МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы электроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Системы мобильной связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	18	18	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Самостоятельная работа	48	48	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18119

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 39 от «22» 3 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

профессор каф. ТУ	_____	В. А. Шалимов
Заведующий обеспечивающей каф. ТУ	_____	Т. Р. Газизов

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Эксперты:

доцент кафедра ТУ	_____	А. Н. Булдаков

Согласована на портале № 18119

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

– 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 и оптоэлектронных приборов, как изучаемых в настоящей дисциплине, так и находящихся за её рамками.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы электроники» (Б1.В.ДВ.8.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Теория электрических цепей, Физика, Электроника.

Последующими дисциплинами являются: Математические методы описания сигналов, Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-9 умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** В результате изучения дисциплины студент должен знать: - физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводнико-вых 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 запре-щённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контак-тов 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; - основные технологические процессы в микроэлектронике; - области применения микроэлектронных приборов и датчиков в науке и технике.

– **уметь** - находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на пара-метры 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;

– **владеть** - навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; - навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; - навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур.

Согласована на портале № 18119

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	60	60
Лекции	24	24
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	18	18
Самостоятельная работа (всего)	48	48
Оформление отчетов по лабораторным работам	20	20
Подготовка к лабораторным работам	2	2
Проработка лекционного материала	14	14
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	12
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Введение в физику полупроводников	1	0	0	1	2	ПК-7
2 Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи	1	2	0	3	6	ПК-7, ПК-9
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход).	4	4	4	9	21	ПК-7, ПК-9
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	4	4	4	13	25	ПК-7, ПК-9
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	6	4	4	6	20	ПК-7, ПК-9

Согласована на портале № 18119

6 Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированных.	3	0	0	1	4	ПК-7, ПК-9
7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода	2	0	0	1	3	ПК-7, ПК-9
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	2	2	4	7	15	ПК-7, ПК-9
9 Физические основы электровакуумных приборов	1	2	2	7	12	ПК-7, ПК-9
Итого за семестр	24	18	18	48	108	
Итого	24	18	18	48	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
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 диа-граммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.	1	ПК-7
	Итого	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 ак-цепторов. Влияние примесей на физические свойства полупроводников. Вырожденные и невырожденные полупровод-ники. Концентрация носителей. Рекомбинация носителей. Поверхностная и объёмная рекомбинации. Законы движения носителей заряда в полупроводниках. Уравнения диффузии. Биполярная диффу-	1	ПК-7, ПК-9

Согласована на портале № 18119

	зия. Монополярная диффузия		
	Итого	1	
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход).	Классификация переходов. Структура p-n перехода. Поня-тие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновес-ном состоянии. Анализ перехода в не-равновесном состоянии. Статические вольт-амперные характеристики иде-ального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические со-противления диода. Статические вольт-амперные 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-7, ПК-9
	Итого	4	
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 динамиче-ские параметры биполярных транзисторов. Схемы включе-ния. Зависимость параметров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные биполярные транзисторы	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
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 вольт-амперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов.	6	ПК-7, ПК-9
	Итого	6	
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 Шотт-ки. Диодное включение транзисторов. Модель интегрального биполярного	3	ПК-7, ПК-9

Согласована на портале № 18119

	транзистора		
	Итого	3	
7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода	Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом. Принцип работы, основные параметры. Статические вольт-амперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов. Основные технологические процессы в микроэлектронике.	2	ПК-7, ПК-9
	Итого	2	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды, фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, тиристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольт-амперные характеристики	2	
	Итого	2	
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 вольт-амперные характеристики. Электронно-лучевые трубки. Электронные и квантовые приборы СВЧ.	1	ПК-7, ПК-9
	Итого	1	
Итого за семестр		24	

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины									
1 Теория электрических цепей		+		+	+		+		
2 Физика	+	+	+	+			+	+	+
3 Электроника			+	+			+	+	+
Последующие дисциплины									
1 Математические методы		+				+		+	

Согласована на портале № 18119

описания сигналов									
2 Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях				+			+	+	

