

# 影像式光學透鏡模組偏心檢測系統

## A Decentering Inspection System on Optical Lens by Image Processing

陳永祥、許家偉、廖泰杉

Yung-Hsiang Chen, Chia-Wei Hsu, Tai-Shan Liao

近年來，由於行動電話終端市場需求提高，以及智慧型手機出貨量的成長，全球手機相機模組需求與日俱增。在光學系統的輕量化、小型化與高精度化後，光學元件加工與組裝的誤差對光學系統的影響甚鉅，特別是應用於手機相機模組上的成像透鏡，此類軸對稱光學元件在製作或系統組裝時，光軸與旋轉對稱軸若不重合，將產生偏心誤差。以往在檢測時無論是利用傳統光學穿透式或反射式的量測方法，都因受限於鏡片本身幾何形狀及大小，無法有效提升檢測速度。有鑑於此，本研究開發一新型成像光學透鏡之偏心誤差檢測系統，利用更加快速及精確、同時具有更低成本的檢測方式，實現可批次化大量檢測鏡片偏心誤差之可行性。

In recent years, according to the growing demand for mobile phone terminal market and smart phone shipments, the global demand of mobile phone camera modules are increased. Based on the lightweight, compact and high precision of the optical system, the errors of the processing and assembly for the optical components have great influences on the optical system, especially for the imaging lens of mobile phone camera module. For such axial symmetry of optical components in the production or systems assembly, if the principal axis has coincidence error with the rotation axis of symmetry, the decentration error will be occurred. In the past, the traditional inspection by using the transmission or reflection measurements is limited to the geometry and size of the lens, so that the inspection is incapable of being effectively speeded up. Accordingly, this study developed a new imaging lens of optical lens decentering inspection system by the fast, accurate and low-cost detection, to achieve a large number of batch inspections for the decentration error.

### 一、前言

本系統為一種非接觸式量測光學透鏡模組偏心檢測裝置，用以檢測光學透鏡模組的偏心量。主要特色為利用數位影像單元偵測光學透鏡模組外形輪廓，定義出光學透鏡模組之光軸基準點，並使用準直光源模組產生準直光線，偵測出光學透鏡模組於

成像面的聚焦點位置，由此可計算出光學透鏡模組的偏心量值。此一量測裝置可非接觸式快速測量、並具有實現批量化線上檢測鏡頭模組偏心誤差的可行性。

圖 1 為球面透鏡偏心示意圖。鏡片偏心指的是鏡片光軸與幾何中心軸之間的偏差。以球面透鏡為例，鏡片幾何中心軸與光軸之夾角為傾角 (tilt

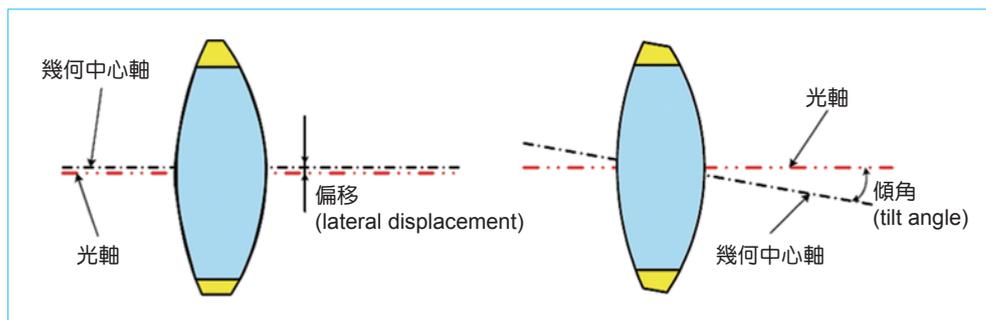


圖 1. 球面透鏡偏心示意圖。

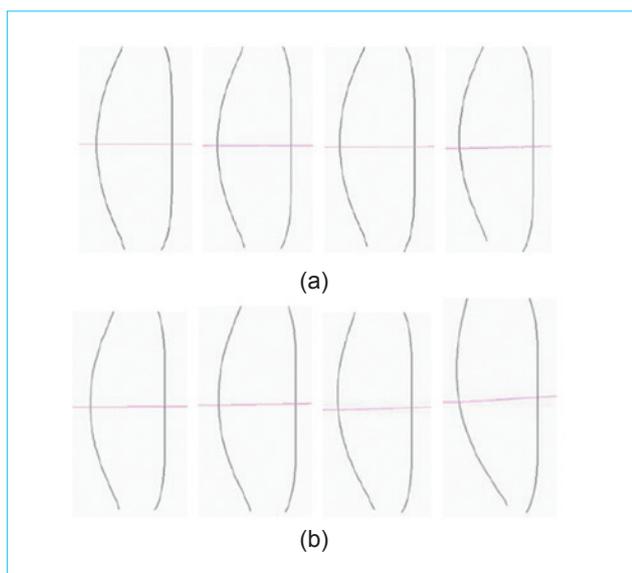


圖 2. 偏心誤差種類，(a) 偏心—橫向位移 (lateral displacement)，(b) 偏心—傾角 (tilt)。

angle)，鏡片幾何中心軸與光軸間之距離為偏移 (lateral displacement)。偏心誤差效應會造成軸向彗差 (axial coma) 與散光 (astigmatism)，也會造成彎曲的成像面，在平面型接收器上產生場曲 (field curvature) 現象，其離軸光學傳遞函數 (modulation transfer function, MTF) 則出現非對稱現象，易影響系統成像品質。

對於旋轉軸對稱光學元件或系統，其在元件製作或系統組裝時，光軸與旋轉對稱軸之非重合現象，即為偏心誤差 (decentering error)。在光學元件及系統國際標準規範 ISO 10110 中<sup>(1)</sup>，係以基點 (datum point) 與基軸 (datum axis) 來描述同心度誤差 (centering error)。如單一球面曲面，以通過球面與基軸交點之表面法線 (normal to the surface) 與基

軸間的夾角稱為表面傾角 (surface tilt angle)，即定義為同心度誤差，亦即前述之偏心。以非球面曲面而言，其光軸由非球面上各點曲率中心連線而成，一個非球面只能定義出一個光軸。因此，非球面透鏡兩個面各可定義出一個光軸，這兩光軸可能因製造誤差不會重合，而產生透鏡兩面光軸間的偏心與傾斜現象。偏心誤差根據其量測方法的不同而有特殊的定義，常見的偏心誤差有偏折角、橫向位移、外緣偏心、邊緣厚差值、錶計差量、投影偏差量等，其定義如表 1 所列。

