

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

近紅外線數位動態目標產生器準直鏡設計

作者：林家銘

系級：自控碩四

學號：M9185766

開課老師：陳德請

課程名稱：光資訊學

開課系所：電機所

開課學年：94 學年度 第一學期



中文摘要

對於近紅外線光電儀器系統研發、生產及維修時測試，需要近紅外線目標產生器，本文主要目的為建立近紅外動態數位目標產生器的雛形設計光學架構，採用數位微鏡單片式投影架構，以別於傳統類比方法。影像輸入可經由電腦來產生數位及動態的標準測試模型，以因應不同需求的測試。照明輸出是由 HID(High intensity discharge)照明燈組產生光源，在經光導管(light pipe)產生均勻光源，搭配遠心式的照明鏡組將光成像 DMD(digital mirror device)上，此 DMD 的主要為空間亮度調變功能。在本研究中，首先以幾何光學原理對準直鏡組做初步評估，利用 ZEMAX 做光線追蹤及優化處理，最後以優化設計所得參數選定鏡組規格，再依據規格數據自行組裝完成一數位光學準直投影系統雛形，以進行投影模擬及像質分析。經結果顯示，本研究所得數位光學準直投影系統架構應屬可行。

關鍵字: DMD，ZEMAX，準直鏡組。



Abstract

In this paper we developed a new collimator system that uses reflective targets (DMD) in place of the conventional emissive targets. Traditional problem with conventional targets is the difficulty in obtaining a uniform high-reflection surface. Unless the coatings are applied with extreme care, they can build up on the edges of the target features and partially fill in target details. Targets with fine details are fragile, making them particularly difficult to coat. Reflective targets can be fabricated with detail unprecedented even any images of scenes can be created by computer.

First, we studied and designed an optical system of the DLP collimator system. After determining the specification of components, we utilized geometric optical formula to get the basic structure of the collimator system, and used optical software ZEMAX to optimize it. This study proposed a successful design structure on Near-Infrared collimator system.

KEYWORD: DMD , ZEMAX , Collimator

目錄

| | |
|----------------------|-----|
| 封面 | |
| 中文摘要..... | II |
| Abstract..... | III |
| 表目錄..... | V |
| 圖目錄..... | IV |
| 一、 諸論..... | 1. |
| 二、 近紅外線數位動態準直架構..... | 1 |
| 2.1 照明系統..... | 2 |
| 2.2 DMD成像原理及製程..... | 3 |
| 2.3 準直鏡組..... | 4 |
| 三、 準直鏡組之設計..... | 5 |
| 四、 結果與討論..... | 8 |
| 參考文獻..... | 8 |



圖目錄

| | |
|-----------------------------------|---|
| 圖 1.數位動態目標產生器架構..... | 1 |
| 圖 2.(a)拋物面形反射罩圖..... | 3 |
| 圖 2.(b)橢球形反射罩..... | 3 |
| 圖 3.DMD 鏡面轉動..... | 4 |
| 圖 4.DMD 成像原理..... | 4 |
| 圖 5. 光學設計流程..... | 5 |
| 圖 6. 三狀態架構..... | 6 |
| 圖 7.MTF[1]Wide(F2.8/24.1) | 6 |
| 圖 8.MTF[2] Mean(F3.12/28.5) | 7 |
| 圖 9.MTF[3]Tele(F3.5/33.7) | 7 |
| 圖 10.周邊光量比..... | 7 |



圖目錄

表 1.準直鏡組規格.....6



一、緒論

由於人們感官能力有限，對於輔助資訊獲得需求愈來愈大，除了可見光波段應用，愈來愈多利用近紅外線波段對不同目標物光資訊探測或取像，例如數位攝影機、夜間安全門禁監視、生物資訊等應用。對於紅外線光電儀器系統研發、生產及維修時測試，需要近紅外線目標產生器，其測試項目程序繁多且耗時，傳統測試法[1]對於不同規格，需另製作及更換測試圖形應用，或者利用目標物轉輪(Target Wheels)增加動態性能及減少測試時間，因為拘限光調製器性能，在動態及複雜場景狀況下，一直都面臨無法有效模擬真實狀況的問題。

