

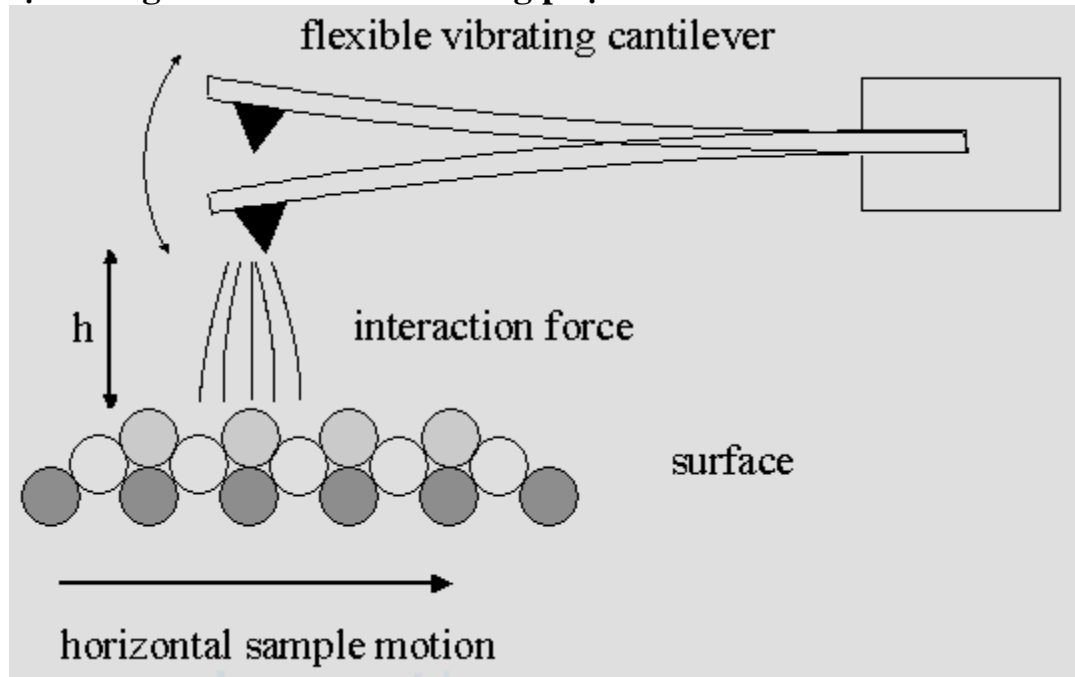
# KÍNH HIỂN VI NGUYÊN TỬ LỰC ATOM FORCE MICROSCOPE – AFM GIỚI THIỆU

- AFM là thiết bị được phát triển trên cơ sở của STM, phát huy lợi thế của STM đồng thời khắc phục những khuyết điểm của STM (chỉ sử dụng đối với vật liệu dẫn điện), AFM có thể sử dụng cho các loại vật liệu khác nhau (cả dẫn điện và không dẫn điện)
- Được phát minh bởi Binnig, Quate và Gerber 1986 trên cơ sở lực long tác của những nguyên tử với nhau để tạo hình ảnh (lực ma sát, lực tĩnh điện, lực bám dính, lực Van Der Waals dải rộng)
- Còn thường được gọi là kính hiển vi lực quét SFM – Scanning Force Microscope

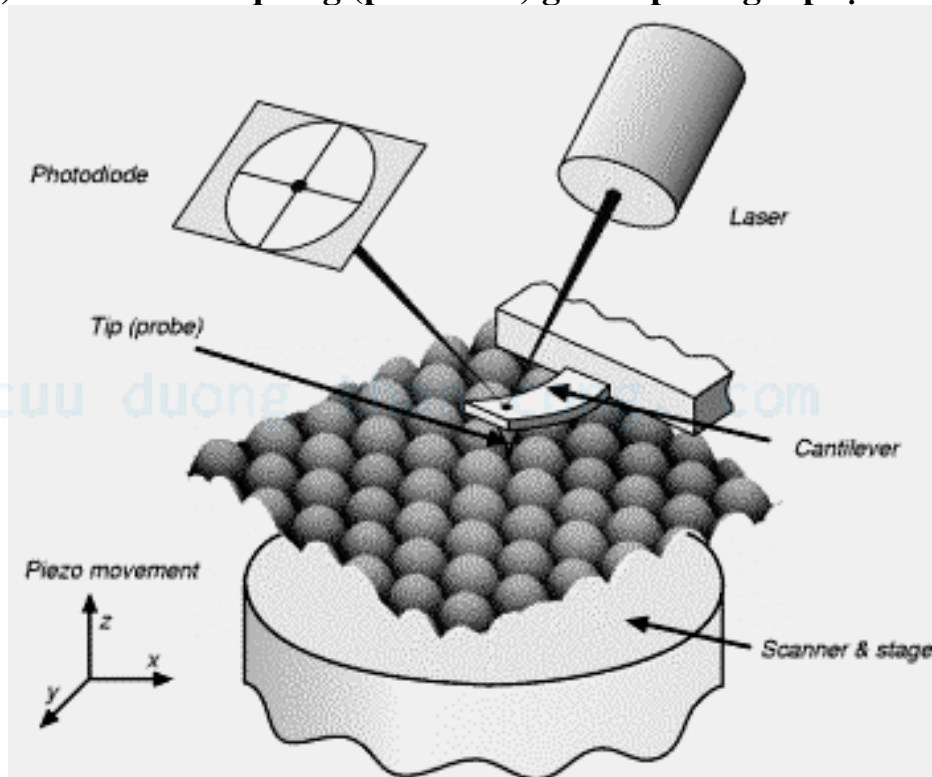


## CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA AFM

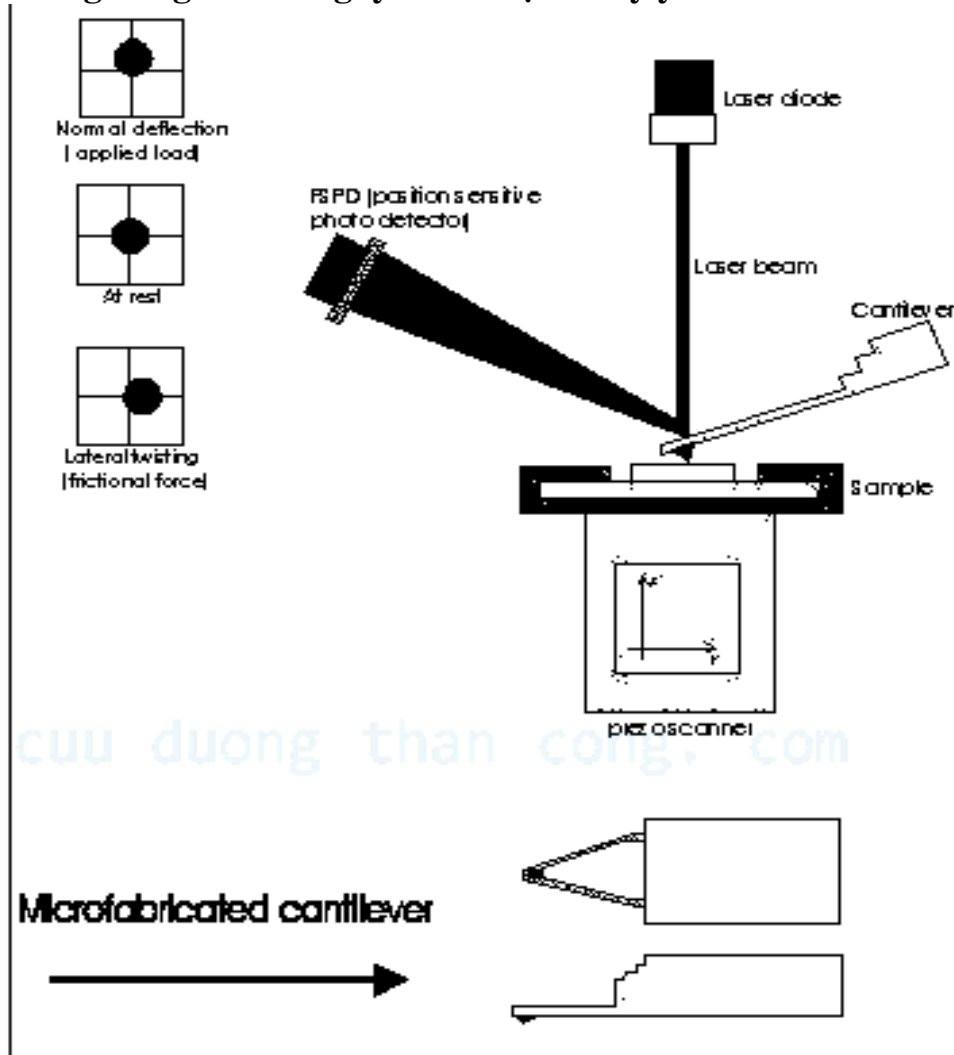
- Tip được gắn trên lò xo lá cantilever và quét trên bề mặt mẫu, tùy theo lực tương tác mà cantilever sẽ bị lệch khác nhau
- Lực tương tác rất bé nằm trong phạm vi  $10^{-7}$  -  $10^{-11}$  N



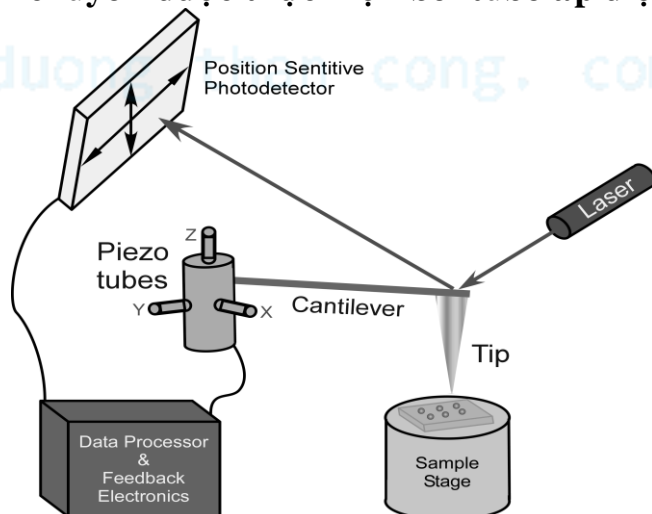
- Chùm tia laser được chiếu lên lớp vàng mỏng phủ trên gáy của lò xo lá sẽ phản xạ chùm này (đã loe rộng ra thành một vòng tròn bán kính cỡ 5mm) đến detector quang (photodiode) gồm 4 phần ghép lại với nhau.



- Khi tip đến gần nguyên tử lò xo lá bị uốn cong và các tấm quang điện không được chiếu đều nhau, dòng quang điện sinh ra tạo tín hiệu vi sai. Khuếch đại vi sai sẽ cho tín hiệu dòng điện lớn hay nhỏ phụ thuộc vào lực tương tác giữa hai nguyên tử mạnh hay yếu

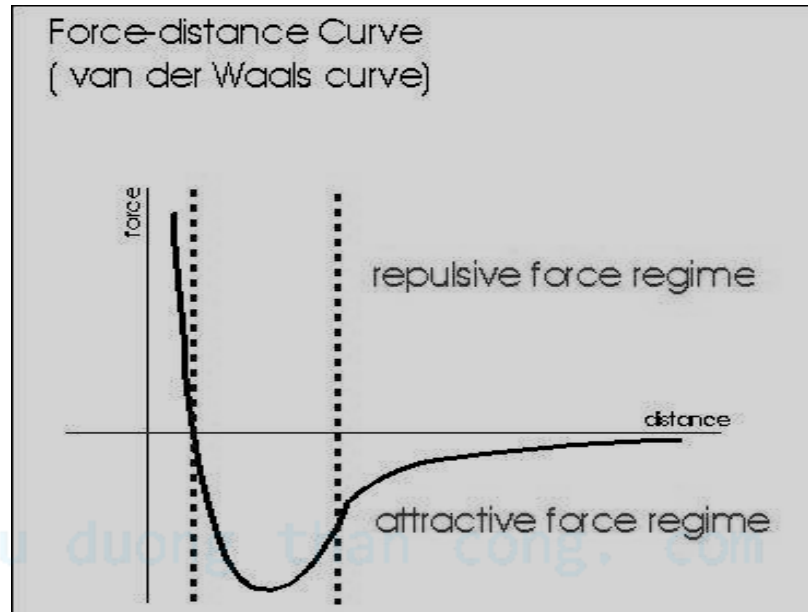


- Mẫu được điều khiển quét theo hai chiều x, y trên bề mặt mẫu, dòng quang điện sẽ tạo hiệu ứng sáng tối khác nhau tùy theo địa hình bề mặt mẫu, việc dịch chuyển được thực hiện bởi tube áp điện

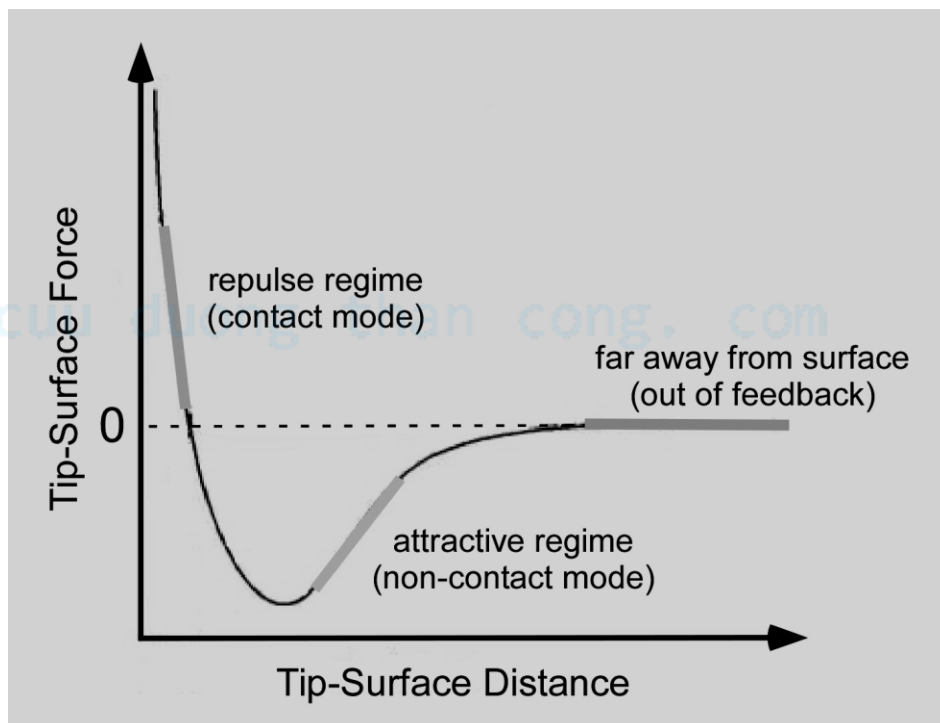


## LỰC TƯƠNG TÁC

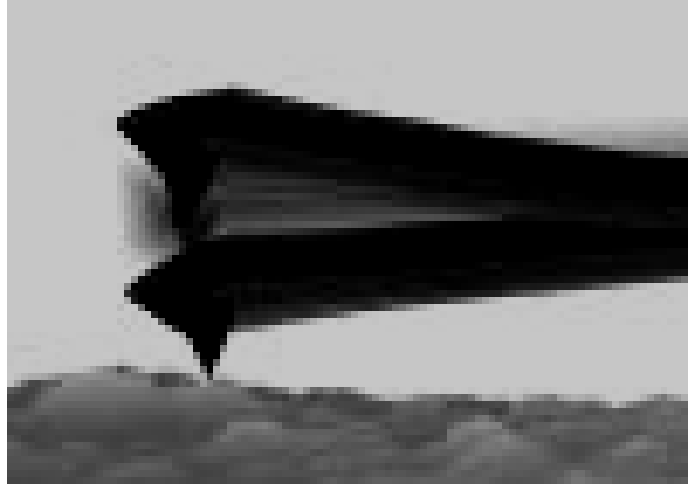
- Là tổng hợp của hai lực hút và đẩy tùy thuộc vào khoảng cách giữa hai nguyên tử. Lực hút sinh ra là do sự hút của những điện tử với các hạt nhân tích điện dương, lực đẩy xuất hiện do sự đẩy nhau của các hạt nhân và các lớp vỏ điện tử với nhau. Lực đẩy xuất hiện khi các nguyên tử xích lại gần nhau và tăng nhanh hơn so với lực hút. Khi ra xa nhau lực hút tăng đến một khoảng cách nhất định và trở về 0 khi ở khoảng cách xa



- Tùy theo sử dụng lực hút và đẩy mà có các chế độ quét khác nhau: tiếp xúc (lực đẩy), không tiếp xúc (lực hút) và chế độ tapping



- Trong chế độ tapping tip được gõ gián đoạn vào bề mặt mẫu tránh cào xước và phá hỏng cấu trúc



### TẦN SỐ CỘNG HƯỞNG CỦA Lò XO LÁ CANTILEVER

- Dưới tác động của lực nguyên tử lò xo lá sẽ dao động. Tần số cộng hưởng được xác định theo biểu thức sau:

$$F = k \cdot \Delta z$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$k, m$  – hằng số lực (hằng số đàn hồi) và khối lượng của lò xo lá

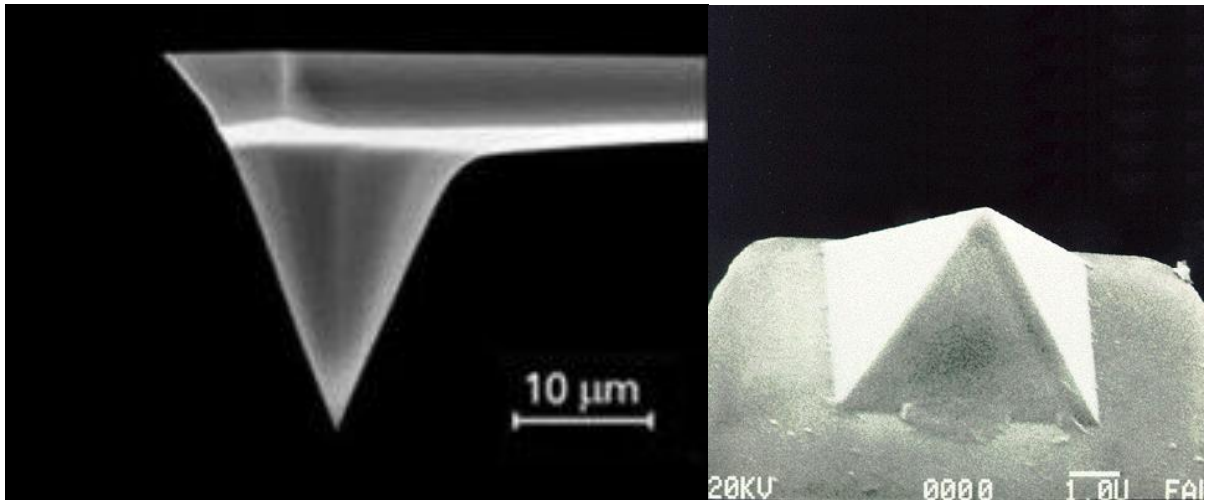
- Khi lực  $F$  thay đổi tần số cộng hưởng cũng thay đổi:

$$\omega = \sqrt{\frac{k - \frac{dF}{dz}}{m}}$$

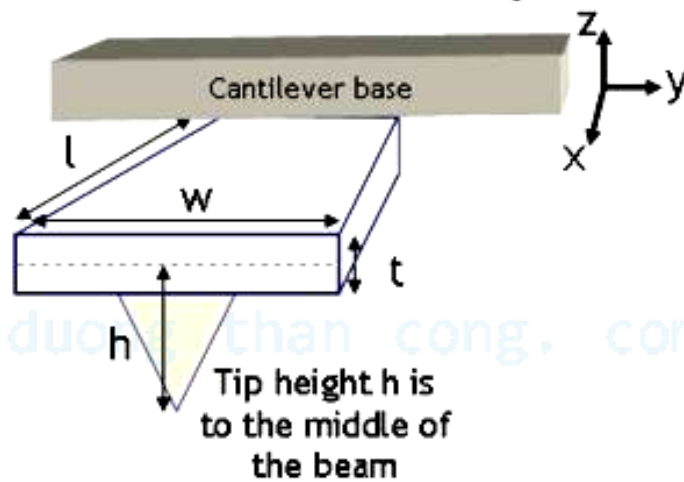
- Ta có thể điều chỉnh khoảng cách giữa tip – mẫu sao cho tần số cộng hưởng không đổi (điều chỉnh  $z$ ) và nguyên lý này được ứng dụng trong các chế độ quét khác nhau

### LÒ XO LÁ VÀ MŨI DÒ

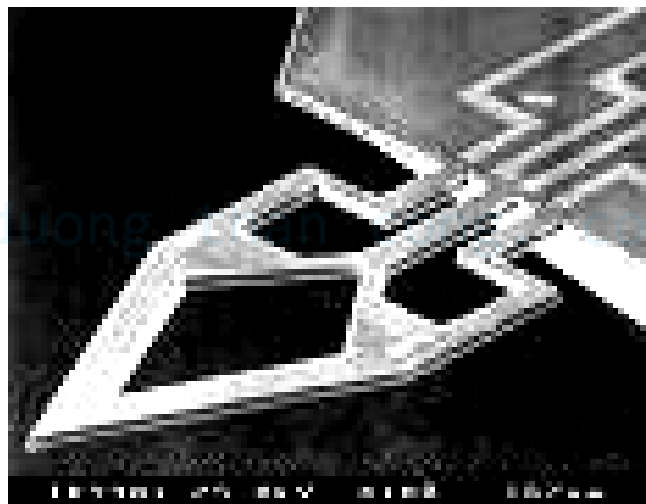
- Lò xo lá phải có tần số cộng hưởng cao (100kHz) và đủ mềm để nhạy cảm với lực nhỏ ( $k=1-100\text{N/m}$ )
- Lò xo lá được chế tạo từ Si, silic vô định hình,  $\text{SiO}_2$  hoặc nitrit silic  $\text{Si}_3\text{N}_4$
- Loại lò xo lá hình tam giác được sử dụng cho mẫu mềm và loại hình chữ nhật sử dụng cho mẫu cứng



Cantilever Geometry



$l=100-500\text{micromet}$ ;  $w=20-40\text{micromet}$ ;  $t=4-6\text{micromet}$ ,  $h=3\text{micromet}$

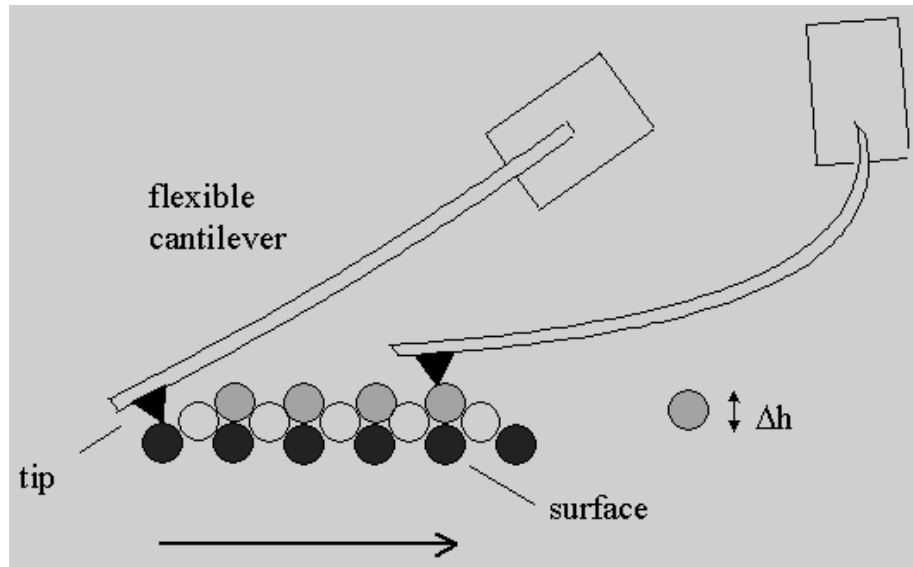


- Việc chế tạo được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau: tẩm thực, lắng đọng, bắn phá bề mặt bởi chùm điện tử.

## CÁC CHẾ ĐỘ HOẠT ĐỘNG

### CHẾ ĐỘ TIẾP XÚC

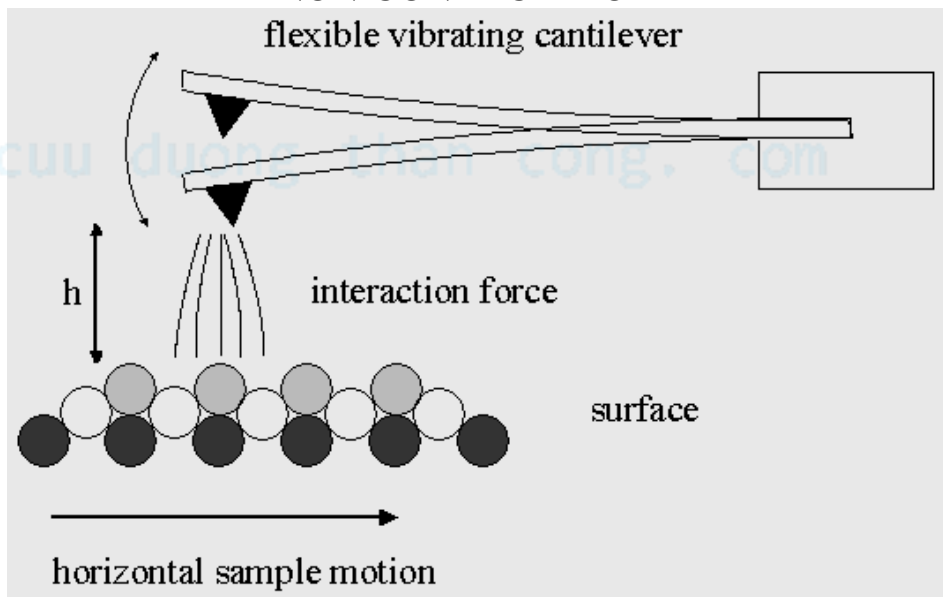
### CONTACT MODE



- Tip được tiếp xúc và kéo lê trên bề mặt mẫu và cho ảnh địa hình
- Lực tác dụng là lực đẩy khoảng  $10^{-9}\text{N}$
- Nhược điểm của phương pháp: dễ phá huỷ bề mặt mẫu và tip, hình ảnh dễ bị méo (nhiều) do lớp vật chất hấp phụ trên bề mặt mẫu làm nhiễu lực đẩy. Chỉ có thể khắc phục nếu AFM hoạt động trong môi trường chân không cao

### CHẾ ĐỘ KHÔNG TIẾP XÚC

### NON-CONTACT MODE



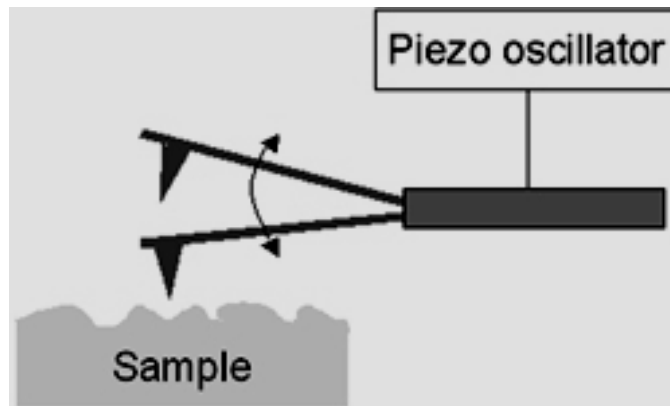
- Trong chế độ này đầu dò luôn được giữ ở một khoảng cách rất nhỏ ngay sát bề mặt mẫu (10-15 nm), sự thay đổi độ lệch của lò xo lá do thay đổi lực hút sẽ được ghi nhận và tạo ảnh 3 chiều trên bề mặt mẫu
- **Khuyết điểm:** lực hút quá yếu và đầu dò phải đặt sát bề mặt mẫu để bị kéo xuống bề mặt mẫu do lực căng bề mặt của những lớp khí hấp phụ trên mặt mẫu. Hình ảnh có độ phân giải kém và dễ bị sai lệch

## CHẾ ĐỘ TAPPING TAPPING MODE

- Chế độ này tránh được kéo le đầu dò trên bề mặt mẫu làm hỏng mẫu cũng như tránh được lực bám dính giữa mẫu và đầu dò, tránh được nhiễu hình ảnh do những lớp chất lỏng bám trên bề mặt mẫu
- Trong chế độ này đầu dò gõ lên bề mặt mẫu với năng lượng đủ lớn được tiến hành bằng cách cho tip tiếp xúc bề mặt mẫu sau đó tiếp được nâng lên để tránh cào xước bề mặt mẫu

## TẠO ẢNH TAPPING

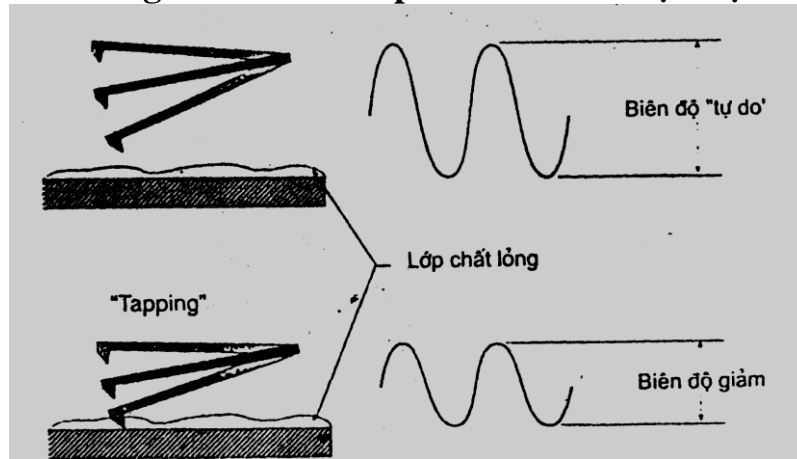
- Trong cách tạo ảnh này lò xo lá (mang theo đầu dò) được kích thích dao động ở gần tần số cộng hưởng riêng của nó bằng một bộ dao động áp điện (piezo oscillator)



- Tip dao động được di chuyển đến bề mặt mẫu cho đến khi nó bắt đầu hơi chạm hay gõ vào bề mặt mẫu. Khi quét tip dao động theo phương thẳng đứng và lần lượt tiếp xúc và nhấc ra khỏi bề mặt mẫu với tần số 50.000 đến 500.000 lần/ giây.
- Khi tip bắt đầu tiếp xúc bề mặt thì biên độ dao động bị giảm, khi qua vị trí lồi trên bề mặt biên độ giảm nhiều (vùng dao động tự do nhỏ), khi quét qua chỗ lõm thì biên độ lại tăng lên (vùng dao động tự do lớn) và đạt giá trị lớn nhất của biên độ dao động tự do.

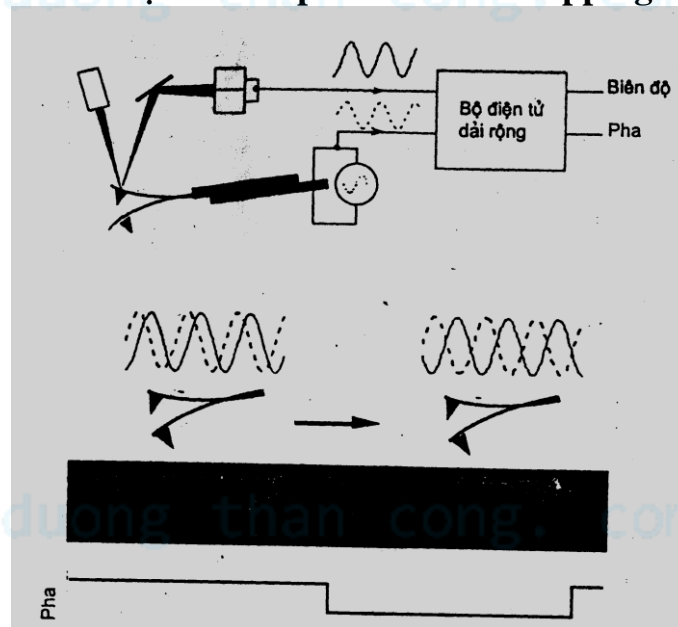


- Biên độ dao động này được ghi nhận bởi detector được sử dụng để tạo hình ảnh địa hình bề mặt đồng thời làm tín hiệu vi sai cho mạch phản hồi điều khiển khoảng cách mẫu – tip sao cho biên độ được duy trì không đổi

