

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

FCU ePaper



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

離軸反射式非球面三合準直鏡系統

作者：蕭得恩

系級：電機系四年甲班

學號：D9151314

開課老師：陳德請 教授

課程名稱：專題研究

開課系所：電機工程學系

開課學年：九十四學年度 第一學期



摘要

了解幾何光學光的可逆性、準直系統、離軸式透鏡系統，以及非球面透鏡系統的特色。

熟悉 OSLO 光學設計軟體，並利用 OSLO 光學設計軟體進行離軸反射式的非球面三合鏡準直系統設計。離軸反射鏡系統中因無一般反射鏡系統的遮障問題，可以達到擁有全輻射量；反射式光學系統得使用，可避開折射式系統中的色像差；利用非球面面鏡作為系統的光學面，消除一般球面面鏡系統中產生的球面像差及其它像差，提高系統的光束準直度。

了解此種光學系統具有此三項特色之後，我們著手進行收集及整理美國專利，選擇接近顧客所需要系統規格的專利，透過 OSLO 光學設計軟體的設計及優化系統，將遠處平行光束透過離軸反射式非球面準直鏡系統聚成最小的光點或達到系統的繞射極限。

此準直系統可作為光電系統如數位相機、汽車倒車顯像系統、電視監視器…等調焦及像質測試之用。

關鍵字：離軸、非球面、準直鏡



目錄

摘要.....	1
目錄	2
圖目錄	3
表目錄	4
第一章 簡介	5
1-1 離軸式光學系統特色.....	5
1-2 準直鏡設計程序.....	5
第二章 設計方法.....	6
2-1 準直鏡系統樣式.....	6
2-2 鏡片組規格.....	6
2-3 系統設計流程.....	7
2-4 非球面鏡片數學表示式.....	8
第三章 實驗設計結果.....	10
第四章 結果討論.....	13
參考文獻.....	13

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

圖目錄

圖一	準直鏡系統樣式	6
圖二	透鏡系統設計流程.....	8
圖三	非球面系統多項式座標示意圖	9
圖四	聚焦光點分布解析圖.....	10
圖五	能量匯集百分比.....	11
圖六	能量分布相對位置.....	11
圖七	繞射能量分布圖.....	12
圖八	像散、球面像差、畸變圖表.....	12



(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

表目錄

表一 鏡組資料.....	7
表二 透鏡組系統基本規格.....	7



I. 簡介

1-1 離軸式光學系統特色

離軸/離心反射式光學系統早期主要是作為紅外線波段光學系統的應用，用以取代傳統共軸旋轉性對稱的透射式光學系統，它的特色有三點：

- (1) 反射式系統沒有透射式系統的色像差
- (2) 使用離軸所以沒有遮障，全輻射量不會損失
- (3) 尺寸大小不會受到材料影響限制，可以在尺寸大小、強度及厚度上有更大的調整空間，並能使重量輕度化。

