



Марголин В. И., Жабрев В. А., Лукьянов Г. Н., и др.
Введение в нанотехнологию:
Учебное пособие. 1-е изд.

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»

ISBN 978-5-8114-1318-8

Год выпуска 2012

Тираж 1000 экз.

Формат 16,5×23,5 см

Переплет: твердый

Страниц 464

Цена 1 239,92 руб.

Учебное пособие содержит общие представления о предмете нанотехнологии, понятия нанонауки и наномира и их отличие от представлений классической и квантовой физики. Описаны проблемы перехода от микротехнологии к нанотехнологии и особенности наноразмерного состояния вещества, основные традиционные и специфические проблемы нанохимии и нанофизики, проблемы чистоты поверхности материала и вещества. Анализируются основные характеристики наночастиц, определяющие их механические, электрофизические и иные свойства, а также влияющие на применимость этих характеристик для решения технологических задач в материаловедении, машиностроении, химическом и электронном производстве. Рассмотрены проблемы размерных эффектов, основы фрактальной геометрии, фрактальной физики и нелинейной динамики.

Проанализированы вопросы самоорганизации наноструктур и некоторые вопросы синергетики, проблемы невоспроизводимости в нанотехнологии и нанодисперсного состояния вещества. Рассмотрены наноструктура объемных и поверхностных областей наноматериалов, наноразмерные объекты на основе углерода, вопросы нанометрологии. Описаны методы создания упорядоченных нанообъектов, области применения наноразмерных структур и материалов, созданных с их применением, и перспективные направления применения нанотехнологии. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программе бакалавров, студентов старших курсов, обучающихся по программам инженеров, магистров и аспирантов, и специалистов, работающих в направлении нанотехнологии.

Рецензенты:

В. В. Гусаров — профессор, зав. кафедрой физической химии СПбГТИ ТУ, член-корреспондент РАН; *Ф. Ф. Лягуша* — доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой физики Санкт-Петербургского государственного морского технического университета.

От автора

Предлагаемое вашему вниманию учебное пособие «Введение в нанотехнологию» авторы считают своим долгом и приятной обязанностью посвятить 80-летнему юбилею выдающегося советского и российского химика — академика Николая Тимофеевича Кузнецова. Николай Тимофеевич всегда проявлял интерес к нашим работам, оказывал всемерную поддержку, и без его доброго отношения вряд ли эта книга могла появиться на свет.

Академик Н. Т. Кузнецов — выдающийся ученый-химик современности, автор более 500 научных работ, родился 25 сентября 1931 г., на хуторе Хорошевский Тацинского района, ныне Ростовской области. Окончил в 1954 г. химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова и с 1957 г. работает в Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН. Основные работы Н. Т. Кузнецова посвящены изучению неорганических гидридов, координационных соединений и новых неорганических материалов. Он разработал принципиально новый подход к формированию электроннодефицитных кластерных борогидридов, позволяющий прогнозировать пути синтеза новых классов соединений; совместно со своими учениками синтезировал новые типы кластерных боранов, гетероборанов, металлоборанов; выявил способность боранов и гетероборановых кластерных структур выступать в роли новых типов лигандов в координационных соединениях; синтезировал новые гидридные фазы.

На этой основе создана технология энергоемких веществ для нейтронной терапии, обратимых аккумуляторов водорода, катализаторов нейтроннозащитных материалов, ряд новых лазерных материалов на основе фосфатов, алюминатов, титанатов, скандиатов, танталатов, а также оксидных ВТСП-материалов. Руководил работой по созданию

новых поколений лекарственных веществ и методов лечения на основе боро-нейтронозахватной терапии онкозаболеваний. Руководил созданием композитных материалов на основе кремния для современной авиационной, космической, подводной техники. Занимался разработкой способов и приборов определения концентрации углекислого газа, метана, углеводородов, аммиака, сероводорода в микроколичествах. Осуществлял разработку прибора по неинвазивной диагностике диабета на основе анализа выдыхаемого воздуха (по наличию паров ацетона). Николай Тимофеевич — заслуженный профессор МГУ им. М. В. Ломоносова (1999); почетный доктор Ростовского государственного университета; почетный профессор РХТУ; почетный профессор МИТХТ им. М. В. Ломоносова; почетный работник высшего профессионального образования РФ; лауреат Госпремии РФ (1996); лауреат премии Правительств РФ (2004); лауреат премии Президента РФ в области образования; лауреат орденов Почета, Дружбы.

С 1991 по 2000 г. Н. Т. Кузнецов возглавлял кафедру неорганической химии Московского института тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова. Академик Н. Т. Кузнецов — член Бюро Отделения химии и наук о материалах РАН, главный редактор издания «Журнал неорганической химии» и журнала «Координационная химия».

Николай Тимофеевич Кузнецов высказал главное направление данной книги: показать, что формирование вещества и тем более материала на основе наночастиц — сложный, но вполне познаваемый процесс. Внесение принципов нанотехнологий в физическую и химическую науку приведет к созданию новых уникальных материалов и композиций, особенно востребованных в современной радиоэлектронике. Отличное знание физики, химии, химической технологии, историографии науки позволили Н. Т. Кузнецову объединить авторов вокруг поставленной цели — создать современный учебник по химическим и физическим аспектам нанотехнологий.

Марголин В. И., Жабрев В. А., Лукьянов Г. Н., Тупик В. А.

Введение в нанотехнологию:

Учебное пособие. 1-е изд.

Содержание

[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 333
- 8.5. Магнитный контраст в РЭМ 341
 - 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
-