

指導老師：李朱育 教授
 專題生：陳星佑、郭冠緯



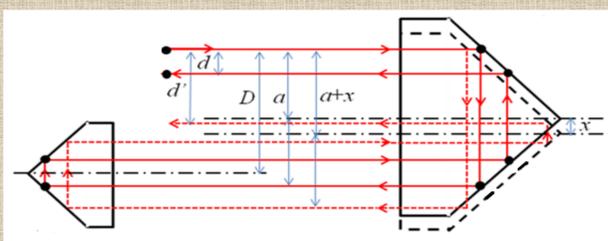
一、動機簡介

直線度量測是在一維方向上量測系統和理想直線之間的偏差，更是可以延伸到更多二維的量測如：真直度、真圓度及平行度等等。這些對於機械加工、機件組裝等工業上的應用是不可或缺的。

在今日科技逐日進步當中，直線度量測所需求之靈敏度也日漸增加。本專題將藉由幾何光學的方法設計出一個成本較低並且能提供最佳的靈敏度和精度之量測系統並驗證其可行性。

二、實驗架構設計

為了改良提高直線度量測系統之靈敏度和精度，我們設計利用兩個直角稜鏡將系統位移之偏差放大以達改良之目的。



如上圖所示，假設入射光和大的直角稜鏡間距離為 a ，入射光和小直角稜鏡間距離為 D ，大的直角稜鏡偏移量為 x ，偏移前雷射光源所發出之光線和最後射入四象限偵測器之前的距離為 d ，偏移後的距離為 d' 。如圖所示，偏移光線進入大的直角稜鏡後入射光和出射光之間的距離為 $2a$ ，之後我們可以得到雷射光源發出之光線和進入四象限偵測器之光線距離 $d=2x(2a-D)$ ；同理，在大的直角稜鏡偏移之後其入射光和出射光之距離為 $2(a+x)$ ，可推得 $d'=2x(2(a+x)-D)$ 。最後我們可導出大的直角稜鏡偏移造成最後光線偏移量等於 $d'-d=4x$ 。由上面的推導可以看到，這個系統能將待測之偏移量放大4倍，這將有助於提升我們測量的靈敏度。

三、四象限感測器

實驗中我們利用雷射光源並使用四象限感測器做訊號之接收。四象限感測器是將一個圓型的光敏面窗口分成四個面積相等、形狀相同、位置對稱的區域而形成。當光線照到四象限感測器上，A、B、C、D四個區域分別接收到不同的光強度經光敏電阻轉換形成電壓訊號輸出。

若四個方位所得電壓分別為 V_A 、 V_B 、 V_C 、 V_D 則X、Y方向的電壓通常以合差比的方式得出如下式：

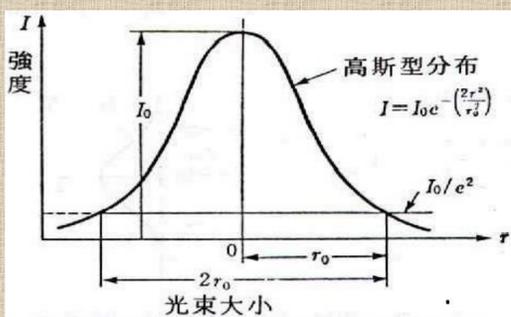
$$V_X = \frac{(V_B + V_D) - (V_A + V_C)}{V_A + V_B + V_C + V_D}$$

$$V_Y = \frac{(V_A + V_B) - (V_C + V_D)}{V_A + V_B + V_C + V_D}$$

則最後可藉由所得出之電壓換算成距離以達到量測之目的。

四、雷射光之高斯分布與解決方法

由於我們用的是四象限偵測器，是透過測量四個區域的光強度進而換算出X和Y方向的偏移量。然而雷射光的光強卻是高斯分布，如下圖所示。因此若是直接使用雷射光源，必會導致四象限偵測器所得出的結果產生失真。



