

**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
Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

Директор ИИЭ и Р

_____ **Р.Ш.Тешев**

_____ **Б.В. Шогенов**

«_____» _____ 2024 г.

«_____» _____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.05. 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 2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» /сост. О.Г.Ашхотов, И.Б. Ашхотова – Нальчик: КБГУ, 2024 - 21 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины (модуля) «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» вариативной части Б1.В.05 бакалаврам очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль Современные информационные технологии в электронной технике, обучающихся в 4 семестре, 2 курса.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» составлена в соответствии с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», 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.Цель и задачи освоения дисциплины (модуля) | 4 |
| 2.Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО | 4 |
| 3.Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) | 4 |
| 4.Содержание и структура дисциплины (модуля) | 4 |
| Структура дисциплины (модуля) | 4 |
| 5.Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации | 7 |
| 5.1. Коллоквиум | 7 |
| 5.2. Образцы тестовых заданий | 8 |
| Методические рекомендации по подготовке к тестированию | 9 |
| Критерии оценивания | 10 |
| 5.3. Задания для лабораторных занятий | 10 |
| 6.Промежуточная аттестация | 10 |
| 7.Контроль курсовых работ | 13 |
| 8.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности | 13 |
| 9.Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) | 14 |
| Основная литература | 14 |
| Дополнительная литература | 14 |
| Периодические издания | 14 |
| Интернет-ресурсы | 14 |
| 10. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий | 16 |
| 11.Материально-техническое обеспечение дисциплины | 17 |
| Приложение 1. Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля) | 19 |

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» является формирование у студентов знаний и умений в области компьютерного моделирования технологических процессов микро- и нанoeлектроники.

Задача дисциплины(модуля) - 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.

1.2. Выполнение требований профессиональных стандартов

Изучение дисциплины «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» направлено 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 студентами:

- 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 (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина (модуль) «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» относится вариативной части блока 1 - Б1.В.05. учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль: «Современные информационные технологии в электронике».

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин(модулей): "Математика", "Физика (общая)", "Информационные технологии".

Освоение учебной программы дисциплины (модуля) «Компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники» необходимо для последующего изучения дисциплин (модулей): «Основы проектирования и электронной компонентной базы», «Информационные технологии в проектировании и конструировании изделий электроники и нанoeлектроники», «Проектирование и конструирование субмикронных элементов СБИС», а также для выполнения курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

При освоении дисциплины обучающийся сможет 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»;

- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур».

3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля)

В соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО направления подготовки ВО 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника изучение дисциплины (модуля) компьютерное моделирование технологических процессов электроники и нанoeлектроники направлено на формирование элементов следующих профессиональных компетенций:

профессиональных (ПКС):

ПКС-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

Код и наименование индикатора достижения компетенции:

ПКС-Б.1.1. Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков.

ПКС-Б.1.2. Способен пользоваться методами компьютерного моделирования.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- физико-технические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, способы формирования и транспортировки ПЗЧ в вакууме и плазме, способы управления параметрами и преобразования энергии ПЗЧ в другие виды;
- основы физики твердого тела; принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники; методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры и характеристики, конструкции и области применения;
- основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов квантовой и оптической электроники, методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры и характеристики, а также особенности оптических методов передачи и обработки информации.

Уметь:

- применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;
- применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и наноэлектроники;
- применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации.

Владеть:

- информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники;
- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств твердотельной электроники и наноэлектроники, современными программными средствами их моделирования и проектирования;
- методами компьютерного проектирования и экспериментального исследования микроволновых приборов и устройств; информацией об областях применения и перспективах развития приборов, устройств и методов квантовой и оптической электроники;
- первичными навыками составления технологических маршрутов проведения процессов и изготовления полупроводниковых структур интегральной электроники.

Таблица 1. Реализуемые трудовые функции
(в соответствии с профессиональными стандартами)

| Профессиональный стандарт | Обобщенная трудовая функция | Трудовая функция | Уровень квалификации | Универсальные и общепрофессиональные компетенции |
|--|---|--|----------------------|--|
| 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники» (Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 29 июля 2019 года, регистрационный N 55439) | D Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники | D/02.7 Организация и проведение экспериментальных работ по отработке и внедрению новых материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники | 7 | ПКС-1.1, ПКС-1.2 |
| 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур» (Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 23 сентября 2015 года, регистрационный N 38983) | D Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур | D/01.7 Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур | 7 | ПКС-1.1, ПКС-1.2 |

4. Содержание и структура дисциплины

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), рубежный контроль (РК), тестирование (Т).

