

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

可模組化投影機最佳亮度光機系統的
設計與分析研究



The Design and Analysis on the Optimal Brightness
of the Optical Engine in the Modular Projector

研究生：黃子澤

指導教授：鄭璧瑩 博士

中華民國九十九年五月

可模組化投影機最佳亮度光機系統的
設計與分析研究

The Design and Analysis on the Optimal Brightness
of the Optical Engine in the Modular Projector

研究生：黃子澤

Student: Tze-Tse Huang

指導教授：鄭璧瑩博士

Advisor: Pi-Ying Cheng, PhD

國立交通大學
工學院精密與自動化工程學程
碩士論文

The logo of National Chiao Tung University is a circular emblem. It features a central shield with a book and a gear, symbolizing the university's focus on engineering and education. The year '1896' is inscribed at the bottom of the shield. The entire emblem is surrounded by a decorative border.

A Thesis

Submitted to Department of Automation and Precision

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

in

Automation and Precision Engineering

May 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 五 月

可模組化投影機最佳亮度光機系統的設計與分析研究

研究生：黃子澤

指導教授：鄭璧瑩 博士

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程

摘要

在光學設計過程中，針對於市場不同的需求會衍生出不同的系統型態以達成所需的成像效能，但往往會增加光學系統的複雜度，不僅增加系統最佳化的難度，甚至會影響到系統的生產製作，光學設計與測試在光學實驗及工業上有不容忽視的重要性，先由電腦上執行設計及測試的模擬，可以預先了解系統的優劣，然後再架設實際的系統，可以達到事半功倍的效果，成像效能與結構參數複雜度間的拿捏，可以說是光學系統設計的技巧所在，更是智慧與經驗的累積。

DLP投影機的光機系統之設計優劣，會影響到投影品質的亮度、均勻度和對比度。投影畫面不外乎是強調均勻度與發光效率這兩項效能，而光機中的各個光學零件的效率與此兩效能有著極大的關係，若效率要高則生產組裝也相對的困難。因此，藉由光學設計軟體ZEMAX的模擬，取得數值平衡的最佳值，再搭配ASAP軟體的模擬藉以優化光學系統，光學設計模擬軟體在系統效能分析與最佳化設計有助於縮短光學系統的研發時程，並且能夠準確的計算出系統應有的效能。

本論文對投影顯示器的照明系統，提供了一個完整的設計流程，並提出了一個新的光機機構的設計概念，以使光機的生產與組裝過程更具量產性。首先，用幾何光學原理，推導照明系統模型中各光學元件規格的初始值；接著，使用ZEMAX 對已推導出的初始照明系統模型作優化，並用ASAP來對優化後的照明系統模型作驗證，接著以Pro/E 3D建構方式進行設計並實際製作、組裝與調整等相關功能測試，並探討投影機光機內不同光學零件對光照度分佈的影響，最後透過光機組裝後將實驗數據與模擬結果做比較，分析光機系統中真正會嚴重影響亮度的相關參數，並針對相關參數設計出一套燈的改良與調整機構。



關鍵字： 投影機、DLP、光學系統模擬、ZEMAX、ASAP

The Design and Analysis on the Optimal Brightness
of the Optical Engine in the Modular Projector

student : Tzu-Tse Huang

Advisors : Pi-Ying Cheng, PhD

**Institute of Automation and Precision Engineering
College of Engineering National Chiao Tung University**

ABSTRACT

In optics design process, in order to reach efficiency of the image must regarding the market to produce different design. But it will not only increase the design difficulty of the optics system but also effect the manufacture. It will depend on experience and wisdom of the designer to adjust the optical parameter. In this thesis, we studied and designed an new optical system of the DLP projection system. After determining the specification of components, we utilized etendue and geometric optical formula to get the basic structure of the illumination system, and used optical software ZEMAX to establish it. Later on, we chose a suitable projection lens and system structure for integrating the illumination system and the imaging system to accomplish the whole design and used optical software ASAP to optimize it.

Projector will have perfect brightness uniformity and contrast if it has optimal optical design. We emphasize the uniformity and efficiency in the illumination system. It will have closely relation between optics component. As to that, it must get balance value by the ZEMAX and ASAP simulation. The software provide the analysis and optimum to decrease the design process and prevent the design bug.

This thesis provides complete procedures to design the illumination system of the projector. Firstly, the initial illumination system module is derived by means of the optics principle of geometry. Secondly, the initial illumination system module is optimized by using ZEMAX and, the optimized module is confirmed with ASAP and design 3D layout with Pro/E. All function tests include made and assembled and adjustment will take to the design model.

Finally we conclude the result of the experiment and simulation to find what optical parameter effect on the brightness of the projector. Then depend on the influential factor of the brightness we create the lamp adjust module for project device.

Key word: Projector 、 DLP 、 Simulation 、 ZEMAX 、 ASAP

誌謝

本研究論文能夠順利完成，要感謝指導教授鄭璧瑩教授的細心指導與從旁協助，使得我在專業上的知識有了更進一步的了解，並且在做人處事上也有新的收穫，歷經這四年的研究所日子裡，從閱讀論文相關的書籍開始，並歷經研讀期刊與技術資料，模擬軟體技術的提昇，產品的設計、分析討論、專利的蒐集、成品驗證等階段，依據論文的構想與架構，加以驗證研究目標與結果，得以實際體驗研究工作學習的經驗與喜悅。在這段學習過程中我除了感受到老師的治學態度的嚴謹與認真之外，更佩服老師對學生總是以鼓勵與建議來代替責備與命令，這使我在這段學習過程中充滿希望與愉快，再次由衷感謝我的指導教授 鄭璧瑩教授。

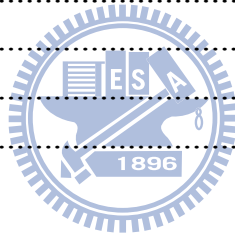


在這裡願與我的好同學、優秀的同事、最親密的家人，分享這份論文的結果與榮耀，感謝他們一路以來的陪伴、參與、討論、研究，在人生旅程中著實增添一段豐富的學習歷練，這也是我的人生當中重要的轉捩點。在研究所這段時間內也經歷了人生的生老病死，高興的是個人也完成了結婚的終身大事，目前已育有一男一女。難過的是自己也生了一場大病，開刀休養一段時間，還有奶奶的過世等，經過這些事件，讓我更體會出要活在當下，並且要更感激身邊的所有人，也要珍惜與家人相處的時光。

目錄

摘要.....	iii
ABSTRACT.....	v
誌謝.....	vi
目錄.....	vii
圖目錄.....	ix
一、緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	3
1.3 文獻回顧.....	4
1.4 研究流程.....	8
二、數位光源處理式投影系統之架構與原理.....	9
2.1 照明系統.....	9
2.2 色彩系統.....	10
2.3 光閥系統.....	10
2.4 成像系統.....	11
2.5 燈源(LAMP).....	12
2.6 紫外光/紅外光的濾光片(UV-IR).....	14
2.7 色輪(Color Wheel).....	15
2.8 積分柱(ROD).....	16
2.9 聚光鏡片組(CONDENSOR AND RELAY).....	18
2.10 數位微形反射鏡元件(DMD).....	19
2.11 鏡頭(LENS).....	21
三、投影系統的光學特性的量測與分析.....	23
3.1 光展量.....	23
3.2 均勻度(Uniformity).....	27
3.3 對比度(Contrast).....	28
3.4 亮度(Brightness).....	29
3.5 解析度(Resolution).....	29
3.6 畸變(Distortion).....	30
3.7 投影比(Throw Ratio).....	30
四、投影機光學系統的光線路徑模擬與系統分析.....	32
4.1 光學系統的分析.....	33
4.1.1 光學系統的分析結論.....	40
4.2 投影機光機系統的建立(Zemax).....	41
4.3 不同解析度 DMD 應用於此系統的均勻度分析(ASAP).....	44
4.4 不同解析度 DMD 應用於此系統的照度分析(ASAP).....	55

4.5 機構模型建立	58
4.6 組裝流程	62
五、實驗系統架構的設計與量測數據	66
5.1 實驗設備與材料	66
5.2 實驗系統架構	67
5.3 魚骨圖分析	68
5.4 亮度參數的影響實驗與分析	69
5.5 模擬與實驗比對分析	75
5.6 燈源承托支架(Lamp holder)的設計改良	81
5.7 執行新燈源承托支架(Lamp holder)定位設計實驗	85
六、新型三軸向可調燈模組的設計與分析	86
6.1 可調燈模組專利檢索	86
6.2 三軸向可調燈模組專利說明	90
6.3 燈模組空間偏移量模擬數據	96
6.4 燈模組 XYZ 軸向偏移量模擬數據	100
6.5 三軸向可調燈模組調整流程	107
七、結論與未來展望	109
7.1 結論	110
7.2 未來展望	112
參考文獻	114



圖目錄

圖 2-1 投影機色彩系統.....	10
圖 2-2 UHP 燈之電弧(Arc)間距.....	13
圖 2-3 橢球面形反射罩.....	13
圖 2-4 光線穿透 UV-IR 示意圖.....	15
圖 2-5 色輪.....	16
圖 2-6 積分柱.....	18
圖 2-7 聚光鏡組.....	18
圖 2-8 數位微鏡片作動圖.....	21
圖 2-9 鏡頭.....	22
圖 3-1 60 吋 13 點位置圖.....	27
圖 3-2 16 灰階圖.....	28
圖 3-3 DMD 解析度.....	30
圖 3-4 畫面畸變.....	30
圖 3-5 畫面投影比.....	31
圖 4-1 X1 0.55 吋 XGA 光學零件配置圖.....	34
圖 4-2 ASAP 模擬 X1 0.55 吋 XGA OVERFILL.....	34
圖 4-3 X1 0.55 吋 XGA DMD 照明區域能量分布.....	35
圖 4-4 X1 0.62 吋 720P 光學零件配置圖.....	36
圖 4-5 ASAP 模擬 X1 0.62 吋 XGA OVERFILL.....	36
圖 4-6 X1 0.62 吋 720P DMD 照明區域能量分布.....	37
圖 4-7 X1 0.65 吋 WXGA 光學零件配置圖.....	38
圖 4-8 ASAP 模擬 X1 0.65 吋 XGA OVERFILL.....	38
圖 4-9 X1 0.65 吋 WXGA DMD 照明區域能量分布.....	39
圖 4-10 光學系統中的各個零件定義參數.....	40
圖 4-11 X2 光學零件配置圖.....	45
圖 4-12 ASAP 模擬 X2 0.55 吋 XGA OVERFILL.....	46
圖 4-13 X2 0.55 吋 DMD 照明區域能量分布.....	46
圖 4-14 ASAP 模擬 X2 0.62 吋 XGA OVERFILL.....	47
圖 4-15 0.62 吋 DMD 照明區域能量分布.....	48
圖 4-16 ASAP 模擬 X2 0.65 吋 XGA OVERFILL.....	49
圖 4-17 0.65 吋 DMD 照明區域能量分布.....	49
圖 4-18 光機系統效率總和示意圖.....	56
圖 4-19 燈模組.....	59
圖 4-20 鏡片模組.....	60
圖 4-21 下光機模組.....	61
圖 4-22 上光機模組.....	62

圖 4-23 燈模組實體圖	63
圖 4-24 上光機模組實體圖	63
圖 4-25 下光機模組實體圖	64
圖 4-26 鏡片模組實體圖	64
圖 4-27 光機模組實體圖	65
圖 4-28 投影機實體圖	65
圖 5-1 光照度計	66
圖 5-2 影響亮度變異的原因之分析魚骨圖	68
圖 5-3 能量轉換的示意圖	69
圖 5-4 考慮能量耗損後的能量轉換示意圖	69
圖 5-5 SAMPL 1 亮度影響比例圖	74
圖 5-6 SAMPL 2 亮度影響比例圖	74
圖 5-7 SAMPLE 1 和 SAMPLE 2 趨勢線	75
圖 5-8 新的燈泡模組定位支架模組圖	82
圖 5-9 新的燈泡模組定位支架圖	82
圖 5-10 新的燈泡模固定件	83
圖 5-11 組裝示意圖	83
圖 5-12 組裝示意圖	84
圖 6-1 投射光源中心位置之調整裝置圖	87
圖 6-2 燈泡調整裝置圖	87
圖 6-3 可調整之光源模組及其應用之投影裝置圖	88
圖 6-4 可調整之投影系統光源裝置圖	89
圖 6-5 光源調整裝置及其調整方法圖	90
圖 6-6 投影系統之光源調整裝置圖	90
圖 6-7 調整模組前視圖	92
圖 6-8 調整模組俯視圖	93
圖 6-9 調整模組	93
圖 6-10 1 號調整螺絲與燈固定座圖	94
圖 6-11 X 軸向調整機制圖	94
圖 6-12 2 號調整螺絲與燈固定座圖	95
圖 6-13 Y 軸向調整機制圖	95
圖 6-14 3 號調整螺絲與燈固定座圖	96
圖 6-15 積分柱與燈模組相對位置圖	97
圖 6-16 積分柱與燈模組相對位置象限圖	98
圖 6-17 空間 27 座標點亮度值相對圓球直徑大小圖	100
圖 6-18 1、2 號螺絲位置示意圖	107
圖 6-19 3 號螺絲位置示意圖	107
圖 6-20 調燈模組作業流程圖	108

表目錄

表 1-1 論文研究流程	8
表 4-1 X1 0.55 吋 XGA 均勻度分析表	35
表 4-2 X1 0.62 吋 720P 均勻度分析表	37
表 4-3 X1 0.65 吋 WXGA 均勻度分析表	39
表 4-4 光機系統中的各個零件尺寸	43
表 4-5 X2 0.55 吋 XGA 均勻度分析表	47
表 4-6 X2 0.62 吋 XGA 均勻度分析表	48
表 4-7 X2 0.65 吋 XGA 均勻度分析表	50
表 4-8 0.55 吋以 ASAP 模擬 10 萬條的光束追跡結果	50
表 4-9 0.62 吋以 ASAP 模擬 10 萬條的光束追跡結果	52
表 4-10 0.65 吋以 ASAP 模擬 10 萬條的光束追跡結果	54
表 4-11 X2 0.55 吋 XGA 光機系統效率表	56
表 4-12 X2 0.62 吋 XGA 光機系統效率表	57
表 4-13 X2 0.65 吋 WXGA 光機系統效率表	58
表 5-1 亮度量測值	67
表 5-2 RELAY 亮度值	70
表 5-3 CONDENSOR 2 亮度值	70
表 5-4 ENGINE BOTTOM 亮度值	70
表 5-5 MIRROR 亮度值	71
表 5-6 CONDENSOR 1 亮度值	71
表 5-7 ROD 亮度值	71
表 5-8 POWER 亮度值	71
表 5-9 ENGINE TOP 亮度值	72
表 5-10 COLORWHEEL 亮度值	72
表 5-11 LENS 亮度值	72
表 5-12 DMD 亮度值	72
表 5-13 LAMP 亮度值	73
表 5-14 LAMP HOLDER 亮度值	73
表 5-15 ENGINE 亮度值	73
表 5-16 ASAP 模擬 CONDENSOR 1 直徑參數變化後的亮度值	76
表 5-17 ASAP 模擬 CONDENSOR 2 直徑參數變化後的亮度值	77
表 5-18 ASAP 模擬 LAMP 初始亮度參數變化後的亮度值	77
表 5-19 ASAP 模擬 MIRROR 參數變化後的亮度值	78
表 5-20 ASAP 模擬 DMD 反射率參數變化後的亮度值	79
表 5-21 ASAP 模擬 ROD 尺寸參數變化後的亮度值	79
表 5-22 ASAP 模擬 COLORWHEEL 穿透率參數變化後的亮度值	80

表 5-23 ASAP 模擬 ENGINE 與 LAMP HOLDER 位置參數變化後的亮度值.....	81
表 5-24 導入新定位設計後的亮度值.....	85
表 6-1 27 座標點的亮度值.....	99
表 6-2 正 X 軸向的亮度值.....	101
表 6-3 負 X 軸向的亮度值.....	101
表 6-4 正 Y 軸向的亮度值.....	102
表 6-5 負 Y 軸向的亮度值.....	103
表 6-6 正 Z 軸向的亮度值.....	103
表 6-7 負 Z 軸向的亮度值.....	104
表 6-8 X 與-X 軸向亮度比較表.....	105
表 6-9 Y 與-Y 軸向亮度比較表.....	105
表 6-10 Z 與-Z 軸向亮度比較表.....	105
表 6-11 XYZ 軸向亮度比較表.....	106
表 6-12 -X-Y-Z 軸向亮度比較表.....	106
表 6-13 XYZ-X-Y-Z 軸向亮度比較表.....	106



一、緒論

1.1 研究背景

近年來由於電子與網路業的蓬勃發展，其周邊相關的硬體設備也隨之被帶動，數位光源處理式投影顯示器(Digital Light Processing Projector)，就是在這樣的環境之下迅速發展起來。在大小型會議室、商業會議簡報、視聽消費場所、展覽場，與家庭娛樂系統中投影機已漸漸地被當做大型顯示器來使用，藉由電腦的輔助學校動態影片教學，可以即時展現動畫、連結影像，上課不再只是局限於2D的平面展示資料而已，使用投影機的輔助使得演說者可以有更為生動活潑的表達方式。近兩、三年來，幾項重要元件的價格也因量產與廠商的競爭而日趨下滑，使得投影機的成本大幅降低，再加上其體積小、裝設容易等優點，使得市場快速成長，也因此，投影機已成為大型顯示器中舉足輕重的地位。在眾多投影顯示技術中，由德州儀器所發展的數位光源處理式投影系統仗著其體積小、高性能的優勢，迅速的於各種投影技術中脫穎而出[1]。

數位光源處理式投影顯示器，是利用DMD (Digital Micro mirror Device)技術製作而成的投影顯示器，DMD取代了一般液晶投影顯示器中液晶板的效用並利用分時多工的方式，每個灰階是由一連串之脈波訊號來控制，液晶旋轉之角度固定，而灰階也就是各個像素的光通

量則是由DMD的像素開關(ON / OFF)之時間來決定[5]。

數位微鏡元件(Digital Micro mirror Device, DMD)是由許多的鋁金屬微小鏡面結構排列組合而成，每一個鏡面底下都有一個”互補金屬氧化半導體”(CMOS)型式的”靜態隨機儲存記憶體”(SRAM)，兩者構成一個半導體記憶光學開關，以有效且精確地控制光束的行徑，產生黑-白數位光學影像的輸出。微鏡面矩陣面板是靠著時間分割原理，經由影像處理器處理不同時間所接受到的單色灰階信號顯示在面板上再配合光學系統中的色輪將彩色的影像投射出來[6]。

光源照明系統中的照度、色彩均勻度和對比度，對整個光引擎的輸出品質影響甚遠，可以觀察光源在整個液晶投影顯示器中不同位置所產生的照度分佈。這對於液晶投影顯示器中光學元件的設計與光學引擎的組裝誤差，將會有很大的幫助，進而使得投影在屏幕上的影像品質，能達到整個亮度很均勻的效果。

本論文對於數位光源處理投影系統的光學架構做一實務設計，論文中所採用的樣品為中強光電生產的EX765數位光源處理投影顯示器，

1.2 研究動機

隨著高解析度數位電視的開播，一般民眾跟著就會需要更大尺寸、高解析度、輕量化、高亮度、低噪音、高燈泡壽命、易操作、短距離投影的投影機，然而，在各家廠商隨著投影系統大眾化的腳步之下，需要不斷降低投影系統的成本。但是，往往在降低成本的過程中，光機的研發項目一直沒辦法降低，因為不同解析度的光機需要不同的光學架構，才能達到最佳的影像畫面，故本論文提出在同一光機系統之前提之下設計一光學架構，只要改變DMD與導光系統即可以符合在不同的解析度之下，也可以共用同一套光機模具，達到節省模具費用的作法，此一作法可提供爾後光機設計者，設計更節省成本的光機

文中研究的內容主要是藉由設計、測量以及分析DLP投影機系統的光學特性，進而得到投影畫面的光照度分佈，並探討投影機光機內不同光學零件對光照度分佈的影響，藉由實驗數據的結果，搭配光學設計軟體ZEMAX、ASAP的模擬求證，探討光機系統中真正會嚴重影響光機亮度的14個相關參數，並導入新設計將相關公差參數分別進行調整與測試，最後將修改設計後的光機量測數據與模擬結果做比較，並導入一燈模組調整機構來解決零件的生產公差問題。

1.3 文獻回顧

DLP 技術是在西元1987 年由TI 的Hornbeck 開發出來的，DLP 投影技術發展至今已20年之久，以下將介紹探討有關於投影機技術方面的相關論文：

交大大學黎俊和與崔燕勇教授針對DLP投影機光學引擎的機構做一詳細的設計說明，機構元件材料的選擇等等。因為投影機內有燈產生的高溫，所以投影機內必須控制在安全溫度內，若溫度過高，會產生產品不穩定的情形發生。所以在光機引擎的散熱問題方面，也討論到利用風道來對付散熱的問題，簡化整個散熱問題[12]。

交通大學詹淑真與周長彬教授利用了光學模擬技術研究三片式微面板之六軸合光的公差需求與成像品質之關聯，以及針對公差的要求與機構理論設計出新的合光架構，並對新設計進行了實際製作、組裝與調整等相關功能測試，最後針對合光模組進行溫度測試、四分之一波板(QWP)旋轉調整操作測試、Panel 防塵測試、格線合光測試以及對焦測試等規格測試與分析，測試結果也顯示了新合光調整機構設計概念的可行性[13]。

交通大學蔡彥彬與洪景華教授提出一種光學設計，利用兩個非球面反光杯產生高品質的照明效果，並藉由反光杯與光源間相對的運動，使得照明光束可產生由聚集到發散的變焦功能。研究中利用光學軟體進行模擬，並以泛

光的均勻性以及聚光效率為目標進行最進化，改良反光杯的曲面參數[14]。

中央大學張雪珍與游漢輝教授對於量測投影機內的光源燈泡的照度分佈，找出一套較為簡便的方法，可快速瞭解投影機中光源在光引擎系統中各光學元件上產生的照度分佈，進而作為判斷光源燈泡與光學元件品質好壞的依據，這方法對於投影機中光學元件的設計與組裝誤差的檢測，提供了很大的幫助[15]。

長庚大學許紘齊與張宗文教授對三片式矽基顯示器投影機的照明系統作一實務設計，搭配精巧型分合光鏡，並選定元件規格後，利用幾何光學公式計算出照明系統的基本架構，再利用光學設計軟體對此系統優化。設計完後，將此系統重新建構於光學模擬軟體中，觀察此系統的表現且探討與分析其模擬結果。此系統可大幅簡化傳統三片式投影架構的複雜度，並可縮小光學引擎的體積，以達到輕量化[16]。

元智大學吳佳億與張明文教授對液晶投影顯示器的照明系統，提供了一個完整的設計流程。利用光展量及光線追跡，推導照明系統模型的初始值；並使用ZEMAX 對已推導出的初始照明系統模型作優化；最後，用ASAP 來對優化後的照明系統模型作驗證[17]。

逢甲大學李佳惠與田春林教授利用光學追跡模擬軟體進行投影系統的光路設計與模擬分析，並採用三片反射式不等光路系統元件模擬設計。在本文的投影系統光路架構中，設計了三個案例，每個案例

皆分別以波長450nm、550nm、650nm的光線作追跡模擬，以得到其光效率及均勻度符合ANSI IT 7.228規範，三個案例中，以調整反射罩的焦距及長度、lens array之子透鏡數目、其他元件的幾何相關位置的配置及透鏡的曲率厚度等等之方式，可以有效提高均勻度[18]。

元智大學陳時偉與張明文教授對於數位光源處理投影系統的光學架構做一實務設計。選定元件規格後，先利用光展量及幾何光學公式計算出照明系統基本的架構，再利用光學軟體(ZEMAX)對照明系統作優化。設計完成後，最後將設計完成的系統建構於光學模擬軟體(ASAP)中，觀察此系統並做最後的優化[19]。

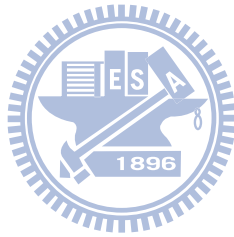
台灣科技大學林智清與黃忠偉教授以紅色、綠色、藍色三色發光二極體來取代一般傳統的白光燈泡，並以數位光源處理式投影系統為設計架構，在數位光源處理式投影系統中主要是利用旋轉包含了紅色、綠色、藍色或是白色區塊的色輪來分色，而使用紅色、綠色、藍色三色發光二極體則可以直接控制其開與關的方式來分色。在論文中探討使用LED 照明器之性能，主要以考量其光輸出、均勻度及色彩部份之性能[22]。

成功大學朱世宏與林昌進教授藉由三次元量測取得光學輪廓投影機的結構參數，並利用這些數據在ASAP分析軟體中建構出輪廓投影機的模型。首先利用光線追蹤的方式求出光源位置，並在此位置上建

立點光源與體積光源兩種光源模型，構成完整的光學系統，進行光線追蹤與輪廓投影模擬。

並且進行點光源及體積光源照射下的輪廓投影模擬，求得物體在銀幕上的投影輪廓。先以點光源光學系統進行理論的輪廓投影模擬，再以體積光源光學系統進行較接近真實情況的輪廓投影模擬，以觀察並分析兩種光源的輪廓投影特性。

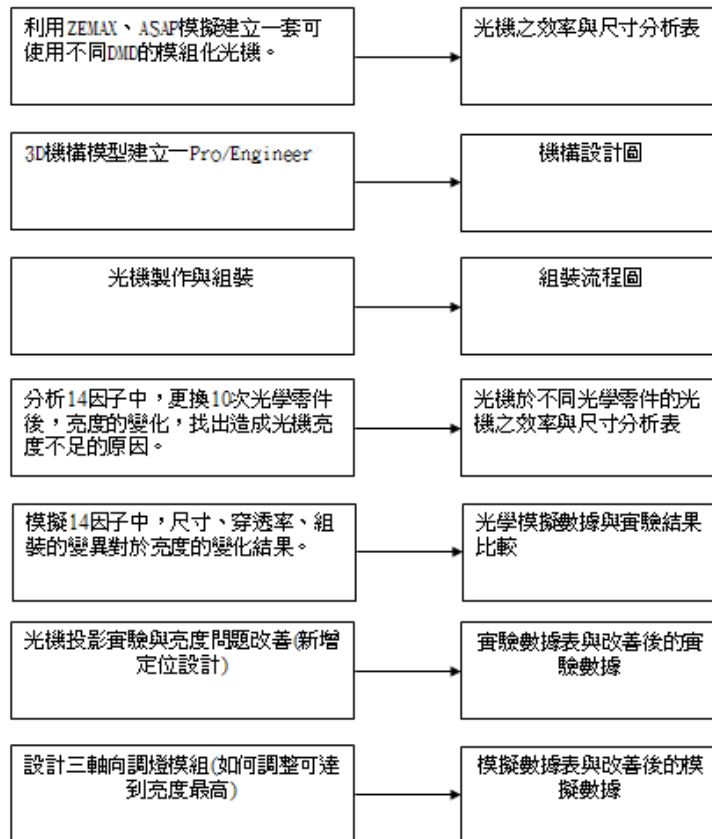
除上述的參考論文外，本文中的光學相關規格皆來自中強光電技術文件。



1.4 研究流程

本論文分為七個章節，第一章，為緒論、研究背景與研究動機。第二章，主要在介紹數位光源處理式投影系統之架構與原理。第三章，在介紹有關本論文中的各種光學的特性。第四章，主要的目的在於如何設計一光機系統，達到此光機系統可使用不同尺寸的積分柱與不同尺寸的數位微鏡片，並分析受光面上的光照度分佈。第五章，則是將設計出來的光學系統實物化，將實測數據與模擬數據做比較，並找出亮度不足的因子，加以模擬分析並改善。第六章，針對燈源與積分柱的定位設計新型多軸向調整機構。第七章，為論文結論與未來展望。

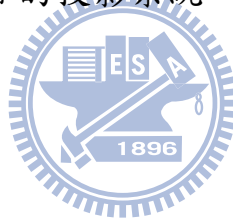
表 1-1 論文研究流程



二、數位光源處理式投影系統之架構與原理

數位光源處理式投影系統是利用DMD晶片上各面微形反射鏡的偏轉來調變各個像素的開或關，而各面微形反射鏡的偏轉角度均是固定的；因此在設計數位光處理式投影系統時，就必須考慮到入射光的光路、像素為「開」狀態時之反射光光路及像素為「關」狀態時之反射光光路。根據這些條件限制，再配合其他部分的光學特性，才可以決定數位光處理式投影系統之整體架構。光機的架構有四個部分，就是產生光源的照明系統、負責影像調變的光閥系統、管理顏色的色彩系統及將光閥影像投射至螢幕的投影系統，以下將分別介紹此四個系

統：



2.1 照明系統

數位光源處理式投影系統中，照明系統由燈源與紫外光/紅外光的濾光片構成，要設計一個照明系統，通常必須兼顧到維持均勻度，及提高燈源發出的光效率，由這些條件將會決定系統之幾何結構。以下先說明幾個與照明系統相關之數量單位：

1. 亮度(luminance)：定義每單位面積上單位立體角中之光通量。
2. 光通量(luminous flux)：定義每單位時間所產生之光能量。
3. 光照度(luminance)：定義每單位面積上之光通量。
4. 光強度(luminous intensity)：定義每單位立體角中之光通量。

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。

2.2 色彩系統

色彩系統最重要的功能，就是利用各種鍍膜技巧，將照明系統產生的複合色光分開處理，並與成像系統相搭配，產生彩色的影像，如圖2-1所示：

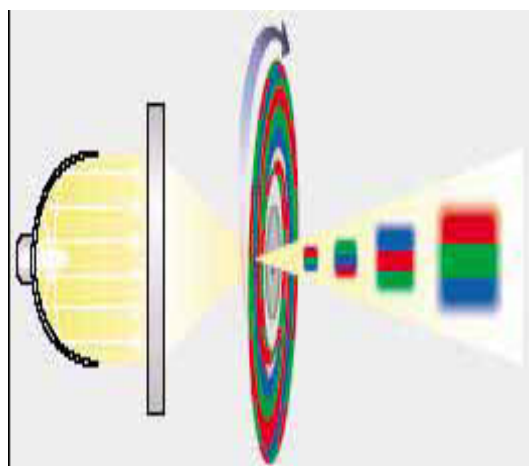


圖 2-1 投影機色彩系統

2.3 光閥系統

從照明系統投射至DMD的照明面積大小除了需完整的覆蓋DMD，還是須要針對光溢量是否符合預期的設計來探討，光溢量的存在是為了方便面板組裝與定位，若光溢量比我們預期的多，反而因為大多數的光都損失，而影響到整個面板的光利用效率，相反的光溢量太少，會影響畫面的均勻度。

DMD是整個成像系統中非常重要的一環，在設計成像系統時，DMD也一定要置入光學系統中一起優化，DMD規格的改變，通常會大大影響整體投影系統之性能表現。一般來說，投影系統最重要的就是亮度及對比，若以元件的角度來說，通常亮度取決於燈源及積分器，而對比度則取決於光閥特性及與投影鏡頭的搭配設計，對光閥面板來說，對比度就決定於在各個像素在亮與暗之間，光閥可以調變的多，也就是亮狀態要盡量亮，而暗狀態要盡量暗。

DMD的切換速度則是另一項重要影響光閥系統的因素，因為需要用到色輪的分光技術，光閥速度需搭配紅色、綠色及藍色光場之切換速度。在設計成像系統時，對於DMD的規格，通常我們最在意的，不外乎DMD的尺寸、DMD的解析度及DMD的性能(對比、入光角度、顏色特性等)，一般來說，投影系統所使用的DMD，尺寸越小越便宜，小尺寸的DMD不但降低成本，更可以讓投影系統變個更小。

2.4 成像系統

成像系統的功能就是要將光閥面板的影像投影至投影螢幕上，而通常投影系統主要就是一個投影鏡頭，當影像的大小改變後，使用者就需要利用對焦的功能，手動調整焦距，讓影像清楚成像在螢幕上，多了變焦及對焦的功能，使用者將可以自由選擇投影機放置的位置，及投影尺寸大小，更方便使用。

2.5 燈源(LAMP)

燈源在投影系統中提供一個穩定的光通量，在光路設計時為了讓光通量能達到最佳效率，故需對燈源要求以下幾項重點：1. 高流明效率。2. 良好的光頻及色溫。3. 壽命長。4. 高安全性。5. 光通量輸出穩定。6. 快速暖燈。7. 價格便宜。符合以上要求並運用於本實驗所使用的為超高壓水銀燈。超高壓水銀燈(Ultra High Pressure Lamp，

