

СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ В СКАНУЮЧІЙ ЗОНДОВІЙ МІКРОСКОПІЇ

Нікітін В. Р.

Науковий керівник – ст. викл. каф. МЕЕПП Карнаушенко В. П.
Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62
e-mail: vladyslav.nikitin2@nure.ua

Scanning probe microscopes (SPM) are a class of microscopes for obtaining an image of a surface and its local characteristics. The image construction process is based on scanning the surface with a probe. In the general case, it allows to obtain a three-dimensional image of the surface (topography) with high resolution.

Скануючі зондові мікроскопи (СЗМ) – клас мікроскопів для отримання зображення поверхні і її локальних характеристик. Процес побудови зображення заснований на скануванні поверхні зондом. У загальному випадку дозволяє отримати тривимірне зображення поверхні (топографію) з високою роздільною здатністю. Скануючий зондовий мікроскоп в сучасному вигляді винайдений (принципи цього класу приладів були закладені раніше іншими дослідниками) Гердом Карлом Бінніг і Генріхом Рорером в 1981 році. За цей винахід були удостоєні Нобелівської премії з фізики в 1986 році, яка була розділена між ними і винахідником просвічує електронного мікроскопа Е. Руска. Відмінною особливістю СЗМ є наявність:

- зонда,
- системи переміщення зонда щодо зразка двома (XY) або трьома (XYZ) координатам,
- системи реєстрації.

Реєструюча система фіксує значення функції, що залежить від відстані зонд–зразок. Зазвичай реєстроване значення обробляється системою зворотного зв'язку, яка керує положенням зразка або зонда по одній з координат (Z). В якості системи зворотного зв'язку найчастіше використовується ПД-регулятор.

Робота скануючого зондового мікроскопа заснована на взаємодії поверхні зразка з зондом (кантилевер, голка, НВЧ або оптичний зонд). При малій відстані між поверхнею і зондом дію сил взаємодії (відштовхування, тяжіння, і інших сил) і прояв різних ефектів (наприклад, туннелірование електронів) можна зафіксувати за допомогою сучасних засобів реєстрації. Для реєстрації використовують різні типи сенсорів, чутливість яких дозволяє зафіксувати малі за величиною обурення. Для отримання повноцінного растрового зображення використовують різні пристрої розгортки по осях X і Y (наприклад, п'єзотрубки, плоскопаралельні сканери).

Основні технічні складності при створенні скануючого зондового мікроскопа:

–Кінець зонда повинен мати розміри, порівнянні з досліджуваними об'єктами.

–Забезпечення механічної (в тому числі теплової та вібраційної) стабільності на рівні краще 1 ангстрема.

–Детектори повинні надійно фіксувати малі за величиною обурення реєстрованого параметра.

–Створення прецизійної системи розгортки.

–Забезпечення плавного зближення зонда з поверхнею.

Важливою частиною СЗМ є система позиціонування, що має забезпечувати переміщення зонду, або зразка один відносно іншого. Для виконання цієї функції найчастіше використовуються механізми на основі крокових двигунів. Але таке рішення далеке від оптимального внаслідок наявності люфту та малої роздільної здатності механізму.

Для підвищення роздільної здатності останнім часом використовуються комбіновані системи позиціонування із застосуванням крокових двигунів для грубого та актюаторів для прецизійного переміщення за заданими координатами.

Для розробки системи позиціонування необхідно вирішити безліч технічних проблем: як уникнути механічних вібрацій, що призводять до зіткнення зонду з поверхнею (м'яка підвіска), які сили діють між зразком і зондом, як уникнути теплових флуктуацій та інші.

Важливими факторами є нелінійність, гістерезис і повзучість п'єзокераміки актюатори, що також є причинами значних спотворень СЗМ-зображень. Крім того, частина спотворень виникає через взаємних паразитних зв'язків, що діють між X, Y, Z-маніпуляторами сканера. Для виправлення викривлень в реальному масштабі часу сучасні СЗМ використовують орієнтовано – орієнтоване програмне забезпечення або сканери, забезпечені замкнутими системами стеження, до складу яких входять лінійні сенсори положення. Деякі СЗМ замість сканера у вигляді п'єзотрубки використовують XY і Z-елементи, механічно незв'язані один з одним, що дозволяє виключити частину паразитних зв'язків. Однак в певних випадках, наприклад, при поєднанні з електронним мікроскопом або ультрамікротомами, конструктивно виправдане використання саме сканерів на п'єзотрубках.

Література

1. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. по-сбие / В.Л. Миронов. - М.: Техносфера, 2009. – 144 с.

2. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : в 3-х т. / под ред. Б. Бхушана ; пер. с англ. под общ. ред. А. Н. Саурова. – М. : Техносфера, 2010. - Т. 2. - 1040 с.