Таблица 1

| № | 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. | ПКС-1.1 ПКС-1.2 | 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, | ПКС-1.1 ПКС-1.2 | Т, К, ЛР |

| | | | | |
|---|--|---|--------------------|----------|
| 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 | ПКС-1.1 ПКС-1.2 | 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. 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. | ПКС-1.1 ПКС-1.2 | Т, К, ЛР |
| 5 | Моделирование отдельных базовых процессов микро- и наноэлектроники | 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 р-п переходов. Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах. | ПКС-1.1 ПКС-1.2 | Т, К, ЛР |

Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов)

Таблица 2

| Вид работы | Трудоемкость, часы | |
|--|--------------------|----------------|
| | 4 семестр | Всего |
| Общая трудоемкость (в часах) | 180 | 180 |
| Контактная работа (в часах): | 68 | 68 |
| <i>Лекционные занятия (Л)</i> | 17 | 17 |
| <i>Лабораторные работы (ЛР)</i> | 17 | 17 |
| Самостоятельная работа (в часах): | 85 | 85 |
| Курсовая работа (КР)/ Курсовой проект (КП) | - | - |
| Самостоятельное изучение разделов/тем | 85 | 85 |
| Подготовка и прохождение промежуточной аттестации | 27 | 27 |
| Вид промежуточной аттестации | Экзамен | Экзамен |

Лекционные занятия

Таблица 3.

| № 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-п переходов. |
| 15 | Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах. |
| 16 | Компьютерное моделирование, как метод научного исследования. |

Лабораторные работы

Таблица 4.

| № п/п | Наименование лабораторных работ |
|-------|---|
| 1 | Построение математической модели процесса зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки. |
| 2 | Построение математической модели процесса магнетронного напыления пленок методом магнетронного распыления чистых металлов. |
| 3 | Построение математической модели процесса магнетронного напыления пленок сложного состава. |
| 4 | Построение математической модели процесса ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации. |
| 5 | Построение математической модели процесса окисления кремния |

Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5.

| № п/п | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение |
|-------|---|
| 1 | Графическая среда Simulink (MatLab) для создания динамических систем. Разработка динамических сцен с помощью специализированной компьютерной программы для 3D-визуализации. |
| 2 | Современные программные средства в задачах моделирования технологических процессов в микро- и нанoeлектронике |
| 3 | Приборно-технологическое моделирование устройств микро- и нанoeлектроники. |
| 4 | Математические модели и программные средства |
| 5 | Физико-математические модели технологических процессов в микро и нанoeлектронике |
| 6 | Модели термического окисления |
| 7 | Физико-химические основы модели Дила- Гроува |
| 8 | Модели диффузионных процессов. Уравнения диффузии Фика. Модели коэффициентов диффузии основных примесей в кремнии |
| 9 | Физико-математические модели процесса ионной имплантации |
| 10 | Распределения ионно-имплантированных примесей: гауссовские распределения, сопряженная гауссиана, распределение Пирсон-4 |
| 11 | Математические модели расчета электрофизических параметров полупроводниковых структур |
| 12 | Приборно-технологическое проектирование в САПР TCAD. |
| 13 | Программные модули моделирования технологических процессов |
| 14 | Программный модуль расчета электрофизических параметров виртуальных приборов |
| 15 | Создание и исследование диодных структур, МОП-структур, элементов СБИС и УБИС |

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

Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине (модулю) определяются учебным планом образовательной программы и действующим положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов КБГУ. 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.).

5.1. Коллоквиум

(контролируемые компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2)

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

Вопросы, выносимые на коллоквиум

Первый коллоквиум

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.

Второй коллоквиум

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.

Третий коллоквиум

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.

Рекомендации при подготовке к коллоквиуму

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

Критерии оценивания

| Оценка | | | |
|---|---|---|---|
| Неудовлетворительно 2 балла | Удовлетворительно 4 балла | хорошо 6 баллов | отлично 8 баллов |
| Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы. | Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос. | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |

5.2. Образцы тестовых заданий

(контролируемые компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2)

Модель объекта это...