UHP)屬於高亮度氣體放電燈(High Intensity Discharge Lamp，HID)的一種，由於有高發光效率(60~70Lm/W)及高亮度

(7000~15000Lms)、於可見光區有連續頻譜及近似點光源(1~3mm

Arc Gap)等優點。因此應用於投影機的燈源大多採用超高壓水銀燈，理論上充填水銀氣體壓力愈大，發光功率密度愈大且發光頻譜愈均

勻；現行超高壓水銀投射燈穩態點燈氣壓約100~200大氣壓。隨著電弧放電功率密度增加，燈泡的熱量耗散也愈大；因此燈反射罩通常

成型成橢球狀以加大與電弧距離[2]。一般而言光收集效率決定於電弧(Arc)間距及相對反射罩的設計，燈弧之長短及位置是決定收斂效

率最關鍵的因素。通常燈弧的間距愈短，則愈接近於一個理想之點光源，收集效率會愈好；當電弧有一個長度，則會產生非理想之雜散光，

並降低對比。現今使用之UHP燈之電弧間距，約介於1mm 至1.5mm 之間，這已經達到現今科技量產之極限，不太容易再縮得更短了，因

為通常燈弧間距愈短，其壽命也會縮短，如圖2-2所示：

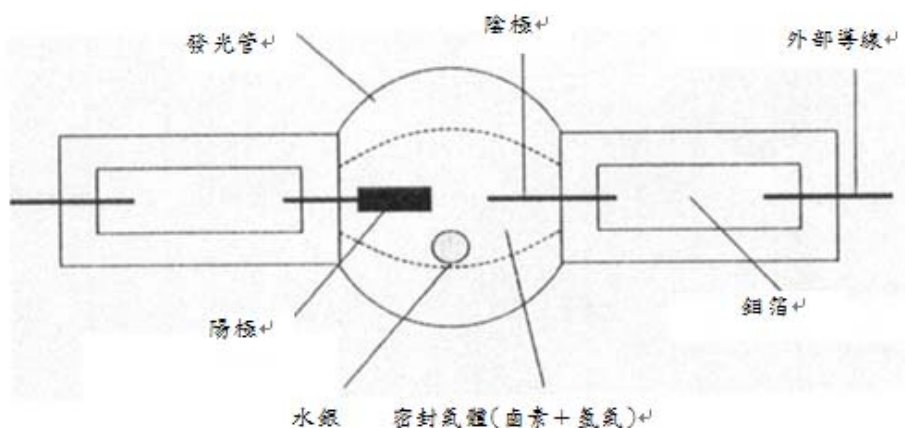


圖 2-2 UHP 燈之電弧(Arc)間距

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，即拋物面形反射罩與橢球面形反射罩，本論文所使用的為橢球面形反射罩，當我們將燈源置於橢球面反射罩時，光線經燈罩反射後，將會產生聚焦光，如圖2-3所示：

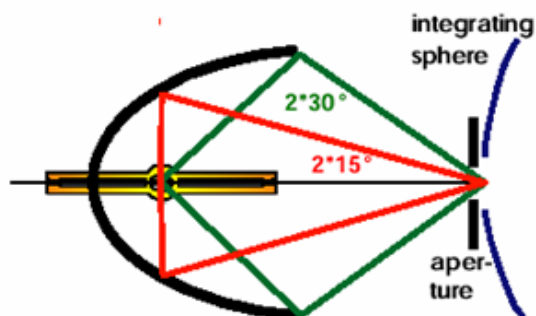


圖 2-3 橢球面形反射罩

要讓投影出來的亮度更高，增加燈的亮度是最直接的方法，但通常也必須和其他因素妥協。舉例來說，增加水銀鍍蒸氣壓力就會增加亮度，但同時也會產生一些安全上的顧慮，為了更亮，就會將電壓增加，但同時溫度也會跟著增加，也就必須要更大也更吵的散熱系統，而且若溫度更高，壽命也會跟著縮短。

2.6 紫外光/紅外光的濾光片(UV-IR)

由於任何一種燈都不是只發射出於可見光頻段完美的光頻譜，其發射光頻譜或多或少都包含紫外線(ultraviolet, UV)及紅光(infrared, IR)部分；這些可見光頻譜外的光，不但沒有用，還會對系統造成傷害。紫外光通常會對部分的鍍膜面造成傷害，而紅外光則會產生多餘的熱，讓系統需要多餘的散熱系統。要去除這兩種光，通常會在照明系統中加入一片去紫外光/紅外光的濾光片(UV/IR filter)，利用這一片的鍍膜鏡片，吸收掉紫外光及紅外光的部分，只讓可見光頻譜通過，如圖2-4所示：

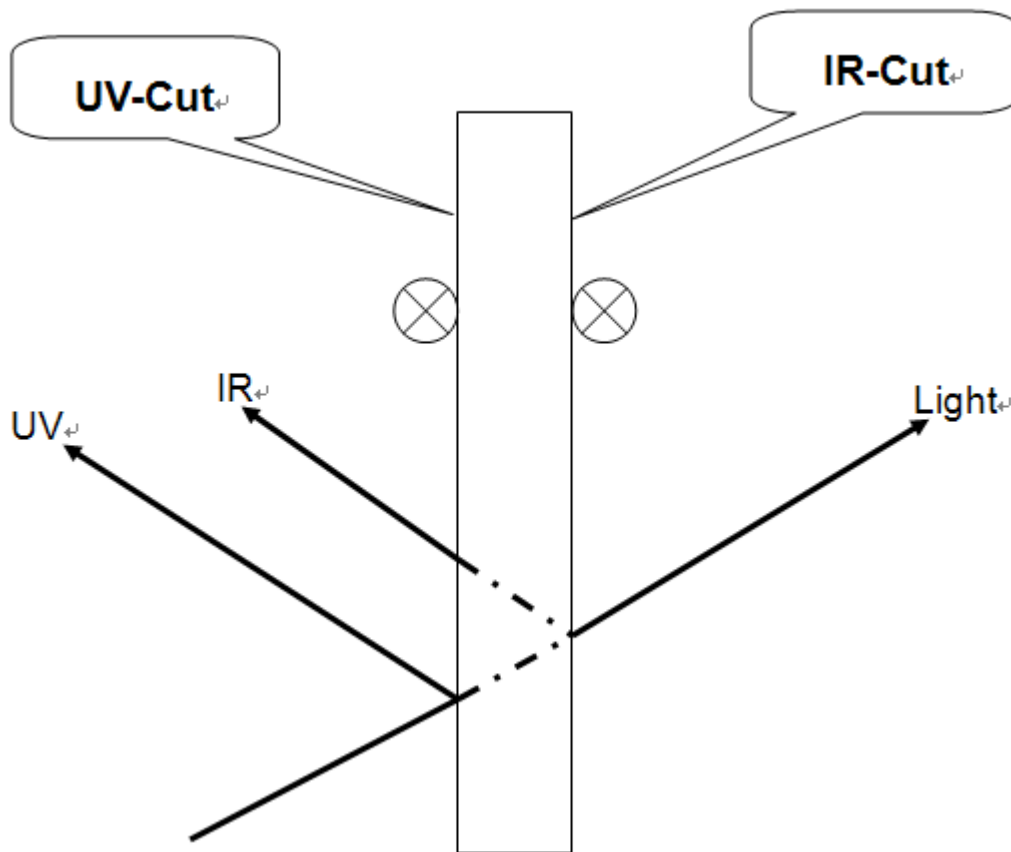
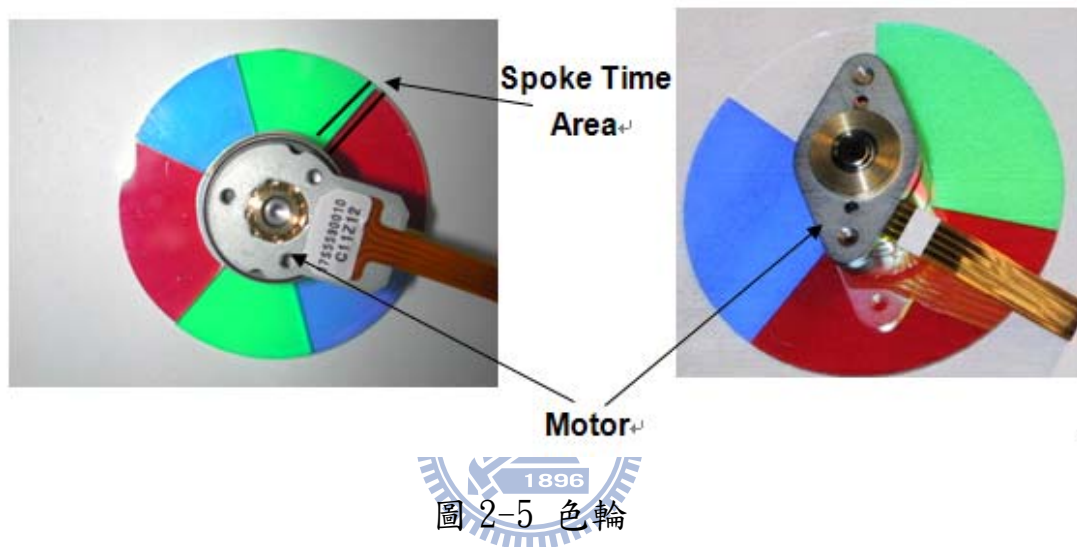


圖 2-4 光線穿透 UV-IR 示意圖

2.7 色輪(Color Wheel)

色輪由一高速馬達與三個（或以上）不同顏色區塊的鏡片，利用黏合方式組成，每一區塊透過鍍膜讓特定顏色的光被吸收或被反射，使其它顏色得以通過，利用馬達讓它旋轉就可循序產生紅、藍、綠快速交替的三色色場。馬達的轉速所影響的是各色場交替的速度，若轉速過慢或不穩定，人眼就會發現有各色分離或顏色怪異的現象，以人眼來說，一秒中至少要接受60 個畫面才會覺得連續，因此色輪會控制在每分鐘7200 轉的轉速下使每秒有120組色場。以每一區塊來，一次只能通過一種顏色的光，光平均只有三分之一的使用效率，大大浪

費了三分之二的的光通量；因此為了提高光通量，除了紅、藍、綠之外再劃分一透明區塊讓全部光通過，如此光效率可提升至50%，但因畫面亮度增加，也造成對比度下降。通常將此色輪置於燈源具焦處，當光線通過時，會讓紅、綠、藍光依序通過，而產生快速交替且連續之三色色場，如圖2-5所示：



2.8 積分柱(ROD)

由於燈發射出來的光並不夠均勻，一般UHP的燈會有兩個最亮的點，分別在兩個電極附近的位置，這樣不均勻的光，需再搭配積分柱，將光均勻化後再照射至光閥系統，光在鍍有高反射介電質膜堆的基板內來回反射，使得光束能夠均勻的分佈。積分柱的另一功能是要將光源形狀改變，因為從燈源端出來的光源形狀成不規則柱狀，但影像系統的DMD晶片形狀卻是方形，所以需要藉由積分柱來做形狀的轉換工作。由於投影系統中的投影鏡頭及其他光學元件之光學特性，就算我

們能產生完全均勻之光來照射影像來源光閥面板，照射在螢幕上的亮度仍然會由中心往邊緣衰減。積分柱會維持穿透系統光錐的形狀，而在空間中將此光錐之能量均勻化，也就是將原本分佈在光錐中間能量較強的光，分散至邊緣原本光較弱的地方，而不改變光錐的形狀。若使用一良好設計之積分器，由於光錐及截面積均未改變，則光展量亦未改變。由於積分柱會將中間的能量分散至邊緣的地方，使用積分柱後，螢幕中央的亮度會稍微下降，而邊緣部份亮度會上升，使整體均勻度增加。積分柱由於較接近光源，需要有很好的耐熱特性，因此產品材質以玻璃為主，當使用積分柱時，相當於系統中多了一個光學元件，加上形狀轉換的損失。會使得整體之光通量輸出降低[3]。積分柱可以是空心的也可以是實心的，空心式的是靠內壁各面之高反射率鍍膜，實心式的則是靠材質與空氣間的全內反射；當光進入積分柱時，會經過多次反射後才會由積分柱內射出，產生均勻化的功能。由燈源及反射罩模組所產生之光會被聚焦至積分柱之入射面；離軸的光會打到積分柱的某一面再反彈進入積分柱中。由於各面均是平行的，經過積分柱後光錐仍可維持原來的形狀，而經過此積分柱後光展量也依然維持不變。若此積分柱長度夠長，則於出射面各光線之位置將完全與入射面位置無關，也就是說出射面各處的光應都是均勻的。若希望有高均勻度，則積分柱長度要長，入射光錐角度要大，且積分柱截

面積要小。當積分柱定型後，即限制了出入光錐的面積，但卻沒限制出入光錐的角度，也就是說同一積分柱，只要長寬比與光閥面積相同，且光錐入光角度不超過積分柱可接收範圍，則可以供一範圍內不同光展量的照明系統使用，如圖2-6所示：

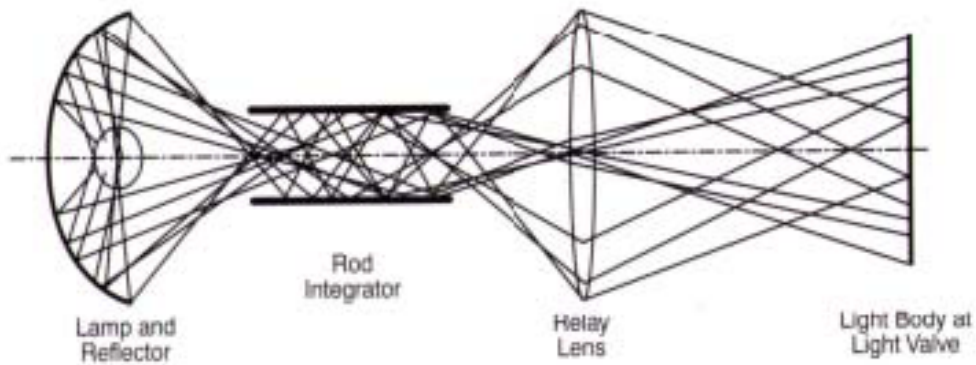


圖 2-6 積分柱

2.9 聚光鏡片組(CONDENSOR AND RELAY)

聚光鏡的作用在於，將通過光學積分器後的光束聚集成與DMD面積相等的大小光束，所以聚光鏡的設計必須由DMD的光束面積大小來決定其光學參數，如圖2-7所示：

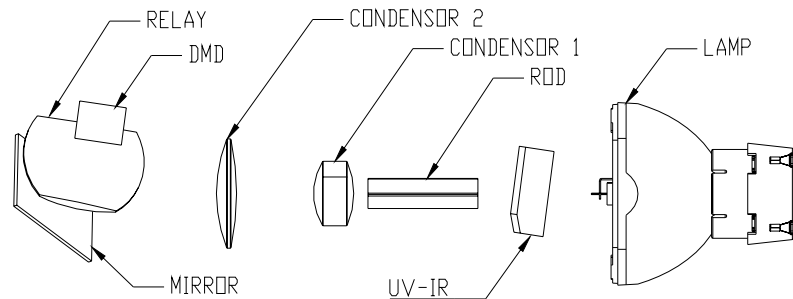


圖 2-7 聚光鏡組

2.10 數位微形反射鏡元件(DMD)

數位微形反射鏡元件是一種微機電(micro-electrical mechanical systems, MEMS)式的空間光調變器(spatial light modulator, SLM)，每個像素都是一面微小的金屬面鏡，利用底部的互補金屬氧化半導體(complementary metal-oxide-silicon, CMOS)驅動電路產生磁場來控制面鏡翻轉的位置，而每個微面鏡有兩種位置，一個是將光線反射到投影鏡頭的亮狀態(ON state)，另一個則是將光線偏離投影鏡頭的暗狀態(OFF state)，也就是說它是個二元開關，並以控制訊號脈衝寬度調整來達成每個顏色的8位元灰階。要產生“全亮(full ON)”的像素，數位電子訊號以1111表示，在作單一灰階的呈現時間內，須將數位微形反射鏡往亮狀態的方向偏轉16次，將此16個亮狀態影像疊加起來，產生一全亮畫素；反之，欲呈現“全暗(full OFF)”畫素，數位電子訊號以0000表示，則須將數位微形反射鏡往暗狀態的方向偏轉16次。同理而言，若將數位微形反射鏡設定數位電子訊號以1000表示，將鏡面往亮狀態偏轉8次、暗狀態偏轉8次，則會呈現出中性灰階的影像，進而推廣至其他灰階的呈現[4]。

此外，藏匿型力矩絞鏈與軛形架的機構設計，堪稱DMD得以商品化的關鍵性突破。1993年之前，力矩絞鏈與微鏡面是共面的結構，如此在光學投射系統中，會導致光束的散射而降低影像的對比度

(Contrast ratio)以及光學轉換效率。因此，TI 更改結構設計與製程，將力矩絞鏈和支撐物隱藏於微鏡面之下，如此便大幅地提昇了DMD 投影影像的對比度以及光學轉換效率。1994 年之後，TI 更增加一軛形架於微鏡面底部，並與力矩絞鏈相互連結，主要的原因在於防止微鏡面直接碰觸到定位平台，造成長期工作下的鏡面損壞。因為DMD 的鏡面需要極快速且準確地反覆定位偏轉，因此，需要一個強固且穩定的機械結構來承受其應力，因此在微機電的半導體製程設計上是一項極具艱鉅的挑戰。直至1997 年，整個DMD 微機電結構定案為止之前，此部份仍經過無數製程技術的變革，如軛形架上的平台式尖端 (Landing tips)和彈簧式尖端(Spring tips)，如圖所示，此功能不但提昇了DMD 的穩定性和生命週期，更增加了機械與電子的轉換效能。自此之後，DMD 生命週期超過10 萬小時而進入商品化階段。

DMD 商品化之後，TI 在DMD 面板解析度、面板尺寸、單一畫素大小、微鏡面偏轉角度以及封裝技術仍繼續改進及發展，至2000年為止，在DMD 微機電製程的精進改良下，同時經過了一段演變。改良的主要目的在於(一)提昇影像解析度(SVGA、XGA、SXGA、HD)，(二)藉由變更微鏡面偏轉角度由10 度至12 度，增加光學收集效率(Etendue)和投影影像的對比度[8]，(三)縮小面板尺寸和畫素大小，相對使得光學投影系統體積縮小以及生產成本降低，(四)改進封裝技術，提昇

製程良率(TI 表示,封裝過程中往往因為殘餘微粒控制不佳,形成DMD工作失效,導致製程良率偏低),如圖2-8所示:

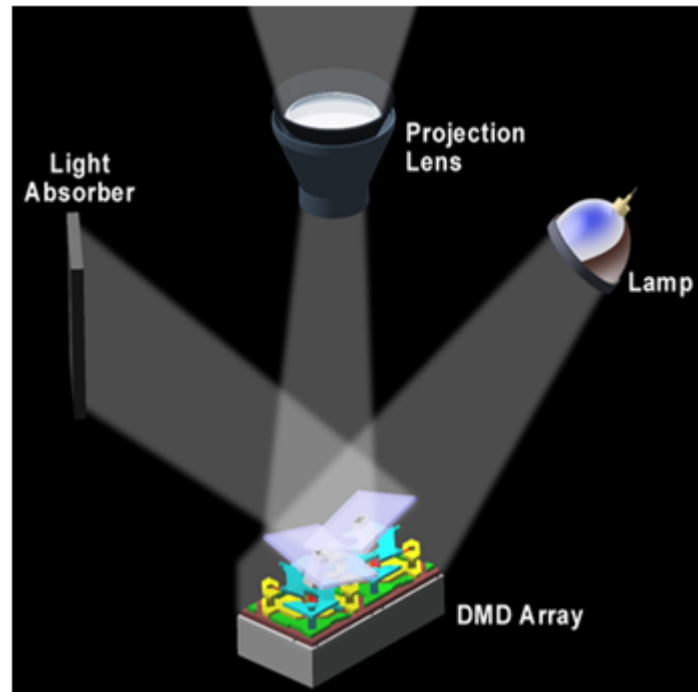


圖 2-8 數位微鏡片作動圖

2.11 鏡頭(LENS)

一般投影鏡頭為了要能適應不同的投影距離,也會設計加入變焦(Zoom)及對焦(Focus)功能,當然使鏡頭設計更加困難,而由於多了些鏡組及機構件,成本也更加昂貴[7]。所謂變焦是指我們可以改變成像的大小,而依然維持在對焦的狀態,這通常是在投影鏡頭內加入一些機構件,讓某些鏡組間間距可改變,來改變整體鏡組的焦距及放大率,也就是讓影像尺寸改變;當影像的大小改變後,使用者就須要利用對焦的功能,手動調整焦距,讓影像清楚成像在螢幕上。多了變

焦及對焦的通能，使用者將可以自由選擇投影機放置的位置，及投影尺寸大小，更方便使用，如圖2-9所示：

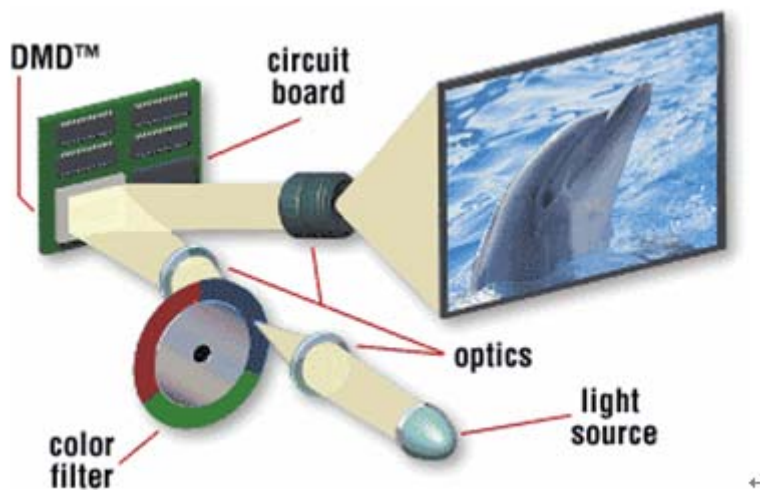


圖 2-9 鏡頭



三、投影系統的光學特性的量測與分析

3.1 光展量

光展量，又稱光學不變量(optical invariant)，用以描述光束的幾何特性，例如光束的發散角(divergence angle)，光束的切面面積。基於熱力學的第二定理，光束在穿過一光學系統後，光束的光展量將保持相同或增加，而不會減少。在不考慮光的散射、繞射及吸收的光學系統中，光束的光展量是守衡的。若考量在某些光學元件上會產生光的散射性質時，由於光的散射會產生更大的發散角，因此光束的光展量會增加，使用光展量的光束幾何概念，可以估算出光的傳輸效率。



在定義光展量之前，有一個東西要先知道的，那就是光通量的定義。讓我們先考慮一光束經光學系統傳遞後，求全部光通量的問題。若此光學系統完全地傳遞一光束，這意味著在系統中的光學元件，對所有入射到系統中的光線，既無吸收也無反射。且光束在脫出時也沒受到光闌的遮蔽時，那麼就足以計算出由此光學系統所收集的全部光通量。此光通量為

$$\Phi = \iint L(r, n) dA \cos \theta d\Omega \quad (3.1)$$

$L(r, n)$ 是位置為 r 的點。在單位向量為 n 的方向上的光源輻射亮度 (source radiance)。面積單元 dA 是光源表面的入射窗口區域。立體

角單元 $d\Omega$ 是頂點在位置 r 點，由系統的入瞳所夾之立體角。

我們會希望把光學系統光通量傳輸能力，用無關於輻射光源發光特性的方式表現出來。首先，假設光源是均勻且以Lambertian方式發射，那麼 dA 法線及立體角單元 $d\Omega$ 中心線間的夾角。再一次的提醒，光展量是一幾何特性，光展量的單位為 $\text{mm}^2 - \text{steradian}$ 。

在定義光展量後，接著我們討論光展量的特性。當一光束經由一高校正(well-corrected，這裡所指的是，不考量光束經光學元件，所產生散射、繞射、吸收的效應)的光學元件修正後，光展量仍保持守恆。例如，當一準直光束入射一高校正的透鏡，透鏡將此光束聚到一光點。雖然，光束的切面區域減少，但光束的收斂(發散)角增加[9]。

將聚光後的光束切面區域及立體角相乘，相乘後的乘積，會與未聚光前的準直光束之切面區域及立體角相乘的乘積相同，因此光展量是守恆的。若此系統只含高校正的元件，那麼就都可以得到相同的光展量。光展量很少可由不具高度對稱性的表面計算求得，因為其困難處，在於對任意表面作積分。所以，最常是在垂直光軸的物平面或像平面上計算光展量，或是在系統中對任一光瞳求光展量。

光展量並不是一容易了解的觀念，理由有兩個。第一個理由，光展量並不是指光的分佈強度，而是指光束幾何邊界的分佈。第二個理由，要對二維空間及二維角度做積分，通常是採用球座標或極座標。因

此，一般是用近似的公式來計算光展量，甚至是在沒有很嚴格的精度下來求光展量。

為了計算光展量，必須要先知道光束的切面區域及張角。切面區域及張角通常是分別用兩個組件來定義。例如，在一光閥投影機中，為計算光閥表面上的光展量，切面區域可從光閥上得到，而張角可從投影鏡頭的F/# 或照明系統的F/# 獲得。在其它情況時，某些光學元件的光展量可直接計算得到，而不用參照其它光學元件。

$$E = \pi A \sin^2 \theta_{1/2} = \frac{\pi A}{4(F/\#)^2} \quad (3.2)$$

或許，在投影系統中會有光學元件或合成的光學元件，其光展量值很低。既然光展量所代表的，是光束的幾何邊界，越低的光展量值容許越小的光束穿過此光學系統，也因此會造成某些光通量的損失。在系統中，任何其它高光展量值的光學元件，可允許光束完全的通過，不會改變光通量。因此，所限制的光展量值，定義著系統的集光效能。

一般而言，在光閥投影機的設計上，光源的光展量計算，是對經集光系統(反射罩)所產生的光束感興趣，而不是要燈泡本身的光展量。大多數的反射罩或其它的高效能集光系統，在光學的偵測裡都不是高校正的。為了計算光束的光展量，必須要知道燈泡的大小、形狀、集光系統的幾何尺寸、以及在集光路徑上的任何散射。將可以發現

到，由集光系統產生的光展量，會比單獨由燈泡所產生的光展量還要大很多量級，主要是受集光系統造成的像差所影響。的光路徑上。當考慮的是光束時，光展量值越低越好。因為全部的光束，可以被聚到很小的區域上。當考慮的是光闕或其它光路上的光學元件時，光展量值要越高越好。如此一來，光學元件可以利用到大光束的所有區域。

我們所提到一光闕投影機是“光展量是受到限制的”。所指的是，當系統中某些光學元件或某些光學元件的組合，其光展量值低於由燈泡及反射罩組合所產生之光束的光展量值。在這種情形下，光束的全部光通量無法被此投影系統所完全利用。若在投影機內，光闕或其它設限制的光學元件，其光展量值大於光束的光展量值，那麼此投影系統就將可以完全使用此光束的全部光通量。此時，投影系統就稱作“光展量沒有受到限制”。

大多數有設光展量限制的投影系統，是在光闕區域和投影鏡頭的錐角作限制。在投影系統中，其它設限制的元件則有積分器、稜鏡、偏振分光器。若是便宜的元件，如反射鏡或一般的透鏡，是設光展量限制的元件，可以很容易地用稍貴的，但可以增加投影機光效能輸出的元件來取代。另一個選擇是，用更小的光闕或更高F/# 投影鏡頭來匹配有設光展量限制的元件。這既可減低製造成本，又不會減少光通量的輸出。

3.2 均勻度(Uniformity)

一般而言，Uniformity 的數值越接近1(100%)，整個螢幕畫面上的光通量(或是光照度)分布越均勻；若是越接近0(0%)，整個螢幕畫面上的光通量(或是光照度)分布越不均勻。目前較常用的測試標準有美規的ANSI與日規的JBMA兩種，量測時以畫面的13點位置圖做量測，如圖3-1所示，定義如下：

ANSI Uniformity

$$\text{ANSI} \equiv \frac{\text{全部 13 點光照度之 Max / Min 減掉 中間九點光照度平均值}}{\text{中間九點光照度平均值}} \quad (3.3)$$

JBMA Uniformity

$$\text{(Japanese)} \equiv \frac{\text{中間九點的四角(1、3、7、9)光照度值的平均值}}{\text{中間第五點(5)的光照度值}} \quad (3.4)$$

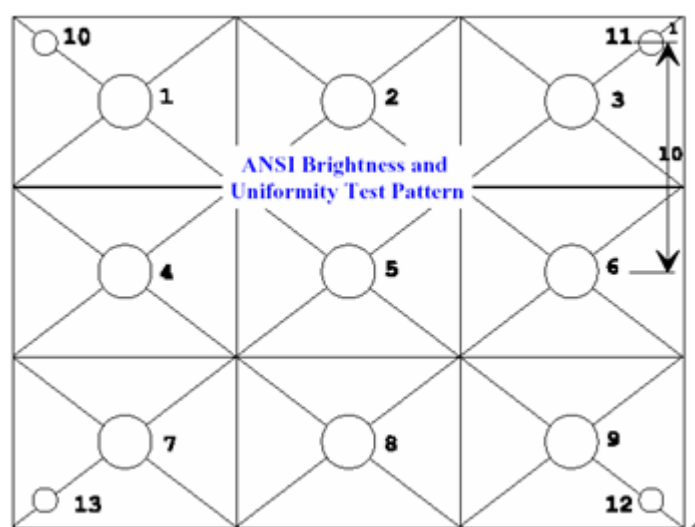


圖 3-1 60 吋 13 點位置圖

3.3 對比度(Contrast)

對比代表視觀察對象(如螢幕)的光亮度(或光照度)相對於背景的光亮度(或光照度)之比值。對比與灰階(Gray Level)的概念有很大的關係。從觀察者知覺上，將從黑到白的明度(即亮度)標尺均勻等距地分成許多等級，此等級稱為明度值 V (也可以稱為亮度值，或是灰階值)，數值越大表示視知覺的明度(即亮度)越高。常用的灰階數值有16，64，128，256 這幾種等級。以16 灰階為例：16 為理想白色，0 為理想黑色[10]，如圖3-2所示。如果對比愈強烈，代表從黑到白之間的明度標尺可以容許存在的灰階值愈多。我們看物體時，根據此種亮度(或照度)對比來分辨，如果亮度(或照度)對比為0 時，無法分辨所看的物體，所以此值通常越大越好。

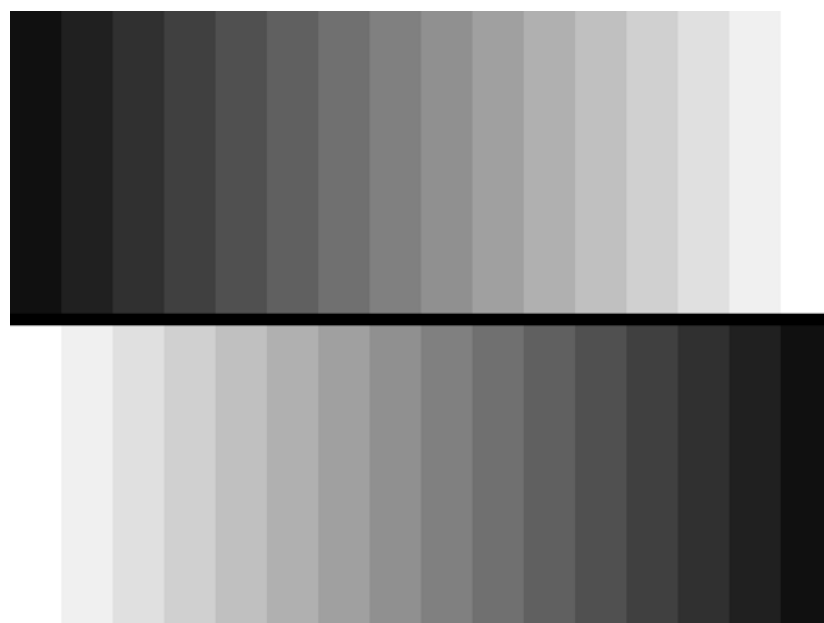


圖 3-2 16 灰階圖

3.4 亮度(Brightness)

