#### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

#### Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

		УТВЕРЖДАЮ		
Пр	орек	стор по учебной	рабо	те
		П. Е.	Tpo	ЯН
<b>‹</b> ‹	<b>&gt;&gt;</b>		20	Γ

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Основы проектирования электронной компонентной базы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки (специальность): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль): Квантовая и оптическая электроника

Форма обучения: очная

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники** Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов** 

Курс: **4** Семестр: **7** 

Учебный план набора 2013 года

#### Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
5	Из них в интерактивной форме	46	46	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	3.E

Экзамен: 7 семестр

Рассмотрена	и одо	брена на	за	седании	кафедры	1
протокол №	41	от «31	<b>&gt;&gt;</b>	8	20 <u>16</u> 1	Г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

1 COLUMN CODE MINIM	
т кафедры « <u></u> "	тоди, протоком
Михальченко С. Г	
IVINAGIBICIRO C. 1.	
Tavaaawww IO II	
Тановицкии Ю. П.	
Михальценко С. Г.	
Minasi icino C. 1.	
	щей кафедрами
Воронин А. И	
Шандаров С М	
Шапдаров С. IVI.	
Легостаев Н. С.	
Чистоелова И. А	
	с учетом требований Федерального Го образования (ФГОС ВО) по направлени и наноэлектроника, утвержденного 20 ми кафедры «

#### 1. Цели и задачи дисциплины

#### 1.1. Цели дисциплины

Изучение основ автоматизированного проектирования электронной компонентной базы, современных методов и маршрутов проектирования, средств и способов автоматизации процесса проектирования.

Формирование и закрепление навыков проектирования с использованием современных программных сред и языков описания и проектирования электронной компонентной базы.

#### 1.2. Задачи дисциплины

- наделить студента способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности;
- строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;
- аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;
- выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;
- разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

#### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы» (Б1.Б.19) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Вакуумная и плазменная электроника, Квантовая и оптическая электроника, Компоненты электронных схем, Материалы электронной техники, Наноэлектроника, Твердотельная электроника, Физика конденсированного состояния, Элементы электронной техники.

Последующими дисциплинами являются: Взаимодействие оптического излучения с веществом, Выпускная квалификационная работа, Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства, Основы технологии электронной компонентной базы.

#### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-8 способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
- ПК-9 готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** общую характеристику процесса проектирования, восходящее и нисходящее проектирование, методы и этапы проектирования.
- **уметь** выбирать и описывать модели электронной компонентой базы на различных этапах проектирования с учетом выбранного маршрута проектирования; работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования;
- **владеть** языками описания и проектирования современной электронной компонентной базы.

#### 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
		7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	54
Лекции	20	20
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Из них в интерактивной форме	46	46
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Оформление отчетов по лабораторным работам	6	6
Проработка лекционного материала	24	24
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	24	24
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость час	144	144
Зачетные Единицы Трудоемкости	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	Лекции	Практич еские занятия	Лабора торные работы	Самос тоятел ьная работа	Всего часов (без экзаме на)	Формируемые компетенции
1	Документно-ориентированное проектирование.	2	2	0	8	12	ПК-8, ПК-9
2	Математическое моделирование и проектирование.	2	2	0	8	12	ПК-8, ПК-9
3	САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 1.	4	4	0	8	16	ПК-8, ПК-9
4	САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 2.	4	4	0	8	16	ПК-8, ПК-9
5	Нормативная документация процесса проектирования ЭКБ.	2	2	0	8	12	ПК-8, ПК-9
6	Примеры проектирования с использованием САПР.	6	4	16	14	40	ПК-8, ПК-9
	Итого	20	18	16	54	108	

