

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

團隊合作獎

080506

太陽運行軌跡與太陽能板之製作

學校名稱：彰化縣溪湖鎮湖東國民小學

作者：	指導老師：
小六 郭育維	林雅敏
小六 蔡沛蓁	劉茹鎔
小四 蔡沅叡	
小六 蔡汶諺	
小四 蔡汶縈	
小六 粘家瑜	

關鍵詞：太陽運行軌跡、太陽能板、遮蔭迴路

摘要

近年來全球大力推廣太陽能發電，為了能夠更清楚了解，太陽能板為何會發電？我們從太陽運行軌跡來探討陽光之入射角四季之變化來進行模擬實驗與實際測量進行觀察變化的影響性。

在探訪彰濱太陽能廠及瞭解各種太陽能晶片的種類後，去測試比對各種影響因素(如：太陽能板傾角變化、溫度、灰塵、遮蔭)，從中尋找太陽能板平均最佳傾斜角度、保持最佳照度量、和影響太陽能板熱衰退的問題。研究發現，當陽光與太陽能板呈垂直照射時，發電量最佳，但是臺灣屬亞熱帶國家，日照時間長，熱能傳導到太陽能晶片後，會使晶片溫度逐漸升高，而引起熱衰退現象，導致太陽能板的發電量降低。

我們想做個輕、薄易攜帶、可折疊、高效率且不怕部分遮蔭的 DIY 太陽能板。

壹、 研究動機

一、 研究動機

近幾年全球各地，因地球氣候變遷造成許多天災與危機，搭著時光機再次回顧我們居住的地球，我們地球發生什麼事了？還記得自 2019 年 9 月澳洲野火不斷燒了近 5 個臺灣面積，超過 10 億隻動物命喪火窟；2020 年美國加州大火破該國紀錄，統計燒毀 315 萬英畝土地，造成的濃煙與霧霾，讓藍天變橘紅彷彿世界末日；2020 年 6 月，北極西伯利亞小鎮 38 度高溫造成嚴重大火，讓 1100 萬公頃的森林化為烏有。

這些國家看似離我們亞洲臺灣很遠，但這些災難都是發生在同一個地球上，從地球與生態科學角度，我們密不可分！因此，積極維護地球生態與環境保護是我們每一位地球公民應有的素養與責任。太陽能，是目前我們熟知的再生能源，不僅低汙染，無論在海上或陸地，皆能建造太陽能發電裝置，和核電核廢料幅射的危險性相比，太陽能安全性較高。

所以，如何有效應用太陽能搭配行動科技化，為人類生活



圖 1. 2019 年 9 月澳洲野火，取自：

<https://cn.nytimes.com/asia-pacific/20200103/oz-fire-explainer/zh-hant/>

福祉與地球環境取得平衡，是我們愛護地球且運用太陽能來共同節能、減碳為最大努力的方向。

為了解決現行太陽能板遭遇的問題並且朝向普及化，我們探訪彰濱光電廠、了解相關模組知識，如：水面型、陸地型、住家型太陽能板的傾角特性，在參訪後我們開始試想…如果能有個辦法將太陽能板折疊起來，這樣不僅可以縮小太陽能板面積，還可以方便攜帶，甚至改變迴路設計，使太陽能板不因局部遮蔭而失去功效。於是，我們開始著手研究製作一個收納體積小，攤開後面積大，且可有效運用的折疊式太陽能板，希望對於太陽能板的應用與普及化能有些微的貢獻。

貳、 研究目的

我們想透過認識太陽運行軌跡，來了解台灣的地理位置、季節、氣候、晝夜、角度等對太陽能發電變化的影響性及如何應用，並求太陽能板輸出功率最佳化。

一.探訪家鄉之太陽能發電廠(彰濱光電廠)。

二.探討地球與太陽光之間交互關係。

(一).地球運行模擬認知。

(二).太陽光之入射角與光照模擬實驗記錄。

三.太陽能晶片種類的認知。

四.探討影響太陽能板發電量的因素。

(一).太陽能板**傾角**變化對功率輸出的影響情形。

(二).太陽能板**溫度**、**灰塵**變化對功率輸出的影響情形。

(三).太陽能板**遮蔭**對功率輸出的影響情形。

五.DIY 可摺疊式太陽能板實作以及利用二極體製作多迴路系統。

六.評鑑與檢討。

參、 研究器材與設備

一.研究器材:

(一).實驗材料文字說明:

1.DIY 防遮蔭、可折疊太陽能材料：

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| (1).SUNPOWER 指叉式晶片 30 片 | (2).1.6*0.2MM 焊帶 1 捲 |
| (3).5*0.2MM 焊帶 1 捲 | (4).貼片二極體 30 個(10A) |
| (5).耐高溫膠帶 1 捲 | (6).PET 膠帶 1 捲 |

2.封裝、線材、器具材料:

- | | |
|--------------------|------------------|
| (1).A3 護貝機、地球儀、剪刀 | (2).A4 護貝膜、照度檢測器 |
| (3).20W 市售太陽能板、打洞機 | (4).焊材、紅外線溫度測量器 |
| (5).投影機、鋁條、電動起子 | (6).三用電表、電線、螺絲 |

3.實驗器材圖片:



圖 2. 太陽能晶片



圖 3. 各式焊材



圖 4. 電表



圖 5. 護貝機



圖 6. 烙鐵



圖 7. 操作器材

肆、 研究過程或方法

一、擬定工作紀錄

	六月			七月			八月			九月			
文獻探討	V	V	V										
擬定問題		V	V	V	V								
記錄發現				V	V	V	V						
擬訂計畫				V	V	V	V						
進行實驗					V	V	V	V					
撰寫報告									V	V	V	V	
實驗進度	10%	15%	20%	25%	40%	50%	60%	70%	80%	85%	90%	100%	

表 1.擬定工作紀錄表

二、擬定研究問題流程



圖 8. 擬定研究問題流程圖

三、彙整相關文獻

(一).四季成因:

伸出你的右手，拇指指向「北」的方向，地球就是沿著食指彎轉的方向「自轉」。在以太陽為中心的系統，也就是我們通常說的太陽系中，地球繞著太陽公轉所呈現的平面，俗稱為「黃道面」

因為地球自轉的轉軸和「黃道面」有 23.5 度的夾角，使得地球繞太陽公轉時地面上呈現出春、夏、秋、冬四季之分。(引述自國立自然科學博物館科普學習資源，<http://web2.nmns.edu.tw/PubLib/NewsLetter/87/128/12.html>，陳輝樺)

(二).四季的太陽蹤跡:

每年 12 月至隔年 2 月間，地球距離太陽較近。當北半球冬至時刻，日地最接近時僅有 1 億 4 千 7 百多萬公里。從地面上看太陽蹤跡所呈現的位置，在這整個時期都偏向南半球的上空，對北半球而言，這段時間是「冬季」，南半球則是「夏季」。

每年 3 至 5 月間，地面上太陽蹤跡所呈現的位置，大致位於赤道上空 (見圖 3 所示)，逐日向北半球變動著。對北半球而言，這段時間是「春季」，南半球則是「秋季」。

每年 6 至 8 月間，地球距離太陽較遠。在北半球夏至時刻，日地最遠時大約為 1 億 5 千 2 百多萬公里。地面上太陽蹤跡所呈現的位置在這整個時期都偏北半球的上空，對北半球而言，這段時間是「夏季」，南半球則是「冬季」。

每年 9 至 11 月間，在地面上看見太陽蹤跡所呈現的位置大致在赤道上空，逐日向南半球變動著。對北半球而言，這段時間是「秋季」，南半球則是「春季」。(引述自國立自然科學博物館科普學習資源，<http://web2.nmns.edu.tw/PubLib/NewsLetter/87/128/12.html>，陳輝樺)

(二).北回歸線地區所見太陽四季之軌跡:

- 1.同一地所見遙遠恆星的運動軌跡不隨季節改變，但太陽因距地球太近(在天球上的位置每天不同)每天所見軌跡不同。
- 2.春(秋)分 - 太陽直射赤道(正東西)：正東方升起，正西方落下。
- 3.夏至 - 太陽直射北緯 23.5 度：東偏北 23.5 度升起，西偏北 23.5 度落下。
- 4.冬至 - 太陽直射南緯 23.5 度：東偏南 23.5 度升起，西偏南 23.5 度落下。

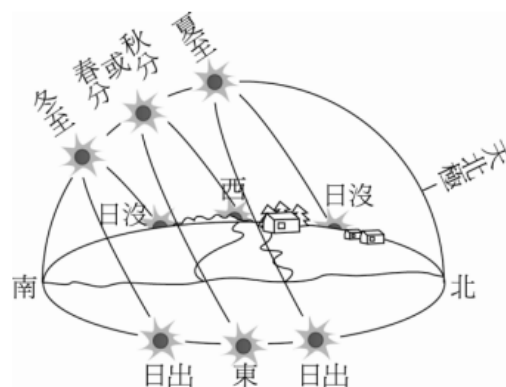


圖 9. 太陽四季之運行軌跡圖

(五).太陽光波長示意圖:

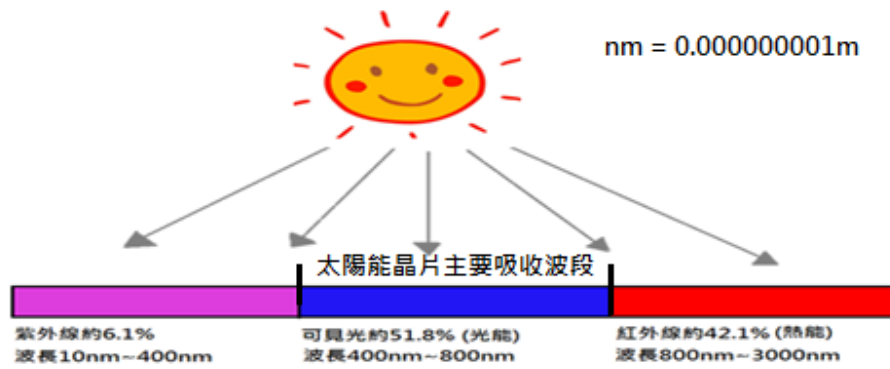


圖 10.太陽光波長示意圖

(六).太陽能電池發電原理:

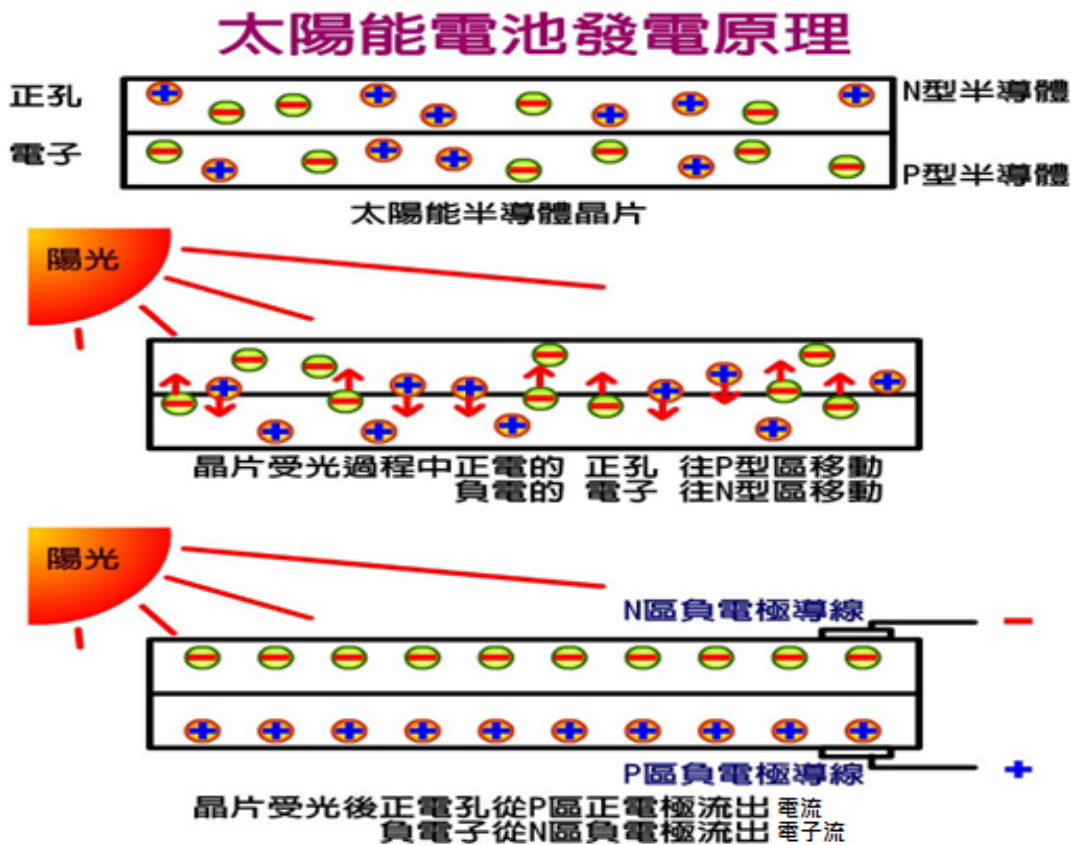


圖 11. 太陽能電池發電原理圖

(七).太陽能電池的利用:

太陽能電池其發電原理是將太陽光照射在太陽能電池上，使太陽能電池吸收太陽光能，透過晶片的 p-型半導體及 n-型半導體，使其產生電子(負極-)及電洞(正極+)，同時分離電子與電洞而形成電壓降產生電流，再經由導線傳輸供給負載。

四.正式研究

(一).探訪家鄉之太陽能發電廠(彰濱光電廠)

1.研究前參訪目的及二極體迴路的認識:

為了能夠更清楚瞭解，太陽能光電可帶來哪些效益及優、缺點，我們特別探訪彰濱太陽能光電廠。

(1).地面型太陽能廠:彰化日照時數居全臺之冠，為充分利用彰化的光電條件，總計使用了339000片光電板，每年可創造1.3億度綠電，可提供3萬個家庭用戶一整年的用電量。是國內太陽光電採用16萬1仟伏特電網併聯的先例。每模組的太陽能板電壓為33伏特，約四千九百個模組串聯起。講者告訴我們：一旦其中一個模組受到遮蔭(如海鳥在上面休息)，則功率會大幅下降，整個串聯電路都會失去發電能力。因此在各模組之間加裝了二極體迴路，在某個模組受到遮蔭時，僅其單獨失去發電效能，其餘模組不受影響。

(2).傾角之認識

此次探訪，讓我們了解-彰濱工業區除了有光電廠外，還有風力發電廠和漁電共生的浮動式太陽能發電廠。臺灣位於北緯23.5度，依照太陽運行的軌跡，四季最佳照射角度依照：春、夏、秋、冬，分別為向南傾斜23.5度；0度；23.5度；47度。所以，臺灣地區的平均最佳照射角度應該是23.5度。所以，我們想實地去觀察地面型太陽能板的架設方向，是否有朝著平均最佳照射角度，即向南傾斜23.5度，於是我們前往彰濱工業區的崙尾東區參觀。我們到達這裡後，先用手機下載指北針程式，測量地面型太陽能板的傾斜方向，果然是向南傾斜。但因為，發電區域有裝設圍欄進行管制，所以，我們只能在外側進行觀察，最後僅使用照片估算太陽能板傾斜角度約為17度。經過討論，我們覺得要使固定式的地面型太陽能板可以發揮到最佳狀況，原因的考量包括：緯度、太陽光的輻射量、太陽對發電區域的運行軌跡（也就是地球的自轉和公轉），和太陽能板本身的發電因素。而要改善這些因素的方法，就是找到平均最佳傾斜角度、保持良好的照度量（防遮蔭和太陽能板表面清潔）、和改善太陽能板會熱衰退的問題。經由達人解說後我們知道影響太陽能發電量的因素很多，包括氣候、晝夜、溫度變化、傾角、灰塵及遮蔭效應。我們將在此後的實驗一一去做瞭解及驗證。

(3).探訪彰濱光電長圖說:



圖 12.參訪解說情形 (彰濱光電場)

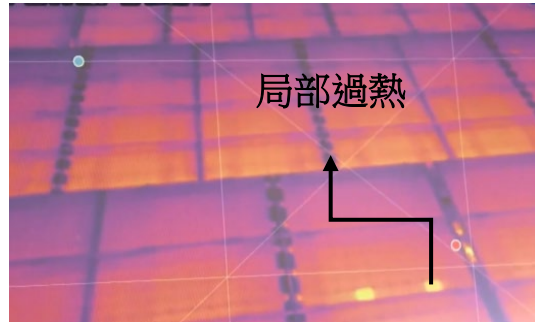


圖 13.太陽能板檢查情形(熱顯像)

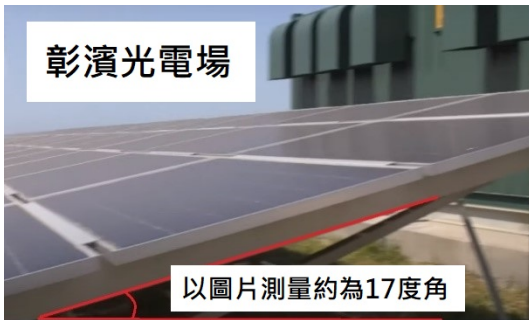


圖 14.彰濱光電場光伏板傾角約 17 度角

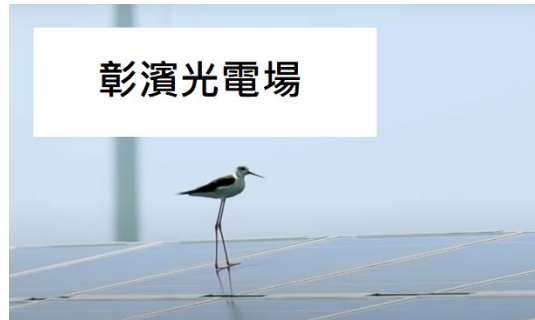


圖 15.彰濱光電場海鳥停在光伏板影響為何

註:圖 13、14、15 來源：https://www.youtube.com/watch?v=Qfym40_yEPc

(二).探討地球與太陽之間交互關係

1.地球運行模擬認知

(1).目的說明:認知地球公轉、自轉所帶來之晝夜關係及四季變化情形。使用地球儀、投影機、SOLAR SYSTEM SCOPE 天球 3D 模擬 APP。

(2).製作過程及模擬探討圖說:

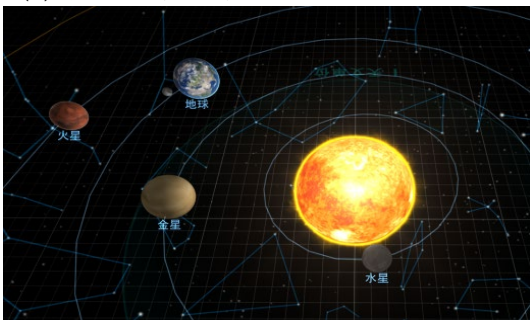


圖 16.使用模擬器觀察太陽與地球運行變化



圖 17.觀察晝夜變化情形



圖 18.觀察夏至日落陽光入射角



圖 19.使用平行光觀察冬至入射角變化



圖 20.配合座標觀察法進行認知



圖 21.配合座標觀察法進行討論認知

(3).實驗及彙整資料後得知:

地球的兩頭較窄、左右較寬，是橢圓形的球體。它會不停的自轉與公轉。地球自轉一周需花費一天的時間，因此產生了日夜交替的現象。且地球自轉的方向為由西向東，我們每天看到的太陽才會出現東升西落。地球同時也繞著太陽在公轉，週期是一年，由於地球的自轉軸傾斜了大約 23.5 度，所以在公轉的一年裡，太陽光直接照射的點會南北移動，於是有了四季之分和晝夜長短的變化。就臺灣的地理位置而言，春分和秋分時，太陽由正東方升起，正西方落下；夏至時，太陽升起的方位偏東北方，日中當中時的高度最高，日照時間最長，夜晚最短；冬至時，太陽升起的方位偏東南方，日照時間最短，夜晚最長。

因為有晝夜和四季之分，臺灣位於北緯 23.5 度，依照太陽日照情形，取得的最佳平均照射角度為向南傾斜 23.5 度。所以，我們探訪 彰濱工業區的太陽能光電廠時，所有的固定式太陽能板，才會全部架設呈向南傾斜。

2.模擬定義座標(均分法)與太陽光入射角之關係探討與實驗記錄

(1).目的說明:製作半天球，藉此可從天球之角度觀察太陽四季變化之方向角、仰角，並記錄四季入射角變化、模擬光照度的變化情形(使用 10MM*1200MM 鋁條製作模擬半天球)。

(2).定義說明:中天 12 時位置為 0° ，記錄東西向入射角早上 6 時為東方 -90° ，下午 6 時為西方 90° 。記錄南北入射角南方為 90° ，北方為 -90° 。每小時之模擬入射角度採均分法記錄。

(3).製作模擬過程圖說:



圖 22.組裝前鑽孔*5 條

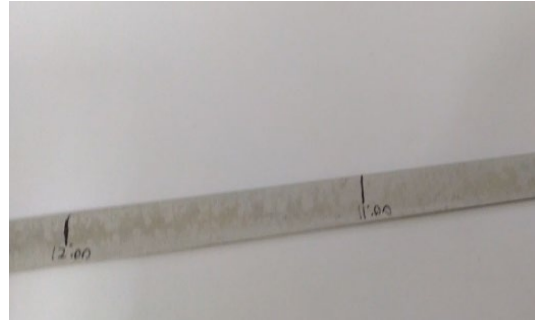


圖 23.以均分法進行標示每小時位置點



圖 24.進行組裝



圖 25.完成可區分各季節陽光入射角演示



圖 26.討論比對地球儀之觀察入射角度



圖 27.比對座標法 XY 軸及觀察日影曲線



圖 28.模擬夏至 8 點陽光入射角情形

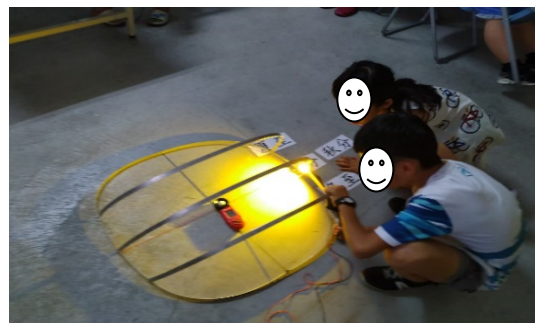


圖 29.模擬春、秋分 8 點陽光入射角情形

(4).模擬四季入射角測試紀錄（註：東西入射角以西為正值；南北入射角以南為正值）：

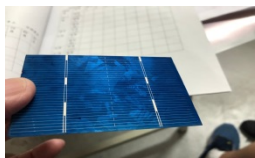

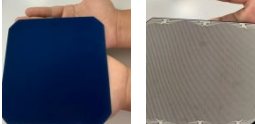
季節	時/測量	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
春 秋 分	東西入射角	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75
	南北入射角	3.9	7.8	11.7	15.6	19.5	23.5	19.5	15.6	11.7	7.8	3.9
	照度(流明)	325	474	544	565	577	580	566	503	446	365	144
夏 至	東西入射角	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75
	南北入射角	-19.5	-15.6	-11.7	-7.8	-3.9	0	-3.9	-7.8	-11.7	-15.6	-19.5
	照度(流明)	310	425	499	697	710	730	712	586	526	397	189
冬 至	東西入射角	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75
	南北入射角	27.4	31.3	35.2	39.1	43	47	43	39.1	35.2	31.3	27.4
	照度(流明)	179	304	326	351	384	401	395	371	342	272	155

表 2. 模擬四季入射角測試紀錄表

- 經模擬實測發現：在正午 12 時時，照度最大。得知陽光斜射時單位面積照度較小，直射時則較大。

(三).太陽能晶片種類的認知

1. 太陽能板的種類

種類	照片	說明
多晶矽		多晶矽電池在提煉出高純度結晶矽後直接混合加壓，形成結晶塊後再切割成晶元，而多晶矽成本比單晶矽低許多，製程上也比較簡單，其他原理與單晶矽電池大致相同，轉換效率 14%-20%。
單晶矽		單晶矽電池效率目前約 16-22%，以矽結晶半導體製成，單晶矽電池在製造過程中加入拉晶(長晶)程序，使結晶程序往同一方向前進，因此光電轉換效率較高，也使得成本相對增加。
單晶指叉式		屬單晶矽，較特別的是晶片前面的吸收光層電極柵線不見了，因此整體的轉換效率更高達 23-25%，正極與負極都做在背面呈指叉式。


非晶矽		薄膜式太陽能電池一般效能不高(8%-15%)，但近年來研發技術朝向柔軟與輕量度發展，並與建築材料相結合，可使用在大樓外牆塗裝，或製成半透光玻璃材質，以增加建築結構的附加價值。
-----	---	---