亮度代表明暗程度，是觀察者對於物理量光亮度(Luminance)的生理反應。亮度無法用儀器量測而得，只有光亮度可用儀器量測得到。通常使用美國國家標準學會流明(American National Standards Institute Lumens，簡稱ANSI Lumens 或ANSI lms)，單位與Watt 相當，代表螢幕畫面上每秒所接收的能量，換言之，實際上我們量測到的是光通量(Luminous Flux)，計算投影機投影在螢幕畫面上的總光通量是以照度計在9宮格畫面下，量測9點光照度的平均值再乘以畫面的總面積(單位：公尺)，定義如下：

$$\text{ANSI} \equiv \frac{\text{(中間 9 點(1, 2.. 9)光照度平均值)} \times \text{(螢幕畫面總面積)}}{\text{(3.5)}}$$

3.5 解析度(Resolution)

相鄰兩點像素(pixels或稱為畫素)能清楚成像，清晰分辨的程度稱為解析度。一般我們所說的解析度即是指螢幕解析度而言，螢幕解析度代表投影機(或所有的家電顯示產品，如電腦、電視、數位相機、示波器等等)螢幕畫面上，螢幕單位點(pixels，即映像點、或稱為像素、畫素)的數目多寡，單位點數目愈多代表螢幕解析度愈好[11]。

圖3-3為投影機所使用DMD解析度對應表：

	DMD Type	pixels	pixels size	Width	Height	Diagonal	Diagonal(inch)
0.66" SVGA	Type-X	800x600	13.68 um	10.94 mm	8.21 mm	13.68 mm	.54 inch
0.66" XGA	Type-X	1024x768	10.8 um	11.06 mm	8.29 mm	13.82 mm	.54 inch
0.62" 720p	Type-A	1280x720	10.8 um	13.82 mm	7.78 mm	16.86 mm	.62 inch
0.66" WXGA	Type-A	1280x768	10.8 um	13.82 mm	8.29 mm	16.12 mm	.63 inch
0.66" 1080p	Type-A	1920x1080	7.66 um	14.62 mm	8.16 mm	16.65 mm	.66 inch
0.66" WXGA	Type-A	1280x800	10.8 um	13.82 mm	8.64 mm	16.3 mm	.64 inch
0.7" XGA	Type-A	1024x768	13.68 um	14.01 mm	10.51 mm	17.51 mm	.69 inch
0.96"	Type-A	1920x1080	10.8 um	20.74 mm	11.66 mm	23.79 mm	.94 inch
0.96"	Type-A	1920x1200	10.8 um	20.74 mm	12.96 mm	24.46 mm	.96 inch

圖 3-3 DMD 解析度

3.6 畸變(Distortion)

光線經投影方式，轉換成平面的過程中，會對部分的幾何特性產生影響，如角度、面積、方向、形狀及距離等，都可能產生變化，而發生光學上所稱的畸變（distortion）或扭曲失真，如圖 3-4 所示，

定義如下：

$$\text{Horizontal Distortion} \equiv (A - C)/C \text{ (up) and } (B - C)/C \text{ (down)} \quad (3.6)$$

$$\text{Vertical Distortion} \equiv (D + E - 2F)/2F \quad (3.7)$$

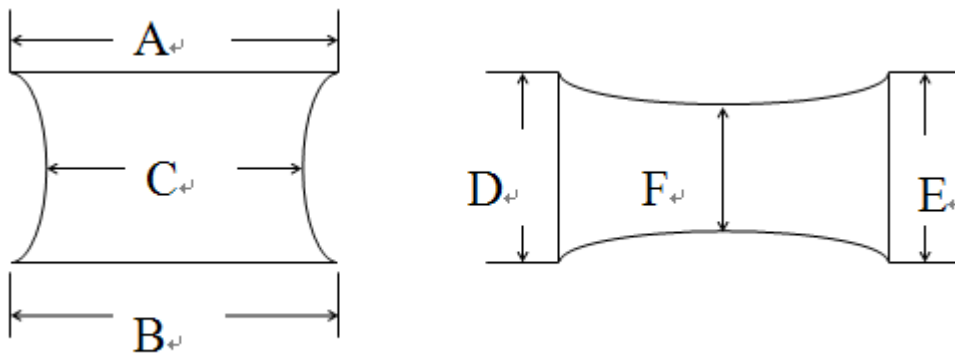


圖 3-4 畫面畸變

3.7 投影比(Throw Ratio)

Throw ratio 以投影機的角度來說，是投影距離與螢幕寬度的

比例，如圖 3-5 所示，定義如下：

$$\text{Throw ratio} = \text{Diagonal} / \text{Distance} \quad \text{Diagonal} = \sqrt{(\text{width})^2 + (\text{height})^2} \quad (3.8)$$

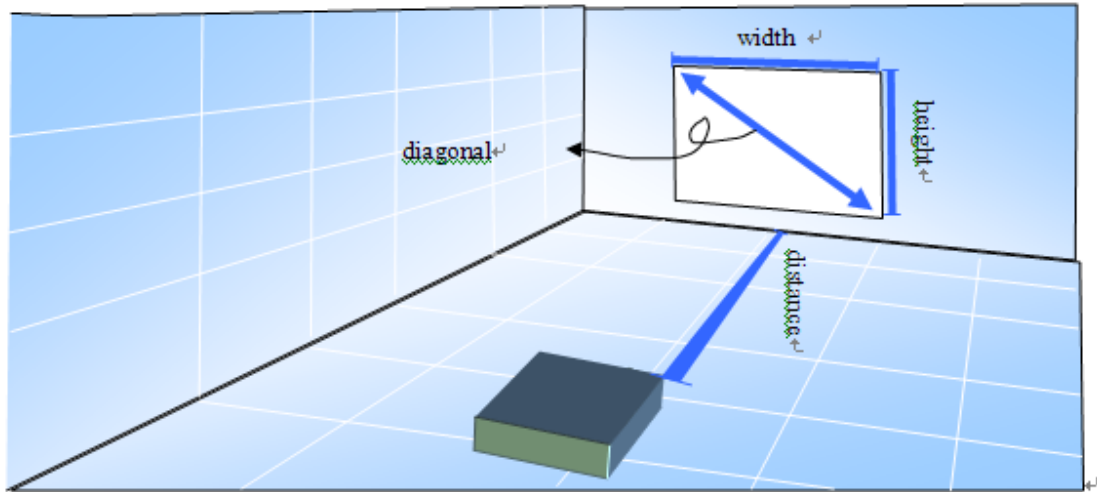


圖 3-5 畫面投影比



四、投影機光學系統的光線路徑模擬與系統分析

本實驗選擇以數位光源處理式投影系統中之光機為實驗主要架構，並用此架構來進行光機系統之分析與設計工作。藉由光學軟體 ZEMAX與ASAP進行分析工作，並在分析結果的導引下，使用新的架構來設計光學引擎中可達到光機系統最佳設計值裝置。

實驗的目的是為了降低投影機中各光學零件對於亮度的影響性，藉由設計、測量以及分析 DLP 投影機系統的光學特性，進而得到投影畫面的光照度分佈，並探討投影機光機內不同光學零件對光照度分佈的影響，藉由實驗數據的結果，搭配光學設計軟體 ZEMAX、ASAP 的模擬求證，探討光機系統中真正會嚴重影響光機亮度的 14 個相關參數，並導入新設計將相關公差參數分別進行調整與測試，最後將修改設計後的光機量測數據與模擬結果做比較，利用新的光機達到降低研發費用的目的，並達到符合工程規格的要求。ZEMAX 是一套綜合性的光學設計模擬軟體，它將實際光學系統的設計概念、優化、分析、公差以及報表整合在一起。ZEMAX與ASAP 不只是透鏡設計軟體而已，更是全功能的光學設計分析軟體，具有直觀、功能強大、靈活、快速、容易使用等優點。

工作應用軟體：

1. Microsoft Office 2003

2. Zemax 2005 and ASAP 7.0

3. Pro/Engineer WILDFIRE 2.0

4.1 光學系統的分析

首先探討0.55吋XGA、0.62吋720P、0.65吋WXGA，此三種不同的DMD於光機的光學畫面品質，如果從積分柱到DMD的距離不變的限制之下且需達到相同的均勻度，光學零件的配置需更改情形為何，為了方便記錄以下探討將此光機以代號X1稱之。

X1光機的光學成像系統配置如下所述，首先把光源會聚到光導管(Rod)中，利用光線的全反射性質將光線做均勻化，在均勻化前會先經過色輪的裝置(Color Wheel)將RGB三原色的光線篩選出來，再將被均勻化的光線利用透鏡組(Condensor and Realy)把光線全反射到DMD 面板上。

下列將分別列出0.55吋XGA、0.62吋720P、0.65吋WXGA，此三種不同解析度的DMD運用X1光機的光學配置圖與均勻度模擬結果。圖4-1為以X1光機架構於0.55吋XGA的DMD的模擬後的光學配置圖，圖4-2、4-3為以X1光機架構於0.55吋XGA的DMD的模擬後的光學畫面能量分布圖，表4-1為以X1光機架構於0.55吋XGA的DMD的模擬後的畫面均勻度分析表，由第三節公式(3.3)、公式(3.4)可計算出，JBMA為92.5%，ANSI為78.7%，符合規格。

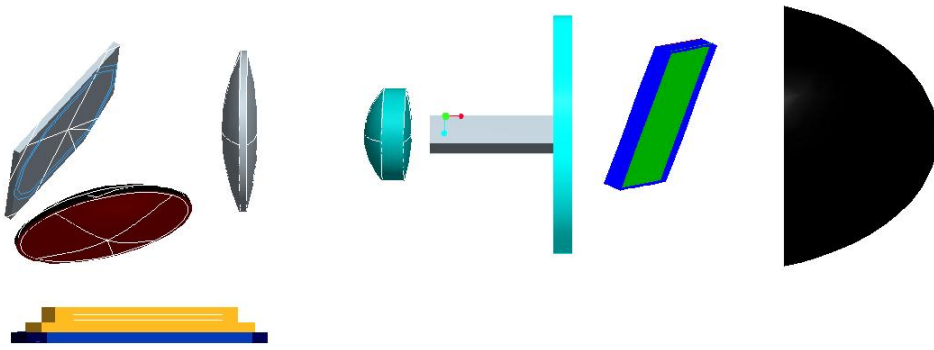


圖 4-1 X1 0.55 吋 XGA 光學零件配置圖

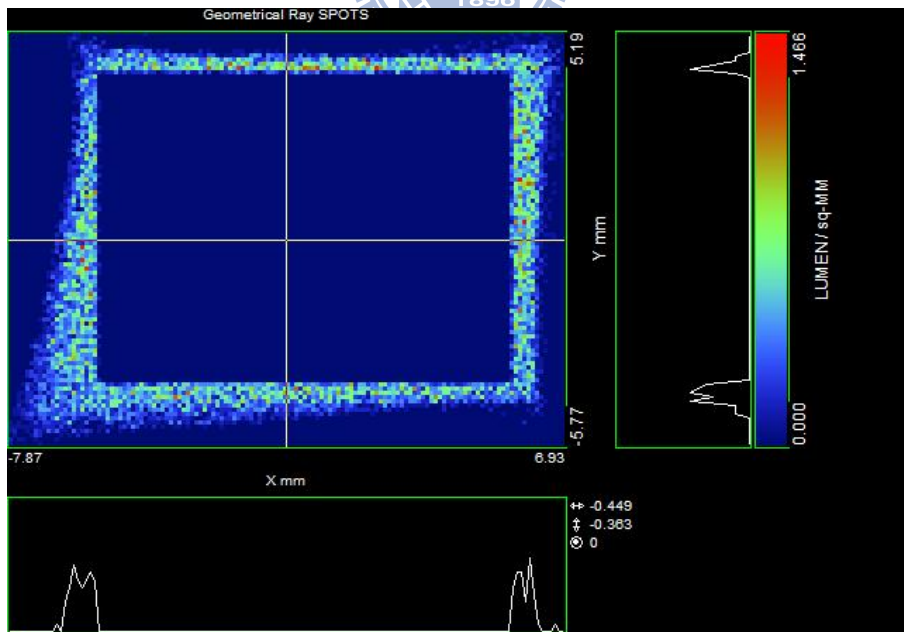


圖 4-2 ASAP 模擬 X1 0.55 吋 XGA OVERFILL

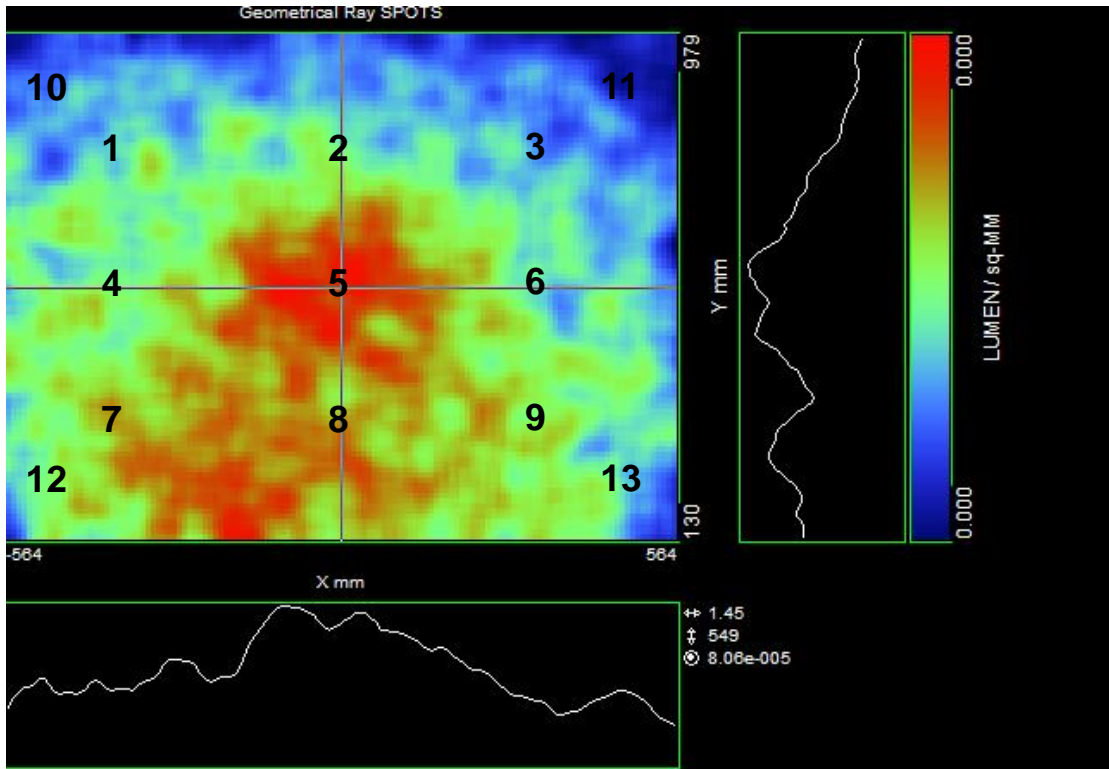


圖 4-3 X1 0.55 吋 XGA DMD 照明區域能量分布

表 4-1 X1 0.55 吋 XGA 均勻度分析表

0.55" XGA		ANSI 13 point testing board			Ray-100000
2.06E-04					2.12E-04
		2.19E-04	2.55E-04	1.96E-04	
		2.38E-04	2.59E-04	2.05E-04	
		2.47E-04	2.67E-04	2.94E-04	
3.11E-04	2.79E-04				2.88E-04
Uniformity					
Corner	70.2%				
3 x 3	66.8%				
JBMA	92.5%	AVE 3			
ANSI	78.7%	21.3%	-18.9%		

圖4-4為以X1光機架構於0.62吋XGA的DMD的模擬後的光學配置圖，圖4-5、4-6為以X1光機架構於0.62吋XGA的DMD的模擬後的光學畫面能量分布圖，表4-2為以X1光機架構於0.62吋XGA的DMD的模擬後的

畫面均勻度分析表，由第三節公式(3.3)、公式(3.4)可計算出，JBMA 為81.4%，ANSI為72.3%，符合規格。

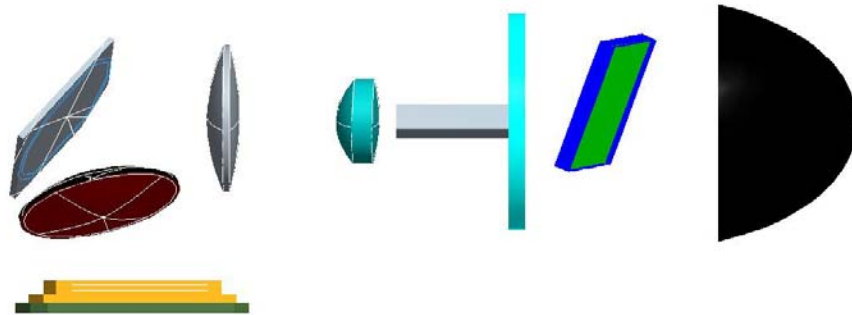


圖 4-4 X1 0.62 吋 720P 光學零件配置圖

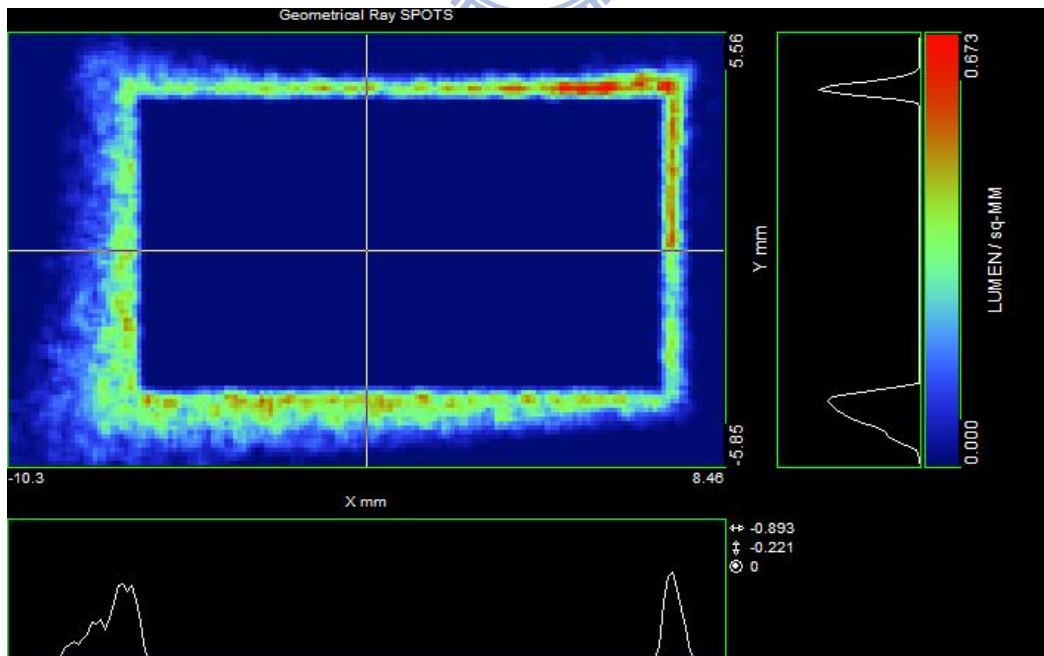


圖 4-5 ASAP 模擬 X1 0.62 吋 XGA OVERFILL

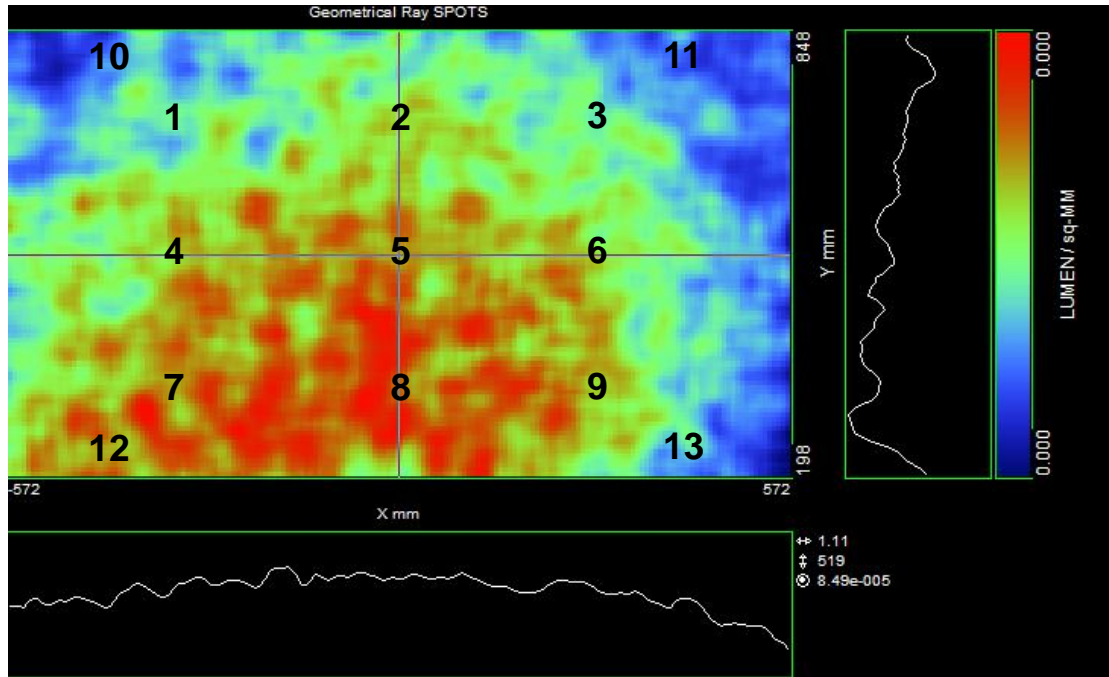


圖 4-6 X1 0.62 吋 720P DMD 照明區域能量分布

表 4-2 X1 0.62 吋 720P 均勻度分析表

0.62" 720P		ANSI 13 point testing board			Ray-100000
3.36E-05					2.76E-05
		3.18E-05	4.04E-05	3.43E-05	
		4.55E-05	5.52E-05	4.19E-05	
		4.69E-05	5.76E-05	4.47E-05	
3.63E-05	4.40E-05				4.67E-05
Uniformity					
Corner	47.9%				
3 x 3	55.1%				
JBMA	81.4%	AVE 3			
ANSI	72.3%	30.2%	-37.7%		

圖4-7為以X1光機架構於0.65吋XGA的DMD的模擬後的光學配置圖，圖4-8、4-9為以X1光機架構於0.65吋XGA的DMD的模擬後的光學畫面能量分布圖，表4-3為以X1光機架構於0.65吋XGA的DMD的模擬後的畫面均勻度分析表，由第三節公式(3.3)、公式(3.4)可計算出，JBMA

為84.2%，ANSI為65.3%，符合規格。

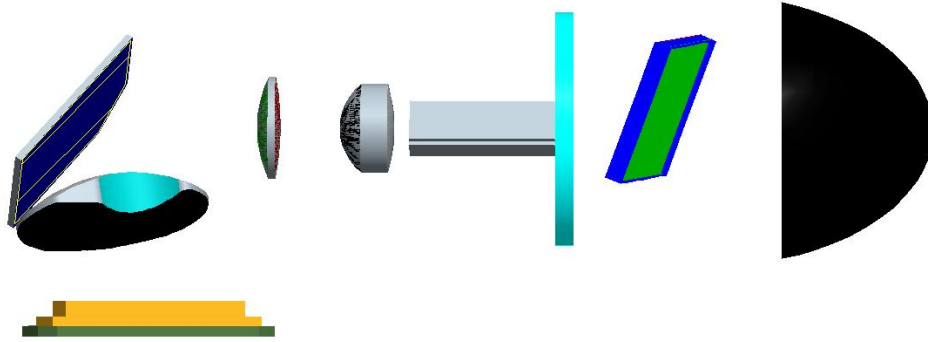


圖 4-7 X1 0.65 吋 WXGA 光學零件配置圖

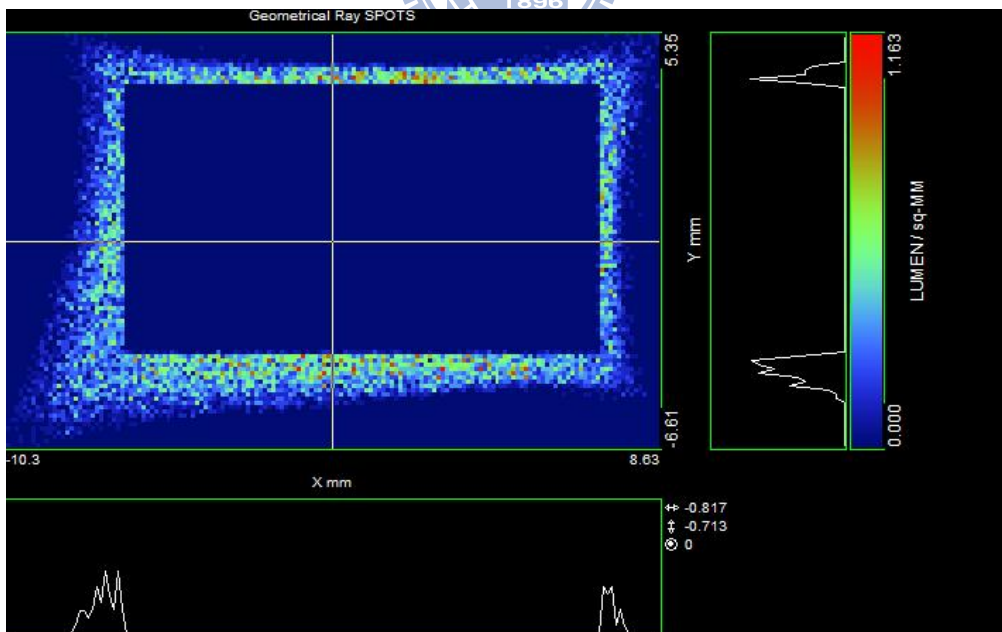


圖 4-8 ASAP 模擬 X1 0.65 吋 XGA OVERFILL

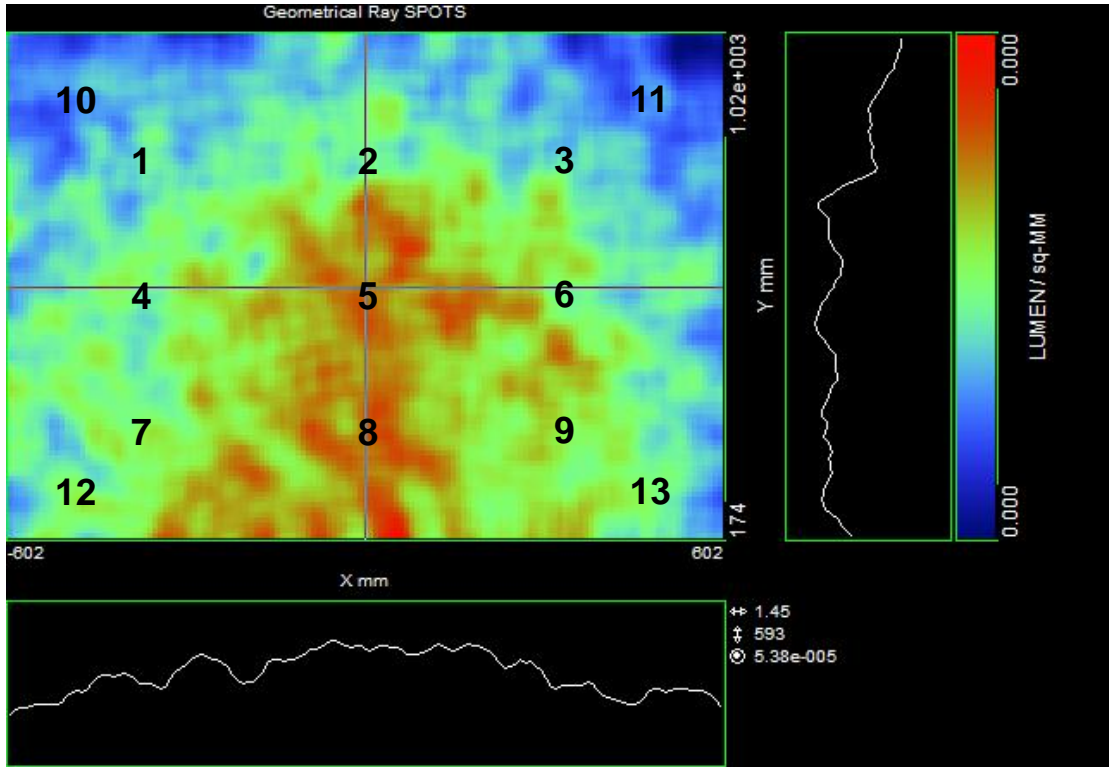


圖 4-9 X1 0.65 吋 WXGA DMD 照明區域能量分布

表 4-3 X1 0.65 吋 WXGA 均勻度分析表

0.65" WXGA		ANSI 13 point testing board			Ray-100000
2.77E-05					3.61E-05
		3.77E-05	4.65E-05	4.14E-05	
		3.61E-05	4.86E-05	4.39E-05	
		4.18E-05	4.29E-05	4.27E-05	
3.03E-05	3.49E-05				4.42E-05
Uniformity					
Corner	57.0%				
3 x 3	74.3%				
JBMA	84.2%	AVE 3			
ANSI	65.3%	14.6%		-34.7%	

4.1.1 光學系統的分析結論

將光學系統中的各個零件定義參數如圖4-10所示，並經由4.1節的探討後得知，同一光機若要達到相同的均勻度且積分柱到DMD的距離不變的限制之下，以0.55吋XGA的DMD當基礎，若0.62吋 720P的DMD要運用於X1光機，需改變的參數為Z值，即DMD的承靠面不同，若0.65吋WXGA的DMD要運用於X1光機，需改變D1、D2、D3、R1、R2、R3、R4、R5、R6，幾乎Condensor 1、Condensor 2和Relay的尺寸與曲率都需改變才能達到同一均勻度。

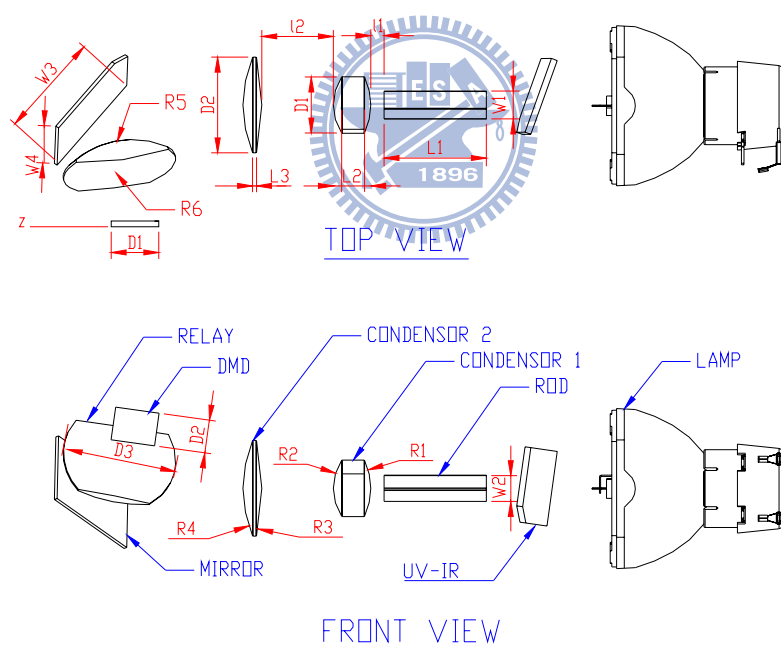


圖 4-10 光學系統中的各個零件定義參數

4.2 投影機光機系統的建立(Zemax)

本節將以 Zemax 軟體來初始此光機系統的各個參數，在使用 Zemax 軟體中，一個初始系統包括基本數據、光學表面數目、初始材質選定與系統孔徑須先行提供，最終的透鏡參數、厚度、間距、曲率等，將藉由優化的功能來決定，至於光機系統的照度均勻度與效率需以 ASAP 模擬之。當我們知道了物（積分柱出口場）及像（數位微型反射鏡元件）的尺寸特性，我們就可以開始利用 Zemax 設計此照明系統。

使用 Zemax 設計時，也應加入一些條件限制：

- 出瞳位置：與成像系統相搭配需要。成像系統（投影鏡頭）設計時，通常是以數位微型反射鏡元件當作物，螢幕當作像來設計，而成像系統的入瞳位置通常位在投影鏡頭鏡筒中。當照明系統與成像相搭配時，應將照明系統之出瞳至於成像系統之入瞳位置才可以將光盡量耦合入成像系統中。同理，照明系統支出同大小也應考慮成像系統入瞳之大小，設定一限制。
- 總長：為了不要設計出太巨大的投影系統，照明系統之總長當然要限制在議定長度內。這裡設定明系統之總長為 150 mm。
- 焦數：就如同之前所說的，需要設定照明在數位微型反射鏡元件上之光錐焦點。這可以設定系統之焦數或角度來達到此一目的。

