

全球科技革命

微奈米科技之衝擊

劉承揚

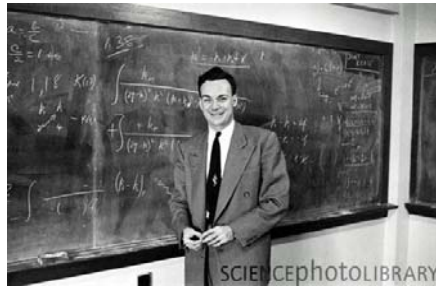
<http://mail.tku.edu.tw/cyliu/>

微系統科技之衝擊

- 微系統科技之發軔
- 「微細加工」的分類
- 台灣的微系統科技發展
- 微系統科技之重要應用
- 從微米到奈米

微系統科技之發軔

- Richard Phillips Feynman的演講
 - 美國物理學家。1965年諾貝爾物理獎得主。
 - 提出了費曼圖、費曼規則和重正化的計算方法，這些是研究量子電動力學和粒子物理學的重要工具。
- 全世界第一具微馬達
- 尺寸縮小之優點



Richard Phillips Feynman的演講

- 1959年，於美國物理學會年會演講，
「There is plenty of room at the bottom」
 - 書本上的字句縮小25,000倍
 - 1/64英吋的電動馬達
- 1984年，於加州噴射推進實驗室演講，
「Infinitesimal machinery」
 - 提出製作微機械可動元件的概念—犧牲層
- 1989年，全世界第一具微馬達研製成功
 - UC Berkeley

全世界第一具微馬達

- 中央轉子直徑120微米，與頭髮直徑相近
- 採靜電式驅動，轉速在10000rpm以上
- 掃描式電子顯微鏡，SEM照片
- 該具微馬達，乃是兩位來自台灣的加州大學柏克萊分校(U.C. Berkeley)博士研究生，戴聿昌(Y.C. Tai)與范龍生(L.S. Fan)，在R. S. Muller教授指導下研製成功

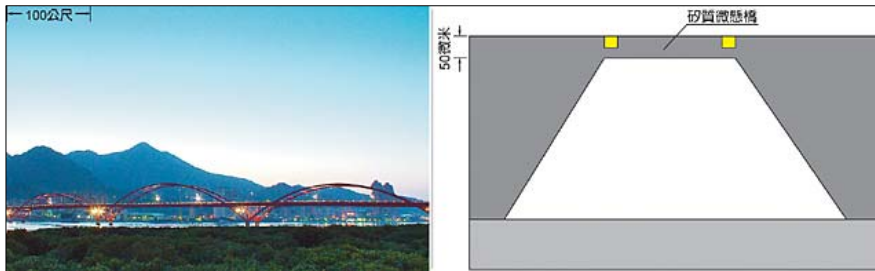


尺寸縮小之優點

- 強度大增
 - 微體力(body force)，隨尺寸作三次方縮小
 - 表面力(surface force)，隨尺寸作二次方縮小
- 性能提升
 - 自然頻率(natural frequency)，隨尺寸作二次方放大
- 成本低廉
 - 批次量產(batch process)

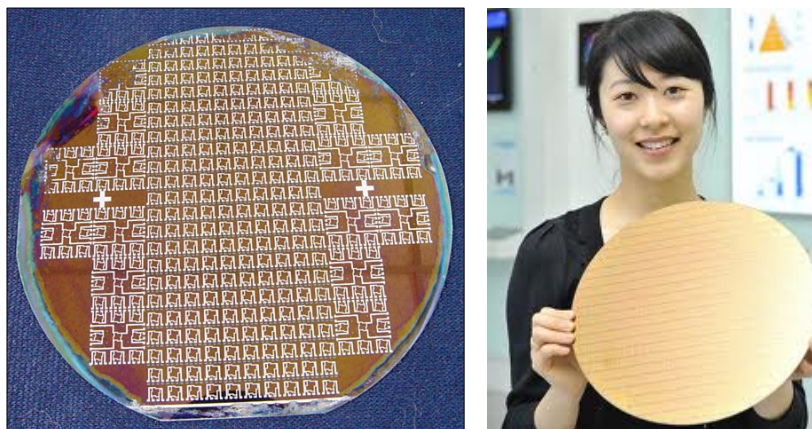
性能提升

- 關渡大橋 vs. 矽質微懸橋
- 二者外型類似，然而矽質微懸橋的自然頻率較高，故可感知的音頻訊號範圍，優於大尺寸橋樑，可謂「性能提升」

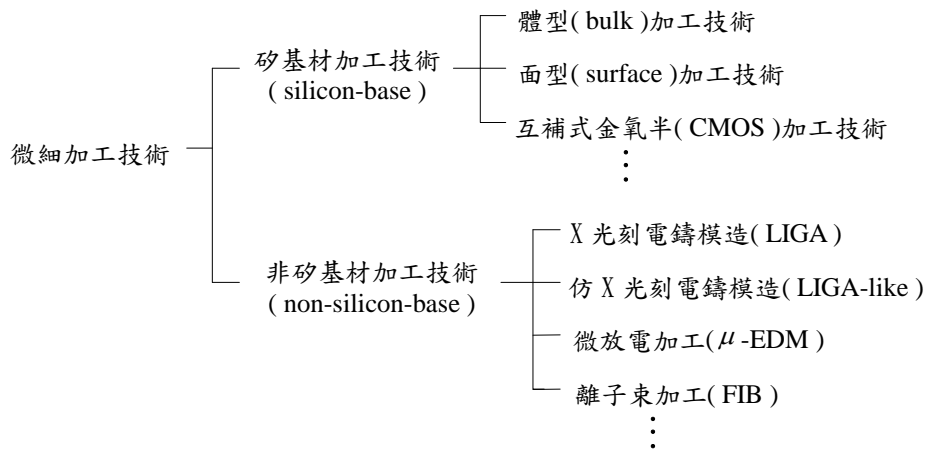


成本低廉

- 利用「批次量產的概念」，在矽晶圓上製作數百個壓力計元件可大幅降低成本



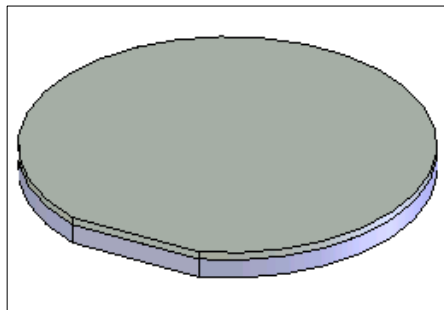
微細加工的分類



半導體微細加工技術

● 三道基本程序

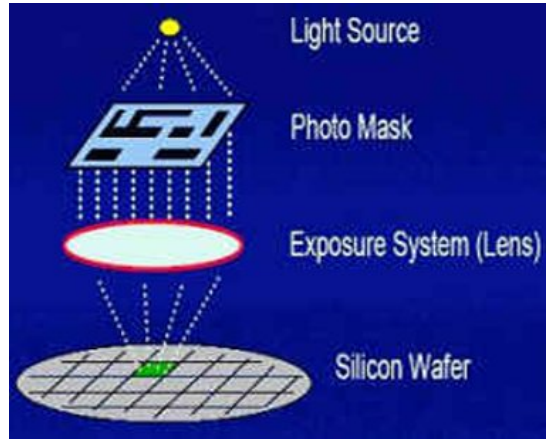
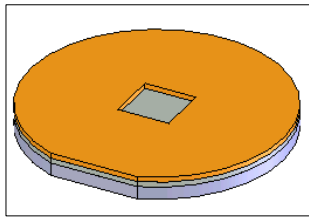
○ 薄膜成長



