



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Нанотехнологии в электронике

Кафедра инженерной физики

Образовательная программа

11.04.04- Электроника и нанoeлектроника

Профиль подготовки:

Материалы и технологии электроники и нанoeлектроники

Уровень высшего образования

Магистратура

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

Базовая

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО- магистратура по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и нанoeлектроника, программа магистратуры: Материалы и технологии электроники и нанoeлектроники от «05» апреля 2017 №301.

Разработчик(и): кафедра инженерной физики
Офицера Н.В.. – к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры инженерной физики от «29» июня 2021г., протокол № 10

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» июня 2021г., протокол № 10.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» июля 2021г.

Нач. УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «**Нанотехнологии в электронике**» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки- Материалы и технологии электроники и наноэлектроники (уровень: магистратура) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС 3++) на основании:

1. Федеральным Законом Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»,
2. Приказом Минобрнауки России от 29 июня 2015 г. № «Об утверждении Порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»,
3. Приказом Минобрнауки России от 19.12.2013 №1367 «Об утверждении Порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»,
4. Приказом Минобрнауки России от 06.07.2015 г. №667 «Об утверждении форм сведений о реализации образовательных программ, заявленных для государственной аккредитации образовательной деятельности;
5. Требованиями государственных образовательных стандартов, федеральных государственных образовательных стандартов к структуре, результатам освоения и условиям реализации образовательных программ высшего образования,
6. Уставом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дагестанский государственный университет» (далее - ДГУ, университет):
7. Иными нормативными правовыми актами, действующими на территории Российской Федерации, локальными актами университета;
8. **Положением об итоговой государственной аттестации выпускников Дагестанского государственного университета** основании, утвержденного решением Ученого совета Дагестанского государственного университета от 28.01.2016 (протокол №5).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики. Содержательно она логически связана с дисциплинами «Наноструктурные материалы», «Основы технологии электронной компонентной базы» «Новые направления физического материаловедения», а также «Физические основы электроники», «Функциональная электроника». Является основой научной практики.

Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины «**Нанотехнологии в электронике**»:

Имеет представление о материалах электронной техники и новых направлениях материаловедения, физических свойствах и структуре материалов и методах их получения и исследования;

Знает основы дисциплин «Наноструктурные материалы», «Новые направления физического материаловедения», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Наноэлектроника», «Физические основы электроники».

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часа).

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: **профессиональных**: - ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2;

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 2зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		Всего	из них						
Лекции	Лабораторные занятия		Практические занятия	КСР	консультации				
10	108	52	16	-	26	36	1	30	8+2 (экзамен)

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины – развитие представлений о современных тенденциях развития новых технологий в электронике, разработки на базе современных нанотехнологий новых материалов, структур и устройств для электроники и наноэлектроники, включая технологии получения, литографической обработки, зондовые нанотехнологии и т.д.

Задачи дисциплины:

- формирование понимания связи между условиями и методами получения – структурой и физическими свойствами современных функциональных материалов;

- развитие представлений о наиболее актуальных направлениях нанотехнологий в электронике и наноэлектронике.

В соответствии с основными видами деятельности инженера-физика задачами дисциплины являются: формирование у студентов представлений о нанотехнологиях в электронике и наноэлектронике, направленных на получение новых материалов с заданными свойствами, устройств электроники и наноэлектроники с необходимыми характеристиками и применение полученных на занятиях знаний для получения приборных структур, используемых в различных областях промышленности.

Основные разделы программы курса: Эпитаксиальные методы получения наноструктур. Наноразмерные ионно-лучевые технологии. Нанолитография. Зондовые нанотехнологии. Процессы самоорганизации в нанотехнологиях.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «**Нанотехнологии в электронике**» в структуре ОПОП ВПО находится в цикле профессиональных дисциплин (базовая часть). Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Новые направления физического материаловедения;
- Основы технологии электронной компонентной базы;
- Физические основы электроники;
- Наноэлектроника;

и знания в области математики.

