

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление.....	3
1. Общие положения.....	4
2. Организация курсового проектирования	4
3. Структура и содержание пояснительной записки курсовой работы	5
3.1. Общие требования.....	5
3.2. Специальные требования.....	8
4. Оформление пояснительной записки курсовой работы	30
5. Защита курсовой работы.....	33
Приложение А	36
Приложение Б.....	37
Приложение В	38
Приложение Г.....	39
Приложение Д	40

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящие методические указания разработаны на основе Инструкции по организации и проведению курсового проектирования (СМКО МИРЭА 7.5.1/04.И.05-18) с учетом Рекомендаций по оформлению письменных работ обучающихся по образовательным программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (СМКО МИРЭА 7.5.1/03.П.69-16).

Курсовая работа представляет собой творческую, самостоятельную работу обучающихся под руководством преподавателя. Основной целью курсовой работы является формирование и закрепление полученных обучающимся в рамках теоретического обучения компетенций путём практического использования знаний, умений и навыков, а также выработка самостоятельного творческого подхода к решению конкретных профессиональных задач.

Основными целями курсовой работы являются:

- ✓ систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- ✓ углубление теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- ✓ формирование умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- ✓ формирование умений использовать справочную литературу;
- ✓ развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- ✓ подготовка к государственной итоговой аттестации.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовая работа выполняется лично студентом под руководством преподавателя. Руководителем курсовой работы, как правило, является преподаватель, ведущий данную дисциплину. Руководителем также может быть преподаватель, ведущий практические занятия или иной преподаватель кафедры.

Руководитель курсовой работы:

- ♦ разрабатывает темы задания на курсовую работу в соответствии с решением кафедры;
- ♦ устанавливает (конкретизирует) требования к содержанию и объему курсовой работы на основе настоящих методических указаний «Инструкции по организации и проведению курсового проектирования» (СМКО МИРЭА 7.5.1/04.И.05-18) и доводит их до сведения студентов при выдаче заданий на курсовую работу;

- ♦ определяет основные направления деятельности обучающихся по выполнению курсовой работы в соответствии с заданиями;
- ♦ осуществляет контроль за процессом курсового проектирования и консультирование обучающегося по вопросам выполнения курсовой работы в соответствии с расписанием, утверждаемым заведующим кафедрой или по составленному совместно с обучающимся графику индивидуальных консультаций.

Обучающийся имеет право выбора темы курсовой работы из списка, предложенного кафедрой. Обучающийся может предложить свою тему при условии обоснования ее целесообразности и утверждения на кафедре. Темы курсовых работ обучающихся должны быть определены не позднее пяти недель с начала соответствующего семестра.

Студент несет полную ответственность за самостоятельность выполнения и достоверность результатов курсовой работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Общие требования

Курсовая работа как письменная теоретическая работа должна иметь следующую структуру:

- ♦ титульный лист (Приложение А);
- ♦ задание на курсовую работу (Приложение Б);
- ♦ протокол защиты курсовой работы (Приложение В);
- ♦ содержание (оглавление);
- ♦ введение;
- ♦ основная часть (главы, разделы), требования к содержанию основной части и делению ее на главы (разделы) различаются в зависимости от учебной дисциплины – см. раздел 3.2. Специальные требования;
- ♦ заключение;
- ♦ список используемой литературы (источников), см. Приложение Д;
- ♦ приложения (при необходимости).

титульный лист

На титульном листе приводятся данные о теме, авторе, научном руководителе и учебном предмете, в рамках которого выполнена работа. Также указыва-

ется название кафедры и института. Типовая форма титульного листа приведена в Приложение А. Все данные на титульном листе, за исключением подписей, должны быть напечатаны.

задание на курсовую работу

В задании на курсовую работу указывается название дисциплины, тема курсовой работы, данные об ее авторе. Обязательно заполняются исходные данные и перечень вопросов, подлежащих разработке в рамках выполнения курсовой работы – конкретные требования зависят от учебной дисциплины и отражены в п. 3.2 настоящих методических указаний. Типовая форма задания приведена в Приложение Б. Все данные в листе задания, за исключением подписей и дат, должны быть напечатаны.

протокол защиты курсовой работы

В бланке протокола защиты (см. Приложение В) необходимо впечатать полные фамилию, имя и отчество студента, номер его (её) учебной группы, название учебной дисциплины и тему курсовой работы. Преподаватель делает пометки в протоколе от руки.

содержание (оглавление)

Содержание курсовой работы должно включать все разделы и пронумерованные подразделы с указанием страниц. Удобно оформить содержание, используя автоматическое формирование, обеспечиваемое текстовыми редакторами (в случае, если текст структурирован с выделением заголовков) или же сделать вручную в формате таблицы (использовать невидимые границы). Рекомендуется формировать содержание после написания работы, когда ее структура станет окончательной.

введение

Во введении необходимо отметить актуальность проводимого в курсовой работе исследования (расчетов и т.д.). Определить цели и задачи курсовой работы. Цель представляет собой результат, которого должен достичь автор при написании работы. Задачи – это конкретные действия, которые необходимо выполнить для достижения цели. Перечислить разделы, из которых состоит курсовая работа – по сути, развернутый план. Обратите внимание, что поставленные во введении задачи должны найти решение в заключении. Поэтому, несмотря на то что введение следует сразу же за содержанием, то есть является началом курсовой работы, рекомендуется писать его уже после завершения основной части курсовой работы.

основная часть

Основная часть состоит из одного или нескольких, обычно не более трех, разделов. Каждый из разделов освещает решение определенной задачи, обозначенной во введении, поэтому количество глав должно соответствовать числу заявленных задач. Число разделов и их содержание отличаются для различных учебных предметов и изложены в разделе 3.2 настоящих методических указаний.

заключение

Заключение — итог курсовой работы. Заключение должно быть кратким. Оно демонстрирует умение автора делать выводы, структурировать информацию, выбирать только главное из проделанной работы. В этой части должны быть представлены результаты по заявленным во введении целям и задачам, собственные выводы и рекомендации автора.

список используемой литературы

В тексте пояснительной записки курсовой работы автор обязан приводить ссылки на все цитируемые и заимствованные материалы (например, табличные величины, справочные материалы, ГОСТы и др.), результаты исследований и разработок, идеи, гипотезы, суждения и прочие результаты, полученные другими исследователями. Источниками информации могут служить любые публикации в периодической печати, учебники, монографии, Интернет-издания, сайты производителей оборудования, патенты и др. Сведения об использованных источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления). Примеры оформления некоторых ссылок можно посмотреть в Приложение Д.

приложения

В приложения могут и должны быть вынесены:

- промежуточные теоретические выкладки и преобразования большого объема, приведение которого в основной части нецелесообразно;
- описание методик, разработанных в ходе выполнения работы;
- описание параметров аппаратуры и приборов, применяемых при проведении исследований, описание режимов работы приборов и устройств;
- компьютерные программы;
- чертежи, конструкторская и технологическая документация;
- дополнительная информация или данные, полученные в ходе выполнения работы, но выходящие за рамки ее целей и задач.

Основополагающий принцип изложения материалов курсовой работы – точность научного языка, исключающая неоднозначность восприятия и интерпретации описываемых проблем, решаемых задач и полученных результатов. Работа должна быть написана грамотным литературным языком с применением лексики, принятой в научном сообществе, узаконенных терминов, определений и единиц измерения физических величин. Все единицы измерения указываются в системе СИ. Особое внимание следует уделять фрагментам, переведенным с иностранного языка при помощи программ-переводчиков. В настоящее время не существует программ, обеспечивающих достаточное качество при переводе на русский язык, поэтому такие фрагменты требуют дополнительной работы с текстом и проверки терминологии. Изложение материала в тексте должно быть строгим, лаконичным, ясным, должно быть лишено эмоциональной окраски и субъективного восприятия представленных результатов. В научных публикациях принято использовать безличные обороты, без стилистических украшений, метафор, анекдотов и других средств эмоциональной окраски текста. Недопустимо использование в тексте местоимений первого лица единственного числа.

