

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

最佳團隊合作獎

030216

黑白變-變色薄膜研究

學校名稱：桃園縣立大坡國民中學

作者：  國二 李依庭  國二 許雅玟  國二 范宸菘	指導老師：  林其良  林美伶
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：氯化銀、保麗龍膠

## 摘要

我們從變色眼睛裡得到了靈感，想把變色的機制衍生運用，希望可以製作出一個變色薄膜，就可以輕鬆把它應用在我們教室的窗戶上，就可以擁有遮陽物品。我們大致分為兩部分討論，一是固體壓片，二是軟式變色薄膜。從固體壓片實驗，得到壓片製作方式變黑和退色的速度都太慢。軟式變色薄膜的製作方式，藥品為硝酸銀和氯化銅的乙醇溶液在保麗龍膠內混合均勻，形成軟式變色薄膜。而且在我們實驗過程中，得到最適合的  $\text{Ag}^+$  和  $\text{Cu}^{2+}$  莫耳數比是 10：1，利用這比例做出來的薄膜，變色的速度最快，而且可以重複使用，退色後，再照陽光會再變黑。我們改用氯化鈣代替氯化銅時，反而退色的效果變好。我們最後覺得氯化銀顆粒的大小是決定退色效果的主要因素。

## 壹、研究動機

陽光好刺眼啊！在炎炎夏日裡，陽光皎陽似火，不留情的往我們的教室、往我們的方向直直照進，好想拉起窗簾，可是教室內會很悶熱，只要到了夏天，這個問題讓我們煩惱不已。

某一天，我們在球場上狠狠的廝殺，準備奪下關鍵的最後一分，突然，守我的人他的眼鏡變成黑色的了！害我熊熊失了神，球就被抄走了，不過，我並不在意，因為我的腦子裡只想者那副奇怪的眼鏡，「為甚麼它會變黑？為甚麼？為甚麼...。」一大堆問號塞滿了我的小腦袋瓜，在我強烈好奇心的驅使下，我跟他借了那副怪怪眼鏡，發現他的眼鏡跟我們平常戴的有些許的不同，那就是他的眼鏡一旦碰到陽光，就會變黑，就像墨鏡，但是回到室內，它又會變回原來的透明色。之後，我上網查了一些有關變色眼鏡的資料，了解到它會變色的主要原因是它的成分裡有氯化銀( $\text{AgCl}$ )，和氯化亞銅( $\text{CuCl}$ )，因陽光的照射，陽光中的紫外線使得氯化銀分解成銀原子( $\text{Ag}$ )和氯原子( $\text{Cl}$ )，因為氯原子很活潑，所以它跟氯化亞銅就結合成氯化銅，而銀原子本身是黑色的，所以眼鏡自然而然就黑了，這樣可以阻擋強烈的陽光，讓眼睛不再畏懼。

這項發明真是太讚！而且如果將變色玻璃變成變色薄膜，就可以輕鬆把它應用在我們教室的窗戶上，就可以不用費九牛二虎之力，只需要塗抹在玻璃表面上，就可以輕鬆的擋住美好的陽光，當不需要時或髒了，只要輕輕的撕下，在塗上新的就可以再次擁有乾淨的遮陽物品，希望我們能成功做出美好又方便的遮陽最佳物品。

## 貳、研究目的

從同學的變色眼鏡的觀察中，我們得到了一個靈感，如果可以製造一個薄膜，這個薄膜具有這樣的變色機制，而且又可以服貼在玻璃表面上，大太陽的時候，可以變黑阻擋強烈的陽光，當不需要或髒時，只要輕輕的撕下，在塗上新的就可以再次擁有乾淨的遮陽物品，所以我們想製作出一變色薄膜來達成目標，這就是我們這次科展想要去探究的目標。

以下是我們這次研究的目的：

- 一、探討變色眼鏡的變色原因及機制。
- 二、探討粉末狀的 AgCl 與 CuCl 反應機制。
- 三、探討如何製備出顆粒很小的 AgCl，使變色效果更好。
- 四、探討如何製備出透明的變色膜片。
- 五、探討銅離子在變色薄膜的功用。

## 參、研究設備及器材

器材名稱	數量
電子天平	1 個
吸量管 10mL	2 個
吸量管 1mL	2 個
安全吸球	2 個
定量瓶 50mL	2 個
玻棒	5 個

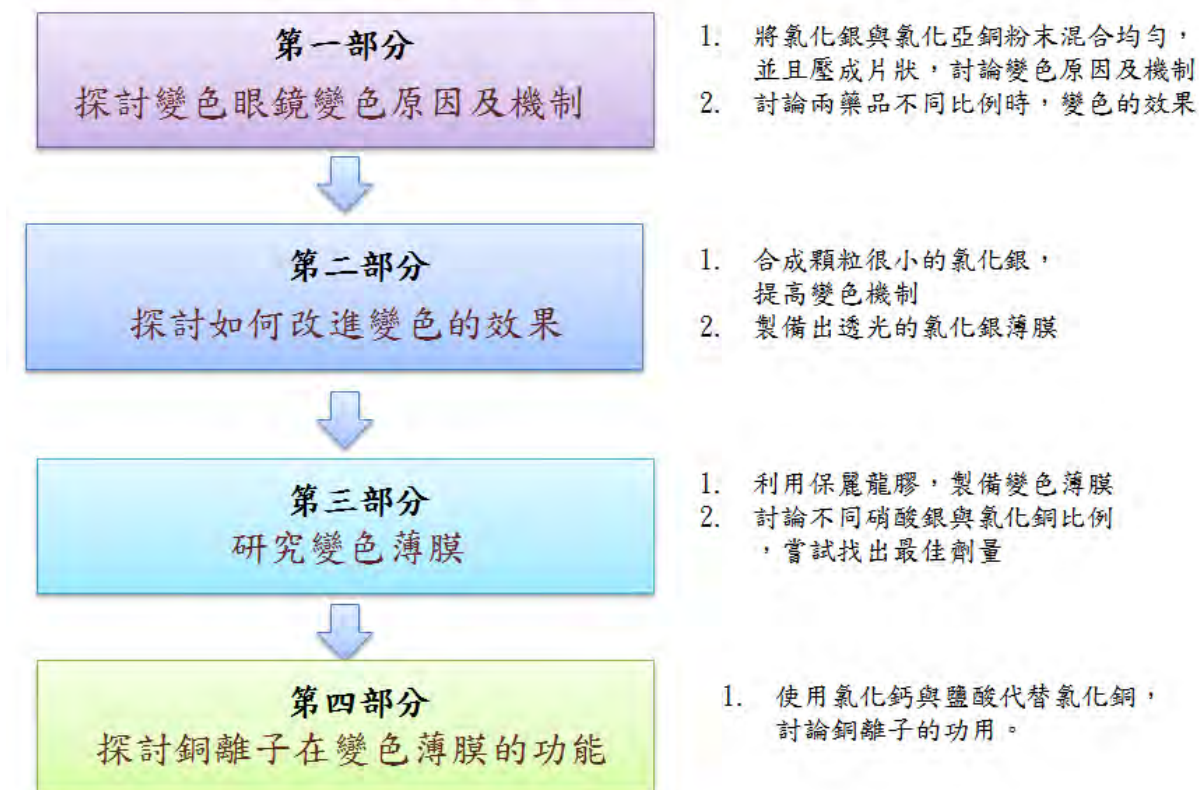
藥品	化學式
硝酸銀	AgNO <sub>3</sub>
氯化銀	AgCl
氯化亞銅	CuCl
氯化銅	CuCl <sub>2</sub>
乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
鹽酸	HCl
氯化鈣	CaCl <sub>2</sub>

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究流程

接著由四大部分去做細部的討論，此為此題目的主要架構與方向，以下是詳細的討論實驗的過程及記錄。

### 變色鏡片研究流程圖



### 二、研究方法

研究的方法我們主要分為兩個部份，分別是固態壓片和軟式薄膜兩個方法去討論其優缺點，以下是其製作方式：

#### (一) 固態壓片：

我們將變色眼鏡中，變色機制的主要兩個藥品氯化銀( $\text{AgCl}$ )，和氯化亞銅( $\text{CuCl}$ )，混合均勻，利用兩片載玻片壓成片狀。

