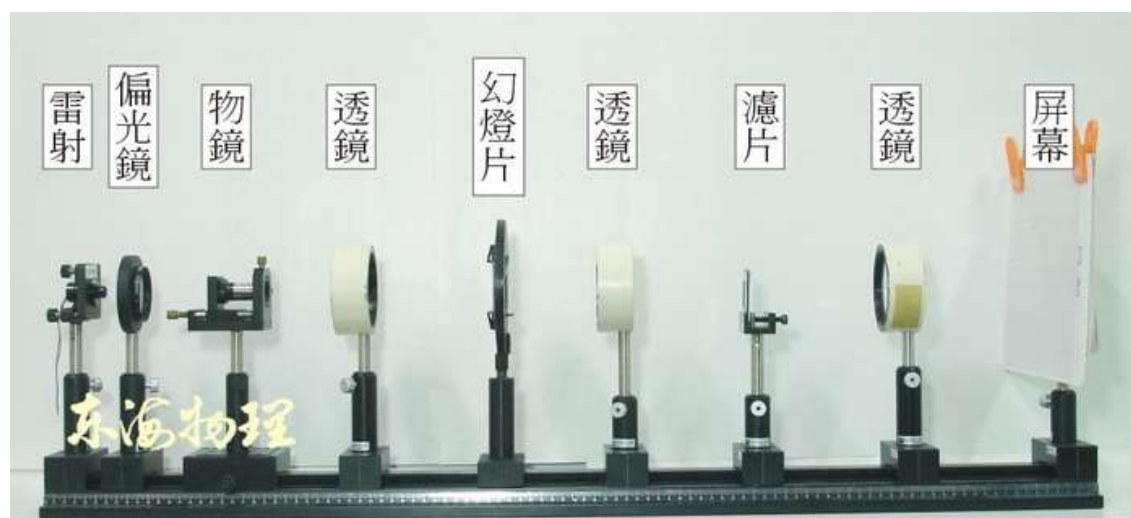
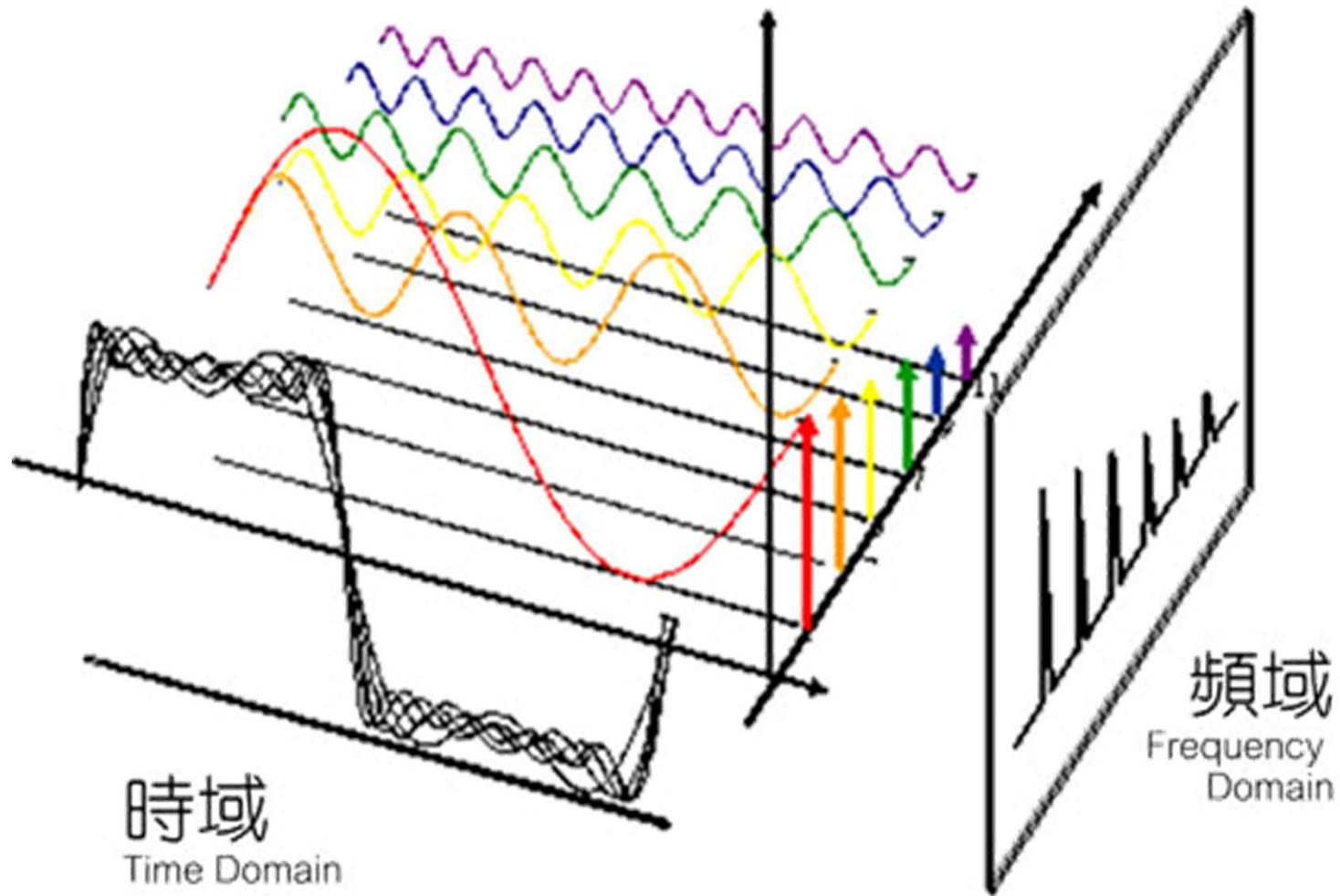


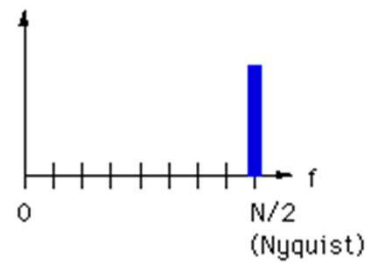
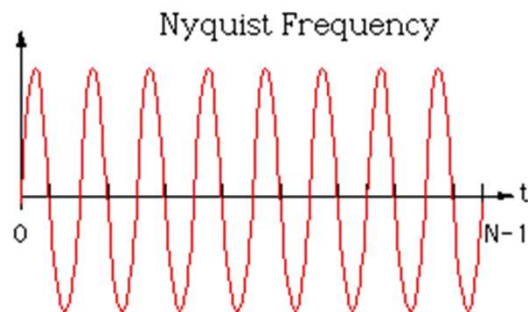
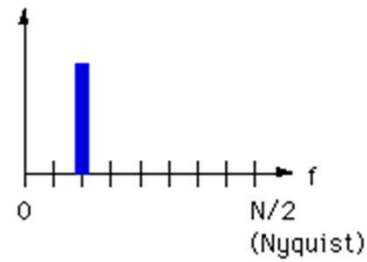
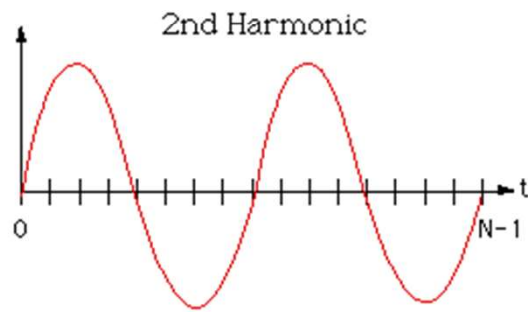
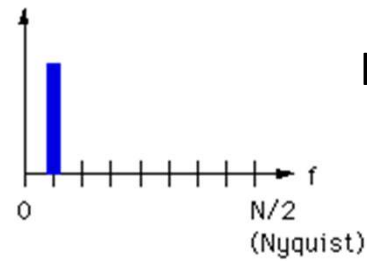
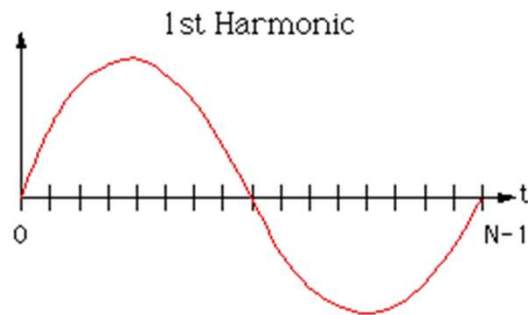
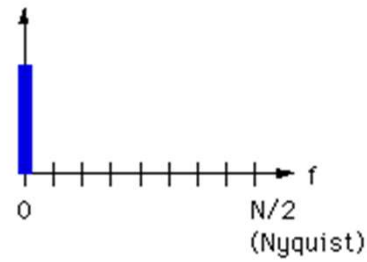
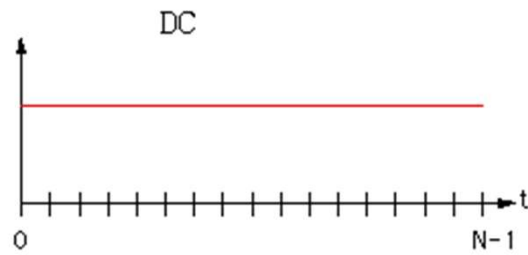
# 實驗2： 傅氏光學





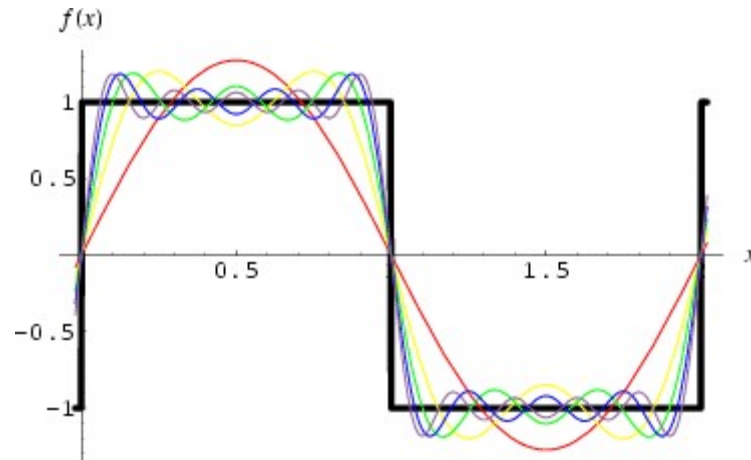
傅立葉 (fourier) 轉換  
時域 (Time Domain)  $\rightarrow$  頻域 (Frequency Domain)





<http://ccckmit.wikidot.com/ca:fourier>

<http://ccckmit.wikidot.com/ca:fourier>



$$\sum_{n=1} C_n \sin(nx)$$

紅色線代表  $c_1 \sin(1x)$

黃色線代表  $c_1 \sin(1x) + c_2 \sin(2x)$

綠色線代表  $c_1 \sin(1x) + c_2 \sin(2x) + c_3 \sin(3x)$

藍色線代表  $c_1 \sin(1x) + c_2 \sin(2x) + c_3 \sin(3x) + c_4 \sin(4x)$

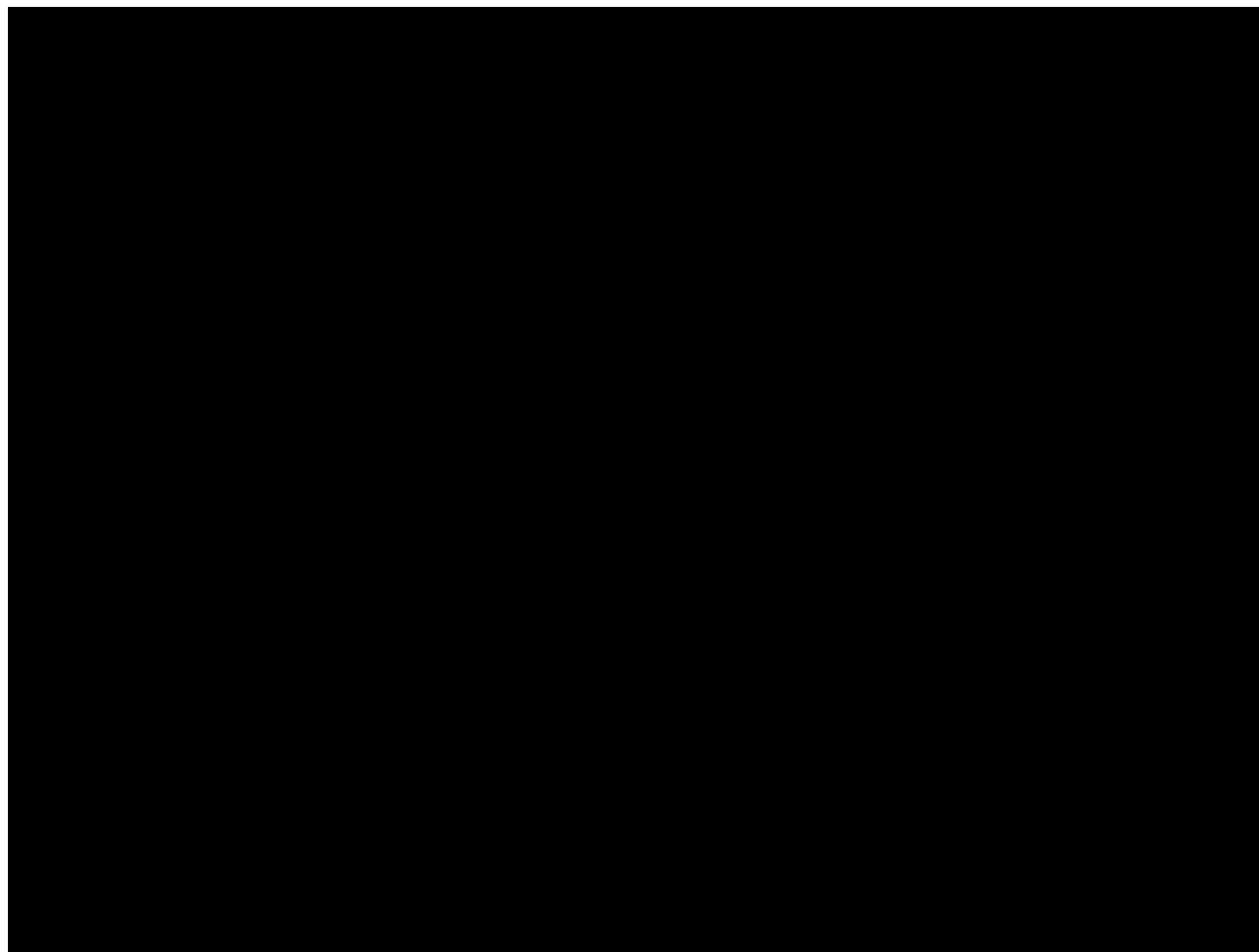
紫色線代表  $c_1 \sin(1x) + c_2 \sin(2x) + c_3 \sin(3x) + c_4 \sin(4x) + c_5 \sin(5x)$

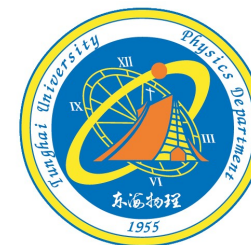
當  $n$  越大時，變化越快且頻率越高，因此、 $n$  大的部分代表了影像快速的細微變化，這些細微變化常是人眼的視覺所自動忽略的，因此、可以將高頻的部分省掉，留下低頻的部份，影像看起來仍然會非常接近原來的影像，這就是電腦進行影像壓縮所用的方法。



# Fourier transform time and frequency domains

## 傅立葉轉換-時域與頻域





## Fourier transform time and frequency domains

### 傅立葉轉換-時域與頻域





何謂繞射：

諾貝爾物理學獎得主理查·費曼（Richard Phillips Feynman，1918年5月11日－1988年2月15日）指出：

「從來沒有人能夠具體界定干涉和繞射的區別。只在於你怎麼用而已，它們之間並沒有具體、重要的物理差異。我們頂多能大致的說，如果只有幾個波源，比方兩個，相互干涉，那麼這稱為干涉，但是假如有許多波源，繞射一詞似乎比較常用到。所以我們不必在意它到底是干涉還是繞射。」





## 繞射 ( Diffraction )

1、**遠場繞射** ( Far-Field Diffraction ) 又稱 Fraunhofer Diffraction，此種繞射是光源到狹縫的距離，與狹縫到屏幕的距離皆非常遠（如圖1）。在實驗室內，我們可以利用前面介紹的平行光束來模擬遠距離外的光源到狹縫的情形。

平行光

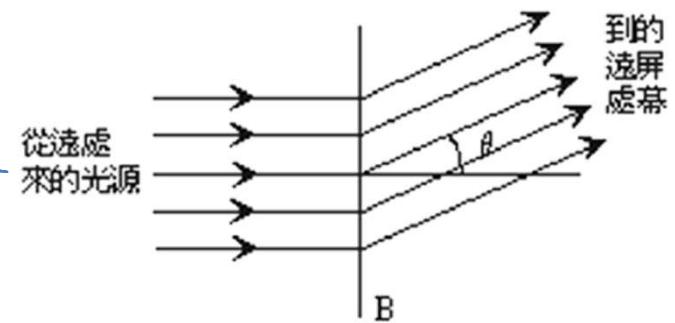


圖 1 遠場繞射

2、**近場繞射** ( Near-Field Diffraction ) 又稱為 Fresnel Diffraction，此種繞射是指光源到狹縫的距離，或是狹縫到屏幕的距離皆很近（如圖2）。時，由光源發出的光波是以**球面波**入射於狹縫內。此種球面波的產生，可利用雷射光束，通過空間濾波器後形成。

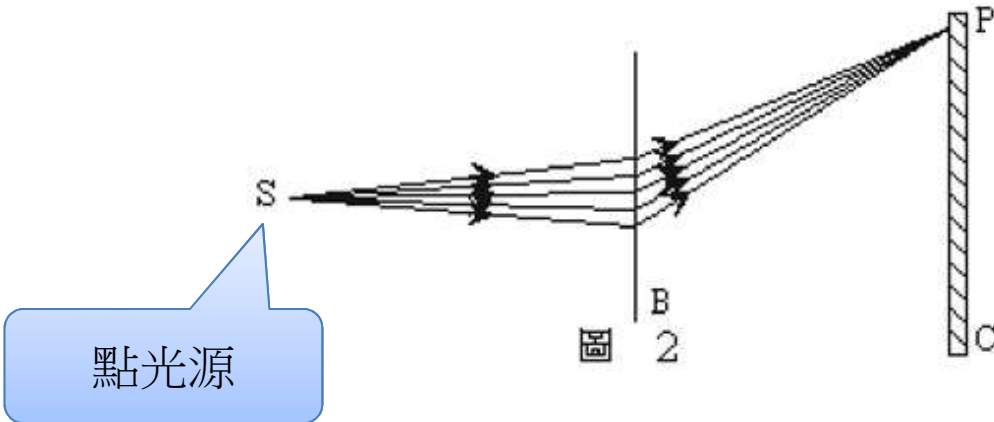
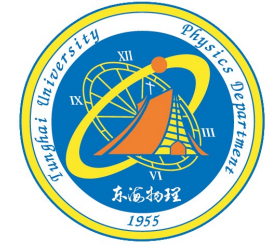


