

# 嘉義縣第 56 屆國中小學科學展覽會

## 參賽作品 物理組

### 作品名稱：要光不要熱~~綠能窗簾好減碳

#### 摘要

將光聚合型樹脂和液晶的混合液注入空玻璃盒中，再將此玻璃盒照射適當的光源，使樹脂進行聚合反應。照射後，玻璃盒會遮蔽紅外光。但藉由外加電壓的施加，玻璃盒會讓紅外光穿透。外加電壓能控制此玻璃盒對紅外線的穿透度，故稱此玻璃盒為綠能窗簾。這個報告將改變照光強度、照射時間以及濃度比例，探討何種條件下的綠能窗簾能發揮出最好的效能。

## 壹、研究動機

窗簾又拉壞了！相信大多數的人都有過如此的經驗吧！仔細想想，窗簾的缺點可多了！除了上述所提的易壞，還有佔空間，不易清洗，太過老舊還需要更換，一來不經濟，二來也不環保。近期因溫室氣體排放量上升，溫室效應加劇，全球生態面臨重大危機。所以節省能源和環保的器具是目前和未來世界十分需要的。多虧科技的進步，已經找到許多節約能源的方法，而綠能窗簾就是其中一種。

## 貳、研究目的

在夏天時候，太陽的紅外線無法穿透綠能玻璃，因此可以減少開冷氣機的次數。在冬天時，綠能玻璃能夠減少房屋內的熱輻射散失，所以可以減少開電暖氣的次數。如此的綠能玻璃能夠節省大量的電能，既實用又環保。

### 參、研究設備及器材

將樹脂以及液晶混合成均勻溶液後，利用紫外光照射此溶液。由於樹脂發生聚合反應，使得液晶形成微滴並分散於樹脂中 [1-2]。液晶樹脂薄膜的工作原理，分無外加電壓以及外加電壓兩個情況去做討論。

在無外加電壓時，在薄膜中存在著許多液晶微滴，如圖 1(a)。每個微滴內的液晶分子的排列朝某一方向。但是不同微滴之間液晶的排列會有所差異。當光入射至液晶樹脂薄膜時，由於具有許多介面，而這些介面會大量地散射入射光，使薄膜能夠屏蔽該入射光，如圖 1(a)。

在外加電壓下，液晶微滴內的液晶分子的排列朝某一方向，如圖 1(b)。當光入射至液晶樹脂薄膜時，由於介面消失，使得光線穿透過整片薄膜。因此，可經由電壓的改變來控制液晶樹脂薄膜的穿透度。

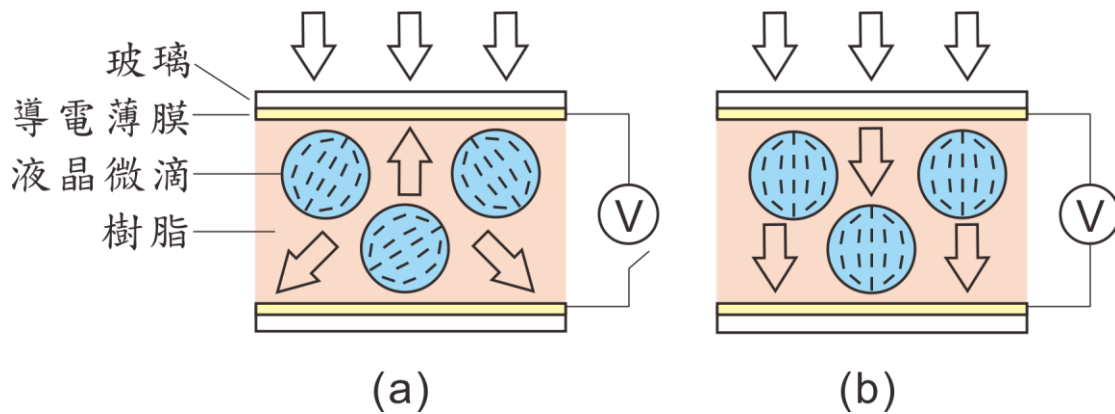


圖 1. 液晶樹脂薄膜的工作原理。(a)無外加電壓，樣本呈現暗態。(b)外加一電壓，樣本呈現亮態。

## 肆、研究過程與方法

這章節將對所使用的材料做個詳細的介紹，並且完整的敘述樣本製作的流程。

### 一、樣本製作

在這個實驗所使用的液晶以及聚合型樹脂，型號分別為E7 和NOA61。E7 液晶是一種具有雙折射率的材料，雙折射率存在的溫度介於-10 °C與 61 °C之間。NOA61 為透明黏稠液狀的單體，經紫外光的照射而產生聚合反應，硬化成透明的聚合物。

