

國立中興大學機械工程學系

NATIONAL CHUNG-HSING UNIVERSITY MECHANICAL ENGINEERING

機械設計與專題製作

半導體製程設備--線性CMP

專題計畫書

指導教授：蔡志成 老師

王國禎 老師

組員：蔡沛源 48961104

林耕舜 48961124 報告者

王星翔 48961143

侯思吉 48961148

完成日期：2003/4/8

目錄

一、緣起.....	PAGE 1
二、CMP 目前技術的討論.....	PAGE 2~PAGE5
三、功能描述.....	PAGE 5~PAGE9
四、初步設計與評估.....	PAGE 9~PAGE 16
五、進行方法與步驟.....	PAGE17~PAGE19
六、工作項目及工作分配.....	PAGE19
七、進度規劃.....	PAGE20~21
八、預定零組件規格及經費支出.....	PAGE22
九、參考資料.....	PAGE23
十、附錄(機台之整體結構圖及爆炸圖)圖).....	PAGE24~PAGE25

一、緣起

在大一、大二、大三上學期這一段不算短的日子，我們不斷地學習一些基礎的理論，包括：固體力學、流體力學、熱力學、機構學、電路學、自動控制……等。這些課程使我們具備了分析系統的基本能力，而我們又在機械設計的課程中學到了設計的基本概念。但是，學了這麼多東西總讓人有種紙上談兵的感覺。不過從這個學期開始，和之後的一整年，我們的所學終於有機會在「機械設計與專題實作」之中得到發揮，這是令人十分興奮的事。

「半導體製程設備線性 CMP」是我們幾個夥伴在詳細討論之後所決定的題目，選擇它的原因是因為我們要對「CMP」這個之前從未聽過的技術作深入的了解，並對學長姐設計的機台作改良或重新設計，並賦予它更多自動化的功能，這牽涉到了一些力的分析、機構設計、控制系統的設計和製作……的問題，尤其在控制系統的設計和製作方面是我們最較欠缺也有待學習的能力。這個題目對我們而言既新鮮又富有挑戰性，有十分大的空間可讓我們發揮，我們可在這個題目中發揮我們的創意，驗證我們學習過的理論，並學習新東西，這是我們選擇這個題目最重要的原因。

經過了同學間多次的討論，老師、學長的指導，我們有了一些構想和初步的設計，以下會逐一討論，並對整個專題的完成，規劃出時間表，對人力、經費作出分配，期待我們能按此計畫，達成預期的目標。

然而何謂 CMP 呢?而它為何在半導體上有佔有一席之地呢?以下則將分別介紹 CMP 的功用及其重要性，讓大家對 CMP 有初步的認識與了解。

1.何謂 CMP?

CMP 即是化學機械拋光(Cheical mechanical Polishing) ，又因通常可以用做為晶圓的平坦化技術，故又稱化學機械平坦化(Cheical Mechanical Planarization)。傳統上的拋光可分為化學拋光和機械拋光兩種。化學拋光其拋光精度高產生破壞深度較淺，但相對地拋光速度很慢且容易有霧斑的產生。機械拋光則產生的破壞深度較深，且精度為化學拋光低，兩者各有其利弊。而 CMP 則是結合兩者的優點，利用加工液與工件進行化學反應，藉以軟化工件並適當移除，再加上微粒子與加工面的機械式摩擦，而得以進行高效率及高精度的拋光

技術。目前正大量用於 IC 製造的平坦化過程中，大大地提升晶圓的拋光精度以及拋光速度。

2.CMP 的重要性:

從早期的真空管，電晶體，乃至於固態元件，這數十年來半導體的發展可謂一日千里。如今半導體發展上的一個新瓶頸便是”晶圓平坦化處理”。由於矽晶圓尺寸的愈加變大，從 8 吋往 12 吋以上發展中，再加上最小線寬也愈加小，甚至朝 0.13 μm 以下的製程邁進，不難想像晶體電路的電晶體及金屬導線不斷微細化的結果，將導致積體電路朝向更密集化的理想前進。此外，半導體製程的另一項趨勢便是把電路往上堆疊，只要把絕緣層置於兩層電路中間，便可把整個薄膜導線層往上堆疊高達 4~8 層以上。而以上這兩種製程趨勢勢必將遇到技術上的難題，也就是晶圓平坦化的問題。倘若晶圓表面凹凸的變動範圍過大，那在進行曝光機對焦時(特別是對於短波的黃光微影技術)，其解析度和焦點深度(Depth of Focus,DOF)將無法同時兼顧，也就是若提高了解析度後，要同時對凹面與凸面對焦就會有困難。也因此為了使凹凸面同時對焦，勢必將晶圓表面的凹凸程度降至焦點深度的變異程度以下，故晶圓表面平坦化就顯的格外重要。此外在多層導線技術中，層與層間的平坦化(如絕緣膜與金屬膜等)，皆是導線多層化的重要因素，此外更可實現鑲嵌法(Damascene)的導線形成過程等等。

二、CMP 目前技術的討論

1.CMP 機台

一部 CMP 機台最基本的幾個系統可分為下列四項

- (1)傳動系統: 整個 CMP 系統的動力來源。
- (2)研磨墊: 研磨晶圓的最主要部分，最主要利用摩擦力來研磨晶圓。
- (3)研磨液: 利用化學作用來研磨晶圓，也有潤滑作用。
- (4)控制系統: 馬達和感測元件的控制，CMP 機台的最重要部份。

