#### 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

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Физические основы электроники

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки (специальность): 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Радиотехнические средства передачи, приема и обработки

сигналов

Форма обучения: очно-заочная

Факультет: ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет

Кафедра: СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники

Курс: **2** Семестр: **4** 

Учебный план набора 2013 года

#### Распределение рабочего времени

No	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	10	10	часов
2	Практические занятия	8	8	часов
3	Лабораторные работы	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	26	26	часов
5	Из них в интерактивной форме	6	6	часов
6	Самостоятельная работа	82	82	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	3.E

Зачет: 4 семестр

Рассмотрена	и одо	брена на засед	цании ка	федры
протокол №	44	от « <u>28</u> »	8	20 <u>17</u> г.

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

вательного стандарта высшего образования (Ф	требований федерального государственного образо- РГОС ВО) по направлению подготовки (специально- марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на засе- протокол №
Разработчик:	
профессор каф. ТУ	В. А. Шалимов
Заведующий обеспечивающей каф. ТУ	Т. Р. Газизов
Рабочая программа согласована с факул направления подготовки (специальности).	ьтетом, профилирующей и выпускающей кафедрами
Декан ЗиВФ	И. В. Осипов
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	С. Н. Шарангович
Эксперт:	
доцент кафедра ТУ	А. Н. Булдаков

#### 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 еёрамками.

#### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы электроники» (Б1.В.ДВ.3.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Основы теории цепей, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Радиотехнические цепи и сигналы.

#### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать В результате изучения дисциплины студент должен знать: физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых и оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n- перехода, кон- такта 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; 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.

#### 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

Всего часов	Семестры
	Всего часов

		4 семестр
Аудиторные занятия (всего)	26	26
Лекции	10	10
Практические занятия	8	8
Лабораторные работы	8	8
Из них в интерактивной форме	6	6
Самостоятельная работа (всего)	82	82
Оформление отчетов по лабораторным работам	36	36
Проработка лекционного материала	18	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	28	28
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
	4 cer	местр				
1 Введение в физику полупроводников	1	0	0	2	3	ПК-1
2 Кинетика носителей зарядов в полу- проводниках и токи	1	1	0	6	8	ПК-1
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	1	1	2	20	24	ПК-1
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	1	2	2	28	33	ПК-1
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	1	2	2	6	11	ПК-1
6 Отличие реальных электронно- дырочных переходов от идеализиро- ванных.	1	0	0	1	2	ПК-1
7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего	2	0	0	1	3	ПК-1

перехода						
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	1	1	2	11	15	ПК-1
9 Физические основы электровакуумных приборов	1	1	0	7	9	ПК-1
Итого за семестр	10	8	8	82	108	
Итого	10	8	8	82	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	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	
	4 семестр		
1 Введение в физику полупроводников  Зонная модель твердых тел. К кация твердых тел (металлы, водники, диэлектрики). Крист ская решетка полупроводник. Эн ская (зонная) диаграмма собственный полупроводника. Электроны примесные полупроводники. и акцепторы. Проводимости и типа. Зонные диаграммы, уро норов и акцепторов. Компенсные полупроводники.		1	ПК-1
	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 диффузия. Монополярная диффузия	1	ПК-1
	Итого	1	
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-	Классификация переходов. Структура р-п перехода. Понятие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновес-	1	ПК-1

			1
полупроводник, гетеропереход).	ном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольт-амперные характеристики идеального 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 р-п переходы. Контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Выпрямляющие контакты.		
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.	Итого  Физические принципы работы бипо- лярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Фор- мулы Молла-Эберса. Идеализирован- ные статические и динамические па- раметры биполярных транзисторов. Схемы включе-ния. Зависимость пара- метров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные би- полярные транзисторы	1	ПК-1
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	Итого 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.	1	ПК-1
6 Отличие реальных электроннодырочных переходов от идеализированных.	Итого Особенности структур биполярных транзисторов. Методы изоляции отдельных элементов интегральных схем. Назначение скрытого эпитаксиального слоя. Образование паразитных транзисторов при изоляции р-п переходами. Комбинированная изоляция транзисторов. Многоэмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзисторов. Модель интегрального биполярного транзистора	1	ПК-1
7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода	Итого Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип работы, основные параметры. Статические	2	ПК-1

	вольт-амперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов. Основные технологические процессы в микроэлектронике.		
	Итого	2	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды, фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, тиристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольт-амперные характеристики	1	ПК-1
	Итого	1	
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-1
	Итого	1	
Итого за семестр		10	

## 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 Основы теории цепей	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Физика	+							+	+
Последующие дисциплины									
1 Радиотехнические цепи и сигналы		+					+		

#### 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

Виды занятий	Формы контроля
--------------	----------------

Компетенции	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ПК-1	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях.

