

塑膠材質單狹縫繞射光強度圖形的干涉變化

羅道正

逢甲大學 光電學系暨物理教學研究中心

(投稿日期：民國 99 年 05 月 20 日，修訂日期：99 年 08 月 04 日，接受日期：99 年 08 月 18 日)

摘要：本文介紹在塑膠材質單狹縫繞射實驗之中可以觀察到的特殊干涉圖形，將實驗室觀察到的現象與 Matlab 程式模擬傅氏光學分析的結果予以比較討論，實驗設備包括 PASCO 電腦化狹縫實驗模組及自製的平移台和偵測器，其中自製的電動平移台(附光學編碼位移偵測)、和光強度偵測器以光資機電整合之教學目的設計製作，亦適合作為應用電子學的教具和專題實驗教材。

關鍵詞：單狹縫、雙狹縫、繞射、干涉、光強度

壹、緒論

一、研究動機

最近在電腦化普通物理實驗室看大一學生做 PASCO 公司設計之狹縫光學實驗結果時，注意到了一個相當奇特之現象，原來應該是平滑曲線的單狹縫繞射強度分佈圖形居然在頂端凹陷或是還長出尖銳的小角如圖 1。

第一次看到圖 1 的實驗結果時，還以為是該組學生的手抖動所造成的，並沒有深入探究，等到實驗室下課後收集學生的數據查驗時，發現 24 組相同實驗設備的學生結果大都有類似的干擾出現，再分析干擾出現的位置，可以確認只有出現在圖形頂端附近。依

據常理判斷，這如果是因為操作者手部抖動所造成的影響，應該不會都只出現在圖形頂端附近，而其餘位置就都沒有異常的圖形變化。本研究的動機即來自於想找出單狹縫繞射實驗光強度圖形特殊變化的合理解釋。

二、研究目的

首先當然要以科學方法確定圖形異常是不是操作者手部抖動所造成的，然後要找出問題到底出在那裡。回想十年前物理教學研究中心引進電腦化普通物理實驗後，曾親自作過很多次測試，結果都和理論預測完全符合，因此本研究的主要目的在於找出目前實驗設備出現的問題，並尋求一個能合理解釋的結論。

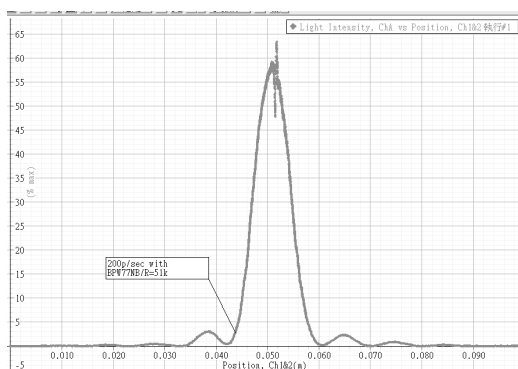


圖 1：學生繳交的單狹縫實驗結果

同時也想要藉由這個極為重要的基礎科學實驗項目，建立一套光資機電整合的演示教學教具。

貳、相關文獻探討

一、理想的單狹縫繞射強度圖形

單狹縫的 Fraunhofer 繞射強度圖型在絕大多數普通物理書本之中都找得到[1]，如果用 Matlab 程式模擬傅氏光學分析的結果，可以得到如圖 2 的理論值。將圖 1 的實驗值與圖 2 的理論值加以比較，原來應該是平滑曲線的單狹縫繞射強度分佈圖形居然在頂端凹陷而且還長出尖銳的角，這也就是本研究標的物之藏身所在處。

圖 2 所使用的一維單狹縫繞射 Matlab 程式如下：

```
close all;
clear all;
x=linspace(-5,5,1000);
E0=zeros(1,1000);
E0(496:505)=1;
E0=E0;
fx=linspace(-50,50,1000);
A0=fftshift(fft(E0));
```

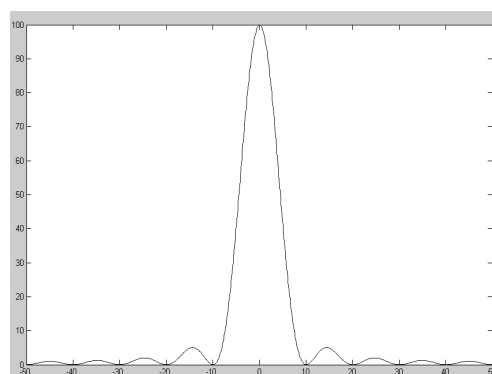


圖 2：Matlab 模擬的理想單狹縫繞射強度

figure;

plot(fx,abs(A0).^2);

程式中 $x=\text{linspace}(-5,5,1000)$ 是狹縫的空間向量宣告， $E01=\text{zeros}(1,1000)$ 和 $E01(496:505)=1$ 是中央 100% 穿透的理想單狹縫， $fx=\text{linspace}(-50,50,1000)$ 是屏幕位置的程式空間向量宣告，在 $A0=\text{fftshift}(\text{fft}(E0))$ 之中， $\text{fft}(E0)$ 計算一維陣列 $E0=E01$ 的離散傅利葉轉換， $\text{fftshift}(\text{fft}(E0))$ 將離散傅利葉轉換後頻域的原點移動到頻域範圍的中間，使用 Matlab 程式而避開傳統數學推導的好處是 Matlab 可以直接繪圖呈現，充分利用今日電腦硬體及軟體的優點。

