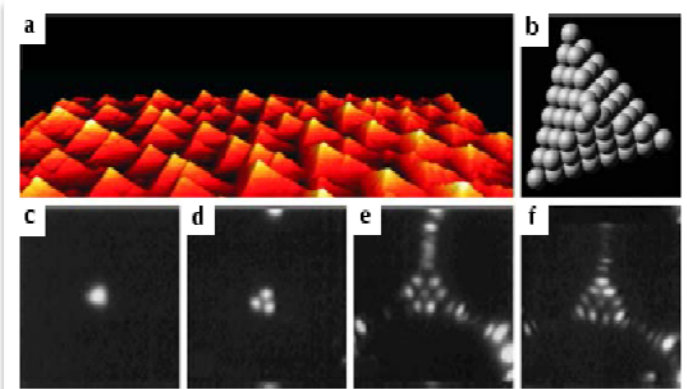


# 以原子解析顯微術研究奈米結構

前言：Why 奈米結構？

奈米科學(Nano-science)及奈米科技(Nano-technology) 是本世紀全球矚目並全力投入發展的領域。

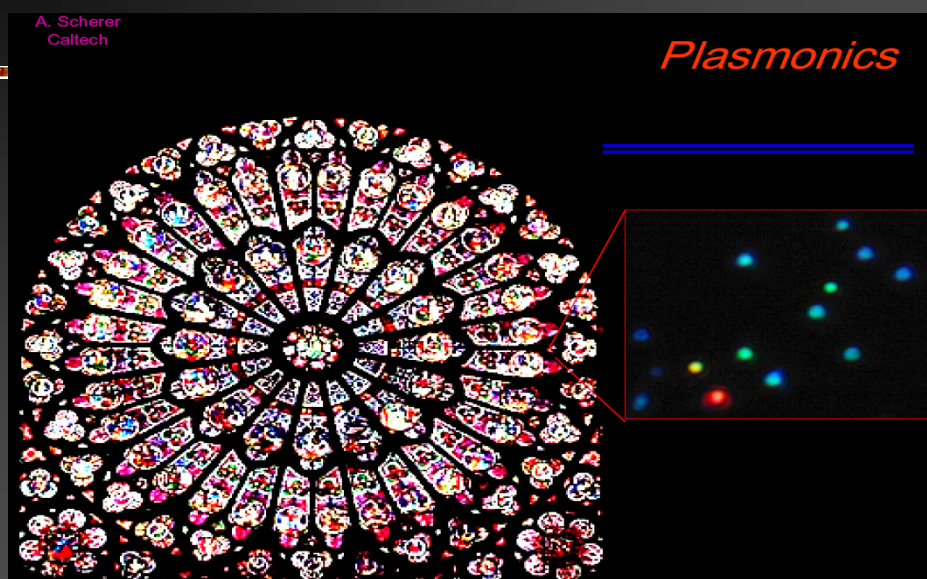
諾貝爾獎得主 Richard Smalley 說「奈米科技對人類健康及生活福祉之貢獻絕對不亞於本世紀微電子產品、醫學影像、電腦輔助工程、人造高分子材料等之總合貢獻。」



當材料結構小到奈米尺寸時，物理特性和塊材材料截然不同，對  $5 \times 5 \times 5$  個原子形成的奈米原子團而言，表面原子比例達整體原子數之 80%，表面效應對奈米微結構之物性有重要影響。