偏心誤差可分為兩種來源：一種是光軸與幾何中心軸之間的橫向偏移 (lateral displacement)，如圖 2(a) 所示；另一種是光軸與幾何中心軸之間的傾斜 (tilt)，如圖 2(b) 所示。單透鏡常見偏心狀況有三種，一為鏡片兩曲率中心對鏡片軸心平行偏移某距離，二為整個鏡片與光軸偏斜一個角度。此二類偏心的問題可在鏡片定心時磨除多餘的邊厚解決。第三種則是鏡片某一面有傾斜現象，因此該面曲率中心偏移整體鏡片軸心，若傾斜角度大於 30"，將影響整體光學品質，則需重新對該曲面加工修正傾斜的問題<sup>(2)</sup>。

表 1. 常見的偏心誤差定義。

項目	定義
偏折角	機械軸向之入射線與出射線間角度
橫向位移	光軸與機械軸間距離
外緣偏心	以光軸旋轉時外緣幾何傾偏量
邊緣厚差	待測件幾何邊緣厚度差值
錶計差量	以機械式量表實際接觸待測表面變動值
投影偏差量	以準直光束通過光學系統其聚焦影像偏移量

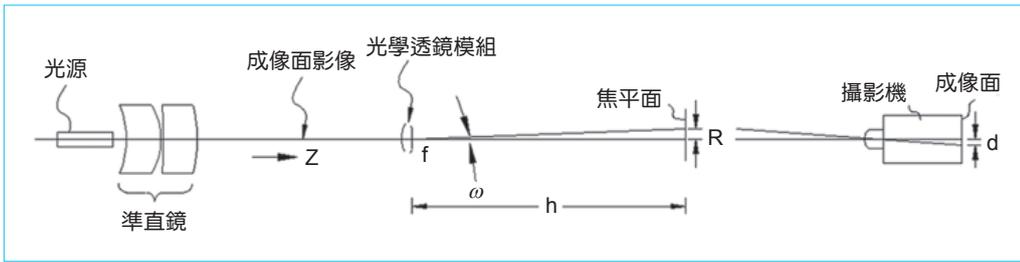


圖 3. 偏心量計算之示意圖。

鏡片偏心檢測方式如表 2 所分類。在一般的光學系統中，假使透鏡的光軸與參考軸並未重合，光線進入光學系統時，不管是透過反射或是折射所形成的光學成像都會出現誤差，進而影響了整個光學系統的品質，因此，目前在組裝光學系統前，多會先對其中所需要使用的光學元件進行偏心誤差的測量。偏心誤差量測方式依元件或系統要求精度的不同而有下列兩類常見方式，一類為機械式量測法，另一類為光學式量測法。依實際光源的不同，光學式量測法又可區分為穿透式量測法與反射式量測法<sup>(3)</sup>。

傳統的機械式量測法或是光學式量測法，待測元件都需要透過特殊的裝置來定位，進而完成測量，但是這類透過特殊裝置來定位的過程，卻極易對元件產生機械性或是力學性的傷害而降低了元件的商業價值。另外，傳統測量偏心的方法對於具有極大曲率半徑值的球面元件而言存在量測精度上的限制，而且傳統的偏心測量方式僅可測量待測表面為單一曲率半徑之球面型的元件，並無法測量具有特殊曲面的非球面元件。目前量產鏡片多以塑膠射出成形或模造玻璃製作，尤其是最近被大量採用的非球面透鏡更是如此。但以玻璃模造或塑膠射出成形製作之鏡片邊緣常有缺角或毛邊存在，這些缺陷對於上述需要旋轉待測鏡片來進行量測之非接觸式偏心量測法而言，會造成旋轉阻礙或形成量測誤差。再者，鏡片中心移位或傾偏等偏心的問題，對高畫素成像品質影響甚劇，掌握偏心誤差量並回饋調整製程，已是高精度鏡片製造所必備。

鑑於習知技術與裝置仍有諸多不足，而相關偏心檢測設備造價昂貴且存有使用上諸多限制，本研究特別針對目前業界在特殊規格鏡片偏心量測上的困難，開發非接觸式的檢測偏心誤差方法與裝置，

以利即時量測鏡片偏心誤差，並適時修正製程參數使誤差至可容許範圍內，有效提升產品製造良率。

本研究所提出的影像式光學透鏡模組偏心量測方法是近年來光學量測技術的一個革命性的創新。偏心量  $R$  的計算方法如圖 3 所示，準直光源單元的光源發出光線，經由準直鏡產生平行光線，準直平行光線由光學透鏡模組垂直通過後，若光學透鏡模組存在偏心，出射光學透鏡模組的光線將會與幾何中心軸呈某角度傾偏，在成像面的影像之光學透鏡模組影像之幾何中心點，相對座標  $C_R(x_c, y_c)$  與光軸上光點在成像面投影點的相對座標  $C_M(x_0, y_0)$  間，產生偏移量  $d$ 。如第 3 圖，傾偏角  $\omega$  及偏心量  $R$  可計算如公式 (1) 與公式 (2)：

$$\omega = \tan^{-1}\left(\frac{R}{f}\right) \quad (1)$$

$$R = \frac{d}{k} \quad (2)$$

其中， $R$  為焦平面焦點與光軸的偏心量， $f$  為光學透鏡模組有效焦距長度， $h$  為光學透鏡模組光軸上，鏡片頂點至焦距光點的距離， $k$  為影像放大倍率， $d$  為成像面影像上光學透鏡模組影像之幾何中心點與光軸上光點在成像面投影點的距離，若光學透鏡模組繞幾何中心軸旋轉，則  $d$  為光軸上光點在

