

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО КОНКУРСНОЙ ГРУППЕ «ФЭФМ ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ,  
НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ»  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ**

На вступительном испытании будут заданы вопросы по выпускной квалификационной работе и вопросы из раздела, соответствующего направлению будущей научно-исследовательской деятельности поступающего.

**Вопросы по выпускной квалификационной работе (магистратура или специалитет)**

1. Основные положения.
2. Новизна.
3. Актуальность.

**Раздел «Нанотехнологии и наноматериалы»**

1. Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению
2. Основы кристаллографии. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Атомные и ионные радиусы. Химическая связь. Соотношение ионных радиусов и структура кристаллов. Типы структур кристаллов.
3. Основные типы дефектов кристаллической структуры. Термодинамика дефектов кристаллической решетки. Собственные и примесные дефекты в элементарном кристалле; точечные и протяженные дефекты. Влияние дефектов на физические и химические свойства кристаллов.
4. Механизмы диффузии. Элементы математического описания диффузионных процессов. Особенности, диффузии по вакансиям, дислокациям и по поверхности кристаллов. Кинетика гетерогенных процессов и ее методы в технологии получения кристаллов с дефектами.
5. Элементарные процессы зародышеобразования и роста кристаллов. Существующие теории роста. Теоретические основы кристаллизационных методов очистки и выращивания монокристаллов.
6. Понятие о фазах переменного состава. Отображение явлений нестехиометрии на диаграммах состояния. Р-Т-Х – диаграмма, как источник информации для получения кристаллов с заданным отклонением от стехиометрии. Выбор технологических методов получения полупроводниковых соединений в зависимости от Р-Т-Х диаграммы состояния.
7. Материальный баланс и энергетический балансы, факторы, влияющие на технологический процесс и методы их анализа.
8. Идеальная и реальная поверхность твердого тела. Структурно-механические свойства поверхности. Электрофизические свойства поверхности. Проявление размерных эффектов и эффектов масштабирования при электростатических и электромагнитных взаимодействиях.
9. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства полупроводников. Современные методы выращивания монокристаллов элементарных полупроводников. Принципы выращивания структурно-совершенных монокристаллов.
10. Полупроводниковые соединения  $A^{III}B^V$  и твердые растворы на их основе. Физико-химические, электрофизические и оптические свойства. Технологические особенности их получения.
11. Наноматериалы. Современные технологические методы формирования наноструктурированных материалов.
12. Исходные вещества, используемые для производства монокристаллов и пленок. Особо чистые элементы и материалы, их роль в современной технике. Понятие о чистоте вещества, методы определения и оценка чистоты. Физико-химические основы глубокой очистки веществ. Понятие о коэффициенте разделения и распределения. Методы очистки.
13. Свойства р-п перехода. Кинетические явления в полупроводниках. Электро- и теплопроводность полупроводников. Рассеяние носителей заряда. Эффект Холла. Магнетосопротивление. Диффузия носителей и примесей. Невыпрямляющие контакты. Работа выхода. Эмиссия электронов. Термо-ЭДС. Эффект Пельтье.
14. Источники излучения. Физические основы работы лазеров. Газовые и твердотельные

- лазеры. Полупроводниковые светодиоды и лазеры. Классификация и принцип работы. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах. Технология изготовления.
15. Фотоэлектронные приборы, Фотоприемники и солнечные батареи. Полупроводниковые фотоприемники, полупроводниковые датчики, сенсорные устройства и преобразователи. Принципы действия и характеристики.
  16. Квантово-размерные эффекты в полупроводниковых и диэлектрических нанокристаллах, их влияние на оптические свойства (люминесценция, поглощение, фононные спектры, двулучепреломление). Оптоэлектронные приборы на основе наноструктурированных полупроводников (квантовые точки и нити). Фотонные кристаллы.
  17. Методы эпитаксии кремния. Газофазная эпитаксия. Хлоридный, хлоридно-гидридный и МОС-гидридный методы.
  18. Жидкостная эпитаксия и области ее применения. Механизм кристаллизации из раствора в расплаве Фазовое равновесие. Равновесная и неравновесная кристаллизация. Коэффициент распределения примесей.
  19. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
  20. Классификация процессов глубокого разделения веществ.
  21. Нормальная направленная кристаллизация. Распределение примеси по длине кристалла.
  22. Метод Бриджмента. Метод Чохральского. Получение однороднолегированных кристаллов кремния по методу Чохральского.
  23. Получение профилированных кристаллов. Метод Степанова.
  24. Нанотехнология. Современные технологические методы формирования наноструктур. Процессы самоорганизации и самоформирования в технологии наноструктур.
  21. Методы просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии и примеры ее использования для исследования материалов и элементов электронной техники.
  25. Методы определения химического состава.
  26. Методы исследования наноструктур. Электронная микроскопия. Оптика ближнего поля. Туннельная и атомно-силовая микроскопия.
  27. Технология и оборудование для выращивания монокристаллов. Особенности конструктивного выполнения ТО и его основных узлов и систем. Оптимизация равномерного распределения легирующих примесей в монокристаллах.
  28. Технология и оборудование получения полупроводникового кремния и германия. Выращивание монокристаллов германия и кремния с совершенной структурой.
  29. Особенности технологии полупроводниковых соединений. Методы контроля и стабилизации параметров процесса выращивания монокристаллов, система автоматического управления процессом.
  30. Технология и оборудование для получения эпитаксиальных слоев. Принципиальные схемы проведения эпитаксиальных процессов. Промышленные методы эпитаксиального наращивания и виды применяемого оборудования.

## Литература

1. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии.-М.: Техносфера, 2009.-336 с.
2. Айхлер Ю., Айхлер Г.-И. «Лазеры. Исполнение, управление, применение». Москва: Техносфера, 2008 г.
3. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника : Мировые достижения – 2008 год : сборник / под ред. П. П. Мальцева. – Москва : Техносфера, 2008. – 430 с.
4. Попов, В. А. Нанопорошки в производстве композитов / В. А. Попов, А. Г. Кобелев, В. Н. Чернышев. – Москва : Интернет Инжиниринг, 2007. – 336 с
5. Наноструктурные материалы / под ред. Р. Ханнинка, А. Хилл ; пер. с англ. А. А. Шустикова, под ред. Н. И. Бауровой. – М. : Техносфера, 2009. – 488 с.
6. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – 2-е изд., испр. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 416 с.
7. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 365 с.
8. Гречихин, Л.И. Наночастицы и нанотехнологии / Л. И. Гречихин ; Минск. гос. высш. авиац. колледж. – Минск : Право и экономика, 2008. – 73 с.

9. Мартинес-Дуарт, Дж. М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда ; пер. с англ. А. В. Хачояна ; под ред. Е. Б. Якимова. – 2-е изд., доп. – Москва : Техносфера, 2009. – 368 с.
10. Рамбиди, Н. Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры / Н. Г. Рамбиди. – М.: Физматлит, 2007. – 256 с.
11. Головин, Ю. И. Наноиндентирование и его возможности / Ю. И. Головин. – Москва : Машиностроение, 2009. – 311 с.