

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

第三名

040811

反射式多變色液晶 Smart Window 之研究及應用

學校名稱：臺北市立麗山高級中學

作者：	指導老師：
高二 曾劭偉	徐志成
高二 陳昱錡	張良肇
高二 李怡慧	

關鍵詞： 螺距、雙穩態

作品名稱: 反射式多變色液晶 Smart Window 之研發及應用

摘要

本研究以創新製程及電場配置製作可變色雙層液晶窗。

本研究有以下特點：

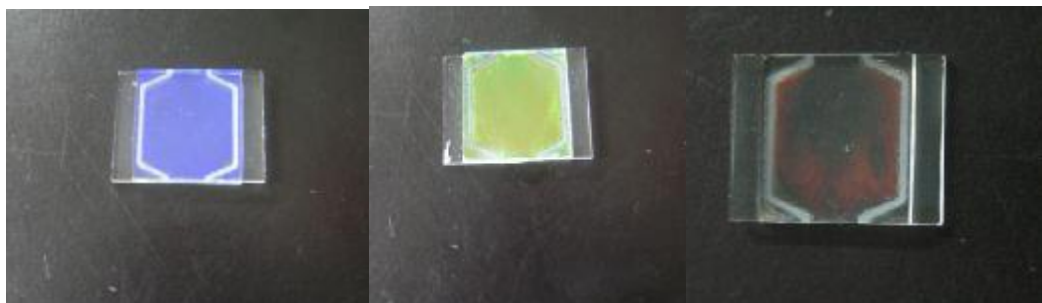
- 一、解決市面上液晶窗戶之缺點，以創新方法製作可自由調控顏色之液晶窗戶(Smart Window)
- 二、不需使用背光源，為反射式液晶窗戶。
- 三、消耗電能低，可達節能之目的。

多變色膽固醇型液晶窗戶為利用具雙穩態(Bistable)特性及因螺距不同反射特定波長的膽固醇型液晶(CLC)。

本研究創新作法為二：

- 一、以固化方式使膽固醇型液晶螺距大小不同，使變色機制不同於一般液晶窗戶，以控制液晶反射特定光線達成變色的目的。
- 二、將液晶螢幕中控制液晶的 IPS 系統、側邊電極應用於本液晶窗戶。

雙層液晶窗戶上層為混合 E7(向列型液晶)+S811(旋光物質)的 Bistable CLC，下層為混合 RM82、CB15、BL006、I-369 的多變色(Multi-color)CLC 面板。



(a)

(b)

(c)

研究成果:

(a)藍色膽固醇型液晶

(b)黃色膽固醇型液晶

(c)橘色膽固醇型液晶

壹、研究動機：

常聽到許多液晶相關產品，如液晶顯示器(LCD)，由於液晶是目前新穎的一項科技，相較傳統螢幕，同為顯示器，但液晶面板所佔體積比陰極管顯示器小，想必液晶面板內有異於傳統螢幕的性質，所以想對液晶有基本認識及進一步研究，經查資料發現現今用液晶製作的窗戶 Smart Window 僅控制光的穿透與否，在此研究中我們試圖加強其功能達到可變色之效果。

* 本研究與教材相關性：

高一基礎物理第八章第二節--現代科技--液晶與電漿簡介

高三選修物理第二十三章第二節--X 射線--布拉格繞射

貳、研究目的

研發可變色液晶窗戶，並配合節能之世界潮流，使液晶窗戶低耗能及能源自主。

一、實驗一、液晶的基本性質測量

(一)對液晶進行各種基本性質的觀測及探討

二、實驗二、雙穩態膽固醇型液晶面板製作及測量

(一)探討液晶電壓-穿透率關係

(二)探討液晶電壓-液晶遲滯時間關係

(三)探討液晶施加電壓的反應路徑及反應速率

(四)測量液晶施加電壓與電流之關係，達到省能目的

三、實驗三、多變色膽固醇型液晶面板製作

(一)將 CLC 製成螺距大小不一，找出其最佳狀態

(二)探討不同電壓下固化前後 CLC 穿透、反射光譜

(三)固化前後電壓-反應時間關係

(四)測量 Multi-color 施加電壓與電流之關係，達到省能目的

參、研究設備及方法

一、研究設備及器材

(一)耗材

1.E7 低分子向列型液晶 R811 右旋光性物質 S811 左旋光性物質

2. RM82 反應型向列型液晶 BL006 非反應型向列型液晶 CB15 右旋光性物質 I-369 光起始劑

(二)儀器

1.光譜量測儀器(GLX)、光學儀器組(進行光譜量測)

2.電源供應器(產生直流電)

3.訊號產生器(產生不同頻率的交流電)

4.熱源供應器(加熱液晶)

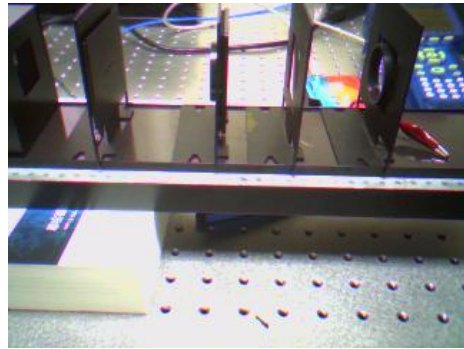
5.液晶面板(10.2 μ m)

6.紫外線燈管(固化膽固醇型液晶)

7.顯微鏡(觀測液晶)



(a)液晶面板



(b)光學組



(c)電源供應器



(d)訊號產生器



(e)光譜量測儀器(GLX)



(f)液晶材料

圖 1 實驗器材

二、研究方法:

利用縱向及橫向電場改變外加電場大小，可使液晶分子做出多種不同程度的旋轉。

利用光譜量測儀器(GLX)，量測液晶面板穿透光譜，探討不同電壓下，在縱向和橫向電場下膽固醇型液晶的旋轉情形。

(一) 實驗一：液晶的基本性質測量

1. 液晶面板製作：

實驗原理:

利用「毛細現象」原理將液晶灌入 cell 中。

因 Cell 中配向膜、電路等，以我們所擁有的技術無法製作，實驗所使用的 Cell 主要由工研院提供。

實驗步驟：將液晶加熱至熔點 → 將液晶滴在 Cell 的開口 → 液晶因毛細現象灌入 Cell 中

2. 向列型液晶的觀察：

實驗原理：

液晶具有液體性質與晶體性質，此實驗目的即為觀察此二性質。

尺度的測量：

製出一個一毫米樣本，至顯微鏡下觀察，得知此樣本在 x 倍下的長度為 a 格，所觀察樣品在 y 倍中佔 b 格，可得出一個算式：

樣品之長度= $b/(a*y/x)$ 單位：毫米

實驗步驟：

- (1)將液晶滴在載玻片上
- (2)將樣品放置於適當位置
- (3)從低倍開始尋找並調整倍數
- (4)使用軟體拍攝觀察的影像

3. 液晶狀態與熱的關係：

實驗原理：

液晶是一種介於液體與晶體間的物質，當溫度升高到某一程度時，液晶會轉變為液態，我們對此現象作測量。此實驗分為兩部份：

第一部分觀察液晶隨溫度改變狀態的特性。

第二部分測量液晶相轉移為液態後光譜的變化關係。

實驗步驟：

第一部分：

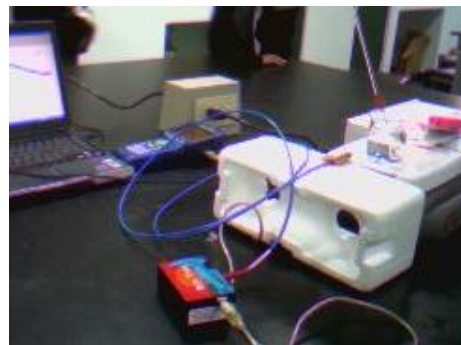
- (1)將液晶裝至玻璃瓶中並將裝置架好
- (2)隔水加熱加溫液晶，避免受熱不均
- (3)觀察液晶呈現的狀態並提出解釋

第二部份：

- (1)架設光路
- (2)置液晶於加熱架上
- (3)測量液晶在常溫下的光譜
- (4)將液晶加熱至相變
- (5)測量相變的光譜圖



(a)



(b)

圖 1 裝置架設圖 (a)正視圖 (b)俯視圖

4. 液晶面板的光譜吸收率

實驗原理：

液晶面板會吸收光線，本實驗的目的即為確定我們使用的液晶面板會吸收多少量的光強，以解釋往後所測數據的光譜圖形狀與原光譜不同的原因。

此實驗為測定原光譜的光強度與通過液晶面板後的光強度比例，並做成圖表比較。

實驗步驟：

- (1) 架設光路並將室內燈光關閉，避免干擾實驗數據
- (2) 使用 GLX 測量光源的光譜(中間沒有液晶面板)及光源通過液晶面板後的光強
- (3) 用 excel 分析數據並製成圖表
- (4) 觀察圖表，提出解釋。

5. 液晶的光學性質的測定

實驗原理：

液晶具有雙折射率，可利用液晶因施加電場而偏轉的特性，控制通過液晶極化光的偏振方向。

膽固醇型液晶具反射特定波長光線的特性，因此我們以實驗對此特性做一驗證，如與所預期的結果相符，即可確定實驗架設無誤。

此實驗分為三部份：

- (1) 第一部分測量 TN 向列型液晶於不同電壓下穿透光譜之變化
- (2) 第二部分測量 TN 向列型液晶於不同頻率下穿透光譜之變化
- (3) 第三部分測量膽固醇型液晶的顏色並對實驗架設提出反證

實驗步驟：

- (1) 架設光路
- (2) 調整光路使光纖完全接收透過樣品的光線
- (3) 調整取樣頻率使收到的光源不超過 GLX 能測量的範圍
- (4) 開始測量
- (5) 將數據用 excel 處理並製成圖表