半導體微細加工技術

● 三道基本程序

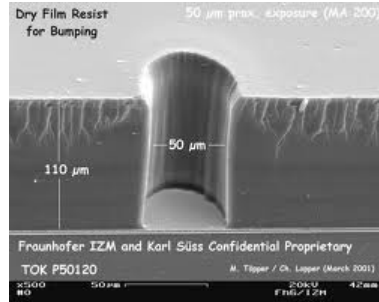
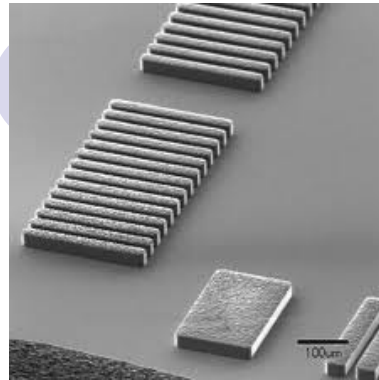
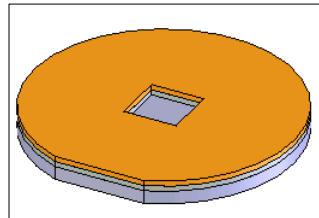
○ 光刻微影



半導體微細加工技術

● 三道基本程序

○ 蝕刻成型



半 導 體 微 細 加 工 技 術

- 機台設備

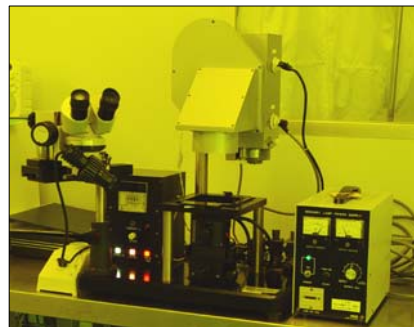
- parylene coater



半 導 體 微 細 加 工 技 術

- 機台設備

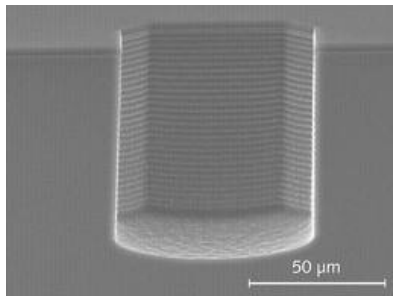
- 曝光機



半導體微細加工技術

- 機台設備

- 蝕刻機



半導體微細加工技術

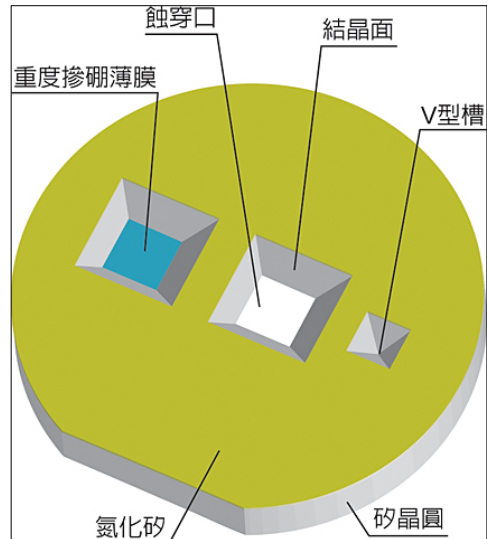
- 機台設備

- 清洗台



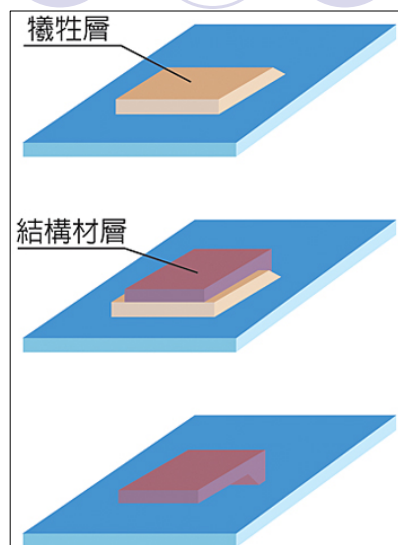
體型微細加工技術

- 在氧化層或氮化層保護下，利用非等向腐蝕液，自打開之窗口往下腐蝕，直到停止腐蝕（etch-stop）之重度摻硼薄膜所在區域。由於非等向性蝕刻的緣故，因此蝕刻完成後會留下V型槽結構



面型微細加工技術

- 「犧牲層」作法：
 - 先在基材上成長並定義出犧牲層之部位
 - 再在犧牲層上面堆疊結構材
 - 最後蝕去犧牲層，留下結構材



台灣微系統科技的發展

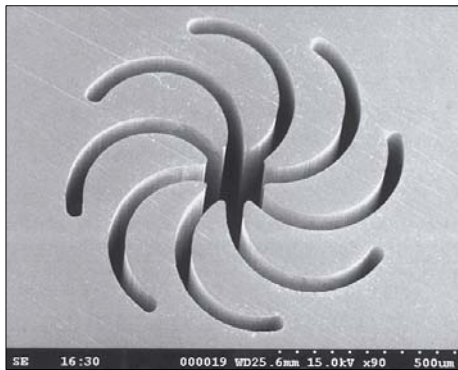
- 發展時程
- LIGA超細纖維紡口
- LIGA-like技術
- CMOS技術
- 超精密機械加工

台灣微系統科技的發展時程

- 1980年初，微機電技術在台灣萌芽
- 1994年，成立「中華民國微系統協會」
(2002年起更名為「微系統暨奈米科技學會」)
- 成立北、中、南微機電設施共用中心
- 國家實驗研究院「國家晶片系統設計中心」提供IC代工線，帶動CMOS微機電技術之發展
- 2003年，於日本京都舉辦的第16屆IEEE MEMS國際會議，台灣的總發表論文數，居世界第四

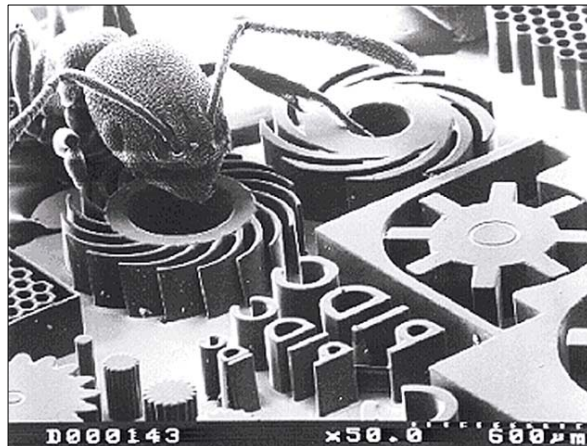
LIGA 超細纖維紡口

- 國內同步輻射研究中心，仿德國卡斯魯爾大學核能研究所（IMM）製作成功之LIGA微紡口，直徑只有160微米；微紡口類似蜘蛛的噴絲口器，功用在於控制人造纖維的纖細尺寸；通常纖維越細，單價越高



