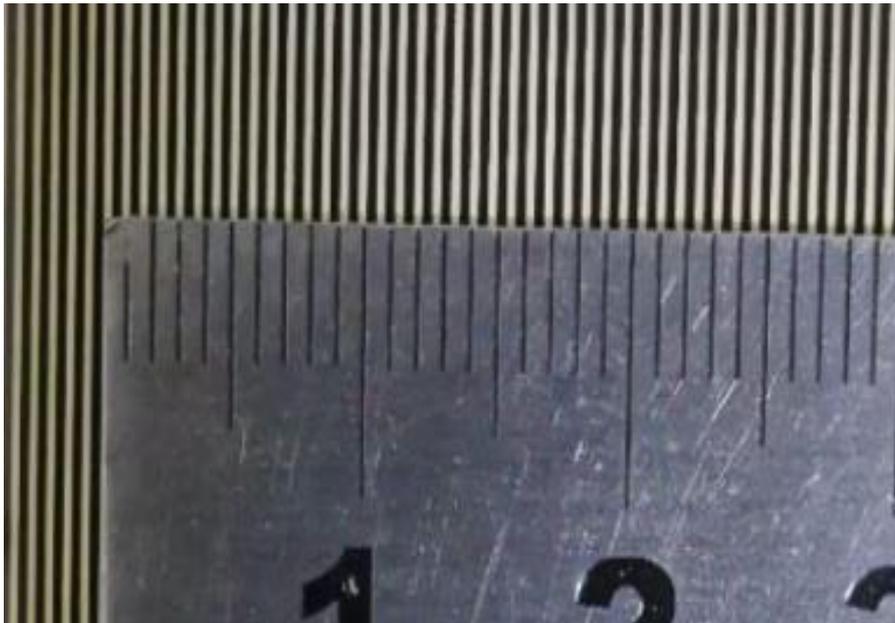


新北市土城區土城國民小學 112 學年度獨立研究成果

「柵」「片」集團一
探討不同光柵對於透光率與
可視效果的影響



研究領域:自然類

指導老師:徐意婷 老師

研究者:郭允亮 撰

中華民國一百一十三年四月

摘要

本研究在於了解防窺片的結構與實驗不同間距的莫爾線條、不同角度與間距的百葉窗光柵和不同型號的市售防窺片對於透光率及可視效果的影響。

我不喜歡別人窺探我的電腦與隱私，在一次偶然的機會中我看到爸爸的電腦有貼防窺片，從旁邊就看不到螢幕，因此激起了我對防窺片的好奇心，於是便展開了這一連串對防窺片的研究。

首先，我著手觀察了解防窺片的原理和結構，接著依照操作變因與控制變因，布置實驗。本研究主要分三個實驗的方式來進行，比較不同莫爾線條密度、不同百葉窗光柵角度和密度。

經過實驗後結果如下：當莫爾線條透光寬度增大，量測出來的亮度也較亮；當百葉窗光柵角度小於 45 度，此時的透光率為 0.0，幾乎沒有透光，無論距離遠近，葉片與螢幕的夾角越小，可視範圍就越小；當夾角小於 45 度時，已經遮蔽了使用者的視線，所以大於 45 度的光柵比較適合做成防窺片。

對於本研究我建議要先找到製作更精密實驗模型的方法，再開始進行實驗，才能在實驗中得到更精確的實驗數據。

關鍵詞：光柵、透光率、可視效果

目錄

摘要.....	3
目錄.....	5
壹、緒論.....	7
一、研究動機.....	7
二、研究目的.....	7
貳、文獻探討.....	9
一、防窺片.....	9
二、實際觀察.....	10
參、研究設計.....	13
一、實驗規劃.....	13
二、研究架構圖.....	14
三、研究步驟.....	15
四、研究方法.....	15
五、研究設備與材料.....	16
肆、實驗與結果.....	17
一、實驗一-莫爾線條光柵片不同透光間距對於透光率的影響.....	17
二、實驗二-百葉窗光柵片 不同葉片角度與間距對於透光率的影響.....	20
三、實驗三-百葉窗光柵片 不同葉片角度與間距對於可視角度的影響... ..	22
四、實驗四-市售片防窺片角度與間距對於透光率的比較.....	27
五、實驗五-百葉窗光柵片 不同葉片角度與間距對於可視角度的影響... ..	29
伍、結論與建議.....	31
一、結論.....	31
二、建議.....	32
陸、參考文獻.....	33
柒、研究心得.....	35

壹、緒論

一、研究動機

在我三年級暑假，媽媽幫我報名了夏令營，當時因為新冠疫情的緣故，採線上的方式上課，線上課必須使用到筆記型電腦，當我在使用的時候，安親班同學們都會過來圍觀，很好奇我在做什麼，我正在上課，他們卻總是同時在一旁東問西問或偷偷從旁邊看，讓我一直被打擾感到很煩惱，所以當我看到爸爸的筆記型電腦螢幕有貼防窺片，覺得好符合我的需求，也讓我好奇為什麼防窺片可以防窺？

二、研究目的

- (一) 了解防窺片的原理。
- (二) 探討防窺片的結構。
- (三) 測出莫爾線條光柵片不同間距對於透光率的影響。
- (四) 依照防窺片的結構與原理自製模型。
- (五) 測出百葉窗光柵不同角度與間距對於透光率及可視效果的影響。
- (六) 比較市售防窺片不同型號對於透光率及可視效果。

貳、文獻探討

一、防窺片

光具有波動性，我用顯微鏡觀察防窺片之後，發現防窺片是由許多細小的黑色隔板構成，基於好奇心，我上網查詢了一些有關防窺片的資料，是運用了「偏極光原理」，也就是「百葉窗技術」，來達到防窺的效果，讓使用者不需要擔心旁人偷看自己的隱私。

(一)原理

光是一種電磁波，具有直進性，並且在接觸到不同介質是會產生反射與折射。

(二)結構

百葉窗技術也稱光柵，光前進時會以不定向振動，碰撞到玻璃等平面後反射出的光會偏極化，因此變成刺眼的偏極光是各個方向的振動波混合而來的，只要透過偏光片來過濾光線，就能得到單一振動方向的光。在保護貼防窺層中出設計出許多間隔非常小的細紋，透過這樣的設計讓螢幕兩側反射出去的光變得很微弱，讓螢幕兩側的人看不清楚螢幕內容，唯有從手機正面直視螢幕才能看清楚螢幕內容。

