



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：偏光片消光比測試

The measurement of the extinction ratios
efficiency of Polarizer

作者：陳寶樹

系級：資電碩專班 電控組

學號：M 9408902

開課老師：陳德請

課程名稱：光電子學

開課系所：電機所

開課學年：94 學年度 第 1 學期



中文摘要

由於液晶顯示器(LCD)具有薄型化、輕量化、低耗電量及無輻射污染等優點，並順應著這股網際網路數位資訊化市場的興起，該產品之應用更呈飛躍性的成長。偏光片為液晶顯示器(LCD)之關鍵零件之一，偏光片(Polarizer)功能是只允許某一電場振動方向的光線才能透過的光學元件，於製作液晶片過程中，必須上下各用一片，且成交錯方向置入，主要用途係在有電場與無電場時使光源產生位相差而呈現明暗的狀態，用以顯示字幕或影像，因此其消光比好壞影響LCD顯示器品質非常大。本篇論文目的在設計一簡易的量測偏光片消光比檢測系統，以測試偏光片的實際效能。

關鍵字：偏光片、液晶顯示器(LCD)、消光比



Abstract

Because the liquid crystal display (LCD) has several advantages , such as slim , light , low power consumption and without pollution of radiation . It adjusts to the rise of information-based market, the application of this product presents leap growth even more. Polarizer is one of the key parts of the liquid crystal display (LCD).Polarizer is a optical component, it is possible to transform unpolarized light into polarized light. In each one of Liquid Crystal Display use two sheets polarizer crossed, which means that, normally, no light would be able to pass through the display. The liquid crystal, however, will modify the polarization of the light in some way that is dependent on the electric field being applied to it. The extinction ratios is very important parameter to LCD quality. This page is leaning how to measure the extinction ratios of polarizer to prove about the efficiency.

key word : Polarizer 、 Liquid Crystal Display (LCD) 、 Extinction ratios



目次

封面	
中文摘要	II
Abstract	III
圖目錄	V
表目錄	VI
壹、前言	1
1-1. LCD 結構	1
1-2. LCD 顯像原理	1
1-3. LCD 結構圖	2
貳、偏光板與背光模組原理	3
2-1. 偏光板原理	3
2-2. 背光模組原理	4
參. 偏光片消光比檢測原理	6
3-1. 光發射端	6
3-2. 光源發射電路	7
3-3. 光接收端	8
3-3.1 檢知器	8
3-3.2 濾波電路	9
3-3.3 放大器	10
肆. 討論	11
參考文獻	14

圖目錄

圖 1	液晶顯示器施加電壓液晶分子作動示意圖	2
圖 2	液晶顯示器結構圖	2
圖 3	偏光板構造簡圖	4
圖 4	側光式背光模組構造簡圖	5
圖 5	偏振光檢測示意圖	6
圖 6	光電檢測系統	7
圖 7	光電感測單元	7
圖 8	綠光 LED 光譜	7
圖 9	LED 發射驅動電路	8
圖 10	光電晶體光譜響應曲線	9
圖 11	檢知器、濾波電路與放大電路	10
圖 12	LCD 偏光片消光比曲線	12
圖 13	相機偏光鏡消光比曲線	13



表目錄

表一	LCD 偏光片消光比-----	11
表二	相機偏光鏡消光比-----	12



壹、前言

1-1. LCD 結構

LCD 顯像原理為利用液晶本身具有旋光性，當受到電壓時會呈現不同的角度，以達到控制光的穿透，TFT 基板的閘極以掃瞄訊號的方式於各畫素電極讀取資料（閘極是連接至水平的掃瞄線），汲極則提供各畫素顯示訊號（汲極是連接至垂直的資料線），另外還提供儲存電容於畫素掃瞄期間維持液晶電容及輔助電容，而畫素電極與彩色濾光片上的 RGB 的 ITO 電極對應則會呈現全彩化效果，其中彩色濾光片表現出光的 RGB 三原色，偏光板則控制光的進入及離開，且由於液晶分子本身不發光，故須於液晶後面加裝背光源模組，藉由背光源模組發光。結構如同三明治般，製造上是將兩片鍍有 ITO(氧化銦錫)的導電玻璃貼合，其中上面一片鍍有 RGB 顏料稱為彩色濾光片，且在中間間距不到 5um 灌入液晶後，兩邊外側分別再貼上偏光板，接著再進行驅動 IC 接合以及印刷電路板焊接，並於面板後方加上背光模組以達顯示功能。

1-2. LCD 顯像原理

液晶分子在形狀、介電常數、折射率、導電率均有異向性，即在不同方向上具有不同物理特性。當外加一電場在液晶分子上時，便會引起分子軸排列移動或分子流動的現象，而光學性質也隨之改變。如此，可利用液晶光電效應便能控制液晶的物理特性。以 TN 型液晶顯示器動作為例，其結構如同三明治般，在兩片鍍有 ITO(氧化銦錫)的導電玻璃外側貼上偏光片，玻璃封合後，灌入液晶分子，形成一個液晶盒。液晶分子受到玻璃基片內側配向膜的控制，在不加電場作用下，能規則地作旋轉 90°的排列。光線在偏光片極化作用下，下層偏光片極化方向與上片呈垂直時，光線不會被偏光片吸收穿透出來，稱之為 Normally White。而當兩片電極通電時，液晶分子會受電場影響，產生分子極向垂直排列。當光線通過上層偏光片後，沿著分子排列垂直至下層偏光片。光向與偏光片光軸垂直而無法穿透。如此在電源 ON/OFF 下產生明暗的區別，此為 TN 型 LCD 的顯示原理如圖 1 所示。依此原理，針對所有的畫素施加控制亮、暗的電壓就可形成圖像。

