

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
Зам. декана ФНМ по учебной
работе
_____/А.В. Кнотько /
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

**Тонкие пленки в развитии представлений о размерном эффекте структуры и
свойств материалов**

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки:
04.04.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:
Фундаментальное материаловедение

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(протокол № _____, дата)

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: Вариативная часть, профессиональная подготовка, дисциплина магистерской программы по выбору студентов, курс предназначен для студентов магистратуры факультета наук о материалах **2-го года обучения (3-й семестр)**, курс является обязательным

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Дисциплины и модули профессиональной подготовки бакалавриата
Современные проблемы материаловедения
Перспективные неорганические материалы со специальными функциями

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: важнейшие особенности физических характеристик и химического поведения материалов тонкопленочном состоянии, иметь представление о размерном эффекте в материалах

Уметь: использовать особенности тонкопленочного состояния материалов при решении материаловедческих задач

Владеть: современными подходами в области получения и применения тонкопленочных материалов

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е. (72 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	3				
Общая трудоёмкость, акад. Часов	72				72
Аудиторная работа:	24				24
Лекции, акад. Часов	24				24
Семинары, акад. Часов					
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. Часов	48				48
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Экз.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Лекция 1. Введение.

Определение понятия «тонкая пленка». Иллюстрации проявления размерного эффекта в структуре и свойствах неорганических материалов.

Лекция 2. Современные представления о механизмах (видах) роста пленок: характерные признаки вида. Критерии их реализации. Основные задачи. Примеры гетеросистем. Рост пленок – процессы атомной самосборки и самоорганизации

Лекция 3. Размерный эффект в структуре и субструктуре пленок при росте по Фольмеру и Веберу: предел существования; фазовый размерный эффект; полиморфизм и диаграммы состояния; образование многократно сдвойникованных островков; ориентационные превращения.

Лекция 4. Размерный эффект в структуре и субструктуре пленок при росте по Франку и Ван дер Мерве: псевдоморфизм, эпитаксиальная стабилизация структуры. Особенности проявления размерного эффекта в многослойных эпитаксиальных гетероструктурах.

Лекция 5. Размерный эффект структуры и морфологии пленок при росте по Крастанову и Странскому. Структурные превращения в субмонослойных покрытиях; наследование ориентации субмонослойных покрытий при росте пленки.

Лекция 6. Обобщение критериев ориентированной кристаллизации. Размерный эффект в ориентации пленок. Природа эффекта.

Лекция 7. Размерный эффект механических свойств пленок.

Лекция 8. Классический размерный эффект электропроводности. Общность характера классической размерной зависимости для разных механизмов электропереноса. Механизм электропереноса в островковых пленках.

Лекция 9. Квантовый размерный эффект электропроводности: природа; условия экспериментального наблюдения.

Лекция 10. Размерный эффект магнитных свойств: эффект формы. Размерный эффект доменной структуры. Особенности переключения. Природа суперпарамагнетизма.

Лекция 11. Размерный эффект оптических свойств.

Лекция 12. Размерный эффект теплофизических свойств. Методы исследования теплофизических параметров.

Лекция 13. Сравнительный анализ проявлений размерного эффекта в объектах разной мерности: нанопорошки, нанонити, компактные наноструктуры.

Лекция 14. Заключение.

Примеры практического использования размерного эффекта структуры и свойств тонкопленочных материалов.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Собеседование по материалу прослушанных лекций

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

- 1) Почему можно считать поверхность кристалла второй двумерной фазой? Приведите примеры поверхностных структур чистых поверхностей (111) кремния.
- 2) Какова природа двумерных длиннопериодных (субмонослойных) кристаллов?
- 3) Изобразите схему структуры субмонослойной пленки:

а) $\text{Si}(111) - (\sqrt{7} \times \sqrt{7}) R 19,1^\circ \text{ Ag}$;

б) $\text{Si}(111) - (\sqrt{3} \times \sqrt{3}) R 30^\circ \text{ Ag}$.