- a) предмет похожий на объект моделирования
- +b) объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели
- c) копия объекта
- d) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта

Основная функция модели это:

- a) Получить информацию о моделируемом объекте
- b) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- +c) Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- d) Воспроизвести физическую форму объекта

Математические модели относятся к классу...

- a) Изобразительных моделей

- b) Прагматических моделей
- c) Познавательных моделей
- +d) Символических моделей

Математической моделью объекта называют...

- +a) Описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур
- b) Любую символическую модель, содержащую математические символы
- c) Представление свойств объекта только в числовом виде
- d) Любую формализованную модель

Методами математического моделирования являются ...

- a) Аналитический
- b) Числовой
- +c) Аксиоматический и конструктивный
- d) Имитационный

Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:

- a) Аналитическая
- b) Графическая
- c) Цифровая
- +d) Алгоритмическая

Объект, состоящий из вершин и ребер, которые между собой находятся в некотором отношении, называют...

- a) Системой
- b) Чертежом
- c) Структурой объекта
- +d) Графом

Эффективность математической модели определяется...

- a) Оценкой точности модели
- +b) Функцией эффективности модели
- c) Соотношением цены и качества
- d) Простотой модели

Адекватность математической модели и объекта это...

- +a) Правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования
- b) Полнота отображения объекта моделирования
- c) Количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования
- d) Объективность результата моделирования

Состояние объекта определяется ...

- a) Количеством информации, полученной в фиксированный момент времени
- +b) Множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели
- c) Только физическими данными об объекте
- d) Параметрами окружающей среды

Методические рекомендации по подготовке к тестированию

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

- a) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться 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

| 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 ПКС-1.1, ПКС-1.2)

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

Пример типовой лабораторной работы «Построение математической модели процесса магнетронного напыления пленок методом магнетронного распыления чистых металлов»

Цель 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, знать физические и физико-химические аспекты управления технологическим процессом, компьютерную модель которого ему предстоит строить. В связи с этим, студент заранее должен ознакомиться с описанием работы, при необходимости на консультации с преподавателем устранить возникшие вопросы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. *Проведение компьютерного моделирования.* Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. 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:

- Физические и физико-химические аспекты технологического процесса;
- Структура математической модели;
- Алгоритм моделирования;
- Результаты моделирования: расчетные данные, графики, таблицы;
- Общие выводы о работе и заключение, о результатах моделирования.

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.

1.5.2. Промежуточная аттестация

Список основных вопросов к устному экзамену

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. Компьютерное моделирование в задачах исследования, оптимизации и проектирования реальных технологических процессов.
8. Особенности применения специализированных компьютерных программ. Специализированные графические среды. Использование программы MathCad,
9. Особенности применения специализированных компьютерных программ. Специализированные графические среды. Использование программы MatLab,
10. Особенности имитационного моделирования.
11. Особенности построения модели и этапы её разработки.
12. Определение объекта и установление границ применимости.
13. Ограничения в моделировании. Эффективность функционирования объекта.
14. Формализация объекта методом абстрагирования.
15. Этапы разработки математической модели: постановка задачи.
16. Этапы разработки математической модели: поиск эффективных методов решения.
17. Этапы разработки математической модели: адаптация инструментария.
18. Этапы разработки математической модели: корректировка модели.
19. Этапы разработки математической модели: вычислительный и натурный эксперименты.
20. Подготовка данных, необходимых для построения модели. Представление данных в соответствующей форме.
21. Компьютерная модель зонной очистки полупроводниковых материалов для задач выбора режимов зонной плавки: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
22. Компьютерная модель магнетронного распыления металлических пленок для задач выбора режимов распыления: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
23. Компьютерная модель ионной имплантации для задач выбора режимов имплантации при решении задач формирования р-n переходов: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
24. Компьютерная модель процесса окисления кремния для решения задач выбора режима термической обработки в окислительных средах: физическая модель, построение математической модели, составление алгоритма.
25. Компьютерное моделирование, как метод научного исследования.

