

臺灣二〇〇四年國際科學展覽會

科 別：物理科

作品名稱：液晶顯示器製程及光學分析研究

得獎獎項：物理科佳作

學 校：臺北市立第一女子高級中學

作 者：胡培琳、梁凱惠

作者簡介



胡培琳（左一）及梁凱惠（右一）皆於 1986 年生於台北。高中時就讀北一女中溫班，選擇物理為專研科目，並有緣進行液晶方面的學習。從起初的一無所知到一年後稍的心得，也做出小小的成果，過程中果真成長不少。想到當初如同小學生般與肥皂膜奮戰，漸漸開始自製小型液晶顯示器，直至能順利驅動，真的很感謝台大物理系液晶薄膜物理及光電應用實驗室的趙治宇教授，及常常在學校拔刀相助的美英老師，和辛辛苦苦看我們報告的評審。謝謝大家！

液晶顯示器製程及光學分析研究

作者：胡培琳 梁凱惠

指導老師：趙治宇 教授 李美英 老師

壹、緒論

一、研究動機

了解液晶顯示器的製程及光學原理。

二、研究目的及研究問題

(一)改善液晶顯示器的製程。液晶注入傳統上是以真空灌注的方式，若能將其改為膜狀貼附，將能對製程效率有所改善。所須克服者如下：

- 1.增大膜的面積及強度。以調整溫度、減少塵埃干擾、改善拉膜裝置……等方法，將膜面積拉到最大，並能持久不破。
- 2.改善附膜方式。用各種不同的原理及裝置，使膜能順利貼附在玻璃(或其他所欲貼附物)上。
- 3.增加膜的厚度。液晶須達到相當的厚度(層數要夠)才能在玻璃片上展現其特性，而拉出的每層膜厚度皆過薄，須拉出數百到數千次的液晶膜疊加，厚度才足。
- 4.減少塵埃干擾及氣泡產生。液晶膜若受到塵埃、氣泡干擾，會擾亂液晶的排列，使顯示器效果大減。

