

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по учебно-методической работе

А.А. Панфилов



2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Введение в физику полупроводников»

Направление подготовки: 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Профиль подготовки - "Проектирование и технология электронных средств"

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоёмкость зач. ед./час	Лекций, час.	Практ. занятий, час.	Лабор. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс/зачёт)
5	4/144	18		18	63	экзамен (45 час.)
Итого:	4/144	18		18	63	экзамен (45 час.)

Истор 2013

Владимир 2015

ср

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Целями освоения дисциплины «Введение в физику полупроводников» являются
- формирование у студентов знаний о эффектах и явлениях в полупроводниках, необходимых для понимания физических процессов, протекающих в полупроводниковых микро – и наноструктурах;
 - приобретение студентами навыков расчёта параметров, характеризующих электрические, фотоэлектрические, термоэлектрические, гальваномагнитные оптические, контактные явления в полупроводниках;
 - формирование представлений о перспективах использования полупроводниковых материалов в соответствии с основными направлениями развития микро - и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Введение в физику полупроводников» относится к вариативной части ОПОП ВО (код Б2.В.ОД.12) и изучается в 5-м семестре. Необходимые для освоения дисциплины знания, умения и готовности обучающегося приобретаются в результате изучения физики, высшей математики, физических основ материаловедения. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения курсов «Физические основы микро и нанoeлектроники», «Материалы электронных средств», «Компоненты электронных средств», «Физика радиационных воздействий и радиационная стойкость электронных средств».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Коды компетенций по ФГОС	Компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать: фундаментальные положения квантовой теории твердого тела, зонной структуры полупроводников, статистики электронов и дырок в полупроводниках, основы теории проводимости полупроводников, теории контактных явлений в полупроводниках Уметь: выполнять типовые расчеты электрофизических параметров полупроводников Владеть: навыками поиска и использования источников информации для анализа электрофизических процессов в полупроводниках и полупроводниковых структурах
ПК-2	Готовность проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты	Уметь: анализировать результаты экспериментов по исследованию основных параметров, характеризующих физические процессы в полупроводниках и полупроводниковых структурах и составлять отчеты

ПК-3	Готовность формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях	Уметь: формировать презентации по результатам исследований перспектив использования полупроводниковых материалов в соответствии с основными направлениями развития микро - и нанoeлектроники
------	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Основы зонной теории полупроводников	5	1,2	2		2		6		1/25	
2	Статистика носителей заряда в собственном полупроводнике	5	3,4	2		2		8		1,2/30	
3	Статистика носителей заряда в примесных полупроводниках	5	5,6	2		2		8		1,6/40	Рейтинг-контроль 1
4	Механизмы рассеяния носителей заряда	5	7,8	2		2		6		1/25	
5	Генерация и рекомбинация носителей заряда	5	9,10	2		2		8		1,6/40	
6	Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда	5	11, 12	2		2		6		1/25	Рейтинг-контроль 2
7	Контактные явления в полупроводниках	5	13, 14	2				6		1/25	
8	Гальваномагнитные и термоэлектрические эффекты в полупроводниках	5	15, 16	2		2		7		1,6/40	

9	Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках	5	17, 18	2		4		8		2/33	Рейтинг-контроль 3
	Всего:	5	18	18		18		63		12/33	Экзамен (45)

4.1 Теоретический курс: содержание разделов и тем дисциплины

1. Основы зонной теории полупроводников

Микрочастица в потенциальной яме. Уравнение Шредингера. Энергетические уровни микрочастицы в потенциальной яме. Микрочастица в периодическом силовом поле кристаллической решетки. Образование зонной энергетической структуры. Число состояний в разрешенной зоне. Квазиимпульс электрона. Закон дисперсии. Изоэнергетические поверхности. Локализованные состояния. Зонная структура некоторых полупроводников.

2. Статистика носителей заряда в собственном полупроводнике

Зонная энергетическая структура собственного полупроводника. Функция распределения плотности состояний в зонах. Эффективная плотность состояний в зоне проводимости. Эффективная плотность состояний в валентной зоне. Функция распределения электронов по энергетическим состояниям (функции Ферми-Дирака, Больцмана). Собственный полупроводник: концентрация носителей заряда, положение уровня Ферми в собственном полупроводнике. Закон действующих масс.

