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

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: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	18	18	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 3 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36165

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 91 от «19» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. ФЭ ТУСУР _____ Ю. В. Сахаров

Доцент каф. КИБЭВС ТУСУР _____ Д. Д. Зыков

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ) _____ И. А. Чистоедова

Заведующий кафедрой физической электроники (ФЭ) _____ П. Е. Троян

Согласована на портале № 36165

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Дать студентам теоретические и практические навыки по расчету, проектированию и технологии изготовления элементов микро- и наноэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

– Изучить основные методики расчета, проектирования, моделирования и конструирования элементов микро- и наноэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Проектирование и технология электронной компонентной базы» (Б1.В.ОД.5) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, Гетероструктурные полупроводниковые приборы, Интегральная оптоэлектроника, Методы математического моделирования, Научно-исследовательская работа (рассред.), Приборно-технологическое моделирование, Технология кремниевой наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты, Преддипломная практика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

– ПК-10 способностью разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники;

– ПК-11 способностью проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства;

– ПК-12 способностью разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники;

– ПСК-2 способностью 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;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** Основы расчета, проектирования и моделирования элементов микро- и наноэлектроники. Основные технологические операции изготовления элементов микро- и наноэлектроники. Перечень конструкторско-технологической документации при разработке и изготовлении элементов микро- и наноэлектронки.

– **уметь** Проводить расчет, проектирование и моделирование элементов микро- и наноэлектроники.

– **владеть** Методиками расчета и моделирования элементов микро- и наноэлектроники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	54

Согласована на портале № 36165

Лекции	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	18	18
Из них в интерактивной форме	30	30
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Подготовка к контрольным работам	8	8
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Подготовка к лабораторным работам	12	12
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	8
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

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	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Введение	2	0	0	2	4	ПК-5
2 Современные САПР для проектирования и технологии электронной компонентной базы	4	0	0	2	6	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
3 Расчет и моделирование характеристик активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники	4	12	0	10	26	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
4 Технологии изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	4	6	4	22	36	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
5 Моделирование технологических процессов изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	4	0	14	18	36	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
Итого за семестр	18	18	18	54	108	
Итого	18	18	18	54	108	

Согласована на портале № 36165

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Введение	Цели и задачи курса. Номенклатура изделий современной микро- и наноэлектроники. Система условных обозначений. Основные параметры. Основные мировые производители.	2	ПК-5
	Итого	2	
2 Современные САПР для проектирования и технологии электронной компонентной базы	Обзор современных программных комплексов и их возможностей, применяемых при расчете, проектировании, моделировании элементов микро- и наноэлектроники, а также на отдельных технологических операциях их изготовления.	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Итого	4	
3 Расчет и моделирование характеристик активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники	Расчет и моделирование характеристик активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники. моделирование кремниевых приборов и приборов с гетеропереходами (в том числе на основе SiC и GaN), приборов на основе материалов A3B5, использующих гетеропереходы (HEMT), фотодетекторов, светоизлучающих диодов (LED) и полупроводниковых лазеров.	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Итого	4	
4 Технологии изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Изучение базовых технологических операций при изготовлении изготовления активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники. Подложки. Способы формирования рисунка (фотолитография, электронная литография, рентгеновская литография). Процессы диффузии и ионной имплантации. Эпитаксия. Травление. Осаждение металлических и диэлектрических материалов. Материалы применяемые при изготовлении элементов микро- и наноэлектроники.	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Итого	4	
5 Моделирование технологических процессов изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Моделирование основных технологических процессов изготовления элементов микро- и наноэлектроники: моделирование процесса термического окисления, моделирование процесса диффузии и ионной имплантации, моделирование процесса травления,	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

Согласована на портале № 36165

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
Предшествующие дисциплины					
1 Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники	+	+	+	+	+
2 Гетероструктурные полупроводниковые приборы	+	+	+	+	+
3 Интегральная оптоэлектроника	+	+	+	+	+
4 Методы математического моделирования	+	+	+	+	+
5 Научно-исследовательская работа (рассред.)	+	+	+	+	+
6 Приборно-технологическое моделирование	+	+	+	+	+
7 Технология кремниевой наноэлектроники	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты	+	+	+	+	+
2 Преддипломная практика	+	+	+	+	+

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.	Сам. раб.	
ПК-5	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-10	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

Согласована на портале № 36165

ПК-11	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-12	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПСК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
3 семестр				
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением			6	6
Приглашение специалистов			4	4
Мозговой штурм	4			4
Case-study (метод конкретных ситуаций)	4			4
Разработка проекта	2			2
Поисковый метод		6		6
Работа в команде		4		4
Итого за семестр:	10	10	10	30
Итого	10	10	10	30

