

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профес-
сионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет

«Утверждаю»

декан Геологического факультета

академик Д.Ю. Пущаровский

«_____» _____ 2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«Рост кристаллов:
малоразмерные монокристаллические материалы»**

Авторы-составители:

профессор Леонюк Н.И.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 «Геология»

Направленность (профиль) ОПОП:

«Геохимия»

Магистерская программа

«Кристаллография и кристаллохимия (ИМ)»

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г. № 1674.

Год приема на обучение – 2019.

Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины «Рост кристаллов: малоразмерные монокристаллические материалы»: подготовка магистров-кристаллографов в области кристаллогенезиса и практического выращивания кристаллов

Задачи дисциплины

ознакомление со спецификой микрокристаллизации в различных средах и критериями выбора оптимальных методик синтеза;
анализ физико-химических особенностей выращивания малоразмерных высокоэффективных монокристаллов для современной науки и техники;
обзор работ по микро- и нанокристаллизации в лабораторных условиях и минералообразующих системах;
овладение технологическими основами микро- и нанокристаллизации.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО - вариативная часть, обязательные профессиональные дисциплины, курс I, семестр 1, 2

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: до начала освоения данной дисциплины необходимо освоение дисциплин «Физика», «Химия», «Кристаллография», «Кристаллохимия», «Рентгеноструктурный анализ», «Минералогия»

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины (модуля):

ОПК-4.М Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки

ПК-3.М Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

СПК-2.М Владение современными методиками синтеза и роста кристаллов

СПК-4.М Способность обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области кристаллографии и кристаллохимии

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: основные закономерности образования малоразмерных монокристаллов в многокомпонентных системах

Уметь: пользоваться техническим оснащением, связанным с синтезом и характеристикой

Владеть: основными методами получения малоразмерных монокристаллических материалов, способами обработки и обобщения полученной информации.

4. Формат обучения: - лекционные, лабораторные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 7 зачетные единицы, в том числе 94 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**28** часов – занятия лекционного типа, **44** часа лабораторных работ, **22** часа – занятия семинарского типа, **158** часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет, экзамен

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виду учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация)

8. Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Предлагаемый курс отражает важнейшие современные достижения в исследовании формирования кристаллических материалов – высокоэффективных малоразмерных монокристаллов, тонких пленок, «усов» и наноструктур, а также роль и место работ минералогического профиля в этой логической цепочке. Структура его определяется стремлением к последовательному изложению современных взглядов в этой быстроразвивающейся области науки и к оценке перспектив развития отдельных методик. Значительное внимание уделяется получению кристаллических гетероструктур и функциональной стеклокерамики

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Основы теории роста кристаллов		14	22	11	47	Устный опрос, защита и обсуждение рефератов и домашних заданий на семинарах/коллоквиумах
Классификация и общая характеристика методов выращивания кристаллов		14	22	11	47	Устный опрос, защита и обсуждение рефератов и домашних заданий на семинарах/коллоквиумах
Промежуточная аттестация по итогам курса						Зачет – 1-й семестр Экзамен – 2-й семестр
Итого	252	94				158

Содержание дисциплины

Раздел I МАЛОРАЗМЕРНЫЕ МОНОКРИСТАЛЛЫ

Технологические приемы

Выращивание кристаллов из расплава

- *Прогрессивные источники нагрева*
- *Приспособления для получения монокристаллических волокон*

Кристаллизация из растворов в расплавах

- *Классические раствор-расплавные среды*
- *Нестехиометрические расплавы*
- *Технические модификации и перспективы развития*

Гидротермальный синтез

- *Диаграммы растворимости*
- *Минерализаторы*
- *Коэффициент заполнения автоклава*

Примеры выращивания объемных малоразмерных кристаллов

Тугоплавкие бораты

- *Лазерные и нелинейно-оптические редкоземельные ортобораты*
- *Нелинейно-оптические мета- и полибораты*

ВТСП-купраты

- *Редкоземельные купраты: структурный тип 123*
- *Висмутсодержащие сверхпроводники: структурные типы 2212 и 2223*
- *Несоразмерные фазы*

Ванадаты и вольфраматы

- *Лазерные редкоземельные ортованадаты*
- *Магнитные ванадаты со слоистой структурой*
- *Лазерные редкоземельные вольфраматы*

Манганиты

Раздел II МИКРОРАЗМЕРНЫЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЛОИ

Основные методы выращивания

Жидкофазная эпитаксия - раствор-расплавная и гидротермальная

Кристаллизация из газовой (паровой) фазы

Получение однослойных пленок

Цинкит Ниобаты и танталаты Бораты, Вольфраматы и ванадаты Манганиты, ВТСП-купраты

Образование многокомпонентных гетероструктур

Соединения группы II-VI

Соединения группы III-V

Раздел III ОДНОМЕРНЫЕ И ТОЧЕЧНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ

Основные понятия, определения и типы наноструктур

Нитевидные кристаллы («усы») Квантовые точки Стеклокристаллические композиты

Особенности формирования

Золь-гель метод и его применение ПЖК-метод

Другие технологии Облагораживание агатов

Методы исследования наноструктур

Электронная микроскопия Атомно-силовая микроскопия

Рентгеновские и спектроскопические методики

Минералогические примеры

Биокристаллизация

Рекомендуемые образовательные технологии

Предусматривается использование активных и интерактивных форм занятий. По результатам внеаудиторной работы с литературными источниками, ресурсами Интернета, базами данных магистранты под руководством преподавателя выполняют задания по основным разделам дисциплины. Отдельные материалы курса закрепляются при самостоятельном составлении рефератов, обсуждаемых на семинарских занятиях и коллоквиумах

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных домашних работ. Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные работы.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля/ Темы контрольных работ:

1. Какие методы используются для выращивания малоразмерных объемных кристаллов ?
Каковы наиболее распространенные способы получения тонких монокристаллических слоев ?
2. Что такое жидкофазная эпитаксия ?
3. Что такое многослойные гетероструктуры и какие приемы их получения ?
4. В чем особенность нанокристаллических материалов ? На какие категории они подразделяются ?

Домашние задания для самостоятельной подготовки студентов

Темы рефератов:

1. Сравнительная характеристика методов выращивания объемных малоразмерных нелинейно-оптических и лазерных кристаллов.
2. Жидкофазная эпитаксия.
3. Методы получения однослойных и многослойных монокристаллических пленок.
4. Наноминералы.
5. Нитевидные кристаллы.
6. Стеклокристаллические композиты.

7.2. Вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Что такое поверхностная энергия ?
 2. Какие способы существуют для выражения движущей силы кристаллизации ?
 3. Чем отличается работа образования кристаллических зародышей в гомогенных и гетерогенных средах ?
 4. Что такое двумерный зародыш ?
 5. В чем суть нормального и послыного механизма роста кристаллов ?
 6. Что такое эпитаксиальный рост ?
 7. В чем суть явления ортотропизма?
 8. В чем заключаются геометрический отбор ?
 9. Какова природа анизотропии поверхностной энергии ?
 10. Что подразумевается под границей раздела между растущим кристаллом и кристаллизационной средой ?
 11. Что такое физически возможная и равновесная форма кристалла ?
 12. Каковы механизмы влияния примесей на форму роста кристаллов ?
 13. Что такое скелетный и дендритный рост ? Каковы их причины ?
 14. Каковы критерии выбора методов выращивания кристаллов ? На чем основана их классификация ?
- Какие дефекты типичны для кристаллов, выращиваемых различными методами?

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основные закономерности образования малоразмерных монокристаллов в многокомпонентных системах	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: пользоваться техническим оснащением, связанным с синтезом и характеристикой	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, студент допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешное умение пользоваться техническим оснащением, связанным с синтезом и характеристикой
Владения: основными	Навыки отсут-	Фрагментарное	В целом, владе-	Успешное

методами получения малоразмерных монокристаллических материалов, способами обработки и обобщения полученной информации	ствуют	владение современными методами обработки результатов эксперимента	ет основными методами получения малоразмерных монокристаллических материалов	владение основными методами получения малоразмерных монокристаллических материалов, способами обработки и обобщения полученной информации
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	-------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8. Ресурсное обеспечение:

а) Перечень основной и дополнительной литературы:

- основная литература

1. Палатник Л.С, Папилов И.И. Эпитаксиальные пленки. М: Изд. «Наука», 1971, 480 с.
2. Леонюк Н.И., Копорулина Е.В., Волкова Е.А., Мальцев В.В. Зарождение, рост и морфология кристаллов. М: Изд. «МАКС Прес», 2010, 143 с.
3. Современная кристаллография. Т.3. Образование кристаллов. М.: Изд. «Наука», 1980, 430 с

- дополнительная литература:

1. Синтез минералов. В 3-х томах. Александров: Изд. ВНИИСИМС, 2000.
2. Периодическое издание «Кристаллография». М: Изд. «Наука».
3. Периодическое международное издание «*Journal of Crystal Growth*». Амстердам: Изд. «Elsevier».

в) перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

<http://database.iem.ac.ru/mincryst/> - база данных кристаллических структур МИНКРИСТ;

<http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php> - база данных кристаллических структур

American Mineralogist.

<http://www.mindat.org/> база данных минералов

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.shapesoftware.com/> - программное обеспечение для визуализации кристаллов и кристаллических структур;

д) материально-техническое обеспечение дисциплины

При чтении лекций, презентаций рефератов и домашних заданий используется LCD проектор. Для самостоятельной работы магистрантов имеется научная библиотека геологического факультета МГУ, компьютерный класс с выходом в Интернет, программное обеспе-

чение для визуализации кристаллических форм и структур, образцы природных и синтетических кристаллов из коллекции кафедры кристаллографии и кристаллохимии

9. Язык преподавания - русский

10. Преподаватели – профессор Леонюк Н.И., доц. Копорулина Е.В.,

11. Авторы-составители (разработчики программы, *в том числе из вузовского сообщества и представителей работодателей*) профессор Леонюк Н.И