因光電測試技術發展，以功能上來看具有以下3個方向，1.以靜態測量向動態測量發展 2.以逐點測量向全場測量發展 3.以低速測量向高速測量發展，同時具有存儲和記錄。本研究選擇 DMD，設計新準直測試構，可對近紅外光電系統進行快速即時的測試與評估，還可用來進行近紅外場景的投射模擬真實的近紅外影像，此動態準直測試架構具有 (1)直接由電腦產生目標物，縮短測試時間且操作方便(2)本身鏡組設計輕薄短小為可攜式，和(3)具有可重覆性和穩定性高等特色。

二、近紅外線數位動態準直架構

本數位動態目標產生器架構，如圖 1.其光學系統組成包括照明系統及準直鏡組，由照明系統產生近紅外光及均勻光且光斑匹配到 DMD 像素上，利用電腦輸入驅動 DMD 模組，產生所需各種測試影像或圖形，經由準直鏡組投射到測試成像系統。

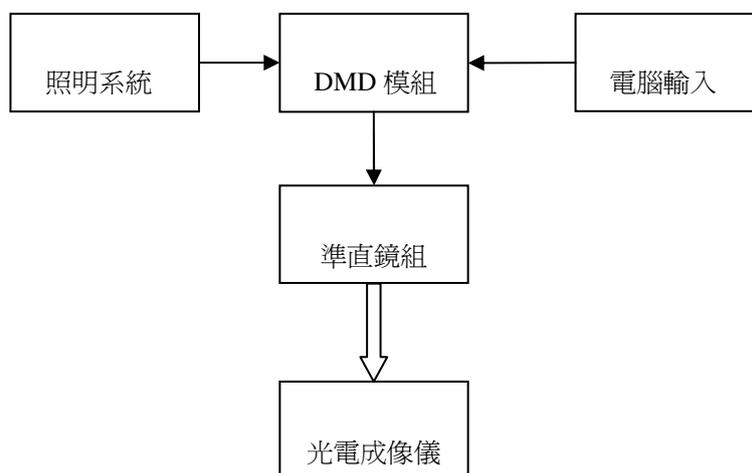


圖 1.數位動態目標產生器架構

2.1 照明系統

紅外線照明系統中的燈源及提供均化的積分柱，燈源為投影系統的主要的熱來源，佔整個投影機 75% 的熱源，燈源結構疲勞會產生石英所製玻璃破裂，主要是燈泡裡石英晶體結構改變情形，最後導致燈泡石英玻璃破裂。這高溫結構在下會加速疲勞，因此保持燈泡溫度低於某一溫度範圍，可以增加燈泡壽命。但除此之外的考量，就是過度冷卻的問題，也會影響燈泡的性能，因為低於燈泡所需工作溫度，燈泡的填充材料會收縮到石英玻璃內壁，會產生不穩定電弧或一個變化不定的光頻譜，因此燈源壽命為投影系統蠻重要的問題。

一般系統對於燈源的要求不外乎下列幾點：

1. 高光通量輸出。
2. 高流明效率(luminous efficiency, lumens/watt)。
3. 良好的光頻譜及色溫。
4. 長壽命並且穩定。(壽命亦指燈泡亮度不低於初始值50%)
5. 安全性高。
6. 可替換性。
7. 電源供應簡單。
8. 不需太長時間暖燈。
9. 價格考量。



在設計照明系統時，光通量是最重要的一項考量，而在量測時，通常會利用照度計量測光照度，彼此之間就需要乘上投影面積來轉換。照明系統中，最重要的就是燈源部分。燈源會提供一穩定的光通量輸出，而照明系統的功能，就是要能讓這光通量，能夠有效率並均勻的照亮光閥面板。若單獨只有一個燈源，光將會向四面八方發散，造成光通量的損失，所以通常我們都會在燈源外加上一個反射罩，一方面避免光發散，增加光效率，一方面將光通量以各種光錐角度導向所希望的方向，以進入所設計的光路。現今所使用的高亮度放電燈的反射罩大致分為兩種，即拋物面形反射罩和橢球形反射罩[7]，如下圖2所示。

