

東南技術學院機械工程系

專題製作報告

# 熱蒸鍍機與高溫爐管 之製程與設備技術初 步實務

指導老師：王俊程

學 生：蔣效穎

李秀玲

中華民國 90 年 12 月 25 日

# 東南工業專科學校機械工程科 專題製作評審老師審定書

蔣效穎、李秀玲 君所提之報告

## 熱蒸鍍機與高溫爐管 之製程與設備技術初步實務

---

經過審議後，認為符合專題製作標準

專題製作評審老師 史 雷

呂 增 乾

陳 之 維

專題製作指導老師 王 俊 程

中華民國 90 年 12 月 25 日

## 摘要

本專題所進行的是熱蒸鍍機與高溫爐管的實習，除了對機台的製程原理了解外，也對機台操作流程有完整的學習，包括仔細的紀錄下每一個步驟與操作。

在半導體製程的物理氣相沉積技術中，蒸鍍是發展較為早期的一種技術。蒸鍍系統主要由一個真空蒸鍍室，和一組用以提供蒸鍍所需之真空度的真空抽氣系統所組成的，對欲鍍物以加熱的方式，可利用熱阻絲或電子槍等。本次熱蒸鍍機實驗的目的是想量測鋁蒸鍍沉積的厚度速度。

在北區微機電中心的實習中，高溫爐管是作為前面製程完成之後的後續處理，包括擴散、退火等等。

溫控系統是整個爐管最重要的部分，因為溫度不對會造成元件電特性漂移，進而影響產品良率。作業時要保持爐管之潔淨，由於爐管製程都在高溫，一旦進入管內則會擴散相當快速，所以必須常清洗石英管，這是作業時很重要的。

## 目 錄

摘 要	3
第一章 緒論	5
第二章 熱蒸鍍機製程與設備基礎	8
2-1 緒論	8
2-2 熱阻式蒸鍍機	9
2-3 電子束蒸鍍機	11
第三章 北區微機電中心之熱蒸鍍機實習	14
3-1 真空泵浦輸入顯示	14
3-2 排氣控制流程	15
3-3 膜厚計	17
3-4 熱蒸鍍機之操作程序	18
第四章 高溫爐管製程與設備基礎	25
4-1 溫控系統	25
4-2 氧化與供氣系統	26
4-3 爐管設備之晶片上下載系統	27
4-4 爐管之清潔	28
4-5 新式爐管設備	29
第五章 北區微機電中心之高溫爐管實習	32
5-1 機台操作鍵	32
5-2 機台操作程序	33
5-3 機台程式設定步驟	34
第六章 結論	39
參考文獻	40

## 第一章 緒論

在積體電路 (IC) 製程中，為了能將整個電路製作出來，通常需要一系列之薄膜 (thin film) 在晶片表面形成。這些薄膜再經過黃光微影 (photo lithography) 及蝕刻 (etching) 製程，即能將線路中應該連接與隔離的部份實現在晶片上。

這些薄膜可以是沉積 (deposition) 上去的，也可以是成長 (growth) 出來的。前者常見到的是化學氣相沉積 (CVD, chemical vapor deposition)，而後者最常見的是氧化 (oxidation)，亦是一種擴散 (diffusion) 製程。除此之外，擴散製程還包含有摻雜 (doping)、趨入 (drive-in)、退火 (anneal)。而執行擴散製程之設備系統，在半導體製程中通常就是高溫爐管 (furnance)。本實務專題的對象，首先是有關熱蒸鍍機 (evaporation)，屬於物理氣相沉積 (PVD, physical vapor deposition)。主要是將鋁加熱到熔點以上，透過蒸發的氣體沉積在晶圓表面。其次的對象是高溫爐管，為何需要高溫？在於這些擴散製程皆需要在高溫底下才能完成。例如氧化，一般皆需要高於 800℃，而溫度最低的退火，如鋁退火，也有 400℃ 以上。隨著半導體技術發展快速，元件之尺寸越作越小。為了能將成本降低，下一代晶片尺寸也將由目前 8 吋增加至 12 吋。爐管製程可以是整批作業 (batch) 的，通常一次製程會有 100 至 200 片晶片。隨著晶片尺寸變大，傳統爐管

目前也遭遇到一些挑戰。例如當晶片大過 12 吋時，單一晶片（single wafer）處理系統將會取代整批作業之系統。而單一晶片處理系統，可以結合其他系統而成為集結式系統（cluster），使其功能更強大。此種集結系統是將來大尺寸，單一晶片處理之趨勢。【1】

物理氣相沉積技術，由於在薄膜沉積的過程中，僅牽涉到單純的物理現象，因此在製程上比化學氣相沉積的方式簡單的許多。在金屬化製程的發展上，由於物理氣相沉積金屬比化學氣相沉積有製程簡易，成本低廉、安全等優點，因此發展得較早、較成熟。以現今的金屬化製程而言，舉凡 TiN、TiW 等所謂擴散阻障層，或是 Al 等導線連接，以及高溫金屬如 Ti、Co、Ta 等，一開始都是使用物理氣相沉積的方式來完成。

隨著積體電路製程技術進入到極大型積體電路的技術世代，小尺寸，高深寬比已成為製程技術發展上的必然趨勢。傳統的物理氣相沉積，由於階梯覆蓋率的問題，因此較難滿足製程上的需要。近年來不斷的有新的改良式物理氣相沉積技術被提出，以滿足目前及未來製程上的需求。也有以化學氣相沉積取代的。

在半導體製程的發展上，最主要的物理氣相沉積技術，有蒸鍍及濺鍍兩種。蒸鍍系統主要由一個真空蒸鍍室，和一組用以提供蒸鍍所需之真空度的真空抽氣系統所組成的，對欲鍍物加熱的方式可利用熱阻

絲或電子槍等。

使欲鍍物氣化分解進而擴散到達基材，達到薄膜沉積的目的。蒸鍍法由於僅牽涉到一個簡單的加熱過程，因此擁有製程簡易，便宜的優點。但一般而言，蒸鍍法在金屬鍍膜的應用上，仍有許多的限制與缺點。首先，由於不同材料在某一個溫度下的蒸發速率並不相同，因此蒸鍍法對合金或化合物的沉積成份控制上，並不理想。其次，由於加熱用的坩堝或熱阻絲等材料在加熱蒸鍍的過程，其原子或分子亦有一定的蒸發能力，因此在所沉積金屬薄膜純度的控制上並不容易，再則蒸鍍法所沉積的薄膜，其階梯覆蓋的情形普遍非常的差，因此在先進的 ULSI 製程，少用蒸鍍，取而代之的則是有較佳成份控制能力且階梯覆蓋率較好的濺鍍法。【10】

## 第二章 熱蒸鍍機製程與設備基礎【8】

### 2 - 1 緒論

最早的蒸鍍系統是用幾種耐火金屬（refractory metal）製的電阻絲，纏繞在一起，並以電流加熱。欲鍍的金屬是線狀，繞在電阻絲上，如圖 2.1 所示。當金屬被加熱，欲鍍金屬熔化，使燈絲表面潤濕並蒸發。加熱材料（即電阻絲）必須比欲蒸鍍源材料的熔點高，而且兩者不可變為合金。如蒸鍍鋁，熱阻絲可用鎢。

