



# 逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

## 50 % 雙光路光偵測技術之研究

作者：王文欽

系級：資訊電機工程碩士在職專班二年級

學號：M9308783

開課老師：陳德請 老師

課程名稱：光電子學

開課系所：電機系

開課學年：九十三學年度 第一學期



## 摘要

光經過介質，會有部分的光被吸收與散射作用。利用此特性，來做一些物質濃度的分析。光偵測是屬於非接觸式，我們設計此系統，對於一些有害物質的進行檢測，消除對人體接觸或被感染而造成傷害，這個系統利用分光鏡將光源分成兩道光，一道經過檢測物，另一道則沒有經過檢測物，使檢測更為精準的設計。



關鍵字：光偵測，光吸收，分光鏡

## 目錄

摘要 .....	1
目錄 .....	2
第一章 緒論 .....	3
1.1 簡介 .....	3
1.2 動機 .....	3
第二章 硬體架構 .....	4
第三章 理論 .....	5
3.1 光發射部份 .....	5
3.2 光傳輸部分 .....	7
3.3 光檢知部分 .....	8
第四章 實際電路 .....	10
4.1 光發射電路 .....	10
4.2 光學元件 .....	12
4.2.1 分光鏡 .....	12
4.2.2 光纖 .....	13
4.3 光接收電路 .....	13
第五章 實驗 .....	15
5.1 數據分析 .....	16



第六章 結果討論 .....	18
6.1 未來 .....	18
誌謝.....	19
參考文獻 .....	20



# 第一章 緒論

## 1.1 簡介

生化科技，近年來已經慢慢興起，對於物質的研究與分析也結合了科技。利用光來做檢測的技術也日益發展，研究設計一個利用脈衝式發光，經由一光學元件將光分成兩道 50% 光源，應用光纖作為光傳輸訊號，再由兩組感測器接收轉換成電氣訊號，經濾波電路及放大電路去除一些干擾。此設計是應用其中一道光當成 Reference 光源，而另一道光用於檢測上使用，設計上簡易而且有較精確的檢測系統。

## 1.2 動機

現今的醫學界、化學界，經常要對其領域所使用的物質作研究與分析，會常需要接觸其所研究的物質或化學藥劑，而有一些物質特性或化學藥劑都是對於人體產生直接或間接性傷害。光學的發展運用越來越廣，使得在生物檢測方面有極大的躍進。利用光電轉換應用在物質的檢測上，其優點，光為一種非接觸式，取代接觸式取樣研究而產生直接或間接性的傷害。

## 第二章 硬體架構

此次研究其硬體結構，包含一個電源供應器供應一組發光單元及兩組接收單元，再由分光鏡特性將光源分成兩束光；而傳輸的部分則又光纖來完成訊號的傳送。其架構的示意圖如圖 2.1 所示：

