



ЗАО НПФ "СИГМА СКАН"

# **Система изготовления острий (зондов) для сканирующих туннельных микроскопов (СТМ)**

## **Модель TFS 1**

---

Краткое техническое описание  
Руководство пользователя

**2007**

### **Оглавление**

119991 Москва, ул. Вавилова д. 38, тел./факс (499) 503-8769

[www.sigmascan.ru](http://www.sigmascan.ru) , [info@sigmascan.ru](mailto:info@sigmascan.ru)

Введение.....	3
Конструкция.....	4
Электрохимическая ячейка .....	5
Блок управления СИО .....	7
Кабель для подключения электрохимической ячейки .....	9
Технические характеристики .....	10
Режимы и порядок работы .....	11
Подготовка к работе.....	11
Подготовительное травление .....	11
Рабочее травление .....	12
Подготовка острий (зондов) к работе в СТМ .....	12
Параметры травления .....	13
Параметры получаемых острий (зондов).....	13

## Введение

Система изготовления острий (зондов) для СТМ, модель TFS-1, далее СИО, является прецизионным инструментом для изготовления острий (зондов) из вольфрамовой проволоки методом электрохимического травления. Электрохимическое травление вольфрамовой проволоки производится в растворе гидроксида натрия NaOH. К вольфрамовой проволоке, погруженной в раствор NaOH, прикладывается напряжение постоянного тока, под действием которого происходит травление проволоки на уровне поверхности раствора NaOH. В момент, когда в зоне травления проволока становится очень тонкой, нижний конец проволоки отрывается и происходит автоматическое отключение процесса травления. В результате этого процесса получается острие (зонд) с микроострием, пригодное для работы в СТМ. Качество острия (зонда) определяется параметрами травления, а именно: напряжением травления, током травления, током отсечки (порог тока травления, при котором автоматически отключается процесс электрохимического травления). А также концентрацией раствора NaOH. Параметры травления задаются пользователем.

Во избежание случайного изменения пользовательских настроек параметры электрохимического травления устанавливаются с помощью подстроечных резисторов, шлицы которых выведены на правую боковую стенку блока управления СИО. Имеется возможность визуального наблюдения за процессом электрохимического травления на экране осциллографа. Для этого предусмотрены три коаксиальных разъема на задней панели блока управления СИО.

В СИО модели TFS-1 предусмотрен и ручной режим работы. В этом режиме не производится отключение процесса травления в момент отрыва конца проволоки. Это позволяет пользователю совместно с визуальным наблюдением на экране осциллографа исследовать весь процесс травления проволоки и после отрыва конца проволоки. Для установки ручного режима предусмотрен переключатель на задней стенке блока управления СИО.

В СИО модели TFS-1 предусмотрен звуковой сигнал об окончании процесса травления.

## Конструкция

В состав СИО модели TFS-1 (рис. 1) входят:

- Электрохимическая ячейка;
- Блок управления СИО;
- Кабель для подключения электрохимической ячейки;
- Шнур сетевого питания.

