

Аппаратно-программный комплекс удаленных исследований сканирующей зондовой микроскопии и рамановской спектроскопии



ВЫПОЛНИЛ:
ИВЧЕНКО М.О. (ИУ4-Д1)

РУКОВОДИТЕЛЬ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ:
ВЛАСОВ А.И.

**РАБОТА ПРОВОДИЛАСЬ В РАМКАХ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ
ПРОГРАММЫ ПО ПРОЕКТУ НИ-40:**
«Обеспечение удаленного доступа студентов, исследователей,
разработчиков к уникальным научным установкам и оборудованию,
реализующим методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и
молекулярной Раман-диагностики»

2009

Цели и задачи

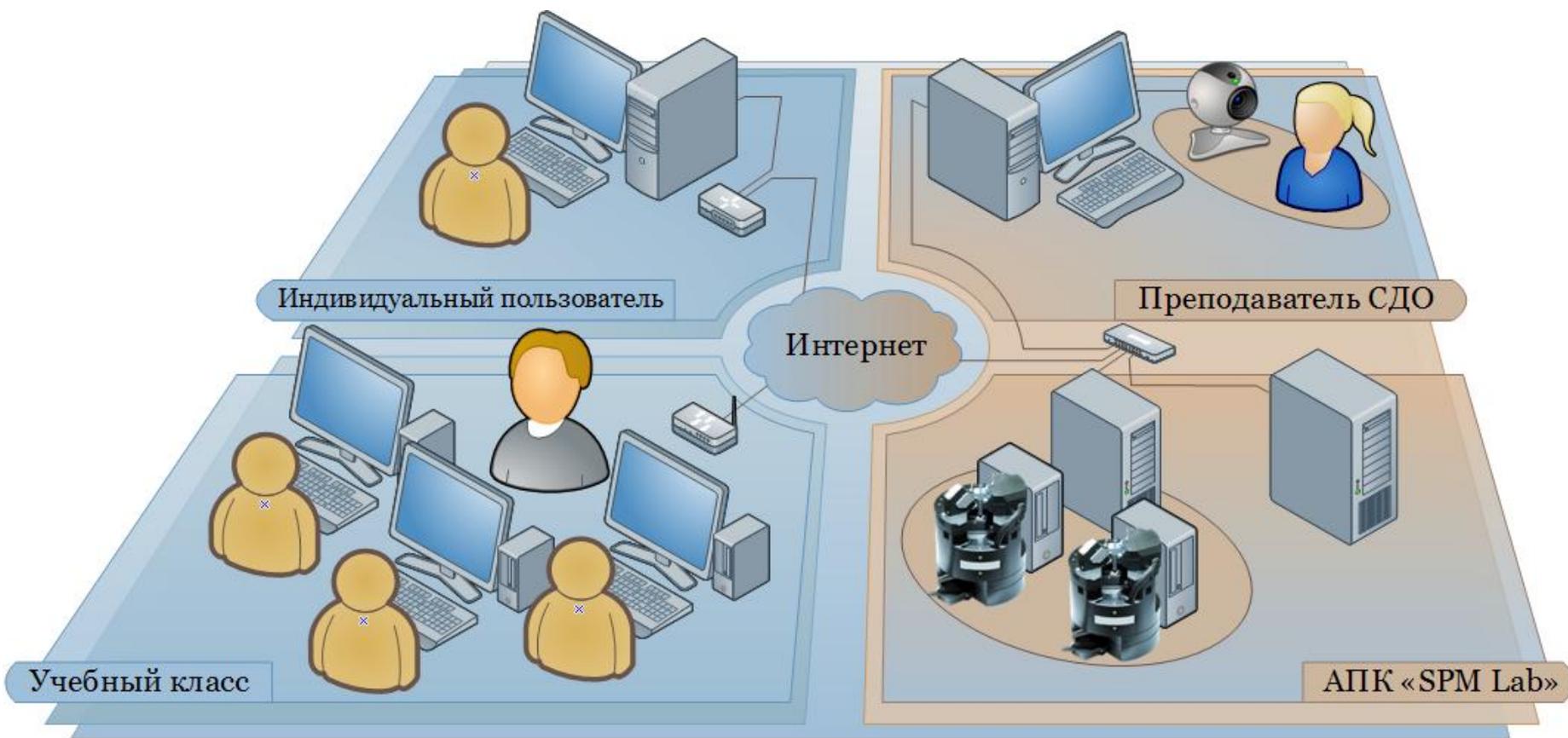


Цель: разработка интеллектуального аппаратно-программного комплекса (АПК), реализующего многофункциональную модульную систему, предназначенную для проведения **удаленных исследований и лабораторных работ** в области сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и рамановской спектроскопии.

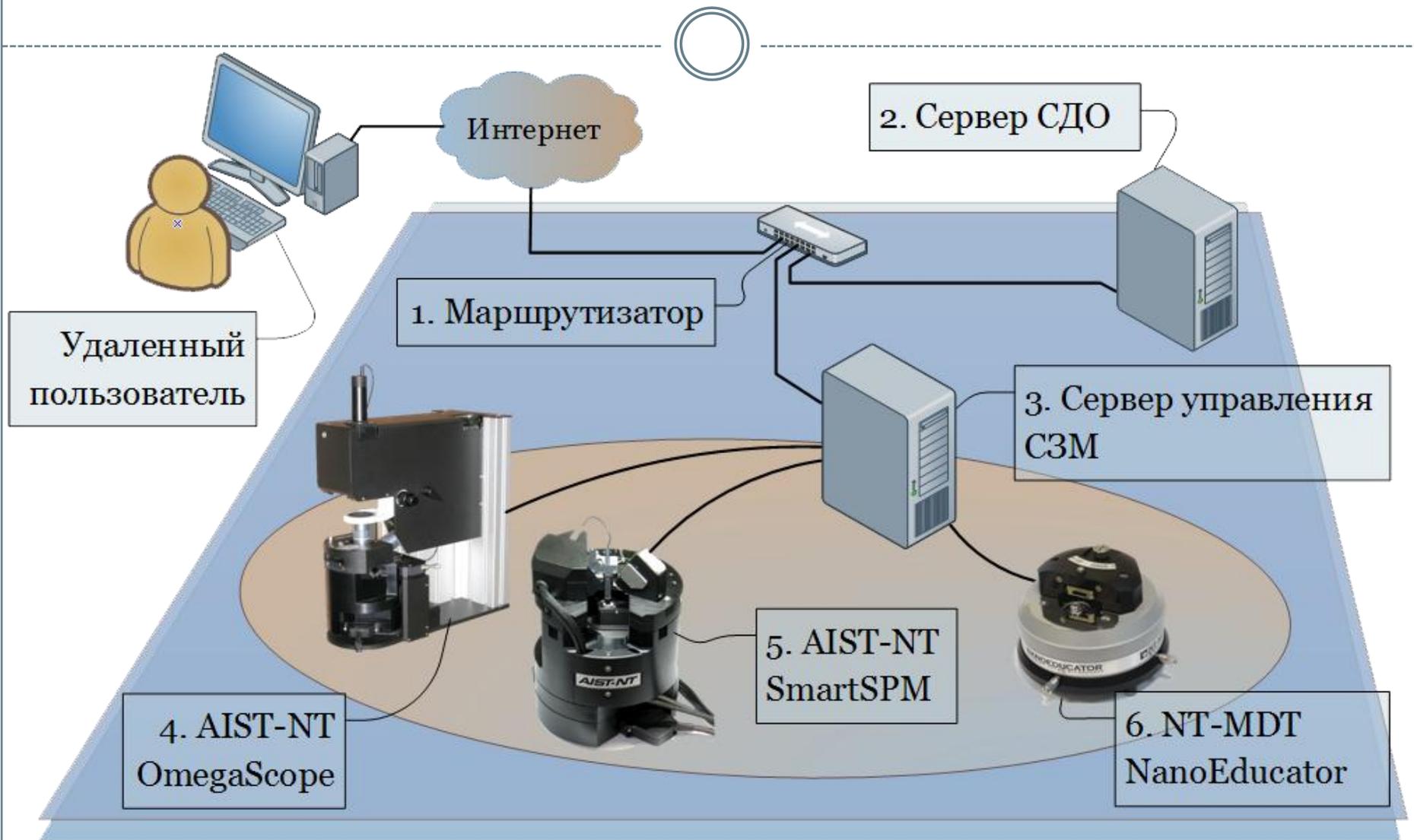
Задачи:

1. Проведение удаленных экспериментов в области СЗМ и рамановской спектроскопии с последующей **обработкой результатов** сканирования и формированием **библиотеки экспериментов** используя методологию **«тонкого клиента»**.
2. Обеспечение возможности **визуализации результата** проведенного эксперимента и экспериментов из библиотеки с применением технологии Java в **2D и 3D**.
3. Возможность внедрения АПК в систему дистанционного обучения (СДО), использующую **видеоконференц-связь**.

Схема проведения лабораторных работ



Структурный состав АПК



Обобщенная диаграмма классов АПК

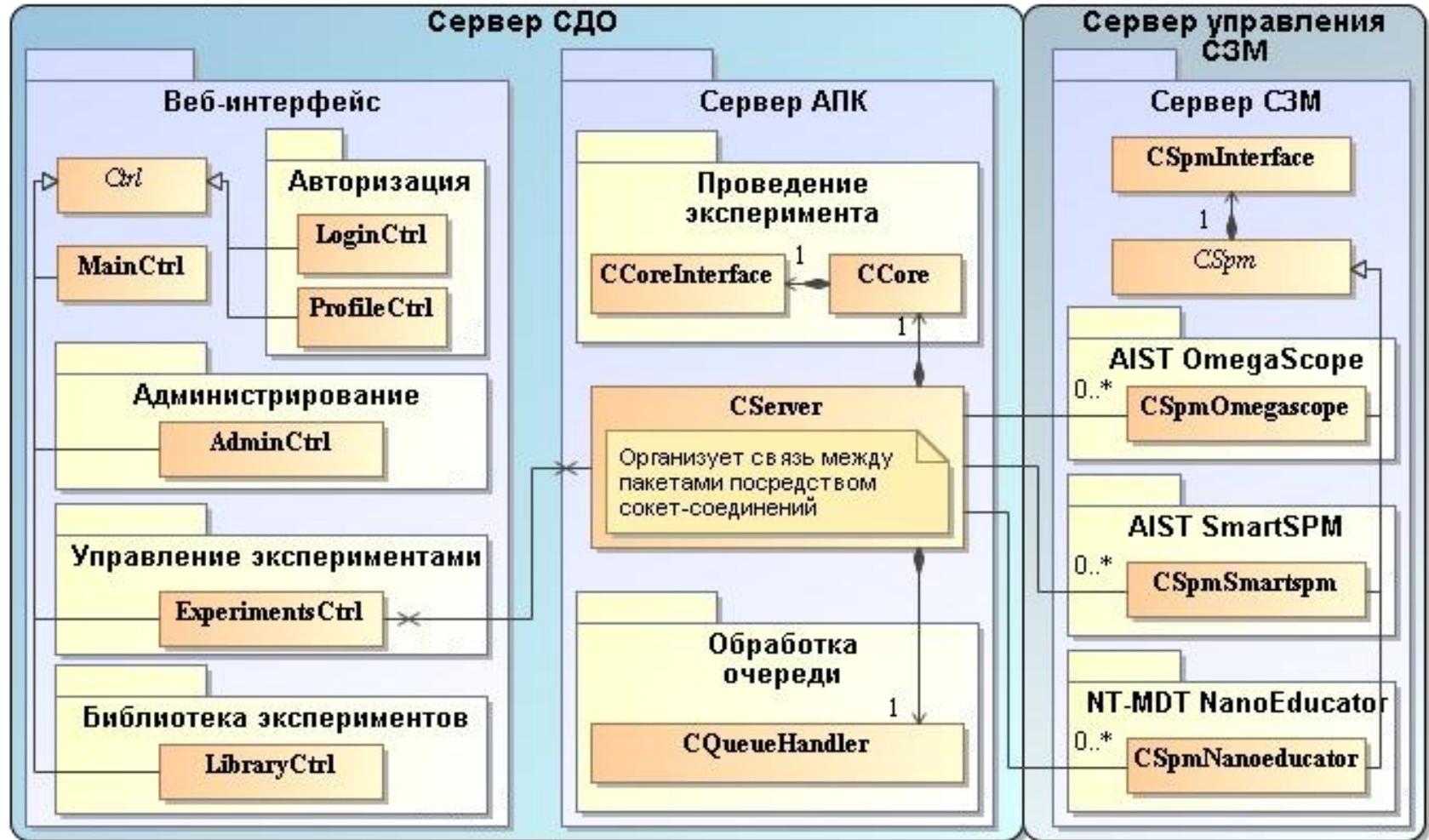
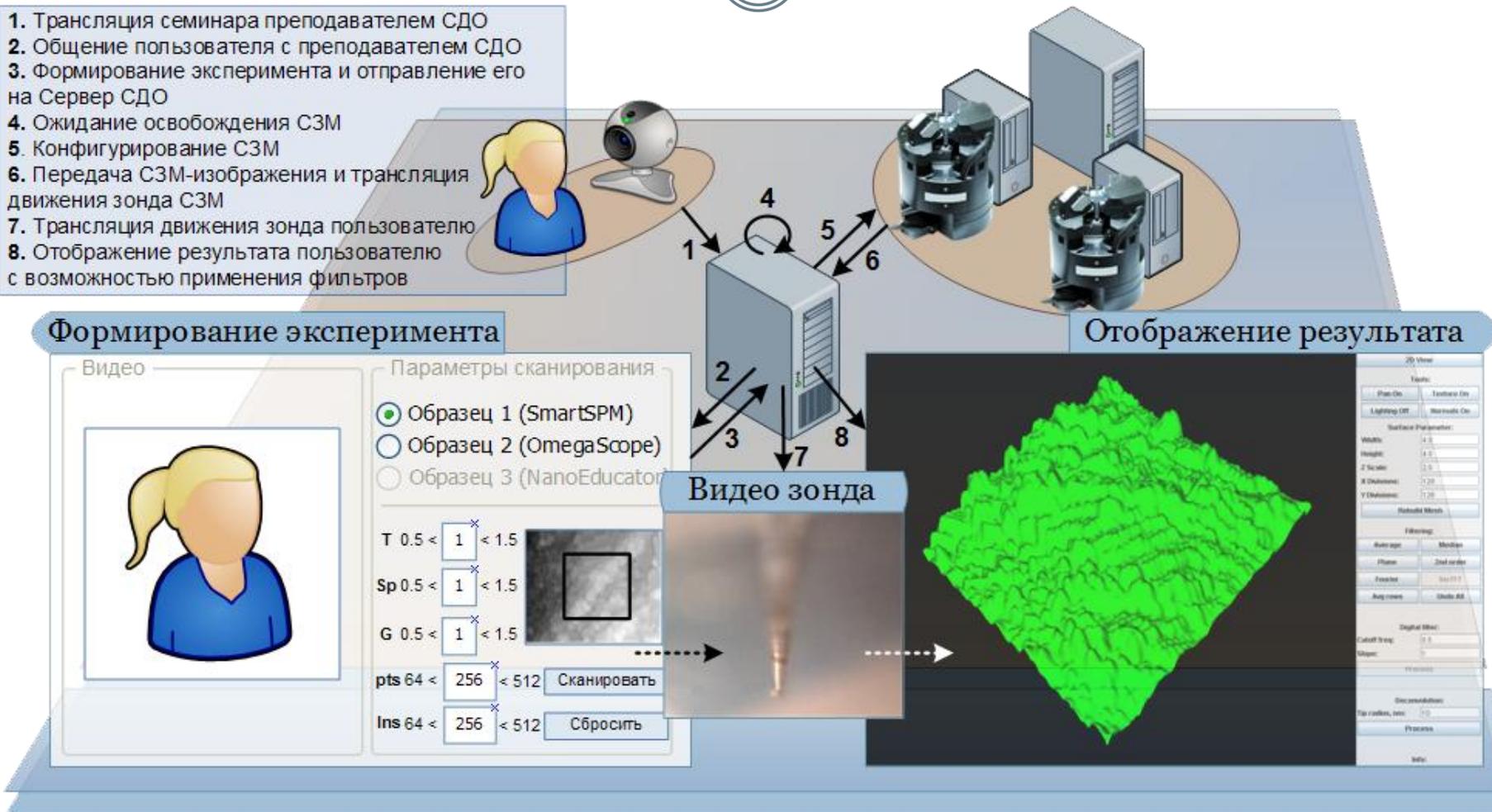


