

## МЕТОДИ І ПРИЛАДИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Серед різноманітних методів дослідження наноматеріалів і наносистем особливий інтерес представляють такі, які дозволяють виявляти індивідуальні нанооб'єктів, наприклад, наночастинки шляхом безпосередньої реєстрації їх розмірних параметрів, а також отримувати їх зображення. До числа останніх відносяться, перш за все, методи мікроскопії високого дозволу, які іноді називають методами наноскопії. З них в практичному відношенні найбільш важливими є два методи: скануюча тунельна мікроскопія і атомносилової мікроскопія. Що лежать в основі реалізації цих методів зонди спеціальної конструкції є унікальними інструментами, застосовуваними не тільки для дослідження, але також для отримання різних видів наноматеріалів.

Один із методів дослідження це електронна мікроскопія. Електронні мікроскопи по своєму принциповому пристрою мають багато спільного з оптичними мікроскопами. Разом з тим електронні мікроскопи мають вищою роздільною здатністю. У них для зображення об'єктів використовують хвильову природу швидко рухаючих електронів. Складні лінзи, використовують в оптичному мікроскопі, в електронному мікроскопі відповідають електричні або магнітні лінзи; матовій пластинці, на якій може бути візуалізоване зображення. В електронних мікроскопах замість променів світла використовуються пучки електронів, що емітуються катодом, та нагрівається шляхом пропускання електричного струму, і прискорюються за рахунок високої напруги.

До спектральних методів зазвичай відносять методи дослідження поверхні твердих тіл, засновані на аналізі енергетичних спектрів відображених випромінювань, що виникають при опроміненні досліджуваного матеріалу електронами, іонами і фотонами. До цих методів належать електронна Оже-спектроскопія, мас-спектроскопія вторинних іонів, лазерний мікрозондовий аналіз та метод рентгенівської фотоелектронної спектроскопії.

Скануючі зондові методи дослідження. Дана група методів є найбільш широко використовувана в галузі наноматеріалів і нанотехнологій. Основна ідея всіх методів даної групи полягає в використанні зонда - пристроя зчитування інформації з поверхні досліджуваного матеріалу. У більшості випадків в якості робочого тіла зонда використовується алмазна голка з радіусом при вершині близько 10 нм. За допомогою високоточної

позиціонного (скануючого) механізму зонд переміщують над поверхнею зразка за трьома координатами. Як правило, є два діапазони переміщення зонда: грубе переміщення відносно низькою точністю і високою швидкістю та переміщення з досить низькою швидкістю і високою точністю позиціонування до 0,1-1 нм. Велика точність позиціонування забезпечується як правило по висоті. Сигнал від зонда обробляється за допомогою комп'ютера і перетворюється в тривимірне зображення. Для обробки сигналів, їх фільтрації та коригування, використовуються спеціальні пакети програм. Вартість і розміри зондових мікроскопів, як правило, значно нижче, ніж у електронних, а можливості цілком співмірні. Тим більше, що для ряду варіантів зондової мікроскопії наявність вакууму не потрібно, матеріали дослідження можуть бути найрізноманітніші, в тому числі ізолятори, напівпровідники, біологічні об'єкти. При цьому дослідження можуть проводитися без значного пошкодження об'єкта та з досить простої підготовки його поверхні (наприклад, тільки полірування окремої ділянки). До цих методів належать сканувальна тунельна мікроскопія (СТМ), контактна атомно-силова мікроскопія, безконтактна атомно-силова мікроскопія, напівконтактна атомно-силова мікроскопія та атомно-силова мікроскопія, сканувальна мікроскопія ближньої оптичної зони (SNOM) та інші.