МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ П.Е. Троян

«___» _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР (ГПО 1)

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат

Направления подготовки **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 **Семестр** 4

Учебный план набора 2015, 2016 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				-					-	часов
2.	Лабораторные работы				-					-	часов
3.	Практические занятия				102					102	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)				-					-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)				102					102	часов
6.	Из них в интерактивной форме				10					10	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)				114					114	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)				216					216	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена				-					-	часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)				216					216	часов
	(в зачетных единицах)				6					6	ЗЕ

Диф. зачет 4 **семестр**

Томск 2017

Согласована на портале № 12518

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

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от «11» 01 2017 г., протокол № 77.

Разработчик:
Ассистент кафедры ФЭ _____ / В.В. Каранский

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 № 12518

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» является приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков моделирования при решении задач из курса физики твердого тела, физики квантоворазмерных структур, нанотехнологий.

Задачей изучения дисциплины «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» являются изучение основных понятий и теоретических выкладок по вопросам квантоворазмерных гетероструктур, описания процессов диффузии, ионного легирования, окисления и эпитаксии, перераспределение примеси; изучение основ построения математических моделей квантоворазмерных структур, нанотехнологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

В соответствии с ОПОП дисциплина «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» относится к дисциплинам вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (Б1.В.ДВ.4.2).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: информационные технологии, прикладная математика, математическое моделирование и программирование.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2), организация научных исследований в области производства изделий микро- и наноэлектроники (ГПО 3), технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4), учебно-исследовательская работа в семестре, технология материалов микро- и наноэлектроники, основы технологии электронной компонентной базы, моделирование и проектирование микро- и наносистем.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих *общепрофессиональных* (ОПК) и *профессиональных компетенций* (ПК):

- способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (**ОПК-7**);
- 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 (**ПК-1**);
- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (**ПК-3**).

3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

знать:

- основные численные методы, используемые в математическом моделировании;
- алгоритмы проведения многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов;
- конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании;
- основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования;
- требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций;

уметь:

- строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;
- определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик;
- применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем;
- формулировать основные результаты работы и оценивать их значимость для представления материалов в виде отчетов и публикаций;

иметь опыт / владеть:

- методами использования компьютерных технологий в моделировании;
- построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов.

Согласована на портале № 12518

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет __6__ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
Аудиторные занятия (всего)	**102**	**102**
В том числе:		
Лекции	-	-
Практические занятия	102	102
Самостоятельная работа (всего)	**114**	**114**
В том числе:		
Изучение и анализ литературы	36	36
Индивидуальное творческое задание	70	70
Подготовка отчета по ГПО	8	8
Общая трудоемкость час	**216**	**216**
Зачетные Единицы Трудоемкости	**6**	**6**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самост. работа студента	Всего час	Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК)
1.	Введение. Краткие сведения о квантоворазмерных гетероструктурах.	-	12	14	26	ОПК-7; ПК-1,3
2.	Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных структурах.	-	30	30	60	ОПК-7; ПК-1,3
3.	Компьютерное моделирование микро- и наноструктур.	-	30	30	60	ОПК-7; ПК-1,3
4.	Математическое моделирование процессов переноса в полупроводниковых структурах элементов больших интегральных схем.	-	30	40	70	ОПК-7; ПК-1,3
	ИТОГО	**-**	**102**	**114**	**216**	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Не предусмотрено.

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	3	4
Предшествующие дисциплины					
1.	информационные технологии	+	+	+	+
2.	планирование эксперимента	-	+	+	+
3.	математическое моделирование и программирование	+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1.	методы исследования и анализа микро- и наноструктур (ГПО 2)	+	+	+	+
2.	организация научных исследований в области производства изделий микро- и наноэлектроники (ГПО 3)	+	+	+	+
3.	технология изготовления микро- и наноструктур (ГПО 4)	+	+	+	+
4.	учебно-исследовательская работа в семестре	+	+	+	+

Согласована на портале № 12518

5.	технология материалов микро- и наноэлектроники	+	+	+	+
6.	основы технологии электронной компонентной базы	+	+	+	+
7.	моделирование и проектирование микро- и наносистем	+	+	+	+

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

Перечень компетенций	Виды занятий		Формы контроля
	ПЗ	СРС	
ОПК-7	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО
ПК-1	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО
ПК-3	+	+	Опрос на практическом занятии; отчет по индивидуальному творческому заданию; защита индивидуального творческого задания; защита отчетов по ГПО

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Практические занятия (час)	Всего
Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением	4	4
Работа в команде	6	6
Итого интерактивных занятий	10	10

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрено.