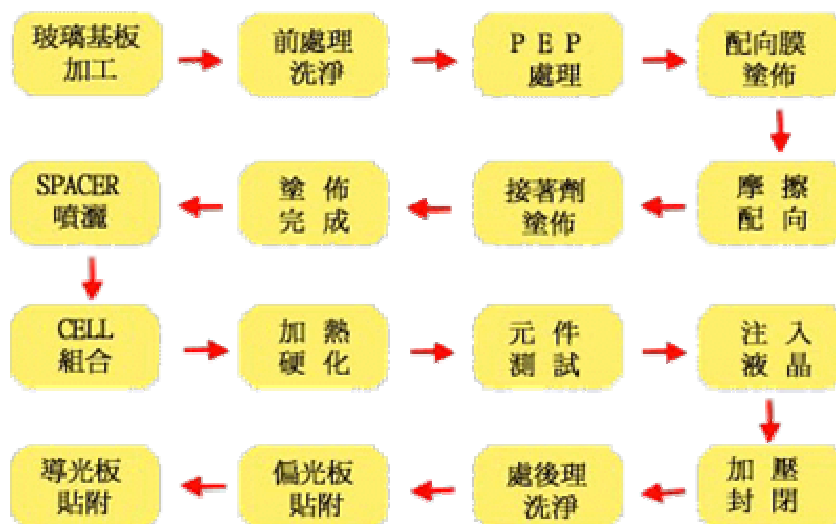
(二)學習製作小型液晶顯示器

液晶顯示器製程有許多步驟，如配相劑的塗佈、玻璃烘烤、磨擦配相、框膠、液晶灌注……等等，在做實驗的同時，也對這些做基本了解。

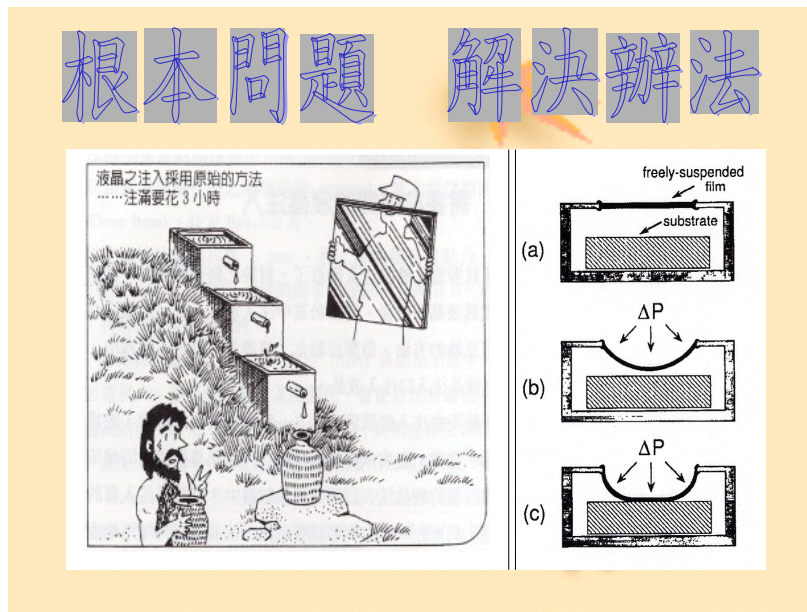
貳、文獻探討

一、一般工業上液晶螢幕製程

(一) 流程圖



(二)液晶的注入：一般是利用壓力與毛細管現象。

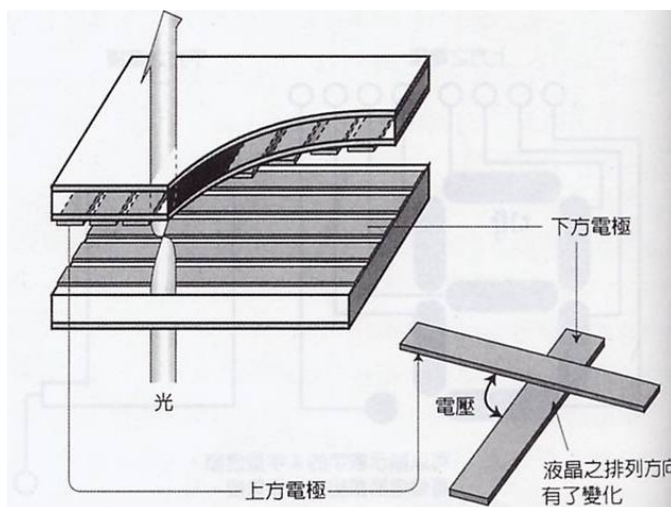


(左資料來源：建興出版社「什麼是液晶」，著者：那野比古，譯者：陳連春。)

(右資料來源：Freely suspended liquid crystal film transfer:

A new method of creating thin smectic films on solid substrates)

二、顯示器動態驅動

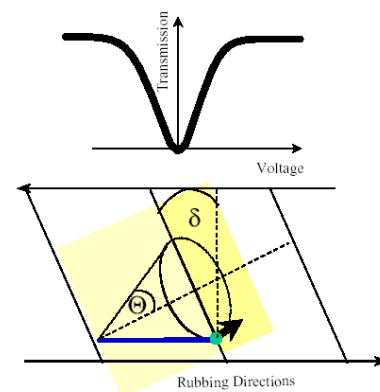


(資料來源：建興出版社「什麼是液晶」，著者：那野比古，譯者：陳連春。)

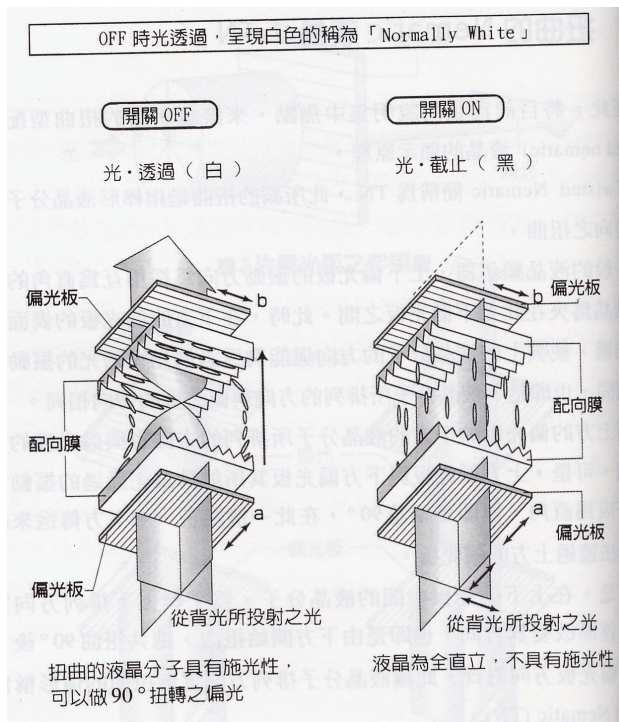
三、鐵電型液晶

特徵：

1. 在常溫下即可為液晶態。
2. 可在常溫下拉膜。
3. 液晶態範圍大。
4. 因分子震盪較快，加上電壓驅動時，變化較快，可快速加大明暗差（即一般所說之灰階）。
5. 驅動時是藉由尾部擺動而轉向。



四、偏光性質



（資料來源：建興出版社「什麼是液晶」，著者：那野比古，譯者：陳連春。）

參、研究步驟及設計

一、膜的貼附及小型顯示器製作

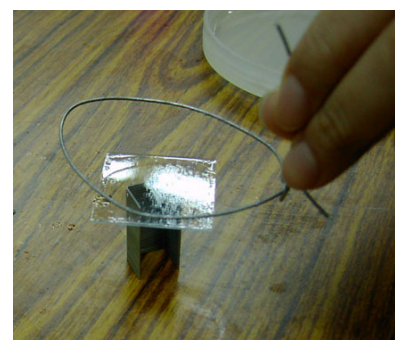
為避免一切可能的錯誤，在進行液晶薄膜的相關實驗前，先用肥皂膜做實驗。肥皂膜與液晶膜同為可在空間中懸浮的二維系統，但是厚度相差非常多。如此在初期的實驗進度可以加快，易於成膜且取得容易，對進入液晶的領域很有幫助。

1. 肥皂膜

【嘗試一】把膜貼附在 ITO 玻璃上。

步驟：從最簡單做起。自己調肥皂水，把鐵絲成大小不一的圈，手持鐵絲圈撈膜、附

器材：ITO 玻璃(約 2x2cm)、自調肥皂水 1、2(比無紀錄)、自調肥皂水 3(體積比一家家潔碗精：白博士清潔劑：水=1：2：10)、鐵圈(半徑 2~3cm)



繞膜。
例洗絲

【嘗試二】吹泡泡法附膜

步驟：模仿小孩吹泡泡，拿吸管沾肥皂液，往玻璃吹去。

器材：市面上的泡泡液、「方法一」的肥皂水 3、吸管(直徑約 1cm)