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интеракт ивные лекции	Всего
	4 семе	естр		
Решение ситуационных задач				0
Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением				0
Работа в команде	2	2	2	6
Итого за семестр:	2	2	2	6
Итого	2	2	2	6

#### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость,	Формируемые компетенции			
	4 семестр					
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов	Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов	2	ПК-1			
(р-n- переход, контакт металл- полупроводник, гетеропереход).	Итого	2				
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими	Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов	2	ПК-1			

переходами и её статические характеристики.	Итого	2	
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	Исследования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов с р-п-переходом	2	ПК-1
	Итого	2	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Исследования вольт-амперных харак- теристик MDP транзисторов	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

#### 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
	4 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.	1	ПК-1
	Итого	1	
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-	Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения.	1	ПК-1
полупроводник, гетеропереход).	Итого	1	
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	2	ПК-1
	Итого	2	
5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики	Расчет вольт-амперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре.	2	ПК-1
	Итого	2	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.	1 ПК-1	
	Итого	1	
9 Физические основы электровакуумных приборов	Расчет параметров электровакуумных приборов	1	ПК-1
	Итого	1	
Итого за семестр		8	

#### 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

таотпіца ул. Впдві самос	тоятельной работы, трудоск	IKOCID II	фортпрус	иве компетенции
Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
	4 семест	p		
1 Введение в физику полупроводников	Проработка лекционного материала	2	ПК-1	Опрос на занятиях
	Итого	2		
2 Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи	Подготовка к практиче- ским занятиям, семина- рам	4	ПК-1	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
3 Физические процессы при контакте разнородных материалов	Подготовка к практиче- ским занятиям, семина- рам	8	ПК-1	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабо-
(р-п- переход, контакт ме-талл-полупроводник,	Проработка лекционного материала	4		раторной работе
гетеропереход).	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
переходами и её статические характеристики.	Проработка лекционного материала	4		
лириктернетики.	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	28		
5 Физические процессы в структуре металл- диэлектрик-	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1	Опрос на занятиях
полупроводник и её статические характеристики	Проработка лекционного материала	2		
лириктористики	Итого	6		
6 Отличие реальных электронно-дырочных	Проработка лекционного материала	1	ПК-1	Опрос на занятиях

переходов от идеализированных.	Итого	1		
7 Физические основы управления током канала	Проработка лекционного материала	1	ПК-1	Отчет по индивидуаль- ному заданию
с помощью управляющего перехода	Итого	1		
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	11		
9 Физические основы электровакуумных приборов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
Итого за семестр		82		
Итого		82		

#### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

#### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Не предусмотрено

#### 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 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 .

## 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

таолица 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 OB3 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.

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.

#### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

# Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

		УТВЕРЖДАЮ	
Пр	орек	стор по учебной раб	5от€
		П. Е. Тр	нкос
<b>‹</b> ‹	<u></u> >>>	20	Γ

#### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

#### Физические основы электроники

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки (специальность): 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Радиотехнические средства передачи, приема и обработки

сигналов

Форма обучения: очно-заочная

Факультет: ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет

Кафедра: СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники

Курс: **2** Семестр: **4** 

Учебный план набора 2013 года

Разработчик:

- профессор каф. ТУ В. А. Шалимов

Зачет: 4 семестр

Томск 2017

#### 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

	<ul> <li>Перечень закрепленных за дисциплиной ком</li> </ul>	
Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-1	способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Должен знать В результате изучения дисциплины студент должен знать: - физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых и оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, реперехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного р-п- перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой 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 р-п- 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 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 физичемых структур; - объяснять связь физичемых структур; - объяснять связь физиче-

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, совер- шенствует действия ра- боты
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 ис- следовании, приспосаб- ливает свое поведение к обстоятельствам в реше- нии проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом на- блюдении

#### 2 Реализация компетенций

#### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью 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 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Зонную модель твердых тел. Классификацию	Находить значения электрофизических парамет-	Навыками изображения полупроводниковых
	твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Собственные полупроводники. Примесные полупроводники.	ров полупроводниковых	структур с использованием зонных энергетических диаграмм; навыками составления эквивалентных схем изучаемых

	Материалы полупроводниковой и электронной техники и их электрофизические свойства Классификация перехода. Структура р-п перехода. Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Особенности структур микроэлектронных биполярных и полевых транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип работы, основные параметры. Оптоэлектронные приборы. Гальваномагнитные, термомагнитные термоэлектрические явления в полупроводниках и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стан-	тактными 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 и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.	структур; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.
	дартных пакетов при- кладных программ.		
Виды занятий	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul><li>Отчет по индивидуальному заданию;</li><li>Собеседование;</li></ul>	<ul><li>Отчет по индивидуальному заданию;</li><li>Собеседование;</li></ul>	<ul><li>Отчет по лабораторной работе;</li><li>Отчет по индивиду-</li></ul>