#### (二) 軟式變色薄膜：

我們改用保麗龍膠代替變色眼鏡的玻璃，目的有幾個原因，一是保麗龍膠乾了後，變成一個軟式的薄膜，利用的價值增大，第二點原因是保麗龍膠顏色是近透明，第三點，製作完成後只需塗抹在玻璃表面上，便可以黏在玻璃上，等到不需要或髒時，只要輕輕撕下就可以去除薄膜，這就是我們這次為什麼選擇保麗龍膠的原因。而變色主要的主角氯化銀( $\text{AgCl}$ )，我們使用沉澱法的方式去製作，利用硝酸銀( $\text{AgNO}_3$ )和氯化銅( $\text{CuCl}_2$ )溶液混合後，銀離子與氯離子產生沉澱反應，生成氯化銀顆粒，而且在保麗龍膠當作材料下，這些顆粒會被侷限在奈米大小，更能增快變色速率。

### 三、研究過程

#### (一) 固態壓片

1. 先將氯化銀以及氯化亞銅各自在天平上秤好劑量後，各自放入研鉢研磨，研磨後，將兩者混合均勻並放入乾淨的載玻片中，並用另一載玻片將之覆蓋上，玻片兩端用鐵夾固定。以固定的方法製備兩片，其中一片以鋁箔紙包住隔絕陽光，另一片放置在陽光下一分鐘後，收入放在實驗室中，並觀察其變色情形。
2. 依照上述步驟，配置下列藥品的劑量，每一個條件各製備兩片(實驗組以及對照組)

	莫耳比		
AgCl	1	0.5	0.1
CuCl	0.1	0.1	0.1
Ag : Cu	10 : 1	5 : 1	1 : 1

#### (二) 軟式變色薄膜

1. 先準備一個量筒，裝入 80 ml 的保麗龍膠，再裝入 20 ml 的乙醇，將之倒入大燒杯後用玻棒攪拌均勻。
2. 秤硝酸銀 1 g，裝入 50 ml 的定量瓶中，再裝入乙醇到 50 ml 處，將此溶液搖晃均勻後，倒入燒杯中，用玻棒攪拌至完全溶解。
3. 秤氯化銅 1 g，裝入 50 ml 的定量瓶中，再裝入乙醇到 50 ml 處，將此溶液搖晃均勻後，倒入燒杯中，用玻棒攪拌至完全溶解。
4. 準備五個燒杯(依序編號 1~5)，將步驟 1 之保麗龍膠裝入五個燒杯中，各 20 ml。
5. 

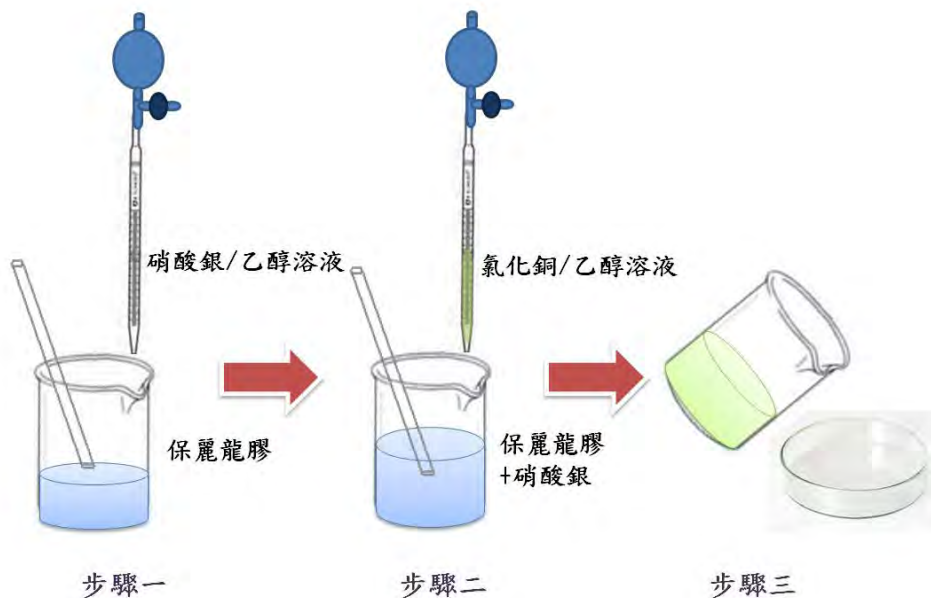
編號 1(Ag <sup>+</sup> : Cu <sup>2+</sup> 莫耳數=15 : 1)	} 用滴量管吸取各溶液並加入燒杯中與保麗龍膠混合均勻
編號 2(Ag <sup>+</sup> : Cu <sup>2+</sup> 莫耳數=10 : 1)	
編號 3(Ag <sup>+</sup> : Cu <sup>2+</sup> 莫耳數=5 : 1)	
編號 4(Ag <sup>+</sup> : Cu <sup>2+</sup> 莫耳數=1 : 1)	
編號 5(Ag <sup>+</sup> : Cu <sup>2+</sup> 莫耳數=0.1 : 1)	

硝酸銀與氯化銅莫耳濃度都為 0.12M，我們欲配製總和 10 毫升混和溶液，且莫耳數比例為上述編號 1~5，我們以編號 1 舉例，取硝酸銀 9.375 毫升加上氯化銅 0.625 毫升，就可以配製好藥品。

	體積(ml)				
	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5
AgNO <sub>3</sub>	9.375mL	9.09 mL	8.33 mL	5 mL	0.625 mL
CuCl <sub>2</sub>	0.625mL	0.91 mL	1.67 mL	5 mL	9.375 mL

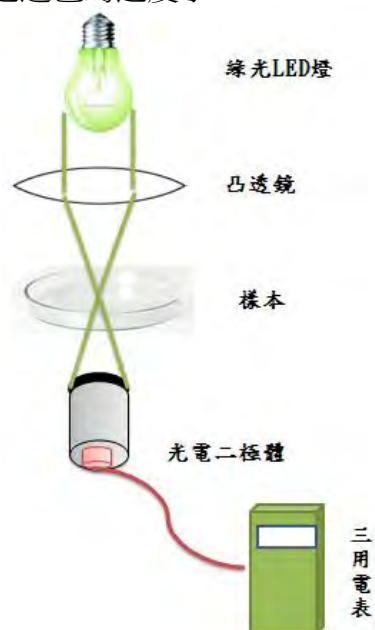
6. 將上述溶液倒入培養皿中並放在通風順暢的暗室中，待其乾燥後，將之放置在陽光下一分鐘後，收入放在實驗室中，並觀察其變色情形。

下面的圖為我們製作軟式薄膜的示意圖，在步驟一時，我們將配好的硝酸銀的乙醇溶液，倒入保麗龍膠裡，並且用玻璃棒攪拌，必須把硝酸銀和保麗龍膠均勻混合，接著在關鍵的第二步驟時，我們在氯化銅/乙醇溶液慢慢的滴入，滴入時也是用玻璃棒攪拌，攪拌七、八分鐘後，我們就像步驟三一一樣，倒入培養皿中，放入一通風良好且暗室中，靜待保麗龍膠乾，就形成軟式變色薄膜。



變色薄膜製備流程圖

接著為了讓實驗數據更有系統的去分析，我們利用簡易的光路設計來檢驗薄膜退色的速度，如下圖所示，我們利用綠色的 LED 燈當作光源，主要的原因是因為綠色光不會影響氯化銀分解，氯化銀分解主要是因為太陽光中的紫外線，而且我們的偵測器—光電二極體對於綠光的波長最為靈敏，這就是我們採用綠光 LED 的原因。我們再用一個凸透鏡聚光在我們樣品上，樣品下面放置光電二極體來測量穿透光的大小，而光電二極體在接上三用電表來顯示電流的大小。我們可以藉由穿透光的大小便能知道退色的速度了。



## 伍、研究結果

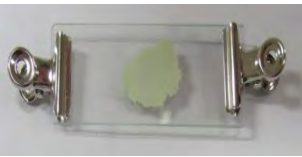



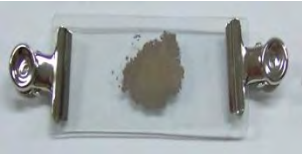

### 第一部分：探討變色眼鏡變色原因及機制

我們將變色眼鏡中，變色機制的主要兩個藥品氯化銀(AgCl)，和氯化亞銅(CuCl)，混合均勻，利用兩片載玻片壓成片狀。我們做了三組不同氯化銀(AgCl)和氯化亞銅(CuCl) 的比例，分別如下表所示，我們分別給上代號：





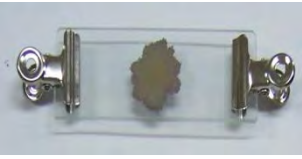

標號	1	2	3
Ag <sup>+</sup> : Cu <sup>+</sup> 莫耳數	10 : 1	5 : 1	1 : 1

我們製作完後便拍照，立即將試片拿出去照太陽，又再照一次，以下就是我們的實驗照片。



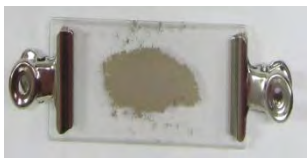
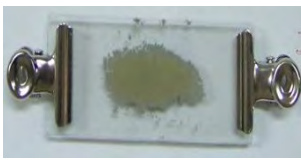
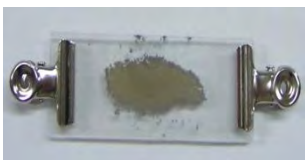

#### 實驗一：Ag<sup>+</sup> : Cu<sup>+</sup>莫耳數 = 10 : 1

			
1 壓片完成	2 照陽光一分鐘	3 移至暗室(第一天)	4 移至暗室(第三天)
			
5 再次照光	6 再放進暗室(第五天)		

#### 實驗二：Ag<sup>+</sup> : Cu<sup>+</sup>莫耳數 = 5 : 1

			
1 壓片完成	2 照陽光一分鐘	3 移至暗室(第一天)	4 移至暗室(第三天)
			
5 再次照光	6 再放進暗室(第五天)		

實驗三：Ag<sup>+</sup>：Cu<sup>+</sup>莫耳數 = 1：1




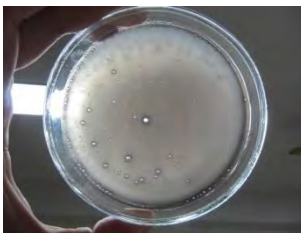
			
1 壓片完成	2 照陽光一分鐘	3 移至暗室(第一天)	4 移至暗室(第三天)
			
5 再次照光	6 再放進暗室(第五天)		

從實驗的結果來分析，一開始氯化銀粉末是白色，但照到陽光後，迅速變成黑色的銀粒子產生，所以整個壓片變成黑，接著放入暗室，如圖 3、4 所表示，因為氯化亞銅的參與，壓片顏色慢慢回復，但是從圖片裡的顏色變化，我們覺得顏色退色的速度並不是很快，也就是表示壓片的方式不是很有效率。

### 第二部分：探討如何改進變色的效果

從壓片的結果我們得到變色的效果不是很好，而且壓片是一個不透光的薄膜，並不符合我們的目標，所以我們嘗試去製作出一個近奈米氯化銀的透光薄膜，去克服壓片的缺點。我們改用保麗龍膠代替變色眼鏡的玻璃，接著利用硝酸銀(AgNO<sub>3</sub>)和氯化銅(CuCl<sub>2</sub>)溶液混合後，銀離子與氯離子產生沉澱反應，會生成氯化銀顆粒，而且在保麗龍膠當作材料下，這些顆粒會被侷限在奈米大小，更能增快變色速率，保麗龍膠乾後，這軟式的薄膜會透光，拿出去照太陽後，氯化銀會解離產生銀原子，使得薄膜變黑，達到遮光的效果，所以軟式變色薄膜克服了壓片法的缺點。下圖為利用硝酸銀與氯化銅製作的變色薄膜。

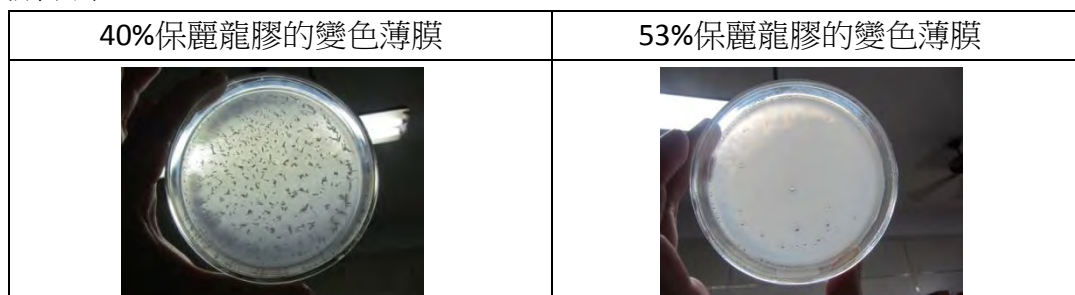
此為 Ag:Cu 莫耳數=10:1，硝酸銀和氯化銅濃度為 0.12M 的照片圖

			
1 薄膜乾後	2 乾後透光度	3 照太陽後	4 退色後，薄膜透光度



### 討論保麗龍膠濃度對於薄膜的關係

再來我們去探討是否保麗龍膠的濃度是否會影響氯化銀粒子沉澱的大小。我們做了兩組不同的保麗龍膠濃度的薄膜去觀察有何差別。一組保麗龍膠體積百分濃度是 40% 和另一組為 53%，發現保麗龍膠濃度低時，白色的氯化銀整個沉澱出來，但 53% 保麗龍膠時，氯化銀就會分布均勻，如圖所表示。



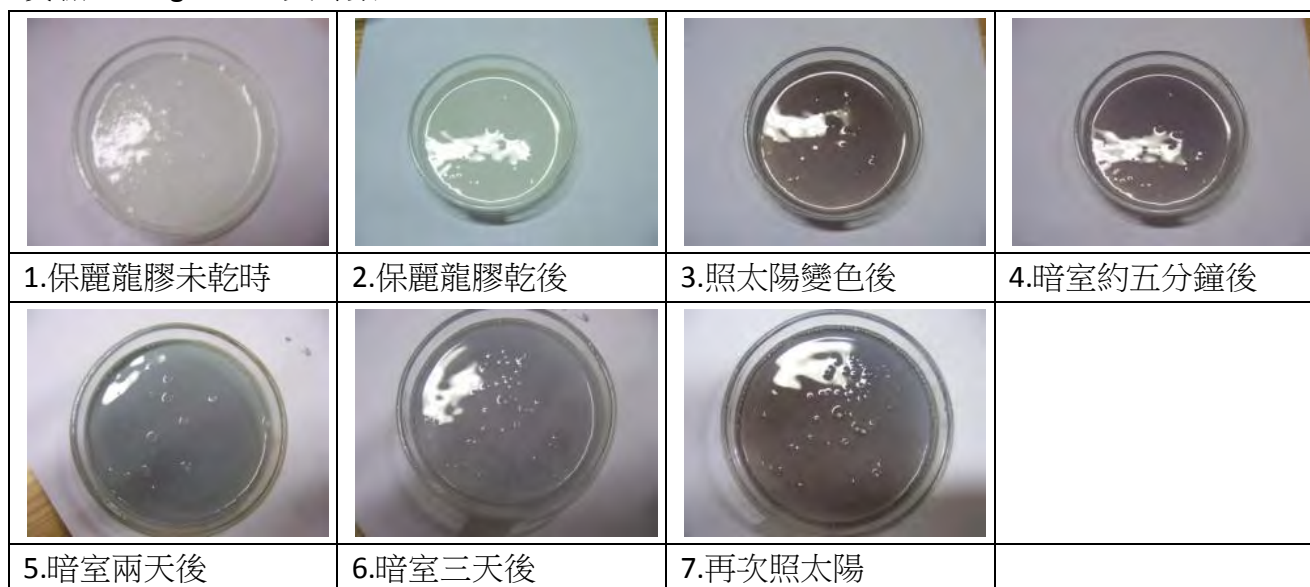
### 第三部分：研究變色薄膜

從第二部份我們得到寶貴的資訊，離我們目標越來越近了，我們試著去調配不同比例的硝酸銀和氯化銅的量，去找出最適合變色的比例。我們這部分做了五組的數據，分別如下表所示，分別給上代號，代號的順序越後面氯化銅的比例占越高：