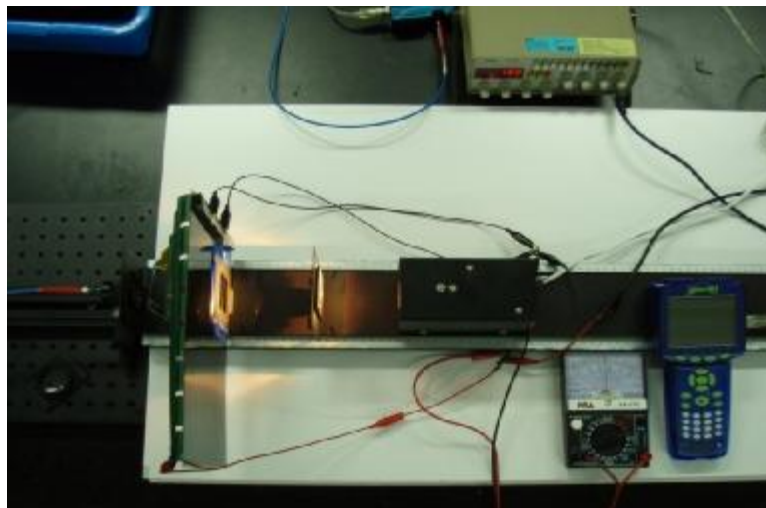


圖 2 不同電壓、頻率下裝置架設圖

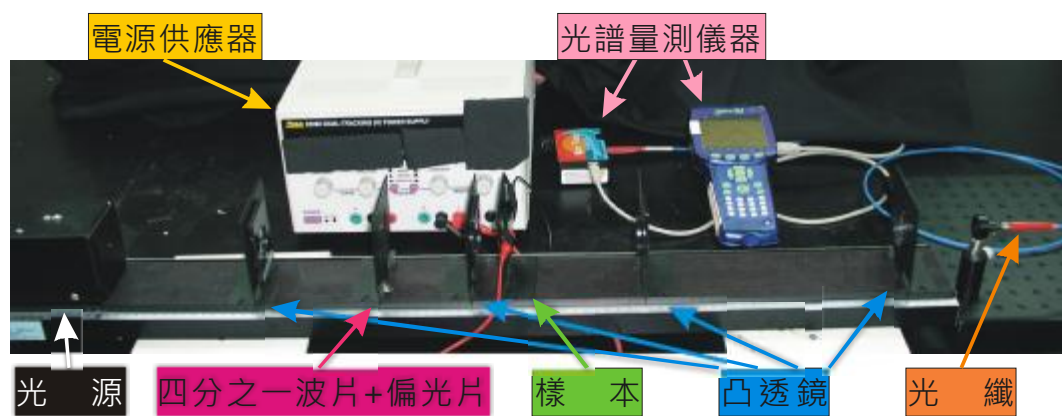


圖 3 光譜測量之實驗架設照片

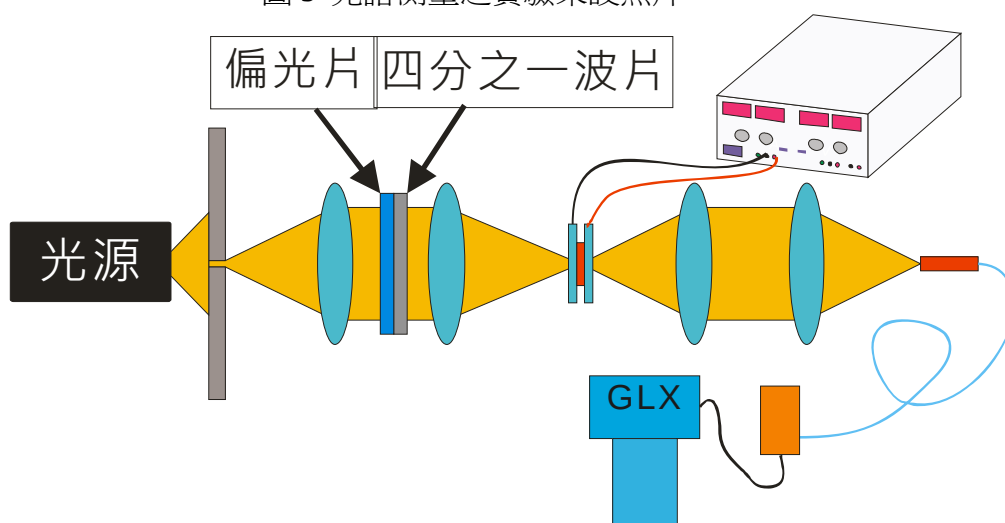


圖 4 光譜量測實驗示意圖

(二) 實驗二：雙穩態膽固醇型液晶面板製作及測量

實驗原理：

將平行配向的液晶面板置於量測系統中，測量其穿透光譜作為背景。

將 E7 與 S811 配成 25%與 10%、E7 與 R811 配成 25%與 10%，本階段利用向列型液晶添加旋光性材料，變成膽固醇型液晶，觀察不同溫度與外加電場下液晶的相態變化。

- 1.比較不同電壓下，液晶面板於不同濃度旋光物質相對穿透率的變化。
- 2.找出液晶臨界電壓，探討其散射態維持時間與施加電壓之關係。
- 3.於液晶面板兩側通交流電壓及直流電壓並測量其光譜。
- 4.本實驗分為四個部分：

- (1)液晶施加電壓時的反應路徑
- (2)旋光物質濃度與穿透率關係
- (3)不同濃度旋光物質與電壓關係
- (4)施加電場時間與回覆時間關係
- (5)測量雙穩態膽固醇型液晶消耗之電能，觀察是否能節能

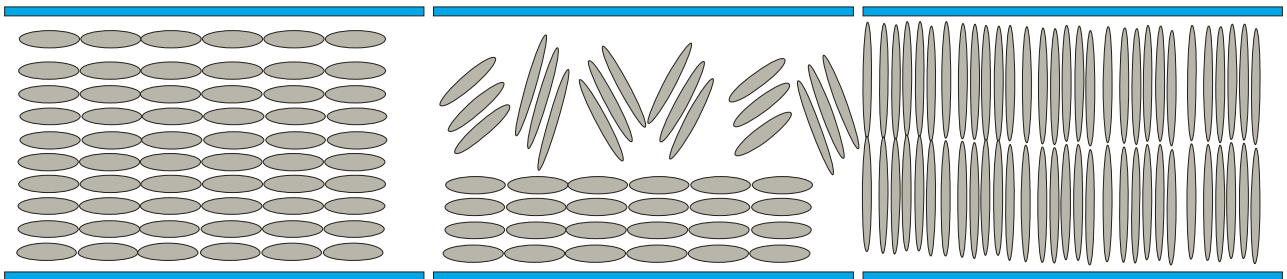


圖 6 雙穩態膽固醇型液晶原理示意圖

(三) 實驗三：多變色膽固醇型液晶面板之製作

1. 以不同比例配製膽固醇型液晶，將液晶灌入有 IPS 配置的 cell。
2. 以 30W 的紫外線燈在一定距離外照射加熱中的液晶面板，可使膽固醇型液晶螺距大小相異，加熱溫度套用第一階段實驗所得的最佳溫度變化，製造出理想的膽固醇型液晶。
3. 將膽固醇型液晶灌進有 IPS 系統的面板中。
4. 利用電壓大小控制 IPS 系統，可使不同段膽固醇型液晶旋轉，由於每段螺距大小不一，所反射的光波長也不同，因此我們可利用合成光原理製作多顏色液晶面板。

5. 原理：

膽固醇型液晶因具有螺旋狀的構造，故有獨特的光學特性，其中的特性為產生選擇性反射光的現象。以入射光定義圓偏光的旋光方向時，若與膽固醇型液晶的螺旋方向保有同一方向圓偏光入射時，其將被選擇性反射，選擇性反射光的波長可藉由下式求得：

$$\lambda = n \cdot p$$

其中 λ 為反射光的波長-單位(nm)

P 為螺距-單位(nm)

n 為螺旋垂直的平面內的平均折射率。

其原理如同彩蝶的翅膀，其翅膀均有分層結構但蝴蝶翅膀的分層結構每層間距大小不同，故當光入射到不同深度，反射出不同光波長，再經干涉就會顯現出不同顏色。

幾乎所有膽固醇型液晶的螺距 p 與溫度有很大相關，故選擇性光反射的波長(顏色)會因溫度而變化。由此可知，膽固醇型液晶膜可被應用於溫度及溫度分布的測定。一般而言，隨著溫度的上升螺距 p 會減少，而光反射波段則移向短波長區域，也有少數的膽固醇型液晶會相反的移向長波長區域。膽固醇型液晶的螺距 p 的變化除了溫度以外亦會因電場、磁場、應力的外加及異種物質的吸附等而生成。

本實驗為達變色之目的，有以下兩種做法：

1.以較弱之紫外光照射液晶面板上方，使所使用之材料中的 RM82 反應型向列型液晶向上聚合，使液晶螺距上下兩層大小不一。利用雙 IPS 的電路配置，施加電壓控制分層的液晶穿透率，達到變色的目的。

2.利用受熱的方式造成溫差，使液晶產生顏色分層，以較強紫外光照射，使其快速固化，固定其螺距，利用合成光的原理，用側邊電極進行驅動，達到變色的目的。

最後將雙穩態膽固醇型液晶與多變色膽固醇型液晶合在一起，便可製成可控制光穿透與否與可變色之液晶窗。

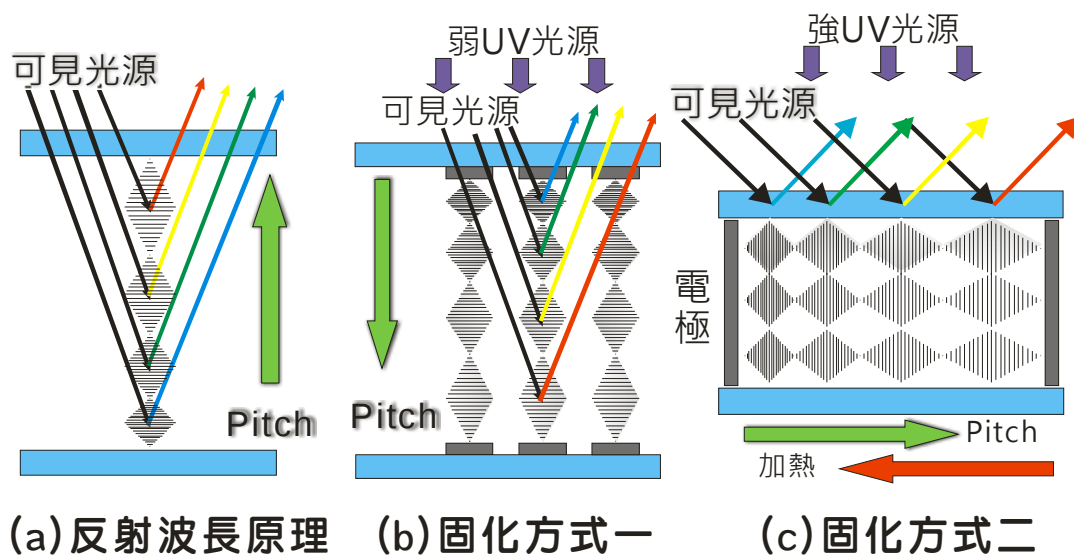


圖 7 構想示意圖

肆、研究結果

一、實驗一：液晶的基本性質測量

（一）液晶面板製作：

圖 8 為垂直相交的偏光片下觀察液晶灌入的情形，將液晶滴在 Cell 之後，明顯看到液晶灌入的情形，此實驗確定了使用毛細現象灌入液晶的可行性。

灌入液晶的實驗中，發現如果將灌入的物質改爲水，水幾乎不會因毛細現象而灌入，關於此狀況，我們討論是因水的表面張力太大，而我們所使用的 Cell 厚度僅 $10\mu\text{m}$ ，所以水無法滲入。

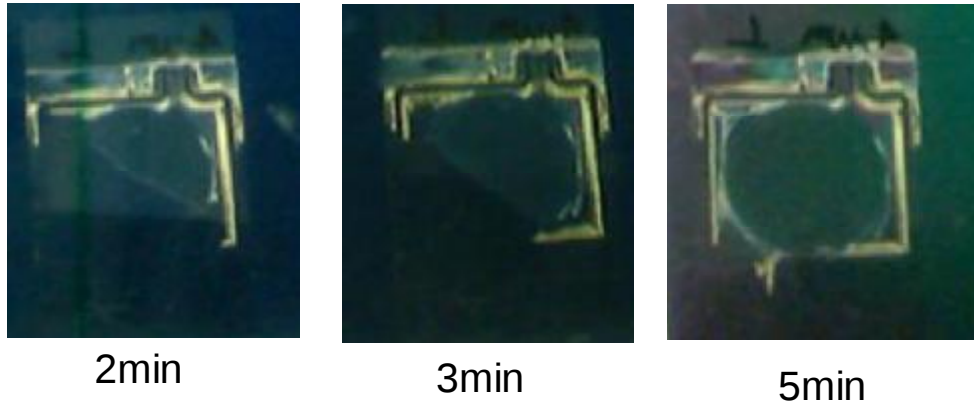


圖 8 液晶隨時間被灌入 Cell

（二）向列型液晶的觀察：

圖 9 為 200 倍下觀測到的景象，可看到團狀分布的物質，此物質是液晶具晶體性質的證明，也是液晶造成色散的原因。

圖中數據以放大縮小的概念來處理，先測量 1mm 的樣本在 x 倍下的長度為 a 格，液晶品在 y 倍中佔了 b 格，並用此算式：樣品之長度 $= b/(a*y/x)$ 單位：毫米

以此方法，求知在圖中一大格約為 $130\mu\text{m}$ 。

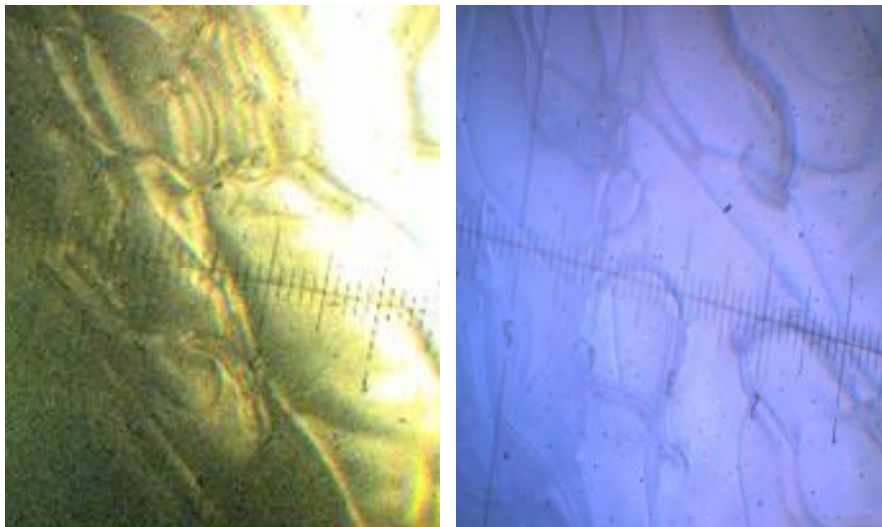


圖 9 倍率為 200 倍下不同濾光片的液晶分子團

此實驗證明液晶具液體與晶體性質，圖中看到的即為晶體性質的證據。圖中每一大格約為 $130\mu\text{m}$ 。

(三) 晶狀態與熱的關係：

圖 10 液晶未加熱時，液晶呈散色態，當液晶加熱至 95 度後即相轉移至液態，此時可看到液晶呈澄清狀。可把液晶想像為冰塊未加熱時，液晶分子團就像冰塊，阻擋光線的穿透，所以呈散色態，加熱後液晶相轉移至液相，如冰塊融化使光透過。



