

# 第三章 系統架構與量測步驟

## 3.1 實驗系統的架構

系統為白光干涉儀，光學架構選擇不同光路等光程的 Linnik 式干涉顯微鏡，主要是因 Linnik 架構可以使用較大倍率的顯微物鏡，來得到較佳的橫向解析度。在相移方法上，我們選擇消色差相移法，分別置於輸出端(像空間)和輸入端(物空間)來進行實驗。由於干涉儀對於環境的擾動非常敏感，需要在光學桌上架設，以降低干涉系統以外的環境影響。



### 3.1.1 輸出端消色差相移的系統架構[16]

實驗採用寬帶波段的白光光源(broadband white light source)，為 150W 石英鹵素鎢絲燈(Quartz Tungsten-Halogen lamp)。

**光路描述如下：**光源經由導光管(light guide)收光到系統入射。經過 50 倍顯微鏡(microscope)聚焦，並於後焦點附近放置針孔(pinhole)做空間濾波(spatial filter)，濾除高頻雜散光，提升光源品質。在針孔後方放置雙合透鏡(doublet lenses)(兩者距離為透鏡焦距)，擷取高斯光束中心區域，來模擬準直平行光。準直平行光先經過線偏極片(linear polarizer)夾方位角 45 度，使入射參考平面和待測面兩道光束強度相

同，以得較佳對比度。之後第一次經過分光鏡(beam splitter,BS)分光，再經過雙合透鏡變成收斂波，然後通過寬帶通偏極分光鏡(broadband polarizing beam splitter,PBS；P 光穿透、S 光反射)，P 光穿透到參考平面，S 光反射到待測面，兩道光分別會聚於顯微物鏡附近，最後光經過顯微物鏡(microscope objectives)後變成小口徑平行光，照射到參考平面與待測面上，光束反射原光路，再度經過 PBS(P 光再穿透；S 光再反射)及雙合透鏡變成準直平行光後，第二次經過分光鏡，使光路反射到 CCD 的方向上。兩束光偏極相互正交並不形成干涉，最後經過消色差波片組調制後，形成干涉，在 CCD 上記錄成像。

最後利用影像擷取卡擷取 CCD 傳送的干涉圖形，由個人電腦存入記憶體中，並從個人電腦監視器觀察干涉條紋。圖(3.1)為輸出端消色差相移的系統架構圖，圖(3.2)為輸出端消色差波片組的架構，圖(3.3)為 Linnik 式干涉顯微鏡架構照片，圖(3.4)為整個白光干涉系統架構的照片，表(3.1)為白光量測系統的光學元件表。

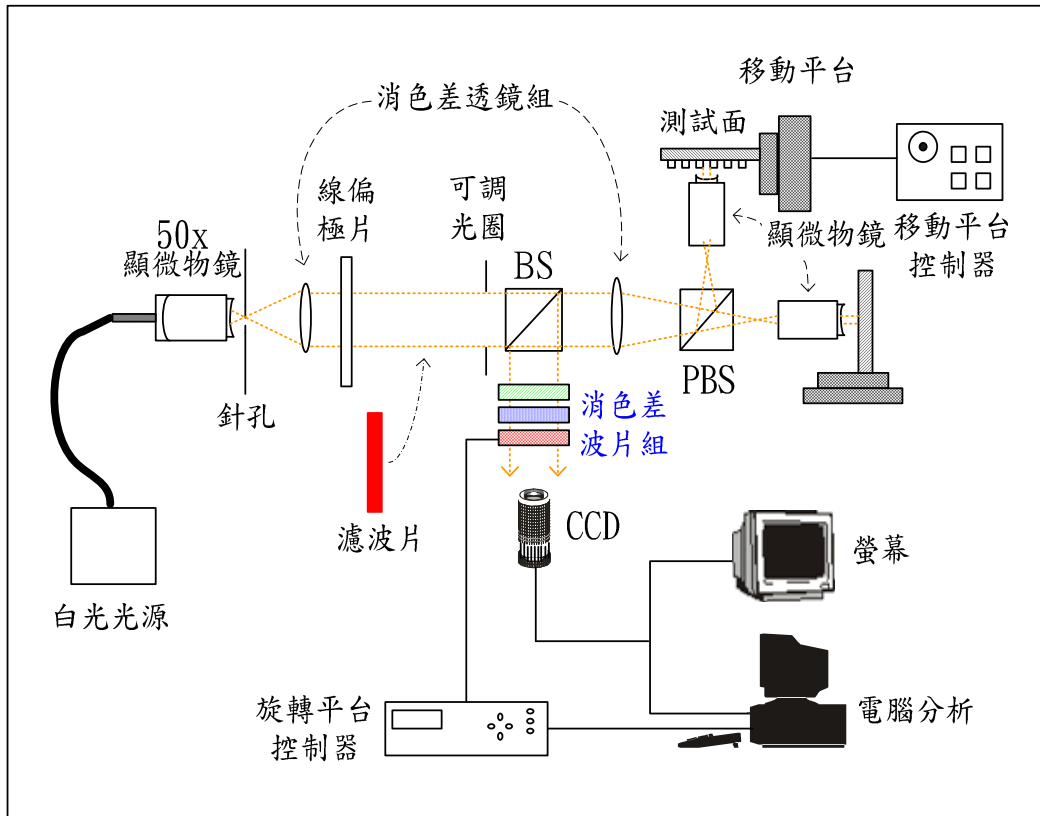


圖 3.1 輸出端消色差相移的系統架構圖

其中消色差波片組安排如圖(3.2)所示[16]

