

攜帶型抗藍光鏡片量測裝置

Portable Anti-Blue Light Lens Measuring Device

陳德請、李錫霖、林漢傑

Der-Chin Chen, Siak Lim Lee, Han-Jie Lin

本研究目的在建立一套攜帶型抗藍光鏡片量測裝置，其特色使用光脈波調變與濾波電路技術以防止外界環境光干擾及不必使用光學濾光片。脈波電子信號經半波轉換電路供微處理器做運算。本系統主要由發射電路、接收電路與信號處理電路三個單元所組成。發射端是利用達靈頓驅動電路使 LED 操作電流最佳化，此時藍光發光二極體 (LED) 可獲得最強的脈衝光。經實驗證明穿透率量測準確度達 6%，茶色 20% (穿透率為 80%) 抗藍光鏡片及鍍藍膜抗藍光鏡片都具抗藍光效果，且量得此兩者對物體色彩偏差在 3% 以內。

This study set up a portable measurement system for anti-blue light lens, its characteristic is using a light pulse modulator and filtering circuit technology to prevent ambient light interference and no need to used optical filters. Electronic Pulse wave signal by half-wave conversion circuit enables the microprocessor to do calculations. The system composed by the transmitter circuit, receiver circuit and signal processing circuit. The transmitter circuit use Darlington drive circuit to optimize the LED operating current, so that it can be obtain the strongest pulsed light. Through the experiment prove that transmittance measurement accuracy is up to 6%, the anti-blue lenses brown 20% (transmittance is 80%) , blue film anti-blue light lenses having anti-blue light effect, and measuring obtain the object color deviation within 3%.

一、前言

藍光波長範圍在 400 nm—500 nm，經實驗證實對眼睛視網膜有害，我們的眼睛長期暴露於藍光可能會造成黃斑部病變。平時除了接觸到戶外的藍光，還有很多室內藍光的危險，例如：電腦屏幕光、辦公照明、智慧型手機屏幕光等⁽¹⁾。藍光不會被角膜及水晶體吸收，而是直接穿透至眼底的視網膜。若吸收過多的藍光，可能導致水晶體內的蛋白質被破壞，呈現白濁狀，加速視網膜的色素細胞及感光細胞的退化，提高視網膜細胞酸化損傷的可能性⁽²⁾。在 2005 年一千萬美國人因此病變導致部分或完全喪失視力，而國外的報導也證實藍光會造成

視網膜黃斑部病變。奧比斯基金會所做的統計資料全球失明人口超過 4500 萬人，其中八成以上是可以預防及治療的。在台灣，因為失明導致的社會成本一年高達新台幣 29 億多 (91 年健保就醫相關資料)。眼睛乃靈魂之窗，眼睛的病變不只生病的人痛苦，也會造成家庭及社會資源的負擔。所以若能夠事先預防的話，這不只可造福大家，也相對的減輕醫療資源及社會的負擔⁽³⁾。為了降低藍光對眼睛的傷害因應而生抗藍光眼鏡鏡片。因市場上抗藍光眼鏡鏡片品質不一，才而開始決定要研究抗藍光鏡片是否真的抗藍光，且經訪視多家眼鏡店得知目前眼鏡行使用儀器去測試抗藍光鏡片阻隔數據不多，所以著手研製出此裝置。

二、基本原理

1. 光電元件

發光二極體 (LED) 是利用電能轉化為光能的方式發光。發光二極體晶粒的組成材料為半導體晶，其中含帶正電的電洞比率較高的稱為 P 型半導體，帶負電的電子比率較高的稱為 N 型半導體。P 型半導體與 N 型半導體相接處的界面稱作 PN 界面。在發光二極體的正負極兩端施予電壓，當電流通過時，會使得電子與電洞結合，結合的能量便以光的形式發出，依使用材料的能階高低決定發光的波長，因此就會發出不同顏色的光。表 1 所列為各種不同單色 LED 發光材料與其發光波長⁽⁴⁾。

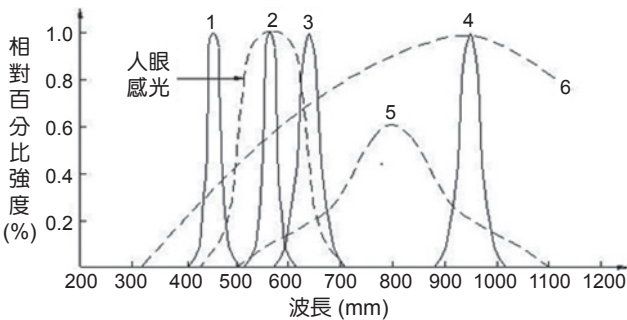


圖 1. 各種光源發射光譜曲線與光檢知器光譜響應曲線圖。

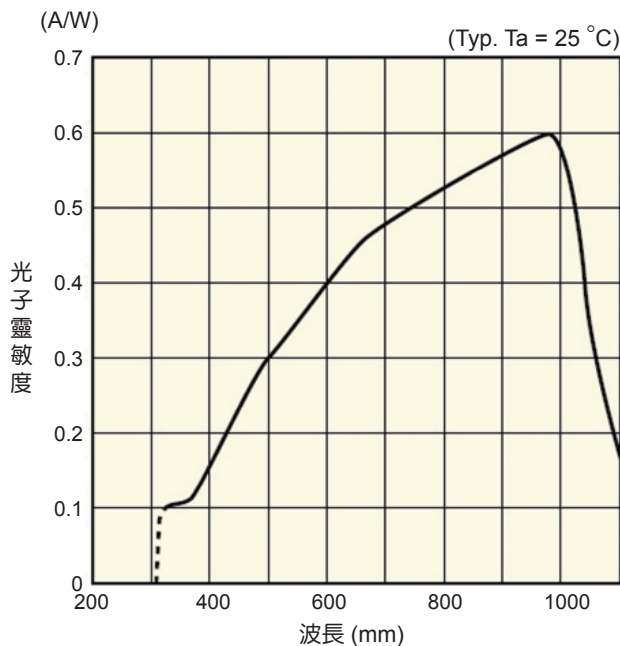


圖 2. 光檢知器之光譜響應特性曲線圖⁽⁷⁾。

表 1. 各種不同單色 LED 發光材料與發光波長。

顏色	波長 (nm)	發光材料
紅外線	> 760	GaAs、AlGaAs
紅	760–610	AlGaAs、GaAsP
橙	610–590	GaAsP、AlGaInP
黃	590–570	GaAsP、AlGaInP
綠	570–500	AlGaInP、GaP
藍	500–450	InGaN
紫	450–380	InGaN

在圖 1 中所示各曲線分別為⁽⁵⁾：(1) 藍光光源、(2) 綠光光源、(3) 紅光光源、(4) 近紅外線光源、(5) 矽 (Si) 光檢知器的光譜響應曲線、(6) 標準鎢絲燈。光檢知器 (photodiode) 具有 PN 接面的半導體裝置，最常使用於檢測可見光範圍的材料是矽，其光譜響應峰值波長為 800–900 nm。偵測近紅外範圍的材料為鍺，其光譜響應峰值波長為 1600–1800 nm。光檢知器工作在反向偏壓時，PN 界面受到光線照射時，少數載子增加，反向電流正比於光輻射大小。光檢知器最大光譜響應波長與採用的材料有關，它也隨著 PN 界面之摻雜與形狀之不同而改變⁽⁶⁾。圖 2 為光檢知器光譜響應特性曲線圖⁽⁷⁾。

光檢知器工作在反向偏壓時，照射在光檢知器上的輸出電流與輸入光功率理想上將呈現線性，如圖 3 為照度對輸出電流的反向偏壓圖⁽⁸⁾。光檢知器的入射光功率 P 和光感應電流 I_p 之比值稱為響應度 R_λ (responsibility)，即

$$R_\lambda = \frac{I_p}{P} (A/W) \quad (1)$$

光檢知器將光信號轉換為電信號，在光電效應中在某特定波長上每秒鐘產生電子電洞對數與入射光子數之比稱為量子效率 (quantum efficiencies, QE)。工作在界面反射率為零的理想條件下，量子效率將能夠接近 100%。光檢知器的響應度與量子效率有關，其公式為：

$$QE = \eta_e = \frac{n_e}{n_p} \frac{I_p/e}{P/h\nu} \frac{R_\lambda 1.24}{\lambda} \quad (2)$$