Методические рекомендации

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, 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. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Распределение баллов текущего, рубежного контроля и экзамена

| № | | Общая сумма | 1-я точка | 2-я точка | 3 точка |
|-----------|--|------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1. | Текущий контроль | | | | |
| | посещение занятий | 10 баллов | 3 балла | 3 балла | 4 балла |
| | выполнение и защита лабораторных работ | 21балл | 7 баллов | 7 баллов | 7 баллов |
| 2. | Рубежный контроль | | | | |
| | тестирование | 15 баллов | 5 баллов | 5 баллов | 5 баллов |
| | коллоквиум | 24 балла | 8 баллов | 8 баллов | 8 баллов |
| | Итого | 70 баллов | 23 балла | 23 балла | 24 балла |
| 3. | Экзамен | 30 баллов | min – 15, max – 30 баллов | | |

Критерии оценивания

При освоении дисциплины формируются компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2. Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

- формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанной компетенцией (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);
- приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенцией (лабораторные работы, самостоятельная работа студентов);
- закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенцией (лабораторные работы, практики, выпускная квалификационная работа).

Сформированность компетенций в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трех-уровневой шкале:

- базовый уровень (**оценка «удовлетворительно»**) является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- 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.

Критерии оценки качества освоения дисциплины приведены в приложении 2.

7.Контроль курсовых работ

В соответствии с учебным планом по дисциплине курсовые работы не предусмотрены.

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

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Таблица 6.

| Результаты обучения (компетенции) | Основные показатели оценки результатов обучения | Вид оценочного ма- териала |
|--|--|--|
| ПКС-1. Спосо- бен строить про- стейшие физиче- ские и математи- ческие модели приборов, схем, устройств и уста- новок электро- ники и наноэлек- троники различ- ного функцио- нального назна- чения, а также использовать стандартные про- граммные сред- ства их компью- терного модели- рования | Знать: – физико-технические основы вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, способы формирования и транспортировки ПЗЧ в вакууме и плазме, способы управления параметрами и преобра- зования энергии ПЗЧ в другие виды; – основы физики твердого тела; принципы ис- пользования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники; методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры и характери- стики, конструкции и области применения; – основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов квантовой и оптической электро- ники, методы их аналитического описания, факторы, определяющие их параметры и характеристики, а также особенности оптических методов передачи и обработки информации | Выполнение и за- щита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для уст- ного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые те- стовые задания (<i>раз- дел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к зачету (<i>раздел 6.</i>). |
| Код и наимено- вание индикато- ра достиже- ния компетен- ции: ПКС-Б.1.1. Спо- собен строить физические и ма- тематические мо- дели моделей, узлов, блоков ПКС-Б.1.2. Спосо- бен пользоваться методами компью- терного моделиро- вания | Уметь: – применять полученные знания при теоретиче- ском анализе, компьютерном моделировании и экспе- риментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; – применять методы расчета параметров и ха- рактеристик, моделирования и проектирования элек- тронных приборов и устройств твердотельной элек- троники и наноэлектроники; – применять полученные знания для объясне- ния принципов работы приборов и устройств оптиче- ской и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации. | Выполнение и за- щита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для уст- ного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые те- стовые задания (<i>раз- дел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к зачету (<i>раздел 6.</i>). |
| | Владеть: – информацией об областях применения и пер- спективах развития приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; – методами экспериментальных исследований параметров и характеристик электронных приборов и устройств твердотельной электроники и наноэлектро- ники, современными программными средствами их моделирования и проектирования; – методами компьютерного проектирования и экспе- риментального исследования микроволновых прибо- ров и устройств; информацией об областях приме- нения и перспективах развития приборов, устройств и методов квантовой и оптической электроники | Выполнение и за- щита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для уст- ного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые те- стовые задания (<i>раз- дел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к зачету (<i>раздел 6.</i>). |

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Кручинин, В.В. Компьютерные технологии в научных исследованиях. [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 56 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/11269>
2. С.В.Поршнева. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MatLab. М.:Горячая линия – Телеком, 2003, 592 с.
3. Ибрагимов И.М., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Основы компьютерного моделирования наносистем. СПб: Лань, 2010, 384 с.
4. Приборно-технологическое проектирование компонентной базы микро и наноэлектроники. / Г. В. Быкадорова, А. Ю. Ткачёв, Е. Н. Бормонтов, Л. А. Битюцкая. Воронеж: Воронежский госуниверситет. 2017.

Дополнительная литература

1. Максимов А.И. Модели и моделирование в научных исследованиях: учеб. пособие по курсу "Методология научных исследований" / Максимов А.И.; 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.
3. www.consultant.ru/ - Справочно-информационная система «Консультант плюс».
4. <http://www.garant.ru/> - Справочно-информационная система «Гарант».