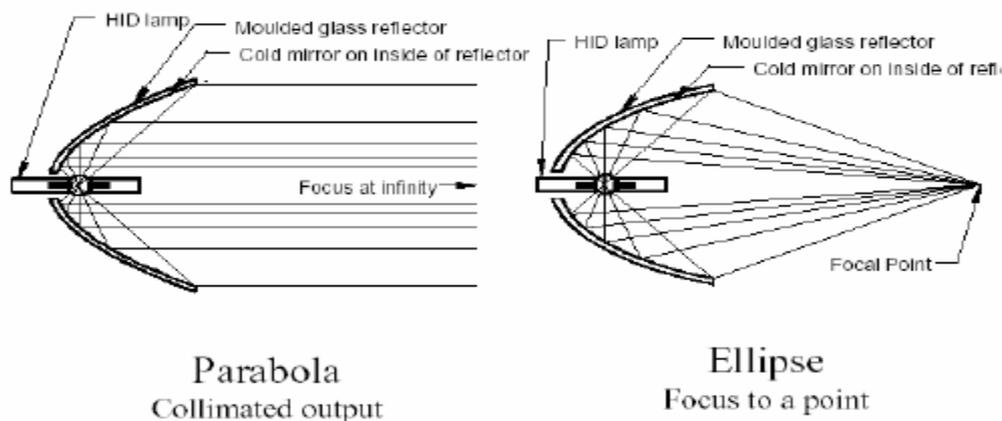


圖 2(a)拋物面形反射罩圖

圖 2(b)橢球形反射罩

積分器有兩個主要功能。其一是要產生均勻化的光，照射至光閥面板，經光閥面板反射後，才會使投影螢幕上之亮度均勻。其二是要將光源之形狀轉換，一般光源形狀大多是圓形的，但影像來源 DMD 之形狀卻大多是方形的。我們就需要靠積分器來做這個形狀的轉換的工作。

2.2 DMD 成像原理及製程

DMD RAM CMOS 定址電路製程是利用 $0.8\mu\text{m}$ (對於 0.9 吋面板而言) 或 $0.65\mu\text{m}$ (對於 0.7 吋面板而言) 的標準雙井 CMOS 製程以及雙層金屬化製程所共同完成的。其中單一 SRAM 單元是由六個電晶體電路和儲存等副單元所組成並放置於單一個微鏡面之下。雙層金屬化製程完成之後再成長一個介電層接著在它的表面上繼續長出鏡面機械結構。由於介電層需要有相當高的平坦度 (約小於 800\AA)，因此製程上需採用 CMP (化學—機械研磨法) 將表面磨平，提供微致動器結構定位準確及微鋁鏡面的平坦度，以確保投影光源亮度的均勻和對比度。當化學—機械研磨完成後，介電層上具有一對和 CMOS 的接觸孔，而且每一個畫素 (pixel 此處指的是單一微鏡面) 都有一對定址電極與 SRAM 單元的互補位置相互連結，由 SRAM 記憶單元提供每個鏡面所需的定址位置，如圖 3 所示。每個鋁反面鏡皆有兩個獨立運作的電極，將偏壓加在兩個相對位置的電極板上，藉著這個靜電力可造成轉距致動，鏡面得以對角 45 度線為槓桿軸 (選擇對角線的原因在於增加力矩量值，提升機電效率)，朝向某一個定址位置偏轉，靜電式轉距和固定栓所產生的回復力，以提供往一個定址位置偏轉，如圖 4。照明系統所入射光做快速空間光強度調製，利用響應時間遠短於光電成像系統積分時間，另如圖 4 所示。可增加動態模擬的自由度且 [2] 可靠性佳、工作穩定性高、生命週期長等特性，對於測試系統需求而言，提高測試持久性。

