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 микро- и наноэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Проектирование и технология электронно-вычислительных средств**
Технология электронных средств
Конструирование и технология электронных средств
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоэлектронной аппаратуры
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	28	28	часов
3	Лабораторные работы	36	36	часов
4	Всего аудиторных занятий	100	100	часов
5	Самостоятельная работа	80	80	часов
6	Всего (без экзамена)	180	180	часов
7	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21021

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 194 от «13» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12 ноября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

Доцент каф. КУДР	_____	М. М. Славникова
Заведующий обеспечивающей каф. КУДР	_____	А. Г. Лощилов

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

Декан РКФ	_____	Д. В. Озеркин
Заведующий выпускающей каф. КУДР	_____	А. Г. Лощилов
Заведующий выпускающей каф. КИПР	_____	В. М. Карабан
Заведующий выпускающей каф. РЭТЭМ	_____	В. И. Туев

Эксперты:

Доцент каф. КУДР	_____	М. Н. Романовский
Старший преподаватель каф. КИПР	_____	Н. Н. Кривин

Согласована на портале № 21021

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является подготовка бакалавров в области физических основ микро- и наноэлектроники, физики твердого тела и функционирования компонентов электронных средств.

1.2. Задачи дисциплины

– получение необходимых знаний по физическим и теоретическим основам полупроводниковой электроники;

– получение необходимых знаний по методам расчета основных параметров и характеристик полупроводников и полупроводниковых приборов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы микро- и наноэлектроники» (Б1.Б.18) относится к блоку 1 (базовая часть).

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

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Интегральные устройства радиоэлектроники, Математика, Материалы и компоненты электронных средств, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Основы физики твердого тела, основы контактных явлений в полупроводниках и металлах, методы исследования свойств полупроводников и приборов на их основе.

– **уметь** применять методы и средства измерения полупроводников и полупроводниковых приборов. Рационально использовать полупроводники и приборы на их основе при разработке электронной аппаратуры с учетом влияния окружающей среды и условий эксплуатации.

– **владеть** методами экспериментального исследования свойств полупроводников и приборов на их основе.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	100	100
Лекции	36	36
Практические занятия	28	28
Лабораторные работы	36	36
Самостоятельная работа (всего)	80	80
Выполнение домашних заданий	2	2
Оформление отчетов по лабораторным работам	32	32
Проработка лекционного материала	8	8
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	38	38

Согласована на портале № 21021

Всего (без экзамена)	180	180
Общая трудоемкость ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

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 Вводная часть	2	0	0	12	14	ОПК-2
2 Элементы физики твердого тела	4	4	0	4	12	ОПК-2
3 Физика полупроводников	4	8	0	9	21	ОПК-2
4 Электропроводность твердых тел	4	2	8	11	25	ОПК-2
5 Контактные явления	5	2	0	3	10	ОПК-2
6 Полупроводниковые диоды и биполярные транзисторы	7	4	20	22	53	ОПК-2
7 Поверхностные явления в полупроводниках. Полевые транзисторы	4	4	4	9	21	ОПК-2
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	3	4	4	9	20	ОПК-2
9 Физические основы наноэлектроники	3	0	0	1	4	ОПК-2
Итого за семестр	36	28	36	80	180	
Итого	36	28	36	80	180	

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 Вводная часть	Цели и задачи дисциплины. История развития твердотельной электроники. Роль советских и зарубежных ученых в развитии микроэлектроники. Физические ограничения быстродействия и миниатюризации	2	ОПК-2

