

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

Институт информатики, электроники и робототехники

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы

_____ Р.Ш.Тешев

«_____» _____ 2021 г.

**Кафедра электроники и цифровых информацион-
ных
тех-
но-
логий**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

_____ Н.В. Черкесова

«_____» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.03.03 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»**

Направление подготовки

11.03.04 –Электроника и нанoeлектроника

**Профиль: Современные информационные технологии
в электронной технике**

Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавр

Форма обучения:

Очная

Нальчик 2021

Рабочая программа дисциплины: **Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники** /сост. Гаев Д.С. – Нальчик: КБГУ, 2021 - 22с.

Рабочая программа дисциплины предназначена для студентов очной формы обучения направления подготовки по направлению подготовки 11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника, 3 семестра, 2 курса.

Рабочая программа составлена в соответствии с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «Электроника и нанотехнология», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «19» 09 2017 г. №927 и зарегистрированного приказом Министерства юстиции Российской Федерации от 10.10.2017 №48494.

Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины 4

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Содержание и структура дисциплины.....	7
4.1. Содержание разделов дисциплины.....	7
4.2. Структура дисциплины.....	8
4.3. Лекционные занятия.....	8
4.4. Практические (Семинарские) занятия.....	9
4.5. Лабораторные работы.....	9
4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	9
4.7. Курсовая работа.....	10
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	10
5.1. Коллоквиум.....	10
5.2. Тесты.....	12
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	16
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	19
8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	20
1.9. Материально-техническое обеспечение работы.....	20
9. Материально-техническое обеспечение работы.....	20
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля).....	22

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений в области компьютерного моделирования технологических процессов микро- и нанoeлектроники.

Задача дисциплины - подготовка бакалавра к освоению теоретических знаний и первичных практических навыков по основам компьютерного моделирования физических и физико-химических процессов, используемых для создания изделий электроники и нанoeлектроники.

Цели и задачи дисциплины ориентированы на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

- 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», который утвержден приказом Минтруда России от 03.07.2019 №480н и зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 №55439;
- 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», который утвержден приказом Минтруда России от 07.09.2015 №593н (В редакции, введенной в действие с 20.01.2019 г. приказом Минтруда России от 14.12.2018 №807н) и зарегистрирован Минюстом России 23.09.2015 г. №38983.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Компьютерное моделирование технологических процессов в электронике и нанoeлектронике» включена в вариативную часть блока 1 Б1.В.03.03. учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: «Современные информационные технологии в электронной технике».

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин(модулей): "Математика", "Физика (общая)", "Информационно-коммуникационные технологии и информационная грамотность в профессиональной деятельности".

Освоение учебной программы дисциплины (модуля) компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники, необходимо для последующего изучения дисциплин (модулей): «"Основы конструирования и технологии производства электронных средств"», «Основы технологии электронной компонентной базы», а также для выполнения курсовых работ, выполнения выпускной квалификационной работы и приобретения знаний, умений и навыков, которые позволят обучающемуся частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации 6).
- Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации 6).
- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», код С, уровень квалификации 6).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО направления подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника изучение дисциплины компьютерное моделирование технологиче-

ских процессов электроники и нанoeлектроники направлено на формирование элементов следующих компетенций:

Категория компетенции/ тип задач	Код и наименование компетенции	Индикаторы (показатели) достижения компетенций
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков ПК-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования

Формирование профессиональных компетенций осуществляется в соответствии с профессиональными стандартами и ориентирована на выполнение обобщенных трудовых функций (ОТФ) и трудовых функций (ТФ):

Профессиональная компетенция	Профессиональный стандарт	Обобщенная трудовая функция	Трудовая функция
ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»	В. Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники	В/01.6. Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению
			В/02.6. Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
		С. Разработка типовых технологических процессов и	С/01.6. Разработка и адаптация типовых технологических

		планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники	процессов изготовления изделий микроэлектроники
	40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»	С. Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	С/01.6. Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур. С/02.6. Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные этапы создания компьютерной модели различных процессов;
- основы компьютерного моделирования процессов с использованием специализированного программного обеспечения;
- основы технологии оформления и представления результатов создания компьютерного моделирования;

Уметь:

- применять полученные знания по компьютерному моделированию процессов на практике;
- правильно организовать процесс компьютерного моделирования;
- компьютерными программами, средствами создания и представления результатов компьютерного моделирования;
- создавать простые компьютерные модели технологических процессов с использованием программы Mathcad.
- оформлять и представлять результаты компьютерного моделирования в виде отчета.

Владеть:

- информацией о базовых процессах микро- и нанoeлектроники

- навыками и практическими приемами по компьютерному моделированию процессов с помощью специализированных компьютерных программ;
- навыками анализа и описания результатов компьютерного моделирования;
- способностью и готовностью применять полученные знания на практике;
- базовыми знаниями проектирования в различных областях компьютерного моделирования;

4. Содержание и структура дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1.	Введение в дисциплину	История становления компьютерного моделирования. Этапы развития компьютерной техники. Применение компьютерного моделирования в различных сферах деятельности человека. Общие положения технологии компьютерного моделирования.	ПК-1	Т, К, ЛР
2	Особенности применение компьютерного моделирования	Компьютерное моделирование в задачах исследования, оптимизации и проектирования реальных технологических процессов. Особенности применения специализированных компьютерных программ. Специализированные графические среды. Использование программы MathCad,	ПК-1	
3	Методология компьютерного моделирования.	Методология компьютерного моделирования. Особенности имитационного моделирования. Особенности построения модели и этапы её разработки. Определение объекта и установление границ применимости. Ограничения в моделировании. Эффективность функционирования объекта. Формализация объекта методом абстрагирования. Подготовка данных, необходимых для построения модели. Представление данных в соответствующей форме	ПК-1	Т,К,ЛР
4	Обработка результатов компьютерного моделирования	Получение, анализ и описание результатов компьютерного моделирования процессов. Оформление результатов в виде письменного отчета о проделанной работе. Представление полученных результатов в виде доклада. Пакет прикладных программ MS Word, MS Excel и MS PowerPoint.	ПК-1	Т,К,ЛР

		Аппроксимация, интерполяция, экстраполяция. Аппроксимация экспериментальных данных полиномами, с помощью аналитических функций, методом наименьших квадратов. Сплайн обработка данных: кубические сплайны, В-сплайны, напряженные сплайны, сглаживающие сплайны.		
5	Моделирование отдельных базовых процессов микро- и нанoeлектроники	Компьютерная модель зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки. Компьютерная модель магнетронного распыления металлических пленок для задач выбора режимов распыления. Компьютерная модель ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации при решении задач формирования p-n переходов. Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах.	ПК-1	Т,К,ЛР

4.2. Структура дисциплины

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов)

Вид работы	Трудоёмкость, часы	
	3 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах):	34	34
Лекции (Л)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
Самостоятельная работа, в том числе и контактная работа(в часах):	47	47
Самостоятельное изучение разделов	47	47
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	

4.3. Лекционные занятия

Таблица 3. Перечень лекционных занятий

№ п/п	Тема
1	Введение в дисциплину.
2	Особенности применение компьютерного моделирования.
3	Компьютерное моделирования в задачах исследования, оптимизации и проектирования реальных технологических процессов.
4	Методология компьютерного моделирования.
5	Особенности применения специализированных компьютерных программ. Специализированные графические среды.

6	Имитационное моделирование. Особенности построения модели и этапы её разработки.
7	Ограничения в моделировании. Эффективность функционирования объекта. Формализация объекта методом абстрагирования.
8	Получение, анализ и описание результатов компьютерного моделирования процессов.
9	Обработка результатов компьютерного моделирования
10	Визуализация научных данных в специализированных пакетах автоматизации обработки данных и моделирования.
11	Компьютерная модель зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки .
12	Компьютерная модель магнетронного распыления металлических пленок для задач выбора режимов распыления
13	Компьютерная модель ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации при решении задач формирования р-n переходов.
15	Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах.
16	Компьютерное моделирование, как метод научного исследования.

