

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030802

帥哥美女看過來，美白防曬靠這台!!

太陽能晶片用於紫外線強度偵測之可行性研究

學校名稱：桃園市立平南國民中學

作者： 國二 劉品萱 國二 陳冠錡 國二 朱慶鴻	指導老師： 蕭雅夫
---	------------------

關鍵詞：太陽能晶片、紫外線

摘要

為了開發以太陽能晶片做為感知器的紫外線即時監控自動防護系統，我們研究了兩種太陽能晶片發現，使用多晶矽(Multicrystalline)型太陽能晶片即可利用太陽輻射強度與紫外線強度強烈的相關性達成紫外線偵測的目的。若使用 III-V 族三接面太陽能電池(GaInP/GaAs/Ge)特有之物理特性，磷化銦鎵(GaInP)吸光層更可針對太陽光譜中紫外線成分(波長<400 nm)作偵測。實驗證實電池之電流輸出將受限於磷化銦鎵(GaInP)吸光層。利用上述太陽能晶片特有之物理特性，配合簡單電流檢知電路設計，即可設計出即時偵測太陽光譜中紫外線強弱的裝置。

本裝置另外加入以紫外線強度作為參數控制的伺服馬達，可以自動啟閉遮陽罩，以達成即時偵測紫外線，與室內紫外線防護自動化的目的。

壹、研究動機

地球各地臭氧層密度大不相同，在赤道附近最厚，兩極變薄。北半球的臭氧層厚度每年減少 4%。現在大約 4.6% 的地球表面沒有臭氧層，這些地方成為臭氧層空洞，大多在兩極之上。近年來因為臭氧層的厚度減少，紫外線大量的進入地表，造成對地球生態的破壞。科學家分析若臭氧層濃度減少百分之十，皮膚癌發生率升高百分之二十六，全世界亦將有一百六十至一百七十五萬名新白內障患者；其他生物如爬蟲類的卵因受紫外線照射，孵出的健康幼蟲減少因此滅種；植物會因幅射樹葉面積減小，光合作用因而減緩。幅射增加浮游生物勢必存活在水面下更深之處，光合作用將降低百分之六至十二，浮游生物的存活量也將減少。一旦食物鏈的最底層浮游生物減少勢必牽動整個食物鏈，生態系的牽動將造成浩劫。

。1974 年美國科學家馬林納及勞倫證實噴霧罐及家電中如冰箱等所用的氟氯碳化合物(簡稱 CFCs)與臭氧層破壞有直接關係。目前各國都陸續推廣環保冷媒的使用，等待臭氧層透過自然機制回復。但臭氧層的回復，恐怕不是短時間能立刻解決的。人們能做的是即時掌握確切的紫外線指數，判斷是否應該要做防曬措施，或是決定戶外活動的安全程度。因此，日常生活中紫外線即時偵測對於個人健康而言顯得格外重要，基於上述理由，我們開始研究這套

太陽能紫外線即時監控自動防護系統

貳、研究目的

目前一般社會大眾取得紫外線指數方法主要透過氣象局提供相關數據報導，然而對於戶外活動者來說，並無法達到即時示警之功用。針對此問題，市面上出現多款紫外線偵測儀器，例如：紫外線光強度計、紫外線指示錶、紫外線偵測器、紫外線強度指示卡、紫外線指數計...等。這些儀器雖然具備小型化之隨身攜帶優點，但價格昂貴，使用上並不普及；且僅適合短時間操作，無法達到長時間示警。紫外線強度指示卡雖然具備不需電力，且價格低廉等優點，但精確性偏低，只能概略參考。

有鑒於此，我們設計了一套裝置：『長時間與即時監控之太陽能紫外線警示器』，利用太陽能電池輸出之電力特性，經由檢知電路運算並輸出訊號供給 LCD(液晶螢幕)顯示做為紫外線示警之用，提供使用者即時、準確且直觀的訊息參考。

在價格方面，目前市售之紫外線偵測器價格相當昂貴 (約台幣 1000-16000 元)，本發明希望利用太陽能電池之物理特性，結合學理上之創作，將廉價太陽能電池當成一個紫外光偵測器，在未來更希望僅簡單電流檢知電路與 LED 警示燈，開發出具低成本、自給電力、長時間示警功能之太陽能紫外線警示器。



圖 1 市售紫外光偵測器。

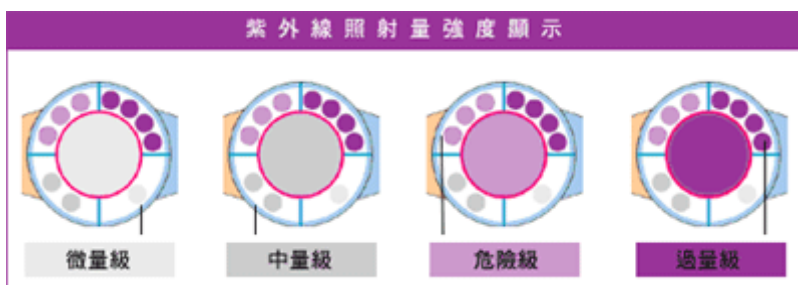


圖 2 市售紫外線強度指示卡。

參、研究設備及理論基礎

1. 材料介紹

1.1 中央處理器 AT89S52



圖 3

是一種單晶片微控制器，屬於 [MCS-51](#) 單晶片系列的一種，採用同步式的 [順序邏輯](#) 系統，整個系統的工作完全是依賴系統內部的時脈信號，用以來產生各種動作周期及同步信號。在晶片中已內建時鐘產生器，在使用時只需接上 [石英晶體諧振器](#)（或其它振蕩子，例如 RC 震盪電路）及 [電容](#)，就可以讓系統產生正確的時鐘信號。

在單一的晶片封裝中提供很多功能（包括 CPU, RAM, ROM, 輸入輸出，中斷，時鐘等），並且能透過程式的執行，完成數位訊號讀取、簡單運算、數位訊號的輸出；若搭配系列配套模組，可執行強大的功能。

本研究是利用 AT89S52 進行訊號的讀取，將資料透過程式的運算之後，分別控制 LCD(液晶銀幕)的顯示，以及控制一組伺服馬達，決定開啟或關閉遮陽罩的角度。

1.2 類比轉換數位元件 PCF8591T (A/D Converter, ADC)



圖 4

PCF8591 也是一種單晶片、具有低功耗特性、能進行 8-bit 數位訊號讀取及類比訊號讀取，同時內建數位轉換類比、類比轉換數位等功能。

本研究是利用 PCF8591T 類比轉換數位的功能，將讀取到的電壓類比訊號轉換成 8-bit 數位訊號，它能將 5V 電壓進行 $2^8=256$ 的訊號分割成數位訊號，以利於 AT89S52 的訊號讀取。

1.3 伺服馬達 SG90



尺寸：21.5mmX11.8mmX22.7mm
重量：9 克
無負載速度：0.12 秒/60 度(4.8V)
使用溫度：-30~~+60 攝氏度
工作電壓：4.8V~~6V

圖 5

本研究是利用伺服馬達 SG90 能輕易的控制轉速及轉動角度的特性，決定開啟或關閉遮陽罩的角度，達成紫外線防護自動化的功能。

1.4 1602 液晶模組：

1602 液晶模組內部的字元發生記憶體 (CGROM)已經存儲了 160 個不同的點陣字元圖形，如圖所示，這些字元有：阿拉伯數字、英文字母的大小寫、常用的符號等，每一個字元都有一個固定的代碼，透過字元顯示可將檢知電路運算後的資訊，即時顯示於螢幕上，同時也方便我們對中央運算處理單元進行參數設定。



圖 6

1.5 三接面太陽能電池(GaInP/GaAs/Ge)：

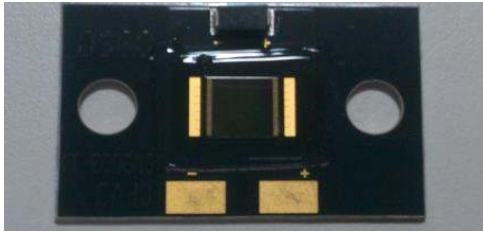


圖 7

太陽能電池晶片尺寸為 $5.5 \times 6.5 \text{ mm}^2$ ，整塊太陽能電池板大小為 $3.5 \times 4.6 \text{ cm}^2$ 。光電轉換效率 $>30\%$ 。

1.6 Fresnel 聚光透鏡：

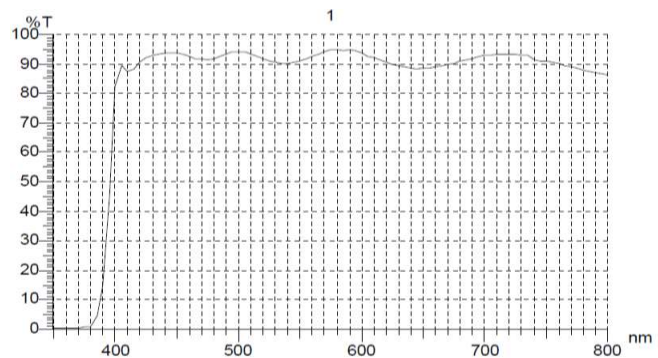


透鏡厚度為 3 mm，
大小為 $12 \times 12 \text{ cm}^2$ ，
焦距為 10 cm。

圖 8

本研究使用 Fresnel 聚光透鏡進行聚光照射，強化太陽能電池的單位面積轉換效率；以探討未來自行供電的可能性。

1.7 UV 濾鏡：圖 9



本研究中使用 UV 濾鏡，濾除太陽光中波長小於 400 nm 之紫外線，確認紫外線強度，與三接面(GaInP/GaAs/Ge)高效率 III-V 族太陽能電池輸出電流之相關性。附圖顯示 UV 濾鏡對於波長小於 400 nm 之紫外線具有良好的阻絕效果

