

原子力顯微鏡 (AFM)



廠牌型號：

BRUKER Dimension Icon XR

■ 功能說明：

原子力顯微鏡 (Atomic Force Microscope) 是利用奈米尺寸的探針在樣品表面做掃瞄，藉由原子之間的凡得瓦爾作用力產生接觸與排斥現象，再配合探針懸臂 (cantilever) 作為雷射光的反射介面；當探針因表面作用吸引排斥而導致雷射的偏移量，記錄這些偏移數值即可呈現出樣品的表面形貌。近年來AFM開發很多的量測應用：如電性、磁性等，這些都必須搭配各式的探針與模組方能進行量測，根據其成像原理和操作模式的差異，以分析奈米材料表面形貌、表面粗糙度、尺度、電性、硬度、黏滯力等。涵蓋了聚合物材料表面結構、整合光路測量、材料力學性能特性、MEMS製程分析、細胞表面形態、結構觀察、資料儲存、液晶材料性能特性、生物感測器、分子自組裝結構、能源等領域的監測。

購置日期：2021年11月

儀器位置：工程三館 ES106

■ 服務項目：

- 1.表面形貌掃描模式 (空氣、液相)：Contact Mode (接觸模式)、Tapping Mode (輕敲接觸模式)、ScanAsyst Mode (智能掃描模式)
- 2.Lateral Force Microscopy, LFM (側向力顯微技術)：表面摩擦力、表面彈性係數
- 3.CAFM (導電顯微技術)：電壓、電流、電阻
- 4.PeakForce QNM：楊氏模量、吸附力、耗散能和形變
- 5.靜電力顯微技術(Electric Field Microscopy,EFM)：表面靜電位能、電荷分布以及電荷輸運
- 6.磁力顯微技術(Magnetic Force Microscopy,MFM)：重構樣品表面的磁性結構
- 7.表面電位顯微技術(Kelvin Probe Force Microscopy)：材料功函數 (Work Function)
- 8.壓電響應顯微技術(Piezoresponse Force Microscopy,PFM)：壓電材料形變

■ 注意事項：

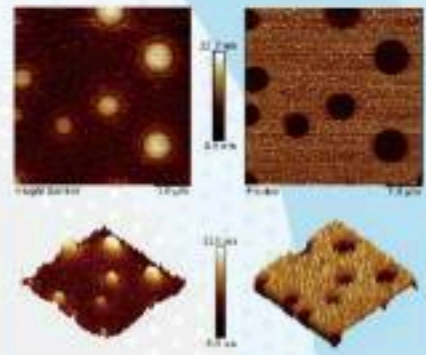
- 1.樣品表面須保持清潔無附著物且須固定牢固無脫落之風險。
- 2.表面形貌最大高度落差或粗糙度 $< 5\mu\text{m}$ 。
- 3.禁止量測揮發性、輻射及腐蝕性樣品。



Contact Mode

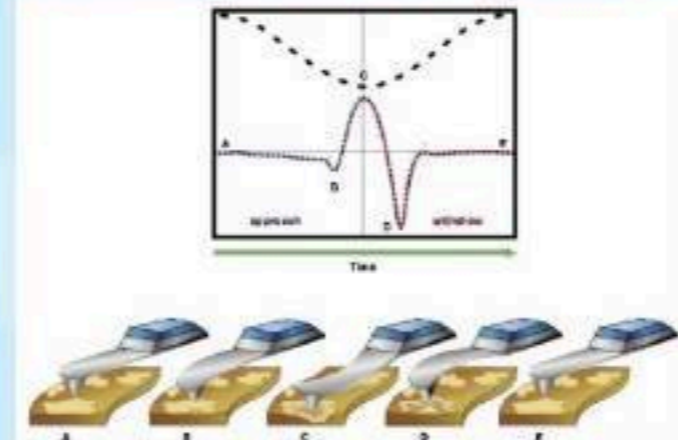


接觸模式是主要的 AFM 模式，探頭是一個帶有尖頭的微型懸臂，在光學掃描過程中，尖端和樣品表面保持接觸，檢測器信號 Z 方向懸臂偏轉的直徑，在反饋模式下輸出信號通常會調整掃描儀的 Z 軸位置以維持偏轉設定點，此模式常用多種輔助模式，包括 LFM、力譜、SCM、SSRM、TUNA 和 CAFM。

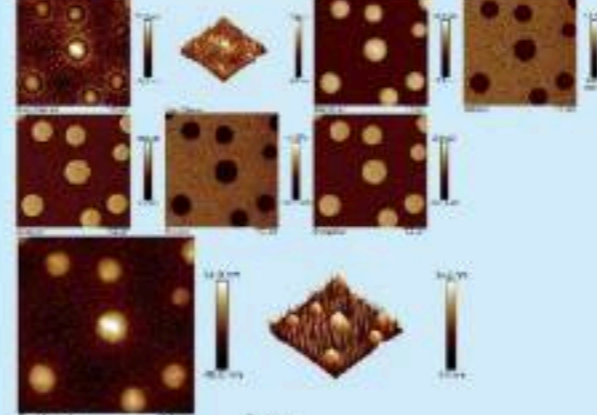


Friction(摩擦力) = (Friction-Trace) 模式 (Friction-Retrace)
數據將顯示由 LFM 數據和一半的距離延遲引起的摩擦痕跡。
圖例模式：LFM
樣品名稱：PS-LDPE

PeakForce Tapping QNM

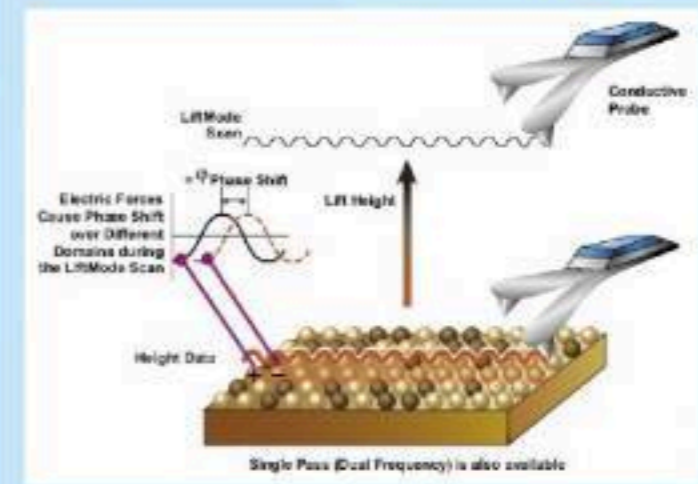


PeakForce Tapping 是一種成像技術，即懸臂發生振盪但遠低於共振，這導致一系列連續的力-距離曲線，除了通過保持峰力恆定來直接控制力外，還可以從圖像中每個像素的力-距離曲線中提取和量化大量材料特性，例如模量、粘附力和變形深度。

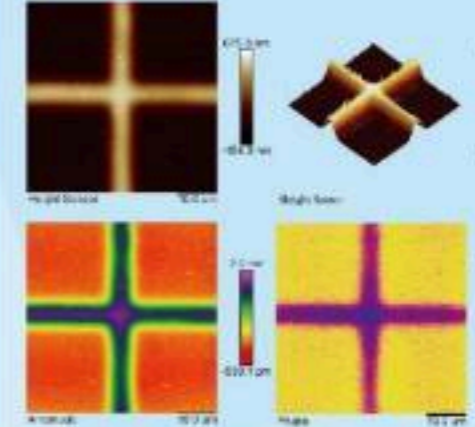


Height Sensor：掃描針下壓時所量測到的表面形貌
Indentation：壓入深度
Stiffness：彈性
Adhesion：粘附力
Modulus：楊氏模量
Dissipation：耗散能
Real Height：未受探針下壓量測到的表面形貌
樣品名稱：PS-LDPE

Electrostatic Force Microscope EFM

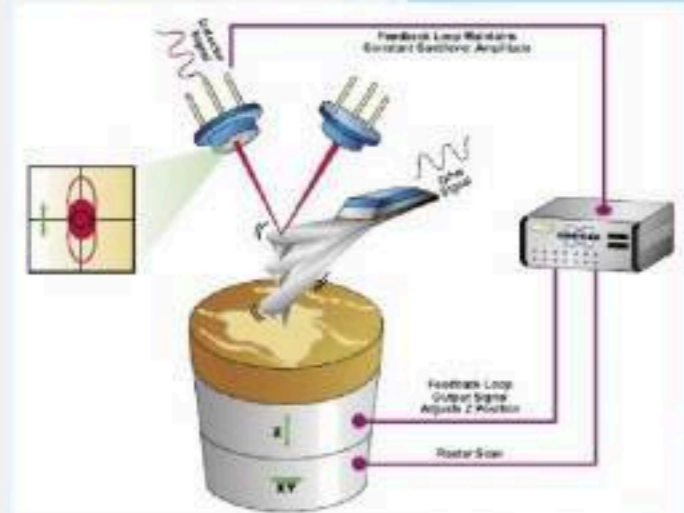


靜電力顯微鏡(EFM) 使用 TappingMode、LiftMode 和導電尖端的組合來收集有關樣品上方磁場的信息，首先在 TappingMode 操作中間掃過樣品的每一行以獲得樣本形貌，在 LiftMode 中存儲地形信息並使用用戶可選擇的高度偏移進行追蹤，在此期間收集電場數據，EFM 中的典型提升高度範圍為 20-80 nm。

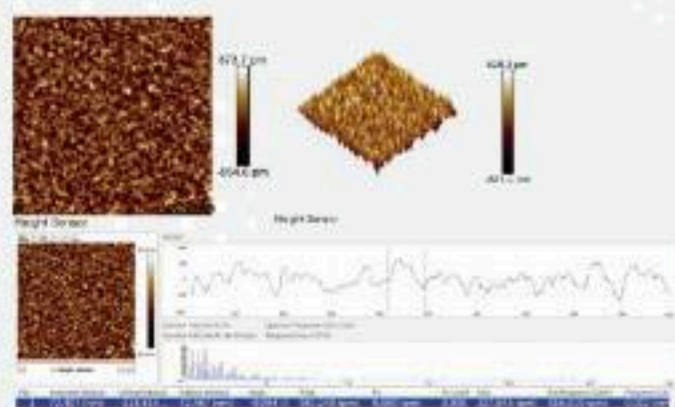


樣品名稱：Copper Film (METAL MESH)
Sample Bias：1V

Tapping Mode

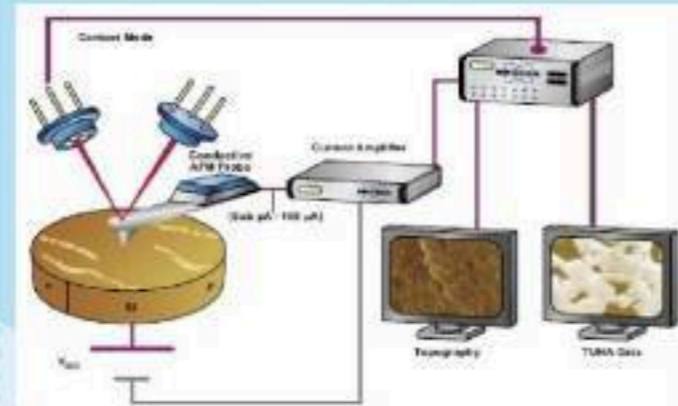


TappingMode 是一種主要的 AFM 模式，探頭是一個帶有尖頭的微型懸臂，強加到“共振電壓”的驅動信號會在共振頻率（通常是基本共振）或附近幾種振盪模態，檢測器信號是懸臂振盪幅度與相位（相對於驅動信號），在反饋模式下，輸出信號通常會調整掃描儀的 Z 軸位置以維持一個 (rms) 振幅設定點，TappingMode 支持多種輔助模式，包括 Phase Imaging、EFM、MFM 和表面電位成像。

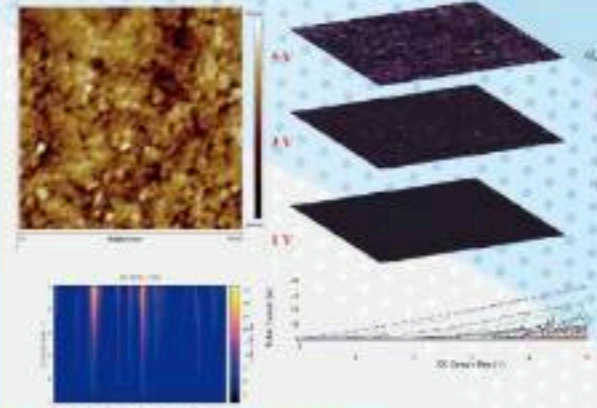


樣品名稱：TiN 薄膜
提供者：國立聯合大學材料科學工程學系吳光王 教授

TUNA & Conductive AFM

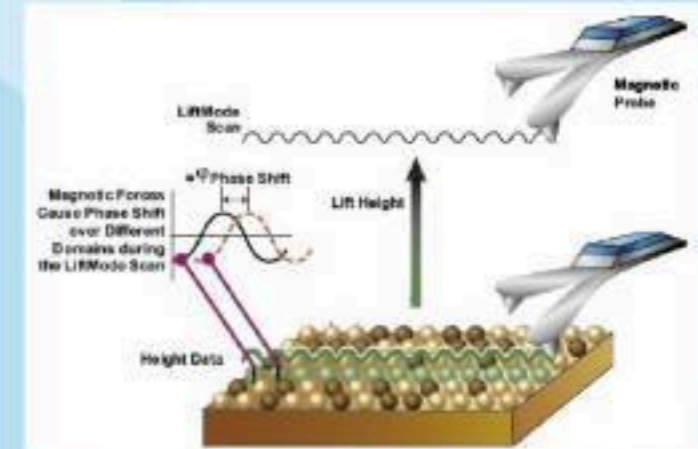


TUNA 和導電電子力顯微鏡使用接觸式電子力顯微鏡和電壓探針，接收導電質量增加固定偏壓時針尖和樣品之間的電流，在反饋模式下，輸出信號是直流電壓經過調整以維持電流設定值，電流範圍從 1A (TUNA) 到 100nA (CAFM)，應用包括研究薄膜的介電常數和厚度均勻性，例如，用於半導體和數據存儲設備以及導電聚合物。

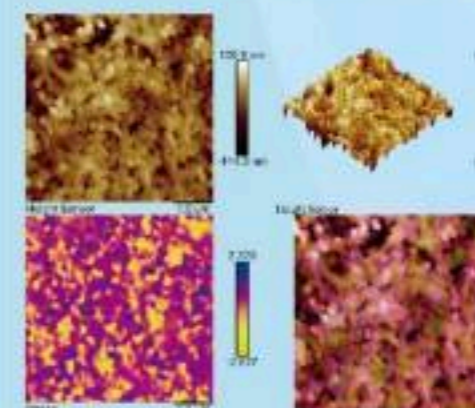


圖例模式：DataCube-TUNA (PF-TUNA module)
樣品名稱：磁片

Magnetic Force Microscope MFM

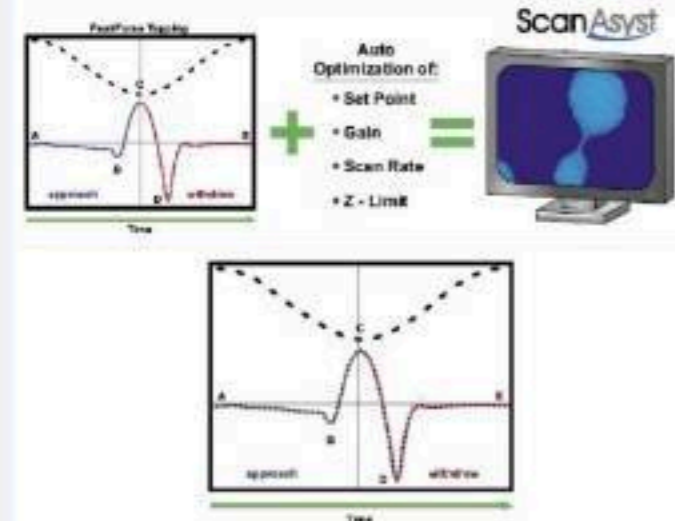


磁力顯微鏡 (MFM) 結合使用 TappingMode、LiftMode 和導電半徑的半徑來收集有關樣品上方磁場的信息，樣本的每一行首先在 TappingMode 中獲得以獲得樣本形貌，在 LiftMode 中使用用戶可選擇的高度偏移存儲和高度地形信息，在提升過程中通過測量相位區域的變化來收集磁場數據，MFM 中的典型提升高度範圍為 20-100 nm。



