


| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета
инженерно-физического факультета
и высоких технологий,
от «16» июня 2020 г., протокол № 11
Председатель А. М. Хусаинов / А. М. Хусаинов /
(подпись, расшифровка подписи)
«16» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|------------|--|
| Дисциплина | Нанoeлектроника |
| Факультет | Инженерно-физический факультет высоких технологий |
| Кафедра | Кафедра физического материаловедения |
| Курс | 4 |

Направление (специальность): **28.03.02 «Нанoeинженерия» (бакалавриат)**
(код направления (специальности), полное наименование)

Направленность (профиль/специализация): **Нанoeинженерия в машиностроении**
(полное наименование)

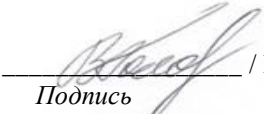
Форма обучения: **очная**
(очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются))


Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2020 г.**

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

| ФИО | Кафедра | Должность, ученая степень, звание |
|----------------------|---|---|
| Соловьев А.А. | Кафедра физического материаловедения | доцент кафедры физического материаловедения, к.ф.-м.н. |

| |
|---|
| СОГЛАСОВАНО |
| Заведующий выпускающей кафедрой физического материаловедения |
|  Подпись / В.Н. Голованов / ФИО |
| « 5 » июня 2020 г. |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Нанозлектроника» является изучение физических, экспериментальных и технологических основ современной электроники, перспектив ее развития на основе фундаментальных физических закономерностей и явлений, а также фундаментальных квантовых ограничений, таких как интерференционные эффекты, процессы туннелирования, баллистический транспорт. Большое внимание уделяется новым материалам, технологиям и физико-техническим принципам создания приборов и устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Нанозлектроника» относится к базовой части профессионального цикла, являясь одной из основных профессиональных дисциплин, формирующих профессиональные знания и навыки, характерные для бакалавра по направлению подготовки 28.03.02 – «Наноинженерия».

Изучение данной дисциплины базируется на знания студентом основных положений следующих курсов и дисциплин:

Физика

Математический анализ

Аналитическая геометрия и линейная алгебра

Физический практикум

Инженерная и компьютерная графика

Физика конденсированного состояния вещества/ Физика твердого тела

Химия

Экология

Начертательная геометрия

Введение в наноинженерию

Программирование (+ практикум на ЭВМ)

Инженерная графика

История развития технологий/ История мировых открытий в области науки и техники


Ознакомительная практика

Численные методы и математическое моделирование

Физика. Электромагнетизм

Дифференциальные уравнения

Прикладная механика

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

Методы и средства измерений и контроля

Прикладная механика

Электротехника и электроника

Физика. Оптика

Теория вероятностей и математическая статистика

Сопротивление материалов

Физический практикум по оптике

Технологическая (проектно-технологическая) практика

Управление качеством

Физика атома

Технологическая (проектно-технологическая) практика

Кристаллография, рентгенография

Нанометрология

Материаловедение наноматериалов и наносистем

Физика ядра

Моделирование гуманитарных процессов

Методы диагностики в нанотехнологиях

Физико-химические основы нанотехнологий

Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Физико-химические основы нанотехнологий

Методы диагностики в нанотехнологиях

Изучение данной дисциплины является предшествующей для следующих курсов и дисциплин:

Программные статистические комплексы/ Применение ЭВМ в инженерных расчетах

Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей


Планирование и организация эксперимента/ Автоматизация эксперимента

Преддипломная практика

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

- знание базовых понятий и определений в области физики, математики;
- способность использовать справочные документы и государственные стандарты;
- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования;

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих дисциплин:

Программные статистические комплексы/ Применение ЭВМ в инженерных расчетах

Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей


Планирование и организация эксперимента/ Автоматизация эксперимента

а также для прохождения преддипломной практики, выполнения и защиты выпускной квалификационной работы, подготовки к сдаче и сдача государственного экзамена.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование реализуемой компетенции | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций |
|---|---|
| ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования | Знать: физические законы функционирования нанoeлектронных приборов и устройств. Уметь: применять законы функционирования нанoeлектронных устройств. Владеть: методами анализа и синтеза информации для выявления тенденций развития перспективных направлений в области нанoeлектроники. |
| ПК-3 Использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов для | Знать: основные тенденции развития нанoeлектроники на основе новых физических принципов взаимодействия носителей информационных сигналов с электромагнитными полями, материалов, технологий и бионанотехнологий. Уметь: анализировать текущую и фундаментальную литературу, интернет-сайты с целью выявления тенденций |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |


| | |
|---|--|
| испытаний инновационной продукции наноиндустрии | развития отдельных направлений наноэлектроники. Владеть: специальной терминологией. |
| ПК-4 Проведение испытаний изделий из наноструктурированных композиционных материалов с целью выявления показателей уровня качества, функциональных потребительских свойств, брака и путей его устранения. | Знать: современные проблемы физики наноразмерных структур; высокие технологии производства приборов и устройств наноэлектроники Уметь: применять знания, полученные при изучении курса «Наноэлектроника», при рассмотрении вопросов, связанных с теоретическими, экспериментальными и технологическими аспектами разработки и изготовления наноэлектронных приборов и устройств; Владеть: методами оценки ожидаемых результатов при внедрении конструктивных решений в информационные приборы и системы. |

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 5 ЗЕТ.

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах):

| Вид учебной работы | Количество часов (форма обучения – очная) | | | |
|---|---|---------------------|----------|---|
| | Всего по плану | в т.ч. по семестрам | | |
| | | 5 | 6 | 7 |
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП | 72/72 | - | - | 72/72 |
| Аудиторные занятия: | | | | |
| • лекции | 18/18 | - | - | 18/18 |
| • семинары и практические занятия | 18/18 | - | - | 18/18 |
| • лабораторные работы, практикумы | 36/36 | - | - | 36/36 |
| Самостоятельная работа | 72/72 | - | - | 72/72 |
| Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов) | тестирование, устный опрос, защита лабораторных работ | - | - | тестирование, устный опрос, защита лабораторных работ |
| Курсовая работа | - | - | - | - |
| Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет) | экзамен 36/36 | - | - | экзамен 36/36 |
| Всего часов по дисциплине | 180/180 | - | - | 180/180 |


| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

4.1. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения – *очная*

| Название разделов и тем | Всего | Виды учебных занятий | | | | | Форма текущего контроля знаний |
|---|-------|----------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------|--|
| | | Аудиторные занятия | | | в т.ч. занятия в интерактивной форме | Самостоятельная работа | |
| | | Лекции | Практические занятия, семинары | Лабораторная работа | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. Физические основы нанoeлектроники | 32 | 2 | 2 | 12 | 12 | 16 | Тестирование Устный опрос, |
| 2. Нанотехнологии. Гетерогенные процессы формирования наноструктур | 8 | 2 | 2 | – | – | 4 | Тестирование Устный опрос, |
| 3. Нанотехнологии. Методы получения упорядоченных наноструктур | 32 | 2 | 2 | 12 | 12 | 16 | Тестирование Устный опрос, защита лабораторных работ |
| 4. Нанотехнологии. Литографические методы формирования наноструктур | 20 | 2 | 2 | 6 | 6 | 10 | Тестирование Устный опрос, защита лабораторных работ |
| 5. Нанотехнологии. Методы зондовой нанотехнологии | 8 | 2 | 2 | – | – | 4 | Тестирование Устный опрос, |
| 6. Нанoeлектронные | 44 | 8 | 8 | 6 | 6 | 22 | Тестирование Устный |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

| | | | | | | | |
|-------------------|-----|----|----|----|----|----|---|
| приборы и системы | | | | | | | опрос, защита лаборатор- ных работ |
| Итого | 144 | 18 | 18 | 36 | 36 | 72 | |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Раздел 1. Физические основы наноэлектроники.