Схема проведения эксперимента

1. Трансляция семинара преподавателем СДО
2. Общение пользователя с преподавателем СДО
3. Формирование эксперимента и отправление его на Сервер СДО
4. Ожидание освобождения СЗМ
5. Конфигурирование СЗМ
6. Передача СЗМ-изображения и трансляция движения зонда СЗМ
7. Трансляция движения зонда пользователю
8. Отображение результата пользователю с возможностью применения фильтров



АСМ: методика проведения и результаты

Формирование эксперимента

Информация | Сканирование | Результат

Сканирование

Выбор образца **1**

- Полимер/фуллерен (SmartSPM)
- Молекулы ДНК (NanoEducator)
- Углеродные нанотрубки (OmegaScope)

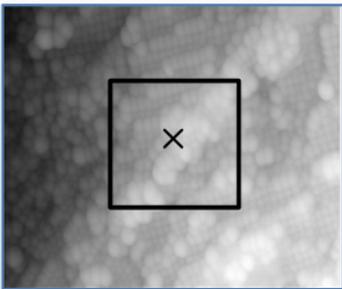
Выбор метода **2**

- Контактный
- Полуконтактный
- Бесконтактный

Параметры **3**

T	0.5 <	<input type="text" value="1"/>	< 1.5
Sp	0.5 <	<input type="text" value="1"/>	< 1.5
G	0.5 <	<input type="text" value="1"/>	< 1.5
pts	64 <	<input type="text" value="256"/>	< 512
Ins	64 <	<input type="text" value="256"/>	< 512

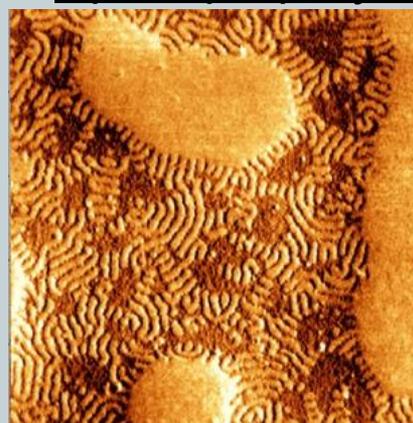
Выбор площади **4**



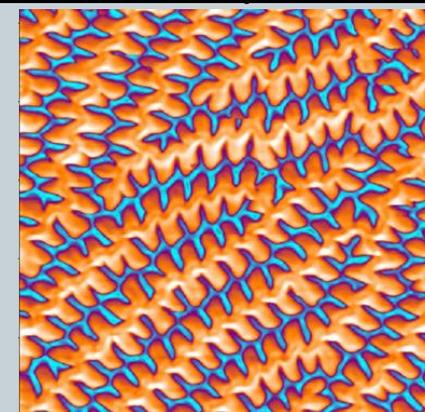
X: 1250 H: 2500
Y: 1350 W: 2500

Операции **5**

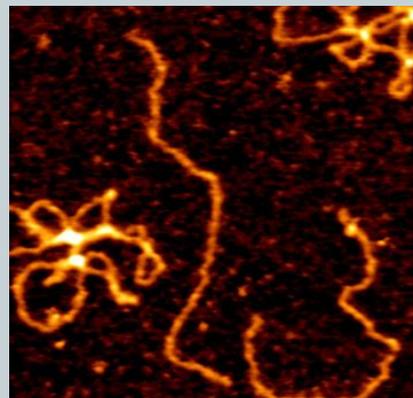
Примеры результатов эксперимента



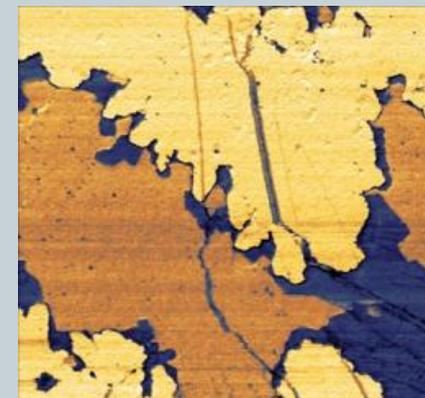
Полистирол с полиметил-метакрилатом (2,5 x 2,5 мкм)



Пленка железиттриевого граната (2,5 x 2,5 мкм)



Молекулы ДНК (220 x 220 нм)

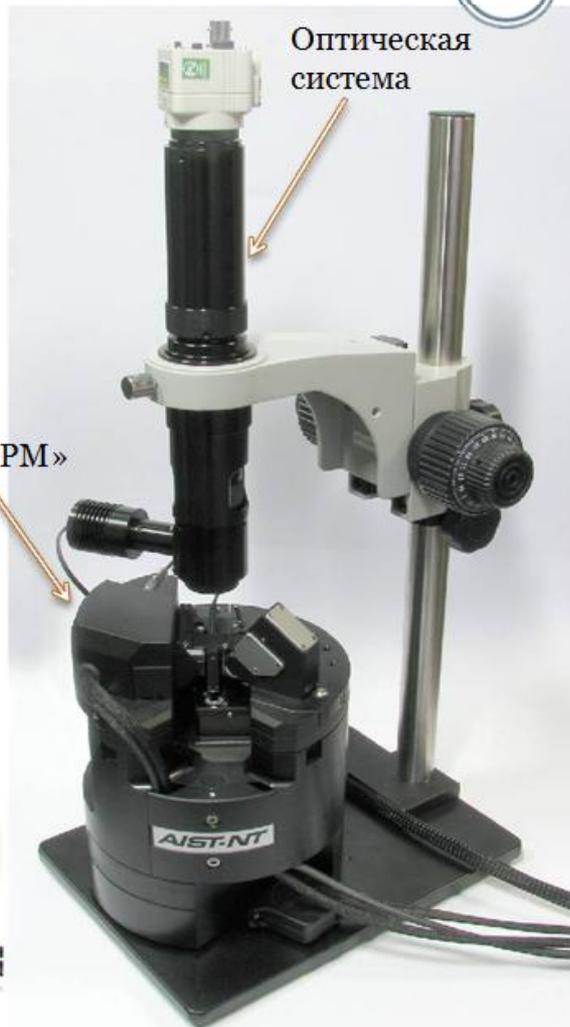


Смесь полимер/фуллерен (10 x 10 мкм)

АСМ: прибор «AIST-NT SmartSPM»



СЗМ «AIST-NT SmartSPM»



Оптическая система



АСМ: создание нового эксперимента и визуализация результатов средствами веб-интерфейса АПК

Формирование эксперимента

SPM Lab

Эксперименты Библиотека Профиль ru en Выход

Real-time История Создать новый...

