

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по ОД

Е.М. Дьяконов

2021 г.



ПРОГРАММА

**вступительных испытаний при поступлении в магистратуру
по направлению**

**11.04.04 – Электроника и наноэлектроника
направленность (профиль) «Нанотехнология в электронике»**

Новочеркасск 2021 г.

Программа вступительных испытаний при поступлении в магистратуру составлена на основании образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника

Составители:

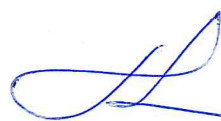
- Зав. кафедрой «Физика и фотоника», д.т.н., доцент Б.М. Середин;
- профессор кафедры «Физика и фотоника», д.ф.-м.н., профессор Л.С. Лунин;
- профессор кафедры «Физика и фотоника», д.т.н., профессор В.П. Попов.

Программа включает содержание тем и контрольные вопросы по трем дисциплинам:

- физические основы электроники;
- физика конденсированного состояния;
- численные методы.

Обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Физика и фотоника», протокол № 6 от 09.04.2021 г.

Зав. кафедрой «Физика и фотоника»,
д.т.н., доцент



Б.М. Середин

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Введение. Цель и задачи дисциплины, роль физических явлений и процессов в электронике. Общая характеристика электроники. Терминология. Основные направления развития электроники.

Основы физики полупроводников. Основы зонной теории строения твердых тел. Энергетические уровни электронов в изолированном атоме. Обобществление электронов в кристалле. Модель периодического потенциала поля в кристалле. Заполнение зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Понятие о дырках. Локальные уровни в запрещенной зоне. Концентрация электронов и дырок в полупроводнике. Положения уровня Ферми и концентрация свободных носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках. Кинетические явления в полупроводниках и металлах. Проводимость, подвижность носителей заряда. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Дрейфовый ток. Механизмы рассеяния свободных носителей заряда. Температурная зависимость проводимости в полупроводнике и металле. Диффузионный ток в полупроводниках. Полный ток в полупроводнике. Время жизни. Уравнение непрерывности. Диффузионная длина носителей заряда. Электропроводность металлов.

Основы физики полупроводниковых приборов. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Равновесное состояние р-п-перехода. Электронно-дырочный переход при нарушении равновесия электрическим полем. Вольтамперная характеристика (ВАХ) р-п-перехода. Пробой р-п-перехода. Барьерная и диффузионная емкость р-п-перехода. Импульсные и частотные свойства р-п-перехода. Полупроводниковые диоды. Маркировка и классификация. Выпрямительные диоды. Высоочастотные диоды. Импульсные диоды. Стабилитроны. Туннельные диоды. Работа выхода электронов из металлов и полупроводников. Электронная эмиссия. Контактная разность потенциалов. Контакт металла с полупроводником. Барьер Шоттки. Изменение контактного слоя во внешнем электрическом поле. Диод Шоттки.

Полупроводниковые приборы. Принцип работы биполярного транзистора. Параметры, схемы включения и ВАХ биполярного транзистора. Типы биполярных транзисторов. Многослойные полупроводниковые структуры и приборы на их основе (тиристор, динистор, семистор). Свойства, ВАХ, назначение, схемы включения. Поверхностные явления. Эффект поля. Структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Принцип работы МДП-транзисторов. Основные параметры, схемы включения и ВАХ МДП-транзисторов. Полевые транзисторы, управляемые р-п-переходом, принцип работы, свойства, ВАХ.

Физические основы интегральной электроники. Классификация интегральных схем (ИС) по степени интеграции, характеру выполняемой функции и технологии изготовления. Пленочные, полупроводниковые и

гибридные ИС. Технологические аспекты изготовления ИС. Основные типы аналоговых биполярных интегральных схем. Усилитель постоянного тока. Дифференциальные усилители. Эмиттерный повторитель. Каскод. Операционный усилитель. Основные типы биполярных логических интегральных схем. Интегральная инжекционная логика (И²Л). Логика с транзистором Шоттки (ТЛШ). Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Диодно-транзисторная логика (ДТЛ). Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ). Основные характеристики, физические процессы и применения МОП интегральных схем. Логика n-МОП. Логика p-МОП. Логика КМОП.

