МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования

_____ **П. Е. Троян**
«14» 05 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы электроники»

Уровень основной образовательной программы Бакалавриат

Направление подготовки 11.03.01 – Радиотехника

Профиль «Аудиовизуальная техника», «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов», «Микроволновая техника и антенны»

Форма обучения очная

Факультет Радиотехнический

Кафедра Телевидения и управления (ТУ), Радиоэлектроники и защиты информации (РЗИ), Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)

Курс второй **Семестр** третий

Учебный план набора 2013 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции			24						24	часов
2.	Лабораторные работы			18						18	часов
3.	Практические занятия			18						18	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)									-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)			60						60	часов
6.	Самостоятельная работа студентов (СРС)			48						48	часов
7.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,6)			108						108	часов
8.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена										часов
9.	Общая трудоемкость (Сумма 7,8)			108						108	часов
	(в зачетных единицах)			3						3	ЗЕТ

Зачёт третий **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 7721

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 34 от « 29 » 11 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «Радиотехника», утвержденного 06 марта 2015 г. № 179, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ТУ « 18 » 04 2016 г., протокол № 25

Разработчик профессор каф. ТУ (должность, кафедра) _____ (подпись) Шалимов В.А. (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой ТУ, профессор _____ (подпись) Газизов Т.Р. (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающими кафедрами.

Декан РТФ _____ (подпись) Попова К.Ю. (Ф.И.О.)

Зав. профилирующей и выпускающей кафедрой РЗИ _____ (подпись) Задорин А.С. (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой ТУ _____ (подпись) Газизов Т.Р. (Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой СВЧиКР _____ (подпись) Шарангович С.Н. (Ф.И.О.)

Эксперты:

ТУСУР, каф.ТОР Доцент _____ Богомолов С.И.

ТУСУР, каф. ТУ Доцент _____ Булдаков А.Н.

Согласована на портале № 7721

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами физических эффектов и процессов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов.

В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ физических эффектов и процессов, определяющих принципы действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, как изучаемых в настоящей дисциплине, так и находящихся за её рамками.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП:

Дисциплина относится к вариативной части и находится на стыке дисциплин, обеспечивающих базовую подготовку студентов. В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения ряда последующих «электронных» и схемотехнических дисциплин.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ – **ПК-1**.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов;
– зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n- перехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода;
-физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред;
- математическую модель идеализированного p-n- перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей;
- физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контактов различного вида в полупроводниковой электронике;
- физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n- переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник;
- взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами;
- влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам;

уметь:

- находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур;
- изображать структуры с различными контактными переходами;
- объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур;
- объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур;
- экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

владеть:

- навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических

Согласована на портале № 7721

диаграмм;
- навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур;
- навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____3_____ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Аудиторные занятия (всего)	60			60					
В том числе:									
Лекции	24			24					
Лабораторные работы (ЛР)	18			18					
Практические занятия (ПЗ)	18			18					
Другие виды аудиторной работы									
Самостоятельная работа (всего)	48			48					
В том числе:									
Проработка теоретического материала	12			12					
Подготовка к практическим занятиям (семинрам)	18			18					
Подготовка к лабораторным работам	18			18					
Подготовка к экзамену									
Вид аттестации (зачет, экзамен)	Зач			Зач					
Общая трудоемкость час.	108			108					
Зачетные Единицы Трудоемкости	3			3					

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лаборат. занятия	Практич. занятия	Курсовой П/Р (КРС)	Самост. работа студента	Всего час. (без экзам)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1.	Введение в физику полупроводников.	1				2	3	ПК-1
2.	Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи.	1		2		2	5	ПК-1
3.	Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	4	4	4		8	20	ПК-1
4.	Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	4	4	4		8	20	ПК-1
5.	Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики.	6	4	4		12	26	ПК-1
6.	Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированных.	3				6	9	ПК-1
7.	Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода.	2	4	2		4	12	ПК-1
8.	Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	2	2	2		4	10	ПК-1
9.	Физические основы электровакуумных приборов.	1				2	3	ПК-1
	ВСЕГО	24	18	18		48	108	

