

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

液晶顯示器陣列/彩色濾光片製程大面積光阻塗
佈狹縫式噴嘴國產化之測試研究



研究生：陳泓翰

指導教授：陳仁浩 教授

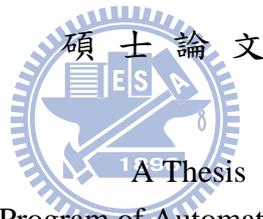
中華民國九十九年三月五日

液晶顯示器陣列/彩色濾光片製程大面積光阻塗佈狹縫式噴
嘴國產化之測試研究

研究生：陳泓翰
指導教授：陳仁浩 教授

Student : Hung-Han Chen
Advisor : Ren-Haw Chen

國立交通大學
工學院精密與自動化工程學程



Submitted to Degree Program of Automation and Precision Engineering
College of Engineering
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
In

Automation and Precision Engineering

March 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年三月五日

液晶顯示器陣列/彩色濾光片製程大面積光阻塗佈狹縫式噴嘴 國產化之測試研究

研究生：陳泓翰

指導教授：陳仁浩 教授

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程

摘要

有鑒於國內液晶顯示器陣列、彩色濾光片製程大面積光阻塗佈噴嘴之生產製造技術、供應市場皆為日本廠商所獨佔壟斷，使得光阻塗佈機之關鍵零組件光阻塗佈噴嘴(Slit Nozzle)價格居高不下，因此決定本論文之研究方向以光阻塗佈噴嘴(Slit Nozzle)國產化方式進行研究，此研究題目與國內廠商合作進行光阻塗佈噴嘴(Slit Nozzle)國產化製造開發，一方面可扶植國內精密加工機械產業之技術開發，另一方面亦可使此關鍵零組件降低成本，由國內廠商自行設計、開發、製造、量產，而不受限於日本原廠製造技術、供應市場之獨佔與壟斷。本研究使用量產上之設備機台進行測試實驗(如：玻璃基板清洗機，光阻塗佈機，膜厚度量測機，微觀檢測機，Mura檢測機...等)，來進行國產化與日本原廠之塗佈噴嘴之驗證比較，以期望得到與日本原廠最接近之研究結果，進而縮短量產與交期時間，並提升本公司之競爭力。此外本研究利用理論及有限元素法的分析求得有效的調整方式，能夠使光阻塗佈噴嘴之塗佈厚度有效收斂至規格內。其調整方式與實驗結果之比對與討論也在本研究論文中呈現。

關鍵詞：液晶顯示器陣列、彩色濾光片、光阻塗佈噴嘴(Slit Nozzle)、光阻塗佈機、膜厚度量測機。

Testing the localized production of slit nozzles for LCD array/color filter large-scale photoresist coating

Student : Hung-Han Chen

Advisor : Dr. Ren-Haw Chen

Degree Program of Automation and Precision Engineering
National Chiao Tung University

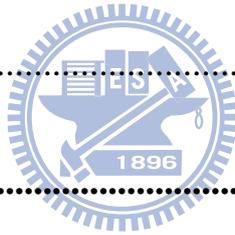
ABSTRACT

Because Japanese suppliers have monopolized both the manufacturing technologies and supply chain for LCD array and color filter slit nozzles, the market prices of key coater machine components are consistently high. Therefore, the motivation of this thesis is to build partnerships with domestic vendors to research, develop, and increase the production capacity of key coater machine components. We estimate that this plan, once successfully implemented, will result in financial savings of NTD\$300 million. To obtain the most approximate comparison results between domestic and Japanese imported slit nozzles, this study utilizes mass production equipment for testing and verification (i.e., Cleaner, Coater Machine, KLA, Small Macro Inspection, Mura Inspection...). It is helpful for reducing production lead time and increase competition in the market. This study also presents an effective method to adjust thickness by using finite-element analysis and fluid mechanics theory. Experimental results are also presented and discussed.

Keywords : LCD Array , CF , Coater Nozzle(Slit Nozzle) , Coater Machine °

目錄

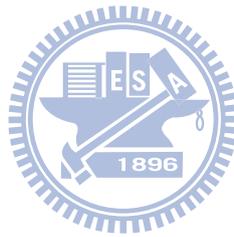
摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 序論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 研究動機與目的.....	1
1-3 研究方法.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2-1 精密模具塗佈技術簡介.....	3
2-2 LCD狹縫式光阻塗佈.....	3
2-3 精密模具塗佈的研發情況.....	4
塗佈技術之種類.....	5
第三章 LCD 面板結構與製程.....	7
3-1 何謂TFT LCD.....	7
3-2 TFT製程簡介.....	10



3-2-1	前言	10
3-2-2	Array Pixel之俯視及垂直結構	11
3-2-3	5PEP製作流程	13
3-3	TFT LCD製程介紹	16
3-4	TFT專有名詞介紹	17
第四章 光阻塗佈之要求特性與噴嘴介紹		18
4-1	LCD 光阻塗佈技術與發展趨勢	18
4-2	光阻塗佈噴嘴本公司應用區域	19
4-3	本公司各廠牌分佈情形	20
4-4	SLIT NOZZLE工作原理	22
4-5	光阻塗佈特性及規格定義	22
第五章 光阻塗佈實驗		25
5-1	實驗材料與測試對象	25
5-2	實驗設備	26
5-2-1	光阻塗佈機(Coater Machine)	26
5-2-2	膜厚度測機	27
5-2-3	Small Marco Machine	27
5-2-4	Mura檢測機	28

5-3	實驗規劃與流程.....	29
5-3-1	實驗規劃.....	29
5-3-2	實驗前準備.....	29
5-3-3	實驗方法.....	30
第六章 初步實驗結果分析與討論.....		31
6-1	實驗數據分析概述.....	31
6-2	原廠NOZZLE與國產化NOZZLE之分析比較.....	32
第七章 從理論以及有限元素法分析探討		
如何調整螺絲達到均勻塗佈.....		34
7-1	概述.....	34
7-2	理論以及有限元素法分析.....	34
7-2-1	螺絲轉動角度以及其施加於模具正向力之關係.....	34
7-2-2	螺絲鎖固作用之正向力與模具變形量之關係.....	35
7-2-3	模具間隙以及塗佈厚度關係.....	40
7-2-4	螺絲旋轉角度以及塗佈厚度關係.....	42
第八章 後續實驗結果分析與討論.....		45
8-1	實驗數據分析概述.....	45

8-2	實驗結果.....	45
8-3	實驗結果探討.....	46
第九章 結論.....		48
9-1	結論.....	48
第十章 參考文獻.....		49



表目錄

表 4-1各廠牌Nozzle流道表面粗度之實際量測比較值.....	23
表 5-1使用機台規格表	29
表 7-1各螺絲施加1N後期位移最大變化值	40
表 7-2塗佈厚度與需調整角度關係表-1	43
表 7-3塗佈厚度與需調整角度關係表-2.....	44
表 8-1螺絲調整角度記錄表	46



圖目錄

圖 3-1 TFT_LCD橫截面結構圖	7
圖 3-2 LCD面板圖.....	8
圖 3-3 TFT面板圖	8
圖 3-4 背光板模組圖.....	8
圖 3-5 LCD面板和TFT面板組裝後橫截面圖	8
圖 3-6 TFT DEVICE排列簡圖.....	9
圖 3-7 TFT DEVICE排列簡圖.....	10
圖 3-8 PIXEL內各細部之慣用名稱及功能圖	11
圖 3-9 本公司結構圖.....	12
圖 3-10 PIXEL五道製程中俯視圖	13
圖 3-11 製作流程圖.....	15
圖 4-1 LCD 玻璃基板尺寸	18
圖 4-2 LCD光阻塗佈機發展趨勢示意圖	19
圖 4-3 LCD Array區圖	20
圖 4-4 CF Array區圖	20
圖 4-5 本公司全廠Total圖	21
圖 4-6 本公司 Total Chart圖	21

圖 4-7 Slit Nozzle工作示意圖.....	22
圖 4-8 M-Tech.....	23
圖 4-9 DNS.....	24
圖 4-10 TOK	24
圖 5-1 Nozzle	25
圖 5-2 Nozzle	25
圖 5-3 光阻塗佈機(Coater Machine).....	26
圖 5-4 膜厚度測機.....	27
圖 5-5 Small Marco Machine.....	27
圖 5-6 Mura檢測機基本結構圖.....	28
圖 5-7 實驗方法步驟	30
圖 6-1 國產Nozzle測試數據	31
圖 6-2 原廠Nozzle測試數據	32
圖 7-1螺絲旋轉角度與扭力關係圖	35
圖 7-2 模型圖.....	36
圖 7-3 模型格點圖.....	36
圖 7-4 格點收斂分析圖	37
圖 7-5 施加1N力在螺絲孔後之模型位移圖	38
圖 7-6 施加1N力在端點螺絲孔後之模型位移圖	39

圖 7-7 施加1N力在離端點第二個螺絲孔後之模型位移圖 39

圖 7-8 施加1N力在離端點第三個螺絲孔後之模型位移圖 39

圖 8-1 國產Nozzle後續測試數據 46



第一章 序論

1-1 前言

數位時代的來臨已成為現代之趨勢，配合電子產品輕、薄、短、小及省電之發展需求，平面顯示器已成為21世紀發展之主流，其影響所及，已對於我們現今生活及工作型態造成改變與衝擊。尤其進入知識經濟爆炸之時代，個性化及專業化蔚為風潮，而行動辦公室之概念也在各企業行號展開，可攜式資訊產品及行動化配備已日益普及，加上近年網路及多媒體的蓬勃發展，消費者對顯示器之功能特性需求也日益朝向多元化、高畫質化。此外，在數位電視開播及網路家庭化已盛行之後，對一般家用顯示器的特性需求已不再與侷限動畫影像及高畫質之呈現，而是必須兼具接收數位資訊情報之功能及3D立體顯示發展之更高水準之需求，因此一個更強調接近自然色彩及高畫質，又能滿足3D 立體影像，將是平面顯示器下一波之發展趨勢。

因應數位時代更資訊化社會之來臨及顯示器平面化之蓬勃發展，面對此一趨勢，國內的顯示器產業已更積極的開發、創新、發展、及佈局，雖然目前正面臨空前之景氣寒冬與無薪假之施行，但近來大陸家電下鄉及相關補助方案之推行，急單效應奏效，景氣逐步回春，春燕似乎已悄悄到來，挹注了不少商機，未來之榮景是值得期待的。

為避免廠內製程主機台之關鍵零組件來源，受原廠掌控，來源壟斷，哄抬價格，且運送耗時，維修機動性差，遂由廠內提報零件開發合作案提案申請。希望關鍵零組件技術能夠自主，降低成本，免受原廠各方面之牽制，進而提升公司之競爭力。

1-2 研究動機與目的

本研究為前瞻消費性電子產品”LCD面板”製程專用設備之關鍵性零組件國產化專案，本專案包含特殊材料之處理及超精細之研磨技術。

目前該零組件之供應完全掌控於日本，因應公司內部之需求，由原先自日本進口，現改為自行研發生產，以利製程的掌握及成本之降低並培植本土協力廠商技術與競爭力之提升。

其預期之效益：

- (1) 掌握關鍵性零組件之自主開發。
- (2) 降低成本。
- (3) 落實培植本土協力廠商之目的。
- (4) 提升本土協力廠商之製造技術。

1-3 研究方法

本題目之研究方法將計劃以一支日本原廠產品為藍本進行國產化開發，透過一系列之上機測試、微調，來比較國產化A公司與日本原廠B公司之Nozzle做整體之比較，以求得最終之測試驗證結果是否開發成功。此外本研究利用理論及有限元素法的分析求得有效的調整方式，能夠使國產化A公司之Nozzle塗佈厚度有效收斂至要求規格。

第二章 文獻回顧

2-1 精密模具塗佈技術簡介

精密模具塗佈技術自1954年美國柯達公司獲得第一個專利至今，經過55年左右的發展，已成為塗佈技術裡最重要的一環。模具塗佈有若干特點[1]：

- (1) 塗佈均勻度高。
- (2) 塗佈量及塗膜厚度可以預先估計，所以又稱為預調式塗佈方法 (pre-metered coating method)。
- (3) 塗佈速度相當快，一分鐘二百米以上，亦為可行。
- (4) 可同時進行多層塗佈，利用精密塗佈模具，可一次完成。

精密模具塗佈在運用上有不同方式，其中重要的一種即為狹縫式塗佈技術，其特點包括膜厚均勻性高、材料利用率高、可應用黏度範圍大、可控制留邊、同時多層塗佈等優點，其中最重要的是已可進行大面積基板塗佈之量產能力[2]，由於狹縫式模具塗佈所塗出的產品外觀以方塊型居多，因此又被稱做為方塊型塗佈(Patch Coating)。

2-2 LCD狹縫式光阻塗佈

光阻塗佈是製作LCD陣列及彩色濾光片的重要製程，目前狹縫式光阻塗佈設備幾乎全數仰賴國外進口，國內設備業者尚無此設備之技術研發能力[3]，光阻塗佈在IC製程中大都採用旋轉晶圓以達到光阻的均勻分布，此方式僅適用於晶圓基板。在LCD的生產上，為了減少光阻的浪費，大多採用擠壓加旋轉的方式進行塗佈。而六代以後的LCD廠已全部採用狹縫式的塗佈方式，光阻的使用更有效率。狹縫式塗佈的優點在於速度高且液膜均勻性亦十分良好[4]。且在狹縫式塗佈方式下

固定的流量下會有最高塗佈速度上限(maximum coating speed, V_{max})及最低塗佈速度下限(minimum coating speed, V_{min})，當塗佈速度低於速度下限時，會有垂流(dripping)的現象發生，若塗佈速度高於速度上限時，則會產生橫向波、空氣滲入、或垂流等缺陷現象產生造成塗佈失敗。因此在決定最高塗佈上限或最小塗佈厚度時，以此三個缺陷情形來作為判斷之標準，在適當的塗佈速率範圍內會有一可穩定塗佈的區域，此區域稱之為塗佈視窗(Coating Window)。而影響狹縫式光阻塗佈品質之重要因素歸納有下述幾點：

- (1) 噴嘴模具本體設計、加工製造。
- (2) 塗佈液的穩定性。
- (3) 塗佈起始及結束控制之要求。
- (4) 膜厚之乾燥固化。
- (5) 寬度方向均勻度之要求。

2-3 精密模具塗佈的研發情況



精密模具塗佈的研發情況如下[5]。在1950年代即出現，但有20年的時間公開資料中未有任何有關此一領域之研究報告，直到1970年代初期美國明尼蘇達大學化工系的Scriven教授積極進行塗佈流動的研發，才帶動了此一領域蓬勃的發展。精密模具塗佈，其塗膜厚度可事先計算出來，如模具出口每單位塗佈寬度之流量為 $q(\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{sec})$ ，基材之拉動速度為 $V(\text{cm}/\text{sec})$ ，則塗膜厚度 $h=q/V$ ，研究塗佈加工，有一無缺陷穩定之操作空間，一般稱之為塗佈視窗(Coating Window)或操作視窗(Operation Window)[6]。