Для освоения данной дисциплины магистр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о технологических процессах получения материалов и устройств на их основе, использовать математический аппарат для описания физических процессов и технологий; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современных технологий в электронике, а также методами физического исследования. Магистры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных технологических проблем с использованием приёмов и методов нанотехнологий; для описания разнообразных физических процессов и состояний в наноструктурных материалах и устройствах наноэлектроники.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

<i>Компетенции из ФГОС3++ ВО</i>	<i>Формулировка компетенции из ФГОС3++ ВО</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>
ПК-1.2	Способен организовать и проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых	<i>Знает:</i> - базовые технологические процессы и оборудование производства изделий микро- и наноэлектроники;

	<p>материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микро- и нанoeлектроники</p>	<ul style="list-style-type: none"> - передовые технологические процессы и оборудование; - современные материалы, используемые в производстве изделий микро- и нанoeлектроники.; - основы планирования эксперимента; - материалы микроэлектронной промышленности; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать передовые разработки в области оборудования и технологий; - планировать экспериментальные работы; - разрабатывать тестовые структуры для оценки качества выполнения технологических операций и контроля параметров используемого оборудования; - работать с контрольноизмерительным оборудованием; - осуществлять контроль и проводить измерения выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками анализа передовых разработок в области технологий и оборудования для производства изделий микроэлектроники; - навыками разработки планов проведения экспериментальных работ; - навыками разработки методик и средств оценки качества выполнения технологических операций и контроля параметров используемого оборудования; - навыками контроля и проведения измерений выходных параметров изделий на каждом технологическом этапе; - навыками анализа результатов проведения экспериментальных работ; - навыками изучения периодических изданий по технологии производства изделий микроэлектроники;
--	---	---

ПК-2.1	Способен согласовать техническое задание на технологический маршрут изготовления изделий «система в корпусе»	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - технико-экономические и прогнозные исследования в области технологии производства изделий «система в корпусе»; - эксплуатационные и ресурсные характеристики основных материалов, используемых для изготовления изделий "система в корпусе"; - параметры технологического оборудования, применяемого для производства изделий "система в корпусе", и его технические возможности; - технологии изготовления изделий "система в корпусе"; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - оставлять техническое задание на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - согласовывать техническое задание на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - вносить корректировки в техническое задание на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками определения технического уровня проектируемого технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе"; - навыками корректировки технического задания на разработку технологического маршрута на изготовление изделий "система в корпусе";
ПК-2.2	Способен корректировать технологический маршрут на изготовление изделий «система в корпусе» в соответствии требованиями технического задания и техническими условиями на изделие	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - взаимосвязь параметров разработанной модели изделий "система в корпусе" с качеством выполнения технологических операций; - технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - определять связь между выявленными в процессе эксплуатации недостатками и особенностями конструкции изделий "система в корпусе"; - определять связь между выявленными в процессе эксплуатации недостатками и качеством определенных технологических операций изготовления изделий "система в корпусе"; <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками анализа недостатков, выявленных

		<p>в процессе производства и эксплуатации изделий "система в корпусе";</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками внесения предложений по корректировке технической документации на изготовление изделий "система в корпусе" для устранения причин выявленных недостатков; - навыками организации типовых испытаний выпускаемых изделий "система в корпусе" для подтверждения корректности
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **3** зачетные единицы, **108** академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные	Контроль самост.		
Модуль 1.									
1.	Введение. Эпитаксиальные методы получения наноструктур	10		4	6		6	5	(ДЗ), (С), (КСР)
2.	Плазменные методы создания наноструктур.	10		2	4		6	5	(ДЗ), (С), (КСР)
3.	Процессы самоорганизации в нанотехнологиях.	10		2	4		6	5	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 1:			8	14		18	15	
Модуль 2									
4.	Нанолитография.	10		4	4		6	5	(ДЗ),(С), (КСР)
5.	Зондовые нанотехнологии	10		2	4		6	5	(ДЗ), (С), (КСР)
6.	Формирование	10		2	4		6	5	(ДЗ), (С), (КСР)

	квантовых точек и проволок.							
	Итого по модулю 2:		8	12		18	15	
	ИТОГО:72		16	26		36	30	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1

Введение

Направления инженерной деятельности. Практическая деятельность человека и современное естествознание. Естественнонаучные основы практической деятельности человека. Два подхода к изготовлению структур в нанотехнологиях.