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ПК-7	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
ПК-9	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход).	Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические	Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	

Согласована на портале № 18119

характеристики.			
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	Исследования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов с p-n-переходом	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Исследования вольт-амперных характеристик MDP транзисторов	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
9 Физические основы электровакуумных приборов	Исследования вольт-амперных характеристик диодных оптронов	2	ПК-7, ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи	Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода.	2	ПК-7, ПК-9
	Итого	2	
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход).	Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения.	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	Расчет тепловых токов и токов термогенерации в переходах из полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны от температуры	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	Расчет вольт-амперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре.	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.	2	ПК-7, ПК-9
	Итого	2	
9 Физические основы электровакуумных приборов	Расчет параметров электровакуумных приборов	2	ПК-7, ПК-9

Согласована на портале № 18119

	Итого	2	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение в физику полупроводников	Проработка лекционного материала	1	ПК-7	Опрос на занятиях
	Итого	1		
2 Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи	Проработка лекционного материала	2	ПК-7	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-7, ПК-9	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-7, ПК-9	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	13		
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-7, ПК-9	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
6 Отличие реальных	Проработка лекционного	1	ПК-7	Опрос на занятиях

Согласована на портале № 18119

электронно-дырочных переходов от идеализированных.	материала			
	Итого	1		
7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода	Проработка лекционного материала	1	ПК-7, ПК-9	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Итого	1		
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Проработка лекционного материала	1	ПК-7, ПК-9	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
	Подготовка к лабораторным работам	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
9 Физические основы электровакуумных приборов	Проработка лекционного материала	2	ПК-7, ПК-9	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
Итого за семестр		48		
Итого		48		

9.1. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. Полупроводниковые диоды.
2. Биполярные транзисторы.

9.2. Вопросы по подготовке к лабораторным работам

1. Светодиоды.
2. Фотодиоды.

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую 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
3 семестр				
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по индивидуальному заданию	20	20	15	55
Отчет по лабораторной работе	10	10	10	30
Итого максимум за пери-	35	35	30	100

Согласована на портале № 18119

од				
Нарастающим итогом	35	70	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – 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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

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. [Электронный ресурс]. - http://www.ie.tusur.ru/docs/mel_grif.zip

2. Физические основы микроэлектроники : Учебное пособие (для автоматизированной технологии обучения) / Н. С. Несмелов, М. М. Славникова, А. А. Широков ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд., испр. и доп. - Томск : ТУСУР, 2007. - 276 с. : ил., табл. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - Библиогр.: с. 276. - 520.38 р., 151.28 р (наличие в библиотеке ТУСУР - 187 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Аваев Н.А. Основы микроэлектроники: рекомендовано Министерством образования. – М.: Радио и связь, 1991. – 287 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Микросхемотехника: Руководство к организации самостоя-тельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. [Электронный ресурс]. - http://www.ie.tusur.ru/docs/lns/mst.zip

2. Исследование вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов [Электронный

Согласована на портале № 18119

ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс]. - http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar

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

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

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

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Научно-образовательный портал ТУСУР
2. Сайт кафедры ТУ

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 100, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 2этаж, ауд. 218 . Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 2 этаж, ауд. 218. Состав оборудования: Учебная мебель;лабораторные макеты со сменными лицевыми панелями в количестве 6 шт. лицевых панелей 18шт.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 2 этаж, ауд. 218. Состав оборудования: учебная мебель; лабораторные макеты, методические указания .

Согласована на портале № 18119

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Согласована на портале № 18119

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 18119

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Физические основы электроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Системы мобильной связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **2**
Семестр: **3**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- профессор каф. ТУ В. А. Шалимов

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18119

1. 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 компетенций
ПК-9	умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	Должен знать В результате изучения дисциплины студент должен знать: - физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводнико-вых 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 запре-щённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контак-тов 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; - основные технологические процессы в микроэлектронике; - области применения микроэлектронных приборов и датчиков в науке и технике. ; Должен уметь - находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на пара-метры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физиче-
ПК-7	готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	

Согласована на портале № 18119

		ских параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; - экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур; ; Должен владеть - навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; - навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; - навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур. ;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
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, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-9

ПК-9: умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых и оптоэлектронных при-	находить и рассчитывать значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия,	навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; навыка-

Согласована на портале № 18119

	боров; 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 на основе изучения научно-технической информации;	арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; изображать структуры с различными контактными переходами в соответствии с техническим заданием; объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур с использованием стандартных методов, приемов; объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур на основе средств автоматизации проектирования и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.	ми составления и расчета эквивалентных схем изучаемых структур; навыками работы с типовыми средствами автоматизации и проектирования с целью измерения основных параметров и статических характеристик изучаемых структур как стандартными методами, так и с помощью самостоятельно созданных оригинальных программ.
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по практиче-

Согласована на портале № 18119

	• Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по практическому занятию; • Зачет;	скому занятию; • Зачет;

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
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, требуемыми для выполнения простых задач;	• Работает при прямом наблюдении;

2.2 Компетенция ПК-7

ПК-7: готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых 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 запрещён-	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 характери-	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 на основе изучения научно-технической информации.

Согласована на портале № 18119

	ной 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 на основе изучения научно-технической информации;	стиками и параметрами изучаемых структур; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур на основе отечественного и зарубежного опыта по данной тематике.	
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с по-	• Обладает диапа¬зоном практических умений, требуемых для развития твор¬ческих ре-	• Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы;

Согласована на портале № 18119

	ниманием границ применимости;	шений, абстрагирования проблем;	
Хорошо (базовый уровень)	• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области;	• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области;	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Обладает базовыми общими знаниями;	• Обладает основными умениями, требуе¬мыми для выполне¬ния простых задач;	• Работает при прямом наблюдении;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются 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 следующем составе.

3.1 Темы индивидуальных заданий

– Условные графические обозначения, вольт-амперные характеристики и параметры диодов : плоскостных, точечных, импульсных, стабилитронов, варикапов, светодиодов, фотодиодов, диодных оптронов, туннельных диодов, диодов Шотки, Ганна, переключающих, лавинных.

3.2 Вопросы на собеседование

– Биполярные транзисторы pnp и npn в трёх схемах включения и трех режимах работы. Полевые транзисторы с p и n каналами в трёх схемах включения и трёх режимах работы.

3.3 Темы опросов на занятиях

– Полупроводниковые диоды.
– Биполярные транзисторы.

3.4 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Светодиоды.
– Фотодиоды.
– Биполярные транзисторы.

3.5 Темы лабораторных работ

– Светодиоды.
– Фотодиоды.

3.6 Зачёт

– Полупроводниковые материалы микроэлектроники, полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы, оптоэлектронные приборы.

4 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 фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. 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. [Электронный ресурс]. - http://www.ie.tusur.ru/docs/mel_grif.zip

2. Физические основы микроэлектроники : Учебное пособие (для автоматизированной

Согласована на портале № 18119

технологии обучения) / Н. С. Несмелов, М. М. Славникова, А. А. Широков ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд., испр. и доп. - Томск : ТУСУР, 2007. - 276 с. : ил., табл. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - Библиогр.: с. 276. - 520.38 р., 151.28 р (наличие в библиотеке ТУСУР - 187 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Аваев Н.А. Основы микроэлектроники: рекомендовано Министерством образования. – М.: Радио и связь, 1991. – 287 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Микросхемотехника: Руководство к организации самостоя-тельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. [Электронный ресурс]. - http://www.ie.tusur.ru/docs/lns/mst.zip
2. Исследование вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс]. - http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar
3. Исследование вольтамперных характеристик биполярных транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс]. - http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar
4. Исследование вольтамперных характеристик полевых транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс]. - http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar
5. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие по проведению практических занятий / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 9 с. [Электронный ресурс]. - http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Научно-образовательный портал ТУСУР
2. Сайт кафедры ТУ

Согласована на портале № 18119