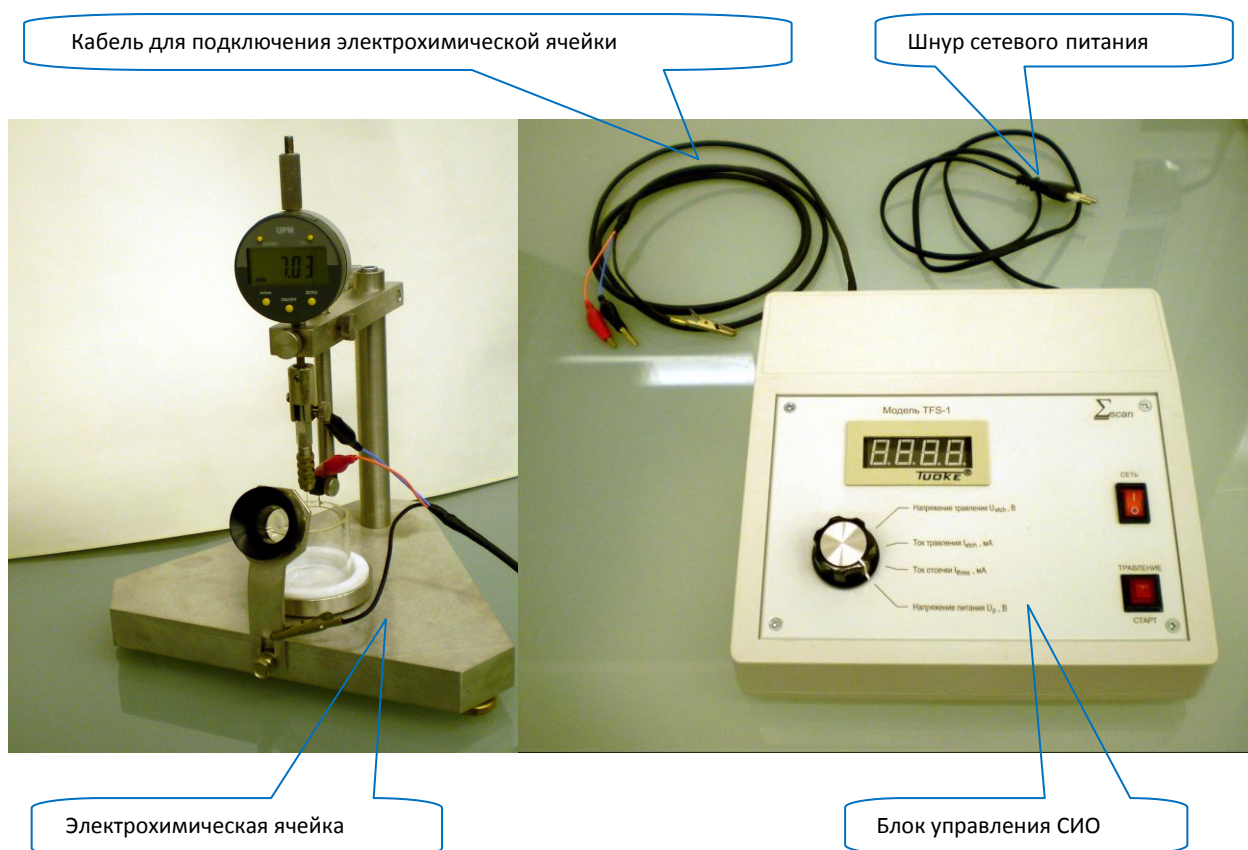


Рис. 1

## Электрохимическая ячейка

На рис. 2 показан общий вид электрохимической ячейки.

