

НАНОМАТЕРІАЛИ В ХХІ СТОЛІТТІ: ЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МЕТОДИ ОТРИМАННЯ

*Викладач I категорії Т.В. Брошеван,
методист Я.М. Смоляр, завідувач відділення А.О. Мирненко
Відокремлений структурований підрозділ «Бобринецький аграрний
фаховий коледж ім.В.Порика Білоцерківського національного
університету», м. Бобринець, Кіровоградська обл., Україна*

Нанотехнології являються найрозвинутішою галуззю, яку досліджують у всьому світі. Можливість використання одного і того ж винаходу у значній кількості сфер, являється незвичайною рисою нанотехнології. На думку, професора із Японії, Норіо Танігучи, нанотехнологія включає обробку, поділ, об'єднання та деформацію окремих атомів і молекул речовини. За його словами, розмір наномеханізму не повинен перевищувати одного мікрона або тисячі нанометрів [1].

Нанотехнології – це комплекс наукових знань, способів і засобів направлених та постійне складання окремих атомів та молекул відмінних речовин, сировини та виробів з лінійною величиною елементів структури до 100 нм. Один нанометр (нм) дорівнює мільйонній частині міліметра. Це мізерно малий розмір у зіставленні з розмірами атома. Речовина на атомарному рівні веде себе не так як на молекулярному. Завдання нанотехнологій зводиться до знаходження атома з потрібними властивостями і розмістити його у належне місце [1].

Одиницями нанометру визначаються звичайні молекули, десятками – великі білкові молекули, сотнями – розміри вірусів, а тисячами – розміри атомів. Звичайним мікроскопом розгледіти об'єкти, які мають розмір порядку десятків, а тим паче одиниць – нереально. На допомогу прийшов електронний мікроскоп, за допомогою якого з'явилася можливість розгледіти нанооб'єкти [4].

Точкова частина матерії, розмір якої перебуває в діапазоні від 1 нм до 100 нм називається нанооб'єктом, що являється ключовою ідеєю нанотехнологій. Нанооб'єкти можна класифікувати за різними способами.

Типова класифікація нанооб'єктів показана на рис.1. Найпростіша їхня класифікація поділяється на два досить великі класи. Це - суцільні, вони ж зовнішні та пористі – внутрішні. За розмірністю, суцільні нанооб'єкти поділяються на: об'ємні тривимірні структури – нанокластери; плоскі двовимірні – наноплівки; лінійні одновимірні структури – нанонитки (нановолокна) та нульвимірні – квантові точки. До внутрішніх нанооб'єктів відносять нанотрубки і нанопористі матеріали. Подана класифікація, як і будь яка інша, не є повною.

Логічно класифікувати нанооб'єкти за ступенем зниження розмірності: 2D – квантові площини, 1D - квантові нитки та 0D – квантові точки. Наночастинки, нанопластили, нанотрубки та нанопори відносяться до першої групи нанооб'єктів, які мають виразні розлогі межі і відкриті до

безпосереднього спостереження методами електронної та зондової сканувальної мікроскопії. Агрегати, ліпосоми, мембрани нанокраплі відносяться до другої групи, які мають розмір, що класифікується непрямыми методами [3].