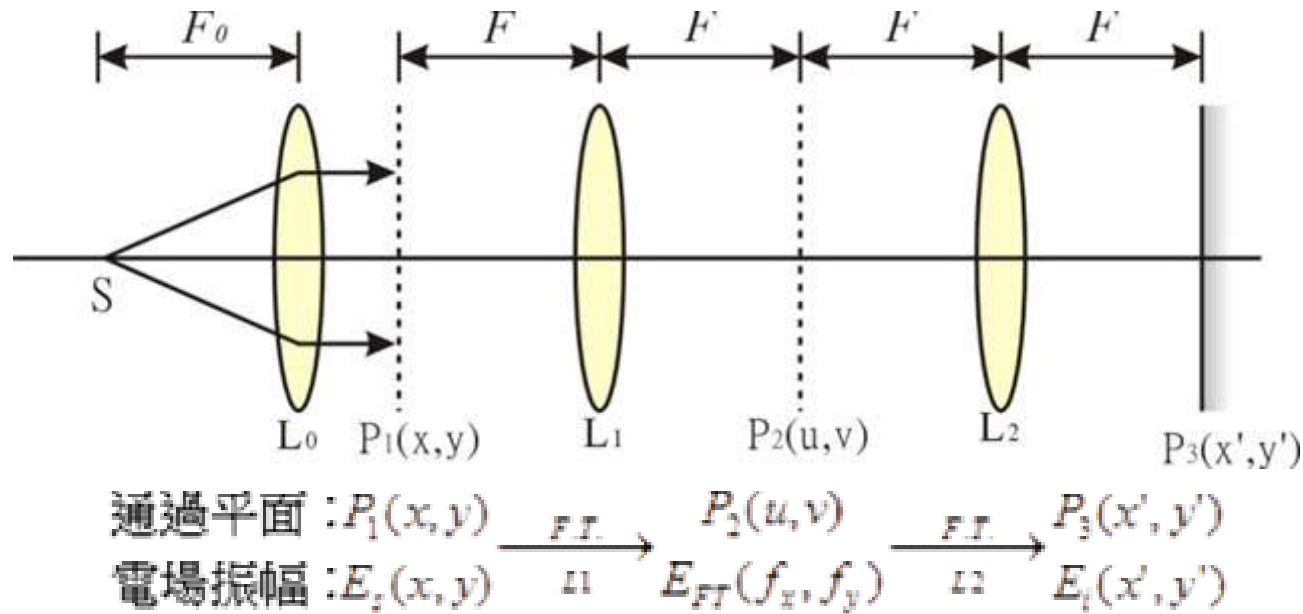
圖 2





### 4F實驗

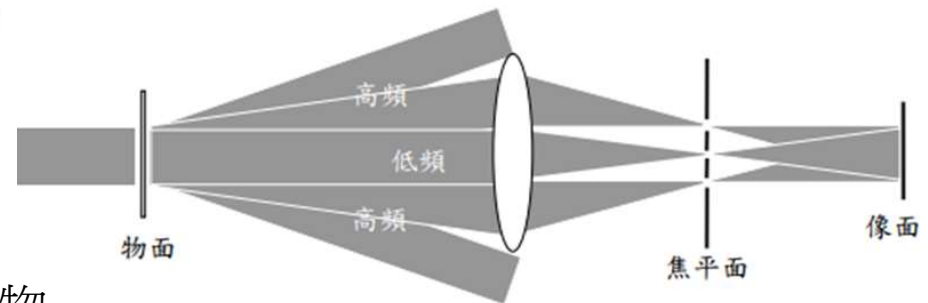
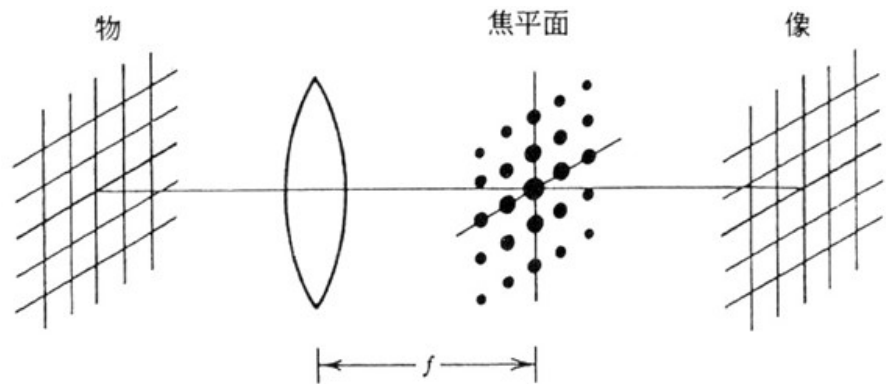
考慮下圖的光學系統，單色光源  $S$  發射的光經平行擴束透鏡  $L_0$  後形成平行光，垂直入射物平面  $P_1(x,y)$ ，透鏡  $L_1$  和  $L_2$  的焦距均為  $F$  且相距為  $2F$ ， $P_1$  和像平面  $P_3$  個別在透鏡  $L_1$  前和  $L_2$  後  $F$  處，故  $P_1$  和  $P_3$  之間的距離為  $4F$ 。



## Abbe-Porter實驗

Abbe於1893年，然後Porter於1906年分別做了一系列關於**改變像頻譜**的實驗，我們稱這一系列實驗為**Abbe-Porter實驗**，這些實驗的一般作法如下圖。

用相干光源照射到一張網狀格子的物體上，在成像透鏡後方的焦平面上會出現週期性網狀格子的傅立葉頻譜，最後通過透鏡的各個傅立葉分量在像平面上重新組合，呈現網狀格子的成像。再把遮斷物放到焦平面上，就能夠以各種方式改變像的頻譜。

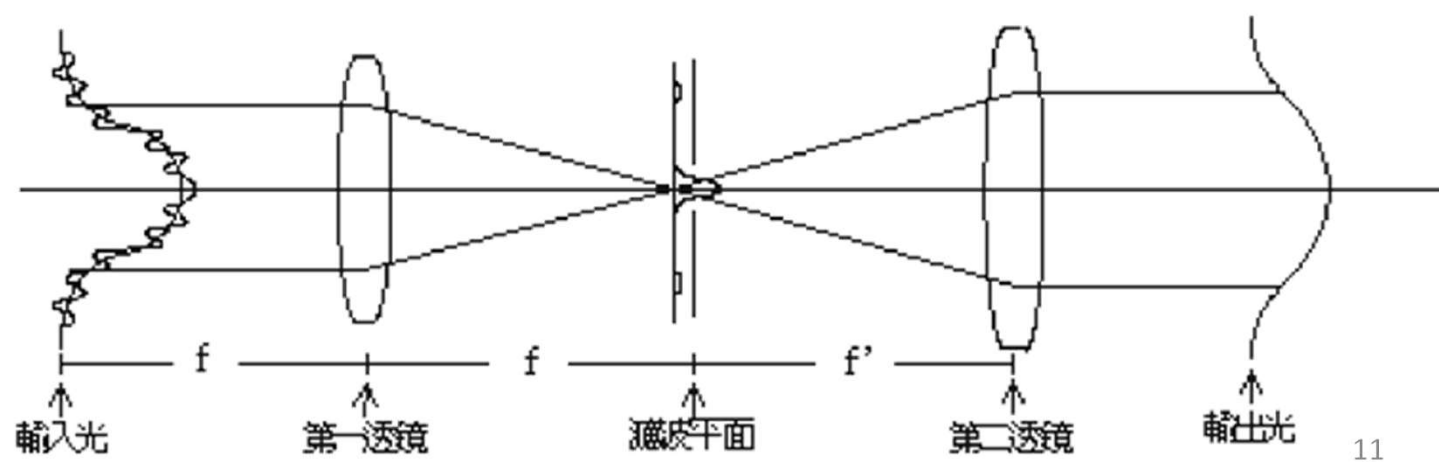
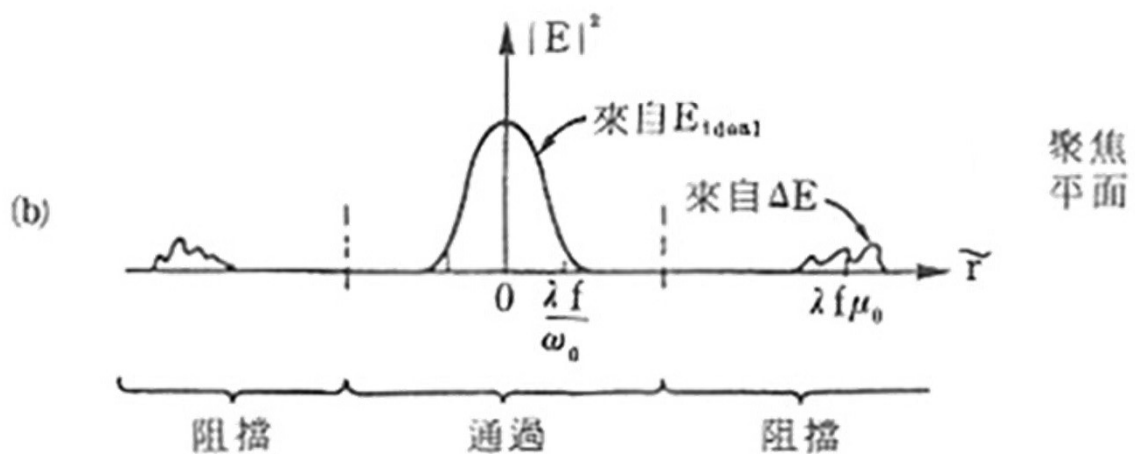
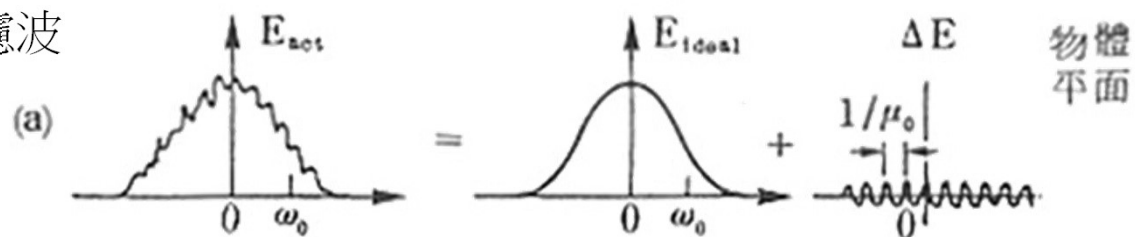


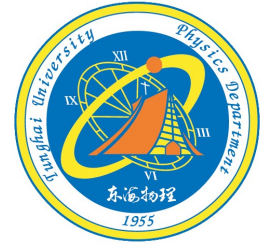
圖一 Abbe's 繞射成像原理

在光學信號處理時，只要在焦平面上，對物體的空間頻譜做出適當的處理，就等於是對物體光資訊進行處理。



空間濾波





# 建立平行擴束光

1-調亮度

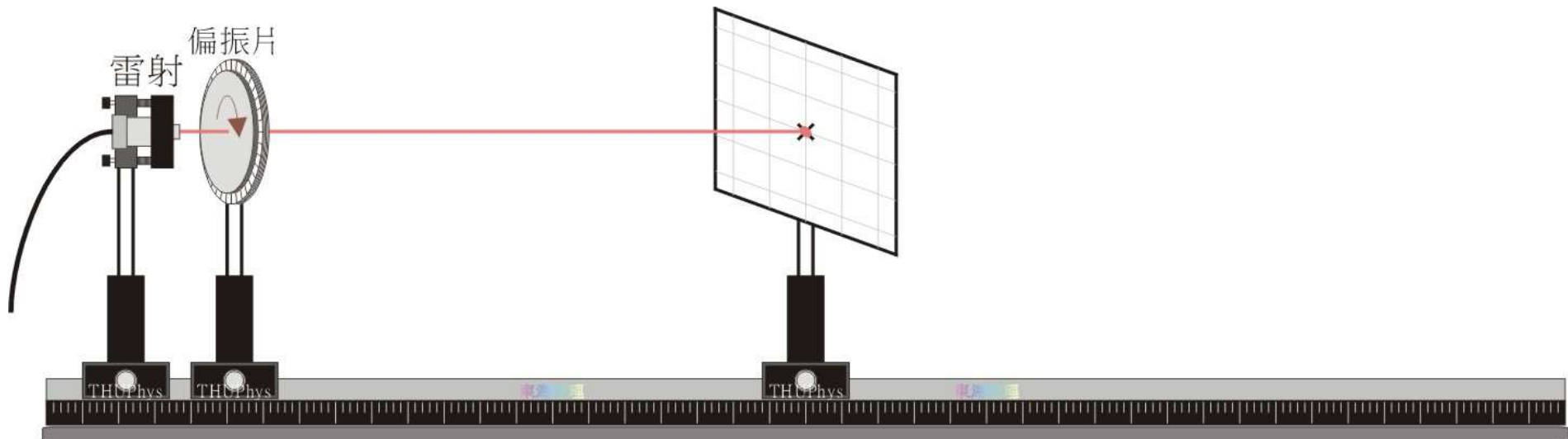
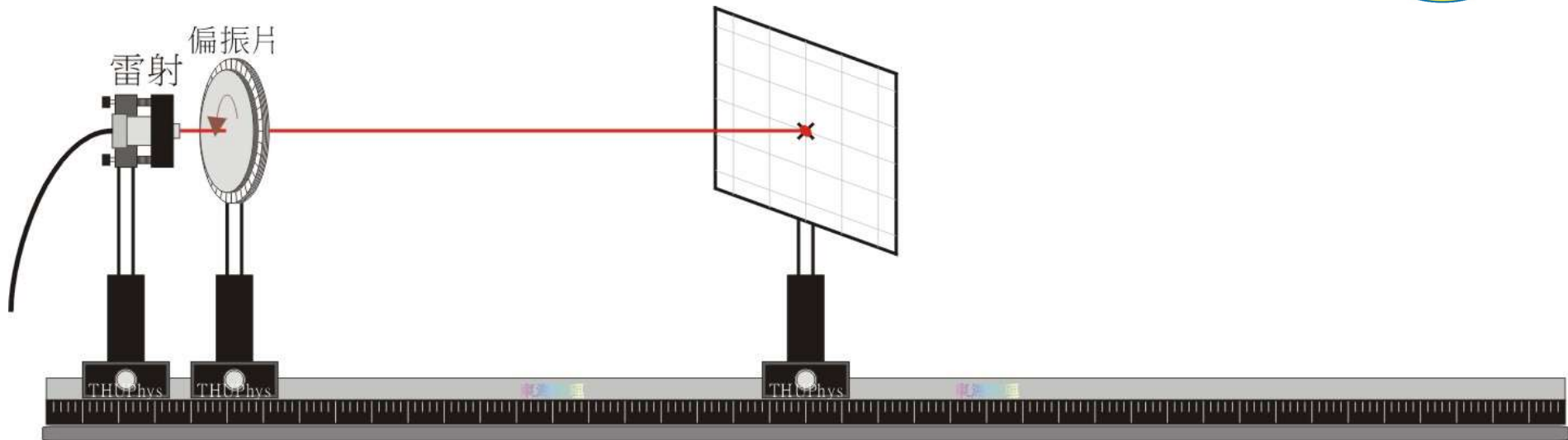
2-對光

