**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Физические основы электроники**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиотехника**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**
Учебный план набора 2012 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 4 семестр | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 6 | | 6 | часов |
| 2 | Практические занятия | 2 | 2 | 4 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | | 4 | 4 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 8 | 6 | 14 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 64 | 26 | 90 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 72 | 32 | 104 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача зачета | | 4 | 4 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 72 | 36 | 108 | часов |
| | | 2.0 | 1.0 | 3.0 | З.Е |

Контрольные работы: 5 семестр - 1
Зачет: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18056

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

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 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 ЗиВФ _____ И. В. Осипов

Заведующий выпускающей каф.
ТОР _____ А. А. Гельцер

Эксперты:

доцент кафедра ТУ _____ А. Н. Булдаков

Согласована на портале № 18056

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

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

### 1.2. Задачи дисциплины

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы электроники» (Б1.В.ДВ.2.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Основы теории цепей, Радиотехнические цепи и сигналы, Физика.

## 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 полупроводнико-вых и оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n- перехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного p-n- перехода и влияние на ВАХ ширины запре-щённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контак-тов различного вида в полупроводниковой электронике; - физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n- переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник; - взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами; - влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики; - основные технологические процессы в микроэлектронике; - области применения микроэлектронных приборов и датчиков в науке и технике.

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

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

## 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 | |
|---|---|---|---|
| | | 4 семестр | 5 семестр |

Согласована на портале № 18056

| | | | |
|---|---|---|---|
| Аудиторные занятия (всего) | 14 | 8 | 6 |
| Лекции | 6 | 6 | |
| Практические занятия | 4 | 2 | 2 |
| Лабораторные работы | 4 | | 4 |
| Самостоятельная работа (всего) | 90 | 64 | 26 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | 4 | 4 |
| Проработка лекционного материала | 1 | 1 | |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 75 | 55 | 20 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | 4 | |
| Выполнение контрольных работ | 2 | | 2 |
| Всего (без экзамена) | 104 | 72 | 32 |
| Подготовка и сдача зачета | 4 | | 4 |
| Общая трудоемкость ч | 108 | 72 | 36 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 2.0 | 1.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | | | |
| 1 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гете-ропереход). | 6 | 2 | 4 | 64 | 76 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 6 | 2 | 4 | 64 | 76 | |
| 5 семестр | | | | | | |
| 2 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | 0 | 2 | 4 | 26 | 32 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 0 | 2 | 4 | 26 | 32 | |
| Итого | 6 | 4 | 8 | 90 | 108 | |

Согласована на портале № 18056

### 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 |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 1 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход). | Классификация переходов. Структура p-n перехода. Поня-тие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновес-ном состоянии. Анализ перехода в не-равновесном состоянии. Статические вольт-амперные характеристики иде-ального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические со-противления диода. Статические вольт-амперные характеристики реальных диодов. Модуляция сопротивления базы. Переходные характеристики диода. Барьерная ёмкость (ёмкость перехода) диода. Диффузионная ёмкость перехода. Односторонние p-n переходы. Контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Выпрямляющие контакты. | 6 | ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 6 | |
| Итого | | 6 | |

### 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 |
| Предшествующие дисциплины | | |
| 1 Основы теории цепей | + | |
| 2 Радиотехнические цепи и сигналы | | |
| 3 Физика | | |

### 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

Согласована на портале № 18056

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

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 1 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход). | Исследования вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 4 | |
| 5 семестр | | | |
| 2 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Исследование вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 4 | |
| Итого | | 8 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 18056

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 1 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход). | Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 2 | |
| 5 семестр | | | |
| 2 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Три схемы включения биполярных транзисторов, вольт-амперные характеристики и параметры. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 2 | |
| Итого | | 4 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | |
| 1 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт ме-талл-полупроводник, гетеропереход). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 55 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 64 | | |
| Итого за семестр | | 64 | | |
| 5 семестр | | | | |
| 2 Физические процессы в структуре с двумя | Выполнение контрольных работ | 2 | ПК-1 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, От- |

Согласована на портале № 18056

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 20 | | чет по лабораторной работе, Проверка контрольных работ |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 26 | | |
| Итого за семестр | | 26 | | |
| | Подготовка и сдача зачета | 4 | | Зачет |
| Итого | | 94 | | |

### 9.1. Темы контрольных работ

1. Биполярные транзисторы PNP и NPN в трёх схемах включения.
2. Полевые транзисторы с P и N каналами в трёх схемах включения.
3. Вольт-амперные характеристики полевых и биполярных транзисторов.

