



ФемтоСкан X – НОВЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП

А.Филонов, С.Савинов, к.ф.-м.н., О.Синицына, к.х.н., Г.Мешков, к.ф.-м.н.,
И.Яминский, д.ф.-м.н. / spt@nanoscopy.ru

В мире наблюдается постоянное уменьшение размеров используемых в науке и технике структур, причем новые технологии манипулирования атомами и молекулами позволяют создавать материалы с уникальными физическими, химическими и биологическими свойствами. С уменьшением размеров объектов до атомного и молекулярного уровня становится все труднее исследовать характеристики их структуры и свойств. Решению этой проблемы во многом способствует сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ).

Первые работы по СЗМ появились в 80-х годах прошлого века. В 1986 году изобретателям сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) – первого из семейства зондовых микроскопов – была присуждена Нобелевская премия. Это стало мировым признанием новых методов микроскопии, позволяющих увидеть атомное строение материи. Развитие СЗМ привело к созданию нескольких десятков новых методов сканирования поверхности, дающих возможность исследовать топографию, локальные механические, электрические и магнитные свойства образца, проводить литографические процессы.

СЗМ особенно востребована в биологии, поскольку дает уникальную возможность исследовать биологические объекты в естественных для них условиях. Она позволяет решать широкий круг задач: от исследования клеток и тканей организма до изучения отдельных молекул и их комплексов. В отличие

от других методов, например, электронной микроскопии, в СЗМ для получения изображений не требуется фиксировать образцы и обрабатывать их солями тяжелых металлов. Сканирование может проводиться в жидкостной ячейке, что обеспечивает условия, необходимые для проявления биологической активности изучаемых объектов. С помощью высокоскоростной атомно-силовой микроскопии возможно изучение молекулярной динамики различных биологических структур, что недоступно для других методов.

Обобщив опыт развития СЗМ, сотрудники Центра перспективных технологий создали новую модель сканирующего зондового микроскопа "ФемтоСкан X" (рис.1-3), ориентированного на исследования биологических объектов. Прибор обладает выдающимися характеристиками, позволяющими ему занять достойное



Рис.1. Механическая часть микроскопа "ФемтоСкан X"



Рис.2. Атомно-силовая головка сканирующего зондового микроскопа "ФемтоСкан X"



Рис.3. Основная плата управляющей электроники "ФемтоСкан X"

место в ряду научно-исследовательского инструментария современной лаборатории.

Электронная начинка микроскопа включает скоростные высокоточные цифроаналоговые и аналогово-цифровые преобразователи. Управление на базе современной программируемой логической интегральной схемы позволяет реализо-

вывать несколько независимых каналов обратной связи на частоте 100 кГц, что обеспечивает оптимальное время снятия одного кадра из 1024×1024 точек за 21 с. Максимальная скорость сканирования одного кадра – 4096×4096 точек за 34 с.

Микроскоп реализует все стандартные режимы сканирования: СТМ, контактную и резонансную атомно-силовую микроскопию, силовое картирование, литографию, резистивный, электростатический и магнитный режимы. Сканирование может осуществляться на воздухе и в жидкостной ячейке.

Для снятия частотных характеристик кантилевера реализован режим быстрого сканирования, позволяющий получить выборку сигнала длиной $16 \cdot 10^6$ точек с периодом в 1 мкс, что дает возможность получать спектр сигнала в диапазоне от 0 до 500 кГц с разрешением 0,03 Гц.

Микроскоп оснащен автоматической трехкоординатной микрометрической системой позиционирования с полем перемещения 5×5×5 мм. В область сканирования образца обеспечен доступ для оптической подсистемы с внешним размером объектива до 45 мм и минимальным удалением от изучаемого объекта 25 мм.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОСКОПА

- Высокоскоростная электроника.
- Свободный доступ в область образца.
- Легкость установки кантилевера.
- Полное управление через Интернет.

Для управления микроскопом разработано кросс-платформенное программное обеспечение (ПО), работающее в операционных системах Windows, Linux и MacOS. Может также использоваться хорошо зарекомендовавшее себя ПО ФемтоСкан Онлайн, с помощью которого возможно удаленное управление прибором

в многопользовательском режиме, проведение обучения и его техническая поддержка.

Технические характеристики

Разрешение при сканировании поверхности, макс., точек	220 (по одной координате)
Минимальное время снятия кадра размером 4096×4096 точек	34 с
Максимальная частота оцифровки сигналов	1 МГц
Число управляющих каналов	4
Число одновременно регистрируемых сигналов	4
Система точного позиционирования	10×10×2 мкм, 100×100×8 мкм в пределах поля сканирования с точностью 20 бит, поворот кадра на произвольный угол с разрешением 0,01 град.
Система грубого позиционирования	5×5×10 мм (X×Y×Z), точность в плоскости XY – 1 мкм, точность по оси Z – 10 нм, три асинхронных (X,Y,Z) шаговых двигателя
Подсистема обратной связи	аппаратно реализованная, макс. частота 100 КГц, два независимых контура с программируемыми фильтрами высоких и низких частот
Генераторы частоты	два независимых синхронизированных по тактовому импульсу, разрешение по частоте 32 бита в диапазоне 0–10 МГц
Высоковольтные усилители	3х[-200 ÷ +200]В, шум не превышает 1мВ
Параметры оптической подсистемы:	
удаление от образца, мин.	25 мм
диаметр объектива, макс.	45 мм
вынос объектива, мин.	70 мм
(вынос объектива + удаление от образца – не менее 95 мм)	

Авторы выражают искреннюю благодарность И.Магазову и Г.Киселеву за участие в работе и конструктивное обсуждение результатов.

Разработка микроскопа "ФемтоСкан X" поддержана ОАО "РОСНАНО" (Проект "Расширение существующего производства измерительно-аналитического оборудования для нанотехнологий в сфере материаловедения, биологии и медицины", <http://bit.ly/1yl2eH1>).