3-擴束

4-建立平行擴束光

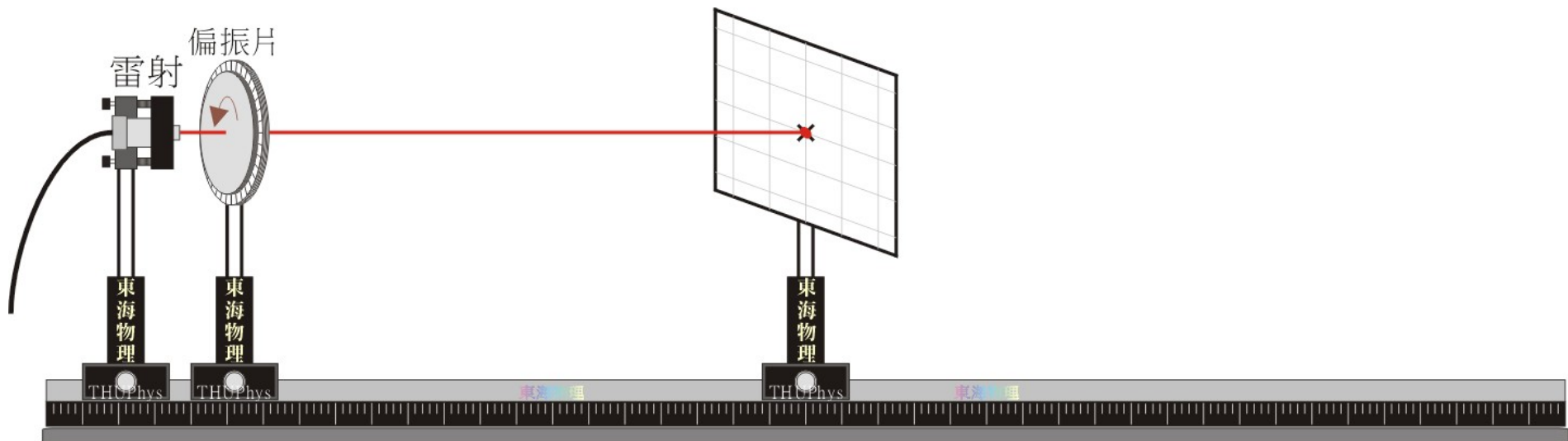
### 1) 調整亮度

利用偏振片調整雷射光亮度，建議對光時調暗些，避免眼睛負擔太大。



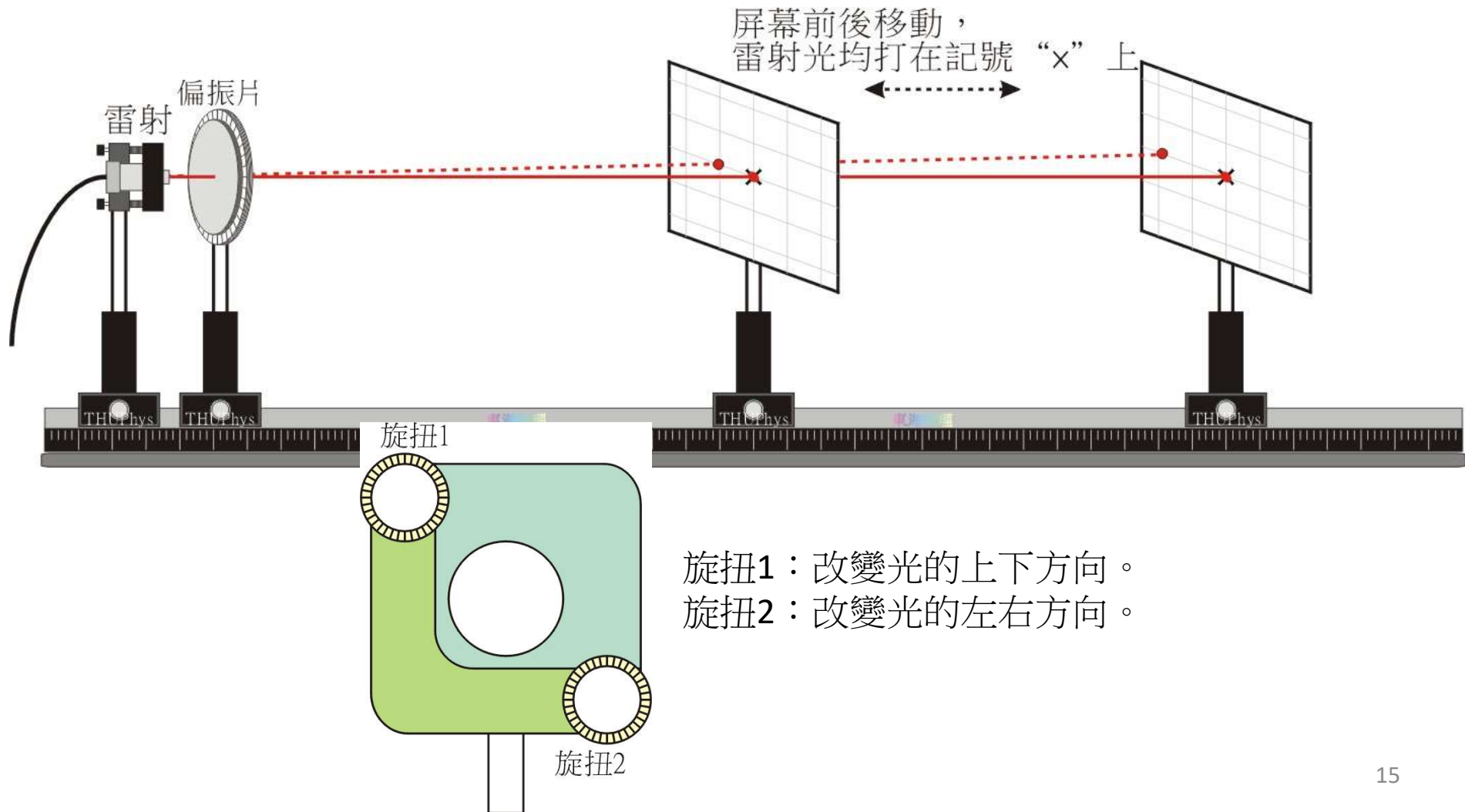
### 1) 調整亮度

利用偏振片調整雷射光亮度，建議對光時調暗些，避免眼睛負擔太大。



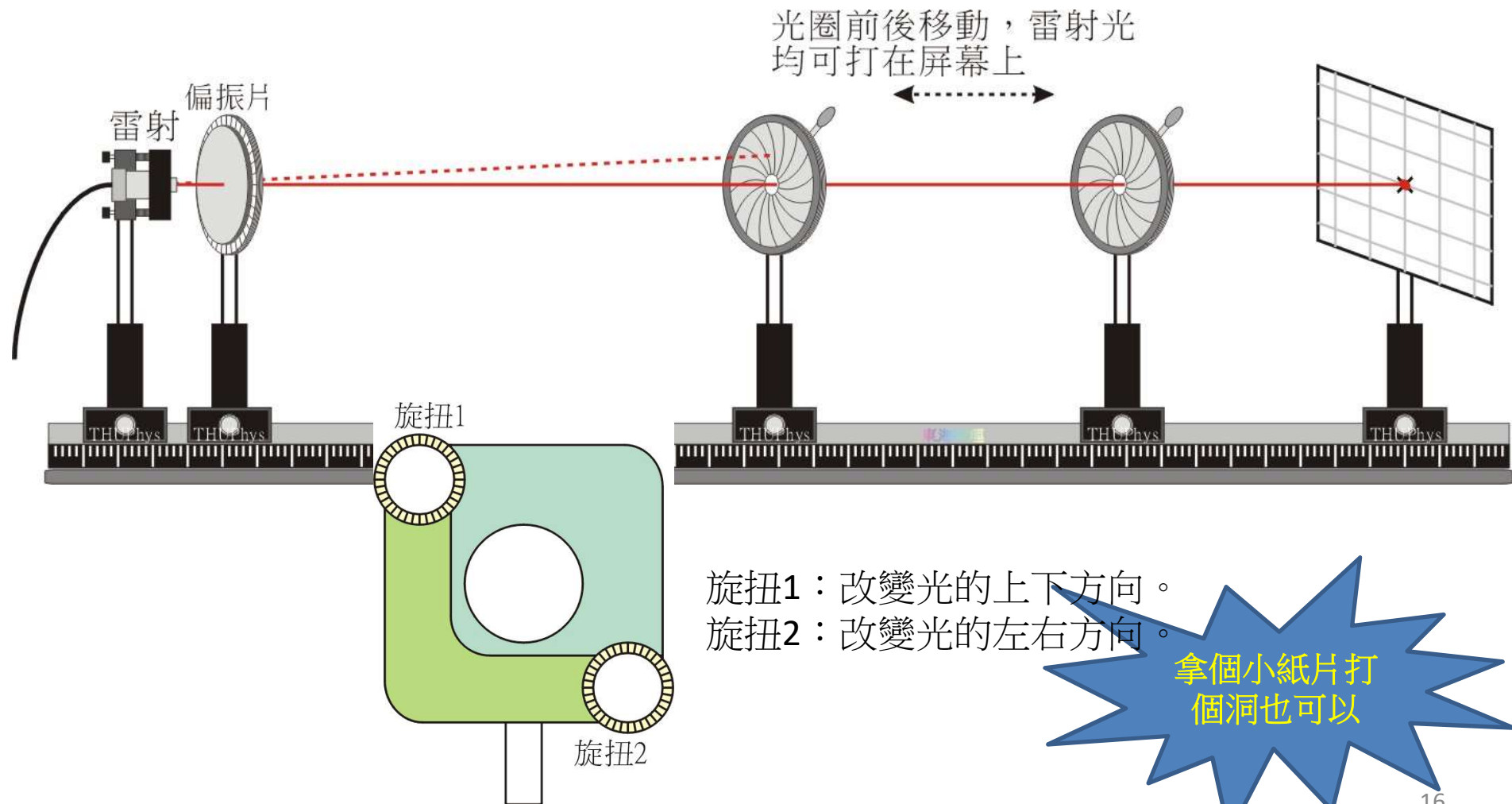
## 2) 對光—調整雷射高度、角度

使得光前進方向與滑軌平行—屏幕前後移動時，雷射光均打在屏幕的同一位置上。



## 2) 對光—調整雷射高度、角度

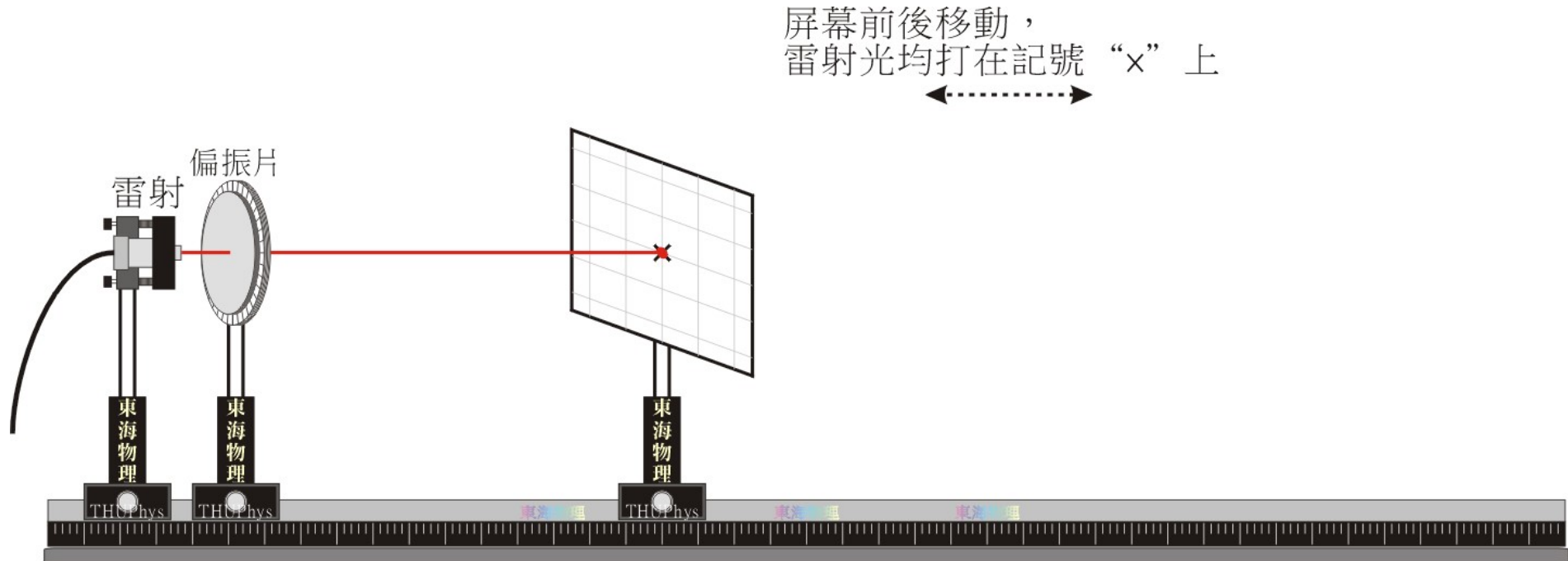
使得光前進方向與滑軌平行—光前後移動時，雷射光均可以打到屏幕上。





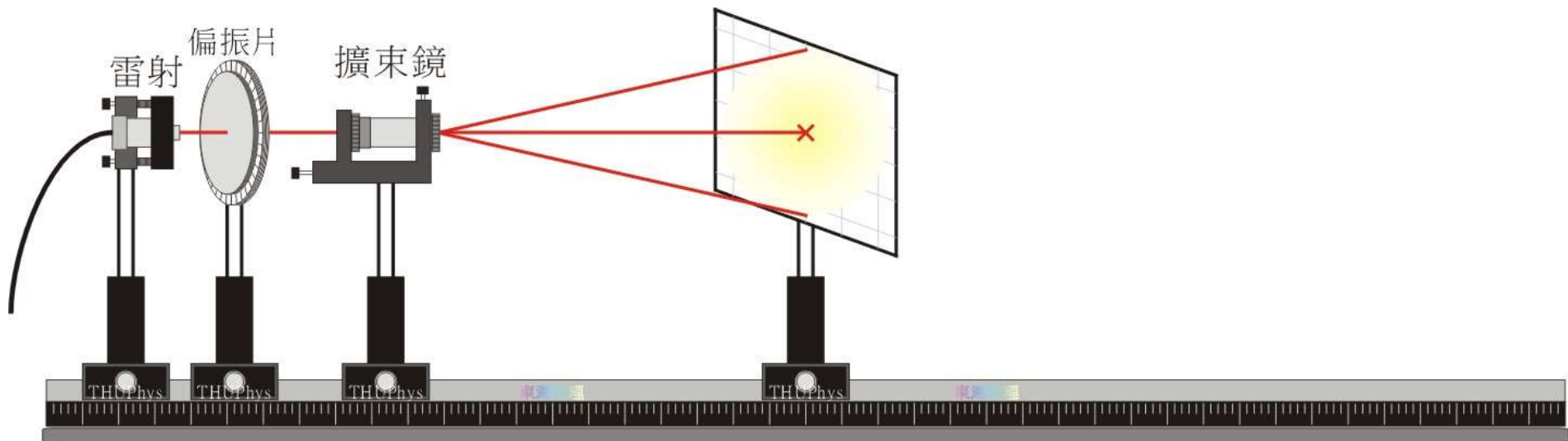
## 2) 對光—調整雷射高度、角度

使得光前進方向與滑軌平行—屏幕前後移動時，雷射光均打在屏幕的同一位置上。



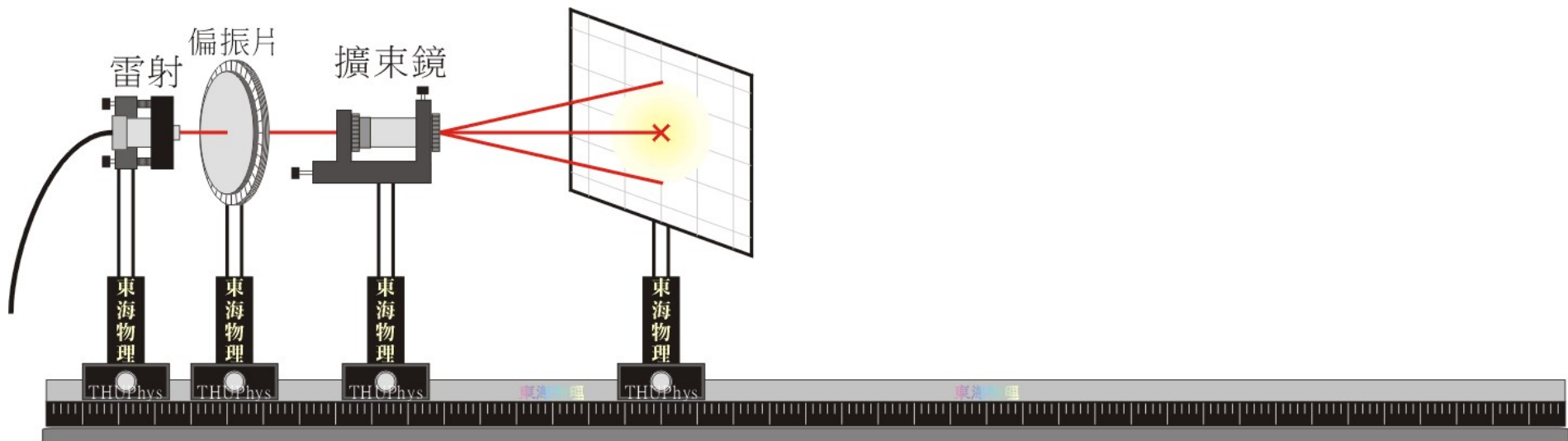
### 3) 擴束

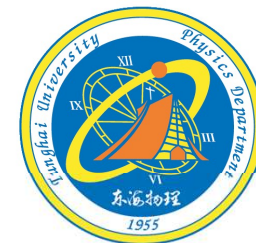
放入擴束鏡，調整擴束鏡高度、角度，  
使得剛剛“x”記號在哪，現在擴束後的圓心就在哪～



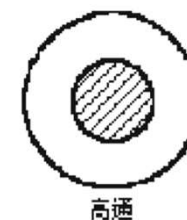
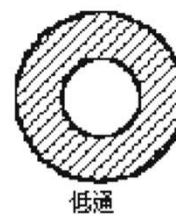
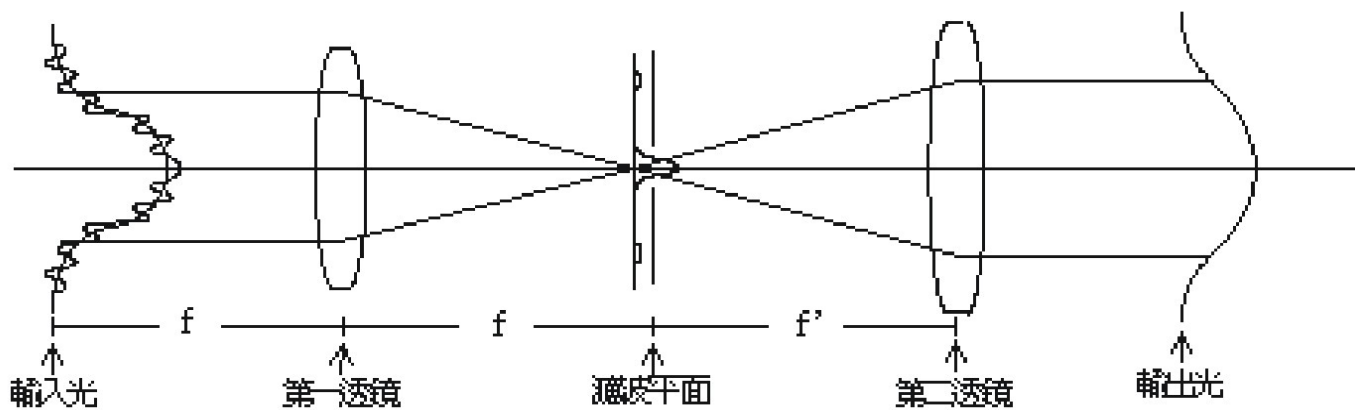
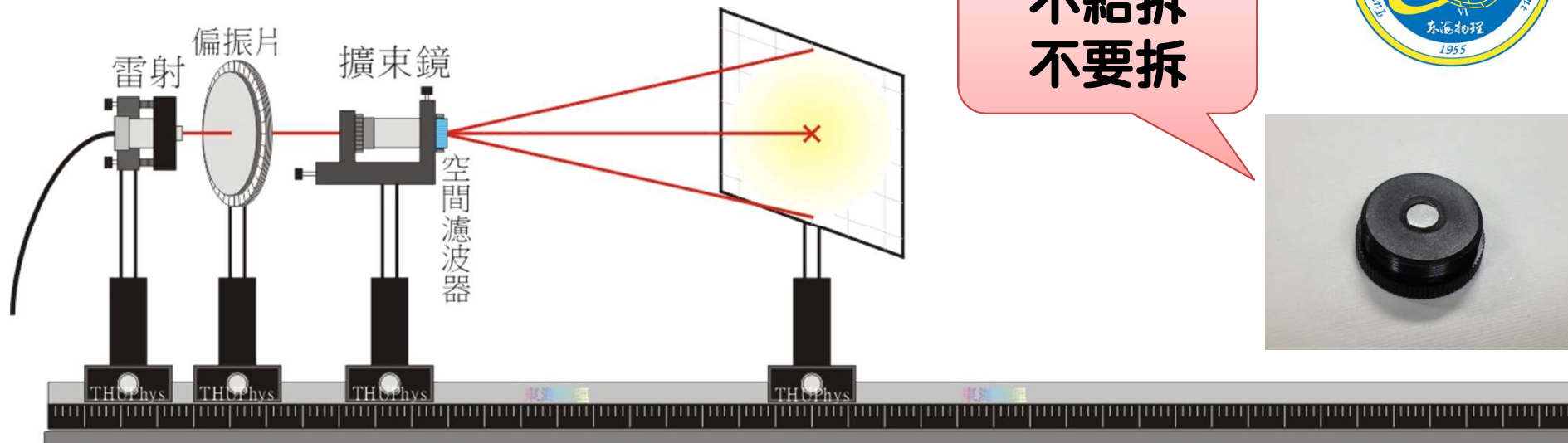
### 3) 擴束