加熱至約攝氏 95 度時



常溫攝氏 25 度時

圖 10 加熱前後之狀態

加熱前後光譜之變化：

由下表可看出，加熱後，可見光穿透光強有增強的趨勢。

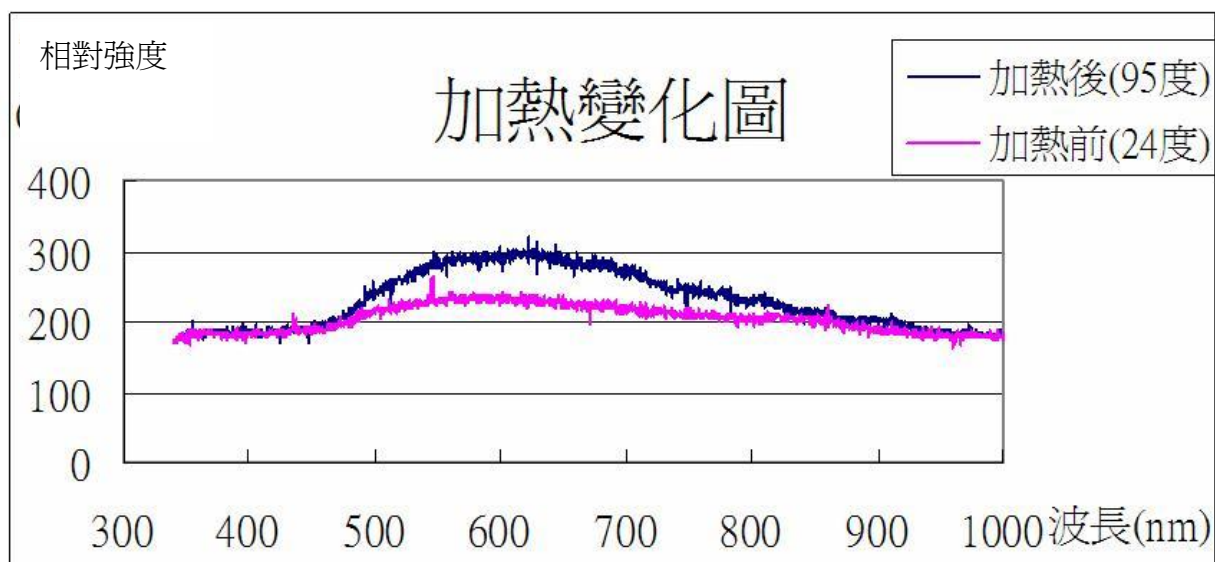


圖 11 加熱前後光譜圖

（四）液晶面板的光譜吸收率：

圖 12 為光穿透液晶面板比率圖，可發現液晶面板對不同頻率的光線有不同的吸收率，得到的結果，是平時測量光譜與原光譜不同的一項原因。

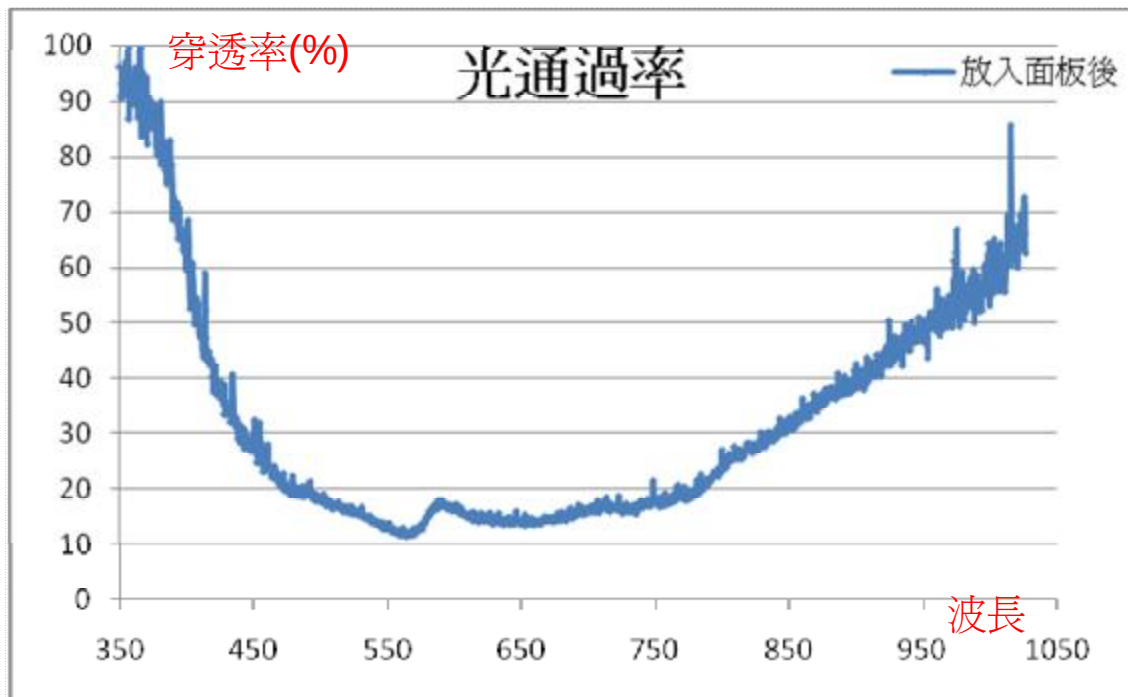


圖 12 光穿透 TN 向列型液晶面板的比率關係

（五）液晶的光學性質的測定：

第一部分：TN 向列型液晶於不同電壓下穿透光譜之變化。

1. 圖 14 將液晶通以 100Hz 方波的交流電，在不同電壓下的光譜圖，可看出電壓約 4.0V 之後，光譜強度有明顯下降的趨勢，推測 4.0V 為液晶面板的臨界電壓。
2. 圖 15 將圖 13 中光譜強度與光譜最強數據做比率繪成，圖中可看出，頻率在可見光範圍 4.0V 有很大的掉落，此現象可證明 4.0V 為臨界電壓。
3. 圖 16 為特定頻率下的光譜圖，各頻率都有下降的趨勢，但看不出下降的趨勢有何不同，所以繪出圖 15，圖 15 可發現，每項頻率都有下降，但所下降的比率各不相同，推測各頻率的光各有不同的折射率，當光被液晶偏轉時，各頻率偏轉程度各有不同，所以造成比率不同。

