

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и нанoeлектроника»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан ФЭ

 / Н.М. Верещагин

« 10 » 06 20 20 г



УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

 / А.В. Корячко

« 10 » 06 20 20 г

Заведующий кафедрой МНЭЛ

 / В.Г. Литвинов

« 10 » 06 20 20 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.03 «Твердотельная электроника»

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) подготовки

«Микро- и нанoeлектроника»

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

Рязань, 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»,

утвержденного 19.09.2017 №927

Разработчики
к.т.н., доцент кафедры «Электронные приборы»

Базылев В.К.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

« 09 » 06 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Электронные приборы»

д.ф. - м.н., профессор

М.В. Чиркин

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

Рабочая программа по дисциплине «Твердотельная электроника» является составной частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) академического бакалавриата, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к решению задач, связанных с проектной, научно-исследовательской и производственно-технологической деятельностью в области создания и применения приборов твердотельной электроники.

Задачи дисциплины:

- изучение физики работы приборов твердотельной электроники;
- изучение функциональных возможностей и схемных применений приборов твердотельной электроники;
- изучение методов проектирования приборов твердотельной электроники;
- получение навыков научно-исследовательской и инженерной работы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ПК-1. Способен 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	<u>Знать:</u> основные подходы к построению физических и математических моделей твердотельных приборов и схем на их основе <u>Уметь:</u> использовать стандартные программные средства компьютерного моделирования твердотельных приборов и схем на их основе <u>Владеть:</u> основными способами компьютерного моделирования
	ПК-5. Готов выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	<u>Знать:</u> методики расчёта и проектирования приборов твердотельной электроники <u>Уметь:</u> использовать пакеты программ для расчёта и проектирования приборов твердотельной электроники <u>Владеть:</u> практическими навыками работы с паке-

		тами программ для расчёта и проектирования приборов твердотельной электроники
--	--	---

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина "Твердотельная электроника" (Б1.В.01.03) относится к базовой (общепрофессиональной) части блока №1 профессионального цикла дисциплин ОПОП «Электронные приборы и устройства» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 3 курсе в 5 семестре.

Пререквизиты дисциплины. Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин учебного плана: "Математика", "Физика", "Основы статистической физики", "Теоретические основы электротехники", "Пакеты прикладных программ", «Метрология, стандартизация и технические измерения».

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать: общие разделы высшей математики (дифференциальное и интегральное исчисление), разделы физики (механика, электричество и магнетизм, атомная физика, молекулярная физика). Предполагается, что студентами ранее усвоены энергетические диаграммы металлов, полупроводников и диэлектриков, понятия диффузии и подвижности носителей тока, диффузионного и дрейфового токов, механизмы генерации и рекомбинации подвижных носителей заряда в полупроводниках, функции распределения по энергиям подвижных носителей тока в полупроводниках и металлах, уравнения Пуассона и непрерывности, законы Кирхгофа для электрических цепей, переходные процессы в электрических цепях;

уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей исследования характеристик и параметров приборов твердотельной электроники;

владеть: начальными навыками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов твердотельной электроники.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Курс «Твердотельная электроника» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами, такими как: «Математика», «Физика», «Основы статистической физики», «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Теоретические основы электротехники». Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков бакалавра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Преддипломная практика», «Выпускная квалификационная работа».

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетные единицы (ЗЕ), 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	216	-	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	80	-	-
Лекции	40	-	-

Лабораторные работы	32	-	-
Практические занятия	8	-	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	136	-	-
Курсовой проект/ курсовая работа	16	-	-
Подготовка к экзамену, консультации	40	-	-
Консультации в семестре	10	-	-
Иные виды самостоятельной работы	70	-	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	экзамен	-	-

4. Содержание дисциплины

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Введение. Основные сведения по физике полупроводников.