3. Статистика носителей заряда в примесных полупроводниках

Концентрация электронов в полупроводнике, содержащем донорную примесь. Концентрация дырок в полупроводнике, содержащем акцепторную примесь. Уравнение электронейтральности. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в невырожденных примесных полупроводниках (примесь одного вида). Полупроводник, содержащий акцепторную и донорную примесь, – компенсированный полупроводник. Вырожденный полупроводник.

4. Механизмы рассеяния носителей заряда

Рассеяние носителей заряда. Вероятность рассеяния. Связь времени релаксации с эффективным сечением. Время и длина свободного пробега. Типы центров рассеяния. Эффективные сечения рассеяния и длины свободного пробега носителей заряда для различных типов центров рассеяния. Рассеяние на ионах примеси. Рассеяние на нейтральных центрах. Рассеяние на тепловых колебаниях решетки.

5. Генерация и рекомбинация носителей заряда

Равновесные и неравновесные носители заряда. Скорость генерации и рекомбинации носителей заряда. Биполярная генерация носителей заряда. Монополярная генерация носителей заряда. Виды рекомбинации. Межзонная излучательная рекомбинация. Межзонная ударная рекомбинация. Рекомбинация носителей заряда через центры захвата. Время жизни носителей заряда. Зависимость времени жизни носителей заряда от положения уровня Ферми. Центры прилипания и центры рекомбинации. Поверхностная рекомбинация. Рекомбинация по Шокли-Риду.

6. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда

Изменение числа носителей заряда при наличии процессов диффузии и дрейфа. Уравнение непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи при наличии градиента концентрации носителей заряда. Коэффициент диффузии электронов и дырок. Соотношение Эйнштейна. Движение неосновных носителей заряда. Диффузионная длина для неосновных носителей. Инжекция и экстракция носителей заряда.

7. Контактные явления в полупроводниках

Полупроводник во внешнем электрическом поле. Приповерхностное искривление зон энергии. Работа выхода электрона. Электронное сродство. Термоэлектронная работа выхода. Контакт металл-металл. Контактная разность потенциалов. Контакт металл-полупроводник.

Обогащенный и обедненный приконтактные слои в полупроводниках. Электрический ток через контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Неоднородный полупроводник – контакт полупроводников *n*- и *p*-типа. Запирающий слой. Высота потенциального барьера на *p-n* переходе.

8. Гальваномагнитные и термоэлектрические эффекты в полупроводниках

Гальваномагнитные эффекты: эффект Холла, магниторезистивный эффект. Теплопроводность полупроводников. Два механизма переноса тепла в полупроводниках. Теплопроводность, обусловленная одним типом носителем. Теплопроводность при наличии электронов и дырок в полупроводниках. Термоэлектрические явления: эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Электродвижущая сила при наличии градиента температуры. Тензорезистивный эффект. Коэффициенты пьезосопротивлений.

9. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках

Поглощение света полупроводниками. Спектр поглощения. Типы поглощений света в полупроводниках. Собственное (фундаментальное) поглощение света: прямые и не прямые переходы. Край собственного поглощения. Поглощение света свободными носителями заряда. Комплексный показатель преломления. Поглощение света электронами в локализованных состояниях. Поглощение света решеткой. Фоторезистивный эффект. Квантовый выход фотоэффекта. Удельная фотопроводимость. Ток, обусловленный фотопроводимостью. Релаксация фотопроводимости. Вентильная фотоэлектродвижущая сила.

4.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей.

Перечень лабораторных работ

1. Электропроводность собственных полупроводников.
2. Электропроводность примесных полупроводников.
3. Оптическое поглощение и фотопроводимость полупроводников.
4. Экспериментальное снятие вольтамперной характеристики светодиода.

Отчеты по лабораторным работам индивидуальные и должны соответствовать требованиям стандартов. Защита выполненных лабораторных работ проводится во время лабораторных занятий. Студенты допускаются к выполнению следующей лабораторной работы после защиты выполненной работы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается использование активных и интерактивных форм обучения при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий. На практических занятиях также используется проблемно-ориентированный подход, стимулирование активности путём привлечения к обсуждению проблем, возникающих в процессе выполнения заданий, на лабораторных занятиях применяются мультимедиа технологии (видеофильмы, презентации электронные альбомы и др.). Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды) и 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерных классов кафедры (а.330-3, 503-3).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- а) устный опрос студентов на лекциях по изучаемому материалу;
- б) оценка выполнения и защиты лабораторных работ;