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
4 Технологии изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Исследование процессов формирования Т-образного затвора p-HEMT транзистора	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5,
	Итого	4	

Согласована на портале № 36165

			ПСК-2
5 Моделирование технологических процессов изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Расчет и моделирование процесса диффузии и ионной имплантации	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Исследование межэлементной щелевой изоляции в кремниевой наноэлектронике	4	
	Моделирование и расчет диода Шоттки	2	
	Исследование процессов травления микро- и нано-структур	4	
	Итого	14	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
3 Расчет и моделирование характеристик активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники	Расчет интегрального конденсатора	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Расчет и проектирование интегрального резистора	4	
	Расчет и проектирование интегрального транзи-стора	4	
	Итого	12	
4 Технологии изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Расчет процесса диффузии	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2
	Расчет ионной имплантации	2	
	Итого	6	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	2	ПК-5	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
2 Современные САПР	Проработка лекционного	2	ПК-10,	Контрольная работа,

Согласована на портале № 36165

для проектирования и технологии электронной компонентной базы	материала		ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
3 Расчет и моделирование характеристик активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	10		
4 Технологии изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Подготовка к лабораторным работам	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	22		
5 Моделирование технологических процессов изготовления элементов микро- и наноэлеткроники	Проработка лекционного материала	2	ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-5, ПСК-2	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	18		
Итого за семестр		54		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		90		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

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
3 семестр				

Согласована на портале № 36165

Контрольная работа		10	10	20
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Тест		5	10	15
Итого максимум за период	5	30	35	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	5	35	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. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Текст] : учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 - . - (Электроника). - ISBN 978-5-94774-538-2: (наличие в библиотеке ТУСУР - 35 экз.)

2. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : Учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин. - М. : Физматлит, 2006. - 423 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 130 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 397 с. : ил. -). - Библиогр.: с. 397. - ISBN 978-5-94774-336-4 (наличие в библиотеке ТУСУР -

Согласована на портале № 36165

10 экз.)

2. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : учебное пособие для вузов: в 2 т. / ред. Ю. Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - . - (Нанотехнологии) - Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 392 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.)

3. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст] : учебное пособие для вузов: в 2 т. / ред. Ю. Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - 2011. - (Нанотехнологии). - Т. 2 : Технологические аспекты / М. В. Акуленок, В. М. Андреев, Д. Г. Громов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 252 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.)

4. Технология кремниевой наноэлектроники: учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей, Е. В. Анищенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд. - Томск : ТУСУР, 2015. - 319 с: (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 210100 «Электроника и наноэлектроника» / Зыков Д. Д. - 2012. 49 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4733 (дата обращения: 04.07.2018).

2. Осипов К.Ю., Троян П.Е. Приборно-технологическое моделирование: Методические указания по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 - 24 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/PTM_lab.pdf (дата обращения: 04.07.2018).

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. https://elibrary.ru - научная электронная библиотека
2. https://edu.tusur.ru - научно - образовательный портал ТУСУРа
3. https://materials.springer.com - это самая полная база данных, описывающая свойства и характеристики материалов. Она аккумулирует информацию из таких дисциплин, как материаловедение, физика, физическая и неорганическая химия, машиностроение и др

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, те-

Согласована на портале № 36165

кущего 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

Класс цифровой обработки сигналов

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютеры класса не ниже: плата Gigabyte GA-H55M-S2mATX/ Intel Original Soc-1156 Core i3 3.06 GHz/ DDR III Kingston CL9 (2 шт.) по 2048 Mb/ SATA-II 250Gb Hitachi / 1024 Mb GeForse GT240 PCI-E (6 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– VirtualBox
– Visio
– Visual Studio

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 124 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер персональный (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– PascalABC
– Виртуальная лабораторная работа «Исследование межэлементной щелевой изоляции в кремниевой наноэлектронике»
– Виртуальная лабораторная работа «Исследование процессов травления микро- и наноструктур»
– Виртуальная лабораторная работа «Исследование процессов формирования Т-образного затвора p-HEMT транзистора»

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.

Согласована на портале № 36165

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 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. Какой из интегральных диодов будет иметь наибольшее напряжение пробоя:
а) изготовленный на переходе база – эмиттер с коллектором
б) изготовленный на переходе эмиттер – база с коллектором
в) изготовленный на переходе коллектор – база с эмиттером
г) изготовленный на переходе эмиттер – база

2. Основной целью моделирования полупроводниковых приборов и технологических процессов их изготовления является:
а) повышение мощности проектируемых устройств.
б) визуализация данных статистического контроля технологических процессов.
в) улучшение имиджа производителя на фоне конкурентов.
г) снижение затрат на выполнение разработок.