- 各片玻璃之中心及邊緣厚度控制：為了要達到目前光學工藝可製作的極限，太厚或太薄之透鏡將不納入考慮。

在做照明系統之設計時，對照明系統的部分光學特性要做仔細思考。首先，此照明系統是以積分柱的出口端當作物，而數位微型反射鏡元件當作像來設計的。其孔徑光闌對象空間成像，則決定了出瞳的位置之大小。

照明系統中應至少包含二種功能：

(1)聚光透鏡 (Condenser)：將積分柱出口端的發散光，聚成收斂光照射數位微型反射鏡元件。

(2)接續光透鏡 (Relay lens)：將積分柱出口端出來的光，接續至數位微型反射鏡元件的位置，並能經數位微型反射後，耦合進入成像系統。

要有反射積鏡式，非遠心式及場鏡式架構中選擇一種架構。非遠心式

(Non-telecentric) 就是出瞳並不位在無限遠的位置，也就是像空間的主光線 (chief ray) 並不是平行於光軸的，所以必須要浪費照射在數位微形反射鏡元件上的光，成一收斂光錐照射，也就是出瞳大小會比照明系統中的孔徑光闌束的小，所以成像系統之入瞳也應較小。

由於要將尺寸縮的很小，所以在這名系統中及成像系統中的透鏡可能會互相干涉。通常只要在不影響大部分光通過的情況下，將照明系統的透鏡稍微修剪即可。

此系統總計有6個元件，包含了12個光學表面，將系統初始參數以Zemax來建構，列表如下：

除了使用一般的Zemax 優化指令之外，並利用該軟體提供的巨集指令如“raytrace”，“field”，“pupil”，“optreturn”等匯成巨集，直接將各種光線像差(球面、彗星、歪曲像差、像散、色像差等)變成可以優化的項目，加強優化的能力。將初始參數做優化後可得結果列表如下：

表 4-4 光機系統中的各個零件尺寸

FACTOR	DMD TYPE	X1-0.55" XGA	X1-0.62" 720P	X1-0.65" WXGA
	PIXELS	1024x768	1280x720	1280x768
	PIXELS SIZE	10.8um	10.8um	10.8um
	DMD SIZE	11.06mmX8.29mm	13.82mmX7.78mm	13.82mmX8.29mm
	LAMP TYPE	OSRAM E20.9 280W	OSRAM E20.9 280W	OSRAM E20.9 280W
W1xW2xL1	ROD SIZE	5.42x3.72x21	6.35x3.55x21	6.37x3.8x25
D1	CONDENSOR 1 SIZE	15.4mm	15.4mm	15.2mm
R1	CONDENSOR 1 INPUT CURVATURE	29.25mm	29.25mm	26.46mm
R2	CONDENSOR 1 OUTPUT CURVATURE	11.01mm	11.01mm	9.7mm
I1	ROD TO CONDENSOR 1	3.03mm	3.03mm	2.77mm
D2	CONDENSOR 2 SIZE	27mm	27mm	17.4mm

R3	CONDENSOR 2 INPUT CURVATURE	52.40mm	52.40mm	44.36mm
R4	CONDENSOR 2 OUTPUT CURVATURE	31.63mm	31.63mm	20.36mm
I2	CONDENSOR 1 TO CONDENSOR 2	18.07mm	18.07mm	10.31mm
W3xW4	MIRROR SIZE	20mmX28.5mm	20mmX28.5mm	20.6mmX32.6mm
D3	RELAY SIZE	30.3mm	30.3mm	33.3mm
R5	RELAY INPUT CURVATURE	27.24mm	27.24mm	27.5mm
R6	RELAY OUTPUT CURVATURE	25.69mm	25.69mm	27.93mm
Z	DMD POSITION	0	-1	0
	ASAP SIMULATION ROD TO SCREEN ANSI	56.45%	53.41%	57.21%
	ASAP SIMULATION UNIFORMITY	92.5%	81.4%	84.2%

4.3 不同解析度 DMD 應用於此系統的均勻度分析(ASAP)

本節將介紹以ASAP軟體來模擬建構此光機系統，首先必須知道各個元件的相對位置，上一節以Zemax作的系統設計是從Rod開始到DMD，所以ROD、UV-IR、COLOR WHEEL、CONDENSOR、MIRROR、DMD位置都已經確定，接下來只需要照著這些資料在ASAP內重建，同時再增加光源與拋物面形反射罩即可開始以ASAP模擬與分析。

下列將分別列出0.55吋XGA、0.62吋720P、0.65吋WXGA，此三種不同解析度的DMD運用X2光機的光學配置圖與均勻度模擬結果：

圖4-11為以X2光機架構於0.55吋XGA的DMD的模擬後的光學配置

圖，圖4-12、4-13為以X2光機架構於0.55吋XGA的DMD的模擬後的光學畫面能量分布圖，表4-5為以X2光機架構於0.55吋XGA的DMD的模擬後的畫面均勻度分析表，由第三節公式(3.3)、公式(3.4)可計算出，JBMA為94.8%，ANSI為72.6%，符合規格。

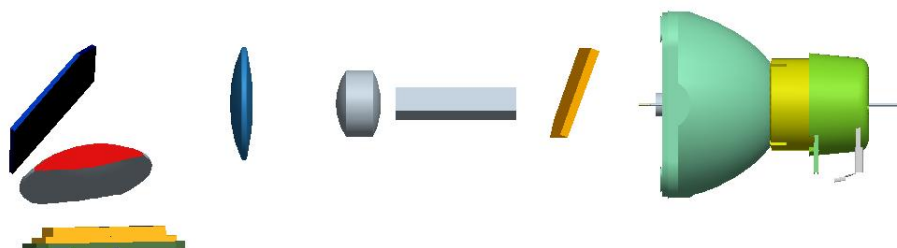


圖 4-11 X2 光學零件配置圖

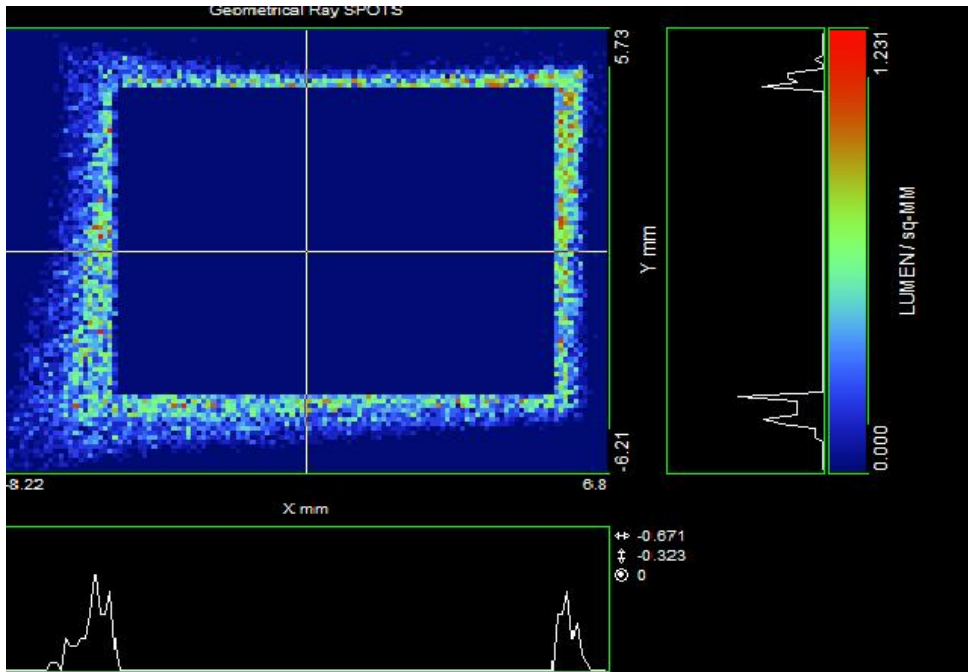


圖 4-12 ASAP 模擬 X2 0.55 吋 XGA OVERFILL

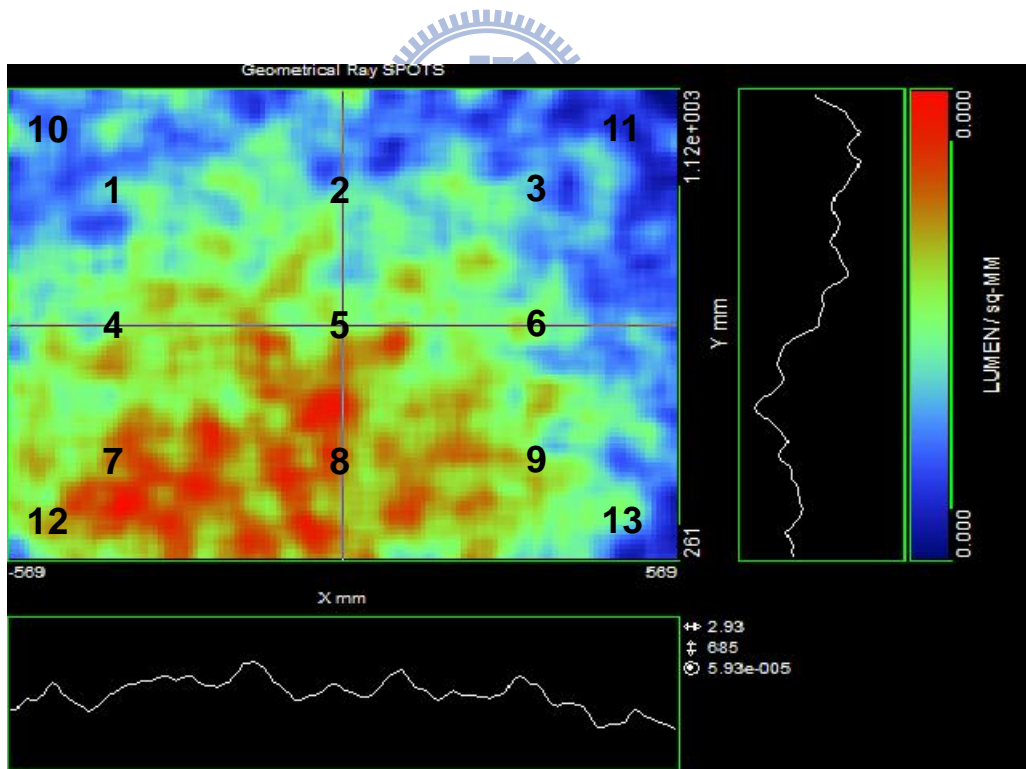


圖 4-13 X2 0.55 吋 DMD 照明區域能量分布

表 4-5 X2 0.55 吋 XGA 均勻度分析表

ANSI 13 point testing board					Ray-100000	
4.73E-05				4.18E-05	3.76E-05	
	4.97E-05	5.02E-05	4.55E-05			
	6.05E-05	5.98E-05	5.60E-05			
	7.06E-05	6.53E-05	6.11E-05			
4.88E-05	6.73E-05				5.59E-05	
Uniformity						
Corner	59.3%					
3 x 3	64.4%					
JBMA	94.8%	AVE 3				
ANSI	72.6%	22.4%	-27.4%			

圖4-14、4-15為以X2光機架構於0.62吋XGA的DMD的模擬後的光學畫面能量分布圖，表4-6為以X2光機架構於0.62吋XGA的DMD的模擬後的畫面均勻度分析表，由第三節公式(3.3)、公式(3.4)可計算出，JBMA為94%，ANSI為73.1%，符合規格。

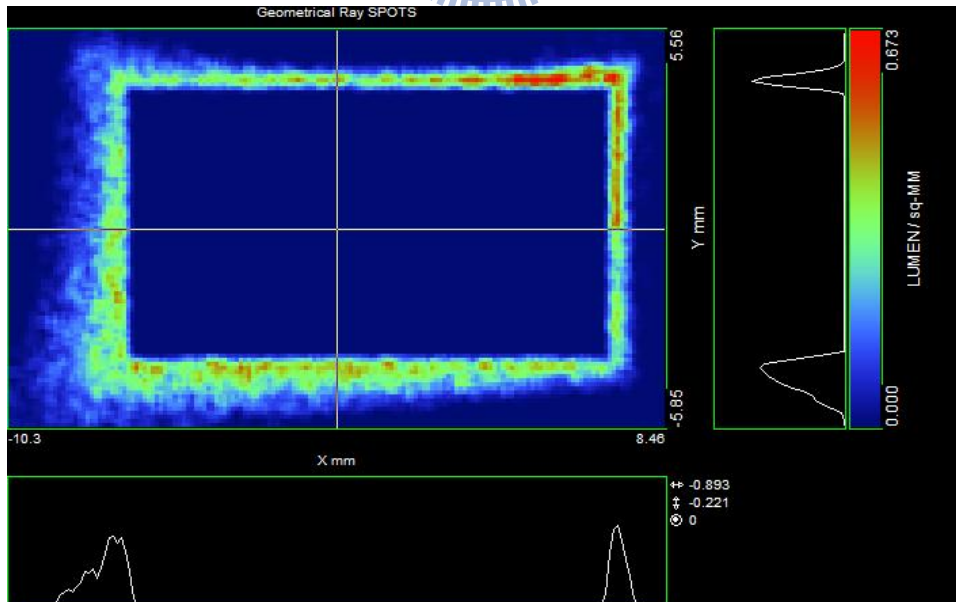


圖 4-14 ASAP 模擬 X2 0.62 吋 XGA OVERFILL

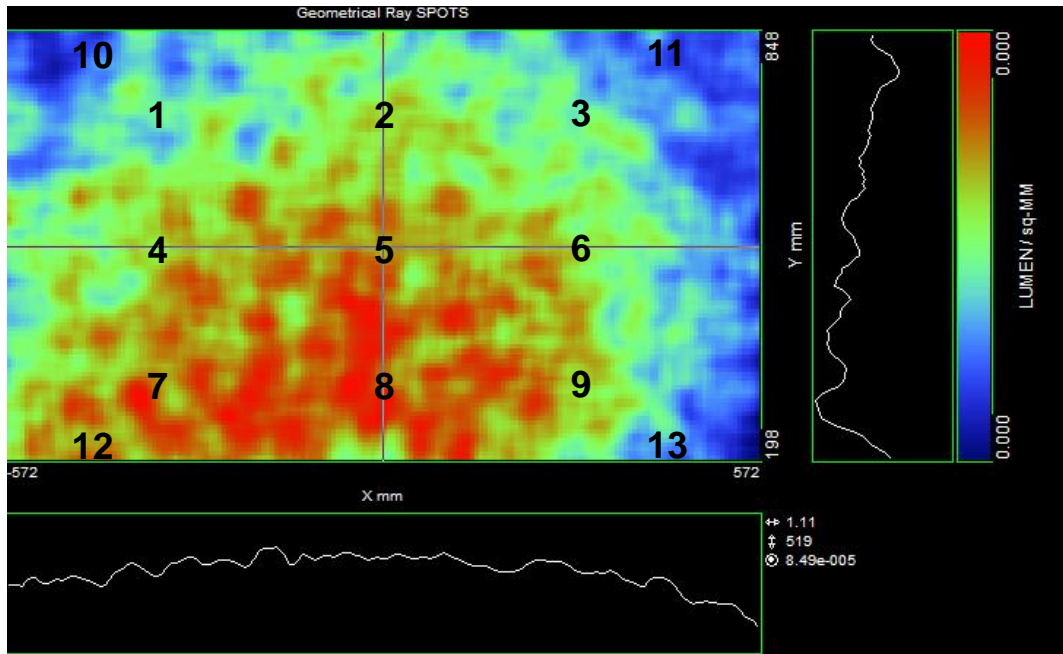


圖 4-15 0.62 吋 DMD 照明區域能量分布

表 4-6 X2 0.62 吋 XGA 均勻度分析表

ANSI 13 point testing board					Ray-100000					
4.18E-05									6.36E-05	5.45E-05
	6.44E-05	6.92E-05	7.64E-05							
	6.99E-05	8.36E-05	8.00E-05							
	7.84E-05	9.16E-05	9.49E-05							
7.90E-05	8.47E-05								8.78E-05	
Uniformity										
Corner	44.1%									
3 x 3	67.9%									
JBMA	94.0%	AVE 3								
ANSI	73.1%	20.5%	-46.9%							

圖4-16、4-17為以X2光機架構於0.65吋XGA的DMD的模擬後的光學畫面能量分布圖，表4-7為以X2光機架構於0.65吋XGA的DMD的模擬後的畫面均勻度分析表，由第三節公式(3.3)、公式(3.4)可計算出，JBMA為914%，ANSI為72.1%，符合規格。

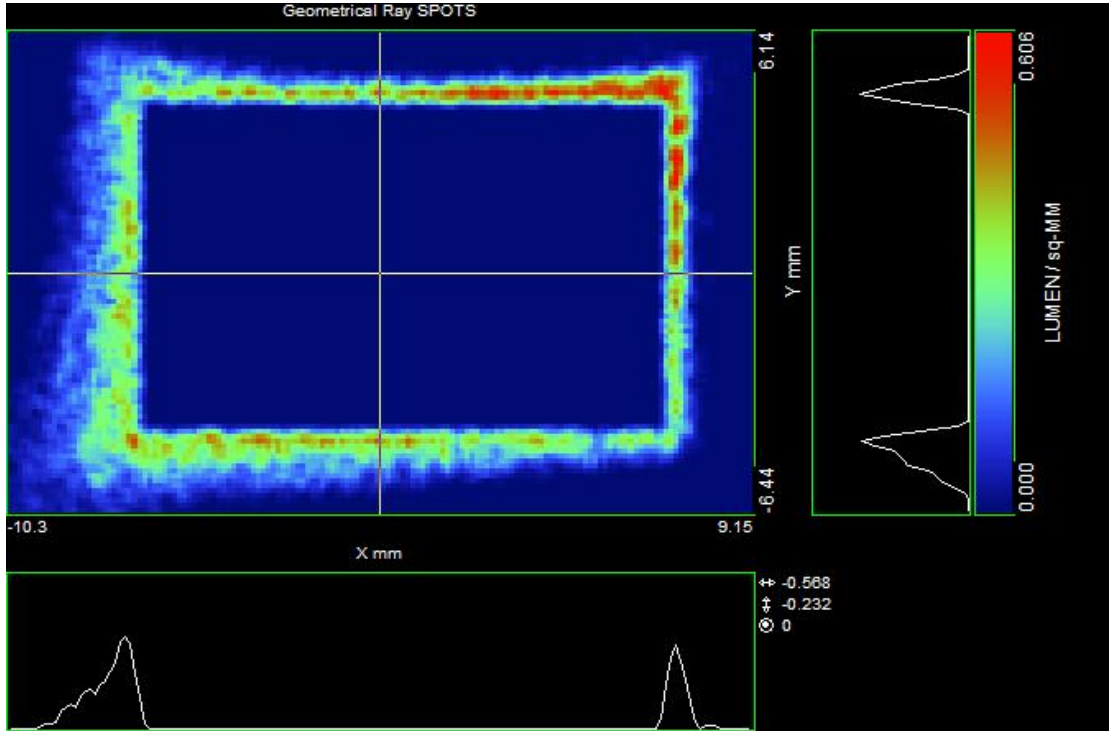


圖 4-16 ASAP 模擬 X2 0.65 吋 XGA OVERFILL

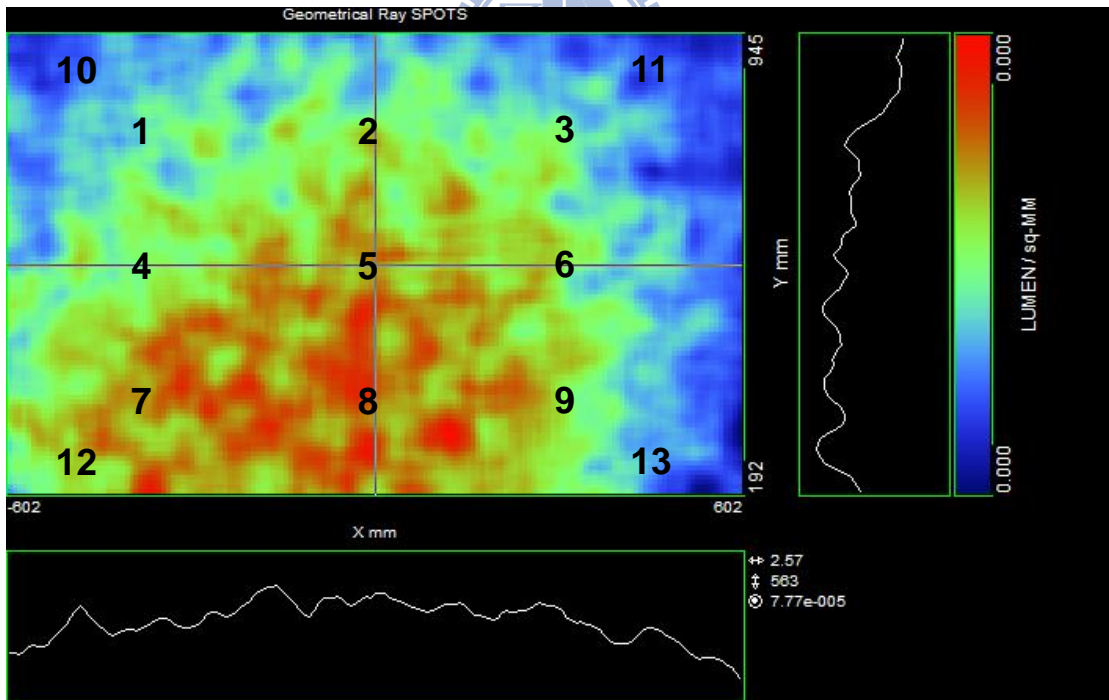


圖 4-17 0.65 吋 DMD 照明區域能量分布

表 4-7 X2 0.65 吋 XGA 均勻度分析表

ANSI 13 point testing board					Ray-100000	
4.17E-05				5.22E-05	4.40E-05	
	5.23E-05	6.49E-05	5.83E-05			
	5.93E-05	7.22E-05	6.99E-05			
	7.69E-05	7.50E-05	7.62E-05			
5.51E-05	7.10E-05				6.69E-05	
Uniformity						
Corner	54.3%					
3 x 3	68.1%					
JBMA	91.4%	AVE 3				
ANSI	72.1%	14.4%	-37.9%			

由以上的結果分析，0.55吋XGA、0.62吋720P、0.65吋WXGA在JBMA的量測標準都在90%以上，所以畫面均勻度皆可接受。

將此光機系統以0.55吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡後可得結果如下表，其SCREEN結果為LAMP到DMD端的效率，其效率為56.37%。

表 4-8 0.55 吋以 ASAP 模擬 10 萬條的光束追跡結果

Object	Rays	Flux	Mark
0	1109	1.14085	
1	19441	20.1613	ROD_APETURE_OVERFLOW
2	1	1.04E-03	ROD_INPUT
3	2	2.07E-03	ROD
9	84	8.69E-02	CONDENSOR2_BS
15	150	0.155222	DMD_COVER_FS
16	55	5.65E-02	DMD_COVER_BS
18	169	0.17462	DMD
19	14396	14.8108	DMD_OVERFLOW
20	22	2.28E-02	DETECTOR1
21	395	0.407069	DETECTOR2

24	1201	1.23896	G1_FS_AP
25	11	1.14E-02	G1_BS_AP
29	7	7.26E-03	G2_FS_AP
39	1	1.04E-03	G4_FS_AP
40	1	1.04E-03	G4_BS_AP
45	3	3.11E-03	G5_BS_AP
52	4	4.07E-03	G6G7_TUBE
53	3	3.07E-03	G7_BS_AP
54	6	6.09E-03	G7_TUBE
58	80	8.17E-02	G8_BS_AP
59	4	4.04E-03	G8_TUBE
64	157	0.16096	G9_FS_AP
65	40	4.10E-02	G9_BS_AP
68	39	3.96E-02	G10_TUBE
69	44	4.49E-02	G11_BS_AP
70	308	0.314239	G11_TUBE
73	1105	1.13419	G12_FS_AP
74	906	0.931819	G12_BS_AP
75	921	0.941573	G12_TUBE
76	981	1.00324	STOP1
77	54793	56.3719	SCREEN

將此光機系統以0.55吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡後可得結果如下表，其Rod Input結果為LAMP到ROD端的效率，其效率為77.58%。

Object	Rays	Flux	Mark
0	1109	1.14085	
1	19441	20.1613	ROD_APETURE_OVERFLOW
2	74810	77.5819	ROD_INPUT
20	21	2.18E-02	DETECTOR1
24	1035	1.07027	G1_FS_AP
25	11	1.14E-02	G1_BS_AP
29	7	7.26E-03	G2_FS_AP
39	1	1.04E-03	G4_FS_AP
40	1	1.04E-03	G4_BS_AP

經由上面二個模擬結果得知，Rod端到DMD的效率為56.37%，但是因為ROD的實際進光效率僅為77.58%，所以0.55吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡系統總效率為77.66%。

$$\text{Rod到DMD效率/Rod Input效率}=\text{實際效率}$$

$$56.37\%/77.58\%=77.66\%$$

將此光機系統以0.62吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡後可得結果如下表，其SCREEN結果為LAMP到DMD端的效率，其效率為55.91%。

表 4-9 0.62 吋以 ASAP 模擬 10 萬條的光束追跡結果

Object	Rays	Flux	Mark
0	1102	1.13359	
1	20044	20.7867	ROD_APETURE_OVERFLOW
2	1	1.04E-03	ROD_INPUT
3	3	3.11E-03	ROD
9	95	9.83E-02	CONDENSOR2_BS
11	1	1.03E-03	MIRROR_1
15	189	0.195534	DMD_COVER_FS
16	120	0.123161	DMD_COVER_BS
18	227	0.234583	DMD
19	14149	14.5549	DMD_OVERFLOW
23	1000	1.03313	PJL1BR_APER
50	1378	1.41	PJL6BR_APERS
61	16	1.63E-02	PJ8_M1M2EDGE
62	49	5.00E-02	PJ8_M2BEDGE
64	45	4.59E-02	PJL8BR_APERS
65	668	0.683888	PJ_STOP_APER
69	2068	2.12178	PJL9_EDGE
71	643	0.661894	PJL9BR_APER
72	43	4.42E-02	PJ_BARREL3

74	1	1.03E-03	PJ_BARREL1
78	5	5.17E-03	APPRCE_8_R
79	3	3.11E-03	APPRCE_9_R
80	1	1.03E-03	APPRCE_1
82	1	1.02E-03	CIRCLE_12_R
85	1	1.04E-03	APPRCE_2_R
86	249	0.255685	APPRCE_2_TUBE
87	59	6.07E-02	CIRCLE_24
88	2	2.07E-03	APPRCE_4
94	2	2.07E-03	APPRCE_9_L
95	54274	55.9196	SCREEN

將此光機系統以0.62吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡後可得結果如下表，其Rod Input結果為LAMP到ROD端的效率，其效率為77 %。

Object	Rays	Flux	Mark
0	1102	1.13359	
1	20044	20.7867	ROD_APETURE_OVERFLOW
2	74251	77.0022	ROD_INPUT
23	998	1.0319	PJL1BR_APER
72	42	4.36E-02	PJ_BARREL3
94	2	2.07E-03	APPRCE_9_L

經由上面二個模擬結果得知，Rod端到DMD的效率為55.91%，但是因為ROD的實際進光效率僅為77.00%，所以0.62吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡系統總效率為77.66%。

Rod到DMD效率/Rod Input效率=實際效率

$$55.91\%/77.00\%=77.65\%$$

將此光機系統以0.65吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡後可得結果如下表，其SCREEN結果為LAMP到DMD端的效率，其效率

為57.45%。

表 4-10 0.65 吋以 ASAP 模擬 10 萬條的光束追跡結果

Object	Rays	Flux	Mark
0	1077	1.10766	
25	1	1.04E-03	IGES level 0.BND_SRF.24
152	2	2.07E-03	IGES level 0.BND_SRF.0151
172	1	1.04E-03	IGES level 0.BND_SRF.0171
193	3	3.10E-03	IGES level 0.BND_SRF.0192
545	1	1.04E-03	IGES level 0.BND_SRF.0544
603	6	6.21E-03	IGES level 0.BND_SRF.0602
638	3	3.11E-03	IGES level 0.BND_SRF.0637
696	53	5.49E-02	IGES level 0.BND_SRF.0695
710	17376	18.0198	ROD_APETURE_OVERFLOW
711	1	1.04E-03	ROD_INPUT
712	2	2.07E-03	ROD
725	6	6.21E-03	IGES level 0.BND_SRF.5
727	376	0.388798	TRUNC2
732	119	0.122281	DMD_COVER_BS
733	1	1.04E-03	DMD_COVER_GLASS_TUBE
734	232	0.239709	DMD
735	14954	15.3819	DMD_OVERFLOW
739	1002	1.03602	PJL1BR_APER
766	1391	1.42284	PJL6BR_APERS
777	16	1.63E-02	PJ8_M1M2EDGE
778	53	5.41E-02	PJ8_M2BEDGE
780	39	3.97E-02	PJL8BR_APERS
781	633	0.647577	PJ_STOP_APER
785	1883	1.93267	PJL9_EDGE
787	685	0.705529	PJL9BR_APER
788	36	3.73E-02	PJ_BARREL3
793	2	2.07E-03	CIRCLE_78_R
794	4	4.14E-03	APPRCE_8_R
795	7	7.25E-03	APPRCE_9_R
796	2	2.06E-03	APPRCE_1
798	1	1.02E-03	CIRCLE_12_R

799	2	2.05E-03	CIRCLE_12_TUBE
801	3	3.09E-03	APPRCE_2_R
802	446	0.457791	APPRCE_2_TUBE
803	173	0.177798	CIRCLE_24
804	6	6.21E-03	APPRCE_4
811	55778	57.4591	SCREEN

將此光機系統以0.65吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡後可得結果如下表，其Rod Input結果為LAMP到ROD端的效率，其效率為79.81 %。

Object	Rays	Flux	Mark
0	1077	1.10766	
710	17370	18.0136	ROD_APETURE_OVERFLOW
711	76966	79.8178	ROD_INPUT
739	990	1.0236	PJL1BR_APER
788	36	3.73E-02	PJ_BARREL3

經由上面二個模擬結果得知，Rod端到DMD的效率為57.46%，但是因為ROD的實際進光效率僅為79.81%，所以0.65吋的DMD系統以ASAP模擬10萬條的光束追跡系統總效率為72%。

Rod到DMD效率/Rod Input效率=實際效率

$$57.46\%/79.81\%=72\%$$

4.4 不同解析度 DMD 應用於此系統的照度分析(ASAP)

本節將介紹以ASAP軟體來模擬此光機系統的照度，從下圖光機系統效率示意圖可知，以ASAP軟體做系統模擬後，可以進一步的探討系統整體的效率，以此系統來說，LAMP經過燒機後的衰減效率約在97%，ASAP模擬後的光機效率約在56.9%、色輪的效率約在71.5%、DMD的效

率約在68%，將以上的所有效率乘上裸燈所測的燈值，即可初估此系統的照度值。



圖 4-18 光機系統效率總和示意圖

將此光機系統代入以0.55吋 XGA的DMD系統內做初步的照度換算

可得結果如下表：

$$12990 \times 0.97 \times 0.60 \times 0.715 \times 0.680 = 3485 \text{ (Lumen)}$$

表 4-11 X2 0.55 吋 XGA 光機系統效率表

Optical Engine	X2 0.55" XGA	Typical
	Philips E21.7 280W (5.36 x 3.67 mm² Rectangular Aperture)	12990
Illumination Optics	Intergration Hollow Rod (0.99 ^{2.5} =0.97)	0.975
	UV_IR Filter	0.975
	UVIR-AR Filter	1.000
	Aspherical Glass Relay Lens	0.990
	Spherical Glass Lens (L2)	0.990
	Spherical Glass Lens (L3)	0.990
	Folding Mirror (M1)	0.985
	Projection Lens (YM26X / YM27X) (0.9925 ²¹ =0.854)	0.854
	ASAP Simulation Efficiency From Rod to Screen	0.776
	Net Illumination Efficiency Through System	0.60
Color Filter	R80Y30G84W90B76 (5 seg HE2)	0.715
DMD Light Modulator Efficiency	Pixel Active Area Fill Factor (0.55" Type X DMD)	0.842
	Diffraction Efficiency	0.900
	Mirror Reflectivity	0.930
	Cover Window Transmittance	0.970
	Electron Timing SLR	0.995

	Net DMD Efficiency	0.680
Alignment	Mechanical and Optical Tolerance	1.000
Burn in Decay	24 hr. (2hr. ON / 15 min. OFF)	0.970
Final System	System Efficiency (5 seg CW)	26.83%
Output	Normal Output Lumen with 12⁰ Device at Screen (5 seg CW)	3485

將此光機系統代入以0.62吋 720P的DMD系統內做初步的換算可得結果如下表：

$$12990 \times 0.97 \times 0.60 \times 0.715 \times 0.680 = 3485 \text{ (Lumen)}$$

表 4-12 X2 0.62 吋 XGA 光機系統效率表

Optical Engine	X2 0.62" XGA	Typical
	Philips E21.7 280W (5.36 x 3.67 mm² Rectangular Aperture)	12990
Illumination Optics	Intergration Hollow Rod (0.99 ^{2.5} =0.97)	0.975
	UV_IR Filter	0.975
	UVIR-AR Filter	1.000
	Aspherical Glass Relay Lens	0.990
	Spherical Glass Lens (L2)	0.990
	Spherical Glass Lens (L3)	0.990
	Folding Mirror (M1)	0.985
	Projection Lens (YM26X / YM27X) (0.9925 ²¹ =0.854)	0.854
	ASAP Simulation Efficiency From Rod to Screen	0.776
	Net Illumination Efficiency Through System	0.60
Color Filter	R80Y30G84W90B76 (5 seg HE2)	0.715
DMD Light Modulator Efficiency	Pixel Active Area Fill Factor (0.55" Type X DMD)	0.842
	Diffraction Efficiency	0.900
	Mirror Reflectivity	0.930
	Cover Window Transmittance	0.970
	Electron Timing SLR	0.995
	Net DMD Efficiency	0.680
Alignment	Mechanical and Optical Tolerance	1.000
Burn in Decay	24 hr. (2hr. ON / 15 min. OFF)	0.970
Final System	System Efficiency (5 seg CW)	26.83%
Output	Normal Output Lumen with 12⁰ Device at Screen (5 seg CW)	3485

將此光機系統代入以0.65吋 WXGA的DMD系統內做初步的換算可

得結果如下表：

$$12990 \times 0.550 \times 0.715 \times 0.665 \times 0.97 = 3295 \text{ (Lumen)}$$

表 4-13 X2 0.65 吋 WXGA 光機系統效率表

Optical Engine	X2 0.65" WXGA	Typical
Light source	Philips E21.7 280W (5.36 x 3.67 mm² Rectangular Aperture)	12990
Illumination Optics	Intergration Hollow Rod ($0.99^{3.2}=0.97$)	0.968
	UV_IR Filter	0.975
	UVIR-AR Filter	1.000
	Aspherical Glass Relay Lens	0.990
	Spherical Glass Lens (L2)	0.990
	Spherical Glass Lens (L3)	0.990
	Folding Mirror (M1)	0.985
	Projection Lens (YM26 / YM27) ($0.9925^{22}=0.847$)	0.847
	ASAP Simulation Efficiency From Rod to Screen	0.72
	Net Illumination Efficiency Through System	0.550
Color Filter	R80Y30G84W90B76 (5 seg HE2)	0.715
DMD Light Modulator Efficiency	Pixel Active Area Fill Factor (0.64" WXGA Type A DMD)	0.832
	Diffraction Efficiency	0.890
	Mirror Reflectivity	0.930
	Cover Window Transmittance	0.970
	Electron Timing SLR	0.995
	Net DMD Efficiency	0.665
Alignment	Mechanical and Optical Tolerance	1.000
Burn in Decay	24 hr. (2hr. ON / 15 min. OFF)	0.970
Final System Output	System Efficiency (5 seg CW) Normal Output Lumen with 12⁰ Device at Screen (5 seg CW)	25.33% 3295

4.5 機構模型建立

本節將對先前光學模擬之設計結果以 pro/engineer 軟體建構成光機。由模擬結果得知，需要機構固定的光學元件有：燈泡、濾光片、色輪、積分柱、聚反光鏡片組、DMD 及鏡頭。

首先是燈泡的固定，考量到燈泡是一種消耗品，壞掉後或使用壽命到期時需更換，所以需要將燈泡於光機系統內獨立出來成為一個模組並加以固定。本實驗所使用的燈泡為歐斯朗 280 瓦的燈泡，先將燈廠提供的 3D 檔 Import 至 Pro/E 內，並開始建立固定燈泡與 UV-IR 的承靠件，因為燈泡會產生高溫，所以此料件以鋁鎂合金件製作。承靠件完成後再來是固定件，因為燈泡會熱漲冷縮，所以固定件通常以有彈性的不銹鋼材料製作。最後，因為燈泡需插拔與電源插頭，所以需要設計燈泡底座。

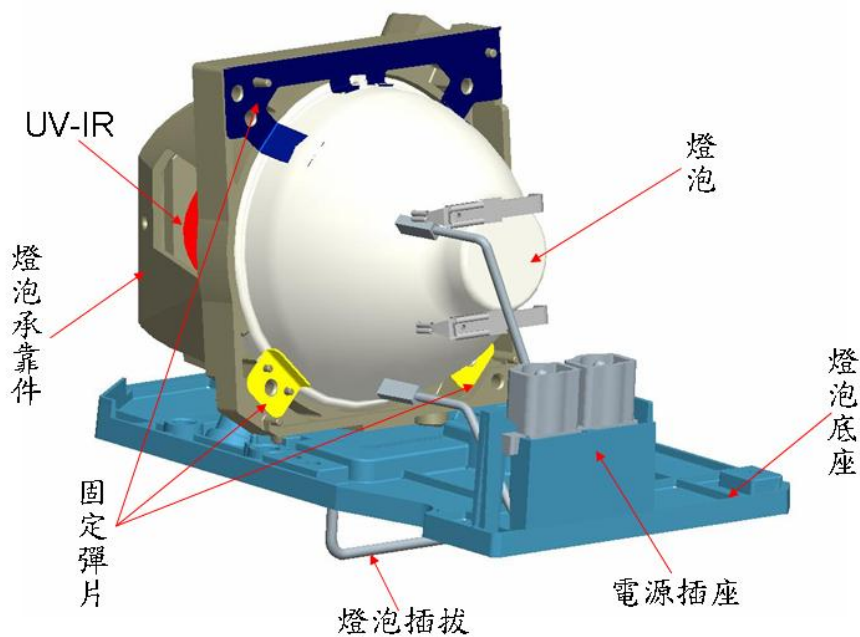
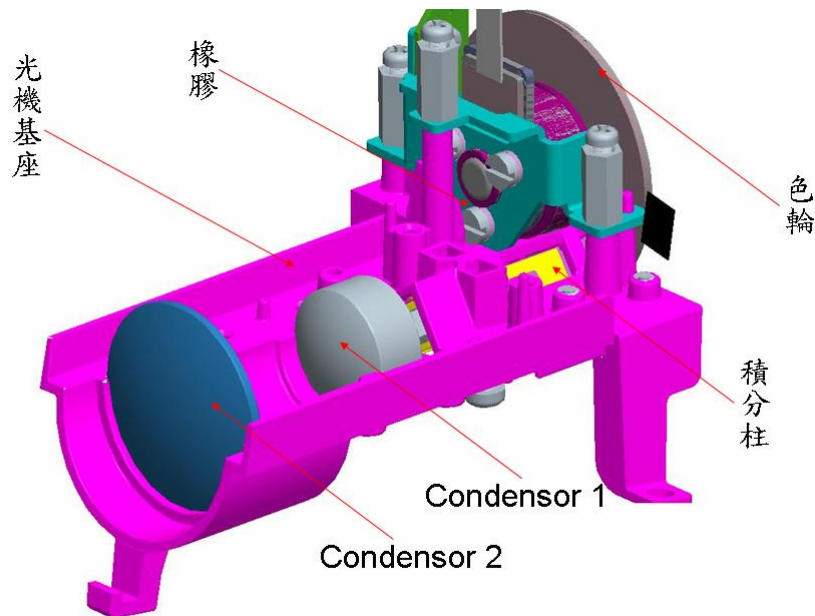


圖 4-19 燈模組

考慮到模具拆模可行性與組裝可拆性，所以將光學料件分成三份來固定，先將色輪、積分柱、Condensor 1與Condensor 2此4個光學零件利用彈片固定的方式鎖附於光機基座，因為Condensor 1與

Condensor 2為圓形，考慮模具拆模因素，將固定Condensor 1與Condensor 2的區域設計成只固定半圓。其中因為色輪有馬達的原故，所以需要有橡膠件來減少震動的發生。



1896
圖 4-20 鏡片模組

再來將Relay與Mirror以彈片固定方式鎖附於光機下蓋，因為熱會從燈泡端一直傳導至鏡頭端，所以為了斷熱，此光機下蓋將以熱固性塑膠(BMC)的材料來製作。

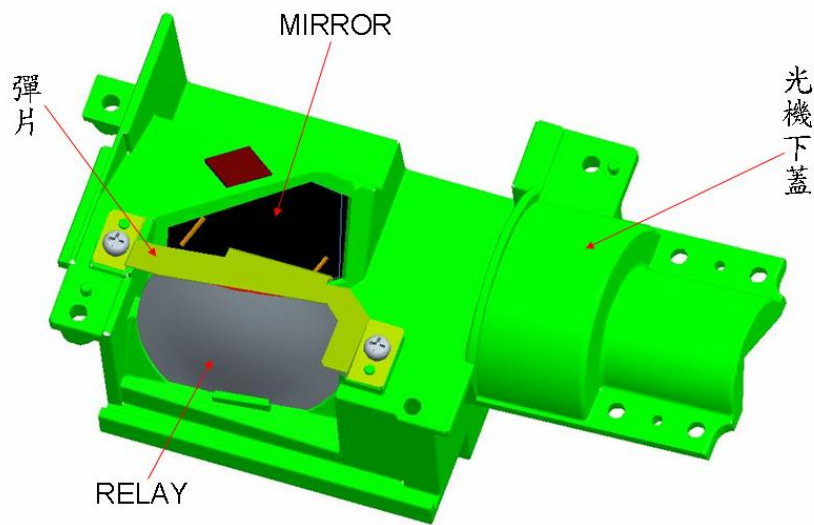


圖 4-21 下光機模組

最後，考量DMD晶片與鏡頭的固定公差需保持在0.05mm之內，所以將此二個光學零件固定於光機上蓋，光機上蓋除了DMD晶片、電路板與鏡頭，還需考量off光與DMD晶片的散熱，因為投影機長時間的點燈，熱的能量累積是很可觀的，所以需設計散熱片，以保獲光學零件的壽命。

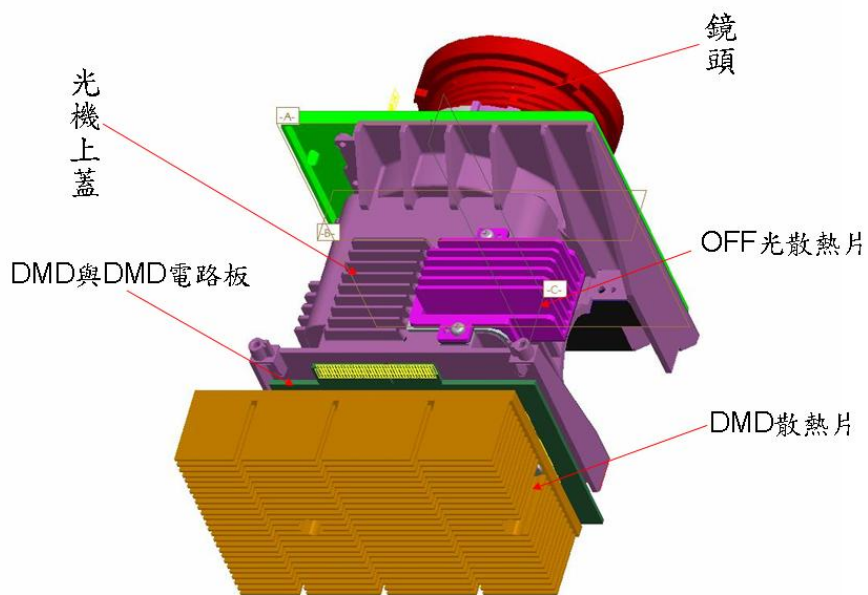


圖 4-22 上光機模組

4.6 組裝流程

本節將由pro/engineer軟體建構成的機構模型製作成樣品，並對此光機進行實體組立、調整及相關功能測試等工作。為了瞭解實際操作狀況，先對組立流程與結果、調整治具與調整流程與結果加以說明。

將彈片固定燈泡於燈泡承靠件上，並用螺絲鎖附於基座，基座上裝上電源插座與插拔件，最後燈泡前端再裝上UR-IR鏡片，成為燈泡模組。



圖 4-23 燈模組實體圖

將off光散熱片鎖附於光機上蓋，並依序套上橡膠墊、擋雜散片、DMD晶片、DMD電路板與DMD散熱片，成為光機上蓋模組。

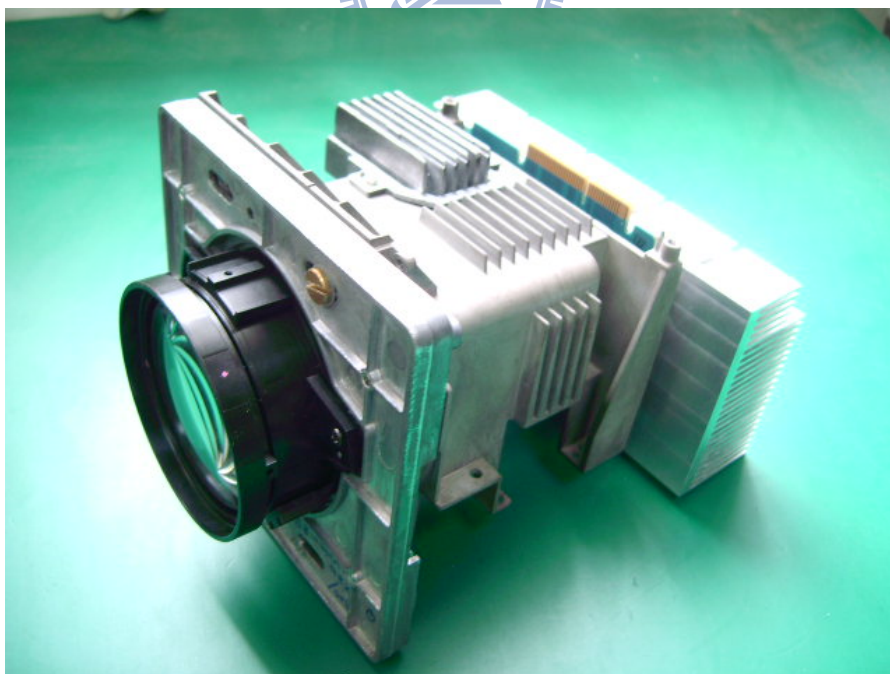


圖 4-24 上光機模組實體圖

利用彈片鎖附將Relay 與Mirror固定於光機下蓋，成為光機下蓋模組。

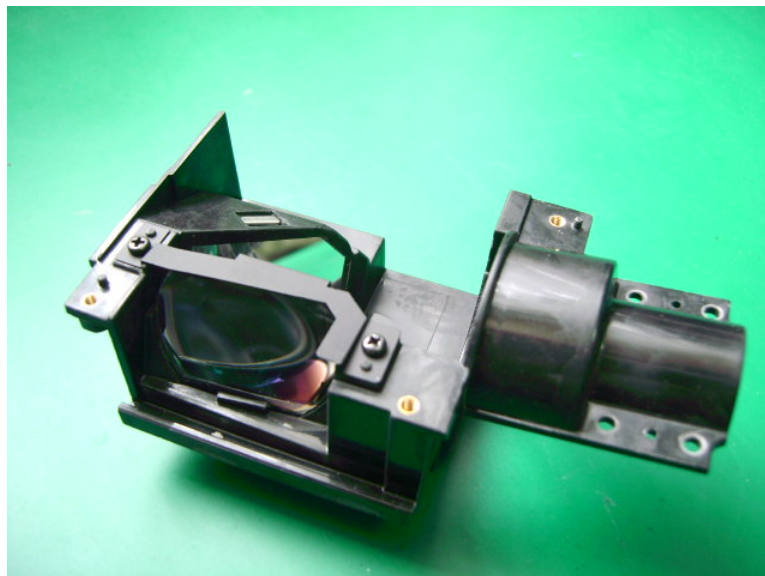


圖 4-25 下光機模組實體圖

利用彈片鎖附將Rod固定於光機基座，再將Condensor 1與Condensor 2與色輪固定於光機基座另一側，成本光機基座模組。

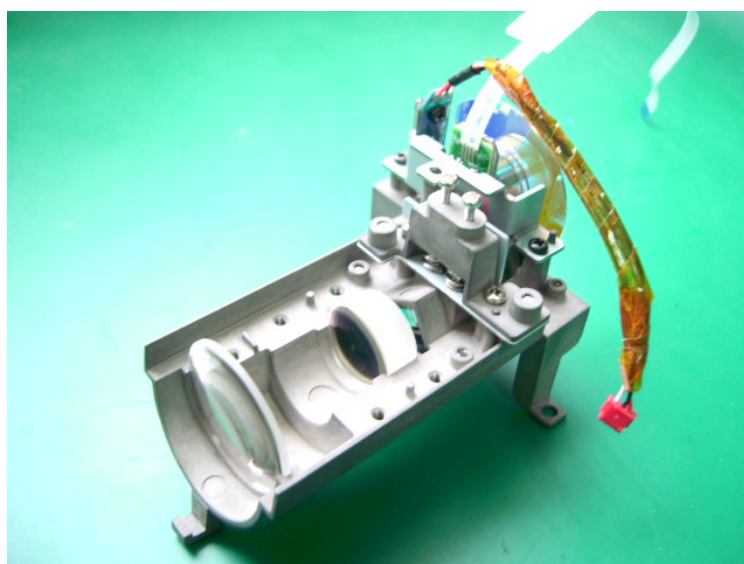


圖 4-26 鏡片模組實體圖

將光機上蓋模組、光機下蓋模組、光機基座模組，利用螺絲鎖附的方式組於光機測試治具上。

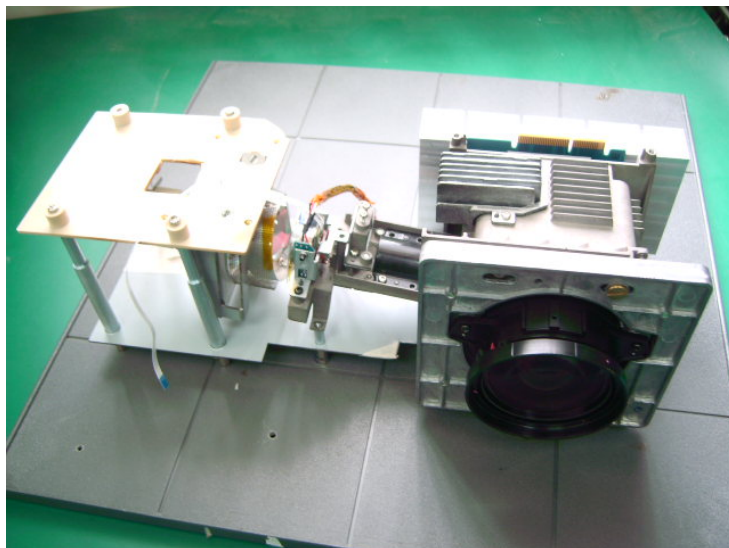


圖 4-27 光機模組實體圖

最後將光機組上電源供應模組，並外掛一個風扇即完成組立。

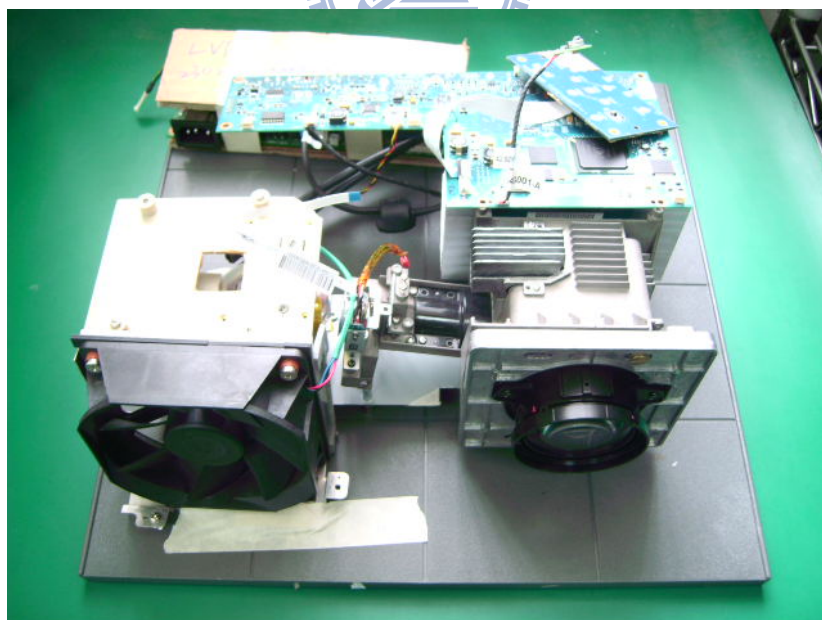


圖 4-28 投影機實體圖

五、實驗系統架構的設計與量測數據

在確認組立與基本操作功能符合預期後，對光機模組進行進一步的規格測試，為了確認設計結果可以符合系統需求，需比較實際光機測量亮度與均勻度，使用的設備與相關資料以及測試結果與相關改善對策也在本文中被紀錄與提出。

5.1 實驗設備與材料

實驗設備：

1. PC 1台
2. Chroma 訊號產生器2326(Pattern generator) 1台
3. Chroma Meter/Light Meter 色彩照度計CL-200 1台
4. 暗房 1間
5. 光學平台 1台

色彩照度計上有三個位置顯示資料，從左至右依序為光照度(Lux)與色座標(x, y)，光照度代表單位面積的流明值，必須乘以總面積才是總光通量。

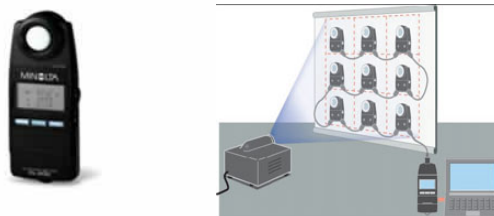


圖 5-1 光照度計

實驗材料：


1. 光機模組 1組
2. 投影機相關電源供電模組 1組
3. 散熱風扇 1台

5.2 實驗系統架構

將二台投影機組裝完後，對其做亮度的量測，以下將一台投影機稱做SAMPLE 1，另一台投影機稱做SAMPLE 2，以第三章節介紹的量測規範做九點的量測，得到結果如下：

表 5-1 亮度量測值

SAMPLE 1 九點亮度值



2547	2870	2488
2846	3411	3177
3318	3676	3160

SAMPLE 2 九點亮度值

2444	2791	2388
2897	3399	3160
3249	3590	3084

由於面積同樣為 $0.92\text{m} \times 1.22\text{m}$ ，將九點亮度值除面積後可得SAMPLE 1亮度為3456流明，SAMPLE 2亮度為3233流明，SAMPLE 1亮度值與系統設計模擬時的結果相同，但是SAMPLE 2的亮度值少了200流明，經確認後與組裝無關，需分析光機各個相關光學零件的相關參數。

5.3 魚骨圖分析

根據田口玄一 (Genichi Taguchi) 博士在1949 年所提出的「品質工程」的基本原理，以實驗進行系統參數最佳化設計的方法，重視實際的應用性與改善品質，透過實驗進行系統參數最佳化設計的方法，其主要基本理念是找出製程的因子與變動水準，透過實驗方法，求得適當的因子、水準組合，使其品質損失最低，進而使產品之品質提升，降低變異原因的影響，而不是去除變異的原因，將各種變異極小化，使得產品對變異的來源最不敏感，本節將影響亮度變異的原因透過魚骨圖做分析[20]，如圖5-2所示：

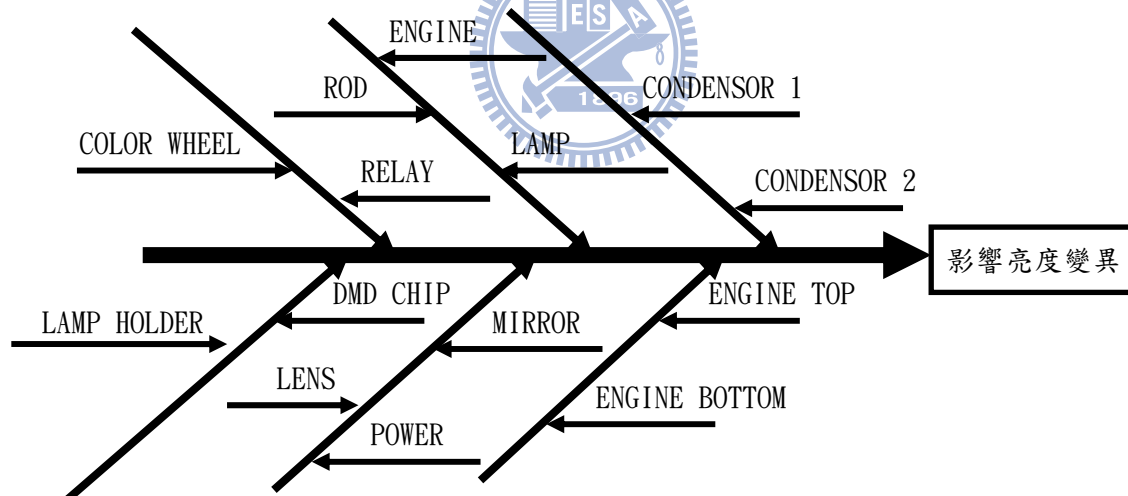


圖 5-2 影響亮度變異的原因之分析魚骨圖

對於實際的系統而言，輸入的能量必定會因為週邊環境、人為操作疏失、機械老舊、系統設計不良等種種對實驗結果不利的因素存在，而導致輸出能量的損失，所以要減低這些不良狀況的影響，就必須先探討何者是影響系統的主因，所以理想機能的探討便是一個重要

的問題，如圖5-3所示是一個能量轉換的示意圖，進入系統的是輸入訊號，離開系統的是輸出訊號，然而理想的狀況下；輸入系統的能量會等於輸出系統的能量，但是依實際的物理現象而言，能量經過系統的轉移必定會有所損失。

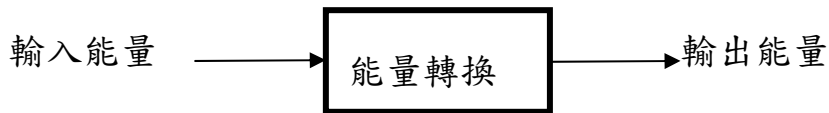


圖 5-3 能量轉換的示意圖

如圖5-4所示，輸入的能量經過系統之後，會因為系統本身或是外在環境的影響而導致一些能量的耗損；實際的能量即是未損失的能量，而因為外在環境或系統本身所導致的能量損失即消耗的能量。

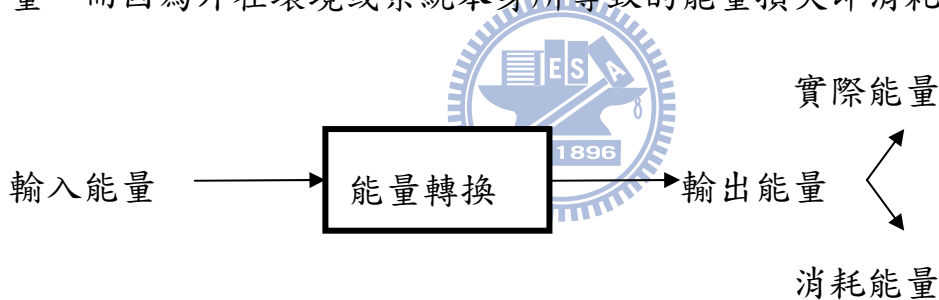


圖 5-4 考慮能量耗損後的能量轉換示意圖

5.4 亮度參數的影響實驗與分析

經由上一節魚骨圖分析後的14個參數，分別針對這14個參數做10次的零件置換並量測亮度結果，如下表5-2、5-3、5-4、5-5、5-6、5-7、5-8、5-9、5-10、5-11、5-12、5-13、5-14、5-15所示，其sample 1原來亮度為3233流明，sample 2原來亮度為3456流明，1~10代表更換10次同一批進料的零件後的亮度，max代表10次更換實驗中最大亮

度值，min代表10次更換實驗中最小亮度值，average代表10次更換實驗的平均值，original-average代表原來未更換零件前亮度減去平均亮度之值。

實驗1為RELAY參數

表 5-2 RELAY 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3239	3256	3236	3261	3229	3228	3225	3237	3230	3228	3261	3225	3237
Original-average														4
互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3430	3477	3492	3491	3477	3419	3421	3489	3408	3443	3492	3408	3455
Original-average														-1

實驗2為CONDENSOR 2參數

表 5-3 CONDENSOR 2 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3261	3229	3228	3225	3237	3230	3228	3239	3256	3236	3261	3225	3237
Original-average														4
互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3475	3437	3437	3414	3436	3439	3473	3518	3464	3486	3518	3414	3458
Original-average														2

實驗3為ENGIEN BOTTOM參數

表 5-4 ENGINE BOTTOM 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3248	3233	3221	3231	3259	3246	3231	3227	3238	3240	3259	3221	3237
Original-average														4
互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3414	3436	3439	3470	3437	3435	3518	3473	3464	3486	3518	3414	3457
Original-average														1

實驗4為MIRROR參數

表 5-5 MIRROR 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3235	3224	3207	3224	3240	3201	3228	3241	3259	3244	3259	3201	3230

Original-average -3

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3437	3437	3424	3442	3441	3455	3518	3443	3486	3475	3518	3424	3456

Original-average 0

實驗5為CONDENSOR 1參數

表 5-6 CONDENSOR 1 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3233	3259	3246	3255	3233	3221	3227	3231	3238	3240	3259	3221	3238

Original-average 5

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3438	3447	3422	3469	3447	3468	3439	3460	3483	3478	3483	3422	3455

Original-average -1

實驗6為ROD參數



表 5-7 ROD 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3245	3266	3244	3230	3240	3234	3264	3236	3225	3237	3266	3225	3242

Original-average 9

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3460	3438	3447	3422	3470	3439	3473	3474	3464	3447	3474	3422	3453

Original-average -3

實驗7為POWER參數

表 5-8 POWER 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3257	3235	3229	3248	3232	3245	3248	3245	3240	3244	3257	3229	3242

Original-average 9

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3476	3443	3415	3418	3447	3460	3431	3502	3503	3478	3503	3415	3457

實驗8為ENGINE TOP參數

表 5-9 ENGINE TOP 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3271	3250	3257	3252	3244	3270	3237	3236	3253	3236	3271	3236	3251

Original-average 18

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3439	3460	3483	3478	3408	3424	3422	3469	3447	3468	3483	3408	3450

Original-average -6

實驗9為COLORWHEEL參數

表 5-10 COLORWHEEL 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3238	3237	3311	3220	3236	3271	3224	3256	3314	3246	3314	3220	3255

Original-average 22

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3492	3491	3477	3419	3421	3489	3408	3443	3430	3477	3492	3408	3455

Original-average -1

實驗10為LENS參數

表 5-11 LENS 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3319	3249	3238	3244	3315	3225	3236	3273	3231	3259	3319	3225	3259

Original-average 26

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3518	3464	3486	3475	3437	3437	3414	3436	3439	3473	3518	3414	3458

Original-average 2

實驗11為DMD參數

表 5-12 DMD 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3228	3266	3296	3281	3296	3293	3251	3261	3289	3251	3296	3228	3271

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3440	3489	3484	3466	3497	3498	3443	3434	3495	3406	3498	3406	3465

Original-average 38

Original-average 9

實驗12為LAMP參數

表 5-13 LAMP 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3223	3289	3276	3269	3252	3240	3309	3276	3287	3299	3209	3309	3209	3270
Sample 2	3456	3460	3443	3515	3516	3490	3488	3455	3428	3431	3459	3516	3428	3468

Original-average 47

Original-average 12

實驗13為LAMP HOLDER參數

表 5-14 LAMP HOLDER 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3295	3261	3281	3337	3270	3269	3262	3346	3253	3283	3346	3253	3286
Sample 2	3456	3439	3473	3486	3489	3447	3460	3438	3472	3422	3470	3489	3422	3460

Original-average 53

Original-average 4

實驗14為ENGINE參數

表 5-15 ENGINE 亮度值

互換物料	Original	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3270	3280	3309	3307	3281	3289	3275	3289	3310	3294	3310	3270	3291
Sample 2	3456	3415	3418	3447	3460	3431	3502	3503	3478	3476	3443	3503	3415	3457

Original-average 58

Original-average 1

SAMPLE 1 在14個參數中，影響亮度所佔的比率如下：

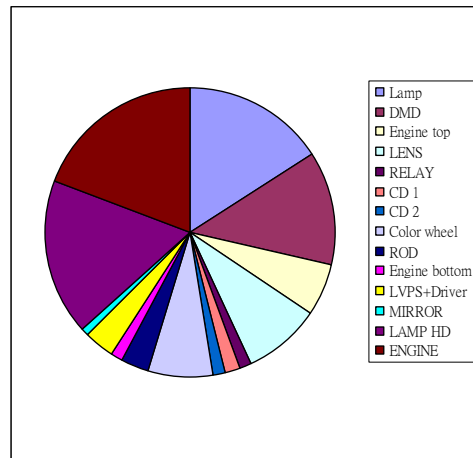


圖 5-5 SAMPL 1 亮度影響比例圖

SAMPLE 2 在14個參數中，影響亮度所佔的比率如下：

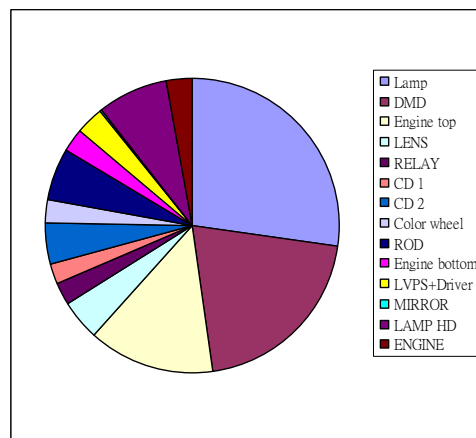


圖 5-6 SAMPL 2 亮度影響比例圖

圖5-7所示為sample 1和sample 2以魚骨圖分析的14個因子在分別置換10個零件後的亮度趨勢線比較圖，X軸表示14個因子次數，1為RELAY因子、2為CONDENSOR 2因子、3為ENGINE BOTTOM因子、4為MIRROR因子、5為CONDENSOR 1因子、6為ROD因子、7為LVPS+LAMP DRIVER因子、8為ENGINE TOP因

子、9為COLOR WHEEL因子、10為LENS因子、11為DMD因子、12為LAMP因子、13為LAMP HOLDER因子、14為ENGINE因子，Y軸表示10次的更換零件的平均亮度所佔的百份比，實驗趨勢線得知影響亮度極大的因素為LAMP、DMD、COLOR WHEEL與LENS，但是此四因素皆可透過品質的管控而獲得控制，影響亮度最大的因素為ENGINE與LAMP HOLDER的組裝定位與ENGINE TOP的結構設計，此三因素目前仍待改善，需重新設計並加以定義生產公差。

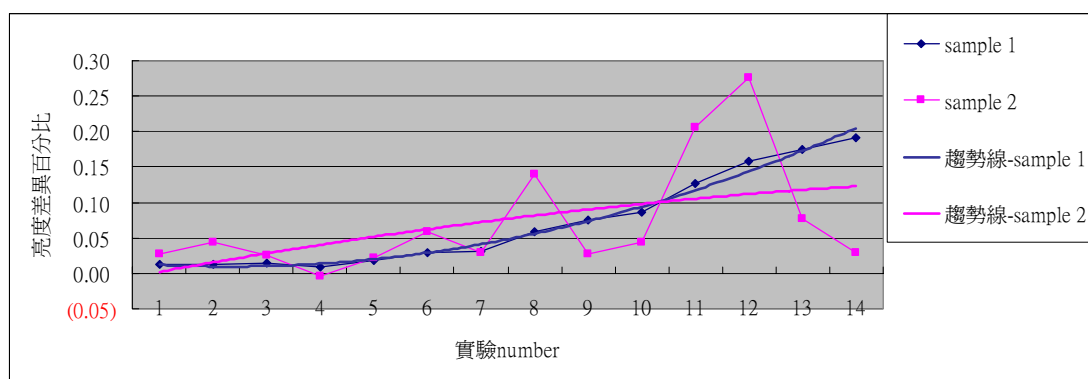


圖 5-7 SAMPLE 1 和 SAMPLE 2 趨勢線

5.5 模擬與實驗比對分析

對工程上的目的而言，模擬可應用於執行的預計或分析及系統的反應，結合系統參數或設計變數。模擬過程得到一特別的測量履行或反應，透過重覆的模擬，系統執行的敏感度對系統參數中的變化可以檢查或評估。藉由此過程，模擬可應用於設計選擇的評估或最佳化設計的決定。此章節將針對光學參數透過ASAP軟體模擬方式，來比對改變參數後對亮度值的影響。

表5-16為改變CONDENSOR 1 參數後所得的模擬結果，直徑30.5mm 為原本的直徑尺寸，分別做30.45mm、30.4mm、30.55mm、30.6mm直徑的變化後，結果顯示CONDENSOR 1 在原本直徑30.5mm時亮度為3450 流明，若直徑改為30.45mm時亮度為3433，直徑在30.4mm時亮度為3424，直徑在30.55mm時亮度為3454，直徑在30.6mm時亮度為3458，透過模擬可以得知CONDENSOR 1 直徑大小與亮度變化成正比，亮度受尺寸變化區間不大，在50流明之內。

表 5-16 ASAP 模擬 CONDENSOR 1 直徑參數變化後的亮度值

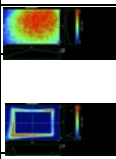
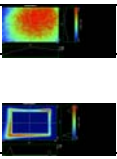
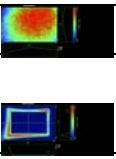
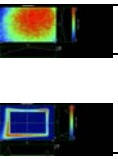
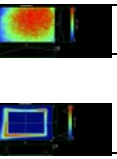
直徑	30.5	30.45	30.4	30.55	30.6
rod input	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823
DMD	56.4346	56.4011	56.4003	56.49356	56.5122
DMD_overfill	11.6004	11.4011	11.2419	11.6004	11.6004
DMD+overfill	68.035	67.8021	67.6422	68.09396	68.1126
screen	45.5342	45.3122	45.19235	45.5883	45.6421
					
overfill eff.	0.167921	0.165036	0.162732	0.167921	0.167921
screen eff.	0.65913	0.655916	0.654181	0.659913	0.660692
亮度	3450	3433.18	3424.099	3454.099	3458.175

表5-17為改變CONDENSOR 2 直徑參數後所得的模擬結果，直徑18mm為原本的直徑尺寸，分別做17.95mm、17.9mm、18.05mm、18.1mm 直徑的變化後，結果顯示CONDENSOR 1 在原本直徑18mm時亮度為3450 流明，若直徑改為17.95mm時亮度為3433，直徑在17.9mm時亮度為

3423，直徑在18.05mm時亮度為3453，直徑在18.1mm時亮度為3457，透過模擬可以得知CONDENSOR 2直徑大小與亮度變化成正比，亮度受尺寸變化區間不大，在50流明之內。

表 5-17 ASAP 模擬 CONDENSOR 2 直徑參數變化後的亮度值

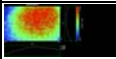
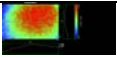
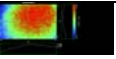
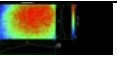
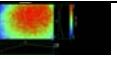
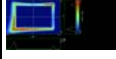

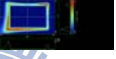


直徑	18	17.95	17.9	18.05	18.1
rod input	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823
DMD	56.4346	56.4168	56.4041	56.4835	56.5134
DMD_overfill	11.6004	11.4243	11.2247	11.6444	11.6988
DMD+overfill	68.035	67.8411	67.6288	68.1279	68.2122
screen	45.5342	45.3146	45.1873	45.5764	45.6344
					
					
overfill eff.	0.167921	0.165372	0.162483	0.168558	0.169346
screen eff.	0.65913	0.655951	0.654108	0.659741	0.66058
亮度	3450	3433.362	3423.716	3453.197	3457.592

表5-18為改變LAMP出廠亮度值參數後所得的模擬結果，亮度12990流明為原本亮度值，分別模擬12000流明、11500流明、11000流明、13000流明、13500流明後的亮度變化，結果顯示LAMP亮度進入光機內的初始值亮度值與光機亮度變化成正比，亮度受尺寸變化區間甚大，在200流明之內。

表 5-18 ASAP 模擬 LAMP 初始亮度參數變化後的亮度值

燈泡流明	12990	12000	11500	11000	13500	14000
rod input	69.0823	69.473	69.7315	69.3452	71.6031	72.5135
DMD	56.4346	55.2339	54.7476	55.9839	55.4786	55.4266
DMD_overfill	11.6004	13.0372	13.6765	12.2262	12.8879	12.8897
DMD+overfill	68.035	68.2711	68.4241	68.2101	68.3665	68.3163

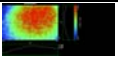
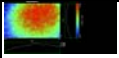
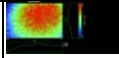
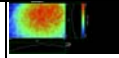
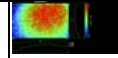
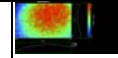
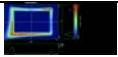
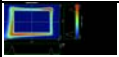
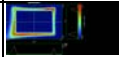
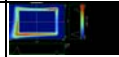
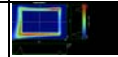
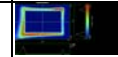
screen	45.5342	44.5363	43.177	42.1916	47.9924	48.3161
						
						
overflow eff.	0.167921	0.187659	0.196131	0.176309	0.179991	0.177756
screen eff.	0.65913	0.641059	0.619189	0.608429	0.670256	0.666305
亮度	3450	3374.392	3271.401	3196.74	3536.251	3560.777

表5-19為改變MIRROR長寬尺寸參數後所得的模擬結果，長寬分別增或0.05mm變化，變化區間由正負0.05mm到正負0.2mm，透過模擬，結果顯示MIRROR的尺寸變化與光機亮度變化成正比，亮度受尺寸變化區間不大，在10流明之內。

表 5-19 ASAP 模擬 MIRROR 參數變化後的亮度值

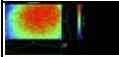
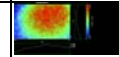
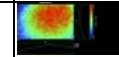
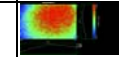
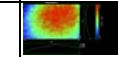
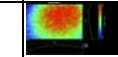
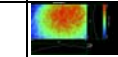
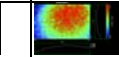
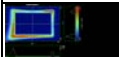
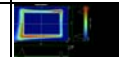
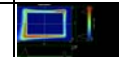
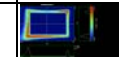
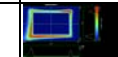
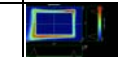
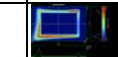
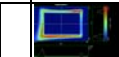
+	+	+	+	-	-	-	-
0.05	0.1	0.15	0.2	0.05	0.1	0.15	0.2
0.05	0.1	0.15	0.2	0.05	0.1	0.15	0.2
69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823
56.4487	56.4544	56.4651	56.4711	56.2339	56.2076	56.1239	56.0986
11.6014	11.6327	11.2847	11.4006	11.0372	11.5765	11.2262	11.8879
68.0501	68.0871	67.7498	67.8717	67.2711	67.7841	67.3501	67.9865
45.5227	45.5139	45.5072	45.4967	45.5163	45.5007	45.4916	45.4224
							
							
0.167936	0.168389	0.163352	0.165029	0.159769	0.167575	0.162505	0.172083
0.658963	0.658836	0.658739	0.658587	0.658871	0.658645	0.658513	0.657511
3449.129	3448.462	3447.954	3447.159	3448.644	3447.462	3446.772	3441.529

表5-20為改變DMD反射率的參數後所得的模擬結果，分別模擬反

射率在增減1%的變化，透過模擬，結果顯示DMD反射率的變化與光機

亮度變化成正比，亮度與反射率變化區間在100流明之內。

表 5-20 ASAP 模擬 DMD 反射率參數變化後的亮度值

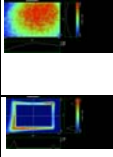
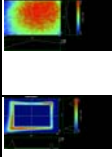
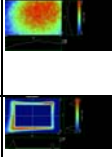
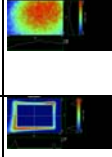
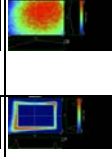
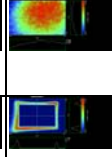
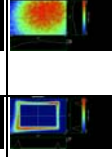
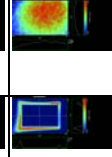
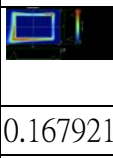
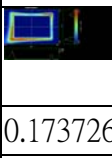



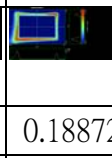
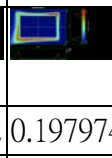
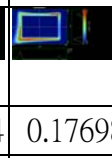
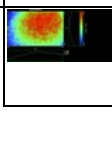
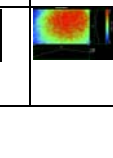
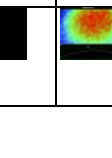
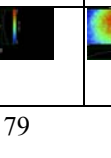
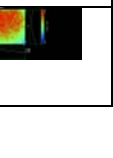
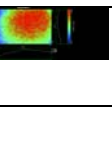
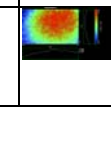
rod input	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823
DMD	56.4346	56.0697	55.6113	55.1158	55.6968	55.2339	54.7476	55.9839
DMD_overflow	11.6004	12.0014	12.6327	13.2847	12.4006	13.0372	13.6765	12.2262
DMD+overflow	68.035	68.0711	68.244	68.4005	68.0974	68.2711	68.4241	68.2101
screen	45.5342	45.2027	44.8639	44.5072	44.8767	44.5363	44.177	45.1916
								
								
overflow eff.	0.167921	0.173726	0.182864	0.192303	0.179505	0.18872	0.197974	0.17698
screen eff.	0.65913	0.654331	0.649427	0.644263	0.649612	0.644685	0.639484	0.65417
亮度	3450	3424.883	3399.213	3372.187	3400.183	3374.392	3347.169	3424.042

表5-21為改變ROD長寬尺寸參數後所得的模擬結果，分別模擬長寬尺寸增減0.05mm後的亮度變化，亮度變化由原來的3450流明到3347流明，結果顯示ROD的尺寸變化與光機亮度變化成正比，亮度受尺寸變化區間甚大，在90流明之內。

表 5-21 ASAP 模擬 ROD 尺寸參數變化後的亮度值

		+	+	+	+	+	+
長	6.4	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1
寬	3.85	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1
rod input	69.0823	69.143	69.4064	69.6645	69.2091	69.473	69.7315
DMD	56.4346	56.0697	55.6113	55.1158	55.6968	55.2339	54.7476
DMD_overflow	11.6004	12.0014	12.6327	13.2847	12.4006	13.0372	13.6765
DMD+overflow	68.035	68.0711	68.244	68.4005	68.0974	68.2711	68.4241
screen	45.5342	45.2027	44.8639	44.5072	44.8767	44.5363	44.177
							

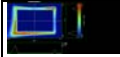
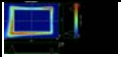
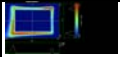
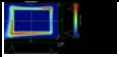
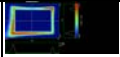
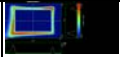
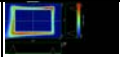
							
overflow eff.	0.167921	0.173574	0.182011	0.190695	0.179176	0.187659	0.196131
screen eff.	0.65913	0.653757	0.646394	0.638879	0.648422	0.641059	0.63353
亮度	3450	3424.883	3399.213	3372.187	3400.183	3374.392	3347.169

表5-22為改變COLOR WHEEL參數後所得的模擬結果，分別模擬穿透效率由原來的100%降為95%、90%、85%後的亮度變化，模擬結果顯示COLOR WHEEL的穿透效率變化與光機亮度變化成正比，亮度受尺寸變化區間不大，在20流明之內。

表 5-22 ASAP 模擬 COLORWHEEL 穿透率參數變化後的亮度值

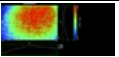
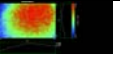
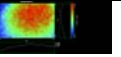
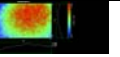
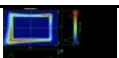
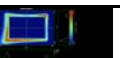
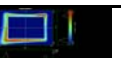
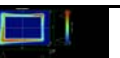
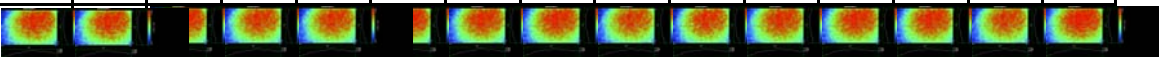
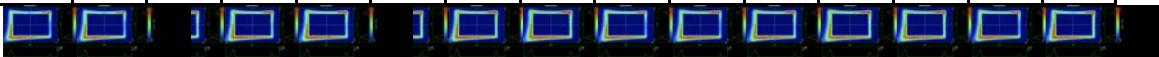
穿透率效率	1	0.95	0.9	0.85
rod input	69.0823	69.0823	69.0823	69.0823
DMD	56.4346	56.4487	56.4544	56.4651
DMD_overflow	11.6004	11.6014	11.6327	11.2847
DMD+overflow	68.035	68.0501	68.0871	67.7498
screen	45.5342	45.4102	45.2908	45.1085
				
				
overflow eff.	0.167921	0.167936	0.168389	0.163352
screen eff.	0.65913	0.657335	0.655606	0.652968
亮度	3450	3440.605	3431.558	3417.746

表5-23為改變ENGINE與LAMP HOLDER組裝位置參數在分別變化0.1mm後所得的模擬結果，結果顯示ENGINE與LAMP HOLDER的位置變化，相對影響光線進入光機內的能量，位置變化值與光機亮度變化值成正比，亮度受尺寸變化區間甚大，在200流明之內。

表 5-23 ASAP 模擬 ENGINE 與 LAMP HOLDER 位置參數變化後的亮度值

offset x 軸	0	0.1	0.2	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2	0	0	0.1	0.2
offset y 軸	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0	0
offset z 軸	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0.1
rod input	69.08	68.16	67.53	68.26	67.76	68.21	67.41	67.11	66.94	67.60	67.01	67.10	67.89	67.34	67.21
DMD	56.43	56.02	55.74	55.91	55.61	55.99	55.32	55.04	54.58	55.44	55.42	55.24	54.24	55.98	55.698
DMD_overflow	11.60	11.89	12.00	11.93	12.28	12.06	12.13	12.67	12.82	12.53	12.88	12.98	13.98	12.22	12.406
DMD+overflow	68.05	67.92	67.74	67.85	67.91	67.99	67.45	67.72	67.41	67.97	68.31	68.23	68.23	68.21	68.094
screen	45.53	45.05	44.64	44.98	44.50	44.87	44.53	43.41	42.79	43.83	42.91	43.11	43.71	43.39	43.477
															
															
overflow eff.	0.167	0.174	0.177	0.174	0.181	0.175	0.179	0.188	0.191	0.185	0.192	0.193	0.206	0.181	0.1848
screen eff.	0.65	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.66	0.64	0.63	0.649	0.64	0.642	0.64	0.64	0.647
亮度	3450	3413	3382	3408	3372	3400	3374	3289	3242	3321	3251	3266	3311	3287	3294

5.6 燈源承托支架(Lamp holder)的設計改良

由實驗結果得知，影響亮度極大的因素為 LAMP、DMD、COLOR WHEEL 與 LENS，但是此四因素皆可透過品質的管控而獲得控制，但 ENGINE 與 LAMP HOLDER 的組裝定位與 ENGINE TOP 的結構設計為設計問題，所以經由模擬 ENGINE 與 LAMP HOLDER 的組裝定位參數變化後，可以證明，影響亮度的重要因素是 ENGINE 與 LAMP HOLDER 的定位性不夠造成亮度不夠，故為了加強 ENGINE 與 LAMP HOLDER 之間的組裝定位，新增一組裝導引方式如下：

如圖 5-8 所示，將燈模組區域之氣密性與散熱空間加入考量設計，並把風扇支架模組設計為可與燈模組和光機系統聯結之結構，用

以取代使用鋁鎂合金作支撐燈模組之設計，達到氣密性與散熱效果和降低成本的目標。

風扇支架模組

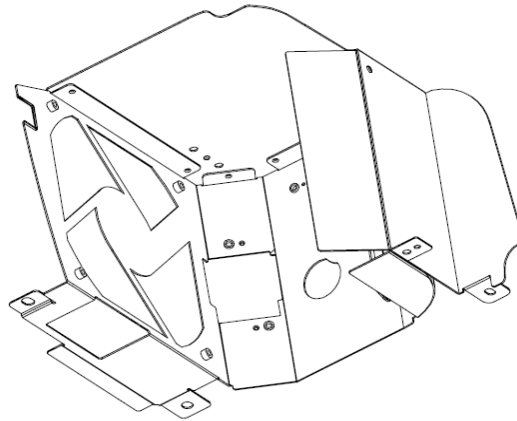


圖 5-8 新的燈泡模組定位支架模組圖

另外如圖 5-9、5-10 所示，設計一燈模組定位支件並在燈模組固定件上新增定位 PIN 特徵(高度 5mm)。

燈模組定位支架

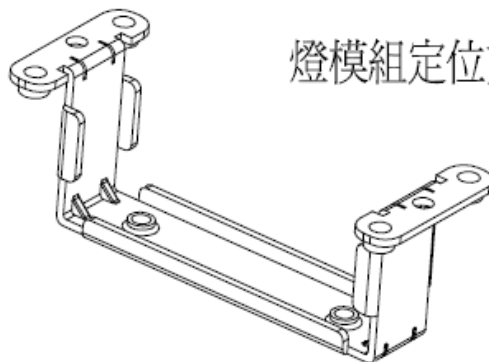


圖 5-9 新的燈泡模組定位支架圖

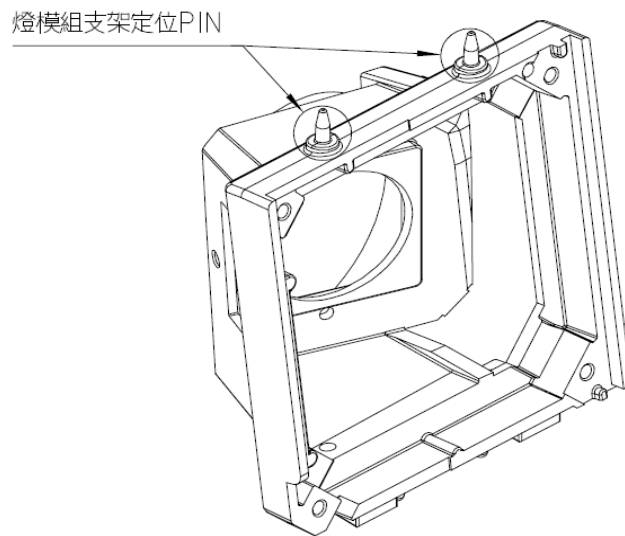


圖 5-10 新的燈泡模固定件

如圖 5-11 所示，將燈模組定位支架固定於風扇模組支架上，利用燈模組支架定位 PIN 於組裝時可插入風扇模組支架的定位板金件，完成燈模組之定位方式。

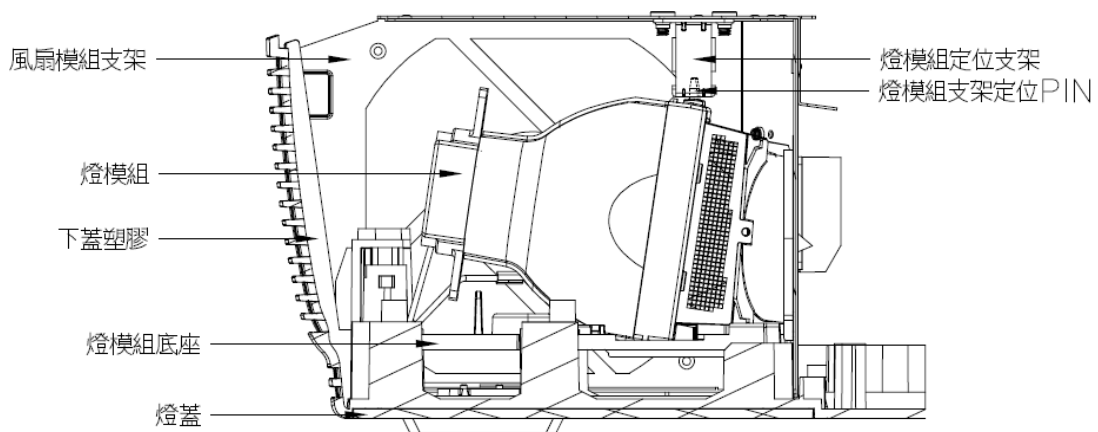


圖 5-11 組裝示意圖

1.利用一燈模組定位板金件解決下蓋塑膠件因射出的些微變形因

素，造成燈模組光束路徑不正確所產生的亮度不穩定問題，並確保燈模組與整體光機系統的聯結性。

2.不影響系統風扇對燈模組的散熱效果與系統燈模組區域的氣密性。

3.燈模組之固定藉由螺絲鎖附於下蓋塑膠上，如下蓋塑膠因射出產生些微變形，則燈模組即隨下蓋塑膠的變形，造成燈的光束路徑偏移，導致燈的亮度不穩定，如圖 5-12 所示，此設計利用定位 PIN 的結構來確保燈模組的位置與光束路徑之正確性和整體光機系統的聯結性，使燈的亮度穩定。

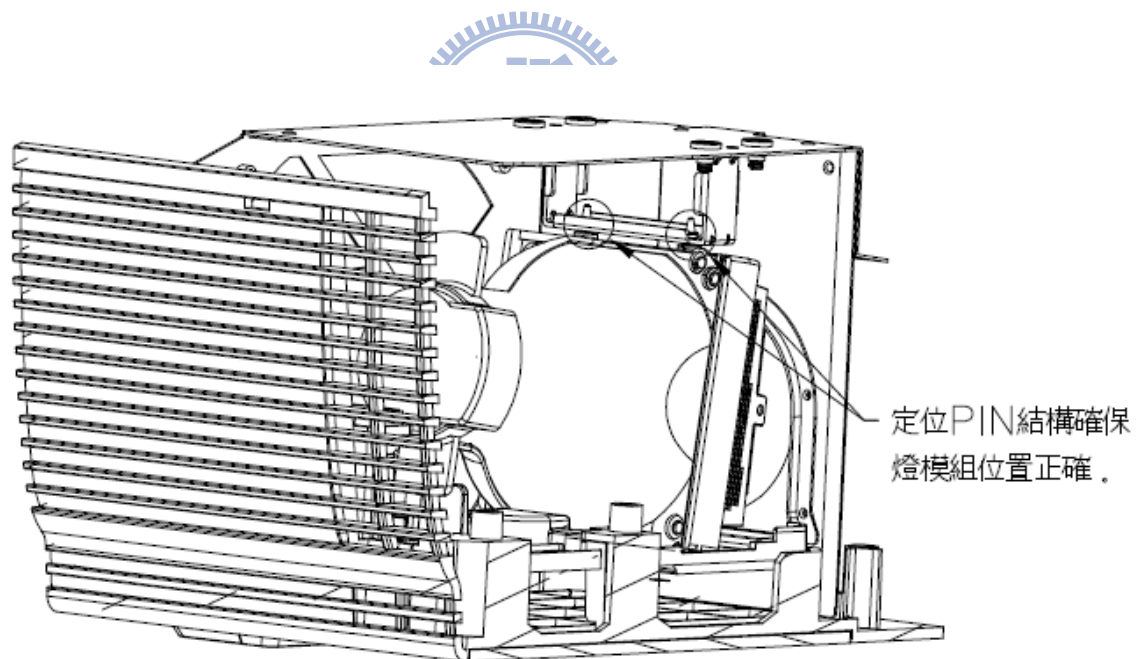


圖 5-12 組裝示意圖

5.7 執行新燈源承托支架(Lamp holder)定位設計實驗

將新設計的 lamp holder 取 10 個零件，將之裝入 sample 1 和 sample 2 後量測其亮度資料如下：

表 5-24 導入新定位設計後的亮度值

物料	Original	LP HR 1	LP HR 2	LP HR 3	LP HR 4	LP HR 5	LP HR 6	LP HR 7	LP HR 8	LP HR 9	LP 10	max	min	agerage
Sample 1	3233	3488	3364	3486	3475	3337	3437	3414	3336	3439	3473	3488	3414	3455


物料	Original	LP HR 1	LP HR 2	LP HR 3	LP HR 4	LP HR 5	LP HR 6	LP HR 7	LP HR 8	LP HR 9	LP 10	max	min	agerage
Sample 2	3456	3435	3473	3486	3389	3447	3460	3438	3472	3352	3470	3489	3422	3459

由實驗數據得知，Engine 與 Lamp Holder 組裝經由新的定位設計，原本有 50% 的不良生產比率降為 30% 的不良生產比率，結果顯示此控制因子獲得相當大的改善，但仍無法滿足組裝公差在正負 0.1mm 以內調整的微調範圍需求，因此，本研究將在第六章設計新型燈源可調模組(Lamp module)的機構，並模擬分析其微調機制對於亮度改善、良率提高的功效。

六、新型三軸向可調燈模組的設計與分析

投影裝置在運作時，光源到成像元件的光路需正確，方可使得光線投射至成像元件時產生之照亮區與成像元件重合，以使成像元件中的影像能透過鏡頭模組中的鏡頭而完整地投射於屏幕上。若光源在定位上出現誤差將造成亮度衰減、及成像品質均勻度不佳等問題。目前投影機之光源如果因組裝公差而無法將其光源正確的投射於光柱中心，會造成投影機亮度下降，所以為提升投影機應有的亮度，必須針對光源可調整之機構做設計，將光源能調整至光柱中心。

6.1 可調燈模組專利檢索



為了設計一全新的可調燈模組，先於中華民國專利網站檢索有無相關專利，結果發現共有六篇專利與投影機的燈模組有相關，分別是專利案號：090202832，專利名稱：投射光源中心位置之調整裝置，如圖6-1，此專利係有關於係於一反射燈罩內裝設有一調整座，於該調整座上裝設有一投射光源；其特徵乃在於：該反射燈罩後方裝設一具有穿孔之固定座，得以一支撐桿穿過該穿孔，且該支撐桿外徑小於穿孔內徑，使該支撐桿得以偏擺，又該固定座上環設有複數個定位螺桿，而該定位螺桿得頂靠在支撐桿的外徑上，另前述之調整座係固定在支撐桿的前端；得藉由環設在固定座外之複數個定位螺桿以調整支撐桿之偏擺角度。

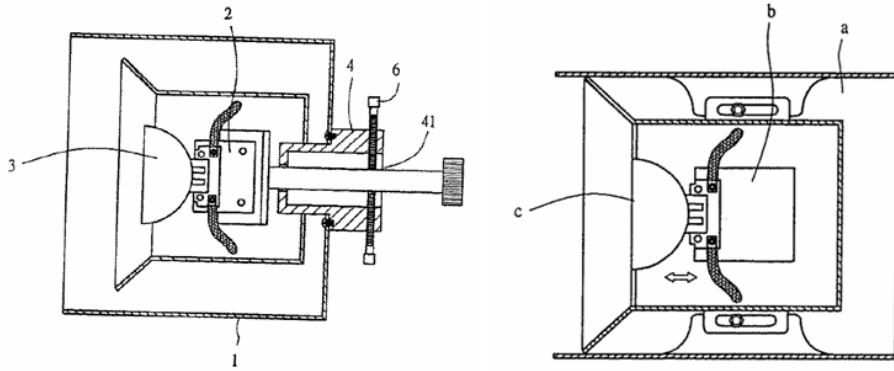


圖 6-1 投射光源中心位置之調整裝置圖

專利案號：091220106，專利名稱：燈泡調整裝置，如圖6-2所示，此專利係一種燈泡調整裝置，包括一基座、一調整模組及相對設於基座側面之調整元件及復位元件；其中調整模組包括複數個調整板，並搭配導柱與導槽相配合以連結，調整模組並與一燈泡連結後容置於基座內，再鎖固一蓋板而與基座結合；藉由旋轉調整元件，以推動調整板同時帶動燈泡作軸向位移，並利用復位元件其彈力作用而反向位移，進而達到調整燈泡位置，使燈泡光束準確對焦，以達到降低照明損失。

