

# 透鏡3D檢測之研究

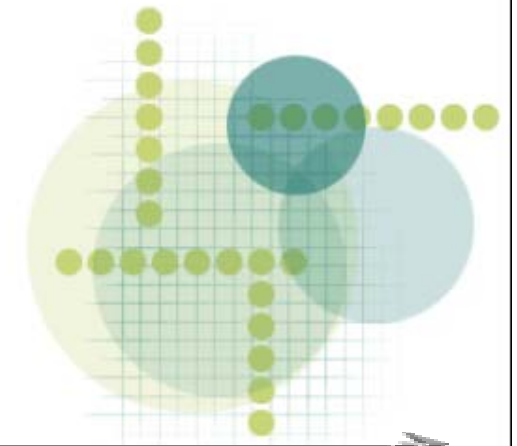
指導老師：林宸生

學生：林嘉毫、吳俊旻、何振維、韋子祈

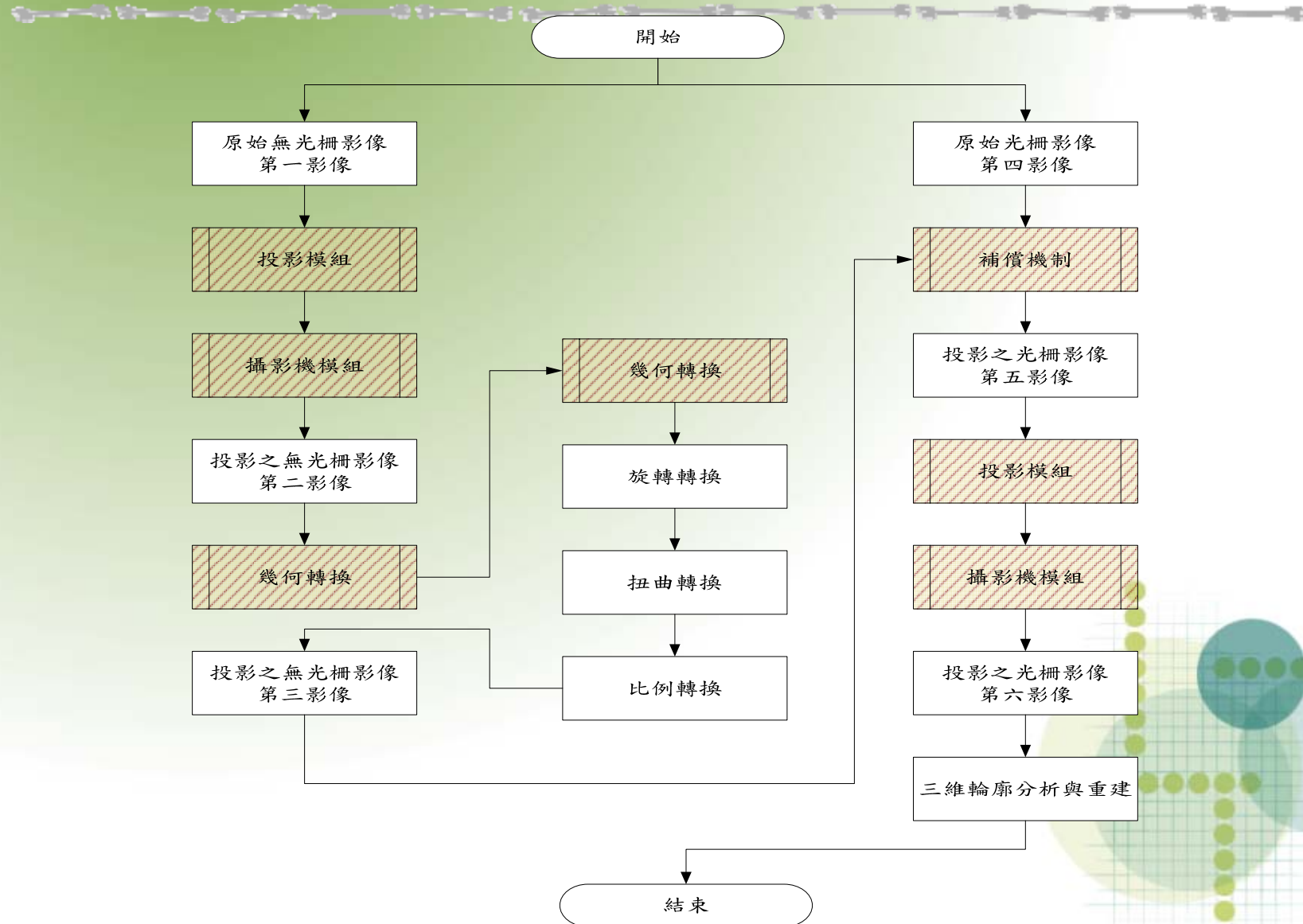


# 研究理論與方法

- ✦ 透鏡曲率設計
- ✦ 幾何光學
- ✦ 線段投影法
- ✦ 光柵補償系統
- ✦ 漸進式二值化
- ✦ 彩色光柵投影系統
- ✦ 次像素
- ✦ 曲率計算

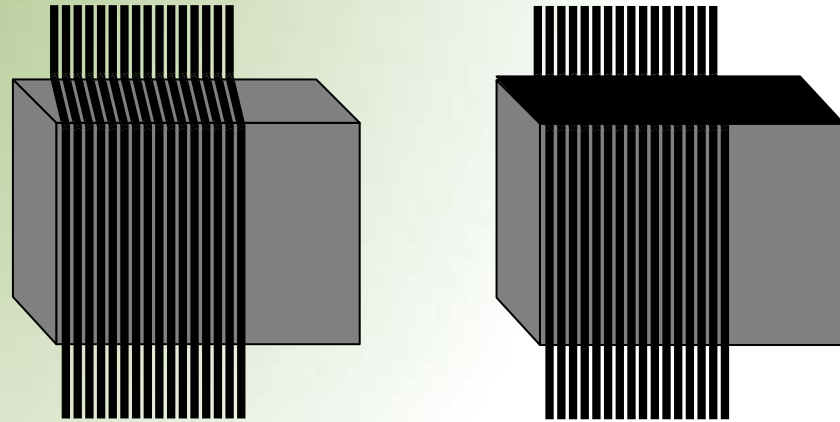


# 光柵補償系統－運作流程圖



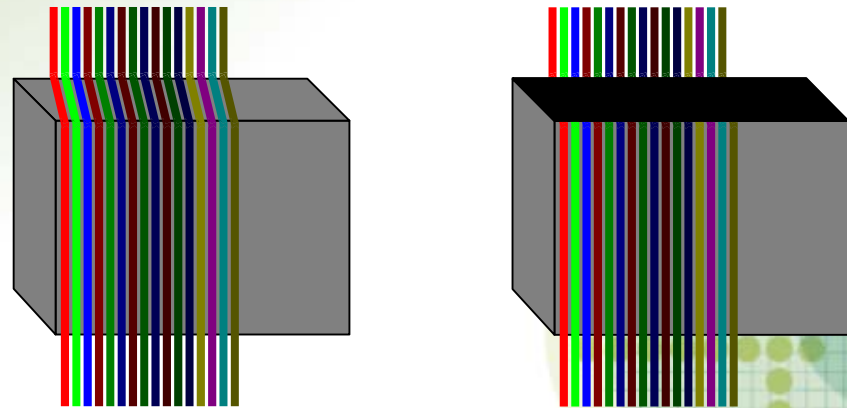
# 彩色光柵投影系統

◆ 當投射到物體表面的光柵條紋有一部份被物體的陰影所覆蓋時，此時便會影響到光柵的判讀



傳統光柵投影

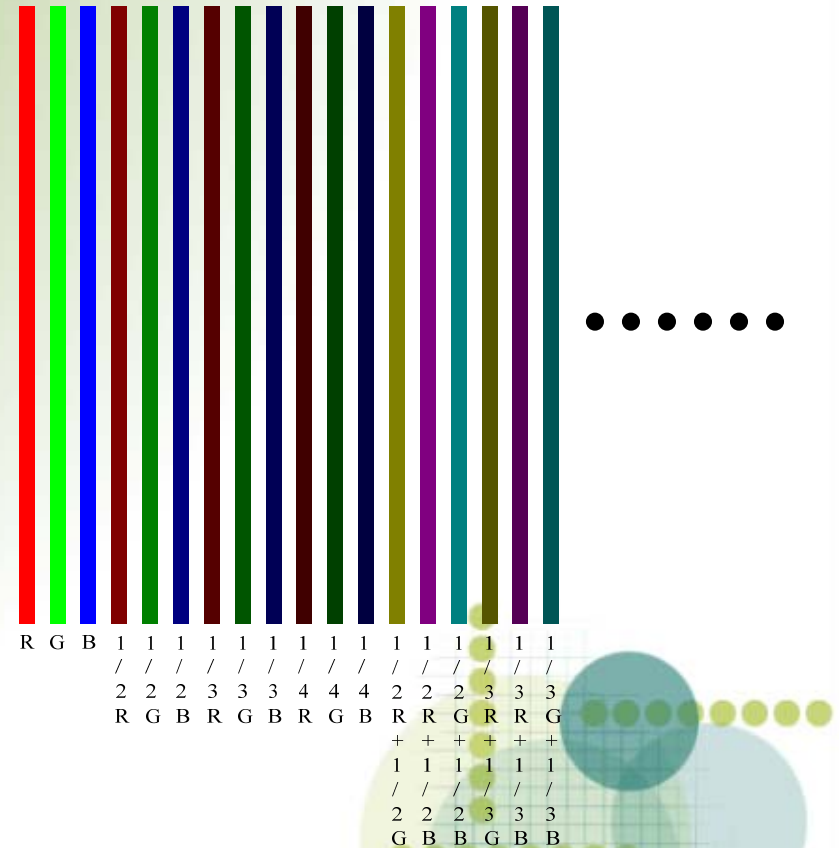
◆ 利用投影彩色光柵將可以使物體更容易辨識



彩色光柵投影

# 彩色光柵投影系統(1)

光柵的色彩組合可為R, G, B, 1/2 R, 1/2 G, 1/2 B, 1/3 R, 1/3 G, 1/3 B, 1/4 R, 1/4 G, 1/4 B, (1/2 R+1/2 G), (1/2 R+1/2 B), (1/2 G+1/2 B), (1/3 R+1/3 G), (1/3 R+1/3 B), (1/3 G+1/3 B) ...等許多的變化。



