

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет

«Утверждаю»

Проректор по научной работе и
инновациям

Н.А. Ашурбеков

2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Кафедра физической и органической химии
химического факультета

По направлению подготовки:
04.06.01- «Химические науки»

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации
(аспирантура)

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация (степень) выпускника:

«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала, 2019 г.

Рабочая программа дисциплины “Химия поверхности” составлена в 2019 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлениям подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Разработчик: кафедра физической и органической химии, Абдулагатов И.М., д.т.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры физической и органической химии
от «27» 05 2019 г., протокол № 9

Зав. кафедрой И. Абдулагатов проф. Абдулагатов И.М.
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета от
«21» июня 2019 г., протокол № 10.

Председатель Урасов Гасангаджиева У.Г.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с Управлением аспирантуры и докторантуры «30» августа 2019 г. Галия Тамгаганова
(подпись) (Ф.И.О.)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина “Химия поверхности” входит в *вариативную* часть образовательной программы Б1.В.ОД.3 *аспирантуры* и является обязательной дисциплиной.

Содержание дисциплины охватывает основные аспекты современных представлений о механизме формирования наноразмерных тонких пленок, взаимосвязь параметров и свойств пленок с условиями их формирования, основы технологических процессов получения тонких пленок, исследование их свойств. Подробно рассматриваются физическо-химические аспекты наиболее перспективной технологии Атомно- и молекулярно-слоевого осаждения тонких пленок.

Дисциплина нацелена на формирование следующих профессиональных компетенций выпускника: ПК-1,2,3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *отчетов по практическим занятиям и промежуточный контроль в форме зачета.*

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семес тр	Учебные занятия в том числе						СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен зачет
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
3 г.о.	72	Лекц ии 6	Практичес кие занятия 4	Лаборат орные занятия -	КСР -	Консуль тации -	72	

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины “Химия поверхности” – ознакомление аспирантов с физическими принципами технологий и основными этапами напыления тонких пленок, основными аспектами современных представлений о механизме формирования диспергированных наноразмерных и сплошных тонких пленок, о взаимосвязи параметров и свойств пленок с условиями их формирования, ознакомление с физическими основами технологии атомно- и молекулярно-слоевого осаждения (АСО и МСО) тонких пленок, а также развитие практических навыков по работе с современным технологическим оборудованием АСО/МСО покрытий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП аспирантуры

Дисциплина “Химия поверхности” входит в *вариативную* часть образовательной программы Б1.В.ОД.3 *аспирантуры* и является обязательной дисциплиной для аспирантов.

В информационном и логическом планах дисциплина “Химия поверхности” последовательно развивает дисциплину «Физическая химия», «Органическая химия», «Коллоидная химия» поэтому требует от студентов знаний из области физической, органической, коллоидной химии, умений проведения лабораторных работ, интерпретации результатов, полученных при выполнении лабораторных работ, работать с компьютером и компьютерными химическими прикладными программами. Освоение данной дисциплины необходимо для выполнения курсовых, дипломных работ и закрепления расширенных профессиональных навыков.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p>Знает: основные методы научно-исследовательской деятельности, состояние изучаемой научной проблемы в мире, место своих собственных исследований среди других; предмет и методы (подходы) в своей области исследований; слабые места и преимущества разных подходов при решении данной научной проблемы; методы обработки экспериментальных данных и их интерпретации на основе современных теорий.</p> <p>Умеет: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; генерировать новые идеи при решении научных проблем и сопоставить с существующими подходами; выявлять недостатки и преимущества разных подходов (идей); найти связь собственных исследований со смежными направлениями в других областях; глубокие знания в своей области науки; акцентировать знания на решение конкретной поставленной задачи; четко сформулировать проблему и найти связь со смежными направлениями в науке; быстро переключаться на решение разных задач, применить существующие теории при анализе и интерпретации экспериментальных результатов.</p> <p>Владеет: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования, знаниями в смежных областях науки; научной интуицией при планировании эксперимента, постановке задачи и анализе результатов; логическим и нестандартным мышлением; глубокими знаниями теории и</p>

