

## Приложение 3 РПД Б1.Б.16

**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  
« 21 » 08 2015 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки: **Промышленная электроника**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Смоленск – 2015 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.16 цикла Б.1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Промышленная электроника», направления 210100.062 «Электроника и наноэлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.5 «Математика»;

Б1.Б.6 «Физика»;

Б1.Б.7 «Экология»;

Б1.Б.8 «Химия»;

Б1.Б.14 «Материалы электронной техники».

Б1.Б.15 «Физика конденсированного состояния».

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

Б1.Б.17 «Наноэлектроника»;

Б1.В.ОД.3 «Математика 2»;

Б1.В.ОД.4 «Методы математической физики»;

Б1.В.ОД.7 «Математические основы цифровой техники»;

Б1.В.ДВ.3.1 «Введение в электронику»;

Б1.В.ДВ.3.2 «Вопросы профессиональной ориентации в области электронной техники»;

Б2.У.1 «Учебная практика»;

**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:	Б1	
Часть цикла:	Базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.16	
Часов (всего) по учебному плану:	9, 324 (5, 180; 4, 144)	4; 5 семестры
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	5; 4	4; 5 семестры
Лекции (ЗЕТ, часов)	1, 36; 0,5, 18	4; 5 семестры
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1, 36; 0,5, 18	4; 5 семестры
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	1, 36, 0,5, 18	4; 5 семестры
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	2, 72; 1,25, 45	4; 5 семестры
Зачет	0,14, 5	4 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1,25, 45	5 семестр

**Самостоятельная работа студентов**

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,33, 12; 0,33, 12
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,33, 12; 0,33, 12
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (лаб)	0,33, 12; 0,33, 12
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0,5, 18; 0,25, 9
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	0,5, 18; 0, 0
Всего:	2, 72; 1,25, 45
Подготовка к экзамену	0, 0; 1,25, 45

**3. 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	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Качественная теория электропроводимости полупроводников.	32,7	6	6	4	8,3	
2	Тема 2. Контактные явления в полупроводниках.	24,0	4	4	4	6,0	
3	Тема 3. Полупроводниковые приборы, основанные на физических процессах в одиночном <i>p-n</i> переходе.	22,0	2	2	8	5,0	
4	Тема 4. Физические принципы работы биполярных транзисторов.	24,0	4	4	4	6,0	
5	Тема 5. Физические основы работы тиристор.	15,3	2	2	4	3,7	
6	Тема 6. Физические основы работы полевых транзисторов и МДП-транзисторов.	30,7	4	4	8	7,3	
7	Тема 7. Физические основы квантовой и оптической электроники	8,7	2	2		2,3	
8	Тема 8. Оптические явления в полупроводниках и полупроводниковых гетероструктурах	32,7	6	6	4	8,3	
9	Тема 9. Физические принципы оптико-электронных системы передачи информации	8,7	2	2		2,3	
10	Тема 10. Усиление и генерация электромагнитного излучения оптического диапазона	17,3	4	4		4,7	
11	Тема 11. Физические основы эмиссионной электроники	32,0	4	4	4	10,0	
12	Тема 12. Первичное формирование потоков заряженных частиц	41,3	4	4	8	12,7	
13	Тема 13. Формирование потоков заряженных частиц различной интенсивности	16,0	2	2	2	5,0	
14	Тема 14. Типы и основные характеристики газовых разрядов. Методы генерации плазмы	20,7	2	2	4	6,3	

№ 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
15	Тема 15. Транспортировка потоков заряженных частиц	34,0	6	6		11,0	
всего 324 часов по видам учебных занятий (включая 18 часов на подготовку к зачету)			54	54	54	117	

### Содержание лекционно-практических форм обучения

#### Тема 1. Качественная теория электропроводимости полупроводников.

**Лекция 1.** Основные сведения о полупроводниках. Основные понятия зонной теории полупроводников. Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимости. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Компенсированные полупроводники. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

**Лекция 2.** Генерация и рекомбинация носителей заряда. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Связь между концентрациями основных и неосновных носителей. Закон действующих масс. Температурные зависимости концентрации, подвижности носителей и удельной электропроводности полупроводников.

**Лекция 3.** Уравнения непрерывности. Однородные и неоднородные полупроводники. Встроенное электрическое поле. Поверхностные явления в полупроводниках. Диэлектрическая релаксация. Полупроводники в сильных электрических полях.

**Практическое занятие 1.** Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимости.

**Практическое занятие 2.** Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Связь между концентрациями основных и неосновных носителей.

**Практическое занятие 3.** Контрольное занятие по теме **Теме 1.**

**Лабораторная работа 1.** Измерение времени жизни неосновных носителей заряда.

**Самостоятельная работа 1.** Статистика носителей заряда в полупроводниках

**Самостоятельная работа 2.** Температурные зависимости концентрации, подвижности носителей и удельной электропроводности полупроводников.