表 2. 鏡片偏心檢測方式。

機械式量測法	光學式量測法	
	穿透式	反射式
機械量錶量測鐘夾式探針掃描	雷射量測準直儀量測刀口儀	雷射量測自準直儀量測刀口儀干涉儀

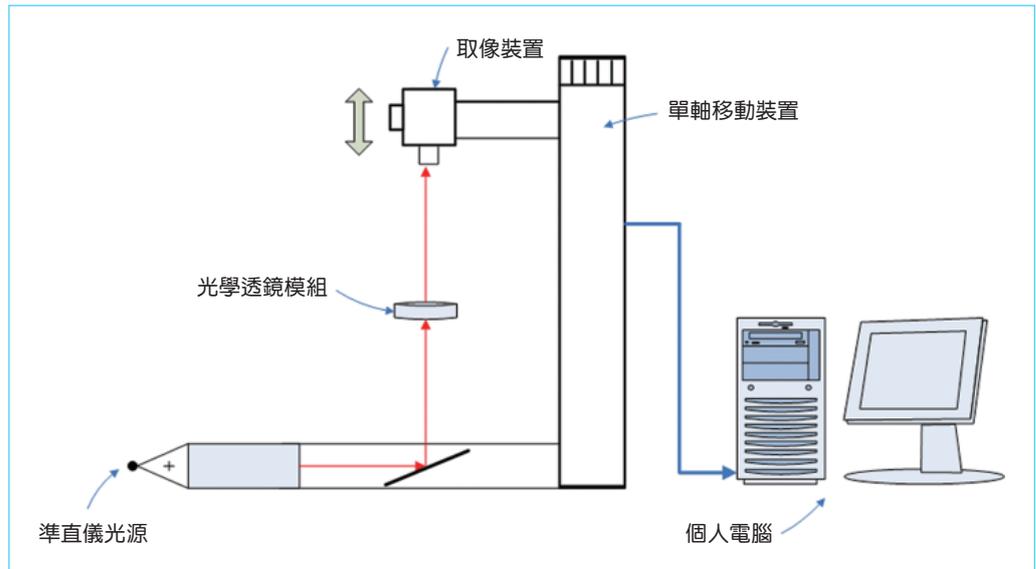


圖 4. 系統架構圖。

成像面投影點所形成的圓形半徑。焦距  $f$  可實際量測得之，或者，若光學透鏡模組的二個光學面均為球面透鏡，則可由近軸光學厚透鏡成像公式推求之：

$$f = \frac{r_1 r_2}{n-1} \left( \frac{1}{r_2 - r_1 + (n-1)t/n} \right) \quad (3)$$

其中， $r_1$ 、 $r_2$  為光學透鏡模組的二個光學面之曲率半徑， $t$  為光軸上光學透鏡模組二個光學面之距離，通常可稱為透鏡中心厚度， $n$  為光學透鏡材質折射率。

## 二、系統架構

光學透鏡模組偏心檢測系統架構圖如圖 4 所示，圖 5 為影像式光學透鏡模組偏心檢測系統機台實體，光學透鏡模組偏心檢測系統規格如表 3 所列。將待測光學透鏡置放於光學透鏡組拖盤，以利進行光學透鏡模組偏心檢測。



圖 5. 機台實體照片圖。

表 3. 光學透鏡模組偏心檢測系統規格。

項目	系統規格
電控垂直精密移動平台	有效行程 200 mm，解析度：1 $\mu\text{m}$ ，定位精度／重現性：3 $\mu\text{m}$
樣品托盤可固定待測鏡片或鏡頭尺寸	$\leq 30$ mm，含手動 2 軸傾斜調整裝置座
量測精度	0.1 arcmin
量測重複性	$\pm 5\%$
儀器尺寸	42.8 cm $\times$ 46.8 cm $\times$ 82.5 cm (L $\times$ W $\times$ H)
重量	40 kg
電源	110 V / 60 Hz

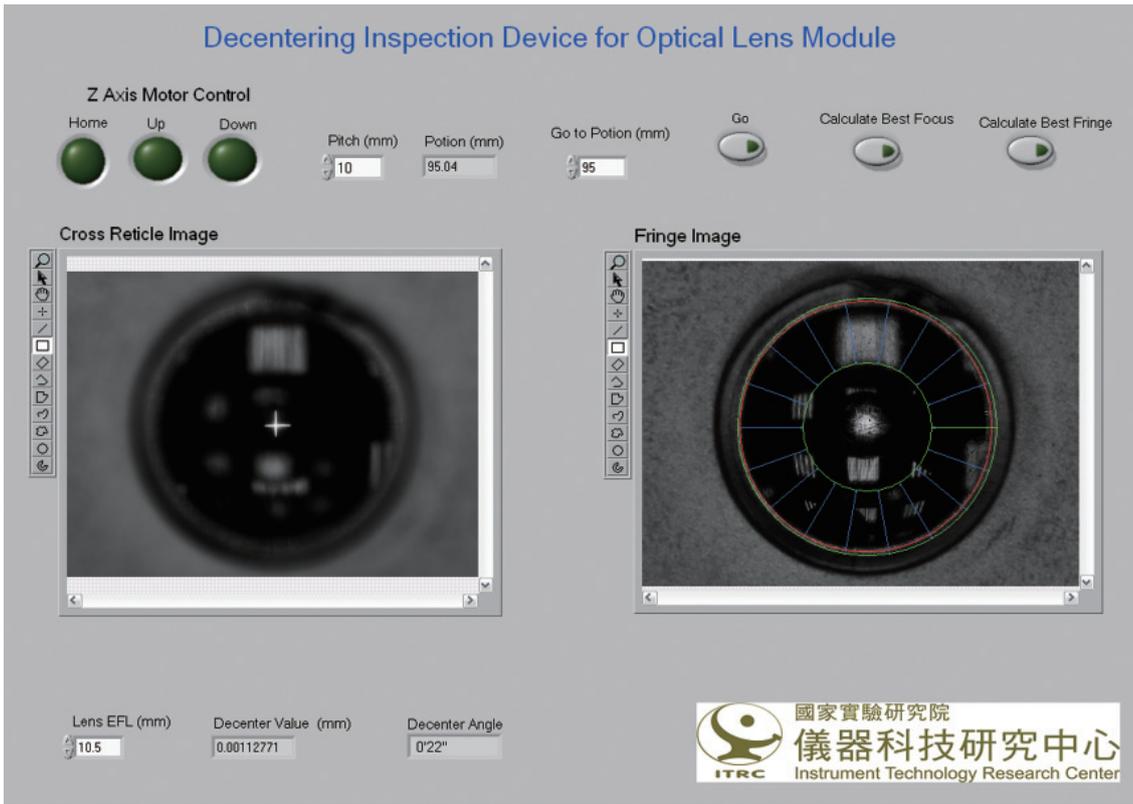


圖 6. 視覺化軟體人機介面。

本機台使用 PCI-7330 介面運動控制卡，由個人電腦的控制訊號傳至 PCI-7330 介面馬達運動卡，伺服馬達接受到控制訊號對應至馬達的驅動器，伺服馬達將會到達控制命令的目標值。亦使用 IEEE 1394 數位相機模組，可快速擷取影像，將攝影機所拍攝的影像利用自行開發的影像處理程式，將自動對焦技術應用於對焦點及鏡片輪廓中心點影像座標值，計算其偏心值。光學透鏡模組偏心檢測系統之視覺化軟體人機介面如圖 6 所示，具有馬達上下移動、自動對焦、偵測準直儀光軸焦點影像座標值、光學透鏡模組輪廓之幾何中心點座標值及偏心值量測等功能。

### 三、實驗方法分析

影像式光學透鏡模組偏心檢測系統檢測流程如圖 7 所示。首先，將取像數位相機對焦在待測透鏡模組上，利用演算法找出其輪廓最佳成像位置，並求出該透鏡模組的幾何中心軸點；接著輸入此透鏡

模組的有效焦長 (mm)，將取像數位相機透過單軸運動機構移至該透鏡的焦平面位置，同時進行過焦量測並找出最佳焦平面位置，記錄此焦點位置並與先前透鏡幾何中心軸點進行計算，即可求得偏心的位移量值，再與待測透鏡模組的有效焦長比對，即可得最後的偏心角度量值 (min/sec)。以下將分別就四個處理流程進行介紹。

#### 1. ROI 影像處理<sup>(5)</sup>

為了避免影像計算量過大，搜尋區域的設定須恰到好處。在輸入光學透鏡模組影像建立一個相對位置固定的感興趣搜尋區域 (region of interest, ROI)，即檢測準直儀光源之測試圖案及光學透鏡模組輪廓可能在影像平面出現的範圍。設定四點座標值來表示這個矩形擷取影像視窗，產生一個只含擷取感興趣搜尋區域的原始影像，並對感興趣搜尋區域影像進行擷取。分別就準直儀光源之測試圖案及光學透鏡模組輪廓，進行光學透鏡模組偏心檢測方法影像前處理。

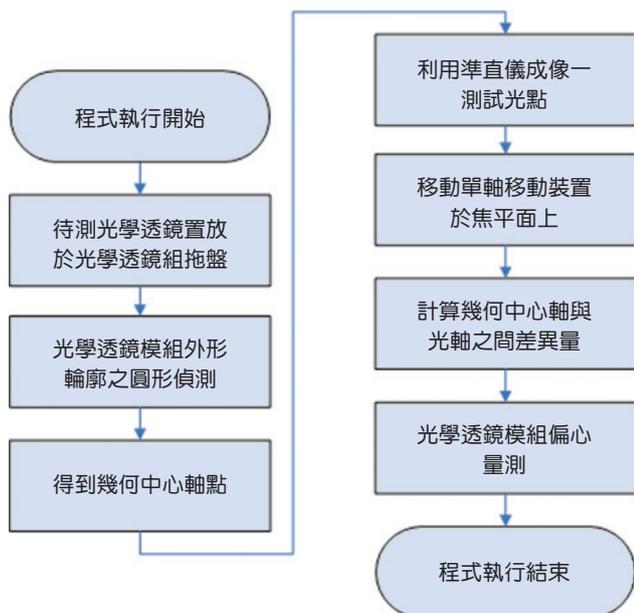


圖 7. 系統處理流程圖。

## 2. 光學透鏡模組之光軸點

圖 8 為光學透鏡模組之光軸點示意圖。係利用準直儀裝置產生光源，將光源穿透光學透鏡模組成像一測試光點於取像裝置上。並設定一感興趣區域 (ROI) 影像，經由影像自動對焦尋找最佳焦點，移動單軸移動裝置於焦平面上，得到一光學透鏡模組之光軸點。

## 3. 光學透鏡模組之幾何中心軸點

圖 9 為光學透鏡模組之幾何中心軸點示意圖。係攝影機擷取光學透鏡模組輪廓，設定一感興趣區域 (ROI) 影像，經由影像自動對焦尋找最佳焦點，移動單軸移動裝置於焦平面上，得到一光學透鏡模組之幾何中心軸點。其中，光學透鏡模組輪廓之感興趣區域 (ROI) 影像需要設定內圓及外圓範圍，執

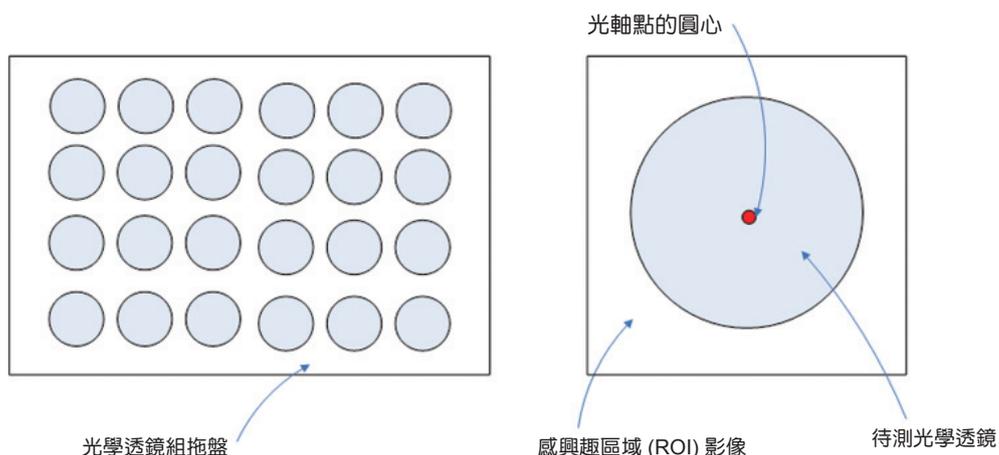


圖 8. 光學透鏡模組之光軸點示意圖。

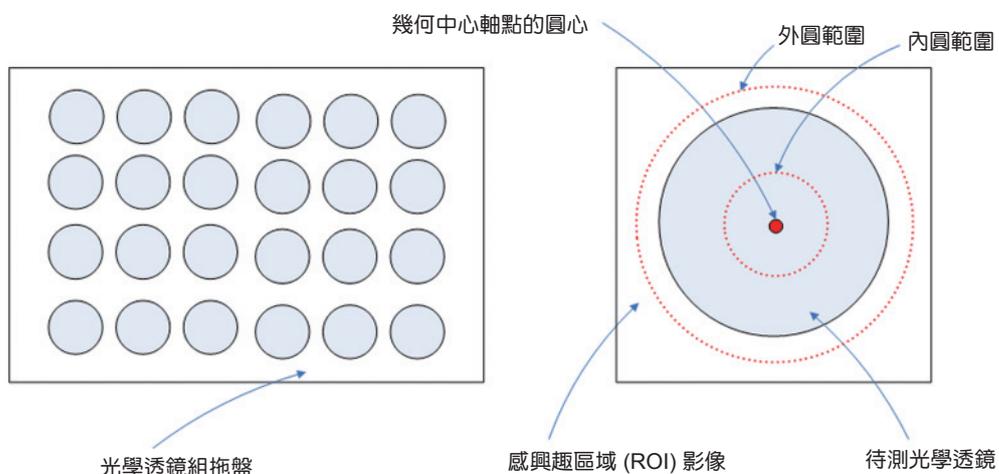


圖 9. 光學透鏡模組之幾何中心軸點示意圖。

行光學透鏡模組外形輪廓之圓形偵測演算法，得到幾何中心軸點。光學透鏡模組外形輪廓之圓形偵測演算法如下：

### (1) 影像二值化

所謂影像二值化是將灰階像素透過所選取的閾值，將資料轉換成 0 或 1 的值。影像二值化的目的是將檢測物體與背景資訊作分割，可大幅節省記憶空間與影像處理時間。假設影像資訊為一個二維矩陣  $f(x, y)$ ，且選取之閾值為  $\phi$ ，經過閾值運算的結果， $f(x, y)$  值轉換成

$$f(x, y) \begin{cases} 1, & \text{if } f(x, y) \leq \phi \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

