

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор НИЯУ МИФИ  
\_\_\_\_\_ В.В. Ужва

СОГЛАСОВАНО  
Ответственный секретарь  
приемной комиссии  
\_\_\_\_\_ В.И. Скрытный

**Программа вступительного испытания**  
по направлению подготовки магистров  
**11.04.04 «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»**

Форма обучения  
Очная

**Москва 2016**

**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

## 1. Основные положения квантовой механики и статистической физики

Принцип неопределённости. Соотношения неопределённости. Принцип суперпозиции. Оператор Гамильтона, операторы импульса, момента импульса. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стационарные и нестационарные состояния. Стационарные состояния и энергия частицы в одномерной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Коэффициент отражения и прохождения частицы через потенциальный барьер. Квазиклассическое приближение.

Движение в кулоновском поле. Собственный магнитный (спиновый) момент частицы. Состояния электронов в атоме. Энергии электронов в атоме. Водородоподобные уровни энергии. Орбитальный и полный магнитный момент электрона. Многоэлектронный атом. Правила Хунда.

Вероятность, функция распределения. Термодинамическое равновесие. Плотность состояний. Статистика Ферми - Дирака и статистика Бозе-Эйнштейна. Химический потенциал.

## 2. Основные положения физики конденсированного состояния и физики полупроводников

Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Структура веществ с ковалентными связями. Ближний и дальний порядок. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Дефекты в кристаллах. Обратная решетка. Зона Бриллюэна. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Понятие о дырках валентной зоны. Параметры носителей тока в основных полупроводниках: Si, Ge, GaAs, GaN. Движение электрона в постоянном электрическом поле. Примесные центры. Доноры и акцепторы. Экситоны. Поверхностные состояния.

Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы.

Электронные свойства полупроводников. Энергетические зоны. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Закон дисперсии. Эффективная масса носителей тока. Теория проводимости Друде-Лоренца. Приближение сильно связанных электронов. Приближение квазисвободных электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Плотность состояний квазисвободных электронов. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС. Фотопроводимость, оптическое поглощение.

Механизмы рассеяния электронов и дырок в полупроводниках: на ионах примеси, фононное и микросплавное рассеяние. Ловушки для носителей заряда.

Поглощение света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

Равновесные и неравновесные носители заряда. Подвижность и её зависимость от температуры. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Собственные и избыточные носители заряда. Оптическая генерация. Механизмы рекомбинации. Типы люминесценции.

### Специальные дисциплины

## 1. Основные положения физики и технологии полупроводниковых приборов

Контактная разность потенциалов. Контакт металл-полупроводник. Омические и барьерные контакты – зонная структура, вольтамперная характеристика и методы формирования. Инжекция носителей заряда из металла в полупроводник. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Вольтамперные характеристики идеального и реального р-п переходов. Р-п переход на малом переменном сигнале. Переходные процессы в р-п переходе. Эквивалентные схемы.

Гетеропереходы. Развитие представлений о гетеропереходах. Анизотипные и изотипные гетеропереходы: энергетические диаграммы и механизмы токопрохождения. Инжекционные свойства анизотипных гетеропереходов.

Биполярные транзисторы. Структура (геометрия) БТ. Планарный транзистор. Принцип действия БТ. Токи в транзисторе. Коэффициент усиления тока БТ, реальные факторы, влияющие на коэффициент усиления. БТ с эмиттерным гетеропереходом. Статические (входные и выходные) характеристики БТ в различных схемах включения. Эквивалентная схема транзистора.

Полевые транзисторы с барьером Шоттки в качестве затвора. Принцип действия и конструкция ПТ. Основные особенности и достоинства в сравнении с БТ. Статические характеристики ПТ. Основные характеристики и параметры ПТ в усиленном режиме. Частотные свойства ПТ (эквивалентная схема).

Свойства структуры металл-диэлектрик-полупроводник: режимы аккумуляции, истощения и инверсии; эффект поля. Энергетическая диаграмма и вольт-фарадная характеристика МДП-структуры. Пороговое напряжение и потенциал инверсии. Подвижный заряд в инверсионном слое. Конструкция и принцип работы МДП-ПТ. Статические характеристики МДП-ПТ. Работа ПТ в режиме ключа и усилительном режиме.

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

Туннельный диод.

Понятие технологического маршрута полупроводниковых приборов. Фотолитография и ограничение предельного размера элементов. Методы нанолитографии для получения суб-100 нм размеров топологии. Диффузионные процессы.

## 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.