表 3. 太陽能板的種類表

2. 太陽能各晶片晶矽排列圖

● 晶格中的原子

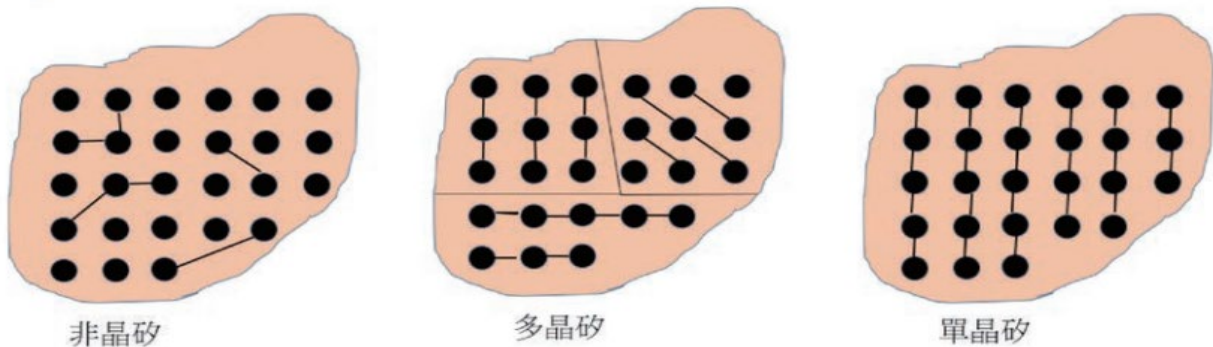


圖 30. 太陽能各晶片晶矽排列圖，取自：<https://ee.ntu.edu.tw/upload/hischool/doc/2014.04.pdf>

- 發現得知發電功率大小為：單晶矽 > 多晶矽 > 非晶矽

(四) 探討影響太陽能板發電量的因素

1. 太陽能板傾角變化對功率輸出影響情形

目的說明: 對市售 20W 太陽能板，進行太陽能板傾角與光線角度，探討與陽光呈現何種角度時發電量最佳。

圖說:

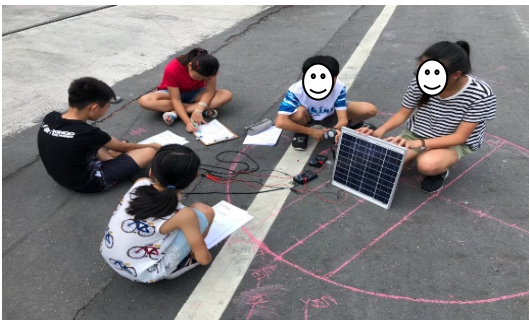


圖 31. 測量記錄情形(高角度)

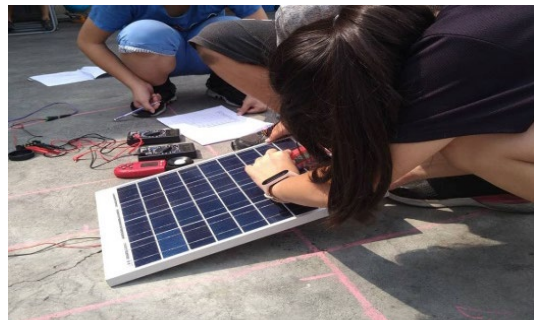


圖 32. 測量記錄情形(低角度)

(1).測試太陽能板的發電量與傾角關係紀錄表 (早上 10:30 測量值)

傾角度數 (與地面)	0度	10度	20度	30度	40度	50度	60度	70度	80度	90度
陽光與太陽能板角度	70	80	90	80	70	60	50	40	30	20
照度 (LUX)	5700 0	5800 0	6000 0	5900 0	5700 0	5250 0	5000 0	4400 0	3600 0	3100 0
開路電壓 (V)	20.0	20.1	20.1	20.1	20	20	19.9	19.8	19.6	19.3
短路電流 (mA)	700	710	720	710	680	640	600	560	450	360

註：開路電壓為在無負載情形下測量之電壓

電壓(V)單位:(伏特 V)，電流(I)單位安培(A)，電阻(R)單位(歐姆Ω)

表 4. 測試太陽能板的發電量與傾角關係紀錄表

- 經測量記錄後發現，陽光於垂直時照度最大、功率最佳，光子入射量最多。

(2).架設四季之最佳傾角，觀察太陽能板的發電情形(以實際陽光情形記錄)

目的說明:使用 3 塊 20W 太陽能板進行四季最佳角度模擬測試，觀察一日中，太陽能板在不同傾角下之電壓、電流變化情形。

圖說:

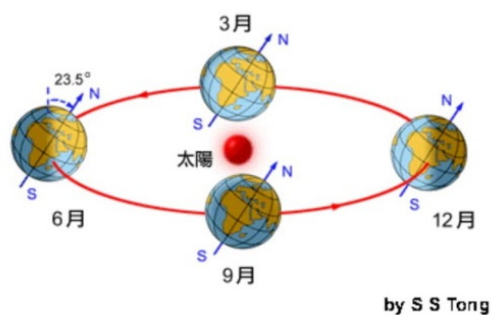


圖 33.地球四季變化運行示意

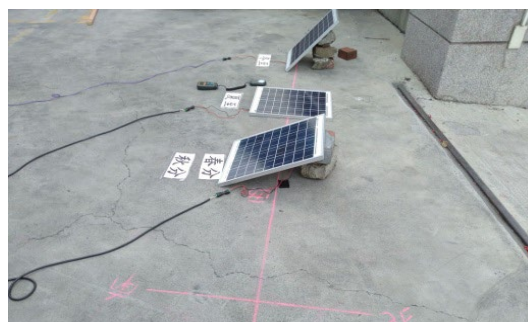


圖 34.太陽能板依照四季之入射角排放

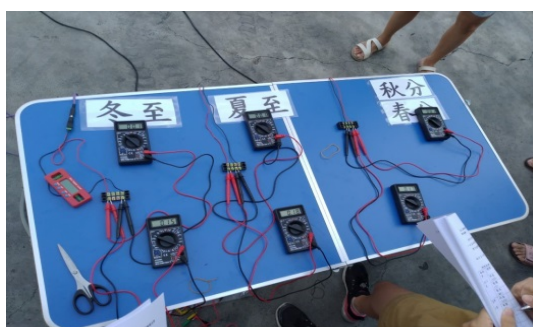


圖 35.測試台



圖 36.記錄情形

(3).測試紀錄表

春秋分 23.5 度	時間/ 項目	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
	照度 (LUX)	60000	70000	95000	98500	98100	87000	68000	48000
	開路電 壓(V)	19.6	20.3	20.0	20.0	19.9	20.0	19.6	19.3
	短路電 流(mA)	540	670	920	930	810	740	530	350
夏至 0 度	照度 (LUX)	60000	70000	95000	98500	98100	87000	68000	48000
	開路電 壓(V)	20.0	20.5	19.7	19.6	19.5	19.5	19.3	19.5
	短路電 流(mA)	560	690	930	940	920	900	710	490
冬至 47 度	照度 (LUX)	60000	70000	95000	98500	98100	87000	68000	48000
	開路電 壓(V)	19.2	20.2	20	18.9	20.1	19.9	19.5	19.6
	短路電 流(mA)	520	580	750	750	610	480	270	250

表 5. 實測四季太陽能板角度測試紀錄表

- 實驗後發現:表 5 實測與表 2 模擬測試結果相同,在正午 12 時時,照度最大。得知陽光斜射時單位面積照度較小,直射時則較大。

2.太陽能板溫度、灰塵變化對功率輸出影響情形

目的說明:探討溫度與灰塵對太陽能板的影響。在第五分鐘時,對 B 太陽能板進行潑水降溫觀察,C 太陽能板則進行抹沙模擬灰塵,A 太陽能板為正常對比觀察組。

圖說:

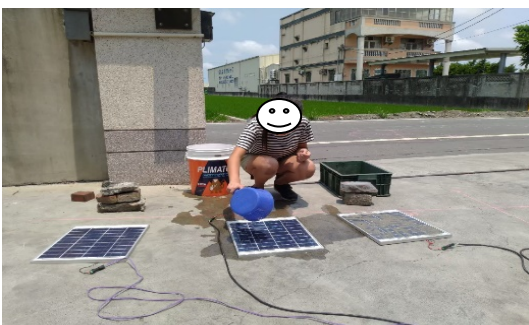


圖 37.第 5 分鐘對 B 太陽能板潑水



圖 38.太陽能板模擬灰塵情形

(1).測試紀錄表

對比 A 正常乾淨	時間	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘	7 分鐘	8 分鐘
	表面溫度	52	53	54	57	56	53.3	54.2	51
	電壓 (V)	19.7	19.7	19.8	19.5	19.5	19.4	19.6	19.6
	電流 (mA)	930	910	920	950	930	940	940	970
對比 B 中途潑水冷卻	表面溫度	55	57	57	58	37	38	40	41
	電壓 (V)	19.7	19.6	19.5	19.5	21.2	20.7	20.6	20.6
	電流 (mA)	930	910	900	950	950	960	950	990
對比 C 表面灑灰塵	表面溫度	55	57	57	57	58	55	56	52
	電壓 (V)	19.2	19	18.8	19	18.9	17.9	18.4	19
	電流 (mA)	360	350	360	370	360	370	360	380

表 6. 測試紀錄表

實測後發現:

- 中途潑水增加之發電效益約為 10%
- 表面有灰塵之太陽能板較表面乾淨之太陽能板的發電效率約減少 36%

3.測試市售 20W 太陽能板受遮蔭時，對功率輸出有何影響

目的說明: 探討太陽能板受遮蔭會有何影響。

圖說:

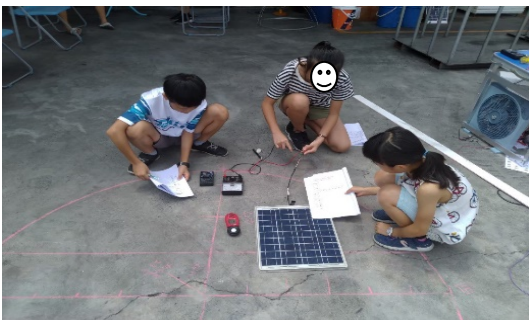


圖 39.進行 2 晶片遮蔭功率測量記錄

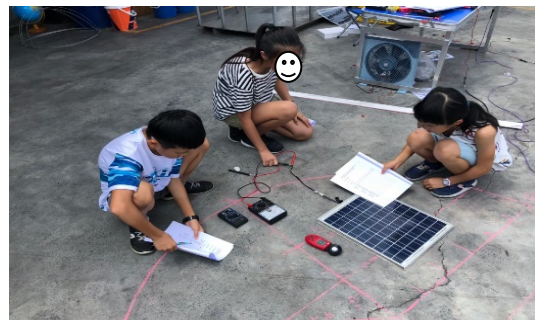


圖 40.進行 3 晶片遮蔭功率測量記錄

(1).測試市售 20W 太陽能板受遮蔭時，反應之電阻值變化情形

遮蔽情形	無	1 單元	2 單元	3 單元	4 單元
電阻值	7	10	30	50	100

表 7. 測試市售 20W 太陽能板受遮蔭時，反應之電阻值變化情形紀錄表

- 實驗發現:本實驗模擬當海鳥停留在太陽能板上時，產生之電阻提升現象。

(2).測試市售 20W 太陽能板受遮蔭時，所產生之電壓電流變化

遮蔽情形	電壓(V)	電流(A)	照度(LUX)
無	18.7	0.19	20000
1 單元(1 晶片)	18.7	0.16	20000
2 單元(2 晶片)	18.4	0.06	20000
3 單元(3 晶片)	18.1	0.038	20000
4 單元(4 晶片)	17.7	0.022	20000

表 8. 測試市售 20W 太陽能板受遮蔭時，所產生之電壓電流變化紀錄表

- 實驗發現:由表 7 可知，因為電阻的迅速提升，所以實驗值會造成迴路的電流急速下降。

(五).DIY 可摺疊式太陽能板實作以及利用二極體製作多迴路系統

1. 探討太陽能電池之測試組裝與封裝過程

實驗說明: 瑞典 16 歲環保少女 桑伯格 說: “沒有足夠的時間等我們長大後再做改變，我們必須現在就著手應對氣候與環境問題”，因此激勵了我們也想用一己之力為環境做出貢獻。

參訪彰濱光電廠老師解說後，我們才知道原來在串連的太陽能板之下，只要有一隻海鳥停留在太陽能板上，產生遮蔭現象，此時整串的太陽能板便會失去發電功率，於是專家便於模組裝設二極體迴路，此時因海鳥的休息就會僅止於單一模組失去效能，不會影響整個陣列太陽能板發電效能。於是便開啟了我們的 DIY 探究之路。

製作過程圖說:



圖 41.將焊帶裁切成 1cm 長度

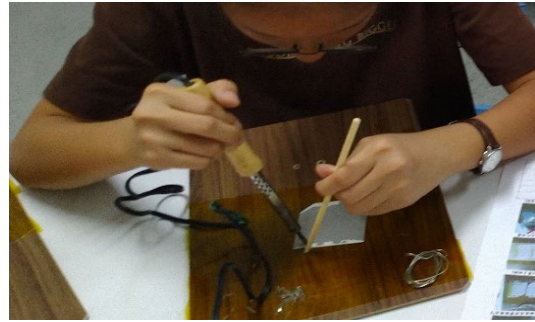


圖 42.將晶片兩極使用焊帶焊接引出

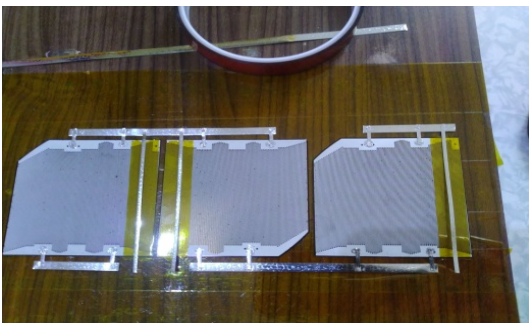


圖 43.晶片進行串接並設計第二迴路

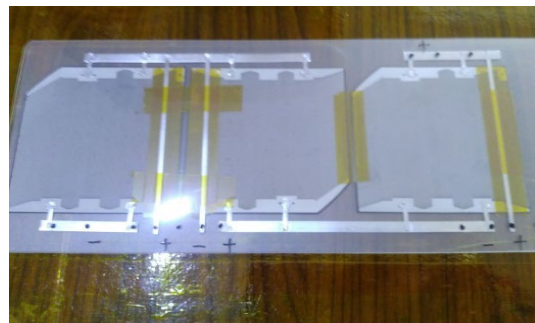


圖 44.晶片放入護貝膜在正負極做記號



圖 45.標註正負極處進行打洞

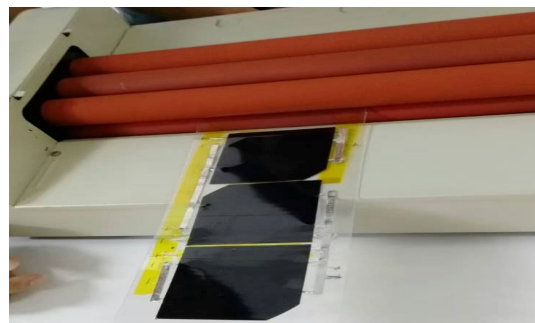


圖 46.進行護貝封裝情形



圖 47.使用 PET 膠帶進行間距黏貼



圖 48.打洞處進行串接與二極體焊接

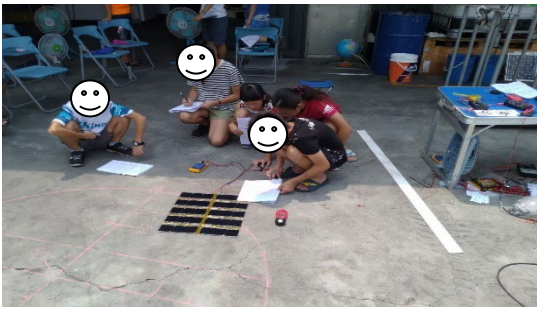


圖 49.進行遮蔭測試記錄

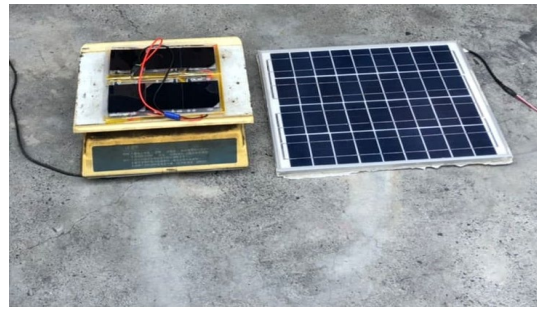


圖 50.diy 物件與市售物件比較

2.DIY 可摺疊式太陽能板對比遮蔭情形

遮蔽情形	電壓(V)	電流(A)	照度(LUX)
0%	19.4	1.01	73000
1 單元(1 晶片)	19.2	1	73000
2 單元(2 晶片)	18.7	1	73000
3 單元(3 晶片)	18.4	1	73000
4 單元(4 晶片)	18.2	1	73000

表 9. DIY 可摺疊式太陽能板對比遮蔭情形紀錄表

- 實驗發現:對比表 8 可知，我們裝設的迴路系統可以在遮蔭的情形下仍有效發電並輸出。

3.DIY 可摺疊式太陽能板對比外觀、重量情形

項目	DIY 可摺疊式太陽能板	市售 20W 太陽能板
外觀尺寸	摺疊 10*21 CM 打開 60*42 CM	35*43 CM
重量	265g	1580g
多迴路防部分遮蔭	30 個	1 個
方便攜帶化	方便	不方便

表 10. DIY 可摺疊式太陽能板對比外觀、重量比較情形紀錄表

4.作品之使用方式圖說:



圖 51.直接使用驅動 DC12V 風扇

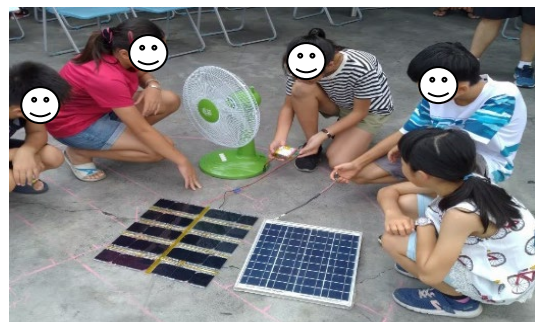


圖 52.透過儲能電池驅動與比較

伍、研究結果

一、探討地球與太陽光之間交互關係

(一).地球儀觀察運行模擬認知

名詞	認知說明
晝夜變化	地球因自轉而產生晝夜交替的現象
入射角	與地面法線的夾角
晝夜長短的變化	因為地軸傾斜 23.5 度，對太陽公轉時，各地每日所受的日照時間長短不同。
赤道	指地球表面的點隨地球自轉產生的軌跡中周長最長的圓周線
地球自轉方向	由西向東轉
黃道	指太陽視運動軌跡所在的平面，它和地球繞太陽的軌道共面

表 11. 地球儀觀察運行模擬認知表。

(二).太陽光入射角與光通量模擬實驗記錄

1.藉由 DIY 半天球之角度觀察太陽四季變化之方向角、仰角，並記錄四季入射角變化、模擬光照度變化情形曲線圖。

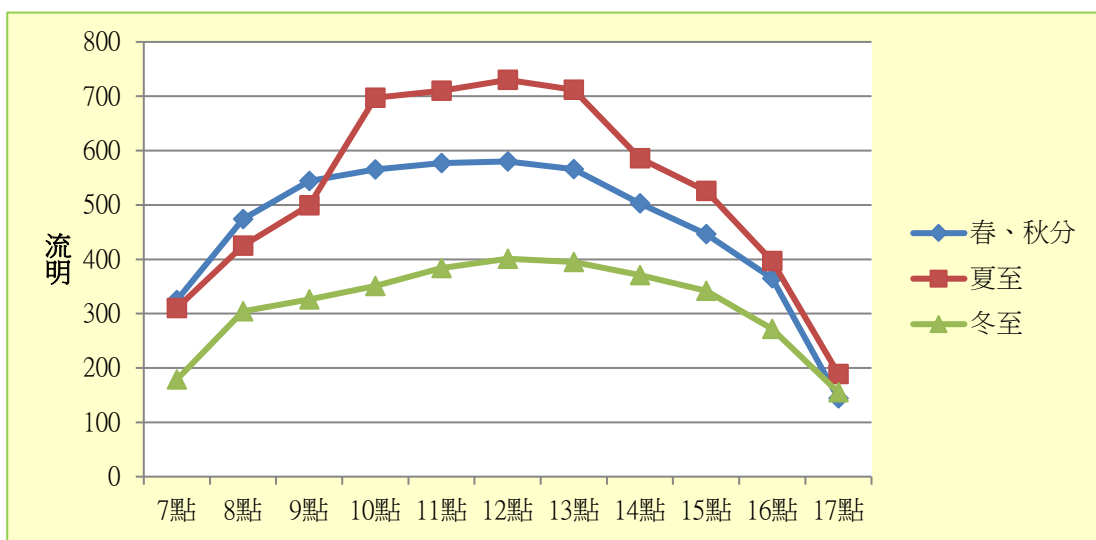


圖 53. 模擬太陽四季變化之方向角、仰角，記錄入射角變化、光照度變化情形曲線圖

2.紀錄發現:經模擬太陽軌跡實驗可得知:四季之照度量依序為 夏至>春、秋分>冬至，亦可看出夏至 7-9 點有產生不符合之現象，經討論可能為光源未對準照度計或抖動等所形成。

(三).模擬定義座標(均分法)與太陽光入射角之關係探討(註：x 軸以西為正，y 軸以南為正)

1.使用座標均分法模擬春、秋分，每小時陽光入射角度推估紀錄

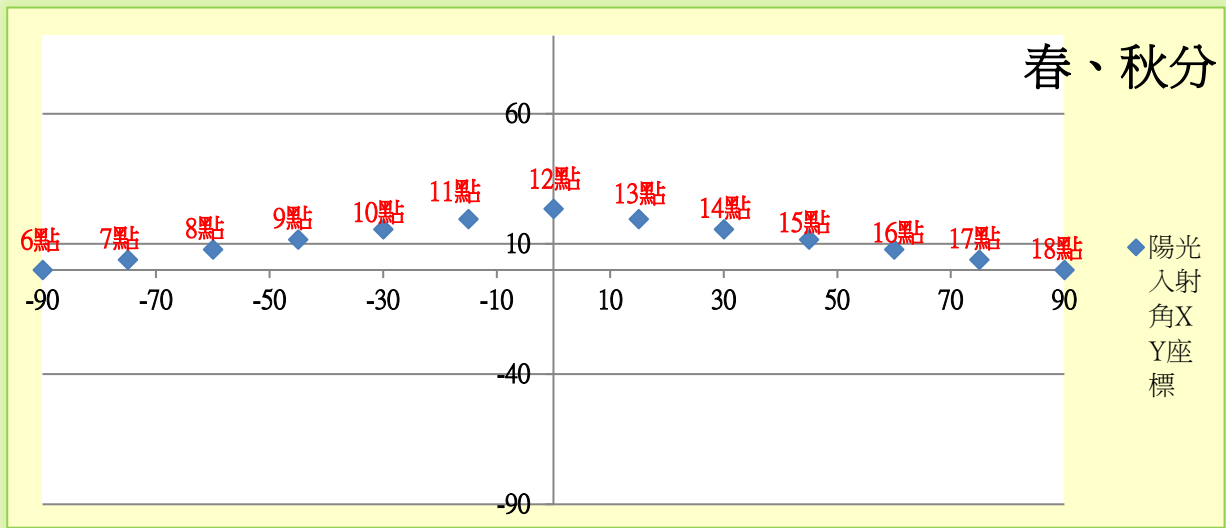


圖 54. 模擬春、秋分每小時陽光入射角度推估紀錄表

2.使用座標均分法模擬夏至，每小時陽光入射角度推估紀錄

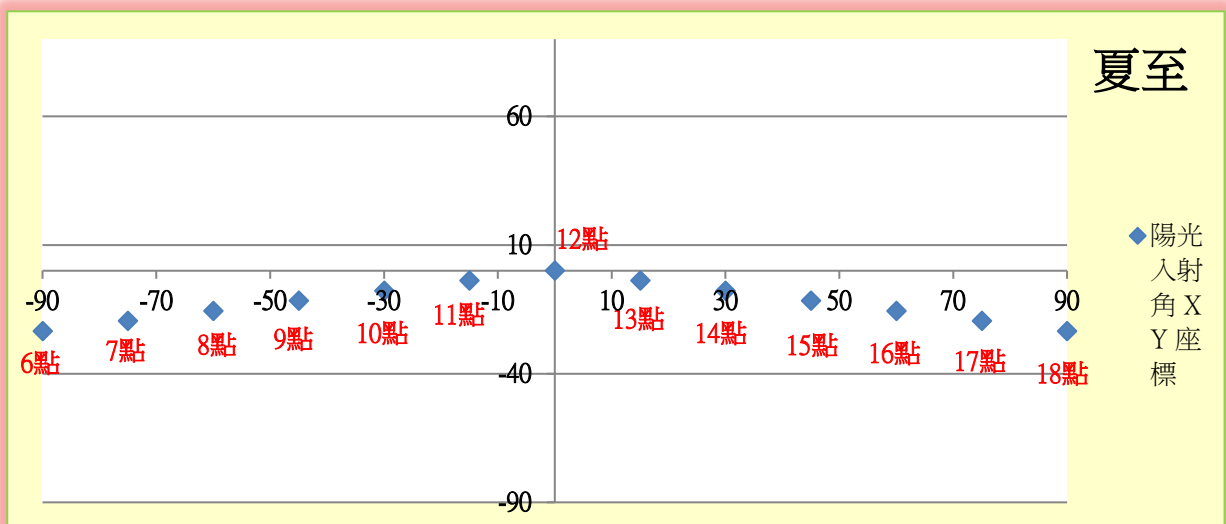


圖 55. 模擬夏至，每小時陽光入射角度推估紀錄表

3.使用座標均分法模擬冬至，每小時陽光入射角度推估紀錄

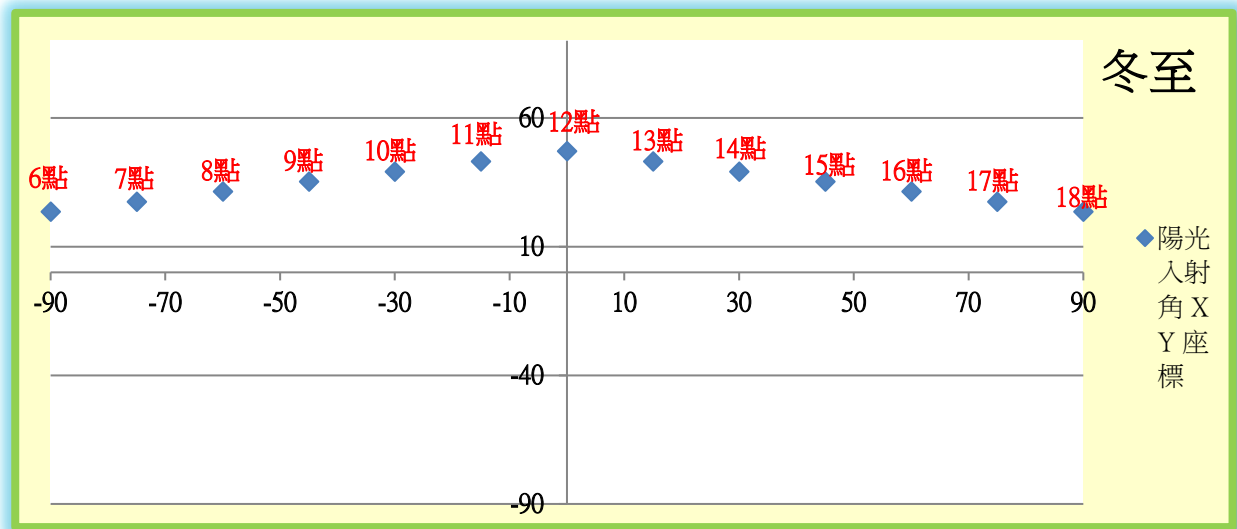


圖 56. 模擬冬至，每小時陽光入射角度推估紀錄表

4.紀錄發現:可發現座標均分法與實際觀察之模擬半天球日影顯像有些微誤差，此法僅可大約判斷其位置點。

二、探討影響太陽能板發電量的因素

(一).太陽能板傾角變化對功率輸出影響情形

1.測試太陽能板的發電量與傾角關係之柱狀圖

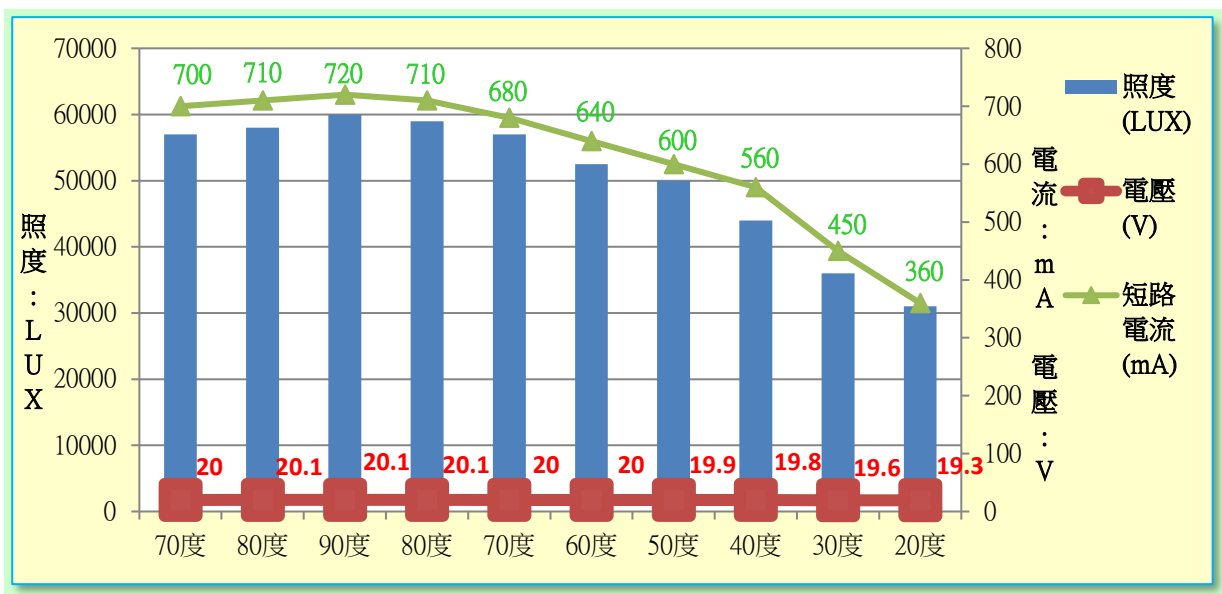


圖 57. 測試太陽能板的發電量與傾角關係之柱狀圖

2.紀錄發現:太陽會因地球由西向東自轉，而有日出於東方、日落於西方的規律運行。經測試了解太陽能板與陽光垂直照射時，可產生最大發電效益。

3.架設四季之最佳傾角，觀察太陽能板在不同傾角時之變化情形。 測試日期:8/9 日。

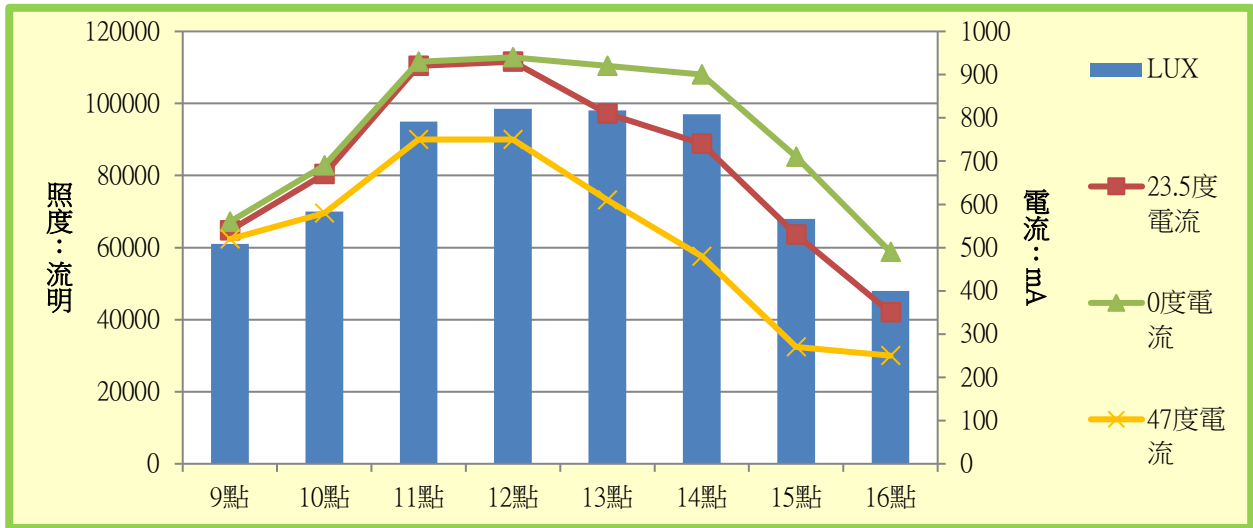


圖 58. 架設四季之最佳傾角，觀察太陽能板在不同傾角時之變化情形圖

4.紀錄發現:測試時 8/9 日(立秋隔天)，經實測判斷太陽能板 $0^{\circ} > 23.5^{\circ} > 47^{\circ}$ 。

(二).溫度、灰塵對太陽能板之輸出功率的影響

1.探討太陽能板的溫度與灰塵對其有何影響。在第五分鐘對 B 太陽能板進行潑水降溫觀察，C 太陽能板則進行抹沙模擬灰塵，A 太陽能板為正常對比觀察。

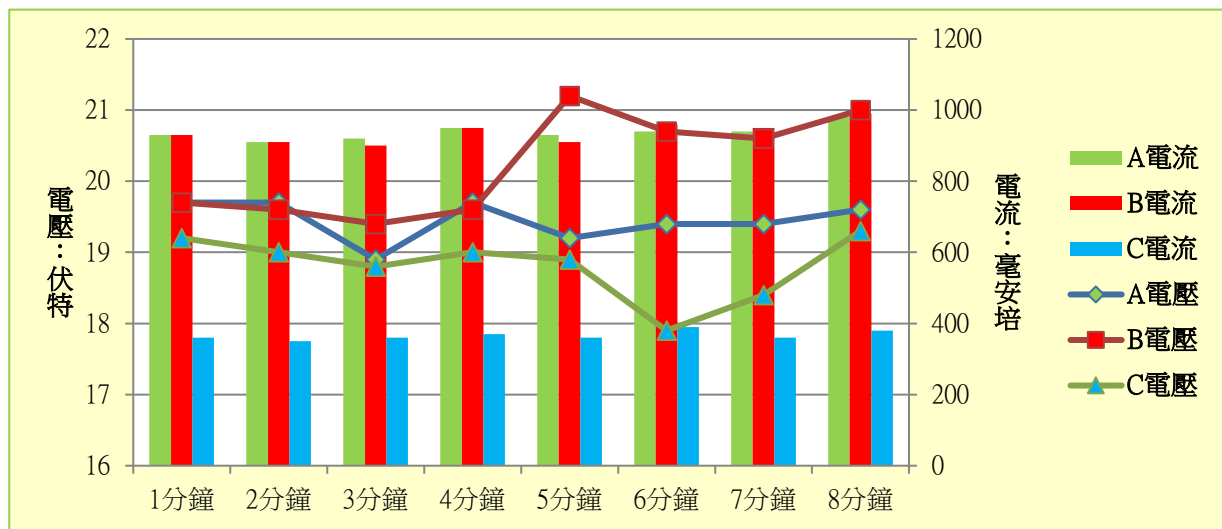


圖 59. 溫度、灰塵對太陽能板之輸出功率的影響對比紀錄圖

2.紀錄發現:太陽能板熱衰退的情形較無法從正常觀察中發現，因面板受陽光照射產生之升溫情形為全面性，除非進行單區塊降溫比對。

(三).太陽能板受遮蔭時，對輸出功率的影響

1.太陽能板受遮蔽時，反應電阻值之變化分析柱狀圖。照度 20000 流明

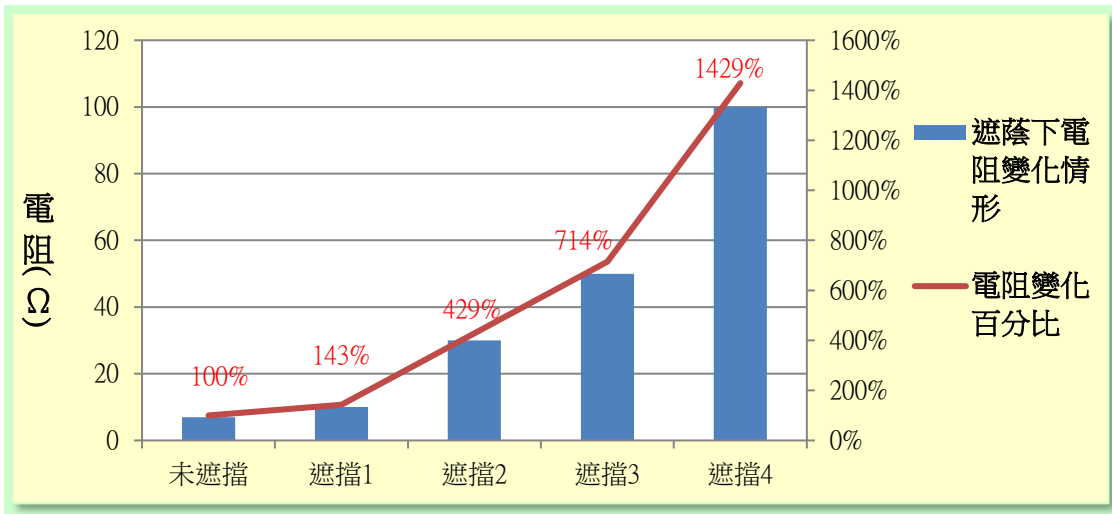


圖 60. 太陽能板受遮蔽時，反應電阻值之變化分析柱狀圖

2.太陽能模組對遮蔭所產生之電壓電流變化分析柱狀圖。照度 20000 流明

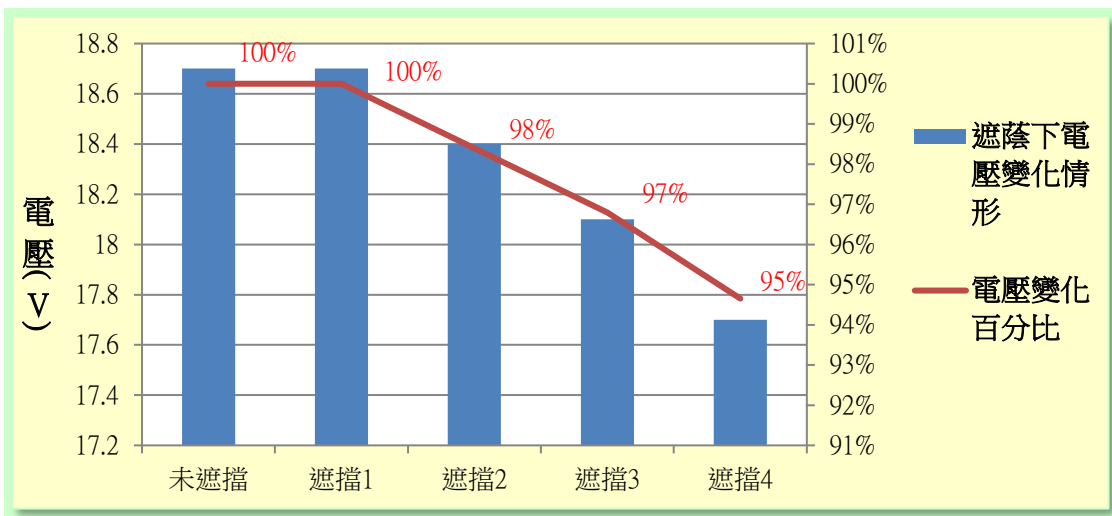


圖 61. 太陽能模組對遮蔭所產生之電壓電流變化分析柱狀圖

3. 太陽能模組對遮蔭所產生之電壓電流變化分析柱狀圖。照度 20000 流明

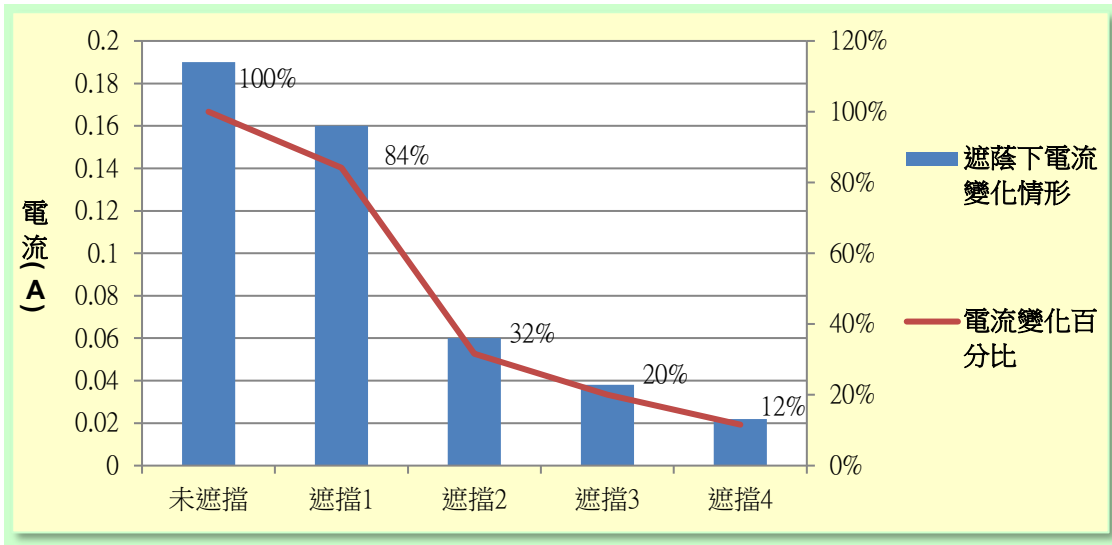


圖 62. 太陽能模組對遮蔭所產生之電壓電流變化分析柱狀圖