代號	1	2	3	4	5
$\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$ 莫耳數	15 : 1	10 : 1	5 : 1	1 : 1	0.1 : 1

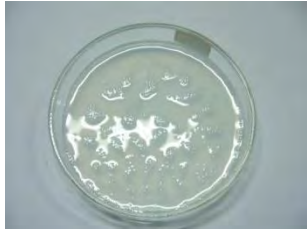

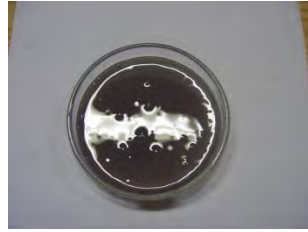
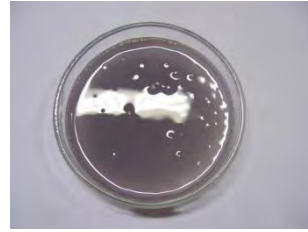
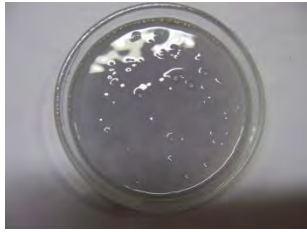
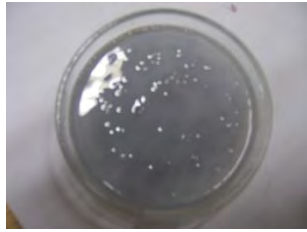
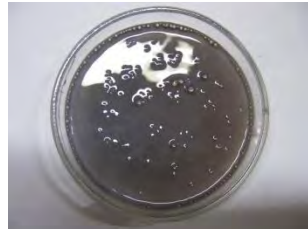
我們從代號 1 這組實驗，開始呈現我們拍的照片

實驗一： $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 15 : 1






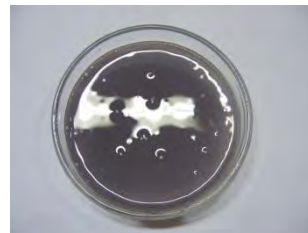

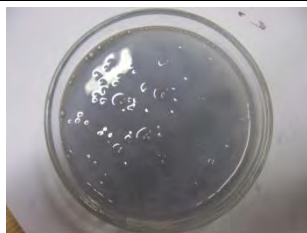

一開始為近透明的薄膜如上圖 2 所示，照陽光後迅速變黑(圖 3)，移入暗室後，約五分鐘顏色稍微變淺(圖 4)，過了幾天後顏色變為更淺(圖 5、圖 6)，再將薄膜照光(圖 7)，薄膜再次變黑。

實驗二： $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1

			
1.保麗龍膠未乾時	2.保麗龍膠乾後	3.照太陽變色後	4. 暗室約五分鐘後
			
5.暗室兩天後	6.暗室三天後	7.再次照太陽	

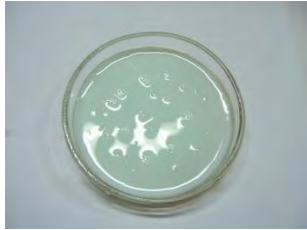
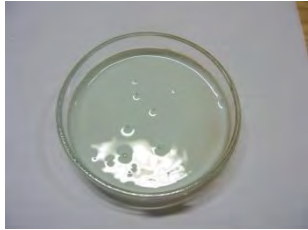


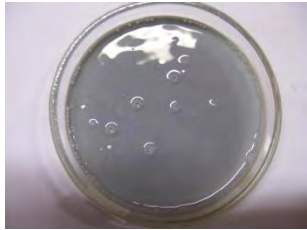
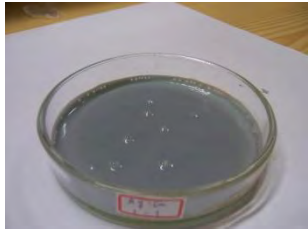
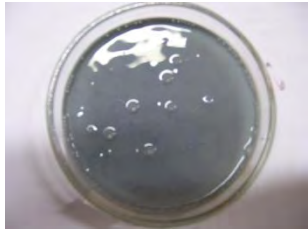
步驟和實驗一相同，所以不再贅述，實驗代號 2 值得討論的結果在於照太陽變色後，是所有比例中最黑的，而且在暗室五分鐘後，退色最為明顯，所以我們由顏色的變化，我們認為最嘉的比例就是實驗 2。

實驗三： $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 5 : 1

			
1.保麗龍膠未乾時	2.保麗龍膠乾後	3.照太陽變色後	4. 暗室約五分鐘後
			
5.暗室兩天後	6.暗室三天後	7.再次照太陽	



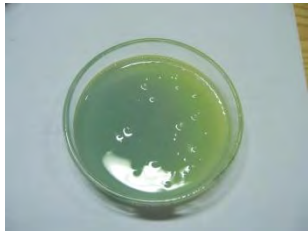
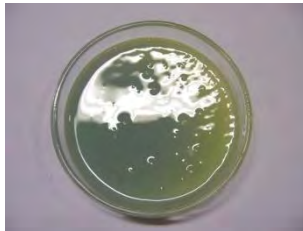
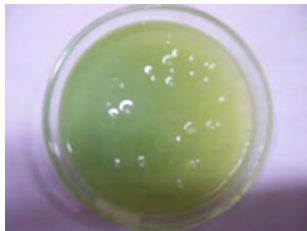


步驟和實驗一相同，在此實驗照陽光後，顏色雖然變黑(圖三)，但不比實驗 2 黑，在暗室五分鐘後，退色的速度不比實驗 2 快，可是經過幾天後，顏色也是明顯退色，再次照光後，還是可以變黑。

實驗四： $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 1 : 1

			
1.保麗龍膠未乾時	2.保麗龍膠乾後	3.照太陽變色後	4. 暗室約五分鐘後
			
5.暗室兩天後	6.暗室三天後	7.再次照太陽	

步驟和實驗一相同，實驗四從圖 1、2 可以得到顏色偏綠，因為氯化銅是綠色，且實驗四氯化銅的量增加至 1 : 1，所以影響了薄膜的顏色，雖然一樣照光會變黑，移至暗室後會退色，但效果沒有實驗 2 好，而且氯化銅的顏色影響了透光度，所以氯化銅的比例不宜佔太多。