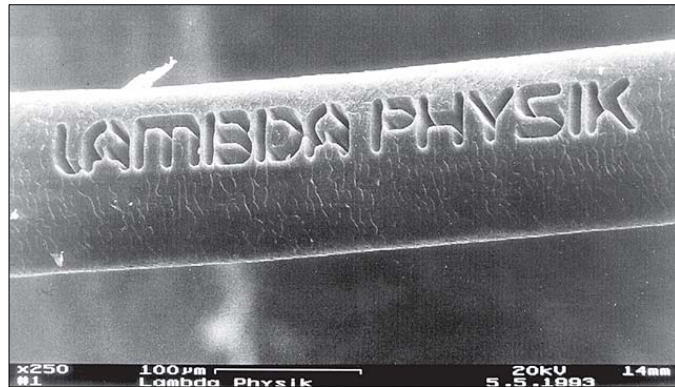
高分子微結構

- 位於台灣新竹的國家實驗研究院儀器科技研究中心，以SU-8厚光阻為材料，製作出LIGA-like「高深寬比」之高分子微結構。結構尺寸遠比螞蟻還小



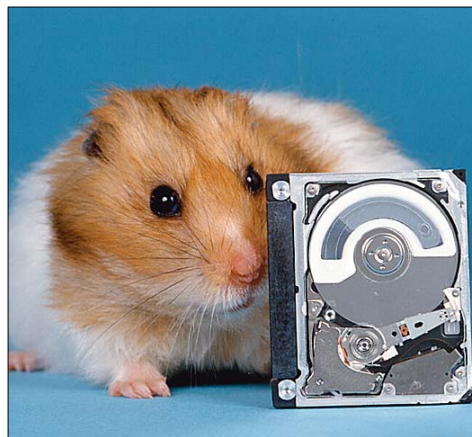
雕刻文字於頭髮上

- 利用準分子雷射(excimer laser)在頭髮上雕刻文字。
- 此能量雖不及X光，但已足以直接燒除(ablation)高分子材料，得到具微米解析度圖形之LIGA-like精微模具板



超精密機械加工

- IBM微型磁碟機 Microdrive，整體外型尺寸為4.28×3.64公分，體積比寵物鼠還小，容量依照型號不同而有有 170MB，340MB 或者甚至 1GB



微系統產品對人類生活之衝擊

- 噴墨印表機與墨水匣
- 壓力感測器
- 汽車安全氣囊與加速度計
- 數位投影系統
- 紅外線熱像儀
- 微飛行器

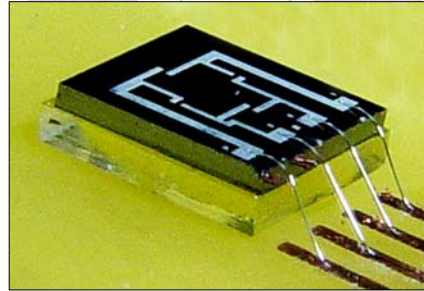
噴墨印表機與墨水匣

- 噴墨印表機與墨水匣：彩色墨水匣已是HP等公司最賺錢的產品之一。圖中右側墨水匣的噴口部位，係以微細加工而成，而噴墨容器與驅動機構，以微系統技術整合而成



壓力感測器

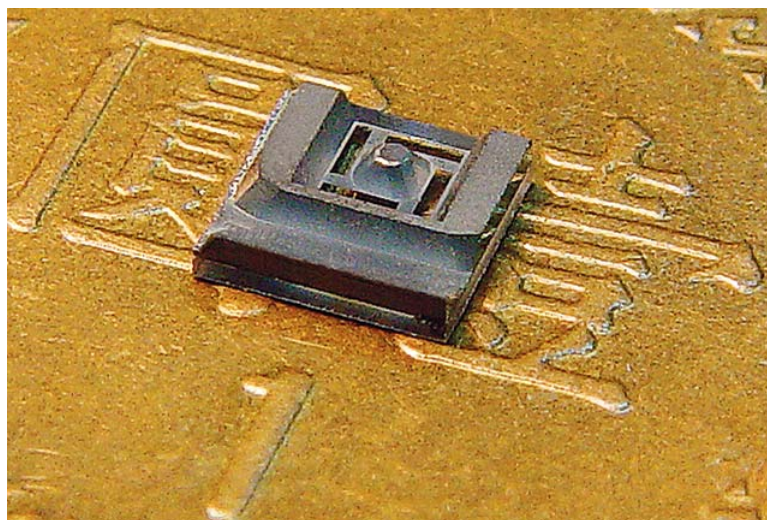
- 淡江大學製作之壓力感測器



- 壓力感測器在汽機車胎壓計之應用



微加速度計晶片



汽車安全氣囊

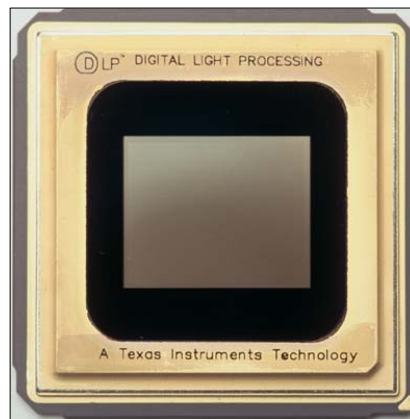
- 微加速度計晶片在汽車安全氣囊之應用



數位投影系統

- 數位投影系統，其部份機種使用的數位影像處理核心晶片，也是以微機電技術製作。

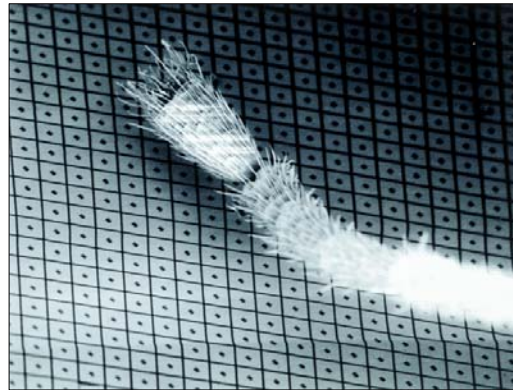
- 核心晶片



數位投影系統

- 數位投影系統，其部份機種使用的數位影像處理核心晶片，也是以微機電技術製作。

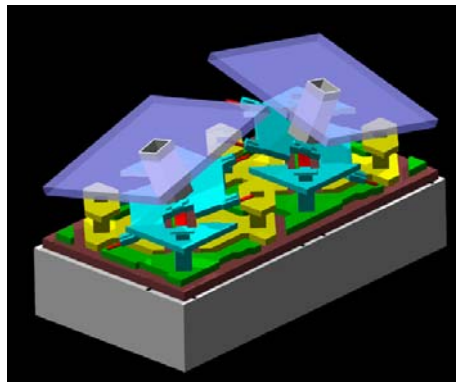
○ 微鏡片陣列



數位投影系統

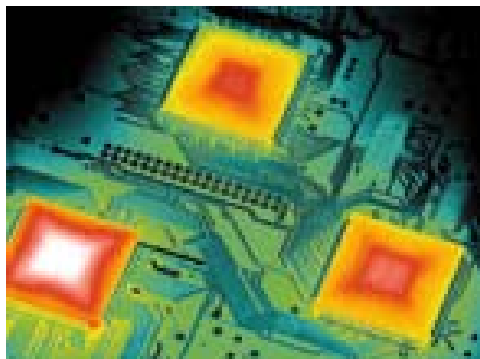
- 數位投影系統，其部份機種使用的數位影像處理核心晶片，也是以微機電技術製作。

○ 單一微鏡片細部結構



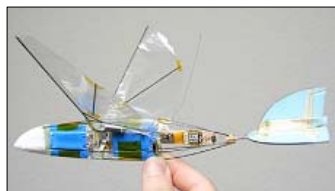
紅外線熱像儀

- 紅外線熱像儀之核心影像陣列晶片是由微機電技術製作。
- 其熱影像成像原理，乃是利用感測器感知物體表面熱輻射訊號分佈，再經由訊號轉換為人類可識別之圖形。
- 電路板上的晶片為發熱源，因此其顏色表現偏紅白色