Тема 1. Эпитаксиальные методы получения наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металорганических соединений. Формирование структур на основе коллоидных растворов. Методы молекулярного наслаивания и атомно – слоевой эпитаксии. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков. Наноразмерные ионно-лучевые технологии

Тема 2. Плазменные методы создания наноструктур. Применение технологии плазменного травления для формирования наноразмерных элементов. Современные методы формирования функциональных слоев наноструктур с применением низкотемпературной газовой плазмы. Перспективы развития плазменной технологии. Циклическое плазмохимическое осаждение наноструктурированных пленок аморфного гидрогенизированного кремния.

Тема 3. Процессы самоорганизации в нанотехнологиях. Методы получения упорядоченных наноструктур. Искусственное наноформирование. Самоорганизация при эпитаксиальном росте. Самоорганизующиеся упорядоченные пористые материалы. Упорядоченные пористые материалы в технологии фотонных кристаллов.

Модуль 2

Тема 4. Нанолитография. Оптическая литография (фотолитография). Электронно-лучевая литография. Профилирование резистов сканирующими зондами. Нанопечать. Сравнение нанолитографических методов. Рентгенолитография. Ионолитография. Импринт - литография.

Тема 5. Зондовые нанотехнологии. Атомная инженерия. Локальное окисление металлов и полупроводников. Лазерное наноманипулирование. Общие принципы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующий туннельный микроскоп. Применение СТМ для исследований. Нанотехнологии на основе СТМ. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Примеры применения АСМ для диагностики полупроводниковых структур. Нанолитография на основе АСМ.

Тема 6. Формирование квантовых точек и проволок. Контакты к отдельным молекулам. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации

при эпитаксии. Перспективы использования массивов квантовых точек в приборных структурах.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

МО- ДУЛЬ	Содержание темы
1.	<p><u>Лекция 1,2.</u> Введение. Эпитаксиальные методы получения наноструктур</p> <p><u>Лекция 3.</u> Плазменные методы создания наноструктур.</p> <p><u>Лекция 4.</u> Процессы самоорганизации в нанотехнологиях</p>
2.	<p><u>Лекция 5.</u> Нанолитография.</p> <p><u>Лекция 6.</u> Нанопечать. Импринт - литография.</p> <p><u>Лекция 7.</u> Зондовые нанотехнологии.</p> <p><u>Лекция 8.</u> Формирование квантовых точек и проволок..</p>

4.3.2. Темы семинарских и практических занятий

4.3.3. Темы для самостоятельной работы

1. Гетерогенные процессы формирования наноструктур.
2. Основные методы эпитаксиального наращивания.
3. Модели эпитаксиального роста пленок.
4. Химическое осаждение из паровой фазы.
5. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.
6. Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии.
7. Использование эпитаксии при изготовлении приборных структур, структуры активных приборов.
8. Формирование структур на основе коллоидных растворов.
9. Золь - гель технология.
10. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков.
11. Искусственное наноформирование.
12. Гетероструктуры как основа наноструктур.
13. Формирование полупроводниковых гетеротрубок.
14. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей.
15. Самоорганизация при эпитаксиальном росте.
16. Наногофрированные структуры.
17. Самоорганизация и самосборка наноструктур.
18. Самоорганизация гетероэпитаксиальных структур.
19. Пучковые методы нанолитографии.
20. Фотохимические процессы, происходящие в фоторезистах под действием света.
21. Возможности пучковых методов нанолитографии в наноэлектронике.
22. Нанопечатная литография.

23. Ионный синтез квантовых наноструктур.
24. Методы зондовой нанотехнологии.
25. Контактное формирование нанорельефа. Бесконтактное формирование нанорельефа.

