МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ **Л. А. Боков**
«6» 07 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Уровень основной образовательной программы магистратура (академическая)

Направления подготовки **11.04.04** «Электроника и наноэлектроника»

Магистерская программа Твердотельная электроника

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 1 **Семестр** 2

Учебный план набора 2015 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции		18							18	часов
2.	Лабораторные работы		18							18	часов
3.	Практические занятия		-							-	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)		-							-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)		36							36	часов
6.	Из них в интерактивной форме		16							16	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)		36							36	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)		72							72	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена		36							36	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)		108							108	часов
	(в зачетных единицах)		3							3	ЗЕ

Экзамен 2 **семестр**

Томск 2015

Согласована на портале № 12276

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 57 от « 2 » 7 2015 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки **11.04.04** «Электроника и наноэлектроника» (квалификация (степень) магистр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 октября 2014 г., рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «2» 07 2015 г., протокол № 57.

Разработчик:
Аспирант кафедры ФЭ _____ / И.В. Юнусов

Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Заведующий кафедрой
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

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

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Эксперты:
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А. Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова

Согласована на портале № 12276

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Магистр, подготовленный в рамках дисциплины «Приборно-технологическое моделирование», должен хорошо представлять возможности, которые дают программные пакеты компьютерного технологического моделирования (TCAD), а также уметь с их помощью решать задачи проектирования и разработки полупроводниковых устройств и технологических процессов их изготовления.

Основной задачей настоящего курса является формирование умений и навыков работы с современными программными пакетами TCAD, которые в настоящее время широко применяются в полупроводниковой промышленности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части программы (Б1.В.ОД.3.3).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: физика полупроводников, материалы и элементы электронной техники, твердотельная электроника, процессы микро- и нанотехнологии, технология арсенид-галлиевой гетероструктурной электроники.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: физические основы надежности изделий твердотельной электроники, моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС, гетероструктурные полупроводниковые приборы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у магистрантов следующих *компетенций*:

– способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1);

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

– готовность осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени (ПК-3);

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

– готовность определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК-7);

– способность проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований (ПК-8);

– способность разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями (ПК-9);

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

– способность самостоятельно разрабатывать модели наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления гетероструктурных МИС СВЧ с использованием технологических систем моделирования и проектирования элементов и технологий полупроводниковых ИС, в том числе МИС СВЧ, изготавливаемых на основе гетероструктур (TCAD) (ПСК-2).

3.2. В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать:

– основные типы моделей технологических процессов, реализованные в программном пакете Synopsys TCAD;

– возможности программного пакета Synopsys TCAD в области реализации различных подходов к моделированию полупроводниковых устройств;

– интерфейс и синтаксис командных файлов программного пакета Synopsys TCAD;

уметь:

– создавать модели полупроводниковых приборов и технологических процессов их изготовления;

Согласована на портале № 12276

владеть:

– навыками разработки проектов в среде Synopsys TCAD;

– навыками интерпретации результатов моделирования и сравнения этих результатов с экспериментальными данными.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___3___ зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	**36**	**36**
В том числе:	-	
Лекции	18	18
Лабораторные работы	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**72**	**72**
В том числе:	-	
Подготовка к лабораторным работам	34	34
Проработка лекционного материала	2	2
Подготовка к экзамену	36	36
Общая трудоемкость час	**108**	**108**
Зачетные Единицы Трудоемкости	**3**	**3**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Моделирование технологических процессов в системах автоматизированного технологического проектирования (TCAD)	8	8	18	34	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
2.	Моделирование полупроводниковых приборов в системах автоматизированного технологического проектирования (TCAD)	10	10	18	38	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Моделирование технологических процессов в системах автоматизированного технологического проектирования (TCAD)	Моделирование технологических процессов осаждения тонких пленок. Модели осаждения CVD, Unidirectional, Dualdirectional, Hemispheric, Монте-Карло. Моделирование технологических процессов травления тонких пленок. Модели травления Isotropic, RIE, Монте-Карло.	8	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
2.	Моделирование полупроводниковых приборов в системах автоматизированного технологического проектирования (TCAD)	Уравнение Пуассона, уравнение непрерывности и дрейфово-диффузионные уравнения переноса электронов. Полевой транзистор с затвором Шоттки – основные характеристики и принцип работы. Транзистор с высокой подвижностью электронов – основные характеристики и принцип работы. Последовательность расчета при моделировании полупроводниковых устройств, иерархия моделей.	10	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2