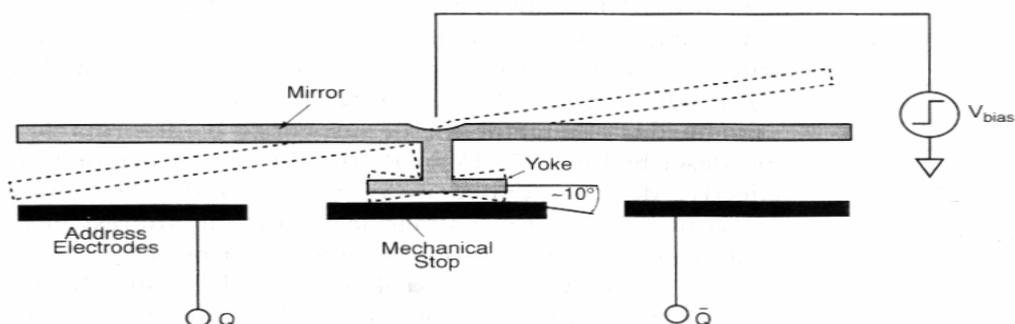


圖 3. DMD 鏡面轉動

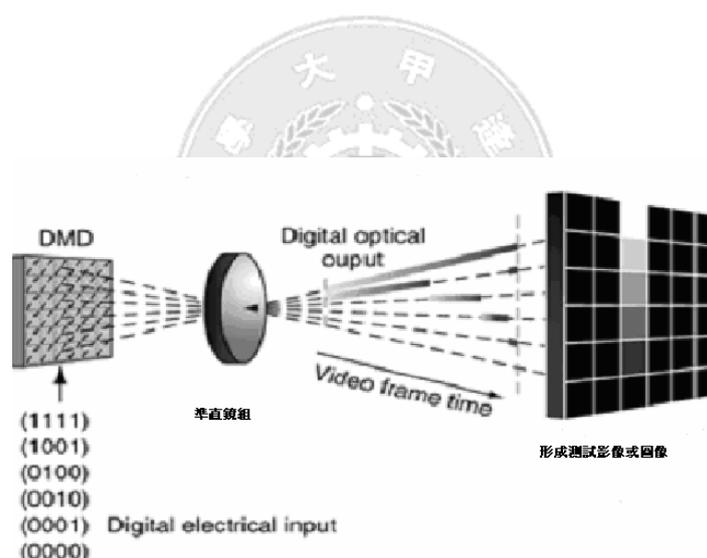


圖 4. DMD 成像原理

2.3 準直鏡組

準直鏡組作用在產生一個無窮遠的目標，為減少光束發散角發散角，準直鏡組為一倒置望遠鏡架構，其中 DMD 置於準直鏡組的焦平面上，模擬無窮遠目標物，其所產生非點光源(Extended source)，本文利用成像光學設計軟體，使準直鏡組像差及其他規格符合。

三、準直鏡組之設計

準直鏡組設計如圖 5.流程，如表 1.依照需求先行制定鏡組規格[3]，由於選擇 DMD 面板對角線長約 8.9mm，解析度為 800×600 像素間距為 10 μm，根據 Nyquist 空間取樣頻率定理其所搭配的光學鏡頭需要能解析 $1000/(2 \times 10) = 50\text{lp/mm}$ 的空間頻率，希望全域 MTF 設計的目標希望全域都有 30% 以上的數值，本架構希望有後焦長(BFL)大於等效焦長(EFL)能安裝照明系統元件，所採取前負後正 (retrofocus type)兩群鏡組所構成，孔徑光闌安排在後組物方焦點上，形成遠心與照明系統匹配，與照明系統搭配選定為離 DMD > 250 mm (廣角位置)，周邊光量 $\geq 80\%$ ，[4]根據規格選擇合適起始結構，進行相關專利與論文期刊收集，如圖 5.所示設定各目標值(即建立 merit function)進行優化，使聚焦形成的光斑及成像 MTF 達到最佳，對設計中的系統根據(a)性能評價是否滿足規格，以便能將系統達到實際方面之應用。