彩色光柵的組成

## 彩色光柵投影系統(2)

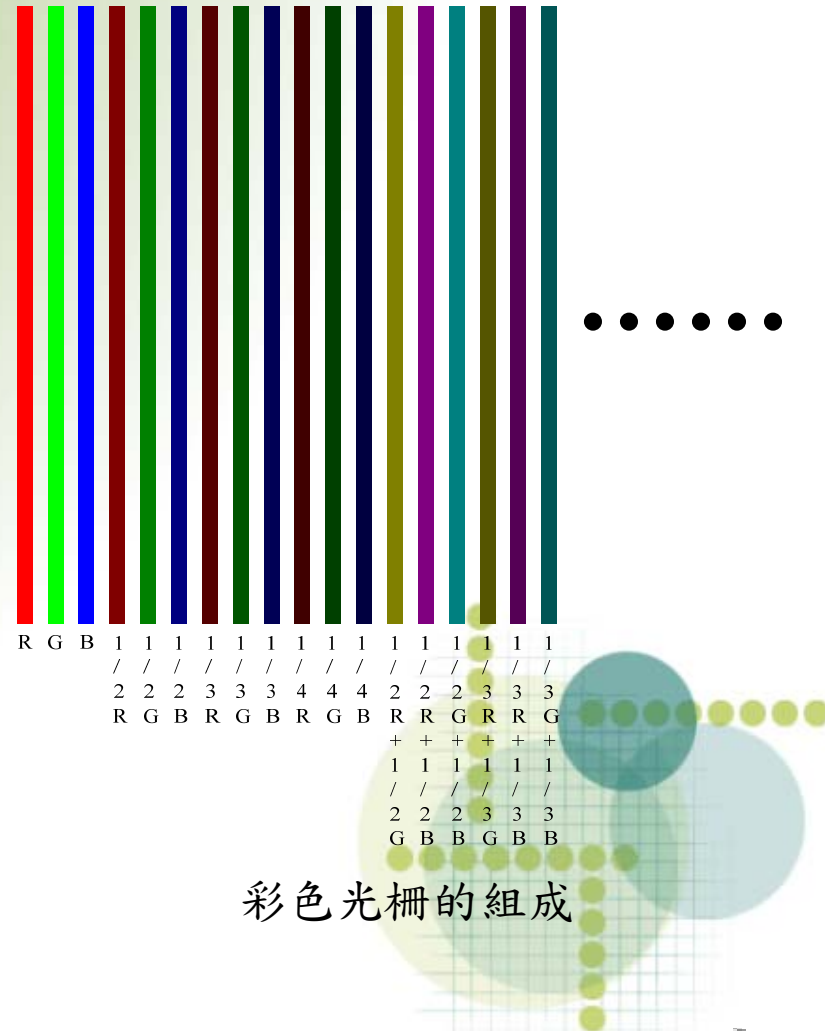
為使投影出的彩色光柵每條條紋亮度(brightness)相同，必須使每條光柵的亮度都相等，而亮度  $B_n$  的定義為：

$$B_n \equiv \text{Max}(R, G, B) , \quad B_n \in [0, 255]$$

其中  $R$ 、 $G$ 、 $B$  為色彩三原色。欲使每條光柵的亮度均相等，則必須使每條光柵的  $B_n$  值相等。而彩色光柵條紋的產生方式可為：  
隨機選擇一  $R$  值，並限制  $R$  值的最大值為  $B_n$

$$R = \text{Random} [0, 255]$$

$$\text{if } R \geq B_n , \quad R = B_n$$



彩色光柵的組成

# 彩色光柵投影系統(3)

隨機選擇一  $G$  值，並限制  $G$  值的最大值為  $Bn$

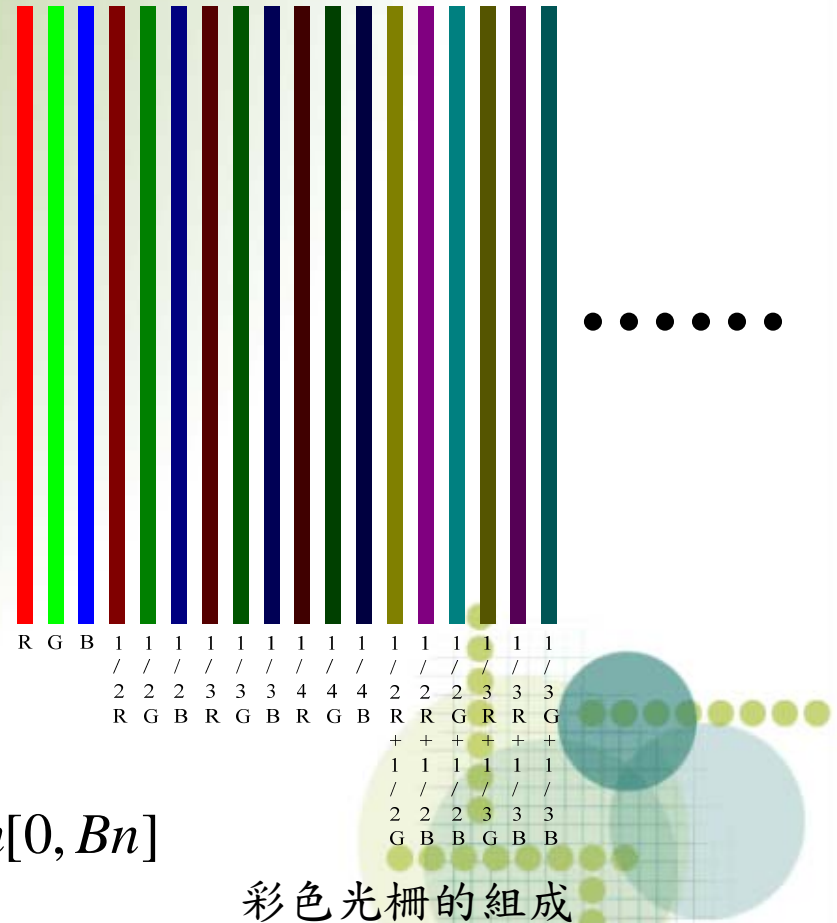
$$G = \text{Random}[0, 255]$$

$$\text{if } G \geq Bn, G = Bn$$

取  $R$ 、 $G$  的最大值，若此值為  $Bn$ ，則  $B$  的值可以是隨機選擇的值；若  $R$ 、 $G$  的最大值不是  $Bn$ ，則令  $B$  值為  $Bn$

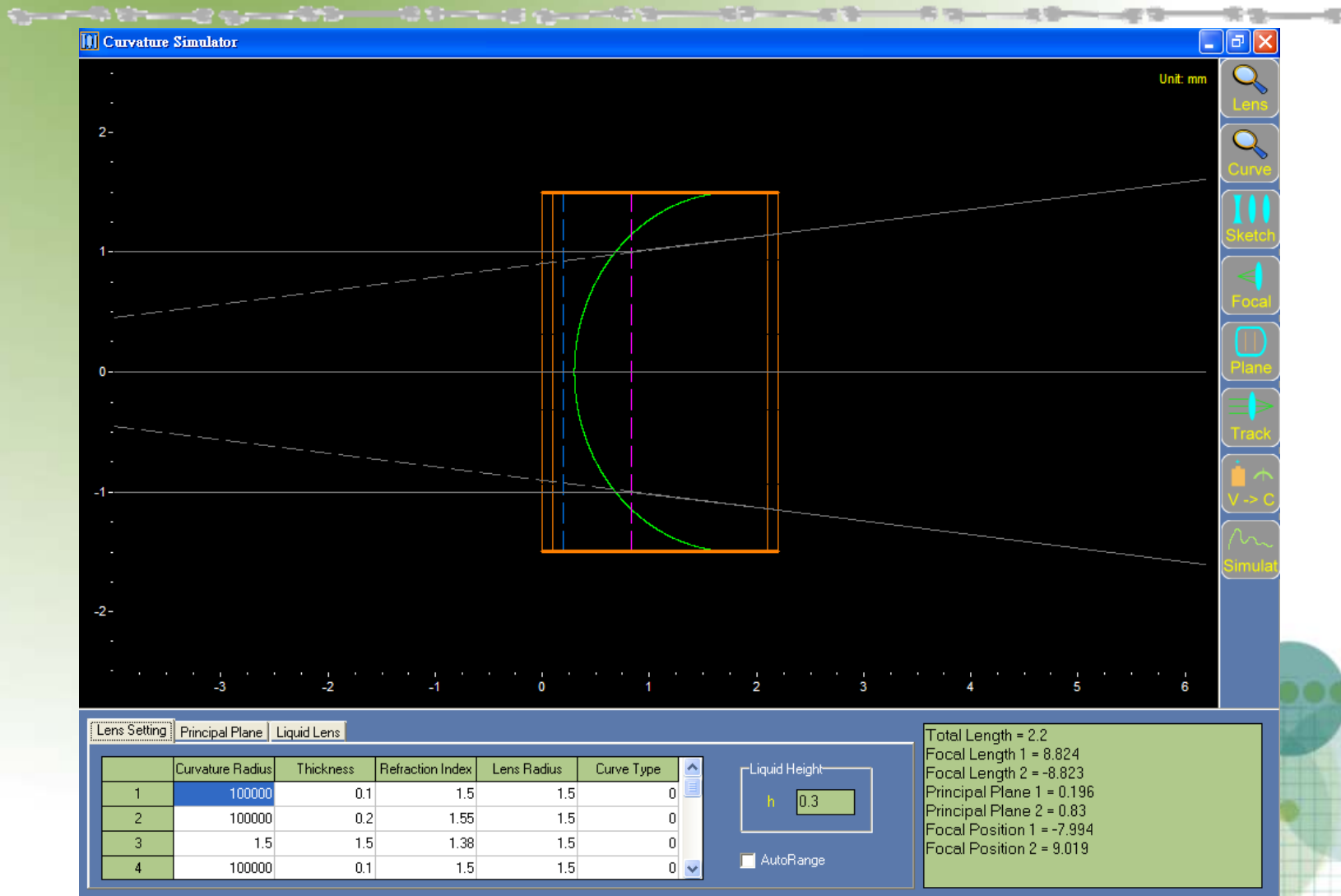
$$\text{if } (\text{Max}(R, G) = Bn), B = \text{Random}[0, Bn]$$

$$\text{else } B = Bn$$



彩色光柵的組成

# 透鏡之模擬



自行設計之透鏡模擬程式



# 光學設計軟體－ZEMAX之驗證

ZEMAX-EE - C:\Documents and Settings\seeing\My Documents\Zemax\液態透鏡1.ZMX

File Editors System Analysis Tools Reports Macros Extensions Window Help

New Ope Sav Sas Upd Gen Fie Wav Lay L3d Ray Opd Spt Mtf Enc Opt Gla Len Sys Pre

### Lens Data Editor

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Class	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (unused)
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		0.000000	0.000000	
1*	Standard		Infinity	0.100000	1.50,0.0	1.500000	U	0.000000
2*	Standard		Infinity	0.200000	1.55,0.0	1.500000	U	0.000000
3*	Standard		1.500000	1.800000	1.38,0.0	1.500000	U	0.000000
4*	Standard		Infinity	0.100000	1.50,0.0	1.500000	U	0.000000
STO*	Standard		Infinity	5.000000		1.500000	U	0.000000
IMA	Standard		Infinity			1.500000	U	0.000000