		эксперимента в своей области науки; компьютерной техникой для обработки эксперимента и его автоматизации (контроля).
УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	<p>Знает: основные методы научно-исследовательской деятельности;</p> <p>Умеет: анализировать факты и явления, составлять рабочие планы, аргументированно излагать собственную точку зрения на основе целостного системного научного мировоззрения</p> <p>Владеет: базовыми навыками планирования научно-исследовательской деятельности; методами проектирования и проведения комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения</p>
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>Знает: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов; теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований, изучаемых процессов и явлений.</p> <p>Умеет: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты; самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент.</p> <p>Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований. систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки.</p>
ПК-1	наличием представления о наиболее актуальных	Знает: теоретические основы дисциплины; физико-химические процессы, протекающие в

	<p>направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии</p>	<p>различных наноматериалах, их структурные особенности; размерные зависимости электрических, магнитных, тепловых, химических, механических и оптических свойств нанообъектов и наноструктурированных материалов.</p> <p>Умеет: выполнять расчеты основных свойств наноматериалов; обоснованно выбирать методы изучения наноматериалов; использовать стандарты и другие нормативные документы при оценке контроля качества изделий; пользоваться общенаучной и специальной литературой.</p> <p>Владеет: основными принципами работы вакуумного оборудования, современными информационными технологиями для проведения научных экспериментов.</p>
ПК-2	<p>знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков</p>	<p>Знает: Знать: теоретические основы физикохимии нанопленочных покрытий.</p> <p>Умеет: найти верный подход к решению прикладных задач, касаемых данной дисциплины, используя базовые знания по химии поверхности материалов, физхимии и химии твердого тела.</p> <p>Владеет: навыками обработки, анализа научной информации и формулировки на их основе выводов и предложений с использованием современных научных методов.</p>
ПК-3	<p>владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с темой диссертации)</p>	<p>Знает: теоретические аспекты основных методов исследования структуры и свойств тонких пленок: XRD, XPS, XRR, ИК-Фурье Спектроскопия, Эллипсометрия, Профилометрия, ПЭМ, АСМ и СЭМ.</p> <ul style="list-style-type: none"> - физические основы использования нанокompозитных материалов; основные тенденции в создании новых нанокompозитных материалов; - особенности применения новых нанокompозитных материалов и технологических процессов в наноэлектронике <p>Умеет: применять полученные знания при анализе экспериментальных образцов тонких пленок;</p>

		критически оценивать достоинства, недостатки и области возможного применения новых нанокompозитных материалов и технологии их получения; находить пути оптимального решения конкретных задач в различных областях, связанных с использованием нанокompозитных материалов. Владеет: методами научного познания (наблюдение, эксперимент, моделирование), навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований; подготовкой рефератов по конкретным направлениям развития наноматериалов; устных сообщений о результатах проведенного анализа; участия в научной дискуссии
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная раб.	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Пр акт	Лаб	Конт. раб.		
Модуль 1. Химия поверхности. Физико-химические основы тонких пленок. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения									
	Тема 1: Тонкие пленки: определение, основные параметры, стадии процесса роста, механизмы роста.			1	-			11	Устный опрос
	Тема 2. Физические методы осаждения тонких пленок. Химические методы осаждения тонких пленок.			1	-			10	Устный опрос
	Тема 3. Свойства тонких пленок. Методы изучения свойств наноматериалов.			1	2			10	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>	36		3	2			31	коллоквиум

Модуль 2. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения							
Тема 4. Основные технические характеристики методов атомно- и молекулярно-слоевого осаждения (АСО, МСО) тонких пленок			1	-		12	письменный опрос
Тема 5. Атомно-слоевое осаждение тонких пленок диоксида титана и оксида алюминия. Молекулярно-слоевое осаждение органо-неорганических тонких пленок.			1	2		7	письменный опрос
Тема 6. Теоретические модели атомно-слоевого осаждения.			1	-		12	письменный опрос
<i>Итого по модулю 2:</i>	36		3	2		31	коллоквиум
Всего:	72		6	4		62	зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Химия поверхности. Физико-химические основы тонких пленок. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения

Тема 1. Тонкие пленки: определение, основные параметры, стадии процесса роста, механизмы роста.

