



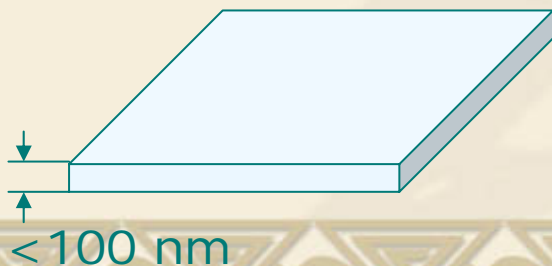
常用發光材料與製造方法



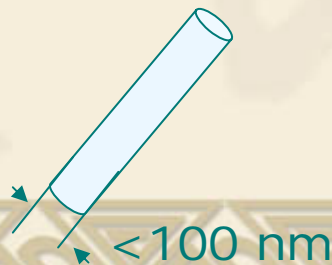
奈米材料

- ❖ 奈米發光材料—顏色可調的發光半導體
- ❖ 尺寸：小於100 nm的單晶或多晶體。
- ❖ 分類：
 - 二維奈米材料 (Ex: 奈米層...),
 - 一維奈米材料 (Ex: 奈米線...),
 - 零維奈米材料 (Ex: 量子點...)

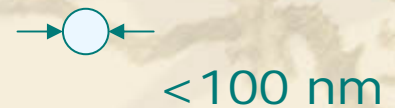
a. 二維奈米材料



b. 一維奈米材料



c. 零維奈米材料



奈米科技

❖ 特性改變：

- a. 奈米銅材: 銅是「良導體」，而奈米銅是「絕緣體」。
- b. 奈米瓷材: 瓷器是「易碎品」，而奈米瓷器材料「可在室溫下任意彎曲」。
- c. 奈米碳管: 奈米碳管的強度是「鋼的100倍」。
- d.

❖ 體積小

❖ 表面積與體積比值大

奈米合成技術

奈米材料的相關研究及合成方法非常的多，各領域人士莫不爭相提出新途徑的奈米合成技術，因此欲整理出清楚的合成系統十分的困難。過去常依合成過程中是否產生化學反應的變化，區分為物理及化學法兩大類而說明，如今來看似乎過於侷限在奈米粉體的製造上，相較於目前材料開發上百花爭鳴的景象，實見其狹隘性；另也有學者根據其反應物的狀態，區分為氣相法、液相法以及物理粉碎法、火花放電法等

奈米合成技術

一. 氣相法

1 物理氣相沉積法

- (1) 電阻式加熱法
- (2) 電漿加熱法
- (3) 電弧放電法(Arc discharge)
- (4) 雷射蒸發法
- (5) 高週波感應加熱
- (6) 電子束加熱
- (7) 濺射法 (Sputtering)

2 化學氣相沉積法

- (1) 催化劑化學氣相沉積法(Catalytic Chemical Vapor Deposition ; CCVD)
- (2) 微波電漿觸媒輔助電子迴旋共振化學氣相沉積法(ECR-CVD)
- (3) 火焰合成法 (Flame synthesis)

二. 液相法

1 沉澱法

2 溶膠-凝膠法

3 噴霧法

4 水熱法

三. 物理粉碎法

四. 火花放電法

五. 有機二次元奈米材料

氣相法

簡介

氣相合成技術之發展可追溯至六0年代，為目前最主要之合成技術。其基本原理是利用氣相中的原子或分子處在過飽和狀態時，將會導致成核析出為固相或液相。如在氣相中進行均質成核時控制其冷卻速率，則可漸成長為純金屬、陶瓷或複合材料之奈米粉體；若在固態基板上緩慢冷卻來成核-成長，則可長成薄膜、鬚晶或碳管等奈米級材料。

氣相法

物理氣相沉積法---電阻式加熱法

電阻式加熱氣相法裝置，此為實驗室內常用的合成設備。利用電源供應器加熱真空腔內之鎢船（Tungsten boat），鎢船內之材料在真空或惰性氣氛下開始被蒸發成為氣體，此時會如圖4般蒸發，有如一縷輕煙，順著通入的載流氣體（carrier gas）往充滿液態氮的冷凝井（cold trap）方向流動。當蒸氣到達此一低溫區域時，隨即因過飽和而開始成核析出，並成長為粉體，停留在冷凝井表面上。此方法適於合成高熔點金屬或金屬間化合物以及陶瓷等奈米粉體。圖3的設備也可用作化學氣相合成法。如：在鎢船中置入鈦金屬，當鈦被蒸發成氣體時，若通入氧氣當載流氣體或在氧氣氣氛下，則生成二氧化鈦奈米粉體。

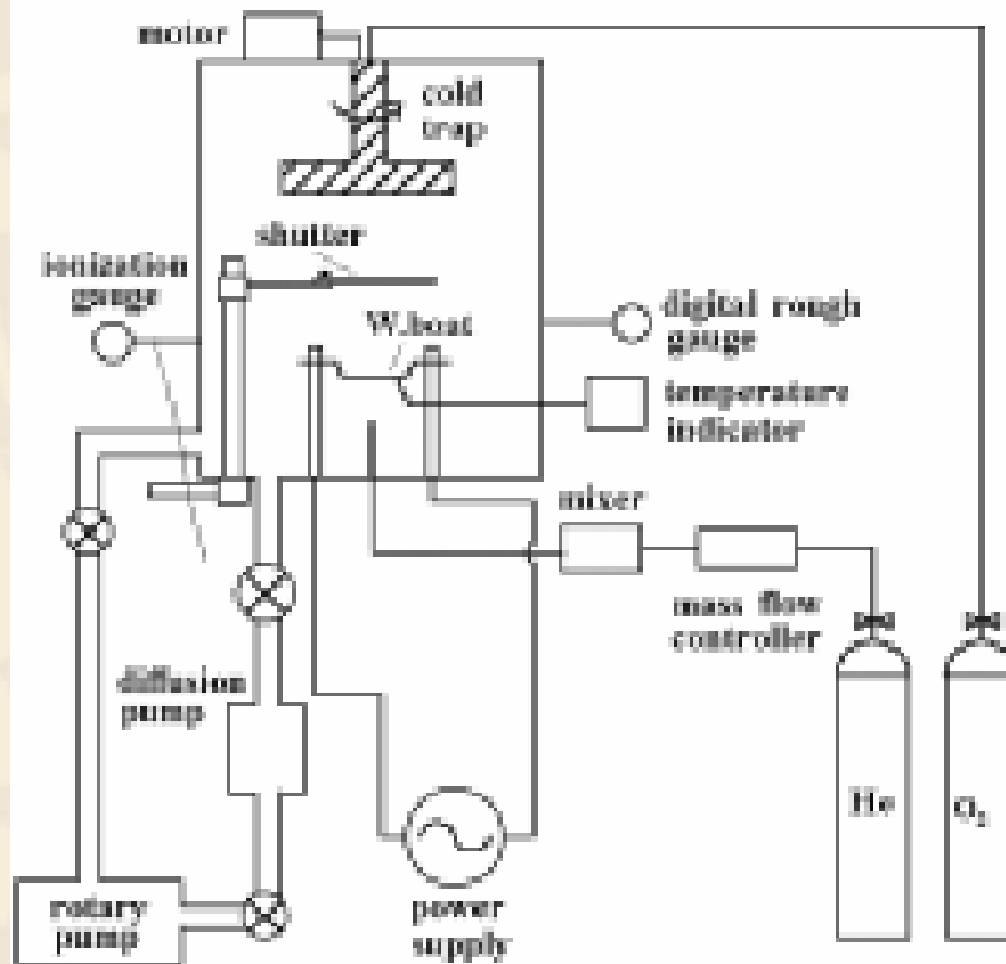


圖 3. 電阻加熱式氣相合成裝置

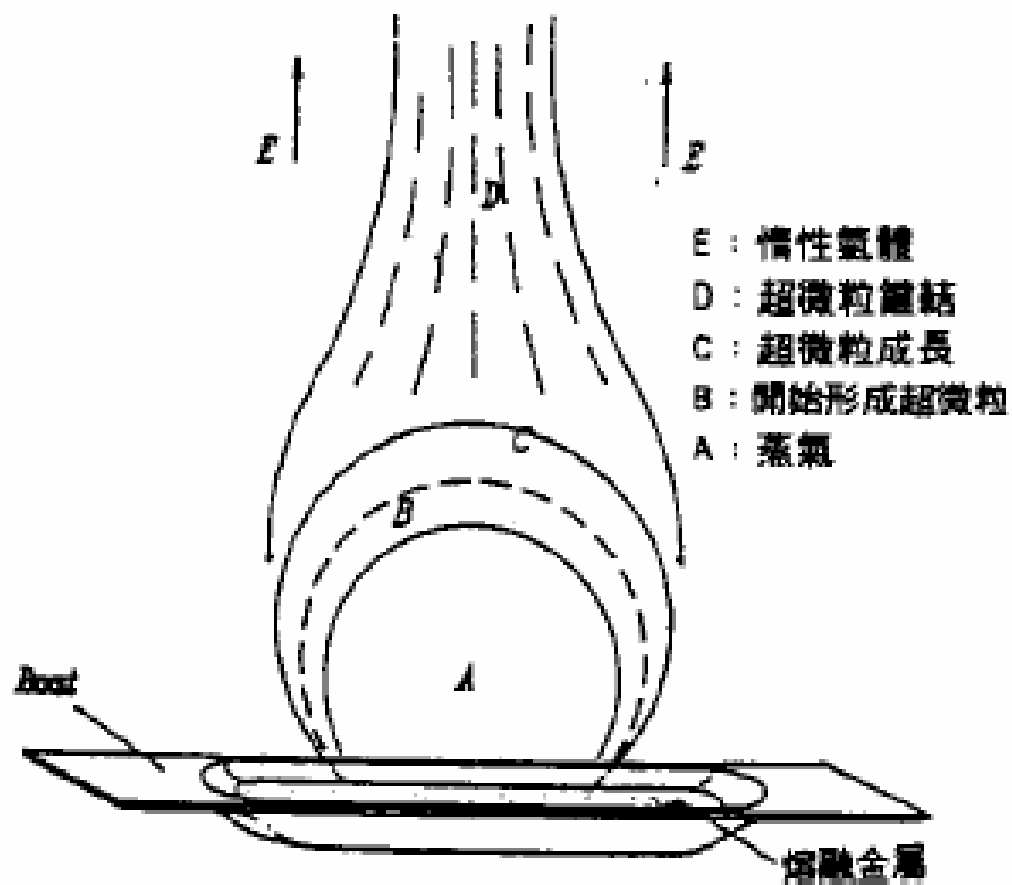


圖 4. 蒸氣中奈米粉體的成長狀態

氣相法

物理氣相沉積法---電漿加熱法

傳統的電漿法，係以蒸發原料為陰極，在與陽極電極棒之間施加直流電壓，並於惰性氣體中放電，原料即從熔化的陰極表面上蒸發，隨後在冷卻銅筒內，析出並沉積為奈米材料。目前常用者為電漿噴柱法，方法是把蒸發的金屬材料放置在水冷銅坩堝上，在斜上方之電漿槍間，先對直流電壓施加高週波使流過電漿槍內的Ar、He等惰性氣體電離而起弧，再調節反應室中的載送氣體流量，可決定蒸氣壓並導引其至冷卻收集器上形成奈米粒子。表1是常用的參數。圖5為電漿噴柱法設備簡圖，圖6則為工研院材料所利用此原理製造的TiO₂奈米粉體