### 1: Layout

LAYOUT

LENS HAS NO TITLE.  
WED APR 19 2006  
TOTAL LENGTH: 7.20000 MM

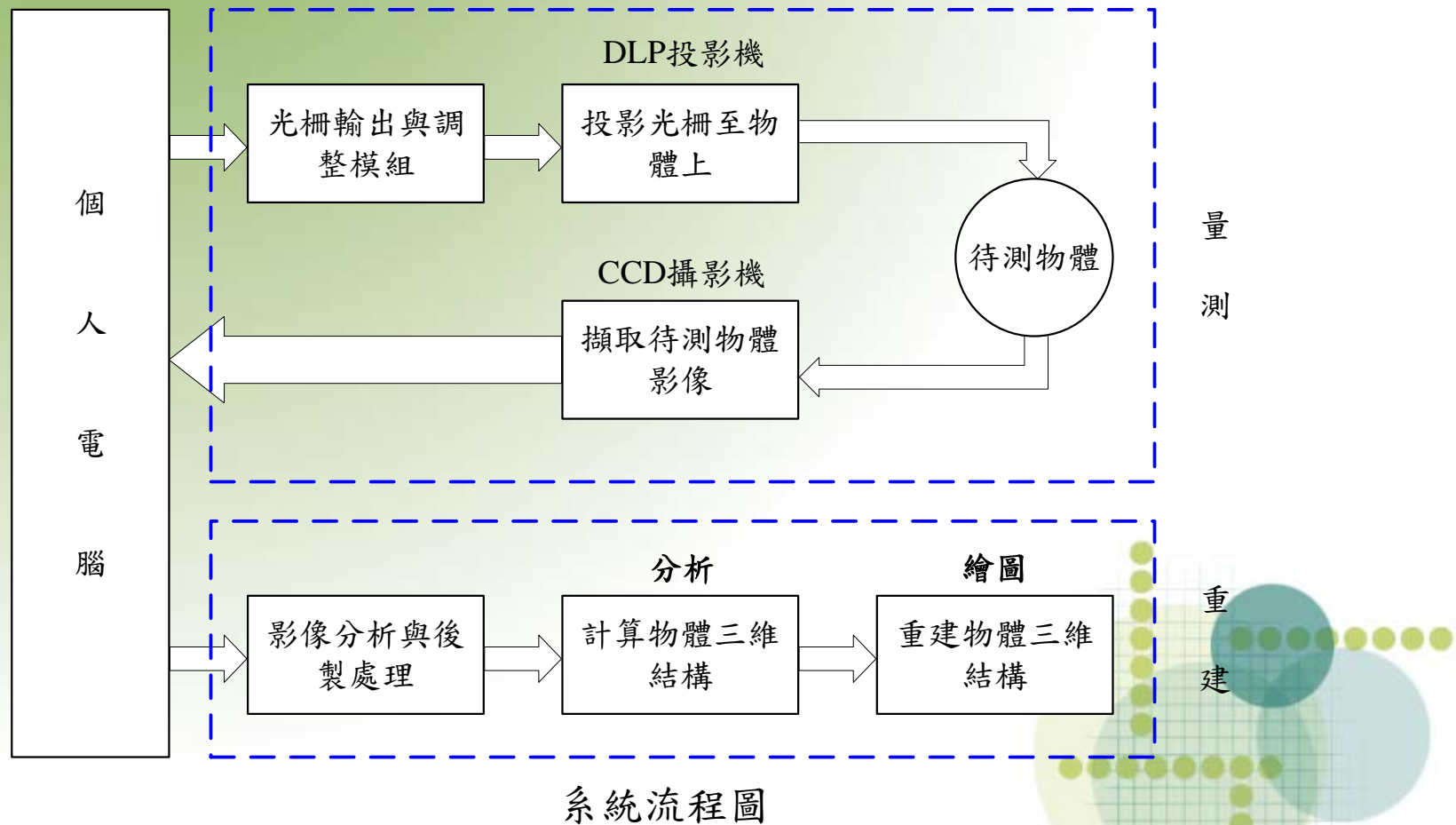
### 2: Report Graphic 4

LENS HAS NO TITLE.  
WED APR 19 2006  
TOTAL LENGTH: 7.20000 MM

EFFL: -8.82353      WFNO: 3.1168      ENPD: 2      TOTR: 7.2

## 光學設計軟體－ZEMAX

# 三維輪廓量測與重建



# 硬體規格

## 投影機規格

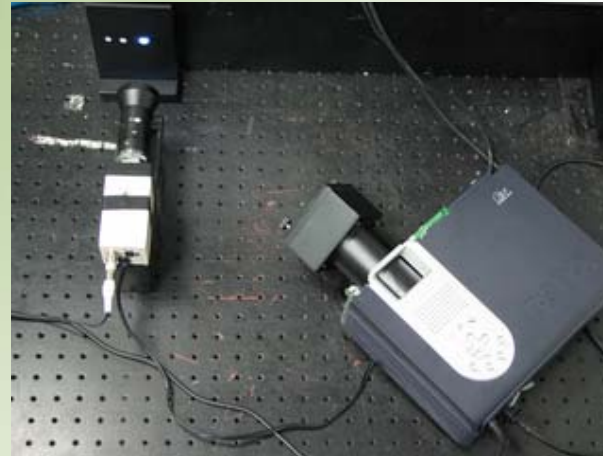
型號	PB6100
投影技術	DLP 晶片
投影面板	0.55" 12° DDR DMD
亮度	1500 ANSI 流明
縮放比	1:1.2
均勻度	85%
對比	2000 : 1
色彩	16.7萬色全彩

## 攝影機及鏡頭規格

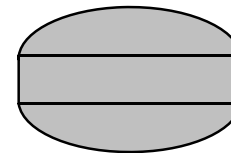
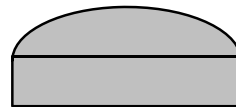
型號	SD-DNCa-C-A01
擷取元件	SONY 1/3"
像素	H × V = 768 × 494
解析度	480 TV Lines
最低照度	0.2 LUX / F1.2
視訊輸出	1Vp-p / 75 Ohms
功率消耗	AC110V / 200mA
操作溫度	-10 °C ~ 50 °C
鏡頭	Manual Variable Focal Lenses 5-100 mm + 2X Lens

# 三維輪廓量測系統(1)

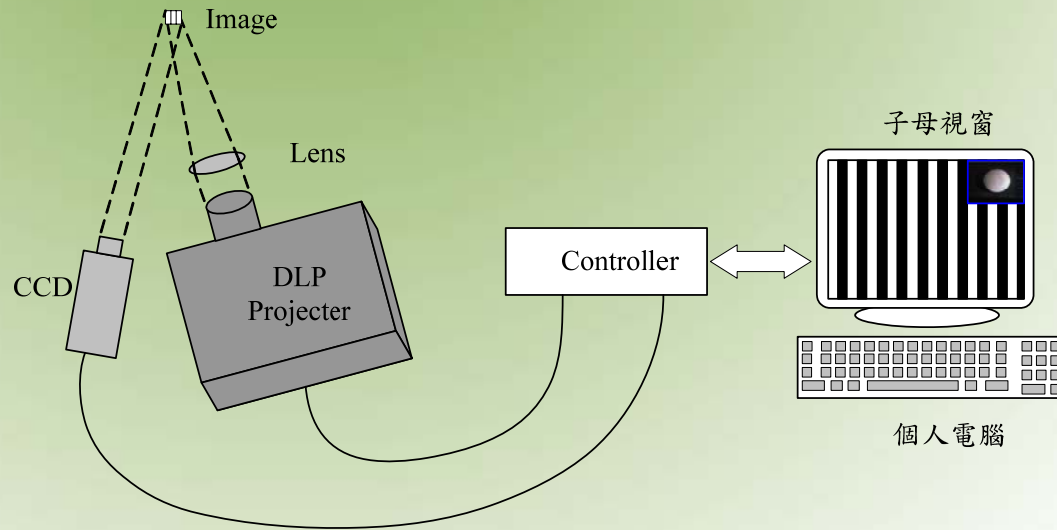
三維輪廓量測系統架構圖



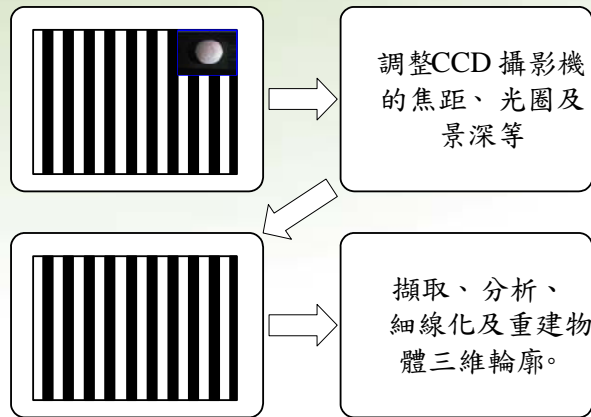
標準透鏡及待測透鏡  
(由左至右依序為標準透鏡、1號透鏡、2號透鏡)



