



# ***Основы нанотехнологий***

## **Исследование поверхности различных видов бумаги**

**Автор: Ривкин Андрей Маркович,  
Лицей №1581, 11 класс**

**Руководитель: Кульгашов Евгений Владимирович  
УНЦ «Наносистемы» кафедры ИУ4  
МГТУ им. Н.Э. Баумана**



# Цели проекта и материалы

- **Цели проекта:**
  - изучения техники и методов работы с сканирующим зондовым микроскопом NanoEducator
  - получение практических сведений о различии в рельефе различных типов бумаги
  - Оценка различных типов бумаги с помощью ЗСМ
- **В качестве образцов были взяты три типа бумаги:**
  - писчая бумага,
  - бумага для черчения
  - офисная бумага



# Актуальность работы

Оценку бумаги можно проводить различными методами:

- Химический анализ
- Выявление и сравнение характеристик различных типов бумаги (белизна, яркость, прозрачность, толщина, гладкость, плотность и т.д.)

Было решено провести оценку бумаги на нано-уровне при помощи сканирующего зондового микроскопа. В этом заключается новизна исследования. Надеемся, что при помощи данного метода можно будет лучше определять качество бумага, а также отличать качественную бумагу от подделки.



# История создания

- изобретена во II веке Цай Лунем
- в VI—VIII веках производство бумаги существовало в Средней Азии, Корее, Японии
- в XI—XII веках бумага появилась в Европе
- Бумага изготовлялась весьма примитивно — ручным размолотом массы деревянными молотками в ступе и вычерпкой её формами с сетчатым дном.
- XVII века размалывающий аппарата — ролл
- в 1799 Н. Л. Робер (Франция) изобрёл бумагоделательную машину
- в Англии братья Г. и С.Фурдринье, купив патент Робера, продолжали работать над механизацией отлива и в 1806 запатентовали бумагоделательную машину.
- к середине XIX века бумагоделательная машина превратилась в сложный агрегат, работающий непрерывно и в значительной мере автоматически
- в XX веке производство бумаги становится крупной высокомеханизированной отраслью промышленности с непрерывно-поточной технологической схемой, мощными теплоэлектрическими станциями и сложными химическими цехами по производству волокнистых полуфабрикатов.

# Проведение исследования с помощью сканирующей зондовой микроскопии

✓ Исследование проводилось с помощью сканирующего зондового микроскопа NanoEducator.

✓ Метод сканирования — сканирующая силовая микроскопия.

✓ Площадь сканирования 15x15 тыс. нм.

✓ Коэффициент обратной связи равен 3.

✓ Скорость сканирования 4 тыс. нм/с.

Перед началом исследования прибор был откалиброван с помощью решетки TGZ3.



Внешний вид измерительной головки СЗМ  
NanoEducator

1. Основание
2. Держатель образца
3. Датчик взаимодействия
4. Винт фиксации датчика
5. Винт ручного подвода
6. Винты перемещения сканера с образцом
7. Защитная крышка с видеокамерой

# Подготовка образцов для исследования

В качестве образцов использовались три вида бумаги размерами 1x1 см. Бумага была наклеена на стеклянную подложку при помощи двухстороннего скотча, для обеспечения жесткости.

В качестве подложки для проведения микроаналитических исследований в эксперименте применялось покровное стекло (7201).

Код	Размер, мм		Толщина, а 0,1 мм
	h , ммі 1, мм	h , ммі 1, мм	
7201	18	18	0,13-0,17

# Порядок сканирования

## ✓ **Подготовка оборудования**

Установка зонда и образца в микроскоп. Запуск программы Nano Educator для работы с микроскопом. Выбор метода сканирования (SFM – метод сканирующий силовой микроскопии). Настройка камеры.

## ✓ **Поиск резонанса и установка рабочей частоты (Resonance)**

При автоматической настройке программа сама найдет резонанс. При настройке вручную, амплитуду колебаний (Oscillation Amplitude) рекомендуется устанавливать меньше 50мВ. Коэффициент усиления амплитуды (AM Gain) – меньше 1В.

