

Приложение 3 РПД Б1.Б.8

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы электроники

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки **11.03.04 - Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки **Промышленная электроника**

Квалификация (степень) выпускника **Бакалавр**

Нормативный срок обучения **4 года**

Смоленск – 2016 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к проектно-конструкторской, научно-исследовательской, монтажно-наладочной и сервисно-эксплуатационной деятельности по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

1. ОПК-1 «Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики»;
2. ПК-1 «Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования».

Знать:

- терминологию, физико-технологические основы процессов, принципы использования физических эффектов, основные методы и средства измерения параметров и характеристик приборов и устройств твердотельной, вакуумной и плазменной, квантовой и оптической электроники различного назначения (ОПК-1);
- простейшие физические и математические модели, методы и средства измерения физических параметров, стандартные программные средства компьютерного моделирования приборов твердотельной, вакуумной и плазменной, квантовой и оптической электроники (ПК-1);

Уметь:

- вести дискуссию по профессиональной тематике, объяснять сущность физических явлений и процессов, происходящих в приборах твердотельной, вакуумной и плазменной, квантовой и оптической электроники (ОПК-1);
- применять методы и средства расчета и измерения физических параметров приборов твердотельной, вакуумной и плазменной, квантовой и оптической электроники (ПК-1);

Владеть:

- навыками дискуссии по профессиональной тематике, терминологией в области твердотельной, вакуумной и плазменной, квантовой и оптической электроники (ОПК-1);
- основными приемами обработки и представления экспериментальных данных, методами расчета характеристик, навыками поиска информации о различных видах приборов твердотельной, вакуумной и плазменной, квантовой и оптической электроники (ПК-1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части дисциплин Б.8 цикла Б.1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Промышленная электроника», направления 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.4 «Химия»;

Б1.Б.5 «Материалы и компоненты электронной техники»;

Б1.Б.6 «Математика»;

Б1.Б.7 «Физика».

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.Б.10 «Теоретические основы электротехники»;

Б1.Б.15 «Основы технологии электронной компонентной базы»;

Б1.Б.16 «Основы проектирования электронной компонентной базы»;

Б1.В.ОД.4 «Электронные промышленные устройства»;

Б1.В.ОД.7 «Силовые полупроводниковые приборы и интеллектуальные модули».

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

Цикл:	профессиональный	
Часть цикла:	базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.8	
Часов (всего) по учебному плану:	252	3 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	7	3 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	1, 36	3 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	3 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	1, 36	3 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	2,75, 99	3 семестр
Курсовое проектирование (ЗЕТ, часов всего)	0,5, 18	3 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1,25, 45	3 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,5, 18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,5, 18
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (лаб)	0,5, 18
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	0,75, 27
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0,5, 18
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего (в соответствии с УП)	2,75, 99
Подготовка к экзамену	1,25, 45

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3		5	6	7	8
1	Тема 1. Физические основы вакуумной и плазменной электроники.	48	12	6	12	18	
2	Тема 2. Физические основы твердотельной электроники.	54	12	6	16	20	
3	Тема 3. Физические основы квантовой и оптической электроники.	42	12	6	8	16	
4	Выполнение курсовой работы	27				27	
5	Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины	18				18	
всего по видам учебных занятий			36	18	36	99	

Содержание лекционно-практических форм обучения

Тема 1. Физические основы вакуумной и плазменной электроники.

Лекция 1. Принцип действия приборов вакуумной и плазменной электроники, их классификация. электронная эмиссия. Катоды и их параметры.

Лекция 2. Отбор катодного тока. Токораспределение. Электронные лампы. Принцип устройства и основные свойства электронных ламп.

Лекция 3. Особенности газовой среды. Ионизированный газ и плазма. Электрический разряд в газе. Газоразрядные лампы.

Лекция 4. Формирование неинтенсивных электронных пучков. Электронные прожекторы. Электронно-лучевые приборы.

Лекция 5. Способы управления электронными потоками. Устройство и принципы действия приборов типа «О».

Лекция 6. Способы управления электронными потоками. Устройство и принципы действия приборов типа «М».

Практическое занятие 1. Расчет параметров движения электронов в электрическом и магнитном полях.

Практическое занятие 2. Приборы на основе внешнего фотоэффекта

Практическое занятие 3. Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной. Расчет параметров движения электронов в скрещенных магнитном и электрическом полях.

Лабораторная работа 1. Исследование явления термоэлектронной эмиссии.

Лабораторная работа 2. Исследование методов управления потоком электронов

Лабораторная работа 3. Исследование приборов тлеющего разряда.

Самостоятельная работа 1: изучение материалов лекций (6 часов); подготовка к практическим занятиям (6 часов); подготовка к защите лабораторных работ (6 часов); самостоятельное изучение материалов темы (6 часов). Всего по **теме 1 – 24** часа.

