

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана

А. С. Князев

Оценочные материалы по дисциплине

**Химия материалов электронной техники**

по специальности

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Специализация:

**Фундаментальная и прикладная химия**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Химик / Химик-специалист. Преподаватель химии**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.В. Шелковников

Председатель УМК

В.В. Шелковников

Томск – 2024

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений в различных областях химии;

ОПК-2. Способен проводить синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследовать процессы с их участием;

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения;

ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 1.1 Знает теоретические основы неорганической, органической, физической и аналитической химии, применяет их при решении профессиональных задач в других областях химии.

РООПК 1.2 Умеет систематизировать и интерпретировать результаты экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии

РООПК 1.3 Умеет грамотно формулировать заключения и выводы по результатам работы

РООПК 2.1 Знает стандартные приемы и операции, используемые при получении веществ неорганической и органической природы

РООПК 2.2 Знает теоретические основы методов изучения состава, структуры и свойств для грамотного выбора метода исследования

РООПК 2.3 Умеет проводить стандартные синтезы по готовым методикам, выполнять стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов, а также использовать серийное научное оборудование для изучения их свойств

РООПК 3.1 Знает основы теоретической физики, математического анализа и квантовой химии; основные теоретические и полуэмпирические модели, применяемые при решении задач химической направленности

РОПК 1.1 Умеет разрабатывать стратегию научных исследований, составляет общий план и детальные планы отдельных стадий.

РОПК 1.2 Умеет выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

- устный опрос;
- контрольная работа;
- индивидуальное задание;

*Примеры вопросов для устного опроса:*

1. Перечислить типы реальных кристаллов с дефектами.
2. Дать определение « дальнего» и «ближнего» порядка в кристалле.
3. Полупроводники IV группы. Структура, координация и природа химической связи.
4. Написать кристаллохимическую формулу структур вычитания с катионной вакансией. Определить тип проводимости.

5. Дать определение «квазиравновесного» или частично равновесного состояния. Для чего оно используется?
6. Сформулировать основные критерии полупроводимости.
7. Определить число степеней свободы при образовании фазы  $CdS_{1-y}$  по реакции:  $CdS \leftrightarrow CdS_{1-y} + y/2S_2$  (г). Сделать вывод.
8. Дать термодинамическое определение вещества квалификации «хч». Расшифровать марку вещества ОСЧ -15-4, класс вещества В6.
9. Написать выражение для концентрации дефектов Френкеля и Шоттки. От каких факторов она зависит?
10. Дать понятие фаз переменного состава и области гомогенности. Привести примеры.
11. Что представляют собой изоэлектронные ряды алмазоподобных соединений? Привести примеры.
12. За счет чего появляется доля ионной составляющей связи в соединениях  $A^I B^{VI}$ ,  $A^{II} B^{VI}$ ,  $A^{III} B^V$ ? В каких соединениях она выше?
13. Дать термодинамическое доказательство невозможности получения бездефектных кристаллов.
14. Написать формулу двойного и тройного соединения, являющегося аналогом Ge.
15. Равновесные и неравновесные условия кристаллизации вещества из расплава. От каких факторов зависят равновесные и эффективные коэффициенты распределения?
16. Предложить методы синтеза соединений InSb, GaAs, InP.
17. В чем состоит суть графического способа расчета концентрации дефектов в кристаллах?
18. Определить тип проводимости кристаллов PbS при их синтезе из газообразной фазы при больших давлениях паров серы.
19. Написать основные уравнения равновесия кристаллов АВ с Френкелевским беспорядком, помещенных в газовую среду В. Упростить уравнения электронейтральности для различных областей давлений газа В.
20. Дать определение критического зародыша. Как управлять величинами пересыщения, размером зародышей и величиной энергии Гиббса для получения больших кристаллов?
21. Сформулировать термодинамические условия протекания газотранспортных реакций.
22. Выбор легирующего соединения и требования к нему.
23. Сформулировать общее правило взаимного влияния примесей и дефектов при легировании элементарных полупроводников.
24. Механизм диффузии примесей в полупроводниках. Электроактивные и неактивные позиции атомов примеси в решетке кристалла.
25. Сущность ионного легирования. Элионика.
26. Радиационно - стимулированная диффузия, основные преимущества и области использования.
27. Области применения нанотехнологий в полупроводниковом материаловедении.
28. Связь между линейными дефектами и свойствами металлов; пути управления дислокационными дефектами.
29. Каковы основные признаки перехода в сверхпроводящее состояние?
30. Что такое сверхпроводники 1 и 2 рода.
31. Критические характеристики и основные свойства сверхпроводников.
32. Характеристика ферромагнетиков. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы.
33. Структура и свойства керамических материалов.
34. Классификация и характеристика керамических материалов.
35. Виды функциональной керамики. Области применения керамических материалов.
36. Какие общие структурные мотивы характерны для высокотемпературной сверхпроводящей керамики.
37. Каковы основные механизмы спонтанной поляризации и для каких классов соединений они наиболее характерны (примеры)?

