

## 2.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОБРАБОТКА И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СЗМ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Цель работы:** получить практические навыки в области обработки и количественного анализа СЗМ-изображений.

### Задание по работе

1. Выбрать один из предназначенных для проведения работы образцов: тестовый образец с периодической структурой или любой другой по выбору преподавателя (тестовый образец TGZ3 (маркировка фирмы НТ-МДТ)).
2. Осуществить подбор зонда с наиболее характерной амплитудно-частотной характеристикой (одиночный симметричный максимум) согласно процедуре, представленной в руководстве пользователя комплекса NanoEducator.
3. Получить эталонное СЗМ-изображение. Получение изображения выполняется на одном приборе под контролем преподавателя.
4. Провести обработку полученного изображения. Обработка экспериментальных данных каждым студентом проводится индивидуально. Выполнить фильтрацию изображения. Измерить и сравнить параметры шероховатости изображений до и после фильтрации. Построить Фурье-спектр изображения и измерить величины преобладающих пространственных частот спектра, сравнить соответствующие этим частотам периоды повторения элементов изображения с интервалами, полученными при измерениях на изображении. Определить углы между направлениями на изображении двумя способами и сравнить результаты.
5. Проанализировать результаты работы, сформулировать краткие выводы по работе, оформить отчет и представить его к защите.

### Методические указания по выполнению работы

Перед выполнением заданий данного практического упражнения необходимо выполнить все работы, предусмотренные практической работой № 2 «Подготовка и проведение СЗМ-эксперимента» и № 3 «Визуализация структур с помощью СЗМ».



Включите комплекс NanoEducator и перейдите в управляющей программе к режиму: просмотр и обработка данных из файла.

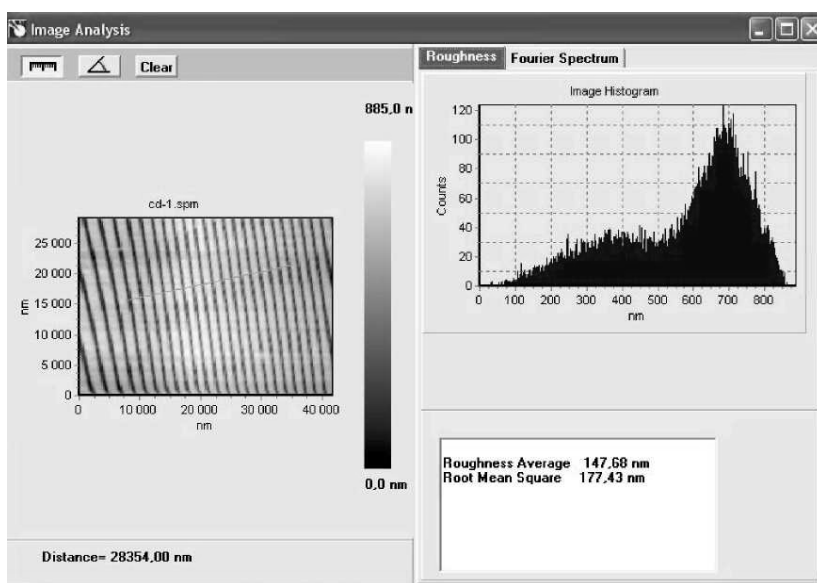
Открыть файл, с которым будет проводиться работа, провести контрольное сечение изображения (например, имеющийся файл сканирования тестовой решетки TGX1, см. рис. 2.15).

Определить характер имеющихся искажений и провести необходимую обработку и фильтрацию данных с помощью методов, доступных в программе (вычитание плоскости, кривой второго порядка, медианная фильтрация, устранение перепадов высот и т. п.).

Провести контрольные сечения файла после обработки и сравнить с сечением исходного изображения.

Вызвать окно *Image Analysis* (рис. 2.23) при активном окне обработанного изображения. Изучить и описать гистограмму изображения (*Roughness*→*Image Histogram*). Зафиксировать значения величин средней и среднеквадратичной шероховатости.

Открыть закладку *Fourier Spectrum* (рис. 2.24, 2.25). Определить по характеру спектра, имеются ли на изображении периодические структуры. Если имеются, то измерить величины преобладающих частот (переход в режим измерения частот осуществляется при нажатии кнопки *Freq*), указав на них на изображении Фурье-образа с помощью левой кнопки мыши. Сравнить периодичность изображений, измеренную при помощи инструмента «линейка» , расположенного над исходным изображением, с результатами, полученными с помощью Фурье-образа. Измерить величины углов между направлениями (инструмент ) по изображению Фурье-образа и сравнить с величинами углов между соответствующими сечениями исследуемого изображения.