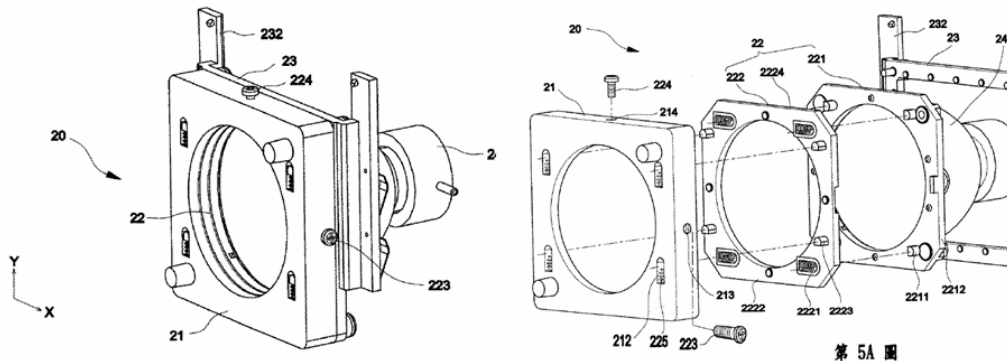


圖 6-2 燈泡調整裝置圖

專利案號：094100102，專利名稱：可調整之光源模組及其應用

之投影裝置，如圖6-3所示，此專利提出一種光源模組，係架設於一殼體(Housing)處，光源模組包括一光源和一燈座。與光源的一光軸垂直之平面上具有一X軸方向和一Y軸方向，且X軸方向和Y軸方向係相互垂直。光源架設在燈座內，燈座之一端具有一固定塊以將燈座固定於殼體上。固定塊至少包括一第一表面和一第二表面，且第一表面與第二表面分別與X軸方向和Y軸方向平行，第一表面與第二表面上具有一調整機構，以調整固定塊在X軸方向或Y軸方向上之移動。

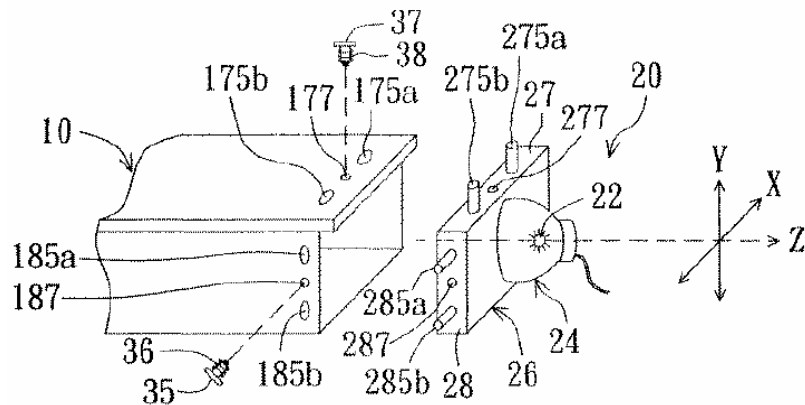


圖 6-3 可調整之光源模組及其應用之投影裝置圖

專利案號：094200493，專利名稱：可調整之投影系統光源裝置，如圖6-4所示，此專利提供一種投影系統之光源裝置，其包括：一基座；一調整框架，其具有一容槽及一轉軸，該調整框架係藉該轉軸而軸設於該基座上；一燈泡，其係套設於該調整框架之該容槽中，用以提供該投影系統所需之光源；以及一偏心元件，設置於該基座之一側，並與該調整框架抵頂，其中藉由致動該偏心元件，使得該調整框架依該轉軸而旋轉，並進而帶動該燈泡，以調整該光源裝置之聚焦位

置。藉由本創作之調整，可提昇投影系統光源裝置之光線收集效率以增加亮度，並獲得較佳之亮度均勻性。

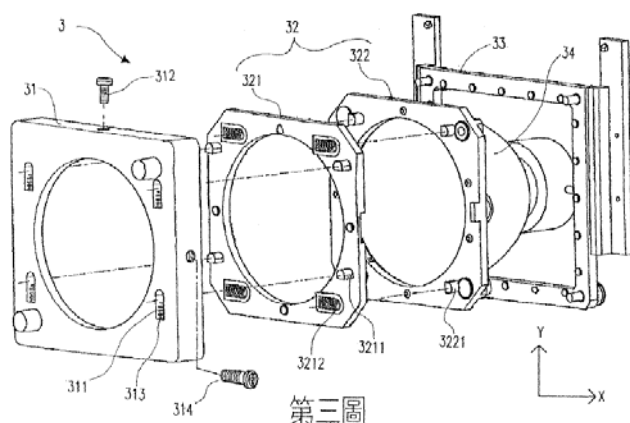


圖 6-4 可調整之投影系統光源裝置圖

專利案號：094147326，專利名稱：光源調整裝置及其調整方法，如圖6-5所示，此專利係有關於一種光源調整裝置，其包括：一承座，具有複數個調整單元，該承座設有複數個固定元件基座，該承座之側面設有複數個調整元件；一托盤，係容置於該複數個調整單元內，且該托盤具有與該複數個調整元件相對應的複數個壓力板，該複數個壓力板可將一發光體嵌置於複數個固定元件基座相對應且與該複數個固定元件基座結合的複數個固定元件，該彈性體可施加一正向推力於該發光體使其確實貼合於該承座。

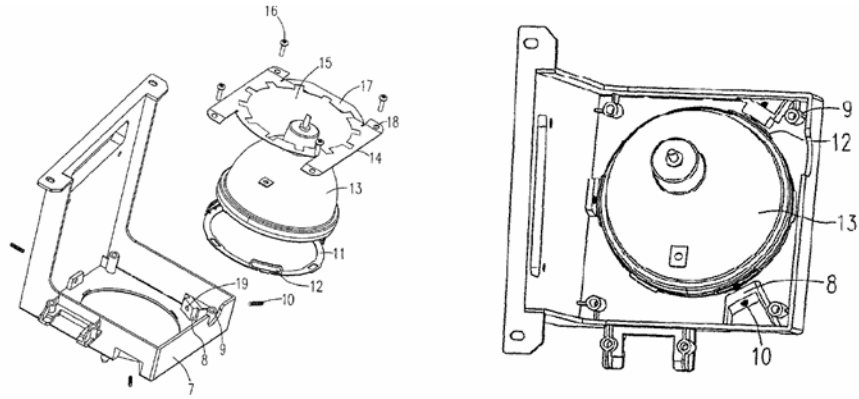


圖 6-5 光源調整裝置及其調整方法圖

專利案號：094122481，專利名稱：投影系統之光源調整裝置，
 如圖6-6所示，此專利提供一種投影系統之光源調整裝置，該光源調整裝置利用一連接框架、一調整框架、以及位於同一平面的一第一調整元件、一第二調整元件的組合，來形成一個可於同一平面上即能調整二個方向之燈泡焦距位置的光源調整裝置。

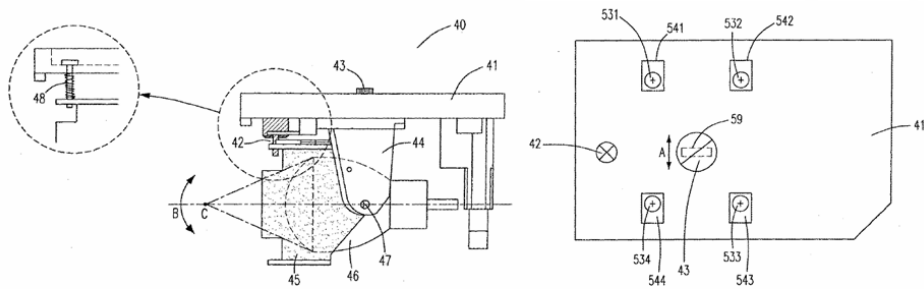


圖 6-6 投影系統之光源調整裝置圖

6.2 三軸向可調燈模組專利說明

一般的投影裝置針對照明系統並無調整機制。因此用來架設光源的燈座(Lamp Holder)一般是直接固定在殼體上，例如在燈座一端的固定塊上以一螺絲直接鎖定於殼體處，一旦組裝後即鎖附固定無法再

做調整。若燈座的材料昂貴將因良率問題而造成生產成本居高不下，且不能調整的光源使光學品質無法最佳化，沒有生產組裝的彈性可言，所以接下來將探討燈模組設計成可調整，此一裝置可提升投影系統光源效率，提高亮度。

以下為本論文針對燈源聚焦點定位所設計的新型多軸調整模組各零件說明[20]，如圖 6-7、圖 6-8、圖 6-9 所示：

1、11、15 號零件為 Adjust screw 係鎖附於 screw holder 內的螺絲，用於當作 lamp holder 的旋轉軸。

2、13、14 號零件為 Spring 係套於 screw holder 外，提供一壓縮力將 lamp holder 往左下角推的彈力件。

3 號零件為 Lamp 係組裝於 lamp holder 上的固定件。

4 號零件為 Rod 係組裝於光機上的固定件。

5 號零件為 Adjust pin 係轉動 lamp holder 的轉動件。

6 號零件為 Adjust Pin lock holder 係將 Adjust pin 固定於 lamp holder 的固定件。

7、12 號零件為 Screw holder 係 lamp holder support 上有內螺牙，供 adjust screw 於其上轉動用。

8 號零件為 Lamp holder support 係固定於 lamp plate 上，用於承托 adjust pin 並間接讓 lamp holder 固定。

9 號零件為 Lamp holder 係用於固定燈，X-Y 軸向的移動是 lamp holder 的移動。

10 號零件為 Lamp plate 係固定所有零件於上之插拔件。

16 號零件為 Lamp cover 係固定 adjust screw，並有內螺牙，adjust screw 轉動可以使得整個 lamp module 做 Z 軸向移動

17 號零件為 Lamp housing 係包附整個燈模組於其內的固定件。

18 號零件為 Engine 係固定積分柱等光學零件的光機。

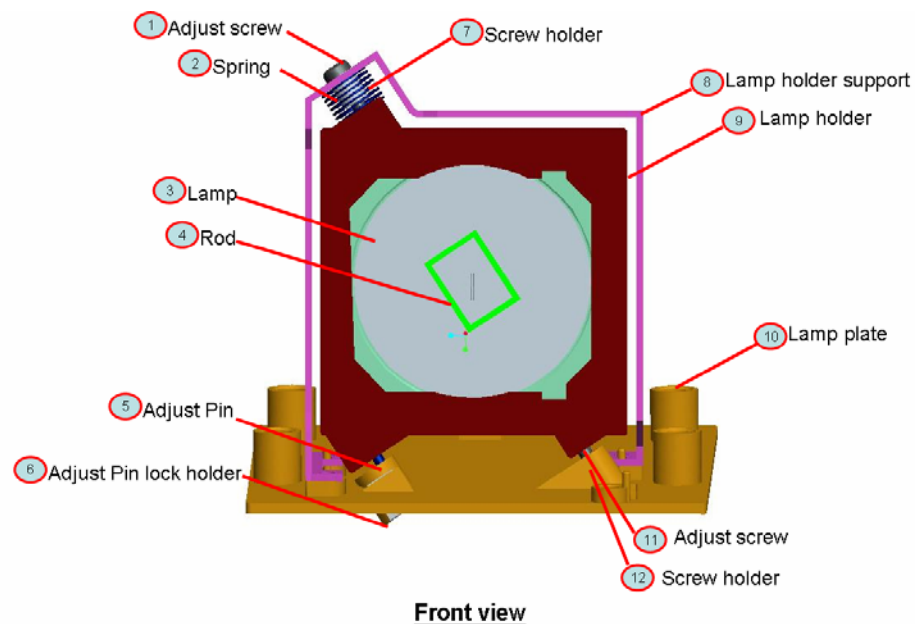


圖 6-7 調整模組前視圖

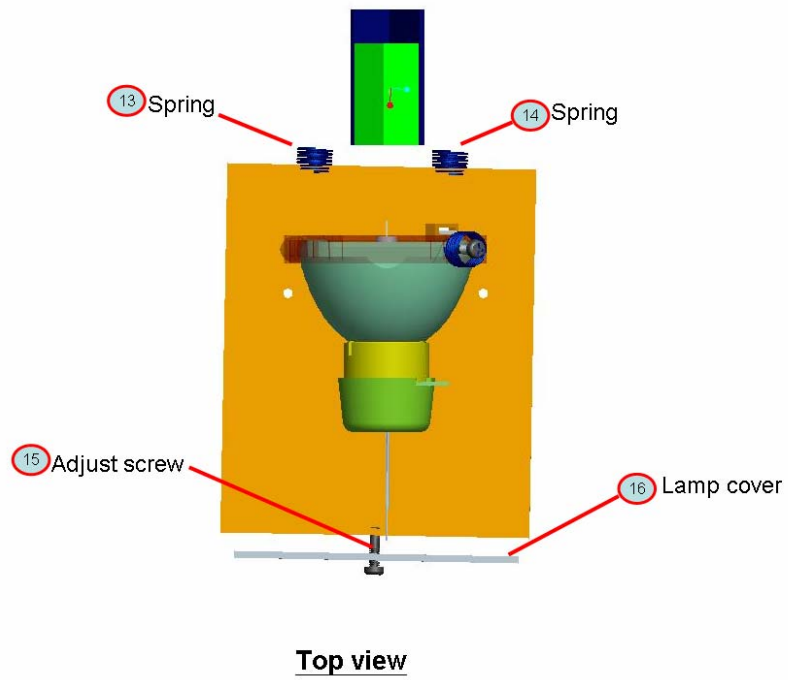


圖 6-8 調整模組俯視圖

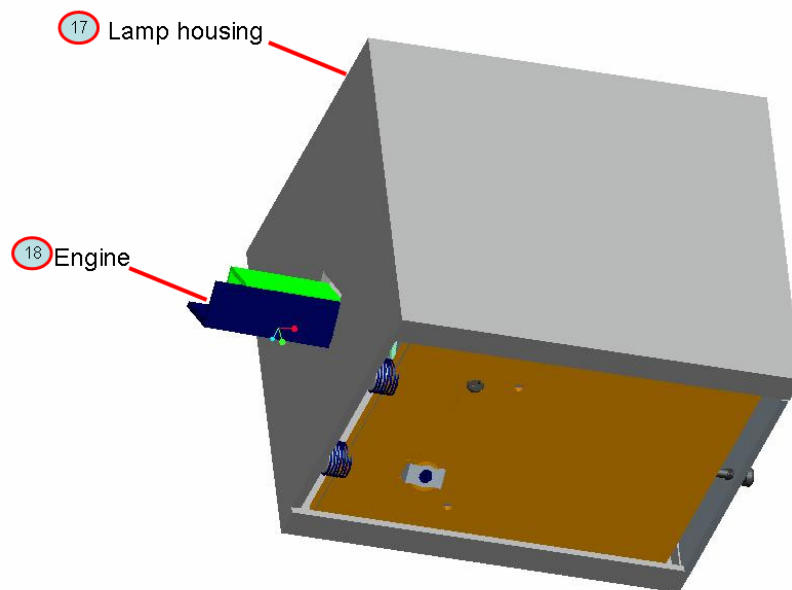


圖 6-9 調整模組

如圖 6-10 所示，Adjust screw 與 Lamp holder 為軸孔配合，固定 Lamp holder 並限制其運動方向為右下至左上之對角移動。

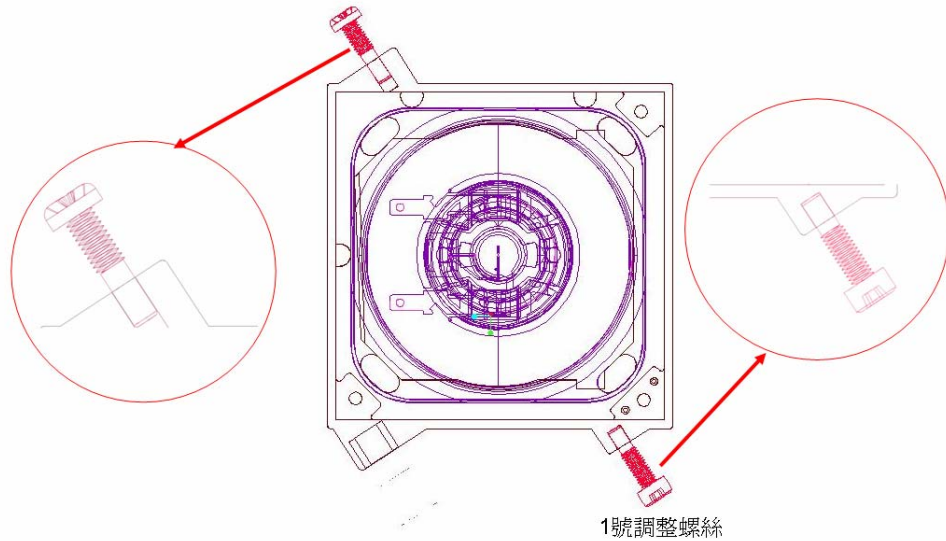


圖 6-10 1 號調整螺絲與燈固定座圖

如圖 6-11 所示，左上角的 Adjust screw 內裝入彈簧將 Lamp holder 往右下角推，右下角的 Adjust screw 順時針旋轉時，施於力量將 Lamp holder 往左上角推，逆時針旋轉時，彈簧的力量將 Lamp holder 往右下推，以上的機構可使燈模組有 X 軸向的調整機制。

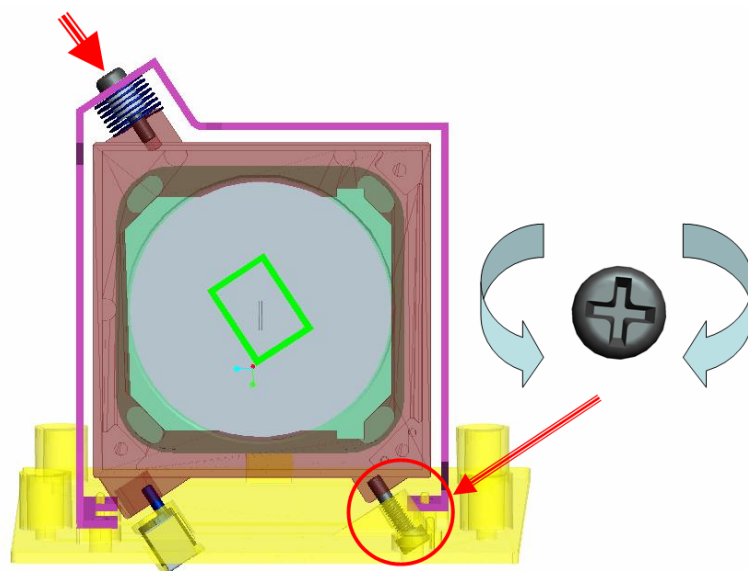


圖 6-11 X 軸向調整機制圖

如圖 6-12、6-13 所示，利用左上與右下的螺絲當轉動支點，並於左下角利用偏心圓棒，當旋轉件趨使 Lamp holder 做上下的偏擺運動，利用轉動 Adjust pin(曲柄軸)帶動 Lamp holder 做上下的角度擺動，順時針轉 Lamp holder 往上，逆時針轉 Lamp holder 往下，以上的機構可使燈模組有 Y 軸向的調整機制。

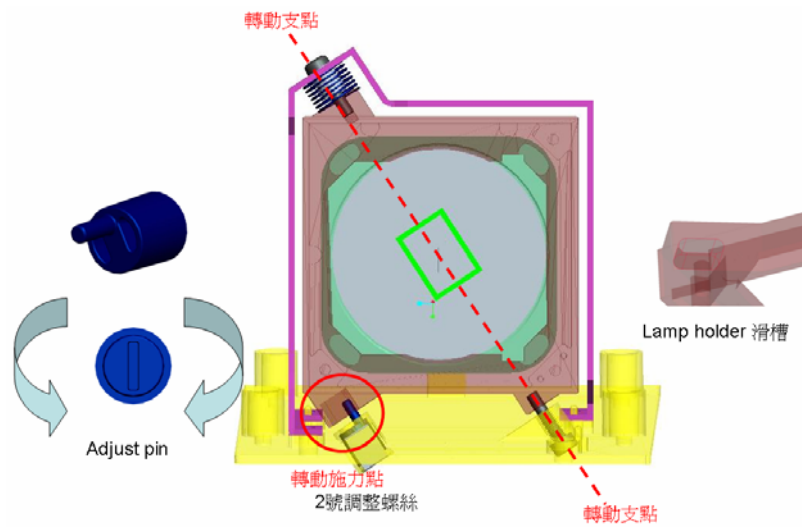


圖 6-12 2 號調整螺絲與燈固定座圖

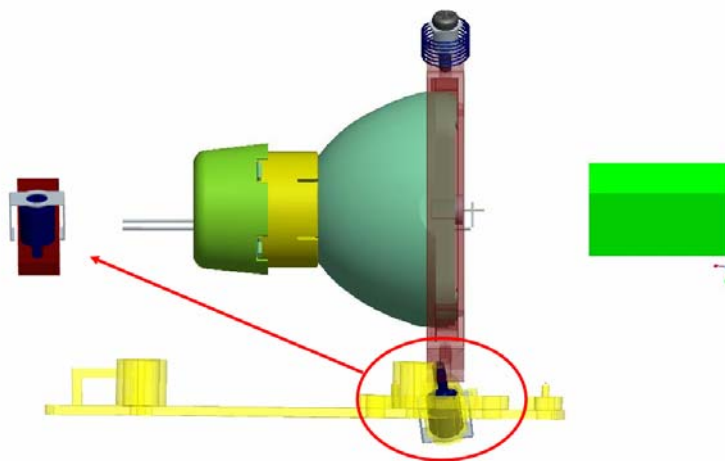


圖 6-13 Y 軸向調整機制圖

如圖 6-14 所示，於 Lamp module 前端固定二個彈簧，利用轉動後端 Adjust screw 帶動 Lamp module 做前後的移動，以上的機構可使燈模組有 Z 軸向的調整機制。

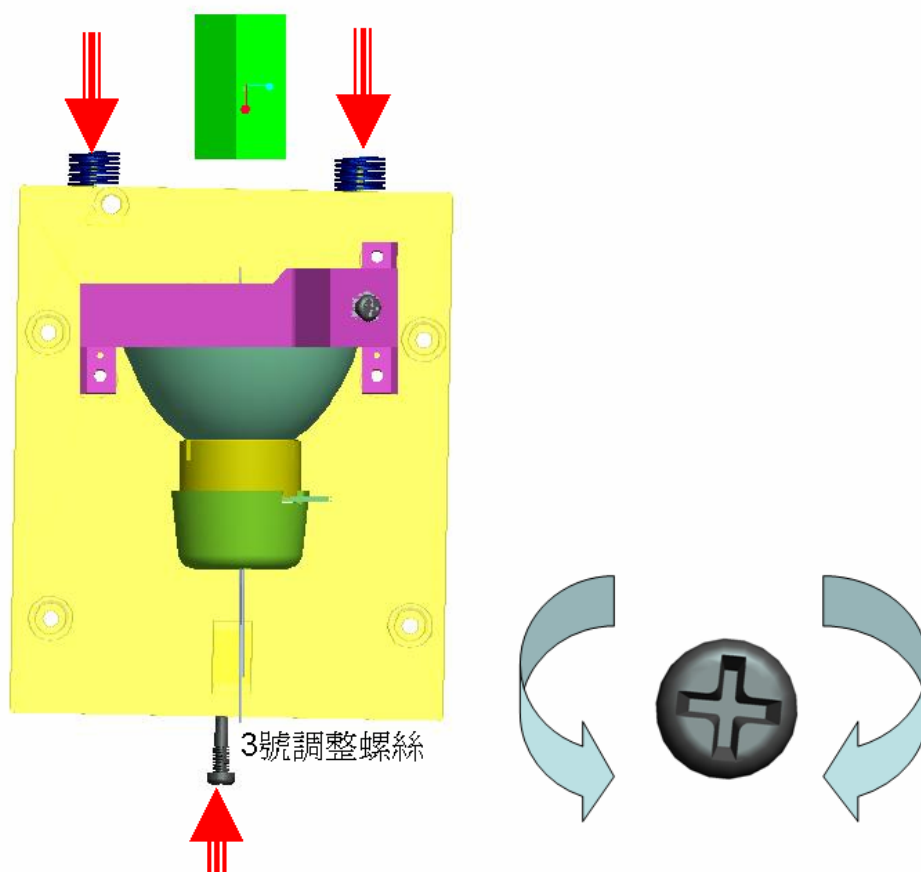


圖 6-14 3 號調整螺絲與燈固定座圖

6.3 燈模組空間偏移量模擬數據

燈模組設計完成後，接下來要探討燈進入積分柱的偏移量相對於投影機的亮度值影響程度，有此資料後，我們就可以利用資料來反推在使用燈調整模組時，該如何做調整，如圖 6-15 所下，積分柱中心假設為 A，燈心聚焦點假設為 A'，當 A 與 A' 位值重合時，即 A 相

對於 A' 的誤差向量為 $(0, 0, 0)$ 可得最高亮度 3450 流明，反之 AA' 誤差向量值越大亮度越低影響越大。

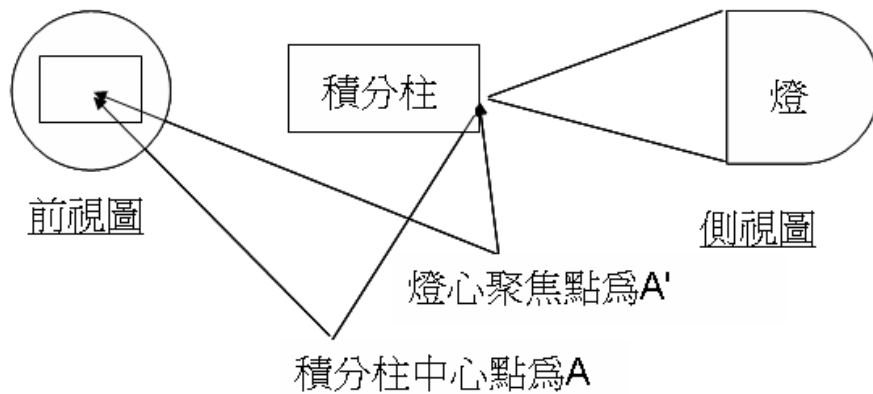


圖 6-15 積分柱與燈模組相對位置圖

如圖 6-16 所示，以空間概念而論， AA' 誤差向量為圓點中心即 $(0, 0, 0)$ ，將可移動位置分為 8 個空間象限，8 個空間象限假設各有極限量，所以 A 相對於 A' 的誤差向量於 xyz 向量上每 1mm 取一差量，可於空間取出 27 座標點，將這 27 坐標點於光學模擬軟體 ASAP 內模擬其亮度值可得表 6-1，並將之亮度結果以不同座標圓球直徑表示，3400~3499 流明圓球直徑為 0.4mm，3300~3399 流明圓球直徑為 0.35mm，3200~3299 流明圓球直徑為 0.3mm，3100~3199 流明圓球直徑為 0.25mm，3000~3099 流明圓球直徑為 0.2mm，2900~2999 流明圓球直徑為 0.15mm，2800~2899 流明圓球直徑為 0.1mm，2700~2799 流明圓球直徑為 0.05mm，將 27 座標點亮度值相對圓球直徑大小於空間表示可得，如圖 6-17 所示。

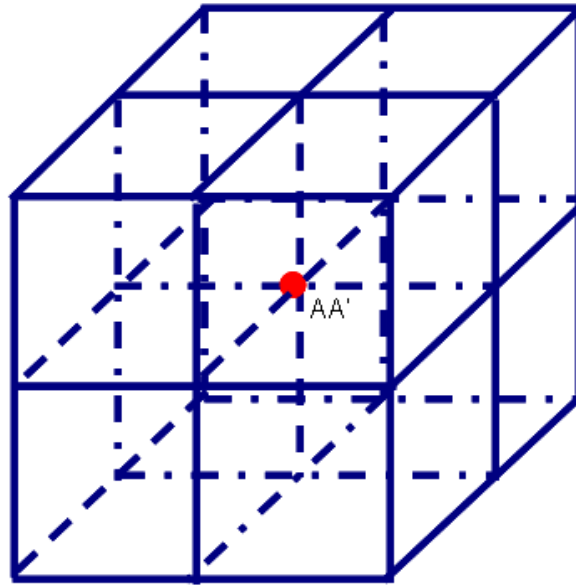


圖 6-16 積分柱與燈模組相對位置象限圖

由表 6-1、圖 6-17 可以看出，以 x 為 -1 時之 $y-z$ 面來看，當燈心聚焦點 A' 往下即負向時其對亮度的影響較往上即正向時來的嚴重，即亮度越小。與 x 為 -1 時比較，以 x 為 1 時之 $y-z$ 面來看，當燈心聚焦點 A' 往下即負向時對亮度的影響較往上即正向時亮度較暗，但其變化以正向較嚴重，負向較趨緩，由 $(0, 0, 1)$ 與 $(0, 0, -1)$ 的亮度值可知 Z 軸向的移動對於燈模組的光進入積分柱的能量，影響較小，亮度值變化在 50 流明內，亮度皆在 3400 流明以上。由 $(1, 0, 0)$ 與 $(-1, 0, 0)$ 的亮度值可知 X 軸向的移動對於燈模組的光進入積分柱的能量，影響較 Z 軸大，但亮度值變化也僅在 150 流明內，亮度皆在 3300 流明以上。由 $(1, 0, 1)$ $(1, 0, -1)$ $(-1, 0, 1)$ $(-1, 0, -1)$ 的亮度值可知 X 軸向和 Z 軸向一起移動時對於燈模組的光進入積分柱的能量，亮度值變化在 200 流明內，亮度皆在 3250 流明以上。

表 6-1 27 座標點的亮度值

項次	座標(mm)(A 相對於 A'的誤差向量)	Rays	亮度(流明)	座標圓球直徑 (mm)
1	(0,0,0)	74810	3450	0.4
2	(0,0,1)	74565	3439	0.4
3	(0,0,-1)	74219	3423	0.4
4	(0,1,0)	68082	3140	0.25
5	(0,1,1)	68142	3142	0.25
6	(0,1,-1)	67137	3096	0.2
7	(0,-1,0)	63369	2922	0.15
8	(0,-1,1)	63278	2918	0.15
9	(0,-1,-1)	62559	2885	0.1
10	(1,0,0)	71688	3306	0.35
11	(1,0,1)	71571	3301	0.35
12	(1,0,-1)	70732	3262	0.3
13	(1,1,0)	64827	2990	0.15
14	(1,1,1)	64969	2996	0.15
15	(1,1,-1)	63609	2933	0.15
16	(1,-1,0)	61444	2834	0.1
17	(1,-1,1)	61449	2834	0.1
18	(1,-1,-1)	60248	2778	0.05
19	(-1,0,0)	71583	3301	0.35
20	(-1,0,1)	71451	3295	0.3
21	(-1,0,-1)	70693	3260	0.3
22	(-1,1,0)	65532	3022	0.2
23	(-1,1,1)	65665	3028	0.2
24	(-1,1,-1)	64292	2965	0.15
25	(-1,-1,0)	60182	2775	0.05
26	(-1,-1,1)	60143	2774	0.05

27	(-1,-1,-1)	59128	2727	0.05
----	------------	-------	------	------

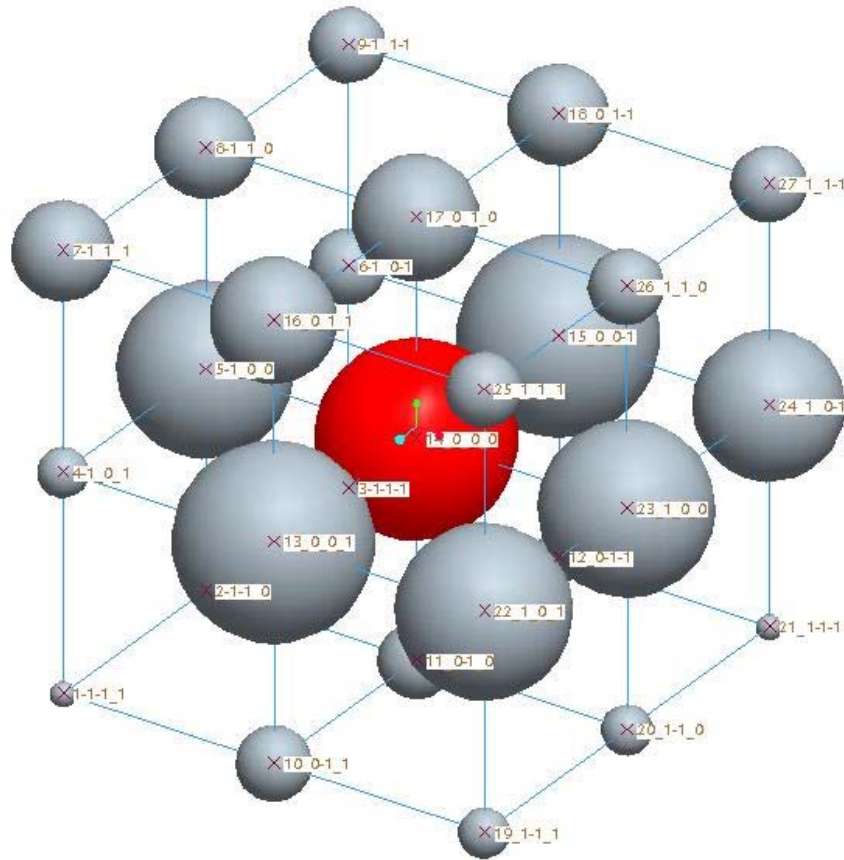


圖 6-17 空間 27 座標點亮度值相對圓球直徑大小圖

6.4 燈模組 XYZ 軸向偏移量模擬數據

為了更準確判斷 XYZ 各軸向對於燈偏移造成亮度值變化所帶來的影響，所以再將 XYZ 軸每 0.1mm 取一變異量，探討每一軸向由 0mm 到正負 1.5mm，於 ASAP 模擬後所得亮度的結果於以下表格，表 6-2 為正 X 軸向，表 6-3 為負 X 軸向，表 6-4 為正 Y 軸向，表 6-5 為負 Y 軸向，表 6-6 為正 Z 軸向，表 6-7 為負 Z 軸向，再將每一軸向於每 0.1mm 的誤差向量所得的亮度值與(0, 0, 0)向量做比較，可以得到表 6-8 為 X 與-X 軸向比較，表 6-9 為 Y 與-Y 軸向比較，表 6-10 為 Z 與-Z 軸向