Тема 2. Физические методы осаждения тонких пленок. Химические методы осаждения тонких пленок.

Тема 3. Свойства тонких пленок. Методы изучения свойств наноматериалов.

Модуль 2. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения.

Тема 4. Основные технические характеристики методов атомно- и молекулярно-слоевого осаждения (АСО, МСО) тонких пленок. Основы процессов АСО, МСО. Тема 5. Атомно-слоевое осаждение тонких пленок диоксида титана и оксида алюминия. Молекулярно-слоевое осаждение органо-неорганических тонких пленок.

Тема 6. Теоретические модели атомно-слоевого осаждения.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине

Модуль 1. Химия поверхности. Физико-химические основы тонких пленок. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения

Тема 1. Вакуумная установка атомно- и молекулярно-слоевого осаждения тонких пленок: основные узлы и принцип работы. Исследование шероховатости поверхности с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ).

Модуль 2. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения.

Тема 1. Атомно-слоевое осаждение тонких пленок диоксида титана и оксида алюминия.

5. Образовательные технологии

В курсе по направлению подготовки аспирантов широко используются компьютерные программы, различные методики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В соответствии с требованиями ФГОС предусматривается использование при проведении занятий следующих активных методов обучения:

- самостоятельное изучение теоретического материала с последующим разбором на семинарском занятии;
- подготовка к практическим работам;
- оформление результатов практической работы;
- подготовка к промежуточному контролю;
- подготовка к зачету.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Подготовка к отчетам по практическим работам.
3. Подготовка к коллоквиуму.
4. Поиск в Интернете дополнительного материала.
5. Подготовка к зачету.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Содержание самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение
Модуль 1. Основные принципы, руководства, оформления и рекомендации по подготовке научных статей для публикации в Международных журналах и подготовка проектов для участия на конкурсах		
Тема 1: Тонкие пленки: определение, основные параметры, стадии процесса роста, механизмы роста	Разобрать: Основные понятия и определения. Классификация пленок в зависимости от природы материала: металлические, полупроводниковые, керамические, полимерные, композиционные (однослойные, многослойные, комбинированные). Основные параметры пленок. Этапы и четыре стадии формирования пленки. Подложки, основные материалы подложек. Требования, предъявляемые к подложкам. Потенциальные кривые физической и химической адсорбции.	См. разделы 8 и 9 данного документа.

	Хемосорбция, десорбция и миграция. Образование дефектов в процессе роста пленок. Классификация дефектов. Методы формирования тонких пленок: физические и химические способы. Влияние вакуума на рост пленок.	
Тема 2. Физические методы осаждения тонких пленок. Химические методы осаждения тонких пленок.	Разобрать: Методы физического осаждения из газовой фазы(PVD). Методы, основанные на испарении мишени: Резистивное термическое испарение (Resistive Thermal Evaporation), Индукционное испарение (High Frequency Induction Spraying), Электронно-лучевое испарение (Electron Beam Physical Vapor Deposition), Электродуговое испарение (Cathodic Arc Deposition), Лазерное испарение (Pulsed Laser Deposition). Методы, основанные на распылении мишени: Ионно-лучевое распыление (Ion Beam Sputtering, IBS), Катодное распыление (Cathode Sputtering), Магнетронное распыление (Magnetron Sputtering). Преимущества и недостатки PVD Газофазные методы осаждения пленок (Chemical Vapor Deposition, CVD). Принципы метода CVD. CVD процессы, протекающие при атмосферном давлении (Atmospheric Pressure CVD), при давлении, ниже атмосферного (Low-Pressure CVD) и в высоком или сверхвысоком вакууме (10^{-6} Па и ниже) (Ultrahigh Vacuum CVD). Осаждение пленок из жидких растворов прекурсоров (Liquid Phase Deposition (LPD)). Растворы и их классификация. Метод Золь-Гель. Метод центрифугирования. Осаждение пленок из истинных растворов. Преимущества и недостатки CVD.	См. разделы 8 и 9 данного документа.
Тема 3. Свойства тонких пленок. Методы изучения свойств наноматериалов	Разобрать: Формирование наноматериалов по механизму “снизу-вверх”, “сверху-вниз”. Свойства пленок. Адгезия, толщина, площадь поверхности, шероховатость, пористость пленок.	См. разделы 8 и 9 данного документа.