而研磨液 (Slurry)、晶片 (Wafer)、與研磨墊 (Polishing Pad) 三者之間的交互作用和影響，便是 CMP 中發生反應的焦點。在 CMP 製程中，我們先讓漿料填充在研磨墊的空隙中，並提供了高轉速的條件，讓晶片在高速旋轉下和研磨墊與漿料中的粉粒作用，並藉由摩擦力和化學反應的作用，達到移除晶圓表面的不平坦處。最常被用來作為移除速率的經驗式是 Preston Equation

$$R.R = k * P * v$$

R.R：晶片表面去除速率。

k：由研磨條件決定的常數。

P：研磨壓力。

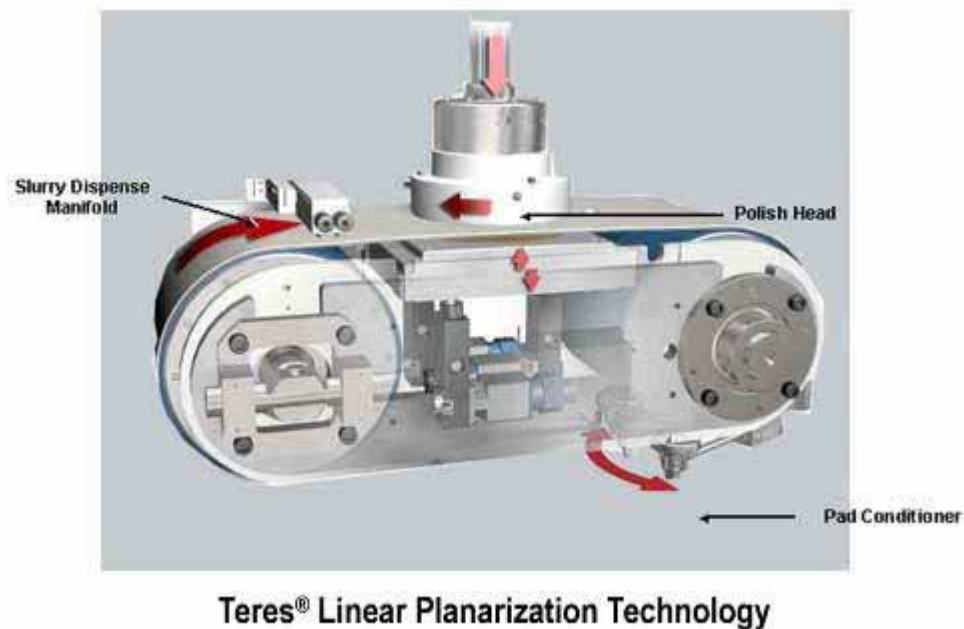
v：晶圓和研磨墊之間的相對速度。

由此可知 CMP 機台要有幾個很重要的控制因數，例如：研磨墊之轉速、研磨墊的表面、研磨液量的多寡、壓力的控制...等等。這些因數的控制影響到最後輸出晶圓的拋光率、均勻度是否有達到我們的要求。另外還有一些誤差會產生，原因是：拋光墊和晶圓表面會有摩擦力產生、摩擦力會提升溫度，研磨液的密度隨者溫度上升會改變、拋光墊耗損等等。

2.現有相關線性 CMP 的技術

下圖 2.1 是我們從網路上找到有一家 CMP 公司(Lamrc)有關於他的線性 CMP 機台，我們

可以看到中間一根主軸，主要也是利用主軸向上下移動的方式來達到控制壓力的目的，固定晶圓的方式也是採用真空吸附的方法，和我們的設計並沒有相差太遠。比較值得注意的是他在研磨墊下有設置一個叫做 air-bearing platen 的東西，在研磨利用空壓的方式，用空氣向上噴的力量，使一塊軟墊做上下的運動，藉以抵銷研磨墊向下的力量。根據實驗結果顯示這樣的方式能夠達到最大的平坦化效果，不會使研磨過後的晶圓產生裡面較薄而邊緣較厚的現象，由於經費和設計上的難度，我們並不採用這種方式而是使用熱水帶來達到類似這樣的功能。由圖中我們還可以看到(pad conditioner)一個清洗研磨墊的刷子，使在研磨時殘留在研磨墊上的碎屑能夠清洗乾淨而不會影響研磨效率。這個設計是我們之前沒有考慮到的一個重點，因此之後我們可能會設計一個類似有這樣功能的裝置。



(圖 2.1)Lamrc 公司的線性 CMP 機台

3.CMP 目前相關應用技術

CMP 的用途很多，尤其是被用在半導體製程方面，由於它可以實現晶圓絕緣膜與金屬膜平坦化的理想，致使著 CMP 技術的精密化也逐漸被受期待。總括來說，CMP 目前應用於半導體技術大約可分為:1.溝槽電容製程 2.淺溝槽隔離(STI)3.層間絕緣膜製程 4.接觸窗製程 5.鑲嵌法 6.金屬導線製程等等。而近幾年來，CMP 技術更突破傳統的應用層面，在平面顯示器(Flat Panel Display)，多晶片模組(Multichip Modules)，微機電系統(Microelectro-Mechanical System)

等等也陸陸續續有 CMP 機台的出現。此外在類似半導體生產工藝的電子結構上，如感測器(sensor)，檢測器(detector)和光導攝像管(vidicon)的表面加工，也漸漸利用 CMP 來完成。而 CMP 技術也在陶瓷、精密閥門、硬碟盤、光學玻璃、磁頭、機具模具、金屬材料等表面加工領域正在不斷的得到重視，甚至而有些部分也得到了很好的應用成果。

至今，CMP 的技術改良大多著重於研磨效率的增加，而這又關係到研磨粒、研磨液、研磨設備的材料、研磨壓力與研磨速度等因素，而如何搭配這些參數去產生全面平坦化的晶圓則是 CMP 的最終目標了。也因此市面有各種的 CMP 機台出現，其各有各的優點。目前現在 CMP 設備方面有單頭、雙頭拋光機，甚至朝多頭拋光機發展。結構也逐步由旋轉運動(rotary kinematics)結構轉向軌道拋光方法(orbital polishing methods)和線性拋光技術(linear polishing technology)方面發展。例如在線性 CMP 中，又稱為 LPT，目前已顯示此類的機械化學拋光機會有較良好的研磨效率與較平坦的晶圓表面。如 LAM 公司正研發出一台線性 CMP 機器，其有較高的研磨墊速度，與較小的下壓壓力、再加上一 Air Bearing Platen，便可達成其他 CMP 機器所不能達到的優點。

此外在研磨頭抓取晶圓方面，通常可分為真空式和抓取式兩種。雖然真空式是較為常見的方式，但根據研究顯示真空式這種方式較為差，若本身晶圓背部就不平整，那將嚴重影響其品質。不像抓取式可以在研磨頭上加上柔軟發泡材料的緩衝墊，利用水的表面張力讓晶圓固定，若晶片本身的變形，可以藉由緩衝墊緩衝而促進整個精密平坦化的進行。而在研磨液方面，比較新的做法便是把研磨液裝在研磨帶下面，並在研磨鑽上一些小洞好讓研磨液噴出，此類的做法可以避免不必要的研磨液浪費。諸如此類，改善 CMP 機台的品質方法可說是枚不勝舉，各有各的考量點，不過大體上 CMP 是朝著良好的研磨效率以及較平坦的晶圓表面此兩方面去追求。

