**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Интегральные устройства радиоэлектроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 48 | 48 | часов |
| 2 | Практические занятия | 48 | 48 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 24 | 24 | часов |
| 4 | Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 18 | 18 | часов |
| 5 | Всего аудиторных занятий | 138 | 138 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 42 | 42 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 180 | 180 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 216 | 216 | часов |
| | | 6.0 | 6.0 | З.Е. |

Экзамен: 6 семестр
Курсовая работа (проект): 6 семестр

Согласована на портале № 33068

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 206 от «26» 4 2018 г.

Томск 2018

Согласована на портале № 33068

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12.11.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КУДР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:
доцент каф. КУДР _____ М. Н. Романовский

Заведующий обеспечивающей каф.
КУДР _____ А. Г. Лощилов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф.
КУДР _____ А. Г. Лощилов

Эксперты:

доцент каф. КУДР _____ С. А. Артищев

профессор каф. КУДР _____ С. Г. Еханин

Согласована на портале № 33068

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Изучение основных интегральных устройств радиоэлектроники.

Формирование способности моделировать объекты и процессы с использованием стандартных пакетов прикладных программ

### 1.2. Задачи дисциплины

– Ознакомление с тенденциями развития микро- и наноэлектроники.

– Изучение моделей элементов и типовых технологических процессов интегральной электроники.

– Формирование способности моделировать объекты и процессы с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследования

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Интегральные устройства радиоэлектроники» (Б1.В.ОД.8) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Введение в профессию, Материалы и компоненты электронных средств, Физические основы микро- и наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Основы компьютерного проектирования электронных средств, Основы конструирования электронных средств, Технология производства электронных средств.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, основы технологии микро- и наноэлектроники, математические модели основных элементов интегральных схем (ИС), физические основы устройств функциональной электроники

– **уметь** выбирать и применять типовые технологические процессы, ограничивать условия для развития механизмов явных и скрытых дефектов интегральных устройств

– **владеть** навыками моделирования интегральных устройств с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследования

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 138 | 138 |
| Лекции | 48 | 48 |
| Практические занятия | 48 | 48 |
| Лабораторные работы | 24 | 24 |
| Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа) | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 42 | 42 |
| Выполнение курсового проекта (работы) | 18 | 18 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | 6 |

Согласована на портале № 33068

| | | |
|---|---|---|
| Проработка лекционного материала | 16 | 16 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | 2 |
| Всего (без экзамена) | 180 | 180 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 216 | 216 |
| Зачетные Единицы | 6.0 | 6.0 |

## 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 | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Курс. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | 0 | 0 | 1 | 18 | 3 | ПК-1 |
| 2 Подложки | 2 | 0 | 0 | 1 | | 3 | ПК-1 |
| 3 Проводящие слои | 2 | 0 | 0 | 1 | | 3 | ПК-1 |
| 4 Полупроводниковые слои | 4 | 0 | 0 | 2 | | 6 | ПК-1 |
| 5 Диэлектрические слои | 2 | 0 | 0 | 1 | | 3 | ПК-1 |
| 6 Литография | 8 | 0 | 0 | 2 | | 10 | ПК-1 |
| 7 Модели полупроводниковых структур | 8 | 48 | 0 | 22 | | 78 | ПК-1 |
| 8 Биполярные ИС | 2 | 0 | 8 | 3 | | 13 | ПК-1 |
| 9 ИС на полевых транзисторах | 4 | 0 | 8 | 3 | | 15 | ПК-1 |
| 10 ИС на GaAs | 4 | 0 | 0 | 1 | | 5 | ПК-1 |
| 11 Элементы интегральной оптики | 4 | 0 | 0 | 1 | | 5 | ПК-1 |
| 12 Элементы Джозефсона | 4 | 0 | 0 | 1 | | 5 | ПК-1 |
| 13 Акустоэлектронные устройства | 2 | 0 | 8 | 3 | | 13 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 48 | 48 | 24 | 42 | 18 | 180 | |
| Итого | 48 | 48 | 24 | 42 | 18 | 180 | |

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

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Введение | Миниатюризация радиоэлектронных средств. | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 33068