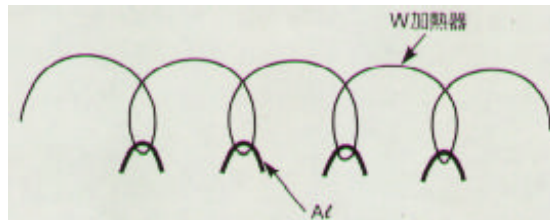


圖 2.1 以耐火金屬線圈及加熱源做鋁的蒸鍍

以後的技術演進，使用以陶瓷覆蓋的船（boat）或陶瓷的大型水冷坩堝（crucible），此時便有射頻感應加熱式蒸鍍，如圖 2.2 所示。再者有些材料在蒸鍍溫度非常容易反應，如矽，它甚至會溶坩堝，因而造成污染。在此情形，就對坩堝含蒸鍍物的中央部份以電子槍加熱，這就是電子束蒸鍍。替代地，一個非導電的，不污染的坩堝，並以一導電性的蒸鍍物，並以電子槍撞擊坩堝內的蒸鍍物，使其蒸發，而鍍於晶圓基座上。當要蒸鍍多種成份金屬時，例如鋁含百分幾的矽和銅，控制各成份的百分比非常困難，因為蒸氣壓的不同。此時使用二個獨立的源，各自控制速率。



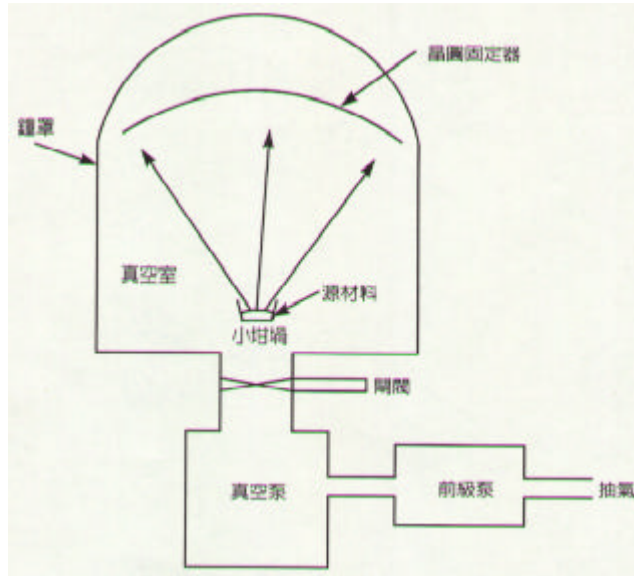


圖 2.2 熱阻蒸鍍機的概略圖

## 2 - 2 熱阻式蒸鍍機

一個電阻加熱式的蒸鍍系統，如圖 2.3 所示。在此系統，鐘罩抽真空到  $10^{-5}$  托爾。高電流通過燈絲，使燈絲加熱到超過欲蒸鍍金屬的蒸發溫度，使其蒸發。金屬蒸發而後冷卻，凝結於晶圓上面。從蒸鍍物的質量，燈絲與晶圓的距離，大致可推算出最後的沉積厚度，也可用質量偵測追蹤器來監督。

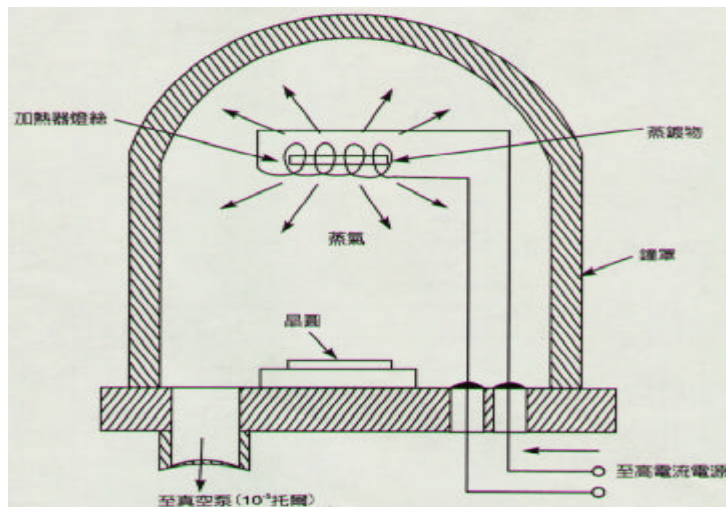


圖 2.3 熱阻絲蒸鍍系統

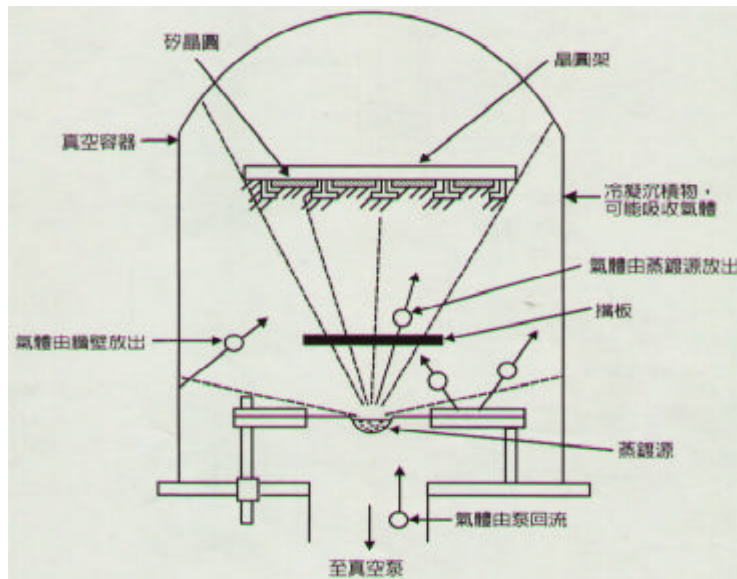


圖 2.4 一台蒸鍍機的概略圖

在蒸鍍過程中，常用一個擋板，放在燈絲和晶圓之間。因為在到達蒸鍍金屬的蒸發溫度之前，一些雜質會先揮發，先用小電流和擋板去掉這些雜質，可以提高沉積物的純度，如圖 2.4 所示。

圖 2.5 為一個蒸鍍系統的概略圖，可以為熱阻式，也可以為電子束式濺鍍系統。一個機械泵，俗稱粗抽泵，將系統由一大氣壓降至 10<sup>-1</sup> 帕，大約為 LPCVD 的工作狀況。油擴散泵將真空提高到 10<sup>-5</sup> 帕，加上液氮陷阱可將真空更提高到 10<sup>-7</sup> 帕。液態陷阱也可降低主工作室內的油污染。如要快速抽真空，則以渦輪分子泵替代油擴散泵或使用冷凍泵。

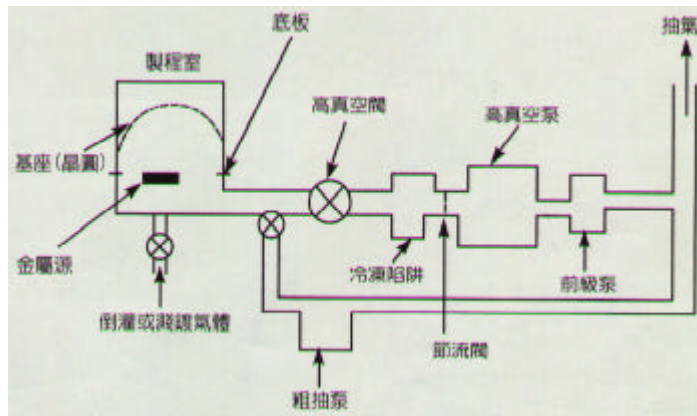


圖 2.5 高真空蒸鍍系統

在真空系統方面，泵的抽氣速率和管路、閥、歧管等都要注意。測真空計、殘餘氣體分析儀、溫度感測器、污染管制和自動化也要詳細評估。

## 2 - 3 電子束蒸鍍機

電子束蒸鍍機被應用於 MOS 製程，最早是人們發現它可以提供無鈉的鋁層。一個電子束蒸鍍系統，如圖 2.6 所示。電子束大約有 10KeV 的能量，電流可大到數安培。坩堝以水冷卻，鋁源材料的外圍是冷的。這使得鋁就像是由一個純鋁的坩堝蒸發出來。因此，只要源材料純，蒸鍍出來的沉積物一定是高純度的。

