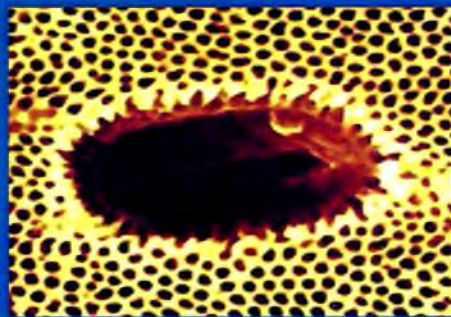
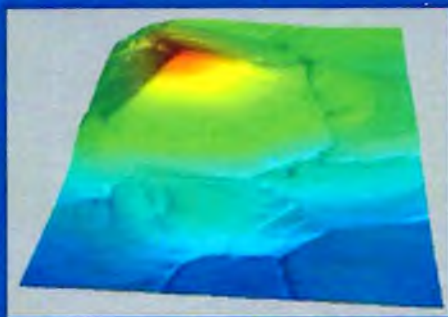


Н. А. Азаренков, В. М. Береснев,
А. Д. Погребняк, Д. А. Колесников

НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ И НАНОМАТЕРИАЛЫ



- ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ
 - СВОЙСТВА
 - ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
-

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО
НАНОСТРУКТУРНОГО
НАПРАВЛЕНИЯ
В НАНОТЕХНОЛОГИИ



СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 7 |
| Литература | 12 |
| РАЗДЕЛ 1 ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ | 14 |
| 1.1. Общие сведения о наноразмерных структурах | 14 |
| 1.2. Механические свойства | 21 |
| 1.3. Термодинамические свойства | 25 |
| 1.4. Электрические свойства | 26 |
| 1.5. Магнитные свойства | 28 |
| Литература к разделу 1 | 32 |
| РАЗДЕЛ 2 НАНОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 34 |
| Литература к разделу 2 | 41 |
| РАЗДЕЛ 3 АМОРФНЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 42 |
| 3.1. Свойства аморфных металлических систем | 51 |
| Литература к разделу 3 | 56 |
| РАЗДЕЛ 4 ФУЛЛЕРЕНЫ, ФУЛЛЕРИТЫ, НАНОТРУБКИ | 57 |
| Литература к разделу 4 | 68 |
| РАЗДЕЛ 5 НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 70 |
| Литература к разделу 5 | 78 |
| РАЗДЕЛ 6 МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ | 80 |
| 6.1. Порошковая металлургия получения наноматериалов | 81 |
| 6.2. Получение аморфных материалов | 87 |
| 6.3. Методы с использованием интенсивной пластической деформации | 90 |
| 6.4. Тонкопленочные технологии модификации поверхности | 92 |
| 6.4.1. Методы физического осаждения из паровой фазы (PVD) | 93 |
| 6.4.2. Методы химического осаждения из паровой фазы (CVD) | 110 |
| 6.5. Методы получения фуллеренов, нанотрубок | 112 |
| 6.6. Пучки заряженных частиц низких и средних энергий в нанотехнологиях | 127 |
| 6.6.1. Особенности прохождения ускоренных заряженных частиц в веществе | 128 |
| 6.6.2. Зондовые системы формирования пучков заряженных частиц | 130 |
| 6.6.3. Взаимодействие ускоренных заряженных частиц с резистивными материалами | 134 |
| Литература к разделу 6 | 136 |
| РАЗДЕЛ 7 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ | 142 |
| 7.1. Методы структурного и химического анализа нанообъектов | 143 |
| 7.2. Механические испытания твердых тел на нанотвердость | 151 |
| Литература к разделу 7 | 156 |
| РАЗДЕЛ 8 СТРУКТУРА, СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ | 158 |
| 8.1. Формирование нанокристаллических покрытий | 158 |