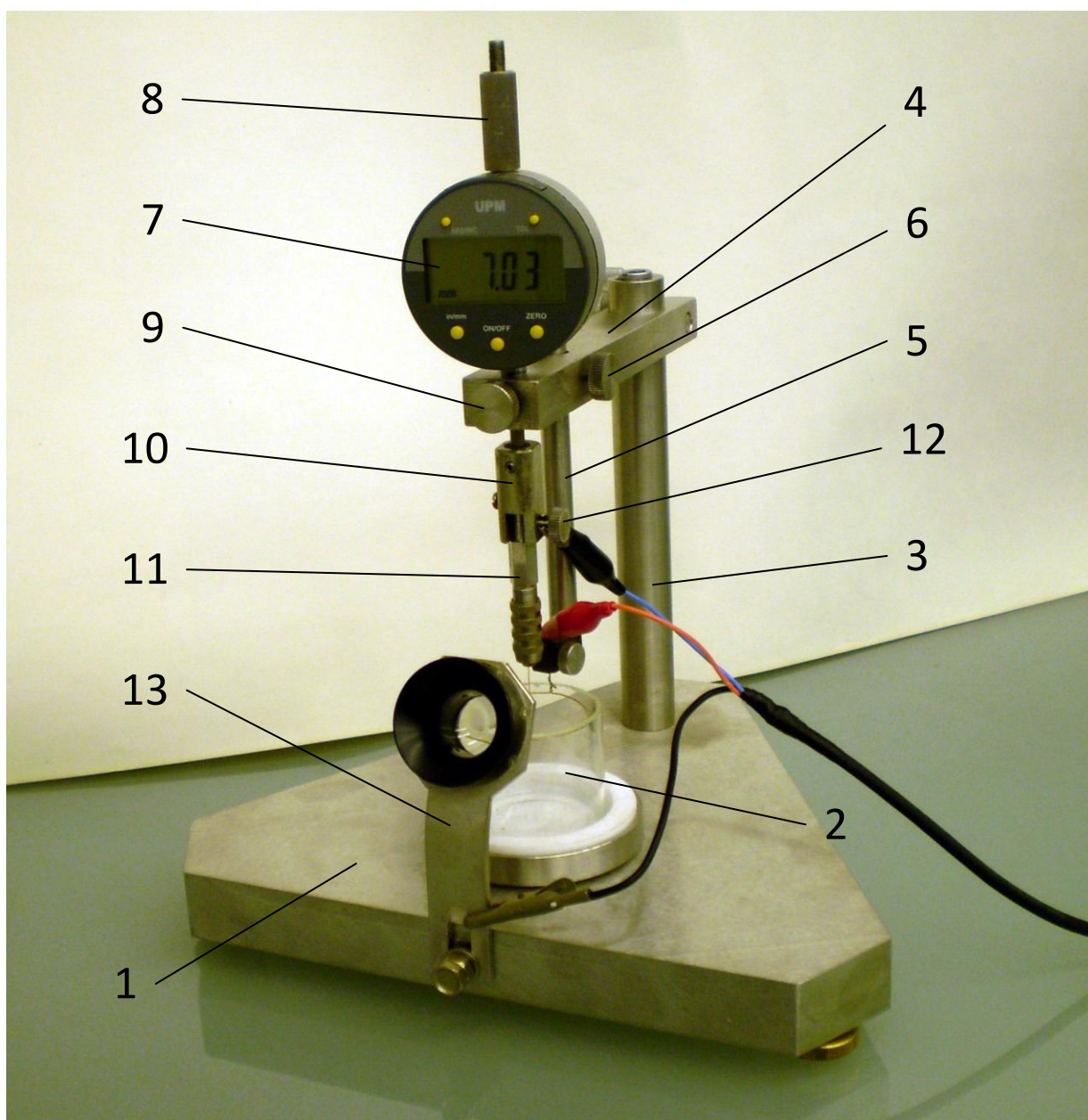


Рис. 2

В состав электрохимической ячейки входит:

- основание **1** с 3-мя винтовыми ножками для выставления горизонта;
- химический стеклянный стакан **2**, установленный во фторопластовую обойму, которая установлена в металлическую обойму. Металлическая обойма ввинчена в основание **1**;
- стойка **3**, ввинченная в основание **1**;
- кронштейн **4**, крепящийся на стойке **3** зажимным винтом (на рис. не показан);
- штатив **5** с платиновым кольцом. Штатив фиксируется на кронштейне **4** зажимным винтом **6**. На рис. 3 отдельно показан штатив с платиновым кольцом, где: **1** –



- штатив, 2 – изолирующая лапка, в отверстие которой вставлен хвостик 5 платинового кольца 4. Хвостик в лапке зажимается винтом 3. Платиновое кольцо электрически изолировано от штатива;
- цифровой микрометрический индикатор 7 с микрометрическим винтом 8. Индикатор фиксируется на кронштейне 4 зажимным винтом 9. Цифровой индикатор имеет три кнопки управления: выключатель питания “ON/OFF”, переключатель размерности “in/mm” (дюйм/мм) и кнопка сброса показаний индикатора в ноль при фиксированном положении измерительного штока индикатора для проведения относительных перемещений и измерений;
  - зажимная втулка 10, установленная на штоке микрометрического индикатора 7. Зажимная втулка 10 электрически изолирована от штока микрометрического индикатора 7;
  - цанговый патрон 11, закрепленный в зажимной втулке 10 винтом 12. В патроне 11 зажимается вольфрамовая проволока, которую необходимо травить. Вольфрамовая проволока через цанговый патрон 11 имеет электрический контакт с зажимной втулкой 10, но изолирована от корпуса металлической конструкции электрохимической ячейки. На рис. 3 отдельно показан цанговый патрон с вольфрамовой проволокой, где 6 – цанговый патрон, 7 – вольфрамовая проволока;
  - кронштейн 13 с увеличительной лупой. Лупа имеет винтовое соединение с кронштейном 13, что позволяет изменять фокусное расстояние между лупой и местом травления для получения четкости изображения;

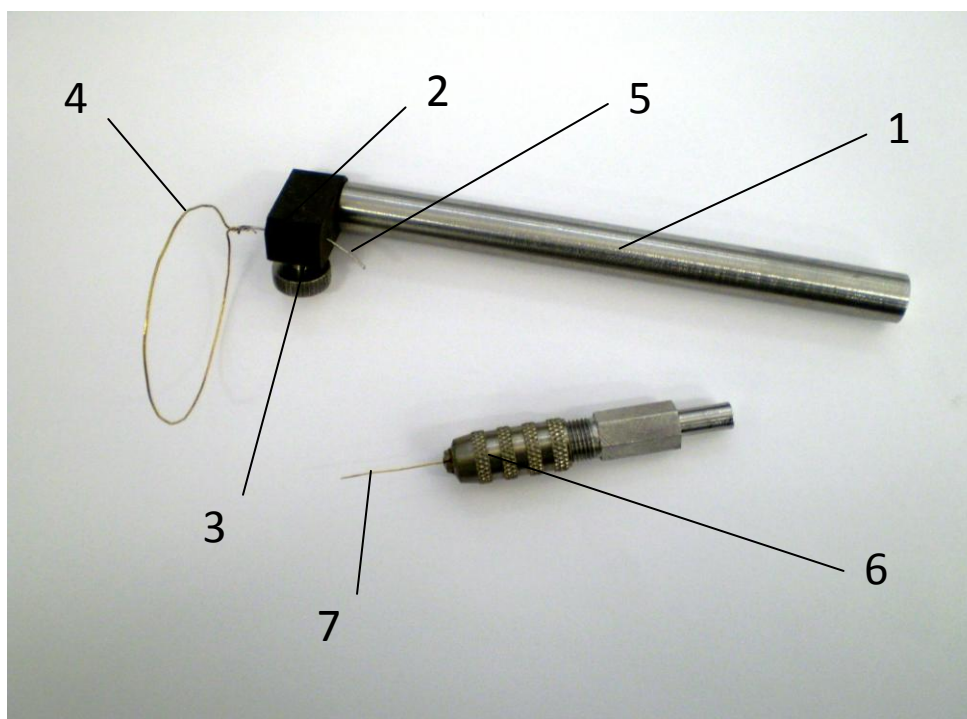


Рис. 3

### Блок управления системой изготовления острий (СИО)

Блок управления СИО предназначен для обеспечения электрических параметров электрохимического травления. Конструктивно блок управления выполнен в пластмассовом корпусе GAINTA G1502 настольного типа с наклонной лицевой панелью из алюминия (рис. 1).

На лицевой панели (рис. 4) расположены:

- Цифровой измерительный прибор с дисплеем;
- Выключатель сетевого питания «СЕТЬ»;
- Кнопка запуска процесса травления «ТРАВЛЕНИЕ/СТАРТ»;
- Ручка переключателя режима измерения параметров травления



Рис. 4

Дисплей цифрового измерительного прибора имеет 4-е десятичных разряда с плавающей децимальной точкой. Положение децимальной точки зависит от выбора режима измерения. В модели TFS-1 предусмотрено измерение и индикация 4-х параметров:

1. Напряжение травления  $U_{etch}$ , В. Дискретность 0,01 В;
2. Ток травления  $I_{etch}$ , мА. Дискретность 0,1 мА;
3. Ток отсечки  $I_{thres}$ , мА. Дискретность 0,01 мА;
4. Напряжение питания  $U_p$ , В. Дискретность 0,01 В.

Напряжение травления  $U_{etch}$  – это напряжение между вольфрамовой проволокой и платиновым кольцом. Этот параметр только измеряется. В процессе травления этот параметр меняется от минимального значения к максимальному.

Ток травления  $I_{etch}$  – это ток, проходящий через вольфрамовую проволоку, электролит (NaOH) и платиновое кольцо. В процессе травления ток травления уменьшается от начального значения до минимального, порогового значения. Начальный ток травления устанавливается подстроечным резистором регулировки «ТОК» на боковой стенке блока управления СИО (см. рис. 6).

Ток отсечки  $I_{thres}$  – это порог тока травления, при котором происходит автоматическое отключение процесса травления. Этот параметр постоянный и в процессе травления не меняется. Порог тока травления устанавливается подстроечным резистором регулировки «ПОРОГ» на боковой стенке блока управления СИО (см. рис. 6).

Напряжение питания  $U_p$  – это напряжение питания всей схемы травления. Величина напряжения устанавливается подстроечным резистором регулировки «ПИТАНИЕ» на боковой стенке блока управления СИО (см. рис. 6).

На задней панели блока управления СИО (рис. 5) расположены:

- Разъем сетевого питания 220В 50Гц;
- Держатель предохранителя с предохранителем 0,16 А;
- Коаксиальный разъем «ТОК» вывода на осциллограф сигнала тока травления;
- Коаксиальный разъем «КОМПАР.» вывода на осциллограф сигнала срабатывания компаратора в момент отсечки;
- Коаксиальный разъем «ОТС.» вывода на осциллограф сигнала управления транзистором отсечки;
- 3-х контактный круглый разъем «ХИМ. ЯЧ.» для подсоединения кабеля от химической ячейки.
- Переключатель «АВТ./РУЧН,» переключения режима работы процесса травления.