4.4. Практические (Семинарские) занятия

Практические занятия (Семинарские занятия) не предусмотрены программой

4.5. Лабораторные работы

Таблица 4. Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Код контролируемой компетенции (или ее части)
1	Построение математической модели процесса зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки .	ПК-1
2	Построение математической модели процесса магнетронного напыления пленок методом магнетронного распыления чистых металлов.	ПК-1
3	Построение математической модели процесса магнетронного напыления пленок сложного состава.	ПК-1
4	Построение математической модели процесса ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации.	ПК-1
5	Построение математической модели процесса окисления кремния	ПК-1

4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/ п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Код контролируемой компетенции (или ее части)
--------------	------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

1	Применение графической среды Simulink (MatLab) для создания динамических систем. Разработка динамических сцен с помощью специализированной компьютерной программы для 3D-визуализации.	ПК-1
2	Современные программные средства в задачах моделирования технологических процессов в микро- и нанoeлектронике	ПК-1

4.7. Курсовая работа

Курсовая работа не предусмотрена программой.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные материалы для текущего, рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине определяются учебным планом образовательной программы и действующим положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов обучающихся по программам высшего образования Кабардино-Балкарского университета (Приказ № 159/О от 31 августа 2017г.). При аттестации обучающихся оценивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность чётко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (курсовой работы, лабораторных работ и др.). Текущий и рубежный контроль успеваемости студентов по дисциплине проводится по трем контрольным точкам. В конце 1/3 семестра 1-я контрольная точка, вторая контрольная точка- конец 2/3 семестра, а третья контрольная точка последние две недели семестра. Распределение баллов в рамках балльно-рейтинговой системы аттестации студентов приведено ниже:

Таблица 6. Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
1.	Текущий контроль				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
2.	Рубежный контроль				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	45 балла	15 баллов	15 баллов	15 баллов
Итого		70 баллов	23 балла	23 балла	24 балла

5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, каждый из которых оценивается в пределах 8 баллов. На коллоквиумах контролируется формирование элементов общекультурной компетенции ОК-7 и профессиональной компетенции ПК-1. Ниже приведены примерные перечни вопросов выносимых на все три коллоквиума:

1-коллоквиум (Раздел 2):

1. История становления компьютерного моделирования.
2. Этапы развития компьютерной техники.
3. Применение компьютерного моделирования в различных сферах деятельности человека.
4. Тенденции развития компьютерных информационных технологий.
5. Классификация информационных технологий.
6. Методология компьютерного моделирования.
7. Особенности имитационного моделирования.

1-коллоквиум (Раздел 3):

1. Особенности построения модели и этапы её разработки.
2. Определение объекта и установление границ применимости.
3. Ограничения в моделировании. Эффективность функционирования объекта.
4. Формализация объекта методом абстрагирования.
5. Этапы разработки математической модели: постановка задачи.
6. Этапы разработки математической модели: поиск эффективных методов решения.
7. Этапы разработки математической модели: адаптация инструментария.
8. Этапы разработки математической модели: корректировка модели.
9. Этапы разработки математической модели: вычислительный и натурный эксперименты..

3-коллоквиум (Раздел 5):

1. Подготовка данных, необходимых для построения модели. Представление данных в соответствующей форме.
2. Компьютерная модель зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
3. Компьютерная модель магнетронного распыления металлических пленок для задач выбора режимов распыления: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
4. Компьютерная модель ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации при решении задач формирования p-n переходов: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
5. Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.

Методические рекомендации

При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспекты лекций и отметить в них имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем в качестве источника. При подготовке к коллоквиуму также рекомендуется посещение консультаций для своевременного снятия возникших вопросов в процессе подготовки. Коллоквиум проводится в виде устного опроса и собеседования со студентом.