### 9.2. Темы для самостоятельного изучения теоретической части курса

1. Плоскостные диоды.
2. Фотодиоды.
3. Светодиоды.
4. СВЧ диоды.
5. Варикапы.
6. Стабилитроны.
7. Точечные диоды.
8. Принципы работы,
9. параметры,
10. вольт-амперные характеристики,
11. схемы включения биполярных и полевых транзисторов.

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Не предусмотрено

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

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

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

### 12.2. Дополнительная литература

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

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

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

Согласована на портале № 18056

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

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

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

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

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

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

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

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

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

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

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

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

#### 13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

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

Согласована на портале № 18056

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

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

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

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

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

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

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

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

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

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

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

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

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

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

Согласована на портале № 18056

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

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

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

Согласована на портале № 18056

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**Физические основы электроники**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиотехника**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**

Учебный план набора 2012 года

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

Зачет: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18056

## 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 полупроводнико-вых и оптоэлектронных приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n-перехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода; -физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; - математическую модель идеализированного p-n- перехода и влияние на ВАХ ширины запре-щённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; - физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контак-тов различного вида в полупроводниковой электронике; - физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n- переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник; - взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами; - влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики; - основные технологические процессы в микроэлектронике; - области применения микроэлектронных приборов и датчиков в науке и технике. ; Должен уметь - находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на пара-метры структур; - изображать структуры с различными контактными переходами; - объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; - объяснять связь физиче- |

Согласована на портале № 18056

| | | |
|---|---|---|
| | | 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 |

Согласована на портале № 18056

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 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. | тактными переходами; объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ. | структур; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ. |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Лабораторные работы; | • Практические занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Лабораторные работы; | • Самостоятельная работа;<br>• Лабораторные работы; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | • Контрольная работа;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Зачет; |

Согласована на портале № 18056

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • • 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 стандартных пакетов прикладных программ.; | • 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.; | • 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.; |
| Хорошо (базовый уровень) | • • Основные материалы микроэлектроники, принципы работы полу- | • • Находить основные значения электрофизических параметров по- | • Основными навыками изображения полупроводниковых струк- |

Согласована на портале № 18056

| | | | |
|---|---|---|---|
| | проводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, оптоэлектронных приборов и выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам; | лупроводниковых 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.; | тур 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.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • • Иметь представление о основных материалах микроэлектроники, принципах работы полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, оптоэлектронных приборов и выполняет математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам в составе команды; | • • Имеет представление о основных значениях электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия). Экспериментально определяет основные статические характеристики и параметры различных структур и выполняет математическое моделирование объектов и процессов с использованием стандартных пакетов прикладных программ в составе команды.; | • • Отдельными навыками изображения полупроводниковых структур , навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ в составе команды; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 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

– Биполярные транзисторы PNP и NPN в трёх схемах включения.
– Полевые транзисторы с P и N каналами в трёх схемах включения.
– Вольт-амперные характеристики полевых и биполярных транзисторов.

Согласована на портале № 18056

### 3.4 Темы контрольных работ

- Биполярные транзисторы PNP и NPN в трёх схемах включения.
- Полевые транзисторы с P и N каналами в трёх схемах включения.
- Вольт-амперные характеристики полевых и биполярных транзисторов.

### 3.5 Темы контрольных работ

- Биполярные транзисторы PNP и NPN в трёх схемах включения.
- Полевые транзисторы с P и N каналами в трёх схемах включения.
- Вольт-амперные характеристики полевых и биполярных транзисторов.
- Принципы работы,
- параметры,
- вольт-амперные характеристики,
- схемы включения биполярных и полевых транзисторов.

### 3.6 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

- Плоскостные диоды.
- Фотодиоды.
- Светодиоды.
- СВЧ диоды.
- Варикапы.
- Стабилитроны.
- Точечные диоды.

### 3.7 Темы лабораторных работ

- Исследование вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов. Исследование вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов.

## 4 Методические материалы

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

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Легостаев Н.С., Троян П.Е., Четвергов К.В. Микроэлектроника: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 411с. [Электронный ресурс]. - http://www.ie.tusur.ru/docs/mel_grif.zip
2. Физические основы микроэлектроники : Учебное пособие (для автоматизированной технологии обучения) / Н. С. Несмелов, М. М. Славникова, А. А. Широков ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд., испр. и доп. - Томск : ТУСУР, 2007. - 276 с. : ил., табл. - (Приоритетные национальные проекты. Образование). - Библиогр.: с. 276. - 520.38 р., 151.28 р (наличие в библиотеке ТУСУР - 187 экз.)

### 4.2. Дополнительная литература

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

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

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

Согласована на портале № 18056

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

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

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

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

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

Согласована на портале № 18056