

Chapter 7 真空製程

- * 7.1 常用的真空製程
- * 7.2 高科技真空製程
- * 7.3 鍍膜技術簡介

1

第一節 常用的真空製程 除氣及乾燥製程

- * 製程的特徵
 - * 必須處理大量的氣體，水蒸氣或有機物蒸氣
 - * 製程溫度有限制
 - * 真空幫浦僅用作維持抽系統中的空氣或氣體
- * 真空幫浦及輔助系統
 - * 水環幫浦（water ring pump）及蒸氣噴流幫浦（vapor ejector pump）
 - * 迴轉滑翼幫浦加冷凝器
 - * 冷凍乾燥（freeze drying）

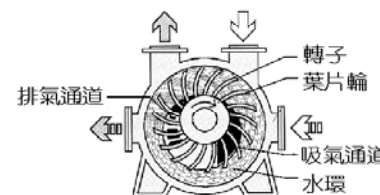


圖 7.1 水環幫浦的構造

2

產生氣體或固體粒子的製程

- * 製程的特徵
 - * 真空系統需抽大量的氣體，可能有溫度的變化
 - * 操作時很多製程係放入氣體，利用氣體與氣體反應，氣體與固體反應，亦有加高電場，利用電子撞擊，離子碰撞，及電漿反應等
 - * 反應生成物會產生氣體或固體粒子，可能有污染性或腐蝕性，最後排出的氣體應作污染防治
- * 真空幫浦及輔助系統
 - * 粗略至中度真空範圍
 - * 高真空範圍

3

清潔製程

- * 製程的特徵
 - * 製程的特徵即為清潔，視製程的性質不同要求的清潔亦不盡相同
 - * 例如有些製程要求的清潔包括某些氣體亦被認為污染，故製程中即使此些氣體亦不應存在
- * 真空幫浦及輔助系統
 - * 粗略至中度真空範圍
 - * 高真空至超高真空範圍

4

高溫製程

* 製程的特徵

- * 高溫製程不僅有高溫而且製程亦常有氣體產生，故抽大量的熱氣為其特徵之一
- * 產生高溫的方法及裝置常用
 - * 電阻加熱，射頻感應加熱，電漿加熱，電子加熱，或雷射加熱
- * 製程中所用的機件及襯墊等要用耐高溫材料
- * 有些高溫製程中亦可能產生固體粒子或飛灰，故應注意污染問題

* 真空幫浦及輔助系統

- * 粗略至中度真空範圍
- * 高真空範圍

5

第二節 高科技真空製程 真空鍍膜

* 真空鍍膜 (film coating) 技術可用於

- * 鍍光學膜 (optical film)
- * 導電膜 (electric conductive film)
- * 介電膜 (dielectric film)
- * 絕緣膜 (insulating film)
- * 晶體膜 (crystalline film)
- * 半導體膜 (semiconductive film)
- * 超導體膜 (superconductive film)
- * 生物膜 (biological film)
- * 高科技工業產品如微電子 (micro-electron) 元件，光電 (opto-electron) 元件，或奈米 (nano) 元件等多需要鍍膜製程，因為要達到符合高科技要求的品質，真空鍍膜幾乎為唯一的方法，故真空鍍膜技術為高科技工業的關鍵技術
- * 常用的鍍膜製程包括如
 - * 加熱蒸鍍 (thermal evaporation coating)
 - * 電子蒸鍍 (electron coating)
 - * 撞濺離子鍍 (ion sputtering coating)
 - * 電漿蒸鍍 (plasma coating) 等

6

離子布置

- * 離子布置 (ion implantation) 技術係利用離子布置機 (ion implantator) 將半導體元件製程中所需的雜質以離子布置手段植入半導體晶元中，如超大型積體電路 (VLSI) 等的製程即為常用此技術
- * 離子布置用來作表面修飾 (surface modification) 將離子植入表層以改變材料表面的性質如晶體結構，化學性質等，其結果可達到抗蝕，耐磨，不受化學劑作用，減低磨擦係數，以及改變電性質如電阻等
- * 離子布置不同於鍍膜在於其材料整體尺寸並不改變，即材料表面上並未增加一或多層其他材料薄膜