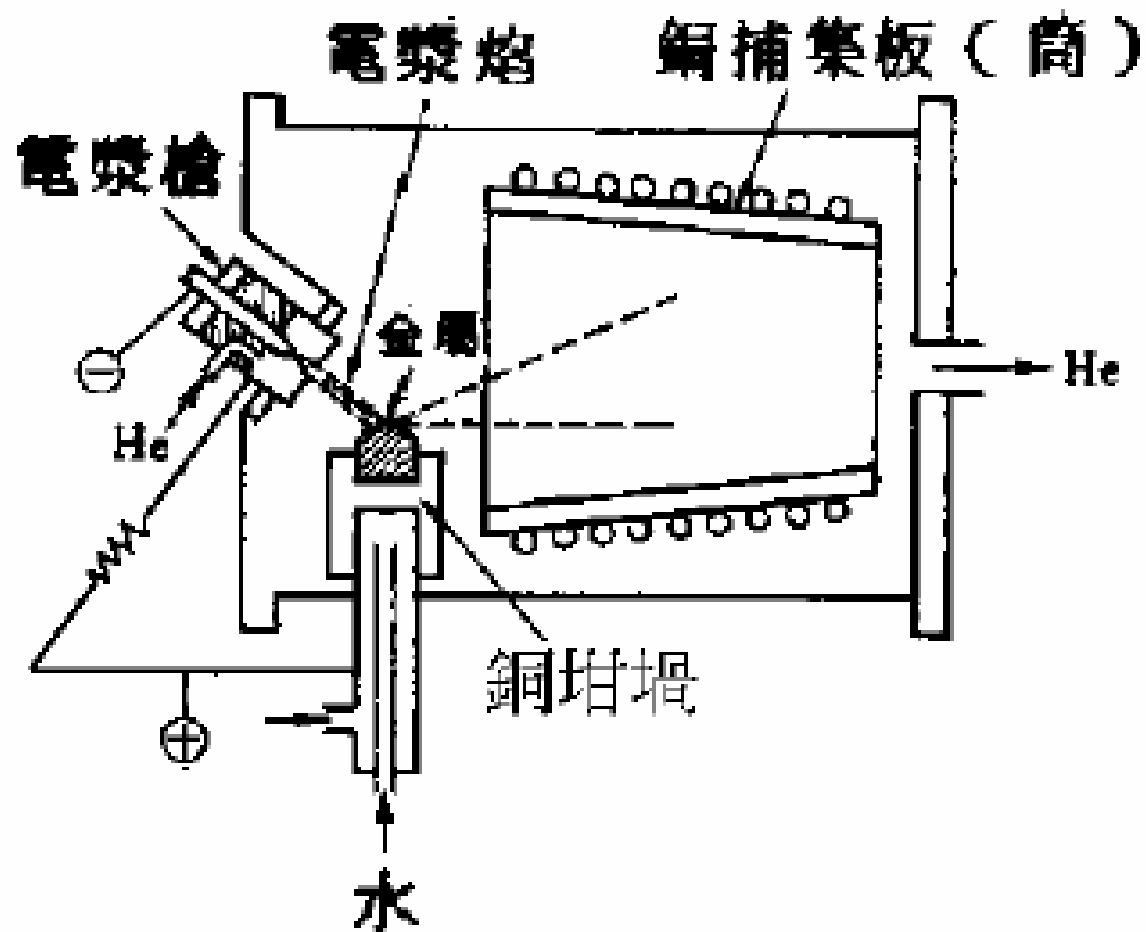


圖 5. 電漿噴柱式氣相合成裝置

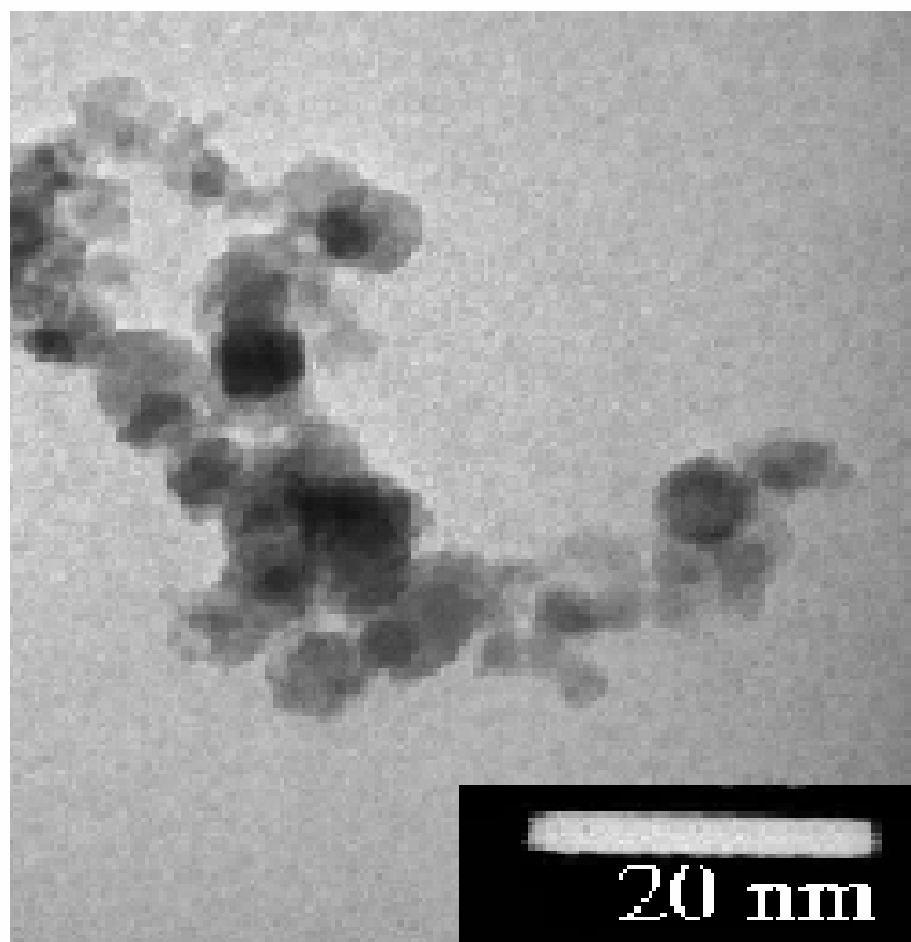


圖 6. 電漿加熱氣相合成法製造之 TiO_2 奈米粉體

氣相法

物理氣相沉積法---電弧放電法(Arc discharge)

電弧放電法係利用電弧放電所產生的高溫(約4000 K)，將原料氣化以沉積為奈米材料的方法。代表性的例子為西元1991年Iijima(10)等人首先利用電弧放電法合成出的奈米碳管。圖7則為電弧放電裝置示意圖。在不鏽鋼製的真空室內，使用直徑6mm的石墨碳棒為陰極與直徑9mm的碳棒當陽極，兩極的間距可調整。

研究指出，本製程中影響碳管品質最重要的因素為氮氣的壓力。1992年Ebbesen等人(13)發現500 torr的氮氣壓力會比20 torr時有更高的奈米碳管產率，而過高的電流會使碳管燒結在一起，故操作時應控制在可產生穩定電弧下的最低操作電流。通常，反應腔之陰極石墨棒上所沉積的奈米碳管，可觀察到非晶質(amorphous)碳、石墨微粒及煤灰等雜質，因而常需後續的純化處理。圖8為工

