

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩 士 論 文

三片式投影顯示器光機合光調整架構之研究

Three Panels Alignment technology of
Micro Display Projector



研 究 生 ： 詹 淑 真

指 導 教 授 ： 周 長 彬 教 授

民國九十四年十一月十五日

三片式投影顯示器光機合光調整架構之研究
Three Panels Alignment technology of
Micro Display Projector

研究生：詹淑真 Student : Shu-Chen Chan
指導教授：周長彬 Advisor : Chang-Pin Chou

國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程



碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Automation and Precision
Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Automation and Precision Engineering

November 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十四 年 十一 月

三片式投影顯示器光機合光調整架構之研究

學生：詹淑真

指導教授：周長彬

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程（研究所）碩士班

摘 要

近年來眾多日新月異的顯示技術大多有各自的擅長的領域。在大尺寸顯示技術中，背投影電視市場迅速的膨脹，特別是 LCoS 技術是廣被看好的一顆新星。對量產及降低三片式微顯示面板光學引擎成本而言，合光模組製程技術的改善是非常重要的工作。本研究的動機為分析與解決現行的 LCoS 系統三片式架構合光(alignment)模組的生產瓶頸。本論文提出了一個新的合光調整機構設計概念，以使光機的合光調整製程技術更具量產性。

本文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了 LCoS Panel 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。

Three Panels Alignment technology of Micro Display Projector

student : Shu-Chen Chan

Advisors : Dr. Chang-Pin Chou

Department (Institute) of Automation and Precision Engineering

College of Engineering National Chiao Tung University

ABSTRACT

Recently, many different new display technologies are approved in the specific applications. For large size display, the market size of rear projection TV is being increased fast, especially LCoS technology is the nova of the field. For mass production and cost down of the optical engine using 3 micro-display panels, improving the technology of panel alignment is very critical. The purpose of this thesis was to analysis and resolves the bottleneck of production of panel alignment module in LCoS 3 panels' architecture. The new mechanic design concept of panel alignment was proposed in this thesis, which can improve the alignment technology in production obviously.

The optical simulation technology was used for studying the tolerance requirements of the panel alignment in 6 axes first, and then the tolerance was used to design the new mechanic alignment parts with the new concept. All parts have been made and assembled as the new alignment module. Finally, the functions of the module were tested; included LCoS panel temperature, Quarter Wave Plate (QWP) adjustment function, dust-proof test, alignment, and focusing test. The experiential results shown that the modified module is effectively to improve the alignment technology for mass production and cost down.

誌謝

兩年半的研究生生涯，使我在做事的態度上更佳有系統的規劃 及研究的精神。研究所的課程對於實際工作有很大的幫助，在此感謝指導教授周長彬博士在我攻讀碩士的期間不厭其煩的悉心照顧，老師熱心教學及誠懇待人的態度，為我立下了學習的典範。

也要給謝公司同事詹勝雄及葉雅芳在論文研究及論文實驗上的協助。謝謝論文口試委員尹慶中教授及呂宗熙教授對於論文計畫書及論文的指證及教導使論文能修正缺失。

最後感謝我父母及家人的支持讓我能順利完成論文研究的工作。



目錄

中文摘要	I
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	v
表目錄	viii
第一章 序論	1
1.1 投影顯示技術的演進史	1
1.2 微投影顯示技術的市場發展	4
1.3 微投影顯示技術的種類	6
1.4 投影顯示系統技術的發展重心	7
第二章 文獻回顧	9
2.1 系統技術指標的訂定與量測	10
2.2 微顯示投影裝置的三種系統架構說明	14
2.3 三片式微顯示器的合光技術	31
第三章 理論分析與設計	36
3.1 分析與設計之設備及資料	37
3.2 CQ3 光學引擎架構及相關元件說明	37
3.3 投影鏡頭光學模型建立與分析項目說明	42
3.4 合光模組中面板姿態精度與落塵對系統影像品質影響之需求說明	45
3.5 分合光模組機構設計需求說明	53
3.6 機構模型建立與動作原理說明	55
3.7 組裝流程	68
第四章 實驗方法與程序	76
4.1 擬用設備及資料	76
4.2 組裝調整流程	77
4.3 合光模組實驗結果	87
4.4 其他問題點分析	92
4.5 結語	95
第五章 結論	96
參考文獻	97

圖目錄

圖 1.1.1 皮影戲	1
圖 1.1.2 早期的投影顯示系統	2
圖 1.1.3 電影放影機系統架構圖	2
圖 1.1.4 OHP 傳統式投影機	3
圖 1.1.5 三槍 CRT 投影機	3
圖 1.1.6 微顯示型投影機	4
圖 1.2.1 全球前投式投影機出貨量	5
圖 1.2.2 全球 MD 背投影電視銷售值	5
圖 1.2.3 產品生命週期圖	6
圖 2.1 科勒(Kohler)照明系統	9
圖 2.2 積分陣列透鏡	10
圖 2.3 積分柱	10
圖 2.1.1 ANSI 投影系統初始調校圖像	11
圖 2.1.2 ANSI 13 點位置圖	12
圖 2.1.3 ANSI 對比量測用圖像	14
圖 2.2.1 HTPS 微顯示面板	15
圖 2.2.2 液晶工作原理	16
圖 2.2.3 三片式液晶投影機工作原理	17
圖 2.2.4 數位微鏡裝置(DMD)	18
圖 2.2.5 DMD 工作原理	18
圖 2.2.6 單片式 DLP 光機概圖	19
圖 2.2.7 三片式 DLP 光機概圖	20
圖 2.2.8 LCoS panel 工作原理	21
圖 2.2.9 反射式與穿透式面板的光出入路徑	21
圖 2.2.10 LCoS panel 的反射原理	22
圖 2.2.11 IBM 4-Cube 架構	24
圖 2.2.12 3M Vikuiti Optical Core	24
圖 2.2.13 ColorSelect 工作原理	25
圖 2.2.14 ColorQuad 分合光模組	26
圖 2.2.15 CQ3 分合光模組	27
圖 2.2.16 LMS-XT KERNEL 工作原理	27
圖 2.2.17 LMS-XT KERNEL	28
圖 2.2.18 LMS 光機之架構簡圖	29
圖 2.2.19 3-PJ Lens 外合光架構	30
圖 2.2.20 off axis LCoS 合光工作原理	31
圖 2.2.21 off axis LCoS 光機工作概念圖	31
圖 2.3.1 六軸調整概念圖	32
圖 2.3.2 機構式六軸調整機構	33
圖 2.3.3 UV 光源固化機	34
圖 2.3.4 UV 光源固化微顯示器合光架構	34
圖 2.3.5 雷射鐳接機	35
圖 3.1 實驗流程圖	36

圖 3.2.1 CQ3 架構之光學引擎	38
圖 3.2.2 CQ3 架構之光學引擎正視圖	38
圖 3.2.3 CQ3 Kernel 組裝爆炸圖	39
圖 3.2.4 CQ3 Kernel	40
圖 3.2.5 1080p / 0.7" LCoS Panel	40
圖 3.3.1 投影鏡頭二維外觀圖	43
圖 3.3.2 Spot Diagram 分析	44
圖 3.3.3 MTF 分析	44
圖 3.4.1 紅光焦點在不同成像位置時像點大小的變化情形	46
圖 3.4.2 紅光在 60lp/mm 時光軸上不同成像區間的 MTF 變化情形	47
圖 3.4.3 綠光焦點在不同成像位置時像點大小的變化情形	47
圖 3.4.4 綠光在 60lp/mm 時光軸上不同成像區間的 MTF 變化情形	48
圖 3.4.5 藍光焦點在不同成像位置時像點大小的變化情形	48
圖 3.4.6 藍光在 60lp/mm 時光軸上不同成像區間的 MTF 變化情形	49
圖 3.4.7 旋轉 Red panel ($\Theta X=0.2$ 度)	50
圖 3.4.8 旋轉 Green panel ($\Theta X=0.2$ 度)	51
圖 3.4.9 旋轉 Blue panel ($\Theta X= 0.07$ 度)	51
圖 3.4.10 LCoS panel 側視圖	52
圖 3.4.11 200 μm 及 500 μm 灰塵在 LCoS panel 保護玻璃中央位置上 時投射至螢幕上的影像狀況	53
圖 3.5.1 LCoS Panel 調整軸向定義	54
圖 3.5.2 QWP 元件旋轉調整示意	55
圖 3.6.1 LCoS Panel 模組	56
圖 3.6.2 Addressable and active area of LCoS panel	57
圖 3.6.3 Spring-Adj 與 Screw -Adj 視圖	58
圖 3.6.4 ΔZ 的動作原理	59
圖 3.6.5 Screw -Adj 之階梯式設計	60
圖 3.6.6 ΘX 為旋轉方向旋轉 Θ 量	61
圖 3.6.7 ΘZ 調整架構以及 Gear-Adj	63
圖 3.6.8 ΘZ 調整動作原理	64
圖 3.6.9 QWP 對外調整之介面	66
圖 3.6.10 面板防塵範圍	67
圖 3.6.11 面板防塵架構	68
圖 3.7.1 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 1.	69
圖 3.7.2 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 2.	70
圖 3.7.3 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 3.	70
圖 3.7.4 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 4.	71
圖 3.7.5 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 5.	71
圖 3.7.6 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 7.	71
圖 3.7.7 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 8.	72
圖 3.7.8 CQ3 分合光模組組裝爆炸圖	73
圖 3.7.9 CQ3 合光模組	74
圖 4.2.1 鏡頭合光模組組裝爆炸圖	77
圖 4.2.2 鏡頭合光模組	78
圖 4.2.3 合光模組承載治具—支撐基座	79

圖 4.2.4 合光模組承載治具	80
圖 4.2.5 格線圖案	81
圖 4.2.6 連續“惠”字圖案	81
圖 4.2.7 中心位置定位線與投影面積	82
圖 4.2.8a 未調整前失焦狀態之 Green Chanel	83
圖 4.2.8b ΔZ 、 ΘX 及 ΘY 調整前後差異	83
圖 4.2.9 ΘZ 調整功能—RG	84
圖 4.2.10 ΔX 及 ΔY 之電子微調功能	85
圖 4.2.11 ΔX 及 ΔY 之微調—RG	85
圖 4.2.12 三片式 Panel 六軸合光完成	86
圖 4.2.13 UV 膠固化	86
圖 4.3.1 光學引擎組裝圖	87
圖 4.3.2 CQ3 架構光學引擎	88
圖 4.3.3 漏光現象	90
圖 4.3.4 漏光補正後之現象	90
圖 4.3.5 防塵不良	91
圖 4.3.6 問題點修正後，防塵不良可得到改善	92
圖 4.4.1 RG 合光不良	93
圖 4.4.2 更換鏡頭並重新調整後的 RG 合光改善狀況	93
圖 4.4.3 線寬過寬	94
圖 4.4.4 更換鏡頭並重新合光後的對焦改善狀況	95



表目錄

表 2.2.1 微面板技術比較	14
表 2.2.2 常見之三片式 LCOS 光機合光技術及特性	23
表 3.2.1 投影鏡頭之規格表	41
表 3.3.1 本實驗用鏡頭光學設計資料	42
表 3.6.1 各個單軸微調解析度與可調動範圍	65
表 4.2.1 合光規格表	87
表 4.3.1 Panel 背板工作溫度實驗	89
表 4.3.2 六軸微調調整件之調動量	89
表 4.3.3 QWP 補正漏光前後量測數據	91



第一章 序論

自人類有歷史以來，圖像一直是被人類拿來描述及紀錄事物的重要工具。遠古的人會將圖像紀錄於石壁上，並很快學會了使用光影投射在石壁上的方式求取真實相近的圖案。這是人類最初使用投影技術的經驗。在接下來的日子裡，光影不僅是歷史記的工具，更為人們的生活帶來樂趣。

1.1 投影顯示技術的演進史

在宋代（西元 960—1279 年），影戲已經成為市井流行的一種表演技藝。它包括手影戲、紙影戲、皮影戲三大類，圖 1.1.1。手影戲可能是最原始的影戲，當原始時代的人們在洞窟中圍著火起舞，手舞足蹈而在洞壁上留下了古怪陸離的影子，十指的變化出現各種形像，給人們帶來驚喜；流傳至今，人們以巧妙的十指借光弄影，可以變幻出各色人物或禽獸花草。



圖 1.1.1 皮影戲⁽¹⁾

紙影戲和皮影戲是用紙或獸皮雕鏤成人物的平面偶像，以燈光映於帷幕上表演故事的影戲，至今皮影戲是中國影戲的主要表演形式，因此常以皮影戲統稱影戲。⁽¹⁾

從西元 1839 年法人奧古斯都發明幻燈片⁽²⁾⁽³⁾到西元 1895 年法

人盧米埃爾發明拉片機⁽⁴⁾因而有了電影，投影技術使用在生活上為人類增添了許多生活上的樂趣及方便，見圖 1.1.2 及圖 1.1.3。

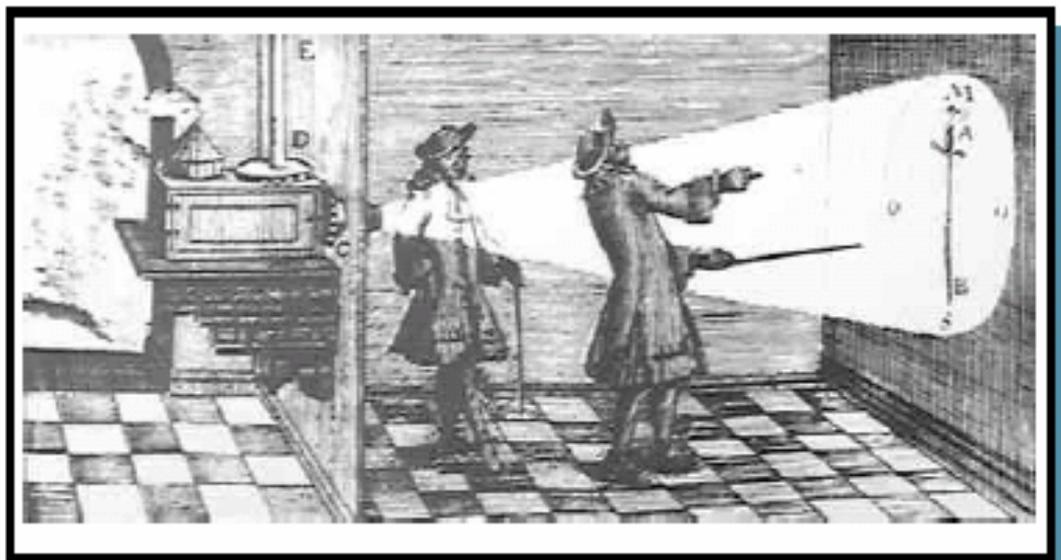


圖 1.1.2 早期的投影顯示系統

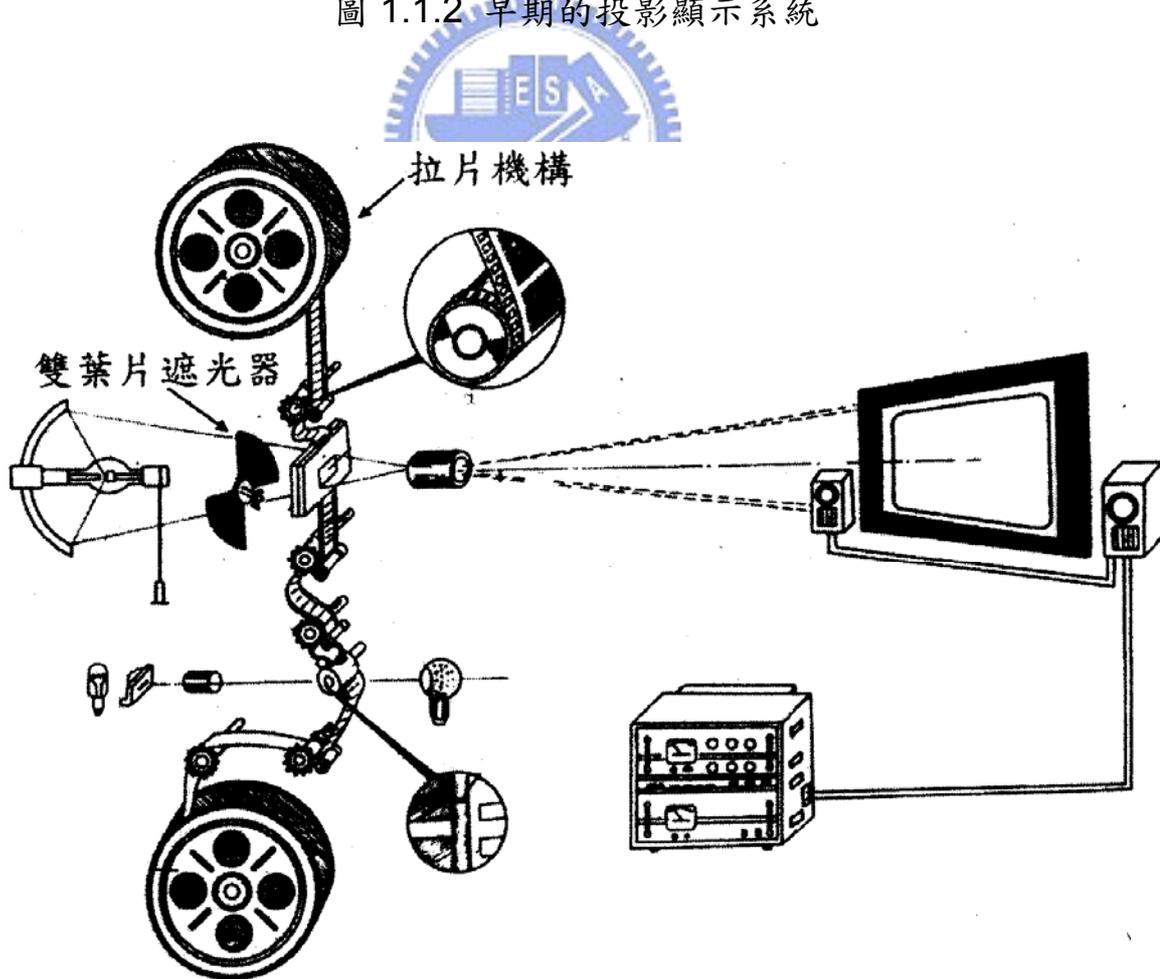


圖 1.1.3 電影放影機系統架構圖⁽⁴⁾

1970 年代 3M 推出全球第一台商品化投影機(OHP-Over Head Projector)，配合投影片更換，將投影片簡報內容以清晰的影像，放大投影至牆面或投影屏幕上，輕鬆地將報告內容傳達給與會人士，改變了人與人的溝通方式，圖 1.1.4。



圖 1.1.4 OHP 傳統式投影機

隨著光學投影技術進步，在微顯示型投影系統及設備上的突破在最近幾年之內有著非常顯著的變化。由早期三槍CRT（陰極射像管）式投影機開始進入事務機器市場，圖 1.1.5，以飛機上及會議室內之簡報系統為主。近來隨著微顯示面板技術成熟，尤其是在西元 1990 年代前後開始發揚光大的微顯示器光學投影技術，更輕、更小、亮度更高的LCD、DLP或LCoS 投影顯示器，配合上電腦的進步，會議簡報的方式又再一次改變。現在隨著技術的進步，微顯示型投影機的體積也越來越小，價格也越來越低廉，影像品質越來越好，簡報的內容也更佳的生動。且與以往之OHP傳統式投影機比較，微顯示型投影機有兩大突破，之一為可再生動畫，之二則為電腦內之投影資料的直接輸入特性。利用微顯示型投影機來做簡報、訓練課程等，可以直接連接上電腦，將電腦上的影像投射至螢幕上，省去了製作投影片的不便，安裝方便，也讓辦公室無紙化更向前推進一步。



圖 1.1.5 三槍 CRT 投影機

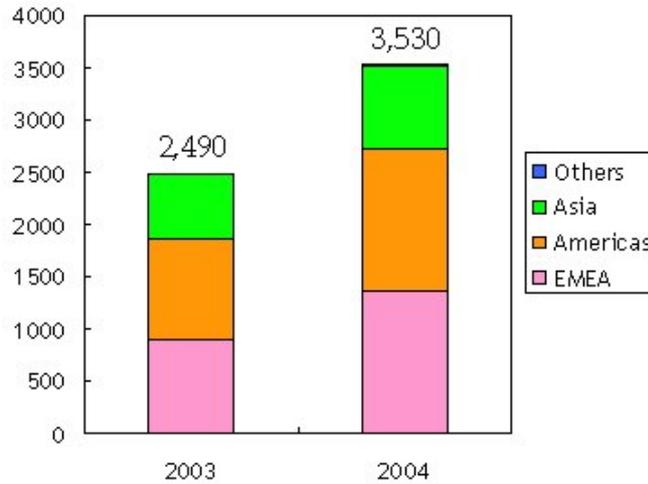
從西元 2002 年開始微顯示型投影機也陸續進入家庭，家庭劇場的需求亦漸漸成型，因此投影機不只改變了人們的溝通方式，也慢慢地改變未來家庭視聽娛樂方式，圖 1.1.6。



圖 1.1.6 微顯示型投影機

1.2 微投影顯示技術的市場發展

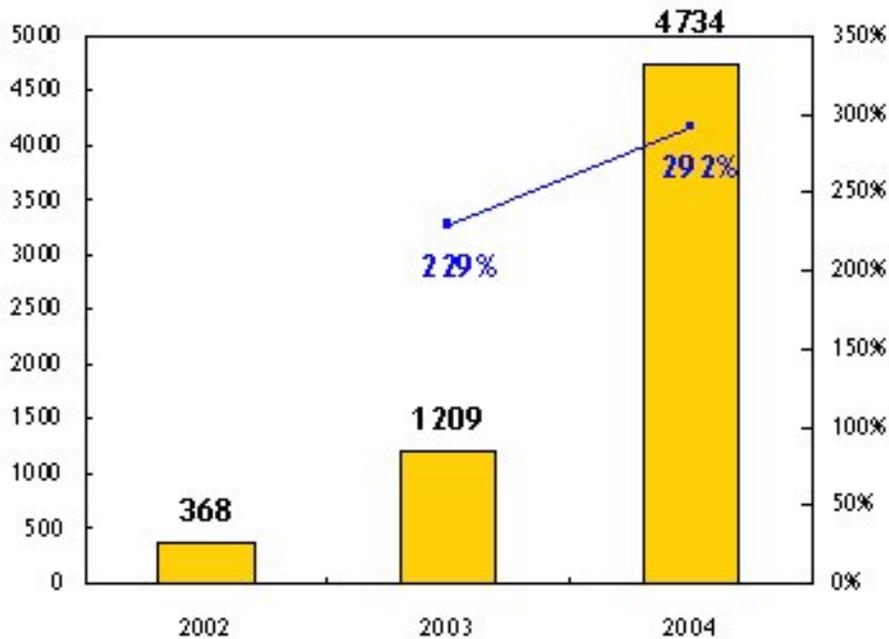
國內”微型液晶面板投影機”之發展源起於工研院光電所精密光學計畫，該計畫啟動於西元 1996 年七月而於西元 2000 年七月停止。此計畫主要是以液晶投影機之開發為系統主要載具，進而發展出所需相關的精密光學元件、精密機械、系統整合等等技術。該計畫為此投影機產業之發軔，如今已引起國內產業界一片投資於投影光學系統之開發熱潮。微顯示型投影機因在光學設計、光學材料、電子電路及製造技術上的進步，使得微顯示型投影機在價格急速下降，外型設計也越來越輕薄短小，相對的市場接受度也因而提高。根據美國太平洋媒體協會(PMA)公佈的資料顯示，西元 2004 年全球前投式投影機出貨量達 353 萬台，比起 2003 年的 249 萬台，成長了 42%，見圖 1.2.1。^[5]



Source : PMA, 2005 年 2 月

圖 1.2.1 全球前投式投影機出貨量⁽⁵⁾
(單位：千台)

在背投影電視方面，根據美國市場研究機構 Quixel Research 報告指出，西元 2004 年全球微顯示器背投影電視（MicroDisplay Rear-Projection TV）的銷售值達到了 47.34 億美元，比起 2003 年的 12.09 億美元，成長了 292%，其中，美國市場的銷售值達到了 40 億美元，佔據了 86% 的市場佔有率，見圖 1.2.2。



Source : Quixel Research, 2005 年 2 月

圖 1.2.2 全球MD背投影電視銷售值⁽⁶⁾
(單位：百萬美元)

Quixel Research預測，隨著美國從即將全面廣播數位化的同時，至西元 2008 年時，微顯示型背投影電視的銷售值將達到 90 億美元。未來數年之內，微顯示器背投影電視的最主要課題，將包含降低生產與材料成本、強化亮度、提高影像品質、甚至創造最高的附加價值，否則高成長的背後，將隱含著被液晶、電漿電視取代的危機。^[6]

以產品生命週期圖的觀點來看，投影顯示器產業包含前投式投影機及背投影電視皆處於產品成長及成熟期之間，見圖 1.2.3。為達到產品最好的競爭優勢，必須不斷地進行漸進式改進，以應付市場產品價格持續下降的壓力，提升產品品質及增加產能，使投影顯示器能達到如“曲線 A”般，以擴大市場需求。否則會如“曲線 B”般還未打開市場前產品已走入衰退期。

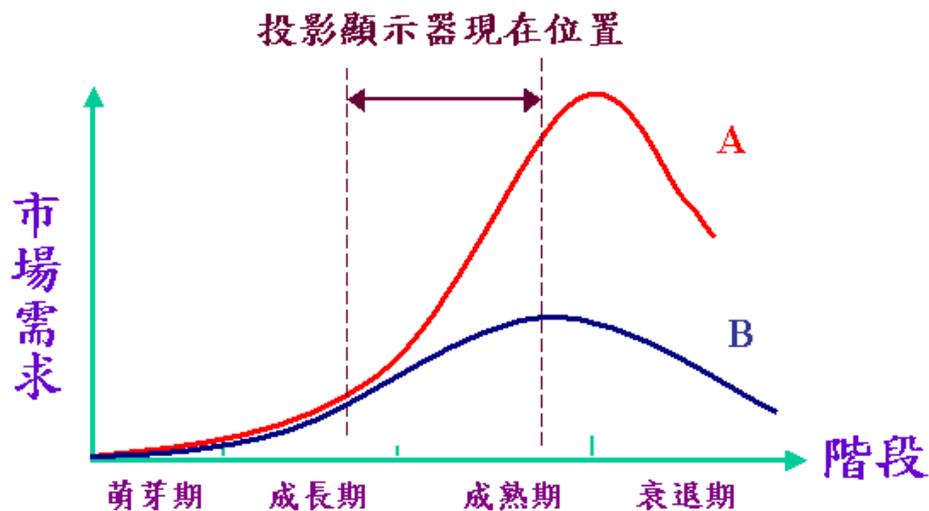


圖 1.2.3 產品生命週期圖

1.3 微投影顯示技術的種類

若依照微面板技術來作分類，主要是：

1. HTPS TFT LCD（高溫矽晶 High Temperature Poly-Silicon；簡稱 HTPS）
2. DLP（Digital Light Processing）
3. LCoS（Liquid Crystal On Silicon）

這三種面板技術使用於投影系統中還可以分別再區分為單片式及三片式的技術。目前單片式系統以美商德州儀器公司(以下簡稱 TI)所開發出來的 DLP 系統為主。此系統的體積輕巧以及高對比度是它獨特的優勢，但單片式系統係利用人眼視覺暫留的現象，將不同顏色的投射做時間的分割，所以在播放畫面上會有彩虹效應及色彩不夠自然的問題。而三片式系統目前則以日商 SONY 以及 EPSON 所領軍的 HTPS 的技術為主，畫質自然是最大的優勢，但也受限於光學元件的特性無法縮小體積以及面板對比技術的限制，這也是讓 DLP 系統能搶佔市場的一個重要因素。

新進發展的 LCoS 系統能同時結合 DLP 與 HTPS 的優點，在色彩、畫質、對比、甚至解析度上均比先發展的兩種技術優異。但面板製程技術同時橫跨半導體與 LCD 兩大製程，衍生出很多新的生產技術問題急待解決。投影系統的部份則採用與 HTPS 相若的三片式架構，而三片式的技術架構最複雜的部分是有合光(alignment)技術的需求。這使得系統在製造相關技術必須有效突破之後，方能在市場競爭上有進一步的表現。不過整體而言，整個投影微顯示面板技術的發展，將會繼續是此三種技術競爭的態勢。⁽⁷⁾

1.4 投影顯示系統技術的發展重心

市場目前已有部分前投影機的設計跳脫單純在商務簡報的角色，朝家庭劇院方向發展。隨著系統與面板的技術日新月異，使用者對系統規格與品質的要求也隨之提升。過去投影顯示系統雖已能輸出高達百萬畫素之解像力，但高解析度廣播(HDTV)不普及，而且數位廣播(DTV)內容一般使用舊設備拍攝再轉成數位訊號，所以訊號品質不佳。高解析度〔720P 或 1080P〕電視在既有廣播條件下，畫面畫質並不會因面板解析度高而提升，而且會因為電視屏幕加大反而造成電視畫質不夠細緻，因此高解析度的數位廣播訊號的開播時程對新技術的發展佔很重要的地位。目前世界各國的高解析度的數位廣播訊號不僅可使播放品質提升及改善，去除外界的雜訊，更可以獲得更高解析度的影

像及聲音品質，這才可使高解析度投影顯示系統的真正畫面品質能顯現，並更容易被消費者所接受。

因應世界各國高解析度的數位廣播訊號的開播與應用市場需求的擴大，對於投影顯示系統的核心光機設計而言，須更具量產性及信賴性更高的光機製程技術，尤其是三片式系統的合光技術。合光技術顯然是目前三片式投影顯示器量產上必須持續改善的目標。

如何設計出高量產性及信賴性的光機合光製程技術是本文所要討論的重點，在第二章將首先對照明光學系統的基本原理作一說明，接著是系統技術指標的訂定與量測規範，最後演示了三種目前常見的微顯示投影裝置---HTPS、DLP 及 LCoS 的幾種光學合光系統架構。利用整合目前業界的相關零組件技術來開發光學引擎，首先就必須對相關元件的特性有所了解，本章也將針對目前三片式微顯示面板幾項重要的投影技術所使用的合光製程技術進行整理與說明。第三章則是利用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。第四章是依據新設計所實際製作與分析的結果。

對於合光系統及合光製程技術的了解對三片式微顯示面板光學引擎設計上的製程瓶頸改善是非常重要的工作，如何準確地聚焦將各色光聚合，並對準到投影鏡頭，都是影響影像品質甚大。這篇論文的工作希望對光機引擎的合光設計提供一個完整的思考方向。

第二章 文獻回顧

就依照液晶投影機的結構來區分，可以將系統區分成：

1. 照明系統
2. 色彩分合光系統
3. 光強度調變系統
4. 投影成像系統

共四大部分，本章將首先針對照明系統部份的工作原理加以說明，再列出目前業界常用的 ANSI 評鑑系統的指標標準及量測方式，接著介紹三種現行市場上最常見的新型投顯示技術架構，最後將對現在用於三片式投影顯示器常用的合光架構做介紹。

投影照明系統設計大多採科勒(Kohler)照明系統^[8]來進行初階計算，該系統操作原理說明要使投影系統效能最好，必須將燈心成像於照明系統的出瞳(Pupil)上，圖 2.1。思考讓系統總效能最佳化，照明系統的出瞳位置會與投影鏡頭的入瞳位置重合，而且鏡頭的入瞳大小需比照明系統的出瞳稍微大些，如此才可確保光束在系統中傳遞的過程不會有所損失。科勒照明的優點是可以使液晶面板上的照度較為均勻，但由於系統規格的要求，一般投影照明系統均會使用另外的均勻光元件來增加畫面的照度均勻度，如HTPS TFT LCD及LCoS投影系統中的積分陣列透鏡，圖 2.2 或是DLP投影系統中的積分柱，圖 2.3。

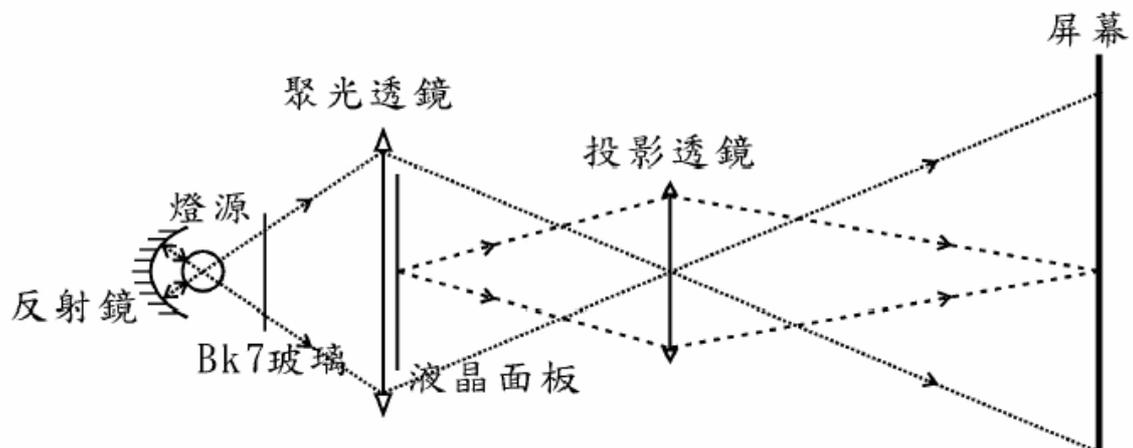


圖 2.1 科勒(Kohler)照明系統^[8]

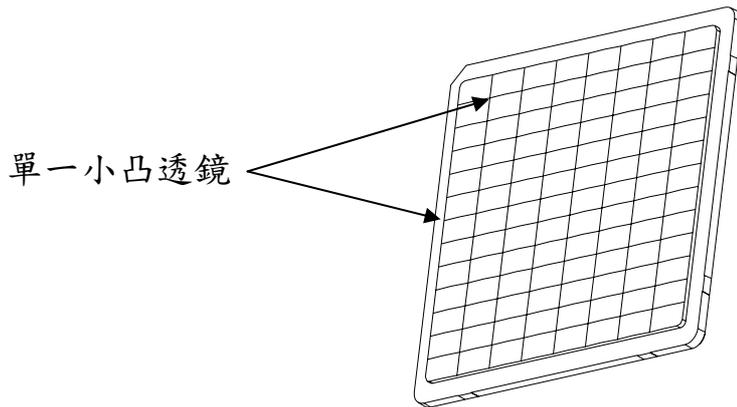


圖 2.2 積分陣列透鏡

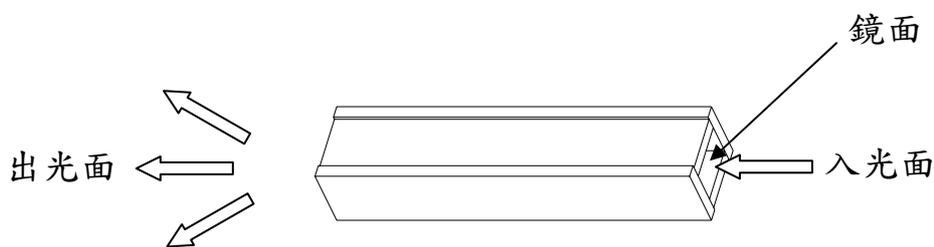


圖 2.3 積分柱

2.1 系統技術指標的訂定與量測^[9]

針對西元 1996 年新的美國國家標準(ANSI/NAPM IT 7.228-1997) 規範內容作一整理介紹。

1. 量測前的調整：

首先該標準對量測的方式有一些基本的共通規範，由於投影系統的亮度及對比可做局部的調整，為了避免不正常的調整造成量測基準的偏差，因此在標準中便有一套設計調整投影機亮度及對比的方法，使各個受測位置能夠在相近的基準上接受測試與比較。對於投影機亮度與對比的調校，是以一個標準圖像做為參考。投影機輸出畫面以全白為背景，並由上下兩排各四格互相連接的方格所構成。每個方格的投影面積為投影面積的 5%，且長寬比與整體投影畫面相同，但在各個方格內有不同的灰階輸出，如圖 2.1.1 所示。