7

真空磊晶 & 分子束

- * 真空磊晶 (epitaxy) 技術為將一種礦物晶體長在另一種礦物晶面上，而使晶體基板上兩種礦物晶體的構造排列相同，此技術可用於電子及光電元件的生產
- * 磊晶需要高度潔淨的環境，利用真空才能達到此條件
- * 分子束 (molecular beam) 應用的範圍很廣，上述的分子束磊晶即為一例
- * 分子束為中性的自由分子具有一定的能量，故必須在真空中進行

8

電子束 & 生物樣品

- * 電子束 (electron beam) 應用的範圍很廣，例如電子鍍膜，電子焊接，電子加工，或電子束平版印刷術 (e-beam lithography) 等
- * 生物樣品 (biological sample) 中的生物分子 (biomolecule) 的特性及辨識利用質譜儀 (mass spectrometer) 作分析，利用反向散射電子顯微鏡 (backscattering electron microscope) 攝取生物樣品的顯微影像等均與真空技術有關

9

離子刻蝕 & 微精密加工

- * 離子刻蝕 (ion etching) 利用聚焦及掃描技術而作離子加工者常歸類在下述的微精密加工
- * 利用大面積的離子束而作細微圖形的刻蝕，例如微機電 MEMS (micro-electro-mechanical system) 利用深層反應刻蝕 DRIE (deep reactive ion etching) 製作微機電裝置，或反應刻蝕作磁性物質薄膜的刻蝕等
- * 微精密加工 (micro-machining) 係利用聚焦及掃描技術而作離子加工例如將基板上的金屬如銅，以不同的像素 (pixel) 空間進行離子刻蝕加工
- * 在矽基板上利用電漿刻蝕 (plasma etching) 的微精密加工，製作積成感測器 (integrated sensor)，利用離子束在基板上的磊晶層作微精密加工製作電子元件等

10

超導體

- * 超導體 (superconductor) 為電阻等於零的材料，通常所用的超導體均須在液態氦溫度 4.2 K 下操作
- * 所謂高溫超導為一種材料可在高於液態氦溫度 4.2 K 下操作而具有超導性質的材料。高溫超導薄膜利用離子撞濺在超高真空中磊晶成長為高臨界溫度 (critical temperature) (例如 90 K) 的超導氧化膜

11

顯示器

- * 用作顯示器的 LED，LCD，TFT/LCD，以及 CRT 其導電玻璃，介電薄膜，導電膜等的製作均需要在真空中進行
- * 有些顯示器如傳統的陰極射線管電視 (CRT TV)，電漿電視 (Plasma TV) 等其中有電子發射，故必需高真空

12

第三節 鍍膜技術簡介

鍍裝飾薄膜

- * 裝飾薄膜種類
 - * 金色氮化鈦 (TiN) 膜
 - * 黑色硬石墨膜
 - * 灰色膜及金屬色彩氮化鉻 (CrN) 膜
- * 鍍金屬保護膜
 - * 直接薄膜材料用加熱蒸鍍包括電阻加熱及電子槍加熱蒸鍍，離子撞濺鍍 (ion sputtering coating) 或利用反應蒸鍍 (reactive coating) 將真空系統中通入氣體如氮氣而使其與蒸發的金屬蒸氣作用形成所需的薄膜
例如：鍍氮化鈦膜在物品上即可用此反應蒸鍍方法

13

鍍金屬保護膜

- * 鍍金屬保護膜 (metallic protective film coating) 主要在物品表面上鍍一或多層金屬膜，用作取代電鍍或化學鍍的各種保護膜
- * 此類膜附著力強，亦可具抗腐蝕，抗化學藥劑，及光彩等特徵。若所用鍍膜材料為硬度高的金屬，則此保護膜亦為耐磨膜。
- * 保護膜種類
 - * 此類膜包括較軟金屬如金，銀，鋁，銅等用作裝飾，抗蝕，鏡面等金屬膜。硬度高的金屬膜包括金屬如鈦，鉻，鎳等及其合金膜，耐磨膜的厚度約在0.1至2.0 微米間視用途而定

