

自製簡易紫外線偵測器與其應用

國中組應用科學科第三名

高雄市立三民國民中學

作者：黎家華、呂佩芬、林品君、鍾佳蓁

指導教師：覺丹英、郭奇宗

一、研究動機

86年7月1日開始，氣象局開始發佈紫外線指數的預測報告，氣象主播一直呼籲提醒觀眾在紫外線指數太高時要避免外出，到底什麼是紫外線指數呢？又必須外出時要怎樣防護？塗防曬油有用嗎？加件長袖衣服有用嗎？是不是可以設計一個簡單的偵測器呢？因此我們進行了一連串的探討與實驗。

二、研究目的

- (一) 自製一個簡單便宜又方便的紫外線偵測器
- (二) 用自製的紫外線偵測器偵測防曬化妝品及布料的防曬效果

三、研究設備與器材

電腦、光譜儀、紫外線偵測儀、紫外線偵測器、洗衣粉、螢光筆、變色太陽眼鏡、夜光粉、玻璃紙、防曬化妝品、白色亞麻質料的夏布一塊、眼鏡盒、錄音帶盒、餅乾盒、溼巾盒、鋁箔紙、黑色硬紙板、光敏電阻、投幣式開關、洗IC用紫外燈、數位式三用電表。

四、研究的過程方式

(一) 怎樣做紫外線偵測器

(1) 試驗1～試驗3

我們將洗衣粉、螢光筆寫的字、夜光粉分別置於太陽光下照射1小時後，置於暗室觀察其發光情形。

<結果>

洗衣粉、螢光筆寫的字不發光，但夜光粉會發光。

(2) 試驗4：變色太陽眼鏡

變色太陽眼鏡在紫外燈照射下，的確會由無色變暗，但如何比較其亮暗的

變化？我們利用光敏電阻的電阻值會隨光線亮度而變化的特性，將光敏電阻接上1.5V電池做成一個簡單的電路，並測其電流。

<結果>

變色眼鏡在紫外燈照射下會變黑，但二次電流值相差甚小，因此無法以變色眼鏡作為紫外線偵測器的材料。

<結論>

經查閱相關資料得知：原來螢光和磷光是不同的！可發磷光的物質（如夜光粉）受紫外線照射後會發出磷光，於是我們利用夜光粉的此種特性，選其作為製作偵測紫外線的材料。

（二）紫外線偵測器的製作過程

1. 第0代紫外線偵測器

用名片紙黏上雙面膠再黏上夜光粉，護貝後置於陽光下，照射1分鐘，然後將其置於「暗處」測量夜光粉變暗所需的時間。

<改進>

將「暗處」改為黑色袋子，再改成眼鏡盒，由盒上挖一小洞黏上原子筆桿，由桿向下觀察夜光粉發光情形。

<再改進>

利用光敏電阻代替人眼來感測夜光粉亮度的改變，電路裝置如試驗4。

2. 第1代紫外線偵測器

由於第0代紫外線偵測器在開或關上眼鏡盒時，在操作上不是很方便，所以我們改用錄音帶盒來代替眼鏡盒，並將光敏電阻黏在錄音帶盒內，再接上一可變電阻來控制起始電流的大小，並以1.5V一號電池為電源，測量當夜光粉在接受一分鐘日照後，馬上將其迅速推入錄音帶盒內，測量剛推入時三用電表上電流的最大值及其衰退到某一定值時所花的時間。

<結果>

護貝後的夜光粉卡片在太陽下照射一分鐘後，推入錄音帶盒內，此時三用電表上的電流值的確會如預期中，隨著夜光粉磷光消失而電流變小。因護貝膜會吸收很多紫外線（光譜儀分析得知），我們又繼續研究。

3. 第二代紫外線偵測器

在第一代的偵測器中，由於護貝膜會吸收許多紫外線，所以我們改將夜光粉放在透明塑膠盒內，且其上方不放任何的遮蔽物，以此裝置來代替原來的護貝膜，並將錄音帶盒子改為餅干盒，光敏電阻仍黏在蓋子上方。

4. 第三代紫外線偵測器

因第二代偵測器的蓋子是用「拔開」的方式打開，而易造成誤差，所以我們以溼紙巾盒來做偵測器的盒子。我們用溼紙巾盒將其內黏上一層鋁箔紙，來當作暗室，並將夜光粉直接以雙面膠黏在底層，且將電路設計成當蓋子打開時，電路為斷路，盒底夜光粉開始接受光線照射，數秒後將蓋子蓋上，此時電路為通路，測量三用電表電流值衰變到零的時間。

<突破>

為了使此偵測器更容易操作，我們以蜂鳴器的電路代替了原先三用電表測量電流的方法。其電路流程如下：打開蓋子（電路為斷路）→夜光粉開始受光源照射，吸收光能→關上蓋子（電路為通路，繼電器接通，蜂鳴器開始鳴叫，夜光粉在暗室中以磷光放出光能）→（一段時間後）光敏電阻感測到磷光減弱，此時其電阻值隨之變大→電晶體因而停止放大電流的功能→繼電器因而斷路→蜂鳴器停止鳴叫。我們用停錶記錄蜂鳴器鳴叫的時間。

<缺點>

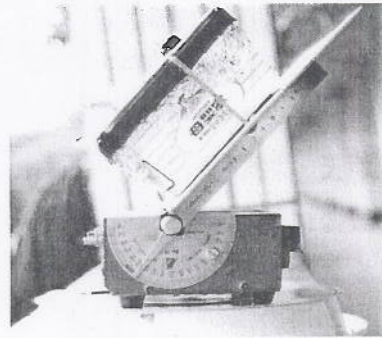
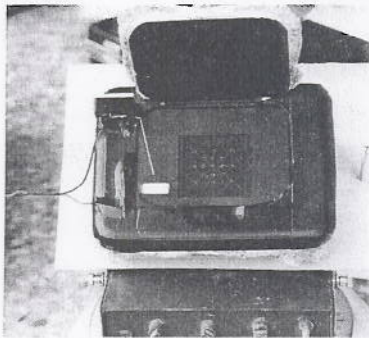
- (1)藉著兩片銅片來控制電路的ON或OFF，常有接觸不良發生。
- (2)陽光直射或是漫射入盒底，發光時間有明顯差異，因此必須考慮陽光仰角問題。

5. 第四代紫外線偵測器

針對第三代偵測器的缺點，我們有了以下的結果：

- (1)以投幣式觸控開關控制電路
- (2)我們利用日晷原理來確定太陽直射：在偵測器旁釘上一螺絲釘，當釘子影子零時，即太陽直射入盒。（照片如下）

※最後我們以第四代紫外線偵測器來進行底下實驗



(三) 紫外線偵測器的校對

1. 夜光粉受紫外燈照射的發光狀況探討

夜光粉因吸收紫外線而發出磷光，其所發磷光的時間和受紫外線照射的狀況有什麼關係呢？

<探討方法>

因為太陽不易控制其強弱，所以我們以洗IC的紫外燈為光源，在室內進行實驗。

<實驗步驟>

- (1)將第四代偵測器的蓋子取下，其上部以黑色硬紙板（中間挖出6CMx5.2CM的受光窗）蓋住，來控制進入盒內的光線。
- (2)將紫外燈置於偵測器的盒子上方，並接上蜂鳴器電路，測量當夜光粉分別接受紫外燈照射5秒到1分鐘，蜂鳴器鳴叫時間。

