-4).			
	Владеть - навыками оценки всех качественных и количественных показателей материала; - навыками по разработке стандартов предприятия, подготовке документации к сертификации продукции; - методами оценки качества материалов в результате выполнения технико-экономических расчетов (ИД-1ПК-4).	Сдана теория, выполнены практические задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	Знать - закономерности проявления материалами конструкционных свойств; - методы и принципы управления сопротивлением материалов разрушению; - определяющее влияние качества материала и изделия на долговечность и надежность конструкции, методы защиты от коррозии; - мероприятия по охране окружающей среды и производству экологически чистых материалов и изделий; - фундаментальные законы, описывающие изучаемый объект, процесс или явление (ИД-1ПК-2, ИД-2ПК-2).	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь - правильно оценивать уровень эксплуатационных воздействий на материал	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и	Продемонстрирован верный ход решения	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены

	<p>и рекомендовать необходимый уровень качества материала;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать материал с оптимальными свойствами для конструкции, работающей в заданных условиях эксплуатации;</li> <li>- установить требования к материалу по номенклатуре показателей качества: назначению, технологичности, эксплуатационным свойствам, экологичности;</li> <li>- выбрать оптимальный материал по заданным теплофизическим и механическим свойствам;</li> <li>- использовать современные технологии сбора, обработки и анализа данных;</li> <li>- выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий.</li> </ul>		получены верные ответы	всех, но не получен верный ответ во всех задачах	большинстве задач	
	<p>Владеть - методами оценки качества материалов и выбора технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками оценки достоверности полученных результатов;</li> <li>- методикой испытаний материалов, обработки экспериментальных данных, оформления результатов испытаний (ИД-3пк-2).</li> </ul>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-4	<p>Знать - принципы метрологического обеспечения (МО), метрологические службы и организации, государственный метрологический надзор;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы сертификации, включая виды сертификации, основные стадии сертификации, нормативно-методическое обеспечение</li> </ul>	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

<p>сертификации, деятельность органов сертификации и испытательных лабораторий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные средства и методы обеспечения и контроля качества в промышленности;</li> <li>- методику выбора средств и методов обеспечения качества и конкурентоспособности продукции.</li> </ul>					
<p>Уметь - контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработать стандарт организации;</li> <li>- организовать процесс контроля качества;</li> <li>- организовывать мероприятия по метрологическому обеспечению производства;</li> <li>- составлять отчеты по выполненным работам (ИД-2пк-4).</li> </ul>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>
<p>Владеть - навыками оценки всех качественных и количественных показателей материала;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками по разработке стандартов предприятия, подготовке документации к сертификации продукции;</li> <li>- методами оценки качества материалов в результате выполнения технико-экономических расчетов(ИД-1пк-4).</li> </ul>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Для чего используются процессы диффузии:
  1. для очистки поверхности;
  2. для создания легированных областей;
  3. для разгонки имплантированной примеси.
2. Какова температура плавления кремния?
  1. 1045 °С;
  2. 1250 °С;
  3. 1415 °С.
3. Какие дефекты оказывают влияние на диффузию собственных или примесных атомов?
  1. точечные;
  2. линейные;
  3. объемные.
4. Добавление какой примеси в полупроводник позволяет получить электронную проводимость?
  1. фосфор;
  2. кислород;
  3. индий.
5. P-n переход образуется на границе:
  1. двух полупроводников - германия и кремния, содержащих примеси разных типов;
  2. двух областей одного полупроводника, но с разными типами примесей в каждой области;
  3. двух областей одного полупроводника и с одинаковыми типами примесей в каждой области.
6. Чистое помещение - это:
  1. помещение с определенным количеством загрязняющих частиц;
  2. помещение для хранения непылящей одежды для сотрудников производства;
  3. помещение, где расположены фильтры и установки для очистки технологических сред.
7. Укажите интервал температур, допустимый для проведения технологических операций:
  1. 19 - 28 °С;
  2. 20 - 24 °С;
  3. без ограничений.
8. Укажите максимально допустимый уровень относительной влажности в производственном помещении:
  1. 40 %;

