

# 自然專題講座

演講主題：由簡單到真實系統一下世代的表面科學

主 講 人：師大物理系蔡志申教授



蔡志申教授於三月卅日蒞臨再興進行物理專題演講

蔡志申教授於去年也曾蒞臨再興進行物理專題演講(去年的主題為奈米科技的關鍵技術：表面科學與量子力學)，今年再度接受張東勇主任與自然科教學研究會的邀請，針對表面科學進行更深入的說明，主題為由簡單到真實系統：下世代的表面科學。



朱校長致詞歡迎蔡教授演講

## 蔡志申教授個人檔案

蔡志申教授於國立臺灣師範大學物理學系獲得博士學位後，首先於中央研究院物理所擔任博士後研究(1997-1999)，緊接著獲得德國洪博獎助赴德國波昂大學訪問研究(1999-2000)，回國後任教於東海大學(2000-2004)、中正大學(2004-2005)與臺灣師範大學(2005-)，現任國立台灣師範大學物理學系教授。

蔡教授的主要研究主題在探討奈米尺度超薄膜結構之材料性質，包含厚度僅為幾原子層之超薄膜、合金膜、雙層膜及多層膜；以各種樣品製備技術製作所需各式樣品，如分子

束磊晶 MBE 離子濺鍍與化學電鍍；並結合材料特性分析技術，如表面磁光科爾效應 SMOKE、歐傑電子能譜術 AES、低能量電子繞射 LEED、退吸附質譜分析、掃描穿隧電子顯微鏡 STM；兼顧基礎研究與工業應用方向，深入瞭解奈米尺度超薄膜結構之磁、光、電、化學等特殊性質，以及自旋電子元件結構介面機制特性研究。目前主要研究方向為：

1. 超薄膜物性研究：研究金屬半導體介面磁性 Co/Ge 等、超薄半導體膜(Ge/Cu 與 Si/Cu) 等超薄氧化物及垂直異向性高密度記錄材料之製作與特殊物性探討。
2. 低維度磁性系統：研究在等階梯形基材上成長之低維度磁性樣品，及相關之量子點與奈米線之物性探討。
3. 奈米級薄膜結構研究：以化學電鍍與離子濺鍍成長奈米級薄膜結構，並以磁光科爾效應與掃描穿隧電子顯微鏡等研究樣品之磁性與結構特性。

## 精彩內容

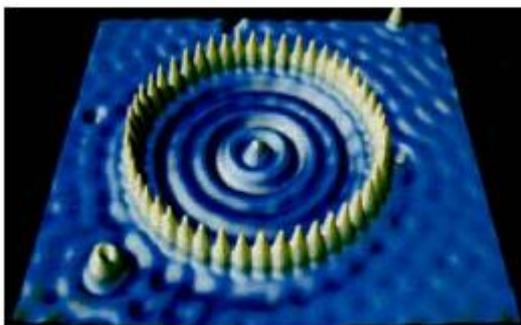
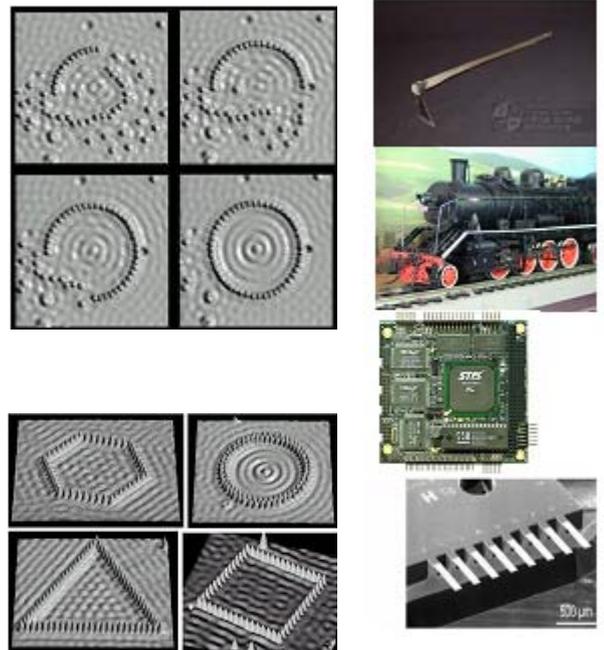
### 一、奈米科技的關鍵技術：表面科學與量子力學