Текущий контроль – самостоятельное выполнение индивидуальных заданий на практических занятиях; защита лабораторных работ.

Тема 2. Физические основы твердотельной электроники.

Лекция 7. Физические явления и процессы в полупроводниковых структурах.

Лекция 8. Физические принципы работы полупроводниковых приборов с одним p - n переходом.

Лекция 9. Физические принципы работы полупроводниковых приборов с двумя p - n переходами.

Лекция 10. Физические принципы работы полупроводниковых приборов с тремя p - n переходами.

Лекция 11. Физические явления и процессы в пленочных структурах.

Лекция 12. Физические основы работы полевых транзисторов и МДП-транзисторов.

Практическое занятие 4. Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимости. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Связь между концентрациями основных и неосновных носителей.

Практическое занятие 5. Свойства биполярных транзисторов. Динамические параметры биполярных транзисторов.

Практическое занятие 6. Физические процессы в полевых транзисторах. Расчет схем включения полевых транзисторов. Динамические свойства полевых транзисторов.

Лабораторная работа 4. Измерение времени жизни неосновных носителей заряда

Лабораторная работа 5. Определение дрейфовой подвижности носителей тока

Лабораторная работа 6. Исследование параметров и характеристик полупроводниковых приборов с одним p - n переходом.

Лабораторная работа 7. Исследование емкостных свойств p - n перехода

Самостоятельная работа 2: изучение материалов лекций (6 часов); подготовка к практическим занятиям (6 часов); подготовка к защите лабораторных работ (8 часов); самостоятельное изучение материалов темы (6 часов). Всего по **теме 1 – 26** часов.

Текущий контроль – самостоятельное выполнение индивидуальных заданий на практических занятиях; защита лабораторных работ.

Тема 3. Физические основы квантовой и оптической электроники.

Лекция 13. Терминология, основные понятия и определения. Оптический спектр электромагнитных колебаний. Основные характеристики оптического излучения. Основные энергетические и светотехнические величины.

Лекция 14. Явление люминесценции в полупроводниках. Излучательная рекомбинация. Основные параметры и характеристики излучающих диодов. Разновидности излучающих диодов. Маркировка излучающих диодов.

Лекция 15. Явление фотоэффекта в полупроводниках. Полупроводниковые фотоприемники оптического излучения. Фотоприемники на основе p - n -перехода. Разновидности фотоприемников на основе p - n -перехода. Многоэлементные фотоприемники.

Лекция 16. Общие сведения об оптронах. Резисторные оптопары. Диодные оптопары. Транзисторные оптопары. Тиристорные оптопары. Оптоэлектронные интегральные микросхемы. Открытые оптические системы передачи данных.

Лекция 17. Физические принципы оптико-электронных системы передачи информации.

Лекция 18. Физические основы лазерного излучения. Оптические переходы, усиление и генерация оптического излучения. Классификация, параметры и характеристики лазеров. Твердотельные и полупроводниковые лазеры

Практическое занятие 7. Расчет параметров схем включения излучающих диодов.

Практическое занятие 8. Расчет параметров схем включения фотодиодов.

Практическое занятие 9. Расчет параметров оптопар.

Лабораторная работа 8. Исследование характеристик оптоэлектронных излучателей.

Лабораторная работа 9. Исследование характеристик элементарных оптопар.

Самостоятельная работа 3: изучение материалов лекций (6 часов); подготовка к практическим занятиям (6 часов); подготовка к защите лабораторных работ (4 часа); самостоятельное изучение материалов темы (6 часов). Всего по теме 1 – 22 часа.

Текущий контроль – самостоятельное выполнение индивидуальных заданий на практических занятиях; защита лабораторных работ.

Курсовая работа

Курсовая работа дисциплине основывается на темах № 1, 2, 3 («Физические основы вакуумной и плазменной электроники», «Физические основы твердотельной электроники», «Физические основы квантовой и оптической электроники»). Задание состоит из трех частей:

- 1 Расчет параметров устройства на базе электровакуумного (плазменного) прибора.
- 2 Расчет параметров устройства на базе твердотельного прибора.
- 3 Расчет параметров устройства на базе оптоэлектронного прибора.

Экзамен (зачет)

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № 21-23.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся на кафедральном сайте размещены: демонстрационные слайды лекций, описания практических занятий.

Доступ к этим материалам возможен с любых компьютеров, подключенных к сети Интернет (адрес сайта <http://www.eimt.ru/bakalavriat/ecm>).