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК
1.	**1**	Введение. Краткие сведения о квантоворазмерных гетероструктурах. Принцип размерного квантования. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Структуры с двумерным электронным газом. Гетероструктуры и их классификации. Квантоворазмерные гетероструктуры на основе твердого раствора $Al_xGa_{1-x}As$.	12	ОПК-7; ПК-1,3
2.	**2**	Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных структурах. Моделирование энергетического спектра электрона в твердом теле (модель Кронига-Пенни). Моделирование энергетического спектра электрона в одномерной квантовой яме. Моделирование движения электрона вблизи потенциальной ступеньки.	30	ОПК-7; ПК-1,3
3.	**3**	Компьютерное моделирование микро- и наноструктур. Моделирование процессов диффузии. Моделирование процессов ионного легирования. Моделирование процессов окисления и эпитаксии.	30	ОПК-7; ПК-1,3

Согласована на портале № 12518

4.	**4**	Математическое моделирование процессов переноса в полупроводниковых структурах элементов больших интегральных схем. Систематизация и оформление результатов, подготовка материалов в виде научного отчета. Подготовка и оформление материалов исследований в виде публикации. Подготовка устного выступления и презентации. Публичная защита отчета.	30	ОПК-7; ПК-1,3

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК, ПСК	Контроль выполнения работы
1.	**1-4**	Изучение и анализ литературы	40	ОПК-7; ПК-1,3	Опрос на практических занятий
2.	**1-4**	Выполнение и защита индивидуального творческого задания	60	ОПК-7; ПК-1,3	Отчет по индивидуальному творческому занятию
3.	**1-4**	Выполнение и зашита отчета по ГПО	14	ОПК-7; ПК-1,3	Отчет по ГПО

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 промежуточных этапов разработки проекта в соответствии с техническим заданием и календарным планом проекта	10	10	10	**30**
Посещение занятий	12	12	8	**32**
Публикации и доклады участников проектных групп на научно-технических конференциях различного уровня			8	**8**
Итого максимум за период:	**22**	**22**	**26**	**70**
Отчетная составляющая балльной оценки участников проекта. Выставляется на этапе защиты ГПО.				**30**
Нарастающим итогом	**22**	**44**	**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

Согласована на портале № 12518

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)

Вопросы для подготовки к зачету:

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

1. Ибрагимов, И.М. Основы компьютерного моделирования наносистем. [Электронный ресурс] / И.М. Ибрагимов, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/156

2. Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М. А. Королев [и др.]. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 423 с. **(35)**

12.2 Дополнительная литература

1. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. **(20)**

2. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 147 с. **(9)**

3. Основы наноэлектроники: Учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – 2-е изд., исп. и доп. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 494 [2] с. **(20)**

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика низкоразмерных структур»: к самостоятельной работе / М.М. Симунин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (М.). – М.: МИЭТ, 2011. – 128 с. **(1)**

2. Зариковская, Н. В. Учебно-методическое пособие «Математическое моделирование» для аудиторных практических занятий, лабораторных работ и самостоятельных работ студентов по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» [Электронный ресурс] / Зариковская Н. В. — Томск: ТУСУР, 2014. — 103 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4607

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - https://edu.tusur.ru/

2. Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система - http://e.lanbook.com/

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

13.1 Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

Для реализации программы учебной дисциплины используется материально-техническое обеспечение кафедры физической электроники.

13.1.1 Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических занятий используются учебные аудитории, расположенные по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д 74, 1 этаж, ауд. 116, 117, 119, 2 этаж, ауд. 216.

Состав оборудования ауд. 116: установка вакуумного напыления УВН2М-1 – 3 шт., лабораторное

Согласована на портале № 12518

оборудование и приборы: микроскоп МБС-9 – 4 шт., микроскоп стерео МС-1 – 5 шт., микроинтерферометр МИИ-4 – 1 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт., мультиметр ЕДС-128 – 4 шт., микроскоп ММУ-3У – 1 шт., лабораторный макет – 4-х зондовый метод измерения удельного сопротивления.

Состав оборудования ауд. 117: доска магнито-маркерная - 1шт., ноутбук - 1шт., установка совмещения и экспонирования ЩА-310, установка для нанесения фоторезиста, дистиллятор воды, химическая посуда, реактивы.