【嘗試三】使用少量溶液，並使膜面積加大、持久。也試著附膜在不平的表面上。

器材：拉膜棒(玻棒)、 Γ 字形粗鐵絲、肥皂液 3、ITO 玻璃

步驟：拉膜棒緊貼著直立在肥皂液中的 Γ 字鐵絲，由下往上拉出膜來。貼膜方法同前。除了貼 ITO 玻璃上，也貼十元硬幣，及其它較不平的表面。另外，

也嘗試把那「」字型鐵絲綁成麻花狀(此靈感來自於市售泡泡瓶的吹棒)，望能利用其間的空隙儲藏多一些肥皂液，以使膜持久。

【嘗試四】綜合改良版

器材：肥皂液 3、底部打了小洞的 CD 盒蓋、ITO 玻璃、有花紋的名片盒蓋。

步驟：用軟尺在開口面拉膜，使之藉由重力下滑，貼附在待貼的表面上(如 ITO 玻璃，及其它各種表面)。



【嘗試五】薄膜轉移!!

步驟：裝置改爲一方型盒，上表面四周邊緣一圈稍微凹陷，灌入肥皂水至與其他表面齊平。放入嘗試四的 CD 盒裡，附膜。



【嘗試六】調整肥皂水成份及比例，並測試溫度對膜的影響

器材：參考小學生科展作品，肥皂液成分(體積比)－去離子水(純靜無雜質)：甘油：肥皂=6：1：1。

步驟：一組爲對照組，同嘗試五；另一組在裝置外及肥皂液外覆冰以降低溫度。

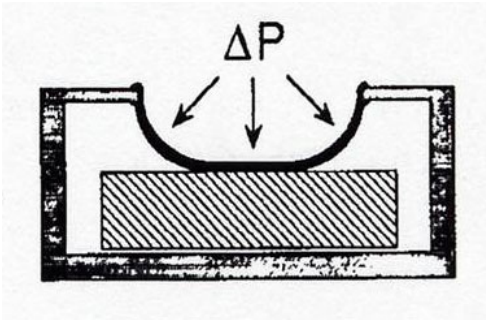
【嘗試七】蓋膜

步驟：用嘗試一的裝置。膜附上玻璃而尚未破時，用另一片稍大一點的 ITO 玻璃蓋上原玻璃，盡量使膜不破而兩玻片所夾的膜氣泡越少越好。

二、液晶膜(鐵電型液晶 FLC)