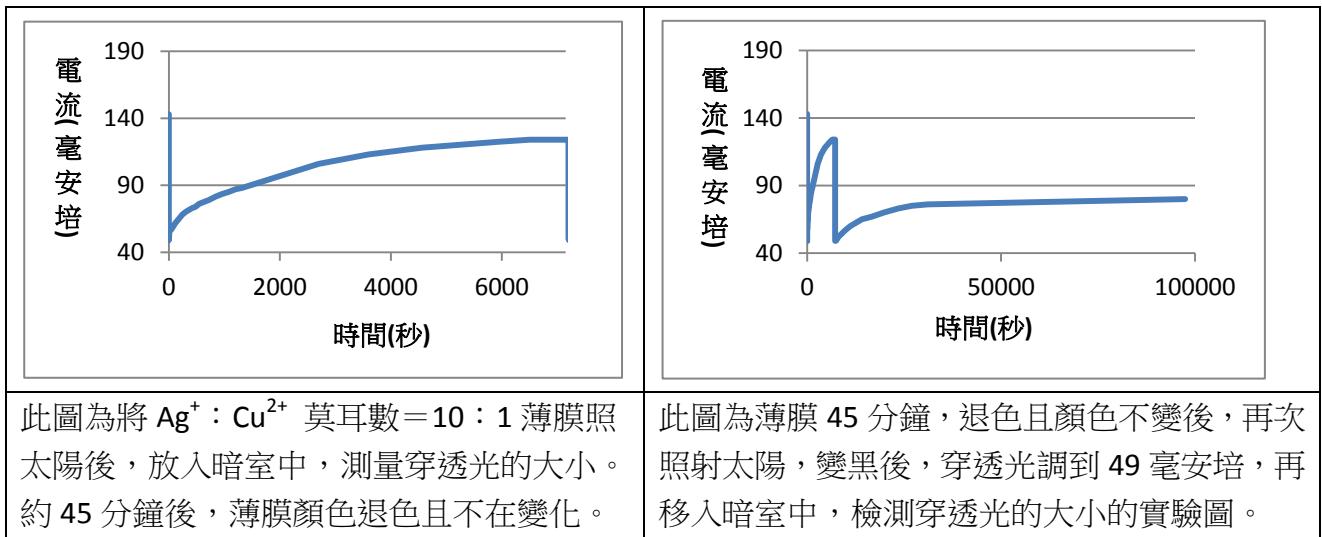
實驗五： $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 0.1 : 1

			
1.保麗龍膠未乾時	2.保麗龍膠乾後	3.照太陽變色後	4. 暗室約五分鐘後
			
5.暗室兩天後	6.暗室三天後	7.再次照太陽	

步驟和實驗一相同，顏色變綠的原因與實驗四相同，但硝酸銀比例不高，所以生成的氯化銀是五組裡量最少，所以照光後，顏色變化較不明顯。

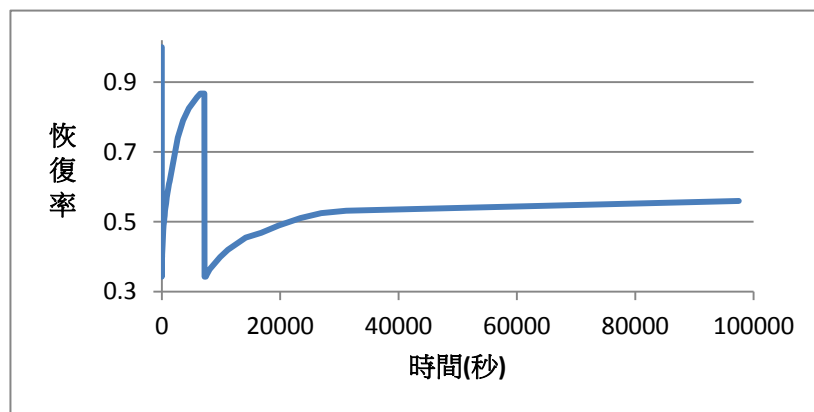
因為經過觀察我們發現  $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1 效果最好，於是我們想利用我們簡易的光路去測量，但是上述的實驗氯化銀沉澱的量太多，造成光路測量上的問題，所以我們決定降低硝酸銀和氯化銅的濃度到 0.03M，經過我們測量的結果，當光路校正和最佳化好後，讀出去數據是 215 毫安培，將我們未變色透明的薄膜放上去測量，得到 145 毫安培，所以我們得到我們未變色薄膜的穿透率為 67.44%。穿透率除了跟氯化銀濃度有關，也會與培養皿玻璃和薄膜厚度有關，所以我們認為 0.03M 是我們最適合的濃度。

我們將  $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1 的實驗，從原本的濃度改為 0.03M 後，去測量退色的快慢，下圖為我們的實驗圖。



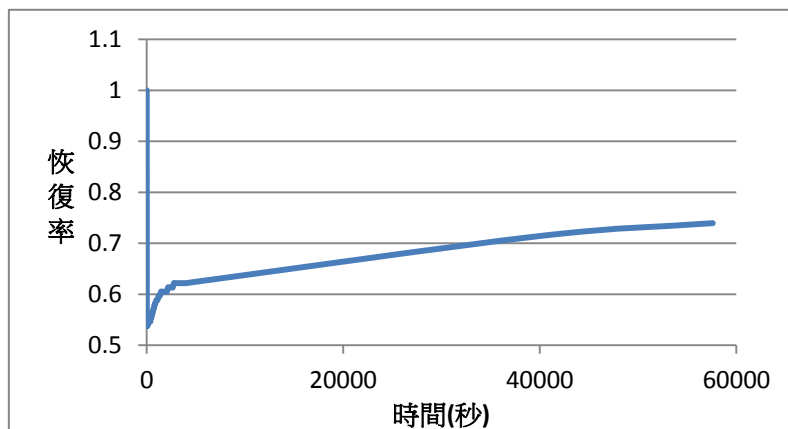
我們可以藉由穿透光的大小得到薄膜退色的恢復率。

$$\text{恢復率} = \frac{\text{樣品穿透光大小}}{\text{未照光的穿透光大小}}$$

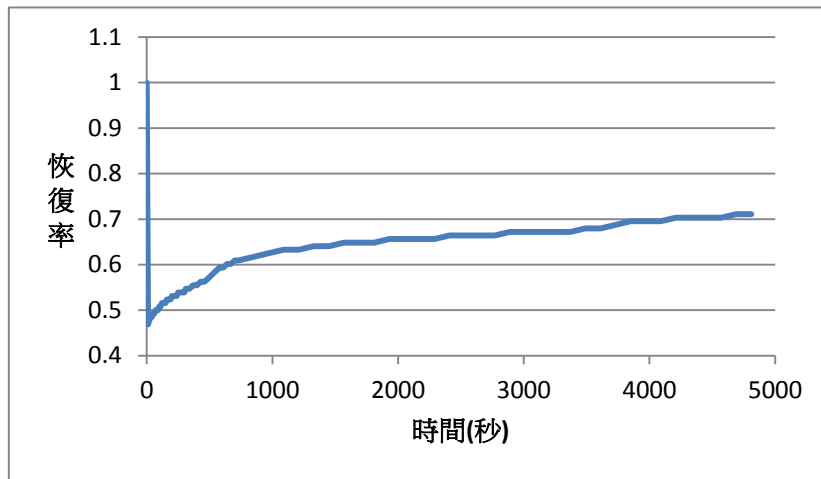


$\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1 的變色薄膜，第一次變黑時，退色的恢復率為 86.71%，但是第二次變黑後，退色的恢復率卻下降到 55.49%。

下兩圖為  $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 15 : 1，和比例 5 : 1 的薄膜恢復圖。



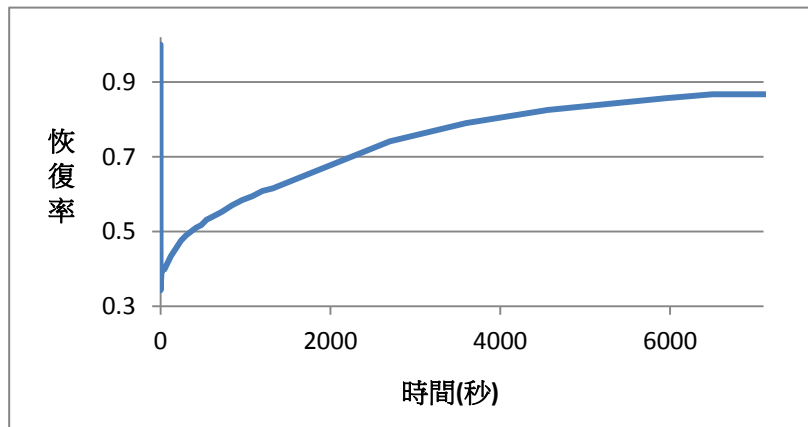
$\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 15 : 1 製作的薄膜退色恢復率圖，從圖上我們得知最後恢復率為 73.95%。