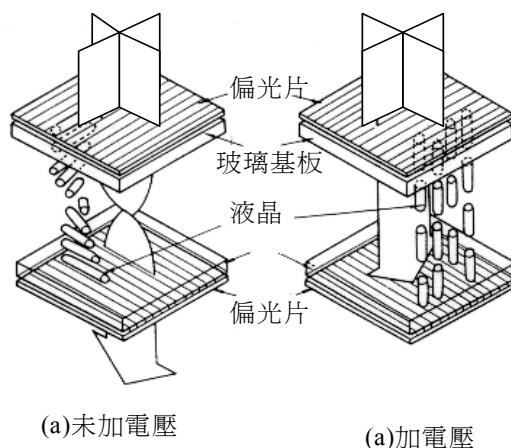
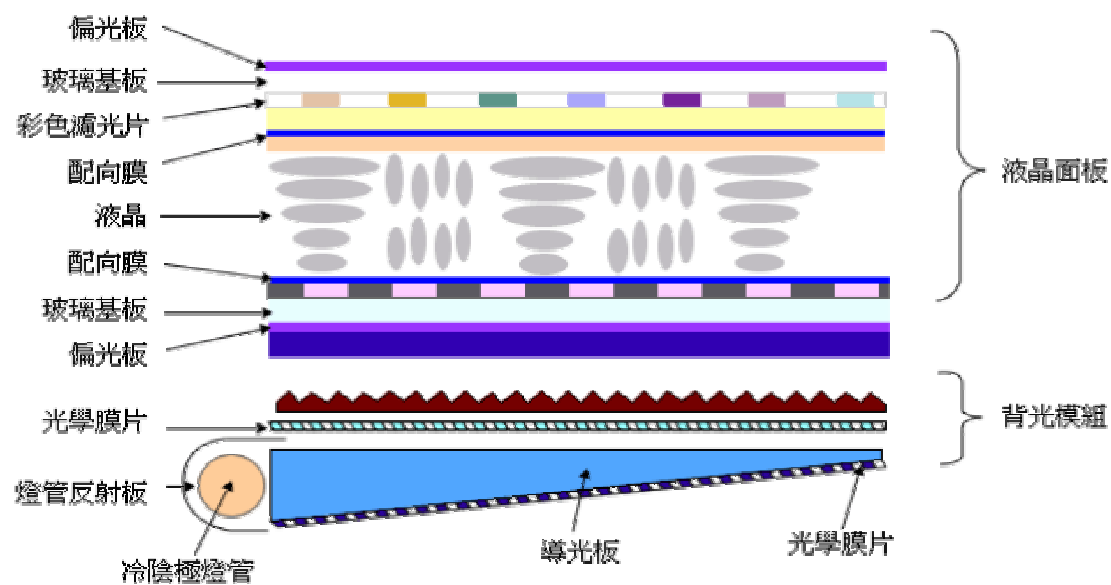


圖 1、液晶顯示器施加電壓液晶分子作動示意圖

據上所述，可知 LCD 關鍵零組件包括玻璃基板、液晶、彩色濾光片、偏光板、驅動 IC、背光模組等，其中佔 LCD 材料成本最高之依序為彩色濾光片 26%、背光模組 18%、驅動 IC 模組 16%、偏光板 11%，此四項零組件合計佔材料成本比重高達七成。

1-3. LCD 結構圖

◆ 液晶顯示器結構圖



圖片資料來源：住華科技 <http://www.sumika.com.tw/Product/default.htm>

圖 2、液晶顯示器結構圖

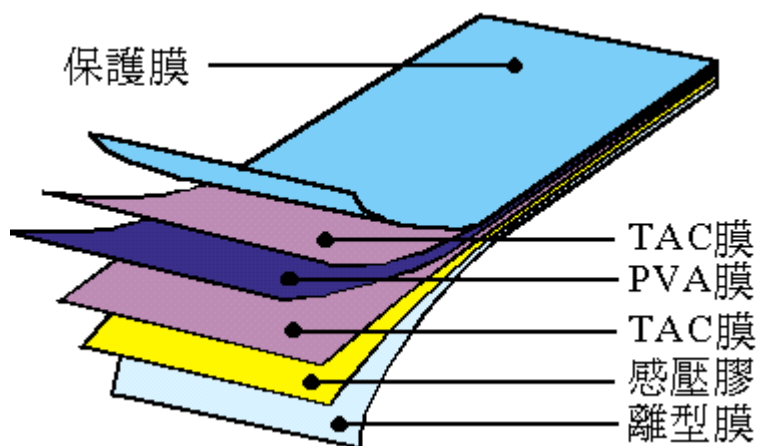
貳、偏光板與背光模組原理

2-1. 偏光板原理

偏光板為 LCD 顯示明暗之主要關鍵材料。每單位液晶顯示器均須使用上下兩片偏光板。偏光板原理係將一般不具偏極性的自然光轉變成偏極光，當沒有偏光板時，光線可自由進出液晶槽，不受外加電場的影響，但在上下層各外加偏光板後，光線的透過就可用外加電場加以控制，使得視覺上可以感受到明暗的變化，由此可知，偏光板功能即在於將非偏極光轉為偏極光，而液晶顯示器就是利用此偏極光加上液晶扭轉特性來達到控制光線的通過與否，形成明暗。

