

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: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы микроэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**

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

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РЗИ, Кафедра радиоэлектроники и защиты информации**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности    | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|------------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                       | 24        | 24    | часов   |
| 2 | Практические занятия         | 18        | 18    | часов   |
| 3 | Лабораторные работы          | 18        | 18    | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий     | 60        | 60    | часов   |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 13        | 13    | часов   |
| 6 | Самостоятельная работа       | 48        | 48    | часов   |
| 7 | Всего (без экзамена)         | 108       | 108   | часов   |
| 8 | Общая трудоемкость           | 108       | 108   | часов   |
|   |                              | 3.0       | 3.0   | З.Е     |

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

профессор каф. ТУ \_\_\_\_\_ В. А. Шалимов

Заведующий обеспечивающей каф.  
ТУ

\_\_\_\_\_ Т. Р. Газизов

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

Декан РТФ \_\_\_\_\_ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.  
РЗИ

\_\_\_\_\_ А. С. Задорин

Эксперты:

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 её рамками.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы микроэлектроники» (Б1.В.ДВ.3.2) 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, р-n- перехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного р-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 р-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 параметры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; - экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур;

– **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

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---------------------------|-------------|----------|
|---------------------------|-------------|----------|

|   |     |           |
|---|-----|-----------|
|   |     | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего)                    | 60  | 60        |
| Лекции  | 24  | 24        |
| Практические занятия                          | 18  | 18        |
| Лабораторные работы                           | 18  | 18        |
| Из них в интерактивной форме                  | 13  | 13        |
| Самостоятельная работа (всего)                | 48  | 48        |
| Оформление отчетов по лабораторным работам    | 20  | 20        |
| Проработка лекционного материала              | 10  | 10        |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 18  | 18        |
| 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<br>(без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------|----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 3 семестр  |        |                      |                     |                        |                               |                         |
| 1 Введение в физику полупроводников  | 1      | 0                    | 0                   | 1                      | 2                             | ПК-1                    |
| 2 Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи  | 1      | 2                    | 0                   | 3                      | 6                             | ПК-1                    |
| 3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | 4      | 4                    | 4                   | 9                      | 21                            | ПК-1                    |
| 4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.               | 4      | 4                    | 4                   | 13                     | 25                            | ПК-1                    |
| 5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики                      | 6      | 4                    | 4                   | 6                      | 20                            | ПК-1                    |
| 6 Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированных.  | 3      | 0                    | 0                   | 1                      | 4                             | ПК-1                    |
| 7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего   | 2      | 0                    | 0                   | 1                      | 3                             | ПК-1                    |

|   |    |    |    |    |     |      |
|---|----|----|----|----|-----|------|
| перехода  |    |    |    |    |     |      |
| 8 Фотозлектрические явления в полупроводниках.                                    | 2  | 2  | 4  | 7  | 15  | ПК-1 |
| 9 Гальваномагнитные, термомагнитные термо-электрические явления в полупроводниках | 1  | 2  | 2  | 7  | 12  | ПК-1 |
| Итого за семестр  | 24 | 18 | 18 | 48 | 108 |      |
| Итого   | 24 | 18 | 18 | 48 | 108 |      |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов   | Содержание разделов дисциплины по лекциям   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр   |   |                 |                         |
| 1 Введение в физику полупроводников                       | Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости n- и р-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные 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 твердого тела. Зонная структура полупроводников. Понятие доноров и акцепторов. Влияние примесей на физические свойства полупроводников. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрация носителей. Рекомбинация носителей. Поверхностная и объемная 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 | Классификация переходов. Структура p-n перехода. Понятие нейтральности  | 4               | ПК-1                    |