其中， $f(x, y) = 0$  表示像素轉換為白色，反之為黑色。閾值運算主要目的是從背景影像中擷取物體資訊，閾值的設定數值太低，可能造成物體的數目減少。相對地，設定值過高，可能會產生背景雜訊。

### (2) 邊緣偵測

邊緣偵測為最常用來檢測灰階中有意義之不連續性的方法，目的是找出物件與背景之間的邊緣特徵。邊緣包含著影像中重要的資訊，可以用來測量影像中物體大小，辨識物體的形狀或者進行物體的分類。本文採取 Sobel 法，主要功能在尋找影像中物體的邊緣，並且將相對應的像素資料  $f(x, y)$  設為 1，其餘設為 0。Sobel 檢測原理如下：影像位置  $f(x, y)$  處經 Sobel 運算子計算後所得相鄰區域中心點梯度  $g$ ，當  $g \geq T$ ，則該位置的像素是一個邊緣像素，其中  $T$  是一個指定的閾值。

$$g = \left[ G_x^2 + G_y^2 \right]^{\frac{1}{2}} \\ = \left\{ \left[ (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \right]^2 \right. \\ \left. + \left[ (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

其中， $G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$  為經水平邊緣濾波器後的水平梯度大小， $G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$  為經垂直邊緣濾波器後的垂直梯度大小。

### (3) 圓形偵測演算法

對一個圓形邊界而言，其梯度的向量角度為： $\theta = \arctan (G_y/G_x)$ 。每一個圓形邊界上的每一個像素找其梯度向量，沿著向量移動  $R$  的長度，若是  $R$  為圓的半徑，所有的點都會集中在圓心。當對一個不是圓形的邊界做此動作，則轉換出來的點將會比較分散。以適當大小的累積方格 (大小由偵測圓的半徑決定) 搜尋參數平面中響應較強且密集的部分。求出方格中所有點的加權平均位置，回到圓影像中將圓位置標出，包括圓心及輪廓。圓形偵測的參考平面，其轉換的方式如下：

$$X_c = x + R(G_x/G), Y_c = y + R(G_y/G) \quad (6)$$

其中， $X_c$ 、 $Y_c$  為轉換後的新座標。此公式適用於背景的灰度值較低而前景的灰度值較高時的圓偵測。

## 4. 光學透鏡模組偏心量計算

圖 10 為光學透鏡模組偏心量計算示意圖。計算幾何中心軸與光軸之間差異量即為光學透鏡模組偏心量測。

## 四、實驗結果

本節介紹「伺服馬達運動控制」及「伺光學透鏡模組偏心檢測」實驗結果，來驗證本研究提出的方法。

### 1. 伺服馬達運動控制實驗結果

偏心量測儀之運動機構主要由單軸伺服馬達所組成，當個人電腦的控制訊號傳至 PCI-7330 馬達運動卡，伺服馬達接受到控制訊號對應至馬達的驅動器，伺服馬達將會到達控制命令的目標值。經由實驗證實，電控垂直精密移動平台的有效行程為 200 mm，解析度為  $1 \mu\text{m}$ ，定位精度/重現性為  $3 \mu\text{m}$ 。在此範圍內系統皆可將精確控制攝影機拍攝的待測光學鏡片影像並量測光學鏡片之偏心量。表 4 為馬達線性量測結果，藉由運動控制卡可以開發出高精度定位，協助我們開發符合機台偏心量測機台需求。

表 4. 馬達線性量測結果。

量測次數	移動距離	原點誤差值
1	50 mm	-0.0008 mm
2		-0.0004 mm
1	150 mm	0.0004 mm
2		0.0005 mm
1	300 mm	0.0005 mm
2		0.0002 mm

## 2. 同光學透鏡模組偏心檢測實驗結果

以下將分別就自動對焦演算法、光學透鏡模組之光軸點、光學透鏡模組之幾何中心軸點、光學透鏡模組之偏心量測值及光學透鏡模組偏心檢測「重複性測試量測」實驗結果探討之。

### (1) 影像自動對焦測試結果

在設定的馬達移動位置內，找出最銳利之影像畫面進行自動對焦，將此位置記錄下來。使用準直光源模組產生準直光線，偵測出光學透鏡模組於成像面的聚焦點位置，由此可計算出光學透鏡模組的偏心量值。圖 11 為準直儀光軸焦點之自動對焦量測波形圖，其中，(a) 為執行自動對焦後所得到的對焦影像畫面，(b) 為取得 10 張影像畫面中，由影像邊緣特徵值所得到的焦點影像品質大小。由 (b) 中可以得到第 9 張影像的焦點影像品質較高，即為對到焦點位置。

圖 12 為待測鏡片輪廓之自動對焦量測波形圖，其中，(a) 為執行自動對焦後所得到的對焦影像畫面，(b) 為取得 10 張影像畫面中，由影像邊緣

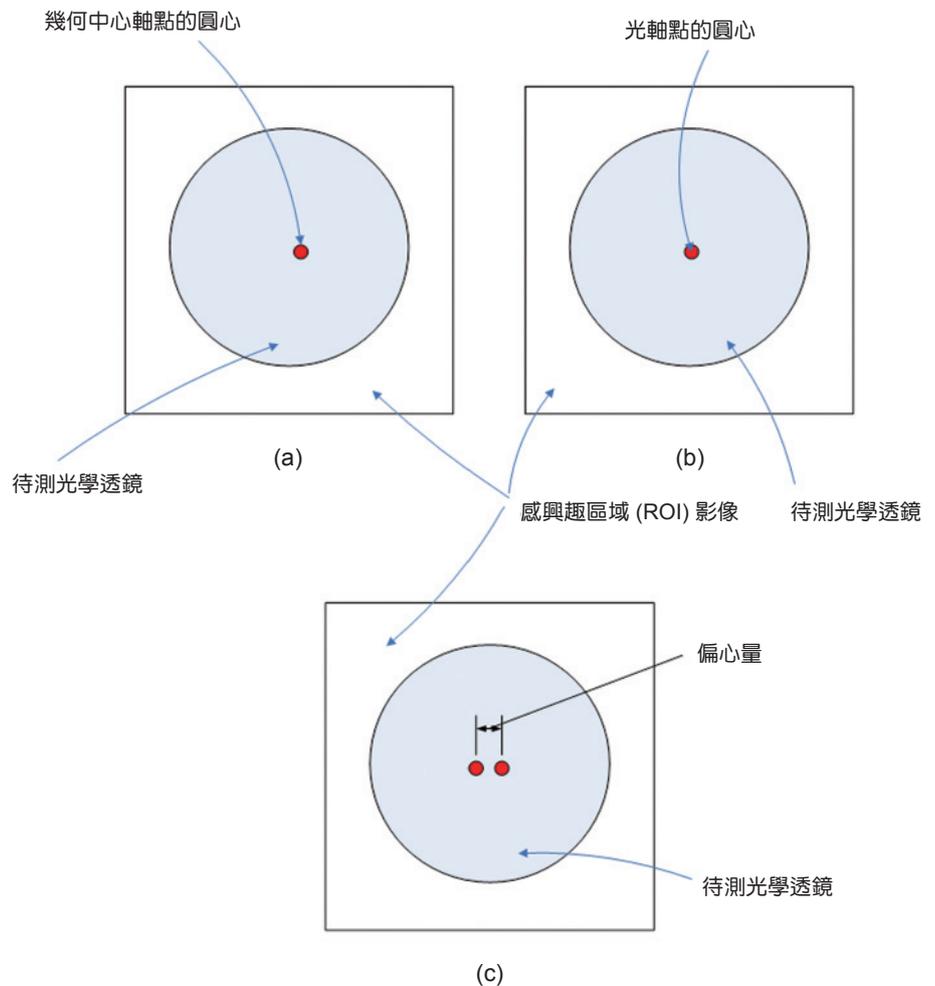


圖 10. 光學透鏡模組偏心量計算示意圖。

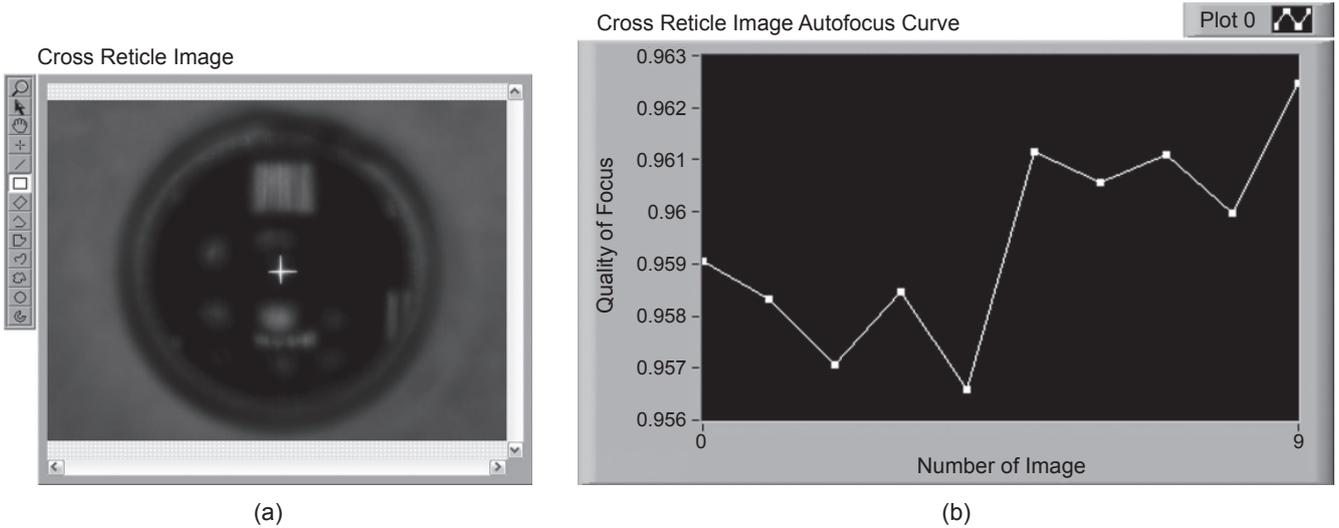


圖 11. 準直儀光軸焦點之自動對焦量測波形圖。

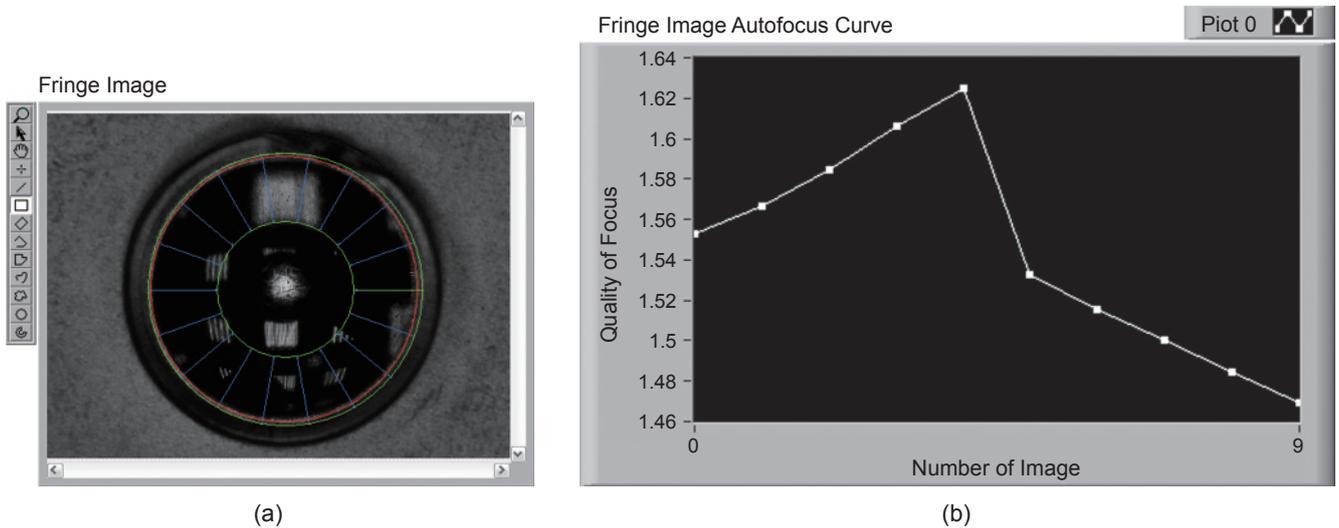


圖 12. 待測鏡片輪廓之自動對焦量測波形圖。

特徵值所得到的焦點影像品質大小。由 (b) 中可以得到第 4 張影像的焦點影像品質較高，即為對到焦點位置。

### (2) 光學透鏡模組之光軸點實驗結果

圖 13 為光學透鏡模組之光軸點實驗結果，其中，(a) 為樣本影像，(b) 為原始影像，(c) 為平滑化影像，(d) 為樣版比對結果，可取得準直儀光軸焦點影像座標值。