二、可能影響繞射強度圖形的真實物理條件

雖然根據我多年以來的觀察，通常電腦化的普通物理實驗都輕鬆愉快，學生在很短的操作時間內都能集中注意力全力以赴的快樂學習，人為疲勞誤差機會甚小，但為了要確實排除人為因素，首先我用電動平移台取代 PASCO 原廠搭配的手動式位移感測器，這個改變立刻可以排除操作者手部不穩的懷疑，確認操作者手部抖動與圖形之異常變化是無必然關連的。

再更換一具確認過沒有問題的光強度偵

測器搭載在電動平移台上。甚至將半導體雷射光源換成同調條件較佳的氦氖氣體雷射光源，結果還是會出現和圖一相同的普遍現象，顯然有些機電以外的光學物理條件該注意卻沒有考慮周全。

還好系統不大，最後的確認動作只剩下 PASCO 的塑膠狹縫模組，這個看起來最乖乖牌的塑膠狹縫有什麼問題呢？和系上研究光干涉的同事討論之後，借來金屬材料製作的單狹縫試用，果然證實問題是出現在塑膠製作的狹縫模組。這一批使用了 10 年的 PASCO 塑膠狹縫模組確實是開始出現了金屬單狹縫所不會有的特殊光學干涉條件。

參考資料[2]、[3]是理工科大學部常用的光學課本，對於光干涉條件的分析包含相位變化不會隨時間改變的同調光源、光程差造成的相位變化、以及同調光在路徑上反射時的相位變化有詳細的介紹，在修正光程差造成的相位變化、以及修正同調光在路徑上反射時的相位變化時，所使用的數學分析依據即來自於此，使用 Matlab 程式模擬傅氏光學分析的數學指令部份可以參考[4]。

參、研究工具與方法

一、研究工具

實驗用的 PASCO 750 介面匣取樣率達 20kHz (如圖 3)，搭配 datastudio 軟體，是非常簡單好用的 USB 傳輸介面資料擷取裝置。

750 介面匣搭配旋轉式光學編碼位移偵測器及光強度偵測器模組，對半導體雷射光通過塑膠狹縫模組的繞射光強度量測，即為電腦化普通物理實驗室的狹縫實驗模組(如圖 4、5)。為了排除人為失誤、電氣雜訊、及塑膠狹縫模組的可能干擾因素，實驗需要的工具有：附光學編碼位移感測器的電動平



圖 3：PASCO 的 750 介面匣

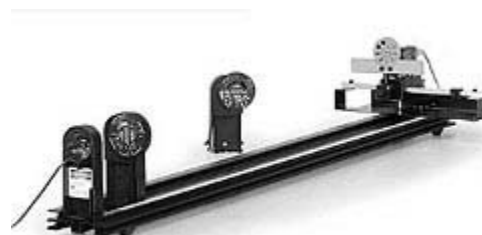


圖 4：PASCO 的單狹縫實驗配置

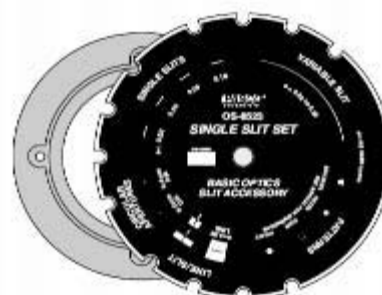


圖 5：PASCO 的塑膠單狹縫

移台、光強度偵測器以及金屬材料製作的單狹縫。

除了上述硬體設備之外，Matlab 軟體是這研究所需要的重要數學工具，可以搭配個人電腦，在顯示器上快速模擬理論預測的結果。

一、研究方法

對於已經知道正確理論預測及理想實驗結果的實驗設備進行除錯，置換可能出錯的儀器項目是最簡單的工作方法。改用電動平

移台取代 PASCO 原廠搭配的手動式位移感測器，可以排除人為因素。更換確認過沒有問題的光強度偵測器，可以確認與電子雜訊無關。以金屬材質製作的單狹縫置換塑膠狹縫模組，立刻找出問題是出現在塑膠狹縫模組。

爲了找出目前塑膠狹縫模組出現干涉問題的合理論述，採取的研究方法是以 Matlab 程式模擬出可能的繞射光波，然後在屏幕位置計算線性疊加後的振幅，再取振幅絕對值的平方爲強度，即可對屏幕位置繪圖。如果修改波函數參數之後得到模擬的結果和實驗的結果相同，即可由波函數參數的物理意義瞭解塑膠狹縫模組目前的干涉問題。

肆、軟體及硬體的製作

一、真實塑膠狹縫的程式模擬

同調光波疊加後造成建設或是破壞性干涉之理由主要是光程差和介面反射條件所共同造成的，因爲出現額外干涉變化的位置十分集中，依據單狹縫寬度爲 a 的繞射第一暗紋位置在：

$$a \sin\theta = m\lambda$$

顯然有入射時範圍比狹縫寬度大很多的額外同調光波參與干涉，如果這是因爲塑膠狹縫經過 10 多年的使用之後自然老化破壞失去彈性，加上表面阻隔透光塗料的熱漲冷縮慢慢產生了細微的裂縫，因而造成表面的 100% 阻隔透光條件被部份破壞，那光束截面相當大的半導體雷射光的確有大面積少量穿透的條件出現，根據以上推論可以設計出 $E02(101:495)=0.001$ 和 $E02(506:900)=0.001$ 。