Интернет-ресурсы

1. URL: <http://lib.kbsu.ru/> Библиотека КБГУ.
2. URL: <http://www.garant.ru>. Справочная правовая система «Гарант».
3. URL: <http://www.consultant.ru> Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. http://www.ph4s.ru/book_electronika.html - Образовательный проект А.Н. Варгина
5. URL: <http://www.sciencedirect.com>. Профессиональные поисковые системы. Полнотекстовая база данных ScienceDirect
6. <http://metod.ce.cctpu.edu.ru/edu> - Ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений. Государственные образовательные стандарты. Нормативные документы.
7. <http://www.intuit.ru/departments/> - Бесплатное дистанционное обучение в Национальном Открытом Университете
8. <http://www.citforum.ru> - Публикации и обзоры из области интернет-технологий
9. <http://www.x-sky.ru/ebook>, <http://www.iprbookshop.ru> - электронно-библиотечные системы

10. 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 средств Microsoft Excel, MathCad.
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №129, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учетный номер №14, 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 лекций и учебников.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №129, расположенной по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учетный номер №14. Лаборатория оснащена необходимым программным обеспечением и тренажерами.

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 и лабораторных занятий 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>.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. 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).

11.03.04 – Электроника и наноэлектроника на 20__-20__ учебный год

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

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры
электроники и цифровых информационных технологий,
протокол № _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

_____ / Р.И. Тешев / _____
подпись расшифровка подписи

дата

Приложение 2 Критерии оценки качества освоения дисциплины

| Код компетенции | РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) | КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ | | | | |
|--|---|--|---|---|---|---|
| | | Шкала по традиционной пятибалльной системе | | | | |
| | | недо- пуск | неудовлетвори- тельно | Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет | Продвинутый уро- вень хорошо/ диф. зачет | Высокий уровень от- лично/ диф. зачет |
| | | Шкала по балльно-рейтинговой системе | | | | |
| | | 0 – 35 | 36 – 60 | 61 – 80 | 81 – 90 | 91 – 100 |
| ПКС-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 | Знает: - основные схемотехнические решения, используемые в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физические принципы работы, характеристики и параметры интегральных элементов и компонентов; | Не знает | отсутствие знаний об - основных схемотехнических решениях, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристик и параметров интегральных элементов и компонентов; | неполные знания об - основных схемотехнических решениях, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристик и параметров интегральных элементов и компонентов; | в целом успешные знания об - основных схемотехнических решениях, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристик и параметров интегральных элементов и компонентов; | полностью сформированные знания об - основных схемотехнических решениях, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристик и параметров интегральных элементов и компонентов; |

| | | | | | | |
|---|--|-----------------|---|--|---|---|
| <p>Код и наименование индикатора достижения компетенции:</p> <p>ПКС-Б.1.1. Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков</p> <p>ПКС-Б.1.2. Способен пользоваться методами компьютерного моделирования</p> | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; – применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и нанoeлектроники; – применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации. | <p>Не умеет</p> | <p>отсутствие или частичное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов вакуумной и плазменной электроники; – применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и нанoeлектроники; – применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации. | <p>недостаточное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; – применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и нанoeлектроники; – применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации. | <p>в целом успешное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; – применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и нанoeлектроники; – применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации. | <p>полностью сформированное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств вакуумной и плазменной электроники; – применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования электронных приборов и устройств твердотельной электроники и нанoeлектроники; – применять полученные знания для объяснения принципов работы приборов и устройств оптической и квантовой электроники, а также оптических методов передачи и обработки информации. |
|---|--|-----------------|---|--|---|---|

| Код компетенции | РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) | КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ | | | | |
|--|---|--|---|---|---|---|
| | | Шкала по традиционной пятибалльной системе | | | | |
| | | недопуск | неудовлетворительно | Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет | Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет | Высокий уровень отлично/ диф. зачет |
| | | Шкала по балльно-рейтинговой системе | | | | |
| | | 0 – 35 | 36 – 60 | 61 – 80 | 81 – 90 | 91 – 100 |
| ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности. | Знает: - основные схемотехнические решения, используемые в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физические принципы работы, характеристики и параметры интегральных элементов и компонентов; | Не знает | отсутствие знаний об - основных схемотехнические решения, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристиках и параметрах интегральных элементов и компонентов | неполные знания об - основных схемотехнические решения, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристиках и параметрах интегральных элементов и компонентов | в целом успешные знания об - основных схемотехнические решения, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристиках и параметрах интегральных элементов и компонентов | полностью сформированные знания об - основных схемотехнические решения, используемых в современных цифровых и аналоговых микросхемах различной степени интеграции; - физических принципах работы, характеристиках и параметрах интегральных элементов и компонентов |