Согласована на портале № 7721

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК,ПК)
1.	Введение в физику полупроводников.	Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости *n*- и *p*-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.	1	ПК-1
2.	Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи.	Материалы полупроводниковой и электронной техники и их электрофизические свойства. Структура полупроводников и типы проводимости. Энергетические зоны твёрдого тела. Зонная структура полупроводников. Понятие доноров и акцепторов. Влияние примесей на физические свойства полупроводников. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация носителей. Рекомбинация носителей. Поверхностная и объёмная рекомбинации. Законы движения носителей заряда в полупроводниках. Уравнения диффузии. Биполярная диффузия. Монополярная диффузия.	1	ПК-1
3.	Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n-переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	Классификация переходов. Структура p-n перехода. Понятие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольтамперные характеристики идеального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические сопротивления диода. Статические вольтамперные характеристики реальных диодов. Модуляция сопротивления базы. Переходные характеристики диода. Барьерная ёмкость (ёмкость перехода) диода. Диффузионная ёмкость перехода. Односторонние p-n переходы. Контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Выпрямляющие контакты.	4	ПК-1
4.	Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Формулы Молла-Эберса. Идеализированные статические и динамические параметры биполярных транзисторов. Схемы включения. Зависимость параметров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные биполярные транзисторы.	4	ПК-1
5.	Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики.	МДП-транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов.	6	ПК-1
6.	Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированных.	Особенности структур биполярных транзисторов. Методы изоляции отдельных элементов интегральных схем. Назначение скрытого эпитаксиального слоя. Образование паразитных транзисторов при изоляции p-n переходами. Комбинированная изоляция транзисторов. Многоэмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзисторов. Модель интегрального биполярного транзистора.	3	ПК-1
7.	Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода.	Полевые транзисторы с управляющим *p-n* переходом. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов.	2	ПК-1
8.	Фотоэлектрические	Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды,	2	ПК-1

Согласована на портале № 7721

	явления в полупроводниках.	фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, теристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики		
9.	Физические основы электровакуумных приборов.	Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. Вакуумные диоды, триоды, тетроды, пентоды. Классификация, параметры, статические вольтамперные характеристики. Электронно-лучевые трубки. Электронные и квантовые приборы СВЧ.	1	ПК-1
	Итого		24	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины										
1	Физика	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Теория электрических цепей		+	+	+	+	+	+	+	+
3	Математические методы описания сигналов			+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины										
1	Электроника		+	+	+	+	+	+	+	+
2	Схемотехника телекоммуникационных устройств		+	+	+	+	+	+	+	+
3	Вычислительная техника		+	+	+	+	+	+	+	+
4	Цифровая обработка сигналов		+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля по всем видам занятий
	Л	Лаб	Пр.	КР/КП	СРС	
ПК-1	+	+	+		+	Конспект. Опрос на лабораторных работах. Контрольные работы. Зачет

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лабораторные занятия (час)	Всего
Использование мультимедийных средств	6			6
Работа в группе		3	3	6
Дискуссия				
Итого интерактивных занятий	6	3	3	12

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)	ОК, ПК
1.	3	Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов	4	ПК-1
2.	4	Исследования вольт-амперных характеристик	4	ПК-1

Согласована на портале № 7721

		биполярных транзисторов		
3.	5	Исследования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов с *p-n*-переходом	4	ПК-1
4.	7	Исследования вольт-амперных характеристик MDP транзисторов	4	ПК-1
5.	8	Исследования вольт-амперных характеристик диодных оптронов	2	ПК-1
	Итого		18	

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (час.)	ОК, ПК
1.	2	Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода.	2	ПК-1
2.	3	Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения.	4	ПК-1
3.	4	Расчет тепловых токов и токов термогенерации в переходах из полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны от температуры	4	ПК-1
4.	5	Расчет вольтамперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре.	4	ПК-1
5.	7	Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.	2	ПК-1
6.	8	Расчет параметров биполярных транзисторов	2	ПК-1
	Итого		18	

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Разделы дисциплины из табл. 5.1	Виды самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	1 - 9	Изучение теоретического материала.	12	ПК-1	Контрольные работы и тестирование.
2.	2- 5, 7, 8	Подготовка к практическим занятиям	18	ПК-1	Контрольные работы и тестирование.
3.	3, 4, 5, 7, 8	Подготовка к лабораторным работам	18	ПК-1	Отчет о выполнении индивидуального задания
	Итого		48		

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Методика текущего контроля освоения дисциплины

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на бально-рейтинговой системы оценки успеваемости, действующей с 2009 г., которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга и **итоговый** контроль.

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

Согласована на портале № 7721

$$КТх\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов,_набранная_к_КТх)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}.$$

Итоговый контроль освоения дисциплины осуществляется после окончания семестра. Студент, набравший менее 60 баллов, считается неуспевающим, не получившим зачет. **Студент, выполнивший все запланированные лабораторные работы, контрольные работы** и набравший сумму 60 и более баллов, получает зачет «автоматом».