三、功能描述

CMP process

要設計一台 CMP 機台必須先了解了解 CMP 的特性。CMP 平坦化技術有需多要考慮的製程參數，例如：拋光墊之轉速、拋光墊的表面、研磨液的體積、壓力分布。改變這些參數會對拋光率、均勻度、厚度產生影響。另外在研磨過程中，會產生一些誤差，其原因為拋光墊和晶圓表面會產生摩擦力、摩擦力會使的溫度上升，並使研磨液的密度發生改變、拋光墊的磨耗和壽命等...。我們要對以上的因素作良好的掌控，才能使晶圓的拋光率、均勻度、厚度達到一定的要求。如下圖 3.1 所示。

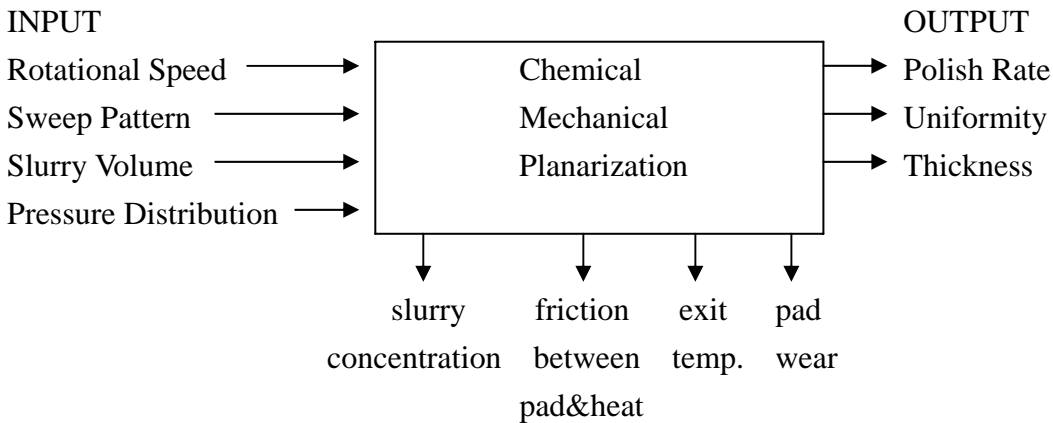


表 3.1 CMP 參數圖

由上圖所知，為了想得到我們期許的 OUTPUT，適時的控制 1.旋轉速度(包括研磨墊和輸送帶)，2.改善研磨帶的表面性質，3.改善對晶圓的施加壓力，4.以及使壓力能均勻分布等四大因素將是我們所期許的目標。以下我們將這四大控制因素改成以表格的型式加以描述，以說明我們如何達到這些目標。如表 3.2。

表 3.2-線性 CMP 功能分析(1)

四大目標	CMP 機台之功能	備註
一.控制旋轉速度	1.利用 DC 馬達控制研磨帶的速度	使晶圓相對於研磨帶的速度獲得控制
	2.利用 DC 馬達控制研磨頭的轉速	
二.改善對晶圓的施加壓力	利用步進馬達精確控制研磨頭的	

	上下運動	
三.改善研磨帶的表面性質	尋找適當的研磨墊	使用無接縫研磨墊
四.使壓力能均勻分布	仿效 air-bearing platen	經費問題，故以熱水帶取代

舊有 CMP 功能之討論:

我們在本次專題中承襲了學長姐去年設計的機台，其雖然已具有了完整的雛型，不過在研磨頭的轉動機構與控制控制研磨頭上下的機構上尚有改進的空間，另外，舊有機台的研磨墊速度、研磨頭轉速均為固定，而無法控制轉速，並且缺乏一些自動化的功能，我們的線性

CMP 機台會針對以上幾點作改良或重新設計。

1. 研磨頭的轉動機構

下圖 3.1 為舊有機台之研磨頭的轉動機構示意圖

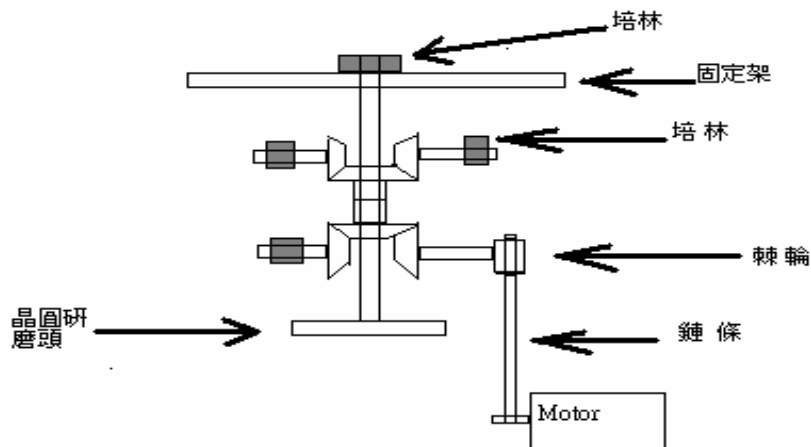


圖 3.1：舊有 CMP 機構圖

仔細觀察此圖可知傘型齒輪的使用太過繁多，致使整個傳動系統過於複雜，且單一馬達要帶動這麼多的齒輪，對馬達來說可是一項很繁重的負擔。此外用這麼多齒輪想必其摩擦力一定會很大，故聲音必吵雜，且用太多齒輪容易有背隙的情形發生，因此經過我們這一組分析過後，較上端的那一組傘型齒輪看起來是多餘的，猜想學長設計此傘型齒輪組的動機便是為了抵消下面的傘型齒輪向上頂的力量，故設計這樣。

下頁圖 3.2 便是我經過我們改良的傳動系統，我們把學長多餘的傘齒輪捨棄掉，只保留有用的零件。如下圖所示，我們把上面的傘型齒輪組全部換掉，改置換一個軸承套在傘齒輪的尾端，軸承的外圍則套在一個自行訂做的套管，而套管會被焊於上方的固定架，如此一來便可以省去不必要的齒輪，整個傳動系統也精簡許多。