- Закон Мура.
- Элементы зонной теории
- Гетероструктуры и барьеры Шоттки
- Квантовые ямы, нити, точки
- Электрофизические свойства наночастиц.
- Закон масштабирования и его применение в НЭ
- Основы одноэлектроники

Раздел 2. Нанотехнологии. Гетерогенные процессы формирования наноструктур

- Молекулярно-лучевая эпитаксия
- Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений
- Формирование структур на основе коллоидных растворов
- Золь-гель-технология
- Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии
- Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков


Раздел 3. Нанотехнологии. Методы получения упорядоченных наноструктур

- Искусственное наноформообразование
- Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей
- Наногофрированные структуры
- Самоорганизация структур

Раздел 4. Нанотехнологии. Литографические методы формирования наноструктур

- Критерий Рэля
- Оптическая литография
- Рентгеновская литография
- Электронная литография
- Ионная литография
- Возможности пучковых методов нанолитографии в наноэлектронике
- Нанопечатная литография

Раздел 5. Нанотехнологии. Методы зондовой нанотехнологии

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |


- Физические основы зондовой нанотехнологии
- Контактное формирование нанорельефа
- Бесконтактное формирование нанорельефа
- Локальная глубинная модификация поверхности
- Межэлектродный массоперенос
- Массоперенос
- Локальное анодное окисление
- СТМ-литография
- Совместное использование лазера и сканирующего туннельного микроскопа в нанолитографии
- Нанобиотехнологии

Раздел 6. Нанoeлектронные приборы и системы

- Нанoeлектронные конденсаторы
- Нанoeлектронные аккумуляторы энергии и топливные элементы
- Нанотранзисторы на основе структур кремний на сапфире
- Нанотранзисторы с гетеропереходами
- Нанодиоды и нанотранзисторы с резонансным туннелированием
- Нанодиоды и нанотранзисторы на основе нанотрубок
- Нанoeлектронные лазеры
- Оптические модуляторы
- Дисплеи и осветительные приборы с использованием наноматериалов
- Дисплеи и осветительные приборы на основе нанотрубок
- Фотоприемники на квантовых ямах
- Фотоприемники на основе квантовых точек
- Квантово-точечные клеточные автоматы
- Молекулярные переключатели
- Одноэлектронные транзисторы
- Квантовые компьютеры
- Однокристалльные системы
- Системы для компьютеров
- Нанoeлектронные системы беспроводной связи

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Физические основы нанoeлектроники.

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

Тема 1. Гетероструктуры и барьеры Шоттки. Квантовые ямы, нити, точки.

Электрофизические свойства наночастиц.

Раздел 2. Нанотехнологии. Гетерогенные процессы формирования наноструктур

Тема 1. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Формирование структур на основе коллоидных растворов. Золь-гель-технология.

Раздел 3. Нанотехнологии. Методы получения упорядоченных наноструктур

Тема 1. Наногофрированные структуры. Самоорганизация структур.

Раздел 4. Нанотехнологии. Литографические методы формирования наноструктур

Тема 1. Возможности пучковых методов нанолитографии в наноэлектронике.

Нанопечатная литография.

Раздел 5. Нанотехнологии. Методы зондовой нанотехнологии

Тема 1. СТМ-литография. Совместное использование лазера и сканирующего туннельного микроскопа в нанолитографии. Нанобиотехнологии.

Раздел 6. Наноэлектронные приборы и системы

Тема 1. Наноэлектронные конденсаторы. Наноэлектронные аккумуляторы энергии и топливные элементы.

Тема 2. Нанотранзисторы на основе структур кремний на сапфире. Нанотранзисторы с гетеропереходами.