以全白訊號為 100%(與背景訊號同)，全黑為 0%，依著由右至左的順序，上排四方格內的灰階輸出分別設定為 15%、10%、5%、以及 0%，下排四方格的輸出則為 100%、95%、90%、85%。在調整投影機的亮度時，為確保不犧牲其對比表現能力，應使 5%與 10%的灰階訊號可以從 0% 和 15%的訊號中分辨出來。同時也必須使 95%與 90%的灰階訊號與 100%與 85%的有所不同，循序作亮度與對比的調整直到符合條件才可開始量測數據，並且在進行測試時亦要一直保持相同的狀態。

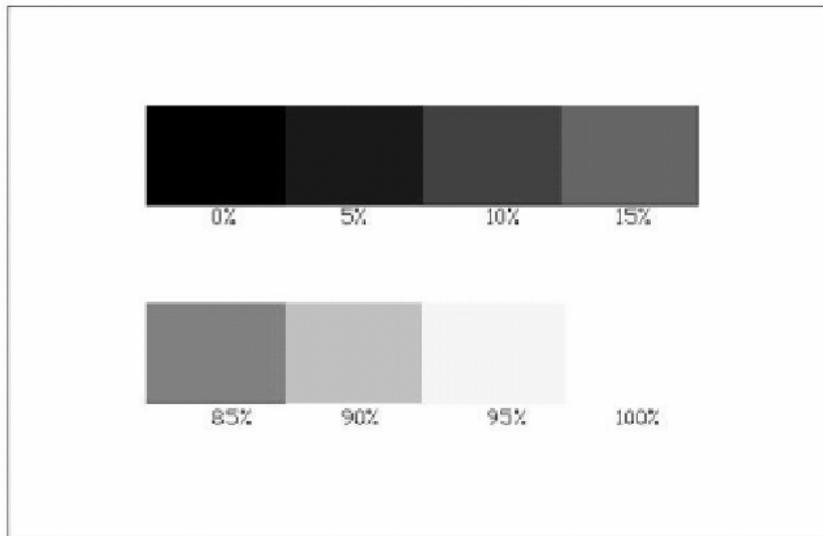


圖 2.1.1 ANSI 投影系統初始調校圖像

在投影顯示器的量測規定是以 ANSI 13 點位置圖為量測為基準，色度計必需垂直光軸分置於成像面之九個均等矩形之中心點以及螢幕四個固定的角落，角落四點位於成像頂角與螢幕中心之連線上，靠近頂角且為對角線半長之 10% 距離的位置，如圖 2.1.2，量測單位為照度，使用的量測儀器之感測範圍至少需包含 3x3 像素。量測設備須為國家標準認定之標準儀器，其照度準確度需在 $\pm 5\%$ 以內，色度準確度在 $\pm 8\%$ (x, y)之內，同時亦可顯示 u', v' 及相關色溫 CCT 值，並具餘弦校正功能。

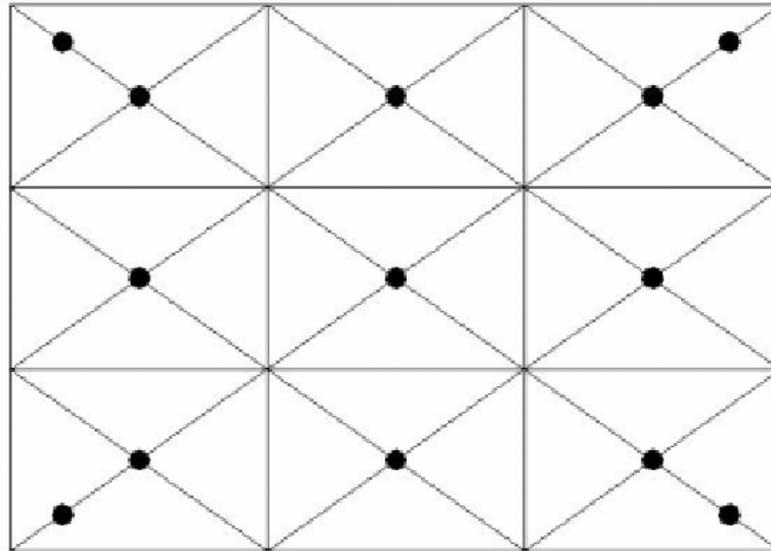


圖 2.1.2 ANSI 13 點位置圖

2. 亮度白場量測規定：

根據ANSI的定義，投影機亮度的計算方式為，是在 100%之全白圖像輸出下量測圖 2.1.2 的九個方格中心點照度值，單位為勒克斯 (Lux=lumen / meter²)，然後將九點量測值平均，再乘上投影面積(單位為平方公尺)，所得到的即為投影設備的光輸出流明值(ANSI Lumen)。公式如下所示：

$$L_{ave} = (L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_9) / 9$$

$$FLUX_{total} \text{ (ANSI Lumen)} = L_{ave} \times \text{Area (m}^2\text{)}$$

3. 均勻度的量測：

在全白圖像輸出下，取圖(2.1.2)的 13 點量測值之最大與最小點，並分別計算最大及最小點與內 9 點平均值之差異，再分別計算該差異值與平均值之比。

$$\Delta L_+ = [\text{Max of } \{L_1, L_2, \dots, L_9, L_{10}, \dots, L_{13}\} - L_{ave}] \times 100 / L_{ave}$$

$$\Delta L_- = [\text{Min of } \{L_1, L_2, \dots, L_9, L_{10}, \dots, L_{13}\} - L_{ave}] \times 100 / L_{ave}$$

4. 色座標的量測：

使用色度計分別量 R/G/B/W 四色在 13 點位置圖，如圖(2.1.2)中的內九點色座標值(x,y)，再分別取平均而得。

5. 色度均勻度：

投影機的色彩表現能力，是以其投影成像面整體之色彩偏離情形來加以評估，稱之為色彩均勻度 (Color Uniformity)。其測試是利用色度計量測投影設備於輸出三原色光 (R、G、B) 及全白影像時各測試點之色度座標值，再以九中心點量測得之 u' v' 計算其平均值，並求得全部 13 點量測之 u' v' 值與九個中心點量測平均值之最大色偏差量，即得 W、R、G、B 各色之色彩均勻度。其計算公式如下所列

$$u'_0 = (u'_1 + u'_2 + u'_3 + \dots + u'_9) / 9$$

$$v'_0 = (v'_1 + v'_2 + v'_3 + \dots + v'_9) / 9$$

$$\text{Color Uniformity} = \text{Max of } \left[(u' - u'_0)^2 + (v' - v'_0)^2 \right]^{1/2}$$

$$u' v' = \{u'_1 v'_1, u'_2 v'_2, \dots, u'_{13} v'_{13}\}$$

6. 對比度的量測 (ANSI Contrast Ratio)：

必須採用不同的圖像，如圖 2.1.3。該圖像是一個 4x4 大小相同之黑白棋盤式的影像訊號，使用照度計測量各方格中心點的照度值來進一步計算。黑白棋盤中全白部分之輸出為 100%，全黑部分之輸出為 0%，將棋盤中 8 個白方格取光照度平均值，再與 8 個黑方格之光照度平均位相除得之比值，即為 ANSI 規範之對比度，表示為

$$L_{\text{wave}} = (Lw_1 + Lw_2 + Lw_3 + Lw_4 + Lw_5 + Lw_6 + Lw_7 + Lw_8) / 8$$

$$L_{\text{bave}} = (Lb_1 + Lb_2 + Lb_3 + Lb_4 + Lb_5 + Lb_6 + Lb_7 + Lb_8) / 8$$

$$\text{ANSI Contrast Ratio} = (L_{\text{wave}} / L_{\text{bave}}) : 1$$

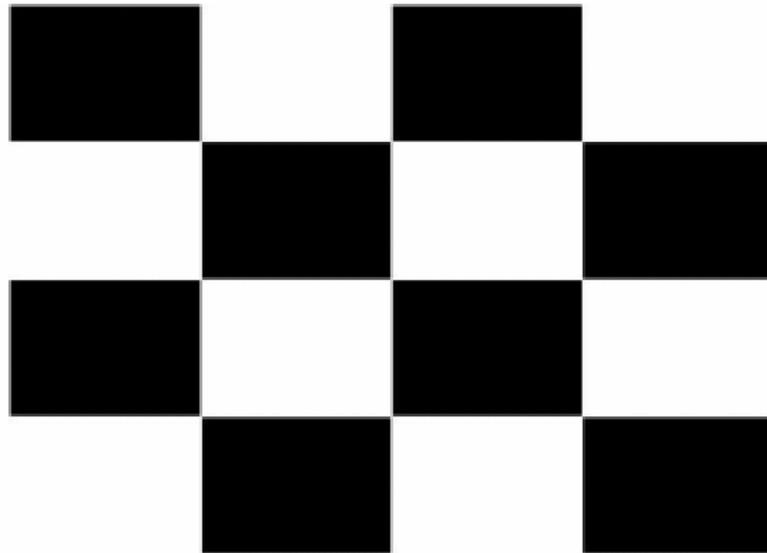


圖 2.1.3 ANSI 對比量測用圖像

2.2 微顯示投影裝置的三種系統架構說明

因微顯示面板技術不同，所以投影顯示技術亦因而分成三大類，其中 HTPS TFT LCD 及 DLP 二者解析度大多為 XGA(1024 x 768)或 SVGA(800x600)，面板尺寸為 0.9”或 0.7”。但近來解析度需求越來越高，HTPS TFT-LCD 與 DLP 已漸漸無法滿足市場需求。隨著 HDTV 時代的來臨，欲求於經濟尺寸(0.7”)的基板上達到如此多畫素的投影顯示器，只有 LCoS panel (以下簡稱 LCoS Panel) 的技術才能達到。這是由於 LCoS 擁有 Small Pixel size 的能力(pixel size = $8 \mu\text{m} \times 8 \mu\text{m}$)且價位低，將成為未來高解析度、大畫面電視最有可能實現的載具之一，見表 2.2.1。

表 2.2.1 微面板技術比較

	HTPS	DLP	LCOS
Cost	Middle	High	Low
Contrast	400	1000	1000
Native Resolution	720P	720P	1080P
Pixel Size	$15 \mu\text{m}$ (0.87")	$13.86 \mu\text{m}$ (0.7")	$8 \mu\text{m}$ (0.7")

1.HTPS TFT LCD 投影機

HTPS是High Temperature Poly-Silicon的縮寫，翻譯成中文是“高溫多晶矽”的意思，一般俗稱高溫玻璃。它是LCD顯示家族中的一支，屬於主動點矩陣式LCD (Active Matrix LCD)，因此，HTPS LCD也是TFT (Thin Film Transistor；薄膜電晶體) LCD的一種。^[10]

HTPS之液晶面板技術主要成形於日本，其製程技術較完整，較早具備量產能力，見圖 2.2.1。目前僅有日本廠商EPSON與SONY擁有此種規格之面板大量製造能力。



圖 2.2.1 HTPS微顯示面板^[6]

對光機設計應用技術而言，HTPS顯示技術畫質呈現較為自然，但因其透光特性，而受制於光學元件的開口率限制 (Aperture Ratio Restriction)，常常會有亮度與對比表現度不足的困擾。^[7]此外因液晶必須操作偏振光的特性，散熱問題較複雜，見圖 2.2.2。

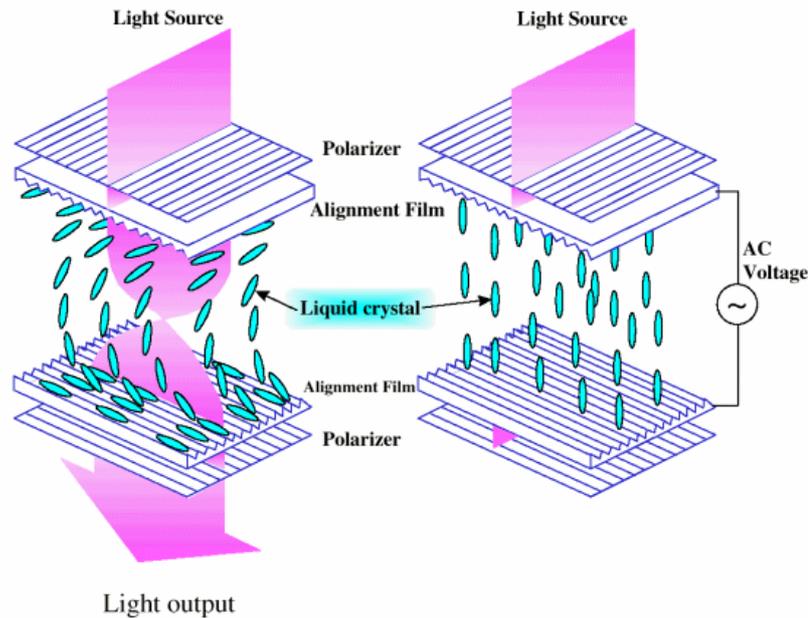


圖 2.2.2 液晶工作原理

目前此類光學引擎結構已趨於成熟，圖 2.2.3。對三片式 HTPS 投影機工作原理說明如下：光線經由照明系統的燈發出，由積分陣列鏡均勻光束及分光鏡後，經由色彩分光系統分出紅，綠、藍三色光束，再經過液晶面板與偏極片之調變作用，改變各色光的強度，進而再由色彩合光系統組合為完整的彩色影像，最後經投影鏡頭投射於螢幕上，完成整個投影過程。

因為面板技術掌握在EPSON與SONY手中，以致於目前台灣投入液晶投影機製造商或是光學引擎廠商已大幅度減少。為對抗DLP日益茁壯的市佔率，由EPSON主導並聯合其他全球最知名的五大消費及商用電子產品生產商—富士通、Hitachi、松下、三洋和Sony共同宣佈一向消費者和投影顯示器專業用戶宣傳三片液晶投影“3LCD”技術的顯著優勢⁽¹¹⁾。同時，3LCD集團（The 3LCD Group）也在2005年美國拉斯維加斯的國際消費電子展（CES）上揭露聯盟的訊息。

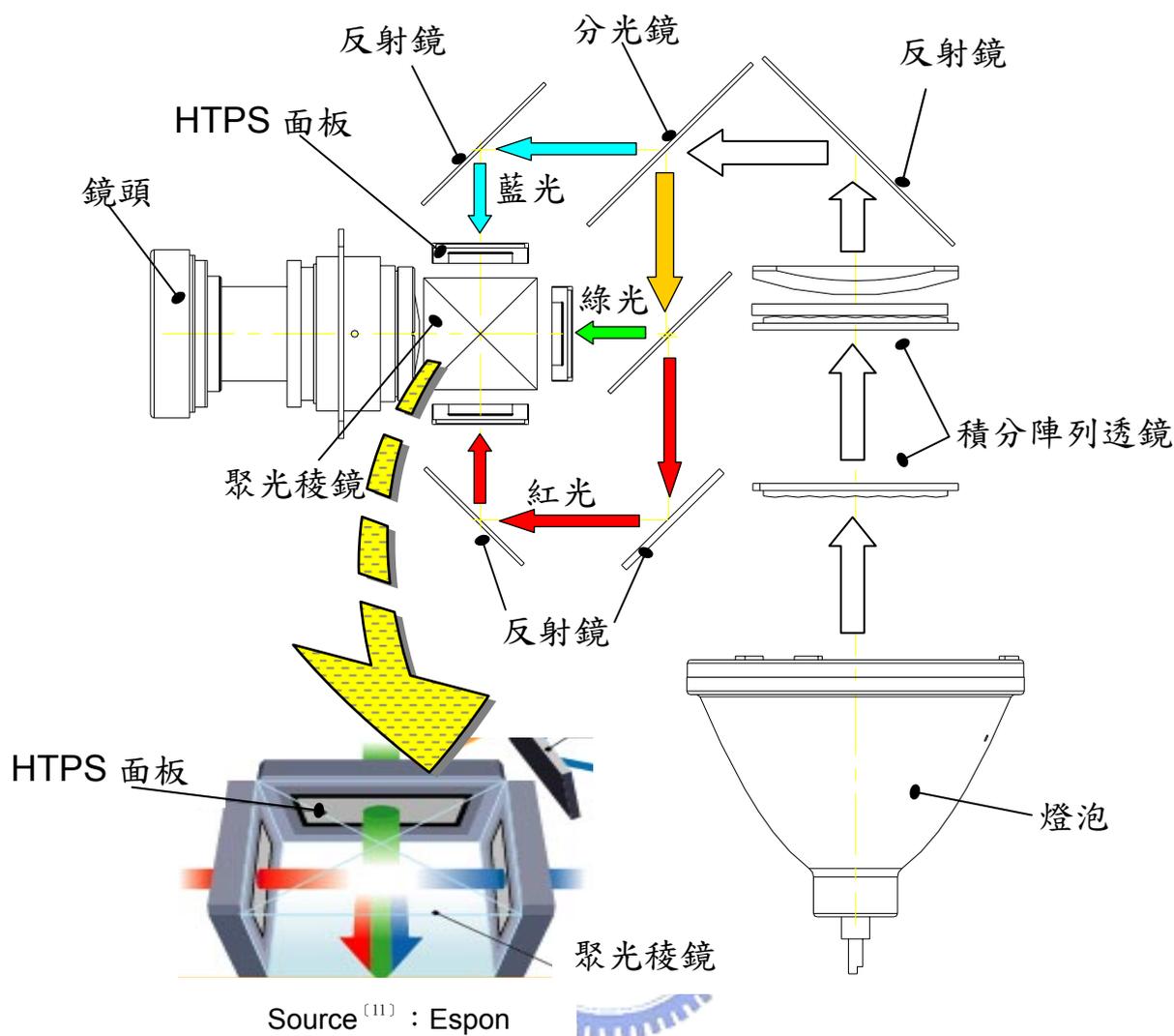
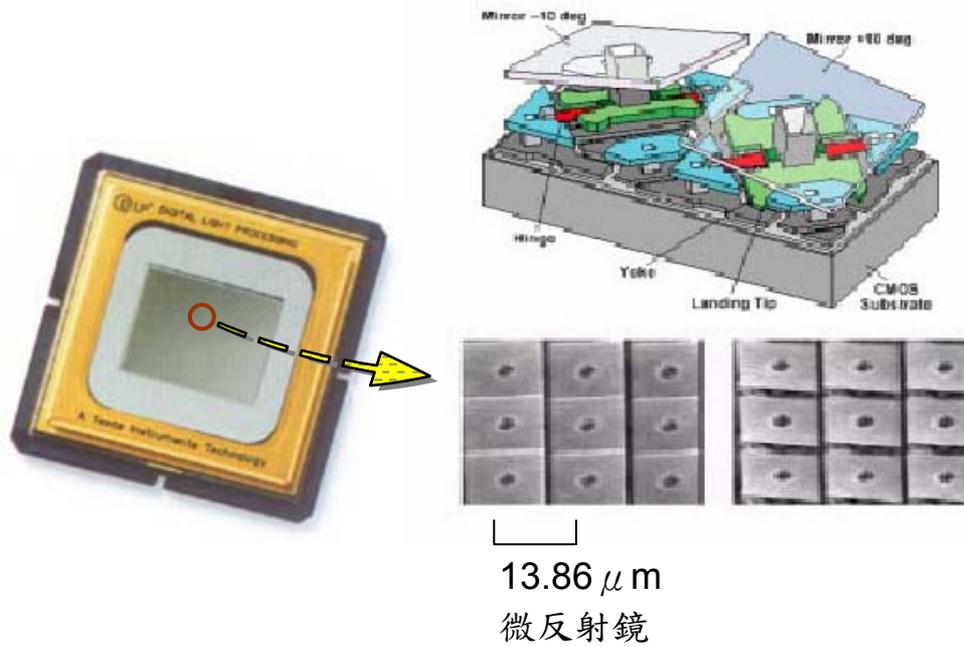


圖 2.2.3 三片式液晶投影機工作原理

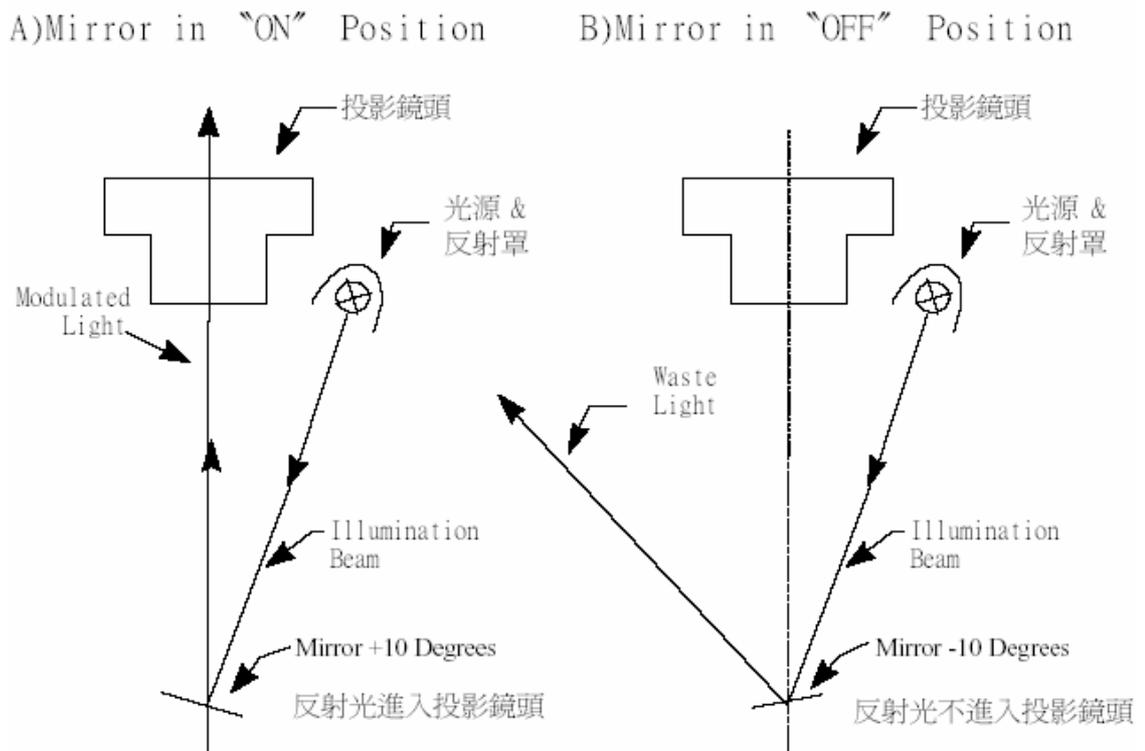
2.DLP 投影機

DLP的技術核心數位微鏡裝置(DMD)係由TI所開發成功之技術，見圖 2.2.4，可通過二位元脈衝控制的半導體元件。該元件具有快速反射式數位開關性能，能夠準確控制光源。其基本原理是，光束通過一高速旋轉的三色濾鏡後，再穿透光學照明系統投射在DMD微反射鏡上，然後通過光學透鏡投射在大螢幕上完成圖像投影，圖(2.2.5)^[12]，可以使用於單片式、兩片式及三片式系統中。一般家用系統使用單片式的光機設計就已足夠，也是比較價廉的選擇；而兩片式或三片式的系統設計適用於高畫質要求的場合。



Source : TI

圖 2.2.4 數位微鏡裝置(DMD) ^[12]



Source : 工研院光電所, PIDA

圖 2.2.5 DMD工作原理 ^[13]

目前市面上常見的 DLP 投影機僅使用單片式結構，亮度可輕易達到 1500 流明以上。TI 發展的面板畫素大小目前為 13.86 微米，未來會朝向 10 微米方向開發。

目前常見的解析度有 SVGA(800x600)、XGA(1024x768)及 HDTV(1280x720)等級。

DLP 單片式光機構造相當簡單，如圖 2.2.6 所示。光源是由橢球反射罩聚焦於光積分柱前端，經積分柱均勻處理後出口面會被一延像光學系統成像於 DMD 面板上，光束經 DMD 面板調制後經投影鏡頭投射至螢幕上。色彩則由積分柱後方之色輪所控制。這類光機的特點是製造組裝容易且速度快，所以目前為大多數台灣投影機廠商所開發之機種。

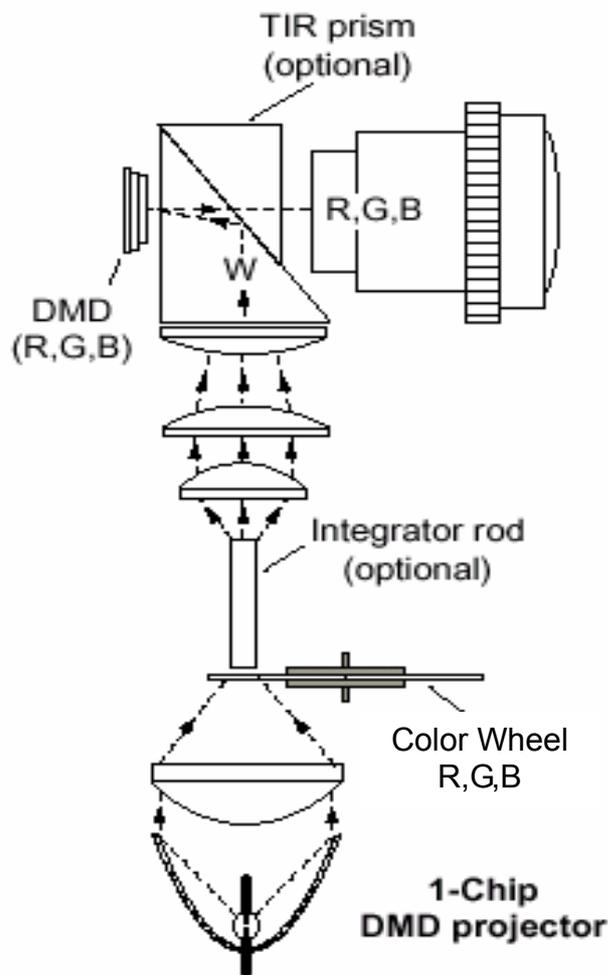
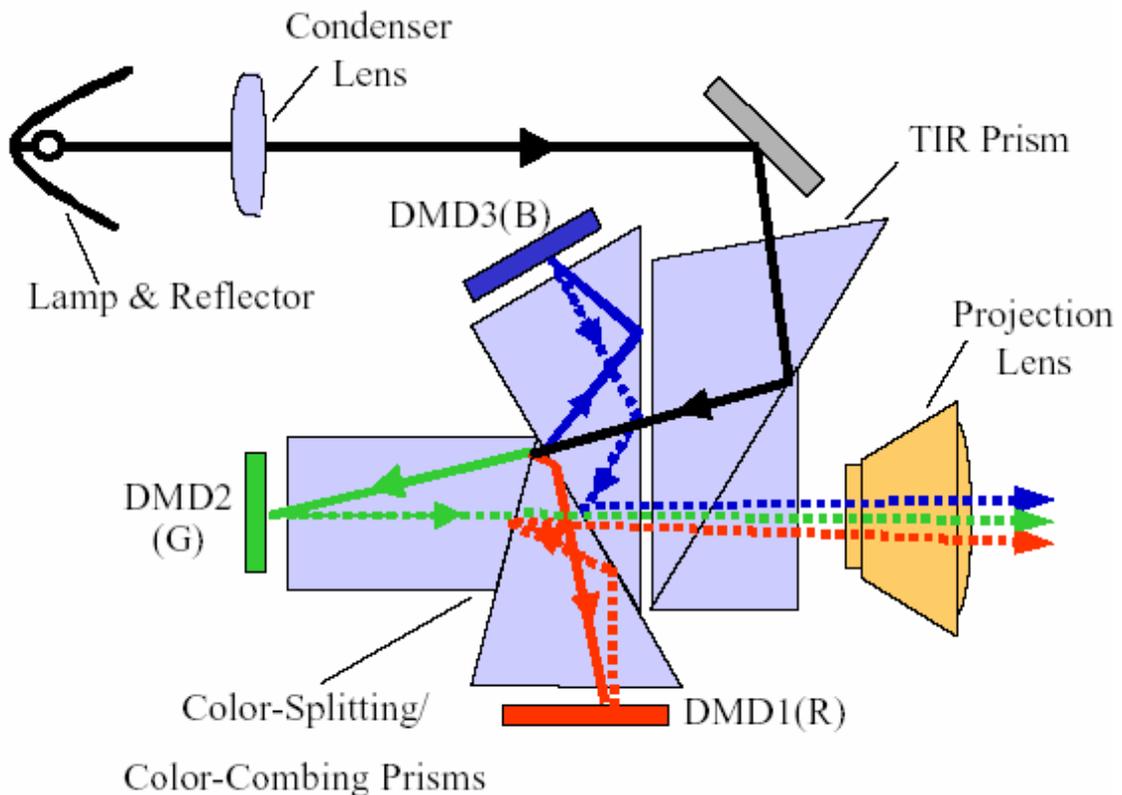


圖 2.2.6 單片式 DLP 光機概圖

而高畫質的三片式DMD的系統設計原理是將高亮度白光源經由稜鏡分成R、G、B三原色，每一個DMD處理一種單一顏色，最後再將此三種顏色於投影鏡片中混合投射至屏幕上，見圖 2.2.7。^[13]



Source : TI , PIDA

圖 2.2.7 三片式DLP光機概圖^[13]

這類系統色彩飽和度高亦可產生高亮度，目前已有部分電影院採用此類播放系統，提供數位化高畫質的電影播放服務。

3.LCoS 投影機

LCoS 的全名為 Liquid Crystal on Silicon，係以 CMOS 晶片為基板及反射面，塗佈液晶屏後，再以玻璃基板封裝，見圖 2.2.8。採用與 HTPS TFT LCD 相同之液晶偏轉偏振光束的原理，但是面板是反射式，與 HTPS TFT LCD 不同，LCD 是利用光源穿過 LCD 面板作調變動作。LCoS 的特色是可輕易達高解析度以及面板結構易於小型化

等，最重要的是台灣所擁有的晶圓技術可以支應這項產品。但 ASIC 設計問題及液晶封裝之標準製程尚未確定，導致目前仍無法充分展現其低成本化的潛力。未來若面板液晶封裝技術能力能提升，加上光機及元件供應商的緊密配合，將有很大的空間可切入投影市場。

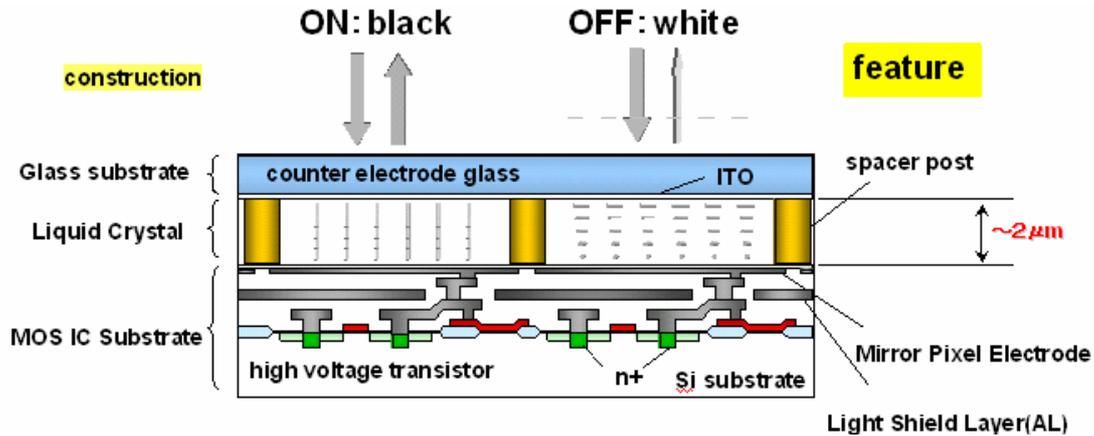
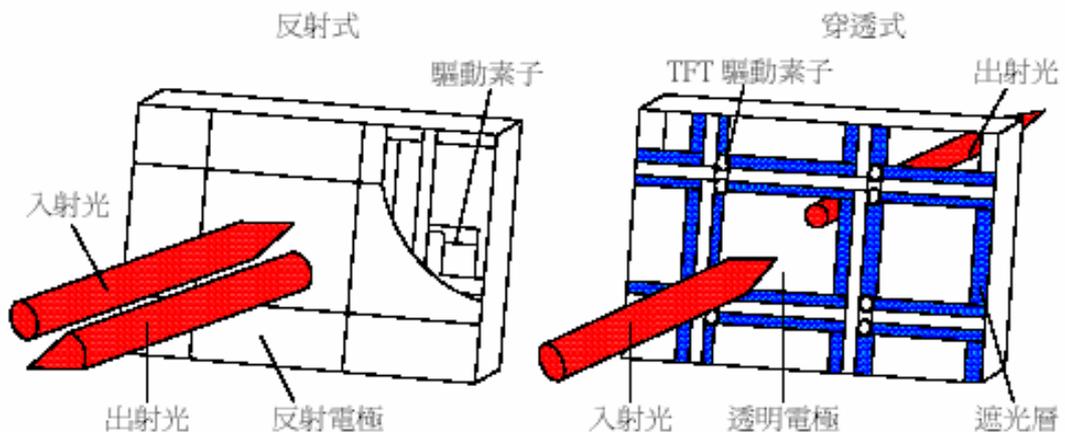


圖 2.2.8 LCoS panel 工作原理

LCoS 投影系統的基本操作原理因其為反射式而有所不同，這是因為入射與出射面板的位置是在面板的同一側，見圖 2.2.9。這樣的設計會使得面板有極高的開口率，使面板的光利用效率得以大大的提升，可以有較高效能的光輸出。且畫素間距可以拉近，適合發展高解析度、小面積的面板。



Source : Hitachi/PIDA

圖 2.2.9 反射式與穿透式面板的光出入路徑^[14]

反射式 LCOS 光機設計上必須使用到 PBS (Polarization Beam Splitter) 元件來分離入射及出射光束，見圖 2.2.10。當系統光源入射到 PBS 時，S 偏光會在三角稜鏡之介面反射入 LCoS panel 內，P 偏光則直接穿透三角稜鏡。當液晶為暗態時，入射於 LCoS panel 的 S 偏光將被反射回來，無法進入合光稜鏡，而當液晶顯示為亮態時，S 偏光將改變成 P 偏光穿過 PBS 進入投影鏡頭。

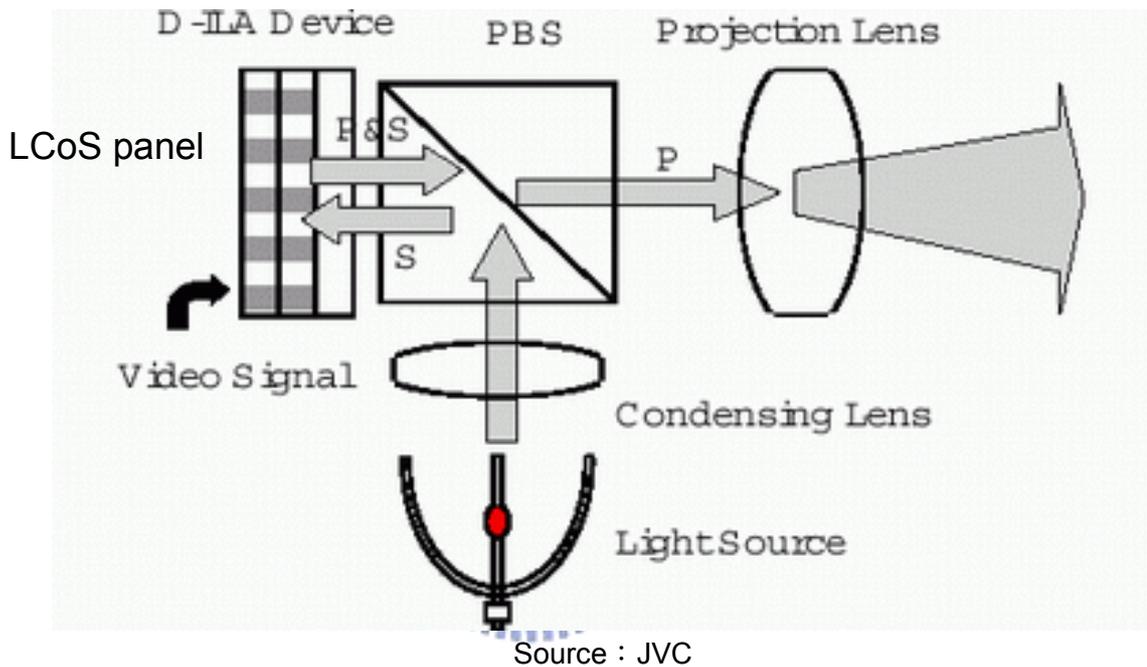


圖 2.2.10 LCoS 系統的反射偏振變化工作原理

與 DLP 投影機相同，LCoS 除三片式系統架構外亦有單片式及兩片式系統架構。單片式及兩片式 LCoS 光學引擎的色彩處理需要切換速率較快的液晶分子，相對地也會產生更多的散熱問題；又因為液晶的選擇，目前還有產品壽命需要克服；其發展進度落後於三片式面板。