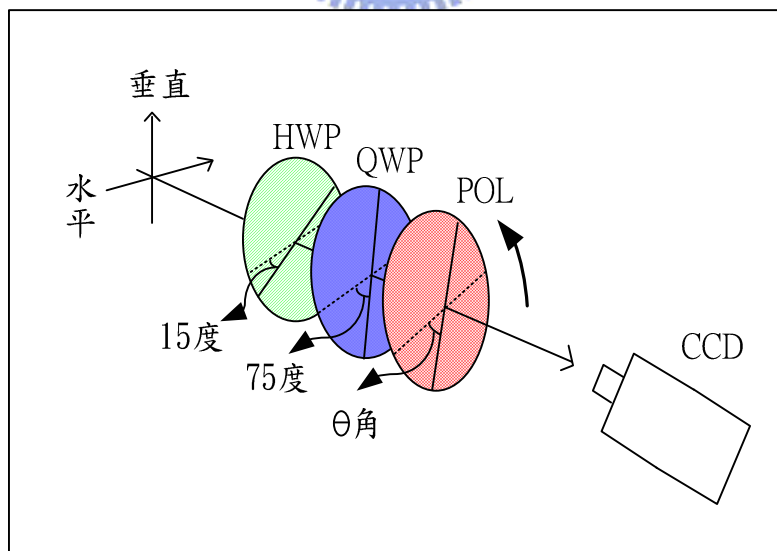


圖 3.2 輸出端消色差波片組架構圖

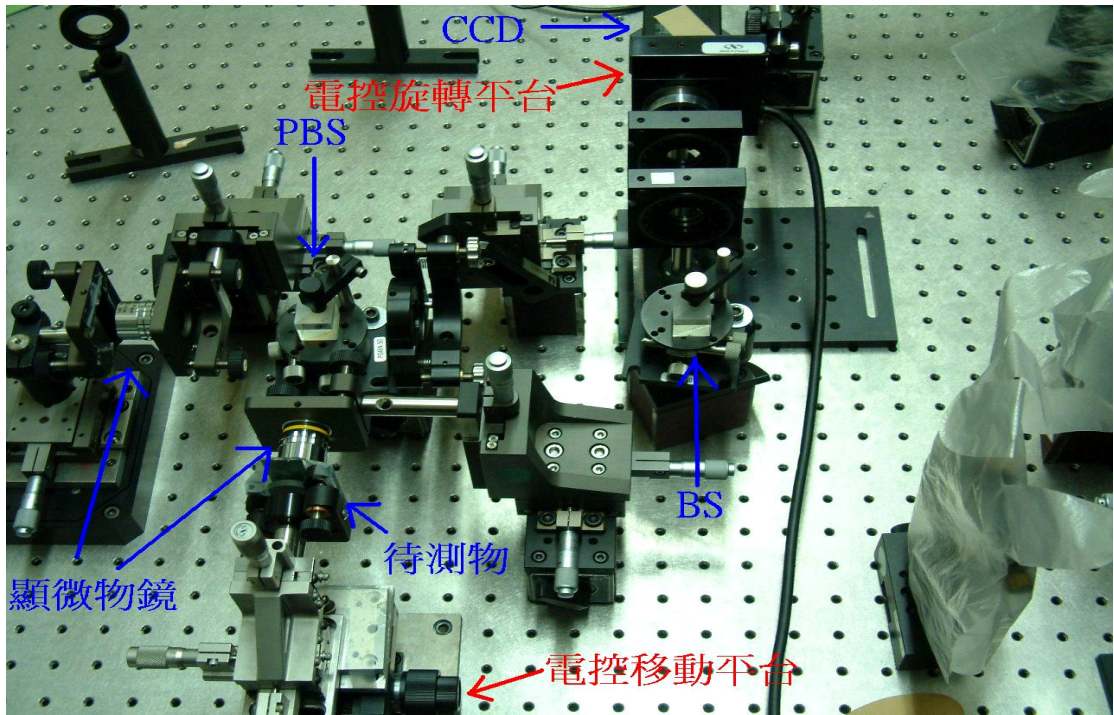


圖 3.3 Linnik 式干涉顯微鏡架構照片

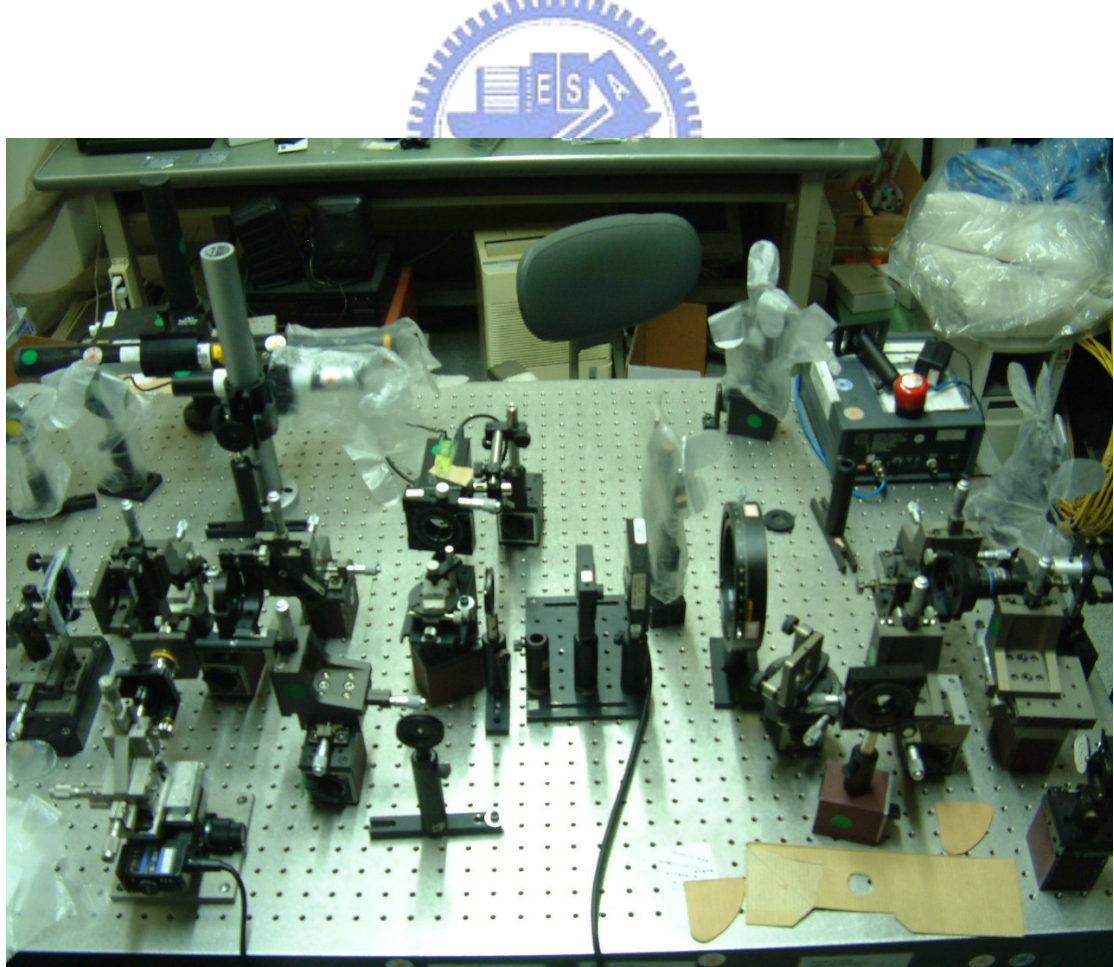


圖 3.4 白光干涉系統架構照片

表 3.1 白光量測系統的光學元件表

光學元件	規格
白光光源	MILLE <i>LUCE</i> <sup>TM</sup> M1000 鹵素鎢絲燈 150W(21V), 115V
顯微鏡	50x ; NA=0.55
針孔	直徑=200 $\mu$ m
雙合透鏡	消色差鏡組(f=5cm 與 f=12cm)
濾波片	窄帶通濾波片： $\bar{\lambda}$ =589.5nm 窄帶通濾波片： $\bar{\lambda}$ =629.5nm
可調光圈	
線偏極片	$\lambda$ =400~700nm
寬帶通分光鏡(BS)	$\lambda$ =400~700nm(1 in. <sup>3</sup> )
寬帶通極化分光鏡(PBS)	$\lambda$ =450~680nm(1 in. <sup>3</sup> ) ; extinction ratio=100:1
顯微物鏡(各 2 個)	5x ; NA=0.1 ; focal length=45mm
	10x ; NA=0.3 ; focal length=20mm
	20x ; NA=0.4 ; focal length=8.55mm
半波片	$\lambda$ = 400~700nm
四分之一波片	$\lambda$ = 400~700nm
電控移動平台	最大移動距離 20mm ; 最小移動距離 0.5 $\mu$ m

表 3.1 白光量測系統的光學元件表(續)