微飛行器

- 加州理工學院與加州大學洛杉磯分校，合力開發的的拍撲式微飛行器 (MAV)，最長制空時間達6分鐘，總重量不到20克，可應用於軍事、航太、情報、娛樂等領域



從微米到奈米

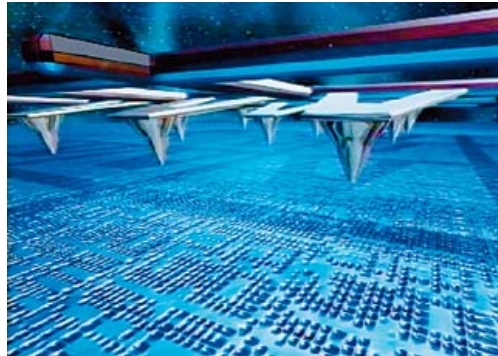
- 微機電產業之發展
- 微系統與奈米科技的整合

微機電產業之發展

- 跨領域人才的培育，與團隊合作
- 微機電代工廠之建立，與產學合作
- 尋找新的殺手級應用

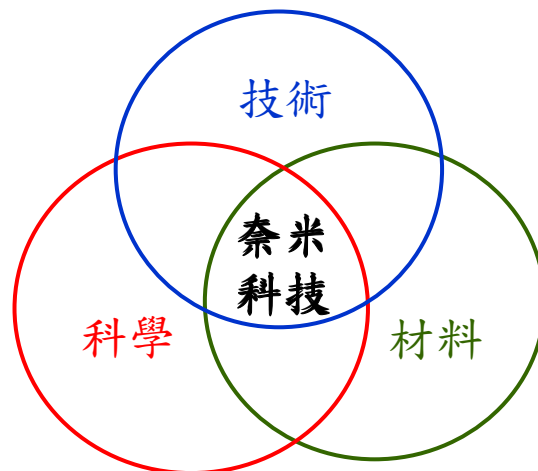
微系統與奈米科技的整合

- 「由大到小」→傳統加工逐步切削
- 「由小到大」→奈米科技自組裝
- 奈米科技之「限制平台」與「使用者介面」→「奈米機電系統」



IBM 「千足蟲」資料儲存器

奈米科技



奈米科技之衝擊

- 令人耳目一新的奈米科技
 - 奈米科技的基本認識、特色
 - 奈米材料的「特異功能」
- 奈米科技的背景及概況
- 奈米科技的發展與應用
 - 奈米材料及應用
 - 奈米科技的應用
- 奈米科技的衝擊和影響
 - 歷史啟示、奈米科技的衝擊、挑戰與展望
- 結語

奈米科技的基本認識

- 奈米(nano)
 - 「nano」源於希臘字「nanos」，原意是侏儒，而今為科技領域慣用的一個數量級單位，「奈」(nano)代表「 10^{-9} 」，亦即「十億分之一」。1奈米即 10^{-9} 公尺(nm)；此長度約為一根頭髮直徑的十萬分之一。
- 奈米尺度(nano scale)
 - -約略地說，從1奈米到100奈米的範圍為「奈米尺度」
- 奈米材料(nanomaterials)
 - 當材料的長、寬、高或直徑等特徵尺寸至少有一是屬於奈米尺度時，稱之為「奈米材料」例如，奈米級厚度的薄膜或多層膜，奈米級粗細的線狀、管狀、或帶狀材料(包括DNA)，及奈米級大小的物質顆粒等。

奈米科技的基本認識

- 奈米科技(nanotechnology)

- 泛指創造、操控、製造、或運用具備特殊性質及功能之奈米材料(nanomaterials)的科技，包括原子或分子層次物質的操控，及相關裝置或系統的研發和製造。
- 它是奈米尺度之科學、工程及技術的統稱
- 若僅看英文字面而稱之為「奈米技術」，則是一種狹義的說法。

奈米科技的特色

- 突破傳統宏觀世界的限制，運用特殊方法製備出原本不存在、而具有新穎物質特性的新材料。
- 各種新奇奈米材料、奈米結構、及奈米現象的探測和分析。
- 各種奈米元件、裝置和產品的設計、製備和創新。
- 科技應用領域（如資源與能源的開發、及娛樂、醫療、環境等生活品質的提昇等）所面臨的種種瓶頸可能因前三項因素而產生關鍵性的突破。

奈米材料的「特異功能」

- 當材料的尺寸縮小到奈米等級時，其物理、化學等物質特性可能會和宏觀下的塊材大不相同

奈米材料的「特異功能」

- 小尺寸效應
 - 奈米尺度下，當構成材料的顆粒尺寸小到某種程度時，其熱、力學、光、電、磁等物理性質會隨其尺寸之改變而變化。
- 「量子侷限」(quantum confinement)效應
 - 當微小粒子(如電子)被侷限在充分狹小的範圍內運動時，需要用量子力學的機率觀點來解釋其有如波動的行為；當侷限範圍變小時，粒子的能量呈不連續分佈的情形往往會愈顯著。
- 比表面積

小尺寸效應：範例一

- 奈米金屬顆粒的熔點會隨其尺寸變小而降低，而當其尺寸小於10奈米時，此的現象尤其顯著。當黃金顆粒的半徑小到2奈米時，其熔點可由宏觀尺寸時的 1064°C 降到約 600°C （熱性質改變）。

小尺寸效應：範例二

- 隨尺寸的變小，奈米陶瓷顆粒表層原子會變得易於受外力而遷移，因而顯現一定程度的彈性與延展性（力學性質改變）。

小尺寸效應：範例三

- 當一般金屬塊粉碎成超細微的奈米粒子時，會失去原有的金屬光澤而呈黑色（光學性質改變）。

小尺寸效應：範例四

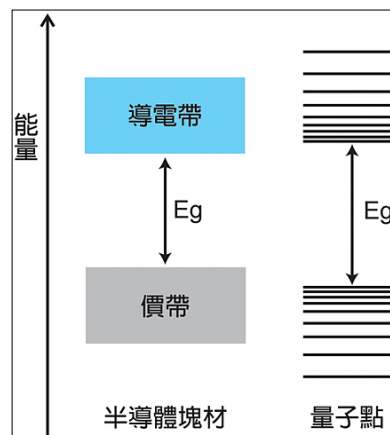
- 大塊的「金」是很好的導體，尺寸接近或小於1奈米的金粒子卻不再是導體（電性質改變）。

小尺寸效應：範例五

- 隨硬碟容量的不斷增加，記憶介質中的磁性奈米晶粒是越來越小；然而當粒子過小時（例如，直徑 <10 奈米），可能會因熱擾動而失去其磁化特性(磁性改變)

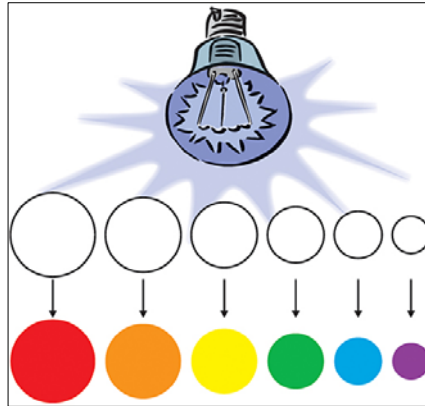
量子侷限效應

- 在尺寸夠小的奈米晶體粒子中，電子的能量會呈離散分佈(類似原子能階)這樣的奈米晶體被稱作「量子點」(quantum dot)



量子侷限效應

- 某些材質相同、大小不同的發光半導體量子點被紫外光（或白光）照射時，會發出不同顏色的光就是因為這「量子侷限」效應。



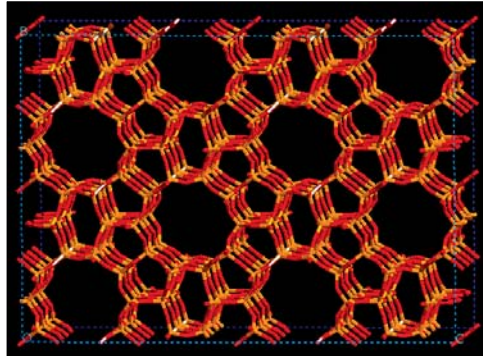
比表面積

- 若將某材質均勻的物體等比例縮小 N 倍，用等量的材料可以製出 N^3 個小物體；雖然每個小物體的表面積比原物體小了 N^2 倍，但全體的總表面積卻增為原來的 N 倍。
- 若將邊長1公分的立方體切割成 10^{21} 個邊長1奈米的立方體($N=10^7$)，總表面積會增為原來的一千萬倍！
- 奈米粒子化的材料都具有極大的比表面積 (specific surface)，亦即每單位質量的表面積(常用單位：平方公尺/公克，或 m^2/g)。
- 一般粒徑為數十奈米之金屬粒子的比表面積大小約為數十 m^2/g ，而粒徑~1奈米或具有多孔洞結構的特殊奈米材料之比表面積甚至超過一千 m^2/g