LCoS panel 來源紛呈，各面板廠商供應的產品規格不一，而光學引擎系統的設計式樣也不下十種。以現狀而言，主流設計尚未產生，投入 LCoS 投影顯示器製作的廠商必須面對多樣的研究方向，再加上穿透式 3LCD 與 DLP 的產品開發壓力，因為每一類的投影顯示技術都有其獨特性，在多樣式開發之下成為考驗投影顯示器製作廠商的研發

能力、人力與經費的投入。將現在常見之三片式 LCoS 光機合光技術及特性列表 2.2.2 如下。

表 2.2.2 常見之三片式LCOS光機合光技術及特性^[16]

光學架構	PBS 數	光機複雜程度	體積	光學元件成熟	亮度	對比	色彩表現
IBM 4-Cube	4	X	X	◎	◎	◎	◎
ColorQuad	4	◎	◎	X	△	△	◎
CQ3	3	◎	◎	◎	△	△	◎
LMS	4	◎	◎	X	△	△	◎
3-PJ Lens	3	△	X	△	△	◎	◎
Nova Off-axis	0	△	△	◎	△	◎	△

◎：優 △：普通 X：劣

Reference Source：工研院經資中心 ITIS

a. IBM 4-Cube：

第一台商用前投影機由IBM、Nikon和JVC設計。使用三片式 LCoS panel的光機設計則大致類似於 3LCD的光機構設計，只是用 LCoS panel來代替 3LCD系統的HTPS面板，使用分色鏡分開三色光，每色光由單獨的PBS 傳輸給相應的LCoS panel，見圖 2.2.11。入射光可藉由PBS和LCoS panel之間的QWP(Quarter Wave Plate)調整偏光狀態。反射圖像在一個X形正六面體稜鏡中被合成為一幅全彩的圖像，然後投射到投影透鏡組。這種設計概念簡單，允許每種基色通道單獨最佳化，3M最近也應用其光學膜技術推出了圖 2.2.12 為合光模組架構的解決方案，商品名稱為 3M Vikuiti Optical Core。^[17]而電視大廠SONY最近推出的LCoS背投電視產品也使用了這種類型光學架構設計。

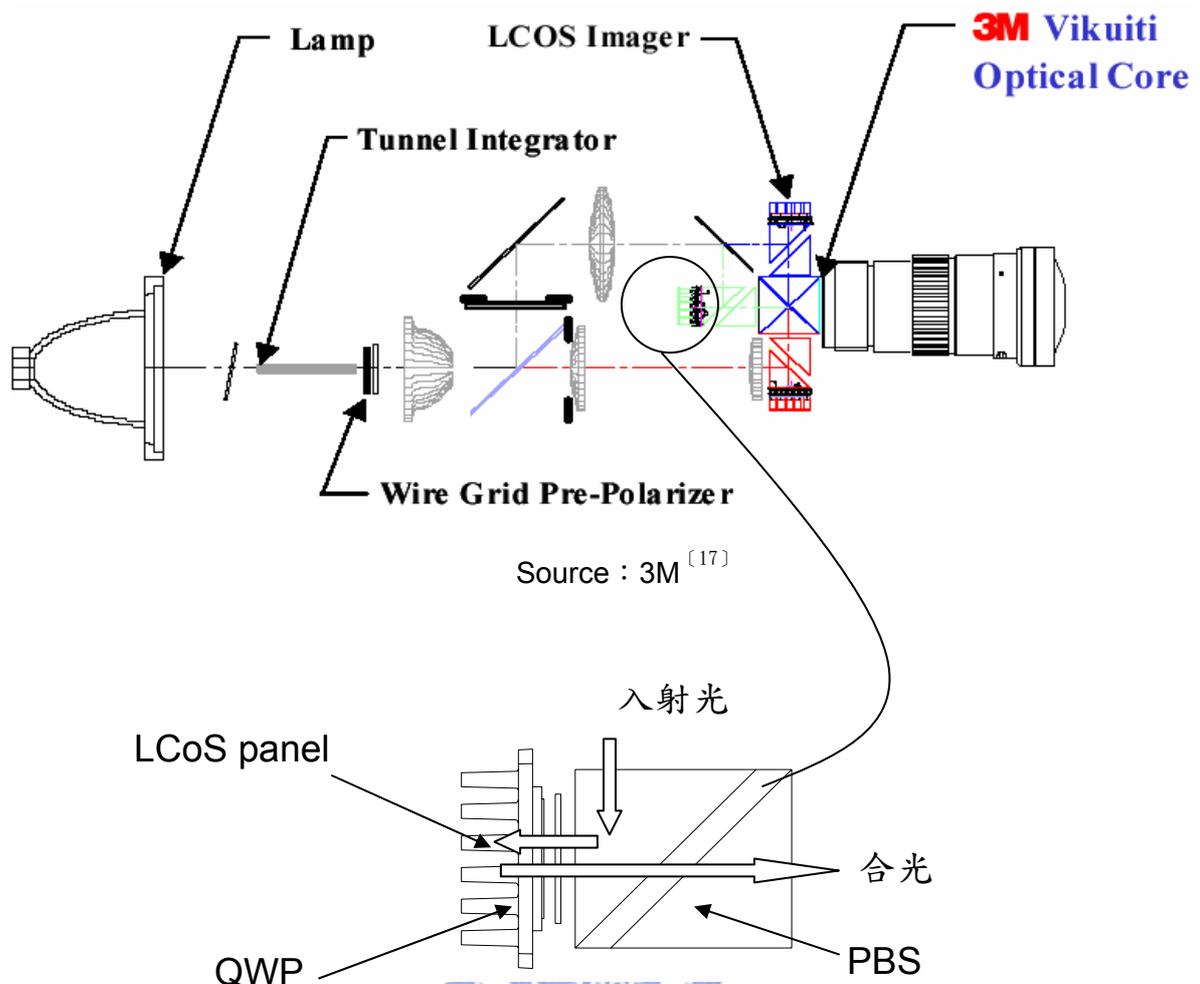


圖 2.2.11 IBM 4-Cube 架構

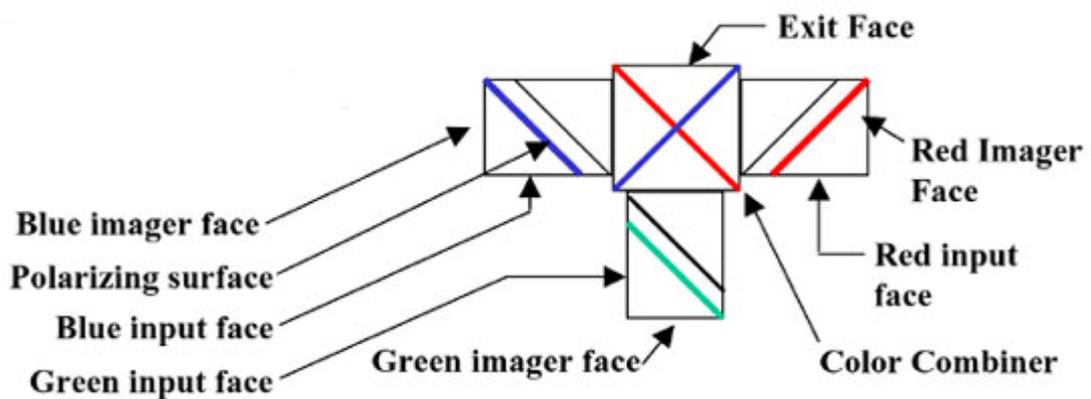


圖 2.2.12 3M Vikuiti Optical Core

b. ColorQuad :

為美國ColorLink所開發的LCoS panel用的分合光模組，這種設計

利用 4 個 PBS 和 5 片濾色片(ColorSelect)組成一個單元。

“ColorSelect” 的濾色片，此種技術不是採用薄膜干涉或吸收而是通過控制偏振態而獲得色彩控制，它是採用了堆疊延遲膜專利技術。堆疊延遲膜能高效率地使主帶光的偏振狀態旋轉 90° 同時保持補色帶光偏振狀態不變。可用於製造高性能非色性旋轉器，應用到 LCoS 投影系統上，見圖 2.2.13。^[18]

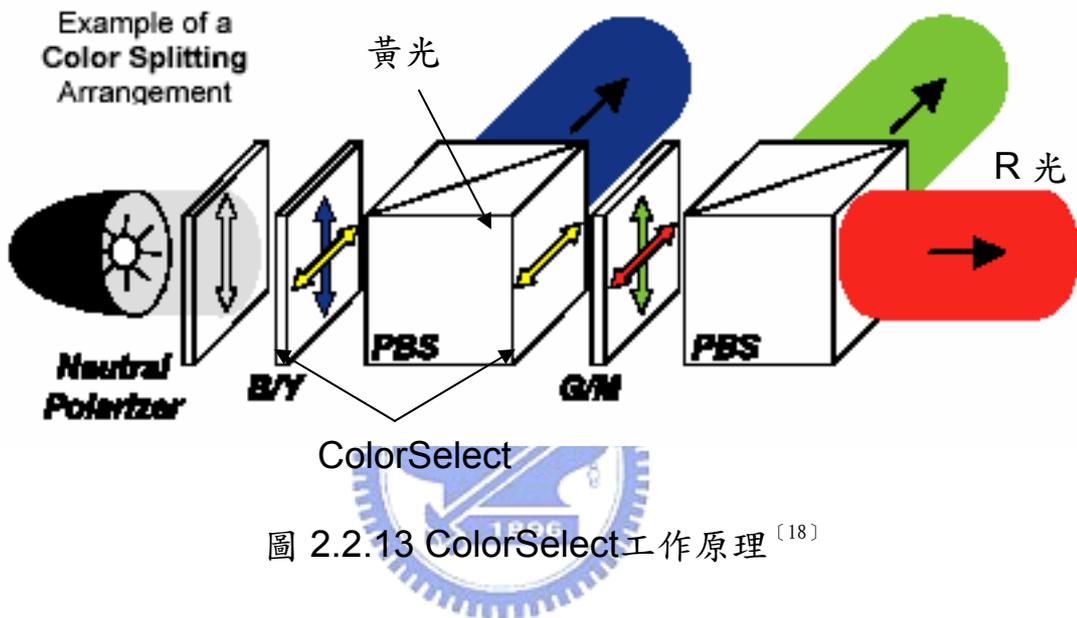


圖 2.2.13 ColorSelect 工作原理^[18]

ColorQuad 是一種光學架構完整而有效的彩色管理系統，將系統分光及合光完整地設計在一個模組內。工作原理是 ColorSelect 和 PBS 將彩色分開，分別投射至各個對應的 LCoS panel 上，在它們進入投影透鏡前再重組圖像，如圖 2.2.14 所示。此種設計光學引擎在光源端的設計上，不需要額外的分色鏡，使用這種方法的系統結構非常簡潔。

但是稜鏡的貼合與薄膜設計，玻璃的雙折射性質都會影響到系統的對比。同軸設計的系統對比較難控制，雖然同軸設計可以有效縮減產品體積，但色彩與偏極化元件都仍有改善的空間。^[18]

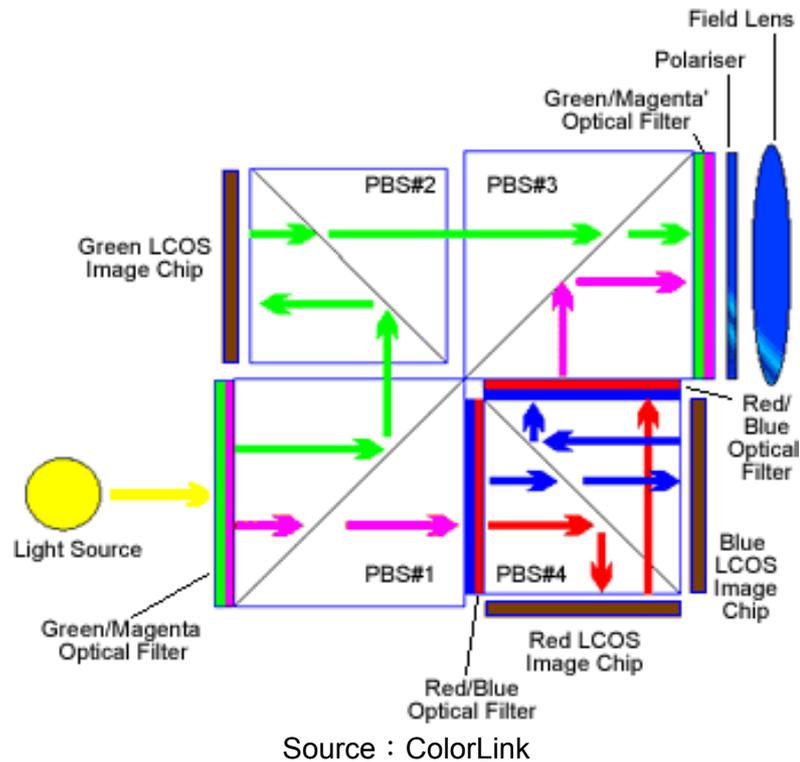
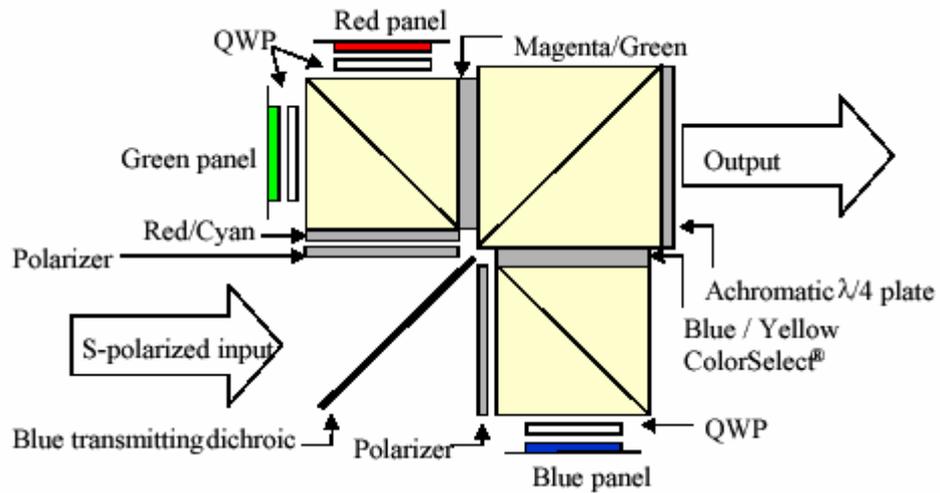


圖 2.2.14 ColorQuad分合光模組^[18]

c. CQ3 system :

ColorLink為改良前一代合光模組—ColorQuad在對比及產品可靠度上的瓶頸，研發出一種改良式分合光模組架構稱為CQ3^[19]。ColorLink取消一片出光偏振片及使用一片分光鏡（Dichroic Mirror）替換一個PBS並減少ColorSelect 的數量為 3 片。除了改善光學元件貼合的問題外，CQ3 顯著地減少了元件成本，見圖 2.2.15。JVC於西元 2004 年在美國市場推出之D-ILA背投影電視即採用與CQ3相似的架構。

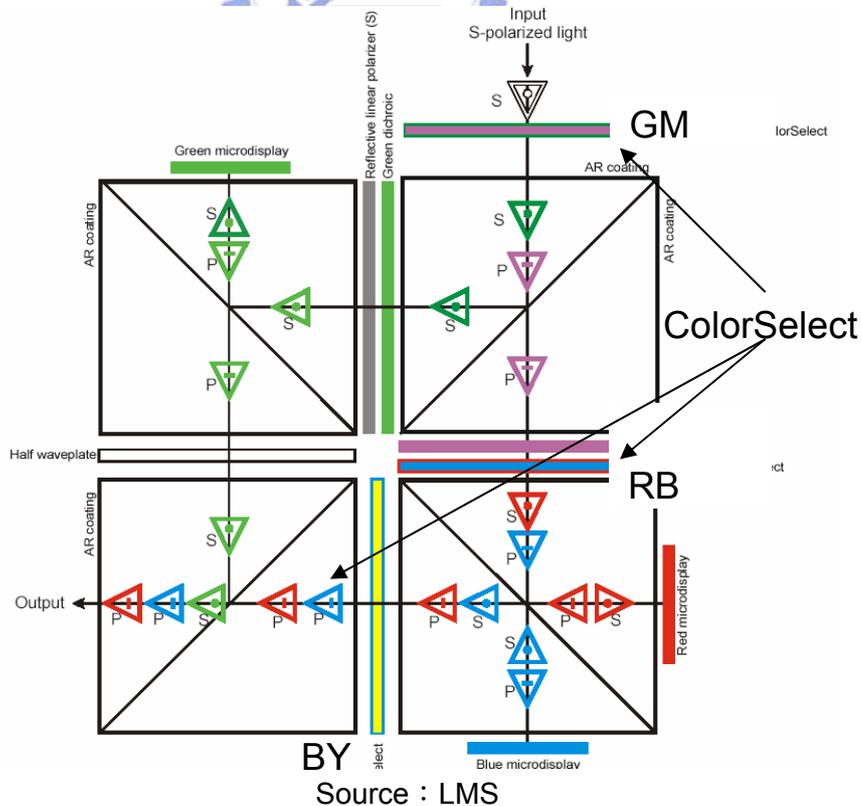


Source : ColorLink

圖2.2.15 CQ3分合光模組^[19]

d. LMS-XT KERNEL :

美國LightMaster公司於西元2003推出一種改良自ColorQuad的 LCoS panel用的分合光模組，係使用4個PBS及3片ColorSelect為主要光學元件，見圖2.2.16。



Source : LMS

圖 2.2.16 LMS-XT KERNEL工作原理^[19]

LMS-XT KERNEL工作原理與ColorQuad及CQ3相似，但在光學元件的補償及LCoS panel機構夾持上有極大不同：

- 使用光學油（Laser Liquid）補償光學元件熱膨脹之變化。
- 將 LCoS panel 以顯微鏡加上 CCD 取像，不使用投影鏡頭投出影像的方式在 LMS-XT KERNEL 內合光，並將 LCoS panel 膠合在 KERNEL 表面，如圖 2.2.17 所示。

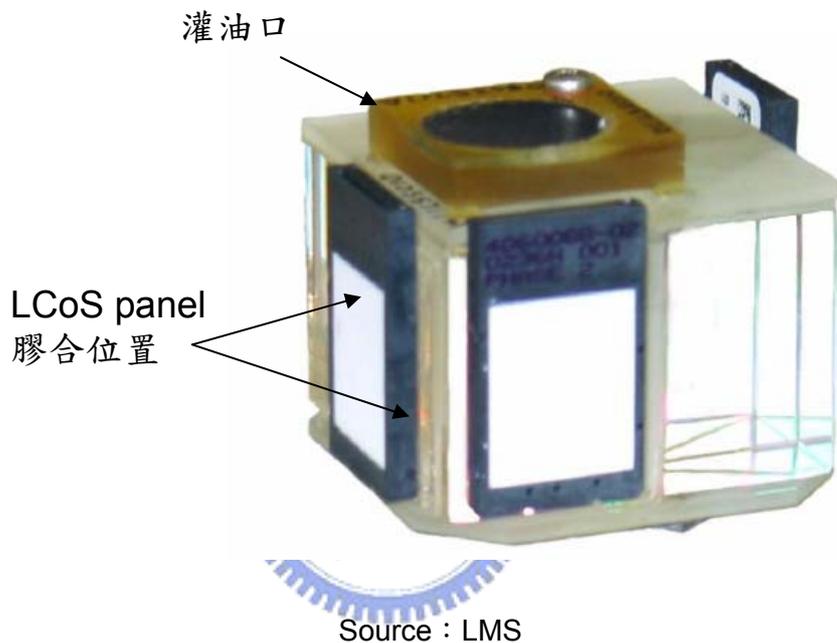


圖 2.2.17 LMS-XT KERNEL ^[19]

以上三種架構—ColorQuad、CQ3 及 LMS-XT KERNEL 皆沿用 ColorQuad 的光學架構，在分合光的架構整合的技術優勢下，光機內光學元件大幅減少，並有量產良率高及組裝速度快之優點，圖 (2.2.18)為 LMS 光機之架構簡圖。但 LMS-XT KERNEL 仍有一些未知之變數有待觀察：

- Reliability 穩定性
- 溫度變化對不同材質之折射率影響
- 注入 Laser Liquid 真空技術
- LMS LCoS panel 膠合生產技術

• 光學元件之定位及生產技術

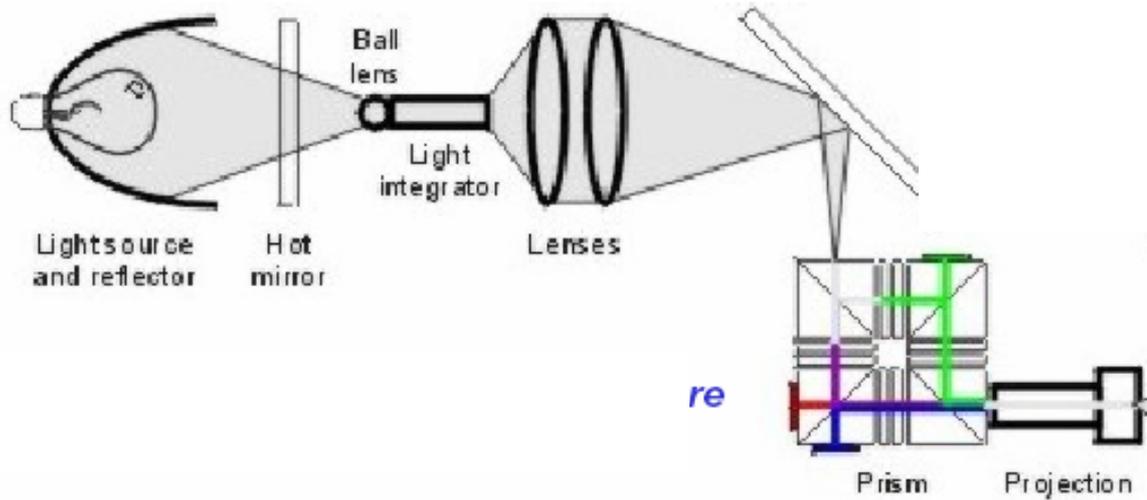


圖 2.2.18 為LMS光機之架構簡圖^[19]

e. 3-PJ Lens system :

台灣的 Prokia 公司的一台背投電視中，把三個 PBS 改成使用三個獨立的投影透鏡，代替了 X 形正六面體稜鏡圖 2.2.19。在這種情況下，三色圖像重新組合出現在背投螢幕上，與標準的三槍 CRT 的背投工作方式類似。

這種系統的優點是淘汰了 X 形正六面體稜鏡，使用了更簡單的投影透鏡。雖然有三個投影透鏡而不是一個 X 形正六面體稜鏡，但是每片透鏡的光譜要求更窄，後焦距更短。而且因為 RGB 三道光線在合光架構中是獨立運作，因而熱量亦被分散，在合光架構中不易產生常見的散熱問題。這種設計方法的 LCoS 背投電視已在西元 2003 年由 Kolin 發表上市。

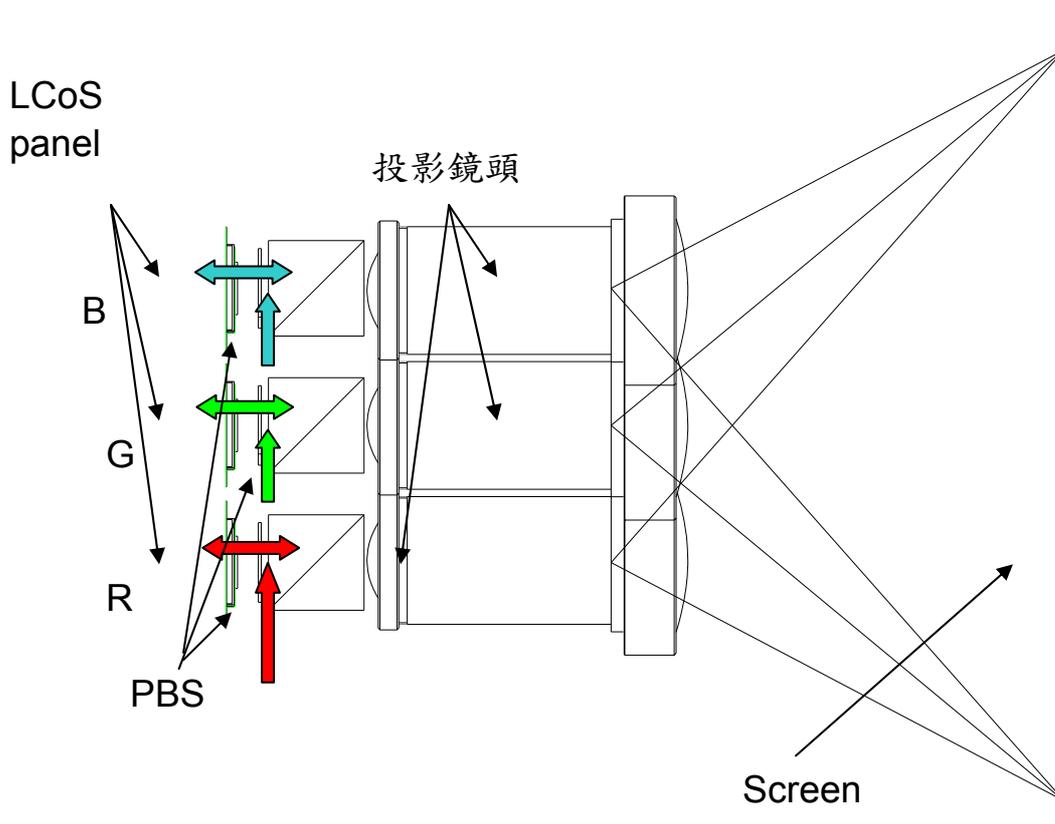


圖 2.2.19 3-PJ Lens 外合光架構

f. Off-Axis system :

S-Vision 和 Aurora 開發了一種離軸設計方法 (Off-Axis)，用這種方法，光是斜著照射到 LCoS panel，因此入射光和反射圖像沒有 PBS 也能分開。這種簡化設計的傾斜光照，導致許多傾斜角出現，使得彩色的分離和複合變複雜，需要一個更完善的非球面投影透鏡，見圖 2.2.20。離軸的設計有著較高對比的優勢，系統設計是將分光、合光元件分開，但仍在面板的同一邊，系統對比較高，但是離軸的設計比較少見，因為必須要使用昂貴的非球面鏡。三片式 LCOS 結構的體積、重量及價格都不符合未來趨勢，並且分光合光時難避免光量的漏失，而如何準確地聚焦將各色光聚合，並對準到投影鏡頭，都是影響影像品質甚大的因子。圖 2.2.21 為 S-Vision 所提出離軸光機的概念，台灣三洋於西元 2003 年進行量產，但因合光精度極高，RGB 三色對位困難，投影鏡頭量產不易，LCoS panel

不夠成熟等因素，目前已停止生產。

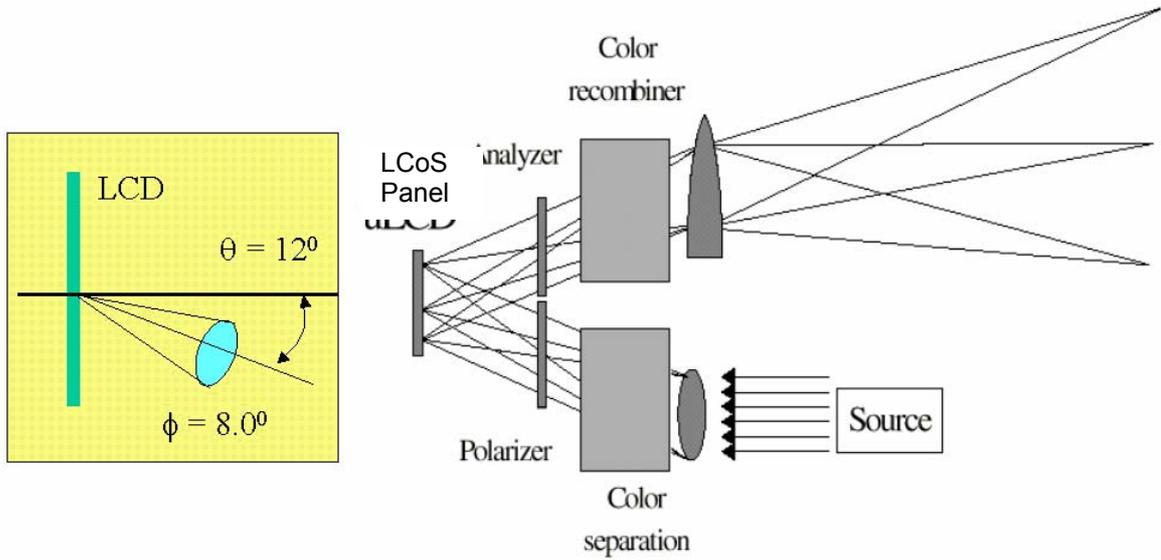


圖 2.2.20 off axis LCoS 合光工作原理

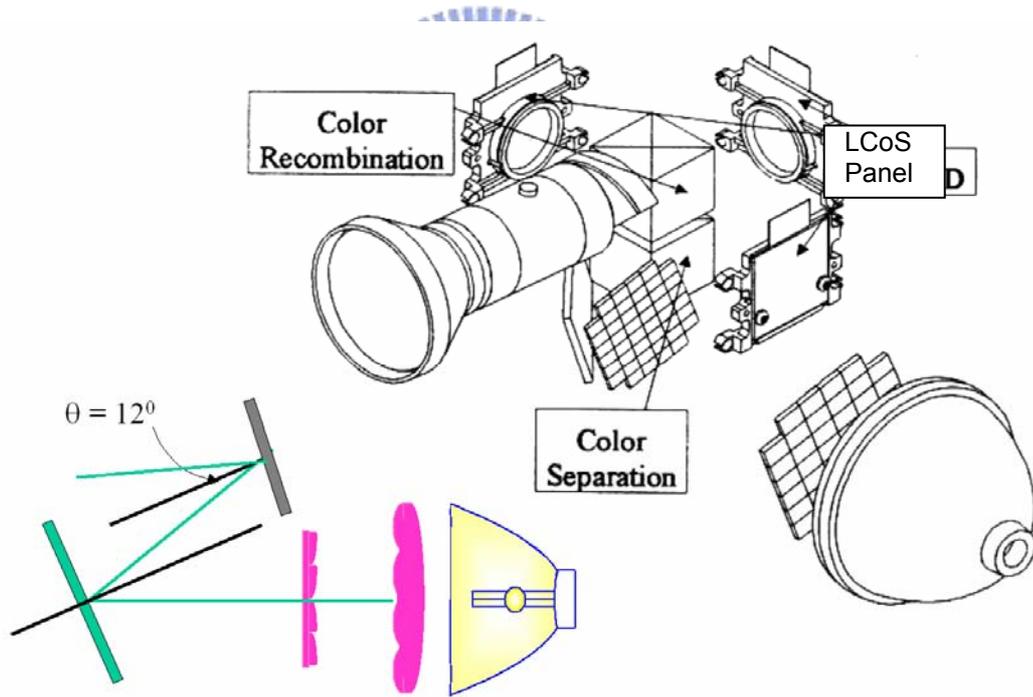


圖 2.2.21 off axis LCoS 光機工作概念圖

2.3 三片式微顯示器的合光技術

單片式微投影顯示器僅使用單片面板，由於在同一片面板上必須

同時提供 R、G、B 三種顏色，因此色彩解析度較差。在單片式微投影顯示器中，大部份比較著力在輕便短小，結構簡單且價錢便宜。

三片式微投影顯示器優點是亮度高，均勻度好，顏色漂亮；但是缺點是需要很高的位置準確性以將不同顏色合在一起，因為使用更多片的液晶面板，所以這種方式的投影機體積較大，價錢也較高。

綜整三片式微顯示器的發展，合光技術一向是光機設計及量產的瓶頸，對單片式 DLP 光機量產而言，並無合光對位之問題，但對三片式微顯示面板而言，甚至技術發展成熟如 3LCD 在量產時，合光問題亦是一大生產瓶頸。

在三片式微顯示器的光學架構而言，為補償系統公差，對面板的有六個軸向須調動。首先，微顯示面板的長邊為 X 軸，短邊為 Y 軸，垂直於面板為 Z 軸。相對於此三軸平移為 ΔX ， ΔY ， ΔZ ；相對於此三軸旋轉為 θX ， θY ， θZ ，見圖 2.3.1。

- ΔX ， ΔY 為補償 RGB 三道不同的光，投影在投影平面上 X 軸及 Y 軸之差異。
- θZ 為補償 RGB 三道不同的光，投影在投影平面上相對於 Z 軸旋轉的差異。
- θX ， θY 為補償 RGB 三道不同的光，相對於投影鏡頭的成像差異。
- ΔZ 為補償 RGB 三道不同的光，相對於投影鏡頭的成像最佳位置。

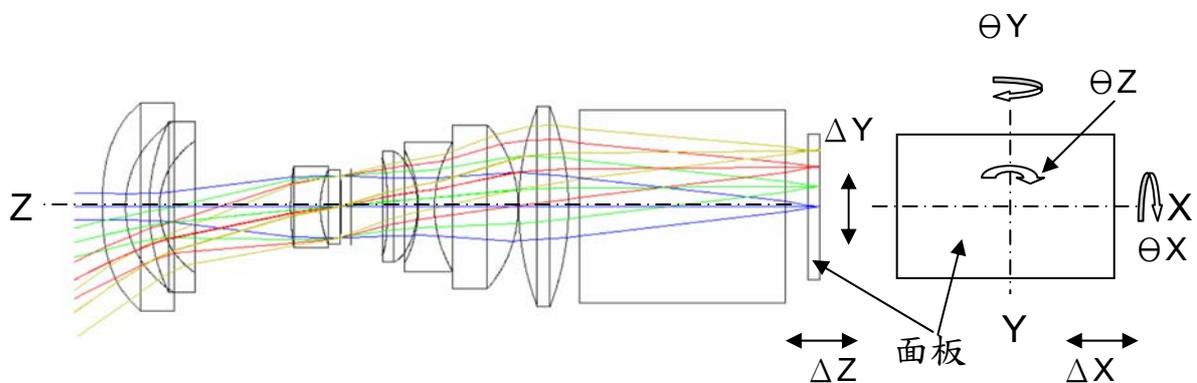


圖 2.3.1 六軸調整概念圖

以下將就三片式微顯示器合光技術的發展歷史做介紹：

1. 機構式六軸調整機構

最初的三片式微顯示器合光概念，是以單純機構部件調整為合光構件，見圖 2.3.2。在 3.6”微顯示面板的面積時使用 5~7 片調整件並不困難，但隨著面板尺寸縮小，機構件的操作空間亦隨之縮小，機構件的精度變差，因單一畫素變小，所以合光信賴性問題亦開始產生。

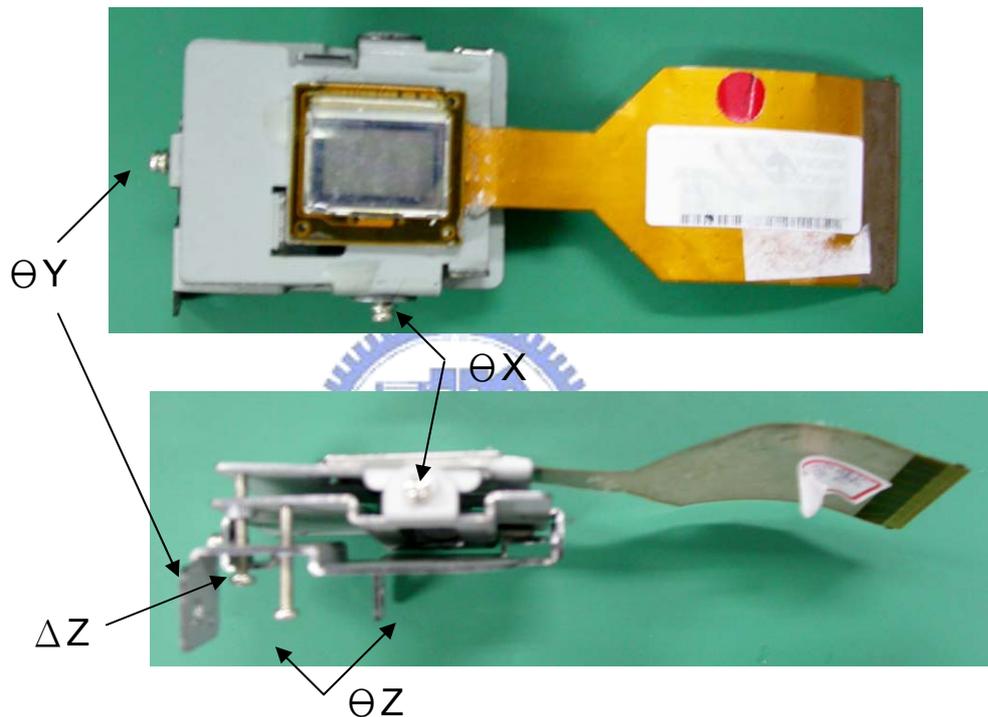


圖 2.3.2 機構式六軸調整機構

2. 六軸調整機搭配 UV 光固化膠合

在 90 年代初期開始，自動化控制機械的技術漸漸成熟，高分子膠合技術亦在同時為配合光電產業的發展，推出高品質的 UV 光固化接著劑，藉由 UV 光源固化機的 UV 光，照射而起動化學連鎖反應，在數秒內固化接合材質，為乾淨快速有效率之組裝接合方式，圖 2.3.3 為 UV 光源固化機。



Source : LOCTITE

圖 2.3.3 UV 光源固化機

使用 UV 光固化膠合在三片式微顯示器合光架構的運用極廣，包含 3LCD 及 LCoS 為業界使用最多的合光方式，但 UV 光固化接著劑與被膠合材料的熱膨脹係數不一致，而且高分子材料一向有吸水膨脹的現象，會造成投影顯示器成像品質信賴性不佳，如圖 2.3.4 所示。

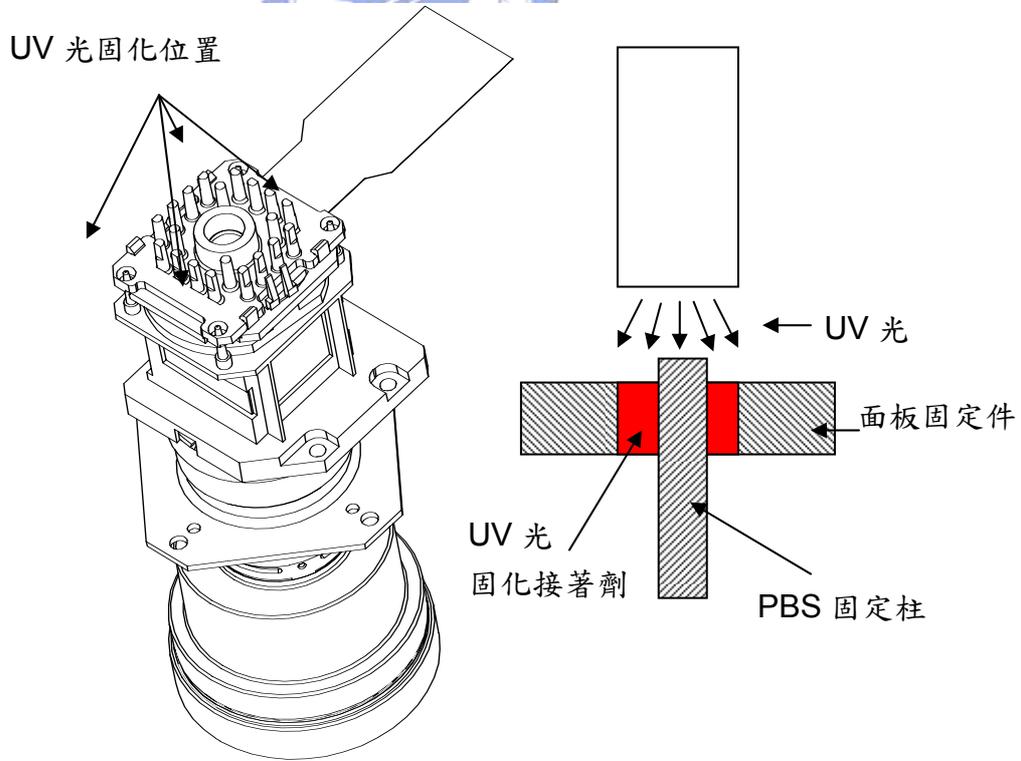


圖 2.3.4 UV 光源固化微顯示器合光架構

3.六軸調整機搭配雷射銲接

雷射銲接可以用來取代 UV 光固化膠合在三片式微顯示器合光架構製程上，雷射銲接的優點有：

- 加工後變形（distortion）甚小。
- 成像品質信賴性高，一旦加工條件訂妥後，產品品質不因環境改變。
- 加工工件乾淨、銲點小。
- 自動化容易。

現在已成為三片式微顯示器合光架構製程中最可靠的固定方式，但 12 點雷射銲接合光對位機造價極高，且製程中合光對位工時長，對於成本的控制相對困難，見圖 2.3.5。



圖 2.3.5 雷射銲接機

第三章 理論分析與設計

本實驗選擇以三片式 LCoS Panel 及 CQ3 kernel 為合光實驗主要架構，並用此架構來進行系統之分析與設計工作。根據圖 3.1 的實驗流程，將藉由光學軟體對 Panel 姿態精度與防塵要求進行分析工作，並在分析結果的導引下，使用新的觀念來設計光學引擎中合光模組的高精度防塵之合光對位機構裝置。

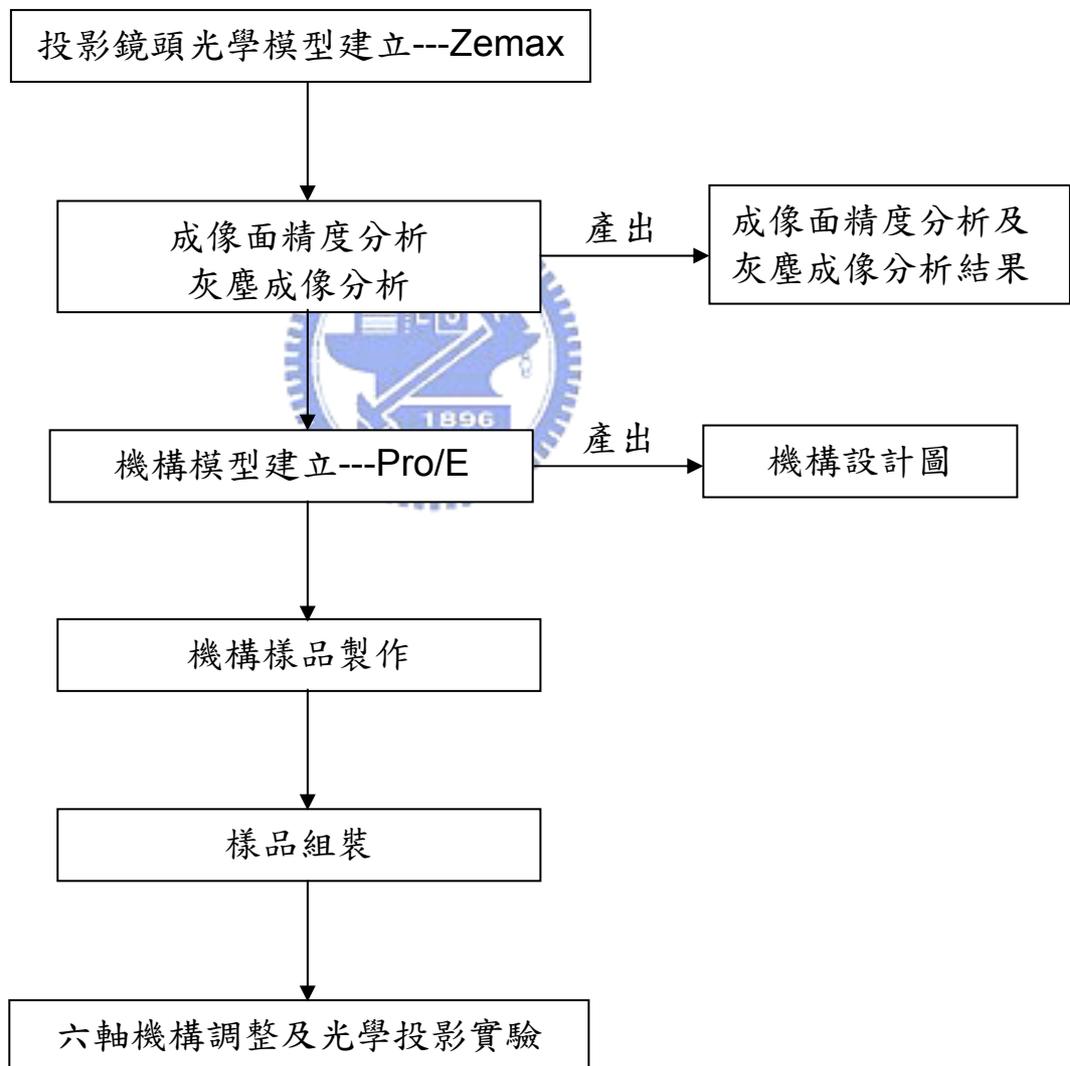


圖 3.1 實驗流程圖

本實驗的目的是為了改善三片是微顯示器合光架構，希望增加合光模

組之組裝效率與組裝良率。新的合光對位機制將不再使用傳統製程中常用方式，如使用專用製程設備—六軸調整機或雷射銲接機．．．等，並兼顧組裝性與防塵等工程規格之要求。

3.1 分析與設計之設備及資料

1. 設備：

- a. PENTIUM PC 1 台

2. 工作應用軟體：

- a. Microsoft Office 2000
b. Zemax
c. Pro/E

3. 元件技術規範資料：

- a. 投影鏡頭介面及設計資料
b. LCoS Panel 設計規範及產品規格
c. 合光模組 CQ3 設計規範及產品規格
d. 光學引擎介面及設計資料



3.2 CQ3 光學引擎架構及相關元件說明

CQ3 架構之光學引擎可分為兩個部分，參見圖 3.2.1 及圖 3.2.2：

1. 照明模組包含光源、均勻光元件 – Lens array 及偏光轉換元件 – PS convertor (簡稱 PSC)。
2. 分合光模組則包含 CQ3 Kernel、LCoS Panel 及投影鏡頭。

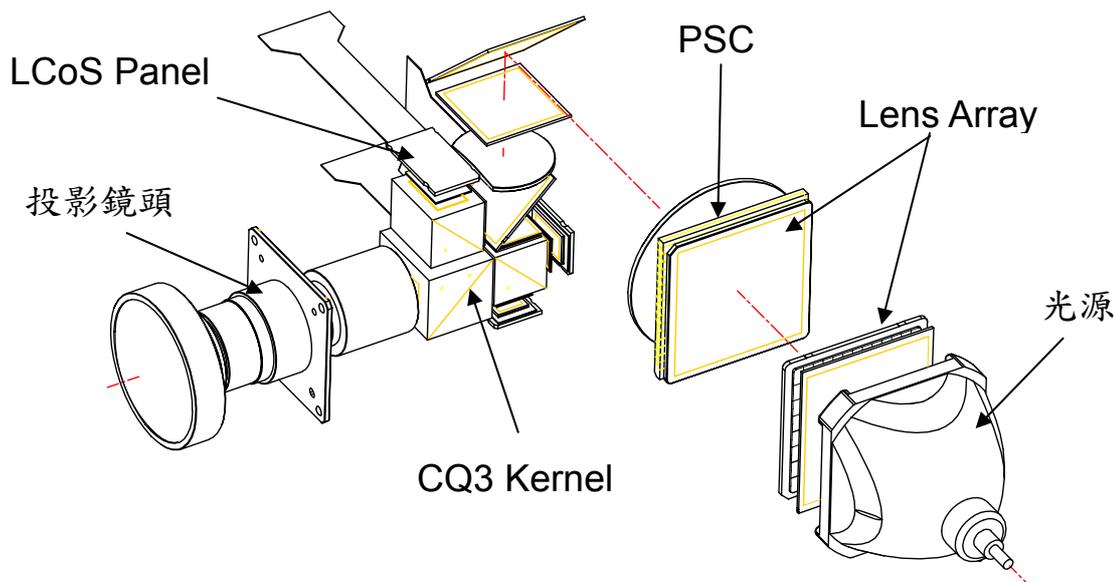


圖 3.2.1 CQ3 架構之光學引擎

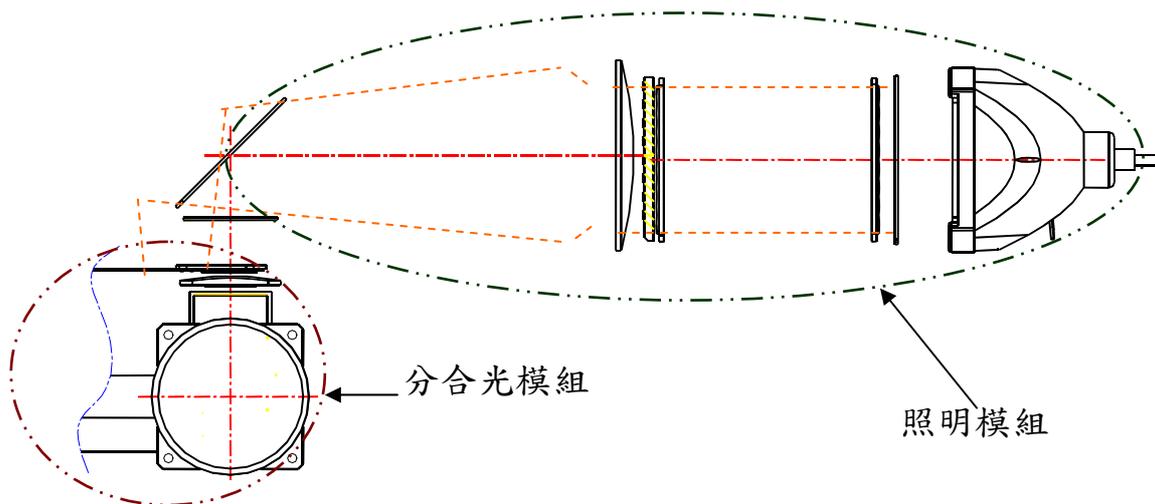


圖 3.2.2 CQ3 架構之光學引擎正視圖

1. CQ3 Kernel

根據美商 ColorLink 公司所提供之分合光參考架構顯示，CQ3 Kernel 主要的光學架構是由 3 個 Polarized beam splitter (簡稱 PBS)、一片雙色分光鏡 (Dichroic mirror; 簡稱 DM)、3 片由美商 ColorLink 公司生產的分色偏極元件 ColorSelect 及 2 片偏極片所組成，再由上下機構挾持組成一個完整 CQ3 Kernel，見圖 3.2.3。

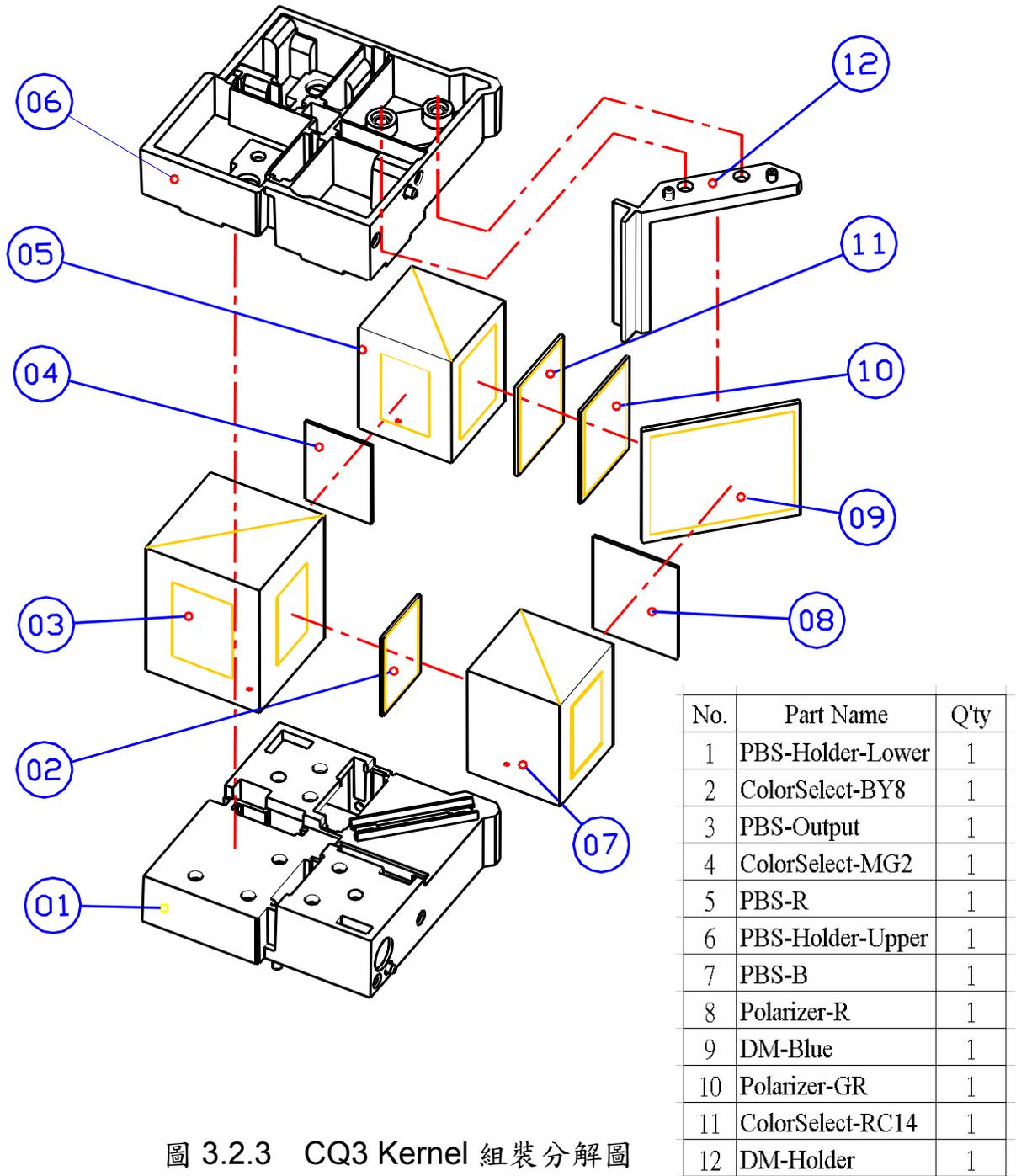


圖 3.2.3 CQ3 Kernel 組裝分解圖

圖 3.2.4 則為組裝完成之 CQ3 Kernel，其對外之光學介面分別為：

- a. 分光前之入光介面—IN；
- b. 合光後之出光介面—OUT；
- c. R 光微顯示面板之位置—Red channel；
- d. G 光微顯示面板之位置—Green channel；
- e. B 光微顯示面板之位置—Blue channel；

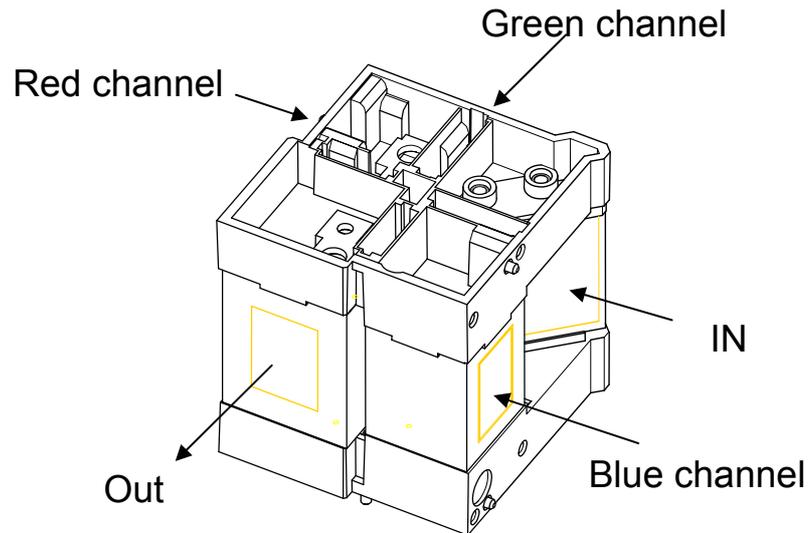


圖 3.2.4 CQ3 Kernel

2. LCoS Panel

本實驗所採用之 LCoS Panel 為美商 eLCoS 公司所提供之 1080p / 0.7" LCoS Panel，見圖 3.2.5。其真實解析度為 1952×1112 pixels，單一 pixel size 為 8.1 μm 。該 Panel 為支援三片式的系統，即每片 Panel 只控制 RGB 單一顏色的灰階，由三片 Panel 的色階變化來表現豐富的色彩。該 Panel 是採用最新數位元驅動液晶的方式，有別於傳統類比驅動液晶的方式。此新技術的優點是在控制色階的精準度較後者為高，可以更正確的表現真實的色彩狀況。



圖 3.2.5 1080p / 0.7" LCoS Panel

3. 投影鏡頭

在光學系統設計之初必須先將系統的規格要求轉換成光學鏡頭的設計規格。也就是說，鏡頭的設計必須符合系統及相關搭配元件之所需。搭配本實驗之鏡頭規格要求如表 3.2.1 所示。

表(3.2.1) 投影鏡頭之規格表

設計架構要求	遠心系統
有效焦距 EFL	10.69mm
鏡頭解析度; MTF	> 60% @ 60 lp/mm in all fields for RGB and White
後焦 BFL	66.06mm w/ inserted glass
波長範圍 Wavelength range	R: 585nm~680nm G: 505nm~565nm B: 450nm~500nm
視場半形 Half view angle	40.42 degree
光圈數 FNO	2.8
有效孔徑 Effective aperture	φ44.4 mm at front lens, φ26.4mm at last lens
全長(到微顯示面板)Total length	119.62mm from the 1 st lens to LCoS
鏡頭全長 Barrel length	85mm from 1 st lens to last lens
光學畸變 Optical Distortion	-0.059%
光穿透率 Transmittance	> 85%

以下針對幾項與本系統相關的重要規格做一說明。

a. 針對三片式系統合光的需求，鏡頭設計要求架構必須是遠心 (telecentric) 的。遠心系統的好處是，對於不同顏色的面板若發生最佳成像位置不同時，也不至於在螢幕上產生不同放大倍率的影像(這會讓影像看起來會有類似因橫向色差產生的色暈的感覺)。

b. MTF (Modulation Transfer Function) 值的要求是在全視場下，不論是對 RGB 何種通道或是白光的空間頻率在 60 lp/mm 時必須大於 60%，這是針對系統所要使用之面板的畫素大小所定義出的解析度要求。若設計或是製作時

該值小於規格會導致合光機構公差要求變緊，甚至無法補償的結果。

c. 鏡頭後焦(Back Focal Length)的設定除必須能置入鏡頭至 LCoS Panel 間所需的一切元件外，元件的散熱及調整空間考量亦須加入。

3.3 投影鏡頭光學模型建立與分析項目說明

本文採用了市場上符合規格要求的現有投影鏡頭進行光學及精密機構公差分析的工作，本實驗用鏡頭光學設計資料如表 3.3.1 所列。表中詳細列出了各個曲面的曲率半徑、面與面間的距離以及所使用的玻璃或是塑膠材料等資料。

表 3.3.1 本實驗用鏡頭光學設計資料



Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Diameter	Conic
OBJ	STANDARD	Infinity	988		1695	
1	EVENASPH	246.48	4.79	PMMA	72	22.34
2	EVENASPH	28.55	10.747		72	32.2
3	STANDARD	106.6	1.8	S-FSL3	32	
4	STANDARD	22.26	38.341		32	
5	STANDARD	-36.66	1.5	S-LAH66	16	
6	STANDARD	47.07	2.64	S-TIM35	16	
7	STANDARD	-60.47	0.2		16	
8	STANDARD	43.59	2.68	S-TIH14	16	
9	STANDARD	-90	4.118		16	
10	STANDARD	Infinity	3.76		14	
STO	STANDARD	Infinity	6.2		14	
12	STANDARD	63.83	1.2	S-LAH55	17	
13	STANDARD	12.63	0.2		17	
14	STANDARD	18.49	8.34	S-FPL51	18	
15	STANDARD	-16.54	1.8	S-LAH60	18	
16	STANDARD	35.54	0.2		23	
17	STANDARD	39.14	4.75	S-LAH55	23	
18	STANDARD	-39.14	0.2		23	
19	STANDARD	-600	2.99	S-FSL5	24	
20	STANDARD	-46.69	0.2		28	
21	STANDARD	166.68	3.01	S-TIM35	28	
22	STANDARD	-89.68	0.2		28	
23	STANDARD	99.98	6.05	S-FSL5	28	
24	STANDARD	-32.67	11		28	
25	STANDARD	Infinity	22	SF2	28	
26	STANDARD	Infinity	27	PBH56		
27	STANDARD	Infinity	0.68	PMMA		
28	STANDARD	Infinity	0.7	B270		
29	STANDARD	Infinity	0.7	PMMA		
30	STANDARD	Infinity	1			
IMA	STANDARD	Infinity	17.85244	0		

本實驗使用光學模擬軟體為 Zemax，進一步對鏡頭做基本像質分析的工作。以下將針對與本論文相關所進行之模擬分析工作做一說明。

1. 二維外觀圖 (2D layout)

鏡頭二維外觀圖可以用於設計分析時的基本偵錯工作，亦可瞭解元件本身大小厚薄和元件間相對位置的關係。如圖 3.3.1 所示之最右側元件就是 LCoS Panel，螢幕則在最左側圖中並未繪出。本鏡頭設計由左而右共有 12 片鏡片，其中包含一片非球面塑膠鏡片(左側數起第一片)。最右側一片鏡片到 LCoS Panel 的距離，一般稱之為後焦長度。

如圖中所示，這個空間中必須足夠置放若干個光學元件，包括兩個尺寸大小不等的 PBS、Colorselect 以及 QWP 等元件。由圖中亦可以見在設計鏡頭時是假設以 LCoS Panel 為像面，而以螢幕為物面。

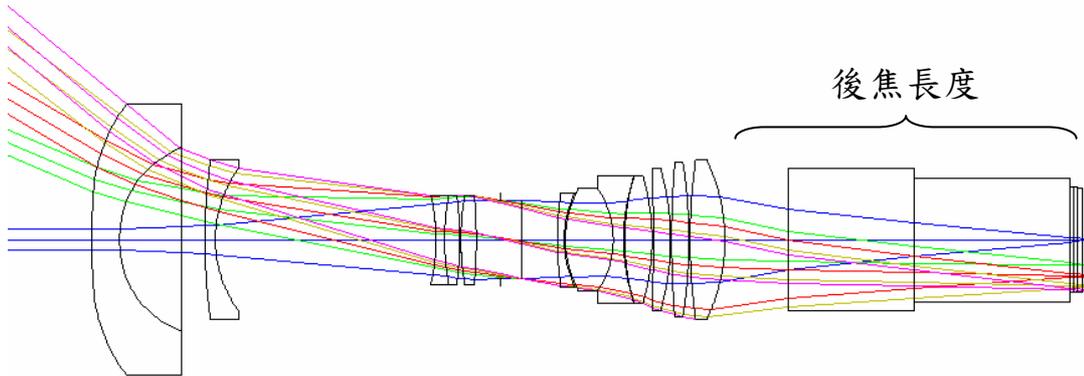


圖 3.3.1 投影鏡頭二維外觀圖

2. Spot Diagram 分析與 MTF 分析

Spot Diagram 分析與 MTF 分析均是常用的像質評價方式，這些分析通常只會針對幾個重要的波長及視場進行。圖 3.3.2 之 Spot Diagram 圖中分別顯示五個視場的光束在像面(LCoS Panel)上的光點聚焦大小。而這些點的數據也可以轉換成 MTF 的數據，如圖 3.3.3 所示。光點越小表示鏡頭可解析的能力越強。圖中不同顏色代表著不同波長的光束，不同顏色光點的分離則代表著橫向色差的存在。圖 3.3.3 之實例為白光全光譜下的計算結果。

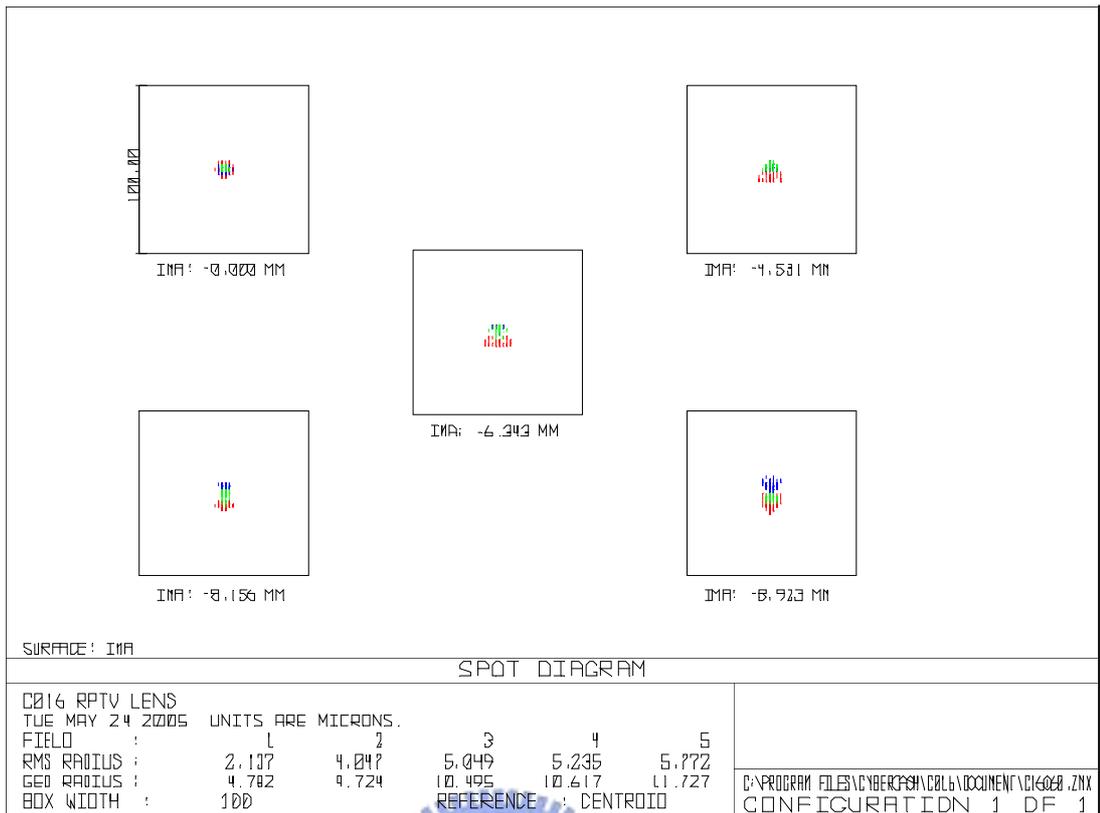


圖 3.3.2 Spot Diagram 分析

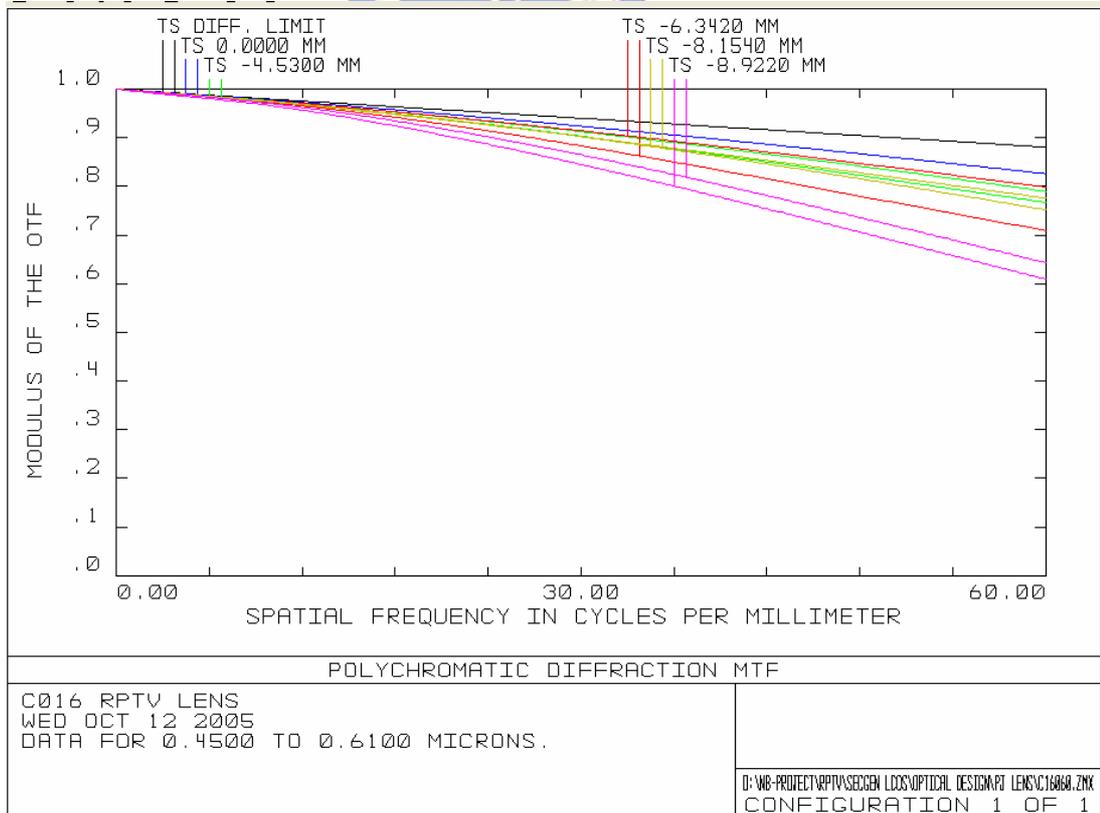


圖 3.3.3 MTF 分析

由於本實驗所要探討的成像模組的光學機構精度要求極高，尤其是 LCoS Panel 技術已將畫素(pixel)的尺寸縮小到 $8.1 \mu\text{m}$ ，這將不僅對於光學鏡頭設計及鏡頭製作上產生考驗，也相對提高了合光模組的精密機構設計與製作的難度。