$E02(101:495)$ 和 $E02(506:900)=0.001$ 是假設有 0.1% 的裂縫穿透條件，斜向修正 $k=5$ 則 $E02=E02.*\exp(i.*x*5)$ ，用 $E02$ 表示這些變

化，將圖 2 所使用的 Matlab 程式修改如下：

```
close all;
clear all;
x=linspace(-5,5,1000);
E01=zeros(1,1000);
E01(496:505)=1;
E02=zeros(1,1000);
E02(101:495)=0.001;
E02(506:900)=0.001;
E02=E02.*exp(i.*x*5);
E0=E01+E02;
fx=linspace(-50,50,1000);
A0=fftshift(fft(E0));
figure;
plot(fx,abs(A0).^2);
```

模擬的結果如圖 6，將圖 6 與圖 1 加以比較，只能確定有入射時範圍比狹縫寬度大很多的額外同調光波參與干涉是正確的推論，這相當於實驗用半導體雷射打在塑膠狹縫的受光區域有阻隔透光條件被部份破壞。至於直接設定斜向修正的部份則無法提供足夠的破壞性干涉條件讓強度分佈陡降，只會造成擾動的位置左右移動。

將程式中的 $E02$ 加上由光程差和介面反射條件所共同造成的相位變化分析如下。若是以小角度入射來看介面反射條件，則 2 次皆爲密介質對疏介質的介面反射相位總變化應該是可以視作沒有改變而可以忽略，剩下由光程差造成的常數相位變化 Φ ，因此修改模擬 $E02=E02.*\exp(i.*x*5+\Phi i)$ ，塑膠狹縫模組的真實厚度顯然非固定值，如果令 $\Phi=3$ (或是 $\Phi=\pi$)，再次模擬的干涉結果如圖 7。將圖 7 與圖 1 加以比較，這種光程差和介面反射條件所共同造成的常數相位變化足以提供足夠的破壞性干涉條件讓強度分佈陡降。

這條件相當於實驗用塑膠狹縫模組被半導體雷射打到的受光區域的確有部份阻隔透

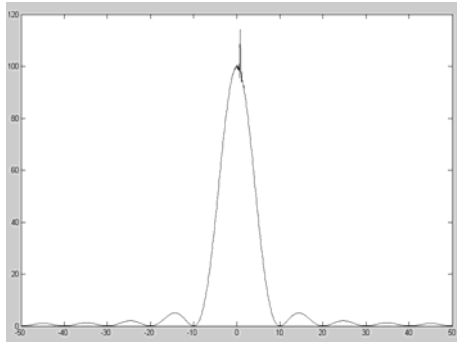


圖 6：E01+E02 的繞射疊加

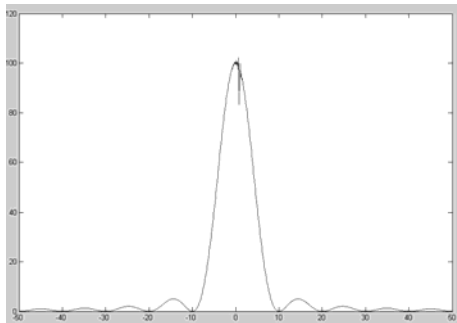


圖 7：E01+E02 的繞射干涉

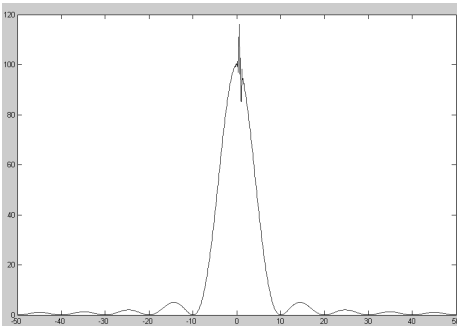


圖 8：E01+E02+E03 的繞射干涉

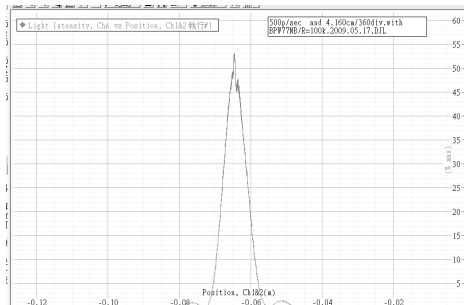


圖 9：和圖 8 相似的真實驗結果

壞。進入塑膠狹縫受光區域的雷射光，在塑膠材料和空氣的介面被反射 2 次後，再透射到達屏幕即為 $E02=E02 \cdot \exp(i \cdot x \cdot 5 + \Phi i)$ 其中常數 $\Phi=3$ 如果改為 $\Phi=2 \cdot \pi$ 則有圖六的效果。模擬至此大致可以歸納出真實塑膠狹縫模組的 Matlab 程式可以是：

```
close all;
clear all;
x=linspace(-5,5,1000);
E01=zeros(1,1000);
E01(496:505)=1;
E02=zeros(1,1000);
E02(101:495)=0.001;
E02(506:900)=0.001;
E02=E02.*exp(i.*x*k);
E03=E02.*exp(i.*x*k+Phi*i);
E0=E01+E02+E03;
fx=linspace(-50,50,1000);
A0=fftshift(fft(E0));
figure;
plot(fx,abs(A0).^2);
```