利用奈米材料，不僅要找到更好的材料和更便宜的生產方法，也得瞭解其結構強度及穩定度上的弱點，利用其質輕省能的優點。

## 金屬的奈米傑構造就了五彩繽紛的彩色玻璃

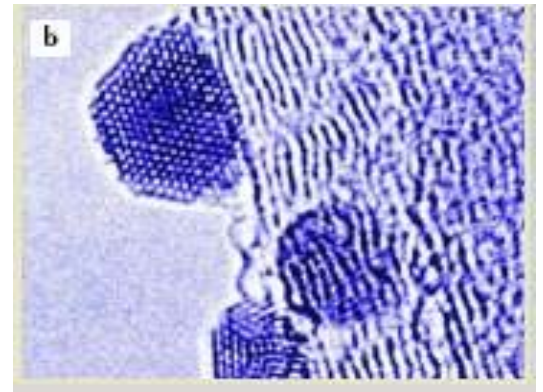


# 壹、原子解析顯微術

## 一、解析度

1. 光學顯微鏡：繞射極限， $\sim \lambda/2$  or 250 nm

2. 近場光學顯微鏡：光纖針尖尺寸限制， $\sim \lambda/40$  or 15 nm

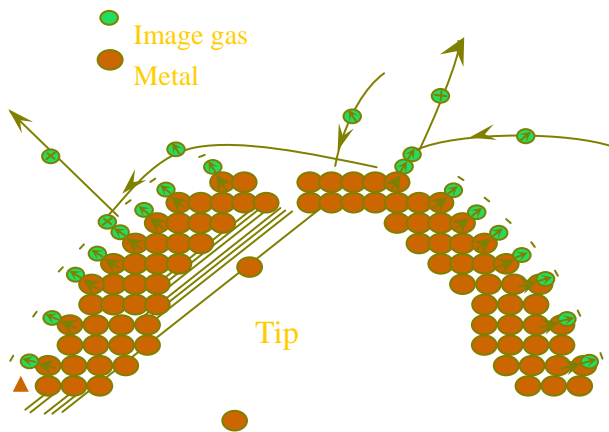


## 二、電子顯微鏡(EM)種類：

(1) 掃描式電子顯微鏡(SEM)：Stained U-atoms seen

(2) 穿透式電子顯微鏡(TEM)：Lattice image，heavy atoms seen，seen routinely after aberration correction

(3) 原子解析顯微術-場離子顯微術(Field Ion Microscope：Atomic resolution routine Atom-Probe FIM：Single atom chemical & energy analysis)

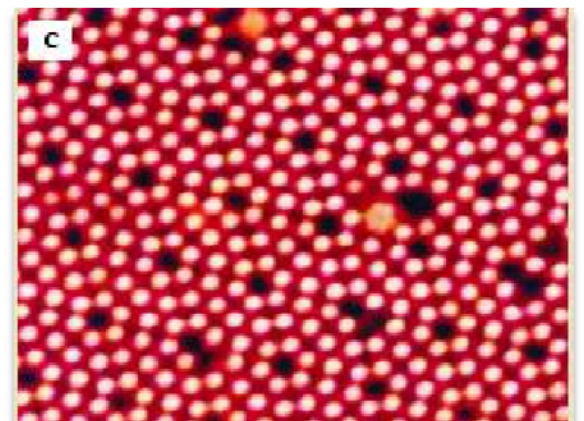
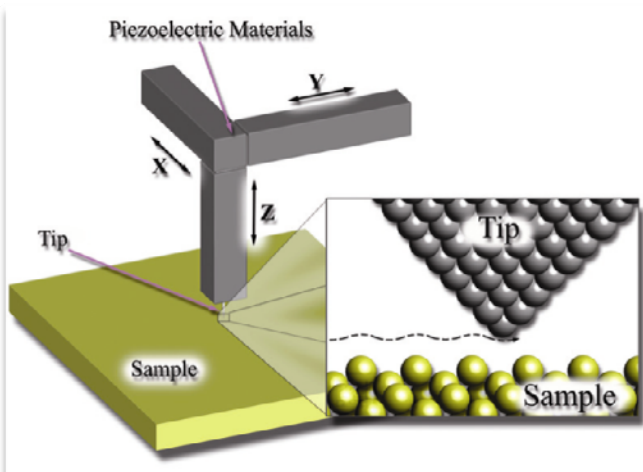