**Самостоятельная работа 3.** Вывод уравнений непрерывности.

#### Тема 2. Контактные явления в полупроводниках.

**Лекция 4.** Электронно-дырочный переход. Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии. Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии. Вольт-амперная характеристика идеализированного электронно-дырочного перехода. Факторы, влияющие на вольт-амперную характеристику реального p-n-перехода. Пробой электронно-дырочного перехода. Динамические параметры электронно-дырочного перехода. Переходные процессы в электронно-дырочном переходе.

**Лекция 5.** Контакты металл-полупроводник. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Гетеропереходы

**Практическое занятие 4.** Основные свойства электронно-дырочного перехода.

**Практическое занятие 5.** Контактные явления в полупроводниках.

**Лабораторная работа 2.** Определение дрейфовой подвижности носителей тока

**Самостоятельная работа 4.** Особенности резких и плавных p-n переходов.

**Самостоятельная работа 5.** Особенности гетеропереходов.

**Тема 3.** Полупроводниковые приборы, основанные на физических процессах в одиночном  $p$ - $n$  переходе или в контакте металл-полупроводник.

**Лекция 6.** Основные сведения о полупроводниковых диодах. Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Диоды Шоттки. Стабилитроны и стабилитроны. Варикапы. Туннельные и обращенные диоды.

**Практическое занятие 6.** Свойства полупроводниковых диодов.

**Лабораторная работа 3.** Исследование параметров и характеристик полупроводниковых диодов и стабилитронов.

**Лабораторная работа 4.** Исследование емкостных свойств  $p$ - $n$  перехода.

**Самостоятельная работа 6.** Импульсные диоды: переходные процессы при переключении.

**Тема 4.** Физические принципы работы биполярных транзисторов.

**Лекция 7.** Основные сведения о биполярных транзисторах. Принцип работы биполярных транзисторов. Собственные статические параметры транзистора. Модель биполярного транзистора Эберса-Молла. Модуляция толщины базы

**Лекция 8.** Пробой биполярных транзисторов. Статические характеристики биполярных транзисторов. Динамические параметры биполярного транзистора. Линейные модели биполярного транзистора. Усилительные свойства биполярного транзистора.

**Практическое занятие 7.** Свойства биполярных транзисторов.

**Практическое занятие 8.** Динамические параметры биполярных транзисторов.

**Лабораторная работа 5.** Исследование статических характеристик биполярного транзистора.

**Самостоятельная работа 7.** Вывод уравнений Эберса-Молла.

**Самостоятельная работа 8.** Предельные режимы работы биполярного транзистора.

**Тема 5.** Физические основы работы тиристоров.

**Лекция 9.** Основные сведения о тиристорах. Структура и принцип работы диристоров. Структура и принцип работы триристоров. Температурные зависимости ВАХ тиристора. Переходные процессы в тиристорах. Симметричный тиристор. Сравнительная характеристика тиристора и транзистора. Условные графические обозначения тиристоров. Маркировка тиристоров

**Практическое занятие 9.** Параметры тиристоров.

**Лабораторная работа 6.** Исследование статических характеристик тиристоров.

**Самостоятельная работа 9.** Процессы, происходящие при переключении симистора.

**Тема 6.** Физические основы работы полевых транзисторов и МДП-транзисторов.

**Лекция 10.** Основные сведения о полевых транзисторах. Полевые транзисторы с управляющим  $p$ - $n$ - переходом. Статические характеристики полевых транзисторов с управляющим  $p$ - $n$ -переходом. Малосигнальные параметры полевых транзисторов с управляющим  $p$ - $n$ -переходом. Схемы включения полевых транзисторов с управляющим  $p$ - $n$ -переходом.

**Лекция 11.** Полевые транзисторы с изолированным затвором. МДП-транзисторы со встроенным каналом. МДП-транзисторы с индуцированным каналом. Статические параметры МДП-транзисторов. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме. Силовые МДП-транзисторы и биполярные транзисторы с изолированным затвором.

**Практическое занятие 17.** Физические процессы в полевых транзисторах. Расчет схем включения полевых транзисторов.

**Практическое занятие 18.** Динамические свойства полевых транзисторов. Контрольная работа по материалам 16-17 занятий.

**Лабораторная работа 7.** Исследование статических характеристик полевых транзисторов.

**Лабораторная работа 8.** Исследование статических характеристик силовых МОП-транзисторов

**Самостоятельная работа 17.** Эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим *p-n*-переходом.

**Самостоятельная работа 18.** Эквивалентные схемы МДП-транзисторов.

**Тема 7.** Физические основы квантовой и оптической электроники.

**Лекция 12.** Терминология, основные понятия и определения. Оптический спектр электромагнитных колебаний. Основные характеристики оптического излучения. Основные энергетические и светотехнические величины. Основные законы инфракрасного излучения. Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами. Оптические явления в средах с различными агрегатными состояниями.

**Практическое занятие 12.** Расчет параметров квантовых систем.

**Самостоятельная работа 12.** Физические основы возникновения излучения в квантовых системах.

**Тема 8.** Оптические явления в полупроводниках и полупроводниковых гетероструктурах.

**Лекция 13.** Явление люминесценции в полупроводниках. Излучательная рекомбинация. Основные параметры и характеристики излучающих диодов. Разновидности излучающих диодов. Маркировка излучающих диодов.