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: общепрофессиональная ОПК-1 и профессиональная ПК-1.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Степень формирования теоретических знаний оценивается в ходе проверки ответов на контрольные вопросы при проведении практических занятий и защит лабораторных работ. Успешная защита лабораторных работ и получение правильных ответов более чем на 50% контрольных вопросов, свидетельствует об успешном выполнении этапа формирования теоретических знаний, предусмотренных компетенциями.

Степень формирования практических умений и навыков оценивается проверкой курсовой работы и индивидуальных заданий, выполняемых в ходе практических занятий и самостоятельной работы студентов. Получение положительных оценок по итогам проверки этих работ свидетельствует об успешном выполнении этапа формирования практических умений и навыков, предусмотренных компетенциями.

Степень закрепления теоретических знаний и практических навыков оценивается в ходе сдачи теоретической и практической частью экзамена (зачета). Получение положительной оценки по экзамену свидетельствует об успешном выполнении этапа закрепления теоретических знаний и практических навыков, предусмотренных компетенциями.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольные вопросы по дисциплине

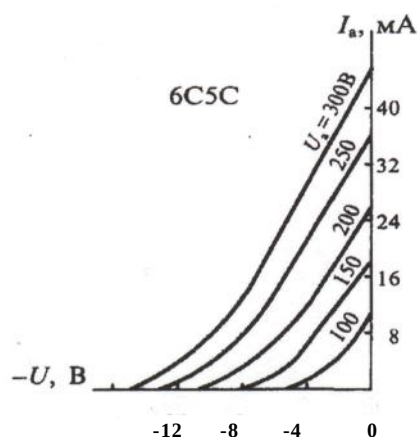
1. Классификация электровакуумных приборов. Катоды и их параметры.
2. Электронная эмиссия. Различные способы электронной эмиссии.
3. Электронный поток, его формирование и транспортировка. Движение электронов в вакууме в электрическом поле.
4. Интенсивные и неинтенсивные электронные потоки. Релятивистские и нерелятивистские электронные потоки.
5. Электронные лампы. Принцип устройства и основные свойства электронных ламп.
6. Классификация ЭЛТ. Электростатическая система фокусировки. Электромагнитная система фокусировки.
7. Катодолюминисценция. Экраны электронно-лучевых трубок
8. Электростатическая и магнитная системы отклонения.
9. Электрический разряд в газе. Приборы тлеющего и дугового разрядов. Основные методы генерации плазмы.

10. Общие сведения о фотоэлектрических приборах. Электровакуумные фотоэлектрические приборы.
11. Квазистатические и динамические способы управления электронным потоком. Принцип работы приборов пролетного типа.
12. Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной. Устройство и принцип работы лампы бегущей волны.
13. Образование свободных носителей заряда в беспримесных полупроводниках.
14. Образование свободных носителей заряда в примесных полупроводниках.
15. Легирование полупроводников. Донорная и акцепторная примеси.
16. Законы распределения носителей в зонах полупроводника.
17. Концентрация носителей и положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
18. Концентрация носителей и положение уровня Ферми в примесных полупроводниках.
19. Закон действующих масс.
20. Зависимость положения уровня Ферми от температуры.
21. Дрейф и диффузия носителей заряда в полупроводниках.
22. Факторы, определяющие подвижность носителей.
23. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников.
24. Однородные и неоднородные полупроводники. Встроенное электрическое поле.
25. Неравновесные носители заряда в полупроводниках.
26. Генерация и рекомбинация носителей.
27. Время жизни носителей.
28. Уравнение непрерывности. Время диэлектрической релаксации.
29. Электронно-дырочный переход. Равновесное состояние p-n-перехода.
30. Напряжённость электрического поля и распределение потенциалов в резком p-n переходе.
31. Ширина области объёмного заряда резкого p-n перехода.
32. Особенности плавных p-n переходов.
33. Прямое смещение p-n-перехода.
34. Обратное смещение p-n-перехода.
35. Диоды, назначение. Отличие реального диода от идеального.
36. Вольт-амперная характеристика диода с p-n переходом.
37. Эквивалентное представление реального диода.
38. Температурная зависимость параметров диода. Зависимость надёжности работы диода от температуры.
39. Инерционные свойства диодов с p-n переходом. Временные диаграммы работы. В чем отрицательное действие наличия времени рассасывания.
40. Диоды Шоттки. Их отличие от диодов с p-n переходом.
41. Недостатки и преимущества диодов Шоттки, области их применения.
42. Варикапы, назначение и область применения. Работа схемы резонансного колебательного контура с варикапом.
43. Лазерные диоды, основные характеристики, области применения.
44. Стабилитроны. Назначение, отличие стабилитрона от стабилистра.
45. Вольтамперная характеристика стабилитрона, характерные рабочие точки.
46. Дифференциальное сопротивление стабилитрона. Минимальный ток стабилизации. Их влияние на работу стабилизатора.
47. Параллельное и последовательное включение стабилитронов.
48. Температурная стабильность напряжения стабилизации.
49. Биполярные транзисторы двух типов проводимости. Условное обозначение.
50. Схемы включения биполярных транзисторов - ОБ. ОЭ. ОК.