樣本的製作主要包含玻璃切割、清潔玻璃、組裝空盒、填充液晶、點膠封邊、紫外光照射以及外接導線，如圖 2。

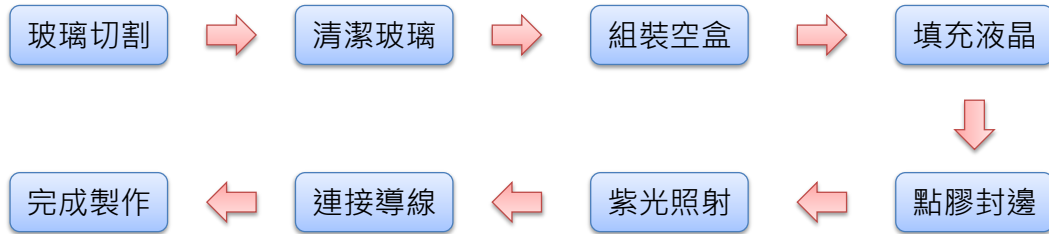


圖 2. 液晶樹脂薄膜的製作流程。

詳細的樣本製作如下說明：

#### (一). 超音波洗淨

將切割好的導電玻璃,浸泡於清潔劑中並使用超音波震盪約 20 分鐘，取出後浸泡於清水震盪 20 分鐘，依序反覆 3 次，最後再用丙酮震盪 20 分鐘，因此玻璃便洗淨完成。

#### (二). 框膠與框膠硬化

先將導電玻璃之導電面用三用電表測出,然後將玻璃片放至於一片玻璃導電面之上，然後將另一片玻璃導電面朝下放置。將玻璃左右兩側用AB膠黏合並等AB膠乾，空樣本盒便完成。

#### (三). 填充液晶與封口

將不同濃度比例(如表一)的混合液，藉由毛細現象填入空樣本盒中,再用AB膠將上下兩側黏合，如圖 3 所示。

表一. 液晶與光聚合聚合型樹脂的混合比例。

編號	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
E7	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
NOA61	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %

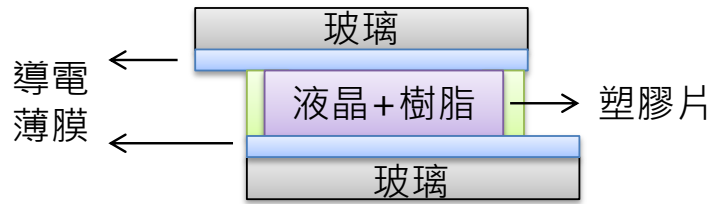


圖 3. 液晶樹脂薄膜樣本的示意圖。

#### (四).照射紫外光與外接導線

將填充好的液晶樣本拿至紫外光下照射,促使樹脂進行聚合反應,如圖 4。在這個研究中,我們將樣本與紫外燈之間的距離定義為照射高度。照射高度越高,代表紫外光越弱。將完成的樣本貼上銀導線,即完成樣本製作。

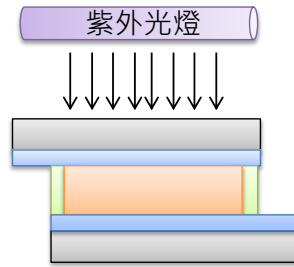


圖 4. 液晶樹脂薄膜樣本的示意圖。

#### 二、樣本量測

圖 5 為樣本量測的示意圖。使用紅外線發光二極體(型號: IR053), 作為光源。接著使用透鏡將紅外光變成平行光束。當光束穿透樣本後, 利用另一個透鏡讓光束能夠聚光在紅外線接收二極體上(型號: PT501)。由於人眼無法看到紅外線, 因此利用兩顆可見光發光二極體用來判斷紅外線有無輸出光線, 如圖 6。