為提高 ULSI 的梯階覆蓋，利用轉動的行星式晶圓架，至於蒸鍍機內，使晶圓曝露於金屬源，連續的在一個大範圍的角度，因此晶圓的梯階覆蓋可以改進。當然，以 ULSI 的小貫穿孔，電子束蒸鍍，甚至連濺鍍還是無法做到完美的製程，那必須改用化學氣相沉積。

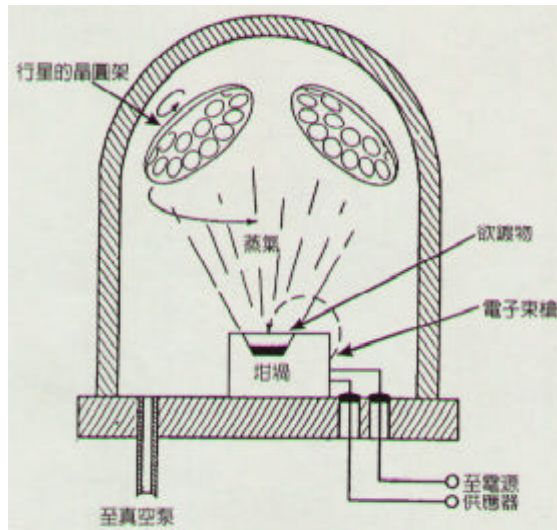


圖 2.6 電子束蒸鍍系統

電子束蒸鍍的優點是蒸鍍速率快、無污染、可精密控制、高熱效率，和可能沉積許多新的和奇異的材料。合金即使成份元素的蒸氣壓差 100 倍，也可以用電子束蒸鍍。

用於 IC 製程的電子槍，功率大約為 10KW，電子槍的最高功率，可達 1 - 2MW。用於電子束的坩堝和電子槍示於圖 2.7 所示。電子槍以磁場使電子束轉彎 270°。由熾熱的鎢絲發射電子，以陰極使它成為束狀。陰極和燈絲在負電位，電子被吸引而趨向接地的陽極。陰極靠近蒸鍍源，但偏離，以避免被蒸發的金屬轟擊而污染。電子束朝蒸鍍源射去。蒸鍍源放在一個水冷的坩堝或爐床。也有蒸鍍材料做成棒狀，可以慢慢送入蒸鍍源坩堝，使整個製程維持穩態，組成成份的蒸氣壓不變。

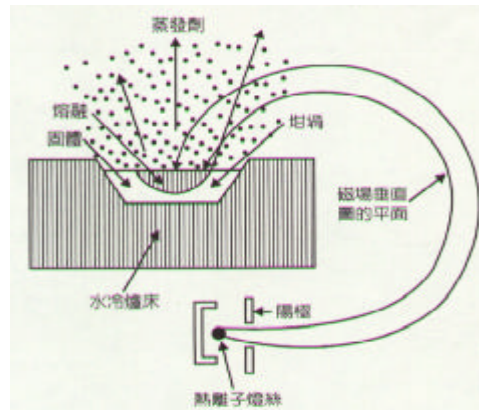


圖 2.7 電子束蒸鍍機的坩堝和電子槍

監督蒸鍍速率的方法，可以從測量基板附近的蒸發物濃度，或真正的沉積速率。技巧是激勵蒸氣分子並偵測其反應。離子計必須加遮蔽，以免蒸發物和燈絲反應。電路也要遮住，以免絕緣沉積物累積。另一種是利用共振的石英晶體，結晶的石英是壓電性的，於共振頻率時，石英晶體產生震盪電壓，經放大並回授以驅動晶體，就可用以監督沉積速率。

### 第三章 北區微機電中心之熱蒸鍍機實習【9】



圖 3.1 熱蒸鍍機實體照片

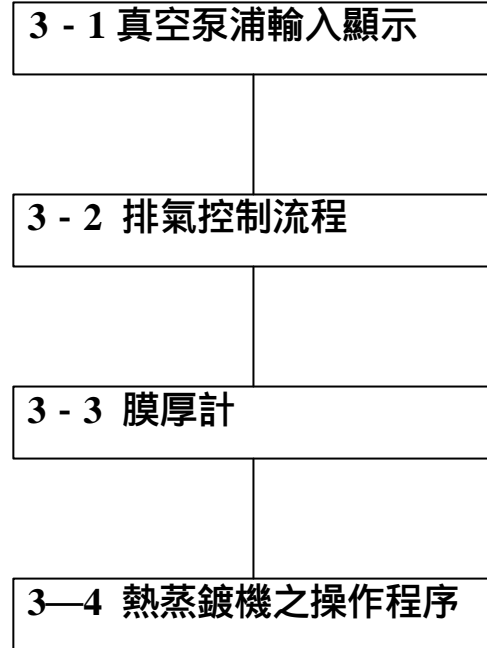


圖 3.2 熱蒸鍍機實習內容

國科會北區微機電中心 (NMEMS) 的熱蒸鍍機，如圖 3.1 所示。

本章說明蒸鍍機實習的順序步驟，如圖 3.2 所示。

#### 3 - 1 真空泵浦輸入顯示：



圖 3.3 真空泵浦電流顯示

(1) 顯示油迴轉幫浦 (RP) 之輸入電流。

(2) 顯示擴散幫浦 (DP) 之輸入電流。

如圖 3.3 所示。



### 3 - 2 排氣控制流程

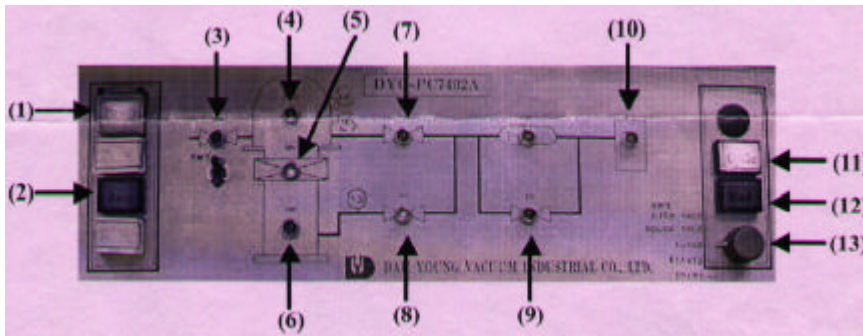


圖 3.4 蒸鍍腔體真空排氣控制儀表板

- |      |           |  |
|------|-----------|--|
| (1)  | Power 電源  | AC110V 電源開關。                           |
| (2)  | ROTA 迴轉機構 | 迴轉機構動作開關。                              |
| (3)  | AA 洩氣閥    | 桶身洩氣閥動作指示燈。                            |
| (4)  | EVAP 蒸鍍   | 蒸鍍動作指示燈。                               |
| (5)  | MV 主抽閥    | 主抽閥動作指示燈。                              |
| (6)  | DP 擴散泵浦   | 擴散泵浦動作指示燈。                             |
| (7)  | RV 粗抽閥    | 粗抽閥動作指示燈。                              |
| (8)  | HV 高真空閥   | 高真空閥動作指示燈。                             |
| (9)  | BV 旁通閥    | 旁通閥動作指示燈。                              |
| (10) | RP 油迴轉泵浦  | 油迴轉泵浦動作指示燈。                            |
| (11) | CYCLE 開始  | 一循環的開始。                                |
| (12) | END 結束    | 一循環的結束，破真空。                            |
| (13) | SW3 波段開關  | TRIP，START2，AUTO3 操作切換，蒸鍍控制，如圖 3.4 所示。 |