Создание нового эксперимента

Информация

Название: Исследование PZT
 Описание: Изображение рельефа поверхности сегнетоэлектрика PZT тонкой пленки, изготовленной при помощи золь-гелевой
 Дата создания: 23.05.09 12:36:19
 Дата проведения: 23.05.09 12:38:54

Образец

- PZT тонкая пленка (SmartSPM)
- Углеродные нанотрубки (OmegaScope)
- Helicobacter pylori (NanoEducator)

Метод

- Контактный
- Полуконтактный
- Бесконтактный

Параметры

Обозн.	Описание	Минимум	Значение	Максимум
T	Скорость	0,5	1	1,5
SP	Сетпойнт	0,5	1	1,5
G	Коеф. усиления ОС	0,5	1	1,5
pts	Кол-во точек	64	256	512
lns	Кол-во линий	64	256	512
x1	Абсцисса т.1	0	0	6000
y1	Ордината т.1	0	0	6000
x2	Абсцисса т.2	0	6000	6000
y2	Ордината т.2	0	6000	6000

Для задания области сканирования воспользуйтесь окном справа!

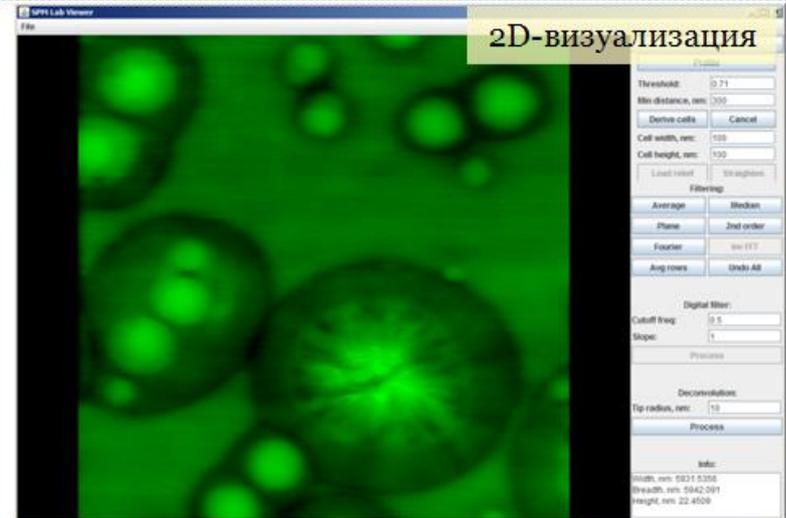
Создание: **формирование**

Область

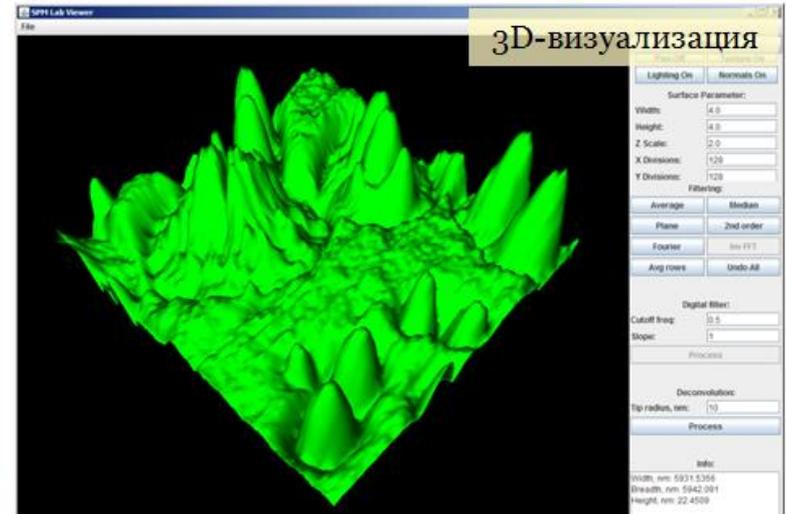
Сохранить Сбросить Сканировать...

©2009 ИУ4-МГУ

2D-визуализация



3D-визуализация



Раман: методика проведения и результаты

Формирование эксперимента

Информация Сканирование Результат

Сканирование

Выбор образца **1**

Полимер/фуллерен (SmartSPM)
 Молекулы ДНК (NanoEducator)
 Углеродные нанотрубки (OmegaScore)

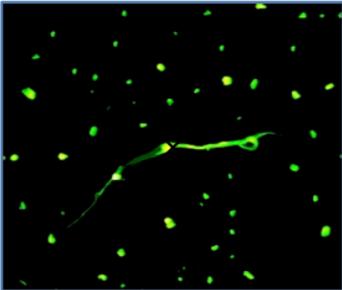
Выбор метода **2**

Контактный Полуконтактный Бесконтактный

Параметры **3**

T	0.5 <	<input type="text" value="1"/>	< 1.5
Sp	0.5 <	<input type="text" value="1"/>	< 1.5
G	0.5 <	<input type="text" value="1"/>	< 1.5
pts	64 <	<input type="text" value="256"/>	< 512
Ins	64 <	<input type="text" value="256"/>	< 512

