

УДК 620.3; 539.51(075.8)

**Юрій ДУДЗИНСЬКИЙ**, д.ф.-м.н., професор,

**Ігор ШАПОВАЛОВ**, к.ф.-м.н., доцент

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна, e-mail: dudzinyurij@gmail.com, shapovalov@onu.edu.ua

## ФІЗИЧНІ Й ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА НАНОМАТЕРІАЛІВ

**Анотація.** Проведено декілька класифікацій наноструктур: за розміром частинок, за властивостями наноматеріалів, за фізичними явищами. Розглянуто перспективні технології по створенню нових наноструктур й можливості їх використання в медичній техніці, мікроелектроніці, системах зв'язку.

**Ключові слова:** наноматеріал, наноструктури, критичний розмір, кристалева структура.

Існує кілька підходів до визначення поняття «наноматеріал». Найпростіший підхід пов'язаний з геометричними параметрами, у відповідність із яким матеріали з характерним розміром структурних елементів у діапазоні від 1 до 100 нм називають наноструктурними [1].

Другий підхід пов'язаний зі значною роллю у формуванні властивостей наноматеріалів численних поверхонь розділу. При цьому найбільша зміна властивостей відбувається у випадку, коли об'ємна частка поверхонь розділу в загальному обсязі матеріалу становить більше 50% [2].

Третій підхід заснований на понятті характерного розміру для певного фізичного явища [3]:

- для міцностних властивостей це буде розмір бездефектного кристалу;
- для магнітних властивостей – розмір однодоменного кристалу;
- для електропровідності – довжина вільного пробігу електронів.

Нижня межа діапазону обумовлена критичним розміром існування нанокристалевого матеріалу, як структурного елемента, що має впорядковану будову, тобто кристалічні ґрати. Такий критичний розмір, зокрема, для заліза становить близько 0,5 нм [2, 3]. Верхня границя діапазону обумовлена тим, що помітні й цікаві з технічної точки зору зміни фізико-механічних властивостей матеріалів (міцності, твердості, коерцитивної сили й ін.) починаються при розмірах наноструктурних елементів істотно менше 100 нм [2, 3].

До наноматеріалів умовно відносять дисперсні й масивні матеріали, що містять структурні елементи (зерна, кристаліти, блоки, кластери й т.п.), геометричні розміри яких хоча б в одному вимірі не перевищують 100 нм, що володіють якісно новими функціональними й експлуатаційними характеристиками.

До нанотехнологій можна віднести технології, що забезпечують можливість контролем образом створювати й модифікувати наноматеріали, а також здійснювати їхню інтеграцію в повноцінно функціонуючі системи більшого масштабу [4].

Серед основних складових науки про наноматеріали і нанотехнології можна виділити наступні:

- фундаментальні дослідження властивостей матеріалів на наномасштабному рівні;
- розвиток нанотехнологій для цілеспрямованого створення наноматеріалів, а також пошуку й використанню природних об'єктів з наноструктурними елементами, створення готових виробів з використанням наноматеріалів і інтеграція наноматеріалів і нанотехнологій у різні галузі промисловості й науки;
- розвиток засобів і методів дослідження структури й властивостей наноматеріалів, а також методів контролю й атестації виробів і напівфабрикатів для нанотехнологій.

XXI століття ознаменувалося революційним початком розвитку нанотехнологій і наноматеріалів. Вони вже використовуються у всіх розвинених країнах миру в найбільш зна-

чимих областях людської діяльності (промисловості, обороні, інформаційній сфері, радіоелектроніці, енергетиці, транспорті, біотехнологіях, медицині). Аналіз росту інвестицій, кількості публікацій по даній тематиці й темпів впровадження фундаментальних і пошукових розробок дозволяє зробити певний висновок. У найближчі 20 років використання нанотехнологій і наноматеріалів буде одним з визначальних факторів наукового, економічного й оборонного розвитку держав.

У цей час цікавість до нового класу матеріалів в області як фундаментальної й прикладної науки, так і в промисловості, бізнесі постійно збільшується. Це обумовлено наступними причинами [4]:

- прагненням до мініатюризації виробів;
- унікальними властивостями матеріалів у наноструктурному стані;
- необхідністю розробки й впровадження матеріалів з якісно й кількісно новими властивостями;
- розвитком нових технологічних методів, що базуються на принципах само складання й самоорганізації;
- практичним впровадженням сучасних приладів дослідження, діагностики й модифікації наноматеріалів (скануюча зондова мікроскопія);
- розвитком і впровадженням нових технологій, що представляють собою послідовність процесів літографії, технологій одержання нано порошків і т.п.;
- наближенням до фундаментальних обмежень (швидкість світла, сумірність наноструктурних елементів з довжиною хвилі електрона й т.п.).

Напрямок наноструктурних досліджень уже майже повністю змістився від одержання й вивчення нанокристалічних речовин і матеріалів в область нанотехнологій, тобто створення виробів, пристроїв і систем з нанорозмірними елементами. Основні області застосування нанорозмірних елементів – електроніка, медицина, хімічна фармацевтика й біологія.

Висновок. На підставі цього матеріалу можна зробити наступні висновки.

1. Традиційні технології в радіоелектроніці, зокрема в комп'ютерній техніці, вичерпали фізичні ресурси подальшого суттєвого прогресу. Новий рівень можливий тільки на базі нових наноструктур.
2. Наноматеріали ефективні в завданнях по мініатюризації сучасної апаратури й приладів.
3. Наноматеріали перспективні при розробці сучасних методів лікування.

### Література

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Физматлит. – 2005. – 416 с.
2. Сергеев Г.Б. Размерные эффекты в нанохимии / Г.Б. Сергеев // Российский химический журнал. – 2002, №5. – С. 23-27.
3. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия». – 2005. – 117 с.
4. Запороцкова И.В. Нанотехнологии и наноматериалы / И.В. Запороцкова <https://cyberleninka.ru/article/v/nanotehnologii-i-nanomaterialy-nauchnye-ekonomicheskie-i-politicheskie-realii-novogo-veka>.