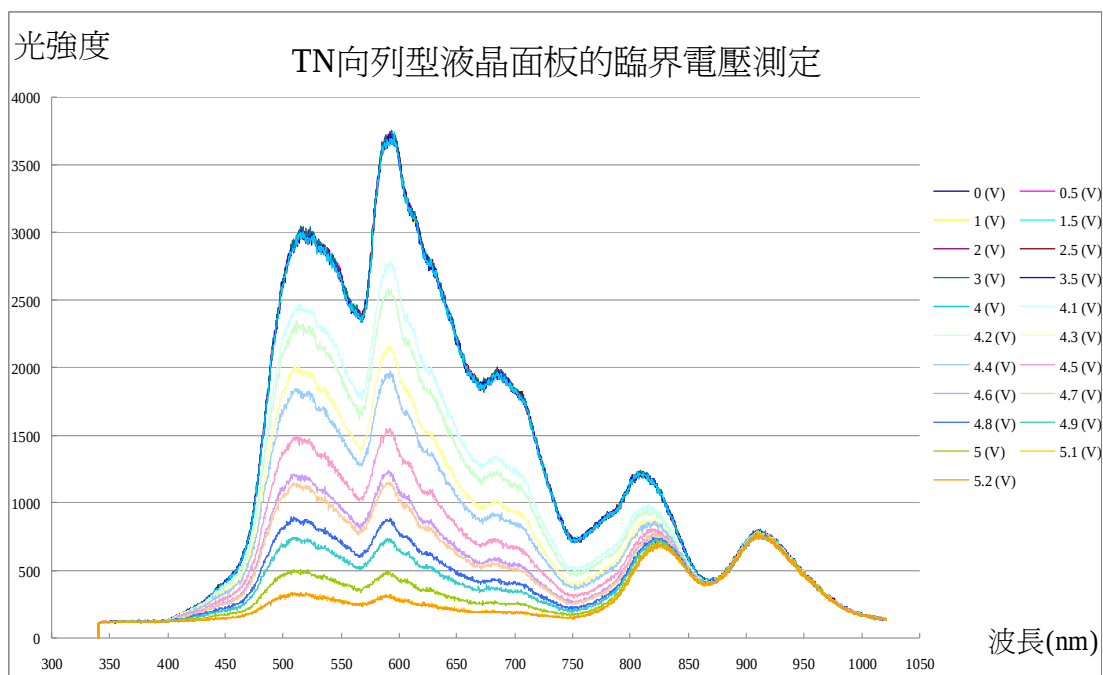


圖 13 不同電壓下 TN 向列型液晶穿透光譜圖

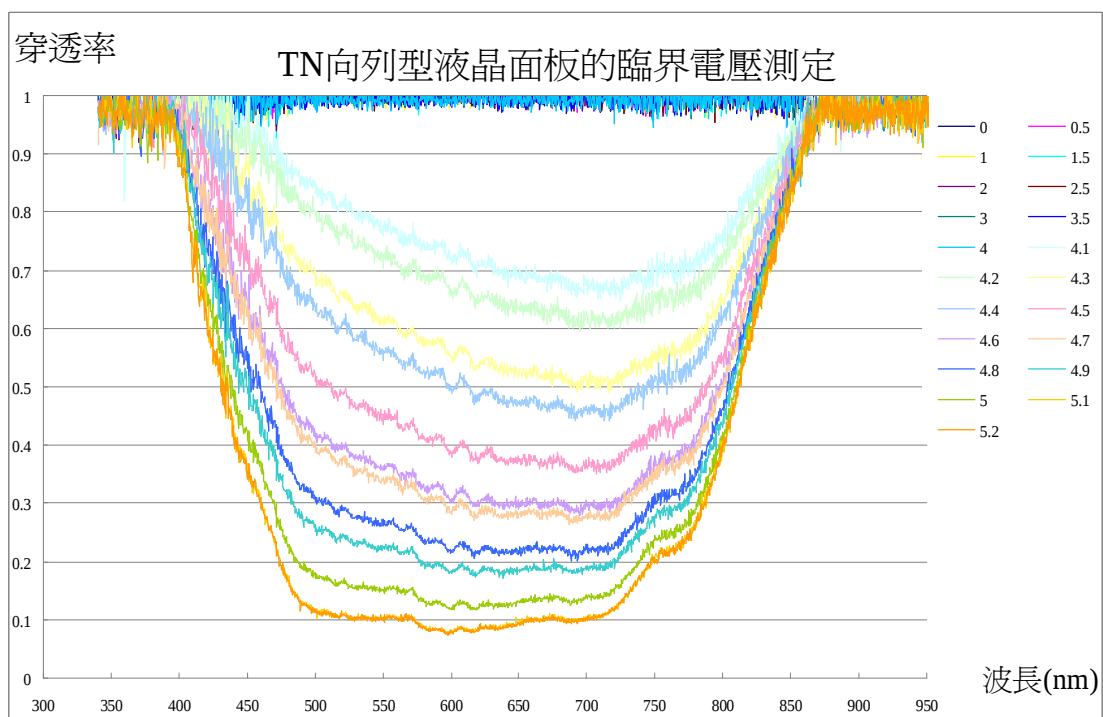


圖 14 不同電壓下的 TN 向列型液晶穿透率

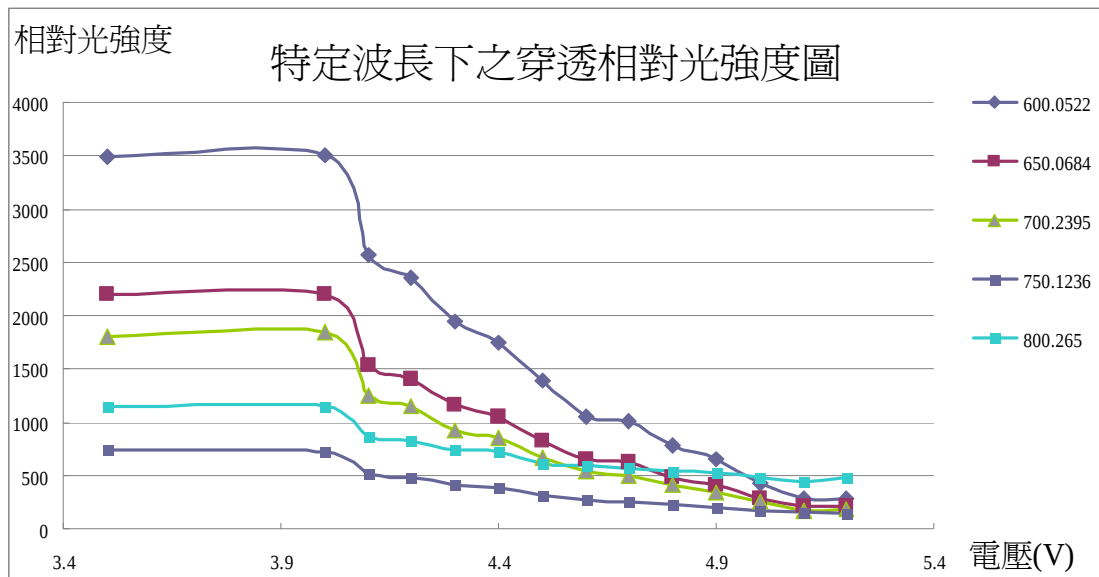


圖 15 不同波長下的光強度關係

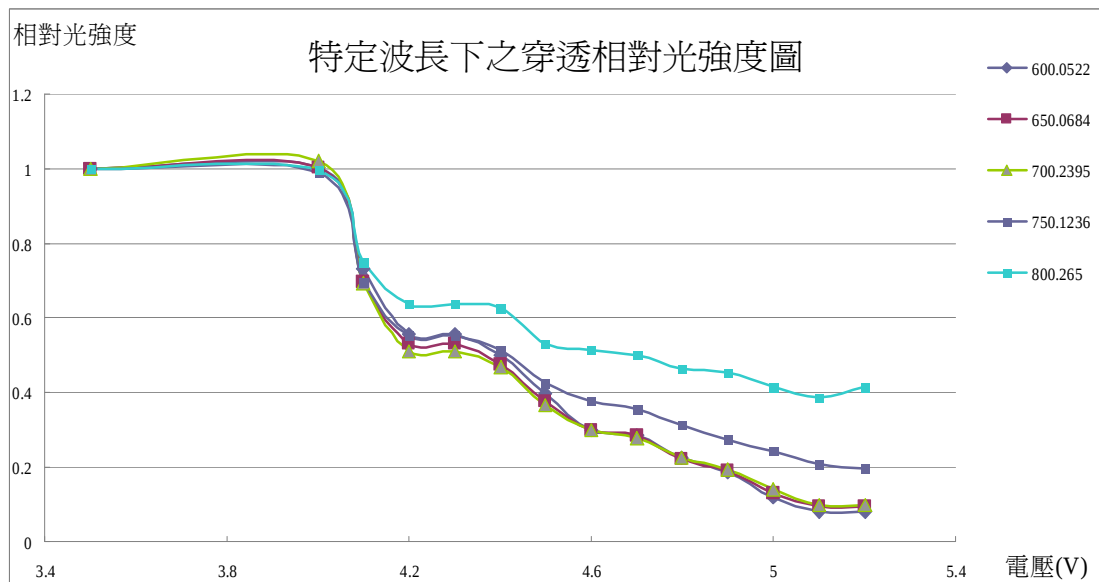


圖 16 不同波長下的光強度百分比

基本性質測量：TN 向列型液晶於不同頻率下穿透光譜之變化。

圖 17 測量 4V 時以不同頻率方波測量的光譜圖，此圖可發現，頻率幾乎不影響光譜。推論是因電流的頻率只使液晶分子快速振動，不影響光的偏折。

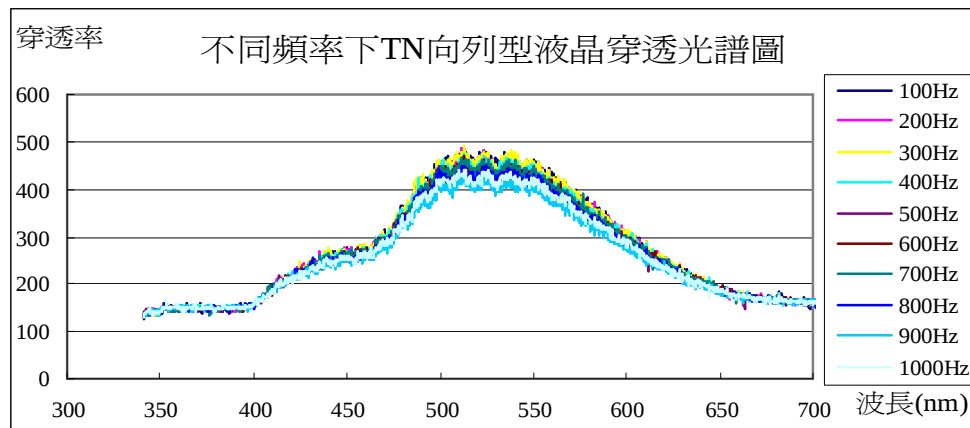


圖 17 不同頻率下 TN 向列型液晶穿透光譜圖

基本性質測量：TN 向列型液晶於不同頻率下穿透光譜之變化。

當此樣品為藍色時，光通過此樣品的比率會減少，是因藍光被反射而其他色光可直接通過，依此特性可知此樣品呈藍色。

此圖可發現已固化的膽固醇型液晶光譜呈現顏色，已固化的藍色膽固醇型液晶，其光譜穿透率在 430nm 處有降低的趨勢，此數據可證明膽固醇型液晶為藍色，但因樣品顏色不夠濃烈，所以並不清楚；已固化的綠色膽固醇型液晶，在波長約 500nm 的地方，其波長有明顯下降的趨勢，此現象可證明此膽固醇型液晶為綠色。未固化的膽固醇型液晶光譜並未呈現以上特性是因調配出的液晶其螺距太大，使膽固醇型液晶反射的波長為非可見光的波段。

