

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Подпись

Хагуров Т.А.

2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.В.10 Проектирование электронной компонентной базы**

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки / специальность

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

Интегральная электроника, фотоника и нанoeлектроника

*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины Б1.В.10 «Проектирование электронной компонентной базы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

---

Рабочая программа дисциплины «Квантовая радиофизика» утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий протокол № «31» 08 2023 г.

И.О Заведующего кафедрой  
Доктор физ.-мат. наук, доцент.

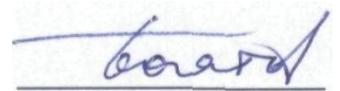
Строганова. Е.В.  
фамилия, инициалы



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № «31» 08.2023 г. Председатель УМК факультета  
Н.М.

Богатов

фамилия, инициалы



## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель дисциплины

Целью дисциплины «Проектирование электронной компонентной базы» является обеспечение профессиональной подготовки будущих специалистов, способных квалифицированно осуществлять эксплуатацию и проектирование электронных приборов.

### 1.2 Задачи дисциплины

Задачи:

- получение базовых знаний в области микро- и нанотехнологических процессов создания в объеме или на поверхности твердого тела – подложки элементов и компонентов современной интегральной компонентной базы;
- приобретение навыков контроля и управления технологическими режимами изготовления электронных компонентов;
- овладение умением проектирования технологических процессов производства электронных компонентов;
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности;
- развивать у обучающихся интегративный стиль мышления, эмоционально-волевые качества, познавательный интерес к новым разработкам в различных областях электроники.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование электронной компонентной базы» в цикл дисциплин по выбору (Б1.В.10) и изучается студентами 4 курса бакалавриат в 7 и 8 семестре.

Для изучения дисциплины необходимо знание дисциплин университетского курса «Физика», «Химия», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники» «Физика полупроводников», «Физика наноразмерных систем», «Электроника». На основе этого предмета изучаются частные вопросы дисциплины «Нанoeлектроника» и возможно применение результатов обучения студентами при подготовке выпускных квалификационных работ.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение учебной дисциплины «Технологии производства электронной компонентной базы» направлено на формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-3</b> Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	
<b>ИПК-3.1</b> Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	<b>Знает</b> правила построения физических и математических моделей, узлов и блоков
	<b>Умеет</b> делать оценку параметров физических и математических моделей
	<b>Владет</b> навыками проверки и верификации моделей физических и математических моделей узлов, блоков
<b>ИПК-3.2</b> Владет навыками компьютерного моделирования	<b>Знает</b> современное ПО для моделирования электронной компонентной базы.

	<p><b>Умеет</b> разрабатывать компьютерные модели компонентов электронной базы</p> <p><b>Владеет</b> навыками верификации компьютерных моделей</p>
<b>ПК-5</b> Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.	
<b>ИПК-5.1</b> Знает принципы учета видов и объемов производственных работ	<b>Знает</b> основные виды производства и принципы учета объемов производственных работ
	<b>Умеет</b> выполнять расчеты объемов производственных работ по материалам молекулярной электроники
	<b>Владеет</b> методами расчетов объемов технологических работ и их анализом.
<b>ИПК-5.2</b> Способен осуществлять регламентное обслуживание оборудования	<b>Знает</b> основной регламент работы технологического оборудования
	<b>Умеет</b> работать с технологическим оборудованием по созданию и формированию элементной базы
	<b>Владеет</b> навыками регламентного обслуживания оборудования
<b>ИПК-5.3</b> Способен настраивать высокотехнологичное оборудование в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	<b>Знает</b> правила и методики настройки высокотехнологического оборудования
	<b>Умеет</b> использовать правила и методы настройки оборудования на практике
	<b>Владеет</b> навыками настройки и эксплуатации оборудования
<b>ПК-6</b> Способен организовывать метрологического обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	
<b>ИПК-6.1</b> Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта	<b>Знает</b> методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
	<b>Умеет</b> реализовывать на практике методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
	<b>Владеет</b> навыками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
<b>ИПК-6.2</b> Способен осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	<b>Знает</b> способы и методы поверки, настройки и калибровки электронной измерительной аппаратуры
	<b>Умеет</b> выбирать и применять необходимые методы и способы для настройки аппаратуры
	<b>Владеет</b> навыками практической настройки, поверки и калибровки электронной измерительной аппаратуры
<b>ИПК-6.3</b> Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов	<b>Знает</b> основные принципы и критерии метрологического сопровождения технологических процессов
	<b>Умеет</b> выбирать методики метрологического сопровождения процессов
	<b>Владеет</b> практическими навыками метрологического сопровождения технологических процессов