- г) оценка выполнения расчётно-графических работ;
- д) проведение рейтинг – контроля;

6.1. Перечень вопросов для рейтинг – контроля

Рейтинг-контроль № 1

1. Каков физический смысл волнового уравнения Шредингера?
2. Каков физический смысл функции распределения?
3. Что такое химический потенциал?
4. Какова вероятность заполнения электронами уровня Ферми?
5. Каково заполнение электронами энергетических уровней меньших, чем уровень Ферми?
6. Каково заполнение электронами энергетических уровней больших уровня Ферми?
7. В каком случае используют функция распределения Максвелла-Больцмана?
8. Что такое вырождение электронного газа?
9. Где расположен уровень химического потенциала в собственном полупроводнике?
10. В какой из половин запрещенной зоны находится уровень Ферми в полупроводниках *n*- и *p*-типов?
11. Как зависит положения уровня Ферми от температуры?
12. Дайте понятие основных и неосновных носителей заряда.

Рейтинг-контроль №2

1. Что такое рассеяние носителей заряда?
2. Какие величины являются количественной мерой рассеяния?
3. Дайте определение термина «подвижность носителей заряда».
4. Какие механизмы рассеяния могут проявляться в полупроводниках, содержащих различные дефекты?
5. В чем состоит физическая сущность рассеяния носителей заряда нейтральными примесями?
6. По какому закону складываются времена релаксации при одновременном действии нескольких механизмов?
7. Что называют процессом генерации электронно-дырочных пар?
8. Что называют процессом рекомбинации носителей?
9. Дайте определение скоростей генерации и рекомбинации носителей.
10. Дайте определение времени жизни носителей заряда.
11. Чем отличаются стационарные и нестационарные времена жизни носителей заряда?
12. В чем сущность эффекта прилипания?
13. Какие существуют виды рекомбинации?
14. Какие существуют механизмы рекомбинации? В чем проявляются их различия?
15. В каких полупроводниках излучательная межзонная рекомбинация наиболее вероятна?
16. В чем сущность межзонной ударной рекомбинации?
17. Что такое поверхностная рекомбинация? Какую роль она играет при использовании полупроводников в полупроводниковых приборах?
18. Каков физический смысл понятия диффузионной длины? Каким образом она связана с временем жизни носителей заряда?
19. Укажите причины диффузионного тока.
20. Укажите причины дрейфового тока.

Рейтинг-контроль №3

1. Что такое работа выхода электрона?
2. Что такое контактная разность потенциалов? Каким образом она возникает?
3. Как меняется зонная структура полупроводника в приповерхностном слое в случае контакта металл-полупроводник?
4. Что такое запирающие и антизапирающие слои?
5. Объясните механизм выпрямления тока на контакте металл-полупроводник.
6. Что такое *p-n* переход? В чем его отличие от контакта металл-полупроводник?
7. Как классифицировать *p-n*-переходы?

8. Чем отличается гетеропереход от обычного гомогенного перехода?
9. Каков механизм взаимодействия света с кристаллической решеткой?
10. В чем состоит сущность прямых и непрямых оптических переходов?
11. Какова природа поглощения света примесными атомами?
12. Что такое экситон?
13. В какой области длин волн наблюдается экситонное поглощение?
14. В чем состоит сущность явления фотопроводимости?
15. Как связана фотопроводимость с поглощением света?
16. Что такое красная граница фотопроводимости?
17. Участвуют ли экситоны в возникновении фотопроводимости?
18. Какова роль заполнения примесных уровней в фотопроводимости?
19. Что такое фотовольтаические явления?
20. В чем сущность люминесценции?
21. Как связаны коэффициент Холла и концентрация носителей заряда?
22. Какие существуют термоэлектрические эффекты, в чем их физическая сущность?
23. Какова причина возникновения решеточной составляющей теплопроводности?
24. Какие вы знаете механизмы рассеяния фононов?

6.2. Экзамен

Экзамен проводится по билетам. Студент должен продемонстрировать знание основ квантовой теории твердого тела, физическую сущность электрических, фотоэлектрических, термоэлектрических, гальваномагнитных оптических, контактных явлений в полупроводниках; уметь выполнять типовые расчеты электрофизических параметров полупроводников. Студент должен знать перспективы использования полупроводников в соответствии с основными направлениями развития микро- и наноэлектроники.