4. 紀錄發現: 太陽能模組內晶片為串接 0.5-0.6V*30 片，當單一晶片受遮蔭時，電池內電阻值會提高，遮擋越多時，總電阻值持續快速累積。電阻值之相關公式如下:

電阻(Ω)串聯 $R=R_1+R_2+R_3+R_4+\dots$

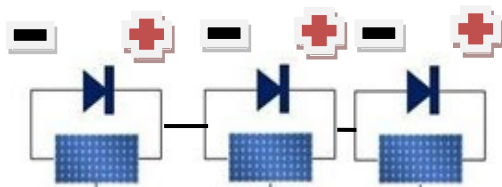
電阻(Ω)並聯 $R=1/(1/R_1+1/R_2+1/R_3+\dots)$ $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$

三、DIY 可摺疊式太陽能板實作以及利用二極體製作多迴路系統

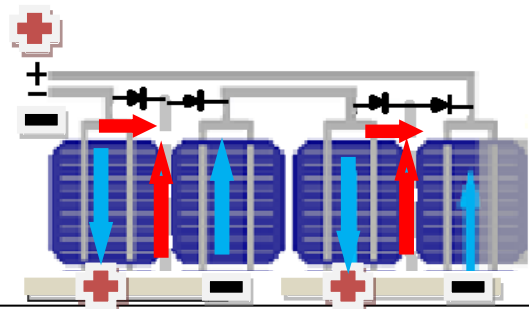
(一). 目的：

1. 縮小太陽能板體積及重量使其可以方便攜帶
2. 利用二極體製作多迴路系統減少太陽能板因遮蔭作用或損傷帶來的輸出功率損失

(二). 過程： 遮蔭多迴路設計圖



上圖 63: 為一般正常之太陽能板遮蔭迴路配置，一模組配置一迴路，當遮蔭或受損時，可走第二迴路。但遮蔭模組無功率輸出。



上圖 64: 為我們設計模組內之設計，每片晶片製作一遮蔭迴路，讓單一模組應用時，可有效達到最大遮蔭及損傷功率應用。

註: 藍色箭頭為正常電流之走向，紅色箭頭為當晶片受損或遮蔭時電流之走向。

(三).DIY 可摺疊式太陽能板對比遮蔭情形，所產生之電壓變化分析柱狀圖

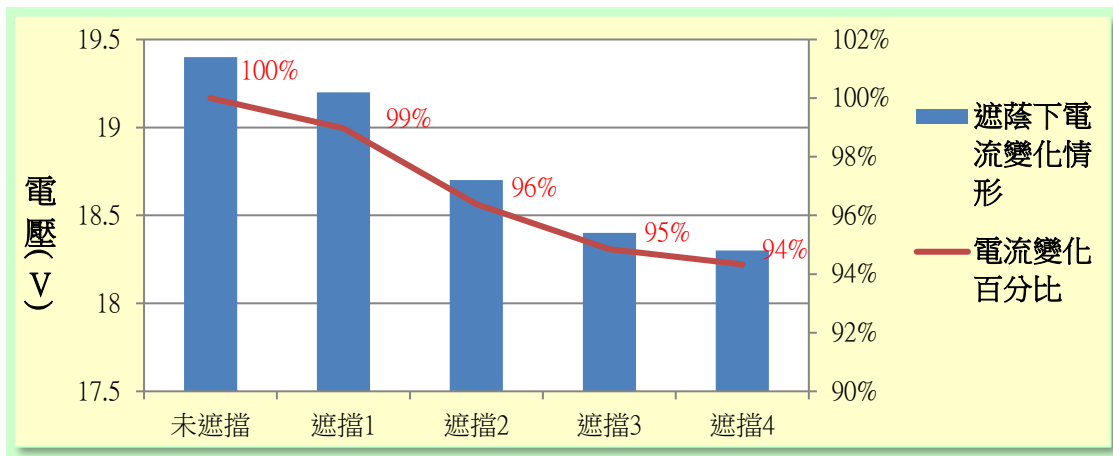


圖 65. DIY 可摺疊式太陽能板對比遮蔭情形，電壓變化分析柱狀圖

(四).DIY 可摺疊式太陽能板對比遮蔭情形，所產生之電流變化分析柱狀圖

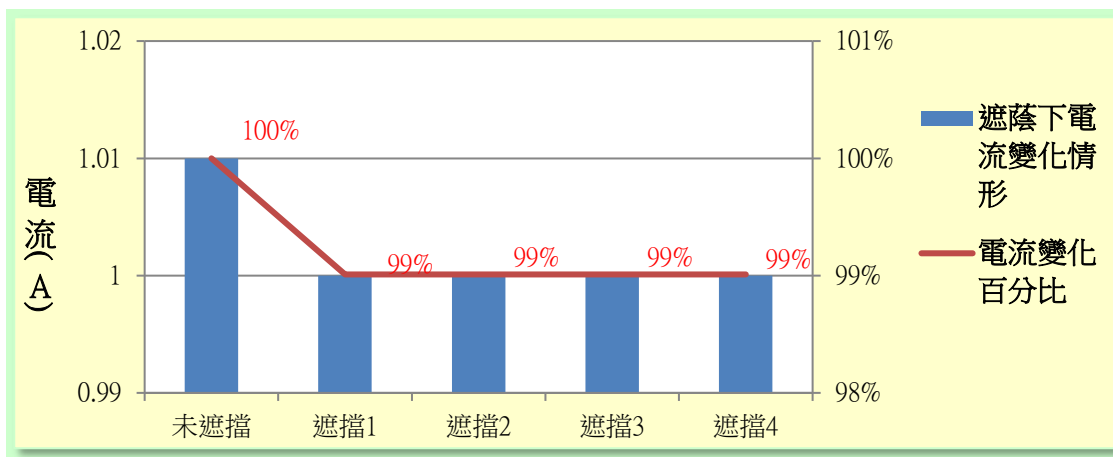


圖 66. DIY 可摺疊式太陽能板對比遮蔭情形，電流變化分析柱狀圖

(五).DIY 可摺疊式與市售太陽能板對比遮蔭電流變化情形

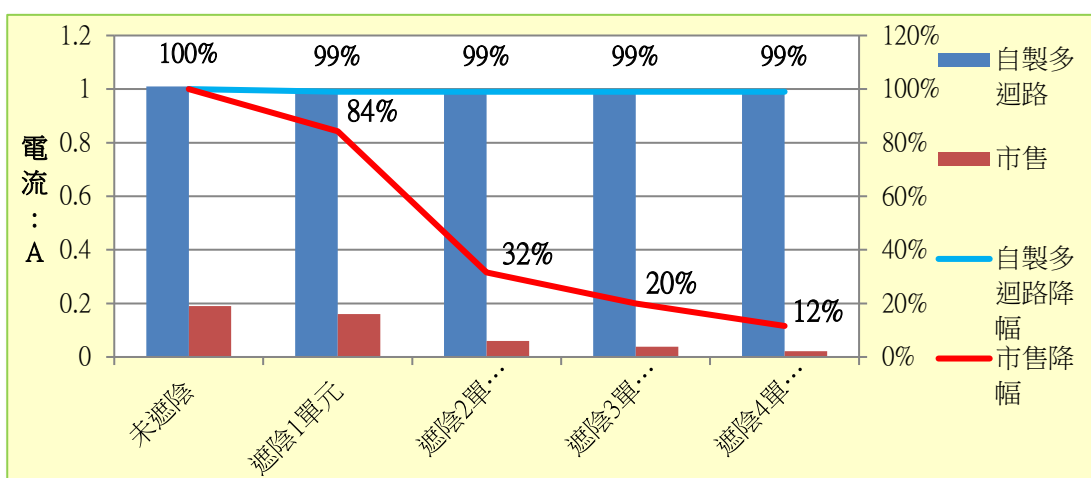


圖 67. DIY 可摺疊式與市售太陽能板對比遮蔭電流變化情形分析柱狀圖

陸、討論

一.地球儀觀察模擬運行認知：

以台灣的緯度而言，南部約在北緯 22 度線，北部約在北緯 25 度線，平均最佳照射角度才會約為 23.5 度。

因太陽四季運行的軌跡，對台灣而言，陽光入射角大部分時間是向南傾斜。所以，台灣平均最佳照射角度是向南傾斜。若有安裝太陽能板的國家地理位置，比台灣處於更高(偏北)的緯度，太陽能板向南傾斜的角度則必須更大。接近赤道的國家，則直接平放即可。而赤道以南的國家，正好與台灣相反，必須將太陽能板向北傾斜。

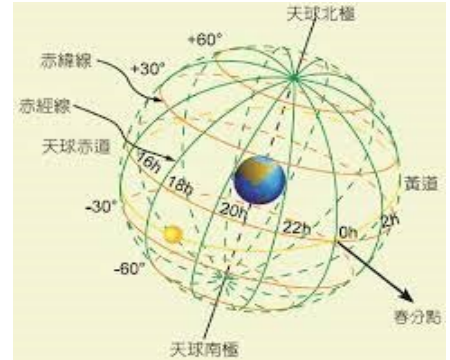


圖 68. 太陽運行軌跡圖

二.太陽光入射角與光通量模擬實驗紀錄

從模擬陽光入射角的測試中發現，照度計會受到光的照射角度影響其強弱表現，b 照射角度呈直角時，光通量最高，a 偏斜角度越大，光通量會逐漸變弱。可得知:以同量的光照射，角度傾斜時，因受光面積變廣，光通量會比垂直時減少。