李國陽[7]做了一系列之實驗分析發現模具與基材之間的狹縫和塗液黏度，為最重要的2個參數，無論縮小狹縫或降低黏度，都可以有效地減少最小塗膜厚度及增加最大塗佈速度。喻雲威[8]使用有限元素法分析當狹縫式塗佈時，兩種不同物質以ABAB排列和三種不同物質以ABCABC排列，其所造成的條紋薄膜。以觀察流體在塗佈模具中的流動性質。林庭瑜[9]針對高黏度流體($\mu > 350.0\text{mPas}$)的塗液，包含牛頓流

體和非牛頓流體，並且逐步提高黏度到與工業上所用流體相同。最後用狹縫式塗佈的方式建立出一可操作的塗佈區間(coating window)。張永漢[10]使用流線攝影技術，藉以觀察黏彈性流體在擠壓型模具內的流場分布。並且分析其膨脹比、慣性力、切變稀化及彈性等因素如何影響流場分佈。朱文彬[11]則分析狹縫式塗佈的各種因素，藉以比較低黏度牛頓流體的塗佈視窗。發現塗佈所得到之最小塗佈厚度隨著塗佈間隙變大時也會愈大。另外塗佈速度的增加，最小塗佈厚度則趨近於一定值。俞文正[12]探討流體的物性、塗佈的操作參數與塗佈視窗間的關係。發現在相同的底層黏度時，隨著上層黏度的升高，其塗佈液膜的最小塗佈厚度越小。以雙層塗佈的方式時液膜的總厚度會遠比上層高黏度流體的單層塗佈液膜厚度薄，甚至在塗佈間隙小的時候還會比底層低黏度流體的塗佈液膜厚度來得小。

塗佈技術之種類

所謂塗佈技術，依圖 2-1 所列之分類，可分為乾式與濕式二大類[13]，二類的區別在於生產過程中有無液態出現，如果塗料是以液態狀況塗於基材上再乾躁成膜，製成產品，此類生產方式稱為濕式塗佈。乾式塗佈分為兩大類，一類稱為真空蒸鍍法，另一類為化學或物理蒸鍍法兩種方式，目前塗佈產品以濕式方式製造者為大宗，主要由於其生產成本較低，生產速度較快之故。濕式塗佈，又可分為兩大類，一為自調式，一為預調式，自調式塗佈方式有浸沾式、滾輪式、刮刀式、粉體塗裝等方式，而預調式分為四大類，即狹縫式、擠壓式、斜板式和淋幕式等方式。兩類方式的區別在於自調式之塗佈其塗佈厚度在塗佈工程完成之前，不能預知，而預調式之塗佈方式之膜厚是可預先估計的。

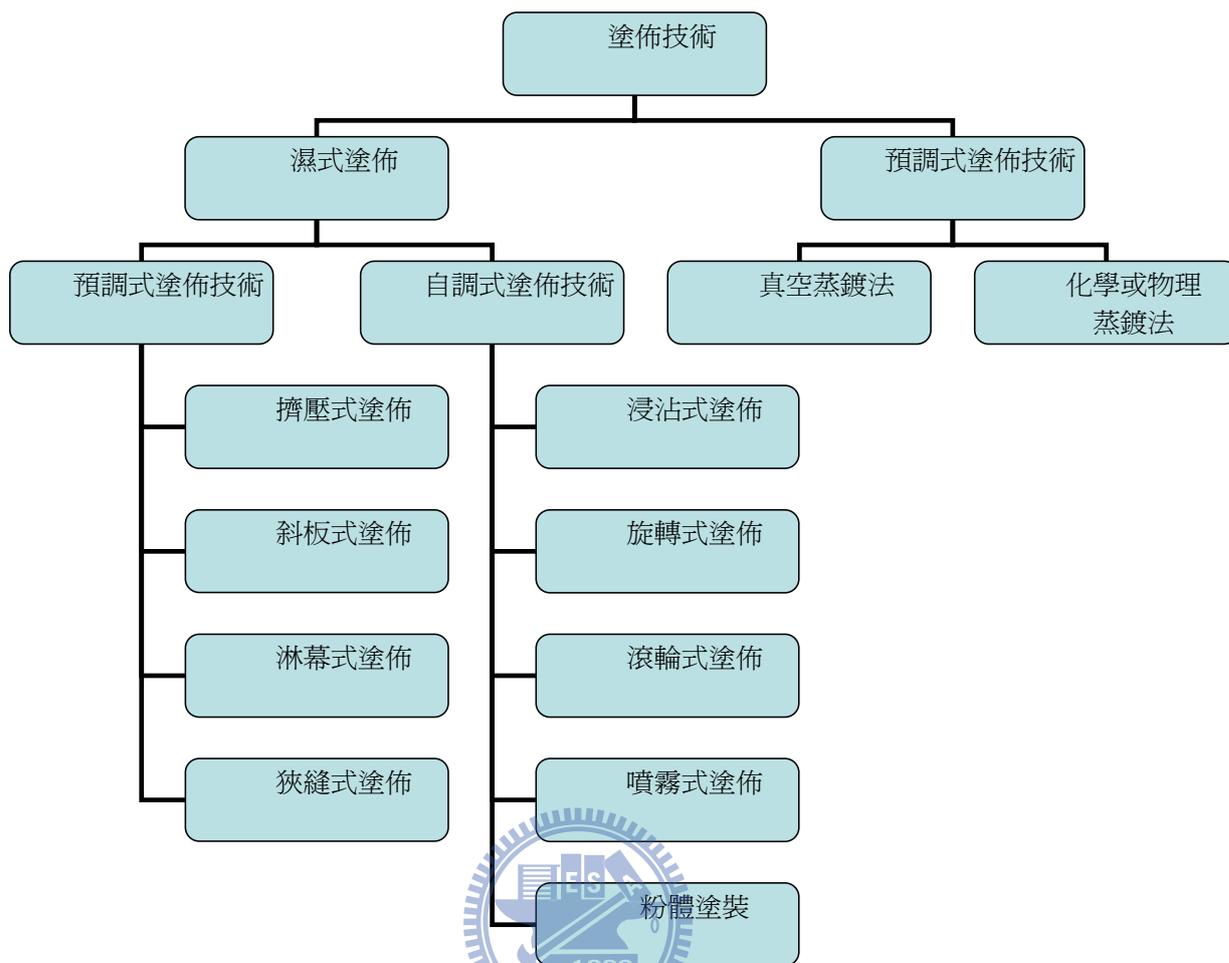


圖 2-1 塗佈技術之種類圖

第三章 LCD面板結構與製程

3-1 何謂TFT LCD

我們常聽到TFT LCD這英文名詞，其所代表之原意如下說明：

TFT：Thin Film Transistor為薄膜電晶體，而LCD：Liquid Crystal

Display即液晶顯示器，TFT LCD即為薄膜電晶體液晶顯示器。

我們一般在市面上看到的TFT_LCD，若拆開看其橫截面結構，如圖3-1：

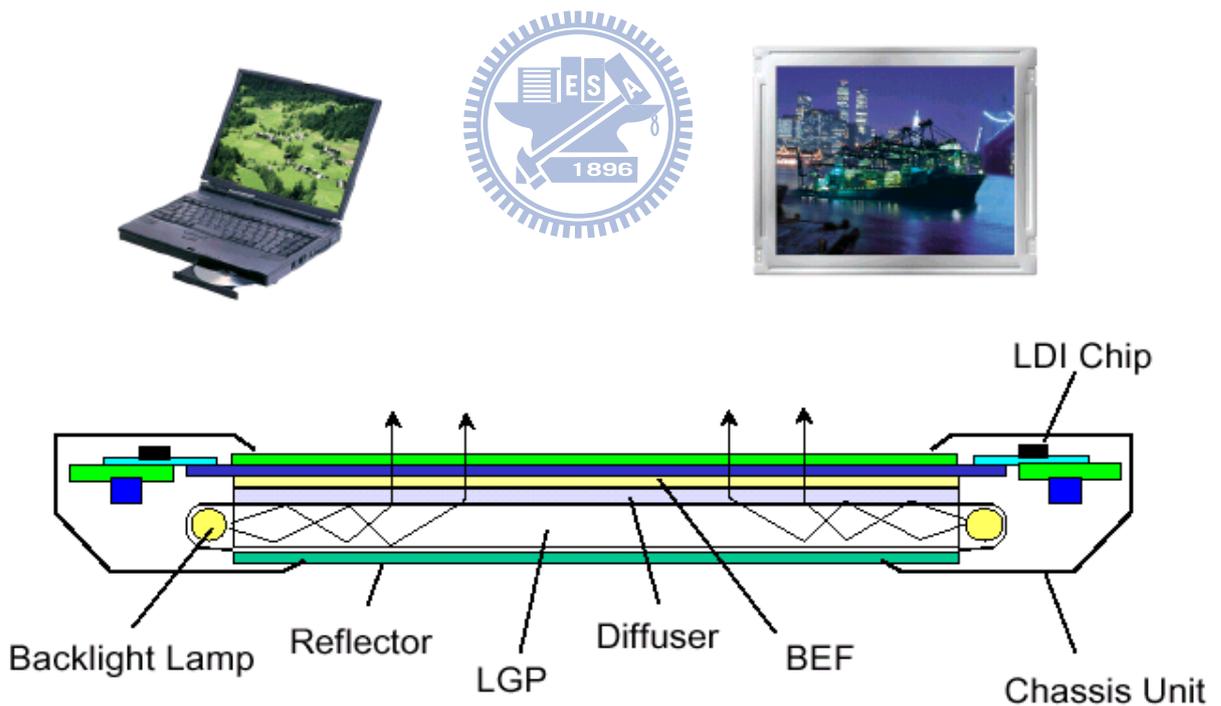


圖 3-1 TFT_LCD 橫截面結構圖

TFT_LCD面板主要可以拆解成3個部份，來說明：

(1) LCD面板，2. TFT面板，3. 背光板模組。



圖 3-2 LCD 面板圖



圖 3-3 TFT 面板圖

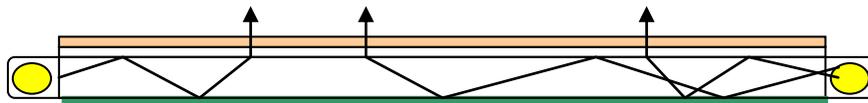


圖 3-4 背光板模組圖

至於其他一些Driver IC或是鐵框等，用以固定此3部份的結構則不另敘述。我們若不看背光板模組，而仔細觀察LCD面板和TFT面板組裝後的橫截面，則如圖 3-5所示：

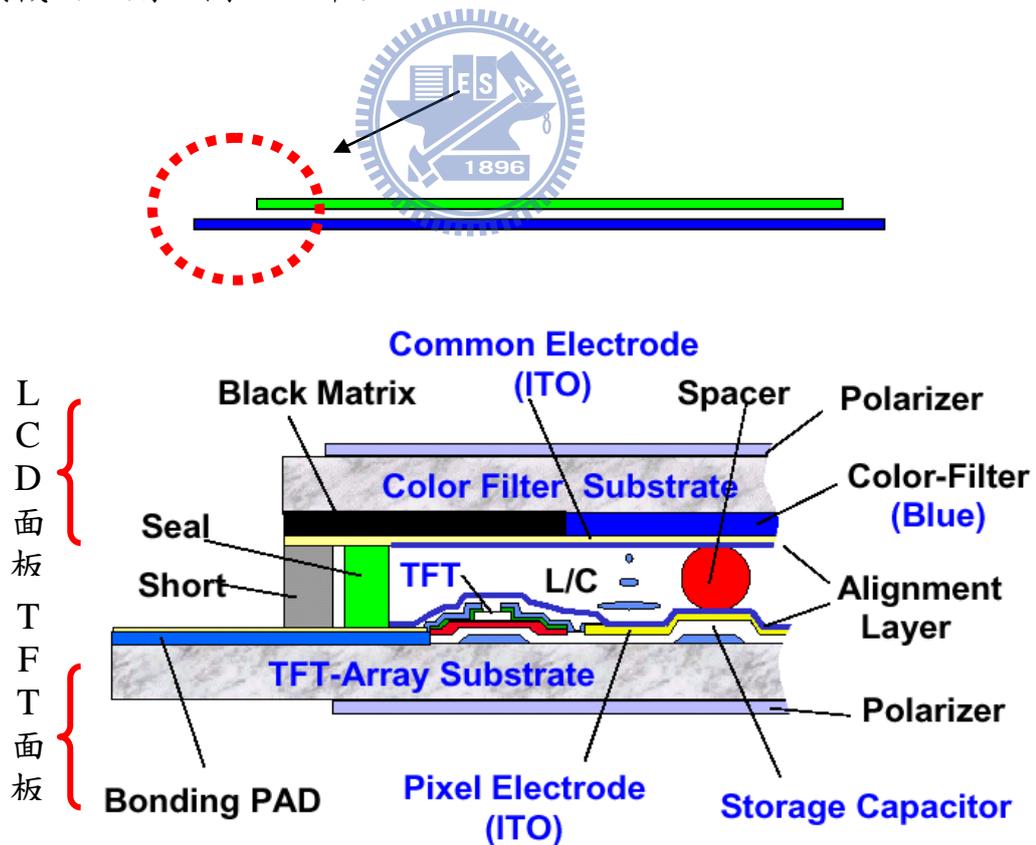


圖 3-5 LCD 面板和 TFT 面板組裝後橫截面圖

在圖 3-5的TFT面板（圖中標示為TFT-Array Substrate）上，我們可以看到TFT device的結構。整個TFT-LCD的中Array段的工作就是將TFT device製作在玻璃基板上，我們稱之為TFT面板。夾在TFT面板和LCD面板中間的東西就是液晶(L/C)。

若是我們將LCD面板和TFT面板拆掉，並且只觀察TFT面板。

從TFT面板的正上方看下去，我們可以看到數百萬個排界整齊的小元件（TFT device）以及控制液晶的ITO區域（In Ti Oxide，此材料為透明導電金屬，如下圖中大圓圈內每個長方形區域），其TFT device排列簡圖，如圖 3-6：