2. 80 %;
  3. 60 %.
9. Какой газ наиболее часто применяют при производстве полупроводниковой электроники?
1. азот;
  2. гелий;
  3. аргон.
10. Какие жидкости наиболее часто применяется при производстве полупроводниковой электроники?
1. кислоты;
  2. щелочи;
  3. деионизованная вода.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Определить время получения пленки двуокиси кремния толщиной 1,5 мкм во влажном кислороде при температуре 1200 °С.
2. Определить время получения пленки двуокиси кремния толщиной 1,5 мкм по комбинированной технологии при температуре 1200 °С.
3. Определить время роста пленки двуокиси кремния толщиной 1 мкм во влажном кислороде при температуре 1000 °С и давлении 2,5 МПа.
4. Определить время роста пленки двуокиси кремния толщиной 1,5 мкм во влажном кислороде при температуре 1000 °С и давлении 2 МПа.
5. Определить время выращивания пленки двуокиси кремния для подзатворного диэлектрика МДП ИС толщиной 0,12 мкм при температуре 1000 °С.
6. Рассчитать количество донорной примеси фосфора, внедряемое в кремний из бесконечного источника при температуре 1000 °С за 40 мин.
7. Определить глубину залегания р - n -перехода при диффузии бора в подложку типа КЭФ0,5, если поверхностная концентрация легированной области  $10^{18}\text{см}^{-3}$ . Диффузия проводилась из ограниченного источника при температуре 1100 °С в течении 40 мин.
8. При проведении двухстадийной диффузии фосфора в кремний получена поверхностная концентрация  $10^{19}\text{см}^{-3}$ . Определить концентрацию примеси на глубине 2 мкм, если на глубине 0,5 мкм она составляет  $7,5 \cdot 10^{18}\text{см}^{-3}$ .
9. Фосфор внедряется в кремний типа КДБ15 , создавая область n -типа с поверхностным сопротивлением 4 Ом/□ и глубиной залегания р-n перехода 1,5 мкм. Определить концентрацию примеси на глубине 1мкм. если температура диффузии 1100 °С.
10. Рассчитать количество донорной примеси мышьяка, внедряемое в кремний из бесконечного источника при температуре 900 °С за 40 мин.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Три основных группы источников загрязнений в чистом производстве.
2. Основные типы загрязнения пластин.
3. Типы зон в чистом помещении
4. Понятие степени чистоты материалов
5. Допустимые значения влажности и температуры
6. Виды течения воздуха при вентиляции помещений.

7. Внутреннее и внешнее геттерирование.
8. Что такое диффузионное легирование, для чего и как оно используется
9. Зависимость распределения примеси от времени и температуры при диффузии.
10. Комбинированная технология термического окисления.

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

1. Что такое закон Мура?
2. Каковы тенденции развития современной технологии?
3. Какие требования предъявляются к современным производственным мощностям?
4. Какие типы ЧПП бывают?
5. Чистые производственные помещения. Источники возможных загрязнений ЧПП
6. Классификация чистых помещений и чистых зон по ISO 14644-1
7. Как может быть организована очистка воздуха на производстве?
8. Современные требования к одежде персонала на полупроводниковом производстве?
9. Очистка газов.
10. Примеси в газах высокой чистоты и их влияние на полупроводниковое производство.
11. Очистка воды.
12. Виды загрязнений воды и способы очистки.
13. Геттерирование
14. Реальная поверхность полупроводников.
15. Действие загрязнений полупроводниковых пластин на результат технологических операций.
16. Очистка криогенными аэрозолями поверхности полупроводников
17. Механизм очистки с помощью сверхкритических жидкостей (СКЖ) поверхности полупроводников
18. Сухие методы очистки поверхности полупроводников
19. Пассивация поверхности
20. Подготовка реальной поверхности к последующим технологическим операциям.
21. Основные этапы фотолитографического процесса.
22. Виды фоторезистов.
23. Процесс выращивания оксида кремния в среде сухого кислорода.
24. Процесс получения оксида кремния в парах воды.
25. Оборудование для проведения операции диффузии.
26. Режимы проведения диффузии.
27. Получение p-n переходов методом диффузии.
28. Распределение примеси при диффузии.
29. Диффузия из источника с постоянной поверхностной концентрацией

(стадия загонки).

30. Диффузия из тонкого слоя с фиксированным количеством примеси (стадия разгонки).

