

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель  
магистерской программы

  
Поляков В.В.  
" 11 " ноября 2015 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

для конкурсного отбора абитуриентов

по направлению подготовки магистров

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Таганрог – 2015

## **Введение**

Программа предназначена для конкурсного отбора абитуриентов с высшим образованием, поступающим в Южный федеральный университет по направлению подготовки магистров 28.04.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника", магистерской программе "НАНОТЕХНОЛОГИИ".

Вступительное испытание проводится в форме теста на специальных экзаменационных бланках. Задание в тестовой форме считается выполненным, если верный ответ зафиксирован в бланке ответов в форме, предусмотренной инструкцией по выполнению задания.

## Содержание материала, выносимого на тестовое испытание

### Физико-химические основы электроники, нанотехнологий и микросистемной техники

#### *Квантовая механика и физика конденсированного состояния*

Физические принципы квантовой механики. Волновые функции. Операторы координаты и импульса микрочастицы. Оператор момента импульса микрочастицы. Оператор Гамильтона. Стационарное уравнение Шредингера. Движение микрочастиц в потенциальных полях. Дискретный и непрерывный спектры значений энергии. Туннельный эффект. Движение в кулоновском поле. Спектр и волновые функции атома водорода. Теория возмущений и её приложения.

Кристаллическое строение твердых тел. Трансляционная инвариантность в кристаллах. Элементы симметрии. Решетки Бравэ. Сингонии. Дефекты кристаллизации. Обратная решетка и ее свойства. Зоны Бриллюэна. Оптические и акустические колебания атомов кристаллической решетки. Полная энергия решеточного возбуждения кристалла. Понятие фононов. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел. Уравнение Шредингера в периодическом поле. Электроны в кристалле. Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Приближения сильной и слабой связи. Закон дисперсии в приближении сильной связи. Метод псевдопотенциала. Зонная структура твердых тел (диэлектрики, полупроводники, металлы). Поверхность Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Электронные и дырочные состояния. Электронная теплоемкость кристаллов. Электронная структура полупроводников. Эффективная масса. Донорные и акцепторные примеси. Функция плотности состояний в системах различной размерности. Поверхностные свойства твердых тел.

#### *Физика полупроводниковых приборов*

Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Дефекты в кристаллах. Электронно-дырочный ( $p-n$ ) переход. Вольт-амперная характеристика  $p-n$ -перехода. Барьерная и диффузионная емкость. Частотные и импульсные свойства. Полупроводниковые структуры с двумя близко расположенными  $p-n$  переходами. Основные параметры транзисторов. Контакт металл-полупроводник. Вольт-амперная характеристика. Омический контакт. Гетероструктуры. Гетеропереходы. Варизонные структуры. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: Фотопроводимость. Фотовольтаический эффект в  $p-n$  переходе. Излучение полупроводников. Квантовый выход. Индуцированное (стимулированное) излучение. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Полупроводниковые лазеры. Термоэлектрические явления. Термо- и гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты.

## ***Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии***

Химическая термодинамика. Термодинамические потенциалы. Объединенное уравнение термодинамики. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса. Химический потенциал. Химическое равновесие. Константа равновесия химической реакции. Фазы и фазовое равновесие. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы состояния. Термодинамика растворов. Законы Рауля и Генри. Твердые растворы. Физико-химический фазовый анализ. Диаграммы состояния бинарных систем. Термодинамика поверхности. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Адсорбция. Механизм зарождения новой фазы на поверхности твердого тела. Механизмы роста пленок на подложках. Эпитаксия. Химическая и диффузионная кинетика. Скорость реакции. Порядок реакции. Энергия активации химической реакции. Диффузия. Кинетический анализ физико-химического процесса. Стадии гетерогенного физико-химического процесса, лимитирующая стадия процесса. Диффузия в твердом теле. Механизмы диффузии. Законы диффузии Фика. Уравнения диффузии примеси из неограниченного и ограниченного источников. Электрохимические процессы в технологии электроники. Электролитическая диссоциация. Электропроводность электролитов. Термодинамика гальванического элемента. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе. Катодное осаждение металлов. Элементы химии твердого тела. Термодинамика дефектов в кристаллах.

## **Компоненты микросистемной техники**

Классификация актюаторных компонентов МСТ. Высокочастотные микромеханические ключи. Конденсаторы и катушки индуктивностей в микросистемах. Высокочастотные микрофильтры. Микрофазовращатели. Лини передач. Микроантенны. Микрозеркала. Микрожидкостные системы. Микрохроматографы. Принципы хроматографии. Конструкции и принципы работы газовых и жидкостных микрохроматографов. Биосенсоры для медико-биологических целей. Микро- и наноинструмент. Микродвигатели, приводы движения, системы микроперемещения. Электростатические микродвигатели. Пьезоэлектрические микродвигатели. Системы микроперемещений на основе тепловой активации. Микромеханические гироскопы. Волоконно-оптические гироскопы. Акселерометры. Клинометры. Роль корпуса в микросистемах. Виды корпусов микросистем. Монтаж методом перевернутых кристаллов. Монтаж высокочастотных микросистем.

