

導論與定義

巨大空間的探索

科學追求所追求的往往是巨大或微觀的世界、並試圖探討過去發生的種種與預測未來可能發生的事件

肉眼觀測

望遠鏡(地面/太空)，電波望遠鏡(微波/無線電/X ray)

- ➔ 星體，宇宙的生成，外星生物，太空移民
- ➔ 基本粒子的探索(大爆炸理論/霍金)

例子：1.火星上具有水存在之證據(2004末)

2.豐富之甲烷於**泰坦**(土衛六)上發現(下甲烷雨)
(2005/1/14, 歐洲太空總署)

空間尺度的單位

- 奈米 – 空間尺度的單位之一
 - 米 – meter (m)
 - 毫米 – millimeter (mm) = 10^{-3} m
 - 微米 – micrometer (mm) = 10^{-6} m
 - 奈米 – nanometer (nm) = 10^{-9} m
 - 公里 – kilometer (km) = 10^3 m
 - 光年 – light year

空間尺度的單位

奈米：尺寸的單位，十億分之一米

十億分之一有多大？

- 地球直徑的十億分之一 大約是一顆彈珠的大小
- 地球到月球的距離不到十億米，38.4401萬公里



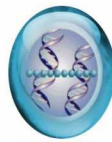
人高
20億奈米



針頭
100萬奈米



紅血球
1千奈米



分子及DNA
1奈米



氫原子
0.1奈米

摘自工研院化工所陳重裕教授簡報

更精確的科學定義

- 奈米材料的定義：把組織或晶粒結構控制在 100 nm 以下的長度尺寸的材料。
- Single atom ~ 0.3 nm (for TM materials)
- 100 nm ~ 300 atoms



Copy from 國立科學工藝博物館

科技

- 科技 – 科學技術
- 科學：經由邏輯思考, 模型建立與實驗驗證所形成之學問
- 技術：達成目標之方法

奈米領域的先覺

肉眼觀測

顯微鏡(光學，電子，探針)

例子：

虎克－細胞(軟木塞), 巴斯特－細菌

R. P. Feynman：(1959)

毫無疑問，當我們得以對細微尺度的事物
加以操縱的話，將大大擴充我們可能獲得物
性的範圍。

科技

科技－科學技術

科學：經由邏輯思考，模型建立與實驗驗證所形
成之學問

技術：製作之方法

何謂奈米科技？

- 利用科學的方法進行奈米尺度等級物體(對象)之探討
- 奈米科技就是一種將物質縮小到分子尺寸操作的技術。
- 奈米科技是研究由尺寸在0.1~100 nm之間的物質組成的體系的運動規律和相互作用，以及可能的實際應用中的技術問題的科學技術。
- 奈米科技是在建立奈米尺寸的「介觀科學」，具有「學術」和「技術」齊頭並進的特質。

介觀科學, mesoscience

- 奈米的世界又稱『介觀』(mesoscopic)
- 介觀團簇在奈米尺度下，物質會呈現迥異於宏觀尺度下的物理、化學及生物性質，材料將因產生完全不同的特性而形成特殊功能。
- 研究介觀尺度下的科學稱介觀科學。

奈米材料出現的型態

0維－顆粒，原子團

1維－奈米絲，棒，管

2維－超薄膜，多層膜，超晶格

3維－奈米塊體

0維－顆粒，原子團

又稱為超微粉或超細粉，一般指粒度在100奈米以下的粉末或顆粒，是一種介於原子、分子與宏觀物體之間處於中間物態的固體顆粒材料。可用於：高密度磁記錄材料；吸波隱身材料；磁流體材料；防輻射材料；單晶矽和精密光學器件拋光材料；微晶片導熱基片與佈線材料；微電子封裝材料；光電子材料；先進的電池電極材料；太陽能電池材料；高效催化劑；高效助燃劑；敏感元件；高韌性陶瓷材料（摔不裂的陶瓷，用於陶瓷發動機等）；人體修復材料；抗癌制劑等。

1維－奈米絲，棒，管

指直徑為奈米尺度而長度較大的線狀材料。可用於：微導線、微光纖（未來量子計算機與光子計算機的重要元件）材料；新型激光或發光二極管材料等。

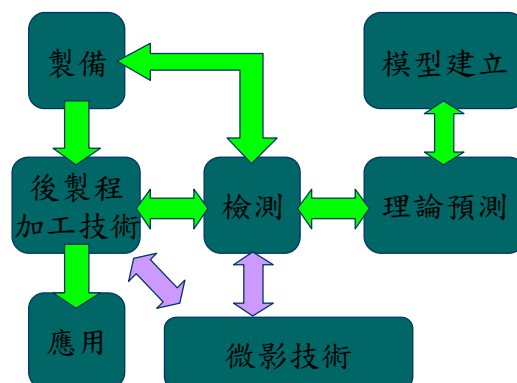
2維－超薄膜，多層膜，超晶格

奈米膜分為顆粒膜與致密膜。顆粒膜是奈米顆粒粘在一起，中間有極為細小的間隙的薄膜。致密膜指膜層致密但晶粒尺寸為奈米級的薄膜。可用於氣體催化（如汽車尾氣處理）材料；過濾器材料；高密度磁記錄材料；光敏材料；平面顯示器材料；超導材料等。

