

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

Физические основы микро- и наносистемной техники Б1.Б.18

Направление подготовки: 28.03.01 - 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 654217

Казань
2017

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 " Б1.Б.18 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.Б.3 Профессиональный" основной образовательной программы 222900.62 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-13 (профессиональные компетенции)	способностью применять основные физико-математические и физико-химические модели материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, методы и средства их компьютерного моделирования
ПК-14 (профессиональные компетенции)	готовностью рассчитывать и моделировать основные параметры наноструктурных материалов, изделий и устройств на их основе, исходя из требуемых характеристик и условий эксплуатации
ПК-18 (профессиональные компетенции)	готовностью применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-20 (профессиональные компетенции)	готовностью применять знания о технических характеристиках и экономических показателях отечественных и зарубежных разработок материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-23 (профессиональные компетенции)	готовностью применять материалы и компоненты нано- и микросистемной техники при создании технических систем различного функционального назначения
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
Пк-4	способностью владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- физические процессы, происходящие в полупроводниках и приборах на их основе;

- технологические особенности синтеза полупроводниковых материалов и построения на их основе микро- и 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;
- физические принципы работы основных структур и компонентов нано- и микросистемной техники;

2. должен уметь:

- измерять на современном оборудовании физические параметры полупроводниковых приборов на основе гетероструктур;
- применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, процессов нанотехнологий.

3. должен владеть:

- навыками расчета основных параметров материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;
- навыками системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) 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 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 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. Тема 1. Типы химической связи в твердых телах. Зонная структура твердых тел.						
----	--	--	--	--	--	--	--

Электроны и дырки. Эффективная масса. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

6

1-3

4

6

0

Научный

доклад

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. Тема 2. Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Термоэлектрические явления и электронная теплопроводность. Эффект Холла.	6	4-6	4	6	6	Отчет
3.	Тема 3. Тема 3. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна.	6	7-8	4	6	0	Научный доклад
4.	Тема 4. Тема 4. Уравнение непрерывности. Время жизни неравновесных носителей заряда.	6	9-10	4	6	6	Отчет
5.	Тема 5. Тема 5. Диффузия носителей заряда. Работа выхода. P-n переход в состоянии термодинамического равновесия и выпрямление на p-n переходе. Разновидности диодов.	6	11-12	4	6	6	Отчет
6.	Тема 6. Тема 6. Биполярные транзисторные структуры. Тиристоры - устройство, принцип действия. Униполярные транзисторные структуры. ППЗУ на МОП-транзисторах. ФотоПЗС.	6	13-14	6	8	8	Отчет
7.	Тема 7. Тема 7. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках.	6	15-16	4	8	2	Научный доклад

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Тема 8. Люминесценция полупроводников. Инверсная заселенность и условия Бернара-Дюрафура. Квазиуровни Ферми. Потери энергии и пороговая мощность накачки.	6	17-18	6	8	8	Отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	54	36	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Тема 1. Типы химической связи в твердых телах. Зонная структура твердых тел. Электроны и дырки. Эффективная масса. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Типы химической связи в твердых телах. Корреляция типа хим. связи, структуры и электрических свойств твердых тел. Зонная структура твердых тел. Электроны и дырки. Эффективная масса. Статистика носителей заряда в собственном полупроводнике. То же в примесном полупроводнике. Вырожденные полупроводники. Компенсированные полупроводники.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Основные полупроводниковые материалы. Зонная структура основных полупроводниковых материалов (германия, кремния, арсенида галлия).

Тема 2. Тема 2. Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Термоэлектрические явления и электронная теплопроводность. Эффект Холла.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Температурные зависимости электропроводности и подвижности. Термоэлектрические явления и электронная теплопроводность. Соотношение Видемана-Франца. Термоэдс фононного увлечения. Эффект Холла и магнитосопротивление.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Механизмы рассеяния носителей заряда (на примесях, акустических и оптических фонах). Температурные зависимости электропроводности и подвижности. Эффект Холла.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Исследование температурных зависимостей электропроводности металлов и полупроводника. Определение ТКС металлов и ширины запрещенной зоны полупроводника. Экспериментальное изучение эффекта Холла.

Тема 3. Тема 3. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Электропроводность в сильных электрических полях. Горячие электроны. Лавинная и туннельная ионизация.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Эффект Ганна.