Тема 3. Нанодиоды и нанотранзисторы с резонансным туннелированием. Нанодиоды и нанотранзисторы на основе нанотрубок. Наноэлектронные лазеры

Тема 4. Дисплеи и осветительные приборы с использованием наноматериалов. Дисплеи и осветительные приборы на основе нанотрубок. Фотоприемники на квантовых ямах.


Фотоприемники на основе квантовых точек.

5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

| № п/п | Тема занятия. Краткое содержание. | Объем в часах | Раздел программы |
|-------|---|---------------|---|
| 1. | ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 Тема. Использование операторов матричного исчисления в среде MatLab. Цель работы 1. Изучить интерфейс и основные возможности программного пакета MatLab. 2. Используя возможности матричного исчисления программы MatLab, выполнить расчет переменной в соответствии с выданным вариантом задания. | 4 | Раздел 3. Нанотехнологии. Методы получения упорядоченных наноструктур |
| 2. | ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 Тема. Использование операторов для работы с | 4 | Раздел 3. Нанотехноло |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

| | | | |
|----|--|---|---|
| | <p>массивами в среде MatLab.</p> <p>Цель работы</p> <p>1. Изучить основные возможности программного пакета MatLab при работе с массивами, включая различные способы объявления и заполнения массивов.</p> <p>2. Используя возможности программы MatLab, выполнить расчет массива «с» в соответствии с выданным вариантом задания.</p> | | гии. Методы получения упорядоченных наноструктур |
| 3. | <p>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3</p> <p>Тема. Использование операторов с условием и циклических операторов в MatLab.</p> <p>Цель работы</p> <p>1. Изучить основные возможности программного пакета MatLab при работе с условными операторами и операторами цикла.</p> <p>2. Используя возможности программы MatLab, составить программу и выполнить задание в соответствии с выданным вариантом.</p> | 4 | Раздел 3. Нанотехнологии. Методы получения упорядоченных наноструктур |
| 4. | <p>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4</p> <p>Тема. Расчет распределения электронной плотности в канале нанотранзистора.</p> <p>Цель работы</p> <p>1. Используя возможности MatLab, произвести расчет распределения электронной плотности в канале нанотранзистора в соответствии с выданным вариантом задания.</p> <p>2. На основе анализа полученных результатов расчета выяснить влияние параметров γ_1 и γ_2 на характер распределения электронной плотности в нанотранзисторе.</p> <p>3. На основе анализа расчетных данных, выполненных в соответствии с выданным вариантом задания, определить оптимальный диапазон значений сетки по энергии и шага по ней с целью корректного расчета распределения электронной плотности в нанотранзисторе.</p> | 6 | Раздел 4. Нанотехнологии. Литографические методы формирования наноструктур |
| 5. | <p>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5</p> <p>Тема. Расчет выходной электрической характеристики нанотранзистора.</p> <p>Цель работы</p> <p>1. Используя возможности MatLab, произвести численное моделирование работы нанотранзистора в рамках модели самосогласованного поля.</p> <p>2. Расчетным путем получить зависимости концентрации электронов внутри канала и тока стока (выходного тока нанотранзистора, включенного по схеме с общим заземленным истоком) от напряжения стока.</p> | 6 | Раздел 6. Нанoeлектроны приборы и системы |
| 6. | <p>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6</p> <p>Тема. Движение частиц в поле потенциальных сил. Движение частиц через потенциальный барьер.</p> | 4 | Раздел 1. Физические основы |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | Цель работы Исследовать движение частиц в поле потенциальных сил и при прохождении потенциального барьера. | | наноэлектроника |
| 7. | ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 Тема. Исследование статистических свойств носителей заряда в полупроводниках. Цель работы Исследовать статистику носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках. | 4 | Раздел 1. Физические основы наноэлектроники |
| 8. | ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 Тема. Контактные явления в полупроводниках. Цель работы Изучить физические процессы в контакте двух полупроводников в равновесном состоянии при приложении прямого и обратного напряжений. | 4 | Раздел 1. Физические основы наноэлектроники |

6. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ


Физические основы наноэлектроники

1. Закон Мура.
2. Элементы зонной теории
3. Гетероструктуры и барьеры Шоттки
4. Квантовые ямы, нити, точки
5. Электрофизические свойства наночастиц.
6. Закон масштабирования и его применение в НЭ
7. Основы одноэлектроники

Нанотехнологии

Гетерогенные процессы формирования наноструктур

8. Молекулярно-лучевая эпитаксия
 9. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений
 10. Формирование структур на основе коллоидных растворов
 11. Золь-гель-технология
 12. Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии
 13. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков
- ### *Методы получения упорядоченных наноструктур*
14. Искусственное наноморфообразование
 15. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей
 16. Наногофрированные структуры

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

17. Самоорганизация структур

Литографические методы формирования наноструктур

18. Критерий Рэлея

19. Оптическая литография

20. Рентгеновская литография

21. Электронная литография

22. Ионная литография

23. Возможности пучковых методов нанолитографии в нанoeлектронике

24. Нанопечатная литография

Методы зондовой нанотехнологии

25. Физические основы зондовой нанотехнологии

26. Контактное формирование нанорельефа

27. Бесконтактное формирование нанорельефа

28. Локальная глубинная модификация поверхности

29. Межэлектродный массоперенос

30. Массоперенос

31. Локальное анодное окисление

32. СТМ-литография

33. Совместное использование лазера и сканирующего туннельного микроскопа в нанолитографии

34. Нанобиотехнологии

Нанoeлектронные приборы и системы

35. Нанoeлектронные конденсаторы

36. Нанoeлектронные аккумуляторы энергии и топливные элементы

37. Нанотранзисторы на основе структур кремний на сапфире

38. Нанотранзисторы с гетеропереходами

39. Нанодиоды и нанотранзисторы с резонансным туннелированием

40. Нанодиоды и нанотранзисторы на основе нанотрубок

41. Нанoeлектронные лазеры


42. Оптические модуляторы

43. Дисплеи и осветительные приборы с использованием наноматериалов

44. Дисплеи и осветительные приборы на основе нанотрубок

45. Фотоприемники на квантовых ямах

46. Фотоприемники на основе квантовых точек

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |


47. Квантово-точечные клеточные автоматы
48. Молекулярные переключатели
49. Одноэлектронные транзисторы
50. Квантовые компьютеры.
51. Однокристалльные системы.
52. Системы для компьютеров
53. Нанoeлектронные системы беспроводной связи

8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019 г.).

Форма обучения – очная.

| Название разделов и тем | Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.) | Объем в часах | Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.) |
|---|--|---------------------|---|
| 1. Физические основы нанoeлектроники | <ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к тестированию; • Подготовка к сдаче экзамена | 16 | Тестирование, устный опрос |
| 2. Нанотехнологии. Гетерогенные процессы формирования наноструктур | <ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к тестированию; • Подготовка к сдаче экзамена | 4 | Тестирование, устный опрос |
| 3. Нанотехнологии. Методы получения упорядоченных наноструктур | <ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка для защиты лабораторных работ; • Подготовка к тестированию; • Подготовка к сдаче экзамена | 16 | Тестирование, устный опрос, защита лабораторных работ |
| 4. Нанотехнологии. Литографические | <ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного | 10 | Тестирование, устный опрос, защита |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

| | | | |
|---|---|----|---|
| методы формирования наноструктур | обеспечения дисциплины; <ul style="list-style-type: none"> • Подготовка для защиты лабораторной работы; • Подготовка к тестированию; • Подготовка к сдаче экзамена | | лабораторных работ |
| 5. Нанотехнологии. Методы зондовой нанотехнологии | <ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к тестированию; • Подготовка к сдаче экзамена | 4 | Тестирование, устный опрос |
| 6. Наноэлектронные приборы и системы | <ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; • Подготовка к тестированию; • Подготовка к сдаче экзамена <ul style="list-style-type: none"> • Подготовка к защите лабораторных работ | 22 | Тестирование, устный опрос, защита лабораторных работ |

