

Лабораторная работа «Основы работы на сканирующем зондовом микроскопе»

Работа посвящена освоению базовых принципов работы на современном сканирующем зондовом микроскопе (СЗМ). Работа состоит из трех частей:

1. Теоретическая часть
2. Практическая часть
3. Обработка результатов

Теоретическая часть

Студенты знакомятся с устройством микроскопа, основными компонентами, принципом функционирования обратной связи. Доступ к обучающим материалам предоставляется через специализированный веб-сайт (distant.phys.msu.ru)

Практическая часть

Состоит из трех заданий

1. [Настройка системы обратной связи](#). Доступ к установке осуществляется через Интернет посредством Веб-браузера. Студенты должны эмпирически подобрать звенья цепи обратной связи для оптимального отклика системы на возмущение.
2. [Настройка системы обратной связи по методу Циглера-Никольса](#). Доступ к установке осуществляется через Интернет посредством программы «[ФемтоСкан Онлайн](#)». Студенты должны подобрать звенья цепи обратной связи для оптимального отклика системы на возмущение.
3. [Сканирование образца](#). Доступ к установке осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения. Студенты должны получить изображения образцов и произвести их анализ.

Обработка результатов

Обработка результатов производится в специализированном программном обеспечении.

Результаты сканирования обрабатываются, анализируются, подготавливается отчет.

Для обучения используется СЗМ модели «ФемтоСкан» (НПП Центр перспективных технологий), программное обеспечение «[ФемтоСкан Онлайн](#)», офисный пакет (OpenOffice.org или Microsoft Office)

Теоретическая часть

Устройство сканирующего зондового микроскопа.

- [Сканирующий атомно-силовой микроскоп](#)
- [АСМ](#)

Понятие обратной связи

- [Обратная связь \(техника\)](#)

ПИ-регулятор:

- [ПИД-регулятор](#)
- [PID controller](#)

Эмпирический метод Циглера-Никольса настройки ПИ-регулятора

- http://iproг.pp.ru/forum/read.php?f=1&i=43232&t=43225#reply_43232
- [Дискретная реализация](#)
- [Ziegler–Nichols method](#)

Кривые зависимости силы от расстояния

- <http://www.ntmdt.ru/spm-principles/view/force-distance-curves>
- <http://www.mechmat.caltech.edu/~kaushik/park/1-6-2.htm>

Эволюция систем управления зондовыми микроскопами

Управление прибором в удаленном режиме – особенности, преимущества, недостатки

Практическая часть

1. Настройка параметров обратной связи

Задание:

1. На сайте www.nanoscopy.org в разделе [Scan Online](#) произвести поочередную настройку интегрального и пропорционального звеньев, устанавливая одно из звеньев в 0 и варьируя второе от 0 до 10 с шагом 0.5, от 10 до появления генерации с шагом 5. Зафиксировать значения, при которых возникает генерация.
2. Подобрать пару значений интегрального и пропорционального звеньев, при которых оптимально отслеживается тестовый профиль.

Замечания по выполнению

Только один пользователь может управлять прибором – остальные являются наблюдателями. При подключении через браузер пользователь первоначально является наблюдателем, а при запуске процесса настройки (кнопка **Start**) начинает управлять прибором. По окончании настройки (**Stop**) пользователь опять становится простым наблюдателем.

Чтобы избежать поломки прибора неопытным пользователем, для выполнения задания используется макет микроскопа – выход сигнала обратной связи замкнут на координату Z. В реальном приборе отклик системы будет иметь другие характеристики, соответственно оптимальные значения звеньев будут отличаться.

Отчетные материалы:

Скриншоты браузера с указанием значений звеньев в виде одной презентации. Скриншот с оптимальными значениями звеньев. Обоснование выбора оптимальных значений (текст в свободной форме, можно в виде комментариев к файлу скриншота)

2. Настройка параметров обратной связи по методу Циглера-Никольса

Задание

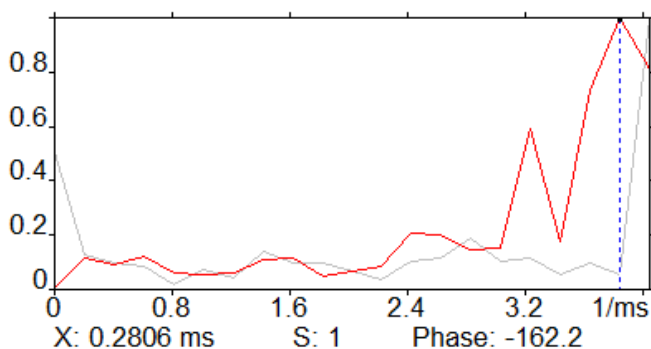
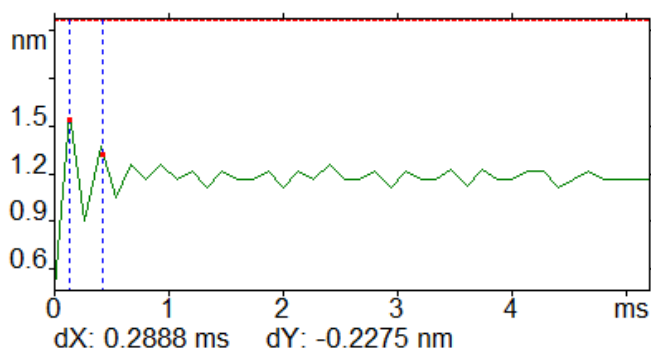
В программе «ФемтоСкан Онлайн» (см. [руководство программы](#)) произвести настройку пропорционального и интегрального звеньев:

1. Подключиться к серверу atc-srv1 (212.192.230.66 порт 25000) (стр. 23 руководства)
2. Запустить процесс «Модуляция Z» (стр. 30, 35 руководства)
3. Подобрать пропорциональное и интегральное звенья по методу Циглера-Никольса для ПИ регулятора. Исходные данные: частота дискретизации равна 15 КГц.

Замечания по выполнению

Установить программу «ФемтоСкан Онлайн», скачав последнюю версию с сайта. Запросить у преподавателя ключ для регистрации программы (временная версия без ключа не позволяет подключиться к прибору). После регистрации в программе должно появиться меню «СЗМ» (ограничение по времени использования при этом может остаться).

Для измерения периода автомодуляции нужно выделить на кривой маркерами участок с автогенерацией и сделать его копию (Кривая/Копировать), на появившемся участке измерить период колебаний более точно маркерами или на спектре:



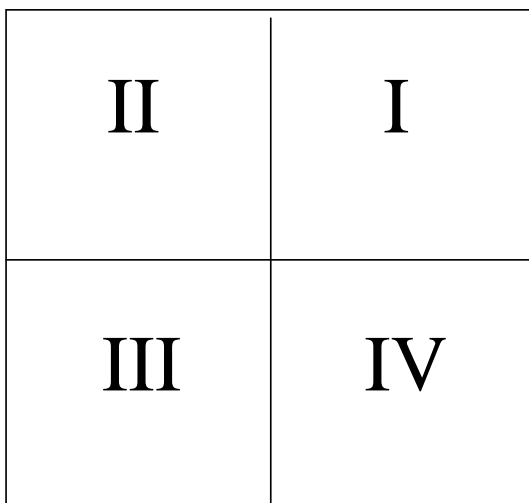
Отчетные материалы

Файлы с кривыми модуляции, полученными в процессе работы. На кривых должна быть отчетливо видна автомодуляция. Презентация с описанием расчета звеньев по методу Циглера-Никольса для ПИ-регулятора.

3. Сканирование образца

1. Подключиться к серверу (адрес узнать у преподавателя)
2. Произвести первоначальный подвод (при необходимости)
3. Осуществить калибровку по кривой подвода-отвода $F(Z)$
4. Получить изображения образца с разным разрешением.

Примечание [А.Ф.1]: Внимание! Адрес сервера может отличаться от адреса сервера в заданиях 1,2 только номером порта!



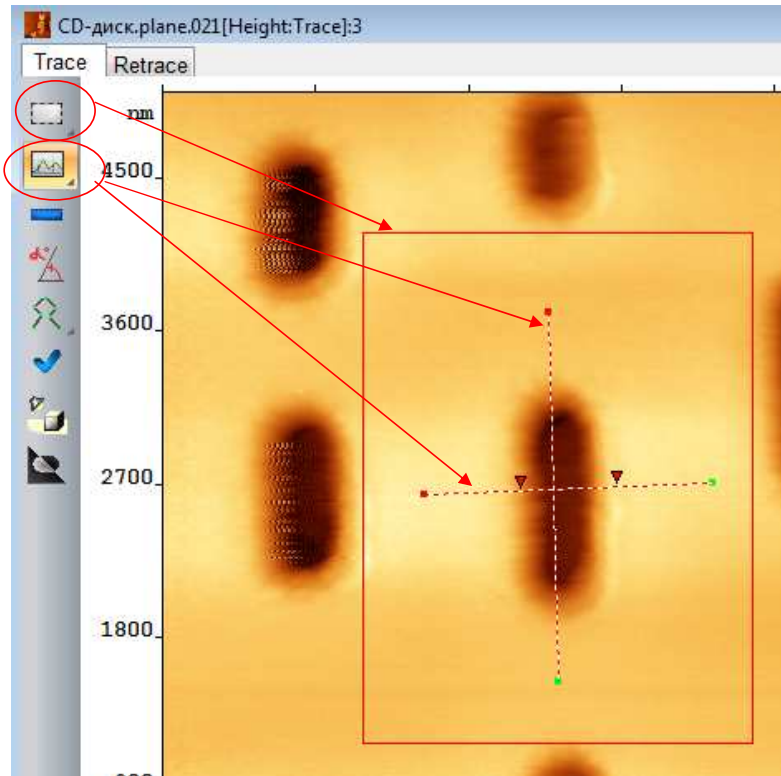
- a. Изображение максимального поля сканирования
- b. Изображения 4-х квадрантов максимального поля:



Отчетные материалы

Файлы с полученными изображениями (1 – общее поле, 4 – квадранты), копия кадра общего поля с помеченными объектами, таблица измеренных значений, гистограммы (в формате Excel или Calc)

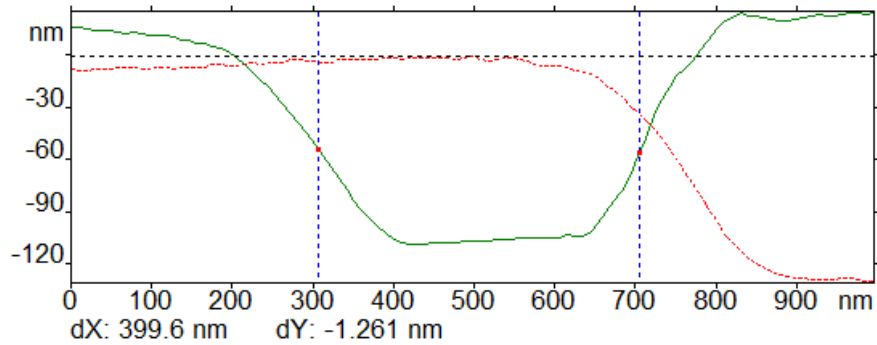
Обработка результатов

Общий вид:



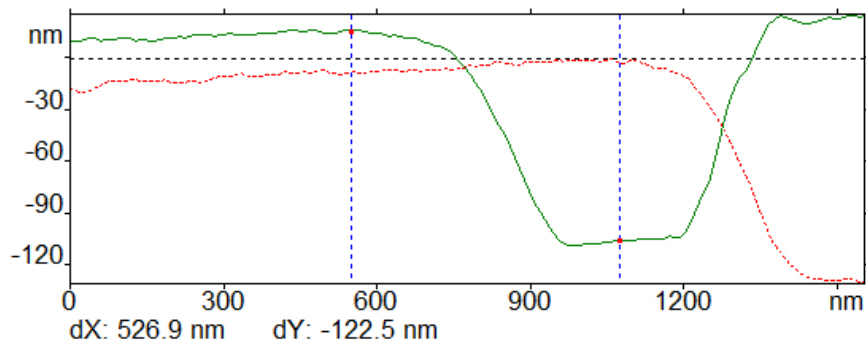
Из изображения вычтен средний наклон (Математика/Выравнивание ) , установлена область интереса (выделить область, затем команда Вид/Область интереса/Выбрать )

Измерение длины/ширины:



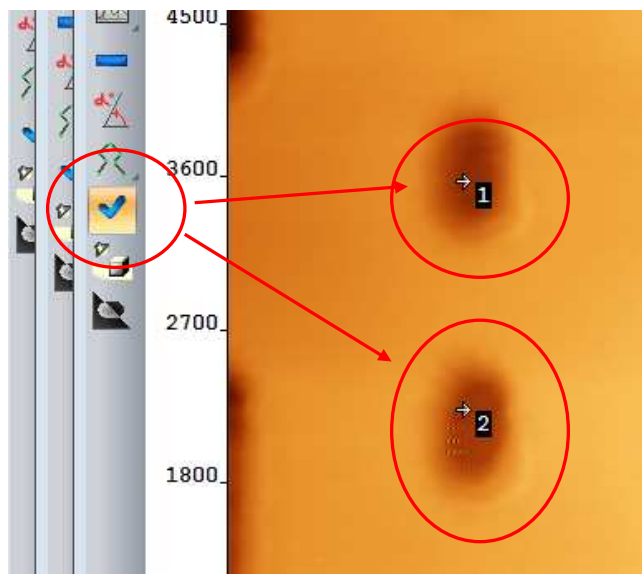
Построено сечение (инструмент «Сечение»), выставлены маркеры. Искомое значение – dX (расстояние между маркерами по горизонтали на полуглубине). Красная линия – профиль обратного хода (Retrace)

Измерение глубины:



Искомое значение – dY (расстояние между маркерами, установленными на плато, по высоте)

При измерении объектов пометьте их с помощью инструмента «Метки» и сохраните копию кадра со всеми метками в презентации или на листе Excel (Копировать в ФемтоСкан Онлайн – Вставить в Excel):



Отчетные материалы предоставляются через формы отправки файлов в конце соответствующих заданий.