

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Квантовые электронные свойства наносистем БЗ.ДВ.3

Направление подготовки: 222900.62 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Парфенов В.В.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6166614

Казань

2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Парфенов В.В. Кафедра физики твердого тела Отделение физики, Viktor.Parfenov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

ознакомление студентов с физическими основами нанoeлектроники и нанотехнологий.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 222900.62 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

является дисциплиной по выбору профессионального цикла (блок Б3.ДВ) дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки "Нанотехнологии и микросистемная техника".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов nano- и микросистемной техники
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
ПК-5 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и проектировать компоненты nano- и микросистемной техники
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- физические процессы, происходящие в структурах, имеющих размеры 10-100 нм;
- технологические особенности синтеза новых полупроводниковых материалов и построения на их основе наноразмерных структур для электроники;
- физические основы нанoeлектроники - условия возникновения размерного квантования электронного газа в полупроводниковых структурах, специфические эффекты, возникающими вследствие такого квантования;
- механизмы переноса носителей заряда в низкоразмерных системах и полупроводниковых приборах на основе таких систем;
- фотоэлектрические, оптические и люминесцентные явления в гетероструктурах;
- применение наноразмерных структур в электронной технике.

2. должен уметь:

измерять на современном оборудовании физические параметры полупроводниковых приборов на основе гетероструктур.

3. должен владеть:

проведением экспериментальных исследований по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
 описанием проводимых исследований, анализом результатов, подготовкой данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре; зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур.	7	1	2	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод газофазной эпитаксии.	7	2	2	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.	7	3	2	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Методы элементного анализа и исследования поверхности.	7	4	2	2	0	устный опрос
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	5	2	2	0	устный опрос
6.	Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.	7	6	2	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы.	7	7	2	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).	7	8	2	2	0	устный опрос
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей.	7	9	2	2	0	устный опрос
10.	Тема 10. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей.	7	10	2	2	0	устный опрос
11.	Тема 11. Сверхрешетки.	7	11	2	2	0	устный опрос
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах.	7	12	2	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
13.	Тема 13. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	13	2	2	0	устный опрос
14.	Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла.	7	14	2	2	0	устный опрос
15.	Тема 15. Транзисторные наноструктуры. Устройство и принцип действия.	7	15	2	2	0	устный опрос
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах.	7	16	2	2	0	устный опрос
17.	Тема 17. Одноэлектроника.	7	17	2	0	0	устный опрос
18.	Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.	7	18	2	2	0	устный опрос
19.	Тема 19. Все разделы	7		0	0	0	
20.	Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"	8	1-2	0	0	8	
21.	Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"	8	3-4	0	0	6	
22.	Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"	8	5-6	0	0	6	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			36	30	20	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений A3B5, A2B6, A4B6. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод газофазной эпитаксии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез. Металлорганическая газофазная эпитаксия.

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с ?нулевой? массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 4. Методы элементного анализа и исследования поверхности.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 10. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 11. Сверхрешетки.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фонах в сверхрешетка

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 13. Целочисленный квантовый эффект Холла.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 15. Транзисторные наноструктуры. Устройство и принцип действия.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 17. Одноэлектроника.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?

Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 19. Все разделы

Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Измерение спектров плазмонного резонанса наночастиц серебра в диэлектрической матрице. Расчет размеров наночастиц.

Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Измерение спектров светодиодов на гетероструктурах. Построение спектральных зависимостей. Анализ результатов.

Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Измерение ВАХ туннельного диода. Анализ результатов.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур.	7	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод газофазной эпитаксии.	7	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Методы элементного анализа и исследования поверхности.	7	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.	7	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы.	7	7	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).	7	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей.	7	9	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей.	7	10	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах.	7	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
13.	Тема 13. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	13	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
15.	Тема 15. Транзисторные наноструктуры. Устройство и принцип действия.	7	15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах.	7	16	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
17.	Тема 17. Одноэлектроника.	7	17	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
20.	Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"	8	1-2	подготовка отчета по лабораторной работе	10	защита отчета
21.	Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"	8	3-4	подготовка отчета по лабораторной работе	10	защита отчета
22.	Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"	8	5-6	подготовка отчета по лабораторной работе	8	защита отчета
	Итого				58	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, лабораторные и практические занятия, интерактивные методы работы постоянное взаимодействие между преподавателем и студентом в процессе обучения, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур.