比表面積

- 工業用觸媒(沸石ZSM-48)

- 這是一種奈米孔洞材料，其內部由矽氧框架所構成之大孔直徑約 1 奈米；模型圖中，紅色為氧、橙色為矽



奈米科技的背景：萊氏杯

- 古代人曾不經意地使用含有奈米粒子的材料；例如：含有金奈米粒子的紅色顏料及紅色玻璃
- 陳列於大英博物館四世紀後期製之「萊氏杯」，在白光照射下，反射光使它呈綠色，而透射光則使它呈紅色。現代實驗分析顯示，其玻璃中含有大小約70奈米的銀金粒子(銀金成份比7:3)



奈米科技的背景：法拉第的發現

- 當金箔夠薄時，透過的光會偏綠或藍
- 「金」的化學還原反應溶液通常會呈紅色。法拉第推論，這是因為是溶液中懸浮之微小金粒子(膠體金)對光產生散射作用所致。
- 如圖，白光從左入射，靠左的氯化金溶液無色透明，右邊液體中金粒子散射出紅光；兩液體含等量的金。



奈米科技發展史上的一些重要事件

- 1856
 - 1931
 - 1952
 - 1953
 - **1959**
 - 1960--現在
 - 1971
 - 1972
 - 1974
 - 1977
 - 1977
- 費曼講：
- X光繞射研究導致DNA分
積體電路技術快速進展
「導電高分子」被發現；
後來促成導電塑膠、有機
半導體的重要發展。

奈米科技發展史上的一些重要事件

- 1981
- 1983
- 1985
- 1989
- 1991--現在
- 1993
- 2000
- 2001-2004
- 2003-2004
- 2005

碳奈米管被發現；其後，

- 美國科學家發展出能偵測尺寸及光學性質可調之高品質半導體「量子點」的首次成功製備。

科技的匯流與發展趨勢－奈米科技

- 各科技領域(物理、化學、生物、材料、醫學、工程)的研發已擴大延伸到小尺度世界，發生交叉匯流的現象，其匯聚的核心正是奈米科技！



奈米科技的概況

There's Plenty of Room at the Bottom

An Invitation to Enter a New Field of Physics



by Richard P. Feynman

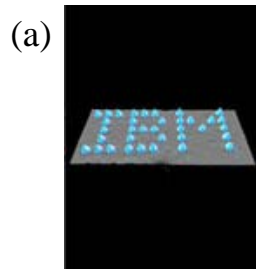
- 奈米科技觀念的起源：
- 1959年底，費曼在美國物理年會發表的一場歷史性演說：「在底部還有很大的空間」
 - 費曼先生論述「在小尺度上操控事物」的問題
 - 介紹一個嶄新而「大有可為」的科技領域
 - 特別強調：有龐大數量的技術應用
 - 以有可能在小面積上及小體積內儲存巨量的資訊為例，具體說明「在小尺度上發展科技」有很大的空間
 - 他認為：物理原理並不排除以一個原子接一個原子的方式，來巧妙地製出東西的可能
 - 如果終能實現在原子尺度上操作、並看到操作情況，則對解決化學及生物問題將大有幫助—而這發展是不能避免的…
 - 這場演說正式樹立了「奈米科技」的里程碑

奈米科技的概況

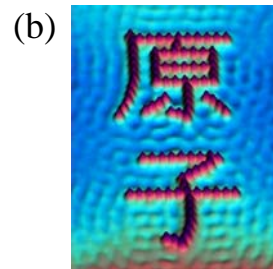
- 1960年代初期，科學家開始著手研究超細微粒子
- 1970年代，半導體量子井、奈米陶瓷粉體、半導體奈米粒子方面的研究先後展開
- 1980年代中期起，奈米材料的研究獲得顯著的進展。研究範圍涵蓋奈米金屬粒子(及其構成的塊材)、奈米晶體、奈米結構材料、及複合材料等
- 1990年代中期之後，奈米科技的實際應用(如各種功能性奈米粉體、奈米元件及裝置的開發)開始受到廣泛的重視，並在許多方面獲致突破

奈米科技的概況

- 顯微技術的突破：1980年代，有多起掃描探針顯微鏡(SPM)技術的重大發明。不僅能觀察到樣品表面上個別的原子，還能運用探針與原子間特殊的交互作用(如電、磁作用力)來研究材料、操縱原子，使其按特定樣式排列。



35個氬原子在鎳金屬表面排成IBM



鐵原子在銅金屬表面排成「原子」

奈米科技的概況

- 美、日、歐各先進國家在1980年代都已展開許多小規模的奈米科技計畫；1990年代，更增加經費擴大支持奈米科技的研發及基礎建設
- 2000年，美國前總統柯林頓宣佈「國家奈米科技創新計畫」(National Nanotechnology Initiative, NNI)，將發展奈米科技提昇為長期、戰略性的「國家級」任務，並大幅增加相關的研發經費，以保持其領先的優勢地位（隨後，日本和西歐也跟進）
- 國際級巨型企業(如美國IBM、Intel及日本NEC等)及民間龐大的創投資金也是巨大的推動力量，而許多小型奈米科技公司也如雨後春筍般地應運而生。
- 其他許多國家如中國大陸、俄羅斯、加拿大、南韓、印度、澳洲、以色列及台灣等都早已加入競爭行列

奈米科技的發展與應用

- 奈米科技的發展大致可分為兩大類型：
 - 將傳統科技延伸，在元件設計、材料、製程上進行變革，將元件及裝置逐步小型化的「演進型」奈米科技；或可稱之為由大到小、由上往下的（top-down）奈米科技。積體電路技術之演進為代表。
 - 從原子或分子層次起步的，經直接的操縱、或環境條件的控制，使原子、分子得以組成各種具有特殊性質、結構、和功能的奈米材料，而後往上發展，製成具特定功能的元件、裝置，進而整合成系統或應用於各類產品。這是由下往上（bottom-up）、顛覆傳統的「革命型」奈米科技。此型發展充滿了變化與創新的機會，但在許多實際應用上（尤其是量產技術）將要仰賴於「功能性奈米結構」之自組裝（self-assembly）技術的開發。

奈米材料的製備

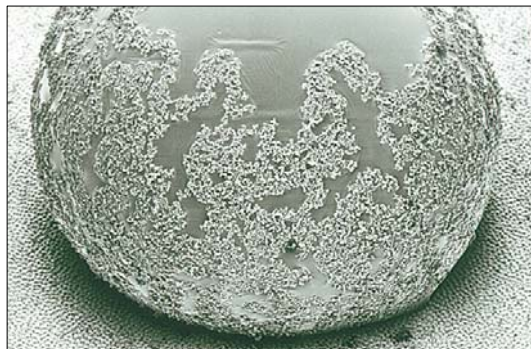
- 奈米材料的製備一般是採用特殊的物理或化學方法，或混合運用之。
- 物理方法
 - 不牽涉化學變化，例如：在真空或特定的惰性氣體環境下，用某種方法(如雷射、電弧放電)將特定物質加熱蒸發(細微化或分子化)，使其在特定位置(如預設之低溫區域)凝聚成奈米結構或沉積為奈米薄膜。
 - 將物料相互研磨、高速撞擊(粒子束濺鍍)、或使用高功率的超音波等方法來將物質粉碎為奈米粒子。
- 化學方法
 - 將氣態化合物原料以適當的流速導入反應腔，使其在特定的溫度及壓力(或觸媒催化)環境下，進行化學反應而生成奈米材料；
 - 將若干適當濃度及體積的化合物溶液(包括原料、還原劑及穩定劑)依特定之程序及方式在容器內混合，使發生化學反應(還原或聚合)而產生奈米粒子(膠體或溶膠)或沉澱物，再通過其它過程(分散、塗佈、乾燥、或清洗、鍛燒等)來獲得不同形式的奈米材料(粉體、薄膜、或塊材)