**Лекция 14.** Явление фотоэффекта в полупроводниках. Полупроводниковые фотоприемники оптического излучения. Фотоприемники на основе *p-n*-перехода. Разновидности фотоприемников на основе *p-n*-перехода. Многоэлементные фотоприемники.

**Лекция 15.** Общие сведения об оптронах. Резисторные оптопары. Диодные оптопары. Транзисторные оптопары. Тиристорные оптопары. Оптоэлектронные интегральные микросхемы. Открытые оптические системы передачи данных.

**Практическое занятие 13.** Расчет параметров схем включения излучающих диодов.

**Практическое занятие 14.** Расчет параметров схем включения фотодиодов.

**Практическое занятие 15.** Расчет параметров оптопар.

**Лабораторная работа 9.** Исследование характеристик оптоэлектронных излучателей.

**Лабораторная работа 10.** Исследование характеристик элементарных оптопар.

**Самостоятельная работа 13.** Способы получения излучения различного спектрального состава в излучающих диодах.

**Самостоятельная работа 14.** Принципы функционирования многоэлементных фотоприемников (ПЗС и КМОП технологии).

**Самостоятельная работа 15.** Особенности построения открытых оптических систем передачи данных.

**Тема 9.** Физические принципы оптико-электронных системы передачи информации.

**Лекция 16.** Общие сведения о волоконно-оптических линиях передачи. Принцип действия и классификация световодов. Параметры и характеристики световодов. Основные материалы и конструкции волоконных световодов и кабелей. Принципы построения волоконно-оптических систем передачи.

**Практическое занятие 16.** Физические принципы волоконно-оптических линий передачи

**Самостоятельная работа 16.** Источники излучения, применяемые в волоконно-оптических линиях передачи

**Тема 10.** Усиление и генерация электромагнитного излучения оптического диапазона.

**Лекция 17.** Физические основы лазерного излучения. Оптические переходы, усиление и генерация оптического излучения. Классификация, параметры и характеристики лазеров. Твердотельные и полупроводниковые лазеры

**Лекция 18.** Газовые лазеры. Химические и жидкостные лазеры. Лазеры на свободных электронах. Нелинейные оптические эффекты. Физические принципы и основные элементы для модуляции оптического излучения. Физические принципы и основные элементы для отклонения оптического излучения.

**Практическое занятие 17.** Генерация электромагнитного излучения оптического диапазона.

**Практическое занятие 18.** Генерация электромагнитного излучения оптического диапазона.

**Самостоятельная работа 17.** Условия и области применения твердотельных и полупроводниковых лазеров.

**Самостоятельная работа 18.** Условия и области применения химических и жидкостных лазеров.

**Тема 11.** Физические основы эмиссионной электроники.

**Лекция 19.** Общие сведения о электровакуумных приборах. Краткая историческая справка. Классификация электровакуумных приборов. Электронная эмиссия. Катоды и их параметры.

**Лекция 20.** Движение электронов в вакууме в электрическом поле. Движение электрона в вакууме в магнитном поле.

**Практическое занятие 19.** Расчет параметров электровакуумных приборов.

**Практическое занятие 20.** Расчет параметров движения электронов в магнитном поле.

**Лабораторная работа 10.** Исследование явления термоэлектронной эмиссии.

**Самостоятельная работа 19.** Особенности конструктивного исполнения катодов.

**Самостоятельная работа 20.** Движение электронов в скрещенных полях.

**Тема 12.** Первичное формирование потоков заряженных частиц.

**Лекция 21.** Электронные лампы. Принцип устройства и основные свойства электронных ламп. Электровакуумные диоды. Электровакуумные триоды. Многосеточные электронные лампы. Маркировка электронных ламп. Специальные лампы. Способы обеспечения режима работы.

**Лекция 22.** Внешний фотоэффект. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом. Фотоэлектронные умножители с внешним фотоэффектом.

**Практическое занятие 21.** Расчет параметров движения электронов в электрическом поле.

**Практическое занятие 22.** Приборы на основе внешнего фотоэффекта.

**Лабораторная работа 11.** Исследование методов управления потоком электронов

**Лабораторная работа 12.** Исследование методов управления потоком электронов

**Лабораторная работа 13.** Исследование внешнего фотоэффекта

**Самостоятельная работа 21.** Динатронный эффект и способы его подавления.

**Самостоятельная работа 22.** Электронно-оптические преобразователи.

**Тема 13.** Формирование потоков заряженных частиц различной интенсивности.

**Лекция 23.** Общие сведения о электронно-лучевых приборах. Электростатическая система фокусировки. Электромагнитная система фокусировки. Электростатическая система отклонения. Магнитная отклоняющая система. Устройство приемных ЭЛТ. Катодолюминисценция