Согласована на портале № 21021

	Итого	2	
2 Элементы физики твердого тела	Тепловые колебания в твердых телах. Понятие о фононах. Статистический подход для описания свойств твердых тел. Понятие о функциях распределения и функциях плотности состояний. Фермионы и бозоны. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Энергия Ферми. Вырожденное и невырожденное состояния. Элементы зонной теории твердого тела. Электрон в периодическом потенциальном поле. Эффективная масса носителей заряда. Зонная структура диэлектриков, полупроводников, металлов.	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Физика полупроводников	Собственная и примесная проводимость полупроводников. Равновесная концентрация носителей заряда, уровень Ферми. Зависимость концентрации носителей заряда от температуры. Уравнение баланса носителей заряда в полупроводнике. Температурная зависимость равновесной концентрации носителей заряда. Закон действующих масс. Компенсированные полупроводники. Неравновесные носители заряда. Понятие о квазиуровнях Ферми. Рекомбинация, ее механизмы. Скорость рекомбинации и время жизни носителей заряда. Излучательная рекомбинация. Основные полупроводники, применяемые в микроэлектронике , их свойства. Диффузионная и дрейфовая составляющие тока. Коэффициент диффузии носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Монополярная и биполярная диффузия носителей заряда в полупроводниках. Уравнение непрерывности.	4	ОПК-2
	Итого	4	
4 Электропроводность твердых тел	Влияние электрического поля на функцию распределения носителей заряда. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда. Уравнения Ланжевена. Механизмы рассеяния носителей заряда. Электрон-фононное рассеяние. Рассеяние на дефектах кристаллической решетки.	4	ОПК-2

Согласована на портале № 21021

	Основные механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Эффекты сильного поля. Типы вольтамперных характеристик в полупроводниках. ВАХ S и N типа. Эффект Ганна. Понятие о доменах. СВЧ-генераторы на эффекте Ганна.		
	Итого	4	
5 Контактные явления	Работа выхода электронов из металлов и полупроводников. Термоэлектронная эмиссия. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Контакт металл-полупроводник в равновесном и неравновесном состояниях. Приконтактные слои обеднения, обогащения, инверсии. Эффект Шоттки. Толщина обедненного слоя. Распределение потенциала Диод Шоттки. ВАХ диода Шоттки. P-n переход, его энергетические диаграммы в равновесном и неравновесном состоянии. Обедненный слой, электрические поля в обедненном слое. Резкий и плавный p-n переходы. Толщина обедненного слоя. Контактная разность потенциалов. Обратный ток p-n перехода, его составляющие. ВАХ p-n перехода. Зарядная и диффузионная емкости p-n перехода. Пробой p-n перехода и его механизмы (лавинный, туннельный, тепловой).	5	ОПК-2
	Итого	5	
6 Полупроводниковые диоды и биполярные транзисторы	Полупроводниковые приборы на основе p-n перехода. Полупроводниковые диоды. Энергетические диаграммы, принцип действия, основные характеристики и параметры. Биполярные транзисторы. Принцип действия, схемы включения, энергетические зонные диаграммы, вольтамперные характеристики, основные параметры.	7	ОПК-2
	Итого	7	
7 Поверхностные явления в полупроводниках. Полевые транзисторы	Поверхностные состояния в полупроводнике. Поверхностная рекомбинация. Приповерхностный	4	ОПК-2

Согласована на портале № 21021

	слой объемного заряда. Поверхностная проводимость. Эффект поля. МДП-структуры. Вольт-фарадные характеристики МДП-структур. Полевые транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом. ВАХ этих приборов. МДП (МОП)-транзисторы. Идеальная МДП-структура. МДП-транзисторы со встроенным и индуцированным каналом. ВАХ МДП-транзистора. Режимы обеднения, обогащения, инверсии. Роль поверхностных состояний. Разновидности МДП-транзисторов.		
	Итого	4	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Спектры испускания и поглощения. Типы центров поглощения в полупроводниках. Понятие об экситонах. Фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Фотопроводимость при импульсном освещении. Фотоэлектрические эффекты. Устройство, принцип действия, основные характеристики фоторезистора, фотодиода, фотоэлемента, фототранзистора.	3	ОПК-2
	Итого	3	
9 Физические основы наноэлектроники	Квантовые размерные структуры. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности. Наноструктуры и элементы наноэлектроники. Проблемы одноэлектроники.	3	ОПК-2
	Итого	3	
Итого за семестр		36	