結論：

- (1) 由圖可證實膽固醇型液晶具反射特定波長光的性質。
- (2) 下圖與預期的現象符合，可證明實驗架設是可行的。

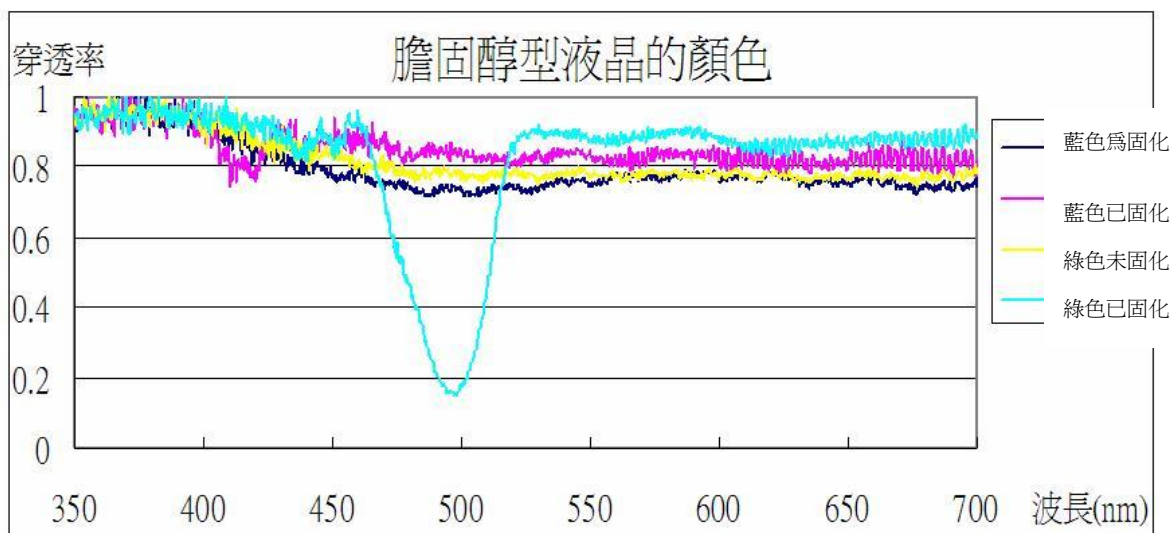


圖 18 藍色與綠色膽固醇型液晶光譜圖

(二) 實驗二：Bistable 面板製作及測量

1. 液晶的雙穩態加電壓時的反應路徑：

透射態 $\longleftrightarrow$ 散射態 $\longleftrightarrow$ 透射態
臨界電壓約為 13V 臨界電壓約為 20V

2. 旋光物質濃度與穿透率關係：

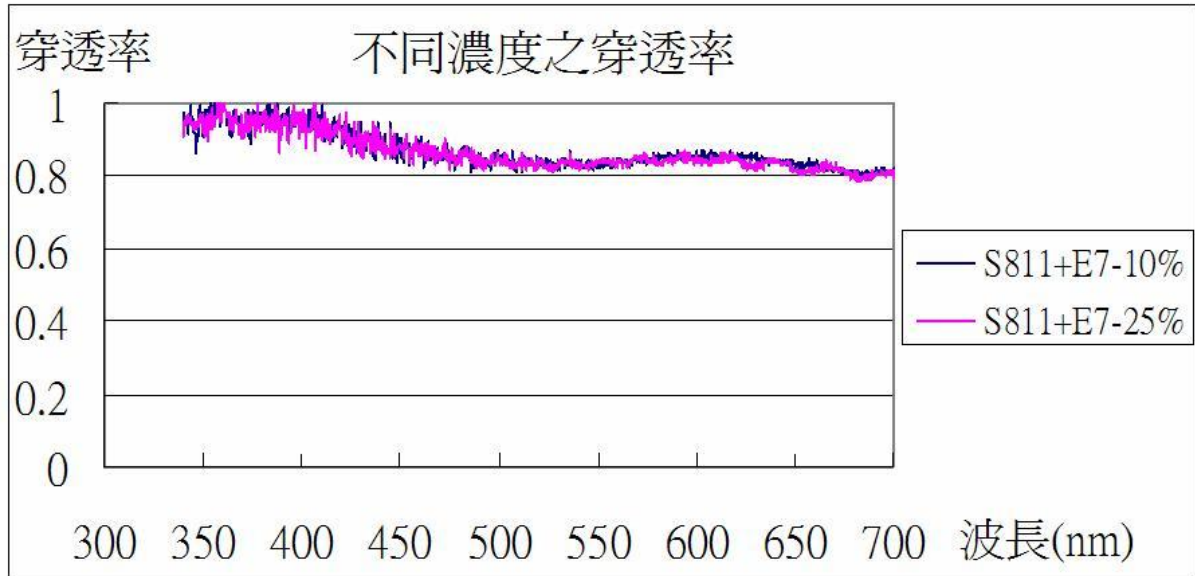


圖 19 不同濃度之穿透率

圖 19 可確定旋光物質的濃度不會影響光的穿透率，且常溫下雙穩態的液晶不反射可見光波長。

3. 不同濃度的旋光物質與電壓的關係：

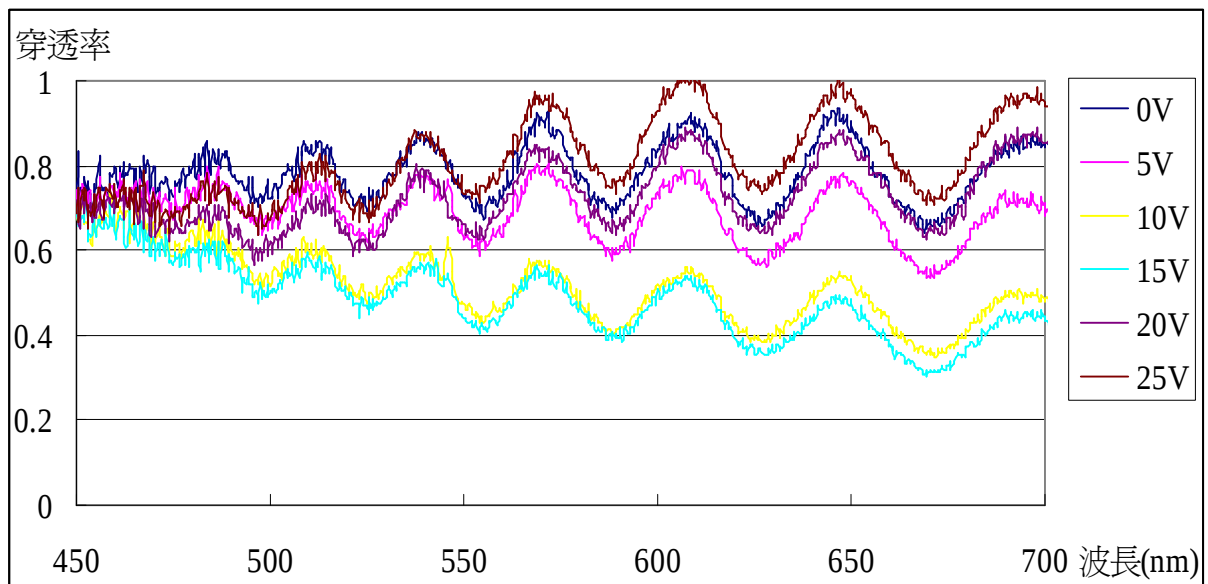


圖 20 不同電壓下(E7+S811) 25%之光穿透率

由圖 20 可發現液晶在最初透射的狀態下，排列並非非常整齊，所以光的穿透率小於 25 伏特直流電壓下的光穿透率。

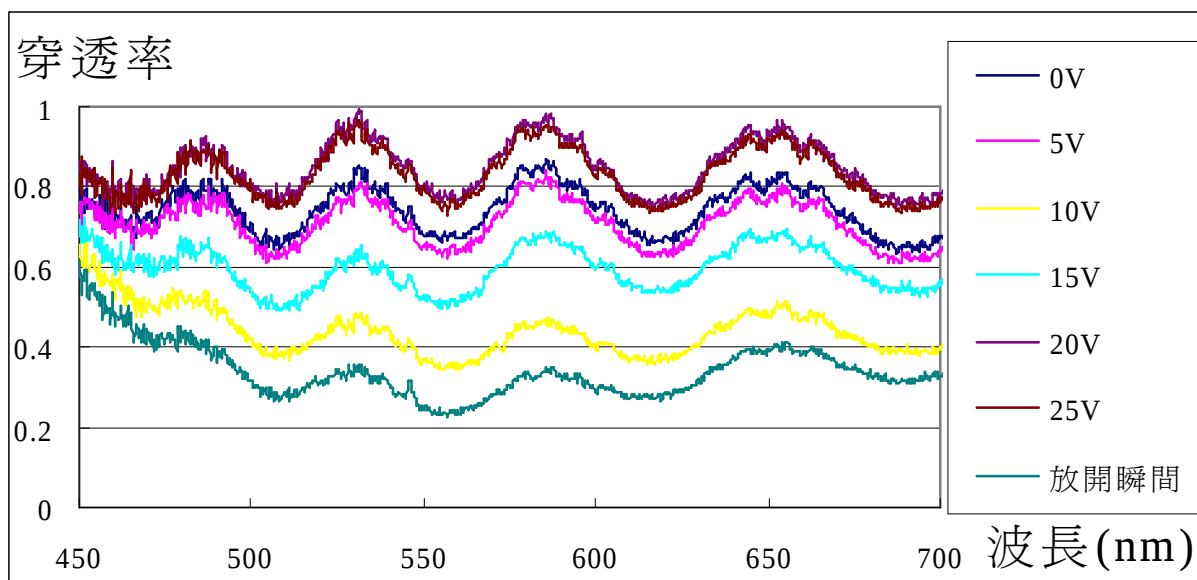


圖 21 不同電壓下(E7+S811) 10%光穿透率圖

圖 21 可發現隨施加電壓的增加，雙穩態膽固醇型液晶從初使的透射態變成散射態在變成透射態。經整理後得到下圖。

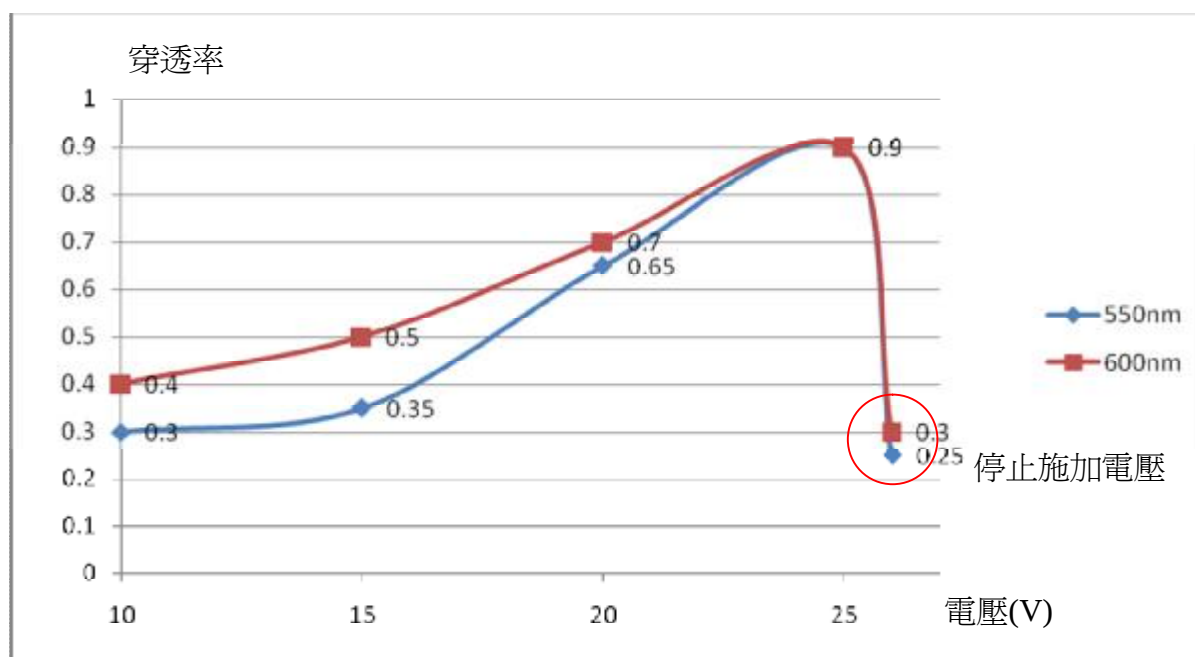


圖 22 不同波長電壓-穿透率關係圖

4. 施加電場時間與回覆時間關係：

由此實驗可發現，在施加電場時間不長的情況下，電場施加的時間越久所需的回復時間也相對越久，但當施加電場時間超過某一臨界時間後，所需回復時間將不會繼續增加。

表 1、S811+E7 液晶(10%)施加 25 伏特

施加時間	30s	1min	2min	3min	4min	5min	6min
回覆時間	21s	25s	29s	30s	31s	31s	31s

表 2、S811+E7 液晶(25%)施加 30 伏特

施加時間	30s	1min	2min	3min	4min	5min	6min
回覆時間	25s	28s	33s	35s	36s	36s	36s