**Практическое занятие 23.** Система электростатического отклонения в ЭЛТ

**Самостоятельная работа 23.** Устройство и принцип работы запоминающих ЭЛТ.

**Тема 14.** Типы и основные характеристики газовых разрядов. Методы генерации плазмы

**Лекция 24.** Особенности газовой среды. Ионизированный газ и плазма. Электрический разряд в газе. Газоразрядные лампы.

**Практическое занятие 24.** Расчет газоразрядных приборов

**Лабораторная работа 14.** Исследование приборов тлеющего разряда.

**Самостоятельная работа 24.** Методы генерации плазмы.

**Тема 15.** Транспортировка потоков заряженных частиц.

**Лекция 25.** Квазистатические и динамические способы управления электронным потоком. Принцип работы приборов пролетного типа. Группировка электронов по плотности в генераторах пролетного типа. Группировка электронов, подвергшихся предварительной скоростной модуляции. Пролетные клистроны. Отражательный клистрон.

**Лекция 26.** Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной. Устройство лампы бегущей волны. Принцип работы ЛБВ.

Устройство лампы обратной волны. Принцип работы ЛОВ.

**Лекция 27.** Устройство магнетрона. Процессы при самовозбуждении, условия самовозбуждения. Особенности конструкций магнетронов.

**Практическое занятие 25.** Группировка электронов по плотности в генераторах пролетного типа.

**Практическое занятие 26.** Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной.

**Практическое занятие 27.** Расчет параметров движения электронов в скрещенных магнитном и электрическом полях.

**Самостоятельная работа 25.** Области применения и особенности эксплуатации пролетных и отражательных клистронов.

**Самостоятельная работа 26.** Области применения и особенности эксплуатации ламп бегущей волны и ламп обратной волны.

**Самостоятельная работа 27.** Области применения и особенности эксплуатации магнетронов.

### 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 расчетного задания 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. Образование свободных носителей заряда в беспримесных полупроводниках.
2. Образование свободных носителей заряда в примесных полупроводниках.
3. Легирование полупроводников. Донорная и акцепторная примеси.
4. Законы распределения носителей в зонах полупроводника.
5. Концентрация носителей и положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
6. Концентрация носителей и положение уровня Ферми в примесных полупроводниках.
7. Закон действующих масс.

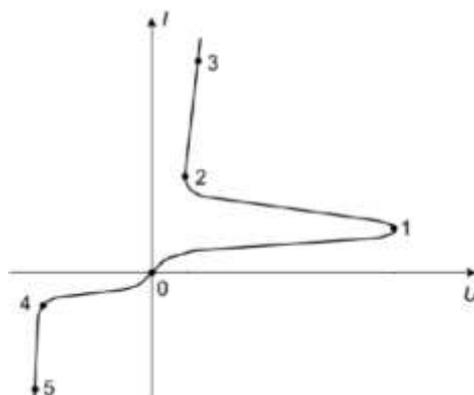
8. Зависимость положения уровня Ферми от температуры.
9. Дрейф и диффузия носителей заряда в полупроводниках.
10. Факторы, определяющие подвижность носителей.
11. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников.
12. Однородные и неоднородные полупроводники. Встроенное электрическое поле.
13. Неравновесные носители заряда в полупроводниках.
14. Генерация и рекомбинация носителей.
15. Время жизни носителей.
16. Уравнение непрерывности. Время диэлектрической релаксации.
17. Электронно-дырочный переход. Равновесное состояние p-n-перехода.
18. Напряжённость электрического поля и распределение потенциалов в резком p-n переходе.
19. Ширина области объёмного заряда резкого p-n перехода.
20. Особенности плавных p-n переходов.
21. Прямое смещение p-n-перехода.
22. Обратное смещение p-n-перехода.
23. Диоды, назначение. Отличие реального диода от идеального.
24. Вольт-амперная характеристика диода с p-n переходом.
25. Эквивалентное представление реального диода.
26. Температурная зависимость параметров диода. Зависимость надёжности работы диода от температуры.
27. Инерционные свойства диодов с p-n переходом. Временные диаграммы работы. В чем отрицательное действие наличия времени рассасывания.
28. Диоды Шоттки. Их отличие от диодов с p-n переходом.
29. Недостатки и преимущества диодов Шоттки, области их применения.
30. Варикапы, назначение и область применения. Работа схемы резонансного колебательного контура с варикапом.
31. Лазерные диоды, основные характеристики, области применения.
32. Стабилитроны. Назначение, отличие стабилитрона от стабистора.
33. Вольтамперная характеристика стабилитрона, характерные рабочие точки.
34. Дифференциальное сопротивление стабилитрона. Минимальный ток стабилизации. Их влияние на работу стабилизатора.
35. Параллельное и последовательное включение стабилитронов.
36. Температурная стабильность напряжения стабилизации.
37. Биполярные транзисторы двух типов проводимости. Условное обозначение.
38. Схемы включения биполярных транзисторов - ОБ. ОЭ. ОК.
39. Линейный режим работы биполярного транзистора. Схема и временные диаграммы работы.
40. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора в схеме ОЭ.
41. Импульсный режим работы биполярного транзистора, схема, временные диаграммы работы. Время рассасывания.
42. Режим насыщения биполярного транзисторного ключа. Признаки режима насыщения, полярности напряжений.
43. Преимущества и недостатки режима насыщения.
44. Режим отсечки биполярного транзистора.
45. Полевые (МОП. МДП) транзисторы условное обозначение. Структура МОП транзистора.
46. Крутизна характеристики МОП транзистора, ее смысл и размерность.
47. 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.