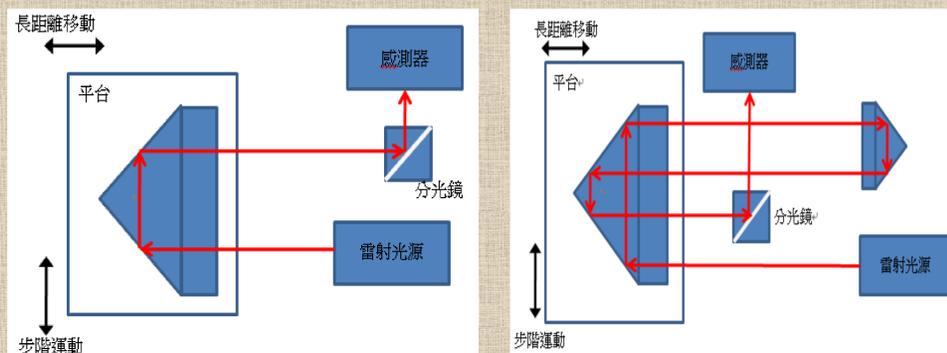
因此我們將在雷射之後利用擴束鏡將光束放大，再藉由光圈擷取雷射光中央部分，使光線之光強度達到接近均勻分布之效果。

五、實驗方法

為了驗證此架構的可行性，我們設計以下實驗來證明前面所推導的偏移放大量的正確性。如下圖所示，我們分別使用單一直角稜鏡和所設計的兩個直角稜鏡系統進行橫向步階運動和直線長距離移動之測量。在單一稜鏡實驗當中我們將直徑24.5毫米之稜鏡固定在位移平台使之可隨平台做垂直和水平方向的位移，並在最後利用分光鏡做為反射鏡的功能將雷射光改變方向，以解決感測器過大會擋到光路的問題。

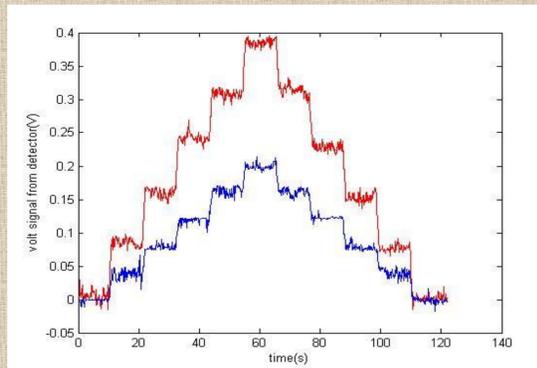
雙直角稜鏡系統類似於單一直角稜鏡系統，並在其中加入一個較小的10毫米直徑之直角稜鏡，以達到再次放大偏移量的效果。

實驗的結果應當可以看出雙直角稜鏡系統之偏移量為單一直角稜鏡之兩倍，而其中長距離移動實驗之結果可以用來修正移動的直線軌跡是否有偏轉。

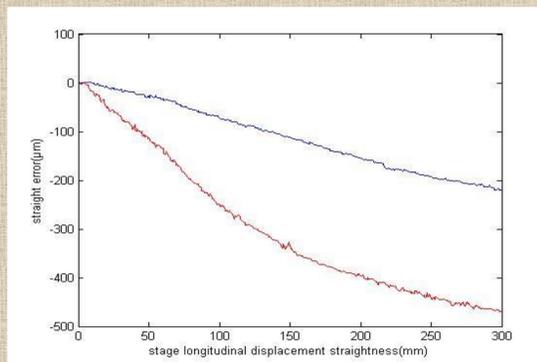


六、實驗結果與討論

為了證明雙稜鏡系統放大之偏移量為單一稜鏡之兩倍，我們分別將步階運動實驗和長距離移動實驗中單一稜鏡和雙稜鏡系統經LabView所得到的結果放在一起比較。由下圖可見，步階實驗當中，我們使用步階馬達在每步階中移動了相同距離，我們可以看到雙稜鏡系統每步階的電壓訊號為0.08V，而單稜鏡系統為0.04V，由此可見雙稜鏡系統相較於單稜鏡系統對於偏移量之放大倍率為兩倍，正如我們前面所得出之結論。



而在下圖中，我可以見到分別使用單、雙稜鏡系統在長距離運動實驗當中所得到的直線度誤差，我們可以看到這個實驗當中所移動的軌跡是不平行於雷射，而很明顯的雙稜鏡系統所得之電壓大於單稜鏡系統之，這又再次驗證了我們的系統能將偏移量放大以提升量測之靈敏度。



七、結論與展望

由上面的實驗可證明我們所設計之雙稜鏡系統在直線度量測當中可以達到放大偏移量的效果，並可藉此達到提升測量之靈敏度和精度，但是相對於單稜鏡系統，可量測之範圍也隨著偏移量的提升而下降。

在未來希望能找到方法改良這個缺點，將此系統更進一步的優化，並且利用其來進行更多的量測實驗以發掘更多不同的量測上的應用甚至是量測之外的應用。