

東南技術學院機械工程系

專題製作報告

光阻鍍膜機與濕蝕刻清洗機之
製程與設備技術實務

指導老師：王 俊 程

學 生：楊 文 凱
李 岱 昀

中華民國 90 年 12 月 25 日

摘要

目錄

第一章 簡 介.....	1
第二章 光阻鍍膜機製程介紹.....	2
2.1 光阻的化學性質與作用.....	2
2.2 光阻化學成分簡介.....	3
2.3 光阻劑主成之要點.....	5
2.4 去水烘烤 / H M D S	6
2.5 光阻塗佈機製程原理及關係式.....	7
2.6 軟烤的溫度控制.....	9
第三章 光阻鍍膜機設備介紹.....	10
3.1 機構介紹.....	10
3.2 機台零件名稱之介紹.....	13
3.3 機台保養之注意.....	14
3.4 光阻劑名稱種類.....	16
3.5 機台的清洗及管路介紹.....	17

第四章 北區微機電中心光阻塗佈機實作介紹

4.1 操作面板	18
4.2 機台自動操作模式.....	21
4.3 機台循環系統介紹.....	22

第五章 濕蝕刻清洗機(去光阻)製程介紹

5.1 清洗理論.....	23
5.2 清洗配方.....	33
5.3 清洗方式.....	37

第六章 濕式蝕刻清洗機(去光阻)設備介紹

6.1 浸洗式化學洗淨站(Immersion Chemical Station)	41
6.2 電解水裝置系統.....	44
6.3 密閉容器化學洗淨系統(Enclosed-Vessel Chemical Cleaning System)	45
6.4 單晶圓旋轉清洗設備.....	47
6.5 超音波清洗系統.....	48
6.6 噴洗式單槽化學洗淨機(Spray Chemical Cleaning Processor).....	50
6.7 濕蝕刻溶液之容器.....	53

第七章 結 論.....54

第八章 參考文獻與專題分工.....55

心 得.....	56
----------	----

摘要

本專題主要介紹光阻鍍膜機的製程與設備技術，並以濕蝕刻清洗機的製程為輔，目的視作去光阻用，首先介紹微影製程的流程，大致可以分為：(1) 去水烘烤→(2) 塗底→(3) 上光阻→(4) 軟烤→(5) 曝光→(6) 曝光後烘烤→(7) 顯影→(8) 硬烤→(9) 濕式去光阻→(10) DI 超純水之清洗等以上程序。其目的如下：

- (1.) 去水烘烤：其目的是為了要保持乾燥以便光阻的覆蓋。
- (2.) 塗底：塗上一層 HMDS 增加光阻的附著力。
- (3.) 上光阻：利用旋轉的離心力，使光阻能均勻塗佈在表面。
- (4.) 軟烤：將光阻原有的液態轉為固態的薄膜，使光阻層對晶片表面的附著能力加強。
- (5.) 曝光：利用攝影的原理做一個圖像轉移的動作。
- (6.) 曝光後烘烤：可以使光阻結構重新排列，使駐波的現象能減少。
- (7.) 顯影：將曝光的成像顯影出來，為了不使改變化學結構，應該盡速進行圖像顯影。
- (8.) 硬烤：進一步將光阻內多餘的溶劑，藉蒸發而降到低。
- (9.) 濕式去光阻：主要是利用有機溶液對光阻進行結構性之破壞，以去除薄膜上之光阻；因光阻本身也是一有機物，由碳元素與氫元素所組成，因此可用有機溶液（如硫酸）加以除去殘餘之光阻。
- (10.) DI 超純水之清洗：去光阻後，洗淨殘餘酸、鹼，以利下一清洗之步驟。

上述流程中，第(8)項之後，常常伴有蝕刻或離子植入等製程。隨後，才進行(9)(10)兩道製程。

第一章 簡介

半導體產業從 1960 年代萌芽至今，半導體產業幾乎成了科技的代名詞，無論是國防、資訊、通信、消費性電子等工業，無不仰賴半導體科技日新月異的技術，然而半導體所牽涉的技術層面極廣，包括機械、電子、電機、化學、物理甚至數學等技術的整合。

半導體是一種導電能力介於導體與非導體之間的材料，利用它的特性，發展出純固態 (solid state) 的電子元件；因為這種以電子元件為主所製作的電晶體很小、很便宜，因此迅速取代了傳統真空管 (vacuum tubes) 在電子工業上的地位。

微影技術的發展，在可見的未來裡，它將會繼續主宰半導體圖像轉移的製程，因為它是人類所唯一知道且有效的方法。決定微影的解析度，則是取決於曝光機的光線波長，而對於這些曝光之前，光阻鍍膜是開端，因此製程品質相對的提高，影響後面的數道製程，因此選擇標準的配方，包括旋轉塗佈的轉速、光阻滴定的量，以及機台的操作方法，都有一定的技術要求。

光阻鍍膜機的主要機構是由一個旋轉主系統，利用一個真空吸頭將晶圓吸住，在晶圓上滴上光阻液，做旋轉塗佈。塗佈的過程中，將會有多餘光阻液在集漏斗上，將可以方便清理。

光阻鍍膜時，晶片上的厚度有一定的標準，因此在北區微機電中心實習操作。在操作的過程循環，每個循環都代表每一個工作程序。所謂循環“零”代表檢驗機器是否能正常做動，循環“一”代表簡單的單一循環製程，循環“二”至“八”則表示多方面的循環製程，此設定將能簡化製程時間。

濕式蝕刻主要是利用有機溶液對光阻進行結構性的破壞，使光阻溶於有機溶液中，達成去光阻之目的。以這種方法進行光阻去除的溶劑，主要有丙酮 (Acetone) 及芳香族 (phenol base) 有機溶劑等。

另一種無機 (inorganic) 溶液的去光阻方式，其原理則和有機溶液之原理不同。因為光阻本身也是有機物，主要也是由碳和氫等元素所構成之化合物 (compounds)，因此可以利用一些無機溶液，如硫酸 (H_2SO_4) 和雙氧水 (H_2O_2)，把光阻之碳元素，以雙氧水將其氧化為二氧化碳 (CO_2)，氫元素則由硫酸施以去水 (Dehydration)，如此則可把光阻從晶圓表面上去除。

正光阻經光線照射後，曝到光的部分，就變得容易溶解，經顯影液處理後，即不存在，只留下未曝到光部分而形成圖形。負光阻的特性則和正光阻相反，曝到光的部分之光阻合成高分子之聚合物，而不易被溶去，所以經顯影液處理過後，只留下曝到光的部分。在製程方面，負光阻的成本低，產量高，是最常用的，但相對的負光阻內的聚合物會因泡製顯影劑而腫大，因而影響了解析度，但正光阻卻不會有這樣的困擾，所以正光阻主要用於次微米技術之材料。

去水烘烤 / HMDS 是微影成像的第一步驟，主要目的在對晶片表面做處理，以增加光阻覆蓋之附著力。當晶片在化學槽製程後送至黃光區，或晶片在黃光製程前曾閒置一段時日，此時晶片表面有水氣之可能性，加以去水烘烤步驟，可除水氣。接著會上一層所謂 HMDS (Hexamethyldisilazane) 材料，以加強

與光阻間的附著力。光阻鍍膜機主要是以內部的真空吸頭吸住晶圓，再藉由機台的旋轉速度，產生鍍膜的效果，所以要鍍多厚的光阻，是靠旋轉速率，旋轉速度愈快，則離心力大，鍍得較薄的光阻膜。【1、2、5】

第二章 光阻鍍膜機製程介紹

🔗 本章流程圖

介紹光阻的化學性質與作用 → 光阻化學成分簡介 → 光阻劑主成之要點 → 去水烘烤 / HMD S → 光阻塗佈機製程原理及關係式 → 軟烤的溫度控制

微影的基本製程也就是由光阻覆蓋(Coating)，曝光、及顯影等步驟所構成的。但是為了加強圖案傳送的精確性與可靠性，整個微影製程還包括去水烘烤(Dehydration Bake)，塗底(Priming)，軟烤(Soft Bake)，和硬烤(Hard Bake)等步驟，使整個製程的複雜性跟著增加。

2.1 光阻的化學性質與作用

光阻(Photoresist)是一種材料物質，在微影成像過程中，以它來將光罩上之圖形轉移至晶片上，當作下一站蝕刻或離子植入時之保護罩幕。一般光阻有正、負光阻的區別，正光阻經光線照射後，曝到光的部分，就變得容易溶解，經顯影液處理後，即不存在，只留下未曝到光部分而形成圖形。負光阻的特性則和正光阻相反，曝到光的部分之光阻合成高分子之聚合物，而不易被溶去，所以經顯影液處理過後，只留下曝到光的部分如圖 2.1 所示。在製程來說，負光阻製程之優點為成本低，產量高，相對來說，解析度則因高分子聚合物會吸收顯影液而腫脹，因此較正光阻差，正光阻則主要用於次微米技術之主要材料。【1、2、5】

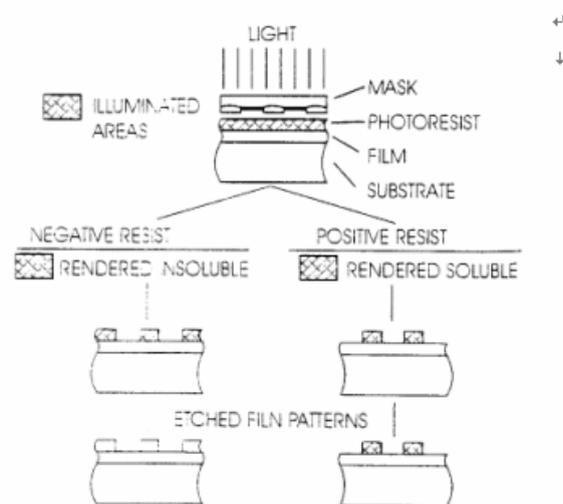


圖 2.1 正負光阻曝光顯影成像及蝕刻後圖形轉移結果剖析圖

2.2 光阻化學成分簡介

圖 2.2(a)反應是左側的化學式，顯示一個典型的正光阻液的感光成分，或稱為光活性化合物(Photoactive Compound)，簡稱為 PAC。他本身難溶於鹼性溶液，但經過適量能量的光源曝曬後，其結構將重排(Rearrange)，而成為右側的 Ketene。

因為 Ketene 並不穩定，會進一步的水解(Hydrolysis) 成為圖 2.2(b)右側的羧酸(Carboxylic Acid)。因為羧酸的化學結構具備有 OH 基，所以這個酸對鹼性溶劑的溶解度將相對的比未感光前 PAC 還高出許多(約 100 倍左右)。因此我們可以利用 PAC 在感光與未感光對鹼性溶劑的差別溶解度(Differential Solubility)，來進行的光罩的圖案轉移(Pattern Transfer)。圖 2.2(c)顯示酸溶解於鹼性顯影劑的化學反應式。這便是正光阻的微影製程中執行圖案轉移的原理。【1、 2、 5】

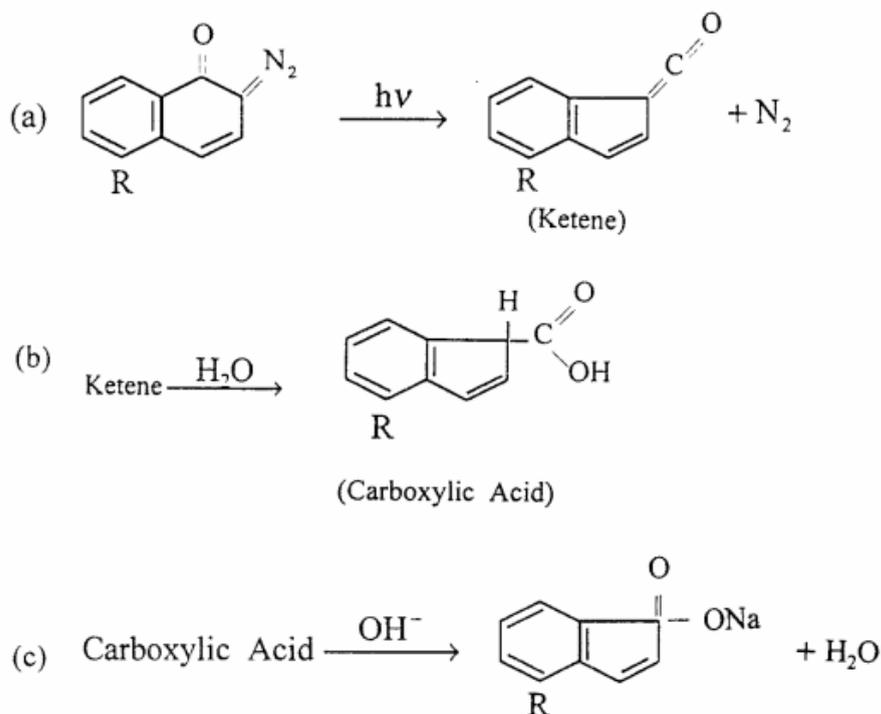


圖 2.2 列有三個正光阻液進行感光'水解'及溶於鹼性溶液的化學反應式

正光阻主要組成物質有三：(1) 樹脂 (Novolac) (2) 感光劑 (DNQ) (3) 溶劑 (EL, MMP...)。其中樹脂之主要功用為使光阻能形成一種足以當作蝕刻或離子植入時之保護膜，而感光劑原本為不溶解物質，經光照射反應後，則可提高其溶解速率，如圖 2.3 所示，溶劑之作用在使光阻形成液體狀，以方便後續光覆蓋之製程。【1、2、5】

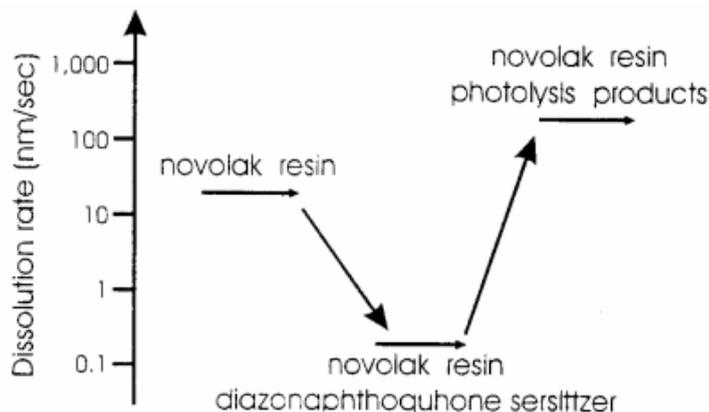
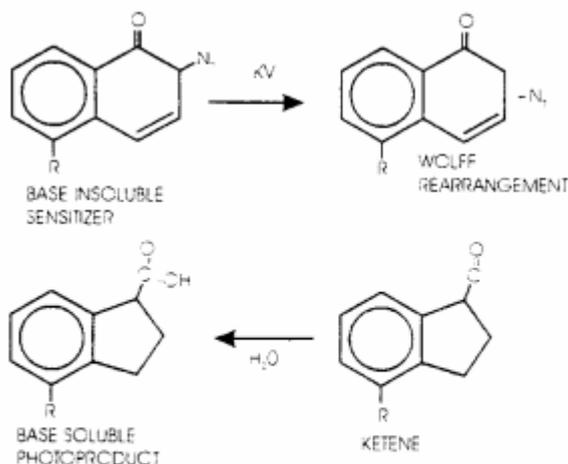