Согласована на портале № 12276

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	
		1	2
Предшествующие дисциплины			
1.	физика полупроводников	+	+
2.	материалы и элементы электронной техники		+
3.	твердотельная электроника	+	+
4.	процессы микро- и нанотехнологии	+	+
5	технология арсенид-галлиевой гетероструктурной электроники	+	+
Последующие дисциплины			
1	физические основы надежности изделий твердотельной электроники	+	+
2	проектирование и технология электронной компонентной базы	+	+
3	моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС	+	+
4	гетероструктурные полупроводниковые приборы	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий			Формы контроля
	Л	Лаб.	СРС	
ОПК-1	+		+	Опрос на лекциях
ПК-2		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПК-3		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПК-5		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПК-7		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПК-8		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПК-9		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПК-11		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
ПСК-2		+	+	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / Формы	Лекции (час)	Лабораторные занятия (час)	Всего
Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением	2	10	10
Работа в команде		4	4
Итого интерактивных занятий	2	14	16

Согласована на портале № 12276

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	1	ЛР1. Формированием маски и диффузией примеси сформировать в полуизолирующей подложке биполярный n-p-n-транзистор.	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
2.	1	ЛР2. Формированием маски и диффузией примеси сформировать диод на основе p-n-перехода.	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
3.	1	ЛР3. Формированием двухслойной маски и напылением металла сформировать затвор транзистора Шоттки.	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
4.	2	ЛР4. Создать модель и рассчитать ВАХ диода Шоттки на GaAs.	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
5.	2	ЛР5. Создать модель и рассчитать ВАХ транзистора с затвором Шоттки.	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
6.	2	ЛР6. Создать модель и рассчитать ВАХ биполярного транзистора.	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2
7.	2	ЛР7. Создать модель и рассчитать ВАХ гетеробиполярного транзистора.	6	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

не предусмотрено

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	1	Изучение разделов руководства пользователя программного пакета Synopsys TCAD, посвященных моделированию технологических процессов осаждения и травления.	17	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
2.	2	Изучение разделов руководства пользователя программного пакета Synopsys TCAD, посвященных моделированию полупроводниковых устройств.	17	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПСК-2	Допуск к ЛР. Защита отчета по ЛР
3.	1-2	Проработка лекционного материала	2	ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11,	Опрос на лекциях

Согласована на портале № 12276

				ПСК-2	
4.	1-2	Подготовка и сдача экзамена	36		Оценка на экзамене

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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
Выполнение и защита ЛР1	8			**8**
Выполнение и защита ЛР2	8			**8**
Выполнение и защита ЛР3		8		**8**
Выполнение и защита ЛР4		8		**8**
Выполнение и защита ЛР5			8	**8**
Выполнение и защита ЛР6			8	**8**
Выполнение и защита ЛР7			10	**10**
Ответы на опросах по лекционному материалу	2	2	2	**6**
Компонент своевременности	2	2	2	**6**
Итого максимум за период:	**20**	**20**	**30**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**20**	**40**	**70**	**100**

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

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

В экзаменационных билетах содержится 3 вопроса, из них:

1) теоретический вопрос (7 баллов);
2) теоретический вопрос (7 баллов);
3) практический вопрос – решение технологической задачи с применением программного продукта Synopsys TCAD (16 баллов).

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

Согласована на портале № 12276

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.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

12.1.1. Зыков Д.Д., Осипов К.Ю. Системы автоматизированного моделирования и проектирования технологических процессов и технологических маршрутов производства СВЧ МИС, оптимизация производства: учебн. пособие. – Томск, ТУСУР, 2010. – 75 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/

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. Кириллова, 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. – 496 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. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов. – М.: Физматкнига, 2006; М.: Логос, 2006; М.: Университетская книга, 2006. – 494 с. (31)

12.2.5. Процессы микро- и нанотехнологии: учеб. пособие / Данилина Т.И. [и др.]. – Томск: ТУСУР, 2005. – 316 с. (53)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

12.3.1. Зыков Д.Д., Осипов К.Ю. Системы автоматизированного моделирования и проектирования технологических процессов и технологических маршрутов производства СВЧ МИС, оптимизация производства: учебн. пособие. – Томск, ТУСУР, 2010. – 75 с. – [электронный ресурс]. – http://miel.tusur.ru/images/files/

12.3.2. Осипов К.Ю. 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/

12.3.3. Программный пакет Synopsys TCAD.