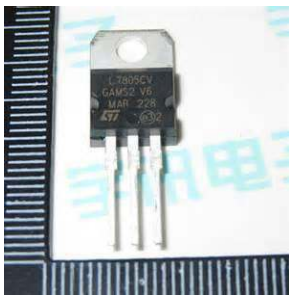
1.8 : 多晶矽(Multicrystalline)型太陽能晶片



本研究使用
多晶矽型太陽能電池做為
紫外線強度的感測器。
規格：
最大斷路電壓：9V
(實際測試為 10V)
最大短路電流：30mA
尺寸：108mm×43mm

圖 10

1.9 : 7805 線性穩壓器

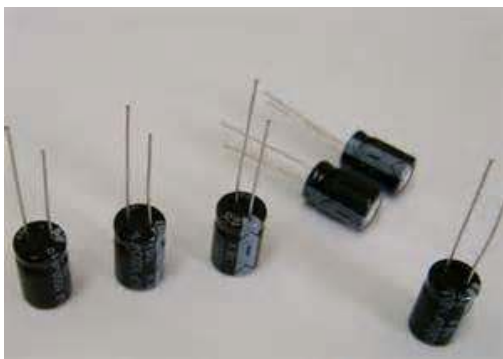


7805 線性穩壓器，是一種用於保持穩定電壓的系統(穩壓器)。調節器的電阻依照負載變化，導致恆定的輸出電壓。

本研究使用電池，配合 7805 提供穩定 5V 電壓，使系統實現可攜帶，隨時隨地操作特性。

圖 11

1.10 : 電解質電容



本研究使用電解質電容達成濾波、穩壓等目的，防止突波傷害電路。

規格：1000 μ F

圖 12

1.11 : 可變電阻



圖
13

本研究使用可變電阻達成分壓目的，使太陽能晶片輸出的 10V 電壓，透過電阻降壓至 5V 以內。5 伏特為 PCF8591T 所能接受之最大電壓。

規格：10K Ω

2. 理論基礎

2.1 紫外線指數：

紫外線指數(英語：Ultra-violet Index)指的是在某一天某個地點受到太陽紫外線(UV)輻射強度的國際計量標準。這數值是直接與紫外線輻射到達地球表面的數量相關，計量單位是： W/m^2 (可能有用常數轉換)。世界衛生組織建議人們在不同的紫外線指數，進行不同程度的防護措施，具體措施詳見下表。

世界衛生組織針對日常預報紫外線指數不同數值的建議防護措施：(表 1)

紫外線指數	具體描述	建議的防護措施
0-2	對於一般人無危險	佩戴太陽鏡；如果地面有雪應使用防晒霜，因為雪會反射紫外線輻射，或者你有特別白皙的皮膚也要使用。
3-5	無保護暴露於陽光中有較輕傷害的風險	使用太陽鏡和防晒霜，穿戴衣帽以保護皮膚並在中午陽光強烈時尋找遮蔽處。
6-7	無保護暴露於陽光中有很大傷害的風險	佩戴太陽鏡使用 SPF 大等於 15 的防晒霜，使用防晒服和太陽帽保護皮膚，並且從太陽正午前兩小時到之後三小時（在夏天遵守夏令時的地區即從 10:00 AM 到 4:00 PM）減少暴露在陽光中。
8-10	暴露於陽光中有極高風險	與以上防護方法相同但要特別注意保護 — 暴露的皮膚會快速灼傷。
11+	暴露於陽光中極其危險	採取所有的保護措施包括佩戴太陽鏡使用防晒霜，用長袖寬鬆襯衫和褲子保護皮膚，穿戴寬檐帽子，從太陽正午前兩小時到之後三小時間躲避陽光。

中華民國行政院環境保護署紫外線指數分級標準與世界衛生組織相同，但使用了特別的級別描述和防護措施建議。(表 2)

紫外線指數	曝曬級數	建議的防護措施
0-2	微量級	
3-5	低量級	
6-7	中量級	帽子/陽傘+防晒液+太陽眼鏡+盡量待在陰涼處。
8-10	過量級	帽子/陽傘+防晒液+太陽眼鏡+陰涼處+長袖衣物+上午十時至下午二時最好不外出。
11+	危險級	帽子/陽傘+防晒液+太陽眼鏡+陰涼處+長袖衣物+上午十時至下午二時最好不外出。

2.2 III-V 族三接面太陽能電池特性：

本研究探討 III-V 族三接面太陽能電池(圖 14a)特有之物理特性為基礎，理論上各層材料能隙值不同，吸收太陽光波段範圍也有所差異。例如：鍺(Ge)之能隙值約 0.67 eV，可吸收最長太陽光波長達到 1850 nm；砷化鎵(GaAs)之能隙值約為 1.42 eV，可吸收最長太陽光波長達到 873 nm；磷化銦鎵(GaInP)之能隙值約為 1.85 eV，可吸收最長太陽光波長達到 670 nm。

圖 14b 所示為廠商提供之三接面太陽能電池量子效率與波長關係圖，圖中可以明顯看出，各吸光層對於特定太陽光波長有較大的量子效率，意即可以獲得較大光電流輸出。以鍺吸光層而言，1000 nm 之太陽光波段具有 88% 之量子轉換效率；砷化鎵吸光層則在 750 nm 太陽光波段具有 90% 之量子轉換效率；磷化銦鎵吸光層則在 500 nm 太陽光波段具有 90% 之量子轉換效率。由此圖亦可瞭解到僅磷化銦鎵吸光層對於波長小於 400 nm 之太陽光有響應。

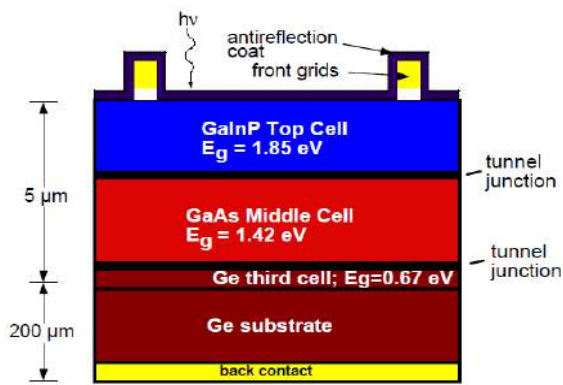
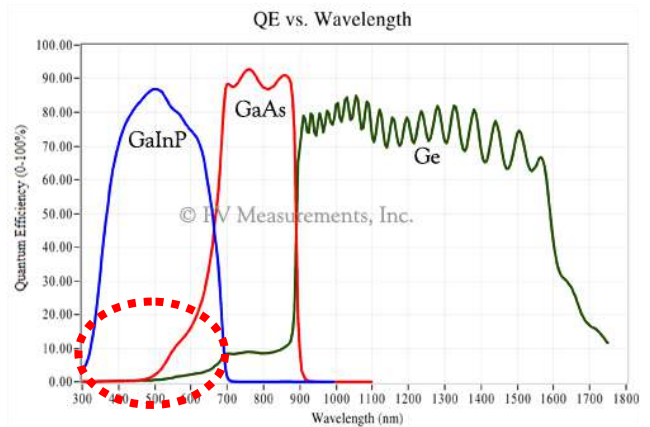


圖 14 (a) 三接面太陽能電池結構圖



(b)各吸光層量子效率對光波長之關係圖。

利用三接面太陽能電池各吸收層對不同波長之太陽光有不同之量子轉換效率特性，本研究構想主要針對太陽光譜中紫外線波段(波長<400 nm)作偵測，故影響三接面太陽能電池光電流輸出主要為磷化銦鎵吸光層。且三層吸收層為串連結構，整體電池之電流輸出將受限在磷化銦鎵吸光層，該層輸出電流將隨著紫外線強度不同有所差異(當紫外線越強烈，電流就越大；紫外線越弱，電流就會較小)。本構想即利用此物理特性，藉由偵測三接面太陽能電池輸出電流大小，配合簡單判斷電流之電路設計，來偵測太陽光譜中紫外線的強弱。同時太陽能電池所產生之電力可以同時供給給電路及警示 LED 之電力所需，不需額外外加電源，適合長時間警示太陽光譜中紫外線強度之用途。

2.3 紫外線強度與太陽能電池輸出電流之相關性：

本構想成功與否之關鍵在於 III-V 族三接面太陽能電池輸出電流是否會隨太陽光譜中紫外線強度而有差異。我們可由過去的研究了解，實際觀察此太陽能電池在 AM1.5G 測試條件下，包含：(1) 未聚光下之三接面太陽能電池輸出電流-電壓特性量測、(2) 聚光下之三接面太陽能電池輸出電流-電壓特性量測、(3) 不同聚焦位置下之三接面太陽能電池電流-電壓特性、(4) 加入紫外光濾鏡後之三接面太陽能電池輸出電流-電壓特性，這些實驗結果分述於下之各小節。

2.2.1 未聚光下之三接面太陽能電池輸出電流-電壓特性量測

使用太陽光源模擬器照射三接面太陽能電池，測量出其電流-電壓特性圖(如圖 15)。在 AM1.5G 標準光源照射下，太陽能電池之光短路電流約 4.61 mA，開路電壓約 2.39 V。然而這樣的效能，難以驅動檢知電路。此測試條件下，無法達成自給式電力需求，必須尋求提升短路電流方法。

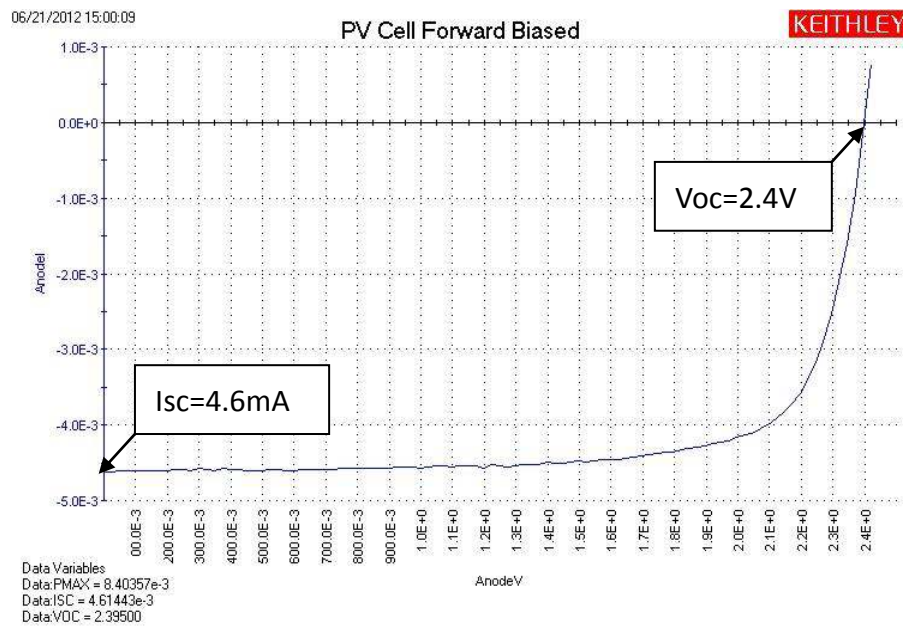


圖 15 三接面太陽能電池在 AM1.5G 條件下之 I-V 曲線圖。

2.2.2 聚光下之三接面太陽能電池輸出電流-電壓特性量測

由於三接面太陽能電池晶片面積僅 $0.5 \times 0.6 \text{ cm}^2$ ，故能產生之短路電流有限。因此實際運用上可以考慮配合聚光機制，提升太陽能電池光電流輸出。如圖 16 所示，使用 Fresnel 透鏡有效將光源聚集在太陽能電池晶片上，提升短路電流密度至 15.41 mA，且開路電壓亦同步提升至 2.47 V，這樣的提升，更可能達成驅動檢知電路所需之電力。