圖 3.5

- |                       |           |
|-----------------------|-----------|
| (1) EP VR 可變電阻 5K     | 調整蒸鍍電流。   |
| (2) ROTA VR 可變電阻 10 K | 調整迴轉機構轉速。 |
| (3) SH1 遮板鈕開關         | 控制遮板動作。   |
| (4) S1 電極按鈕開關         | 蒸鍍電極開關。   |
| (5) S2 電極按鈕開關         | 蒸鍍電極開關。   |
| (6) EVAP VOLT         | 蒸鍍電壓指示。   |
| (7) EVAP AMP          | 蒸鍍電流指示。   |

如圖 3.5 所示。



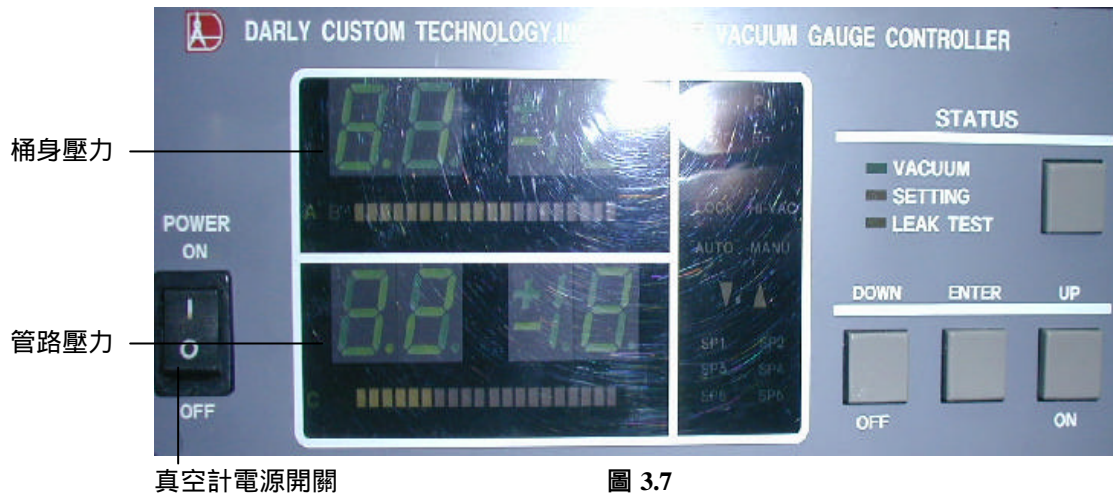
### 3 - 3 膜厚計

DENSITY 蒸鍍材密度、Z-RATIO 蒸鍍材參數、TOOLING 膜厚感測器校正值。



圖 3.6 膜厚計按鈕面板

- (1) 鍍膜速率顯示。
- (2) 鍍膜厚度顯示。
- (3) MENU 頁面切換。
- (4) 游標移動鍵。
- (5) ENT 確認鍵。
- (6) 數字鍵 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0。
- (7) DENSITY 蒸鍍材密度。
- (8) Z-RATIO 蒸鍍材參數。
- (9) TOOLING 膜厚感測器校正值，真空計，如圖 3.6 所示。



(1) 桶身壓力。

(2) 管路壓力。

(3) 真空計電源開關。如圖 3.7 所示。

### 3—4 熱蒸鍍機之操作程序



### 一、 啟動水氣電供給設備，如圖 3.8 所示。

1. 打開總電源。
2. 打開冷卻水進閥與出水閥，及壓縮空氣閥。
3. 檢查水壓是否在 2 kg/cm 以上。
4. 檢查空壓是否在 5 kg/cm 以上。

### 二、 擴散真空預熱

1. 打開排氣控制流程之 POWER 電源開關。
2. 將選擇開關 SW3 先板至 1 (TRIP) 位置，在板至 2 (START) 位置表示開關程序開始。檢查 RP 及 DP 電流；RP 電流 3A，DP 電流 7A。
3. DP 預熱 40 分鐘後，CYCLE 閃爍。

### 三、 設定膜厚計參數



圖 3.9 膜厚計各參數儀表

1. 打開後膜計電源開關（開關位於膜厚計後方）。顯示主選單（ Main Menu ）。
2. 設定膜厚計參數。
3. 檢查膜厚計頻率，頻率 > 4 - 2MHz。
4. 檢查 ROTA ，ROTA 開關是否關閉，ROTA VR 是否歸零。
5. 檢查 S1 ，S2 開關是否關閉，EP VR 是否歸零。

刷卡打開膜厚計電源開關，設定膜厚計參數。如圖 3.9 所示。

#### 四、 打開桶門裝結蒸鍍材及被鍍物



圖 3.10 蒸鍍機腔體

1. 將排氣控制流程之選擇開關 SW3 板至( AUTO )位置，END 自動輸出。  
SW3 在 AUTO 位置，END Lamp ON，Cycle Lamp OFF。  
HV 自動打開，( HV Lamp ON )。  
AA 自動打開，( AA Lamp ON )。