Энергетические зоны в металле, диэлектрике, полупроводнике. Генерация подвижных носителей заряда в полупроводниках (собственном, электронном, дырочном). Рекомбинация подвижных носителей тока в полупроводниках: зона-зона, зона-примесь, излучательная, безизлучательная, прямые и непрямые переходы, рекомбинация на поверхности. Соотношение между концентрациями носителей в полупроводниках в равновесных условиях. Неравновесные носители в полупроводниках, понятия времени жизни носителей и диффузионной длины, зависимость времени жизни от концентрации примесей и дефектов, температуры. Статистика подвижных носителей заряда в полупроводниках: функция Ферми, функция плотности состояний, распределение электронов и дырок по энергиям в собственном и примесных полупроводниках, положение уровня Ферми в собственном и примесных полупроводниках, вырожденные полупроводники. Температурная зависимость концентрации носителей в собственном и примесных полупроводниках.

Токи, связанные с движением носителей в полупроводниках: дрейфовый ток, понятие подвижности, механизмы рассеяния носителей в слабых и сильных полях, проводимость и ее зависимость от температуры, диффузионный ток.

Тема 2. Электрические переходы.

Виды электрических переходов. Физика образования р-п-перехода. Вывод выражения для контактной разности потенциалов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в ОПЗ. Длина ОПЗ. Контакт металла с полупроводником. Идеализированный выпрямляющий переход металл-полупроводник.

Выпрямляющий переход металл-полупроводник n-типа. Выпрямляющий переход металл-полупроводник р-типа. Омические (невыпрямляющие) переходы металл-полупроводник. Гетеропереходы. Гетеропереходы. Классификация гетеропереходов. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции в гетеропереходах.

Тема 3. Полупроводниковые диоды.

Структура диода, обозначение в электрических схемах, маркировка. Идеализированная вольт-амперная характеристика полупроводникового диода с толстой (широкой) базой в режиме малых токов (вывод выражения ВАХ на основе соотношения потоков основных и неосновных носителей). Вывод ВАХ диода с толстой или тонкой базой на основе уравнения непрерывности в режиме малых токов для случаев тонкой и толстой базы. Реальная вольт-амперная характеристика диода на прямой ветви: учет рекомбинации носителей заряда в (ОПЗ), высокого уровня инжекции (варианты для толстой и тонкой базы), сопротивления базы. Обратная ветвь реальной вольт-амперной характеристики диода. Ток генерации. Ток, связанный с инверсией типа проводимости вблизи границы кремний окись кремния. Пробой р-п-перехода (тонкая, толстая база): лавинный (в p^+-n- и p^+-n-p^+ -структуре), туннельный, тепловой. Барьерная емкость диода. Диффузионная емкость диода. Малосигнальная эквивалентная схема диода. Эквивалентная схема диода в режиме большого сигнала. Переходные процессы в диоде. Частотная характеристика диода. Конструкции полупроводниковых диодов. Функциональные возможности полупроводниковых диодов: выпрямители, варикапы, стабилитроны, светодиоды, фотодиоды, туннельные диоды. Примеры схем применения.

Тема 4. Биполярные транзисторы.

Структура, обозначение в электрических схемах, маркировка. Принцип действия транзистора, энергетические диаграммы. Распределение токов в транзисторе. Режимы работы транзистора. Распределение концентраций носителей тока в базе. Уравнение тока коллектора (вывод). Статический (интегральный) и дифференциальный (динамический) коэффициенты передачи тока эмиттера, коэффициенты инжекции, переноса, умножения (вывод). Зависимость коэффициента передачи от тока эмиттера, температуры. Инверсный коэффициент передачи тока.

Вытеснение тока к краю эмиттерного перехода. Схемы включения транзисторов. Входная статическая характеристика в схеме с общей базой: эффект Эрли, зависимость от коллекторного напряжения, температуры. Выходная характеристика в схеме с общей базой: распределение концентрации неосновных носителей в базе при различных напряжениях на коллекторе, зависимость от температуры. Усиление напряжения в схеме с общей базой на примере усилителя с активной нагрузкой. Графическая иллюстрация усиления большого и малого сигнала. Статические характеристики в схеме с общим эмиттером. Входная характеристика: зависимость от напряжения коллектор-эмиттер, температуры. Выходная характеристика: объяснение хода и зависимости от температуры. Усиление напряжения и тока в схеме с общим эмиттером на примере усилителя с активной нагрузкой. Частотные характеристики транзистора: физические причины, определяющие инерционность транзистора, зависимость коэффициента передачи тока от частоты в схеме с общей базой, в схеме с общим эмиттером. Способы задания рабочей точки транзистора при усилении малого сигнала. Работа биполярного транзистора в ключевых схемах. Области безопасной работы биполярного транзистора: непрерывный и импульсный режим, физические ограничения по температуре, мощности, напряжениям на электродах. Пробой транзистора: тепловой пробой, электрический пробой, прокол. Дрейфовые транзисторы. Биполярные транзисторы на основе гетеропереходов: транзистор с широкозонным эмиттером, варизонный транзистор. Классификация транзисторов по мощности и частоте. Модели биполярных транзисторов. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов.