14

鍍光學薄膜

- * 鍍光學薄膜 (optical thin film coating) 為光學及光電工業上的重要技術
- * 光學薄膜用作光學及光電儀器各類元件包括透鏡，稜鏡，反射鏡，分光鏡，穿透鏡片，濾光片，窗等所鍍的單層或多層膜 (multilayer film)，所鍍的光學薄膜有下列幾種：
 - * 鍍反射膜
 - * 鍍抗反射膜
 - * 鍍濾光膜及干涉膜
 - * 鍍光學保護膜

15

鍍電子及光電薄膜

- * 鍍電子膜
 - * 電子元件
 - * 資訊貯存
- * 鍍光電薄膜
 - * 太陽能轉換器
 - * 發光元件

16

真空鍍膜所需的設備

- ★ 高真空系統
 - ✱ 真空室
 - ✱ 抽真空系統
 - ✱ 冷卻系統
 - ✱ 真空壓力與氣體流量控制系統 (pressure and gas flow control system)

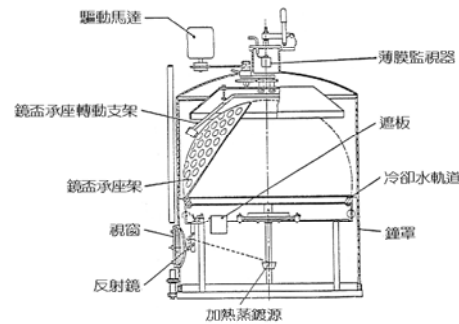


圖 7.2 真空鍍膜系統的真空室示意圖

17

輝光放電系統

- ★ 輝光放電系統 (glow discharge system) 利用射頻 (RF) 電壓或直流高電壓產生輝光放電，使離子撞擊基板表面將污染物分離被幫浦抽除而清潔基板
- ★ 輝光放電作基板及其支架等的清潔均甚有效，但其操作必須在較高的壓力下進行，因必須有足夠的氣體分子密度才會產生輝光放電

18

蒸鍍源 — 電阻與感應式

- ★ 加熱蒸鍍源 (thermal evaporation source)
 - ✱ 電阻加熱 (resistance heating)
 - ✱ 鎢絲 (tungsten filament) 常用者有鎢絲線圈 (tungsten coil filament) 及鎢絲錐形網籃 (tungsten conical basket filament)
 - ✱ 船形鎢片加熱源 (tungsten boat) 常用者有獨木舟形 (canoe type) 及凹槽式 (dimple type)
 - ✱ 感應加熱蒸鍍源 (induction heating evaporation source) 一般多用射頻電源的高週波電感應加熱 (high frequency electric heating)