4) Объясните природу структурно-морфологического перехода (слоевой рост – островковый рост) при росте пленки по Странскому и Крастанову?

5) Какова природа псевдоморфизма? Почему псевдоморфный слой имеет предел по толщине? Как он изменится при переходе к многослойной гетероструктуре АВ АВ... АВ?

6) Рассчитайте критическую толщину псевдоморфной пленки: а) Ge на (111) Si; б) Pd на (111) Au; в) W на (110) Mo.

7) Почему островки малых размеров в островковых пленках не содержат дислокаций?

8) Рассчитайте зависимость объемной доли «зернограничной фазы» от размера зерен в поликристаллической пленке, полагая структурную толщину границ равной двум параметрам кристаллической решетки.

9) Оцените возможное изменение периода кристаллической решетки островковых пленок металла с уменьшением размеров островков от 10 до 1 нм.

10) Оцените критические размеры островков при росте двухориентационных – (001) и (111) – островковых пленок Au на NaCl, при которых ориентация (111) не будет подавляться ориентацией (001).

11) Как экспериментально установить, какой механизм роста из трех возможных реализовался в конкретной системе подложка – пленка?

12) Предложите системы, в которых обоснованной можно ожидать рост пленки по Фольмеру и Веберу, по Франку и Ван дер Мерве.

13) Предложите эксперимент, иллюстрирующий в одном технологическом процессе рост пленок одного вещества (например, Pt или Ge) одновременно по механизму Фольмера – Вебера и Франка – Мерве.

14) Покажите термодинамическую неизбежность фазового размерного эффекта.

15) Проиллюстрируйте размерный эффект температуры плавления на примере пленок Ag на стекле: рассчитайте размерную зависимость относительного изменения температуры плавления $T_{\text{пл}}^{\text{п}}/T_{\text{пл}}^{\text{м}}$. Какова природа этого размерного эффекта?

16) Опишите эксперимент по определению размерной зависимости температуры плавления металлов.

17) Приведите примеры размерного эффекта в ориентации конденсированных пленок.

18). Какова природа многократно сдвойникованных частиц? Какие условия способствуют их образованию?

19) Каковы предпосылки к проявлению размерного эффекта механических свойств тонких пленок?

20) Проиллюстрируйте и обоснуйте ожидаемую качественную размерную зависимость пластичности и прочности для тонких эпитаксиальных (монокристаллических) и высокодисперсных поликристаллических пленок

21) Почему характер зависимости удельного сопротивления пленок от средней толщины качественно одинаков для пленок, растущих по механизмам Фольмера и Вебера и Франка и Ван дер Мерве (при принципиально отличающихся механизмах проводимости)?

22) Каковы природа квантового размерного эффекта электропроводности и условия его проявления в эксперименте?

23) Какие предпосылки к проявлению размерного эффекта в сверхпроводимости тонких пленок?

24) Какова природа размерного эффекта доменной структуры ферромагнитных пленок?

25) Объясните природу размерного эффекта доменных границ ферромагнитных пленок.

26) В чем причина магнитной анизотропии формы тонких ферромагнитных пленок?

27) Какова природа суперпарамагнетизма тонких пленок.

28) Поясните природу размерного эффекта теплопроводности и излучательной способности тонких металлических пленок.

- 29) Опишите эксперимент по электронографическому исследованию коэффициента теплового расширения и теплопроводности тонких пленок.
- 30) Как особенности субструктуры пленок могут отражаться на кинетике процесса взаимодиффузии в пленочных гетеросистемах:
- а) поликристалл – поликристалл;
 - б) монокристалл – монокристалл;
 - в) монокристалл – поликристалл?
- 31) Приведите примеры практического использования размерной зависимости структуры и свойств неорганических материалов.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Иевлев В.М. Тонкие пленки неорганических материалов: Механизм роста и субструктура : учеб. пособие / В.М. Иевлев. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 496 с

6.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

6.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор

8.Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

7. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.-м.н. , академик РАН В.М. Иевлев