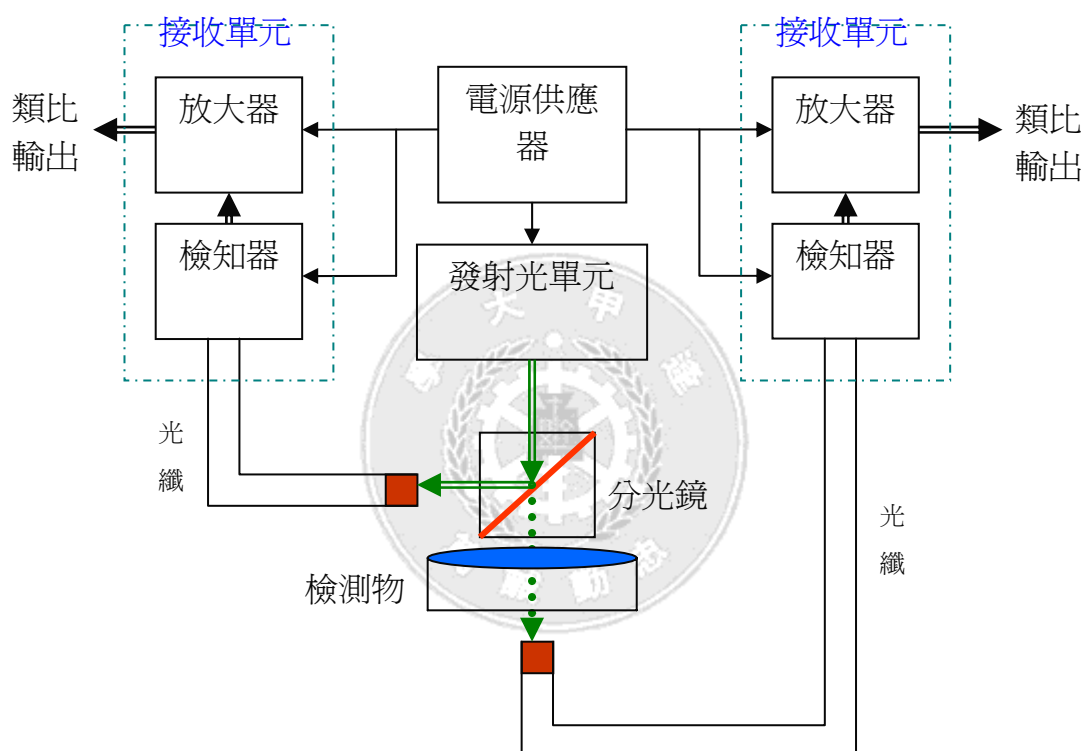


圖 2.1 硬體架構

由圖 2.1 所示，本次設計的 50% 雙光路光偵測之技術，大致上可以分成三大部分分別為：第一部分為發光部份，即為發射光源所在。第二部份為光學元件，包含分光鏡與光纖，用於分離光源與光訊號傳輸用途。第三部份為光接收單元，採兩組光檢測器，一組當作 Reference voltage(參考電壓)使用，以增加其精準性。

## 第三章 理論

主要原理是採用光吸收有關的 Beer-Lambert 定律

Beer-Lambert 定律：

$$I = I_0 e^{-abc} \quad \text{或} \quad A = abc \quad T = \frac{I}{I_0}$$

式中  $I_0$ ：為未被吸收前的光強度。

$I$ ：為穿透後(被吸收減弱)之光強度。

$a$ ：為吸收係數(absorption coefficient absorptivity)。

$b$ ：為產生吸收之光路徑寬度。

$c$ ：為產生吸收的樣品濃度。

$A$ ：為吸收率(absorbance) =  $-\ln T$ 。

$T$ ：為穿透率(transmittance)。

### 3.1 發光部分：

其利用半導體材料中的電子與電洞結合時能量帶(Energy Gap)位階之改變，產生能量以發光方式釋出。

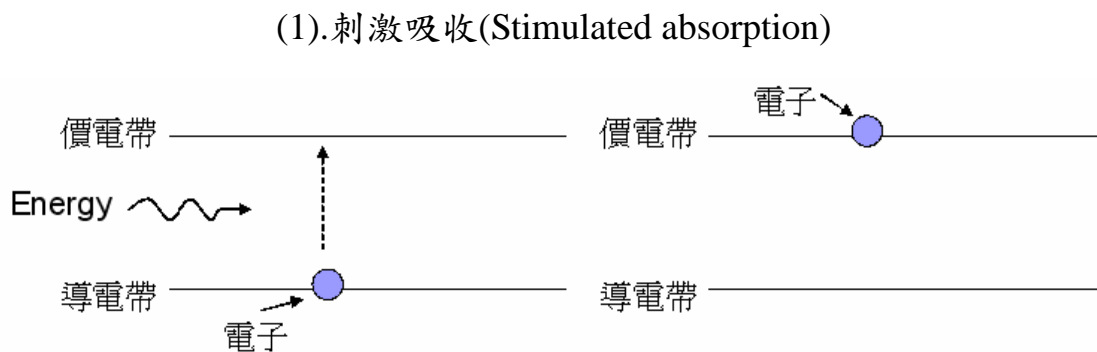


圖 3.1 電子吸收能量躍昇激發態

物質被光照射後，部份原子從光取得能量，於是從基態躍遷至激發態，即光被原子吸收。其能量恰為兩能階的能量差  $\Delta E = h\nu = E_2 - E_1$ ， $h$  為布朗克常數(Planck's constant)， $\nu$  為光的頻率。吸收後，高能階的原子數目濃度增加的速率與低能階的原子數目濃度成正比，其與入射光頻率的關係為：

$$\frac{dN_2}{dt} = N_1 \rho(\nu) B_{12}$$

$N_1, N_2$  為低能階與高能階時的單位體積內的原子數目， $B_{12}$  稱為愛因斯坦吸收係數表示躍遷機率。 $\rho(\nu) B_{12}$  稱為躍遷速率， $\rho(\nu)$  為電磁場的每單位頻率的能量密度(隨入射光頻率變化而改變)。

## (2). 自發輻射(Spontaneous emission)

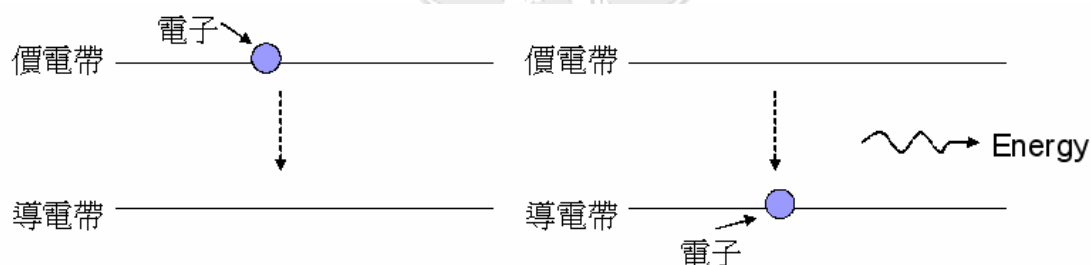


圖 3.2 電子釋放能量回到穩定態

原子被激發到高能階激發態是處於不安定狀態，會隨時間的流逝而回到較穩定的基態處。躍遷時間平均為  $10^{-8}$  秒，即生命週期為  $10^{-8}$ 。而釋放能量為光子，但其發射方向無法預知，所以空間上任意方向的机会是均等的。高能階的原子數目濃度變化速率與本身原子數目濃度成正比，公式即為：