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


а) Список рекомендуемой литературы

основная:

1. *Щука, А. А.* Наноэлектроника : учебник для вузов / А. А. Щука ; под общей редакцией А. С. Сигова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 297 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8280-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451228>.
2. *Игнатов, А. Н.* Наноэлектроника. Состояние и перспективы развития : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 410 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/55451.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
3. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3 / под ред. Ю. А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера, 2015. - 480 с. - (Мир электроники). - Библиогр.: с. 478-479. - ISBN 978-5-94836-422-3 (в пер.). Шифры: 32.844.2.

дополнительная:

1. *Игнатов, А. Н.* Химико-технологические основы микро и наноэлектроники : учебное пособие / А. Н. Игнатов, И. В. Решетнева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 213 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45490>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

2. Давыдов Сергей Юрьевич. Элементарное введение в теорию наносистем : учеб. пособие для вузов по направл. подгот. "Электроника и наноэлектроника", "Нанотехнологии и микросистемная техника" / Давыдов Сергей Юрьевич, А. А. Лебедев, О. В. Посредник. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 192 с. : ил. - (Учебники для вузов) (Специальная литература). - Библиогр.: с. 188-189. - ISBN 978-5-8114-1565-6 (в пер.).
3. Нанотехнологии в электронике. Вып. 2 / под ред. Ю. А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера, 2013. - 688 с. - (Мир электроники). - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-94836-353-0 (в пер.). Шифры: 32.844.2.
4. Микро- и наноэлектроника в системах радиолокации : монография / Ю. В. Гуляев [и др.]. - Москва : Радиотехника, 2013. - 480 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-88070-377-7 (в пер.). Автор: Гуляев Ю. В., Бугаев А. С., Быстров Р. П., Никитов С. А., Черепенин В. А. Шифры: 32.95.

учебно-методическая:

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по наноэлектронике для студентов бакалавриата и специалитета всех форм обучения / А.А. Соловьев, В.В. Рыбин, М.Ю. Махмуд-Ахунов. - Ульяновск : УлГУ, 2017. - 61 с.

Согласовано:

И. И. Библиотечка ООП НЭ | *Чашкина С. З.* | *СМ* |
 Должность сотрудника научной библиотеки | ФИО | подпись | дата

б) Программное обеспечение:


- ОС Альт Рабочая станция 8;
- Мой офис стандартный.
- Программная среда MatLab.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

- 1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ группа компаний Ай Пи Эр Медиа. - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.
- 1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Политехресурс. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.
- 1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. - С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.
- 1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Знаниум. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система/ Компания «Консультант Плюс». - Электрон. дан. - Москва: КонсультантПлюс, [2019].

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

3. **База данных периодических изданий** [Электронный ресурс]: электронные журналы/ ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.

5. **Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ресурс]: электронная библиотека/ ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

6. **Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://единоеокно.рф). Режим доступа: <http://window.edu.ru>.

6.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>.

7. **Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>.

7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа: <http://edu.ulsu.ru>.

8. **Профессиональные информационные ресурсы:**

8.1. Материалы о менеджменте качества. Режим доступа: <http://quality.eur.ru>.

8.2. Издательство «Стандарты и качество». Режим доступа: <http://www.stq.ru>.

8.3. Ассоциация Деминга. Режим доступа: <http://www.deming.ru>.

8.4. Центр «Приоритет». Режим доступа: <http://www.centerprioritet.ru>.

Согласовано:

Зам. кан. УСНТ / Кирилов А.В. / [Подпись]

2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций и семинарских занятий, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций.


Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе.

Для проведения лабораторных занятий необходим компьютер не ниже Pentium II и программное обеспечение MatLab.

3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф - Рабочая программа дисциплины | | |

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей

Разработчик


(подпись)

доц. кафедры ФМ

(должность)

А.А. Соловьев

(ФИО)