|  |  |   |      |
|--|--|---|------|
| (р-п- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).   | перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольт-амперные характеристики идеального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические сопротивления 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. |   |      |
|  | Итого  | 4 |      |
| 4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Формулы Молла-Эберса. Идеализированные статические и динамические параметры биполярных транзисторов. Схемы включения. Зависимость параметров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные биполярные транзисторы  | 4 | ПК-1 |
|  | Итого  | 4 |      |
| 5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики        | МДП-транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Статические вольт-амперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов.   | 6 | ПК-1 |
|  | Итого  | 6 |      |
| 6 Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированных.                                    | Особенности структур биполярных транзисторов. Методы изоляции отдельных элементов интегральных схем. Назначение скрытого эпитаксиального слоя. Образование паразитных транзисторов при изоляции р-п переходами. Комбинированная изоляция транзисторов. Многоэмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзисторов. Модель интегрального биполярного транзистора  | 3 | ПК-1 |
|  | Итого  | 3 |      |
| 7 Физические основы управления током канала с помощью  | Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Принцип работы,   | 2 | ПК-1 |

|  |  |    |      |
|--|--|----|------|
| управляющего перехода  | основные параметры. Статические 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               | 2  | ПК-1 |
|  | Итого  | 2  |      |
| 9 Гальваномагнитные, термомагнитные термоэлектрические явления в полупроводниках | Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона.   | 1  | ПК-1 |
|  | Итого  | 1  |      |
| Итого за семестр   |  | 24 |      |

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин            | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                                   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Предшествующие дисциплины         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1 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, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Зачет |

### 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 | Интерактивные лекции | Всего |
|---|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------|
| 3 семестр   |                                    |                                    |                      |       |
| Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением | 4                                  | 4                                  | 5                    | 13    |
| Итого за семестр:   | 4                                  | 4                                  | 5                    | 13    |
| Итого   | 4                                  | 4                                  | 5                    | 13    |

### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов   | Наименование лабораторных работ                                     | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр   |   |                 |                         |
| 3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход). | Исследования вольт-амперных характеристик полупро-водниковых диодов | 4               | ПК-1                    |
|   | Итого   | 4               |                         |
| 4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.                | Исследования вольт-амперных характеристик биполяр-ных транзисторов  | 4               | ПК-1                    |
|   | Итого   | 4               |                         |
| 5 Физические процессы в структуре   | Исследования вольт-амперных харак-                                  | 4               | ПК-1                    |



|   |   |    |      |
|---|---|----|------|
| металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики                   | теристик полевых транзисторов с р-п-переходом               |    |      |
|   | Итого   | 4  |      |
| 8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.                                    | Исследования вольт-амперных характеристик MDP тран-зисторов | 4  | ПК-1 |
|   | Итого   | 4  |      |
| 9 Гальваномагнитные, термомагнитные термо-электрические явления в полупроводниках | Исследования вольт-амперных характеристик диодных оптронов  | 2  | ПК-1 |
|   | Итого   | 2  |      |
| Итого за семестр  |   | 18 |      |

### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов  | Наименование практических занятий (семинаров)  | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр  |  |                 |                         |
| 2 Кинетика носителей зарядов в полупроводниках и токи  | Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода.  | 2               | ПК-1                    |
|  | Итого  | 2               |                         |
| 3 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения.   | 4               | ПК-1                    |
|  | Итого  | 4               |                         |
| 4 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики.               | Расчет тепловых токов и токов термогенерации в переходах из полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны от температуры | 4               | ПК-1                    |
|  | Итого  | 4               |                         |
| 5 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики                      | Расчет вольт-амперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре.  | 4               | ПК-1                    |
|  | Итого  | 4               |                         |
| 8 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.   | Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.   | 2               | ПК-1                    |
|  | Итого  | 2               |                         |
| 9 Гальваномагнитные, термомагнитные термо-электрические явления в полупроводниках                                      | Расчет параметров биполярных транзисторов  | 2               | ПК-1                    |
|  | Итого  | 2               |                         |

|                  |  |    |  |
|------------------|--|----|--|
| Итого за семестр |  | 18 |  |
|------------------|--|----|--|

### 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

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

|  |   |    |      |                              |
|--|---|----|------|------------------------------|
| электронно-дырочных переходов от идеализированных.                               | материала                                     |    |      |                              |
|  | Итого   | 1  |      |                              |
| 7 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода      | Проработка лекционного материала              | 1  | ПК-1 |                              |
|  | 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    | 4  |      |                              |
|  | Итого   | 7  |      |                              |
| 9 Гальваномагнитные, термомагнитные термоэлектрические явления в полупроводниках | 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   |   | 48 |      |                              |
| Итого  |   | 48 |      |                              |