### (3) 光學透鏡模組之幾何中心軸點實驗結果

圖 14 為光學透鏡模組之幾何中心軸點實驗結果，其中，(a) 為原始影像，(b) 為 convolution 影像，(c) 為型態學處理影像，(d) 偵測圖心比對結果，可取得光學透鏡模組輪廓之幾何中心點座標值。

### (4) 光學透鏡模組之偏心量測值實驗結果

圖 15 為光學透鏡模組之光軸中心與幾何中心

圖 13.  
光學透鏡模組之光軸點  
實驗結果。

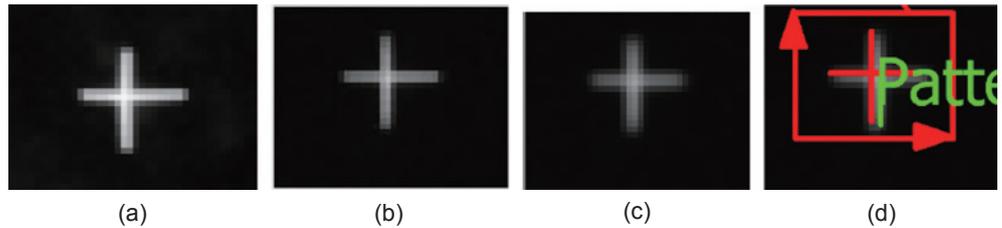


圖 14.  
光學透鏡模組之幾何中  
心軸點實驗結果。

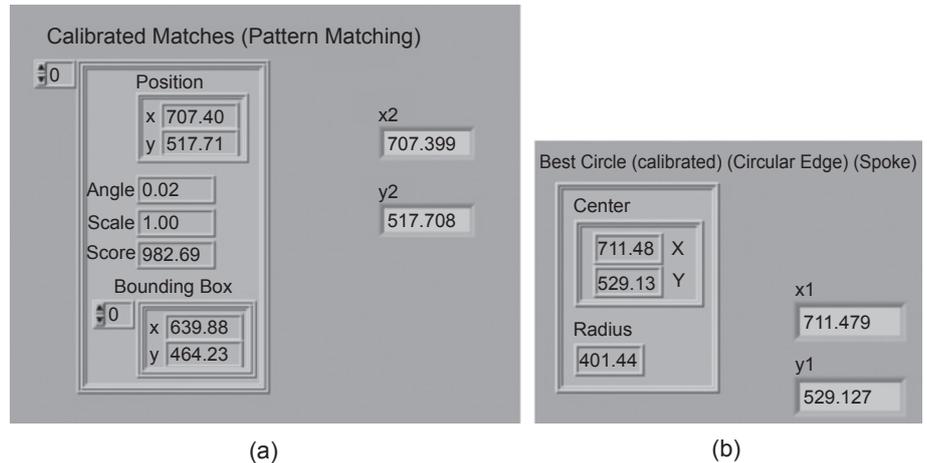
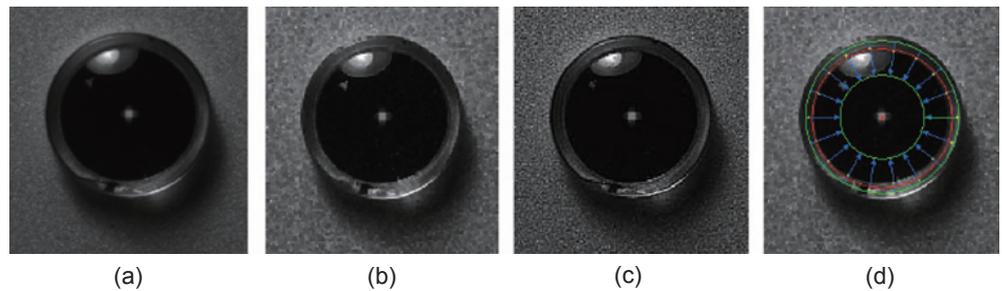


圖 15.  
光學透鏡模組之光軸中心與幾  
何中心量測值實驗結果。

量測值實驗結果，其中，(a) 為準直儀光軸焦點之影像座標 (707.399, 517.708)，(b) 為待測鏡片輪廓之影像座標 (711.479, 529.127)。輸入鏡片有效焦距 (EFL) 為 10.5 mm 時，計算幾何中心軸與光軸之間差異量即為光學透鏡模組偏心值 0.00112771 mm (0'22" arcmin)，此偏心量測值可做為同一規格光學透鏡模組之批量化量測比對參考。

#### (5) 「光學偏心值重複性量測」實驗結果

表 5 所列為實驗過程系統量測誤差的分析討論。準直儀光軸焦點之十字影像初始焦距為 15 mm，幾何中心焦點之輪廓影像初始焦距為 30

mm，計算最佳焦距及偏心值顯示於表 6 的光學偏心值重複性量測實驗結果。圖 16 為光學偏心值重複性量測統計，量測範圍為 0.35 mm - 0.05 mm，發現量測誤差過大。因此，針對上述系統量測誤差進行分析，此一系統架構具有相當成熟且穩定的量測特性，因為免除過多的機構限制，降低多自由度所造成的量測不確定度提升。只要在系統出廠前進行量測光路的校正，所有組件在量測過程中皆不需進行變更設定，如此便可確保長時間系統量測的精確性。然而，參考表 6 之偏心重複性測試量測誤差，發現所選用的 CCD 攝影機之感測器大小為 9.9  $\mu\text{m} \times 9.9 \mu\text{m}$ ，且運用遠心鏡頭進行待測鏡片輪廓拍