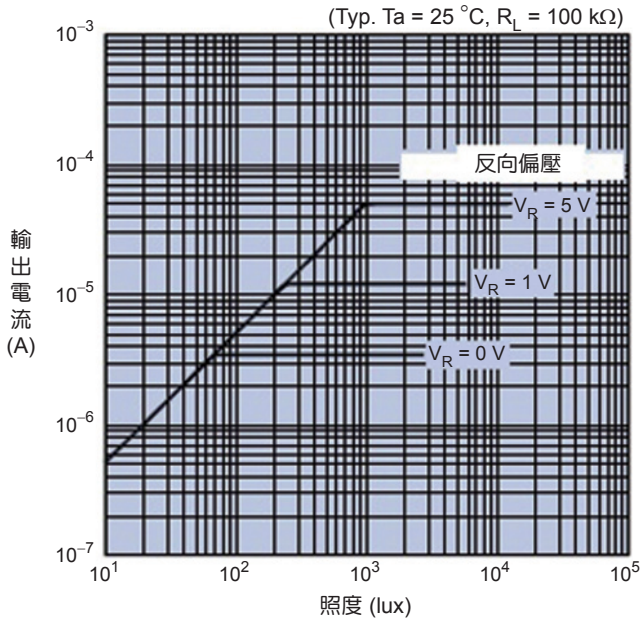


圖 3. 照度對輸出電流的反向偏壓圖⁽⁸⁾。

其中， N_e 為電子電洞數、 N_p 為入射光子數、 R_λ 為光檢知器響應度及 λ 為入射波長。

在許多設計應用中，設計人員需要知道最小可檢測的光功率。等效雜訊功率是與測量系統的頻寬有關，在光譜響應區光電反應率是非線性的。當投射到光檢知器上的光功率所產生的輸出電壓正好等於光檢知器本身的雜訊電壓，這個最小光功率被定義為等效雜訊功率 (NEP)，其公式為

$$NEP = \frac{i_{nT}}{R_\lambda \sqrt{\Delta f}} \left(\frac{W}{\sqrt{Hz}} \right) \quad (3)$$

其中， i_{nT} 為全部雜訊電流、 R_λ 為光檢知器響應度及 Δf 為光檢測頻寬。

Si 光檢知器工作在反向偏壓時，其產生的雜訊主要是散粒雜訊 (shot noise)。散粒雜訊電流的產生由反向漏電流的裝置給出：

$$I_s = \sqrt{2eI_d B} \quad (4)$$

其中， I_s 為散粒雜訊電流、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{Js}$ 為電子電荷、 I_d 為暗漏電流及 B 為系統的頻寬。

熱雜訊 (Johnson noise) 的產生是因為光電元件

的分流電阻，串聯電阻和負載電阻，其公式為：

$$I_j = \sqrt{\frac{4KTB}{R}} \quad (5)$$

其中， I_j 為熱雜訊電流、 T 為絕對溫度、 $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$ 為玻爾茲曼常數、 R 為引起熱雜訊的等效電阻及 B 為系統的頻寬。

反向偏壓時的光檢知器雜訊主要是散粒雜訊 (shot noise)，在大偏壓時將更明顯。如果工作在零偏壓 (光伏模式)，熱雜訊為主要成分，暗電流趨近於零，雜訊電流隨著 NEP 降低。圖 4 所示光檢知器等效電路圖，通常分流電阻值很高；串聯電阻值低，其公式為

$$e_0 = (I_s + I_l + I_n)(R_l + R_d + R_s)(R_l R_d) \quad (6)$$

其中， I_s 為訊號電流、 I_l 為漏電流 (leakage current)、 I_n 為雜訊電流、 C_d 為二極管接面電容、 R_d 為二極體並聯分路電阻、 R_s 為二極體串聯電阻及 R_l 為接地電阻⁽⁹⁾。

光電效應是指物質吸收光子，並激發出自由電子的行為。當金屬表面在特定光輻照作用下，金屬會吸收光子並發射電子，此時發射出來的電子叫做光電子。當光子把光電子西出時，光子本身已經沒有能量了⁽¹⁰⁾，光電子能量可由公式 (7) 所獲得⁽¹¹⁾：

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} (\text{J}) = \frac{1.24}{\lambda} (\text{eV}) \quad (7)$$

其中， ν 為光輻射的頻率、 λ 為光輻射波長、 $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{Js}$ 為普朗克常數及 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{Js}$ 。由公式 (7) 可以看出照射不同波長的光可以獲得不同 (eV) 值的電子。

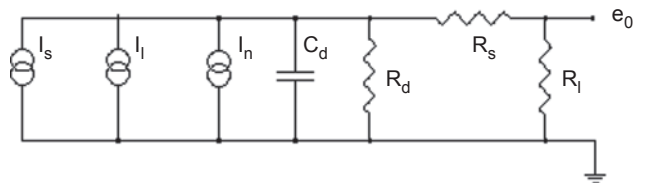


圖 4. 光檢知器等效電路圖。

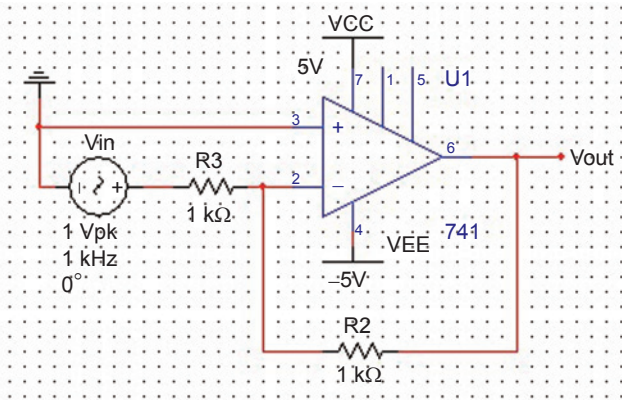


圖 5. 放大器基本電路圖。

2. 電子元件

放大電路由一個運算放大器及兩顆電阻組成，其中一個電阻跨接在運算放大器的輸出端與反相輸入端。本研究使用 Max4238 IC 進行放大電壓。圖 5 為放大器的基本電路圖。假設此運算放大器為理想，其正負輸入端虛短路現象 $V_+ = V_- = 0^{(12)}$ 。因此，

$$i_1 = \frac{V_+ - V_-}{R_3} = \frac{V_{in}}{R_2} \quad (8)$$

因為輸入端並不會攝取輸入電流，故

$$i_1 = i_2 = -\frac{V_{out}}{R_2} \quad (9)$$

由式 (7) 及式 (8) 可求得閉迴路增益為

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_3} \quad (10)$$

帶通濾波器之主要作用在於讓信號中某特定頻率範圍之成分通過，當輸入信號之頻率高於或低於此頻帶，皆會被其衰減⁽¹³⁾。頻帶寬度定義為高頻截止頻率 f_H 與低頻截止頻率 f_L 之差，即

$$BW = f_H - f_L \quad (11)$$

其中， f_r 為 f_H 與 f_L 的幾何中心，即

$$f_r = \sqrt{f_H \cdot f_L} \quad (12)$$

Q 為 BW 與 f_r 的比例，稱為電路的品質因素，當 Q 值愈大，頻寬愈窄且中心頻率增益愈大，由圖 6 為二階帶通濾波器之頻率響應圖，即

$$Q = \frac{f_r}{BW} = \frac{f_r}{f_H - f_L} \quad (13)$$

圖 7 為二階帶通濾波器基本電路圖。假設增益為 1，使用的電容統一，所以 C_1 及 C_2 等於 C ，這時可以算出 R_1 、 R_2 及 R_3 的值，即

$$R_1 = \frac{1}{2\pi \times A_v \times BW \times C} \quad (14)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{2Q^2 - 1} \quad (15)$$

$$R_3 = \frac{1}{\pi \times BW \times C} \quad (16)$$

精密半波整流電路是將一個超級二極體連接在運算放大器的負回授路徑上。電路分析：當 $V_{in} > 0$ 及 $V_{O6} > 0$ 時，二極體導通，因此在輸出端與運算放大器之反相輸入形成一回授路徑，使得 V_{in} 與 V_{out} 產生虛短路現象，即

$$V_{out} = A(V_{in} - V_{out}) - V_r \Rightarrow V_{out} = \frac{A}{1+A} V_{in} - \frac{V_r}{1+A} \quad (17)$$

由於 A 很大，因此 $V_r/(1+A)$ 此項可以忽略，所以

$$V_{out} = \frac{A}{1+A} V_{in} \cong V_{in} \quad (18)$$

當 $V_{in} < 0$ 及 $V_{O6} < 0$ 時，二極體不導通，此時沒有電流流過負載 R ，故 $V_{out} = 0$ 。圖 8 為精密半波整流電路。