Тема 4. Тема 4. Уравнение непрерывности. Время жизни неравновесных носителей заряда.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Уравнение непрерывности. Межзонная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда. Динамика избыточной концентрации носителей при линейной, квадратичной и Оже-рекомбинации.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Рекомбинация носителей через центры рекомбинации. Ловушки захвата. Методы регулирования времени жизни неравновесных носителей заряда.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Изучение внутреннего фотоэффекта в однородном полупроводнике.

Тема 5. Тема 5. Диффузия носителей заряда. Работа выхода. P-n переход в состоянии термодинамического равновесия и выпрямление на p-n переходе. Разновидности диодов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Диффузия носителей заряда. Коэффициент диффузии и диффузионная длина. Работа выхода. Инжекция в контакте металл-полупроводник. P-n переход в состоянии термодинамического равновесия. Выпрямление на p-n переходе. Разновидности диодов: диоды с двойной инжекцией, туннельные диоды, стабилитроны и т.д.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Диоды Шоттки. Гетероструктуры.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Изучение вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик германиевых и кремниевых диодов. Изучение характеристик туннельного диода и стабилитрона.

Тема 6. Тема 6. Биполярные транзисторные структуры. Тиристоры - устройство, принцип действия. Униполярные транзисторные структуры. ППЗУ на МОП-транзисторах. ФотоПЗС.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Биполярные транзисторные структуры. Устройство и принцип действия. Основные характеристики. Униполярные транзисторные структуры: с управляющим p-n переходом, с изолированным затвором, с затвором Шоттки. Устройство, принцип действия, выходные и стоко-затворные характеристики. ППЗУ на МОП-транзисторах.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Тиристоры - устройство, принцип действия, вольт-амперные характеристики. ППЗУ на МОП-транзисторах. ПЗС и ФотоПЗС.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Изучение характеристик биполярного транзистора Изучение характеристик униполярных транзисторов с управляющим р-п переходом, с изолированным затвором.

Тема 7. Тема 7. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках. Межзонное поглощение, примесное поглощение, поглощение свободными носителями заряда.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Циклотронный резонанс. Экситоны.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Исследование спектра поглощения кремния

Тема 8. Тема 8. Люминесценция полупроводников. Инверсная заселенность и условия Бернара-Дюрафура. Квазиуровни Ферми. Потери энергии и пороговая мощность накачки.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Люминесценция полупроводников. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсная заселенность и условия Бернара-Дюрафура. Квазиуровни Ферми.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Методы создания инверсной заселенности в полупроводниках. Индуцированное излучение в резонаторе. Потери энергии и пороговая мощность накачки.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Исследование спектра излучения инжекционного лазера. Исследование спектров излучения полупроводниковых светодиодов.

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. Тема 1. Типы химической связи в твердых телах. Зонная структура твердых тел. Электроны и дырки. Эффективная масса. Статистика носителей заряда в полупроводниках.	6	1-3	подготовка к научному докладу	4	научный доклад
				подготовка к отчету	12	отчет
2.	Тема 2. Тема 2. Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Термоэлектрические явления и электронная теплопроводность. Эффект Холла.	6	4-6	подготовка к отчету	16	отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Тема 3. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна.	6	7-8	Повторение лекционного материала, работа с рекомендованной литературой, подготовка к контрольной раб	12	Контрольная работа
				подготовка к научному докладу	4	научный доклад
7.	Тема 7. Тема 7. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках.	6	15-16	подготовка к научному докладу	6	научный доклад
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, лабораторные и практические занятия, 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. Тема 1. Типы химической связи в твердых телах. Зонная структура твердых тел. Электроны и дырки. Эффективная масса. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

научный доклад , примерные вопросы:

научный доклад на семинаре по Теме 1. (ПК-13)

отчет , примерные вопросы:

Письменный отчет по выполненной лабораторной работе с таблицами данных, графиками, выводами о проделанной работе. (ПК-18, ПК-4).

Тема 2. Тема 2. Электропроводность и подвижность. Механизмы рассеяния носителей заряда. Термоэлектрические явления и электронная теплопроводность. Эффект Холла.

отчет , примерные вопросы:

Письменный отчет по выполненной лабораторной работе с таблицами данных, графиками, выводами о проделанной работе. (ПК-18, ПК-4).

Тема 3. Тема 3. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы: Статистика носителей заряда в собственном полупроводнике. То же в примесном полупроводнике. Вырожденные полупроводники. Неравновесная функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Решение КУБ в приближении времени релаксации в отсутствие внешнего магнитного поля. Кинетические коэффициенты.(ПК-3, ПК-4, ПК-18, ПК-20, ПК-23).

