

# 認識光敏電阻

## 一、實習目的

- [1]了解光敏電阻工作的原理
- [2]了解光敏電阻的特性曲線
- [3]利用實驗觀察光敏電阻的光響應靈敏度

## 二、相關知識



光敏電阻稱作 Photo resistor、light dependent resistor、photoconductor、photoconductive cell 或者更簡單來稱作 photocell，它被廣泛的應用在低成本的光感元件，比如說攝影用的測光計、火災及煙霧警報器、防盜警報器、工業上控制電路中或者是燈具的自動開關上。

光敏電阻已在我們生活中使用了許多年，而最先發現光敏電阻的材料特性是在西元 1873 年，一位叫做 Smith 的人，當時他是在做 selenium(硒)的光電導實驗所發現的，從那之後許多的光電元件慢慢地被開發出來。在 1920 年 T. W. Case 發表了一篇非常實用的著作”Thalofide Cell - a new photo-electric cell”，這篇著作給予許多人對於光敏電阻這方面的了解。

光敏電阻的符號如下圖所示，以標準的電阻符號外面以兩個箭頭指向電阻，表示它是對光敏感的元件。



光敏電阻的符號

光敏電阻的電阻值受光的強弱而影響，隨著入射光強度越強則電阻值下降，利用這個特性，可以用來當作光偵測器的元件。電阻值改變範圍可從  $20\text{ M}\Omega$  變化至  $2\text{K}\Omega$ 。

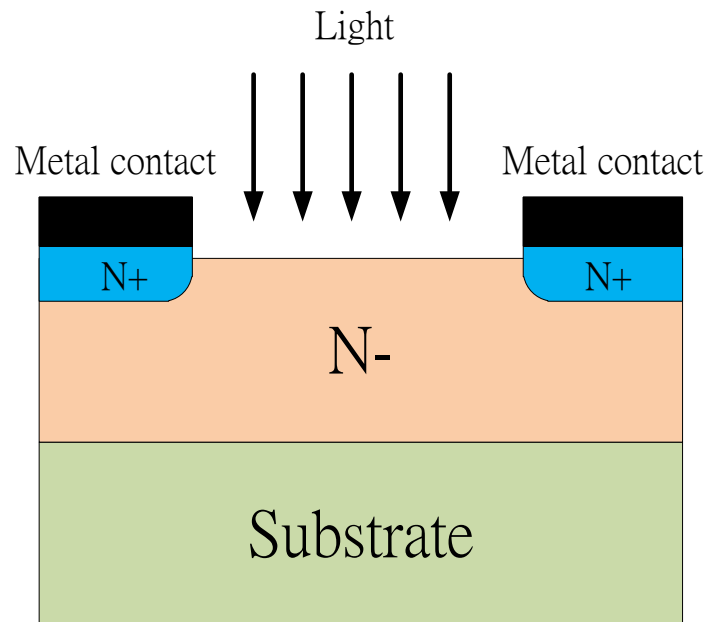
光敏電阻的原理就是光導的性質，當半導體材料吸收的光子後所產生移動的載子，使得電阻值有所改變。

光敏電阻可分做兩種類型一種為本質型光敏電阻(*Intrinsic photoresistor*)另一種為外值(摻雜)型光敏電阻(*Extrinsic photoresistor*)：

- 本質型光敏電阻：入射光子能量等於或大於半導體材料的能隙寬度時才能激發出一個電子電洞對，在外加電場作用下形成光電流。
- 外質型光敏電阻：光子的能量只要等於或大於摻雜能階時，就能把電子激發到導電帶而形成導電電子，在外加電場作用下形成電流。

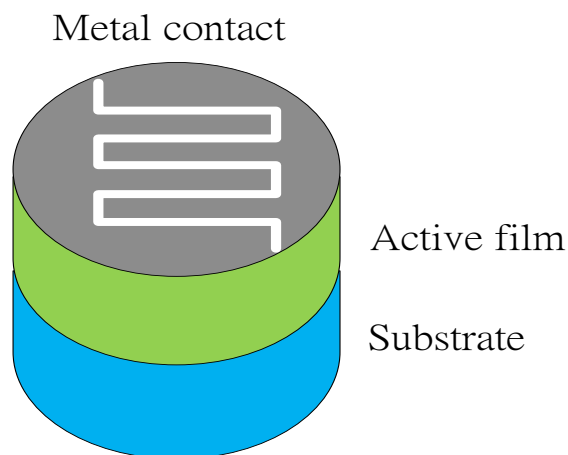
外質型光敏電阻通常設計於長波長的光，比如紅外光，因為光的能量不需要太大就能激發出電子電洞對。但為了避免熱產生的影響，因此需要操作在低溫下。