Критерии оценивания

Степень подготовленности студента на коллоквиуме оценивается по следующим критериям: - ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы; - владение специальными терминами; системность знаний по теме коллоквиума. Ниже приведена шкала оценивания.

Таблица 7. Критерии оценивания студента на коллоквиуме

Оценка			
2 балла «Неудовлетворительно»	4 балла «Удовлетворительно»	6 баллов «Хорошо»	8 баллов «Отлично»
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допускает некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу из-

вопросы	вопрос		лагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
---------	--------	--	----------------------------------------------------------------------

5.2. Тесты

Тестирование по изучаемым разделам проводится 3 раза в семестр синхронно с проведением коллоквиумов. На тестах контролируется формирование элементов общекультурной компетенции ОК-7 и профессиональной компетенции ПК-1. Ниже приведены образцы тестовых заданий:

1. Какие из моделей не относятся к графическим?

- ☐ схема
- ☐ макет
- ☐ график
- ☐ карта

2. Укажите в каком ряду представлены только информационные модели:

- ☐ глобус, статья в газете, веб-сайт
- ☐ макет здания, манекен, чертеж
- ☐ игрушечный автобус, схема, график
- ☐ схема метро, математическая формула, веб-сайт

3. Формализация – это...

- ☐ перехода от содержательного описания связей между выделенными признаками объекта к описанию, использующему некоторый язык кодирования.
- Б) замена реальных свойств объекта знаком или совокупностью знаков.
- ☐ переход от нечетких задач, возникающих в реальной действительности, к формальным информационным моделям.
- ☐ выделение существенной информации об объекте.

4. Сущность компьютерного моделирования системы заключается :

- ☐ - в создании компьютерной анимации или схемы, учитывающей габариты системы и ее основные динамические и статические характеристики.
- ☐ - в создании компьютерной программы (пакета программ), описывающей поведение элементов системы в процессе ее функционирования, с учетом их взаимодействия между собой с внешней средой, а так же серии вычислительных экспериментов.
- ☐ - в создании интерактивного списка расчетных параметров системы, с возможностью их изменения для наблюдения изменений состояния системы в зависимости от поведения тех или иных параметров, а так же создании компьютерной анимации поведения системы с учетом реальных состояний.

5. Модель должна учитывать наиболее существенные стороны исследуемого объекта и отражать его свойства с приемлемой точностью. Это определение.

- ☐ принципа адекватности.
- ☐ принципа системности.
- ☐ принципа информационной достаточности.

6. Абстрактный образ материального объекта, которому взаимно и однозначно сопоставлена некоторая функция, это:

- ☐ модель объекта.
- ☐ функциональная модель.
- ☐ функциональный объект.

7. Имитация технической системы с использованием ЭВМ это:

- ☐ численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение системы в достаточно длительном интервале времени.
- ☐ имитация движения системы при помощи компьютерной графики с соответствующими расчетными формулами, таблицами, графиками и т.п.
- ☐ рассчитанное при помощи ЭВМ изменение состояний системы во времени, представленное с помощью компьютерных графических средств отображения информации

8. Что не является типовым этапом имитационного моделирования?

- ☐ Оценка адекватности
- ☐ Интерпретация
- ☐ Экспертная оценка

9. Какие данные относятся к входным данным по моделированию магнетронного распыления.