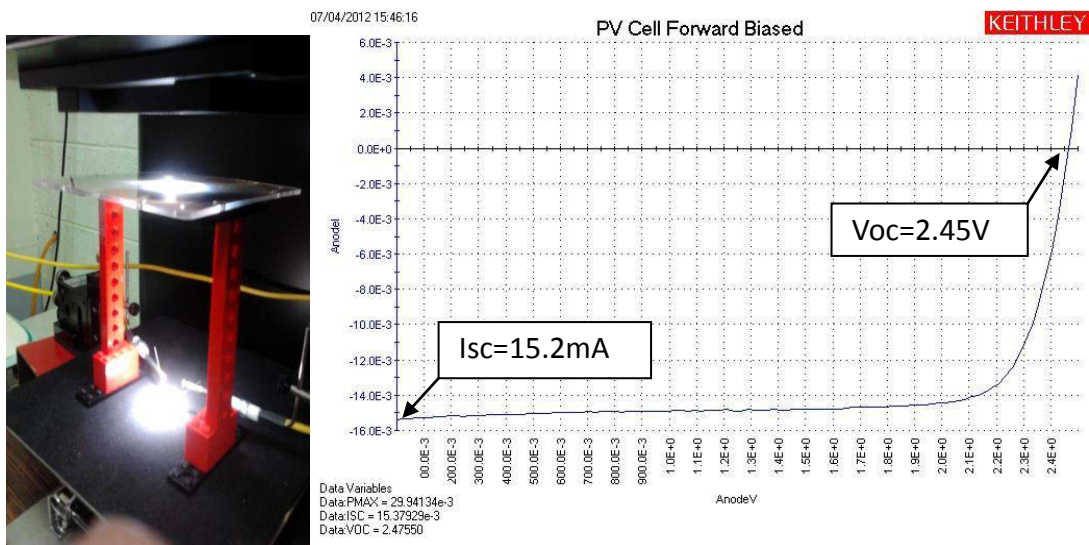


圖 16 Fresnel 透鏡聚光下之 I-V 曲線圖。

2.2.3 不同聚焦位置下之三接面太陽能電池電流-電壓特性

研究進一步調整 Fresnel 透鏡與太陽能電池晶片之距離，找到最佳焦距，如表 3，當焦距調整至 11.4 cm 時，可將太陽能電池短路電流提升至 16.54 mA，開路電壓亦提升至 2.5V。

(表 3)透鏡與太陽能電池距離與短路電流對照表。

透鏡與太陽能電池距離 (cm)	短路電流 (mA)
12.4	14.68
11.4	16.54
10.4	15.37
9.4	15.41
8.4	14.35

2.2.4 加入紫外光濾鏡後之三接面太陽能電池輸出電流-電壓特性

本實驗最終重點即為使用 UV 濾鏡(如圖 17)，將太陽光源模擬器中波長比 400 nm 還短之紫外光完全被過濾掉，再測量三接面太陽能電池在無紫外光條件下的 I-V 曲線圖。相較於沒有 UV 濾鏡之太陽能電池 IV 曲線圖，置入 UV 濾鏡後，光源少了紫外光成分，導致三接面太陽能電池整體短路電流下降約 1.5 mA。此實驗成功驗證了聚光後三接面太陽能電池具有分辨太陽光譜中紫外光能力。

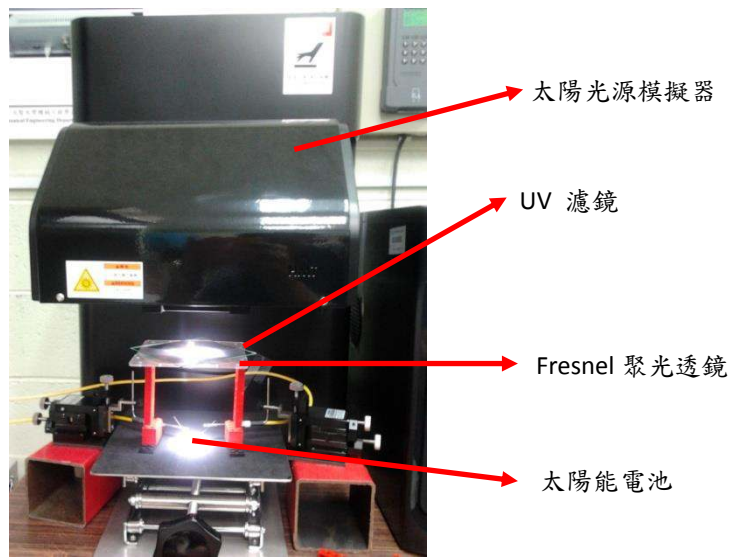


圖 17 置入 UV 濾鏡之實驗架設圖。

(表 4) 實驗結果。

		w/o Fresnel Len	Len Height				
			12.4 cm	11.4 cm	10.4 cm	9.4 cm	8.4 cm
Jsc (mA)	w/o UV filter	4.61	14.68	16.54	15.37	15.41	14.35
	With UV filter	4.20	13.28	16.22	13.88	13.38	12.86
Δ Jsc (mA)		0.41	1.40	0.32	1.49	2.03	1.49
Voc (V)	w/o UV filter	2.39	2.48	2.47	2.47	2.47	2.47
	With UV filter	2.39	2.45	2.50	2.45	2.45	2.45
Δ Voc (V)		0	0.03	-0.03	0.02	0.02	0.02

表 4 為綜合上述實驗之結果，比較在不同焦距下三接面太陽能電池之開路電壓與短路電流輸出值。表中可以明顯看出開路電壓與短路電流在有無使用 UV 濾鏡的情況下，輸出值的差異。

2.2.5 多晶矽(Multicrystalline)型太陽能晶片響應特性曲線

由圖 18 中可以看出，

多晶矽型太陽能晶片的響應峰值大約在 900nm 左右，此波長已經落於紅外光的範圍，對可見光(400nm~700nm)響應良好，但對 400nm 以下的紫外線響應比較不明顯。因此可以發現，多晶矽型太陽能晶片對於紫外線並不具有分辨能力。但如果我們能證明日射量與紫外線指數之相關性，就能以多晶矽型太陽能晶片的響應推估紫外線指數。

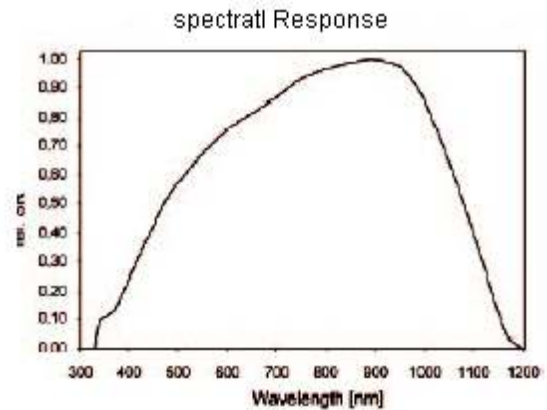


圖 18

2.2.6 日射量與紫外線指數相關性之探討

日射量與紫外線指數的計量原理相同，都是採計地表每平方公尺接收多少瓦特，計量單位是： W/m^2 (可能有用常數轉換)，兩者間的差別在於紫外線指數只針對紫外線波段的能量進行採計，而日射量則採計所有太陽輻射能量的數值，一般認為兩者之間具有強烈的相關性。為了證明這一推論，我們隨機抽樣 2 天(8/3 與 8/15)，進行日射量與紫外線強度比對，結果如下：(表 5)

	2014 年 8 月 3 日		2014 年 8 月 15 日	
	紫外線指數	日射量	紫外線指數	日射量
7 : 00	0.15	0.46	0.16	0.45
8 : 00	1.28	1.28	1.43	1.28
9 : 00	3.19	2	3.65	2.04
10 : 00	5.85	2.81	6.66	2.79
11 : 00	8.35	3.42	9.19	3.37
12 : 00	9.71	3.6	10.81	3.6
13 : 00	9.61	3.6	10.80	3.6
14 : 00	8.28	3.44	9.19	3.54
15 : 00	5.99	2.87	6.64	2.91
16 : 00	3.56	2.26	3.71	2.08
17 : 00	1.58	1.54	1.41	1.33
18 : 00	0.00	0.58	0.10	0.54