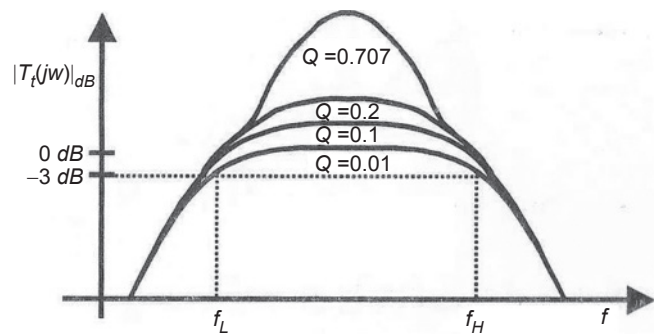


圖 6. 二階帶通濾波器之頻率響應圖。

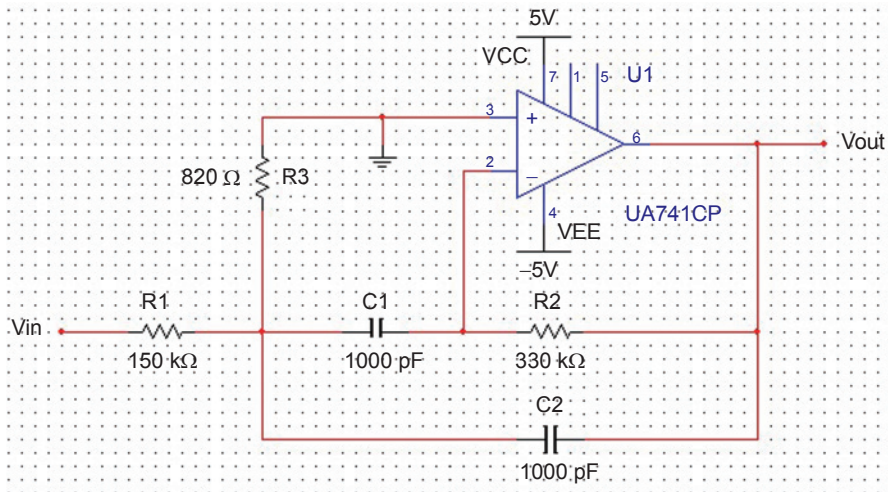


圖 7. 基本二階帶通濾波器電路。

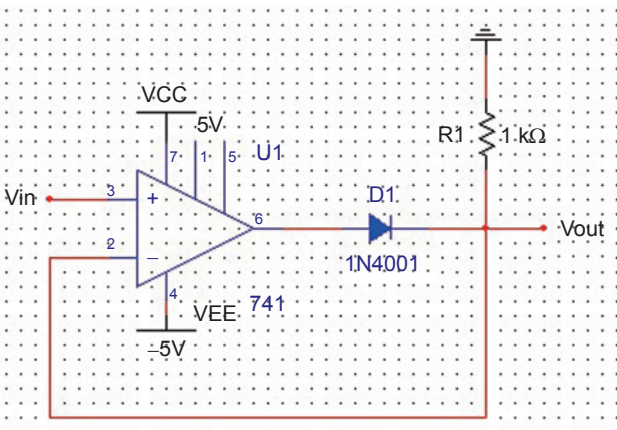


圖 8. 精密半波整流電路。

3. 染色鏡片

在鏡片製作過程中染色鏡片是摻雜了一些化學物質，讓鏡片呈現色彩，用以吸收特定波長的光

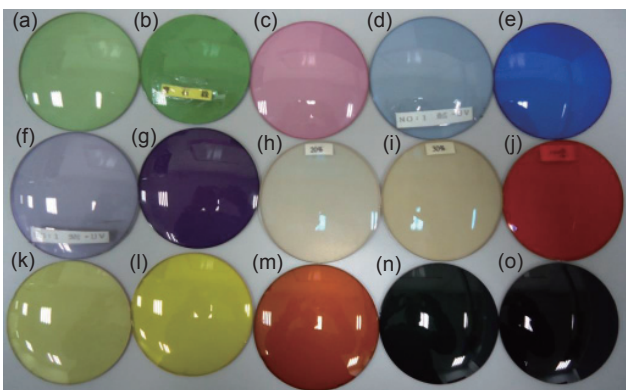


圖 9. 實驗用的抗藍光鏡片。

線。一般染色鏡片顏色的深淺度可分為兩種表示方式，方式一以 0 號至 3 號表示或方式二以阻隔的百分比表示。依不同品牌產品的深淺度有所不同，所以沒辦法統一化。圖 9 所示為本系統實驗用的抗藍光鏡片，其中 (a) 為淺綠色、(b) 為深綠色、(c) 為粉紅色、(d) 為淺藍色、(e) 為深藍色、(f) 為淺紫色、(g) 為深紫色、(h) 為茶色 20%、(i) 為茶色 30%、(j) 為茶色 100%、(k) 為淺黃色、(l) 為深黃色、(m) 為橘子色、(n) 為墨綠色、(o) 為深灰色。

三、系統架構圖與流程圖

圖 10 為系統架構圖，主要由發射電路、接收電路與信號處理電路三個單元所組成。發射端是以達靈頓驅動電路驅動 LED 獲得具有高亮度脈衝光的藍光 LED 光源，接收端是采用 Si 光電檢知器。信號處理電路由訊號放大電路、帶通濾波電路、半波整流電路、類比轉數位電路及微處理器所組成。光訊號被檢知、放大及類比轉數位之後，在微處理器運算穿透率，最後將量測結果顯示於 LCD 上。

圖 11 為系統信號處理流程圖，首先 LED 發射連續脈衝光，光檢知器接收光信號轉成電信號，經 OP 放大器進行訊號放大、濾波、半波轉換及 A/D 類比轉數位，最後的量測結果顯示於 LCD。

圖 12 為系統電路方塊圖，綠色框框為光檢知器電路、紅色框框為訊號放大電路、橘色框框為濾波電路、黃色框框為半波轉換電路、淺藍色框框為

圖 10.
系統架構圖。

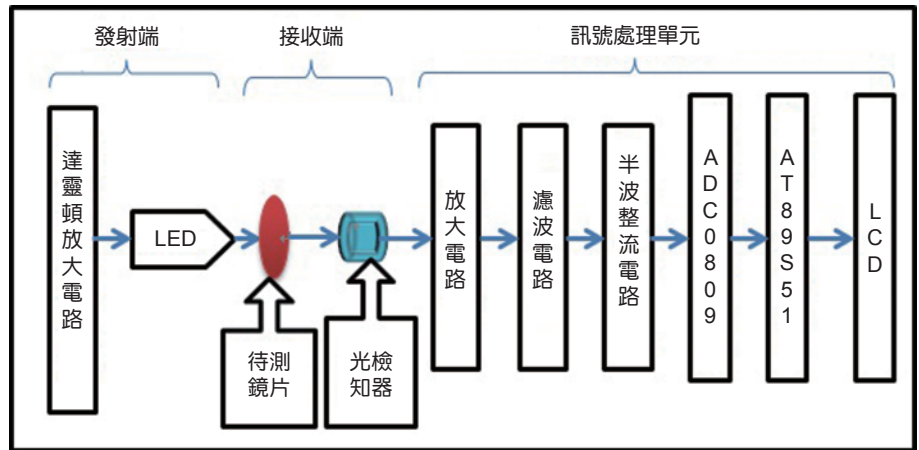
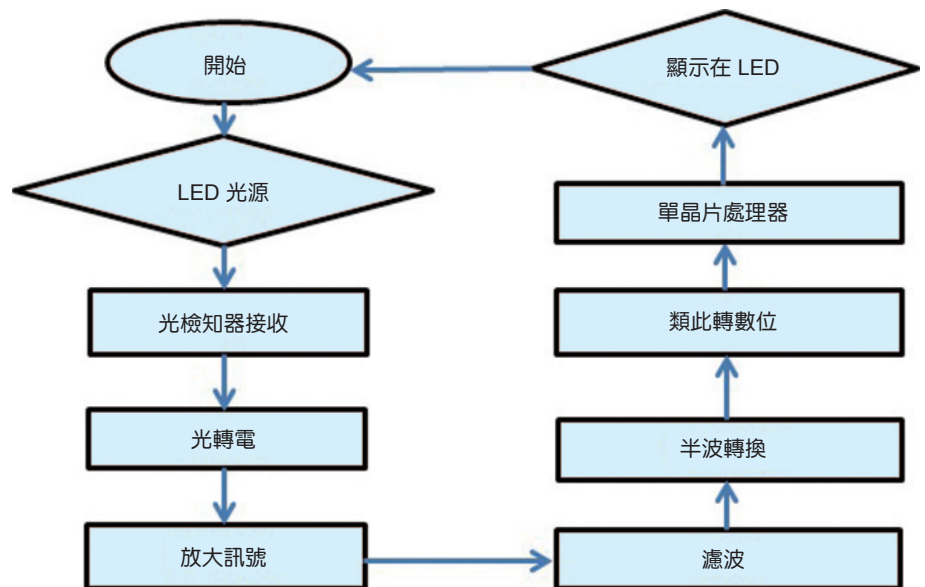