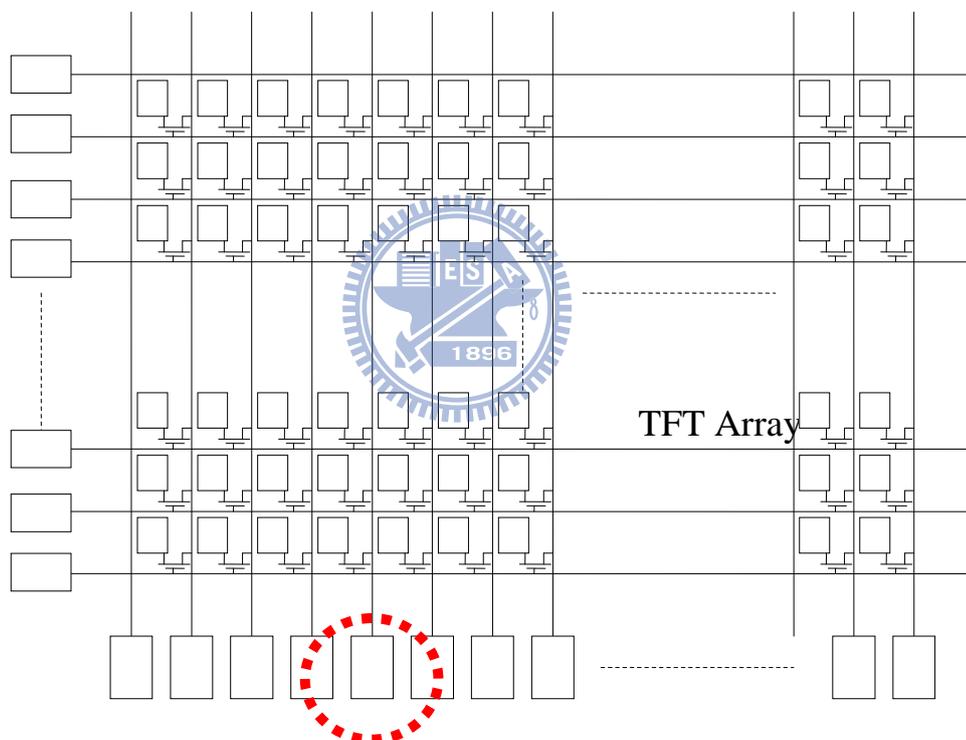


圖 3-6 TFT DEVICE排列簡圖

TFT面板就是由數百萬個TFT device以及ITO區域排列如一個matrix所構成，而所謂的Array就是指數百萬個排列整齊的TFT device之區域，此數百萬個排列整齊的區域就是所謂的面板顯示區。

不論TFT板的設計如何的變化，製程如何的簡化，其結構一定需具備此TFT device和控制液晶區域（光源是穿透式的LCD，此控制液晶的區域是使用ITO，但對於反射式的LCD是使用高反射式的金屬，如Al

等)，device的功能就好像是一個Switch（開關器），其簡圖如圖 3-7：

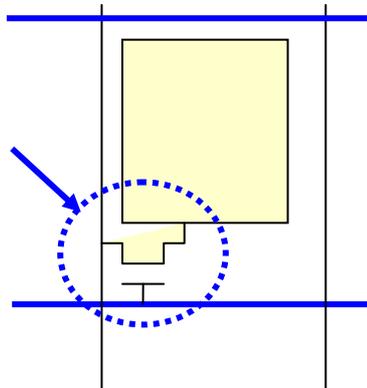


圖 3-7 TFT DEVICE排列簡圖

TFT device是一個開關器，其功能就是控制電子跑到ITO區域的數量，當ITO區域流進去的電子數量達到我們想要的數值後，再將TFT device關掉，此時就將電子整個關在（Keep）ITO區域。所以控制流到ITO區域的電荷量就可以決定了電場大小了。

如果我們將一塊透明導電板（LCD面板，或稱呼為彩色濾光片），以一定的間距和TFT面板上下平行排列（此間距一般是 $5\mu\text{m}$ ，而一般年輕人頭髮的直徑是 $120\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ 左右），並且將LCD面板接地或是輸入固定的電壓，則在LCD面板和TFT面板之間就有電壓差(或是有電場)的存在。

液晶會受到上下兩塊板子之間的電場大小所控制而變動不同的垂直角度，電場愈大液晶改變的角度也愈大。當TFT面板上數百萬個pixel都充入不同電壓（或是電荷量），我們就可以得到數百萬個pixel區域內液晶站立角度。

3-2 TFT製程簡介

3-2-1 前言

本公司將光罩製程稱為PEP(Photo Engraving Process)，而五道製程即稱5PEP Process，是融合了本公司及IBM-Japan經驗而成。其TFT的結

構為保存I-Stop層(channel-protect film)之反轉堆疊式結構。

3-2-2 Array Pixel 之俯視及垂直結構

為使大家對作成的實體究竟為何種長相能較熟悉，特地將目前在本公司採用的畫素照片附於下圖。由圖中可見，畫素必備的Cs是與Gate line相疊在一起，即採Cs on Gate的設計，此設計因不需另外將common 電路延伸至畫素中，而省卻了不少不透背光之空間，因此可提供較高開口率之產品，目前產品大多採用此一設計方式。至於各單元的垂直剖面結構，則用箭頭標示出來。至於pixel內各細部之慣用名稱及功能說明，請參閱圖 3-8。

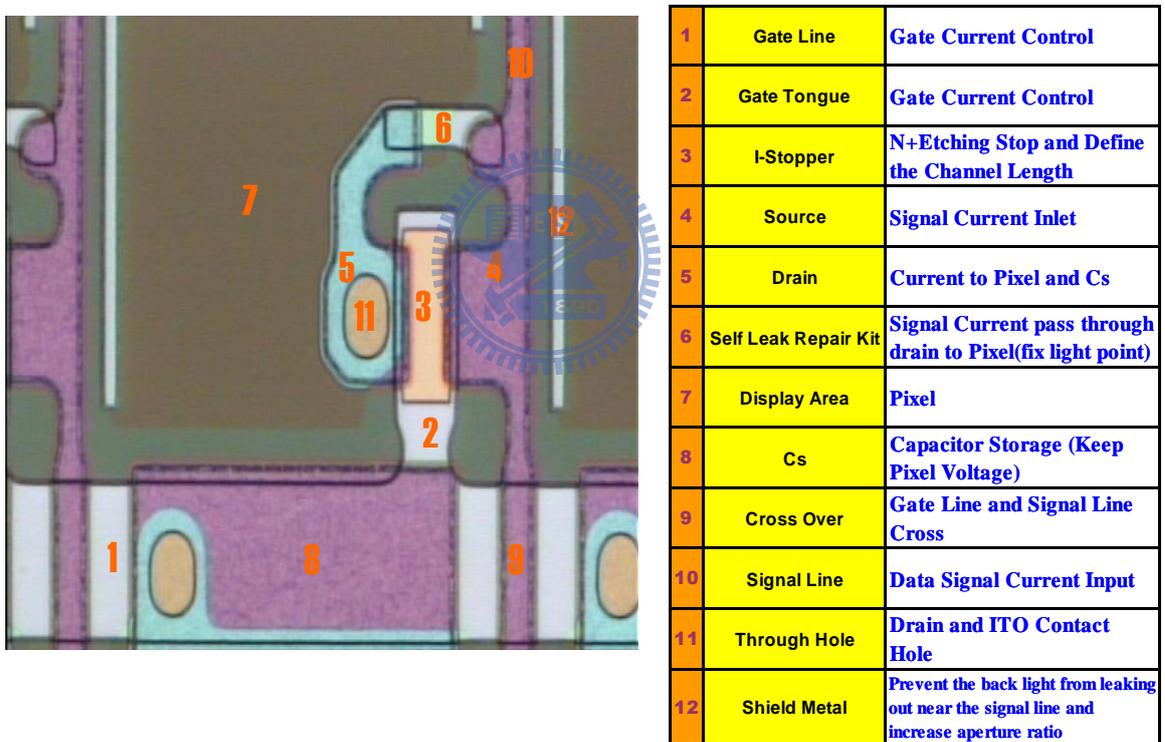


圖 3-8 PIXEL內各細部之慣用名稱及功能圖

針對TFT區域的垂直結構而言，本公司採用的為典型之反轉堆疊式TFT結構，為使製作Channel時可達較高精準度，並避免在蝕刻Ohmic Contact Layer時，過度蝕刻而損壞Channel，L3C、L6A的TFT在Ohmic Contact Layer及半導體形成之Channel間多了一層Channel保護層，而使Channel這裡的製程較易控制，本公司習慣叫它作I-Stop，如圖 3-9所示。

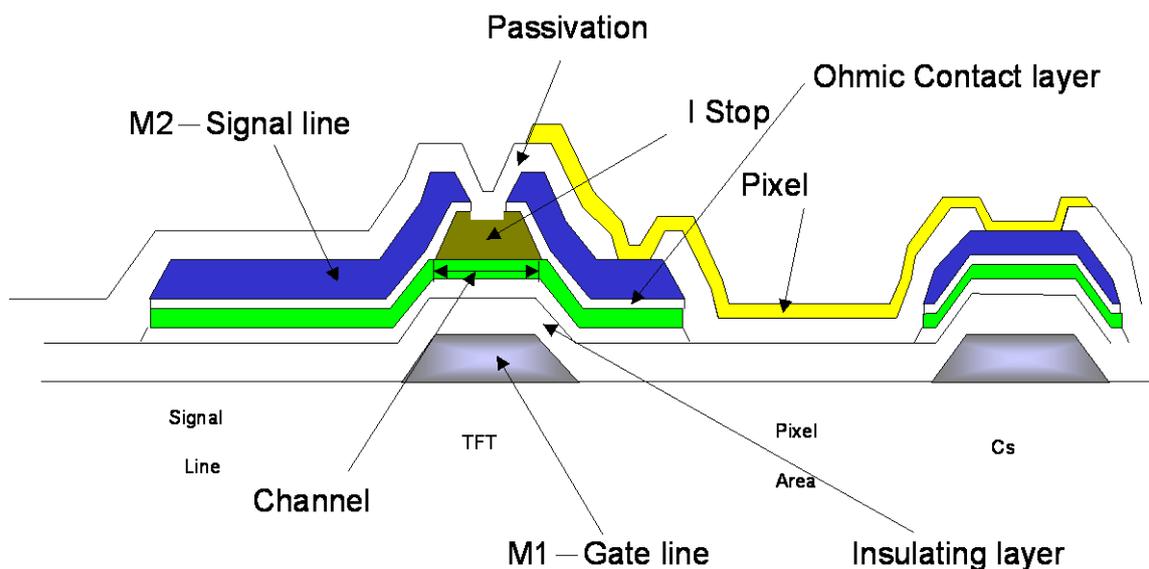


圖 3-9 本公司結構圖

至於五道製程中所沉積的膜種、厚度及所使用的製程機台，則列於表 3-1。這裡的Metal 1行程Gate line，主材料有MoW或AlNd，以配合不同產品在開口率上的需求。至於在AlNd上，為了避免有Hillock的產生，故在上層覆蓋一層較薄的Mo或MoW，以符合濕式蝕刻及乾式蝕刻的需求。

表 3-1 五道製程中所沉積的膜種、厚度及所使用的製程機台

Layer	Material		Thickness(A)		Machine
PEP1	AlNd	MoW	3000	2350	Sputter
	Mo/MoW		500/250		
PEP2	SiON		1750		PECVD
	4 layer	SiON	1750		
		g-SiNx	500		
		α -Si	500		
		IS- SiNx	3300		
PEP3	N+ α -Si		500		PECVD
	Mo/Al/ Mo		250/2500/500		Sputter
PEP4	PV- SiNx		2000		PECVD
PEP5	α -ITO		400		Sputter

3-2-3 5PEP 製作流程

圖 3-10、圖 3-11為pixel在五道製程中逐漸形成的俯視照片及光罩上的圖形，以及Array中各主要部位在5PEP的結構形成演進圖。

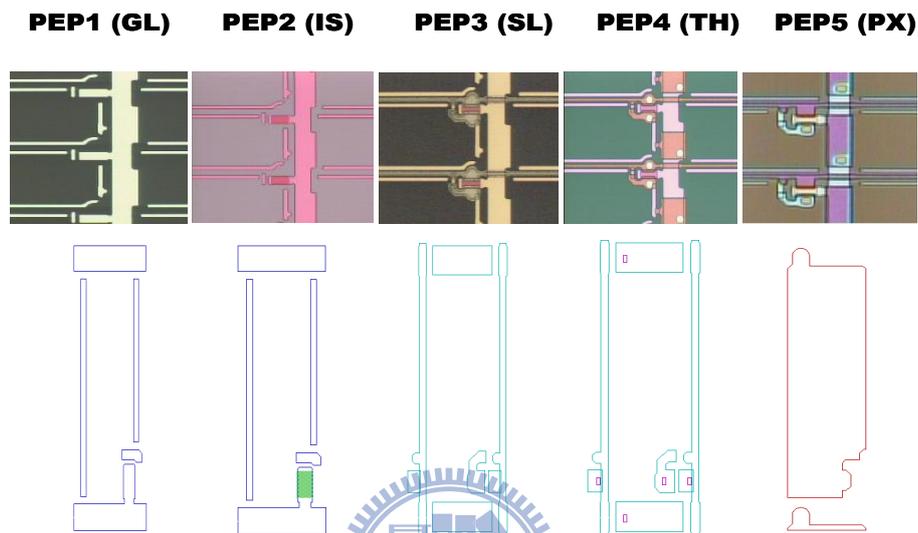


圖 3-10 PIXEL 五道製程中俯視圖

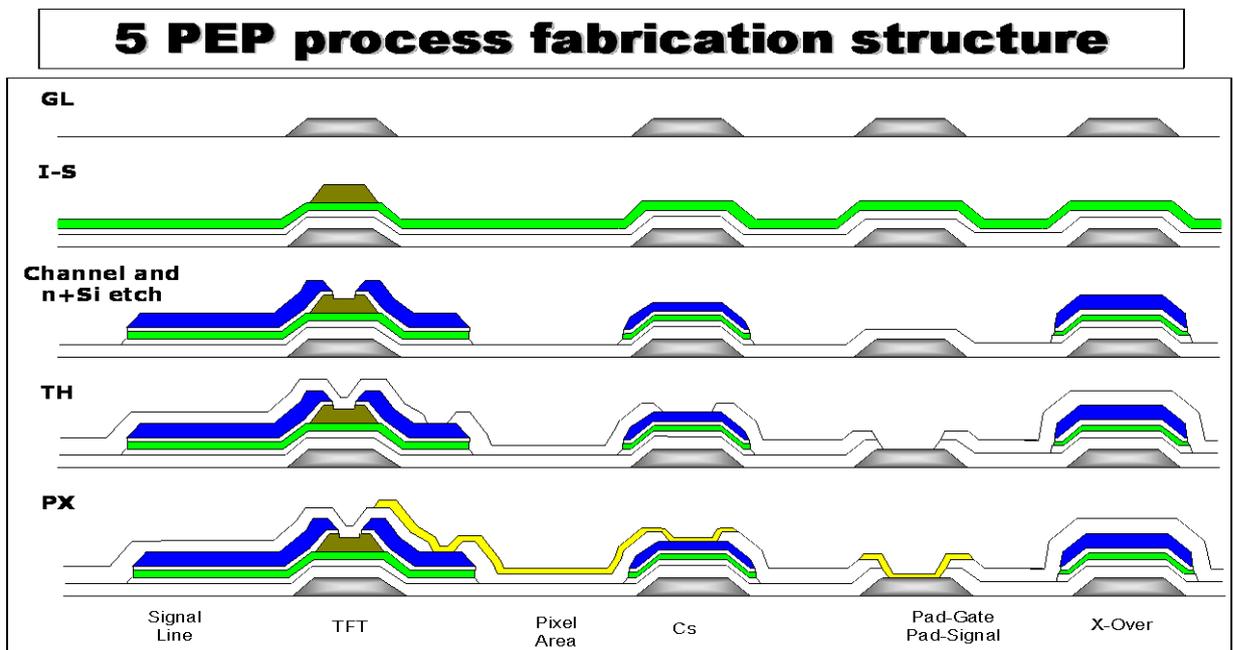


圖 3-11 PIXEL 五道製程中光罩圖

- (1) GL：是將主導開關的Gate Line形成的過程。
- (2) IS：為使Channel更容易控制，特在TFT上留下一層較厚的SiNx，為確保Channel的位置不偏移，並控制Channel的大小(Channel Length - L)，在這一道製程曝光時先利用已形成的GL為光罩，由背面曝光上來，再使用正面的光罩將多餘的非TFT區域之IS去除。
- (3) SL：在Metal 2覆蓋上之後，只將需留下之區域顯影之後，即進入濕蝕刻(Wet Etch)製程，之後再進入乾蝕刻機PE(Plasma Etcher)，利用Metal 2已定義完成的區域作為蝕刻之阻絕，而將剩餘區域的n+ a-Si 蝕刻掉，因利用此一方法，在5PEP中，只要留有Metal 2的區域，其下層必定仍有n+ a-Si存在。由於擔心導電的n+ a-Si蝕刻未盡，而造成TFT 短路的現象，這裡通常會有一些過蝕刻，使I-Stop在此過程完成後，會較原先IS PEP完成時的厚度，再稍微薄了一些。
- (4) TH：在護層Passivation成長完後，導電層便被隔絕了，為將電流能由外圍Driver IC所加的電壓導通至顯示的Pixel區及維持一定的儲存電容(Cs)，必須將Pad、Drain、Cs及其他中間必經的線路，在適當的位置去除護層，而使後來覆蓋的ITO導電層將此訊號順利傳送至欲驅動的pixel。
- (5) PX：ITO為一能導電的透明材料，可讓背光板的光線通過，並與上玻璃基版(Color Filter)和液晶分子形成一可變電容，而達成畫素的顯示，故將此一製程稱為形成畫素(Pixel)的製程。
- (6) 製作流程圖，如圖 3-11所示。