Результаты обучения по дисциплине «Материалы молекулярной электроники» достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа) для очной формы обучения, их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ		Всего часов	Семестры (часы)	
			7	8
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		<b>180,5</b>	<b>87,2</b>	<b>93,3</b>
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		<b>168</b>	<b>78</b>	<b>90</b>
Занятия лекционного типа		44	22	22
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		56	22	34
Лабораторные занятия		68	34	34
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		12	9	3
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,2	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>116,8</b>	<b>92,8</b>	<b>24</b>
Курсовая работа				
Проработка учебного (теоретического) материала		116,8	92,8	24
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)				
Реферат				
Подготовка к текущему контролю				
<b>Контроль:</b>		<b>26,7</b>		<b>26,7</b>
Подготовка к экзамену		26,7		26,7
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>324</b>	<b>180</b>	<b>144</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>180,5</b>		
	<b>зач. ед.</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре:

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Технологические процессы создания электронной компонентной базы	53	8	10	12	23
2	Операции планарноэпитаксиальной технологии	60	10	12	14	24
3	Эпитаксиальные процессы	57	10	10	14	23
4	Литографические процессы	60	10	12	14	24

5	Методы формирования легированных областей в полупроводниковых подложках	58,8	10	12	14	22,8
	<b>ИТОГО по разделам дисциплины</b>	<b>284,8</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>68</b>	<b>116,8</b>

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

## 2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование Раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Введение. Технологические процессы создания электронной компонентной базы	Понятие технологического процесса, как последовательности стадий обработки материалов. Понятие лимитирующей стадии технологического процесса. Основные технологические параметры, влияющие на скорость, направления процесса и выход готовой продукции. Понятие основных и вспомогательных технологических операций, понятие технологического маршрута. Технологический процесс производства электронных средств как термодинамическая система. Химическая термодинамика технологических процессов	ПЗ
2	Операции планарно-эпитаксиальной технологии	Классификация операций планарно-эпитаксиальной технологии в зависимости от характера воздействия на используемые материалы. Роль и место процессов очистки в технологии микро- и нанoeлектроники. Типы загрязнений подложек в технологии микро- и нанoeлектроники. Специфика комплексной очистки на различных стадиях технологического процесса. Адсорбционные процессы на поверхности твердых тел. Адгезия пленок. Особенности протекания химических реакций на поверхности раздела двух фаз. Рекомендации по оптимальному использованию жидкостных и сухих методов очистки. Типовые рецептуры жидкостных отмывочных сред и газовых смесей, используемых на производстве. Методы контроля чистоты поверхности. Понятие эпитаксиального процесса как основной технологической операции планарной технологии. Классификация эпитаксиальных процессов по типу растущего эпитаксиального слоя: гомоэпитаксия (автоэпитаксия), гетероэпитаксия, хемоэпитаксия, по способу его получения: газофазная, жидкостная, молекулярно-пучковая эпитаксии, эпитаксия их металл-органических соединений. Особенности, области применения и физико-химическая сущность каждого из классификационных типов эпитаксиальных процессов.	КВ

		<p>Легирование растущих эпитаксиальных слоев. Основные методы контроля толщины эпитаксиальных слоев. Назначение и место слоев диоксида, нитрида, карбида и оксинитрида кремния, в также примесно- силикатных стекол и технологии микро- и нанoeлектроники.</p>	
3	Эпитаксиальные процессы	<p>Возможности различных типов диэлектрических пленок выполнять функции маскирующих, изолирующих и пассивирующих слоев в зависимости от их толщины, химического строения и технологии получения. Сравнительный анализ и физико-химическая сущность процессов формирования диэлектрических слоев за счет материала кремниевой подложки (термическое и плазменное окисление кремния), а также за счет осаждения материала слоя, поступающего из газовой фазы (пиролитическое и плазмохимическое осаждение).</p> <p>Факторы, влияющие на скорость роста пленки и ее физико-электрические параметры (плотность, диэлектрическую постоянную, удельное сопротивление, электрическую прочность, упругие напряжения в слое, количество дефектов и проколов).</p> <p>Рекомендации по оптимальному проведению процессов формирования диэлектрических слоев на различных этапах технологического процесса. Методы контроля толщины и электрических параметров диэлектрических слоев.</p>	КВ / Д / Р / ПЗ
4	Литографические процессы	<p>Назначение и место литографических процессов в технологии полупроводниковых приборов, ИМС и печатных (коммутационных) плат.</p> <p>Фотолитография как непрерывный цикл последовательных операций нанесения, сушки, экспонирования, проявления и задубливания фоторезиста с последующим формированием маски в технологическом слое. Понятие технологического слоя.</p> <p>Физико-химическая сущность и технологические параметры проведения процессов литографического цикла. Основные законы фотохимии, физико-химические свойства и типы фоторезистов, способы совмещения фотошаблона с подложкой, особенности экспонирования и основные источники возникновения брака при фотолитографии. Фотошаблоны, требования к ним, методы изготовления фотошаблонов, удаление фоторезиста. Усовершенствования традиционного способа фотолитографии, литография в жестком ультрафиолете, многослойные пленки резистов, обратная фотолитография. Электролитография, рентгенолитография, ионолитография, их области применения, преимущества (недостатки) по сравнению с фотолитографией, особенности резистов и шаблонов, стереолитография, нанолитография</p>	КВ / Д / Р / ПЗ