圖 11.
信號處理流程圖。



類比轉數位電路、深藍色框框為微處理器電路及棕色框框為達靈頓放大電路及紫色框框為 LCD。表 2 所列為系統規格說明。

四、實驗方法與結果分析

1. 實驗方法

首先把待測抗藍光鏡片置於藍光 LED 光源與光檢知器之間，這待測鏡片必須是平光鏡，即零屈光度。量測之前先記錄系統暗電流及 LED 光源的電壓值。待測抗藍光鏡片置於系統中連續測試二十五次，表中只列十次。抗藍光鏡片穿透光的平均電壓值 (V_{lens}) 減去系統暗電流的電壓值 (V_{dark})，除以藍光 LED 光源的平均電壓值 (V_{LED}) 減去系統

表 2. 系統規格。

項目	規格
使用波長範圍	400 nm – 700 nm
系統動態範圍	4 – 255 byte
系統截止頻率	10 kHz
LED 峰值波長	470 nm
LED 大小	5 mmΦ
操作電壓	± 5 V
A/D 解析度	8 bits
A/D 未調整的誤差	± 1 LSB
A/D 轉換時間	100 μs
放大器偏移電壓	2.0 μV (max)
放大器頻寬	1 MHz
噪聲等效功率 (NEP)	$9.4 \times 10^{-15} \text{ W/Hz}^{1/2}$
暗電流	10 nA (max)

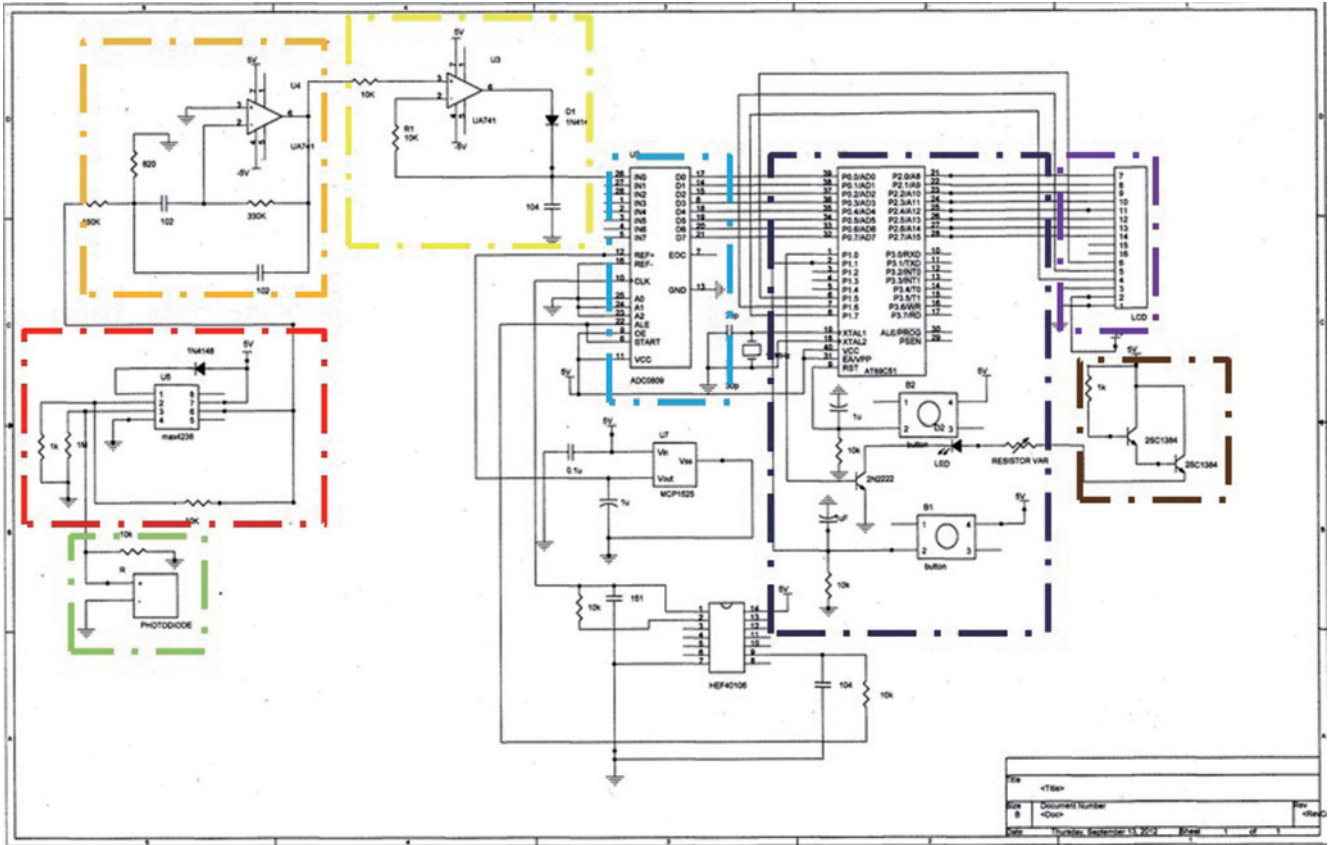


圖 12. 系統電路方塊圖。

暗電流的電壓值 (V_{dark})，最後乘上 100% 即為抗藍光鏡片的藍光穿透率。其計算公式如下：

$$\text{穿透率} = \frac{\text{抗藍光鏡片透光平均電壓值} - \text{暗電流電壓值}}{\text{藍光 LED 光源平均電壓值} - \text{暗電流電壓值}} \times 100\% \quad (19)$$

接著把待測的抗藍光鏡片放到藍色畫面與色度計之間量測每片抗藍光鏡片是否有色彩偏差，每片抗藍光鏡片的色差坐標數據只取十次做平均，再減去沒加上抗藍光鏡片的色度計十次平均數據來分辨哪些抗藍光鏡片不會影響色彩偏差。CIE xy 座標的色彩偏差百分比公式為

$$\frac{|\text{平均未加入鏡坐標值} - \text{平均加入鏡片坐標值}|}{\text{平均未加入鏡片坐標值}} \times 100\% = \text{彩色偏差百分比} \quad (20)$$

