

光電實驗(一)

發光二極體 (LED) 與光偵測二極體 (PD)

(一) 實驗目的：

量測 LED 與 PD 的特性，並學習其電路的接法。

(二) 實驗原理：

LED 的基本原理

- (1) 逆向偏壓：逆向偏壓時，P 型中的多數載子(電洞)，N 型中的多數載子(電子)，受到空乏區的位能障壁→無法產生電流→無法發光。
- (2) 順向偏壓：順向偏壓時，電子和電洞移動通過 PN 接面的空乏區→可以產生電流→電子電洞對在空乏區附近結合→發射出光子

(3) $E_\lambda = hc/\lambda$; $E_\lambda = 1240/\lambda(\text{nm}) = 1.24/\lambda(\mu\text{m})$

◎ E_λ ：電子電洞對釋出之能量；h：普朗克常數。

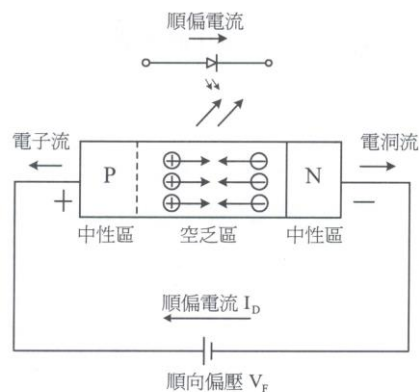
◎ E_λ ：電子伏特(eV)； λ ：nm or μm

◎ E_λ (能帶寬)隨半導體內不純元素的種類和莫耳數比不同而有差異。

- (4) 發光效率：部分載子會變為熱能，無法有效發光。

$$\eta = eP / IE_\lambda$$

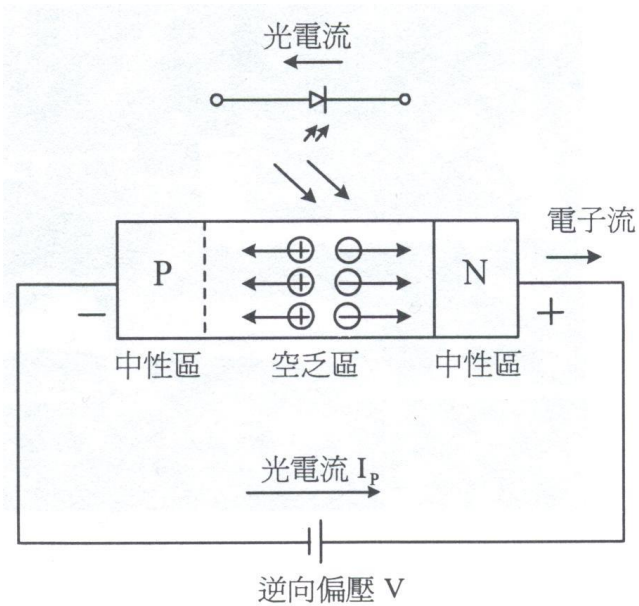
η ：發光效率(%)；P 光輸出功率；；I：流過電流。



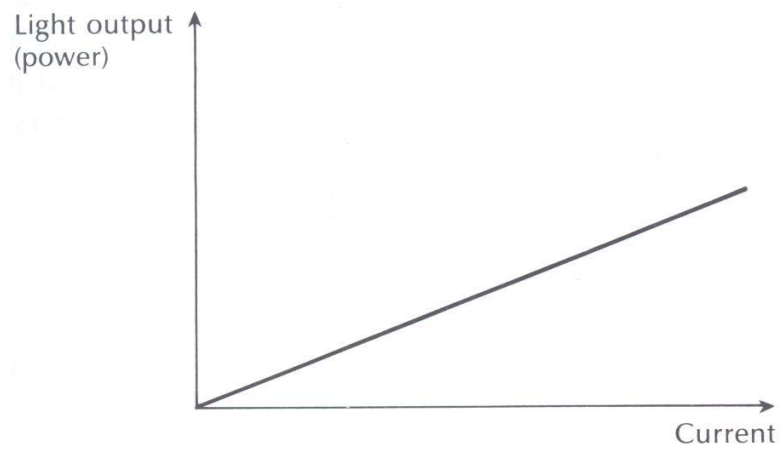
圖一 LED 的發光原理

PD 的偵測原理

當光照到 PD 的時候，在空乏區中就會產生電子電洞對。由於我們對 PD 加一個逆向偏壓，所以電子往 N 極、電洞往 P 極，因而產生電流。

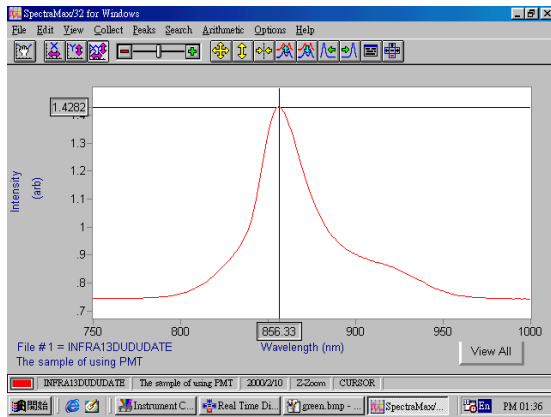


圖二 PD 的偵測原理

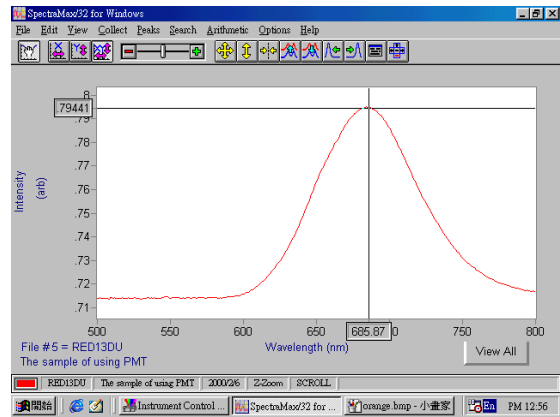


圖三 理想的 LED 電流與輸出光強度的關係