5	Элементная база молекулярной электроники	Использование отдельных молекул и их комплексов в качестве логических элементов электронных устройств. Молекулярные кристаллы. Структура и электрофизические свойства полимеров. Упорядоченные молекулярные пленки на поверхности твердых тел. Принципы самоорганизации отдельных молекулярных компонентов.	КВ / Д / Р / ПЗ
6	Операции планарно-эпитаксиальной технологии	Понятие эпитаксиального процесса как основной технологической операции планарной технологии. Классификация эпитаксиальных процессов по типу растущего эпитаксиального слоя: гомоэпитаксия (автоэпитаксия), гетероэпитаксия, хемоэпитаксия, по способу его получения: газофазная, жидкостная, молекулярно-пучковая эпитаксии, эпитаксия их металл-органических соединений. Особенности, области применения и физико-химическая сущность каждого из классификационных типов эпитаксиальных процессов.	КВ / Д / Р / ПЗ
7	Эпитаксиальные процессы.	Возможности различных типов диэлектрических пленок выполнять функции маскирующих, изолирующих и пассивирующих слоев в зависимости от их толщины, химического строения и технологии получения. Сравнительный анализ и физико-химическая сущность процессов формирования диэлектрических слоев за счет материала кремниевой подложки (термическое и плазменное окисление кремния), а также за счет осаждения материала слоя, поступающего из газовой фазы (пиролитическое и плазмохимическое осаждение). Факторы, влияющие на скорость роста пленки и ее физико-электрические параметры (плотность, диэлектрическую постоянную, удельное сопротивление, электрическую прочность, упругие напряжения в слое, количество дефектов и проколов). Рекомендации по оптимальному проведению процессов формирования диэлектрических слоев на различных этапах технологического процесса. Методы контроля толщины и электрических параметров диэлектрических слоев	КВ / Д / Р / ПЗ
7	Методы формирования легированных областей в полупроводниковых подложках	Процессы формирования легированных областей в полупроводниковых подложках методом термической диффузии, классификация процессов высокотемпературной диффузии, области применения высокотемпературной диффузии, преимущества и недостатки. Физические основы процесса диффузии, факторы, влияющие на эффективность внедрения примеси в объем полупроводниковых материалов, механизмы высокотемпературной диффузии, модели диффузионных процессов, критерии выбора диффузантов.	КВ / Д / Р / ПЗ

		Ионное внедрение примеси в объем полупроводниковых подложек, источники ионов, системы формирования и сепарации ионных пучков, профиль распределения внедренных ионов, применения ионного легирования в технологии микро- и нанoeлектроники; термический и корпускулярно-лучевой отжиг; сравнительный анализ процессов ионного легирования и высокотемпературной диффузии. Методы контроля глубины залегания легированных областей и профиля распределения внедренной примеси	
--	--	---	--

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Р – реферат, Д – доклад.

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Основные неорганические наноматериалы для электроники.	Квантоворазмерные наноструктуры и наноматериалы для электроники. Наноструктуры с двумерным электронным газом (квантовые ямы), структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити), структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки).	ПЗ / КВ / Р / Д
2	Физические принципы процессов, используемых в производстве основных неорганических наноматериалов.	Методы мокрой химии, золь-гель синтез, пирохимические методы. Химическое осаждение из паровой фазы.	ПЗ / КВ / Р / Д
3	Физические принципы процессов, используемых в производстве основных неорганических наноматериалов.	Методы термического осаждения, магнетронного распыления, катодного осаждения, электродугового распыления, плазмосинтез, конденсация с ионной бомбардировкой. Методы выращивания упорядоченных нанонитей и нанотрубок.	ПЗ / КВ / Р / Д
4	Физические принципы процессов используемых в модификации неорганических наноматериалов.	Химическое декорирование поверхности наноматериалов. Травление и окисление поверхности наноматериалов. Термический и радиационный отжиг. Нанесение нанопленок на поверхность наноматериалов. Атомно-слоевое осаждение.	ПЗ / КВ / Р / Д
5	Физические принципы процессов используемых в модификации неорганических наноматериалов.	Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Нанолитография. Манипулирование наноструктурами и их модифицирование с помощью атомно-силовой спектроскопии.	ПЗ / КВ / Р / Д
6	Неорганические наноматериалы для нанoeлектроники.	Металлические пленочные наноматериалы. Углеродные нанотрубки и графеновые материалы для нанoeлектроники. Наноалмазы для нанoeлектроники.	ЛР/ ПЗ / КВ / Р / Д