其中 E02 和 E03 分別表示斜向修正同為 k 的同調雷射光，如果令 $k=3$ 且 E02 和 E03 有光程差 $\Phi=3$ ，則可以得到模擬的干涉結果如圖 8，圖 9 是數據之中和圖 8 相似的真實驗結果。

二、電動平移台

本研究同時想要建立一套光資機電整合的演示教學教具，所以研究自製附位移感測器的電動平移台。為了節省耗材開支，因此利用資源回收的噴墨式印表機做為機械零組件的來源，噴墨印表機大致上可以依據有沒有 USB 傳輸介面功能來區分問市的先後，早期的噴墨式印表機使用 LPT 埠作為傳輸介面，內部以開迴路控制的步進馬達為主。現

光構造已經因為超過使用年限而有部份被破

在的噴墨式印表機使用 USB 傳輸介面，內部使用的馬達以閉迴路控制的直流小馬達為主，閉迴路控制搭配的感應器通常是光學編碼器，比開迴路控制的舊機型成本低、動作快、且更精準。

自製的附位移感測器電動平移台採用資源回收之 EPSON 400 噴墨式印表機為承載主體，EPSON 400 有相當重的金屬架構及足夠大的墨水匣容納區，沉重的金屬架構有利於近似光學桌的抗震條件，足夠大的墨水匣容納區可以設置光強度感測器固定座以及安裝位移感應器讀取頭。

EPSON 400 內墨水匣承載模組移動時使用的馬達是低轉速大扭力的步進馬達，以步進馬達採用開迴路控制驅動的優點是控制模組設計容易，市面上有很多現成的驅動控制 IC 供應，其中 TA8435H 微步進式驅動 IC 對於簡易電動平移台來說十分適合，以 TA8435H 原廠提供的 datasheet 為依據，加上 7805 穩壓 IC 電源供應模組以及用 555 計時 IC 製作的可調時脈模組設定轉速即可使步進馬達開始轉動。

為了限制電動平移台移動時的左右極限以免發生碰撞卡住的意外事故，必須在兩側適當處安裝步進馬達自動反轉控制器，利用 EPSON 400 印表機原本就有安裝的一些小型光電遮斷器即可勝任自動反轉感應器，以 74 系列 TTL 邏輯 IC 組合為 Set-Reset 控制模組 (R-S 正反器) 即可控制步進馬達自動反轉。

TA8435H 微步進式驅動 IC 的電源有分控制部份和驅動部份，控制部份由 7805 穩壓 IC 電源供應模組直接提供，驅動部份可以追加致能控制模組並且連接到 PASCO 750 介面匣的函數訊號輸出端，利用 datastudio 軟體的設定達成遙控電動平移台的目的，有遙控起動功能的電動平移台可以讓使用者在電腦顯示器螢幕上直接以電腦滑鼠操作，不需

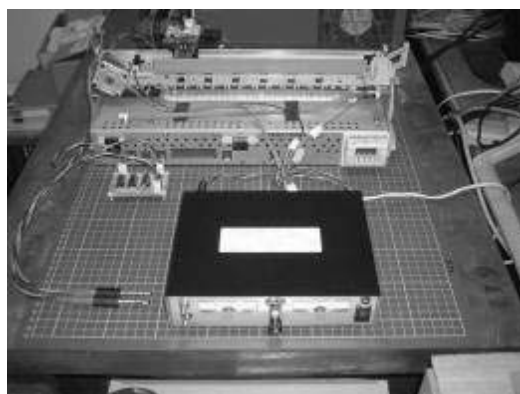


圖 10：自製附位移感測器的電動平移台

要在實驗桌來回走動造成額外的影響，平移台及控制器的照片如圖 10。

三、位移感測器

為了要搭配 PASCO 750 介面匣及 datastudio 軟體使用，在 EPSON 400 噴墨印表機改裝後的電動平移台上追加一組光學編碼位移感應器，零組件的來源為資源回收之 HP 640 噴墨式印表機，光學編碼位移感應器模組包含有光學尺條碼及部份其引張結構、讀取頭(如圖 11、12)。

首先在 EPSON 400 印表機上找出適當的位置安裝光學編碼位移感應器模組，然後將光學尺條碼的引張結構在該位置的左右固定，再將讀取頭安裝在墨水匣承載模組上，確認墨水匣承載模組移動時讀取頭可以通過光學尺條碼而且不會磨擦碰觸。

位移感應器必須要搭配的訊號處理電路是採用一般通用的模組 [5]，訊號輸出的兩個數位訊號端子必須是直徑 6.3mm 的立體音響端子，以便連接 PASCO 750 介面匣的數位訊號輸入端。