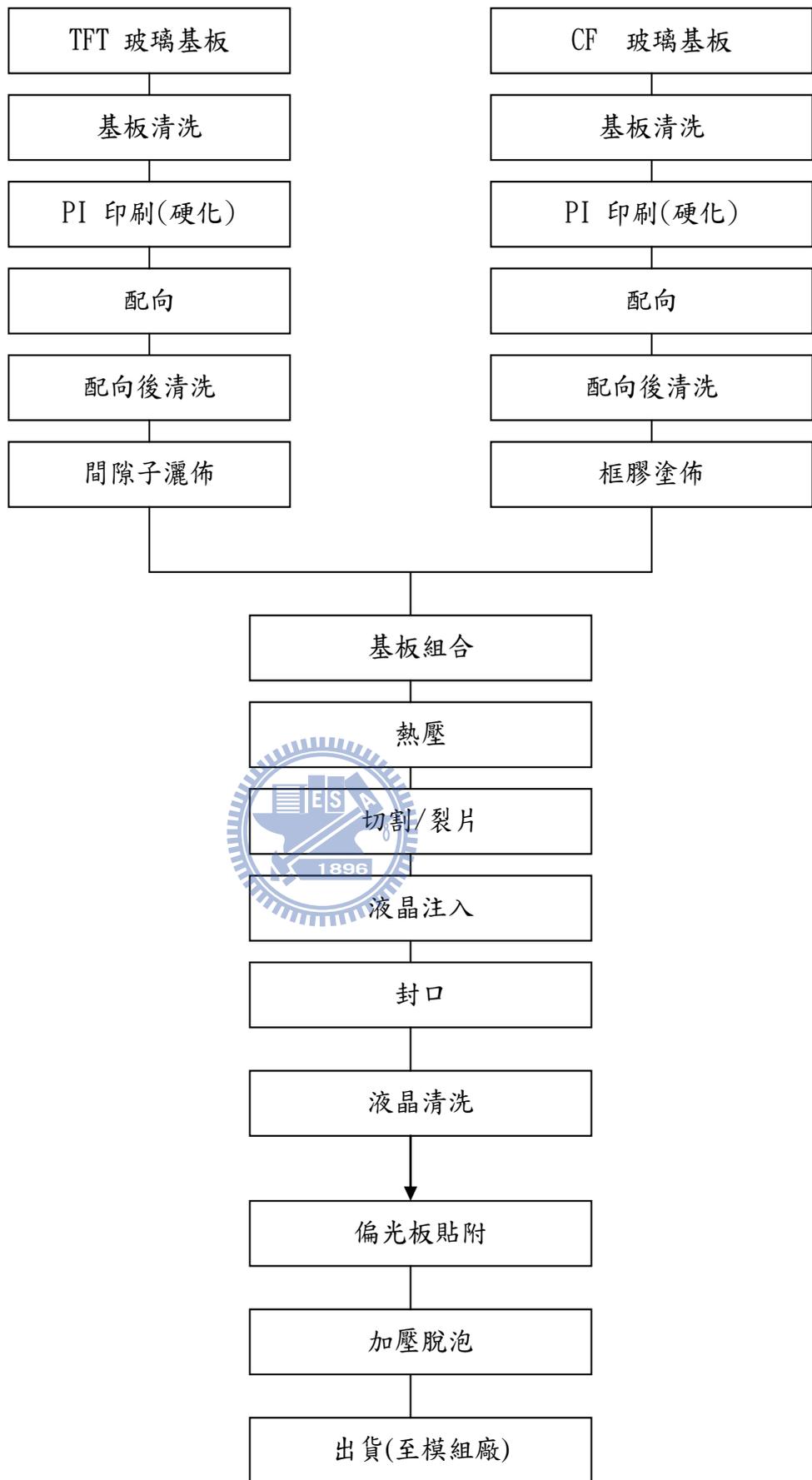


圖 3-11 製作流程圖

3-3 TFT LCD製程介紹

Array 區製程分為：薄膜區 (TF)，蝕刻區 (ET)，黃光區 (PH)。

(1) 薄膜區製程：

薄膜製程(Thin Film) 形同建築師，其工作重點為將表現電性的各層膜依序長上去，依膜的特性而採用不同的機台。導電層用 PVD，非導電層用 CVD。PVD 或稱為 Sputter，是將所要鍍的膜的材質壓成一方塊 (Target)，再以 Plasma 將 Target 上的材料以物理撞擊的方式給轟離 Target 而落於玻璃基板上。CVD則是以化學反應法將要形成的膜所需的氣體通入反應槽 (Chamber)中，在一定的溫度及壓力下進行反應而成膜於玻璃基板上。

(2) 黃光區製程：

黃光製程 (Photo) 形同攝影師，須將感光層(光阻)用Coater上在膜上，用曝光機將光罩上的圖案完整的複製到玻璃基板上，之後再以顯影機台將圖案呈現出來。Coater 機台依上光阻的方式大致上有二種：Spin及Slit/Spin。代表廠商分別為 TEL 及 DNS，TOK，Hirata。Spin 方式是將光阻噴在基板中央再以旋轉的方式將光阻平鋪於玻璃基板，而Slit/Spin 的方式則是先將光阻以 Slit 的方式平鋪於玻璃基板，再以旋轉的方式使光阻更均勻分佈，Spin的機台具有較易保養的優點，但是Slit/Spin則對光阻的消耗較佔優勢。但噴頭的保養及精度要求則為其劣勢，但在更大基板上(>1000mm)Slit/Spin則為必然趨勢。曝光機台則依其曝光動作可分為：Stepper及Scanner，代表廠商分別為 Nikon 及 Cannon, Stepper 是將所要曝的圖案以幾個 6“ 光罩拼湊而成，在曝光時採個別光罩以步進的方式曝於各面板上，而 Scanner 則是每一光罩可以填入一個以上的面板，曝光時是採掃瞄的方式，此類機台的優點為速度快但光罩成本高，Stepper 則是光罩成本低但速度較慢。

(3) 蝕刻區製程：

蝕刻製程(Etching) 形同雕刻師。依黃光區所定義出來的圖案，將無光阻保護區域的膜給去除，之後將光阻去除以進行下一道製程，而

其機台依特性可分為：乾蝕刻及濕蝕刻。乾蝕刻：依產生蝕刻源的方式有：RIE, PE, ICP 等，其蝕刻原理以物理反應為主化學反應為輔，屬非等向性蝕刻。濕蝕刻：則為一依蝕刻材質加入相對應化學藥劑的蝕刻方式，其蝕刻原理以化學反應為主物理反應為輔，屬等向性蝕刻。

3-4 TFT專有名詞介紹

因技術來源不同因此承襲的專有名詞也不盡相同，因此在此對一些常用的專有名詞加以比較說明。

(1) Mask vs. PEP

在L3AB廠，對層別是以 Mask 來稱呼；而L3C、L6A則以 PEP 來稱呼，其原意為 Photo Engraving Process，即光蝕刻製程。

(2) 層別

L3AB廠分別以GE, AS, SD, BP, ITO來代表五道製程的縮寫，其分別代表：



- (1) Gate (GE)
- (2) AS (a – Silicon)
- (3) SD (Source Drain)
- (4) BP (Back channel Passivation)
- (5) ITO

L3C、L6A廠分別以GL, I/S, SL, TH, PX來代表五道製程的縮寫，其分別代表：

- (1) Gate Line (GL)
- (2) I/S (Island stopper)
- (3) SL (Signal Line)
- (4) TH (Through hole)
- (5) PX (Pixel)

第四章 光阻塗佈之要求特性與噴嘴介紹

4-1 LCD 光阻塗佈技術與發展趨勢

隨著液晶顯示器應用於電視及個人電腦的大尺寸需求，LCD 玻璃基板的尺寸變得越來越大，如圖 4-1所示。



圖 4-1 LCD 玻璃基板尺寸

其中LCD用塗佈設備-塗佈機，隨著基板大型化其塗佈技術需求與光阻的有效使用率也需跟著改善及提升。大尺寸基板光阻塗佈所面臨的主要課題在於：1. 維持光阻厚度的均勻性。2. 降低塗佈製程中光阻的使用量以達到減少生產成本之目的。3.如何維持或增加基板的生產率(Throughput)。隨著生產設備之大型化其硬體的限制和設計的難度以及面板品質要求之提升，尤其在光阻塗佈均勻性的要求方面更加的嚴格將使得光阻供應商及塗佈設備商面臨更大的挑戰。為了因應這些需求，液晶顯示器塗佈機的發展也由最初的旋轉式塗佈噴嘴 (Spin Coater Nozzle)，進而發展為狹縫、旋轉式塗佈噴嘴 (Slit & Spin Coater Nozzle)，再而發展為目前主流使用於五代及次世代玻璃基板的狹縫式

塗佈噴嘴（Slit Coater Nozzle），其發展歷程如圖 4-2所示。

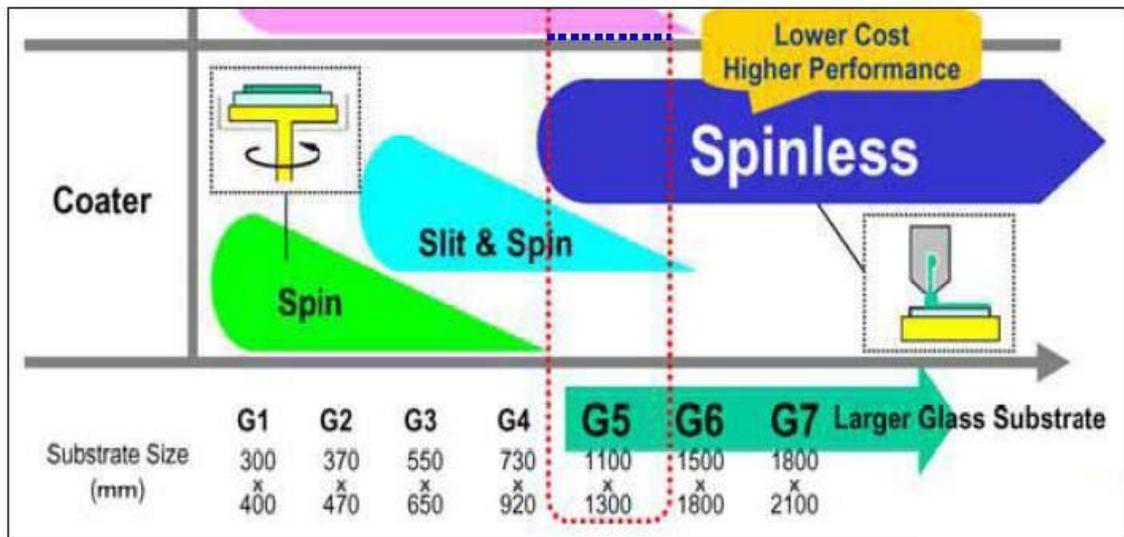


圖 4-2 LCD 光阻塗佈機發展趨勢示意圖

4-2 光阻塗佈噴嘴本公司應用區域

此開發之 Slit Nozzle 適用於本公司 LCD 廠與 CF 廠 (Color Filter) 之黃光區 (Photo) Coater 製程機台。

而黃光區 (Photo) 形同攝影師，須將感光層 (光阻) 用 Coater 機台上在膜上，用曝光機將光罩上的圖案完整的複製到玻璃基板上，之後再以顯影機台將圖案呈現出來。

Coater 機台依上光阻的方式大致上有二種型式：Spin 及 Slit/Spin。其代表廠商為 TEL、DNS、TOK、Hirata 及 Toray。Spin 方式是將光阻噴在基板中央再以旋轉的方式將光阻均勻平鋪於玻璃基板，而 Slit/Spin 的方式則是先將光阻以 Slit 的方式平鋪於玻璃基板，再以旋轉的方式使光阻更均勻分佈，Spin 的機台具有較易保養的優點，但是 Slit/Spin 則對光阻的消耗較佔優勢。但噴頭的保養及精度要求則為其劣勢，但在更大基板上 (>1000 mm) Slit/Spin 則為現今之趨勢。

4-3 本公司各廠牌分佈情形

本公司 LCD及CF廠內黃光區 (Photo)Coater主製程機台所使用之 Nozzle (G3.5~G8.5)概況如下：

(1) LCD Array 區，如圖 4-3：

製程		Array				
數量		廠牌				
世代	DNS	Hirata	TEL	TOK	Toray	總計
3.5		6		4		10
4		1				1
5	105			14		119
6	35		26	19		80
7	13		4	12	6	35
8.5	7		3			10
總計	160	7	33	49	6	255

圖 4-3 LCD Array 區圖

(2) CF 區，如圖 4-4：

製程		CF		
數量		廠牌		
世代	TOK	Toray	總計	
5	32	12	44	
6		33	33	
總計	32	45	77	

圖 4-4 CF Array 區圖

(3) 本公司全廠Total，如圖 4-5：

世代	DNS	Hirata	TEL	TOK	Toray	(空白)	總計
3.5		6		4			10
4		1					1
5	105			46	12		163
6	35		26	19	33		113
7	13		4	12	6		35
8.5	7		3				10
(空白)							
總計	160	7	33	81	51		332

