

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 (Light Emitted Diode)與 PD (Photo-Diode)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 型半導體的多數載子(電洞)，N 型半導體的多數載子(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。

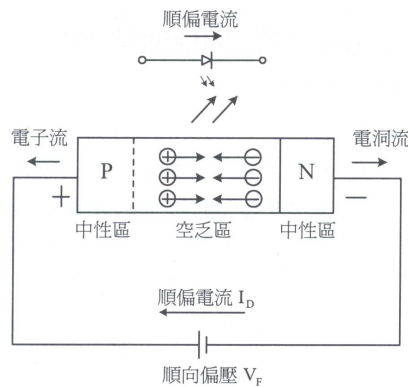
◎ E_λ ：電子伏特(eV)； λ ：nm or μm

◎ 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。

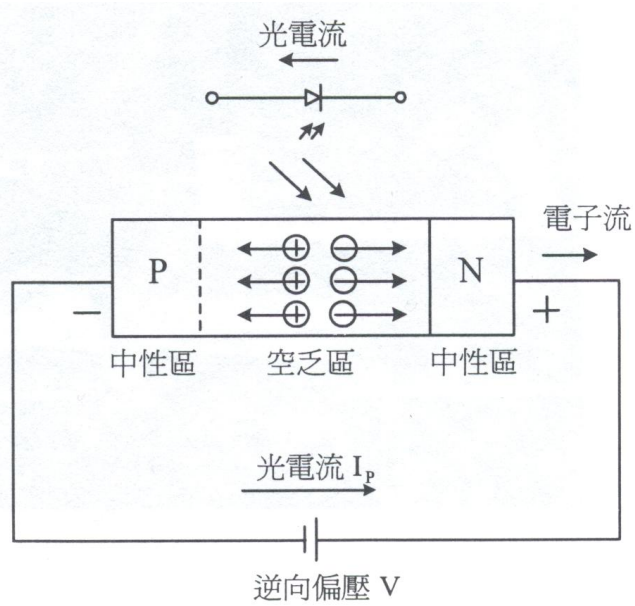
其電子符號為 ，三角型方向即為電流方向。



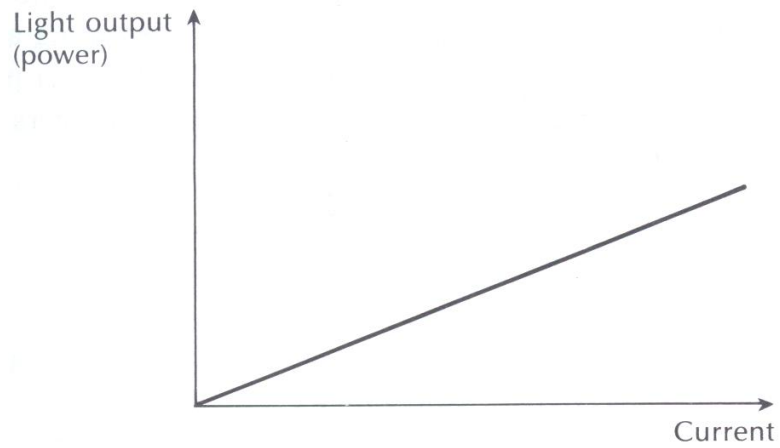
圖一 LED 的發光原理

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。

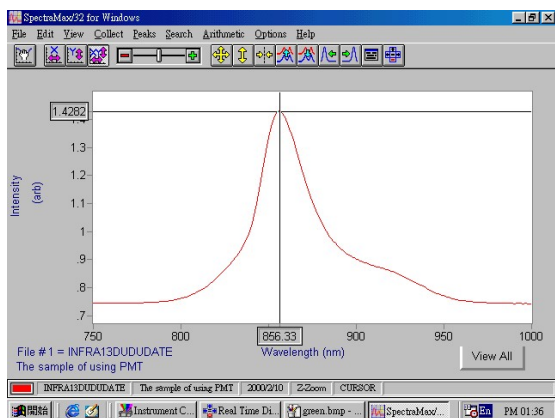


圖二 PD 的偵測原理