# 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	Трудое мкость, ч	Формируе мые компетенц ии	
	7 семестр			
1 Документно-ориентированное проектирование.	Документно-ориентированное проектирование с использованием САПР. Основные этапы проектов. Ошибки при проектировании. Стандарты проектирования. Жизненный цикл продукта.	2	ПК-8, ПК- 9	
	Итого	2		
2 Математическое моделирование и проектирование.	Цели создания и назначение моделей. Методы математического моделирования, применяемые для решения уравнений в частных производных. Обзор Synopsys TCAD. Приборно-технологическое моделирование с использованием TCAD.	2	ПК-8, ПК- 9	
	Итого	2		
3 САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 1.	Модуль Sentaurus Process. Задание сеток. Технологические процессы: ионная имплантация, выращивание подзатворного окисла, окисление кремния, создание затвора. Описание процессов в модуле Process. Работа с масками.	2 ПК-9		
	Модуль Sentaurus Device. Входной командный файл. Секции: File, Electrode, Physics, Solve, Math, Plot и их параметры. Пример моделирования.	2		
	Итого	4		
4 САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 2.	Модуль Sentaurus Inspect. Форматы данных. Команды. Возможности отображения различных наборов данных 2D и 3D.	2	ПК-9	
	Модуль Sentaurus Workbench. Запуск проектов. Отображение результатов. Выбор узлов. Постановка вычислительных экспериментов.	2		
	Итого	4		
5 Нормативная документация процесса проектирования ЭКБ.	Государственные стандарты ГОСТ 3.1109-82, ГОСТ 3.1102-81, ГОСТ 3.1118-82.Государственные стандарты ГОСТ 3.1105-84, ГОСТ 3.1001-81.	2	ПК-8, ПК- 9	

	Итого	2	
6 Примеры проектирования с использованием САПР.	Пример 1. Полупроводниковый резистор.	2	ПК-8, ПК- 9
	Пример 2. Диод Шоттки.	2	
	Пример 3. Транзистор Шоттки	2	
	Итого	6	
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 представ-лены 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	6	
	Предше	ствующи	е дисципл	ины				
1	Вакуумная и плазменная электроника			+	+		+	
2	Квантовая и оптическая электроника		+	+	+			
3	Компоненты электронных схем			+	+		+	
4	Материалы электронной техники		+	+	+		+	
5	Наноэлектроника	+	+	+	+	+	+	
6	Твердотельная электроника		+	+	+			
7	Физика конденсированного состояния		+	+	+		+	
8	Элементы электронной техники			+	+		+	
	После	едующие ,	дисципли	ны				
1	Взаимодействие оптического излучения с веществом		+		+		+	
2	Выпускная квалификационная работа	+	+	+	+	+	+	
3	Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства	+		+	+	+	+	
4	Основы технологии 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетен		Виды				
ции	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель ная работа	Формы контроля	
ПК-8	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест	
ПК-9	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест	

#### 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	Интеракт ивные лекции	Всего
Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением	6	4	6	16
Поисковый метод	6	4	6	16
Исследовательский метод	4	4	6	14
Итого	16	12	18	46

#### 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Габлица 7. 1 — Содержание лаборато  Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудое мкость, ч	Формируе мые компетенц ии
	7 семестр		
6 Примеры проектирования с использованием САПР.	Полупроводниковый резистор на подложке GaAs	4	ПК-8, ПК- 9
	Диод Шоттки на подложке GaAs	4	
	Полевой транзистор Шоттки на подложке GaAs	4	
	AlGaAs транзистор	4	
	Итого	16	
Итого за семестр		16	

#### 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудое мкость, ч	Формируе мые компетенц ии
	7 семестр		
1 Документно-ориентированное проектирование.	Знакомство со средой проектирования TCAD, рабочее пространство, расширения файлов, запуск демонстрационных проектов.	2	ПК-9
	Итого	2	
2 Математическое моделирование и проектирование.	Математические модели и методы, применяемые в пакете TCAD. Назначение и построение двумерных сеток.	2	ПК-8
	Итого	2	
3 САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 1.	Правила оформления конструкторской документации. Описание технологического процесса средствами TCAD. Контрольная работа 1.	4	ПК-8, ПК- 9
	Итого	4	
4 САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 2.	Обзор Synopsys TCAD. Приборнотехнологическое моделирование с использованием TCAD. Описание технологического процесса в среде TCAD. Контрольная работа 2.	4	ПК-8, ПК- 9
	Итого	4	
5 Нормативная документация процесса проектирования ЭКБ.	Государственные стандарты ГОСТ 3.1109-82, ГОСТ 3.1102-81, ГОСТ 3.1118-82, ГОСТ 3.1105-84, ГОСТ 3.1001-81.	2	ПК-8, ПК- 9
	Итого	2	
6 Примеры проектирования с использованием САПР.	Моделирование полупроводнико-вого прибора в среде TCAD. Контрольная работа 3.	4	ПК-8, ПК- 9
	Итого	4	
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	Трудое мкость ч	Формиру емые компетен ции	Формы контроля
7 семестр				
1 Документно-	Подготовка к	4	ПК-8,	Опрос на занятиях, Тест

