МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Электронное приборостроение**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиоконструкторский факультет (РКФ)**
Кафедра: **Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры (КУДР)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Лабораторные занятия	28	28	часов
Курсовой проект	28	28	часов
Самостоятельная работа	96	96	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	216	216	часов
	6	6	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	6
Курсовой проект	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 75086

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение основных интегральных устройств радиоэлектроники и формирование способности моделировать объекты и процессы с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомление с тенденциями развития микро- и наноэлектроники.
2. Изучение моделей элементов и типовых технологических процессов интегральной электроники.
3. Формирование способности моделировать объекты и процессы с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.11.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-1.1. Знает основные расчетные формулы, необходимые для расчета характеристик отдельных узлов и блоков электронных приборов	Знает методики и принципы расчета топологий интегральных устройств радиоэлектроники
	ПК-1.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов	Умеет проводить оценочные расчеты характеристик интегральных устройств радиоэлектроники
	ПК-1.3. Владеет навыками построения математических моделей, графиков, таблиц, описывающих характеристики электронных приборов, схем и устройств	Владеет навыками подготовки электрических схем интегральных устройств радиоэлектроники

Согласована на портале № 75086

ПК-4. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства контрольно-измерительных приборов и систем	ПК-4.1. Знает принципы учета видов и объемов производственных работ	Знает принципы учета видов и объемов работ по технологической подготовке производства интегральных устройств радиоэлектроники
	ПК-4.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования	Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования для производства интегральных устройств радиоэлектроники
	ПК-4.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования	Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования для производства интегральных устройств радиоэлектроники

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	84	84
Лекционные занятия	28	28
Лабораторные занятия	28	28
Курсовой проект	28	28
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	96	96
Написание отчета по курсовому проекту	39	39
Подготовка к тестированию	48	48
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	3
Написание отчета по лабораторной работе	6	6
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	216	216
Общая трудоемкость (в з.е.)	6	6

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						

Согласована на портале № 75086

1 Введение	2	-	28	5	35	ПК-1, ПК-4
2 Подложки	2	-		8	10	ПК-1, ПК-4
3 Проводящие слои	2	-		8	10	ПК-1, ПК-4
4 Полупроводниковые слои	4	-		8	12	ПК-1, ПК-4
5 Диэлектрические слои	2	-		8	10	ПК-1, ПК-4
6 Литография	4	-		10	14	ПК-1, ПК-4
7 Модели полупроводниковых структур	2	-		8	10	ПК-1, ПК-4
8 Биполярные ИС	2	8		9	19	ПК-1, ПК-4
9 ИС на полевых транзисторах	2	4		11	17	ПК-1, ПК-4
10 ИС на GaAs	2	-		6	8	ПК-1, ПК-4
11 Элементы интегральной оптики	2	-		4	6	ПК-1, ПК-4
12 Акустоэлектронные устройства	2	16		11	29	ПК-1, ПК-4
Итого за семестр	28	28	28	96	180	
Итого	28	28	28	96	180	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение	Миниатюризация радиоэлектронных средств. Классификация ИС. Сущность технологии полупроводниковых ИС. Основные направления функциональной электроники	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
2 Подложки	Разновидности подложек. Полупроводниковые материалы. Механическая обработка подложек. Очистка и травление подложек	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
3 Проводящие слои	Назначение и материалы. Получение слоев физическими и химическими методам	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
4 Полупроводниковые слои	Диффузия примесей. Ионное легирование. Эпитаксиальное наращивание. Гетеропереходы. Квантоворазмерные структуры	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	

Согласована на портале № 75086

5 Диэлектрические слои	Назначение и материалы. Методы получения. Параметры качества. Защитные слои	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
6 Литография	Фотолитография. Повышение разрешающей способности фотолитографии. Электронолитография, рентгенолучевая литография, ионная литография. Импринтинг	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
7 Модели полупроводниковых структур	Сущность проектирования ИС. Модели полупроводниковых структур	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
8 Биполярные ИС	Базовые технологические процессы. Пассивные и активные элементы	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
9 ИС на полевых транзисторах	Структура металл – диэлектрик – полупроводник. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Конструктивно-технологическая реализация инверторов. Особенности топологии	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
10 ИС на GaAs	Биполярные гетеротранзисторы. Полевые транзисторы Шоттки. Резонанснотуннельные диоды и транзисторы. Одноэлектронные приборы на основе двухбарьерных структур	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
11 Элементы интегральной оптики	Основные задачи интегральной оптики. Микроволноводы и другие элементы интегральной оптики. Лазерные источники. Фотоника	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
12 Акустоэлектронные устройства	Общие сведения. Устройства для обработки сигналов. Акустооптическое взаимодействие и устройства на его основе	2	ПК-1, ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

