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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	74	74	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	2

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 № 71734

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение теоретических и практических навыков необходимых для проектирования и исследования элементов электронной компонентой базы микро- и наноэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить конструктивные особенности и технологию изготовления элементов электронной компонентой базы микро- и наноэлектроники.
2. Изучить основные этапы, а также набор конструкторской документации при проектировании элементов электронной компонентой базы микро- и наноэлектроники.
3. Изучить основное оборудование и методики проведения исследований элементов электронной компонентой базы микро- и наноэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.07.
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 разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	ПК-1.1. Знает структуру и основные этапы разработки технического задания	Знает основные этапы производства приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-1.2. Умеет составлять техническое задание на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	Умеет составлять техническое задание на проектирование технологических процессов производства приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-1.3. Владеет практическими навыками согласования технического задания	Владеет практическими навыками согласования технического задания производства приборов и устройств электронной компонентной базы

Согласована на портале № 71734

ПК-2. Способен проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	ПК-2.1. Знает принципы проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	Знает принципы проектирования технологических процессов производства приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-2.2. Умеет рассчитывать параметры и характеристики материалов и изделий электронной техники	Умеет производить расчет параметров и характеристик приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-2.3. Владеет современными системами автоматизированного проектирования технологических процессов	Владеет современными системами автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
ПК-3. Способен разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники	ПК-3.1. Знает структуру и основные этапы разработки технологической документации	Знает структуру и основные этапы разработки технологической документации при изготовлении приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-3.2. Умеет разрабатывать технологическую документацию на проектирование приборов и устройств электронной техники	Умеет разрабатывать технологическую документацию на проектирование приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-3.3. Владеет практическими навыками согласования и утверждения технологической документации	Владеет практическими навыками согласования и утверждения технологической документации при разработке и проектировании приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники

Согласована на портале № 71734

ПК-6. Способен самостоятельно разрабатывать модели наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления гетероструктурных МИС СВЧ с использованием технологических систем моделирования и проектирования элементов и технологий полупроводниковых интегральных схем, в том числе МИС СВЧ, изготавливаемых на основе гетероструктур	ПК-6.1. Знаеет современные системы моделирования и проектирования СВЧ-устройств и МИС СВЧ	Знает современные системы моделирования и проектирования приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники СВЧ диапазона
	ПК-6.2. Умеет оценивать технические и экономические риски при выборе технологических процессов изготовления МИС СВЧ	Умеет оценивать технические и экономические риски при выборе технологических процессов изготовления приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники СВЧ диапазона
	ПК-6.3. Владеет навыками моделирования наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления гетероструктурных МИС СВЧ	Владеет навыками моделирования наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники СВЧ диапазона
ПК-9. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПК-9.1. Знает методы и оборудование при выполнении экспериментальных работ	Знает методы и оборудование при выполнении экспериментальных исследований приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники
	ПК-9.2. Умеет планировать экспериментальные работы с применением современных средств и методов	Умеет планировать экспериментальные исследования приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники с применение современных средств и методик
	ПК-9.3. Владеет навыками организации и постановки экспериментальных работ	Владеет базовыми принципами планирования и постановки экспериментальных исследований приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники

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 4 зачетных единиц, 144 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
		2 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	34	34
Лекционные занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	74	74

Согласована на портале № 71734

Подготовка к тестированию	30	30
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	44	44
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

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.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр					
1 Введение	2	-	6	8	ПК-1, ПК-6
2 Конструкции и технологии изготовления силовых элементов электронной компонентой базы микроэлектроники	8	8	26	42	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
3 Элементы памяти на основе элементов микроэлектроники	2	-	6	8	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
4 Конструкции и технологии изготовления элементов гетероструктурной электроники	4	4	18	26	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
5 Системы защиты электронных устройств	2	4	18	24	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
Итого за семестр	18	16	74	108	
Итого	18	16	74	108	

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
2 семестр			

Согласована на портале № 71734

1 Введение	Основные цели и задачи курса. Основные элементы электронной компонентой базы микро- и наноэлектроники рассматриваемые в данном курсе. Объем дисциплины и виды учебной деятельности. Обзор основных этапов разработки технического задания на проектирование элементов электронной компонентой базы микро- и наноэлектроники. Обзор современного программного обеспечения для проектирования и моделирования приборов и устройств электронной компонентной базы микроэлектроники	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
2 Конструкции и технологии изготовления силовых элементов электронной компонентой базы микроэлектроники	Конструкции и технологии изготовления силовых MOS FET транзисторов. Характеристики и параметры силовых MOS FET транзисторов, а также обзор методик их измерения. Обзор технологических систем моделирования и проектирования силовых MOS FET транзисторов.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-9
	Материалы, применяемые при изготовлении силовых MOS FET транзисторов. Основные этапы разработки технического задания на проектирование технологических процессов производства силовых MOS FET транзисторов. Основные этапы исследования силовых MOS FET транзисторов. Оборудование для исследования силовых MOS FET транзисторов.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
	Конструкции и технологии изготовления силовых IGBT транзисторов. Основные этапы проектирования силовых IGBT транзисторов. Параметры и характеристики силовых IGBT транзисторов.	2	ПК-2, ПК-3, ПК-6
	Материалы, применяемые при изготовлении силовых IGBT транзисторов. Основные этапы разработки технического задания на проектирование технологических процессов производства силовых IGBT транзисторов. Основные этапы исследования силовых IGBT транзисторов. Оборудование для исследования силовых IGBT транзисторов.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
	Итого	8	