- ☐ влажность атмосферы внутри камеры
- ☐ температура камеры
- ☐ давление в рабочей камере
- ☒ атомный вес материала мишени

10. Отметьте правильный ответ

В модели магнетронного распыления рассчитывается

- ☒ скорость распыления
- ☐ ионный ток
- ☐ напряжение магнетрона

10. Отметьте правильный ответ

Результатом моделирования процесса формирования эмиттерной области транзистора методом ионной имплантации является

- ☒ профиль распределения примеси
- ☐ проективный пробег ионов
- ☐ ионный ток
- ☐ энергия ионов

Методические рекомендации

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Про-консультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Критерии оценивания

Таблица 8. Критерии оценивания результатов тестирования

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

5.3. Задания для лабораторных занятий

(Контролируемые компетенции ПК-1)

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы. В рамках дисциплины студенты должны выполнить 5 лабораторных работ, охватывающих различные разделы теоретического курса. Работы ориентированы на изучение основ технологии электронной компонентной базы, используя технологии физического и математического моделирования технологических процессов. Моделирование проводится с применением программного обеспечения MathCad.

Пример типовой лабораторной работы

«Построение математической модели процесса магнетронного напыления пленок методом магнетронного распыления чистых металлов.»

Целью работы:

- привить студенту первичные навыки создания математической и компьютерной модели на примере процесса получения тонких металлических пленок методом магнетронного распыления однокомпонентной мишени.
- научить студента правильно интерпретировать и представлять в виде отчета результаты моделирования.

Методические рекомендации

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы и сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен электронный файл для расчета режимов магнетронного распыления. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение моделирования: получив исходные данные по материалу и толщине пленки студент должен путем моделирования выбрать режимы магнетронного распыления(время напыления , расстояние от мишени до подложки, напряжение магнетрона, ток магнетрона), обеспечивающие требования к пленки. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе.

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- ✓ задание;
- ✓ описание базового процесса;
- ✓ алгоритм моделирования;
- ✓ результаты моделирования;
- ✓ общие выводы о работе и заключение.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

Студент выполнивший и защитивший все лабораторные работы по дисциплине получает в конце семестра 21 балл. Каждая лабораторная работа в зависимости от степени сложности и важности темы оценивается индивидуальным баллом (К). Шкала оценивания лабораторных работ устанавливается в начале семестра и доводится до сведения обучающихся студентов.

Таблица 9. Методика оценивание выполнения этапов лабораторной работы

№ п/п	Вид этапа	Рейтинговый балл
1.	Допуск и выполнение экспериментальной части работы	0,3К
2.	Представление отчета по требуемой форме к сдаче работы	0,2К
3.	Защита работы	0.5К

Примечание: К – количество баллов, отводимое в рамках рейтинговой системы на данную работу, которое определяется преподавателем в начале лабораторного курса.

5.4. Промежуточная аттестация

(Контролируемая компетенция ПК-1)

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Примерный перечень основных вопросов выносимых на экзамен приведен ниже:

1. История становления компьютерного моделирования.
2. Этапы развития компьютерной техники.
3. Применение компьютерного моделирования в различных сферах деятельности человека.
4. Тенденции развития компьютерных информационных технологий.
5. Классификация информационных технологий.
6. Методология компьютерного моделирования.
7. Особенности имитационного моделирования.
8. Особенности построения модели и этапы её разработки.
9. Определение объекта и установление границ применимости.
10. Ограничения в моделировании. Эффективность функционирования объекта.
11. Формализация объекта методом абстрагирования.
12. Этапы разработки математической модели: постановка задачи.
13. Этапы разработки математической модели: поиск эффективных методов решения.
14. Этапы разработки математической модели: адаптация инструментария.
15. Этапы разработки математической модели: корректировка модели.
16. Этапы разработки математической модели: вычислительный и натурный эксперименты.
17. Подготовка данных, необходимых для построения модели. Представление данных в соответствующей форме.
18. Компьютерная модель зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
19. Компьютерная модель магнетронного распыления металлических пленок для задач выбора режимов распыления: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.

20. Компьютерная модель ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации при решении задач формирования p-n переходов: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.

21. Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма..