#### 1、尺寸與技術(尺寸的縮小代表著技術的改變)

- ※ 農業時代(2000BC)－cm－農具
- ※ 工業時代(1750)－mm－機械
- ※ 微電子技術(1960)－ $\mu\text{m}$ －CMOS、IC
- ※ 21 世紀－nm－分子

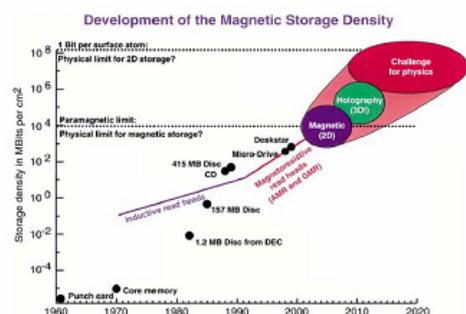
#### 2、奈米材料特殊的性質

- ※ 平行同步性－高速度
- ※ 高密度的連接－同時控制不同的程序
- ※ 高靈敏度－由分子辨識分子
- ※ 快速－機械運動、擴散、熱傳
- ※ 奇特的物性－量子效應、近場效應
- ※ 永續性－材料、能源
- ※ 新方向－師法自然



48顆Fe在Cu上形成量子柵欄

當今科技元件往輕薄短小發展 →→ 奈米化



## 二、2007 年諾貝爾化學獎介紹(表面科學研究方法論的基礎)

**The Nobel Prize in Chemistry 2007**  
 "for his studies of chemical processes on solid surfaces"

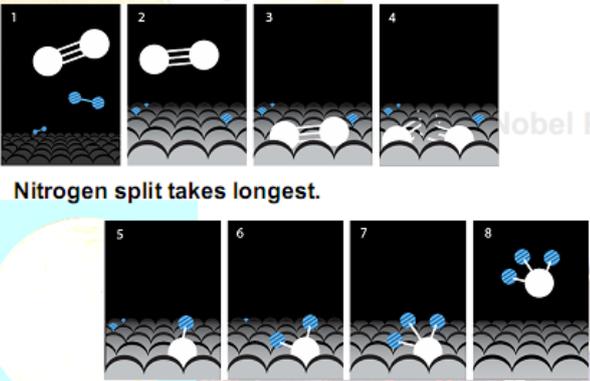


**Gerhard Ertl**  
 Germany  
 Fritz-Haber-Institut  
 der Max-Planck-Gesellschaft  
 Berlin, Germany  
 b. 1936

2007 年諾貝爾化學獎得主—Gerhard Ertl：研究固體表面的化學過程

早在 1918 年哈柏即以哈柏法製氨獲得了當年度的諾貝爾化學獎，但是有關於哈柏法製氨的化學過程卻是一個未知的難題，直到 Gerhard Ertl 近卅年的研究才揭開謎底，他也因而獨得了 2007 年諾貝爾化學獎。

**The Haber-Bosch process step-by-step**



Nitrogen split takes longest.

哈柏法製氨的過程圖示

**The Haber-Bosch process step-by-step**

**Straightforward to establish the reaction mechanism**

$$H_2 \rightleftharpoons 2 H_{ad}$$

$$N_2 \rightleftharpoons N_{2,ad} \rightleftharpoons 2 N_s$$

$$N_s + H_{ad} \rightleftharpoons NH_{ad}$$

$$NH_{ad} + H_{ad} \rightleftharpoons NH_{2,ad}$$

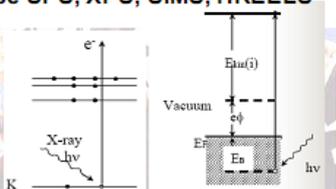
$$NH_{2,ad} + H_{ad} \rightleftharpoons NH_{3,ad}$$

$$NH_{3,ad} \rightleftharpoons NH_3$$

$NH_{3,ad} \rightleftharpoons NH_{2,ad} + H_{ad}/D_{ad}$

The state  $NH_2$  could not be quantified by spectroscopic methods, but instead by co-adsorbing  $NH_3$  and  $D_2$

use UPS, XPS, SIMS, HREELS



In the "backward" direction, which is favored at low pressures

哈柏法製氨的化學步驟

蔡志申教授更引用 Gerhard Ertl 的名言勉勵在場的學子：

"And you must be patient. You must be patient. That is very important."

"Slow but accurate!"