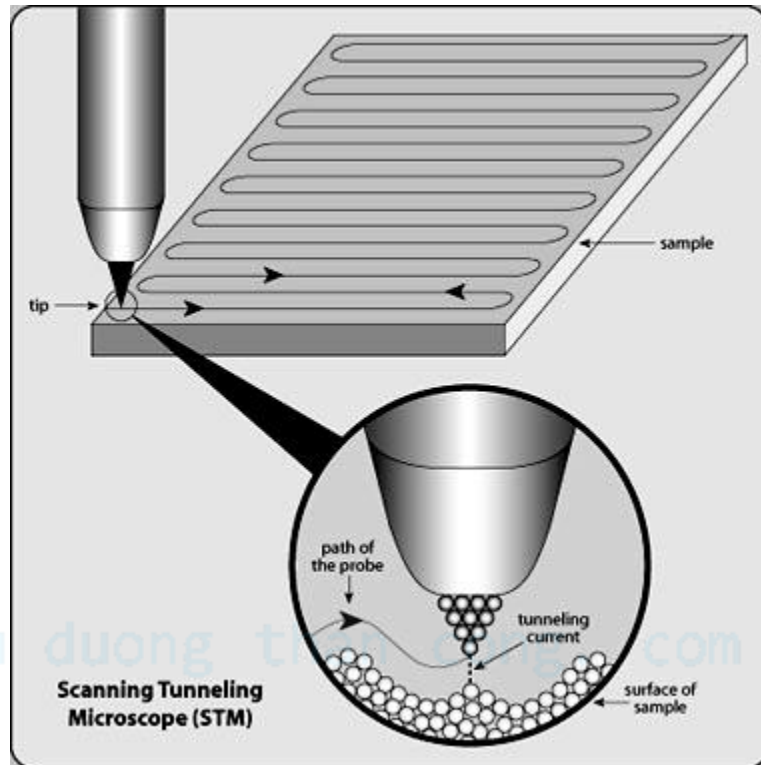


## TẠO ẢNH PHA

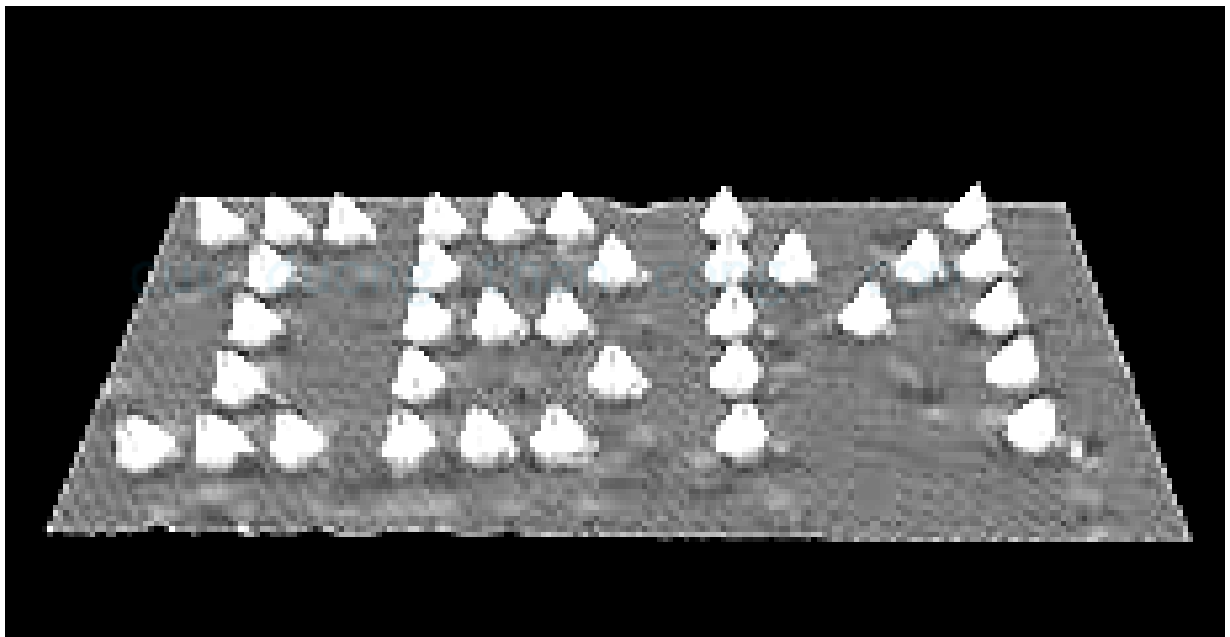
- Sự thay đổi về tính chất của vật liệu làm dịch pha giữa dao động của lực điều khiển từ bên ngoài và dao động của tip. Độ lệch được ghi nhận bằng hệ điện tử sử dụng để tạo ảnh đồng thời làm tín hiệu điều khiển. Độ dịch pha rất nhạy với tính chất vật liệu như độ bám dính, đàn nhớt... Ảnh pha thể hiện thành phần còn ảnh tapping thể hiện địa hình



## THAO TÁC ĐIỀU KHIỂN TỪNG NGUYÊN TỬ ĐỂ CHẾ TẠO CẤU TRÚC NANO BẰNG STM



Dịch chuyển những nguyên tử giữa mẫu và tip

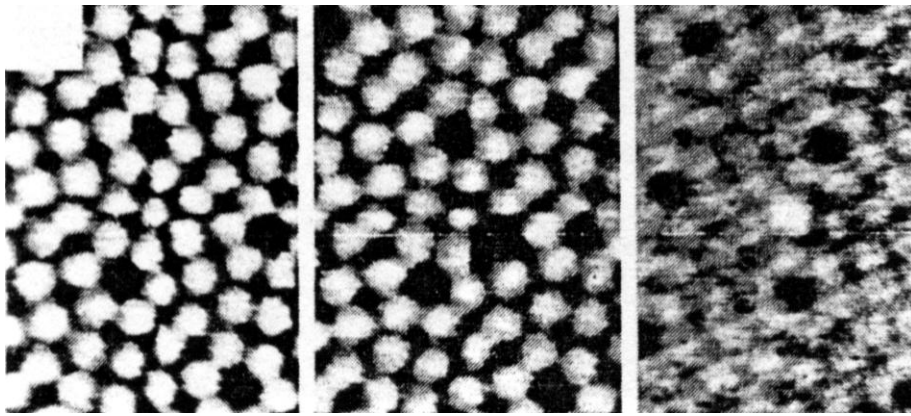


Cấy các nguyên tử xenon trên bề mặt của Ni



**Dòng chữ được tạo bởi những nguyên tử Fe trên nền Cu**

- Một trong những tiềm năng phi thường của STM là tạo những cấu trúc nano bằng cách dịch chuyển những nguyên tử giữa tip – mẫu bằng cách sử dụng tip bằng chính vật liệu cần khắc trên bề mẫu (ví dụ dùng tip bằng Au để khắc vàng trên bề mặt mẫu)
- Nguyên tử sẽ dịch chuyển từ tip đến mẫu hoặc ngược lại tùy thuộc vào chiều của điện trường đặt giữa chúng và độ lớn của điện trường. Độ lớn  $E$  phụ thuộc vào *rào thế hoá hơi trường* và giá trị này là hằng số đối với từng loại vật liệu.
- Ngưỡng này đạt được bằng cách dịch chuyển tức thời đầu dò STM đến gần bề mặt mẫu và tăng  $V$  đột ngột (giảm khoảng cách, tăng điện thế  $\Rightarrow$  tăng điện trường) thường điện trường đạt cỡ ít nhất là  $1\text{-}3\text{V}/\text{\AA}$
- Có thể cấy nguyên tử của tip cho mẫu hoặc ngược lại bằng cách thay đổi dấu của thế điện giữa chúng. Ví dụ: đặt một thế  $+3\text{V}$  cho tip ở khoảng cách  $3\text{\AA}$  các nguyên tử Si sẽ dịch chuyển đến đầu dò, đổi chiều có thể cấy Si trở lại bề mặt mẫu



**hình ảnh từ trái qua phải: trạng thái ban đầu, chuyển nguyên tử từ sample đến tip, chuyển nguyên tử từ tip trở lại bề mặt mẫu**

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com