光敏電阻的元件結構為，對光敏感的電阻性材料長在絕緣的基板上，光可以直接打在電阻性材料上，而兩端以金屬接觸做出電極，如下圖所示。



光敏電阻的結構中，材料的電阻是一個重要的因素，為了確保光對電阻變化可以明顯地呈現出來，在金屬接觸的部分要盡量的減小阻抗，才不會影響結果，為了達到這個目標，在金屬接觸的部分以重摻雜來減小這部分的阻抗。

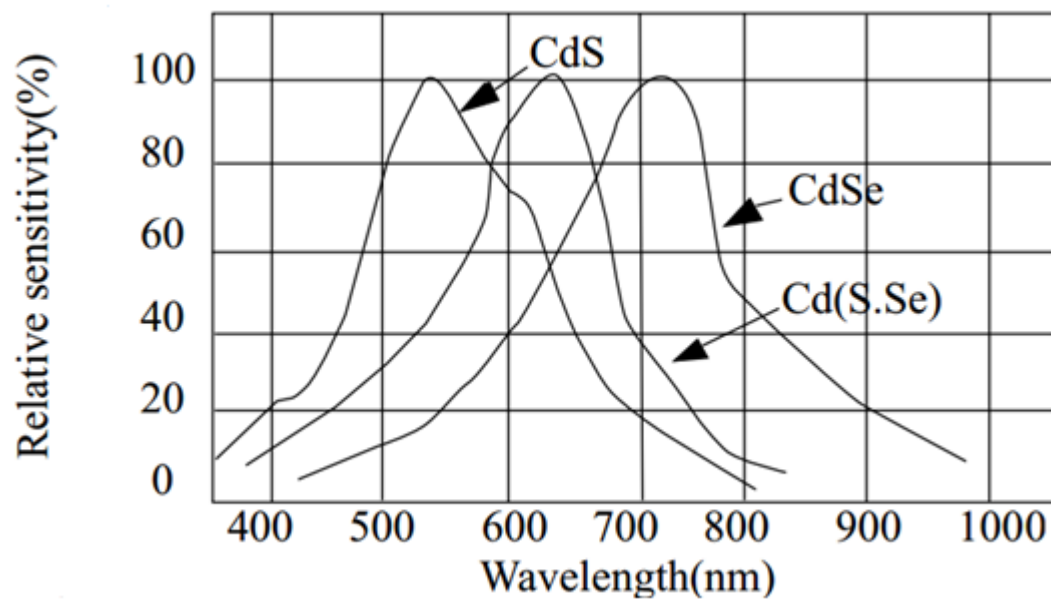
在金屬接觸部分，通常會以鋸齒型(Zig Zag)或是交叉指型(interdigital)，這是為了增加受光面積與減小寄生電阻的產生，如下圖所示。



在使用光敏電阻時，會因為環境的濕度與溫度所影響，對於他的效能會有一些偏移，如下表所示。(Token 公司所生產的光敏電阻)

ITEM	CONDITIONS	PERFORMANCE
Solderability	Put the terminals into welding tank at temp. $230\pm 5^{\circ}\text{C}$ for $2\pm 0.5\text{s}$ (terminal roots are 5mm away from the tin surface).	wetting>95%
Temperature Changing	Change of temperature in accordance with: TA: $-40^{\circ}\text{C}$ TB: $+60^{\circ}\text{C}$ Number of cycles: 5 Exposure duration: 30min	Drift of R10 = $\pm 20\%$ No visible damage
Constant humidity and heat	1. Put the device in test box at Temperature: $60\pm 5^{\circ}$ CHumidity: 90-95% Illumination: 0lux Duration: 100h 2. Take the device and measure after 24h at normal temperature and humidity.	Drift of R10= $\pm 30\%$ No visible damage
Constant load Temperature	At $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ Illumination: 150lux at rated power Duration: 600h	No visible damage
Wire Terminals Strength	Bend the wire terminal at its root to 90 degree, and then bend it to a opposite direction.	No visible damage
Vibration	Frequency: 50Hz Swing: 1.5mm with Directions: parallel to ceramic substrate normal to ceramic substrate. Duration: 2h	No visible dam