(4) 原子解析顯微術-掃描穿隧顯微術

Scanning Tunneling Microscope：STM，AFM，SPM

Atomic resolution routine. Electronic density of states

Manipulation of single surface atoms



## 貳、掃描穿隧顯微術的應用

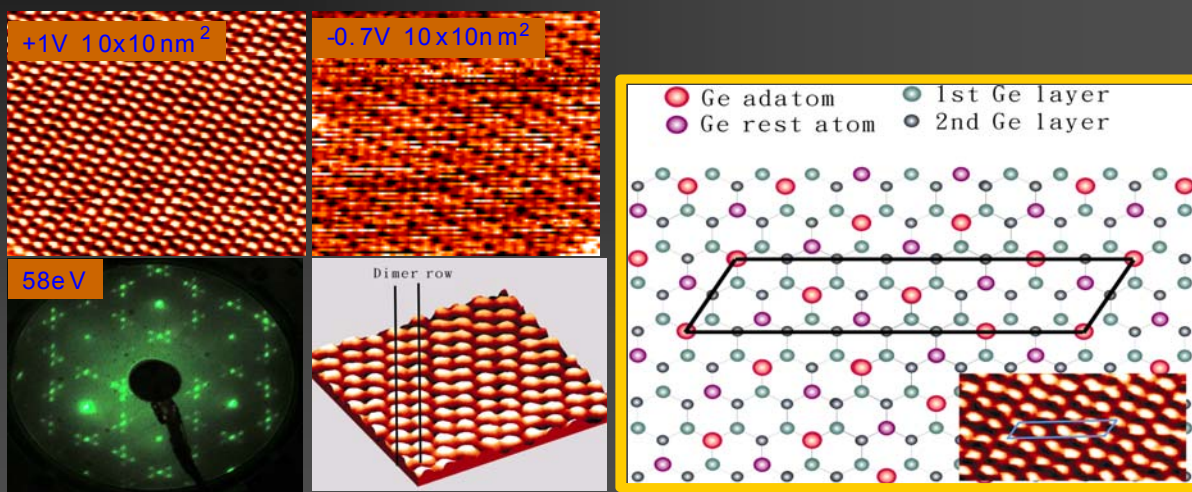
### 一、表面上原子島形隨溫度變化

#### Temperature-dependent shape transformation of Co clusters on Ag/Ge(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ surfaces