38. В чем различия между пьезо-, пиро-, сегнетоэлектриками? Что из них является подклассом друг друга?
39. Почему сегнетоэлектрики разбиваются на домены? Какой тип энергии запасается в стенках доменов?
40. С чем связана остаточная поляризация и наличие петли гистерезиса сегнетоэлектриков (опишите основные точки петли гистерезиса)?
41. Назовите типичные примеры протонных проводников.
42. В чем заключаются различия в механизмах проводимости NaCl, AgCl и AgI?
43. В чем заключается отличие твердых электролитов от жидких электролитов и ионных кристаллов?
44. Какие общие требования предъявляются к твердым материалам, используемым в лазерах?
45. Механизм переноса заряда в проводящих полимерах с системой сопряженных связей.
46. Методы синтеза люминесцирующих полимеров, их применение.
47. Принципы молекулярного конструирования ЖК полимеров.

*Варианты индивидуальных заданий:*

1. Основные проблемы глубокой очистки веществ.
2. Маркировка полупроводниковых материалов и изделий.
3. Органические полупроводники.
4. Электрохимические методы очистки.
5. Космическое материаловедение.
6. Твердые растворы соединений.  $A^{III}B^V$ .
7. Физико-химические методы очистки (экстракция, ионный обмен, соосаждение, цементация, хроматография).
8. Сложные алмазоподобные соединения (тройные, четверные и т.д.).
9. Халькогениды II группы элементов.
10. Технологический маршрут получения монокристаллического кремния (от переработки исходного сырья до тонкопленочной технологии).
11. Материалы ионники твердого тела
12. Металлические пленки в микроэлектронике
13. Монокристаллический кварц и его применение.
14. Кристаллические материалы с кубической гранецентрированной решеткой.
15. Материалы нанотехнологии.

*Индивидуальные задания по текущему лекционному материалу (аудиторная СРС)*

1. Физические и химические свойства, электронное строение атомов,  $sp^3$  – гибридизация, тип химической связи и кристаллической решетки, структура и координация атомов, критерии полупроводимости. Соединения: CdTe, ZnS, HgSe, InAs, GaAs, AlSb, CuBr, AgI, ZnSe и др.
2. Химические газотранспортные реакции для получения монокристаллических эпитаксиальных пленок Ge, Si, классов соединений  $A^{III}B^V$ ,  $A^{II}B^{VI}$  и твердых растворов.
3. Поведение примесей элементов I – VIII гр. в монокристаллах Ge, Si,  $A^{III}B^V$ ,  $A^{II}B^{VI}$ ,  $A^IVB^{II}$  (диаграммы состояния, коэффициенты распределения, тип проводимости, предельная растворимость, положение в кристаллической решетке), законы Фика.
4. Описание равновесия системами уравнений по диаграммам состояния двойных соединений GaAs, CdTe во всех точках фазовых диаграмм.
5. Кристаллизационные методы очистки.

Расчетные задания:

1. Расчет эффективности зонной плавки.
2. Расчет условий синтеза полупроводников из газовой фазы

Текущий контроль осуществляется на протяжении периода обучения по дисциплине в рамках организации и проведения лекционных занятий, практических занятий, самостоятельной работы студентов путём контроля выполнения теоретических и расчётных индивидуальных заданий, ответов на вопросы устного опроса и оценивается в 10 дополнительных баллов к промежуточной аттестации.

### 3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

#### 3.1 Порядок проведения экзамена

Экзамен в седьмом семестре представляет собой тест из 46 вопросов разных типов (выбор одного ответа из списка, несколько ответов из списка, на соответствие) и проверяющих РООПК-1.2., 1.3., 2.2., РОПК-1.2. На вопрос дается одна попытка. Время тестирования ограничено – 45 мин. Общее количество баллов за тест – 54.

#### 3.2 Примеры экзаменационных билетов

Примерный перечень тестовых заданий

1. Концентрация равновесных носителей заряда в полупроводнике определяется:
  1. только уровнем легирования
  2. только температурой
  3. обоими факторами
2. Донорные примесные уровни в полупроводниках...
  1. захватывают электроны из зоны проводимости
  2. захватывают электроны из валентной зоны
  3. отдают электроны в зону проводимости
3. Указать соответствие теории металлического состояния приведенному признаку

1. Теория Друде	А) электроны в металле рассматриваются как электронный газ, к которому можно применить кинетическую теорию газов.
2. Теория Зоммерфельда	Б) простая квантовая модель поведения валентных электронов в атоме металла. Электроны металла рассматриваются в этой модели как Ферми-газ.
3. Зонная теория	В) электроны в атоме имеют определенные дискретные значения (уровни) энергии. При сближении атомов друг с другом при образовании кристалла происходит расщепление одинаковых атомных энергетических состояний электронов в энергетические зоны.
Ответ:	

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в полном объеме содержатся в архивных материалах кафедры аналитической химии.

#### Критерии оценивания

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Результаты промежуточной аттестации зависят и учитывают результаты текущего контроля - выполнения теоретических и расчётных домашних заданий, ответов устного опроса по лекционному материалу. Максимальное количество баллов за текущий контроль – 10.

Ниже приводится шкала перевода суммы баллов за текущий контроль и экзамен в оценки:

Количество баллов	Уровень сформированности компетенций	Оценка
58–64 баллов	Компетенции сформированы полностью	отлично
46 – 57 баллов	Компетенции сформированы частично	хорошо
35 – 45 баллов	Компетенции сформированы фрагментарно	удовлетворит.
Менее 35 баллов	Компетенции не сформированы, рекомендуется повторное освоение дисциплины	неудовлетворит.

### **Информация о разработчиках**

Изаак Татьяна Ивановна, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

Гавриленко Наталия Айратовна, докт. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор.