

## 原子力显微镜 (AFM)

# Nanoscope V Multimode 8 操作方法

### 注意事项:

1. 开始实验时先开电脑再开控制器 (controller)。
2. 结束实验时先关控制器 (controller) 再关电脑。
3. 不要对计算机上的设置如字体进行改动。
4. 操作软件关掉后, 间隔至少 10 秒后再打开。
5. 不能用 U 盘, 只能用 CD 刻录盘导出文件。

## 基本操作

### 1. 开机

- A. 打开计算机和显示器。
- B. 打开 Nanoscope 控制器。
- C. 打开光学显微镜 VOM 光源电源。

**注意:** 请严格遵守以上开机顺序进行操作, 否则可能造成系统损坏。

### 2. 启动软件

- A. 双击桌面 Nanoscope 8.15 图标。
- B. 点击显微镜图标, 在弹出的 Select Experiment 框中选择实验模式:

轻敲模式: 框①选 Tapping Mode。

框②选 Tapping Mode in Air。

框③选 Tapping Mode in Air---Standard。

智能模式：框①选 ScanAsyst。

框②选 ScanAsyst in Air。

框③选 ScanAsyst in Air。

然后点击 Load Experiment。

### 3.样品与探针的安装

**A. 选择合适的探针。**(见具体模式)

**B. 探针的安装：**

将探针支架（holder）放在滤纸上，由于探针很脆，用滤纸垫着，以防止用镊子夹探针时掉到桌面上破坏探针。将探针正面朝上，悬臂朝外放在holder的探针槽里，并用holder上的铜原片压住。

**C. 样品放置：**

(1) 确认光学显微镜光斑在样品台中央，红色激光点在光斑中央。再看电脑屏幕确认激光点进入 Video 图像视野里。

(2) 首先用 head 上面的 **Down** 按钮将扫描管下移，使中间样品台升起。将待观察样品用双面胶固定在金属原片上，用镊子夹住金属片，轻轻放在样品台边缘，注意，此时一定要轻放，否则容易破坏扫描管中的陶瓷材料，然后用镊子轻轻推金属片，使样品处在样品台中间；再用 **Up** 按钮将扫描管升起使扫描管上边缘与样品台平齐。

**D. 探针支架 holder 的安装：**

将探针 holder 倒放，以 30 度角度斜插到样品台上面，轻轻落下，使holder正好落在样品台外框的两个小圆柱（电极）上，顺时针旋转样品台后面的锁定旋钮，轻轻压住探针 holder。

#### 4.手动进针：将探针靠近样品。

第一步：观察显示屏 Video，调节基座 X 与 Y 向旋钮，使样品与探针均进入 Video 视野内。

第二步：样品对焦。顺时针调整物镜与样品台的距离，使样品清晰。

第三步：探针悬臂对焦。将物镜逆时针向上回调（因探针在样品上方），直到探针清晰出现在屏幕上。

第四步：再重复第一步样品对焦，使样品清晰。然后略回调物镜，使样品略发虚，这便是探针将要下降到达的位置。

第五步：手动下移探针。用 **down** 按钮使扫描管下移。连续按住 **down** 键，扫描管下移较快，间歇按住 **down**，可步进较慢下移扫描管。同时观察屏幕上探针变化，探针会逐渐出现，到探针基本清晰时停止按钮。手动进针结束。

#### 5. 将激光点调到悬臂上。

AFM 通过感知打在探针悬臂上的激光反射回来后的位置变化确定样品表面高度的变化，因此激光应尽可能多地打到探针悬臂上。调整扫描头右上方两个激光调节旋钮，使激光打到探针的悬臂前端，同时观察 Base 上显示的 Sum 值，该值越大越好，探针有涂层时为 7 左右，无涂层时为 3 左右（有无涂层见针盒上标示）。

若 Sum 值无法达到需要值，可转动 head 后面的一个小柄来调整反光镜镜面角度，使反射激光尽可能多进入接收器，Sum 值增加。（一般情况下已调好，不需调整。）

## 6. 反射激光的调零：

实验开始前，经探针悬臂反射回来的激光应打在接收器中心位置，即零点，必须使 base 上显示的垂直（VERT）和水平（HORZ）数值接近零。先确认左下方模式转换按钮在中间位置（AFM&LFM），调节 head 上的左上方和左后两个调零旋钮，在使 Sum 值保持不变的情况下，垂直和水平方向数值朝变小方向进行，直到接近 0。如果调的过程中发现 Sum 在变小，说明旋钮方向旋错了。

## 7. 探针在样品表面位置的微调

Head 左侧和正前方两个旋钮可用来小范围调整探针在样品表面的位置。此时激光会与探针一起在样品表面移动。观察显示屏上 Video 图像，用这两个旋钮将探针移到我希望观察的位置。

注意：当电子进针结束后，探针已完全落在样品上，此时不能再移动这两个旋钮，否则会毁坏探针。若想改变探针位置，需先用 Withdraw（撤针）命令两到三次，将针抬起到足够高位置，再用这两个旋钮调整。

基本操作结束。

## Tapping Mode—轻敲模式

对于空气中的 Tapping 模式，一般选择 RTESP 探针。

确认在实验模式选择框中已选择 Tapping Mode inAir--Standard.

### 1. 将基座上模式扳钮扳向 TM.

### 2. Tune 针: Tapping 模式需要首先找出探针共振频率。

- A. 点击工具栏中音叉图标，进入 **Cantilever Tune** 界面。
- B. 在右边 Auto Tune 参数栏设置 **Start Frequency** 和 **End Frequency**，分别对应所使用探针的探针盒上标明的探针  $f_0$  的最小值和最大值，并略加大范围。对 RTESP 探针，一般为 270—320kHz。
- C. 确认 Target amplitude 为 500mV (Standard 时, Soft 时为 300mV)。
- D. 点击最下方 **Auto Tune**，等待一会，即出现一共振峰，（如果出现双峰，表示所用探针不属于默认探针。）
- E. 点击峰图下方 **Zero Phase**。
- F. 点击 **Exit**，退出 Tune 针页面。

### 3. 将 Scan size 设为 0，点击左侧菜单下的进针命令 Engage。

仪器开始自动进针到样品表面。

### 4. 听到控制器发出“滴”的一声表示进针结束，设置 Scan size。

一般先由大（如 30 $\mu$ m,  $\mu$  用 u 输入）到小（如 5 $\mu$ m）逐步设置观察区域。还可以在扫描过程中直接点击观察窗口下方 **Zoom** 键选定区域，再用 **Execute** 执行进行放大。

### 5. 点击工具栏“四窗口”图标

屏幕将出现四个窗口，可显示四个 Channel 收集的数据图像。每个窗口从上到下由图像区，实时曲线区和选项区组成。图像区显示的图像可由选项区 **Data Type** 栏里的选项中选出，一般为：

**Channel 1:** Height, 即高度图。

**Channel 2:** Amplitude Error, 即误差图。

**Channel 3:** Phase, 即相图。

其它几个设置栏的一般设置：

**Direction:** 扫描线方向，选 Retrace

**Scale:** 实时曲线纵向坐标轴最大值，使曲线大小合适。可自己设置，也可通过点击工具栏 **自动优化** 图标，自动优化曲线。

**RT plane Fit:** 实时校正栏，选 Bow。

**OL Plane Fit:** 离线校正栏，选 None。

## 6. 如何获得一张好图？

### A. 优化 Setpoint 值。

扫描开始后首先观察 **Channel 1** 高度图中 Trace 和 Retrace 红蓝两条曲线的重合情况。如果不重合，可以增加力，即减小 Amplitude Setpoint 值（从 500mV 减小到 250mV，250mV 时力最大），直到两条扫描线基本重合。

### B. 优化 Ingain 和 Pgain。

为了使扫描得到信息更好与样品表面的状态相符，Integral Gain 的值一般越大越好。但其最佳值与扫描尺寸，每次扫描采集的数据点数都

有关系，太大会开始产生噪音信号。可先增大 **Ingain**，观察 **Channel 2 Amplitude Error** 曲线，当曲线开始出现噪音后，再减小 **Ingain** 直到噪音消失。而 **Pgain** 一般保持在 **Ingain** 的 1.2~1.5 倍即可。好的 **Ingain** 值应使 **Amplitude Error** 曲线图上红蓝两条线上下对称，没有噪音信号。

### **C. Size 与 Sample/Line 和 Scan Rate 的调整。**

**Sample/Line** 是每幅图 X 和 Y 方向上所采集的数据点数，可选 512, 256 和 128。大范围扫描时（如 30 $\mu\text{m}$ ），增大 **Sample/Line**（如 512），降低 **scan rate** 可获得更清晰的图像。若小范围扫描（如 2 $\mu\text{m}$ ）仍用 512 的 **Sample/Line**，噪音可能会增加，此时需减小 **Ingain** 的值（如 0.2），或将 **Sample/Line** 改为 256。大的扫描速率会减少漂移现象，但一般只用于扫描小范围的很平的表面。

## **7. 数据的保存**

A. 建立文件夹，执行 **Capture** 菜单下的 **Capture Filename** 命令给需要保存的图像命名。

B. 调整好扫描参数后，执行 **Capture** 菜单下的 **Capture** 命令保存图像。

## **8. 结束扫描**

A. 将 **Scan size, X, Y offset** 设为 0。

B. 执行左侧菜单下的 **Withdraw** 命令两到三次。

C. 将扫描管升起（**up**），换针或样品。

## **9. 关机**

A. 关闭 **Nanoscope** 控制器

B. 关闭 **Nanoscope** 软件。关闭计算机和显示器。

## ScanAsyst Mode—智能模式

智能扫描模式也是一种敲击模式。由于其所用力非常小，针尖半径仅为 2nm，因此能得到比 Tapping 模式更为清晰的图像。缺点是不能得到 Phase 图。一般用于起伏小于 200nm 样品及较粘不适于 Tapping 的样品。

对于空气中的 ScanAsyst 模式，一般选择 ScanAsyst air 探针。

在实验模式选择框中选择 ScanAsyst in Air。

1. 确认基座上模式扳钮扳向中间 (AFM&LFM)。
2. 将 Scan size 设为 0，点击左侧菜单下的进针命令 Engage。
3. 听到控制器发出“滴”的一声表示进针结束，设置 Scan size。

一般先由大（如 30 $\mu\text{m}$ ， $\mu$  用 u 输入）到小（如 5 $\mu\text{m}$ ）逐步设置观察区域。还可以在扫描过程中直接点击观察窗口下方 Zoom 键选定区域，再用 Execute 执行进行放大。

### 4. 点击工具栏“两窗口”图标

屏幕将出现两个窗口，可显示两个 Channel 收集的数据图像。图像区显示的图像由其下方选项区 Data Type 栏里的选项选出，一般为：

Channel 1: Height, 即高度图。

Channel 2: Amplitude Error, 即误差图。

其它几个设置栏的一般设置：

Direction: 扫描线方向，选 Retrace

Scale: 曲线区纵向坐标轴最大值，使曲线大小合适。可自己设置，也可通过点击工具栏自动优化图标，自动优化曲线。

RT plane Fit: 实时校正栏, 选 Bow。

OL Plane Fit: 离线校正栏, 选 None。

## 5. 如何获得一张好图?

除 Size, Sample/Line 和 Scan Rate 可调外不需调其它参数。

Sample/Line 是每幅图 X 和 Y 方向上所采集的数据点数, 可选 512, 256 和 128。大范围扫描时 (如 30 $\mu\text{m}$ ), 增大 Sample/Line (如 512), 可获得更清晰的图像。若小范围扫描 (如 2 $\mu\text{m}$ ) 仍用 512 的 Sample/Line, 噪音可能会增加, 此时可将 Sample/Line 改为 256。