光敏電阻因不同的材料對於不同波長的光有不同的響應，下圖是對光的響應圖。



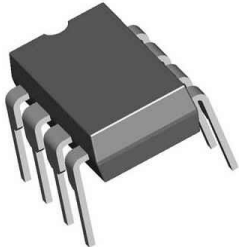
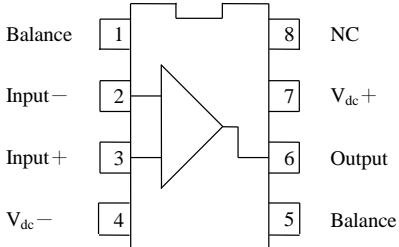
光響應圖

### 三、實習項目

#### 探討光敏電阻對光響應的靈敏度

我們利用訊號產生器輸出合適並經過 Offset 的震盪訊號給予 LED，使其對準光敏電阻讓其當做一個偵測器，並調整訊號產生器的輸出頻率，觀察光敏電阻的光響應。

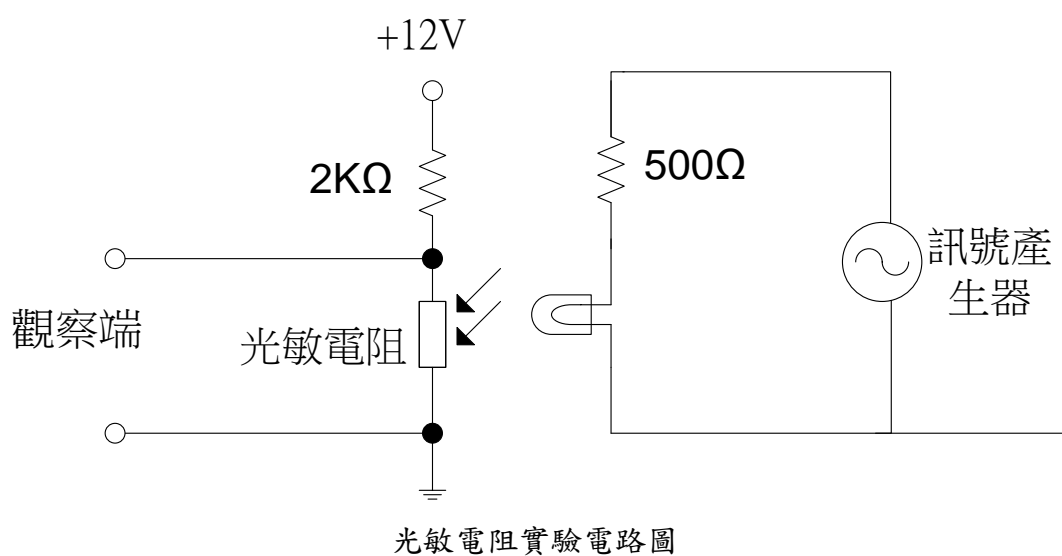
#### 使用材料

項目	編號	名稱	數量
電阻	R	500 $\Omega$	1
		2K $\Omega$	1
		500K $\Omega$	1
LED		紅光 LED	1
電容	C	0.1 $\mu$	1
光敏電阻		CDS-5mm	1
運算放大器	OPA	$\mu$ A741	1
	 		

## 實驗(一)

### 實驗步驟：

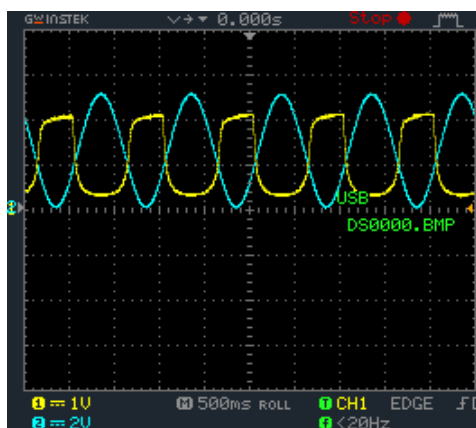
使用訊號產生器輸出一峰對峰值為 5V 的訊號波形，並將其 Offset 使其全部波形皆為正電壓(要保護 LED，防止 LED 輸入逆向電壓)。將光敏電阻直接正對 LED，且將光敏電阻與  $2\text{K}\Omega$  電阻串聯分壓並供應 12V 電壓與其，將光敏電阻兩端接至示波器通道 A，如下圖，而示波器通道 B 則是輸入訊號產生器的波形，經由改變訊號產生器頻率，觀察比較通道 A、B 兩端訊號來得知光敏電阻的光響應靈敏度。