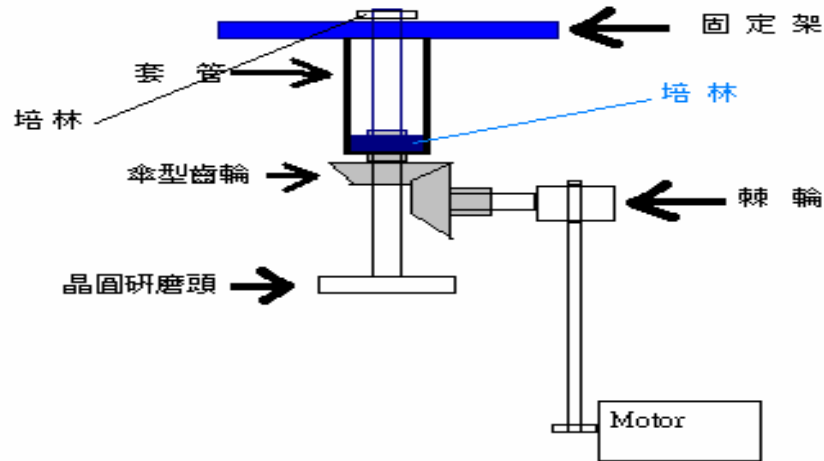


圖 3.2：改善後 CMP 之機構圖

2. 控制控制研磨頭上下的機構

由於學長姐控制研磨頭的上下運動是利用氣壓式的方式，理論上是可以輕而易舉的控制研磨頭壓力，然而我們卻發現會有靜摩擦力的問題產生，也就是說當要使研磨頭上下距離極小時便會產生問題了。為克服這個問題，我們捨棄學長姐的氣壓方式，仿效工具機的研磨頭上下運動結構，用導螺桿去控制，在利用步進馬達去完成精密定位的功能，這一部份將於初步設計中討論到。故在舊有的 CMP 功能此一部份，我們所要改善的便是研磨頭的轉動機構，控制控制研磨頭上下的機構。

自動化之功能:

由於本組在機構和控制部分都已經規劃出許多目標，CMP 機台也逐漸可以朝自動化的理想前進，因此在控制研磨頭轉速，研磨墊轉速，研磨頭上下運動之後，我們再增加了晶圓感測系統和壓力感測系統，最後把全部的控制系統連結起來，成為一套自動化的理想 CMP 機台。

下表 3.2 中，我們將學長姐的 CMP 機台功能和我們 CMP 機台的主要功能做個比較。

表 3.2：線性 CMP 之功能分析(2)

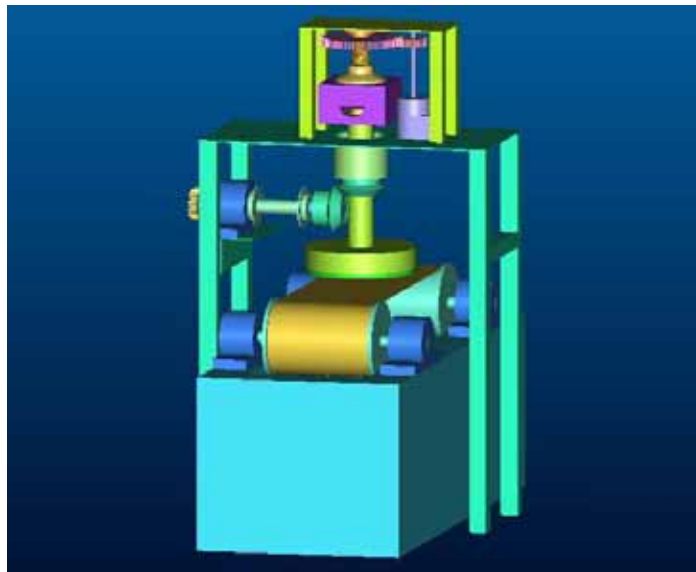
	舊有 CMP 機台	我們的 CMP 機台
一.研磨頭的轉動機構	1. 齒輪太多過於複雜 2. 噪音多有背隙問題	1.減少不必要的齒輪(傳動簡單) 2.考慮用皮帶，減少背隙問題
二.控制控制研磨頭上下機構	1. 會有靜摩擦問題 2. 沒有控制功能	1. 可以精確控制研磨頭上下(利用步進馬達) 2. 達自動控制目的(printport8254/8255)
三.控制旋轉速度	1.不能控制研磨帶速度	1.利用 DC 馬達控制研磨帶的速度
	2.不能控制研磨頭速度	2.利用 DC 馬達控制研磨頭的轉速
四.改善研磨帶的表面性質	有接縫的問題	1. 使用無接縫研磨墊 2. 尋找適合的 CMP 研磨帶
五.使壓力能均勻分布	以熱水帶取代	經費問題，故以熱水帶取代
六.壓力感測系統	沒有此一系統	可以得知壓力進而控制移除率
七.晶圓感測系統	沒有此一系統	可適時偵測晶圓的到來。

四、初步設計與評估

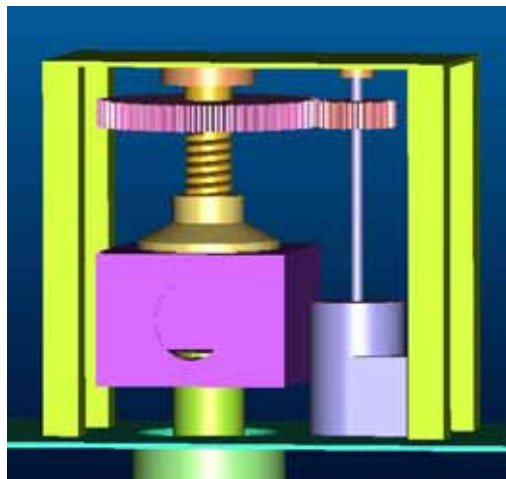
我們對線性 CMP 機台的設計分成了：傳動系統與結構、步進馬達與 DC 馬達的控制系統、壓力感測系統、晶圓感測系統、研磨帶製作方法等幾個部分，以下會逐一介紹。