| | | | | | | |
|---|---|-----------------|--|---|--|--|
| <p>Код и наименование индикатора достижения компетенции: ОПК-Б.1.1 Способен определить математический аппарат для решения задач инженерной деятельности.</p> <p>ОПК-Б.1.2 Способен использовать теоретические знания в области естественных наук для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять современные методы расчета и определения основных характеристик и параметров микро-схем; - использовать справочный аппарат по выбору цифровых и аналоговых интегральных микросхем для разработки устройств электронной техники; -разрабатывать электронные устройства с использованием современных средств схемотехнического проектирования электронной аппаратуры; | <p>Не умеет</p> | <p>отсутствие или частичное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять современные методы расчета и определения основных характеристик и параметров микро-схем; - использовать справочный аппарат по выбору цифровых и аналоговых интегральных микросхем для разработки устройств электронной техники; -разрабатывать электронные устройства с использованием современных средств схемотехнического проектирования электронной аппаратуры; | <p>недостаточное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять современные методы расчета и определения основных характеристик и параметров микро-схем; - использовать справочный аппарат по выбору цифровых и аналоговых интегральных микросхем для разработки устройств электронной техники; -разрабатывать электронные устройства с использованием современных средств схемотехнического проектирования электронной аппаратуры; | <p>в целом успешное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять современные методы расчета и определения основных характеристик и параметров микро-схем; - использовать справочный аппарат по выбору цифровых и аналоговых интегральных микросхем для разработки устройств электронной техники; -разрабатывать электронные устройства с использованием современных средств схемотехнического проектирования электронной аппаратуры; | <p>полностью сформированное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять современные методы расчета и определения основных характеристик и параметров микро-схем; - использовать справочный аппарат по выбору цифровых и аналоговых интегральных микросхем для разработки устройств электронной техники; -разрабатывать электронные устройства с использованием современных средств схемотехнического проектирования электронной аппаратуры; |
|---|---|-----------------|--|---|--|--|

| | | | | | | |
|---|--|-------------------|---|--|---|---|
| <p>ОПК-Б.1.3 Способен применять фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы для решения задач в области профессиональной деятельности</p> | <p>Владеет: навыками, приемами, средствами решений инженерных задач по схемотехническому проектированию электронной аппаратуры; схемотехническими проектированиями для решения инженерных задач при создании узлов РЭА и ВТ, в перспективных направлениях развития элементной базы интегральных микросхем, в использовании конкретных САПР для создания электронной аппаратуры с требуемыми параметрами.</p> | <p>Не владеет</p> | <p>отсутствие или частичное владение навыками, приемами, средствами решений инженерных задач по схемотехническому проектированию электронной аппаратуры; схемотехническими проектированиями для решения инженерных задач при создании узлов РЭА и ВТ, в перспективных направлениях развития элементной базы интегральных микросхем, в использовании конкретных САПР для создания электронной аппаратуры с требуемыми параметрами.</p> | <p>недостаточное владение навыками, приемами, средствами решений инженерных задач по схемотехническому проектированию электронной аппаратуры; схемотехническими проектированиями для решения инженерных задач при создании узлов РЭА и ВТ, в перспективных направлениях развития элементной базы интегральных микросхем, в использовании конкретных САПР для создания электронной аппаратуры с требуемыми параметрами.</p> | <p>в целом успешное владение навыками, приемами, средствами решений инженерных задач по схемотехническому проектированию электронной аппаратуры; схемотехническими проектированиями для решения инженерных задач при создании узлов РЭА и ВТ, в перспективных направлениях развития элементной базы интегральных микросхем, в использовании конкретных САПР для создания электронной аппаратуры с требуемыми параметрами.</p> | <p>полностью сформированное владение навыками, приемами, средствами решений инженерных задач по схемотехническому проектированию электронной аппаратуры; схемотехническими проектированиями для решения инженерных задач при создании узлов РЭА и ВТ, в перспективных направлениях развития элементной базы интегральных микросхем, в использовании конкретных САПР для создания электронной аппаратуры с требуемыми параметрами.</p> |
|---|--|-------------------|---|--|---|---|