奈米塊體

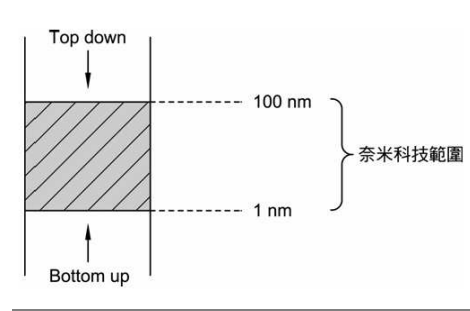
將奈米粉末高壓成型或控制金屬液體結晶而得到的奈米晶粒材料。主要用途為：超高強度材料；智能金屬材料等。

奈米科技



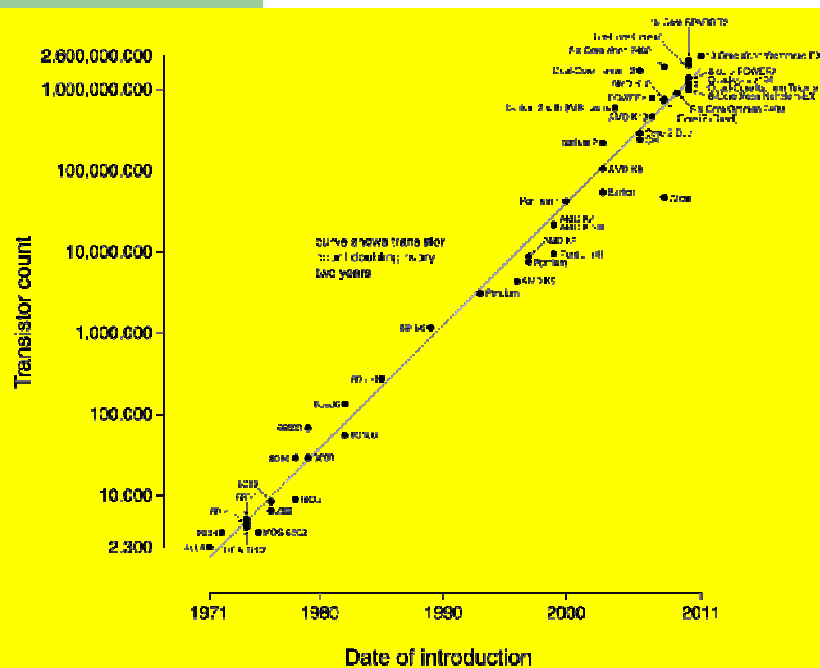
縮小物質尺寸的技術

- Top down – photo lithography, etching, ...
- Bottom up – autoassembly

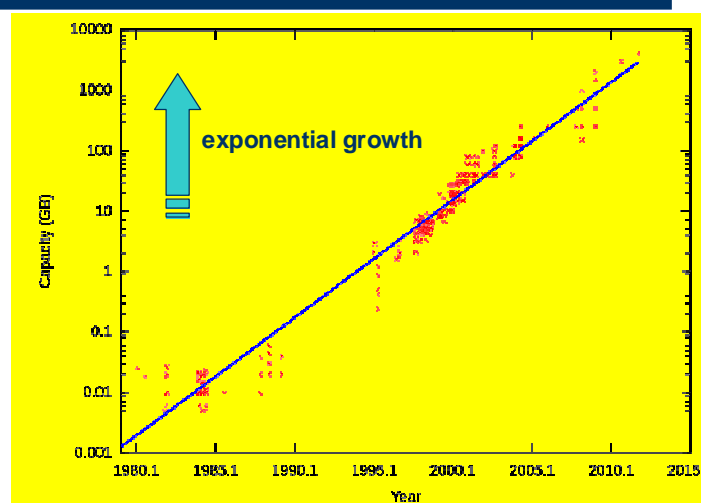


Moore's law, 摩爾定律

- 在1964年半導體專家摩爾(Gordon Moore)，也是英特爾(Intel)公司總裁，曾經提出所謂「摩爾定律」(Moore's law)預測在可見的未來中，「每逢約18個月，半導體晶片內的電晶體數目可得倍增」。
- Transistor counts for integrated circuits plotted against their dates of introduction. The curve shows Moore's law - the doubling of transistor counts every two years.
(see next page)



Capacity of hard disk drive



Top down

- “Top down”（頂下）製程是利用光刻 (photolithography)、蝕刻 (etching)、切割、或研磨等方法進行材料的微米化(微米製程, micro-manufacturing method)或奈米化(微米製程, nano-manufacturing method)。
- 由於物理的極限，傳統的“Top down”製程必遇到瓶頸，現在的科學家以“Bottom up”（底上）製程的物質構造方式來試圖突破這種障礙。