48. Выходные характеристики МОП транзисторов. Линия максимально допустимой мощности, рассеиваемой транзистором.
49. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом и с изолированным затвором.
50. Линейный режим работы МОП транзистора, временные диаграммы работы. Связь значений токов и напряжений схемы с параметром  $S$ .
51. Импульсный режим работы МОП транзистора, временные диаграммы работы. Влияние межэлектродных емкостей на быстродействие транзисторного ключа.
52. Основные параметры МОП транзистора, их электротехнический и эксплуатационный смысл.
53. Тиристоры, условное обозначение. Отличие тиристора от транзистора. Простейшая схема тиристорного ключа, временные диаграммы его работы.
54. Транзисторная эквивалентная схема тиристора, работа схемы.
55. Принцип выключения тиристора по транзисторной эквивалентной схеме. Практическая схема выключения тиристора.
56. Светодиоды, назначение и области их применения. Методы изменения цвета излучения светодиода. Фотодиоды, назначение и области применения.
57. Режим прямого включения фотодиода, схема и характеристики.
58. Режим обратного включения фотодиода, схема и характеристики.
59. Фототиристоры, схема управления фототиристором при помощи оптоэлектронных элементов.
60. Энергетические состояния квантовых систем. Оптические переходы.
61. Усиление оптического излучения. Насыщение усиления в активных средах. Генерация оптического излучения.
62. Классификация и характеристики генераторов когерентного оптического излучения.
63. Нелинейные оптические эффекты. Физические принципы и основные элементы для модуляции и оптического излучения.
64. Принцип действия, параметры и характеристики световодов. Основные материалы и конструкции волоконных световодов и кабелей.
65. Классификация электровакуумных приборов. Катоды и их параметры.
66. Электронная эмиссия. Различные способы электронной эмиссии.
67. Электронный поток, его формирование и транспортировка. Движение электронов в вакууме в электрическом поле.
68. Интенсивные и неинтенсивные электронные потоки. Релятивистские и нерелятивистские электронные потоки.
69. Электронные лампы. Принцип устройства и основные свойства электронных ламп.
70. Классификация ЭЛТ. Электростатическая система фокусировки. Электромагнитная система фокусировки.
71. Катодолюминесценция. Экраны электронно-лучевых трубок
72. Электростатическая и магнитная системы отклонения.
73. Электрический разряд в газе. Приборы тлеющего и дугового разрядов. Основные методы генерации плазмы.
74. Общие сведения о фотоэлектрических приборах. Электровакуумные фотоэлектрические приборы.
75. Квазистатические и динамические способы управления электронным потоком. Принцип работы приборов пролетного типа.
76. Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной. Устройство и принцип работы лампы бегущей волны.