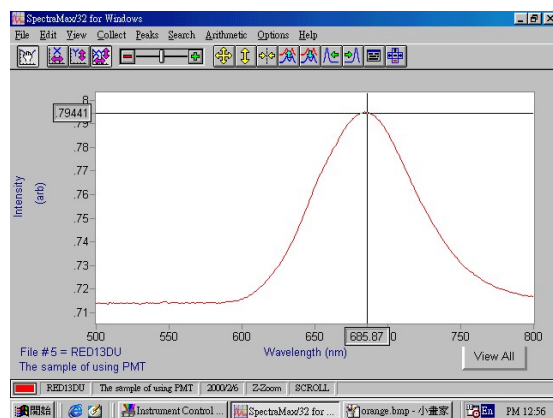


圖三 理想的 LED 電流與輸出光強度的關係

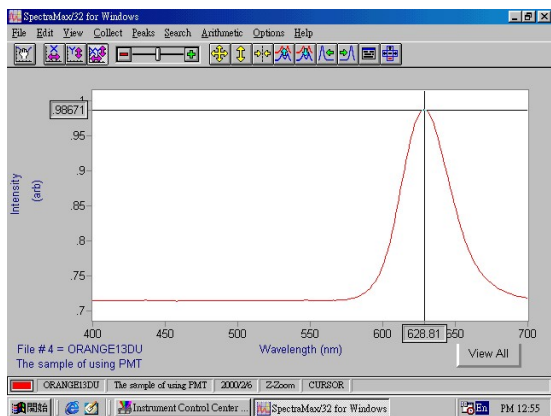
常見市售之 LED 的發光特性曲線



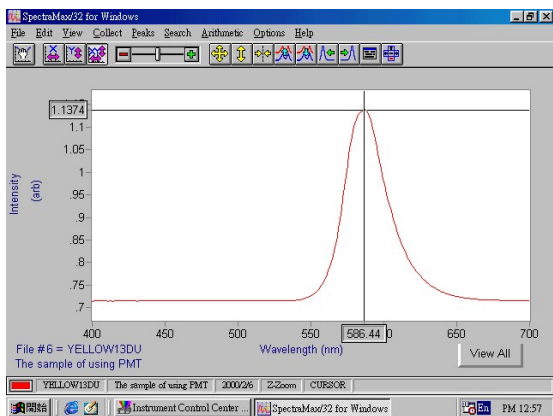
IR LED 發光光譜



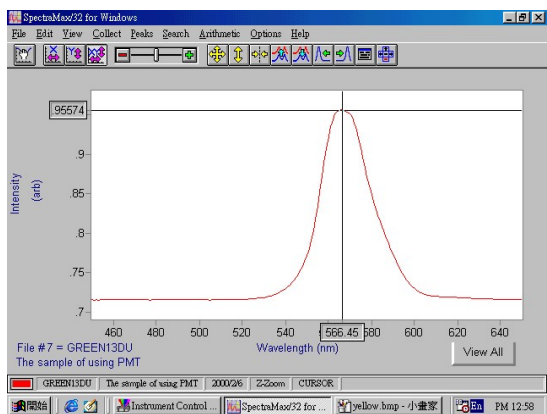
Red LED 發光光譜



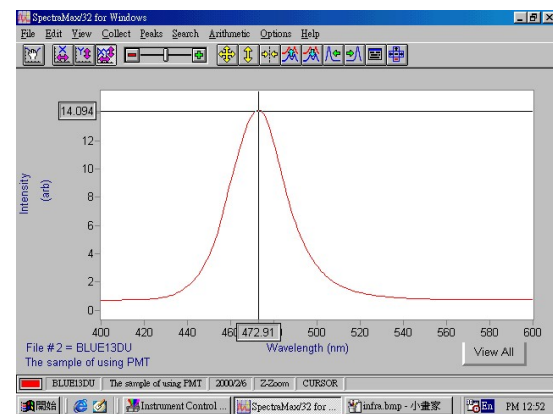
Orange LED 發光光譜



Yellow LED 發光光譜



Green LED 發光光譜



Blue LED 發光光譜

容易混淆的 LED 與 PD (有些零件有些微不同，可請助教協助)



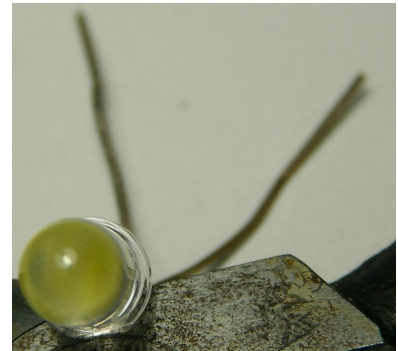
IR LED(T) (鐵殼長腳)



IR LED(BLUE)



藍光 LED



白光 LED

(藍光 LED 與白光 LED 外觀一樣，但由上方看下去，透明的為藍光 LED，黃色為白光 LED。)
(IR LED(BLUE) 是紅外光 LED，不可見光，藍色外殼，並不是藍光 LED，請注意。)