$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 A_{12}$$

$A_{12}$  稱為自發射的愛因斯坦係數，代表發生躍遷速率， $A_{12} = \frac{1}{\tau}$ 。

$\tau$  為生命週期。

### 3.2 傳輸部分:

利用光纖的特性，其原理為，當光線前進遇到不同的介質時，有部分透射，有部分反射。其反射部分有反射定律：入射角等於反射角。

而透射部分也可以稱折射，其折射定律為：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

又稱 Snell's law。

圖 3.3 為光的折射與反射示意圖：

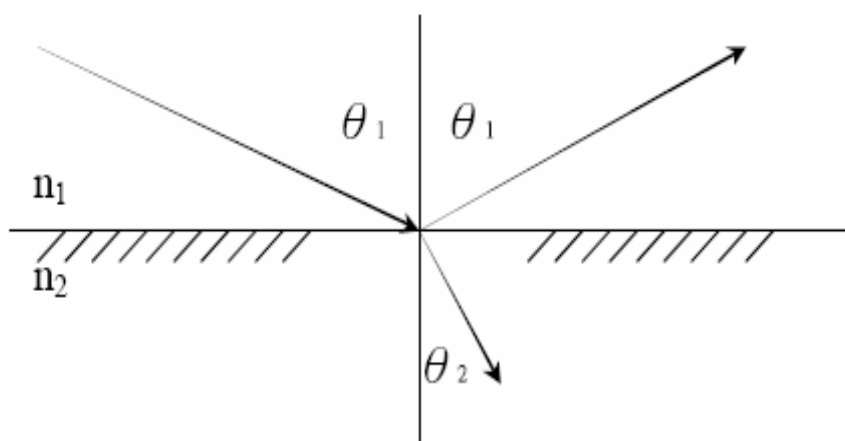


圖 3.3 光的折射與反射

折射率除真空=1 之外，介質的折射率均為波長的函數，稱為色散現象。當光由密介質進入疏介質時，則  $n_1 > n_2$

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2 \leq \frac{n_2}{n_1}$$

定義臨界角  $\theta_c$  為：

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

也就是折射角  $\theta_2 = 90^\circ$  時，入射角  $\theta_1$  此時稱為臨界角  $\theta_c$ 。所以當入射角  $\theta_1 > \theta_c$  時，折射角  $\theta_2$  無法定義，則無折射光，入射光完全反射，此稱為全反射。光纖就是利用全反射原理，達到光零損失的地步。

### 3.3 光檢知部分：

光偵測器乃是把光信號轉換成電氣訊號輸出，即所謂的電壓、電流...等的感測元件。其原理也是利用原子受光作用產生能量從基態躍遷至激發態，因原子位於不安定的高能階的激發態會隨時間經過再回到穩定的基態而放出能量。

入射光的強弱及波長與照射面積都有相關，因光的照射而產生電流，其電流稱為光電流，以  $I_p$  表示，公式如下：

$$I_p = \eta \times q \times E \times A \times \frac{\lambda}{hC}$$

$\eta$ : 為光電效率(入射光的光子數與所產生光電子數的比值)。

$q$ : 為電荷量( $1.6 \times 10^{-19}$  庫倫)。

$E$ : 為照度的大小(W/ )。

50%雙光路光偵測之技術

$A$ : 為有效照射面積。

$h$ : 為 Planck's constant(浦朗克常數)。

$C$ : 為 Speed of light(光速)。

$\lambda$ : 為波長。



## 第四章 實際電路

實際電路是由 DC +12V 為主電源，由 78L06 Regulator 轉換成 6V 電壓供應 CD4069 反相器、LM324M 運算放大器、脈衝式 LED 及 NPN transistor 的光偵測器等。光訊號傳輸則採用 30cm 長的光纖傳輸線作為發光源與光檢知器的運作。