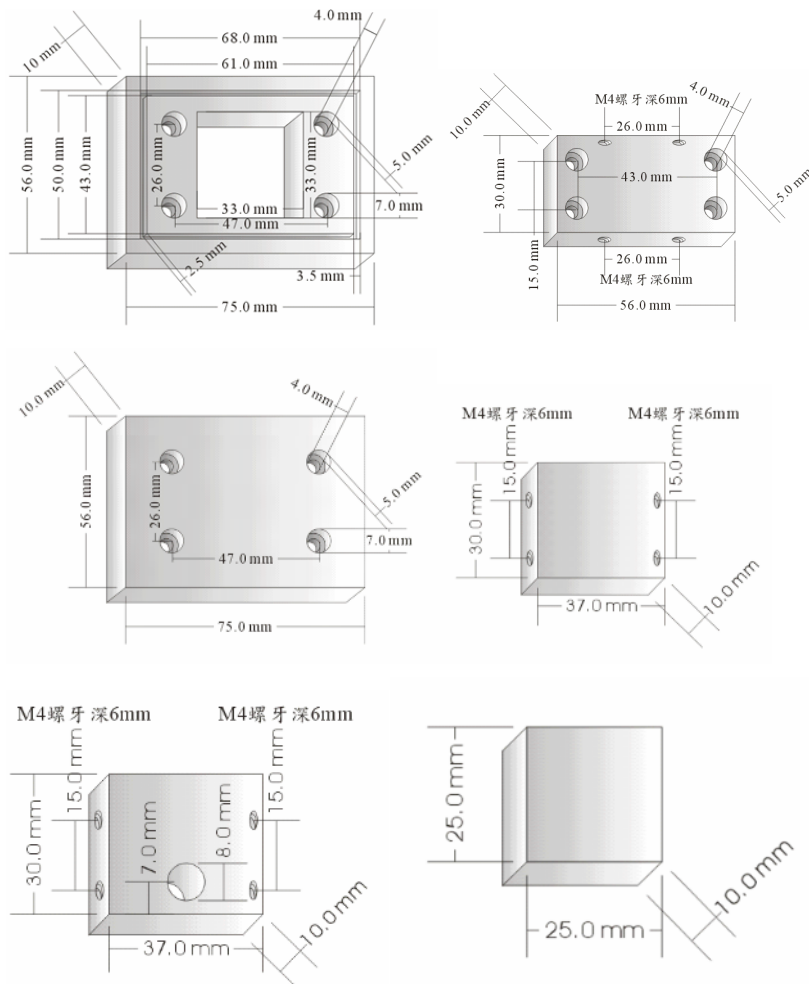
1・真空法

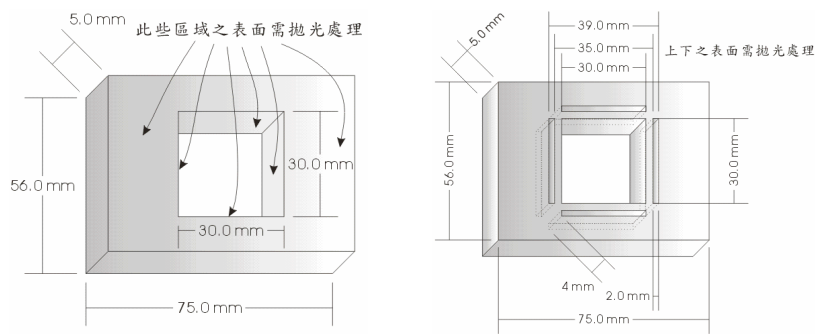
設計一個 chamber(如圖)，抽真空，使液晶膜下凹而貼附在物體上。



資料來源：Freely suspended liquid crystal film transfer:
A new method of creating thin smectic films on solid
substrates

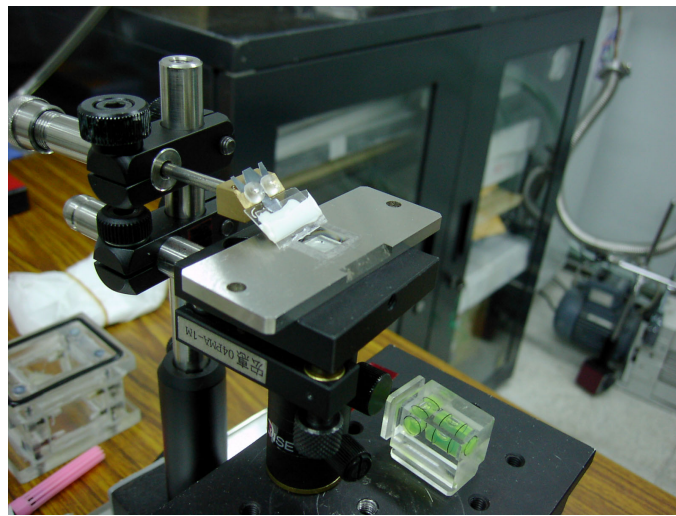
chamber 設計圖：





2 · 升降法

步驟：以刮膜棒沾液晶，均勻塗在鐵塊的方框邊，以便刮膜。保持液晶在刮膜棒朝上那面，從邊緣開始拉膜。把待貼物(如玻璃)放在升降台上，調整升降台高度以附膜，並隨時注意平台之水平。(裝置如下圖)



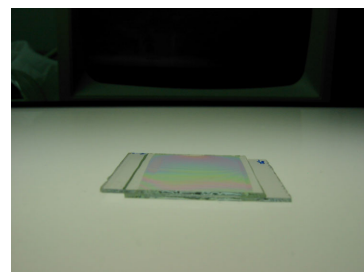
三、小型液晶顯示器的製作

這是整個實驗的重點所在。若能以貼附而非灌注液晶的方式，成功地做出可驅動的顯示器，則顯示器的製程效率必能大大提升，將來在工業上有相當的發展潛力。

1 · 步驟：

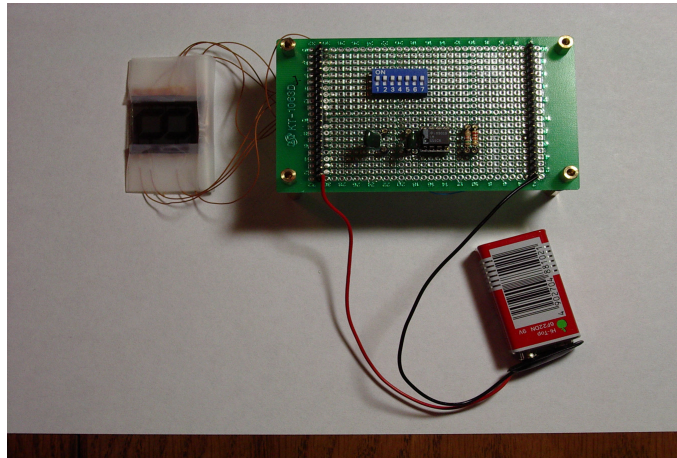
- ①由於液晶需達到相當厚度才能顯出其特性而驅動，又受時間上的限制，約貼附 100~150 次液晶膜於水平配相、灑過球的 ITO 玻璃(尺寸 $10 \times 10 \text{ mm}^2$)上。
- ②再拿另一片大小相同的 ITO 玻璃蓋在其上，旁邊留一些空隙，刮去邊緣配向膜作電極。
- ③用 UV 膠封膠，以固定玻璃板。
- ④放在兩偏極片間觀察。
- ⑤放在兩偏極片間，在光學顯微鏡下觀察。
- ⑥接通交流電，觀察液晶分子是否產生變化。