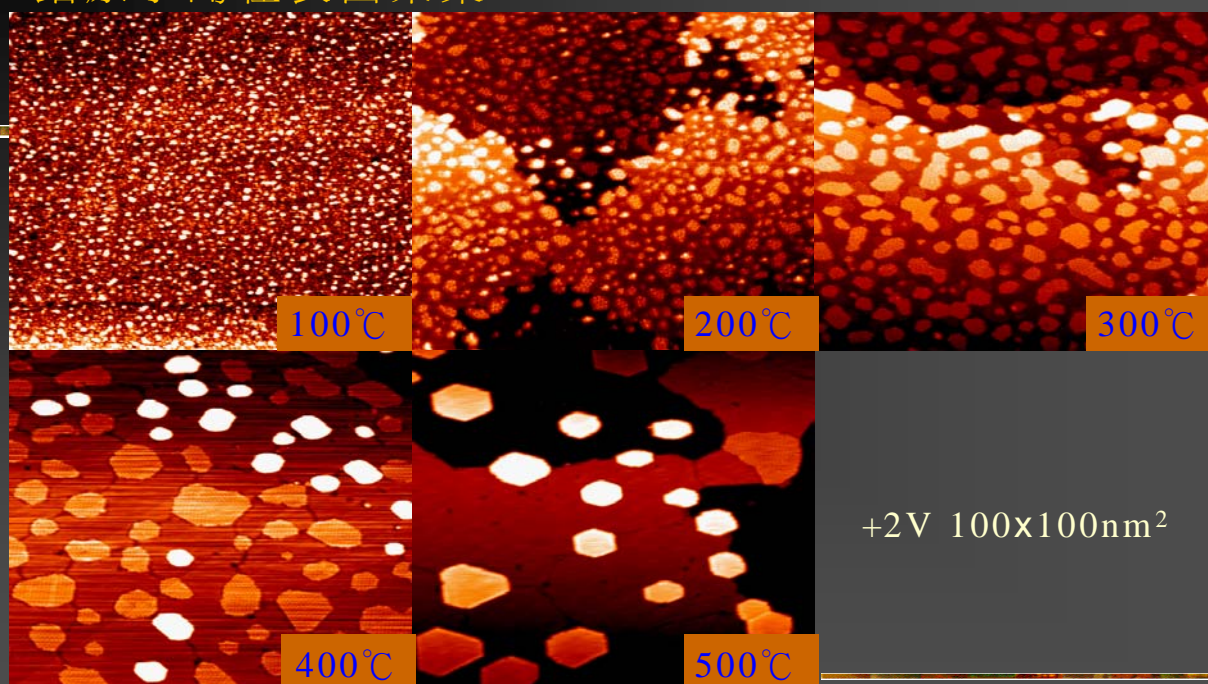
##### 1. 鍺(111)-c(2x8)表面

數據分析與討論

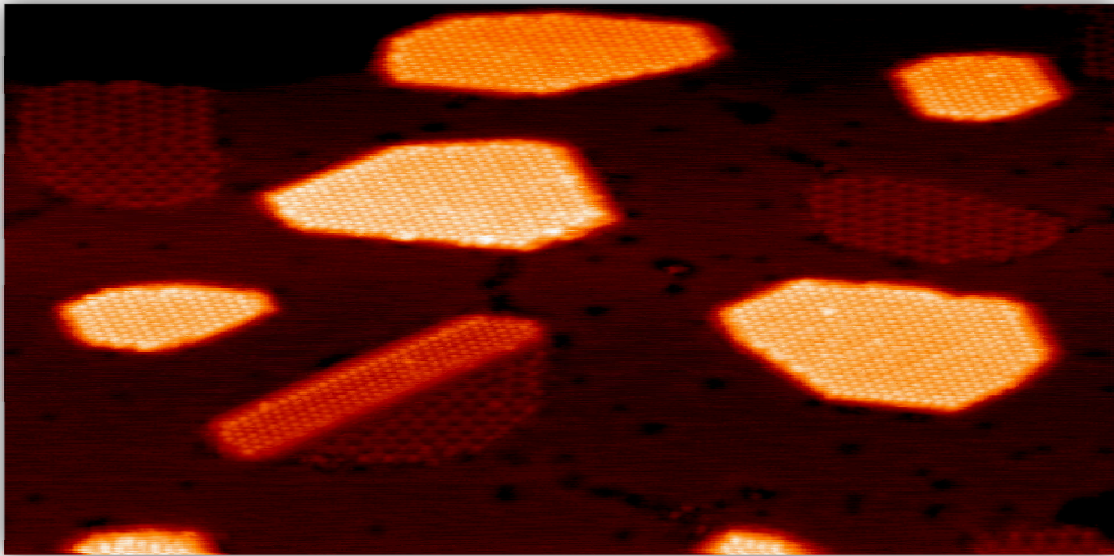
### 鍺(111)-c(2x8)表面



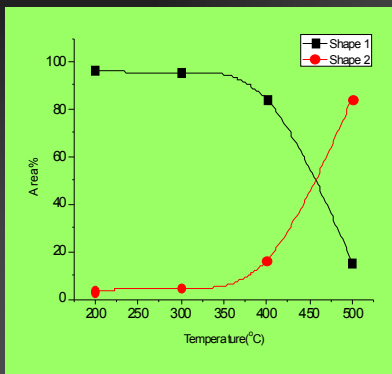
### 鈷原子島在表面聚集與溫度之間的關係



## 二、在銀/鍺(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面成長二維鈷原子島---表面擁有不同形貌的二維鈷原子島



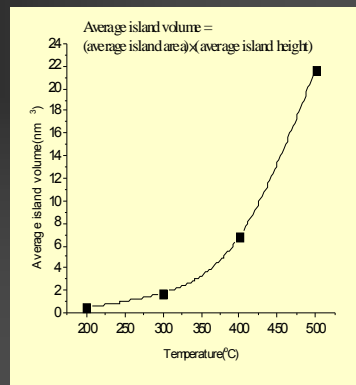
### 兩種形貌鈷原子島的比例



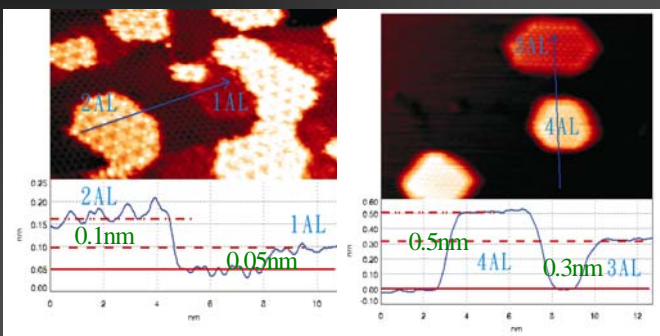
- 300 °C左右，成長行為發生轉變，使形貌一的島逐漸變少，形貌二的島逐漸變多