ориентированное проектирование.	практическим занятиям, семинарам		ПК-9	
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
2 Математическое моделирование и проектирование.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-8, ПК-9	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
3 САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 1.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-8, ПК-9	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
4 САПР разработки ЭКБ, состав и назначение модулей. Часть 2.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-9, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
5 Нормативная документация процесса проектирования ЭКБ.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-9, ПК-8	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		
6 Примеры проектирования с использованием САПР.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-8, ПК-9	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	14		
Итого за семестр		54		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		90		

#### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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
	7	семестр		
Контрольная работа	5	5	5	15
Опрос на занятиях	4	4	5	13
Отчет по лабораторной работе	10	10	10	30
Тест	4	4	4	12
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	23	46	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	А (отлично)
	85 - 89	В (очень хорошо)
4 (хорошо) (зачтено)	75 - 84	С (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	D (удовлетворительно)
э (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	Е (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

#### 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: http://edu.tusur.ru/publications/4734, свободный.

#### 12.2. Дополнительная литература

- 1. Зыков Д.Д., Осипов К.Ю. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы САПР SYNOPSYS TCAD. Томск: гос. унт. систем управления и радио-электроники, 2012. 49 с. [Электронный ресурс]. -
- http://miel.tusur.ru/index.php?option=com content&view=article&id=234
- 2. Легостаев Н.С., Троян П.Е., Четвергов К.В. Твердотельная электроника. Учебное пособие. Томск: гос. унт. систем управления и радиоэлектроники, 2007 476 с. (наличие в библиотеке ТУСУР 90 экз.)

#### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

- 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: http://edu.tusur.ru/publications/4733, свободный.
- 2. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Лабораторный практикум. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 13 с. [Электронный ресурс]. http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\_content&view=article&id=234
- 3. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебнометодическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 50 с. [Электронный ресурс]. http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\_content&view=article&id=234

#### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Synopsys tcad software free download: https://www.synopsys.com/cgi-bin/saberrd/reg1.cgi

#### 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В связи с необходимостью демонстрации методов разработки электронной компонентной базы с использованием вычислительных и программных средств по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением компьютера и проектора.

Практические занятия и лабораторные работы следует проводить в классах, оборудованных компьютерами и доступом в сеть Интернет для возможности решения задач с использованием современных программ моделирования.

#### 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

**15.** Методические рекомендации по организации изучения дисциплины Без рекомендаций.

#### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

# Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

	У	ГВЕРЖ,	ДАЮ		
Пр	оректо	р по уче	бной	рабо	те
			П. Е.	Tpos	HR
<b>«</b>	>>>			20	Γ

#### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

#### Основы проектирования электронной компонентной базы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Направление подготовки (специальность): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль): Квантовая и оптическая электроника

Форма обучения: очная

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники** Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов** 

Курс: **4** Семестр: **7** 

Учебный план набора 2013 года

#### Разработчики:

- профессор каф. ПрЭ Михальченко С. Г.
- доцент каф. ПРЭ Тановицкий Ю. Н.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2016

#### 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

Vor	Формунурория изуметанули	
Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-8	способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	Должен знать общую характеристику процесса проектирования, восходящее и нисходящее проектирование, методы и
ПК-9	готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	этапы проектирования.; Должен уметь выбирать и описывать модели электронной компонентой базы на различных этапах проектирования с учетом выбранного маршрута проектирования; работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования;; Должен владеть языками описания и проектирования современной электронной компонентной базы.;

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 изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительн о (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

#### 2 Реализация компетенций

#### 2.1 Компетенция ПК-8

ПК-8: способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

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	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для технологической подготовки производства материалов и изделий электронной техники	Выполняет работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники
Виды занятий	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> <li>Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> <li>Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul> <li>Контрольная работа;</li> <li>Отчет по лабораторной работе;</li> <li>Опрос на занятиях;</li> <li>Тест;</li> <li>Экзамен;</li> </ul>	<ul> <li>Контрольная работа;</li> <li>Отчет по лабораторной работе;</li> <li>Опрос на занятиях;</li> <li>Тест;</li> <li>Экзамен;</li> </ul>	<ul><li>Отчет по лабораторной работе;</li><li>Экзамен;</li></ul>

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 • Обладает • Обладает широким • Выполняет работы по (высокий уровень) фактическими и диапазоном технологической теоретическими практических умений, подготовке требуемых для знаниями по производства технологической технологической материалов и изделий электронной техники. подготовке подготовки Анализирует производства производства результаты работ, дает материалов и изделий материалов и изделий электронной техники; электронной техники. их оценку, Способен применять модернизирует, при теоретические знания в необходимости, практических задачах.; технологический процесс; Хорошо (базовый • Знает факты, • Выполняет работы по • Обладает диапазоном уровень) принципы, процессы, практических умений, технологической