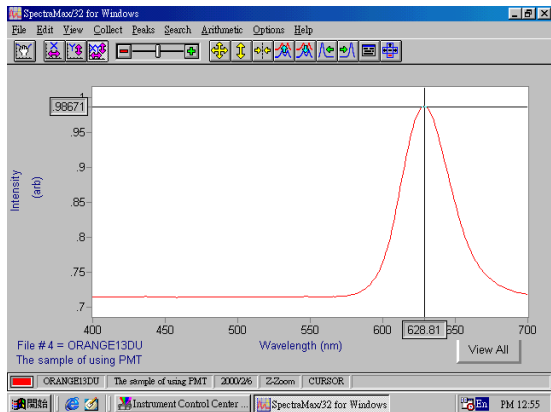
常見市售之 LED 的發光特性曲線



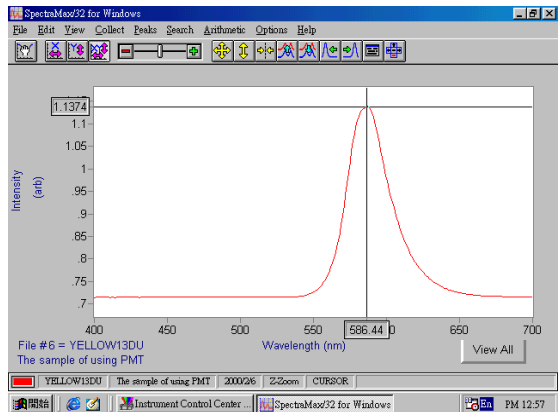
圖四 IR LED 發光光譜



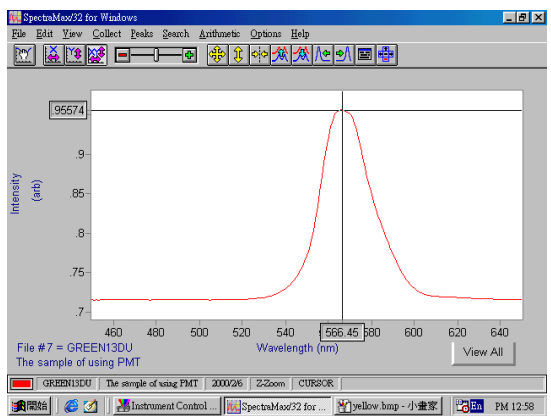
圖五 Red LED 發光光譜



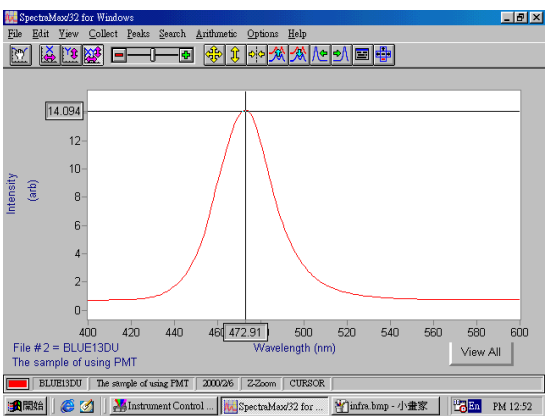
圖六 Orange LED 發光光譜



圖七 Yellow LED 發光光譜



圖八 Green LED 發光光譜



圖九 Blue LED 發光光譜

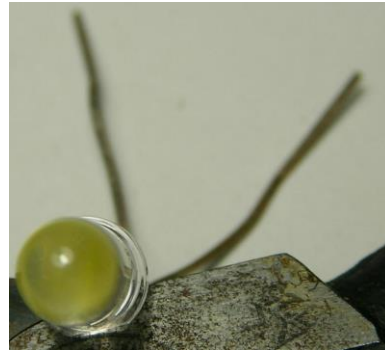
容易混淆的 LED 與 PD



IR LED(T) (鐵殼長腳)



Blue LED



White LED

(Blue 與 White LED 外觀一樣，但由上方看下去，透明的為 Blue，黃色為 White。)



PD 41PI

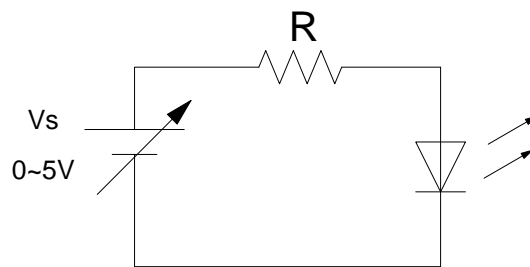


HP-2FR4

(三) 實驗步驟：

1. 量 LED 之端電壓

這個步驟是要讓大家了解當 LED 發光的時候其內部電阻值的變化。因其內部的電阻不是常數，所以藉由改變不同的電壓就可以知道 LED 的電阻和電壓的關係圖。由於每個 LED 他發光的電壓值都不一樣，所以在接 LED 時要特別注意所串接的電阻值是否適當，以免 LED 燒毀。在彎 LED 的電線時要特別小心，太過頻繁或不當的彎折都很有可能折斷這些原件的接腳。



圖十

LED	R
Green	+100Ω
Yellow	
Orange	
Red	
IRLED(Blue)	
Blue	+68Ω
White	
IRLED(T)	

表一 各 LED 所接的電阻值

GREEN (R=100Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