因此使用離軸反射式系統能在光學設計上有更大的發展空間。使用非球面鏡片設計的光學系統，除了能節省透鏡組中遠本所需的鏡片數目，使產品輕量化，並提高光學系統的性能。

1-2 準直鏡設計程序

我們首先根據客戶需求，訂出系統規格，進行相關專利與論文期刊收集，完成光學系統初階架構設計，最後利用 OSLO 光學設計軟體對準直鏡片組的進行優化。

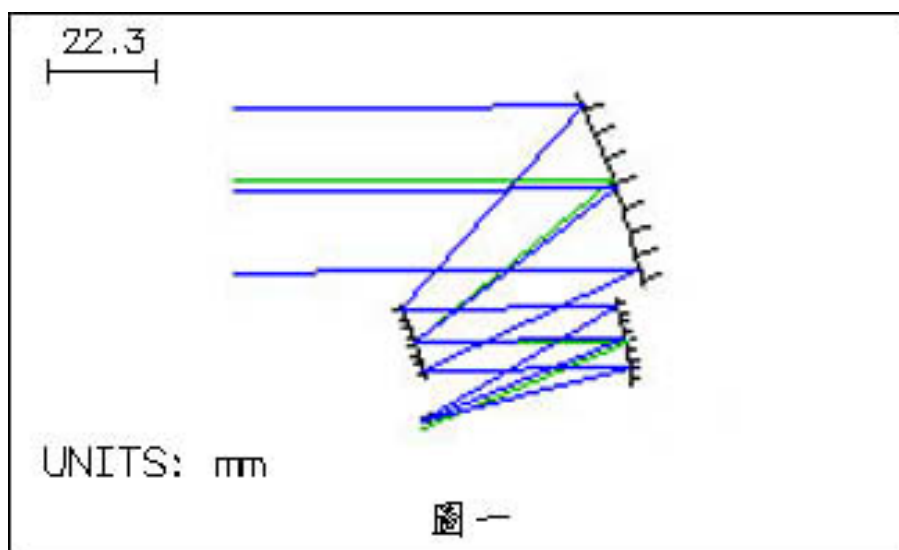
設計方法是在初階架構之下，不調整各面鏡的曲率半徑與面鏡距離的情況下，以改變鏡片非球面係數為主，將系統進行優化，優化之後系統的光點大小必需達到繞射極限，且系統的像質也必需達到最佳化。

因為光具可逆性，當然將此大小的光點擺在系統的焦點處，發出的光也必然是準直的光。這個準直系統可作為光學功率計與光電成像系統進行調焦及像質測試之用。

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

II.設計方法

2-1 準直鏡系統樣式



本系統係使用上方（圖一）所示的系統架構設計離軸反射式的非球面三合鏡準直鏡系統。

當無窮遠光線由左方入射，經過此三合式反射系統後聚焦成一個點。根據系統規格先安排一球面鏡離軸式三合式反射系統後，設定各項三階像差及像值(即建立 merit function)，再使用 OSLO 優化功能對各球面進行非球面鏡係數修正，使聚焦形成的光點最小，像值也最小，達到我們所要最佳準直效果。

一般所謂準直系統係把一個小物體擺在此系統焦點上，就可產生一個無窮遠的物體，以取代將物拿到無窮遠處。

2-2 鏡片組規格

下方（表一）所示本系統所使用鏡組資料，（表二）為透鏡組的系統基本規格。

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

表一 鏡組資料

曲率半徑	距離	材料	折射率	外徑/2
0	40	Air		52
Y dec	-36.96			
-106.329	35.443	Mirror		52
kappa	-1.060896			
ae	1.9236278035E-08			
af	7.8212831937E-13			
ag	6.525315509E-17			
-35.443	31.786	Mirror		19
kappa	-1.281			
ae	-2.548E-10			
af	-2.032E-14	-		
ag	-9.979E-18			
-66.667	33.334	mirror		20
kappa	-0.7247518474181			

表二 透鏡組系統基本規格

項次	名稱	規格
1	系統焦距	100mm
2	視場角(FOV)	1°
3	系統總長	36.81mm
4	FNO	0.9777
備註(a)使用波段為可見光至紅外線 (b)準直系統		