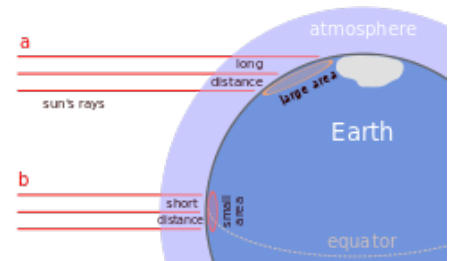


圖 69. 陽光強度示意圖

三. 模擬定義座標(均分法)與太陽光入射角對太陽能板之關係探討

光採直線前進，當光與太陽能板呈垂直照射時，發電量最佳。就臺灣而言，地理位置位於地球北緯 23.5 度，赤道是在臺灣的南邊，一年四季的變化由 0 度變化到 47 度，理論上，太陽能板要向南傾斜 23.5 度，來平均季節照射角度，發電量可達最大值。但此一假設卻未考量到：一年四季的日照強度和時間是不一樣的。實際上，每個季節的氣候不同，日照量也會不同，因此太陽能板的最佳放置角度應該不是 23.5 度。針對這個問題，我們考量在日後實驗中，再取得更詳細的實驗結果。

四.探討影響太陽能板發電量的因素

(1).由上述的 討論二、三可得知:因太陽光與太陽能板間的照射夾角會不斷改變，所以，最佳發電角度也會跟著改變。透過比較不同時間之太陽能最佳發電量與傾斜角度關係，我們印證了:太陽能板與光照角度呈垂直時，發電量最佳。

(2).我們在國歷 109/8/9 日(立秋隔天)(圖 34，表 5，圖 58)進行太陽能板在不同季節傾角變化之實測發現：0 度>23.5 度>47 度。就立秋的日子而言，處於夏至與秋分的中間值。此時陽光應處於 11.7 度左右，但傾斜 0 度發電量卻略大於傾斜 23.5 度，實驗值與我們原先設想並不大相同。

我們觀察其變因可能為:1.因夏天比秋天日照長，雖然入射角處在 11.7 度左右，但因日照長度不同，不能使用平均值計算。2.我們亦發現彰濱光電場的太陽能板傾角竟然也不是 23.5 度，而是約為 17 度。足以反映專業型的太陽能板，有將夏季日照強且時間長的因素納入考量。

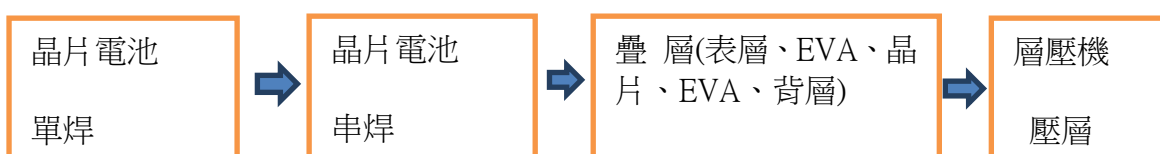
(3).太陽能板背後標示:最佳發電溫度為攝氏 25 度(依據太陽能公會官網顯示:矽晶類太陽能晶片，當表面溫度超過 25°C 時，每增加 1 度 c 會使產能衰退 0.3-0.5%)。臺灣屬亞熱帶國家，日照時間長，經實測(圖 59)在對比 A.B.C 太陽能板於太陽光的照射下，會使晶片溫度逐漸升高，而引起熱衰退現象，導致太陽能板的發電量降低。透過熱衰退情形，得知:太陽能的發電原理是利用太陽的光照度而非熱度。

(4).太陽能板遮蔭測試時，經由歐姆定律得知: $V=I \cdot R$ ，由圖 60-62 得知:當遮蔭時，測量值電壓(V)變化不大，電流(A)卻大幅縮小；經遮蔭測量電阻值，得知電阻 R 值快速遞增，此時依據歐姆定律 $V=I \cdot R$ ，當電阻(Ω)值上升，電流量(A)則會下降，兩者關係會呈反比。所以我們也開始進行討論:如何避免電阻值上升，使得功率大幅下降。

五.探討太陽能電池之測試組裝與封裝過程

探討整合文獻後發現，太陽能板是以 PET 聚脂薄膜做絕緣材料，EVA 當粘接劑，經探討文獻及搜尋相關材料後，我們發現:其材質竟與護貝膜材質相同(PET)，我們就嘗試使用護貝膜來快速封裝指叉式太陽能晶片。

- 正常太陽能模組封裝流程(表 12):



- 自組太陽能模組封裝流程(表 13):(疊層使用護貝膜，護貝機做壓層)



六.DIY 可摺疊式太陽能板實作以及利用二極體製作多迴路系統

由圖 63-67 實作測試可發現，若有遮蔭或受傷模組情況發生時，多迴路系統會對遮蔭或受傷模組重新調配。由上表可發現已遮蔭的多迴路系統：可取得較高的電流，減少串聯造成電流相同的整體功率損失。在遮蔭的情況下，未有多迴路遮蔭迴路的系統，因串聯電流相同(串聯電流 $I=I_1=I_2=I_n$)，整串太陽能面板發電損失將降低 8 成以上；故有裝遮蔭多迴路的情況下，將損失限制於遮蔭或失效面板，可大幅減少發電損失。

七.DIY 自製折疊式防遮蔭太陽能板

我們觀察利用陣列太陽能板防遮蔭模式將其縮小至各單元，讓我們 DIY 一模組擁有 30 組遮蔭二極體迴路設計，不怕任意部分遮蔭，避免造成功率大幅下降。可提升太陽能板的能見度與生活應用化，擴展大眾對太陽能板的接受度。

柒、結論

一.結論

地球暖化的問題日益嚴重已是不爭的事實，空氣污染的景況也威脅著全人類的健康與生活品質，所以，我們期望自己能為地球環境盡一份心力，本實驗透過增加遮蔭迴路，克服遮蔭對太陽能板充電的干擾，而發展像野餐墊一樣能收納的輕巧設計，並能保有最高 CP 值的充電效果，實現只要有太陽，隨時隨地都能善用太陽能源。本創意發想不僅實踐潔淨能源的利用，還運用了折疊手法，使太陽能板方便攜帶，可謂一舉兩得！

二.未來應用及展望

透過探訪家鄉最大的彰濱光電廠得知陣列式太陽能板遮蔭迴路應用方式，我們將此應用縮小至單晶片的應用上及 DIY 的製作，經過探討，我們希望此實驗能有更好的應用及展望。

(一).可折疊、易攜帶、超輕量、多迴路、電壓可變化等組合，讓太陽能再生的使用性更親民與更具效率化。

(二).每個晶片都有遮蔭二極體迴路設計，不怕任意部分遮蔭，避免造成功率大幅下降。

(三).如能設計成電動機車專用之輕薄折疊式太陽能板，讓未來廣大的電動機車族實現到處都有充電樁，有陽光就可充電，達到真正的零碳排放量，對地球的友善性。

(四).因為易攜帶，更可使太陽能再生模組達到更多用途，如:露營、居家綠能再生、緊急儲能用電等。

(五).提升太陽能板的能見度與生活應用化，擴展大眾對太陽能板的接受度。

捌、參考文獻資料

一、相關課程參考

(一).翰林出版 自然與生活科技 4 上 單元 3 運輸工具與能源。

(二).翰林出版 自然與生活科技 4 上 單元 4 電和生活。

(三).翰林出版 自然與生活科技 4 下 單元 4 奇妙的光世界。

(四).翰林出版 自然與生活科技 5 上 單元 1 觀測太陽。

二、參考網址

(一).太陽能模組/電池製成介紹。

http://www.tsecpv.com/zh-tw/solar_knowledge/index/zero_house_02

(二).家具膜,太陽能背板膜,玻璃鋼瓦膜,PET 熱收縮膜應用。

原文網址：<https://kknews.cc/finance/ren45xo.html>

(三).國立自然科學博物館科普學習資源，陳輝樺

<http://web2.nmns.edu.tw/PubLib/NewsLetter/87/128/12.html>

(四).瑞典 16 歲環保少女_桑伯格。

<https://www.facebook.com/525781104253994/posts/1482781738553921/>

(五).能源轉型小學堂。

<https://www.thenewslens.com/article/126816>

(六).彰化縣第 59 屆中小學科展 以天文及氣象資料探討固定型太陽能板最佳傾斜角。

(七). 台電在彰濱工業區打造全台最大的太陽能光電場! 每年發出 3.4 億度綠電 還保留綠色
棲地營造低碳的綠能環境 | 記者 陳以嘉 俞戎航 20191123

https://www.youtube.com/watch?v=Qfym40_yEPc

【評語】 080506

【優點】

1. 研究主題具應用性與環保價值。
2. 研究設計符合主題，並且完整作出實驗。
3. 設想充分的跨領域實驗，實驗日誌完整，顯現團隊精神。

【建議】

1. 建議聚焦主題”太陽能板製作”並加強實用價值的考量，並強調實驗結果的創新性。
2. 對太陽入射角度及地球自轉的關係需更加深入理解。

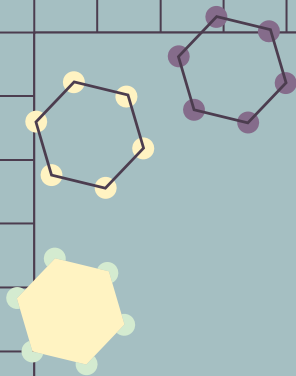
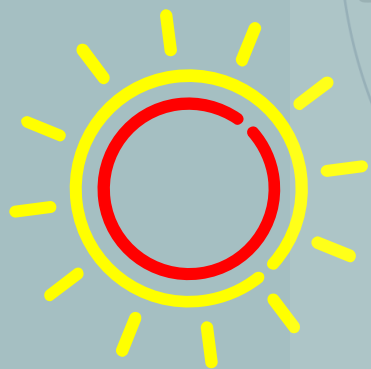
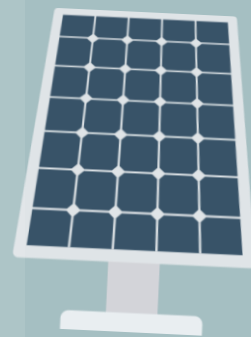
作品簡報

中華民國61st 中小學科展

太陽運行軌跡與太陽能板之製作

地球科學科

國小組



前言



“There is not enough time to wait for us to grow up and become the ones in charge because we need to tackle the climate and environmental emergency right now”

“沒有足夠的時間等我們長大後再做改變，我們必須現在就著手應對氣候與環境問題”

—Greta Thunberg

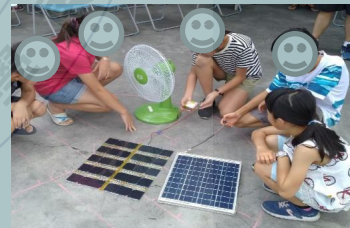
研究方法

設計實驗流程

探討日地交互關係

探討影響發電因素

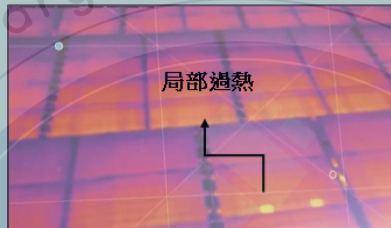
防遮蔭太陽能板設計



研究過程圖說



探訪彰濱光電廠



遮蔭所造成的熱現象之一



四季成因及晝夜變化



自行畫線座標觀察認知



DIY組裝半天球



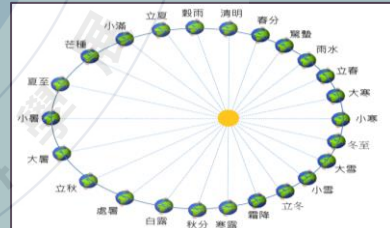
組裝完成



模擬四季陽光入射角測試

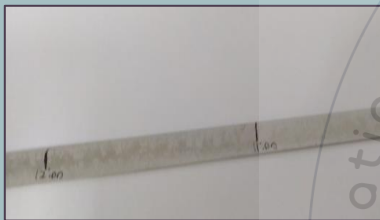


比對座標觀察日影曲線



藉此實驗認知日地關係

模擬定義座標觀察太陽光入射情形



鋁條

彎曲後作為太陽各季節
在天球中之視軌跡標示

均分化標示

假定為太陽每小時在
視軌跡中之位置



模擬四季太陽光入射

模擬台灣在不同季節與不同時間，
單位面積照度與入射方向



太陽運行軌跡如何影響發電之因素



傾角



溫度



灰塵



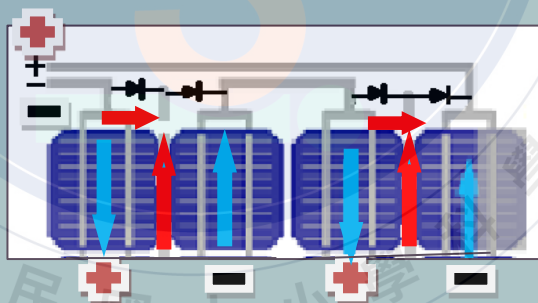
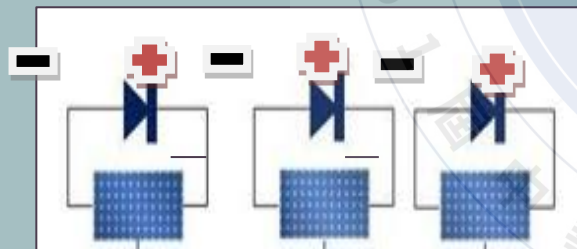
遮蔭