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Классификация ИС. Сущность технологии полупроводниковых ИС. Основные направления функциональной электроники | | |
| | Итого | 2 | |
| 2 Подложки | Разновидности подложек. Полупроводниковые материалы. Механическая обработка подложек. Очистка и травление подложек | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Проводящие слои | Назначение и материалы. Получение слоев физическими и химическими методами | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Полупроводниковые слои | Диффузия примесей. Ионное легирование. Эпитаксиальное наращивание. Гетеропереходы. Квантоворазмерные структуры | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Диэлектрические слои | Назначение и материалы. Методы получения. Параметры качества. Защитные слои | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Литография | Фотолитография. Повышение разрешающей способности фотолитографии. Электронолитография, рентгенолучевая литография, ионная литография. Импринтинг. | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 7 Модели полупроводниковых структур | Сущность проектирования ИС. Модели полупроводниковых структур | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 8 Биполярные ИС | Базовые технологические процессы. Пассивные и активные элементы | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 9 ИС на полевых транзисторах | Структура металл – диэлектрик – полупроводник. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Конструктивно-технологическая реализация инверторов. Особенности топологии | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 10 ИС на GaAs | Биполярные гетеротранзисторы. Полевые транзисторы Шоттки. Резонансно-туннельные диоды и транзисторы. Одноэлектронные приборы на основе двухбарьерных структур | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 11 Элементы интегральной оптики | Основные задачи интегральной оптики. Микроволноводы и другие элементы интегральной оптики. Лазерные источники. Фотоника | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 12 Элементы Джозефсона | Сверхпроводники. Эффекты Джозефсона. Применения эффектов Джозефсона | 4 | ПК-1 |

Согласована на портале № 33068

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 4 | |
| 13 Акустоэлектронные устройства | Общие сведения. Устройства для обработки сигналов. Акустооптическое взаимодействие и устройства на его основе | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 48 | |

### 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 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Введение в профессию | + | | | | | | | | | | | | |
| 2 Материалы и компоненты электронных средств | | + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + |
| 3 Физические основы микро- и наноэлектроники | | | | | | | | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Основы компьютерного проектирования электронных средств | | | | | | | + | | | | | | |
| 2 Основы конструирования электронных средств | | | | | | | + | | | | | | |
| 3 Технология производства электронных средств | | + | + | + | + | + | | | | | | | |

### 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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | КСР (КП/КР) | Сам. раб. | |

Согласована на портале № 33068

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ПК-1 | + | + | + | + | + | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов (работ), Консультирование, Тест, 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 |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 8 Биполярные ИС | Элементы кремниевых биполярных ИС | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 9 ИС на полевых транзисторах | Элементы МДП интегральных схем | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 13 Акустоэлектронные устройства | Полосовые фильтры на ПАВ | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 24 | |

## 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 |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 7 Модели полупроводниковых структур | Активные элементы ИС | 8 | ПК-1 |
| | Функциональное проектирование ИС | 16 | |
| | Разработка конструкции и топологии ИС | 8 | |
| | Технология изготовления ИС | 8 | |
| | Оформление документации | 8 | |
| | Итого | 48 | |
| Итого за семестр | | 48 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Согласована на портале № 33068

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Подложки | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 3 Проводящие слои | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 4 Полупроводниковые слои | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 2 | | |
| 5 Диэлектрические слои | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 6 Литография | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 2 | | |
| 7 Модели полупроводниковых структур | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Защита курсовых проектов (работ), Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Выполнение курсового проекта (работы) | 18 | | |
| | Итого | 22 | | |
| 8 Биполярные ИС | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 9 ИС на полевых транзисторах | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 10 ИС на GaAs | Проработка лекционного | 1 | ПК-1 | Тест |

Согласована на портале № 33068

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | материала | | | |
| | Итого | 1 | | |
| 11 Элементы интегральной оптики | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 12 Элементы Джозефсона | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 13 Акустоэлектронные устройства | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| Итого за семестр | | 42 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 78 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

| Наименование аудиторных занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| 6 семестр | | |
| Проектирование интегральных устройств радиоэлектроники | 18 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 18 | |

### 10.1. Темы курсовых работ (проектов)

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

- Малошумящий интегральный усилитель на арсениде галлия
- Полосовой фильтр на ПАВ

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| Защита курсовых проектов (работ) | | | 15 | 15 |

Согласована на портале № 33068

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Защита отчета | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Консультирование | 5 | 5 | | 10 |
| Отчет по лабораторной работе | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Тест | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 30 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 70 | 100 |

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

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

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

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 123 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1304 (дата обращения: 20.06.2018).

2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 127 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1309 (дата обращения: 20.06.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов/ В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. - М.: Физматкнига, 2006. - 494 с. (31 экз) (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.)

Согласована на портале № 33068

2. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н. И. Боргардт [и др.]; ред. Ю. А. Чаплыгин; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446 с. (20 экз.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/537 (дата обращения: 20.06.2018).

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Проектирование интегральных схем на арсениде галлия: Руководство к практическим занятиям / Романовский М. Н., Нефедцев Е. В. - 2010. 76 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/334 (дата обращения: 20.06.2018).