7	Неорганические наноматериалы для нанoeлектроники	Кремниевые и германиевые материалы для нанoeлектроники. Материалы на основе гетероструктур	ПЗ / КВ / Р / Д
8	Неорганические наноматериалы для нанoeлектроники	Оксидные наноматериалы для нанoeлектроники.	ЛР/ ПЗ / КВ / Р / Д
9	Неорганические наноматериалы для спинтроники.	Спиновые эффекты в наноматериалах. Металлические наноматериалы для спинтроники. Наноматериалы на основе металлизированных нанотрубок и интеркаллированных нанотрубок.	ПЗ / КВ / Р / Д
10	Неорганические наноматериалы для фотоники и для СВЧ-разработок.	Наноматериалы на основе оксида цинка и сульфида цинка. Наноматериалы на основе диоксида титана. Гетеронаноматериалы Si-Ge для нанoeлектронных устройства.	ЛР/ ПЗ / КВ / Р / Д
11	Неорганические наноматериалы для фотоники и для СВЧ-разработок.	Нитрид-галлиевые и арсенид-галлиевые наноматериалы. Карбид-кремниевые наноматериалы	ПЗ / КВ / Р / Д

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Р – реферат, Д – доклад.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

В основе построения лабораторных занятий по учебной дисциплине «Материалы нанoeлектроники» лежит последовательность поэтапных действий инженера-исследователя по планированию, подготовке, проведению исследований свойств наноматериалов для электронных устройств.

№	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов	Форма текущего контроля
1	Создание технологической карты производства микроэлектронного компонента.	6	ЛР
2	Процессы комплексной очистки подложек и пластин, планарно-эпитаксиального наращивания слоев полупроводниковых материалов.	6	ЛР
3	Получение и анализ микроструктуры тонких пленок нитрида и оксида кремния методом плазменного напыления.	6	ЛР
4	Технологические процессы и методы и изготовления фотошаблонов и фотолитографического цикла.	6	ЛР
5	Легирование слоя поликристаллического кремния алюминием.	6	ЛР
6	Получение защитных пленок диоксида кремния термическим окислением кремния.	6	ЛР
7	Изготовление фотошаблонов-оригиналов	6	ЛР

	мультипликацией единичного рисунка.		
8	Получение рисунка на пластине кремния с помощью фотолитографии.	6	ЛР
9	Получение р-n переходов диффузионным легированием.	6	ЛР
10	Получение омических контактов термическим испарением металлов в вакууме.	6	ЛР
11	Изучение конструктивных элементов корпусов полупроводниковых приборов и ИМС.	8	ЛР
<i>Итого:</i>		68	

ЛР - защита лабораторной работы.

Лабораторные работы выполняются в специализированных научно-исследовательских лабораториях НОЦ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Кубанского государственного университета.

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника» профессиональная компетенция – ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану, курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

## 1.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Проработка учебного теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2.	Подготовка к защите лабораторных работ	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
3.	Реферат	Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93331">https://e.lanbook.com/book/93331</a> .
		Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93303">https://e.lanbook.com/book/93303</a> .
4.	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: ДиректМедиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660</a> .

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме с увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии**

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения дисциплины «Материалы молекулярной электроники» используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий). Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют использование педагогической эвристики и моделирование проблемных ситуаций.

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- домашние задания;
- проблемные задания;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные опросы;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ, подготовка к опросу и экзамену).

В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой научно-исследовательский опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, знакомятся с основными научными журналами по вопросам изучения материалов нанозлектроники, выступают с докладами перед однокурсниками, накапливают багаж знаний, полезных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством изучения рекомендуемой дополнительной литературы;
- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством подготовки сообщений, презентаций, путем написания реферативных работ;
- консультации для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном расширенном изучении разделов дисциплины.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии:

- работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости являются: ответы на контрольные вопросы, выполнение практических заданий, реферат, доклад.

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

###### **4.1.1 Темы рефератов и докладов**

В процессе подготовки докладов и рефератов по дисциплине «Материалы нанозлектроники» формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанозлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и нанозлектроника» профессиональная компетенция – ПК-3, ПК-5, ПК-6.

Ниже приводятся примеры докладов и рефератов для рабочей программы.

1. Предложите и обоснуйте схему технологической карты создания кремниевого диода на основе структуры Шоттки.
2. Предложите и обоснуйте схему технологической карты создания германиевого туннельного диода.
3. Предложите и обоснуйте схему технологической карты создания детекторного фотодиода для ближнего ИК-диапазона.
4. Предложите и обоснуйте схему технологической карты создания детекторного фотодиода для ближнего УФ-диапазона.
5. Предложите и обоснуйте схему технологической карты создания тонкопленочного емкостного устройства.

*Критерии оценки доклада:*

Отметка «зачтено» выставляется студенту, если доклад соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему и структуре и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

Отметка «не зачтено» выставляется студенту, если в докладе отсутствует соответствие между заданной темой реферативной работы и изученными научными источниками, источник плохо проанализирован, собственных суждений по докладу студент не имеет.

*Критерии оценки реферата:*

– оценка «отлично» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата

студентом была глубоко изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

– оценка «хорошо» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата им была изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения, но не высказано собственное суждение по рассматриваемой теме, имеются незначительные пробелы в изложении научного материала по теме.

– оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при написании реферата вопросы темы раскрыты недостаточно полно, имеются недостатки в оформлении реферативной работы.

– оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в реферате присутствует плагиат, студент не проявил самостоятельности при выполнении научной работы, заимствовал материал, отсутствует соответствие между темой реферативной работы и изученными научными источниками; работа выполнена с грубыми нарушениями требований к оформлению, при защите реферата студентом продемонстрировано отсутствие знаний необходимого материала по теме.

#### **4.1.2 Примеры практических заданий**

В процессе подготовки и выполнения практических заданий по дисциплине «Материалы молекулярной электроники» формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника» компетенция – ПК-3, ПК-5, ПК-6.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Контрольная работа по разделу «Литографические процессы».

1. Каково назначение и место литографических процессов в технологии производства современных полупроводниковых приборов?
2. Каковы основные операции фотолитографии?
3. Каковы основные операции электронной литографии?
4. Каковы основные операции рентгеновской литографии и ионной литографии?

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-3 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

ПК-5 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники

ПК-6 Способен организовывать метрологического обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

*Критерии оценки:*

- оценка «отлично»: студент свободно отвечает на данные выше вопросы, активно участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; допустимы заминки и непродолжительные остановки;

- оценка «хорошо»: студент отвечает на данные выше вопросы, участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; но присутствуют непродолжительные

остановки и негрубые ошибки;

- оценка «удовлетворительно»: студент не дает полноценного связного ответа на вопрос, но коммуникативный замысел просматривается и в целом содержание можно считать верным, у студента присутствуют некоторые трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий; студент не владеет в достаточной степени навыком филологического анализа текстов романтизма и реализма;

- оценка «неудовлетворительно»: студент не дает связного ответа на вопрос или высказывания поверхностны и неясны, у студента трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий.

#### **4.1.3 Контрольные вопросы по учебной программе**

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов по разделу «Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах» рабочей программы. Полный комплект контрольных вопросов для основных разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины «Материалы молекулярной электроники».

1. Как изменяются электронные свойства углеродных нанотрубок с увеличением их длины и толщины?

2. Какие основные параметры углеродных нанотрубок определяют их применение в электронных устройствах?

3. Как изменяются электронные характеристики графеновых наноструктур с увеличением их длины/толщины?

4. Какие основные параметры графеновых наноструктур определяют их применение в электронных устройствах?

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-5 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники

ПК-6 Способен организовывать метрологического обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

*Критерии оценки:*

Оценка «**зачтено**» ставится, если продемонстрирован достаточный уровень эрудированности студента, выводы и наблюдения самостоятельны, соблюдена культура устного и письменного изложения материала и в целом продемонстрированы знания и умения необходимых компетенций.

Оценка «**не зачтено**» ставится, если студент не может дать правильные ответы на 80% вопросов или не соблюдены хотя бы 2 из оставшихся требований.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

##### **4.2.1 Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Техпроцессы в микроэлектронике.

2. Классификация операций планарно-эпитаксиальной технологии в зависимости от характера воздействия на используемые материалы, цели операции и конечного результата.

3. Назначение операций очистки в технологии микроэлектроники, типы загрязнений и их источники.

4. Общая классификация методов очистки подложек, их назначение и возможности. Преимущества и недостатки различных методов очистки подложек.
5. Жидкостная очистка подложек в технологии микроэлектроники: их назначение, возможности, преимущества и недостатки.
6. Понятие полирующих, селективных и анизотропных травителей.
7. Классификация, возможности, преимущества и недостатки сухих методов обработки подложек при их очистке.
8. Эпитаксиальное наращивание полупроводниковых слоев. Определение эпитаксиального наращивания слоев.
9. Понятие гомоэпитаксии (автоэпитаксии), гетероэпитаксии.
10. Физико-химическая сущность газофазной эпитаксии. Факторы, от которых зависит скорость роста эпитаксиального слоя и его качество. Обобщенная структурная схема установки газофазной эпитаксии.
11. Физико-химическая сущность процессов автолегирования при реализации газофазного наращивания эпитаксиальной пленки. Преимущества и недостатки автолегирования.
12. Жидкофазная эпитаксия: определение, назначение, область применения, преимущества и недостатки.
13. Общая классификация, номенклатура и назначение маскирующих, изолирующих и пассивирующих слоев, используемых в технологии микроэлектроники.
14. Назначение и примеры использования тонких пленок SiO<sub>2</sub> в технологии микроэлектроники.
15. Назначение и примеры использования тонких пленок Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> в технологии микроэлектроники.
16. Назначение и примеры использования пленок и слоев поликристаллического кремния и карбида кремния в технологии микроэлектроники.
17. Физико-химическая сущность термического окисления кремния для целей создания тонких пленок SiO<sub>2</sub>. Промышленная реализация процесса получения пленок SiO<sub>2</sub>.
18. Физико-химическая сущность пиролитического и плазмохимического осаждения пленок SiO<sub>2</sub>
19. Свойства и назначение пленок «нитрида кремния», применяемых в технологии микроэлектроники. Методы получения пленок нитрида кремния: прямое азотирование, пиролитическое осаждение, нитрирование галогенидов кремния.
20. Методы получения, структура и свойства поликристаллических пленок кремния, применяемых в технологии микроэлектроники. Преимущества и недостатки гидридного и хлоридного методов.
21. Понятие литографического процесса в технологии микроэлектроники. Определение, возможности литографии, достоинства и недостатки, стадии литографической обработки как последовательности основных и вспомогательных технологических операций.
22. Классификация литографических процессов: в зависимости от способа переноса изображения на подложку, в зависимости от типа используемого резиста, в зависимости от длины волны используемого излучения.
23. Назначение фоторезистов и их типы, применяемых в технологии изготовления различных типов микросхем и печатных плат.
24. Физико-химическая сущность экспонирования и проявления различных типов фоторезистов.
25. Основные методы нанесения и сушки фоторезиста.