放入擴束鏡，調整擴束鏡高度、角度，  
使得剛剛“x”記號在哪，現在擴束後的圓心就在哪～



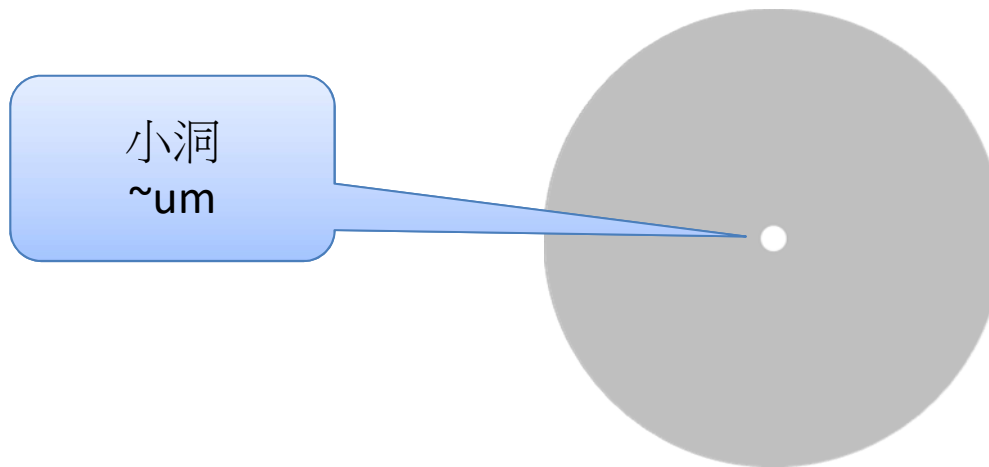
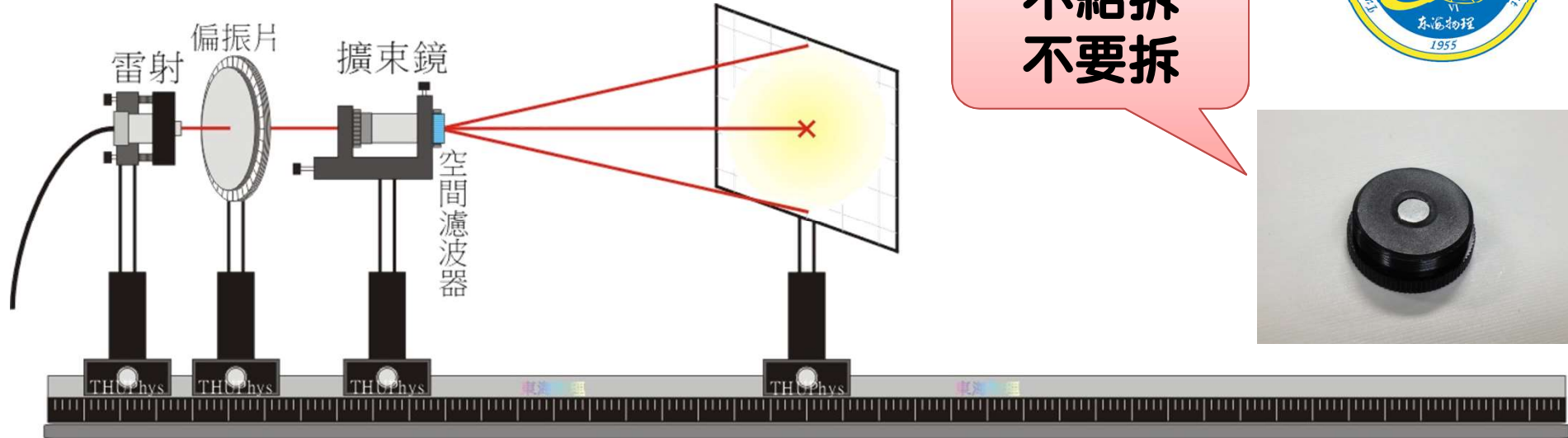


### 4) 空間濾波器



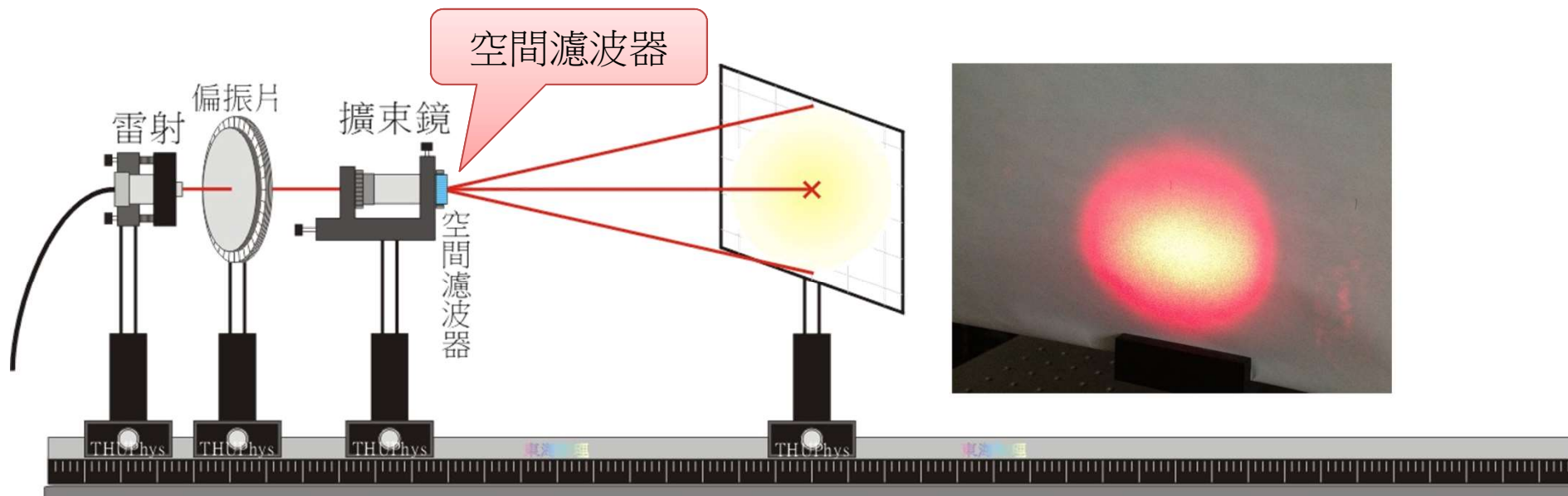
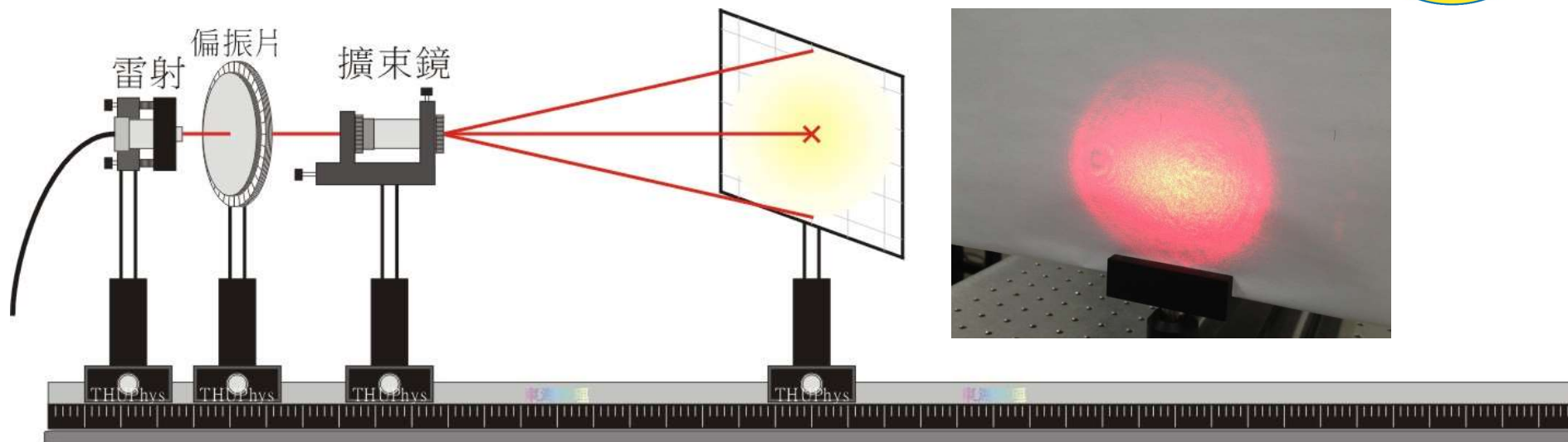


#### 4) 空間濾波器



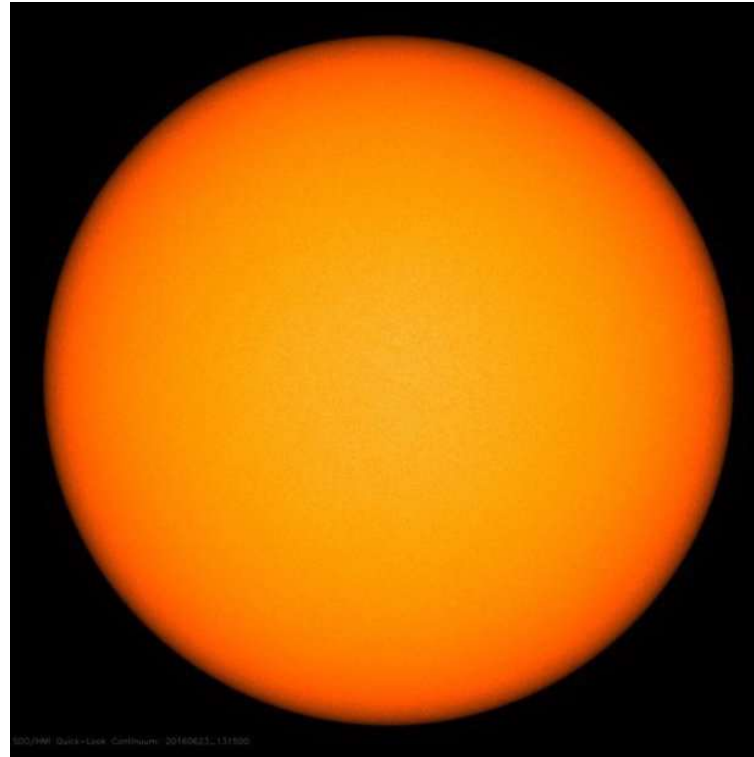
頭髮的直徑約為30 ~ 50um(科工館網站資料)