Тема 5. Полевые транзисторы, IGBT транзисторы.

Транзисторы с управляющим р-п-переходом: виды структур и принцип работы, вывод выражения для напряжения отсечки. Влияние напряжения на стоке на процессы в канале: явление смыкания переходов, распределение потенциальной энергии электрона в канале, насыщение тока стока с ростом напряжения на стоке. Выходная характеристика полевого транзистора с управляющим переходом. Переходная (сток-затворная) характеристика, зависимость от температуры. Рабочие параметры полевых транзисторов. Инерционные свойства: физические механизмы, частотная характеристика в схеме с общим истоком. Другие типы полевых транзисторов с управляющим переходом: транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник на основе арсенида галлия, транзисторы с гетероструктурой (на двумерном электронном газе), мощные полевые транзисторы со статической индукцией. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Структура, обозначение в электрических схемах, маркировка. Действие электрического поля на структуру энергетических зон в структуре металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуре). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Особенности реальных МДП-структур. Структура и принцип работы полевых транзисторов с индуцированным каналом. Статические характеристики. Инерционные свойства. Структура и принцип работы полевых транзисторов с встроенным каналом. Статические характеристики. Инерционные свойства полевых транзисторов. Способы задания рабочей точки при усилении малого сигнала. Конструкции полевых транзисторов. Многоканальные структуры мощных МДП-транзисторов: DMДП, VMДП, UMДП. Работа полевого транзистора в режиме ключа на активную и реактивную нагрузки. Эквивалентные схемы и модели полевых транзисторов. Сравнительный анализ качеств биполярных и полевых транзисторов. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT): виды структур, обозначение в электрических схемах, маркировка, принцип работы, область применения.

Тема 6. Тиристоры.

Структура, обозначение в электрических схемах, маркировка. Принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы в процессе включения и выключения. Вольт-амперная характеристика. Эквивалентная схема. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом. Триодный тиристор. Структура и принцип действия. Вольт-амперная характеристика. Симметричный тиристор. Структура и принцип действия. Способы управления тиристорами.

Примеры схем применения.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	Практ	лабор	
1	Введение. Основные сведения по физике полупроводников	4	2	2	-	-	2
2	Электрические переходы	14	6	4	2	-	8
3	Полупроводниковые диоды	28	18	8	2	8	10
4	Биполярные транзисторы	46	26	12	2	12	20
5	Полевые транзисторы, IGBT транзисторы	46	26	12	2	12	20
6	Тиристоры	12	2	2	-	-	10
7	Курсовое проектирование	16	-	-	-	-	16
8	Консультации в семестре	10	-	-	-	-	10
9	Экзамен	40	-	-	-	-	40
	Всего:	216	80	40	8	32	136

4.3 Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Введение. Основные сведения по физике полупроводников	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций.	2
2	Электрические переходы	Самостоятельная работа обучающегося	Энергетические зонные диаграммы собственного и примесных полупроводник. Диффузионный и дрейфовый токи. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Переходы металл-полупроводник Изучение конспекта лекций.	8
		Практическая работа	Энергетические зонные диаграммы p-n перехода	2
3	Полупроводниковые диоды	Лабораторная работа	Исследование статических характеристик германиевых и кремниевых диодов при разных температурах и зависимости барьерной ёмкости диода от напряжения	4