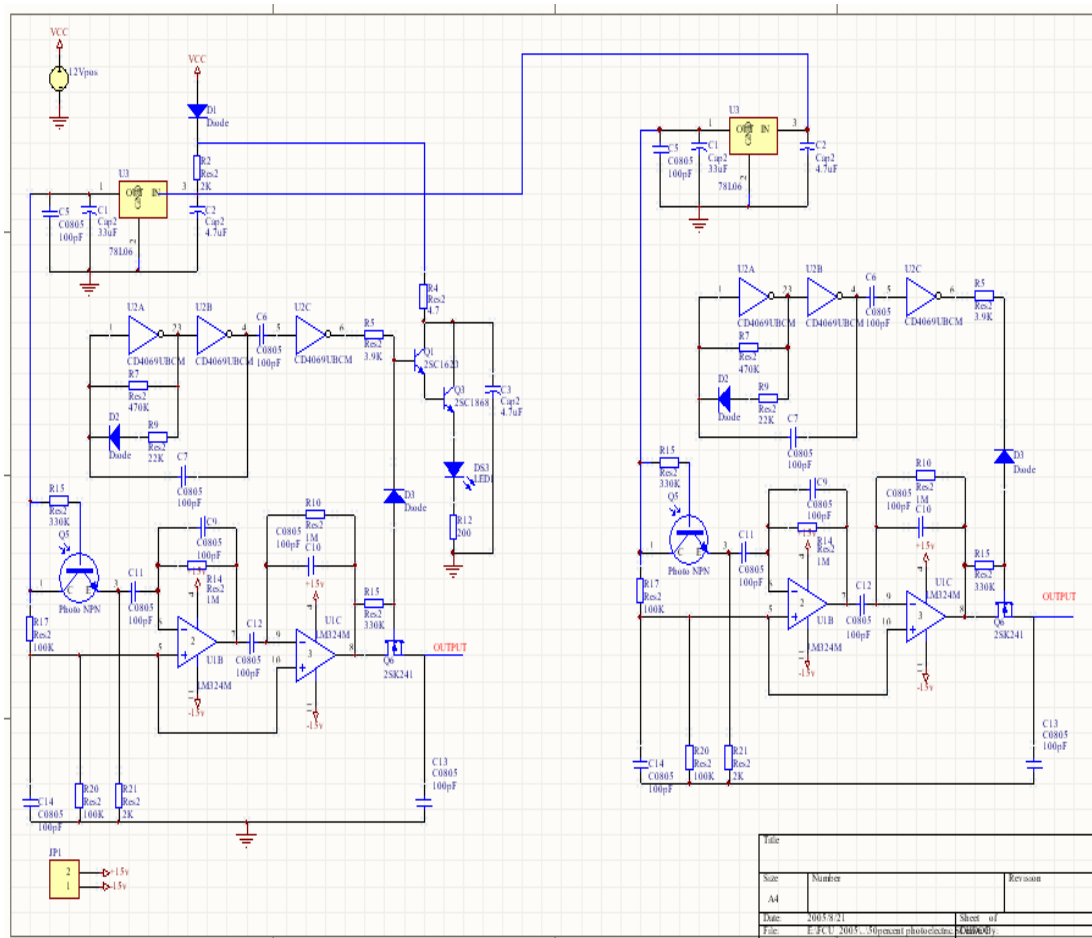


圖 4.1 實際電路

### 4.1 光發射電路

本電路設計，採用 LED(Light Emitting Diode)作為發光的主要來源。LED 依發光波長分可見光(波長 450-780nm)與不可見光(波長

750-1550nm)。可見光以燭光(Candela ; cd，衡量物體表面明亮程度)為單位，亮度與距離成反比。

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 $I_F$ ，但暗電流也會隨 $I_F$ 增大而增大，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。其優點具體積小、壽命長、驅動電壓低、耗電量低、反應速率快、耐震性佳等。常用於日常生活中各種設備中。

其電路如圖 4.2 所示：

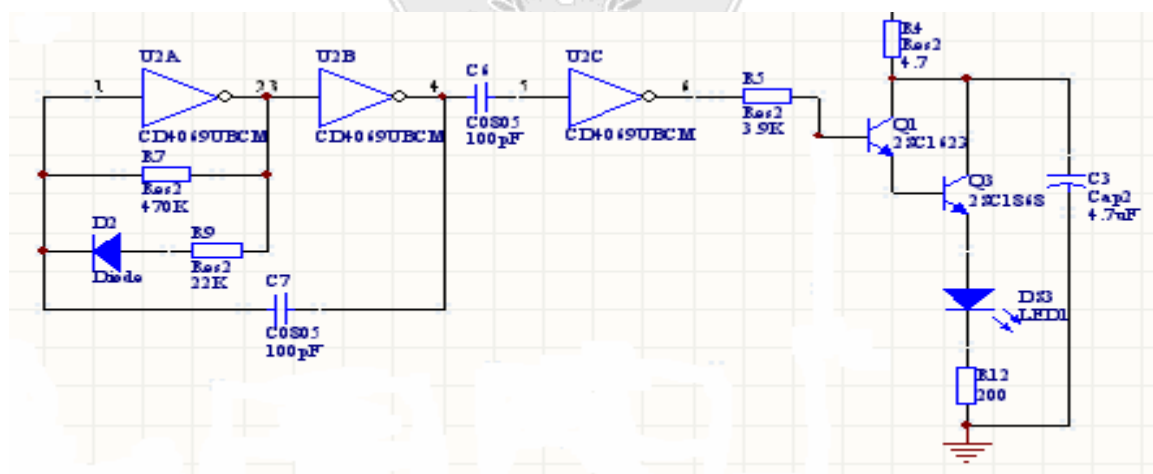


圖 4.2 脈衝式發光電路

這裡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。搭配反相器(CD4069)搭配電阻、電容器組成的多諧振盪電路，震盪頻率介於 20~22K Hz 之間。