圖 2.3 正光阻中樹脂/感光劑和溶解速率之關係

針對光化合物感光劑 (PAC, Photo Active Compound) 與光反應狀況，概述如下：

如圖 2.4 所示，感光劑主要利用氫化合物鍵結中，N 在基旁，遇光照射後，產生出不穩定現象而脫離，經重新組合後，變為乙烯酮，乙烯酮再和空氣箱之水氣反應，最後產生酸性基，此酸性基可和鹼性溶液發生酸鹼中和作用。因此，一般乃以稀釋後之 NaOH 溶液當作顯影液，來溶解曝光後的感光劑，而未曝光部份之感光劑，則仍為不溶物質。【1、2、5】



光化合物感光劑之化學性質反應流程

圖 2.4

2.3 光阻劑組成之要點

光阻劑是相當重要的一環，首先我們將會針對光阻劑作研究，光阻劑的設計必須考慮其光學方面之基本特性，曝光後之UV殘餘吸收愈小愈好，即光漂白作用(photo bleaching)愈完全愈好，而光阻劑之配置有下列十項要點：

1. 感度(sensitivity)-以單位面積上光阻劑接受之能量，表示光阻劑對一定量照射之效率，光阻劑感度越高，其所需曝光之時間越短，所得產出量越高。
2. 對比(contrast)-是量測光阻劑曝光之化學反應速率(或溶解度變化速率)，經曝光及顯影後，將正規化之殘餘厚度對曝光量之對數作圖，可得感度曲線，由其直線區之斜率可得正型或負型光阻之斜率，一般高分子之分子量愈小，分子量分布越窄，其對比愈佳。
3. 解析度-表示可達最小之尺寸，由於其受相當多外來因素之影響，並不容易將其量化，一般將其定義為在一有用厚度及大面積之光阻上，得到良好之最小尺寸。
4. 光學強度(optical density)-表示在每 μm 之光阻劑吸收光之量，一般若此吸收值小於 $0.4\mu\text{m}^{-1}$ ，則可得一均勻之影像。
5. 抗蝕刻阻力-表示光阻劑抗蝕刻劑或蝕刻電漿之能力，在圖案轉印過程中，光阻劑不能有超過10%之變化。一般為了提高感度，會要求提高光阻劑對光之作用，但此舉會造成其對抗電漿之蝕刻能力降低，因此在設計上必須取得一平衡點。
6. 純度-由於半導體元件之特性容易受微量雜質之影響，因此會影響元件特性之成份必需控制於ppb以下。
7. 加工度-由於加工性與生產成本息息相關，因此設計光阻劑之初，則必須考量其加工性之優劣。
8. 溶劑溶解度-具適當之溶劑溶解度，使容易獲得均勻且無缺陷之光阻膜。
9. 熱穩定性-具適當之熱穩定性，可容忍製程之溫度，熱安定性與高分子玻璃轉移溫度有關，玻璃轉移溫度低之高分子較不利於烘烤，至少要耐200以上。
10. 高附著性-此特性與蝕刻有關，尤其是濕式蝕刻時，若附著不佳，易導致溶劑藉毛細現象滲入，使圖案脫落或影響解析度，附著不良來自小顆粒雜質或油污之存在，要提高附著性，除高分子本身應具備優秀之附著性之外，也可添加黏著促進劑，如六甲基二矽氮烷(hexamethyldisilazane)。

光阻的優劣除了與光阻的感光能力相關以外，好的光阻應該還具備良好的附著性(Adhesion)，抗蝕刻性(Etch Resistance)，及解析度(Resolution)。基本上這幾點都是我們在做實驗時應加以注意的地方；通常光阻的厚度越薄，其解析度將越好，但若以光阻的抗蝕性及防範雜質侵入的觀點來看，其厚度應要厚一點。通常依照需求不同，約在數千個Å到2 μm 之間。而影響光阻進行圖案轉移的首要重點，便是光阻與晶片表面彼此間的附著能力，塗底便是一個普遍用來提昇光阻與晶片表面附著性的步驟。

2.5 光阻塗佈機製程原理及關係式

旋轉器的軸心裡將提供適當的真空度以吸住置於其上方的晶片。當旋轉器帶動晶片旋轉之後，灑在晶片表面的光阻因為離心力(Centrifugal Force)而往晶片的外圍移動，最後形成一層厚度極均勻的光阻層(Layer)。這光阻層的厚度除了光阻液本身的黏性(Viscosity)有關之外，亦受旋轉器的轉動速度的影響。基本上，將與旋轉轉速 W 的平方根成反比，如圖 2.6 所示。

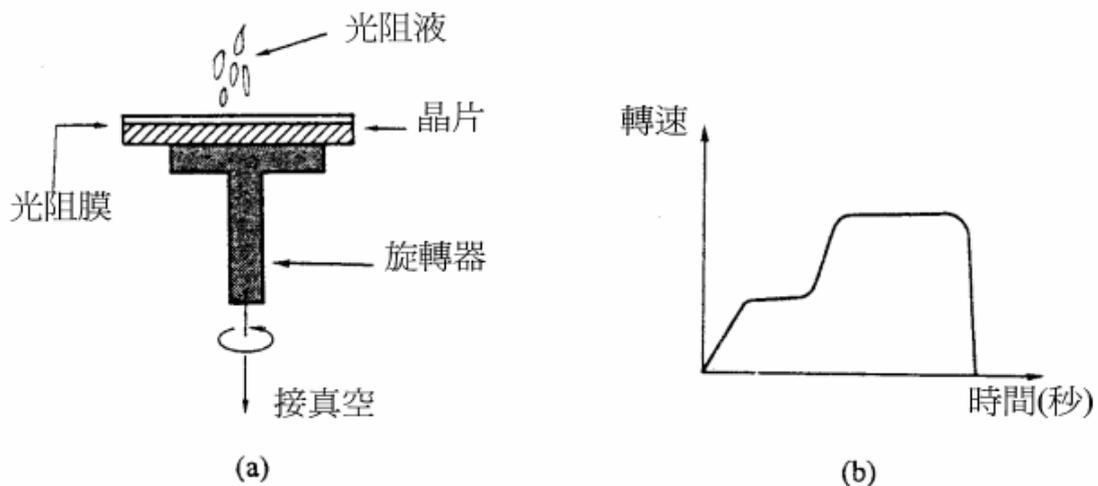


圖 2.6

(a) 顯示用以進行光阻塗佈的旋轉器的側視構圖，及 (b) 典型的光阻塗蓋的執行程式

由於光阻內含有溶劑,使得光阻本身保持著液態狀態,因此一般在光阻塗佈上,均利用高速旋轉時之離心力,將光阻均勻的塗佈在晶片上,其間的關係式為:

$$T = K p / S$$

T : 光阻厚度 p : 光阻固體含量百分比
S : 轉速 K : 常數

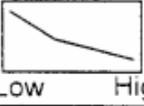
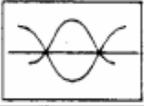
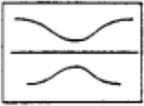
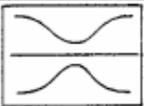
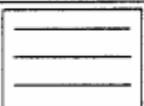
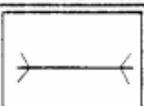
P/R Thickness and its Profile for Individual Parameters		
Parameter	Profile	
rpm		High - rpm - Low Thin - film thickness - Thick
Resist temperature		High - temperature - Low Thick - Center - Thin Greatest effect on Central region (about width of chuck)
Cooling temperature		High - temperature - Low Thick - film periphery - Thin Greatest effect on periphery
Cup temperature		High - temperature - Low Thick - film thickness - Thin Greatest effect on periphery (Portion outside chuck width) (in principle no settings)
Cup humidity		High - humidity - Low Thin - film thickness - Thick No change in profile. Only film thickness changes. In principle, no settings
Exhaust pressure		High - exhaust pressure - Low Thick - film thickness - Thin Greatest effect on outer edges. In principle, no settings.

圖 2.7 光阻厚度和光阻塗佈製程參數間之關係圖

由圖 2.7 可知,塗佈時旋轉速度、光阻黏滯度及光阻量等,都會影響到光阻的厚度表現,而在光阻塗佈結果上,除了厚度是重要要求外,均勻度也是另一項重要數值。【1、2、5】

2.6 軟烤的溫度控制

光阻塗佈製程後，接著到了軟烤的過程，軟烤的主要目的是移去光阻塗佈後，光阻內部殘餘的溶劑。此步驟將對後續的參數中有舉足輕重的影響，如光阻附著力、溶解速率、線寬控制，乃至於光阻圖形之定義，如圖 2.8 所示，當軟烤溫度較低，表示光阻含溶劑成分較多，此時顯影速度快，對於線寬之控制較不容易。反之，若光阻內含溶劑較少，相對的，需要更大的曝光能量，但線寬之控制較佳。【1、2、5】

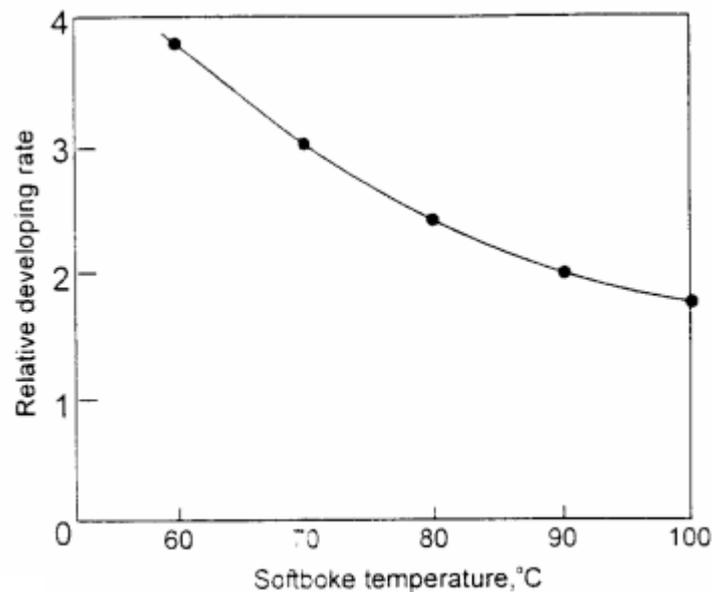


圖 2.8

顯影速率對軟烤溫度之關係圖

第三章北區微機電中心之光阻鍍膜機設備介紹

本章流程圖

機構介紹 → 機台零件名稱之介紹 → 機台保養之注意 → 光阻劑名稱種類
→ 機台的清洗及管路介紹

每當要做一個實習操作時，都是需要充分了解機台的機構或實習程序，以免因操作的不慎，發生意外及減少機台的壽命，因此此章主要介紹北區微機電中心的實習機台及操作程序注意事項，以下將一一介紹。

3.1 機構介紹

機殼外觀圖

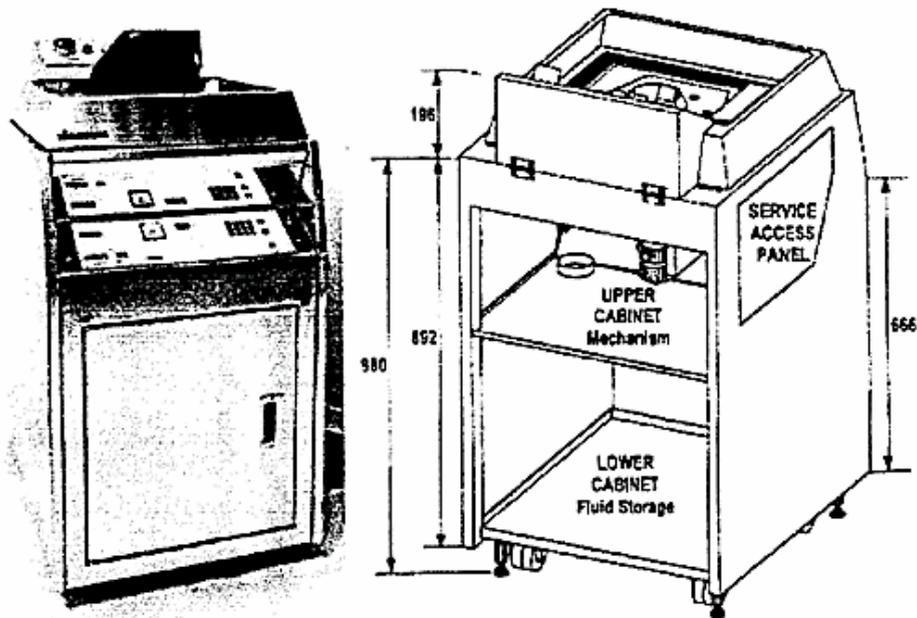


圖 3.1 是微機電中心內的光阻塗佈機外貌圖

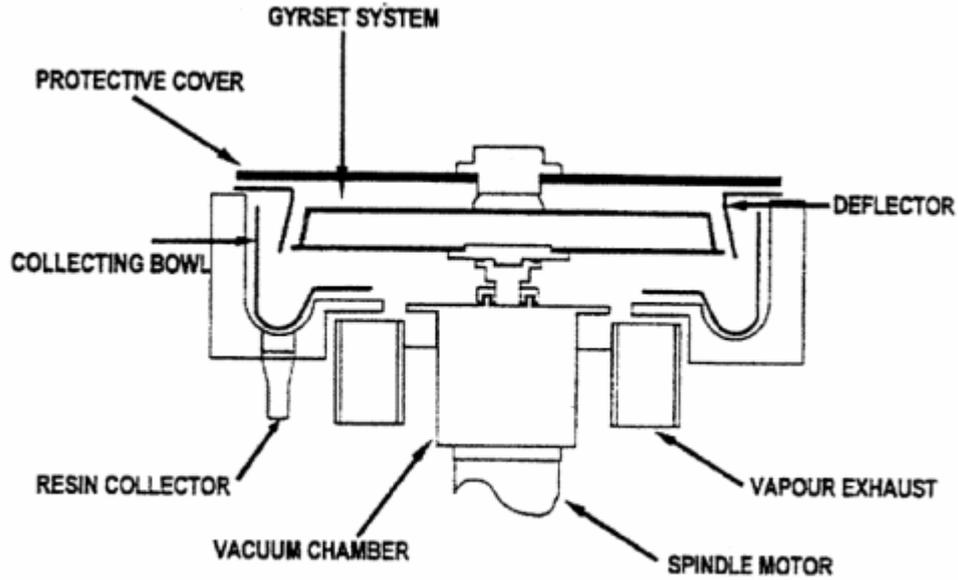


圖 3.2 旋轉主系統 (Gyrset System) 示意

旋轉主系統 (Gyrset System) 如圖 3.2 所示，包括一個覆蓋於夾具 (Chuck) 於基材 (Substrate) 上的中型蓋子。在一個旋轉循環中，此蓋子會蓋上，並因而產生一個飽和溶液蒸氣壓 (solvent-saturated atmosphere)。所有旋轉主系統之附屬零組件，連同覆蓋於蓋子中之空氣，皆同步旋轉 (如圖 3.2 箭頭所示)。此動作是為了消除造成機材角落塗佈過厚之亂流，光阻將可非常均勻地塗佈於整個基材表面。

