

## 第四次產業革命

- 第一次產業革命：十八世紀時發明了蒸汽機，開啟了四百年來的產業革命
- 第二次產業革命：電氣化
- 第三次產業革命：電子計算機
- 第四次的產業革命：奈米科技

## 1931 electron microscope

- 1931年德國學者E. Ruska發明電子顯微鏡，於1986年與H. Rohrer, G. K. Binning共同獲得諾貝爾獎

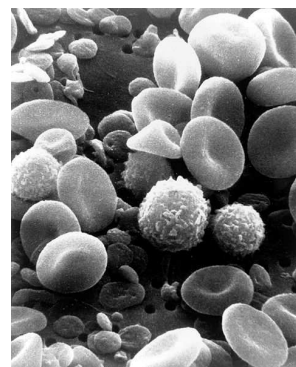
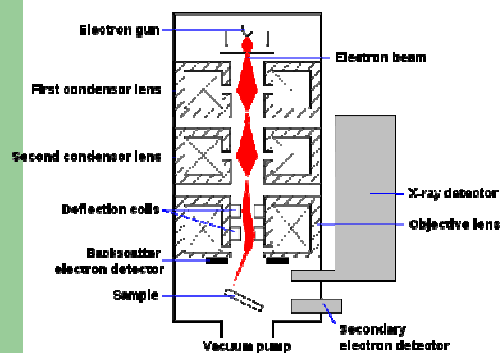


Electron microscope constructed by Ernst Ruska in 1928

## 1938 scanning electron microscope

- The first SEM image was obtained by Max Knoll, who in 1935 obtained an image of silicon steel showing electron channeling contrast. Further pioneering work on the physical principles of the SEM and beam specimen interactions was performed by Manfred von Ardenne in 1937, who produced a British patent but never made a practical instrument.

## SEM



From wiki

## 1959, Richard Feynman 的預言

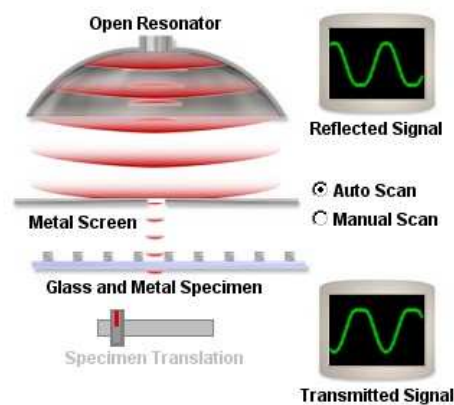
- 「微小世界有很大的發展空間（There's Plenty of Room at the Bottom）」，
- 理查·費曼在1959年美國物理年會的一場演講，提出未來有一天，人類可能隨心所欲地利用小尺寸（奈米）材料並呈現出嶄新的應用（What I want to talk about is the problem of manipulating and controlling things on a small scale. Furthermore, a point that is most important is that it would have an enormous number of technical applications），他亦提出未來可能將大英百科全書的內容記錄在像大頭針這麼小的容積裡（Why cannot we write the entire 24 volumes of the Encyclopedia Britannica on the head of a pin.），由此揭開了奈米科技的遠景。

## 1962 久保理論

- 1962年 日本物理學家久保亮(Kubo)提出了著名的久保理論的「量子限制理論」(the Quantum Confinement Theory)，指出細微的金屬粒子，其能階將隨粒徑的改變而有所改變。
- 1974年 日本科學大學教授谷口紀男(Norio Taniguchi)率先著作奈米科技書籍(On the basic concept of nanotechnology)，命名為“Nanotechnology”用以描述精密機械加工。

