

# 國立交通大學

平面顯示技術碩士學位學程

碩士論文

LCD 配向製程聚醯亞胺塗佈膜之  
肥邊瑕疵改善研究

Improvement on Fat Edge Defects of Polyimide  
Coating Film in LCD Alignment Process

研究生：賴建豪

指導教授：鄭泗東 教授

中華民國九十九年八月

LCD 配向製程聚醯亞胺塗佈膜之肥邊瑕疵改善研究  
Improvement on Fat Edge Defects of Polyimide Coating  
Film in LCD Alignment Process

研 究 生：賴建豪  
指 導 教 授：鄭泗東

Student : Chien-Haw Lai  
Advisor : Stone Cheng

國 立 交 通 大 學  
平 面 顯 示 技 術 碩 士 學 位 學 程  
碩 士 論 文

A Thesis  
Submitted to Degree Program of Flat Panel Display Technology  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
in  
Flat Panel Display Technology  
August 2010  
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

The logo of National Chiao Tung University is a circular seal. It features a gear-like outer border. Inside the circle, there is a stylized representation of a building or a traditional Chinese architectural element. The year '1896' is inscribed at the bottom of the inner circle. The text 'National Chiao Tung University' is written around the inner perimeter of the seal.

中華民國九十九年八月

# LCD 配向製程聚醯亞胺塗佈膜之肥邊瑕疵改善研究

研究生：賴建豪

指導教授：鄭泗東博士

## 平面顯示技術碩士學位學程

### 中文摘要

本研究的目的是為改善 Cell 製程 TFT 側與 CF 側配向膜 coating 配向 Polyimide(PI)膜塗佈，再經由預烤爐(hot plate)pre-bake 後在印刷邊緣不均勻區域收縮範圍與段差所產生之肥邊(fat edge)瑕疵改善研究，以改善顯示器可視區域邊緣與角落視覺異常。

本論文實驗了 PI 配向膜塗佈之後須進行 pre-bake 受熱，設計 hot plate 兩種實驗受熱接觸方式，一種為直接接觸受熱，另一種採用有間距接觸受熱方式，兩者方式發現設定 70°C 溫度下直接接觸受熱升溫曲線優於近接觸而且能大幅降低 PI 配向膜 coating 後邊緣與角落不均勻區域，使面板內可視範圍區域能增加，也探討實驗中所受到的熱通量與機台熱能散失的差異性。

實驗研究結果實際導入在 LCD 面板中 TFT 與 CF 的 PI 配向膜塗佈改善效益確實達到預期中的效果，由光學顯微鏡驗證、FIB 膜厚分析、預傾角量測、官能基紅外線光譜分析結果顯示改善後之 PI 配向膜信賴性驗證能保持正常規格，實驗中亦發現 polyimide 經由瞬間昇溫過高則會產生突沸破開之小點。此研究成果可減少 LCD 配向膜 coating 製程瑕疵及降低設備所需能源與製造成本，提升液晶面板的產品競爭力。

**關鍵詞：**聚醯亞胺，配向膜製程，肥邊，突沸現象。

# Improvement on Fat Edge Defects of Polyimide Coating Film in LCD Alignment Process

Student : Chien-Haw Lai

Advisor : Dr. Stone Cheng

Program of Flat Panel Display Technology

National Chiao Tung University

## Abstract

The purpose of this research is for the improvement of fat edge defects of Polyimide (PI) membrane after pre-bake heating in the LCD alignment process. The objective is to study the heating procedure to reduce the PI membrane edge non-uniform region and the sectional difference, which are the key issues of the active area and the corner visual abnormality.

Two heating modes (heating plate made contact or non-contact with PI membrane) in pre-baking process are discussed in this thesis. In the contact mode with 70°C 10 second heating period, the experimental results showed that the "temperature increasing curve" and "un-uniform region reducing" are better than in non-contact mode. This can solve the active area issue. Besides the two heating modes operation, the heat flux between glass substrate and pre-baking furnace is also discussed. After final baking process, the alignment film is analyzed by several instruments such as optical microscope, pre-tilt angle confirmation, focus ion beam analyzer, and Fourier transformation infrared rays analyzer. The results showed that the alignment film corresponded with engineering specifications. The experiment also discovered that heating the polyimide by way of instantaneous elevates temperature increment will have the broken bumping hole on the film. This research can be a strategy for reducing defect during alignment film production, decreasing the energy needs, and saving cost to enhance the competitiveness of a company in the TFT-LCD industry.

**Keywords:** Polyimide, fat edge, alignment process, bumping hole.

## 誌謝

一篇論文完成，代表一個長時間研究的成果發表，也代表學習體會理論與實務面的應用呈現，這段時間由衷感謝機械工程研究所鄭泗東教授不辭辛勞教導文獻學術與提點在成功大學的 TDC 顯示研討會技術論文發表，耐心引領學生亦步亦趨的走向研究領域，探討國內外論文相關理論深度，使得學生受益良多，國際視野更加寬廣。

踏入交通大學平面顯示學位學程研究所，對於知識的求知求新充滿企圖心，感謝所有教授在課程期間用心規劃與諄諄教導，如半導體元件物理與製作技術、平面顯示檢測技術及設備、顯示光學、顯示電子電路..等學程讓學生在 LCD 技術理論上博得穩定基礎功夫，在未來面對各項研討問題能加以應用與突破，提高自身前瞻性。

本文實驗能夠全力成功研究驗證主要感謝中華映管 Cell 廠工程一部製程彭承軒副理，無論在 FIB 膜厚段差分析或者信賴性測試階段..等等，均不辭餘力協助向外單位窗口溝通讓進度有效前進，也感謝工程一部全體同仁能一起幫忙讓實驗研究成果導入製程順利，為公司增加製程技術實務與競爭力。

最後感謝這兩年來家人的無私支持與真心鼓勵、同儕間的協助才能達到預期目標，感謝女友瑞珊在撰寫論文與研究實驗這段漫長時間中不辭辛勞陪伴，用心扶持讓我能全力衝刺完成，謝謝你們。

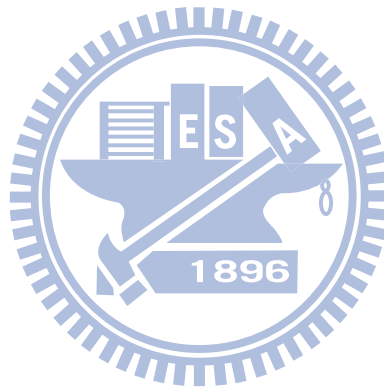
# 目次

中文摘要 .....	i
Abstract .....	ii
誌謝 .....	iii
目次 .....	iv
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 文獻回顧 .....	2
1.2.1 被覆係數 .....	3
1.2.2 接觸角與塗佈 .....	4
1.2.3 表面張力與塗佈缺陷 .....	5
1.3 論文架構 .....	8
第二章 TFT-LCD製程簡介 .....	9
2.1 Array簡介 .....	9
2.2 Color filter簡介 .....	10
2.3 薄膜電晶體驅動特性 .....	10
2.4 Cell製程簡介 .....	11
2.5 模組簡介 .....	12
2.6 聚醯亞胺polyimide .....	13
2.7 溶劑solvent .....	14
2.8 配向方式種類 .....	14
2.9 LCD配向膜的特性要求 .....	15
2.10 配向膜製程 .....	16
第三章 量測儀器原理 .....	18
3.1 NR-250 熱電偶感測器 .....	18
3.2 FIB聚焦離子束 .....	19
3.2.1 FIB主要功能 .....	19
3.2.2 FIB原理 .....	21
3.3 OM顯微鏡 .....	23

3.4 預傾角量測機OMS-CP52H .....	25
3.4.1 TN cell的安定角 .....	26
3.4 FT-IR傅立葉紅外光譜分析儀 .....	27
3.4.1 干涉儀的構造 .....	27
第四章 配向膜塗佈瑕疵改善與實驗架構 .....	29
4.1 配向製程細節說明 .....	29
4.2 PI邊緣不穩定區域 .....	30
4.3 實驗設計 .....	31
4.3.1 實驗流程步驟 .....	31
4.3.2 實驗條件 .....	34
4.4 實驗結果 .....	35
4.4.1 升溫曲線驗證 .....	36
4.4.2 結果量測驗證 .....	37
4.5 熱能分析 .....	40
4.5.1 熱通量計算 .....	42
第五章 導入LCD製程與信賴性研究 .....	44
5.1 小尺寸實際基板製品驗證 .....	44
5.2 IT機種實際基板驗證 .....	47
5.3 信賴性驗證 .....	49
第六章 結論 .....	53
6.1 結論 .....	53
6.2 實驗後續發現 .....	54
參考文獻 .....	57
附錄 論文期刊發表 2010 Taiwan Display Conference .....	58

## 表目錄

表 4.1	Ployimide成分表(本研究實驗為AL21004) .....	32
表 4.2	實驗條件&結果 .....	37
表 5.1	中華映管CPT 信賴性標準作業文件 .....	49
表 5.2	信賴性測試項目 .....	50
表 5.3	信賴性測試驗證結果 .....	51
表 5.4	信賴性測試總結 .....	52





## 圖目錄

圖 1.1 液滴在固體基材表面作用力情形 .....	2
圖 1.2 雙層流體示意圖 .....	4
圖 1.3 塗佈時接觸線之作用力示意圖 .....	4
圖 1.4 塗佈缺現實的空氣滲入 .....	4
圖 1.5 Craters 示意圖 .....	5
圖 1.6 因表面張力梯度所造成benard cells .....	6
圖 1.7 因密度梯度所造成benard cells .....	6
圖 1.8 Fat edge發生示意圖 .....	7
圖 1.9 Dewetting發生示意圖 .....	7
圖 2.1 TFT-LCD面板構造圖 .....	9
圖 2.2 TFT各層說明 .....	10
圖 2.3 彩色濾光片各層示意圖 .....	10
圖 2.4 TFT ON .....	11
圖 2.5 TFT OFF .....	11
圖 2.6 液晶顯示原理 .....	12
圖 2.7 模組組立分解示意圖 .....	12
圖 2.8 PI與PA分離示意圖 .....	13
圖 2.9 Polyimide硬烤示意圖 .....	14
圖 2.10 配向前後差異圖 .....	14
圖 2.11 CF 切裂線與PI膜示意圖 .....	16
圖 2.12 TFT 切裂線與PI膜示意圖 .....	16
圖 3.1 NR250 點位量測圖 .....	18
圖 3.2 熱電偶固定圖示 .....	18
圖 3.3 訊號連接器 .....	19
圖 3.4 FIB儀器示意 .....	20
圖 3.5 本實驗採用FIB照圖 .....	21
圖 3.6 離子形成機構示意圖 .....	21
圖 3.7 FIB離子束槍結構 .....	22
圖 3.8 固態針線型的液態金屬源 .....	23
圖 3.9 FIB工作原理示意圖 .....	23

圖 3.10 本文所採用OM顯微鏡照 .....	24
圖 3.11 本文採用預傾角量測機側視照 .....	25
圖 3.12 本文採用預傾角量測機正視照 .....	25
圖 3.13 預傾角機台構成圖 .....	26
圖 3.14 直線偏光 (位相差 = 0) 橢圓偏光 (位相差 ≠ 0) .....	26
圖 3.15 TN Cell安定角Stable angle 量測圖 .....	27
圖 3.16 FT-IR 干涉儀構造圖 .....	28
圖 3.17 本次實驗所採用FT-IR .....	28
圖 3.18 本文FT-IR分析操作步驟 .....	28
圖 4.1 配向膜塗佈示意圖 .....	29
圖 4.2 Color Filter配向膜塗佈前、後示意圖 .....	30
圖 4.3 TFT側配向膜塗佈前、後示意圖 .....	30
圖 4.4 不穩定角落異常現象 .....	30
圖 4.5 TFT側配向膜不穩定區域 .....	31
圖 4.6 CF側配向膜不穩定區域 .....	31
圖 4.7 實驗規劃流程圖 .....	32
圖 4.8 底基板膜層說明 .....	33
圖 4.9 近接接觸實驗示意圖 .....	34
圖 4.10 直接接觸實驗示意圖 .....	34
圖 4.11 Pre-bake設備圖 .....	34
圖 4.12 基板尺寸與觀察位置 .....	35
圖 4.13 條件 60°C 間距 Fat edge .....	35
圖 4.14 條件 70°C 間距 Fat edge .....	35
圖 4.15 條件 60°C 直接 Fat edge .....	36
圖 4.16 條件 70°C 直接 Fat edge .....	36
圖 4.17 實驗條件升溫曲線 .....	36
圖 4.18 FIB分析各點位圖示 .....	37
圖 4.19 FIB膜厚段分析 單位：埃 .....	38
圖 4.20 Pre-tilt angle量測點位 .....	38
圖 4.21 預傾角分析數值圖 .....	38
圖 4.22 加熱板直接接觸基板之FT-IR分析 .....	39
圖 4.23 加熱板與基板間距 3mm之 FT-IR分析 .....	39

圖 4.24 直接接觸熱能傳輸示意說明 .....	40
圖 4.25 近接接觸熱能傳輸示意說明 .....	40
圖 4.26 熱傳導示意圖 .....	41
圖 4.27 熱對流示意圖 .....	41
圖 4.28 熱輻射示意圖 .....	42
圖 5.1 小尺寸面板FIB分析點位分布圖 .....	44
圖 5.2 小尺寸近接接觸右上FIB膜厚分析圖 .....	44
圖 5.3 小尺寸近接接觸右上FIB膜厚分析段差曲線 .....	45
圖 5.4 小尺寸近接接觸右下FIB膜厚分析圖 .....	45
圖 5.5 小尺寸近接接觸右下FIB膜厚分析段差曲線 .....	45
圖 5.6 小尺寸直接接觸右上FIB膜厚分析圖 .....	46
圖 5.7 小尺寸直接接觸右上FIB膜厚分析段差曲線 .....	46
圖 5.8 小尺寸直接接觸右下FIB膜厚分析圖 .....	46
圖 5.9 小尺寸直接接觸右下FIB膜厚分析段差曲線 .....	47
圖 5.10 IT面板FIB分析點位分布圖 .....	47
圖 5.11 IT直接接觸右上FIB膜厚分析圖 .....	48
圖 5.12 IT直接接觸右上FIB膜厚分析段差曲線 .....	48
圖 5.13 IT近接接觸右上FIB膜厚分析圖 .....	48
圖 5.14 IT近接接觸右上FIB膜厚分析段差曲線 .....	49
圖 5.15 6Bit-VESA-Gamma3-T300TGHE .....	50
圖 5.16 燒附驗證 .....	51
圖 6.1 Polyimide膜之Fat edge現況，d為範圍與h為段差 .....	53
圖 6.2 本研究有效改善Fat edge瑕疵，降低d與h .....	54
圖 6.3 突沸現象顯微鏡倍率(*1) .....	55
圖 6.4 突沸現象顯微鏡倍率(*5) .....	55
圖 6.5 突沸現象顯微鏡倍率(*1000)&(*3000) .....	55
圖 6.6 突沸現象顯微鏡倍率(*8000) .....	56

## 第一章 緒論

薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)在台灣、日本、韓國與中國等許多國家已有進行革命性發展,台灣於近 10 年政府的政策支持與頂尖人材湧入推動之下,所佔經濟命脈已被各企業所看好而紛紛投資大量金錢,累積總投資金額已超過新台幣兆元以上且不斷大幅度成長,然而不同的客製化機種隨著時代因而衍生出多樣化的規格滿足客戶與時代,由此可見 TFT-LCD 製程材料技術將不斷被突破開發、提升創新,TFT-LCD 總體在製造成本控制已日漸大幅降低,在製程技術卻不斷進步提升已符合各中小家庭需求,目前 TFT-LCD 產品尺寸達 1.5 至 100 吋多樣化需求,廣泛被應用於液晶電視、液晶螢幕、電子影音器材(數位相框)、手機面板,不同尺寸所面臨的優點均為解析度高、廣視角、反應速度快、可視範圍加大、色彩飽和度高、低成本、薄型化...等等,為了達到這些需求,各公司階段目標都訂定極限規格向未來作挑戰。

### 1.1 研究動機

TFT-LCD 製程有三大領域,1、玻璃基板製程(Thin Film Transistor & Color Filter),2、組立製程(Cell),3、模組製程。各種領域所使用的材料與精密製程非常繁多。在組立(Cell)製程中的配向膜(polyimide)製程中有進行 coating 厚度約 1000 埃,屬於高分子材料,主要功用在於液晶面板內作 TFT 與 CF 的液晶絕緣層、配向後(rubbing)的液晶控制、Cell 內驅動電性燒附的評估技術研究,色彩對比呈現,即直接地與 LCD 上述關鍵息息相關,所以配向膜製程技術研究有其相當的重要性。

液晶面板由 TFT 與 CF 組立而成,兩側表面有鍍上 ITO 透明電極作搭接驅動,配向膜為覆蓋在兩側 ITO 透明電極之上,兩側配向膜中間為液晶,經由 rubbing 後配向膜表面產生錨定能,液晶分子接觸表面後產生配向 rubbing 的方向作傾斜,此稱為預傾角,液晶經由電壓驅動後兩側平行分子方向與垂直分子方向之誘電率不同產生折射變化,光源藉由液晶雙折射率的特性呈現偏極光使光透過 color Filter 析出不同顏色灰階,在電場關閉之後液晶就靠著 rubbing 後錨定能恢復到原來之排列,由此可見液晶面板內沒有 coating 上配向膜,液晶是無法驅動與規格排列的。

## 1.2 文獻回顧

配向膜塗佈簡單的原理其實就是液體與固體表面接觸的現象，不僅出現許多工業、物理製程，在日常生活中亦隨時可見。而當一液滴落於固體基材表面，有的會形成液膜，有的則形成液珠，其差異主要來自液體與固體底基材表面親和力的大小與粗造程度有關，此一親和力大小稱為液體在固體基材表面的被覆能力(Wettability)差異。此一能力對塗佈製程特別重要，因為若塗佈材料無法被覆於基材表面，就無法做後續應用。

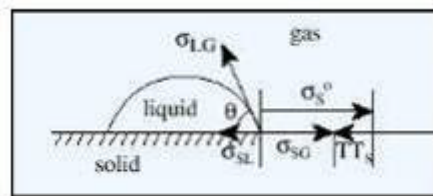


圖 1.1 液滴在固體基材表面作用力情形

液體在固體表面是否被覆，其差異主要在二者之間的接觸面積。圖 1.1 是一液滴落於基材表面所呈現之假想平衡狀態。

此系統包括了三個界面，固體(S)-液體(L)界面、液體-氣體(G)界面及固體-氣體界面，這三個界面的張力分別以 $\sigma_{SL}$ 、 $\sigma_{LG}$ 、 $\sigma_{SG}$  來表示，這三種界面的交會點的切線稱為接觸線(Contact Line)，液-氣界面與固體表面的夾角稱為接觸角(Contact Angle)，假設界面張力可視為固-液界面之間的作用力，則接觸點在水平方向的作用力平衡方程式滿足

$$\sigma_{SG} = \sigma_{SL} + \sigma_{LG} \cos\theta \quad (1.1)$$

(1.1)式可寫為

$$\sigma_{LG} \cos\theta = \sigma_{SG} - \sigma_{SL} \quad (1.2)$$

(1.2)式即稱為 Young's Equation 對(1.2)式，可化為：

$$|\cos \theta| = \left| \frac{\sigma_{SG} - \sigma_{SL}}{\sigma_{LG}} \right| \leq 1 \quad (1.3)$$

利用(1.3)式可了解各表面張力之間的關係。當  $\theta$  趨近於  $0$ ，液滴將變成薄膜狀；當  $\theta$  變成  $180^\circ$ ，液滴將變成圓形，只有一點與固體基材表面接觸。也就是說，當  $\theta=0^\circ$  時，液體完全被覆在固體基材表面，當  $\theta$  超過  $90^\circ$  時，液體由部分被覆變成部分不被覆，至  $\theta=180^\circ$  時，液體就完全不被覆在固體基材表面。

### 1.2.1 被覆係數

由(1.1)式，當完全被覆時， $\theta=0^\circ$ ，所以

$$\sigma_{LG} \leq \sigma_{SG} - \sigma_{SL} \quad (1.4)$$

(1.4)式左右兩作用力的差正是被覆與否的決定因素，稱為被覆係數  $S$

$$S = \sigma_{SG} - \sigma_{SL} - \sigma_{LG} \quad (1.5)$$

對一自發性的被覆現象需  $S > 0$ ，但  $S$  卻很難計算，因為  $\sigma_{SG}$  及  $\sigma_{SL}$  很難測量。但由(1.5)式可知，若液體要能被覆在固體表面，需  $\sigma_{SG} > \sigma_{SL}$ ，也就是說，在進行單層塗佈時，液體的表面張力需小於固體的表面張力。

若是一液體被覆於另一液體，則(1.5)式可寫為

$$S = \sigma_{L_2G} - \sigma_{L_1L_2} - \sigma_{L_1G} \quad (1.6)$$

同樣，當  $S > 0$ ，上層液體可自發性的被覆在下層液體表面。因此，對於雙層塗佈（圖 1.2），需下層液體表面張力大於上層液體表面張力才可達到被覆的效果。

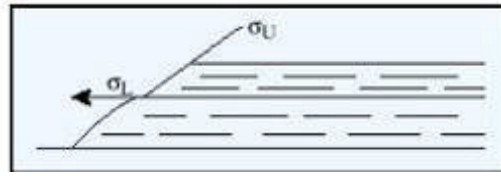


圖 1.2 雙層流體示意圖

### 1.2.2 接觸角與塗佈

當液體塗佈在一移動之基材上時，由於慣性力的關係，在基材表面的空氣會施作用力在液體上（圖 1.3），其作用力的大小則與基材的速度有關。此時液體與基材表面的接觸角將隨基材速度的增加而增加，由於此時接觸角並非固定，故稱為動態接觸角(Dynamic Contact Angle)，當基材速度大到某個速度後（動態接觸角趨近  $180^\circ$ ），空氣就會滲入塗佈液膜中（圖 1.4），此一現象稱為空氣滲入(Air Entrainment)。當此一現象發生即無法得到良好塗佈膜，故在塗佈操作時需避免發生此一現象。至於動態接觸角的變化則與基材速度、流體黏度及流體表面張力有關。對牛頓流體 Gutoff 和 Kendrick(1982)由實驗結果提出兩個簡單的經驗公式：

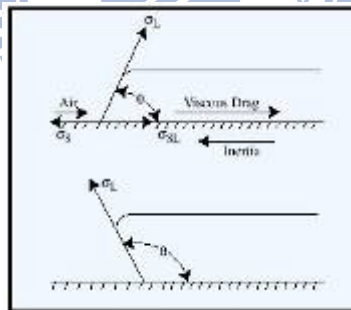


圖 1.3 塗佈時接觸線之作用力示意圖

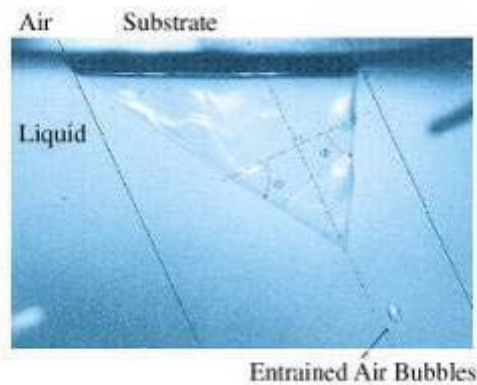


圖 1.4 塗佈缺現實的空氣滲入

$$\theta = 73V^{0.22}\mu^{0.18}\sigma^{0.11} \quad (1.7)$$

及接觸角  $180^\circ$  時

$$V_{180} = \frac{5.11}{\mu^{0.67}} \text{ 對 } 1\text{cps} < \mu < 1000\text{cps} \quad (1.8)$$

$$22\text{dynes/cm} < \sigma < 72\text{dynes/cm}$$

其中， $V$  是基材速度、 $\mu$  是塗佈流體的黏度、 $\sigma$  是塗佈流體的表面張力。若已知流體黏度即可由(1.7)式及(1.8)式來估計，避免發生空氣滲入的塗佈速度。

