

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИГНАЛІВ В СКАНУЮЧІЙ ЗОНДОВІЙ МІКРОСКОПІЇ

Зеленохат І.Д.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел.(057)702-13-62)

e-mail: igor.zelenokhat@gmail.com, факс (057) 702-11-13

Some issues of signal filtering in scanningprobe microscope investigation systems are shown. The problems of robustness ensuringfor the PC filtering algorithms and the advantages given by thoseare discussed.

Незважаючи на різноманіття видів сучасних скануючих мікроскопів, в основі їх роботи закладені схожі принципи, а їх конструкції мало різняться між собою. Принцип роботи скануючого зондового мікроскопа (СЗМ) полягає в наступному. За допомогою системи грубого позиціонування вимірвальний зонд підводиться до поверхні досліджуваного зразка. При наближенні зразка і зонда на відстань менше сотень нанометрів зонд починає взаємодіяти з поверхневими структурами аналізованої поверхні. Переміщення зонда уздовж поверхні зразка здійснюється за допомогою скануючого пристрою, який забезпечує сканування поверхні голкою зонда. Отриманий сигнал датчика передається на систему обробки інформації.

При конструюванні сенсорів в скануючому мікроскопі існують дві основні проблеми. По-перше, повинна бути визначена детальна конфігурація поля в області між зондом і зразком, що дозволяє отримати явний зв'язок між сигналом, відстанню до зразка і його фізичними властивостями. Незважаючи на те, що для з'ясування розподілу поля навколо вістря СЗМ широко використовуються чисельні методи, засновані на кінцево-різницевому або кінцево-елементному аналізі, цей підхід вимагає витрат часу і не знаходить загальноприйнятого практичного застосування. Причина цього в тому, що процес обчислення, який використовується при прямому чисельному моделюванні, а саме рішення рівнянь Максвелла з необхідними граничними умовами в масштабах рівних або менших довжини хвилі, становить значні труднощі навіть для сучасних обчислювальних машин.

Друга проблема полягає в недостатній роздільній здатності системи. Цей недолік тісно пов'язаний з особливостями спектрів сигналів, що видає зонд, та може бути частково подоланий належною алгоритмічною обробкою оцифрованої вибірки давача. Зазвичай використовуються двовимірні фільтри з різними частотними характеристиками. Важливим класом двовимірних

фільтрів, для якого можна легко узагальнити методи побудови одновимірних фільтрів, є клас кругових симетричних фільтрів.

Як приклад, на рис.1 показані частотні характеристики фільтрів, отримані без використання спеціальних вікон при розмірах вибірки $N_1=N_2=16$ і нормованій частоті $\alpha=1/4$ (а) та внаслідок використання узагальненої функції Ланцоша (вікно Каппеліні) з параметром $m=1,6$ (б).

Одна з труднощів, пов'язаних з забезпеченням умови стійкості фільтра, полягає в складності знаходження цього критерію при довільних імпульсних характеристиках. У зв'язку з цим необхідно проаналізувати методи кількісної оцінки стійкості алгоритмів, які розглянуто в даній доповіді.

Зокрема, обробляючи сигнал невеликої тривалості, немає сенсу застосовувати фільтри великої довжини, тому що сам сигнал не в змозі відобразити інформацію про досліджуваній об'єкті з достатньою точністю. Крім того, спотворення на початку і кінці відрізка досліджуваного сигналу, що вносяться фільтром сильно спотворює отримане зображення. Для сигналу великої довжини похибка на кордонах відрізка не настільки критична, тому що він зберігає більшу частину корисної інформації.

Таким чином, використання цифрових фільтрів для обробки зображень дозволяє значно підвищити їх якість, компенсувати або усунути шуми і випадкові похибки. Застосування інтерполяційних фільтрів також дає змогу підвищити роздільну здатність результуючого зображення, що важливо при обробці інформації з датчиків СЗМ.

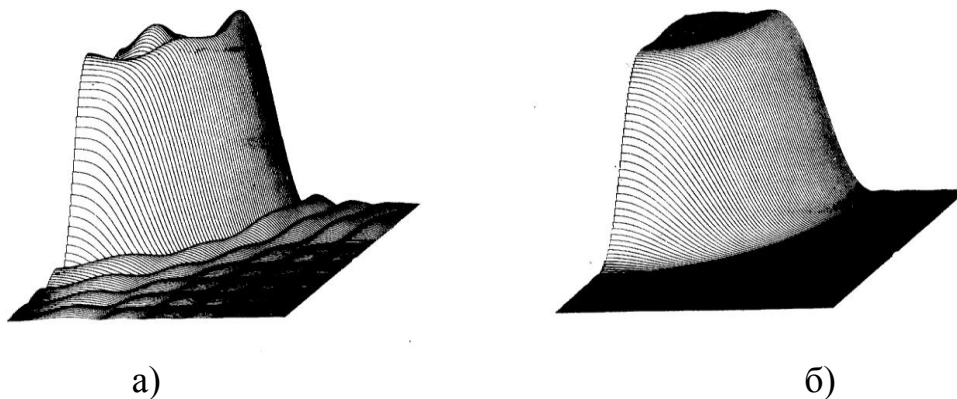


Рис. 1.Просторові (одноквADRантні) АЧХ кругового двовимірною цифрового ФНЧ з використанням прямокутного вікна (а) та узагальненого вікна Ланцоша (Каппеліні) (б)

Література:

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Уч. пособие. – Н.Новгород: Институт физики микроструктур РАН, 2004. – 114 с.