	<p>Основные характеристики качества пленки. Адсорбция газа на поверхности твердого тела. Механические свойства: прочность, пластичность, внутренние напряжения, микротвердость, антифрикционные свойства. Коррозионная устойчивость и защитные свойства пленок. Влияние химической природы вещества, фазового состава и микроструктуры пленок на их свойства. Электрические свойства тонких пленок. Измерение толщины пленок. Устройства по контролю роста пленок. Определение элементного состава. Определение фазового состава. Методы изучения поверхности. Применение тонкопленочных материалов.</p>	
<p>Модуль 2. Основные принципы, руководства и рекомендации для подготовки выступлений на Российских и Международных конференциях, на научных семинарах и защиты диссертаций</p>		
<p>Тема 4. Основные технические характеристики методов атомно-молекулярно-осаждения (АСО, МСО) тонких пленок</p>	<p>Разобрать: Исследованные материалы. Требования к самоограничивающимся реакциям. Кинетика адсорбции. Механизм хемосорбции. Факторы, вызывающие насыщение. Рост менее одного монослоя за цикл. Влияние температуры на прирост за один цикл. Зависимость прироста вещества за один цикл от количества циклов. Способы роста пленки. Влияние условий эксперимента на химию поверхностных реакций. Преимущества и недостатки методов АСО, МСО. Требования к прекурсорам.</p>	<p>См. разделы 8 и 9 данного документа.</p>
<p>Тема 5. Атомно-слоевое осаждение тонких пленок диоксида титана и оксида алюминия. Молекулярно-слоевое осаждение органо-неорганических тонких пленок.</p>	<p>Разобрать: Реагенты для атомно-слоевого осаждения диоксида титана и оксида алюминия. Параметры процесса. Определение прироста толщины пленки за реакционный цикл. Элементный и химический состав формируемых пленок. Фурье-ИК спектроскопический и рентгенодифракционный анализ структуры диоксида титана и оксида алюминия,</p>	<p>См. разделы 8 и 9 данного документа.</p>

	<p>формируемого методом атомно-слоевого осаждения. Расчет прироста толщины диоксида титана и оксида алюминия за один экспериментальный цикл. Применение модели плотной упаковки лигандов для расчета прироста толщины оксида алюминия за один экспериментальный цикл. Получение алкоксидных V-Ti, Al-Ti и V-Al гибридных пленок методами АСО и МСО: реагенты для осаждения, механизмы поверхностных реакций. Получение пористой структуры. Потенциальные области применения функциональных пористых пленок. Анализ данных мониторинга роста пленок методом кварцевого пьезоэлектрического микровзвешивания (КПМ), рентгеновской рефлектометрии (XRR), рентгенодифракционного анализа (XRD) и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS). Вывод о реальном механизме осаждения пленок на основе данных КПМ и XPS.</p>	
<p>Тема 6. Теоретические модели атомно-слоевого осаждения.</p>	<p>Разобрать: Модель плотной упаковки исходных молекул. Модель с учетом длин и углов связей молекул реагентов. Модель по числу и размерам лигандов (модель плотной упаковки лигандов). Уравнение баланса на основе закона сохранения массы для процесса атомно-слоевого осаждения. Расчет максимально возможной плотной упаковки лигандов на поверхности подложки. Прирост слоя за один реакционный цикл.</p>	<p>См. разделы 8 и 9 данного документа.</p>

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1	<p>способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>Знает: основные методы научно-исследовательской деятельности, состояние изучаемой научной проблемы в мире, место своих собственных исследований среди других; предмет и методы (подходы) в своей области исследований; слабые места и преимущества разных подходов при решении данной научной проблемы; методы обработки экспериментальных данных и их интерпретации на основе современных теорий.</p> <p>Умеет: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; генерировать новые идеи при решении научных проблем и сопоставить с существующими подходами; выявлять недостатки и преимущества разных подходов (идей); найти связь собственных исследований со смежными направлениями в других областях; глубокие знания в своей области науки; акцентрировать знания на решение конкретной поставленной задачи; четко сформулировать проблему и найти связь со смежными направлениями в науке; быстро переключаться на решение разных задач, применить существующие теории при анализе и интерпретации экспериментальных результатов.</p> <p>Владеет: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по</p>	Устный опрос, письменный опрос