其中公式取絕對值的原因為色彩偏差會左右偏移。圖 13 為 CIE 色彩空間色度圖⁽¹⁴⁾。

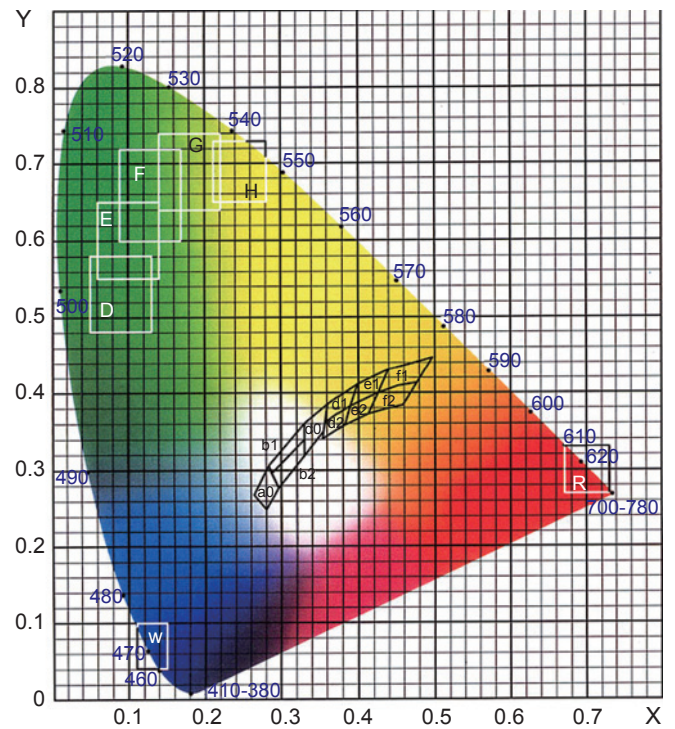


圖 13. CIE 色彩空間色度圖⁽¹⁴⁾。

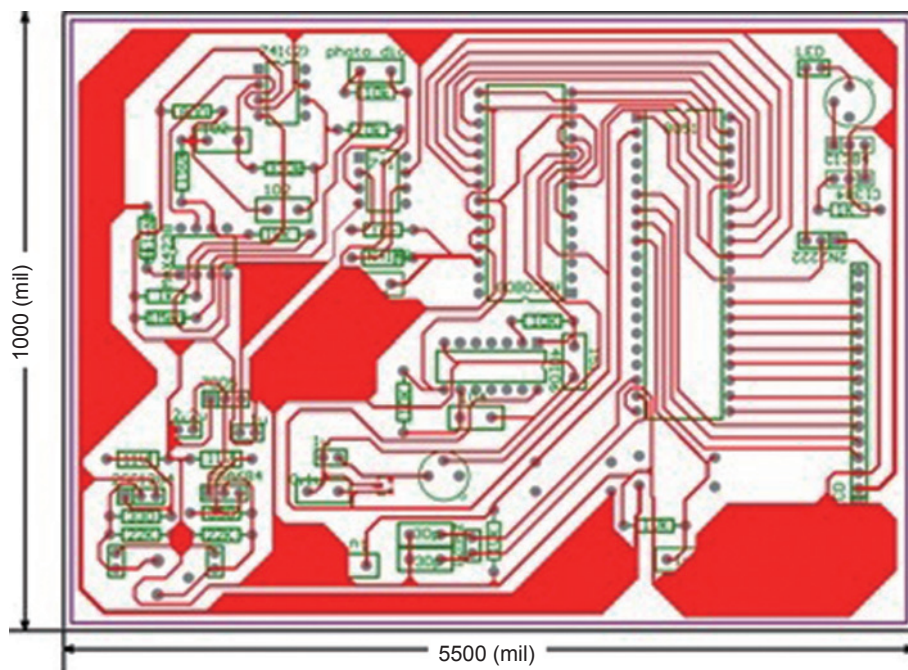


圖 14.
Layout 圖。

2. 實驗數據

圖 14 為系統的電路佈局圖 (layout) 圖。系統由光檢知器電路、放大訊號電路、帶通濾波電路、半波整流電路、類比轉數位電路、單晶片微處理器電路、及 LED 達靈頓放大電路所組成。圖 15 為最後成品圖。

圖 16 及 圖17 所示可以看出在相機鏡頭前加入不同顏色的抗藍光鏡片，可以拍出不一樣彩色偏差的圖。從圖 16 及圖 17 所示可以看出深色系會造成彩色偏差，所以不列入實驗範圍，我們只對淺色系列的抗藍光鏡片進行色彩偏差實驗。我們使用八

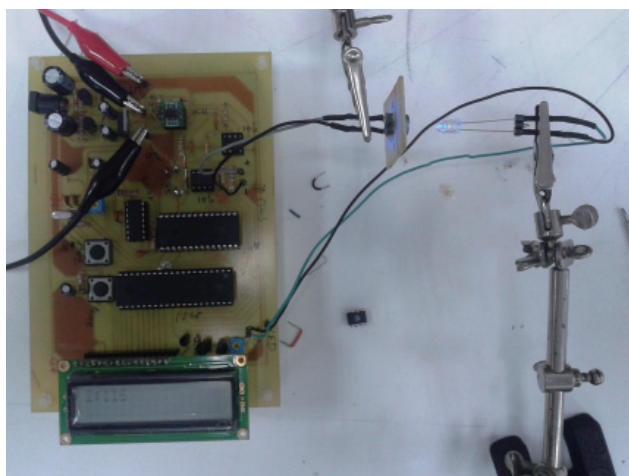


圖 15. 成品圖。

種抗藍光鏡片當測試樣品，分別為粉紅色抗藍光鏡片、綠色抗藍光鏡片、藍色抗藍光鏡片、紫色抗藍光鏡片、茶色 20% 抗藍光鏡片、茶色 30% 抗藍光鏡片、鍍藍膜抗藍光鏡片及黃色抗藍光鏡片。圖 18 為光譜儀暗電流的光譜圖，圖 19 所示為使用光譜儀量測藍光 LED 的發光光譜圖，圖 20 則是粉紅色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖；表 3 及表 4 分別所列為系統量測十次粉紅色抗藍光鏡片穿透的數據

表 3. 系統量測粉紅色鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	83	66	4
2	83	65	
3	84	66	
4	83	66	
5	84	67	
6	83	66	
7	83	66	
8	84	65	
9	83	65	
10	83	64	
平均值	83.3	65.6	
穿透百分比	$\frac{65.5 - 4}{83.3 - 4} \times 100\% = 78.75\%$		



(a) 原始圖 (b) 淺綠色抗藍光鏡片 (c) 深綠色抗藍光鏡片



(d) 粉紅色抗藍光鏡片 (e) 淺藍色抗藍光鏡片 (f) 深藍色抗藍光鏡片



(g) 淺紫色抗藍光鏡片 (h) 深紫色抗藍光鏡片 (i) 鍍藍膜抗藍光鏡片

圖 16.
不同顏色抗藍光鏡片拍出不同的彩色偏差。



(a) 原始圖 (b) 茶色 20% 抗藍光鏡片 (c) 茶色 30% 抗藍光鏡片



(d) 茶色 100% 抗藍光鏡片 (e) 淺黃色抗藍光鏡片 (f) 深黃色抗藍光鏡片



(g) 橘紫色抗藍光鏡片 (h) 墨綠色抗藍光鏡片 (i) 深灰色抗藍光鏡片

圖 17.
不同顏色抗藍光鏡片拍出不同的彩色偏差。

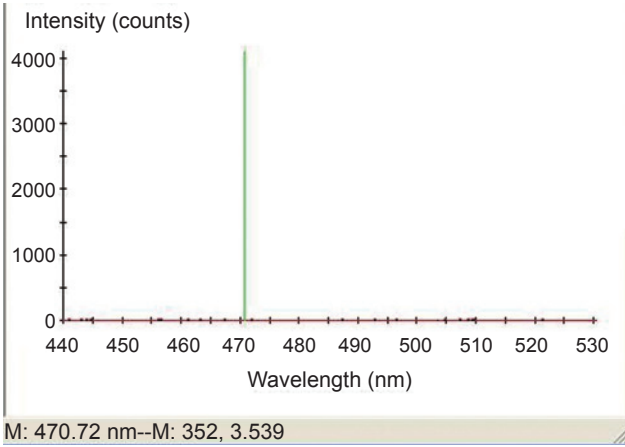


圖 18. 光譜儀暗電流光譜圖。

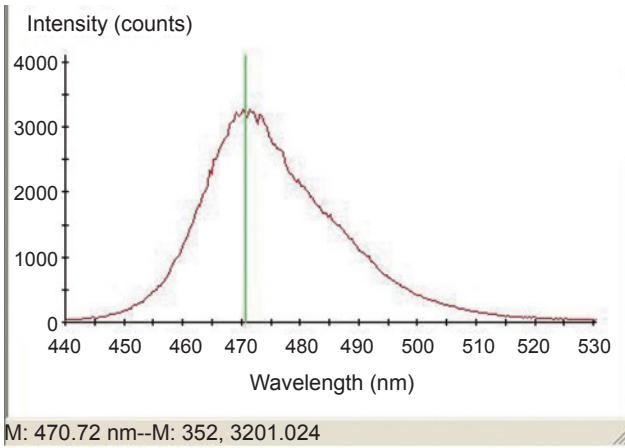


圖 19. 藍色 LED 光譜圖。

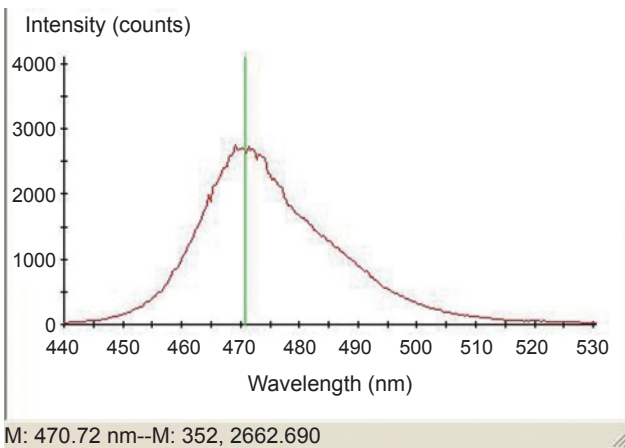


圖 20. 粉紅色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

表 4. 光譜儀量測粉紅色鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2531	1.25
2	3203	2542	3.33
3	3210	2537	6.24
4	3204	2540	8.34
5	3212	2530	5.43
6	3207	2539	7.49
7	3205	2544	5.44
8	3213	2513	9.78
9	3215	2520	10.24
10	3206	2533	2.65
平均值	3207.6	2532.9	6.019
穿透百分比	$\frac{2532.9}{3207.6} \times 100\% = 78.97\%$		

表 5. 未加抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	26.2	0.1532	0.1003
2	25.8	0.1532	0.1005
3	25.9	0.1535	0.1011
4	26.0	0.1539	0.1017
5	26.5	0.1542	0.1018
6	26.1	0.1546	0.1028
7	26.0	0.1544	0.1027
8	25.9	0.1544	0.1027
9	26.4	0.1545	0.1025
10	26.0	0.1547	0.1031
平均值	26.1	0.1541	0.1019