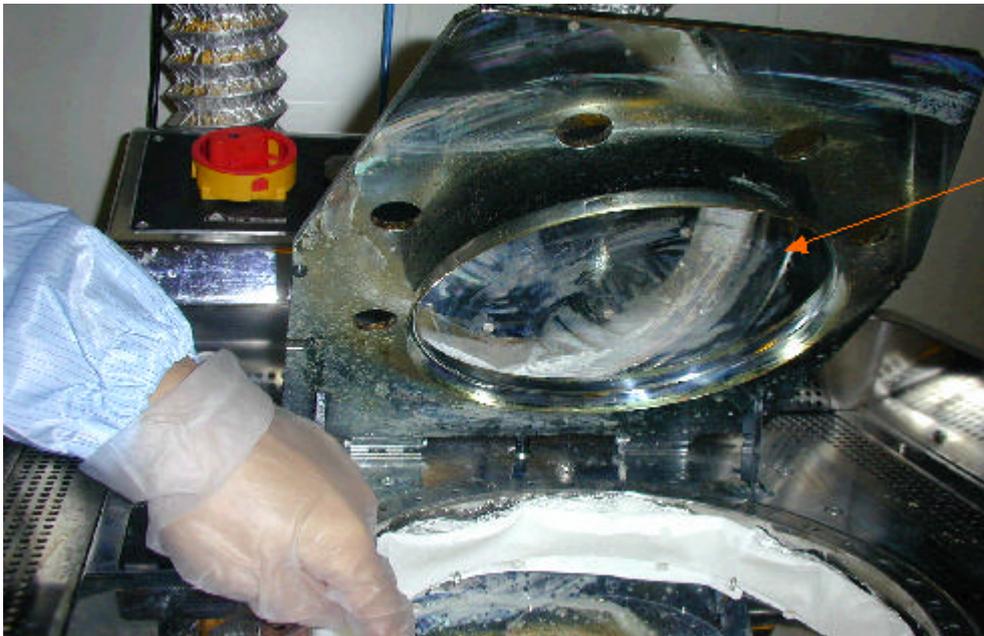
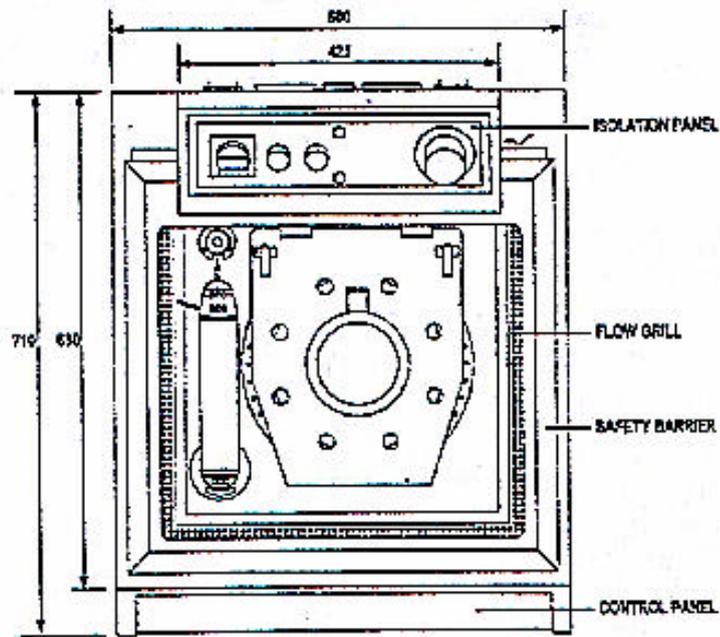


圖 3.3



圖 3.4 此為實體旋轉塗佈機之上蓋



機殼上視圖

圖 3.5 機殼上視圖

圖 3.4 與 3.5 顯示光阻塗佈機的上蓋與機殼圖

3.2 機台零件名稱之介紹



圖 3.6 左為收集斗右為基座



圖 3.7 收漏斗

圖 3.6 是收集斗 (Collecting Bowl) 圖 3.7 是防護導流板 (Deflector)。此特別設計之倒流板及收集斗乃用以收集旋轉時，多餘的樹脂並避免光阻回濺到基材。

3.3 機台保養之注意

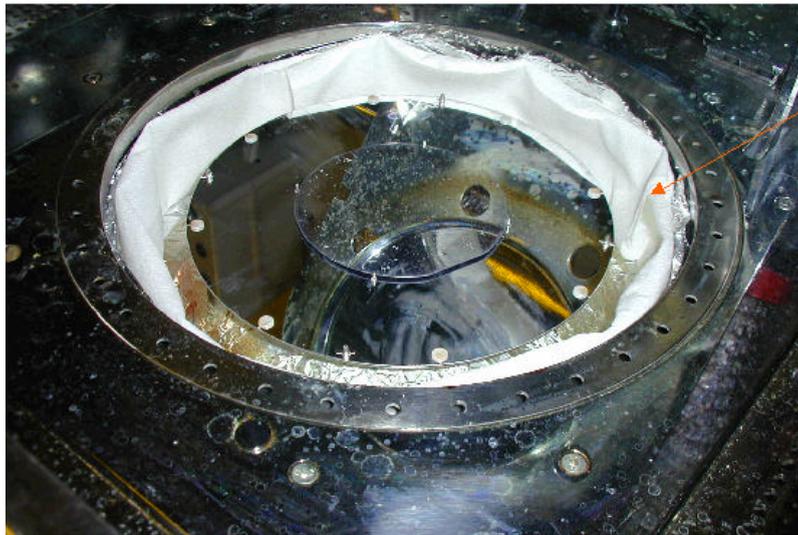


圖 3.8 石綿心網

在使用機器前，都需要使石綿紙及鋁箔紙墊在收集斗的上面。作塗佈時會有多餘的光阻，會落在收集斗上，圖 3.8 的石綿紙會吸住光阻液，鋁箔紙則會隔離機台，都是因為使清潔時方便清洗。

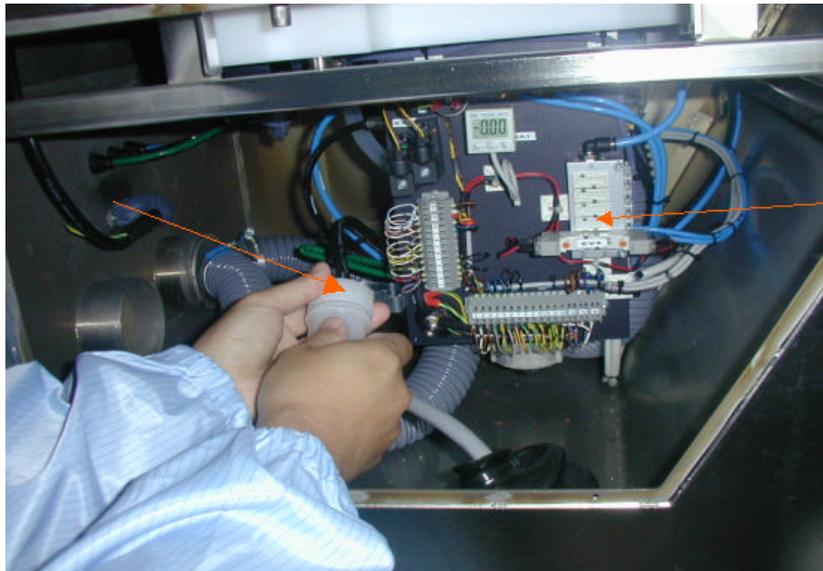


圖 3.9 旋轉塗佈機內部機構及 PLC 控制器

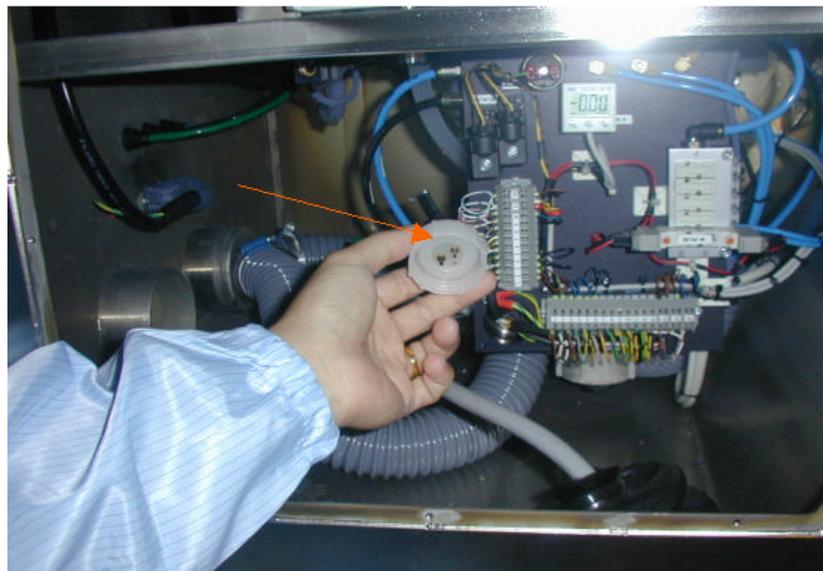


圖 3.10 內部收納盒

圖 3.9 與 3.10 的內部結構為機台的內部結構，左箭頭所指的為清潔盒。當如果抽真空時，真空吸頭是不能吸入大量的液體，不然會使真空幫浦燒壞，但吸入少量的液體，將會集中在這裡，所以時常清理，不然會造成真空幫浦的損壞。右箭頭所示為中央控制器，是此台機器的心臟。

3.4 光阻劑名稱種類



光阻劑	顯影液
S1813	MF319
SJR5740	MP450
AZ5214E	AZ300MIF

圖 3.11 光阻名稱及所配合之顯影液

圖 3.11 顯示微機電中心所使用的 3 種光阻。

S1813：因為成分稀釋，所以此光阻用於塗佈較薄的光阻製程。

SJR5740：因為成分濃稠，所以此光阻用於塗佈較厚的光阻製程。

AZ5214E：此為較特別的光阻劑，當顯影完，它會變為負光阻，但當經軟烤後會成為正光阻。

3.5 機台的清洗及管路介紹



圖 3.12 光阻清洗之化學液

因做完光阻旋轉塗佈的製程後，會有光阻液殘留在機台上。此三瓶為清潔機台所使用的化學物，圖 3.12 由左至右分別為甲醇、乙醇、丙酮。



圖 3.13 機台連接之管路

圖 3.13 為機台後方的管路，當開始做光阻塗佈時，要先打開空壓閥及真空閥，將紅色扳手壓至與管路平行。壓力約設定在 4 - 9bar 之間，如果未完成將無法啟動真空吸頭。

第四章北區微機電中心之光阻塗佈機實作介紹

本章流程圖

操作面板介紹→機台自動操作模式→機台循環系統介紹

本章為介紹北區微機電中心光阻塗佈機（SUSS RC8 SPIN COATER）之面板、操作程序及循環介紹，面板則分為隔離面板及旋轉塗佈機之主面板，其功能都將在以下介紹。

4.1 操作面板介紹【6】

SUSS RC8 COATER 面板按鍵使用說明

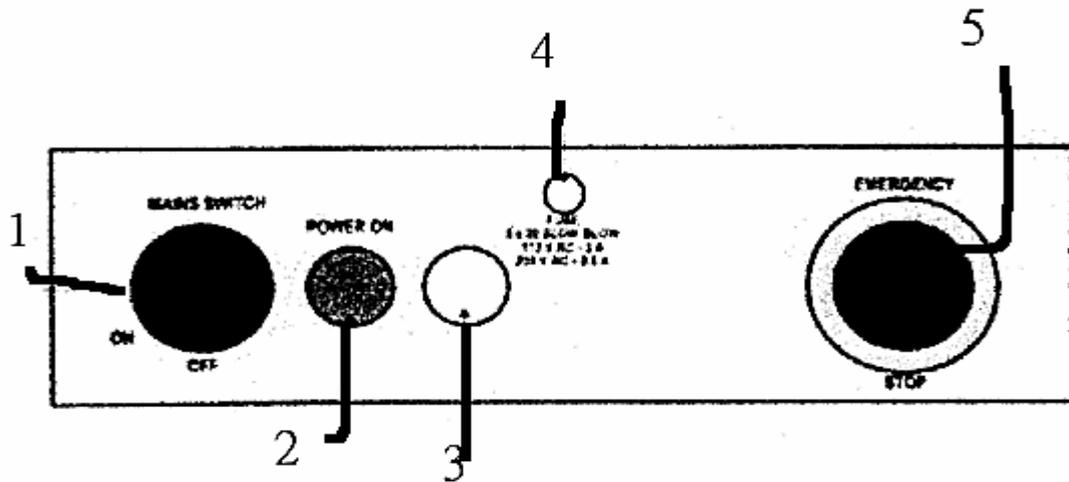


圖 4.1 操作面板之一

（一）隔離面板

SUSS RC8 SPIN COATER 安裝了一個安全隔離面板，面板上是主要電源開關。

- < 1 > 主開關：它是連結或切斷主供應電源的開關，當開到ON時，主開關燈會亮綠燈。
- < 2 > 機械動力啟動開關：按下它則啟動機器，啟動時會顯示綠燈。
- < 3 > 主開關燈：主開關開啟，此燈亮綠燈，若無則檢查是否有何主電源連接。
- < 4 > 機器保險絲：對機台有保障。
- < 5 > 蕈狀停止按鈕：遇到狀況，壓下此鈕機器停止動作，若要再次啟動，則要拉起開關，並按下動力開關。

(二) 旋轉塗佈機控制面板

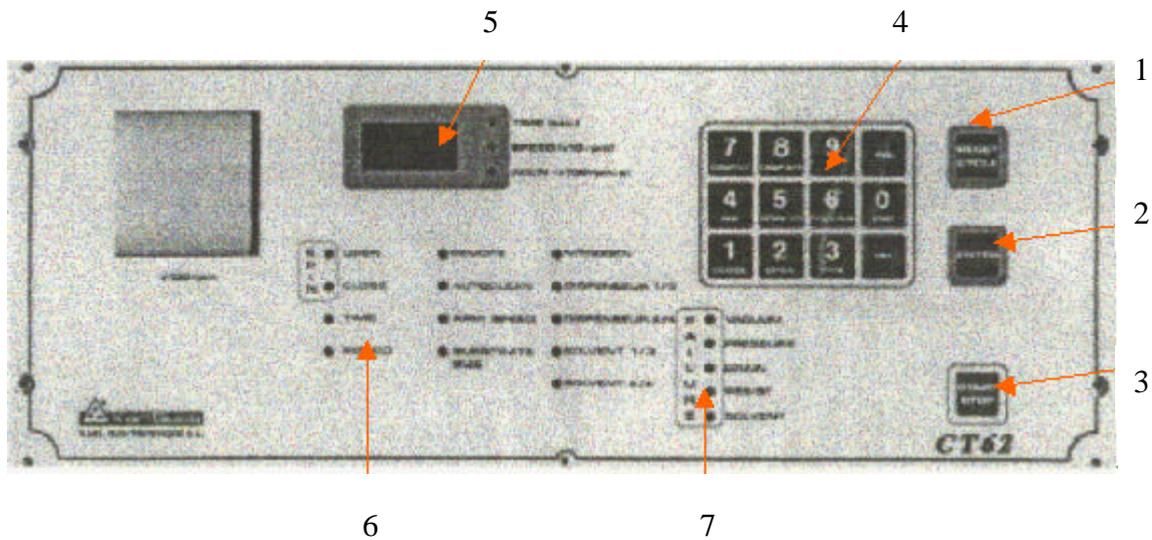


圖 4.2 操作面板之二

此控制面板是控制製程時所輸入的製程程序及參數，還有在操作中有錯誤，也會以紅色 LED 顯示錯誤訊息。

- < 1 > 重設循環 (RESET/CYCLE)
此功能主要是清除上一次步驟所存下的循環紀錄，最好是每一次設定欣循環之前先清除資料，以免留下錯誤資料。 3
- < 2 > 輸入 (ENTER)
在每一次輸入參數時，都需要按此鍵，否則輸入是無效的，也可以檢視所輸入的參數值。
- < 3 > 啟動 / 停止 (START/STOP)
當製程參數設定完成時，便使用此鍵啟動循環，若要終止循環，則再次按壓此鍵。
- < 4 > 此區的按鍵為編輯鍵，製程的參數由此鍵入。其中有主要功能如下：
 - (1 /CLOSE) 封蓋旋轉
此功能為允許旋轉組的蓋子關上時，進行旋轉塗佈之設定。
 - (2 /OPEN) 開蓋旋轉
此功能為允許旋轉組的蓋子打開時進行旋轉塗佈之設定。但為安全著想，其最大轉速設在 1000rpm，關蓋則可達到 5000rpm。
 - (3 /TIME) 暫停
此功能則是設定旋轉塗佈的時間，允許數個循環同時運轉所以設定時間，如無此設定則無限時的旋轉。此時壓 (ENTER) 鍵中止旋轉。
- < 5 > 顯示銀幕及參數旗標
顯示幕所有的參數顯示都在此顯示，是由三個數字組成的，當在待命模式時，則會顯示兩個小零伴隨一個循環碼。

參數旗標

TIME (SEC.)

當此燈閃爍時，則可鍵入“時間”的參數。

SPEED (*10RPM)

當此燈閃爍時，則可鍵入“轉速”的參數，調整尺度為 10rpm。

ACC (/100RPM)

當此燈閃爍時，則可鍵入旋轉“加速度”的參數，調整尺度為 100rpm。

< 6 > 功能旗標

此功能表示確定功能的執行及設定。

SPIN OPEN

循環運轉中，若封蓋旋轉程序啟動，則燈亮，一旦遇到預設的速度值則燈滅。

SPIN CLOSE

循環運轉中，若開蓋旋轉程序啟動，則燈亮，一旦遇到預設的速度值則燈滅。

TIME

當設定時間參數時，轉速到達預設值，時間燈亮起，並開始倒數，結束時燈滅，若無設定時間則按 < ENTER > 結束旋轉。

< 7 > 故障旗標

VACUUM

當真空閥未開，基材的位置有真空漏氣，則此燈亮。

PRESSURE

當空壓閥未開，或壓縮空氣不足時，則此燈亮起。

4.3 機台循環系統介紹【6】

循環：

所謂的循環，主要是本機所記得的製程系統，主要可以分為 Cycle 0、Cycle 1、

Cycle 2 8，下列一一介紹。

Cycle 0: 此循環主要是測試機台用，當我們在操作機台前，都要先測試機台，有無損壞。此循環主要可以測試塗佈機台的蓋是否可以開關，以及測試機台的真空是否足夠。

Cycle 1: 此循環製程是非常簡單的循環，即適合單一製程的應用，單一步驟即為封蓋的旋轉、速度、加速度及時間。

Cycle 2 8: 這個循環跟 cycle 1，是一樣但此循環可以設定更多複雜的應用，但此循環可以設定更多複雜的製程，使用者可以設定到 30 個程式步驟，主要針對特殊應用設定非常複雜循環。

註:在設定製程中,注意:如果是開蓋旋轉,它的最高轉速只能達到 1000rpm,但是關蓋旋轉,則最高轉速可達到 5000rpm,需多加注意。

註: 當晶圓在做塗佈,最好是對準中心的位置,但此機台無自動對準,所以要使用目測,其中有功能 33 可以轉動機台,之後在使用目測,對準中心使光阻液均勻塗佈。

第五章 濕蝕刻清洗機(去光阻)製程介紹

本章流程圖

清洗原理→清洗配方→清洗方式

本節主要是說明，利用濕式蝕刻去光阻之理論，包括溶液反應之原理、去光阻後之剖面外觀、及去光阻需注意之地方（如底切等...）。再來介紹酸鹼溶液清洗之目的、污染物（如微粒、殘餘之金屬雜質等...）；最後對濕蝕刻清洗做依標準訂定之討論。

5.1 清洗理論

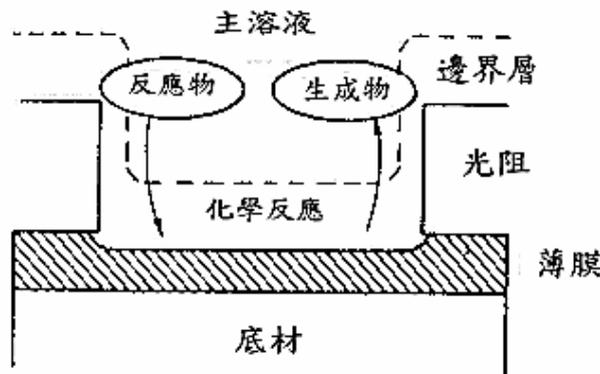


圖 5.1 顯示以濕蝕刻法進行薄膜蝕刻時，蝕刻溶液（反應物）與薄膜所進行的反應機構

對於濕蝕刻必須注重四項控制濕蝕刻反應的因素：

1. 溶液濃度：
2. 蝕刻時間：
3. 反應溫度：
4. 溶液的攪拌方式：適當的攪拌，將使得溶液內的反應物往薄膜表面所進行的質量傳遞(Mass Transfer)，不再完全依賴擴散(Diffusion)，而且可以藉由攪拌對流(Convection)，來減少邊界層的厚度，以提昇反應物輸往薄膜表面的能力參考圖5.1。在超大型積體電路（ULSI）製程中，晶圓洗淨的技術潔淨度，是影響晶圓廠製程良率元件的品質及其可靠度，最重要的因素之一，尤其當製程技術，精進到深次微米 $0.15\mu\text{m}$ 以下的領域，元件密度達訴千萬至十億個以上，製造流程超過數百個步驟。製作這樣精密複雜的產品，需要非常潔淨的晶圓表面來製作。【1】

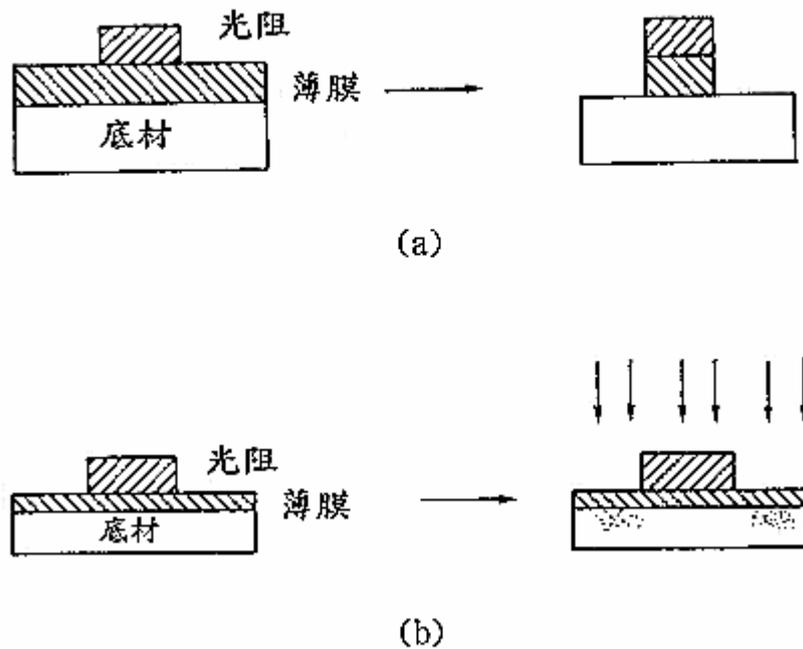


圖 5.2 顯示兩種主要微影後續製程，(a)蝕刻及(b)離子植入

濕式蝕刻主要是利用有機溶液對光阻進行結構性的破壞，使光阻溶於有機溶液中，以達成去光阻之目的。以這種方法進行光阻去除的溶劑，主要有丙酮 (Acetone) 及芳香族 (phenol base) 有機溶劑等。

另一種無機 (inorganic) 溶液的去光阻方式，其原理則和有機溶液之原理不同；因為光阻本身也是有機物，主要也是由碳和氫等元素所構成之化合物 (compounds)。因此可以利用一些無機溶液，如硫酸 (H_2SO_4) 和雙氧水 (H_2O_2)，把光阻之碳元素，以雙氧水將其氧化為二氧化碳 (CO_2)，氫元素則由硫酸施以去水 (Dehydration)，如此則可把光阻從晶圓表面上去除。

值得一提的是無機溶液會攻擊金屬鋁，因此去除金屬鋁的光阻，一定要用有機溶液去除。【1】

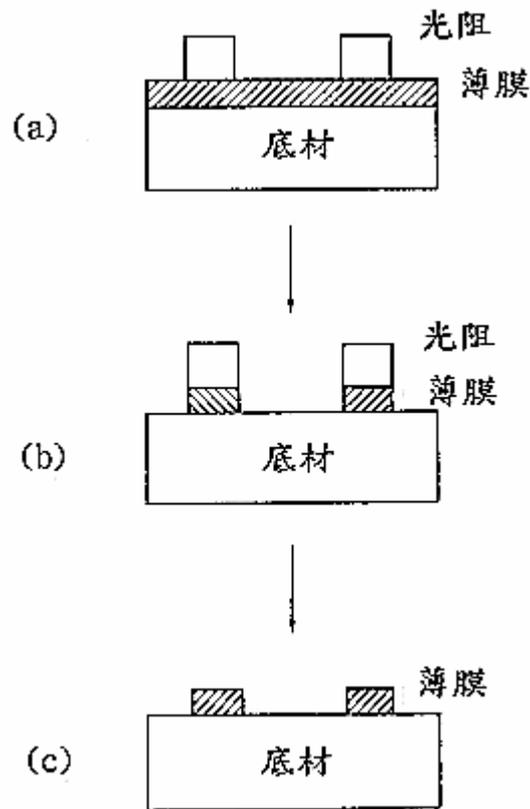


圖 5.3 顯示薄膜經(a)微影後(b)蝕刻之後，及(c)去光阻之後的表面截面外觀

圖 5.3 為微影曝光後，在去除光阻，最後所留下之薄膜輪廓外觀；換句話說，光罩上的元件圖案，是先利用微影製程而轉移至光阻上，然後再利用物理或化學作用加以去除，也就是蝕刻，來完成整個圖案轉移至薄膜上的最終目的。

☼ 其薄膜可能是： SiO_2 、 Si_3N_4 、POLY-Si、鋁合金等.....【1】

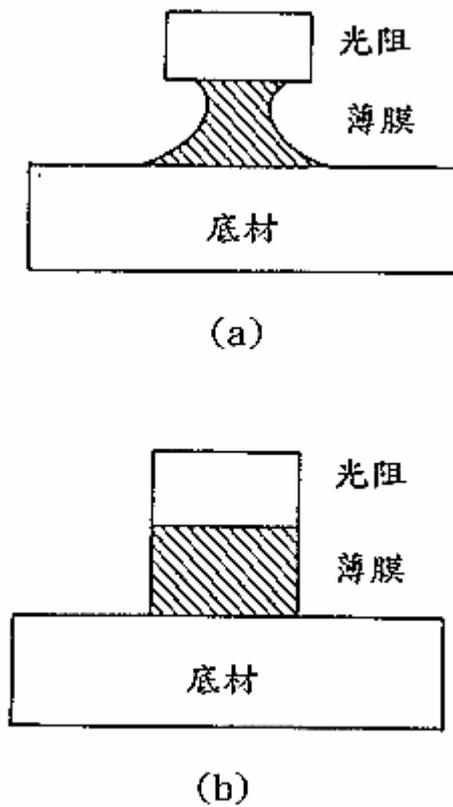


圖 5.4 薄膜經(a)等向性蝕刻後及(b)非等向性蝕刻後薄膜橫截面輪廓

薄膜經蝕刻後所呈現的截面輪廓(profile)，主要有(a)、(b)所示兩種形式。前者稱等向性(isotropic)蝕刻；後者則稱為非等向性(anisotropic)蝕刻。(a)的結果，是因為薄膜遭到每個方向均等量的蝕刻所致，因而稱之為等向性。但這等向性蝕刻通常都會造成光阻底下部分薄膜遭到侵蝕，這現象稱之為底切(undercut)；這現象在(b)形式則得到了解決，薄膜遭受到的蝕刻是固定的方向，尤其是由上而下或稱為垂直方向(vertical)的侵蝕，當然這種形式橫向侵蝕是相當的弱，所以前面所發生之底切在這則不會發生，蝕刻過後之輪廓相當的直，角度將接近 90 度，與(a)形式成為強烈的對比。【1】