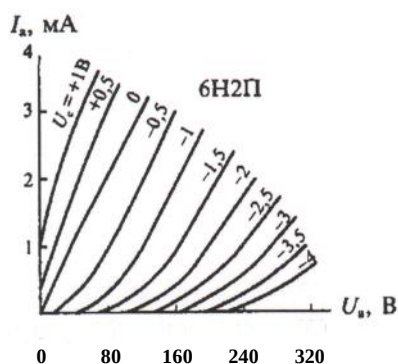
51. Линейный режим работы биполярного транзистора. Схема и временные диаграммы работы.
52. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора в схеме ОЭ.
53. Импульсный режим работы биполярного транзистора, схема, временные диаграммы работы. Время рассасывания.
54. Режим насыщения биполярного транзисторного ключа. Признаки режима насыщения, полярности напряжений.
55. Преимущества и недостатки режима насыщения.
56. Режим отсечки биполярного транзистора.
57. Полевые (МОП, МДП) транзисторы условное обозначение. Структура МОП транзистора.
58. Крутизна характеристики МОП транзистора, ее смысл и размерность.
59. Нормально открытые (со встроенным каналом) и нормально закрытые (с индуцированным каналом) МОП транзисторы, их входные характеристики. Пороговое напряжение, напряжение отсечки, начальный ток стока. Их входные характеристики.
60. Выходные характеристики МОП транзисторов. Линия максимально допустимой мощности, рассеиваемой транзистором.
61. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом и с изолированным затвором.
62. Линейный режим работы МОП транзистора, временные диаграммы работы. Связь значений токов и напряжений схемы с параметром S .
63. Импульсный режим работы МОП транзистора, временные диаграммы работы. Влияние межэлектродных емкостей на быстродействие транзисторного ключа.
64. Основные параметры МОП транзистора, их электротехнический и эксплуатационный смысл.
65. Тиристоры, условное обозначение. Отличие тиристора от транзистора. Простейшая схема тиристорного ключа, временные диаграммы его работы.
66. Транзисторная эквивалентная схема тиристора, работа схемы.
67. Принцип выключения тиристора по транзисторной эквивалентной схеме. Практическая схема выключения тиристора.
68. Светодиоды, назначение и области их применения. Методы изменения цвета излучения свето диодов. Фотодиоды, назначение и области применения.
69. Режим прямого включения фотодиода, схема и характеристики.
70. Режим обратного включения фотодиода, схема и характеристики.
71. Фототиристоры, схема управления фототиристором при помощи опто-электронных элементов.
72. Энергетические состояния квантовых систем. Оптические переходы.
73. Усиление оптического излучения. Насыщение усиления в активных средах. Генерация оптического излучения.
74. Классификация и характеристики генераторов когерентного оптического излучения.
75. Нелинейные оптические эффекты. Физические принципы и основные элементы для модуляции и оптического излучения.
76. Принцип действия, параметры и характеристики световодов. Основные материалы и конструкции волоконных световодов и кабелей.

Типовые задачи

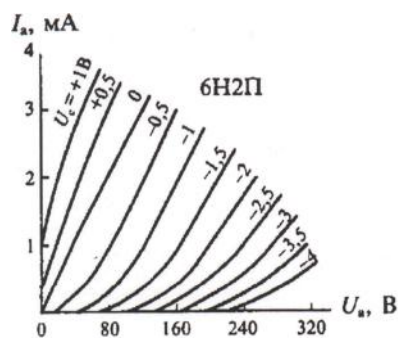
1. По анодно-сеточной характеристике определите крутизну триода 6С5С при напряжении $U_a=300В$.



2. По анодной характеристике определите динамическое сопротивление триода 6Н2П при напряжении $U_c = -1$ В.

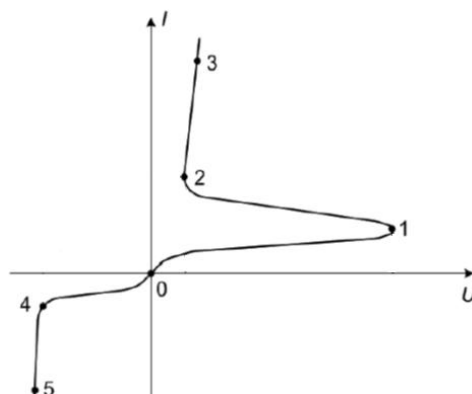


3. По анодной характеристике триода 6Н2П определите статическое сопротивление при $U_a = 200$ В для зависимости $U_c = -2$ В.