電控旋轉平台	解析度： $0.001^{\circ}$ ；重複性： $0.01^{\circ}$ ；準確度： $0.06^{\circ}$ 晃動： $100\mu\text{rad}$ ；最大轉動速度： $4^{\circ}/\text{s}$
三軸移動平台	
旋轉平台	
CCD	Mintorn OS-40D 最高像素： $512\times 480$ ；一般使用： $256\times 240$
監視器(螢幕)	
電腦系統	AMD K7-500；384MB DRAM
影像擷取卡	Spiricon LAB-PC300
光學桌	

### 3.1.2 輸入端消色差相移的系統架構[17]

同樣選擇不同光路等光程的 Linnik 式干涉顯微鏡架構，如圖(3.5)所示。為了配合 Jones 矩陣推導，準直平行光先經過線偏極片夾方位角 0 度，調成水平偏極入射，再經過消色差波片組調制。之後第一次經過分光鏡分光，再經過雙合透鏡變成收斂波，然後通過寬帶通偏極分光鏡，P 光穿透到參考平面，S 光反射到待測面，兩道光分別會聚於顯微物鏡附近，最後光經過顯微物鏡後變成小口徑平行光，照射到參考平面與待測面上，光束反射原光路，再度經過 PBS(P 光再穿透；S 光再反射)及雙合透鏡變成準直平行光後，第二次經過分光鏡，使光路反射到 CCD 的方向上。兩束光偏極相互正交並不形成干涉，因此必須加入線偏極片夾方位角 45 度，形成干涉，在 CCD 上記錄成像。

最後利用影像擷取卡擷取 CCD 傳送的干涉圖形，由個人電腦存入記憶體中，並從個人電腦監視器觀察干涉條紋。圖(3.5)為輸入端消色差相移的系統架構圖，圖(3.6)為輸入端消色差波片組的架構。

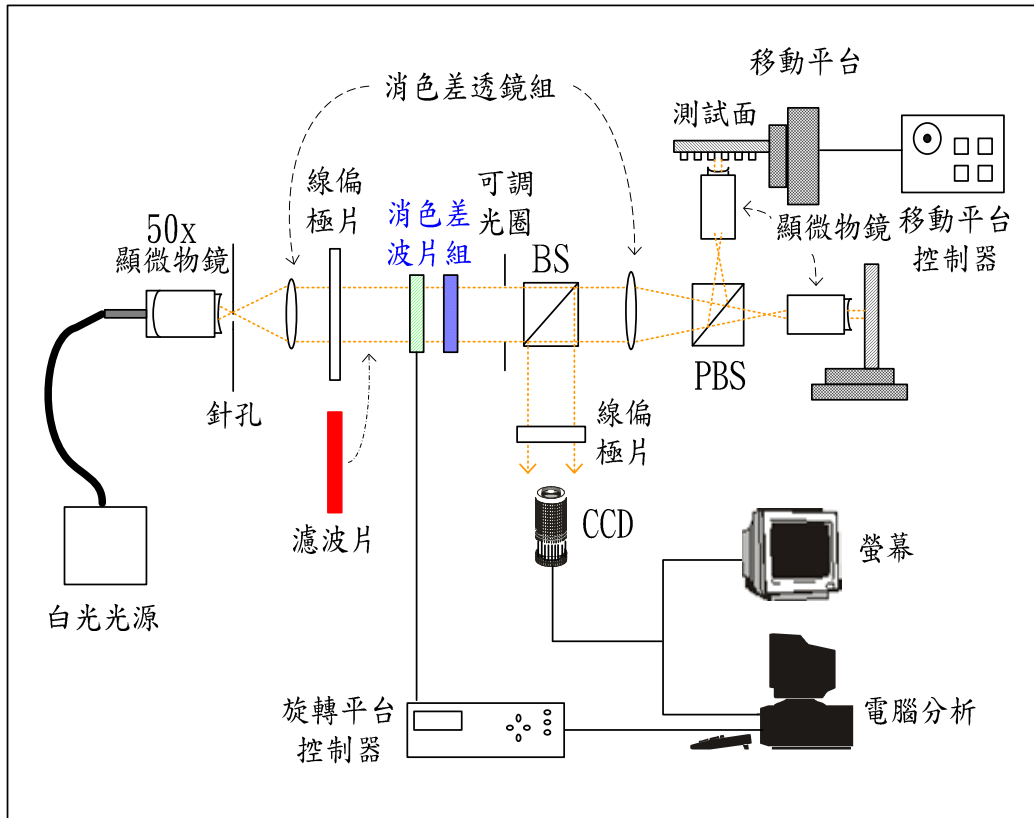


圖 3.5 輸入端消色差相移的系統架構圖

其中消色差波片組安排如圖(3.5)所示[17]