Рекомендуемый объем пояснительной записки курсовой работы 15 – 40 страниц.

3.2. Специальные требования

Кроме общих требований, к структуре и содержанию могут предъявляться специальные требования, зависящие от специфики дисциплины, в рамках которой выполняется курсовая работа. Согласно учебным планам (2022/2023 учебный год) на кафедре наноэлектроники обучающиеся выполняют курсовые работы по следующим дисциплинам:

Курс	Семестр	Бакалавриат		Магистратура		
		11.03.04	28.03.01	11.04.04		28.04.01
		НЭ ¹⁾	ФТНС ²⁾	ТУМНЭ ³⁾	EMMITRES ⁴⁾	ФТНС ⁵⁾
1	1					
	2			3.2.1	3.2.5 или 3.2.11	3.2.8 или 3.2.9
2	3	3.2.15	3.2.14	3.2.10	3.2.3	3.2.12
	4	3.2.2	3.2.2			
3	5	3.2.4	3.2.4	-----	-----	-----
	6	3.2.13	3.2.13	-----	-----	-----
4	7	3.2.7	3.2.6	-----	-----	-----
	8			-----	-----	-----

¹⁾ НЭ – профиль «Наноэлектроника» в рамках направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и

наноэлектроника»;

2) ФТНС – профиль «Физика и технологии наносистем» в рамках направления подготовки бакалавров 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»;

3) ТУМНЭ – магистерская программа «Технологии и устройства микро- и наноэлектроники» в рамках направления подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»;

4) EMMITRES – магистерская программа «Engineering of modern materials for information technology, renewable energy and sensing» («Разработка современных материалов для устройств информационных технологий, возобновляемых источников энергии и сенсорики») в рамках направления подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»;

5) ФТНС – магистерская программа «Физика и технологии наносистем» в рамках направления подготовки магистров 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

3.2.1. Интегральная электроника

Курсовая работа по предмету «Интегральная электроника» выполняется во 2 семестре 1-го курса студентами, обучающимися по магистерской программе «Технологии и устройства микро- и нано-электроники» в рамках направления подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. Поэтому в задании на курсовую работу в графе «Исходные данные» необходимо указать номер варианта и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта.

В теоретическом разделе необходимо подробно рассмотреть теоретические вопросы темы курсовой работы с выводом формул и примерами. Перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта, является примерным его можно и необходимо расширить.

Практическая часть курсовой работы представляет собой подробное решение поставленной задачи. В рамках решения должны быть получены соответствующие результаты, а также описаны методики позволивший получить данные результаты. Если требовалось заданием, должны быть построены графики зависимостей. По результатам необходимо сделать выводы.

Примерные темы курсовых работ:

- Расчет параметров и характеристик полевого транзистора с изолированным затвором и встроенным каналом.
- Расчет параметров и характеристик полевого транзистора с индуцированным каналом.
- Методы увеличения напряжения лавинного пробоя р-п переходов.
- Зависимость параметров полупроводниковых диодов от температуры.
- Методы увеличения подвижности носителей заряда в канале МОП

транзистора.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

3.2.2. *Квантовая механика и статистическая физика*

Курсовая работа по предмету «Квантовая механика и статистическая физика» выполняется в 4 семестре 2-го курса студентами, обучающимися по направлениям подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. Исходя из этого в графе «Исходные данные» указывается номер варианта и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов теоретической части из соответствующего варианта.

В теоретической части нужно максимально подробно рассмотреть вопросы теории, с пошаговым выводом формул и примерами. Данный раздел курсовой работы может быть проверен через систему «Антиплагиат» с целью отсутствия заимствований без Вашей творческой переработки их. При этом изложение теоретической части должно быть цельным и слитным, т.е. единым текстом с полным ответом на вопросы задания.

Практическая, часть курсовой работы – это подробное решение задачи. Все формулы должны быть тщательно выведены, а графики, если необходимы, - аккуратно построены. Проведено подробное обсуждение и сделаны чёткие выводы по проделанной работе.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не завершённой и получает оценку «неудовлетворительно».

3.2.3. *Квантовые материалы и квантовые операции для информационных технологий (Quantum materials and quantum operation for information technologies)*

Курсовая работа по предмету «Квантовые материалы и квантовые операции для информационных технологий» выполняется в 3 семестре 2-го курса студентами, обучающимися в рамках магистерской программы «Engineering of modern materials for information technology, renewable energy and sensing» («Разработка современных материалов для устройств информационных технологий, возобновляемых источников энергии и сенсорики») направления подготовки

11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника».

Курсовая работа состоит из двух частей.

Первая часть посвящена основам квантовых вычислений и содержит задачу, которая должна быть предварена соответствующим теоретическим введением. Вторая часть посвящена физическим принципам функционирования квантового компьютера на основе заданного материала и содержит как описательную, так и расчетную части.

Литературу по каждой из выданных тем студенты получают у преподавателя.

Примерные темы курсовых работ:

1. Физические принципы функционирования квантового компьютера на основе NV-алмаза. Расчет двухфотонных состояний с перепутанной поляризацией.
2. Физические принципы функционирования квантового компьютера на Джозефсоновских переходах. Расчет основных характеристик.
3. Физические принципы функционирования квантового компьютера на спиновых системах. Расчет основных характеристик.
4. Взаимодействие электромагнитного излучения с двухуровневой системой.

Образцы задач для первой части курсовой работы:

♦ Кубитовое преобразование Фурье называется квантовым преобразованием Фурье (Quantum Fourier Transform-QFT). Выписать, во что обратное квантовое преобразование Фурье переводит произвольный базисный вектор. Выписать матрицу прямого и обратного квантового преобразования Фурье.

♦ Написать общий вид матрицы плотности $\rho_\Psi = |\Psi\rangle\langle\Psi|$ состояния $|\Psi\rangle$ n кубитов. Какой смысл имеют диагональные элементы этой матрицы?

♦ Пусть $|\Psi\rangle$ - состояние двух кубитов. Написать его общий вид. Написать, как будет выглядеть матрица плотности ρ_1 смешанного состояния первого кубита после измерения второго. Доказать, что ρ_1 является матрицей плотности чистого состояния тогда и только тогда, когда состояние $|\Psi\rangle$ было не запутанным.

3.2.4. Методы диагностики и анализа микро- и наносистем

Курсовая работа по предмету «Методы диагностики и анализа микро- и наносистем» выполняется в 5 семестре 3-го курса студентами, обучающимися по направлениям подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Цель курсовой работы – моделирование полного цикла исследования, направленного на решение поставленной научной задачи и включающего:

- а) обоснование используемых методов на основе проработки литературы,
- б) обоснование ожидаемого результата,
- с) обоснование закупки оборудования для планируемых экспериментов с учетом требуемой точности получения результата.

В каждой курсовой работе имеются две части: теоретическая и экспериментально-методическая.

I. Теоретическая часть.

В теоретической части содержатся по два вопроса. Для каждого вопроса следует привести, как минимум, два примера из научных источников (отличающихся от примеров в лекциях).

II. Экспериментально-методическая часть.

Для решения экспериментальной задачи по характеристике заданных материалов (образцов), описанных в каждом варианте, необходимо описать оборудование, которое потребуется для решения этой задачи, его характеристики, метод исследования, экспериментальные зависимости, которые будут получены и расчеты, которые требуется выполнить. Полученный результат следует записать с погрешностью метода. Оборудование конкретного производителя с необходимыми для задачи характеристиками следует найти на сайте производителя.

Содержание курсовой работы

- Теоретическую часть, содержащую краткие и четкие ответы на вопросы задания: отступление от темы не допускается;

- Экспериментально-методическая часть, выполняется по следующему плану:

1. Постановка задачи
2. Описание объекта исследования
3. Описание основного используемого метода
 - а) Название метода
 - б) Физическая сущность метода
 - с) Материалы, к которым применяется метод
 - д) Параметры, получение которых обеспечивается методом
 - е) Требования к масштабу измеряемых величин
4. Описание экспериментальной установки
 - а) Выбор оборудования

- б) Описание отдельных узлов экспериментальной установки
5. Ожидаемые экспериментальные результаты
 6. Методы обработки ожидаемых экспериментальных результатов
 7. Заключение

В соответствии с основными разделами курса студенты могут выбрать одну из трех тем:

ЭМ – Методы электронной микроскопии-спектроскопии;

СЗМ – Сканирующая зондовая микроскопия;

ОМ – Оптические методы диагностики и анализа микро- и наноструктур.