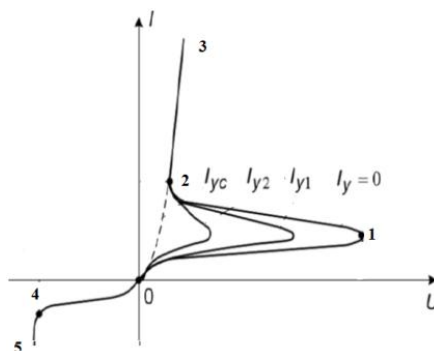


4. Дрейфовый ток плотностью 10 мА/см^2 течет через кристалл кремния р-типа с удельным сопротивлением $10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. Найти среднюю дрейфовую скорость дырок и электронов.
5. Определите время жизни τ_n и подвижность μ_n электронов при $T=300 \text{ К}$, если длина диффузионного смещения электронов в германии $L_n=0,15 \text{ см}$, а коэффициент диффузии $D_n = 200 \text{ см}^2/\text{с}$.
6. Определить длину диффузионного смещения L_n и коэффициент диффузии электронов D_n в германии при комнатной температуре, если время жизни электронов $\tau_n = 500 \text{ мкс}$, а подвижность электронов $\mu_n = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.
7. Определить удельную проводимость образца кремния (в мкСм/см) при температуре $T = 300 \text{ К}$, если концентрация акцепторов в полупроводнике $2,3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ и концентрация доноров $2,2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Подвижность электронов в кремнии $15 \cdot 10^6 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, дырок в кремнии $600 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Ответ округлить до целого числа.

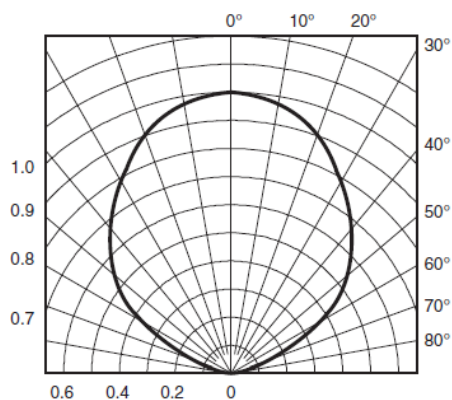
8. Образец из полупроводника прямоугольной формы размером $0,25 \times 0,25 \times 0,05 \text{ см}^3$ содержит 10^{15} носителей заряда в 1 см^3 . К двум противоположным узким граням приложено напряжение $U = 15 \text{ В}$. Найти значение тока в мА , полагая подвижность носителей заряда $500 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.
9. Дан образец легированного кремния n -типа длиной 10 мм , шириной 2 мм и толщиной 1 мм . Подвижности электронов и дырок равны соответственно $\mu_n = 0,12$ и $\mu_p = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, концентрация собственных носителей заряда $n_i = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$. Определить отношение дырочной удельной проводимости к электронной.
10. Определить дифференциальное сопротивление вольт-амперной характеристики идеального выпрямляющего контакта металл-полупроводник при температуре $= 300 \text{ К}$ и прямом токе $I = 2 \text{ мА}$.
11. Найти максимальную предельную резистивную частоту туннельного диода, если величина отрицательного дифференциального сопротивления $100/2\pi \text{ Ом}$, а барьерная емкость 20 пФ .
12. Найти добротность варикапа в области низких частот, если емкость равна 100 пФ , сопротивление обратно смещенного p - n -перехода равно 100 кОм , круговая частота равна 12 Мрад/с .
13. Найти приращение напряжения на стабилитроне, обусловленное изменением тока нагрузки на 2 мА , если дифференциальное сопротивление стабилитрона 10 Ом , а ограничительное сопротивление намного больше дифференциального сопротивления стабилитрона.
14. Выводы биполярного транзистора обозначены буквами A, B, C . Токи, снимаемые с этих выводов в активном режиме работы равны: $I_A = 1 \text{ мА}$, $I_B = 20 \text{ мкА}$, $I_C = 1,02 \text{ мА}$. Найти:
 - 1) с какими электродами транзистора соединены выводы?
 - 2) чему равен коэффициент передачи постоянного тока базы (обратный ток коллекторного перехода принят равным 0).
15. Найти диффузионное сопротивление базы r_b'' если сопротивление эмиттера $r_3 = 10 \text{ Ом}$. Дифференциальный коэффициент передачи тока базы $\beta = 20$.
16. На ВАХ диодного тиристора показать участки, соответствующие его возможным режимам работы и точки, соответствующие включению ($I_{\text{вкл}}$, $U_{\text{вкл}}$), удержанию ($I_{\text{уд}}$) и пробоем ($U_{\text{проб}}$).