玻璃交錯壓合，旁邊兩道留做通電極之用。

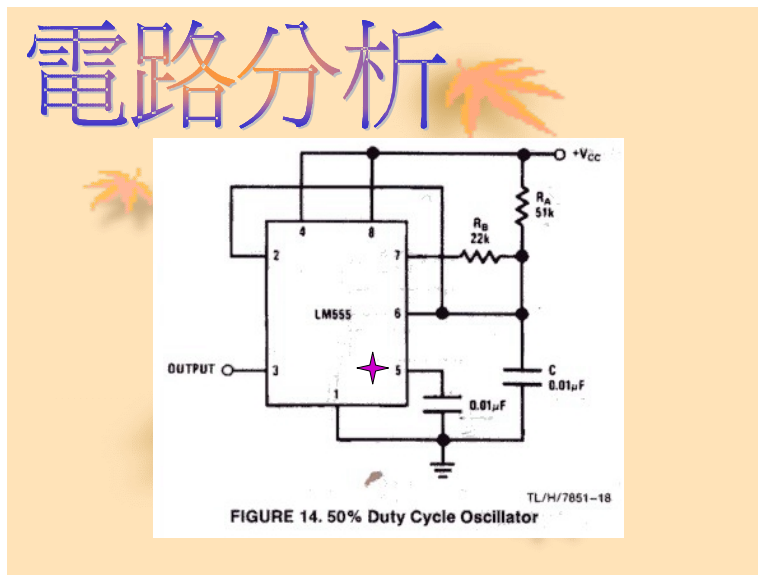


四、八字型顯示器

因為做出 cell 之後，必須要驅動才能看出變化，所以嘗試八字型顯示器驅動。八字型顯示器成品如下：



以以下電路圖為藍本：



五、液晶顯示器製程

1·切玻璃、洗玻璃

我們要做出來的是一寸見方的小液晶顯示器。用切玻璃器調整好寬度、高度，下面的底座上放 ITO 玻璃，往前一推就可以刮出割痕，用割玻璃刀輕輕按壓就完成了。

因為玻璃要很乾淨不能有灰塵，清洗的工作非常重要。把玻璃排好放在燒杯裡，加入清潔劑，用去離子水沖洗大約一小時。每隔二十幾分鐘換一次水。

2·塗 PI

塗 PI 的目的是接下來磨擦配相可以在上面刮出溝槽來。因應不同的需要，有各種類型的 PI。用針筒把 PI 滴在 ITO 玻璃上(約 12~15 滴)，玻璃的一邊先用膠帶貼住，留作貼電極用。把玻璃放進自旋塗佈機旋轉約三十秒，使 PI 均勻散布。自旋塗佈機的旋轉有三個小階段，速度跟歷時時間可調整。經實驗室學長姊先前研究，已調整到最佳設定。

3· 烘烤

不同顯示器的製程，有不同的烘烤程度。我們使用的是 SE-7511L 型，軟烤溫度八十度，十五分鐘；硬烤溫度 180 度，60 分鐘。軟烤是讓 PI 先大致固定在玻璃上；硬烤則是讓它烤到我們需要的硬度。烤好之後，可以看到一層淡淡的色澤。

4· 磨擦配相

玻璃放在平台上。按下控制鈕，平台便往前送，上面的刷毛轉動以刷出一條條的小溝槽。磨擦配相的目的，是當液晶分子貼附在玻璃片上時，可以順著我們 rubbing 的方向排列整齊。

5· 灑球/封膠

因為最後做成小顯示器是兩片一組，中間夾液晶，所以一片灑球，一片封膠。

灑球：把球倒在中間的橫桿上，玻璃片放在下面的基板上。灑球機裡有個小塞子，先用抽氣馬達把氣抽掉，小塞子就會往上跑。把橫桿放進灑球機裡，打開充氣幫浦，小塞子就會迅速往下打，把空氣往下擠，小球就被往下吹，散布在玻璃片上。

封膠：玻璃片放在底座上，上面的針頭擠出膠來，左右移動擠成我們要的形狀。空出的缺口，就是待會液晶的入口。

6· 壓合

把一片灑球、一片封膠的玻璃片合在一起(稍微交錯，讓要讓貼電極的地方露出)，兩片 rubbing 的方向垂直。放在平台上，旁邊墊一些玻璃使它固定以免壓碎。蓋子蓋上，四角鎖緊，打開充氣閥，氣墊充氣把兩玻璃片壓合。

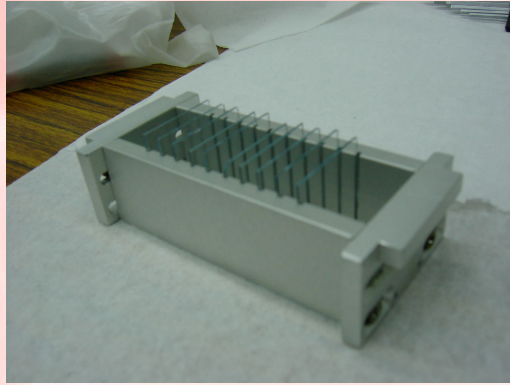
7· 灌液晶

玻璃放入自動灌液晶機，缺口朝向液晶槽。先抽真空。再破真空，此時四周空氣擠壓液晶，使液晶灌進兩玻璃片間。整個小液晶顯示器的製程就告成了。在兩邊電極通交流電，就可以看到液晶分子的變化情形。