Вопросы к экзамену

1. Уравнение Шредингера. Волны де – Бройля. Микрочастица в потенциальной яме.
2. Волновая функция в одномерной и трехмерной структуре.
3. Понятие состояния. Число возможных состояний. Вырождение.
4. Состояние электронов в периодическом силовом поле.
5. Соотношения между энергиями и импульсами частицы в периодическом силовом поле кристаллической решетки.
6. Понятие энергетических зон в твёрдом теле.
7. Энергетические зонные диаграммы металлов, диэлектриков, полупроводников.
8. Структура энергетических зон в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
9. Энергетическая зонная диаграмма полупроводника с электронным типом проводимости.
10. Энергетическая зонная диаграмма полупроводника с дырочным типом проводимости.
11. Функции распределения частиц по энергиям. Функция Ферми-Дирака. Зависимость функции распределения от температуры.
12. Невырожденная система электронов в полупроводниках. Распределение Максвелла-Больцмана.
13. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
14. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в электронном полупроводнике. Закон действующих масс.
15. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в акцепторном полупроводнике.
16. Взаимная компенсация доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.
17. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в сильнолегированном полупроводнике.
18. Равновесные и неравновесные носители заряда. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда.
19. Время жизни носителей заряда. Механизмы рекомбинации носителей заряда.
20. Электронная и дырочная компоненты удельной электрической проводимости полупроводников.
21. Механизмы рассеяния и подвижность свободных носителей заряда.

22. Температурная зависимость подвижности носителей заряда.
23. Температурная зависимость электропроводимости полупроводников.
24. Диффузионная и дрейфовая компоненты плотности тока и полупроводнике.
25. Уравнения непрерывности для свободных носителей заряда в полупроводниках.
26. Теплопроводность полупроводников.
27. Термоэлектрический эффект (эффект Зеебека).
28. Эффекты Томсона и Пельтье.
29. Механизмы поглощения света в полупроводниках.
30. Фотоэлектрические эффекты в полупроводниках.
31. Механизмы оптической генерации носителей заряда в полупроводниках.
32. Эффект Холла и магниторезистивный эффект в полупроводниках.
33. Анализ и энергетическая зонная диаграмма контакта электронного полупроводника и металла в равновесном состоянии.
34. Анализ и энергетическая зонная диаграмма контакта дырочного полупроводника и металла в равновесном состоянии.
35. Анализ и энергетическая зонная диаграмма выпрямляющего контакта металла с полупроводником при приложении внешнего прямого напряжения.
36. Анализ и энергетическая зонная диаграмма выпрямляющего контакта металла с полупроводником при приложении внешнего обратного напряжения.
37. Анализ и энергетическая зонная диаграмма невыпрямляющего (омического) контакта металла с полупроводником.
38. Анализ и энергетическая зонная диаграмма электронно-дырочного перехода в равновесном состоянии.
39. Анализ и энергетическая зонная диаграмма $p-n$ перехода при внешнем обратном напряжении.
40. Анализ и энергетическая зонная диаграмма $p-n$ перехода при внешнем прямом напряжении.

6.3. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает закрепление теоретического материала, подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, решение задач. Основа самостоятельной работы – изучение литературы и работа с конспектом лекций, работа со справочно-информационной литературой.

Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

1. Энергетические уровни микрочастицы в потенциальной яме.
2. Микрочастица в периодическом силовом поле кристаллической решетки.
3. Образование зонной энергетической структуры.
4. Зонная энергетическая структура собственного полупроводника
5. Функция распределения плотности состояний в зонах.
6. Функция распределения электронов по энергетическим состояниям (функции Ферми-Дирака, Больцмана).
7. Собственный полупроводник: концентрация носителей заряда, положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
8. Концентрация электронов в полупроводнике, содержащем донорную примесь.
9. Концентрация дырок в полупроводнике, содержащем акцепторную примесь.
10. Уравнение электронейтральности.
11. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в невырожденных примесных полупроводниках (примесь одного вида).
12. Компенсированный полупроводник.
13. Вырожденный полупроводник.
14. Рассеяние носителей заряда.
15. Время и длина свободного пробега.
16. Типы центров рассеяния.