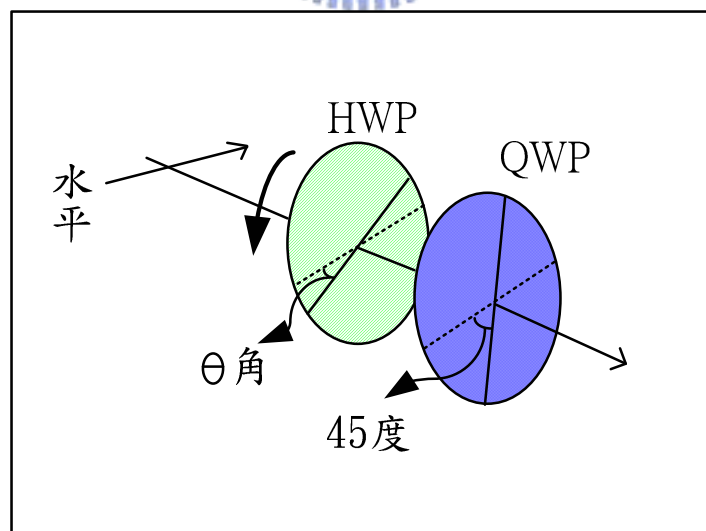


圖 3.6 輸入端消色差波片組架構圖



### 3.1.3 系統對光部份[24][25]

因白光光源本身同調長度短且系統為不同光路等光程的 Linnik 架構，同時又使用一個 BS 及一個 PBS，所以使得系統架設更加困難。因此引入一道綠光氦氖雷射(green He-Ne laser)波長 543.5nm 的線偏極光，進行整個系統光路調整的參考光，這也常被使用在一般干涉儀系統研製上。此參考光除了用在 BS 及 PBS 校準外，最主要是在換顯微物鏡及不同待測元件時，需進行系統對光，將顯微物鏡及待測元件均調整在光軸上。

調整雷射高度與白光系統高度相同，先經過鍍鋁的平面鏡反射後，再經過一次平面鏡反射進入系統，此平面鏡置於使白光光源準直的第一片雙合透鏡後，並加上旋轉平台(轉動方向平行光學桌面)。當進行系統對光時，平面鏡擋住白光光束並反射綠光雷射，如圖(3.7)以輸出端消色差相移為例。完成對光後，轉動旋轉平台約 180 度，平面鏡不反射綠光雷射，同時也不再阻擋白光光束，如圖(3.8) 同樣以輸出端消色差相移為例，如此可減化系統對光的困難度。

為了讓干涉條紋清晰成像，待測元件和 CCD 必須是物像共軛關係，因此加上移動平台來調整 CCD 和 BS 距離，來尋找最佳成像位置，確保能清晰成像，並且獲得適當大小的像(由像距、物距比例決定)。