Рис. 5



На правой боковой стенке блока управления (рис. 6) расположены отверстия для доступа к подстроечным резисторам регулировки:

- Порога тока отсечки «ПОРОГ»;
- Тока травления «ТОК»;
- Напряжения питания «ПИТАНИЕ».



Рис. 6

Внутри корпуса блока управления размещена печатная плата со смонтированными на ней электронными компонентами.

В блоке управления СИО предусмотрен кратковременный звуковой сигнал, включающийся в момент автоматического отключения процесса травления.

### **Кабель для подключения электрохимической ячейки**

Кабель для подключения электрохимической ячейки к блоку управления СИО выполнен из кабеля марки С800 и представляет собой две изолированные жилы в общем экране. Экран электрически соединен с цепью «AGND» блока управления. С одной стороны кабеля смонтирован круглый разъем (розетка) с накидной резьбовой гайкой для соединения с разъемом «ХИМ. ЯЧ.» блока управления. С другой стороны кабеля смонтированы три зажима типа «крокодил». Зажим с изолирующим колпачком черного цвета (минус) подключается к платиновому кольцу, а зажим с колпачком красного цвета (плюс) – к вольфрамовой проволоке. Третий зажим без колпачка (экран кабеля) подключается к корпусу электрохимической ячейки (см. рис. 2).

**Внимание! На рис. 2 подключение зажимов с колпачками красного и черного цвета – ошибочно! Подключать указанные зажимы согласно тексту, т.е. поменять их местами!**

## Технические характеристики

Технические характеристики СИО модели TFS-1 представлены в таблица 1.

Таблица 1

Внешнее питание	вид тока	переменный
	частота тока	50 Гц
	напряжение	220 В
Потенциостат	напряжение питания	5,00 – 12,00 В с дискретностью 0,01 В
	ток травления	60 мА (максимум)
Остановка травления	Время задержки выключения тока травления относительно момента отсечки (отрыва кончика проволоки)	≤ 100 нс
Измерение	Диапазон измерения напряжения	0 – 19,99 В с дискретностью 0,01 В
	Диапазон измерения тока травления	0 – 199,9 мА с дискретностью 0,1 мА
	Диапазон измерения тока отсечки	0 -19,99 мА с дискретностью 0,01 мА
Звуковой сигнал	Источник звука	Пьезокерамический излучатель
	Интенсивность звука	82 дВ
	Частота звука	3000 Гц
	Длительность звука	≥ 2 сек.

## Режимы и порядок работы

### Подготовка к работе

Подключить СИО к сети 220 В 50 Гц с помощью сетевого кабеля.

Включить блок управления СИО выключателем «СЕТЬ», при этом должна загореться лампочка индикации.

Установить переключатель «АВТ./РУЧН.» на задней панели блока управления в положение «АВТ.».

Установить ручку переключателя режимов измерения в положение «Напряжение питания  $U_p$ , В». Подстроечным резистором «ПИТАНИЕ» на правой боковой стенке блока управления установить требуемое напряжения питания по показаниям дисплея.

Установить ручку переключателя режимов измерения в положение «Ток отсечки  $I_{thres}$ , мА». Подстроечным резистором «ПОРОГ» на правой боковой стенке блока управления установить требуемый ток отсечки по показаниям дисплея.

Выключить блок управления СИО.

### Подготовительное травление

Установить электрохимическую ячейку СИО на виброизолированную подставку либо собственно на вакуумной установке, включающей в себя СТМ. Это необходимо во избежание преждевременного отрыва перетравленного кончика. Выставить горизонт основания электрохимической ячейки. Подготовить 2М раствор NaOH в химическом стакане электрохимической ячейки.

Опустить платиновое кольцо в раствор NaOH на глубину 2-3 мм. Подготовить и установить в цанговом патроне вольфрамовую проволоку диаметром 0,3 мм и длиной не менее 20 мм. Опустить вольфрамовую проволоку в раствор NaOH на глубину 4 мм.

Подключить кабель связи между блоком управления СИО и электрохимической ячейкой, при этом зажим кабеля с красным колпачком должен быть подключен к вольфрамовой проволоке, а зажим с черным колпачком – к платиновому кольцу химической ячейки.

Включить блок управления СИО выключателем «СЕТЬ».

Нажать кнопку «ТРАВЛЕНИЕ/СТАРТ» на панели блока управления. Должна загореться индикация кнопки. После этого кнопку отпустить.