		<p>теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования, знаниями в смежных областях науки; научной интуицией при планировании эксперимента, постановке задачи и анализе результатов; логическим и нестандартным мышлением; глубокими знаниями теории и эксперимента в своей области науки; компьютерной техникой для обработки эксперимента и его автоматизации (контроля)</p>	
УК-2	<p>способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p>	<p>Знает: основные методы научно-исследовательской деятельности; Умеет: анализировать факты и явления, составлять рабочие планы, аргументированно излагать собственную точку зрения на основе целостного системного научного мировоззрения Владеет: базовыми навыками планирования научно-исследовательской деятельности; методами проектирования и проведения комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>
ОПК-1	<p>способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Знает: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов; теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований, изучаемых процессов и явлений. Умеет: составлять общий план работы по заданной теме,</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		<p>предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты; самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент.</p> <p>Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований.</p> <p>систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки</p>	
ПК-1	<p>наличием представления о наиболее актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии</p>	<p>Знает: теоретические основы дисциплины; физико-химические процессы, протекающие в различных наноматериалах, их структурные особенности; размерные зависимости электрических, магнитных, тепловых, химических, механических и оптических свойств объектов и наноструктурированных материалов.</p> <p>Умеет: выполнять расчеты</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		<p>основных свойств наноматериалов; обоснованно выбирать методы изучения наноматериалов; использовать стандарты и другие нормативные документы при оценке контроля качества изделий; пользоваться общенаучной и специальной литературой.</p> <p>Владеет: основными принципами работы вакуумного оборудования, современными информационными технологиями для проведения научных экспериментов</p>	
ПК-2	<p>знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков</p>	<p>Знает: Знать: теоретические основы физикохимии нанопленочных покрытий.</p> <p>Умеет: найти верный подход к решению прикладных задач, касаемых данной дисциплины, используя базовые знания по химии поверхности материалов, физхимии и химии твердого тела.</p> <p>Владеет: навыками обработки, анализа научной информации и формулировки на их основе выводов и предложений с использованием современных научных методов.</p>	Устный опрос, письменный опрос
ПК-3	<p>владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с темой диссертации)</p>	<p>Знает: теоретические аспекты основных методов исследования структуры и свойств тонких пленок: XRD, XPS, XRR, ИК-Фурье Спектроскопия, Эллипсометрия, Профилометрия, ПЭМ, АСМ и СЭМ.</p> <p>- физические основы использования нанокompозитных материалов; основные тенденции в создании новых нанокompозитных</p>	Устный опрос, письменный опрос

		<p>материалов;</p> <p>- особенности применения новых нанокompозитных материалов и технологических процессов в наноэлектронике</p> <p>Умеет: применять полученные знания при анализе экспериментальных образцов тонких пленок; критически оценивать достоинства, недостатки и области возможного применения новых нанокompозитных материалов и технологии их получения; находить пути оптимального решения конкретных задач в различных областях, связанных с использованием нанокompозитных материалов.</p> <p>Владеет: методами научного познания (наблюдение, эксперимент, моделирование), навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований; подготовкой рефератов по конкретным направлениям развития наноматериалов; устных сообщений о результатах проведенного анализа; участия в научной дискуссии</p>	
--	--	--	--

7.2. Типовые контрольные задания.

Вопросы по текущему контролю

Модуль 1. . Химия поверхности. Физико-химические основы тонких пленок.

Методы Атомно- и Молекулярно- слоевого осаждения

1. Классификация пленок в зависимости от природы материала: металлические, полупроводниковые, керамические, полимерные, композиционные (однослойные, многослойные, комбинированные).
2. Этапы и четыре стадии формирования пленки.
3. Потенциальные кривые физической и химической адсорбции.
4. Хемосорбция, десорбция и миграция.
5. Дефекты пленок: определение и классификация. Образование дефектов в процессе роста пленок.
6. Принципы метода физического осаждения из газовой фазы.
7. Методы физического осаждения из газовой фазы, основанные на испарении мишени.
8. Методы физического осаждения из газовой фазы, основанные на распылении мишени.