偏光板基本結構是由幾層厚度僅數十 μm 薄膜材料貼合而成，其中最主要的偏光子是利用透光性良好的高分子薄膜(常用 PVA，聚乙烯醇)吸附上二色性物質(碘系、染料性等)，幾秒內使碘離子或染料擴散滲入內層的 PVA 中，微熱後用人工或機械拉伸，直到數倍長度，且在變長的同時也將變得又薄又窄，原本 PVA 分子為任意角度無規則性分布，受力拉伸後分子就逐漸偏轉於作用力方向上，而附著在 PVA 上的碘離子或染料也就隨之有方向性，因此可吸收平行於其排列方向的光束電場分量，只讓垂直方向的光束電場分量通過，另外，在偏光子兩側有保護層，由於 PVA 膜在經過延伸之後，通常機械性質會降低，變得容易破碎，因此在偏光基體(PVA)延伸完後會在兩側貼上三醋酸纖維素(TAC)所組成的透明基板，作為支撐保護偏光子且防止回縮，再則現多數 15 吋以上之 TFT LCD 產品均會要求再貼上一層光學補償膜以增加偏光板的廣角功能，最後在外層再加上一層離型膜及保護膜，以便與液晶槽貼合。

偏光板製程上較困難之處在於如何做出一片完全無缺點的偏光板，尤其是現顯示器產品尺寸有日益變大的現象，尺寸愈大耗損難度也墊高，製程良率將進一步降低，另外，現顯示器薄型化發展為趨勢之一，目前偏光板主流產品整體厚度約 255 μm ，未來主流為 175 μm ，未來趨勢將強調愈來愈薄，由於產品愈薄愈難作，不僅是材料較貴且良率也較低，因此偏光板如何在更大尺寸及更薄產品製造上保持一定良率為考驗之處。



圖片資料來源：

http://cn.fpdisplay.com:7751/www.fpdisplay.com/technology/Tech_Shtml/2_20049171628122.htm

圖 3、偏光板構造簡圖

2-2. 背光模組原理

背光模組功能在於提供 LCD 足夠之光源。所謂背光模組主要是由光源、稜鏡片、導光板、擴散片、反射片、保護膜及光學膜等零件組成，用途為提供 LCD 面板均勻且足夠的亮度。其中光源目的在於提供足夠的亮度，必須具備高亮度及壽命長等特色，目前作為光源之零件包括冷陰極燈管(CCFL)、熱陰極燈管、LED 等，其中大尺寸 TFT LCD 仍以冷陰極燈管為主流，而 LED 由於 RGB 三色透光率較均勻，不像傳統發光源凹凸明顯，因此未來高功率 LED 也許會是發展重點，不過現採用 LED 在大尺寸上仍有技術上的困難，目前實驗室產品大尺寸採用 LED 為發光源則須使用 60 顆左右，成本高出許多，後續將研發降低使用顆粒數量方具競爭力；至於導光板的用途則在於將光線導引成平面，確保面板亮度的均勻性，是背光板關鍵技術之一；而擴散片則是將來自導光板的光線擴散開來，之後透過稜鏡片將擴散開的光線以稜鏡折射，讓光線直向面板，一般在稜鏡片上會貼上集光片以提高亮度，而反射板則是防止燈管發射的光線外漏，提昇光的使用效率。

背光模組依光源位置可分為側光式、直下式兩種，由於直下式的燈管數使用量較多，一般 15 吋用二支，因此不符合輕薄小之用途，主要用於 LCD 監視器、LCD TV，而側光式則在側邊使用一支燈管，應用於 NB 等攜帶型產品。另外，依導光板製程不同又可分為印刷式及無印刷式，所謂印刷式製程為壓克力平板基板射出後，將含有高發散光源物質之印刷材料印製在導光板基板之底部，然後進行熟化固定，此為國內目前應用成熟之製程，無印刷式則是將設計好作在模具上，

採直接射出成型或壓印製作，不必再經過網印與熟化固定步驟，簡化製程，但因該項製程模具開發較貴、初期失敗率也較高，設備成本也較高，兩項製程相較並無絕對效益較佳的結果，因此預計未來產品是否要以無印刷式製程將取決於客戶 design in，目前此兩種製程所生產之產品售價均相同並無差別。

背光模組產業相對於 TFT LCD 其他關鍵零組件屬於進入障礙較低的產業，一般而言，由於背光模組後段製程需要繁複的人工組裝，從燈管、反射板、擴散模、加框等組裝動作均需要龐大的人力支援，而人力培訓至上線均需至少 3 個月時間，人員製程熟練度影響其製程良率甚大，且訓練初期材料耗損較高，因此如何的導光圖樣製控制成本為重點。