與光譜儀量測十次粉紅色抗藍光鏡片穿透的數據。表 5 所列為十次未加抗藍光鏡片的色彩坐標；表 6 所列為十次加上粉紅色抗藍光鏡片的色彩坐標，其中 E_v 為光的強度。

圖 21 及圖 22 所示分別為綠色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖與藍色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。表 7 及表 8 所列分別為系統量測十次綠色抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次綠色抗藍光鏡片穿透的數據；表 9 所列為十次加上綠色抗藍光鏡片的色彩坐標。表 10 及表 11 所列分別為系統量測

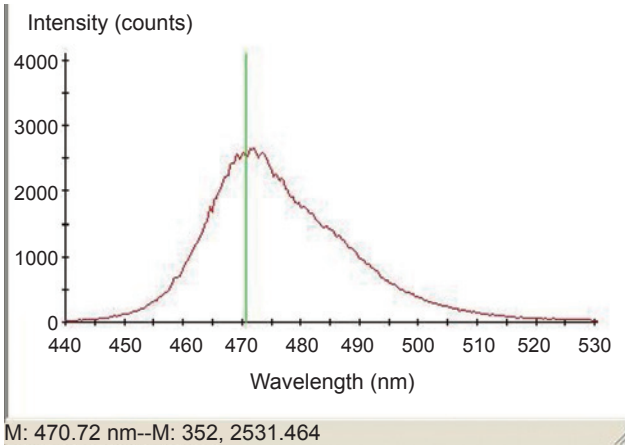


圖 21. 綠色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

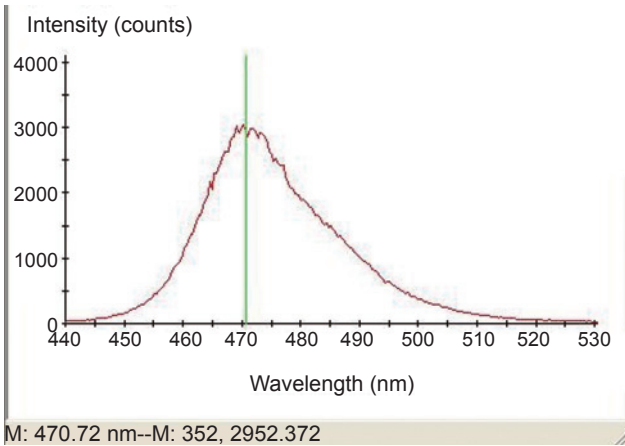


圖 22. 藍色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

表 6. 加上粉紅色抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	18.2	0.1525	0.0943
2	18.1	0.1525	0.0945
3	18.0	0.1526	0.0946
4	18.0	0.1526	0.0946
5	18.8	0.1522	0.0936
6	18.1	0.1522	0.0940
7	18.0	0.1524	0.0943
8	17.9	0.1522	0.0942
9	17.8	0.1521	0.0939
10	18.9	0.1518	0.0929
平均值	18.2	0.1523	0.0941
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1523 }{0.1541} \times 100\% = 1.17\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.0941 }{0.1019} \times 100\% = 7.65\%$		

表 7. 系統量測綠色鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	83	64	4
2	83	64	
3	84	66	
4	82	66	
5	83	65	
6	83	65	
7	83	65	
8	83	65	
9	83	65	
10	83	65	
平均值	83	65	
穿透百分比	$\frac{65 - 4}{83 - 4} \times 100\% = 78.31\%$		

表 8. 光譜儀量測綠色鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2531	1.25
2	3203	2542	3.33
3	3210	2537	6.24
4	3204	2540	8.34
5	3212	2530	5.43
6	3207	2539	7.49
7	3205	2544	5.44
8	3213	2513	9.78
9	3215	2520	10.24
10	3206	2533	2.65
平均值	3207.6	2532.9	6.019
穿透百分比	$\frac{2531.9}{3207.6} \times 100\% = 78.93\%$		

十次藍色抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次藍色抗藍光鏡片穿透的數據；表 12 所列為十次加上藍色抗藍光鏡片的色彩坐標。

圖 23 所示為紫色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖；表 13 及表 14 所列分別為系統量測十次紫色抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次紫色抗藍光鏡片穿透的數據；表 15 所列為十次加上紫色抗藍光鏡片的色彩坐標。

表 9. 加上綠色抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	18.9	0.1525	0.1188
2	18.8	0.1523	0.1185
3	19.1	0.1516	0.1175
4	18.9	0.1525	0.1184
5	18.6	0.1520	0.1173
6	18.9	0.1530	0.1191
7	18.9	0.1531	0.1188
8	19.1	0.1536	0.1197
9	18.6	0.1523	0.1178
10	18.9	0.1531	0.1189
平均值	18.9	0.1526	0.1185
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1526 }{0.1541} \times 100\% = 0.97\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.1185 }{0.1019} \times 100\% = 16.29\%$		

表 10. 系統量測藍色鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	85	74	4
2	85	73	
3	84	74	
4	85	75	
5	84	72	
6	85	72	
7	84	72	
8	84	72	
9	85	73	
10	85	73	
平均值	84.6	73.2	
穿透百分比	$\frac{73.2 - 4}{84.6 - 4} \times 100\% = 86.52\%$		

圖 24 為茶色 20% 抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖；表 16 及表 17 所列分別為十次茶色 20% 抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次茶色 20% 抗藍光鏡片穿透的數據；表 18 所列為十次加上茶色 20% 抗藍光鏡片的色彩坐標。圖 25 為茶色 30% 抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖；表 19 及表 20 所列分

表 11. 光譜儀量測藍色鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2952	1.25
2	3203	2955	3.33
3	3210	2940	6.24
4	3204	2930	8.34
5	3212	2911	5.43
6	3207	2907	7.49
7	3205	2941	5.44
8	3213	2919	9.78
9	3215	2939	10.24
10	3206	2920	2.65
平均值	3207.6	2931.4	6.019
穿透百分比	$\frac{2931.4}{3207.6} \times 100\% = 91.39\%$		

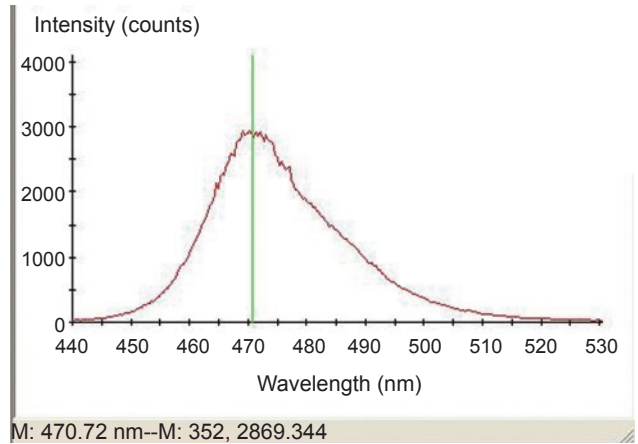


圖 23. 紫色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

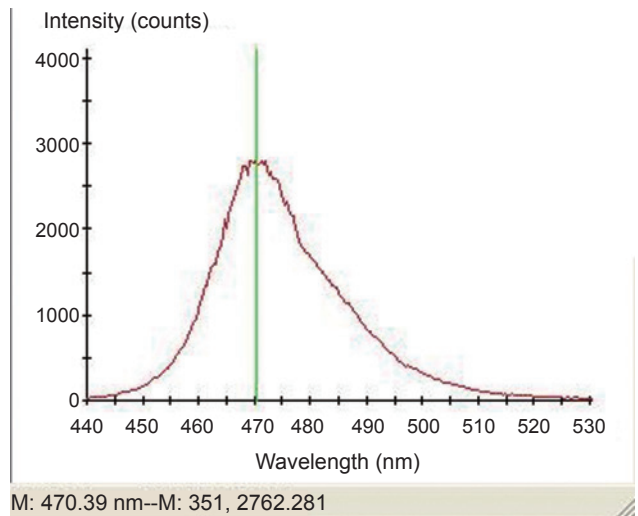


圖 24. 茶色 20% 抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

表 12. 加上藍色抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	20.2	0.1490	0.0949
2	21.0	0.1485	0.0922
3	20.4	0.1484	0.0938
4	20.2	0.1489	0.0948
5	20.2	0.1489	0.0947
6	21.0	0.1486	0.0937
7	20.1	0.1487	0.0944
8	20.0	0.1486	0.0945
9	20.2	0.1498	0.0962
10	20.6	0.1489	0.0947
平均值	20.4	0.1488	0.0944
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1488 }{0.1541} \times 100\% = 3.44\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.0944 }{0.1019} \times 100\% = 7.36\%$		

