
Получение объемных наноматериалов



Основные методы получения объемных материалов

I. Облучение потоками высокоэнергетических частиц

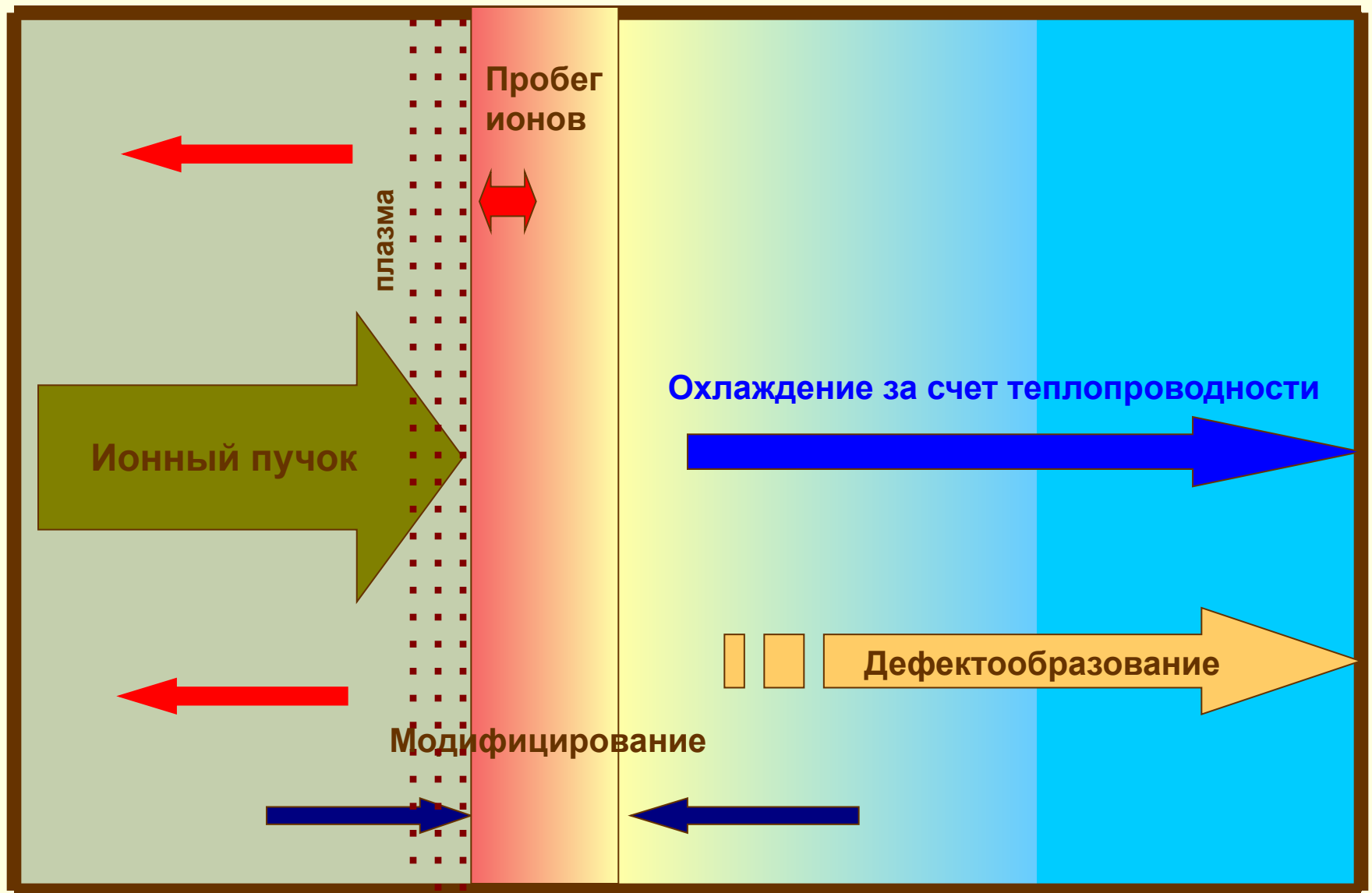
- Радиационно-пучковые технологии. Ионно-лучевые, ионно-плазменные технологии и воздействие концентр. потоков энергии для модификации материалов.
- Физико-химические процессы при взаимодействии ионов с твердым телом. Методы получения и транспортировки пучков заряженных частиц.
- Имплантация ионов в металлы и полупроводники
- Электронные пучки и их применение
- Мощные ионные пучки и их применение
- Потоки высокотемпературной импульсной плазмы и их применение
- Лазерное излучение и его применение