Согласована на портале № 75086

5.3. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
8 Биполярные ИС	Элементы кремниевых биполярных ИС	8	ПК-1, ПК-4
	Итого	8	
9 ИС на полевых транзисторах	Элементы МДП интегральных схем	4	ПК-1, ПК-4
	Итого	4	
12 Акустоэлектронные устройства	Полосовые фильтры на ПАВ	4	ПК-1, ПК-4
	Встречно-штыревой преобразователь	12	ПК-1, ПК-4
	Итого	16	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр		
Проектирование интегральных устройств радиоэлектроники	28	ПК-1, ПК-4
Итого за семестр	28	
Итого	28	

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Малошумящий интегральный усилитель
2. Полосовой фильтр на ПАВ
3. ИС на арсениде галлия
4. Акустоэлектронное устройство
5. ИС на полевых транзисторах

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				

Согласована на портале № 75086

1 Введение	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	5		
2 Подложки	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	8		
3 Проводящие слои	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	8		
4 Полупроводниковые слои	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	8		
5 Диэлектрические слои	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	8		
6 Литография	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	6	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	10		
7 Модели полупроводниковых структур	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	8		

Согласована на портале № 75086

8 Биполярные ИС	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-1, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	2	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-1, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	9		
9 ИС на полевых транзисторах	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-1, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-1, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	11		
10 ИС на GaAs	Написание отчета по курсовому проекту	2	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	6		
11 Элементы интегральной оптики	Написание отчета по курсовому проекту	2	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Итого	4		

Согласована на портале № 75086

12 Акустоэлектронные устройства	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-1, ПК-4	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-1, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-1, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Итого	11		
Итого за семестр		96		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		132		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Защита курсового проекта, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен
ПК-4	+	+	+	+	Защита курсового проекта, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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				
Лабораторная работа	5	10	10	25
Тестирование	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе	10	10	10	30
Экзамен				30

Согласована на портале № 75086

Итого максимум за период	20	25	25	100
Нарастающим итогом	20	45	70	100

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

Формы контроля	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 курсового проекта	0	0	30	30
Отчет по курсовому проекту	10	30	30	70
Итого максимум за период	10	30	60	100
Нарастающим итогом	10	40	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 2. Микроэлектроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 326 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01867-7 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490607.

Согласована на портале № 75086

2. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 3. Квантовая и оптическая электроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 117 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01870-7 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490608.

3. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 4. Функциональная электроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 183 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01873-8 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490609.

7.2. Дополнительная литература

1. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для вузов / Ю. В. Гуляев [и др.] ; под редакцией Ю. В. Гуляева. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 460 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03170-6 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490268..

2. Бобровников, Л. З. Электроника в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / Л. З. Бобровников. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 288 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00109-9 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/492282.

3. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие для вузов / В. И. Старосельский. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 463 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-0808-4. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/509181.

4. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 1. Вакуумная и плазменная электроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; под редакцией А. С. Сигова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 172 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01763-2 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490033.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Полосовые фильтры на ПАВ: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Интегральные устройства радиоэлектроники» / М. Н. Романовский - 2022. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9986.

2. Элементы кремниевых биполярных ИС: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Интегральные устройства радиоэлектроники / М. Н. Романовский - 2022. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10010.

3. Элементы МДП интегральных схем: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Интегральные устройства радиоэлектроники» / М. Н. Романовский, М. М. Славникова - 2022. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9987.

4. Проектирование полосового фильтра на ПАВ: Методические указания к курсовому проекту и самостоятельной работе по дисциплине Интегральные устройства радиоэлектроники / М. Романовский - 2022. 19 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10376.

7.3.2. 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;

Согласована на портале № 75086

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Измерительная лаборатория: 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:
- Векторный анализатор цепей ОБЗОР-103;
- Векторный импульсный анализатор цепей Р4-И-01;
- Лабораторный стенд "Функциональные узлы микроволновой техники";
- Вольтметр В6-9;
- Генератор сигналов ГСС-05 - 3 шт.;
- Генератор-частотомер FG-7020;
- Измеритель Л2-22 - 2 шт.;
- Источник питания Б5-43;
- Линейный источник питания HY3003 - 2 шт.;
- Мультиметр APPA 207;
- Осциллограф RlGOL DS 1042 C;
- Осциллограф с функцией генератора сигналов Keysight DSOX1102G - 2 шт.;
- Цифровой осциллограф DSO-3202A;
- Цифровой осциллограф GDS-806S - 4 шт.;
- Микроскоп Альтами CMO745T;
- Проектор LG RD-DX130;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