ORANGE(R=100Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

IRLED(BLUE)(R=68Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

WHITE (R=68Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

YELLOW(R=100Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

RED(R=100Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

BLUE (R=68Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

IRLED(T) (R=68Ω)

V _s (V)	2	3	4	5
V _{LED}				
I _{LED}				

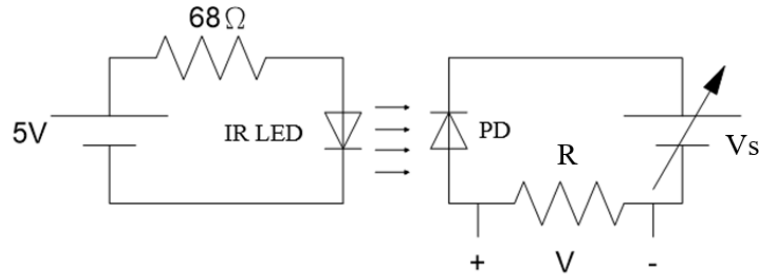
表二

2. 量 PD 的光電流與逆向偏壓的關係(IRLEDT)

由於光照到 PD 的時候會在 PD 的地方產生電子電洞對，要是 PD 沒有接上一個逆向偏壓的話。電子電洞就會碰在一起而消失，就不會有電流產生。所以接上逆向偏壓可以在 PD 的兩端產生電場，吸引電子電洞分別往正負極跑，因而產生電流。步驟二有使用到兩個 PD 其中一個有包含一個小透鏡，所以其電流值會較大。要注意的是由 LED 發出來的光產生的電流值不大，所

以很容易受到外面光源的影響。在做這個步驟的時候最好稍微遮一下，這樣電流值也會較為穩定。再者調整距離的時候也要特別注意 LED 的 PD 的角度。入射的角度對於電流值有很大的影響，最好在調整距離的同時也同時確定它的電流值是最大的。