多迴路二極體太陽能板



遮蔭輸出功率測試

自製防遮蔭太陽能板
可有效避免遮蔭造成
功率下降



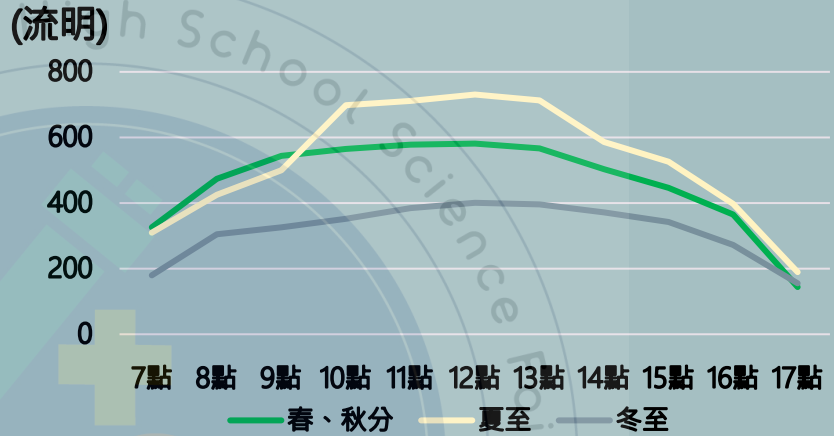
一般遮蔭太陽能板
設計對比

自製防遮蔭太陽能板

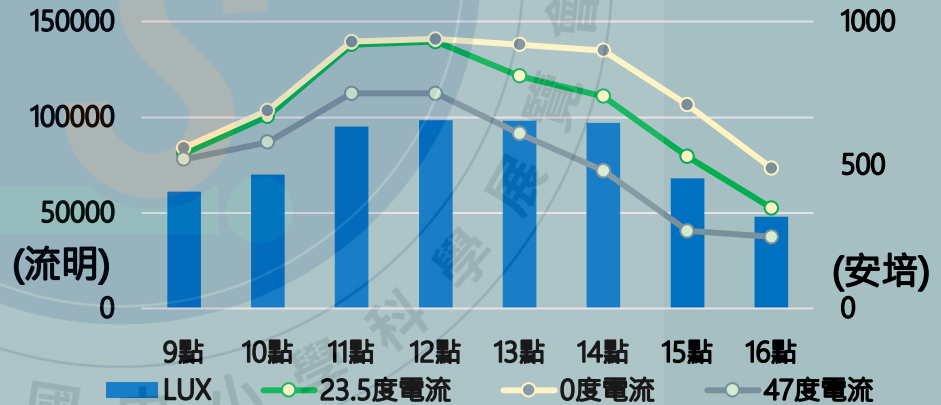
研究結果(一)



模擬四季太陽變化之照度變化



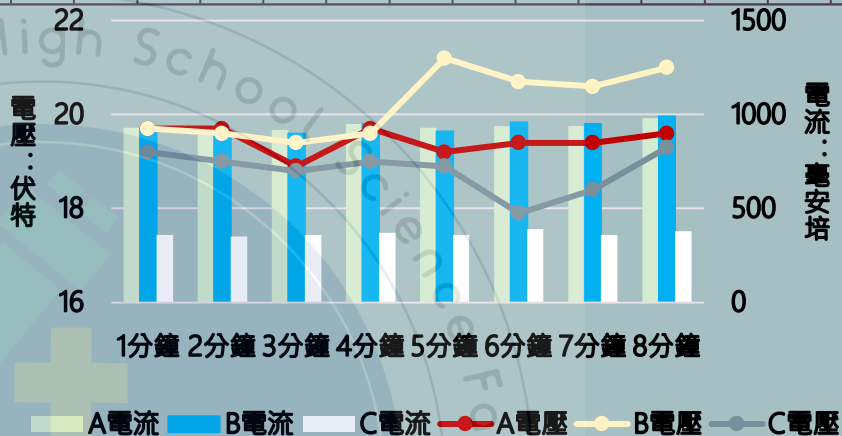
不同傾角之照度、電流變化



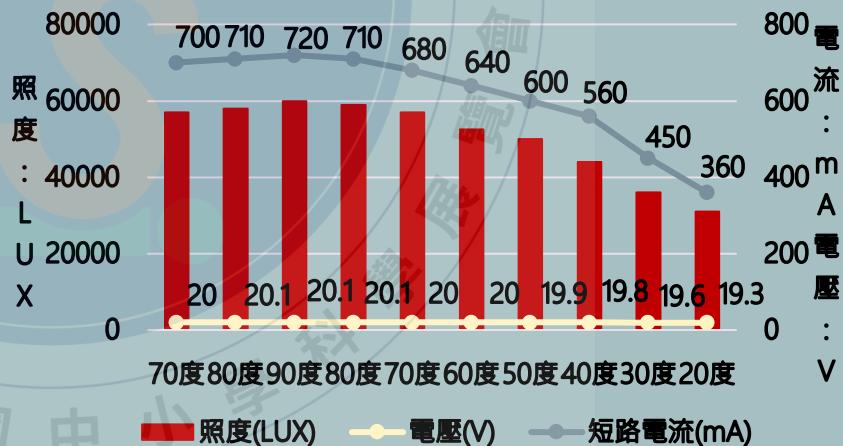
研究結果(二)



溫度、灰塵對輸出功率影響

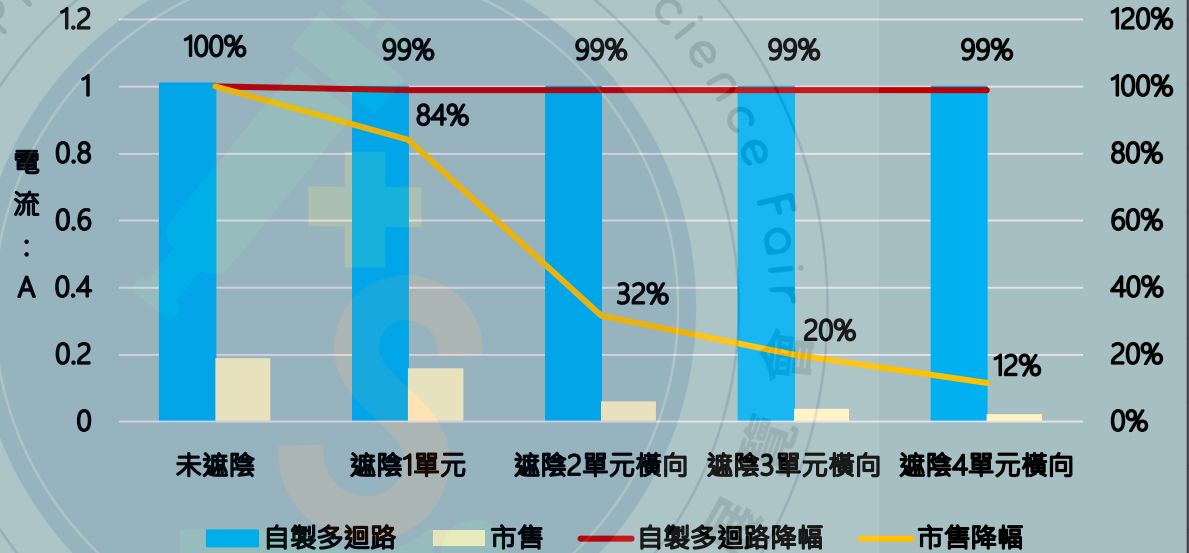


太陽能板發電量與傾角關係



研究結果(三)

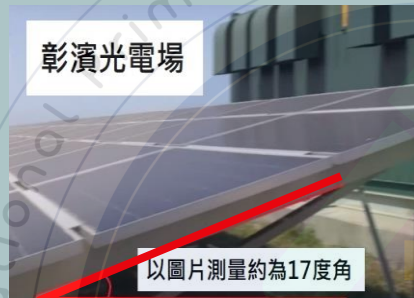
DIY可摺疊式與市售太陽能板對比遮蔭電流變化情形分析柱狀圖



結論



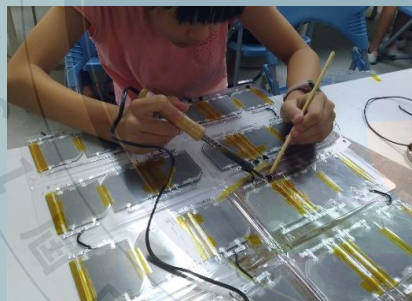
最佳傾角23.5度?



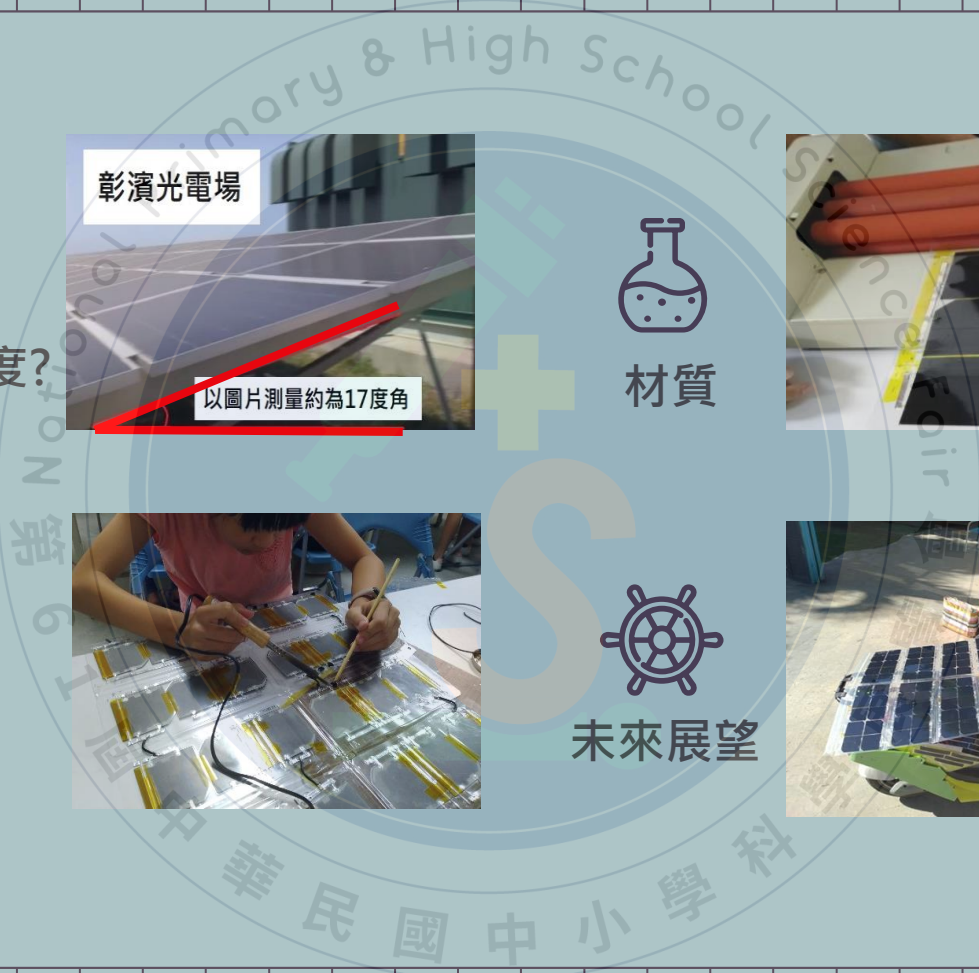
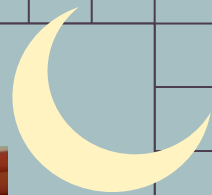
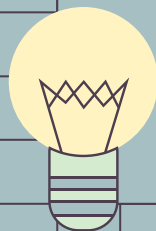
材質



防遮蔭迴路



未來展望



中華民國61st 中小學科展

THANK YOU
FOR YOUR LISTENING