圖 4-5 本公司全廠 Total 圖

(4) 本公司 Total Chart，如圖 4-6：

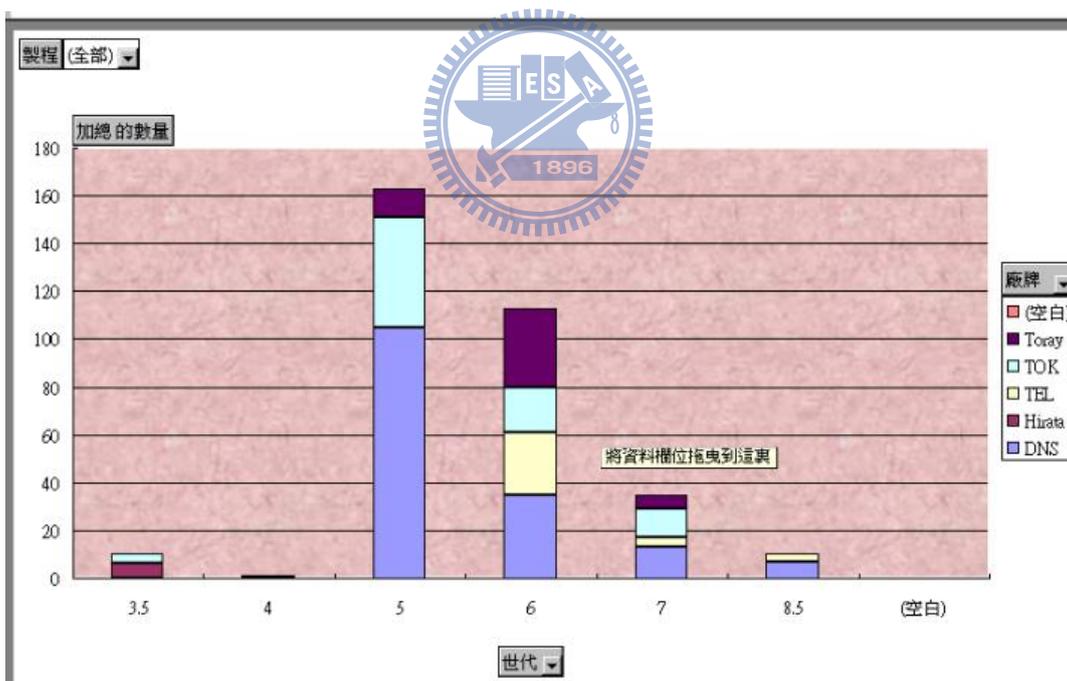


圖 4-6 本公司 Total Chart 圖

4-4 Slit Nozzle工作原理

在狹縫式光阻塗佈噴嘴製程中，光阻液的塗佈是經由幫浦加壓從噴嘴之狹縫中將液體均勻的噴塗於玻璃基板上，其中光阻液成分含有：Resin 20% 黏著劑、PAC 5% 感光劑、Solvent 75% 溶劑，圖 4-7為 Slit Nozzle工作示意圖：

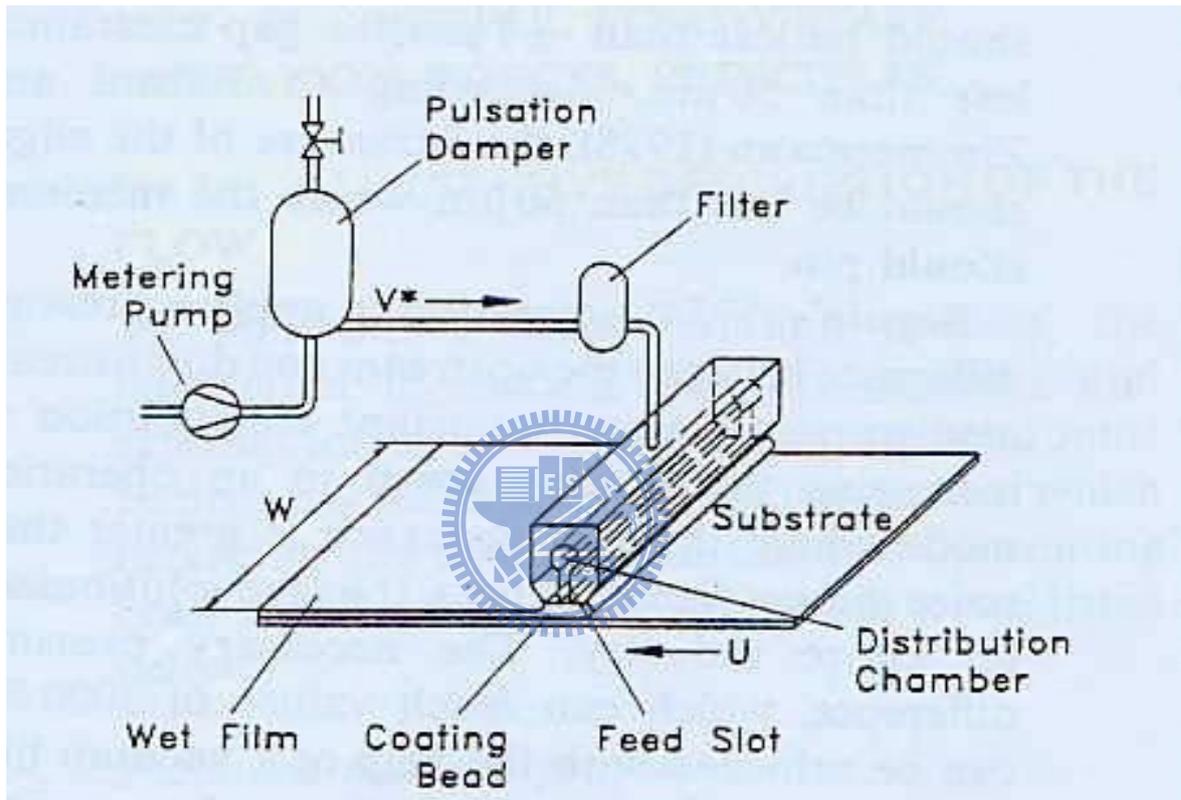


圖 4-7 Slit Nozzle 工作示意圖

4-5 光阻塗佈特性及規格定義

LCD光阻塗佈在五代線之前都是用旋轉塗佈法，但旋轉塗佈法材料利用率低，且有邊厚問題，需有洗邊裝置(edge bead remove, EBR)，為了提升光阻利用率及減少製程步驟，目前五代線之後的光阻塗佈都是改用狹縫式噴嘴來進行塗佈。圖 4-7為狹縫式噴嘴塗佈系統的簡單示意圖，主要包括狹縫式噴嘴、幫浦供料系統、防止模唇乾燥系統、真空吸座、塗佈間隙量測系統及其他相關設施等。噴嘴操作時，噴嘴模具

一面移動，同時光阻由模具的狹縫(Slot)流出，塗佈在玻璃基板上，光阻能夠百分之百的利用。而現行產品膜厚均勻度(Thickness Uniformity)要求規格需小於2%。

膜厚均勻度(Thickness Uniformity)公式為：

$$[(\text{Max}-\text{Min})/(2*\text{AVG})]*100\% < 2\%$$

即[(最大膜厚-最小膜厚)/(2*平均膜厚)]*100膜厚均勻度小於2%。

各廠牌 Nozzle 流道表面粗度之實際量測比較值如表 4-1 所示：

表 4-1 各廠牌 Nozzle 流道表面粗度之實際量測比較值

各廠牌Nozzle流道表粗比較		
Nozzle類型	表面粗糙度 μm	製程
TORAY	0.02	CF
DNS	0.02	ARRAY
TOK	0.03	ARRAY/CF
HIRATA	0.03~0.04	ARRAY



圖 4-8 M-Tech



圖 4-9 DNS



圖 4-10 TOK

第五章 光阻塗佈實驗

5-1 實驗材料與測試對象

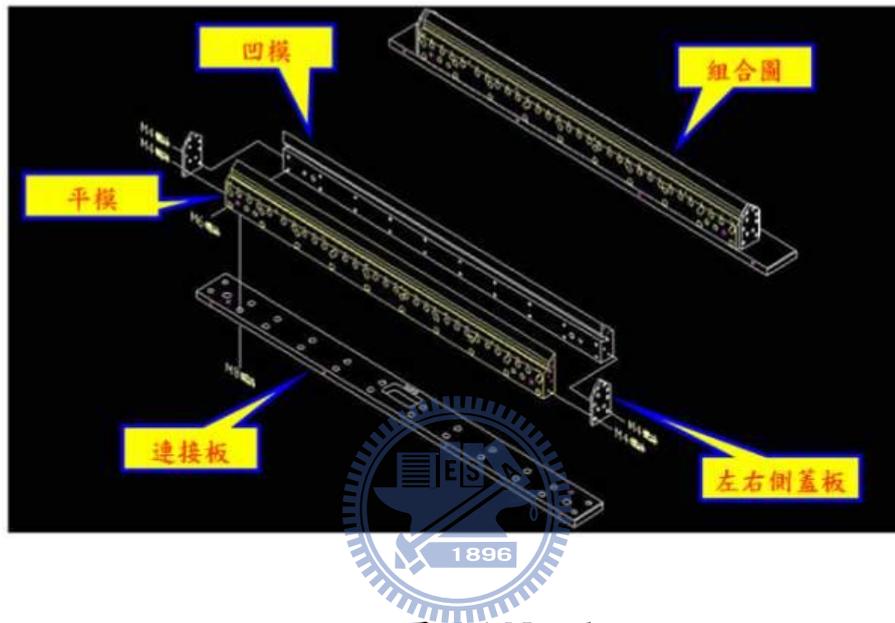


圖 5-1 Nozzle



圖 5-2 Nozzle

5-2 實驗設備

5-2-1 光阻塗佈機(Coater Machine)

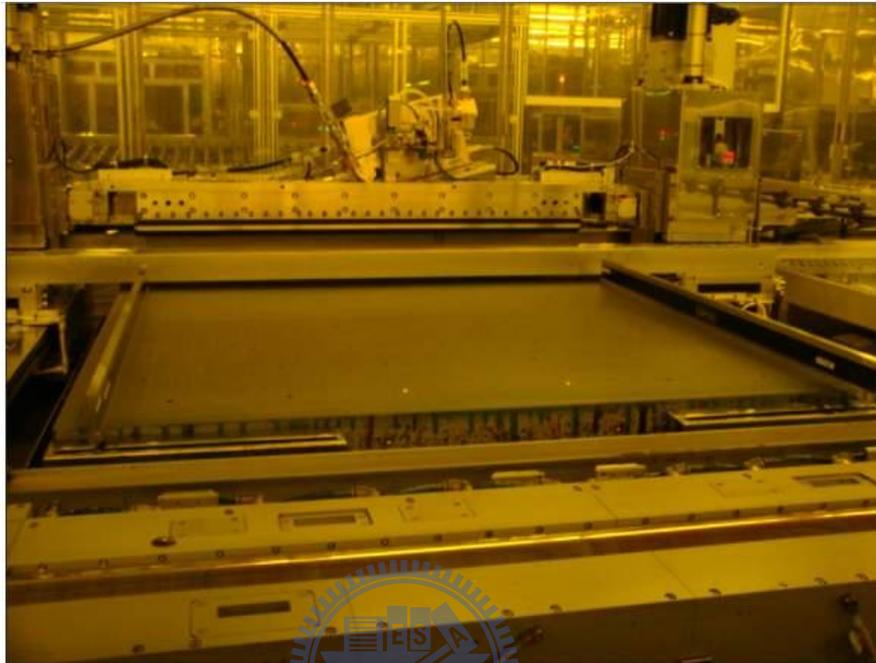


圖 5-3 光阻塗佈機(Coater Machine)