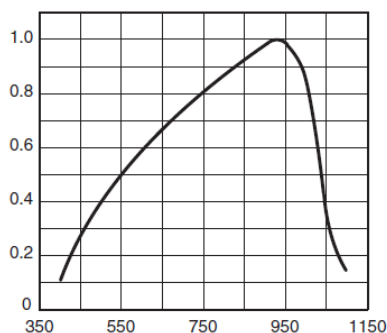
17. На ВАХ триодного тиристора показать участки, соответствующие его возможным режимам работы и точки, соответствующие включению ($I_{\text{вкл}}$, $U_{\text{вкл}}$) при различных значениях тока управляющего электрода, удержанию ($I_{\text{уд}}$) и пробоем ($U_{\text{проб}}$).



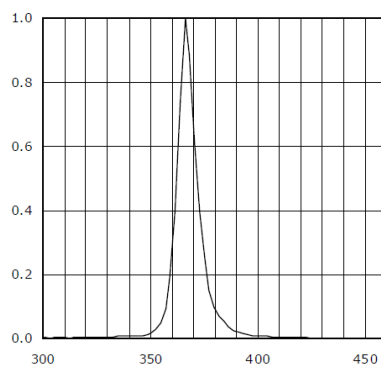
18. Крутизна полевого транзистора равна $0,6 \text{ мА/В}$, дифференциальное сопротивление канала в режиме насыщения составляет 300 кОм . Определить коэффициент усиления по напряжению.
19. Начальный ток стока полевого транзистора с управляющим p - n -переходом 3 мА . Напряжение отсечки равно 3 В . Определить максимальную крутизну транзистора.
20. Определить ширину диаграммы чувствительности фотодиода заданного типа



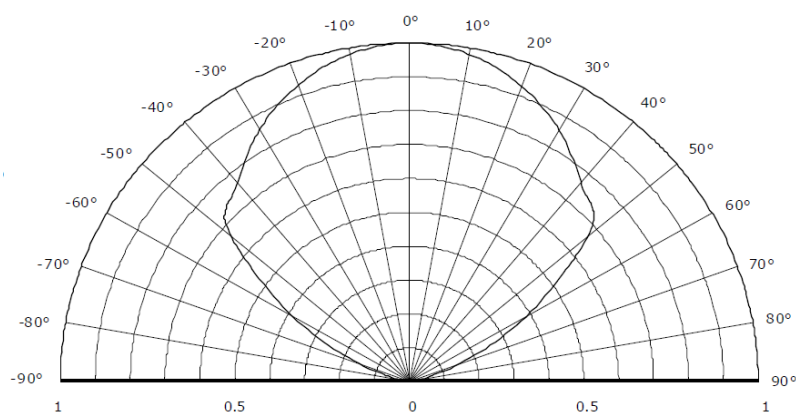
21. Определить спектральный диапазон и максимальную длину волны чувствительности фотодиода заданного типа



22. Определить спектральный диапазон, максимальную длину волны и коэффициент монохроматичности излучения светодиода заданного типа



23. Определить ширину диаграммы направленности излучения светодиода заданного типа



24. Определить величину сопротивления ограничительного резистора, включенного в цепь питания светодиода заданного типа, если $U_{\text{пит}} = 24 \text{ В}$.
25. Найти величину коэффициента передачи тока с входа оптопары на ее выход K_I , выраженный в процентах, если $I_{\text{вых}} = 32 \text{ мА}$, $I_{\text{вх}} = 1 \text{ мА}$, величиной I_0 можно пренебречь.
26. Фотодиод на основе p - n перехода имеет квантовый выход 50 % на длине волны 0,85 мкм. Рассчитать чувствительность R .
27. Вычислить апертурный угол ступенчатого световода с параметрами $n_1 = 1,48$, $n_2 = 1,46$.
28. Вычислить апертурный угол световода с параболическим профилем показателя преломления с параметрами $n_1 = 1,48$, $n_2 = 1,46$.
29. Вычислить нормированную частоту V для ступенчатого световода с диаметром 50 мкм и параметрами $n_1 = 1,48$, $n_2 = 1,46$. $\lambda = 1 \text{ мкм}$
30. Вычислить удельное затухание оптического сигнала в световоде длиной 20 км, если отношение мощностей оптического сигнала на его входе и выходе равно 2.
31. Вычислить ширину полосы пропускания световода, если удельное уширение импульсов равно 20 нс/км.

Вопросы к экзамену

1. Виды эмиссий электронов из твердых тел.
2. Катоды и их параметры.
3. Движение электронов в вакууме в электрическом поле.