3. Какой из факторов определяет токовые характеристики биполярного транзистора в полупроводниковой микросхеме:
а) периметр эмиттера
б) площадь эмиттера
в) площадь базы
г) периметр базы

4. Соотношение скоростей травления различных материалов в идентичных условиях называется:
а) изотропностью травления.

Согласована на портале № 36165

б) селективностью травления.
в) анизотропностью травления.
г) аморфностью травления.

5. Какая математическая функция используется при моделировании процессов травления и осаждения при падении травящего пучка на подложку под произвольным углом?
а) косинус.
б) тангенс.
в) логарифм.
г) арксинус.

6. Процесс травления, при котором скорости удаления материала в различных направлениях не одинаковы, называется:
а) изотропным.
б) селективным.
в) анизотропным.
г) аморфным.

7. Теория Линдхарда-Шарфа-Шиотта используется при моделировании процесса:
а) напыления металла.
б) жидкостного химического травления.
в) быстрого термического отжига.
г) ионной имплантации.

8. При моделировании полупроводниковых приборов не используются следующие математические модели:
а) правила Кирхгофа.
б) уравнение непрерывности.
в) закон Снеллиуса.
г) уравнение Пуассона.

9. В основе моделирования полупроводниковых приборов лежат математические модели:
а) процесса переноса частиц вещества.
б) физических явлений и процессов переноса заряженных частиц.
в) электрохимического взаимодействия металла и полупроводника.
г) на базе уравнения Аррениуса.

10. При моделировании полупроводниковых приборов на гетеропереходах не применяется модель:
а) квантования носителей в канале транзистора.
б) ионного обмена.
в) термоионной эмиссии.
г) нелокального разогрев носителей.

11. В основе численного моделирования полупроводниковых приборов лежит решение:
а) системы уравнений в частных производных, описывающей статическое и динамическое поведение носителей в полупроводнике под влиянием внешних полей.
б) системы квадратных уравнений, описывающей статическое и динамическое поведение носителей в полупроводнике под влиянием внешних полей.
в) системы уравнений в частных производных, описывающей статическое и динамическое поведение носителей в полупроводнике под влиянием света и температуры.
г) системы квадратных уравнений, описывающей статическое и динамическое поведение носителей в полупроводнике под влиянием света и температуры.

Согласована на портале № 36165

12. Основной причиной насыщения тока в GaAs полевых транзисторах является:

а) насыщение дрейфовой скорости дырок в сильных электрических полях

б) насыщение дрейфовой скорости дырок в слабых электрических полях

в) насыщение дрейфовой скорости электронов в сильных электрических полях

г) насыщение дрейфовой скорости электронов в слабых электрических полях

13. Выходные ВАХ полевого транзистора описывают зависимость:

а) тока «затвор-исток» от напряжения «затвор-исток» при заданных напряжениях «сток-исток»

б) тока «затвор-исток» от напряжения «сток-исток» при заданных напряжениях «затвор-исток»

в) тока «сток-исток» от напряжения «затвор-исток» при заданных напряжениях «сток-исток»

г) тока «сток-исток» от напряжения «сток-исток» при заданных напряжениях «затвор-исток»

14. Передаточные ВАХ полевого транзистора описывают зависимость:

а) тока «затвор-исток» от напряжения «затвор-исток» при заданных напряжениях «сток-исток»

б) тока «затвор-исток» от напряжения «сток-исток» при заданных напряжениях «затвор-исток»

в) тока «сток-исток» от напряжения «затвор-исток» при заданных напряжениях «сток-исток»

г) тока «сток-исток» от напряжения «сток-исток» при заданных напряжениях «затвор-исток»

15. Псевдоморфным называется полевой транзистор с высокой подвижностью электронов, в котором:

а) гетеропереход образован полупроводниками с одинаковыми постоянными кристаллической решетки.

б) гетеропереход является изотипным.

в) гетеропереход образован полупроводниками с существенно различными постоянными кристаллической решетки.

г) гетеропереход является аморфным.

16. Преимущества транзистора с высокой подвижностью электронов (HEMT) по сравнению с обыкновенным полевым транзистором основаны на свойствах:

а) квантовых точек.

б) двумерного электронного газа.

в) трехмерного электронного газа.

г) эффекта саморазогрева канала.

17. Типичные значения подвижности электронов в канале псевдоморфного транзистора с высокой подвижностью электронов (при комнатной температуре), см2/(В•с):

а) 40…60.