Состав оборудования ауд. 119: доска магнито-маркерная – 1 шт., лабораторные макеты: температурные свойства ферромагнитных материалов, температурные свойства проводящих материалов, объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов, пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК), температурная зависимость проводимости диэлектриков, фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов.

Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 – 2 шт., вольтметр В7-22А – 2 шт., амперметр Ф-195, М-253 – 2 шт., источник постоянного тока Б5-47 – 1 шт., электрометр В7Э-42 – 1 шт., мультиметр В7-22А – 2 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт., терраометр Е6-13 – 1 шт., печь лабораторная – 2 шт., прибор для исследования пробоя ТПК – 1 шт.

Компьютерные лабораторные работы – 3 шт., ПЭВМ – 4 шт.

Лабораторные макеты: определение ширины запрещенной зоны полупроводников, определение термо-ЭДС полупроводников, эффект Холла, эффект Пельтье.

Лабораторное оборудование и приборы: лабораторный стенд СФП-5 – 2 шт., вольтметр В7-22А – 5 шт., вольтметр В7-26 – 1 шт., вольтметр цифровой Ф4214 – 1 шт., вольтметр Ф238 – 1 шт., источник постоянного тока Б5-47 – 1 шт., измеритель иммитанса Е7-20 – 1 шт.

Состав оборудования ауд. 216: Оптический УФ спектрометр USB2000 – 1 шт., ИК Фурье-спектрометр Infralum FT-801 с приставкой на отражение – 1 шт., монохроматор МДР-23 – 1 шт., спектральный лазерный эллипсометр Эллипс-1891 САГ – 1 шт., растровый электронный микроскоп Hitachi TM-1000 с микроанализатором Bruker Quantax 50EDX – 1 шт., рамановский спектрометр Avantes-532TEC – 1 шт., атомно-силовой микроскоп Certus Optic U с совмещенным оптическим микроскопом – 1 шт., измеритель параметров полупроводниковых приборов Метроном-03 – 1 шт., микроинтерферометр Линника МИИ-4М – 1 шт., цифровой RLC-метр Protek 9216A – 1 шт., измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20 – 1 шт., компьютер – 4 шт., ноутбук – 2 шт.

13.1.2 Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 2 этаж, ауд. 217. Состав оборудования: учебная мебель; доска магнито-маркерная.

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

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

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

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видео увеличителей для удаленного просмотра.

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

Согласована на портале № 12518

14. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

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

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

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

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

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

1. в печатной форме;
2. в печатной форме с увеличенным шрифтом;
3. в форме электронного документа;
4. методом чтения ассистентом задания вслух;
5. предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

1. письменно на бумаге;
2. набор ответов на компьютере;
3. набор ответов с использованием услуг ассистента;
4. представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
в форме электронного документа;
в печатной форме увеличенным шрифтом.
Для лиц с нарушениями слуха:
в форме электронного документа;
в печатной форме.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

Согласована на портале № 12518

в форме электронного документа;

в печатной форме.

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

15. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для выполнения проекта создается группа студентов, назначается руководитель из числа преподавателей или научных сотрудников кафедры, а из числа студентов назначается ответственный исполнитель проекта. В проектную группу могут привлекаться студенты других кафедр, факультетов и университетов.

Основой проекта является индивидуальная работа каждого участника группы. Результаты работы обсуждаются на совещаниях, которые проводятся один раз в неделю. Председателем совещания является руководитель проекта.

Проекты выполняются по техническим заданиям, структура и содержание которых соответствуют ГОСТ 2.114-95. Техническое задание составляется студентами и согласовывается с руководителем проекта и утверждается заведующим выпускающей кафедрой. Техническое задание может корректироваться по результатам выполнения отдельных этапов, а все изменения должны оформляться протоколом.

Техническое задание составляется по этапам (семестрам) с указанием содержания работ каждого студента. Работа заканчивается предъявлением к защите отчетов. При этом должны быть приложены все необходимые документы, предусмотренные техническим заданием.

Согласована на портале № 12518

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)
_____ П.Е. Троян
«___» _____ 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКЕ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР (ГПО 1)

Уровень профессионального образования: высшее образование - бакалавриат

Направления подготовки **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 **Семестр** 4

Учебный план набора 2015, 2016 года и последующих лет.