• Отчет по лаборатор-	• Отчет по лаборатор-	альному заданию;
ной работе;	ной работе;	• Защита курсовых
• Опрос на занятиях;	• Опрос на занятиях;	проектов (работ);
• Зачет;	• Защита курсовых	• Зачет;
,	проектов (работ);	·
	• Зачет;	

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

лице 4. Габлица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах				
Состав	Знать	Уметь	Владеть	
Отлично	• зонную модель	• находить значения	• навыками изображе-	
(высокий уровень)	твердых тел. Классифи-	электрофизических па-	ния полупроводни-	
	кацию твердых тел (ме-	раметров полупровод-	ковых структур с ис-	
	таллы, полупроводни-	никовых материалов	пользованием зонных	
	ки, диэлектрики). Соб-	(кремния, германия, ар-	энергетических диа-	
	ственные полупровод-	сенида галлия). изобра-	грамм; навыками со-	
	ники. Примесные полу-	жать структуры с раз-	ставления эквивалент-	
	проводники. Материа-	личными контактными	ных схем изучаемых	
	лы полупроводниковой	переходами; объяснять	структур; навыками ра-	
	и электронной техники	принцип действия и со-	боты с типовыми сред-	
	и их электрофизические	ставлять электрические	ствами измерений с це-	
	свойства Классифика-	и математические моде-	лью комплексной оцен-	
	ция переходов. Струк-	ли рассматриваемых	ки основных парамет-	
	тура р-п перехода Фи-	структур; объяснять	ров и статических ха-	
	зические принципы ра-	связь физических пара-	рактеристик изучаемых	
	боты биполярных тран-	метров со статическими	структур в том числе с	
	зисторов. Эквивалент- ные схемы биполярных	характеристиками и па-	использованием стан-	
	транзисторов. МДП-	раметрами изучаемых	дартных пакетов при-	
	транзисторов. мідп-	структур; эксперимен- тально определять ста-	кладных программ;	
	ванным затвором,	тические характеристи-		
	встроенным и индуци-	ки и параметры различ-		
	рованным каналами.	ных структур и выпол-		
	Принцип работы,	нять математическое		
	основные параметры.	моделирование объек-		
	Особенности структур	тов и процессов по ти-		
	микроэлектронных би-	повым методикам, в том		
	полярных и полевых	числе с использованием		
	транзисторов. Полевые	стандартных пакетов		
	транзисторы с управ-	прикладных программ;		
	ляющим р-п переходом.			
	Принцип работы,			
	основные параметры.			
	Оптоэлектронные при-			
	боры. Гальваномагнит-			
	ные, термомагнитные			
	термоэлектрические яв-			
	ления в полупроводни-			
	ках и выполнять мате-			
	матическое моделирова-			
	ние объектов и процес-			
	сов по типовым методи-			
	кам, в том числе с ис-			

	пользованием стандартных пакетов прикладных программ.;		
Хорошо (базовый уровень)	• Основные материалы микроэлектроники, принципы работы полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, оптоэлектронных приборов и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам;	• Находить основные значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия). Экспериментально определять основные статические характеристики и параметры различных структур и выполнять математическое моделирование объектов и процессов с использованием стандартных пакетов прикладных программ;	• Основными навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; навыками со ставления эквивалентных схем изучаемых структур; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;
Удовлетворительн о (пороговый уровень)	• • Иметь представление о основных материалах микроэлектроники, принципах работы полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, оптоэлектронных приборов и выполняет математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам в составе команды;	• • Имеет представление о основных значениях электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия). Экспериментально определяет основные статические характеристики и параметры различных структур и выполняет математическое моделирование объектов и процессов с использованием стандартных пакетов прикладных программ в составе команды;	• • Отдельными навыками изображения полупроводниковых структур, навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ в составе команды;

#### 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 р и п каналами в трёх схемах включения и трёх режимах работы.

#### 3.3 Темы опросов на занятиях

- 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 полу-проводников. Вырожденные и невырожденные полупровод-ники. 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. Поня-тие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольт-амперные характеристики идеального 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.
- Особенности структур биполярных транзисторов. Методы изоляции отдельных элементов интегральных схем. Назначение скрытого эпитаксиального слоя. Образование паразитных транзисторов при изоляции р-п переходами. Комбинированная изоляция транзисторов. Много-эмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзисторов. Модель интегрального биполярного транзистора
- Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды, фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, тиристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольт-амперные 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 вольт-амперные характеристики. Электронно-лучевые трубки. Электронные и квантовые приборы СВЧ.

#### 3.4 Темы лабораторных работ

- Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов
- Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов
- Исследования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов с р-п-переходом
- Исследования вольт-амперных характеристик MDP тран-зисторов

#### 3.5 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 формирования 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 технологии обучения) / Н. С. Несмелов, М. М. Славникова, А. А. Широков ; Федеральное агент-

ство 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