# 三維輪廓量測系統(2)

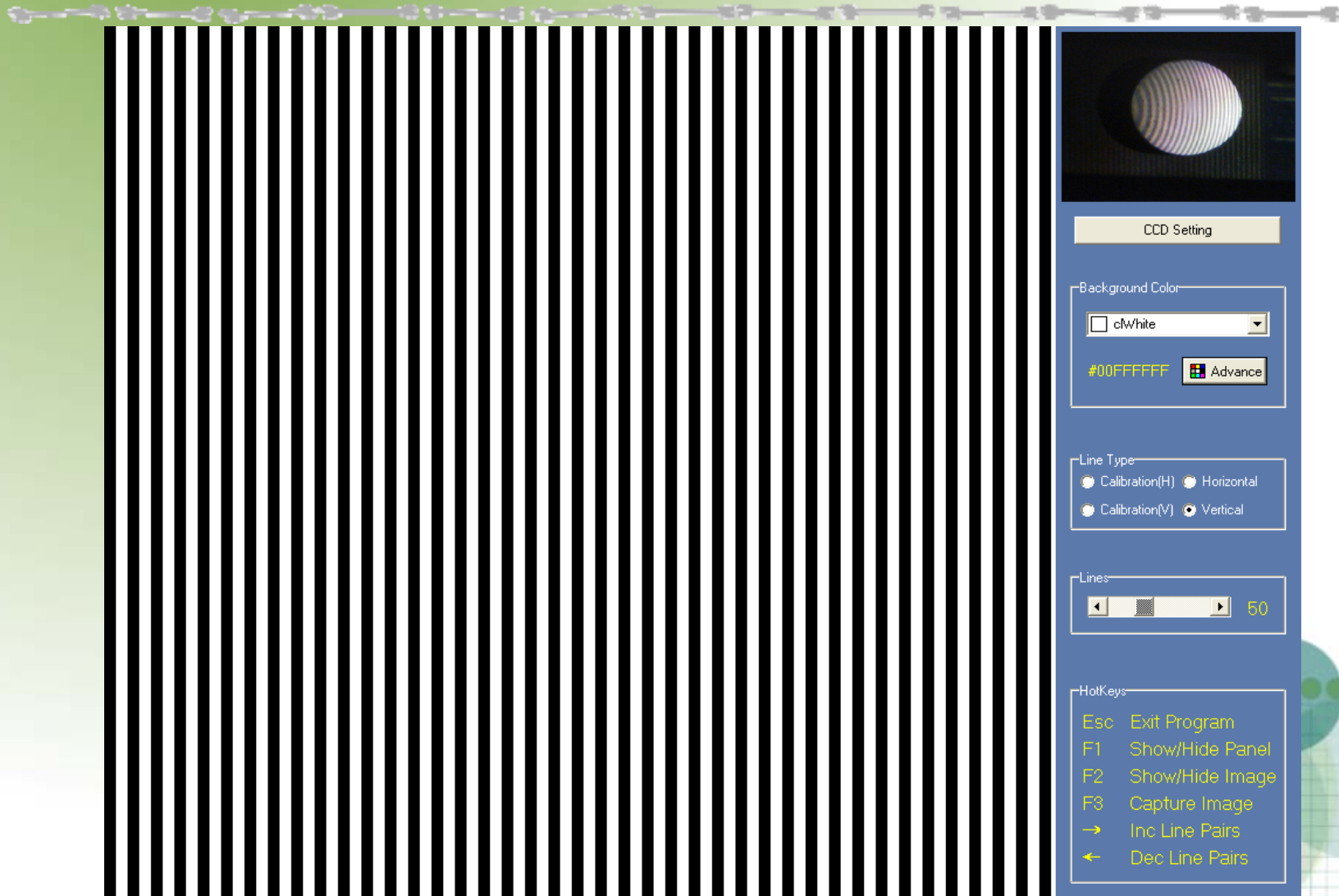


光柵投影裝置



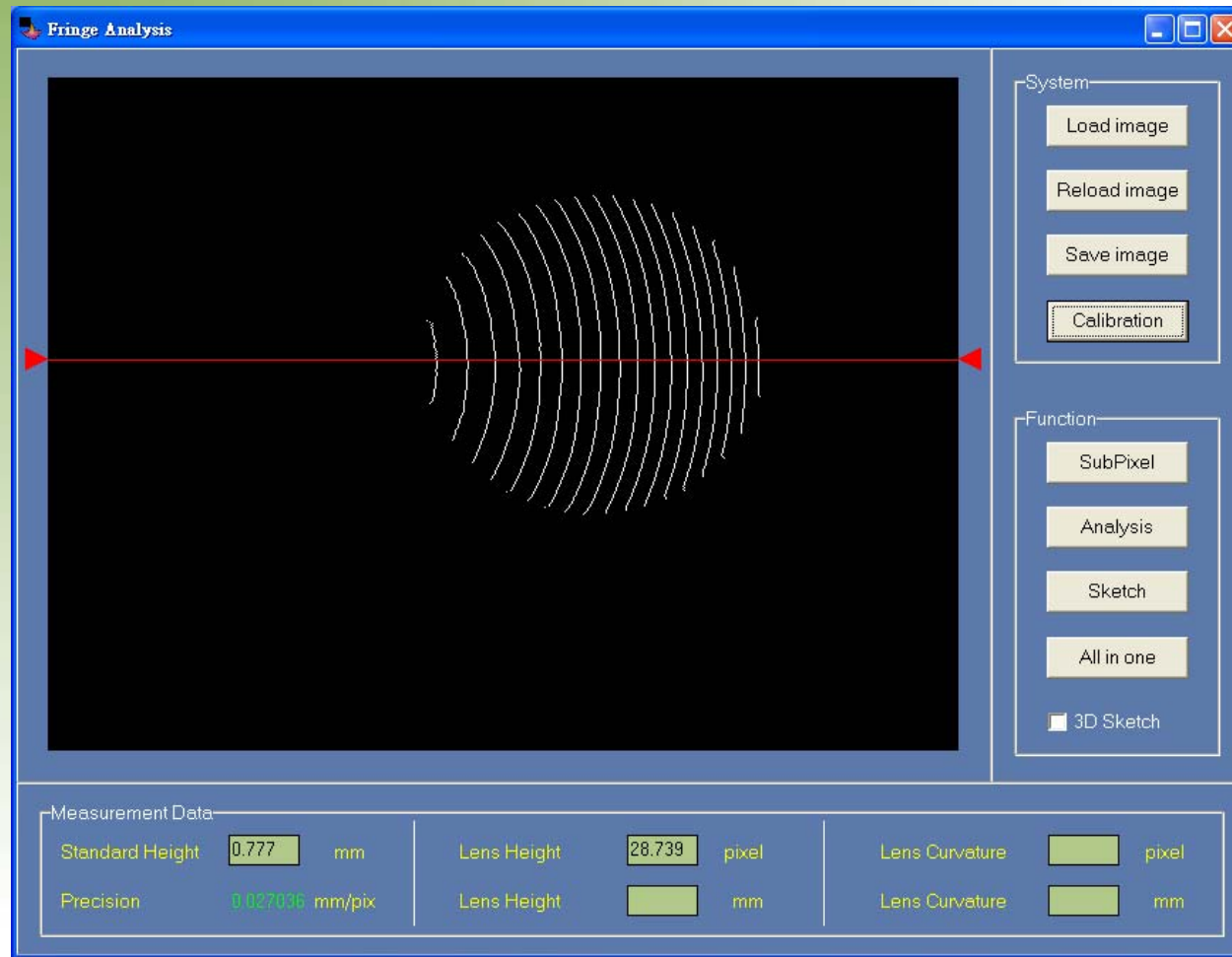
子母視窗的運作方式

# 三維輪廓量測系統(3)



光柵投影系統之軟體操作畫面

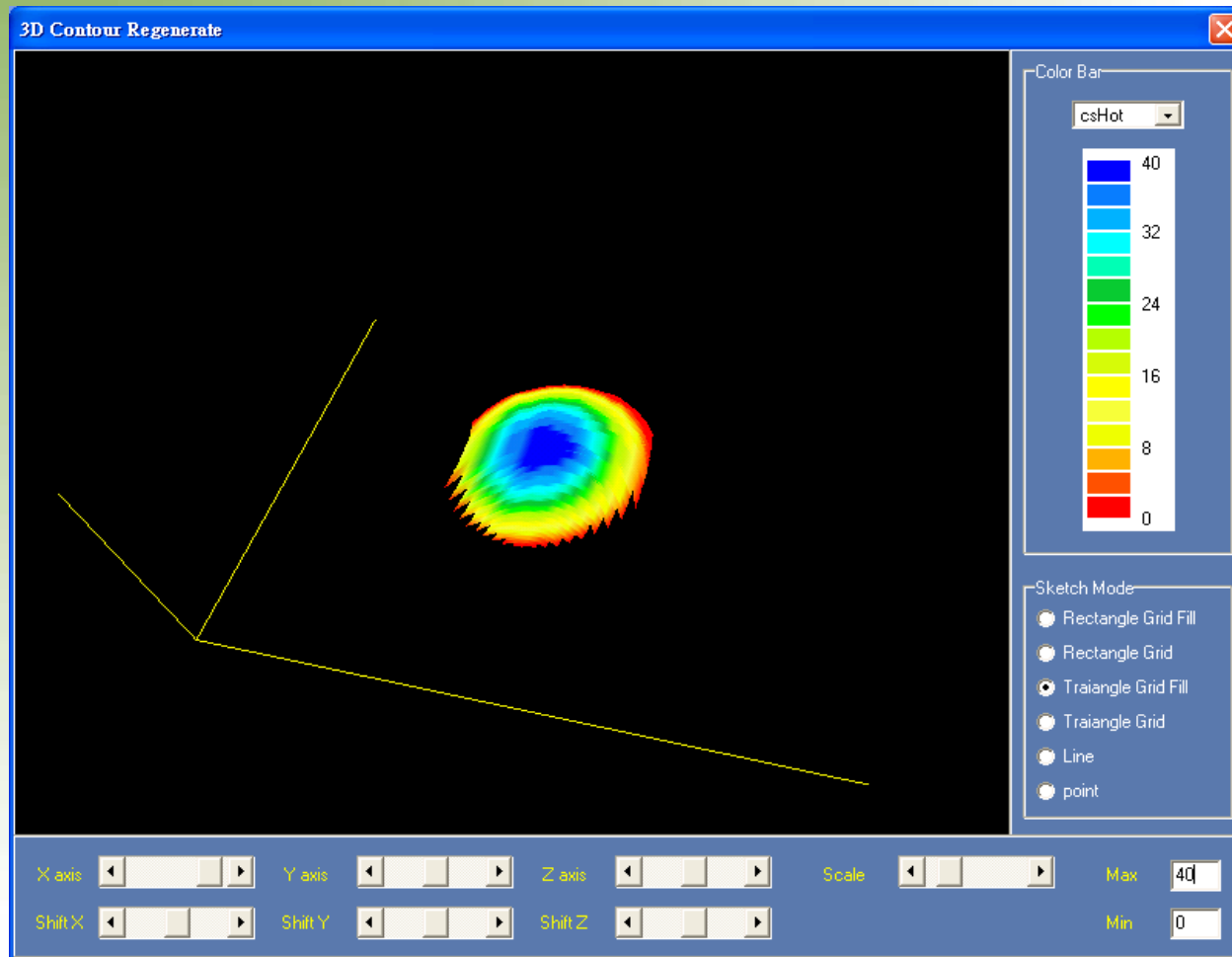
# 三維輪廓重建系統(1)



光柵投影系統之軟體操作畫面



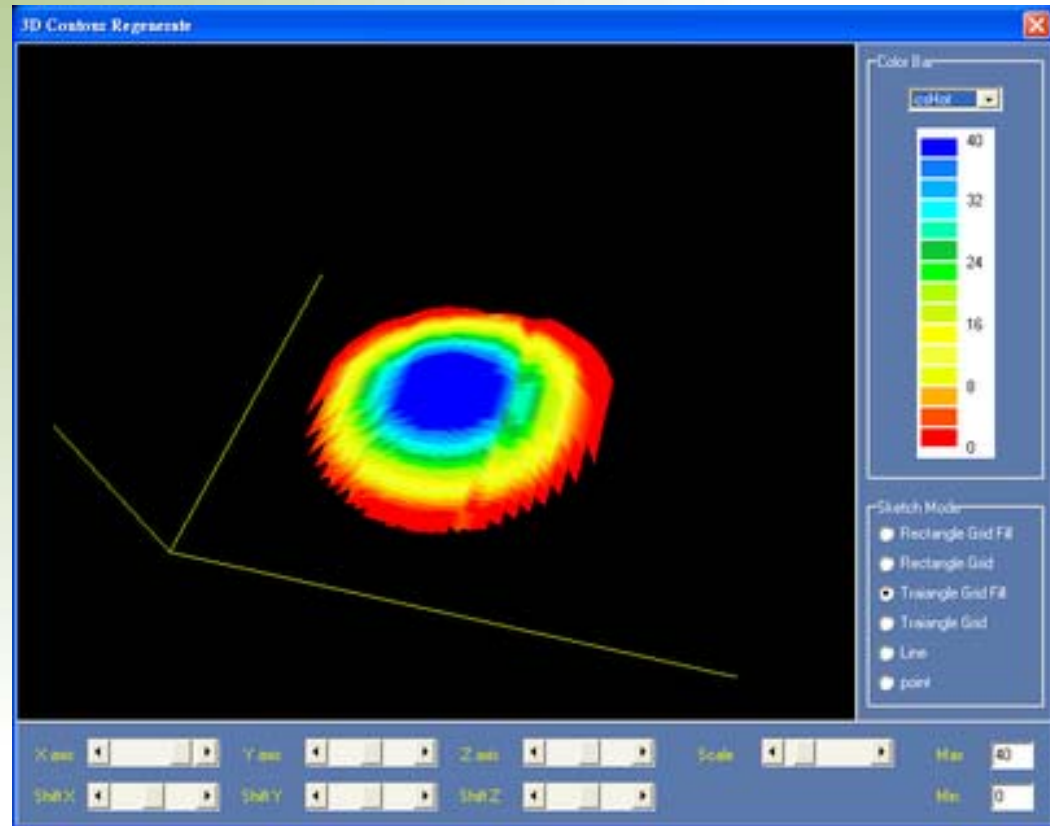
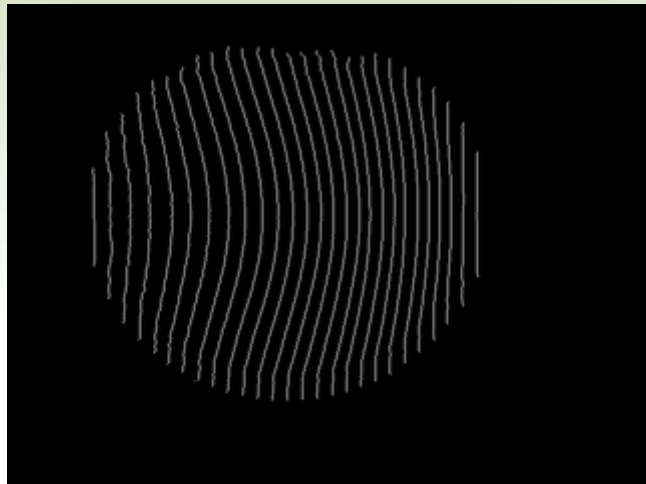
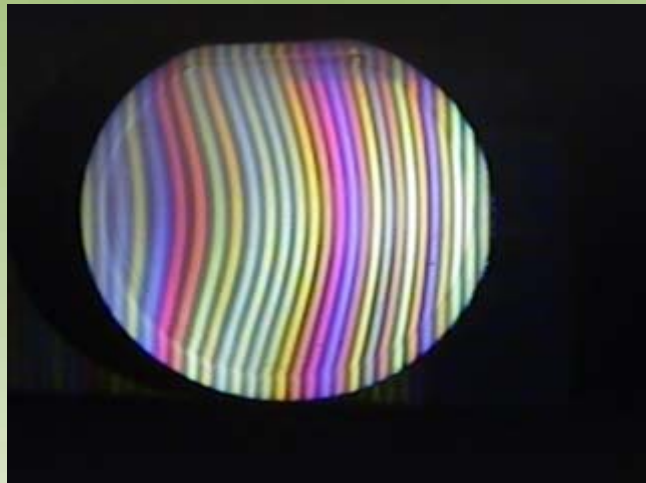
# 三維輪廓重建系統(2)