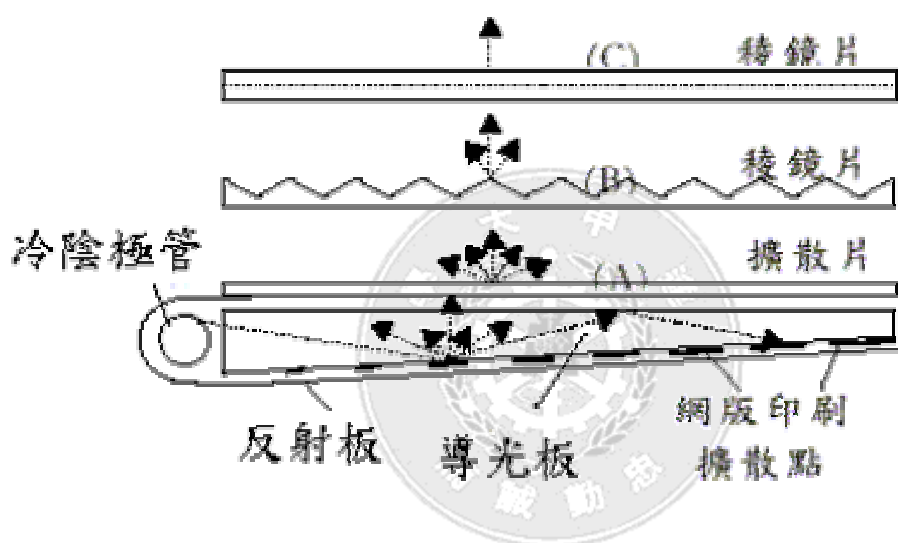
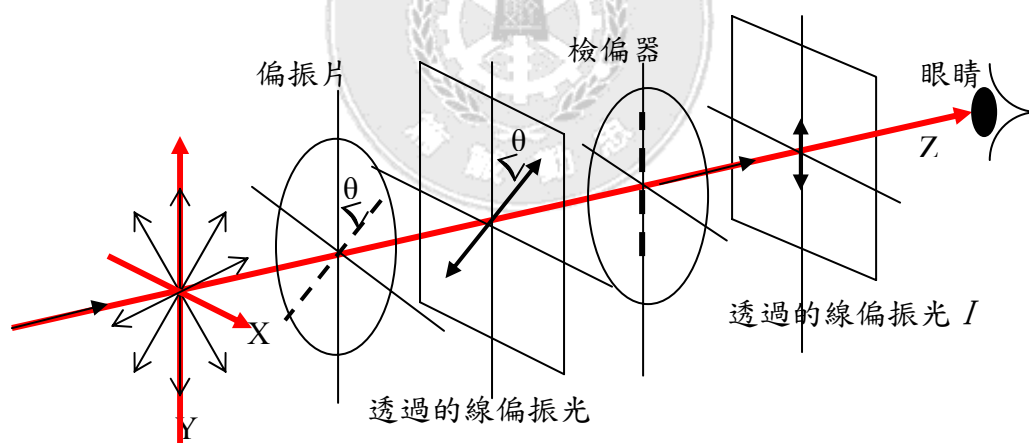


圖 4、側光式背光模組構造簡圖

資料來源：MIC

參. 偏光片消光比檢測原理

光為一種電磁波，一般的光線當其前進時，電磁振動方向為四面八方。如果電磁振動只發生在一個平面內，則易於用數學方程式來描述，而利於使用。這種只在一平面內電磁振動，亦即電場振動方向及磁場振動方向固定的光稱為偏振光。入射到偏振片上時，旋轉偏振片，透射光的功率密度不發生變化。而當部分偏振光入射時，旋轉偏振片，透射光的功率密度要發生變化，但不存在功率密度為零的情況，總之，旋轉偏振片，觀察透射光功率密度的變化特點，可以確定入射光的偏振特點。確定光的偏振特點的過程叫作檢偏，起檢偏作用的光學元件叫作檢偏器(analyzer)。偏振片也可以作為檢偏器。線偏振光入射到偏振片上時，旋轉檢偏器，當偏振光振動方向與檢偏器偏振化方向的夾角為 θ 時，透射光的功率密度 I 為 $I=I_0\cos^2\theta$ ，式中 I_0 是入射線偏振光的功率密度，如圖 5 所示。這是 Malus 在 1809 年得到的，被稱為 Malus 定律。從振動的分解可以理解這一定律，入射線偏振光的振幅為 E_0 ，它在偏振化方向上的分量為 $E_0 \cos\theta$ ，這就是透射光的振幅，它的平方就是功率密度。



入射的非偏光 I_0

圖 5、偏振光檢測示意圖

根據以上偏光原理，我們設計一套偏光片消光比檢測系統，整套光電檢測系統(如圖 6 所示)包含(1)光電感測單元如圖 7 所示、(2)導光光纖單元、(3)光學單元及(4)訊號處理單元。其中光電感測單元包含：光發射端及光接收端。

3-1. 光發射端

此光電檢測電路使用發光二極體 (LED) 為光源，與一般光源如鎢絲燈比較之下，發光二極體具有以下幾項優點，包括體積小、反應速度快、高亮度、壽命長、穩定性佳...等，且使用發光二極體所需的驅動電路製作成本又比半導體雷射低。我們的光電感測單元發射光源採用發射光波長峰值在 540 nm 的綠光 LED，發射光譜如圖 8 所示。

