

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

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: Воронина Е. В.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No 619318

Казань
2018

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 наноэлектроники 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-14 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и моделировать основные параметры наноструктурных материалов, изделий и устройств на их основе, исходя из требуемых характеристик и условий эксплуатации
ПК-18 (профессиональные компетенции)	готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-23 (профессиональные компетенции)	готовность применять материалы и компоненты нано- и микросистемной техники при создании технических систем различного функционального назначения
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

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 наноэлектроники - 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:

- измерять на современном оборудовании физические параметры полупроводниковых приборов на основе гетероструктур.
- выполнять системный научный анализ профессиональных проблем различного уровня сложности

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. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.	7	1	1	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	
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.	7	2	1	2	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с ?нулевой? массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике. ДБКС.	7	3	1	2	0	Научный доклад
4.	Тема 4. Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.	7	4	1	2	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	5	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	
6.	Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.	7	6	2	2	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.	7	7	2	2	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.	7	8	1	2	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.	7	9	2	2	0	Научный доклад
10.	Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.	7	10	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	
11.	Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.	7	11	2	2	0	Научный доклад
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.	7	12	2	2	0	Устный опрос
13.	Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	13	2	2	0	Устный опрос
14.	Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.	7	14	2	2	0	Научный доклад
15.	Тема 15. 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.	7	15	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	
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.	7	16	2	2	0	Устный опрос
17.	Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?	7	17	2	2	0	Устный опрос
18.	Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.	7	18	1	2	0	Устный опрос
19.	Тема 19. Все разделы	7		0	0	0	
20.	Тема 20. Изучение спектров плазмонного поглощения наночастиц серебра	8	1-4	0	0	10	Отчет
21.	Тема 21. Исследование гетероструктурных светодиодов	8	5-6	0	0	5	Отчет
22.	Тема 22. Исследование характеристик МОП-транзисторов	8		0	0	5	Отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			30	36	20	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений АЗВ5, А2В6, А4В6. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Квантовые плоскости, квантовые нити, квантовые точки. Транспортные явления в низкоразмерных системах (ОПК-3, ПК-1, ПК-4).

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с нулевой? массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике. ДБКС.

лекционное занятие (1 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. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

лекционное занятие (1 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. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. 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. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

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). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

лекционное занятие (1 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. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

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

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. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

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

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. 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. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

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

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. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

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. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская ?лестница?.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская ?лестница?.

практическое занятие (2 часа(ов)):

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

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Тема 19. Все разделы

Тема 20. Изучение спектров плазмонного поглощения наночастиц серебра

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Регистрация спектра плазмонного резонанса наночастиц серебра в диэлектрической матрице. Расчет размеров наночастиц.

Тема 21. Исследование гетероструктурных светодиодов

лабораторная работа (5 часа(ов)):

Регистрация спектров светодиодов различного цвета. Построение и анализ спектральных зависимостей.

Тема 22. Исследование характеристик МОП-транзисторов

лабораторная работа (5 часа(ов)):

Исследование выходных характеристик и характеристик передачи униполярных транзисторов.

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. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.	7	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.	7	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с ?нулевой? массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике. ДБКС.	7	3	подготовка к научному докладу	2	научный доклад
4.	Тема 4. Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.	7	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.	7	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.	7	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.	7	7	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.	7	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.	7	9	подготовка к научному докладу	2	научный доклад
10.	Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.	7	10	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.	7	11	подготовка к научному докладу	2	научный доклад
12.	Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.	7	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
13.	Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.	7	13	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.	7	14	подготовка к научному докладу	2	научный доклад
15.	Тема 15. 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.	7	15	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
16.	Тема 16. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.	7	16	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
17.	Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница?	7	17	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
18.	Тема 18. Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.	7	18	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
20.	Тема 20. Изучение спектров плазмонного поглощения наночастиц серебра	8	1-4	подготовка к отчету	10	отчет
21.	Тема 21. Исследование гетероструктурных светодиодов	8	5-6	подготовка к отчету	6	отчет
22.	Тема 22. Исследование характеристик МОП-транзисторов	8		подготовка к отчету	6	отчет
	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. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Физические свойства основных материалов для формирования гетероструктур полупроводниковых соединений A_3B_5 , A_2B_6 , A_4B_6 . 2. Некоторые вопросы технологии получения совершенных гетероструктур.

Тема 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Молекулярно-лучевая эпитаксия. 2. Метод магнетронного и ионно-плазменного напыления тонких пленок. 3. Ионная имплантация как метод модификации физических свойств. Ионно-лучевой синтез.

Тема 3. Графен - двумерный кристалл. Зонная структура. Электроны с "нулевой" массой и высокой подвижностью. Перспективы применения в электронике. ДБКС.