奈米材料的應用

- 奈米材料在塗料、催化劑、及感測器 (sensor) 等方面已有廣泛應用。利用奈米塗料來處理產品的表面，能讓產品具備某些特性；例如，防水、防霧、抗磨損、自潔、抑菌(防霉)、及除臭等。

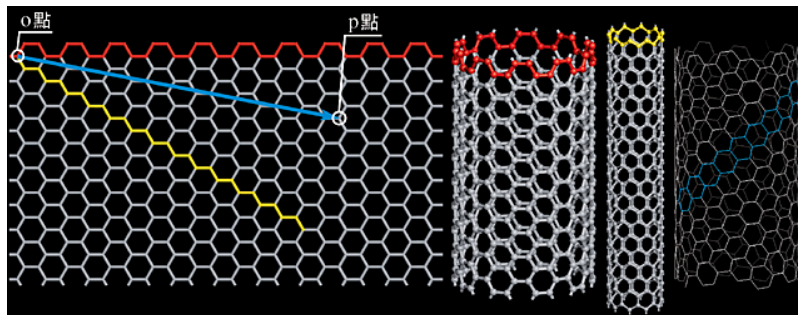
奈米材料的應用

- 德國BASF公司開發出具有蓮花效應(lotus effect)的特殊奈米塗料
- 某些植物葉面具有疏水性，當水珠自傾斜的葉面滾落時，葉面上的灰塵會附於水珠表面而被帶走，產生自潔效應 (self-cleaning)



備受重視的碳奈米管

- 碳奈米管可依管壁層數而分為單層及多層兩類，又可分為導體及半導體兩型。
- 將單層的石墨平面以不同的方式捲起來，可捲成(a)扶手椅型、(b)鋸齒型及(c)螺旋型(將O點捲到P點)。
- 三種類型中，扶手椅型為導體，而在各種不同的鋸齒型及螺旋型奈米管中，有1/3為導體、2/3為半導體(與原子排列週期有關)。



碳奈米管之特性

- 單層碳奈米管具有極佳的導熱性、極高的機械張力強度、和韌性。
- 碳奈米管可添加於其它材料以改變其物性(電、熱、或機械強度等)，作為透明電極材料或化學感測器，甚至製作隨機存取記憶體，可說是一種多功能的夢幻材料。

碳奈米管之應用

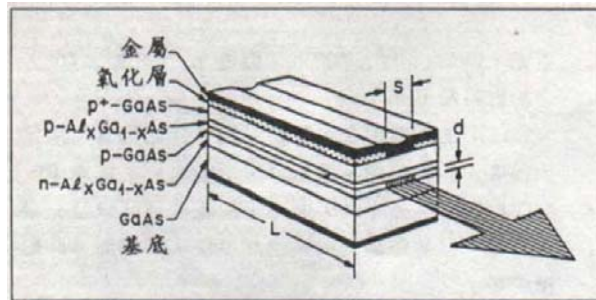
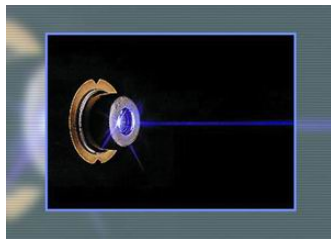
- 半導體型之碳奈米管的應用如電晶體、電晶體陣列。
- 導電型之碳奈米管的形狀尖細，容易產生尖端放電而發射出電子。此特性被用來製造各種電子槍—應用於電子顯微鏡、可攜式X光設備或場發射顯示器(FED)

奈米科技的應用

- 奈米電子及資訊科技
- 奈米科技在生醫方面的應用
- 奈米科技在環境、衛生、及能源方面的應用
- 其它

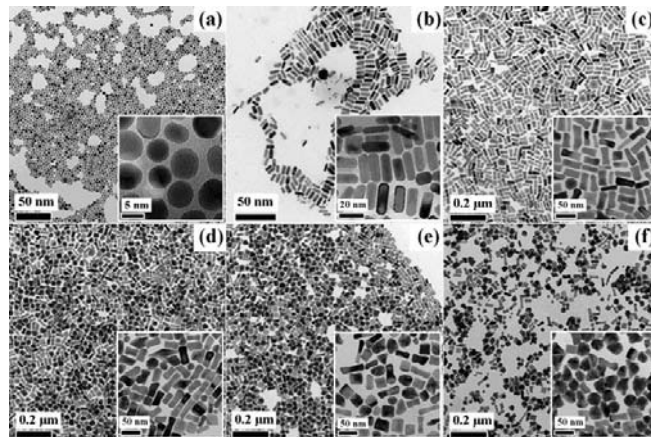
奈米電子及資訊科技

- 1980年代，高效率的量子井二極體雷射及發光二極體（LED）即已問世。



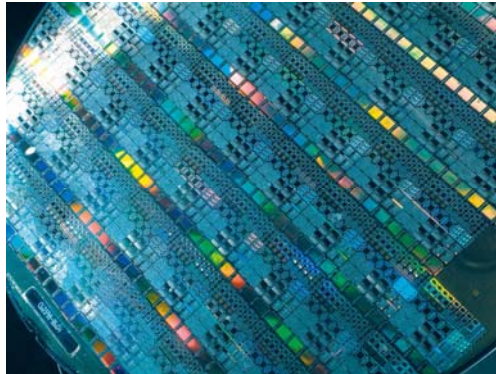
奈米電子及資訊科技

- 硬碟機內的多層奈米薄膜及其內的磁性奈米粒子也都是奈米技術的產物，而有機發光二極體也具有奈米結構。



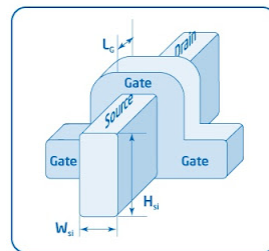
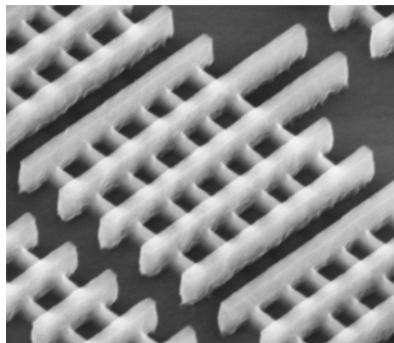
奈米電子及資訊科技

- 1960年代起，半導體積體電路技術快速進步；自1970年代初期開始現身的記憶體及Intel微處理器技術尤具代表性。晶片上電晶體數量愈來愈多，電晶體的尺寸愈來愈小，積體電路製程的特徵尺寸終於跨進了奈米尺度。