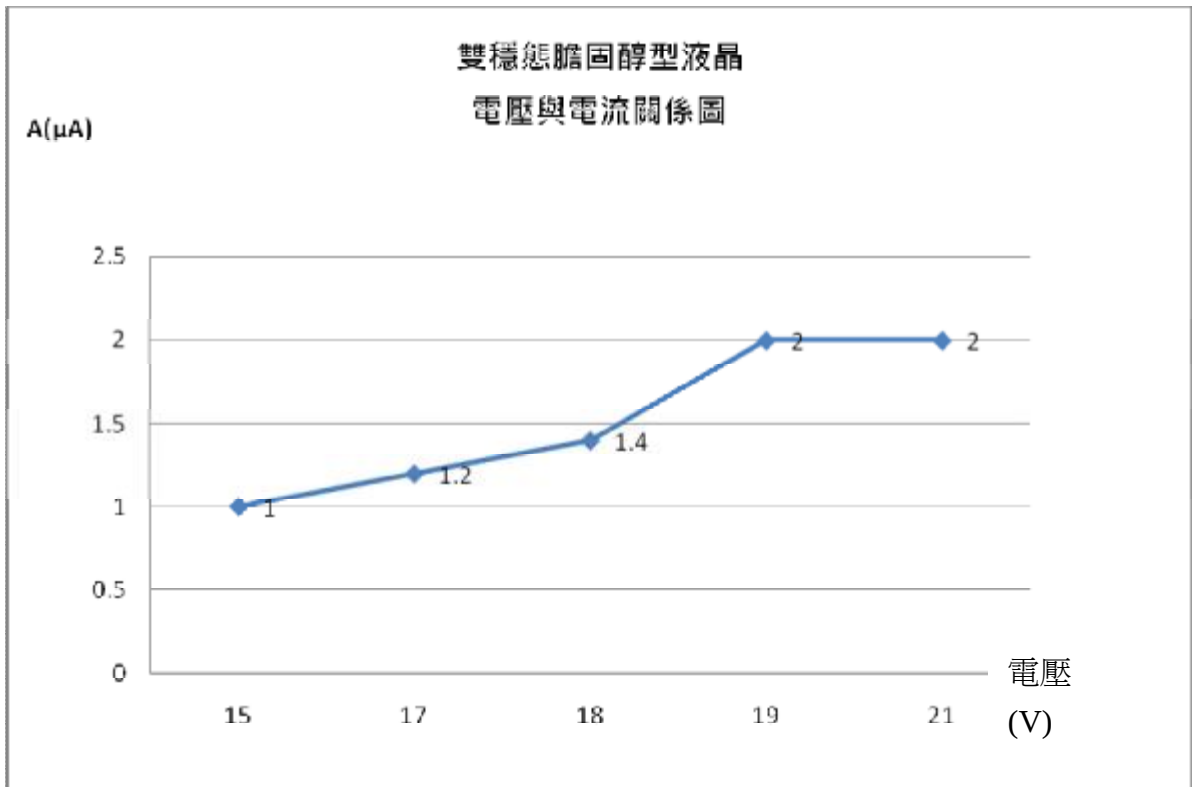


圖 23 雙穩態膽固醇型液晶電壓與電流關係圖

由圖 23 可發現當施加電壓 19V 時，電流已趨於一致。證明 Bistable CLC 已旋轉至極限。

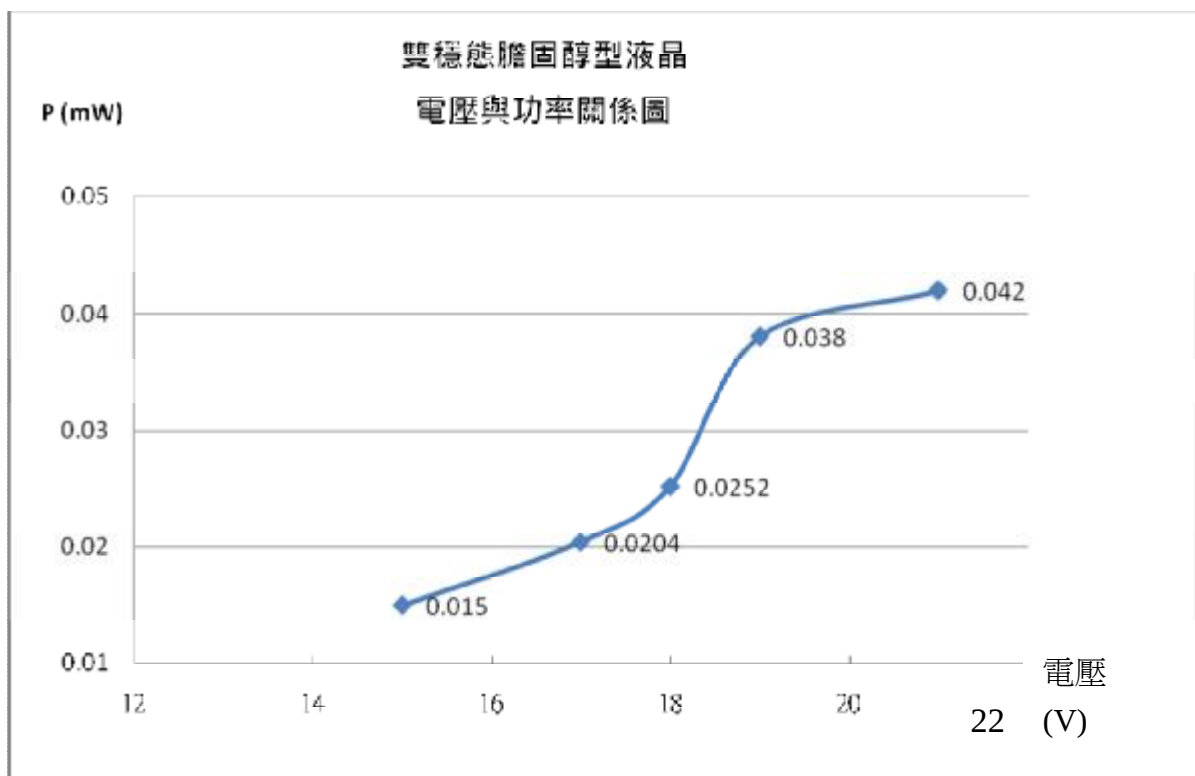


圖 24 雙穩態膽固醇型液晶電壓與功率關係圖

當液晶達旋轉極限消耗之電功率亦趨緩。

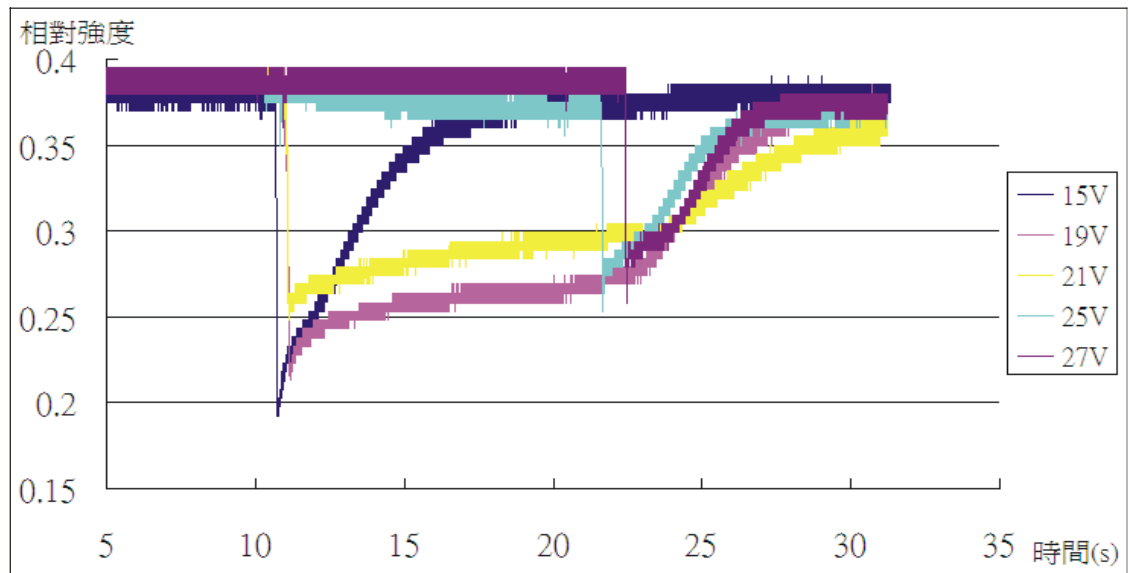


圖 25 不同電壓下(E7+S811)10%反應速率圖

電壓 15~21V 為散射態。因電荷累積，電壓愈大，液晶自然回復時間愈慢。電壓 21~27V 液晶跳過散射態，變成另一透射態。

實驗三：多變色膽固醇型液晶面板製作

1. 膽固醇型液晶之顏色：

將 E7 及 S811 分別以 25%、10%的比例混合後可得紅色及綠色的膽固醇型液晶，另外我們使用編號 9003 的藍色膽固醇型液晶，我們可得到三種顏色:紅色、綠色、藍色。

2. 藍色膽固醇型液晶穿透光譜：

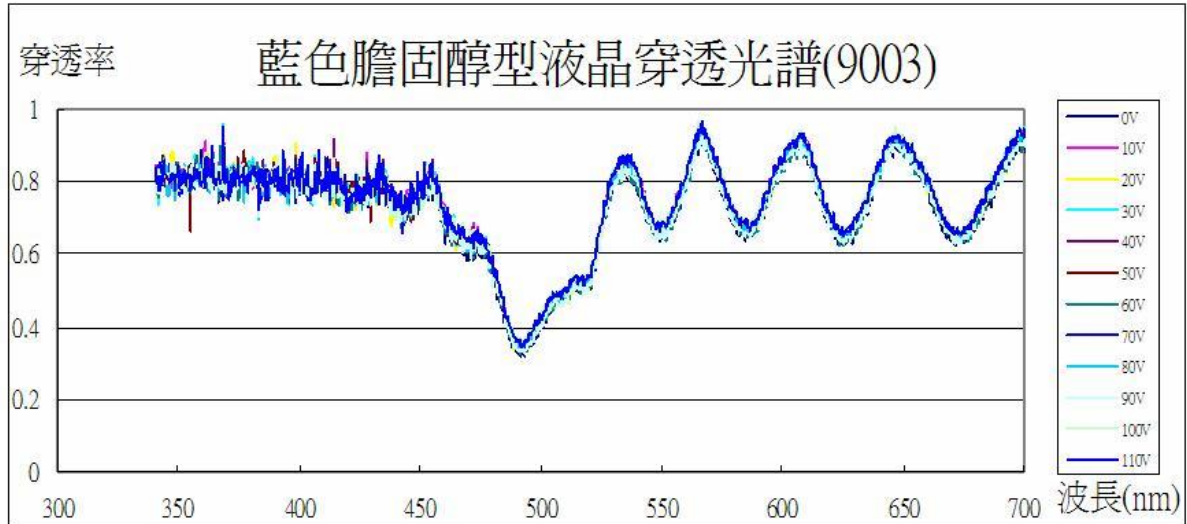


圖 26 不同電壓下 9003 藍色膽固醇型液晶穿透光譜

由圖 26 可知反射的波長約為 500nm 為藍色，將液晶加電壓至 110V 時，光譜依然沒有改變，推測因 9003 藍色膽固醇型液晶黏度太大，導致其驅動電壓太高。

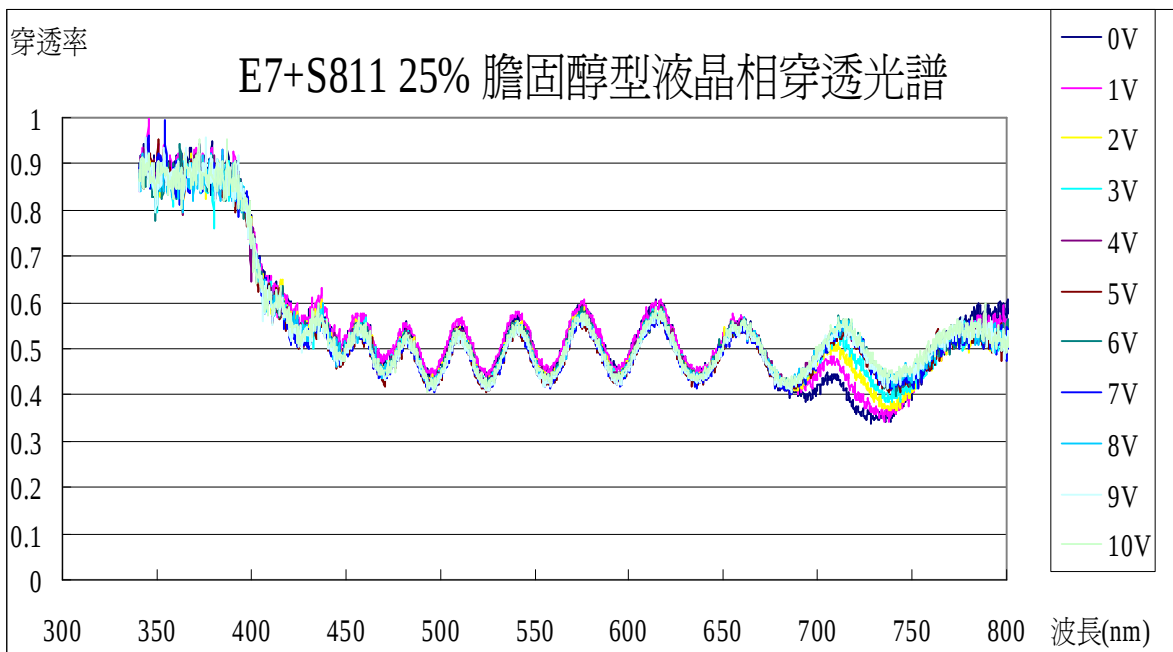


圖 27 E7+S811 25%膽固醇型液晶穿透光譜

由圖 27 可確知其反射的波長約為 730nm 為紅色，由於施加電壓太大時會導致液晶不會回復使加的電壓有所限制，而此液晶穿透率變化無太大差異，因此需使用另一材料進行實驗。

3. RM82 8%+BL006 56%+CB15 36%**穿透光譜**：

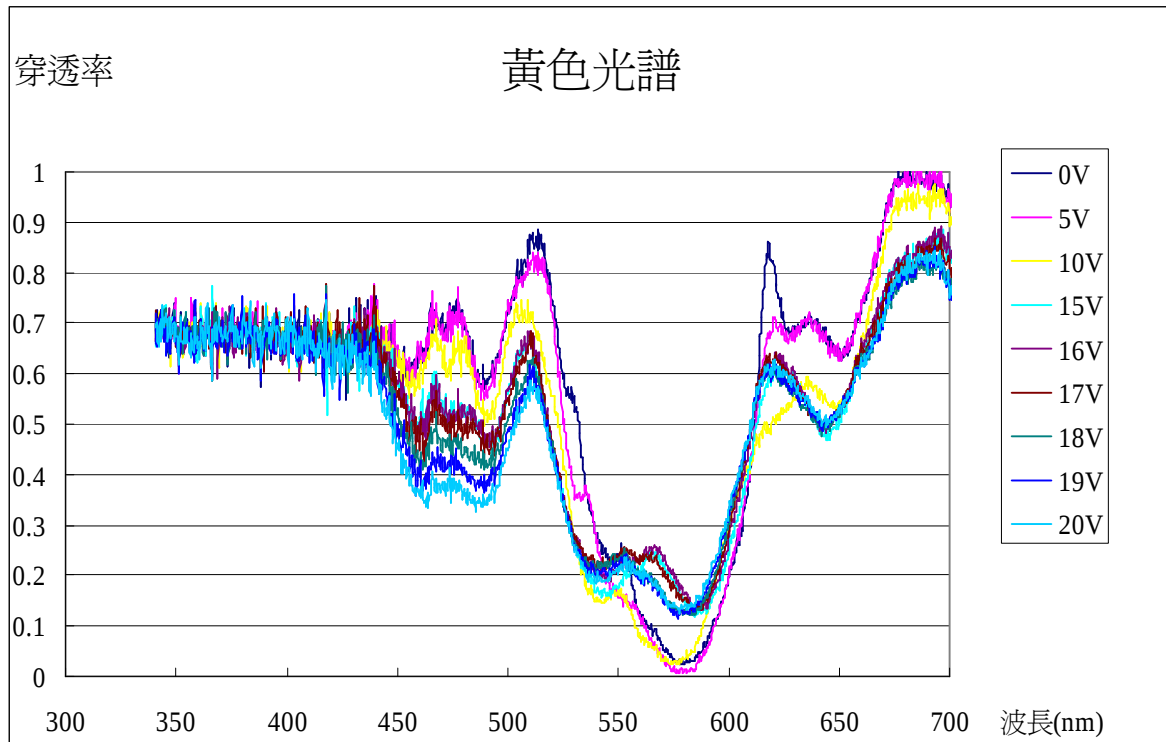


圖 28 RM82 8%+BL006 56%+CB15 36%**穿透光譜**

由圖 28 可知其反射波長介於 550~600nm 為黃色，由於 BL006 為液態 CB15 也為液態配製時有些許困難，導致膽固醇型液晶形成過程中並未達最完美的狀態，以致其反射的為一個範圍的波長而非單一的波長，但其變化已較為明顯。