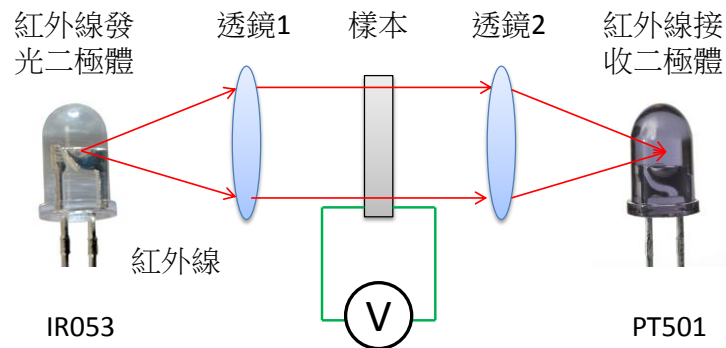


圖 5. 液晶樹脂薄膜的量測示意圖。

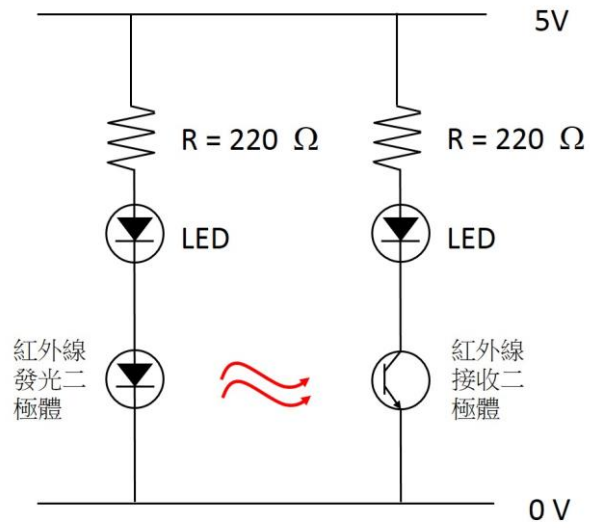


圖 6. 液晶樹脂薄膜樣本的量測電路圖。

## 伍、研究結果

液晶樹脂薄膜的穿透度會受到樣本製作條件的影響，因此可藉由改變混合液的濃度比例、樣本受光照射的時間以及樣本受光照射的強度去找出製做綠能窗簾所需要的最佳條件。液晶樹脂薄膜的光電特性可以利用電壓對穿透率的關係得知，其中穿透率的定義為

$$T = \frac{I_t - I_b}{I_i - I_b}, \quad (1)$$

其中 $I_i$ 為入射光強度， $I_t$ 為穿透光強度， $I_b$ 為背景光強度。在式 4. 1 中，背景光強度的減去是重要的，這是因為光偵測器會受到量測環境中的雜散光線影響。從電壓 $V$ 對穿透率 $T$ 的關係圖可以求出液晶樹脂薄膜的對比度，其中對比度(Contrast ratio, CR)的定義為

$$CR = \frac{T(V)}{T(V=0)}. \quad (2)$$

從式 2 可得知一片性能良好的綠能窗簾在未加電壓下，穿透度 $T(V=0)$ 越小則對比度越高。或是在外加電壓下，穿透度 $T(V)$ 越大則對比度越高。因此對比度可以決定綠能窗簾的光電特性。

## 陸、討論

一、改變濃度，固定照射時間和高度

圖 7 為不同濃度比例的液晶樹脂薄膜的電壓對穿透率關係圖，其中樣本的照射高度與照射時間皆分別控制在 15 cm 與 10 分鐘。在圖 7 中，當電壓施加至 50 V，這五個濃度之液晶樹脂薄膜的穿透度沒有很大的變化。這是因為在這個條件下(照射強度: 紫外光遠離樣本 15 cm 的高度，照射時間: 10 分鐘)，樹脂尚未完成聚合反應，因此沒有液晶液滴的析出。針對此點，增加 UV 光照射的強度或是時間，可提升這五個濃度之液晶樹脂薄膜的光電特性，如 4-2 節的結果。