б) 400…600.

в) 4000…6000.

г) 40000…60000.

18. Основной причиной использования метода обратной литографии при формировании затворов СВЧ транзисторов на основе соединений AIIIBV является:

а) высокая химическая активность полупроводникового материала.

б) простота по сравнению с методом прямой литографии.

в) перегрев подложки при напылении металла без предварительно нанесенной резистивной

Согласована на портале № 36165

маски.

г) возможность получения меньших длин затворов по сравнению с методом прямой литографии.

19. Т-образный профиль затвора Шоттки сверхвысокочастотного полевого транзистора по сравнению с трапециевидным профилем позволяет:

а) повысить надежность транзистора.

б) снизить крутизну передаточной вольтамперной характеристики.

в) повысить рабочую частоту транзистора.

г) снизить разогрев канала.

20. Типовая гетероструктура GaAs pHEMT включает слои:

а) AlGaAs и InGaAs.

б) AlGaN и InGaN.

в) GaN и InAlGaN.

г) AlGaAs и SiC.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Номенклатура изделий современной микро- и наноэлектроники. Система условных обозначений. Основные параметры. Основные мировые производители.

2. Обзор современных программных комплексов и их возможностей, применяемых при расчете, проектировании, моделировании элементов микро- и наноэлектроники, а также на отдельных технологических операциях их изготовления.

3. Расчет и моделирование интегральных резисторов

4. Расчет и моделирование интегральных конденсаторов.

5. Расчет и моделирование интегральных транзисторов.

6. Расчет и моделирование полевых транзисторов с высокой подвижностью.

7. Расчет и моделирование диодов.

8. Расчет и моделирование светоизлучающих диодов.

9. Подложки полупроводниковых ИМС.

10. Способы формирования рисунка.

11. Процессы диффузии и ионной имплантации.

12. Эпитаксия.

13. Травление.

14. Осаждение металлических и диэлектрических материалов.

15. Материалы применяемые при изготовлении элементов микро- и наноэлектроники.

16. Моделирование процесса термического окисления.

17. Моделирование процесса травления.

18. Моделирование процесса диффузии и ионной имплантации.

19. Изоляция элементов в полупроводниковой технологии.

20. Правила размещения элементов на кристалле.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Цели и задачи курса. Номенклатура изделий современной микро- и наноэлектроники. Система условных обозначений. Основные параметры. Основные мировые производители.

Обзор современных программных комплексов и их возможностей, применяемых при расчете, проектировании, моделировании элементов микро- и наноэлектроники, а также на отдельных технологических операциях их изготовления.

Расчет и моделирование характеристик активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники. моделирование кремниевых приборов и приборов с гетеропереходами (в том числе на основе SiC и GaN), приборов на основе материалов A3B5, использующих гетеропереходы (HEMT), фотодетекторов, светоизлучающих диодов (LED) и полупроводниковых лазеров.

Изучение базовых технологических операций при изготовлении изготовления активных и пассивных элементов микро- и наноэлектроники. Подложки. Способы формирования рисунка (фотолитография, электронная литография, рентгеновская литография). Процессы диффузии и ионной имплантации. Эпитаксия. Травление. Осаждение металлических и диэлектрических мате-

Согласована на портале № 36165

риалов. Материалы применяемые при изготовлении элементов микро- и наноэлектроники.

Моделирование основных технологических процессов изготовления элементов микро- и наноэлектроники: моделирование процесса термического окисления, моделирование процесса диффузии и ионной имплантации, моделирование процесса травления,

14.1.4. Темы контрольных работ

Тема контрольной работы № 1 Расчет полупроводникового резистора.

Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии.

Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

Тема контрольной работы № 2 Расчет интегрального конденсатора. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии.

Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

Тема контрольной работы №3. Расчет интегрального транзистора. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии.

Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

Тема контрольной работы №4. Расчет процесса диффузии. Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии.

Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

14.1.5. Темы лабораторных работ

Исследование процессов формирования Т-образного затвора p-HEMT транзистора

Расчет и моделирование процесса диффузии и ионной имплантации

Исследование межэлементной щелевой изоляции в кремниевой наноэлектронике

Моделирование и расчет диода Шоттки

Исследование процессов травления микро- и наноструктур

14.1.6. Методические рекомендации

Конспектирование студентами лекций является обязательным. Для допуска к экзамену необходимо выполнить все контрольные и лабораторные работы, предусмотренные программой

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	Решение дистанционных тестов,	Преимущественно дистанционными

Согласована на портале № 36165

опорно-двигательного аппарата	контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	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;
- 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 № 36165