表面科學的研究必須十分具有耐心—過程緩慢但卻十分精準！

### 三、2007 年諾貝爾物理獎介紹(巨磁阻)

**The Nobel Prize in Physics 2007**  
"for the discovery of Giant Magnetoresistance"



**Albert Fert**  
1/2 of the prize  
France  
Université Paris-Sud; Unité Mixte de Physique CNRS/THALES, Orsay, France

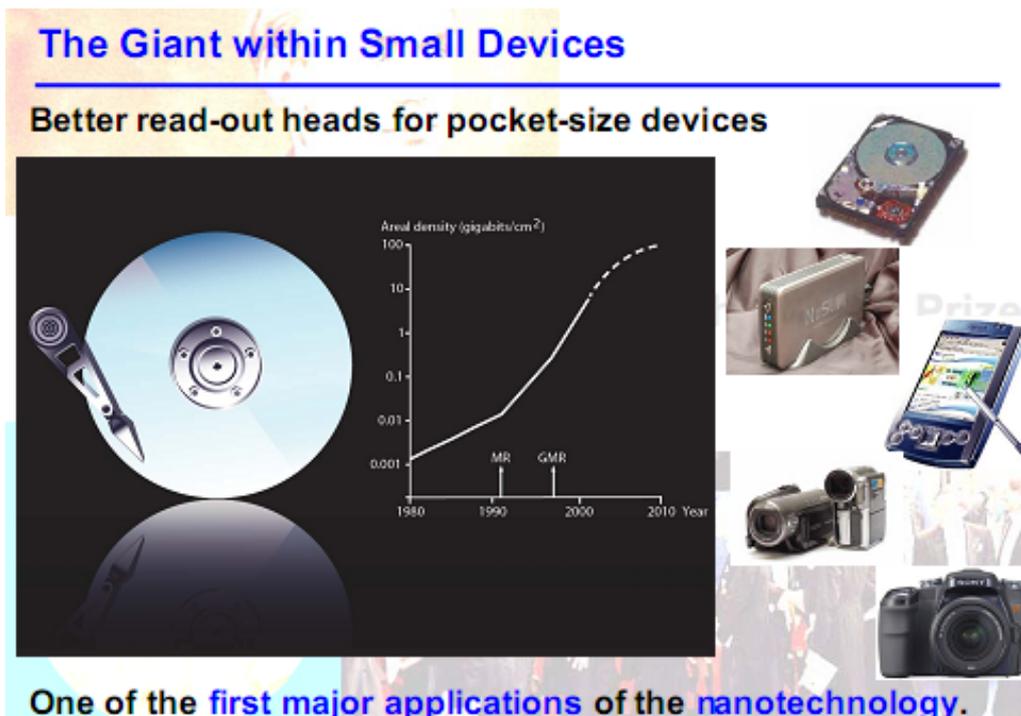
**Peter Grünberg**  
1/2 of the prize  
Germany  
Forschungszentrum Jülich Jülich, Germany

2007 年諾貝爾物理獎得主 Albert Fert 與 Peter Grünberg：巨磁阻的發現

物質在磁場作用下電阻改變的現象稱為磁阻效應，一般來說，磁性金屬和合金材料一般都有這種磁電阻現象，但是物質的電阻率在磁場中僅產生輕微的減小；在特殊條件下，電阻率減小的幅度相當大，比磁性金屬與合金材料的磁電阻值約高 10 餘倍，稱為巨磁阻效應(GMR)。

巨磁阻效應在高密度讀出磁頭、磁存取元件上有著廣泛的應用。巨磁阻物質可以將用磁性方法存儲的數據，以不同大小的電流輸出，並且即使磁場很小，也能輸出足夠的電流變化，以便識別數據，從而大幅度提高了數據存儲的密度，現行的讀取裝置幾乎都是巨磁阻的應用。

**The Giant within Small Devices**  
Better read-out heads for pocket-size devices



Areal density (gigabits/cm<sup>2</sup>)

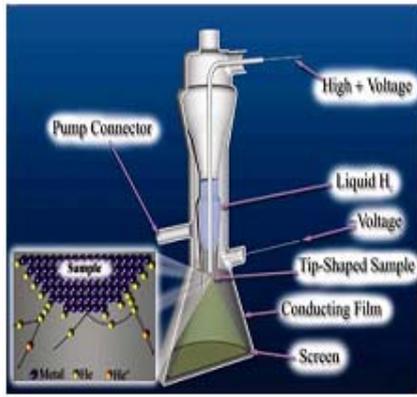
Year	Areal density (gigabits/cm <sup>2</sup> )
1980	0.001
1990	0.01
2000	1
2010	100

MR GMR

One of the first major applications of the nanotechnology.