研院材料所產製的奈米碳管

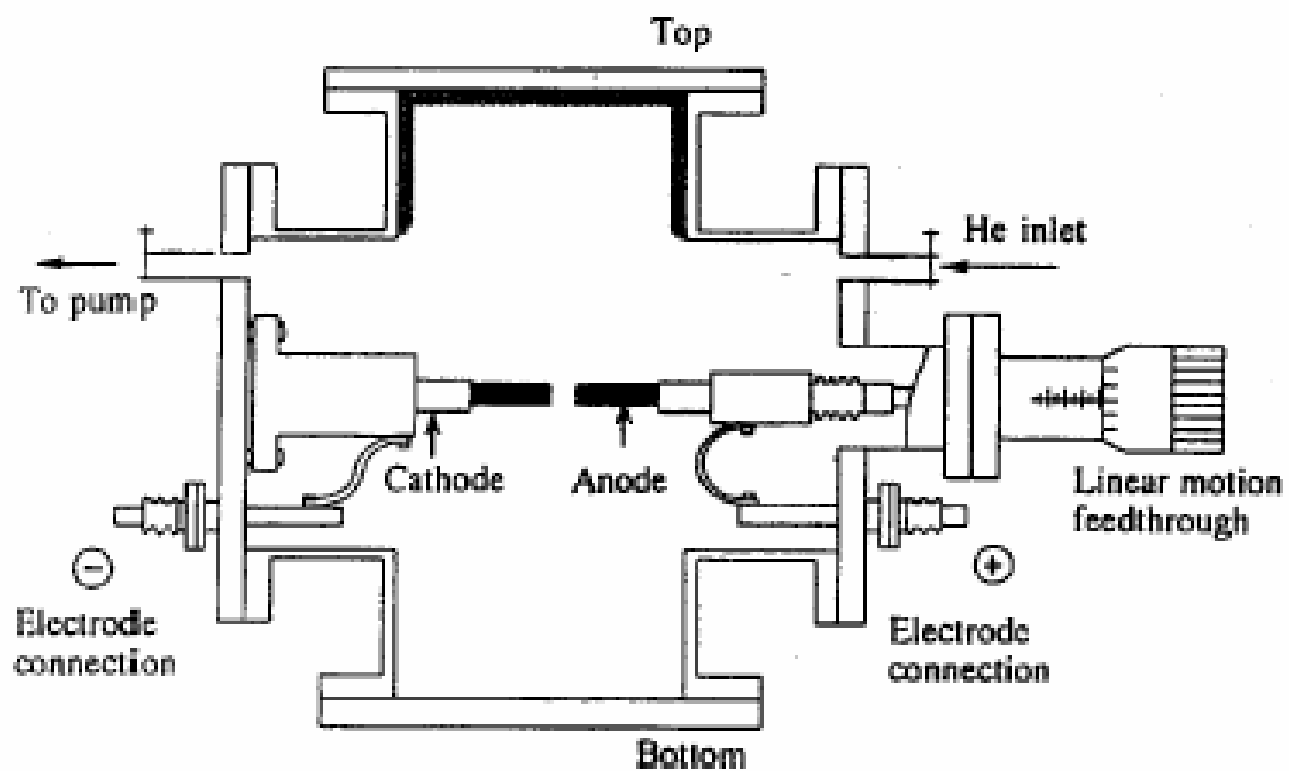


圖 7. 電弧放電法裝置示意圖

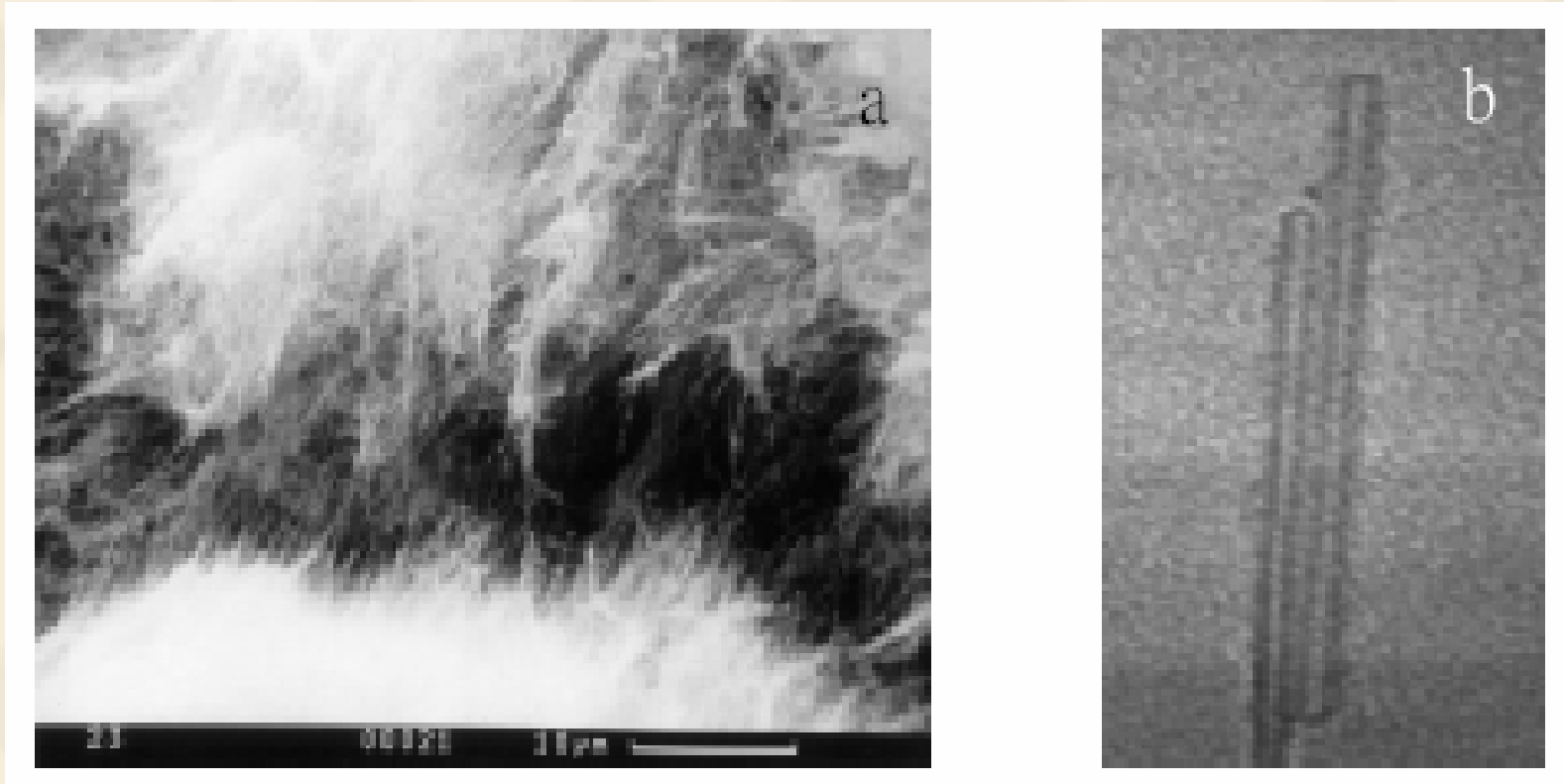


圖8 為工研院材料所產製的奈米碳管

氣相法

物理氣相沉積法——雷射蒸發法

雷射蒸發法主要原理與電弧法相似，最大的不同乃是以高能雷射取代電弧放電的功能。圖9 即為雷射蒸發法合成奈米碳管裝置的示意圖。此法中，是將含有金屬觸媒（如：鈷、鎳等）的石墨靶材，放置在約1 英寸的石英玻璃管中，再將此管放置於高溫反應爐中。於 1200°C 充滿惰性氣氛（如：500 torr 氬氣）的環境下，以高能脈衝雷射（如：Nd YAG Laser）對焦石墨靶材而使其表面的碳材蒸發。隨著爐管中高溫區域惰性氣體的快速流動，蒸發的碳隨即被帶往爐體外末端的圓錐型水冷銅上沉積，沉積物再經萃取精鍊後可得奈米碳管。

通常，此法所得的奈米碳管直徑分佈在5-20 nm，管長可達10 μm 以上。較一般Arc 法所合成的奈米碳管純度高、雜質少；最大的優點在於可產製大於70% 以上的單層奈米碳管。

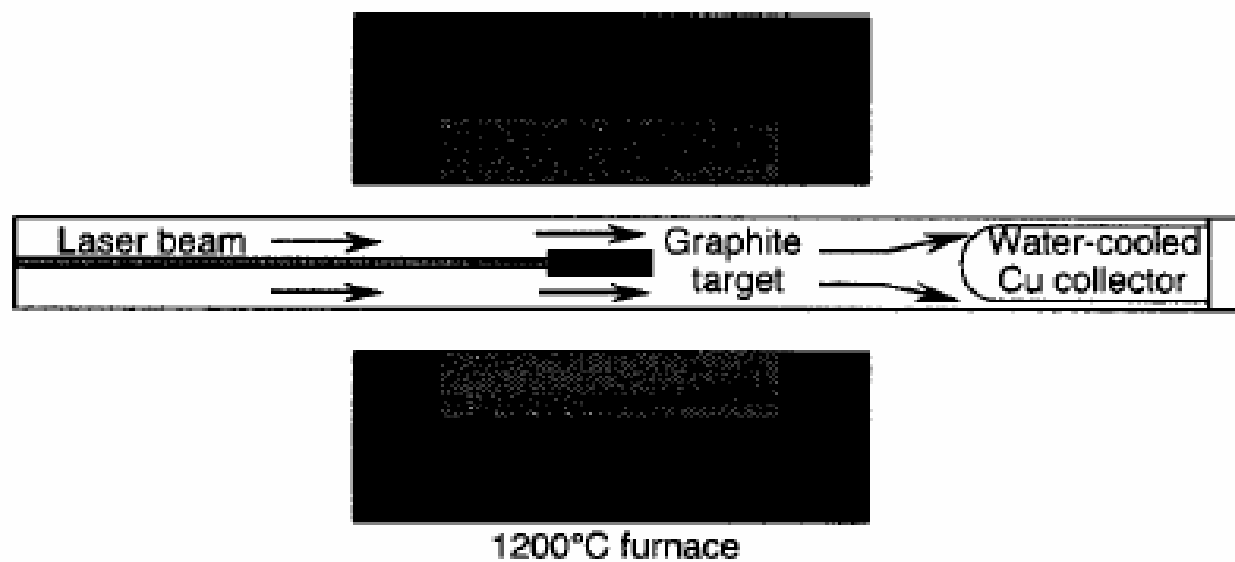


圖 9. 雷射氣化法設備示意圖

氣相法

物理氣相沉積法---高週波感應加熱

1970 年代初便已開發出來用作高性能磁帶用奈米粉體的製造。其特色是

- (1). 進行蒸發的溶液溫度可保持一定
- (2). 溶液內的合金成份均勻性良好
- (3). 能以安定的輸出，運轉長時間
- (4). 可大量工業化生產。

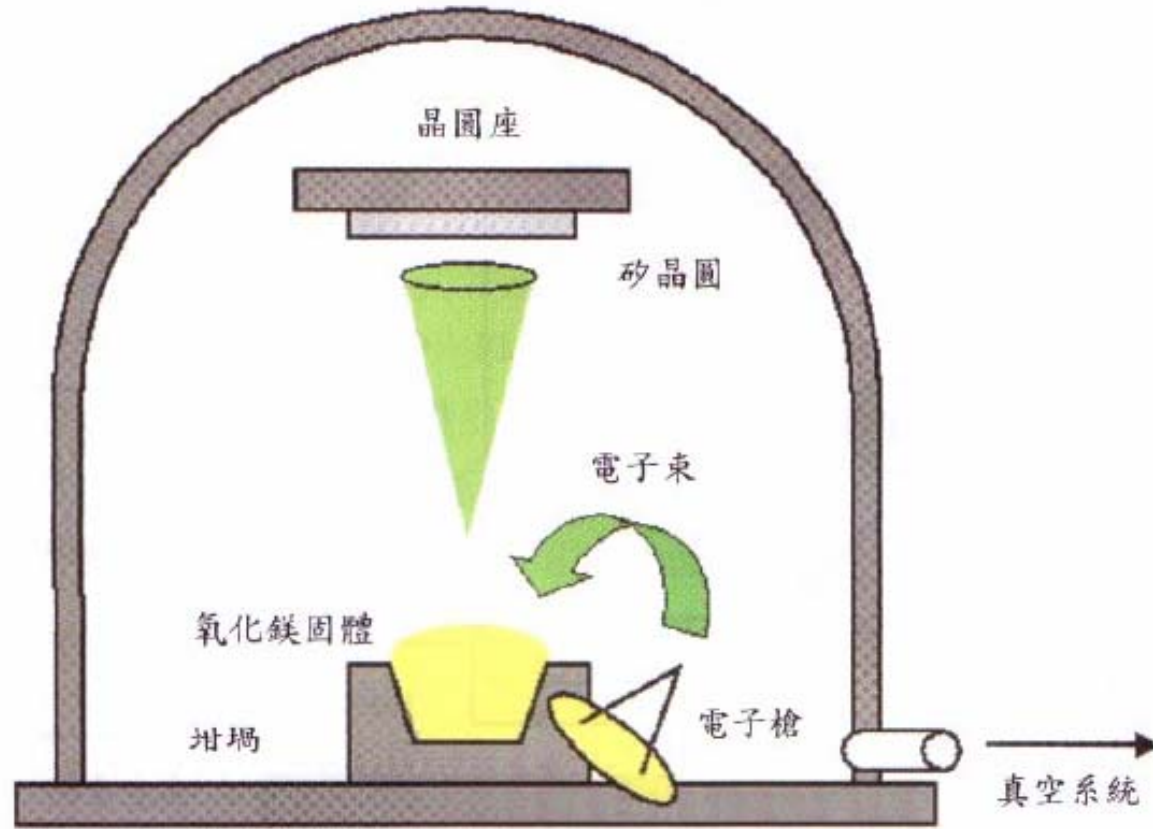
氣相法

物理氣相沉積法---電子束加熱

電子束加熱法目前主要用於高熔點物質的奈米粉體的製造上。1973年Iwama等人即以此法製造了Bi、Sn、Ag、Mn、Cu、Mg、Fe、Fe-Co、Ni、Al、Zr等超微粒子(16)。以Cu為例，50V / 5mA 電子束的功率，於66 Pa 的Ar 氣中，其1分鐘可得50mg 的微粉。在N₂ 或NH₃ 氣氛中，蒸發Ti 則可得到10nm 的TiN 立方晶奈米粉體。而Al 在NH₃ 中蒸發則可得到

AlN 粉體，但在N₂ 氣中則無法生成。這樣的製程實則屬於化學氣相沉積的範圍。

Electron beam evaporation



電子束蒸鍍(Electron beam evaporation)系統示意圖，反應腔體內只須保持『高真空』，成本較低，但電子槍價格不低

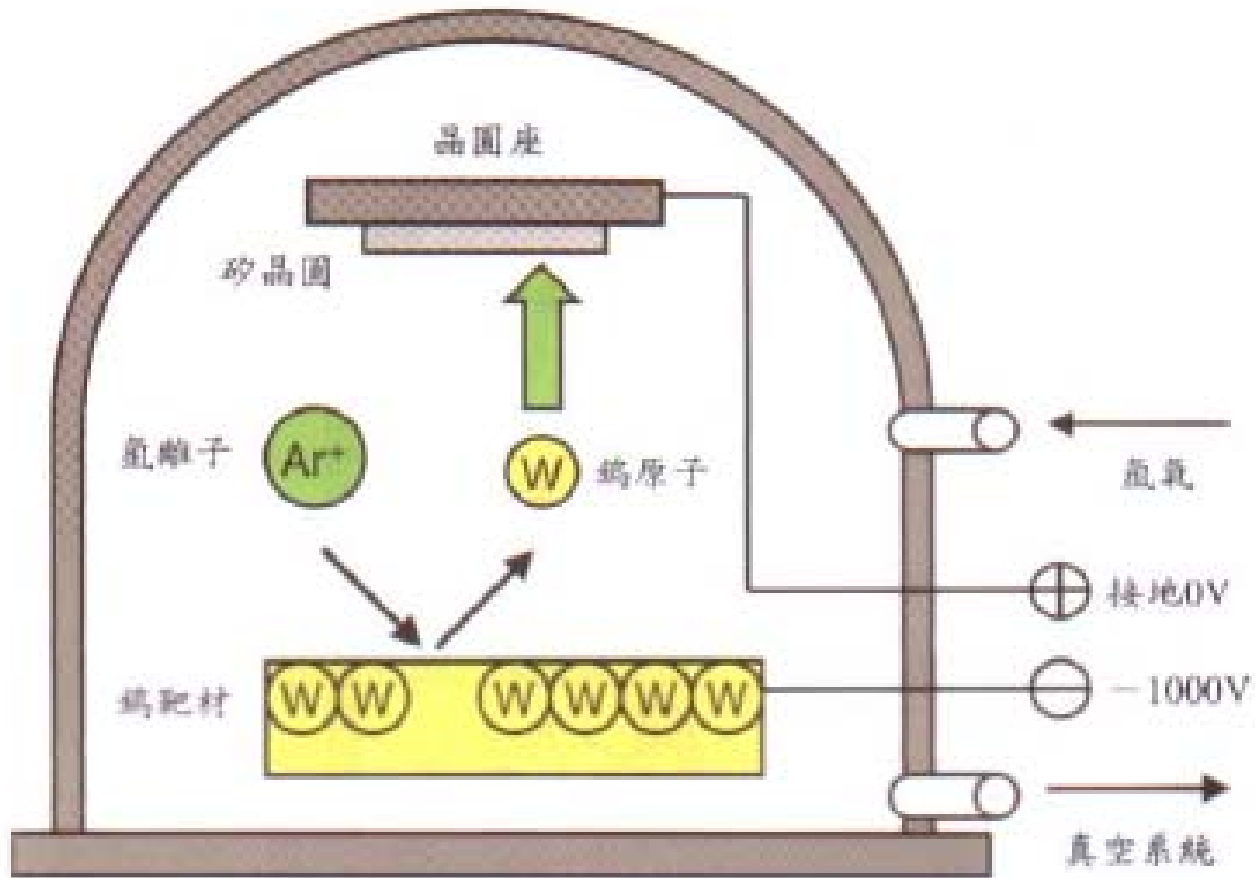
氣相法

物理氣相沉積法---濺射法 (Sputtering)