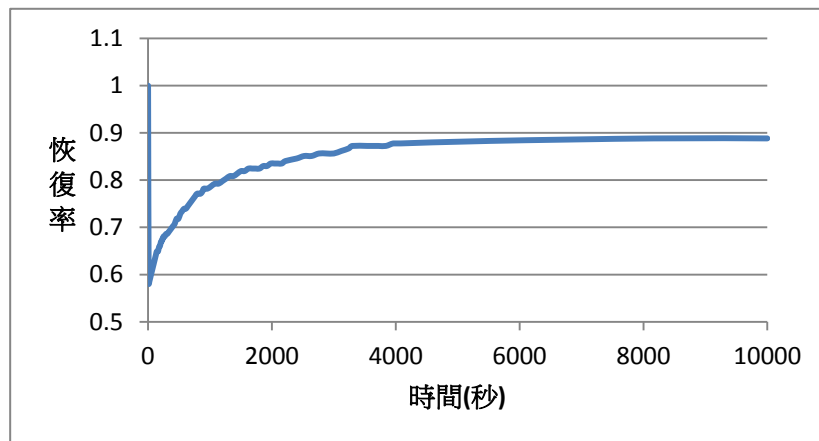
$\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 5 : 1 製作的薄膜退色恢復率圖，從圖上我們得知最後恢復率為 71.09%。

#### 第四部分：探討銅離子在變色薄膜中的功用

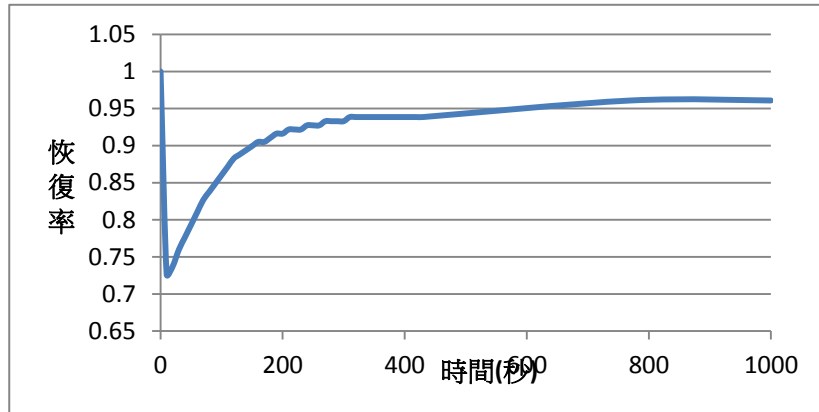
我們從文獻上得到，變色眼鏡退色的機制就是取決於銅離子，會與銀原子進行氧化還原，而將變黑的眼鏡退色，所以我們想要去討論是否銅離子有無此功效嗎？我們設計一組實驗，利用鹽酸和氯化鈣來代替氯化銅，選取鹽酸和氯化鈣的原因有兩的，一為兩者皆能提供氯離子和硝酸銀發生沉澱；二為鹽酸沒有提供金屬離子，氯化鈣則是提供鈣離子，我們可以討論如果用非過渡金屬離子，對於退色有無影響。下圖為實驗的圖。



此圖為 0.03M 的硝酸銀與氯化銅，以 10:1 的比例製做薄膜。恢復率 86.71%。



此實驗為 0.03M 的硝酸銀和 0.06M 的鹽酸製做的薄膜。恢復率 88.83%。

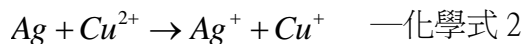
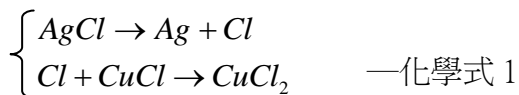


此實驗為 0.03M 的硝酸銀和氯化鈣製做的薄膜。恢復率 96.01%。

## 陸、討論

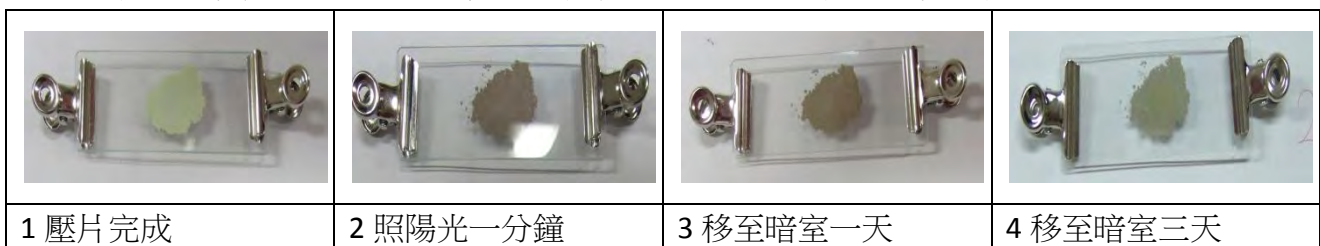
### 第一部分：探討變色眼鏡變色原因及機制

從我們找的資料得知，變色鏡片在鏡片製造過程中，預先摻進了對紫外線敏感的物質——鹵化銀，加入氯化銅當催化劑，使得變色鏡片的變色速率及褪色速率都獲得很大提升，眼鏡片從透明無色變成淺灰茶褐色，再從黑眼鏡變回到普通眼鏡，都是鹵化銀變化的原因。在變色鏡的鏡片材質裡有和感光膠片的曝光成像十分相似的，變化過程是鹵化銀見光分解變成許許多多黑色的銀微粒(化學式 1)，均勻地分佈在鏡片裡，鏡片因此顯得暗淡，阻擋光線通行這就是顏色變深的原因。而和感光膠片情況不一樣的是鹵化銀分解後生成的銀原子和鹵素原子依舊緊緊的在一起，加入氯化亞銅的目的就是要讓銀原子和氯原子結合的逆反應降低，原因是亞銅離子搶先和氯原子產生氯化銅，當回到稍暗一點的地方，銀原子在氯化銅氧化作用下，銀和鹵素重新化合生成鹵化銀，鏡片又重新變得透明，由文獻一得到，變色鏡片的變色速度和深淺程度與紫外線強度和周圍溫度有關，紫外線越強變色速度越快，反之速度越慢，周邊溫度越高，鏡片顏色略淺，反之顏色略深。而化學式 2 我們抱持懷疑的態度，等到第四部分我們在加以討論。



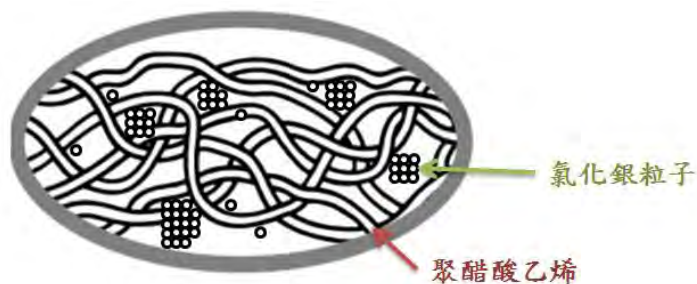
壓片：在做完固態壓片的實驗後，發現了幾個缺點：

1. 因粉末是固體本身不透光，會完全阻擋陽光，不符合功用。
2. 雖然我們用研鉢研磨粉末，但粉末還是太大，因而導致反應速度慢、褪色速度慢。
3. 我們的目標是可以服貼在窗戶上，阻擋陽光，故與我們的目標不符合。