5-2-2 膜厚度測機

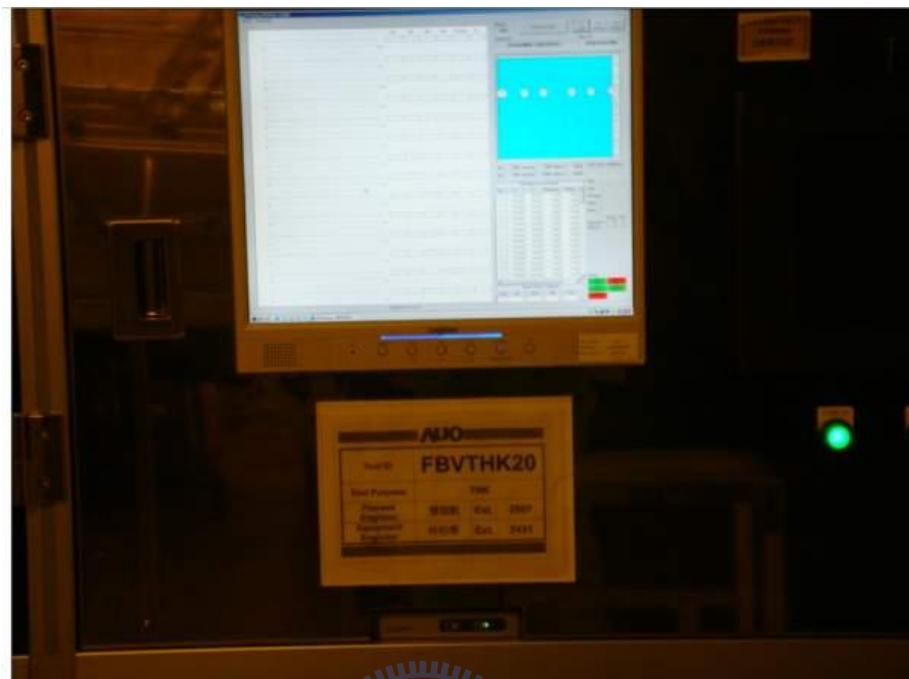


圖 5-4 膜厚度測機

5-2-3 Small Marco Machine

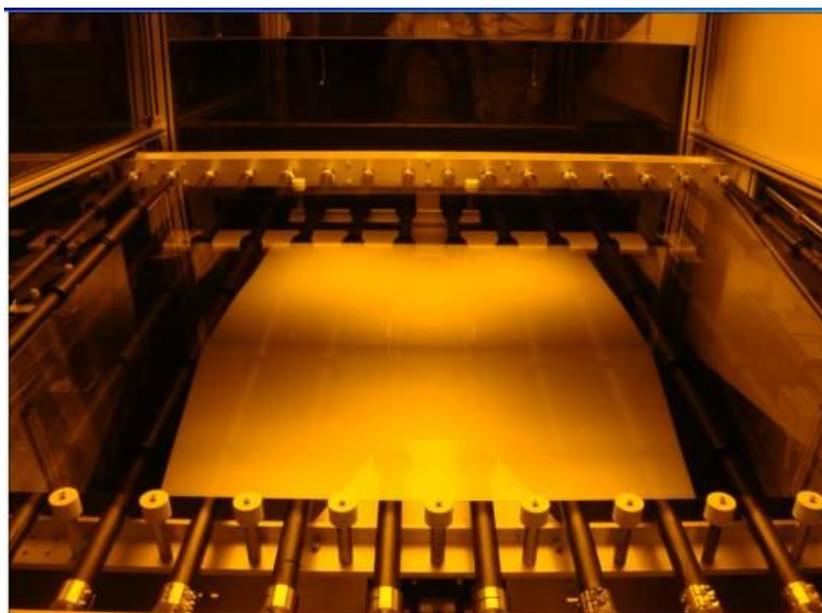


圖 5-5 Small Marco Machine

5-2-4 Mura 檢測機

Mura檢測機基本結: Light Box發出白光,通過CF基板後(僅剩餘該製程光),再通過CCD Camera前的濾光鏡,過濾背景雜光,成像於CCD上。

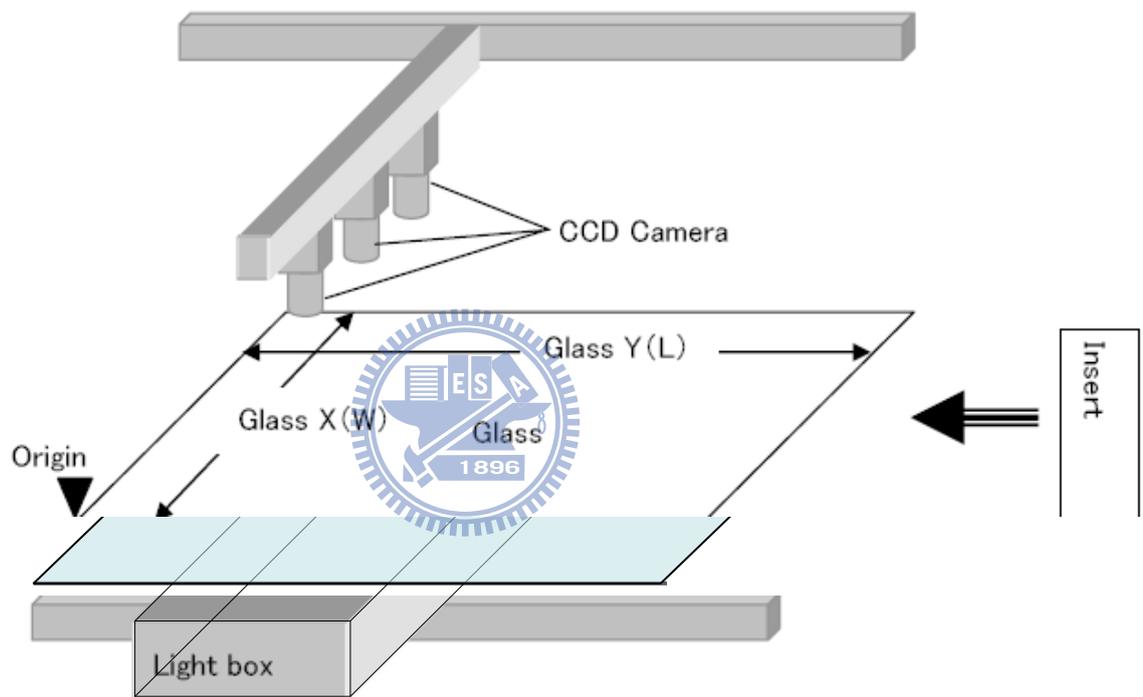
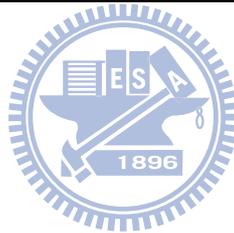


圖 5-6 Mura 檢測機基本結構圖

表 5-1 使用機台規格表

機台名稱	廠牌	機台型號	規格	功能簡述
光阻塗佈機 (Coater Machine)	TOK	TR90301S-CLT	1.Dimension : 13260mm(W)*4100mm(D)*2740mm(H) 2.Weight(Kg) : 38000kg 3.Glass Thickness : 0.6~1.1mm 4.Load Transfer : Robot	玻璃基板(Substrate)之光阻塗佈 用製程設備
膜厚度測機 (Film Thickness Machine)	TAKANO	TT-1850Q	1.Dimension : 2460mm(W)*3000mm(D)*2960mm(H) 2.Weight(Kg) : 1580kg 3.Glass Thickness : 0.6~1.1mm	光阻塗佈機(Coater Machine) 塗佈完成後之膜厚檢測用機台
巨觀檢測機 (Small Marco Machine)	Tera	7155-KCT	Dimension : 1.3219mm(W)*4850mm(D)*3700mm(H) 2.Weight : 4500kg 3.Glass Thickness : 0.6~1.1mm	光阻液塗佈完成後之巨觀檢查
色差檢測機 (Mura Inspection Machine)	TAKANO	Color Register Slit Mura Inspection System	1.Dimension : 3200mm(W)*2800mm(D)*3100mm(H) 2.Weight(Kg) : 2500kg 3.Glass Thickness : 0.6~1.1mm 4.CCD Resolution : 750x875um 5.Heads : 3 Sets	曝光前之Mura檢測動作



5-3 實驗規劃與流程

5-3-1 實驗規劃

本實驗將以國產化之光阻塗佈噴嘴安裝於產線之生產機台搭配生產用之光阻液進行實驗，再以一系列之檢測機台，來比較國產化A公司與日本原廠B公司之光阻塗佈噴嘴做整體之比較，以求得最終之測試驗證結果。

5-3-2 實驗前準備

本實驗進行前須準備之項目有：1.測試用光阻塗佈噴嘴、2.花崗石平台、3.光阻塗佈噴嘴之交換升降台車、4.工業用酒精及無塵佈、5.丙酮液、6.角度調整治具、7.光阻塗佈噴嘴之組裝手順書、8.玻璃基板清洗機、9.光阻塗佈機、10.膜厚度測機、11.微觀檢測機、12.Mura檢測機等等實驗前之準備用具與所需進行測試用機台之借機待命準備。

5-3-3 實驗方法

實驗方法項目步驟，如圖 5-7所示。

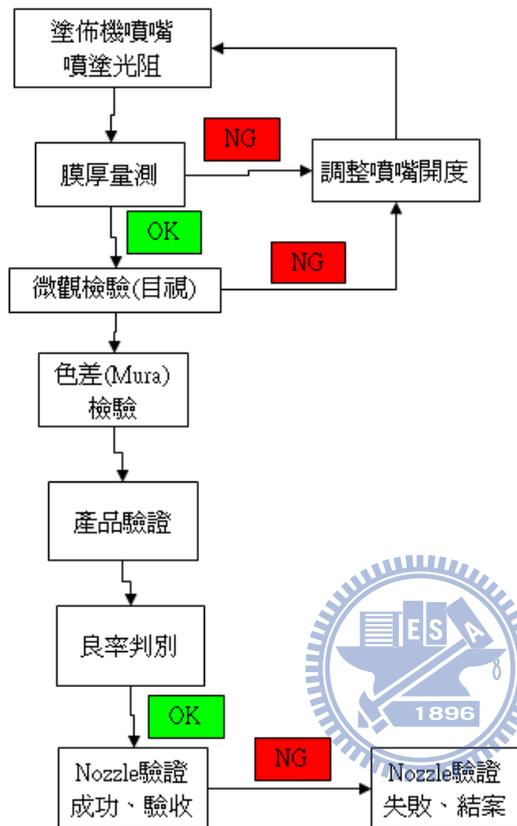


圖 5-7 實驗方法步驟

第六章 初步實驗結果分析與討論

6-1 實驗數據分析概述

本次國產Nozzle膜厚測試實驗共進行四次塗佈測試，每次進行219個膜厚度量測點位，其膜厚之最大值(Max)、最小值(Min)、膜厚範圍差(Range)如圖 6-1所示。

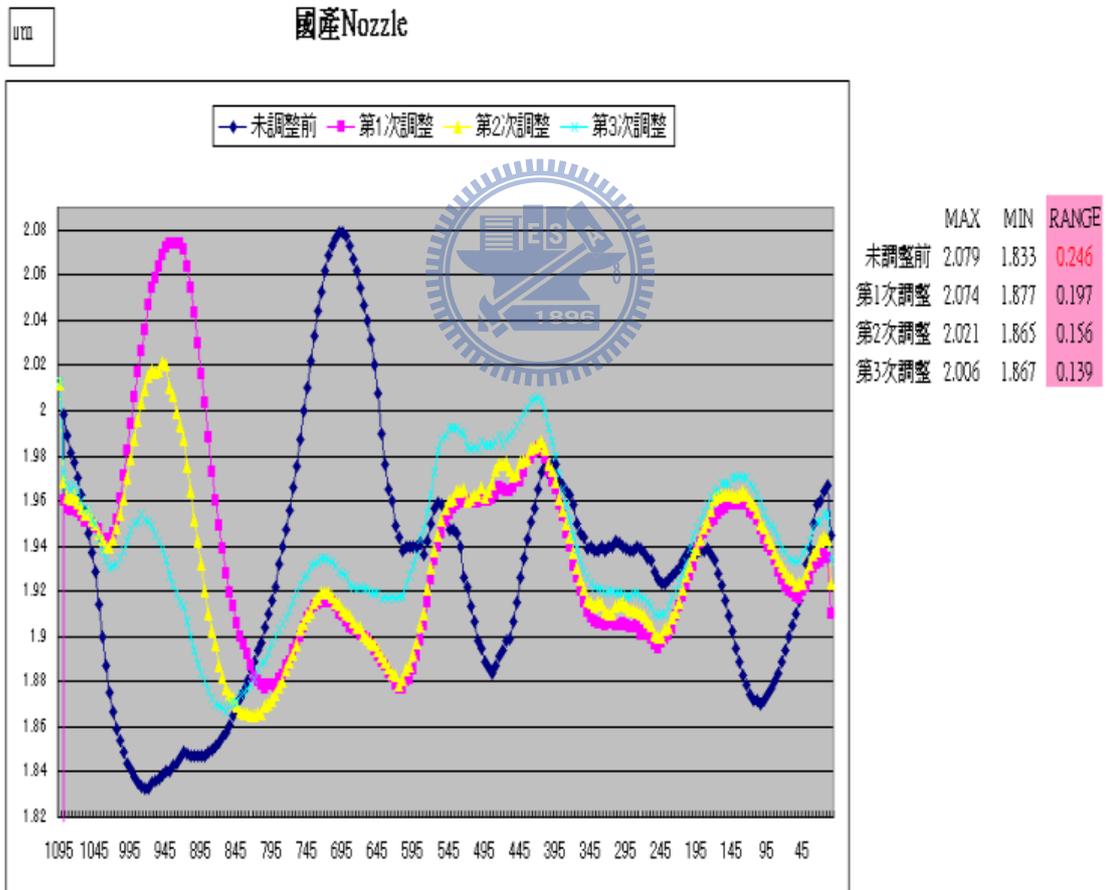


圖 6-1 國產 Nozzle 測試數據

四次膜厚值分別為未調整開度值 $0.246\mu\text{m}$ ，第一次調整開度值 $0.197\mu\text{m}$ ，第二次調整開度值 $0.156\mu\text{m}$ ，第三次調整開度值 $0.139\mu\text{m}$ 。

此四次測試數據皆超出膜厚之要求規格為0.03~0.07 μm ，測試失敗。雖然超出膜厚之規格值，但很清楚的看出膜厚值是漸漸縮小收斂。

6-2 原廠Nozzle與國產化Nozzle之分析比較

基於比較基準之相同，本次原廠Nozzle膜厚測試實驗亦共進行四次塗佈測試，每次進行219個量測點位，其膜厚之最大值(Max)、最小值(Min)、膜厚範圍差(Range)，如圖 6-2所示。

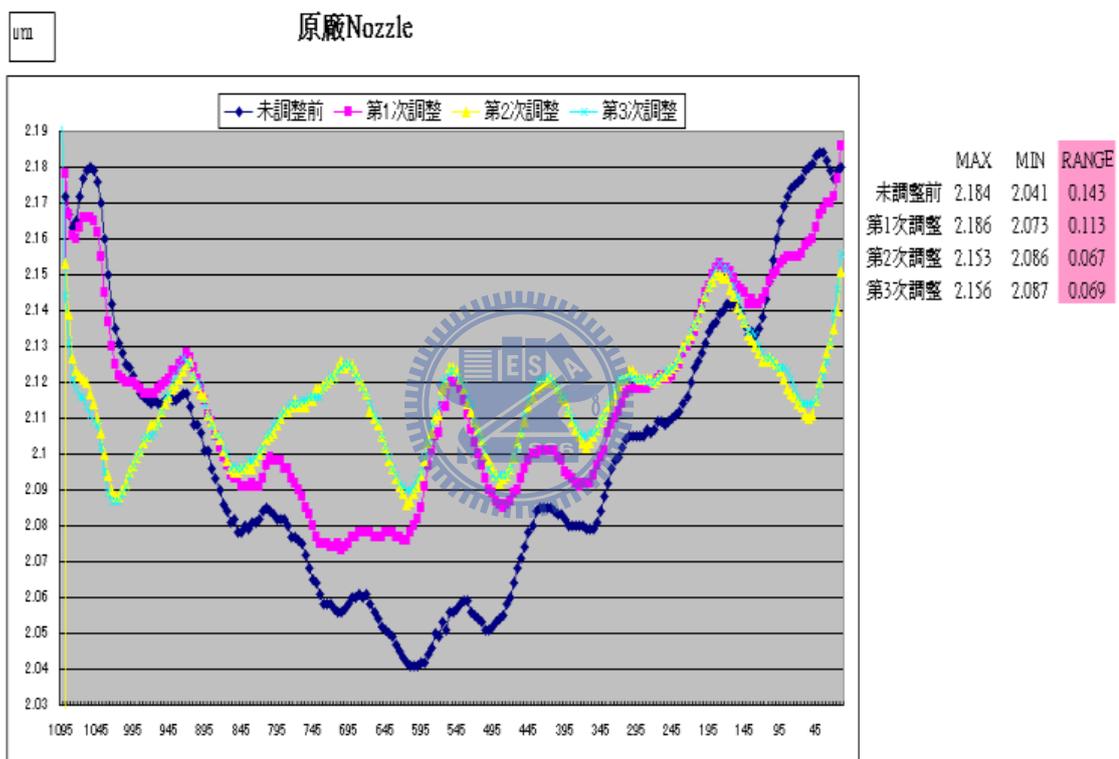


圖 6-2 原廠 Nozzle 測試數據

四次膜厚值分別為未調整開度值0.143 μm ，第一次調整開度值0.113 μm ，第二次調整開度值0.067 μm ，第三次調整開度值0.069 μm ，其中第二次調整數據0.067 μm 與第三次調整數據0.069 μm 已達到膜厚之要求規格0.03~0.07 μm ，實驗測試成功。

由圖 6-1 國產Nozzle測試數據與圖 6-2原廠Nozzle測試數據做分析

比較，可看出國產膜厚數據值偏高，四次測試數據皆超出膜厚之規格值，這一問題點是目前極需克服之處，亦是此研究實驗成敗之關鍵因素。



第七章 從理論以及有限元素法分析探討

如何調整螺絲達到均勻塗佈

7-1 概述

本章節將介紹如何利用理論推導以及有限元素法分析能更有效率從調整螺絲達到均勻塗佈。

首先我們將由實驗量出轉動螺絲的角度以及扭力的關係，由扭力可以計算出螺絲對於模具施加的正向力。接著由有限元素法的分析，可以得知螺絲所施加的正向力對於模具所造成的影響，包含間隙變化的大小、應力、應變等。最後依據流體力學的計算，可以得到這些間隙變化會造成多大的流量變化，進而如何影響塗佈厚度等。最終可以由上述的推導關係等得到調整角度以及塗佈厚度的關係圖，可以做為後續調整螺絲的依據。