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности    | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|----------------------------------|--|---|---|------------------|
| 3 семестр                        |  |   |   |                  |
| Опрос на занятиях                | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Отчет по индивидуальному заданию | 20   | 20  | 15  | 55               |
| Отчет по лабораторной работе     | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Итого максимум за период         | 35   | 35  | 30  | 100              |
| Нарастающим итогом               | 35   | 70  | 100   | 100              |

#### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

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

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

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Легостаев Н.С., Троян П.Е., Четвергов К.В. Микроэлектроника: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 411с. [Электронный ресурс]. - [http://www.ie.tusur.ru/docs/mel\\_grif.zip](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 самостоятельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. [Электронный ресурс]. - <http://www.ie.tusur.ru/docs/lms/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 ре-

курс]: 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 ауди-

тория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения 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 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  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Основы микроэлектроники**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**

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

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РЗИ, Кафедра радиоэлектроники и защиты информации**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

– профессор каф. ТУ В. А. Шалимов

Зачет: 3 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

| 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 полупроводниково-вых и оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, р-п-перехода, 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 запрещенной 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 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 микроэлектронике; - области применения микроэлектронных приборов и датчиков в науке и технике. ;<br>Должен уметь - находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физиче- |

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

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

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

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

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-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 твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. | Находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия). изображать структуры с различными кон- | Навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; навыками составления эквивалентных схем изучаемых |

|                                  |  |  |  |
|----------------------------------|--|--|--|
|                                  | <p>Материалы полупроводниковой и электронной техники и их электрофизические свойства Классификация переходов. Структура p-n перехода. Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. МДП-транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Особенности структур микроэлектронных биполярных и полевых транзисторов. Полевые транзисторы с управляющим p-n 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 стандартных пакетов прикладных программ.</p> | <p>тактными переходами; объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; объяснить 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.</p> | <p>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.</p> |
| Виды занятий                     | <ul style="list-style-type: none"> <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 style="list-style-type: none"> <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 style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>                            |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Отчет по лаборатор-</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по индивидуальному заданию;</li> <li>• Отчет по лаборатор-</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Отчет по индивиду-</li> </ul>  |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | ной работе;<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет;</li> </ul> | ной работе;<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Защита курсовых проектов (работ);</li> <li>• Зачет;</li> </ul> | альному заданию;<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Защита курсовых проектов (работ);</li> <li>• Зачет;</li> </ul> |
|--|---|--|---|

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав                       | Знать  | Уметь   | Владеть   |
|------------------------------|--|---|---|
| Отлично<br>(высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зонную модель твердых тел. Классификацию твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Материалы полупроводниковой и электронной техники и их электрофизические свойства Классификация переходов. Структура p-n перехода.. Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. МДП-транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Особенности структур микроэлектронных биполярных и полевых транзисторов. Полевые транзисторы с управляющим p-n 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 стандарт-</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия). 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 и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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 в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.;</li> </ul> |

|                                       |  |  |   |
|---------------------------------------|--|--|---|
|                                       | ных пакетов прикладных программ.;  |  |   |
| Хорошо (базовый уровень)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные материалы микроэлектроники, принципы работы полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, оптоэлектронных приборов и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.;</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Основными 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 в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.;</li> </ul> |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеет 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;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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;</li> </ul>                               |

### 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 Зачёт

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

#### 3.2 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.

### **3.3 Темы опросов на занятиях**

– Классификация переходов. Структура p-n перехода. Понятие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольт-амперные характеристики идеального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические сопротивления 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.

### **3.4 Темы лабораторных работ**

- Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов
- Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов
- Исследования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов с p-n-переходом
- Исследования вольт-амперных характеристик МДП транзисторов
- Исследования вольт-амперных характеристик диодных оптронов

### **3.5 Темы курсовых проектов (работ)**

- Курсовой проект не предусмотрен

## **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. – 411 с. [Электронный ресурс]. - [http://www.ie.tusur.ru/docs/mel\\_grif.zip](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.)

### **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 самостоятельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. [Электронный ресурс]. - <http://www.ie.tusur.ru/docs/lms/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