項目	需求規格	量測分析
電控垂直精密移動平台	有效行程 200 mm，解析度：1 $\mu\text{m}$ ，定位精度／重現性：3 $\mu\text{m}$ 。採用步進閉迴路伺服馬達，安裝精密光學尺有效行程 200 mm，含 CCD 攝影機支撐架。	定位精度／重現性調校
手動微調 2 軸傾斜平台	固定於 CCD 攝影機進行校驗調整功能。	光路調校
樣品托盤	可固定待測鏡片或鏡頭，尺寸 $\leq 30\text{ mm}$ ，含手動 2 軸傾斜調整裝置座。	光路調校，假設待測樣品托盤與量測鏡片平行
反射鏡及反射鏡座	固定 Dia.50 mm 反射鏡，45 度反射鏡轉接板及微調 2 軸傾斜調整裝置。	光路調校
CCD Camera	Baseler A311fc 1/2" CCD 攝影機，感測器尺寸：9.9 $\mu\text{m}$ $\times$ 9.9 $\mu\text{m}$ ，畫素尺寸：658 $\times$ 492	重複性量測，發現感測器尺寸過大
C-Mount Telecentric Lens	0.2 $\times$ , field of view for 1/2" sensor $> 30\text{ mm}$	重複性量測，發現 0.2 $\times$ 放大比率過小

表 5. 系統量測誤差。

表 6. 光學偏心率重複性量測。

十字影像 (mm)	輪廓影像 (mm)	偏心率 (mm)	偏心率 (arcmin)
15.32	30.04	0.209497	72'1"
15.08	30.32	0.145002	49'51"
15.24	30.04	0.252764	86'53"
15.16	30.36	0.126092	43'21"
15.20	30.04	0.210675	72'25"
15.16	30.16	0.123018	42'17"
15.24	30.12	0.141436	48'37"
15.36	30.12	0.175625	60'22"
15.08	30.24	0.316747	108'51"
15.16	30.12	0.0669974	23'2"

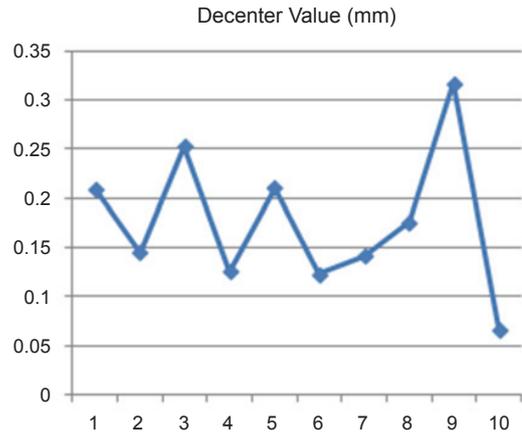


圖 16. 光學偏心率重複性量測統計。

攝，會因放大倍率僅有 0.2  $\times$ ，侷限其可量測範圍，可能導致偏心率誤差量測解析度無法進一步提升。

以下將針對表 7 之改進取像系統量測，將 CCD 攝影機畫素及遠心鏡頭放大倍率進行提升，設計符合業界要求的透鏡偏心率量測系統。準直儀光軸焦點之十字影像初始焦距為 80 mm，幾何中心焦點之輪廓影像初始焦距為 95 mm，計算最佳焦距及偏心率顯示於表 6 的光學偏心率重複性量測實驗結果。圖 17 為光學偏心率重複性量測統計，量測範圍為 0.0016 mm—0.01 mm。最後，得到量測精度為 0.1 arcmin，量測重複性為  $\pm 5\%$ 。

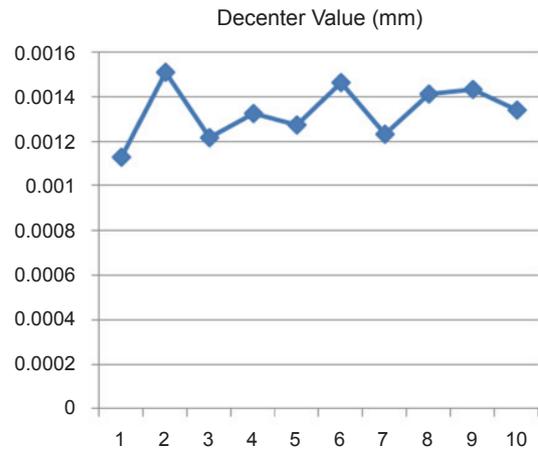


圖 17. 改進光學偏心率重複性量測統計。

表 7.  
改進取像系統量測。

1. CCD Camera	Basler A631FC 1/2" CCD Camera, Resolution: 1388 × 1038, Sensor Optical Size: 1/2", Pixel Size ( $\mu\text{m}$ ): 4.65 × 4.65,
2. C-Mount Telecentric Lens	Primary Magnification PMAG: 0.50X, Maximum Camera Sensor Format: 1/2", Working Distance (mm): 120, Working Distance Tolerance (mm): $\pm 3$

表 8. 改進光學偏心率重複性量測。

十字影像 (mm)	輪廓影像 (mm)	偏心率 (mm)	偏心率 (arcmin)
80.24	95.04	0.00112771	0'22"
80.24	95.04	0.00150871	0'30"
80.24	95.04	0.00121466	0'24"
80.32	95.04	0.00132508	0'26"
80.16	95.04	0.00127335	0'25"
80.28	95.04	0.00146353	0'29"
80.28	95.04	0.00123452	0'24"
80.20	95.04	0.00141095	0'28"
80.36	95.04	0.00143355	0'28"
80.28	95.04	0.00133793	0'26"

## 五、結論

本研究開發新型影像式光學透鏡模組偏心率檢測方法，利用簡單及低成本的光學元件與運動機構，透過數位影像擷取及影像後處理的方式，進行成像鏡頭模組與鏡片的偏心率量值檢測，藉以提升檢測速度並實現批量化量測的可能性。可應用於手機相機鏡頭模組組裝品質檢測、自動光學檢測及可批量化光學透鏡模組的偏心率量測。

## 參考文獻

1. *Optics and Optical Instruments-Preparation of Drawings for Optical Element and System: ISO 10110: A User's Guide*, 2nd ed., OSA, (2002).
2. 李建興, 吳文弘, 黃國政, 陳峰志, 偏心率量測技術與發展, 國研科技, 10, 18 (2006).

3. 光機電系統整合概論, 新竹: 國家實驗研究院儀器科技研究中心 (2005).
4. C.G. Rafael and E.W. Richard, *Digital Image Processing*, 2nd ed., Prentice Hall (2002).



陳永祥先生為國立彰化師範大學電機工程研究所碩士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心助理研究員。

Yung-Hsiang Chen received his M.S. in electrical engineering from National Changhua University of Education. He is currently an assistant researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



許家偉先生為國立台灣大學機械工程研究所碩士，曾任國家實驗研究院儀器科技研究中心副研究員。

Chia-Wei Hsu received his M.S. in mechanical engineering from National Taiwan University. He was an associate researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



廖泰杉先生為中原大學電子工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員。

Tai-Shan Liao received his Ph.D. in electronic engineering from Chung Yuan Christian University. He is currently a researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.