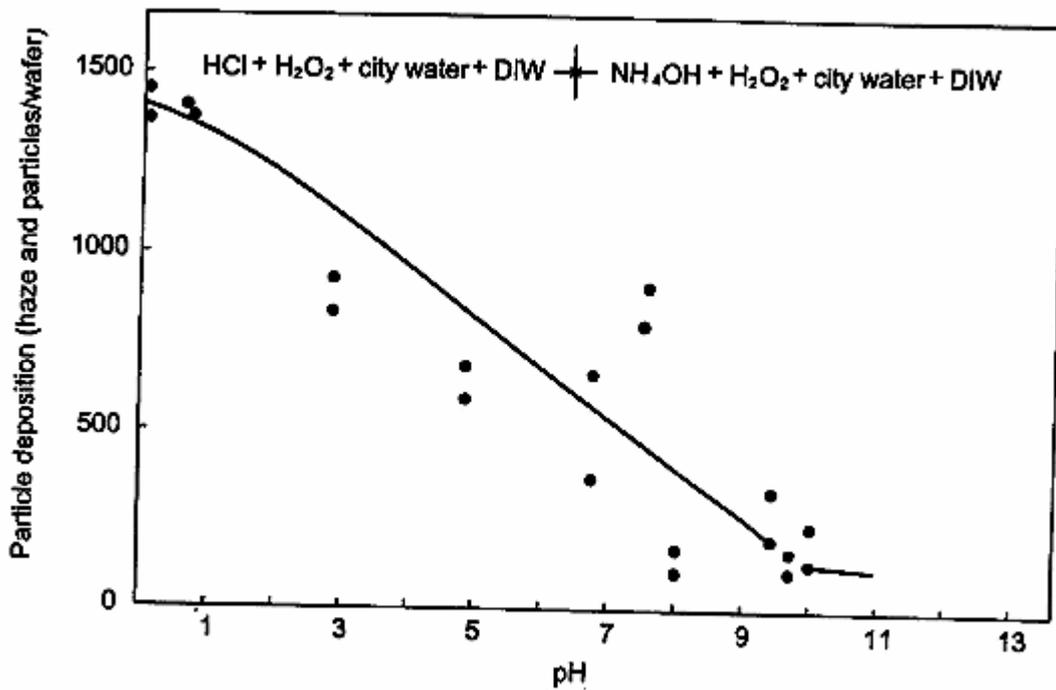


圖 5.5 異物沉積量和 Ph 酸鹼值之相關連性，鹼性比較強之 APM 配方，異物沉積量比酸性配方之 HPM 少很多

使用 SC-1 及 SC-2，本設計者是想以較高之 PH 值(呈鹼性)，以去除：

☼ 有機物與異物 之污染。

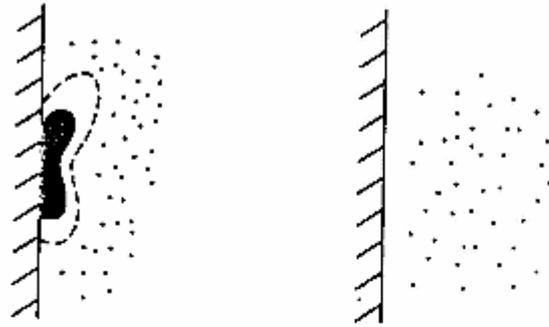
再以較低之 PH 值(呈酸性)，來移除：

☼ 金屬物之污染。

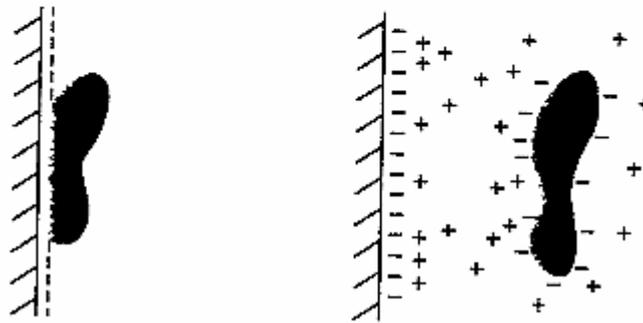
但目前還無法完全去除晶圓表面之污染物，主因是製程越複雜，製作之過程也就越多，污染的機會也就越多，所以清洗之技術雖基本，但也需不斷的精進，才能面對半導體業的需求。圖 5.5 主要是顯示鹼性溶液較酸性溶液優於去除異物的表示。【2】

☼ 名詞解釋：

1. APM 配方即 SC-1 之別稱(Mixture of Ammonium and Hydrogen Peroxide)
2. HPM 配方及 SC-2 之別稱(Mixture of Hydrogen Chlorine and Hydrogen Peroxide)



(a) in a powerful oxidizing agent



(b) in an alkaline solution

圖 5.6 濕式化學槽清洗法（包括酸性和鹼性溶液）在去除異物，有機及金屬污染物之機制：(a)強氧化劑(酸性溶液)；(b)鹼性溶液

- ☼ 強氧化劑(酸性溶液)：是先用氧化再用蝕刻液去除氧化物和異物，達到清除異物之目的。
- ☼ 鹼性溶液：利用電極正負之排斥力來去除異物，但效果不彰。
- ☼ 異物吸附之物理性質有：
 1. 靜電荷
 2. 凡得瓦力 (Vander Waals)
- ☼ 去除異物之物理機制分為：
 1. 分離(Dissolution) ~~~~~ (b)之方法
 2. 降低氧化和分離(Oxidizing Degradation and Dissolution) ~~~~~ (a)之方法 【1】

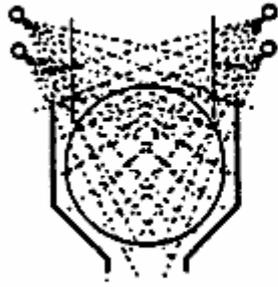


圖 5.7 (a) 為正確良好的噴灑沖洗形狀
形狀

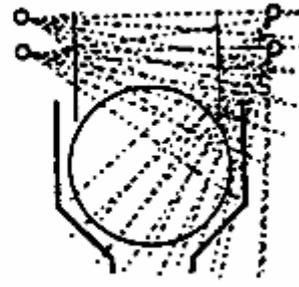


圖 5.7(b) 為不良之噴灑沖洗



圖 5.8 為典型發生之水痕

噴灑沖洗晶圓表面時，沖洗水壓、水量、方向及角度，皆需加以測試，以減少微粒的產生，其實矽晶圓有如岩石砂土般，有水蝕風化作用，遇水噴灑易產生微粒污泥污染晶圓，圖 5.7(a) 為良好的噴洗效果，其涵蓋了整個晶圓及晶舟較不會有死角地帶，造成微粒及雜質的產生，圖 5.7(b) 則相反。

經過一連串化學槽的清洗及 DI 超純水（去離子水），最後則是將清洗乾淨之矽晶圓，放入脫水乾燥系統內除濕乾燥之。但以往使用之噴洗式旋乾機會產生水痕，圖 5.8 即為典型之水痕殘留狀，有如平時擦拭玻璃一般，自然風乾之狀態難免會留下難看的水痕，影響光潔度；這對於要求一滴微粒皆不可的晶圓，可真是一大污染，不可不注意。【5】

污 染	可 能 來 源	對半導體元件的影響
微 粒 子	機械、包圍的空氣、氣體、去離子水、化學品。	氧化物崩潰電壓低，多晶矽金屬橋接 降低良率。
金 屬	機械、化學品、反應離子蝕刻、離子植入、灰化 (ashing)。	崩潰電場降低，接面漏電，少數載子生命期降低，臨限電壓改變。
有 機 物	無塵室蒸氣、光阻殘餘、儲存容器、化學品。	氧化速率改變
微 粗 糙	晶圓原材料、化學品。	氧化物崩潰電場降低，載子移動率降低。
天生的氧化物	周圍的濕氣、去離子水清洗。	閘氧化物品質變差，高接觸電阻，矽化物品質差。

圖 5.9 濕式蝕刻常見之污染及其結果【4】

洗淨次數 Run#	洗淨後 (After)	洗淨前 (Before)	洗淨效果 Delta=A-B
1	10	1	+9
2	20	100	-80

圖 5.10 微粒的洗淨效果

洗淨對一般的觀念，好像是一個越趨乾淨的清洗步驟，其實不然，因對半導體晶圓清洗來說則是有一定的規範，如下之數據：

例 1 .

洗淨前，使用非常乾淨之控片：
 洗淨前，微粒數 = 1 (@0.16um)
 洗淨後，微粒數 = 10 (@0.16um)
 洗淨效果=10-1=(+9) 增加九顆微粒

例 2 .

洗淨前，使用非常骯污之控片：
 洗淨前，微粒數 = 100 (@0.16um)
 洗淨後，微粒數 = 20 (@0.16um)
 洗淨效果=20-100=(-80) 減少八十顆微粒

由圖 5.10 之表格可以看出它們之間微妙的不同點，相當乾淨之控片，經過一次的清洗，卻增加微粒的數量；反之相當骯髒的控片，經過一次之清洗效果後，正常化的減少了微粒的數量。兩者比較之，不難看出其間的矛盾，最後大家公定洗淨前之微粒數必須少 (<30@0.16um)。【5】

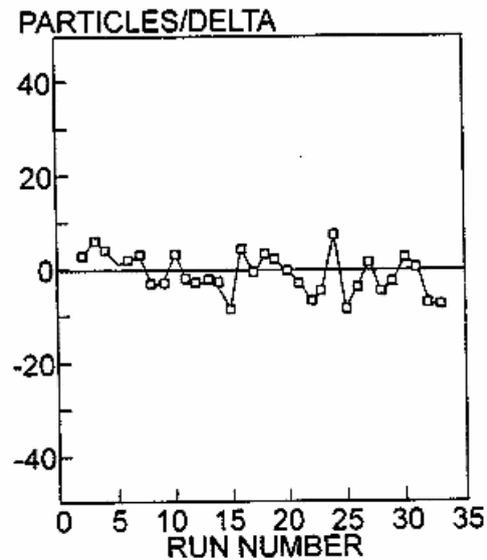


圖 5.11 洗淨次數對洗淨效果的關係圖

圖 5.11 是表示洗淨次數對微粒的影響程度：
 在第 3 次微粒之清洗時，微粒數增加了

在第 15 次微粒之清洗時，微粒數減少了

在第 17 次微粒之清洗時，微粒數增加了

在第 22 次微粒之清洗時，微粒數增加了

在第 24 次微粒之清洗時，微粒數減少了

這樣上下振幅的關係圖，其原因不外乎，如前所說之理論（微粒數 $<30@0.16\mu\text{m}$ ），這樣可以避免微粒不減反增的困擾。【5】

在對酸鹼溶液清洗目的作一介紹，接著對酸鹼溶液混和其他溶液（如超純水等...），所作用溫度、時間及比例作一探討。

5.2 清洗配方

Cleaning Solutions	Mixing Ratio	Temperature	Cleaning Targets
H ₂ SO ₄ /H ₂ O ₂ (SPM)	4:1	120°C	Organic (Resist)
HF/H ₂ O(DHF)	1:100	Room Temp	Native Oxide, Metal
NH ₄ OH/H ₂ O ₂ /H ₂ O(APM)	1:1:5	70-90°C	Particle, Organic
HCl/H ₂ O ₂ /H ₂ O(HPM)	1:1:6	70-90°C	Metal

圖 5.12 標準型 RCA 濕式化學清洗配方、程序

H₂SO₄/H₂O₂ (SPM=Sulfuric-peroxide mix) 硫酸 + 雙氧水 比例 4:1 作用溫度: 120 主要去除金屬雜質有機物、光阻

☞ 硫酸脫水，過氧化氫使脫水後的光阻氧化，加熱是避免表面焦黑

HF/H₂O (DHF=Dilute HF) 氫氟酸+氧氣 比例 1:100 作用溫度: 室溫 主要去除自然氧化物、金屬雜質

NH₄OH/H₂O₂/H₂O (APM=RCA-1=Ammonium-peroxide mix) 氨水 + 雙氧水 + 氧氣 比例 1:1:5 作用溫度: 70~90 主要去除微粒、有機物

☞ 高 PH 值 SC-1 可藉由氧化而除去有機污染與微粒子

HCl/H₂O₂/H₂O (HPM=RCA-2=Hydrochloric-peroxide mix) 鹽酸 + 雙氧水 + 氧氣 比例 1:1:6 作用溫度: 70~90 主要去除無機金屬離子

☞ 低 PH 值 SC-2 可以形成可溶性錯離子，可去除金屬污染【5】

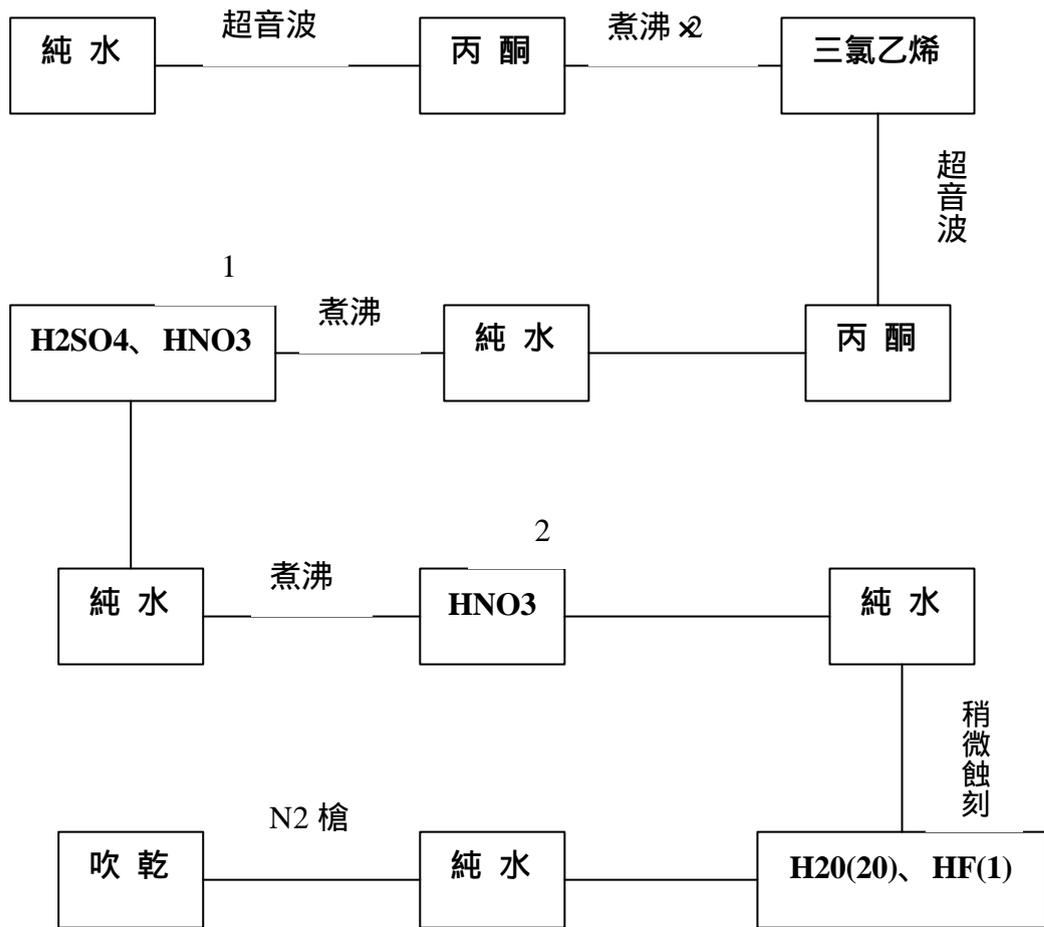


圖 5.13 矽晶圓的標準洗淨方法

- 1 可以用 NH₄OH，H₂O₂ 混合液代替
- 2 可以用 HCL，H₂O₂ 混合液代替【4】

濕式蝕刻之應用處方

0027 DT RESIST STRIP

0027	tool	HITCHI UA-5200A
0027	recipe	01
0027	pressure	atmosphere
0027Step1	temperature	260
0027	as flows	20000 (ML/MIN)02/03
0027	time	60"