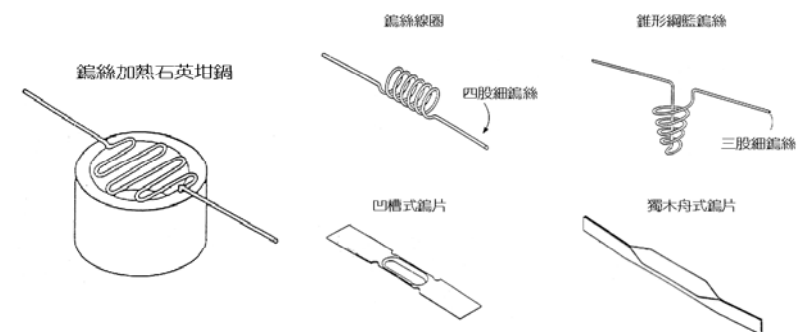


圖 7.3 常用的電阻加熱蒸鍍源

19

20

高週波電感應加熱

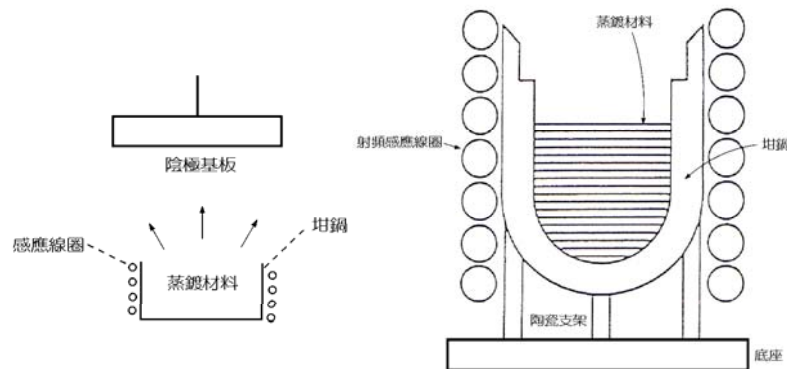


圖 7.4 高週波電感應加熱

21

蒸鍍源 - 電子束加熱

✳ 電子束加熱蒸鍍源 (electron beam evaporation source)

✳ 180度電子束蒸鍍源 (180° e beam evaporation source) 利用磁場偏轉使電子束發射的方向與打到靶材的方向成180°

✳ 270度電子束蒸鍍源 (270° e beam evaporation source) 利用磁場偏轉使電子束發射的方向與打到靶材的方向成270°

✳ 利用電子束蒸鍍源加熱及以石英晶片振盪式膜厚監視器作現場監控膜厚的真空蒸鍍系統

22

180 & 270度電子束蒸鍍源

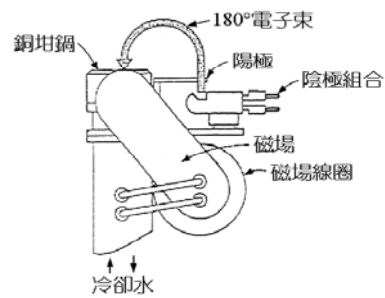


圖 7.5 180°電子束蒸鍍源

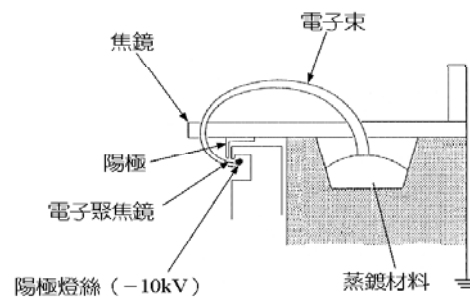


圖 7.6 270°電子束蒸鍍源

23

電子束加熱蒸鍍源

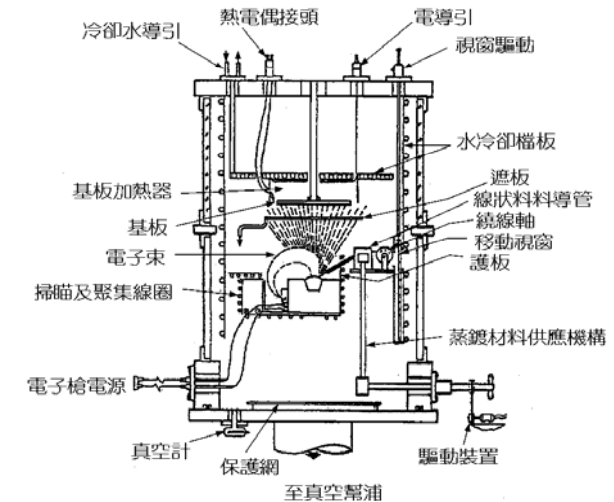


圖 7.7 電子束加熱蒸鍍源系統

24

蒸鍍源 - 離子撞濺

* 離子撞濺鍍膜源 (ion sputtering coating source)

* 利用離子撞濺技術將靶材濺射出鍍在物品或基板上統稱為離子撞濺鍍膜。離子撞濺鍍膜不涉及高溫，靶材並不蒸發，故不應稱為蒸鍍。濺射出的靶材可為中性原子或離子，被鍍物品若為非金屬則有電荷累積的效應，因此離子撞濺鍍膜源視用途即有各種不同的設計

* 又因濺射出的原子或離子亦帶有能量，故可能使被鍍物品的溫度提高，在有些應用情形基板尚需冷卻以保持鍍上膜的晶體結構

* 直流離子撞濺 (D. C. sputtering)