2. 按遮板開關 SH1 可旋轉遮板，便於裝結蒸鍍材料。

SH1 Lamp OFF：遮板於左。

SH2 Lamp ON：遮板於右。

3. 按 ROTA 開關，調整 ROTA VR 旋鈕，旋轉被鍍物夾具至適當角度，以便於裝結被鍍物。

4. 關閉真空計開關，破真空前務必先關掉真空計。

如圖 3.10 所示為蒸鍍機腔體照片，下方是鋁塊放置於錫舟上，上方是晶圓放置處。

## 五、抽真空

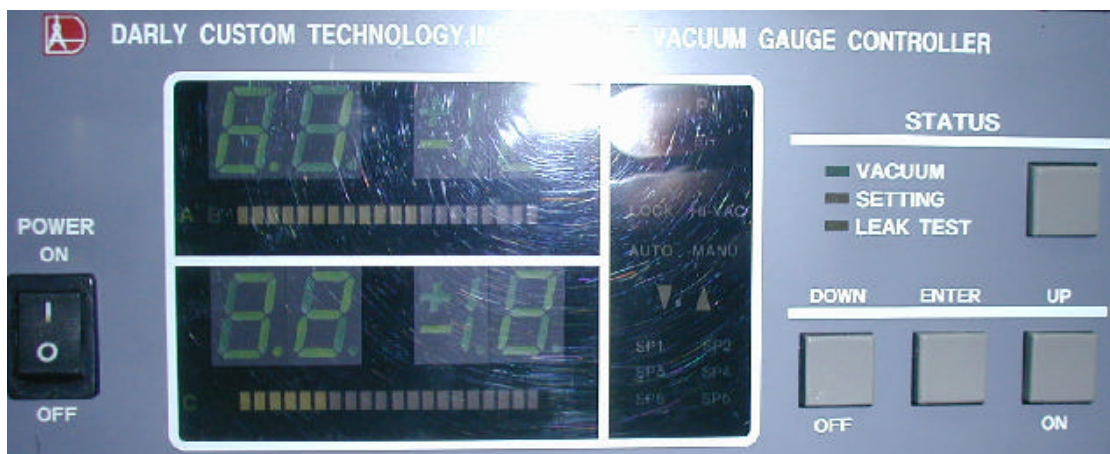


圖 3.11 蒸鍍之前的抽真空

1. 按排氣控制流程之 Cycle 開關。

先以手按住腔門，待門吸住後在放手。

2. 打開真空計電源開關。

RP 粗抽至  $5 \times 10$  TORR。

DP 細抽至  $5 \times 10$  TORR。



EVAP 蒸鍍動作指示燈亮。

3. 高真空抽氣。

RV 自動關閉 ,( RV Lamp OFF ), 約 3 秒後。

HV 自動打開 ,( HV Lamp ON ), 約 5 秒後。如圖 3.11 所示。

## 六、 蒸鍍



圖 3.12 執行蒸鍍時的儀表狀態

1. 打開ROTA 開關,當真空度達到蒸鍍真空度時 EP 自動啟動  
調整 ROTA VR 旋鈕至適當轉速 , ROTA VR < 50。
2. 按蒸鍍控制面板之 S1 或 S2 電極。
3. 調整 ROTA VR 旋鈕至適當轉速,手動蒸鍍慢慢調整 EP VR  
蒸鍍旋鈕,調到可蒸鍍之電壓、電流,待電鍍材料預熱後,  
打開 SH1,電鍍材料被蒸鍍於被蒸鍍物表面。
4. 直至被蒸鍍物所需厚度,關上 SH1,在將 EP VR 旋至零點,  
將 ROTA VR 旋至零點,關掉 SH1、SH2 開關。
5. 關上檔板 SH1 結束蒸鍍。
6. EP VR 歸零。
7. 關閉 S1 或 S2 電極開關。

8. ROTA VR 歸零。
9. 關閉 ROTA 開關。如圖 3.12 所示。

## 七、 蒸鍍完畢打開桶身

1. 關閉真空計電源開關。
2. 關掉真空控制面板之 S1、S2 開關後，按排氣控制流程之 END 開關。

S1、S2 Lamp OFF，END Lamp ON。

ROTA 自動關閉，(ROTA Lamp OFF)。

MV 自動關閉，(MV Lamp OFF)。【約 10 秒後】

AA 自動啟動，(AA Lamp ON)，洩氣入桶身。

## 八、 破真空

1. 關機前抽真空，關閉真空計開關。
2. 將選擇開關 SW3 板至 3 (AUTO) 位置，按 CYCLE 開關，開始抽真空。
3. 打開真空計電源，待真空度達  $5 \times 10$  TORR，將選擇開關
4. SW3 板至 1 (TRIP) 位置，待擴散泵浦 (DP) 冷卻 (約 45 分鐘)。  
停機動作完成，管路洩氣閥 RLV 自動開啟洩入大氣。
5. 將排氣控制流程之 POWER 關閉，將空壓閥及冷卻水進水

閥關掉，將控制箱總電源無熔絲開關關掉。

## 九、抽真空

1. 按 CYCLE 開關。先以手按住腔門，待門吸住後再放手。

CYCLE Lamp ON。

AA Lamp OFF。

HV Lamp OFF。

2. 打開真空計電源開關。

RP 粗抽至  $5 \times 10$  TORR。

DP 細抽至  $5 \times 10$  TORR。

EVAP 蒸鍍動作指示燈亮。

## 十、刷卡結束蒸鍍程序

### 注意事項

1. 停電後，重新開機時，必須檢查排氣控制流程之每一個開關是否在 OFF 位置，若否請將開關板在 OFF 位置，在將選擇開關 SW3 板至 1：TRIP，在板至 2：START，才可進行開機動作。
2. 粗抽閥（RV）及高真空閥（HV）物同時於開啟狀態。
3. 關機之前，必須先確定擴散真空幫浦（DP）已完全冷卻。



## 第四章 高溫爐管製程與設備基礎【2】【3】

### 4 - 1 溫控系統

溫控系統是整個爐管最重要的部分。因為溫度不對，恐造成元件電特性漂移 ( drift )，進而影響產品良率 ( yield )。幸好，現代化之爐管，溫控系統都作得很好。溫度可以控制在指定溫度正負 1 內。如圖 4.1 所示，垂直爐管之溫控系統概圖。

首先溫度的感測是由熱電耦式 ( TC , thermo-couple ) 溫度計來偵測。在圖 4.1 中可以看到，生產型之加熱線圈模組有 5 段。此 5 段加熱線圈是獨立作業，以達到微調之功能。而其目的，則是使整個石英管中之晶片，能感受到相同的溫度 ( 稱為均溫區 )，也就是均溫區會大於晶片區，使整批晶片成長薄膜厚度一致。數位溫控模組所做之工作，簡單地說，便是使管內溫度能順利達到最終設定值。因此，每一套爐管皆有其獨特的計算加減熱能之方式。如果控制不好，則會有如圖 4.2 之情形發生，過多之溫度及不足都會影響到晶片之良率。

圖 4.1  
垂直式爐管加熱系統，包含功率輸出模組、數位溫控系統及管內及管外測溫計。

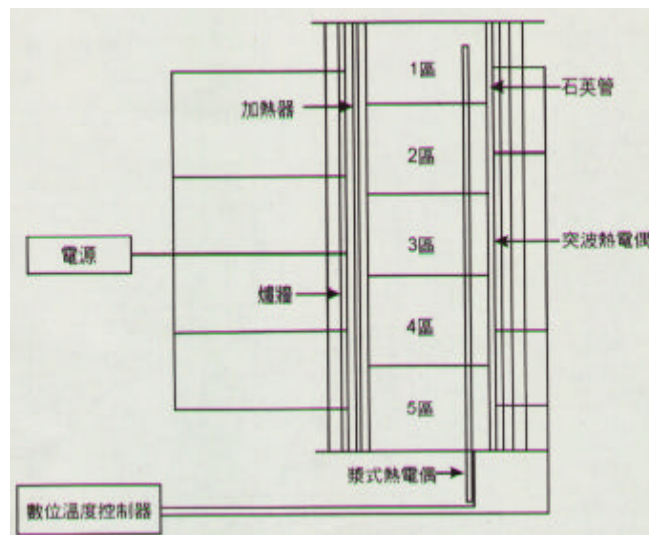
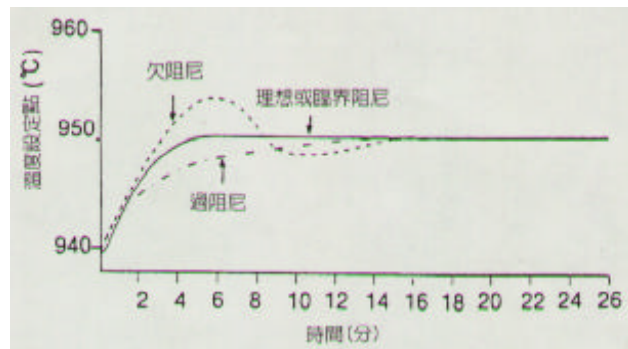


圖 4.2

當加熱系統較差時，會有 underdamped 及 overdamped 之情形發生，這對氧化來說是相當不利的。



## 4 - 2 氧化與供氣系統

氧化為爐管最常亦是最重要工作。氧化又可分乾氧 (dry) 氧化與濕氧 (wet) 氧化。乾氧氧化之氣體供應系統較為簡單。氣體只有用到氧氣  $O_2$ 、氮氣  $N_2$  或三氯乙烷 TCA 等。配合氣體質流量控制器 (MFC) 及一些氣動閥控制開或關，即能達成供氣之指令。濕氧氧化則較為複雜。早一代之爐管濕氧水氣是利用氮氣通入煮沸之純水瓶中，將水蒸氣導引入管內。目前所用之濕氧氧化系統大部分都是利用氫氣與氧氣在高溫下燃燒產生水氣送入爐管內。利用氫氧燃燒方式，可以得到很純的水氣，且其流量大小可以控制。因此在 6 吋以上之設備，都已是利用此方法了。