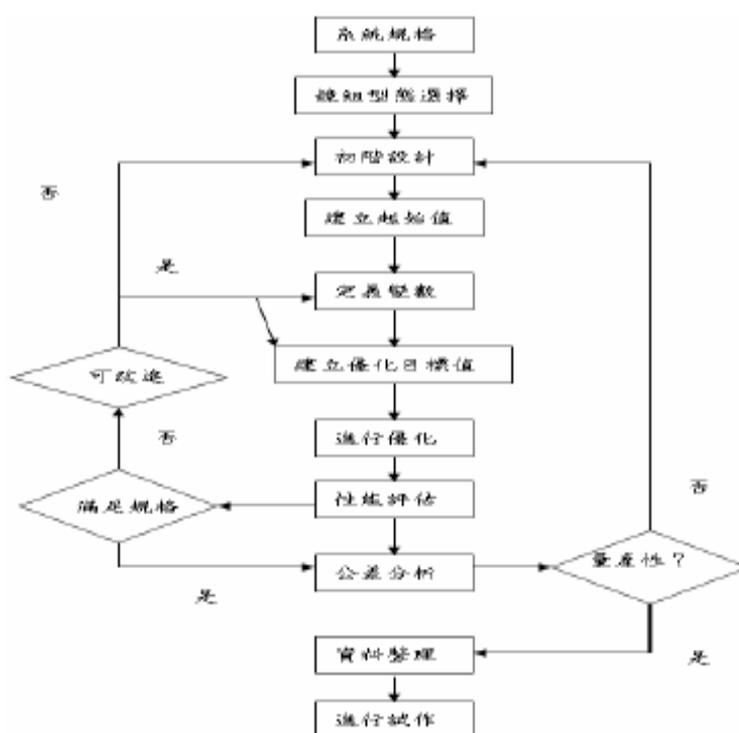


圖 5. 光學設計流程

| | |
|-----------------|-------------------------|
| 工作波段 | 0.85~1(μm) |
| 視角 | 30°~40° |
| 變焦比(Γ) | 1.4 |
| 光圈數(F/#) | 2.8~3.5 |
| 出瞳位置 | >250 mm |
| MTF(全域) | 50lp/mm > 30% |
| 周邊光量 | > 70% |

表 1. 準直鏡組規格

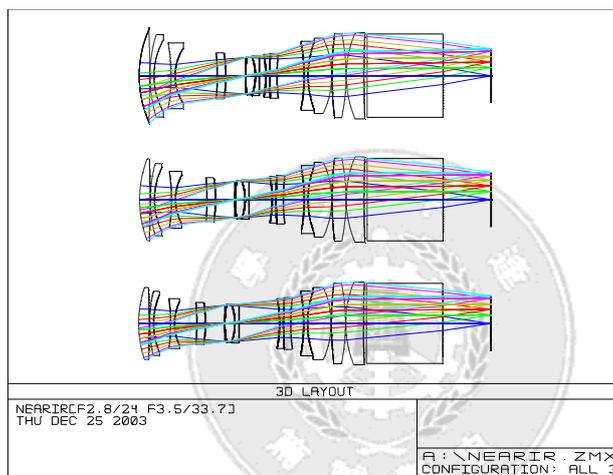


圖 6. 三狀態架構

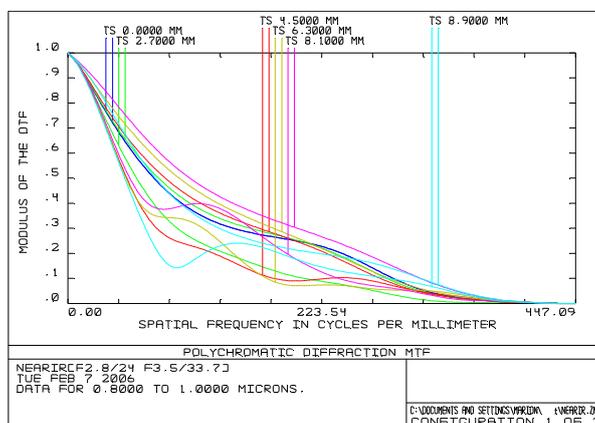


圖 7.MTF[1]Wide(F2.8/24.1)

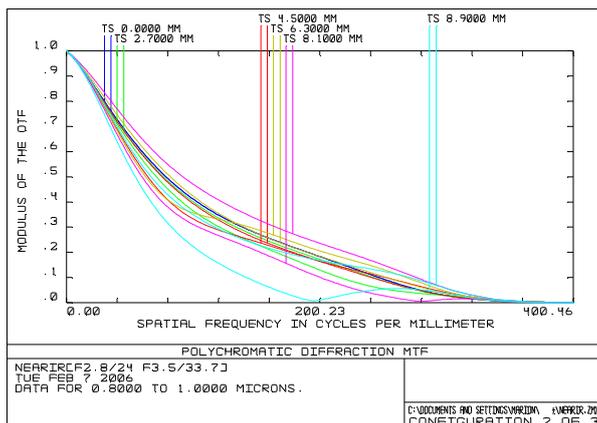


圖 8.MTF[2] Mean(F3.12/28.5)