數據來源：中央氣象局

由表 5 中可知，日射量與紫外線指數相關性相當強，為了更進一步確認兩者之間的相關性，我們對數據進行線性回歸，結果如下：

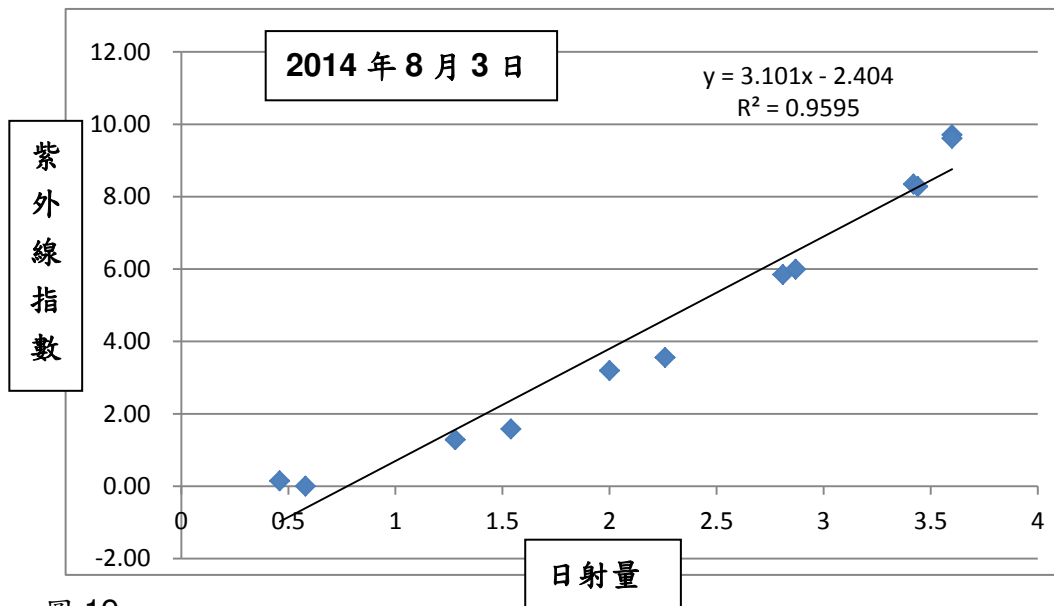


圖 19

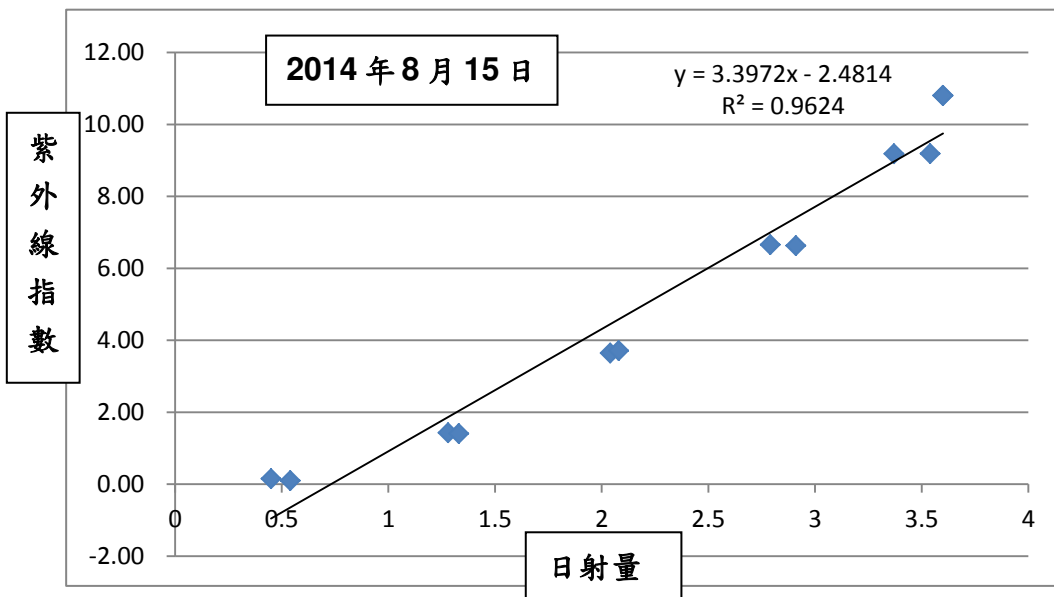


圖 20

由 $R^2 = 0.96$ 確定兩者之間屬於高度正相關，但從資料落點發現，隱約可依看出一條弧線，我們猜測關係方程式可能不是一次項函數。因此我們重新分析數據，結果如下：

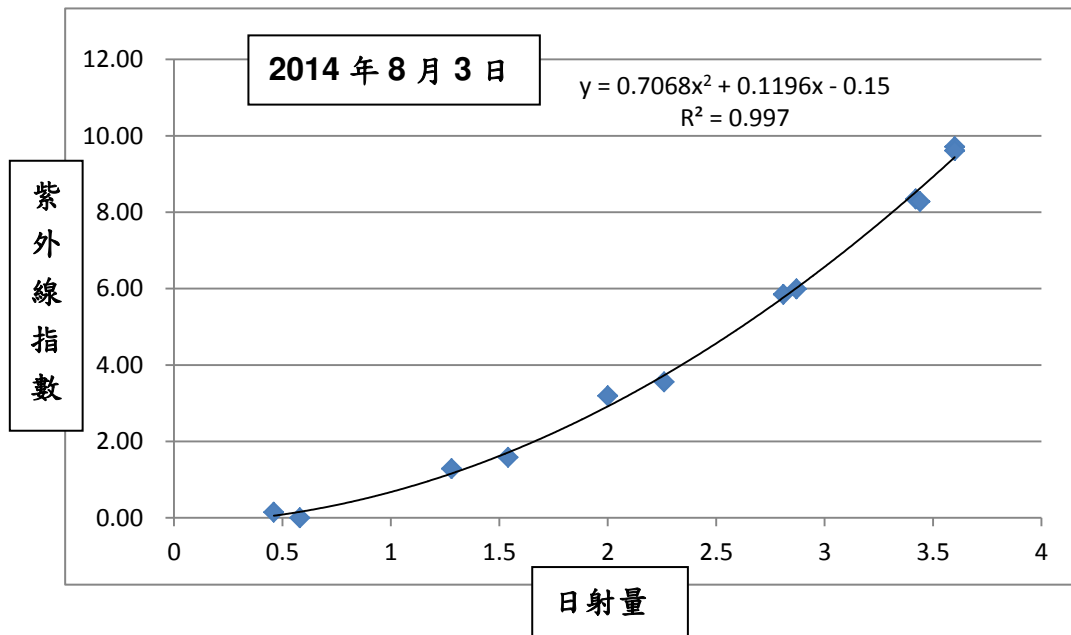


圖 21

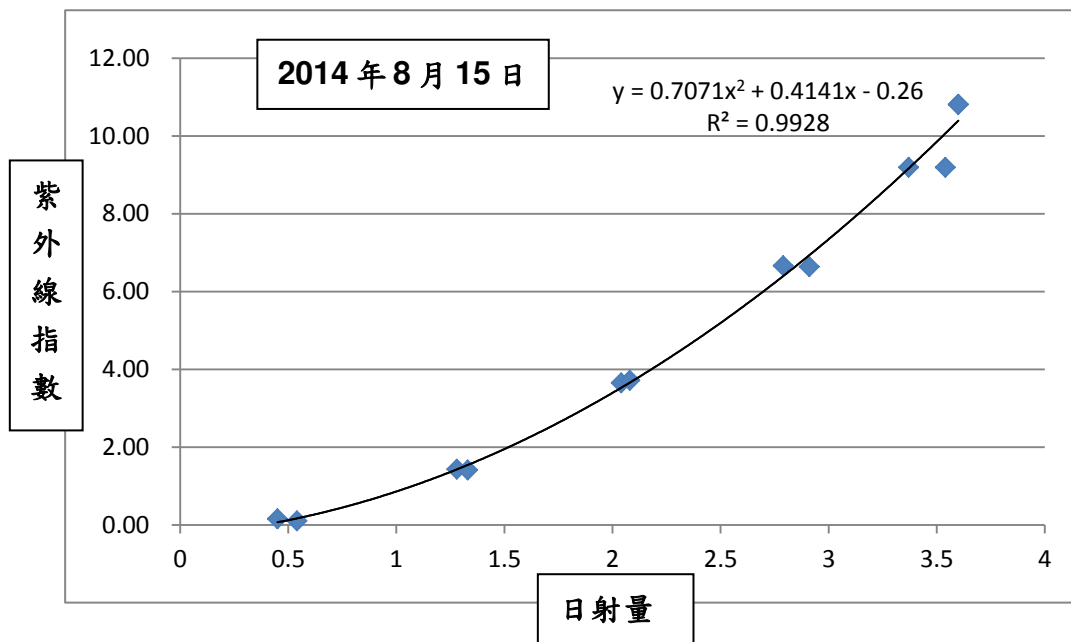


圖 22

由 $R^2 > 0.99$ 確定兩者之間屬於高度正相關，利用日射量推估紫外線指數應該具有相當高的可信度。

2.2.7 初步研究結論

綜合上列研究顯示，紫外線的強度確實影響三接面太陽能電池輸出電流，但單片太陽能電池的輸出電壓太低，若採用兩片太陽能電池串聯的方式提高輸出電壓；並同時可以拉開使用 UV 濾鏡前後的電壓差距，產品特性也可以較穩定。但使用三接面太陽能電池所面臨的問題是，市面上難以購得，相關器材與研究資料是透過老師向元智大學取得。

透過對數據進行分析，更加確定陽光中紫外線強度與可見光、紅外光的強度存在高強度的相關性，所以多晶矽(Multicrystalline)型太陽能晶片在輸出電壓響應，相信也可以作為紫外線強度的重要參考指標。

因為多晶矽(Multicrystalline)型太陽能晶片比較普遍，且容易取得，我們最後選擇使用多晶矽型太陽能晶片，作為感知器。

3. 作品設計架構

在完成學理上之推論後，我們便可以進行長時間與即時監控之太陽能紫外線即時監控自動防護系統設計。如圖所示，整體架構包含太陽能電池、電壓值檢知電路、中央運算處理單元、參數設定模組、伺服馬達與 LCD 顯示器。

我們的設計概念是，系統在開機後會要求參數設定，Group1~Group11 共需輸入 11 組 CON: 值，這些 CON: 值就是相鄰的 UV Index 之間 ADC 的臨界值，之後會要求輸入 UPPER-LIMIT: 與 LOWER-LIMIT:。當系統執行功能時，會由太陽能電池機接受不同強度的太陽光的照射之後產生相異的電壓值，由電壓值檢知電路讀取類比訊號後，轉換成中央處理單元能接受的數位訊號，中央運算處理單元接收數位訊號後與設定參數進行運算。

各項參數與運算出對應的紫外線指數(UV Index)於 LCD 顯示器上顯示；另外中央運算處理單元可根據設定的參數(UPPER-LIMIT: 與 LOWER-LIMIT:)，驅動伺服馬達，進行遮陽罩啟閉角度控制，達成紫外線防護自動化的功能。