Выбор площади **4**

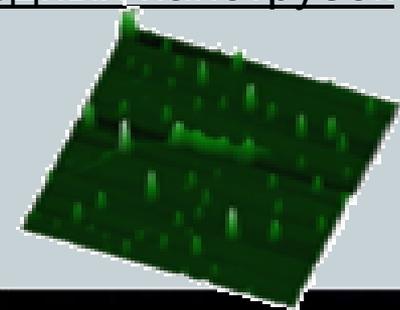


X: 0 H: 8000
Y: 0 W: 8000

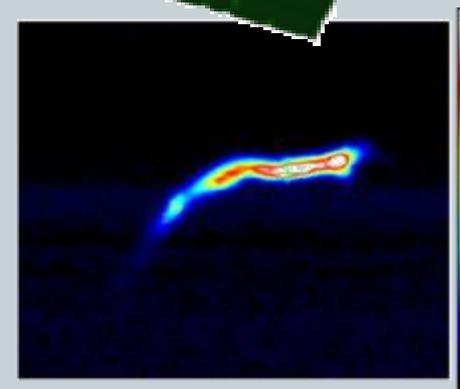
Операции **5**

Пример результата эксперимента для пучка углеродных нанотрубок

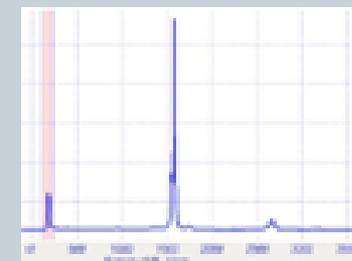
- 3D-топография



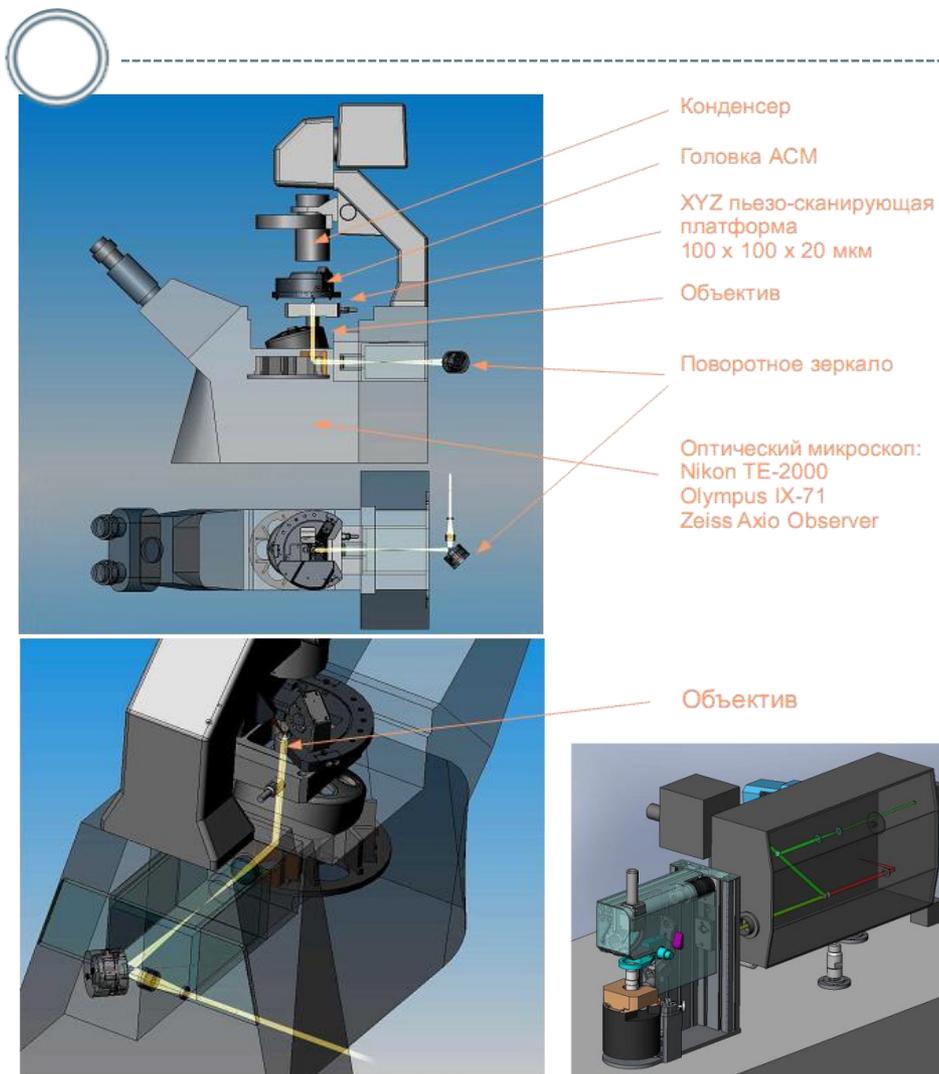
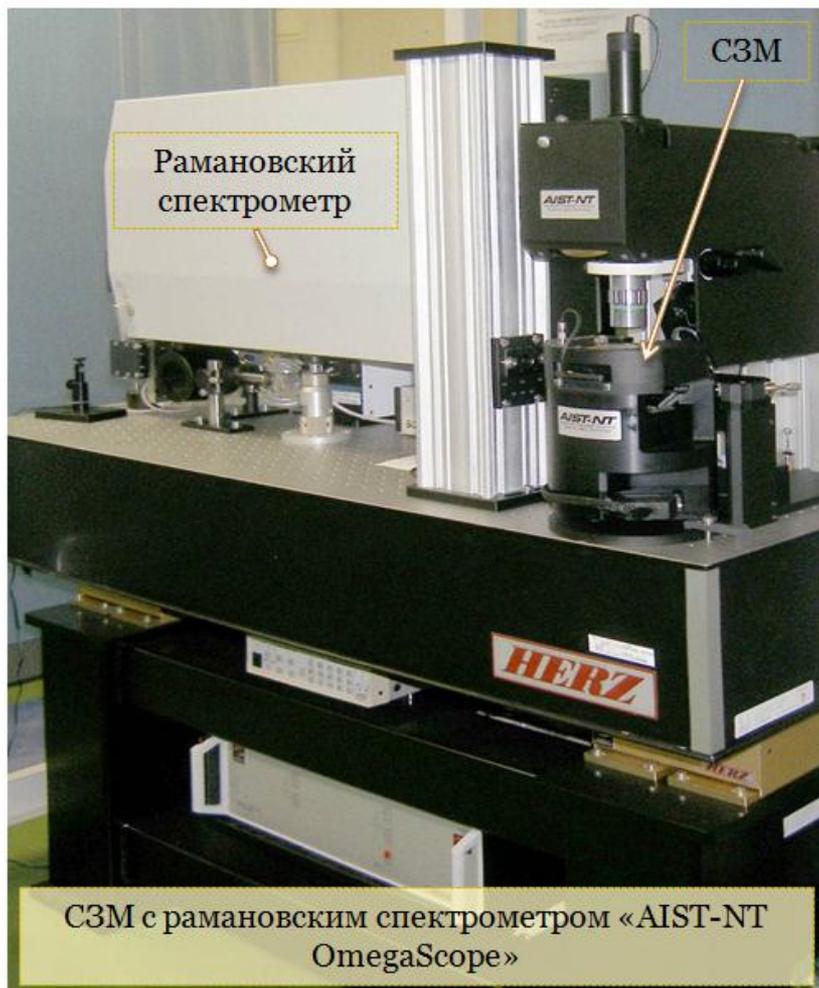
- 2D-топография



- Рамановское рассеяние в выбранной точке



Раман: прибор «AIST-NT OmegaScope»



Раман: создание нового эксперимента и визуализация результатов средствами веб-интерфейса АПК

Формирование эксперимента

SPM Lab

Эксперименты | Библиотека | Профиль | ru | en | Выход

Real-time | История | Создать новый...

Создание нового эксперимента

Информация

Название: Исследование спектра рамановского рассеяния углерода
 Описание: Получение АСМ-изображения углеродных нанотрубок и анализ их спектра рамановского рассеяния.

Дата создания: 23.05.09 12:36:19
 Дата проведения: 23.05.09 12:38:54

Образец

ДНК в жидкости (SmartSPM)
 Углеродные нанотрубки (OmegaScope)
 Helicobacter pylori (NanoEducator)

Метод

Контактный Полуконтактный Бесконтактный

Параметры

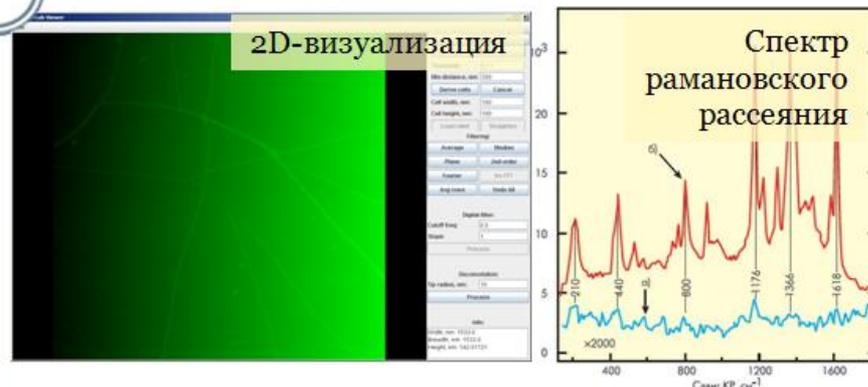
Обози.	Описание	Минимум	Значение	Максимум
T	Скорость	1.5	2	2.5
SP	Сетпойнт	0.5	1	1.5
G	Коеф. усиления ОС	0.5	1	1.5
pts	Кол-во точек	64	256	512
lms	Кол-во линий	64	256	512
x1	Абсцисса т.1	0	0	2000
y1	Ордината т.1	0	0	2000
x2	Абсцисса т.2	0	2000	2000
y2	Ордината т.2	0	2000	2000

Для задания области сканирования воспользуйтесь окном справа!