但是當氫氣過量時，會有爆炸之危險，這是必須要小心的。因此在控制氫氣流量時及點火裝置皆需要有感測器並隨時能提供安全連鎖 (interlock)。例如氫氣比例過高 (大於 1 - 8 倍時)，或是氫氣已打開後，卻無火焰產生時，過多之氫氣流入管中，則要即時打開安全連鎖裝置。這些措施包含馬上關閉氫氣及氧氣，及通入大量氮氣及降低管內溫度。

### 4 - 3 爐管設備之晶片上下載系統【3, 5】

爐管設備中，主要的組成大致可分為爐體（包含晶片上、下載裝置）、溫度控制系統、氣體管路系統、製程控制系統。當然在這些系統中還會有較小系統。例如異常警告系統、管理系統、自我安全保護系統等。

爐管之爐是指加熱系統，而管則指石英管。加熱裝置是以電阻式線圈為在石英管之外圍來進行。當電流流經電阻式線圈時，會消耗電能轉成熱能。這些產生熱能傳導至石英管壁，使石英管內部溫度上升而達成其加熱之目的。石英管已經沿用多時，其原因是石英之純度很高、價格便宜、耐高溫。雖然這幾年來碳化矽（SiC）材料，已經被採用於高溫製程之零件，且亦證明碳化矽具有耐溫更高、更純的特質。但由於價格仍高，整個石英管更改成碳化矽管仍多不見。但是一般零件，像石英舟或是晶舟傳送裝置等倒是有越多是採碳化矽為原料。

爐管製程設備中，晶片上下爐管是利用特定裝置完成。爐體本身在上下載過程中視為固定不動的。上下載系統會因爐體是垂直或是水平擺設而有截然不同之方式，如圖 4.3 所示。在爐管之發展史上，晶片尺寸在 6 吋以下，爐體一般維持水平（horizontal）方式，8 吋以上則變成垂直式（vertical）。垂直式爐管有許多優點，如佔用潔淨室面積

較小，管內微塵粒較少，晶舟於製程中可以水平旋轉獲致均勻沉積厚度，及可以由機械手臂執行上、下晶片之優點。

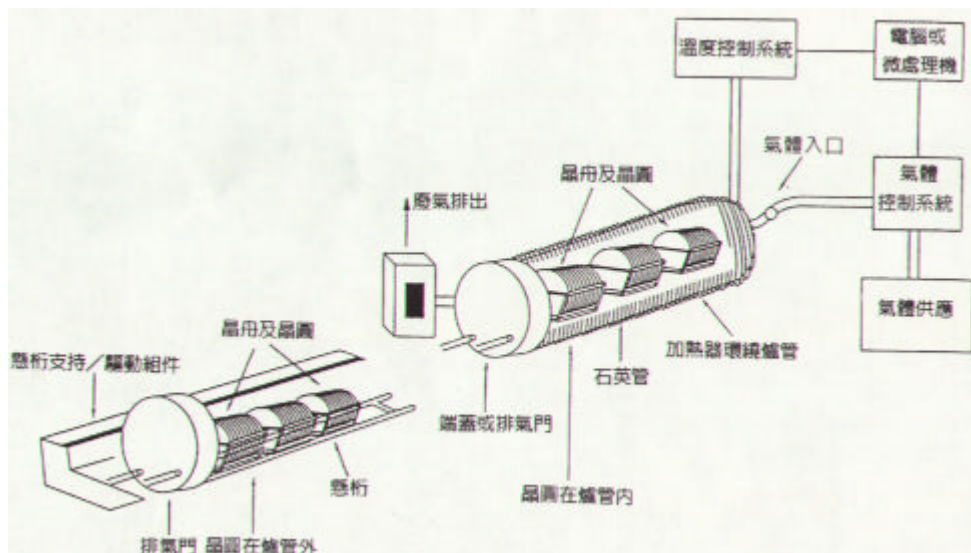
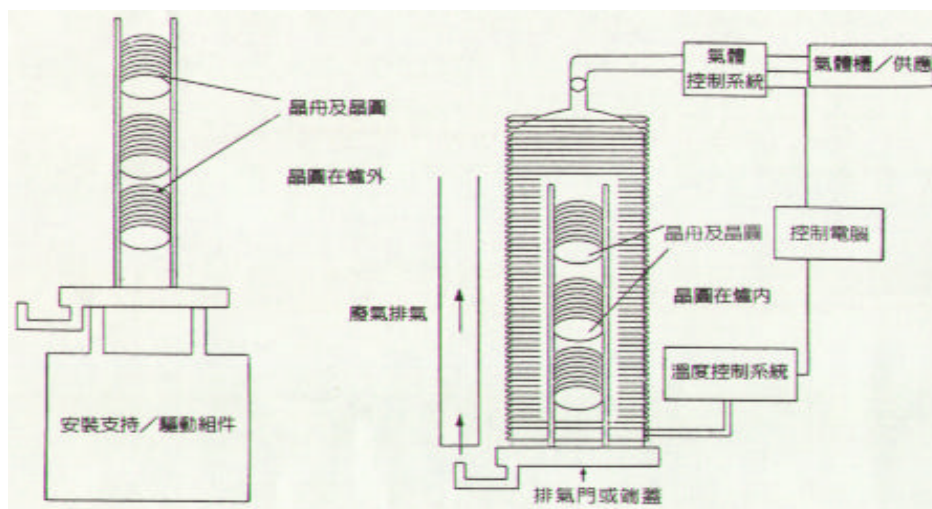


圖 4.3 (a) 水平爐管構造圖。包含上下載晶片爐體加熱線圈、石英管及其他控制模組。



(b) 垂直爐管構造圖。包含上下載晶片爐體及石英管等模組。

#### 4 - 4 爐管之潔淨

由於爐管製程都在高溫，因此污染一旦進入管內則會擴散相當快速，這對整批作業是相當不利的。污染來源大致可以歸納為晶片清洗後殘餘在表面之化學藥品，晶片夾具殘餘物，晶片與晶片盒之接觸污

染，及如熱線圈金屬擴散等。這些污染源在高溫下皆會擴散，而後影響元件特性。其中影響最大是超薄氧化層之品質。因此，為能保持管內潔淨度，必須經常洗石英管。最常用的方法即是利用氯氣。因氯氣在高溫下容易與金屬反應。

#### 4 - 5 新式爐管設備

為了達成全自動、低污染、及高生產力、低成本之目標。新型垂直式爐管已由單一功用型進入了集結式 (cluster) 之系統。所謂單一功用型是指一系統只做單一製程，例如氧化或擴散。然而半導體製程有許多製作是連續做完的。例如區域性矽氧化法即是先長成氧化層 350 埃後，再疊上氮化矽約 1500 埃。沉積氮化矽要在低壓化學氣相沉積 (LP-CVD) 系統完成。因此將此兩種不同的爐管放在同一製程系統中一次完成即是集結系統。此系統有下列幾項好處，1、由機械手臂傳送晶片，屏除人為錯誤，2、當完成一項製程後，可以由機械手臂傳送至下一不同之製程系統，減少曝露大氣中之污染。3、有晶片貯藏區，可以放置大量之等待晶片，可提升生產力。

目前市面上已有此種成熟量產之機台，如圖 4.4 中的 ASM A400。爐管 1 可以設計為氧化爐管，爐管 2 為低壓化學氣相沉積系統沉積氮化矽。晶片於潔淨室終於放入晶片儲存區 (WIP)，再由機械手臂先送入氧化爐區，先成長氧化層後，再由機械手臂送入爐管 2 沉積氮化