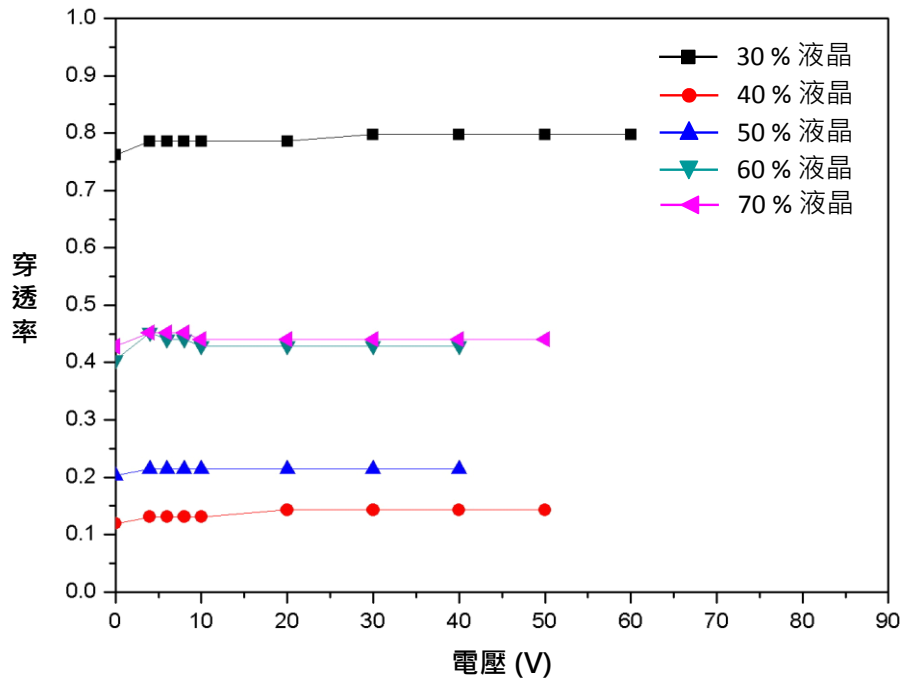


圖 7. 不同濃度比例之液晶樹脂薄膜的電壓對穿透率圖，樣本的照射高度與照射時間皆分別控制在 15 cm 與 10 分鐘。

## 二、改變濃度，固定照射時間和高度

圖 8 為不同濃度比例的液晶樹脂薄膜的電壓對穿透率關係圖，其中樣本的照射時間依然為 10 分鐘而照射高度則減少至 10 cm。在圖 8 中，雖然含有 40%、50%和 60%液晶之液晶樹脂薄膜的暗態(即未加電壓的穿透率)相當地小( $<0.1$ )，但是它們的亮態(加電壓的穿透率)也不大。因此含有 40%、50%和 60%液晶之液晶樹脂薄膜不適合做綠能窗簾。為了討論剩下的兩個濃度 30%和 70%，分別算出它們的對比度。當外加電壓為 30V 時，含有 30%和 70%液晶之液晶樹脂薄膜的對比度分別為  $0.75/0.2 = 3.75$  和  $0.61/0.28 = 2.17$ 。很明顯地，含有 30%液晶的液晶樹脂薄膜在外加電壓 30V 下的對比度較高，並且其穿透率可達 0.75。這是因為含有較多樹脂成份的混合液能夠在短時間的 UV 光照射下完成聚合反應，而讓液晶析出，形成液晶顆粒。此外當電壓從 10V 增加至 20V 時，含有 30%液晶之液晶樹脂薄膜的穿透率快速地上升。這個結果說明了這個液晶樹脂薄膜從暗態至亮態的切換只需要 10V，因此具有省電的效果。目前電力公司提供的家庭用電電壓為 110V 和 220V 二種，若以此種條件(濃度比例:30%，照射高度: 紫外光遠離樣本 10 cm 的高度，照射時間:10 分鐘)製做的綠能窗簾則需要降壓器(110V 降至 30V)，因而造成製作成本的增加並且使得產品無法輕薄化。因此尚需改變液晶樹脂薄膜的製作條件。