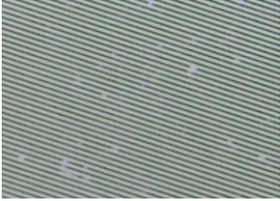
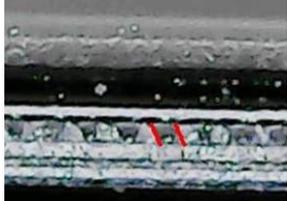
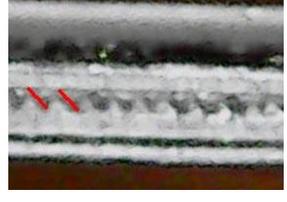
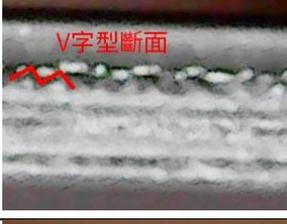
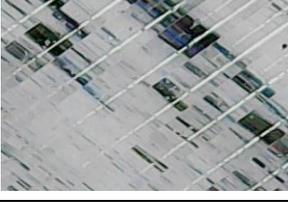
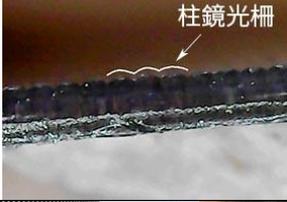
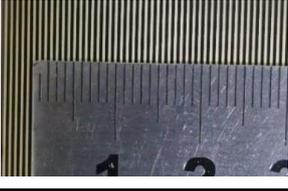
(三)市售角度

市面最低可視角度為「50度」，是市面上最低的可視角度，防窺效果最佳。

二、實際觀察

我使用顯微鏡觀察光柵後發現，不同角度和類型的光柵有著些微的差異，如下：

表 2-1 實際觀察結果

編號及角度(款式)	正面	側面	正面照片	側面照片
506-24 28 度	條紋狀	條紋狀		
106-24 25 度	條紋狀	條紋狀		
606-24 360 度	網格狀	V 字形		
柱鏡光柵	柱狀	波浪狀		
莫爾線條	條紋狀	平面		

1. 上圖顯示，編號 506-24、編號 106-24 之光柵和莫爾線條，正面皆為條紋狀。側面來看編號 506-24 和編號 106-24 有角度，而莫爾線條則是平面。
2. 編號 606-24 號稱 360 度頂配防窺版，正面呈現網格狀，側面則呈現 V 字形。

3. 柱鏡光柵是由很多凸透鏡組合而成的，將至少兩個圖片切割成條狀，並將其交錯擺放至柱狀凸透鏡後方。眼睛形成「雙眼視差」，所以看起來像3D。

根據以上文獻探討，我想要研究的方向是針對光柵的角度與密度對透光率和可視效果的影響。市面最低可視角度 PERSKINN 防窺系列的可視角度為「50度」，是市面上最低的可視角度，防窺效果最佳。

參、研究設計

一、實驗規劃

(一)研究的實驗環境規劃:

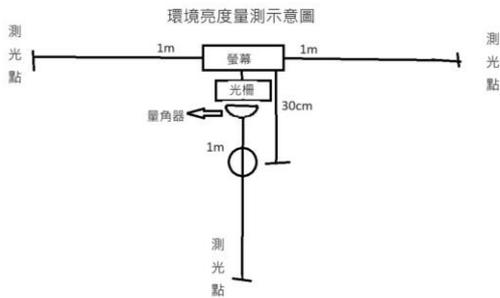


圖 3-1 環境量測示意圖 1

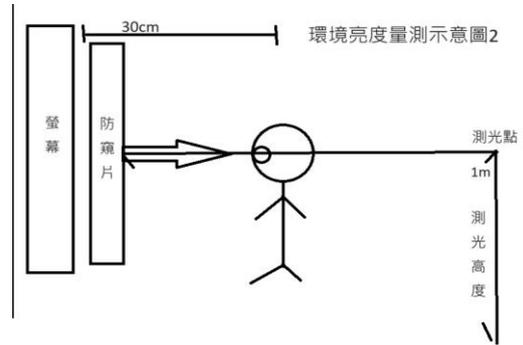


圖 3-2 環境量測示意圖 2

(二)莫爾線條光柵片的規格:

1. 線條寬度 0.35mm
2. 線條間距(共 5 種)0.35mm 0.5mm 0.65mm 0.8mm 0.95mm



圖 3-3 莫爾線條光柵片

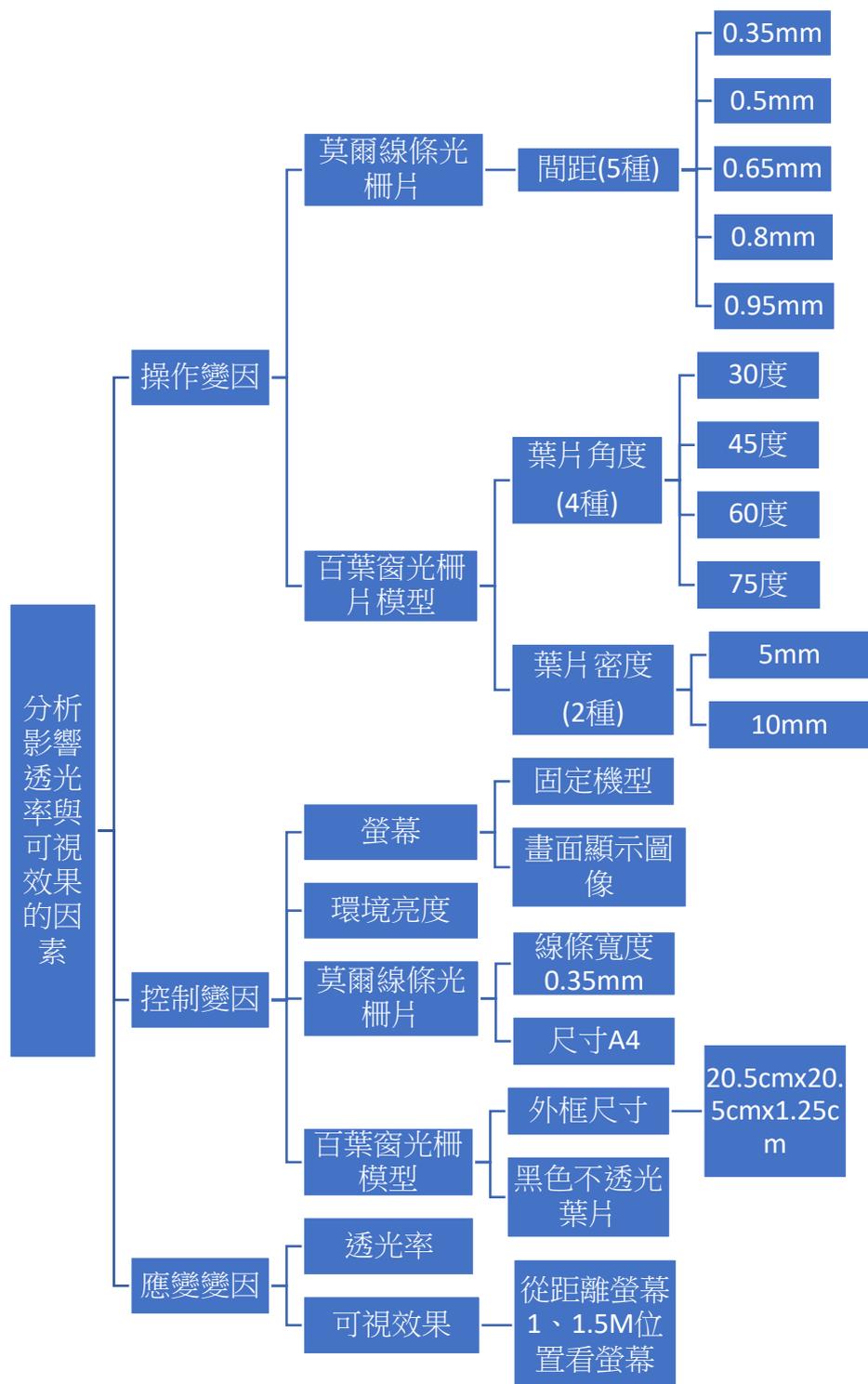
(三)自製百葉窗光柵片:

1. 不同葉片角度(共 5 種)30 度 45 度 60 度 75 度 90 度
2. 不同葉片密度(共 2 種間距) 1.25mm 1.75mm



圖 3-4 自製的百葉窗光柵 1 圖 3-5 自製的百葉窗光柵 2

二、研究架構圖



三、研究步驟

- (一)決定研究主題。
- (二)了解防窺片的原理。
- (三)查詢名詞釋義。
- (四)探討防窺片的結構。
- (五)蒐集材料。
- (六)比較防窺效果。
- (七)分析研究方法與研究過程。
- (八)準備實驗設備及材料。
- (九)製作研究計畫發表簡報。
- (十)自製百葉窗光柵。
- (十一)進行實驗。
- (十二)將實驗結果進行探討並完成。

四、研究方法

(一) 資料蒐集法

我上網搜索了一些有關防窺片和光柵片的資料。過程中，我發現許多網友及同學都不是很了解「防窺片」是什麼，使我在查詢時更加仔細，也查詢了非常多各式各樣跟我的研究有關的資料，並從中獲得許多有效的資料。

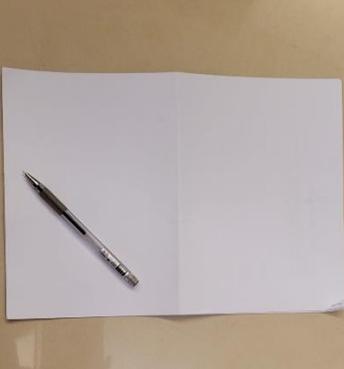
(二) 實驗法

我總共會做三大項實驗，分別是：莫爾線條光柵片不同間距對於透光率的影響、自製百葉窗光柵不同角度對於透光率及可視效果的影響和市售防窺片對於透光率即可視角度的影響。將莫爾線條光柵片依次橫放至螢幕前以及垂直交疊放置螢幕中心，再從距離螢幕 30cm 處用數位照度計測量此光柵片的透光率，並加以記錄。將自製的百葉窗光柵依次放上螢幕，分別從距離螢幕 1m 和 1.5m 處使用量角器測量可視效果，並加以記錄。

五、研究設備與材料

(一) 實驗設備

表 3-1 實驗設備：

名稱	捲尺	鐵尺、量角器	線
照片			
名稱	螢幕： DESKTOP-SVTULU4	莫爾線條光柵片	數位照度計
照片			
名稱	紙、筆	螢幕： ViewSonic VX2235wm	自製光柵片
照片			

肆、實驗與結果

一、實驗一-莫爾線條光柵片不同透光間距對於透光率的影響

(一)控制變因:

1. 螢幕型號:DESKTOP-SVTULU4。
2. 使用畫面: 飛利浦圖案 電視機測試卡 PM5544:

1968 年由飛利浦電視實驗室首席工程師 Erik Helmer Nielsen 設計，是全球最常用的電視測試卡之一。



圖 4-1 電視測試卡:

3. 照度計型號:SEA TTOOLS ME:3216146
4. 環境亮度: 0 LUX

(二)操作變因

1. 量測基準:

地面以上 85cm，桌面距離 12.5cm，螢幕距離 30cm (約螢幕正中心位置)

環境設置			
照片			

2. 黑色條紋寬度:0.35mm (訂製品細度 製作極限)