2-3 系統設計流程

整個設計流程下方(圖二)所示。

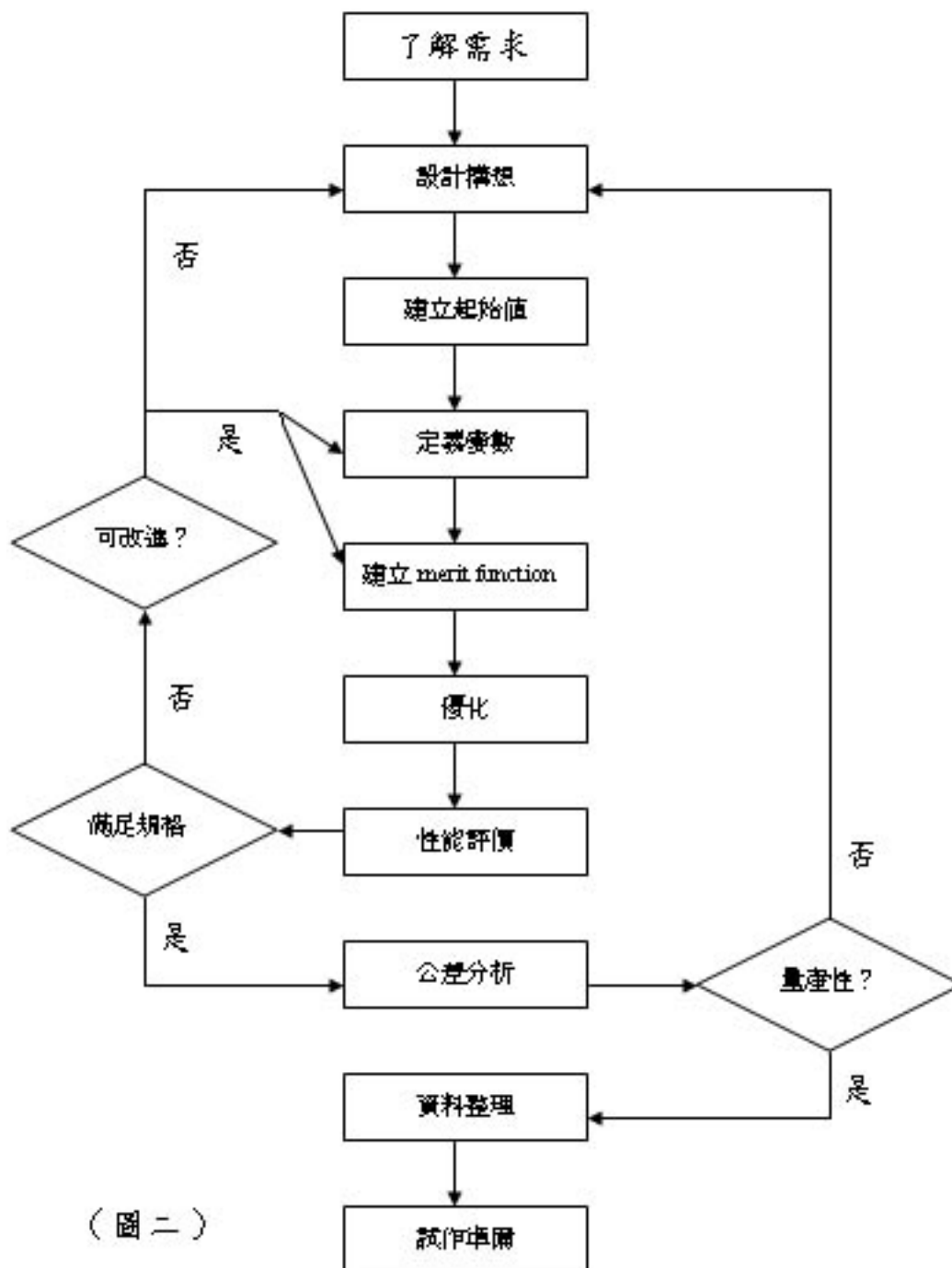
對設計中的系統根據：

(a)性能評價是否滿足規格

(b)公差分析是否適合量產性隨時做修正的判斷

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

將系統的理論基礎和實做效能做出整合，以便能將系統達到實際方面之應用。



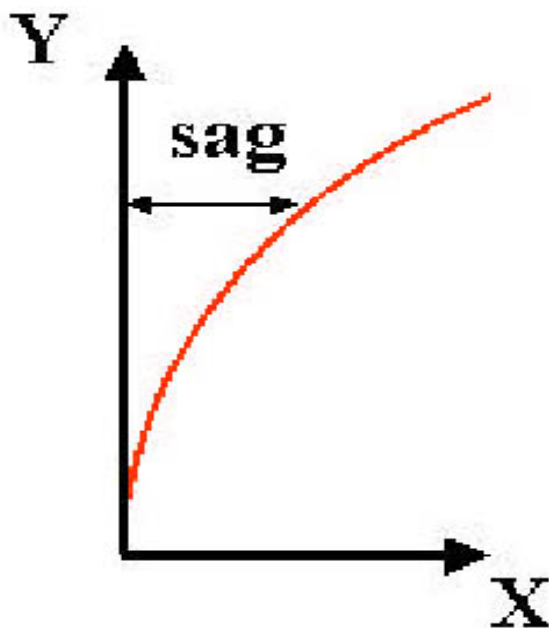
2-4 非球面鏡片數學表示式:

本實驗所使用的離軸反射式非球面三合準直鏡系統中,非球面鏡片數學表示式:

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

$$X = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - Y^2C^2(1+A)}} + BY^4 + DY^6 + EY^8 + FY^{10}$$

X為表面彎曲之距離，Y為軸上高度。
下方圖三所示為其非球面剖面圖。



(圖三) 非球面多項式座標示意圖



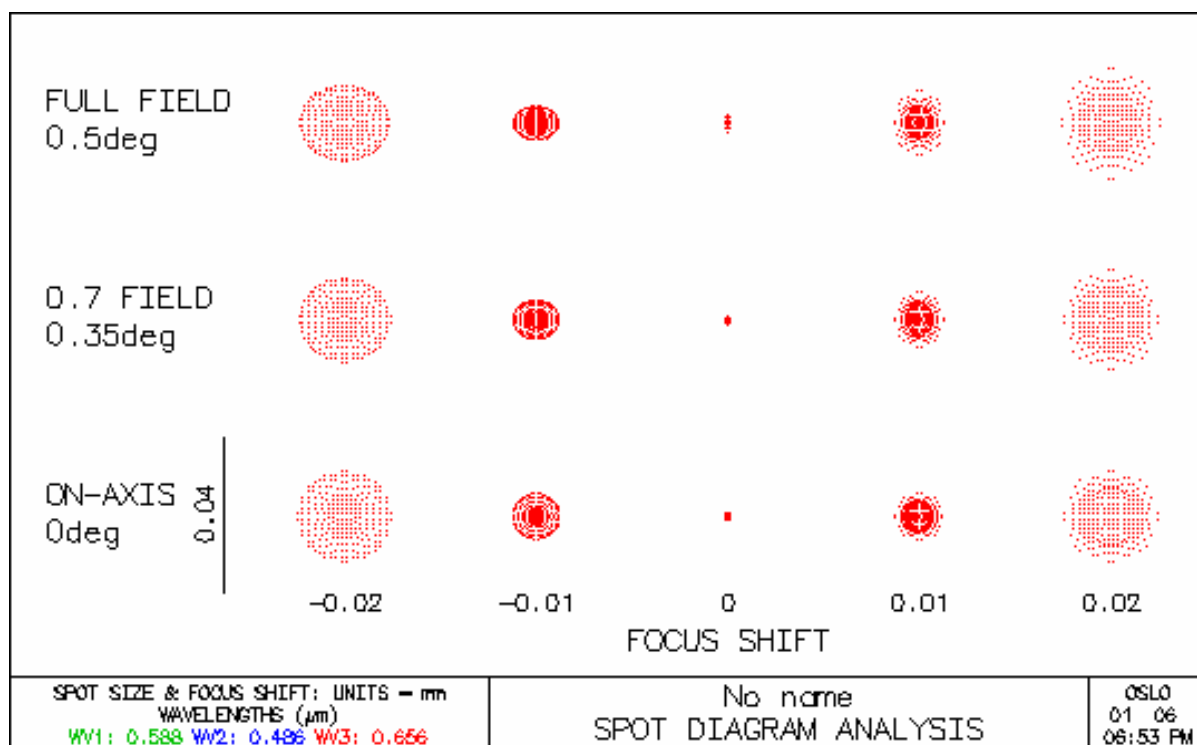
(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

III. 實驗設計結果

本實驗的目的在於設計一準直鏡系統，設計方法將無窮遠來的平行光束經系統聚焦後的光點聚為最小的點。因此首先把球面鏡的設為非球面，非球面係數部分作為可動變數，聚焦點大小設在繞射極限，利用 OSLO 系統中自動將光學系統朝指定目標優化的功能，對指定目標(merit function)進行優化。OSLO 優化的結果，光點大小與徑向能量分布如圖四及圖五所示，根據圖四及圖五皆能滿足系統的需求。