Литература

1. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие для вузов/ 3-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2009.
2. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: учеб. пособие для вузов Серия: Учебное пособие для вузов/ Бобровский Ю.Л., Корнилов С.А., Кратиров И.А., Овчинников К.Д., Пышкина Н.И.; Под ред. Н.Д. Федорова. - М.: Радио и связь, 2002.
3. Электронные, твердотельные приборы и микроэлектроника: учебник для вузов войск связи/ Великанова Н.Г., Раловец В.В., Силаев Г.Н., Старостин М.Е., Степанов В.А., Тихонов В.О.; Ульяновск, высш. воен. училище связи. - Ульяновск: УВВИУС, 2005.
4. Лачин В.И. Электроника: учеб. пособие для вузов/ Савелов Н. С.; Ростов н/Д: Феникс, 2009.
5. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов/ Гусев Ю.М.; 5-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2008.

Контрольные вопросы

1. Что такое энергетические уровни электрона, что такое зоны?
2. Что такое валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости?
3. Как вещества делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики с учетом ширины запрещенной зоны?
4. Какова зависимость проводимости от температуры у проводников, полупроводников, диэлектриков?
5. Что такое собственная проводимость полупроводников?
6. Поясните, что происходит при легировании донором, появляются при этом свободные носители заряда?
7. Поясните, что происходит при легировании акцептором, появляются при этом свободные носители заряда?
8. Что такое рекомбинация электрона и дырки, что при этом происходит с энергией?
9. Как работает p-n-переход в прямом включении (схема, показать дырки, электроны, в каком направлении они движутся, как подключен + и -

- источника питания)?
10. Как работает р-п-переход в обратном включении (схема, показать дырки, электроны, в каком направлении они движутся, как подключен + и – источника питания)?
 11. Как образуется контактная разность потенциалов р-п-перехода?
 12. Какие существуют виды пробоев р-п-перехода?
 13. Что такое обратимый и необратимый пробой?
 14. Поясните механизм лавинного пробоя.
 15. Поясните механизм туннельного пробоя.
 16. Что такое стабилитрон? Основные характеристики.
 17. Что такое и от чего зависит ёмкость р-п-перехода?
 18. Как зависит ёмкость р-п-перехода от обратного напряжения?
 19. Как работает контакт металл-полупроводник?
 20. Что такое гетеропереход?
 21. Поясните устройство и принцип работы полупроводникового транзистора.
 22. Поясните работу трех схем включения транзистора – схема с общим эмиттером, схема с общей базой, схема с общим коллектором.
 23. Поясните режим класса А и режим класса Б транзисторного усилителя.
 24. Поясните устройство и принцип работы полевого транзистора.
 25. Поясните устройство и принцип работы тиристора.
 26. Поясните принцип работы эмиттерного повторителя.
 27. Что такое операционный усилитель (ОУ), основные параметры операционных усилителей.
 28. Инвертирующий усилитель на операционном усилителе. Схема, связь коэффициента усиления с сопротивлением внешних резисторов.
 29. Неинвертирующий усилитель на операционном усилителе. Схема, связь коэффициента усиления с сопротивлением внешних резисторов.
 30. В чем различие между микросхемами ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, КМОП?

2. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Введение. Классификация типов связей. Сила Ван-дер-Ваальса: дисперсионное взаимодействие, ориентационное взаимодействие, индукционное взаимодействие. Ионная связь: зависимость потенциальной энергии от расстояния, результирующая энергия взаимодействия ионов, результирующая энергия решетки. Ковалентная связь: обобществление электронов. Металлическая связь. Водородная связь.