### 鈷原子島平均體積大小隨溫度的變化

- 鈷原子島平均體積大小隨溫度加速上升



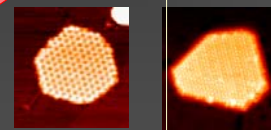
### 不同形貌鈷原子島的高度分析



### 鈷原子島形貌與厚度的關係

層數	1~2層	3層以上
形貌類別	形貌一	形貌二
層間間距	約0.05nm	約0.2nm
週期大小	$\sqrt{13}\times\sqrt{13}$ $14^\circ$	2x2
單位晶格長度	0.44nm	0.8nm

鈷原子堆到第三層之後，就恢復本身hcp堆積，層與層的間距變回0.2nm



### 三、結論

- 在銀/鎢(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$  的表面的鈷原子必須透過加熱至 200 °C ，才獲得足夠的動能，得以自由地擴散，才會開始形成有結構的二維島
- 鈷原子在銀/鎢(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$  的表面所成長的二維鈷原子島有隨著層數的不同有著不同的形貌與週期，分別是形貌一的 $\sqrt{13}\times\sqrt{13}$ R140 與形貌二的 2x2
- 鈷原子在銀/鎢(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$  的表面所成長的二維鈷原子島可依溫度調變大小

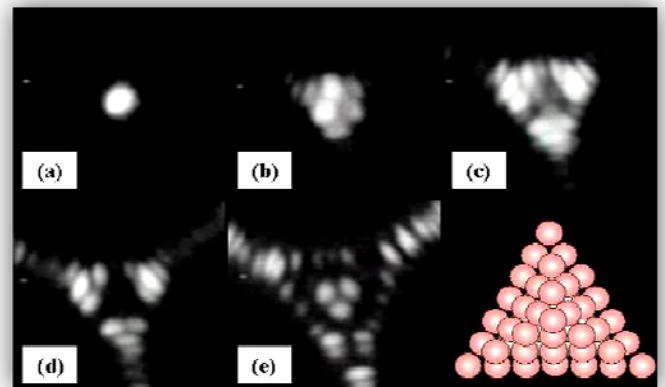
### 參、表面上原子的動態

#### Dynamic study of atoms and clusters on W (111) surfaces

##### 一、利用原子解析顯微術-場離子顯微術(FIM)

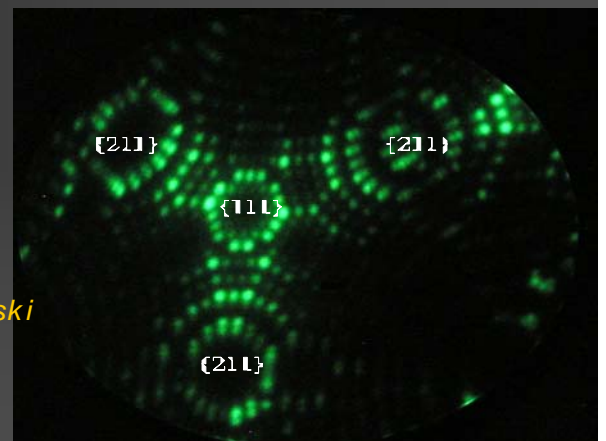
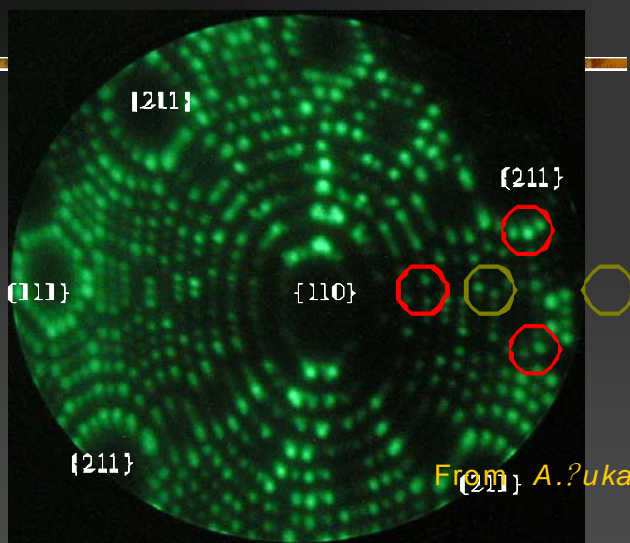
###### 觀察的優點