Установить ручку переключателя режимов измерения в положение «Ток травления  $I_{etch}$ , мА». Подстроечным резистором «ТОК» на правой боковой стенке блока управления установить требуемый ток травления по показаниям дисплея.

Произвести подготовительное травление в течение 60 сек. Подготовительное травление необходимо для очистки вольфрамовой проволоки от окисла.

Контроль глубины опускания вольфрамовой проволоки и платинового кольца осуществляется с помощью оптической лупы и показаний цифрового индикатора. С помощью оптической лупы подбирается и ток травления так, чтобы во время травления опущенный кончик вольфрамовой проволоки был блестящим. Если тока не хватает, то

травление идет неравномерно и вольфрамовая проволока остается матовой и ноздреватой.

Контроль величины напряжения травления и тока травления осуществляется по показаниям дисплея на панели блока управления при установке ручки переключателя режимов измерения в положение «Напряжение травления  $U_{etch}$ , В» и «Ток травления  $I_{etch}$ , мА» соответственно.

### **Рабочее травление**

По истечении 60 сек. подготовительного травления, не прекращая процесса травления, вольфрамовую проволоку необходимо приподнять так, чтобы опущенным в растворе NaOH осталось 2 мм проволоки. Процесс травления продолжается до отрыва перетравленного кончика и автоматического выключения процесса травления. После автоматического выключения процесса травления выключить блок управления СИО выключателем «СЕТЬ».

В СИО модели TFS-1 предусмотрен дополнительный контроль процесса травления с помощью внешнего осциллографа, в том числе многоканального. Для этого используются коаксиальные разъемы «ТОК», «КОМПАР.», «ОТС.», расположенные на задней панели блока управления СИО.

### **Подготовка острий (зондов) к работе в СТМ**

Полученное в результате травления острие (зонд) откусывается кусачками длиной 10 -12 мм и промывается в кипящем дистилляте в течение 60 сек.. Затем полученное острие (зонд) визуально контролируется с помощью лупы (x7) или оптического микроскопа с целью выявления каких либо отклонений (неудачная форма, загнутость, и т.д.). При отсутствии дефектов острие (зонд) помещается в контейнер (втыкается тупым концом в кусок поролона). За один день можно изготовить до 30 острий (зондов). Острия (зонды) сохраняются без заметных изменений, как минимум, 1 год.

По мере необходимости острия (зонды) достаются из контейнера, привариваются контактной сваркой к держателю острия (зонда) головки СТМ и помещаются в вакуумную установку.

## Параметры травления

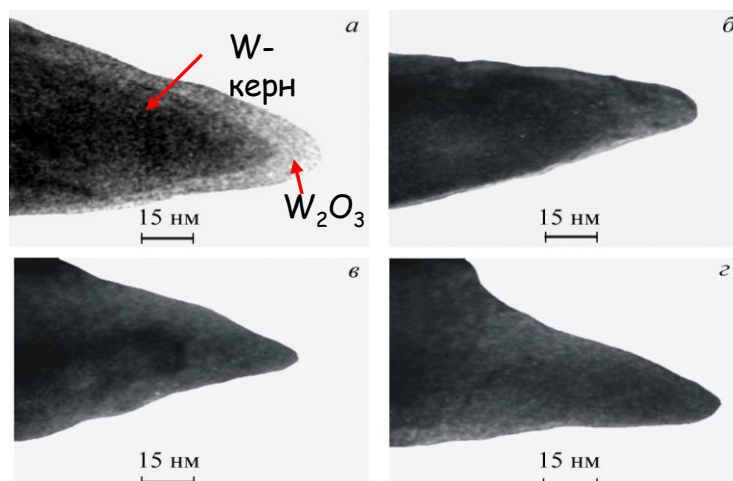
Для вольфрамовой проволоки диаметром 0,3 мм:

Напряжение питания $U_p$ , В	8,00
Начальный ток травления (при опускании вольфрамовой проволоки) на 4 мм ниже уровня раствора NaOH, мА	20
Ток отсечки (порог), мА	1,20
Ток травления в момент отрыва кончика вольфрамовой проволоки, мА	2,0

## Параметры получаемых острий (зондов)

Для вольфрамовой проволоки диаметром 0,3 мм:

Характерный радиус закругления острий (зондов), нм	4-5
Толщина окисленного слоя, нм	$\leq 10$ (в среднем 5)



**Рис.7**

Стадии подготовки игл.

*а* – после перетравливания вольфрамовой проволоки в TFS-1

*б, в, г* – после ионного травления в вакууме, 10, 40, 300 мин, соответственно