# ※空間濾波器





沒有黑子的太陽  
比我們的擴束光漂亮<sup>^</sup>~

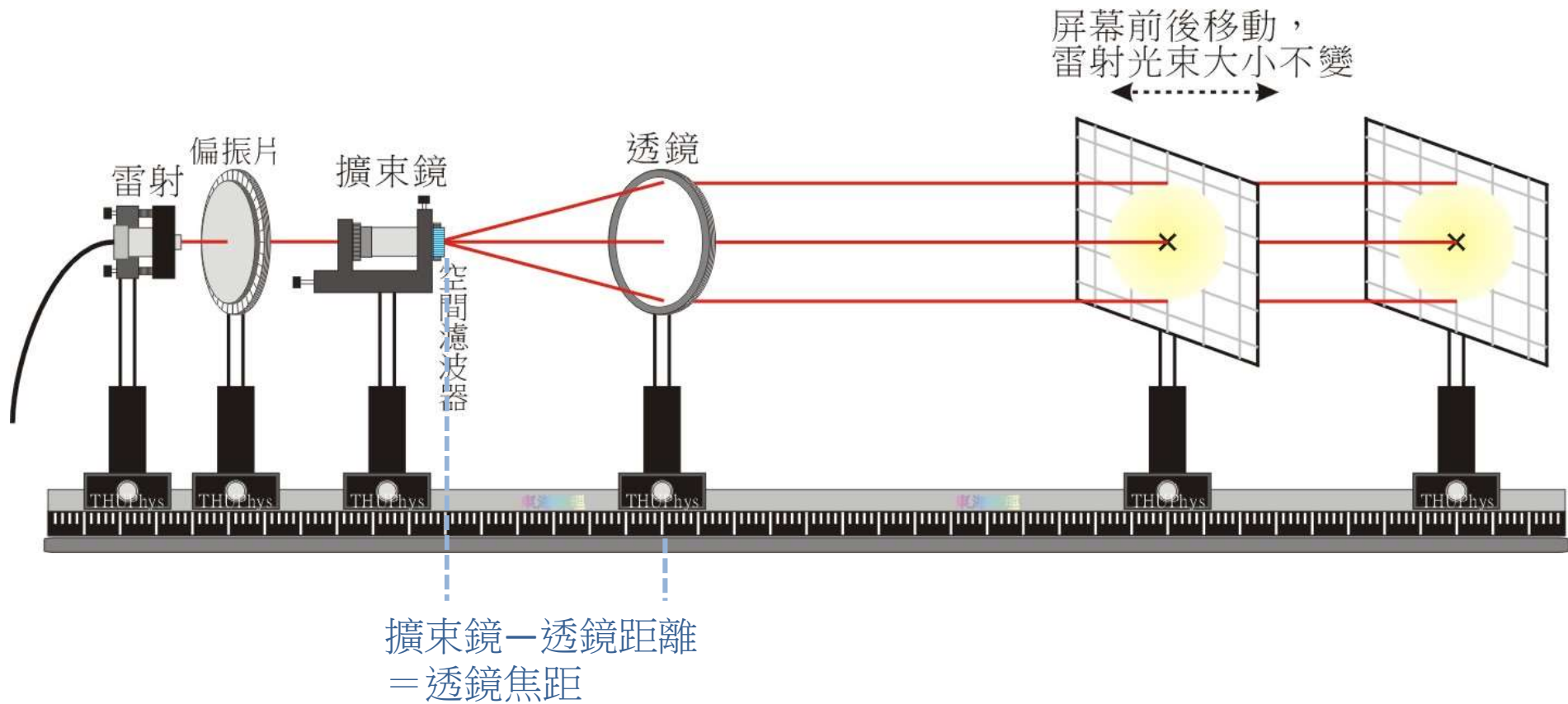


<https://www.nasa.gov/sun>

### 5) 平行擴束光

放入透鏡，調整透鏡高度與前後位置。

使得屏幕前後移動時，雷射光束大小不變。

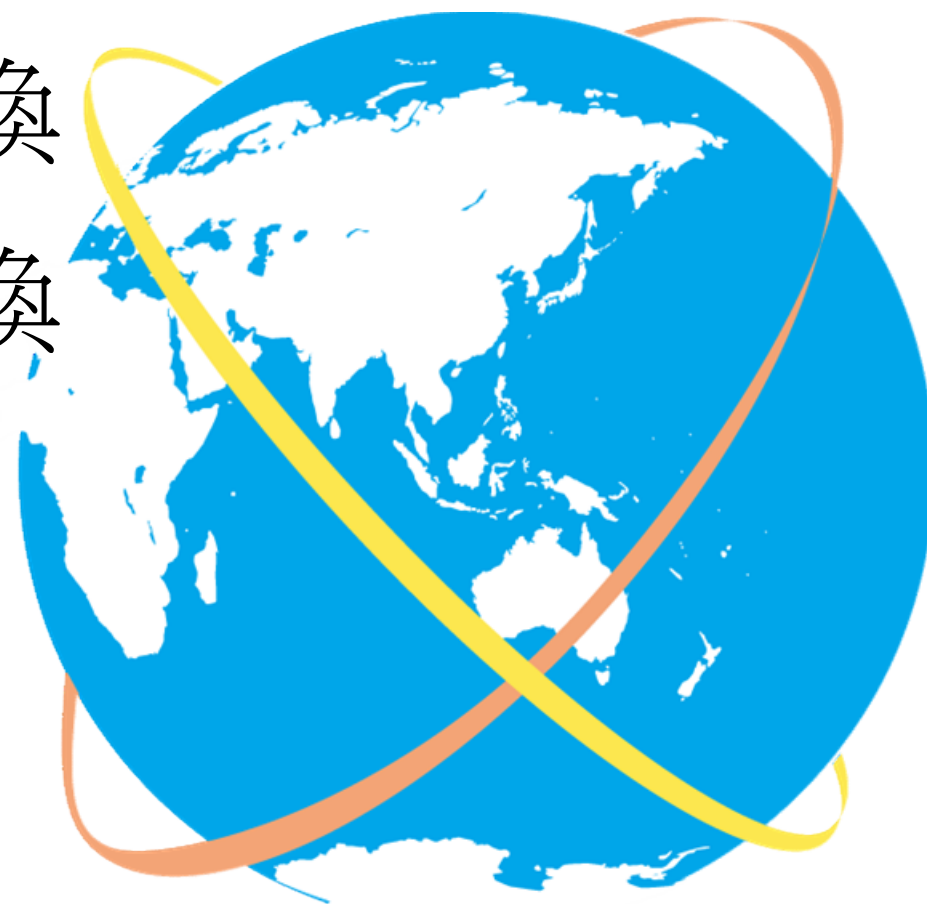




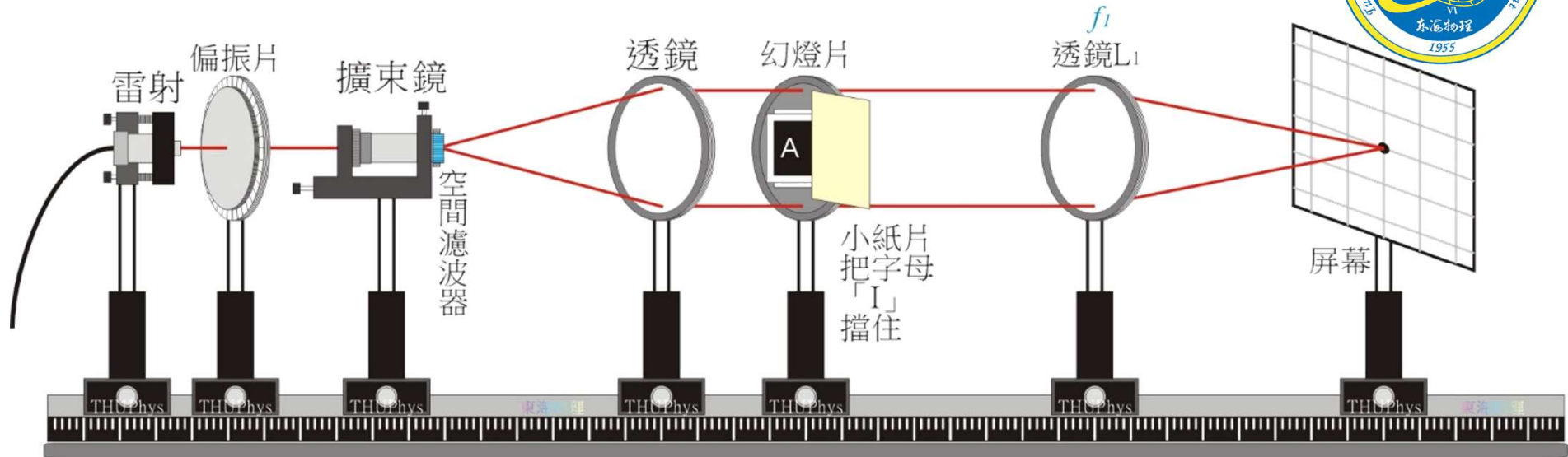


# 傅氏光學

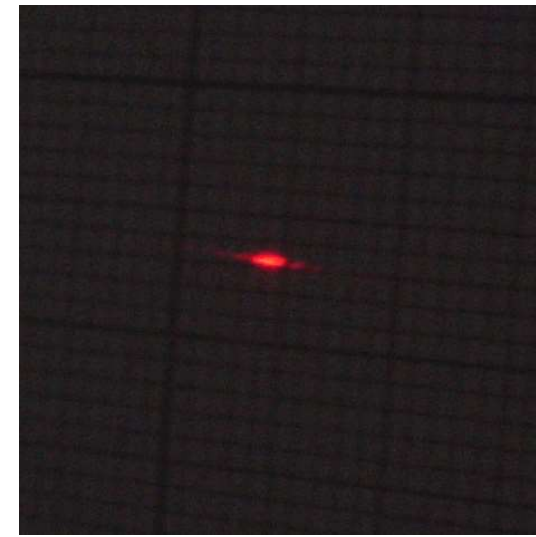
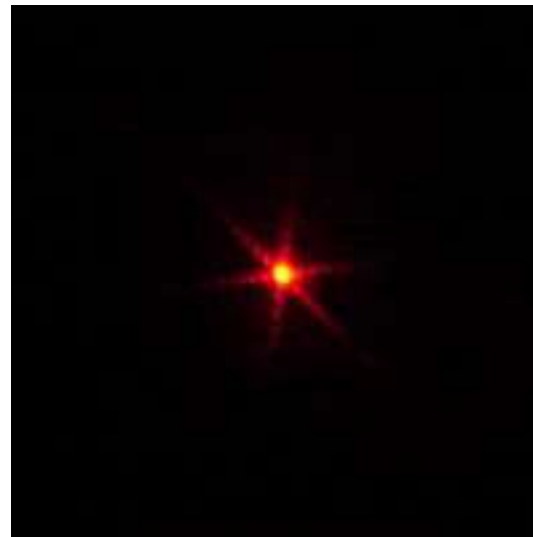
一次傅氏轉換  
二次傅氏轉換



# 1) 傅氏轉換



$f_1$        $f_1$





# 1) 傅氏轉換

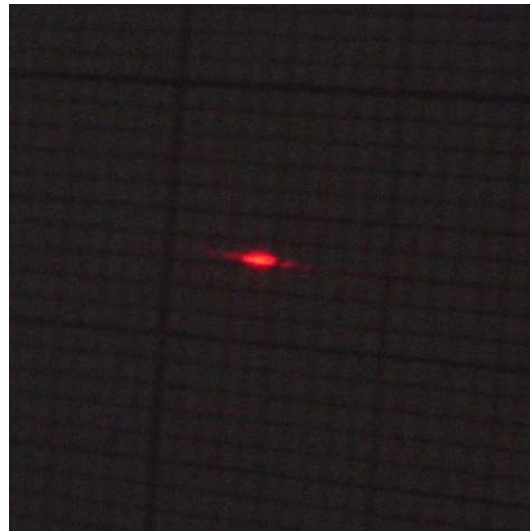


字母『A』



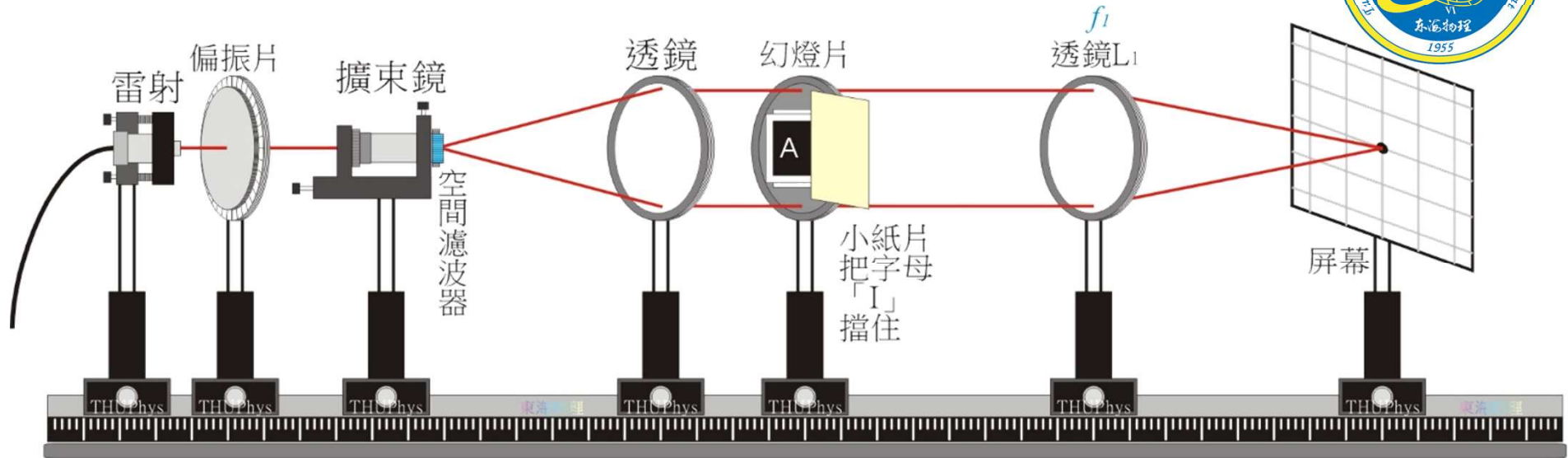
三個不同方向  
『 $\diagup$ 』  
『 $\diagdown$ 』  
『 $\text{—}$ 』  
的  
單狹縫繞射

字母『I』



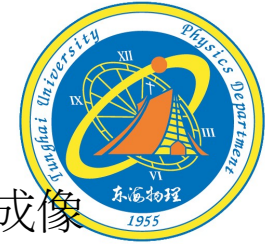
單狹縫繞射

# 1) 傅氏轉換



$f_1$        $f_1$





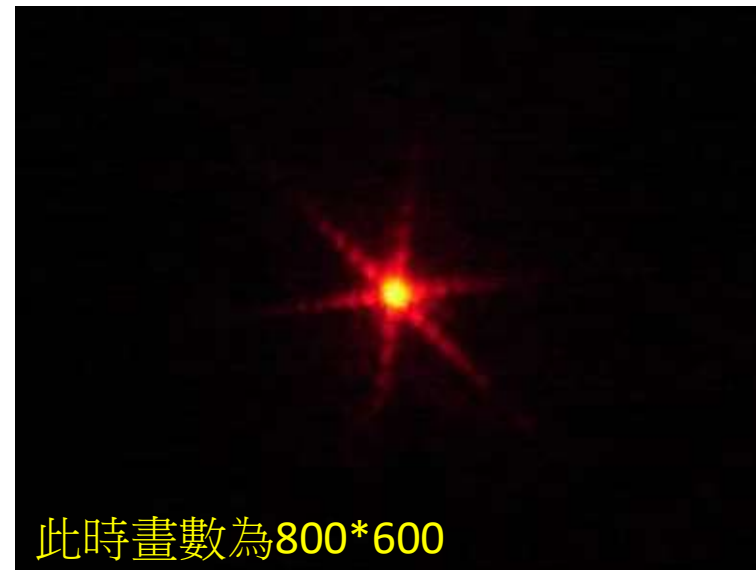
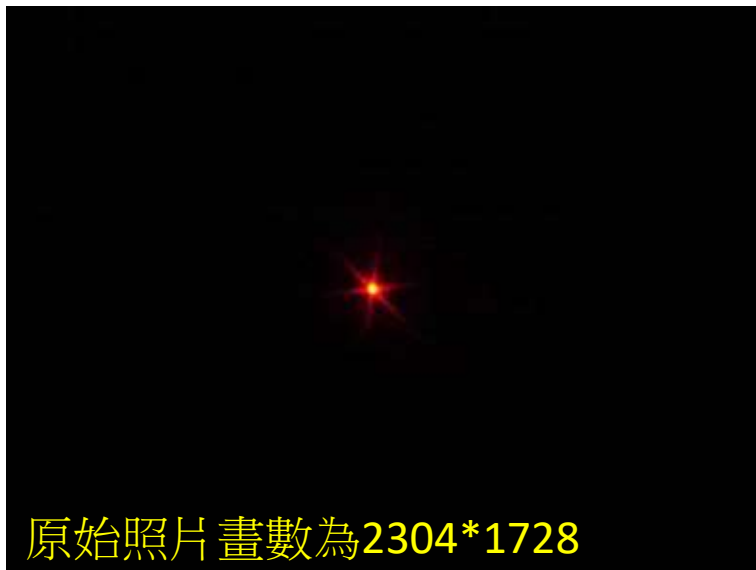
## 1) 傅氏轉換

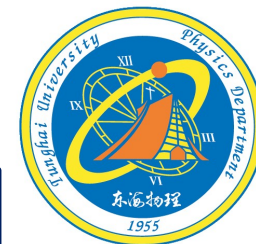
拍照時要考慮不能檔到雷射光，也要考慮拍出來的效果是否能真實呈現成像結果，因此，有時需要調高拍照畫數，再拉遠一點距離拍。

拍照的時候，因角度、距離導致拍出來的成像太小或....，請先修完圖後再列印出來，以免印出來的圖無法辨識成像結果。

例如：繞射與傅氏光學實驗中，A 的一次繞射圖，左為原始照片。

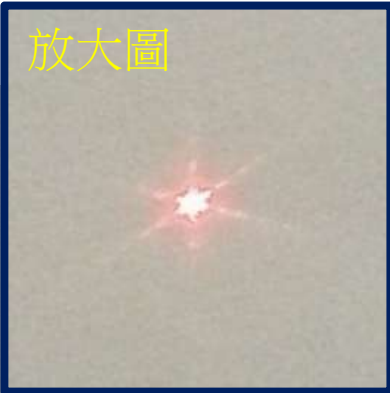
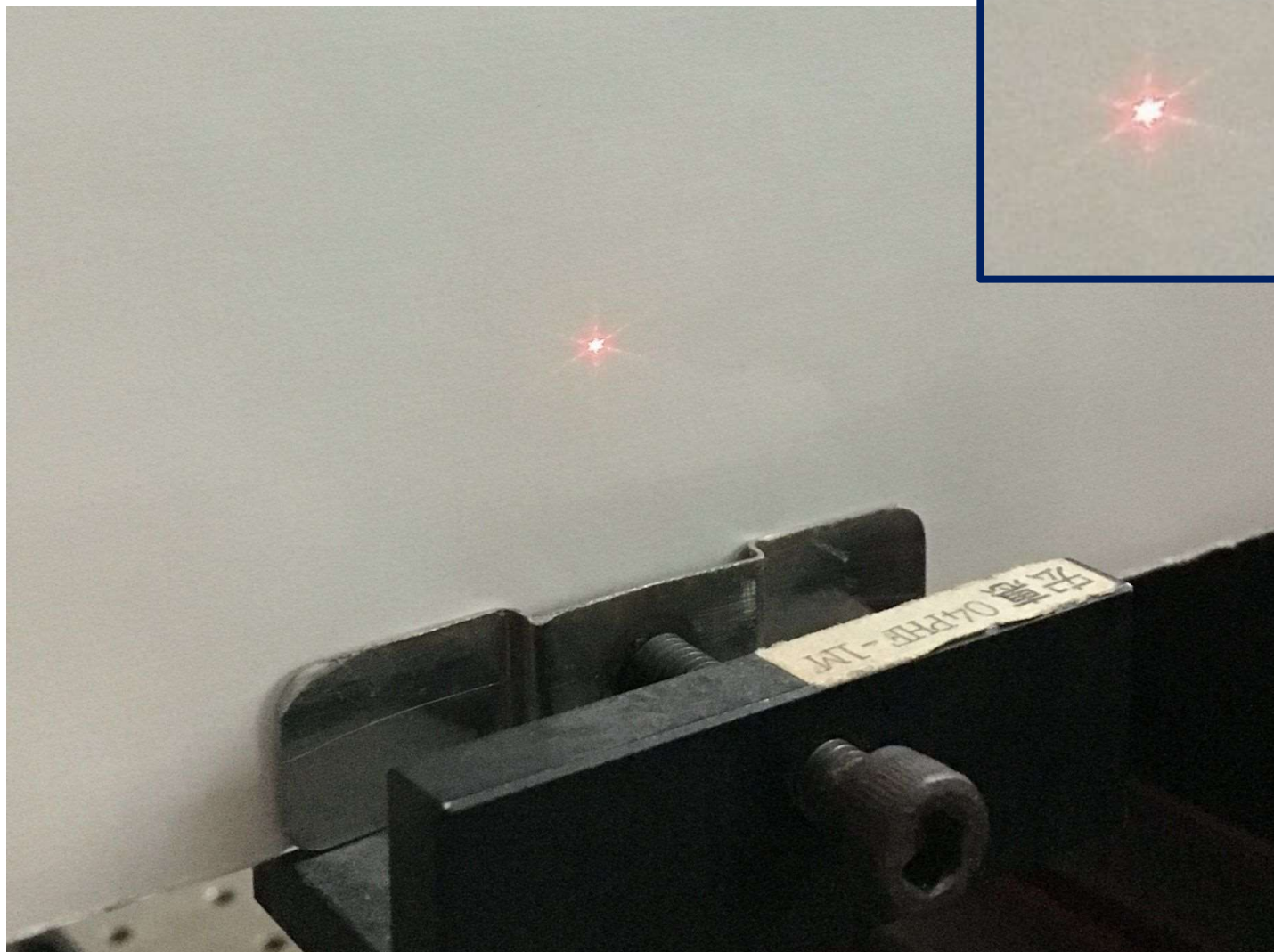
利用小畫家、ACDSee、Photoimpac、Photoshop...等等繪圖軟體將重要的部分擷取下來，其他黑色背景不用那麼多。