- (1)原子解析度
- (2)可觀察乾淨完美的表面
- (3)可操控的原子吸附
- (4)可操控原子島的大小



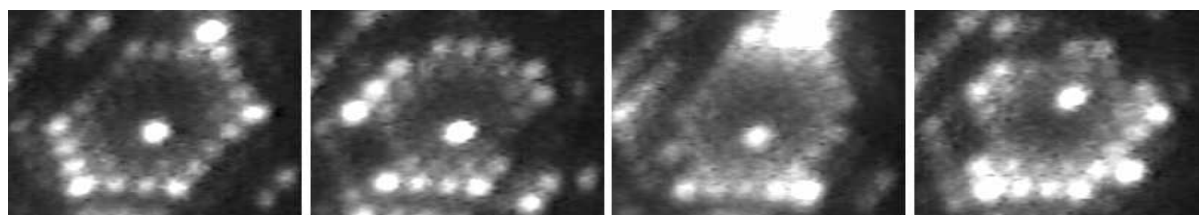
##### 二、利用 FIM 觀察 W(111)表面的結構

#### Find W (111) in FIM image

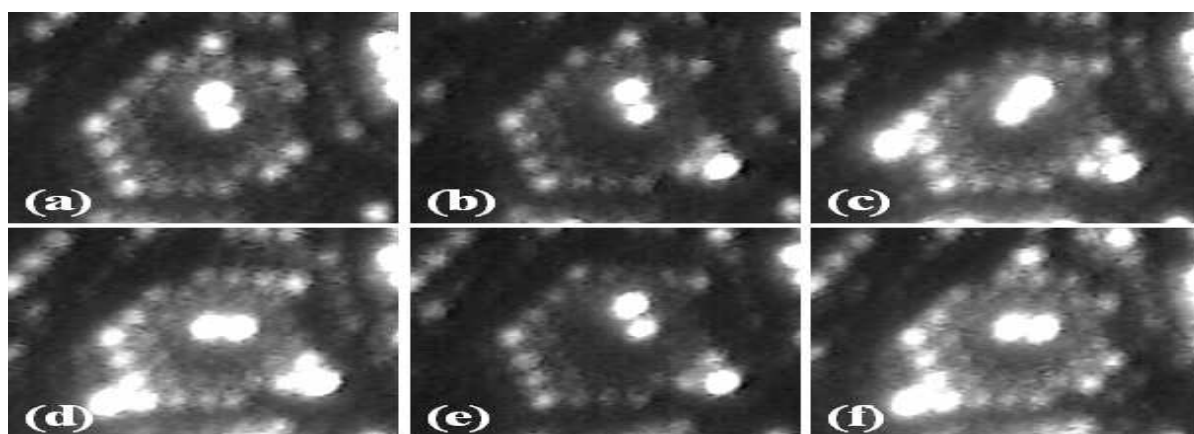


### 三、W 原子在 W(111) 表面上的移動現象

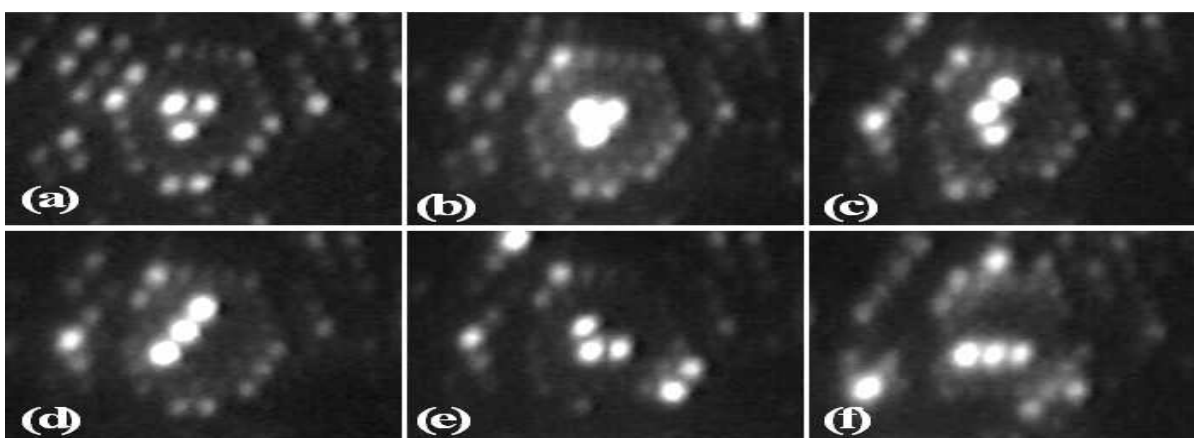