### 1.2.3 表面張力與塗佈缺陷

塗佈缺陷除了上述空氣滲入之外，跟表面張力有關的塗佈缺陷還有 Craters、Benard Convection Cell、Fat Edges、Dewetting 等，分述如下：

#### 一、Craters

當一表面張力顆粒如灰塵、油滴、凝膠(Gel)或其它不溶物等存在於高表面張力液體膜表面時，由於表面張力梯度的關係，會使顆粒周遭液體往高表面張力方向流動，而形成凹陷，就稱作 Craters (圖 1.5)。解決方法可降低液膜厚度、提高液膜黏度、選用適當的界面活性劑、維持無塵室烘箱內空氣清潔度等都可減少 Craters 發生。

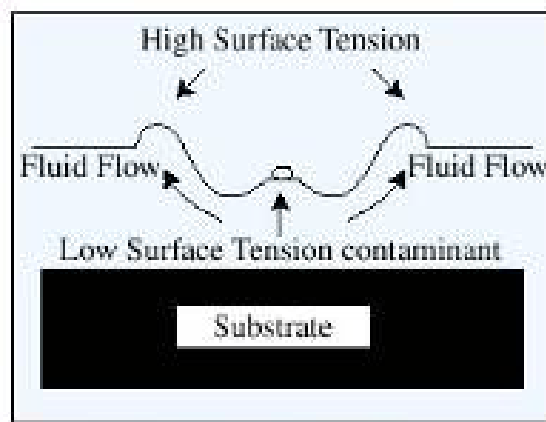


圖 1.5 Craters 示意圖



## 二、Benard Convection Cell

液膜乾燥時因溶劑揮發太快或因溫度不均使液膜產生表面張力梯度，會使液膜產生自然對流現象，形成所謂 Benard Cell (圖 1.6)。判斷指標是 Marangoni 數值。

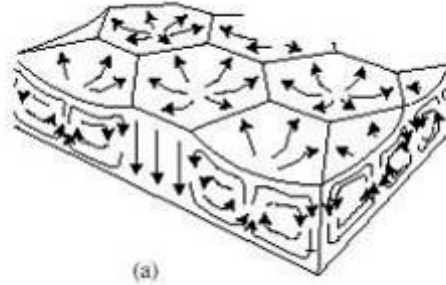


圖 1.6 因表面張力梯度所造成 benard cells

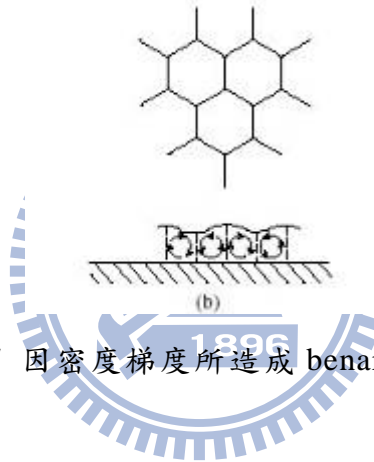


圖 1.7 因密度梯度所造成 benard cells

$$Ma = \frac{(d\sigma / dT)(dT / dy)h^2}{\mu k} \quad (1.9)$$

其中， $\mu$  是黏度， $k$  是熱擴散係數(Thermal Diffusivity)， $h$  是液膜厚度。

當  $Ma$  超過 80 時，即會產生 Benard Cell。由於 Benard Cell 會造成乾燥缺陷，解決方式為可提高液膜黏度、降低乾燥速率或改用揮發性較低的溶劑。

## 三、Fat Edge

液膜的邊緣在乾燥時，溶劑除了往上揮發，也會從側邊揮發，這會使邊緣乾燥比較快，溶質濃度也會較其它地方高，這會使邊緣的表面張力變得比較高，此時，流體會往邊緣流動，使得液膜邊緣的厚度變厚，造成所謂 Fat Edges (圖 1.8)。解決方式可降低乾燥速率或加入界面活性劑來降低液膜的表面張力。

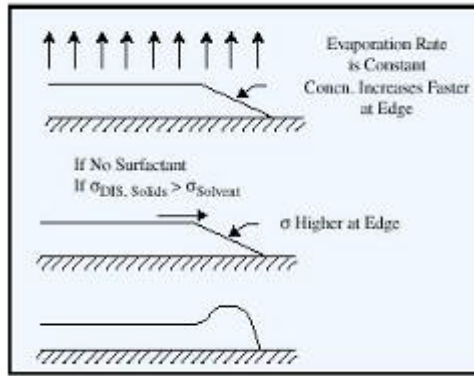


圖 1.8 Fat edge 發生示意圖

#### 四、Dewetting

液膜能在固體基材表面被覆，液膜的表面張力須小於基材的表面張力，若基材表面有局部區域受到油污或其它因素的影響，使得該區域的表面張力變得比液膜小，產生不同表面粗糙度，此時，即會產生不被覆 (Dewetting) 的現象 (圖 09)。解決方式是避免基材表面受到污染。

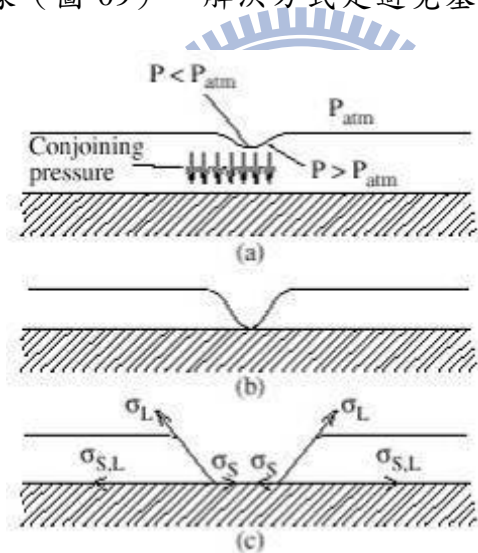


圖 1.9 Dewetting 發生示意圖

液體表面張力大小受許多因素影響，如分子性質、溫度、界面活性劑、揮發環境..等因素，而基材表面的表面張力梯度亦與其表面粗糙度等等皆有息息相關，因此，塗佈流體在基材表面的被覆現象、塗佈時動態接觸角的變化、如何避免因表面張力變化造成塗佈缺陷、如何透過表面處理增加塗膜與基材表面的接著性或控制溫度效益...等對於液體塗佈需要研究與實驗的。

如同上述研究確認對於 LCD 配向膜製程塗佈可進行研究並利用設計實驗方式來驗證配向膜 polyimide 的 Fat Edge 瑕疵缺陷改善。

### 1.3 論文架構

本文組織如下：

本文共分為六章，第一張[緒論]，介紹研究動機與製程缺陷瑕疵、技術期刊文獻回顧與論文架構。第二章[製程簡介]介紹 TFT-LCD Array 電壓驅動說明、Cell、CF 與背光模組的製程簡介說明與簡易示意圖。第三章[量測儀器原理]內容為本文實驗所使用的結果量測評估儀器，簡易說明一般面板量測儀器基本原理與手法，照片呈現儀器現場原貌。第四章[配向膜塗佈瑕疵與實驗架構] 說明 PI 膜不穩定區域與問題與整體實驗流程設計，包含底基材製作與流程細項說明，實驗結果由儀器量測驗證差異狀況，並探討熱能傳導公式與底基板所受熱通量。第五章[導入 LCD 製程與信賴性研究] 則為研究實驗達到預期效果，實際運用到 LCD 製程當中，無論小尺寸機種或者 IT 機種在 fat edge 都能改善瑕疵，並採用公正性測試手法驗證可靠度與信賴性。第六章[結論與未來方向]說明本研究目前結論與成功改善 PI 配向膜 Fat edge 成果，也成功達到製程節省能源的成果，而實驗外發現了 polyimide 經由瞬間溫度能量產生小點珠狀，暫命名突沸現象。

## 第二章 TFT-LCD 製程簡介

TFT-LCD 薄膜電晶體-液晶顯示器構造如圖 2.1 所示是由兩片玻璃基板所組合而成，分別是 Thin Film Transistor 與 color Filter，液晶介於兩者之間，兩者表面 coating 配向膜(polyimide)，中央則有間隔劑做 Cell gap 支撐，周圍用框膠包覆防止大氣滲入與液晶外漏，兩側外部表面貼附不同偏振方向偏光板，TFT 薄膜電晶體面板之後負責提供光源。彩色濾光片給予每一個畫素特定的顏色，紅、藍、綠三原色。偏極光線結合每一個不同顏色的畫素所呈現出的就是面板前端的影像。

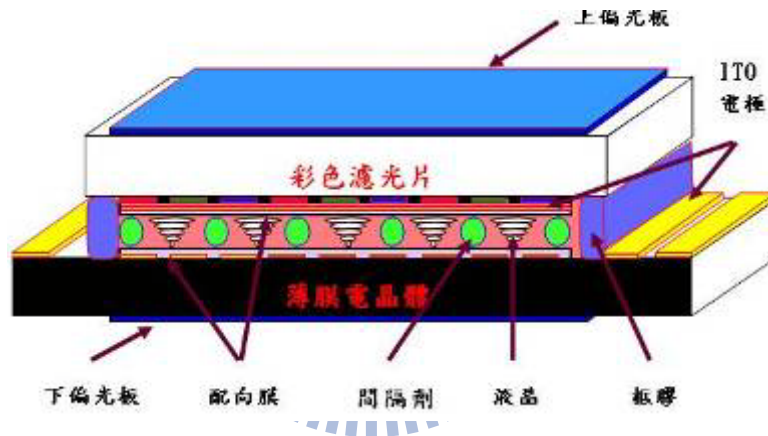


圖 2.1 TFT-LCD 面板構造圖

### 2.1 Array 簡介

TFT 薄膜電晶體製程相似晶圓廠半導體製程，但不同的是將薄膜電晶體製作於玻璃上，而並非在矽晶圓上。所應用的主要材料為 Si，經由曝光、顯影、蝕刻、photo 後而成的薄膜電晶體(Thin Film Transistor)，用於驅動電壓控制液晶面板的主要關鍵元件，目前大多為 5 道光罩製程，各層厚度與名稱如圖 2.2。

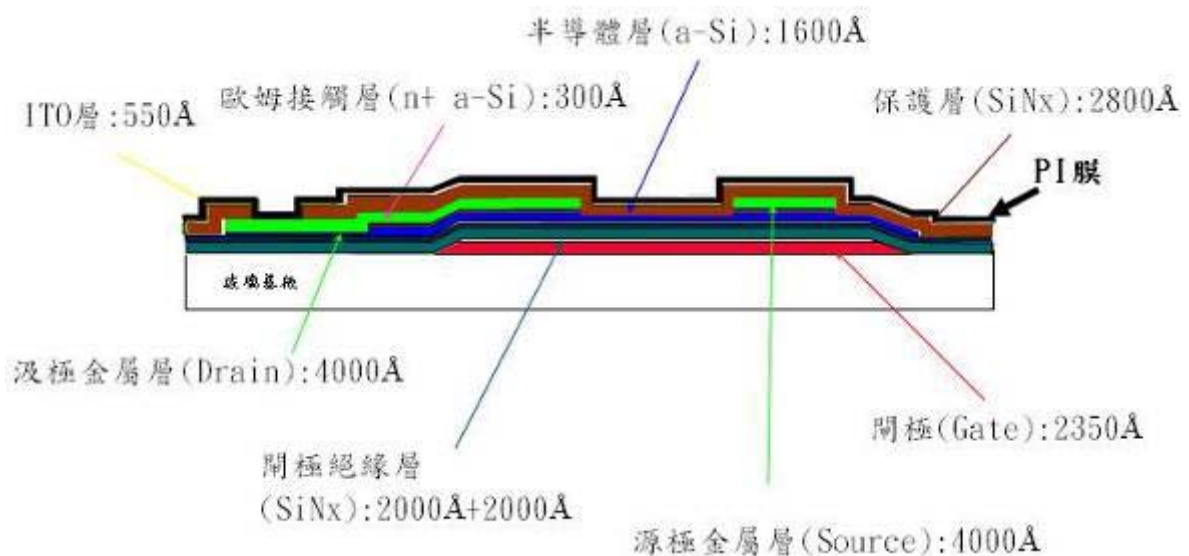


圖 2.2 TFT 各層說明

## 2.2 Color filter 簡介

彩色濾光片(Color filter)是使液晶受偏極光後呈現明亮、色彩飽和、鮮豔的畫面而提高其附加價值之關鍵元件，其 RGB 各畫素大小為影響液晶面板的解析度。此光電元件是在透明玻璃基板上製作黑色矩陣框(Black matrix)及三種排列彩色層紅(Red)、綠(Green)、藍(Blue)後加上 ITO 透明電極，利用偏極光與色彩堆疊產生各種顏色。

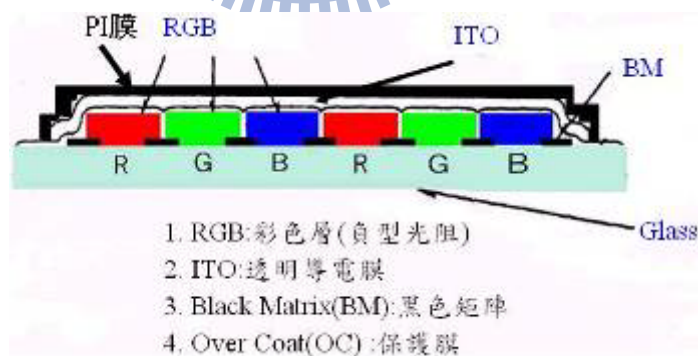


圖 2.3 彩色濾光片各層示意圖

## 2.3 薄膜電晶體驅動特性

TFT 元件在閘極(G)給予適當電壓( $V_{gd} > V_{th}$ )，使 a-Si 通道區感應出載子(電子)，而使得源極(S)與汲極(D) 導通狀態 ON( $V_{gd} > V_{th}$ )，當給予電壓  $V_{gd} < V_{th}$  時，a-Si 通道區無法感應出載子(電子)，則為 OFF。

$V_{th}$  為感應出載子所需最小電壓。

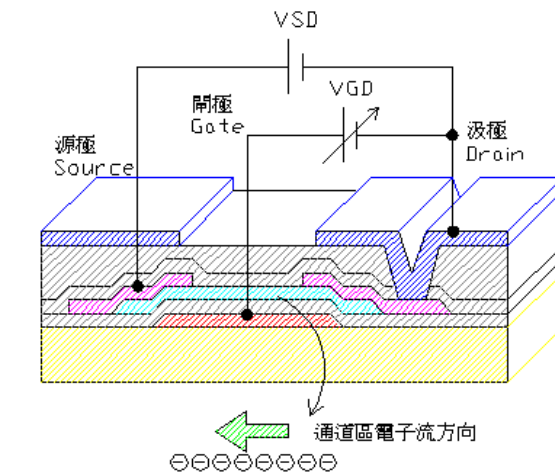


圖 2.4 TFT ON

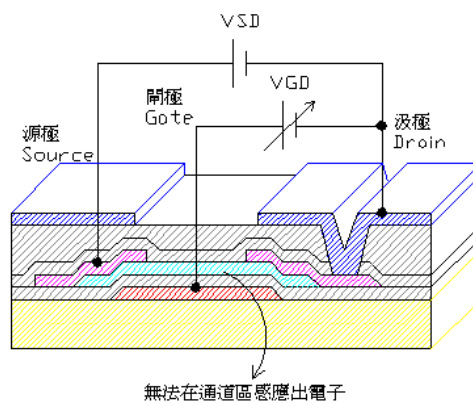


圖 2.5 TFT OFF

## 2.4 Cell 製程簡介

Cell 製程可細分為洗淨、轉寫、配向、框膠、散佈、液晶、組立、切割、磨邊、偏貼製程，主要為將已完成的 TFT 與 CF 兩片玻璃元件進行真空組合，兩元件中間注入液晶，液晶顯示原理參照圖 2.6，利用中間內液晶雙折射率的特性，經由通電驅動後可控制液晶站立方向，光線經由偏光板轉化成偏極光線透過液晶 Cell 在穿過彩色濾光片產生各種色彩灰階畫面。

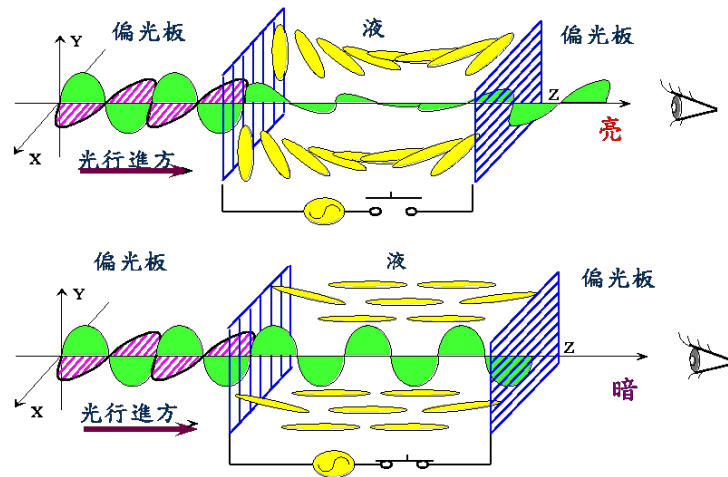


圖 2.6 液晶顯示原理

## 2.5 模組簡介

在材料的先天因素上 TFT-LCD 並非自發光性的顯示裝置，必須依賴外部光源達到顯示效果，一般的 TFT-LCD 幾乎採用背光模組，而背光模組主要提供液晶面板均勻、高亮度的光線來源，通常採用 LED 或者 CCFL 冷陰極管。基本原理係將常用的點或線型光源，透過簡潔有效光轉化成高亮度且均一輝度的面光源產品，近年隨著液晶顯示器製造技術的提昇，在大尺寸及低價格的趨勢下，背光模組在考量輕量化、薄型化、低耗電、高亮度及降低成本的市場要求，為保持在未來市場的競爭力，開發與設計新型的背光模組及射出成型的新製作技術，是未來努力的方向及重要課題。

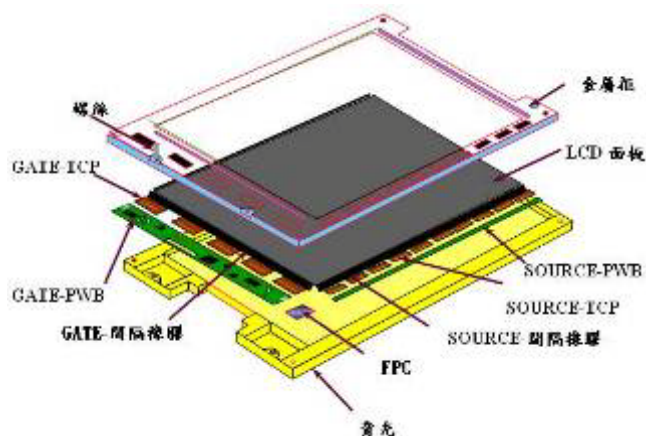


圖 2.7 模組組立分解示意圖

## 2.6 聚醯亞胺 polyimide

polyimide 合成成分是經由雙酸酐單體(dianhydride)與雙酸胺單體(diamine)相混合成的高分子聚合物，LCD 所使用的 PI 液為固型分混合 solvent 的溶液，區分有

A：聚醯胺酸型 PAA：

將聚醯胺酸溶於溶劑中，塗佈後須經過脫水、交聯反應，不易保存，於溶劑中易裂解(發生逆反應)，高硬烤溫度(250°C 以上)，環化過程中產生水分子揮發後易留下孔洞

B：聚醯亞胺型 PI：

將聚醯亞胺之小分子直接溶解於溶劑之中，塗佈後僅需將溶劑揮發，在較低溫即可形成 PI 膜(開發低沸點溶劑)，黏度低，易析出

C：PI+PAA 型：→目前最廣泛使用

結合兩者之間優點，可改善 PI 型對基版之附著力及印刷性，且硬烤溫度介於 PI 及 PAA 型之間。

製程上有預烤與硬烤上的區分。預烤功用使轉寫印刷基版上 polyimide 膜中之有機溶劑揮發，有利於硬烤時交鏈，過程中 PA 與 PI(圖 2.8)上下分離，PA 與基版密著。

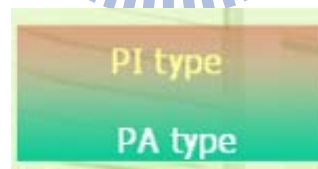


圖 2.8 PI 與 PA 分離示意圖

硬烤主要為利用高溫 200°C 以上將含有 PAA 溶劑脫水氧化成聚醯亞胺。



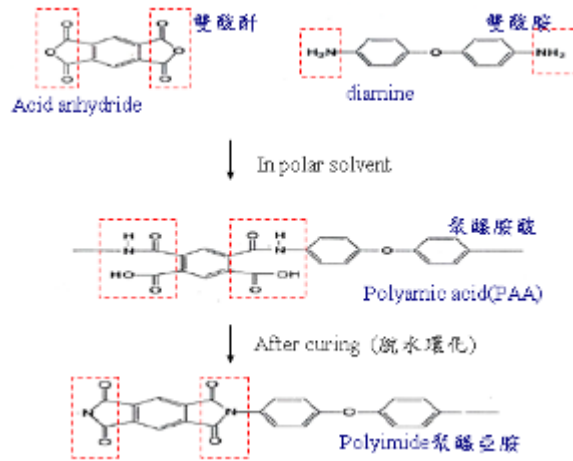


圖 2.9 Polyimide 硬烤示意圖

### 2.7 溶劑 solvent

目前常使用溶劑有 NMP、 $\gamma$ -BL、BC，polyimide 為早期使用 NMP+固形物，但 NMP 極性大易吸水，造成固形物析出，表面張力大，所以選擇多添加其他溶劑作改良。 $\gamma$ -BL 是 NMP 的前趨物，有著低吸水率，可減少固形物的析出，且潤濕性佳，多量會降低 PI 液的黏度。對於溶劑加入 BC 可提升黏度，但對 polyimide 而言，BC 仍未雜質不可添加過多以防止內純物產生異常。

### 2.8 配向方式種類

LCD 配向製程技術有接觸式配向與非接觸式配向，接觸式配向為用棉布或尼龍纖維對 PI 配向膜做機械式物理破壞，強制改變其表面錨定能，目的讓液晶注入後能有規則性相同方向的排列，而非接觸式配向主要是利用材料對 UV 反應或利用其正電極所產生的正偏壓電場，驅使電漿中的離子群被推動，產生一陽極層進行配向機制。