26 Операции совмещения и экспонирования при реализации литографического процесса в технологии микроэлектроники.

27. Назначение и реализация операций сушки при проведении литографической обработки полупроводниковых пластин в технологии микроэлектроники.

28. Назначение и место операций травления в планарно-эпитаксиальной технологии формирования микроэлектронных структур.

29. Физико-химическая сущность химического травления технологических слоев в технологии микроэлектроники. Примеры технологических слоев и способы их жидкостного травления.

30. Классификация методов безжидкостного травления технологических слоев в технологии микро- и нанoeлектроники.

31. Назначение и место операций плазмохимического травления различных материалов в технологии микроэлектроники.

32. Назначение и место лучевых технологий при обработке подложек в технологии микро- и нанoeлектроники.

33. Назначение и место лучевых технологий при обработке подложек в технологии микро- и нанoeлектроники. Конструкции, назначение и принцип действия источника ионов с ВЧ индуктором и ионного источника Пеннинга.

34. Назначение и место лучевых технологий при обработке подложек в технологии микро- и нанoeлектроники. Конструкции, назначение и принципы действия ионных источников Нильсена и Морозова.

35. Способы удаления слоя фоторезиста с подложки: сравнительная характеристика различных способов с указанием последовательности операций, используемого оборудования и материалов (сырья).

36. Понятие проекционной и контактной фотолитографии. Оптические эффекты при фотолитографии.

37. Электронолитография: определение, особенности реализации, преимущества и недостатки по сравнению с фотолитографией.

38 Электронорезисты: их характеристики (чувствительность, контраст, разрешающая способность, плазмостойкость, температура стеклования, кроющая способность) и методы их контроля.

39. Механизмы и закономерности реализации электронно-лучевой литографии. Зависимости формы клина проявления на различных по толщине слоях электронорезиста.

40. Рентгенолитография: определение, особенности реализации, преимущества и недостатки по сравнению с фотолитографией и электронолитографией

41. Технология изготовления рентгеношаблонов. Требования, предъявляемые к рентгеношаблонам.

42. Обобщенная характеристика оборудования для рентгенолитографии: блок схема установки, требования, предъявляемые оборудованию, основные конструкционные узлы.

43. Характеристика методов, используемых в технологии микро- и нано- электроники, для создания в объеме полупроводниковой пластины участков с заданной величиной удельного сопротивления.

44. Высокотемпературная диффузия. Назначение и характеристика метода. Механизмы диффузии примеси в полупроводник.

45. Высокотемпературная диффузия. Виды и источники легирующих примесей, используемые в современной технологии микроэлектроники. Модели распределения примеси при диффузии.

46. Способы проведения двухстадийной высокотемпературной диффузии примеси

в полупроводник.

47. Характеристика технологического оборудования для проведения диффузии в «открытой трубе» и в замкнутом объеме (ампульный и бокс методы).

48. Общая классификация и виды дефектов, возникающих при реализации высокотемпературной диффузии примеси в объем полупроводника и пути их устранения.

49. Ионное внедрение примеси в объем полупроводника. Назначение, возможности и области применения данной технологической операции.

50. Классификация оборудования для ионного внедрения примеси в объем полупроводника. Конструкционное оформление установок ионного внедрения (имплантации, легирования) и назначение отдельных блоков.

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-1 Способен к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования

ПК-2 Способен осуществлять регламентную проверку технического состояния оборудования, его профилактический осмотр и текущий ремонт

ПК-5 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники

ПК-6 Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

Оценка знаний на экзамене производится по следующим *критериям*:

– отметка «отлично» выставляется студенту, если ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение аргументировать собственную точку зрения;

– отметка «хорошо» выставляется студенту, если ответ полный и правильный на основе изученных концепций и теорий, материал изложен в определённой логической последовательности, при этом допускаются несущественные ошибки или трактовки ситуаций;

– отметка «удовлетворительно» выставляется студенту, если ответ полный, но допущена существенная смысловая ошибка или ответ неполный, несвязный, не проявляются умения обобщать, анализировать, формулировать выводы;

– отметка «неудовлетворительно» выставляется, если ответ обнаруживает незнание основного содержания учебного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / И.Г. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с. - библиогр. с: С. 168-169. - ISBN 978-5-9275-0873-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241055>

2. Кузовкин, В.А. Электроника. Электрофизические основы, микросхемотехника, приборы и устройства : учебник / В.А. Кузовкин. - Москва : Логос, 2011. - 328 с. - (Новая Университетская Библиотека). - ISBN 5-98704-025-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89796>

3. Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю.А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера, 2013. - 688 с. : ил.,табл., схем. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-94836-353-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443325>.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах.