2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Элементы кремниевых биполярных ИС: Руководство к лабораторной работе / Романовский М. Н. - 2010. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/336 (дата обращения: 20.06.2018).

3. Интегральные устройства радиоэлектроники. Элементы МДП интегральных схем: Руководство к лабораторной работе / Романовский М. Н., Несмелов Н. С. - 2010. 8 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/337 (дата обращения: 20.06.2018).

4. Интегральный усилитель: Методические указания к курсовому проекту / Романовский М. Н. - 2012. 32 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1363 (дата обращения: 20.06.2018).

5. Проектирование фильтров на ПАВ: Руководство к практическим занятиям и самостоятельной работе / Романовский М. Н. - 2016. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/6604 (дата обращения: 20.06.2018).

6. Полосовые фильтры на ПАВ: Руководство к лабораторной работе / Романовский М. Н. - 2017. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6959 (дата обращения: 20.06.2018).

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. http://edu.tusur.ru – научно-образовательный портал
2. http://www.xumuk.ru – информационно-справочные ресурсы
3. http://elibrary.ru – научная электронная библиотека
4. https://www.twirpx.com/files/radioelectronics/components/integrated/?ft=reference – элек-
5. тронные книги по ИС
6. https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

Согласована на портале № 33068

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

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

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

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

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

Лаборатория компьютерного проектирования

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 143 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональный компьютер (20 шт.);
- Устройство генерации и обработки сигналов Analog Discovery 2; - National Instruments Edition (10 шт.);
- Испытательный лабораторный стенд узлов аналоговой и цифровой электроники MikroElektronika Analog System Lab Kit PRO (10 шт.);
- Отладочная плата Arduino UNO (15 шт.);
- Отладочная плата STM32F429I-disk (10 шт.);
- Трёхканальный линейный источник постоянного тока GPD-73303D (10 шт.);
- Осциллограф DSOX1102G (10 шт.);
- Лабораторный макет Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board (10 шт.);
- Проектор Acer P1385WB;
- Экран для проектора;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome
- NI Multisim
- PTC Mathcad13, 14

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

Измерительная лаборатория / Лаборатория "Физико-химических основ микроэлектроники"

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 316 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Ноутбук Aser AS5101AWLMI;
- Компьютер WS2;
- Векторный анализатор цепей обзор-103;
- Векторный импульсный анализатор цепей импульс-М Р4-и-01;

Согласована на портале № 33068

- Вольтметр В6-9;
- Генератор сигналов ГСС-05;
- Генератор-частотомер FG-7020;
- Измеритель Л2-22 (2 шт.);
- Источник питания Б5-43;
- Линейный источник питания HY3003;
- Мультиметр APPA 207;
- Осциллограф RLGOL DS 1042 C;
- Прибор ПНХТ - 1;
- Проектор LG RD-DX130;
- Цифровой осциллограф DSO-3202A;
- Цифровой осциллограф GDS-806S;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Google Chrome
– Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
– Microsoft Windows
– OpenOffice

**13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста

Согласована на портале № 33068

на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Плоскость (111) в монокристалле арсенида галлия называют...
критической
мышьяковой
арсенидгаллиевой
галлиевой
2. Кристаллографические плоскости (110) и (100) в монокристалле кремния расположены под углом (в градусах)...
270
180
0
90
3. Ось роста слитка кремния, выращенного методом Чохральского, соответствует кристаллографическому направлению [111]. Пластины ориентации (111), вырезанные из этого слитка, будут иметь форму...
эллипса
прямоугольника
параллелограмма
круга
4. Толщина приповерхностного нарушенного слоя монокристаллических пластин минимальна после...
резки
шлифовки
полировки
травления
5. Окисляющее разложение органических примесей на поверхности пластины обеспечивают...
гидроксид аммония
строгий контроль за работниками
вода
перекись водорода
6. К содержанию пыли в технологическом помещении наименее критичен метод…
фотолитографии
проекционной электронолитографии
ионной литографии
рентгеновской литографии
7. При проведении фотолитографии минимальная толщина слоя фоторезиста определяется…
минимальным размером элементов рельефа
светочувствительностью фоторезиста
режимом экспонирования фоторезиста
допустимой плотностью проколов