12.3.4. Офисные программы Microsoft Office или Open Office.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; для реализации лабораторных работ – компьютерный класс с установленным программным обеспечением (п.п. 12.3.3, 12.3.4).

БИБЛИОТЕКА

Согласована на портале № 12276

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
«21» ____10_____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Приборно-технологическое моделирование

Уровень основной образовательной программы: **Магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Профиль: **Твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **1**
Семестр: **2**

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:
- ведущий инженер НИИ СЭС ТУСУР Юнусов И. В.

Экзамен: 2 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 12276

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
ПСК-2	способностью самостоятельно разрабатвать модели наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления гетероструктурных МИС СВЧ с использованием технологических систем моделирования и проектирования элементов и технологий полупроводниковых интегральных схем, в том числе МИС СВЧ, изготавливаемых на основе гетероструктур	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.; Должен 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.; Должен владеть Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.;
ПК-5	способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	
ПК-11	способностью проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	
ПК-9	способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	
ПК-8	способностью проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	
ПК-7	готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	
ПК-3	готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками	

Согласована на портале № 12276

	измерений в реальном времени	
ПК-2	способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	
ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	

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
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 ПСК-2

ПСК-2: способностью самостоятельно разрабатвать модели наногетероструктур, активных и пассивных элементов, технологических операций изготовления гетероструктурных МИС СВЧ с использованием технологических систем моделирования и проектирования элементов и технологий полупроводниковых интегральных схем, в том числе МИС СВЧ, изготавливаемых на основе гетероструктур.

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	Математические модели, используемые для моделирования технологических	Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

Согласована на портале № 12276

	процессов и полупроводниковых приборов.	электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса.	
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Конспект самостоятельной работы; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Оформление отчета по лабораторной работе и защита; • 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)	• Все 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. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;

Согласована на портале № 12276

Хорошо (базовый уровень)	• Большинство математических моделей, используемых 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. Помощь преподавателя требуется редко.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Основные 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. Работа выполняется с помощью преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.2 Компетенция ПК-5

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

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	Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

Согласована на портале № 12276

	приборов.	параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса.	
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Конспект самостоятельной работы; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Оформление отчета по лабораторной работе и защита; • 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 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. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Большинство математических	• Формировать модели полупроводниковых	• Методиками и алгоритмами работы с

Согласована на портале № 12276

	моделей, используемых для моделирования технологических процессов и полупроводниковых приборов.;	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.;	комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Основные 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. Работа выполняется с помощью преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.3 Компетенция ПК-11

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – 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	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

Согласована на портале № 12276

		процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса.	
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Конспект самостоятельной работы; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Оформление отчета по лабораторной работе и защита; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Все 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. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Большинство математических моделей, используемых для моделирования	• Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С

Согласована на портале № 12276

	технологических процессов и полупроводниковых приборов.;	электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Помощь преподавателя требуется редко.;	возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Основные 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. Работа выполняется с помощью преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.4 Компетенция ПК-9

ПК-9: способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – 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	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

Согласована на портале № 12276

		результатам выполнения реального технологического процесса.	
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Конспект самостоятельной работы; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Оформление отчета по лабораторной работе и защита; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Все 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. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Большинство математических моделей, используемых для моделирования технологических процессов и полупроводниковых	• Формировать модели полупроводниковых приборов и проводить расчет их электрофизических параметров. Управлять параметрами моделей	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование

Согласована на портале № 12276

	приборов.;	технологических процессов с целью достижения соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Помощь преподавателя требуется редко.;	простых, не типовых приборов и процессов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Основные 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. Работа выполняется с помощью преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.5 Компетенция ПК-8

ПК-8: способностью проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 11.

Таблица 11 – 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	Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.

