

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Проректор по науке  
РХТУ им. Д.И. Менделеева**



**А.А. Щербина**

**«17» июля 2022 г.**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

**ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов  
электронной техники**

**Москва 2022 г**

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a final horizontal stroke extending to the right.

Программа составлена Аветисовым И.Х, д.х.н., проф., заведующим кафедрой химии и технологии кристаллов и Петровой О.Б., д.х.н., доц., профессором кафедры химии и технологии кристаллов.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии и технологии кристаллов «12» апреля 2022 г. протокол № 10.

## **Общие положения**

Программа вступительных испытаний по научной специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники разработана учетом требований к поступающим, определёнными правилами приема.

Цель проведения экзамена - оценка уровня знаний поступающих в области научной специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники для отбора наиболее подготовленных поступающих для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Задачей вступительного испытания в аспирантуру является оценка уровня владения специальной дисциплиной, в том числе сформированности у поступающих системных знаний в области физической химии и технологии материалов фотоники и квантовой и микро- электроники, понимания концепции и общих закономерностей проектирования и создания этих материалов.

### **Разделы программы**

1. Форма проведения вступительного испытания.
2. Язык проведения вступительного испытания.
3. Содержание вступительного испытания.
4. Структурированное по разделам (областям) содержание вступительного испытания.
5. Шкала оценивания и фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания вступительного испытания
6. Типовые задания, вопросы, иные материалы для проведения вступительного испытания.
7. Рекомендуемая литература для подготовки к вступительному испытанию.

### **1. Форма проведения вступительного испытания.**

Вступительное испытание проводится в устной форме.

### **2. Язык проведения вступительного испытания.**

Язык проведения экзамена – русский

### **3. Содержание вступительного испытания**

1. Оценка соответствия содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, оценка владения понятийным аппаратом, аргументированность выводов и доказательств, ясность, четкость и логика изложения материала.

2. Применение полученных теоретических знаний к решению практических вопросов химической технологии, способность к аналитической деятельности; системность мышления и систематичность знания, гибкость и самостоятельность мышления.

### **4. Структурированное по разделам (предметным областям) содержание вступительного испытания.**

Теоретические представления о структуре твердых тел. Кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов. Идеальный и реальный кристалл. Термодинамика дефектов кристаллической решетки. Собственные и примесные дефекты в элементарном кристалле; точечные и протяженные дефекты.

Диаграммы фазовых равновесий как инструмент прогнозирования свойств материалов и оптимизации условий получения.

Представления о зонной теории твердого тела, различия свойств диэлектриков, полупроводников и металлов. Методы расчета проводимости и концентрации носителей заряда в материалах. Принципы работы электронных приборов.

Вакуумная техника, приборы вакуумной электроники.

Механизмы поглощения и излучения света в полупроводниках и диэлектриках. Люминесценция. Спонтанные и вынужденные переходы. Инверсная заселенность. Материалы и принципы работы лазеров.

Теории роста кристаллов. Методы и оборудование для выращивания монокристаллов.

Особочистые вещества и материалы, требования к чистоте материалов электроники, методы глубокой очистки веществ.

Основные технологии изготовления приборов электронной техники.

### **5. Критерии оценки.**

Билет состоит из 2 вопросов, каждый из вопросов оценивается в 40 баллов. Ответы на дополнительные вопросы оцениваются в 20 баллов.

## Шкала оценивания:

Ответ на вопросы билета	Всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, не до конца усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, практически не усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии
Количество баллов	40	30	20	10

### 6. Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Эффективная масса электрона и дырки. Собственные и примесные полупроводники. Роль донорных и акцепторных примесей.

2. Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах. Температурные зависимости. Распределение Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники.

3. Поглощение и излучение света в полупроводниках и диэлектриках. Спектры поглощения и фотопроводимости. Прямые и непрямые переходы носителей заряда. Экситоны. Рекомбинация носителей.

4. Механизмы люминесценции. Классификации люминофоров. Механизмы сенсibilизации. Тушение люминесценции. Люминесценция в органических и неорганических люминофорах.

5. Термодинамика дефектов кристаллической решетки. Собственные и примесные дефекты в элементарном кристалле; точечные и протяженные дефекты. Структура и симметрия идеальных и реальных кристаллов; основные типы дефектов кристаллической структуры. Политипизм и полиморфизм

6. Гетерогенные равновесия. Условия стабильности и равновесия фаз. Типы диаграмм фазовых равновесий двух- и многокомпонентных систем. Диаграммы как источник информации необходимой для выбора и оптимизации метода синтеза материалов с заданным составом и свойствами. Отображение явлений нестехиометрии на диаграммах состояния.