3. 透光寬度:0.35mm，以 0.15mm 為級距向上增加，共五個階段:0.35mm、0.5mm、0.6mm、0.8mm 以及 1.05mm。

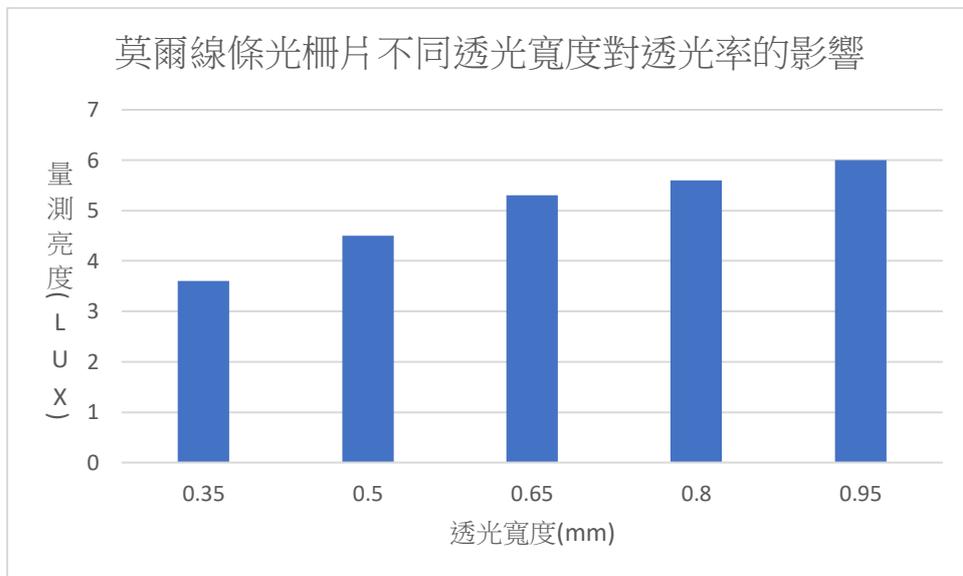


(三)實驗結果:

表 4-1 莫爾線條光柵片不同透光寬度對透光率的影響:

莫爾線條光柵片 規格 A4	透光寬度 (mm)	量測亮度 (LUX)	實驗照片
無光柵片	原始亮度	10.2	
黑色條紋 線寬 0.35(mm)	0.35	3.6	
	0.5	4.5	
	0.65	5.3	
	0.8	5.6	
	0.95	6	
莫爾線條光柵片 同間距垂直交疊 形成網格狀	0.35x0.35	1.0	
	0.5 x0.5	2.0	

	0.65 x0.65	2.8	
	0.8 x0.8	3.1	
	0.95x0.95	3.7	



(四)討論

當透光寬度增大，量測出來的亮度也較亮，因此可以了解線條密度確實會對螢幕亮度有所影響，而且並不會因為透光寬度有規律地增加，亮度大小就有呈現規律遞增。然而透光寬度 0.35 和 0.5 以及 0.5 和 0.65 的透光數值的增加量接近，0.65 和 0.8 與 0.8 和 0.95b 的增值相近。因此我認為可能存在著某種規律。

市售防窺片有號稱 360 度防窺的，是以網格狀呈現，因此我做也做實驗來驗證網格狀對的透光率影響，實驗結果確實有因透光寬度增加而增加，但增加量並沒有規律。

二、實驗二-百葉窗光柵片不同葉片角度與間距對於透光率的影響

(一)控制變因:

1. 螢幕型號: DESKTOP-SVTULU4。
2. 使用畫面: 菲利浦圖案 電視機測試卡 PM5544。
3. 照度計型號: SEA TTOOLS ME:3216146。
4. 環境亮度: 0 LUX。

(二)操作變因

1. 量測基準:

地面以上 85cm，桌面距離 12.5cm，螢幕距離 30cm (約螢幕正中心位置)。

2. 自製模型固定規格外框尺寸:

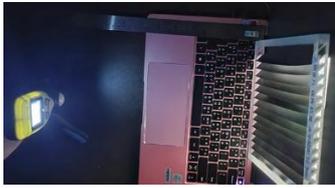
長 20.5cm x 寬 20.5cm x 高 1.25cm。

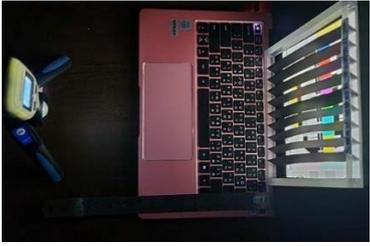
3. 變化 黑色葉片間距及角度:

間距 1.25cm 從 30° 開始 以 15 度為級距 分作 30° 45° 60° 75° 90° 五個階段，間距 1.75cm 也是如死。共計 10 個模型。

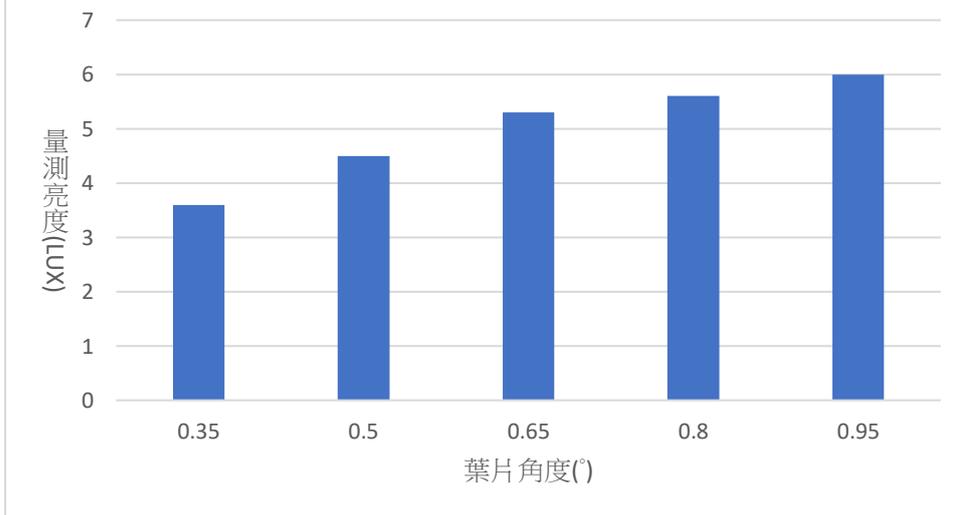
(三)實驗結果:

表 4-2 不同角度的自製百葉窗光柵對於透光率的影響:

葉片 間距 (mm)	1.25		1.75	
葉片 角度 (°)	量測 亮度 (LUX)	實驗照片	量測 亮度 (LUX)	實驗照片
30	0.0		0.0	
45	0.0		0.0	

60	2.2		2.4	
75	4.0		3.6	
90	5.0		5.0	

百葉窗光柵片不同葉片角度與間距對於透光率的影響



(四)討論

百葉窗光柵自製模型外框尺寸 長 20.5cm x 寬 20.5cm x 高 1.25cm。我在做實驗前，原先假設 30 度的百葉窗光柵可能有機會透光，但實驗後證實，當角度小於 45 度(包含 30 度)，此時的透光率為 0.0，因為角度過小，將所有的光源擋住，因此才呈現此結果，反之當葉片與螢幕夾角越大時，透光亮度越大。所以我發現，葉片角度會影響透光率數值的大小，且沒有等比例增加。不同葉片間距的寬度對透光率的影響，也沒有關連性。然而當葉片垂直於螢幕時，葉片間距對透光亮度影響較小。