7-2 理論以及有限元素法分析

7-2-1 螺絲轉動角度以及其施加於模具正向力之關係

螺絲轉動角度以及其相對應施加於模具上的正向力是一個非常困難的題目。影響此關係之因素包含有摩擦力、螺絲間的公差...等。無論是理論上的分析或是有限元素法上的分析，上述的因素若稍有變動，皆會造成相當程度的影響。

在本研究中，我們利用扭力扳手量得螺絲轉動角度以及扭力的關係，得出其關係如圖7-1。

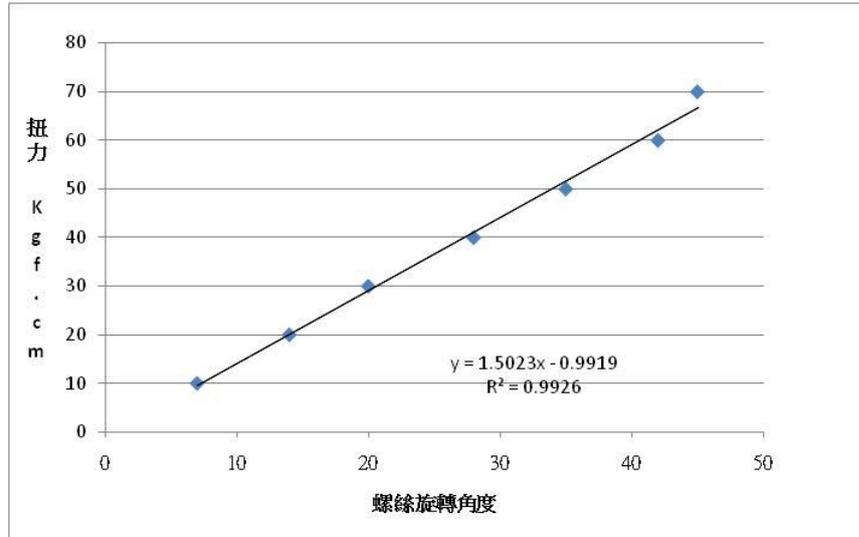


圖 7-1 螺絲旋轉角度與扭力關係圖

由圖7-1可看出螺絲旋轉角度以及扭力為一高度正相關之線性關係。由圖可以假設旋轉角度與扭力之關係為：

$$\text{扭力}(\text{kgf} \cdot \text{cm}) = 1.5 \times \text{螺絲旋轉角度} (\theta^\circ) \quad (7-1)$$

依據機械設計常用公式[14]，扭力以及正向力的關係：

$$\text{扭力} = 0.18 \times \text{螺絲主要直徑} \times \text{正向力} \quad (7-2)$$

本實驗中，我們利用M5螺絲去拉扯噴嘴，其主要直徑為5mm[15]。代入螺絲主要直徑後，合併方程式(7-1)和(7-2)可以得到角度以及施加的正向力的關係為：

$$\text{螺絲旋轉角度} (\theta^\circ) = 0.006123 \times \text{正向力} (\text{N}) \quad (7-3)$$

7-2-2 螺絲鎖固作用之正向力與模具變形量之關係

在此研究中，我們使用有限元素法分析螺絲施加於模具之正向力以及模具變形之關係。首先我們針對模型做了一些假設如下：

- (1) 螺絲施加的正向力尚不會使模具塑性變形，故模型為一彈性體。

- (2) 未施加轉動之螺絲使其為模具結構的一部分，用圓柱連結替代。
- (3) 施加轉動之螺絲轉換成前一節計算出之正向力代入。

模型建立如圖7-2。

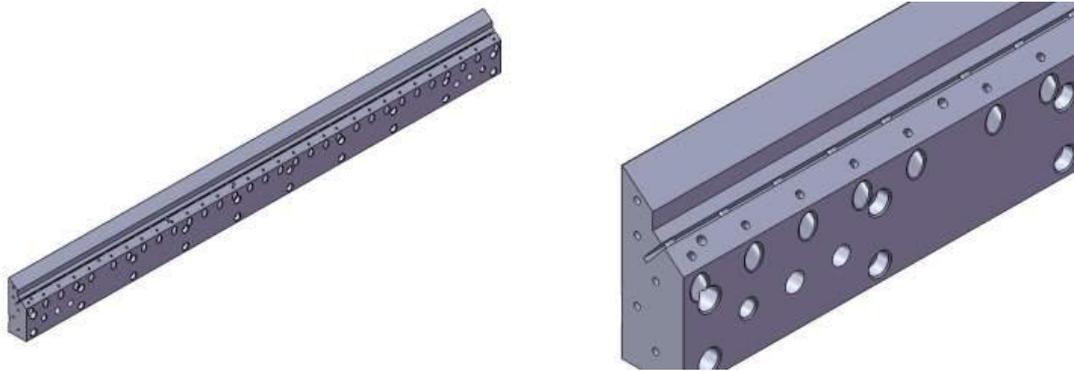


圖 7-2 模型圖

模型建立好之後，由ANSYS進行分析[16]。首先進行格點數分析，確保分析之有效性。圖7-3和圖7-4為建立格點之後的模型圖以及格點收斂分析圖。

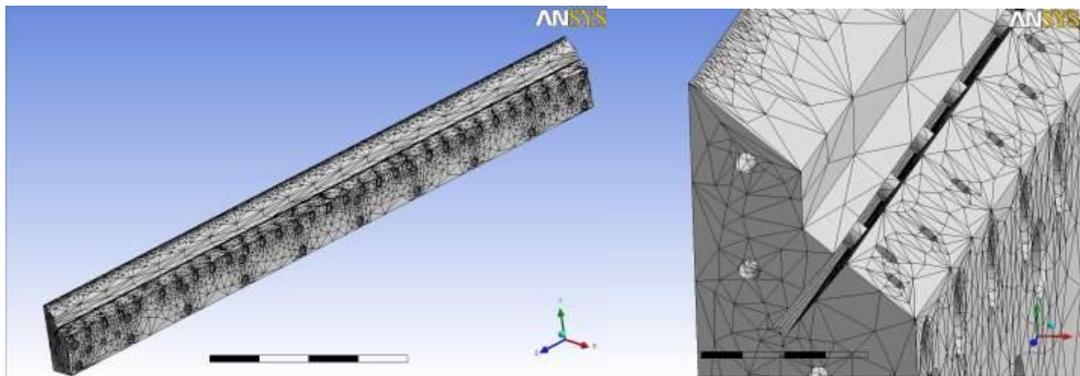
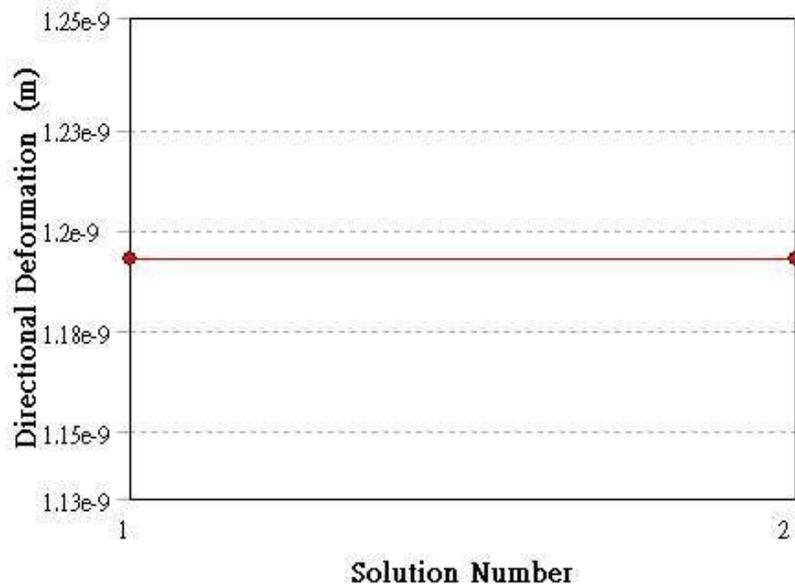


圖 7-3 模型格點圖

Convergence History



	Directional Deformation (m)	Change (%)	Nodes	Elements
1	1.1928e-009		119810	68800
2	1.1931e-009	2.6999e-002	164451	93554

圖 7-4 格點收斂分析圖

由圖7-4可知格點數119810以及格點數164451之誤差為0.027%，以達成收斂目標。在後續分析之中，我們將以格點數119810之模型進行分析。

依據前述假設(1)，在彈性變形的情況之下，施加之正向力的大小會與變形成正比之關係，換句話說施加1N與施加3000N對於位移的差異為3000倍。依此可以簡化分析，先分析1N的位移變化，之後對於其他的正向力值，皆乘以其倍數即可。再者因為正向力為壓力或者是拉力，對於施加在模型上只會差一個正負號，故還可以更為簡化到只分析一個方向的正向力。在此研究之中，會以施加壓力使得間隙變小為分析對象。

本研究中我們分析了下列兩種情況：

- (1) 中段螺絲施加正向力對於間隙所造成的影響。

(2) 兩端螺絲施加正向力對於間隙所造成的影響。

在第一種情況下，我們分析對於中段一個螺絲施加正向力之後，會對間隙造成的影響以及其所影響之範圍。圖7-5為在中段螺絲施加正向力對於間隙所造成的影響。

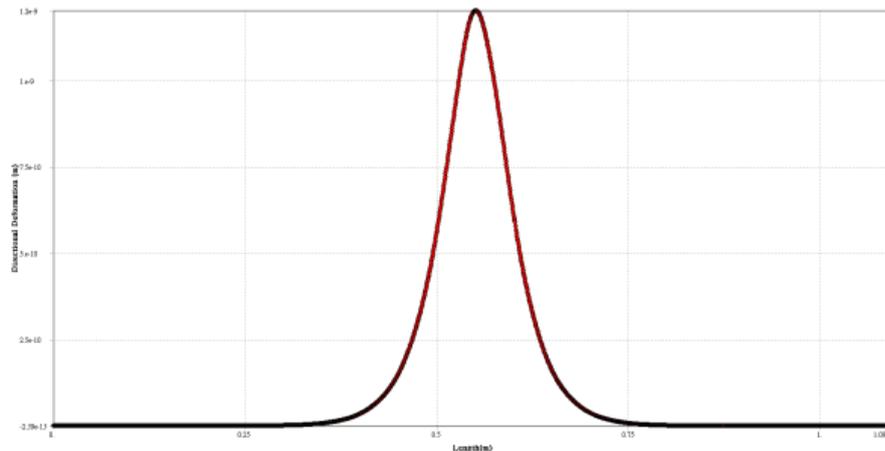


圖 7-5 施加 1N 力在螺絲孔後之模型位移圖

由圖7-5可以看出，施加1N之正向力的情況下，間隙改變的最大位移為1.2nm。位移變化0.25nm(21%)以上的範圍為174mm，包含施加正向力的螺絲本身共有5顆螺絲的範圍受到影響。

第二種情況之下，我們分析模具端點的螺絲施加正向力之後對於間隙所造成的影響。因為端點的螺絲少了一部分的支撐，預估相同的外力之下，其位移變化會比在中段的位移大。因此需要針對端點部分的變化進行分析以得到調整螺絲角度之依據。圖7-6到7-8分別為由端點往中段的三個螺絲分別施加1N的正向力之變化。

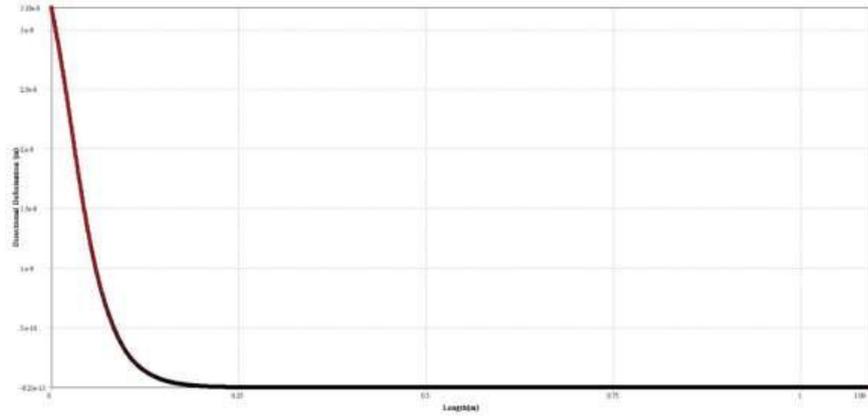


圖 7-6 施加 1N 力在端點螺絲孔後之模型位移圖

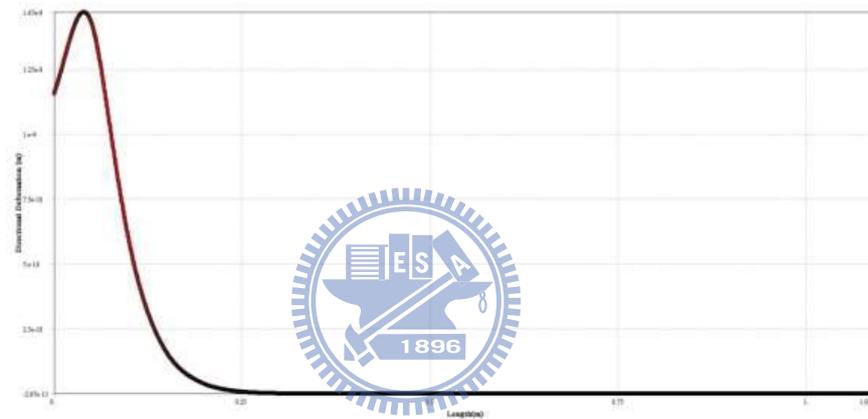


圖 7-7 施加 1N 力在離端點第二個螺絲孔後之模型位移圖

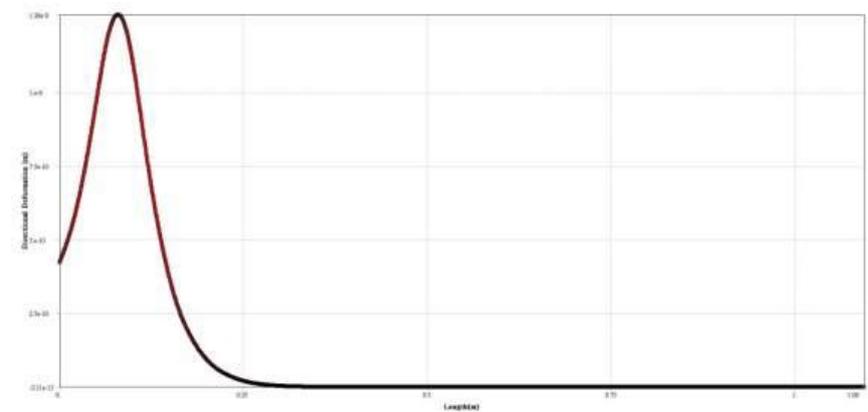


圖 7-8 施加 1N 力在離端點第三個螺絲孔後之模型位移圖

各種情況下模具位移變形量之峰值變化如表7-1。

表 7-1 各螺絲施加 1N 後其位移最大變化值

螺絲編號	1	2	3	16
最大位移(nm)	3.18	1.47	1.26	1.21

由表7-1可知，距離端點第三個螺絲的最大位移的變化已經與中段螺絲的最大位移變化相近。與第一種情況下的分析相符，可知旋轉螺絲所造成的影響約為左右兩顆螺絲的範圍。

7-2-3 模具間隙以及塗佈厚度關係

進行模具間隙對塗佈厚度的關係探討之前，我們做一些假設如下：

- (1) 流體為層流(Laminar Flow)。
- (2) 流體在平板間往出口方向流動，其他方向流動忽略不計。
- (3) 因為間隙變化很小，假設間隙變化不影響入口壓力。故入口壓力維持固定。
- (4) 塗佈過程已達穩態。