научный доклад , примерные вопросы:

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

Тема 4. Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Методы элементного анализа. Исследование поверхности методами электронной спектроскопии. 2.Сканирующая зондовая, сканирующая силовая и магнитно-силовая микроскопия.

Тема 5. Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Размерное квантование электронного газа. Двумерный, одномерный (квантовые нити) и нуль-мерный (квантовые точки) электронный газ. 2.Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.

Тема 6. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной и треугольной потенциальных ямах. 2. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.

Тема 7. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы. 2. Надбарьерный перенос электронов через потенциальные барьеры наноразмеров.

Тема 8. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). 2.Пути управления коэффициентом прозрачности ДБКС.

Тема 9. Проблема достижения высокой подвижности носителей. Междолинный перенос в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.

научный доклад , примерные вопросы:

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

Тема 10. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Пространственное разделение подвижных носителей и ионизированных примесей. Дельта-легирование.

устный опрос , примерные вопросы:

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

Тема 11. Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

научный доклад , примерные вопросы:

1.Сверхрешетки. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. 2. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.

Тема 12. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. 2.Условия реализации и наблюдения.

Тема 13. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. 2.Целочисленный квантовый эффект Холла.

Тема 14. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

научный доклад , примерные вопросы:

1.Дробный квантовый эффект Холла. 2.Коллективные электронные возбуждения квазичастицы с дробным зарядом и тета-статистикой.

Тема 15. 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.

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. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах. 2. Инжекционные лазеры на гетероструктурах. Лазеры на квантовых точках. 3. Лавинные фотодиоды на сверхрешетках.

Тема 17. Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. Кулоновская ?лестница?.

устный опрос , примерные вопросы:

1.Одноэлектроника. Условия наблюдения одноэлектронного туннелирования. 2. Кулоновская "лестница".

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

устный опрос , примерные вопросы:

Принципы построения логических элементов с использованием одноэлектронных приборов.

Тема 19. Все разделы

Тема 20. Изучение спектров плазмонного поглощения наночастиц серебра

отчет , примерные вопросы:

Письменный отчет. Графики.

Тема 21. Исследование гетероструктурных светодиодов

отчет , примерные вопросы:

Письменный отчет. Графики.

Тема 22. Исследование характеристик МОП-транзисторов

отчет , примерные вопросы:

Письменный отчет. Графики.

Тема . Итоговая форма контроля

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

лабораторные работы по разделам дисциплины, рефераты, доклады.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ

1. Физические свойства полупроводниковых соединений А3В5, А2В6, А4В6.
2. Физические явления при контакте двух полупроводников с разной шириной запрещенной зоны.
3. Размерное квантование электронного газа. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов.
4. Решение уравнения Шредингера для электрона в прямоугольной потенциальной яме. Особенности образования треугольной потенциальной ямы в МОП-структурах и гетероструктурах.
5. Туннелирование электрона через потенциальные барьеры различной формы.
6. Транспортные явления в низкоразмерных системах. Междолинный переброс в арсениде галлия и твердых растворах на его основе.
7. Рассеяние электронов на ионизированных примесях. Технологические приемы, уменьшающие это рассеяние.
8. Размерное квантование фононного спектра в сверхрешетках. Рассеяние электронов на оптических фононах в сверхрешетках.
9. Баллистический транспорт в наноструктурах. Временной и пространственный overshoot. Условия реализации и наблюдения.
10. Низкоразмерный электронный газ в квантующем магнитном поле. Целочисленный квантовый эффект Холла.
11. Дробный квантовый эффект Холла. Коллективные электронные возбуждения - квазичастицы с дробным зарядом и θ -статистикой.
12. Перенос электронов в двухбарьерной квантовой структуре (ДБКС). Коэффициент прозрачности ДБКС.
13. Транзисторные наноструктуры Устройство и принцип действия. Рабочий диапазон частот.
14. Применение наноразмерных структур в оптоэлектронных приборах.

7.1. Основная литература:

Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, Гусев, Александр Иванович, 2009г.

Нанотехнологии, Пул, Ч.;Оуэнс, Френк;Головин, Ю. И.;Лучинин, В. В., 2006г.

Нанотехнологии в электронике, Гаврилов, С. А.;Боргардт, Николай Иванович;Герасименко, Николай Николаевич;Чаплыгин, Юрий Александрович, 2005г.

4. Лозовский В.И., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. М., Лань, 2008.

7.2. Дополнительная литература:

Наноэлектроника, Щука, Александр Александрович; Гуляев, Ю. В., 2007г.

Наноэлектроника, Ч. 1. Введение в наноэлектронику, , 2009г.

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:

гетероструктура - 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.