научный доклад , примерные вопросы:

Объемная неустойчивость в полупроводниках. Электрические домены. (ПК-13, ПК-20, ПК-23).

Тема 4. Тема 4. Уравнение непрерывности. Время жизни неравновесных носителей заряда.

Тема 5. Тема 5. Диффузия носителей заряда. Работа выхода. P-n переход в состоянии термодинамического равновесия и выпрямление на p-n переходе. Разновидности диодов.

Тема 6. Тема 6. Биполярные транзисторные структуры. Тиристоры - устройство, принцип действия. Униполярные транзисторные структуры. ППЗУ на МОП-транзисторах. ФотоПЗС.

Тема 7. Тема 7. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках.

научный доклад , примерные вопросы:

научный доклад на семинаре по теме 7. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках свободными носителями заряда. Межзонное (фундаментальное) поглощение. Экситоны.

Тема 8. Тема 8. Люминесценция полупроводников. Инверсная заселенность и условия Бернара-Дюрафура. Квазиуровни Ферми. Потери энергии и пороговая мощность накачки.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Приложение 1. Перечень вопросов к экзамену.

Билет ♦1

1. Полупроводники с точки зрения зонной теории твердых тел. Собственная проводимость полупроводника (беспримесный полупроводник).
2. Электропроводность полупроводников. Подвижность носителей электричества.

Билет ♦2

1. Примеси и их влияние на свойства полупроводников. Доноры и акцепторы. Закон действующих масс. Полупроводники n-типа и p-типа.
2. Контактные явления в полупроводниках. Контакт Шоттки. Омический контакт.

Билет ♦3

1. Контактные явления в полупроводниках. P-n переход. Ток генерации и ток рекомбинации. Вольт-амперная характеристика p-n перехода.
2. Биполярный транзистор. Полевой транзистор.

Билет ♦4

1. Функции Блоха. Уравнения движения для Блоховских функций. Следствия.
2. Классификация твердых тел по их электрическим свойствам на основе зонной теории.

Билет ♦5

1. Электроны в периодическом электрическом поле кристалла. Приближение сильной связи. Нижние уровни энергии.
2. Кристаллическая решетка. Примитивная элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца.

Билет ♦6

1. Нормальные колебания одномерной периодической структуры с базисом (двухатомная цепочка). Акустическая и оптическая колебательные ветви.
2. Фотопроводимость полупроводников. Экситоны Ванье-Мотта, экситоны Френкеля.

Билет ♦7

1. Электрические и оптические свойства жидких кристаллов.
2. Диффузия носителей заряда. Диффузионная длина.

Билет ♦8

1. Сегнетоэлектрики. Особенности сегнетоэлектрического фазового перехода.
2. Светодиоды. Полупроводниковый лазер.

7.1. Основная литература:

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников, Лань, 2010. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=648
2. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников, Физматлит, 2009. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2371
3. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 624 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71742>).

7.2. Дополнительная литература:

1. Бурбаева Н.В. Основы полупроводниковой электроники, Физматлит, 2012. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5261
2. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов, Физматлит, 2008. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2244

7.3. Интернет-ресурсы:

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ - <http://www.microsystems.ru/>

НИУ ВШЭ. Московский институт электроники и математики. Факультет электроники и телекоммуникаций. Кафедра микросистемной техники, материаловедения и технологий - <http://miem.hse.ru/edu/fet/61217518/>

Популярные нанотехнологии - <http://popnano.ru/science/index.php?task=view&id=54>

Техносфера. Рекламно-издательский центр. Книга Под редакцией Мальцева П.П. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. Сборник статей - <http://www.technosphaera.ru/lib/book/125?read=1>

Факультет электроники Московского государственного института радиотехники, электроники и автоматики - <http://www.fel.mirea.ru/files/addit/nanotech.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физические основы микро- и наносистемной техники" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Перечень лабораторных установок.

1. Температурная зависимость электропроводности металлов и полупроводников - лабораторная работа
2. Эффект Холла и его применение для определения параметров монокристалла полупроводника - лабораторная работа
3. Внутренний фотоэффект в однородных полупроводниках - лабораторная работа
4. Вольтамперные характеристики р-п перехода - лабораторная работа
5. Физические основы работы биполярного транзистора - лабораторная работа

6. Полупроводниковый инжекционный лазер - лабораторная работа

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Парфенов В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.