7. Структура твердых тел. Кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов и анизотропия их свойств. Атомные и ионные радиусы. Химическая связь. Соотношение ионных радиусов и структура кристаллов. Типы структур

кристаллов. Дефекты кристаллов. Упругая кристаллическая деформация. Дислокационный механизм пластического течения.

8. Электропроводность полупроводников. Поведение свободных носителей заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Свободные носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Эффект Ганна.

9. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная заселенность. Методы создания инверсной заселенности. Принцип работы лазера.

10. Трехуровневая и четырехуровневая схемы работы лазера с примерами рабочих тел. Основные части лазера. Возможные потери энергии в лазере. Непрерывные и импульсные лазеры. Оптические затворы. Моды излучения. Перестройка длины волны лазера. Классификация лазеров.

11. Элементарные процессы зародышеобразования и роста кристаллов. Существующие теории роста на атомногладкой и атомношероховатой поверхностях, теории нормального и непрерывного роста.

12. Методы и оборудование для выращивания монокристаллов. Особенности выращивания из расплава оксидных кристаллов. Оптимизация равномерного распределения легирующих примесей в монокристаллах.

13. Оборудование для выращивания кристаллов: высокотемпературные ростовые системы с резистивным и индукционным нагревом; высокотемпературные ростовые системы с контролируемой атмосферой.

14. Исходные вещества, используемые для производства монокристаллов и пленок. Особочистые вещества и материалы, их роль в современной технике. Понятие о чистоте вещества, методы определения и оценка чистоты. Физико-химические основы и методы глубокой очистки веществ. Понятие о коэффициенте разделения и распределения.

15. Методы анализа материалов электроники: термические методы, оптическая спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, рентгеноструктурный анализ, методы анализа состава и микропримесей, электронная микроскопия.

16. Органические материалы в электронной технике. Жидкие кристаллы. Классификация и базовые характеристики. Органические электролюминесцентные материалы: синтез, свойства и способы формирования тонкопленочных ОСИД.

17. Определение кристаллографической ориентации полупроводников. Ориентированная резка, шлифовка и полировка пластин. Станки для полировки

полупроводника. Химическое травление и химическая полировка германия, кремния и арсенида галлия. Химико-механическая полировка. Финишная очистка пластин. Методы контроля качества очистки.

18. Планарная технология. Физические основы процесса диффузии. Основные уравнения. Граничные условия и расчетные формулы для наиболее важных частных случаев диффузии. Практические методы проведения диффузионных процессов. Структурные схемы диффузионных печей. Фотолитография. Основные типы оборудования для фотолитографии. Проекционная фотолитография. Фотошаблоны и их изготовление.

19. Устройство оптоволоконного световода. Основные параметры световода. Спектральная зависимость потерь в световоде. Виды оптоволоконных световодов и области их применения. Световоды среднего ИК-диапазона.

20. Оптоэлектронные приборы. Назначение и области применения. Фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы, лавинные фотодиоды. Основные параметры и характеристики. Солнечные батареи. Полупроводниковые излучающие структуры. Приборы для систем отображения информации. Оптроны и оптоэлектронные интегральные схемы.

21. Поляризация диэлектриков и ее физическая сущность. неполярные и полярные диэлектрики. Проводимость диэлектриков и ее физическая природа. Диэлектрические потери и их природа.

22. Гетеропереходы. Контакт металл-проводник. Омический и выпрямляющий переходы Шоттки. Поверхностные состояния. Структуры металл-диэлектрик полупроводник (МДП). Полевой эффект в МДП-структурах.

## **7. Список рекомендуемой литературы**

1. П.В. Ковтуненко Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. – М.: Высшая школа, 1993.
3. О.Б. Петрова, И.В. Степанова. Физическая электроника и электронные приборы. Лабораторный практикум и пособие по решению задач. : Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2020. 152с.
4. В.П. Зломанов, И.Х. Аветисов, Е.Н. Можевитина. Р–Т–х диаграммы фазовых равновесий: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. 184 с.
5. И.Х. Аветисов, А.Ю. Зиновьев, А.Г. Чередниченко, Р.И. Аветисов Технология органических электролюминесцентных устройств. Технологические процессы. Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 64с.