實驗時改變 V_s ，量測電阻 R 的跨接電壓 V ，並計算電流值 I 。



圖十一

PD 41PI $\lambda_p=850\text{nm}$ $R=100\text{ k}\Omega$

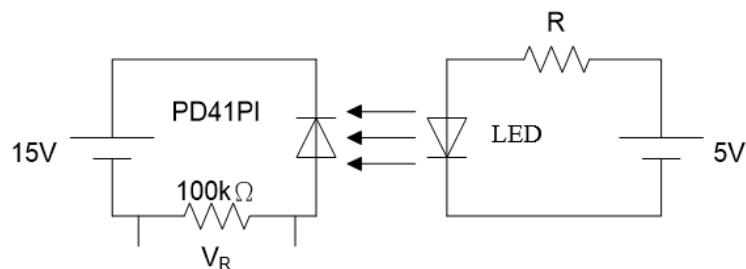
HP-2FR4 $\lambda_p=940\text{nm}$ $R=10\text{ k}\Omega$

$V_s(\text{V})$	V		I		$V_s(\text{V})$	V		I	
	0.5cm	1cm	0.5cm	1cm		0.5cm	1cm	0.5cm	1cm
5V					5V				
7.5V					7.5V				
10V					10V				
12.5V					12.5V				

表三

3. Spectral response

步驟三是要做 PD 對於不同波長光線的反應，所以會用到各種顏色的 LED。同樣的這個步驟的 LED 所串接的電阻也有一定的限制，要特別注意。且一樣對於外在光源的影響也很明顯。

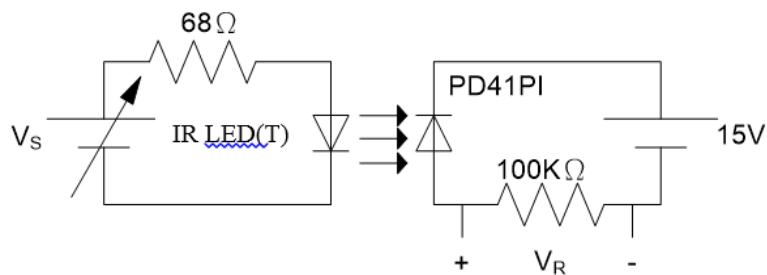


圖十二

	LED	R	V	
			0.5cm	1cm
550nm	GREEN	100Ω		
570nm	YELLOW			
620nm	ORANGE			
670nm	RED			
850nm	IRLED(BLUE)	68Ω		
470nm	BLUE			
	WHITE			
	IRLED(T)			

表四

4. Intensity response using IR LED(T)



圖十三

Vs(V)		2	3	4	5
VR	0.5cm				
	1cm				

表五

PD 的特性參數：

Part Number = PD41PI	t(resp) Max.(ns) Response Time = 100
Description = PIN-Type Photodiode	Ioff Max.(nA) Off-state Current = 30
Manufacturer = Sharp	@V(R) (V) (Test Condition) = 10
Photosensitive Area (mm²) = 5.7	C(T) Max. (PF) Capacitance = 65
Semiconductor Material = Silicon	Status = Discontinued
Spectral Response Low (nm) = 700	Package = TO-92var
Spectral Response High (nm) =1100	

HP - 2FR4

The HP - 2FR4 is a high - speed silicon photodiode mounted in a sidelooking plastic package with daylight filter (IR - 88). The lensed package permits high - output.

FEATURES

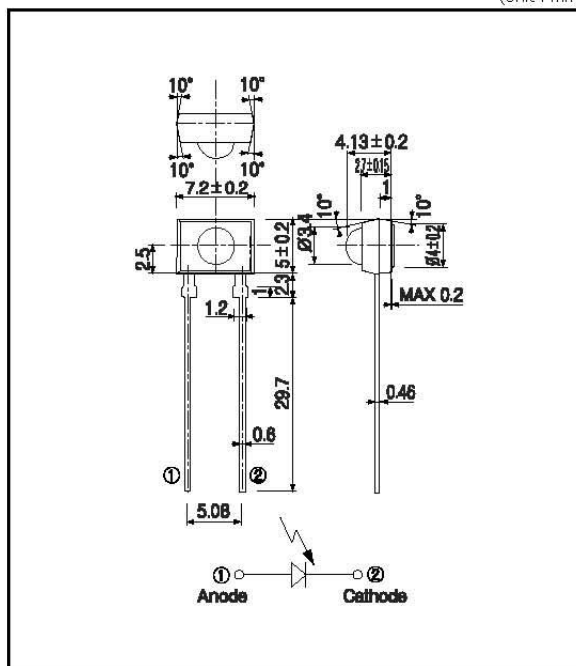
- High - output power for IRED
- High - speed response
- Lensed package
- Black plastic package for daylight filter
- Long leads (32mm)

