

## 利用實物投影機測量紅外線及可見光的波長

李文堂

國立嘉義高中

(投稿日期：民國 98 年 10 月 30 日，修訂日期：99 年 03 月 15 日，接受日期：99 年 03 月 29 日)

**摘要：**將發光二極體(LED)及紅外線二極體(IRED)並聯放在實物投影機的平台，並在二極體旁置放一把尺，在投影機的 CCD 鏡頭前黏貼一片光柵。逐漸調高連接二極體的電壓，銀幕上會先出現 IRED 的白色亮點，接著出現紅色亮點，最後出現藍色亮點。直接從銀幕上測量亮點間的距離，可以測量紅外線和可見光的波長。本教具除了可以作為演示教學外，還可以讓學生分組操作實驗。

**關鍵詞：**實物投影機、紅外線、CCD

一般家電用品像電視、冷氣、音響和電扇的遙控器所發射的紅外線，波長比可見光長，肉眼看不見。在物理教學上，常提到紅外線；利用學校既有的視聽設備，製作成教具，讓學生能測量紅外線和可見光的波長。

可見光的波長 375nm 至 700nm；近紅外線波長 700nm 至 1000nm。數位相機、攝影機、監控器、網路攝影機(Web. Cam.)和實物投影機等都配有「電荷耦合二極體」(Charged coupled device, CCD)可把肉眼看不見的紅外線轉成可看到的白色亮點。

圖 1 所示為物理課本所用來測量光波波長的方法：已知波長  $\lambda$  的雷射光，照射狹縫距離  $d$  的光柵，在屏上出現亮點，光柵到屏的距離  $r$ ，繞射角  $\theta$ ，測量屏上相鄰兩亮點的

距離  $\Delta y$ ， $\tan \theta = \frac{\Delta y}{r}$  可求出  $\theta$ ，由光柵的繞射公式：

$d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \dots (1)$  可求出波長。

像燈泡、LED 等發出的可見光 LED 的亮度比雷射光小，若沒有暗室設備，在光屏上無法呈現繞射涉圖樣。如圖二所示，可見光經距離  $r$  後照射光柵，形成繞射涉條紋，進入緊貼著光柵的眼睛，由於光的可逆性，眼睛在前方的尺上，可看到繞射的條紋。

將 LEDs 及 IRED 並聯放在實物投影機的平台，並在二極體旁置放一把尺，在投影機的 CCD 鏡頭前黏貼一片光柵，CCD 如同圖 2 的眼睛，所以在銀幕上出現繞射的亮點，直接可在銀幕上測得相鄰兩亮點的距離

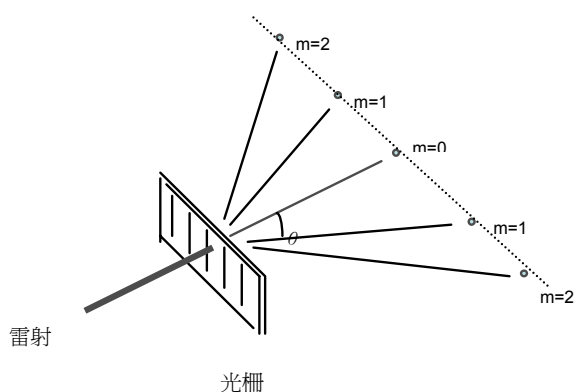


圖 1：雷射光經光柵繞射後，在屏上出現繞射高點

$\Delta y$ 。測量二極體到光柵的距離  $r$ ，由  $d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \dots (1)$  可求出波長。

將數位相機(可以拍紅外線者)取代食物投影機，也有上述的效果，連接電腦也可以直接在顯示器上測量波長。

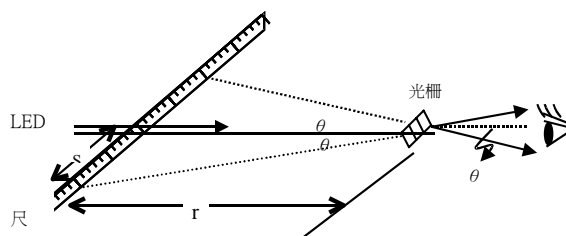


圖 2：測量可見光的波長

圖 3 為實驗裝置圖，圖 4 為實驗裝置的示意圖。圖 5 為麵包板上的電路裝置圖。在 CCD 鏡頭下方貼上一片每 100 條/mm 的光柵。在實物投影機的平台放置一塊麵包板。將一個紅光 LED、紅外線 IRED 和藍光 LED 並連接在麵包板上，如圖五所示。ABC 為電位計的接頭，AB 間為 1kΩ 的固定電阻，C 可在電阻上滑動，C 移至 B 時，施加於發光二極的電壓為零；C 往 A 移時，施加於發光二極的電壓漸增，C 移至 A，施加於發光二極體的電壓為電池的電壓。