3.4 合光模組中面板姿態精度與落塵對系統影像品質影響之需求說明

本節將針對成像模組的合光部分進行面板姿態精度要求的公差分析與落塵影響像質的模擬分析工作。

1. 面板姿態精度與投影像質變化模擬分析

在實際的合光過程中三片 LCoS Panel 是可以三維浮動的，所以必須針對面板的姿態進行細部公差模擬分析工作。藉著瞭解 LCoS Panel 在不同姿態變動下的像質變化情形，來取得機構設計時之公差設計參考數據。

假設鏡頭光軸與 Z 軸平行且穿過鏡頭與面板間之各元件中心，且將 LCoS Panel 的姿態分解成六個維度，分別是 XYZ 三軸的平移維度為 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ ，以及以 XYZ 為旋轉軸的旋轉維度為 ΘX 、 ΘY 、 ΘZ 。其中在鏡頭的最大設計視場範圍內， ΔX 及 ΔY 兩個維度的移動只會造成螢幕上畫面平行的移動並不會影響像質。 ΘZ 是以 Z 軸為旋轉中心的旋轉維度，造成的影響也是螢幕上整個畫面的旋轉(因為系統光軸垂直於螢幕)，此結果亦不會影響像質。而 ΔZ 是只沿光軸方向的位置變動，這個維度造成的像質變化稱之為失焦，針對這個維度的分析即為焦深的分析。 ΘX 及 ΘY 兩個維度變化，因投影鏡頭本身的架構是對光軸旋轉對稱的，所以只須針對其中一個維度進行分析便可知道對 LCoS Panel 傾斜的公差要求。經簡化分析後以下只針對 ΔZ 及 ΘX 進行分析工作。

a. ΔZ 之分析

鏡頭焦深(Depth of Focus; DOF)代表著鏡頭對成像面所容許的焦點位置公差，即在該焦深範圍內之像面上任何位置的成像品質的變化是可被接受的。所以焦深越大，對合光時的對焦過程而言越是容易的。以下為對 RGB 三個光路不同之波段分別進行焦深模擬分析之結果，所示之圖為以空間頻率為 60 lp/mm，位置區間為最佳焦點正負 50 μm ，分別對五個視場進行軸上 MTF 值的計算，計算結果如圖 3.4.2、圖 3.4.4 及圖 3.4.6 所示。假設以 MTF 值 40% 為可以接受的像質下限時，可以看出 RGB 三個波段分別之焦深範圍大約各為 60 μm 左右。而 RGB 三個波段的最佳像面位置並不相同，但實際組合時之面板位置可以個別前後調整，焦深範圍較單片時變化不大。這個結果也可以透過 Spot Diagram 看出來，如圖 3.4.1、圖 3.4.3 及圖 3.4.5。

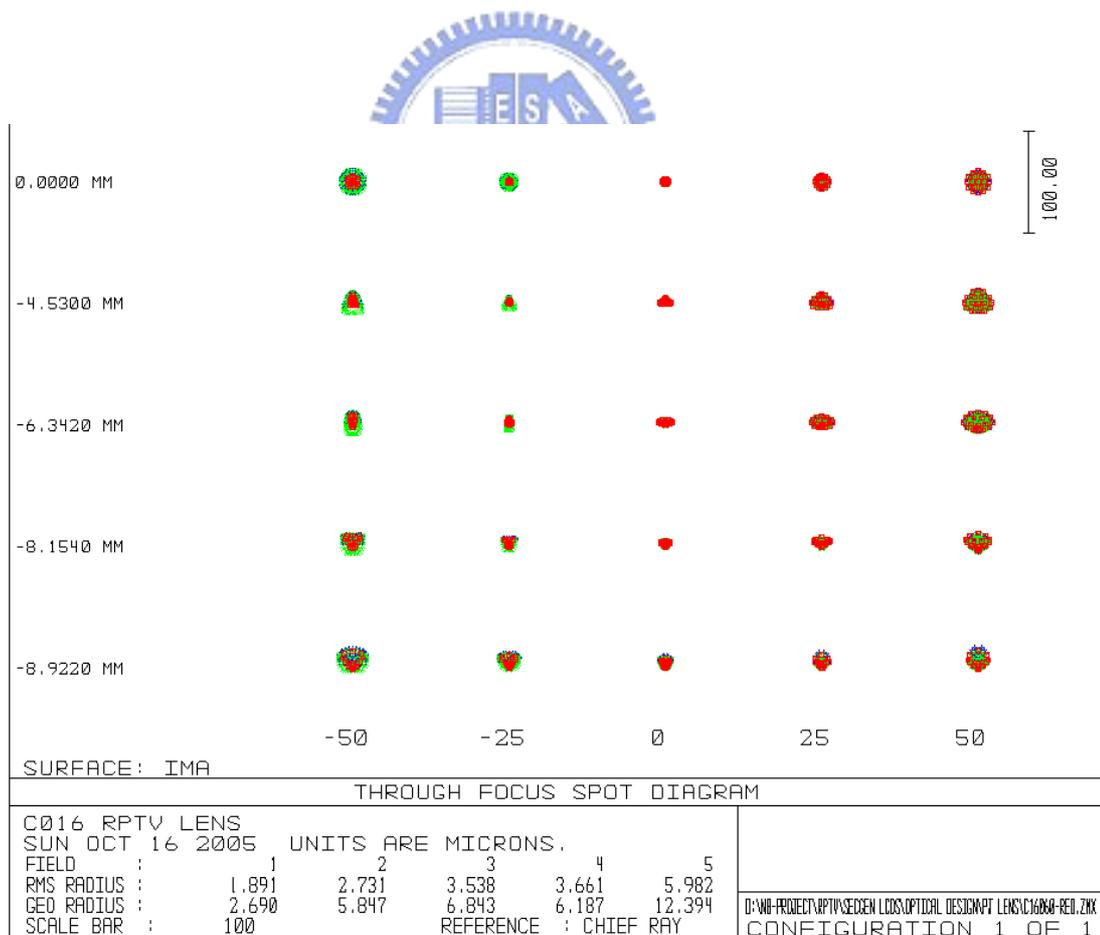


圖 3.4.1 紅光焦點在不同成像位置時像點大小的變化情形

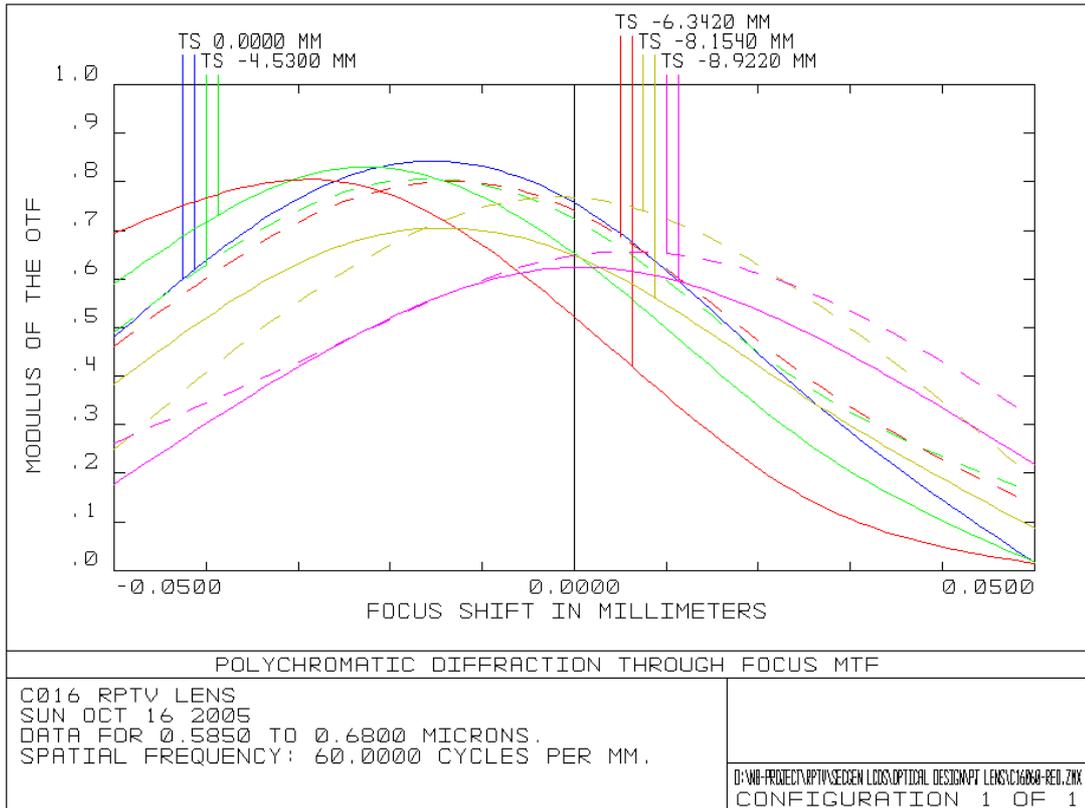


圖 3.4.2、紅光在 60lp/mm 時光軸上不同成像區間的 MTF 變化情形

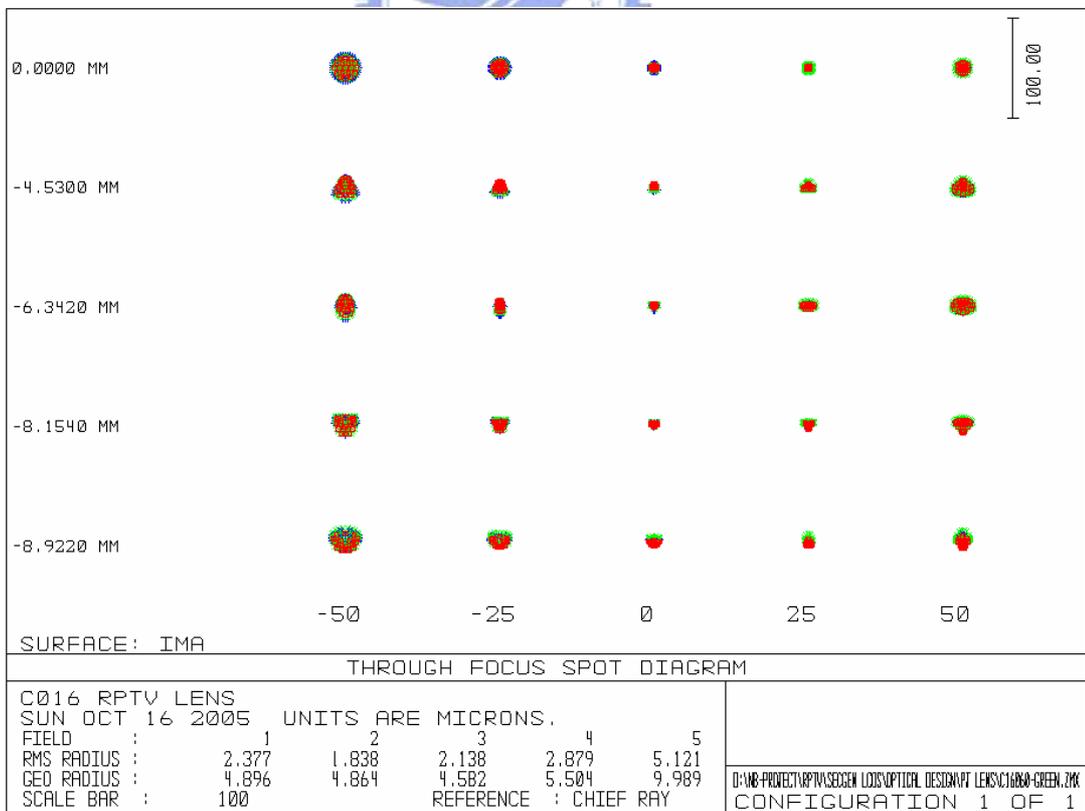


圖 3.4.3 綠光焦點在不同成像位置時像點大小的變化情形

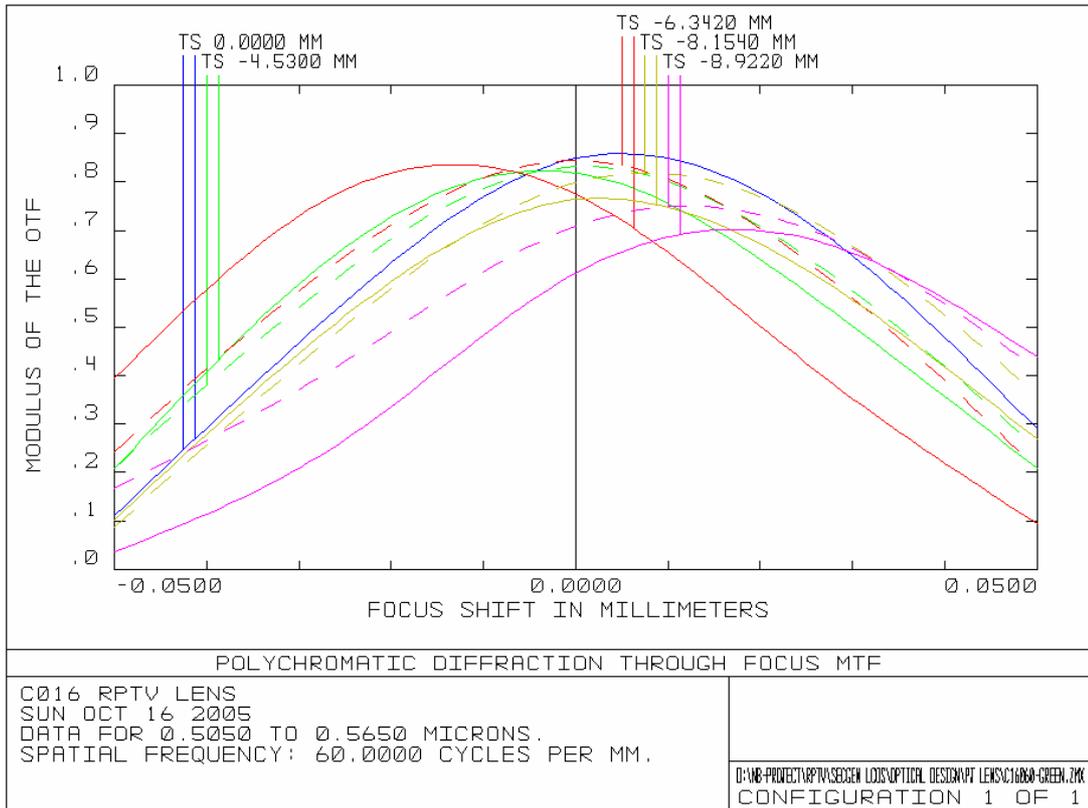


圖 3.4.4 綠光在 60lp/mm 時光軸上不同成像區間的 MTF 變化情形

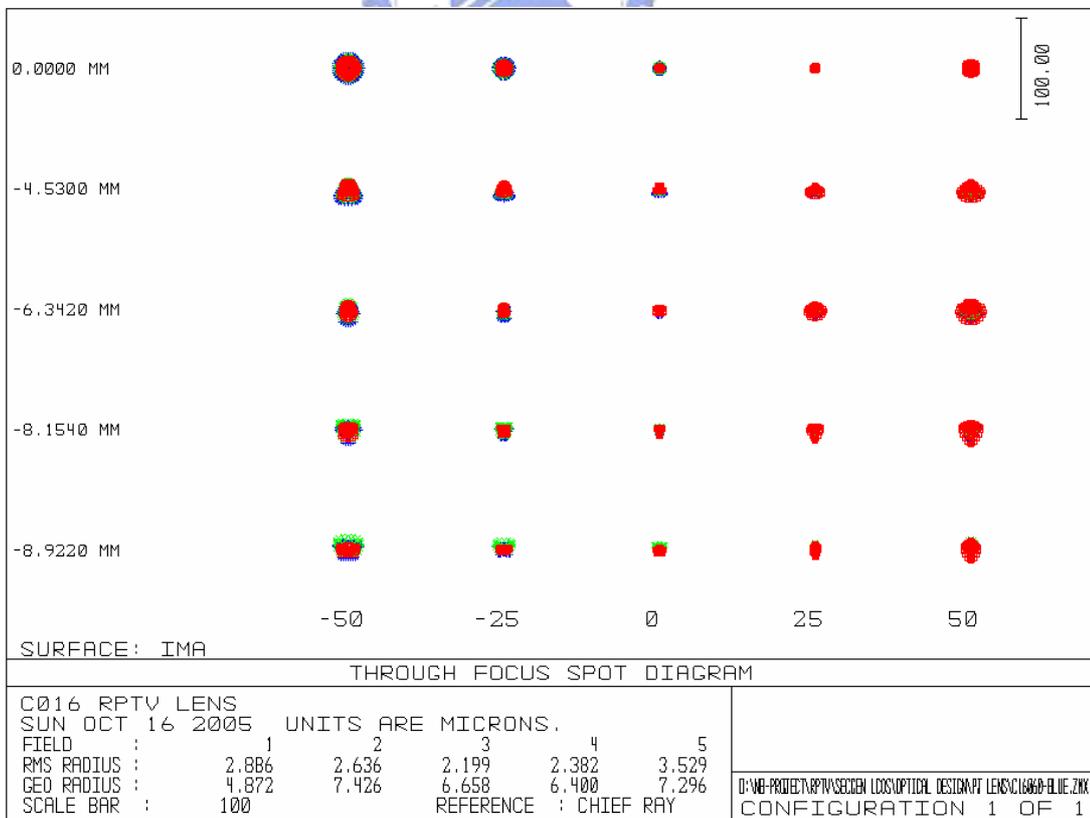


圖 3.4.5 藍光焦點在不同成像位置時像點大小的變化情形

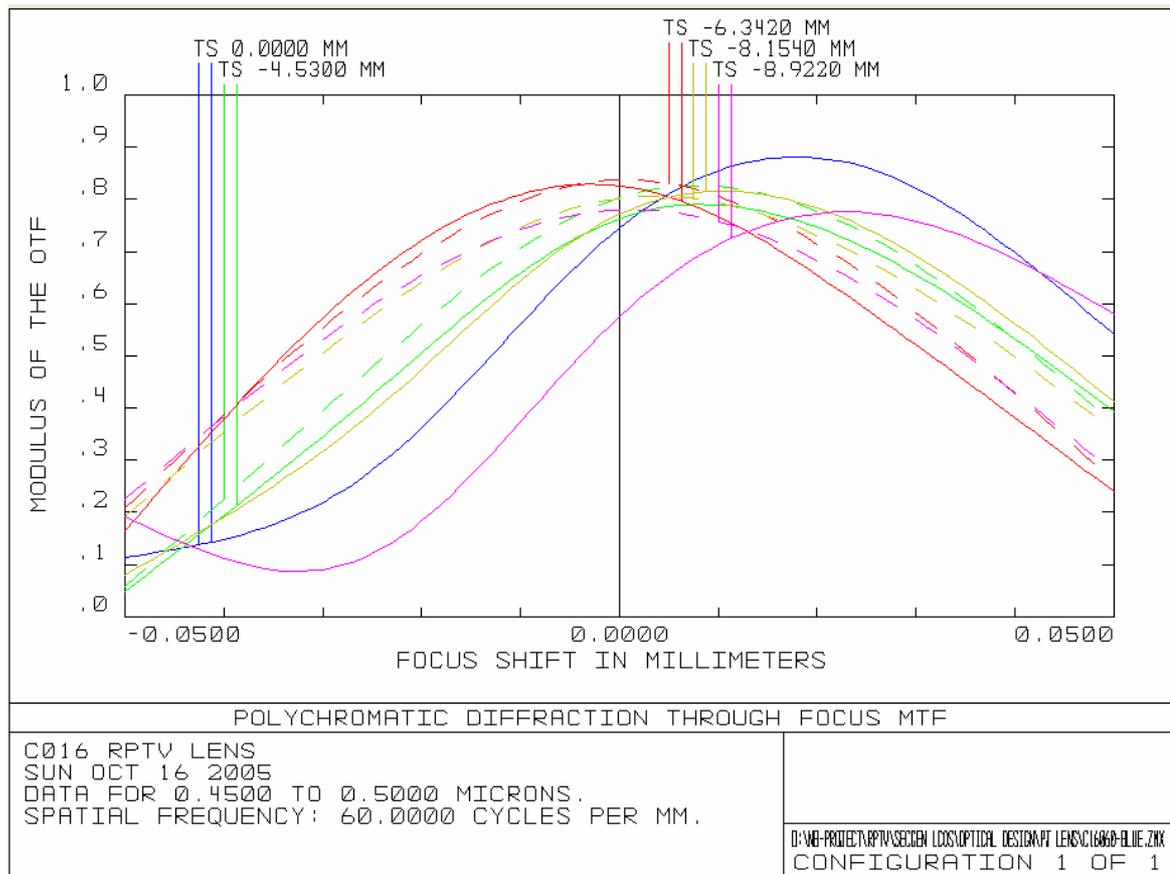


圖 3.4.6 藍光在 60lp/mm 時光軸上不同成像區間的 MTF 變化情形

b. θX 之分析

LCoS Panel 相對於成像系統光軸有所傾斜時會造成螢幕上角落的影像像質變差(即一般會低於規格，本文之最大視場 MTF 值 <40%)，所以可進一步分析以 MTF 為 40% 時為最下限時之 θX 公差規範。

圖 3.4.7、圖 3.4.8 及圖 3.4.9 顯示分別針對 RGB 三個波段的像質進行分析，代表 RGB 三片 LCoS Panel 的 θX 旋轉公差在最大視場 MTF 值~40% 時之狀況。在藉由先前提及的在固定的空間頻率下各個焦平面的 MTF 值變化情形來估算，RGB 個別光路的 θX 旋轉公差。假設面板以中心軸為支點旋轉，面板最大旋轉臂長為中心軸到四個頂點距， $L/2$ ，其中 L 為面板對角線長度，本實驗所使用的面板 $L=17.78mm$ 。又令 ΔZ 為面板在光軸軸向上的位置變化量，且由先前的資料已知當 $\Delta Z=30\mu m$ 時，MTF 值會由最佳值下降到 40% 附近。

由此可得知 RGB 個別光路的 θX 旋轉公差計算如下

$$(\mathcal{L}/2) * \sin[\theta X] = \Delta Z = 30 \mu m$$

所以代入 \mathcal{L} 後可求出 θX 大約為 0.2 度。但藍光在此設計中對 θX 旋轉公差敏感度最高，再進一步光學軟體公差分析後得出藍光 θX 公差為 0.07 度，但人眼對於藍光的敏感度相對於另外兩色光而言是較低的，所以在實際的操作中依據經驗藍光的公差估計可以適當的放寬至 0.1 度。

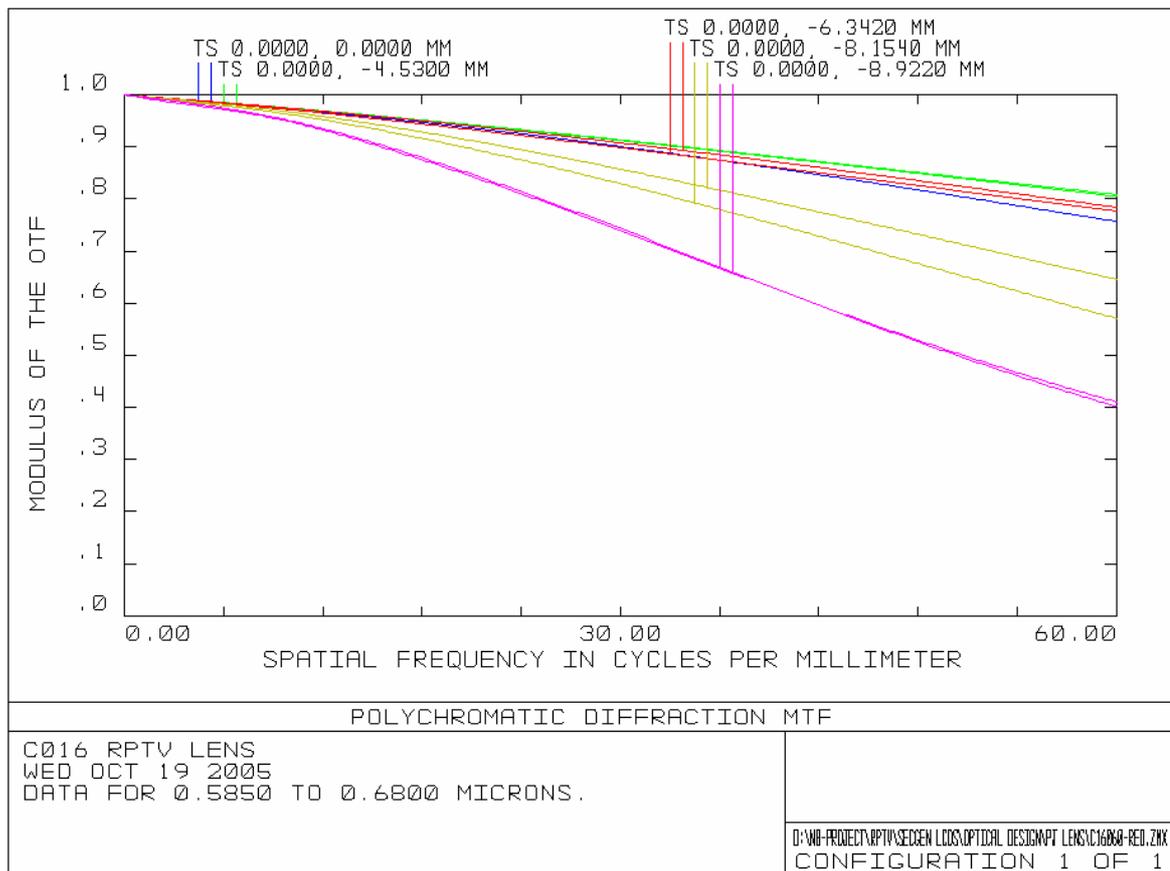


圖 3.4.7 旋轉 Red panel ($\theta X=0.2$ 度)

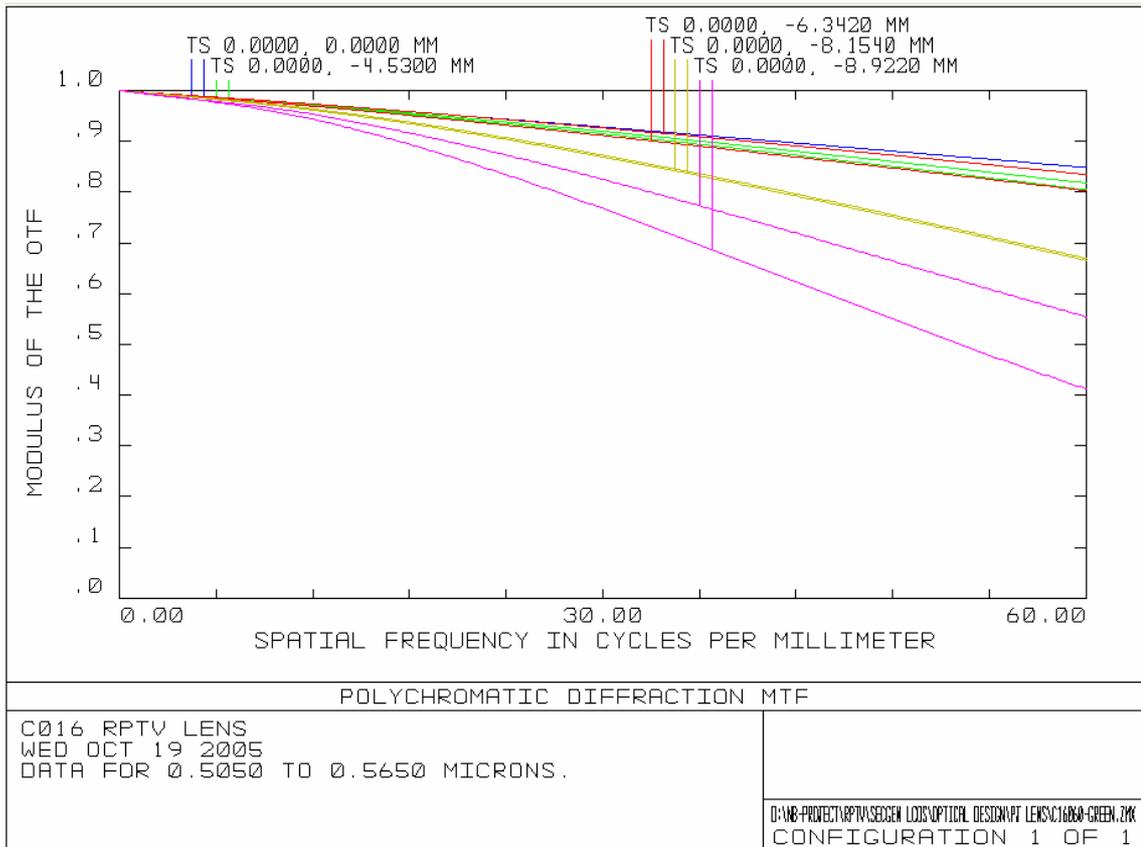


圖 3.4.8 旋轉 Green panel ($\theta X=0.2$ 度)

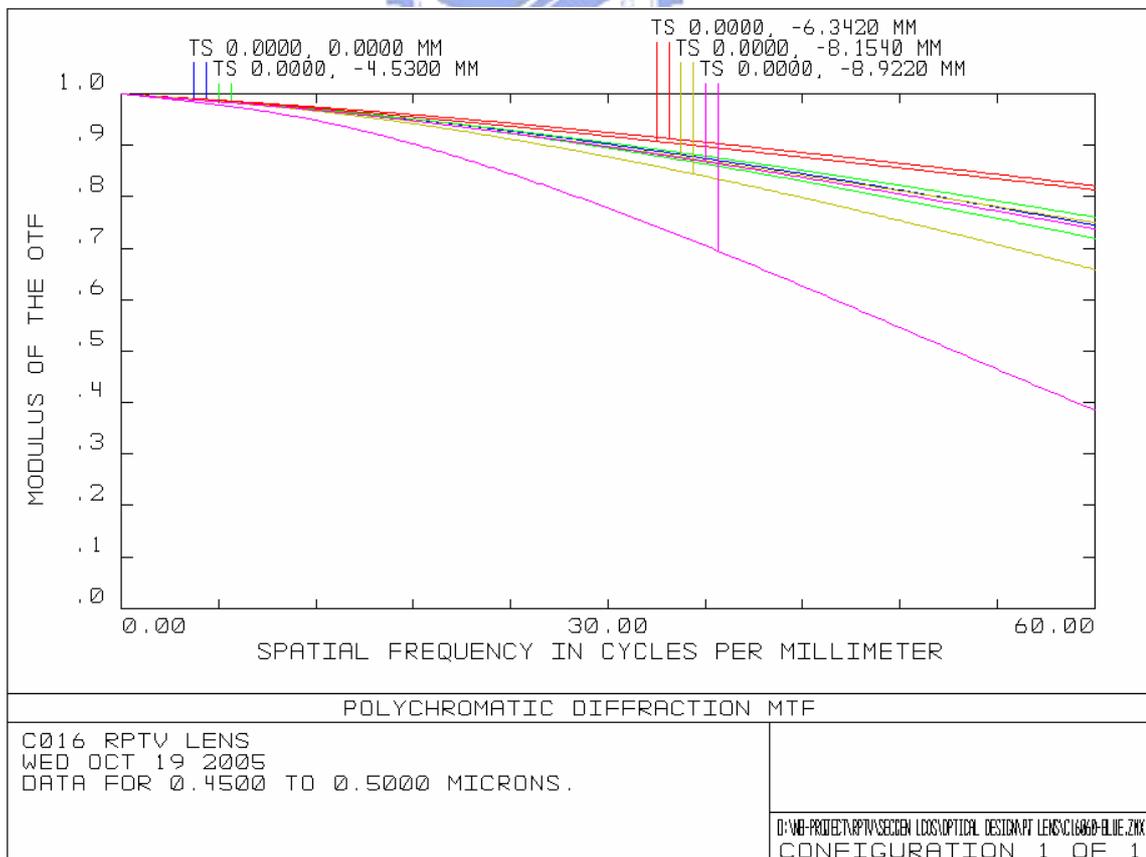


圖 3.4.9 旋轉 Blue panel ($\theta X=0.07$ 度)

2. 落塵影響像質變化的模擬分析

在實際的狀況中，若灰塵掉落於 LCoS Panel 或是 LCoS Panel 附近光軸通過的表面上，則灰塵顆粒會跟影像一般的被投影鏡頭放大並投射到螢幕上去。一般而言，成像系統中離 LCoS Panel 位置越近，則成像品質對灰塵的敏感度越高。針對灰塵在 LCoS Panel 附近區域，如圖 3.4.10，上所造成的影響進行分析結果如下，本文中所討論的灰塵大小約 $200\sim 500\ \mu\text{m}$ 。圖 3.4.11 之左圖在面板之保護玻璃(Cover glass)外側中心放置一大小為 $200\ \mu\text{m}$ 的圓形灰塵已明顯對中心像質造成影響。圖 3.4.11 之右圖在面板之保護玻璃外側中心放置一大小為 $500\ \mu\text{m}$ 的圓形灰塵則更為明顯的遮蔽住中心影像區域。此模擬顯示灰塵對投影顯示系統影像品質的殺傷力，不僅機構必須要求防塵設計，在面板組立時也必須要求在極乾淨的環境下作業。否則即便是一開始沒有灰塵在經過運輸的震動後，躲在週邊的灰塵也會掉落到中心區域造成不可收拾的後果。

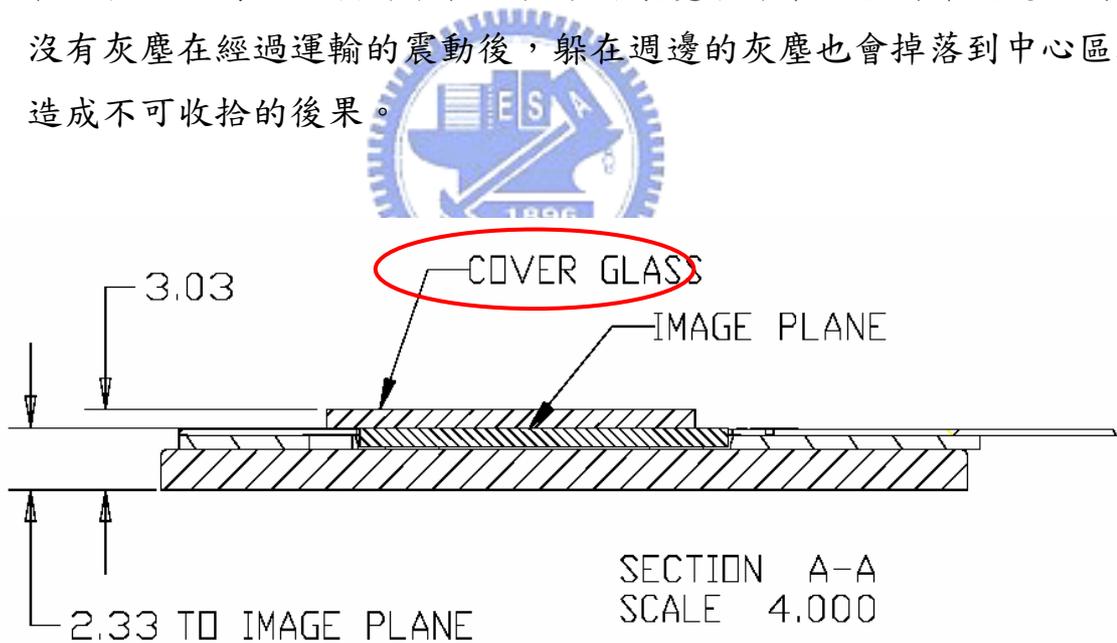


圖 3.4.10 LCoS panel 側視圖

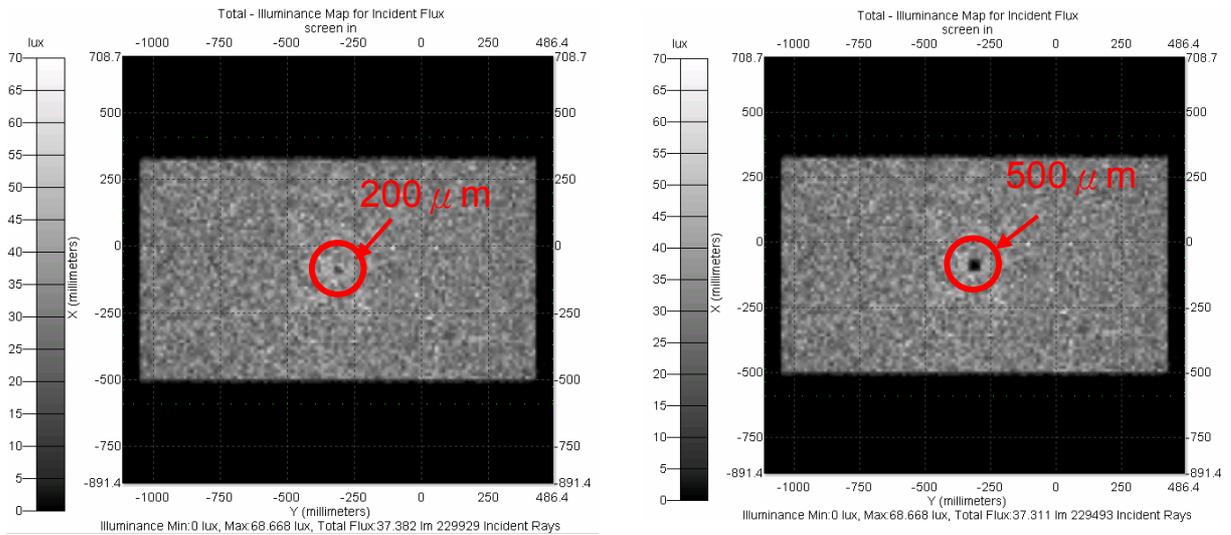


圖 3.4.11 200 μm 及 500 μm 灰塵在 LCoS panel 保護玻璃中央位置上時投射至螢幕上的影像狀況

3.5 分合光模組機構設計需求說明

1. LCoS Panel 散熱需求

LCoS Panel 在工作狀態時，其背板會產生高溫，除影響到影像品質外，Panel 使用壽命也會降低。當 Panel 使用於寒冷地區時，在啟動電源的時候，Panel 是處於低溫啟動的狀態，液晶的活動特性較差，必須確認 Panel 背板在溫機時不受 Heatsink 存在，影像品質有太大影響。