四、光強度感測器

搭載在墨水匣承載模組固定座之中的光

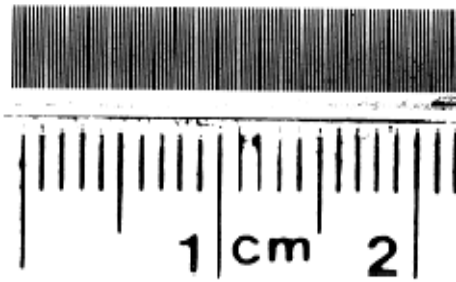


圖 11：印表機放大列印的光學尺條碼

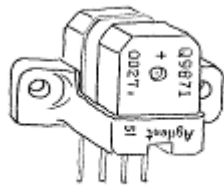


圖 12：光學尺讀取頭

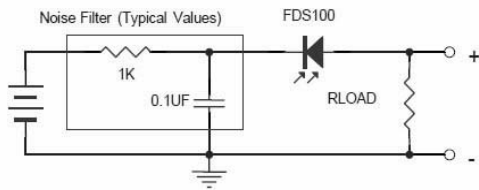


圖 13：FDS100 的光強度感測器電路



圖 14：光強度感測器內部

強度感測器可以是 THORLABS 公司的 FDS100 感光二極體，由於本實驗只需要相

對的光強度量測，因此可以省去校正的動作，以原廠 datasheet 提供的被動元件電路接線即可使用(如圖 13)。

圖 13 電路中的負載電阻將比例於光強度之光電流轉換為輸出電壓，使用者可以依據待測訊號之光強度而規劃為數個由指撥開關控制的切換電阻，電路的電源及訊號接線要與 PASCO 750 介面匣的 DIN8 類比訊號輸入端配合(在 PASCO 公司網站之產品說明書中有介紹)。

台灣市面上容易買到的日系產品 S1133(HAMAMATSU 的產品)也可以和 FDS100 互換，S1133 使用的感光矽晶片面積比 FDS100 稍為小一些，零售之 S1133 包裝內有提供光強度訊號放大的建議電路，使用運算放大器處理較弱的光強度訊號。如果直接用圖 13 電路的方式接線，效果也是可以的，照片如圖 14。

PASCO 公司的光強度偵測器是附大型聚光樹脂透鏡的 GaAs 光電二極體，市面也容易買到類似的商品，利用大型聚光樹脂透鏡可以節省 GaAs 晶片成本，但是有樹脂透鏡的感光二極體會較大的方向選擇性，比較適合有指向性的遙控模組使用，光強度感測器還是用沒有聚光樹脂透鏡的商品比較單純。

光強度感測器的前方當然應該要有可以選擇入射光通過量的光圈，利用同軸訊號線之 BNC 連接座改造的光圈接頭十分好用，多做幾組就可以視工作條件快速更換，附加的橫向面板則有助於架設光路時對準光線及提供感測器的指向參考，完整的光強度感測器照片如圖 15。

五、半導體雷射

選用之半導體雷射是功率大小為指示筆等級的模組，金屬結構封裝有利於散熱，選



圖 15：完整的光強度感測器



圖 16：半導體雷射光源



圖 17：手工自製的單狹縫

擇前端附有可以旋轉調整聚焦透鏡的模組較佳，可以視需要仔細調整平行聚光，半導體雷射光源的機殼安裝之後如圖 16。

六、金屬單狹縫

金屬單狹縫模組的製作是這個研究的硬體製作之中，我個人認為最挑戰耐性的項目，將角鋁材料鋸成小片，依序用小銼刀修整、粗磨刀石粗磨、細磨刀石細磨(最後研磨最少是 1200 號)。

先經過顯微鏡的品質檢驗確認，然後組合調整狹縫寬度，最後經過顯微鏡的檢驗，確認過寬度及是否兩邊平行良好才可以使用，拙作如圖 17 及附件之照片 1。

伍、結果與討論

一、研究結果

由學生實驗數據發掘出這個有趣的研究題目，經過一連串的努力及同事們的協助，本研究的結果到此圓滿告一段落，找出單狹縫繞射實驗之中，特殊干涉圖形來源是因為塑膠狹縫經過 10 多年使用之後自然老化加上人為清潔擦拭不當造成破壞的緣故，可以用 Matlab 軟體以電腦模擬出極為相似的實驗結果。

本研究附帶的成果是整套光資機電教學演示設備整合完成，其中每一個感測器模組的實做經驗都是電腦化普通物理實驗教學的重要輔助教具，設備整合之後於 PASCO 750 介面匣和 datastudio 的工作環境之下的確可以工作良好，自製的演示設備實驗結果如圖 18。

圖 18 表現不夠良好的地方應該是我個人製作金屬單狹縫的手工技術不佳，要手工研磨出可以用於單狹縫繞射的一組平行刀口是藝術等級的技術訓練，好像在手工研磨光學平面一樣必須全神貫注再加上顯微鏡的協助檢察，而且要一次做二個才能配成一對，刀口完成之後的平行固定也是要反覆調整很久之後才能達到工作條件。