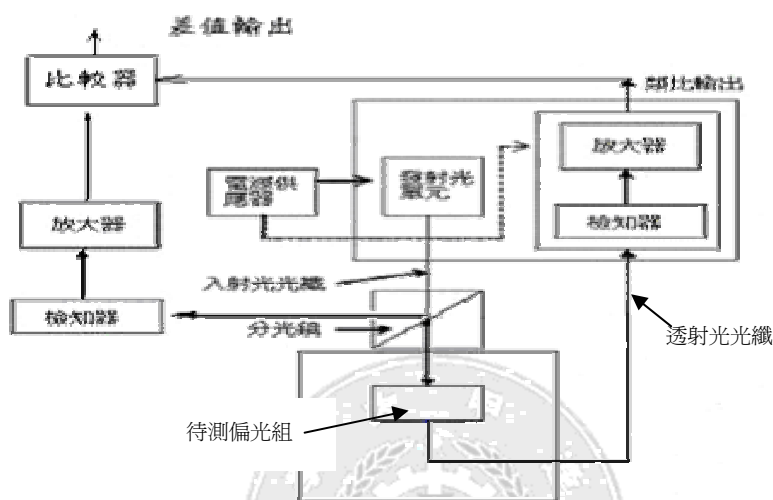


圖 6、光電檢測系統

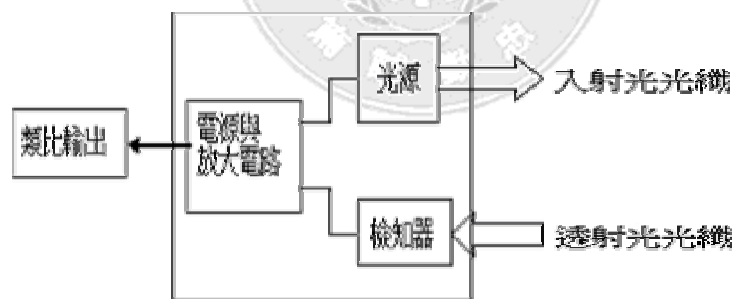


圖 7、光電感測單元

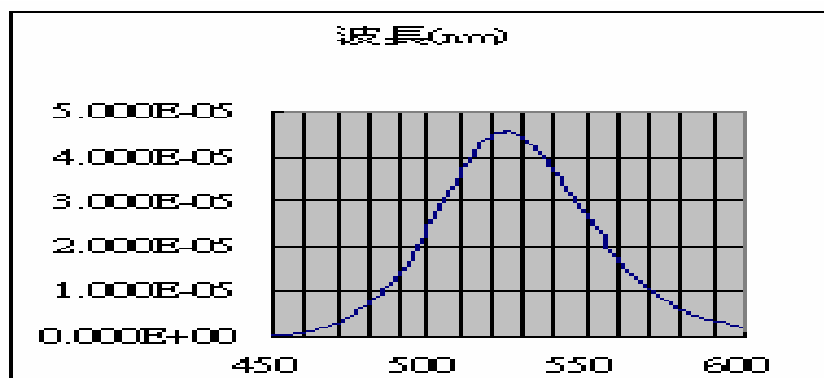


圖 8、綠光 LED 光譜

3-2. 光源發射電路

LED 是一種由電流驅動元件而非由電壓驅動，因此要使 LED 產生較強的發射光束，必須供給較大的順向電流 I_F ，但發射光束強度與供給電流量不完全成正比，因為暗電流也會隨 I_F 增大而增大。當 I_F 大到某一種程度時元件會呈飽和工作狀態，若 I_F 再大會使元件崩潰。而元件長時間處於大電流工作狀態下，久而久之元件發光效率也會因材料發熱老化而衰減。為避免 LED 發光效率衰減過快，改以脈衝電流推動元件，即在固定週期下供給一個瞬間定電流。我們使用運算放大器(LM324M)搭配電容器成為多諧振盪電路，電容充電時二極體 D1 為逆向截止 OFF 狀態，二極體 D2 為順向導通 ON 狀態，所以充電電流會通過 D2 對電容器充電，此時放大器的輸出端電壓為 15V，當電容器充電到等於或超過上限臨界電壓時，兩二極體工作狀態互換，放電電流會通過二極體 D1 使電容器放電，此時放大器輸出電壓為 0V，當電容器放電電壓等於或低於下限臨界電壓時，電容又回到充電狀態，在反覆充電、放電下，放大器輸出端產生多諧振盪脈波電壓，之後經由限電流電阻 R2 與用來偏壓功率電晶體的偏壓電阻 R1 及功率電晶體所組成的驅動電路來推動 LED 發光，LED 發射驅動電路設計如圖 9 所示。