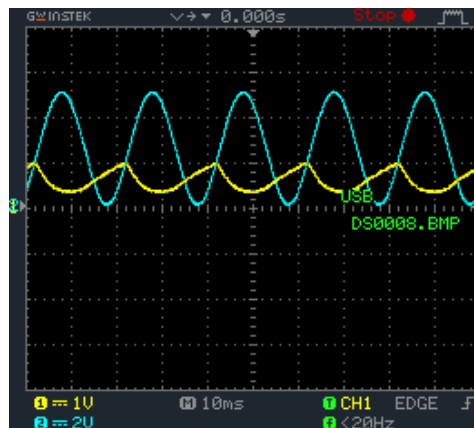
## 實驗結果：

觀察 LED 在不同頻率下對光敏電阻的影響，分別於 1HZ、50HZ、100HZ、1000HZ，觀察其中差別。由圖中可以看出隨著頻率越高，光敏電阻幾乎跟不上 LED 的頻率

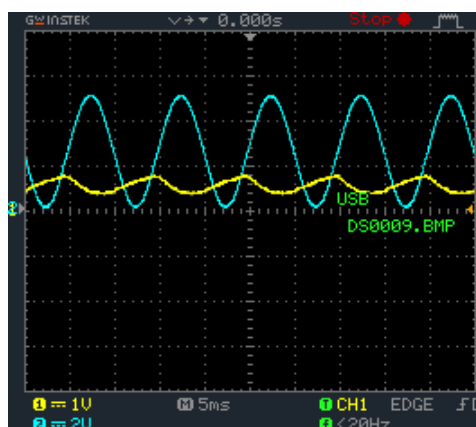
### 1.無濾波器



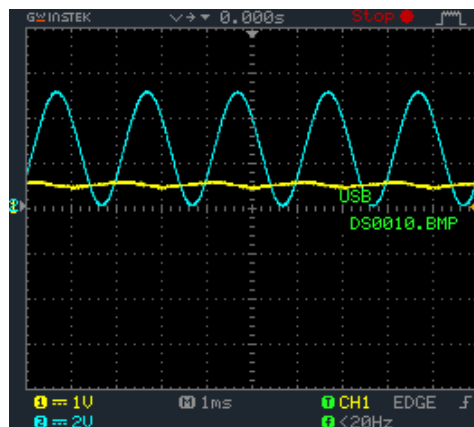
圖(1) 1HZ



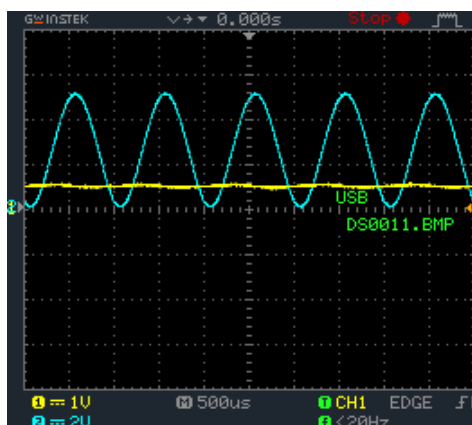
圖(2) 50HZ



圖(3) 100HZ



圖(4) 500HZ



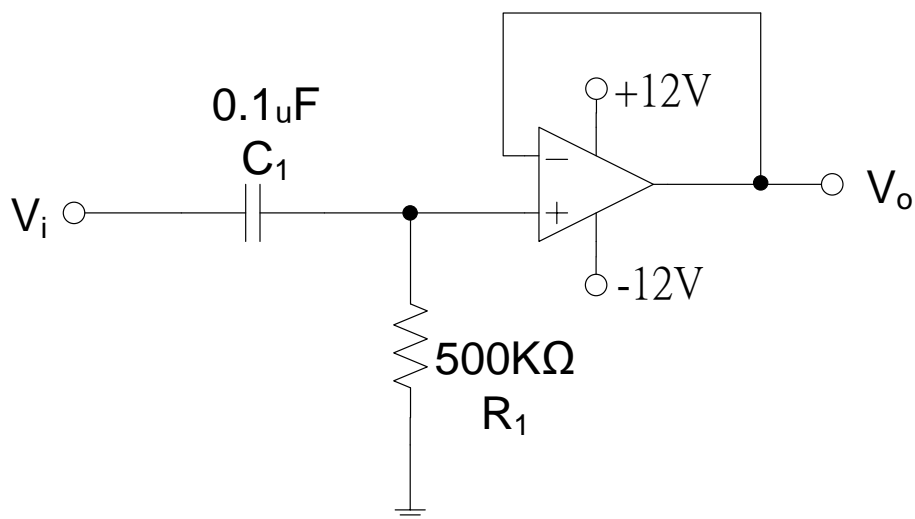
圖(5) 1000HZ

## 實驗(二)

### 實驗步驟：

實驗步驟大致同實驗(一)，唯一不同的是光敏電阻觀察端需先經過一階高通主動濾波器，電路如下圖，再輸出至示波器，因為本實驗環境在日光燈照射下，實驗過程中會受許多外在雜訊影響，故這邊與上一章節 Unit\_2 濾波電路應用結合，實驗結果應該會濾掉 DC 訊號，波形應會在 0V 周邊震盪。