	общие понятия по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;	требуемых для технологической подготовки производства материалов и изделий электронной техники;	подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
Удовлетворительн о (пороговый уровень)	• Обладает базовыми общими знаниями по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;	• Обладает основными умениями, требуемыми для технологической подготовки производства материалов и изделий электронной техники;	• Выполняет работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники при прямом наблюдении;

#### 2.2 Компетенция ПК-9

ПК-9: готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

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	Знает факты, принципы, процессы, ГОСТы, общие понятия, необходимые для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники	Организует метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники
Виды занятий	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> <li>Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> <li>Подготовка к экзамену;</li> </ul>	<ul> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные занятия;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul><li>Контрольная работа;</li><li>Отчет по лабораторной работе;</li><li>Опрос на занятиях;</li></ul>	<ul><li>Контрольная работа;</li><li>Отчет по лабораторной работе;</li><li>Опрос на занятиях;</li></ul>	<ul><li>Отчет по лабораторной работе;</li><li>Экзамен;</li></ul>

<ul><li>Тест;</li></ul>	<ul> <li>Тест;</li> </ul>	
• Экзамен;	• Экзамен;	

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

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Обладает фактическими и теоретическими и теоретическими знаниями, необходимыми для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники. Знает факты, принципы, процессы, ГОСТы, общие понятия.;	• Обладает широким диапазоном практических умений, требуемых для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники. Применяет теоретические знания на практике.;	• Организует метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники. Знает все ГОСТы в этой области, применяет их в работе.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает факты, принципы, процессы, ГОСТы, общие понятия, необходимые для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники;	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники;	• Организует метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники;
Удовлетворительн о (пороговый уровень)	• Обладает базовыми общими знаниями, необходимыми для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники;	• Обладает основными умениями, требуемыми для организации метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники;	• Организует метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники при прямом наблюдении;

#### 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 Тестовые задания

- 1. Какие возможности предоставляет Synopsys TCAD для физического моделирования полупроводниковых светодиодов?
  - 2. Какими способами могут создаваться командные файлы для Sentaurus Process?
  - 3. Какими способами могут создаваться командные файлы для Sentaurus Device?
- 4. Какие основные команды используются в Sentaurus Process? Перечислите их основные параметры.

- 5. Из каких секций состоит командный файл Sentaurus Device?
- 6. Для чего предназначен командный модуль Inspect, какие основные возможности он предоставляет пользователю?
  - 7. Какую роль играет Sentaurus Workbench?
  - 8. Что такое «маршрут модулей» в Sentaurus Workbench?
  - 9. Каким образом посредством Sentaurus Workbench выполняются эксперименты?
  - 10. Дайте понятие SWB, понятие узла проекта.
  - 11. Дайте понятие сценария проекта Sentaurus Workbench
  - 12. Какое напряжение описывает в работе Vd? Vg?
  - 13. За что отвечает секция Solve командного файла SDevice?
  - 14. Каков статус узла, если он окрашен в желтый цвет?
  - 15. Проанализируйте график вольт-амперной характеристики полевого транзистора.
  - 16. Как изменить материал структурного элемента?
  - 17. Охарактеризуйте модуль Physics командного файле SDevice.
  - 18. За что отвечает секция Plot командного файла SDevice?
  - 19. Проанализируйте работу транзистора по BAX.
  - 20. Как осуществляется создание областей с условием перекрытия старых?

#### 3.2 Темы опросов на занятиях

- Документно-ориентированное проектирование с использованием САПР. Основные этапы проектов. Ошибки при проектировании. Стандарты проектирования. Жизненный цикл продукта.
- Цели создания и назначение моделей. Методы математического моделирования, применяемые для решения уравнений в частных производных. Обзор Synopsys TCAD. Приборнотехнологическое моделирование с использованием TCAD.
- Модуль Sentaurus Process. Задание сеток. Технологические процессы: ионная имплантация, выращивание подзатворного окисла, окисление кремния, создание затвора. Описание процессов в модуле Process. Работа с масками.
- Модуль Sentaurus Device. Входной командный файл. Секции: File, Electrode, Physics, Solve, Math, Plot и их параметры. Пример моделирования.
- Модуль Sentaurus Inspect. Форматы данных. Команды. Возможности отображения различных наборов данных 2D и 3D.
  - Пример 1. Полупроводниковый резистор.
  - Пример 2. Диод Шоттки.
  - Пример 3. Транзистор Шоттки
- Государственные стандарты ГОСТ 3.1109-82, ГОСТ 3.1102-81, ГОСТ 3.1118-82. Государственные стандарты ГОСТ 3.1105-84, ГОСТ 3.1001-81.
- Модуль Sentaurus Workbench. Запуск проектов. Отображение результатов. Выбор узлов. Постановка вычислительных экспериментов.