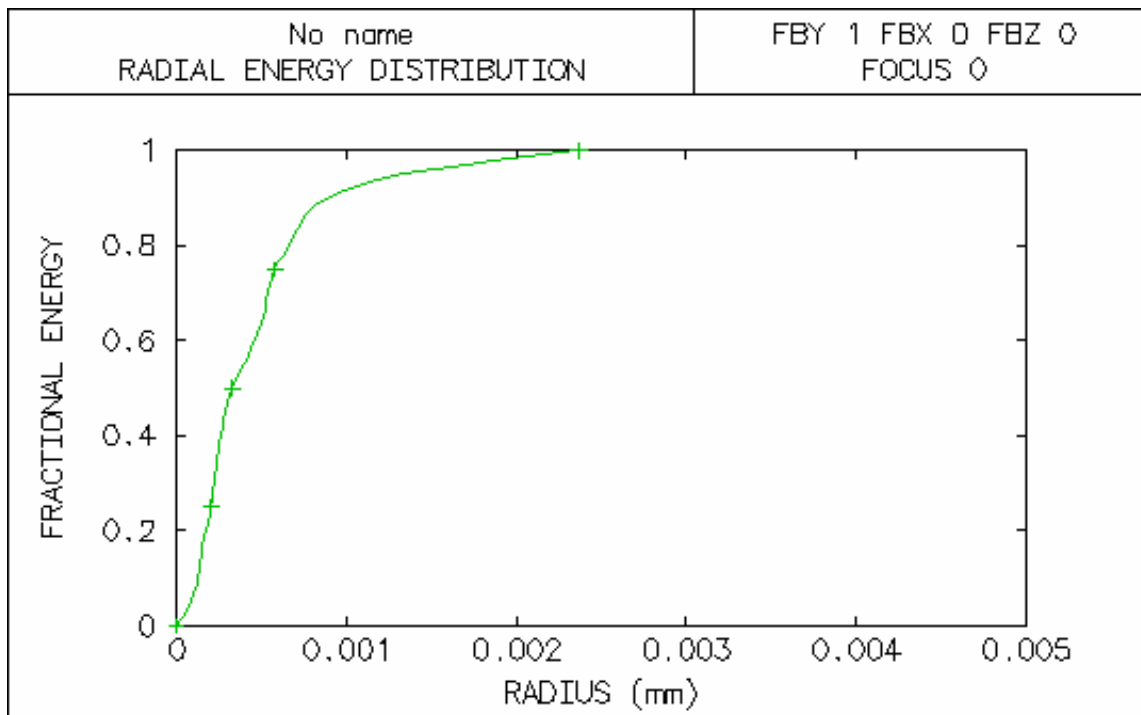
我們所使用光學系統繞射極限公式:

$$W=1.22 \lambda \cdot Fno$$

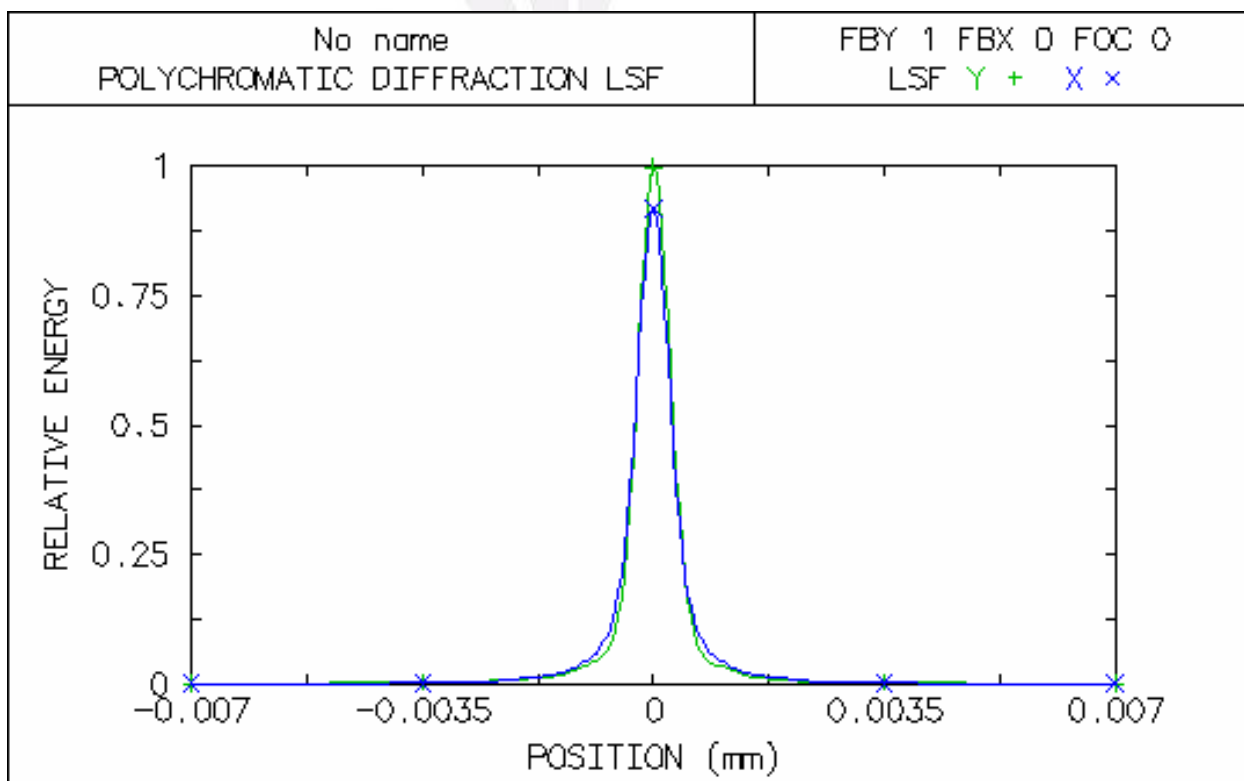


圖四 聚焦時的光點分布解析圖

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)