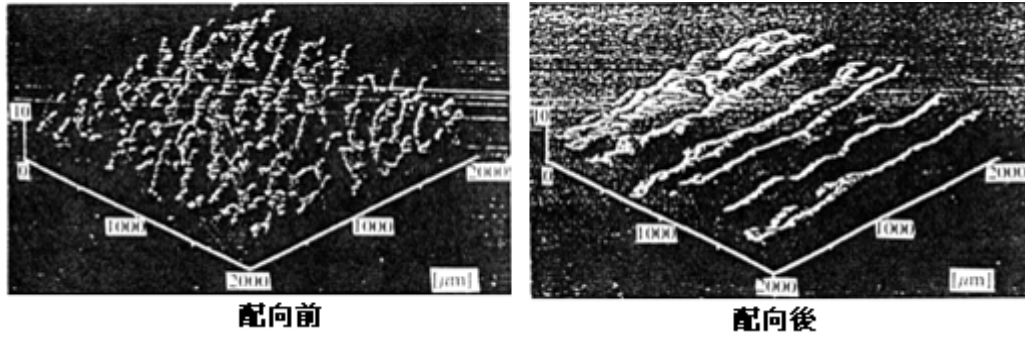


圖 2.10 配向前後差異圖

非接觸式配向：

主要區分為非物理狀態下改變液晶初始站立角度，部分技術需採用特殊液晶材料與感光材料做搭配，近年學者不斷優化改善，提升特殊材料普遍性，量產性指日可待。

1、光配向(Photo Alignment)：

基板先塗佈一層 UV 感光材料，再以偏極化 UV 光(Polarized UV Light)照射；可以控制液晶關鍵變數預傾角及錨定能(Anchoring Energy)

2、離子束配向(Ion Beam Alignment)：

由 IBM 所研發，利用準直性佳的離子束傾斜配向。此方式對有機或無機配向膜提供了較佳的配向結果。

3、電漿束配向(Plasma Beam Alignment)：

由烏克蘭國家科學院所研發，用陽極層推進器(Anode Layer Thruster，ALT)產生平行的電漿氣流進行配向處理。

## 2.9 LCD 配向膜的特性要求

- 印刷性佳：容易得到塗佈均勻的薄膜。
- 與 ITO 接著性高：避免因環境測試而產生額外的電流值。
- 低加工溫度：過高的加工溫度會破壞彩色率光片。
- 高機械強度：減少 PI 屑產生。
- 不易產生靜電：減少吸附塵屑，降低靜電擊傷 TFT 電路元件。
- 耐熱性及化學穩定性高：避免熱處理時發生預傾角改變情形。
- 配向性高：使液晶排列秩序度高。
- 高透明度：避免影響輝度及對比。
- 高絕緣性：避免驅動時電流值上升。
- 高電壓保持率：電壓保持率太低則驅動電壓很快消失而無法驅動液晶。
- 低直流殘留電位：殘留電壓會造成影像殘留，故需減少 PI 膜對離子性不純物的吸收或減少 PI 膜的極化性質來降低直流殘留電壓。
- 低雜質：避免導致電壓保持率降低及直流殘留電位偏高。
- 高溫高濕之信賴性：光學驗證的高溫高濕環境中均能有穩定的驅動品質。

整體而言，在眾多的薄膜高分子材料中，聚醯亞胺高分子薄膜是最理想的配向膜材料。不同的聚醯亞胺結構，在上述各項特性的表現不同，可根據各種類型 LCD 的需求特性作選擇。

## 2.10 配向膜製程

本研究為接觸式摩擦方式進行配向，動作為 TFT 與 CF 基版經由洗淨製程後 coating 上一層 PI 配向膜，詳見圖 2.11、2.12，先進行 pre-bake 讓 PA 與 PI 分離並讓基版與 PI 貼合，經由光學系統 CCD 確認無 particle 後再進行 post-bake 固烤，約 220 度左右(視 PI 特性與液晶面板需求而定)，固烤完成才能進入 rubbing 摩擦配向與繼續進入 Cell 後續製程。

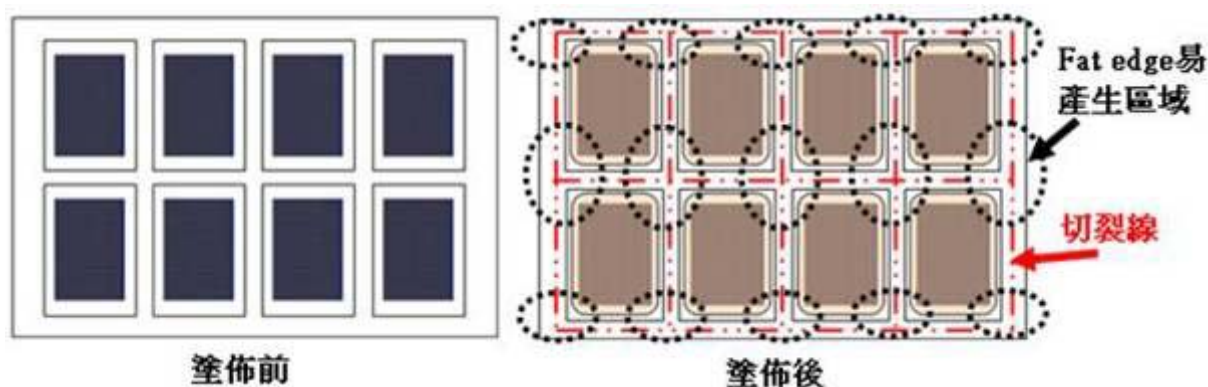


圖 2.11 CF 切割線與 PI 膜示意圖

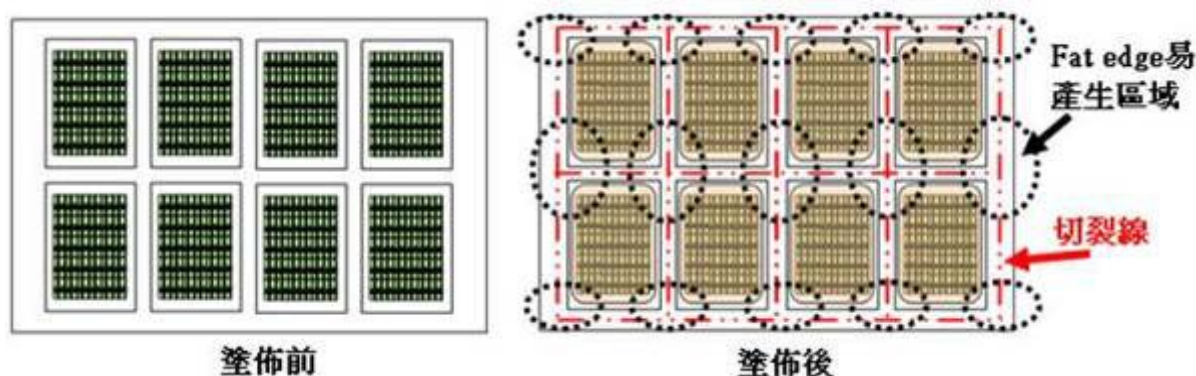


圖 2.12 TFT 切割線與 PI 膜示意圖

我們發現在 coating 後 pre-bake 後因為製程瑕疵容易產生 PI 配向膜塗佈 Fat edge，如果無改善此項不良根因，持續經由 post-bake、rubbing、框膠、散佈... 等等後製程到液晶面板組立點燈驅動，會呈現可視區域角落液晶站立排列上因為配向膜不均勻而漏光(角落偏白)的嚴重不良影響，此不良瑕疵無區分尺寸機種，若無法進行改善則對於液晶顯示器競爭力與可靠度將有莫大影響。



### 第三章 量測儀器原理

#### 3.1 NR-250 熱電偶感測器

本文實驗溫度量測採用熱電偶量測儀器，儀器編號 NR-250，手法為溫度測定點距離基板邊緣 20mm 八點及中央一點，共量測九點，量測底基材玻璃直接將熱電偶感應固定於 glass 表面，量測 hot plate 則將熱電偶固定於 hot plate 表面。

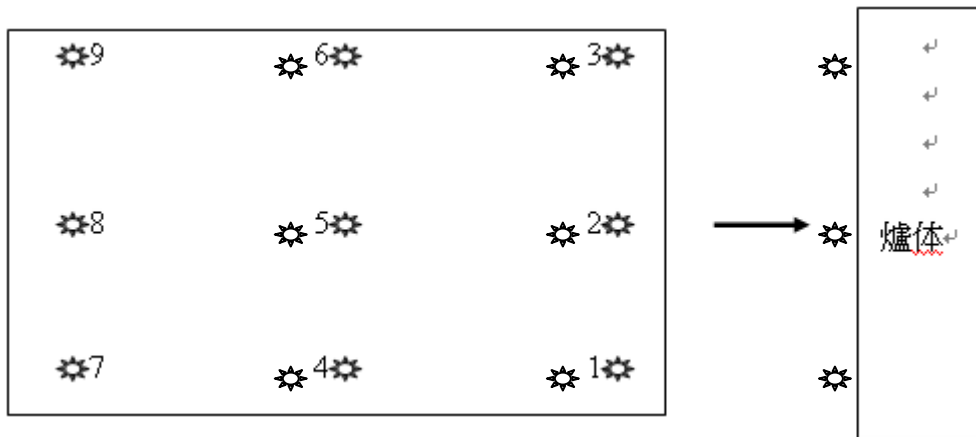


圖 3.1 NR250 點位量測圖

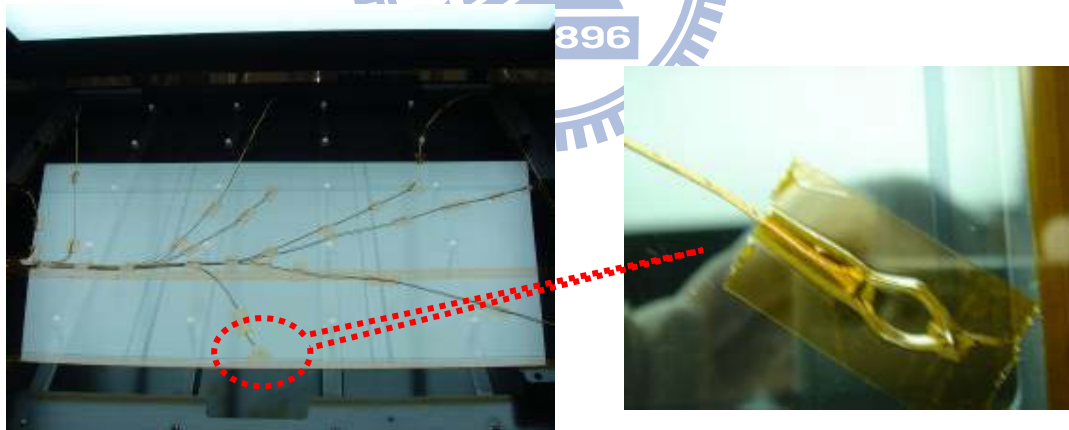


圖 3.2 熱電偶固定圖示

熱電偶訊號接續：爐溫量測共使用九個熱電偶，於熱電偶之頭及尾均需標示熱電偶在基板上之位置，以便於將熱電偶與訊號轉接器（NR-250）正確的連接。最後將 NR-250 與手提電腦連接進行溫度量測監控與紀錄。



圖 3.3 訊號連接器

## 3.2 FIB 聚焦離子束

本實驗需進行 PI 膜厚段差分析，所以採用 FIB 分析儀器進行量測工具，精準量測 PI 不均勻區域膜厚。

FIB (Focus Ion Beam) 聚焦離子束，FIB 最早被使用在半導體業界之光罩修補，接著又被使用在導線之切斷或連結。之後，一系列的應用被開展出來，例如微線路分析及結構上之故障分析等等。目前已是半導體業使用之儀器中成長最快之一。

液態金屬離子源發展之後，以鎵 (Ga) 為離子源的商用 FIB 才上市。FIB 精密定點切面、晶粒大小分佈檢測、微線路分析及修理等，解決半導體設計、製造、檢測及故障分析上許多問題。

### 3.2.1 FIB 主要功能

1. 利用入射離子束與試片撞擊產生的二次電子或二次離子來成像
2. 施加大電流可快速切割試片而挖出所需的洞或剖面
3. 可蒸鍍導體如鎢或白金。

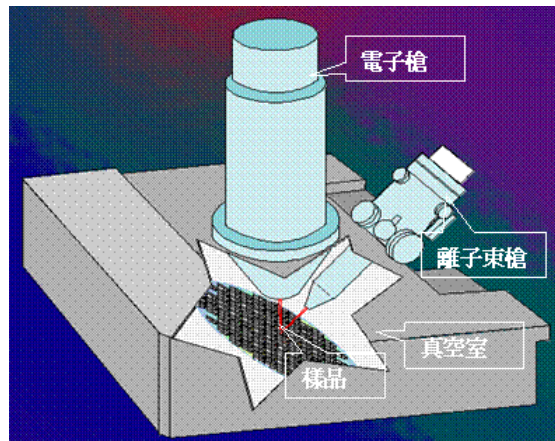


圖 3.4 FIB 儀器示意

FIB 儀器可分為：電子槍、離子束槍、真空室與放樣品區。

電子槍為光學系統穿透式電子顯微鏡，可分為熱游子電子槍與場發射電子槍。熱游子電子槍為當燈絲被加熱到白熱化時放出熱電子，熱電子在 Wehnelt Cylinder 孔正下方附近節縮成最小斷面積，C 點稱為電子束最小交迭點(Cross-over Point)。熱電子被施加於陽極的高電壓( $\sim 200\text{kV}$ )加速而進入第一聚光透鏡。

場發射電子槍是利用很大的電場，使得電位能障變得很小，電子藉由 Tunneling Effect 直接脫離固體表面。針尖由單晶的鎢絲製成，針尖曲率半徑約  $100\sim 1000\text{\AA}$ ，只要加上一很小的電壓即可使電場高達  $10^7\text{V/cm}$ 。

離子束槍使用離子束作為照射源，離子束具有大電量及質量，當其照設置固態樣品上時會造成一連串之狀汲極能量傳遞，而在是片表面發生氣化、離子化等現象而濺出中性原子、離子、電子及電磁波，當撞擊傳入試片較內部時亦會造成晶格破壞、原子混何等現象，最後入射離子可能植入試片內部。之後在真空室內放入樣品，樣品與離子槍呈現垂直狀態，以利於離子槍對樣品進行切割。



圖 3.5 本實驗採用 FIB 照圖

### 3.2.2 FIB 原理

在液態金屬表面加數十 KeV 強電場，其造成的應力會在液體表面產生波狀的不穩定體，在經由電流體力量(Electrohydrodynamic Force)形成尖銳的泰勒錐(Taylor Cone)。

錐體形狀及錐距係決定於液態金屬的表面張力及施加於表面的電位強度。

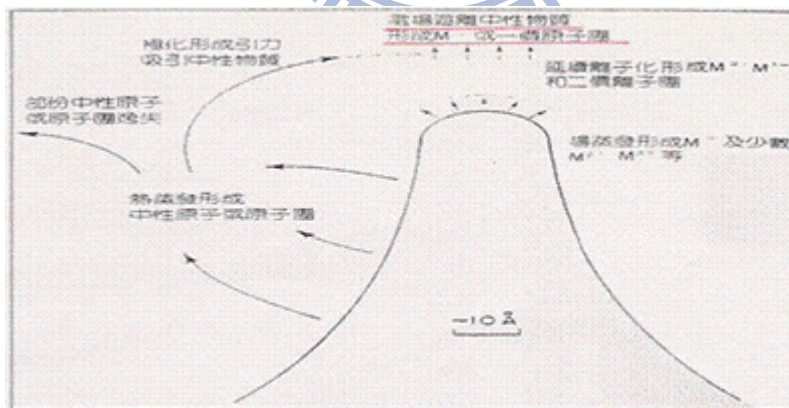


圖 3.6 離子形成機構示意圖

錐頂受電場蒸發生成  $M^+$  離子， $M^+$  離子再經電場作用形成  $M^{2+}$  或  $M^{3+}$  離子。錐頂形成離子的同時有電子伴隨發生，電子受負電壓汲極〔extractor〕排斥及電氣作用，撞擊錐體四周的表面，藉著熱蒸發產生中性的原子或中性原子團。



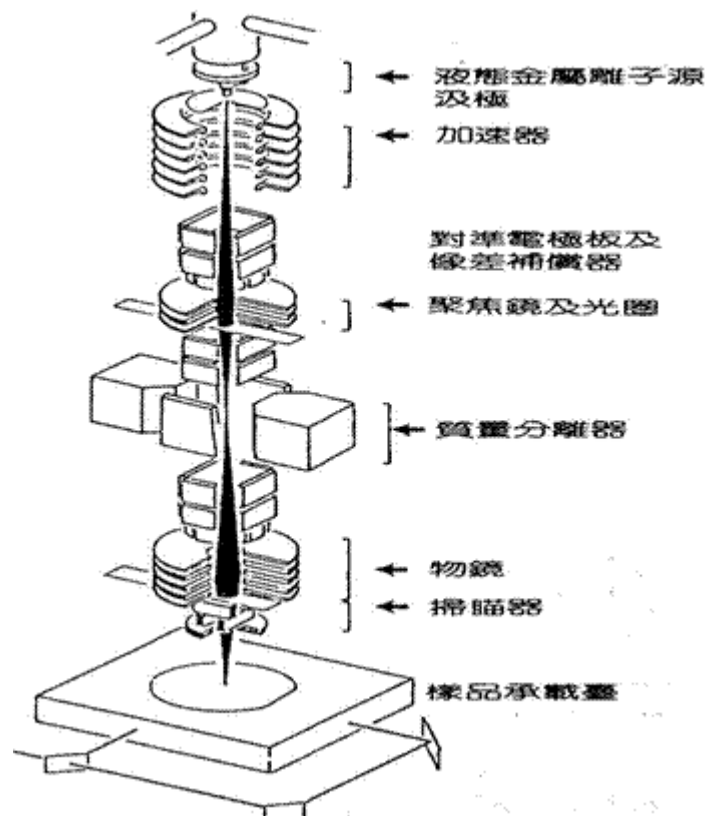


圖 3.7 FIB 離子束槍結構

離子束槍結構為液態金屬離子源及極發出離子束，通過加速器使離子束迅速發射，經過對準電極板及像差補償器，經由聚焦鏡及光圈把離子束聚集起來，再經過質量分離器、物鏡與掃瞄器，把離子束精準射在樣品承載台。

以上為離子束槍內之結構主要為輔助離子束精準發射在樣品上。中性原子或中性原子團受到電場極化的作用會被吸引至錐頂約  $10\text{\AA}$  的高度，經電場游離形成電漿球 (Plasma Ball)。基本上：低強度電子流：離子主要由錐頂的電場蒸發而成。

高強度電子流：離子主要由錐體四周蒸發的原子或原子團構成。

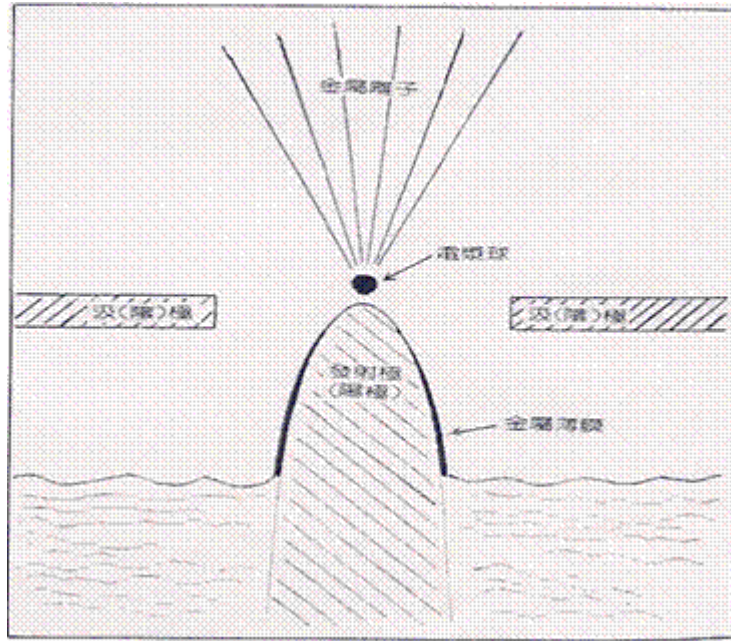


圖 3.8 固態針線型的液態金屬源

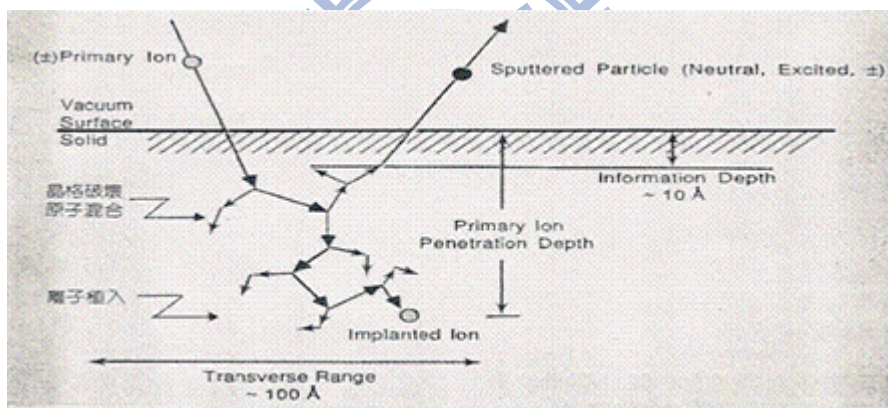


圖 3.9 FIB 工作原理示意圖

### 3.3 OM 顯微鏡

在實驗中須進行放大觀察與量測邊緣角落的 Fat edge 寬度，所以採用 OM 進行觀察與分析。顯微鏡是一種非接觸性量測，利用光學原理將物件經由物鏡投射到目鏡（監視器）過程中，藉著光線將物件放大成虛像。光源經濾光鏡片而形成單色光，形成單色光的目的是在於加強影像之對比，如果在加入偏極板（偏光板），則更能增加影像的清晰程度。

光線經待測物表面反射（或穿透後）即進入物鏡，而後經鏡後，將物像轉換成平行輸出。當觀察者雙眼湊近觀察時（或監視器），則可得到較佳的視角即視像區域較大。

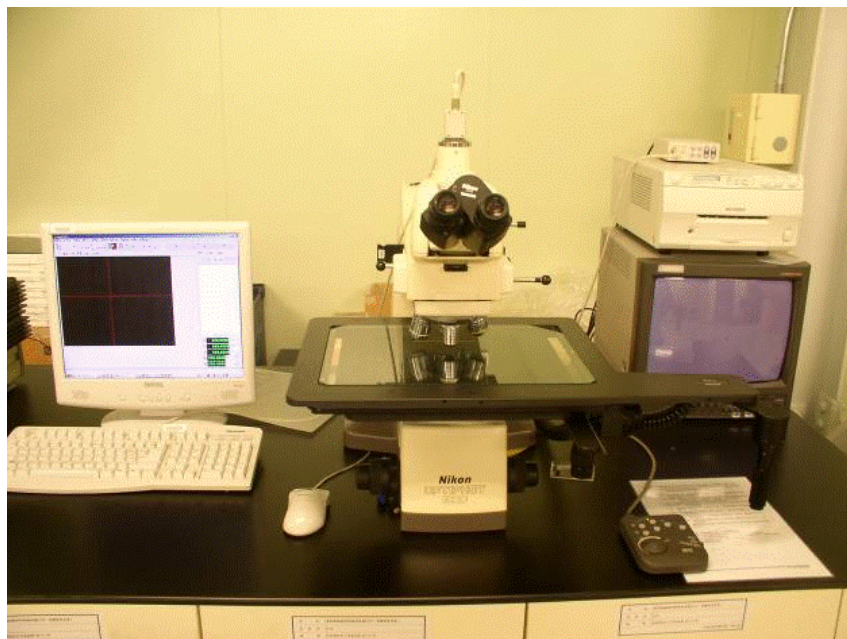


圖 3.10 本文所採用 OM 顯微鏡照

透射：光源由 Stage 下方射出，亦為光源由物件下方射出，得到之成像為穿透。

落射：光源由上方往物件投射，得到之成像為反射。

偏光板：POL 在透射下使用方有效果。

光圈 A：亦在透射下使用方有效果。

鏡頭倍率切換：可調整至適當的倍率作分析。

光源大小：大光圈小光源而小光圈則需較強的光源。

偏光板：使物件呈現較為立體。

在面對不同不良現象面時，顯微鏡的小功能、小技巧需互相搭配，方能使不良之現象面以最明顯的方式呈現，以利針對不良作處理。

### 3.4 預傾角量測機 OMS-CP52H

本實驗 PI 塗佈經由不同接觸加熱後需信賴性驗證預傾角是否產生變化影響液晶驅動，所以會比對實驗直接接觸與近接觸加熱的差異性。在測量 Pretilt Angle 時會進行回轉中心補正即使材料的 cell gap 值很小也能正確的測量測定光直徑可以從  $\phi 0.02 \sim 1.0\text{mm}$  作調整根據觀察用光學系可以確認測量的位置使用 D·D 馬達可進行高速及高精度的測量。