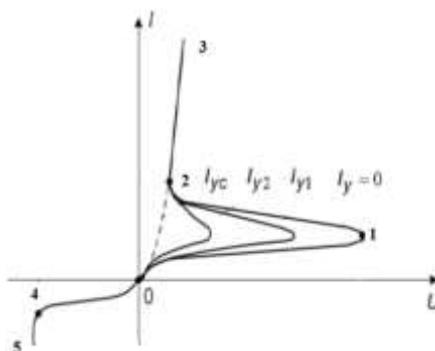
## Типовые задачи

1. Дрейфовый ток плотностью  $10 \text{ мА/см}^2$  течет через кристалл кремния  $p$ -типа с удельным сопротивлением  $10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . Найти среднюю дрейфовую скорость дырок и электронов.
2. Определите время жизни  $\tau_n$  и подвижность  $\mu_n$  электронов при  $T=300 \text{ К}$ , если длина диффузионного смещения электронов в германии  $L_n=0,15 \text{ см}$ , а коэффициент диффузии  $D_n = 200 \text{ см}^2/\text{с}$ .
3. 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  $\mu_n = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ .
4. Определить удельную проводимость образца кремния (в  $\text{мкСм/см}$ ) 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  $15 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ , дырок в кремнии  $600 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ . Ответ округлить до целого числа.
5. Образец из полупроводника прямоугольной формы размером  $0,25 \times 0,25 \times 0,05 \text{ см}^3$  содержит  $10^{15}$  носителей заряда в  $1 \text{ см}^3$ . К двум противоположным узким граням приложено напряжение  $U = 15 \text{ В}$ . Найти значение тока в  $\text{мА}$ , полагая подвижность носителей заряда  $500 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ .
6. Дан образец легированного кремния  $n$ -типа длиной  $10 \text{ мм}$ , шириной  $2 \text{ мм}$  и толщиной  $1 \text{ мм}$ . 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.
7. Определить дифференциальное сопротивление вольт-амперной характеристики идеального выпрямляющего контакта металл-полупроводник при температуре  $= 300 \text{ К}$  и прямым токе  $I = 2 \text{ мА}$ .
8. Найти максимальную предельную резистивную частоту туннельного диода, если величина отрицательного дифференциального сопротивления  $100/2\pi \text{ Ом}$ , а барьерная емкость  $20 \text{ пФ}$ .
9. Найти добротность варикапа в области низких частот, если емкость равна  $100 \text{ пФ}$ , сопротивление обратно смещенного  $p$ - $n$ -перехода равно  $100 \text{ кОм}$ , круговая частота равна  $12 \text{ Мрад/с}$ .
10. Найти приращение напряжения на стабилитроне, обусловленное изменением тока нагрузки на  $2 \text{ мА}$ , если дифференциальное сопротивление стабилитрона  $10 \text{ Ом}$ , а ограничительное сопротивление намного больше дифференциального сопротивления стабилитрона.
11. 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).
12. Найти диффузионное сопротивление базы  $r_b''$  если сопротивление эмиттера  $r_3=10 \text{ Ом}$ . Дифференциальный коэффициент передачи тока базы  $\beta = 20$ .

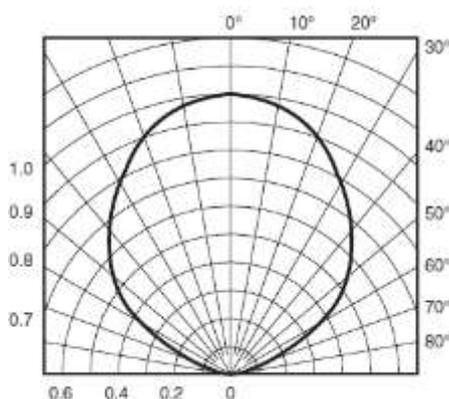
13. На ВАХ диодного тиристора показать участки, соответствующие его возможным режимам работы и точки, соответствующие включению ( $I_{вкл}$ ,  $U_{вкл}$ ), удержанию ( $I_{уд}$ ) и пробую ( $U_{проб}$ ).



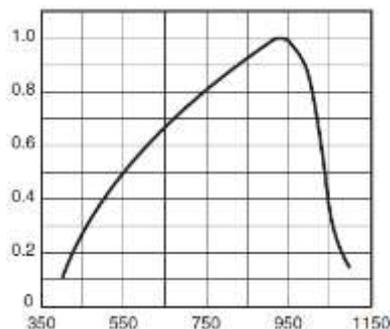
14. На ВАХ триодного тиристора показать участки, соответствующие его возможным режимам работы и точки, соответствующие включению ( $I_{вкл}$ ,  $U_{вкл}$ ) при различных значениях тока управляющего электрода, удержанию ( $I_{уд}$ ) и пробую ( $U_{проб}$ ).



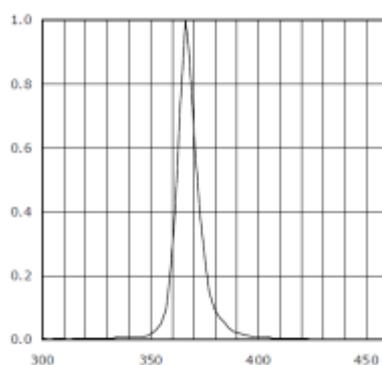
15. Крутизна полевого транзистора равна  $0,6 \text{ мА/В}$ , дифференциальное сопротивление канала в режиме насыщения составляет  $300 \text{ кОм}$ . Определить коэффициент усиления по напряжению.
16. Начальный ток стока полевого транзистора с управляющим  $p-n$ -переходом  $3 \text{ мА}$ . Напряжение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



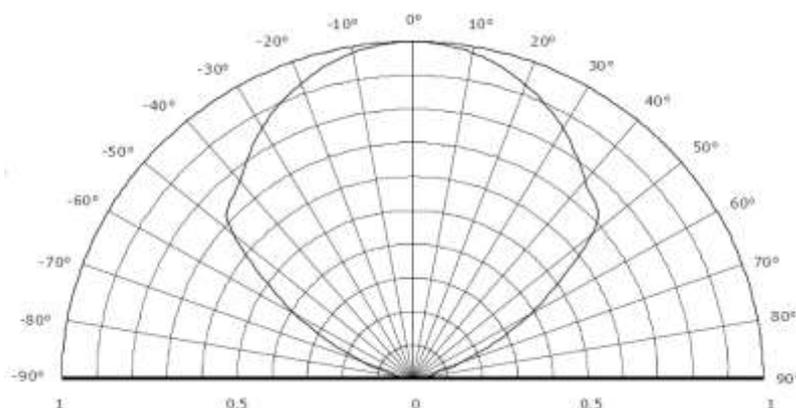
18. Определить спектральный диапазон и максимальную длину волны чувствительности фотодиода заданного типа