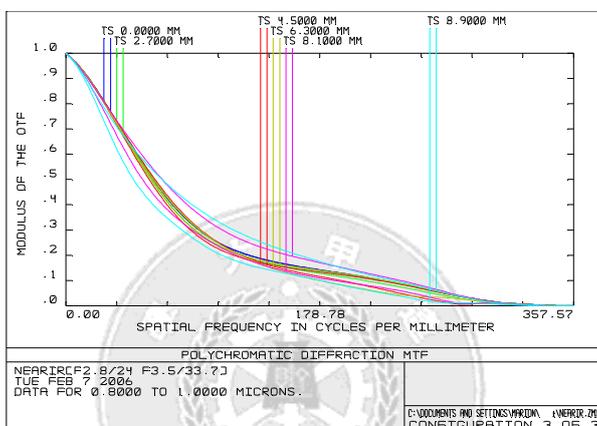


圖 9.MTF[3]Tele(F3.5/33.7)

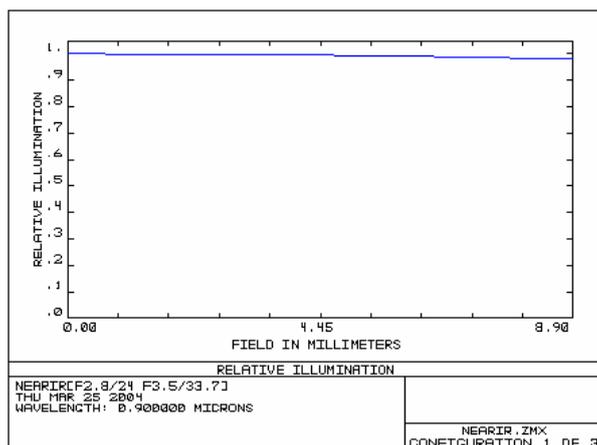


圖 10.周邊光量比

四、結果與討論

對於近紅外準直鏡組而言，在 $0.85\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ 、視角 $30^\circ\sim 40^\circ$ ，DMD 動態成像產生投射到待測物，在幾何光學設計先安排合適像差匹配，將前後鏡組各類像差必須抵消，本研究在 F-no $2.8/24.1\text{mm}\sim 3.5/33.7\text{mm}$ 在空間頻率 50lp/mm ，如其 MTF 圖 7、圖 8、和圖 9 顯示及要求成像均勻圖 10 周邊光量比皆符合規格，真實呈現原所需測試影像。

本研究採用近紅外數位動態準直光學系統具有響應速度快、空間解析度高、動態範圍寬等特點，得到的紅外圖像具有良好的解析度、對比度及穩定性。隨著各種新穎規格光電系統產品的研發，需要更符合測試設備，未來研究將朝工作波段更寬、變倍比大、適應性大等方向。

參考文獻

- [1] David B. Chang, Tustin, Calif. "Dynamic infrared target, US patent #4,929,841, issued 29 April 1997.
- [2] Michael A. Mignardi, "From ICs To DMD", TI Technical Journal, Texas Instruments Inc, Dallas, Texas, July-September, 1998.
- [3] 李介仁，「輕薄短小的 DLP 變焦投影鏡頭之設計探討」，中央大學，碩士論文，民國 90 年。
- [4] Laikin, Milton, Lens Design, Marcel Dekker, N.Y., 1991.
- [5] Kingslake, Rudolf, Lens Design Fundamentals, Academic Press, N.Y., 1978.
- [6] ZEMAX Optical Design Program User's Guide Version 10.0, Focus Software, Incorporated, 2001.
- [7] Edward H. Stupp, Matthew S. Brennesholtz, Projection Display, John Wiley & Sons Ltd, Baffin's Lane, Chichester, West Sussex PO19 1UD, England, 1999.
- [8] Smith, Warren J., Modern Optics Engineering, McGraw Hill, N.Y., 1990.
- [9] Warren J. Smith, Modern Optical Engineering, 3rd edition, McGraw Hill, New York, 2000.