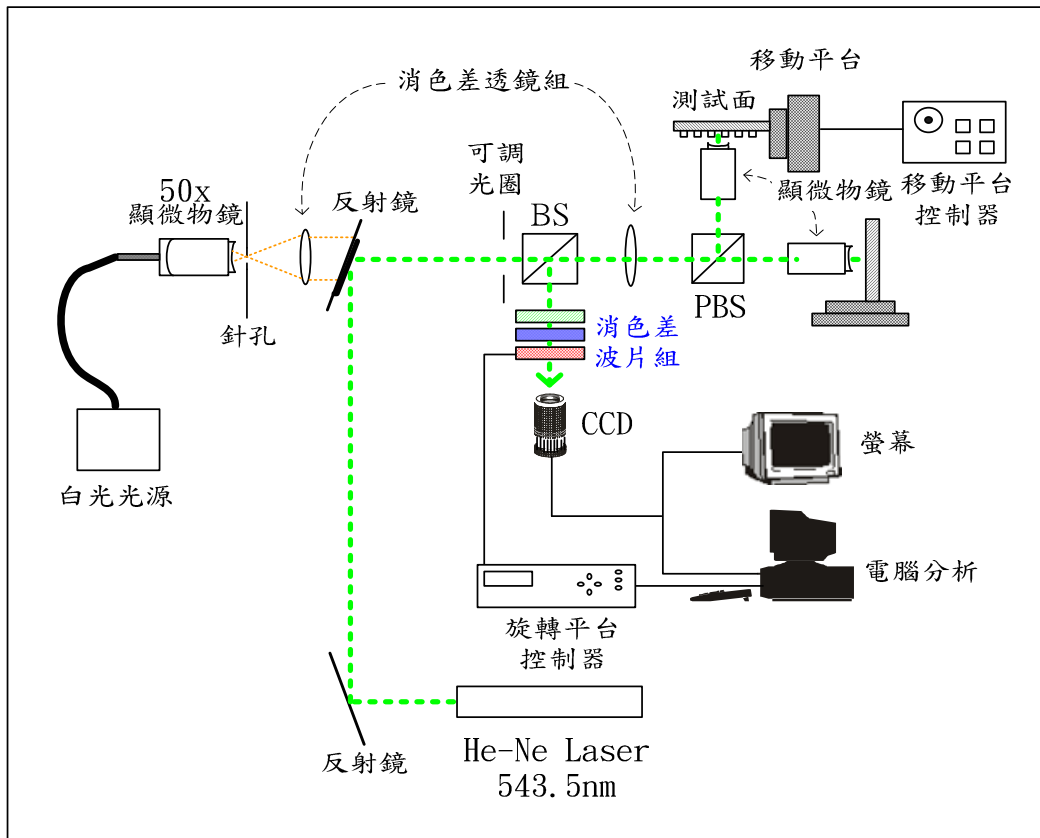


圖 3.7 綠光氦氖雷射對光光路圖

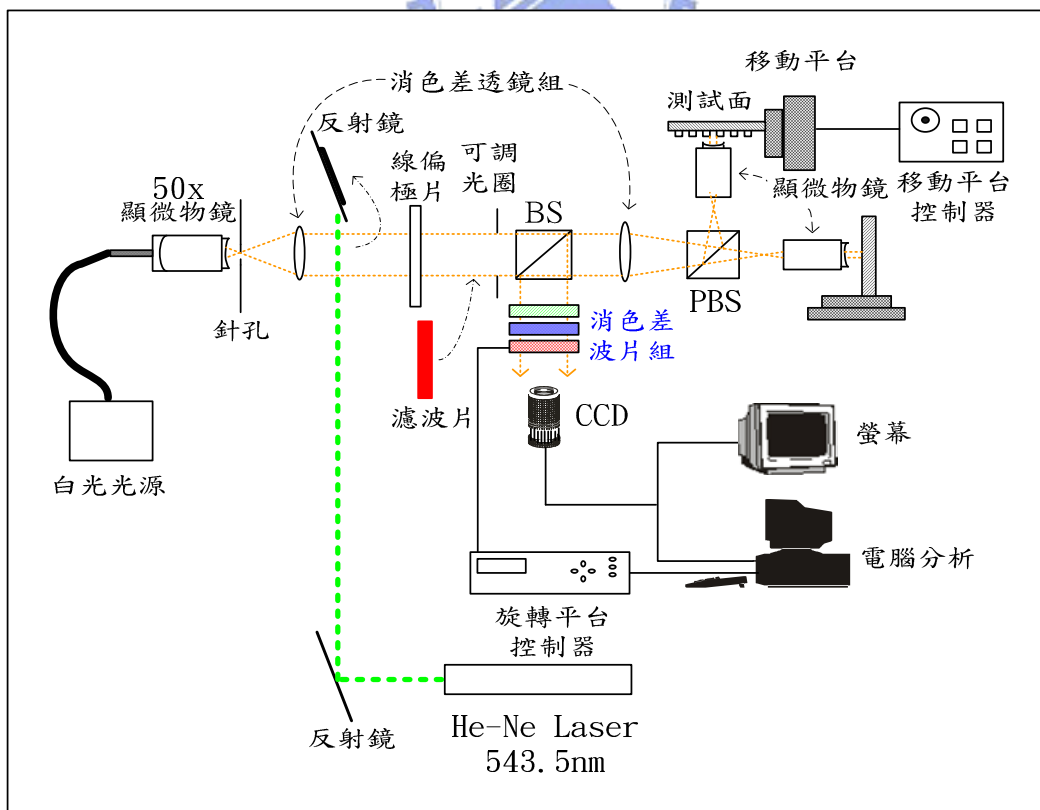


圖 3.8 白光干涉量測光路圖

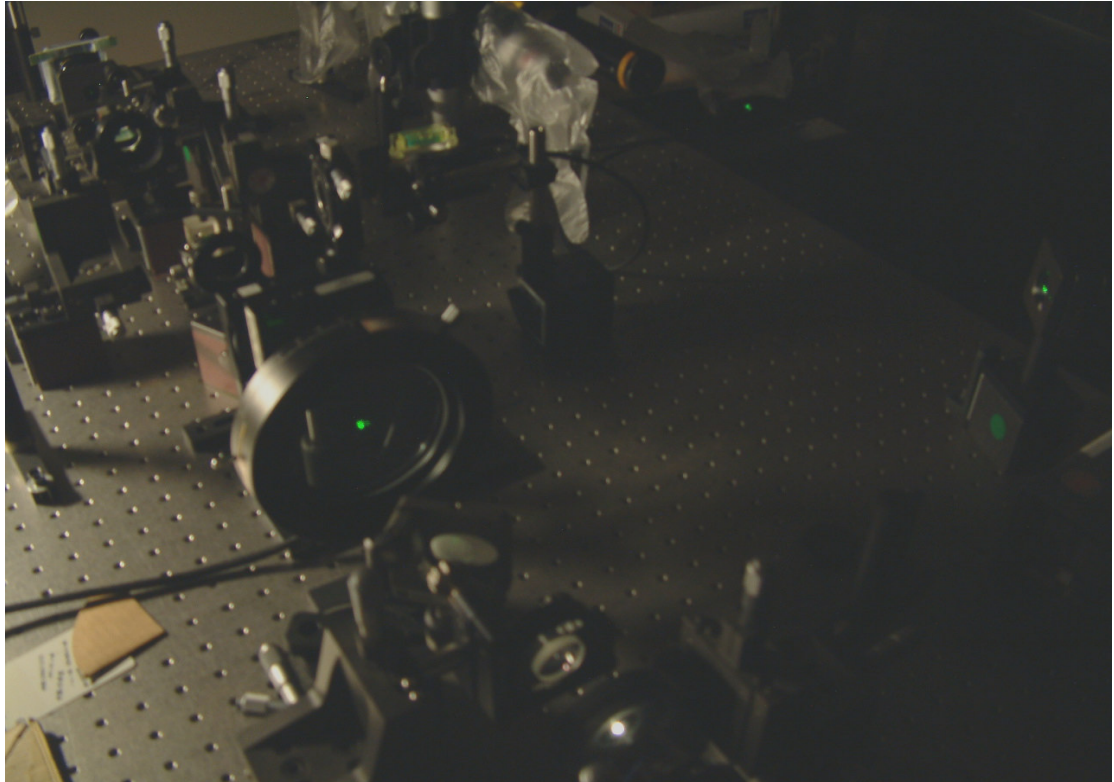


圖 3.9 綠光氬氖雷射對光實際照片

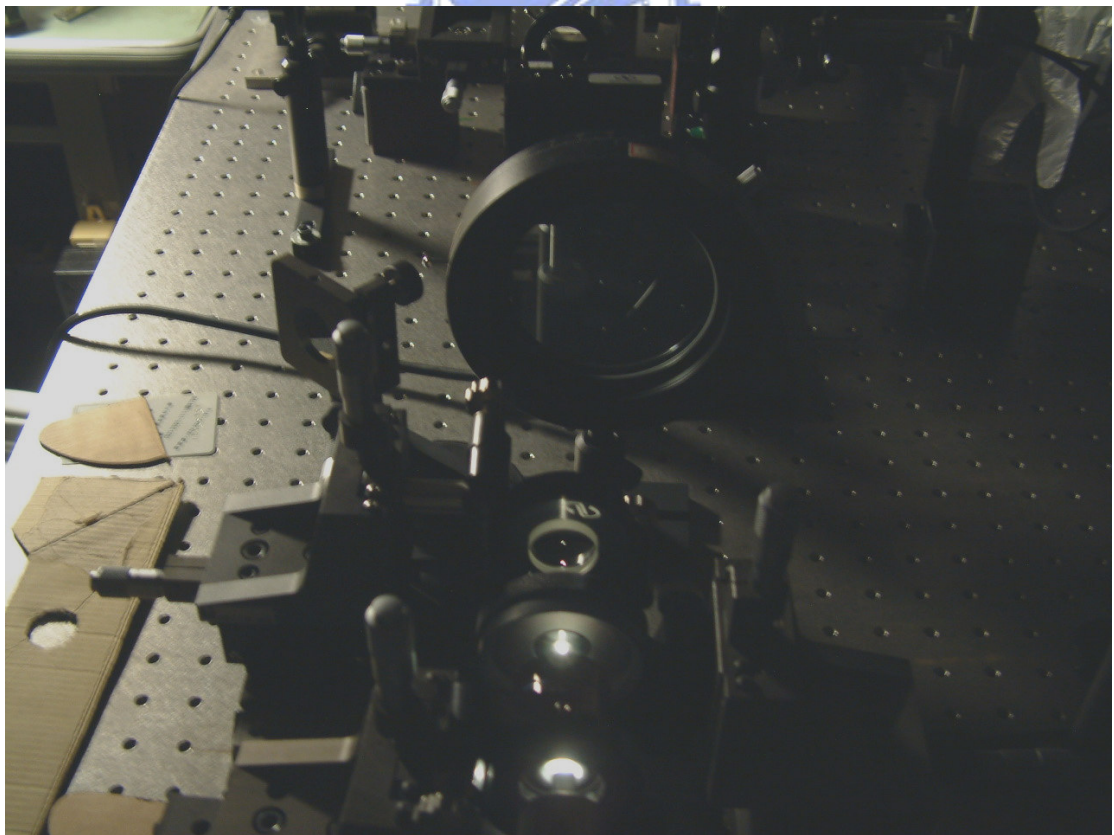


圖 3.10 白光干涉量測實際照片