Элементы кристаллографии. Кристаллическая решетка. Решетки Бравэ. Трансляции. Элементарная ячейка. Узлы решетки. Простые и сложные элементарные ячейки. Типы сложных элементарных ячеек (объемноцентрированные, гранецентрированные, базоцентрированные), решетки с базисом. Обозначение узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Классификация твердых тел по характеру сил связи. Дефекты по Френкелю, дефекты по Шоттки, примеси.

Механические и тепловые свойства твердых тел. Упругая и пластическая деформация. Закон Гука. Понятие о дислокациях. Основные типы дислокаций: линейные дислокации. Вектор Бюргерса. Понятие о нормальных колебаниях решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Характеристическая дебаевская частота. Характеристическая температура Дебая. Понятие о фононах. Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость электронного газа. Теплопроводность твердых тел.

Зонная теория и электропроводность твердых тел. Обобществление электронов в кристаллов. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Эффективная масса электрона. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Функция распределения для вырожденного газа фермионов. Функция распределения для вырожденного газа бозонов. Собственные полупроводники. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей в полупроводниках. Экситоны. Дрейф электронов под действием внешнего поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника. Электропроводность чистых металлов. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников.

Магнитные свойства твердых тел. Магнитное поле в магнетиках. Магнитные свойства твердых тел. Магнитные свойства атомов. Природа диамагнетизма. Природа парамагнетизма. Природа ферромагнетизма. Роль обменного взаимодействия в возникновении ферромагнетизма.

Литература

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 288 с.
2. Делоне Н.Б. Основы физики конденсированного вещества: учебное пособие [Электронный ресурс]. – М.: Физматлит, 2011. – 234 с. Доступ

<http://www.knigafund.ru>.

3. Геринг Г.И., Панова Т.В. Физика конденсированного состояния вещества: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Омск.: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2008. – 106 с. Доступ <http://www.knigafund.ru>.
4. Туманов Ю.Н., Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах [Электронный ресурс]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 968 с. доступ <http://www.knigafund.ru>.
5. Барыбин А.А. Физико-технологические макро-, микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 784 с. доступ <http://www.knigafund.ru>.
6. Рощин В.М., Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие. Ч. 2./ В.М. Рощин, М.В. Силибин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 г. – 180 с., доступ <http://www.e.lanbook.com>
7. Раскин А.А., Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие. Ч. 1. / А.А. Раскин, В.К. Прокофьева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 г. – 167 с., доступ <http://www.e.lanbook.com>.

Контрольные вопросы

1. Поясните суть дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющей силы Ван-дер-Ваальса.
2. Поясните принцип ионной связи и запишите формулу нахождения энергии ионной решетки.
3. Ковалентная связь, обменные силы, насыщенность и направленность.
4. Металлическая связь, электронное море.
5. Кристаллическая решетка. Обозначение узлов, направлений и плоскостей.
6. Дефекты Шоттки и Френкеля.
7. Упругая и пластическая деформация. Что такое модуль Юнга?
8. Поясните разницу между линейными и винтовыми дислокациями.
9. Физическая статистика. Что такое фазовое пространство микрочастиц?
10. Запишите формулу для нахождения плотности состояний электронов.
11. Запишите и поясните функции распределения Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна, Максвелла-Больцмана.
12. Как найти концентрацию электронов в металле, если известно положение уровня Ферми?
13. Запишите функцию распределения нормальных колебаний линейной кристаллической решетки.
14. Что такое характеристическая дебаевская частота и температура Дебая.
15. В чем отличие акустической и оптической ветвей нормальных колебаний линейной кристаллической решетки?
16. Как найти теплоемкость твердого тела в области высоких и низких температур.
17. Что такое эффективная масса электрона и дырки?

