Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Институт машиностроения, материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиТ
_____ А.А. Попович
«05» декабря 20 24 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в магистратуру по направлению подготовки

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

22.04.01_01 «Материаловедение нанометариалов и компонентов электронной техники»

Код и наименование направления подготовки / образовательной программы

Санкт-Петербург
2024

АННОТАЦИЯ

Программа содержит перечень тем (вопросов) по дисциплинам базовой части профессионального цикла учебного плана подготовки бакалавров по направлению **22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»**, вошедших в содержание билетов (тестовых заданий) вступительного испытания в магистратуру.

Вступительное испытание оценивается по стобалльной шкале и проводится в форме междисциплинарного экзамена в объеме требований, предъявляемых государственными образовательными стандартами высшего образования к уровню подготовки бакалавра по направлению, соответствующему направлению магистратуры, проводимого очно в письменной или устной форме и дистанционно.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение междисциплинарного экзамена – **50 баллов (50%)**.

Директор ВШФТиМ С.В. Ганин

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию ученым советом **ИММиТ** (протокол № 6 от «04» декабря 2024 г.).

1. ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

1.1. Физическая химия
1.2. Методы измерения свойств материалов микросистемной техники
1.3. Технологии материалов и компонентов микроэлектроники
1.4. Физико-химические основы технологических процессов в микросистемной технике
1.5. Нанотехнологии в микроэлектронике

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

2.1. «Физическая химия»

Темы:

1. Первый закон термодинамики.
2. Термохимия.
3. Второй и третий законы термодинамики.
4. Характеристические функции.
5. Термодинамика реальных газов.
6. Фазовые равновесия и переходы.
7. Термодинамика растворов.
8. Химическое равновесие.
9. Термодинамика поверхностных явлений.
10. Основы статистической термодинамики.
11. Формальная кинетика и кинетика простых реакций.
12. Определение кинетических характеристик реакции.
13. Теоретические представления о механизме реакции.
14. Катализ.
15. Кинетика сложных реакций.
16. Электрохимия растворов.
17. Электрохимическая термодинамика.
18. Электрохимическая кинетика.

Литература для подготовки:

1. М.Х. Карапетьянц. Химическая термодинамика.- М.: Либроком, 2013.
2. Ю.Д.Гамбург. Химическая термодинамика: учебное пособие - М.: Лаборатория знаний, 2016. (http://aldebaran.ru/author/d_gamburg_yu/kniga_himicheskaya_termodinamika/)
3. А.Г. Морачевский. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. СПб.: Лань, 2015, - 160 с.
4. А.Г. Морачевский, Е.Г.Фирсова. Физическая химия. Гетерогенные системы. СПб.: Лань, 2015, - 192 с.

2.2. «Методы измерения свойств материалов микросистемной техники»

Темы:

5. Классификация материалов по составу, свойствам, техническому назначению.
6. Классификация свойств материалов. Общие и специфические требования к материалам в зависимости от назначения.
7. Люминесцентные свойства материалов.
8. Особенности люминесценции наноматериалов.
9. Механические свойства. Критерии прочности, надежности, долговечности.
10. Механические свойства. Виды механических испытаний (краткая характеристика с примерами).
11. Механические свойства. Динамические испытания.
12. Механические свойства. Циклические испытания.
13. Твердость, микротвердость материалов. Определение и методы их измерения.
14. Механические свойства наноматериалов.
15. Общая характеристика процесса измерений. Виды и методы измерений. Физические величины, единицы измерения. Погрешность измерений.
16. Макро- и микроструктура материалов. Оптическая микроскопия.
17. Сканирующая электронная микроскопия.
18. Просвечивающая электронная микроскопия.

19. Зондовые методы исследования материалов. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомная силовая микроскопия.
20. Методы измерения среднего размера зерна.
21. Оптические материалы. Виды, классификация, свойства.
22. Оптические свойства материалов (поглощение, пропускание, отражение) и методы из измерения.
23. Статическое и динамическое светорассеяние для определения среднего размера частиц.
24. Методы измерения теплопроводности.
25. Методы определения плотности материалов.
26. Дифференциальный термический анализ.
27. Термогравиметрический анализ.
28. Измерение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.