APPLICATIONS

- Remote control sensors
- Optical switches

DIMENSIONS

(Unit : mm)



MAXIMUM RATINGS

(Ta = 25°C)

Item	Symbol	Rating	Unit
Reverse voltage	V_R	35	V
Power dissipation	P_D	150	mW
Operating temp.	$T_{opr.}$	- 30 ~ + 70	°C
Storage temp.	$T_{stg.}$	- 40 ~ + 80	°C
Soldering temp. *1	$T_{sol.}$	260	°C

*1. For MAX.5 seconds at the position of 2 mm from the package

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

(Ta = 25°C)

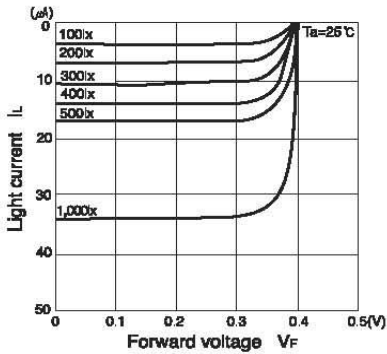
Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Open circuit voltage	V_{oc}	$E_v = 1,000lx$ *2		0.38		V
Short circuit current	I_{sc}		20	34		μA
Dark current	I_d	$V_R = 10V$			10	nA
Curve factor	C.F.		0.55			-
Capacitance	C_t	$V = 0V, f = 1MHz$		73		pF
Temperature coefficient of V_{oc}	α_t			- 2.2		mV/°C
Temperature coefficient of I_{sc}	β_t			0.18		%/°C
Spectral sensitivity	λ			880 ~ 1,050		nm
Peak wavelength	λ_p			940		nm
Half angle	$\Delta \theta$			±60		deg.

*2. Color temp. = 2856K standard Tungsten lamp

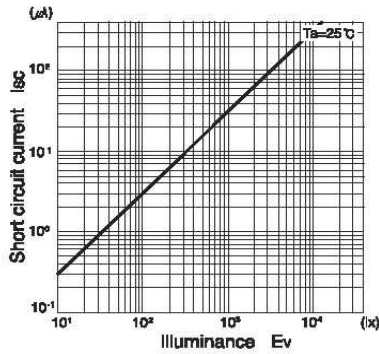
Photo diodes

HP - 2FR4

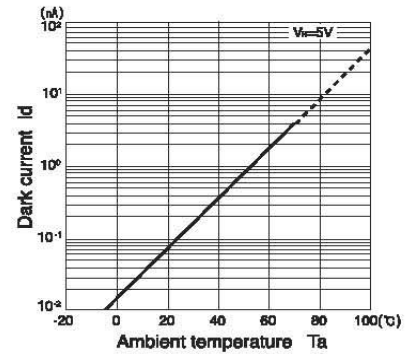
Light current Vs. Forward voltage



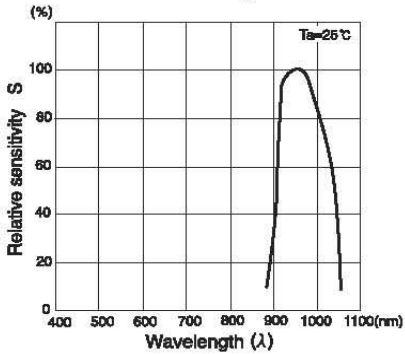
Short circuit current Vs. Illuminance



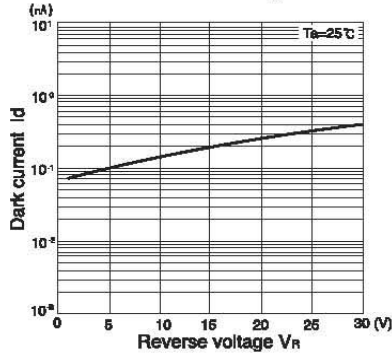
Dark current I_d Vs. Ambient temperature



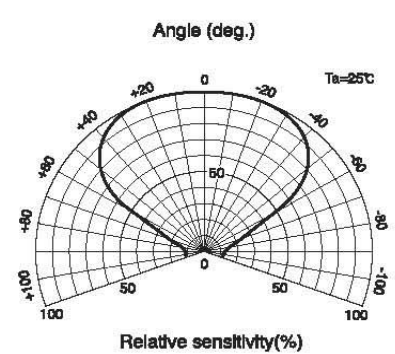
Relative sensitivity Vs. Wavelength



Dark current I_d Vs. Reverse voltage



Radiant Pattern



Capacitance between terminals Vs. Reverse voltage