* 磁控管式撞濺 (magnetron type sputtering)

* 空心陰極離子源撞濺

(hollow cathode ion gun sputtering)

* 電漿離子撞濺 (plasma ion sputtering)

25

磁控管式撞濺

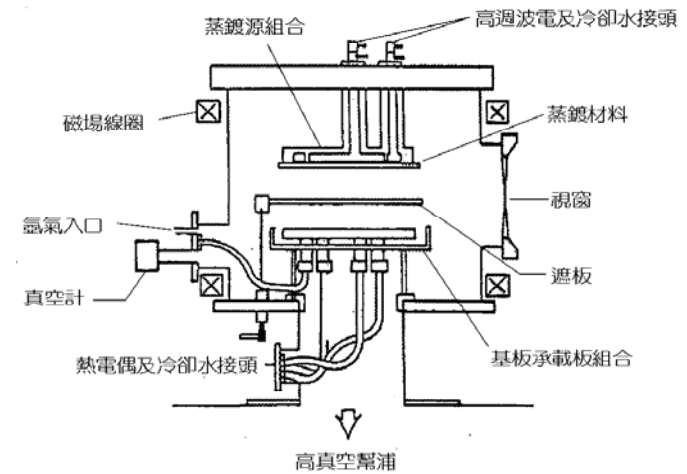


圖 7.8 磁控管式撞濺系統

26

空心陰極離子源撞濺

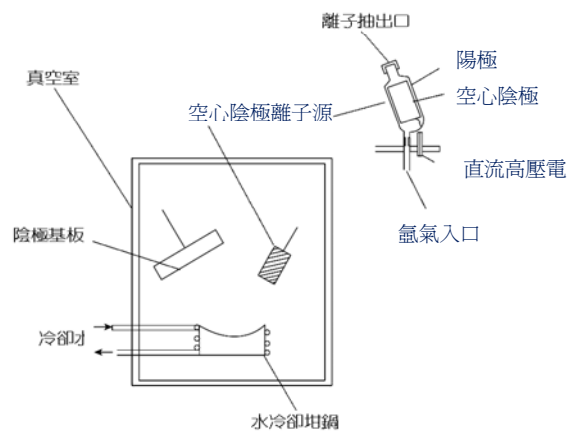


圖 7.9 空心陰極離子源

27

膜厚監視器

* 石英晶片振盪式膜厚監視器 (quartz crystal thickness monitor)

* 光學式膜厚監視器 (optical thickness monitor)

* 橢圓偏光計 (ellipsometer)

e. g. 光學式膜厚監視器

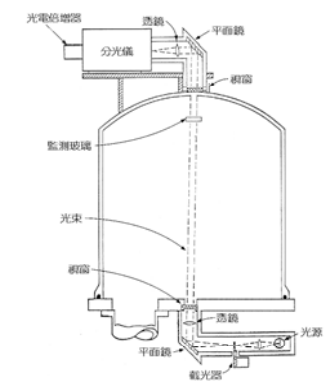


圖 7.10 光學式膜厚監視器

28

橢圓偏光計

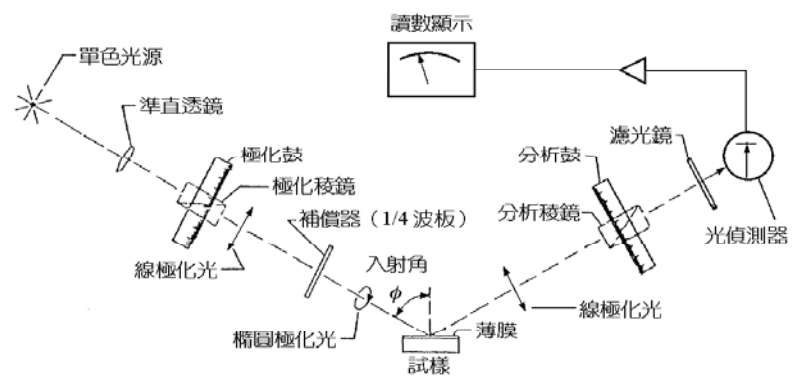


圖 7.11 橢圓偏光計