## 1972 Near-field scanning microscope

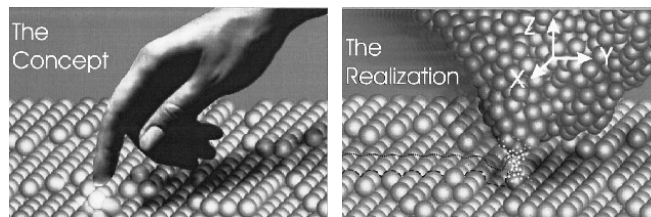
- In 1972, E. A. Ash and G. Nicholls, from the University College in London, demonstrated the near-field resolution of a subwavelength aperture scanning microscope operating in the microwave region of the electromagnetic spectrum. Utilizing microwaves, with a wavelength of 3 centimeters, passing through a probe-forming aperture of 1.5 millimeters, the probe was scanned over a metal grating having periodic line features. Both the 0.5-millimeter lines and 0.5-millimeter gaps in the grating were easily resolvable, demonstrating sub-wavelength resolution having approximately one-sixtieth ( $0.017$ ) the period of the imaging wavelength.



From olympus

## 1982 STM

- 1981年 IBM在Zürich Research Center兩位科學家Gerd Binnig和Heinrich Rohrer研製了世界第一臺「掃描穿隧式顯微鏡」(Scanning Tunneling Microscope, STM)。



G. Binnig and H. Rohrer, *Rev. of Mod. Phys.* **71**, S324-S330 (1999).

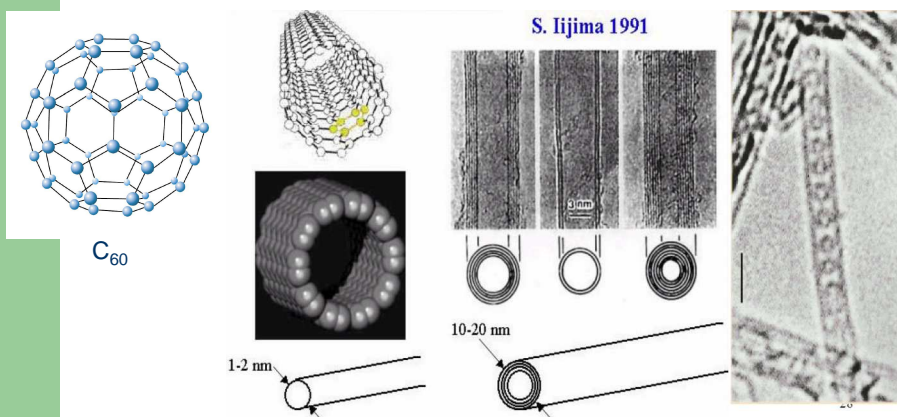
## 1984 奈米材料的興起

- 1984年 德國科學家Herbert Gleiter於Phys. Rev. Lett. 102A (1984) 365 發表具有清潔表面能力的奈米微粒，並提出奈米材料界面結構模型。其奈米晶材料的概念開啟了研究者對各式各樣奈米級材料的探索熱潮。

## 1985 fullerene, 1991 nanotube

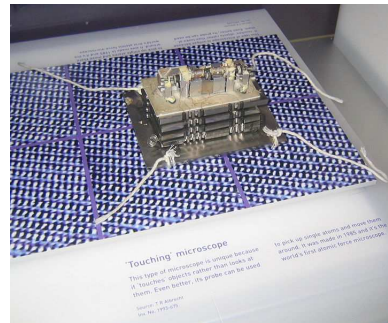
- 1985年 英國Sir Harold W. Kroto (University of Sussex)和美國Robert F. Cuil Jr.和Richard E. Smalley (Rice University)從石墨中純化出「碳60」奈米結構的第三種（石墨、鑽石以外）碳結晶體稱為富勒體(fullerene)，三人因此獲得1996年諾貝爾化學獎。
- 1991年 日本NEC研究員飯島澄男(Sumio Iijima)所發現的「奈米碳管」(carbon nanotubes)，成為奈米科技的主要原料。

## Fullerene and nantube



## 1985 Atomic force microscope

- Binnig, Gerber, and Quate develop the atomic force microscope (AFM)



