

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:

Физико-химия и технология материалов

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

общий

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: базовая часть, профессиональная подготовка, модуль «Инженерия материалов», курс предназначен для студентов факультета наук о материалах **4-го года обучения (8-й семестр)**, курс является обязательным

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

Химическая термодинамика и кинетика
Фазовые равновесия и термодинамика твердофазных реакций
Материалы – прошлое, настоящее, будущее
Физико-химия дисперсных систем
Математический анализ
Обыкновенные дифференциальные уравнения
Уравнения математической физики
Введение в механику материалов и гидромеханика
Механика деформируемого твердого тела

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: основные понятия и теоретические основы современных наук о материалах

Уметь: решать задачи, связанные с теоретическими основами наук о материалах

Владеть: основным междисциплинарным аппаратом современного материаловедения

Иметь опыт решения типовых задач, связанных со свойствами и методами получения 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
	8				
Общая трудоёмкость, акад. Часов	72				72
Аудиторная работа:	36				36
Лекции, акад. Часов	27				27
Семинары, акад. Часов	9				9
Лабораторные работы, акад. Часов					
Самостоятельная работа, акад. Часов	36				36
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Экз.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ (8 часов).

Точечные дефекты, квазихимическая модель. Дислокации (векторное и континуальное описание). Упругая энергия дислокации. Плотность дислокаций. Формула Холла-Петча. Механизмы зарождения и размножения дислокаций. Дефекты упаковки, двойниковые дефекты. Оценка энергии дефекта упаковки по ширине растянутой дислокации. Взаимодействие различных дефектов. Границы зерен. Сегрегация примесей в поликристаллическом материале. Механизмы пластической деформации. Разрушение материалов.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ (8 часов).

Основные технологические операции на пути от вещества к материалу. Методы гомогенизации физические и химические. Прекурсоры. Классификация фазовых превращений. Фазовая диаграмма и микроструктура материала. Микроморфология эвтектических и перитектических композитов. Дендритная ликвация.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ (8 часов).

Закалка без полиморфного превращения. Закалка на мартенсит. Кристаллогеометрия и термодинамика мартенситного превращения. Мартенситные превращения в металлических и неметаллических системах. Эвтектоидный распад в сталях. ТТТ-диаграмма. Основные разновидности отжига 2-го рода. Отжиг 1-го рода. Рекристаллизация. Основные модели процесса спекания. Спекание и структурно-чувствительные свойства керамики. Распад пересыщенного твердого раствора по спинодальному механизму и механизму образования и роста зародышей. Термодинамика процессов распада, роль упругой энергии. Старение материалов естественное и искусственное. Образование (термодинамика, кинетика) и строение зон Гинье-Престона. Природа упрочнения при дисперсионном старении. Принципы химико-термической обработки. Низкотемпературная термомеханическая обработка. Высокотемпературная термомеханическая обработка.

ОБРАЗОВАНИЕ И РОСТ НОВОЙ ФАЗЫ (8 часов).

Механизмы атомно-молекулярных процессов кристаллизации. Зависимости скорости роста от величины пересыщения в случае нормального роста, спирального роста (БКФ-механизм), механизма с образованием зародышей (ФКС-механизм). Развитие граней кристалла: теорема Гиббса-Вульфа. Габитус кристалла с точки зрения РВС-теории. Термодинамика выделения фазы, принцип Данкова-Конобеевского. Гетерогенное зародышеобразование. Переохлаждение и кривизна ростового фронта. Распределение примеси по длине растущего из расплава кристалла. Техническое оформление основных методов роста кристаллов из расплава. Процессы литья. Направленная кристаллизация. Условие стабильности интерфейса при направленной кристаллизации. Теория эвтектического роста. Рост кристаллов из пара. Выбор условий роста кристаллов на основе Р-Т-х диаграммы. Явление эпитаксии. Рост по механизму пар-жидкость-кристалл (ПЖК). Сравнение качества кристаллов (дефекты и их концентрация), выращенных различными методами. Планарная технология в микроэлектронике. Последовательность формирования диффузионно-планарной структуры и характеристика основных технологических операций.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ (4 часа).