表 13. 系統量測紫色鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	83	69	4
2	84	69	
3	84	69	
4	84	69	
5	84	69	
6	84	70	
7	85	69	
8	84	68	
9	85	69	
10	85	70	
平均值	84.2	69.1	
穿透百分比	$\frac{69.1 - 4}{84.2 - 4} \times 100\% = 82.07\%$		

別為系統量測十次茶色 30% 抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次茶色 30% 抗藍光鏡片穿透的數據；表 21 所列为十次加上茶色 30% 抗藍光鏡片的色彩坐標。圖 26 為鍍藍膜抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖；表 22 及表 23 所列分別為系統量測十次鍍藍膜抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次鍍藍膜抗藍光鏡片穿透的數據；表 24 所列为十次加

表 14. 光譜儀量測紫色鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2869	1.25
2	3203	2820	3.33
3	3210	2813	6.24
4	3204	2812	8.34
5	3212	2801	5.43
6	3207	2803	7.49
7	3205	2839	5.44
8	3213	2807	9.78
9	3215	2805	10.24
10	3206	2800	2.65
平均值	3207.6	2816.9	6.019
穿透百分比	$\frac{2816.9}{3207.6} \times 100\% = 87.82\%$		

表 15. 加上紫色抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	19.3	0.1507	0.0953
2	19.6	0.1509	0.0960
3	19.3	0.1503	0.0947
4	19.7	0.1502	0.0943
5	19.4	0.1503	0.0948
6	19.3	0.1501	0.0946
7	19.6	0.1500	0.0939
8	19.5	0.1509	0.0959
9	19.2	0.1506	0.0952
10	19.2	0.1505	0.0951
平均值	19.4	0.1505	0.0950
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1505 }{0.1541} \times 100\% = 2.34\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.0950 }{0.1019} \times 100\% = 6.77\%$		

上鍍藍膜抗藍光鏡片的色彩坐標。

圖 27 所示為黃色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖；表 25 及表 26 所列分別為系統量測十次黃色抗藍光鏡片穿透的數據與光譜儀量測十次黃色抗藍光鏡片穿透的數據；表 27 所列为十次加上黃色抗鏡片的色彩坐標。

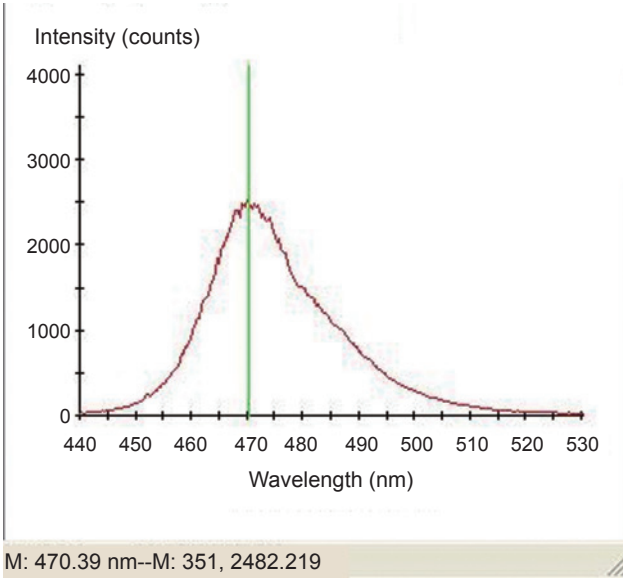


圖 25. 茶色 30% 抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

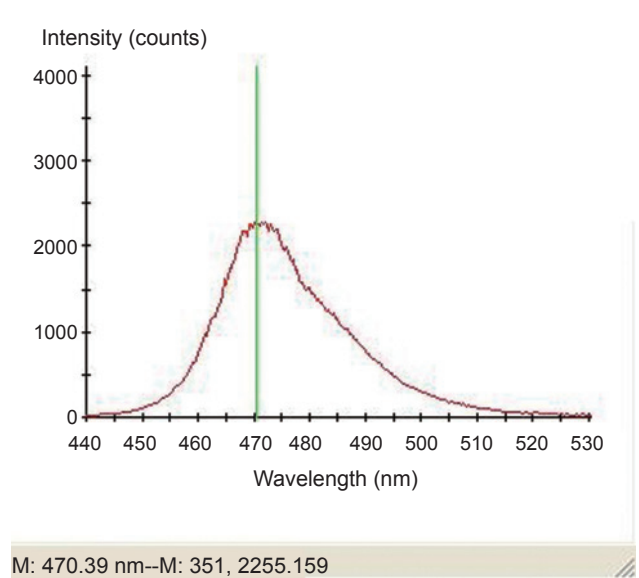


圖 27. 黃色抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

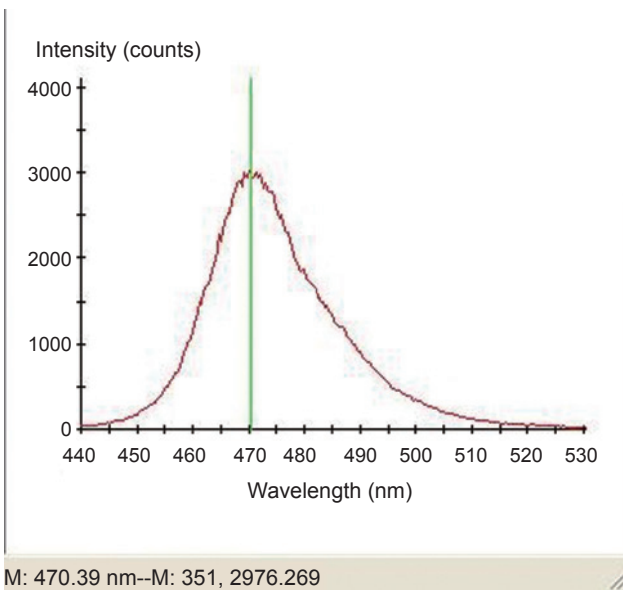


圖 26. 鍍藍膜抗藍光鏡片的藍光穿透光譜圖。

表 16. 系統量測茶色 20% 鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	85	70	4
2	84	70	
3	84	71	
4	85	70	
5	85	70	
6	84	71	
7	85	70	
8	84	71	
9	85	70	
10	84	69	
平均值	84.5	70.2	
穿透百分比	$\frac{70.2 - 4}{84.5 - 4} \times 100\% = 83.08\%$		

3. 結果分析

系統使用光脈波調變與濾波電路可有效防止環境光干擾。表 28 所列為本裝置與光譜儀測出各種抗藍光鏡片穿透率百分比的比較表。阻隔藍光不可太多，否則會造成看到物體太暗，同時不能造成物體色彩偏差。從表 28 所列可以看出藍色抗藍光鏡片的藍光穿透率比較高，其他抗藍光鏡片的藍光穿透率比較低。經表 28 所列為本裝置與光譜儀穿透

率量測比較得出準確度達 6%。表 29 所列為各種抗藍光鏡片 CIE xy 座標的色彩偏差百分比，茶色 20% 抗藍光鏡片及鍍藍膜鏡片都具抗藍光且對物體色彩偏差在僅 3%。

五、結論

實驗發現，染色的抗藍光鏡片深度太深會導致所觀看物體會有太暗與色彩偏差的問題存在。經表

表 17. 光譜儀量測茶色 20% 鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2761	1.25
2	3203	2753	3.33
3	3210	2756	6.24
4	3204	2766	8.34
5	3212	2740	5.43
6	3207	2755	7.49
7	3205	2758	5.44
8	3213	2762	9.78
9	3215	2750	10.24
10	3206	2765	2.65
平均值	3207.6	2756.6	6.019
穿透百分比	$\frac{2756.6}{3207.6} \times 100\% = 85.94\%$		

表 18. 加上茶色 20% 抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	20.7	0.1511	0.1023
2	20.0	0.1512	0.1026
3	20.0	0.1513	0.1026
4	20.1	0.1518	0.1032
5	20.8	0.1511	0.1018
6	20.2	0.1520	0.1034
7	20.1	0.1518	0.1033
8	19.8	0.1514	0.1028
9	19.7	0.1513	0.1024
10	20.4	0.1514	0.1024
平均值	20.2	0.1514	0.1027
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1514 }{0.1541} \times 100\% = 1.75\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.1027 }{0.1019} \times 100\% = 0.79\%$		