圖 3：實驗裝置圖：圖的左上方為實物投影機，右上方為螢光幕，下方為白色的麵包板，左右各為伏特計和安培計。

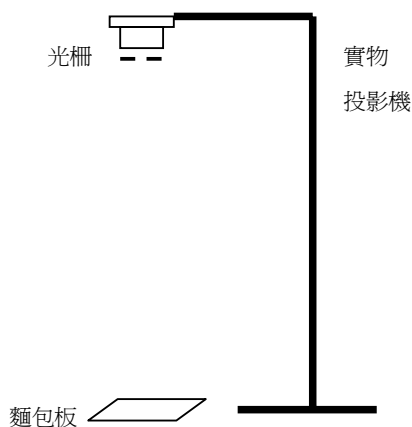


圖 4：實驗裝置示意圖。

逐漸調高電壓，達到 IRED 的導通電壓時，銀幕上出現一個白色亮點。記錄伏特計上顯示的電壓和安培計上顯示的電流。CCD 鏡頭貼上光柵，並且在 IRED 旁邊放置一把尺，銀幕上會出現一排紅外線的繞射紋在尺的刻度線旁。直接由銀幕量出相鄰兩亮點的距離  $\Delta y$ ，並且測量二極體到光柵的距離  $r$ ， $\tan \theta = \frac{\Delta y}{r}$ 。由

$d \sin \theta = m\lambda (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$  (1) 可算出紅外線的波長。

再逐漸調高電壓，達到紅光 LED 的導通電壓時，銀幕上會出現一排紅色亮點，和紅外線的繞射紋平行。記錄伏特計上顯示的電壓和安培計上顯示的電流。直接由銀幕量出相鄰兩紅色亮點的距離  $\Delta y$ ，可算出紅光的

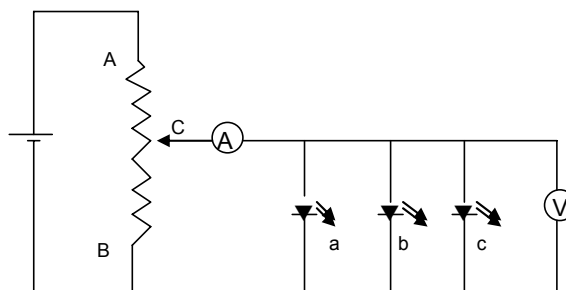


圖 5：麵包板上的電路裝置圖。

波長。

再調高電壓，達到藍光 LED 的導通電壓時，銀幕上會出現一藍色亮點，和紅外線的繞射紋及紅光的繞射紋平行。記錄伏特計上顯示的電壓和安培計上顯示的電流。測量亮點的距離  $\Delta y$ ，算出藍光的波長。

表 1 為一組直接由銀幕得到的測量結果。

圖 6 為由銀幕上拍攝下來的繞射圖樣。最上面一排是紅光 LED 的繞射亮點，接著是紅外線 IRED 的亮點，最下方一排是藍光 LED 的亮點。討論：

本實驗的結果取三位有效數字。使用狹縫間距較小(例如 300 條/mm)的光柵時，鑑別率較高，藍光 LED 在銀幕上還出現紅光及黃

表 1：測量到的紅光、藍光和紅外線的波長

	$d (\times 10^{-3} \text{ cm})$	$r(\text{cm})$	$\Delta y (\text{cm})$	$\lambda (\text{nm})$
紅光	1.25	31.8	$1.73 \pm 0.02$	$700 \pm 30$
藍光	1.25	31.8	$1.19 \pm 0.1$	$468 \pm 40$
紅外線	1.25	31.8	$2.48 \pm 0.1$	$970 \pm 40$