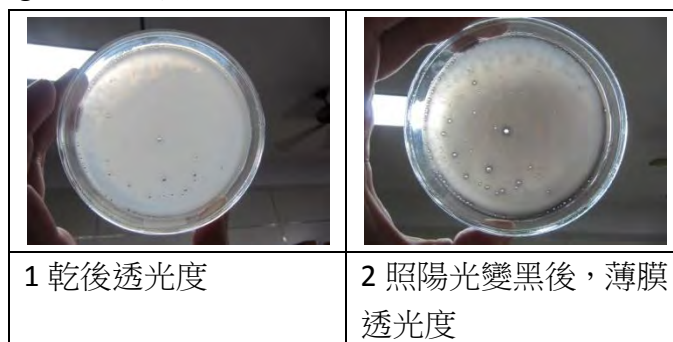
## 第二部分： 探討如何改進變色的效果

從壓片的結果我們得到變色的效果不是很好，而且壓片是一個不透光的薄膜，並不符合我們的目標，所以我們嘗試去製作出一個近奈米氯化銀的透光薄膜(下圖一)，去克服壓片的缺點。我們改用保麗龍膠代替變色眼鏡的玻璃，接著利用硝酸銀( $\text{AgNO}_3$ )和氯化銅( $\text{CuCl}_2$ )溶液混合後，銀離子與氯離子產生沉澱反應，會生成氯化銀顆粒，而且在保麗龍膠當作材料下，這些顆粒會被侷限在奈米大小如下圖，更能增快變色速率，保麗龍膠乾後，這軟式的薄膜會透光，拿出去照太陽後，氯化銀會解離產生銀原子，使得薄膜變黑(下圖 2)，達到遮光的效果，所以軟式變色薄膜克服了壓片法的缺點。

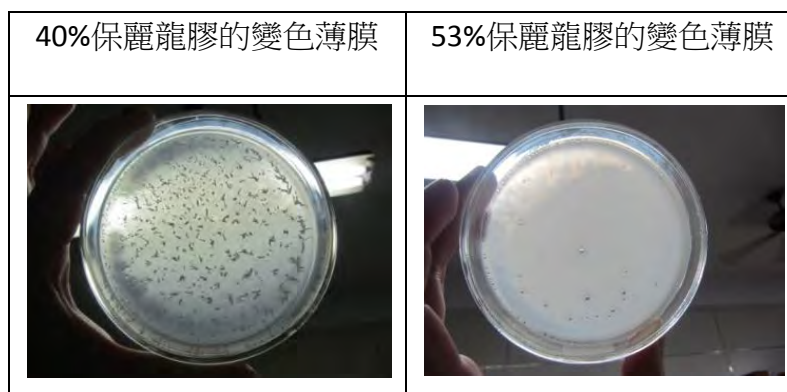


合成硝酸銀粒子示意圖

$\text{Ag}^+:\text{Cu}^{2+}$  莫耳數=10:1



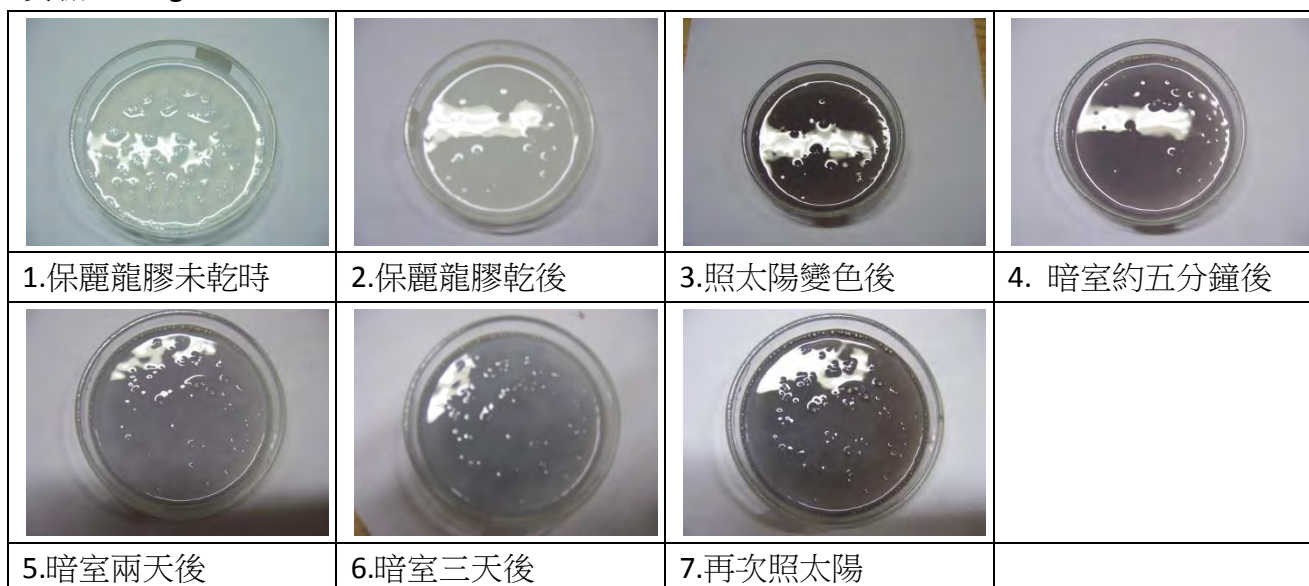
一組保麗龍膠體積百分濃度是 40%和另一組為 53%，發現保麗龍膠濃度低時，白色的氯化銀整個沉澱出來，但 53%保麗龍膠時，氯化銀就會分布均勻，我們覺得這是因為，53%保麗龍膠因為濃度比較濃，所以聚合物間的空隙較為緊密，所以可以限制住氯化銀沉澱的空間，當濃度低時，氯化銀就會直接沉澱聚集起來。所以保麗龍膠的濃度也是重要關鍵。



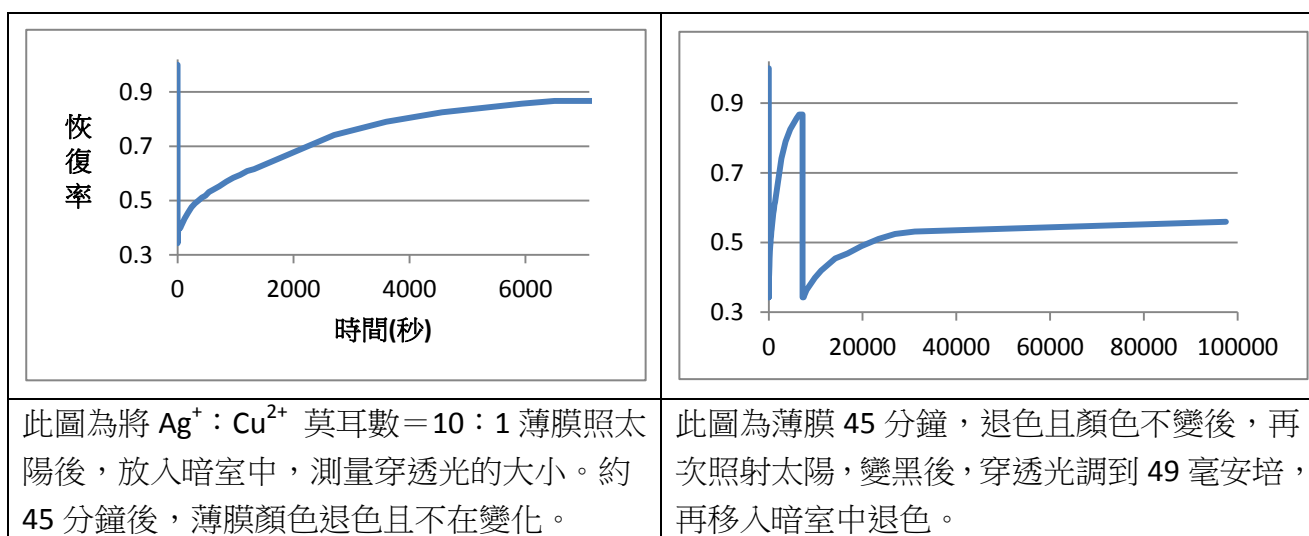
### 第三部分：研究變色薄膜

從第二部分，我們得到了寶貴的訊息，可以利用保麗龍膠做成變色薄膜，我們把氯化銅跟硝酸銀各自加入酒精，攪拌均勻，分別倒入保麗龍膠裡，再攪拌均勻，使其變成液體，因此可透光。我們將硝酸銀加入酒精，攪拌均勻，倒入保麗龍膠，在快速攪拌後，加入氯化銅，使之產生沉澱反應，與氯化銅結合成很小顆的氯化銀，故比固態壓片反應來的快。最後我們找出最佳藥品比例銀：銅 = 10：1，這組反應較明顯，且褪色快，也可重複使用，例實驗二圖 6 到圖 7，所以我們的實驗成功了！