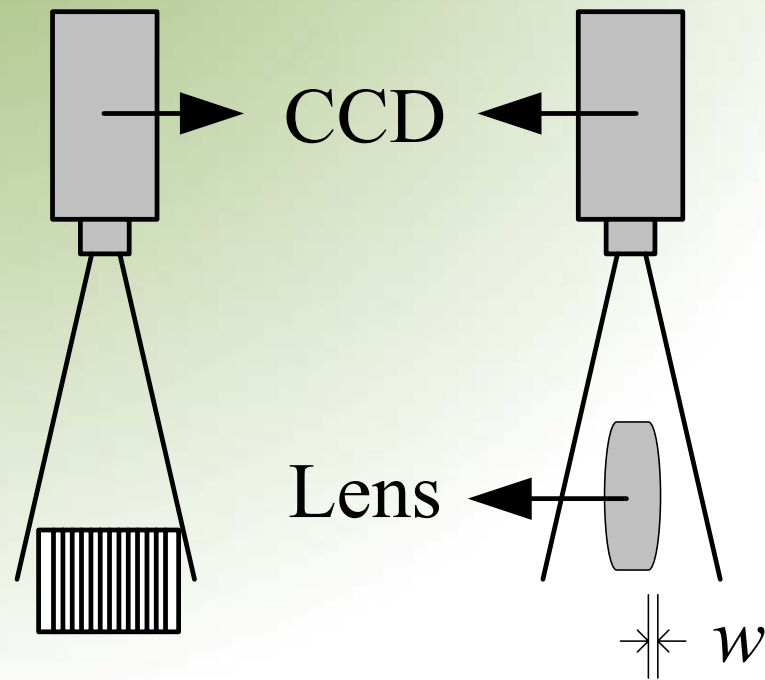
光柵投影系統之軟體操作畫面



# 彩色光柵



# 利用CCD量測透鏡的高度

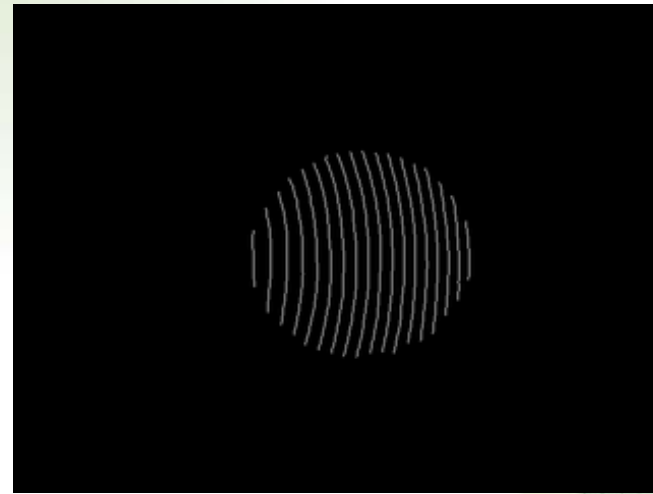
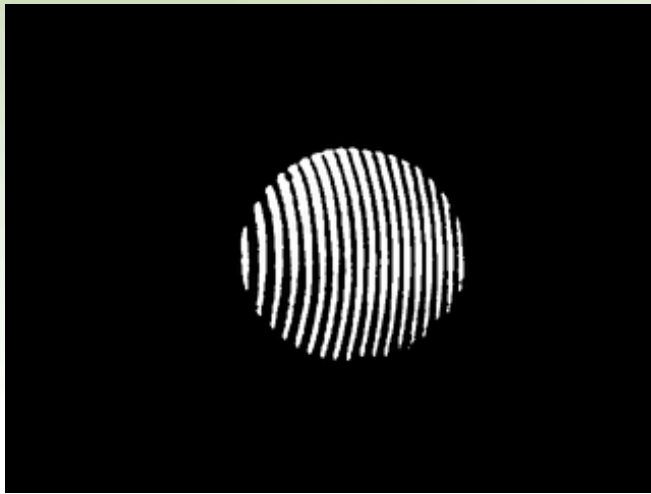


# ZEMAX之驗證結果

電壓與焦距在不同程式的模擬結果（單位：mm）

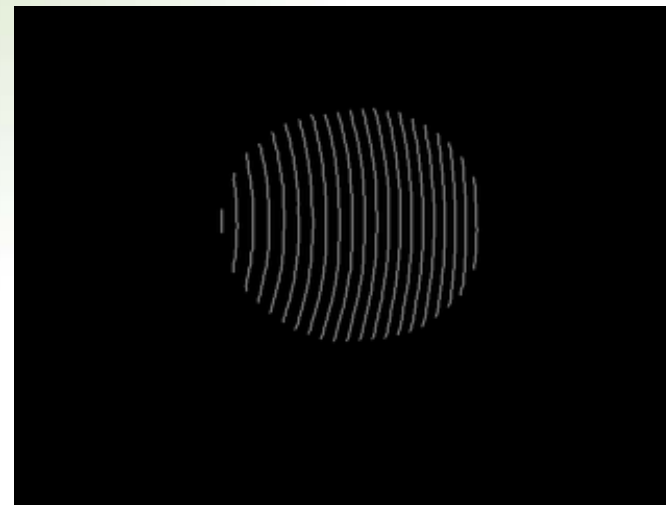
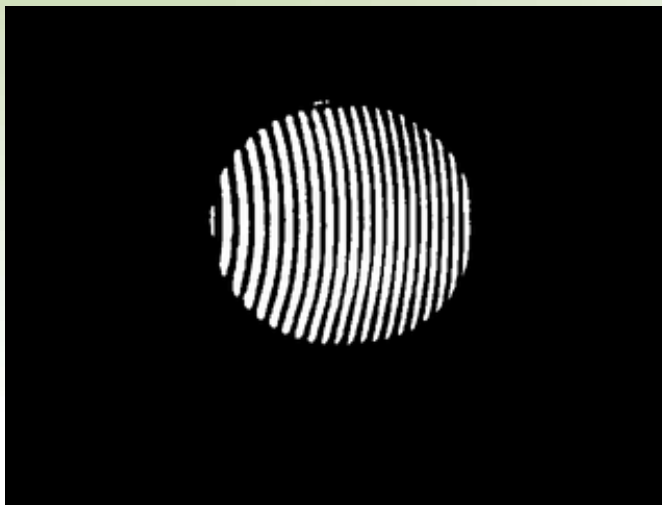
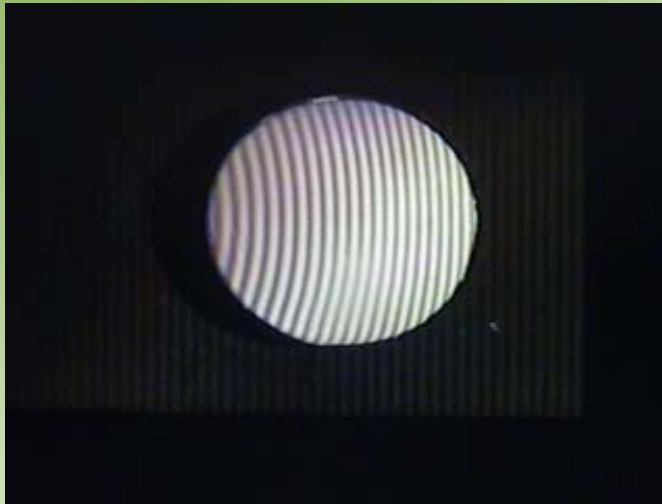
電壓	焦距－程式模擬結果	焦距－ZEMAX模擬結果
0 v	-8.823	-8.824
50 v	-11.761	-11.762
100 v	-11089.843	-11302.941
120 v	20.105	20.104
140 v	9.205	9.205

# 三維輪廓量測—漸進式二值化



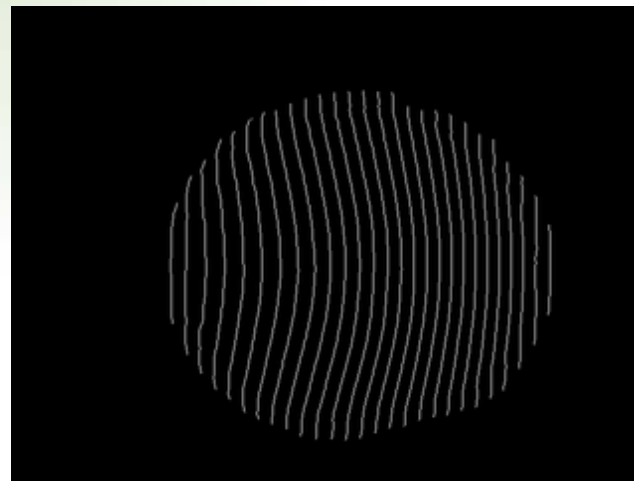
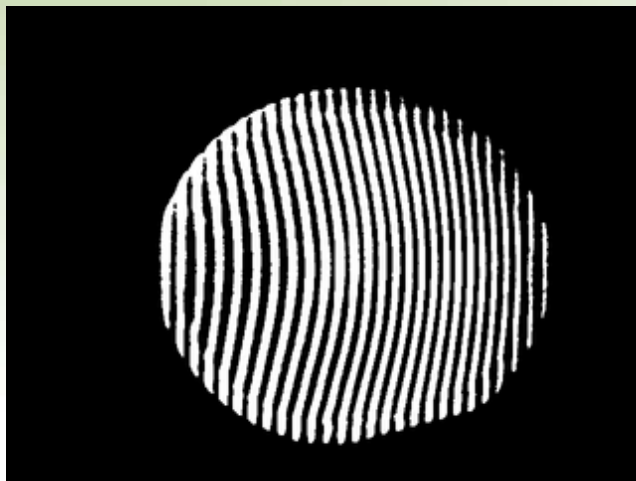
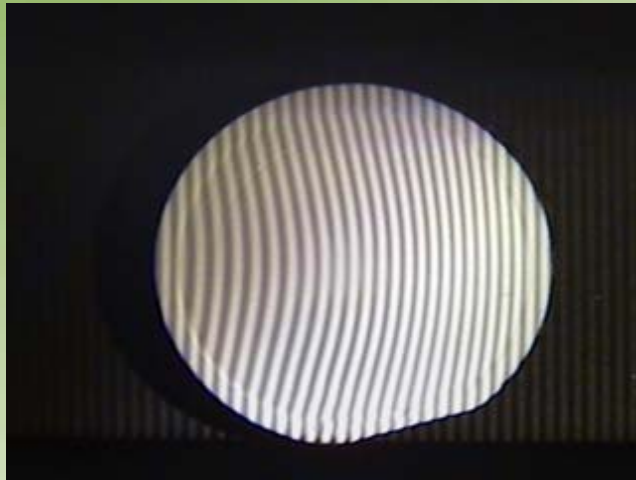
在50 lines/20 mm下的標準透鏡影像