### **5.2. Дополнительная литература**

1. Нанотехнологии в электронике / . - Москва : Издательство Техносфера, 2013. - Вып. 2. - 686 с. - ISBN 978-5-94836-353-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468347>

2. Трубникова, В. Электротехника и электроника / В. Трубникова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Кафедра теоретической и общей электротехники. - Оренбург : ОГУ, 2014. - Ч. 1. Электрические цепи. - 137 с. : схем., ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330599>

3. Чернышова, Т.И. Общая электротехника и электроника : учебное пособие / Т.И. Чернышова, Н.Г. Чернышов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - Ч. 2. - 84 с. : табл., схем., ил. -

Библиогр.: с. 64-65. - ISBN 978-5-8265-1083-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437080>.

4. Подготовка к интернет-тестированию по дисциплине «Электротехника и электроника»

: учебно-методическое пособие / А.Ш. Мухтаров, Ю.Г. Соколов, А.В. Толмачева, И.Р. Хайруллин ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 168 с. : табл., граф., схем. - Библиогр.: с. 159. - ISBN 978-5-7882-1593-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428040>.

5. Нейман, В.Ю. Электротехника и электроника. Интернет-тестирование базовых знаний

: учебное пособие / В.Ю. Нейман, Н.А. Юрьева, Т.В. Морозова ; под ред. Л.В. Неймана. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. 4. Трехфазные цепи и методы их анализа. - 100 с. - ISBN 978-5-7782-2244-1 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228978>

6. Земляков, В.Л. Электротехника и электроника : учебник / В.Л. Земляков ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет", Факультет высоких технологий. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2008. - 304 с. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9275-0454-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241108>.

7. Смирнов, С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем : учебное пособие / С.В. Смирнов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 115 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208659>.

8. Орликов, Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие / Л.Н. Орликов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). Кафедра электронных приборов. - Томск : Томский

государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - Ч. 2. - 101 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=209016>.

9. Камлюк, В.С. Технологическое оборудование для микроэлектроники : учебное пособие / В.С. Камлюк, Д.В. Камлюк. - Минск : РИПО, 2014. - 391 с. : схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-503-369-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463615>.

10. Белоус, А.И. Космическая электроника : научное издание : в 2 кн. / А.И. Белоус, В.А. Солодуха, С.В. Шведов. - Москва : Техносфера, 2015. - Кн. 2. - 1184 с. : ил., табл., схем. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-94836-402-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443317>

### **5.3. Периодические издания:**

1. Научно–теоретический журнал «Физика твердого тела».

2. Научно–теоретический журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики».
3. Научно–теоретический журнал «Письма в ЖЭТФ».
4. Научный обзорный журнал «Успехи физических наук».
5. Научно–производственный журнал «Нанотехнологии. Экология. Производство».
6. Научно–технический обзорный журнал «Российские нанотехнологии».
7. Междисциплинарный научно–технический журнал «Нано– и микросистемная техника».

#### **5.4 Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

##### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

##### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
9. Springer Journals <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
11. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springer-nature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
13. zbMath <https://zbmath.org/>
14. Nano Database <https://nano.nature.com/>
15. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>

##### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

##### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Российская патентная база данных <https://www.fips.ru/>
2. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;

4. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
8. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
9. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
10. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
11. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
12. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
13. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий [http://mschool.kubsu.ru/](http://mschool.kubsu.ru;);
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

На самостоятельную работу студентов по дисциплине «Материалы молекулярной электроники», согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника», отводится 29 часов от общей трудоемкости дисциплины (144 часов). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия.

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Материалы наноэлектроники».

Контроль осуществляется посредством устного опроса студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы;
- путем написания реферативных работ и анализ результата их открытого доклада;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Материалы молекулярной электроники» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

**Занятия лекционного типа** являются одной из основных форм обучения студентов по дисциплине «Материалы молекулярной электроники», во время которых студентам предоставляется возможность ознакомиться с основными научно-теоретическими положениями, проблемами дисциплины, получить необходимое направление и рекомендации для самостоятельной работы с учебниками, учебными пособиями, при подготовке к семинарским занятиям. Лекция является результатом кропотливой подготовки преподавателя, изучения и обобщения научной и учебной литературы. Столь же усердной должна быть и подготовка студента накануне лекции, посредством изучения соответствующей учебной литературы, повторения ранее пройденных тем.