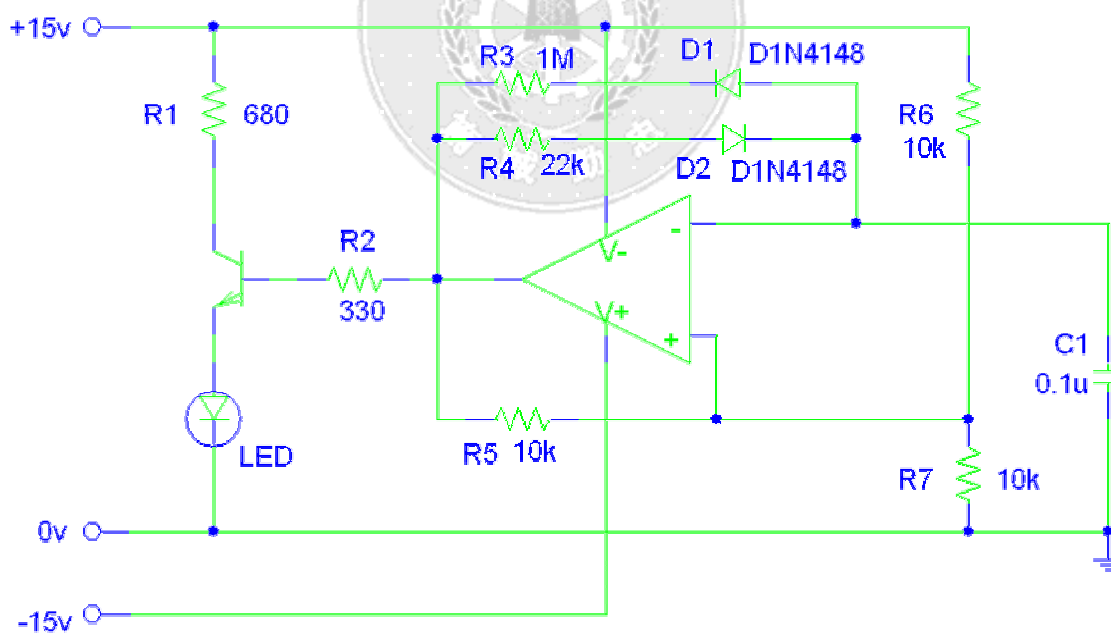


圖 9、LED 發射驅動電路

3-3. 光接收端

3-3.1 檢知器

常用的受光元件為光二極體，其特性為入射光量與輸出電流成線性正比變化，但隨受光量的增加，P-N 接面的 I-V 特性曲線會往下改變，而使 P-N 接面的少數載子電流增大，即所謂的暗電流 (Dark Current) 增加，而光二極體的反應速度與 P-N 接面電容大小有關。而在使用光二極體時有兩種工作狀態 photoconductive (PC) 與 photovoltaic (PV) 可以選擇，PC 工作狀態是施加逆向偏壓在光二極體兩端，這樣可以擁有較小的接面電容與較高的頻率響應，反應速度也較快，適合用在需高速反應場合，但施加偏壓也會使得光二極體暗電流增大。PV 工作狀態時則不外加偏壓於光二極體上，因此可以減少暗電流的產生，以及可獲得不錯的受光線性度。光二極體受光後會產生電流，由於在電路上是要量測電壓的變化，所以要先將電流訊號轉換成電壓訊號，在 PC 或 PV 工作狀態下都可以用外加電阻或搭配放大器來將電流轉換成電壓，但因光二極體受光後輸出的電流很微小，轉換成電壓輸出時通常只有 mV 或 μV ，不利我們量測，所以若光二極體以外加電阻方式轉換電流成電壓，需將電阻值加到很大，但這樣會因電阻的增大而增大雜訊。所以我們選擇使用運算放大器 (TL072) 來做電流電壓轉換與訊號放大的工作，因加上放大器的關係，所以光二極體兩端視為接地，電壓差視為 0V，這使得兩端的接面電容可以忽略，而可獲得不錯的頻率響應。而為了要增大可接收發光源波長範圍，我們使用光電晶體 (BP103) 當作受光元件，光電晶體是由一個加逆向偏壓的光二極體與電晶體所組成，即讓光二極體以 PC 工作狀態操作，光譜響應曲線如圖 10 所示。

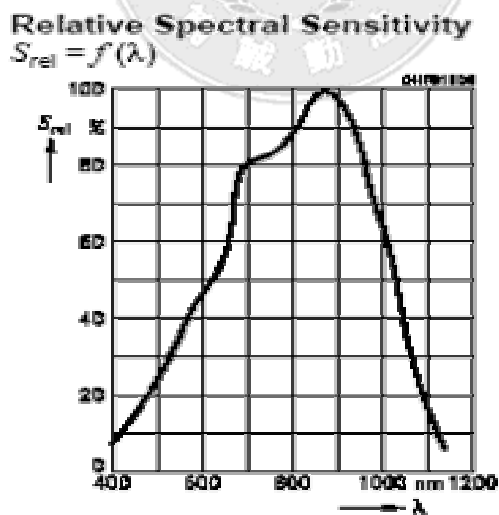


圖 10、光電晶體光譜響應曲線

3-3.2 濾波電路

在濾波電路前加上一個可變電阻，藉由電阻值的改變，我們可以微調此檢知器的靈敏度。為避免所接收的光訊號裡包含了不想一起放大的雜訊，如日光燈訊號，我們利用電容與電阻所組成的高通濾波器 (High Pass Filter) 將日光燈所產生的 120Hz 訊號去除掉。