此法普遍用於半導體製程化合物薄膜的形成。其原理為陽極Ar 氣中輝光放電所產生的離子衝擊陰極靶材表面時，使靶材原子飛出，在真空中氣相成核-成長為奈米級顆粒進而於基材上沉積為奈米薄膜的方法。此方法蒸發靶材原子的過程，不像上述氣相沉積法需將靶材加熱並熔解。另目前也採用電弧或電漿的方式衝擊濺鍍靶材使其表面熔化而原子濺鍍出來以生成奈米粒子。濺射法製造奈米粒子的優點有：

- (1). 不需熔融用坩堝，可避免污染
- (2). 濺鍍靶材可為各種材料
- (3). 可形成奈米薄膜
- (4). 能通入反應性氣體形成化合物奈米材料
- (5). 能同時使用多種靶材材料而生成奈米複合材料。

Sputter 濺鍍



濺鍍(Sputter)系統示意圖。

氣相法

化學氣相沉積法---催化劑化學氣相沉積法(Catalytic Chemical Vapor Deposition ; CCVD)

圖10 為其裝置示意圖。首先，將乙炔（或甲烷等）為主的碳氫化合物氣體通過一置有催化劑的高溫石英爐管，這些氣體因受高溫金屬催化劑的作用將產生裂解，因而生成碳原子且吸附在金屬顆粒的晶面上。而因晶面上溫度或濃度梯度的關係致使碳原子往其內部進行擴散，使得過飽和之碳持續在金屬顆粒的某結晶面上析出，進而堆積-成長成中空的奈米級碳管。圖11 為奈米碳管成長機制的示意圖。

獲得之碳管直徑約在25~130nm 間，碳長可達60um 以上。此法改善了電弧放電法中碳管短、低產率及較高製造成本的缺點

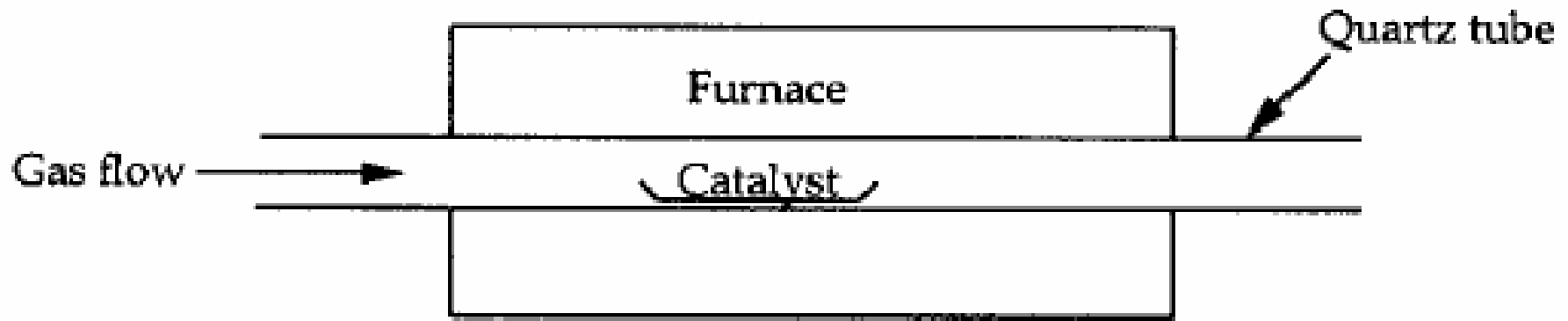


圖 10. 催化劑化學氣相沉積法裝置示意圖

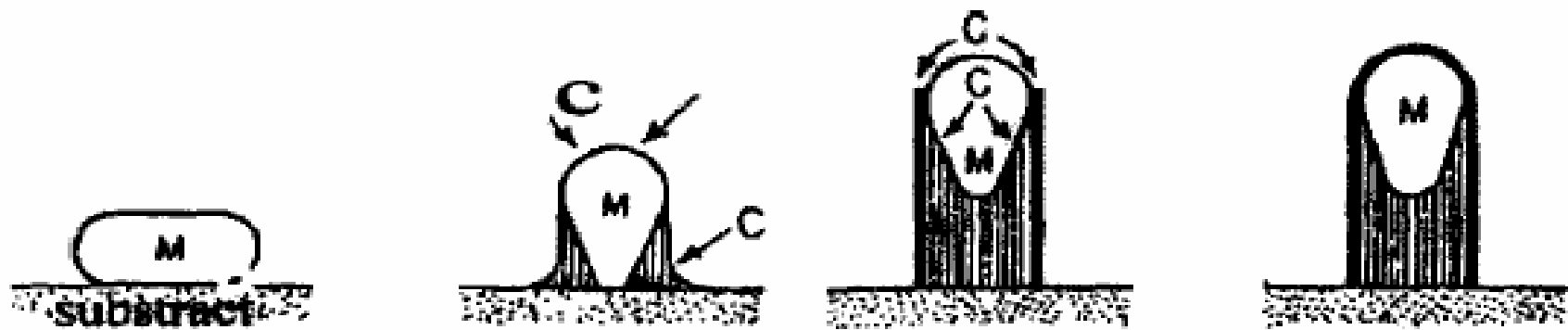


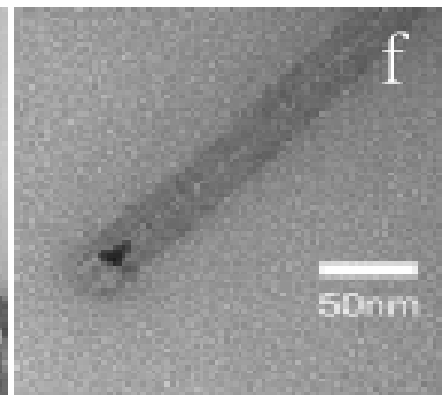
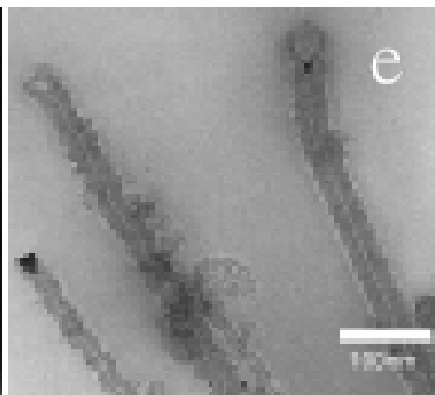
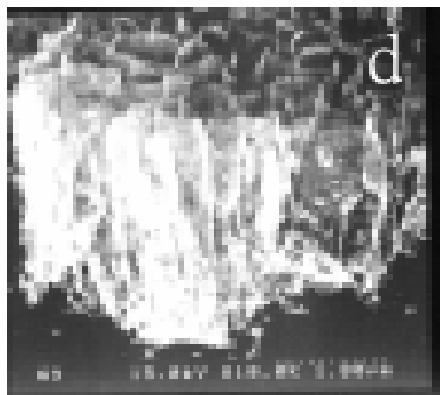
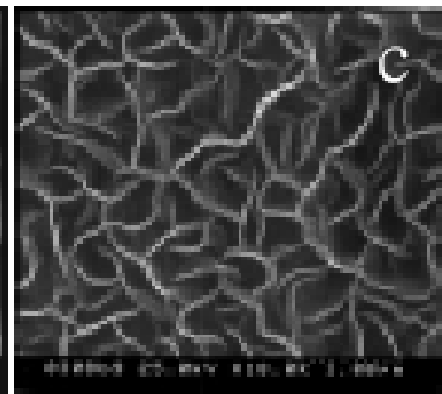
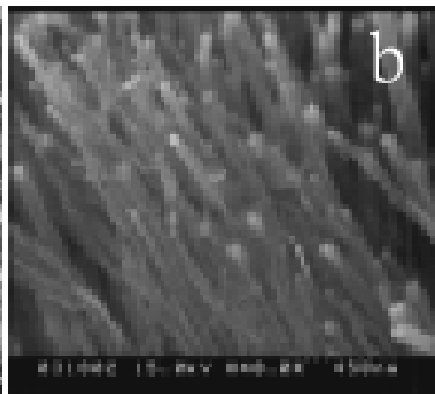
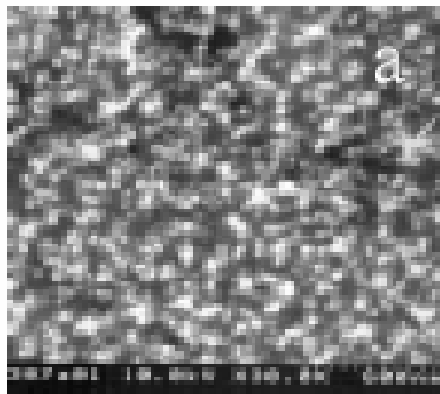
圖 11. 奈米碳管成長機制示意圖

氣相法

化學氣相沉積法---微波電漿觸媒輔助電子迴旋共振化學氣相沉積法(ECR-CVD)

微波電漿觸媒輔助電子迴旋共振化學氣相沉積法(ECR-CVD) 利用CH₄及H₂ 為反應氣源，成功地合成大面積(4吋直徑) 且具定向性的奈米碳管。使用的觸媒材料包括Fe、Ni、Co 顆粒及CoSi_x 膜和Ni 膜等。沉積生成的奈米結構材料包括: 奈米碳管、藤蔓狀碳管、海草狀奈米碳片、花瓣狀奈米碳片及碳膜等。製程之關鍵因素包括: 觸媒的種類及其施加方式、基材的偏壓和溫度、沉積的時間以及反應氣體中氫氣的含量等。而生成的奈米碳管直徑與觸媒顆粒的大小則有密切的關係，直徑一般可在20.80nm 左右；管長則與沈積時間有關，約在1.3 μm 間；管數密度由觸媒濃度及施加方式所控制，其每平方公分的管數最高可近一億根(10⁸ tubes/cm²)，且是垂直於基板成長，長度也相當一致。

圖12(a)及(b) 為本製程成長之典型奈米碳管的SEM 影像；圖12(c)及(d) 則為典型海草狀奈米碳片的SEM 影像；圖12(e)及(f) 則分別為以鈷及鎳觸媒顆粒成長的奈米碳管TEM 影像。在場效電子發射特性方面，目前此製程最佳者為以Co 觸媒成長的奈米碳管，此碳管在 $5.3 \text{ V}/\mu\text{m}$ 電場下，場效發射電流密度可達 $32 \text{ mA}/\text{cm}^2$ ，臨限電場 E_{th} 為 $4.2 \text{ V}/\mu\text{m}$ 遠低於目前鈿或鎢($50 \sim 100 \text{ V}/\mu\text{m}$) 等傳統場發射材料，另也優於鑽石材料($8 \sim 40 \text{ V}/\mu\text{m}$)