三、實驗三-百葉窗光柵片不同葉片角度與間距對於可視角度的影響

(一)控制變因:

1. 螢幕型號: ViewSonic VX2235wm。
2. 使用畫面: 菲利浦圖案 電視機測試卡 PM5544。

(二)操作變因

1. 量測基準:

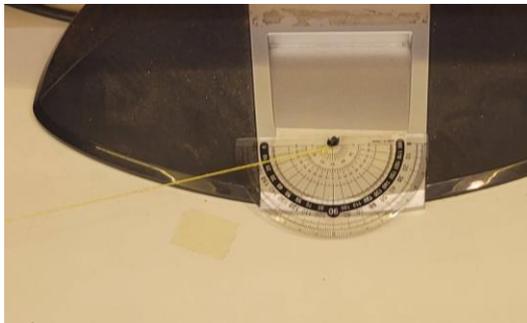
地面以上 100cm(約使用者坐姿使用螢幕視覺高度) 螢幕正前方 30cm 處。

2. 自製模型固定規格外框尺寸:

長 20.5cm x 寬 20.5cm x 高 1.25cm。

3. 變化 黑色葉片間距及角度:

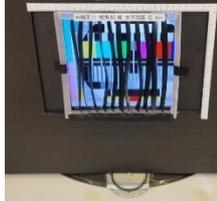
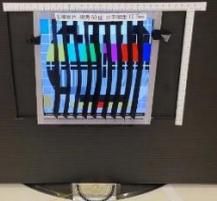
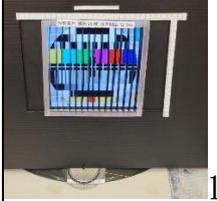
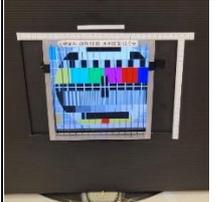
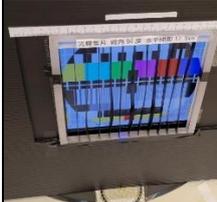
間距 1.25cm 從 30° 開始 以 15 度為級距 分作 30° 45° 60° 75° 90° 五個階段, 間距 1.75cm 也是如死。共計 10 個模型。並以螢幕為圓心, 以 100cm 及 150cm 兩種距離作量測實驗。

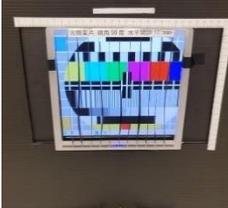
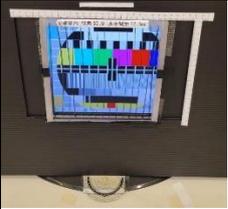
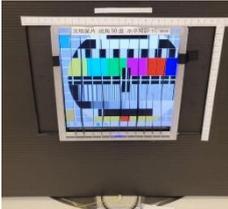
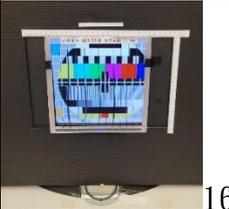


(三)實驗結果:

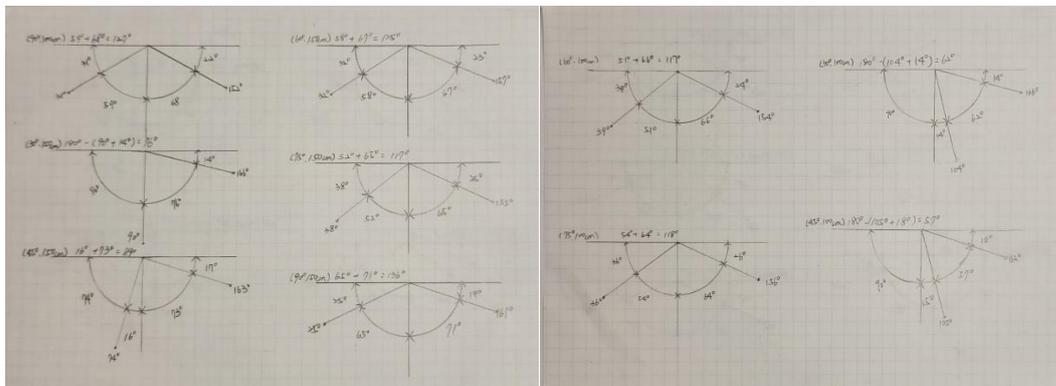
表 4-3 不同角度與間距的自製百葉窗光柵對於可視角度的影響:

葉片 間距 (mm) 葉片 角度 (°)	1.25		1.75	
	起始	終止	起始	終止
30	 104	 166	 90	 166

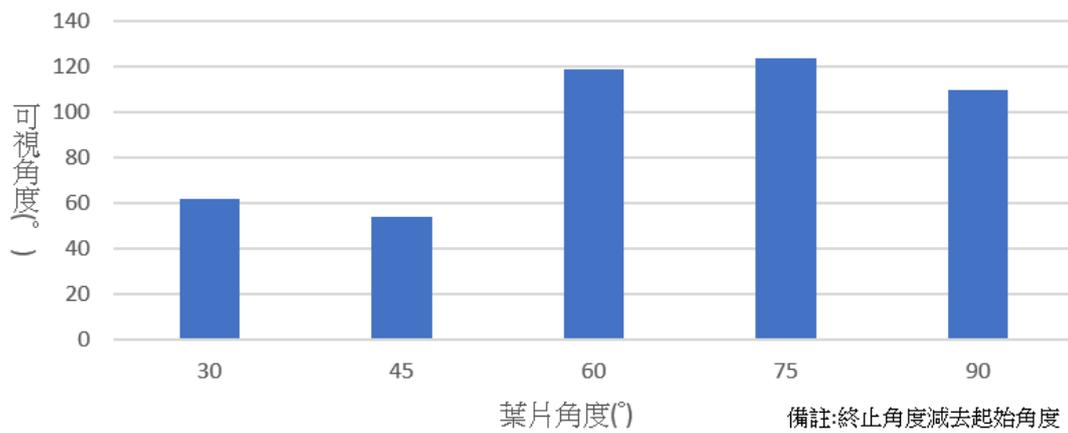
45				
	108	162	64	163
60				
	36	155	35	154
75				
	34	158	37	154
90				
	32	142	30	152
葉片 間距 (mm) 葉片 角度 (°)	1.25		1.75	
	起始	終止	起始	終止
30				
	104	166	90	166
45				
	105	162	74	163