Необходимо выбрать тему курсовой работы из трех (ЭМ, СЗМ, ОМ).

Далее необходимо выбрать номер варианта, относящегося к выбранной теме. Варианты не пересекаются! Это означает, что каждая пара студент – вариант уникальна. Обладателем каждого уникального варианта является первый студент, выбравший вариант.

В соответствии с темой курсовой работы и конкретной задачей студент ищет литературу по базам данных

<https://www.elibrary.ru/defaultx.asp?>,

<https://journals.ioffe.ru>,

<https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru>,

а также в любых поисковиках по ключевым словам. В случае существенных затруднений в поиске литературы следует обратиться к преподавателю.

Примерные темы курсовой работы:

ЭМ

- Классификация методов исследования материалов и структур с использованием электронных пучков. Примеры.
- Подготовка образцов для ПЭМ. Примеры.
- Необходимо определить толщины слоев и шероховатость внутренних границ раздела в гетероструктуре $10\times(\text{GaAs}/\text{AlGaAs})$ на подложке кремния.

СЗМ

- Особенности атомно-силовых микроскопов. различных производителей. Характеристики. Примеры использования.
- Влияние колебательных характеристик кантилевера на качество изображения. Выбор режима колебаний кантилевера для получения изображений в различных модах работы АСМ.
- Необходимо зарегистрировать реконструкцию поверхности кремния (111).

ОМ

- Спектральные методы диагностики наноструктур: эллипсометрия. Физический принцип работы, оптические схемы.

- Интерферометрия для in-situ диагностики толщины пленки в процессе осаждения. Оборудование. Примеры.

- Необходимо измерить поглощение структур, используемых в фотовольтаике и образованных вертикальными наностержнями InP различной длины на подложке.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

3.2.5. *Моделирование в среде Комсол мультифизикс (Simulation using COMSOL Multiphysics)*

Курсовая работа по предмету «Моделирование в среде Комсол мультифизикс» выполняется в 2 семестре 1-го курса студентами, обучающимися в рамках магистерской программы «Engineering of modern materials for information technology, renewable energy and sensing» («Разработка современных материалов для устройств информационных технологий, возобновляемых источников энергии и сенсорики») направления подготовки 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. В задании на курсовую работу в графе «Исходные данные» необходимо указать номер варианта и численные значения исходных параметров задачи, а также заданные параметры модели. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта.

В теоретическом разделе необходимо подробно рассмотреть теоретические вопросы, лежащие в основе методики моделирования, которую планируется применять, а также вопросы принципов работы устройства или элемента, модель которого будет исследоваться. Перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта, является примерным его можно и необходимо расширить. Этот раздел курсовой работы также должен быть написан самостоятельно – возможна проверка через систему «Антиплагиат» с целью проверки копирования чужих материалов без Вашей творческой переработки их.

Несмотря на то, что перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта – это, как правило, разрозненный набор тем,

изложение должно быть плавным и слитным. Это должен быть единый текст, в рамках которого даются ответы в том числе и на поставленные в задании вопросы, а также прослеживается логическая связь со следующей частью.

Вторая, практическая, часть курсовой работы представляет собой подробное решение поставленной задачи. В данной части должны быть подробно описаны этапы проведения моделирования, представлены скриншоты построенной 2D/3D модели, скриншоты полученной конечно-элементной сетки с описанием её параметров, а также описаны параметры материалов, использованные при моделировании и параметры настроек решателя (если проводились параметрические расчеты или расчеты во временной области). Если требовалось заданием, должны быть построены графики зависимостей или картины распределения требуемого параметра по объему/поверхности исследуемого объекта или проведена дополнительная обработка полученных результатов. По результатам необходимо сделать выводы о поведении исследуемого объекта в заданных условиях в рамках модели.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

3.2.6. *Моделирование и проектирование микро- и наносистем*

Курсовая работа по предмету «Моделирование и проектирование микро- и наносистем» выполняется в 7 семестре 4-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки бакалавров 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» в рамках профиля «Физика и технологии наносистем».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. Поэтому в задании на курсовую работу в графе «Исходные данные» необходимо указать номер варианта и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта.

В теоретическом разделе необходимо подробно рассмотреть теоретические вопросы, приближенные к теме курсовой работы в рамках дисциплины. Перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта, является примерным его можно и необходимо расширить. Этот раздел курсовой работы также должен быть написан самостоятельно – возможна проверка через систему «Антиплагиат» с целью проверки копирования чужих материалов без Вашей творческой переработки их.

Несмотря на то, что перечень вопросов для рассмотрения в теоретической

части, данный в условии варианта – это, как правило, разрозненный набор тем, изложение должно быть плавным и слитным. Это должен быть единый текст, в рамках которого даются ответы в том числе и на поставленные в задании вопросы, а также прослеживается логическая связь со следующей частью.

Вторая, практическая, часть курсовой работы представляет собой подробное решение поставленной задачи. В рамках решения должны быть получены соответствующие результаты, а также описаны методики и инструментарий, позволивший получить данные результаты. Если требовалось заданием, должны быть построены графики зависимостей или картины распределения требуемого параметра по объему/поверхности исследуемого объекта. По результатам необходимо сделать выводы о поведении исследуемого объекта в заданных условиях.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

3.2.7. Моделирование и проектирование элементов электронной компонентной базы

Курсовая работа по предмету «Моделирование и проектирование элементов электронной компонентной базы» выполняется в 7 семестре 4-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» в рамках профиля «Нанoeлектроника».

Цель работы - освоение профессиональной среды автоматизированного проектирования цифровых схем и совершенствование навыков разработки электронных устройств. В том числе: освоение на практике простых и наглядных примеров самостоятельной разработки устройств на основе серийно выпускаемых полупроводниковых приборов и интегральных схем, совершенствование навыков создания модели конструкции и расчета электрофизических характеристик полевого транзистора на основе наноструктуры, совершенствование навыков создания модели конструкции и моделирования микроэлектромеханических систем и др.

В ходе выполнения работы необходимо:

- ♦ Используя соответствующую заданию профессиональную среду проектирования создать и выполнить создать проект моделирования.
- ♦ Провести расчеты для определения характерных параметров устройства.
- ♦ Вывести результаты расчетов

- ♦ Оформить пояснительную записку.

Примерные темы курсовых работ:

- Приоритетный шифратор для 16-ти разрядного цугового ЦАП.
- Сдвиговый регистр с линейной обратной связью.
- Счетчик Джонсона.
- Сумматор с ускоренным переносом на 4 разряда.
- 16-ти разрядный сумматор с пропуском переноса.
- Резистивный РЧ переключатель с консольной балкой.
- Биметаллический тепловой приемник излучения.
- Моделирование выходных характеристик триака.
- Моделирование схемы с семистором.

3.2.8. Моделирование материалов и элементов микро- и наносистемной техники

Курсовая работа по предмету «Моделирование материалов и элементов микро- и наносистемной техники» выполняется во 2 семестре 1-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки магистров 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» в рамках профиля «Физика и технологии наносистем».

Цель работы - освоение профессиональной среды моделирования структуры и свойств наноматериалов и совершенствования навыков исследования наноматериалов. В том числе: выбор задач, решаемых методами компьютерного моделирования; выбор адекватного метода моделирования; анализ получаемой в результате моделирования информации и области ее применимости; выбор потенциалов межатомного взаимодействия для моделей разного типа; оценка точности получаемых результатов; выбор пакета программ для моделирования различных материаловедческих задач; ограничения, накладываемые на моделирование существующим компьютерным оборудованием и др.