2. 紫外線偵測器與本校自購的紫外線偵測器的比較

<探討方法>

我們想知道本校自購的紫外線偵測器與本自製紫外線偵測器之間的關係，我們以室外陽光為光源，進行比對實驗。

<實驗步驟>

- (1)將自製偵測器置於實驗室外，選擇有光線的地方裝置妥當。
- (2)將電路裝妥，隨時調整腳座的仰角及太陽方位角，使螺絲釘的影子長度為零，以確定陽光垂直入射入夜光粉。
- (3)將本校的偵測器和本自製紫外線偵測器同置於腳座的木板上，使其與夜光粉接受相同角度的陽光。
- (4)於夜光粉的受光窗上覆蓋一片光罩（即取另一片黑色硬紙板，其後面先貼上一層鋁箔後，以電鑽鑽17個小孔，如此可讓進入夜光粉的光量減少）。
- (5)固定掀開蓋子5秒，關上蓋子測量蜂鳴器鳴叫時間。
- (6)將夜光粉發光時間與學校的偵測器的數據輸入電腦作出其關係圖。

3. 自製紫外線偵測器與高雄氣象站紫外線偵測儀的比較

高雄氣象站於2月16日下午新裝好一台紫外線偵測儀。2月17日及2月18日兩天，我們在老師的帶領下，帶著自製的紫外線偵測器，到氣象站實地做數據比對的實驗。

<實驗步驟>

- (1)如前一般測量蜂鳴器叫的時間，將其記錄下來。
- (2)記下每次夜光粉曝曬陽光的時刻，以便事後與氣象站偵測儀器作比對
- (3)以自備的筆記型電腦接收氣象站偵測儀當日紫外線指數值。
- (4)將夜光粉發光時間和氣象站偵測儀的數據輸入電腦作出其關係圖。

(四) 第四代紫外線偵測器的應用

1. 我們想藉著自製的偵測器來比較市面上聲稱具有防曬功能的化妝品是否真有此功效，於是我們將家中的防曬化妝品拿來比較。

<問題> 在實驗前，我們遇到了如何定量化妝品的問題！

<突破>

將夜光粉的受光窗上貼上透明的玻璃紙，並取一2.5ml的小注射針筒，先將其裝針頭部分的小孔鑽大。使用時，先用此針頭吸入一些試料，然後再於針頭位置包上一層薄海綿，以塗膠水的方式，均勻推出0.1ml試料，以邊推邊塗的方式，均勻塗抹試料於受光窗上的玻璃紙，我們認為這種塗抹方式可模擬人類塗化妝品的動作了。

<問題> 塗防曬化妝品的玻璃紙是否會吸入大量的紫外線？

<尋求解答>

我們以光譜儀分析了玻璃紙對200nm以上波長的光的穿透率分析，結果顯示玻璃紙仍可讓許多短波通過。

<實驗步驟>

- (1) 先以十支處理過的注射針筒吸入不同的十種防曬化妝品試料再於針頭部位包上一層薄海綿，並分別貼上A~J等編號。
- (2) 分別將每支針筒均勻擠出0.1ml，且均勻地塗於受光窗的玻璃紙上，每塊受光窗也貼上與針筒相同的編號。
- (3) 分別測量A~J每塊受光窗受紫外燈照射10秒後，蜂鳴器的鳴叫時間，並記錄下來。
- (4) 將上面所得資料輸入電腦畫出比較圖。