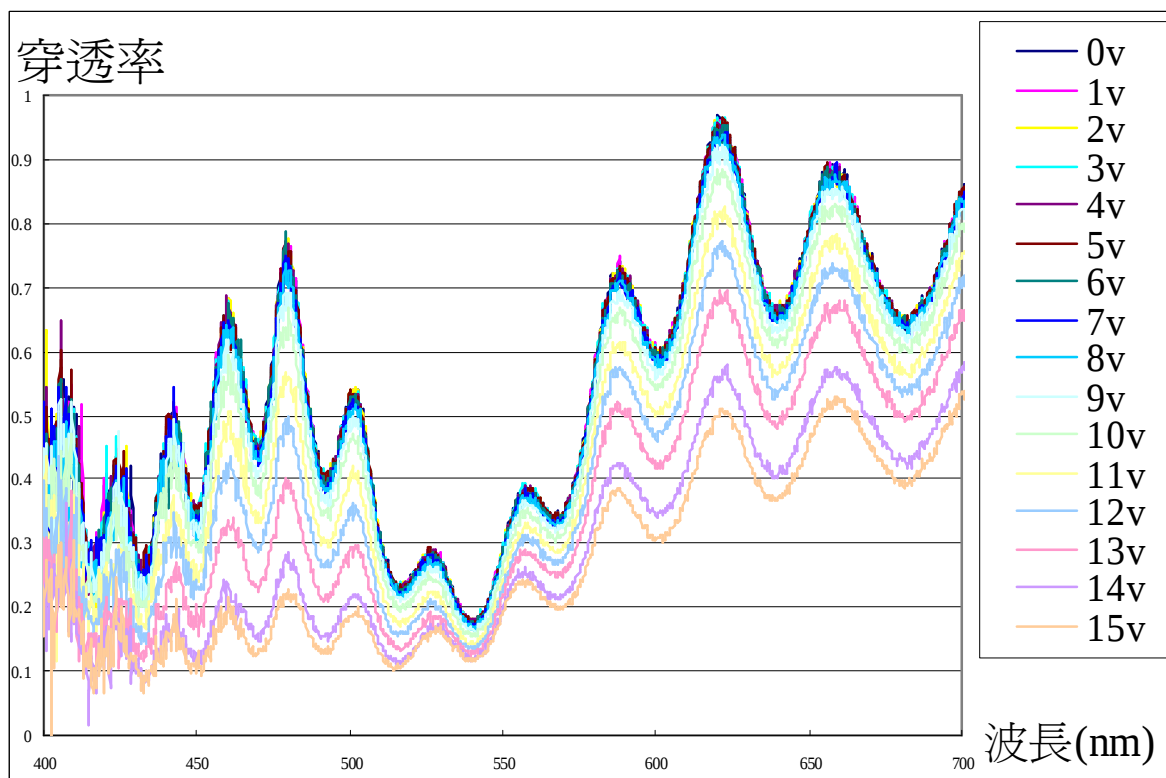


圖 29 固化前膽固醇型液晶電壓-穿透率關係圖

由圖 29 可知，固化前液晶穿透率會隨電壓而改變，而其反射之光波長變化較小。

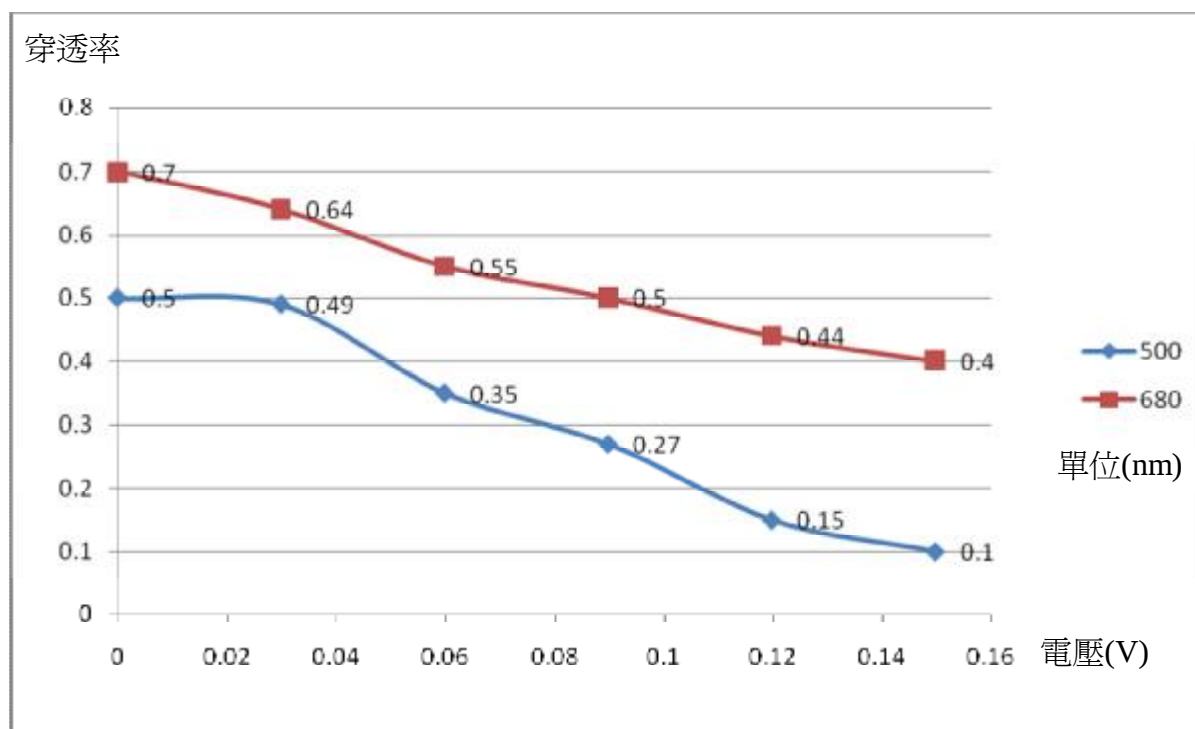


圖 30 為固化 muti-color CLC 特定波長之電壓-穿透率關

由圖 30 可知 muti-color CLC 不同波長穿透率隨電壓增加而下降，且穿透率下降比率幾乎相同，故無法變色。

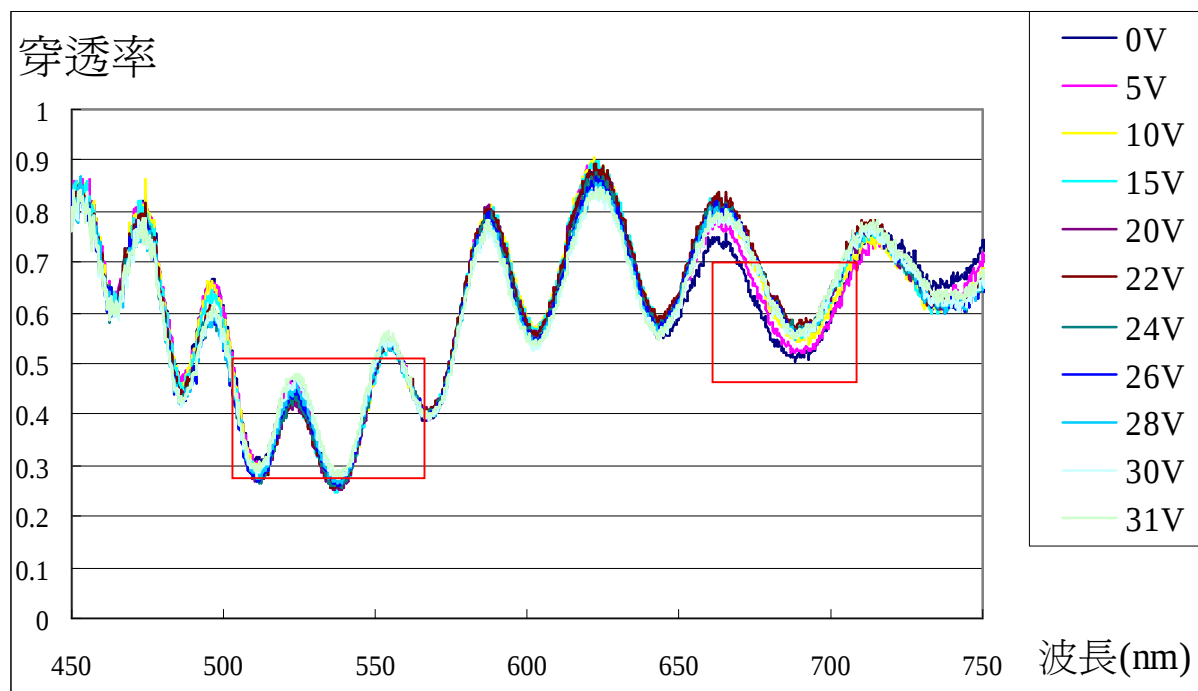


圖 31 固化後 muti-color CLC 電壓-穿透率關係圖

由圖 31 可知，以適當 UV 固化後液晶具有兩個反射波段，固化程度較高之部分無法以電壓驅動，固化程度較低之部分可以電壓驅動。選特定波長整理出圖 32。

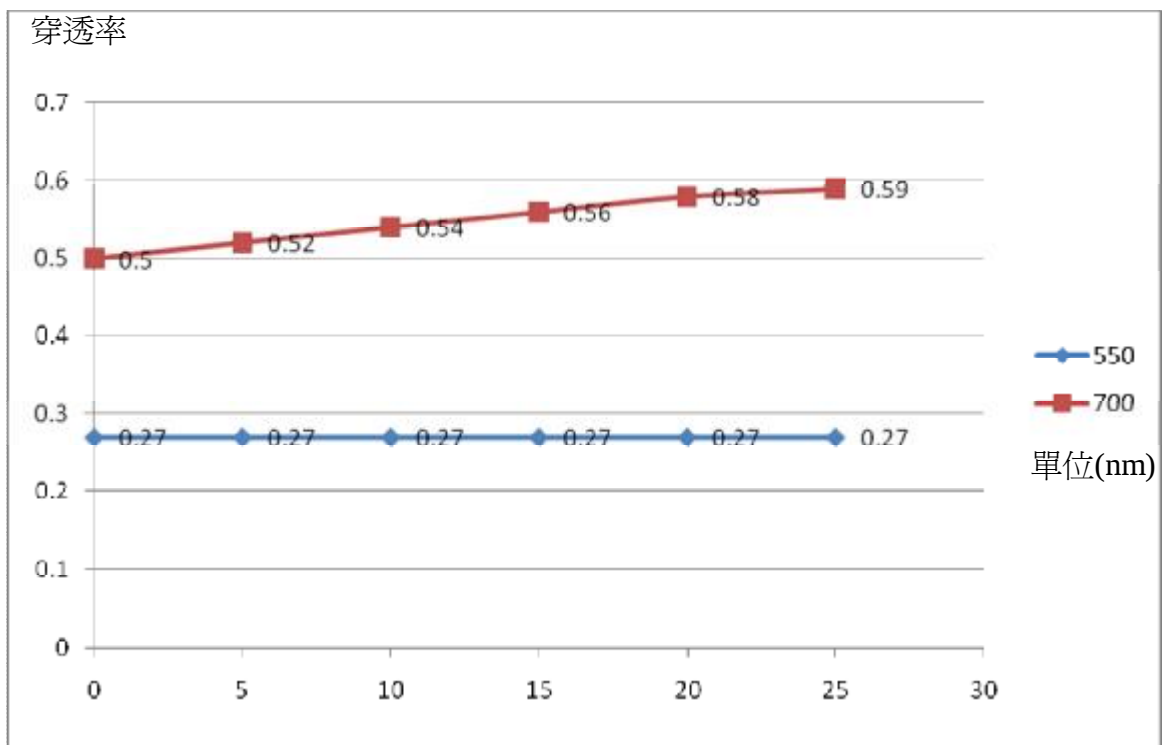


圖 32 已固化 muti-color CLC 特定波長之電壓-穿透率關

由圖 32 可知，經較弱紫外線固化後，muti-color CLC 吸收紫外線能量較強部分無法以電壓驅動。吸收紫外線能量較弱部分依舊可以電壓驅動，藉由控制各層液晶之穿透率，可利用合成光之原理達到變色的目的。