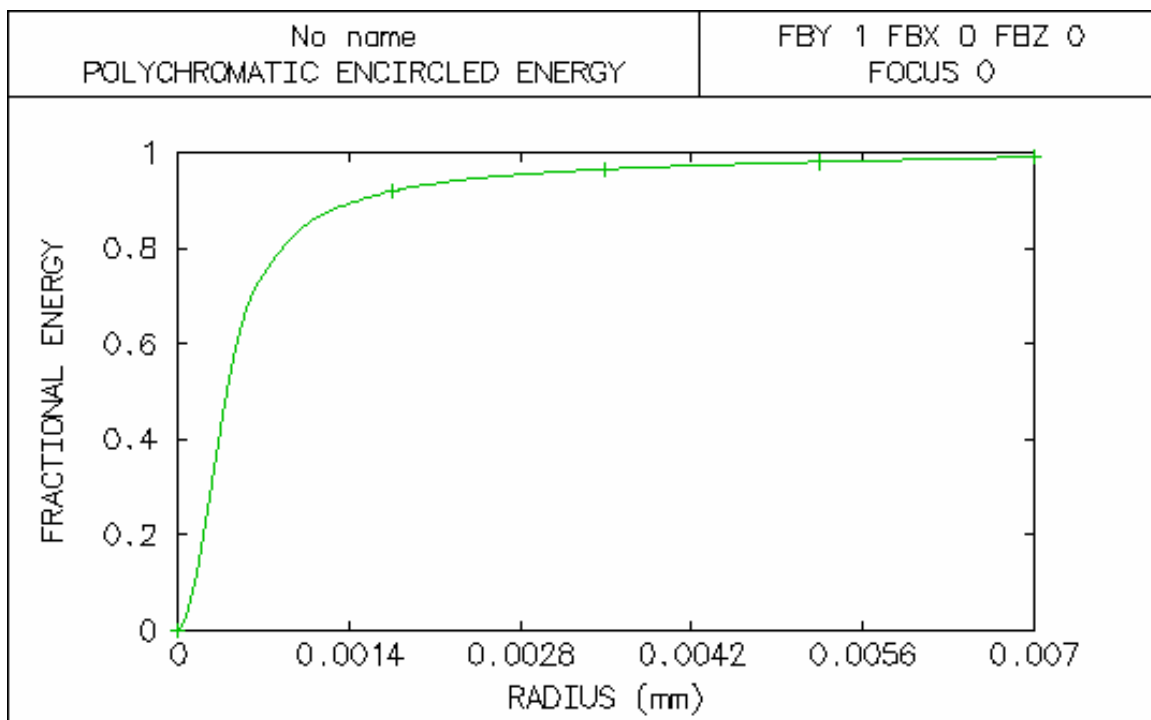


圖五 能量匯集百分比

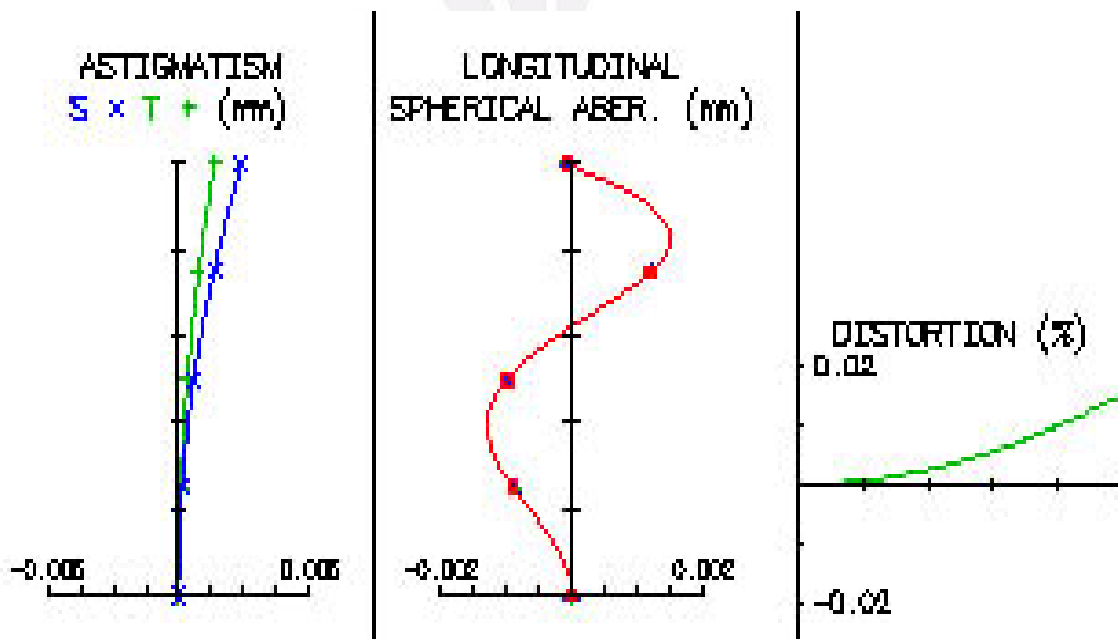


圖六 能量分布相對位置

(離軸反射式非球面三合準直鏡系統)



圖七 繞射能量分布圖



圖八 像散、球面像差、畸變圖表

四.結果討論

由上方(圖四)光線聚焦時的能量和光點大小比例圖可以看出，在光點大小直徑約為 0.0015mm 左右時，系統中已經匯聚 90% 以上的光線，在圖(五)裡可以了解光點中的能量分布相當平均解集中，大部分集中在光點半徑 0.0015mm 裡。

而在(圖六)中可得知本系統大約在光點中心 0.007mm 處達到繞射的極限，最後由(圖七)的部分可以了解實驗因使用非球面鏡和離軸式系統的緣故，產生的像散及球面像差相當小，擁有一定程度的成像品質。

從上面設計結果可看出使用離軸反射式三合準直鏡系統雖然效能較佳，但是因為非球面鏡片曲面實際加工製成上容許的誤差很小，數據上稍有誤差就會使最後準直部分的效果減弱相當多，需要相當的研磨技術才能使鏡片和設計上的數據符合，達到理想中將系統中光線匯聚點最小化，完成我們所要準直效果。

誌謝

本篇論文感謝國科會(NSC-94-2622-E-035-014-CC3)經費的支援及郭瑞雄學長的指導得以完成，在此特別誌謝。

參考資料

1. Warren J. Smith, "Modern Optical Engineering" ,3rd ed.,McGraw-Hill,2000.
2. Warren J.Smith, "Modern Lens Design" 2nd ed.,McGraw-Hill,2003
- 3.ZEMAX 光學設計程式手冊,2003 年 9 月版,pp.296-298.