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
			Исследование переходных процессов в диодах, частотной характеристики выпрямления, явления электрического пробоя и его применения в стабилизаторе напряжения	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Вольтамперные характеристики полупроводниковых диодов. Переходные процессы в диодах. Функциональные возможности диодов в электронных схемах. Подготовка к лабораторным работам Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	10
		Практическая работа	Расчет электрической цепи содержащей полупроводниковый диод	2
4	Биполярные транзисторы	Лабораторная работа	Исследование статических вольт-амперных характеристик транзистора и его частотной характеристики в схеме с общей базой	4
			Исследование статических вольт-амперных характеристик транзистора и его частотной характеристики в схеме с общим эмиттером	4
			Исследование работы биполярного транзистора в усилительной и ключевых схемах	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Проектирование биполярного транзистора. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	20
		Практическая работа	Расчет электрической цепи содержащей биполярный транзистор	2
5	Полевые транзисторы, IGBT транзисторы	Лабораторная работа	Исследование характеристик и параметров полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом	4
			Исследование характеристик и параметров полевых транзисторов с изолированным затвором	4

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
			Исследование характеристик и параметров IGBT транзистора (биполярного транзистора с изолированным затвором)	4
		Самостоятельная работа обучающегося	Проектирование полевого транзистора. Изучение конспекта лекций. Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	20
		Практическая работа	Расчет электрической цепи содержащей полевой транзистор	2
6	Тиристоры	Самостоятельная работа обучающегося	Использование диодных, триодных тиристоров и симисторов в электронных схемах. Изучение конспекта лекций	10
7	Курсовое проектирование	Самостоятельная работа обучающегося	Проектирование прибора твердотельной электроники	16
8	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к теоретическому зачету	10
9	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену	40

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

1. Твердотельная электроника. Ч.1: учеб. пособие / В.К. Базылев; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2013. 96 с.
2. Твердотельная электроника. Ч.2: учеб. пособие / В.К. Базылев; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2011. 104 с.
3. Расчёт биполярных транзисторов: Учеб. пособие / В.К. Базылев; Рязан. гос. радиотехн. акад. Рязань, 2004. 68 с.
4. Кремниевые планарные транзисторы / под ред. Я. А. Федотова. – М.: Сов. радио, 1973. – 336 с.
5. Тугов Н. М, Глебов Б. А, Чарыков Н. А. Полупроводниковые приборы : Учеб. для вузов / Под ред. Лабунцова В.А. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
6. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы.–СПб.: Лань, 2002. – 479с.

Перечень учебно-методического обеспечения лабораторных занятий

1. Твердотельная электроника Ч. 1: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. В. К. Базылев.– Рязань:, РГРТУ, 2013. – 56 с.
2. Твердотельная электроника Часть 2: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. В. К. Базылев.– Рязань:, РГРТУ, 2014. – 44 с.

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

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Твердотельная электроника»).

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

Основная учебная литература:

3. Твердотельная электроника. Ч.1: учеб. пособие / В.К. Базылев; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2013. 96 с.
4. Твердотельная электроника. Ч.2: учеб. пособие / В.К. Базылев; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2011. 104 с.
5. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. – СПб.: Лань, 2002. – 479 с.
6. Твердотельная электроника: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Э. Н. Воронков, А. М. Гуляев, И. Н. Мирошникова, Н. А. Чарыков. – М.: Издательский центр "Академия", 2009. – 320 с.
7. Тугов Н. М, Глебов Б. А, Чарыков Н. А. Полупроводниковые приборы : Учеб. для вузов/ Под ред.Лабунцова В.А. - М.:Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
8. Расчёт биполярных транзисторов: Учеб. пособие / В.К. Базылев; Рязан. гос. радиотехн. акад. Рязань, 2004. 68 с.