切玻璃



規格：1 x 1吋



洗玻璃



用去離子水
沖洗約一小時



塗PI



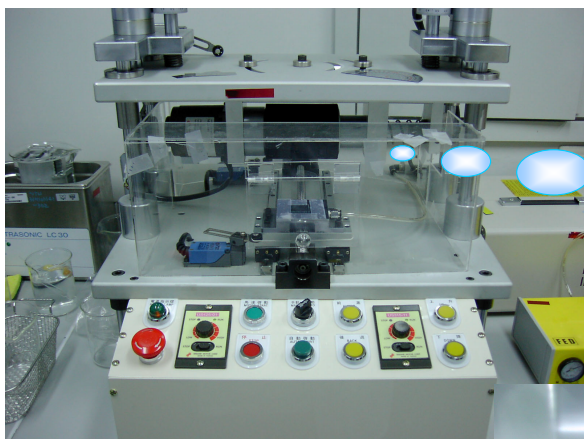
淡黃色透明液體
用針筒注射
用以磨擦配相
玻璃片一邊不塗，
以貼電極



烘烤

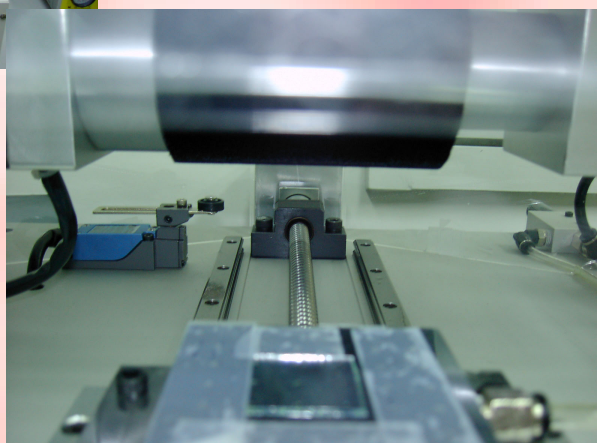


軟烤
80°C/15min
硬烤
180°C/60min



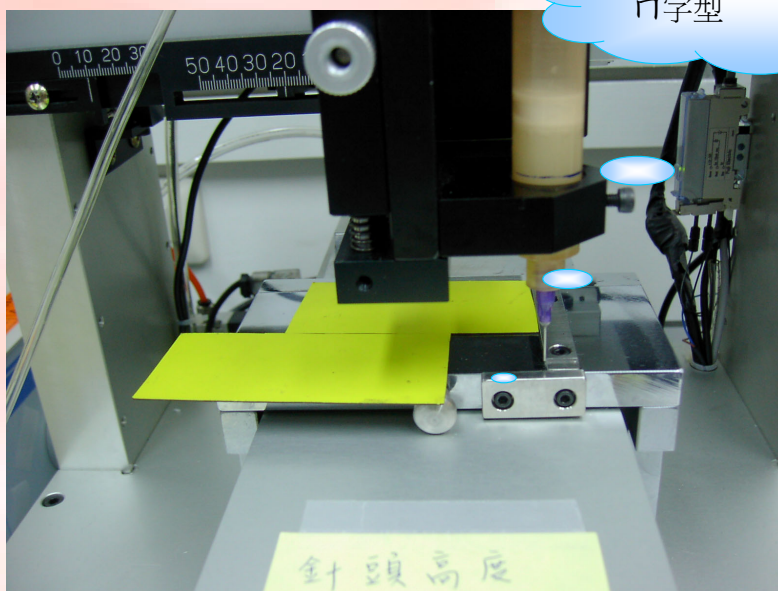
調整液晶分子排列方向
兩片為一組
90°旋轉

磨擦配相



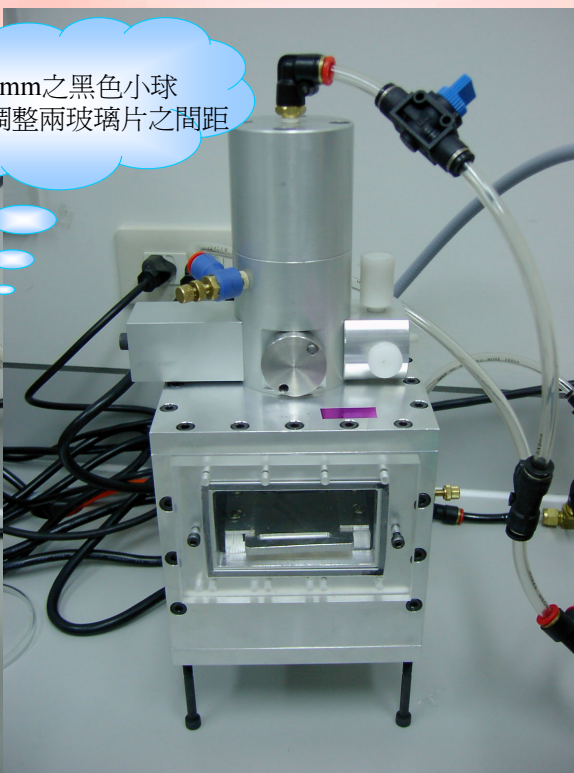
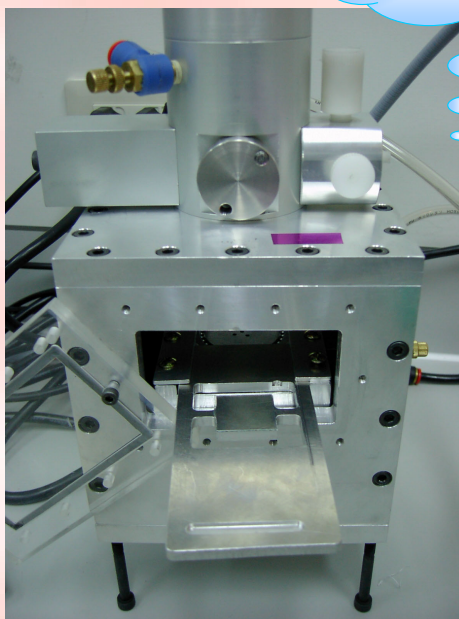
封膠