氣相法

化學氣相沉積法——火焰合成法 (Flame synthesis)

此法乃利用氫氧焰或乙炔氧焰等對系統供應的金屬化合物蒸氣加熱，並與其產生化學反應而生成奈米微粒，一般可合成粒徑100nm 以下的氧化物奈米粉體。例如：從 SiCl_4 中合成 SiO_2 ，從 AlCl_3 中生成 Al_2O_3 ，從 TiCl_4 中合成 TiO_2 等。此製程由於火焰溫度遠高於這些氧化物的熔點，且在熔融狀態下蒸氣壓小，因此這些由熔融態生成的奈米粒子多為接近真圓的球狀體。Sotiris E. Pratsinis 尤善於利用此法製造 TiO_2 (18)。

近年來，此製程也普遍應用於奈米碳管的研製中，Randall L. Vander Wal 是其中成果豐碩者，已成功利用金屬觸媒(Co、Cu、Ni) 的方式生成多層奈米碳管(MWNT) (19) 及利用擴散式火焰法生成單層奈米碳管(SWNT) (20)。

液相法

液相法是於液相中合成奈米材料，又稱為濕化學法、溶液法等。為製備各式奈米粉體的有效方法。所製得的粉體粒度分布較窄、形貌完整、成分較易精確控制，但合成的粉體往往形成嚴重的團聚，故皆須採取一定形式的後處理（如：解聚、球磨等）以符合實驗設計的需求。但產能及價格方面是商業化尚須克服的問題。此法為量產奈米陶瓷粉體的重要技術，目前由於液相法技術的突破，使新高性能奈米複合材料的製造漸能符合商業化成本的需求。主要可分為沉澱法、溶膠-凝膠法(Sol-Gel)、噴霧熱分解法(Spray pyrolysis)與水熱合成法等。

液相法

沉澱法

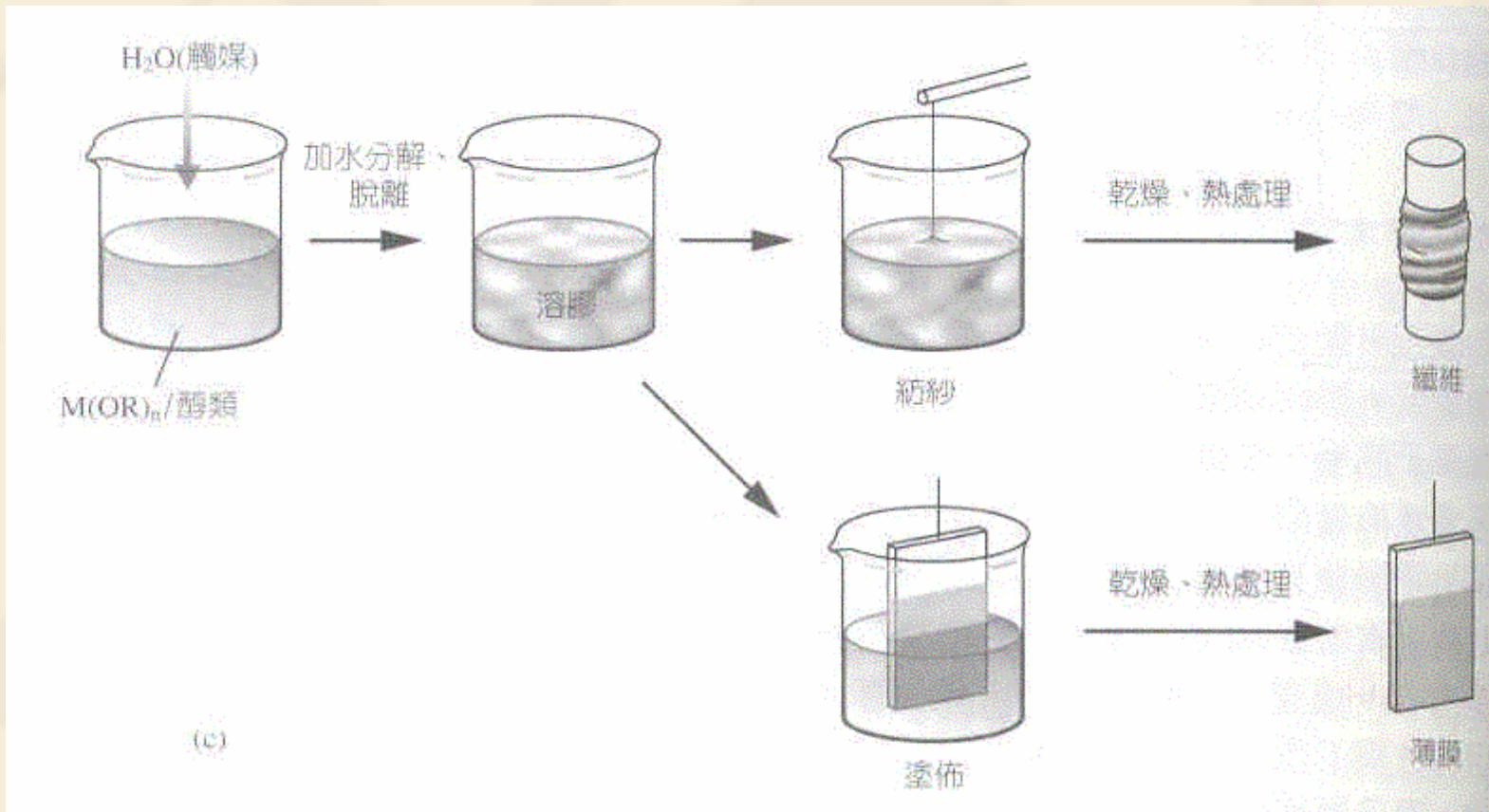
沉澱法是在金屬鹽溶液中加入適當的沉澱劑使與金屬鹽發生化學反應，以生成難溶性的反應物，進而於溶液中沉澱下來，或再經乾燥、煨燒等處理以生成奈米粉體的方法。

液相法

溶膠-凝膠法 (Sol-Gel)

溶膠-凝膠法是將醇鹽溶解於有機溶劑中，再加入蒸餾水使醇鹽進行水解、縮合反應形成溶膠，而後隨著水的蒸發轉變為凝膠，再於低溫中乾燥得到疏鬆的乾凝膠，或進行高溫煅燒處理以得到奈米粉體或薄膜的方法。

優點是所製得的粉體粒徑小、純度高且化學均勻性良好；缺點則為前趨體(precursor) 原料價格高、有機溶劑有毒性以及高溫熱處理下會使顆粒快速團聚等。圖13 為工研院材料所利用此法做成TiO₂ 溶液加上水熱法製程加以乾燥後所製得的TiO₂ 奈米粉體



溶膠-凝膠法 (Sol-Gel) 合成方法概念圖

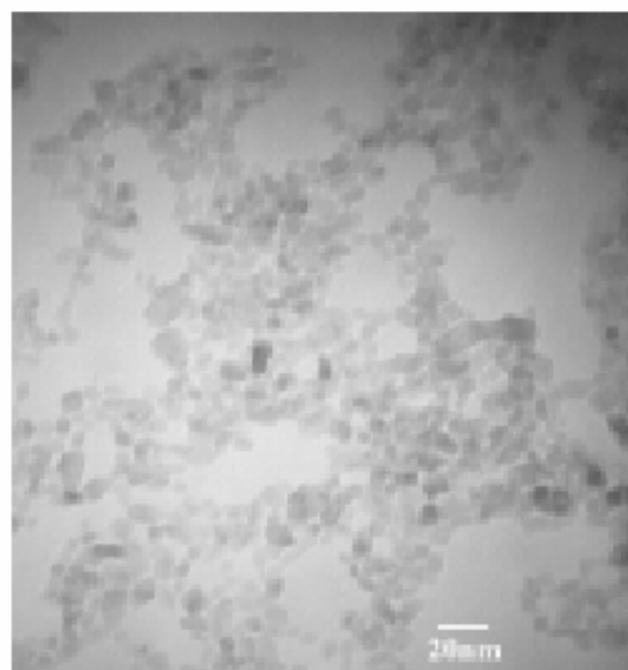


圖 13. 溶膠-凝膠法做成之 TiO_2 溶液加上水熱法製程乾燥後所得到的 TiO_2 奈米粉體

液相法

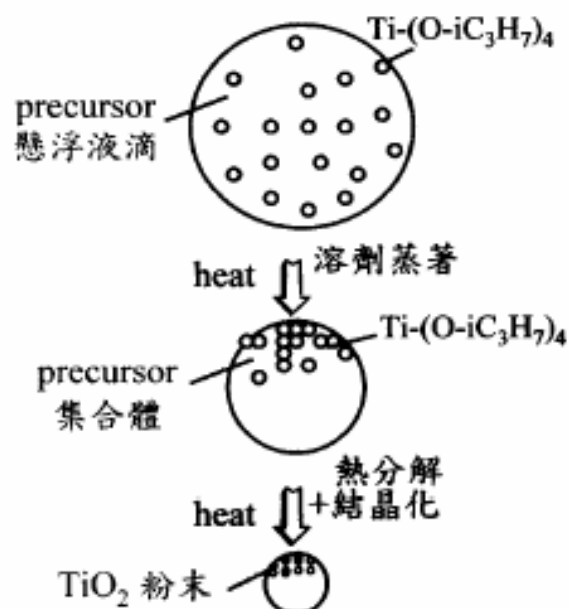
噴霧法 (Spray pyrolysis)

噴霧法是將金屬鹽溶液以霧狀噴入高溫氣氛中，此時引起溶液的蒸發或金屬鹽的熱分解或水解的反應，因過飽和現象而析出固體的方法。分為噴霧乾燥、噴霧熱分解、噴霧培燒、噴霧水解法等。此法因需要高溫，對設備和操作的要求較高，優點是製得的粉體分散性佳。

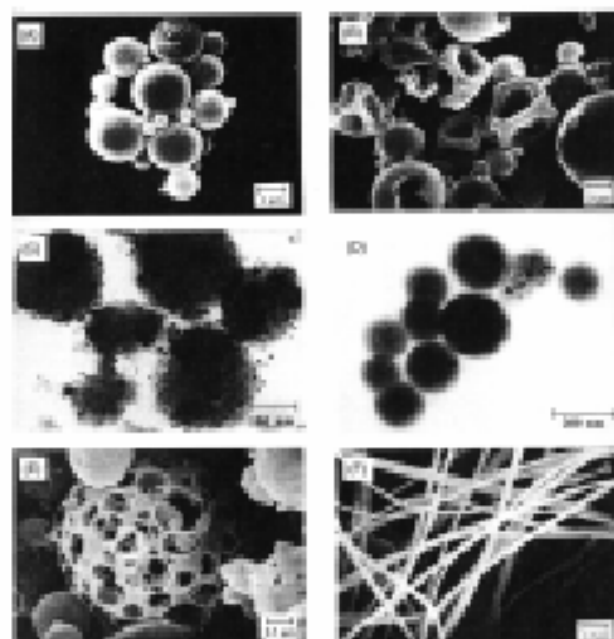
噴霧熱分解法(26)為例說明：

如圖14(a)所示，噴霧熱分解法是一連續性操作的製程，首先將具熱分解性的先趨物(如 $Ti(O-iC_3H_7)_4$)溶質與溶劑(如酒精)液體，藉由噴霧技術(如超音波霧化)將溶液分散成氣相中

可懸浮的霧滴，再將霧滴與載流氣體(如氮氣)一起送入加熱區中進行乾燥。此時，霧滴中的溶劑蒸發形成以先趨物為主的懸浮物微粒，再進入高溫分解區使先趨物達到熱分解溫度，形成微粒與氣相的副產物，最後再藉氣-固分離系統予以收集分離。因製程參數(如：先趨物的物化性質、噴嘴的設計、氣體種類、霧滴在高溫區的運動等)的不同，可合成不同產物的形貌，如圖14(b)。



(a)



(b)

