



УДК 539.51

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОТРИМАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Студ. гр. ББТ-18 Кравчук Я.В.
Науковий керівник доц. Кислова О.В.
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Метою роботи було узагальнення сучасних методів і способів отримання наноматеріалів. Завданням було розглянути різні способи отримання наноматеріалів, визначити, у якій галузі вони можуть застосовуватися та який із шляхів отримання наноматеріалів є найбільш продуктивним на сучасному етапі розвитку науки і в найближчому майбутньому.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження є сучасні технології, які дозволяють отримувати наноматеріали, а предметом – хімічні та фізичні властивості наноматеріалів, які обумовлюють особливості їх отримання.

Результати дослідження. Для вирішення ряду проблем – електроніки, біології, хімії – великих розмірів об'єктів не потрібно, навпаки, зменшення розмірів в електроніці не тільки дозволило вирішити ті ж самі завдання, але і значно поліпшити практично всі характеристики виробів, причому в ряді областей науки і техніки зменшення розмірів є необхідною умовою вирішення проблем.

Технології, що використовуються для цього, можна умовно розділити на дві частини. У ряді випадків нанооб'єкти можна отримувати з великої заготовки, шляхом видалення зайвого матеріалу. Такі технології іноді називають «зверху вниз». Це в основному фізичні методи отримання наноматеріалів: плазмове напилення - полум'яне, анодне, магнітронне і т.д.; іонно-променева епітаксія; газофазне компактування; методи лазерного випаровування; контрольована кристалізація; диспергування і подрібнення; пластична деформація.

Наприклад, в установці плазмового осадження в зону плазми разом з інертним газом – носієм вводяться сполуки металу. У зоні плазми вони контактують з органічним мономером і утворюють стабілізовані полімером наночастинки оксидів, нітридів, карбідів металу.

При газофазному отриманні наноматеріалів частки металів з тигля-випарника направляються на фільтр, з якого вони видаляються потоком газу. В результаті укрупнення наночастинок можливе серійне отримання нанопористих матеріалів.

Також при нанесенні покриття на різні частинки для випаровування можна використовувати лазери, що працюють в імпульсному або безперервному режимах. При цьому лазерний промінь високої інтенсивності падає на металевий стрижень, викликаючи випаровування атомів з поверхні металу, які переносяться потоком гелію через сопла. Розширення цього потоку в вакуум призводить до його охолодження і утворення кластерів атомів (наночастинок) металу. Прикладом таких технологій є застосування сухого і тонкого перемолу матеріалу, обколювання, відпилювання і т.д.

Другий вид, так звані технології «знизу вгору», передбачає отримання об'єктів з окремих атомів, наприклад, проведення в розчині хімічних реакцій, що супроводжуються утворенням нерозчинних або важкорозчинних речовин (різні типи реакцій: гідроліз, окиснення, відновлення, нейтралізацію); методи молекулярно-променевої епітаксії через трафарет, синтез за рахунок поверхневої дифузії, утворення потрібної конфігурації з окремих атомів за допомогою скануючого тунельного мікроскопа. До основних хімічних методів отримання наноматеріалів належать такі: хімічна конденсація парів, рідкофазне відновлення, радіоліз, матричний синтез.

Можливі і проміжні варіанти, наприклад, технологія матеріалів і виробів на



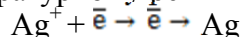
«пористому» кремнії, коли на підкладці монокристалічного кремнію методами травлення створюється наноструктура.

Наноматеріали можна отримувати і модернізованим методом Вернейля, коли надлегкий порошок («пудра») оброблюваного матеріалу пропускається через факел з горючого газу (воднево-кисневе полум'я), або плазму безелектродного високочастотного або електродного розрядів. У полум'ї утворюються наночастинки оксидів металів, які у вигляді порошку ($\square 50\text{nm}$) осідають на охолоджуючій підкладці. На основі такої технології вже отримані тверді покриття, які значно збільшують зносостійкість ріжучих поверхонь, їх жаростійкість і корозійну стійкість.

Хімічна конденсація парів. На початковому етапі вихідну речовину випаровують, застосовуючи відповідні методи нагрівання. Пари речовини розбавляють великим надлишком потоку інертного газу. Зазвичай використовують аргон або ксенон. Отриману парогазову суміш направляють на поверхню підкладки, охолодженої до низьких температур. Формування наночастинок на поверхні підкладки є нерівноважним процесом і залежить від ряду факторів: температури підкладки, швидкості конденсації і т.д. Отримання наночастинок методом співконденсації декількох речовин на охолоджуваній поверхні дозволяє легко вводити до їх складу різні добавки, а в процесі контрольованого нагрівання збільшувати рухливість наночастинок та здійснювати ряд нових синтезів.

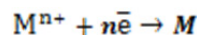
Рідкофазне відновлення. Хімічне відновлення залежить як від природи пари відновник-окисник, так і від їх концентрації, рН середовища, температури, властивостей розчинника. Як відновники іонів металів найчастіше використовують – борогідриди (наприклад. NaBH_4), алюмогідриди, солі щавлевої і винної кислот, формальдегід.

Наночастки срібла (Ag) розміром менше 5нм отримують відновленням азотнокислого срібла (AgNO_3) борогідридом натрію (NaBH_4) при змішуванні відповідних розчинів в певному температурному режимі:



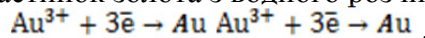
Перспективним різновидом вищенаведеного методу є електрохімічне відновлення металів, яке дозволяє, змінюючи параметри електродних процесів, в широких межах варіювати властивості одержуваних нанокластерів.

Наприклад, при катодному відновленні металів:



На платинових катодах можуть утворюватися сферичні наночастинки металів, а на катодах з алюмінію формуються нанорозмірні плівки.

Для контролю процесів формування та стабілізації наночастинок використовують молекули органічних речовин великих розмірів – макромолекули. Їх можна розглядати як нанореактори, що дозволяють синтезувати наночастинки необхідних розмірів і форми. Прикладом відновлення іонів металів у нанореакторах з макромолекулами є отримання наночастинок золота з водного розчину тетрахлоорауратної кислоти HAuCl_4 :



Відновник – борогідрид натрію, макромолекула – поліамідоамін з кінцевими первинними і третинними аміногрупами. При контрольованому синтезі отримані наночастинки золота розміром від 2 до 6 нм різної форми.

Висновки. Отже, існує значна кількість методів синтезу наночастинок. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки. Метод «знизу вгору» в даний час характеризується низькою продуктивністю, але саме йому належить майбутнє при подальшому підвищенні технічної майстерності у нанотехнології. Процеси «знизу вгору» широко відомі і домінують в біології та молекулярній хімії. Наприклад, утворення біологічних тканин в живих організмах здійснюється з високою ефективністю саме на атомно-молекулярному рівні.

Ключові слова: наноматеріали, метод, наночастинки, технологія.

ЛІТЕРАТУРА

1. Киреев В. Нанотехнологии: история возникновения и развития. *Наноиндустрия*. – 2018. – №2. – С. 2-10.
2. Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. Основи матеріалознавства наноелектроніки: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2014. – 108 с.