作為灌液晶時的邊界
口字型

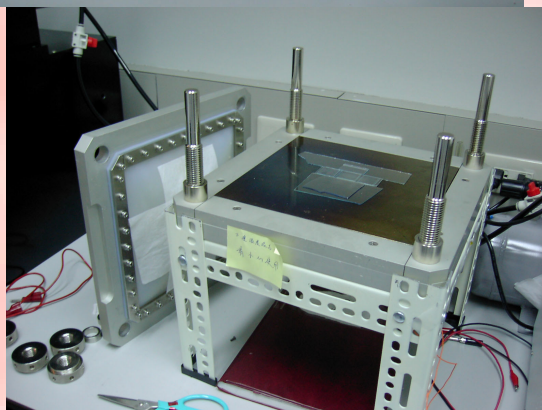
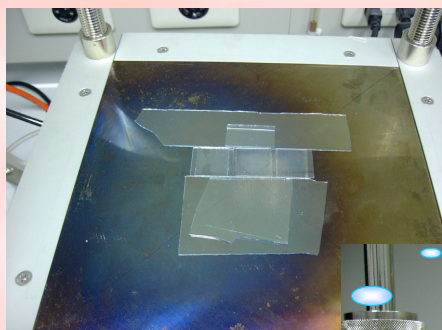


灑球

半徑3~5mm之黑色小球
目的：調整兩玻璃片之間距



壓合

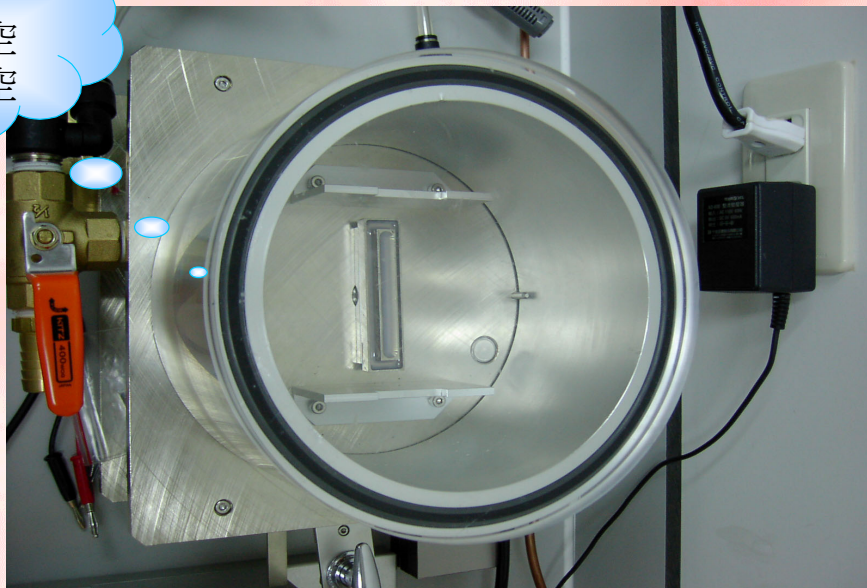


氣墊充氣，
使兩玻璃片密合



灌液晶

抽真空
破真空



肆、結論與討論

一、肥皂膜

【嘗試一】把膜貼附在 ITO 玻璃上。

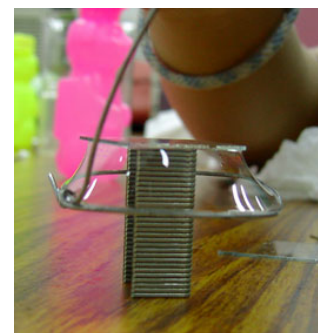
結果：很難撈出膜來，即使成膜亦難貼附，膜一碰到玻璃就破了。有一兩次膜曾貼附在玻璃上，但待玻璃外圍膜破後，膜並未貼附在玻璃上。

討論：

肥皂水比例不佳：太濃則太重，太淡則太薄；膜不牢固易破。若要使膜吸附在玻璃上，必須使”膜和玻璃的鍵結力”與”膜和膜之間的鍵結力”很接近才行。

技術困難：用手拿鐵圈，角度不平且不穩；膜易被玻璃尖角刺破。若能水平附膜應較佳。

[附記] 肥皂水 3 放了一天後，韌性明顯變佳，持久不易破。不但可輕易撈膜、附膜在 ITO 玻璃上，亦可把膜上下拉動，甚至整個拉起。經討論認為是隔夜後溶液較均勻之故，且比例較其他溶液佳。



【嘗試二】吹泡泡法附膜

結果：無論怎麼吹，泡泡出來的速度總是太快，一下就撞到玻璃上，難以控制。

【嘗試三】使用少量溶液，並使膜面積加大、持久。也試著附膜在不平的表面上。

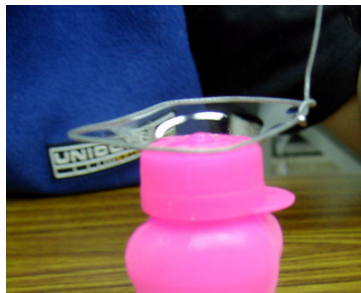
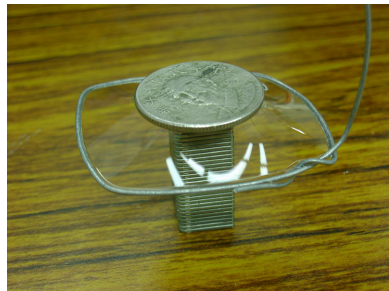
結果：最大的膜為 $12 \times 8 \text{ cm}^2$ 。十元硬幣、圓蓋子可貼附。而麻花的效果反而更差，膜既難持久亦難貼附。