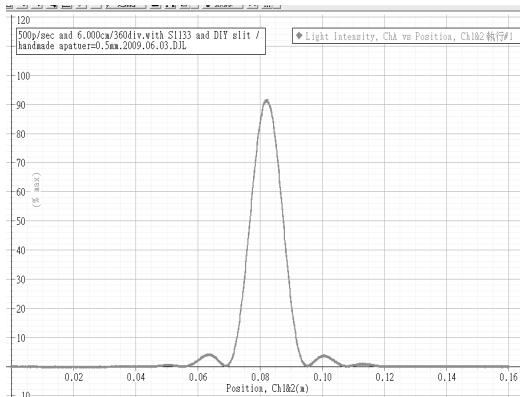


圖 18：全自製的自動單狹縫繞射實驗測量

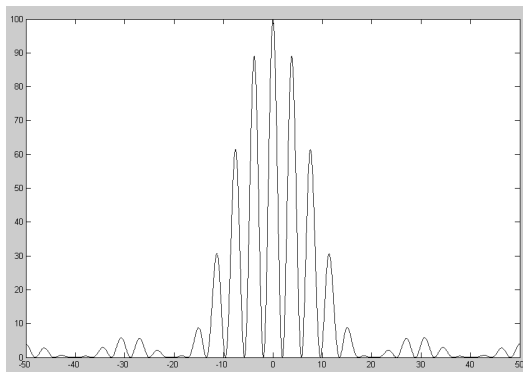


圖 19：理想的雙狹縫干涉圖形

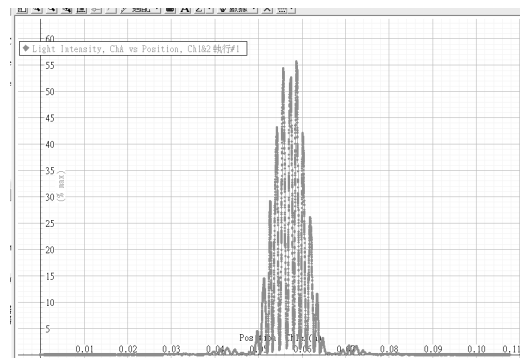


圖 20：塑膠雙狹縫劣化後的干涉圖形縫

二、討論

回顧整個研究過程，從決心找出原因開始，我一直在比較熟悉的機電感測控制領域尋找答案，完全未考慮要檢視我較少使用的

光學元件，直到機電問題全部都排除之後，才想到要面對這些光學元件的細節部份，藉著學生時代修習光學和傅氏光學的基礎，以及目前 Matlab 電腦軟體的數學工具簡單好用，終於找出問題的來源。這讓我想到一個發人深省的寓言故事，故事大意是某人晚上在路上遺失了鑰匙，他在路燈底下尋找鑰匙只是因為燈光在那裡，當然尋找鑰匙不能只找有燈光看得見的地方，也得仔細回想過程，尋找任何有可能遺失了鑰匙的地方。

研究結果是否能推廣應用應該是必要的檢驗，因為學生實驗模組中的塑膠雙狹縫老舊劣化條件應該和塑膠單狹縫差不多，所以是理想的驗證分析目標，如果用 Matlab 模擬理想的雙狹縫干涉強度：

```
close all;
clear all;
x=linspace(-5,5,2000);
E01=zeros(1,2000);
E01(985:989)=1;
E01(1011:1015)=1;
E0=E01;
fx=linspace(-50,50,2000);
A0=fftshift(fft(E0));
figure;
plot(fx,abs(A0).^2);
```

會得到理想的干涉強度圖形如圖 19：

塑膠雙狹縫老舊劣化後一樣會有本文討論的實驗現象發生，原來應該最大的中央部份有凹陷變化(如圖 20)。

如果加上老舊劣化修正的假設，Matlab 模擬如下：

```
close all;
clear all;
x=linspace(-5,5,2000);
E01=zeros(1,2000);
E01(985:989)=1;
```

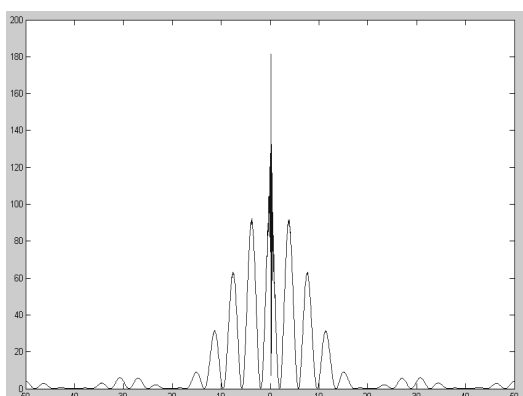


圖 21：假設的雙狹縫干涉圖形

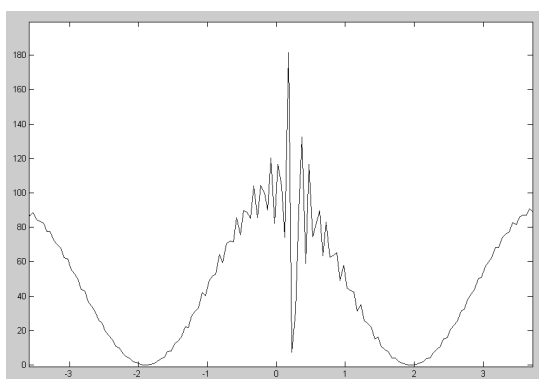


圖 22：圖 21 中央部份的放大

```

E01(1011:1015)=1;
E02=zeros(1,2000);
E02(201:984)=0.01;
E02(990:1010)=0.01;
E02(1016:1800)=0.01;
E03=E02.*exp(i.*x*3+3i);
E0=E01+E03;
fx=linspace(-50,50,2000);
A0=fftshift(fft(E0));
figure;
plot(fx,abs(A0).^2);