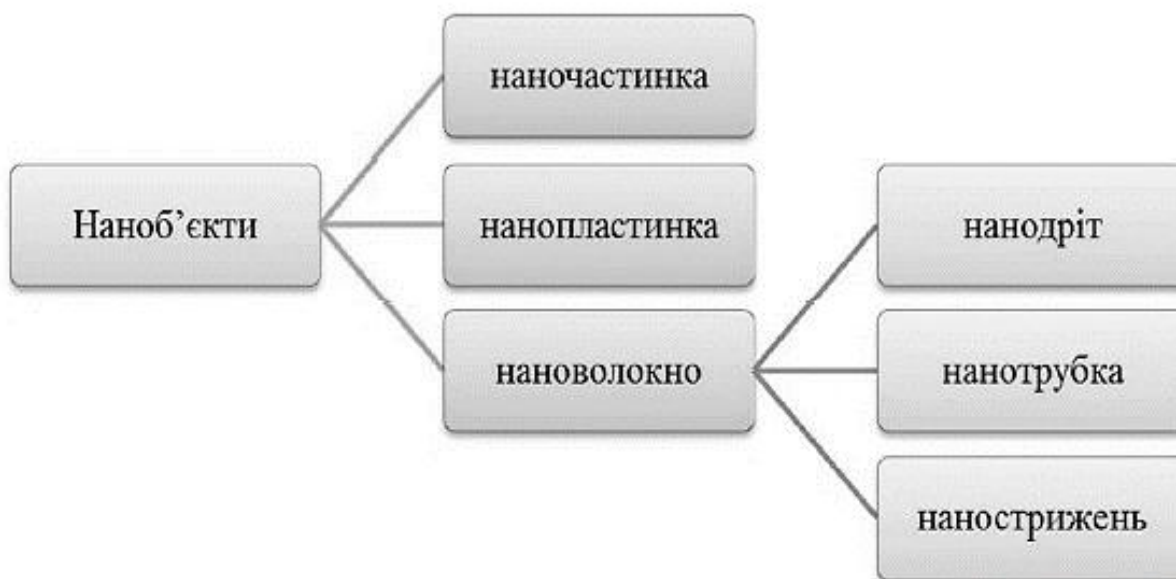


Рисунок 1 – Типова класифікація нанооб'єктів

Нанооб'єкти з трьома зовнішніми розмірами у наношкалі називають наночастинкою. Це незначної величини об'єкт, що тримається як неподільне тіло відносно своїх транспортних та фізичних властивостей.

Природні наночастинки, існують стільки, скільки існує сама планета. Вони є наслідком природних процесів, а саме виверження вулканів, вітрів, пожеж та соляних випаровувань. Малі віруси теж відносять до природних наночастинок. Безліч біологічних молекул мають нанорозмірні величини, а саме лінійні розміри інсуліну, ліпопротеїну, гемоглобіну та фібрoneктину [2].

Штучні наночастинки – це мікроскопічні утворення, які мають розмір не більше 100 нанометрів. Наночастинки ще називають ультрадрібнодисперсні або дрібнодисперсні частинки, які мають розміри від 100 нм до 2500 нм. До них відносяться жирові краплі, емульсії, полімерні, керамічні, металеві та вуглецеві частинки. Через чисельні використання наночастинок у медицині, фізиці, оптиці та електроніці, їхнє дослідження до цих пір нагальні та інтенсивні.

Структура наночастинок представляє собою сфероїдальну форму. Атоми наночастинок всередині оболонки пов'язані хімічними зв'язками. Якщо в наночастинці спостерігається прояв впорядкованих атомів чи іонів, то їх називають нанокристалітами.

До груп наночастинок відносять різноманітні за фізичними властивостями та хімічною будовою види частинок. Наприклад, вуглецеві, кремнеземні, дендримери, ліпосоми, металеві, супермагнітні, перфторвуглецеві, полімерні міцели та біодеградуючі наночастинки [5].

Існує два методи на одержання наночастинок з окремих атомів. Перший метод пов'язаний з диспергуванням більших об'єктів, групування або запровадження окремих атомів природного бажання систематизуватися в кластери, а другий - пов'язаний з упорядкуванням частинок на атомному рівні.

Перший підхід притаманний для хімічних методів синтезу наночастинок та називається «знизу вгору». До нього входить механосинтез, електровибух і детонаційний синтез [4].

В основі механосинтезу закладено механічна обробка твердих сумішей, під час якої робиться пластичне спотворення речовин, стимулюється хімічна взаємодія твердих реагентів, пришвидшується масоперенесення та переміщення складу суміші на атомному рівні. В приконттактних областях твердої речовини, в результаті механічної дії, створюється поле напружень. Послаблення поля відбувається завдяки створенню нової поверхні, появи різних недоліків у кристалах та запалення хімічних реакцій у твердій фазі. Головний напрямок послаблення залежить від характерних ознак речовини, постановки навантаження, розмірів та форм частинок. Коли потужність механічного імпульсу збільшується, то відбувається послідовна зміна від послаблення, яке виникає шляхом виділення тепла до послаблення, яке пов'язане із знищенням, подрібненням та гнучким спотворенням матеріалу [4].