| | |
|---|-----|
| 8.1.1. Роль энергии в формировании наноструктурных пленок | 159 |
| 8.2. Особенности формирования нанокристаллических покрытий | 165 |
| 8.2.1. Влияние ионной бомбардировки на формирование покрытий | 165 |
| 8.2.2. Процесс смешивания | 166 |
| 8.2.3. Многослойные покрытия с наноструктурой | 169 |
| 8.2.4. Нанокompозитные покрытия | 169 |
| 8.3. Нанокристаллические покрытия с высокой твердостью | 172 |
| 8.4. Механические свойства нанокристаллических покрытий | 175 |
| 8.5. Влияние температуры на свойства нанокристаллических покрытий | 180 |
| Литература к разделу 8 | 184 |
| РАЗДЕЛ 9 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДЛЕННЫХ ПОЗИТРОНОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ | 187 |
| 9.1. Источник позитронов и замедление | 187 |
| 9.2. Системы наведения пучка позитронов | 189 |
| 9.3. Методики измерений | 191 |
| 9.3.1. Получение профилей дефектов | 192 |
| 9.3.2. Профили имплантации позитронов | 192 |
| 9.4. Расчет профилей дефектов по глубине | 195 |
| 9.5. Позитронная микроскопия и микрозондирование | 197 |
| 9.6. Принципы получения позитронных пучков | 199 |
| 9.7. Экспериментальные результаты, полученные с помощью импульсного пучка | 201 |
| 9.8. Сканирующий позитронный микроскоп | 206 |
| Литература к разделу 9 | 210 |
| РАЗДЕЛ 10 БЛИЖНЕПОЛЕВАЯ СВЧ-ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ И СРЕД | 213 |
| 10.1. Применение ближнеполевой СВЧ-диагностики для анализа наноматериалов | 213 |
| 10.2. Диагностика сверхпроводящих материалов с помощью ближнеполевого микроволнового микроскопа | 213 |
| 10.2.1. Принципы работы | 222 |
| 10.2.2. Характеристики микроскопа | 225 |
| 10.2.3. Изображения | 227 |
| 10.2.4. Ограничения для микроскопа | 234 |
| Литература к разделу 10 | 236 |
| РАЗДЕЛ 11 ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ, НАНОТРУБОК, ГРАФЕНА И КУБАНА | 239 |
| 11.1. Аномальная термическая устойчивость кубана C_8H_8 | 239 |
| 11.2. Фуллерены и нанотрубки | 241 |
| 11.2.1. Успешное применение углеродных нанотрубок в биологии и медицине | 241 |
| 11.3. Новые результаты по исследованию графенов | 246 |
| 11.4. Графеновые пленки в качестве электродов | 249 |
| 11.5. Полевая эмиссия электронов из вертикально ориентированных графенов | 250 |

| | |
|---|-----|
| Литература к разделу 11 | 251 |
| РАЗДЕЛ 12 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРНЫХ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ | 253 |
| 12.1. Введение | 253 |
| 12.2. Влияние ионной бомбардировки и легирования на свойства нанокристаллических пленок CrN | 255 |
| 12.3. Влияние дефектной структуры и процессов диффузии на термическую стабильность сверхтвердых покрытий на основе TiN | 259 |
| 12.4. Физико-механические и химические свойства Cr-Al-N, Cr-Si-N и Cr-Al-Si-N покрытий | 266 |
| 12.5. Фазовый состав, напряженное состояние и механические характеристики системы Ti-Zr-Si-N. Влияние конденсации и постконденсационной термической обработки | 272 |
| 12.6. Моделирование самоорганизации нанокompозитов nc-TiN/a-Si ₃ N ₄ из твердых Ti _{1-x} Si _x N _y растворов | 279 |
| 12.7. Использование кластерного подхода для описания структурных преобразований при концентрационном расслоении | 282 |
| 12.8. Структура и свойства многослойных покрытий на основе AlN/CrN | 284 |
| 12.9. Структура и свойства нанокompозитных комбинированных покрытий на основе Ti-Cr-N/Ni-Cr-B-Si-Fe | 289 |
| 12.10. Комбинированные нанокompозитные покрытия | 293 |
| 12.11. Области применения наноструктурных покрытий | 294 |
| 12.12. Заключение | 296 |
| Литература к разделу 12 | 296 |
| РАЗДЕЛ 13 ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ТЕХНИКЕ | 309 |
| 13.1. Нанокристаллические покрытия в промышленности | 309 |
| 13.2. Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств | 310 |
| 13.3. Области применения микро- и наноразмерных структур, созданных с помощью сфокусированных пучков заряженных частиц | 312 |
| 13.4. Потенциальные возможности применения углеродных нанотрубок | 318 |
| 13.5. Био-нанотехнологии. Искусственные материалы | 322 |
| 13.6. Нанофильтрация как новый способ очистки питьевой воды | 328 |
| 13.7. Промышленное применение сверхтвердых покрытий | 328 |
| 13.7.1. Получение и свойства сверхтвердых композитов | 331 |
| Литература к разделу 13 | 337 |
| РАЗДЕЛ 14 ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ВОЕННОЙ ОБЛАСТИ И ИНДУСТРИИ | 342 |
| 14.1. Радиационная, химическая и биологическая защита войск | 342 |
| 14.2. Индивидуальные средства защиты военнослужащих | 345 |
| Литература к разделу 14 | 362 |
| СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ | 363 |