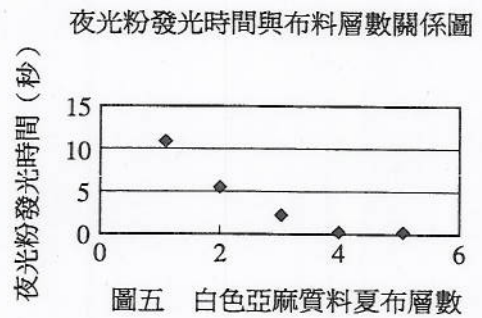
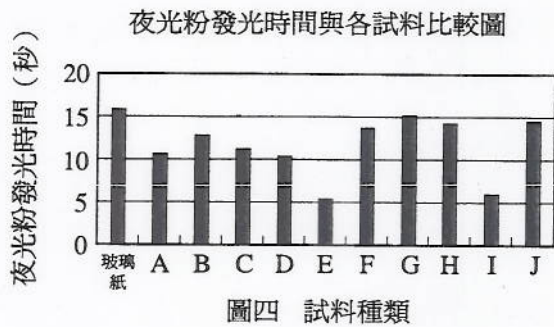
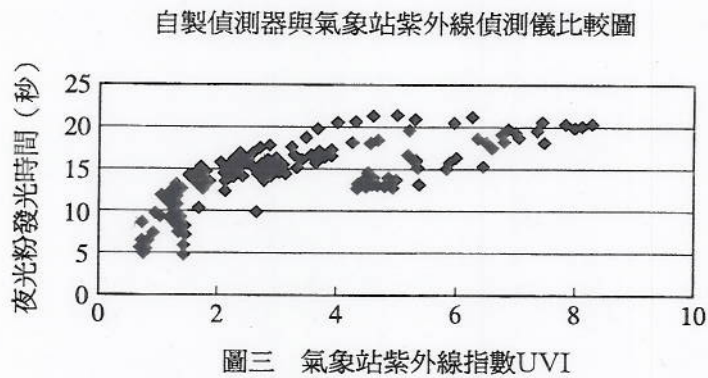
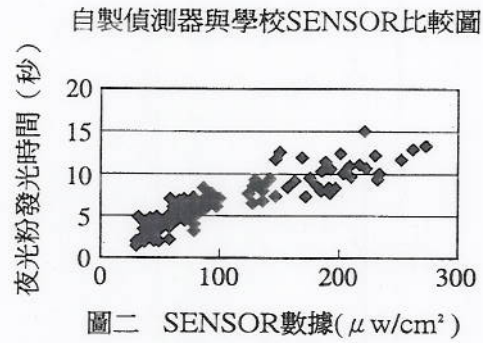
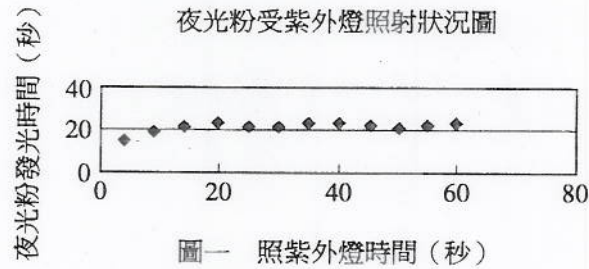
2. 以第四代紫外線偵測器偵測白色亞麻質料夏布其厚度對紫外線的影響。

我們想進一步去了解布料對紫外線有何影響？然而經過一番討論後，我們得知布料的顏色、編織方式、材質、厚薄等可能皆是影響紫外線的變因，由於須考慮的變因很多，又限於研究時間不多，所以我們選擇以夏天人們常穿的麻質布料為研究對象，且為了控制變因，於是我們以同質料、同顏色、同編織方式的白色亞麻質料的夏布為研究對象，以布料厚度為操縱變因來進行研究。

<實驗步驟>

- (1) 將夜光粉的受光窗上分別改貼1~5層的白色亞麻質料夏布。
- (2) 讓不同層數的布料照射紫外燈10秒。
- (3) 測量各次蜂鳴器的鳴叫時間，並記錄下來。
- (4) 將上面所得資料輸入電腦畫出比較圖。