# 三維輪廓量測—漸進式二值化



在50 lines/20 mm下的1號透鏡影像

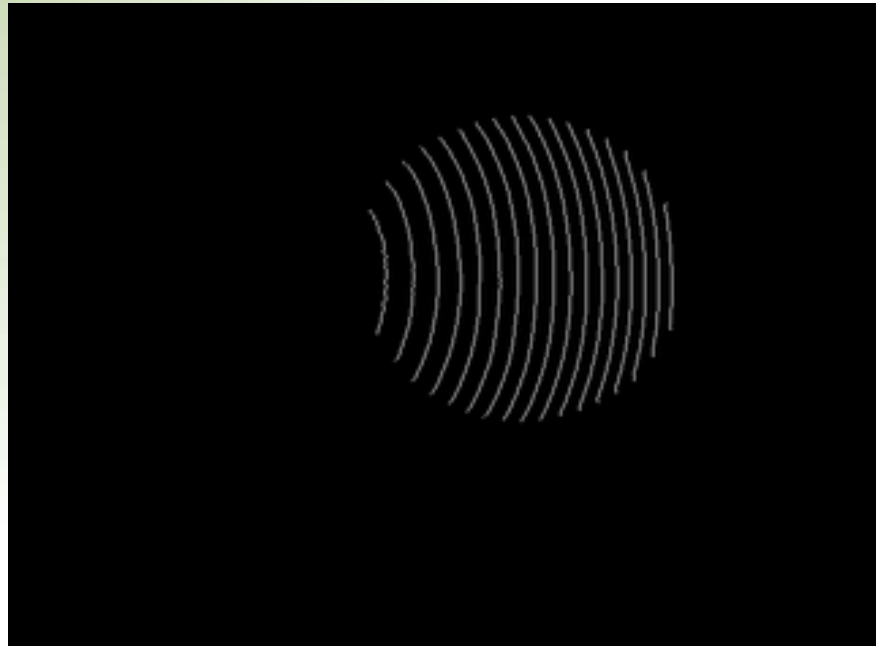
# 三維輪廓量測—漸進式二值化



在50 lines/20 mm下的2號透鏡影像

# 三維輪廓量測一次像素

→ 60 lines/20 mm

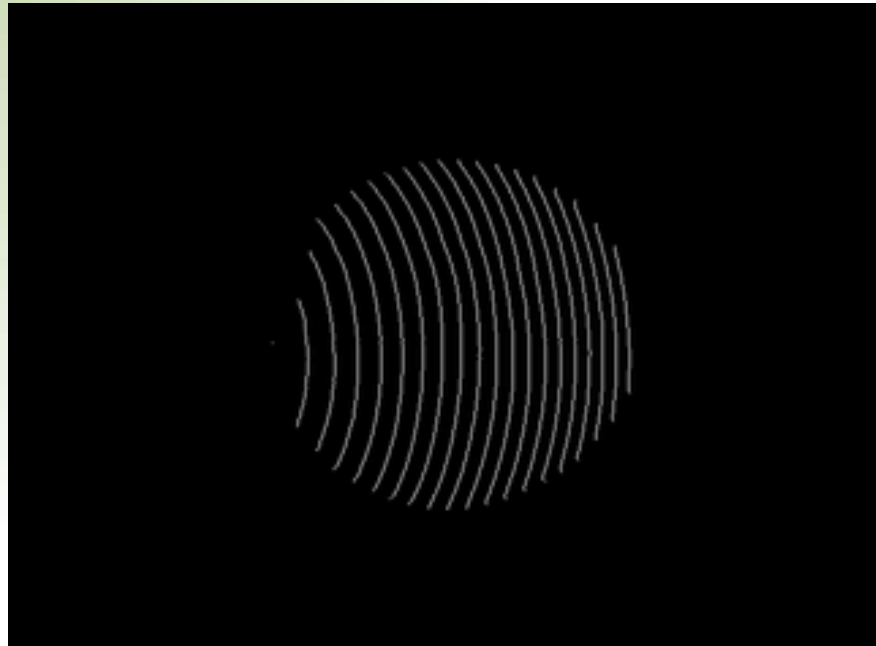
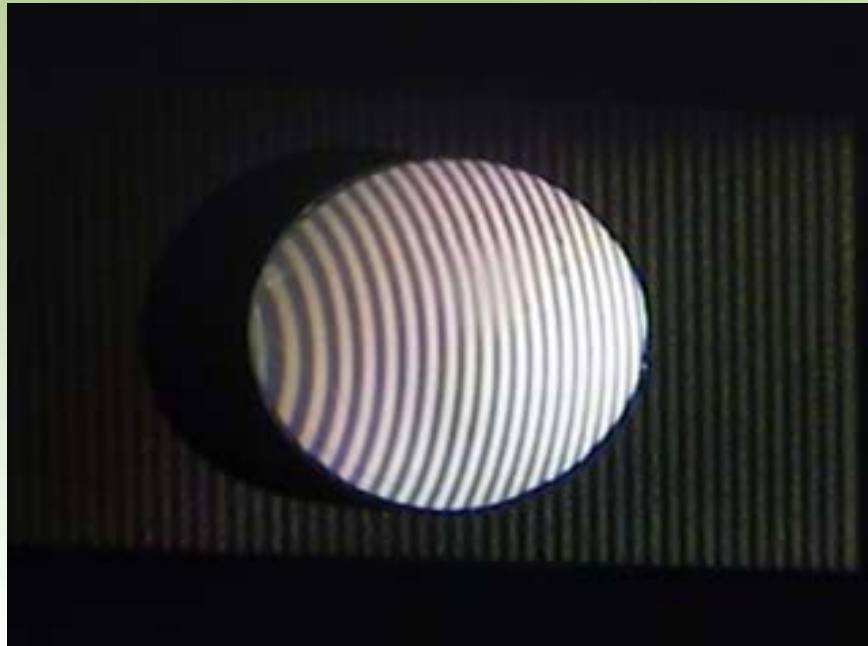


在60 lines/20 mm下的標準透鏡影像



# 三維輪廓量測一次像素

→ 60 lines/20 mm

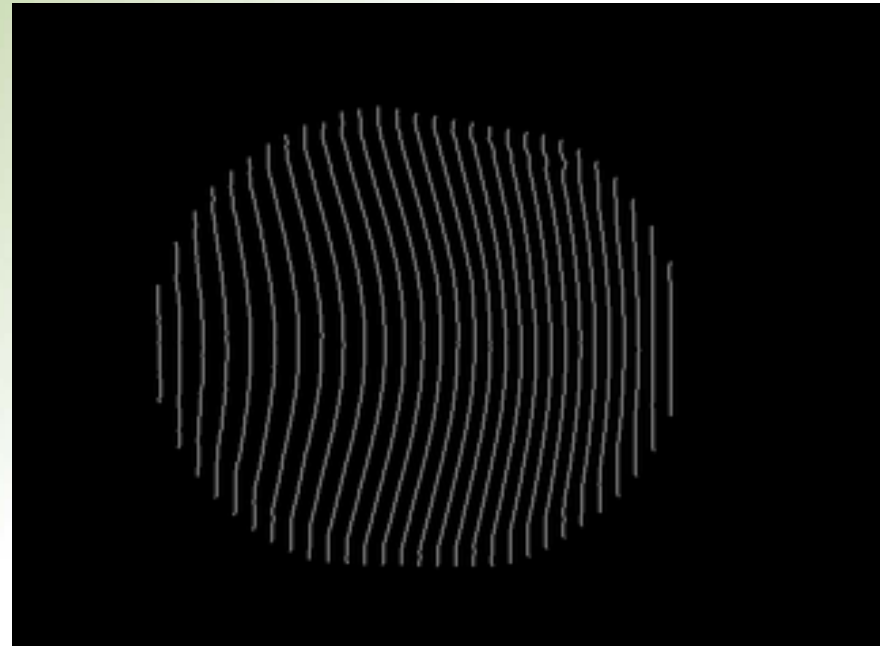
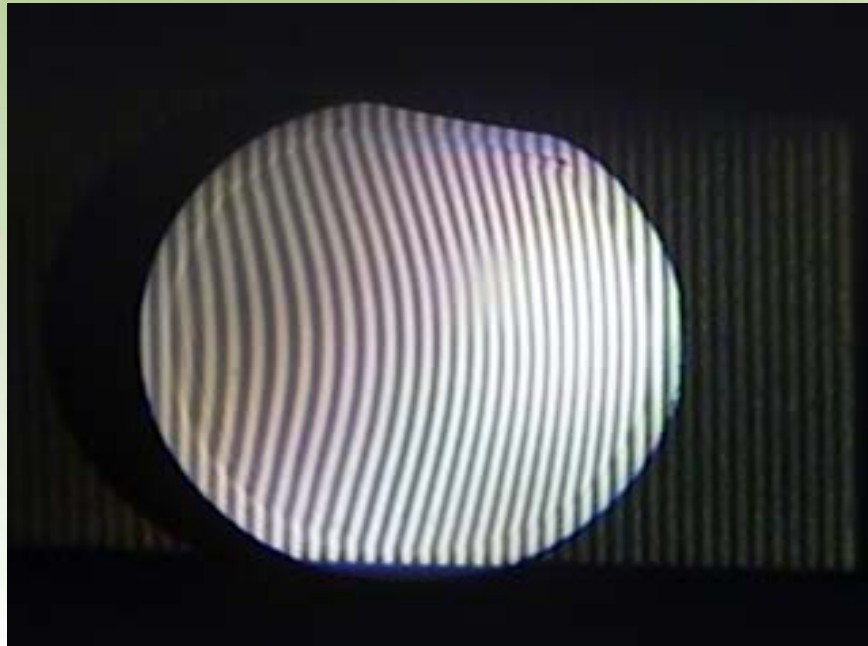