Таблица распределения баллов в течение семестра

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл за 1-ю КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	5	10	10	**25**
Выступление на семинарах	10	10	10	**30**
Выполнение и защита лабораторных работ		15	15	**30**
Компонент своевременности	5	5	5	**15**
Итого максимум за период:	**20**	**40**	**40**	**100**
Нарастающим итогом	**20**	**60**	**100**	**100**

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	**Оценка**
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Пересчет итоговой суммы баллов в традиционную международную оценку

Оценка (ГОС)	**Итоговая сумма баллов (учитывает успешно сданный экзамен)**	**Оценка (ECTS)**
5 (отлично)	**90-100**	A (отлично)
4 (хорошо)	**85-89**	B (очень хорошо)
	75-84	C (хорошо)
	70-74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно)	**65-69**	
	60-64	E(посредственно)
2(неудовлетворительно)	**Ниже 60 баллов**	F (неудовлетворительно)

Преобразование суммы баллов в традиционную оценку и в международную буквенную оценку происходит один раз в конце семестра после подведения итогов изучения дисциплины.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

12.1 Основная литература:

1. Легостаев Н.С., Троян П.Е., Четвергов К.В. Микроэлектроника: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 411с. Режим доступа: http://www.ie.tusur.ru/docs/mel_grif.zip

12.2 Дополнительная литература:

1. Гусев В.Г. Электроника: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с. **(73)**

2. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебн. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. – 488 с. **(5)**

3. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем: научное издание. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 671 с. **(81)**

4. Жеребцов И.П. Основы электроники. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат,

Согласована на портале № 7721

1990. – 352 с. **(53)**

5. Аваев Н.А. Основы микроэлектроники: рекомендовано Министерством образования. – М.: Радио и связь, 1991. – 287 с. **(87)**

6. Денисов Н.П. Основы электроники и электронные устройства: учебное пособие для вузов. – Томск: Издательство Томского университета, 1992. – Ч. 1: Линейные электрические цепи и сигналы: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского университета, 1992. – 282 с. **(109)**

12.3 Методические указания

1. Исследование вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

2. Исследование вольтамперных характеристик биполярных транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

3. Исследование вольтамперных характеристик полевых транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

4. Исследование насыщенного транзисторного ключа [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Ицкович В.М., Потехин В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 18 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

5. Исследование базового элемента транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

6. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированным каналом (КМДП) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторным работам / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

7. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие по проведению практических занятий / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 9 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

8. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Микросхемотехника: Руководство к организации самостоятельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. Режим доступа: http://www.ie.tusur.ru/docs/lns/mst.zip

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Сайт кафедры ТУ http://tu.tusur.ru

3. Научно-образовательный портал ТУСУР http://edu.tusur.ru/

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лаборатории каф. ТУ: 218.

Согласована на портале № 7721

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян

«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Физические основы электроники

(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление(я) подготовки (специальность) 11.03.01 Радиотехника
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) Аудиовизуальная техника, Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов, Микроволновая техника и антенны
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения - очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет РТФ - Радиотехнический
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра ТУ - Телевидения и управления, РЗИ - Радиоэлектроники и защиты информации, СВЧиКР - Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс второй **Семестр** 3

Учебный план набора 2013 года и последующих лет.

Зачет третий семестр **Диф. зачет** не предусмотрен

Экзамен не предусмотрен

Разработчик(и) профессор каф. ТУ Шалимов В.А.

_____

_____

Согласована на портале № 7721

ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-1	Способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.	**знать:** - физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; - зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n- перехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного p-n- перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контактов различного вида в полупроводниковой электронике; - физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n- переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник; - взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами; - влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам; **уметь:** - находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; - экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; **владеть:**

Согласована на портале № 7721

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	- физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; - зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n-перехода, контакта металл-полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного p-n- перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контактов различного вида в полупроводниковой	- находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; - экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;	- навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; - навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; - навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам.

Согласована на портале № 7721

	электронике; - физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n- переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник; - взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами; - влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам		
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия • Лабораторные работы;	• Лабораторные работы; • Выполнение домашнего задания; • Самостоятельная работа	• Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	• Тест; • Контрольная работа; • Выполнение домашнего задания; • Экзамен	• Оформление отчетности и защита лабораторных работ; • Оформление и защита домашнего задания; • Конспект самостоятельной работы	• Защита лабораторных работ • Экзамен

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**

Согласована на портале № 7721

Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуе-мыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; - зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n-перехода, контакта металл-полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного p-n-перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контактов различного вида в	- находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физических параметров со статическими	- навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; - навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; - навыками работы с типовыми средствами измерений с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам.