29 分析綠色抗藍光鏡片與黃色抗藍光鏡片的 y 座標色彩偏差將近 20% 左右，所以這兩種抗藍光鏡片不適合作為抗藍光使用。鍍藍膜抗藍光鏡片與茶色 20% 抗藍光鏡片 xy 座標的色彩偏差將近 3%，但是鍍藍膜抗藍光鏡片的阻隔率只有 8% 左右，所以最適合作為抗藍光鏡片為茶色 20% 抗藍光鏡片，因為它可以阻隔大約 17% 的藍光。

表 19. 系統量測茶色 30% 鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	82	63	4
2	82	64	
3	82	64	
4	82	64	
5	83	64	
6	82	63	
7	82	64	
8	82	64	
9	83	64	
10	82	63	
平均值	82.2	63.7	
穿透百分比	$\frac{63.7 - 4}{82.2 - 4} \times 100\% = 77.49\%$		

表 20. 光譜儀量測茶色 30% 鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2482	1.25
2	3203	2470	3.33
3	3210	2480	6.24
4	3204	2477	8.34
5	3212	2485	5.43
6	3207	2469	7.49
7	3205	2472	5.44
8	3213	2466	9.78
9	3215	2489	10.24
10	3206	2481	2.65
平均值	3207.6	2477.1	6.019
穿透百分比	$\frac{2477.1}{3207.6} \times 100\% = 77.23\%$		

誌謝

感謝行政院國家科學委員會的支持，使得本計劃得可以順利完成，特此致上感謝之意。計劃編號 NSC 101-2622-E-035-014-CC3。

參考文獻

1. http://binshyh.en.alibaba.com/product/749417147-218161741/Normal_Anti_Blue_Light_Clear_glasses_Lens.html

表 21. 加上茶色 30% 抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	18.8	0.1535	0.1083
2	18.8	0.1547	0.1101
3	18.6	0.1538	0.1087
4	18.6	0.1538	0.1086
5	19.4	0.1541	0.1087
6	18.6	0.1533	0.1079
7	18.7	0.1540	0.1091
8	18.5	0.1536	0.1084
9	19.3	0.1540	0.1087
10	18.8	0.1537	0.1084
平均值	18.8	0.1539	0.1087
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1539 }{0.1541} \times 100\% = 0.31\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.1087 }{0.1019} \times 100\% = 6.67\%$		

表 22. 系統量測鍍藍膜鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	83	78	4
2	83	77	
3	83	78	
4	82	77	
5	83	77	
6	82	77	
7	83	78	
8	82	78	
9	82	77	
10	83	79	
平均值	82.6	77.6	
穿透百分比	$\frac{77.6 - 4}{82.6 - 4} \times 100\% = 93.94\%$		

- <http://202.234.205.228/Products/1168/抗藍光鍍膜鏡片.html>
- <http://tw.myblog.yahoo.com/yct-sunglasses/article?mid=156&sc=1>
- <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BC%E5%85%89%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E7%AE%A1>
- http://www.ca800.com/apply/html/2013-5-21/n84777_0.html
- http://www.ca800.com/apply/html/2013-5-21/n84777_0.html
- http://www.ca800.com/apply/html/2013-5-21/n84777_0.html

表 23. 光譜儀量測鍍藍膜鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2976	1.25
2	3203	2970	3.33
3	3210	2965	6.24
4	3204	2966	8.34
5	3212	2959	5.43
6	3207	2963	7.49
7	3205	2980	5.44
8	3213	2958	9.78
9	3215	2968	10.24
10	3206	2972	2.65
平均值	3207.6	2967.7	6.019
穿透百分比	$\frac{2967.7}{3207.6} \times 100\% = 92.52\%$		

表 24. 加上鍍藍膜抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	21.4	0.1504	0.0998
2	21.8	0.1523	0.1024
3	21.7	0.1519	0.1018
4	21.4	0.1515	0.1014
5	21.3	0.1512	0.1010
6	21.7	0.1506	0.1004
7	21.3	0.1518	0.1019
8	21.9	0.1504	0.0998
9	21.3	0.1508	0.1005
10	21.0	0.1504	0.0997
平均值	21.5	0.1511	0.1009
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541 - 0.1511 }{0.1541} \times 100\% = 1.95\%$ $y: \frac{ 0.1019 - 0.1009 }{0.1019} \times 100\% = 0.98\%$		

- Hamamatsu Photonics K. K., cat. no. KPIN1050E01, MAR 2001.
- http://www.walkingitaly.com/radio/RADIOSITO/tutorial/diodi_d_fot/old/translate.htm
- <http://home.sandiego.edu/~ekim/photodiode/pdtech.html>
- <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E7%94%B5%E6%95%88%E5%BA%94>

表 25. 系統量測黃色鏡片穿透數據。

量測次數	V_{LED}	V_{lens}	V_{dark}
1	90	68	4
2	89	66	
3	89	65	
4	90	68	
5	90	68	
6	89	66	
7	90	66	
8	90	65	
9	90	66	
10	91	68	
平均值	89.8	66.6	
穿透百分比	$\frac{66.6-4}{89.8-4} \times 100\% = 74.15\%$		

表 26. 光譜儀量測黃色鏡片穿透數據。

量測次數	I_{LED}	I_{lens}	I_{dark}
1	3201	2255	1.25
2	3203	2253	3.33
3	3210	2249	6.24
4	3204	2243	8.34
5	3212	2244	5.43
6	3207	2256	7.49
7	3205	2260	5.44
8	3213	2265	9.78
9	3215	2263	10.24
10	3206	2240	2.65
平均值	3207.6	2252.8	6.019
穿透百分比	$\frac{2252.8}{3207.6} \times 100\% = 70.23\%$		

11. D. H. Neamen, 半導體物理與器件, 第三版, 電子工業出版社 (2011).

12. 林志一, 曾龍圖, 吳明璇, 電子學實習, 高立圖書 (2007).

13. [http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/\(2002-09-24\)%20%E4%B8%BB%E5%8B%95%E5%BC%8F%E6%BF%BE%E6%B3%A2%E5%99%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.aspx?ArchID=455](http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/(2002-09-24)%20%E4%B8%BB%E5%8B%95%E5%BC%8F%E6%BF%BE%E6%B3%A2%E5%99%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.aspx?ArchID=455)

14. http://www.akaricenter.com/mame/mame_sikidozu.htm

表 27. 加上黃色抗藍光鏡片色彩坐標。

量測次數	E_v (lx)	x	y
1	19.7	0.1558	0.1286
2	19.7	0.1554	0.1277
3	20.6	0.1530	0.1259
4	20.0	0.1562	0.1290
5	20.0	0.1571	0.1297
6	19.6	0.1556	0.1280
7	19.4	0.1550	0.1273
8	20.2	0.1547	0.1265
9	19.5	0.1555	0.1269
10	19.8	0.1558	0.1276
平均值	19.9	0.1554	0.1227
彩色偏差百分比	$x: \frac{ 0.1541-0.1554 }{0.1541} \times 100\% = 0.84\%$		
	$y: \frac{ 0.1019-0.1227 }{0.1019} \times 100\% = 20.41\%$		

表 28. 本裝置與光譜儀穿透率的百分比誤差。

抗藍光鏡片	本裝置	光譜儀	百分比誤差
粉紅色	78.75%	78.97%	0.22%
綠色	78.31%	78.93%	0.62%
藍色	86.52%	91.39%	4.87%
紫色	82.07	87.82%	5.75%
茶色 20%	83.08%	85.94%	2.86%
茶色 30%	77.49%	77.23%	0.26%
鍍藍膜	93.94%	92.52%	1.42%
黃色	74.15%	70.23%	3.92%

表 29. 抗藍光鏡片 CIE xy 座標彩色偏差百分比。

抗藍光鏡片	x	y	$x+y$
粉紅色	1.17%	7.65%	8.82%
綠色	0.97%	16.29%	17.26%
藍色	3.44%	7.36%	10.8%
紫色	2.34	6.77%	9.11%
茶色 20%	1.75%	0.79%	2.54%
茶色 30%	0.13%	6.67%	6.8%
鍍藍膜	1.95%	0.98%	2.93%
黃色	0.84%	20.41%	21.25%



陳德請先生為國立中央大學光電研究所博士，現任逢甲大學電機系專任教授。

Der-Chin Chen received his Ph.D. in optoelectronics research from the National Central University. He currently is a full-time professor in the Department of Electrical Engineering Optoelectronic at Feng Chia University.



李錫霖先生來自馬來西亞，現為逢甲大學電機光電工程研究所碩士班學生。

Lee Siak Lim come from Malaysia currently is a Master student in the Institute of Electrical Engineering Optoelectronic at Feng Chia University.



林漢傑先生為樹人醫護管理專科學校兼任視光科講師與科旭光學有限公司總經理。

Han-Jie Lin has part-time lecturer in the Department of Optometry at Shu-Zen college of Medicine and management. He currently is a Gererd manger of optical lenses manufacture