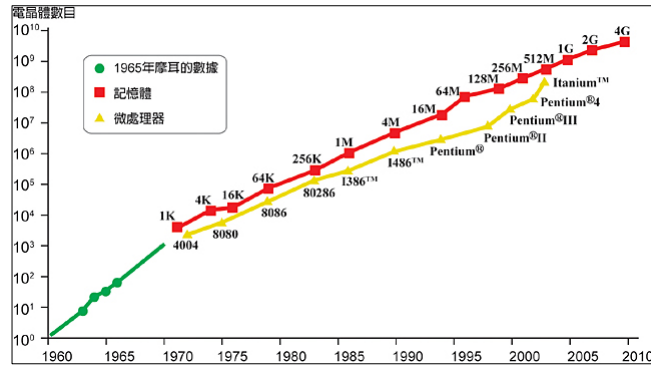
奈米電子及資訊科技

- 從90奈米製程往下發展，未來的新製程分別為65、45、32、22奈米等製程；每前進一個新世代，元件的面積縮小2倍，新元件尺寸約縮為原來的0.7倍。這些先進技術的實驗測試已由Intel, Motorola等領導廠商完成。



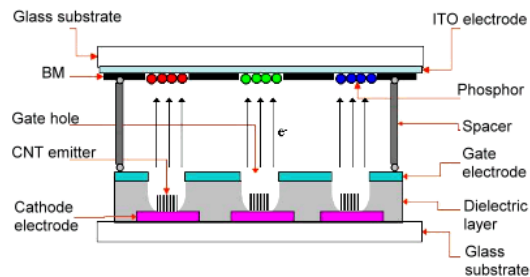
摩耳定律

- 記憶體及Intel微處理器上的電晶體數目大致遵循摩耳定律指數型增加



摩耳定律將面臨挑戰

- 90奈米製程新問題：電晶體內部一關鍵絕緣層厚度已逼進1奈米，量子穿隧效應造成漏電流。
- 摩耳定律在2015年之前即可能面臨嚴峻的挑戰。
- 新式奈米科技產品，如奈米記憶或儲存裝置，尤其是碳奈米管場發射顯示器，可能在不久的未來發展成熟、開始商品化。

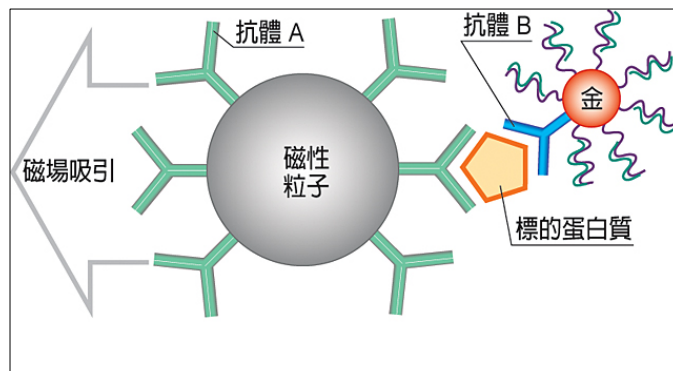


奈米科技在生醫方面的應用

- 特殊的奈米複合材料：作為支撐細胞成長的支架，用來修復受傷的組織；奈米化的人工骨骼與人體組織相容性高，利於肌肉、血管的生長。
- 藥物方面：奈米科技可將藥物奈米化以大幅增加吸收效率類似的應用見於美容、化妝及保養品。
- 具有特殊光學特性的金奈米粒子及具有特殊光電特性的半導體量子點則可應用於精密的醫學偵測、診斷或治療；作法是將特殊的生物分子(如抗體、DNA等)接在這些微小的粒子表面，亦即，利用生物分子間彼此結合的專一性(如**抗體對抗原**及**DNA的互補特性**)來製作奈米探針、螢光標籤、或生物晶片，以偵測、標示特定的癌細胞、病毒、或細菌等。

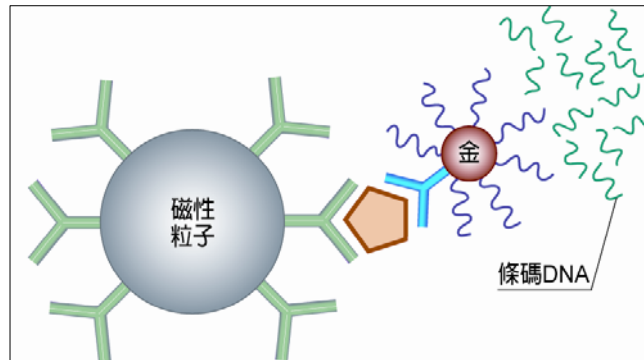
特定蛋白質的偵測

- 金奈米粒子和磁性粒子分別攜有不同抗體，可偵測標的蛋白質，結合後利用磁場將它們吸至一側



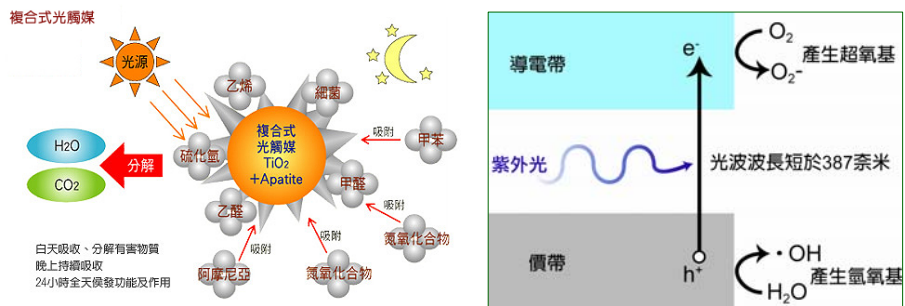
特定蛋白質的偵測

- 用特定溶液便可使條碼DNA釋出單股的DNA，以供進一步分析



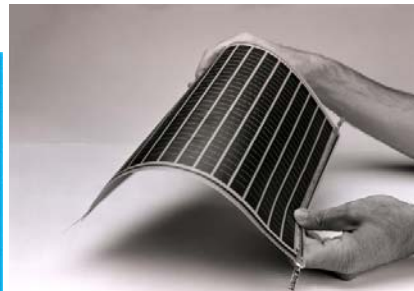
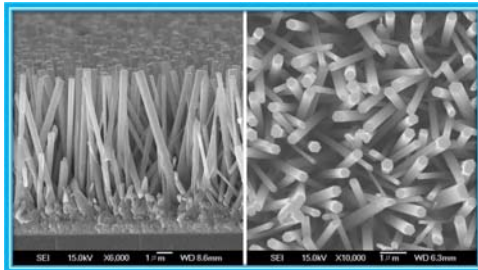
光觸媒(Photocatalyst)

- 光觸媒:一種被光激發、活化後，能夠產生化學催化作用的物質；它們大都是金屬氧化物半導體、或金屬硫化物半導體，如二氧化鈦(TiO₂)、氧化鋅(ZnO)、及硫化鎘(CdS)。
- 紫外光激發電子e⁻到導電帶，留下一個電洞h⁺



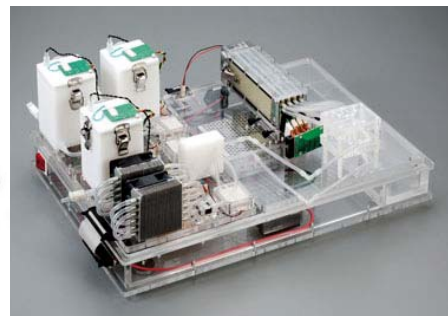
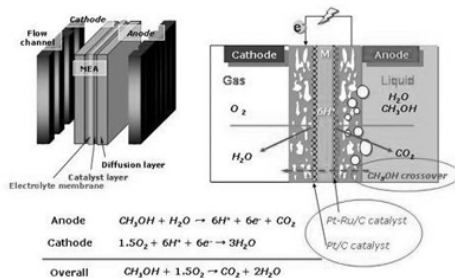
奈米科技在能源方面之應用

- 奈米科技在太陽能、燃料電池、及鋰離子電池等能源科技具有非常高的應用潛力。
- 低成本、高效率、具經濟效益的太陽能電池(solar cell)之開發；例如，第一單元中提到的TiO₂奈米光電元件—染料敏化之太陽能電池。