В ходе выполнения работы необходимо:

- ♦ Используя соответствующую заданию профессиональную задачу моделирования выбрать подходящий для ее решения метод моделирования.
- ♦ Выбрать необходимые для моделирования задачи исходные данные.
- ♦ Обсудить результаты, которые могут быть получены в результате расчетов и пределы их применимости.
- ♦ Написать отчет.

Примерные темы курсовых работ:

- Расчет взаимодействия внедренных атомов в твердом растворе внедрения.
- Расчет атомной структуры границ зерен разной ориентации в ГЦК кристаллической решетке.
- Моделирование атомной структуры в упорядоченном твердом растворе кислорода в тантале.
- Термодинамика твердого раствора внедрения кислорода в ванадии.
- Моделирование релаксации Снука в растворе Nb-O.
- Моделирование релаксации Финкельштейна-Розина.

3.2.9. Моделирование структуры и свойств материалов

Курсовая работа по предмету «Моделирование структуры и свойств материалов» выполняется во 2 семестре 1-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки магистров 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» в рамках профиля «Физика и технологии наносистем».

Цель работы - освоение моделирования структуры и свойств материалов и совершенствования навыков исследования наноматериалов. В том числе: выбор задач, решаемых методами компьютерного моделирования; выбор адекватного метода моделирования; анализ получаемой в результате моделирования информации и области ее применимости; выбор потенциалов межатомного взаимодействия для моделей разного типа; оценка точности получаемых результатов; выбор пакета программ для моделирования различных материаловедческих задач; ограничения, накладываемые на моделирование существующим компьютерным оборудованием и др.

В ходе выполнения работы необходимо:

- ♦ Используя соответствующую заданию профессиональную задачу моделирования выбрать подходящий для ее решения метод моделирования.
- ♦ Выбрать необходимые для моделирования задачи исходные данные.
- ♦ Обсудить результаты, которые могут быть получены в результате расчетов и пределы их применимости.
- ♦ Написать отчет.

Примерные темы курсовых работ:

- Определение методами моделирования термодинамических параметров твердого раствора внедрения кислорода в тантале.
- Расчет взаимодействия внедренных атомов в твердом растворе внедрения.

- Расчет атомной структуры границ зерен разной ориентации в ОЦК кристаллической решетке.
- Моделирование температурной зависимости параметров диффузии кислорода в палладии.
- Моделирование атомной структуры в упорядоченном твердом растворе кислорода в тантале.
- Моделирование релаксации Снука в растворе Nb-O.
- Моделирование релаксации Финкельштейна-Розина в аустенитных сталях.

3.2.10. Перспективные технологии микро- и нанoeлектроники

Курсовая работа по предмету «Перспективные технологии микро- и нанoeлектроники» выполняется в 3 семестре 2-го курса студентами, обучающимися по магистерской программе «Технологии и устройства микро- и нанoeлектроники» в рамках направления подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника». Целью работы является получение практических навыков самостоятельного исследования в области современных технологий, материалов и методов анализа их свойств. Экспериментальная часть работы как правильно выполняется в научно-образовательном центре «Технологический центр» РТУ МИРЭА (<https://www.mirea.ru/about/the-structure-of-the-university/scientific-structural-unit/scientific-educational-center-technological-center/>). В НОЦ «Технологический центр» имеется современное специализированное оборудование, в том числе: химическая лаборатория для работы с металлоорганическими соединениями высокой степени чистоты, технологический участок с локальной чистой зоной (установка для нанесения пленок методом центрифугирования Laurell, установка Hotplate/Coolplate, диффузионные печи, установка быстрого термического отжига, установка атомно-слоевого осаждения), измерительное оборудование (многофункциональный комплекс для измерения и анализа электрофизических характеристик MDC, система измерений электрофизических характеристик сегнетоэлектрических материалов aixACST, ИК-Фурье спектрометр, многоволновая эллипсометрическая система). По согласованию с преподавателем возможно выполнение курсовой работы в других научных лабораториях кафедры «Нанoeлектроника» или внешних институтах и предприятиях. В отдельных случаях, если студент не может в силу определенных обстоятельств посещать лаборатории, работа выполняется с использованием литературных источников и ресурсов сети интернет.

Задание на курсовую работу выбирается студентом из списка заданий, предлагаемого преподавателем на первых занятиях по данной дисциплине. Данный список ежегодно корректируется, отражая возможности материально-технической базы и актуальные направления выполняемых научных исследований. Ниже приведен примерный ориентировочный перечень тем для курсовой работы в 3 семестре.

Тематика курсовых работ, выполняемых в НОЦ «Технологический центр»:

- Пленкообразующие растворы для получения пленок органосиликаных стекол. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по золь-гель методу формирования тонких пленок. Расчет серии пленкообразующих растворов для получения тонких пленок метил-модифицированных силикатов с изменяемым числом терминальных метильных групп. Раствор формируется путем согидролиза тетраметоксисилана (ТЭОС) и метилтриэтоксисилана (МТЭОС) в органическом растворителе. Содержание МТЭОС: 0, 20, 40, 60, 80, 100 об.%. Расчет объема исходных прекурсоров и соотношения числа метильных групп к атомам кремния по мольному отношению воды (кислоты) к исходным спиртозаместителям и содержанию твердой фазы. Провести синтез пленкообразующих растворов, нанесение, сушку и отжиг пленок. Провести измерения толщины, усадки толщины, показателя преломления, ИК-спектров. Оценить, как будут изменяться свойства формируемых пленок при увеличении доли МТЭОС.

- Эллипсометрический контроль тонких пленок. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по эллипсометрии и технологиям диэлектрических пленок. Расчет и модельная обработка данных эллипсометрических измерений тонких пленок. Проведение измерений серии образцов, полученных из различных пленкообразующих растворов. Построение и анализ зависимостей толщины, показателя преломления и усадки пленок при термообработке в зависимости от состава. Выводы по изменению основных параметров пленок в зависимости от состава пленкообразующего раствора с анализом возможных механизмов.

- Контроль диэлектрических тонких пленок на кремнии методом вольт-фарадных характеристик. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по методу вольт-фарадных характеристик и технологиям получения диэлектрических пленок. Расчет и модельная обработка данных измерений высокочастотных (частота тестового сигнала 100 – 500 кГц) вольт-фарадных характеристик тонких пленок различного состава и структуры. Анализ зависимостей диэлектрической проницаемости, фиксированного заряда, подвижного заряда, плотности поверхностных состояний от состава и структуры пленок. Выводы по меха-

низмам изменения электрических параметров тонких пленок.

- Контроль состава органосиликатных пленок на кремниевых подложках методом ИК-спектроскопии. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по ИК-спектроскопии и технологиям формирования органосиликатных пленок. Расшифровка ИК-спектров тонких диэлектрических пленок. Указать характерные линии поглощения и отнести к типам колебательных движений. Провести сравнительный анализ характерных спектров для пленок различного состава и внутренней структуры. Сделать выводы о возможности применения пленок данного состава в технологии микроэлектронного производства.

- Контроль структуры диэлектрических тонких пленок на кремниевых подложках методом ИК-спектроскопии. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по ИК-спектроскопии и технологиям диэлектрических пленок. Проведение исследований методом ИК-спектроскопии. Коррекция базовой линии. Проведение деконволюции основного и других анализируемых пиков. Провести сравнительный анализ характерных спектров для пленок различного состава и внутренней структуры. Сделать выводы о возможности применения пленок данного состава в технологии микроэлектронного производства.

- Исследование процесса гидрофобизации пористых органосиликатных пленок. Задание на курсовую работу: провести анализ литературных источников в области постфункциональной обработки пористых low-k диэлектриков. Исследовать влияние паров гексаметилдисилазана (HMDS) на пористую органосиликатную пленку с мостиковыми (метиленовыми, этиленовыми или фенилиденными) группами. Провести анализ изменений спектров поглощения с оценкой гидрофобности пленки. Провести анализ влияния обработки low-k диэлектрика в парах HMDS на электрофизические параметры путем проведения измерений зависимостей емкости структуры от напряжения $C(V)$ и частоты $C(f)$. Сделать выводы об эффективности постфункциональной обработки пористых органосиликатных пленок с мостиковыми углеродными группами в парах HMDS.