## 4.2 光學元件

此次的 50% 雙光路光偵測電路，利用分光鏡的特性將光源分離成所需 50% 分光強度的光源；在運用光訊號傳輸接近零損失的光纖來做訊號的傳遞。

### 4.2.1 分光鏡

分光鏡(Beam Splitters)是一種可以將一束光要分成兩道光來使用的光學元件。它是利用光學鍍膜方式可以很容易的達到這一個目的。其種類可以分成下列幾種：

- (1).中性分光鏡：分成的兩束光的強度在某一廣光譜範圍維持不變稱之。其 T/R(透射/反射)強度的比例有 50/50，70/30，80/20 等等。
- (2).雙色分光鏡：在廣光譜範圍中選擇某一特定光束光譜(以紅、綠、藍分光鏡應用最廣)。應用上，今天的彩色電視、液晶投射電視及彩色監視器都是光學薄膜技術的應用。
- (3).偏極光分光鏡：一束光斜向入射薄膜介面時，透射與反射光將被偏極化。即分成 S 偏極光與 P 偏極光。應用上，雷射系統內及一些光電系統皆有應用。
- (4).帶通濾光片：當要偵測一信號,往往有許多雜訊干擾(背景雜訊)，要去除雜訊，時間上可以把訊號與雜訊分開，空間上則把訊號與雜訊隔離開及利用偏極光特性把訊號選出。較常利用光譜隔開雜訊，即加

上一片帶通濾光片的應用。常見 CCD 攝影機或照相機皆有此應用，以提高系統的信噪比。

此次的設計採用，中性分光鏡,其比列為 50/50 的強度。

## 4.2.2 光纖

光纖是光學纖維的簡稱，是一種應用在光的傳輸上的一種光損失極少的元件。光纖材料有石英玻璃和塑料等。由導光的纖蕊及其周圍的透明層外殼所組成，有一些外圍還包一層金屬或其他材料。