Ударна хвиля – це вид механічного впливу, який водночас створює умови для одержання підсумкового продукту, так і для його подрібнення. За допомогою ударно – хвильової обробки сумішей графіту з металами при тиску в ударній хвилі одержують нанокристалічні алмазні порошки. Середній розмір алмазних частинок дорівнює 4 нм.

Енергія вибуху широко застосовується для здійснення фазових переходів у речовинах і вибухового синтезу. Вибуховий (детонаційний) синтез схвалює отримання тонкодисперсійних порошків у активних умовах, під час набування кінетичних процесів важливої ролі [3].

Другий підхід пов'язаний з систематизацією частинок на атомному рівні; використання і покращення методів, які були розроблені на виробництві субмікронних електронних елементів. Цей підхід притаманний для отримання наночастинок фізичними методами та називається «згори вниз». До нього входять методи конденсації пари, плазмохімічний синтез, осадження з колоїдних розчинів та термічний розклад [4].

Найпростіший спосіб отримання нанокристалічних порошків, здобувають за рахунок випаровування металу, сплаву або напівпровідників при контрольованій температурі в атмосфері інертного газу низького тиску з слідуною конденсацією пари поруч з холодною поверхнею або на ній. Атоми речовини, які випаровуються в розрідженій інертній атмосфері, швидше гублять кінетичну енергію через зіткнення з атомами газу і створюють кластери, на відміну від випаровування у вакуумі.

За допомогою газофазного синтезу отримують частинки розміром від 2 нм до 300 нм, а за допомогою поділу кластерів, за масою у мас-спектрометрі, можна отримати більш дрібніші частинки контрольованого розміру.

Плазмохімічний синтез являється одним з найбільш широко розповсюджених хімічних методів отримання високодисперсних порошків. Умова цього метода полягає в тому, що реакція протікає далеко від рівноваги, а швидкість утворення зародків нової фази при малій швидкості їх росту - висока. Отримання наночастинок доцільно здійснювати за рахунок збільшення швидкості охолодження потоку плазми, в якому відбувається накопичення із газової фази. Завдяки цьому зменшується та пригнічується ріст частинок, шляхом їх злиття при зіткненні. Головним недоліком плазмохімічного синтезу являється широкий розподіл частинок за розмірами до 5 нм [4].

Під час термічного розкладання, використовують непрості елементо- і металоорганічні сполуки, гідроксиди, формиати, аміди та іміди металів, які розпадаються з утворенням синтезованої речовини і виділенням газової фази. Переваги цього методу полягають в низькому вмісті домішок та у вузькому розподілу частинок порошків за розміром, а недоліком вважається – невисока селективність процесу.

Спосіб осадження з колоїдних розчинів зводиться до синтезу наночастинок з вихідних реагентів розчину і перериванні реакції в якийсь момент часу, після чого дисперсна система перетворюється з рідкого колоїдного стану в дисперсний твердий. Поміж усіх методів, отримання ізольованих наночастинок, цей метод має найвищу селективність і дає змогу одержувати нормалізовані нанокластери, які мають вузький розподіл за розмірами [2].

Наноматеріали поділяються на дві групи залежно від кількості наноелементів (рис. 2): наноструктуровані матеріали та нанокомпозитні. До першої групи належать матеріали, де всі елементи, які використовуються для будови мають нанорозмір, а саме: нанокристалічні (нанокристали) та нанокластерні (нанокластери) матеріали, нанопокриття (наноплівки), нанопорошкові матеріали (нанопорошки) тощо.

Друга група охоплює матеріали, у яких наноелементи становлять лише частину структури. Кожна з цих груп ділиться на підгрупи за формою наноелементів, а саме на: нанокристалічні композитні, де наноелементом є нанокристали, нанопористі композити – нанопори, нановолокнисті композити – нановолокна тощо [4].