- Формирование тонких пленок диоксида титана методом атомно-слоевого осаждения. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по атомно-слоевому осаждению и особенностям формирования пленок диоксида титана. Провести осаждение пленок при различном числе циклов осаждения. Провести измерения толщины, показателя преломления, емкости, ИК-спектров. Провести отжиг пленок в диапазоне 200 – 800°C. Построить графики изменения основных характеристик пленок. Сделать выводы о механизмах осаждения и структурных изменениях при отжиге пленок.

Тематика курсовых работ для самостоятельного выполнения:

- Методы осаждения тонких пленок в микроэлектронном производстве. Задание на курсовую работу: по результатам анализа патентной, производственной и научной литературы составить таблицу методов осаждения тонких пленок, используемых в полупроводниковом производстве. Для каждого метода указать место в технологической карте изготовления КМОП ИС, осаждаемые материалы, температурный диапазон и другие технологические факторы (воздействие плазмы, УФ и пр.), литературный источник. Сделать выводы о применимости процесса в FEOL и BEOL производственных циклах.

- Метод химического осаждения из растворов. Задание на курсовую работу: по результатам анализа патентной, производственной и научной литературы составить таблицу возможных материалов, исходных пре-курсоров, химических реакций, особенностей структуры и электрических параметров, места в технологии микроэлектроники. Сделать выводы о сфере применимости метода в микроэлектронном производстве.

- Метод химического осаждения из газовой фазы. Задание на курсовую работу: по результатам анализа патентной, производственной и научной литературы составить таблицу возможных материалов, исходных прекурсоров, химических реакций, особенностей структуры и электрических параметров, места в технологии микроэлектроники. Сделать выводы о сфере применимости метода в микроэлектронном производстве.

- Метод атомно-слоевого осаждения. Задание на курсовую работу: по результатам анализа патентной, производственной и научной литературы составить таблицу возможных материалов, исходных прекурсоров, химических реакций, особенностей структуры и электрических параметров. Сделать выводы о сфере применимости метода в микроэлектронном производстве.

- Сегнетоэлектрики в электронике. Задание на курсовую работу: по результатам анализа патентной, производственной и научной литературы составить таблицу сегнетоэлектрических материалов, методов формирования, особенностей структуры и электрических параметров, литературного источника. Сделать выводы о сферах применения сегнетоэлектриков в современном микроэлектронном производстве. Оценить возможные перспективы их применения, проанализировать задачи, которые необходимо решить.

Пример тематики курсовой работы для выполнения в другой лаборатории или организации:

- Формирование тонких пленок вольфрама методом магнетронного напыления. Задание на курсовую работу: аналитический обзор по методам магнетронного напыления в вакууме и методам формирования пленок вольфрама в технологии микроэлектроники. Провести осаждение пленок при различных параметрах технологического процесса (указать конкретно каких). Провести измерения толщины, проводимости, и иных параметров (указать конкретно каких). Построить зависимости основных характеристик пленок от параметров процесса осаждения (указать конкретно). Сделать выводы о механизмах осаждения и характеристиках пленок. Оценить возможность применения в технологических процессах микроэлектронного производства.

Курсовая работа состоит из двух частей – аналитической и практической.

Аналитический раздел курсовой работы посвящен обзору литературы в области определенной технологии или процесса производства устройств микро- и наноэлектроники. Необходимо рассмотреть физико-химические принципы рассматриваемого технологического метода, варианты аппаратной реализации, возможности метода для решения технологических задач микроэлектронного производства. Необходимо провести сравнительный анализ с другими существующими методами решения данной задачи, сделать выводы о преимуществах и недостатках анализируемых методов и их месте в технологических процессах микроэлектронного производства. При написании данного раздела необходимо опираться на актуальную научную литературу, обзоры в ведущих изданиях и отраслевые ресурсы. Не рекомендуется пользоваться интернет-источниками в которых используется устаревший материал, студенческие рефераты, публикации популярного характера в непрофессиональных источниках. Ниже приведен рекомендуемый список основных интернет-ресурсов для написания аналитической части курсовой работы:

- Международные дорожные карты развития полупроводниковой промышленности - https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/0_2015-ITRS-2.0-Executive-Report-1.pdf. Несмотря на то, что последняя редакция вышла в 2015 г., данный документ содержит подробную техническую информацию по тенденциям развития различных видов изделий и технологических процессов, требования индустрии к тем или иным материалам и технологиям. Обязательны для использования при рассмотрении технологий микроэлектронного производства.

- Международные дорожные карты для приборов и систем - <https://irds.ieee.org/>. Актуальная дорожная карта, действующая в отрасли. Имеет меньшую детализацию развития процессов микроэлектронного производства,

чем ITRS 2.0, но большую детализацию в регламентации целей микроэлектронного производства при создании конечных продуктов и систем. Обязательны для использования при рассмотрении технологий микроэлектронного производства.

– Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года: https://minpromtorg.gov.ru/docs/#!strategiya_razvitiya_elektronnoy_promyshlennost_i_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2030_goda1233 . Актуальный документ, определяющий основные направления государственной политики в сфере развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года. Обязателен для использования при рассмотрении технологий микроэлектронного производства, отдельных видов изделий и состояния отрасли.

– Технологический процесс в электронной промышленности материал Википедии - https://ru.wikipedia.org/wiki/Технологический_процесс_в_электронной_промышленности.

– Сайт журнала Электроника: наука, технология, бизнес – <http://www.electronics.ru/>. Рекомендуется использовать обзорные материалы.

– Сайт журнала Технология твердотельной электроники – <https://electroiq.com/> . Актуальная информация по развитию микроэлектронной индустрии и отдельных технологий.

– Европейская ассоциация производителей полупроводниковых компонентов - <https://www.eusemiconductors.eu/>.

– Ассоциация производителей полупроводниковых компонентов – <https://www.semiconductors.org/>.

– Ассоциация производителей электроники и информационных технологий Японии – <http://www.jeita.or.jp/english/>.

– Ассоциация производителей полупроводниковых компонентов Кореи – <http://www.ksia.or.kr/>.

– Ассоциация производителей полупроводниковых компонентов Тайваня - <http://www.tsia.org.tw/en/>.

– MaterialsToday сайт журнала - <http://www.materialstoday.com/>. Обзоры ведущих специалистов по новым материалам и устройствам.

– Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями - <https://www.researchgate.net/>. Позволяет проводить поиск литературы, обмениваться научными публикациями и задавать вопросы для обсуждения специалистами соответствующего профиля.

– Анализ основных тенденций развития отрасли – WikiChip (<https://fuse.wikichip.org/>). Ресурс, посвященный истории, анализу состояния и прогнозам развития современной полупроводниковой электроники. Проводит независимую экспертизу и анализ изделий различных производителей.

– Независимый анализ продукции различных производителей – TechInsights (<https://www.techinsights.com/>).

– Русскоязычное интернет-издание о компьютерной технике, информационных технологиях и программных продуктах – iXBT.com (<https://www.ixbt.com/>).

– Журнал одного из основных разработчиков передовых технологических процессов микроэлектронного производства компании IMEC – IMEC magazine (www.imecmagazine.be). Прогнозы развития технологий от специалистов IMEC являются одними из наиболее авторитетных в отрасли.

Вторая, практическая часть курсовой работы, как правило представляет из себя экспериментальную часть работы. Структура изложения материала как правило должна включать в себя следующие части:

- описание методики эксперимента, образцов, используемого оборудования, режимов технологического процесса и проведения измерений;
- экспериментальные результаты, зависимости, графики, фотографии;
- обсуждение полученных результатов;
- выводы, содержащие основные результаты работы и степень выполнения задания.

3.2.11. Системы автоматизированного проектирования (Computer-aided design systems)

Курсовая работа по предмету «3.2.11. Системы автоматизированного проектирования (Computer-aided design systems)» выполняется во 2 семестре 1-го курса студентами, обучающимися в рамках магистерской программы «Engineering of modern materials for information technology, renewable energy and sensing» («Разработка современных материалов для устройств информационных технологий, возобновляемых источников энергии и сенсорики») направления подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника».