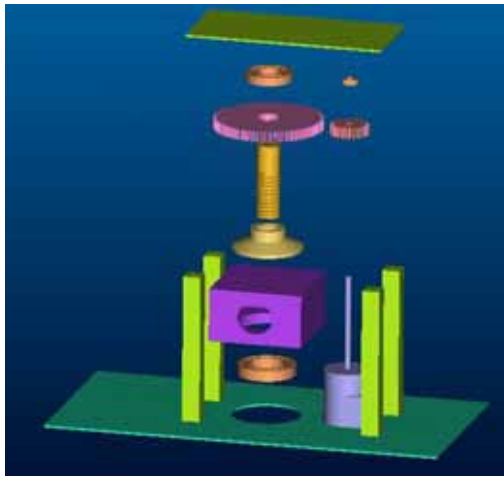
1. 傳動系統與結構

(1) 研磨頭的進給機構



(圖 4.1) 整體結構示意圖

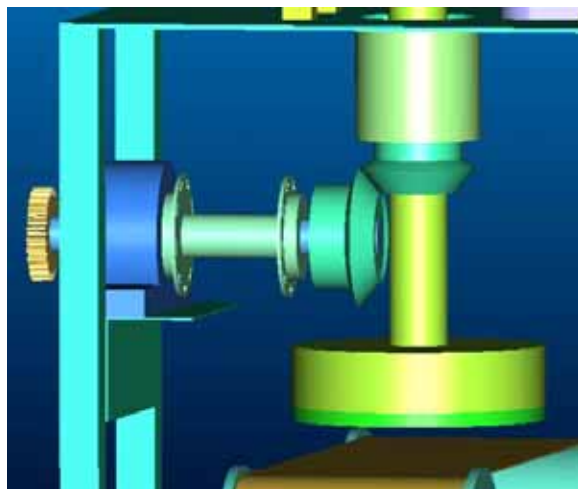




(圖 4.2)控制壓力的研磨頭進給系統:

由 Preston Equation 的移除經驗公式中，壓力也是控制研磨晶圓的一個重要參數，我們利用導螺桿的原理，先固定導螺桿在壓克力盒子上，再由齒輪帶動導螺桿旋轉，帶動整個晶圓吸附頭作上下的運動，使晶圓和研磨墊的接觸的壓力改變，達到控制壓力的部分，吸附頭上下運動的範圍只有幾公分而已，並不需要太大，精密度的反而要求比較精確。而帶動齒輪和導螺桿的動力來源則是步進馬達，利用步進馬達可以控制正反轉、轉速和旋轉角度的原理，而步進馬達的控制部分在稍後會提到。馬達接上齒輪(皮帶)後，利用齒輪(皮帶)來驅動導螺桿並作導螺桿微調的功能。

(2)研磨頭的轉動機構



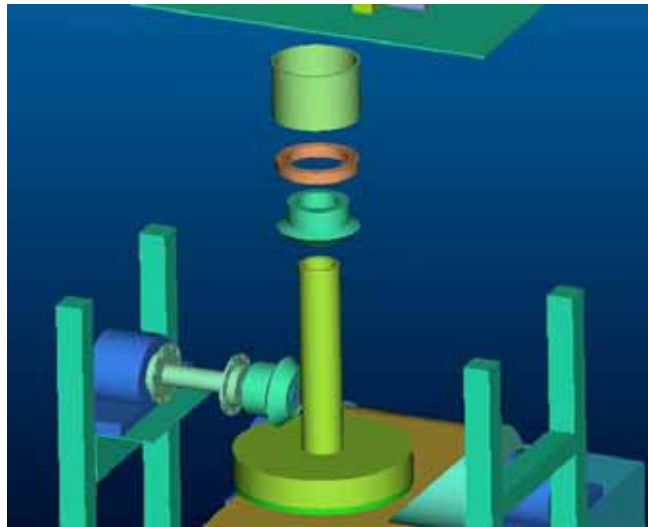


圖 4.3：研磨頭的轉動機構

如圖，主要的動力來源仍是以馬達來提供，但研磨頭和研磨帶的轉速都不高，所以需要具有高減速比的馬達，接上一個棘輪的減速機構，使馬達在停下來時不致於有急停的現象，而造成晶圓的受損。再利用傘型齒輪來轉動晶圓吸附頭。而真空吸附的管子，則是先套一個滾珠軸承，滾珠軸承再套在一個焊接在架子上的圓桶，目的是固定住真空吸附的管子，使其在轉動的時候不會有搖晃的現象。並在致動器下之軸承加滾珠，以避免發生摩擦，而使管子發生破裂的現象。

雖然計劃書中 CMP 之傳動系統的初步設計是這樣的，然而根據我們這幾個禮拜搜尋資料發現，很多工具機的馬達是裝置在研磨頭的上方，也因此本組可能會把馬達裝和齒輪組裝置在架子上面，如圖 4.4 所示，這樣一來便可以減少不必要的傳動元件(如鏈條等等)以及傳動距離。需注意的是我們將重新製作一個架子，要求比以往大且穩固，一來可以重新規劃馬達的位置，二來可用的因此空間變大了，且可以在底端增加重物以增加底部的重心，便可避免馬達晃動等等之困擾，使整個 CMP 機台趨於穩定，而至於其他的結構大致上和上述差不多。

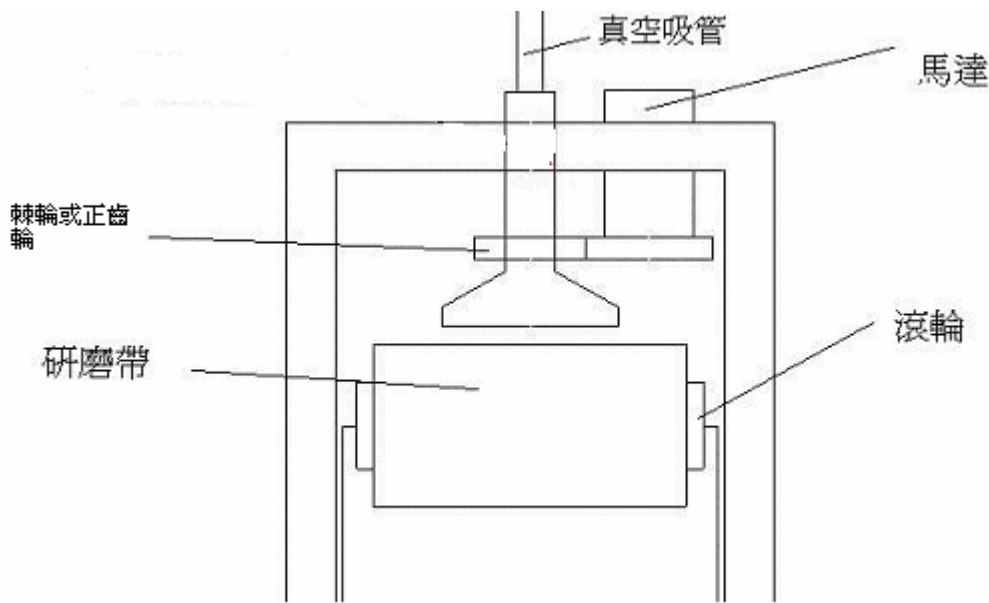


圖 4.4：研磨頭的轉動機構(修正圖)