Panel 在工作時，必須將背板溫度控制在一定範圍內，溫度太高或太低皆會影響投影之影像品質及使用壽命。

2. 六軸微調需求

Panel 須位於投影鏡頭之正確後焦上，使投影線條能清晰銳利；Panel 合光對位須準確，使投影畫面不會有顏色分離的情形，所以對合光對位要求極高。以 1080p 0.7" LCoS Panel 為例，其 pixel size 為 8.1 μm ，所以對投影鏡頭焦深變化極為敏感，以程式模擬結果發現當後焦變化超過 60 μm 時，投影出來的線條將出現失焦的現象，也就是線寬會變粗，影像會變的比較模糊，比較不具立體感。

六軸微調目的是為補償分合光模組與光學引擎的元件及組裝系統

公差，在本實驗中同樣地有微調的須求。定義 LCoS Panel 的長邊為 X 軸，短邊為 Y 軸，垂直於面板為 Z 軸，圖 3.5.1。

相對於 XYZ 三軸平移為 ΔX ， ΔY ， ΔZ 。

相對於 XYZ 三軸旋轉為 θX ， θY ， θZ 。

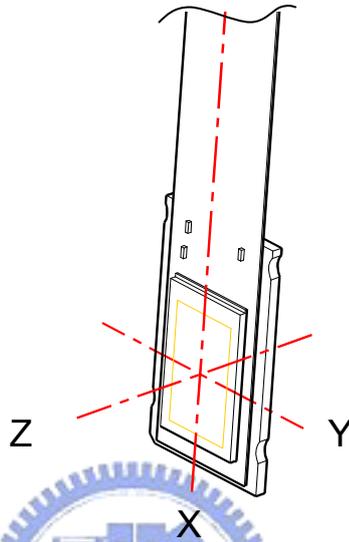


圖 3.5.1 LCoS Panel 調整軸向定義

3. QWP 旋轉需求

QWP (1/4 波板) 在分合光模組中位置是介在 LCoS Panel 模組與 CQ3 Kernel 之間，其作用為補正偏極光，進入使面板的光線更加純化，暗場品質提高，減少漏光情形使投影對比增加。QWP 的調整方式為以面板 Z 軸為旋轉中心，做 $\pm 6^\circ$ 旋轉找出最佳補正角度，圖 3.5.2。

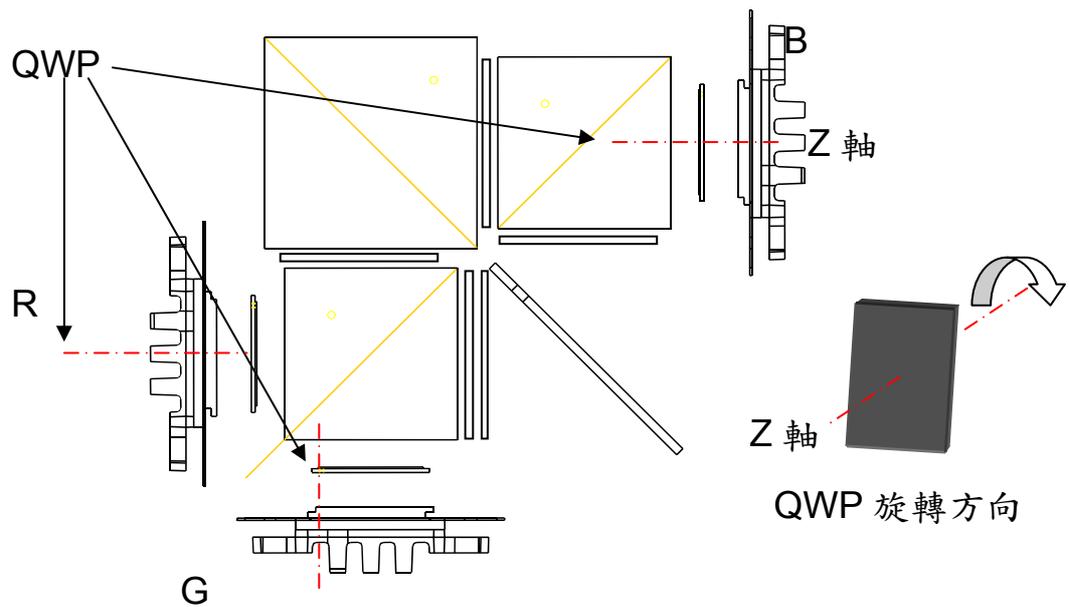


圖 3.5.2 QWP 元件旋轉調整示意

4. Panel 防塵需求

以程式模擬結果發現因 LCoS Panel 解析度極高，相對地對於落在 Panel 之前的灰塵也會被成像，由鏡頭投影出來。防塵需求範圍包含 Panel、QWP 兩側及 PBS。

3.6 機構模型建立與動作原理說明

機構模型的建立必須考慮到各元件精度及系統組裝精度以及可調動件在調整時的精度及調整後的安定性，尤其是分合光模組對位的精度及準度、調整元件介面的便利性，皆是本實驗極欲探討如何增加組裝效率與組裝良率的方向。

為確保投影品質，機構模型建立時須同時滿足前一段所提之四項設計需求，以下將就各項設計需求分別說明其動作原理。

1. LCoS Panel 散熱需求

在 LCoS Panel 工作時其背板會產生高溫，所以在熱傳設計上使用鋁合金散熱鰭片（Heat sink）來帶走背板上的高溫，以解決 Panel 熱傳問題。首先將散熱膠均勻地塗布於 Heat sink 上，再將 Heat sink 輕

施壓力地與面板貼附一起，靜置 4 小時，待散熱膠硬化後，即成為 LCoS Panel 模組，見圖 3.6.1。

Heat sink 在六軸調整機構設計中為一合光之重要基準元件，Heat sink 與 LCoS Panel 的組裝精度會影響六軸調整機構可調整範圍。所以當 LCoS Panel 與 Heat sink 組裝成 LCoS Panel 模組後，LCoS Panel 的影像中心（Image Center）與 X 軸及 Y 軸須重合於 Heat sink 上。

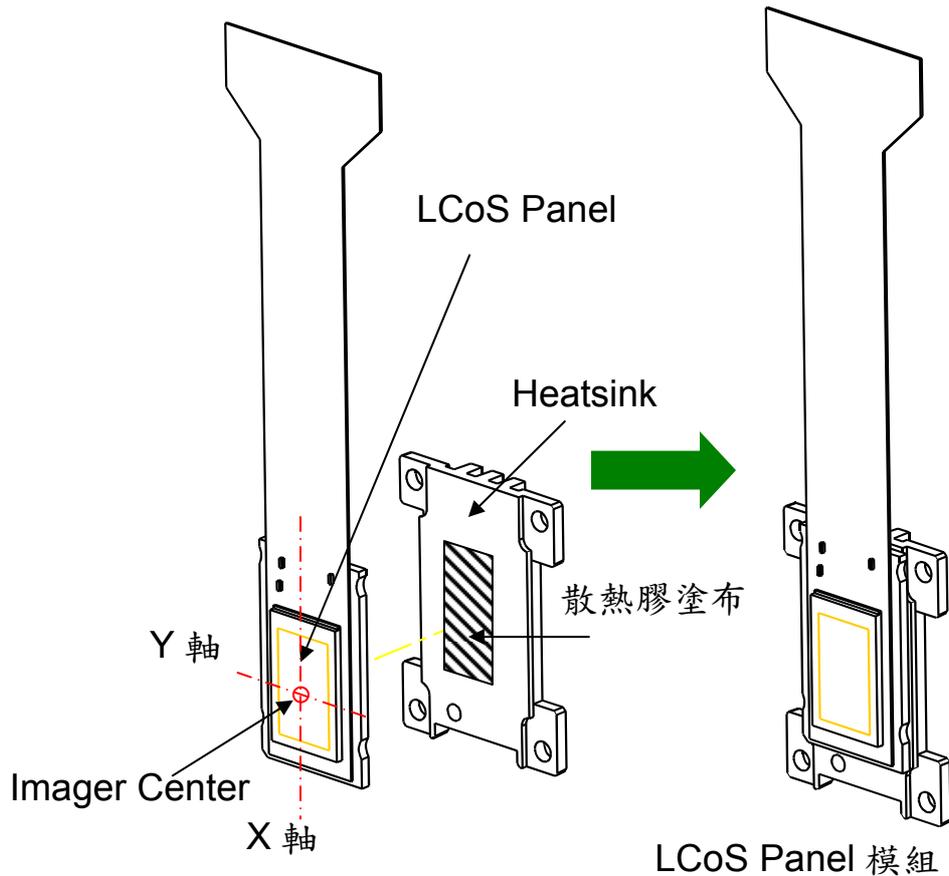


圖 3.6.1 LCoS Panel 模組

2. LCoS Panel 六軸微調需求

ΔX 、 ΔY 微調的目的是為了補償三片式 LCoS Panel 在合光定位時，分合光模組上各元件累積 X 軸與 Y 軸方向的誤差。

ΔZ 、 θX 、 θY — 補償鏡頭後焦製作公差及 LCoS Panel 組裝在 Z 軸方向的誤差。

θZ — 調整三片式 LCoS Panel 在合光定位時角度上的誤差。

以下將就各軸調整工作原理及目的逐一說明：

a. ΔX 、 ΔY

eLCoS 0.7" 1080p LCoS Panel 的真實解析度 (addressable) 為 1952×1112 pixels，而其 Active Area 為 1920×1080 pixels，所以 X 軸及 Y 軸皆有 32 pixels 的可調動量，見圖 3.6.2。因此使用由 LCoS Panel 供應商—eLCoS 所提供之電子參調軟體—Bama 來調整三片 RGB LCoS Panel 上 Active Area 的位置，使 RGB 三個顏色之影像可以重合在一起，當投影在螢幕上時不會有顏色分離的現象。

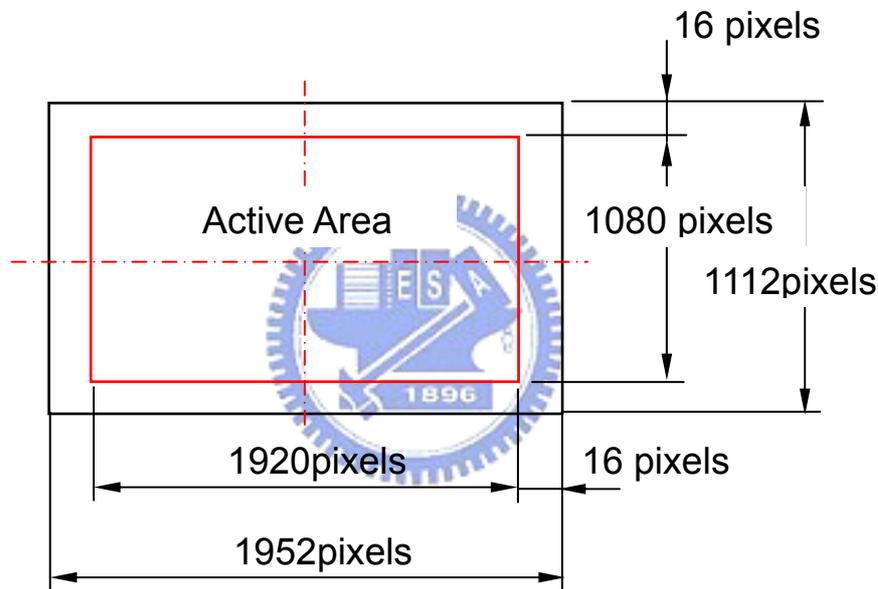


圖 3.6.2 Addressable and active area of LCoS panel

使用電子參調方式來合光對位元時，無論 X 軸或 Y 軸皆以一個 Pixel 為單位元的方式來調動影像在 LCoS Panel 上之位置，是一種最經濟及最有效率的調動方式。但也因為是以單一 Pixel 為最小調動量，所以當 Panel 合光對位後，不考慮鏡頭橫向色差及鏡頭 distortion 問題，電子參調方式之最大合光誤差為 0.5Pixel。

ΔX 之微調解析度為：1pixel = 8.1 μm

最大調整量為：1952 - 1920 = 32 pixels

ΔY 之微調解析度為：1pixel = 8.1 μm

最大調整量為：1112 - 1080 = 32 pixels

b. ΔZ 、 θX 、 θY

此三軸的微調皆使用內六角扳手旋轉來調整固定於 LCoS Panel 模組上四支 Screw-Adj (a, b, c, d) 的高度，見圖 3.6.3。當高度變化時 LCoS Panel 模組會因調動螺絲不同高度而產生 ΔZ 、 θX 、 θY 不同軸向變化。

在挾持的結構設計上除 Screw-Adj 的使用外，在 LCoS Panel 模組的另一側，也就是 Screw-Adj 螺絲頭的對面，使用 Spring-Adj 來支撐 LCoS Panel 模組，並確保 LCoS Panel 模組能精確地移動。

Spring-Adj 在此架構中有兩個功能：

- 其一是使 LCoS Panel 模組能與 Screw-Adj 螺絲頭確實接觸。
- 其二是吸收使 Screw-Adj 與 Base-Rotate 間螺絲配合間隙，LCoS Panel 模組能確實隨 Screw-Adj 的動作而運動，調整 LCoS Panel 相對於 CQ3 Kernel 的距離，如圖 3.6.3 所示。

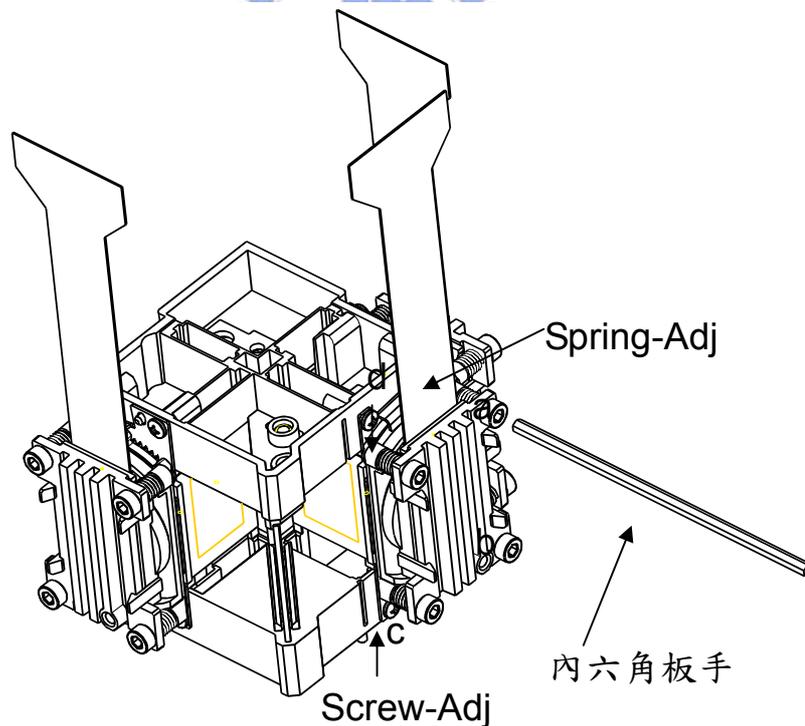


圖 3.6.3 Spring-Adj 與 Screw-Adj 視圖

以下將就 ΔZ 、 θX 、 θY 不同軸向動作及微調解析度分開說明：

ΔZ 的動作原理是調整四支 Screw-Adj (a, b, c, d) 的高度以改變 LCoS Panel 與 PBS 間之向對距離。其調整動作是將四支

Screw-Adj(a, b, c, d)以相同旋轉方向旋轉相同角度，LCoS Panel 模組會以 Z 軸為移動方向前後移動，達到微調作用，見圖 3.6.4。

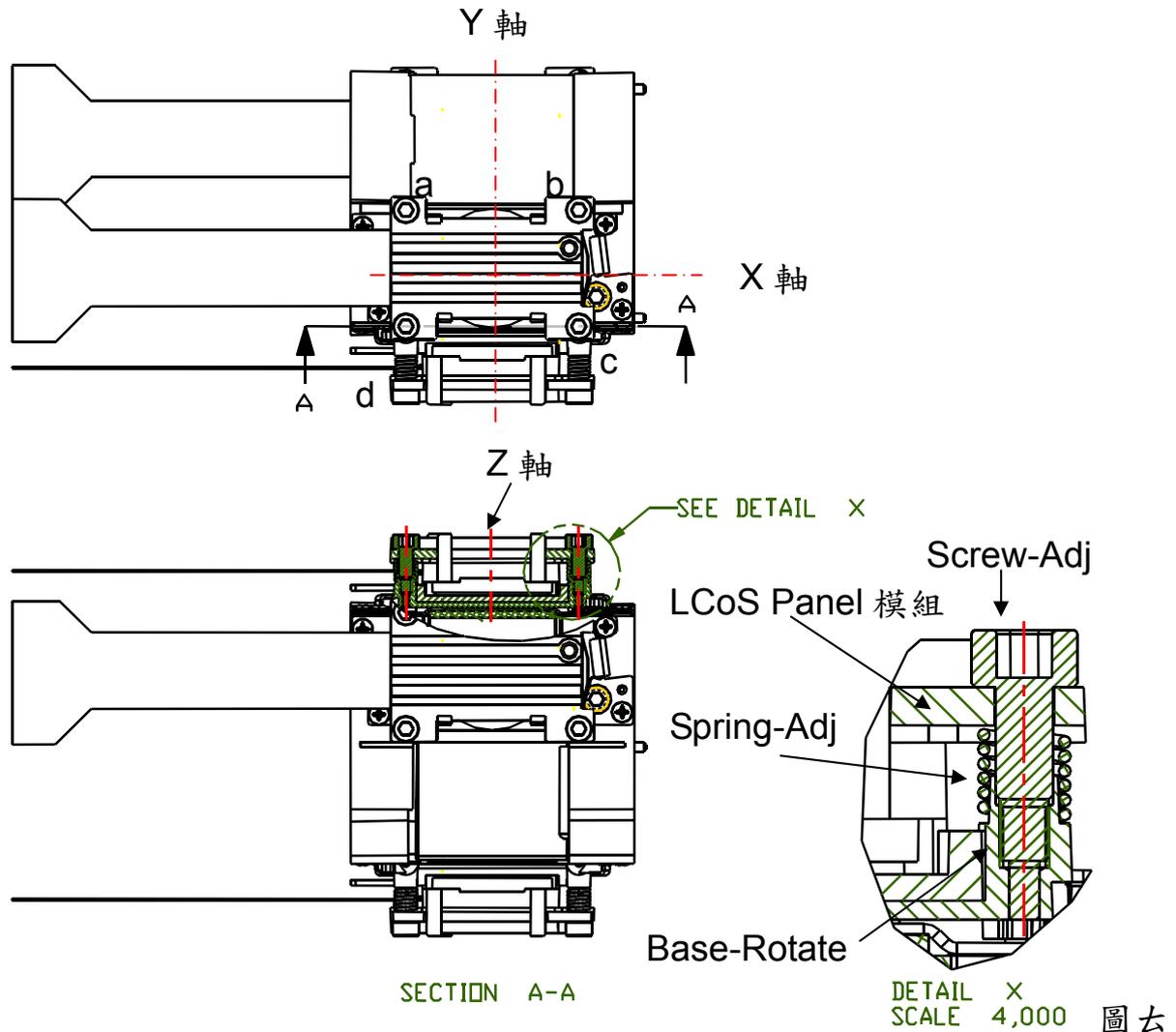


圖 3.6.4 ΔZ 的動作原理

Screw-Adj 使用階梯式設計，螺紋部分僅位於中段位置，螺紋的上下部位皆為光滑圓柱設計，見圖 3.6.5。所以 Screw-Adj 與 Base-Rotate 使用階梯式配合，其作用是拉大 Screw-Adj 與 Base-Rotate 的軸與孔間配合距離，以及減少軸與孔間配合面積，減少摩擦力。目的是使 Screw-Adj 裝入 Base-Rotate 後能平滑地備調動，並使 LCoS Panel 模組能精準地朝 Z 軸的方向移動，不會有搖晃現象產生。Screw-Adj 螺紋間距為 0.45mm。

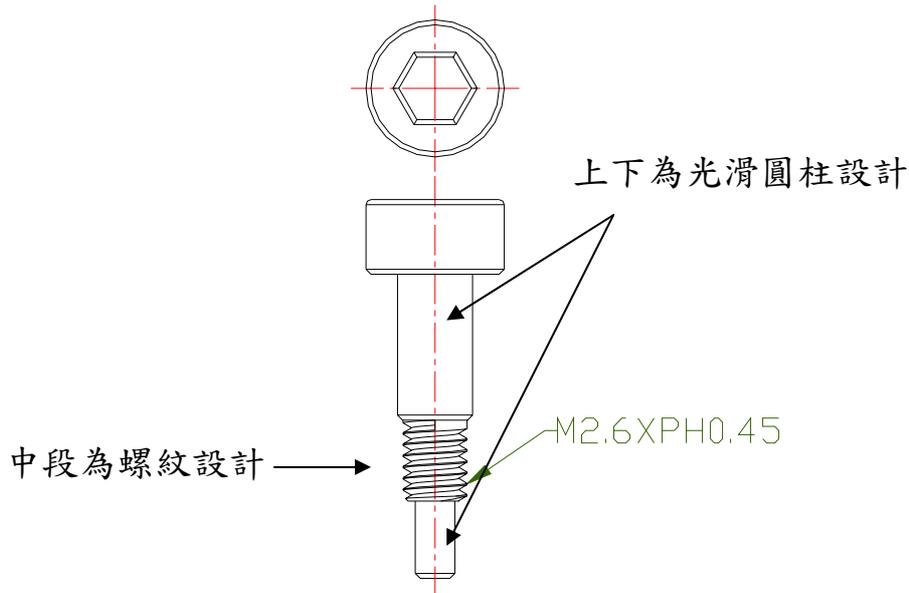


圖 3.6.5 Screw -Adj 之階梯式設計

ΔZ 微調解析度為： $0.45 \div 360^\circ = 0.00125\text{mm} = 1.25 \mu\text{m}/\text{deg}$.

考慮鏡頭後焦製作公差及機構公差，Z 軸最大調整量為 1mm。

當四支 Screw -Adj 同時被旋轉同方向 1° 時，LCoS-Panel 會以 Z 軸為方向移動 $1.25 \mu\text{m}$ 。

ΘX 調整的動作原理是將四支 Screw -Adj 以 Y 軸分開為 Screw -Adj (a, d) 與 (b, c) 兩支為一組，當同組之 Screw -Adj 以相同旋轉方向旋轉相同角度而另一組 Screw -Adj 不動時，LCoS Panel 模組會以 X 軸為旋轉方向旋轉，達到微調作用。

其調整動作是當 Screw -Adj (a, d) 固定不動，而 Screw -Adj (b, c) 以相同旋轉方向旋轉相同角度時，Screw -Adj (b, c) 移動 Δ 量，LCoS Panel 模組會以 Screw -Adj (a, d) 與 LCoS Panel 模組接觸點所構成之直線為轉動軸心，以 ΘX 為旋轉方向旋轉 Θ 量，如圖 3.6.6 所示。相同地，當 Screw -Adj (b, c) 固定不動，而 Screw -Adj (a, d) 以相同旋轉方向旋轉相同角度時，LCoS Panel 模組會以 Screw -Adj (b, c) 與 LCoS Panel 模組接觸點所構成之直線為轉動軸心，以 ΘX 為旋轉方向旋轉。

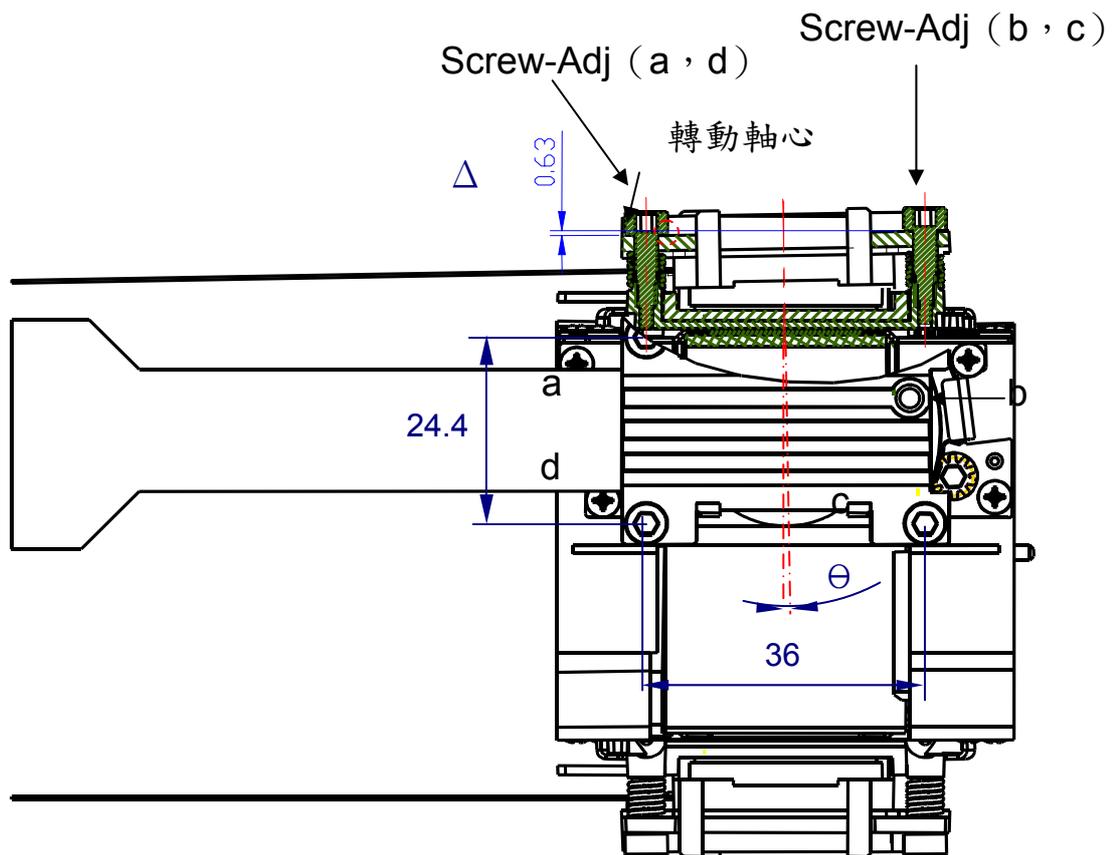


圖 3.6.6 θX 為旋轉方向旋轉 θ 量

Screw -Adj 螺紋間距為 0.45mm

Screw -Adj c, d 距離為 36mm

$$0.45 \div 360^\circ = 0.00125 \text{mm/deg.}$$

$$\theta X \text{微調解析度為：} \tan^{-1} (0.00125 \div 36) = 1.99 \times 10^{-3}^\circ$$

因 ΔZ 最大調動量為 1mm，故

$$\theta X \text{最大調動角度為：} \tan^{-1} (1 \div 36) = 1.59^\circ$$

因 θX 調動角度相當小，所以將 Screw -Adj 調動量相對於角度變化視為線性變化。當同一組 Screw -Adj (a, d) 或 (b, c) 以相同方向被旋轉 1° 時，LCoS-Panel 會以 X 軸為方向旋轉 $1.99 \times 10^{-3}^\circ$ 。

θY 的調整原理與 θX 相同，不同的是 θY 的調整是將四支 Screw -Adj 以 X 軸分開為 Screw -Adj (a, b) 與 (c, d) 兩支為

一組。當同組之 Screw –Adj 以相同旋轉方向旋轉相同角度而另一組 Screw –Adj 不動時，LCoS Panel 模組會以 Y 軸為旋轉方向旋轉，達到微調作用。

Screw –Adj 螺紋間距為 0.45mm

Screw –Adj c，d 距離為 24.4mm

$$0.45 \div 360^\circ = 0.00125 \text{mm/deg.}$$

$$\Theta Y \text{微調解析度為：} \tan^{-1} (0.00125 \div 24.4) = 2.94 \times 10^{-3}^\circ$$

因 ΔZ 最大調動量為 1mm，故

$$\Theta Y \text{最大調動角度為：} \tan^{-1} 1 \div 24.4 = 2.35^\circ$$

因 ΘY 調動角度相當小，所以將 Screw –Adj 調動量相對於角度變化視為線性變化。當同一組 Screw –Adj (a, b) 或 (c, d) 以相同方向被旋轉 1° 時，LCoS-Panel 會以 Y 軸為方向旋轉 $2.94 \times 10^{-3}^\circ$ 。

c. ΘZ

ΘZ 的微調是使用內六角扳手旋轉 Gear-Adj 角度，來調整固定於 Base-Rotate 上 LCoS Panel 模組角度，圖 3.6.7。在此架構中 ΘZ 的調動原理是使用被 Plate-PBS 固定於 CQ3 Kernel 上的 Gear-Adj 為微調架構的對外介面元件；而 LCoS Panel 模組組裝在 Base-Rotate 上，並以 Base-Rotate 為微調被動元件。

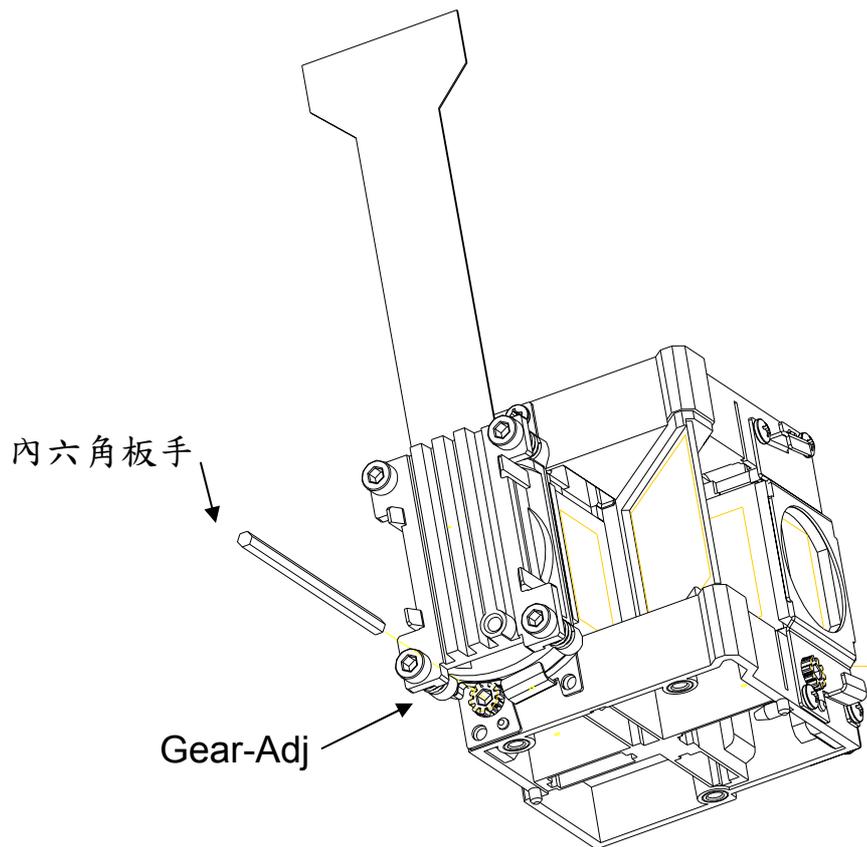


圖 3.6.7 θZ 調整架構以及 Gear-Adj

Base-Rotate 背面之圓環組裝於 Plate-PBS 中間圓孔，形成此架構之旋轉中心，而 Plate-PBS 上方及下方之固定翼將 Base-Rotate 固定於 Plate-PBS 上，也就是此架構僅保有 θZ 之自由度，見圖 3.6.8。當 Gear-Adj 旋轉時，會帶動 LCoS Panel 角度的微調，達到補償 RGB 三片 LCoS Panel 在合光對位時角度上的差異。

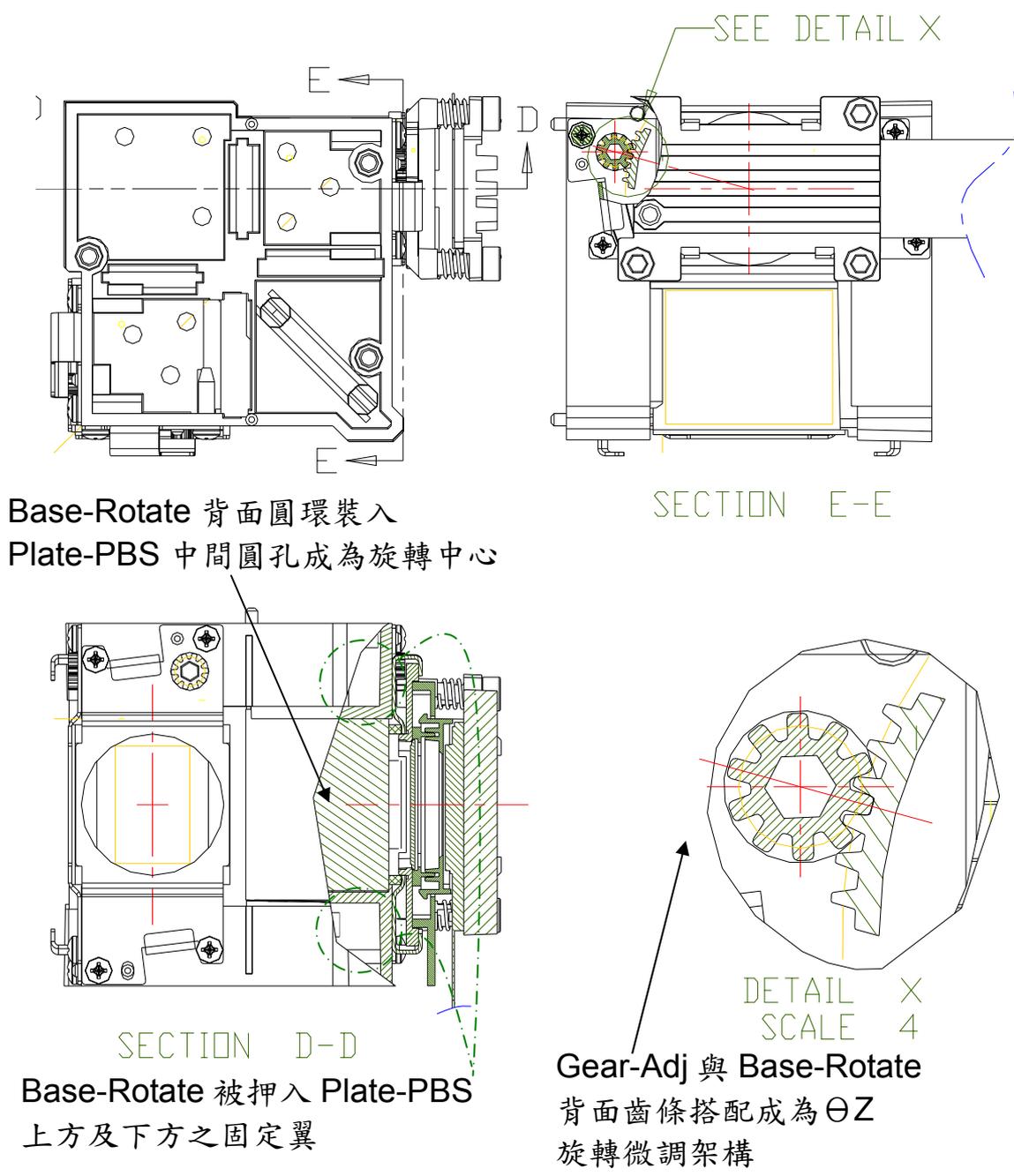


圖 3.6.8 θZ 調整動作原理

其中 Gear-Adj 齒輪齒數為 10，Base-Rotate 齒輪齒數為 80，齒輪轉速比為 8。

θZ 微調解析度為： $1 \div 8 = 0.125^\circ/\text{deg}$.

