

РЕНТГЕНІВСЬКА ФОТОЕЛЕКТРОННА СПЕКТРОСКОПІЯ ЯК МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ

Тімошук Олександр

здобувач вищої освіти бакалаврського рівня

Чумак Володимир

кандидат хімічних наук, доцент

Євдоченко Олена

доцент, доктор філософії

Ходюк Олександр

асистент

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія є одним із найсучасніших і найінформативніших методів дослідження поверхні матеріалів, що широко застосовується в аналітичній хімії, матеріалознавстві та нанотехнологіях. Актуальність використання цього методу зумовлена тим, що більшість фізико-хімічних процесів, таких як адсорбція, корозія, каталіз та окисно-відновні реакції, відбуваються саме на поверхні матеріалів. Саме тому детальне вивчення складу і стану поверхневого шару є необхідною умовою контролю якості матеріалів.

Сутність методу рентгенівської фотоелектронної спектроскопії полягає у використанні явища зовнішнього фотоэффекту. При опроміненні поверхні зразка рентгенівським випромінюванням відбувається вибивання електронів із внутрішніх електронних оболонок атомів. Вимірюючи кінетичну енергію цих електронів, можна визначити енергію їх зв'язку в атомі, що є індивідуальною характеристикою кожного хімічного елемента [1]. Це дає змогу встановити елементний склад поверхні, а також визначити хімічний стан елементів, їх ступінь окиснення та типи хімічних зв'язків.

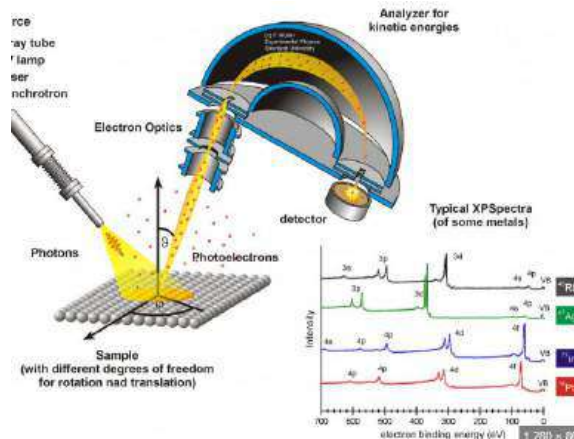


Рис. 1 Зображення принципу дії XPS [3]

Однією з головних переваг методу є його висока поверхнева чутливість. XPS дозволяє аналізувати надзвичайно тонкий поверхневий шар товщиною приблизно від 1 до 10 нанометрів. Це особливо важливо, оскільки саме цей шар визначає взаємодію матеріалу з навколишнім середовищем і його експлуатаційні властивості.

Метод рентгенівської фотоелектронної спектроскопії забезпечує як якісний, так і кількісний аналіз поверхні. Він дозволяє визначати більшість хімічних елементів періодичної системи, за винятком водню та гелію. Крім того, завдяки аналізу зміщення енергій зв'язку електронів можна встановити, у якому хімічному стані перебуває елемент, наприклад, чи знаходиться він у вигляді чистого металу, оксиду або іншої сполуки.

Практичне застосування XPS є надзвичайно широким. Зокрема, цей метод використовується для аналізу корозійних процесів на поверхні металів. Наприклад, для заліза можна визначити склад оксидної плівки та встановити наявність таких сполук, як FeO, Fe₂O₃ або Fe₃O₄, що дозволяє оцінити ступінь корозії та ефективність захисних покриттів [4]. У галузі мікроелектроніки даний метод застосовується для дослідження напівпровідникових матеріалів, зокрема кремнію. Метод дозволяє виявити наявність оксидного шару SiO₂ на поверхні, який відіграє важливу роль у функціонуванні електронних приладів. Ще одним важливим напрямом застосування є контроль якості тонких плівок і покриттів. За допомогою XPS можна визначити склад і товщину покриттів, а також їх однорідність. Це має велике значення для створення захисних, декоративних і функціональних матеріалів. У хімічній технології метод широко використовується для дослідження каталізаторів. Він дозволяє визначити хімічний стан активних центрів і встановити їх вплив на швидкість і механізм хімічних реакцій [2]. Також XPS застосовується для аналізу полімерних матеріалів, де він допомагає визначити функціональні групи на поверхні та ступінь їх модифікації.

Незважаючи на значні переваги, метод має і певні обмеження. До них належать висока вартість обладнання, необхідність проведення досліджень у вакуумі та складність інтерпретації отриманих спектрів. Проте ці недоліки компенсуються високою точністю та інформативністю результатів.

Сучасні тенденції розвитку рентгенівської фотоелектронної спектроскопії спрямовані на підвищення просторової роздільної здатності, створення методів картування поверхні та поєднання XPS з іншими аналітичними методами. Це дозволяє отримувати більш повну інформацію про структуру та властивості матеріалів. Отже, рентгенівська фотоелектронна спектроскопія є потужним інструментом контролю якості поверхні з хімічної точки зору. Вона дозволяє детально досліджувати склад, структуру та хімічний стан поверхневого шару, що є необхідним для розробки нових матеріалів і підвищення ефективності існуючих технологій.

Список використаних джерел

1. Погорілий, О. О. (2020). Аналітичні методи дослідження матеріалів. Харків: ХНУ.
2. Бабак, В. П. (2017). Методи аналізу поверхні твердих тіл. Київ: Наукова думка.
3. Watts, J. F., & Wolstenholme, J. (2003). An introduction to surface analysis by XPS and AES. Wiley.
4. Поплавко, Ю. М., Ільченко, В. І., Воронов, С. А., & Якименко, Ю. І. (2010). Фізичне матеріалознавство. Частина IV: Напівпровідники. Київ. https://me.kpi.ua/downloads/Physical_material_science_4.pdf