五、研究結果



六、討論

- (一) 由圖一的結果可知，夜光粉受紫外燈照射，在照光時間為0秒到60秒時，其曲線有趨近一定值的現象，但在照紫外線的時間若為0秒到10秒則夜光粉發光時間與照紫外線的時間接近正比關係。所以在上面的各項實驗中，我們盡量控制實驗條件，使蜂鳴器鳴叫的時間不超過20秒。在實驗中，我們曾將偵測器表面多加了一片鑽17個小孔的光罩，且照陽光只採5秒，其目的即考慮了上述夜光粉的發光特性所致，如此可讓本實驗的數據更有準確性。
- (二) 由圖二可看出學校sensor的數值越大，夜光粉發光時間越長。且我們由圖中的數值點的散佈可看出同樣的sensor值對應不同的夜光粉發光時間值，其誤差範圍為3秒。而圖三的數值的分布似乎不如圖二般較具規模的誤差，然而其整體的走勢仍是UVI值越大，則夜光粉發光時間越久。
- (三) 由圖一、圖二、圖三的圖形及數據分布狀況，我們將會出現誤差的來源歸納如下：
1. 無法避免的人為操作誤差，如掀蓋的動作，按壓停表的動作等。
 2. 在圖二、圖三的實驗中，夜光粉曝曬陽光的時間為5秒且我們是以夜光粉在這5秒鐘內吸收太陽光能量後所發出的燐光時間長短來決定紫外光的強弱，在這之中原本就存在了以下的事實：
 - (1) 陽光強弱不等於紫外線的強弱。紫外線依其波長又分為長波、中波、短波紫外光。而本校自購的sensor所吸收的主要波長範圍與氣象站偵測儀所吸收並不相同。同理，本次實驗所用夜光粉的吸收波長範圍也與上述兩者不盡相同。
 - (2) 氣象站所得的UVI值是經由其偵測儀量得的數據再乘上某加成比例而得，所以此UVI值和自製偵測器的比較所出現的誤差應與夜光粉和學校自購sensor的數據比較的誤差值還大。
 - (3) 本校自購的sensor其測量的是瞬間值，而氣象站的偵測器所能測的最小範圍值是一分鐘的平均值，而本自製偵測器為5秒鐘的平均值，所以會有誤差。在各儀器的測量時間內空中雲量的變化、雲的飄動、太陽本身的燃燒狀況等皆是誤差來源。
- (四) 由圖四可看出，若以玻璃紙的數據為標準，再以各試料遮蔽紫外線的能力強弱來分析，則防曬效果越好者，其所讓蜂鳴器鳴叫的時間應更短，結果我們認為E試料應是防曬效果最好的，而後得知其SPF值為65，也是十種試料中最大者。可見我們自製的紫外線偵測器在此作相對比較上具有相當的準確性。

- (五) 由圖五可知：同一布料其層數越多，越厚，則其對紫外線的遮蔽能力越好。本次實驗布料最多只貼上了五層，是因為貼上第六層時，同樣照紫外燈10秒，蜂鳴器並不鳴叫，故無法測量。

七、結論

- (一) 第四代的偵測器利用了許多日常生活中不要的廢棄物為材料，已達到了珍惜地球資源及廢物利用的目的。
- (二) 本自製偵測器價格便宜，製作簡單，且實用又方便，雖不能如氣象局儀器的精準，但已能達到簡單偵測及警示紫外線強度的功能。
- (三) 偵測器應用在防曬化妝品比對SPF值方面有相當的準確性。
- (四) 本自製的偵測器已能輕易地測量出布料厚度對紫外線的遮蔽狀況
- (五) 受光窗上的玻璃紙或布料若改用鏡片來代替，則本偵測器又可用來比對鏡片對紫外線的遮蔽效果。
- (六) 根據我們所做的實驗顯示防曬化妝品其具有防紫外線的功能。另外在探討白色亞麻質料夏布，也得知了布愈多層，防曬效果也越好。在實驗過程中，我們也發現陽光中的紫外線強度比紫外燈強太多了。因此我們在此建議：在紫外線指數太強的時候，儘量避免外出，如需外出時，最好擦上防曬油或加件長袖衣服。

八、參考資料

- (一) 常用線性IC資料手冊 孫宗瀛、黃金定編著
- (二) 最新74系列IC規格表 豬銅國夫原著 高敏雄編譯
- (三) 紫外線 山田辛五郎著 程思進編譯
- (四) 牛頓科學研習百科(物理)
- (五) 工業固態電子學 姚復新編譯

評語

本作品巧妙地利用夜光粉(螢光粉)和光敏電阻的組合，成功地設計出紫外線偵測器，並持續進行了許多不同型式的改良。作者不僅熟習所需之技巧，亦充分了解其作品之性能與極限。此外也利用其作品實際應用於量測各種化妝品與布料對紫外線的防護效果，方法與數據詳盡而完整。