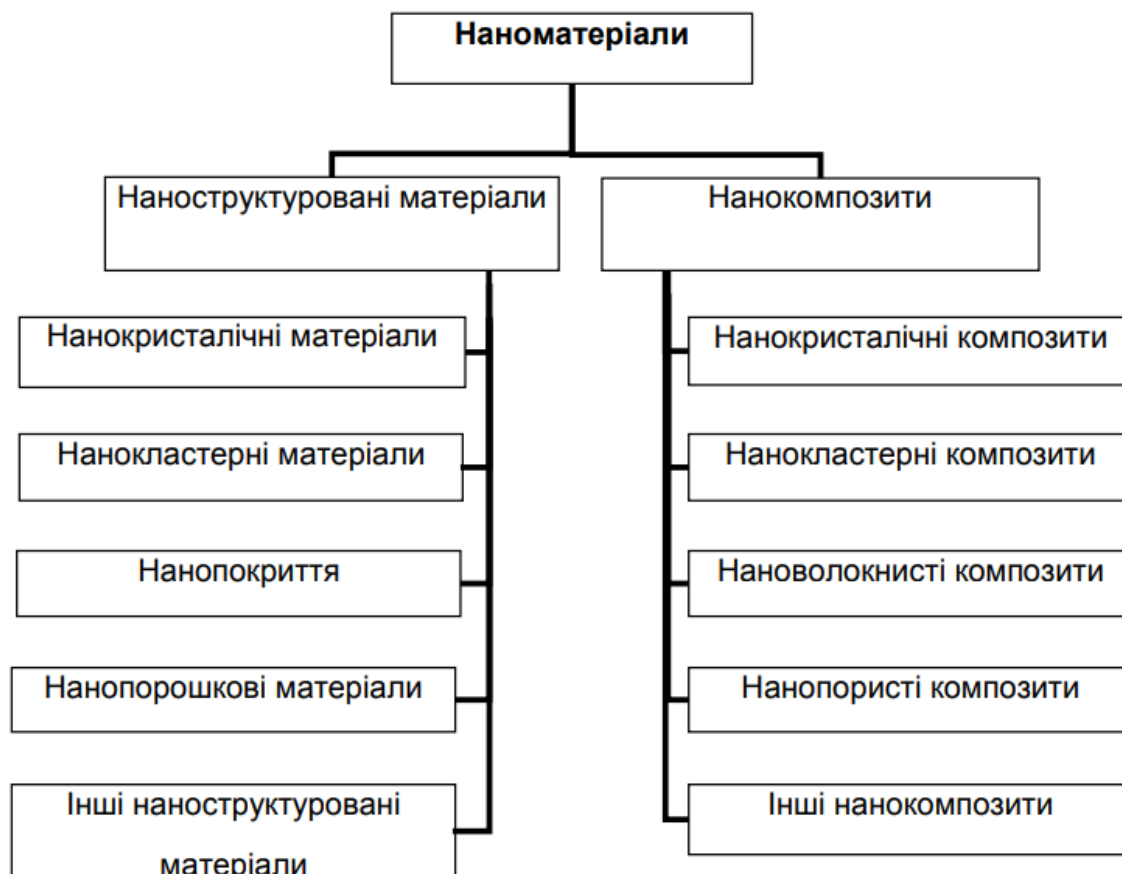


Рисунок 2 – Групи наноматеріалів

Посилання

1. Андрощук Г.О. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження: монографія. К.: УкрІНТЕІ, 2011. 272 с.
2. Боровий М.О. та інші. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої. Київ: «Інтерсервіс», 2015. 350 с.
3. Донцова Т.А. Нанохімія і наноматеріали: підручник для здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія», КПІ ім.Ігоря Сікорського.: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2021. 170 с.
4. Завражна О. М. Основи нанотехнологій: навчально-методичний посібник для вчителів та студентів педагогічних університетів. Суми, 2016. 184 с.
5. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури. Львів, 2009. 580 с.