Методические рекомендации при подготовке к экзамену

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. Механическое запоминание числовых значений характеристик материалов не рекомендуется, но студент должен отчетливо представлять себе порядок этих величин. Непосредственная подготовка студента к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Критерии оценивания

По итогам экзамена студенту, из максимального количества баллов, которое составляет 30, выставляется:

1) от 27 до 30 баллов, если владеет программным материалом по дисциплине в полном объеме; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, исчерпывающе отвечает на все вопросы; умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы;

2) от 24 до 26 баллов, если владеет программным материалом почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенные, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;

3) от 15 до 23 баллов, если владеет основным объемом программного материала по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

В случаях, когда обучающийся не освоил обязательный минимум программного материала по дисциплине, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах, выставляется 0 баллов. Студент, набравший 36 баллов в ходе текущего и рубежного контроля, к экзамену не допускается. Ниже приведены критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации.

Таблица 10. Критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации

Шкала по традиционной пятибалльной системе			
Неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
Шкала по балльно-рейтинговой системе			
36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100

7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 11. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения
Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1)	Знать: - принципы самостоятельной работы с источниками информации, самообучения и самоподготовки - (ПК-3)З1. - основные этапы создания компьютерной модели различных процессов-ПК-3(З2); - основы компьютерного моделирования процессов с использованием специализированных программного обеспечения-ПК-3(З3); - основы технологии оформления и представления результатов создания компьютерного моделирования-ПК-3(З4);
	Уметь: - планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; планировать распределение времени труда и отдыха - (ПК-3)У1; – применять полученные знания по компьютерному моделированию процессов на практике-ПК-3(У2); – правильно организовать процесс компьютерного моделирования-ПК-3(У3); – компьютерными программами, средствами создания и представления результатов компьютерного моделирования-ПК-3(У4); – создавать простые компьютерные модели технологических процессов с использованием программы Mathcad-ПК-3(У5); – оформлять и представлять результаты компьютерного моделирования в виде отчета-ПК-3(У6).
	Владеть: - навыками самостоятельного закрепления полученных знаний; освоения новых знаний и навыков; навыками самостоятельной работы над работами, осуществление которых занимает продолжительный период времени. - ПК-3(В1); - первичными навыками использования специализированных программных средств для реализации задач, связанных с созданием математических и компьютерных моделей технологических процессов электронной техники.-ПК-3(В2).

Таблица 12. Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

№	Состав	Формирование элементов компетенции		
1.	Содержание	ПК-3(З1-З4)	ПК-3(У1-У6)	ПК-3(В1, В2)

	этапов			
2.	Виды занятий	1.Лекции 2.Консультации 3. Самостоятельная работа 4. Курсовая работа	1.Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа 3. Курсовая работа	1. Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа 3.курсовая работа
3.	Средства оценивания	1. <i>Посещение занятий</i> (см., разд.5, Табл. 6). 2. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Экзамен</i> (см., разд.5, Табл.10)	1. <i>Допуск и выполнение лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Обработка результатов и подготовка отчета о выполненной работе.</i> (см., разд.5, Табл.9) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 5. <i>Экзамен</i> (см., разд.5, Табл.10)	1. <i>Защита результатов лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 3. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 4. <i>Экзамен</i> (см., разд.5, Табл.10)

Уровень сформированности элементов компетенций в рамках изучения данной дисциплины включает четыре уровня:

- *низкий уровень* (оценка «неудовлетворительно») характеризуется либо отсутствием, либо частичной сформированностью элементов компетенций;
- *базовый уровень* (оценка «удовлетворительно») является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины, в целом элементы компетенций сформированы;
- *продвинутый уровень* (оценка «хорошо») характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *высокий уровень* (оценка «отлично») характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Ниже в таблице 13 приведены общие характеристики и критерии оценивания уровня освоения элементов компетенций закрепленными за дисциплиной.