60	 39	 154	 32	 157
75	 36	 156	 38	 155
90	 31	 152	 25	 161

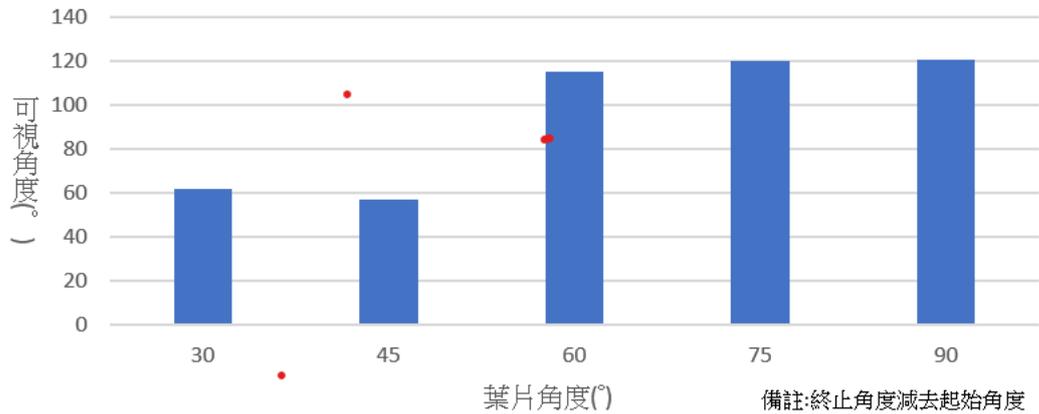
可視角度計算如下：



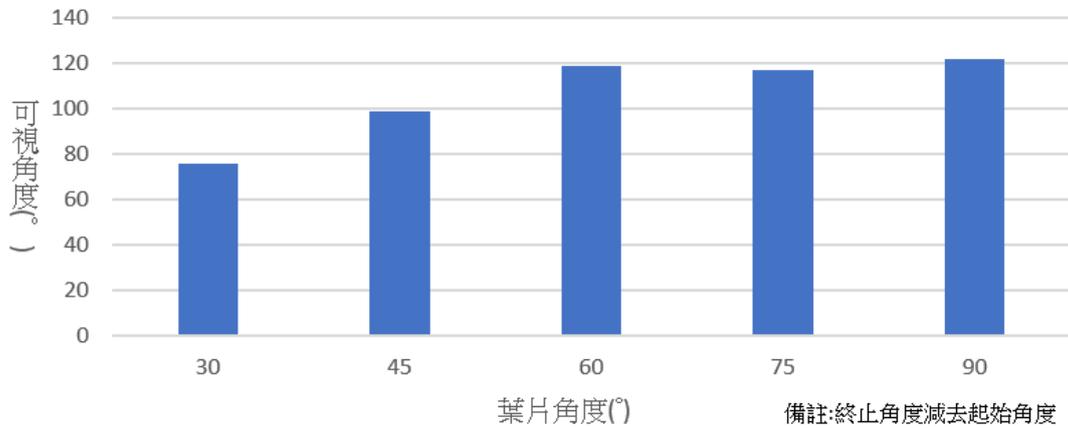
百葉窗光柵可視角度範圍比較
(葉片間距1.25mm、量測距離1m)



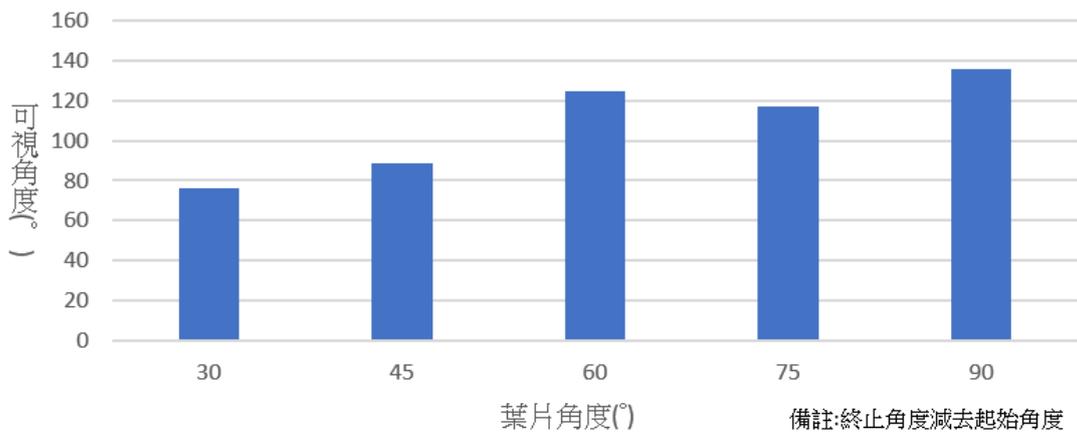
百葉窗光柵可視角度範圍比較
(葉片間距1.25mm、量測距離1.5m)



百葉窗光柵可視角度範圍比較
(葉片間距1.75mm、量測距離1m)



百葉窗光柵可視角度範圍比較
(葉片間距1.75mm、量測距離1.5m)



(四)討論

無論距離遠近，葉片與螢幕的夾角越小，可視範圍就越小(起始角度越大)。透過以上實驗，我發現當夾角小於45度時，已經遮蔽了使用者的視線，連使用者都無法看清，所以大於45度的光柵比較適合做成防窺片。

四、實驗四-市售片防窺片角度與間距對於透光率的比較

(一)控制變因:

1. 螢幕型號: DESKTOP-SVTULU4。
2. 使用畫面: 菲利浦圖案 電視機測試卡 PM5544。
3. 照度計型號: SEA TTOOLS ME:3216146。
4. 環境亮度 0 LUX。

(二)操作變因:

1. 量測基準:

地面以上 100cm(約使用者坐姿使用螢幕視覺高度) 螢幕正前方 30cm 處。

2. 市售防窺片三款:

- (1)型號一 :45 度 14 吋 防窺片。
- (2)型號二 :360 度 14 吋 防窺片(可視範圍 垂直螢幕中線 左右各 30 度)。
- (3)型號三 :28 度 14 吋 懸掛式防窺片。

補充說明:市售防窺片宣稱的可視角度是以垂直螢幕 90 度為起算點左右單邊的可視角度。

(三)實驗結果:

表 4-4 不同市售防窺片對於透光率的影響:

防窺片規格	量測亮度 (亮度單位 LUX)	實驗照片
型號一	3.2	
型號二	1.0	
型號三	2.5	

(四)討論

型號一的透光亮度最亮，而型號二則最暗。我推測是因為型號二是 360 度防窺，而且市售的防窺片都有加一些像是抗藍光的鍍膜，因此才會最暗。

五、實驗五-市售片防窺片角度與間距對於可視角度的影響

(一)控制變因:

1. 螢幕型號: ViewSonic VX2235wm。
2. 使用畫面: 菲利浦圖案 電視機測試卡 PM5544。

(二)操作變因:

1. 量測基準:

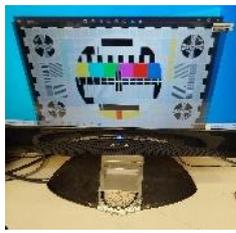
地面以上 100cm(約使用者坐姿使用螢幕視覺高度) 螢幕正前方 30cm 處，並以螢幕為圓心，用 100cm 及 150cm 兩種距離作量測實驗。

2. 市售防窺片三款:

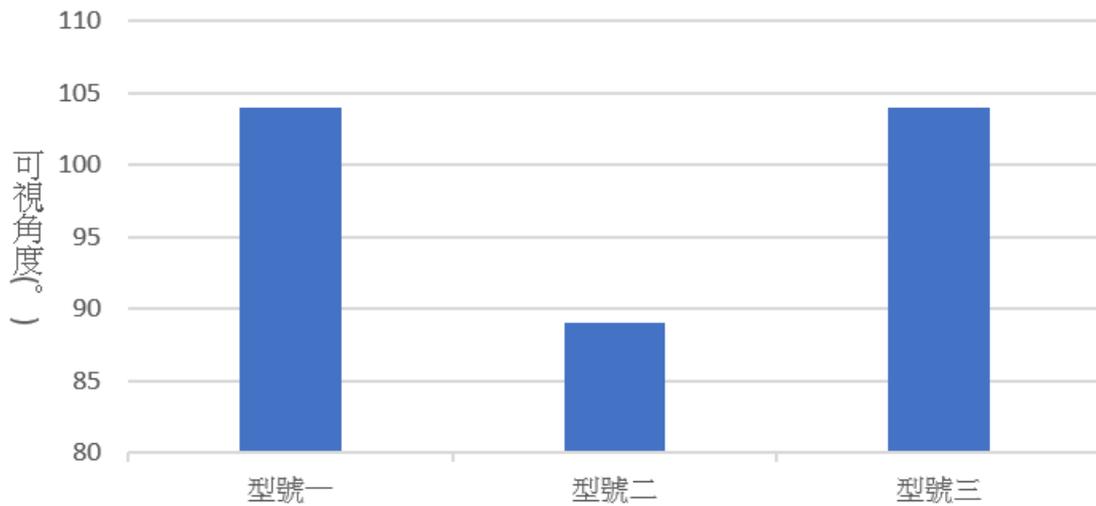
- (1)型號一 :45 度 14 吋 防窺片。
- (2)型號二 :360 度 14 吋 防窺片(可視範圍 垂直螢幕中線 左右各 30 度)。
- (3)型號三 :28 度 14 吋 懸掛式防窺片。

(三)實驗結果:

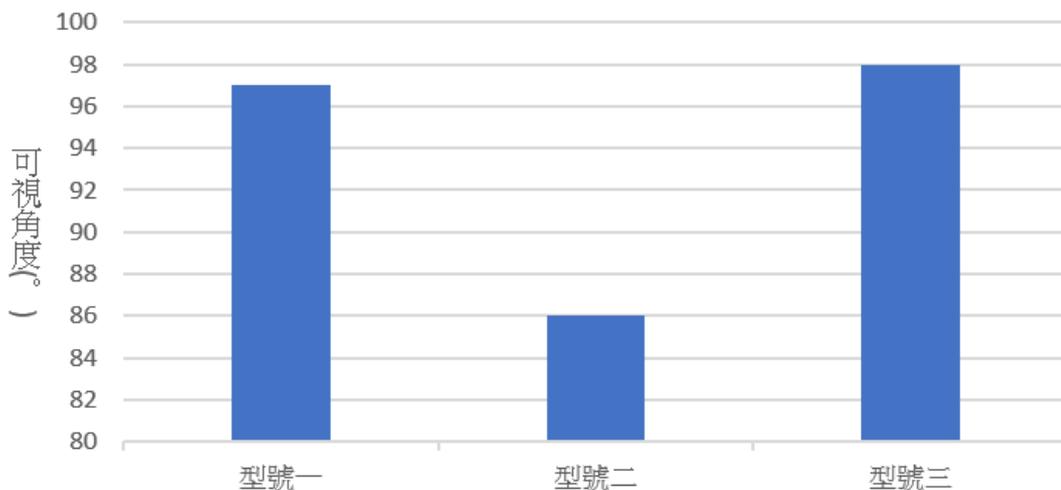
表 4-不同市售防窺片對於可視角度的影響:

防窺片規格	100cm		150cm		100cm
	可視角度起點	可視角度終點	可視角度起點	可視角度終點	上方可視角度
型號一	36° 	140° 	38° 	135° 	X
型號二	45° 	134° 	45° 	131° 	58°
型號三	40° 	144° 	42° 	140° 	X

百葉窗光柵可視角度範圍比較
(量測距離1m)



百葉窗光柵可視角度範圍比較
(量測距離1.5m)



(四) 討論

型號一: 宣稱可視角 45 度，與量測結果相近。

型號二: 宣稱可視角 30 度，但量測結果顯示有 41 到 45 度，由於此防窺片是 360 度的，因此我加測從上方觀測，而下方因很少會有人從下方經過，所以沒測。上方測出角度為 58 度，雖然眼睛與螢幕的直線距離 1m，但實際眼睛要距離地板 182cm 左右才無法看到螢幕，而此時人與螢幕距離以不到 30cm，並不合乎正常使用範圍。