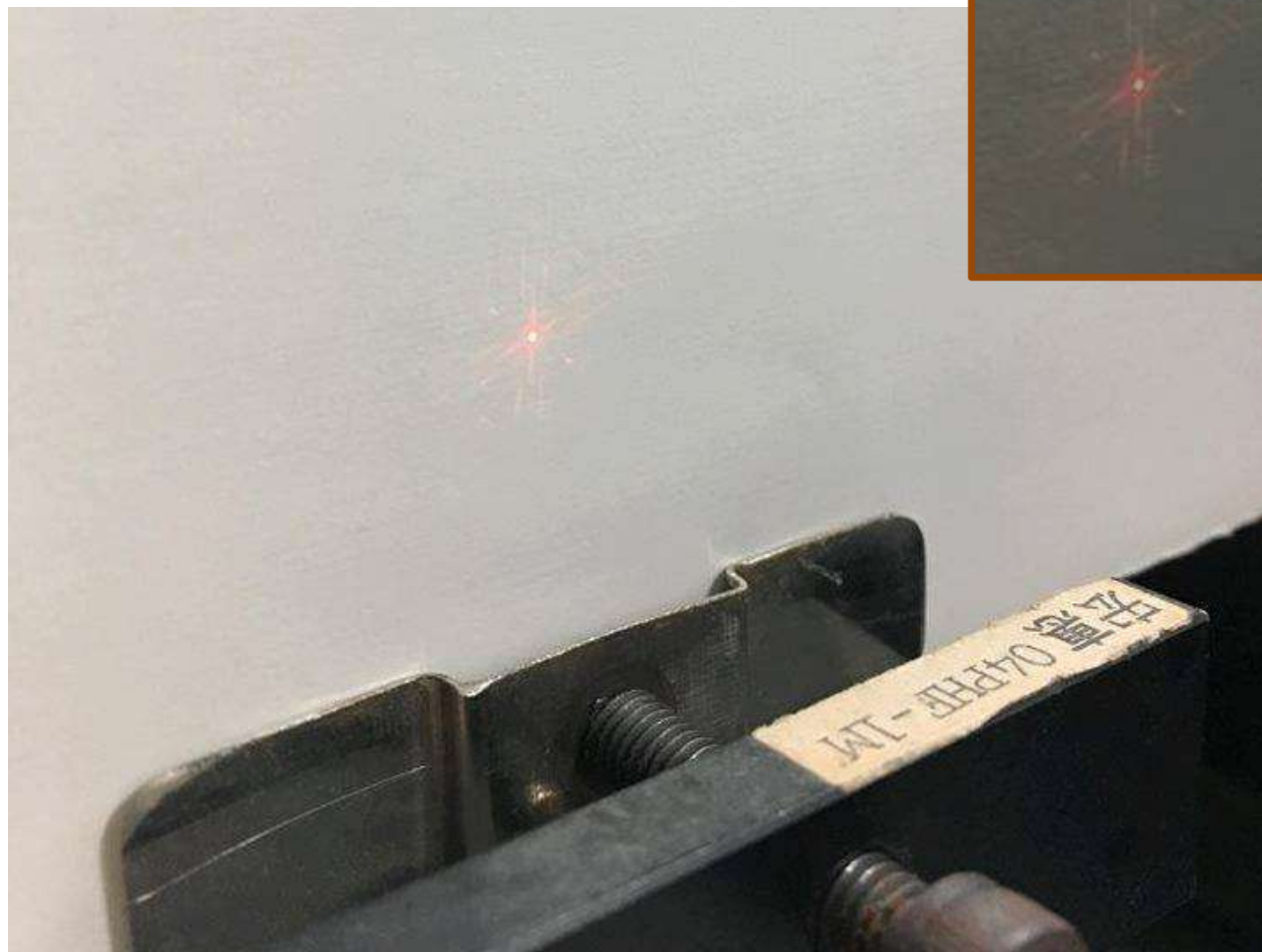
# 1) 傅氏轉換

開燈狀況下做實驗拍照取圖



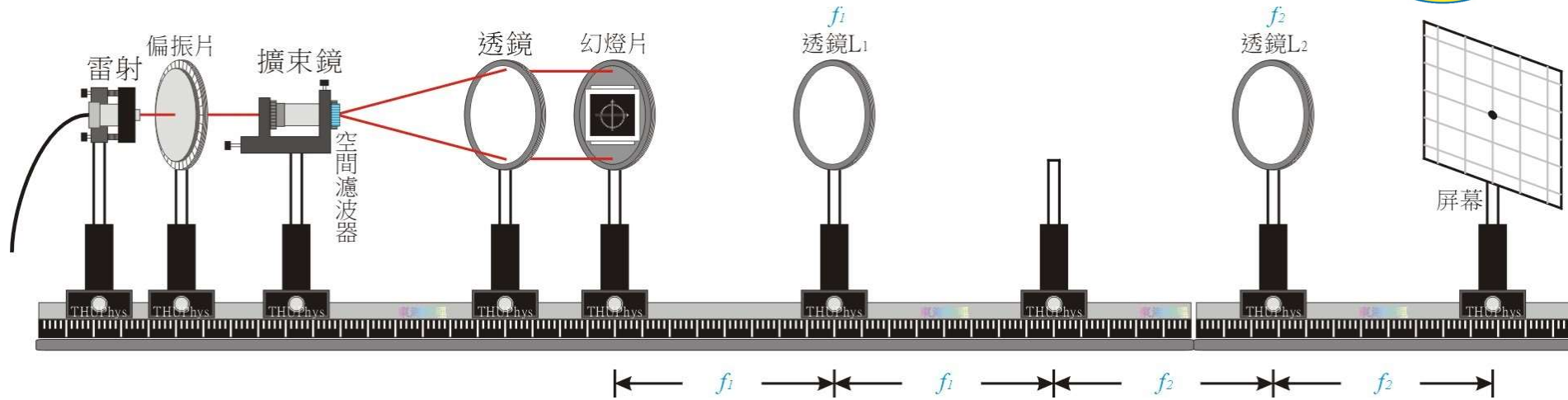
# 1) 傅氏轉換

開燈狀況下做實驗拍照取圖





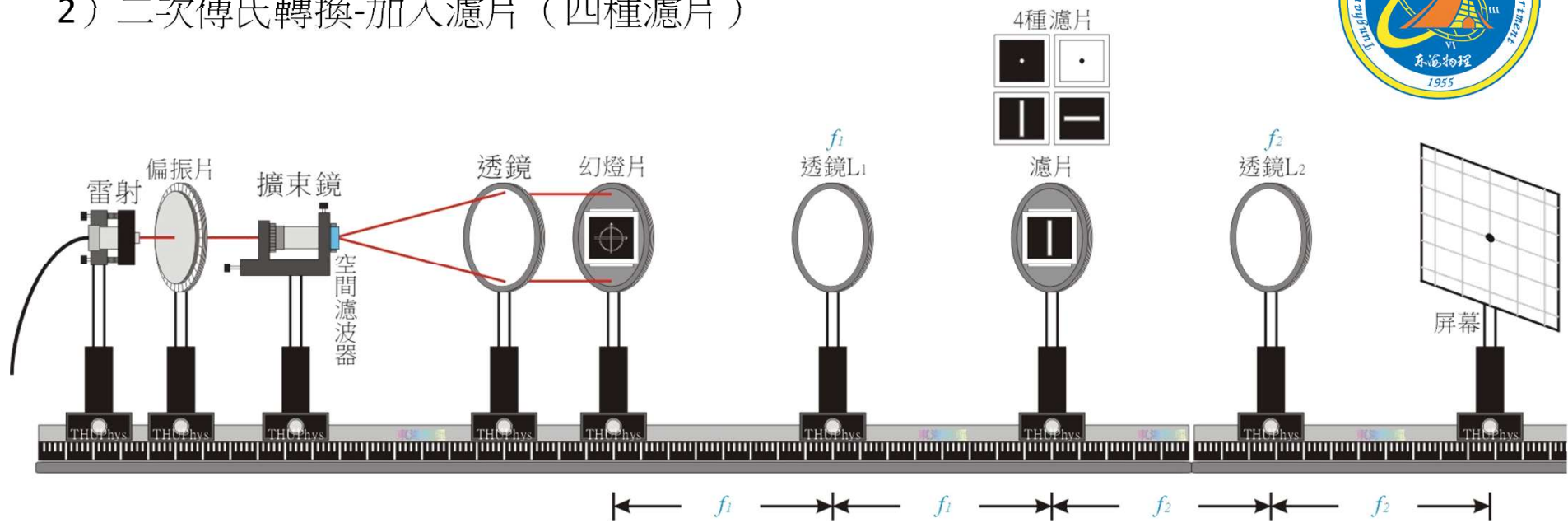
## 2) 二次傅氏轉換-不放濾片







## 2) 二次傅氏轉換-加入濾片 (四種濾片)



成像  
上下對調？  
左右相反？  
還是...

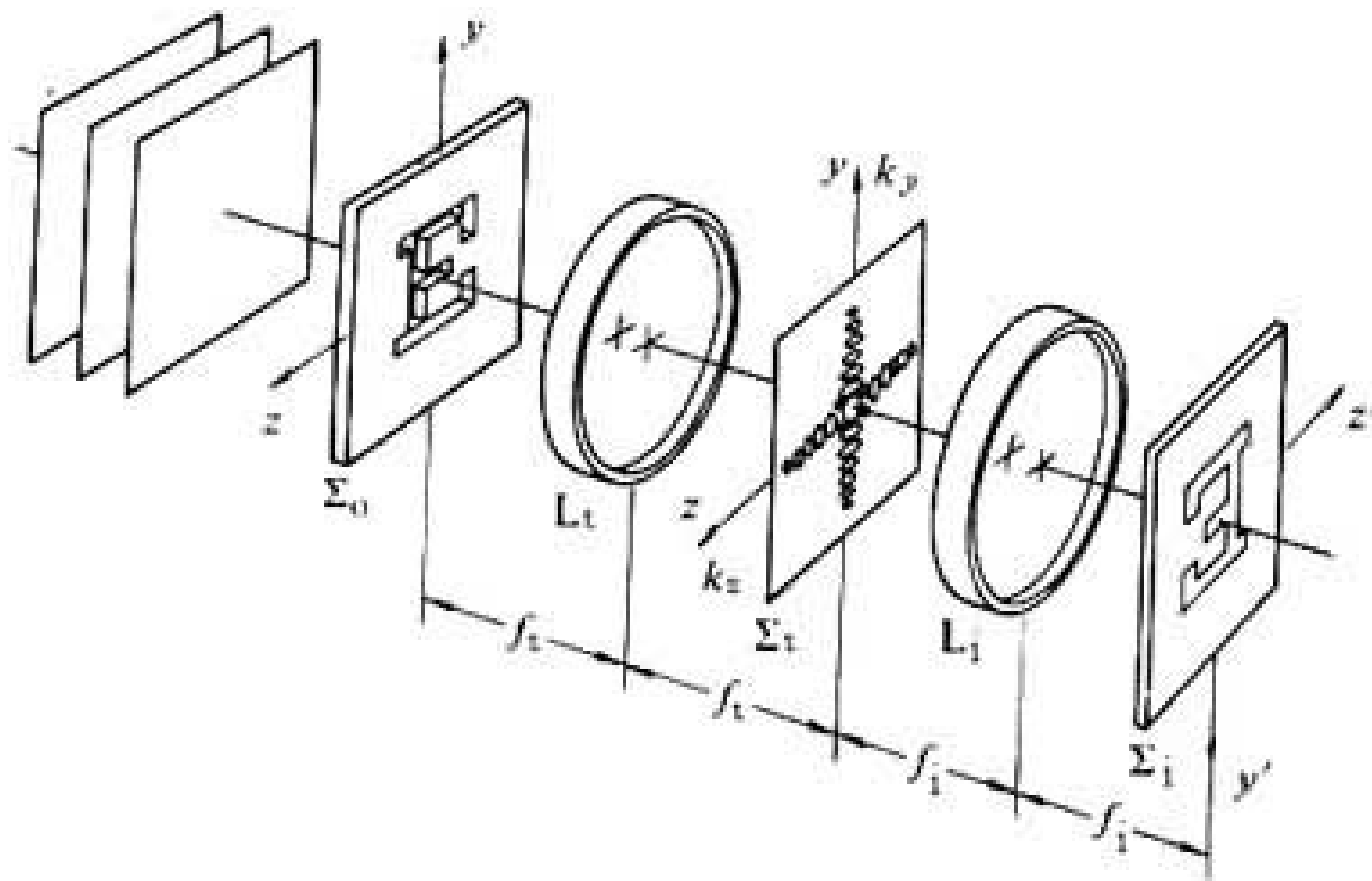
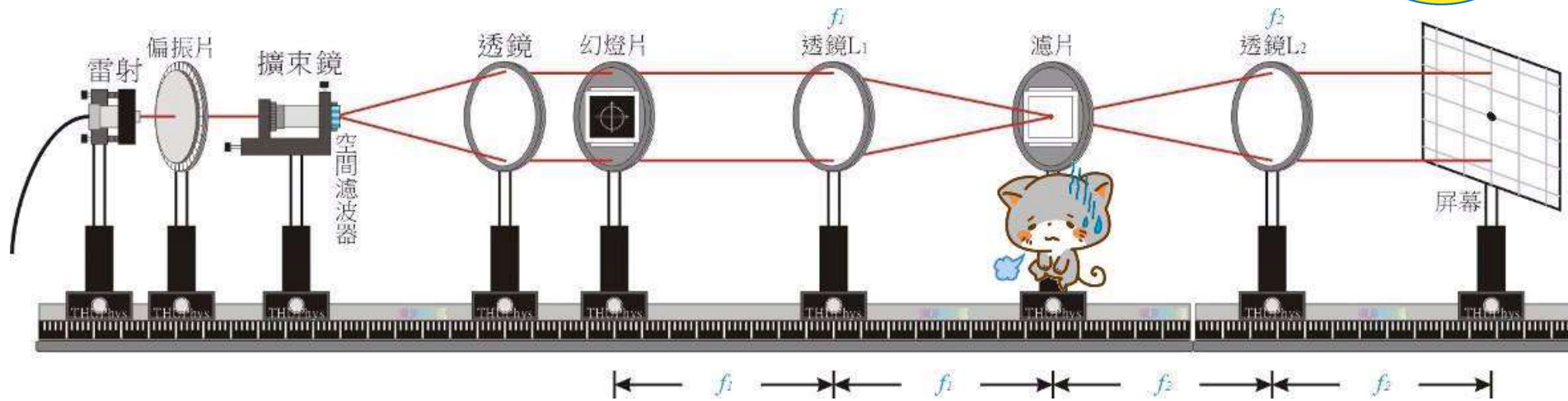