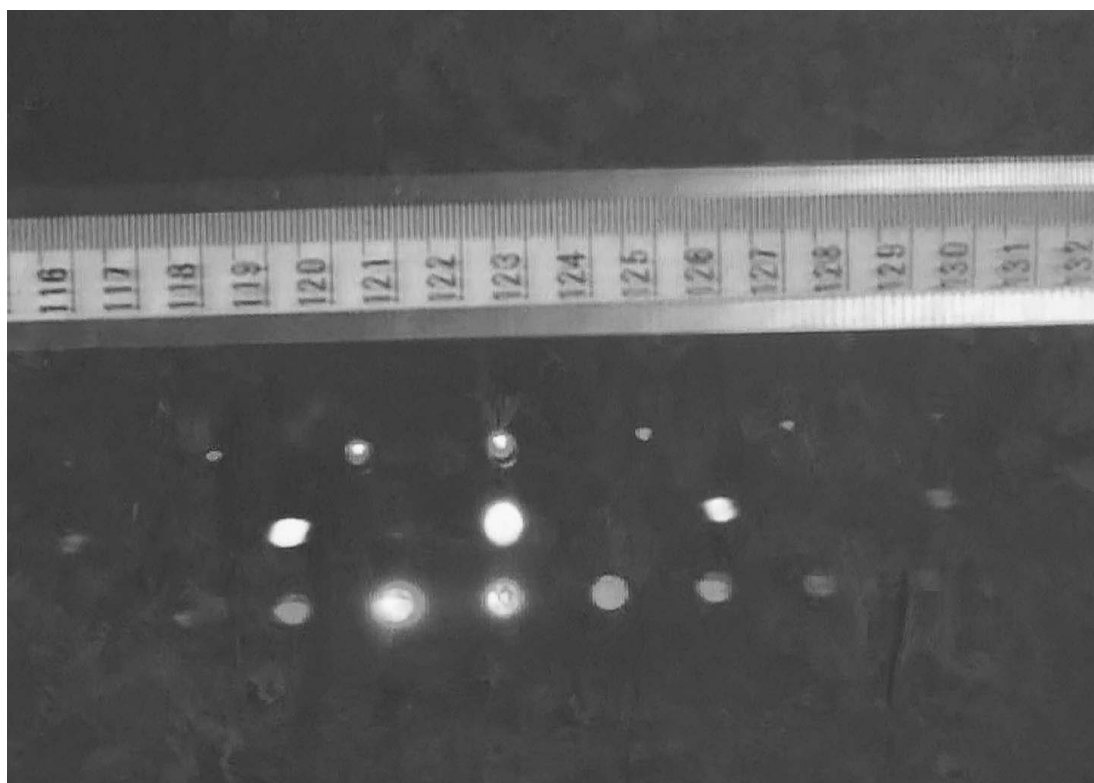


圖 6：從實物投影機的螢光幕拍下的繞射圖案，上排為紅光 LED，接著為紅外線 IRED 下排為藍光 LED。

光。紅光 LED 還伴隨著發出紅外線的白色亮點。實驗時測量到的紅外線 IRED、紅光 LED 和藍光 LED 的導通電壓分別為 1.09 伏特、1.78 伏特和 2.82 伏特。用一張黑色的厚紙，紙上用小刀刻畫小狹縫，蓋在發光二極體上方，屏上出現的繞射條紋較接近線狀；測量相鄰亮紋的距離  $\Delta y$  的準確度較高。

發光二極體以及紅外線發光二極體都是高科技低價格的產品，我們利用一些簡單的實驗室既有的設備，組裝成教具，不但可做演示教學，還可以讓學生分組操作實驗，測量發光二極體的導通電壓，以及測量可見光和紅外線的波長。

### 參考文獻

1. Chun, Lam, and Mak, "The CCD camera and its application in science teaching," J. Sci. Educ. Technol. 11, 145 (2002)
2. J. W. Jewett, Jr., "Get the LED out," Phys. Teacher. 29, 530 (1991)

## **Using a Document Camera to Measure the Wavelength of Diodes**

**Wen-Tang Lee**

National Chia-Yi Senior High School

### **Abstract**

When LEDs and an IRED are connected in parallel circuits and put on the platform of a document camera, we can find the color spots of the LEDs and a white spot of the IRED on the screen. As a diffraction grating is placed in front of the lens of the document camera, a series of diffraction patterns are shown on the screen. We can measure the wavelengths of the LEDs and the IRED directly from the screen.

**Key words:** Document Camera 、 Infrared 、 CCD