Цель работы - освоение профессиональной среды автоматизированного проектирования цифровых схем и совершенствование навыков разработки электронных устройств.

В ходе выполнения работы необходимо:

- ♦ Используя соответствующую заданию профессиональную среду проектирования создать и выполнить создать проект моделирования.
- ♦ Провести расчеты для определения характерных параметров устройства.
- ♦ Вывести результаты расчетов
- ♦ Оформить пояснительную записку.

Примерные темы курсовых работ:

- Преобразователи кодов: унарный код в код Грея.
- 4-х разрядный счетчик как конечный автомат.
- Таймер с выводом счета минут на семисегментный индикатор.
- Микроэлектромеханическое DLP-зеркало (Digital Light Processing Mirror).
- Микроэлектромеханический гироскоп LL-типа.
- Моделирование выходных характеристик IGPT.
- Моделирование источника тока для ИС ОУ.

3.2.12. *Устройства микросистемной техники*

Курсовая работа по предмету «Устройства микросистемной техники» выполняется в 3 семестре 2-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки магистр 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. Исходя из этого в графе «Исходные данные» указывается номер варианта, условия и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов теоретической части из соответствующего варианта.

В теоретической части нужно максимально подробно рассмотреть вопросы, касающиеся объектов расчетов. В данном разделе необходимо подробно описать объект исследования, его характеристики, аналоги и области применения. Этот раздел курсовой работы также должен быть написан самостоятельно – возможна проверка через систему «Рукоконтекст» с целью проверки копирования чужих материалов без Вашей творческой переработки их.

Вторая, практическая, часть курсовой работы представляет собой подробное решение задачи. В рамках решения должны быть приведены подробные выводы уравнений, либо подробные решения соответствующих систем уравнений. Каждый этап вывода должен быть подробно расписан со всеми необходи-

мыми пояснениями. Каждый термин или переменная должны быть определены. Если требовалось заданием, необходимо аккуратно построить графики зависимостей. В случае необходимости должен быть получен ответ на вопрос задания.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

Примерные темы курсовых работ:

Расчет характеристик пьезоэлектрического трансформатора.

Расчет резонансной частоты продольных колебаний балки, закрепленной с одного конца.

Расчет характеристик магнитострикционного актюатора.

Расчет характеристик электромагнитного автономного источника энергии.

Расчет характеристик емкостного датчика уровня жидкости.

3.2.13. Физика конденсированного состояния

Курсовая работа по предмету «Физика конденсированного состояния» выполняется в 6 семестре 3-го курса студентами, обучающимися по направлениям подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. Исходя из этого в графе «Исходные данные» указывается номер варианта и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов теоретической части из соответствующего варианта.

В теоретической части нужно максимально подробно рассмотреть вопросы теории, с пошаговым выводом формул и примерами. Данный раздел курсовой работы может быть проверен через систему «Антиплагиат» с целью отсутствия заимствований без Вашей творческой переработки их. При этом изложение теоретической части должно быть цельным и слитным, т.е. единым текстом с полным ответом на вопросы задания.

Практическая, часть курсовой работы – это подробное решение задачи. Все формулы должны быть тщательно выведены, а графики, если необходимы, - аккуратно построены. Проведено подробное обсуждение и сделаны чёткие выводы по проделанной работе.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не завершённой и получает оценку «неудовлетворительно».

3.2.14. Физические принципы нанотехнологий и микросистемной техники

Курсовая работа по предмету «Физические принципы нанотехнологий и микросистемной техники» выполняется в 3 семестре 2-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки бакалавров 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» в рамках профиля «Физика и технологии наносистем»

Работа состоит из трех частей – теоретической и расчетной. Поэтому в задании на курсовую работу в графе «Исходные данные» необходимо указать номер варианта и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта.

В теоретическом разделе необходимо подробно рассмотреть теоретические вопросы темы курсовой работы с выводами формул и примерами. Перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта, является примерным его можно и необходимо расширить. Этот раздел курсовой работы также должен быть написан самостоятельно – возможна проверка через систему «РукоContext» с целью проверки копирования чужих материалов без Вашей творческой переработки их.

Вторая, практическая, часть курсовой работы представляет собой подробное решение задачи. В рамках решения должны быть приведены подробные выводы уравнений либо подробные решения соответствующих систем уравнений. Каждый этап вывода должен быть подробно расписан со всеми необходимыми пояснениями. Каждый термин или переменная должны быть определены. Если требовалось заданием, необходимо построить графики зависимостей. В случае необходимости должен быть получен ответ на вопрос задания.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

Содержание курсовой работы должно быть рассмотрено в рамках применения в области микросистемной техники и нанотехнологий. Не нужно рассматривать вопросы, применяемые в других областях науки и промышленности.

Приведем несколько примеров.

Если работа посвящена эффекту Холла, то в теоретической части должны быть описаны гальваномагнитные эффекты, применяемые в устройствах микросистемной техники и нанотехнологии. Подробно рассмотрен эффект Холла. Геометрия эффекта, материалы, основные характеристики. Приведены примеры

его практического использования.

Если работа посвящена упругим элементам, то в теоретической части должны быть перечислены основные типы чувствительных элементов, применяемых в микросистемной технике и нанотехнологиях. Привести основные характеристики и области их применения.

Если работа посвящена источникам магнитного поля, то в теоретической части должны быть перечислены основные типы источников магнитного поля, применяемые в устройствах микросистемной техники и электронике. Привести основные характеристики и провести их сравнение. Рассмотреть примеры их применений.

3.2.15. Физические принципы электроники

Курсовая работа по предмету «Физические принципы электроники» выполняется в 3 семестре 2-го курса студентами, обучающимися по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» в рамках профиля «Нанoeлектроника».

Работа состоит из двух частей – теоретической и расчетной. Поэтому в задании на курсовую работу в графе «Исходные данные» необходимо указать номер варианта и численные значения параметров задачи. В графе «Перечень вопросов, подлежащих разработке» указывается перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта.

В теоретическом разделе необходимо подробно рассмотреть теоретические вопросы темы курсовой работы с выводом формул и примерами. Перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта, является примерным его можно и необходимо расширить. Этот раздел курсовой работы также должен быть написан самостоятельно – возможна проверка через систему «Антиплагиат» с целью проверки копирования чужих материалов без Вашей творческой переработки их.

Несмотря на то, что перечень вопросов для рассмотрения в теоретической части, данный в условии варианта – это, как правило, разрозненный набор тем, изложение должно быть плавным и слитным. Это должен быть единый текст, в рамках которого даются ответы в том числе и на поставленные в задании вопросы. Это не должно быть набором отдельных не связанных логически между собой параграфов, в каждом из которых дается ответ на один из поставленных вопросов «без начала и без конца».

Вторая, практическая, часть курсовой работы представляет собой подроб-

ное решение задачи. В рамках решения должны быть получены соответствующие системы уравнений, приведено их подробное решение. Если требовалось заданием, построены графики зависимостей. По результатам необходимо сделать выводы о поведении рассматриваемой системы.

При отсутствии какой-либо из частей курсовой работы, работа считается не выполненной и получает оценку «неудовлетворительно».

4. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Изложение текста и оформление пояснительной записки курсовой работы должно быть выполнено в соответствии с требованиями настоящих Методических указаний, ГОСТ 7.32-2001, ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 6.38-90 (Унифицированные системы документации. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов), Рекомендаций по оформлению письменных работ обучающихся по образовательным программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (СМКО МИРЭА 7.5.1/03.П.69-16). Страницы текста ВКР и включенные в нее иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327-60 (Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы).

Рукописная версия курсовой работы к рассмотрению не принимается.