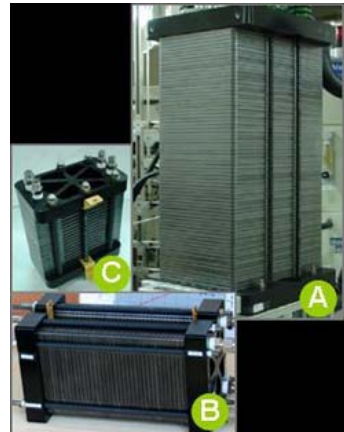
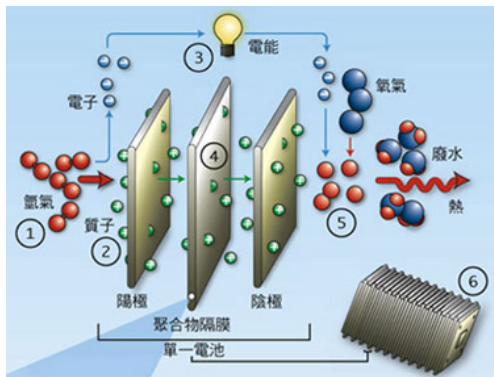
奈米科技在能源方面之應用

- NEC公司以角狀的碳奈米管(或碳奈米角，carbon nanohorn)取代活性碳為電極材料，開發出電能容量可達鋰離子電池十倍以上的直接甲醇型燃料電池。



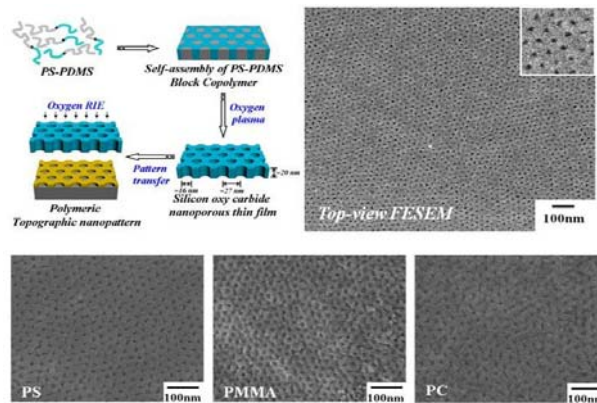
奈米科技在能源方面之應用

- 美國聚合燃料公司(PolyFuel, Inc.)則開發出效率、性能高，而價格較低的奈米高分子質子交換膜(PEM)



奈米科技在能源方面之應用

- 「奈米多孔材料」使鋰離子電池輸出功率提高數十倍，因而適用於電動車(原先有輸出功率過低的問題)。



ACS Nano 2010, 4, 2088-2094

奈米科技的衝擊和影響

- 是否感受到奈米科技的影響或存在？
- 「奈米熱」是否「過熱」？
- 奈米科技將掀起「產業革命」？
- 三次產業革命－歷史的啟示
- 第四次產業革命？若有，何時發生呢？

三次產業革命

第一次產業革命 (工業革命) ↓ 約 1760-1890 年	關鍵技術	蒸汽機及機械動力系統
	相關科學	力學、熱力學
	新興產業	紡織、機械、礦業、冶金、及鐵路等
	主要能源	煤、木炭
第二次產業革命 (重工業革命) ↓ 約 1890-1950 年	關鍵技術	發電機、電動機、內燃機(如汽油及柴油引擎) ↓ 及機電動力系統
	主導科學	電磁學、熱力學
	新興產業	電機、石化、鋼鐵、汽車、造船、電力和運輸等
	主要能源	燃料(煤、石油、天然氣)和水力及火力發電
第三次產業革命 (資訊產業革命) ↓ 約 1950-目前	關鍵技術	半導體、微電子、電腦、通訊、及網路
	主導科技	半導體、材料、微電子、及資訊科技
	新興產業	電子、半導體、電腦軟硬體、通訊、精密儀器設備、 金融、及服務業等
	主要能源	石油、天然氣、煤、水力、和核能

三次產業革命

- 在**市場經濟的支撐及驅動**下，新技術及新產品能使產業有效獲利，進而擴充其生產及研發能力，使成本降低、技術和產品升級，並推升更大的市場需求。
- 在這樣的良性循環及互動下，產業能持續擴大規模，發揮推動經濟成長的力量，最後終於能夠成就革命性的變遷。
- 這些產業革命對當代的產業、經濟、交通、社會都有重大影響，造成的衝擊是一次比一次強。它們都不是突發的；在興起之前，它們**都經歷了相當長的發展期(或過度期)**。
- 它們是在關鍵科技發展到相當程度(能和既有的科技基礎及部份傳統產業相結合，並開發出足夠廣泛的應用，尤其是新興產業)，獲得**相當規模的市場需求**後，才開始展現巨大威力的。

奈米科技對人類社會的衝擊

- **材料、技術及科學**是影響人類生活與產業型態的關鍵因素
- 奈米科學、奈米技術、奈米材料同時結合，在各尖端科技領域快速發展。
- 過去的歷史，即使是產業革命，科學、技術、和材料未曾有過像當前這樣同時一起大規模進展的記錄。可以想見，奈米科技對人類社會的衝擊將會是空前的。
- 奈米科技跨越各基礎科學及應用科技領域；促進產業、學術和研究機構之間的跨領域合作，也發揮整合作用。

奈米科技對人類社會的衝擊

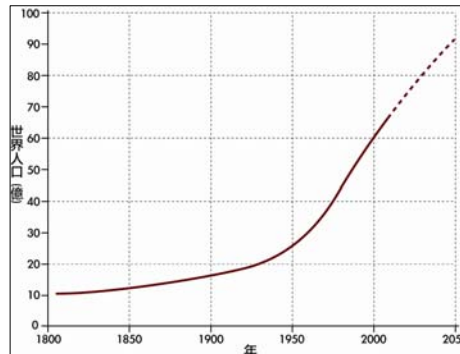
- 奈米科技對教育、經濟、社會、健康、環境等多方面的影響。
- 在各種新材料、新技術、及新產品中，奈米科技貢獻的比重正不斷上升。許多傳統產業已因奈米材料及技術的應用而開始脫胎換骨，推出奈米產品，而新興奈米科技公司的數量也正在快速增加。
- 許多研究機構對奈米科技相關產品的市場提出了預測：在2015年左右，奈米產業將擁有超過一兆美元市場，對世界經濟將很重要。

奈米科技面臨的挑戰

- **奈米人才**：要將尖端研發成果移轉到產業界可能遭遇相當高的困難度，因為除了技術、設備之外，還需要具有特殊奈米專長的人才。美國國家科學基金會以一兆美元的市場規模估計，全球對奈米科技人力的需求約為兩百萬人。
- 奈米科技的自組裝技術目前幾乎仍限於「材料」層次，未來能否順利進展到「元件」、「系統」層次將是重大挑戰。
- **奈米科技引起的疑慮**：奈米材料是否會危害人體健康、環境、或生態？英國皇家學會及皇家工程學院在2004年發表了一篇針對奈米科技發展的調查報告。

奈米科技的展望

- **人類面臨了重大問題**：世界人口快速增加 (2050年之前可能突破90億)；糧食、物資、能源等物質的供應都將可能出現嚴重問題；此外，環境的破壞、空氣和水源的污染、溫室效應、及諸如HIV及SARS之類恐怖病毒的威脅也難以解決。
- 人類必須提昇能力才有可能應付未來的變局，奈米科技正是人類可以掌握並寄予厚望的



奈米科技的發展和未來

- 美國國家科技諮詢委員會奈米分會主席洛可(M.C. Roco)作了相當深入的描述