**注意:** 若扫描起伏比较大的样品, 仪器会自动降低 Scan Rate。若降的太低, 说明起伏太大, 不适于此模式, 最好改为 Tapping 模式。

## 6. 存图

- A. 建立文件夹, 执行 Capture 菜单下的 Capture Filename 命令给需要保存的图像命名。
- B. 调整好扫描参数后, 执行 Capture 菜单下的 Capture 命令保存图像。

## 7. 结束扫描

- A. 设定 Scan size, X, Y offset 为 0。
- B. 执行左侧菜单下的 Withdraw 命令。该命令可以多次执行。
- C. 将扫描管升起 (up), 换针或样品。

## 8. 关机

7.1 关闭 Nanoscope 软件。

7.2 关闭 Nanoscope 控制器。

7.3 关闭计算机和显示器。

## Contact Mode—接触模式

Contact 模式是所有模式中可达分辨率最小的（针尖半径 2nm）。适用较硬样品，及不易变形、移动样品。

对于空气中的 Contact 模式，一般选择 DNP 或 SNL 探针。

确认在实验模式选择框中已选择 Contact Mode in Air。

1. 确认基座上模式扳钮在中间位置。

2. 将 Scan size 设为 0，点击左侧菜单下的进针命令 Engage。

仪器开始自动进针到样品表面。

3. 听到控制器发出“滴”的一声表示进针结束，设置 Scan size。

一般先由大（如 30 $\mu$ m,  $\mu$  用 u 输入）到小（如 5 $\mu$ m）逐步设置观察区域。还可以在扫描过程中直接点击观察窗口下方 Zoom 键选定区域，再用 Execute 执行进行放大。

4. 点击工具栏“两窗口”图标

屏幕将出现两个窗口，可显示两个 Channel 收集的数据图像。图像区显示的图像由其下方选项区 Data Type 栏里的选项中选出，一般为：

Channel 1: Height, 即高度图。

Channel 2: Height Error, 即误差图。

其它几个设置栏的一般设置：

Direction: 扫描线方向，选 Retrace

Scale: 曲线区纵向坐标轴最大值，使曲线大小合适。可自己设置，也可通过点击工具栏自动优化图标，自动优化曲线。

RT plane Fit: 实时校正栏, 选 Bow。

OL Plane Fit: 离线校正栏, 选 None。

## 5. 如何获得一张好图?

### A. 优化 Deflection Setpoint 值。

扫描开始后一般首先设为 2V, 然后观察 Channel 1 高度图中 Trace 和 Retrace 红蓝两条曲线的重合情况。如果不重合, 可以增加力, 即增大 Deflection Setpoint 值(最大可达到 6V), 直到两条扫描线基本重合。如果扫描图形过程中发现效果较好, 可以略减小 setpoint 值, 以保护探针。

### B. 优化 Ingain 和 Pgain。

为了使扫描得到信息更好与样品表面的状态相符, Integral Gain 的值一般越大越好。但其最佳值与扫描尺寸, 每次扫描采集的数据点数都有关系, 增大 Ingain 可以提高 trace 与 retrace 线左右重合度, 但太大会开始产生噪音信号。可先增大 Ingain, 观察 Channel 2 Height Error 曲线, 当曲线开始出现噪音后, 再减小 Ingain 直到噪音消失。而 Pgain 一般保持在 Ingain 的 1.2~1.5 倍即可。好的 Ingain 值应使 Error 曲线图上红蓝两条线上下对称, 没有噪音信号。

### C. Size 与 Sample/Line 和 Scan Rate 的调整。

Sample/Line 是每幅图 X 和 Y 方向上所采集的数据点数, 可选 512, 256 和 128。大范围扫描时 (如 30 $\mu$ m), 增大 Sample/Line (如 512), 降低 scan rate 可获得更清晰的图像。若小范围扫描 (如 2 $\mu$ m) 仍用 512 的 Sample/Line, 噪音可能会增加, 此时需减小 Ingain 的值 (如 0.2), 或将