9. Принципы метода химического осаждения из газовой фазы.
10. Процессы химического осаждения из газовой фазы при атмосферном давлении, при давлении, ниже атмосферного и в высоком или сверхвысоком вакууме.
11. Метод Золь-Гель.
12. Метод центрифугирования.
13. Формирование наноматериалов по механизму <<снизу-вверх>> и “сверху-вниз”.
14. Основные свойства тонких пленок.

Модуль 2. Методы Атомно- и Молекулярно-слоевого осаждения тонких пленок

1. Основы процессов АСО, МСО.
2. Требования к самоограничивающимся реакциям.
3. Механизм хемосорбции.
4. Зависимость прироста вещества за один цикл от количества циклов.
5. Преимущества и недостатки методов АСО, МСО. Требования к прекурсорам.
6. Расчет прироста толщины пленки за один экспериментальный цикл на примере диоксида титана и оксида алюминия.
7. Применение модели плотной упаковки лигандов для расчета прироста толщины оксида алюминия за один экспериментальный цикл.
8. Получение алкоксидных V-Ti, Al-Ti и V-Al гибридных пленок методами АСО и МСО: реагенты для осаждения, механизмы поверхностных реакций.
9. Способы получения пористой структуры.
10. Модель плотной упаковки исходных молекул.
11. Уравнение баланса на основе закона сохранения массы для процесса атомно-слоевого осаждения.

Контрольные вопросы к зачету

1. Классификация пленок в зависимости от природы материала: металлические, полупроводниковые, керамические, полимерные, композиционные (однослойные, многослойные, комбинированные).
2. Этапы и четыре стадии формирования пленки.
3. Подложки, основные материалы подложек. Требования, предъявляемые к подложкам.
4. Потенциальные кривые физической и химической адсорбции.
5. Хемосорбция, десорбция и миграция.
6. Дефекты пленок: определение и классификация. Образование дефектов в процессе роста пленок.
7. Принципы метода физического осаждения из газовой фазы.
8. Методы физического осаждения из газовой фазы, основанные на испарении мишени.
9. Методы физического осаждения из газовой фазы, основанные на распылении мишени.
10. Преимущества и недостатки метода физического осаждения из газовой фазы.
11. Принципы метода химического осаждения из газовой фазы.
12. Процессы химического осаждения из газовой фазы при атмосферном давлении, при давлении, ниже атмосферного и в высоком или сверхвысоком вакууме.
13. Метод Золь-Гель.
14. Метод центрифугирования.
15. Преимущества и недостатки метода химического осаждения из газовой фазы.
16. Формирование наноматериалов по механизму <<снизу-вверх>> и <<сверху-вниз>>.
17. Основные свойства тонких пленок.
18. Применение тонкопленочных материалов.
19. Основы процессов АСО, МСО.
20. Требования к самоограничивающимся реакциям.

21. Механизм хемосорбции.
22. Зависимость прироста вещества за один цикл от количества циклов.
23. Влияние условий эксперимента на химию поверхностных реакций.
24. Преимущества и недостатки методов АСО, МСО. Требования к прекурсорам.
25. Реагенты для атомно-слоевого осаждения диоксида титана и оксида алюминия.
26. Параметры процесса. Определение прироста толщины пленки за реакционный цикл.
27. Расчет прироста толщины пленки за один экспериментальный цикл на примере диоксида титана и оксида алюминия.
28. Применение модели плотной упаковки лигандов для расчета прироста толщины оксида алюминия за один экспериментальный цикл.
29. Получение алкоксидных V-Ti, Al-Ti и V-Al гибридных пленок методами АСО и МСО: реагенты для осаждения, механизмы поверхностных реакций.
30. Способы получения пористой структуры. Потенциальные области применения функциональных пористых пленок.
31. Модель плотной упаковки исходных молекул. Модель с учетом длин и углов связей молекул реагентов.
32. Уравнение баланса на основе закона сохранения массы для процесса атомно-слоевого осаждения.
33. Расчет максимально возможной плотной упаковки лигандов на поверхности подложки.
34. Данные рентгеновской рефлектометрии (XRR), рентгенодифракционного анализа (XRD) и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS) для анализа тонких пленок.
35. Мониторинга роста пленок методом кварцевого пьезоэлектрического микровзвешивания (КПМ).