3.1 太陽能紫外線即時監控自動防護系統功能設計：

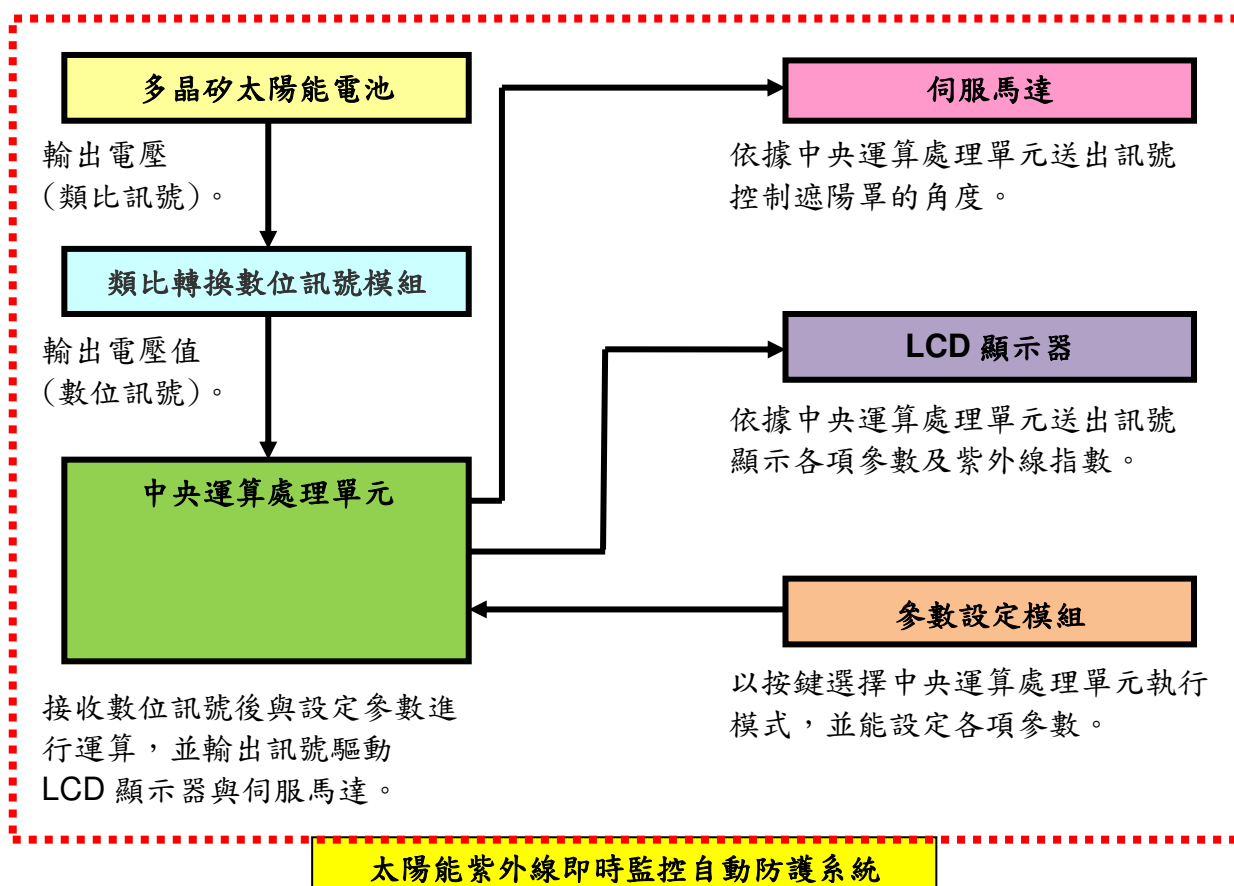


圖 23 太陽能紫外線即時監控自動防護系統設計架構示意圖。

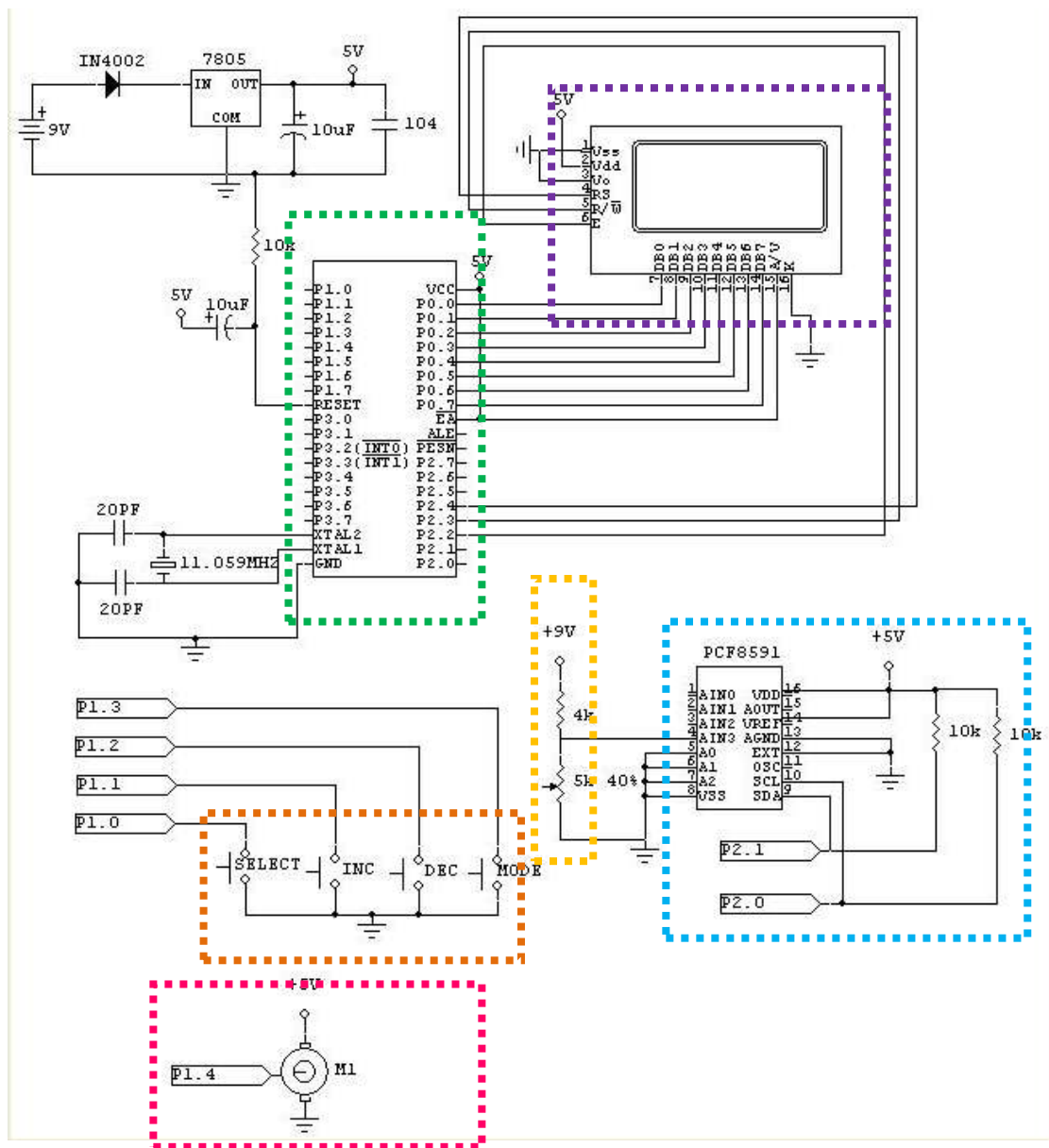
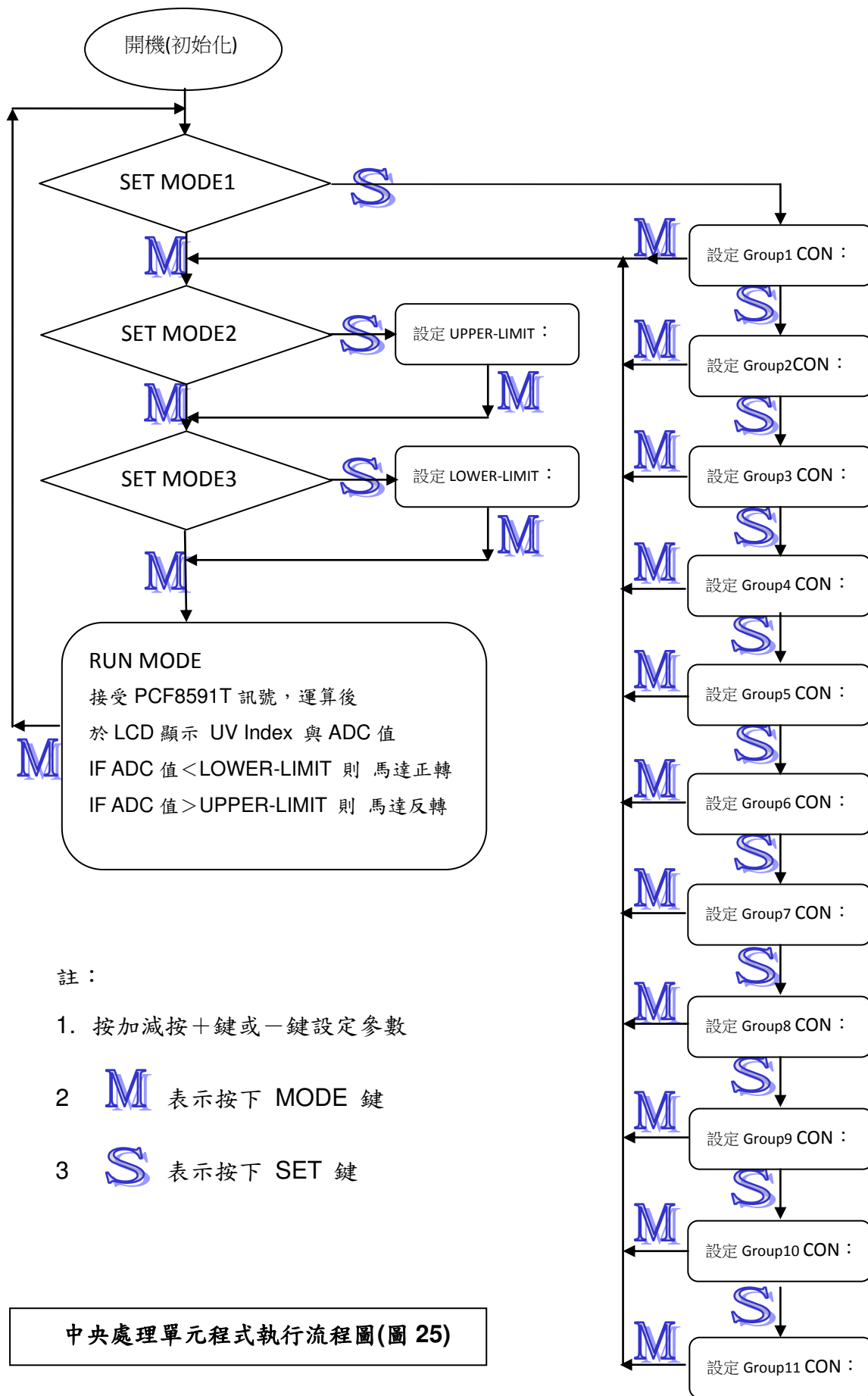


圖 24 太陽能紫外線即時監控自動防護系統 電路設計。
 (區塊顏色與圖 23 正確對照)



中央處理單元程式執行流程圖(圖 25)