磁阻(MR)與巨磁阻(GMR)的發現分別於 90 年代早期與晚期改變存取密度

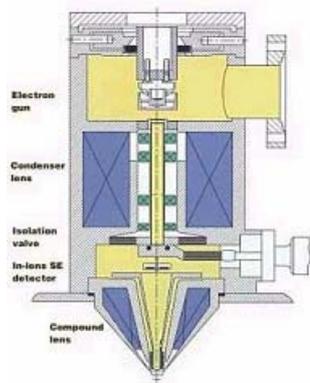
#### 四、各項顯微技術



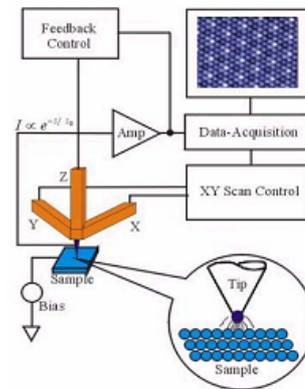
**FIM**



**TEM**

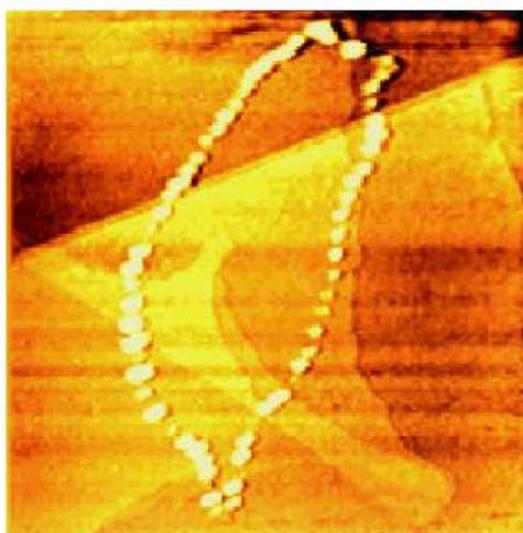


**SEM**

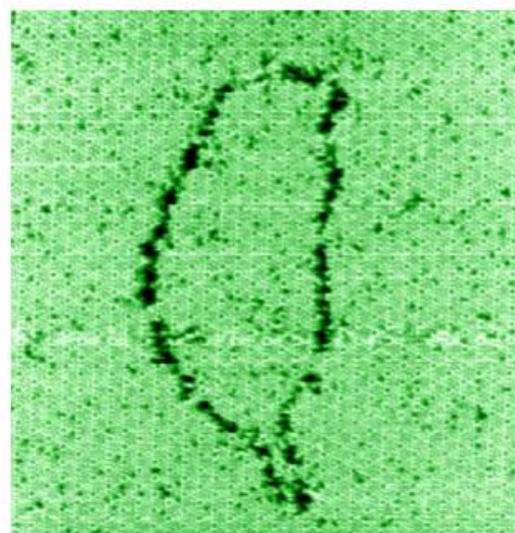


**SPM**

現行的顯微技術已經可以操縱原子並依照科學上的需要進行排列，這對於奈米科技與表面科學有非常大的幫助；上述為幾種常見的顯微技術。



1000 Å



100 Å

中央研究院奈米科學研究室利用原子操縱術排列出臺灣的形狀

## 五、結語

- 1、奈米科技的兩大基礎為表面科學與量子力學，其中 2007 年諾貝爾物理獎與化學獎不約而同頒發給表面科學的相關領域，其重要性可見一斑。
- 2、2007 年諾貝爾化學獎頒發給 Gerhard Ertl，以表揚其研究固體表面的化學過程，他在授獎時特別強調「耐心」在表面科學研究上的重要，蔡志申教授也引用得獎者的名言鼓勵在場的學子。
- 3、2007 年諾貝爾物理獎頒發給 Albert Fert 與 Peter Grünberg，以表揚他們兩位在巨磁阻上的貢獻，巨磁阻對於磁頭的讀取有非常大的幫助，可以有效地增加記憶的容量，此為表面科學應用到奈米科技上的實例。
- 4、各種顯微技術的進步，使我們可以觀測甚至於操縱各種原子與分子，這對於奈米科技與表面科學有非常大的幫助。
- 5、蔡志申教授的實驗室為奈米磁學實驗室：研究中利用各種顯微技術對於表面科學進行研究與量測，歡迎在場學子到實驗室中進行物理專題研究。



張東勇主任致詞感謝蔡志申教授到校演講



張東勇主任代表再興中學獻禮