### 7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1,5 баллами, задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 3 балла

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 4 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Современное состояние и тенденции развития производства электроники и нанoeлектроники	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
2	Элементы квантовой теории твердых тел	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Механическая и химико-механическая обработка полупроводников в изделиях электроники и нанoeлектроники	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Технохимические процессы подготовки полупроводниковых подложек ИМС. Методы технологического контроля изделий электроники и нанoeлектроники	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Диэлектрические слои	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Эпитаксиальные структуры	ПК-2, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. **Липатов Г.И.** Особенности производства ИС [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.И. Липатов. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2019. – 224 с. – Гарантированный срок размещения в ЭБС до 01.03.2025 (автопродлонгация). – ISBN 978-5-7731-0800-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/93331.html>

2. **Коледов Л.А.** Технологии и конструкции микросхем, микропроцессов и микросборок: учеб. пособие / Л.А. Коледов. - 3-е изд., стереотип. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-0766-8

3. **Коледов Л.А.** Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.А. Коледов. - 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-0766-8. URL: <https://e.lanbook.com/book/167750>

4. **Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий** [Текст] : учеб. пособие : в 2 т. Т. 2: Технологические аспекты / М.В. Акуленок, В.М. Андреев, Д.Г. Громов и др.; под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 252 с. - (Нанотехнологии). – ISBN 978-5-9963-0336-6 (Т. 2). - ISBN 978-5-9963-0341-0

5. **Балашов Ю.С.** Сборочные операции и их контроль в микроэлектронике: учеб. пособие / Ю. С. Балашов, В. В. Зенин, Ю. Е. Сегал. - 2-е изд., перераб. и доп. - Воронеж: ВГТУ, 2004. - 229 с. - ISBN 5-7731-0109-2

6. **Акулинин С.А.** Контрольно-измерительные операции в технологии интегрированных структур [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.А.

Акулинин. – Электрон. текстовые, граф. дан. (4,31 Мб). – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010.

7. **Родионов Ю.А.** Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.А. Родионов. – М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 352 с. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 12.08.2024 (автопродлонгация). - ISBN 978-5-9729-0337-5. URL: <http://www.iprbookshop.ru/86656.html>

#### **Дополнительная литература**

8. **Горлов М.И.** Общие закономерности технологического процесса производства полупроводниковых изделий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.И. Горлов, Е.П. Николаева. - Электрон. текстовые, граф. дан. (1,3 Мб). – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2002. – 148 с.

9. **Беляев Н.В.** Чистые производственные помещения микро- и нанoeлектроники: учеб. пособие / Н.В. Беляев. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. - 138 с.

10. **Зенин В.В.** Монтаж кристаллов и внутренних выводов в производстве полупроводниковых изделий [Электронный ресурс]: монография / В.В. Зенин. - Электрон. текстовые, граф. дан. (11,0 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013.

11. **Зенин В.В.** Процессы сборки в технологии производства 3D-изделий микроэлектроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Зенин. – Электрон. текстовые, граф. дан. (18,2 Мб). – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011.

12. **Курносоев А.И.** Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: учеб. пособие для вузов по спец. «Полупроводники и диэлектрики» и «Полупроводниковые приборы» / А.И. Курносоев, В.В. Юдин. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. - 367 с.

13. **Парфенов О.Д.** Технология микросхем: учеб. пособие : допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР / О.Д. Парфенов. – М.: Высш. шк., 1986. - 320 с.

14. **Готра З.Ю.** Технология микроэлектронных устройств: справочник / З.Ю. Готра, И.М. Николаев. – М.: Радио и связь, 1991. - 527 с. - ISBN 5-256-00699-1

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных**

**профессиональных баз данных и информационных справочных систем:  
Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и  
аудиторной работы:**

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

**Используемые электронные библиотечные системы:**

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»:  
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям  
«Инженерно-технические науки», «Физика»: <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

**Информационные справочные системы:**

- портал федеральных государственных образовательных стандартов  
высшего образования: <http://fgosvo.ru>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>;
- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ:  
<http://online.mephi.ru/>;
- открытое образование: <https://openedu.ru/>;
- физический информационный портал: <http://phys-portal.ru/index.html>
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: <https://cntd.ru>
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ:  
<https://old.education.cchgeu.ru>

**9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ  
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);  
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.

компьютер-сборка каф.9;

компьютер в составе: (Н61/IntelCorei3/Кв/М/20" LCD);

компьютер-сборка каф.7;

компьютер-сборка каф.3;

компьютер в составе: (Н61/IntelCorei3/Кв/М/23" LCD);

компьютер-сборка каф.5;

компьютер-сборка каф.4;  
 компьютер-сборка каф.8;  
 компьютер-сборка каф.2;  
 компьютер-сборка каф.6;  
 компьютер-сборка каф.10;  
 комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;  
 компьютер-сборка каф.1;  
 экран Projecta ProScreen настенный рулонный;  
 проектор BenQ MP515 DLP;  
 огнетушитель.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Материалы и компоненты электроники и наноэлектроники» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета профессиональных задач. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и

	выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--