☞ 處於大氣壓力下，使用之機器是 HITCHI UA-5200，溶液溫度 260，
注入氮氣 20000 (ML / MIN)，時間：60 秒

0028 VISUAL INSPEC

0028		
0028	Tool	0414 LEICA
MICROSCOPE		
0028	Alternate	0044/1004/0508 LELCI
M PE		
0028	Specification	No black silicon
0028		No white trench
0028		No Silicon
encroachment		
0028		No contamination
0028	Sample size	Slot #2,13,23

☞ 在大氣壓下，晶圓尺寸 Slot #2,13,23，使用機器是 0414 LEICA
MICROSCOPE，此步驟是作自視檢查，利用光學顯微鏡來執行。

0029 DTMO CLEAN(SP)

0029	Tool	SUGAI RRV
0029	Batch size	50 wafers
0029	Recipe	NON
0029	SPM1	H2SO4/H2O=7/1,temp
125		
0029	Time	300 sec
0029	Bath	SPM2
0029	TIME	300 SEC
0029	BATH	SPM3
0029	TIME	300SEC

0029	BATH	OF
0029	TIME	300"
0029	BATH	FR DI WATER
0029	TIME	300"
0029	BATH	S/D
0029	TIME	390"Time-speed 710 sec –20 to 500rpm

☞ 在大氣壓下，使用機器 SUGAI RRV，清洗 50 片的 WAFER 第一槽洗浸的溶液是硫酸加水稀釋，比例為 7：1，作用溫度 125℃，時間：5 分鐘。第二、第三槽使用之溶液均是硫酸加水稀釋之溶液，洗浸時間 5 分鐘，再使用 DI 純水加以沖洗，時間 5 分鐘。最後 S/D 溶液，在高速清洗下，時間 710 秒，轉速 20 500 RPM。

0030 DTMO CLEAN

0030	Tool	SUGAI
0030	batch size	52 wafers
0030	Recipe	
IORGRCA01		
0030		
0030	H2O2 31% 1	
0030	NH4OH 29% 1	
0030	Temperature ambient time 180sec	
0030	Megasonic ON	
0030	HQDR DIW Pt-1	
0030	HUANG B H2O 5	
0030	H2O231% 1	
0030	HCl 37% 1	
0030	Temperature 70C	
0030	Time 300sec	
0030	MEGASONIC ON	
0030	QDR DIW Pt-1	
0030	FR DIW 300SEC	
0030	Megasonic ON	
0030	Spin Dryer time-speed 390sec-800rpm	

☞ 在大氣壓下，使用機器 SUGAI，清洗 52 片 WAFER，溶液 1 由氨水加雙氧水混合，並在常溫下清洗三分鐘。清洗完後使用 DI 純水洗淨，時約 5 分鐘。溶液 2 由鹽酸加雙氧水混合，在溫度 70℃ 下清洗 5 分鐘。最後在使用快速

清洗溶液 DI 純水，轉速 800 RPM，時間 390 秒即可。

下面針對業界常用之配方，討論其實用性及優缺點，並對其改良做一簡介。

5.3 清洗方式

RCA-CLEAN

1	2	3	4	5	6
SC1+Meg @70°C 5min	QDR overflow 16Mohm-cm	SC2 @70°C 5min	QDR overflow 16Mohm-cm	FR+Meg Overflow 16Mohm-cm	Dry SD or IPA

圖 5.14 RCA 洗淨程式

☼ 濕式蝕刻清洗目前仍以 RCA 洗清程式為主，經改良應用在：

1. ULSI 製程上
2. 爐管擴散前清洗

☼ 圖 5.14 是 RCA 清洗程式之流程表，RCA 清洗是以這兩溶液為主：

1. SC-1 (APM)
2. SC-2 (HPM)

☼ 加以混合清洗，主要是清除：

1. 微粒
2. 金屬雜質
3. 有機污染

RCA A 式清洗不浸在 HF (氫氟酸) 溶液中，以蝕刻去除氧化物 (Native Oxide) 活氧化層

☼ SC-1 = NH₄OH : H₂O₂ : H₂O

☼ SC-2 = HCL : H₂O₂ : H₂O

☼ 洗淨過程

1. 浸入 SC-1 溶液進行清洗 5min，反應溫度 70 。
2. 利用超純水(去離子水)快速清洗，避免溶液的混合。
3. 浸入 SC-2 溶液進行清洗 5min，反應溫度 70 。
4. 進行最後的洗濯。
5. 進入 Dry SD or IPA 去水、烘乾、保存。【5】

Modified RCA-CLEAN

1	2	3	4	5	6	7	8
SPM/SOM	QDR	SC1+	QDR	SC2	QDR	FR+	DRY
@120 C	overflow	MEG	overflow	@70 C	overflow	MEG	SD
10min	16M	@70°C	16M	5min	16M	overflow	IPA
	ohm-cm	5min	ohm-cm		ohm-cm	5min	Marangoni

圖 5.15 改良式 RCA 洗淨程式

A-CLEAN

1	2	3	4	5	6	7	8
SC1	QDR	DHF	QDR	SC2	QDR	FR	DRY

圖 5.16 A 式清洗流程

圖 5.15 為改良式 RCA 洗淨，也就是在利用 SC-1、SC-2 溶液清洗前，增加一硫酸清洗步驟，具有強烈清洗能力的強酸 SPM/SOM 加以清洗。

☼ SPM : H₂SO₄+H₂O₂

☼ SOM : H₂SO₄+O₃

CVD 沉積洗淨，不必浸在 DHF 中，因其不必去除自然氧化物。若需去除自然氧化物則需短暫浸蝕在 DHF 溶液中。

圖 5.16 洗淨程式主要在 SC-1 及 SC-2 中間加一步驟(浸蝕在 DHF 中)，但其會造成去除微粒後，又產生微粒，所以現今已不被重用了。【5】

B-CLEAN

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SPM	QDR	DHF	QDR	SC1	QDR	SC2	QDR	DRY

圖 5.17 B 式清洗流程

B-CLEAN-HF-LAST

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SPM	QDR	DHF	QDR	SC1	QDR	SC2	QDR	DHF	QDR	FR	DRY

圖 5.18 HF 終結 B 式洗淨

其後因應 A 式清洗不符所求了，所衍生的 B 式清洗如圖 5.17 所示。

B 式清洗是在浸蝕 DHF 前先用 SPM 清洗，以去除殘留光阻及有機污染物，在浸入第三槽的 DHF 溶液中，浸蝕的時間則由氧化物的厚度決定之，並要注意氧化蝕刻的均勻度(Oxide Etch Uniformity)

☼ B 式清洗常用之時機：

1. 閘極氧化層前清洗。
2. 初步氧化墊層氧化(Pad Oxide)。
3. 場區氧化(Field Oxide)。
4. 離子植入後清洗或井區驅入(Well Drive-In)。

☼ A 式清洗適用於 3um 以上。

☼ B 式清洗適用於 0.5um 以上。

但如要再降低閘極氧化層，卻是難以為矣，當氧化層厚度降 100? 以下時，

利用 B 式清洗不但無法清除微粒，反而生成了一層薄薄的氧化層。

圖 5.18 為 B 式 HF 洗淨，可有效的去除 100? 的閘極氧化層。

附註：第九槽的 DHF 清洗過程常產生微粒，所以也有人改而使用 FPM 或 HF+IPA 浸蝕。【5】

VLSI 用超純水製作程序

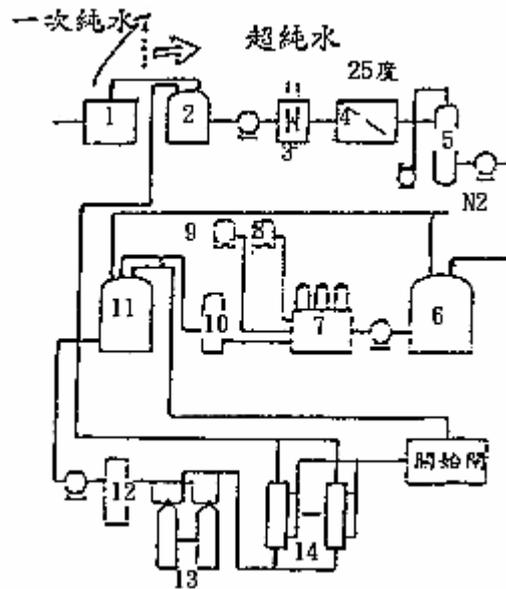


圖 5.19 DI 超純水之製作流程

在濕蝕刻清洗中，純水的用量，約佔所有之化學品的 1/2，下面則是超純水的製作過程：

1. 前處理（由原水質決定）：凝集沈澱、砂過濾，活性炭吸附（依懸濁物性質，有機物-鐵、錳等含有量而選擇）
2. 原水槽
3. 熱交換器（25 度）
4. 逆滲透裝置（RO）
5. 真空脫器塔
6. RO 透過水槽
7. 離子交換樹脂塔
8. 鹽酸儲槽
9. 苛性鈉（NHOH）槽
10. 0.2 um membran filter
11. 純水槽
12. 紫外線殺菌裝置
13. 離子交換樹脂塔（Polisher）
14. 限外過濾裝置（UF）【5】

第六章濕式蝕刻清洗機(去光阻)設備介紹

本章對各種清洗用之機台做一整理介紹，並且對其結構、做動方式、清洗之程序作一介紹，最後則是對各個機台之優缺點作一整理比較，以方便讀者明白瞭解。

本章流程圖

浸洗式化學洗淨站→電解水裝置系統→密閉容器化學洗淨系統→單晶圓旋轉清洗設備→超音波清洗系統→噴洗式單槽化學洗淨機→濕蝕刻溶液之容器

6.1 浸洗式化學洗淨站(Immersion Chemical Station)

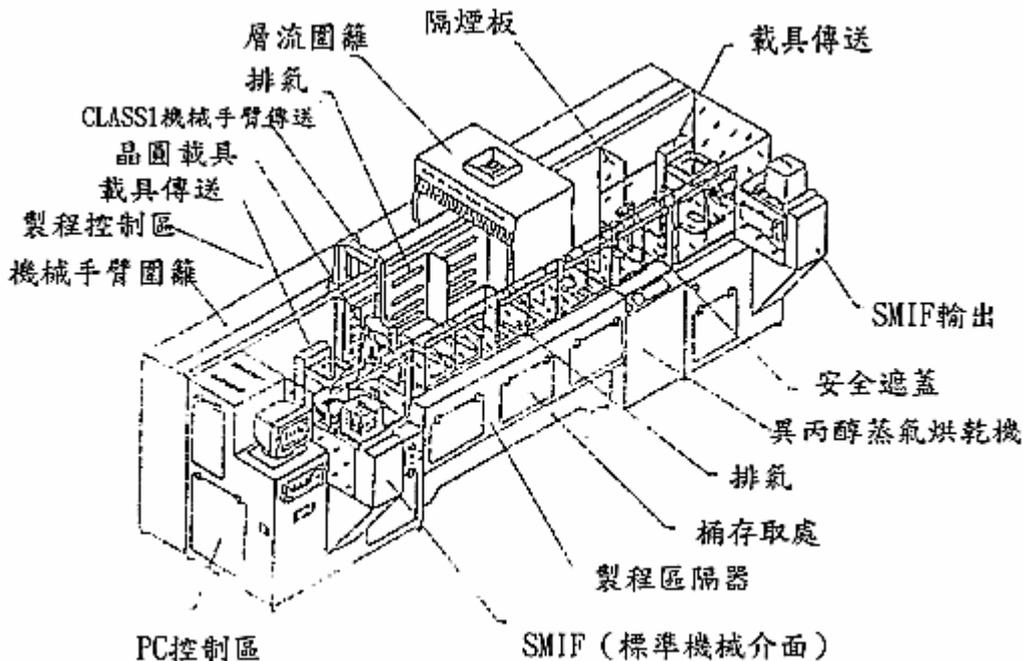


圖 6.1.1 SMS 自動化學洗淨站外觀圖

這種化學清洗技術，已經完全自動化控制。線上操作人員，只要將欲洗淨的晶圓連同晶舟放置於洗淨站的輸入端(Input Stage)。為增加產量，一般均設計放入兩個晶舟，每個晶舟裝滿 25 片，不足則用檔片(Dummy Wafers)補滿或平均分配，兩個晶舟裝有相同片數，以達兩邊負重平衡。在最後旋乾時，才不會因重量不平衡，旋乾機振動造成破片或產生微粒。
注意：若使用 IPA 乾燥法則不用顧慮。

一般來說化學酸槽非常龐大，全套的 RCA 或 B 式洗淨共有五個化學槽，六個純水洗濯槽 (DI Rinse Tank)，長度超過 30 英尺長，Operator 放貨、

卸貨兩頭奔波。圖 6.1 洗淨站設計有獨立小型潔淨室(Mini-Environment)及獨立排氣系統，機械手臂(Robot)為後置式的(Rear Mount)的機械手臂。

自動化的濕式晶圓處理系統要能夠一貫地完成該製程所有步驟。從晶圓洗淨到異丙醇(IPA, isopropyl alcohol)蒸氣乾燥，都在此系統之內完成。

洗濯(rinse)的超純水要溢流(overflow)。沖洗後必須驅離水液。乾燥的方法

可以用旋乾(spin dry)，也可用異丙醇(IPA)的蒸氣乾燥。使用異丙醇乾燥時，要將其蒸氣燒掉，以利環保。

☼ 濕式晶圓處理製程設備應該大致包括以下的條件與功能：

1. 洗淨區域安置於 class1 無塵環境內，佔用空間宜小。
2. 系統做適當調整後，可處理不同尺寸的晶圓。
3. 百萬赫茲(MHz)超音波震盪技術用以加強去除微塵粒。
4. 洗淨區域內沒有金屬材質的組件。
5. 靈活的機械手臂可以平穩地傳送晶圓。
6. 洗淨區域內之活動組件數量必須減至最少。
7. 穩定的溫度，酸鹼值與化學組成監控。
8. 自動化的化學藥品管理與排放系統。
9. 不斷電系統保護及電腦監控與檔案管理。
10. 具備完善的工安設施，特別是火災警示與滅火裝置。