图 1 4f光路

## 2) 二次傅氏轉換-濾片1



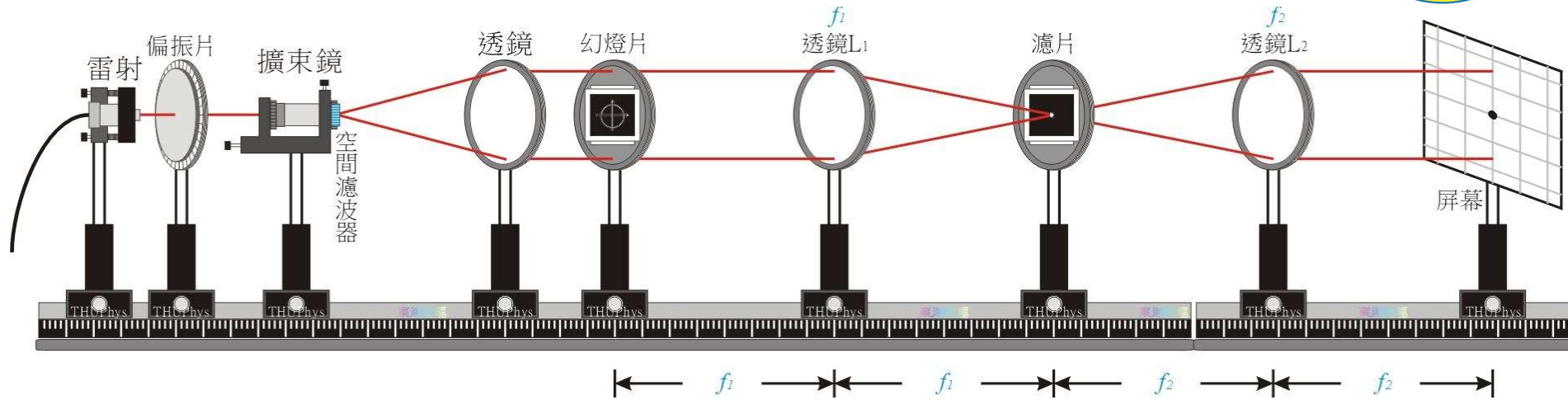
原本的成像



經過濾片處理的像



## 2) 二次傅氏轉換-濾片2



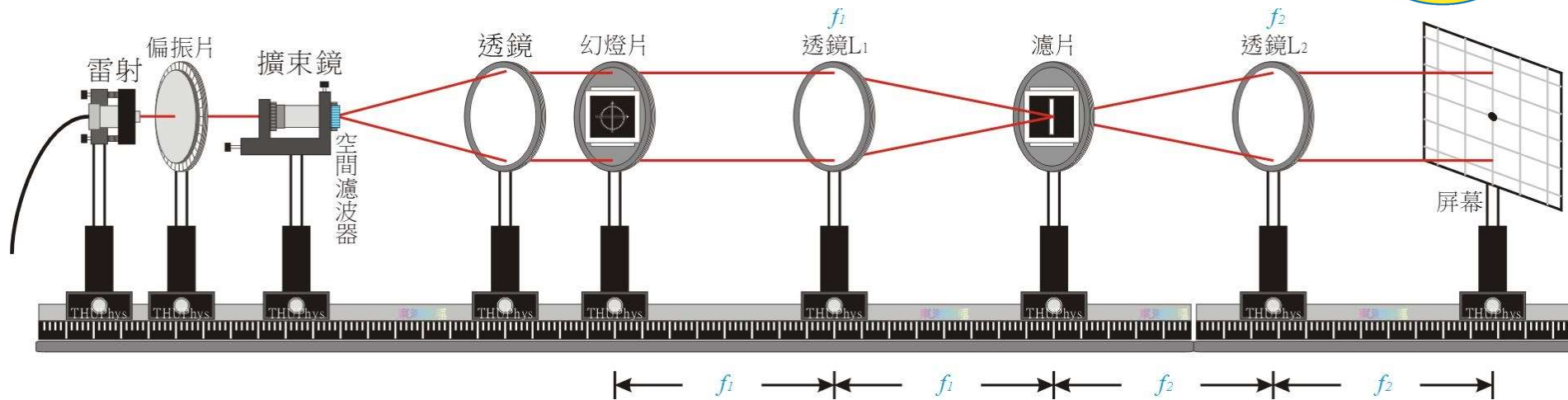
原本的成像



經過濾片處理的像



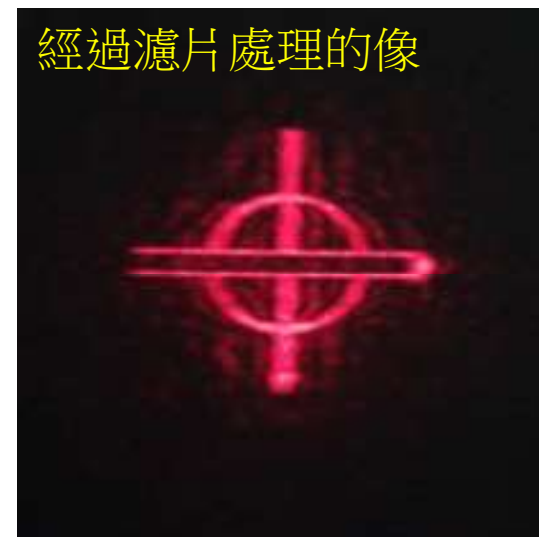
## 2) 二次傅氏轉換-濾片3



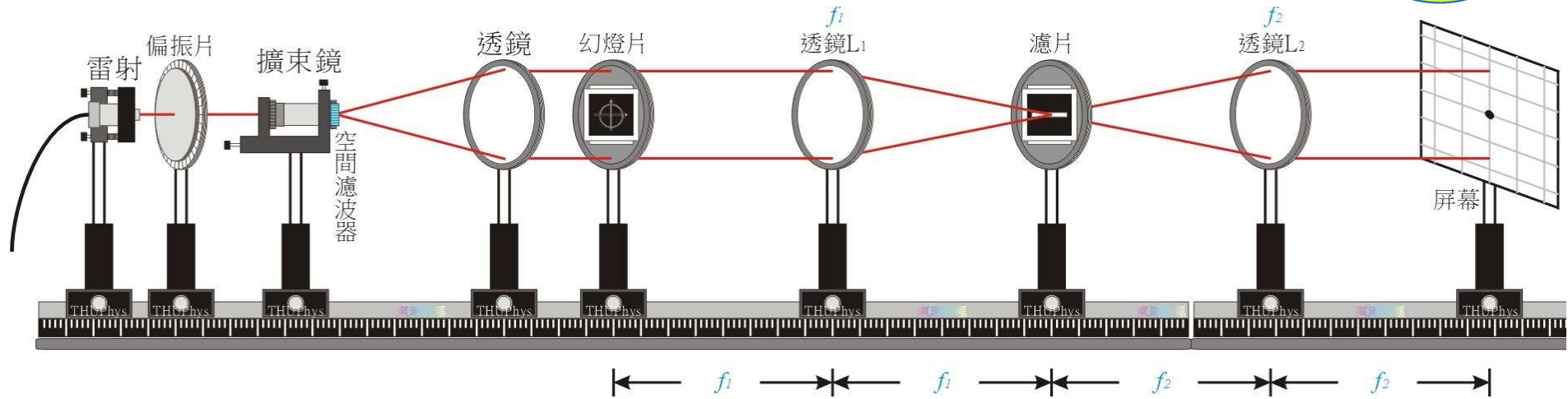
原本的成像



經過濾片處理的像



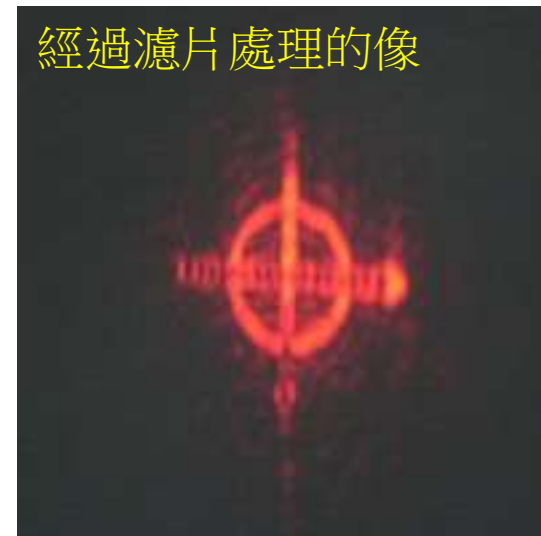
## 2) 二次傅氏轉換-濾片4

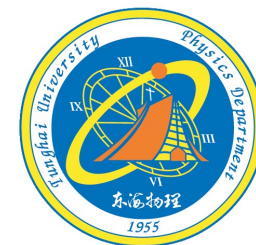


原本的成像



經過濾片處理的像





### 3) 一些好玩的傅氏轉換



<https://holidayspecs.com/>





### 3) 一些好玩的傅氏轉換 實驗室裡的眼鏡

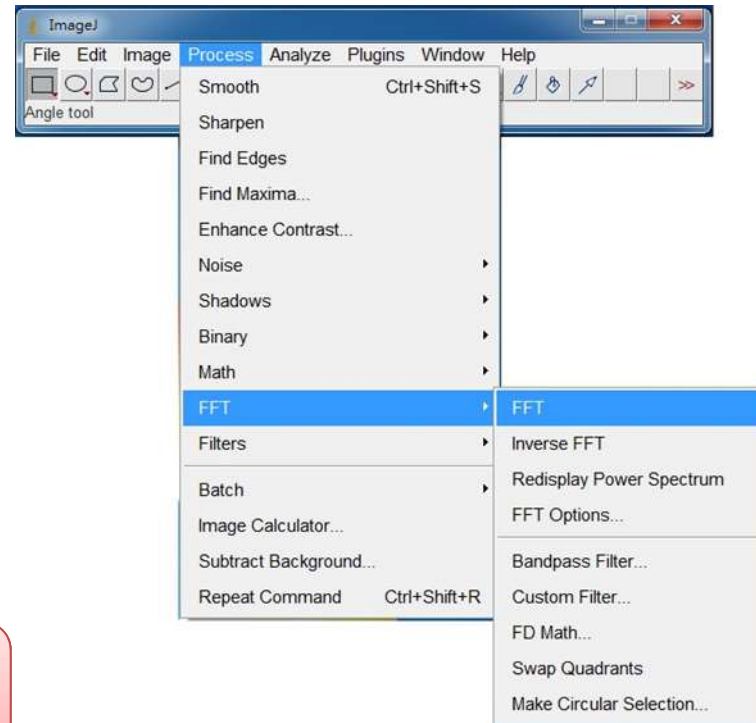


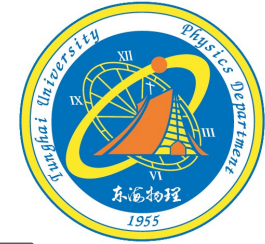
### 3) 一些好玩的傅氏轉換 利用顯微鏡拍攝眼鏡鏡片圖案



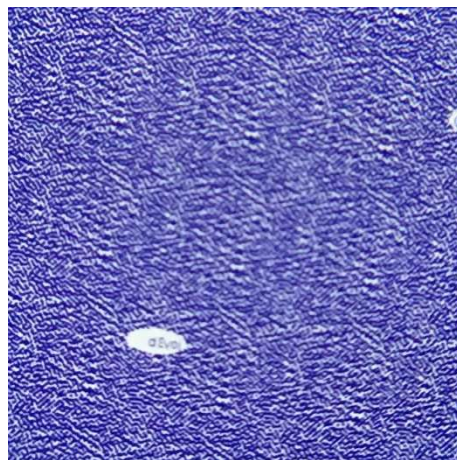
ViewPlayCap軟體  
擷取鏡片圖案

### 利用imageJ軟體做FFT轉換

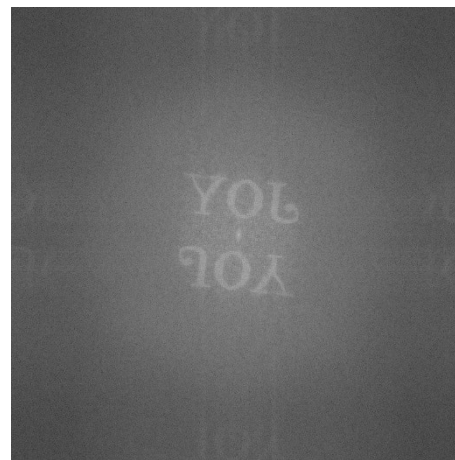




### 3) 一些好玩的傅氏轉換



上圖鏡片圖案



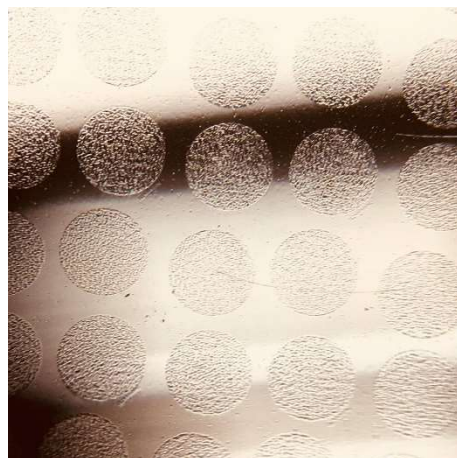
imageJ軟體之FFT轉換圖



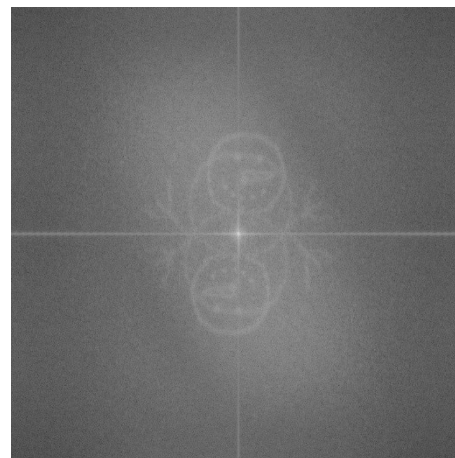
雷射轉換圖



### 3) 一些好玩的傅氏轉換



上圖鏡片圖案

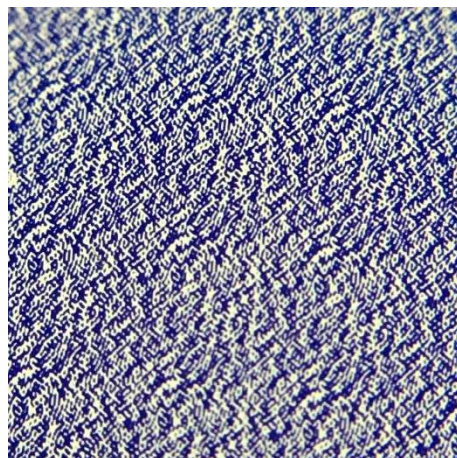
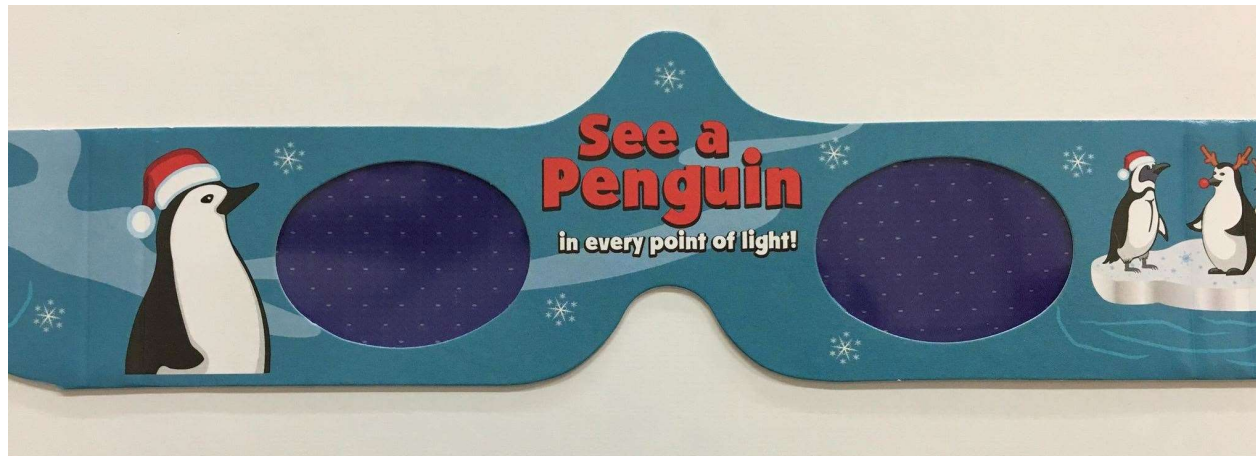


imageJ軟體之FFT轉換圖

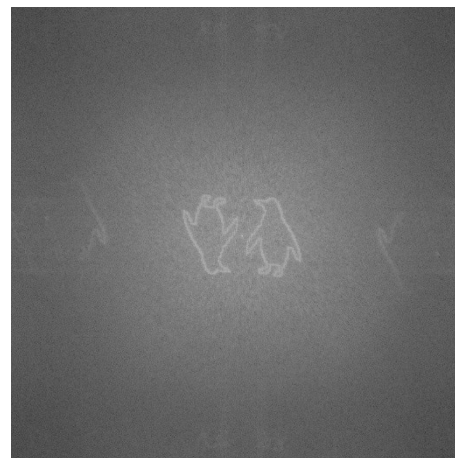


雷射轉換圖

### 3) 一些好玩的傅氏轉換



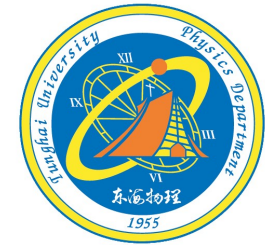
上圖鏡片圖案



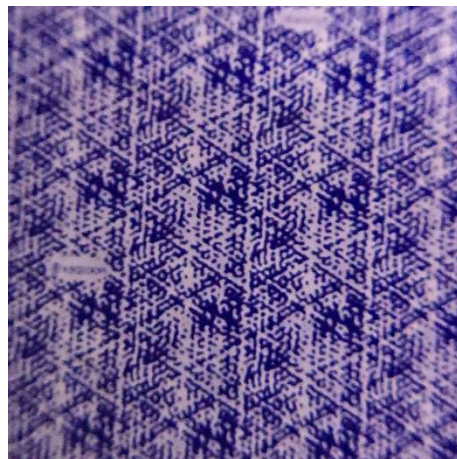
imageJ軟體之FFT轉換圖



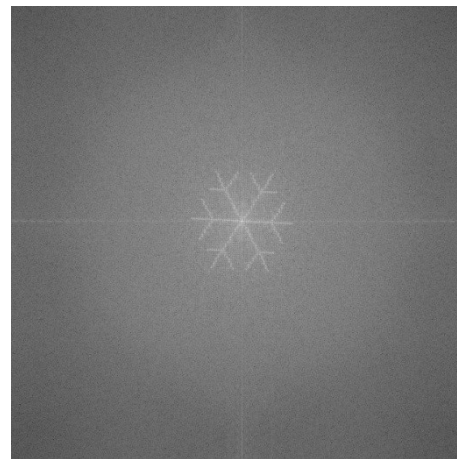
雷射轉換圖



### 3) 一些好玩的傅氏轉換



上圖鏡片圖案

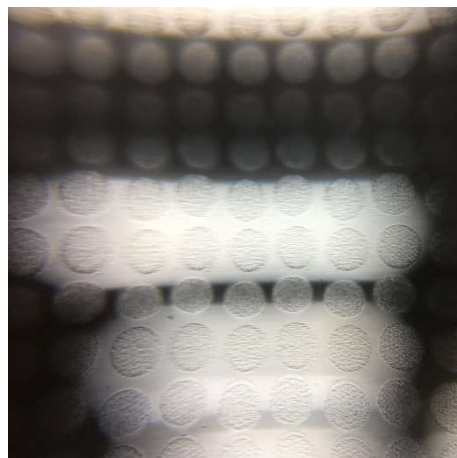
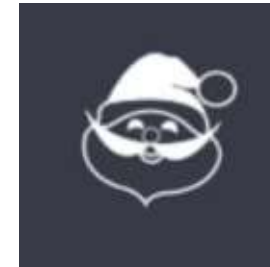


imageJ軟體之FFT轉換圖

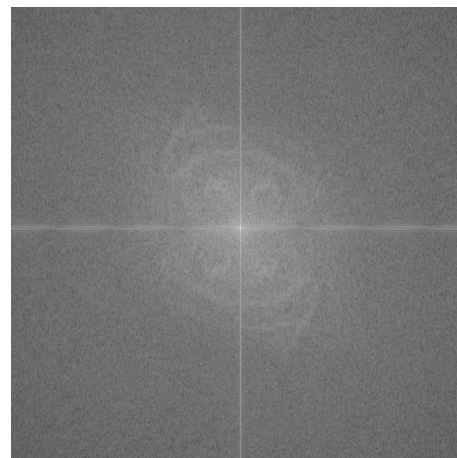


雷射轉換圖

### 3) 一些好玩的傅氏轉換



上圖鏡片圖案



imageJ軟體之FFT轉換圖

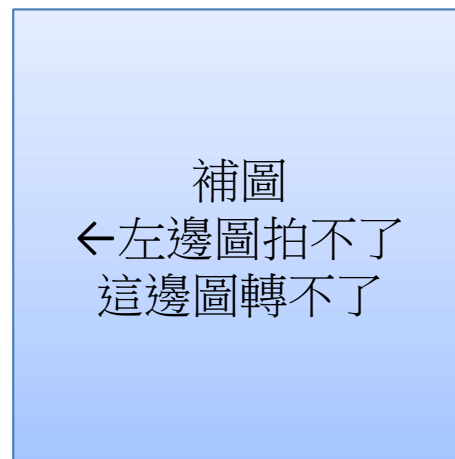


雷射轉換圖

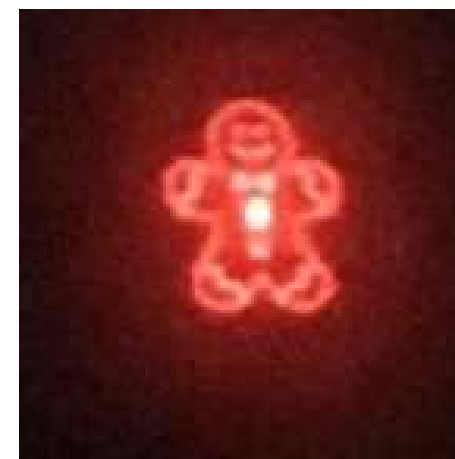
### 3) 一些好玩的傅氏轉換



上圖鏡片圖案

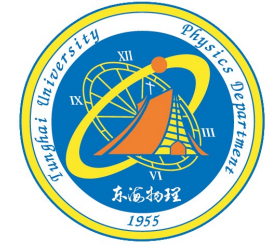


軟體之FFT轉換圖



雷射轉換圖



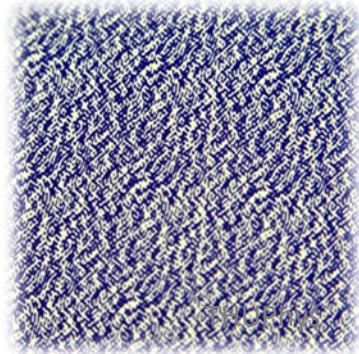


### 3) 一些好玩的傅氏轉換

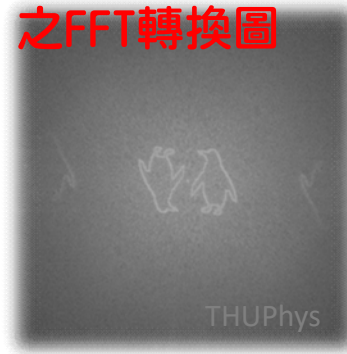


←  
報告圖要求整理的格式 (1)

上圖鏡片圖案



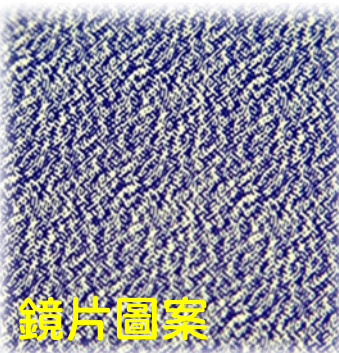
imageJ軟體  
之FFT轉換圖



雷射轉換圖



報告圖要求整理的格式 (2)