電訊號之有線傳輸或無線傳輸均會受電場、磁場干擾，但光訊號在石英玻璃製成的光纖中傳輸，不受電場、磁場干擾，同時光訊號不易混亂。

「光纖傳輸」的優點：

- 1.低損失與寬頻帶。
- 2.尺寸小及彎曲半徑小。
- 3.不導電、不輻射、不感應。
- 4.重量輕等等。

## 4.3 光接收電路

採用 NPN 雙極性電晶體，其具有較好的電流增益，利用光電晶體當光偵測元件比光二極體，其量子效率比較好。但基極、集極的接

面電容會因 Miller Effect 增大而使頻率響應變慢，此處電容視為

$C = C_{C-B} \times h_{FE}$ ，其電容在電晶體放大  $h_{FE}$  倍，若加上負載  $R_L$ ，則電晶體

頻率響應為  $\tau = C_{C-B} \times h_{FE} \times R_L$ ，響應特性為  $h_{FE}$  倍的落後。因為實驗需

要較大的輸出增益，所以不要求頻率響應。

其電路圖如圖 4.3 所示：

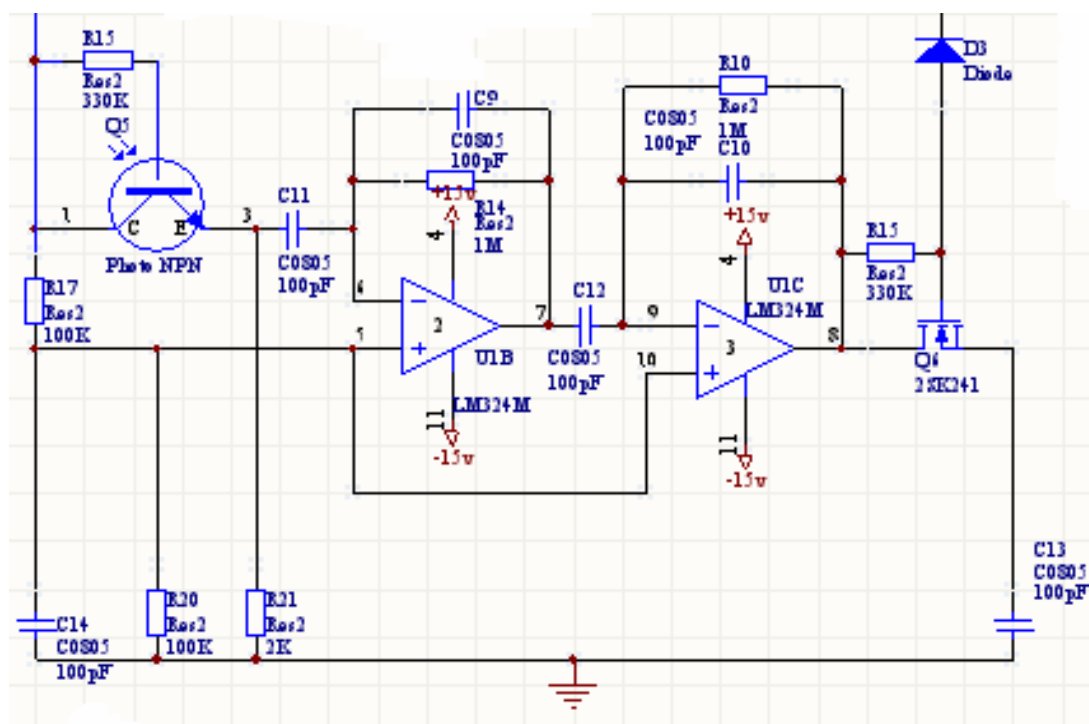


圖 4.3 光感測器電路

接收信號由光訊號再轉成電氣訊號，經由運算放大器 (LM324M) 放大，並搭配 RC 濾波電路濾掉不必要的外在光源光雜訊再作輸出。



## 第五章 實驗

利用此電路實際上作實驗，使用量測儀器如下：

1. Tektronix (太克) TDS7040 DPO 示波器：4GHz bandwidth and 20GS/s sampling rate。
2. Probe：P2645，1.5GHz bandwidth，Linear Range +/- 8.0V。

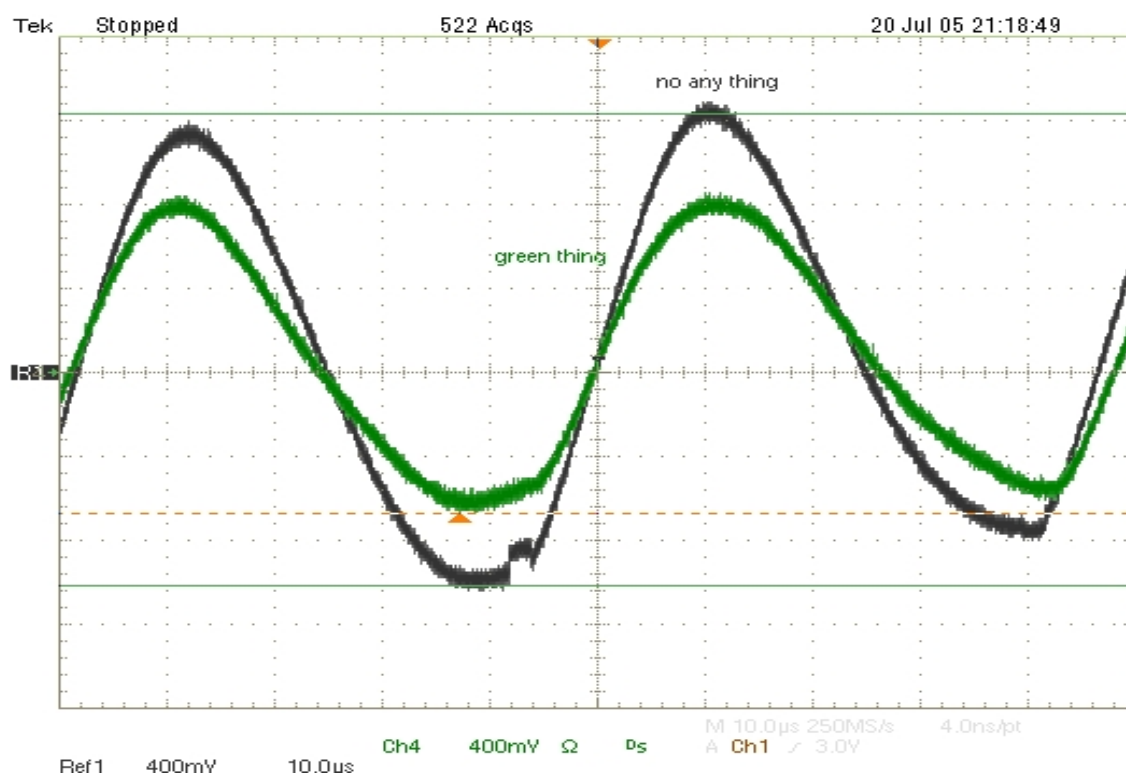


圖 5.1 Measure at LM324M 8pin

圖 5.1 所示是量測點為 LM324M 運算放大器的第 8 pin 輸出點，其波形為 sin wave 可以清楚看出兩道 50% 光源的差異，深色波形為沒有經過任何檢測物；綠色波形經過檢測物所產生的振幅。