18. Пользуясь терминами зонной теории поясните разницу между металлом, полупроводником и диэлектриком.
19. Как найти положение уровня Ферми и равновесную концентрацию носителей заряда в собственном полупроводнике.
20. Нарисуйте температурную зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.
21. Что такое «время жизни» и «длина свободного пробега»?
22. Как найти электропроводность примесного полупроводника, если известны подвижности носителей заряда?
23. В чем отличие прямозонного полупроводника от непрямозонного полупроводника?
24. Что такое фотопроводимость полупроводников?
25. Что такое работа выхода?
26. Как найти высоту потенциального барьера p-n-перехода?
27. Запишите формулу для нахождения ширины области объемного заряда в p-n-переходе.
28. Что такое магнитная проницаемость?
29. Поясните разницу между диамагнетиком и парамагнетиком?
30. Какова природа ферромагнетизма?

3. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Общая характеристика методов вычислений. Возрастающая роль численных методов при анализе и синтезе устройств электроники и наноэлектроники. Современные подходы к применению численных методов. Программные средства для прикладных вычислений.

Алгоритмизация и машинные вычисления при анализе нелинейных статических объектов. Нелинейные статические устройства и системы электроники. Особенности нелинейных устройств и систем и проблемы их количественного описания и машинного анализа. Количественное описание нелинейных объектов в современных системах автоматизированного проектирования. Особенности задач решения нелинейных уравнений и систем. Асимптотическая сходимость. Линейная сходимость. Сходимость фиксированного порядка. Преобразование уравнений и систем перед решением. Методы решения одного уравнения: половинного деления, простой итерации, Ньютона, секущих. Метод Якоби для решения систем нелинейных уравнений. Принцип сжатых отображений. Варианты метода Якоби. Метод Гаусса-Зейделя для решения систем нелинейных уравнений и его варианты. Метод Ньютона-Рафсона для решения систем нелинейных уравнений. **Количественное описание функциональных зависимостей в устройствах и системах электроники.** Задача количественного описания функциональных зависимостей в объектах электроники. Особенности машинного определения, представления и использования функциональных зависимостей, примеры из практики инженерной и научной работы. Задача аппроксимации функций. Интерполирование функций. Аппроксимация и интерполяция многочленами. Интерполяция многочленом Тейлора. Интерполяция многочленом Лангранжа. Конечные и разделенные разности, их связь с производными. Особенности практической реализации алгоритмов численного дифференцирования. Многочлен Ньютона для неравноотстоящих узлов. Многочлен Ньютона для равноотстоящих узлов. Схема Горнера для вычислений значений многочленов. Проблемы интерполирования многочленами высокой степени. Интерполяция кубическими сплайнами. Среднеквадратичная аппроксимация. Обобщенное решение системы линейных алгебраических уравнений.

Машинное вычисление определенных интегралов при решении задач электроники. Задачи вычисления определенных интегралов при проектировании и в процессе функционирования объектов электроники. Особенности организации вычислительного процесса интегрирования во время функционирования устройств и систем электроники. Квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса замкнутого типа. Погрешность квадратурной формулы. Формула прямоугольников на частичном отрезке и составная формула прямоугольников. Формула трапеций на частичном отрезке и составная формула трапеций. Формула Симпсона на частичном отрезке и составная формула Симпсона. Понятие о формулах Ньютона-Котеса высокого порядка и о квадратурных формулах Гаусса. Оценка погрешности интегрирования при практических расчетах. Правило

Рунге. Алгоритмизация и машинные вычисления при анализе динамических объектов. Динамические устройства и системы электроники. Задача анализа динамического режима при проектировании и в процессе функционирования объектов. Особенности машинных вычислений в режиме реального времени. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) в инженерных и научных расчетах. Задача Коши для ОДУ. Нормальная форма системы ОДУ. Приведение дифференциального уравнения к нормальной форме. Устойчивость решения задачи Коши. Погрешности при численном решении задачи Коши. Локальная погрешность. Глобальная погрешность. Порядок точности метода. Одношаговые и многошаговые, явные и неявные методы. Явные методы Рунге-Кутты первого, второго и четвертого порядка. Понятие о методах Рунге-Кутты высокого порядка. Оценка погрешности по правилу Рунге. Общие сведения по методам Гира. Методы Гира первого и второго порядка. Решение линейной системы ОДУ методом Гира. Явные и неявные методы Адамса. Понятие о методах прогноза и коррекции. Устойчивость методов решения задачи Коши. Жесткие системы дифференциальных уравнений.