устный опрос , примерные вопросы:

Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений A_3B_5 , A_2B_6 , A_4B_6 . Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод газофазной эпитаксии.

устный опрос , примерные вопросы:

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Перспективы применения в электронике.

Тема 4. Методы элементного анализа и исследования поверхности.

устный опрос , примерные вопросы:

Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

устный опрос , примерные вопросы:

Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах.

устный опрос , примерные вопросы:

Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.

Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы.

устный опрос , примерные вопросы:

Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС).

устный опрос , примерные вопросы:

Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей.

устный опрос , примерные вопросы:

Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

Тема 10. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей.

устный опрос , примерные вопросы:

Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

Тема 11. Сверхрешетки.

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах.

устный опрос , примерные вопросы:

Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

Тема 13. Целочисленный квантовый эффект Холла.

устный опрос , примерные вопросы:

Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла.

Тема 15. Транзисторные наноструктуры. Устройство и принцип действия.

устный опрос , примерные вопросы:

Транзисторные наноструктуры: полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), транзисторы с резонансным туннелированием через квантовую точку (RHET) и др. Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.

Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах.

устный опрос , примерные вопросы:

Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

Тема 17. Одноэлектроника.

устный опрос , примерные вопросы:

Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?

Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

Тема 19. Все разделы

Тема 20. Лаб. работа "Спектры плазмонного резонанса наночастиц серебра"

защита отчета , примерные вопросы:

Плазмонный резонанс в массивных образцах. Теория Друде-Лоренца. Ионная имплантация как метод получения наночастиц. Влияние размеров наночастиц на плазменную частоту.

Тема 21. Лаб. работа "Спектры светодиодов на гетероструктурах"

защита отчета , примерные вопросы:

Люминесценция в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Спектры светодиодов на гетероструктурах.

Тема 22. Лаб. работа "Туннельный диод"

защита отчета , примерные вопросы:

Ток в вырожденном p-n переходе. Туннельная и диффузионная составляющие. Отрицательное дифференциальное сопротивление.

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

лабораторные работы по разделам дисциплины, рефераты, доклады.

7.1. Основная литература:

1. Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, В. Я. Вайспапир, С. В. Воробьева. ? 2-е изд., стер. . М. : ФЛИНТА, 2012. ? 728 с. - ISBN 978-5-9765-0263-5

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=455216>

2. Шука, А. А. Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Шука ; под ред. А. С. Сигова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 342 с. : ил.: 60x90/16. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-1055-5.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=366748>

3. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах [Электронный ресурс] / В. Ф. Гантмахер. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 232 с. - ISBN 978-5-9221-0578-1.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=416511>

7.2. Дополнительная литература:

1. Парфенов В.В. Квантово-размерные структуры в электронике: оптоэлектроника, КГУ, 2007.
2. Парфенов В.В. Квантово-размерные структуры в электронике: транзисторные структуры и клеточные автоматы, КГУ, 2007

7.3. Интернет-ресурсы:

гетероструктуры - http://femto.com.ua/articles/part_1/0743.html

гетероструктуры на основе AlN, GaN - http://www.kit-e.ru/articles/svch/2008_2_138.php

графен и его применения - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%F0%E0%F4%E5%ED>

квантовый эффект холла -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3462/%D0%9A%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%A2%D0%9E

лазер на квантовых точках - <http://www.nanometer.ru/2009/03/22/12377431214279.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Квантовые электронные свойства наносистем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с учетом рекомендаций ПрООП ВПО по направлению и профилю подготовки Нанотехнологии и микросистемная техника.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 222900.62 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Парфенов В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.