PD 41PI

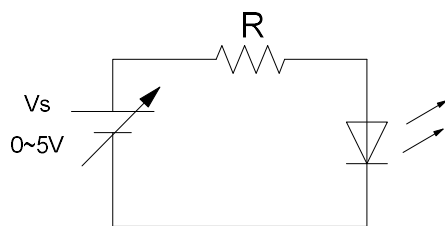


HP-2FR4

(三) 實驗步驟：

1. 量測 LED 的端電壓。用以計算流經 LED 的電流及其內部電阻值

這個步驟是要讓大家了解 LED 這個元件發光時其內部的電阻並不是常數，所以藉由改變不同的輸入電壓就可以知道 LED 的內部電阻值的變化。由於每個 LED 發光的電壓值和能承受的電流值都不一樣，所以最好串接適當電阻值的限流電阻以免 LED 燒毀。在彎曲 LED 的腳線時要特別小心，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	
White	+68Ω
Blue	
IRLED(Blue)	
IRLED(T)	

表一 各 LED 所串接的限流電阻

GREEN (R=100Ω)

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

ORANGE(R=100Ω)

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

WHITE (R=68Ω)

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

IRLED(BLUE)(R=68Ω)

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

YELLOW(R=100Ω)

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

RED(R=100Ω)

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

BLUE (R=68Ω)

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

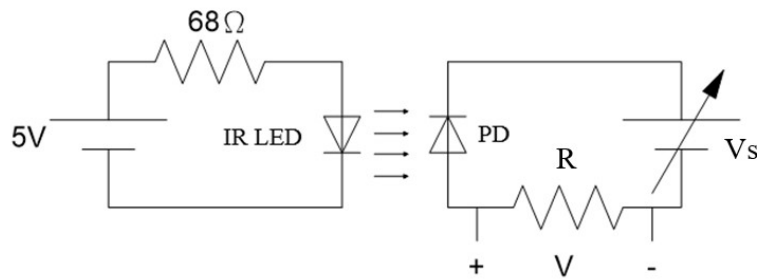
IRLED(T) (R=68Ω)

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

表二

2. 改變 V_s ，量測圖十一中電阻 R 的跨接電壓 V ，並計算 PD 的光電流值 I 與逆向偏壓的關係 (注意 PD 型號與配合的紅外光 LED)

由於光照到 PD 的空乏區時，會產生電子電洞對。若 PD 沒有接上逆向偏壓的話，產生的電子電洞就會互相吸引而消失，此時就不會有電流產生。而接上逆向偏壓時，則會在 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。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。(實驗中使用到兩種不同的 PD，其中一個有包含一個小透鏡，所以其電流值會較大。)



圖十一

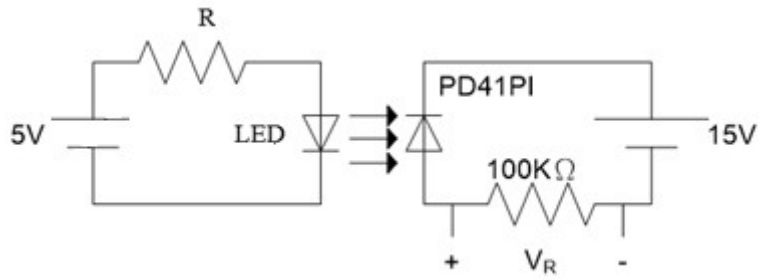
PD 41PI IR LED(T) R=100 kΩ HP-2FR4 IRLED(BLUE) R=10 kΩ

$V_s(V)$	V		I		$V_s(V)$	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

此實驗步驟是要了解 PD41PI 對於相同波長相同強度、不同的接收距離以及相同距離相同強度、不同波長光線的反應。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。



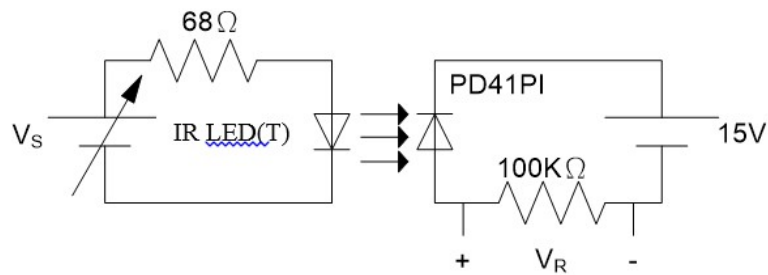
圖十二

波長	LED	R	V	
			0.5cm	1cm
550nm	GREEN	100Ω		
570nm	YELLOW			
620nm	ORANGE			
670nm	RED			
940nm	IRLED(BLUE)	68Ω		
470nm	BLUE			
	WHITE			
850nm	IRLED(T)			