2. 步進馬達與 DC 馬達的控制系統

由於研磨頭的壓力、速度與研磨帶的速度皆是控制晶圓移除效率與研磨品質的重要關鍵，所以在本專題中，我們期望能以控制的方式來控制步進馬與 DC 馬達的轉速。不同於其他組使用單晶片的控制方式，本組採用的是 Printport8254/8255 的控制法則，利用 BCB 程式來完成我們所要的需求與目標。原因則是單晶片需要花費一段時間去學習，且對於 CMP 來說，本組期望最後能把所有的控制系統連接起來，做成一套自動化的 CMP 系統，故有一台小型電腦來監控整的系統則是最好不過了。以下我們則分別介紹步進馬達與 DC 馬達的初步設計與評估。

(1) 步進馬達方面

如上面傳動系統與結構改良所述，步進馬達的目的便是用以連接一個小齒輪，以驅動整個的研磨頭的上下運動。也由於步進馬達是利用激磁的原理來做動，所以我們評估只要能改變步進馬達激磁的速度、與激磁的大小、甚至是激磁的數量與方向、我們便能輕易控制其速度、力矩、與角度、甚至是正反轉的方向。而根據我們這一組的初步了解，利用 printport8255/8254 這種控制方法，要控制步進馬達的轉向與速度，只要在程式上動點手腳就可以，如速度與送出訊號的速度有關、正反轉與送出訊號的順序有關、至於步進馬達的輸出矩則與電路的電流有關。在此我們會在執行其中找到較合適的電路圖，以便能驅動研磨頭的上下移動。

圖 4.5 便是本組簡單的電路控制圖，它的目的便是用來驅動且控制裝在機台上方的小齒輪，有了如此的驅動源便可以使研磨頭依據我們所需上下移動。簡單的電路如下，首先我們會用 BCB 撰寫一個程式，以控制馬達的正反轉,轉動角度以及轉速，程式經過電腦作處理後送出並列埠端，再經 printport8254/8255 至我們所規劃的電路板上，再由電路控制馬達的驅動。其中我們考量的是馬達可以選用步進馬達，且相位可以選用 4~8 相位，若要做得更精密一點便可以使用八相位的步進馬達。

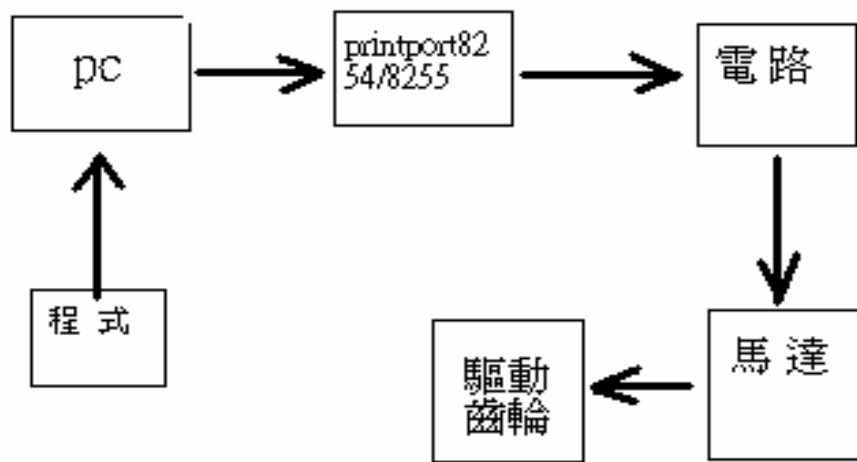


圖 4.5：DC 與步進馬達控制流程

(2) DC 馬達方面

由於考慮到學長姐已經留有兩顆的 DC 馬達，為了節省經費，故我們打算直接控制舊有的兩顆 DC 馬達。其控制方法跟上述的差不多，不同的是改成控制 DC 馬達，由於要控制 DC 馬達可能

會比較難一些，且目前也正在收集這一方面的資料，不過大致上的控制步驟和上圖差不多，要改的話可能是電路板的線路會有所不同，和程式上的控制問題。

3. 壓力感測系統

前面我們已設計出一套可以上下研磨頭的進給系統,不論是傳動或是控制方面都已經詳加

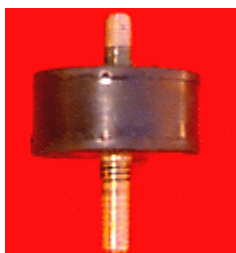
介紹過了，然而卻缺少一個可以量測壓力的系統。經過我們的搜尋，壓力感測元件可說是枚不盛舉，表 4.1 便是我們所蒐集到的資料。不過要強調一點是並非每種壓力元件都適合我們，由於考慮到經費,裝置的方便性,精度,量測範圍等等,致使我們得選出一個適合我們的壓力感測元件。

表 4.1-各種壓力感測器之比較表



(圖 4.6)拉力計 (圖 4.7)壓力計 (圖 4.8)電子磅秤 (圖 4.9)體重計

	優點	缺點	備註
1.拉(壓)力計	價格便宜	裝置不易,精準度尚可	也電子式(較昂貴)
2.Load Cell	量測精度高	價格貴且量測範圍小	
3.電子磅秤	裝置容易,精準度高	薄型式量測範圍小,價格高	內由 LoadCell 組成
4.氣壓計	價格便宜	裝置不易	
5.體重計	價格便宜,裝置方便	精準度尚可	
6.電子式壓力計	量測精度高,體積小	裝置不易	多由 MEMS 製成



(圖 4.10)LoadCell



(圖 4.11)LoadCell

藉由上表 4.1 的比較過後，考慮到裝置的方便性,價格等等問題，我們初步選擇體重計做為我們的壓力感測系統。首先我們會在研磨帶的下方製作一個平台，好讓體重計有位置可以置放，而在選擇體重計方面，也會儘量選擇體積小一點的，以避免過大而和研磨帶相接觸，最後再將熱水帶放置體重計上，隨之歸零體重計即可以量測晶圓所受的壓力了。大致上如下圖 4.12 所示。