圖 3.11 本文採用預傾角量測機側視照



圖 3.12 本文採用預傾角量測機正視照

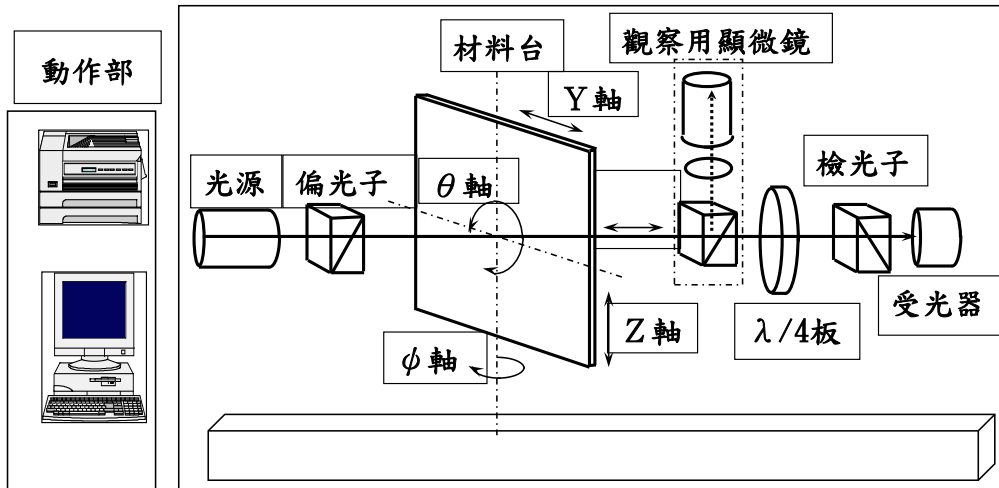


圖 3.13 預傾角機台構成圖

Retardation 的某物質在射入位相差為零的直線偏光與射出有位相差的橢圓偏光。這個位相差稱做 Retardation。

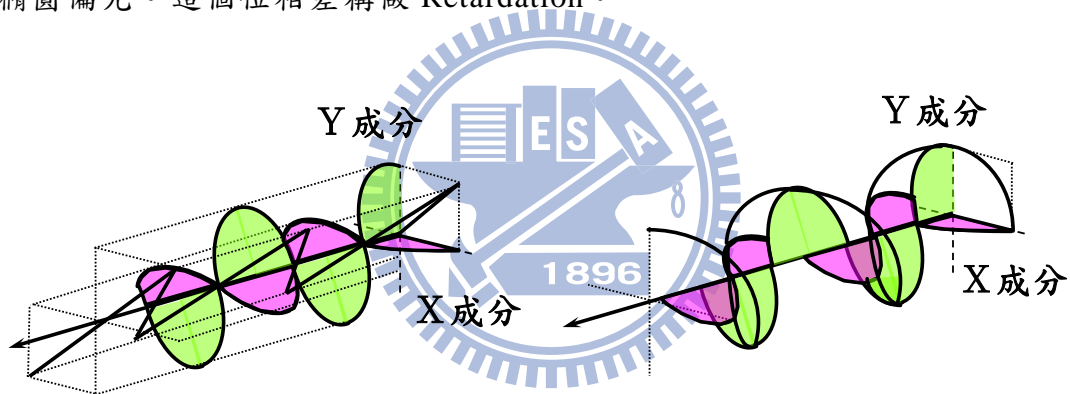


圖 3.14 直線偏光（位相差 = 0） 橢圓偏光（位相差 ≠ 0）

### 3.4.1 TN cell 的安定角

stable angle 為一般量測 Cell gap & Pre-tilt angle 時的前置作業動作，儀器需計算出液晶在面板內鐳射光波長 360 度旋轉照射穿透所反應的偏極光線的傾角穩定程度，一般 stable angle 接近坐落於最佳視角附近。

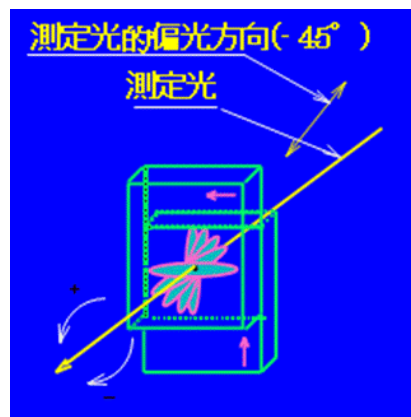
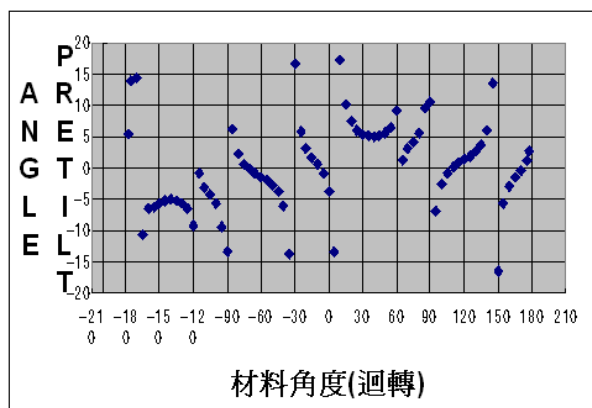


圖 3.15 TN Cell 安定角 Stable angle 量測圖

### 3.4 FT-IR 傅立葉紅外光譜分析儀

傅立葉轉換紅外光譜法(FT-IR)，是利用干涉儀產生干涉波，照射至樣品後，再由電腦轉換成紅外光光譜，相較於一般古典的紅外線光譜儀，FT-IR 提供更快速的量測速度，最準確的吸收光譜，更高的靈敏度(一般約為 IR 的 100 倍以上甚至更高)，所以能夠提供最廣泛的運用(特別是反射式量測法)，舉凡晶片、薄膜、液體、及固體等各種樣品皆可測試，並且可擴充 TG/IR，GC/IR，FT-IR/Microscope 擴展其應用領域。因此本研究採用此分析儀器進行 PI 的官能基驗證確認實驗直接接觸與近接觸的加熱方式 C-H 鍵、C-C 鍵的吸收坐落位置分佈。

#### 3.4.1 干涉儀的構造

干涉儀的構造是由固定鏡、移動鏡、分光鏡所構成的，當光源通過分光鏡，會將光源分為 50% 穿透至固定鏡，50% 至移動鏡，利用移動鏡的移動，產生光程差，當移動距離不同時，即得到不同的干涉波，利用這種關係，改變移動距離而得到干涉圖。

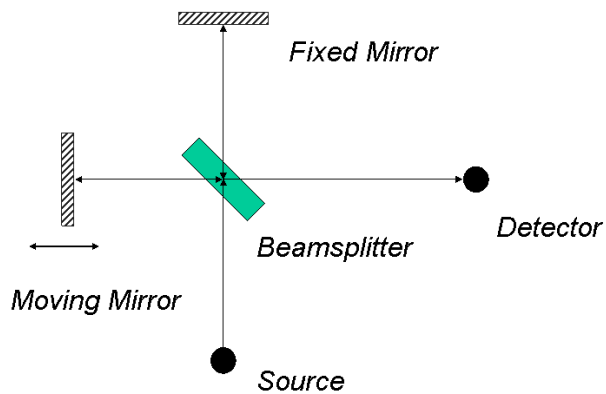


圖 3.16 FT-IR 干涉儀構造圖

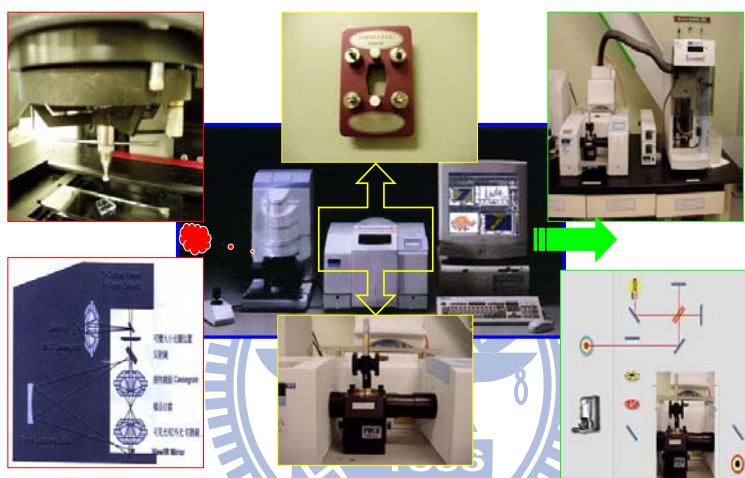


圖 3.17 本次實驗所採用 FT-IR

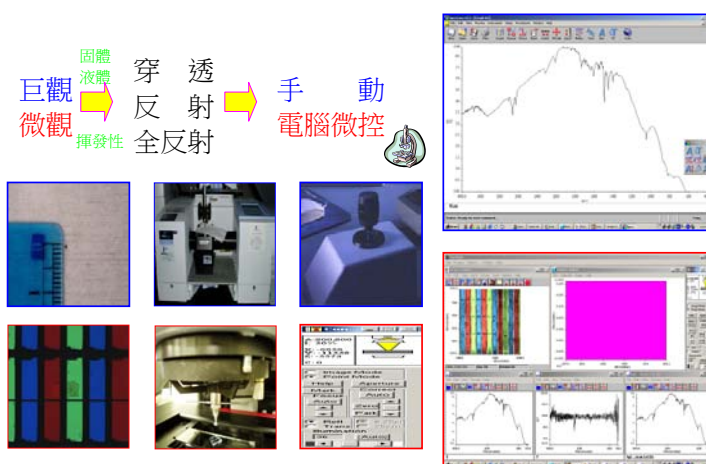


圖 3.18 本文 FT-IR 分析操作步驟

## 第四章 配向膜塗佈瑕疵改善與實驗架構

### 4.1 配向製程細節說明

配向膜機構為 PI 液放置於真空 Tank 上，管路利用 Bump 吸取利用噴嘴吐液於刮刀上，刮刀進行左右輕微擺動均勻的將 PI 液輪滑於 A 輪，A 輪逆時針旋轉將 PI 液均勻與平滑的渡遞給掛有感光樹酯(APR)版的 P 輪，P 輪則對於 A 輪則採反方向旋轉，目的為將 PI 液能順利展延到感光樹酯 (APR)版上，APR 版前後端為掛版端，無須展延 PI 液，所以 P 輪與 A 輪接處約 1/2 圓周長。P 輪與印刷平台保持相同的行進速度與移動距離精準的將 PI pattern 印壓在基板上，每一個製品皆需有 PI 膜，製品與製品須有 Dummy pattern 作間隔，PI 輪廓大小 Pattern 視機種而決定與框膠有無 overlap 而定。

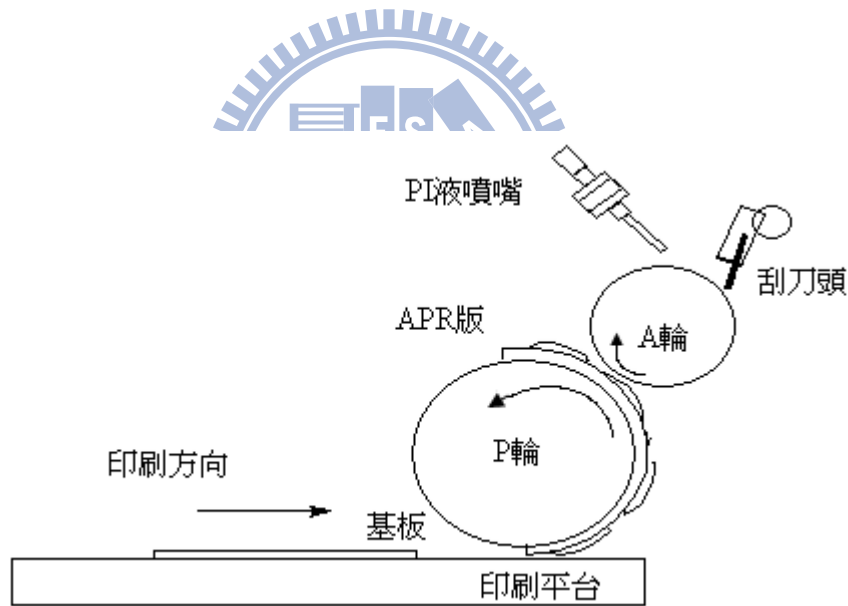


圖 4.1 配向膜塗佈示意圖

TFT-LCD 不論是 CF 側(圖 4.2)或者是 TFT 側(圖 4.3)的玻璃元件，均需要均勻塗佈配向膜來做液晶絕緣膜，而配向膜塗佈設計上必須大於可視範圍區域，在各角落上圓角也必須覆蓋在可視範圍角落區域內，製程上禁止可視區域內無 PI 膜，尤其是邊緣周圍角落。



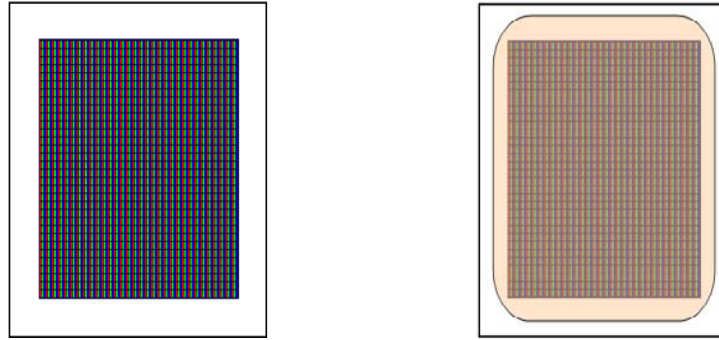


圖 4.2 Color Filter 配向膜塗佈前、後示意圖

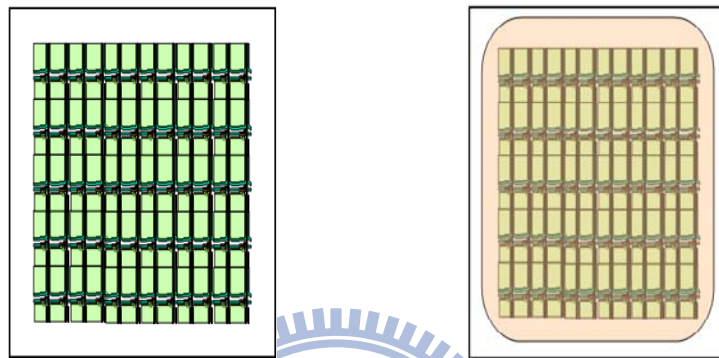


圖 4.3 TFT 側配向膜塗佈前、後示意圖

#### 4.2 PI 邊緣不穩定區域

在業界中發現少數 TFT-LCD 液晶面板通電驅動後，在角落邊緣中有發現透光且灰階不均勻的區域，經由施力指壓發現異常區域並不會隨著指壓方向與力道而改變，調整顏色畫面異常區域依然明顯可視，以邊緣角落最明顯。

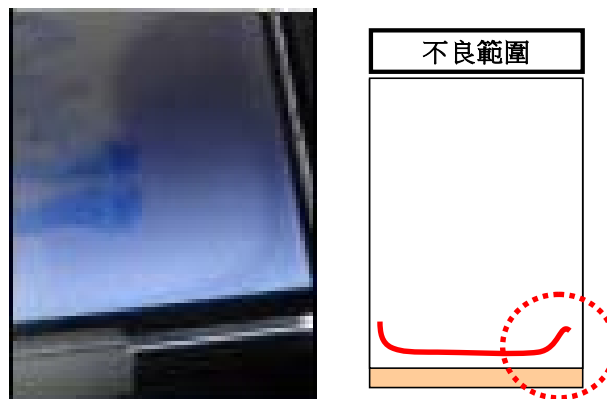


圖 4.4 不穩定角落異常現象

進行液晶面板拆解後，顯微鏡下觀察發現 TFT 側與 CF 側的配向膜的外緣輪廓確實落在可視範圍區域外，但是內緣邊緣卻有收縮到可視範圍區

域內的異常現象，理論上配向膜角落邊緣不應有如此大範圍的不穩定區域，加上 TF 與 CF 都有這樣的異常現象，如圖示箭頭，可見缺陷關鍵環節應該是出在配向膜的製程。

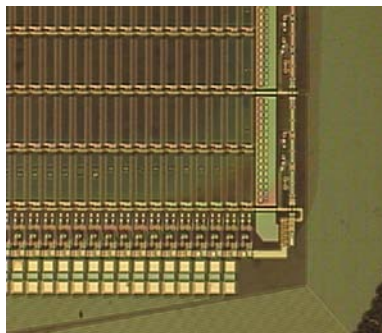


圖 4.5 TFT 側配向膜不穩定區域

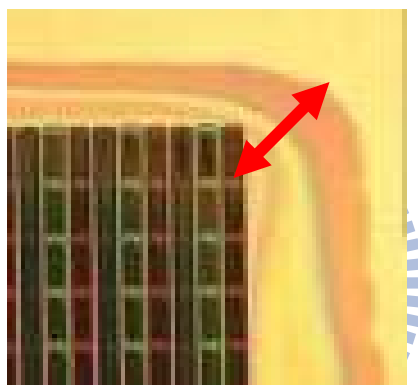


圖 4.6 CF 側配向膜不穩定區域

### 4.3 實驗設計

#### 4.3.1 實驗流程步驟

TFT 側與 CF 側均有 Fat edge 的現象，兩側在製程上所 coating 的材料與光阻均有所不同，為求實驗底基材導熱係數相同與收斂其它變因可能性，本實驗研究則採用平整素玻璃為底基材，為避免底基表面不平整造成配向膜塗佈有 surface tension 缺陷，基材採用素玻璃基材上濺鍍一層平坦的  $1000\text{\AA}$  ITO(氧化銦錫)膜，基材表面無任何溝槽或會有其他效應影響結果的汙染，塗佈 Polyimide 之前則會進行表面清潔與有機物質去除，防止 particle 影響實驗結果，兩者實驗的 PI 採用相同 PI 液(型號：AL21004)。

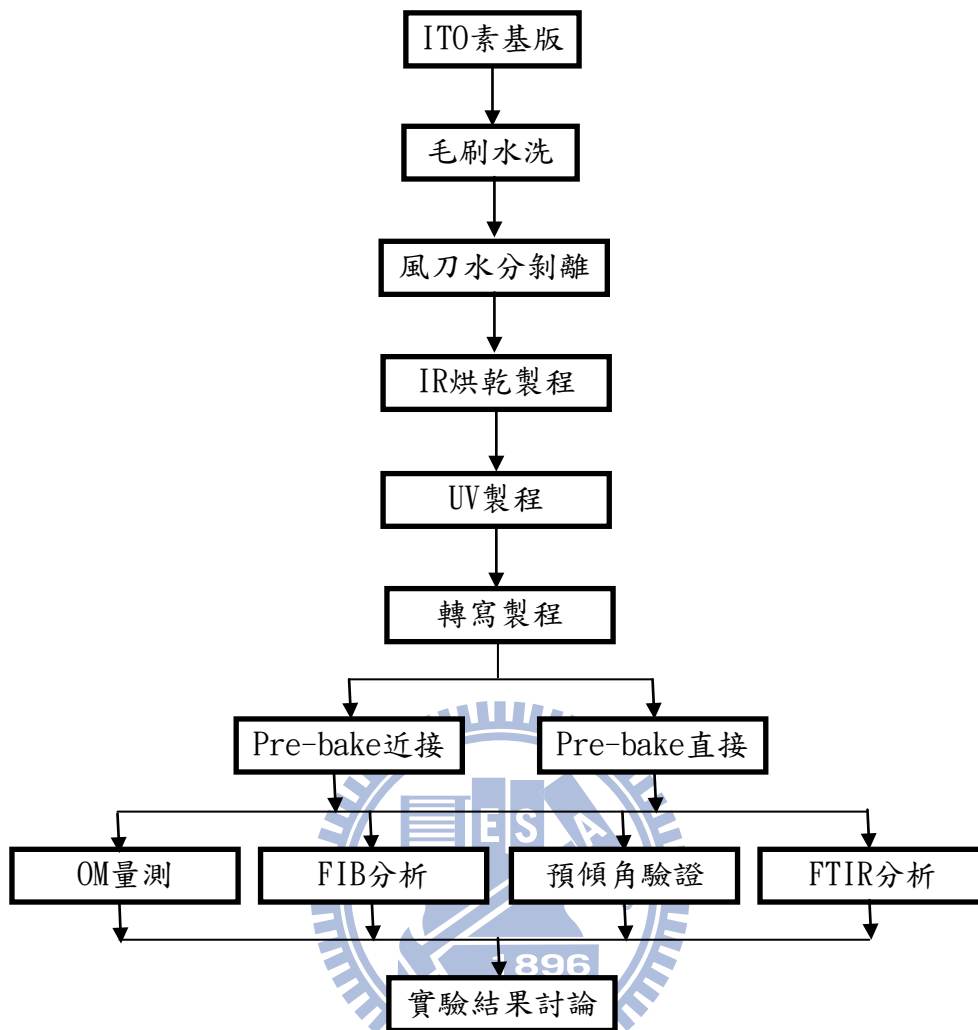


圖 4.7 實驗規劃流程圖

表 4.1 Ployimide 成分表(本研究實驗為 AL21004)

Type	成分百分比				黏度
	固型成(Wt%)	NMP	$\gamma$ -BL	BC	
AL21004	6	16	66	12	21
AL22620	6	12	64	18	26

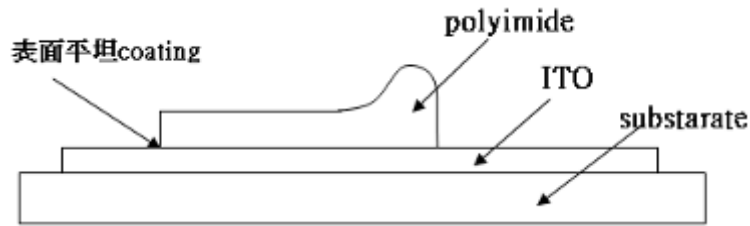


圖 4.8 底基板膜層說明

實驗流程說明：

◎毛刷水洗

以機械力將附著力強之大粒子(約 3um 以上)刷除，流程:Brush+洗劑(洗劑溫度:40 度)，目前使用高密度 Brush，直徑:φ70 mm 線徑:0.07 mm，植毛密度:2100 根/cm<sup>2</sup>，材質:nylon。水洗 BJ 是將空氣與水約一比一的比例混合，經由特殊模組的發泡設計，藉由氣泡爆破的力量去除 particle。