Диф. зачет 4 **семестр**

Разработчик:
Ассистент кафедры ФЭ _____ / В.В. Каранский

Томск 2017

Согласована на портале № 12518

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), индивидуальные творческие задания и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по учебной дисциплине «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Компьютерное моделирование в электронике микро- и наноструктур (ГПО 1)» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;	*знает* современные тенденции развития электроники; *знает* современное измерительное и вычислительное оборудование; *умеет* использовать современное оборудование для формирования микро- и наноструктур; *умеет* учитывать современные тенденции развития электроники; *иметь опыт* работы с современным оборудованием для формирования наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.
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;	*знает* основные численные методы, используемые в математическом моделировании; *знает* конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании; *знает* основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования; *знает* алгоритмы проведения многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов; *умеет* строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; *умеет* применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем; *владеет* методами использования компьютерных технологий в моделировании; *имеет опыт* построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов.
ПК-3	готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	*знает* правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций; *знает* требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций; *умеет* применять методы анализа и обработки экспериментальных данных; *владеет* системным подходом к анализу результатов научных исследований; *владеет* методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.

Согласована на портале № 12518

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. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* современные тенденции развития электроники; *знает* современное измерительное и вычислительное оборудование;	*умеет* использовать современное оборудование для формирования микро- и наноструктур; *умеет* учитывать современные тенденции развития электроники;	*иметь опыт* работы с современным оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.
Виды занятий	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
Используемые средства оценивания	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*знает* современные тенденции развития электроники; *знает* современное измери-	*умеет использовать* современное оборудование для формирования микро- и наноструктур;	*иметь опыт* работы с современным оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом со-

Согласована на портале № 12518

	тельное оборудование в электронике и наноэлектронике; *знает* современное вычислительное оборудование в электронике и наноэлектронике; *знает* оборудование для формирования микро- и наноструктур.	*умеет выбирать* оборудование для формирования микро- и наноструктур; *умеет подготавливать* оборудование для формирования микро- и наноструктур; *умеет учитывать* современные тенденции развития электроники при формирования микро- и наноструктур.	временных тенденций развития электроники.
Хорошо (базовый уровень)	*знает* современные тенденции развития электроники; *знает* современное измерительное оборудование в электронике и наноэлектронике; *знает* современное вычислительное оборудование в электронике и наноэлектронике; *знает* базовое оборудование для формирования микро- и наноструктур.	*умеет использовать* современное оборудование для формирования микро- и наноструктур; *умеет выбирать* оборудование для формирования микро- и наноструктур; *умеет подготавливать* базовое оборудование для формирования микро- и наноструктур.	*иметь опыт* работы базовым оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* современные тенденции развития электроники; *знает* базовое оборудование для формирования микро- и наноструктур.	*выбирает* оборудование для формирования микро- и наноструктур под руководством руководителя.	*иметь опыт* работы базовым оборудованием для формирования микро- и наноструктур с учетом современных тенденций развития электроники под руководством руководителя.

2.2 Компетенция ПК-2

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. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* основные численные методы, используемые в математическом моделировании; *знает* конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании; *знает* основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования; *знает* алгоритмы проведения	*умеет* строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* определять параметры физических моделей объектов на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* применять численные методы при использовании	*владеет* методами использования компьютерных технологий в моделировании; *имеет опыт* построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов.

Согласована на портале № 12518

	многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов;	моделей алгебраических уравнений и их систем; *умеет* применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем;	
Виды занятий	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа
Используемые средства оценивания	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	*знает* основные численные методы, используемые в математическом моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения; *знает* конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения; *знает* основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения; *знает* алгоритмы проведения многофакторных экспериментов при построении математических моделей сложных объектов; *знает* стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения.	*умеет* строить формальные математические модели реальных приборов электроники и наноэлектроники на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* определять параметры физических моделей объектов электроники и наноэлектроники на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; *умеет* применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем; *умеет* работать со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения.	*владеет* методами использования компьютерных технологий в моделировании приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; *имеет опыт* построения математических моделей некоторых конкретных физических и химических объектов; *владеет* практическими навыками работы со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.
Хорошо (базовый уровень)	*знает* основные численные методы, используемые в	*умеет* определять основные параметры физических	*владеет* основными методами использования ком-

Согласована на портале № 12518

	математическом моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения; *знает* основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения; *знает* стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения.	моделей объектов электроники и наноэлектроники на основе экспериментального исследования их характеристик; *умеет* применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; *умеет* применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем; *умеет* работать со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники.	пьютерных технологий в моделировании приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; *владеет* практическими навыками работы со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*знает* основные численные методы, используемые в математическом моделировании приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения; *знает* стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники, различного функционального назначения.	*умеет* применять численные методы при использовании моделей алгебраических уравнений и их систем; *умеет* применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем; *умеет* работать со стандартными программными средствами для компьютерного моделирования приборов электроники и наноэлектроники, под руководством руководителя.	*классифицирует* основные методы компьютерных технологий в моделировании приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