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

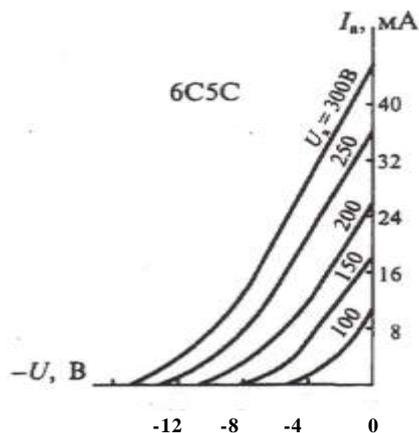


20. Определить ширину диаграммы направленности излучения светодиода заданного типа

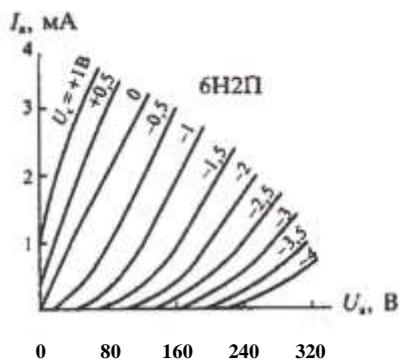


21. Определить величину сопротивления ограничительного резистора, включенного в цепь питания светодиода заданного типа, если  $U_{пит} = 24 \text{ В}$ .
22. Найти величину коэффициента передачи тока с входа оптопары на ее выход  $K_I$ , выраженный в процентах, если  $I_{вых} = 32 \text{ мА}$ ,  $I_{вх} = 1 \text{ мА}$ , величиной  $I_0$  можно пренебречь.
23. Фотодиод на основе  $p-n$  перехода имеет квантовый выход 50 % на длине волны 0,85 мкм. Рассчитать чувствительность  $R$ .
24. Вычислить апертурный угол ступенчатого световода с параметрами  $n_1 = 1,48$ ,  $n_2 = 1,46$ .
25. Вычислить апертурный угол световода с параболическим профилем показателя преломления с параметрами  $n_1 = 1,48$ ,  $n_2 = 1,46$ .

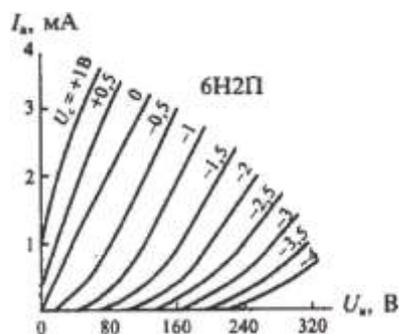
26. Вычислить нормированная частота  $V$  для ступенчатого световода с диаметром 50 мкм и параметрами  $n_1 = 1,48$ ,  $n_2 = 1,46$ .  $\lambda = 1$  мкм
27. Вычислить удельное затухание оптического сигнала в световоде длиной 20 км, если отношение мощностей оптического сигнала на его входе и выходе равно 2.
28. Вычислить ширину полосы пропускания световода, если удельное уширение импульсов равно 20 нс/км.
29. По анодно-сеточной характеристике определите крутизну триода 6С5С при напряжении  $U_a=300$  В.



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



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



Вопросы к экзамену

**4 семестр**

**(Твердотельная электроника, квантовая и оптическая электроника)**

1. Полупроводники. Зонная теория полупроводников.
2. Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимости.
3. Вырожденные, невырожденные и компенсированные полупроводники.
4. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Процессы переноса зарядов в полупроводниках.
5. Связь между основными и неосновными носителями заряда. Закон действующих масс.
6. Однородные и неоднородные полупроводники. Встроенное электрическое поле.
7. Поверхностные явления в полупроводниках. Диэлектрическая релаксация.
8. Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состоянии.
9. Пробой электронно-дырочного перехода. Его динамические параметры.
10. Контакты металл-полупроводник.
11. МДП – структуры. Гетеропереходы.
12. Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды и импульсные диоды.
13. Полупроводниковые диоды. Диоды Шоттки.
14. Полупроводниковые диоды. Стабилитроны и стабисторы
15. Полупроводниковые диоды. Варикапы.
16. Полупроводниковые диоды. Туннельные и обращённые диоды.
17. Принцип работы биполярных транзисторов
18. Собственные статические параметры биполярных транзисторов.
19. Модель биполярного транзистора Эберса-Молла.
20. Статические характеристики и динамические параметры биполярных транзисторов.
21. Линейные модели биполярных транзисторов.
22. Усилительные свойства биполярного транзистора.
23. Тиристоры: классификация. Структура и принцип работы динисторов.
24. Структура и принцип работы тринисторов. Симметричный тиристор.
25. Основные сведения о полевых транзисторах, классификация.
26. Полевые транзисторы с управляющим р-п- переходом.
27. МДП-транзисторы со встроенным каналом.
28. МДП-транзисторы с индуцированным каналом.
29. Терминология, основные понятия и определения квантовой и оптической электроники.
30. Основные характеристики оптического излучения.
31. Основные энергетические и светотехнические величины.
32. Основные законы инфракрасного излучения.
33. Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами.
34. Явление люминесценции в полупроводниках.
35. Излучательная рекомбинация.
36. Излучающие диоды: основные параметры и характеристики.
37. Явление фотоэффекта в полупроводниках (внутренний фотоэффект).
38. Полупроводниковые фотоприёмники оптического излучения.
39. Фотоприёмники на основе р-п-перехода. Их разновидности.
40. Многоэлементные фотоприёмники.
41. Оптроны.
42. Резисторные оптопары.