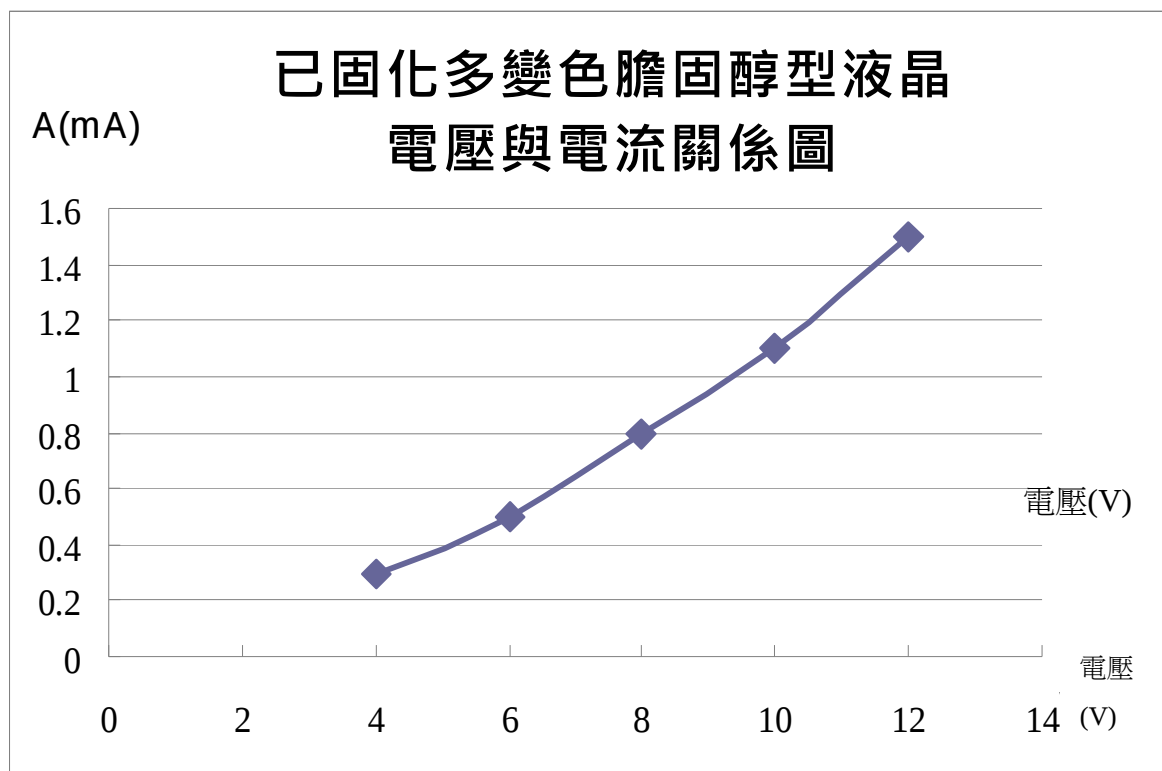


圖 33 已故化多變色膽固醇型液晶電壓與電流關係圖

由圖 33 可知，隨施加電壓增加，通過電流很小，且趨近於與施加電壓成正比。

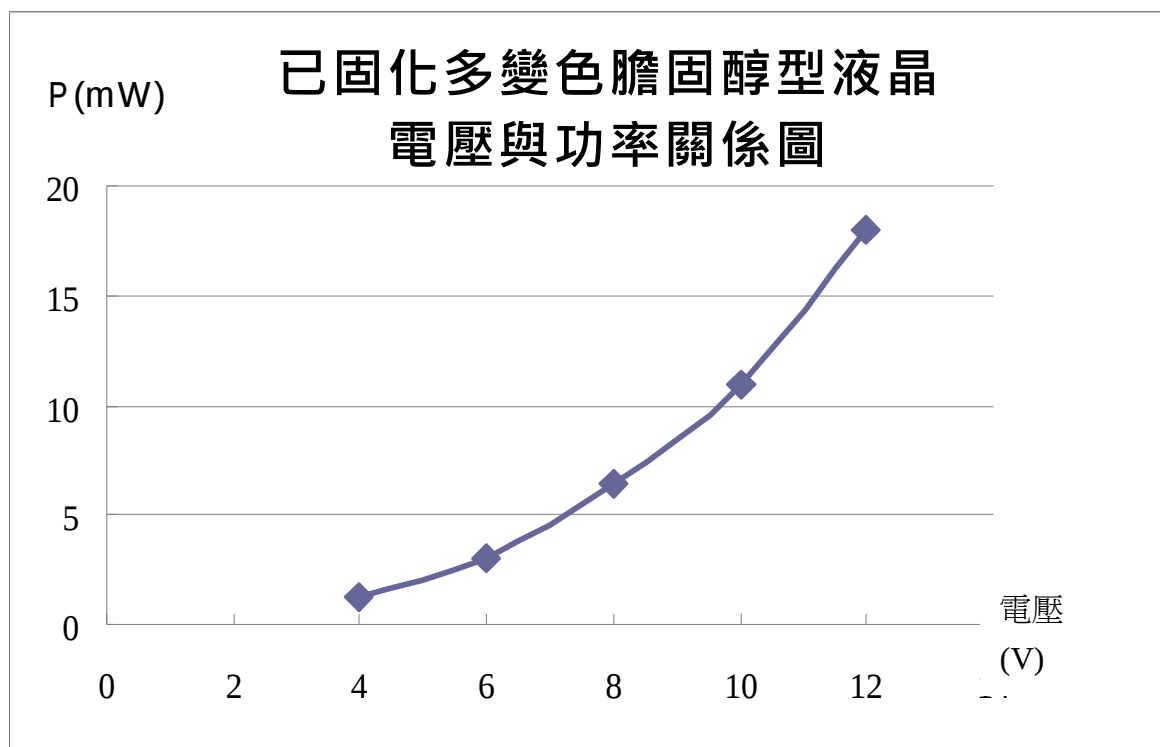


圖 34 已故化多變色膽固醇型液晶電壓與功率關係圖

由圖 34，隨施加電壓之增加，消耗之電能與之成正比，但因通過電流小，消耗之電能低，可達節能之目的。

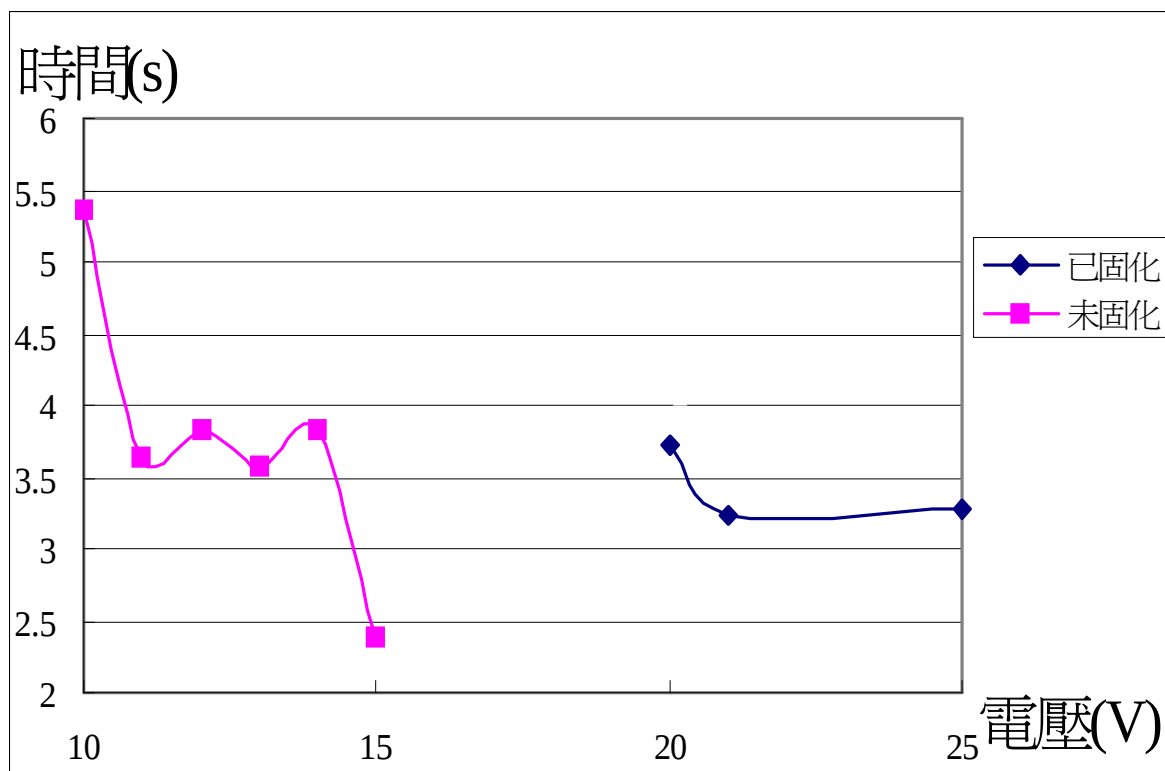


圖 35 Multi-color CLC 固化前後電壓-反應速率關係圖

所做 CLC 反應時間短，自然回覆時間小於 6 秒。固化前驅動電壓為 15~20V，固化後驅動電壓為 20V。

伍、討論:

- 一、由所測量的光譜中，發現光譜呈現波浪的形狀，由測量空 cell 的光譜，我們推測是因光在 cell 兩片玻璃間來回反射造成的結果。
- 二、實驗三多變色膽固醇型液晶第三部份的圖表是將 RM82、CB15、BL006 依比例混合所製成的，此種液晶材料顏色會隨固化程度不同而呈不同顏色，固化後其驅動電壓比編號 9003 的膽固醇型液晶低。
- 三、光穿透率當電壓加至 15V 穿透率開始回升，電壓加至 20V 放掉瞬間穿透率最低。
- 四、電壓 15~21V 為散射態。因電荷累積，電壓愈大回復時間愈慢。電壓 21~27V 液晶跳過散射態，變成另一透射態。
- 五、經多次實驗發現欲使 Multi-color CLC 分層顏色相異，以不同 UV 強度固化，皆可達成效果。但無法穩定控制加熱溫度變化，否則固化之面板分層顏色易不均勻。

陸、結論

一般液晶顯示器之所以具有顏色是在其面板前方有一層彩色濾光片，當面板後方背光源發光後，可通過彩色濾光片而呈現顏色，故其液晶本身並不具有顏色。

本研究使用之液晶材料，本身可反射光線，故我們可藉由控制液晶旋轉，達到變色之目的。由於不需背光源，故使用時亦較省電。

本研究改善市面上已出現液晶窗之缺點，並結合它們的優點製成我們的液晶窗。

一、實驗一:成功作出可控制光穿透率的面板，作為液晶窗戶上層。

需持續加電壓維持 Bistable CLC 的散色態，欲使 Bistable CLC 呈現透色態時則停止加電壓，轉換時間僅需要 20~30 秒。

由實驗確知雙穩態膽固醇型液晶可達省能之目的。

二、實驗二:成功作出可變色面板，作為液晶窗戶下層。

經測試多種材料，其驅動電壓、變色溫度不可太高。找出最適合製作 Multi-color CLC 的材料，BL006+CB15+RM82+I-369。

所做 CLC 反應時間短，反應時間不超過 6 秒。固化前驅動電壓為 15~20V，固化後驅動電壓為 20V。

成功利用創新之固化方法，藉由控制單一面板上下層液晶之穿透率，利用合成光的原理，達到變色的目的。

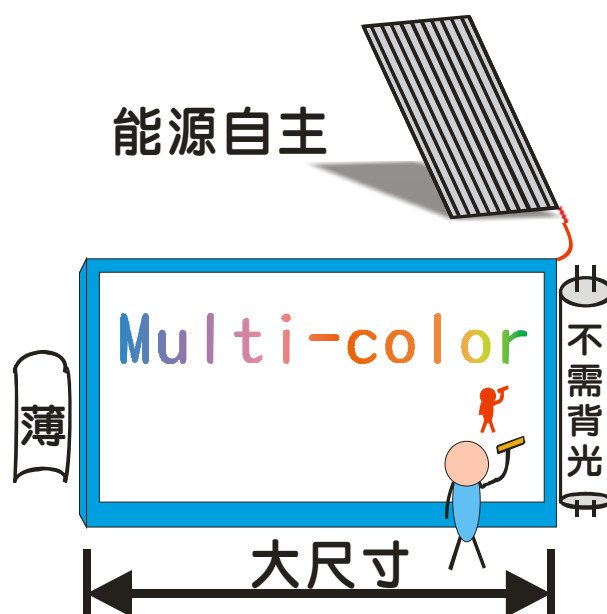
由實驗確知所製作之可變色面板可達省能之目的。

三、本實驗結果有以下特點:

- (一) 不需使用背光源。
- (二) 可製成大面板。
- (三) 可應用於大樓帷幕、窗戶、黑板、隔板.....等等。

各式液晶窗戶比較表

	(一)	(二)	(三)
液晶窗戶種類	液晶智能窗 — Technology of Polymer Dispersed Liquid Crystals	熱變色智能窗 (Thermalchromics and Thermotropics)	反射式多變色 CLC 液晶窗戶
原理	利用電壓的施加與否，控制液晶的排列整齊與否	利用太陽光的照射，使溫度不同，造成液晶變色	使液晶螺距大小不一，利用電場的控制，使液晶變色
使用液晶	向列型液晶	膽固醇型液晶	膽固醇型液晶
優點	反應速度快、技術已成熟	可變色、製程簡單	可選擇多種顏色，成本較低，可能源自主
缺點	僅可使光散射或透射	反應速度最慢，變色之顏色視溫度而定	製程較複雜，對比度須在加強
成本	每平方英吋 100~130 美元	每平方英吋 150 美元	每平方英吋約 80 美元



柒、參考文獻

編號	論文、書籍資料：	論文、書籍文件簡介
一、	光聚合型膽固醇型液晶元件之製備及光學特性之研究 作者:許惠晴 民 90 P37~P52	光聚合膽固醇型液晶元件之製備及光學特性研究
二、	向列型液晶/旋光性材料的圓偏光二色性質於液晶顯示器全反射式板的應用 作者:林文逸、洪維澤、黃振球	向列型液晶/旋光性材料的圓偏光二色性質於液晶顯示器全反射式板的應用
三、	作者:廖敏翔、黃振球 民 91 旋光性材料／誘導層列型複合系液晶的變色效應	旋光性材料／誘導層列型複合系液晶的變色效應
四、	液晶顯示器技術手冊 作者:紀國鐘 鄭晃忠 台灣 電子材料與元件協會 P1~P44 民國 93 年 11 月出版	有關液晶及液晶顯示器的介紹
五、	液晶之基礎與應用 作者:松本正一 角田市良 翻譯:劉瑞祥 國立編譯館 P1~P54 台北 1999	對液晶的性質及應用有詳細的介紹
六、	液晶顯示器技術入門 作者:苗村 省平 翻譯:陳建銘 全華圖書 民國 94 年出版	對顯示器的原理及特性有詳細的介紹

【評語】 040811

本作品研究膽固醇型液晶反射的現象，進行一系列的實驗，得到一個控制固化的方法，能調控產生不同的顏色，是一個完整的實驗研究。