Литература для подготовки:

1. Колмаков А.Г., Терентьев В. Ф., Бакиров М. Б. Методы измерения твердости. – 2000.
2. Ефимов А.М. Оптические свойства материалов и механизмы их формирования //СПб: СПбГУИТМО. – 2008.
3. Методы исследования материалов и процессов [Текст] : методические указания для самостоятельной работы для студентов бакалавриата направления 22.03.01 / М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования Санкт-Петербургский горный ун-т, Каф. материаловедения и технологии художественных изделий ; [сост. Л. Г. Борисова]. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный ун-т, 2016. - 63 с.
4. Механические свойства металлов. Пластическая деформация и рекристаллизация : методическое пособие к мультимедийному учебное издание / Л. Г. Петрова, О. В. Чудина, А. В. Остроух ; Московский автомоб.-дор. ин-т (Гос. техн. ун-т). - Москва : МАДИ(ГТУ), 2007. - 46 с.; 320 см.

2.3. «Технологии материалов и компонентов микроэлектроники»

Темы:

1. Классификация материалов электронной техники.
2. Классификация полупроводниковых материалов.
3. Выращивание кристаллов из жидкой фазы.
4. Выращивание кристаллов из газообразной фазы.
5. Легирование полупроводниковых материалов.
6. Монокристаллические пленки.
7. Технология получения простых полупроводников.
8. Технология получения полупроводниковых химических соединений.
9. Классификация диэлектриков.
10. Технология диэлектриков.
11. Технология проводниковых материалов.
12. Технология магнитных материалов.
13. Удаление вещества с поверхности твердого тела и разделение его на части (механическая, физическая, химическая обработка).
14. Методы локализации травления (Фотолитография. Другие методы литографии. Травления через маску. Методы безмасочной локализации травления).
15. Управление составом и структурой твердого тела (Диффузионное легирование. Ионное внедрение. Сплавление (вплавление)).
16. Получение пленок (Вакуумное термическое напыление. Ионно-плазменное распыление. Газофазное осаждение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярное наслаивание. Золь-гель метод).
17. Технология неорганических стекол.
18. Технология ситаллов.
19. Технология получения керамических материалов.
20. Основы методов формирования поверхностных наноструктур за счет самоупорядочения.
21. Классификация веществ по степени чистоты.
22. Способы характеристики содержания примесей в веществе.
23. Правила работы с особочистыми веществами.
24. Методы очистки твердых веществ.
25. Методы очистки газов.

26. Методы очистки жидкостей.

27.Химические методы получения наноматериалов.

Литература для подготовки:

1. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники: М.: Высшая школа, 1989
2. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010
3. [Электронный ресурс] Захарова И.Б. Физические основы микро- и нанотехнологий, 2010. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2473.pdf
4. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники: Москва: Высш. шк., 1983.

2.4. «Физико-химические основы технологических процессов в микросистемной технике»

Темы:

1. Идеальные растворы. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы.
2. - Квазихимическая теория растворов.
3. - Закон Рауля. Отклонения от закона Рауля.
4. - Законы Коновалова. Азеотропные жидкости.
5. - Термодинамические и корреляционные методы оценки равновесного коэффициента распределения на границе "жидкость-твердое"
6. - Ретроградная растворимость.
7. - Термодинамическая оценка границ областей гомогенности для равновесий “жидкость-твердое”
8. - Анализ изобарических разрезов типичной Р-Т-Х диаграммы состояния системы, содержащей летучий компонент.
9. - Проекции линий трехфазного равновесия Р-Т-Х диаграммы состояния и их применение для выбора условий синтеза полупроводниковых соединений.
10. - Термодинамика процессов гомогенного зародышеобразования.
11. - Термодинамика процессов гетерогенного зародышеобразования.
12. - Кинетика процессов зародышеобразования.
13. - Молекулярно-кинетическая теория роста кристаллов.