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 Физика		+	+	+					+
Последующие дисциплины									
1 Защита выпускной	+	+	+	+					

Согласована на портале № 21021

квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты									
2 Интегральные устройства радиоэлектроники	+		+	+			+		
3 Математика			+		+	+			
4 Материалы и компоненты электронных средств			+	+				+	
5 Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена			+	+	+	+	+		

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	
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Проверка контрольных работ, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Выступление (доклад) на занятии, Расчетная работа, Тест, Реферат, Отчет по практическому занятию, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 21021

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
4 Электропроводность твердых тел	Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников и определение энергии активации	4	ОПК-2
	Исследование эффекта сильного поля (эффект Ганна) и его использование в устройствах микроэлектроники	4	
	Итого	8	
6 Полупроводниковые диоды и биполярные транзисторы	Исследование импульсных свойств полупроводниковых диодов	4	ОПК-2
	Изучение зависимости параметров биполярных транзисторов от режимов работы	8	
	Исследование вольтамперных и вольтфарадных характеристик полупроводниковых диодов	4	
	Исследование влияния температуры окружающей среды на обратный ток полупроводниковых диодов	4	
	Итого	20	
7 Поверхностные явления в полупроводниках. Полевые транзисторы	Изучение свойств структур металл-диэлектрик-полупроводник	4	ОПК-2
	Итого	4	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Изучение фотопроводимости полупроводников и определение релаксационного времени жизни носителей заряда	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

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			

Согласована на портале № 21021

2 Элементы физики твердого тела	Решение задач по определению энергии электрона, эффективной массы электрона, волнового числа.	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Физика полупроводников	Решение задач по теме: "Статистика электронов и дырок в полупроводниках, электропроводность твердых тел	4	ОПК-2
	Генерация и рекомбинация носителей зарядаДиффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках	4	
	Итого	8	
4 Электропроводность твердых тел	Решение задач по теме : "Электропроводность полупроводников в сильных электрических полях"	2	ОПК-2
	Итого	2	
5 Контактные явления	Решение задач по определению тока термоэлектронной эмиссии для различных контактов металла с полупроводником	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Полупроводниковые диоды и биполярные транзисторы	Решение задач по определению контактной разности потенциалов p-n перехода, прямых и обратных токов полупроводникового диода, пробивных напряжений.	4	ОПК-2
	Итого	4	
7 Поверхностные явления в полупроводниках. Полевые транзисторы	Изучение физических явлений, происходящих в структуре металл-диэлектрик-полупроводник, определение слоя приповерхностного заряда, его величины и знака.	4	ОПК-2
	Итого	4	
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Изучение фотопроводимости полупроводников, определение времени жизни и диффузионной длины неравновесных носителей заряда	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		28	

9. Самостоятельная работа

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

Согласована на портале № 21021

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Вводная часть	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	10	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Проверка контрольных работ, Расчетная работа, Собеседование
	Выполнение домашних заданий	2		
	Итого	12		
2 Элементы физики твердого тела	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Зачет, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию
	Итого	4		
3 Физика полупроводников	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Зачет, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Собеседование
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	9		
4 Электропроводность твердых тел	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2	Зачет, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Собеседование
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	11		
5 Контактные явления	Подготовка к практическим занятиям,	2	ОПК-2	Зачет, Конспект самоподготовки, Опрос

Согласована на портале № 21021

	семинарам			на занятиях, Собеседование
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
6 Полупроводниковые диоды и биполярные транзисторы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Зачет, Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Собеседование, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	16		
	Итого	22		
7 Поверхностные явления в полупроводниках. Полевые транзисторы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Зачет, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Собеседование
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Зачет, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Собеседование
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
9 Физические основы наноэлектроники	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Зачет, Конспект самоподготовки, Собеседование
	Итого	1		
Итого за семестр		80		
Итого		80		

9.1. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
3. Электропроводность твердых тел;
4. Явления в сильных электрических полях;
5. Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
6. Поверхностные явления в полупроводниках;
7. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.

