

УДК 621.38:004.93

ЗОНДОВІ МЕТОДИ СТВОРЕННЯ НАНОСТРУКТУР

Руденко С.О

Науковий керівник – к.ф.-м.н., ст.викл. Бабиченко О. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки 61166, Харків,

просп. Науки,14, каф. МЕЕПП

тел. (095) 554-63-95 e-mail serhii.rudenko@nure.ua

This paper presents methods for studying the atomic structure and local surface properties. A scanning tunneling microscope (STM) and an atomic force microscope (AFM) are considered. Their main advantages and disadvantages, as well as the principles and areas of their application are considered.

Розвиток зондових методів відкриває перспективи створення елементів електроніки на основі окремих атомів і молекул. Зондові методи дослідження і нанотехнологій застосовуються у діагностиці напівпровідникових структур для дослідження процесів епітаксialного нарощування, для надчутливої сенсорики, у медицині, біології та в інших сферах. Опишемо принципи роботи двох основних видів сканувальних зондових мікроскопів, таких як тунельний і атомно-силовий.

Тунельні мікроскопи (СТМ) та інші сканувальні зондові мікроскопи є основними аналітичними засобами в нанотехнологіях. В базу принципу дії СТМ покладено вимірювання тунельного струму через тонкий вакуумний проміжок між двома провідниками. Висока чутливість СТМ зумовлюється різкою залежністю тунельного струму від ширини потенціального бар'єра, тобто від відстані між елементом поверхні об'єкта та зондом.

За допомогою сканувальних електронних мікроскопів (СЕМ) високої роздільної здатності також досягається атомна точність.

Сканувальний тунельний мікроскоп широко використовується для дослідження поверхні напівпровідників та дозволяє маніпулювати атомами та молекулами. Зонд СТМ, будучи безпосередньо наближеним до поверхні (від 0,5 до 1 нм), взаємодіє з її атомами. Це дозволяє маніпулювати окремими атомами й молекулами, що містяться на поверхні твердого тіла.

У самому найпоширенішому атомно-силовому мікроскопі (АСМ) використовуються міжатомні сили притягання і відштовхування. Для АСМ, що діє на міжатомних силах, провідність підкладки не має значення. З цього можна зробити висновок, що можна досліджувати не тільки на електропровідних матеріалах (як у разі СТМ), але і на діелектриках, біологічних і органічних матеріалах. Тому АСМ універсальніший, ніж СТМ, і має більш широке застосування як у різних дослідженнях, так і у нанотехнологіях.

Атомно-силовий мікроскоп, як і СТМ, широко використовують як багатофункціональний аналітичний інструмент для дослідження і модифікації структури поверхонь, для вивчення розподілу приповерхневих силових і температурних полів, розподілів характеристик фізичних

властивостей з нанометровою або навіть атомною роздільною здатністю. Для дослідження й діагностики напівпровідникових матеріалів і структур використовують як СТМ, так і АСМ, але кожен прилад має як свої переваги, так і недоліки: СТМ забезпечує кращу роздільну здатність, ніж АСМ, хоча атомний масштаб роздільної здатності досягається і за допомогою АСМ.



Рисунок 1– Сканувальний тунельний мікроскоп та атомно-силовий мікроскоп

Атомно-силовий мікроскоп дає зображення реальної поверхні, сканувальний тунельний мікроскоп – густину електронних станів.

Використовуючи АСМ не можна отримати інформацію про електронні властивості, що мало б велику цінність у прив'язці до топології поверхні. Для СТМ потрібні провідні підкладки; під час дослідження високоомних і напівізолювальних напівпровідників можуть виникнути труднощі, і це система зворотного зв'язку буде рухати зонд до торкання з поверхнею (щоб забезпечити потрібне для роботи мікроскопа значення тунельного струму). Отже, структуру непровідних поверхонь можна досліджувати тільки за допомогою АСМ.

Таким чином розвиток методів сканувальної зондової мікроскопії істотно розширив можливості дослідження структури поверхні плівок, мезоструктур і наноструктур, кристалів; уможливив різні способи вивчення модифікації структури поверхонь.

Список використаних джерел:

1. Поплавко Ю. М., Борисов О. В., Ільченко В. І. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності: навч. посіб. / Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, В. І. Ільченко – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 160 с. – ISBN 978-966-622-350-3.

2. Наноіндустрія як найважливіша умова становлення інноваційного суспільства в Україні. (2017). https://ndipzir.org.ua/wp-content/uploads/2017/07/Klimova/3_2.pdf