14.- Основы теории нормального роста кристаллов.
15.- Основы теории послойного роста кристаллов.
16.- Влияние примесей и градиентов температур при росте кристаллов из расплавов. Концентрационное переохлаждение.
17.- Последовательность стадии гетерогенного процесса. Понятие лимитирующей стадии.
18.- Мономолекулярная адсорбция. Изотерма адсорбции Ленгмюра.
19.- Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ.
20.- Основные различия хемосорбции и физической адсорбции
21.- Теория капиллярной конденсации.
22.- Молекулярная дистилляция и сублимация.
23.- Зависимость скорости дистилляции от давления в системе.
24.- Общая характеристика метода химических транспортных реакций. Направление транспорта. Процессы определяющие скорость транспорта.
25.- Методика расчета скорости процессов химического транспорта.
26.- Последовательность событий при химическом осаждении из газовой фазы в проточной системе. Классификация основных типов лимитирующих стадий.
27.- Кинетические закономерности процессов осаждения пленок из газовой фазы в реакторах пониженного давления.
28.- Сущность процессов молекулярного наслаивания, их преимущество и недостатки по сравнению с другими технологиями получения пленок.

Литература для подготовки:

1. Крапухин В.В., Соколов И.А., Кузнецов Г.Д. Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: М.: Металлургия, 1982.
2. Глазов В.М., Павлова Л.М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия: Москва: Металлургия, 1988.

2.5. «Нанотехнологии в микроэлектронике»

Темы:

1. Метод молекулярного наслаивания. Основные стадии, примеры процессов. Области применения.
2. Основы молекулярно-лучевой эпитаксии.

3. EUV-литография (литография экстремального ультрафиолета, сверхдальнего ультрафиолета). Источники EUV- излучения. Проблемы создания оптики и масок для EUV- диапазона. Использование в оптических системах и масках многослойных рефлекторов (рефлекторов Брэгга). Схема отражательной оптической системы EUV-литографии.
4. Электронолитография. Сущность и сравнительная характеристика электронно-лучевой литографии.
5. Импринт литография. Основные стадии, материалы, характеристики процесса
6. Получение пористых полупроводников электрохимическим методом. Механизмы образования пористого кремния при жидкофазном анодировании. Область условий, в которой образуются поры.
7. Макропористый кремний. Процесс, состав электролита, влияние освещения, типа электропроводности и удельного сопротивления кремния.
8. Получение пленок лазерной абляцией. Механизм переноса вещества при лазерной абляции.
9. Получение наночастиц лазерной абляцией в жидкости.
10. Углеродные нанотрубки. Основы метода получения углеродных нанотрубок. Пример прибора на основе углеродных нанотрубок.

Литература для подготовки:

1. Суздалев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов: М.: Либроком, 2009.
2. Михайлов М.Д. Химические методы получения наночастиц и наноматериалов: Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/3117.pdf
3. Захарова И.Б., Макарова Т.Л. Молекулярная электроника и углеродные наноструктуры, 2008. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2467.pdf
4. Константинова Г.С. и др. Методы нанолитографии: Ростов н/Д: ТЕРРА-ПРИНТ, 2008.

3. ПРИМЕР ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт машиностроения, материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ОП

_____

«____» _____ 20___ г.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ

по образовательной программе

22.04.01_01 Материаловедение наноматериалов и компонентов электронной техники

Код и наименование направления подготовки / образовательной программы

1. **Примеры тестовых вопросов:**

а. Какой из методов наиболее широко применяется для выращивания монокристаллов кремния диаметром более 150 мм?

1. бестигельная зонная плавка
2. метод Киропулоса
3. метод Чохральского
4. пересублимация

б. Какие вещества относят к проводникам второго рода:?

1. электролиты
2. твердые металлы
3. металлические расплавы

4. естественно-жидкие металлы

в. Какими методами в основном получают тонкие эпитаксиальные слои полупроводниковых материалов?

1. молекулярно лучевой эпитаксией или газофазной эпитаксией
2. жидкофазной или газофазной эпитаксией
3. молекулярным наслаиванием или жидкофазной эпитаксией
4. молекулярно лучевой эпитаксией или молекулярным наслаиванием.

2. Примеры описательного вопроса в тесте:

- Что подразумевается под термином "нанотехнология"?
- Сущность понятия "наноматериалы"
- Основные типы технологических процессов, используемых при изготовлении изделий микроэлектроники и микросистемной техники.