```

會得到的干涉強度圖形如圖 21:

以光強度感測器附加的光圈大小對照訊號分佈範圍來看，圖 19 的確是很有可能量的量測結果，Matlab 模擬塑膠雙狹縫老舊劣化時以塑膠材料內反射所造成的光程差為主要考

量因素。

陸、結論與建議

一、研究結論

便宜好用的塑膠狹縫應該會繼續是市場上的主流產品，學生仔細操作手動平移台即可達成實驗教學目的，應加強教育訓練避免有人為清潔擦拭塑膠狹縫造成表面破壞的遺憾發生，PASCO 設計的塑膠狹縫操作容易且功能齊全，在本校大一學生普通物理實驗室大量頻繁使用之下，壽命達到十年左右也是可以接受的。

金屬製作的可調寬度單狹縫比較不會發生老舊劣化問題，但是成本高出許多，比較適合高階光學實驗室使用。至於手工製作金屬單狹縫，我試過一次之後就不打算再做第二個，實在是太花時間了，還是買現成的吧。

二、教學相關的建議

普通物理實驗室助教的職前訓練及實驗室上課操作前，應該注意加強提醒學生不要隨意碰觸光學設備的元件表面。

進階光學實驗課可以將本文討論的現象當作實例，分別操作老舊劣化塑膠單狹縫和金屬單狹縫的繞射實驗及 Matlab 電腦模擬。

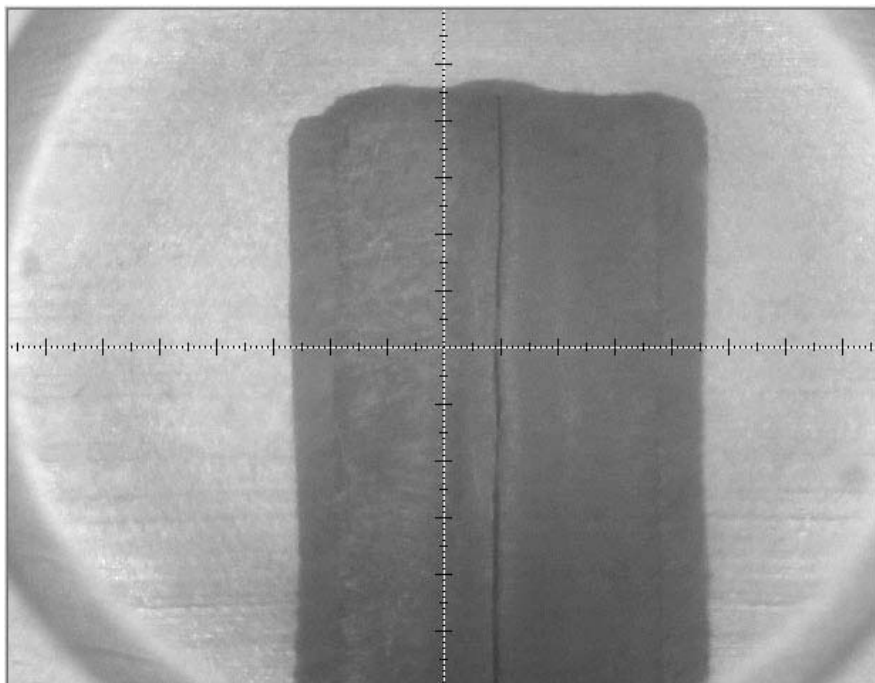
電腦化的普通物理實驗教學幾乎都在很短的操作時間內可以輕鬆完成，學生原來要一整個下午的疲勞操作被進步到幾分鐘的正確操作就能得到實驗結果，這也是科技產業生產製造自動化的普遍現況，引進電腦化的普通物理實驗教學，可以讓學生即早體驗產業實務趨勢。但為了要確實讓大一學生能了解實驗設備的原理及誤差範圍，應該要仔細介紹各種的感測器原理及可能的誤差來源，盡可能鼓勵學生做出完美的實驗結果。

用印表機改裝為電動平移台及自製光強度感測器花費不會太大，是適合光資機電整合的教學教具，可以提供大學部理工科高年級學生製作專題時的參考指引，光強度感測器的預備知識為微電子學，光學編碼位移感測器需要數位邏輯設計基礎，步進馬達加負載後的控制調整則參考線性控制系統，電路分析與本文離題太遠，歡迎有興趣的同好直接與我連絡討論。