#### 1. 一個原子在 663K 時移動的現象



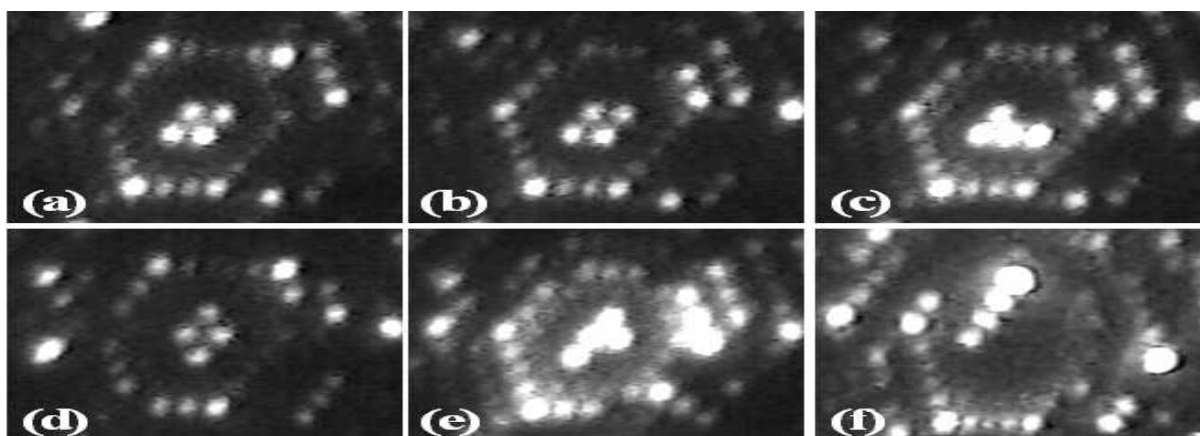
#### 2. 二個原子在 548K 移動的現象



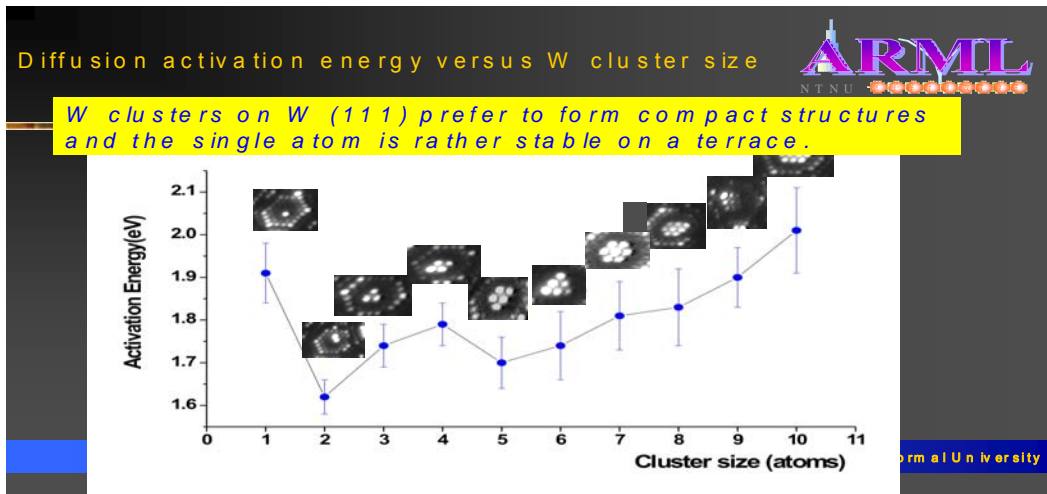
#### 3. 三個原子在 597K 移動的現象



#### 4. 四個原子在 597K 移動的現象

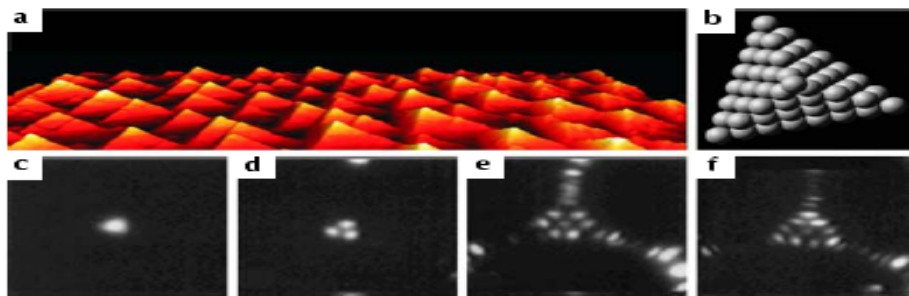


#### 四、W 原子移動能量與 W 原子個數之關係

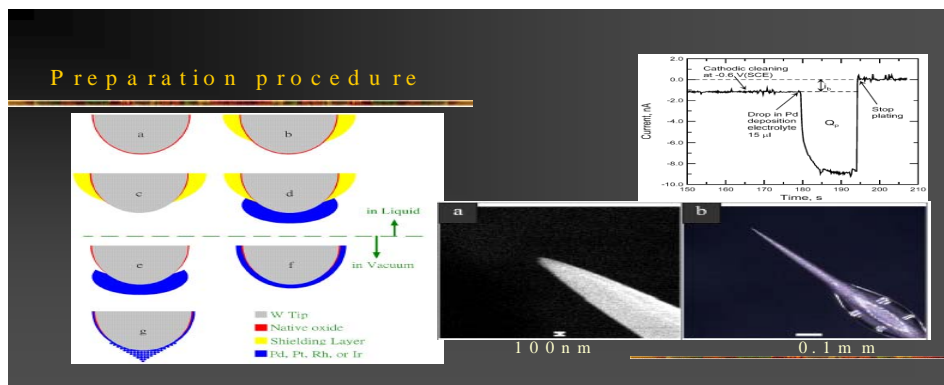