## ✓ **Предварительный подвод (Fast landing)**

Программа автоматически подведет зонд к поверхности образца

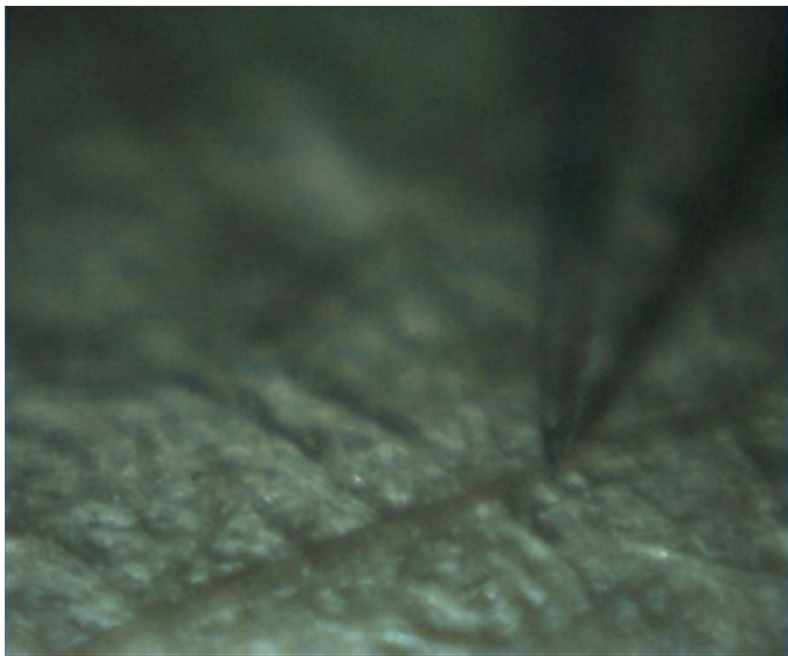
## ✓ **Подвод зонда (Landing)**

Убедиться, что в элементе Probe Moving выбран пункт Landing (подвод). Проверить правильность установок параметров подвода (Frequency Band установлен на значении 3; Нажать кнопку Set Interaction и убедиться, что параметр Amplitude Suppression в окне Interaction имеет величину около 0,3 ). Нажать на кнопку RUN.

## ✓ **Сканирование (Scan)**

Установить область сканирования (Scan Area) 15x15 тыс. нм. Скорость сканирования (Velocity) 4тыс. Нм\сек. Коэффициент обратной связи (Feed Back Loop Gain) установить равным 3.

# Изображение Писчей и Чертежной бумаги под микроскопом



Писчая бумага

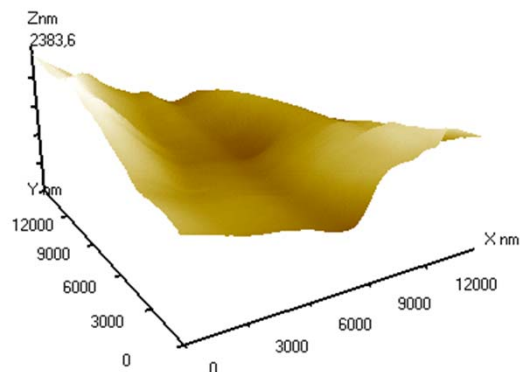


Чертежная бумага

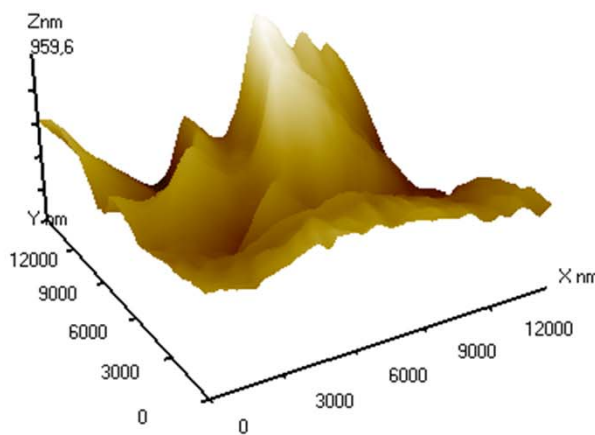
На изображениях видно, что писчая бумага достаточно мягкая, и легко деформируется. А чертежная бумага имеет неровный рельеф.



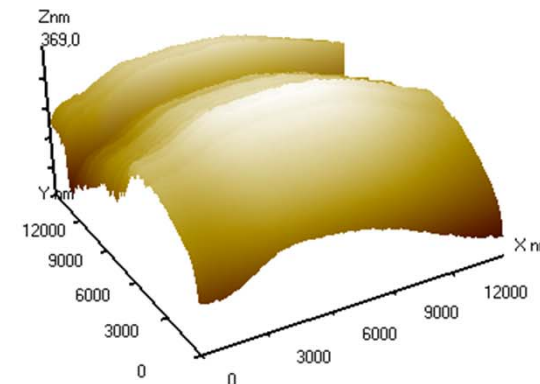
# Анализ результатов



Офисная



Чертежная



Писчая

- Офисная бумага довольно гладкая.
- Чертежная бумага имеет неровный рельеф, его можно сравнить с рельефом гор, т к высота элементов рельефа резко меняется
- Писчая бумага очень мягкая и из-за этого при проходе по ней зонда она деформируется.
- Офисная бумага тоже достаточно мягкая, на ней видны следы от зонда, но они не так ярко выявлены.



# Выводы

- При выполнении работы были получены практические знания по работе со сканирующим зондовым микроскопом NanoEducator
- Метод силовой микроскопии позволяет получить изображение рельефа бумаги по небольшому образцу.
- Были получены эталонные изображения рельефов офисной, чертежной и писчей бумаги
- Поскольку эти рельефы для различных типов бумаги различны, то при сканировании новых типов бумаги можно определить к какому типу эта бумага относится
- Этот метод может быть использован для определения качества бумаги и будет достаточно просто отличить качественную бумагу от подделки



# Вопросы