矽後，完成兩項不同之製程，再送回儲存區。值得注意的是，在每一個爐管區內，晶舟有兩個位置。因此當其中一個晶舟做製程時，可以利用機械手臂傳送另一組晶片送入第二晶舟等待時，因此不會浪費時間。

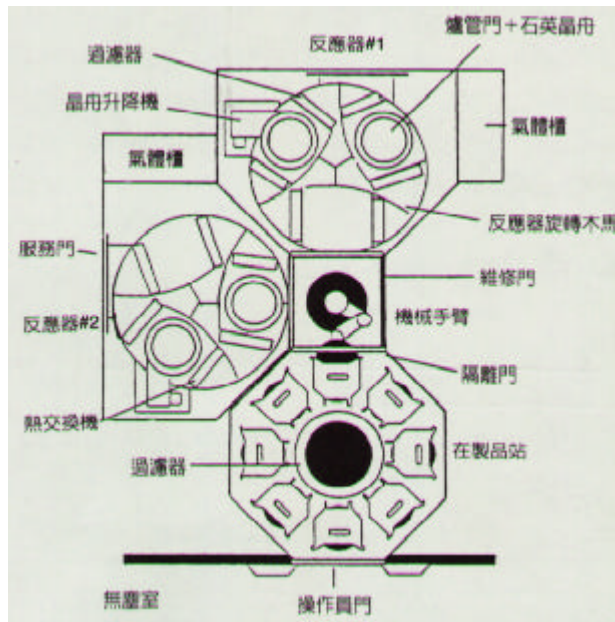


圖 4.4 集結式爐管下視圖，由二組爐管組合而成一新系統。

### 集結系統的優點：

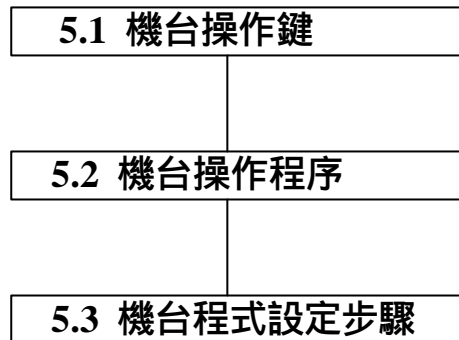
- (1) 機械手臂傳送減少人為錯誤
- (2) 當完成一項製程時，可以由機械手臂傳送至下一不同之製程系統減少暴露在大氣中之污染（即使無塵室也不如製程系統潔淨）
- (3) 有晶片儲藏區，可以放置大量之等待晶片，可以提升生產力

## 垂直式爐管的優點：

- (1) 潔淨室面積較小
- (2) 管內微塵粒較少
- (3) 晶舟於製程中可以水平旋轉獲致均勻之沉積厚度
- (4) 可以由機械手臂執行上、下晶片









## 第五章 北區微機電中心之高溫爐管實習【9】



在微機電中心的高溫爐管屬於研究型的設備，並不是商業運轉的機台。本次實習的步驟如圖 5.1 所示。

圖 5.1 操作鍵

5.1 高溫爐管之機台操作鍵，如圖 5.1 所示。機台操作鍵

- 1、 下降鍵。  
使操作數據可以往下延伸的鍵。
- 2、 上升鍵。  
使操作數據可以往上延伸的鍵。
- 3、 手動 / 自動切換鍵。  
操作高溫爐時這個按鈕可以自動變更，這個按鍵可以自動切換，如有數據要調整即可轉換為手動。
- 4、 程式執行 / 暫停鍵。  
這個按鍵是如果操作錯誤時可以馬上暫停的鍵。
- 5、 本體 / 遙控切換鍵。
- 6、 參數設定循環鍵。



## 5.2 機台操作程序

開機：如圖 5.2、5.3 所示。

- 1、 打開配電箱中之無熔絲開關。  
配電箱中之無熔絲開關板向上。



圖 5.2

- 2、 打開溫度控制器開關。  
溫度控制器開關燈亮。



圖 5.3

選定輸出控制方式（三種選擇）

### 一、 Manual Control 手動設定輸出控制

以一定負載加熱，最後溫度停於供給能量與消耗能量平衡時。

- 1、 按 切換至手動控制。  
顯示幕顯示 MAN 及 XXX - X。  
如圖 5.4 所示。



圖 5.4

- 2、 以 設定所需負載。  
副螢幕顯示負載設定值，  
XXX - X，(範圍 0 - 0 ~ 100 - 0)。  
如圖 5.4 所示。

### 二、 Auto Control 定點設定自動控制

以全負載加熱，最後溫度自動控制在所設定之溫度。

- 1、 按 切換至自動控制。  
副螢幕顯示 SP XXXX - X。  
如圖 5.5 所示。



圖 5.5

- 2、 以設定所需溫度。  
副螢幕顯示溫度設定值，XXXX - X。  
如圖 5.5 所示。

### 三、 Programmer Control 程式設定自動控制

可設定 4 組獨立的程式 (Program)，每組程式具有 8 段升降斜率 (Ramp) 設定及 8 段恆溫停留時間 (Dwell) 設定，且每組程式至多可重複循環 999 次。各組程式亦可連續執行，已構成至多 32 (8×4) 段升降斜率/恆溫停留時間之程式控制。

如圖 5.6 所示。

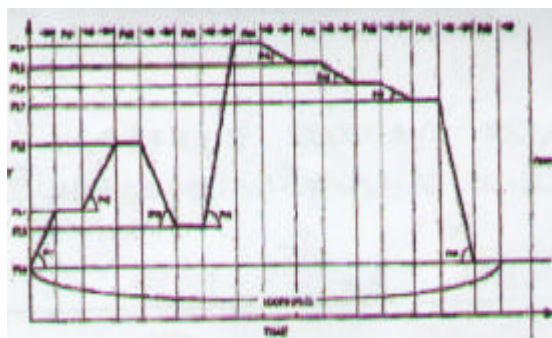


圖 5.6

Ramp 有 4 種選擇設定：

- (1) End (結束) 程式結束。
- (2) Nonc (空過) 此段不執行，執行下一段程式。
- (3) Step (跳升) 無升降斜率，直接達到 Level (設定點)。
- (4) Ramp Rate (升降速率) 範圍 0 - 1 /min ~ 1999 - 9 /min。

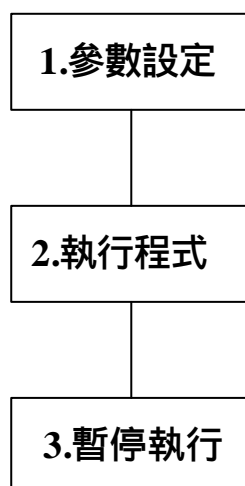
Dwell 有 2 種選擇設定：


- 1、End (結束) 程式結束。
- 2、Dwell Time (停留時間) 範圍 0 - 0min ~ 1999 - 9min。

設定參數為：

- |               |  |
|---------------|--|
| Pnr1 ~ Pnr4   | 程式號碼 (Program)。                            |
| Pr1 ~ Pr8     | (升降斜率)(Ramp), ( /min)。                     |
| PL1 ~ PL8     | 溫度 (Level), ( )。                           |
| Pd1 ~ Pd8     | 恆溫停留時間 (Dwell), ( min)。                    |
| Cnt           | 設定程式是否連續執行。                                |
| Hb (Holdback) | 設定誤差值，當量測值 (溫度/速率) 遠離設定值時，<br>可用以防止程式繼續執行。 |
| PLC           | 設定程式重複循環次數。                                |