Согласована на портале № 12276

		процесса.	
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Конспект самостоятельной работы; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Оформление отчета по лабораторной работе и защита; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Все 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. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Большинство математических моделей, используемых 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	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;

Согласована на портале № 12276

		соответствия результатам выполнения реального технологического процесса. Помощь преподавателя требуется редко.;	
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Основные 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. Работа выполняется с помощью преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.6 Компетенция ПК-7

ПК-7: готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 13.

Таблица 13 – 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	• Интерактивные	• Интерактивные	• Интерактивные

Согласована на портале № 12276

	практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Конспект самостоятельной работы; • Опрос на занятиях; • Экзамен;	• Оформление отчета по лабораторной работе и защита; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Все 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. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Большинство математических моделей, используемых 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	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;

Согласована на портале № 12276

		технологического процесса. Помощь преподавателя требуется редко.;	
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Основные 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. Работа выполняется с помощью преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.7 Компетенция ПК-3

ПК-3: готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 15.

Таблица 15 – 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	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия;
Используемые	• Зачет;	• Зачет;	• Зачет;

Согласована на портале № 12276

средства оценивания	• Опрос на занятиях;	• Конспект самостоятельной работы; • Защита лабораторных работ;	• Защита лабораторных работ;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Большинство возможностей комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Основные возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя требуется редко.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, использованные для выполнения работ. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Работа выполняется при помощи преподавателя.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.8 Компетенция ПК-2

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание	Возможности комплекса	Выбирать подходящие	Методиками и

Согласована на портале № 12276

этапов	программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение используемых для выполнения работ программных модулей.	для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования.	алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия;
Используемые средства оценивания	• Зачет; • Опрос на занятиях;	• Зачет; • Конспект самостоятельной работы; • Защита лабораторных работ;	• Зачет; • Защита лабораторных работ;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 18.

Таблица 18 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Большинство возможностей комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых приборов и процессов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Основные возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя требуется редко.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью выполнять моделирование простых, не типовых приборов и процессов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Возможности комплекса программ ISE/Synopsys TCAD, использованные для выполнения работ.	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. С возможностью

Согласована на портале № 12276

	Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	порядок их использования. Работа выполняется при помощи преподавателя.;	выполнять моделирование простых, типовых приборов и процессов.;

2.9 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 19.

Таблица 19 – 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	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные занятия;
Используемые средства оценивания	• Зачет; • Опрос на занятиях;	• Зачет; • Конспект самостоятельной работы; • Защита лабораторных работ;	• Зачет; • Защита лабораторных работ;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 20.

Таблица 20 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Большинство возможностей комплекса программ ISE/Synopsys TCAD. Назначение всех используемых для выполнения работ программных модулей.;	• Выбирать подходящие для решения задачи программные модули ISE/Synopsys TCAD и порядок их использования. Помощь преподавателя не требуется.;	• Методиками и алгоритмами работы с комплексом программ ISE/Synopsys TCAD. Свободно, с возможностью выполнять моделирование сложных, не типовых

Согласована на портале № 12276

3.3 Темы практических занятий

– Создание и изучение технологического процесса формирования МОП транзистора.
– Создание и изучение модели полупроводникового диода на основе p-n перехода.

3.4 Вопросы к экзаменам

– Теоретические 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.

– Темы практических заданий в Synopsys TCAD: 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.

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. 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

2. Асессоров, В. В. Моделирование полевых полупроводниковых приборов в САПР ISE TCAD: Учебное пособие / В. В. Асессоров, Г. В. Быкадорова, А. Ю. Ткачев. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. – 27 с.

3. Перепеловский, В. В. Приборно-технологическое моделирование электронных устройств в среде Synopsys Sentaurus TCAD : Лабораторный практикум / В. В. Перепеловский, Н. И. Михайлов, В. В. Марочкин. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 51 с.

4. Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 2. Приборно-технологическое моделирование элементов интегральных схем / Е. А. Артамонова [и др.] ; под ред. Т. Ю. Крупкиной ; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исслед. ун-т "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2012. - 140 с. : ил., табл.; 21 см.

5. Руководство пользователя в составе пакета ISE/Synopsys TCAD [Электронный ресурс]. -

4.2. Дополнительная литература

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Программный пакет ISE/Synopsys TCAD [Электронный ресурс]. -

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Не требуется

Согласована на портале № 12276