3-3.3 放大器

因為光電晶體所產生的電流訊號很微小，為了使之後輸出的電壓變化訊號量測易於分析，所以我們利用放大器 (LM324M) 元件將輸出訊號藉由負回授加以放大。光二極體在有外加逆向偏壓或受足夠光照射時，外在環境所存在的電磁波干擾對電路影響不大，但若沒在上述條件工作時，電磁波的干擾將會變的很明顯，因此為避免外在電場所生成的電磁波影響輸出訊號，我們在光電感測單元電路外圍加上金屬屏蔽，以降低電磁場對電路系統的影響。檢知器、濾波電路與放大電路設計如圖 11 所示。

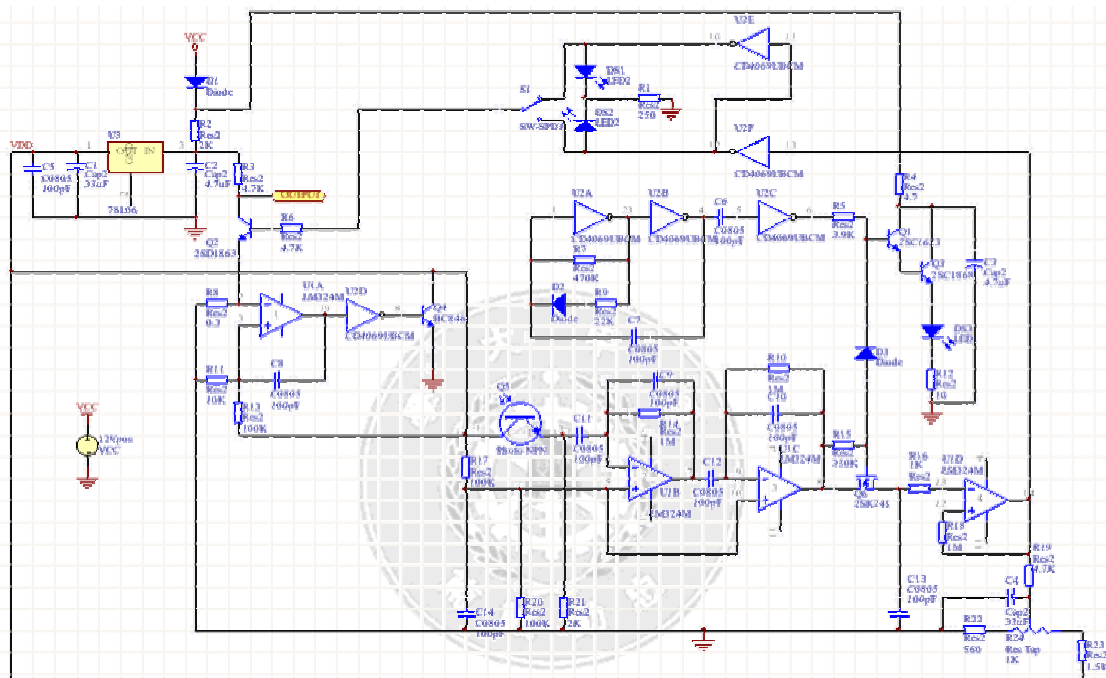


圖 11、檢知器、濾波電路與放大電路

肆. 討論

本研究已設計及研製完成了偏光片消光比檢測系統，完成的硬體部分包括了，LED 光源發射驅動電路、檢知器電路、濾波電路、放大電路。光電感測單元電路經過系統組測後，其輸出電壓變化範圍在 3V 之內。由 Malus 定律知 $I=I_0\cos^2\theta$ ，定義衰減光比為 $I/I_0=\cos^2\theta$ ，我們使用一對線性偏光片，一片偏光片固定，另一片偏光片做旋轉，圖 10 所示為經測試所得衰減光比（縱坐標）與 $\cos^2\theta$ （橫坐標），為方便瞭解此處將 $\cos^2\theta$ 值對照至角度值。由測試結果顯示，兩線性偏光片夾角近 90° 時光被衰減至 0.00047，夾角 0° 時光通過值為 0.14623，其消光比為千分之三，此偏光片組對入射光阻隔效果相當不錯，實驗曲線圖與 Malus 定律趨勢相似，證實此套系統具商品化價值。

表一：LCD 偏光片消光比

角度	無偏光鏡 (I_0)	輝度量測值	Intensity(I)	Extinction Ratio 理想消光比	Extinction Ratio LCD 偏光片消光比
0	25015	8251	25015.00000	1.00000	1.00000
2	25015	7989	24984.48170	0.99878	0.96825
4	25015	7988	24893.17695	0.99513	0.96813
6	25015	7845	24741.58605	0.98907	1.00000
8	25015	7744	24530.45945	0.98063	0.93855
10	25015	7668	24260.54760	0.96984	0.92934
20	25015	7132	22088.74530	0.88302	0.86438
30	25015	5723	18761.25000	0.75000	0.69361
40	25015	3127	14679.30230	0.58682	0.37898
50	25015	2157	10335.44755	0.41317	0.26142
60	25015	1137	6253.75000	0.25000	0.13780
70	25015	519.1	2926.00455	0.11697	0.06291
80	25015	327.0	754.20225	0.03015	0.03963
82	25015	319.5	484.29040	0.01936	0.03872
84	25015	184.5	273.16380	0.01092	0.02236
86	25015	165.9	121.57290	0.00486	0.02011
88	25015	164.0	30.26815	0.00121	0.01988
90	25015	160.0	0.00000	0.00000	0.01939

