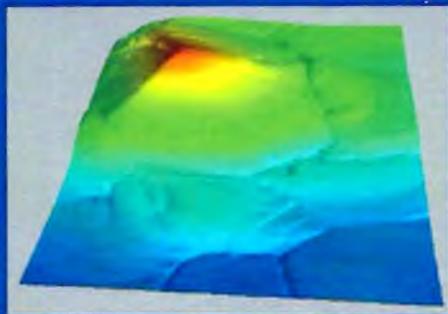


Н. А. Азаренков, В. М. Береснев,
А. Д. Погребняк, Д. А. Колесников

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 формированииnanoструктурных 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 nanoструктурой	169
8.2.4. Нанокомпозитные 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 нанокомпозитов 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 нанокомпозитных комбинированных покрытий на основе Ti-Cr-N/Ni-Cr-B-Si-Fe	289
12.10. Комбинированные нанокомпозитные 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. Нанофильтрование 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