II. Пленочные технологии.

- CVD - химическое осаждение
- PVD - физическое осаждение
- Электроосаждение

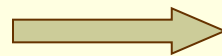
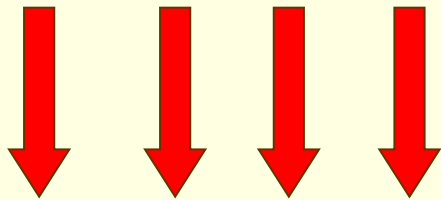
-
-
- Радиационное воздействие м.б. использовано для модифицирования и создания новых материалов.
 - Радиационная обработка включает следующие задачи:
 - Техника для обработки: создающая потоки ионов, атомов, электронов, плазмы и т.д.
 - Методы обработки: имплантация, распыление, осаждение, перемешивание, нагрев, деформирование, насыщение и др.
 - Регулируемые параметры при обработке: токи, потоки, флюенсы, энергия и вид излучения, масса частиц, температура облучения.
 - Технологические задачи: изменение топографии поверхности, активация поверхности, изменение структуры или химического состава, нанесение или удаление слоя, залечивание дефектов
 - Результат обработки, изменение шероховатости, глубина слоя, структура, состав и фазовое состояние слоев.
 - Эксплуатационные свойства созданные обработкой: износостойкость, коррозионная стойкость, прочность, твердость, термостойкость и др.

Механизм воздействия

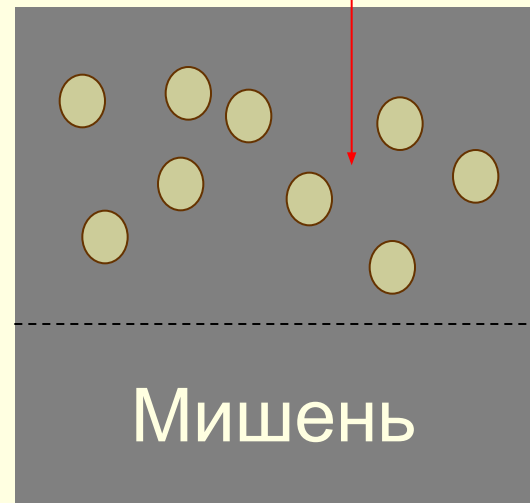


Воздействие пучков

Металлические ионы



Твердые растворы
НАНОРАЗМЕРНЫЕ ФАЗЫ
Интерметаллиды, оксиды, карбиды



Модифицированный
слой

-
-
- Радиационно-пучковые технологии используют тепловую, кинетическую, электрическую и магнитную составляющую энергии и различные способы подвода к мишени: непрерывный, импульсный, импульсно-периодический, точечный, линейный, поверхностный, квазиобъемный.

 - Модификация осуществляется за счет физических процессов:
 - Быстрый нагрев и охлаждение
 - Имплантация атомов/ионов в материал
 - Распыление или испарение поверхностного слоя
 - Плазмообразование на поверхности
 - Дефектообразование в слое материала
 - Осаждение атомов на поверхность
 - Ионное перемешивание в поверхностном слое
 - Термическая и радиационно-стимулированная диффузия
 - Термические и структурные напряжения