Разработка технологии под новый материал. Программы, направления и проекты современного материаловедения.

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)

Вариант 1

1. В кристалле с примитивной *кубической* решеткой определите:

а) угол между направлениями $[111]$ и $[1\bar{1}3]$;

б) лежит ли вектор $[1\bar{1}3]$ в плоскости (113) ? Если нет, то в какой плоскости может располагаться этот вектор?

В кристалле с примитивной *тетрагональной* решеткой и параметрами элементарной ячейки $a = 3 \text{ \AA}$ и $c = 6 \text{ \AA}$ определите:

в) угол между направлениями $[111]$ и $[1\bar{1}2]$;

г) какой угол составляет направление $[1\bar{1}2]$ с нормалью к плоскости $(1\bar{1}2)$? В какой плоскости лежит вектор $[1\bar{1}2]$?

2. Окисление цинка сопровождается образованием на поверхности металла плотного слоя нестехиометрического оксида $Zn_{1+\delta}O$, обладающего проводимостью n-типа (разупорядочение по Френкелю). Сравните скорость окисления цинка, легированного а) К и б) Y, по сравнению со скоростью окисления чистого металла. Концентрацией каких дефектов определяется скорость окисления цинка? Запишите необходимые квазихимические уравнения.

3. Для кристалла вюстита $FeO_{1+\delta}$

а) пренебрегая возможной локализацией носителей, выведите зависимость индекса нестехиометрии δ от парциального давления кислорода в форме $\ln \delta = f(\ln p_{O_2})$;

б) определите долю катионных узлов, занятых вакансиями, и параметр δ кристалла вюстита с соотношением $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0.1$. Во сколько раз плотность этого кристалла отличается от плотности кристалла стехиометрического кристалла? Релаксацией кристаллической решетки вокруг точечных дефектов можно пренебречь.

Вариант 2

1. В кристалле с примитивной *кубической* решеткой определите:

а) угол между $[112]$ и его проекцией на плоскость (210) ;

б) лежит ли вектор $[112]$ в плоскости (211) ? Если нет, то в какой плоскости может располагаться этот вектор?

В кристалле с примитивной *тетрагональной* решеткой и параметрами элементарной ячейки $a = 9 \text{ \AA}$ и $c = 3 \text{ \AA}$ определите:

в) угол между плоскостями (110) и $(\bar{2}11)$;

г) в какой плоскости (hkl) лежит вектор $[211]$? Вычислите межплоскостное расстояние d_{hkl} для этого семейства параллельных плоскостей.

2. Окисление никеля сопровождается образованием на поверхности металла плотного слоя оксида NiO , обладающего дырочной проводимостью. Сравните скорость окисления а) Ni-Li и б) Ni-Cr сплавов по сравнению со скоростью окисления чистого металла. Концентрацией каких дефектов определяется скорость окисления никеля? Запишите необходимые квазихимические уравнения.

3. Сульфид свинца является фазой переменного состава $PbS_{1+\delta}$ с преобладающим разупорядочением по Шоттки, причем δ может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Запишите квазихимические уравнения процессов образования дефектов в кристалле сульфида свинца для а) $\delta > 0$ и б) $\delta < 0$. Для последнего случая выведите зависимость проводимости от парциального давления паров серы $\ln \sigma = f(\ln p_{S_2})$.

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. Точечные дефекты, квазихимическая модель.
2. Дислокации (векторное и континуальное описание). Вектор Бюргерса. Упругая энергия и плотность дислокаций.
3. Плоское скопление дислокаций. Дефекты упаковки, двойниковые дефекты. Оценка энергии дефекта упаковки по ширине растянутой дислокации.
4. Взаимодействие различных дефектов. Модели строения границ зерен. Сегрегация примесей в поликристаллическом материале.
5. Механизмы зарождения и размножения дислокаций. Механизмы пластической деформации и разрушения материалов.
6. Механизмы атомно-молекулярных процессов кристаллизации. Зависимости скорости роста от величины пересыщения в случае нормального роста, спирального роста (БКФ-механизм), механизма с образованием зародышей (ФКС-механизм).