2.2 Компетенция ПК-3

ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	*знает* правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций; *знает* требования, предъявляемые к форме и содержанию научных отчетов, публикаций, презентаций;	*умеет* применять методы анализа и обработки экспериментальных данных;	*владеет* системным подходом к анализу результатов научных исследований; *владеет* методами обработки результатов измерения параметров и характеристик микро- и наноструктур.
Виды занятий	Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Самостоятельная работа	Самостоятельная работа

Согласована на портале № 12518

Используемые средства оценивания	Опрос на практическом занятии; Индивидуальное творческое задание (защита); Зачет	Индивидуальное задание (выполнение, оформление); Конспект самостоятельной работы	Конспект самостоятельной работы; Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	*представляет* свои материалы в виде научных статей; *знает* принципиальные отличия в правилах оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций; *формулирует* требования к оформлению материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	*выбирает* оптимальный метод обработки экспериментальных данных, учитывая условия при которых проходил научный эксперимент.	*владеет* методами обработки данных прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
Хорошо (базовый уровень)	*представляет* свои труды в виде материалов докладов конференций; *знает* основные требования оформления библиографических ссылок при написании научного отчета и публикаций.	*рассчитывает* погрешности результатов прямых и косвенных измерений параметров и характеристик материалов и компонентов для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.	*демонстрирует* системный подход к анализу результатов научных исследований материалов и компонентов, используемых для изготовления изделий нано- и микросистемной техники.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*оформляет* свои труды в виде материалов докладов конференций и научных статей в соответствии с требованиями конференции; *называет* основные правила оформления материалов, научных отчетов, публикаций и презентаций.	*умеет выбирать* оптимальный метод обработки экспериментальных данных, в соответствии с рекомендациями.	*классифицирует* методы обработки результатов измерений.

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: индивидуальные творческие задания, самостоятельная работа, зачет.

3.1 Индивидуальные творческие задания

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects.

3.2 Темы для самостоятельной работы

1. Краткие сведения о квантоворазмерных гетероструктурах.
2. Гетероструктуры и их классификации.
3. Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных струк-

Согласована на портале № 12518

турах.

4. Моделирование энергетического спектра электрона в твердом теле (модель Кронига-Пенни).
5. Моделирование энергетического спектра электрона в одномерной квантовой яме.
6. Моделирование движения электрона вблизи потенциальной ступеньки.
7. Компьютерное моделирование микро- и наноструктур.
8. Моделирование процессов диффузии.
9. Моделирование процессов ионного легирования.
10. Моделирование процессов окисления и эпитаксии.
11. Математическое моделирование процессов переноса в полупроводниковых структурах элементов больших интегральных схем.

3.3 Зачет

В соответствии с техническим заданием группового проектного обучения https://gpo.tusur.ru/manage/chairs/18/projects.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

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

4.1 Основная литература

1. Ибрагимов, И.М. Основы компьютерного моделирования наносистем. [Электронный ресурс] / И.М. Ибрагимов, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/156
2. Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М. А. Королев [и др.]. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 423 с. (**35**)

4.2 Дополнительная литература

1. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н.И. Боргардт и др. ред. Ю.А. Чаплыгин. Московский государственный институт электронной техники. – М.: Техносфера, 2005. – 446 с. **(20)**
2. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К. Неволин. – М.: Техносфера, 2005. – 147 с. **(9)**
3. Основы наноэлектроники: Учебное пособие для вузов / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – 2-е изд., исп. и доп. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 494 [2] с. **(20)**

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физика низкоразмерных структур»: к самостоятельной работе / М.М. Симунин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (М.). – М.: МИЭТ, 2011. – 128 с. **(1)**
2. Зариковская, Н. В. Учебно-методическое пособие «Математическое моделирование» для аудиторных практических занятий, лабораторных работ и самостоятельных работ студентов по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 222900 «Нанотехнологии и микросистемная техника» [Электронный ресурс] / Зариковская Н. В. — Томск: ТУСУР, 2014. — 103 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4607

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научно-образовательный портал ТУСУР - https://edu.tusur.ru/
2. Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система - http://e.lanbook.com/

Согласована на портале № 12518