型號三: 宣稱可視角 28 度，但量測結果顯示有 50 至 54 度。

市售品與實際效果有落差的可能性。360 度的防窺片上下角度應縮減，才符合實際使用情境。

伍、結論與建議

一、結論

我經過整個研究後，發現以下幾點：

(一) 莫爾線條光柵片

1. 透光率

當莫爾線條的透光間距增大，能通過的光線較多，所以量測出來的亮度也較亮，是因為黑色線條會遮光，當黑色線條密度越高，遮蔽螢幕的光也會越多，與量測的結果相符合。

2. 可視角度

因莫爾線條光柵片的黑色線條是與螢幕平行的，沒有角度差異，因此忽略測量。

3. 實驗限制

我能印的線條最細只能 0.35mm，間距也是。所以沒有辦法追求更細緻的實驗數據。

(二) 自製百葉窗光柵

1. 透光率

當光柵葉片與螢幕平面的角度過小的時候，會將螢幕所有的光擋住，因此顯示光柵的透光率為「零」，反之當葉片與螢幕夾角越大時，透光亮度的數值越大，根據我們的實驗結果 45 度以下的光柵就完全遮蔽使用者視角，看不到螢幕，60 度以上則可以看得到，而且隨著角度增加，透光量越大。我發現，雖然葉片角度會影響透光率數值的大小，但是根據我的實驗沒有等比例增加；不同葉片間距的寬度對透光率的影響，也沒有明顯關連性。可能是我實驗模型角度和距離不夠細緻，無法更得到精緻的數據，用來排除誤差值。

2. 可視角度

無論距離遠近，葉片與螢幕的夾角越小，可視範圍就越小(起始角度越大)。

3. 實驗限制

受限於我們能做的實驗模型，只能用現有的材料製作，無法做得很小，所以只能得到比較初步的數據。

(三) 市售防窺片

1. 透光率：

型號一的透光亮度最亮，而型號二則最暗。我推測是因為型號二是 360 度防窺，而且市售的防窺片都有加一些像是抗藍光的鍍膜，因此才會最暗。

2. 可視角度

- (1) 型號一：宣稱可視角 45 度，與量測結果相近。
- (2) 型號二：宣稱可視角 30 度，但量測結果顯示有 41 到 45 度，由於此防窺片是 360 度的，因此我加測從上方觀測，而下方因很少會有人從下方經過，所以沒測。上方測出角度為 58 度，雖然眼睛與螢幕的直線距離 1m，但實際眼睛要距離地板 182cm 左右才無法看到螢幕，而此時人與螢幕的距離已經剩下不到 30cm，並不合乎正常使用範圍。
- (3) 型號三：宣稱可視角 28 度，但量測結果顯示有 50 至 54 度。
- (4) 市售品與實際效果有落差的可能性。360 度的防窺片上下角度應縮減，才符合實際使用情境。

3. 實驗限制

雖然市售防窺片的精密度很高，然而它是一個完整的高科技產品，我已經盡力找尋不同角度的百葉光柵防窺片，市售防窺片卻各有不同的鍍膜和密度，導致我量測透光率時，有太多變因，無法得到可參考數據。

二、 建議

我建議為想做關於防窺片的研究者，需要先找到製作更精密實驗模型的方法，才能在實驗中得到更精確的實驗數據。

陸、參考文獻

這 5 大防窺保護貼缺點令人困擾？選對高品質保護貼就沒問題！（2023）。AIDA Blog。取自：<https://aidalifestyleblog.com/privacy-filter-demerits/>

什麼是防窺膜—防窺膜的結構原理及作用(2018)。每日頭條。取自：<https://www.naughtyghost.com/blog/posts/how-do-privacy-filter-works>

防窺保護貼好用嗎？3 個層面一次解析(2023)。CHANGEi 橙艾創新。取自：<https://changei.shop/peep-protection-easy-to-use/>

柒、研究心得

獨立研究的主題是我在八月的時候想的，當時我對這個主題沒有什麼興趣，也不知道自己為什麼要選此主題。每當上研究課的時候，我總是一副心不在焉、懶懶散散的，讓徐老很頭疼，而且她問的問題沒一個答得上去，害她氣得火冒三丈、怒髮衝冠、七竅生煙，而且很傻眼，這個狀況一直持續到了十一月中旬。過程中，徐老一直建議我換主題，因為她看不到我對這個主題的熱情，雖然知道老師這樣一遍遍的嘮叨，是不想要我們做得很痛苦，然而我覺得做都做了，不想就此放棄，所以就痛苦的撐到了十一月。

十一月十五日這天，資優班請來了一位老師，她專門來聽我們的「獨立研究計畫發表」。輪到我的時候，我格外的緊張。因為每當我上台時，總是不想跟老師對到眼，感覺眼睛一對到，就有如掉進火坑裡，這讓我十分害怕不想上台。這次的發表我也是非常抗拒的，直到上台前的那秒，都還是不情不願。

終於在台上撐到了「評審講評」，評審稱讚我的主題很好、很新穎，讓我又增加了一點興趣。

在此事件之後，我「稍微」認真了一點，但上課還是一副不願意的態度，而且我也不願在早自修或午休的時候去加課，徐老告訴我如果不加課，就必須回家做，在家，我也是隻字不提這件事，直到……

媽媽問起我的獨立研究進度如何以及其他人的時，我才告訴她。中間我一度想要放棄獨立研究，但都被媽媽拒絕了，在那之後我每次假日就會到圖書館寫報告，媽媽坐在我旁邊，讓我時時刻刻緊張著，不敢掉以輕心，深怕下一秒就被罵，不過這也讓我的進度逐漸跟上大家。

雖然在過程中有時候會失敗，要想為什麼會失敗，還改變實驗方法重新嘗試，甚至追加更多實驗來驗證我想了解的問題，讓我覺得很苦惱，好像實驗一直做不完一樣。但隨著慢慢做實驗，得到的數據越來越多，實驗一步一步變得完整，我也漸漸感覺到做實驗自己找答案其實很好玩，是讓我很成就感的一件事，發現其實自己也蠻棒的。