Sample/Line 改为 256。大的扫描速率会减少漂移现象，但一般只用于扫描小范围的很平的表面。

## 6. 数据的保存

A. 建立文件夹，执行 Capture 菜单下的 Capture Filename 命令给需要保存的图像命名。

B. 调整好扫描参数后，执行 Capture 菜单下的 Capture 命令保存图像。

## 7. 结束扫描

A. 将 Scan size, X, Y offset 设为 0。

B. 执行左侧菜单下的 Withdraw 命令两到三次。

C. 将扫描管升起 (up), 换针或样品。

## 8. 关机

A. 关闭 Nanoscope 控制器

B. 关闭 Nanoscope 软件。关闭计算机和显示器。

## Magnetic Force Microscopy—磁力模式

磁力模式和静电力模式都属于抬起模式 (Lift Mode)。在抬起模式下, 探针首先对样品表面进行一次标准扫描 (main scan), 从而得到样品表面的高度信息。然后, 探针离开样品表面并升起到一选定高度, 再对刚才扫描的每个位置保持同一高度距离进行一次扫描 (Interleave scan)。这时候所测得的探针悬臂的形变反应的就是样品的磁畴区或电荷富集区所产生的磁力或静电力对探针的影响, 从而得到样品的磁畴区或电荷富集区的信息。

对于磁力模式, 一般选择 MESP 探针。

### 1. 点击显微镜图标, 在弹出的 **Select Experiment** 框中选择实验模式:

框①选 Electrical&Magnetic

框②选 Electrical&Magnetic Lift Modes

框③选 MFM&EFM—Phase&Frequency

然后点击 Load Experiment。

### 2. 探针的磁化

将探针放入探针支架后, 将专用磁铁卡进支架 2-3 秒钟, 探针即被磁化。

### 3. 抬起模式的主扫描与轻敲模式相同, 将基座上模式扳钮扳向 **TM**。

### 4. **Tune** 针: 抬起模式同样需要找出探针共振频率。

A. 点击工具栏中音叉图标, 进入 **Cantilever Tune** 界面。

B. 在右边 Auto Tune 参数栏设置 **Start Frequency** 和 **End Frequency**, 分别对应所使用探针的探针盒上标明的探针  $f_0$  的最小值和最大

值，并略加大范围。对 MESP 探针，一般为 50—110kHz。

C. 确认 Target amplitude 为 500mV(Standard 时, Soft 时为 300mV)。

D. 点击最下方 **Auto Tune**，等待一会，即出现一共振峰，（如果出现双峰，表示所用探针不属于默认探针。）

E. 点击峰图下方 **Zero Phase**。

F. 点击 **Exit**，退出 Tune 针页面。

### 3. 将 Scan size 设为 0，点击左侧菜单下的进针命令 Engage。

仪器开始自动进针到样品表面。

### 4. 听到控制器发出“滴”的一声表示进针结束，设置 Scan size。

一般先由大（如 30 $\mu$ m,  $\mu$  用 u 输入）到小（如 5 $\mu$ m）逐步设置观察区域。还可以在扫描过程中直接点击观察窗口下方 **Zoom** 键选定区域，再用 **Execute** 执行进行放大。

### 5. 点击工具栏“四窗口”图标

屏幕将出现四个窗口，可显示四个 Channel 收集的数据图像。每个窗口从上到下由图像区，实时曲线区和选项区组成。图像区显示的图像可由选项区 **Data Type** 栏里的选项中选出，一般为：

