

攜帶式紅外線目標產生器準直鏡組設計

¹陳德請 ¹郭瑞雄 ²林哲楷 ²陳昱樹 ²蘇世榮

¹逢甲大學電機工程學系

²逢甲大學資電不分系

摘要

本論文主要是利用 ZEMAX 光學設計軟體來進行攜帶式紅外線目標產生器準直鏡組設計，準直鏡組功能是利用離軸拋物面鏡來產生一個無限遠的紅外線目標，紅外線目標產生器係做為紅外線光電儀器或武器系統研發、生產及維修時測試之用。本準直鏡組係使用兩個折光鏡進行折光，可縮小準直鏡的體積使系統達到輕巧及方便。

關鍵字: 準直鏡

離軸拋物面鏡

ABSTRACT

Our thesis contains information about utilizing Zemax in an effort to design portable collimator of IR-target-generator. The function of a collimator is to create an infinite IR target by using an off-axis parabolic mirror. IR-target-generator can be used to develop infrared-ray photoelectrical devices in national defense technology. It can also be helpful in the development, the manufacture, and the repairing of weapon systems. Our collimator retracts light by means of two fold mirrors, attaining convenience and portability by reducing the length of the collimator..

Keywords: collimator

off-axis parabolic mirror (OAP)

1 簡介

大部份成像光學系統，如數位相機、望遠鏡、顯微鏡和液晶投影機等，都可在 ZEMAX 序列性模式中完整定義。對於這些系統，序列性描光具有許多優點：非常快、非常彈性和非常普遍。幾乎任何形狀的光學鏡面和材質特性皆可建構。在成像系統中，序列性描光最重要的優點為使用簡單且高精確的方法來做優化和分析。紅外線目標產生器係使用離軸拋物面鏡及折光平面鏡進行多次折光的準直系統，整體來說相當複雜，且準直系統並不會形成一真實的像，故可能使得優化過程複雜

化。我們首次嘗試藉由 ZEMAX 光學設計軟體進行設計和分析，將設計結果藉由 AUTO-CAD 機械設計軟體進行分析驗證，經兩組軟體相互比對驗證獲得準直鏡組初階設計結果都一致。本準直鏡組有三大特色：(一) 利用兩個折光鏡進行折光，可縮小準直鏡的長度而達到輕巧及方便攜帶；(二) 離軸拋物面鏡的使用，在光學桌上的擺設可使得在有限的空間中，能使得校正光路不受到遮蔽，並且能有較長焦距的校正鏡；(三) 因為使用反射式光學元件，這個系統除了使用在紅外線波段，也可使用在紫外線及可見光等各波段。

2.1 系統架構

準直鏡組的目的在產生一個無限遠的紅外線目標，即被置於準直鏡組焦點上的點光源將以平行光方式被投射出去(如圖 1 所示)。這個準直鏡組由兩個折光鏡及離軸拋物面鏡組成。準直鏡組光學系統結構如圖 1 所示，折光鏡為平面鏡。離軸拋物面鏡(如圖 2 所示)主要由四個參數離軸角度、離軸距離、面鏡口徑及焦距所定義，離軸拋物面鏡的實品如圖 3 所示(含光機夾具)。使用離軸拋物面鏡是利用其在軸上只有一焦點的特性，以便於聚光和對焦。目前多半之光學測試台所用的光學校正鏡為一離軸拋物面鏡(off-axis parabolic mirror)；以離軸拋物面為校正工具之原因有三：(1) 光源在離軸之拋物面的旋轉軸的焦點時，能產生平行主軸的光線。(2) 在平行於光軸的平行光可以準確的聚焦於一點上，和(3) 在光學桌上的擺設可使得在有限的空間中，能使得校正光路不受到遮蔽，並且能有較長焦距的校正鏡。圖 4 所示係在使用離軸拋物面鏡之前，先利用雷射干涉儀(LUPI)進行離軸拋物面鏡調校，以找出光軸、焦點位置及參考平面鏡。準直鏡組做最後系統調校時，可將光源及目標板置於離軸拋物面鏡焦點上，並利用參考平面鏡來確認光源及目標板確實位於離軸拋物面鏡焦點上，投射出去的平行光也與離軸拋物面鏡的光軸一致。