在 60 lines/20 mm 下的 1 號透鏡影像



# 三維輪廓量測一次像素

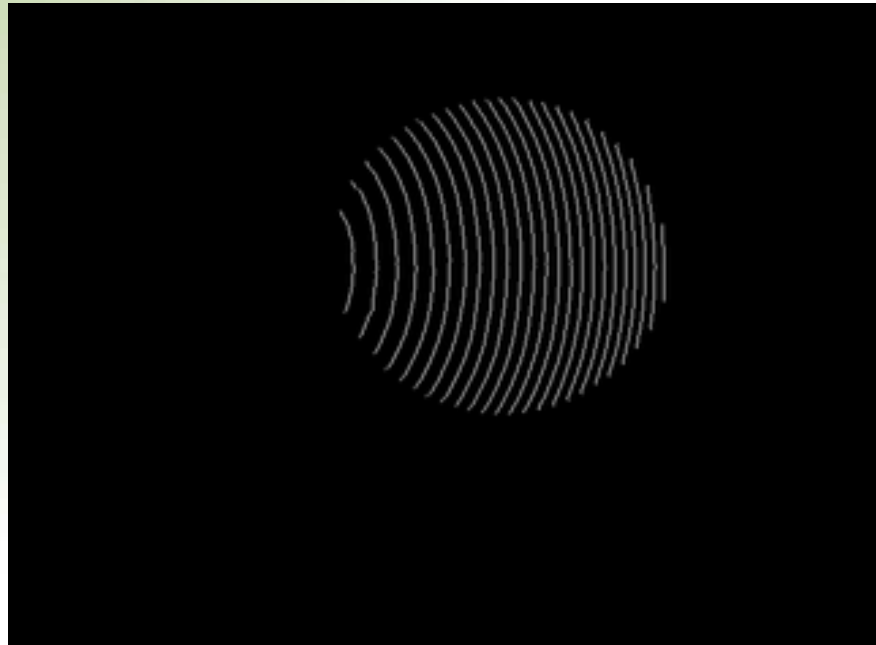
→ 60 lines/20 mm



在 60 lines/20 mm 下的 2 號透鏡影像

# 三維輪廓量測一次像素

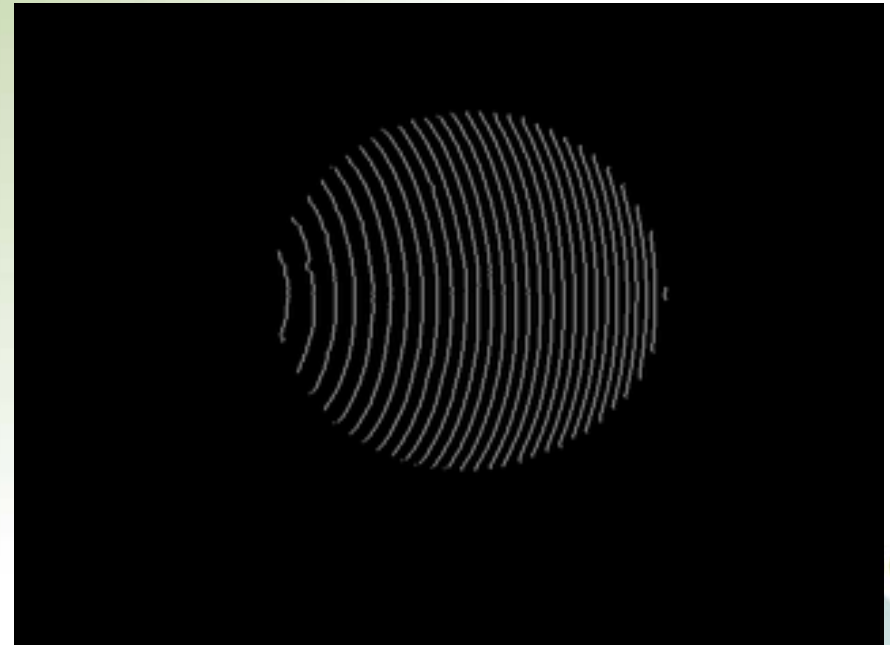
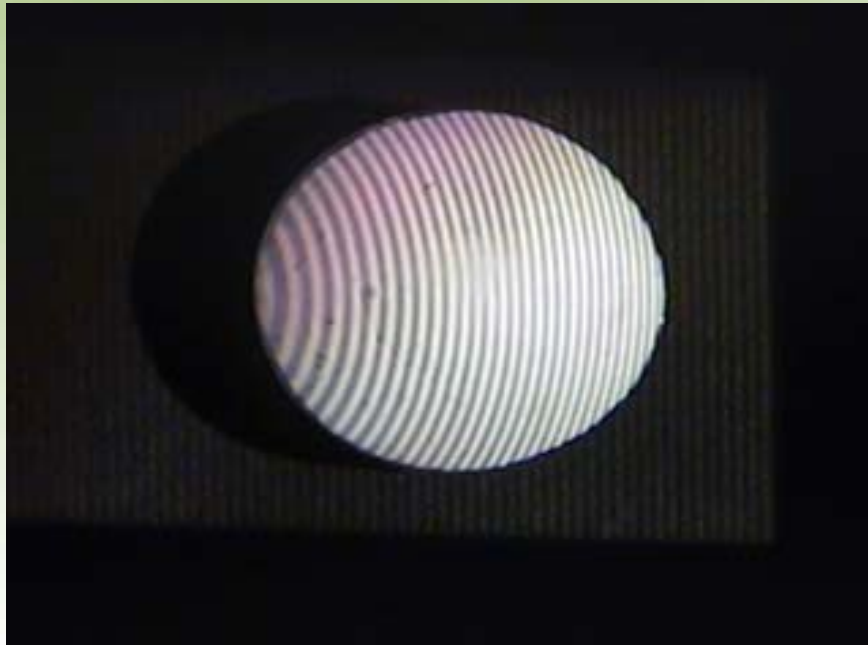
→ 65 lines/20 mm



在65 lines/20 mm下的標準透鏡影像

# 三維輪廓量測一次像素

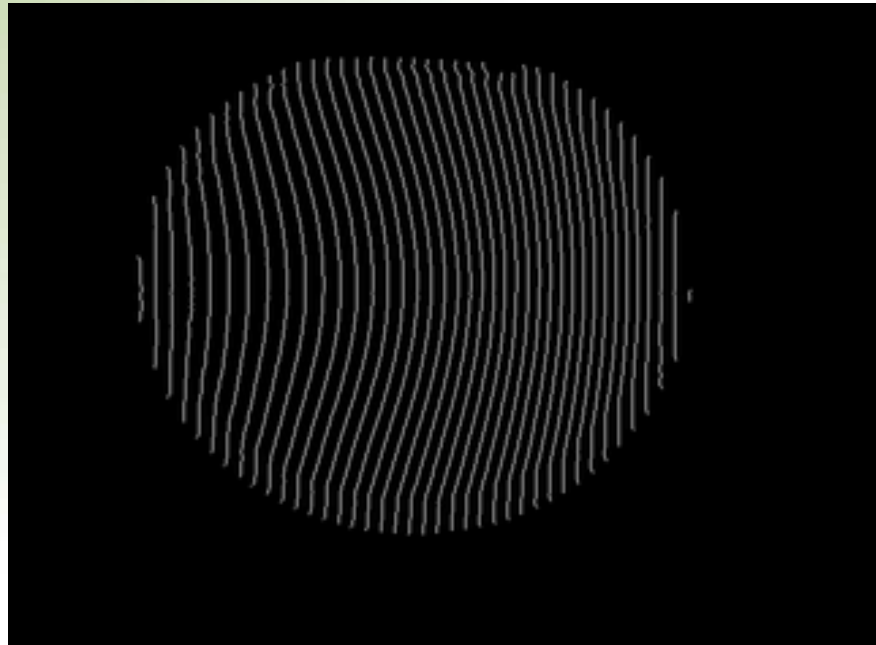
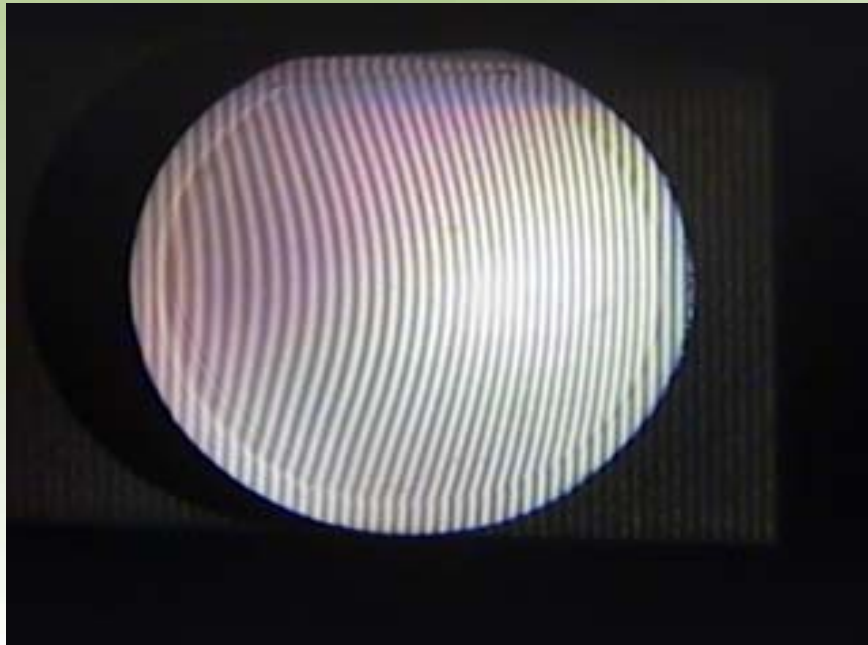
→ 65 lines/20 mm