Согласована на портале № 33068

8. Формирование рельефа слоев без применения фотошаблонов возможно методом…
контактной фотолитографии
рентгеновской литографии
проекционной фотолитографии
электроннолучевой литографии
9. Статику и динамику подвижных носителей заряда в полупроводниковых структурах определяют модели...
технологические
электрические
фрагментные
физико-топологические
10. Скорость переключения биполярных транзисторов логических ИС ограничена…
обратным током эмиттерного перехода
током коллекторного перехода
процессами генерации носителей заряда
временем рассасывания избыточного заряда, накопленного в режиме насыщения
11. Емкость МДП конденсатора в режиме обогащения определяется…
напряжением
материалом электрода
полупроводником
диэлектриком
12. Согласно теории пропорциональной микроминиатюризации, с уменьшением размеров транзисторной структуры в М раз концентрация легирующих примесей в подложке должна быть…
уменьшена в М раз
уменьшена в М2 раз
увеличена в М2 раз
увеличена в М раз
13. Статический эффект вытеснения эмиттерного тока в биполярных транзисторах обусловлен...
рекомбинацией носителей заряда
эффектом поля
влиянием окружающей среды
падением напряжения на высокоомном слое активной базы
14. В биполярных ИС резисторы с большим номинальным сопротивлением изготавливают на основе слоя…
базы
эмиттера
коллектора
базы, ограниченного слоем эмиттера
15. В МДП - ИС в качестве резисторов обычно используются…
диффузионные резисторы
пинч - резисторы
поликремниевые резисторы
МДП - транзисторы
16. Под производительностью ИС понимают …
фактор качества
логический перепад
рабочую частоту
произведение числа элементов на рабочую частоту
17. Важнейшим преимуществом КМДП-структур является...
высокая рабочая частота
надежность
низкое напряжение питания

Согласована на портале № 33068

малое статическое потребление энергии
18. Биполярные гетеротранзисторы характеризуются повышенной...
надежностью
разрешающей способностью
пластичностью
эффективностью эмиттера
19. По своим характеристикам наиболее близки к идеальным гетеропереходы, изготовленные на основе твердых растворов ...
двухкомпонентных
трехкомпонентных
изопериодных
пятикомпонентных
20. Преимущественная инжекция электронов характерна для гетеропереходов ...
p-N
изотипных
анизотипных
n-P

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Основные направления твердотельной электроники.
2. Сущность технологии интегральных схем.
3. Типы и основные характеристики подложек интегральных схем.
4. Исходные полупроводниковые материалы интегральных схем.
5. Механическая обработка подложек интегральных схем.
6. Виды загрязнений и очистки подложек интегральных схем.
7. Жидкостная обработка и сухое травление пластин.
8. Назначение и материалы проводящих слоев.
9. Получение проводящих слоев физическими методами.
9. Получение проводящих слоев химическими методами.
10. Технология диффузии.
11. Технология ионного легирования.
12. Получение эпитаксиальных структур.
13. Назначение и материалы диэлектрических слоев.
14. Методы получения диэлектрических слоев.
15. Параметры качества диэлектрических слоев.
16. Фотолитография.
17. Фотошаблоны и технология их изготовления.
18. Электронолитография.
19. Рентгенолучевая и ионная литография.
20. Сущность проектирования интегральных схем.
21. Модели полупроводниковых структур.
22. Метод пропорциональной миниатюризации.
23. Межэлементная изоляция биполярных интегральных схем.
24. Базовые технологические процессы биполярных интегральных схем.
25. Интегральные резисторы и конденсаторы.
26. Активные элементы биполярных интегральных схем.
27. Структуры с барьером Шоттки.
28. Структура металл – диэлектрик – полупроводник.
29. Полевые транзисторы с изолированным затвором.
30. Инверторы.
31. Полевые транзисторы с барьером Шоттки.
32. Гетеропереходы.
33. Квантоворазмерные эффекты.
34. Физические ограничения на уменьшение размеров элементов интегральных схем.
35. Элементы Джозефсона.

Согласована на портале № 33068

36. Элементы интегральной оптики.
37. Лазерные источники в интегральной оптике.
38. Акустооптическое взаимодействие и устройства на его основе.
39. Способы возбуждения и приема акустических поверхностных волн.
40. Устройства для обработки сигналов на акустических поверхностных волнах.

### 14.1.3. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Активные элементы ИС
Функциональное проектирование ИС
Разработка конструкции и топологии ИС
Технология изготовления ИС
Оформление документации

### 14.1.4. Темы лабораторных работ

Элементы кремниевых биполярных ИС
Элементы МДП интегральных схем
Полосовые фильтры на ПАВ

### 14.1.5. Темы курсовых проектов (работ)

Малошумящий интегральный усилитель на арсениде галлия
Полосовой фильтр на ПАВ

### 14.1.6. Методические рекомендации

Действующее промышленное технологическое оборудование, руководящие технические материалы и технологические инструкции студенты изучают дополнительно во время летней производственно-технологической практики.

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | 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 материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

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

Согласована на портале № 33068

– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 33068