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

Согласована на портале № 75086

проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 143 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- 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.;
- Трехканальный 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;
- Проекционный экран;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Microsoft Office;
- NI AWR Design Environment;
- NI Multisim;

8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

8.5. 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 зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного

Согласована на портале № 75086

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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Подложки	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Проводящие слои	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Полупроводниковые слои	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Диэлектрические слои	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 75086

6 Литография	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Модели полупроводниковых структур	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Биполярные ИС	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
9 ИС на полевых транзисторах	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
10 ИС на GaAs	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

11 Элементы интегральной оптики	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
12 Акустоэлектронные устройства	ПК-1, ПК-4	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Согласована на портале № 75086

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что понимают под производительностью ИС?
   а) логический перепад
   б) произведение числа транзисторов на рабочую частоту
   в) фактор качества
   г) отношение числа транзисторов к времени переключения л) произведение числа транзисторов на фактор качества
2. Что является основным этапом проектирования ИС?
   а) составление технических требований
   б) разработка электрической схемы
   в) оформление документации
   г) разработка топологии
   д) выбор физической структуры
3. Что определяется с использованием распределенных физико-топологических моделей полупроводниковых структур?
   а) профили распределения примесей в полупроводнике
   б) характеристики ИС
   в) характеристики фрагментов ИС
   г) параметры электрических моделей элементов
4. Что рассчитывают с использованием функциональных моделей полупроводниковых структур?
   а) распределения примесей в полупроводнике
   б) характеристики фрагментов ИС
   в) концентрации носителей заряда в структурах
   г) характеристики ИС
5. Какие модели используются для интегральных транзисторов с малыми геометрическими размерами и малыми глубинами залегания p-n переходов?
   а) двумерные б) Гуммеля — Пуна
   в) секционные
   г) универсальные
   д) Эберса - Молла

Согласована на портале № 75086

6. Какими уравнениями описываются физико-топологические модели полупроводниковых структур?
   а) компонентными
   б) переноса
   в) непрерывности
   г) топологическими
   д) Пуассона
7. Чем предопределяется интерес к оптическому диапазону длин волн?
   а) малой длиной световых волн
   б) передачей информации фотонами
   в) высокой несущей частотой
   г) применением оптических методов записи, хранения и обработки информации
8. Под каким углом (в градусах) расположены кристаллографические плоскости (110) и (100) в монокристалле кремния?
   а) 270
   б) 180
   в) 0
   г) 90
9. Ось роста слитка кремния, выращенного методом Чохральского, соответствует кристаллографическому направлению [111]. Какую форму будут иметь пластины ориентации (111), вырезанные из этого слитка?
   а) эллипса
   б) прямоугольника
   в) параллелограмма
   г) круга
10. Какой метод наименее критичен к содержанию пыли в технологическом помещении?
    а) фотолитографии
    б) проекционной электронолитографии
    в) ионной литографии
    г) рентгеновской литографии

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Основные направления твердотельной электроники
2. Сущность технологии интегральных схем
3. ипы 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
10. Получение проводящих слоев химическими методами
11. Технология диффузии

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Зависит ли коэффициент шума от уровня шума на входе усилителя? Ответ обоснуйте
2. Какие из конструктивно-топологических параметров ПТШ наиболее сильно влияют на коэффициент шума и коэффициент усиления?
3. Почему максимуму коэффициента усиления по мощности на частотной характеристике узкополосного усилителя соответствует минимум уровня шума?
4. Почему коэффициент шума ПТШ падает с понижением температуры?
5. Как влияет на коэффициенты шума и усиления ПТШ длина n-слоя от истока до затвора?

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Малошумящий интегральный усилитель
2. Полосовой фильтр на ПАВ

Согласована на портале № 75086

3. ИС на арсениде галлия
4. Акустоэлектронное устройство
5. ИС на полевых транзисторах

9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Элементы кремниевых биполярных ИС
2. Элементы МДП интегральных схем
3. Полосовые фильтры на ПАВ
4. Встречно-штыревой преобразователь

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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

Согласована на портале № 75086

С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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;

– 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 № 75086

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КУДР
протокол № 238 от «13» 10 2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. КУДР	А.Г. Лощилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec
Заведующий обеспечивающей каф. КУДР	А.Г. Лощилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КУДР	С.А. Артищев	Согласовано, 681e3bf8-552d-43b0-9038-80b95cad2721
Доцент, каф. КУДР	Е.И. Тренкаль	Согласовано, b613d4df-d0ea-4bce-897e-cfdd95ae1b46

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. КУДР	С.А. Артищев	Разработано, 681e3bf8-552d-43b0-9038-80b95cad2721

Согласована на портале № 75086