假設x方向為出口、 u 為出口方向的流速分佈，流體力學方程式(Navier-Stokes Equation)在x方向上我們可以寫成[17]:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (7-4)$$

依據假設(2)~(4)，我們可得下列式子。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 0 \quad (7-5)$$

$$v = 0 \quad (7-6)$$

$$w = 0 \quad (7-7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (7-8)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 \quad (7-9)$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad (7-10)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \quad (7-11)$$

將上式代入方程式(7-4)可得:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (7-12)$$

改寫方程式(7-12)可得:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial x} - \rho g_x \right) = c \quad (7-13)$$

方程式(7-13)中，等號右邊皆為常數，所以令其等於一常數c。因為u只與y方向有關，故可以改寫方程式(7-13)為一常微分方程。邊界條件為流體在與間隙接觸面上流速為0，故對方程式(7-13)進行積分可得:

$$u = c \left(\frac{1}{2} y^2 - \frac{L}{2} y \right) \quad (7-14)$$

方程式(7-14)為流體在流場之中的速度分布。對其積分可以得單位時間內的流量變化。

$$\dot{V} = \int_0^L u dy = -\frac{c}{12} L^3 \quad (7-15)$$

其中 \dot{V} 為單位時間的出口流量、L為間隙寬度。

依據方程式(7-15)可得單位時間的出口流量與間隙 L 的三次方成正比。而膜厚 T 與 \dot{V} 成正比。故可得

$$T \propto L^3 \quad (7-16)$$

或

$$\frac{T'}{T} = \frac{L'^3}{L^3} \quad (7-17)$$

最後得到膜厚與間隙寬度的方程式(7-16)，而方程式(7-17)則可以使用在已知塗佈厚度後以及間隙大小後，可以依據需求厚度求出該如何調整間隙。

7-2-4 螺絲旋轉角度以及塗佈厚度關係

由7-2-1節，我們得知了螺絲旋轉角度與螺絲施加在噴嘴上的正向力的關係。而7-2-2節中，我們利用了有限元素法計算出正向力與間隙變化的關係。最後在7-2-3節，我們計算出間隙寬度與流量變化的關係。7-2-4節我們將串連這些數據得出螺絲旋轉角度與流量變化的關係，當作實際調整之依據。

首先我們以中段螺絲進行討論。因為調整中段一顆螺絲會影響其左右各兩顆螺絲之範圍，故實際調整時我們將尋找膜厚變化之最大或最小之峰值所在之螺絲進行調整，而其左右兩顆螺絲會維持固定不調整。待再次進行實驗後依據其變化在進行調整。再者我們假設間隙寬度與設計圖相符(0.1mm)。並且依據先前實驗數據，設定目標塗佈厚度為1.933 μm 。所以方程式(7-17) 可以寫成：

$$\frac{L^3}{(0.1\text{mm})^3} = \frac{1.933\mu\text{m}}{T} \quad (7-18)$$

其中 T 為實驗量得知塗佈厚度， L' 為須調整的間隙厚度。

因為1N的正向力會使得噴嘴間隙改變1.2nm，在此我們先假設是要使間隙變小，所以方程式(7-18)可以改寫成：

$$\frac{(0.1\text{mm} - 0.0000012\text{mm} \times F)^3}{(0.1\text{mm})^3} = \frac{1.933\mu\text{m}}{T} \quad (7-19)$$

或者

$$F = \left(1 - \sqrt[3]{\frac{1.933}{T}}\right) \times 82644N \quad (7-20)$$

合併螺絲旋轉角度以及其所產生的正向力的關係式(7-3)，我們可以得到：

$$\text{螺絲旋轉角度 } (\theta^\circ) = 506.01 \times \left(1 - \sqrt[3]{\frac{1.933}{T}}\right) \quad (7-21)$$

最後可得當塗佈厚度超出標準厚度時，可以旋轉多少螺絲旋轉角度以調整之，同理我們也可得端點的螺絲與塗佈厚度的關係。整理如表 7-2和表 7-3。

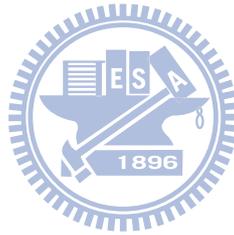


表 7-2 塗佈厚度與需調整角度關係表-1

螺絲編號	1	2	3	中段
調整角度	厚度(μm)			
1	1.9634	1.9470	1.9450	1.9445
2	1.9945	1.9611	1.9571	1.9561
3	2.0262	1.9754	1.9692	1.9678
4	2.0587	1.9898	1.9815	1.9796
5	2.0918	2.0043	1.9939	1.9915
6	2.1256	2.0190	2.0064	2.0034
7	2.1601	2.0338	2.0190	2.0155
8	2.1954	2.0488	2.0317	2.0277
9	2.2315	2.0639	2.0445	2.0399
10	2.2684	2.0792	2.0574	2.0523

表 7-3 塗佈厚度與需調整角度關係表-2

螺絲編號	1	2	3	中段
調整角度	厚度(μm)			
-1	1.9026	1.9190	1.9210	1.9195
-2	1.8715	1.9049	1.9089	1.9058
-3	1.8398	1.8906	1.8968	1.8920
-4	1.8073	1.8762	1.8845	1.8781
-5	1.7742	1.8617	1.8721	1.8640
-6	1.7404	1.8470	1.8596	1.8498
-7	1.7059	1.8322	1.8470	1.8355
-8	1.6706	1.8172	1.8343	1.8211
-9	1.6345	1.8021	1.8215	1.8065
-10	1.5976	1.7868	1.8086	1.7917



第八章 後續實驗結果分析與討論

8-1 實驗數據分析概述

依據第七章的推導結果，進行後續塗佈測試。調整方式為針對超出可容許範圍之膜厚位置進行螺絲旋轉之調整。

$$[(\text{Max}-\text{Min})/(2*\text{AVG})]*100\% < 2\% \quad (8-1)$$

依據先前實驗可得平均膜厚約為 $1.933\mu\text{m}$ ，所以可得：

$$\text{Max}-\text{Min} < 0.077 \mu\text{m} \quad (8-2)$$

若最大峰值大於 $1.972\mu\text{m}$ 或者最小峰值小於 $1.895\mu\text{m}$ ，則我們會依據其所在位置以及表7-2、表7-3進行調整。

8-2 實驗結果

本次國產Nozzle膜厚測試實驗共進行五次塗佈測試，每次進行219個膜厚度測點位，其膜厚如圖8-1所示。表8-1為每次螺絲調整角度。

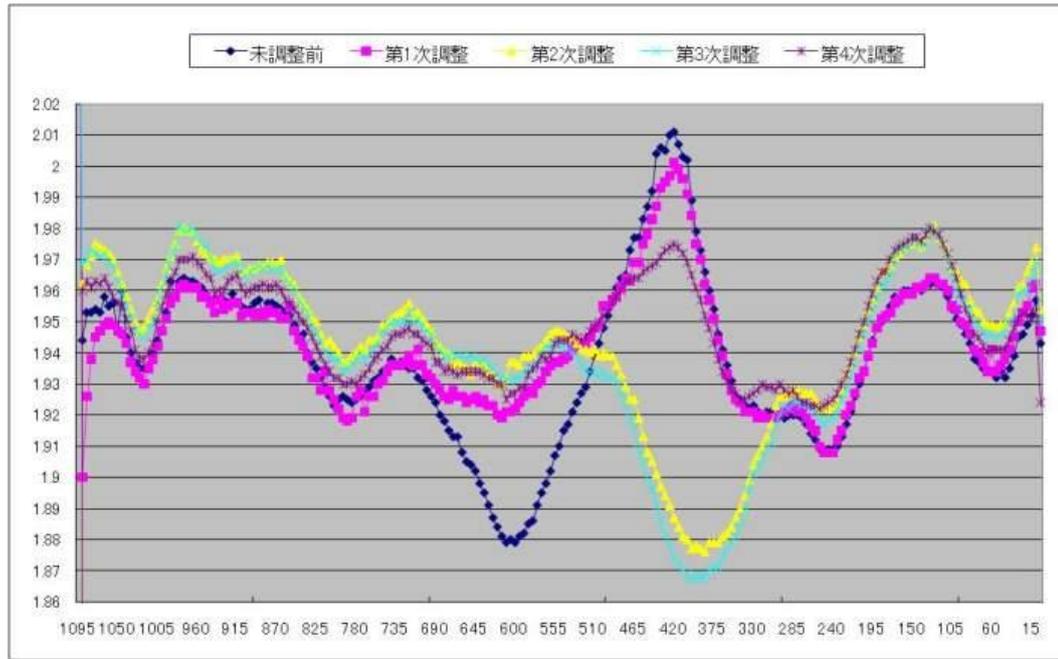


圖 8-1 國產 Nozzle 後續測試數據

表 8-1 螺絲調整角度記錄表

螺絲編號	1	15	19
調整後-1		-4度	7度
調整後-2	3度		6度
調整後-3			-4度
調整後-4			-4度

五次膜厚值分別為未調整開度值 $0.132\mu\text{m}$ ，第一次調整開度值 $0.101\mu\text{m}$ ，第二次調整開度值 $0.105\mu\text{m}$ ，第三次調整開度值 $0.114\mu\text{m}$ ，第四次調整開度值 $0.058\mu\text{m}$ ，已達到膜厚之要求規格 $0.077\mu\text{m}$ 以內，實驗測試成功。

8-3 實驗結果探討

在本次實驗之中，第一次塗佈之開度值為 $0.132\mu\text{m}$ 比起先前第一次開度值為 $0.246\mu\text{m}$ ，故能比起先前較能快速收斂。本次實驗調整四次已達到膜厚要求規格。

觀察調整螺絲情況，可以發現在第1顆螺絲以及第15號螺絲皆能有效的依據第七章所得方式有效收斂。然而第19顆螺絲在經由多次拉緊及鬆放之後才符合規格要求，可能與其表面粗糙度、實驗之穩定度、螺絲轉動角度誤差、塗佈其他相關因素等有關。所幸最終還是能達到規格要求。為求改善，建議未來以扭力值為參數，減少實驗時計算角度所造成的誤差。



第九章 結論

9-1 結論

本論文研究使用量產上之設備機台進行測試(如：玻璃基板清洗機，光阻塗佈機，膜厚度測機，微觀檢測機，Mura檢測機...等)，來進行此國產化與日本原廠之塗佈噴嘴驗證比較，以得到與日本原廠塗佈噴嘴最接近之研究結果，進而縮短塗佈噴嘴量產與交期時間，進而提升本公司之競爭力。

此外本研究利用理論及有限元素法的分析，減少試誤法所造成的實驗材料浪費、製程參數測試花費以及時間之浪費等。分析方法如下所述：

1. 由實驗量出轉動螺絲角度以及扭力的關係，由扭力計算出螺絲對於模具施加的正向力之關係。
2. 有限元素法的分析，可以得知螺絲所施加的正向力對於模具所造成的變化，包含間隙變化的大小、應力、應變等。
3. 依據流體力學的计算，可以得到間隙變化會造成的流量變化，進而如何影響塗佈厚度。

由上述之推導關係得到調整角度以及塗佈厚度的關係圖，做為後續調整螺絲之依據。

最後比對分析結果與實驗資料，發現能有效的使得膜厚迅速收斂至要求之規格。然而在調整螺絲的轉動角度誤差之中，可能會產生調整上的錯誤。建議未來於光阻塗佈噴嘴之間隙調整上能使用扭力作為其重要之調整參數依據，進而取代現行之螺絲轉動角度之方法。相信在噴嘴更換時與製程膜厚參數微調時會更為準確並節省許多時間與人力上之浪費。

第十章 參考文獻

- [1] 劉大佼，王又慶，龔世杰，林耀楠，張益榮，「精密模具塗佈技術之簡介」，化工月刊，第50卷 第1期，48~50頁，民國九十二年。
- [2] 朱文彬，「片狀基板之精密塗佈技術與產品開發」，工業材料雜誌，第205期，112~119頁，民國九十三年一月。
- [3] 黃振榮，「國內半導體與平面顯示器製程設備發展機會探討」，機械月刊，第31卷 第5期，100~111頁，民國九十四年五月。
- [4] 同註1，48~50頁。
- [5] 劉大佼，「簡介精密模具塗佈技術」，化工技術月刊，第6卷 第12期，150~157頁，民國八十七年十二月。
- [6] 同註1，48~50頁。
- [7] 李國陽，擠壓式塗佈工程之研究，國立清華大學化學工程研究所博士論文，1990。
- [8] 喻雲威，擠壓式模具內複雜流動之分析，國立清華大學化學工程研究所碩士論文，1998。
- [9] 林庭瑜，高黏度塗佈液塗佈視窗之測定與分析，國立清華大學化學工程研究所碩士論文，1998。
- [10] 張永漢，黏彈性流體在擠壓型模具內入口流動之分析與觀察。國立清華大學化學工程研究所碩士論文，1995。
- [11] 朱文彬，低黏度牛頓流體之預調式塗佈分析。國立清華大學化學工程研究所碩士論文，1997。
- [12] 俞文正，共擠壓塗佈技術之建立與分析。國立清華大學化學工程

研究所碩士論文，1994。

- [13] 周更生，二十一世紀的新化學工程，五南圖書出版公司，台北市，民國九十五年。
- [14] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill, New York, 2001.
- [15] 小栗富士雄，小栗達男，標準機械設計圖表便覽，眾文圖書股份有限公司，1996。
- [16] 劉晉奇，褚晴暉，有限元素分析與ANSYS的工程運用，滄海書局，2006。
- [17] Bruce R. Munson, et al, Fundamentals of Fluid Mechanics, Wiley, New York, 1990.
- [18] Cohen, E. D., E. B. Gutoff, Modern Coating and Drying Technology, VCH Publishers, New York, 1992.
- [19] Cohen, E. D., E. B. Gutoff, Coating and Drying Defects, Wiley, New York, 1995.
- [20] Deryagin, B. V., S. M. Levi, Film Coating Theory, The Focal Press, New York, 1964.
- [21] P. M. Schweizer, Kistler, S. F., Liquid Film Coating, Chapman & Hall, London, 1997.