**Channel 1:** Height, 即高度图。

**Channel 2:** Amplitude Error, 即误差图。

**Channel 3:** Phase, 即相图。

**Channel 4:** Phase 为探针抬起后的相图。

### 6. 首先获得好的高度图：

具体方法同 Tapping Mode。

注意：为避免毁掉探针涂层，频率要小一些，一般小于 0.4Hz。

## 7. 获得好的抬起相图

A. 将左边 Interleave 栏选 Lift. 下面的 Lift Scan Height 栏选定一值，如 80nm。

B. 将 channel4 下 Scan 栏选 Interleave。此时 channel4 得到的即是磁力分布图。

C. 可以改变 Lift Scan Height 的大小：如果畴区明显，可以增大 lift height，反之，则减小 lift height。

## 7. 数据的保存

A. 建立文件夹，执行 Capture 菜单下的 Capture Filename 命令给需要保存的图像命名。

B. 调整好扫描参数后，执行 Capture 菜单下的 Capture 命令保存图像。

## 8. 结束扫描

A. 将 Scan size, X, Y offset 设为 0。

B. 执行左侧菜单下的 Withdraw 命令两到三次。

C. 将扫描管升起 (up), 换针或样品。

## 9. 关机

A. 关闭 Nanoscope 控制器

B. 关闭 Nanoscope 软件。关闭计算机和显示器。

## Electric force microscopy (EFM) 静电力显微镜

样品与 holder，大地相通，可收集大地静电荷。针尖施加一电压。该测试必须在 Tapping 模式下进行，探针选用 SCM-PIT，或 MESP 针。

因使用 Tapping 模式，先 Tune 针（同 Tapping），进针，首先进行高度扫描（main）。确保得到好的高度图后，点击专家模式（expert），然后在此模式下点击 other，选择 Tip bias（针尖加电，加电范围  $\pm 12V$ ），样品接地（sample ground）（如果选择样品加电，范围为  $\pm 10V$ ），interleave 选 Lift，interleave Tip bias 先加 3V，Scan height 60-100nm，main Tip bias 为 0，扫描速度 0.4HZ（探针有涂层，所以必须慢，一般有特殊用途针，扫描速率都要小于 0.4HZ）。

EFM 测试必须进入 EFM 模式。

与 MFC 相同，也要调高度 lift？可在 Tapping 模式改成静电模式：mode—disabled—interleave，但在实验后要将 interleave 改回 disabled。

## Contact 模式的衍生模式：LFM 横向力模式

LFM 是 contact 模式下的一种测试（Lateral force microscopy），表征摩擦性能，定性表征同一样品表面不同地方阻力大小，在 contact 模式下设定扫描角度为  $90^\circ$ （正常 contact 模式角度为  $0^\circ$ ），测试过程中打开 friction 两个窗口（trace，和 retrace），处理图像时，将两个通道窗口相减即可。

## Contact 模式的衍生方法：力曲线做法

力曲线是 contact 模式下表征样品表面的弹力和粘附力的方法。

力曲线原理是  $F=kX$ ，其中，F 为力，k 为弹性系数，X 为探针的形变。

该实验涉及几步骤：

### 1. 将电压—距离曲线转成位移—距离曲线

Engage（进针），Ramp（力曲线扫描），得到一条力曲线，用 control 和鼠标相结合，将力曲线上表征线性弹性部分放大，拖动左右坐标，选择一个区间，点击区间计算，即得到 K 值（nm/V），将窗口最小化（图像左下角图标），修改参数设置栏单位（由 Volt 改为 metric），再 ramp，然后，withdraw（退针）。

### 2. 探针弹性系数计算

采用串并联弹簧原理，给探针施加一已知  $k_2$  的空气噪声振动，求出叠加后的激发其中弹簧震动弹性系数  $k_3$ ，再推出探针自有弹性系数  $k_1$ 。

按小弹簧图标，选择 thermal 栏，根据探针类型选择频率值，室温，然后，acquire，calculate，再 fit

down, 接着, calculate spring K, engage(进针), 连续 ramp (ramp and capture)。

连续 ramp 过程中, 可以用鼠标选择点、线、矩形。

3. 得出力—位移曲线。

进针, ramp, plot unit 选 force, 按下压图标。

退出时, 必须在 image 状态条件下关闭窗口。

退针时 (withdraw), 最好将 offset 中 x、y 先设为 0, 然后在 withdraw, 这是为了保护探针在退针过程中因碰到高点而遭到破坏。

### **Tapping 模式的衍生模式 1: Magnetic Force Microscopy (MFS) 磁力显微镜**

原理:先 Tapping scan 形貌, 然后将探针抬高到一定高度 (lift height), 自振动扫描一次。下方样品区域磁力会影响探针 (探针带磁性) 的振动, 通过探针的振动变化得到下方样品的磁性信息, 即磁畴区信息。一般探针抬高高度在 50-100nm, 在测试过程中, 如果畴区明显, 可以增大 lift height, 反之, 则减小 lift height。