Таблица 13. 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.	Умеет применять полученные знания для решения производственных и исследовательских задач в изучаемой области	Владеет технологиями в изучаемой предметной области и имеет навыки их совершенствования.
«Хорошо» (продвинутый)	Знает факты, принципы, процессы,	Обладает диапазоном практических уме-	Адаптирует свое поведение к обстоя-

уровень)	общие понятия и категории в пределах изучаемой области	ний, требуемых для решения профессиональных задач	тельствам в решении задач в изучаемой области
«Удовлетворительно» (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями в изучаемой области	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения несложных задач в изучаемой области	Способен выполнять работы в изучаемой области под контролем.
«Неудовлетворительно» (Низкий уровень)	Отрывочные знания, путает основные понятия и категории в изучаемой области.	Умения не позволяют выполнить несложные задачи в изучаемой области, совершает ошибки.	Испытывает трудности при решении задач в изучаемой области даже под руководством

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Слярова Е.А. Компьютерное моделирование физических явлений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Слярова Е.А., Малютин В.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2012.— 152 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34668.html>.— ЭБС «IPRbooks».
- 2.Осипов Ю.В. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Диффузия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Осипов Ю.В., Славин М.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2011.— 73 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56065.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Юрчук С.Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур и структур с нанометровыми размерами [Электронный ресурс]: курс лекций/ Юрчук С.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2013.— 45 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56066.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

1. Максимов А.И. Модели и моделирование в научных исследованиях : учеб. пособие по курсу "Методология научных исследований" / Максимов А.Н.; Федерал. агентство по образованию Рос. Федерации, ГОУВПО, ИГХТУ. - Иваново, 2006. - 87 с.
2. Дорошенко, Ю.А. Компьютерные технологии в научных исследованиях: методические указания по самостоятельной работе / Ю.А. Дорошенко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 13 с.

Интернет - ресурсы

1. <http://lib.kbsu.ru/> - Библиотека КБГУ.
2. <http://www.garant.ru/> - Справочная правовая система «Гарант».
3. <http://www.consultant.ru/> -Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. <http://www.studmedlib.ru> - ЭБС «Консультант студента»
5. Электронные версии журналов: “Физика твердого тела”, “Журнал технической физики”, “Письма в журнал технической физики”, “Физика и техника полупроводников” <http://journals.ioffe.ru>.
6. www.nanonewsnet.ru – Сайт о нанотехнологиях в России.
7. www.nanodigest.ru – Интернет - журнал о нанотехнологиях
8. www.nanometer.ru – Сайт нанотехнологического сообщества ученых, студентов и любителей чтения

9. www.nano-portal.ru - Портал посвящен развитию нанотехнологий и их внедрению в производство.
10. www.portalnano.ru/read/databases - База данных Федерального интернет-портала «Нанотехнологии и наноматериалы».

8. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных пакетов Microsoft Excell, MathCad (Academic MathCAD License).
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерных класса с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.
5. Продукты MICROSOFT (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription) № V 2123829.
6. Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии 17E0-180427-050836-287-197.
7. Архиватор 7z (бесплатное ПО).
8. Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бес-платное ПО).
- 10 Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО).
11. Система построение графиков SciDAVis (бесплатное ПО).
12. Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО).

1.9. Материально-техническое обеспечение работы

9. Материально-техническое обеспечение работы

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов;
- меловая доска.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями учебников.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе, оснащенной современными ПК; рабочее место преподавателя; рабочие места студентов; меловая доска).

Студенты имеют доступ через Интернет доступ к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий и др. используются:

лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемые программы:

- ✓ Microsoft Office лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/2016-31603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №0331100002314000077-0003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- ✓ архиватор 7z, Adobe Acrobat Reader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- ✓ Mozilla Firefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, Google Chrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>.
- ✓ . Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бес-платное ПО)
- ✓ Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО)
- ✓ Система построение графиков SciDAVis (бесплатное ПО)
- ✓ Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО)

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- ✓ альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- ✓ присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- ✓ для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- ✓ для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Б1.В.03.03 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»
11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника на 2021-2022 учебный год

№ п/п	Элемент (пункт)РДП	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры
электроники и информационных технологий,
протокол № _____ от « _____ » _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ / **Р.Ш. Тешев** _____ /
подпись расшифровка подписи дата