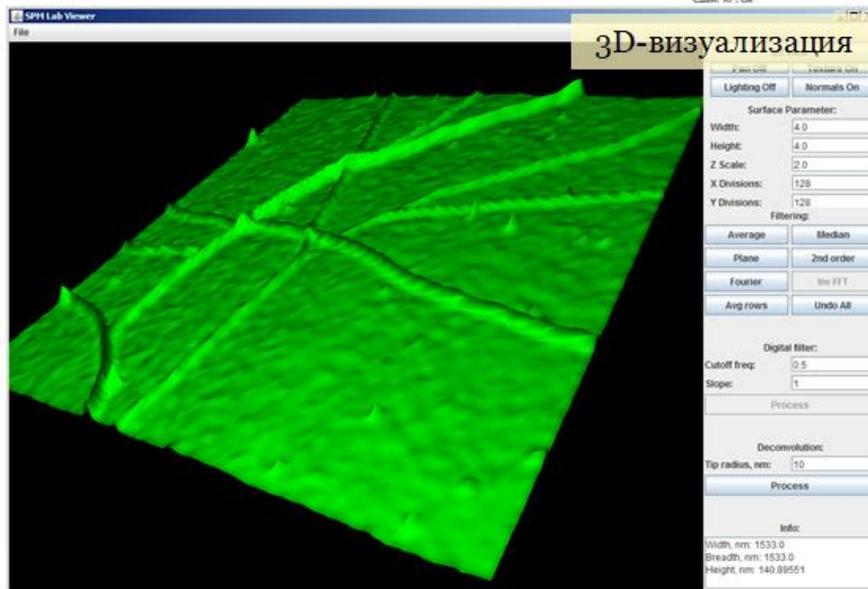
Сохранить | Сбросить | Сканировать...