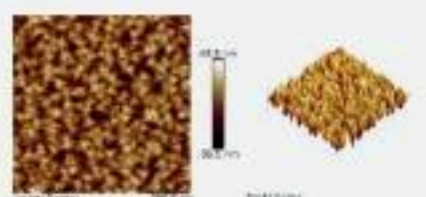
樣品名稱：磁片

ScanAsyst Mode



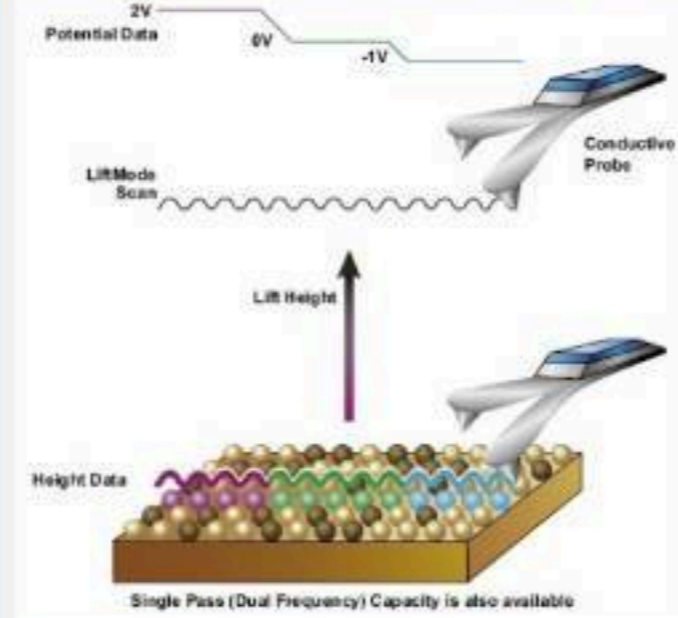
ScanAsyst 是一種專法，可對在 PeakForce Tapping 中進行的電子力顯微鏡進行自動優化，自動選擇並不斷調整重要的掃描參數，例如設定點、反饋增益和掃描速率，該技術適用於空氣和液體。

PeakForce Tapping 是一種成像技術，即懸臂發生振盪但遠低於共振，這導致一系列連續的力-距離曲線，除了通過保持峰力恆定來直接控制力外，還可以從圖像中每個像素的力-距離曲線中提取和量化大量材料特性，例如模量、粘附力和變形深度。



樣品名稱：CrAIN 薄膜
提供者：國立聯合大學材料科學工程學系吳光王 教授

Surface Potential Microscope KPFM



表面電位顯微鏡 (SPoM) 基於宏觀開爾文法，SPoM 能夠同時測量表面形貌和表面電位 (VDC) 信息，使用 TappingMode 操作但使用導電尖端獲取地形，通過向尖端施加交流和直流電壓來提取電場信息，作用在尖端上的總電壓為： $V = V_{DC} + V_{AC} \sin(\omega t)$ ，一個專用的反饋迴路調整到尖端的直流電壓，使每個像素的尖端和表面之間的接觸電勢差為零，使交流成為表面電勢的測量，SPoM 可以使用 LiftMode 或以雙頻量程方式執行。

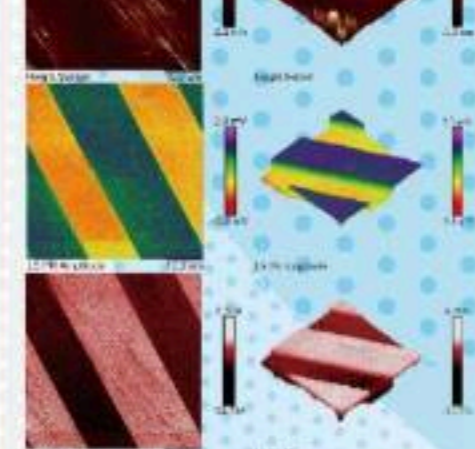


圖例模式：PF-KPFM
樣品名稱：OLED 薄膜
提供者：國立雲林科技大學光電工程學系 莊健祥 教授

Piezoresponse Microscope PFM



壓電響應（壓電力）顯微鏡 (PFM) 是一種基於接觸模式的技術，可繪製出樣品上的壓電效應，對樣品進行成像，它使用鎖定技術將樣品的形貌響應、數據和相位信息與示波器上電壓強度和方向的信息。



圖例模式：PFM-Vertical (Lock-In Type Low Speed, Vertical 15x Gain)
樣品名稱：藍膜
Vac = 5.0 V