◎乾燥設備 Air knife

高速氣流 CDA 經過微小的縫隙形成高壓的 Air Curtain 去除水分，要求是目視不可見水痕。

◎IR 烘乾製程

加熱板為陶瓷加熱板，溫度可到 220°C，主要目的為熱能量蒸發不可目視的微粒水氣，達到完全乾燥要求。

◎UV 有機物去除製程

首先 184.9 nm 短波長的紫外線會將大氣中 O<sub>2</sub> 分子鍵切斷成 2 個單氧 O+O；部分 O(單氧)會與大氣中 O<sub>2</sub> 結合形成 O<sub>3</sub>(臭氣)。254 nm 波長的紫外線會將 O<sub>3</sub> 分子鍵切斷產生 → O<sub>2</sub>+ O。254 nm 波長紫外線照射附著於被照物表面上之有機性污染物薄膜，直接破壞切斷其分子鍵。被破壞切斷其分子鍵有機性污染原 C(碳)H(氫)化合物與 O 單氧分子結合成 H<sub>2</sub>O 與 CO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>2</sub> 等揮發生物質經排氣排出於大氣中，被照物的表面因此而潔淨。

### 4.3.2 實驗條件

本實驗利用相同溫度下基板兩種受熱接觸方式進行研究，圖 4.9 為加熱板中增加頂 Pin，間距 3mm，利用加熱板升溫利用空氣對流、傳導、輻射作媒介方式傳遞熱能至基板。圖 4.10 則為將中間頂 Pin 拔除，進行基板與加熱板直接接觸，利用儀器量測兩者之間升溫曲線狀況、兩者玻璃基板實際溫度與配向膜塗佈後邊緣 Far edge 收縮狀況。

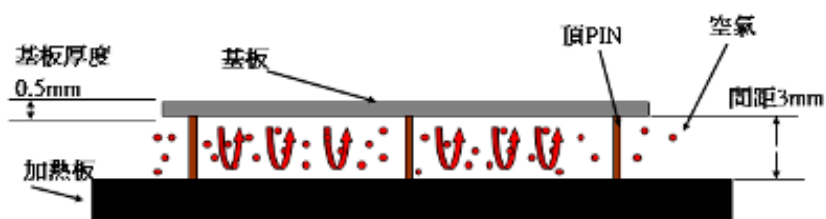


圖 4.9 近接觸實驗示意圖

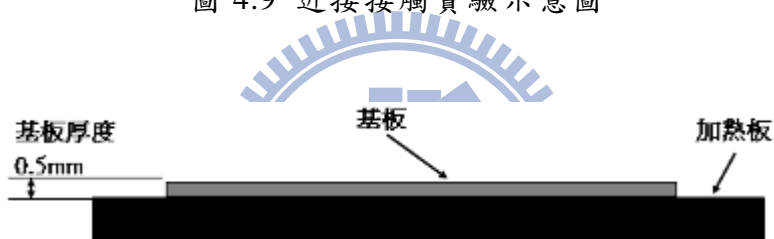


圖 4.10 直接接觸實驗示意圖



圖 4.11 Pre-bake 設備圖

基板大小採用模擬 G4.5 代面板廠尺寸(730mm\*920mm)，如圖 4.12 所示，區分前、中、後區域做觀察與比對，本研究希望能將 Fat edge 角落區域控制在 0.2mm 寬度以下，本次實驗 PI 膜厚大約 1500 埃。

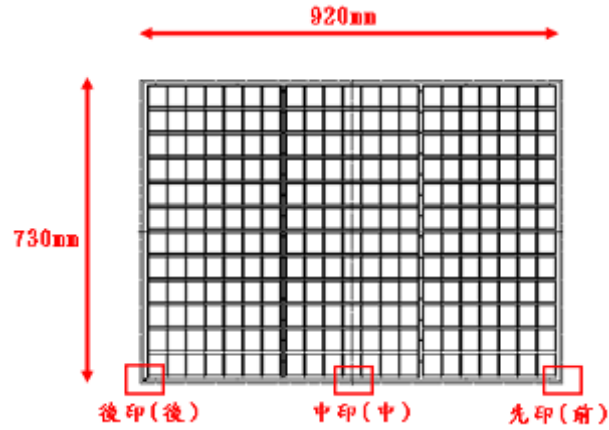


圖 4.12 基板尺寸與觀察位置

#### 4.4 實驗結果

本研究主要研究配向膜顯微鏡下觀察邊緣 Fat edge 型態，主要是改善角落區域不均勻區域現象，圖 4.13 與圖 4.14 為間距 3mm 條件經由 pre-bake 下，角落不均勻區域較大，顯微鏡偏光後反色顏色較深，此為本文所探討的 Fat edge，觀察 70°C 的 Fat edge 有略小於 60°C 的 Fat edge。

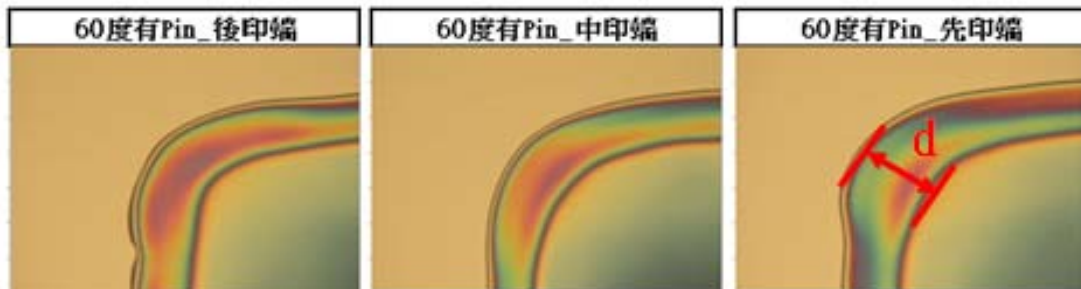


圖 4.13 條件 60°C 間距 Fat edge

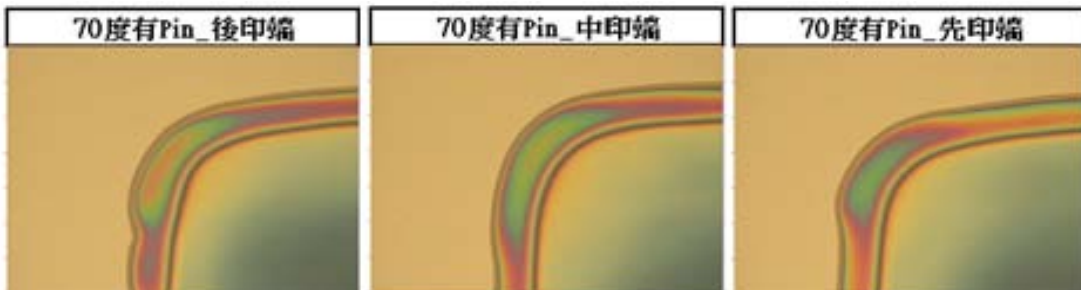


圖 4.14 條件 70°C 間距 Fat edge

圖 4.15 與圖 4.16 為直接接觸 pre-bake 的 Fat edge 現象，顯微鏡觀察確認不均勻區域收縮狀況良好，圓角轉彎處呈現均勻收縮情況，此為本研究預期之理想結果。

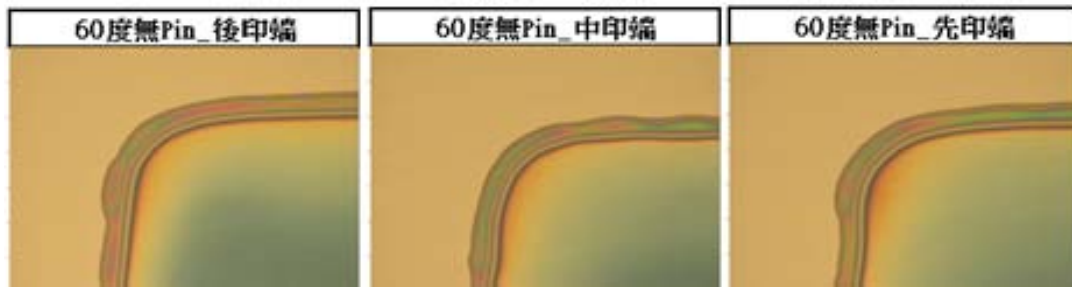


圖 4.15 條件 60°C 直接 Fat edge

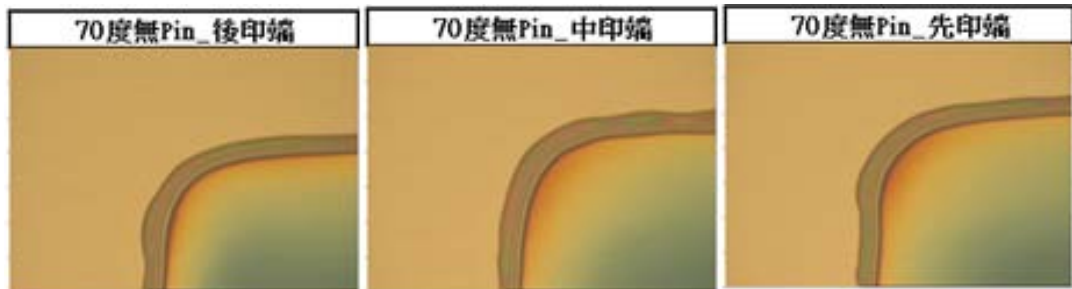


圖 4.16 條件 70°C 直接 Fat edge

#### 4.4.1 升溫曲線驗證

為求實驗條件升溫曲線差異性，利用儀器進行量測，溫度設定為 70°C，發現直接接觸在 10 秒內瞬間升溫到 70°C，間距 3mm 則在 120 秒才升溫到 70°C，如圖 4.17，兩者差異 110 秒，對於配向膜不均勻區域邊緣收縮影響有明顯差異，由此可驗證瞬間升溫能快速揮發 polyimide 溶劑中的 NMP... 等溶質，而成分中 solvent 則來不及擴散則成形，確實有效改善 Fat edge，達到本研究理想成果。

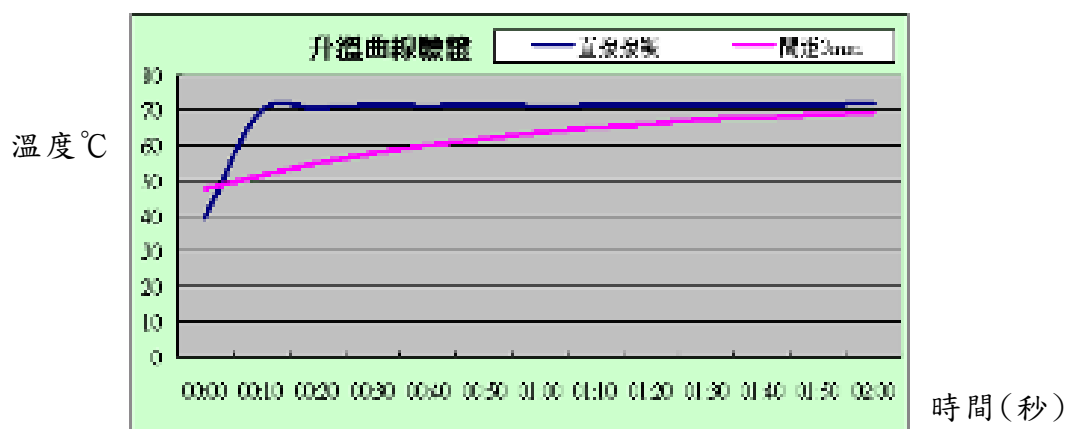


圖 4.17 實驗條件升溫曲線

#### 4.4.2 結果量測驗證

##### 1、顯微鏡不均勻區寬度量測

OMx1 倍 CCD 進行 Fat edges 量測，方式為量測 d 確認不均勻區域寬度，由本次實驗可得知溫度高低可影響 Fat edge 寬度，但是其關鍵影響因子為瞬間升溫曲線，明顯確認溫度 70°C 直接接觸對於配向膜邊緣收縮有達大幅度的改善。

表 4.2 實驗條件&結果

實驗條件&結果				
爐段	Pos.A	Pos.B	Pos.C	Pos.D
溫度 °C	60	60	70	70
直接/間距 3mm	直接	間距 3mm	直接	間距 3mm
前_不均勻區域 d(mm)	0.176	0.483	0.107	0.405
中_不均勻區域 d(mm)	0.179	0.468	0.106	0.391
後_不均勻區域 d(mm)	0.189	0.461	0.102	0.372

##### 2、高度段差 FIB 分析

採用實驗溫度條件 70°C FIB 分析高度段差，方式為等間距六點確認配向膜膜厚不均勻區域，圖 4.18 為點位示意圖，圖 4.19 確認有 Pin 間距 3mm 的高度段差有高於 4000 埃，直接接觸膜厚最大為 2080 埃，正常膜厚為 1550 埃，確認不同受熱實驗條件下造成膜厚收縮段差有著大幅差異。

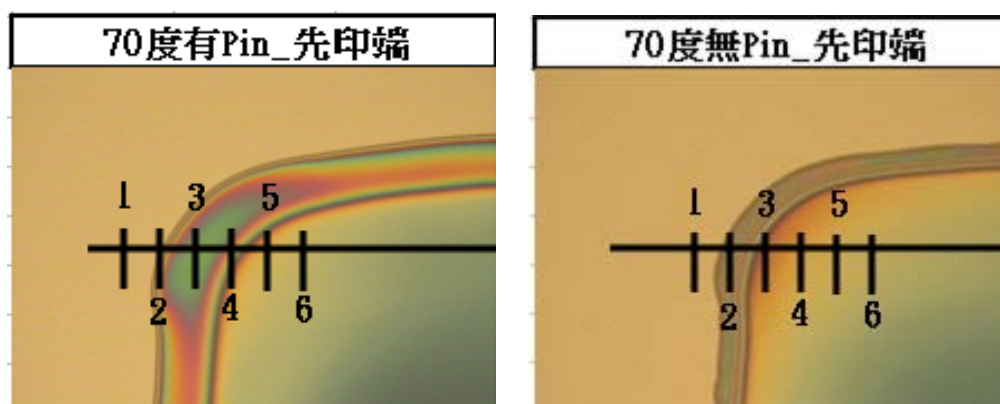


圖 4.18 FIB 分析各點位圖示



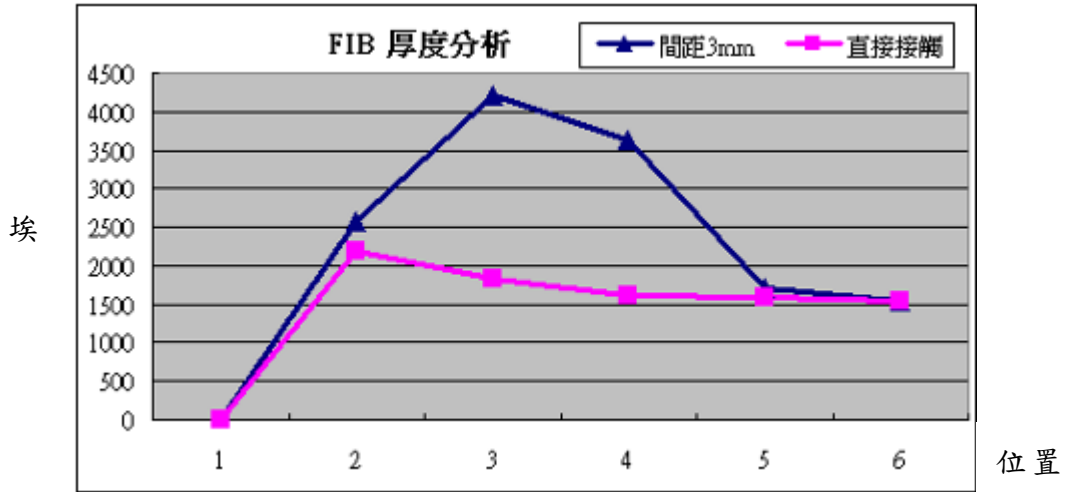


圖 4.19 FIB 膜厚段分析 單位：埃

### 3、預傾角量測分析

配向膜經由瞬間升溫改善 Fat edge，推測非邊緣區域表面張力應無太大改變，為驗證故兩種條件實驗各採用直接 70°C 間距 70°C 兩片經由配向、框膠、液晶、組立...等製程後，進行預傾角量測分析，確認兩種實驗條件預傾角差異不大無異常，參閱圖 4.21。

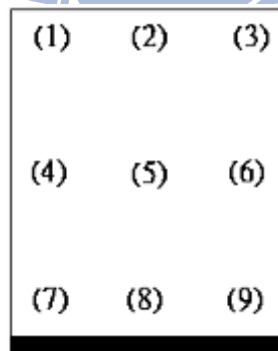


圖 4.20 Pre-tilt angle 量測點位

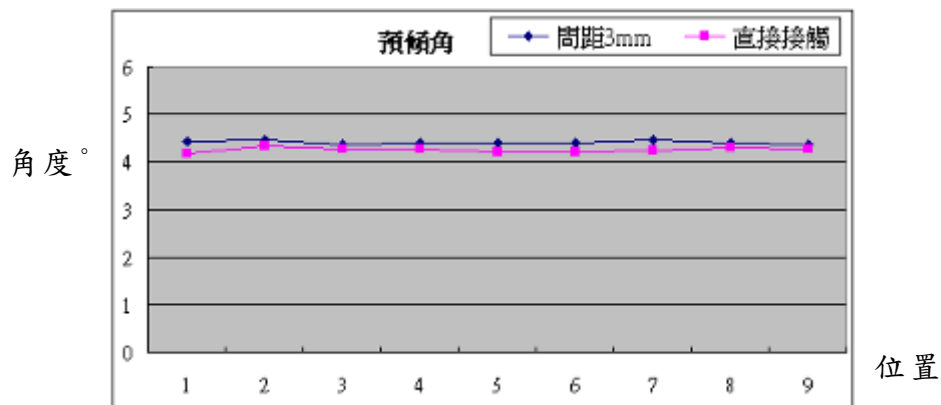


圖 4.21 預傾角分析數值圖

#### 4、FTIR 紅外線光譜分析

探討配向膜經由實驗下官能基是否有變化造成高分子排列異常，進行FTIR傅立葉紅外線光譜分析後(圖 4.22&圖 4.23)確認飽和 C-H鍵的 stretching 振動吸收位置約在  $3000\sim 2840\text{cm}^{-1}$ ，C=C 鍵的吸收約在  $1600\sim 1680\text{cm}^{-1}$  之間，兩者圖形比對無差異，官能基吸收均落在範圍區域內。

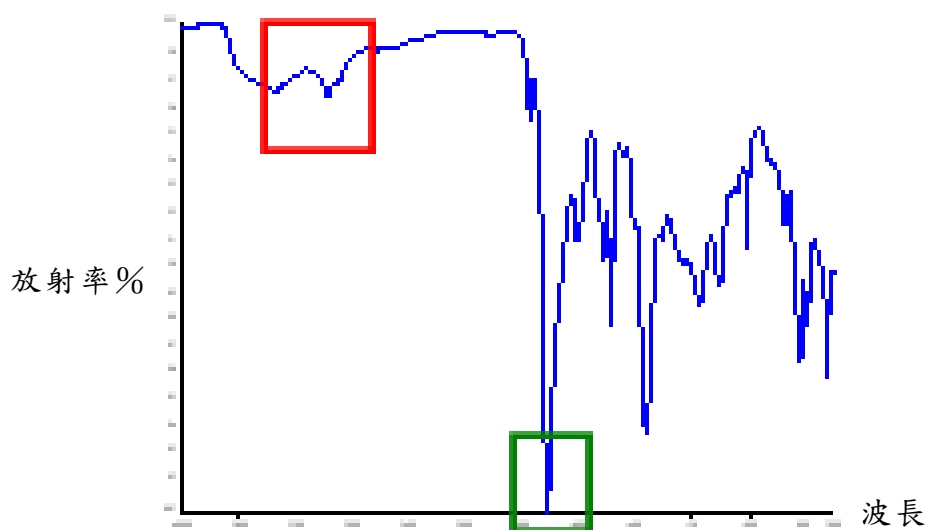


圖 4.22 加熱板直接接觸基板之 FT-IR 分析

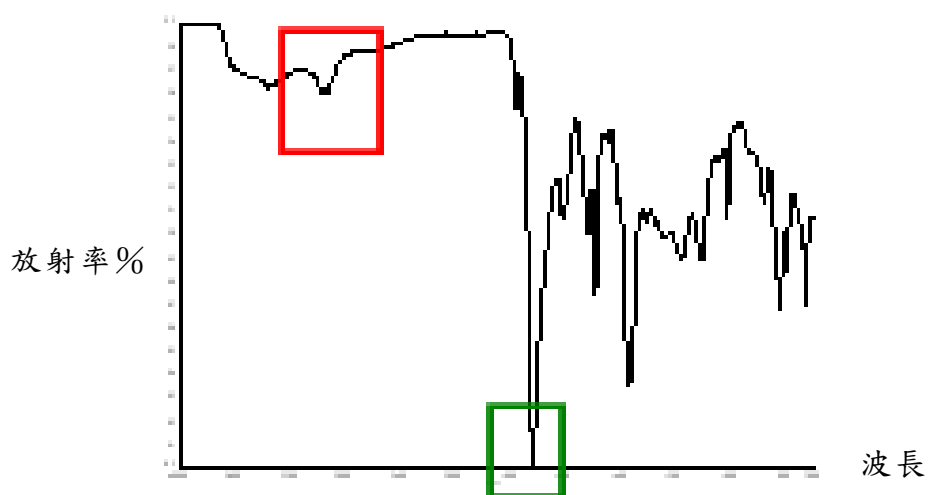


圖 4.23 加熱板與基板間距 3mm 之 FT-IR 分析

## 4.5 熱能分析

配向製程中採用 hot plate 將有 coating 的基材進行 polyimide pre-bake，受熱過程中熱量傳送的驅動力為溫度，係由於溫度落差造成能量的傳遞，其熱能量移動方式有傳導、對流、輻射，其中在實驗設計上採用近接 pin 與直接接觸兩種方式，理論上其所受熱能量傳遞方式也有所不同，藉由這樣差異進行對 polyimide 收縮研究。

模擬 polyimide 受熱 pre-bake 的 hot plate，實驗一為真空直接接觸圖 4.24，實驗二為中間有 3mm 頂 pin 的近接接觸，如圖 4.25，直接接觸的熱能量傳送為熱傳導，近接接觸的熱能量傳送為熱傳導、熱對流、熱輻射。本實驗研究配向膜的 fat edge 的不溫定區域收縮變化與計算兩種設計實驗所受到的溫度熱通量大小。

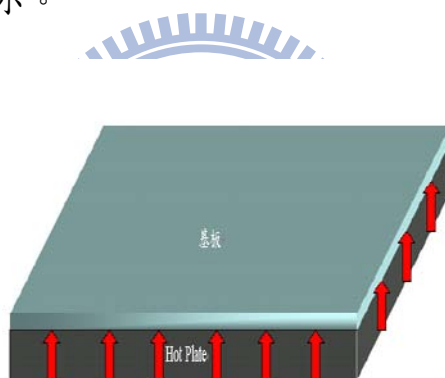


圖 4.24 直接接觸熱能傳輸示意說明

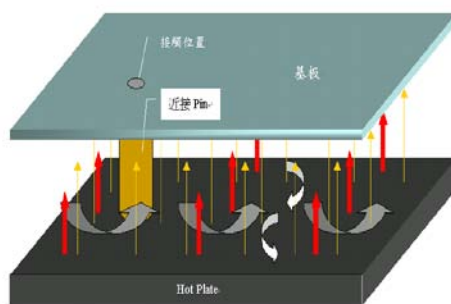


圖 4.25 近接接觸熱能傳輸示意說明

傳導(Conduction)：高能量分子將能量傳遞給低能量分子。

The Fourier rate equation

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \Rightarrow q_c = \frac{q_x}{A} \quad (4.1)$$