Во время лекции следует записать дату ее проведения, тему, план лекции, вопросы, которые выносятся на самостоятельное изучение, отметить новинки учебной и научной литературы, рекомендованные лектором. Студентам рекомендуется конспектировать ее основные положения, не стоит пытаться дословно записать всю лекцию, поскольку скорость лекции не рассчитана на дословное воспроизведение выступления лектора в конспекте, тем не менее она является достаточной для того, чтобы студент смог не только усвоить, но и зафиксировать на бумаге сущность затронутых лектором проблем, выводы, а также узловые моменты, на которые обращается особое внимание в ходе лекции. На лекции студенту рекомендуется иметь на столах помимо конспектов также программу курса, которая будет способствовать развитию мнемонической памяти, возникновению ассоциаций между выступлением лектора и программными вопросами. В случае возникновения у студента по ходу лекции вопросов, их следует задавать сразу же или в конце лекции в специально отведенное для этого время.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов по дисциплине «Материалы молекулярной электроники». Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия рабочей программы дисциплины и включают:

- заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

- цель работы;

- предмет и содержание работы;

- порядок (последовательность) выполнения работы;

- общие правила оформления работы;

- контрольные вопросы и задания;
- список литературы (по необходимости).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

**Самостоятельная работа** содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);
- подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;
- подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

При подготовке доклада, который представляет собой научное сообщение, студенты творчески проводят поиск литературных источников и их анализ в соответствии с выбранной тематикой.

**Доклад** – это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое устное изложение в течении 5-8 минут результатов теоретического анализа или экспериментального исследования в рамках определенной научной темы. В ходе публичного доклада студент должен раскрыть суть анализируемой работы и высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

Подготовка докладов необходима в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного поиска и анализа научных источников. С помощью доклада студенты при его прослушивании глубже постигают сложные проблемы курса, учатся лаконично пересказывать содержимое научных источников, обобщать выводы и делать заключение.

Подготовка доклада способствует формированию умения поиска научных источников и развитию умения анализировать научные статьи и сообщения.

Качество доклада оценивается по тому, насколько его содержание соответствует заданной теме, какие использованы первоисточники, насколько последовательно он изложен.

**Реферат** – это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменной форме полученных результатов теоретического анализа определенной научной темы, где автор должен раскрыть суть исследуемой проблемы, привести существующие разные научные точки зрения, высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

При подготовке реферата, который представляет собой научное сообщение, студент должен изучить и обобщить научную литературу. На основе изученного материала студент раскрывает содержание выбранной темы реферата, акцентируя внимание на актуальные и проблемные вопросы. Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми для оформления письменных работ.

Написание реферата необходимо в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска. С помощью реферата студент глубже постигает наиболее сложные проблемы дисциплины, учиться лаконично излагать свои мысли, докладывать результаты своего труда.

Подготовка реферата способствует формированию научной культуры у выпускника, закреплению у него научных знаний, развитию умения самостоятельно анализировать различные научные источники.

Оформление реферата:

1. Реферат должен иметь следующую структуру: а) план; б) введение; в) изложение основного содержания темы; г) заключение; д) список использованной литературы.

2. Общий объём – 8-10 с. основного текста.

3. Перед написанием должен быть составлен план работы, который обычно включает 2–3 вопроса. План не следует излишне детализировать, в нём перечисляются основные, центральные вопросы темы.

4. В процессе написания работы студент имеет право обратиться за консультацией к преподавателю.

5. В основной части работы большое внимание следует уделить глубокому теоретическому освещению основных вопросов темы, правильно увязать теоретические положения с практикой, конкретным фактическим и цифровым материалом.

6. В реферате обязательно отражается использованная литература, которая является завершающей частью работы.

7. Особое внимание следует уделить оформлению.

8. При защите реферата выставляется дифференцированная оценка.

9. Реферат, не соответствующий требованиям, предъявляемым к данному виду работы, возвращается на доработку.

Рефераты выполняются на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют. Текст следует печатать шрифтом № 12 с интервалом между строками в 1,5 интервала. Качество реферата оценивается по тому, насколько полно раскрыто содержание темы, использованы первоисточники, логичное и последовательное изложение. Оценивается и правильность подбора основной и дополнительной литературы (ссылки по правилам: фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания, страница). Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При отрицательной рецензии работа

возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.
Учебные аудитории А21 и А22 НОЦ ДССН КубГУ для проведения лабораторных занятий	Оборудование: вытяжные шкафы химические, электроплитки лабораторные, электронные весы, сушильный шкаф, растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JEOL JSM7500F, спектрометр электронного парамагнитного резонанса JEOL JES-FA300, установка магнетронного напыления Q150T ES, установка для осаждения тонких пленок CCR Copra Cube ISSA, установка ионноплазменного напыления CCR Copra Cube ISSA	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. Microsoft Corporation: Word, Excel, Power Point и др).

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 203)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.