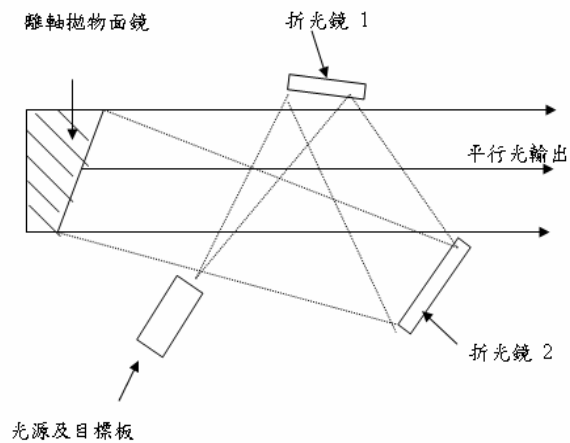


圖 1 準直鏡組光學系統結構示意圖

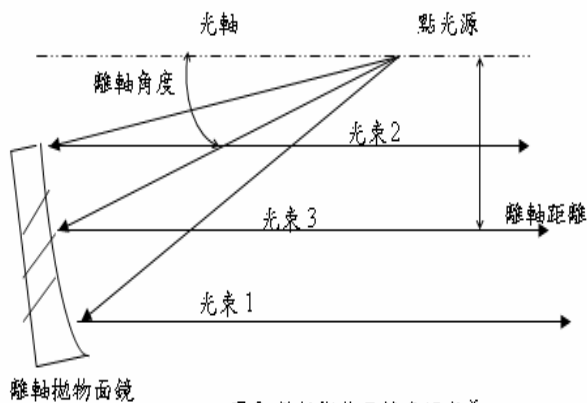
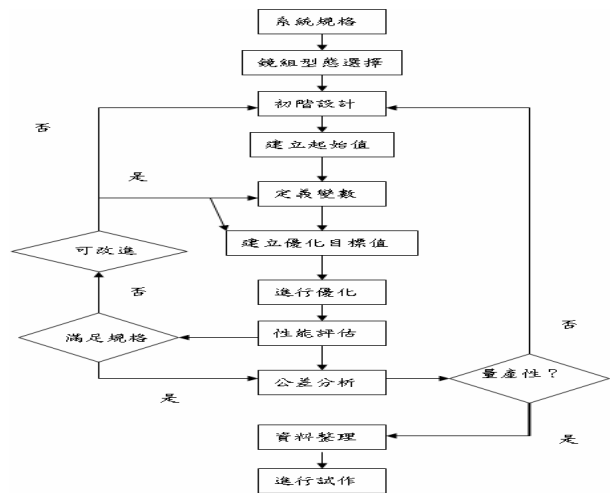
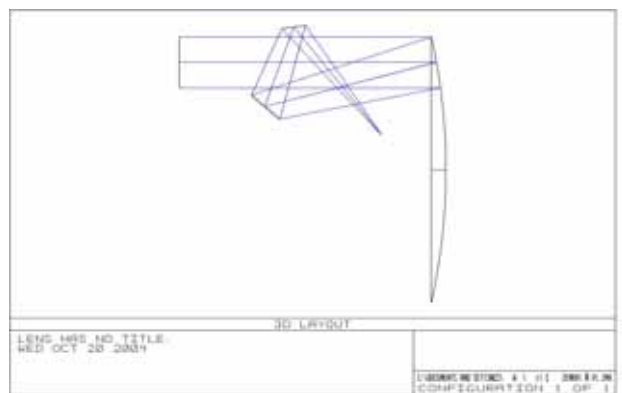