在65 lines/20 mm下的1號透鏡影像

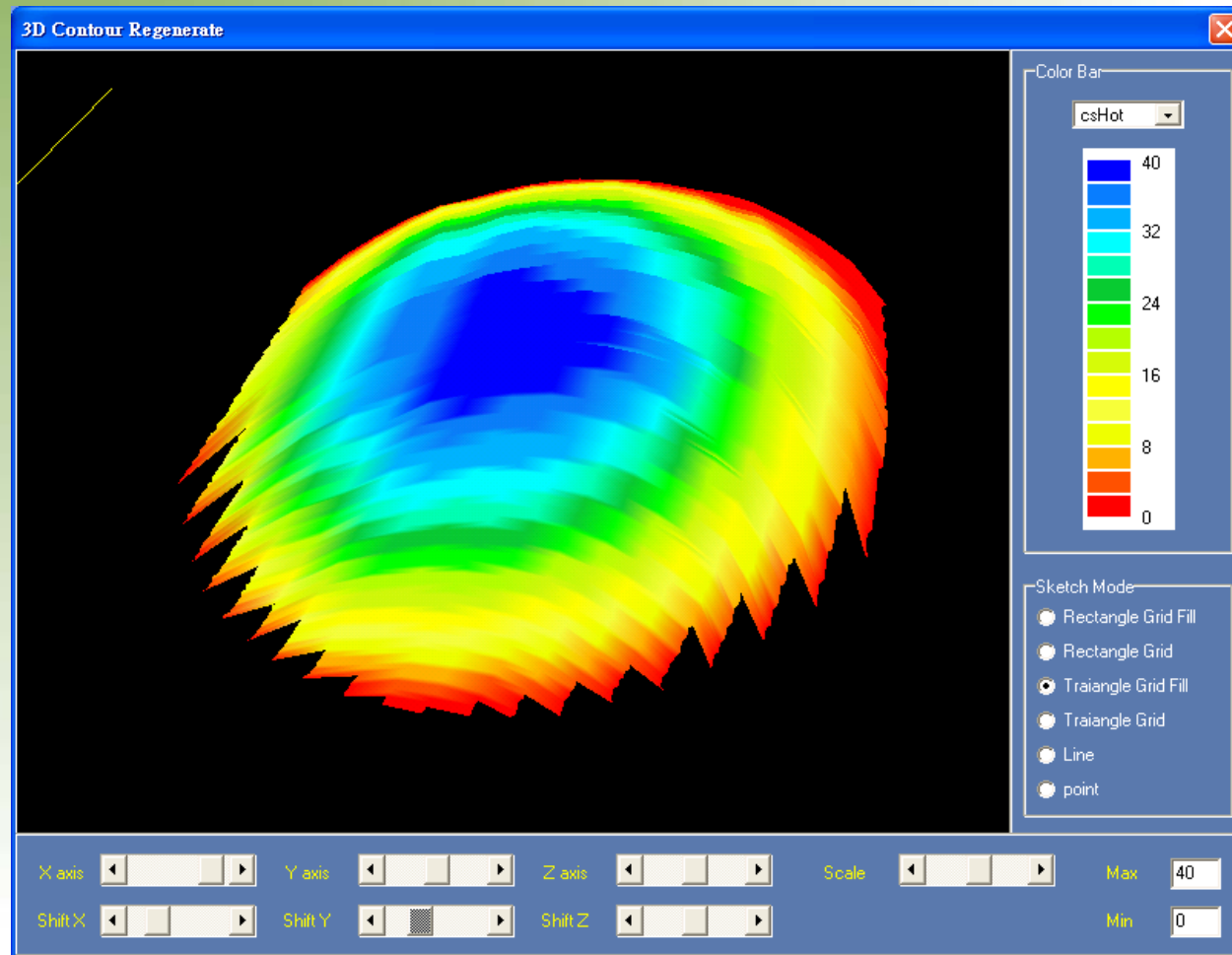
# 三維輪廓量測一次像素

→ 65 lines/20 mm



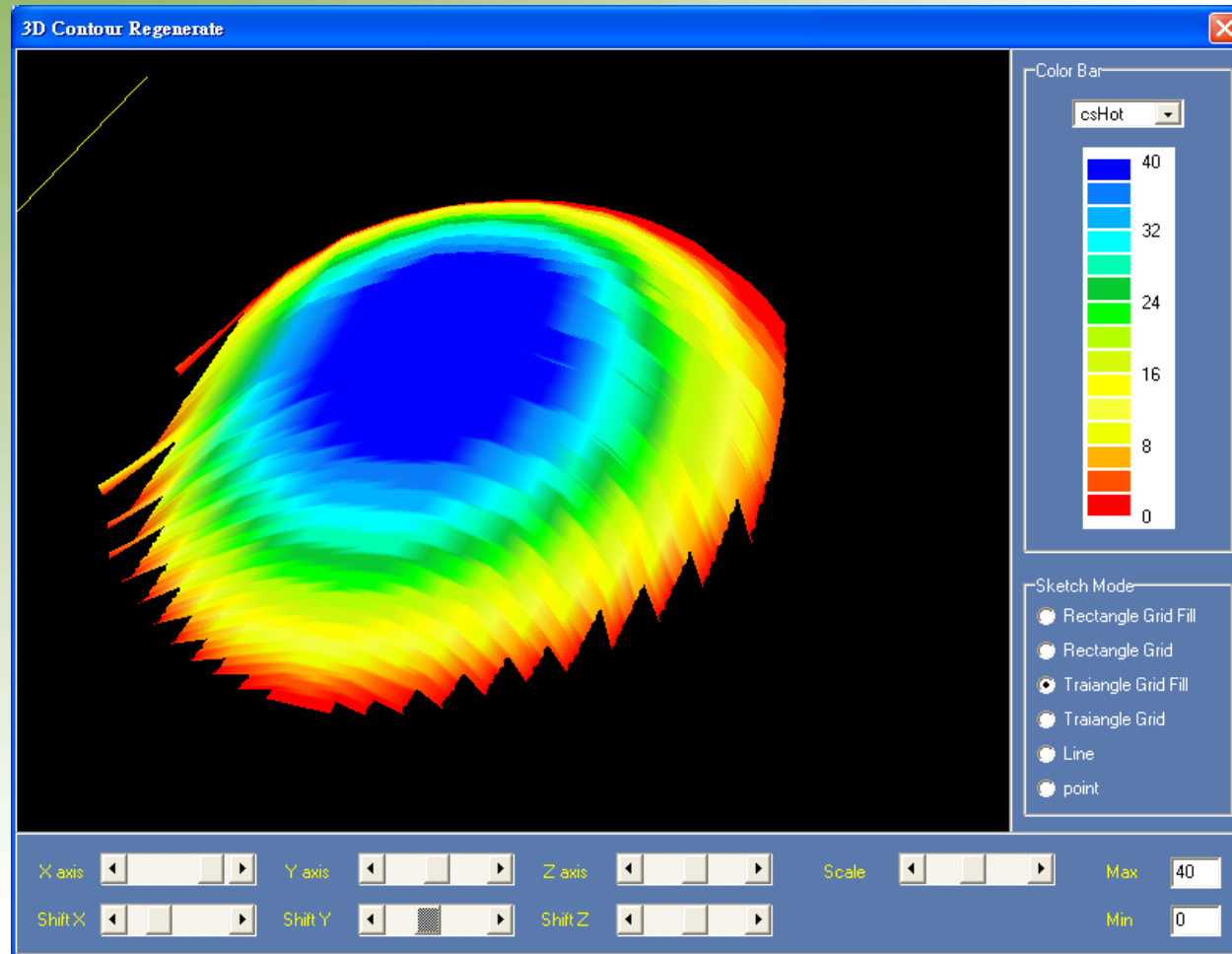
在 65 lines/20 mm 下的 2 號透鏡影像

# 三維輪廓重建—OpenGL



2.5 LPM下的標準透鏡之3D重建影像

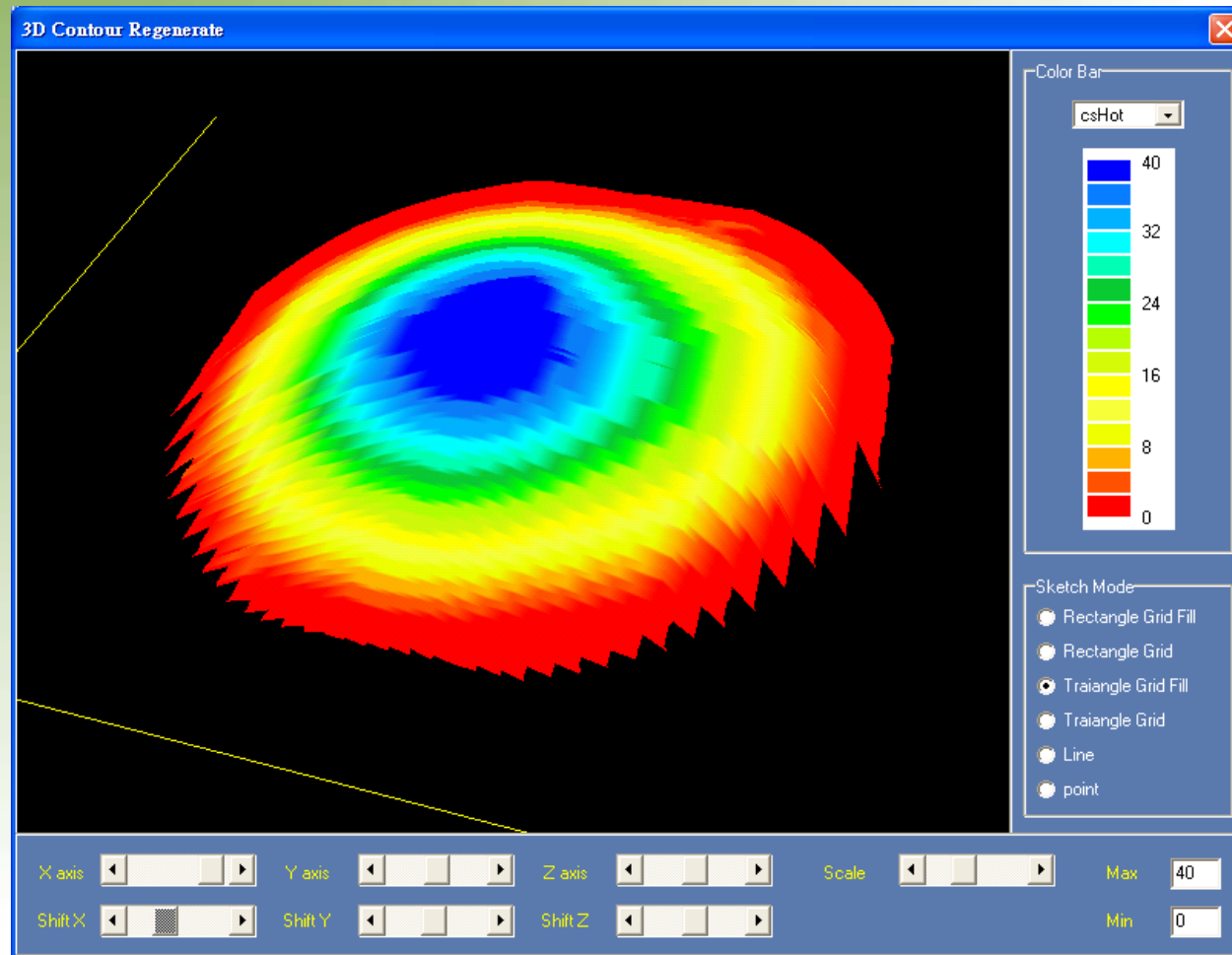
# 三維輪廓重建－OpenGL



2.5 LPM下的1號透鏡之3D重建影像



# 三維輪廓重建－OpenGL



2.5 LPM下的2號透鏡之3D重建影像

# 高度量測數據 — 60 lines/20 mm — #0

在60 lines/20 mm下標準透鏡之高度重建數據

項目	高度 (pixel)	高度 (mm)	誤差 ( $\mu\text{m}$ )
1 (校正用)	30.294	0.777	-
2	30.003	0.770	7
3	30.254	0.776	1
4	30.261	0.776	1
程式量測精度	0.025649 mm/pixel		



# 高度量測數據 — 60 lines/20 mm — #1

在60 lines/20 mm下1號透鏡之高度重建數據

項目	高度 (pixel)	高度 (mm)
1	34.499	0.885
2	33.999	0.872
3	34.299	0.880
4	33.899	0.869
程式量測精度	0.025649 mm/pixel	

## 高度量測數據 — 60 lines/20 mm — #2

在60 lines/20 mm下2號透鏡之高度重建數據

項目	高度 (pixel)	高度 (mm)
1	31.136	0.799
2	31.952	0.820
3	31.379	0.805
4	31.404	0.805
程式量測精度	0.025649 mm/pixel	

# 曲率量測數據 — 60 lines/20 mm — #0

在 60 lines/20 mm 下標準透鏡之曲率重建數據

項目	曲率 (pixel)	曲率 (mm)
1 (校正用)	662.026	-
2	668.336	17.142
3	663.041	17.006
4	669.898	17.182
程式量測精度	0.025649 mm/pixel	

# 曲率量測數據 — 60 lines/20 mm — #1

在60 lines/20 mm下1號透鏡之曲率重建數據

項目	曲率 (pixel)	曲率 (mm)
1	944.943	24.237
2	958.336	24.580
3	950.253	24.373
4	961.063	24.650
程式量測精度	0.025649 mm/pixel	

## 曲率量測數據 — 60 lines/20 mm — #2

在60 lines/20 mm下2號透鏡之曲率重建數據

項目	曲率 (pixel)	曲率 (mm)
1	994.451	25.507
2	970.674	24.897
3	987.821	25.337
4	987.059	25.317
程式量測精度	0.025649 mm/pixel	

# 高度量測數據 — 65 lines/20 mm — #0

在65 lines/20 mm下標準透鏡之高度重建數據

項目	高度 (pixel)	高度 (mm)
1	33.823	0.767
2	32.944	0.770
3	33.390	0.780
4	33.656	0.787
5 (校正用)	33.247	-
6	33.121	0.774
7	33.602	0.785
8	33.909	0.769
程式量測精度	0.023672 mm/pixel	

# 高度量測數據 — 65 lines/20 mm — #1

在65 lines/20 mm下1號透鏡之高度重建數據

項目	高度 (pixel)	高度 (mm)
1	38.511	0.90
2	38.526	0.90
3	38.233	0.894
4	38.588	0.902
5	38.038	0.889
6	38.171	0.892
7	38.040	0.889
8	38.153	0.892
程式量測精度	0.023672 mm/pixel	

## 高度量測數據 — 65 lines/20 mm — #2

在65 lines/20 mm下2號透鏡之高度重建數據

項目	高度 (pixel)	高度 (mm)
1	34.098	0.797
2	33.998	0.795
3	34.098	0.797
4	34.098	0.797
5	33.998	0.795
6	34.198	0.799
7	34.098	0.797
8	34.198	0.799
程式量測精度	0.023672 mm/pixel	



## 曲率量測數據 — 65 lines/20 mm — #0

在 65 lines/20 mm 下標準透鏡之曲率重建數據

項目	曲率 (pixel)	曲率 (mm)
1	566.331	13.236
2	564.371	13.190
3	551.601	12.891
4	547.506	12.796
5 (校正用)	559.530	-
6	561.532	13.124
7	548.332	12.815
8	559.178	13.069
程式量測精度	0.023672 mm/pixel	

# 曲率量測數據 — 65 lines/20 mm — #1

在65 lines/20 mm下1號透鏡之曲率重建數據

項目	曲率 (pixel)	曲率 (mm)
1	619.409	14.476
2	619.183	14.471
3	623.634	14.575
4	623.834	14.580
5	632.300	14.777
6	630.230	14.729
7	632.269	14.777
8	630.509	14.736
程式量測精度	0.023672 mm/pixel	

## 曲率量測數據 — 65 lines/20 mm — #2

在65 lines/20 mm下2號透鏡之曲率重建數據

項目	曲率 (pixel)	曲率 (mm)
1	688.584	16.093
2	703.157	16.433
3	707.544	16.536
4	707.544	16.536
5	703.157	16.433
6	699.244	16.342
7	694.875	16.240
8	692.943	16.195
程式量測精度	0.023672 mm/pixel	

## 三維輪廓量測數據

- ✦ 量測、分析、重建時間僅需1秒
- ✦ 在高度的量測上，可將精度控制在 $3\mu\text{m}$ 以內



# 參考文獻

1. M. de Angelis, S. De Nicola, P. Ferraro, A. finizio, G. Pierattini, T. Hessler, “An interferometric method for measuring short focal length refractive lenses and diffractive lenses”, Optics Communications, Vol. 160(1-3), pp. 5-9, 1999.
2. C. Quan, C. J. Tay, “Fringe projection technique for the 3-D shape measurement of a hydroformed shell”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 89-90, pp. 88-91, 1999.
3. P. S. Huang, Feng Jin, Fu-Pen Chiang, “Quantitative evaluation of corrosion by a digital fringe projection technique”, Optics and Lasers in Engineering, Vol. 31(5), pp. 371-380, 1999.
4. Juan A. Pomarico, Roberto D. Torroba, “Focal lengths measurements using digital speckle interferometry”, Optics Communications, Vol. 141(1-2), pp. 1-4, 1997.
5. 鍾添東，廖昭仰，施宜成，“利用光學投射條紋重建實體輪廓”，中國機械工程學會第二十一屆全國學術研討會，93年。
6. 張家壽，“應用數位投影疊紋法於微小尺寸表面之量測”，國立臺灣大學應用力學研究所碩士論文，90年。
7. 卓家軒，“透明玻璃間隙之光電量測方法研究與系統開發”，逢甲大學自動控制工程所碩士論文，92年。