#### 3.3 Темы контрольных работ

- 1. Что такое приборно-технологическое моделирование?
- 2. Какие задачи решают системы TCAD?
- 3. Опишите последовательность одно- и двухмерного моделирования литографии в глубокой УФ области.
  - 4. Какая роль отводится TCAD в международной полупроводниковой дорожной карте?
  - 5. Какие основные модули входят в Synopsys TCAD?
- 6. Опишите последовательность моделирования механических напряжений внутри прибора.
- 7. Какие возможности существуют в Synopsys TCAD для моделирования технологических процессов?
- 8. Как называется и что позволяет выполнять программный модуль для моделирования приборов?

- 9. Опишите последовательность одно- и двухмерного моделирования пучкового отжига имплантированного кремния.
  - 10. Что понимают под виртуальным производством?
  - 11. Какие задачи решает Synopsys TCAD в виртуальном производстве?
- 12. Опишите последовательность моделирования технологического процесса формирования структуры прибора.

#### 3.4 Экзаменационные вопросы

- 1. Современные возможности САПР по проектированию и моделированию приборов и интегральных схем.
  - 2. Современные возможности САПР по изготовлению фотошаблонов.
  - 3. Современные возможности САПР по проектированию и изготовлению печатных плат.
  - 4. Моделирование технологического процесса формирования структуры прибора.
  - 5. Моделирование механических напряжений внутри прибора.
  - 6. Моделирование и анализ трехмерного растекания носителей заряда.
- 7. Моделирование кремниевых приборов и приборов с гетеропереходами (в том числе на основе SiC и GaN).
- 8. Моделирование приборов на основе материалов A3B5, использующих гетеропереходы (HEMT).
- 9. Моделирование фотодетекторов, светоизлучающих диодов (LED) и полупроводниковых лазеров.
- 10. Базовые технологии изготовления сверхвысокочастотных полосковых схем, адаптированных к новой электронной компонентной базе СВЧ диапазона.
- 11. Технологии новых материалов и покрытий, обеспечивающих повышение надежности компонентов интегральных схем на их основе.
  - 12. Одно- и двухмерное моделирование термического окисления кремния.
- 13. Одно- и двухмерное моделирование диффузии в кремнии при высокой и низкой концентрации примеси.
  - 14. Одно- и двухмерное моделирование ионной имплантации
  - 15. Одно- и двухмерное моделирование пучкового отжига имплантированного кремния
  - 16. Одно- и двухмерное моделирование оптической литографии
  - 17. Одно- и двухмерное моделирование литографии в глубокой УФ области.

#### 3.5 Темы лабораторных работ

- Полупроводниковый резистор на подложке GaAs
- Диод Шоттки на подложке GaAs
- Полевой транзистор Шоттки на подложке GaAs
- AlGaAs транзистор

#### 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 формирования компетенций, 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: http://edu.tusur.ru/publications/4734, свободный.

#### 4.2. Дополнительная литература

1. Зыков Д.Д., Осипов К.Ю. Проектирование и технология электронной компонентной базы. Основы САПР SYNOPSYS TCAD. Томск: гос. унт. систем управления и радио-электроники, 2012. - 49 с. [Электронный ресурс]. -

http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\_content&view=article&id=234

2. Легостаев Н.С., Троян П.Е., Четвергов К.В. Твердотельная электроника. Учебное пособие. Томск: гос. унт. систем управления и радиоэлектроники, 2007 – 476 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 90 экз.)

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

- 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: http://edu.tusur.ru/publications/4733, свободный.
- 2. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Лабораторный практикум. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 13 с. [Электронный ресурс]. http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\_content&view=article&id=234
- 3. Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебнометодическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 50 с. [Электронный ресурс]. http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\_content&view=article&id=234

#### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Synopsys tcad software free download: https://www.synopsys.com/cgi-bin/saberrd/reg1.cgi