9.2. Темы домашних заданий

1. Виды электрических контактов и их свойства;
2. Контакт двух металлов;
3. Контакт металл-полупроводник;

Согласована на портале № 21021

4. Эффект Шоттки;
5. Технология электрических контактов;
6. Расчет биполярного транзистора.

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				
Выступление (доклад) на занятии			10	10
Опрос на занятиях	2	2	1	5
Отчет по лабораторной работе	15	15	10	40
Тест	5	5	5	15
Зачет			30	30
Итого максимум за период	22	22	56	100
Нарастающим итогом	22	44	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)

Согласована на портале № 21021

2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2005. – 406 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 57 экз.)

2. Несмелов Н. С., Славникова М. М., Широков А. А. "Физические основы микроэлектроники (конспект лекций)": Учебное пособие для вузов – ТУСУР, Томск, 2007.- 276 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 189 экз.)

3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: 4-е изд., стер., - Спб. Лань, 2010. 384с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648

4. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: Учебное пособие для вузов. - Спб. Лань, 2011. - 288с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023

12.2. Дополнительная литература

1. С. Зи "Физика полупроводниковых приборов".- М., Мир, 1984, 1 том (450 с.), 2 том (450 с.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)

2. Драгунов ВП., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники:учебное пособие для вузов – М.:Физматкнига, 2006. – 494 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

3. Боргардт Н.И., Гаврилов С.А.,Герасименко Н.Н. и др. Нанотехнологии в электронике. – М.: Техносфера, 2005. -446 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

4. М. Херман "Полупроводниковые сверхрешетки".- М., Мир, 1989.- 238 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

5. Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. "Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность": Учебное пособие для вузов – М. ВШ, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Несмелов Н.С., Славникова М.М. Исследование фотопроводимости полупроводников и определение релаксационного времени жизни неравновесных носителей заряда. Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 12с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

2. Несмелов Н.С., Романовский М. Н., Славникова М.М. Исследование структуры металл - диэлектрик - полупроводник. Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 10с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

3. Несмелов Н.С., Широков А.А. Исследование эффекта сильного поля в полупроводнике (Эффект Ганна). Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 11с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

4. Несмелов Н.С., Широков А.А. Сборник задач и методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Физические основы микроэлектроники». - Томск, ТУСУР, 2007. -72 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 132 экз.)

5. Измерение h-параметров транзисторов: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Агафонников В. Ф. - 2012. 10 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1295, свободный.

6. Основы электроники: Методические указания по самостоятельной и индивидуальной работе студентов / Карлова Г. Ф. - 2012. 3 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2127, свободный

7. Несмелов Н.С., Славникова М.М. «Исследование температурной зависимости электропроводности германия» Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 10с.

Согласована на портале № 21021

(наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

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. Библиотека ТУСУР;
2. Научно-образовательный портал ТУСУР.

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 22-24, 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 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 3 этаж, ауд. 316. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 3 этаж, ауд. 316. Состав оборудования: Учебная мебель; Лабораторные макеты; Измерительное оборудование.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Согласована на портале № 21021

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.

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

Согласована на портале № 21021

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 № 21021

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 микро- и наноэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Проектирование и технология электронно-вычислительных средств**
Технология электронных средств
Конструирование и технология электронных средств Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоэлектронной аппаратуры
Курс: **2**
Семестр: **3**

Учебный план набора 2016 года

Разработчик:
- Доцент каф. КУДР М. М. Славникова

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 21021

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
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Должен знать Основы физики твердого тела, основы контактных явлений в полупроводниках и металлах, методы исследования свойств полупроводников и приборов на их основе; Должен уметь применять методы и средства измерения полупроводников и полупроводниковых приборов. Рационально использовать полупроводники и приборы на их основе при разработке электронной аппаратуры с учетом влияния окружающей среды и условий эксплуатации; Должен владеть методами экспериментального исследования свойств полупроводников и приборов на их основе.