θZ 最大調動角度範圍為 $\pm 2^\circ$

由此得知，當 Gear-Adj 被旋轉 1° 時，Base-Rotate 會以 Z 軸為

中心旋轉 0.125° 。

綜整以上分析，可以整理出此六軸調整架構 LCoS Panel 的各個單軸微調解析度與可調動範圍，表 3.6.1。

表 3.6.1 各個單軸微調解析度與可調動範圍

軸向	微調解析度	可調動範圍
ΔX	1pixel ($8.1 \mu m$)	32pixels ($259.2 \mu m$)
ΔY	1pixel ($8.1 \mu m$)	32pixels ($259.2 \mu m$)
ΔZ	$1.25 \mu m$	1mm
ΘX	$1.99 \times 10^{-3}^\circ$	$\pm 1.59^\circ$
ΘY	$2.94 \times 10^{-3}^\circ$	$\pm 2.35^\circ$
ΘZ	0.125°	$\pm 2^\circ$

3. QWP 旋轉需求

QWP 旋轉需求是為補正系統中的偏極光經過光學元件後，偏極光角度因光學元件的干擾而造成漏光現象。QWP 的功能是使進入 LCoS Panel 的光線更加純化，暗場品質提高。

QWP 旋轉之工作原理是將 Holder-QWP 與 Cover-Panel 設計成圓形套環架構，形成可讓 QWP 穩定旋轉之架構。此架構是將 Cover-Panel 固定 LCoS Panel 模組上，再將 Holder-QWP 的圓形套環裝入 Cover-Panel 的圓形套環中，為軸孔配合之旋轉方式，QWP 旋轉中心為 Panel 中心。QWP 旋轉對外調整之介面為 Holder-QWP 上方之調整把手，見圖 3.6.9。

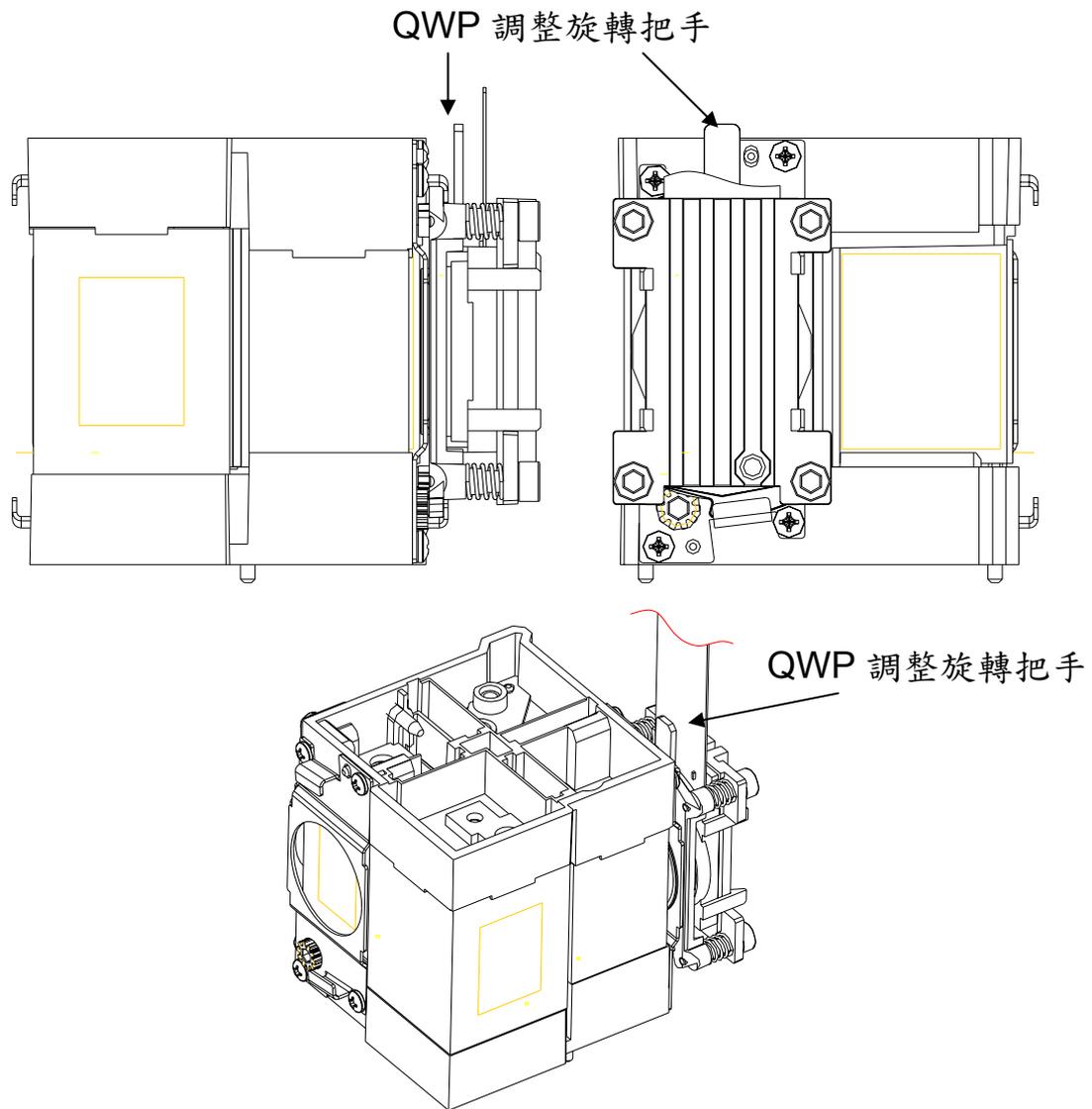


圖 3.6.9 QWP 對外調整之介面

4. LCoS Panel 防塵需求

因為 LCoS Panel 的 Pixel size 相當微小，以本次實驗使用之 1080p LCoS Panel 其面板對角尺寸為 0.7"，單一 Pixel size 為 $8.1 \mu\text{m}$ 。因為 Pixel size 極微細，投影鏡頭之解析度 (MTF) 亦隨之提高至 $\text{MTF} > 60\% @ 60 \text{ lp/mm}$ in all fields。如此意味著若空氣中的灰塵落在投影鏡頭可成像的範圍內，灰塵的影像就會被投影出來在螢幕上。因此 LCoS Panel 之防塵設計相較於其他投影技術就顯得非常重要。

由軟體分析得知 Panel 防塵範圍必須包含 LCoS Panel、QWP 兩側及靠近 Panel 側之 PBS，將 LCoS Panel 到 QWP 定義為 Zone A，

再將 QWP 到 PBS 定義為 Zone B，圖 3.6.10。

防塵等級 Zone A > Zone B。

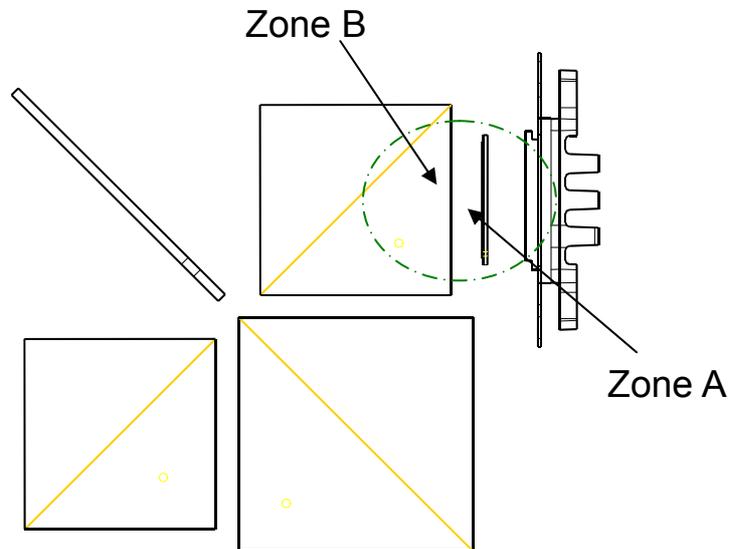


圖 3.6.10 面板防塵範圍

在防塵架構實際設計時仍須考慮兩個重要因素— ΔZ 、 θX 、 θY 、 θZ 四軸微調及 QWP 旋轉需求。

LCoS Panel 在系統中的定位須有補償鏡頭後焦製作公差的需求，所以每一片 LCoS Panel 都必須隨不同的鏡頭調動至其最佳鏡頭後焦位置。也就是 LCoS Panel 在系統中的定位是浮動的，必須是可以被調動的架構，因此將 Holder-QWP 與 Cover-Panel 設計成 Z 軸方向可調動架構，以吸收 ΔZ 、 θX 、 θY 三軸之調動量，見圖 3.6.11。

● 防塵介面設計：

- a. 考慮到 Zone A 也就是 LCoS Panel 高度防塵需求，所以 Holder-QWP 與 Cover-Panel 之配合介面採子母套環防塵設計，Zone A 會被隔離成一具高度防塵功用之空間。
- b. 將 LCoS Panel 模組與 Base-Rotate 組裝後，Spring-Adj 會將 Holder-QWP 推向 Base-Rotate，其接觸面因彈簧壓力會緊密接觸，而形成防塵介面。

- c. 將 Sponge-Plate 介於 Plate-PBS 與 PBS，而形成 Plate-PBS 與 PBS 間之防塵介面。
- d. Base-Rotate 之圓環套入 Plate-PBS 之孔中形成，Plate-PBS 與 QWP 間之防塵介面，Zone B 因而被隔離成一具防塵功用之空間。

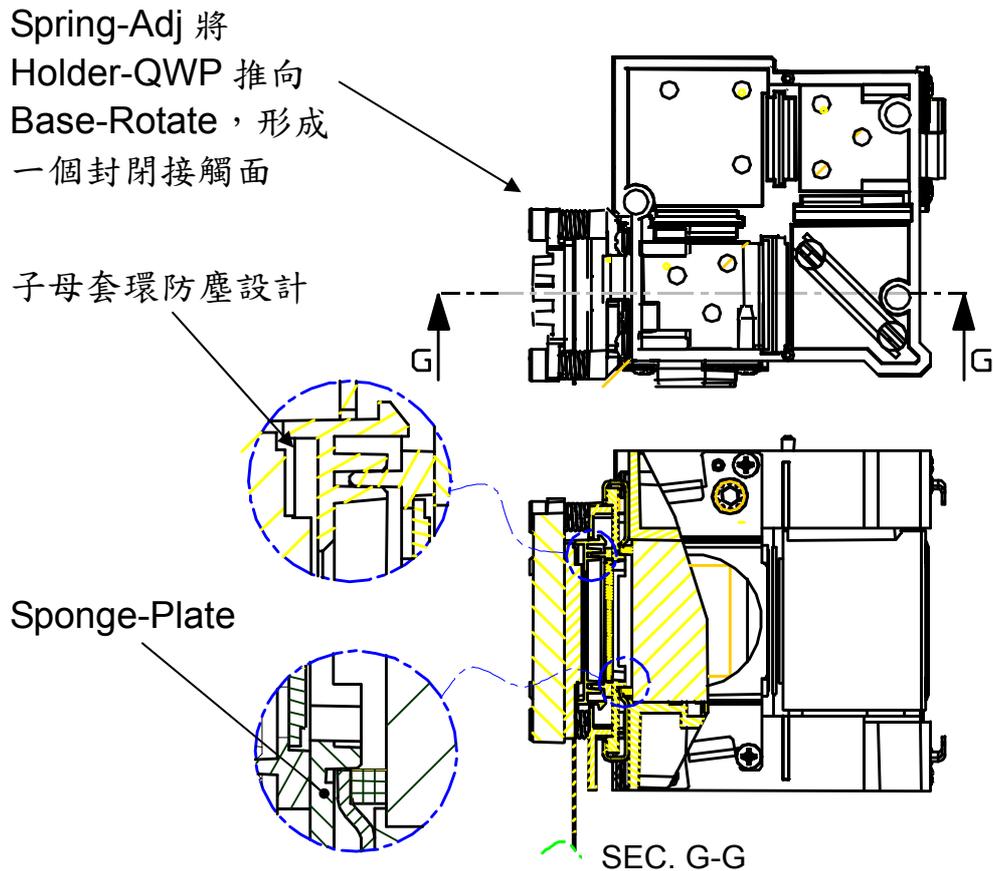


圖 3.6.11 面板防塵架構

3.7 組裝流程

在此節中，將就 CQ3 分合光模組中之各個部品的組裝流程詳細介紹。三片 RGB LCoS Panel 的挾持及調整機構設計皆相同，所以先以單一個 R Channel 為例說明 LCoS Panel、QWP、CQ3 Kernel 及機構元件組裝流程。

1. 將⑤QWP 以 UV 光固化膠合在④Holder-QWP，見圖 3.7.1。

2. 為將防塵架構之介面單純化所以須將③Cover-Panel 扣裝在② LCoS Panel 模組上，見圖 3.7.2。
3. 將 Step 1. Holder-QWP (已組裝上 QWP) 扣裝在 Step 2. Cover-Panel (組裝上 LCoS Panel 模組) 之倒勾上，見圖 3.7.3。
4. 使用①Screw-Adj 將 Step 3. LCoS Panel 模組 (已組裝上 Holder-QWP 及 Cover-Panel) 與⑥Spring 鎖付在⑦ Base-Rotate，完成 CQ3 分合光模組中 LCoS Panel 模組半成品之組裝，見圖 3.7.4。
5. 將⑪Sponge-Plate 貼在⑨Plate-PBS 背面，見圖 3.7.5。
6. 將⑩Gear-Adj 裝入⑫CQ3 Kernel 上。
7. 再用⑧Screw 將 Step 5. 三片 Plate-PBS 分別鎖付在 Step 6. CQ3 Kernel 上，完成 CQ3 分合光模組中 CQ3 Kernel 半成品之組裝，見圖 3.7.6。
8. 將 Step 4. LCoS Panel 以逆時針方向旋轉 22.5° 對準裝入第 7 項 CQ3 Kernel 上之 R Channel Plate-PBS 中間圓孔。再將 LCoS Panel 模組押入 Plate-PBS 上方及下方之固定翼後，以順時針方向旋轉回 0° 。以上 8 個步驟完成單一個 R Channel 之組裝流程，見圖 3.7.7。
9. 重複 Step 8 來完成 G Channel 及 B Channel LCoS Panel 之組裝流程，即可完成 CQ3 分合光模組之組裝。

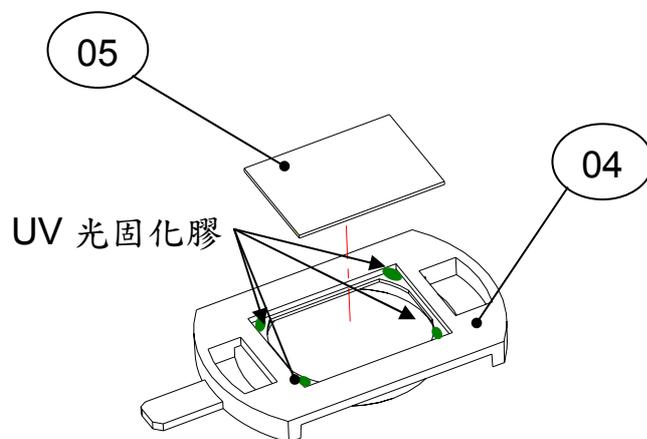


圖 3.7.1 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 1.

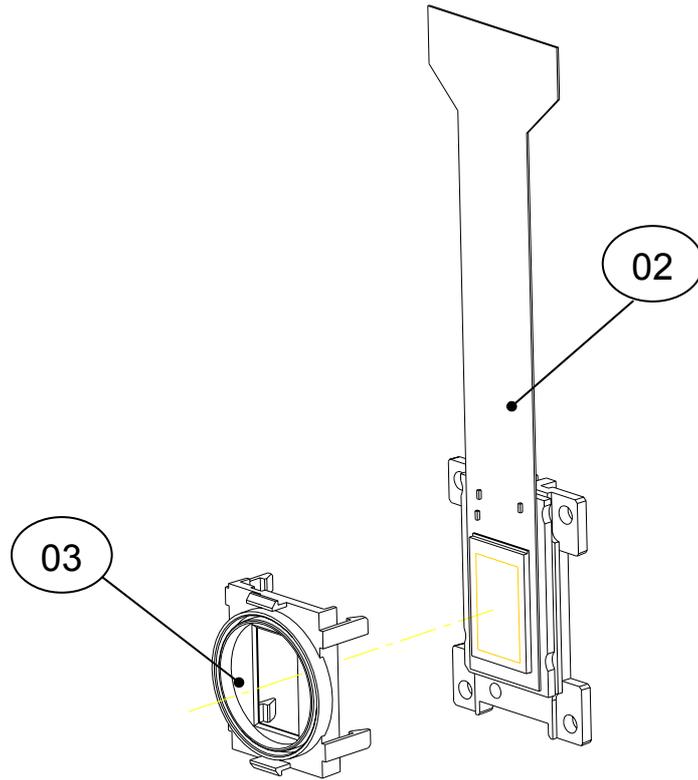


圖 3.7.2 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 2.

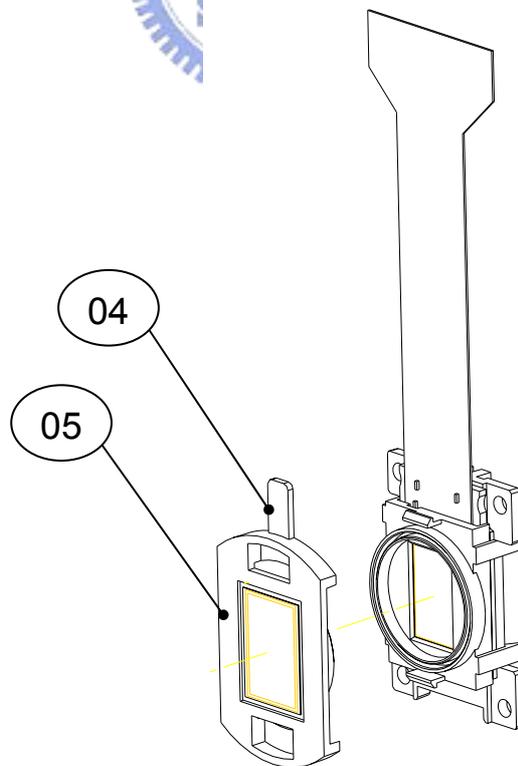


圖 3.7.3 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 3.

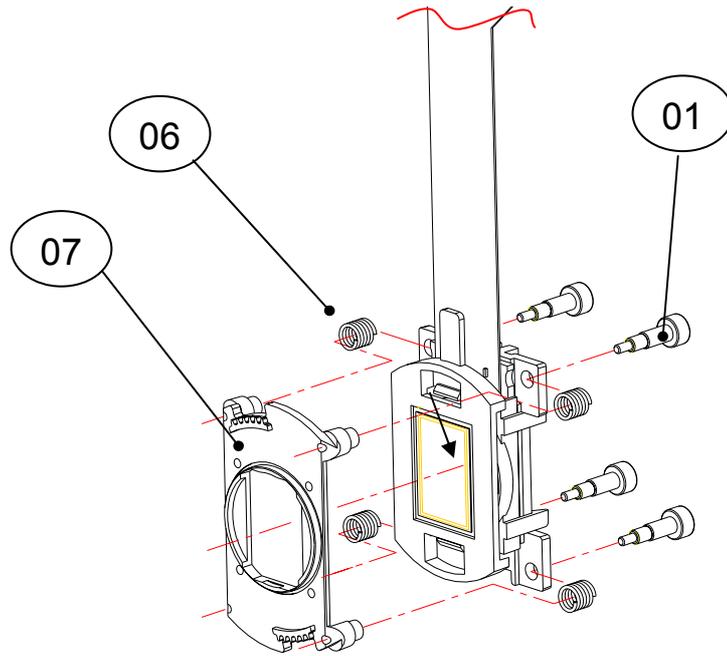


圖 3.7.4 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 4.

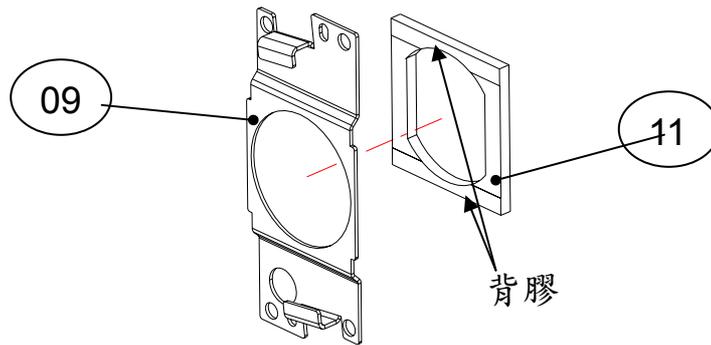


圖 3.7.5 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 5.

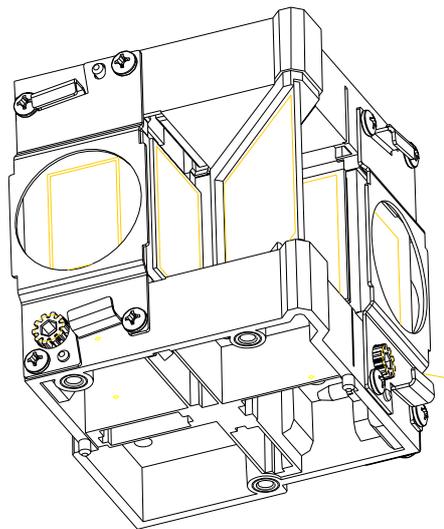
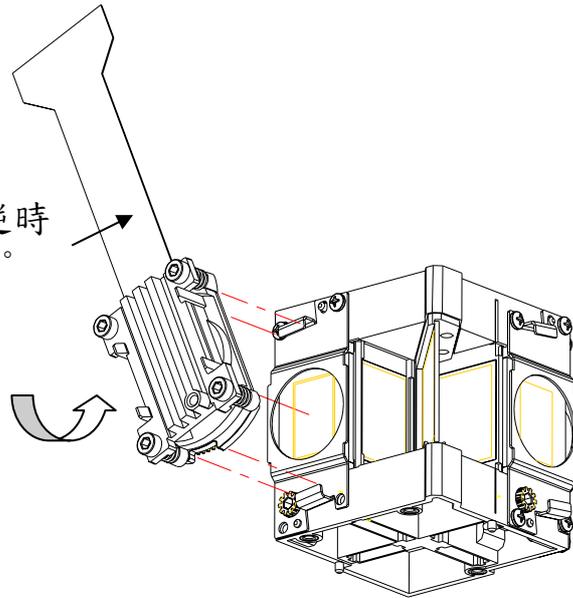
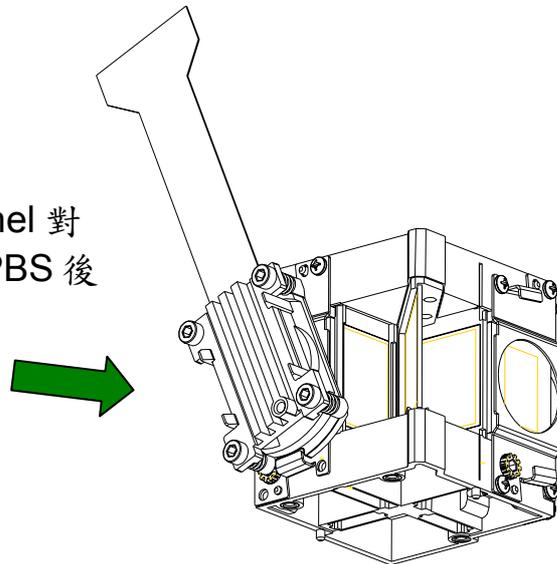


圖 3.7.6 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 7.

LCoS Panel 以逆時
針方向旋轉 22.5°



LCoS Panel 對
準 Plate-PBS 後



LCoS Panel 以順
時針方向旋正

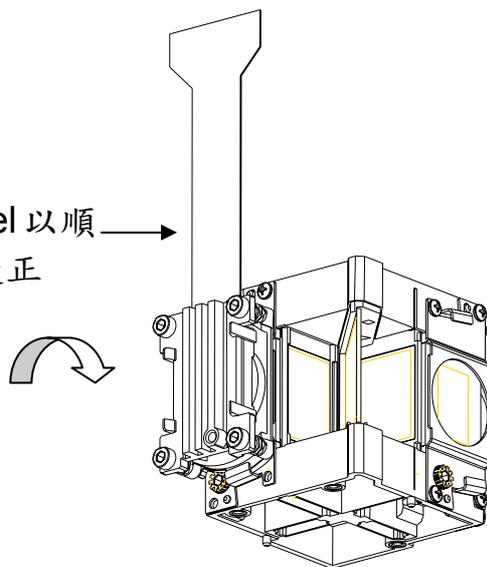


圖 3.7.7 CQ3 分合光模組組裝流程 Step 8.

此 CQ3 分合光模組除具有完整的分合光功能性作用外，最重要的是模組本身具有 LCoS Panel 合光對位微調、鏡頭後焦補償微調及入射 LCoS Panel 之光線偏極補正等結構性設計，可以減少大型自動化生產設備的支出及維護。也因為生產流程簡化，良率控制相對容易，才能達到產能提升及成本降低的目標。

圖 3.7.8 及圖 3.7.9 分別是 CQ3 分合光模組組裝分解圖及組裝完成之 CQ3 分合光模組。

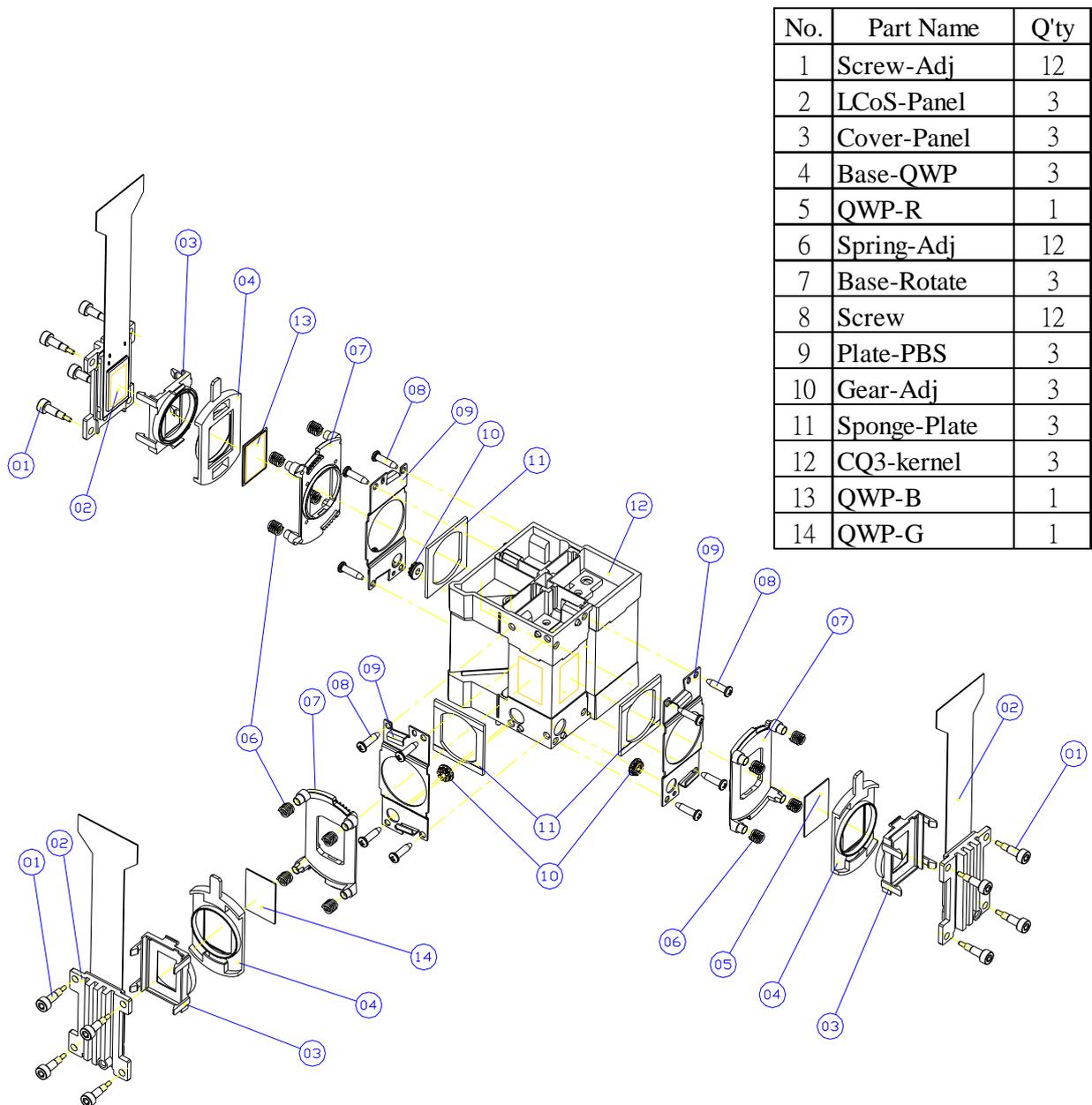


圖 3.7.8 CQ3 分合光模組組裝分解圖

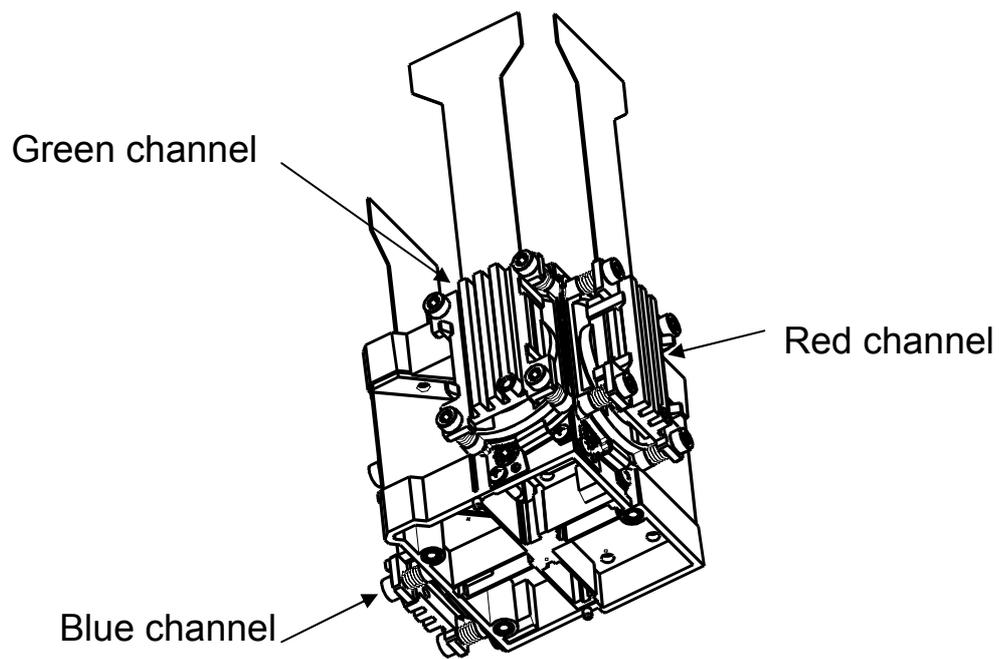


圖 3.7.9 CQ3 合光模組



第四章 實驗方法與程序

本章將對先前合光模組之設計結果進行實體組立、調整及相關功能測試等工作。為了解實際操作狀況，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。在確認組立與基本操作功能符合預期後，對合光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，先後進行了 LCoS Panel 溫度測試、六軸微調操作測試、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。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。

4.1 使用設備及資料

1. 設備：

- | | |
|---|-----|
| a. PENTIUM PC | 1 台 |
| b. Chroma 訊號產生器 2326(Pattern generator) | 1 台 |
| c. Chroma Meter/Light Meter CL-200 | 1 台 |
| d. 光學平台 | 1 台 |
| e. 合光調整治具 | 1 組 |
| f. 防塵正壓室 (HEPA) | 1 組 |
| g. 暗房 | 1 間 |

2. 工作應用軟體：

- Microsoft Office 2000
- Banma 參調軟體 (eLCoS 提供)

3. 資料：

- 投影鏡頭介面及設計資料
- LCoS 面板設計規範及產品規格 (eLCoS 提供)
- 合光模組 CQ3 設計規範及產品規格 (Color Link 提供)
- 光學引擎介面及設計資料

4. 實驗材料：

- a. eLCoS 1080P 三片式 LCoS Panel 1 組
- b. CQ3 分合光模組 1 組
- c. 1080P 長後焦投影鏡頭 1 支
- d. 鏡頭及合光模組固定架 1 個
- e. eLCoS Panel 驅動電路板 1 組
- f. 光學引擎照明模組 1 台
- g. 光學引擎支撐架 1 台

4.2 組裝調整流程

將 eLCoS 1080P LCoS Panel 與 CQ3 Kernel 模組依照 “第三章 4.6 組裝流程” 之步驟組裝成完整之 CQ3 分合光模組。再將 CQ3 分合光模組與長後焦投影鏡頭一起裝入鏡頭及合光模組固定架上，成為鏡頭合光模組，見圖 4.2.1 及圖 4.2.2。