#### 肆、單原子針尖的製作及應用

### Formation and application of a Single-atom Sharp W Pyramidal Tip

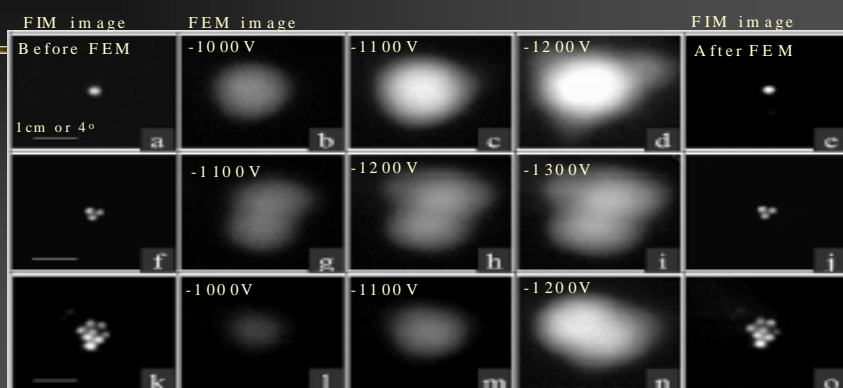


#### 1. 單原子針尖的製作



#### Electron emission pattern of SATs

2. 針尖上不射電子所產生



同原子時發不同的現象

感謝台師大物理所傅祖怡教授在百忙中撥空前來為本校學生做這場專題演講，使學生能藉由**原子解析顯微術**進入原子的世界，使遙不可及的原子具體而微。給學生有一豐富而充實的一個下午。





