

Принято на заседании  
Ученого совета ИНМиН НИТУ МИСИС  
Протокол от 28.11.2024 № 8-24

ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ  
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ

**28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Москва 2024

## Содержание

1. Пояснительная записка .....	3
2. Содержание разделов .....	4
3. Рекомендуемая литература .....	6

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель вступительного испытания – определение возможности поступающего осваивать основные профессиональные образовательные программы высшего образования (ОПОП ВО) в пределах образовательных стандартов ВО НИТУ МИСИС по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Вступительные испытания по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» проводятся в виде письменного экзамена. Продолжительность вступительного испытания составляет 2 часа (120 минут). Экзаменационный билет содержит 5 заданий. Система оценивания письменного вступительного испытания:

- 1 вопрос - 20 баллов;
- 2 вопрос - 20 баллов;
- 3 вопрос - 20 баллов;
- 4 вопрос - 20 баллов;
- 5 вопрос - 20 баллов;

В случае правильного и полного ответа поступающий получает количество баллов, соответствующее номеру вопроса, при неполном ответе или при наличии ошибок члены экзаменационной комиссии выставляют количество баллов пропорционально части правильного выполнения задания.

Результаты вступительных испытаний оцениваются по 100-балльной шкале. Минимальный проходной балл, подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний, составляет 40 баллов.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право принести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка, пишущая черными или синими чернилами, простой карандаш, ластик.

## 2. ПРОГРАММА. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ

1. Основные типы вещества в нанокристаллическом состоянии и их свойства (структура; электронное строение нанокристаллов; электрические, магнитные, оптические, механические свойства); основы физико-химической теории зарождения наночастиц; кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов. Диффузионные и кинетические процессы реакций синтеза наночастиц. Особенности процессов физических и химических методов синтеза наночастиц. Кинетические закономерности для расчетов процессов синтеза наноматериалов; определение параметров стадий синтеза наночастиц (квазиравновесная, диффузионная, кинетическая). Электронная конфигурация атомных орбиталей и типы химической связи в твердых телах. Самые прочные и самые слабые химические связи. Критерии прочности связи.
2. Дефекты кристаллических структур. Точечные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов. Неравновесные дефекты и их происхождение. Линейные дефекты. Нейтральные и электрически активные дефекты, их влияние на проводимость и подвижность. Дислокации, их типы, параметры дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Источники возникновения и энергия образования дислокаций. Внутрифазные и межфазные границы. Взаимодействие собственных дефектов друг с другом, с дислокациями и примесными атомами. Типы примесей, их электрическая активность.
3. Понятие фазы. Структура чистых элементов и твердых растворов. Классификация твердых растворов. Равновесие фаз в многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы I и II рода. Основные типы диаграмм состояния бинарных систем. Классификация фазовых превращений. Полиморфное превращение. Диффузионные и мартенситные превращения. Распад пересыщенных твердых растворов.
4. Кристаллизация. Термодинамика и кинетика кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов в расплаве. Роль переохлаждения в процессе кристаллизации. Механизмы роста кристаллов. Направленная кристаллизация. Коэффициент распределения примеси при кристаллизации, кристаллизационная очистка материала. Связь скорости роста и вида распределения примеси. Эпитаксиальный рост. Механизмы роста эпитаксиального слоя.
5. Методы получения объемных кристаллов полупроводников и диэлектриков. Связь метода получения кристалла соединения с видом фазовой диаграммы. Методы получения эпитаксиальных слоев и гетероэпитаксиальных многослойных композиций.
6. Диффузия. Феноменологические законы диффузии. Самодиффузия и гетеродиффузия. Атомные механизмы диффузии. Роль вакансий, дислокаций и границ

зерен. Диффузия в поле градиента концентраций. Фактор температуры и длительности в процессе диффузии. Реакционная диффузия.

7. Основные методы диагностики микро- и наномасштабных объектов. Микроскопические и зондовые методы исследования материалов. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Оценка дефектности структуры. Представление об спектроскопических методах исследования.

8. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Уравнение кинетики рекомбинации. Время жизни, диффузионная длина пробега. Фотопроводимость. Излучательная рекомбинация.

9. Применение наноматериалов. Конструкционные, инструментальные и триботехнические материалы. Пористые материалы и материалы со специальными физико-химическими свойствами. Материалы со специальными физическими свойствами (магнитомягкие и магнитотвердые; проводники, полупроводники и диэлектрики). Наночастицы и нанопорошки. Объемные наноструктурные материалы. Фуллерены и их производные, нанотрубки. Наноконпозиционные материалы. Нанопористые материалы. Функциональные материалы. Полупроводниковые и диэлектрические материалы. Высокотемпературные сверхпроводники. Магнитные материалы. Материалы со специальными механическими свойствами. Тонкие пленки и покрытия. Оптические свойства наночастиц благородных, переходных металлов и систем на их основе.

10. Полупроводниковые приборы. Диод, туннельный диод. Биполярный транзистор. Полевые транзисторы на МДП-структурах. Гетеротранзисторы с двумерным электронным газом.

11. Коллоидные системы. Физико-химические свойства изолированных наночастиц и наносистем. Устойчивость дисперсных систем; адгезия и смачивание; поверхностно-активные вещества; мицеллообразование; системы с жидкой и газообразной дисперсионной средой; золи, суспензии, эмульсии, пены, пасты; структурообразование в коллоидных системах. Седиментация, электрофорез, броуновское движение.

### 3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кожитов Л.В., Косушкин В.Г., Крапухин В.В., Пархоменко Ю.Н. Технология материалов микро- и нанoeлектроники. Л.В. Кожитов. М.: МИСиС, 2007. С.- 544.
2. Лозовский В.Н., Константинова Г.С. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие. 2-е издание. СПб.: Издательство «Лань», 2008.
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. М.: Машиностроение, 2012.
4. Ковалев А.Н. Гетероструктурная нанoeлектроника. М.: Изд. Дом «МИСиС», 2009.
5. Щука А.А.. Нанoeлектроника (учебник). М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012.
6. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010.
7. Вернер В.Д., Сауров А.Н. Нанотехнологии, наноматериалы, наносистемная техника. М. Техносфера, 2008.
8. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. Новосибирск, изд. НГТУ, 2012.
9. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. Техносфера, 2014.
10. Андриевский Р.А. Рагуля А.В. Наноструктурные материалы, М.:Издательский центр «Академия», 2005. - 192 с.
11. Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л.Дзидзигури. Наноматериалы Учебное пособие. М. Изд-во Бинум. Лаборатория знаний. 2008. 396 с.
12. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А., Физическая химия, М., Металлургия, 1987. -687с.
13. Бокштейн Б.С., Менделев М.И., Похвиснев Ю.В Краткий курс физической химии М. Изд Дом МИСиС, 2013- 265 с.
14. Физическая химия, под редакцией К.С.Красного, М.Высшая школа, 1995,- 823 с
15. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография.-М.:МИСиС, 1994.
16. Горелик С.С., Л.Н.Расторгуев, Ю.А.Скаков. Рентгенографический и электроннооптический анализ. М. Металлургия, 1979.
17. Шаскольская М.П. Кристаллография. Высшая школа, 1984.