The 1st Atomic Force Microscope,  
Science Museum, London

## Development of AFM

- **1986**, first Scanning Thermal Microscopy (SThM) by C. C. Williams, H. Wickramasinghe
- **1987**, First AFM atomic resolution by T. Albrecht at Stanford, using a tunneling tip; first Non-contact AFM introduced by H. Kumar Wickramasinghe; first Magnetic Force Microscopy (MFM) by Y. Martin, H. K. Wickramasinghe; first Friction Force Microscopy (FFM or LFM) by C. M. Mate et. al.
- **1988**, first Electrostatic Force Microscopy (EFM) by Y. Martin, D. W. Abraham et. al.

## Development of AFM

- **1989**, first commercially available microfabricated cantilevers for AFMs; Photon scanning tunneling microscope (PSTM) was developed by Reddick; first Scanning Capacitance Microscopy (SCM) by C. C. Williams, J. Slinkman et. al.
- **1990**, First commercially available AFMs
- **1991**, first Force Modulation Microscopy (FMM) by P. Maivald et. al.
- **1992**, Piezolevers, the first commercially available all-electronic AFM cantilevers, are introduced. Shear force detection type scanning near-field optical microscope (SNOM) was developed by Eric, et. al.

## 1990 conference at Baltimore

- 1990年 7月第一屆國際奈米科技會議在美國Baltimore 舉行。
- 1990年 美國IBM公司研究員Don Eigler，依自己的意志操作原子排列原子書法(atomic calligraphy)。



## 1990 IBM

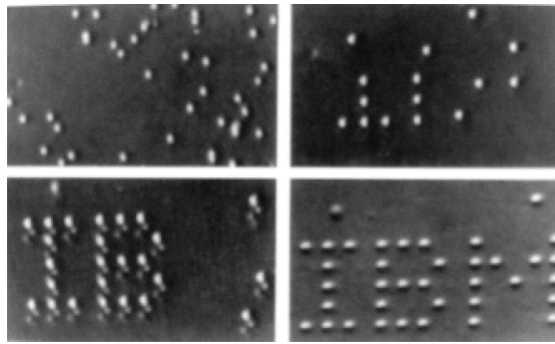


圖 1.2. 美國國際商用機器公司在鎳表面用 36 個氫原子排出 “I B M”

## 1995 Academia Sinica

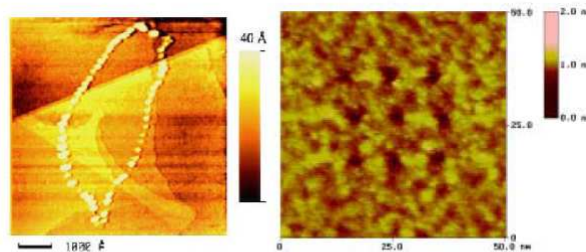
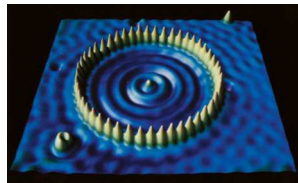


圖 1.3. 外加電壓於 STM 探針在 Au (左)及 Pt (右)表面產生之奈米結構。(T. C. Chang et al., Appl. Phys. Lett. 67, 903, 1995.)

## 1991 electron wave

- 1991年 D. Eigler和同事用 Xenon/Nickel系統製作原子開關(atomic switch)。
- 1993年 D.Eigler和同事於銅表面排列 48顆鐵原子(共兩層鐵原子圍欄半徑約 7nm)，並利用STM觀察到銅表面電子波的影像。



## 美國世界技術評估中心 world technology evaluation center

1. 8人小組
2. 1996-1998 針對奈米顆粒，奈米結構及奈米裝置於全世界之研究現況進行調查
3. 自1998起發表R&D status and trends in nanoparticles, nanostructured materials, nanodevices in the united states
4. [itri.loyola.edu/nano/views/top.htm](http://itri.loyola.edu/nano/views/top.htm)