微影技術

- 先進光微影技術
- 電子束微影
- X 光微影
- 原子力顯微鏡微影
- Dip-Pen 微影
- 奈米球微影
- 奈米壓印

Bottom up

- 奈米科技基本上是藉三種基本分子建築磚塊：
 - 蛋白質(proteins)
 - 高分子(polymers)
 - 奈米碳管(carbon nanotubes)

再依自動組合的自然律形成為聰明材料 或器件產品的科技。

製備方法- 物理

真空冷凝法

用真空蒸發、加熱、高頻感應等方法使原料氣化或形成等粒子體，然後驟冷。其特點純度高、結晶組織好、粒度可控，但技術設備要求高。

物理粉碎法

通過機械粉碎、電火花爆炸等方法得到奈米粒子。其特點操作簡單、成本低，但產品純度低，顆粒分布不均勻。

機械球磨法

採用球磨方法，控制適當的條件得到純元素、合金或複合材料的奈米粒子。其特點操作簡單、成本低，但產品純度低，顆粒分布不均勻。

製備方法—化學

氣相沉積法

利用金屬化合物蒸氣的化學反應合成奈米材料。其特點產品純度高，粒度分布窄。

沉澱法

把沉澱劑加入到鹽溶液中反應後，將沉澱熱處理得到奈米材料。其特點簡單易行，但純度低，顆粒半徑大，適合制備氧化物。

水熱合成法

高溫高壓下在水溶液或蒸汽等流體中合成，再經分離和熱處理得奈米粒子。其特點純度高，分散性好、粒度易控制。

製備方法—化學

溶膠凝膠法

金屬化合物經溶液、溶膠、凝膠而固化，再經低溫熱處理而生成奈米粒子。其特點反應物種多，產物顆粒均一，過程易控制，適合氧化物和 II～VI 族化合物的製備。

微乳液法

二種互不相溶的溶劑在表面活性劑的作用下形成乳液，在微泡中經成核、聚結、團聚、熱處理後得奈米粒子。其特點粒子的單分散和界面性好，II～VI 族半導體奈米粒子多用此法製備。

檢測技術

- 掃描式電子顯微鏡
- 穿透式電子顯微鏡
- 掃針顯微鏡
 - 原子力顯微鏡
 - 近場光學顯微鏡
 -

奇異特性

奈米材料具有傳統材料所不具備的奇異或反常的物理、化學特性，如原本導電的銅到某一奈米級界限就不導電，原來絕緣的二氧化硅、晶體等，在某一奈米級界限時開始導電。這是由於奈米材料具有顆粒尺寸小、比表面積大、表面能高、表面原子所占比例大等特點，以及其特有的三大效應：

- 表面效應
- 小尺寸效應
- 量子隧道效應。

材料之電特性

固態物理植基於無窮盡之三維原子模型，由此出發而得能階理論，繼而區分出導體，半導體及非導體(/超導體--BCS)

固態物理：

1. 材料簡介
2. 材料結構(簡單立方, 體心, 面心)
3. 電子於週期性結構(原子晶格)下之遷移 → 能階理論
4. 導體, 半導體及非導體
(電子波 → 傳導, 光波 → 色澤, Au particles)

奈米材料 → 週期性結構被破壞(邊界效應)

材料之表面特性

表面接觸(surface contact) → 化學反應(催化, 結合)

催化 → 材料的改變

結合 → 材料的被吸收(過濾, 污染物的吸收)/儲存(能源)

蓮花效應(Lotus effect)

蓮花效應

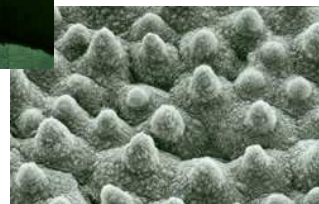


最早發現蓮葉上奈米級顆粒的
德國人-- Dr. Wilhelm Barthlott



Lotus effect
Self-cleaning surface
奈米草皮—潛水艇

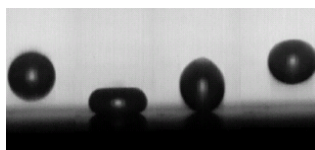
TOTO (東陶)
-- TiO_2



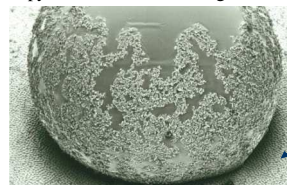
蓮花效應

self-cleaning surface
Lotus effect

copy from Nature material, 2, 301 (2003)

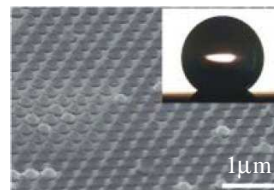


copy from Nanotechweb.org



5 ~ 10 μm

Asiatic crop plant *Colocasia esculenta*



P. L. Chen
Academia Sinica

其他特性

分立之能階

量子尺寸效應：電阻、矯頑磁力、順磁性、
紅外線、微波吸收性、半導體性、光致發光性。

表面效應

催化反應： TiO_2

新非平衡態合金：多元合金