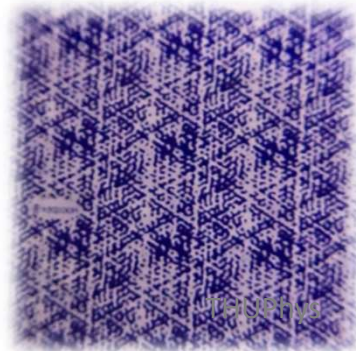




### 3) 一些好玩的傅氏轉換



上圖鏡片圖案



imageJ軟體  
之FFT轉換圖

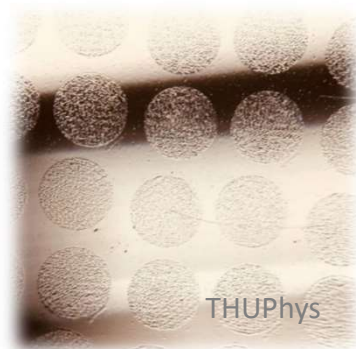


雷射轉換圖

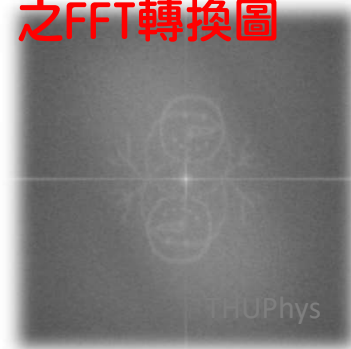




上圖鏡片圖案



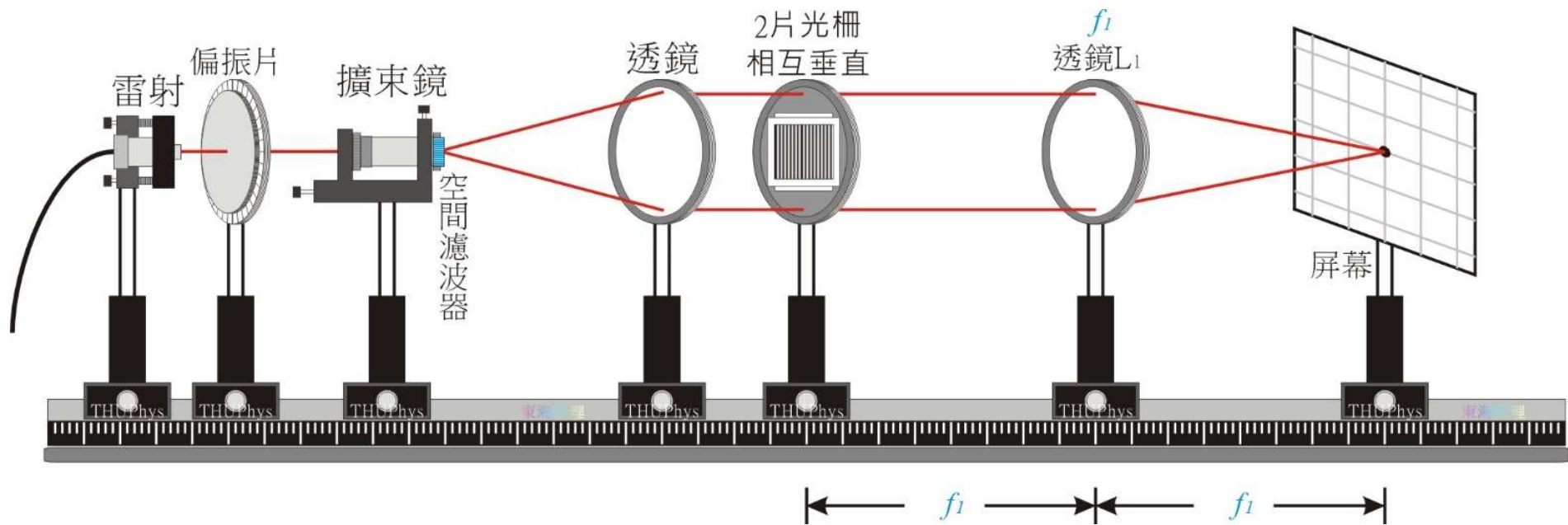
imageJ軟體  
之FFT轉換圖



雷射轉換圖



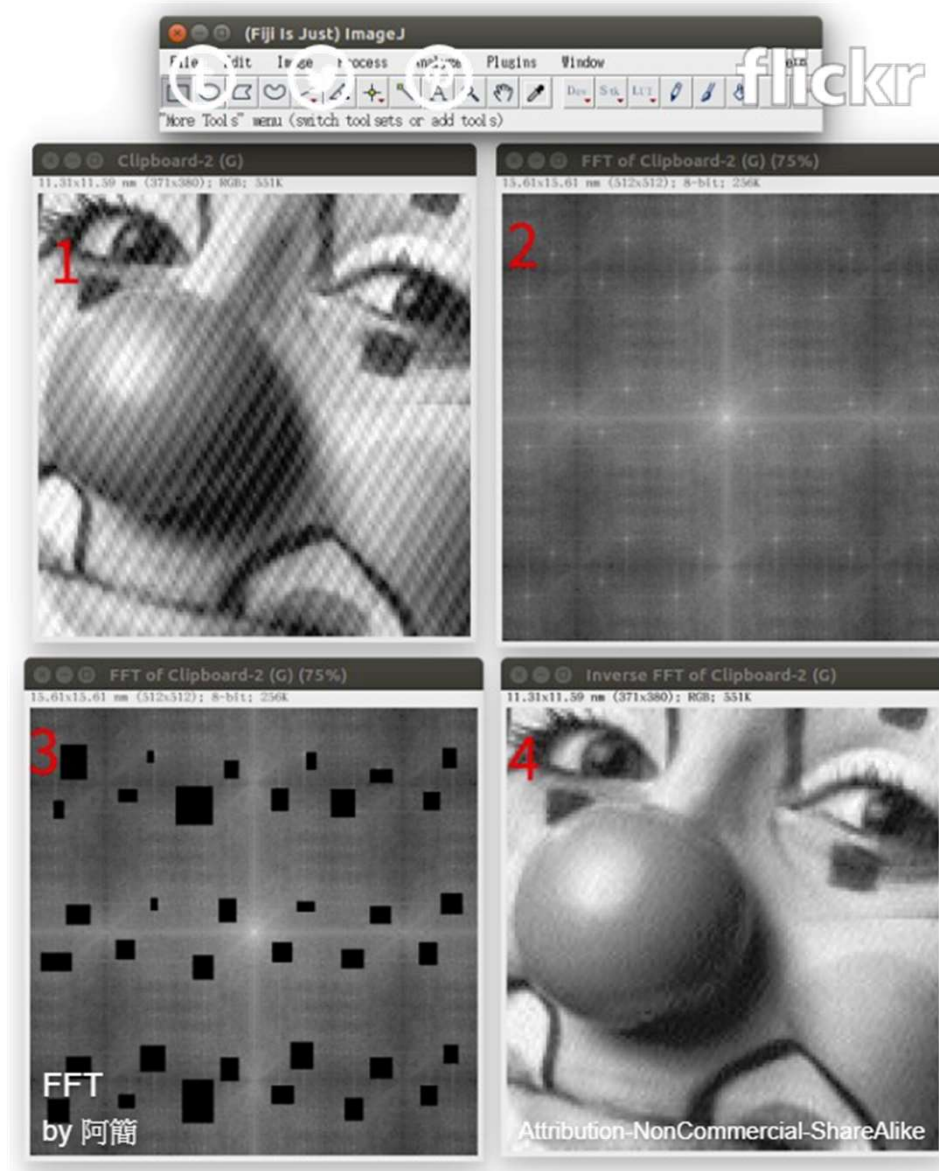
### 3) 光柵密度



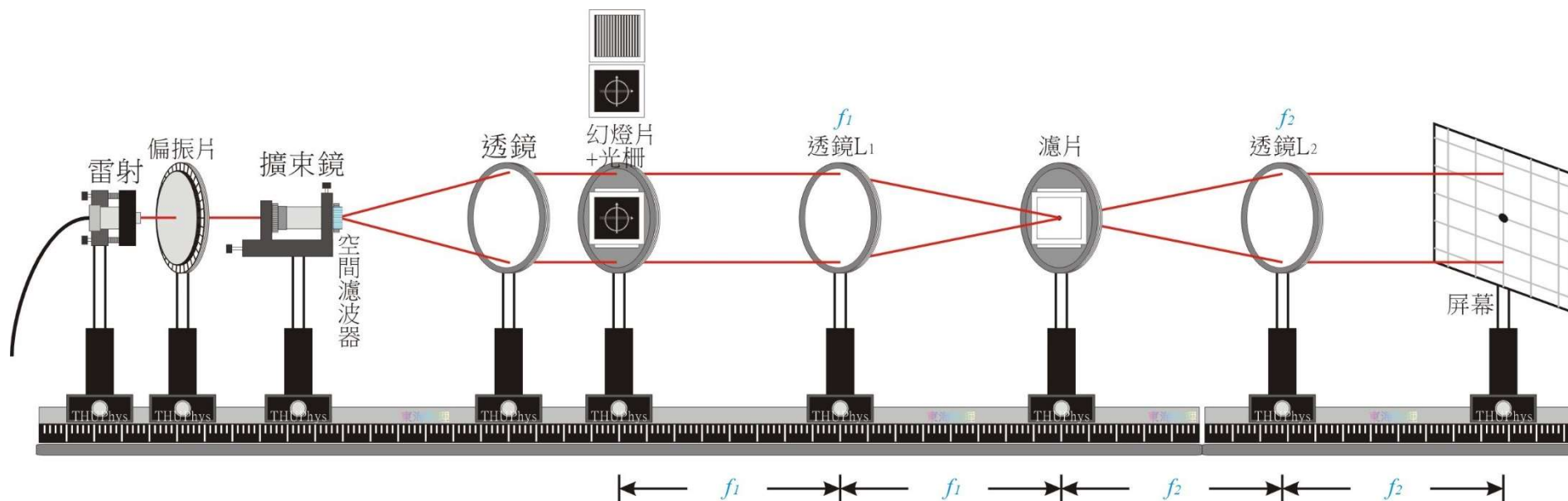
#### 4) 影像處理

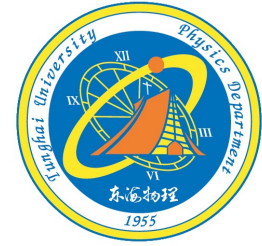
<http://a-chien.blogspot.com/2017/04/imagejfft.html>

1是原圖、4是處理後的圖片



### 4) 影像處理

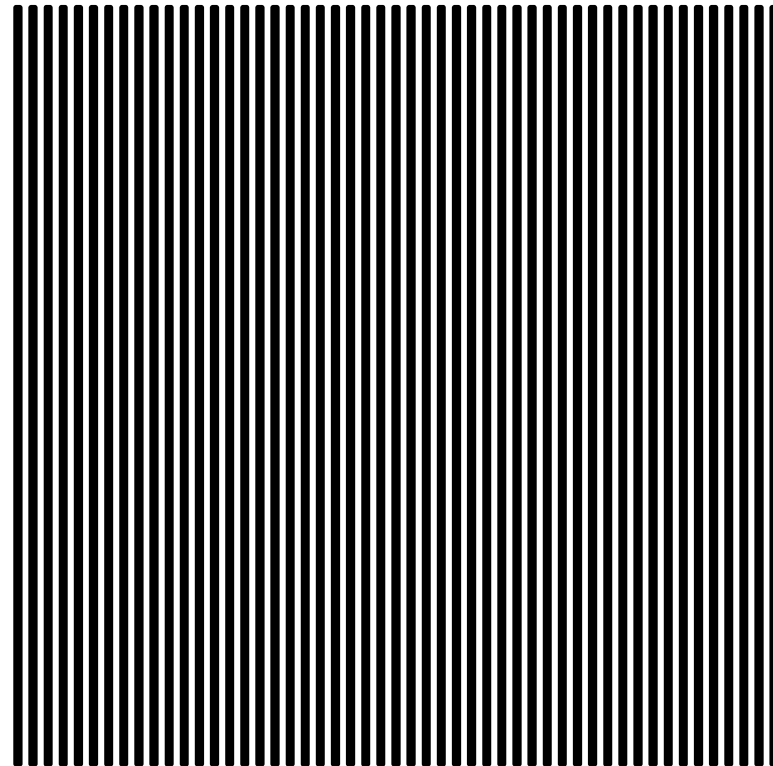
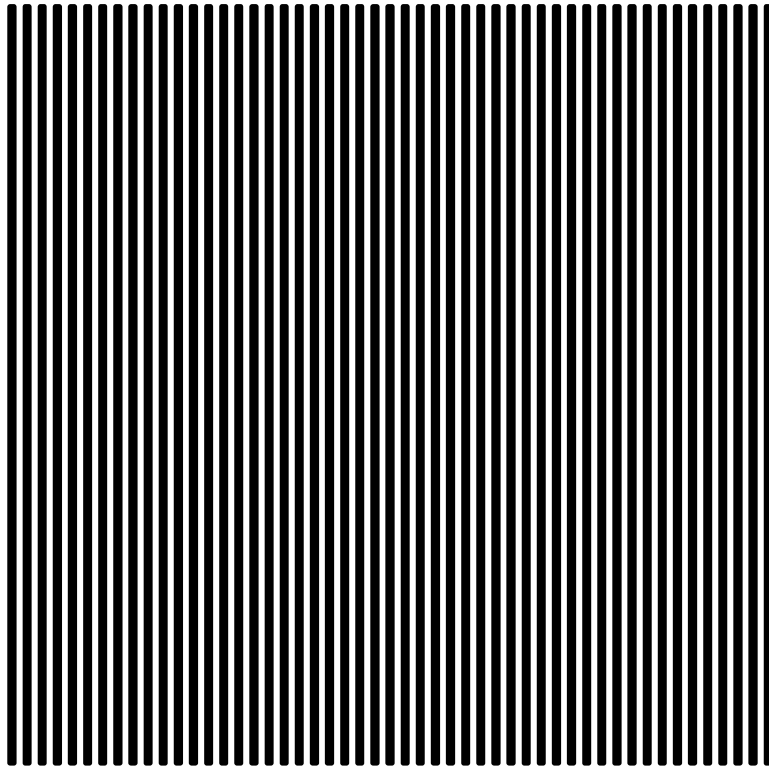




#### 4) 影像處理

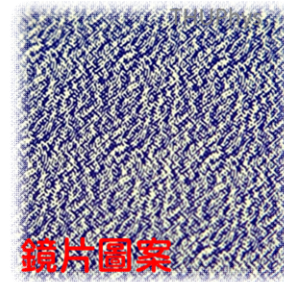
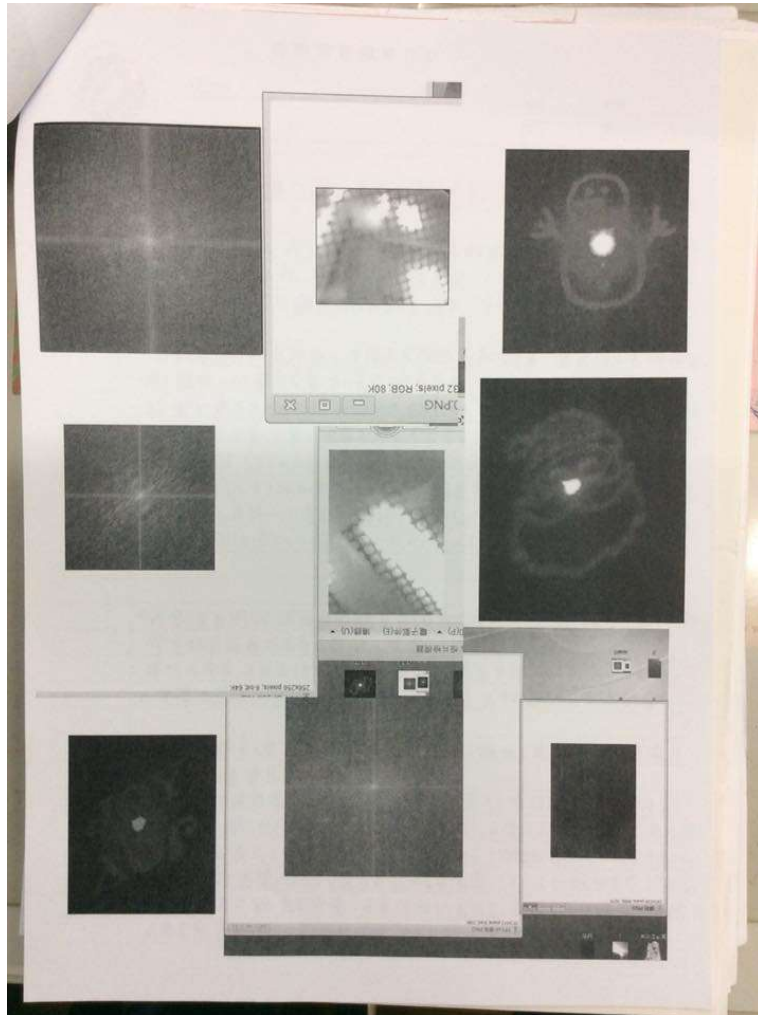
光柵

0.5mm

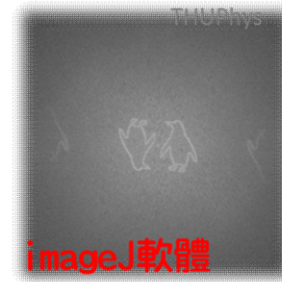




排版很重要！



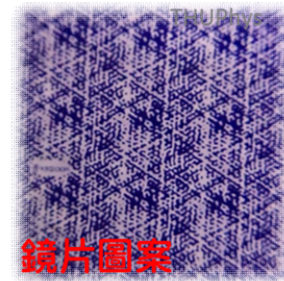
鏡片圖案



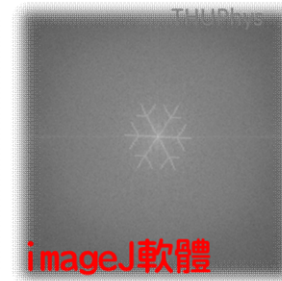
imageJ軟體  
之FFT轉換圖



雷射轉換圖



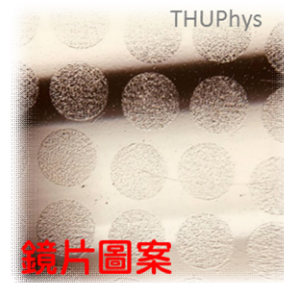
鏡片圖案



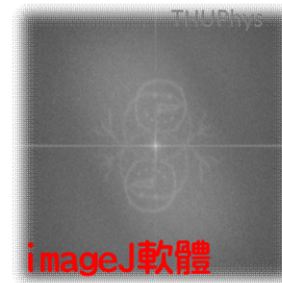
imageJ軟體  
之FFT轉換圖



雷射轉換圖



鏡片圖案



imageJ軟體  
之FFT轉換圖



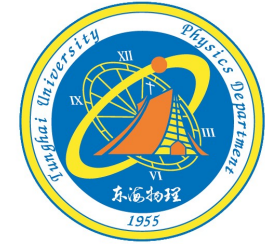
雷射轉換圖



## 【做完實驗助教要檢查以下項目】



- 1、一次轉換  
字母 A  
字母 I  
字母 X 的一次轉換片
- 2、二次轉換  
原物  
中間擋住  
中間通過  
水平濾片  
垂直濾片
- 3、imageJ轉換比較  
原圖+imageJ轉換圖+雷射光照圖



我們沒有最好  
只有追求更好

有空繼續補~~



東海大學應用物理學系  
地址：40704台中市西屯區東海大學BOX803  
電話：04-23590121\*32100  
網址：<http://physics.thu.edu.tw/>