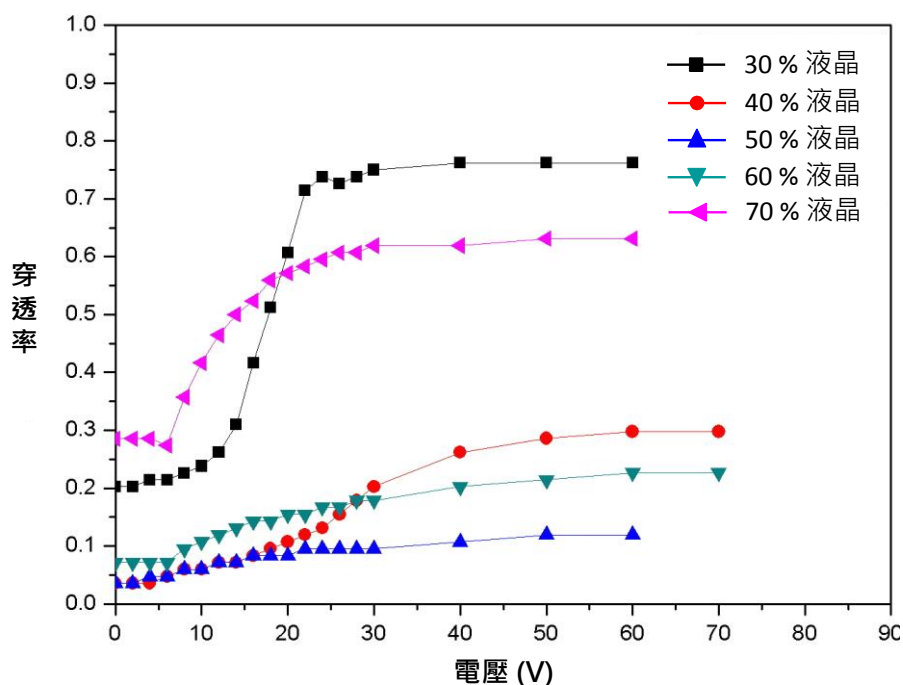


圖 8. 不同濃度比例之液晶樹脂薄膜的電壓對穿透率圖，樣本的照射高度與照射時間皆分別控制在 10 cm 與 10 分鐘。

### 三、改變照射時間，固定照射高度

由圖 8 的結果，發現在五種濃度比例中，含 30%液晶之液晶樹脂薄膜因受到足夠的紫外光照射，使得它的對比度相較下顯得較好。因此為了使其他四種濃度也有足夠的光照射，因此增加照射時間從原本的 10 分鐘增加為 30 分鐘，至於照射高度依然維持在 10 cm。圖 9 為不同濃度比例之液晶樹脂薄膜的電壓對穿透率關係圖，其中樣本的照射高度與照射時間分別控制在 10 cm 與 30 分鐘。經過 30 分鐘的照射後，含 30%液晶之液晶樹脂薄膜的對比度可以達到 ~7.0，所需要的操作電壓也從 30V(如圖 8)增加至 130V(如圖 9)。這個操作電壓較符合目前家庭用電電壓 110V，因此若以此種條件(照射強度: 紫外光遠離樣本 10 cm 的高度，照射時間:30 分鐘)所作的綠能窗簾可以不需要電壓轉換器，並且可以使產品輕薄化。

圖 9 中，含有 40%液晶之液晶樹脂薄膜因受到足夠的紫外光照射後，其穿透率從 0.275(圖 8，在電壓 60V 下)增加為 0.725(圖 9，在電壓 120V 下)，顯示出此濃度具有好的光學特性。然而含有 30%液晶之液晶樹脂薄膜的暗態比含有 40%液晶之液晶樹脂薄膜來得低(亦即 30%液晶之液晶樹脂薄膜的對比度較高)，因此含有 30%液晶之液晶樹脂薄膜在此條件下(照射強度: 紫外光遠離樣本 10 cm 的高度，照射時間:30 分鐘)較適合作為綠能窗簾。