討論：

「」字型：由下往下拉，拉膜時仍易受重力影響而破。(受力不均)

麻花雖然提供了空隙，但空隙間往往各自形成小膜，反而成為中間主膜的阻力，把原本僅有的一點沾在鐵絲上的肥皂液又瓜分掉了。

鐵絲凹凸不平，拉膜棒不易緊靠。



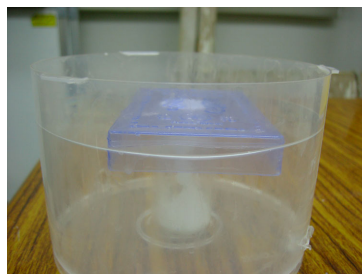
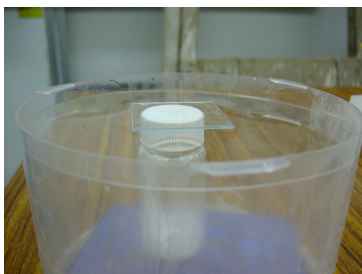
【嘗試四】綜合改良版

結果：成功貼附 ITO 玻璃、拾圓硬幣、有花紋的名片盒蓋。

討論：此次的新裝置改進了之前的缺點，

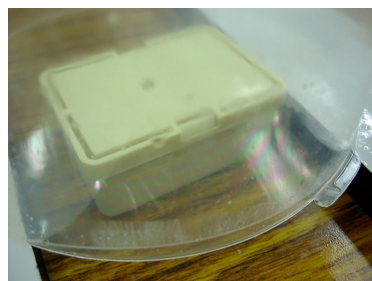
膜藉重力下滑，既穩又接近水平，不易接觸到待測表面的尖角。

拉出的膜較均勻，避免掉「嘗試三」中膜受力不均的問題。



【嘗試五】薄膜轉移

結果：很容易轉貼。



討論：為了膜的轉移，我們做過一些其他的試驗，例如直接把膜貼到玻璃上待破後看它能否完整轉移(結果不能)。而此裝置在外圍溝槽內裝肥皂液是爲了使膜貼附時中間有一圈給膜新的支撐，以使中間的一塊能順利留在玻璃上。

【嘗試六】調整肥皂水成份及比例，並測試溫度對膜的影響。

結果：此溶液較強韌，持久度較高。(甘油的鍵結力強，濃稠)

溫度降低，膜亦較能持久。(溫度低，膜穩定)

【嘗試七】蓋膜

結果：與嘗試一相同因素，不算完整貼附，而四周的膜往內縮。其中的小氣泡數約為 10~20 個。

二、液晶膜(鐵電型液晶 FLC)

1· 真空法：由於裝置上的複雜，並沒有試驗成功。

2· 升降法

(1)貼附 ITO 玻璃

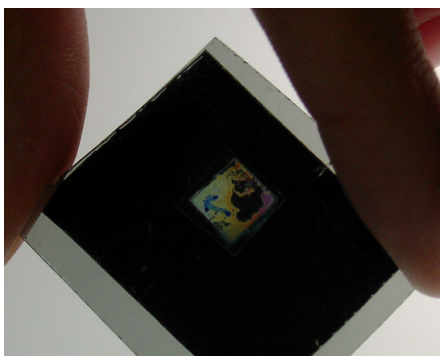


(2)貼附水銀電池

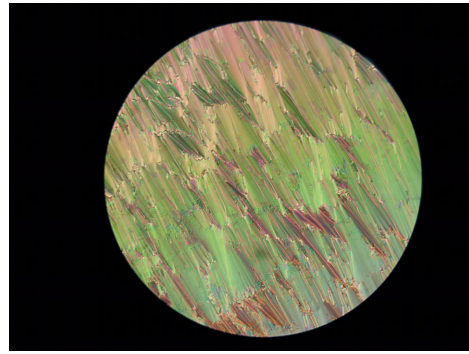
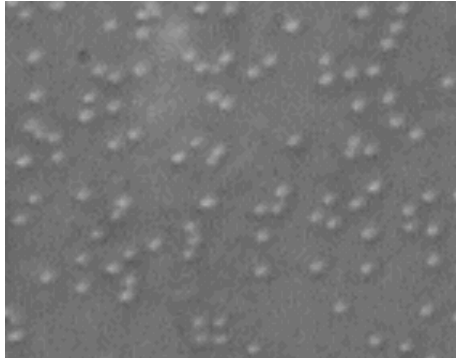


三、小型顯示器製作

1· 偏光板下的 cell(互相垂直)



2・光學顯微鏡下的 cell



伍、未來展望

液晶顯示器是台灣極有潛力的事業之一，希望小小的我們在專研之外，可以貢獻一點點心力。或許透過對液晶製程的些許改良，液晶顯示器的良率會更高，速度加快，就更有競爭力了呢！我們目前只將刮膜應用到基本驅動上，若能變快變好，相信推動到更複雜的液晶驅動是相當有幫助的。

陸、特別感謝

台大物理系液晶薄膜物理及光電應用實驗室

趙治宇老師

評語及建議事項

主要為液晶顯示器的製作，對光學分析著墨較少。製作程序均依據大學實驗室中所安排的設備進行。能成功製作表示學生花費了許多心力，惜創意較少。