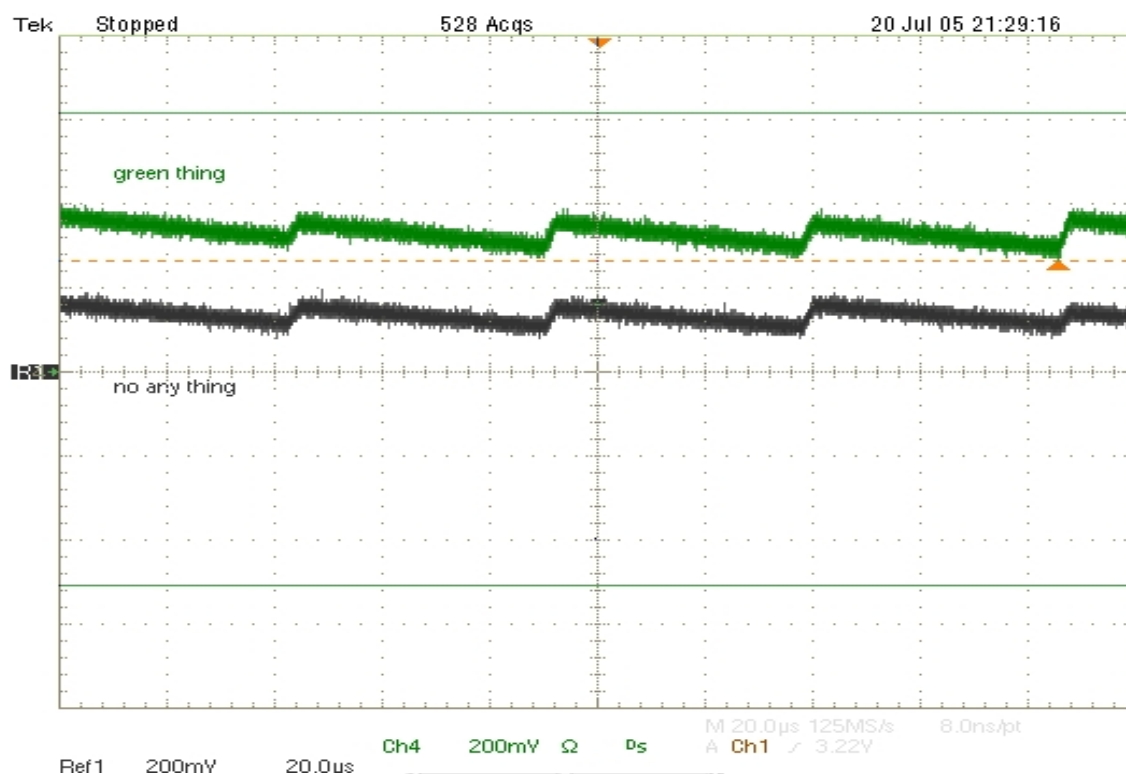


圖 5.2 Measure at 2SK241 Source terminal

圖 5.2 為經電晶體 2SK241 的轉換，位於 2SK241 Source 輸出端點量測所產生，深黑色波形為沒有經過任何檢測物；綠色波形經過檢測物所產生的線形。

### 5.1 數據分析：

此次的實驗是在 LM324M 運算放大器的第 8 pin 輸出點所量測，其量測數據如下 Table 1 所列：

Table 1

樣品	頻率 (KHz)	Measure Values								
		Mean(V)			Min.(V)			Max.(V)		
		mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
無	20.84	3.028	2.994	3.069	1.961	1.82	2.06	4.272	4.18	4.38
綠透片	20.84	3.043	3.006	3.079	2.226	2.08	2.36	3.965	3.86	4.12

Table 2 所列是量測的數據是位於 2SK241 Source 輸出端點量測所

產生。

Table 2

樣品	頻率 (KHz)	Measure Values								
		Mean(V)			Min.(V)			Max.(V)		
		mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max
無	20.84	1.599	1.589	1.607	1.539	1.516	1.556	1.654	1.636	1.668
綠透片	20.84	1.803	1.794	1.816	1.744	1.724	1.756	1.864	1.852	1.884

由表 Table 2 作統計分析，可以很清楚的觀察到其結果；其一道分光鏡分離之 50% 光源未經任何檢測物的透射，直接由光纖接收傳輸到光偵測器上。另一道 50% 光源則經由綠色透明片，其兩道光源所產生之差異如下：

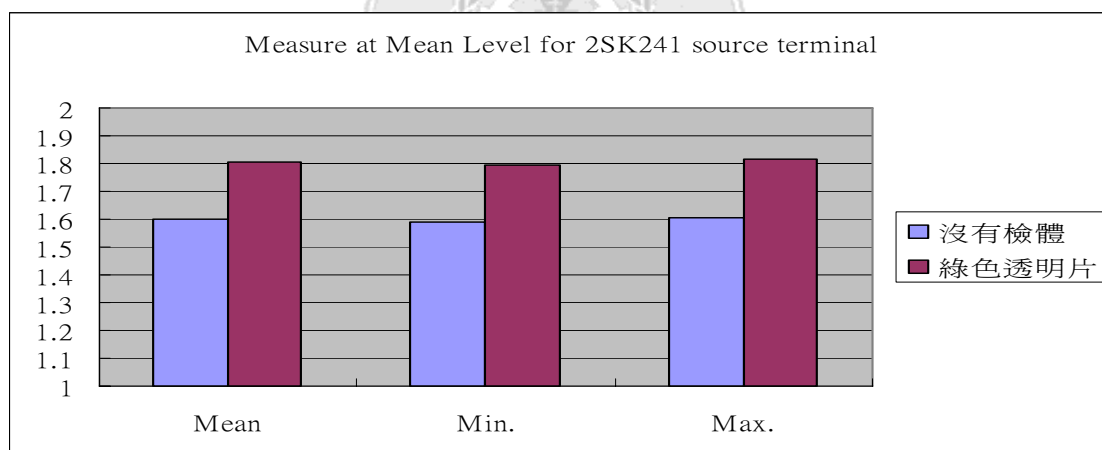


圖 5.3 統計分析圖

實驗結果在 Max.、Min.、及 Mean 的電壓上明顯相差 0.2V。

## 第六章 結果討論

由實驗初步測試，運用發射部送出一束光源，經由分光鏡的光學元件將光分成兩道 50% 光源強度，利用極近零損失的光纖當光訊號傳輸分別送給兩組光感測器，經光轉電氣訊號，再由濾波器與放大電路將干擾濾除及放大電氣訊號。所以利用其中一道光當成 Reference 光源,與另一道光經由檢測物的相互比較是可行的。