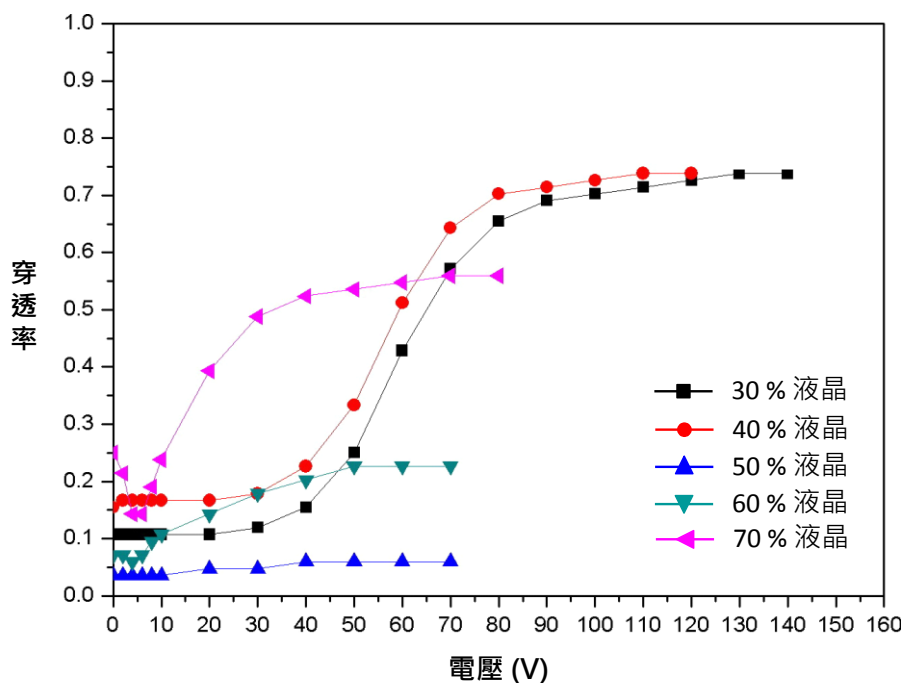


圖 9. 不同濃度比例之液晶樹脂薄膜的電壓對穿透率圖，樣本的照射高度與照射時間分別控制在 10 cm 與 30 分鐘。

## 柒、結論

上述討論，我們分析不同濃度比例之液晶樹脂薄膜在不同照射時間與不同照光高度下的實驗數據。實驗結果發現，30% E7+70% NOA61 的液晶樹脂薄膜在特定的實驗條件下(照射 30 分鐘的紫外光並且樣本遠離紫外光 10 cm 的高度)具有較佳的對比度與穿透度。因此，我們可以利用這個條件開發綠能窗簾，如圖 10。減少冷氣機的開啟次數，實現節能省碳的目標。

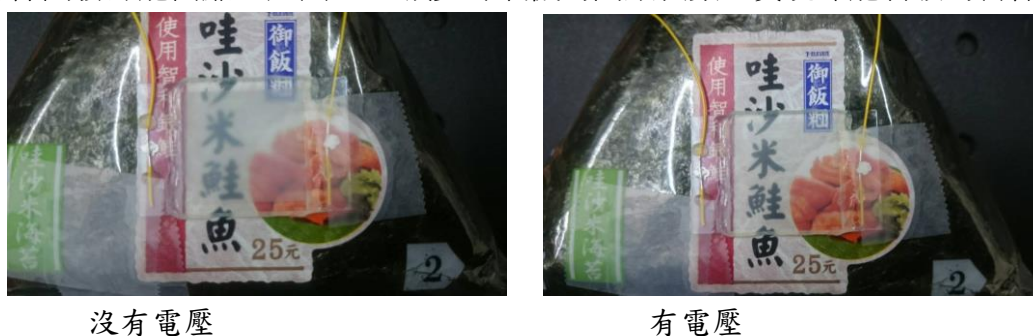


圖 10. 綠能窗簾。

## 捌、參考文獻及其他

1. 陳秋雲譯(民 90)。e 世代液晶顯示器(第五章)。台北市：全華科技股份有限公司。
2. 張瑞勳(民 83)。國立台灣工業技術學院，碩士論文，民國 83 年。