

ФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОСТРУКТУРНІ МЕТАЛОКСИДНІ МАТЕРІАЛИ

Лакізіюк Д.С., здобувач освіти IV курсу ОП «Хімія»

Науковий керівник – Н.В. Кусяк, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

Житомирський державний університет ім. І.Франка

nkusyak@ukr.net

Значення дослідження функціональних наноструктурованих матеріалів на основі оксидів металів полягає у постійно зростаючому попиті на високоефективні матеріали в сучасній науці та промисловості, які широко використовуються в енергетиці, екологічних технологіях, електроніці, сенсорних системах та каталізі. Наноструктуровані оксиди металів мають унікальні електричні, оптичні, каталітичні та магнітні властивості.

Однією з характерних особливостей наноструктурних матеріалів є значне збільшення питомої поверхні порівняно з об'ємними матеріалами. Внаслідок цього зростає частка атомів, що знаходяться на поверхні або поблизу неї, що призводить до підвищення їх хімічної активності та реакційної здатності. Крім того, для наноструктурних матеріалів характерний прояв квантово-розмірних ефектів, які виникають унаслідок обмеження руху електронів у малих об'ємах. Це призводить до зміни енергетичної структури матеріалу, що впливає на його електричні та оптичні властивості. Зокрема, може змінюватися ширина забороненої зони, спектри поглинання та випромінювання світла, електропровідність та інші характеристики. Крім того, значущою характеристикою є світлові властивості металоксидних наноструктур. Багато з них демонструють високу прозорість у видимому діапазоні та ефективно поглинають ультрафіолетове випромінювання. Ці особливості активно експлуатуються при створенні оптичних покриттів, фотоприймачів, сонячних елементів та інших оптоелектронних пристроїв. Більше того, завдяки

нанорозмірній будові, є можливість маніпулювати спектром поглинання субстанцій шляхом варіації розмірів частинок чи їхньої форми.

Наноструктури можуть бути реалізовані у вигляді наночастинок, тонких плівок, нанодротів, нанотрубок чи пористих систем. Кожен із цих морфологічних типів має свої специфічні фізичні та хімічні ознаки. Наприклад, нанодроти можуть забезпечувати ефективне перенесення електронів, тоді як пористі структури володіють посиленою здатністю до адсорбції завдяки збільшеній площі контакту з середовищем. Також істотною рисою оксидів металів у наноформі є їхня стійкість до термічних впливів та хімічних реагентів. Багато з цих оксидів зберігають свої властивості навіть за високих температур і в агресивних хімічних середовищах. Це позиціонує їх як перспективні матеріали для застосування у високотемпературних сенсорах, каталітичних системах та енергетичних установках [1]. Значний вплив на характеристики металоксидних наноматеріалів чинять порушення у кристалічній ґратці. До них відносяться вакансії кисню, атоми, що змістилися у міжвузловий простір, домішки та інші структурні аномалії. Подібні дефекти здатні змінювати електронні та каталітичні властивості субстанцій, а також впливати на їхню провідність та здатність реагувати на світло. Контроль за кількістю та типом дефектів є одним із ключових напрямків сучасних досліджень у царині наноструктурованих матеріалів.

Отже, фізико-хімічні характеристики металоксидних наноматеріалів зумовлюються їхньою нанорозмірною конфігурацією, зовнішньою формою, кристалічною архітектурою та властивостями поверхонь. До більш складних видів належать нанокомпозити, збудовані на основі оксидів металів. Це матеріали, які складаються з кількох складових, де принаймні одна або декілька мають нанорозмірну будову. Об'єднання різних речовин дає змогу отримати нові функціональні властивості, яких неможливо досягти, використовуючи ці

компоненти окремо. Вирішальним моментом у формуванні різноманітних типів металоксидних наноструктур є методи їх отримання. Залежно від умов синтезу, температурного режиму, хімічного складу середовища та наявності спеціальних агентів, що впливають на структуру, можуть формуватися різні морфологічні прояви наноматеріалів. Контролюючи ці параметри, можна цілеспрямовано отримувати наноструктури з необхідними характеристиками для конкретних практичних завдань. Окрема категорія — це металоксиди, що володіють магнітними характеристиками, наприклад, оксиди заліза. Вони застосовуються для створення носіїв магнітної інформації, контрастуючих агентів у медицині, а також у різноманітних електромагнітних пристроях. Наночастинки оксидів заліза активно досліджуються для застосування у біомедицині, зокрема для адресного транспортування фармакологічних препаратів та реалізації магнітної гіпертермії у протираковій терапії.

Створення нанокомпозитів можна реалізовувати різними способами. З аналізу літературних джерел видно, що найбільш перспективними методами створення вважаються: інтеркаляція нанорозмірних частинок в пористі системи, отримання гібридних матеріалів золь-гель методами, осадження нанорозмірних частинок на внутрішній поверхні пор різних матриць (полімери, цеоліти, вуглецеві матеріали) тощо.

Структури деяких нанокомпозитів на основі металоксидних матеріалів, що вже синтезують в лабораторних умовах, представлено на *рис. 1* [2].

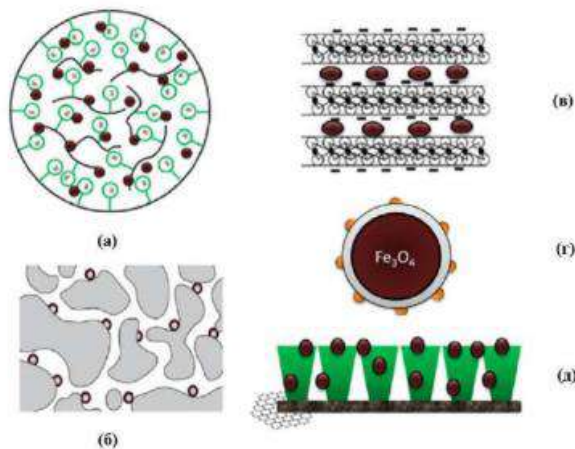


Рис.1 Композити на основі нанодисперсних оксидів металів: з полімерними матрицями (а), з активованим вугіллям (б), з глинами (в), магнітні композити (г), композитні мембрани (д) [2].

Структура композитних матеріалів може значно відрізнятись одна від одної. Варіюючи природою матриці, співвідношенням компонентів, методом синтезу можливо отримувати велику кількість нанокompозитів, яким будуть притаманні різноманітні фізико-хімічні властивості.

Функціоналізація поверхні полягає у закріпленні на ній цільових функціональних груп чи молекул, що наділяють поверхню новими властивостями або забезпечують його взаємодію з іншими середовищами. Одним із поширених шляхів є хімічне перетворення поверхні, що передбачає введення різноманітних функціональних елементів або сполук на поверхню через проведення хімічних реакцій. Щодо наночастинок металоксидів, тут часто залучають органічні молекули, силіконові сполуки (силани) або полімери, які здатні формувати міцні зв'язки з поверхневими атомами металу чи кисню. Іншим дієвим методом є введення домішок (легування) в металоксиди. У цьому випадку в кристалічну ґратку імплементуються атоми сторонніх елементів, здатні скоригувати електронну конфігурацію речовини та її фізичні параметри. Плазмова дія дає змогу змінювати

хімічний баланс приповерхневого шару, створювати реактивні центри або формувати тонкі функціональні плівки.

Отже, наноструктуровані матеріали є винятковим класом субстанцій, що вирізняються унікальними властивостями, які зумовлені їхньою структурною організацією у нанодіапазоні. Різноманіття типів наноструктур, способів їх виробництва та функціональних якостей відкриває значні перспективи для розробки нових матеріалів з точно визначеними параметрами. Саме тому дослідження наноструктурованих матеріалів, зокрема оксидних наноструктур металів, є одним із пріоритетних напрямків у сучасному матеріалознавстві та нанотехнологіях.

Літературні джерела:

1. Callister, W. D., Rethwisch, D. G. (2018) *Materials Science and Engineering: An Introduction*. New York : Wiley, 960.
2. Zhang, Y., Wu, B., Xu, H., Liu, H., Wang, M., He, Y., & Pan, B. (2016). Nanomaterials-enabled water and wastewater treatment. *NanoImpact* 3, 22–39.