©2009 ИИХ-МГУ

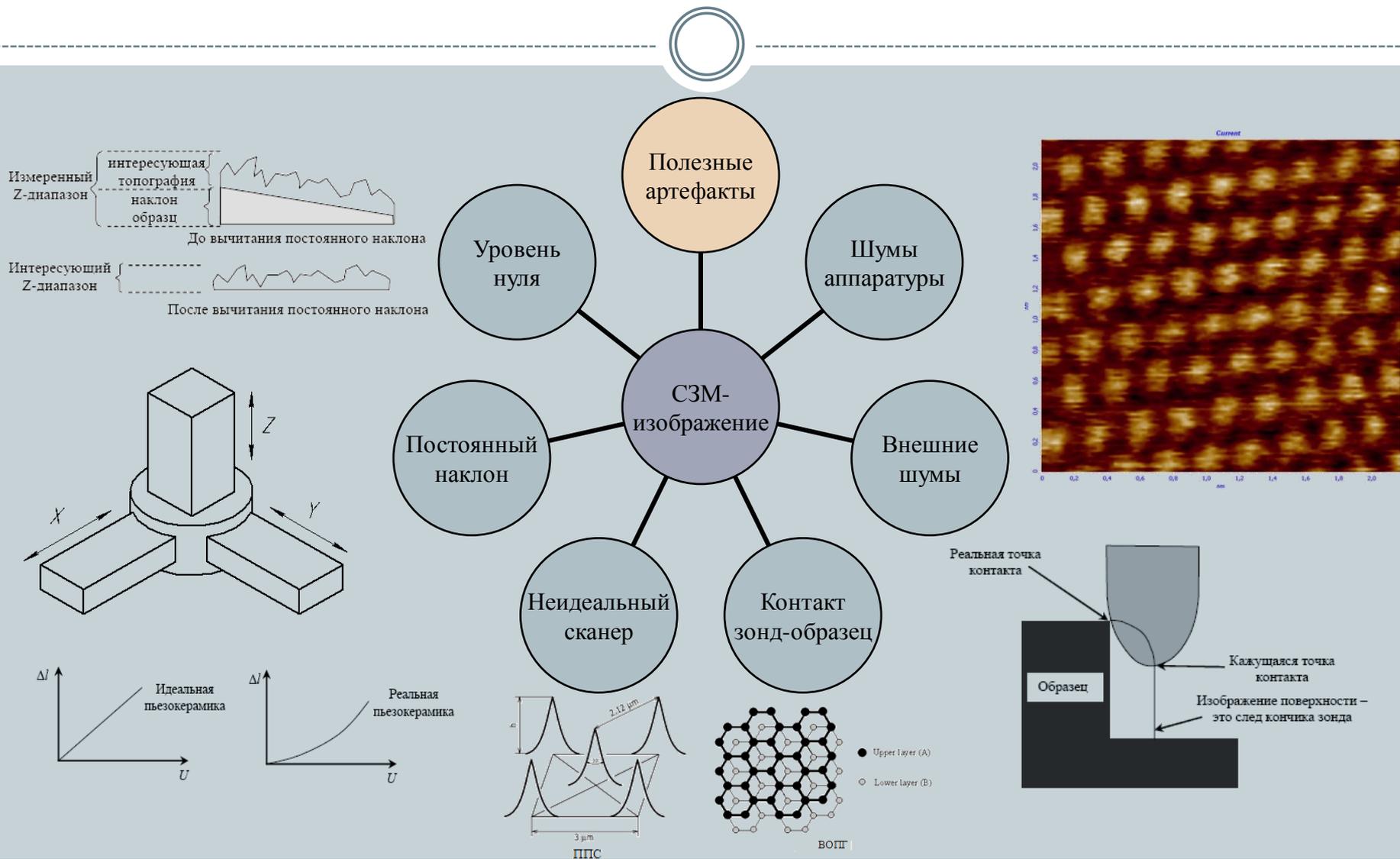
2D-визуализация



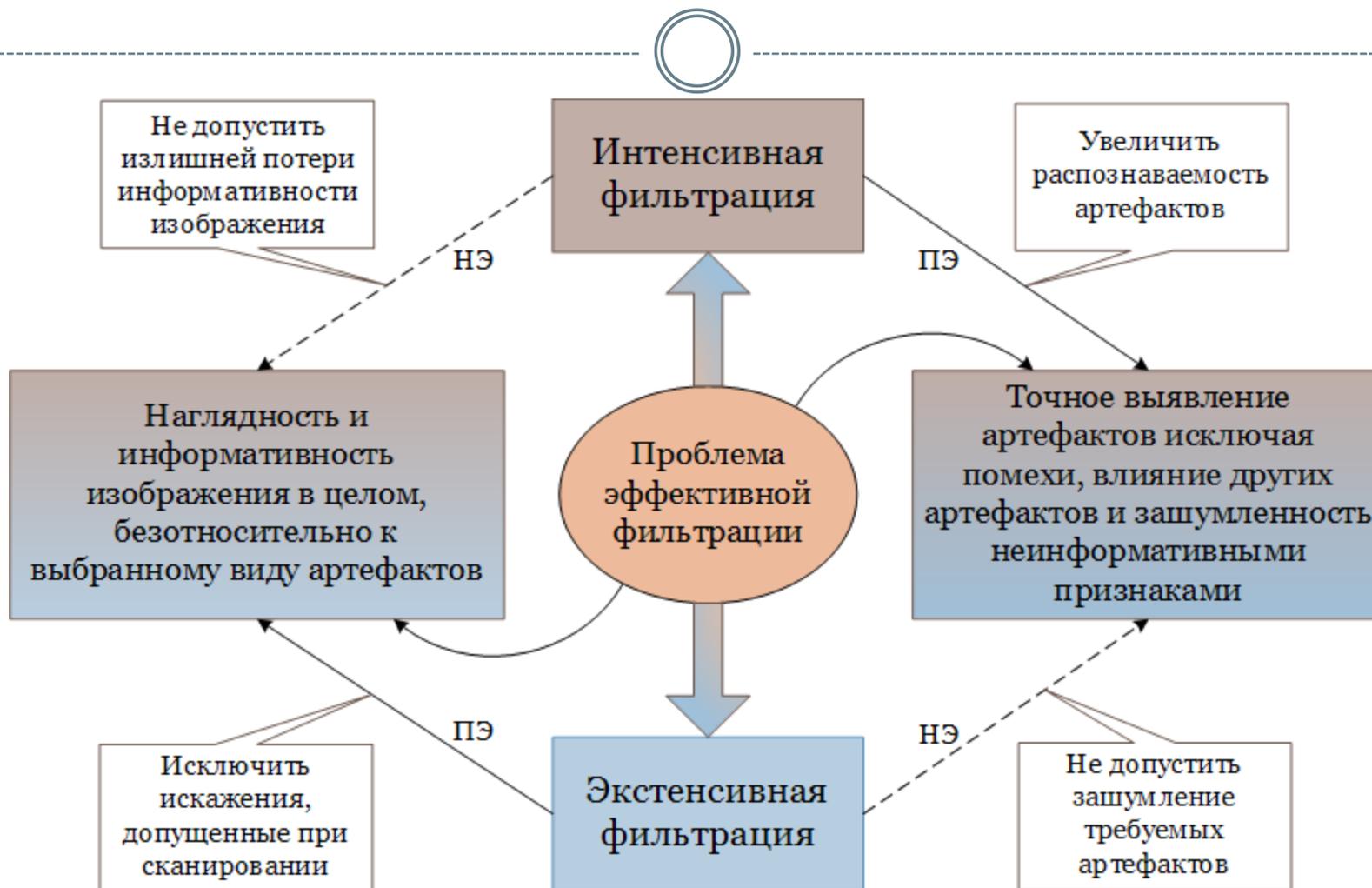
3D-визуализация



Причины искажения полезных артефактов



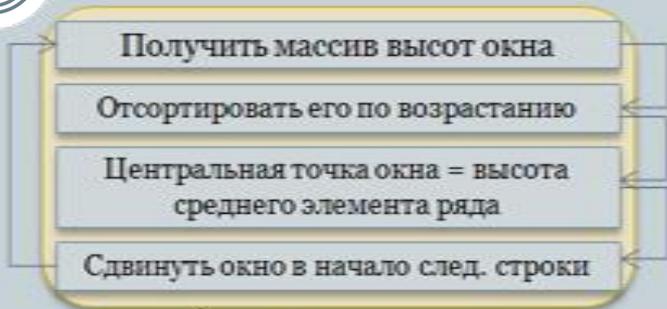
Проблема: эффективная фильтрация



Разрешение противоречия эффективной фильтрации



$$z'_{ij} = \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N z_{ij}$$



$P: z = ax + by + c$

$$\begin{cases} \frac{\partial f(a,b,c)}{\partial a} = a_{10}a + a_{11}b + a_{12}c - b_0 = 0 \\ \frac{\partial f(a,b,c)}{\partial b} = a_{20}a + a_{21}b + a_{22}c - b_1 = 0 \\ \frac{\partial f(a,b,c)}{\partial c} = a_{30}a + a_{31}b + a_{32}c - b_2 = 0 \end{cases}$$

$$z'_{ij} = z_{ij} - P_{ij}^{(1)}$$



$$z = a(x-x_c)^2 + b(y-y_c)^2 + z_c$$

$$\begin{cases} \frac{\partial f(a,b)}{\partial a} = \sum_x ((x-x_c)^2 a + (x-x_c)^2 (y-y_c)^2 b + (x-x_c)^2 (z_c - z)) = 0 \\ \frac{\partial f(a,b)}{\partial b} = \sum_x ((x-x_c)^2 (y-y_c)^2 a + (y-y_c)^2 b + (y-y_c)^2 (z_c - z)) = 0 \end{cases}$$

$$z'_{ij} = z_{ij} - P_{ij}^{(2)}$$

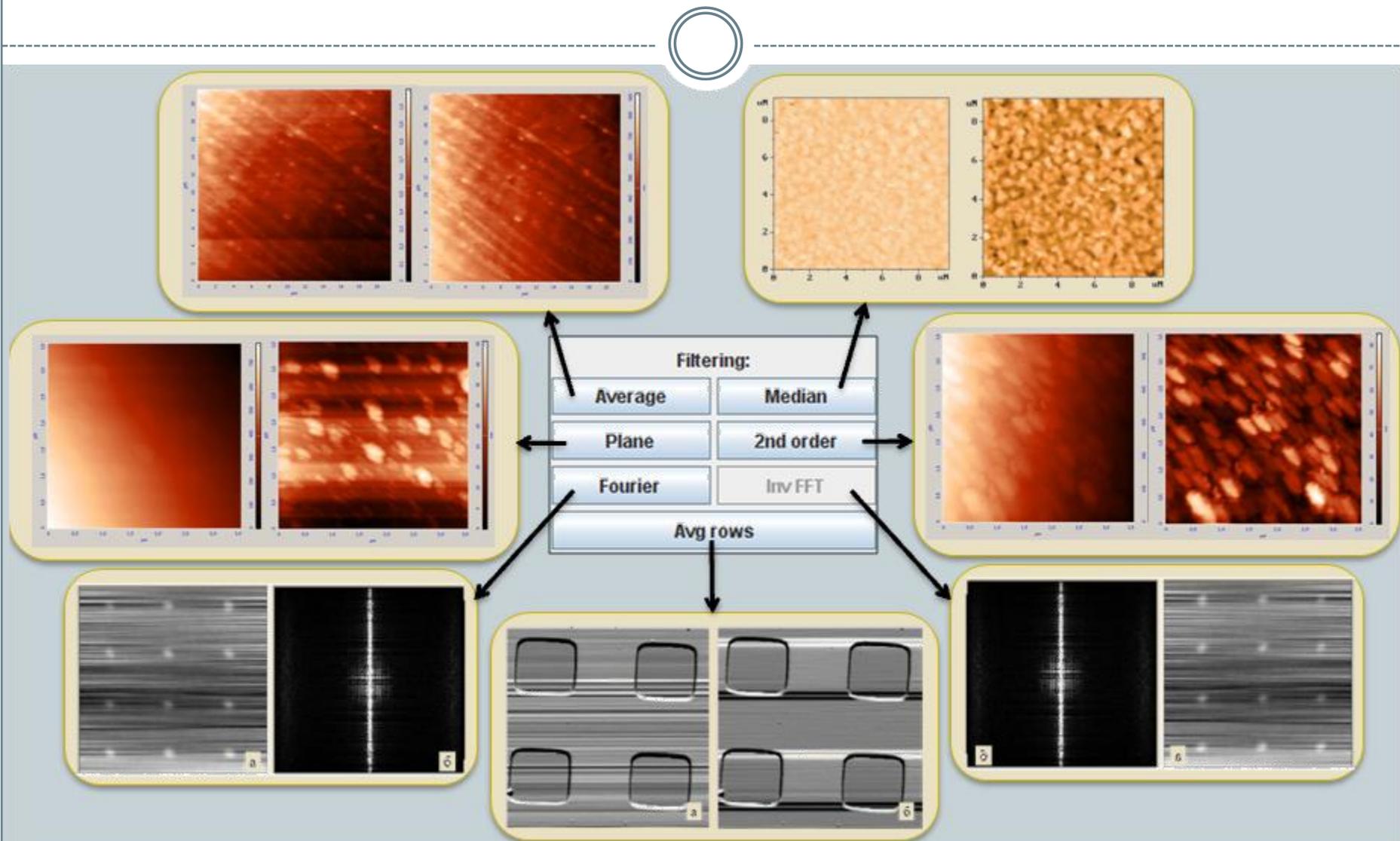
$$F[k,l] = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{M-1} f[m,n] e^{-j2\pi(\frac{mk}{M} + \frac{nl}{N})}$$

