

8/4

**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

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Приборно-технологическое моделирование**

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**  
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**  
Профиль: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**  
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**  
Курс: **3**  
Семестр: **5**  
Учебный план набора 2013 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	12	12	часов
2	Практические занятия	12	12	часов
3	Лабораторные занятия	12	12	часов
4	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
5	Из них в интерактивной форме	4	4	часов
6	Самостоятельная работа	36	36	часов
7	Всего (без экзамена)	72	72	часов
8	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2	2	3.Е

Зачет: 5 семестр

Томск 2016

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ


Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры 08.09.2016, протокол №73.

### Разработчики:

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 профилирующей каф.  
ФЭ

  
Троян П. Е.

/ 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.

## 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» относится к блоку факультативных дисциплин образовательной программы.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математическое моделирование и программирование, Физика полупроводников, Твердотельная электроника.

Последующими дисциплинами являются: выпускная квалификационная работа.

## 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 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;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов; возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD; назначение используемых для выполнения работ программных модулей.

– **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; выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования.

– **владеть** методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы и представлена в таблице

4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

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

#### 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
1	Введение	4	0	0	2	6	ОПК-7
2	Технологическое моделирование	4	6	6	17	33	ОПК-7, ПК-1
3	Приборное моделирование	4	6	6	17	33	ОПК-7, ПК-1
	Итого	12	12	12	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 (час)	Формируемые компетенции
5 семестр				
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD.	4	ОПК-7
2	Технологическое моделирование	Программный модуль DIOS для моделирования технологических процессов. Моделирование процесса травления. Моделирование процесса осаждения.	4	ОПК-7, ПК-1
3	Приборное моделирование	Программный модуль MDRAW. Программный модуль DESSIS. Программный модуль TECPLOT. Программный модуль INSPECT.	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого		12	

### 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	Физика полупроводников			+
3	Твердотельная электроника			+
Последующие дисциплины				
1	Выпускная квалификационная работа	+	+	+

### 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

Компетенции и	Виды занятий			
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
ОПК-7	+	+	+	+
ПК-1	+	+	+	+

### 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 лекции	Всего
Работа в команде	2	2	4
Итого	2	2	4

### 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

№	Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость (час)	Формируемые компетенции
5 семестр				
1	Технологическое моделирование	Моделирование селективных процессов изотропного и анизотропного травления многослойных структур.	3	ОПК-7, ПК-1
2	Технологическое моделирование	Моделирование процесса неконформного осаждения диэлектрика. Моделирование процесса осаждения металла через двух- и трехслойную резистивные маски.	3	ОПК-7, ПК-1
3	Приборное моделирование	Моделирование полупроводникового резистора.	3	ОПК-7, ПК-1
4	Приборное моделирование	Моделирование диода Шоттки.	3	ОПК-7, ПК-1
	Итого		12	

### 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Содержание практических работ

№	Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость (час)	Формируемые компетенции
5 семестр				
1	Технологическое моделирование	Создание и изучение технологического процесса формирования МОП транзистора.	6	ОПК-7, ПК-1
2	Приборное моделирование	Создание и изучение модели полупроводникового диода на основе р-п перехода.	6	ОПК-7, ПК-1
	Итого		12	

### 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 (час)	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр					
1	Введение	Проработка лекционного материала	2	ОПК-7, ПК-1	Защита отчета
2	Технологическое моделирование	Проработка лекционного материала	2	ОПК-7, ПК-1	Защита отчета
3	Технологическое моделирование	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ОПК-7, ПК-1	Защита отчета
4	Технологическое моделирование	Оформление отчетов по лабораторным работам	10	ОПК-7, ПК-1	Отчет по лабораторной работе
5	Приборное моделирование	Проработка лекционного материала	2	ОПК-7, ПК-1	Защита отчета
6	Приборное моделирование	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ОПК-7, ПК-1	Защита отчета

7	Приборное моделирование	Оформление отчетов по лабораторным работам	10	ОПК-7, ПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Всего (без экзамена)		36		
	Итого		36		

### 10. Курсовая работа

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
5 семестр				
Компонент своевременности		10	10	20
Опрос на занятиях	10			10
Отчет по лабораторной работе		30	40	70
Нарастающим итогом	10	50	100	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)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)



## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

- 12.1.1 Зыков Д.Д. Системы автоматизированного моделирования и проектирования технологических процессов и технологических маршрутов производства СВЧ МИС, оптимизация производства (основы САПР Synopsys TCAD): учеб. пособие / Д.Д. Зыков, К.Ю. Осипов. – Томск: В-Спектр, 2010. – 76 с.: ил. [Электронный ресурс]. - [http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=234](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=234)