圖 14. 噴霧熱分解法 (a).製程示意圖 (b).產物形貌

水熱法

水熱法是指在一密封的壓力容器中，以水作為溶劑，製備奈米材料的一種方法。一般而言，在常溫-常壓環境中不易氧化的物質，會因水熱法中高溫-高壓的環境而進行快速的氧化反應。例如：金屬鐵和空氣中的水氧化反應非常緩慢，但如果在98MPa、400°C 的水熱條件下進行1 小時反應則可完全氧化，得到微細的磁鐵礦粉體。

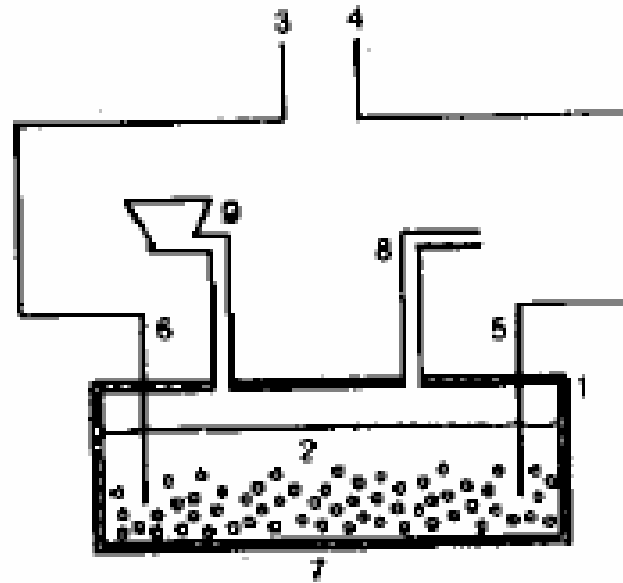
水熱法製備的粉體一般具有：粒徑小、分佈均勻、顆粒團聚輕及可連續生產、原料便宜、易得到適合化學計量比的奈米氧化物粉體之優點。且無須進行高溫煅燒處理，可避免晶粒的長大及引入雜質、缺陷等困擾，其所製得的粉體一般具有高的燒結活性。如：水熱法製備的 ZrO_2 奈米粉體，粒徑可達15 nm，形成的球狀或短柱狀粉體於 $1350 \sim 1400^\circ C$ 溫度燒結下，理論密度可達98.5%。此製程中又可分為水熱氧化、水熱沉澱、水熱晶化、水熱分解法以及新近發展的微波水熱法、超臨界水熱合成法等，皆為製備奈米氧化物陶瓷粉體的熱門方法。

3. 物理粉碎法

包括：超音波粉碎、火花法、爆裂法等，常用的方法則為機械合金法(Mechanical alloying)。此法主要係將原料粉體和磨球一起放入攪拌桶內，利用高能量球磨機械力的方式，將較粗大的粉體施以塑性的變形，經由不斷地焊合、破裂、再焊合等過程而達到合金化的目的且漸擊碎成細粉而將粉體微細化。研究顯示只要增進球磨運動的模式(如：滾動+振動、自轉+公轉或攪動(attrition mill)等方式)以及球磨的時間夠長，包括純金屬、合金、介金屬、甚至原本不互溶的合金等，皆能以此方式獲得奈米晶粒大小的微細粉體。此法也可利用媒體攪拌粉碎的方式，將粉體導入一高速氣流，利用氣流對粉體加強壓縮力及摩擦力，或加入表面的活性物質(如：三乙醇胺)等助磨劑，以抑制球磨時產生的聚合反應，達到粒子微細化的目的。

4. 火花放電法

火花放電的工作原理是把金屬電極插入氣體、液體等絕緣體中，增加電壓至一定值時，短時間內會放出大能量，此過程從電暈放電至電弧放電的過程稱為火花放電。其瞬時放出的大能量除出現高溫外，並可產生巨大的機械能，將電極本身及被加工物切削成微粒。圖15 即是火花放電製作氧化鋁粉體裝置的示意圖。在水槽底下放入鋁金屬顆粒，利用鋁顆粒間的火花放電形成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 泥漿，再將此泥漿乾燥進行的煨燒處理，即可製得細微的氧化鋁粉體。此方面的研究正積極於台北科技大學及大同大學中展開。



- | | | |
|---------------|--------------|--------------|
| 1 : 反應槽 | 2 : 純 水 | 3 , 4 : 輸出端子 |
| 5 , 6 : 鋁電極 | 7 : 鋁顆粒 | |
| 8 : 粉末, 氣體導出管 | 9 : 鋁顆粒供給用漏斗 | |

圖 15. 火花放電合成氧化鋁奈米粉體的裝置

5 有機二次元奈米材料

- ❖ 近來開發的奈米級複合層狀材料包括aligned hyperpolarizable 分子/高分子材料、magnetically active 陽離子及quantum-confined 半導體、導電性高分子及高分子電極等，因其具備某些特殊的性質乃成為一些產業的新寵。如：積體電子、太陽能、光學等元件以及資訊傳輸和儲存元件等，或者是先進電池的電極材料等。通常此類材料的合成方法主要有：(1). Langmuir-Blodgett (LB) monolayer transfer method (2). Self-assembled multilayers (SAMs) building method (3). intercalation method (4). Exfoliation method 等(28)。其中自組裝 (Self-assembly) 製程隨著材料化學理論及其製程的蓬勃發展，也在奈米元件製備上展露了無窮的潛力。

	分類	方式	特點	缺點
物理方法	真空冷凝法	用用真空蒸發、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。	純度高、結晶組織好、粒度可控。	技術設備要求高
	物理粉碎法	透過機械粉碎、電火花爆炸等方法得到納米粒子。	操作簡單、成本低。	產品純度低，顆粒分佈不均勻
	機械球磨法	採用球磨方法，控制適當的條件得到純元素、合金或複合材料的納米粒子。	操作簡單、成本低	品純度低，顆粒分佈不均勻
化學方法	氣相沉積法	利用金屬化合物蒸氣的化學反應合成納米材料。	產品純度高，粒度分佈窄。	--
	沉澱法	把沉澱劑加入到鹽溶液中反應後，將沉澱熱處理得到納米材料。	簡單易行。	純度低，顆粒半徑大，適合製備氧化物。
	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納米粒子。	純度高，分散性好、粒度易控制。	--
	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納米粒子。	反應物種多，產物顆粒均一，過程易控制，適於氧化物和II~VI族化合物的製備。	--
微乳液法	--	兩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、熱處理後得納米粒子。	粒子的單分散和介面性好，II~VI族半導體納米粒子多用此法製備。	--

爲何要用矽?

- ❖ 豐度高, 便宜
- ❖ 二氧化矽非常穩定, 強介電質, 容易在熱氧化過程中成長一層二氧化矽.
- ❖ 較大的能隙, 操作溫度的範圍較大.

矽元素的性質

名稱	矽
符號	Si
原子序	14
原子量	28.0855
發現者	鍾斯、傑可柏、柏塞利爾斯
發現地點	瑞典
發現日期	1824
名稱來源	由拉丁字silicis衍生而來，意指火石
單晶矽的鍵長度	2.352 Å
固體密度	2.33 g/cm ³
摩爾體積	12.06 cm ³
音速	2200 m/sec
電阻係數	100,000 $\mu \Omega \cdot \text{cm}$
反射率	28%
熔點	1414 °C
沸點	2900 °C

從砂到晶圓

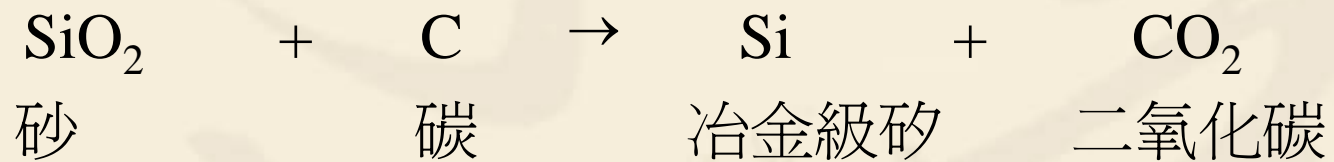
- ❖ 石英砂的主要成份是二氧化矽
- ❖ 從砂到冶金級矽 (MGS)
- ❖ **MGS** 粉末放進反應爐和氯化氫反應生三氯矽烷(TCS)
- ❖ 經由汽化和凝結過程純化三氯矽烷
- ❖ 三氯矽烷和氫氣反應生成電子級矽材料 (EGS)
- ❖ **EGS**熔化和晶體提拉

從砂到晶圓(續)

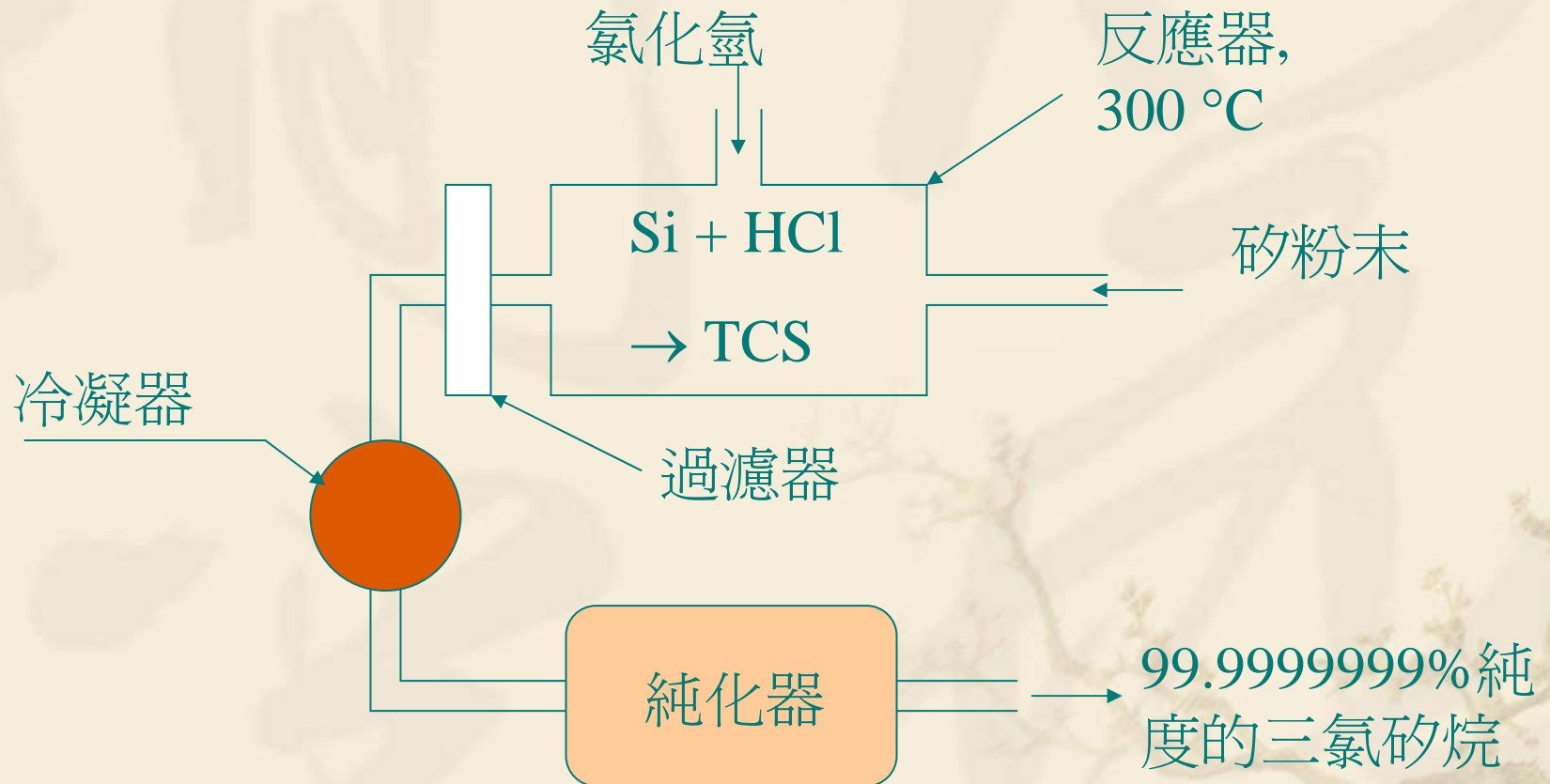
- ❖ 端末切除, 側面拋光, 以及磨出平面或是缺口的部分
- ❖ 從晶棒到晶圓切片
- ❖ 邊緣圓滑化, 研磨, 濕式蝕刻製程和化學機械研磨製程(CMP)
- ❖ 雷射畫線(Laser scribe)
- ❖ 磊晶沉積