Примерные темы рефератов

1. Применение АСО и МСО в технологии современной микроэлектроники.
2. Сравнение методов АСО и МСО с другими методами получения тонких пленок.
3. Механизмы хемосорбционных поверхностных реакций: обмен лигандами, диссоциация, ассоциация.
4. Принцип самоконтролируемости процесса АСО/МСО.
5. Реализация реакций в хемосорбционных слоях – основа высокого качества тонких пленок, формируемых методом АСО.
6. Теоретические модели процесса АСО тонких пленок.
7. Устройства по контролю роста пленок.
8. Электронно-микроскопические методы исследования тонких пленок.
9. Преимущества и недостатки методов физического осаждения из газовой фазы.
10. Преимущества и недостатки методов химического осаждения из газовой фазы.
11. Сходства и различия между методами измерения толщины пленок с помощью СЗМ и профилометра.
12. Обзор наиболее применяемых исходных реагентов в процессах АСО и МСО. Основные требования к реагентам.
13. Оборудование для АСО и МСО тонких пленок.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 70% и промежуточного контроля - 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- выполнение практических заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.
- устный опрос - 10 баллов,

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- письменная контрольная работа - 30 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная

1. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография / А.И. Гусев. - 2-е изд., испр. - Москва: Физматлит, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (дата обращения 24.05.2019)
2. Наноматериалы: учебное пособие/ Д.И. Рыжонков, В.В. Левина, Э.Л. Дзидзигури. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 365 с.
3. Франкомба М.Х. Физика тонких пленок: Современное состояние исследований и технические применения [Текст]. М.: Мир. 1973. 392 с.

б) дополнительная

1. Коваленко Л.В. Нанесение покрытий плазмой. М.: Наука. 1990. 406 с.
2. Берлин, Е.В. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением/ Е.В. Берлин, Л.А. Сейдман. - Москва: Техносфера, 2014. - 256 с.: схем., табл. - (Мир материалов и технологий). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-94836-369-1; То же

[Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273784>
(дата обращения 24.05.2019)

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. <http://www.portalnano.ru> – Федеральный интернет портал НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ, (дата обращения 24.05.2019)
2. <http://www.nanometer.ru> – Нанометр Нанотехнологическое сообщество, (дата обращения 24.05.2019)
3. <http://www.iacnano.ru> – Национальный информационно-аналитический центр «Нанотехнологии и наноматериалы», (дата обращения 24.05.2019)
4. <http://www.nanoforum.org> — Европейский нанотехнологический портал, (дата обращения 24.05.2019)
5. <http://www.nanonewsnet.ru> — "Сайт о нанотехнологиях № 1 в России", (дата обращения 24.05.2019)
6. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> — Научная электронная библиотека, (дата обращения 24.05.2019)
7. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный, (дата обращения 24.05.2019)
8. ЭБС iprbook.ru [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31168.html>, (дата обращения 24.05.2019)

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Методические указания аспирантам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Методические указания должны мотивировать аспиранта к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

Указывается перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых аспиранта для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также методические материалы на бумажных и/или электронных носителях, выпущенные кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий:

- рабочие тетради аспирантов;
- наглядные пособия;
- гlossарий (словарь терминов по тематике дисциплины);
- тезисы лекций,
- раздаточный материал и др.

Самостоятельная работа аспирантов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать аспирантов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе могут быть оформлены в виде таблицы с указанием конкретного вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- работа с нормативными документами и законодательной базой;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов);
- решение задач, упражнений;
- написание рефератов (эссе);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций ситуации;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для аспиранта.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации аспиранта(зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине “Химия поверхности”:

- Компьютеры, проекторы и интерактивная доска.
- Программы пакета Microsoft Office
- Программа Origin
- Программа HSC 5.1
- Программа ChemDraw Ultra 7.0

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО имеется специально оборудованная учебная аудитория для проведения лекционных занятий, которая укомплектована техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).