Дополнительная учебная литература:

1. Электронные приборы: учебник для вузов / В. Н. Дулин, Н. А. Аваев, В. П. Дёмин и др.; под ред. Г. Г. Шишкина, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 496 с.
2. Блихер А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов/ пер. с англ. – под ред. И. В. Грехова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 248 с.
3. Алфёров Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии. (Нобелевская лекция, Стокгольм, 8 декабря 2000 г.). Успехи физических наук. Т. 172. № 9. С.1068 – 1085.
4. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие для вузов. – Моск. Тех. Ун-т. М.:Лаборатория базовых знаний. 2000 – 488 с.
5. Аваев Н.А, Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т.– Основы микроэлектроники. М.: Радио и связь, 1991.– 288 с.
6. Полупроводниковая электроника [Электронный ресурс] / . — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 592 с. — 978-5-4488-0048-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64060.html> (ЭБС IPRbooks)

8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

- 1) Сайт журнала «Электроника» [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.electronics>.
- 2) Электронно-библиотечная система «IPRBook». ЭБС издательства «IPRBook» [Электронный ресурс]. – URL:<http://iprbookshop.ru/>
- 3) Электронно-библиотечная система «Лань». ЭБС издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

- 1) Профессиональная база данных, информационно-справочная система технического описания, паспортов и листов спецификаций полупроводниковых приборов (онлайн справочник) [Электронный ресурс]. – URL: www.alldatasheet.com

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались записаны недостаточно понятно. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели).

К каждой лабораторной работе надо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к лабораторным работам. Необходимо подготовить и шаблон отчета, чтобы за время, отведенное для выполнения работы, можно было оформить отчет, защитить и сдать его.

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие элементы:

- номер, название и цель работы;
- чертеж функциональной схемы установки, выполненный карандашом по линейке либо при помощи соответствующей компьютерной программы;
- основные расчетные соотношения;
- таблицы результатов экспериментов, выполненные карандашом по линейке;
- графики экспериментальных зависимостей, полученных при выполнении лабораторной работы;
- выводы, содержащие анализ экспериментальных зависимостей, сравнение результатов, полученных в работе, с данными справочной литературы.

При выполнении лабораторной работы каждому студенту необходимо иметь полностью оформленный отчет о ранее выполненной работе и отчет о выполняемой работе, содержащий все перечисленные элементы (за исключением экспериментальных данных в таблице, графиков, выводов). При несоблюдении указанных требований студент к лабораторной работе не допускается.

Практическая работа студента заключается в решении или выполнении типовых задач и заданий. Каждое решение должно быть оформлено в виде отчета и должно содержать следующие элементы:

- титульный лист;
- начальные данные;
- решение задачи или результат выполненного задания.

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях и практических занятиях, а также иметь самостоятельное значение – внеаудиторная

самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, практическим занятиям, а также к теоретическому зачету.

Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

- самостоятельное изучение отдельных вопросов по темам самостоятельных работ (п.4.3);
- подготовка к защите практического задания, оформление отчета.
- подготовка к защите лабораторных работ, оформление отчета.

Курсовой проект является этапом изучения дисциплины. Целью выполнения курсового проекта является закрепление, углубление и проверка усвоения студентами теоретических знаний и умения их практического и творческого использования при проектировании твердотельных приборов.

Курсовой проект должен содержать следующие элементы

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- расчётная часть;
- заключение;
- список используемых источников.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», при изучении студентами дисциплины «Твердотельная электроника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных технологий проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой преподавателя и студента.

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;
- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях;

При организации самостоятельной работы студентов используется комплекс учебных и учебно-методических материалов в сетевом доступе (программа, методические пособия, список рекомендуемых источников литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме и вопросы для самоконтроля).

Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций, лабораторных и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучаемых, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия экспресс-заданий, совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая компетенции, предусмотренные для данной дисциплины.

Проведение ряда занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, наглядных пособий.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- 1) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
- 2) Свободно распространяемый офисный пакет LibreOffice (лицензия LGPL-3.0+)

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

Для освоения дисциплины необходимы:

1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения лабораторного практикума необходима специализированная лаборатория, оснащенная цифровыми осциллографами RIGOLDS1102E, цифровыми генераторами сигналов RIGOLDG102Z, мультиметрами M-830BZ, блоками питания NY3002, макетными платами с твердотельными приборами, радиодетальями, соединительными проводниками;

3) образцы отчетов по лабораторным работам;

4) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием.

Программу составили
к.т.н., доц. кафедры ЭП

Базылев В.К.