## 2000 NNI

- 美國在2000年1月20日由克林頓總統在加州理工學院宣布了「國家奈米技術計畫（National Nanotechnology Initiative，NNI）」，於是引發了一場全新的「產業革命」，開展奈米技術於民生與產業領域的應用發展。
- 2003年5月美國國會通過「2003奈米技術研究發展法案」(H. R. 766)。

## 台灣的奈米發展

- 於2002年由國科會、中研院、工研院、經濟部、教育部等機構共同推動之跨部會的奈米國家型科技計畫大型計畫，目標要達到『學術卓越研究』和『奈米科技產業化』。且這個計畫在2003到2008年間已投入200億元，在成果方面，包含學術卓越研究：奈米碳管、奈米磁性生醫檢測、奈米導線、光子晶體、太陽能電池、顯示器等都有重大的研究成果。在奈米科技產業化方面，目前已經影響產業領域至少包括民生化工、IC電子與構裝、儲存、能源、生技、顯示器、通訊、資訊等，並成功發開出許多奈米科技產品。

## 奈米國家型科技人才培育計劃

- 培育包含工程、基礎科學、經營管理、智財權法律、人文社會、生技醫藥等領域之跨領域整合人才。除此之外，配合網際網路發展，以及知識經濟之迅速成型，從小學、中學(K-12)、大學、研究所、在職訓練(On Job Training, OJT)、甚至與終身學習(Life Long Learning)之教育施政目標相結合。希望能夠從由下而上的紮根，將奈米知識推廣從國小、國中、高中等基礎教育，到大學、研究所與全體社會人士，以期及早培育奈米科技人材，並提升一般民眾對奈米科技的認識。

## 奈米國家型計畫

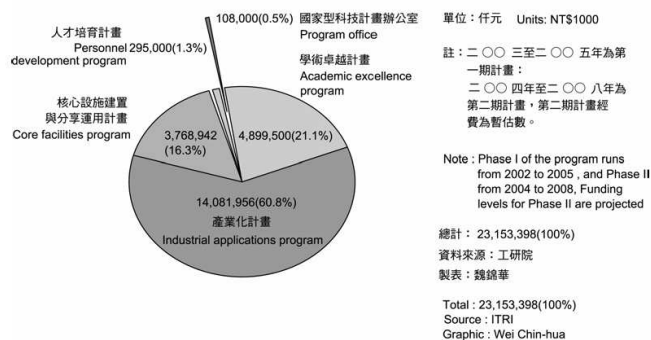
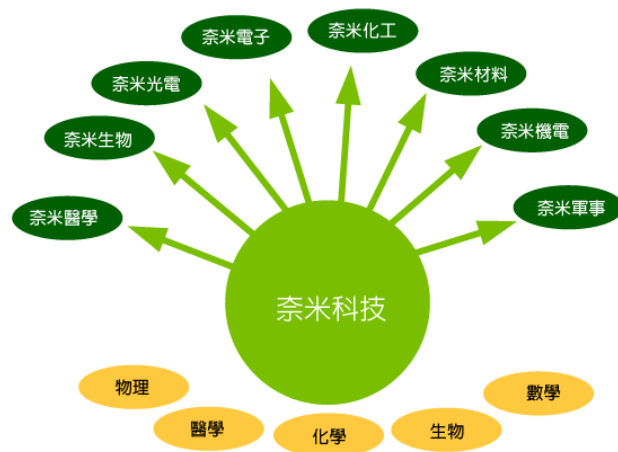


圖 1-3

我國「奈米國家型計畫」

以「產業化」為重心的「奈米國家型計畫」資源配置圖 (二〇〇三年至二〇〇八年)  
The industry-focused National Nanotechnology Program

## 應用領域



Copy from 國立科學工藝博物館