-
-
- При модифицировании происходят различные структурные и фазовые изменения.
 - Наиболее значимыми изменениями являются:
 - Увеличение параметра решетки
 - Разворот плоскостей упаковки атомов
 - Образование аморфных и ультрадисперсных фаз
 - Диспергирование микроструктуры
 - Накопление радиационных дефектов
 - Загрязнение примесями
 - Растворение и образование радиационно-стимулированных фаз
 - Расслоение твердых растворов
 - Создание пересыщенных твердых растворов
 - Радиационно-индуцированная сегрегация
 - Образование слоистых структур
 - Формирование дислокационных субструктур
 - Образование градиентных структурно-фазовых состояний

Виды радиационных технологий

По носителям энергии и с учетом основного модифицирующего фактора

1 Ионно-пучковые технологии

моноэнергетические пучки ионов

полиэнергетические пучки ионов

2 Ионно-плазменные технологии

3 Плазменные технологии

равновесная плазма

неравновесная плазма

4 Технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии

Виды облучения

Ионные пучки

Ускоренные ионы (и атомы) в виде моноэнергетических или полиэнергетических пучков являются рабочим телом ионно-пучковых и ионно-плазменных технологий

Используют ионы газовые или твердотельные (металлические)

Параметрами являются: энергия, поток, флюенс

Ионно-пучковые технологии направлены на

1) получение новых материалов: нанесение пленок путем распыления, бомбардировка подложки в процессе нанесения, имплантация в объем материала для создания нового, ионно-пучковая эпитаксия

2) модифицирование материалов (поверхностного слоя): формирование рельефа путем распыления, изменение структуры путем имплантации, изменение элементного и фазового состава.

Низкотемпературная плазма

Низкотемпературная плазма ($T \sim 10^4$ К) может быть равновесной ($T_e \approx T_i \approx T_a$) или неравновесной ($T_e \approx T_i \ll T_a$), где T_e , T_i , T_a температуры атомов, ионов и электронов соответственно.

Перенос вещества в плазме осуществляется путем диффузии, направленных потоков атомов под действием градиентов температуры. Рабочим телом плазмы является (Ar , He , H_2 , O_2 , N_2) и воздух.

Направления:

- 1) Получение/синтез материалов: химический синтез (в том числе органический) веществ, полимеризация мономеров; экстрактивная металлургия, включая восстановление оксидов (или их диссоциацию) металлов в плазме и других газовых смесей; получение ультрадисперсных порошков; плазменная плавка металлов
- 2) Модификация материалов: формирование заданного рельефа (травление или очистка); нанесение покрытий на изделия; синтез химических соединений на поверхности; плазмохимическое насыщение поверхностного слоя азотом, углерода.

Ионно-плазменные технологии

Одновременная или последовательная обработка поверхности ионами и плазмой.

Использование ионно-плазменных технологий расширяет возможности обработки по сравнению с ионно-пучковыми технологиями так как позволяет чередовать операции распыления, нанесения покрытий и имплантацию ионов.

Эффективна для получения функциональных покрытий и пленок. Осуществляется ряд операция необходимых для получения прочного сцепления с поверхностью, путем комбинации очистки, напыления ионного перемешивания.

Концентрированные потоки энергии (КПЭ)

Высокие потоки энергии (десятки и более Дж/см²) можно создавать мощными электронными пучками (МЭП), мощными ионными пучками (МИП), лазерным излучением (ЛИ), потоками высокотемпературной импульсной плазмы (ВТИП),

Общим для КПЭ является высокие плотности мощности ($\sim 10^{12}$ Вт/см²), энергии (100 Дж/см²), высокие градиенты температуры (10^6 - 10^8 К/см), высокие скорости нагрева и закалки (10^9 - 10^{11} К/с).

Получение материалов

путем испарения мишени и конденсации атомов, инициирования химических реакций на поверхности

Модифицирование поверхностного слоя

путем сверхбыстрой закалки, изменения элементного и фазового состава, формирования заданного рельефа путем оплавления, заглаживания или создания дефектов, объемное ударное упрочнение, удаление ранее нанесенных пленок и покрытий.