從砂到矽

加熱 (2000° C)

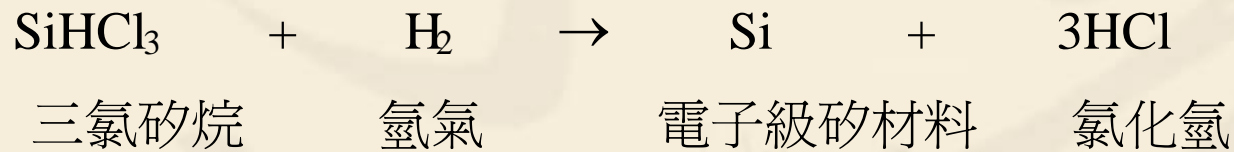


矽的純化 I

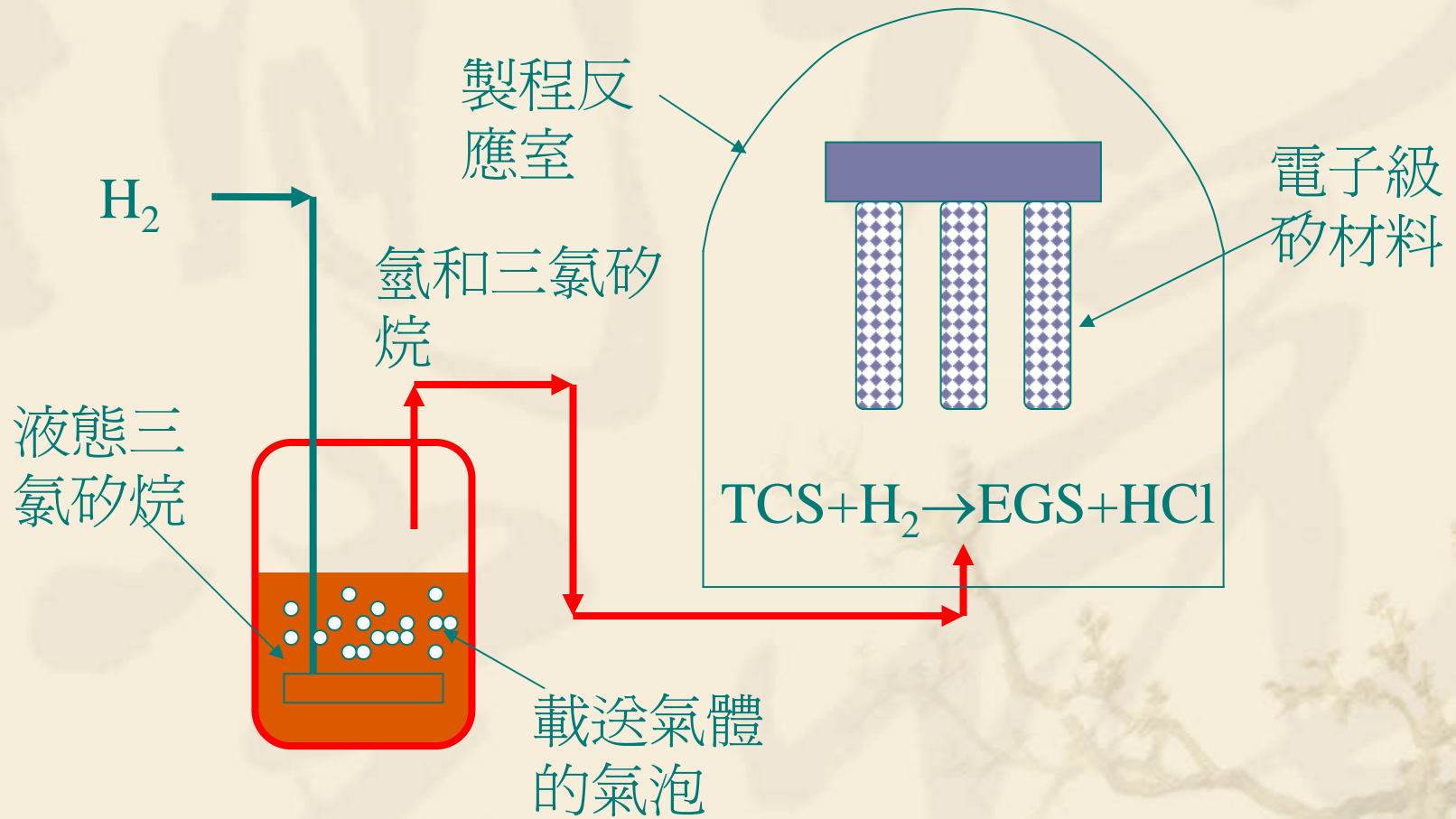


多晶態沉積, 電子級矽材料

加熱 (1100° C)



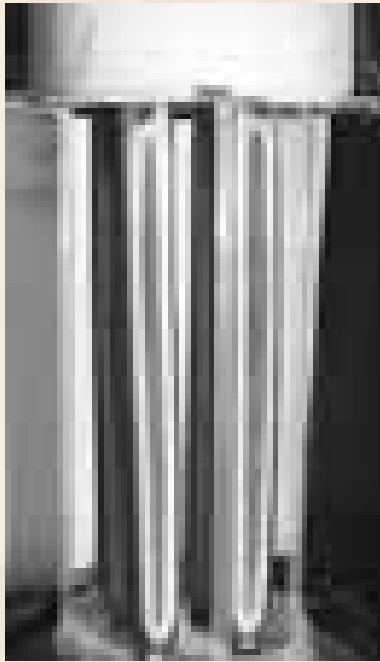
矽的純化 II



How do they make Silicon Wafers and Computer Chips

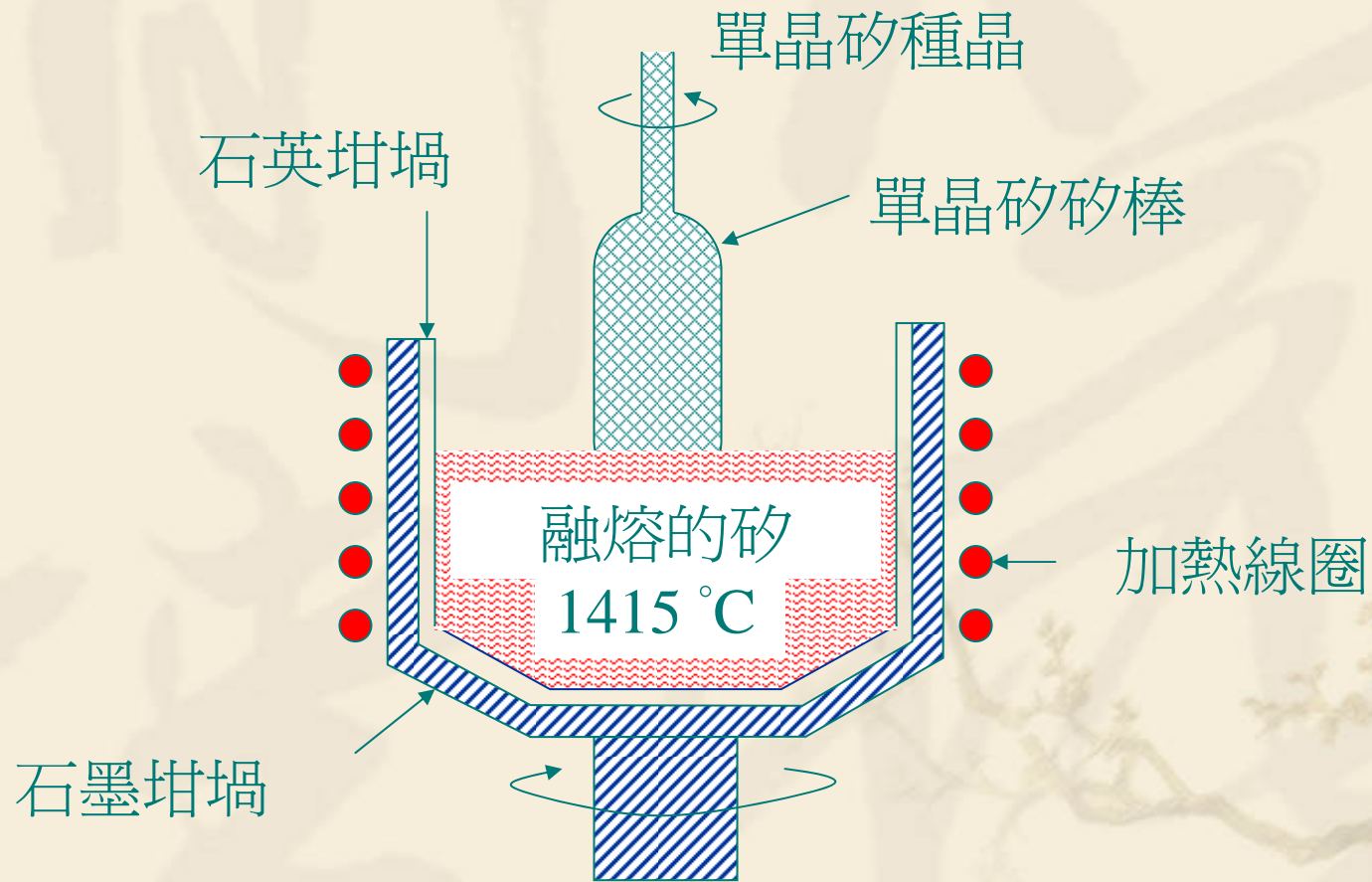


電子級矽材料



資料來源: http://www.fullman.com/semiconductors/_polysilicon.html

晶體提拉:查克洛斯基(CZ)法



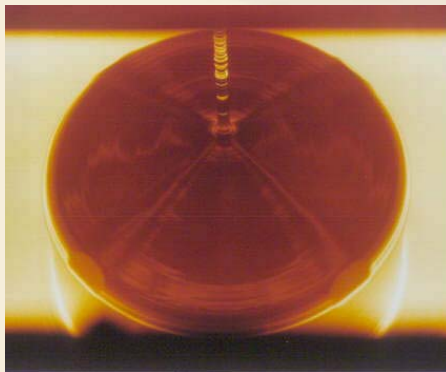
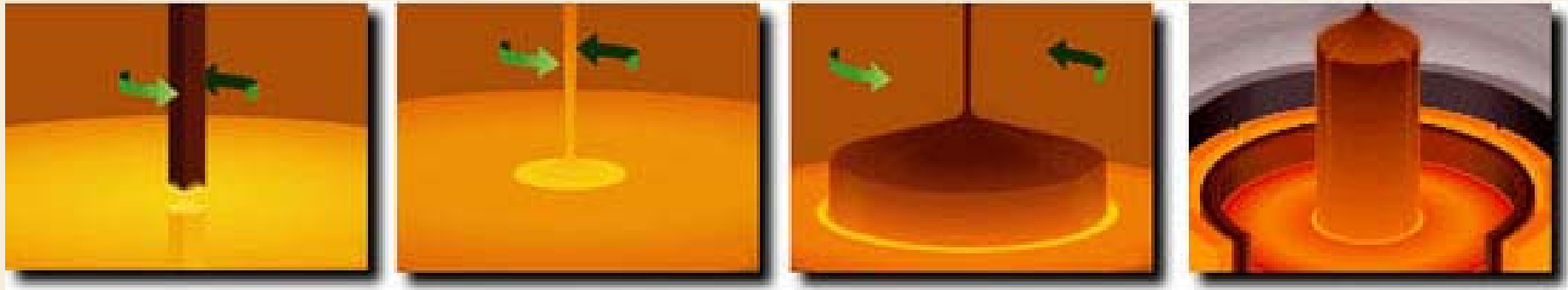
查克洛斯基法晶體提拉