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

Согласована на портале № 21021

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

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	современные методы решения задач математического, физического, конструкторского и технологического характера при проектировании и изготовлении электронных средств.	способен выявлять сущность проблем при решении задач математического, физического, конструкторского и технологического характера при проектировании и изготовлении электронных средств	навыками формулировать и решать не типовые задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по индивидуальному заданию; • Конспект самоподготовки; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Выступление (доклад) на занятии; • Расчетная работа; • Тест; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по индивидуальному заданию; • Конспект самоподготовки; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Выступление (доклад) на занятии; • Расчетная работа; • Тест; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Отчет по индивидуальному заданию; • Зачет; • Выступление (доклад) на занятии; • Расчетная работа; • Реферат; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в

Согласована на портале № 21021

таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Сформированные систематические знания в пределах изучаемой области знаний с пониманием границ применимости;	• Сформированное умение решать нетиповые, проблемные задачи в пределах изучаемой области знаний;	• Успешное и систематическое применение навыков решать поставленные задачи и проводить качественную оценку результатов;
Хорошо (базовый уровень)	• Сформированные, но не структурированные знания в пределах изучаемой области знаний;	• В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение решать типовые задачи в пределах изучаемой области знаний;	• В целом успешное, но не систематическое применение навыков формулировать и решать поставленные задачи;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Сформированные, но не структурированные знания в пределах изучаемой области знаний;	• В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение решать нетиповые задачи в пределах изучаемой области знаний;	• В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков решать поставленные задачи и проводить качественную оценку результатов;

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 Вопросы на самоподготовку

- Зонные диаграммы гетеропереходов;
- Квантовые размерные эффекты

3.2 Тестовые задания

Первый уровень сложности (оценивается на «удовлетворительно»)

Какой пробой опасен для p-n- перехода?

а) тепловой; б) электрический; в) тот и другой; г) пробой любого вида неопасен.

Принцип действия варикапа, физическое описание.

Второй уровень сложности (оценивается на «хорошо»)

Какие диоды используются для генерации электрических колебаний:

а) туннельные; б) импульсные; в) стабилитроны г) для генерации электрических колебаний диоды не используются.

По названию полупроводниковых диодов в схеме «Классификация полупроводниковых диодов» в отведённых квадратах нарисуйте условно-графическое обозначение полупроводниковых диодов

Третий уровень сложности (оценивается на «отлично»)

У какого транзистора входное сопротивление максимальное:

а) у биполярного; б) у полевого с затвором в виде p-n–перехода; в) у МДП–транзистора; г) у транзистора типа p-n-p.

Согласована на портале № 21021

По вольтамперной характеристике выпрямительного диода определите сопротивление диода по постоянному току при включении тока в прямом и обратном направлении, если к диоду приложено напряжение Uпр = 0,5 В и Uобр = – 50 В.

3.3 Темы рефератов

– Явления переноса, возникающие в среде при наличии электрических, тепловых и магнитных полей.

– Зонные диаграммы диэлектриков, полупроводников и металлов. Уточнение зонной модели, энергетическая зонная структура германия и кремния. Эффективная масса.

– Контактная разность потенциалов. Распределение потенциала в p-n–переходе.

– Ширина области объемного заряда. Барьерная емкость p-n–перехода.

– Процессы, протекающие в обратно-смещенном p-n–переходе. Виды и механизмы пробоя.

– Функциональные возможности полупроводниковых диодов

– Структура биполярных транзисторов и выполняемые ими функции.

– Выражения для переменных токов в транзисторе. Эквивалентные схемы транзистора.

– Эквивалентная схема и частотные свойства МДП-транзистора.

– Наногетероструктуры, функциональные возможности устройств с квантовыми ямами, квантовыми проволоками, точками.

3.4 Зачёт

– Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
– Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
– Электропроводность твердых тел;
– Явления в сильных электрических полях;
– Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
– Поверхностные явления в полупроводниках;
– Фотоэлектрические явления в полупроводниках.