## 3.2 量測步驟

### 3.2.1 輸出端消色差相移量測步驟

量測步驟流程圖如圖(3.13)，先開啟白光光源電源供應器，檢查調整光源準直度。開啟監視螢幕及 CCD 電源，開啟移動平台控制器及個人電腦並執行影像擷取卡介面程式，如圖(3.11)所示為影像擷取卡 LBA-300PC 的操作介面。

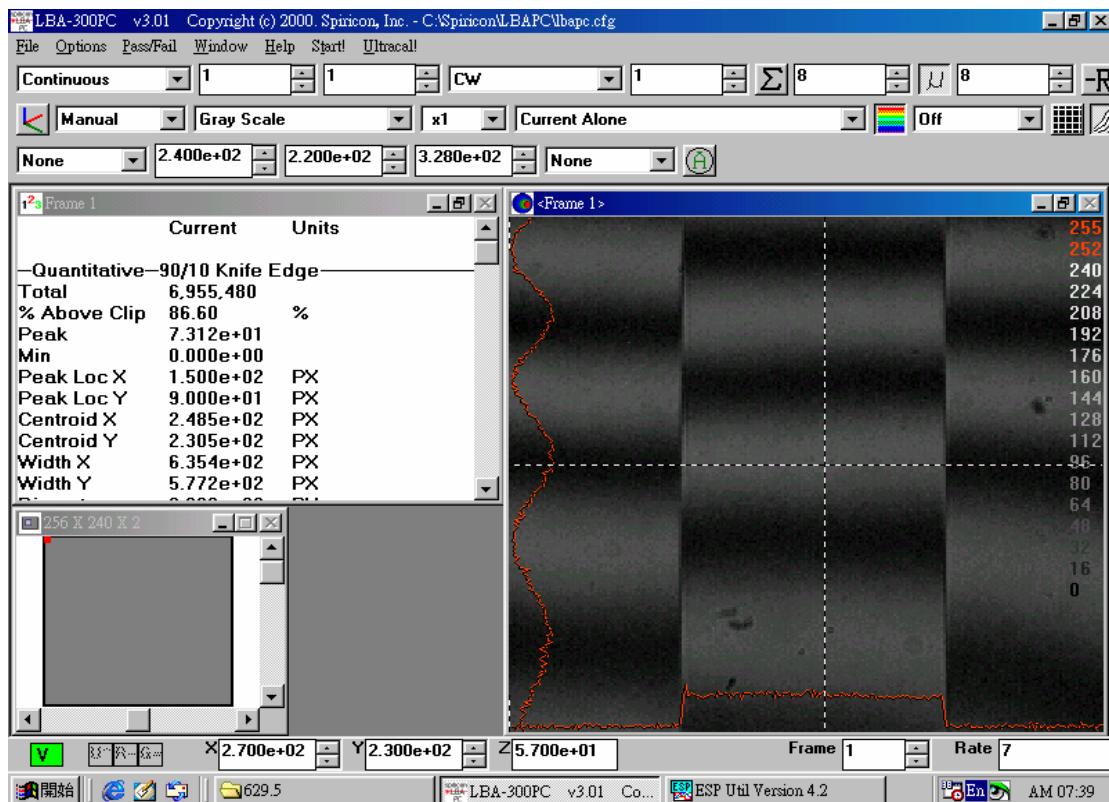


圖 3.11 影像擷取的操作介面

裝上被測物並調整三軸移動平台使被測物表面清晰成像，找到干涉條紋位置，再微調傾斜角變化干涉條紋，並調整光強度使干涉圖案光強度在 256 灰階以內。若干涉條紋模糊成像，必須重新調整三軸移動平台，以取得表面結構及干涉條紋的最佳成像。

