

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

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. декана ХФ

А.С. Князев

« 25 »

08

20 22 г.

Фонд оценочных средств

**Химия материалов электронной техники**

по специальности

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Специализация:

**«Фундаментальная и прикладная химия»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Химик. Преподаватель химии**

Год приема

**2022**


Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.1.ДВ.01.03.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.В. Шелковников

Председатель УМК

 Л.Н. Мишенина

Томск – 2022

## 1 Паспорт фонда оценочных средств

Направление подготовки	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина	Химия материалов электронной техники
Семестр обучения	7
Общий объем дисциплины, ЗЕ	4
Формы текущего контроля	устный опрос/контрольная работа, индивидуальное задание/тестирование и др.
Форма промежуточной аттестации	экзамен

Оценивание результатов учебной деятельности обучающихся при изучении дисциплины осуществляется текущий контроль и промежуточная аттестация

## 2 Перечень формируемых компетенций и уровни их освоения

Изучение дисциплины «Химия материалов электронной техники» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды и содержание компетенций по СУОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ООП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.	ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.	<i>Допороговый уровень</i>	Не способен систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, предлагать интерпретацию результатов экспериментов, формулировать заключения и выводы
	ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.	<i>Пороговый уровень</i>	Способен систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, предлагать интерпретацию результатов экспериментов, но затрудняется формулировать заключения и выводы.
	ИОПК-1.3. Формулирует	<i>Достаточный уровень</i>	Способен анализировать и интерпретировать результаты собственных химических экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии, но затрудняется самостоятельно

	<p>заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>		<p>формулировать заключения и выводы.</p>
		<i>Продвинутый уровень</i>	<p>Способен анализировать и интерпретировать результаты собственных химических экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии, самостоятельно формулировать заключения и выводы.</p>
<p>ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.</p>	<p>ИОПК-2.2. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности.</p>	<i>Допороговый уровень</i>	<p>Не способен работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности, не использует существующие методики получения и характеристики веществ и материалов, не проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием научного оборудования</p>
		<i>Пороговый уровень</i>	<p>Способен работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности, использует существующие методики получения и характеристики веществ и материалов, проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием научного оборудования, но в ряде случаев допускает ошибки.</p>
		<i>Достаточный уровень</i>	<p>Способен работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности, использует существующие методики получения и характеристики веществ и материалов, проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием научного</p>

			оборудования, в редких случаях допускает ошибки.
		<i>Продвинутый уровень</i>	Способен работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности, использует существующие методики получения и разрабатывает новые методики характеристики веществ и материалов, проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием научного оборудования практически не допускает ошибок.
ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.	ИПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.	<i>Допороговый уровень</i>	Не способен разрабатывать стратегию научных исследований, составлять общий план и детальные планы отдельных стадий, выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи.
		<i>Пороговый уровень</i>	Затрудняется самостоятельно разрабатывать стратегию научных исследований, составлять общий план и детальные планы отдельных стадий, выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи.
		<i>Достаточный уровень</i>	Способен разрабатывать стратегию научных исследований, составлять общий план и детальные планы отдельных стадий, выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи.

		<i>Продвинутый уровень</i>	Способен самостоятельно разрабатывать стратегию научных исследований, составлять общий план и детальные планы отдельных стадий, выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.
--	--	----------------------------	--

#### Уровни и шкала оценивания сформированности компетенций

Допороговый уровень	Соответствует оценке «неудовлетворительно», предполагает несформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками.
Пороговый уровень	Соответствует оценке «удовлетворительно», предполагает сформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки.
Достаточный уровень	Соответствует оценке «хорошо», предполагает сформированность компетенций на достаточно хорошем уровне. Студент изучил все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки.
Продвинутый уровень	Соответствует оценке «отлично», предполагает сформированность компетенций на высоком уровне. Студент показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки.

## 2 Этапы формирования компетенций и оценочные средства (текущая аттестация)

### 2.1 Виды оценочных средств

№	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Код индикатора достижения компетенции согласно ОПП
1	Тема 1. Классификация элементарных полупроводников и полупроводниковых соединений	Устный опрос	ИОПК 1.3.
2	Тема 2. Теория дефектного кристалла	Устный опрос	ИОПК 1.3.
3	Тема 3. Методы очистки полупроводниковых соединений	Индивидуальное задание	ИОПК 1.2.
4	Тема 4. Синтез полупроводниковых соединений	Индивидуальное задание	ИОПК 2.2.
5	Тема 5. Методы выращивания монокристаллов	Решение расчетных задач	ИОПК 1.1.
6	Тема 6. Легирование полупроводников	Решение расчётных задач	ИОПК 1.2.
7	Тема 7. Нанотехнология полупроводниковых структур	Индивидуальное задание	ИПК 1.2.
8	Тема 8. Металлы и сплавы со специальными свойствами	Устный опрос	ИОПК 1.3.
9	Тема 9. Керамические материалы	Устный опрос	ИОПК 1.3.
10	Тема 10. Полимерные материалы	Устный опрос	ИОПК 1.3.

Оценочные средства: устный опрос, решение расчётных задач, индивидуальное задание

### 2.2 Содержание оценочных средств

*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  $A^I B^{VII}$ ,  $A^{II} B^V$ ,  $A^{III} B^V$ ? 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

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

## 2.3 Методические рекомендации

### 2.3.1 Порядок проведения текущего контроля

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.



### 2.3.2 Критерии оценивания по видам оценочных средств

Выполнение теоретических и расчётных индивидуальных заданий, ответов на вопросы устного опроса и оценивается в 10 дополнительных баллов к промежуточной аттестации.

## 3 Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

### 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 ИОПК-1.2., 1.3., 2.2., ИПК-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.

### 3.3. 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	не удовлетворит.

**Составитель:**

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

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