5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, лабораторные занятия, семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирает наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятель-

ность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлены конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- - домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- - промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- - выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль.

Экзамен в конце 10 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Для получения экзамена по изучаемому предмету, кроме прочих требований, необходимым является защита реферата по предложенным темам в виде презентации.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки **отлично** заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки **хорошо** заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки **удовлетворительно** заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка **неудовлетворительно** выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

<i>Код и наименование компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенций</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>	<i>Процедура освоения</i>
ПК-1.2	Способен организовать и проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых материа-	Знает: современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; материаловедческие проблемы электроники и наноэлектроники; основные за-	Устный опрос

	лов, технологических процессов и оборудования производства изделий микро- и нанoeлектроники	кономерности формирования свойств полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории; методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках.	
ПК-2.1	Способен согласовать техническое задание на технологический маршрут изготовления изделий «система в корпусе»	Умеет: формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и нанoeлектроники; выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физические измерительные приборы и приемы; анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;	Устный опрос, письменный опрос
ПК-2.2	Способен корректировать технологический маршрут на изготовление изделий «система в корпусе» в соответствии требованиями технического задания и техническими условиями на изделие	Владеет: основами теоретических знаний для решения практических задач исследований свойств полупроводников и диэлектриков; опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики полупроводников и диэлектриков;	Устный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.

7.2. Типовые контрольные задания

Вопросы для самоконтроля по теме

«Эпитаксиальные методы получения наноструктур»:

1. Два основных подхода для изготовления наноструктур.
2. Основные особенности молекулярно - лучевой эпитаксии (МЛЭ).
3. Что такое эффузионные ячейки в МЛЭ?
4. В чем заключается метод эпитаксии металлоорганических соединений (МОС)?
5. Достоинства и недостатки метода МОС ГФЭ.

6. В чем заключается технология ионно-лучевого распыления?
7. Основные достоинства и недостатки ионно - лучевого распыления.
8. Что такое самосборка наноструктур?
9. Что такое саморганзация наноструктур?
10. В чем отличие самосборки от саморганзации?
11. Основные условия для самоорганзации структур.
12. Приведите примеры самосборки и самоорганзации.
13. Что такое метод химической сборки?
14. Какие существуют разновидности метода химической сборки?
15. На чем основан метод молекулярного наслаивания?
16. Для получения каких элементов в электронике используют плазменные технологии?
17. Какие условия необходимы для проведения сухого изотропного травления в плазменных технологиях?
18. Какие методы формирования функциональных слоев наноструктур с использованием низкотемпературной газовой плазмы Вам известны?
19. Что такое метод ионизированного физического осаждения из газовой фазы (ФОГФ)?
20. Перспективы развития плазменных технологий.

Нанолитография.

1. Какие методы нанолитографии Вам известны.
2. Основные преимущества нанопечати.
3. Перечислите разновидности нанопечати.
4. Какой материал используют для изготовления штампа в нанопечати?
5. В чем заключается метод чернильной печати?
6. Чем отличается тиснение от чернильной печати?
7. Какое излучение используют в нанопечати для проведения литографии?
8. Основные разновидности импринт – литографии.
9. Отличие термической НИЛ от ультрафиолетовой.
10. Какие штампы используются в наноимпринт литографии?
11. Возможно ли многократное использование штампов в импринт литографии?
12. В чем состоит метод мягкой литографии?
13. Главное отличие мягкой литографии.
14. Справедливо ли утверждение, что для проведения мягкой литографии требуется специальное оборудование?
15. Основные преимущества мягкой литографии.

«Зондовые технологии»

1. Что собой представляют зондовые нанотехнологии?
2. Перечислите основные приборы зондовых нанотехнологий.

3. Расшифруйте название зондовых устройств СТМ и АСМ.
4. Что собой представляет зонд в сканирующем туннельном микроскопе?
5. Каков должен быть радиус закругления зонда, чтобы получать информацию об атомной структуре поверхности?
6. В чем заключается метод «постоянного тока»?
7. Основные преимущества зондовой технологии на базе туннельного микроскопа.
8. Что такое кантелевер?
9. Какой тип химического взаимодействия лежит в основе атомно – силового микроскопа?
10. В чем основное отличие между методами СТМ и АСМ?
11. Перечислите эффекты и явления, лежащие в основе методов зондовой нанотехнологии.
12. Что такое эффект полевой эмиссии?
13. Что такое пондеромоторные силы? Какова величина пондеромоторных сил в под зондом?
14. Какие поляризационные эффекты возникают между зондом и поверхностью твердого тела? Какова роль жидкость в этих явлениях?
15. Что понимают под полевым испарением в зондовых методах?
16. Возможно ли локальное структурное изменение вещества при воздействии зонда и почему?
17. Возможно ли использовать зондовые технологии для формирования заданного микрорельефа на поверхности?
18. Какие зонды используют для контактного формирования нанорельефа?
19. В чем заключается бесконтактное формирование нанорельефа?
20. Какое поле – постоянное или переменное используют при бесконтактном формировании нанорельефа?
21. Можно ли использовать бесконтактное формирование нанорельефа для создания ячеек памяти?
22. Какие методы бесконтактного формирования нанорельефа Вам известны?
23. Что такое локальная глубинная модификация поверхности?
24. Основное условие проведения локальной модификации полупроводников.
25. В чем заключается метод межэлектродного массопереноса?
26. Каким образом захваченный зондом адсорбированный атом закрепляется на поверхности подложки?
27. Что такое электрохимический массоперенос?
28. Чем отличается межэлектродный массоперенос от электрохимического?
29. Что является отличительной особенностью электрохимического массопереноса?
30. В чем сущность массопереноса из газовой фазы?
31. Локальное анодное окисление.
32. Какова роль воды при локальном анодном окислении?
33. Основные преимущества и недостатки СТМ-литографии.

Тематика рефератов по НТвЭ

1. Процессы самоорганизации гетероэпитаксиальных структур.
2. Методы получения наногофрированных структур.
3. Технологии межэлектронного переноса.
4. Процессы контактного формирования нанорельефа.
5. Атомная инженерия.
6. Самосборка при эпитаксии.
7. Перьевая нанолитография.
8. Термомеханическая нанолитография.
9. Коллоидная литография.
10. Методы записи информации с помощью зондовых технологий
11. Методы получения наноаэрогелей.
12. Лазерное наноманипулирование
13. Наноразмерные ионно-лучевые технологии.
14. Ионный синтез квантовых наноструктур.
15. Эллипсометрия наноразмерных слоев и композиций.
16. Диагностика квантоворазмерных наноструктур методами модуляционной оптической спектроскопии.
17. Метод локального зондового окисления.
18. Размерный эффект плавления в пленочных структурах нанoeлектроники.
19. Лазерная сварка композиционных наноматериалов

Вопросы к экзамену по курсу «Нанотехнологии в электронике»

1. Эпитаксиальные методы получения наноструктур. (Молекулярно-лучевая эпитаксия.)
2. Эпитаксиальные методы получения наноструктур. (Газофазная эпитаксия из металорганических соединений).
3. Эпитаксиальные методы получения наноструктур. (Ионно – лучевое распыление)
4. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии.
5. Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии.
6. Наноразмерные ионно-лучевые технологии.
7. Фотолитография.
8. Электронно-лучевая литография.
9. Профилирование резистов сканирующими зондами.
10. Нанопечать.
11. Рентгенолитография.
12. Ионолитография.
13. Импринт - литография.
14. Мягкая литография.

15. Перьевая нанолитография.
16. Прямая литография магнитных наноструктур
17. Анодно окислительная литография.
18. Силовая литография.
19. Сканирующие зондовые технологии.
20. Сканирующий туннельный микроскоп.
21. Ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ).
22. Микроскоп магнитных сил (ММС)
23. Электросиловой микроскоп (ЭСМ)
24. Сканирующий тепловой микроскоп.
25. Нанотехнологии на основе СТМ.
26. Сканирующий атомно-силовой микроскоп.
27. Нанолитография на основе АСМ.
28. Формирование квантовых точек и проволок. (коллоидный синтез)
29. Формирование квантовых точек и проволок. (эпитаксиальные методы)
30. Процессы самоорганизации в нанотехнологиях.
31. Методы получения решетчатых наноструктур (самоорганизация с помощью ААО)
32. Методы получения наноаэрогелей.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

Критерии оценок на зачетах и экзаменах.

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает,

отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. Бином. Лаборатория знаний, 2012, - 432 С. - 12 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Лозовский, Владимир Николаевич . Нанотехнология в электронике: Введение в специальность : [учеб. пособие] / Лозовский, Владимир Николаевич , Г. С. Константинова. - [2-е изд., испр.]. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 327 с. – 12 экз.(в научной библиотеке ДГУ).
3. Шука А.А. Нанoeлектроника – М.:Издательство "Лаборатория знаний", 2015, 345 с.<https://ru.b-ok.cc/book/2915655/959f64>

4. Борисенко В.Е., Воробьева А.И. Нанoeлектроника. Часть 2. Нанотехнология Минск, БГУИР, 2003. - 76 с., <http://bib.convdocs.org/v14602/?cc=1&view=pdf>
5. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. М., Техносфера, 2005, 450 С. – свободный доступ: http://www.studmed.ru/chaplygin-yua-red-nanotehnologii-v-elektronike_9ff2329dc4e.html#

Дополнительная литература

1. Кобаяси, Наоя. Введение в нанотехнологию : пер. с японск. / Кобаяси, Наоя. - М. : Бинoм. Лаборатория знаний, 2005. - 134 с. – 15 экз. (научная библиотека ДГУ)
2. Раскин, Александр Александрович. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. 210100 "Электроника и микроэлектроника". Ч.1 / Раскин, Александр Александрович, В. К. Прокофьева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 163 с. - 18 экз. (в научной библиотеке ДГУ).
3. Рошин, Владимир Михайлович. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. 210100 "Электроника и микроэлектроника". Ч.2 / Рошин, Владимир Михайлович, М. В. Силибин. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. – 179 с. - 18 экз. (в научной библиотеке ДГУ).
4. Наноматериалы, нанопокpытия, нанотехнологии: Учебное пособие /Азаренков Н. А., Береснев В. М., Погребняк А. Д., Маликов Л. В., Турбин П. В.– Х.: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 С. – свободный доступ: <https://nashol.com/2014072779273/nanomateriali-nanopokritiya-nanotehnologii-azarenkov-n-a-beresnev-v-m-pogrebnyak-a-d-malikov-l-v-turbin-p-v-2009.html>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Дагестанский государственный университет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **11.04.03. Электроника и нанoeлектроника.:**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). <https://uisrussia.msu.ru/>Доступ бессрочный.
3. Доступ кэлектронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>(единое

- окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
 7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
 8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
 9. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
 10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
 11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
 12. **Мировая интерактивная база данных SpringerLink.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ открыт с 01.01.2018.
 13. **Мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных SCOPUS** <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Доступ открыт с 01 сентября 2017 г.
 14. **БДСAGEPremier.ЖурналыSagePublications:**<http://journals.sagepub.com/> . Доступ открыт с 01 января 2018 г.
 15. Международная реферативная база данных **Web of Science** - webofknowledge.com. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Доступ открыт с 01 апреля 2017 г.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Магистр в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Магистр должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие

способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому магистру следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
<i>Лекция</i>	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
<i>Практические занятия</i>	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
<i>Реферат</i>	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
<i>Подготовка к экзамену</i>	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером: *с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.*

Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.04.04 «**Электроника и нано-электроника**», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОС ВО. На кафедре функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: «Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники», «Физика и технология тонкопленочных структур», «Электрически активные диэлектрики в электронике», «Физическая химия полупроводников и диэлектриков».

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.