### 6.1 未來

現在潮流是數位的時代，所以可以將 50% 分光源檢測器的設計，其電氣訊號透過 ADC(類比轉數位)轉為數位訊號，經微處理器再做數位訊號處理。

以下是 ADC(類比轉數位)與七段顯示器之初步電路圖：

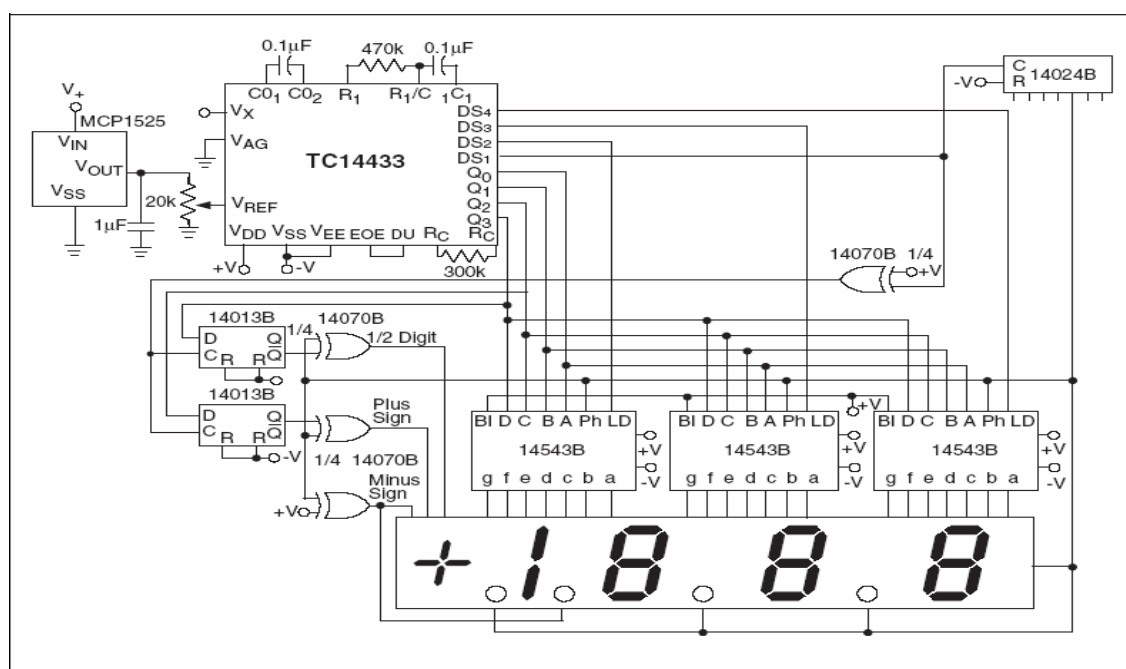


圖 6.1 七段顯示器電路

利用 Analog-to-Digital Converter TC1433 結合七段顯示器，去將訊號轉換成數為信號。甚至可以朝另一方向在利用 8051 去控制 ADC，採串列式傳輸方式將取樣數據傳至記憶體作運算，在透過 RS232 或者 USB 的介面傳輸至 PC 作處理。

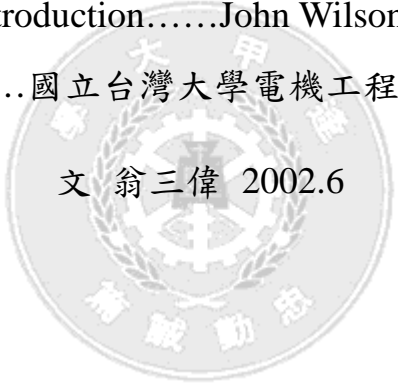
### 誌謝

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.李世文、莊正當、陳德請、陳育聖，『雙光程吸收式生化光電檢測系統』，第三屆現代通訊科技應用學術研討會，北臺科學技術學院，S5-2，18th March 2005。
2. 許招墉，『光電工學概論』……編著
- 3.陳德請、吳世楊，『生物光電工程導論』，全華圖書公司，台北。
- 4.陳席卿，『雷射原理與光電檢測』，
- 5.Optoelectronics an introduction……John Wilson , John Hawkes
- 6.微光偵測器的設計 ...國立台灣大學電機工程學系研究所 碩士論



文 翁三偉 2002.6