☼ 其洗淨流程如下：

1. 中央控制系統及晶圓輸入端。
2. 1 12 站浸泡洗淨：各站均有兩個槽如圖 6.1，左邊為化學酸槽，右邊為純水洗濯槽，化學酸槽洗淨後，利用機械手臂送至洗濯槽洗淨，重複此一動作。
3. 酸槽化學濃度的校正：所有的酸槽是開放式的，因此在酸槽內的化學酸鹼，會因加熱蒸發分解，會影響濃度及混合比例，因此需要用滴定法(Titration)來驗證酸鹼濃度的變化，再加以增加或減少。

☼ 軟體控制功能(Software Capability)：

- a. 換酸時間
- b. 混合溶液比例
- c. 酸槽溫度控制
- d. 洗淨時間
- e. 酸槽濃度
- f. 洗濯時間
- g. 洗淨阻值
- h. 機械手臂操作

i. 預警系統

🌸 洗淨功能(Recipe Capabilities) :

- a. RCA-clean
- b. B-clean
- c. Pre-gate-clean
- d. Bclean-Hfclean
- e. Bclean-NOHF
- f. SPM-clean
- g. Premetal-clean

🌸 優點為 :

1. 節省化學品用量:一化學槽換酸後可使用 12~24 小時或依洗淨的批數, 作為換酸的依據。
2. 連續清洗, 提高機台利用率: 當換完酸後, 酸槽預熱準備約 1 小時, 開始洗貨大約 10~15 分鐘, 每次二個晶舟 50 片晶圓清洗。

🌸 缺點為 :

1. 體積龐大, 佔用昂貴潔淨室面。
2. 換酸準備時間長, 影響產能。
3. 價格昂貴, 系統複雜維修困難。
4. 洗淨槽大, 用水量多。
5. 開放式加熱酸槽, 溶液濃度比例隨時在變。
6. 洗淨製程不穩定。
7. 機械手臂易造成意外事故。【4、5】

5. 2 電解水裝置系統

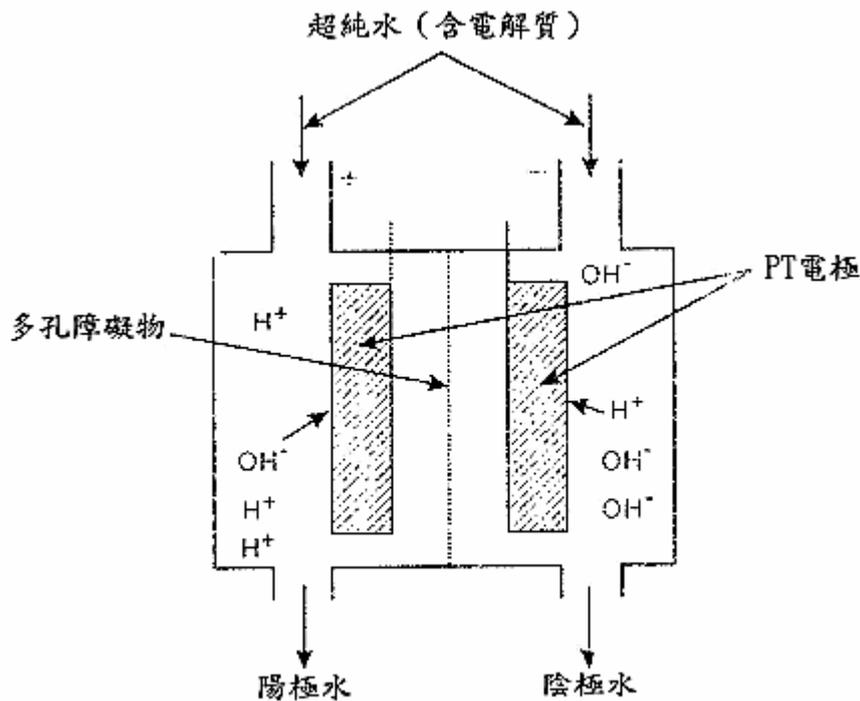


圖 6.2 電 解 水 裝 置 圖

使塵粒吸附於晶圓表面的作用，有分子吸附力、靜電作用力、液體介質橋接、雙電層排斥力和化學共價鍵結等。其中粉體與晶圓表面的靜電作用力，視周圍水溶液的酸鹼度(PH 值)而定，使內外層界面形成剪面電位(zeta potential)。一般而言，鹼性水溶液傾向負的介面電位。以 NH_4^+ 陽離子可減少粉體或晶圓表面的介面電位。電解離子水，更能有效去除塵粒。裝置如圖 6.2 所示。導入鉑電極於純水中進行電解反應，於陰極進行水的還原反應，產生 OH^- 離子，收集此陰極水溶液進行清洗。去除金屬離子可選用錯合劑 (complexing reagent)，如檸檬酸 (citric acid)，可以錯合金屬離子形成穩定的水溶性錯合物，抑制其生成氫氧化物的生成。【4】

6. 3 密閉容器化學洗淨系統 (Enclosed-Vessel Chemical Cleaning System)

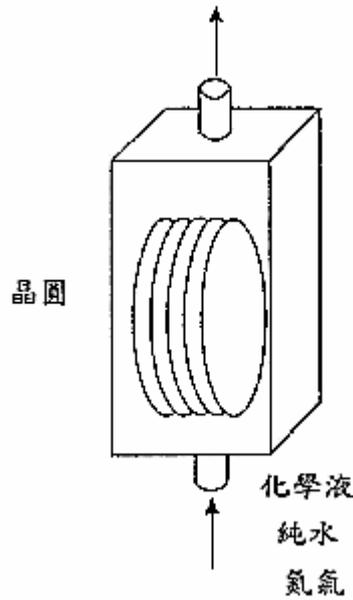


圖 6.3 全流式密閉容器單槽清洗系統

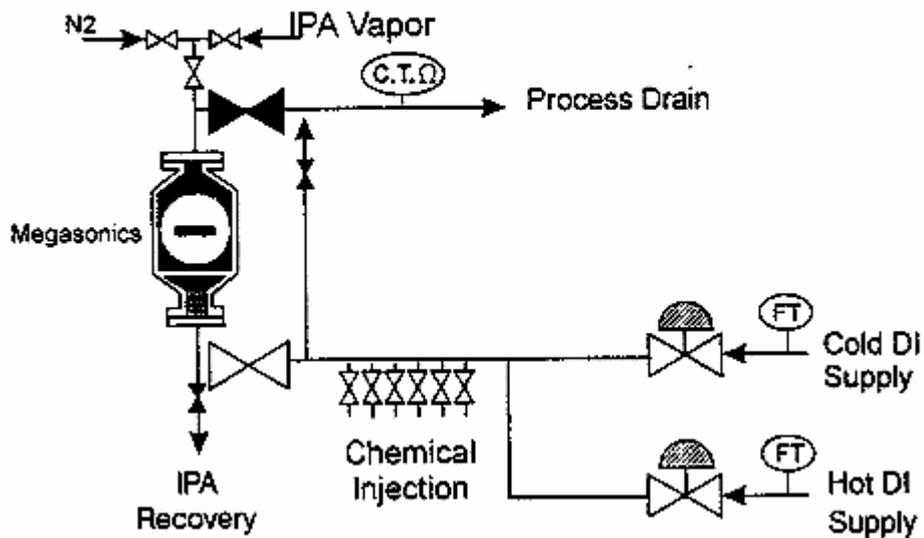


圖 6.4 為全流式 (Full-Flow™) 密閉容器洗淨製程圖

這種全流式密閉單容器化學洗淨系統設計非常簡單新穎，洗淨槽體積小，

以 50 片 8" 晶圓的容器 (Vessel)，體積約為開放式自動化學酸槽的 1/5。因此在洗淨用化學品純水用量的成本比酸槽要低的很多，而密閉室洗淨容器，洗淨化學溶液不易揮發分解，溶液濃度及比例均保持穩定不變，每批晶圓洗淨的條件均相同，而且每批晶圓均以新鮮潔淨的化學溶液洗淨，金屬有機雜質均低，而酸槽化學溶液濃度比例及金屬雜質，均隨洗淨晶圓片數改變洗淨條件。開放式酸槽因加熱而使酸槽內化學溶液蒸發分解，而改變濃度及比例，而需隨時固定添加新溶液以維持濃度及比例，但溶液微粒及金屬雜質的污染卻隨洗淨片數而越洗越髒，晶圓經 Robot 移動逐槽清洗，機器手臂移動，產生很多微粒，而 Robot 曝露在化學蒸汽環境，易遭腐蝕而影響到 Robot 的信賴度，因此 Robot 的異常造成報廢的主因及安全性的考量，Robot 傷人、撞破石英槽、手臂斷裂、破片等... 龐大的整座酸槽，結構複雜，維修困難，而微粒的控制及氧化蝕刻率的不穩及不均勻，如 8" 晶圓，下端浸蝕在 DHF 酸槽中去除氧化層，下端先入後出，而上端後入先出，且晶圓拉出液面時 DHF 由上往下流，更造成了蝕刻不均勻的先天性的缺點，隨晶圓尺寸變大，更需克服這些問題點。

☼ 全流式密閉單容器化學洗淨系統有以下的優點：

1. 減少化學溶液用量。
2. 減少 DI 純水用量，全流設計洗濯效率高。
3. 減少廢氣、廢水排放量密閉洗淨系統。
4. 系統簡單、價格低、維修容易。
5. 新鮮純淨化學溶液。
6. 微粒少、無水痕、蝕刻均勻度高。
7. 溶液濃度純度、比例穩定、洗淨條件每批均同。
8. 洗淨準備時間短，不必等待換酸。
9. 洗淨程式 (Recipe) 功能多。
10. 程式設定簡易轉換快。【4】

7. 4 單晶圓旋轉清洗設備

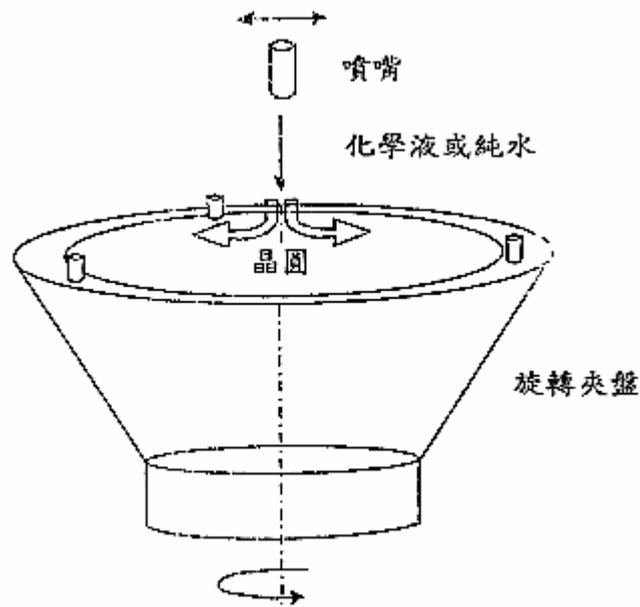


圖 6.5 單晶圓旋轉清洗設備概論圖

- ✿ 此晶圓清洗設備有：
 1. 很高的製程環境控制能力與微粒去除率
 2. 佔地小
 3. 化學品與純水量使用少
 4. 極富彈性的製程調整能力等優點
- ✿ 但其：
 1. 產能低
 2. 設備成熟度低，均是其有待加強處【5】

6.5 超音波清洗系統

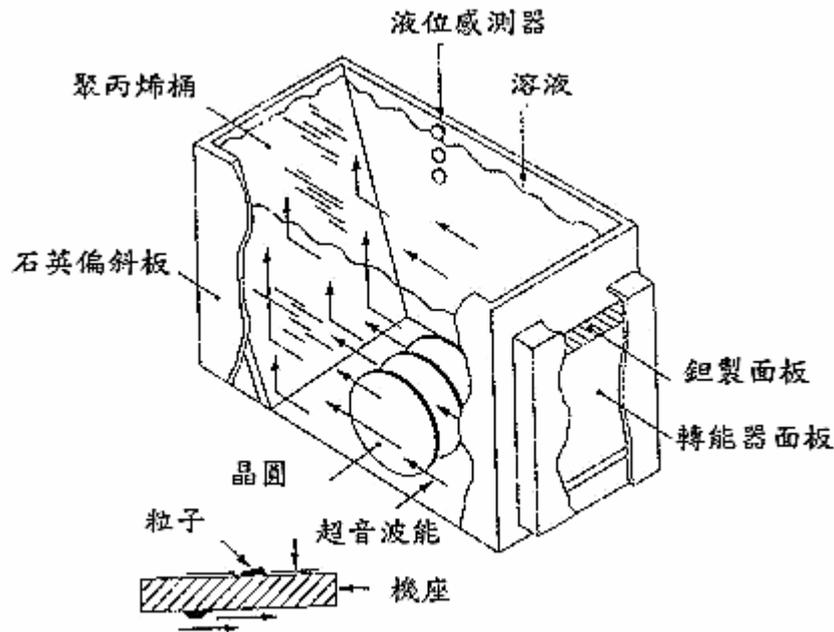


圖 6.6 超音波清洗系統

去除不溶性的微粒子污染，通常是用超音波刷洗(ultrasonic scrubbing)，或以高壓噴灑(spray)和機械刷洗合併使用。一個超音波晶圓清洗設備，如圖 6.6 所示，晶圓浸在設當的液體內，DI 純水、三氯乙烯或丙酮。超音波的頻率約為 20000 800000HZ。液體被震動而形成許多為氣泡，又因壓力而消失，造成衝擊波，打在晶圓表面。此衝擊波將微粒自晶圓表面脫落。要避免這些微粒子再回到晶圓表面，要用大量液體使其溢流(overflow)過濾(filtration)的方法，以去除微粒。

超音波配合 RCA 的清洗配方 SC-1 ($\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}, 1:1:5$) 可有效除去有機物粒子和無機的粒子。超音波系統是不接觸，也沒有刷子，晶圓二面的微粒子可同時去除。超音波能經轉能器(transducer)，平行指向晶圓。操作條件為 120V、10A、60Hz，輸出功率 300W。此種超音波系統，在 CMP 後清除殘餘研漿(slurry) 很有效。也可除去銅污染。因為金屬和 NH_4OH 交換離子而被除去。