$$\bar{z}_j = \frac{1}{N} \sum_i z_{ij}$$

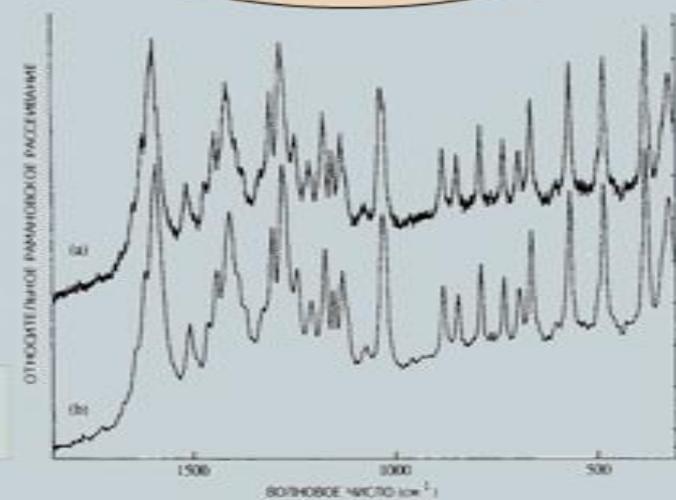
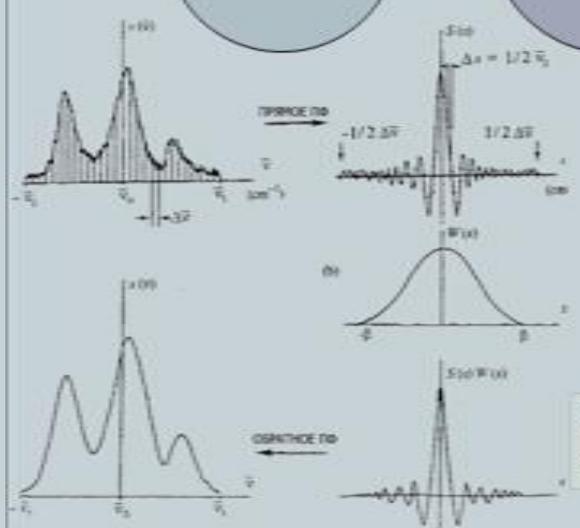
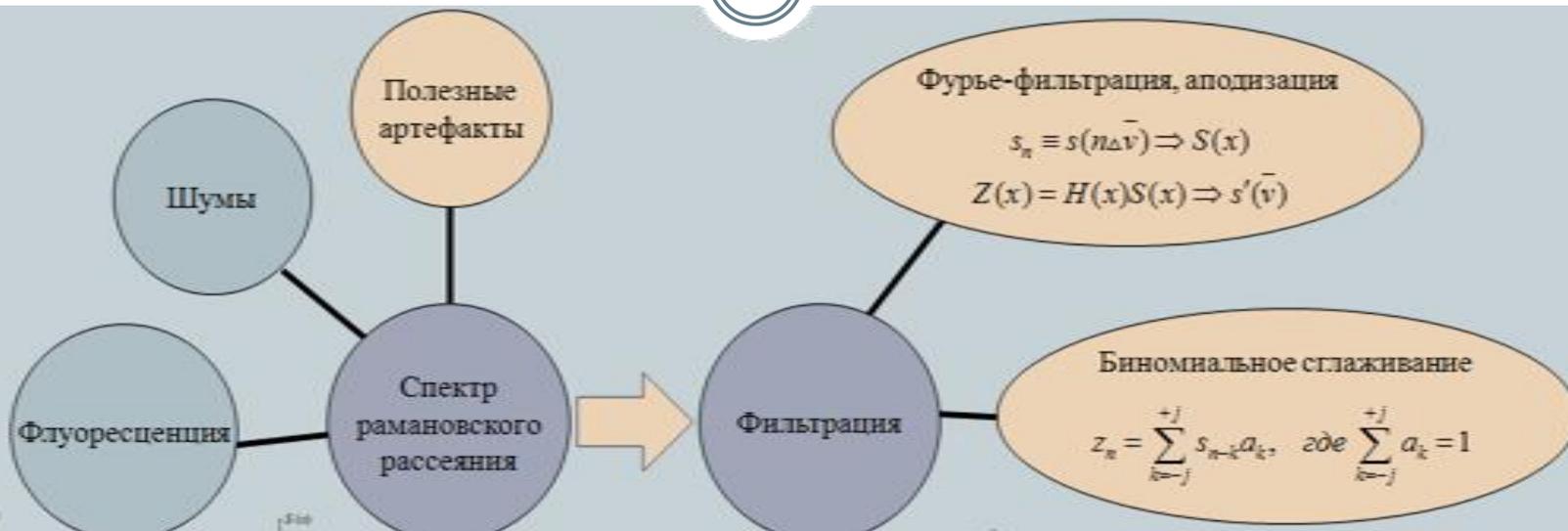
$$z'_{ij} = z_{ij} - \bar{z}_j$$

$$f[m,n] = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} F[k,l] e^{j2\pi(\frac{mk}{M} + \frac{nl}{N})}$$

Примеры применения алгоритмов фильтрации



Проблемы искажения спектров рамановского рассеяния и их решение



Интеграция АПК в образовательный процесс

УМК

Разработаны два Учебно-Методических Комплекса по направлениям:

«Атомно-силовая микроскопия» и «Рамановская спектроскопия»,

содержащие:

- методические материалы (экзаменационные билеты, слайды лекций и т.п.);
- конспект лекций;
- удаленные лабораторные работы на основе средств разработанного АПК.

Модуль «Сервер СДО» в Интернет-центре каф. ИУ4



Helios Profice VL310



Модуль «Сервер управления СЗМ» и рабочее место администратора АПК

Слушатели удаленного учебного класса в рамках СДО, интегрирующей АПК

Выводы и апробация работы

- Разработан и развернут прототип АПК, реализующий поставленные задачи;
- Реализован Java-модуль визуализации результатов экспериментов;
- Реализованы методики обработки результатов;
- Проработана возможность интеграции АПК в СДО с видеоконференц-связью;
- Разработаны два УМК для способствования внедрения АПК в учебный процесс;
- По результатам работы опубликованы 3 печатные работы.