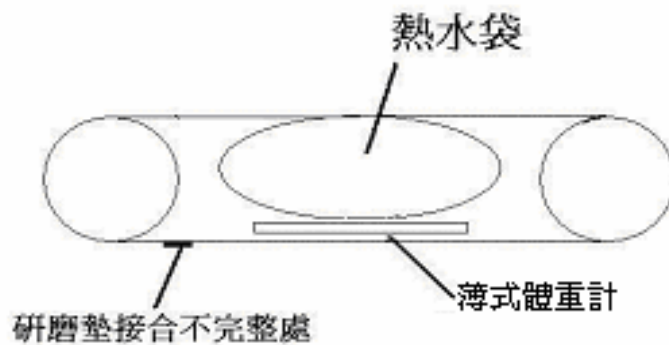


圖 4.12：壓力感測器之裝置圖

熱水袋最主要的功能是平衡晶圓研磨頭向下壓的力量，使研磨帶在研磨時不致於會整個向下凹而影響到研磨的效率，我們也有考慮到使用其他的剛性物體來取代熱水袋的功能，不過這樣就沒有緩衝的功能，故就還是以熱水袋做我們的設計構想。

體重計則是放置於熱水袋下並固定在機台架子並沒有和研磨帶接觸，當研磨頭向下壓時連帶會使研磨帶產生向下壓的力量，這時晶圓和研磨帶間的壓力就會傳到熱水袋上，電子磅秤就可測量到一個向下壓的正向力，此正向力就是研磨墊和晶圓之間的正向力，在透過 $P=F/A$ 的公式，知道晶圓的尺吋後，得知 F 和 A 便可得推導得 P 。

4. 晶圓感測系統

有鑒於學長姐在裝置晶圓時，是先用手把晶圓放在研磨頭下方，再開啟吸塵器，然後再逐一開啟研磨帶和轉動研磨頭，這樣的方法有點太麻煩且不夠自動化。再加上本組已預計要把 DC 馬達和步進馬達做個控制。故為達全面自動化，本組正構想著是否能在研磨帶上架設一個感測器，並適時地感測晶圓的到來，等到一感測到晶圓的存在，便能告訴電腦系統”晶圓已經來了”。再依據我們所撰寫的程式對晶圓作一些處理。例如控制晶圓準確地送到研磨頭下方，再控制研磨頭的下降，啟動吸塵器，以及啟動研磨頭的旋轉以及研磨帶的運轉。這一連串的動作可能要經過不斷地測試與估計，最後利用程式設計一套完整的自動化參數。此外在感測系統的架設方面，也正是目前本組積極規劃設計的一部分，原則是架設於研磨頭前方

與研磨帶上方的位置(如附錄所示)，至於用哪一種感測器在表 4.2 會有所評估，控制方法則是和上述一樣，可以由 printport8254/8255 來完成。

表 4.2-各種感測器之比較

	特 性	評 估
微動開關	利用微動開關測量	裝置不易
光電開關(透過型)	投光器和受光器分立	不符合 CMP 機台設計
光電開關(直接反射型)	投光器受光器為一體	不符合 CMP 機台設計
光電開關(遮斷型)	光遮斷器	裝置不易
光電開關(鏡反射型)	加設反射板	利用晶圓本身反射光線
近接開關(高頻震盪型)	物體需為金屬材質	為感測金屬材料
近接開關(電容型)	電容增大引起震盪	不符合 CMP 機台設計
電位計	利用電阻之變化	不符合 CMP 機台設計

因此經過我們初步評估後，打算採用光電開關中的鏡反射型，其利用矽晶圓本身很像鏡面的原理去反射光線，再加上我們打算把研磨帶訂製成較灰暗色的顏色，如此一來便可以適時地偵測晶圓的到來了。

5.研磨帶製作方法:

由於學長傳承下來的研磨帶其研磨表面並不是很平整，看來來好像是去買布回來縫似的。也因此在此實際研磨時，每到研磨帶研磨到接縫時，便會使研磨品質受到很大的影響，有時還會使整個晶圓飛出去，即使吸塵器吸多大的力量。為了改善這種缺點，我們已經向店家詢問研磨帶一事，不論是研磨帶的寬度,長度,乃至於研磨帶表面的粗糙度都可以依據自己的要求定做，而且絕對沒有接縫的情形發生。也因此在此做完壓力感測系統時，若發現空間配置有

所問題而必須加大研磨帶彼此間的距離時，研磨帶的尺寸將不再是擔心的問題之一。

五、進行方法與步驟

1. 專題計畫之限制

由於這次的專題在之前的學長已經有做出一個 CMP 機台出來，因此有留下一些相關的資料作參考，讓我們剛開始有一個大方向可依循，但從另一方面的角度來想，這些經驗的傳承反而侷限住我們的思想，容易使我們的設計和創意不夠全面性，比較難有重大的突破。在資料的收集方面，雖然 CMP 的技術在 1984 被 IBM 發展至今已經有許多的重大發展，但仍停留在 rotation 式的研磨技術，線性的研磨技術則是最近幾年來才開始發展，對於這方面的資料自然是寥寥無幾，只能從已經有的資料作分析和整合。另一方面此次專題的研究經費也有限，在設計時也是一項必須考慮的因素，因此我們無法做出一台與實際一般的 CMP 機台，只能做出一個模型，表現出一個最基本的架構和原理。

此外承襲學長姐舊有的機台，雖然整體架構已經有了完整的雛形，但在傳動系統和研磨頭升降機構方面依然有不足之處。如今雖然我們對於此兩方面已有初步的構想，但由於是承襲舊有的機台，所以在空間配置上便會產生很大的問題。整個機台結構已被學長姐固定，想要在舊有的機台上找出適當的配置空間可能就會有點困難，也因此此一部份也是本組需多動點腦筋的地方。

在控制方面，由於入學至今我們一直沒有學習到有關控制實作的部分，有的話也全大多是純屬理論，所以在電控實作方面的知識我們仍有稍嫌不足之處。而且等到實作時可能又會有許多問題的產生，尤其是把所有的控制系統個個連結部分，這是我們從沒有嘗試過的東西。