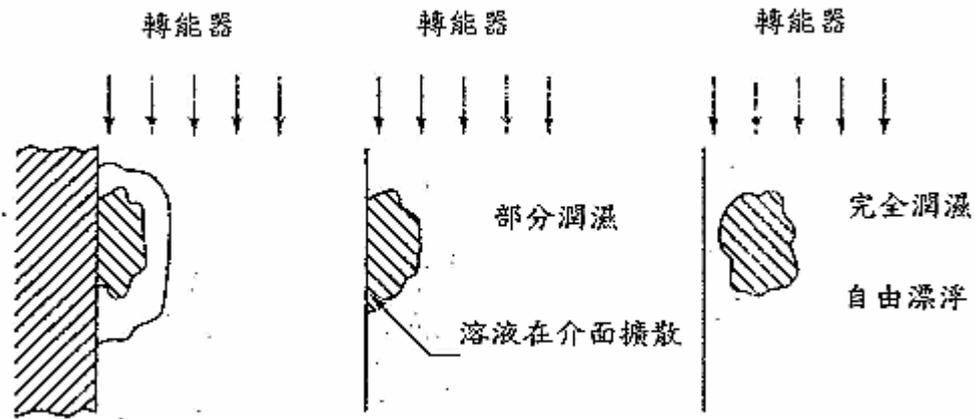


圖 6.7 轉能器清除粒子

轉能器面板可由數個轉能器組成，用條形轉能器裝置，就可省去偏折器。超音波轉能器清除粒子的模型如圖 6.7 所示。此圖之操作狀況為頻率 900KHz，壓力 $9.1 \times 10^5 \text{N/m}^2$ ，極大瞬間速度 30cm/s，波長 1.3mm，加速度大約為 10^5g ，水分子的移動大約 0.1 μm 。【4】

6.6 噴洗式單槽化學洗淨機 (Spray Chemical Cleaning Processor)

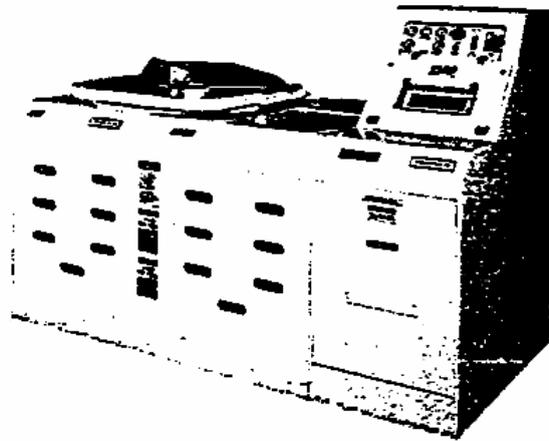


圖 6.8 FSI 多座式水星化學噴洗機

轉盤依洗淨程式所設定的轉速，依不同的洗淨循環(Cycle)自動變化，以達最佳的洗淨效果。每一循環噴洗後的化學酸鹼即排出，因此每次清洗時都是用新鮮潔淨的化學酸鹼噴洗，不若浸洗式化學酸槽一次換酸，即使用 8~12 小時後再換酸，因此酸槽內的化學酸鹼的潔淨度，隨著洗過的晶圓片數而逐漸髒污，且金屬及有機雜質沈積在槽內而造成污染，如圖 6.8，為美國 FSI 公司所設計的多座式水星噴洗機(Mercury MP Spray Processor)。化學溶液由加壓氮氣將化學罐(Chemical Canister)內化學溶液壓出經由洗淨槽(Cleaning Chamber)中央的噴洗柱(Spray-Post)和 DI 純水均勻混合到程式設定的比例(Ratio)。

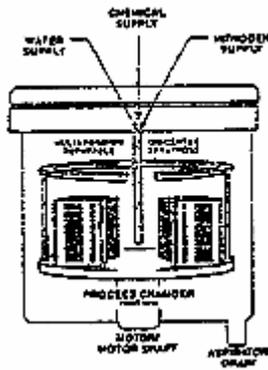


圖 6.9 FSI 化學噴洗機剖面圖

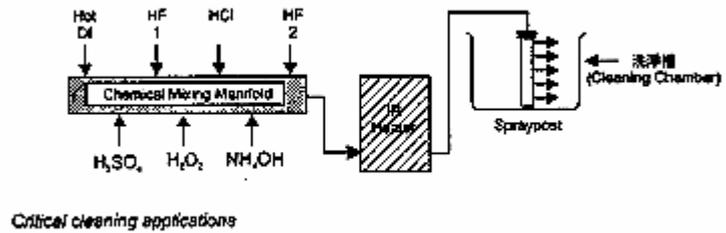


圖 6.10 FSI 化學噴洗機化學溶液管路圖

如圖 6.9 所示為 FSI 化學噴洗機洗淨槽剖面圖。噴洗旋轉中轉盤上的晶圓，不同的化學混合洗淨溶液，依程式設定的順序噴洗晶圓，在改換噴洗不同的化學溶液前，化學管路 (Chemical Tubing)，噴洗柱及洗淨槽經 DI 純水洗濯 (Rinse) 乾淨後，再噴洗不同的化學洗淨溶液，而避免「交互污染」(Cross Contamination)

如圖 6.10 所示為 FSI 化學噴洗機化學溶液管路圖。在最後純水洗濯 (Final Rinse)，轉盤高速旋轉利用高速的離心力，伯努利原理 (Bernoulli's Theorem) 及覆蓋上的加熱器 (Blanket Heater)，將洗淨後的晶圓脫水烘乾。為了使晶圓邊緣靠近洗淨槽側壁的化學殘留物能完全徹底洗淨，在側壁上裝有純水洗濯噴洗柱，從側壁噴洗晶圓，一次洗淨的晶圓片數依晶圓的大小及不同的洗淨程式 (Recipe)，一之洗淨循環 (Cleaning Cycle) 約為 20-30 分鐘，洗淨產能 (Throughput) 大，這種洗淨機台所需面積很小，不像整座化學洗淨站佔用龐大昂貴的潔淨室面積。

☼ 噴洗式化學清洗機的優點：

1. 機台需用潔淨室面積小
2. 洗淨產能高
3. 洗淨循環時間短
4. 新鮮純淨的化學洗淨
5. 微粒低 $0.1/cm^2 @ 0.16\mu m$
6. 金屬雜質含量低 <math>< 10^{10}</math> Atom/cm²
7. 省水、省化學品

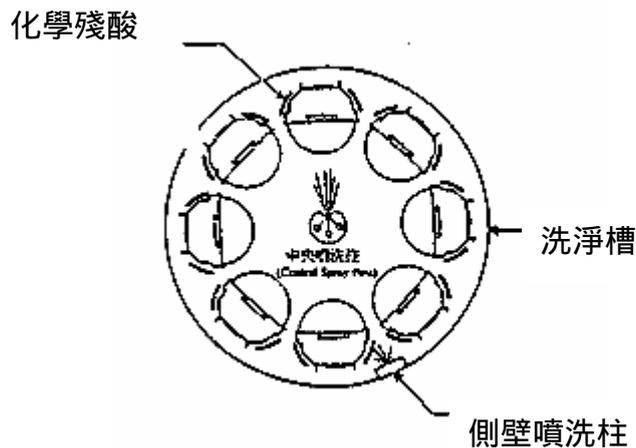


圖 6.11 化學噴洗機中央及側壁噴洗柱 (spray-post) 透視圖

這種單槽噴洗式的化學洗淨機，亦有多種洗淨功能，可設定很多洗淨程式，應用在洗淨製程上，如下以供參考：

🌸 洗淨 (Cleaning)

1. 擴散前洗淨 (Pre-Diffusion Clean)
2. 閘極氧化前清洗 (Pre-Gate Clean)
3. 磊晶前清洗 (Pre-Epi Clean)
4. 化學氣相沉積前清洗 (Pre-CVD Clean)
5. 氧化前清洗 (Pre-Oxidation Clean)

🌸 清除 (Stripping)

1. 光阻清除
2. 鈦 / 氮化鈦金屬清除 (Ti/TiN Stripping)
3. 複晶清除 (Polysilicon Stripping)

🌸 蝕刻 (Etching)

1. 矽化鎢蝕刻 (WSi Etching)
2. 氮化矽蝕刻 (Nitride Etching)
3. 氧化蝕刻 (Oxide Etching)

🌸 特殊 (Specialty)

1. 化學機械研磨後清洗 (Post CMP Clean)
2. 晶圓回收 (Wafer Reclaim)【5】

6.7 濕蝕刻溶液之容器

玻 璃	除 H ₂ O ₂ 、HF、鹼族外大多可用。 撞擊阻力差，可溶於金屬雜質。
不銹鋼(SS)	用於有機溶劑(如丙酮、甲醇、異丙酮等)，有機鹼(正光阻的顯影液) 化學阻力極佳，易於攜帶危險物品。
聚乙烯(PE)	用於酸、鹼 可能產生微粒子(因 PE 內添加了安定劑、紫外光吸收劑)
氟 樹 脂	常用的過氟氧乙烯醚(PFA)和聚四氟乙烯(PTFE)

圖 6.12 濕蝕刻溶液之容器簡介

【4】

第七章 結 論

微影的基本製程也就是由光阻覆蓋(Coating)、曝光、及顯影等步驟所構成的。半導體製程是一種環環相扣的加工，所以每一道製程程序都是很重要的。但是為了加強圖案傳送的精確性與可靠性，整個微影製程還包括去水烘烤(Dehydration Bake)、塗底(Priming)、軟烤(Soft Bake)和硬烤(Hard Bake)等步驟，使整個製程的複雜性跟著增加。

光阻主要組成物質有三：樹脂(Novolac)、感光劑(DNQ)、溶劑(EL, MMP)，其中樹脂之主要功用為使光阻能形成一種足以當作蝕刻或離子植入時之保護膜，而感光劑原本為不溶解物質，經光照射反應後，則可提高其溶解速率，溶劑之作用在使光阻形成液體狀，以方便之後做旋轉塗佈擴散之用途。光阻還有分為正光阻和負光阻兩種，就如同照片和幻燈片兩種。

微機電中心的光阻塗佈機，是一台全自動的光阻鍍膜機。它的旋轉速率可達到閉蓋每分鐘 5000rpm，但開蓋將只能達到每分鐘 1000rpm，其主要目的為安全顧慮，但由於開蓋鍍膜時會產生亂流，影響鍍膜效果，所以開蓋與否將看製程的需要。內部則是由一個旋轉組及真空吸頭為旋轉機構，此為主要機構。內部機器設定了許多循環其每一種循環，都有它的功能設定，以下是主要製程常用的循環介紹。Cycle 0: 此循環主要是測試機台。Cycle 1: 此循環製造程是非常簡單的循環，即適合單一製程的應用，單一步驟即為封蓋的旋轉、速度、加速度及時間。Cycle 2 8: 這個循環跟 cycle 1 一樣，但此循環可以設定更多複雜的應用，使用者可以設定到 30 個程式步驟，主要針對特殊應用。

濕式蝕刻主要是利用有機溶液對光阻進行結構性的破壞，使光阻溶於有機溶液中，以達成去光阻之目的。以這種方法進行光阻去除的溶劑，主要有丙酮(Acetone)及芳香(phenol base)有機溶劑等。

另一種無機(inorganic)溶液的去光阻方式，其原理則和有機溶液之原理不同。因為光阻本身也是有機物，主要也是由碳和氫等元素所構成之化合物(compounds)，因此可以利用一些無機溶液，如硫酸(H₂SO₄)和雙氧水(H₂O₂)，把光阻之碳元素，以雙氧水將其氧化為二氧化碳(CO₂)，氫元素則由硫酸施以去水(Dehydration)，如此則可把光阻從晶圓表面上去除。

一般半導體常使用之溶劑：SC-1(氫水 + 雙氧水)、SC-2(鹽酸 + 雙氧水)、DHF(氫氟酸)、H₂SO₄(硫酸)，目的主要是去除微粒、金屬雜質、有機污染及人為污染等等，各有各的效能，對於溶液的搭配也更多樣化；在每一次溶液清洗後，均需超純水的浸洗(沖洗)，才可在經歷下一步驟之洗淨。

第 八 章 參 考 文 獻 與 專 題 分 工

- 【1】 莊達人 VLSI 製造技術 高立圖書有限公司
- 【2】 劉博文 ULSI 製造技術 文京圖書有限公司
- 【3】 張景學、吳昌崙 半導體製造技術 文京圖書有限公司
- 【4】 張勁燕 半導體製造設備 五南出版社
- 【5】 張俊彥 積體電路製程及設備技術手冊 經濟部技術處發行
- 【6】 國科會北區微機電系統研究中 <http://nscmems.iam.ntu.edu.tw>

∞ 楊文凱 濕蝕刻清洗機之製程與設備技術實務

∞ 李岱昀 北區微機電光阻鍍膜機之製程與設備技術實務

心 得

【楊文凱】

這次研究光阻鍍膜與濕蝕蝕刻之去光阻研究，我們這一組在茫茫不知如何著手的情況下，逐步找資料、討論、在找資料、在討論，我們總算看見了自己的進步，知道了、也了解了越來越多，著實令人十分喜悅。

剛開始作時，我們先到台大內應力所附設的北區微機電中心，去學習他們機台的操作、了解其機台；在學習中一起學習的同學中，有不少是碩士、博士班的學生，他們為了了解製程之理論，以利其自身程度之提昇與論文之製作完成，而業界中所使用之清洗系統，大多是以量及質作取勝，如我所研究之濕式蝕刻，業界所用之機台大多是浸洗式，然後搭配 IPA 脫水乾燥系統，整個清洗系統皆由機械手臂來搬移，換另一製程溶液，這全自動化的清洗製程，可減少人為因素所造成之缺失，即發生危險之機率。

現今台灣的半導體可以如此鵬勃發展，有賴於政府 10 多年前，大力推行半導體產業的起飛，也突破多次經濟恐慌之危機，成為 NO1. 的晶圓代工產業，但對於我國之高科技人才培養及為即時轉行為研發科技，等多重影響下，現今勞工薪資過高，國內之晶圓廠已有漸漸向外轉移之趨勢，對於我國現今之經濟狀況有重大的影響，如今只好重新著手研究技術之研發，已發展出自己的技術，而不是只是停滯於代工階段，不經一番寒徹骨，焉得梅花撲鼻香。

【李岱昀】

我們這組主要分為兩部分，一部分是光阻鍍模機製程原理以及機台操作，另一組則濕式蝕刻清洗機製程原理兩大部分探討，其實一開始聽到我們要做有關半導體製程方面的專題，非常的擔心，因為這一方面的東西是以前完全沒有接觸過，完全都不知要從何開始下手，因此大家都利用假日的時間，到圖書館找相關的資料，因為這樣開始有了初步的計劃，台大北區危機電中心有授相關的課程，經過課程的教學及實際的操作機台，使得專題主架構大致上底定。

我所做的題目是光阻鍍模機製程原理及機台操作，經過一學期的收集資料，及課程的學習使的對半導體製程工業，有一個初步認識，半導體工業其實是一個大型的分工合作，每一個都有自己的工作崗位，分別有不同的製程工作，從晶體光阻塗佈、顯影、去光阻、蝕刻等等製程程序，這些程序都是一環靠這一環環環相扣的，當中有出了小差錯，小至損失幾百萬大至可能鬧出人命，因此機台的操作，更是要確實，重要的是要了解製程的原理，讓自己的觀念清楚，而更了解半導體製程。

這一次的專題，真的讓我感到有學到相關的知識，更跨到不同領域的知識，對於半導體製程更能深入體會，雖然已對製程有所了解，但半導體的領域是廣的，我們只是研究到它的皮毛，一定要持續的研究才行。