3.2 太陽能紫外線即時監控自動防護系統原型：

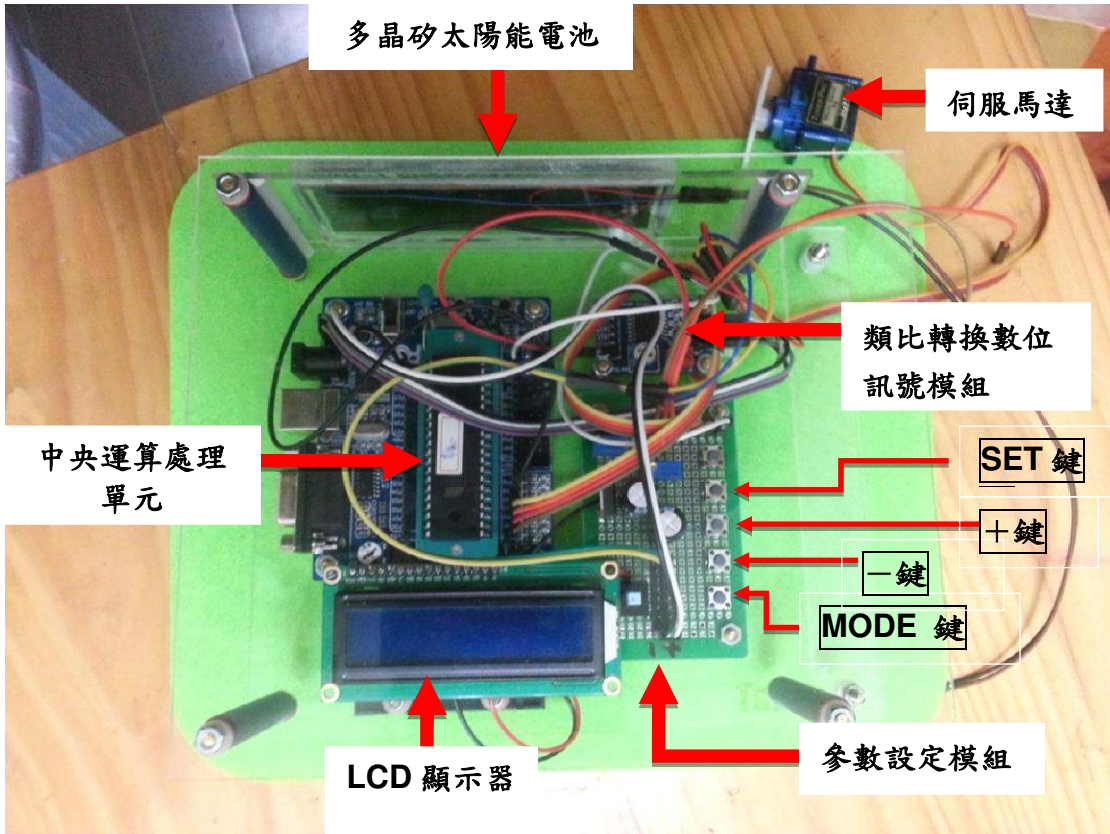
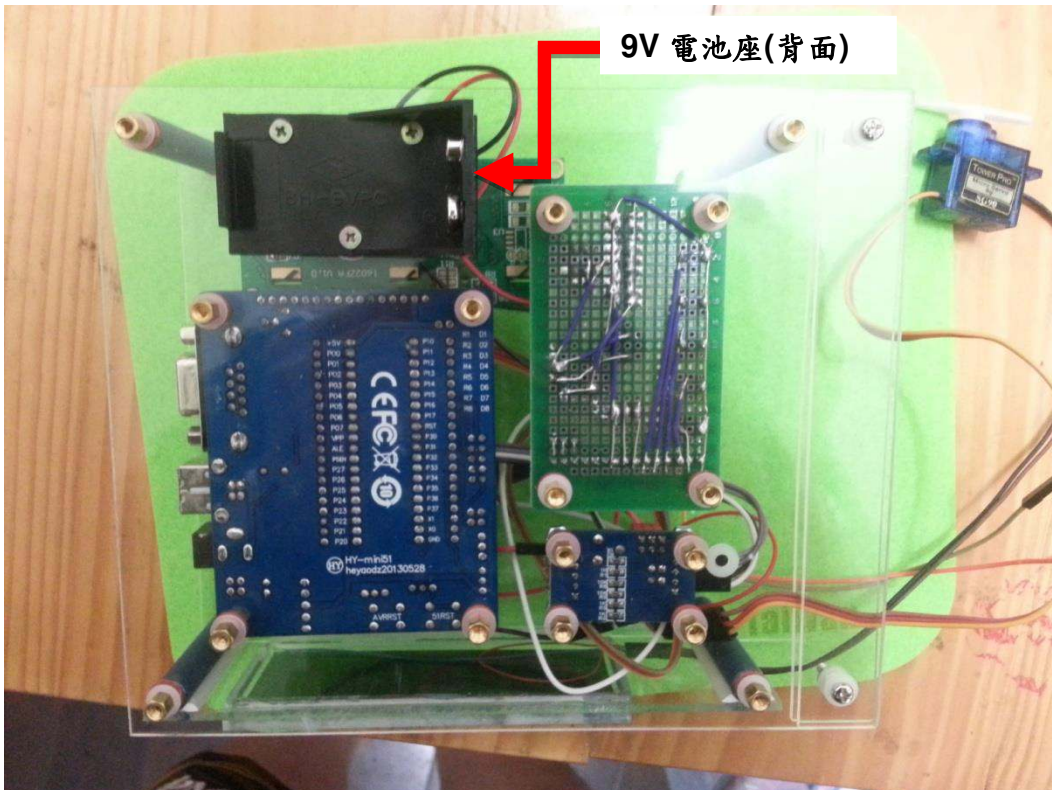


圖 26、27 太陽能紫外線即時監控自動防護系統實體照片。



3.3 太陽能紫外線即時監控自動防護系統操作方法：

步驟一：檢查所有線路及電源線是否正確連接。

步驟二：開啟電源

步驟三：連按 **MODE 鍵**，直到畫面出現 SET MODE1



圖 28

步驟四：按下 **SET 鍵**，直到畫面出現 下一組參數設定。



圖 29

步驟五：依照參數表，連按 **+ 鍵** 或 **- 鍵** 調整 CON：值，進行參數設定。

(UV Index 共有 11 組，設定方式重覆步驟四、步驟五。)

步驟六：按下 **MODE 鍵**，畫面出現 SET MODE2



圖 30

步驟七：依照參數表，連按 **+ 鍵** 或 **- 鍵** 調整 ADC 值，進行參數設定。

步驟八：按下 **MODE 鍵**，畫面出現 SET MODE3



圖 31

步驟九：依照參數表，連按 **+ 鍵** 或 **- 鍵** 調整 ADC 值，進行參數設定。

步驟十：按下 **MODE 鍵**，畫面出現 RUN MODE，表示系統開始運作。



圖 32

3.4 太陽能紫外線即時監控自動防護系統功能測試：

在太陽能紫外線即時監控自動防護系統硬體建置完成後，我們對系統進行下列幾項測試：

3.4.1 標準電壓 透過 ADC 轉換的對應值：

透過電源供應器與三用電表，我們可以輕易的產生標準電壓。

本研究選定 11 組標準電壓進行轉換測試。由於 5 伏特為 PCF8591T 所能接受之最大電壓，因此我們選定的電壓範圍為 0~5V。

測試結果顯示，PCF8591T 正常運作。

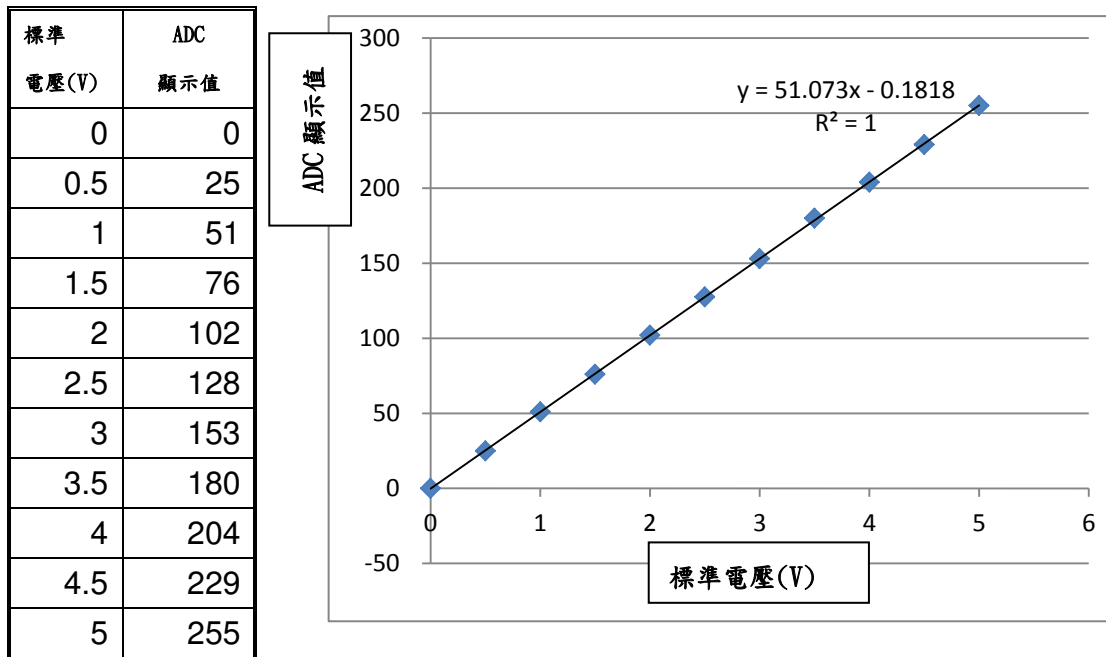


圖 33

3.4.2 伺服馬達運轉測試：

本系統可根據設定的參數，驅動伺服馬達，進行遮陽罩啟閉角度控制，達成紫外線防護自動化的功能。原設計是當 ADC 值超過 UPPER-LIMIT 設定參數時遮陽罩進行關閉，而 ADC 值低於 LOWER-LIMIT 設定參數時遮陽罩進行開啟。在無負載的情況下(沒有遮陽罩)，我們對伺服馬達進行運轉測試，結果在 200 次的測試中的第 71 次，出現唯一的一次誤動作。

正確動作為：(大太陽下遮蔽太陽能晶片，遮陽罩進行開啟，反之則關閉)

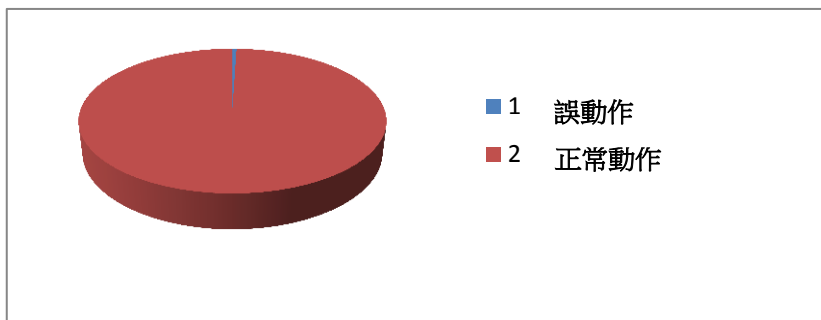


圖 34

肆、研究過程與方法

從 1997 年 7 月開始，中央氣象局提供一項紫外線指數的報導。紫外線指數的大小和太陽角度、臭氧總量、雲、懸浮微粒、地表反照率與高度有密切關係，因此紫外線強度是隨時變動的。為使一般大眾更方便使用這個指數，中央氣象局提供紫外線指數的數據服務，一般大眾都可透過向中央氣象局申購得到詳細的逐時(每一小時的平均值)數據，以供參考研究。

中央氣象局紫外線指數觀測系統採用型號 SOLAR 501A UVB Detector 進行紫外線偵測，準確度無庸置疑。



圖 35 SOLAR 501A UVB Detector



圖 36 新屋氣象站

(地址：327743 桃園市新屋區東興路二段 946 號)

我們選定新屋氣象站作為研究地點進行研究，系統測試分成 2 個階段：

1. 第一階段：於 2014 年 8 月份，以機器實測進行資料記錄，並與中央氣象局提供之新屋測站數據進行比對分析，找出相鄰的 UV Index 之間 ADC 的臨界值，並建立系統設定參數。(以下日期均為 2014 年)
2. 第二階段，儀器實測預測 9 月資料，再與新屋氣象測站 進行 9 月資料比對(線性迴歸)，取得直線方程式及 R^2 值。

1. 第一階段：

以新屋氣象站旁邊的空地作為觀測地點，選定條件為無遮蔽物，不影響交通為上。實地以太陽能紫外線即時監控自動防護系統實測進行資料記錄，並與中央氣象局提供之新屋測站數據進行比對分析，找出相鄰的 UV Index 之間 ADC 的臨界值，並建立系統設定參數。

資料紀錄方式是以攝影機設定 6 分鐘擷取 1 張液晶顯示器顯示畫面，如此 1 小時就有 10 筆數據，紀錄時間為早上 7 點鐘(7:00)到下午 18 點鐘(18:00)。選定這段時間是因為，研究過去的歷史紀錄，早上 7 點中以前，以及下午 18 點鐘之後，UV Index 幾乎不曾出現 0 以外的值。

實測日期為： 8 月 2 日、 8 月 3 日 、 8 月 15 日、 8 月 23 日
8 月 30 日。

(日期的選定有 3 個條件：1. 星期假日 2. 沒有降雨 3. 老師有空)

由於原始資料過於龐大，我們花費相當的時間進行資料整理、比對；將拍攝到的照片用人工記錄的方式記錄到實驗記錄本上。運用逼近法(猜測)，我們終於得到相鄰的 UV Index 之間 ADC 的臨界值(Con：)。

參數表 (表 6)

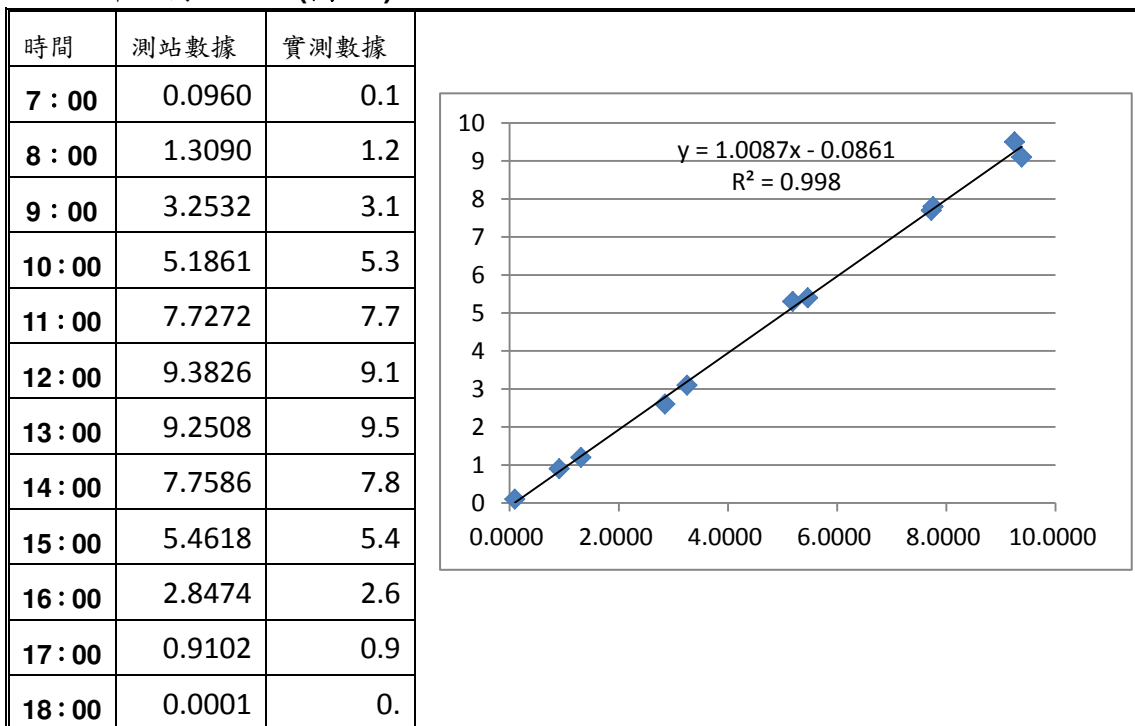
Group :	Con :	UV Index 分界
Group : 0	23	0 ~ 1
Group : 1	52	1 ~ 2
Group : 2	81	2 ~ 3
Group : 3	115	3 ~ 4
Group : 4	141	4 ~ 5
Group : 5	162	5 ~ 6
Group : 6	180	6 ~ 7
Group : 7	198	7 ~ 8
Group : 8	210	8 ~ 9
Group : 9	222	9 ~ 10
Group : 10	232	10 ~ 11
Group : 11	240	11 ~ 12

實例說明：按表 6 所列數據進行參數設定，系統運作時，假設當時的系統顯示 ADC 為 212，則 UV Index 顯示為 9。

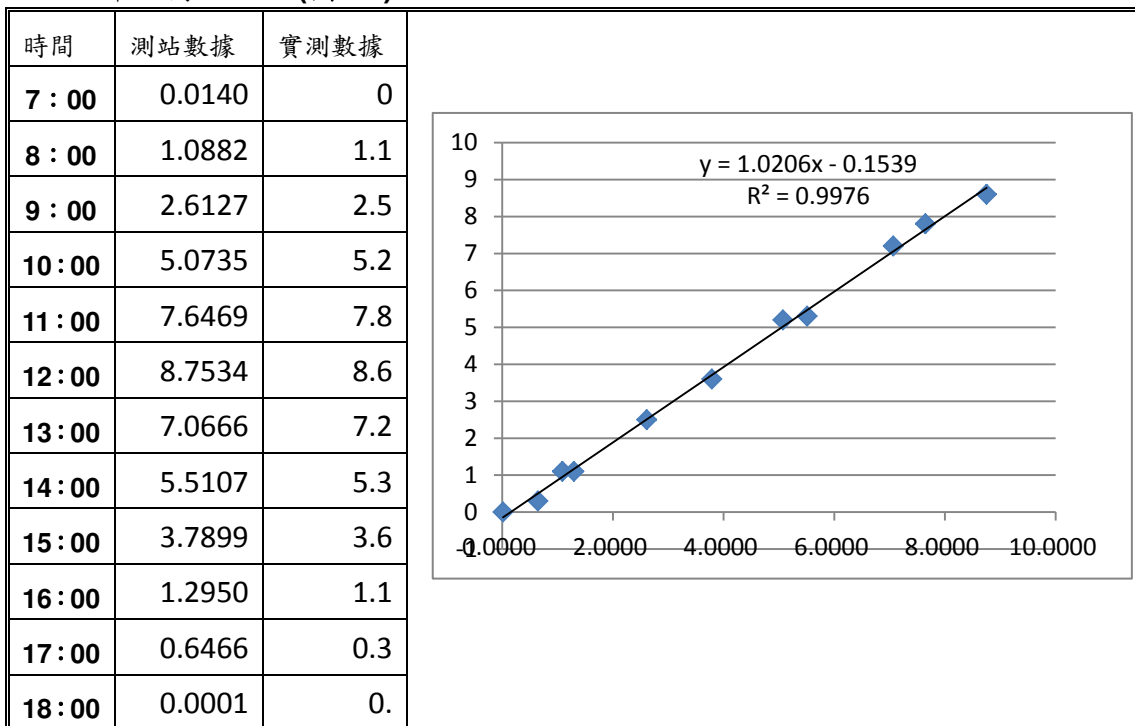
2. 第二階段：

實測日期為： 9月6日、9月7日、9月13日、9月27日、
9月28日。實測結果如下所示。

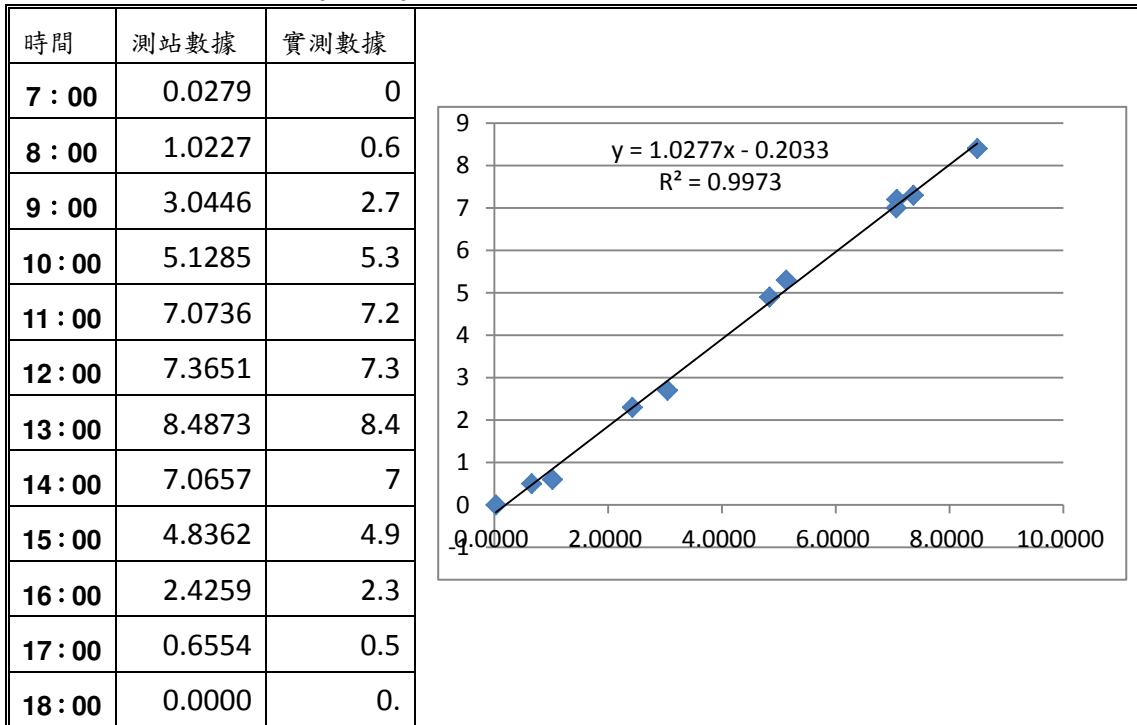
2014年9月6日 (圖 37)