Текст (включая формулы и символы) должен быть выполнен с использованием компьютера и распечатан на принтере в режиме односторонней печати. При проведении курсового проектирования в удаленном формате, пояснительная записка курсовой работы предоставляется в формате PDF (Portable Document Format). Для подготовки текста допускается использование любого текстового редактора, обеспечивающего следующие параметры:

- шрифт – Times New Roman (Arial, Calibri);
- кегль – 14 pt;
- междустрочный интервал – полуторный;
- цвет шрифта – черный;
- поля страницы: левое – 25 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- выравнивание – по ширине;
- абзацный отступ – 1,25 см;
- сохранение файла в формате PDF.

Номер страницы проставляется в середине нижней части листа, без точки. Нумерация страниц начинается с титульной страницы, при этом номера на первых трех страницах (титульной, задании и протоколе) не проставляются. Нумерация сквозная по всему тексту.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (×), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. Все формулы выполняются компьютерным способом. Рукописное написание формул, символов и обозначений в тексте не допускается. Размер шрифта для формул устанавливается из соображений наилучшей четкости и наглядности формулы. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Формулы в пояснительной записке следует нумеровать порядковой нумерацией.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в работе, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Иллюстрации размещаются в тексте пояснительной записки курсовой работы непосредственно после первого их упоминания (ссылки), или на следующей странице. При размещении страниц в тексте следует отделять рисунок от текста пустой строкой и сверху, и снизу. При подготовке текста в редакторе MSWord следует использовать опции меню «Параметры разметки – Обтекание текстом – Сверху и снизу» или «Параметры разметки – Обтекание текстом – Вокруг рамки» при условии, что ширина рамки совпадает с шириной текста. Большие (больше 50% площади страницы) рисунки можно размещать на отдельной странице. Иллюстрации должны быть в компьютерном исполнении, в черно-белом или цветном виде. Все иллюстрации должны быть описаны в тексте пояснительной записки курсовой работы с соответствующими ссылками на них. Нумерация рисунков в тексте должна быть сквозной. Ссылки на рисунки в тексте должны быть даны при первом их упоминании, без сокращений. Подпись размещается сразу под рисунком, по центру, размер и тип шрифта должны совпадать с параметрами основного текста. Выше- и нижележащий текст отделяется от подписи к рисунку пустой строкой. Рисунки и подписи к ним не выделяются рамками. Графики и диаграммы выполняются компьютерным спосо-

бом. Сочетание компьютерных и рукописных способов не допускается. При построении графиков в черно-белом виде следует выбирать обозначения точек и линий, позволяющие однозначно идентифицировать данные. Для простоты описания можно использовать буквенные или цифровые обозначения кривых на одном графике. Подписи к осям следует делать на русском языке. Пример оформления рисунка в тексте курсовой работы приведен в Приложение Г.

Таблица располагается непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Название таблицы должно быть максимально кратким и отражать ее содержание. Название помещается над таблицей слева, без абзацного отступа.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой (например, «Таблица 1.1»). Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения («Таблица А.1»).

Если в документе одна таблица, то она все равно должна быть обозначена «Таблица 1.1» или «Таблица А.1», если она приведена в приложении А.

Столбцы и строки таблицы ограничивают сплошными линиями толщиной 0,1 мм (1 pt). В таблице можно для экономии места применять размер шрифта 12pt и 10pt. Разделять заголовки и подзаголовки в столбцах и строках таблицы диагональными линиями не допускается. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости можно использовать перпендикулярное расположение заголовков граф.

Список использованных источников следует формировать в порядке упоминания источников в тексте пояснительной записки курсовой работы; список нумеруется арабскими цифрами без скобок, кавычек и других маркеров, с выравниванием по ширине. Ссылка на источник в тексте работы указывается в квадратных скобках. При ссылке на автора цитируемой работы в тексте пояснительной записки, его фамилия указывается в русской транскрипции. Примеры оформления ссылок на использованные источники приведены в Приложение Д.

Приложения располагают и нумеруют в порядке ссылок на них в тексте курсовой работы после списка использованных источников. Каждое приложение начинается с новой страницы. Название пишется тем же шрифтом, что и основной текст, без абзацного отступа с выравниванием по центру. Формат текста приложения совпадает с форматом основного текста пояснительной за-

писки курсовой работы. Нумерация страниц приложений входит в общую сквозную нумерацию страниц. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. Если в работе только одно приложение, то оно обозначается «Приложение А». Если работа не содержит приложений данный раздел исключается.

Ввиду того, что курсовые работы после защиты подлежат сканированию, пояснительные записки не брошюруются, а предоставляются на кафедру в папке-скоросшивателе или, с разрешения преподавателя, в файле для бумаг.

5. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Законченная курсовая работа, подписанная студентом, представляются руководителю на проверку. Срок сдачи определяется заданием на курсовую работу. Содержание проверки заключается в определении степени достижения поставленных целей, раскрытия темы курсовой работы и достоверности полученных результатов в соответствии с заданием, а также правильности оформления пояснительной записки курсовой работы в соответствии с рекомендациями настоящих методических указаний. При наличии в курсовой работе недостатков руководитель имеет право допустить ее к защите (указав на них в отзыве) или предложить обучающемуся устранить их. Обучающийся обязан доработать или переработать курсовую работу в срок, установленный руководителем с учетом сущности замечаний и объема необходимой доработки. При наличии в курсовой работе существенных недостатков и отсутствии, по мнению руководителя, возможности ее доработки руководитель не допускает курсовую работу к защите и проставляет в экзаменационной ведомости обучающемуся неудовлетворительную оценку.

Работа, удовлетворяющая предъявляемым требованиям, допускается к защите. Защита курсовой работы проводится согласно расписанию зачётной сессии и, как правило, состоит в коротком докладе обучающегося (обычно, 5-7 минут) и в ответах на вопросы по существу курсовой работы. Содержание доклада и возможность применения в ходе его средств наглядности определяет научный руководитель, некоторые основные требования указаны в п. настоящих методических указаний. Вопросы могут относиться к курсовой работе, к объекту, на базе которого выполнена курсовая работа, к теории изучаемой дисциплины и т.п.

При защите курсовой работы обучающийся должен продемонстрировать

уровень сформированности компетенций, предусмотренных в соответствии с рабочей программой дисциплины, ответить на вопросы по теме курсовой работы, а также на замечания руководителя и рецензента (при его наличии). При оценке курсовой работы учитывается качество устного ответа обучающегося, глубина и содержательность проработки темы, умение обосновать собственное мнение по изученным проблемам, качество анализа фактического материала, полученные выводы и рекомендации.

Обучающимся, получившим неудовлетворительную оценку за курсовую работу предоставляется право выбора новой темы курсовой работы или, по решению руководителя, переработки прежней темы и определяется новый срок для ее выполнения. Обучающийся, не представивший в установленный срок законченную курсовую задолженность или не защитивший ее, считается имеющим академическую задолженность.

В ходе защиты курсовой работы, преподавателями заполняется «Протокол защиты курсовой работы» (Приложение В). Критерии затем пересчитываются в итоговую оценку следующим образом. Каждый критерий, отмеченный как выполненный («Да») добавляет 2 балла, частично выполненный («Не полностью») – 1 балл, невыполненный критерий («Нет») соответствует 0 баллов. В силу особой важности выполнения требования соответствия работы теме, определенной в задании на курсовую работу, баллы по общей характеристике курсовой работы рассматриваются отдельно. После чего по сумме набранных баллов определяется итоговая оценка согласно таблице 5.1:

Таблица 5.1.

1. Общая характеристика курсовой работы	Сумма по 2. Характеристика пояснительной записки 3. Характеристика ответов на вопросы на защите	Итоговая оценка
4	11 – 12	отлично
	8 – 10	хорошо
	5 – 7	удовлетворительно
	0 – 4	неудовлетворительно
3	10 – 12	хорошо
	8 – 10	удовлетворительно
	0 – 7	неудовлетворительно
2	11 – 12	удовлетворительно
	0 – 10	неудовлетворительно
0 – 1	0 – 12	неудовлетворительно

Итоговая оценка проставляется в протоколе и на титульном листе курсовой работы и заверяется подписью преподавателя. Оценка также заносится в ведомость (допуск) и в зачетную книжку студента на странице оценок по курсовым работам и проектам. Также в зачетную книжку записывается тема курсовой работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Титульный лист курсовой работы



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА - Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Институт перспективных технологий
и индустриального программирования

Кафедра нанoeлектроники

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине _____
(наименование дисциплины)

Тема курсовой работы _____

Студент, группа _____
(ФИО, учебная группа) (подпись студента)

Руководитель
курсовой работы _____
(Ф.И.О., должность, звание, ученая степень) (подпись руководителя)

Курсовая работа представле-
на к защите «__» _____ 202__ г.