圖 2 離軸拋物面鏡名詞定義



圖五



3D.Layout

2.2 設計流程說明

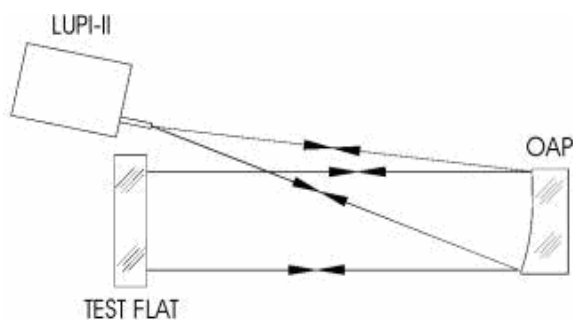
系統規格如表一，因為從準直鏡組出來的光束是平行光，所以我們由準直鏡組出瞳時的孔徑倒回模擬反射鏡焦點，先取一個半徑為 54mm 的孔徑，在此取的類型是用 General 裡的 Aptural Type 裡面的 Float by Stop Size，然後在 OBJ 前面再取一個 STO，並把 STO 的半徑取 54mm，如此就完成了 54mm 入射孔徑的設定，因為是平行光入射，所以至下一面的距離可以隨意取，因規格的关系，取 480mm。

在此我們取一個 Radius 為 -1524 的拋物面，離軸為 -228mm，所以取一個基本面(Standard)，在前面設一個 Coord break，並在 Denter Y 鍵入 -228 來移動它軸心的 Y 方向座標，在 conic 鍵入 -1 代表拋物面，Thickness 鍵入 -192，Glass 鍵入 MIRROR。

由 REPORT 的 system Data 可以看到我們設的有效焦距長 762mm，所以在拋物面下設兩組 Fold Mirror 目的在做兩面反射鏡使整體設計長度變小，第一面



圖三



圖四

Fold Mirror 之 thickness 設為 315.6mm 然後在 Add Fold MIRROR 設反射角的變換為-90，Coord Break 項的 Tilt About X 就會變成-45，第二面 Fold Mirror thickness 設為 -254.4mm，然後在 Add Fold MIRROR 設反射角的變換為-15，在 Coord Break 項的 Tilt About X 就會變成-8.75，然後在 STO 面的 Semi-Diameter 為固定的 54mm，然後其它面讓它求解，可得拋物面的 Semi-Diameter 為 282mm，第一折射面的 Semi-Diameter 為 223，3mm 第二折射面會變成 104.8mm。

Collimator(準直器)	
準直型態(collimator type)	反射式
出瞳直徑	108mm
焦距長(Focal length)	762mm
光譜範圍(Spectral range)	紅外線
鍍膜(Coating)	金(option: 銀 or 鋁)
視角(Field of view)	2.75°
光學系統長度 (Dimensions)	35cm

表一

2.3 用到的功能

General: 是一個用來定義通用系統的對話盒，可設定整個系統的公共資料而不是與各個單面有關之資料，分為其中幾組

APETURE	
aperture type: 表示在光軸上通過系統的光束大小，針對光束	<1>Entrance Pupil Diameter <2>Image Space F/# <3>Object Space Numerical <4>Float by Stop Size 孔境大小由 STO 半徑決定 <5>Paraxial Working F/# <6>Object Cone Angle
Aperture Value: 孔徑值	依照孔徑類型來輸入孔徑的值，每個孔徑類型所輸入的值都不同，而

	Float by Stop Size 這個孔徑類型的孔徑值就是 STO (光欄面)的半口徑用來定義系統孔徑
UNIT	
定義大部分計算的單位，適用半徑，厚度，入瞳直徑，非序列位置座標以及其他許多 ZEMAX 參數	
RAY AIMING	
Ray Aiming Type:	<1>none <2>paraxial 近軸光線參考 <3>real reference 實際光線參考

Field Data : 視場，其可以用角度，物高(有限共軛系統)，或像高決定

Wavelength Data: 可輸入各種光波長及權數和主波長(primary)