實驗二： $Ag^+ : Cu^{2+} = 10 : 1$



因為我們發現  $Ag^+ : Cu^{2+}$  莫耳數 = 10：1 效果最好，於是我們想利用簡易的光路去測量，但是上述的實驗氯化銀沉澱的量太多，造成光路測量上的問題，所以我們決定降低硝酸銀和氯化銅的濃度到 0.03M，經過我們測量的結果，當光路校正和最佳化好後，讀出去數據是 215 毫安培，將我們未變色透明的薄膜放上去測量，得到 145 毫安培，所以我們得到我們未變色薄膜的穿透率為 67.44%。穿透率除了跟氯化銀濃度有關，也會與培養皿玻璃和薄膜厚度有關，所以我們認為 0.03M 是我們最適合的濃度。下圖為我們檢測的實驗圖



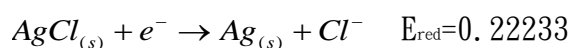


$\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1 的變色薄膜，第一次變黑時，退色的恢復率為 86.71%，但是第二次變黑後，退色的恢復率卻下降到 55.49%。我們認為這與銀粒子顆粒的大小有關，一開始照陽光變黑時，氯化銀分解成銀，此時因為保麗龍的限制效果較弱，銀會聚集起來變得越來越大，所以第一次恢復時，雖然恢復率高達 86.71%，但是氯化銀的顆粒已經變大，則會讓第二次退色的效果變弱許多，因此恢復率卻下降到 55.49%。

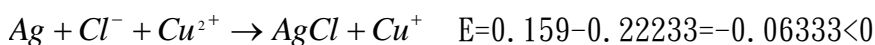
我們從第二部分  $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 15:1、10:1 和 5:1 的恢復率圖中，恢復率依次為 73.95%、86.71% 和 71.09%。所以我們從恢復率得到  $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1 恢復率最高。從實驗數據比較，我們得到  $\text{Ag}^+ : \text{Cu}^{2+}$  莫耳數 = 10 : 1 的薄膜，合成的氯化銀顆粒可能比較小，而讓恢復率較高。

#### 第四部分：探討銅離子在變色薄膜中的功用

我們對於文獻中提到的銅離子幫助退色的機制有些懷疑，我們從第四部分實驗中，我們得到將氯化銅改為氯化鈣和鹽酸後，雖然沒有加入銅離子，但是也是會退色，反而變得退色效果更好，尤其是加入氯化鈣恢復率高達 96.01%，而退色的快慢也是氯化鈣最好，我們開始懷疑文獻上的資料，我們詢問老師的意見，老師給我們他的解釋，雖然老師說這些不是國中的範圍，但是讓我們參考看看，老師說他查一下還原電位表，得到兩個還原電位為：



所以如果要和文獻中銅離子要和銀原子氧化還原，如此化學式表示



如果  $E < 0$  則為一非自發反應，也就是說必須要有能量才能發生。所以說退色的主要原因可能不是銅離子的關係。反而退色可能是氯化銀分解的逆反應，氯化銀吸收紫外線能量才能分解成氯原子和銀原子，但是氯原子非常不穩定，當移入暗室時，我們猜想氯要得到電子才會穩定，此時最適合丟電子只有銀原子，所以最後會形成氯離子和銀離子，也就是逆反應回去，因而造成退色。

而對於為何氯化鈣會最好的原因，我們猜想可能原因有兩，可能加入氯化鈣的薄膜，氯化銀的顆粒會最小，而造成退色的效果最好，或著我們猜想第二個原因是，氯化銀分解變成氯原子時，氯原子可能會與銅離子產生錯合物，而讓退色的逆反應降低，但是鈣離子沒辦法形成錯合物，所以不影響逆反應，這些都是我們想可能會影響的原因。

## 柒、結論

我們從變色眼鏡裡得到了靈感，想把變色的機制衍生運用，希望可以製作出一個變色薄膜，就可以輕鬆把它應用在我們教室的窗戶上，只需要塗抹在玻璃表面上，就可以輕鬆的擋住陽光，當不需要時或髒了，只要輕輕的撕下，在塗上新的就可以再次擁有乾淨的遮陽物品，希望我們能成功做出美好又方便的遮陽最佳物品。我們大致分為三部分討論，分別為第一部分：探討變色眼鏡變色原因及機制、第二部分：探討如何改進變色的效果、第三部分：研究變色薄膜去做探討。

從**第一部分：探討變色眼鏡變色原因及機制**，我們將變色眼鏡中，變色機制的主要兩個藥品氯化銀(AgCl)，和氯化亞銅(CuCl)，混合均勻，利用兩片載玻片壓成片狀。但是從圖片裡的顏色變化，我們覺得顏色退色的速度並不是很快，也就是表示壓片的方式不是有效率。不透光的性質，而不符合我們的目的，且變黑和退色的速度都太慢，所以我們改由軟式變色薄膜的製作方式去克服壓片缺點，所以我們從第二部分中去探討改進變色的效果。

**第二部分：探討如何改進變色的效果**，從壓片的結果我們得到變色的效果不是很好，而且壓片是一個不透光的薄膜，並不符合我們的目標，所以我們嘗試去製作出一個近奈米氯化銀的透光薄膜，去克服壓片的缺點。我們改由軟式變色薄膜的製作方式去克服壓片缺點，軟式變色薄膜的製作方式，是先將配好的硝酸銀的乙醇溶液，倒入保麗龍膠裡，並且用玻璃棒攪拌，必須把硝酸銀和保麗龍膠均勻混合，接著是一個很關鍵的步驟，我們在氯化銅/乙醇溶液慢慢的滴入，滴入時也是用玻璃棒攪拌，攪拌七、八分鐘後，倒入培養皿中，放入一通風良好的暗室中，靜待保麗龍膠乾，就形成軟式變色薄膜。

### 第三部分：研究變色薄膜

而且在我們實驗過程中，我們得到最適合的  $\text{Ag}^+$  和  $\text{Cu}^{2+}$  比例是 10:1，利用這比例做出來的薄膜，變色的速度最快，而且可以重複使用，退色後，再照陽光會再變黑。如果  $\text{Cu}^{2+}$  的比例過高，做出來的薄膜會偏綠色，反而效果不佳。

我們降低硝酸銀和氯化銅的濃度到 0.03M，經過我們測量的結果，我們得到未變色薄膜的穿透率為 67.44%。照過陽光後，恢復率可以達到 86.71%，但是第二次照光，退色的效果就變不好，原因是銀會聚集在一起，使得退色後氯化銀顆粒變大，恢復率因此降低。

### 第四部分：探討銅離子在變色薄膜中的功用

我們將氯化銅改為氯化鈣和鹽酸，討論銅離子退色的功用，我們從實驗的數據，得到我們結果與文獻的資料不符合，反而我們利用氯化鈣合成的，效果比氯化銅更好，也就是我們認為退色的主要原因，不是因為銅離子氧化銀原子，而是氯化銀分解的逆反應。我們最後覺得氯化銀顆粒的大小是決定退色效果的主要因素。

## 捌、未來展望

我們雖然軟式變色薄膜都符合我們想要達到的目標，但是有一些缺點必須要克服，例如：薄膜透光度要增加、退色的速度更快。我們認為要克服這些缺點，要找到一個更適合聚合物材料，不僅要透光，而且要幫助合成出奈米的氯化銀粒子。

## 玖、參考資料及其他

1. 益智化學—劉廣定主編，光色鏡片
2. Advances in Materials Science and Engineering ,Volume 2012, Article ID 784202, 4 pages
3. Progress in Polymer Science 36 (2011) 127 – 167

## 【評語】 030216

本作品添加銀離子於壓克力溶液中探討薄膜之變色，實驗之施作與數據精確，仍需思考其理論與應用配合，已屬高水準之作品。