### **Tapping 模式的衍生模式 3: 导电原子力 (CAFM) 显微镜**

CAFM 用于测试样品是否存在导电通道, 通过加载直流探测表面。可以在 tools 下选 CAFM, 不需要 tune 针。用专门导电针托, 选用导电探针 (SCM-PIC), holder 用绝缘材料 (塑料 Holder)。需要将一个接线分别接上模块和针托上 (先接模块, 固定后用镊子插入针托上小孔)。固定电压 DC sample Bias, 1-5V。CAFM 取下时, 应先关软件。

### **Tapping 模式的衍生模式 4: 开尔文探针显微镜 (KFM)**

KFM 用于表征样品的表面电势大小。采用先加交流电压振动、再加相反的交流电压 (相位差 180 度), 使探针收到磁力作用, 通过另一套 Pgain 系统, 补偿加直流电压, 直到探针不振动, 此时所加直流电压即为样品表面电势。

KFM 测试需要外接直流模块。

## **基本模式四: Torsion 模式**

Torsion 模式类似扭摆方式接触样品，用于软的、粘的样品的测试，其针尖接触样品的力小于 contact 和 tapping 模式，但是 scanasyst 模式的 10 倍。Torsion 模式测试必须用专用 Holder(holder 上标识为 TR)，探针用 RFEST。Torsion 模式测试也需要 tune 针，torsion 探针 (RFEST) 用于 Torsion 模式时的 start 频率选为 300Hz (非盒子上的标示，用于 Tapping 模式时为盒子上的标示)。若 Torsion 模式 tune 针不成功，可改 tapping 模式 Tapping 模式 tune 针试一下，检查针的好坏。要得到好的 Phase 图，可用 Torsion 针(RFEST?)。

Torsion 操作步骤

可在 setup 里选，也可在 tapping 模式里再选 torsion 模式-load Experiment-Autotune-左右扫描，torsion tune-autotune-zero phase，进针，驱动 300mV，设定 150mV，选择 enable，进针后一般达 240mV。

Torsion 模式最高只能做到 60℃。

一般粘的样品易变形的样品用 Torsion。

## 高温实验

常温实验所用样品台为 60-250℃，因准备做低于 60℃的 torsion 模式，所以，首先更换低温样品台 (-35-60℃ (150? ))，取下 head，拔出高温样品台，然后插入低温样品台，样品台取出放置时，一定要横躺放置，目的是为了保护样品台上的陶瓷片，为了防止样品加入过程中溢出污染样品台及扫描管，将涂有导热膏的氟橡胶管套在样品台上。将液体泵接在扫描管上，防止扫描管温度过高。变温测试时，用电压控制温度，在手册中有表列出了电压值与温度的对应关系，设定温度用温度控制器面板上右下角的旋钮控制。

若样品温度超过 60°，针尖需加热。

**注：高温下不能用带涂层的探针。**

## 第三部分：图像处理

在 Nanoscope-Analysis 图像处理软件下进行。

1、flattern (小刷子图标)，每个图片均需进行修正，去除噪音和假象。零阶处理 (0th，对应自动 offset，因有偏移量，扫描管绝对高度有偏差即  $y=kx+b$  的 b)，一阶处理 (对应自动 line，样品不可能水平，调平，即调  $y=kx+b$  的斜率 k) (1th)，二阶处理 (2th) (对应自动 bow)，测量时选 none

以保持原始数据。

2、section (切蛋糕图形), 高度图

3、particleanalyse 相同高度粒子分布

4、roughness, Equip.bak