調整到表面結構和干涉條紋最清楚後，便可執行旋轉平台的控制軟體 ESP300，如圖(3.12)所示。控制線偏極片每次旋轉 45 度共四次，每幅圖為取四個做平均的結果，共擷取五幅圖。將干涉圖案存檔，其格式為空白鍵間隔的.spc 副檔名。在 matlab 上執行分析程式。所得結果第一步驟先輸入兩點，以做為整面的水平面基準，然後第二次輸入的兩點為二維截面的水平距離和高度差值，最後輸出三維表面輪廓圖。

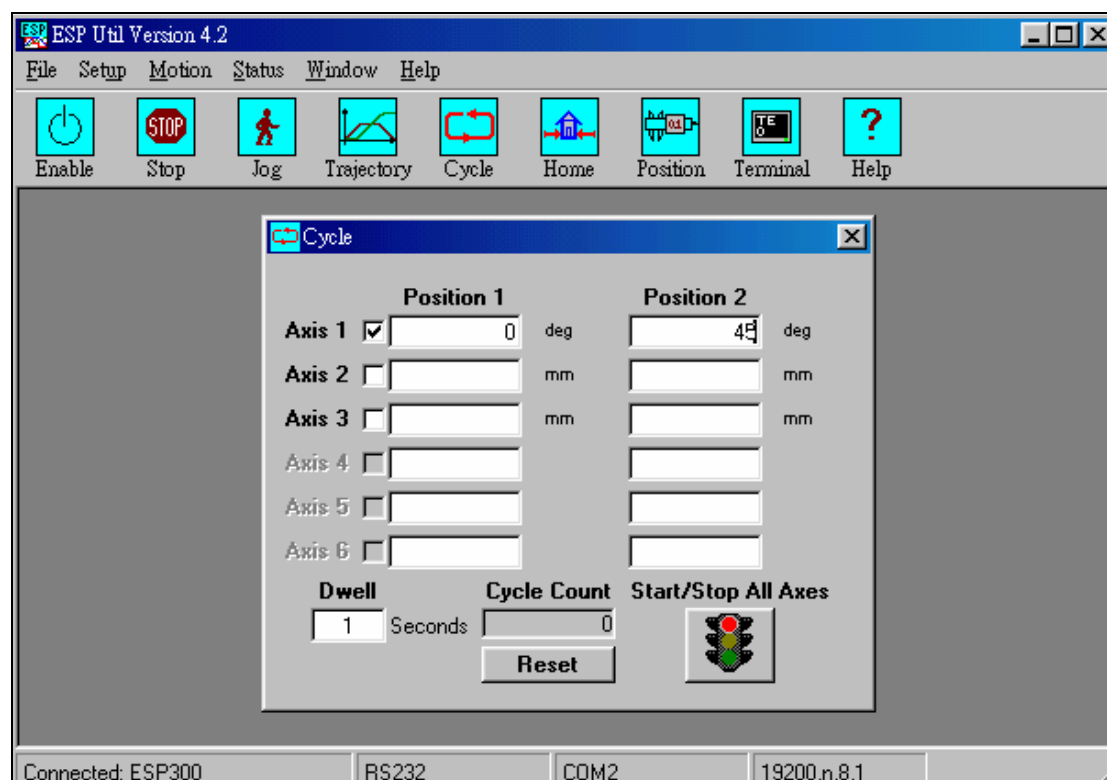


圖 3.12 旋轉平台的控制介面

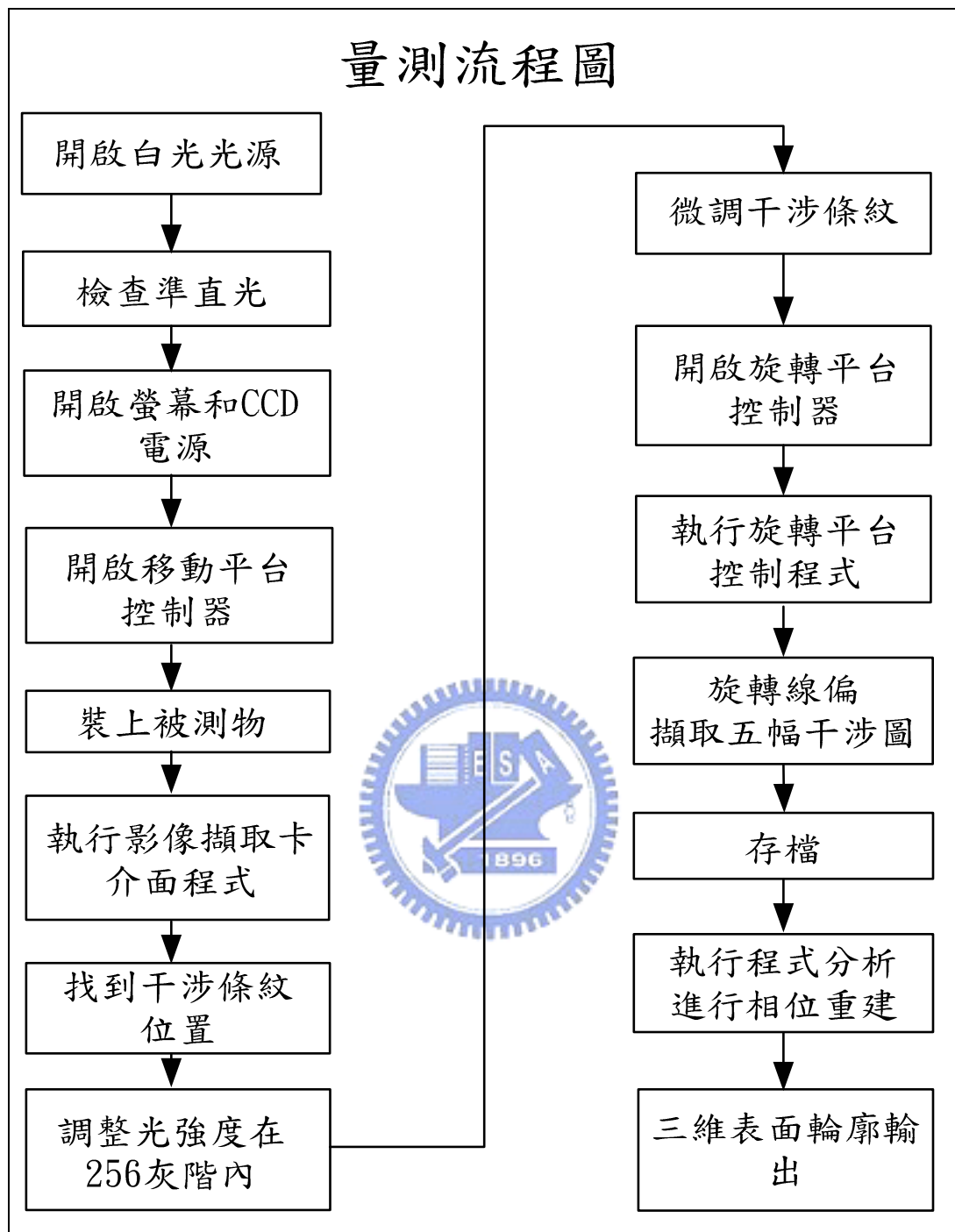


圖 3.13 輸出端消色差相移法量測流程圖

### 3.2.2 輸入端消色差相移量測步驟

量測步驟流程圖如圖(3.14)，先開啟白光光源電源供應器，檢查調整光源準直度。開啟監視螢幕及 CCD 電源，開啟移動平台控制器及個人電腦並執行影像擷取卡介面程式。