4. Движение электрона в вакууме в магнитном поле.
5. Классификация электровакуумных приборов.
6. Принцип устройства и основные свойства электронных ламп.
7. Устройство и основные параметры электровакуумных диодов.
8. Устройство и основные параметры электровакуумных триодов.
9. Устройство и основные параметры электровакуумных тетродов.
10. Устройство и основные параметры электровакуумных пентродов.
11. Динатронный эффект. Условия возникновения.
12. Динатронный эффект. Области использования.
13. Маркировка электронных ламп.
14. Способы обеспечения режима работы электронных ламп.
15. Внешний фотоэффект.
16. Красная граница фотоэффекта.
17. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом.
18. Фотоэлектронные умножители с внешним фотоэффектом.
19. Общие сведения о электронно-лучевых приборах.
20. Устройства, обеспечивающие формирование потоков заряженных частиц
21. Электростатическая система фокусировки электронно-лучевых приборов.
22. Электромагнитная система фокусировки электронно-лучевых приборов.
23. Электростатическая система отклонения электронно-лучевых приборов.
24. Магнитная отклоняющая система электронно-лучевых приборов.
25. Устройство приемных электронно-лучевых приборов.
26. Особенности газовой среды как проводника электрического тока.
27. Ионизированный газ и плазма.
28. Электрические разряды в газе. Классификация
29. Тлеющий разряд, условия возникновения.
30. Дуговой разряд, условия возникновения.
31. Газоразрядные лампы.
32. Приборы тлеющего разряда
33. Приборы дугового разряда
34. Квазистатические и динамические способы управления электронным потоком.
35. Принцип работы приборов пролетного типа.
36. Группировка электронов по плотности в генераторах пролетного типа.
37. Группировка электронов, подвергшихся предварительной скоростной модуляции.
38. Пролетный клистрон, устройство, принцип работы.
39. Отражательный клистрон, устройство, принцип работы.
40. Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной.
41. Лампа бегущей волны, устройство, принцип работы.
42. Лампа обратной волны, устройство, принцип работы.
43. Движение электронов в перекрещивающихся электрическом и магнитном полях.
44. Устройство магнетрона. Особенности конструкций магнетронов.
45. Процессы, протекающие при самовозбуждении магнетрона,
46. Условия самовозбуждения магнетрона.
47. Полупроводники. Зонная теория полупроводников.
48. Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимости.
49. Вырожденные, невырожденные и компенсированные полупроводники.

50. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Процессы переноса зарядов в полупроводниках.
51. Связь между основными и неосновными носителями заряда. Закон действующих масс.
52. Однородные и неоднородные полупроводники. Встроенное электрическое поле.
53. Поверхностные явления в полупроводниках. Диэлектрическая релаксация.
54. Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состоянии.
55. Пробой электронно-дырочного перехода. Его динамические параметры.
56. Контакты металл-полупроводник.
57. МДП – структуры. Гетеропереходы.
58. Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды и импульсные диоды.
59. Полупроводниковые диоды. Диоды Шоттки.
60. Полупроводниковые диоды. Стабилитроны и стабилитроны
61. Полупроводниковые диоды. Варикапы.
62. Полупроводниковые диоды. Туннельные и обращённые диоды.
63. Принцип работы биполярных транзисторов
64. Собственные статические параметры биполярных транзисторов.
65. Модель биполярного транзистора Эберса-Молла.
66. Статические характеристики и динамические параметры биполярных транзисторов.
67. Линейные модели биполярных транзисторов.
68. Усилительные свойства биполярного транзистора.
69. Тиристоры: классификация. Структура и принцип работы динисторов.
70. Структура и принцип работы тринисторов. Симметричный тиристор.
71. Основные сведения о полевых транзисторах, классификация.
72. Полевые транзисторы с управляющим р-п- переходом.
73. МДП-транзисторы со встроенным каналом.
74. МДП-транзисторы с индуцированным каналом.
75. Терминология, основные понятия и определения квантовой и оптической электроники.
76. Основные характеристики оптического излучения.
77. Основные энергетические и светотехнические величины.
78. Основные законы инфракрасного излучения.
79. Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами.
80. Явление люминесценции в полупроводниках.
81. Излучательная рекомбинация.
82. Излучающие диоды: основные параметры и характеристики.
83. Явление фотоэффекта в полупроводниках (внутренний фотоэффект).
84. Полупроводниковые фотоприёмники оптического излучения.
85. Фотоприёмники на основе р-п-перехода. Их разновидности.
86. Многоэлементные фотоприёмники.
87. Оптроны.
88. Резисторные оптопары.
89. Диодные оптопары
90. Транзисторные оптопары.
91. Тиристорные оптопары.
92. Открытые оптические системы передачи данных.
93. Волоконно-оптические линии передачи.
94. Принцип действия и классификация световодов.
95. Параметры и характеристики световодов.