Допущена к защите «__» _____ 202__ г.

Москва, 202__ г

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Задание на курсовую работу



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА - Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА
Институт перспективных технологий
и индустриального программирования

Кафедра нанoeлектроники

Утверждаю
Зам. зав. кафедрой НЭ

(подпись)

(Ф.И.О.)

«__» _____ 202__ г.

ЗАДАНИЕ на выполнение курсовой работы по дисциплине

(наименование дисциплины)

Студент: _____ Группа: _____

Тема _____

Исходные данные: _____

Перечень вопросов, подлежащих разработке: _____

Срок представления к защите курсовой работы: до «__» _____ 202__ г.

Задание на курсовую работу выдал

(подпись руководителя)

(Ф.И.О. руководителя)

«__» _____ 202__ г.

Задание на курсовую работу получил

(подпись студента)

(Ф.И.О. студента)

«__» _____ 202__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Протокол защиты курсовой работы

ПРОТОКОЛ

защиты курсовой работы

Студента(ки) _____
ФИО

по дисциплине _____
(наименование дисциплины)

тема _____

1. Общая характеристика курсовой работы

Критерий	Да	Нет	Не полностью
1. Соответствие теме работы			
2. Соответствие заданию			

2. Характеристика пояснительной записки

Критерий	Да	Нет	Не полностью
1. Полнота ответа на вопросы курсовой работы			
2. Полнота выводов			
3. Правильность оформления курсовой работы			

3. Характеристика ответов на вопросы на защите

Критерий	Да	Нет	Не полностью
1. Правильность и полнота ответа			
2. Глубина знаний и четкость формулировок			
3. Степень понимания проблем			

Правила пересчета критериев в итоговую оценку даны в методических указаниях по выполнению курсовых работ на кафедре нанoeлектроники.

Итоговая оценка: **удовлетворительно, хорошо, отлично**

Подписи членов комиссии:

Пример оформления рисунка в тексте курсовой работы

*** ТЕКСТ ***

Были получены экспериментальные данные параметра B в зависимости от параметра A для двух образцов. Результаты представлены на рисунке 5.

(пустая строка)

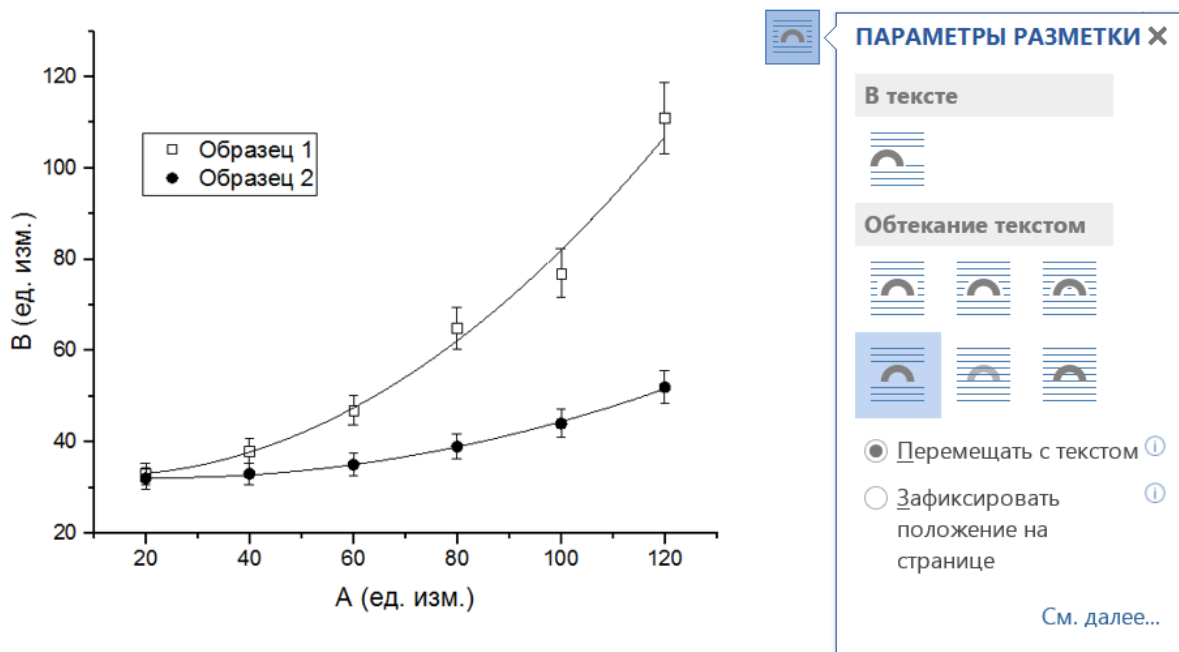


Рисунок 5 – Зависимость параметра B от параметра A для образцов 1 и 2.

Сплошная линия – аппроксимация в рамках выбранной модели.

(пустая строка)

ТЕКСТ

Внимание! Всплывающее окно показано для примера выбора параметров разметки в MSWord.

Пример оформления списка использованных источников

Список использованных источников

1. Ссылка на книгу, если авторов не более трех:

Друкер П. Классические работы по менеджменту. – М.: Московская школа управления «Сколково»: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 220 с.

Климов Г.А. Методы и средства испытаний изделий электрорадиоизделий на надежность: Учебн. пособие: В 2-х т. – М.: Техносфера, 2004.

2. Ссылка на книгу, если авторов более трех:

Проектирование электронных средств / Васильев К.Р. и др. – М.: Техносфера, 2004. – 420 с.

3. Ссылка на справочное пособие, методические материалы:

Системы автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств: Справочное пособие конструктора / А.М. Павлов, К.П. Борисов и др.; под общ. ред. П.Н. Савельева; Пресс. – 1992. – 820 с.

5. Ссылка на материалы конференции:

Дмитриева Т.Г., Китаев В.В., Мирошниченко А.А. Локальная атомная и магнитная структура аморфных сплавов // Международная научно-техническая конференция «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC-2011) 13– 17 ноября 2011 г. Москва, с.45-49.

6. Ссылка на статью из журнала:

Макарова Н.С. Модель системы обеспечения конкурентоспособности предприятия радиоэлектронного комплекса России в современных экономических условиях // Научный вестник МИРЭА. – 2011. – №5. – с.18-24.

Lei H., Wang H.Z., Ren Y., Fang Q., Zheng X.G., Wei Z.C., Xu N.S., Jiang M.H. Temporal and spectral behaviors of two-photon induced emission laser dyes // Opt. Commun. – 2001. – v. 187. – p. 231–234.

7. Ссылка на автореферат диссертации:

Каневский В.Е. Система обеспечения качества полупроводниковых материалов для приборов квантовой и оптоэлектроники на основе CALS-технологий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / МИРЭА. – М., 2010. – 16 с.

8. Ссылка на интернет-ресурс:

Лекция профессора Михаэля Гретцеля в МГУ. «Стремительный взлет перовскитных солнечных батарей», 12 апреля 2016 г.
[URL:http://www.nanometer.ru/2016/04/16/14608051177549_521554.html](http://www.nanometer.ru/2016/04/16/14608051177549_521554.html) (дата об-

ращения 18.01.2022, 17:00).

Информационный бюллетень «ПерсТ – перспективные технологии»: электрон. журн. 2017. т.24, вып. 20/22. URL http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/2017/17_21_22/index.htm (дата обращения 19.01.2022, 17:09).

Kr-Ion Laser Mirror. Overview // [Интернет-сайт компании THORLABS] URL:http://www.thorlabs.de/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=807 (дата обращения 18.01.2022, 18:30).