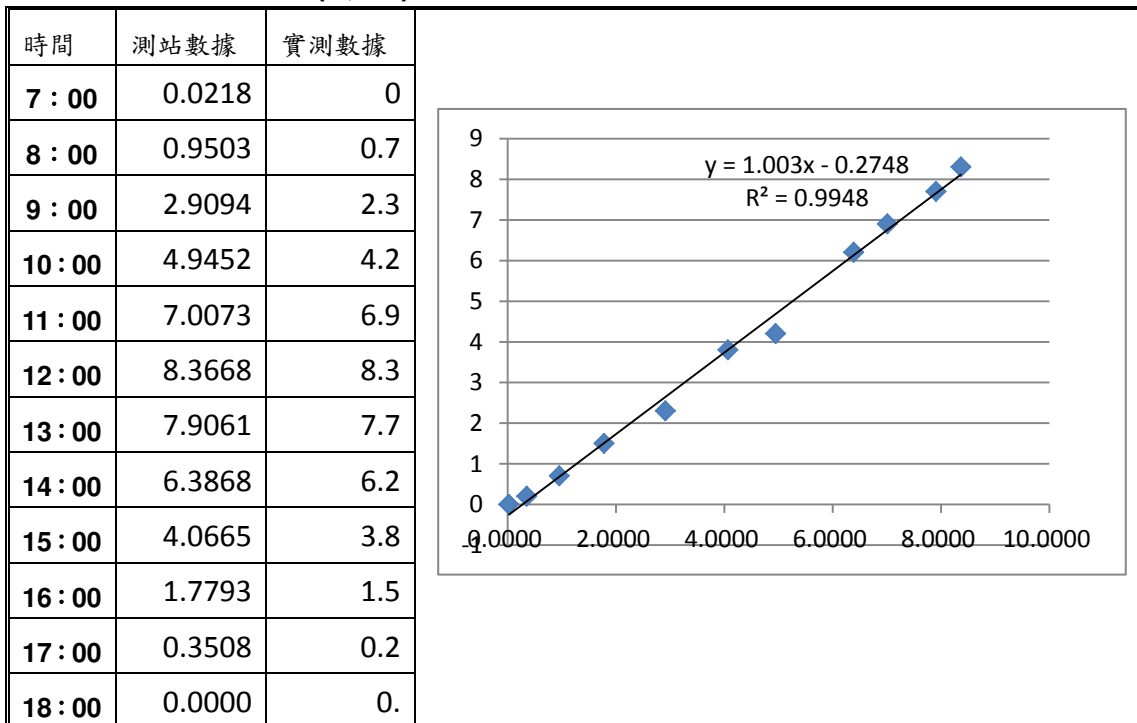
2014年9月7日 (圖 38)



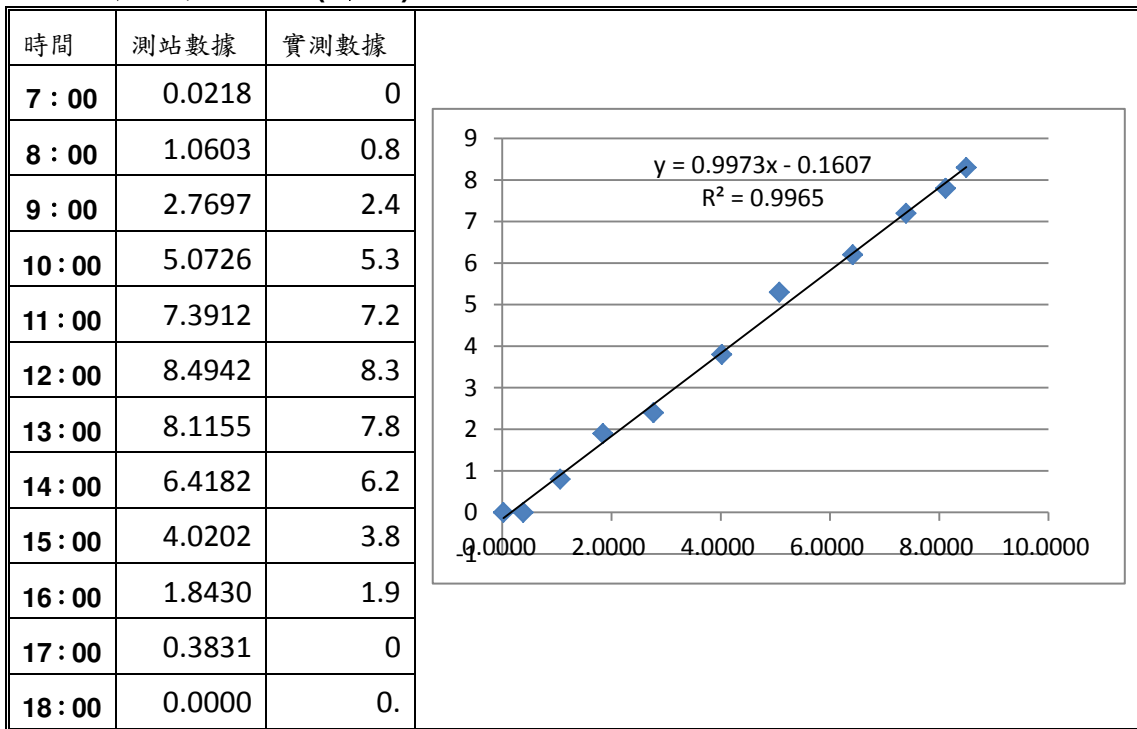
2014年9月13日 (圖 39)



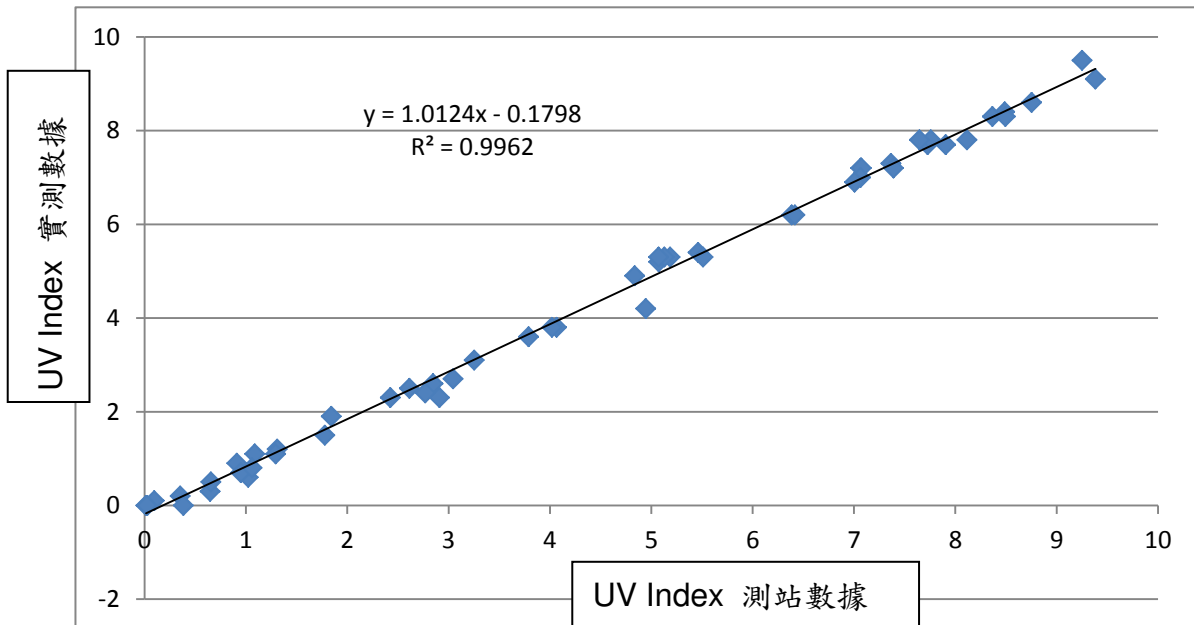
2014年9月27日 (圖 40)



2014年9月28日 (圖 41)



所有資料 (圖 42)



伍、研究結果與討論

初步的實驗結果超出我們所預期的好，一開始面對這樣的數據是惶恐的。 $R^2 > 0.99$ 已經是相當可信的儀器，我們怎麼可能辦到？

後來經過跟老師討論之後，我們漸漸釋懷，並不是我們的儀器這麼厲害，數據能表現出這樣的高度相關，完全是我們處理數據的方式。

首先我們並無法取得新屋氣象站紫外線偵測每一瞬間的值，而是以每小時平均值取代，而每一個紫外線指標涵蓋的範圍不小，平均值要落在這個範圍之外並不容易，我們相信如果我們能取得每一瞬間的偵測值，直接進行比對分析，應該有比較大的落差。

儘管如此，我們還是相當高興，這樣的實驗結果，表示我們開發的這套系統，存在一定的可信度，是個方便的參考工具。

陸、結論

1. 本研究完成了即時紫外線指數偵測器，經實驗證明，其硬體架構實際可行，與新屋氣象測站比對後，具有高度的相關性。
2. 由於此套即時紫外線指數偵測器具有低成本、高移動性等優點，除了可在任意地點觀測之外，未來可結合相關行動無線技術與大面板顯示技術，使其成為移動式紫外線指數觀測站，可於假日至各大景點進行觀測，並同步利用大面板顯示，告知遊客目前即時紫外線指數，使紫外線指數偵測更為靈活而實用。本系統尚可廣泛應用於交通工具上，或是嬰兒車等一般生活中。

柒、未來研究方向

1. 與精密儀器進行直接的比對，尋求更準確的校正。
2. 研究由太陽能自行供電的可能性。強化太陽能電池的單位面積轉換效率，例如聚光。
3. 目前並無參數記憶功能，每次斷電都要重新輸入參數，希望未來加入參數記憶功能。
4. 其他材質太陽能電池研究，探索是否存在更適合的感測器。
5. 未來如果能將檢知電路做成微型積體電路，並將顯示簡化成：安全(綠燈)、適度防曬(黃燈)、危險(紅燈)等，以低功率的 LED 進行顯示，將大大降低耗電量，如此一來，系統所需要之電力將可由 Fresnel 聚光透鏡增強太陽能電池輸出之後提供，更能兼顧環保訴求。必要時也可內建二次電池，在陽光充足時儲存電力，以便在低電量的狀態下持續顯示，可與故障狀態區別。



圖 43 長時間與即時監控之太陽能紫外線警示器作品概念圖。



體積小，不須維護，能長時間運作！

【評語】 030802

利用可見光太陽能電池推測紫外線強度，準確度可與氣象站近似，因非直接量測紫外線，好處是利用成本低可用現成太陽能電池。壞處是紫外線推測會受到環境因素變因影響。整體而言，實驗數據完整，分析正確與生活經驗結合。