96. Основные материалы и конструкции волоконных световодов и кабелей.
97. Принципы построения волоконно-оптических систем передачи.
98. Оптические переходы, усиление и генерация оптического излучения.
99. Физические основы лазерного излучения.
100. Принцип работы лазеров (на примере рубинового лазера).
101. Принцип работы лазеров (на примере полупроводникового лазера).
102. Классификация, параметры и характеристики лазеров.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по выполнению и защите лабораторных работ, выполнению расчетных заданий и заданий на самостоятельную работу, подготовке, оформлению и защите курсовых проектов (работ), подготовке и проведению зачетов и экзаменов. Все эти методические материалы размещены на сайте кафедры. Доступ к этим материалам возможен с любых компьютеров, подключенных к сети Интернет (адрес сайта <http://www.eimt.ru> или <https://sites.google.com/site/kafeimt>)

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная литература

1. Щука А. А. Электроника. Учебное пособие/ Под ред. проф. А. С. Сигова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.: ил. (38 экземпляров на абонементе);
2. Лебедев, А.И. Физика полупроводниковых приборов [Электронный ресурс]: . — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2008. — 488 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2244
3. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: . — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 314 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=627
4. Сушков, А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2004. — 463 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=639
5. Приемники оптического излучения [Электронный ресурс] : / Г.Г. Ишанин, В.П. Челибанов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 304 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53675

б) дополнительная литература

1. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы [Электронный ресурс]: / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 480 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=300
2. Голант В. Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Голант В. Е., Жилинский А. П., Сахаров И. Е. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 449 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1550
3. Строев, Н. Н. Вакуумные и плазменные компоненты устройств промышленной электроники: учеб. пособие по курсу "Вакуумная и плазменная электроника" / СФ МЭИ; Н.Н.

- Строев, А.А. Пеньков .— Смоленск: СФ МЭИ, 2005 .— 92 с. (22 экземпляра на абонементе)
4. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники: учеб. пособие [для подготовки бакалавров, магистров по напр. "Электроэнергетика и электротехника", "Электроника и наноэлектроника", "Радиотехника", "Информационные технологии и системы связи", "Конструирование технологий и микросистемная техника"] / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов .— Изд. 2-е, испр. — СПб. [и др.] : Лань, 2013 .— 559, [1] с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) (5 экз. в библиотеке)
 5. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 560 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5856
 6. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. 2011-2015. - Режим доступа: URL <http://elibrary.ru/issues.asp?id=9938>
- 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

Раздел «Учебные дисциплины бакалавриата» сетевого образовательного ресурса кафедры ЭиМТ, содержащий учебные и методические материалы. Адрес сайта <http://www.eimt.ru> или <https://sites.google.com/site/kafeimt>. Сайт зарегистрирован в каталоге электронных образовательных ресурсов НИУ «МЭИ», регистрационный номер 1451 (<http://ctl.mpei.ru/RDsc.aspx?p=1451>).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции раз в две недели, практические занятия каждую неделю и лабораторные работы раз в две недели. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект либо делать пометки в предварительно распечатанном учебном пособии по курсу (электронный вариант учебного пособия размещен на кафедральном сайте).

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. Попробуйте найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе *MS Word* или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета размещен на кафедральном сайте.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, размещенных на сайте кафедры необходимо пользоваться учебной литературой. Кроме «заучивания» материала экзамена, очень важно добиться состояния понимания изучаемых тем дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф?, какие новые понятия введены, каков их смысл?, что даст это на практике?

При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Помните, что к современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных и практических занятиях, при выполнении расчетных заданий. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса. В современных условиях именно самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, учебной и научной литературой, иной информацией, в том числе из сети Интернет, является основной формой обучения.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование слайд-проектора для демонстрации предварительно подготовленных слайдов, а также специализированной программы схемотехнического моделирования для демонстрации режимов работы, параметров и характеристик электронных схем.

Во время **самостоятельной работы** и **подготовки к экзамену** студенты могут пользоваться учебной и методической литературой, размещенной на кафедральном сайте.

Для **консультирования** по непонятным вопросам курса лекций, практических и лабораторных работ студентов, используются средства электронной почты.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, аудиосистема).

Практические занятия:

Компьютерный класс, оснащенный презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) для преподавателя и ПЭВМ для студентов.

Лабораторные работы:

Лаборатория, оснащенная контрольно-измерительной аппаратурой и специализированными стендами.

Автор, канд. техн. наук, доцент

Зав. кафедрой, д-р техн. наук, доцент



С. П. Астахов



И.В. Якименко

Программа утверждена на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 12.10.2016 года, протокол № 2.