Вычислительные методы для анализа чувствительности устройств и систем электроники. Проблема разработки и эксплуатации устройств и систем электроники при учете влияния изменений параметров элементов на их свойства. Понятие чувствительности устройства или системы. Проблема машинного анализа устройств и систем с высокой чувствительностью. Задача повышения устойчивости вычислительного процесса. Вычисления на основе ортогонально-треугольного разложения матриц.

Литература

1. Амосов А.А. Вычислительные методы: учеб. пособие для вузов/ Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы: учеб. пособие для вузов/ Жидков Н.П., Кобельков Г.М. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
3. Турчак Л.И. Основы численных методов: учеб. пособие/ Плотников П.В.; - М.: Физматлит, 2005.
4. Фаддеев М.А. Основные методы вычислительной математики: учеб. пособие/ Марков К.; - СПб.: Лань, 2008.
5. Волков Е.А. Численные методы: учеб. пособие. - СПб.: Лань, 2008.
6. Самарский А.А. Введение в численные методы: учеб. пособие для вузов - СПб.: Лань, 2009.
7. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики: учеб. пособие. - СПб.: Лань, 2009.
8. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику: учеб. пособие. - Долгопрудный: Интеллект, 2008.
9. Копченова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах: учеб. пособие/ Марон И. А.; - СПб.: Лань, 2009.
10. Киреев В. Численные методы в примерах и задачах: учеб. пособие для

- вузов/ Пантелеев А.В.; - М.: Высш. шк., 2008.
11. Демидович Б.П. Численные методы анализа: приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения, учеб. пособие/ Марон И.А., Шувалова Э.З.;. - СПб., М., Краснодар: Лань, 2008. - 400 с.
 12. Самарский А.А. Введение в численные методы: учеб. пособие для вузов/ МГУ. - СПб.: Изд-во Лань, 2005.

Контрольные вопросы

1. Метод Гаусса-Зейделя для решения систем нелинейных уравнений и его варианты.
2. Метод Ньютона-Рафсона для решения систем нелинейных уравнений.
3. Асимптотическая сходимость.
4. Методы решения одного уравнения: половинного деления, простой итерации, Ньютона, секущих.
5. Метод Якоби для решения систем нелинейных уравнений.
6. Принцип сжатых отображений.
7. Интерполяция многочленом Лангранжа.
8. Конечные и разделенные разности, их связь с производными.
9. Многочлен Ньютона для неравноотстоящих узлов.
10. Многочлен Ньютона для равноотстоящих узлов.
11. Интерполяция кубическими сплайнами.
12. Среднеквадратичная аппроксимация.
13. Обобщенное решение системы линейных алгебраических уравнений.
14. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса замкнутого типа.
15. Формула прямоугольников на частичном отрезке и составная формула прямоугольников.
16. Формула трапеций на частичном отрезке и составная формула трапеций.
17. Формула Симпсона на частичном отрезке и составная формула Симпсона.
18. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) в инженерных и научных расчетах.
19. Задача Коши для ОДУ.
20. Нормальная форма системы ОДУ.
21. Устойчивость решения задачи Коши.
22. Погрешности при численном решении задачи Коши.
23. Одношаговые и многошаговые, явные и неявные методы.
24. Явные методы Рунге-Кутты первого, второго и четвертого порядка.
25. Методы Гира.
26. Явные и неявные методы Адамса.
27. Понятие о методах прогноза и коррекции.
28. Устойчивость методов решения задачи Коши.
29. Жесткие системы дифференциальных уравнений.
30. Проблема машинного анализа устройств и систем с высокой чувствительностью.