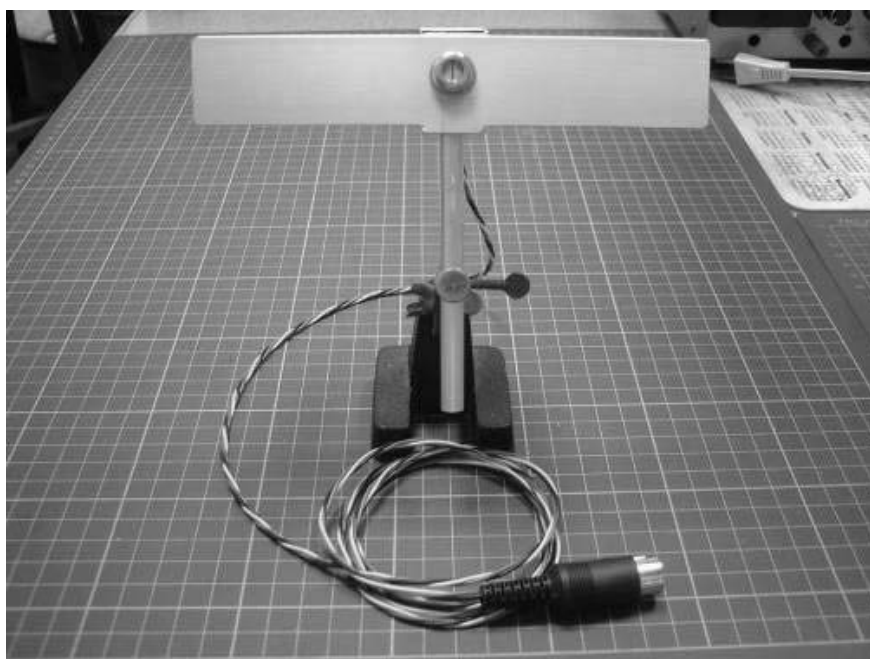
參考文獻

1. 洪維恩著(2008)，Matlab7 程式設計，旗標出版股份有限公司，P.20。
2. 曾明煥、楊慶隆編譯(1994)，新型感應器與保全電路，全華科技圖書，P.54。
3. Eugene Hecht, Alfred Zajac. Optics. (任何版本皆宜)。
4. Jewett/Serway. Physics for Scientists and Engineers. (任何版本皆宜)。
5. Joseph W. Goodman. Introduction to Fourier Optics. (任何版本皆宜)。

附件



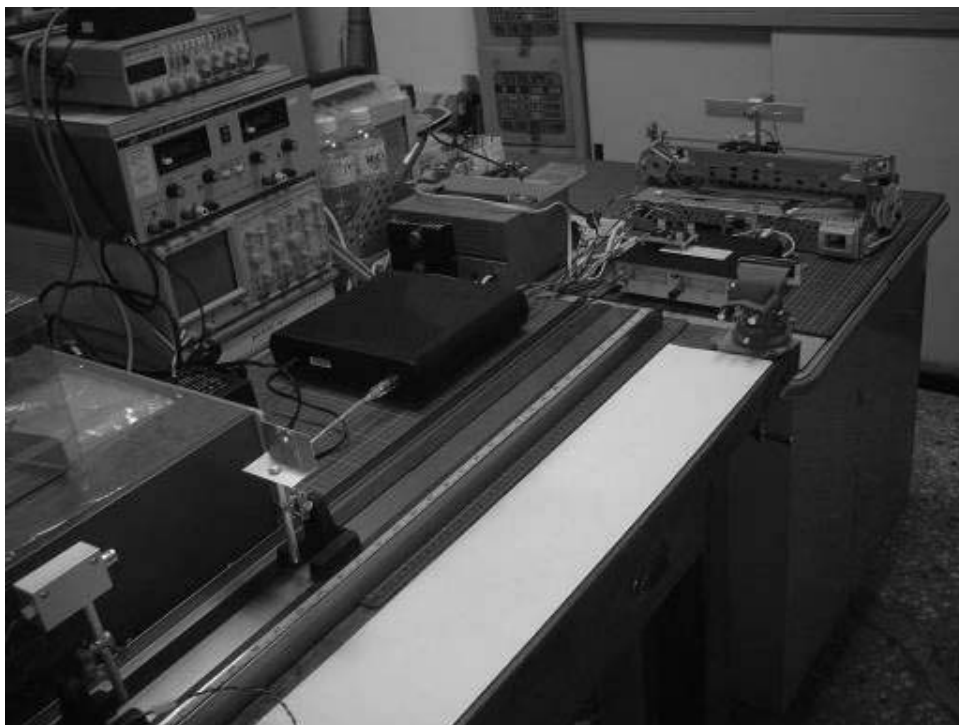
照片 1：圖 17 中手工自製單狹縫的顯微鏡放大圖(一大格約為 0.5mm)，單狹縫的設定寬度約為 0.05mm，顯然只有部份區域是可以使用的。



照片 2：光強度感測器裝上寬度為 0.5mm 的自製一維光圈



照片 3：完整系統配置右前視



照片 4：完整系統配置左前視

Deformations of The Plastic Single-Slit's Diffraction Pattern

Dau-Jeng Low
Feng Chia University

Abstract

The main purpose of this research is to find out what happens about some deformations of the plastic single-slit's diffraction pattern. Compare the student's experiment results with the theoretical solutions of Fourier optics derived by computer simulations (Matlab). Another purpose of this research is attempt to build compatible detectors of the PASCO 750 interface. The linear motion sensor and the light intensity sensor was successfully completed. The physics of these detector's are good topics of teaching application in our physics Labs.

Key words: Interference 、 Intensity 、 Single-Slit 、 Diffraction 、 double- Slits