3.5 Темы домашних заданий

– Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
– Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
– Электропроводность твердых тел;
– Явления в сильных электрических полях;
– Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
– Поверхностные явления в полупроводниках;
– Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
– Виды электрических контактов и их свойства;
– Контакт двух металлов;
– Контакт металл-полупроводник;
– Эффект Шоттки;
– Технология электрических контактов;
– Расчет биполярного транзистора.

3.6 Темы индивидуальных заданий

– Виды электрических контактов и их свойства;
– Контакт двух металлов;
– Контакт металл-полупроводник;
– Эффект Шоттки;
– Технология электрических контактов;
– Расчет биполярного транзистора.

Согласована на портале № 21021

3.7 Вопросы на собеседование

- Виды электрических контактов и их свойства;
- Контакт двух металлов;
- Контакт металл-полупроводник;
- Эффект Шоттки;
- Технология электрических контактов;
- Расчет биполярного транзистора.

3.8 Темы опросов на занятиях

- Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
- Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
- Электропроводность твердых тел;
- Явления в сильных электрических полях;
- Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
- Поверхностные явления в полупроводниках;
- Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
- Виды электрических контактов и их свойства;
- Контакт двух металлов;
- Контакт металл-полупроводник;
- Эффект Шоттки;
- Технология электрических контактов;
- Расчет биполярного транзистора.

3.9 Темы контрольных работ

- Виды электрических контактов и их свойства;
- Контакт двух металлов;
- Контакт металл-полупроводник;
- Эффект Шоттки;
- Технология электрических контактов;
- Расчет биполярного транзистора.

3.10 Темы докладов

- Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
- Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
- Электропроводность твердых тел;
- Явления в сильных электрических полях;
- Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
- Поверхностные явления в полупроводниках;
- Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
- Виды электрических контактов и их свойства;
- Контакт двух металлов;
- Контакт металл-полупроводник;
- Эффект Шоттки;
- Технология электрических контактов;
- Расчет биполярного транзистора.

3.11 Темы контрольных работ

- Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
- Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
- Электропроводность твердых тел;
- Явления в сильных электрических полях;
- Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
- Поверхностные явления в полупроводниках;
- Фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Согласована на портале № 21021

– Виды электрических контактов и их свойства;
– Контакт двух металлов;
– Контакт металл-полупроводник;
– Эффект Шоттки;
– Технология электрических контактов;
– Расчет биполярного транзистора.

3.12 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Решение задач по теме "Элементы зонной теории твердого тела";
– Статистика электронов и дырок в полупроводниках;
– Электропроводность твердых тел;
– Явления в сильных электрических полях;
– Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках;
– Поверхностные явления в полупроводниках;
– Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
– Виды электрических контактов и их свойства;
– Контакт двух металлов;
– Контакт металл-полупроводник;
– Эффект Шоттки;
– Технология электрических контактов;
– Расчет биполярного транзистора.

3.13 Вопросы дифференцированного зачета

– 1. Какова природа электропроводности твердых веществ?
– 2. Объясните отличие собственного и примесного полупроводников? Какие носители являются основными и неосновными в полупроводниках n- и p-типов? Почему? Объяснить
– причины возникновения диффузионного и дрейфового токов в полупроводнике.
– 3. Что такое p-n-переход? Как он формируется? Поясните принцип действия p-n-перехода.
– 4. Объяснить с физической точки зрения вентильные свойства p-n-перехода.
– 5. Показать отличия между вольт-амперными характеристиками кремниевого и германиевого диодов. Привести типовые значения для прямого и обратного сопротивления этих диодов. Как определить данные параметры по ВАХ?
– 6. Перечислить параметры, определяемые по ВАХ реального диода. Как они определяются?
– 7. Приведите ВАХ диода для разных рабочих температур? Чем обусловлен обратный ток в диоде и как зависит от температуры и обратного напряжения?
– 8. Охарактеризуйте виды пробоя p-n-перехода.
– 9. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
– 10. Биполярные транзисторы. Постоянные токи.
– 11. Биполярные транзисторы. Сущность усиления.
– 12. Коэффициент передачи по току биполярного транзистора.
– 13. Схемы включения биполярного транзистора.
– 14. Эквивалентные схемы биполярного транзистора.
– 15. Полевые транзисторы. Принцип действия.
– 16. Статические характеристики полевого транзистора с p-n переходом в качестве затвора.
– 17. Статические характеристики полевого транзистора с изолированным затвором.
– 18. Преимущества и недостатки полевых транзисторов.
– 19. Наногетероструктуры, функциональные возможности устройств с квантовыми ямами, квантовыми проволоками, точками.
– 20. Классифицируйте твердые вещества по электропроводности.
– 21. Чем обусловлена электропроводность собственного полупроводника?