濾波器截止頻率為  $f_0 = \frac{1}{2\pi \times R_1 C_1}$ ，濾波電路詳細資料請參考 Unit\_2。



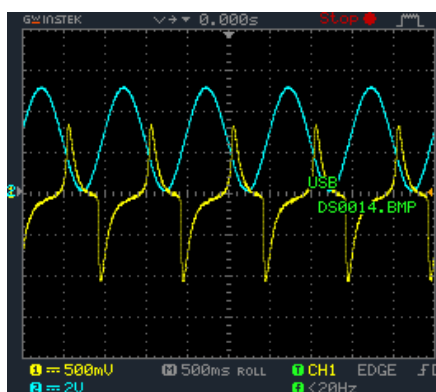
一階高通主動濾波器(3Hz)



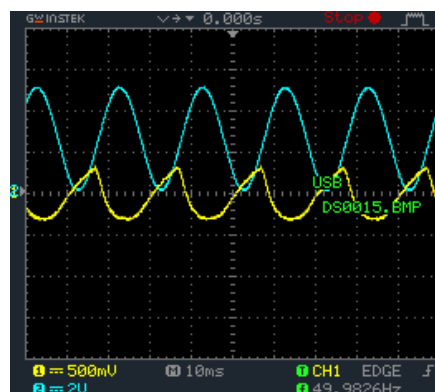
## 實驗結果：

觀察 LED 在不同頻率下對光敏電阻的影響(輸出經過一階高通主動濾波器)，分別於 1HZ、50HZ、100HZ、1000HZ，觀察其中差別。由圖中可以看出隨著頻率越高，光敏電阻幾乎跟不上 LED 的頻率。

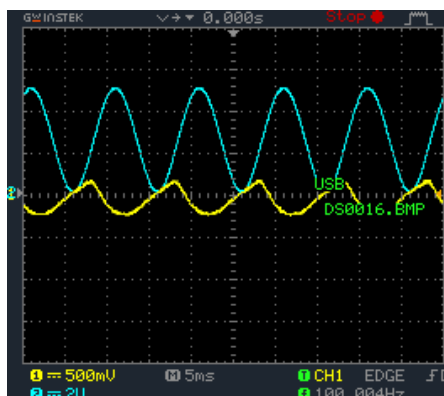
### 2. 有濾波器



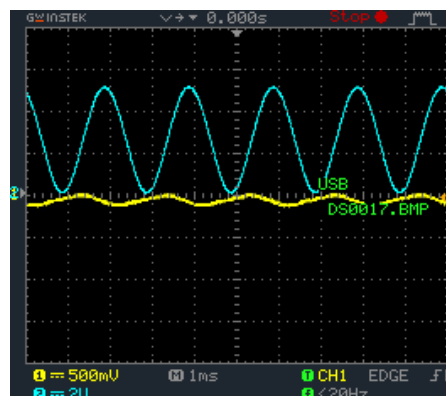
圖(1) 1HZ



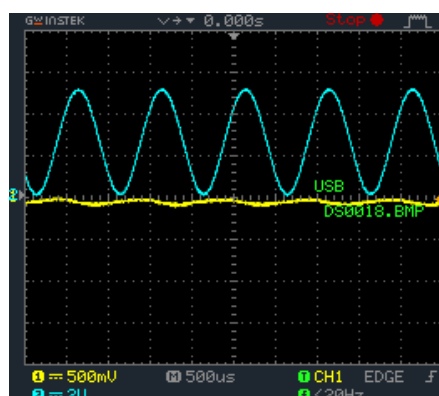
圖(2) 50HZ



圖(3) 100HZ



圖(4) 500HZ



圖(5) 1000HZ