Fold Mirror: 簡單的說就是反射面鏡，在 Zemax 中反射面需要二個 Coord Break 來計算光線入射及出射時的座標轉換

Coord break : 座標變換面用在描述一個用於當前系統新定義之座標系統，為一虛擬面其功能用在光線追蹤其中有六個參數

decenter X	X 偏心
decenter Y	Y 偏心
Tilt about X	X 方向傾斜
Tilt about Y	Y 方向傾斜
Tilt about Z	Z 方向傾斜
order	傾斜和偏心的順序標記

Lens Data Editor: 內含所有的鏡面資料在 Radius，Thickness，Semi-Diameter 都可以自動求解，求出來的解只是理想解，並不是最佳的，最佳的解則是要由優化求得

Radius	面的曲率半徑
Thickness	面與面之間距
Glass	材料
Semi-Diameter	面的半徑
Surface Type	Type 可以選定要的類型

	Scattering 散射標籤
	Coating 鍍膜
	Tilt/Decenter 表面傾斜偏心標籤
	Apertur 光圈類型(見註一)

註一

而這裡的 Aperture 所針對的是 surface 而不是 ST0 之 Aperture，使用者可以依照自己所需的規格來輸入

Aperture Type: 針對 Surface 而設定需要之孔徑類型，

例如 Circular Aperture 裡面有四個參數

<1>Min Radius: Surface 的內徑

<2>Max Radius: Surface 的外徑

<3>AperX-Decenter : Surface 在 X 方向偏心

<4>AperY-Decenter : Surface 在 Y 方向移動

這裡 Aperture 設定並不會影響光軌跡，之前的 Coordinate Break 也可以移動 Surface 位置但卻會連光軸也移動

結論：

如本文簡介所述使用反射式光學系統有很多優點，但最大的缺點是光學系統做組裝時，反射元件對光軸調校相當敏感，公差分析是本例光學設計過程中必須執行的關鍵工作，獲得較佳的公差分析結果，就可進行光機設計與元件的訂購，以下我們將兩片反射鏡的角度偏差對 rms spot radius 所造成的影響公差結果簡述如下：

運用 zemax 的公差分析功能(Tolerancing)設定兩面折射偏差正負 0.2 度

數據如下

Analysis of Tolerances

Units are Millimeters.

Paraxial Focus compensation is on. In this mode, all

compensators are ignored, except paraxial back focus change.

Criteria : RMS Spot Radius in Millimeters

Mode : Sensitivities

Sampling : 10

Optimization Cycles : Automatic mode

Nominal Criteria : 0.00000000

Test Wavelength : 0.5500

Fields: XY Symmetric Angle in degrees

#	X-Field	Y-Field	Weight
VDX	VDY	VCX	VCY
1	0.000E+000	0.000E+000	1.000E+000
0.000	0.000	0.000	0.000

Sensitivity Analysis:

		Minimum	Maximum
Type	Value	Criteria	Change
Change	Value	Criteria	Change
TSTX 5	-0.200000	0.000606	0.000610
0.000606	0.200000	0.000610	0.000610
TSTX 8	-0.200000	0.000272	0.000270
0.000272	0.200000	0.000270	0.000270

Worst offenders:

Type	Value	Criteria
Change		
TSTX 5	0.200000	0.000610
0.000610		
TSTX 5	-0.200000	0.000606
0.000606		
TSTX 8	-0.200000	0.000272
0.000272		
TSTX 8	0.200000	0.000270
0.000270		

Estimated Performance Changes based upon Root-Sum-Square method:

Nominal RMS Spot Radius :	0.000000
Estimated change :	0.000665
Estimated RMS Spot Radius:	0.000665

Compensator Statistics:

Change in back focus:

Minimum :	0.000000
Maximum :	0.000000
Mean :	0.000000
Standard Deviation :	0.000000

參考資料：

- 1.Rudolf Kingslake Lens Design Fundamentals .
- 2.Warren J. Smith Modern Optical Engineering 3rd Edition .
- 3.Robert E. Fischer and Biljana Tadic-Galeb Optical System Design 1st Edition.