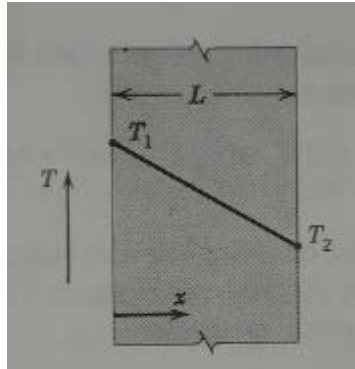


圖 4.26 熱傳導示意圖

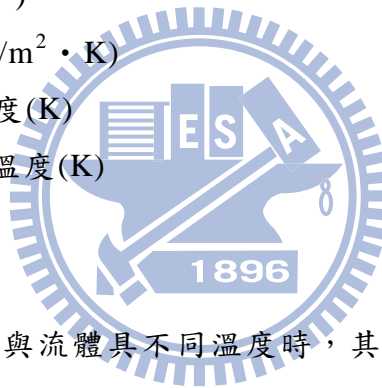
$q_c$ ：熱傳導熱通量( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$k$ ：玻璃熱傳導係數( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )

$T_h$ ：穩定狀態下熱板溫度(K)

$T_{\text{glass}}$ ：穩定狀態下玻璃溫度(K)

$dx$ ：基板厚度(m)



對流(Convection)：平面與流體具不同溫度時，其間所發生的熱傳遞。

The Newton rate equation

$$\frac{q_x}{A} = h\Delta T \Rightarrow q_v = \frac{qx}{A} \quad (4.2)$$

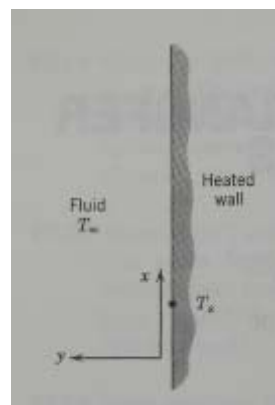
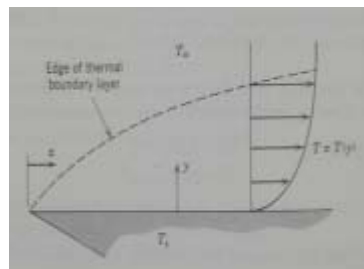


圖 4.27 熱對流示意圖

$q_v$  : 熱對流熱通量( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$h$  : 對流熱傳係數( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )

$T_h$  : 穩定狀態下熱板溫度(K)

$T_{glass}$  : 穩定狀態下基板溫度(K)

$$\Delta T = T_h - T_{glass}$$

輻射(Radiation): 有限溫度的平面以電磁波方式放射能量, 不需介質傳遞。

The Stefan-Boltzmann Law

$$\frac{q}{A} = \sigma \varepsilon T^4 \Rightarrow q_r = \frac{q}{A} \quad (4.3)$$

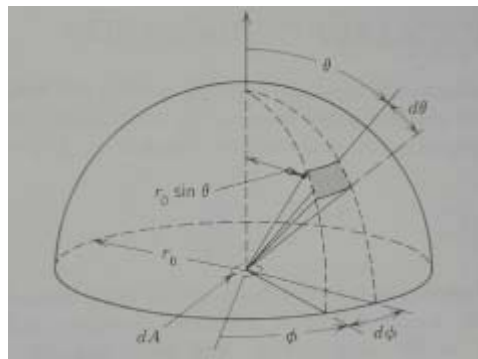


圖 4.28 熱輻射示意圖

$q_r$  : 熱對流熱通量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$\varepsilon$  : 放射率 0.82

$\sigma$  : 史帝芬-波茲曼定律常數  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

$T_h$  : 穩定狀態下加熱板溫度(K)

$T_{air}$  : 穩定狀態下空氣溫度(K)

#### 4.5.1 熱通量計算：

總熱通量：

$q = \text{熱傳導} + \text{熱對流} + \text{熱輻射}$

$$q = qc + qv + qr$$

$$= \left[ k(T_h - T_{glass}) / L \right] + \left[ h(T_h - T_{glass}) \right] + \left[ \varepsilon \sigma (T_h^4 - T_{air}^4) \right]$$

實際熱傳計算

實驗基板總熱通量計算：

$$\begin{aligned}q &= qc + qv + qr \\&= \left[ k(T_h - T_{glass}) / L \right] + \left[ h(T_h - T_{glass}) \right] + \left[ \varepsilon \sigma (T_{4h} - T_{4air}) \right] \\&= \left[ 0.52 * (353 - 345) / 0.0005 \right] + \left[ 20(353 - 345) \right] + \left[ 0.82 * 5.67 * 10^{-8} (3734 - 3534) \right] \\&= 8320 + 160 + 178 \\&= 8658 (\text{W} / \text{m}^2)\end{aligned}$$

$$T_h = 353 \text{ K} (80^\circ\text{C}) ; T_{glass} = 345 \text{ K} (72^\circ\text{C}) ; T_{air} = 373 \text{ K} (100^\circ\text{C})$$

放射率  $\varepsilon = 0.82$  ;

玻璃熱傳導係數  $k = 0.52 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

空氣自然對流熱傳係數  $h = 20 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$  ,  $L = 0.0005 \text{ m}$

基板各種輸入熱功率比重：

熱傳導： $8320 / 8658 = 96\%$

熱對流： $160 / 8658 = 1.9\%$

熱輻射： $178 / 8658 = 2.1\%$

基板輸入熱功率：

$$\begin{aligned}\text{基板輸入熱功率} &= \text{熱通量} \times \text{基板面積} \\&= 8658 (\text{W} / \text{m}^2) \times 0.67 (\text{m}^2) \\&= 5800 (\text{W})\end{aligned}$$

預烤爐輸出功率：

預烤爐電壓：200 VAC

預烤爐電流：33 A

$$\begin{aligned}\text{預烤爐功率} : P &= \sqrt{3} * I * V \\&= 1.73 \cdot 33 \cdot 200 \\&= 11,418 (\text{W})\end{aligned}$$

預烤爐輸出&基板輸入功率比較：

$$\text{a) 基板輸入功率} / \text{預烤爐輸出功率} = 5800(\text{W}) / 11418(\text{W}) = 50.8\%$$

$$\text{b) 預烤爐與基板間散失的功率} = 100\% - 50.8\% = 49.2\%$$

基板輸入的熱功率以熱傳導(96%)所佔比例最大，預烤爐僅有 50.8%轉換成基板輸入功率。

## 第五章 導入 LCD 製程與信賴性研究

### 5.1 小尺寸實際基板製品驗證

經由上述實驗確認 Pre-bake 直接接觸與近接觸兩者實驗結果確實有差異性，而直接接觸實驗效果能有效改善 Fat edge，為求能實際運用導入到 LCD 面板製程上本次採用實際小尺寸機種製品 TFT 側與 IT 機種 CF 側進行實驗，實際製品經由 PI 塗佈後至 Pre-bake 製程，進行右上&右下 FIB 膜厚段差分析，確認運用在產品之中能有效達到預期改善效果。