17. Равновесные и неравновесные носители заряда.
18. Скорость генерации и рекомбинации носителей заряда.
19. Виды рекомбинации.
20. Время жизни носителей заряда.
21. Уравнение непрерывности.
22. Диффузионный и дрейфовый токи.
23. Соотношение Эйнштейна.
24. Диффузионная длина для неосновных носителей.
25. Инжекция и экстракция носителей заряда.
26. Полупроводник во внешнем электрическом поле.
27. Работа выхода электрона.
28. Контакт металл-полупроводник.
29. Электрический ток через контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки.
30. Неоднородный полупроводник – контакт полупроводников n - и p -типа.
31. Гальваномангнитные эффекты в полупроводниках.
32. Теплопроводность полупроводников.
33. Термоэлектрические явления в полупроводниках.
34. Тензорезистивный эффект.
35. Поглощение света полупроводниками.
36. Спектр поглощения.
37. Типы поглощений света в полупроводниках.
38. Собственное поглощение света: прямые и непрямые переходы.
39. Фоторезистивный эффект.
40. Квантовый выход фотоэффекта.
41. Фотопроводимость полупроводников.
42. Вентильная фотоэлектродвижущая сила.

Виды контроля СРС предполагают:

- текущий контроль на лекционных и лабораторных занятиях;
- текущий контроль, который предполагает учет объема, своевременности и качества выполнения СРС по дисциплине при проведении рейтинг-контроля. Результаты СРС оцениваются в баллах рейтинга, входящих в структуру общей оценки.

В качестве форм контроля СРС могут быть использованы: экспресс-опрос на лекциях; текущий устный выборочный опрос на лабораторных занятиях; индивидуальное собеседование. Формы отчета студента о результатах выполнения самостоятельной работы: конспекты, рефераты, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала.

Расчётно-графическая работа

Целью выполнения расчётно-графической работы является освоение методики расчета параметров, характеризующих электрофизические процессы в полупроводниках. Работа оформляется на листах формата А4 (MS WORD, Times New Roman, кегль 14, 1,5 интервала).

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Гуртов, В.А. Физика твёрдого тела для инженеров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. - Издание 2-е, доп. - М. : Техносфера, 2012. - 560 с. - ISBN 978-5-94836-327-1.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363271.html>.

2. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - 296 с. (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2960-1.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329601.html>.

3. Бурбаева, Н.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] / Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-1379-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113793.htm>.

б) дополнительная литература

4. Зегря, Г.Г. Основы физики полупроводников [Электронный ресурс] / Зегря Г.Г., Перель В.И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 336 с. - ISBN 978-5-9221-1005-1.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110051.html>.

5. Делоне, Н.Б. Основы физики конденсированного вещества [Электронный ресурс] / Делоне Н.Б. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-9221-1261-1.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112611.htm>.

6. Грундман, Мариус. Основы физики полупроводников. Нанofизика и технические приложения: пер. с англ. / М. Грундман ; перевод под ред. В.А. Гергея . - 2-е изд. - М.: Физматлит, 2012.— 771 с., .— ISBN 978-5-9221-1394-6.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110051.htm>.

7. Лебедев, А.И. Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] / Лебедев А.И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. - ISBN 978-5-9221-0995-6.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html>.

8. Гатчин Ю.А., Ткалич В.Л., Виволанцев А.С., Дудников Е.А. Введение в микроэлектронику: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 114 с.

Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/425/70425>.

9. Игумнов, Д.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. - 2-е изд., дополн. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. - 394 с: ил. - ISBN 978-5-9912-0180-3.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201803.html>.

в) интернет - ресурсы

10. <http://znanium.com/>.

11. <http://e.lanbook.com/>.

12. <http://elibrary.ru/>.

13. www.studentlibrary.ru/.

14. www.iprbookshop.ru/.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия проводятся в аудиториях 324-3, 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды); лабораторные занятия – в аудитории 330-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. При выполнении лабораторных занятий используется комплект лабораторного оборудования «Физические основы электроники» (а.328-3). В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерного класса кафедры (а.330-3). Материально-техническое обеспечение дисциплины поддерживается мультимедийными аудиториями, компьютерным классом и средствами программного обеспечения для компьютерного моделирования электрофизических процессов в микроструктурах.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Рабочую программу составил доцент Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент

зам. главного инженера по подготовке производства – главный технолог ОАО "Владимирский завод Электроприбор" Зайцев М.К. Зайцев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ _____

Протокол № 4 от 10.12. 2015 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. Сушкова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Протокол № 4. от 10.12 2015 года

Председатель комиссии Сушкова Л. Т. Сушкова

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Зайцев М.К.
Сушкова Л.Т.