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

Приборно-технологическое моделирование

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: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Лабораторные работы	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
4	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
5	Самостоятельная работа	36	36	часов
6	Всего (без экзамена)	72	72	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Экзамен: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 34682

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 №_____.

Разработчик:

Доцент каф. ФЭ _____ Ю. В. Сахаров

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:

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ) _____ Т. И. Данилина

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

Согласована на портале № 34682

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Формирование навыков применения компьютерных вычислительных технологий в процессе оптимизации параметров отдельных технологических операций и проектирования полупроводниковых приборов

1.2. Задачи дисциплины

– Приобретение практических навыков по разработке и оптимизации математических моделей отдельных технологических операций и приборов микро-и наноэлектроники, а также их реализации средствами программирования.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Приборно-технологическое моделирование» (Б1.В.ДВ.4.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, Гетероструктурные полупроводниковые приборы, Интегральная оптоэлектроника, Компьютерные технологии в научных исследованиях, Методы математического моделирования, Технология кремниевой наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС, Проектирование и технология электронной компонентной базы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-2 способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию;

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

– 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** Перечень и возможности современных программных комплексов по приборно-технологическому моделированию в области микро- и наноэлектроники. Математические модели, используемые для моделирования отдельных технологических процессов и приборов микро- и наноэлектроники, а также методику их реализации на ЭВМ.

– **уметь** Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса.

– **владеть** Методиками и алгоритмами построения математических моделей полупроводниковых приборов и расчета их электрофизических параметров.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	18	18

Согласована на портале № 34682

Лабораторные работы	18	18
Из них в интерактивной форме	12	12
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	12	12
Подготовка к лабораторным работам	14	14
Проработка лекционного материала	10	10
Всего (без экзамена)	72	72
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

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	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр					
1 Введение	2	0	2	4	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
2 Технологическое моделирование	8	8	20	36	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
3 Приборное моделирование	8	10	14	32	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	72	

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
2 семестр			
1 Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Обзор современных программных комплексов для приборно-технологического моделирования в области микро- и наноэлектроники и их возможностей.	2	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
	Итого	2	
2 Технологическое	Моделирование процесса неконформного осажде-	8	ПК-11,

Согласована на портале № 34682

моделирование	ния диэлектрика. Моделирование процесса осаждения металла через двух- и трехслойную резистивные маски.		ПК-2, ПСК-2
	Итого	8	
3 Приборное моделирование	Моделирование и расчет диодов Шоттки. Моделирование и расчет интегральных биполярных транзисторов. Моделирование и расчет вольт-емкостных характеристик p-n-перехода. Моделирование и расчет распределения электрического поля в полупроводниковых структурах. Моделирование и расчет характеристик транзистора с высокой подвижностью (HEMT). Моделирование и расчет характеристик гетеропереходных биполярных транзисторов (HBT).	8	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
	Итого	8	
Итого за семестр		18	

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
Предшествующие дисциплины			
1 Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники	+	+	+
2 Гетероструктурные полупроводниковые приборы	+	+	+
3 Интегральная оптоэлектроника	+	+	+
4 Компьютерные технологии в научных исследованиях	+	+	+
5 Методы математического моделирования	+	+	+
6 Технология кремниевой наноэлектроники	+	+	+
Последующие дисциплины			
1 Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС	+	+	+
2 Проектирование и технология электронной компонентной базы	+	+	+

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

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 34682

Компетенции	Лек.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест
ПК-11	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест
ПСК-2	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, 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 лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
2 семестр			
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		4	4
Мини-лекция		2	2
Исследовательский метод	2		2
Работа в команде	2		2
IT-методы	2		2
Итого за семестр:	6	6	12
Итого	6	6	12

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
2 семестр			
2 Технологическое моделирование	Моделирование селективных процессов изотропного и анизотропного травления многослойных структур.	4	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
	Моделирование процесса ионной имплантации атомов примеси в кремниевую подложку	4	
	Итого	8	
3 Приборное моделирование	Моделирование и расчет полупроводникового резистора	4	ПК-11, ПК-2, ПСК-2
	Моделирование и расчет диода Шоттки	2	
	Моделирование и расчет транзисторов с высокой	4	

Согласована на портале № 34682

	подвижностью электронов (HEMT)		
	Итого	10	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП.