Согласована на портале № 71734

3 Элементы памяти на основе элементов микроэлектроники	Конструкции и технологии изготовления масочных ПЗУ на основе на основе матриц диодов, биполярных или МОП-транзисторов (PROM). Перепрограммируемое ПЗУ на основе полевых транзисторов с поликремниевым затвором (EPROM). Электрически стираемое и перепрограммируемое ПЗУ на основе полевых транзисторов с поликремниевым затвором (EEPROM). Flash-память на основе полевых транзисторов с поликремниевым затвором (EEPROM). Flash-память на основе полевых транзисторов со структурой металл - нитрид - окисел - полупроводник (МНОП-транзисторы).	2	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
	Итого	2	
4 Конструкции и технологии изготовления элементов гетероструктурной электроники	Конструкции и технологии изготовления HEMT транзисторов на основе элементов группы A3B5. Основные этапы проектирования HEMT транзисторов на основе элементов группы A3B5. Характеристики HEMT транзисторов на основе элементов группы A3B5.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-6
	Конструкции и технологии изготовления силовых HEMT транзисторов на основе нитридов (GaN, InN, AlInN). Основные этапы проектирования силовых HEMT транзисторов на основе нитридов (GaN, InN, AlInN). Характеристики силовых HEMT транзисторов на основе нитридов (GaN, InN, AlInN). Эффекты в силовых HEMT транзисторах на основе нитридов (GaN, InN, AlInN). основные этапы исследования силовых HEMT транзисторов на основе нитридов (GaN, InN, AlInN). Основные этапы разработки технологической документации при проектировании HEMT транзисторов	2	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
	Итого	4	
5 Системы защиты электронных устройств	Методы защиты изделий микроэлектроники от перенапряжения и статического электричества. Разрядник, варистор, TVS-тиристор, TVS-диод. Конструкции и технологии изготовления элементов защиты. Основные этапы разработки технологической документации на элементы защиты. Исследование элементов защиты.	2	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	

Согласована на портале № 71734

Итого	18	

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
2 семестр			
2 Конструкции и технологии изготовления силовых элементов электронной компонентой базы микроэлектроники	Исследование силового MOS FET транзистора.	4	ПК-6, ПК-9
	Исследование силового IGBT транзистора.	4	ПК-6, ПК-9
	Итого	8	
4 Конструкции и технологии изготовления элементов гетероструктурной электроники	Исследование транзисторов с высокой подвижностью электронов HEMT	4	ПК-6, ПК-9
	Итого	4	
5 Системы защиты электронных устройств	Исследование систем защиты электронных устройств	4	ПК-6, ПК-9
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

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
2 семестр				
1 Введение	Подготовка к тестированию	6	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	6		
2 Конструкции и технологии изготовления силовых элементов электронной компонентой базы микроэлектроники	Подготовка к тестированию	6	ПК-6, ПК-9	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	20	ПК-6, ПК-9	Лабораторная работа
	Итого	26		

Согласована на портале № 71734

3 Элементы памяти на основе элементов микроэлектроники	Подготовка к тестированию	6	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9	Тестирование
	Итого	6		
4 Конструкции и технологии изготовления элементов гетероструктурной электроники	Подготовка к тестированию	6	ПК-6, ПК-9	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	ПК-6, ПК-9	Лабораторная работа
	Итого	18		
5 Системы защиты электронных устройств	Подготовка к тестированию	6	ПК-6, ПК-9	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	ПК-6, ПК-9	Лабораторная работа
	Итого	18		
Итого за семестр		74		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		110		

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.	Сам. раб.	
ПК-1	+		+	Тестирование, Экзамен
ПК-2	+		+	Тестирование, Экзамен
ПК-3	+		+	Тестирование, Экзамен
ПК-6	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ПК-9	+	+	+	Лабораторная работа, 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
2 семестр				
Лабораторная работа	0	10	10	20
Тестирование	20	20	10	50

Согласована на портале № 71734

Экзамен				30
Итого максимум за период	20	30	20	100
Нарастающим итогом	20	50	70	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. Данилина Т. И. Технология кремниевой наноэлектроники : учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2015. - 319 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.).

2. Технология кремниевой наноэлектроники: Учебное пособие / Е. В. Анищенко, Т. И. Данилина, В. А. Кагадей - 2011. 263 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/552.

3. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: учебное пособие для вузов: в 2 ч. Ч. 2. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2010. - 181 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.).

4. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - (Электроника). Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2012. - 423 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 35 экз.).

5. Казённов, Геннадий Георгиевич. Основы проектирования интегральных схем и систем. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2005. - 295[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.).

7.2. Дополнительная литература

1. Глудкин, Олег Павлович. Технология испытания микроэлементов радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем : Учебное пособие для вузов. - М. : Энергия , 1980. - 359 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.).

Согласована на портале № 71734

2. Готра, Зенон Юрьевич. Технология микроэлектронных устройств : Справочник. - М. : Радио и связь , 1991. - 528 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.).

3. Калниболотский, Юрий Максимович. Автоматизированное проектирование электронных схем. - Киев : Техника , 1987. - 301 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.).

4. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Издательский дом Додэка-XXI». — 2010. — 384 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/60967#371.

5. Ермаков И.В. Топологическое проектирование систем на кристалле: учеб, пособие./ И.В. Ермаков, С.А. Ильин , Т.Ю. Крупкина, В.В. Лосев , Л.В. Недашковскии // М.: МИЭТ. 2022. 96 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/309335#2.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Ю.В. Сахаров Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно - методическое пособие по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе студентов. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. - 30 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/248657eafe38/f/PiTKB.pdf.

2. Тучин А. В. Защита интегральных микросхем от электростатического разряда: учебно-методическое пособие /А. В. Тучин , А. Н. Шебанов, Е. Н. Бормонтов // Издательский Дом ВГУ. - 2018. - 57 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/171184#3.

3. Тучин А. В. Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем: учебно-методическое пособие /А. В. Тучин , К. Г. Пономарев, Е. Н. Бормонтов // Издательский Дом ВГУ. - 2017. - 110 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/154768#109.

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;

– 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

Согласована на портале № 71734

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 237 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

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

8.3. 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.

8.4. 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 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.

Согласована на портале № 71734

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ПК-1, ПК-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Конструкции и технологии изготовления силовых элементов электронной компонентой базы микроэлектроники	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Элементы памяти на основе элементов микроэлектроники	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Конструкции и технологии изготовления элементов гетероструктурной электроники	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Системы защиты электронных устройств	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-9	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Согласована на портале № 71734

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

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. В каких транзисторах с высокой подвижностью электронов (HEMT) используется многослойный буферный слой?
   а)HEMT
   б)pHEMT
   в)mHEMT
   г) во всех
2. В каких транзисторах с высокой подвижностью электронов (HEMT) используется рассогласование постоянной решетки между буферным и канальным слоем?
   а)HEMT
   б)pHEMT
   в)mHEMT
   г) во всех
3. В каких транзисторах с высокой подвижностью электронов (HEMT) постоянные решетки буферного и канального слоя идеально согласованы?
   а)HEMT

Согласована на портале № 71734

б)pHEMT
в)mHEMT
г) во всех

4. Какая форма ячейки используется в транзисторах SIPMOS FET?
   а) шестиугольная
   б) квадратная
   в) треугольная
   г) восьмиугольная
5. Какая форма ячейки используется в транзисторах HEXMOS FET?
   а) шестиугольная
   б) квадратная
   в) треугольная
   г) восьмиугольная
6. Достоинства IGBT транзисторов по сравнению с MOS FET
   а) меньшее падение напряжения на полностью открытом транзисторе
   б) большее быстродействие
   в) более высокие коммутируемые напряжения
   г) большие токи
7. Какой защитный элемент применяется за защиты полупроводниковых приборов и интегральных микросхем?
   а) разрядник
   б) варистор
   в) TVS-тиристор
   г) TVS-диод
8. Какой защитный элемент относится к шунтирующему типу?
   а) разрядник
   б) варистор
   в) TVS-тиристор
   г) TVS-диод
9. Какой защитный элемент относится к проходному типу?
   а) разрядник
   б) варистор
   в) TVS-тиристор
   г) TVS-диод
10. В каких гетероструктурах наблюдается спонтанная поляризация?
    а) GaAs/AlAs
    б) GaAs/AlGaAs
    в)AlGaN/GaN
    г) GaAs/InGaAs

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Конструкции и технологии изготовления Trench MOS FET. UMOS FET и VMOS FET.
2. Конструкции и технологии изготовления DMOS FET. HEXMOS FET и SIPMOS FET.
3. Конструкции и технологии изготовления IGBT транзисторов.
4. Конструкции и технологии изготовления транзисторов с высокой подвижностью электронов на основе элементов A3B5.
5. Системы защиты приборов и устройств электронной техники от перенапряжения и статического электричества.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование силового MOS FET транзистора.
2. Исследование силового IGBT транзистора.
3. Исследование транзисторов с высокой подвижностью электронов HEMT
4. Исследование систем защиты электронных устройств

9.2. Методические рекомендации

Согласована на портале № 71734

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
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:

Согласована на портале № 71734

– 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 № 71734

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 140 от «31» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Заведующий кафедрой, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Разработано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a

Согласована на портале № 71734