МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Приборно-технологическое моделирование

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные работы	36	36	часов
4	Всего аудиторных занятий	90	90	часов
5	Из них в интерактивной форме	30	30	часов
6	Самостоятельная работа	54	54	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 15394

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 77 от «11» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. ФЭ	_____	Сахаров Ю. В.
ведущий инженер НИИ СЭС ТУСУР	_____	Юнусов И. В.
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	_____	Троян П. Е.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ	_____	Воронин А. И.
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	_____	Троян П. Е.

Эксперты:

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ ТУСУР	_____	Чистоедова И. А.
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ ТУСУР	_____	Чистоедова И. А.

Согласована на портале № 15394

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

– Изучение возможностей комплекса программ, предназначенного для приборно-технологического моделирования ISE/Synopsys TCAD; практическое освоение методов работы с отдельными модулями комплекса программ ISE/Synopsys TCAD.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Приборно-технологическое моделирование» (Б1.В.ДВ.9.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математическое моделирование и программирование, Методы математической физики, Микроэлектроника, Наноэлектроника, Основы технологии электронной компонентной базы, Прикладная информатика, Проектирования электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники, Твердотельная электроника, Технология кремниевой наноэлектроники, Физика, Физика конденсированного состояния, Физика полупроводников, Физические основы микро- и наноэлектроники.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

– ПК-1 способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение используемых для выполнения работ программных модулей. Математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.

– **уметь** Использовать на практике возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, выбирать подходящие для решения задачи программные модули. 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 работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Методиками и алгоритмами построения математических моделей полупроводниковых приборов и расчета их электрофизических параметров в ISE/Synopsys TCAD.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	90	90
Лекции	20	20
Практические занятия	34	34
Лабораторные работы	36	36

Согласована на портале № 15394

Из них в интерактивной форме	30	30
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Оформление отчетов по лабораторным работам	36	36
Проработка лекционного материала	4	4
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	14	14
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Введение	4	0	0	1	5	ОПК-7, ПК-1
2 Технологическое моделирование	8	10	18	24	60	ОПК-7, ПК-1
3 Приборное моделирование	8	24	18	29	79	ОПК-7, ПК-1
Итого за семестр	20	34	36	54	144	
Итого	20	34	36	54	144	

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
8 семестр			
1 Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD.	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
2 Технологическое моделирование	Моделирование процесса неконформного осаждения диэлектрика. Моделирование процесса	8	ОПК-7, ПК-1

Согласована на портале № 15394

	осаждения металла через двух- и трехслойную резистивные маски.		
	Итого	8	
3 Приборное моделирование	Программный модуль MDRAW. Программный модуль DESSIS. Программный модуль TECPLOT. Программный модуль INSPECT. Моделирование характеристик полупроводниковых приборов.	8	ОПК-7, ПК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		20	

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 Математическое моделирование и программирование	+	+	+
2 Методы математической физики		+	+
3 Микроэлектроника			+
4 Наноэлектроника			+
5 Основы технологии электронной компонентной базы		+	
6 Прикладная информатика		+	+
7 Проектирования электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники			+
8 Твердотельная электроника			+
9 Технология кремниевой наноэлектроники			+
10 Физика			+
11 Физика конденсированного состояния		+	+
12 Физика полупроводников			+
13 Физические основы микро- и наноэлектроники			+

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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 15394

Компетенции	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ОПК-7	+		+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Отчет по лабораторной работе

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

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

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
8 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			4	4
Мини-лекция			2	2
Case-study (метод конкретных ситуаций)			4	4
Мозговой штурм	4			4
Выступление студента в роли обучающего	2			2
Мозговой штурм	4			4
Исследовательский метод		4		4
Работа в команде		4		4
IT-методы		2		2
Итого за семестр:	10	10	10	30
Итого	10	10	10	30

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 15394

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Технологическое моделирование	Моделирование селективных процессов изотропного и анизотропного травления многослойных структур.	6	ОПК-7, ПК-1
	Моделирование процесса неконформного осаждения диэлектрика. Моделирование процесса осаждения металла через двух- и трехслойную резистивные маски.	6	
	Моделирование процесса ионной имплантации атомов примеси в кремниевую подложку	6	
	Итого	18	
3 Приборное моделирование	Моделирование полупроводникового резистора	6	ОПК-7, ПК-1
	Моделирование диода Шоттки	6	
	Моделирование транзистора с высокой подвижностью электронов	6	
	Итого	18	
Итого за семестр		36	

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
8 семестр			
2 Технологическое моделирование	Создание и изучение модели технологического процесса формирования МОП транзистора.	10	ПК-1
	Итого	10	
3 Приборное моделирование	Создание и изучение модели полупроводникового диода на основе p-n перехода. Расчет параметров полупроводниковых приборов, моделирование характеристик.	10	ПК-1
	Создание и изучение модели МОП	14	

Согласована на портале № 15394

	транзистора. Расчет основных параметров, моделирование харктеристик		
	Итого	24	
Итого за семестр		34	

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
8 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7, ПК-1	Контрольная работа, Экзамен
	Итого	1		
2 Технологическое моделирование	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ОПК-7	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	24		
3 Приборное моделирование	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1, ОПК-7	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Экзамен
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	29		

Согласована на портале № 15394

Итого за семестр		54		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		90		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

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
8 семестр				
Контрольная работа	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе		20	20	40
Итого максимум за период	10	30	30	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	10	40	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Согласована на портале № 15394

зачтено)		

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы сапр synopsys tcad: Учебное пособие / Зыков Д. Д. - 2012. 76 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4734, дата обращения: 15.02.2017.
2. 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.)