## **Процессы микро- и нанотехнологии**

Классификация интегральных микросхем, основные понятия, термины. Технологические процессы фотолитографии. Контактная, проекционная, рентгеновская, электронно-лучевая проекционная литографии. Фоторезисты. Фотошаблоны. Получение структур методами термического, катодного и ионно-плазменного распыления. Испарение и конденсация паров. Законы

Ламберта-Кнудсена. Критическая температура подложки. Критическая плотность молекулярного пучка. Распределение потенциала между анодом и катодом. Нормальный и аномальный тлеющий разряд. Механизм распыления по теории Венера. Физическое и реактивное катодное распыление. Высокочастотное плазменное распыление. Параметры высокочастотного плазменного распыления. Ионное, ионно-химическое, плазмохимическое и жидкостное травление микроструктур. Диэлектрические пленки в технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Термическое окисление кремния. Анодное окисление. Фотонно-стимулированное окисление. Получение структур методом диффузии. Механизм диффузии. Диффузионные процессы при изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Ионное легирование. Физика процесса. Технологические особенности процессов ионной имплантации. Отжиг радиационных дефектов. Применение ионного легирования в полупроводниковой технологии. Эпитаксия. Дефекты структуры в эпитаксиальных структурах. Оборудование для эпитаксиального выращивания. Методы контроля эпитаксиальных структур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Методы изоляции элементов интегральных схем. Особенности технологии изготовления ИМС с проектными нормами менее 90 нм, золь-гель технологии, технологии на основе углеродных нанотрубок и углеродных пленок. Сборка и герметизация полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Монтаж элементов с проволочными выводами. Термокомпрессионная сварка. Контактная сварка расщепленным электродом. Ультразвуковая сварка. Монтаж навесных элементов методом «перевернутого кристалла». Монтаж кристалла с балочными выводами.

### **Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем**

Классификация, особенности и свойства наноструктурированных материалов и систем. Методы анализа и контроля поверхности наноструктурированных материалов и систем. Методы анализа и контроля внутренней структуры наноструктурированных материалов и систем. Методы анализа и контроля химического и фазового состава наноструктурированных материалов и систем.

### **Знания и умения, проверяемые заданиями экзаменационной работы**

Для успешного выполнения экзаменационной работы испытуемый должен

**знать:**

- физико-химические основы электроники, нанотехнологий и микросистемной техники;
- основные процессы микро- и нанотехнологий;

- конструкции и принципы работы компонентов микросистемной техники;
- технологические процессы микро- и нанотехнологий;
- методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.

**уметь:**

- применять основные законы физики конденсированного состояния для описания связей между технологическими факторами и параметрами физических структур;
- использовать основы физико-химического моделирования, применять методы теоретического анализа и экспериментального исследования для определения параметров физико-химических процессов микро- и нанотехнологии;
- применять методы анализа наноструктурированных материалов и систем для контроля качества продукции, проведения научных исследований по приоритетным направлениям развития nanoиндустрии;
- разрабатывать основные процессы технологии микро- и наносистем.

**Основная литература:**

***По разделу " Квантовая механика и физика конденсированного состояния"***

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. М: Наука, 1983 г.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М: Наука, 1978.
3. Епифанов Г.И. Физика твердого тела – М: Высшая школа, 2005. – 288 с.
4. Левин И.Я. Физика твердого тела – СПб: Лань, 2008. – 264 с.

***По разделу "Физика полупроводниковых приборов"***

1. Червяков Г.Г. Горбина Л.А. Микроволновая электроника (уч.пособие) Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009, – 282 с.
2. Червяков Г.Г., Прохоров С.Г., Шиндор О.В. Электронные приборы. Учебное пособие – Казань: Изд-во Казан гос.техн.ун-т, 2009. – 270 с.
3. Червяков Г.Г., Гочияев Б.Р. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие – М.: УмиИЦ «Учебная литература», 2009. – 260 с.
4. Червяков Г.Г., Прохоров С.Г., Шиндор О.В. Электронные приборы. Учебное пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 333 с.

***По разделу "Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии"***

1. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы – М.: Физматлит, 2006. – 424 с.
2. Салем Р.Р. Физическая химия. Термодинамика. 2004 г. – 352 с.

3. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур – М.: Мир, 2002. – 461 с.

***По разделу "Компоненты микросистемной техники"***

1. Варадан В., Виной К., Джозе К. ВЧ МЭМС и их применение.– М.: Техносфера, 2004. – 528с.
2. Коноплев Б.Г., Лысенко И.Е. Компоненты микросистемной техники. Часть 1 – Таганрог: Изд-во ГТИ ЮФУ, 2009. – 117 с.
3. Коноплев Б.Г., Лысенко И.Е. Компоненты микросистемной техники. Часть 2 – Таганрог: Изд-во ГТИ ЮФУ, 2011. – 85 с.

***По разделу "Процессы микро- и нанотехнологии"***

1. Коледов Л.А. Технология конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок. Учебник для вузов – М.: Радио и связь, 2013. – 400 с.
2. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 397 с.
3. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 2: Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 422 с.
4. Наумченко А.С. Структуры кремний на изоляторе. Учебное пособие – Таганрог: Изд-во ГТИ ЮФУ. 2009. – 70 с.

***По разделу "Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем"***

1. Лучинин В.В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика /Под ред. В.В. Лучинина, Ю.М. Таирова – М.: Физматлит, 2006. – 552 с.
2. Пул Ч. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2007. – 376 с.
3. Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия – М.: Техносфера, 2006. – 253 с.
4. Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.

**Дополнительная литература:**

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела – М: Высшая школа, 2001. – 494 с.
2. Осадчий Е.Н., Червяков Г.Г. Основы полупроводниковой оптоэлектроники. Учебное пособие – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. – 200 с.

3. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия / Под ред. А.Г. Стромберга. – М.: Высш. шк., 1988. – 496 с.
4. Щука А.А. Нанoeлектроника – М.: Физматкнига, 2007г. – 464 с.
5. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие. – М.: Техносфера, 2009. – 144 с.
6. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике – М.: Техносфера, 2005. – 224 с.