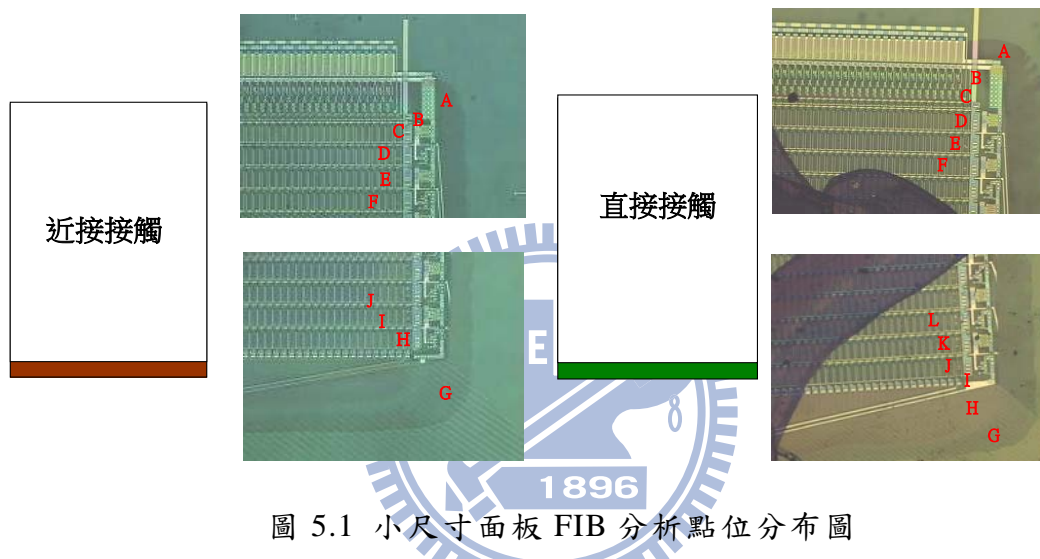


圖 5.1 小尺寸面板 FIB 分析點位分布圖

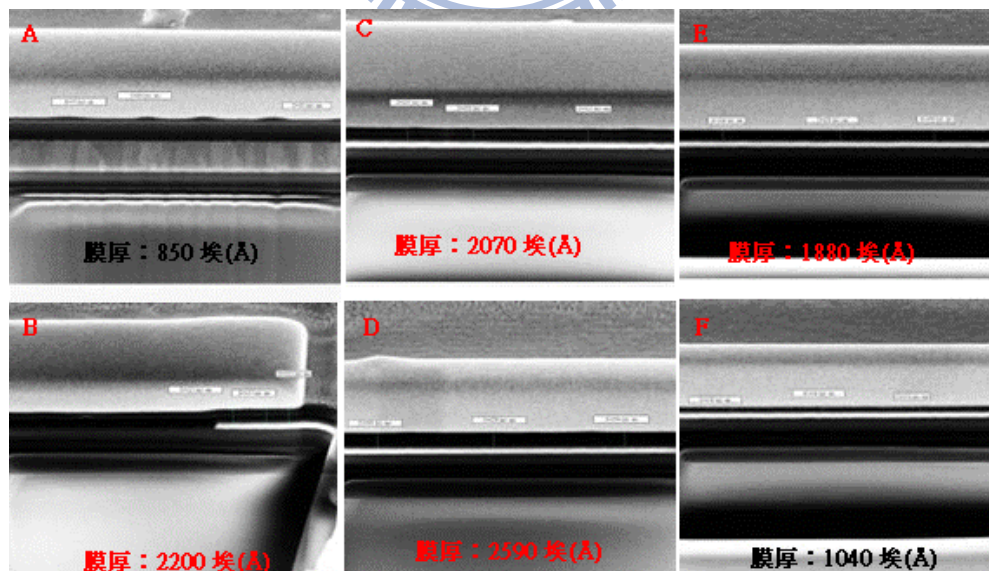


圖 5.2 小尺寸近接觸右上 FIB 膜厚分析圖

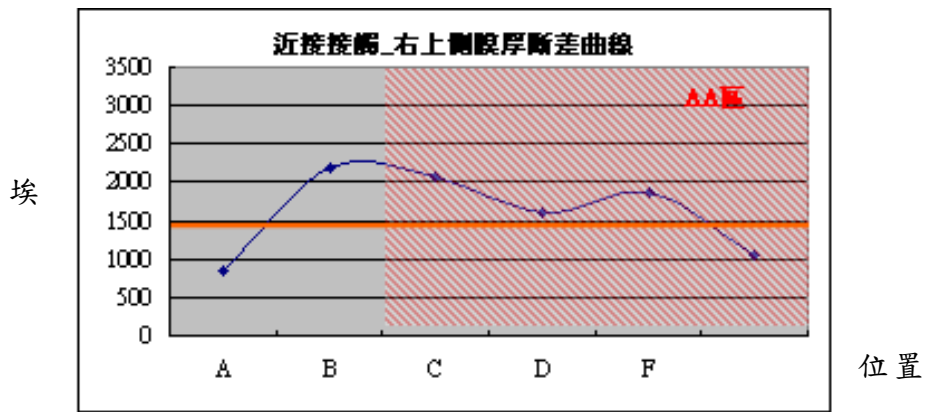


圖 5.3 小尺寸近接接觸右上 FIB 膜厚分析段差曲線

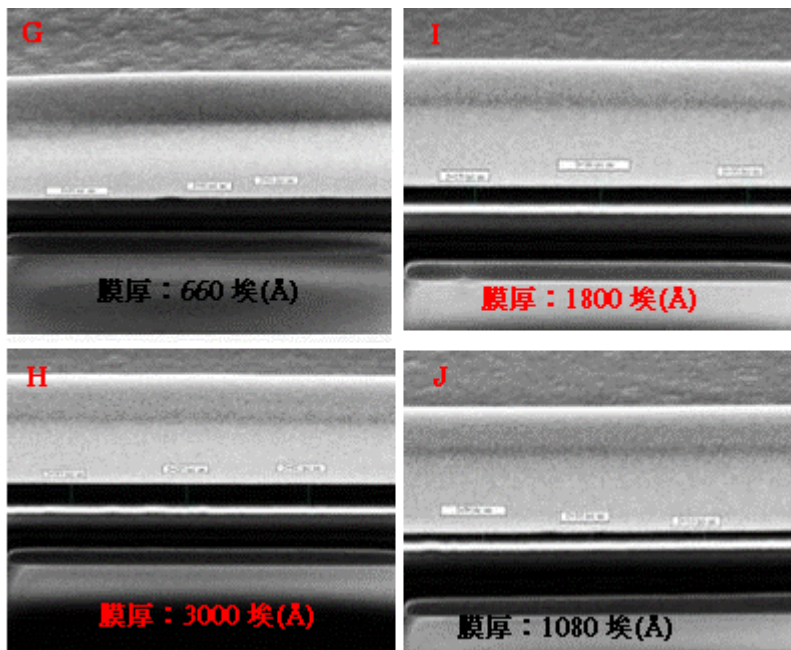


圖 5.4 小尺寸近接接觸右下 FIB 膜厚分析圖

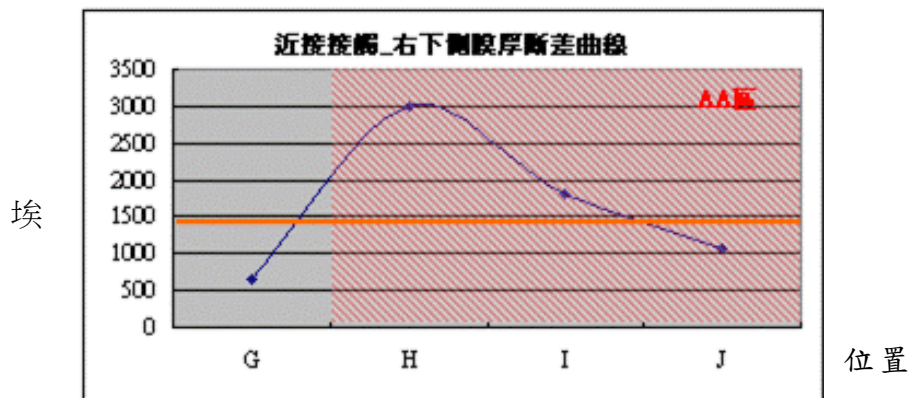


圖 5.5 小尺寸近接接觸右下 FIB 膜厚分析段差曲線



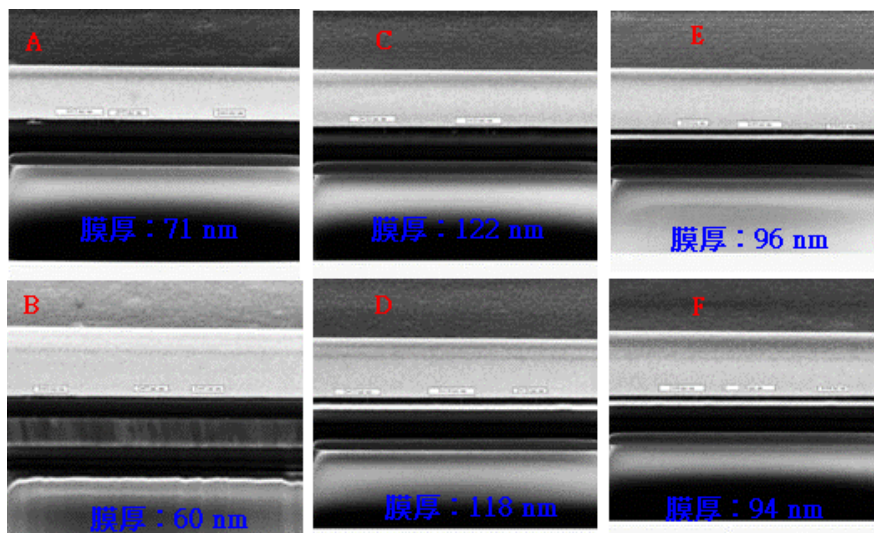


圖 5.6 小尺寸直接接觸右上 FIB 膜厚分析圖

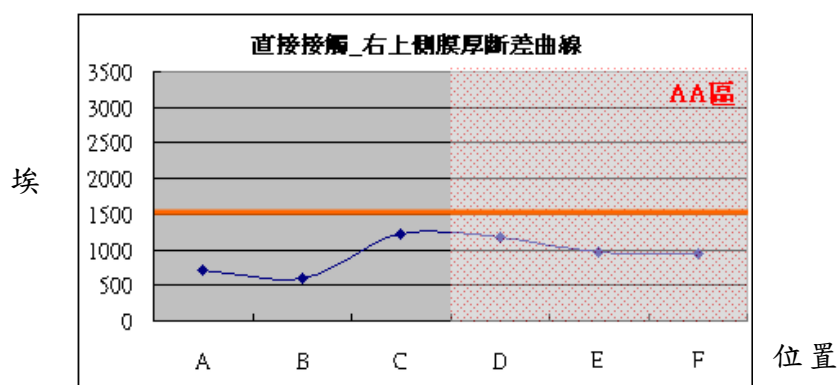


圖 5.7 小尺寸直接接觸右上 FIB 膜厚分析段差曲線

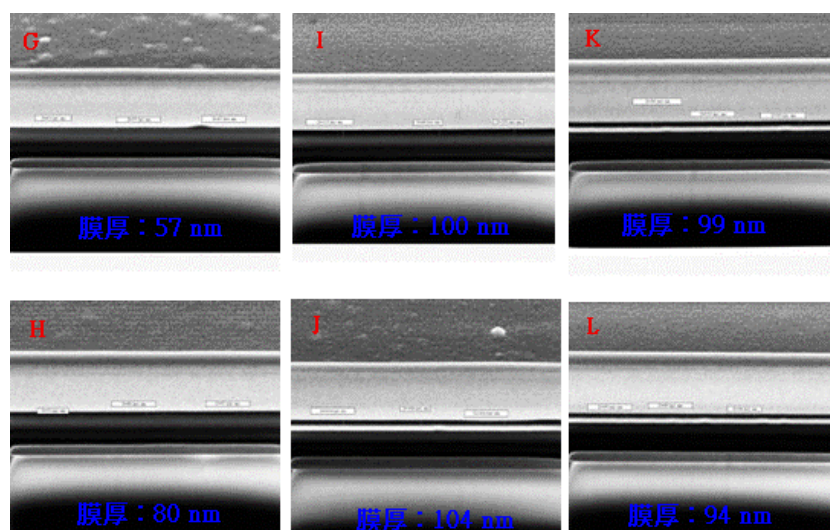


圖 5.8 小尺寸直接接觸右下 FIB 膜厚分析圖

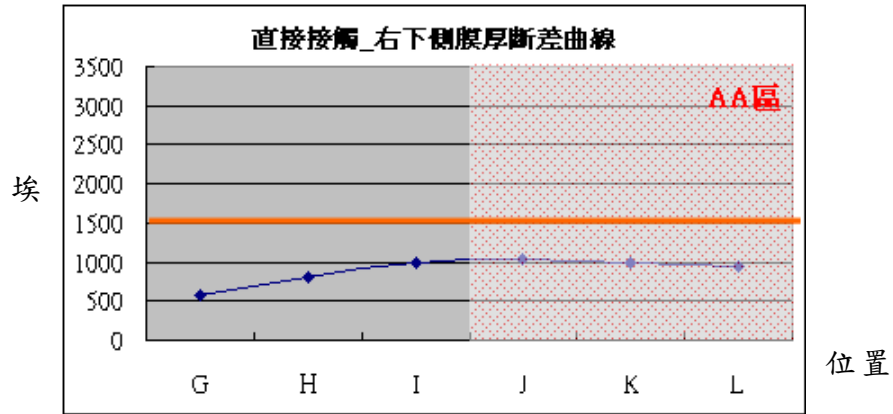


圖 5.9 小尺寸直接接觸右下 FIB 膜厚分析段差曲線

## 5.2 IT 機種實際基板驗證

中尺寸與 IT 尺寸(4 吋以上，19 吋以下)進行導入實驗。

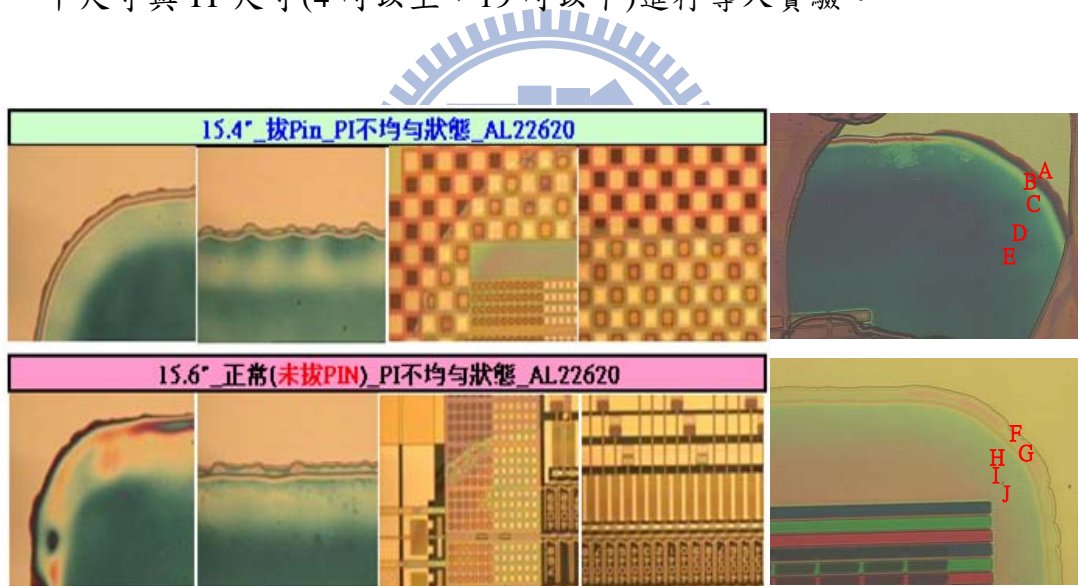


圖 5.10 IT 面板 FIB 分析點位分布圖

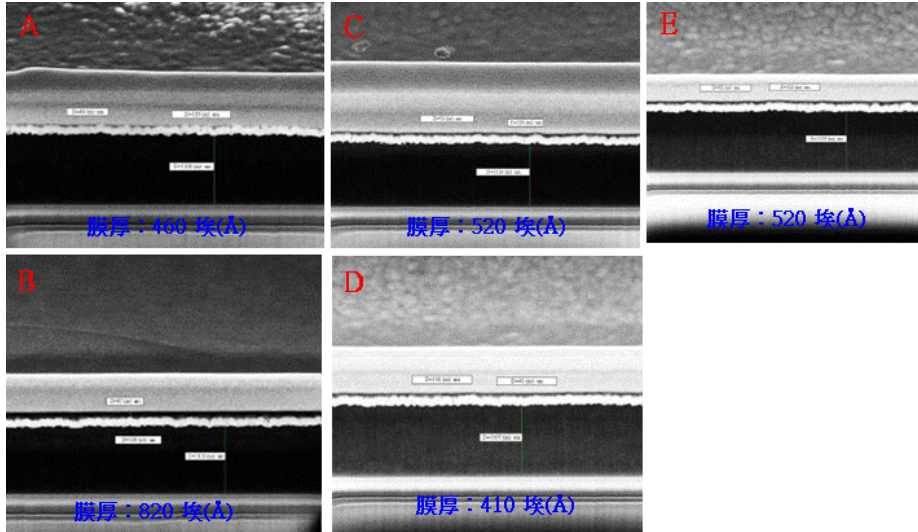


圖 5.11 IT 直接接觸右上 FIB 膜厚分析圖

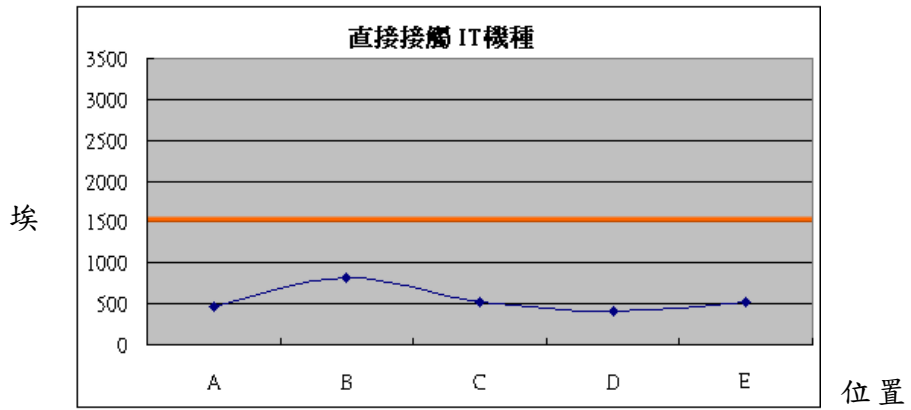


圖 5.12 IT 直接接觸右上 FIB 膜厚分析段差曲線

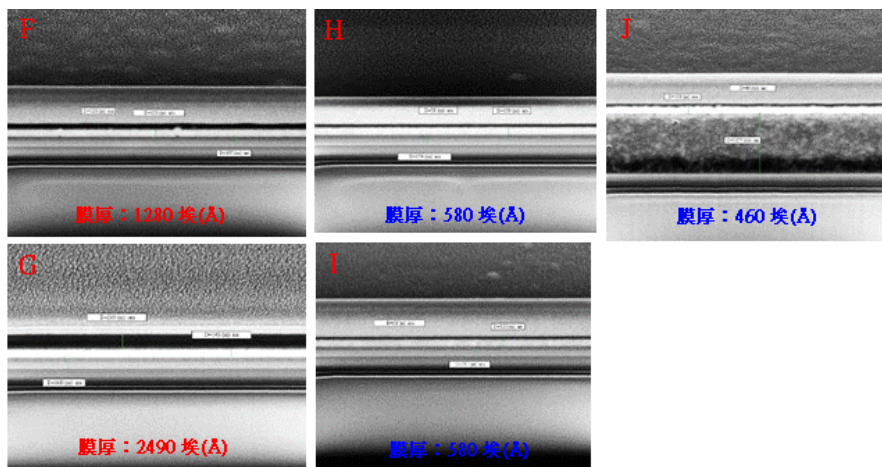


圖 5.13 IT 近接觸右上 FIB 膜厚分析圖

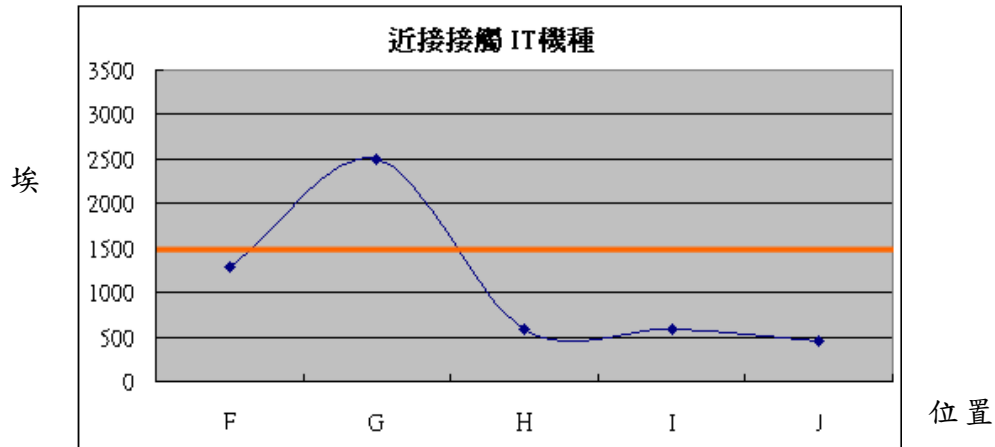


圖 5.14 IT 近接觸右上 FIB 膜厚分析段差曲線

進行小尺寸機種與 IT 尺寸機種導入 LCD 實際製品製程上確認配向膜塗佈 Pre-bake 直接接觸能有效改善邊緣與角落的 Polyimide 不均勻區域 Fat edge，整體膜厚段差小尺寸機種由 3500 埃有效改善至 1000 埃，IT 尺寸機種膜厚段差由 2500 埃有效改善至 820 埃，實驗成果確實達到 LCD 製程改善預期效果。

### 5.3 信賴性驗證

製程導入確認有效改善 fat edge 不良，LCD 面板著重在使用時效與惡劣環境上的缺陷變化，本文實驗為確認在 LCD 面板光學驗證與環境變化確實不會產生 Mura 不良或者影響光學穿透度、燒附..等重點指標，擬採用 IT 機種進行各項信賴性測試。

表 5.1 中華映管 CPT 信賴性標準作業文件

	規範編號
測試依據	LSN-L640104-007 冷熱衝擊試驗作業規範、LSN-L640104-022 機械振動試驗作業規範、LSN-L640104-002 高溫保存試驗作業規範、LSN-L640104-003 高溫高濕保存試驗作業規範、LSN-L640104-006 高溫高濕動作試驗作業規範、LSN-L640104-005 高溫動作試驗作業規範、LSN-L640104-010 燒付試驗作業規範
設備性能	設備詳細性能請參考： T 廠：LSN-7630700-000 可靠度實驗室管理規範 L 廠：LSN-L640102-000 可靠度實驗室管理規範

表 5.2 信賴性測試項目

序號	試驗項目	試驗條件	樣本數	☆ 試驗設備
1	光學量測		3	L1A 52420090 光學特性測定裝置
2	冷熱衝擊	-20~60°C、各 1hr、 100cycles	3	L1A 52420051 冷熱衝擊裝置(水冷)
3	振動試驗	1.5G\5~500Hz0.5octave/ min,X、Y、Z axis 各 1Hr	3	L1A 52420080 振動試驗裝置
4	高溫保存	60°C、240hr	3	L1B 68320112 恆溫恆濕保存裝置
5	高溫高濕保存	60°C、90%RH、48hr	3	L1B 68320216 恆溫恆濕動作裝置
6	高溫高濕動作	50°C、90%RH、240hr	3	L1A 52420031 恆溫恆濕動作裝置
7	高溫動作	50°C、240hr	3	L1A 52420030 恆溫恆濕動作裝置
8	燒付試驗	棋盤畫面、4hr	3	L1A 52420010 常溫壽命試驗裝置

光學驗證：

Customer:	L1B0905001 R_V3 L1B 154WB03A Cell轉寫段預烤爐拔除頂Pin直接接觸驗證											
Item / (unit)	Symbol	Panel 1	Panel 2	Panel 3	委託件	良品			最小值	標準值	最大值	備註
Serial No	S/N	T300TG6H	T300TGBA	T300TGHE	平均值	平均值	max	min				
Luminance (cd/m2)	L (CEN)	234.50	251.30	251.30	245.70	253.73	258.40	250.40	--	--	--	--
Contrast	CR (CEN)	1368.94	1411.80	1338.13	1372.9	1132.8	1217.5	1042.7	500	800	--	ok
Viewangle (Deg.) CR >= 10	Theta L	-49.67	-49.83	-49.69	-49.73	-48.31	-47.98	-48.56	-40	-45	--	ok
	Theta R	49.80	49.32	48.73	49.28	49.01	49.17	48.74	40	45	--	ok
	Theta U	24.70	24.67	24.46	24.61	24.65	24.73	24.52	10	15	--	ok
	Theta D	-80.70	-80.93	-81.99	-81.21	-75.25	-74.68	-75.59	-30	-35	--	ok
Response time (ms)	Tr	2.81	2.81	2.97	2.86	2.69	2.77	2.62	--	3	6	ok
	Tf	5.47	5.54	5.81	5.61	5.58	5.64	5.54	--	5	10	ok
CPT-GAMMA	--	2.07	2.09	2.08	2.08	2.10	2.11	2.08	--	--	--	--
VESA-GAMMA	--	2.07	2.09	2.08	2.08	2.08	2.09	2.07	2.0	2.2	2.4	ok

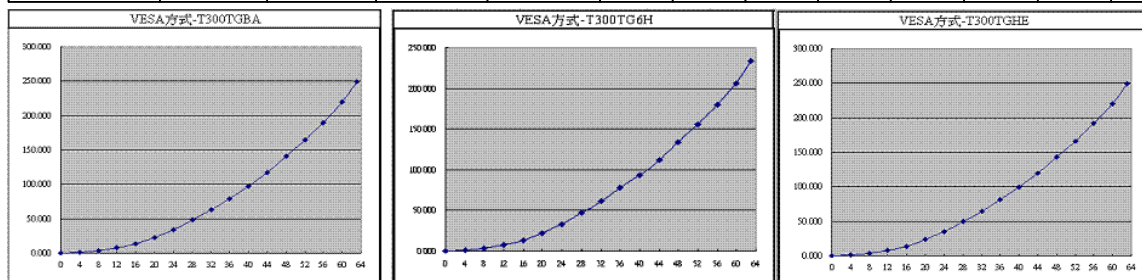


圖 5.15 6Bit-VESA-Gamma3-T300TGHE

燒附驗證

文號	ATL-L1B-1005001	委託者	賴建豪	Pooling、面壓 26" (含)以下	①	③	○	面壓 26" 以上	①	⑥	②	測試日期													
型名	154WB03	測試者	林耀宗	量測位置	⑤	④	④	量測位置	⑦	⑤	⑧	2010年5月26日													
	MDL data	Pooling (sec)				潮汐 (sec)				面壓 (kg)				燒付	備註										
	Panel-ID	①	②	③	④	⑤	1st	2nd	3rd	4th	5th	平均	方向	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	(Rank)		
1	T3R07GQG																							Rank2	7分00秒
2	T3R07G5A																							Rank2	6分46秒
3	T300TGHC																							Rank2	2分29秒
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									

表單編號:T-L640104-009-A 版本: 01

主管審核:

圖 5.16 燒附驗證

表 5.3 信賴性測試驗證結果

序號	試驗項目	☆結果判定	與試驗項目相關不良敘述	與試驗項目無關不良敘述
1	光學量測	OK	無	無
2	冷熱衝擊	B	無	試驗後新增 B/Lmura*3/3pcs-RANK 2
3	振動試驗	A	試驗後無新增不良。	無
4	高溫保存	B	無	試驗後新增 B/Lmura*3/3pcs-RANK 2
5	高溫高濕保存	B	無	試驗後新增 B/Lmura*3/3pcs-RANK 2
6	高溫高濕動作	B	無	試驗後新增 B/Lmura*3/3pcs-RANK 2
7	高溫動作	B	無	試驗後新增輕微白拔 /*3/3pcs-RANK 1
8	燒付試驗	OK	無	無

表 5.4 信賴性測試總結

☆總結判定	OK 原因：
☆試驗結果 說明	變更前：pi 預烤爐頂 Pin 接觸。
	變更後：PI 預烤爐直接接觸。
	振動試驗：試驗後無新增不良判定為 OK。
	燒付試驗：試驗結果為 OK。
	冷熱衝擊/高溫保存/高溫高濕保存/高溫高濕動作：B/L mura*3/3pcs (rank2, 限度內) 與驗證目的無關判定為 OK。
	高溫動作：白拔*3/3pcs (rank1, 限度內) 與驗證目的無關判定為 OK。
	光學量測：In Spec。光學量測品位皆與流品相當。
	154WB03A V3 11M 定管 實驗品 品位趨勢 SPEC
	中心輝度      252.10 245.70 -6.40 --
	中心對比      1170.37 1372.96 +202.59 500.00
	5P 輝度        236.90 225.86 -11.04 200.00
	5P 對比        1192.19 1317.17 +124.97 --
	Gamma          2.09 2.08 -0.01 2.00~2.40

轉寫段 Polyimide 配向膜塗佈預烤爐實驗直接接觸驗證光學結果 ok；對比&視角比流品佳，輝度比流品差，其餘量測值(Gamma)相當，與流品比對相當；燒附驗證符合廠內條件，品位 ok；震動測試無衍生相關異常不良；其餘高溫、高濕保存、冷熱衝擊動作..等破壞性手法測試皆無產生相關不良與異常，總判定 ok。

## 第六章結論

### 6.1 結論

肥邊(Fat Edge)或圖框(picture framing)為常見的塗層瑕疵，表現出一條相對厚實的珠粒(bead)或帶狀(band)出現於膜面邊緣。肥邊通常發生在烘烤或乾燥期間，主因之一為膜表面張力梯度的結果，通常 PI 材料溶劑在塗佈上底基表面不平坦而從段差邊緣可更加迅速地蒸發，使段差邊緣地區變得具有較高的表面張力塗層(亦可能因汽化冷而提高表面張力)，導致 PI 材料流向段差邊緣造成表面張力梯度被設定。另一種可能的情況是基板邊緣在烘烤時比基板的其餘地方加熱更快速，使表面張力降低並且產生表面張力梯度，導致基板邊緣產生小珠。

本研究採用兩種烘烤溫度進行驗證，底基材經由 polyimide 塗佈後，經由 hot plate 升溫進行 pre-bake，polyimide 受熱，溶劑成分中 NMP 開始揮發，此時揮發方向大多為向上揮發，在邊緣的溶劑則增加側邊揮發，此項效應會造成邊緣乾燥收縮較快，此邊緣溶劑濃度會較為集中且表面張力也呈現較大，緩慢受熱升溫則使 PI 流變時間加長，造成邊緣收縮高度度增厚而影響中、小尺寸面板角落顯示區域異常。本研究即為 LCD 顯示器 Cell 製程中之 PI 塗佈製程創新與實驗作一貢獻，以加熱板直接接觸基板之溫度條件為  $70^{\circ}\text{C}$ ，可改善塗佈邊緣 Fat Edge 瑕疵並節省所需製程能源，有效改善配向膜邊緣不均勻區域收縮狀況(圖 6.1,6.2)，提高中小尺寸高解析度機種開口率技術。

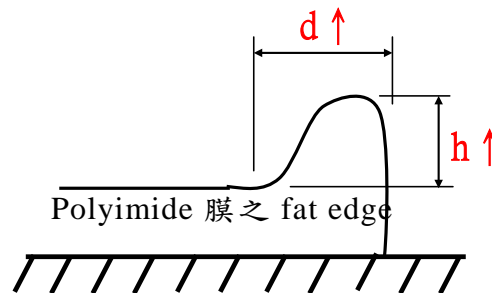


圖 6.1 Polyimide 膜之 Fat edge 現況，d 為範圍與 h 為段差



在實驗後為驗證本身配向膜 PI 的信賴性，進行傅立葉紅外線光譜分析官能基變化、膜厚段差 FIB 分析、預傾角特性、光學驗證、...等測試，結果呈顯實驗前與實驗後差異狀況確實有效改善 fat edge 缺陷，達成本實驗目標。

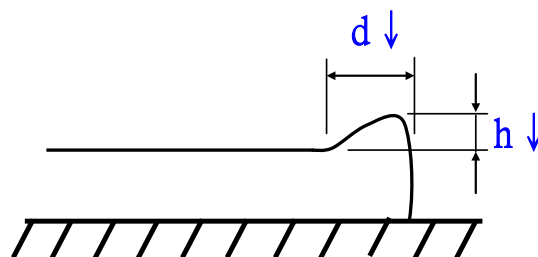


圖 6.2 本研究有效改善 Fat edge 瑕疵，降低 d 與 h

由整體驗證看來，直接接觸造成溫度瞬間昇溫能大幅改善配向膜塗佈邊緣 Fat edge，一般業界 LCD 轉寫製程中配向膜塗佈採用為間距 pre-bake，溫度條件為  $100^{\circ}\text{C}$ ，本研究直接接觸溫度條件為  $70^{\circ}\text{C}$ ，可節省所需製程能源，符合率能節能省碳精神，並有效改善塗佈邊緣 Fat edge，本研究導入 LCD 製程確實有效改善 PI 邊緣與角落 fat edge 膜厚段差，經由公正性的信賴性手法測試無影響光學、燒附等重點評價且無產生色澤不均(Mura)不良，進而減少生產成本，其競爭力也能達到大幅度提升。

## 6.2 實驗後續發現

本研究成功驗證直接接觸  $70^{\circ}\text{C}$  可針對配向膜不均勻區域收縮作改善，筆者將溫度提升至  $80^{\circ}\text{C}$ 、 $90^{\circ}\text{C}$  與  $100^{\circ}\text{C}$ ，發現溫度條件  $80^{\circ}\text{C}$  不均勻區域輕微優於  $70^{\circ}\text{C}$ ，而  $80^{\circ}\text{C}$  與  $100^{\circ}\text{C}$  不均勻區域顯微鏡確認寬度差異不大， $90^{\circ}\text{C}$  在可視區域內發現有分布基版且數量不多的小點(如圖 6.3)， $100^{\circ}\text{C}$  的現象與數量則為較多，顯微鏡下確認為圓孔狀，放大倍率(\*8000)可看出 polyimide 疑似破裂現象，條件  $70^{\circ}\text{C}$  直接接觸則無此項圓孔狀異常(圖 6.6)。

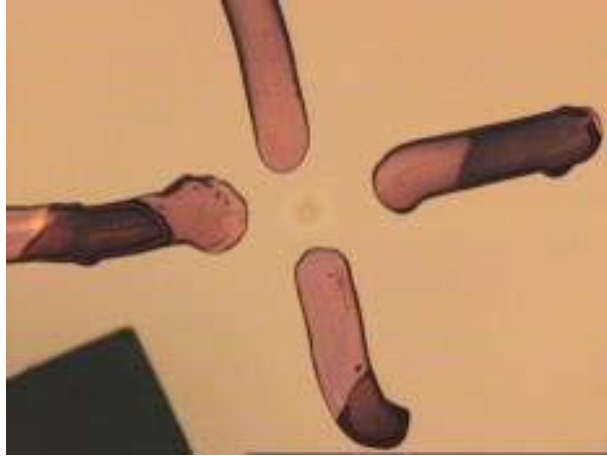


圖 6.3 突沸現象顯微鏡倍率(\*1)

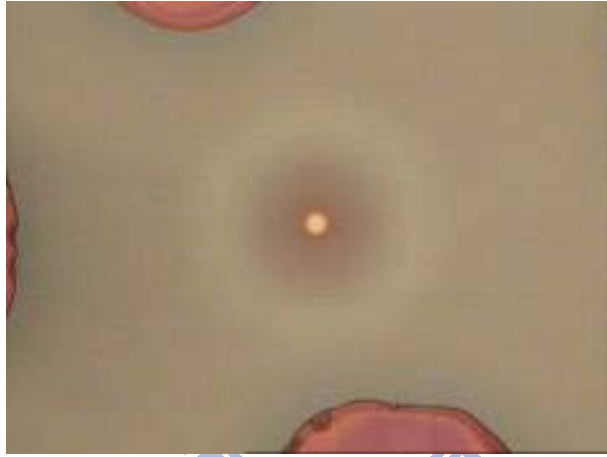


圖 6.4 突沸現象顯微鏡倍率(\*5)

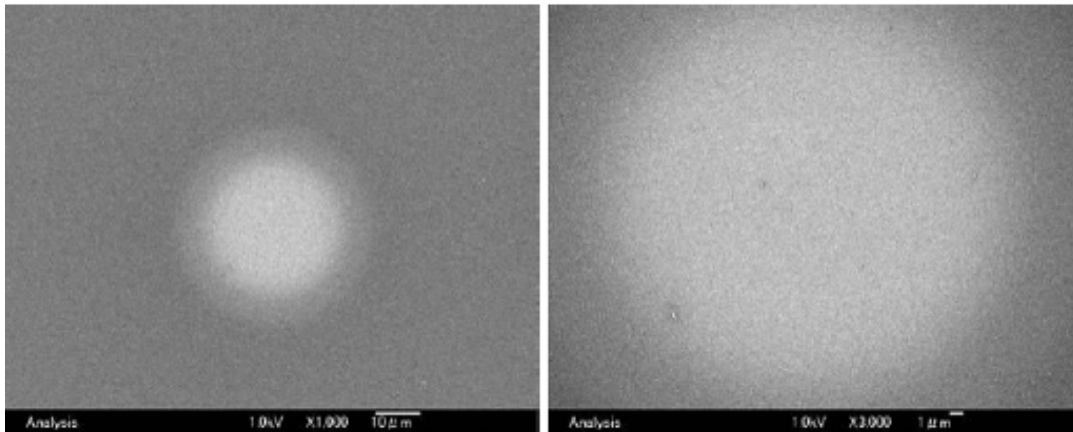


圖 6.5 突沸現象顯微鏡倍率(\*1000)&(\*3000)

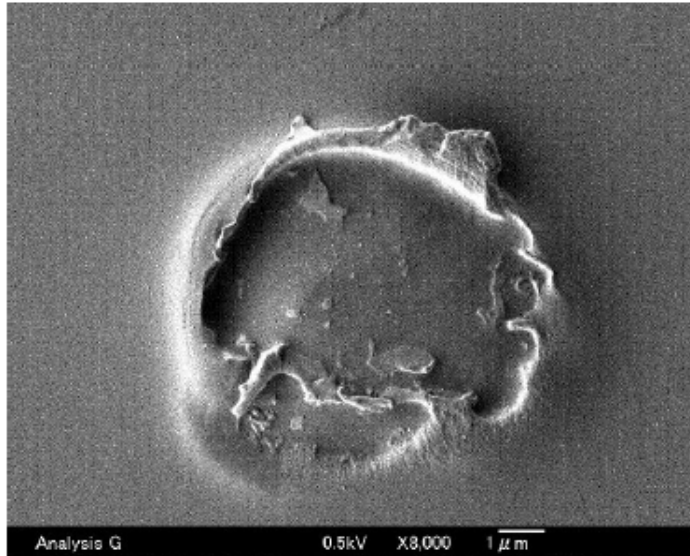


圖 6.6 突沸現象顯微鏡倍率(\*8000)

本實驗成功發現不同升溫受熱溫度，對於Polyimide邊緣收縮效果呈現大幅差異，本論文則對於polyimide的最佳fat edge條件試著引出，嘗試在配向膜Pre-bake製程採用直接接觸方式提高溫度(80°C)確認邊緣fat edge確實較優於70°C，80°C~100°C直接接觸fat edge差異不大，其中在90°C基板可視範圍區域內觀察出現少數異常點，顯微鏡下觀察發現疑似polyimide瞬間受熱能量過高造成表面沸騰現象，應為突沸(bumping hole)現象，再次實驗將條件溫度增加至95°C，突沸數量則增加1倍，溫度提升至100°C，突沸數量則為90°C數量三倍之多，放大倍率(\*8000)觀察，由於剝落的周圍的膜有隆起炸開，判斷可能是沸騰破裂的現象，整體型狀觀察確實異常，增加溶質內solvent讓黏度增大，界而影響polyimide流動速度推斷可改善此類突沸現象。期盼後續學者可更進一步研究。