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. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-94774-914-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)
3. 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.)
4. 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.)

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: 15.02.2017.
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]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/Troyan_PTM_TCAD_Lab.pdf

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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.

Согласована на портале № 15394

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. http://www.electronics.ru/journal/article/802 Электроника НТБ - научно-технический журнал [Электронный ресурс, режим доступа - свободный]

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое 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 25, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины. Аудитория оборудована мультимедийным системой (проектор, экран, звуковая система) для реализации интерактивных форм обучения

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для практических работ используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 124. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса ПЭВМ INTEL Core i5 3.2 ГГц. - 12 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Office 2010. MathCAD 14, ISE/Synopsys TCAD

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для лабораторных работ используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 124. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса ПЭВМ INTEL Core i5 3.2 ГГц. - 12 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Office 2010. MathCAD 14, ISE/Synopsys TCAD

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 124. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса ПЭВМ INTEL Core i5 3.2 ГГц. - 12 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Office 2010. MathCAD 14, ISE/Synopsys TCAD

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **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 удаленного просмотра.

Согласована на портале № 15394

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

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

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 фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия

Согласована на портале № 15394

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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 15394

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Приборно-технологическое моделирование

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль): **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- Доцент каф. ФЭ Сахаров Ю. В.
- ведущий инженер НИИ СЭС ТУСУР Юнусов И. В.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 15394

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Должен знать Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение используемых для выполнения работ программных модулей. Математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.; Должен уметь Использовать на практике возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, выбирать подходящие для решения задачи программные модули. Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. ; Должен владеть Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Методиками и алгоритмами построения математических моделей полупроводниковых приборов и расчета их электрофизических параметров в ISE/Synopsys TCAD.;
ПК-1	способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения	Берет ответственность за завершение задач в исследовании,

Согласована на портале № 15394

	изучаемой области	определенных проблем в области исследования	приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-7

ОПК-7: способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение используемых для выполнения работ программных модулей.	Использовать на практике возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, выбирать подходящие для решения задачи программные модули.	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Большинство возможностей комплекса программ	• Самостоятельно выбирать подходящие для решения сложных	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ

Согласована на портале № 15394

	ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей;	задач программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования.;	ISE/Synopsys TCAD для решения сложных, не типовых задач;
Хорошо (базовый уровень)	• Основные возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модуле;	• Выбирать подходящие для решения базовых задач программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD для решения базовых задач;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, использованные для выполнения работ. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей;	• Пользоваться справочной и методической литературой для выбора подходящих для решения задач программных модули ISE/Synopsys TCAD;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD для решения типовых задач;

2.2 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.	Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса.	Методиками и алгоритмами построения математических моделей полупроводниковых приборов и расчета их электрофизических параметров в ISE/Synopsys TCAD.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;

Согласована на портале № 15394

	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Все математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и приборов микро- и наноэлектроники, а также микросистемной техники;	• Формировать модели сложных приборов микро- и наноэлектроники, а также микросистемной техники; проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Оптимизировать математические модели;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD для расчета и моделирования сложных, не типовых технологических процессов и приборов микро- и наноэлектроники, а также микросистемной техники. Методиками оптимизации математических моделей;
Хорошо (базовый уровень)	• Базовые математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и приборов микроэлектроники;	• Формировать модели базовых приборов микро- и наноэлектроники; проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD для расчета и моделирования базовых технологических процессов и приборов микро- и наноэлектроники.;

Согласована на портале № 15394

Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Простые математические модели, используемые для моделирования типовых технологических процессов и полупроводниковых приборов;	• Формировать модели простых приборов микроэлектроники; проводить расчет основных электрофизических параметров.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD для расчета и моделирования типовых технологических процессов и приборов микроэлектроники.;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 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 модули системы Synopsys TCAD и их назначение. 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.

3.2 Темы контрольных работ

– 1. Формированием маски и диффузией примеси сформировать в полуизолирующей подложке биполярный npn транзистор. 2. Формированием маски и диффузией примеси сформировать диод на основе p-n перехода. 3. Формированием двухслойной маски и напылением металла сформировать затвор транзистора Шоттки. 4. Создать модель и рассчитать ВАХ диода Шоттки на GaAs . 5. Создать модель и рассчитать ВАХ транзистора с затвором Шоттки. 6. Создать модель и рассчитать ВАХ биполярного транзистора. 7. Создать модель и рассчитать ВАХ гетеробиполярного транзистора. 8. Создать модель и рассчитать ВАХ транзистора с высокой подвижностью электронов (HEMT)

3.3 Темы лабораторных работ

– Моделирование селективных процессов изотропного и анизотропного травления многослойных структур.

– Моделирование процесса неконформного осаждения диэлектрика. Моделирование процесса осаждения металла через двух- и трехслойную резистивные маски.

– Моделирование процесса ионной имплантации атомов примеси в кремниевую подложку

– Моделирование полупроводникового резистора

– Моделирование диода Шоттки

– Моделирование транзистора с высокой подвижностью электронов

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций,

Согласована на портале № 15394

согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы сапр synopsys tcad: Учебное пособие / Зыков Д. Д. - 2012. 76 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4734, свободный.

2. 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.)

4.2. 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. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-94774-914-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

3. 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.)

4. 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.)

4.3. 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, свободный.

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]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Troyan/Troyan_PTM_TCAD_Lab.pdf

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://www.electronics.ru/journal/article/802 Электроника НТБ - научно-технический журнал [Электронный ресурс, режим доступа - свободный]

Согласована на портале № 15394