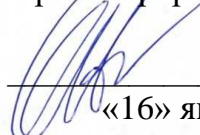


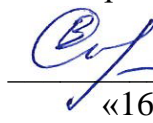
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор НИЯУ МИФИ


О.В. Нагорнов
«16» января 2025 г.

Ответственный секретарь
приемной комиссии


В.И. Скрытный
«16» января 2025 г.

Программа вступительного испытания

по направлению подготовки магистров
11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

Форма обучения
Очная

Москва 2025

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Форма проведения испытания:

Вступительное испытание в магистратуру проводится в форме собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объема знаний, необходимых для обучения в магистратуре.

Структура испытания:

Испытание состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках программы вступительного испытания.

Оценка испытания:

Оценка за собеседование выставляется по 100-балльной шкале. Минимальный балл, необходимый для успешного прохождения собеседования и дальнейшего участия в конкурсе ежегодно устанавливается приемной комиссией НИЯУ МИФИ.

Критерии оценки результатов испытания:

100-95 баллов - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.

94-90 баллов - даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.

89-85 баллов - даны обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.

84-80 баллов - даны в целом правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.

79-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

Основные положения квантовой механики, статистической физики и электромагнетизма

- 1.1. Корпускулярно-волновая природа частиц. Принцип неопределённости. Соотношения неопределённости.
- 1.2. Квантовое состояние и волновая функция. Операторы физических величин (энергии, импульса, момента импульса).
- 1.3. Стационарное и нестационарное уравнение Шредингера.
- 1.4. Дискретный энергетический спектр. Частица в одномерной потенциальной яме.
- 1.5. Непрерывный энергетический спектр. Волновая функция свободной частицы.
- 1.6. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннелирование.
- 1.7. Электрон в атоме водорода. Главное квантовое число. Постулаты Бора.
- 1.8. Квантование момента импульса. Орбитальное и магнитное квантовые числа.
- 1.9. Собственный момент импульса электрона (спиновый момент).
- 1.10. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Правило Хунда.
- 1.11. Молекулярно-кинетическая теория. Распределение Максвелла-Больцмана.
- 1.12. Термодинамическое равновесие. Температура, давление и химический потенциал.
- 1.13. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
- 1.14. Вынужденные колебания, методы их анализа. Резонанс.
- 1.15. Спонтанные и вынужденные переходы в квантовых системах.
- 1.16. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Фазовая скорость света.
- 1.17. Интерференция света. Двухлучевые интерферометры. Многолучевая интерференция.
- 1.18. Когерентность световых полей. Временная и пространственная когерентность.
- 1.19. Дифракция света. Скалярная теория дифракции. Дифракционные решетки.

2. Основные положения физики конденсированного состояния и физики полупроводников

- 2.1. Химическая связь и валентность. Таблица Менделеева.

2.2. Ионная, ковалентная, ван-дер-Ваальсова и металлическая связь. Основные различия.

2.3. Кристаллические и аморфные твердые тела.

2.4. Кристаллическая структура. Элементарная ячейка и базисные вектора.

2.5. Обратная решетка. Пространство импульсов. Зоны Бриллюэна.

2.6. Энергетические зоны в кристаллах. Разрешенные и запрещенные зоны.

2.7. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Основные различия.

2.8. Уровень вакуума. Работа выхода электронов. Термоэлектронная эмиссия. Химический потенциал.

2.9. Электроны и дырки в полупроводниках (носители заряда). Эффективная масса.

2.10. Собственные и примесные полупроводники. Типы проводимости. Доноры и акцепторы.

2.11. Заполнение энергетических зон электронами. Плотность состояний электронов и дырок.

2.12. Уровень Ферми и энергия Ферми. Положение уровня Ферми в собственных и легированных полупроводниках.

2.13. Модель проводимости Друде. Движение носителей заряда в постоянном электрическом поле. Закон Ома.

2.14. Время рассеяния (релаксации) носителей заряда. Подвижность, концентрация и удельная проводимость.

2.15. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Фононы.

2.16. Механизмы рассеяния электронов и дырок в полупроводниках. Зависимость подвижности от температуры.

2.17. Поглощение света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями). Фотопроводимость.

2.18. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна.

2.19. Неравновесные носители заряда. Квазиуровень Ферми. Оптическая генерация. Механизмы рекомбинации. Типы люминесценции.

3. Основные положения физики и технологии полупроводниковых приборов

3.1. Контактная разность потенциалов. Контакт металл- полупроводник.

3.2. Омические и барьерные контакты – зонная структура и вольтамперная характеристика.

3.3. Инжекция носителей заряда из металла в полупроводник.

3.4. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Идеальный p-n переход.

3.5. Вольтамперные характеристики идеального и реального p-n переходов.

3.6. P-n переход на малом переменном сигнале. Барьерная и диффузионная емкость.

3.7. Гетеропереходы и гетероструктуры. Применение.

3.8. Гетероструктуры с высокой подвижностью электронов. Модулированное легирование.

3.9. Биполярные транзисторы. Структура и принцип действия БТ. Токи в транзисторе.

3.10. Коэффициент усиления тока БТ, реальные факторы, влияющие на коэффициент усиления.

3.11. Статические (входные и выходные) характеристики БТ в различных схемах включения. Эквивалентная схема транзистора.

3.12. Полевые транзисторы с барьером Шоттки в качестве затвора. Принцип действия и конструкция ПТ. Основные особенности и достоинства в сравнении с БТ.

3.13. Статические характеристики ПТ. Основные характеристики и параметры ПТ в усиленном режиме.

3.14. Свойства структуры металл-диэлектрик-полупроводник: режимы аккумуляции, истощения и инверсии; эффект поля.

3.15. Энергетическая диаграмма и вольт-фарадная характеристика МДП-структуры.

3.16. Пороговое напряжение и потенциал инверсии. Подвижный заряд в инверсионном слое.

3.17. Конструкция и принцип работы МДП-ПТ. Статические характеристики МДП-ПТ. Работа ПТ в режиме ключа и усилительном режиме.

3.18. Гетероструктурные транзисторы с высокой подвижностью электронов. Граничная частота усиления по току и по мощности.

3.19. Понятие технологического маршрута полупроводниковых приборов. Планарная технология.

3.20. Легирование методом диффузии и ионной имплантации. Основные особенности и этапы.

3.21. Фотолитография и ограничение предельного размера элементов.

3.22. Методы нанолитографии для получения суб-100 нм размеров топологии.

3.23. Методы вакуумного осаждения металлических пленок.

3.24 Твердотельные лазеры – принцип, схема действия и пример реализации.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Т. 5. Статистическая физика, часть 1. М.: Наука, 1976.
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979. т.1, т.2.
4. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М.: Наука, 1978.
5. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М. Энергоатомиздат. 1985.
6. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. Перев. с англ. 2-ое перераб. и доп. издание – М.: Мир, 1984
7. И.М. Викулин, В.И. Стафеев. Физика полупроводниковых приборов. – М.: «Сов. Радио», 1980 – 289 с.
8. Б.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. Полупроводниковые приборы. – М.: Высшая школа, 1987 – 459 с.
9. М.С. Шур. Современные приборы на арсениде галлия; Пер. с англ. под ред. М. Е. Левинштейна, В. Е. Челнокова. - М. : Мир, 1991.
10. В.Ю. Киреев. Нанотехнологии в микроэлектронике. Нанолитография - процессы и оборудование. – М. : Интеллект, 2016.
11. В.П. Драгунов, В.А. Гридчин, И.Г.Неизвестный. Основы наноэлектроники. – М.: Логос, 2011.