**Рис. 2.23.** Окно анализа изображений.

Выполнение анализа свойств поверхности изображения

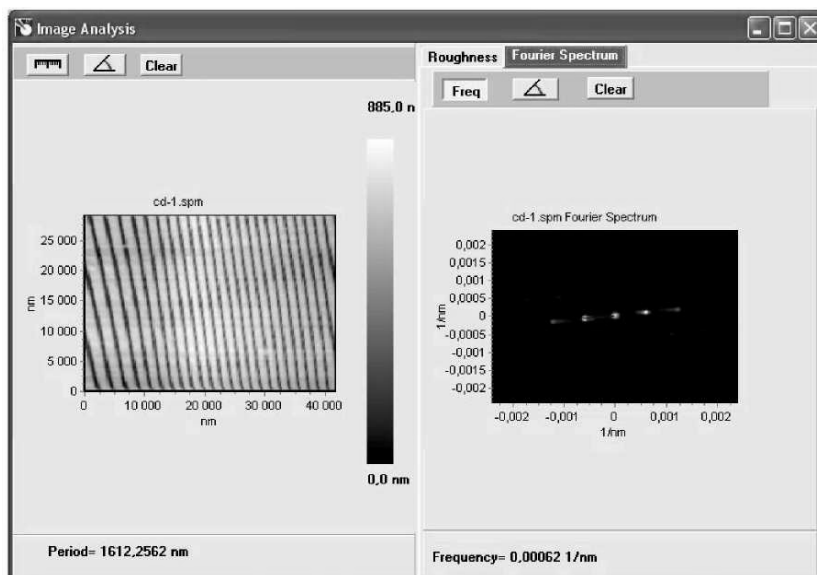


Рис. 2.23. Окно анализа изображений.

Выполнение анализа свойств поверхности изображений

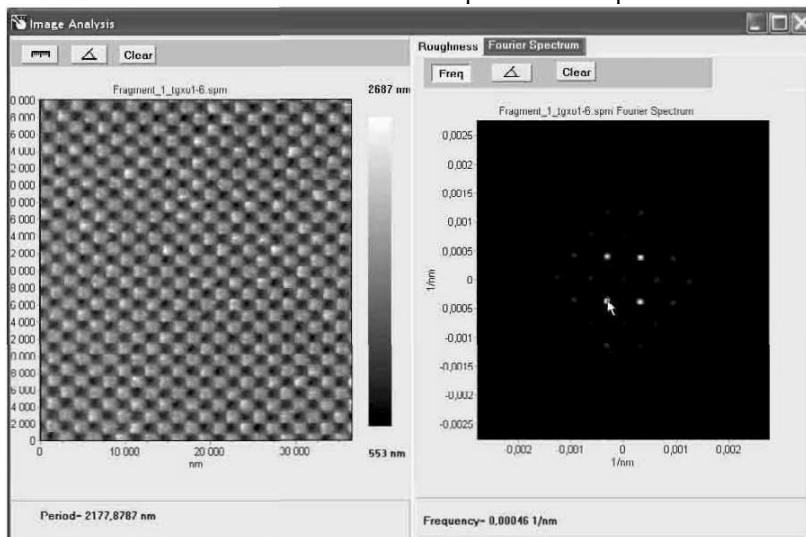


Рис. 2.25. Пример анализа двухмерного периодического изображения с помощью Фурье-спектра

В результате обработки Фурье-спектра можно сделать вывод о наличии периодичности структуры, ее ориентации относительно осей исходного изображения, а также о величине преобладающих частот в периодичности структуры на анализируемом изображении.

## Порядок оформления отчета по лабораторной работе

Отчет оформляется в виде журнала лабораторных работ и должен содержать:

1. Краткую теоретическую часть.
2. Схематическое изображение или фотографию сканирующего зондового микроскопа NanoEducator с указанием его основных частей.
3. Фотографии или эскизы исследуемых образцов.
4. Фотографию или эскиз полученного на экране изображения образцов.
5. Обработку результатов исследования
6. Выводы.

## Контрольные вопросы

1. Какие типы искажений характерны для СЗМ-изображений и по каким причинам они возникают?
2. Каковы основные методы фильтрации СЗМ-изображений?
3. Назовите некоторые методы определения количественных характеристик изображений?
4. Для каких изображений следует воспользоваться частотным представлением?
5. Какую информацию об изображении можно получить по его Фурье-образу?