

**В. И. МАРГОЛИН,
В. А. ЖАБРЕВ,
Г. Н. ЛУКЬЯНОВ,
В. А. ТУПИК**

Научная библиотека

БНЛУ



ВВЕДЕНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИЮ

НАВУКОВАЯ БІБЛІЯТЭКА
Беларускага нацыянальнага
тэхнічнага ўніверсітэта
Інв. № **1890786**

788(3)

*РЕКОМЕНДОВАНО
УМО вузов РФ по образованию
в области радиотехники, электроники,
биомедицинской техники и автоматизации
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по направлению 211000 —
«Конструирование и технология
электронных средств»*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
МОСКВА
КРАСНОДАР
2022

Оглавление

От авторов	5
Предисловие	7
Введение	10
Глава 1. Общие представления о нанотехнологии	18
1.1. Научное мировоззрение, наномир и нанотехнология	18
1.2. Исторические начала нанотехнологии	24
1.3. Переход от микротехнологии к нанотехнологии	28
1.4. Особенности наноразмерного состояния вещества	36
Контрольные вопросы	45
Цитируемая и рекомендуемая литература	46
Глава 2. Традиционные проблемы нанотехнологии	48
2.1. Проблема чистоты материала и вещества	48
2.2. Проблема чистоты поверхности	55
2.3. Проблема чистоты производственных помещений	61
2.4. Проблемы шероховатости поверхности и поверхностных структур	67
2.5. Проблема размерных эффектов в нанотехнологии	70
Контрольные вопросы	81
Цитируемая и рекомендуемая литература	81
Глава 3. Некоторые представления фрактальной геометрии и фрактальной физики	83
3.1. Понятие континуума. Непрерывность и дискретность	83
3.2. Основные понятия фрактальной геометрии и фрактальной физики	86
3.3. Реальные фракталы и методы определения фрактальной размерности	99
3.4. Фрактальный подход в микро- и нанотехнологии	107
3.5. Методы получения фрактальных структур в микро- и нанотехнологии	116
3.6. Концепция мультифрактала	121
3.7. Фракталы в радиоэлектронике	126
Контрольные вопросы	132
Цитируемая и рекомендуемая литература	133
Глава 4. Специфические проблемы наномира	135
4.1. Основные понятия нелинейной динамики	135
4.2. Процессы самоорганизации и синергетика	145
4.3. Реализация процессов самоорганизации в различных системах	156
4.4. Самоорганизация в технологических процессах	163
4.5. Проблемы невоспроизводимости в нанотехнологии	172
4.6. Проблема измерений в квантовой механике и наномире	176
Контрольные вопросы	181
Цитируемая и рекомендуемая литература	181

Глава 5. Нанодисперсное состояние вещества	184
5.1. Особенности нанодисперсного состояния вещества. Понятие о кластере и наноразмерной частице. Магические числа	184
5.2. Представление о структурных скелетах и надмолекулярном состоянии вещества. Понятие мезофазы	195
5.3. Методы и технологии получения нанодисперсных частиц и наноразмерных пленок	203
5.4. Золь-гель технологии	214
5.5. Электрохимические методы в нанотехнологии	226
5.6. Электрохимическая плазма. Твердые электролиты	236
5.7. Нанокompозитные материалы	242
5.8. Алмазоподобные пленки и нанокompозиты	250
Контрольные вопросы	255
Цитируемая и рекомендуемая литература	256
Глава 6. Объемные и поверхностные области с наноструктурой	258
6.1. Основы молекулярной электроники	258
6.2. Квантовые ямы, проволоки и точки	268
6.3. Сверхрешетки	277
6.4. Фотонные кристаллы	280
Контрольные вопросы	285
Цитируемая и рекомендуемая литература	285
Глава 7. Нанометрология. Качественный и количественный анализ	287
7.1. Введение. Краткие основы нанометрологии	287
7.2. Электронная Оже-спектроскопия	290
7.3. Рентгеновский микроанализ	295
7.4. Рентгеноструктурный анализ	301
7.5. Спектроскопия обратного рассеяния Резерфорда	306
7.6. Ионный микроанализ и ионная масс-спектрометрия	310
7.7. Рентгеновская микроскопия	315
Контрольные вопросы	320
Цитируемая и рекомендуемая литература	320
Глава 8. Нанометрология. Топографический и структурный анализ	322
8.1. Электронная микроскопия. Общие представления	322
8.2. Просвечивающая электронная микроскопия	323
8.3. Растровая электронная микроскопия. Физические и технические основы работы РЭМ	329
8.4. Контраст в РЭМ и его разновидности	332
8.5. Магнитный контраст в РЭМ	340
Контрольные вопросы	343
Цитируемая и рекомендуемая литература	343
Глава 9. Зондовая микроскопия	345
9.1. Автоионный микроскоп	345
9.2. Сканирующий туннельный микроскоп	348
9.3. Атомно-силовой микроскоп	353
9.4. Магнитно-силовая и электросиловая микроскопия	356
9.5. Микроскопия ближнего поля	360
9.6. Конфокальная микроскопия	367
Контрольные вопросы	370
Цитируемая и рекомендуемая литература	371
Глава 10. Перспективные направления нанотехнологии	373
10.1. Автоэмиссионная вакуумная электроника и нанотехнология	373
10.2. Квантовые компьютеры	381
10.3. Наноматериалы	385
10.4. Военные нанотехнологии	409
10.5. Нанотехнологии в медицине и биологии	413
10.6. Опасности нанотехнологий. Реальные и мнимые	437
Контрольные вопросы	451
Цитируемая и рекомендуемая литература	452