## 參考文獻

- [1] Rose A. Ryntz, Philip V. Yaneff, "Coatings of polymers and plastics", Marcel Dekker, 2003.
- [2] 薛敬和譯，高分子化學，高立圖書有限公司，台北，台灣，民國 82 年。
- [3] 許文輔，塗料的表面張力及流變性質之量測法，化工技術，第三卷，第五期，台北，台灣，民國 84 年。
- [4] 劉士榮，高分子流變學，滄海書局，台中，台灣，民國 94 年。
- [5] 李文欽，可溶性聚醯亞胺之合成及其在液晶配向膜上的應用，國立交通大學，應用化學所博士學位論文，新竹市，台灣，民國 90 年。
- [6] Adrian Bejan, "Convection Heat Transfer", Wiley, 2004.
- [7] George Wypych, "Handbook of solvents", ChemTec, 2001.
- [8] 吳平耀，超薄塗佈技術簡介—精密的製造師，工業材料雜誌第 194 期，台北，台灣，民國 92 年。
- [9] 王應瓊，儀器分析，中央圖書社，台北，台灣，民國 83 年。



## 附錄 論文期刊發表 2010 Taiwan Display Conference

### LCD Polyimide 塗佈 Fat edge 研究改善

鄭泗東<sup>1</sup>

賴建豪<sup>2</sup>

<sup>1</sup>交通大學 教授

<sup>2</sup>中華映管 工程師

#### 摘要

本研究的目標為改善 PI 配向膜製程塗佈後經由 pre-bake 後印刷邊緣 fat Edge 改善，最終目標為研究出 PI 配向膜邊緣不均勻區域收縮範圍與段差大幅降低，改善顯示器可視區域邊緣與角落視覺異常，並可以利用在薄膜電晶體與彩色濾光片的 PI 配向膜塗佈改善，並在光學驗證與官能基紅外線光譜分析上保持正常規格，如能成功則可減少 LCD 製程所需能源。

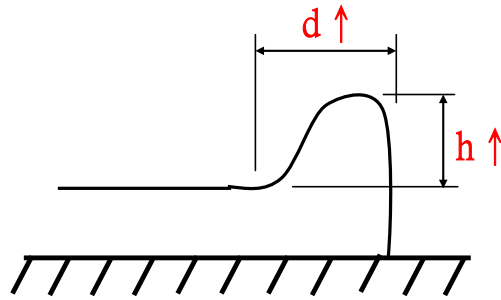
#### 1.前言

本研究採用一種 polyimide 材料(AL21004)&兩種的溫度進行驗證，底基材經由 PI 塗佈後，經由 hot plate 升溫進行 pre-bake，polyimide 受熱，溶劑成分中 NMP 開始揮發，此時揮發方向大多為向上揮發，在邊緣的溶劑則增加側邊揮發，此項效益會造成邊緣乾燥收縮較快，此邊緣溶劑濃度會較為集中且表面張力也呈現較大，緩慢受熱升溫則使 PI 流變時間加長，造成邊緣收縮高度度增厚而影響中、小尺寸面板角落顯示區域異常。

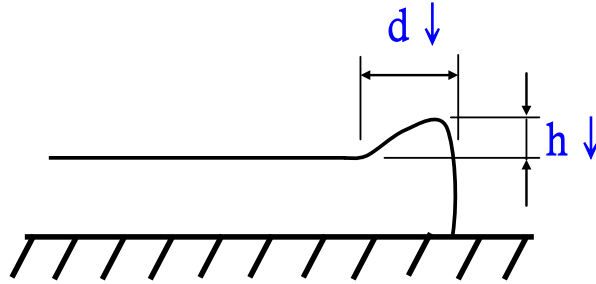
本研究即為 LCD 顯示器 Cell PI 塗佈製程創新與實驗作一貢獻。利用本實驗設計方式的結果，將有效改善配向膜邊緣不均勻區域收縮狀況，提高中小尺寸高解析度機種開口率技術。

表一 採用 ployimide 成分表(本實驗為 AL21004)

Type	成分百分比				黏度
	固型成(Wt%)	NMP	$\gamma$ -BL	BC	
AL21004	6	16	66	12	21
AL22620	6	12	64	18	26



圖一 Polyimide 膜之 Fat edge 現況，d 為範圍與 h 為段差



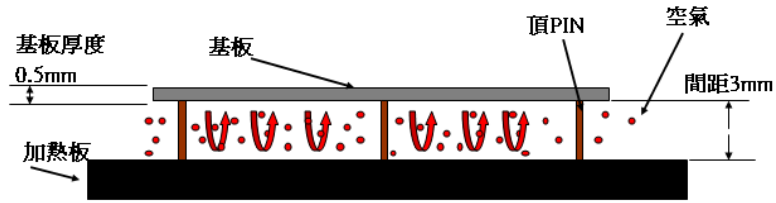
圖二 本研究目的為改善 Fat edge 瑕疵，降低 d 與 h

## 2. 實驗方式&信賴性分析：

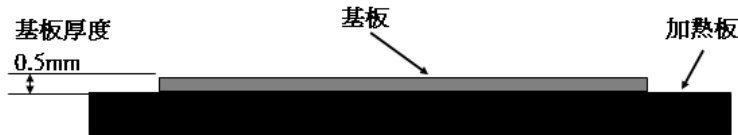
### 2-1 說明：

為避免底基表面不平整造成配向膜塗佈有surface tension缺陷，基材採用素玻璃基材上濺鍍一層平坦的1000埃ITO(氧化銻錫)，基材表面無任何溝槽或會有其他效應影響結果的汙染

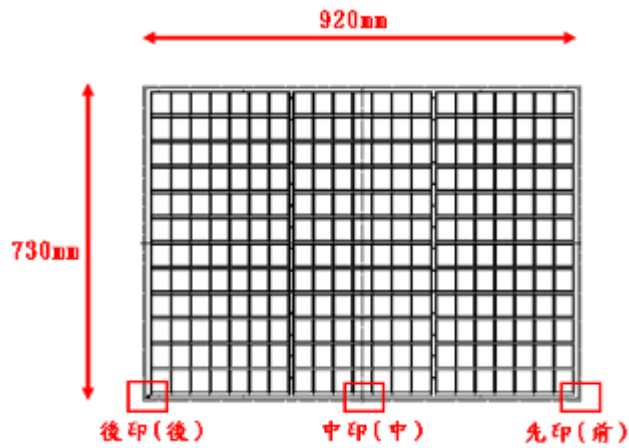
本實驗利用基板兩種受熱接觸方式進行研究，圖三為加熱板中增加頂Pin，間距 3mm，利用加熱板升溫利用空氣對流、傳導、輻射作媒介方式傳遞熱能至基板。圖四則為將中間頂 Pin 拔除，進行基板與加熱板直接接觸，利用儀器量測兩者之間升溫曲線狀況與配向膜塗佈後邊緣 Far edge 收縮狀況，基板大小採用模擬 G4.5 代面板廠尺寸(730mm\*920mm)，如圖五所示，區分前、中、後區域做觀察與比對，筆者希望能將 Fat edge 角落區域控制在 0.2mm 寬度以下。



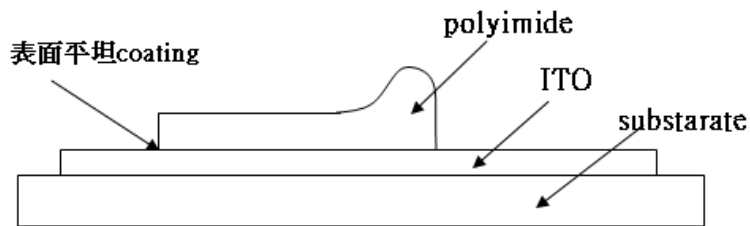
圖三 基板與加熱板間有 3mm Pin 間距



圖四 基板與加熱板直接接觸



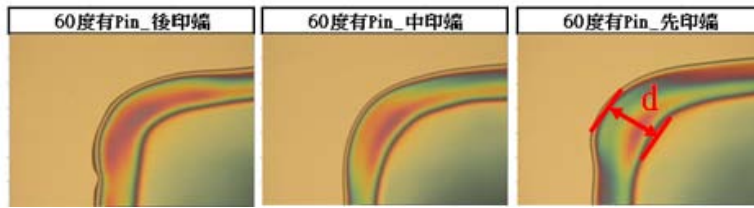
圖五 模擬 G4.5 基板尺寸實驗



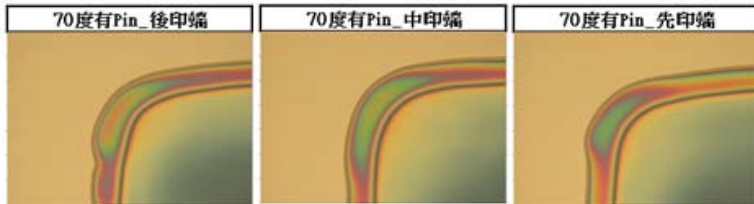
圖六 底基板膜層說明

## 2-2 顯微鏡觀察：

本研究主要研究配向膜顯微鏡下觀察邊緣 Fat edge 型態，主要是改善角落區域不均勻區域現象，圖七與圖八為間距 3mm 條件經由 pre-bake 下，角落不均勻區域較大，顯微鏡偏光後反色顏色較深，此為本文所探討的 Fat edge，觀察與量測 70°C 的實驗結果有略小於 60°C 的角落邊緣肥邊。

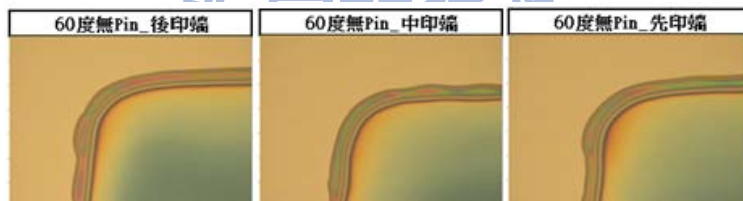


圖七 條件 60°C 加熱板間距 3mm 之 Fat edge 現象

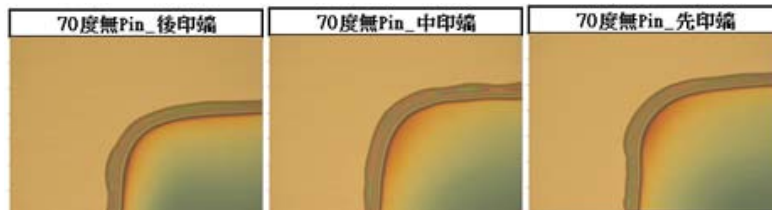


圖八 條件 70°C 加熱板間距 3mm 之 Fat edge 現象

圖九與圖十為直接接觸 pre-bake 的肥邊現象，顯微鏡觀察確認不均勻區域收縮狀況良好，圓角轉彎處呈現均勻收縮情況，此為本研究預期之理想結果。



圖九 條件 60°C 加熱板直接接觸之 Fat edge 現象

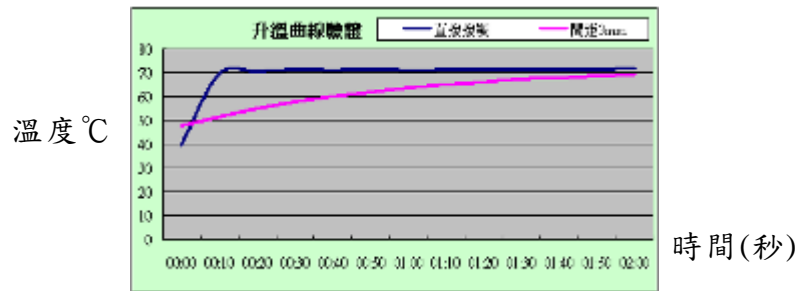


圖十 條件 70°C 加熱板直接接觸之 Fat edge 現象

### 2-3 升溫曲線驗證：

為求實驗條件升溫曲線差異性，利用儀器進行量測，溫度設定為 70°C，發現直接接觸在 10 秒內瞬間升溫到 70°C，間距 3mm 則在 120 秒才升溫到 70°C，如圖十一，兩者差異 110 秒，對於配向膜不均勻區域邊緣收縮影響有明顯差異，由此可驗證瞬間升溫能快速揮發 polyimide 溶劑中的 NMP... 等溶質，而成分中 solvent 則來不及擴散則成形，確實有效改善肥邊，達到本研究理想成果。





圖十一 實驗條件升溫曲線

## 2-4 量測驗證：

### 1、顯微鏡不均勻區寬度量測

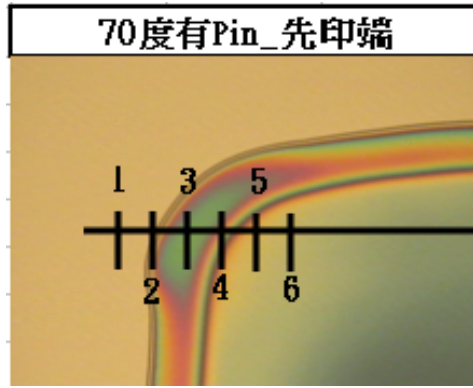
OM\*1 倍 CCD 進行 Fat edges 量測，方式為量測 d 確認不均勻區域寬度，由本次實驗可得知溫度高低可影響肥邊寬度，但是其關鍵影響因子為瞬間升溫曲線，明顯確認溫度 70°C 直接接觸對於配向膜邊緣收縮有達大幅度的改善。

表二 實驗條件&結果

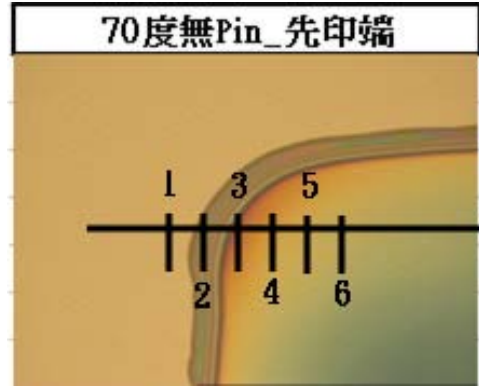
實驗條件&結果				
爐段	Pos.A	Pos.B	Pos.C	Pos.D
溫度 °C	60	60	70	70
直接/間距 3mm	直接	間距 3mm	直接	間距 3mm
前_不均勻區域 d(mm)	0.176	0.483	0.107	0.405
中_不均勻區域 d(mm)	0.179	0.468	0.106	0.391
後_不均勻區域 d(mm)	0.189	0.461	0.102	0.372

### 2、高度段差 FIB 分析。

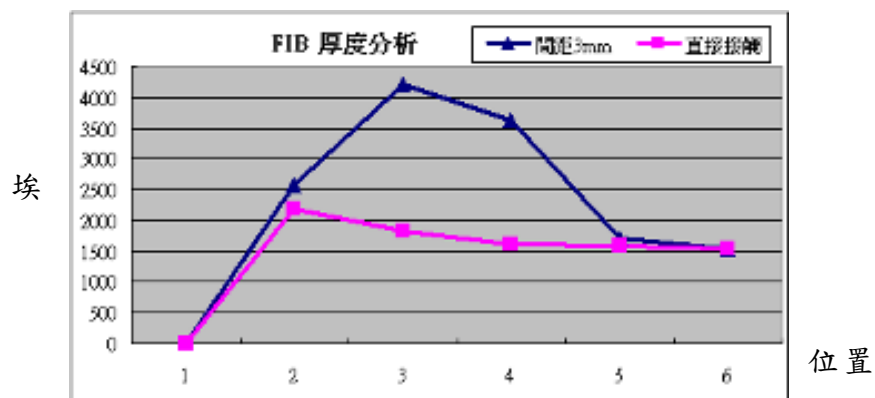
採用實驗溫度條件 70°C FIB 分析高度段差，方式為等間距六點確認配向膜膜厚不均勻區域，圖十二及圖十三為點位示意圖，圖十四確認有 Pin 間距 3mm 的高度段差有高於 4000 埃，直接接觸膜厚最大為 2080 埃，正常膜厚為 1550 埃，確認不同受熱實驗條件下造成膜厚收縮段差有著大幅差異。



圖十二 間距 3mm FIB 各點



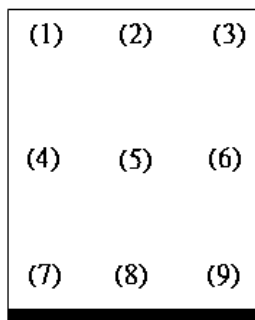
圖十三 直接接觸 FIB 各點



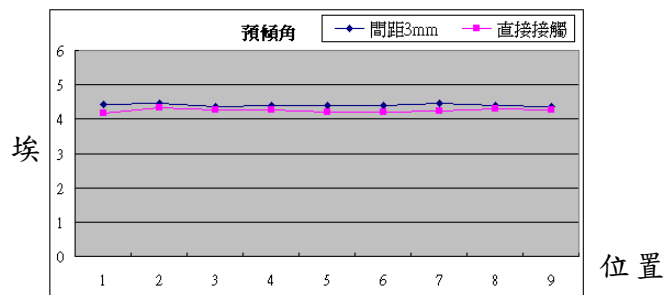
圖十四 FIB 膜厚段差分析

### 3、預傾角量測分析。

配向膜經由瞬間升溫改善 Fat edge，推測非邊緣區域表面張力應無太大改變，為驗證故兩種條件實驗各採用直接 70°C 間距 70°C 兩片經由配向、框膠、液晶、組立...等製程後，進行預傾角量測分析，確認兩種實驗條件預傾角差異不大無異常，參閱圖十六。



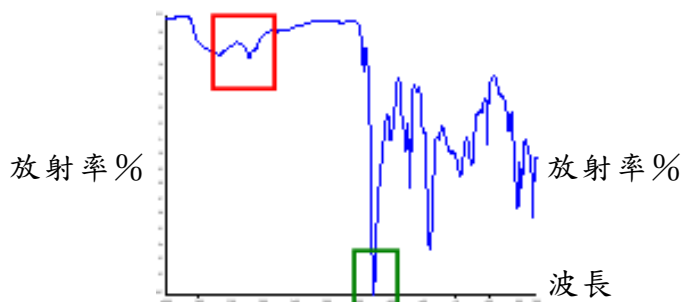
圖十五 量測點位



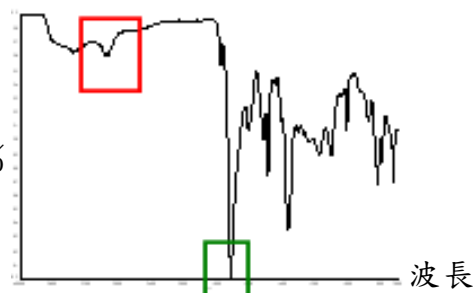
圖十六 預傾角分析

#### 4、FTIR 紅外線光譜分析。

探討配向膜經由實驗下官能基是否有變化造成高分子排列異常，進行FTIR光譜分析後(圖十七)確認飽和 C-H鍵的stretching 振動吸收位置約在  $3000\sim 2840\text{cm}^{-1}$ ，C=C 鍵的吸收約在  $1600\sim 1680\text{cm}^{-1}$ 之間，兩者圖形比對無差異，官能基吸收均落在範圍區域內。



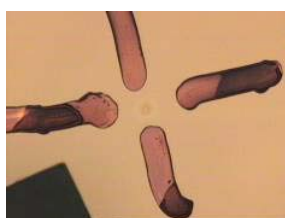
圖十七 直接接觸 FT-IR 分析



圖十八 間距 3mm FT-IR 分析

#### 2-5 後續發現：

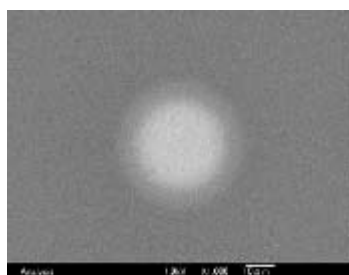
本研究成功驗證直接接觸  $70^{\circ}\text{C}$  可針對配向膜不均勻區域收縮作改善，將溫度提升至  $80^{\circ}\text{C}$ 、 $90^{\circ}\text{C}$  與  $100^{\circ}\text{C}$ ，發現溫度條件  $80^{\circ}\text{C}$  不均勻區域輕微優於  $70^{\circ}\text{C}$ ，而  $80^{\circ}\text{C}$  與  $100^{\circ}\text{C}$  不均勻區域顯微鏡確認寬度差異不大， $90^{\circ}\text{C}$  在可視區域內發現有分布基板且數量不多的小點(如圖十九)， $100^{\circ}\text{C}$  的現象與數量則為較多，顯微鏡下確認為圓孔狀，放大倍率可看出 polyimide 疑似破裂現象，條件  $70^{\circ}\text{C}$  直接接觸則無此項圓孔狀異常(圖二十三)。



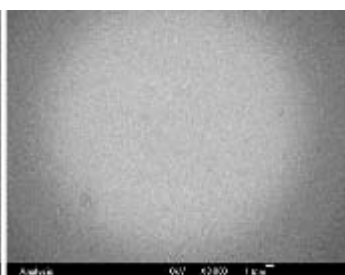
圖十九 顯微鏡倍率(\*1)



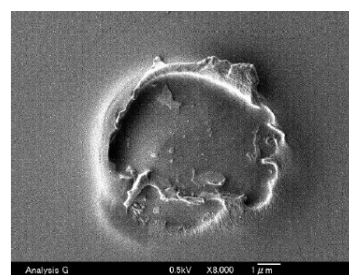
圖二十 顯微鏡倍率(\*5)



圖二十一顯微鏡倍率(\*1000)



圖二十二 (\*3000)



圖二十三 (\*8000)

### 3. 結論

本實驗成功發現不同升溫受熱溫度，對於Polyimide邊緣收縮效果呈現大幅差異，筆者則對於polyimide的最佳肥邊條件試著引出，嘗試在採用直接接觸方式提高溫度(80°C)，確認邊緣肥邊確實較優於70°C，

其中在直接接觸實驗(90°C基板可視範圍區域內觀察出現少數異常點，顯微鏡下觀察發現疑似polyimide瞬間受熱能量過高造成表面沸騰現象，暫時命名為突沸(bumping hole)現象，溫度增加至95°C，突沸數量則增加1倍，溫度提升至100°C，突沸數量則為90°C數量三倍之多，放大倍率(\*8000)觀察，由於剝落的周圍的膜有隆起炸開，判斷可能是沸騰破裂的現象，整體型狀觀察確實異常，增加容易黏度減少polyimide流動速度推斷可改善。期盼後續學者可更進一步研究。

由整體驗證看來，直接接觸造成溫度瞬間昇溫能大幅改善配向膜塗佈邊緣 Fat edge，一般業界 LCD 轉寫製程中配向膜塗佈採用為間距 pre-bake，溫度條件為 100°C，本研究直接接觸溫度條件為 70°C，可節省所需製程能源並有效改善塗佈邊緣肥邊，進而減少生產成本，其競爭力也能達到大幅度提升。

### 4. 致謝

感謝交通大學機械工程所鄭泗東教授不辭辛勞指導。

### 5. 參考文獻

- [1] 薛敬和譯，高分子化學，高立圖書有限公司，台北，台灣，民國 82 年。
- [2] 許文輔，塗料的表面張力及流變性質之量測法，化工技術，第三卷，第五期，台北，台灣，民國 84 年。
- [3] 劉士榮，高分子流變學，滄海書局，台中，台灣，民國 94 年。
- [4] 李文欽，可溶性聚醯亞胺之合成及其在液晶配向膜上的應用，國立交通大學，應用化學所博士學位論文，新竹市，台灣，民國 90 年。