5.3 機台程式設定步驟：



按住 ，副螢幕循序顯現 SP XXXX - X 及 OP XXX - X，之後進入參數設定模式。按將依次出現參數：Pnr1，Pr1，PL1，Pd1，Pr2，、、、、、、，Pr8，PL8，Pd8，Cnt，Hb，PLC、、、、、、。





- 1、 按住  直至 Pnr1 顯現，放開 ，以   設定 Pnr。範圍 1~4。  
副螢幕循序顯現 SP XXXX - X，OP XXX - X，之後再顯現 Pnr1。  
如圖 5.7 所示。



圖 5.7




- 2、 按一下  顯現 Pr1，以   設定 Pr1。  
如圖 5.8 所示。



圖 5.8




- 3、 按一下  顯現 PL1，以   設定 PL1。  
如圖 5.9 所示。



圖 5.9




- 4、 按一下  顯現 Pd1，以   設定 Pd1。  
如圖 5.10 所示。



圖 5.10

- 5、 重複步驟 2~4，依次設定 Pr2，PL2，Pd2，至 Pr8，PL8，Pd8。




- 6、按一下  顯現 Cnt，以   設定 Cnt。如圖 5.11、5.12 所示。  
 Cnt：不連續。  
 Cnt y：程式執行完，繼續執行下一組程式。  
 每一組將完成設定之重複循環次數（PLC），才進入下一組程式執行之。



圖 5.11



圖 5.12

- 7、按一下  顯現 Hb，以   設定 Hb。如圖 5.13 所示



圖 5.13






- 8、按一下  顯現 PLC，以   設定 PLC。  
 9、程式設定完成後約 15 秒，會回到 AUTO 控制模式。  
 如圖 5.14 所示。



圖 5.14

程式開始執行/暫停執行/繼續執行/重設  
 執行程式：

- 1、確定程式設定是否正確。
- 2、按  切換至手動模式，以  將 OP 設定 0 - 0%。  
 顯示幕顯示  
 MAN 及 OP 0 - 0。  
 如圖 5.15 所示。



在

圖 5.15



- 3、按  顯示幕右下角顯示  
RAMP 1  
HOLD  
如圖 5.16 所示。

圖 5.16




- 4、按  切換回自動模式。  
MAN 消失。  
如圖 5.17 所示。

圖 5.17


- 5、按一下  即開始執行程式。  
HOLD 消失。  
程式執行當中，顯示幕右下角將依次顯現每一段落旗標：  
RAMP 1  
DWELL 1  
RAMP 2  
DWELL 2  
AMP 3 .....等。  
程式執行完畢，顯現 E。  
如圖 5.18、 5.19、 5.20 所示。




圖 5.18




圖 5.19




圖 5.20

Note：若直接按  啟動執行，在特殊情況下輸出（OP）會增加至最大值（OP = 100%），造成升溫過程中有擺蕩的情形。

暫停執行：

程式執行當中，再按一下即暫停執行程式。

再按一下即可繼續執行程式。

顯示幕右下角將顯現 HOLD 旗標。

如圖 5.21 所示。



圖 5.21

Note：若 Holdback 啟動時，程式將自動進入暫停狀態。

段落旗標閃爍，HOLD 旗標顯現。

重設程式：

同時按可重設程式。

顯示幕右下角空白。

再重設程式的狀態下，溫度控制器會在 setpoint 1 (SP 1) 或 setpoint 2 (SP 2)。

如圖 5.22 所示。



圖 5.22

## 第六章 結論

在專題中，本組做的是氧化擴散高溫爐及熱蒸鍍機，從中學習到的是氧化和擴散高溫爐，其有何不同？不同之處在於哪？氧化的方法有很多，其中熱氧化是矽元件最常使用的一種方法，它也是現代矽積體電路技術的一個關鍵的製程。擴散是以高溫（1000℃）使摻質進入矽晶圓的一種製程。

在熱蒸鍍機報告學習操作中，使我了解所謂真空並不是指完全的真空狀態，而通常是以真空環境所存留的氣體壓力為標準，在這實驗中，在真空的部分，如果要快速抽真空，則以渦輪分子泵替代油擴散泵或使用冷凍泵。在這方面，泵的抽氣速率和管路閥、歧管等都要注意，一台蒸鍍機只做一種蒸鍍物的製程，避免污染晶圓，在作專題報告過程中，我們去過台灣大學的應力研究所上過基本訓練及實驗課，使我們更加認知我們所想學的是什麼，有了基本的實驗概念，使得對製程設備有了基礎，而不是只單靠參考書本，老師所提供的資料來源也是一項重點，有了方向而不再矇懂無知的找不到起始點。

## 參考文獻

- 【1】李裕鉅、洪子起（摘譯），薄膜量測技術，真空科技，十二卷一期，1990。
- 【2】段定夫，半導體工業用高純度氣體與化學品的應用，電子月刊，四卷五期，1998。
- 【3】島田孝、賴俊輔，半導體製程用除害裝置，電子月刊，四卷四期，1998。
- 【4】張勁燕，電子材料，三、四章，1999，五南。
- 【5】張家榮，梁美柔（譯），化合物半導體領域之專用設備，電子月刊，四卷十二期，1998。
- 【6】陳佳麟，趙天生，超薄氧化層的研製，毫微米通訊，六卷一期，1999。
- 【7】陳孟邦等，淺層溝渠隔離技術，電子月刊，四卷十一期，1998。
- 【8】吳文發，積體電路技術中物理氣相沉積製程設備發展，電子月刊，五卷四期，1999。
- 【9】北區微機電中心高溫爐管與熱蒸鍍機訓練講義。
- 【10】莊達人，VLSI 製造技術，高立圖書公司，1995。



## 心得：( 蔣效穎 )

何謂熱蒸鍍機呢？這是當初我想問的愚昧問題，但是對於現在的我對這個名詞，我也可以很輕鬆的應對了，熱蒸鍍機是以電阻加熱，電子束蒸鍍以電子槍的坩堝內的金屬源材料加熱。在操作機器前必須先抽真空至  $10^{-6}$   $10^{-7}$  托爾。實驗的過程遇到了不懂的我就盡量的發問，或者在自行去查書，畢竟也是初學者，要懂得全部專有名詞是不可能的，機器還蠻大台的，像一個小扇窗一打開裡面是光芒四射，因為所實驗的是鋁，鋁放在鎢舟中蒸鍍，然後被鐘罩內表面所吸收了，稱之雜質。實驗中還用一個檔板和小電流去掉雜質，因而可提高沉積物的純度，所以在這專題中我學到了許多，也了解到原來熱蒸鍍機是和一般蒸發的例子一樣，當鋁放置於鎢舟上，並在一個空間被加熱後，也只有蒸發。

## 心得：(李秀玲)

隨著期中考的結束，也意味著專題報告也將告一個段若了，是呈現自己這五年來所學的、而去專研的一項重要課程，意義非常的重大、也是不能用平常心去看待的。關於專題報告我所學習的是電子產業製程，以前就想要了解其內容，因當電子產業很盛行時，報章雜誌和電視常報導某某家電子公司又擴廠、生產晶圓。當時就在心裡想晶圓是什麼？是何等用途？為何可以使電子業那樣的風靡全球，使其經濟受其影響。許多的問號在我腦中揮之不去，如今專題報告的學習與製作，使我了解到何謂氧化？何謂擴散？氧化是指矽和氧或其替代物化合成為一氧化矽，以做為後續製程的幕罩，或做電性絕緣物，或做為保護晶圓表面之用。擴散是將滲質打到矽晶圓之內，它和離子植入相似，但因擴散的溫度較高，會造成較大的側向擴散，使半導體的幾何尺寸無法更加縮小。