Согласована на портале № 21021

– 22. С какой целью в полупроводник вводят примеси? Как влияют на электропроводность полупроводника донорные и акцепторные примеси?

– 23. Объясните, что такое дырки? Каково их движение в полупроводнике при отсутствии и под действием разницы потенциалов?

3.14 Темы расчетных работ

- Виды электрических контактов и их свойства;
- Контакт двух металлов;
- Контакт металл-полупроводник;
- Эффект Шоттки;
- Технология электрических контактов;
- Расчет биполярного транзистора.

3.15 Темы лабораторных работ

- Виды электрических контактов и их свойства;
- Контакт двух металлов;
- Контакт металл-полупроводник;
- Эффект Шоттки;
- Технология электрических контактов;
- Расчет биполярного транзистора.

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. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2005. – 406 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 57 экз.)

2. Несмелов Н. С., Славникова М. М., Широков А. А. "Физические основы микроэлектроники (конспект лекций)": Учебное пособие для вузов – ТУСУР, Томск, 2007.- 276 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 189 экз.)

3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: 4-е изд., стер., - Спб. Лань, 2010. 384с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648

4. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: Учебное пособие для вузов. - Спб. Лань, 2011. - 288с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023

4.2. Дополнительная литература

1. С. Зи "Физика полупроводниковых приборов".- М., Мир, 1984, 1 том (450 с.), 2 том (450 с.). (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)

2. Драгунов ВП., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники:учебное пособие для вузов – М.:Физматкнига, 2006. – 494 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

3. Боргардт Н.И., Гаврилов С.А.,Герасименко Н.Н. и др. Нанотехнологии в электронике. – М.: Техносфера, 2005. -446 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

4. М. Херман "Полупроводниковые сверхрешетки".- М., Мир, 1989.- 238 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

5. Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. "Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность": Учебное пособие для вузов – М. ВШ, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Несмелов Н.С., Славникова М.М. Исследование фотопроводимости полупроводников и определение релаксационного времени жизни неравновесных носителей заряда. Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов

Согласована на портале № 21021

специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 12с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

2. Несмелов Н.С., Романовский М. Н., Славникова М.М. Исследование структуры металл - диэлектрик - полупроводник. Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 10с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

3. Несмелов Н.С., Широков А.А. Исследование эффекта сильного поля в полупроводнике (Эффект Ганна). Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 11с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

4. Несмелов Н.С., Широков А.А. Сборник задач и методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Физические основы микроэлектроники». - Томск, ТУСУР, 2007. -72 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 132 экз.)

5. Измерение h-параметров транзисторов: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Агафонников В. Ф. - 2012. 10 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1295, свободный.

6. Основы электроники: Методические указания по самостоятельной и индивидуальной работе студентов / Карлова Г. Ф. - 2012. 3 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2127, свободный

7. Несмелов Н.С., Славникова М.М. «Исследование температурной зависимости электропроводности германия» Руководство к лабораторной работе по курсу «Физические основы микроэлектроники» для студентов специальностей 210201 и 210202.-Томск, ТУСУР, 2007. - 10с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Библиотека ТУСУР;
2. Научно-образовательный портал ТУСУР.

Согласована на портале № 21021