裝上被測物並調整三軸移動平台使被測物表面清晰成像，找到干涉條紋位置，再微調傾斜角變化干涉條紋，並調整光強度使干涉圖案光強度在 256 灰階以內。若干涉條紋模糊成像，必須重新調整三軸移動平台，以取得表面結構及干涉條紋的最佳成像。

調整到表面結構和干涉條紋最清楚後，便可執行旋轉平台的控制軟體 ESP300。控制半波片每次旋轉 22.5 度共四次，每幅圖為取四個做平均的結果，共擷取五幅圖。將干涉圖案存檔，其格式為空白鍵間隔的.spc 副檔名。在 matlab 上執行分析程式。所得結果第一步驟先輸入兩點，以做為整面的水平面基準，然後第二次輸入的兩點為二維截面的水平距離和高度差值，最後輸出三維表面輪廓圖。

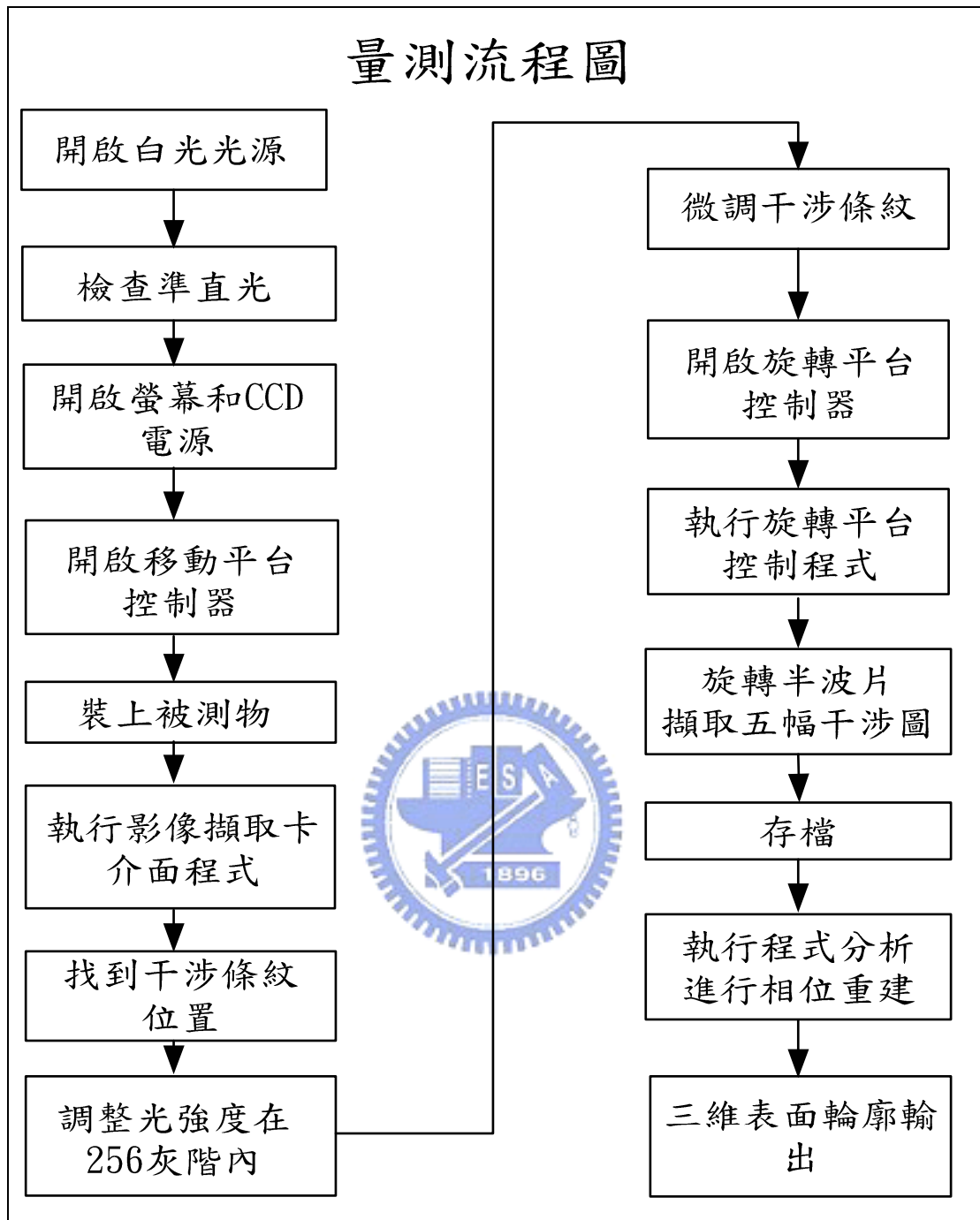


圖 3.14 輸入端消色差相移法量測流程圖