比較，最後表 6-11 為 XYZ 軸向比較，表 6-12 為 -X-Y-Z 軸向比較，表 6-13 為 XYZ-X-Y-Z 六軸向的比較，結果顯示軸向對於亮度的敏感度為 -Y 軸 > Y 軸 > -X 軸 > X 軸 > -Z 軸 > Z 軸。

表 6-2 正 X 軸向的亮度值

項次	座標(mm)(A 相對於 A'的誤差向量)	Rays	亮度(流明)	與(0,0,0)向量的亮度差異(流明)
1	(0,0,0)	74810	3450	0
2	(0.1,0,0)	74785	3449	1
3	(0.2,0,0)	74749	3447	3
4	(0.3,0,0)	74612	3441	9
5	(0.4,0,0)	74425	3432	18
6	(0.5,0,0)	74178	3421	29
7	(0.6,0,0)	73833	3405	45
8	(0.7,0,0)	73419	3386	64
9	(0.8,0,0)	72944	3364	86
10	(0.9,0,0)	72332	3336	114
11	(1.0,0,0)	71688	3306	144
12	(1.1,0,0)	70961	3272	178
13	(1.2,0,0)	70128	3234	216
14	(1.3,0,0)	69166	3190	260
15	(1.4,0,0)	68077	3139	311
16	(1.5,0,0)	66876	3084	366

表 6-3 負 X 軸向的亮度值

項次	座標(mm)(A 相對於 A'的誤差向量)	Rays	亮度(流明)	與(0,0,0)向量的亮度差異(流明)
1	(0,0,0)	74810	3450	0
2	(-0.1,0,0)	74776	3448	2
3	(-0.2,0,0)	74689	3444	6
4	(-0.3,0,0)	74514	3436	14

5	(-0.4,0,0)	74259	3425	25
6	(-0.5,0,0)	74003	3413	37
7	(-0.6,0,0)	73680	3398	52
8	(-0.7,0,0)	73285	3380	70
9	(-0.8,0,0)	72801	3357	93
10	(-0.9,0,0)	72257	3332	118
11	(-1.0,0,0)	71583	3301	149
12	(-1.1,0,0)	70827	3266	184
13	(-1.2,0,0)	69980	3227	223
14	(-1.3,0,0)	69034	3184	266
15	(-1.4,0,0)	67999	3136	314
16	(-1.5,0,0)	66892	3085	365

表 6-4 正 Y 軸向的亮度值

項次	座標(mm)(A) 相對於 A'的誤 差向量	Rays	亮度(流明)	與(0,0,0)向量的 亮度差異(流明)
1	(0,0,0)	74810	3450	0
2	(0,0.1,0)	74824	3451	-1
3	(0,0.2,0)	74747	3447	3
4	(0,0.3,0)	74456	3434	16
5	(0,0.4,0)	74098	3417	33
6	(0,0.5,0)	73503	3390	60
7	(0,0.6,0)	72730	3354	96
8	(0,0.7,0)	71842	3313	137
9	(0,0.8,0)	70807	3265	185
10	(0,0.9,0)	69611	3210	240
11	(0,1.0,0)	68082	3140	310
12	(0,1.1,0)	66474	3066	384
13	(0,1.2,0)	64666	2982	468
14	(0,1.3,0)	62634	2888	562
15	(0,1.4,0)	60418	2786	664
16	(0,1.5,0)	57941	2672	778

表 6-5 負 Y 軸向的亮度值

項次	座標(mm)(A 相對於 A'的誤 差向量	Rays	亮度(流明)	與(0,0,0)向量的 亮度差異(流明)
1	(0,0,0)	74810	3450	0
2	(0,-0.1,0)	74515	3436	14
3	(0,-0.2,0)	74071	3416	34
4	(0,-0.3,0)	73388	3384	66
5	(0,-0.4,0)	72560	3346	104
6	(0,-0.5,0)	71599	3302	148
7	(0,-0.6,0)	70436	3248	202
8	(0,-0.7,0)	68973	3181	269
9	(0,-0.8,0)	67365	3107	343
10	(0,-0.9,0)	65442	3018	432
11	(0,-1.0,0)	63369	2922	528
12	(0,-1.1,0)	61148	2820	630
13	(0,-1.2,0)	58818	2712	738
14	(0,-1.3,0)	56181	2591	859
15	(0,-1.4,0)	53264	2456	994
16	(0,-1.5,0)	50087	2310	1140

表 6-6 正 Z 軸向的亮度值

項次	座標(mm)(A 相對於 A'的誤 差向量	Rays	亮度(流明)	與(0,0,0)向量的 亮度差異(流明)
1	(0,0,0)	74810	3450	0
2	(0,0,0.1)	74798	3449	1
3	(0,0,0.2)	74764	3448	2
4	(0,0,0.3)	74759	3448	2
5	(0,0,0.4)	74764	3448	2
6	(0,0,0.5)	74743	3447	3
7	(0,0,0.6)	74720	3446	4
8	(0,0,0.7)	74691	3445	5
9	(0,0,0.8)	74650	3443	7
10	(0,0,0.9)	74599	3440	10

11	(0,0,1.0)	74565	3439	11
12	(0,0,1.1)	74483	3435	15
13	(0,0,1.2)	74424	3432	18
14	(0,0,1.3)	74353	3429	21
15	(0,0,1.4)	74263	3425	25
16	(0,0,1.5)	74172	3421	29

表 6-7 負 Z 軸向的亮度值

項次	座標(mm)(A 相對於 A'的誤 差向量	Rays	亮度(流明)	與(0,0,0)向量的 亮度差異(流明)
1	(0,0,0)	74810	3450	0
2	(0,0,-0.1)	74789	3449	1
3	(0,0,-0.2)	74787	3449	1
4	(0,0,-0.3)	74728	3446	4
5	(0,0,-0.4)	74675	3444	6
6	(0,0,-0.5)	74605	3441	9
7	(0,0,-0.6)	74550	3438	12
8	(0,0,-0.7)	74467	3434	16
9	(0,0,-0.8)	74395	3431	19
10	(0,0,-0.9)	74291	3426	24
11	(0,0,-1.0)	74219	3423	27
12	(0,0,-1.1)	74105	3417	33
13	(0,0,-1.2)	73988	3412	38
14	(0,0,-1.3)	73819	3404	46
15	(0,0,-1.4)	73678	3398	52
16	(0,0,-1.5)	73493	3389	61

表 6-8 X 與 -X 軸向亮度比較表

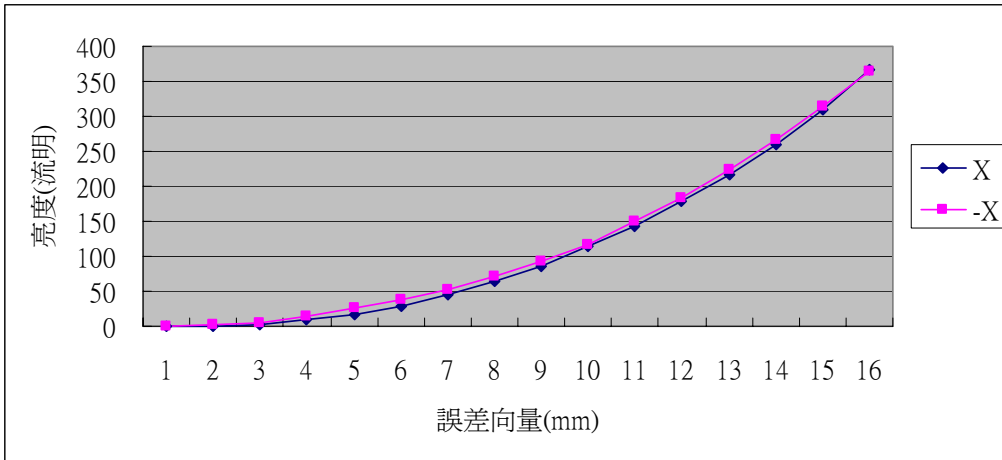


表 6-9 Y 與 -Y 軸向亮度比較表

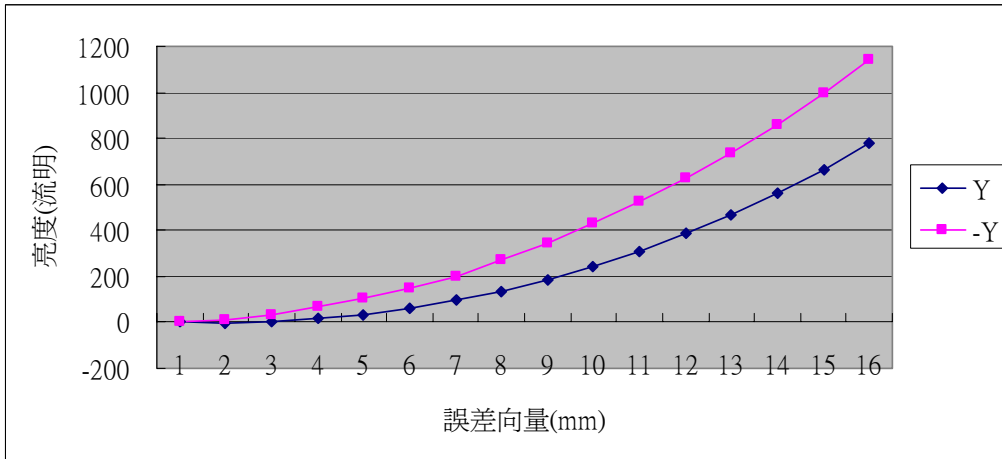


表 6-10 Z 與 -Z 軸向亮度比較表

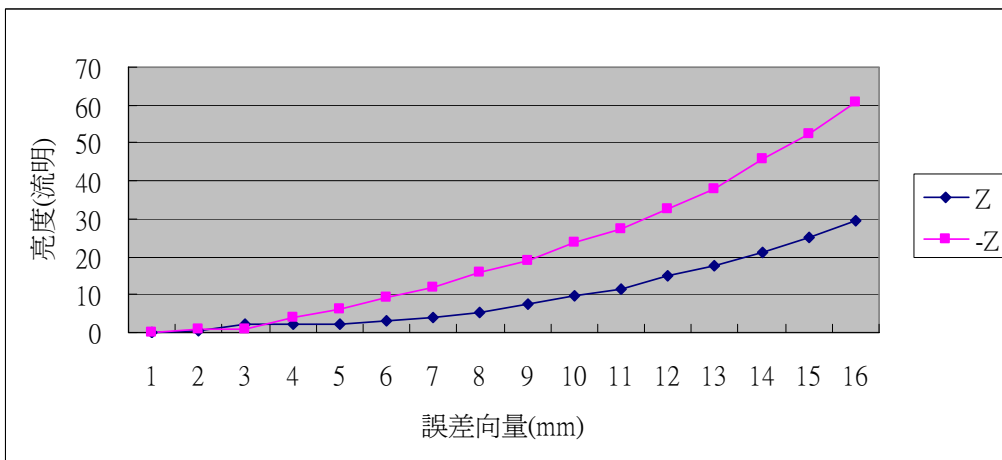


表 6-11 XYZ 軸向亮度比較表

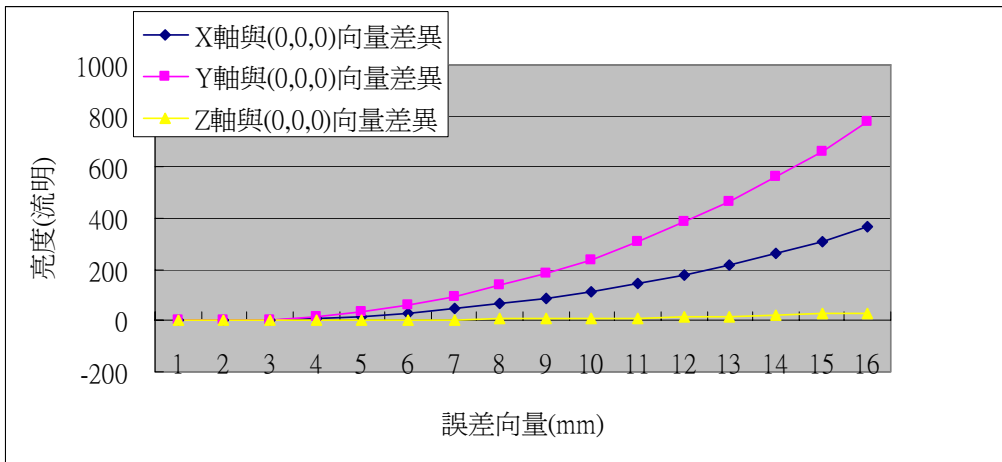


表 6-12 -X-Y-Z 軸向亮度比較表

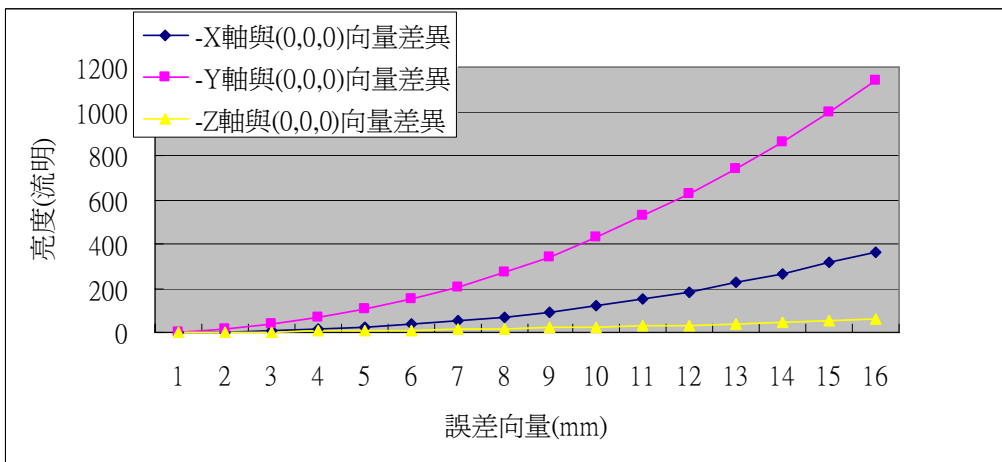
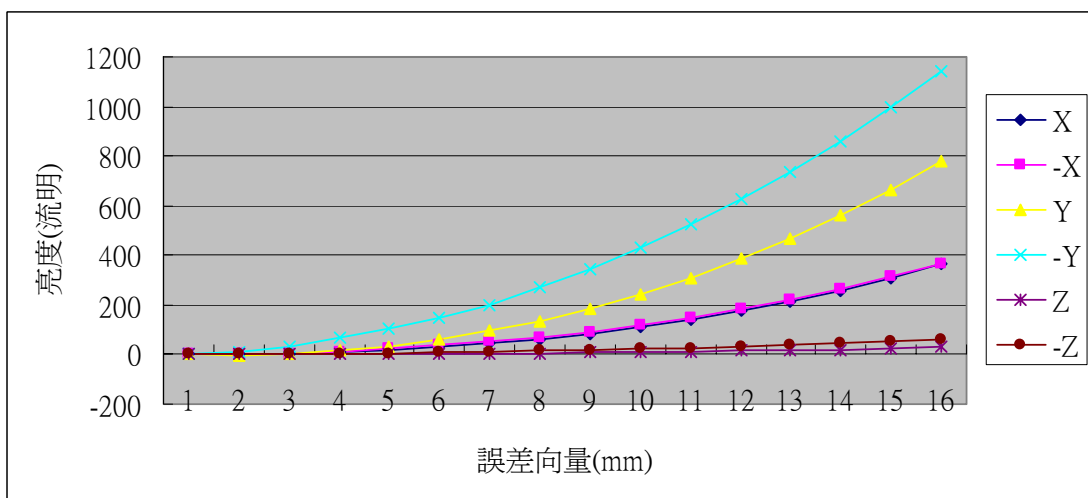


表 6-13 XYZ - X-Y-Z 軸向亮度比較表



6.5 三軸向可調燈模組調整流程

由上節的圖表分析可得知亮度對於軸向的敏感度為-Y軸>Y軸
>-X軸>X軸>-Z軸>Z軸，所以調整時，先以敏感度最大的軸向來調整，
以下將針對本調燈模組，提供給生產人員做為生產時之作業指導流程
如圖 6-18、圖 6-19、圖 6-20。

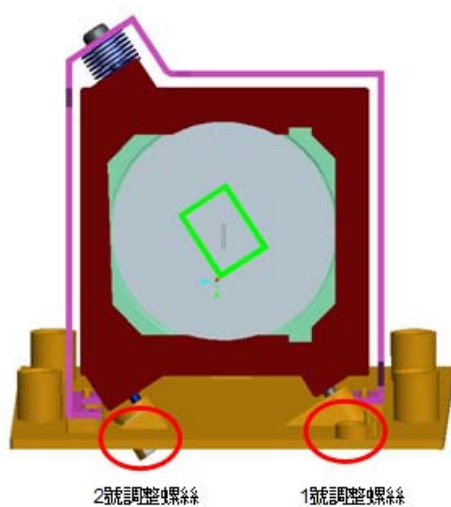


圖 6-18 1、2 號螺絲位置示意圖



圖 6-19 3 號螺絲位置示意圖

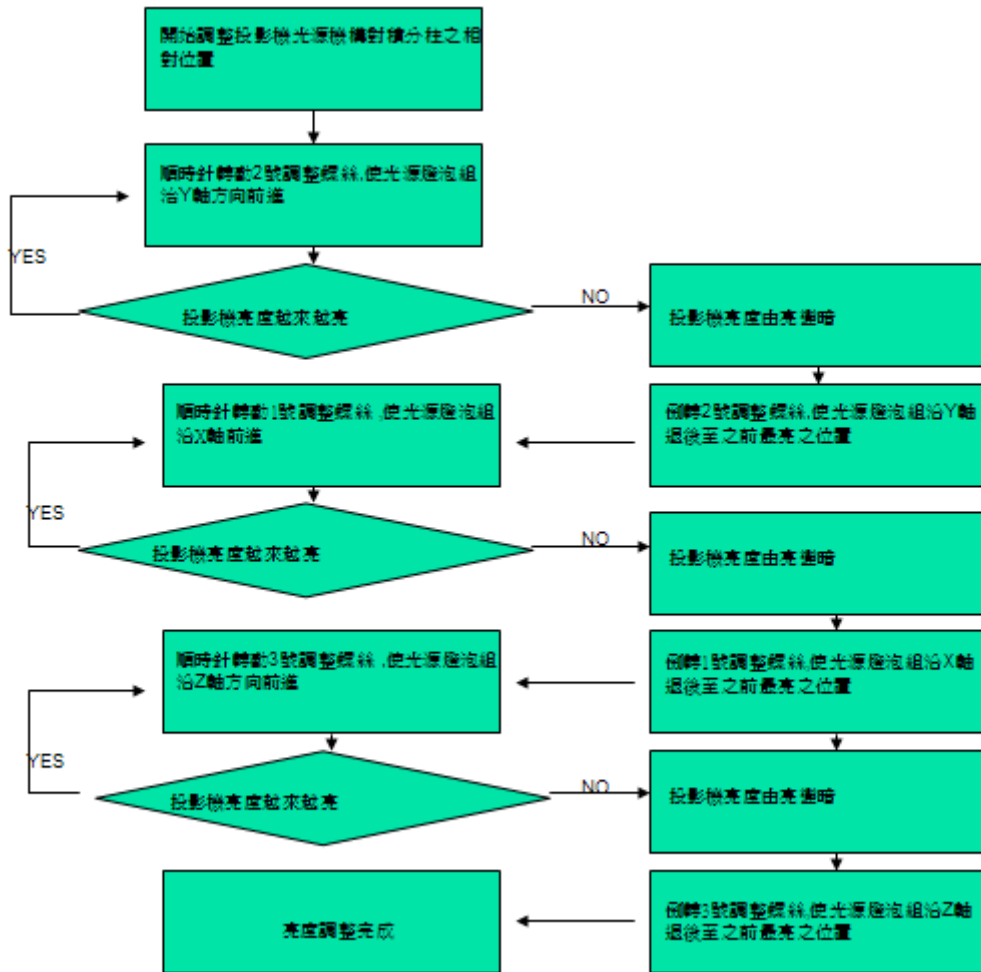
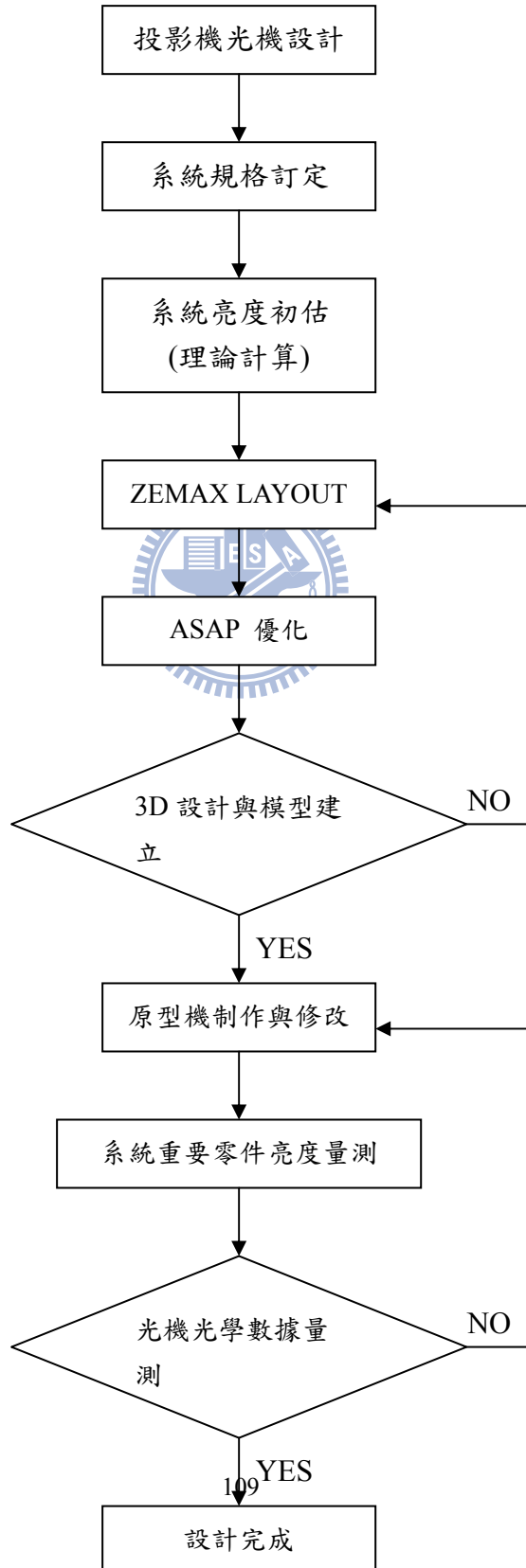


圖 6-20 調燈模組作業流程圖

七、結論與未來展望

綜合本研究之實驗與模擬分析之結果，經過歸納分析之後，整理出一套投影機光學設計的流程供相關研究單位參考。



7.1 結論

在無數次的實驗過程中發現，通常影響投影機亮度的因素有以下幾種：

(一)橢圓燈泡：燈泡本身的因素有兩種。一個是燈泡本身不夠亮；另一個是燈泡 Arc 歪掉，使光源主要能量未打進 Rod 而損失。

(二)燈泡組裝：燈泡與 Rod 定位不良，有相對位移。

(三)Rod：Rod 本身定位不良，使光大量損失。

(四)光學元件：穿透式元件的穿透率太低，或者是反射式元件的反射率太低。

(五)電子軟體：Firmware 的參數設定，如(Brightness, Contrast, Color Temperature)，沒有按照 ANSI 標準調到最佳。

(六)有些光學元件沒有安裝，裝錯，裝反或脫落。

(七)量測儀器未校準，使量測失誤，例如：測試治具、測試精度。

(八)人員誤差，量測數據判讀錯誤。

經過第五章完整的實驗架構後，可得到實驗與模擬結果相符且一致，Engine 與 Lamp Holder 組裝經由新的定位設計，原本有 50%的不良生產比率降為 30%的不良生產比率，結果顯示此控制因子獲得相當大的改善，但仍無法滿足組裝公差在正負 0.1mm 以內調整的微調範圍需求，因此，本研究在第六章設計新型燈源可調模組(Lamp module)

的機構，並模擬分析其微調機制對於亮度改善、良率提高的功效，並可得以下結論：

- 由實驗趨勢線得知影響亮度極大的因素為Lamp、DMD、Color wheel與Lens，但是此四因素皆可透過品質的管控而獲得控制。
- 由實驗趨勢線得知影響亮度最大的因素為光機(Engine)與燈座承托支架(lamp holder)的組裝定位與光機上蓋(Engine top)的結構設計，此三因素目前仍待改善，需重新設計並加以定義生產公差。
- 由實驗結果發現，投影機光機設計的重點在於光機的定位與組件品質的管控。



本研究在第五章成功設計出光源定位承托架構，使良率由50%提昇到70%，在第六章更進一步提出三軸向光源定位可調模組，經由模擬分析，結果確信此可調模組有機會將良率由70%提升至接近100%，並可得以下結論：

- 需加以嚴格定義零件品質的管控重點，尤其是燈模組與積分柱的組裝零件，其精度需控制在0.1mm以內。
- 若燈模組僅有X軸偏移，並且偏移量在0.6mm(含)與-0.5mm(含)內，其亮度變化在3400流明之內。若燈模組僅有Y軸偏移，並且偏移量在0.4mm(含)與-0.2mm(含)內，其亮度變化在3400流明之

內。若燈模組僅有Z軸偏移，並且偏移量在1.5mm(含)與-1.3mm(含)內，其亮度變化在3400流明之內。

- 由燈偏移ASAP模擬數據可知，偏移量對於亮度變化的影響程度以 $-Y$ 軸 $>Y$ 軸 $>-X$ 軸 $>X$ 軸 $>-Z$ 軸 $>Z$ 軸。

根據以上的結論，本文於實驗後所需進行的研究討論重點在排除光學零件來料品質問題後，需加強LAMP 與光機間的定位機制，並且需考慮組裝程序與步驟對於投影機亮度不足所帶來的影響。本論文在實驗分析過程中，曾努力從材料觀點來研究光學零件鍍膜層對亮度的影響，但礙於進料品管對鍍膜特性方面檢驗的限制，若將鍍膜之因素考慮進此分析系統，將影響實驗結果判斷的時效，故分析是選取以影響亮度較明顯的燈源亮度值等因素做較積極的探討。

模組化投影機的概念突破，對於改善投影機光機的成本來說是非常重要的，由於光機目前解析度需求越來越多樣，在高解析度與中解析度並行的市場上，都有其特定消費族群，所以將光機設計成可置換不同解析度的DMD，將可大大減少模具成本的支出。

7.2 未來展望

- 因礙於光學零件的鍍膜特性受限於檢驗因素的影響無法於本論文研究時考量進去分析過程中，故未來研究者可將此方面不足之處補足。

- 三軸向可調整燈模組，雖經模擬的反覆驗證，證明其可調範圍可將投影機亮度提昇到與預期一樣，但條件是需搭配高精密與嚴格的生產過程，目前礙於產線還未設置，故無法加以驗證，盼相關廠商能導入之。
- 因為科技的發展日新月異，而投影機的相關新技術亦有許多的進展，本文只對最基本的投影機高壓水銀燈光源做討論，但是目前投影機已開始導入LED光源與雷射光源，因LED與Laser光源的發光模式不同，希望相關研究人員可以導入於此光機再驗證之。
- 光學模擬是需要經驗，若理論基礎越紮實，經驗越豐富，越能設計出好的產品，共勉之。



參考文獻

- [1]. 蕭增科，“液晶投影顯示器之光源模組設計”，光學工程 第58期
pp.42-46，民國86年6月。
- [2]. H. Moench, G. Derra, E. Fischer and X. Riederer, “Arc
Stabilisation for Short Arc Projection Lamps” , SID 00
DIGEST, pp84-87, 2000
- [3]. Edward H. Stupp, Matthew S. Brennesholtz, Projection
Display, John Wiley & Sons Ltd, Baffin’ s Lane, Chichester,
West Sussex P019 1UD, England, 1999
- [4]. L. J. Hornbeck, “Digital Light Process for High Brightness,
High Resolution Applications,” Proc. Of SPIE 3013,
pp. 27-40, 1997.
- [5]. L. J. Hornbeck, “Digital Light Processing and MEMS: Timely
Convergence for a Bright Future” , Texas Instruments Inc.,
Dallas, Texas, 1997
- [6]. M. R. Douglass, “Lifetime Estimates and Unique Failure
Mechanisms of the Digital Micromirror Device (DMD)” , Texas
Instruments Inc., Dallas, Texas, 1998.
- [7]. 王思克, 鄭竹明, 「單片式 DLP 投影機的光機引擎技術發展」, 光
訊, 86 期, 29~34 頁, 2000 年 10 月
- [8]. Vishal Markandey, Todd Clatanoff, Greg Pettitt, “Video
Process for DLP Display Systems” , Digital Video Products,
Texas Instruments Inc., Dallas, Texas, 1996

- [9]. Holger Monch, Gunther Derra and Ernst Fischer, “Optimized Light Sources for Projection Displays” , SID 1999.
- [10]. Rykowski R. and Forkner J.F., “Matching illumination system with projection optics” *Proc. SPIE*, 2407, Projection Displays, pp. 48-52, 1995.
- [11]. D. Scott Dewald, Steven M. Penn, and Michael Davis, “Sequential Color Recapture and Dynamic Filtering: A Method Of Scrolling Color” , *SID 00 DIGEST*, pp1-4, 2000.
- [12]. 黎俊和, “液晶投影機的發展介紹與對數位光源處理投影機之光機研究” , 國立交通大學機械系研究所碩士論文, 2003.
- [13]. 詹淑真, “三片式投影顯示器光機合光調整架構之研究” , 國立交通大學工學院研究所碩士論文, 2005.
- [14]. 蔡彥彬, “可變焦LED照明系統之光學元件設計” , 國立交通大學機械系研究所碩士論文, 2006.
- [15]. 張雪珍, “液晶投影顯示器中照明系統的照度量測與分析” , 國立中央大學光電系研究所碩士論文, 2002.
- [16]. 許紘齊, “精巧型矽基投影機照明系統之研究” , 長庚大學光電研究所碩士論文, 2004.
- [17]. 吳佳億, “以光線追跡及光展量來設計液晶投影顯示器的照明模組” , 元智大學電機工程研究所碩士論文, 2001.

- [18]. 李佳惠，「光學投影系統之光路設計與模擬」，逢甲大學
半導體與光電產業研發碩士論文，2006.
- [19]. 陳時偉，「數位光源處理投影系統之光學設計與光機模擬」，
元智大學電機工程研究所碩士論文，2002.
- [20]. 鄭璧瑩，「產品創新設計備忘錄 2007」，NCTU CIDM Lab.
- [21]. 朱世宏，「光學投影機之輪廓投影的研究」，國立成功大學機
械工程研究所碩士論文，2002.
- [22]. 林智清，「高功率發光二極體照明器於數位光源處理式投影機
之效能」，國立台灣科技大學電子系研究所碩士論文，2004.