Согласована на портале № 7721

	полупроводниковой электронике; - физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n-переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник; - взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами; - влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам;	характеристиками и параметрами изучаемых структур; - экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;	
Хорошо (базовый уровень)	- основные явления и эффекты, определяющие принцип действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; Главные свойства p-n-перехода, контакта металл-полупроводник и -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - одну модель идеализированного p-n-перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и главные свойства контактов различного вида в полупроводниковой электронике - - взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими	- находить основные параметры полупроводниковых материалов; - изображать структуры с различными контактными переходами; Понимать математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; - экспериментально определять характеристики и параметры различных структур в том числе с использованием одного пакета прикладных программ.	- навыками изображения полупроводниковых структур; - навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; - навыками работы с типовыми средствами измерений с целью количественной оценки основных параметров и характеристик изучаемых структур и выполнять моделирование объектов и процессов по типовой методике.

Согласована на портале № 7721

	характеристиками и параметрами; - влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по одной из типовых методик.		
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Ориентируются в устройстве и основных принципах действия, условных графических обозначениях полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; Ориентируются в основных параметрах и главных свойствах контактов различного вида полупроводниковой электроники, оптоэлектроники, вакуумных приборов по типовой методике.	Представляет физическое назначение структур с различными контактными переходами; основных элементов Ориентируется в связи физических параметров со статическими характеристиками и параметрами различных структур в том числе с использованием одного пакета прикладных программ.	- навыками изображения полупроводниковых структур; - навыками составления схем замещения полупроводниковых структур - навыками работы с типовыми средствами измерений с целью количественной оценки основных параметров и характеристик изучаемых структур и выполнять моделирование объектов и процессов по типовой методике в составе команды.

ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- 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, в составе:

Тесты: Нарисовать : Вольт-амперные характеристики полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, оптронов.

Контрольные работы: Оценка влияния температуры и питающего напряжения на параметры полупроводниковых приборов.

Выполнение домашнего задания: Использование полупроводниковых приборов в качестве выпрямителей, логических схем, индикаторов, преобразователей**.**

Лабораторные работы: Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов; Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов; Исследования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов с *p*-*n*-переходом; Исследования вольт-амперных характеристик MDP транзисторов; Исследования вольт-амперных характеристик диодных оптронов.

Темы для самостоятельной работы: Технологии микроэлектроники.

Согласована на портале № 7721

Вопросы к зачету для неуспевающих студентов:

Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости *n*- и *p*-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники. Материалы полупроводниковой и электронной техники и их электрофизические свойства. Структура полупроводников и типы проводимости. Энергетические зоны твёрдого тела. Зонная структура полупроводников. Понятие доноров и акцепторов. Влияние примесей на физические свойства полупроводников. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация носителей. Рекомбинация носителей. Поверхностная и объёмная рекомбинации. Законы движения носителей заряда в полупроводниках. Уравнения диффузии. Биполярная диффузия. Монополярная диффузия. Классификация переходов. Структура p-n перехода. Понятие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольтамперные характеристики идеального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические сопротивления диода. Статические вольтамперные характеристики реальных диодов. Модуляция сопротивления базы. Переходные характеристики диода. Барьерная ёмкость (ёмкость перехода) диода. Диффузионная ёмкость перехода. Односторонние p-n переходы. Контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Выпрямляющие контакты. Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Формулы Молла-Эберса. Идеализированные статические и динамические параметры биполярных транзисторов. Схемы включения. Зависимость параметров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные биполярные транзисторы. МДП-транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов. Особенности структур биполярных транзисторов. Методы изоляции отдельных элементов интегральных схем. Назначение скрытого эпитаксиального слоя. Образование паразитных транзисторов при изоляции p-n переходами. Комбинированная изоляция транзисторов. Многоэмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзисторов. Модель интегрального биполярного транзистора. Полевые транзисторы с управляющим *p-n* переходом. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов. Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды, фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, теристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. Вакуумные диоды, триоды, тетроды, пентоды. Классификация, параметры, статические вольтамперные характеристики. Электронно-лучевые трубки. Электронные и квантовые приборы СВЧ.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

(согласно п.12.3 рабочей программы по дисциплине «Физические основы электроники»)

1. Исследование вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

2. Исследование вольтамперных характеристик биполярных транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

Согласована на портале № 7721

3. Исследование вольтамперных характеристик полевых транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

4. Исследование насыщенного транзисторного ключа [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Ицкович В.М., Потехин В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 18 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

5. Исследование базового элемента транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

6. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированным каналом (КМДП) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторным работам / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

7. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие по проведению практических занятий / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 9 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный].

8. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Микросхемотехника: Руководство к организации самостоя-тельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радио-электроники, 2012. – 46 с. Режим доступа: http://www.ie.tusur.ru/docs/lns/mst.zip

Согласована на портале № 7721