2. 預期達成之目標

這次我們專題的重點主要分成三個大方向：

(1) 結構與機構改良：就整個舊有的結構來說，傘型齒輪的使用太過繁複，用這麼多齒輪的原因主要要是要穩定住研磨頭，讓研磨頭在轉動時不會有搖晃的情況，而產生誤差。不過這樣反而增大整個系統的磨擦力，齒輪間的密合精度也必須很準確，一有誤差整個傳動系統就會有問題，而增加動力系統的負擔。因此我們拿掉部分的齒輪，用另一種方式固定研磨頭。在研磨頭升降的部分則改以導螺桿來控制，希望能達到上下的移動量能有的 μm 精度。

(2) 動力與傳動系統改良：動力系統預計要用到兩個 DC 直流馬達和一個步進馬達來提供動力。兩個 DC 馬達是用來帶動研磨帶和研磨頭的旋轉機構，以期能控制此兩部分的轉速。

步進馬達則是利用可控制正反轉和旋轉角度的原理接上齒輪組來驅動導螺桿，控制整個研磨頭的上下運動，進而控制對晶圓的施加壓力。

(3)控制系統設計與製作：主要是分別以程式和 Printport8254/8255 來控制兩個 DC 馬達的和一個步進馬達轉速和正反轉，並會加裝感應器來測知晶圓隨時的情況去調整馬達和壓力，最後整合整個控制和感測裝置,壓力裝置成一個系統，一個 CMP 的機台到此才算真正的完成，達到最終機電整合的目的。

3.為達成此目標所需之工作項目

為了達成這一項專題計畫，我們將所有的工作細分為下列幾項：(1) 結構體之擴充設計(2) 傳動系統之改良(研磨頭) (3) 進給系統之設計(研磨頭) (4)步進馬達的電路設計與程式撰寫 (5)DC 直流馬達的電路設計與程式撰寫(6)感測系統的架構與電路/程式設計(7)壓力感測系統之設計(8)研磨帶之更換(9)整個控制系統的整合 (10)零組件的購買(11)零組件的加工(12)測試 (13)修正。

4.預期可能遭遇困難及解決方法

整個計劃執行中，並非都是那樣地一帆風順，以下我們列舉了在往後的實做中，所預期可能遭遇的困難及解決方法。

1. 壓力計是防水問題:因為壓力計(體重計)是被預計置放在兩個滾輪間，然而隨著 CMP 的運轉，噴嘴頭會噴出大量的研磨液，可能會把體重計弄濕，甚至腐蝕了體重計。解決方法:可以製作一個類似套子的東西套在體重計上，例如防腐的塑膠袋等等。
2. 步進馬達是否有足夠的扭力矩及靜扭力矩:由於步進馬達是要用來驅動正齒輪以帶動整個研磨頭的上下運動，也因此是必要有相當大的扭力矩及靜扭力矩。解決方法:根據一些資料查證，改變扭力矩及靜扭力矩可以從電流的大小來改變它，此外若換置好一點的馬達(有較大的額定電流)可能會好一點。
3. 步進馬達的相位問題:由於步進馬達的相位可分 4.6.8 相位，也由於我們的研磨頭向下運動想要朝 μm 級去達成，四相位的步進馬達可能已不能滿足我們了。解決方法:選用 6 或 8 相位的步進馬達，即使控制會比較麻煩點。

4. 框架的空間問題:由於框架是學長解遺留下來的，感覺空間是非常狹小的，故我們打算重新定做一個新的架子，然而自行製作的新架子必須跟現有的一些元件空間做個配合，例如研磨頭的長度等等，故在設計上不能隨心所欲地設計框架，要時時注意尺寸等問題。

六、工作項目及工作分配

1.結構體之擴充設計	全組
2.研磨頭的傳動系統	思吉、星翔
3.研磨頭的進給設計	耕舜、沛原
4.步進馬達的電路設計與程式撰寫	耕舜、沛原
5.DC 直流馬達的電路設計與程式撰寫	星翔、思吉
6.感測系統的架構與電路/程式設計	耕舜、沛原
7.壓力感測系統的架構與設計	星翔、思吉
8.整個控制系統的整合	全組
9.零組件的購買	思吉、耕舜
10.零組件的加工	沛原、星翔
11.試測	全組
12.修正	全組

七. 甘特圖——全學年進度規劃

	4/13 4/19	4/20 4/26	4/2 5/3	5/4 5/10	5/11 5/17	5/18 5/24	5/25 5/31	6/1 6/7	6/8 6/14	6/15 6/21
週次	期中考	十	十一	十二	十三	十四	十五	十六	十七	期末考
結構體之擴 充設計	☆	☆								
傳動系統之 改良(研磨 頭)		☆	☆	☆						
進給系統之 設計(研磨 頭)			☆	☆	☆					
感測系統之 機構設計				☆	☆	☆				
壓力感測系 統控制與設 計						☆	☆			
DC 馬達系 統控制與設 計							☆	☆	☆	
步進馬達系 統控制與設 計							☆	☆	☆	
感測系統控 制與設計							☆	☆	☆	

七. 甘特圖(續)——全學年進度規劃 (第二學期)

週次	預備週	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一
零組件的購買		☆	☆									
零組件的加工與組裝			☆	☆	☆	☆	☆					
控制系統之整合						☆	☆	☆	☆			
測試									☆	☆	☆	
修正											☆	☆

八、預定零組件規格及經費支出

零組件名稱	規格	數量	價格預估	備註
步進馬達	12V	1	NT\$1500	
齒輪		3	NT\$600	
軸承		4	NT\$300	
導螺桿	長=15cm	1	NT\$1000	長度未確定
螺母		1		
感測器		1	NT\$200	
Printport8254/8255		1	NT\$1300	
雜支			NT\$2000	包括加工耗材、研磨液、麵包板
體重計		1	NT\$500	
合計			NT\$7400	

九、參考資料

1. 王建榮、林慶福、林必窵，半導體平坦化 CMP 技術，民國 88 年 12 月，全華科技圖書股份有限公司。
2. 黃志龍，「淺談化學機械拋光的演進與應用」，機械工業雜誌，210 期，民國 89 年 9 月。
3. 林士傑、吳孟隆，「化學機械拋光製程技術」，機械工業雜誌，206 期，民國 89 年 5 月。
4. 左培倫、何碩洋，「CMP 中修整參數對拋光墊特性影響之研究」，第二十八卷第九期，2202 年九月。

參考網址

1. http://www.lamrc.com/main.cfm?section=3&subsection=2&subsubsection=1&browser=0&contenturl=tech_2_1.htm&home=1
2. <http://www.ekctech.com/home.htm>