43. Диодные оптопары
44. Транзисторные оптопары.
45. Тиристорные оптопары.
46. Открытые оптические системы передачи данных.
47. Волоконно-оптические линии передачи.
48. Принцип действия и классификация световодов.
49. Параметры и характеристики световодов.
50. Основные материалы и конструкции волоконных световодов и кабелей.
51. Принципы построения волоконно-оптических систем передачи.
52. Оптические переходы, усиление и генерация оптического излучения.
53. Физические основы лазерного излучения.
54. Принцип работы лазеров (на примере рубинового лазера).
55. Принцип работы лазеров (на примере полупроводникового лазера).
56. Классификация, параметры и характеристики лазеров.

### 5 семестр

#### (Вакуумная и плазменная электроника)

1. Виды эмиссий электронов из твердых тел. Термоэлектронная эмиссия.
2. Виды эмиссий электронов из твердых тел. Электростатическая эмиссия
3. Виды эмиссий электронов из твердых тел. Взрывная эмиссия.
4. Виды эмиссий электронов из твердых тел. Эмиссия Шоттки.
5. Виды эмиссий электронов из твердых тел. Вторичная эмиссия.
6. Виды эмиссий электронов из твердых тел. Фотоэлектронная эмиссия.
7. Катоды и их параметры.
8. Движение электронов в вакууме в электрическом поле.
9. Движение электрона в вакууме в магнитном поле.
10. Классификация электровакуумных приборов.
11. Принцип устройства и основные свойства электронных ламп.
12. Устройство и основные параметры электровакуумных диодов.
13. Устройство и основные параметры электровакуумных триодов.
14. Устройство и основные параметры электровакуумных тетродов.
15. Устройство и основные параметры электровакуумных пентродов.
16. Динатронный эффект. Условия возникновения.
17. Динатронный эффект. Области использования.
18. Маркировка электронных ламп.
19. Способы обеспечения режима работы электронных ламп.
20. Внешний фотоэффект.
21. Красная граница фотоэффекта.
22. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом.
23. Фотоэлектронные умножители с внешним фотоэффектом.
24. Общие сведения о электронно-лучевых приборах.
25. Устройства, обеспечивающие формирование потоков заряженных частиц
26. Электростатическая система фокусировки электронно-лучевых приборов.
27. Электромагнитная система фокусировки электронно-лучевых приборов.
28. Электростатическая система отклонения электронно-лучевых приборов.
29. Магнитная отклоняющая система электронно-лучевых приборов.
30. Устройство приемных электронно-лучевых приборов.

31. Особенности газовой среды как проводника электрического тока.
32. Ионизированный газ и плазма.
33. Электрические разряды в газе. Классификация
34. Тлеющий разряд, условия возникновения.
35. Дуговой разряд, условия возникновения.
36. Газоразрядные лампы.
37. Приборы тлеющего разряда
38. Приборы дугового разряда
39. Квазистатические и динамические способы управления электронным потоком.
40. Принцип работы приборов пролетного типа.
41. Группировка электронов по плотности в генераторах пролетного типа.
42. Группировка электронов, подвергшихся предварительной скоростной модуляции.
43. Пролетный клистрон, устройство, принцип работы.
44. Отражательный клистрон, устройство, принцип работы.
45. Скоростная модуляция и группировка электронов при их взаимодействии с бегущей волной.
46. Лампа бегущей волны, устройство, принцип работы.
47. Лампа обратной волны, устройство, принцип работы.
48. Движение электронов в перекрещивающихся электрическом и магнитном полях.
49. Устройство магнетрона.
50. Процессы, протекающие при самовозбуждении магнетрона,
51. Условия самовозбуждения магнетрона.
52. Особенности конструкций магнетронов.

#### **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. Шука А. А. Электроника. Учебное пособие/ Под ред. проф. А. С. Сигова. – СПб.: БХВ–Пертербург, 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](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](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](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](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](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](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 нанoeлектроника", "Радиотехника", "Информационные технологии и системы связи", "Конструирование технологии 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](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. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сфор-

мулируйте 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 объем 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 подготовке 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, к.т.н., доцент

С. П. Астахов

Зав. кафедрой, д.т.н., доцент

И.В. Якименко

Программа утверждена на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 14.05.2015 года, протокол №9.

Программа переутверждена в связи с изменением названия вуза на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 10.09.2015 года, протокол №1.