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
2 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	2	ПК-11, ПК-2, ПСК-2	Тест, Экзамен
	Итого	2		
2 Технологическое моделирование	Проработка лекционного материала	4	ПК-11, ПК-2, ПСК-2	Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
3 Приборное моделирование	Проработка лекционного материала	4	ПК-11, ПК-2, ПСК-2	Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	14		
Итого за семестр		36		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		72		

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	Всего за семестр

Согласована на портале № 34682

			конец семестра	
2 семестр				
Отчет по лабораторной работе		20	30	50
Тест		10	10	20
Итого максимум за период		30	40	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	0	30	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[1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 130 экз.)

3. Лекции по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. М. Карчевский ; рец.: О. А. Задворнов, И. Н. Сидоров ; худож. Е. А. Власова. - 2-е изд., испр. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Лань, 2016 [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/72982/#1 (дата обращения: 26.06.2018).

Согласована на портале № 34682

4. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур : учебное пособие для вузов / И. В. Матюшкин. - М. : Техносфера, 2011. - 168 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.)

2. 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.)

3. 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 - 10 экз.)

4. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде COMSOL Multiphysics 5.2: учебное пособие / А. В. Коваленко [и др.] ; ред. Т. С. Спирина - СПб. : Лань, 2017. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/93695/#1 (дата обращения: 26.06.2018).

5. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Текст] : 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.)

6. 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.)

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: 26.06.2018).

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: 26.06.2018).

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

Согласована на портале № 34682

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

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для 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:

– Microsoft Windows 7
– 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»

13.1.3. 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, 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 № 34682

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. При численном расчете характеристик полупроводниковых приборов и результатов выполнения технологических процессов используется представление физической структуры объекта в виде:

а) сетки микросфер.

б) конечно-элементной сетки.

в) двумерной треугольной сетки.

г) элементарной сетки.

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. Системы приборно-технологического моделирования обычно не используются для:

а) моделирования физической структуры и расчета электрических характеристик полупроводниковых приборов.

б) синтеза топологии интегральных микросхем.

в) моделирования результатов выполнения последовательности технологических операций.

г) прогнозирования выхода годных приборов.

Согласована на портале № 34682

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

а) изотропностью травления.

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

Согласована на портале № 34682

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.

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 за-

Согласована на портале № 34682

творов 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 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. Использование метода Монте-Карло в технологическом моделировании. 2. Математические модели травления. 3. Математические модели осаждения. 4. Математические модели имплантации и диффузии. 5. Основные математические модели, используемые при расчете транзисторов с высокой подвижностью электронов. 6. Виды полевых транзисторов и особенности создания модели и расчета транзистора с высокой подвижностью электронов. 7. Особенности моделирования гетероструктурных электронных приборов. 8. Основные программные комплексы для приборно-технологического моделирования в области микро- и наноэлеткроники. 9. Математические модели, используемые для описания явлений переноса заряженных частиц в полупроводнике. Области применения. 10. Математические модели, используемые для описания контакта Шоттки. 11. Подвижность носителей в полупроводниках. Основные математические модели. 12. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Основные зависимости. Математические модели. 13. Туннелирование. Математические модели и области применения.

14.1.3. Темы лабораторных работ

Моделирование селективных процессов изотропного и анизотропного травления многослойных структур.

Моделирование процесса ионной имплантации атомов примеси в кремниевую подложку

Моделирование и расчет полупроводникового резистора

Моделирование и расчет диода Шоттки

Моделирование и расчет транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT)

14.1.4. Методические рекомендации

Конспектирование студентами лекционного материала обязательно. Обязательным условием допуска к экзамену является выполнение и защита всех лабораторных работ, а также контрольных работ.

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

Согласована на портале № 34682

С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- 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 № 34682