單位：cd/m²

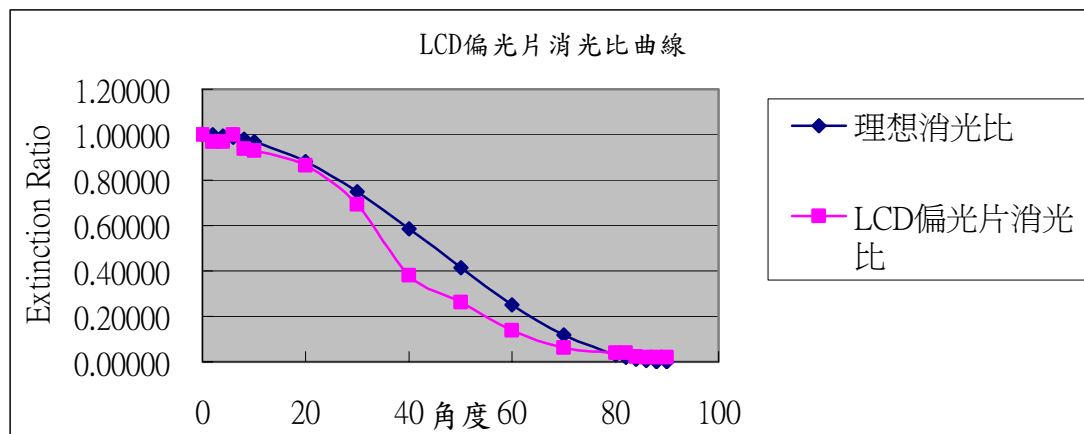


圖 12、LCD 偏光片消光比曲線

表二：相機偏光鏡消光比

角度	光強度(I_0)	輝度量測值	Intensity(I)	理想消光比	偏光鏡消光比
0	25015	3658	25015.00000	1.00000	1.00000
2	25015	3656	24984.48170	0.99878	0.99945
4	25015	3554	24893.17695	0.99513	0.97157
6	25015	3513	24741.58605	0.98907	0.96036
8	25015	3462	24530.45945	0.98063	0.94642
10	25015	3370	24260.54760	0.96984	0.92127
20	25015	3202	22088.74530	0.88302	0.87534
30	25015	2937	18761.25000	0.75000	0.80290
40	25015	2606	14679.30230	0.58682	0.71241
50	25015	1909	10335.44755	0.41317	0.52187
60	25015	1019	6253.75000	0.25000	0.27857
70	25015	480.3	2926.00455	0.11697	0.13130
80	25015	186.0	754.20225	0.03015	0.05085
82	25015	113.4	484.29040	0.01936	0.03100
84	25015	73.6	273.16380	0.01092	0.02012
86	25015	63.2	121.57290	0.00486	0.01727
88	25015	34.7	30.26815	0.00121	0.00947
90	25015	11.7	0.00000	0.00000	0.00319

單位：cd/m²

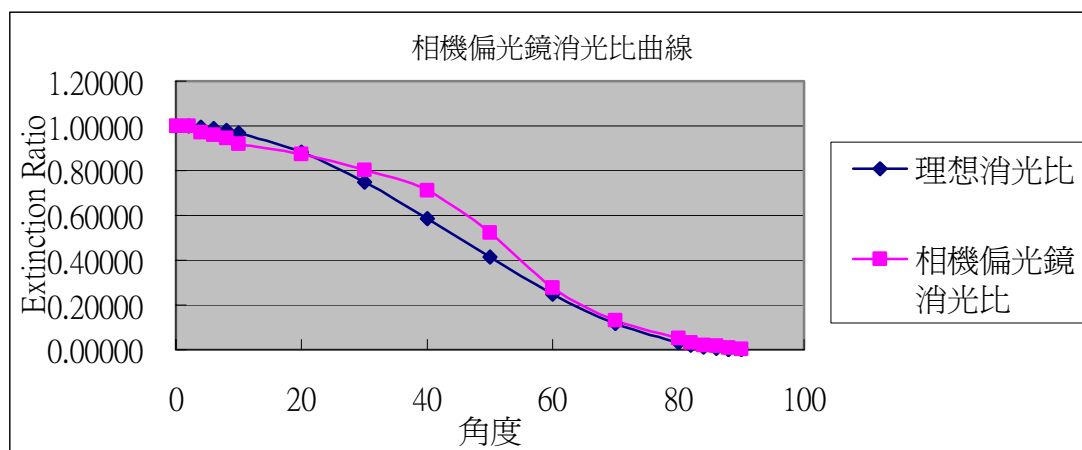


圖 13、相機偏光鏡消光比曲線

圖表說明：因為入射光打入偏光鏡組入射光會被偏光鏡組隔絕一部份，而 Malus 定律 $I = I_0 \cos^2 \theta$ ，故消光比為 $\frac{I}{I_0}$ ， $\therefore \cos^2 \theta =$ 理想消光比， I 是經過偏光片(鏡)後量測到的輝度值， I_0 是角度為零時的輝度值

誌謝

本篇論文感謝國科會(NSC-94-2622-E-035-014-CC3)經費的支援得以完成，在此特別誌謝。

參考文獻

- [1] 吳宛芳「大尺寸 TFT LCD 上游關鍵零組件產業分析」，台灣期刊研究，92.05