### 12.2. Дополнительная литература

- 12.2.1 Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: Пер.с нем. / пер. С.Д.Барановский, пер. Ю.Б. Кириллов, пер. А.А. Кальфа, пер. Г.С. Симин, ред. Пер. М.Е. Левинштейн, Ред. пер. В.Е. Челноков. – М.: Мир, 1991. – 632 с. (4).
- 12.2.2 Полевые транзисторы на арсениде галлия: Принципы работы и технология изготовления : Пер. с англ. / П. Ф. Линдквист, У. М. Форд, Л. Холлан и др.; Ред. Д. В. Ди Лоренцо, Ред. Д. Д. Канделуола, Ред. пер. Г. В. Петров. - М. : Радио и связь, 1988. - 494[2] с. (23).
- 12.2.3 Арсенид галлия в микроэлектронике : пер. с англ. / У. Ф. Уиссмен [и др.] ; ред. Н. Айнспрук, ред. У. Ф. Уиссмен, ред. пер. В. Н. Мордкович. - М. : Мир, 1988. – 555 с. (7).
- 12.2.4 Основы нанoeлектроники : учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига ; М. : Логос ; М. : Университетская книга, 2006. – 494 с. (31).
- 12.2.5 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. (53). 103

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

- 12.3.1 Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно-методическое 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](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=234)

- 12.3.2 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/index.php?option=com\\_content&view=article&id=234](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=234)

- 12.3.3 Программный пакет ISE/Synopsys TCAD.

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

1. Не требуется

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

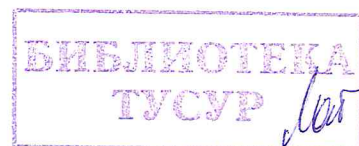
Занятия следует проводить с применением проектора и компьютера. Практические занятия и лабораторные следует проводить в компьютерном классе с использованием программного пакета Synopsys TCAD.

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

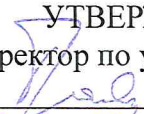
## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.



## МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
 П. Е. Троян  
« 5 » 10 2016 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## Приборно-технологическое моделирование

Уровень основной образовательной программы: **Бакалавриат**  
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
Профиль: **Микроэлектроника и твердотельная электроника**  
Форма обучения: **очная**  
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**  
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**  
Курс: **3**  
Семестр: **5**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

– ведущий инженер НИИ СЭС ТУСУР Юнусов И. В.

Зачет: 5 семестр

Томск 2016

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) «Приборно-технологическое моделирование» 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) «Приборно-технологическое моделирование» 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 математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов. Должен знать возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD.
ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Должен знать назначение используемых для выполнения работ программных модулей. Должен уметь формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Должен уметь управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Должен уметь выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Должен владеть методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

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	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспособливает свое

		области исследования	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.	Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования.	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зачет;</li> <li>• Опрос на занятиях</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зачет;</li> <li>• Защита лабораторных работ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зачет;</li> <li>• Защита лабораторных работ</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 (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Большинство возможностей комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя не требуется.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.</li> </ul>

Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя требуется редко.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, использованные для выполнения работ. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Работа выполняется при помощи преподавателя.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ПК-1

**ПК-1: способностью 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.**

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 работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>

		занятия	
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Зачет</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оформление отчета по лабораторной работе и защита;</li> <li>• Зачет</li> </ul>

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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Все математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Помощь преподавателя не требуется.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Большинство математических моделей, используемых для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Помощь преподавателя требуется редко.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные математические модели, используемые для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.</li> </ul>

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.

#### **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**

4.1.1 Зыков Д.Д. Системы автоматизированного моделирования и проектирования технологических процессов и технологических маршрутов производства СВЧ МИС, оптимизация производства (основы САПР Synopsys TCAD): учеб. пособие / Д.Д. Зыков, К.Ю. Осипов. – Томск: В-Спектр, 2010. – 76 с.: ил. [Электронный ресурс]. - [http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=234](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=234)

#### **4.2. Дополнительная литература**

4.2.1 Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: Пер.с нем. / пер. С.Д.Барановский, пер. Ю.Б. Кириллов, пер. А.А. Кальфа, пер. Г.С. Симин, ред. Пер. М.Е. Левинштейн, Ред. пер. В.Е. Челноков. – М.: Мир, 1991. – 632 с. (4).

4.2.2 Полевые транзисторы на арсениде галлия: Принципы работы и технология изготовления : Пер. с англ. / П. Ф. Линдквист, У. М. Форд, Л. Холлан и др.; Ред. Д. В. Ди Лоренцо, Ред. Д. Д. Канделуола, Ред. пер. Г. В. Петров. - М. : Радио и связь, 1988. - 494[2] с. (23).

4.2.3 Арсенид галлия в микроэлектронике : пер. с англ. / У. Ф. Уиссмен [и др.] ; ред. Н. Айнспрук, ред. У. Ф. Уиссмен, ред. пер. В. Н. Мордкович. - М. : Мир, 1988. – 555 с. (7).

4.2.4 Основы нанoeлектроники : учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига ; М. : Логос ; М. : Университетская книга, 2006. – 494 с. (31).

4.2.5 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. (53).

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

4.3.1 Зыков Д.Д. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно-методическое 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](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=234)

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

4.3.3 Программный пакет ISE/Synopsys TCAD.

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

1. Не требуется