三菱(Mitsubishi) 材料矽

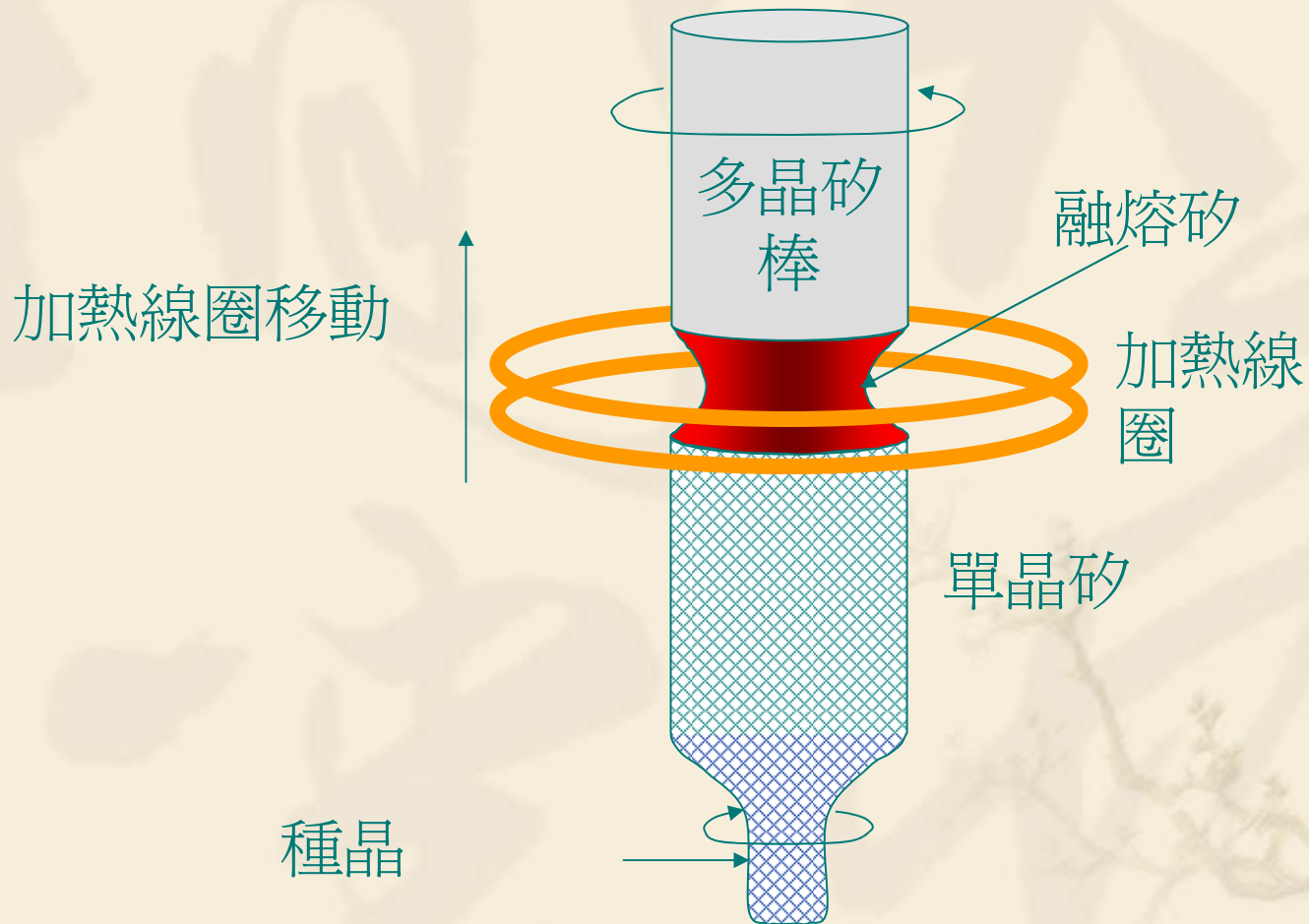
資料來源: http://www.fullman.com/semiconductors/_crystalgrowing.html

查克洛斯基法晶體提拉



資料來源: http://www.fullman.com/semiconductors/_crystalgrowing.html

懸浮帶區法(FZ Method)



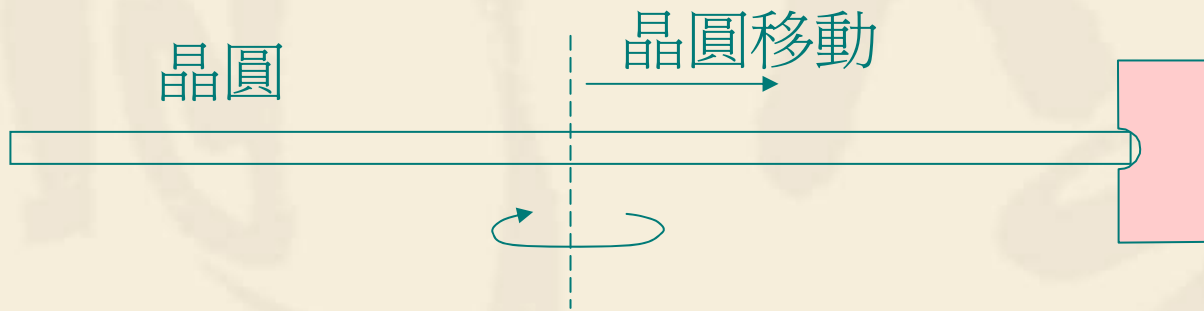
兩種方法的比較

- ❖ 查克洛斯基法是較常用的方法
 - ∞ 價格便宜
 - ∞ 較大的晶圓尺寸 (直徑300 mm)
 - ∞ 晶體碎片和多晶態矽再利用
- ❖ 懸浮帶區法
 - ∞ 純度較高(不用坩堝)
 - ∞ 價格較高, 晶圓尺寸較小 (150 mm)
 - ∞ 分離式功率元件

不同晶圓尺寸的晶圓厚度

晶圓尺寸(mm)	厚度(μm)	面積(cm^2)	重量(grams)
50.8(2吋)	279	20.26	1.32
76.2(3吋)	381	45.61	4.05
100	525	78.65	9.67
125	625	112.72	17.87
150	675	176.72	27.82
200	725	314.16	52.98
300	775	706.21	127.68

晶圓邊緣圓滑化處理



邊緣圓滑化前的晶圓

邊緣圓滑化後的晶圓

晶圓研磨

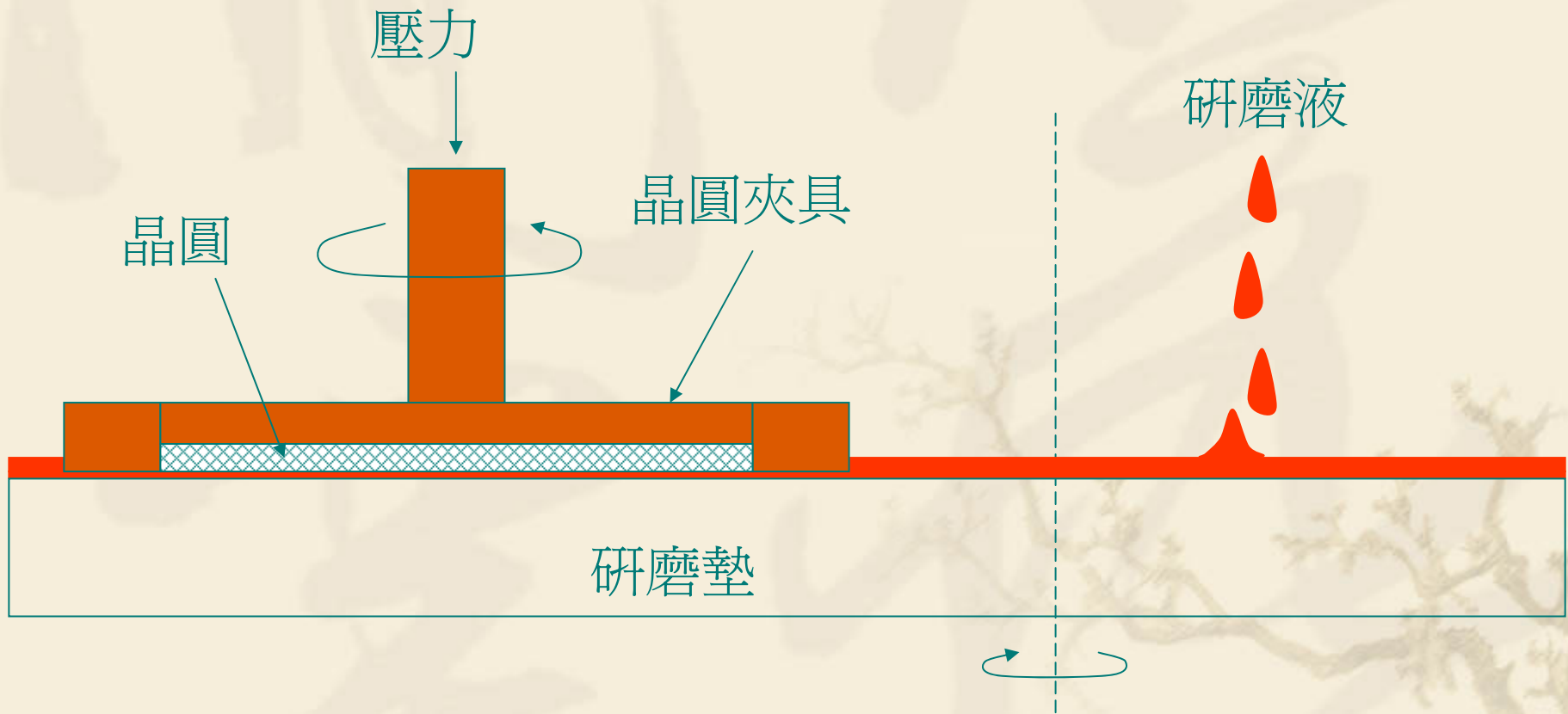
- ❖ 粗略研磨
- ❖ 傳統的研磨劑,泥漿研磨
- ❖ 移除表面大部分的損傷
- ❖ 產生平坦的表面

濕式蝕刻製程

- ❖ 移除晶圓表面的缺陷
- ❖ 將硝酸 (水中濃度79%), 氫氟酸(水中濃度49%), 和純醋酸 依照4:1:3 比例混合.
- ❖ 化學反應式:



化學機械研磨製程



200 mm的晶圓厚度和表面平坦度的變化

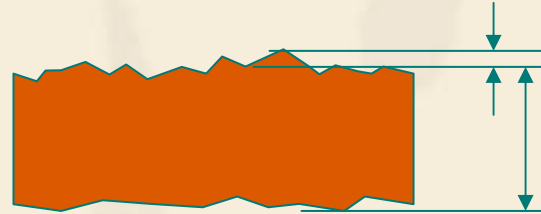
晶圓切片之後



76 μm

914 μm

邊緣圓滑化之後



76 μm

914 μm

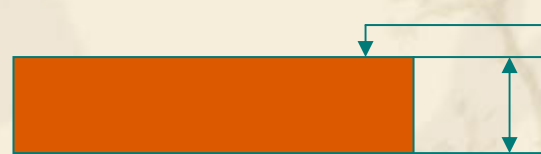
粗磨之後



12.5 μm

814 μm

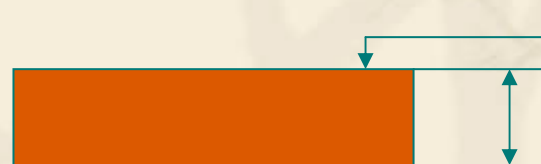
蝕刻之後



<2.5 μm

750 μm

CMP 之後



幾乎是零缺陷的表面

725 μm



SemiGuru.com

梦想中国，筑梦在此

燃料電池-氫能的應用



氫汽車加水能跑



原來如此How it's made-鋰電池篇