7. Развитие граней кристалла: теорема Гиббса-Вульфа, габитус кристалла с точки зрения РВС-теории.
8. Термодинамика выделения фазы, принцип Данкова-Конобеевского. Гетерогенное зародышеобразование. Переохлаждение и кривизна ростового фронта.
9. Распределение примеси по длине растущего из расплава кристалла. Техническое оформление основных методов роста кристаллов из расплава.
10. Направленная кристаллизация. Условие стабильности интерфейса при направленной кристаллизации.
11. Теория эвтектического роста.
12. Рост кристаллов из пара. Выбор условий роста кристаллов на основе Р-Т-х диаграммы. Явление эпитаксии. Рост по механизму пар-жидкость-кристалл (ПЖК).
13. Фазовые равновесия. Основные понятия: система, компонент, фаза, степень свободы. Условия равновесия фаз. Правило фаз Гиббса.
14. Фазовые диаграммы Т-х двухкомпонентных систем; понятие о Р-Т-х фазовых диаграммах и их изображении на плоскости (проекции и сечения).
15. Основные виды конгруэнтных и инконгруэнтных равновесий. Правило рычага. 21. Способы графического изображения фазовых диаграмм трехкомпонентных систем. Квазибинарные разрезы. Принцип триангуляции.
16. Физико-химический анализ и его основные принципы.
17. Фазовая диаграмма и микроструктура материала. Микроструктура эвтектических и перитектических композитов. Ликвация и ее влияние на микроструктуру материала.
18. Закалка без полиморфного превращения. Закалка на мартенсит. Кристаллогеометрия и термодинамика мартенситного превращения.
19. Мартенситные превращения в металлических и неметаллических системах, их влияние на механические свойства материалов (изменение механических характеристик сталей при закалке, трансформационное упрочнение керамики на основе ZrO_2).
20. Фазовые превращения с нормальной кинетикой. Перлитное превращение в сталях. ТТТ-диаграмма. Основные разновидности отжига 2-го рода.
21. Отжиг 1-го рода. Рекристаллизация. Основные модели процесса спекания.
22. Распад пересыщенного твердого раствора по спинодальному механизму и механизму образования и роста зародышей. Термодинамика процессов распада, роль упругой энергии. Старение материалов естественное и искусственное (на примере дуралюмина).
23. Зональная стадия распада твердого раствора; термодинамика и кинетика образования и строение зон Гинье-Престона. Природа упрочнения при дисперсионном старении.
24. Принципы химико-термической обработки. Виды термомеханической обработки материалов.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Г. Готтштайн. Физико-химические основы материаловедения. М.: БИНОМ, 2009
2. Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. Введение в химию твердофазных материалов. М., МГУ, 2006.
3. А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. Химия твердого тела. М., «Академия», 2006

Дополнительная литература

1. Ю.Д. Третьяков, Х. Лепис. Химия и технология твердофазных материалов. М.: МГУ, 1985.
2. Л. ван Флек. Теоретическое и прикладное материаловедение. М.: Атомиздат, 1975.
3. В.Я.Шевченко, С.М.Баринов. Техническая керамика. М.: Наука, 1993.

4. В.В. Крапухин, И.А. Соколов, Г.Д. Кузнецов. Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов. М.: Металлургия, 1982.
5. А.П. Гуляев. Металловедение. М.: Металлургия, 1986.
6. В. Курц, П.Р. Зам. Направленная кристаллизация эвтектических материалов. М.: Металлургия, 1980.
7. С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.: Металлургия, 1988.
8. А.Н. Орлов. Введение в теорию дефектов в кристаллах. М.: Высшая школа, 1983.
9. В.И. Фистуль. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы. М.: МИСИС, 1995.

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

Не требуется

7.3. 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.

9. Разработчик (разработчики) программы.

к.х.н. В.И. Путляев