表四

4. Intensity response using IR LED(T)

此實驗步驟是要了解 PD41PI 對於相同距離相同波長、不同強度光線的反應。



圖十三

V _s (V)		2V	3V	4V	5V
V _R	0.5cm				
	1cm				

(四) 問題討論

1. 何謂”載子”？
2. 空乏區會隨著外加順向偏壓和逆向偏壓作何改變？

表五

PD41PI 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

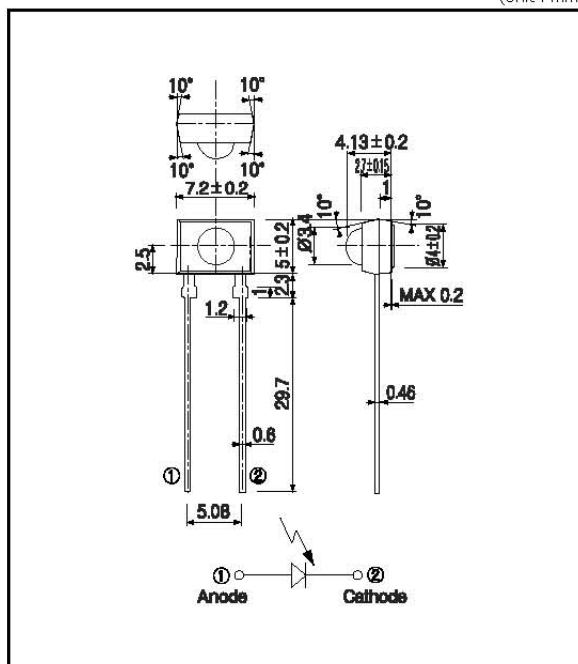
- High - output power for IRED
- High - speed response
- Lensed package
- Black plastic package for daylight filter
- Long leads (32mm)

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 _b	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

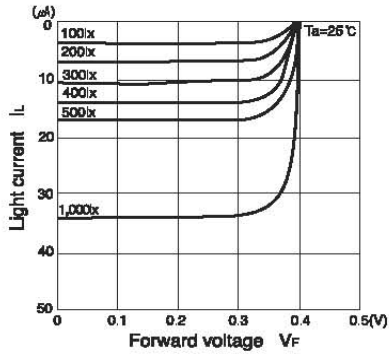
(Ta = 25°C)

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	Δθ			±60		deg.

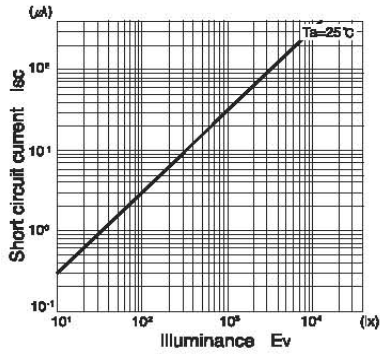
*2. Color temp.=2856K standard Tungsten lamp

HP – 2FR4

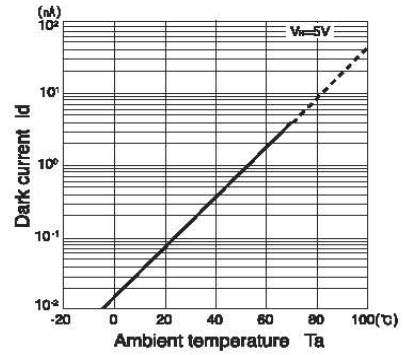
Light current Vs. Forward voltage



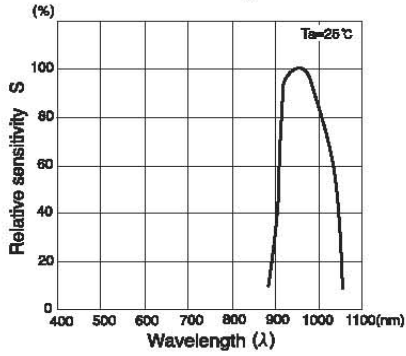
Short circuit current I_sc Vs. Illuminance E_v



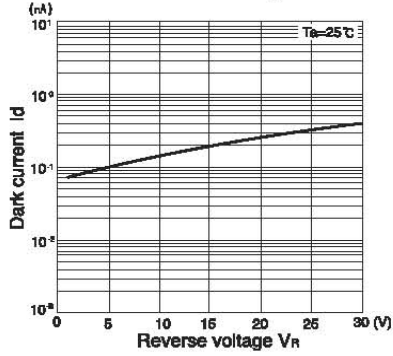
Dark current I_d Vs. Ambient temperature T_a



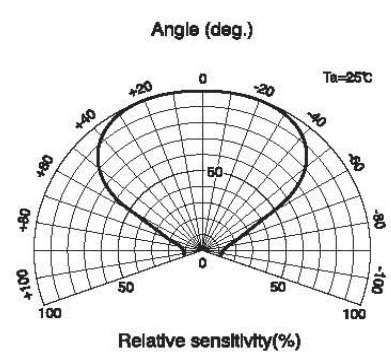
Relative sensitivity S Vs. Wavelength λ



Dark current I_d Vs. Reverse voltage V_R



Radiant Pattern



Capacitance between terminals C_T Vs. Reverse voltage V_R