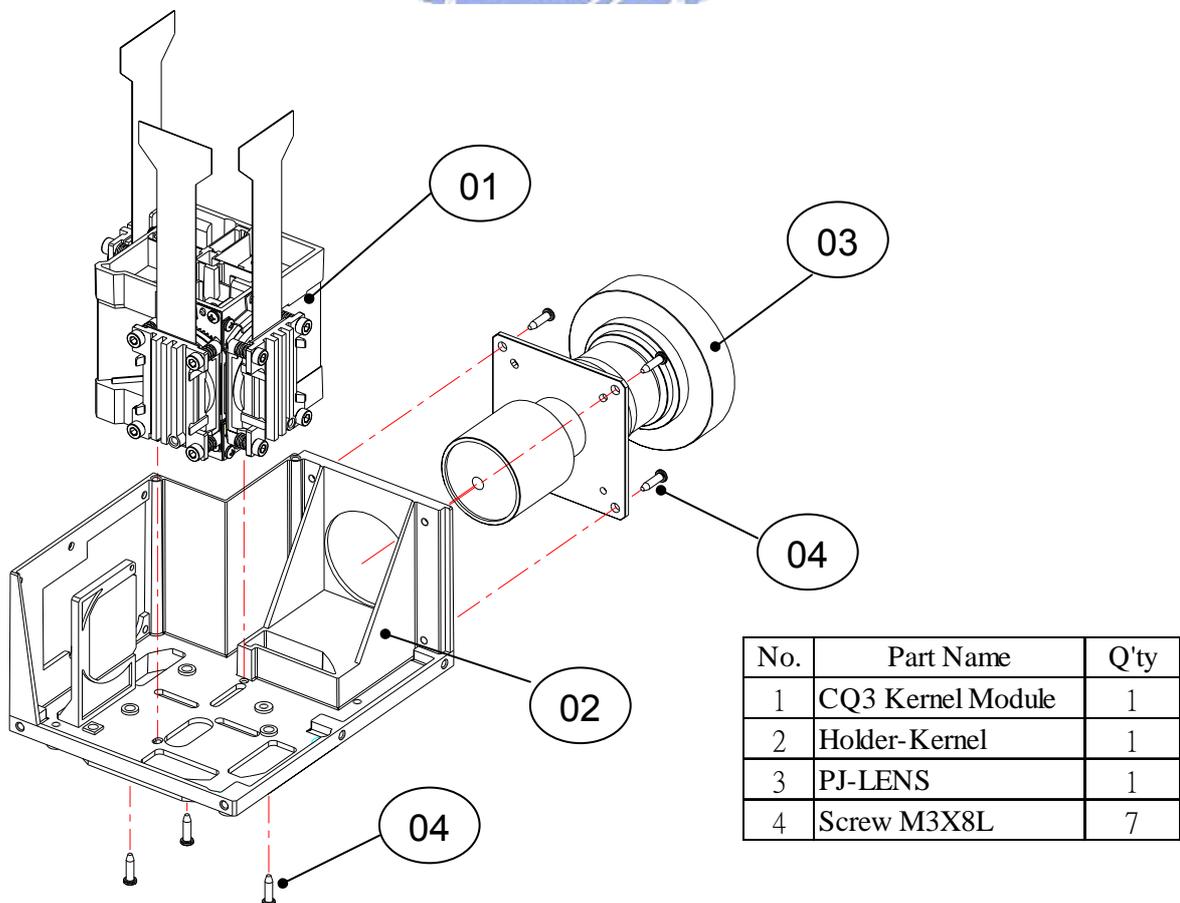


圖 4.2.1 鏡頭合光模組組裝爆炸圖

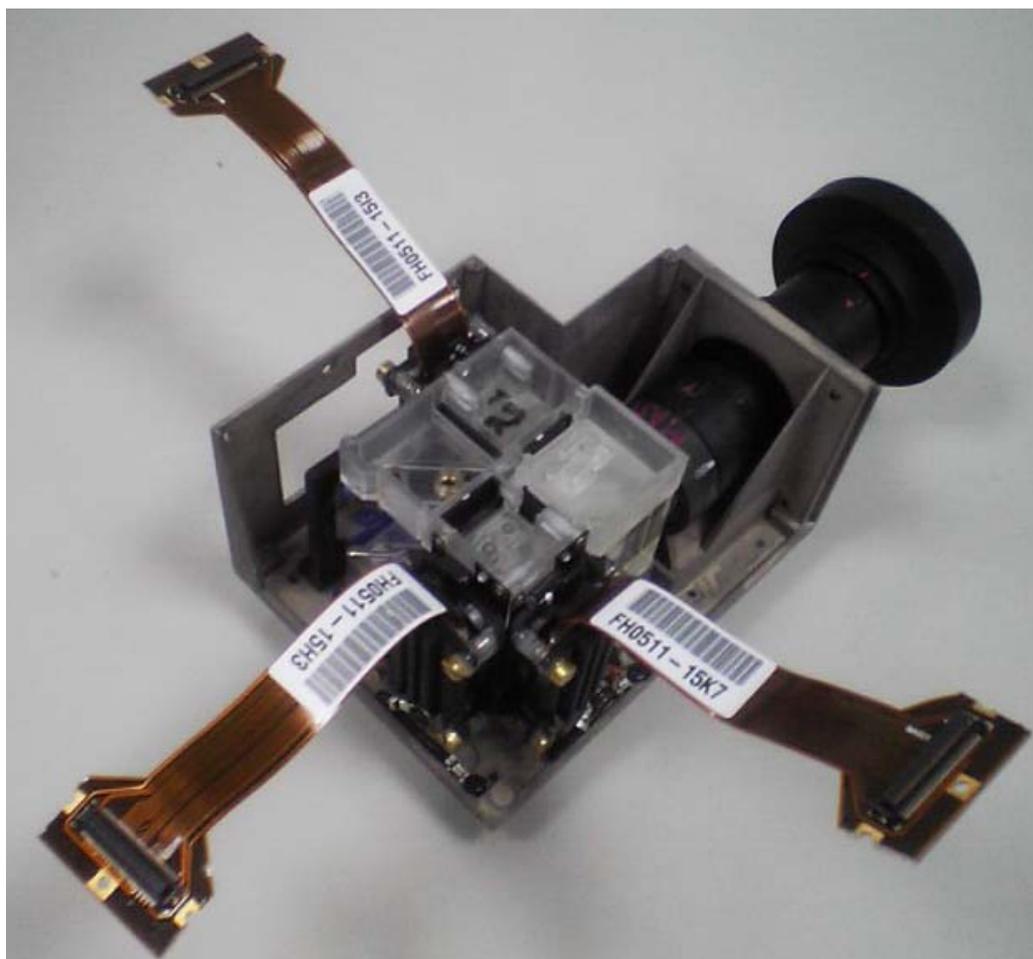


圖 4.2.2 鏡頭合光模組

在完成鏡頭合光模組後，將進行 Panel 合光對位的製程，先簡單說明如下：

1. 合光模組承載治具

將鏡頭合光模組裝在“合光模組承載治具”上，使用內六角扳手進行 Panel ΔZ 、 θX 、 θY 及 θZ 四軸的調整動作與連接個人電腦來使用由 eLCoS 提供之調整軟體—Banma 進行 Panel ΔX 及 ΔY 兩軸之調整。當合光對位調整完成後，最後再點上 UV 膠，使用 UV 光源機治具照射固化 Panel 的位置後，就完成三片式 Panel 之合光對位製程。

由上述說明可知合光對位調整過程中，“合光模組承載治具”具有的功能可以分成三種。

第一種功能是在此改良的合光對位架構中，因為三片式 Panel 的合光對位機構是建立在分合光模組上，所以 Panel 合光對位時已不再

需要使用傳統式複雜又昂貴的大型六軸調整設備，而是由造價便宜的“合光模組承載治具”取代之。“合光模組承載治具”是一個的簡單工作平台，用來提供鏡頭合光模組在進行合光對位調整動作時的載台，與傳統大型六軸調整設備不同的是：合光調整治具本身不具有六軸調整之機構，僅提供照明光源給鏡頭合光模組在合光對位時之 Panel 所需光源，及支撐基座，見圖 4.2.3。

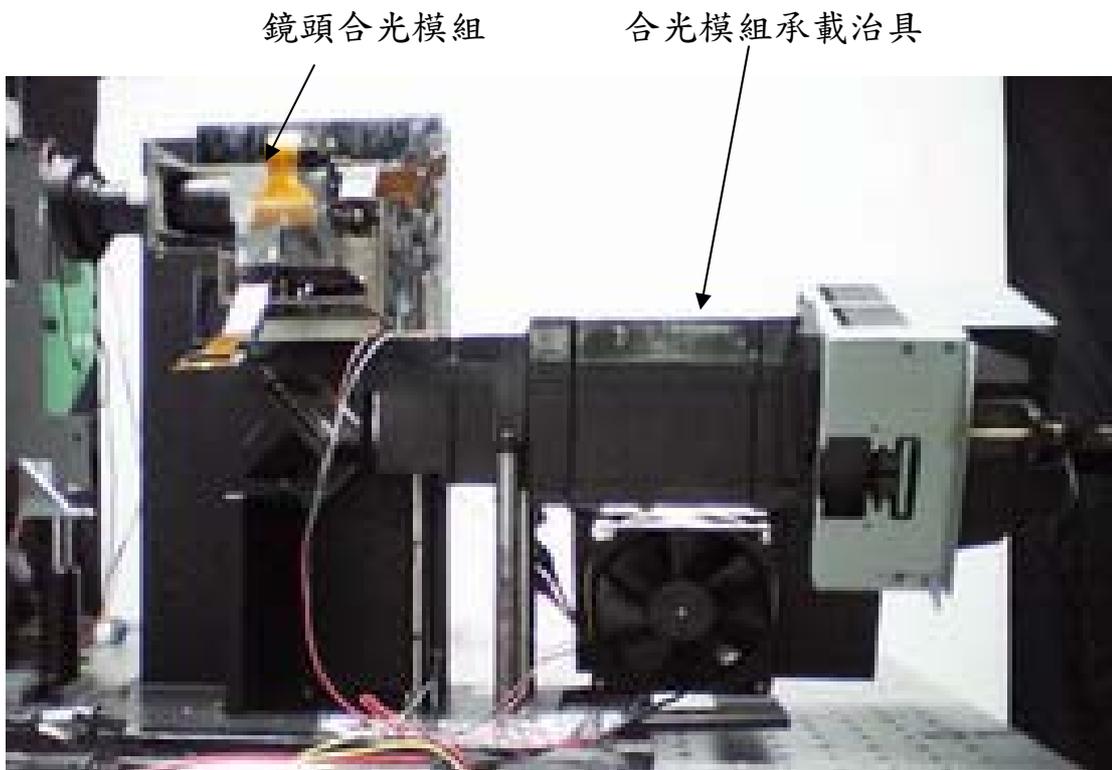


圖 4.2.3 合光模組承載治具—支撐基座

第二種是 Panel 影像驅動功能，使用此項功能之操作時，合光模組承載治具須搭配包括 eLCoS Panel 驅動電路板、參調軟體 Banma --- 該軟體是使用來控制 Panel 各個 Pixel 的影像表現、以及 Pattern generator。其中 Panel 驅動電路板提供 Panel 電源並輸出控制訊號控制 Panel 各個 Pixel 的狀態；而參調軟體 Banma 則被裝置于個人電腦中，並透過 Panel 驅動電路板調整投影出來圖案 ΔX 及 ΔY 之移動量；Pattern generator 則透過 Panel 驅動電路板提供 Panel 合光對位時測

試用圖案 (Pattern)，見圖 4.2.4。

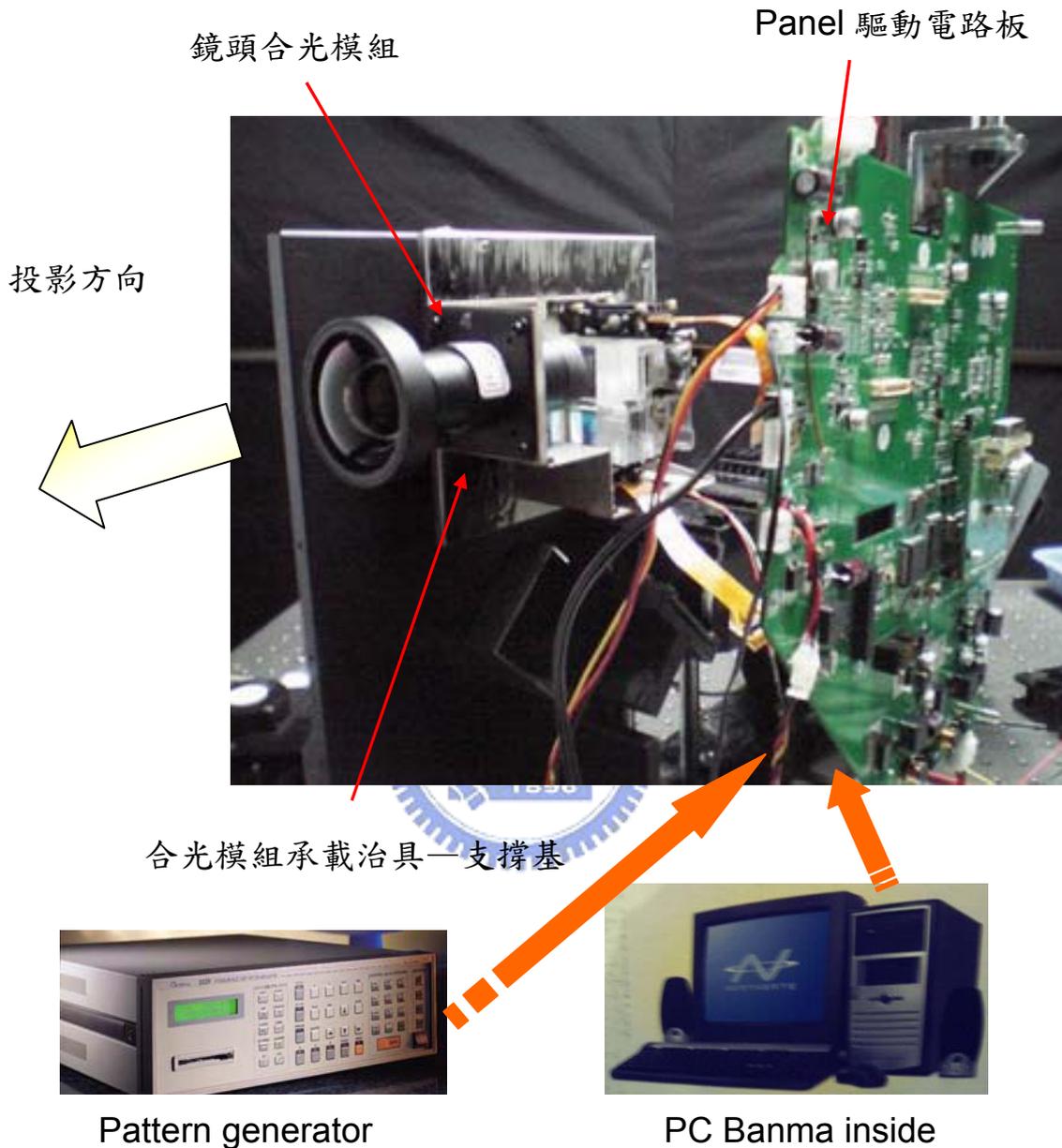


圖 4.2.4 合光模組承載治具

在此實驗中合光對位用之圖案有兩種：

- 合光對位用一格線圖案，在合光時確認 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ 、 θX 、 θY 及 θZ 之六軸對位合光品質，格線部份觀察由鏡頭投影出來之線寬表現，為合光時線寬變化最重要之觀察項目；網點為 Pixel 之投影表現，是觀察單一 Pixel 由鏡頭投影出來之實際投影尺寸，如圖 4.2.5 所示。

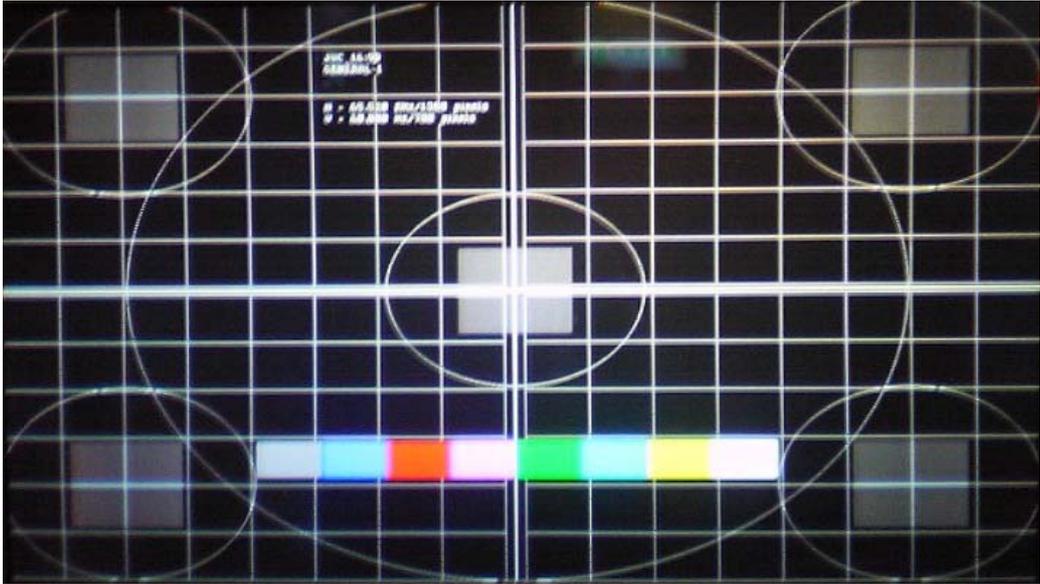
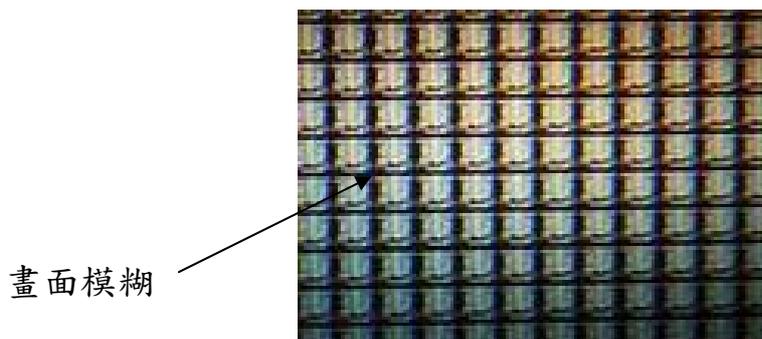
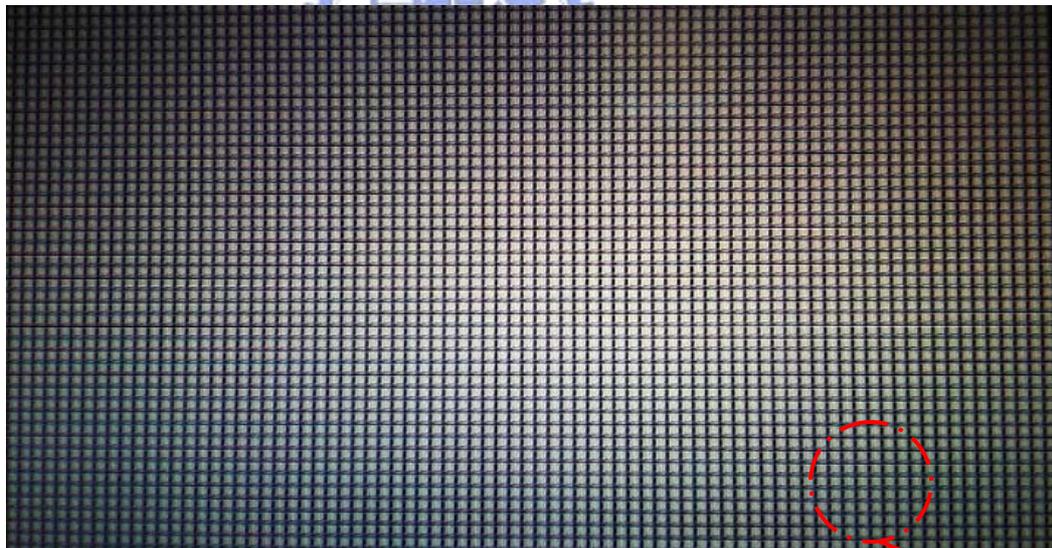


圖 4.2.5 格線圖案

- b. 鏡頭對焦用一連續“惠”字圖案，在合光完成後，Panel 固化前，再次確認 ΔZ 、 ΘX 及 ΘY 之鏡頭後焦合光品質，若畫面有模糊現象，則須再調整對焦品質，見圖 4.2.6。



畫面模糊

圖 4.2.6 連續“惠”字圖案

第三種 UV 光源固化功能，使用 UV 光源固化機來固定 Panel 位置，由於規格並不特殊，在此不多做說明。

2. 合光模組之合光調整流程

- a. 在暗房中，須先將合光模組承載治具架設在光學平台，校正治具相對於投影白牆之垂直度與投影距離，並在白牆上畫出中心位置定位線與投影面積，如圖 4.2.7 所示。

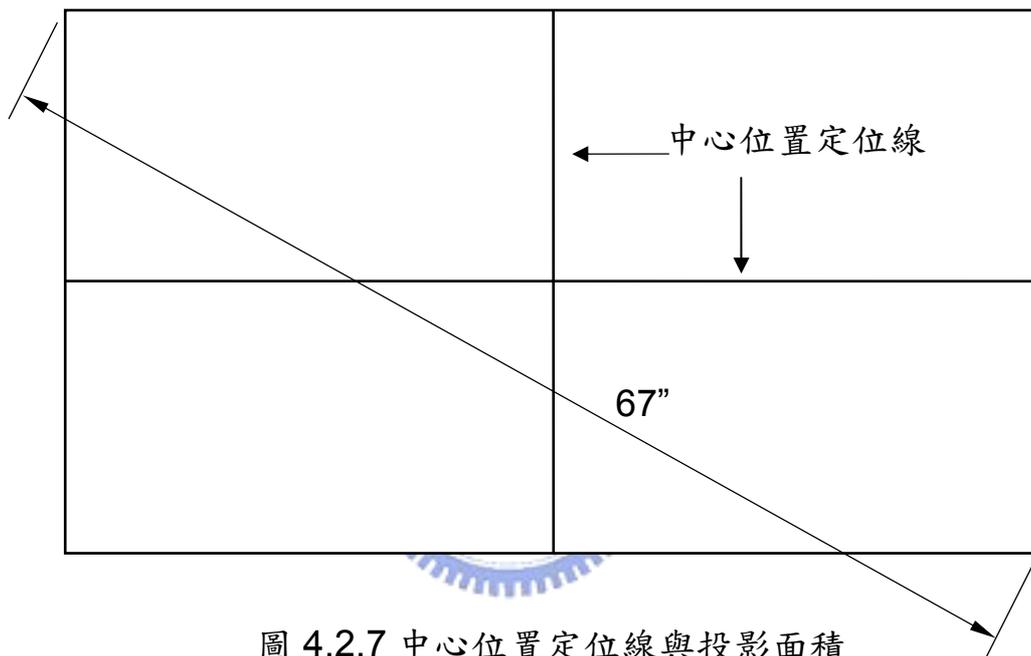


圖 4.2.7 中心位置定位線與投影面積

- b. 將鏡頭合光模組固定於合光模組承載治具上，並將三片 Panel 接上 Panel 驅動電路板，並搭配 Pattern generator 輸出之格線圖案，將圖案投射在白色壁面上，關閉暗房光源，開始進行合光。
- c. 將 Green Channel 打開，Red 及 Blue Channel 關閉，使用內六角扳手對失焦 Green Channel 之 Screw-Adj 微調，進行單一 Channel Panel 對焦的調整動作，見圖 4.2.8a。首先進行 ΔZ 調整至畫面對焦平衡後，再進行 ΘX 及 ΘY 細部的對焦調整，完成 Green Channel 的調整後，圖 4.2.8b。再對 Red 及 Blue Channel 進行相同的調整步驟。

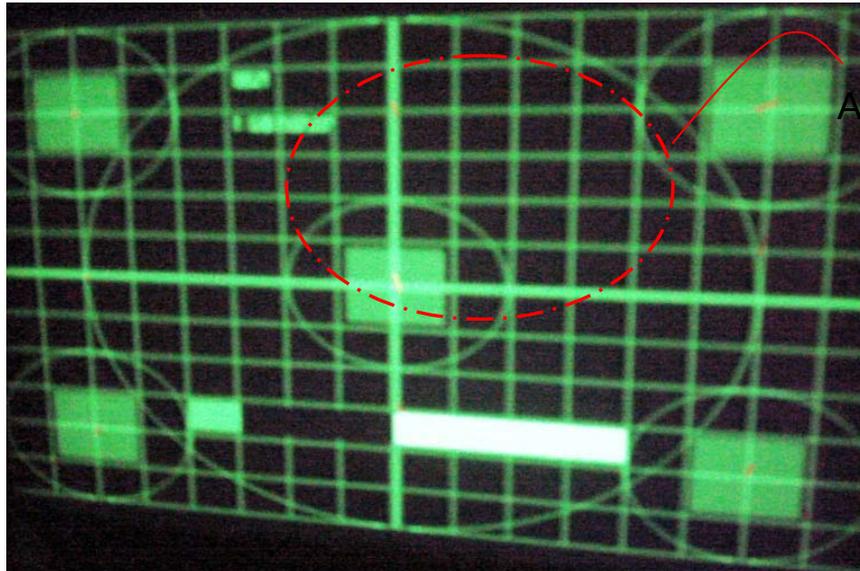
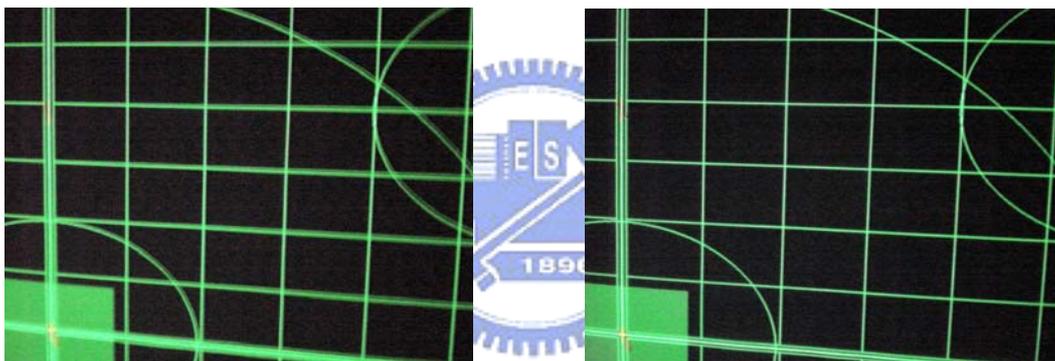


圖 4.2.8a 未調整前失焦狀態之 Green Chanel

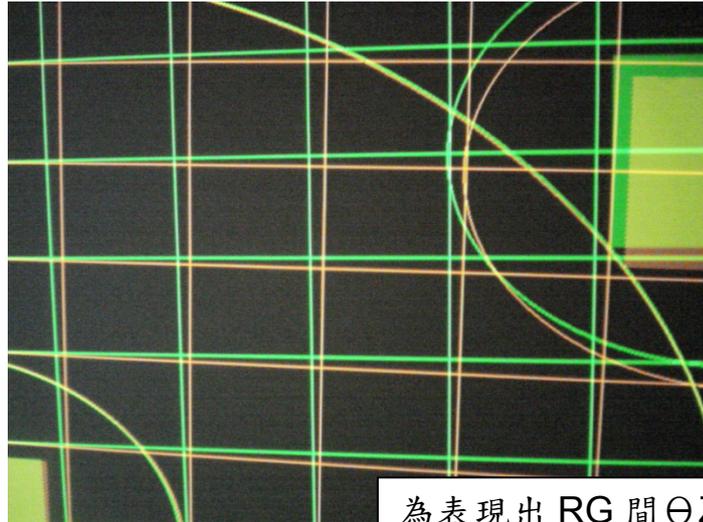


調整前 A

調整後 A

圖 4.2.8b ΔZ 、 θX 及 θY 調整前後差異

- d. 將 Green Channel 打開，Red 及 Blue Channel 關閉，使用內六角板手對 Green Channel 之 Gear-Adj 進行微調至由鏡頭投影出來之綠色格線中心平行於投影白牆上之中心位置定位線，完成 Green Channel θZ 的調整後，再將 Red Channel 打開，以 Green Channel 為基準，對 Red Channel 進行 θZ 的調整，見圖 4.2.9。完成 Red Channel 的調整後，將 Red Channel 關閉，再將 Blue Channel 打開，一樣以 Green Channel 為基準，對 Blue Channel 進行 θZ 的調整。



B 區放大圖

為表現出 RG 間 θZ 之差異，特將 R 光角度放大 10 倍，以利觀察。

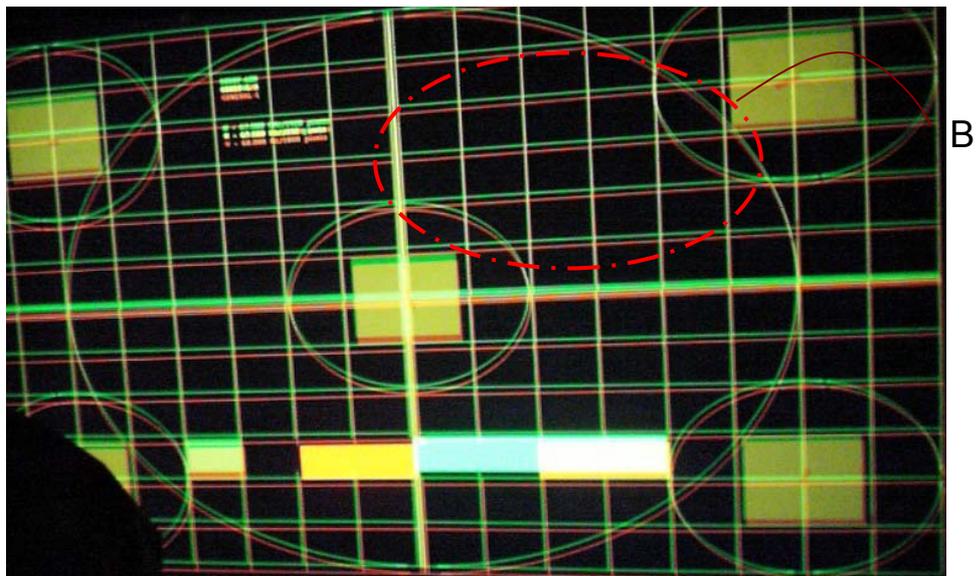


圖 4.2.9 θZ 調整功能—RG

- e. 使用 Banma 參調軟體進行 ΔX 及 ΔY 之微調，見圖 4.2.10 所示，將 Green Channel 打開，Red 及 Blue Channel 關閉，使用 Banma ΔX 、 ΔY 電子微調功能，將由鏡頭投影出來之綠色格線中心重合於投影白牆上之中心位置定位線。再將 Red Channel 打開，使用 Banma 參調軟體對 Red Channel 進行 ΔX 及 ΔY 之微調至由鏡頭投影出來之紅色格線中心儘可能重合於投影白牆上之綠色格線中心，見圖 4.2.11。

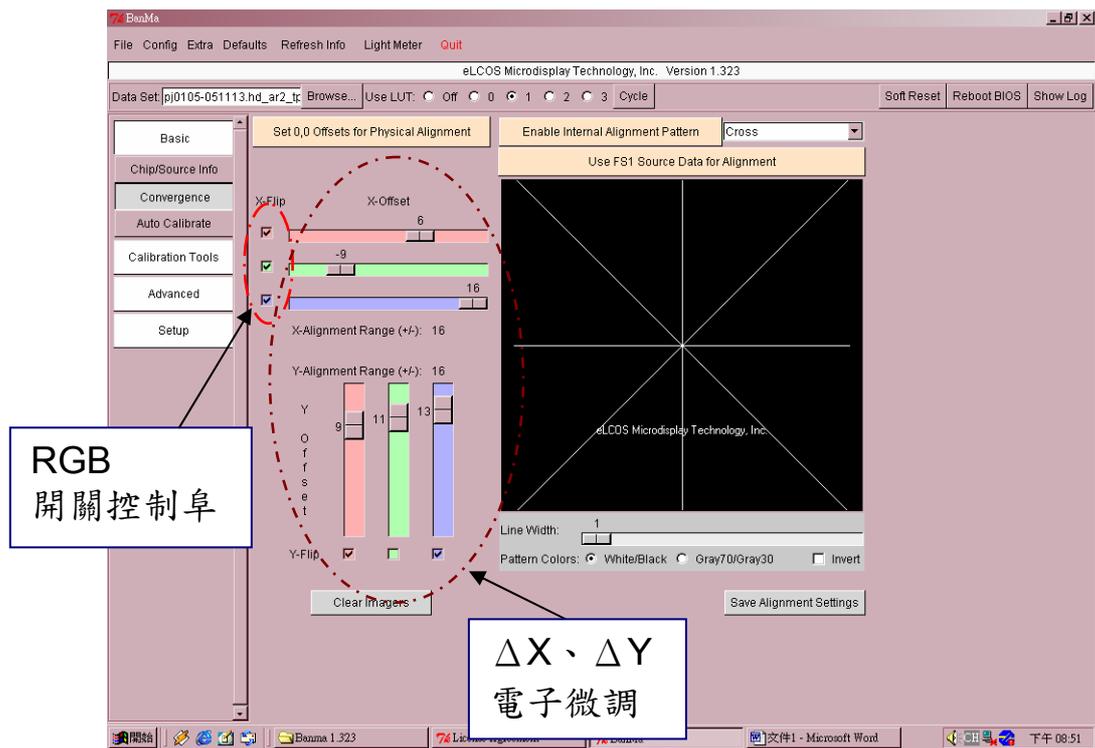


圖 4.2.10 ΔX 及 ΔY 之電子微調功能

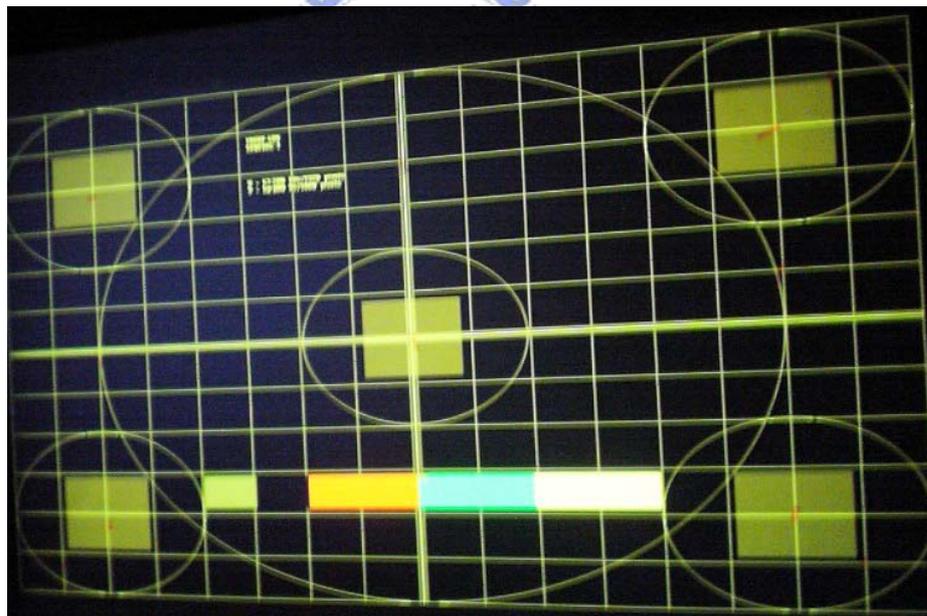


圖 4.2.11 ΔX 及 ΔY 之微調—RG

接下來關閉 Red Channel，再打開 Blue Channel，使用 Banma 參調軟體對 Blue Channel 進行 ΔX 及 ΔY 之微調至由鏡頭投影出來之藍色格線中心儘可能重合於投影白牆上之綠色格線中心。最後將 Green Channel 關閉，僅打開 Red 及 Blue Channel 確認紅色與藍色格線之合光品質，若超出合光規格則再調整格線位置。最後

將 Red、Green 及 Blue Channel 同時打開，使用格線圖案確認三片式 Panel 合光後之合光品質，如圖 4.2.12 所示。再使用連續“惠”字圖案，確認 Panel 對焦品質。



圖 4.2.12 三片式 Panel 六軸合光完成

- f. 將 UV 膠點在 Screw-Adj 與 Heatsink 之介面上，使用 UV 光源機治具照射固化後就完成三片式 Panel 合光對位之調整動作，見圖 4.2.13。

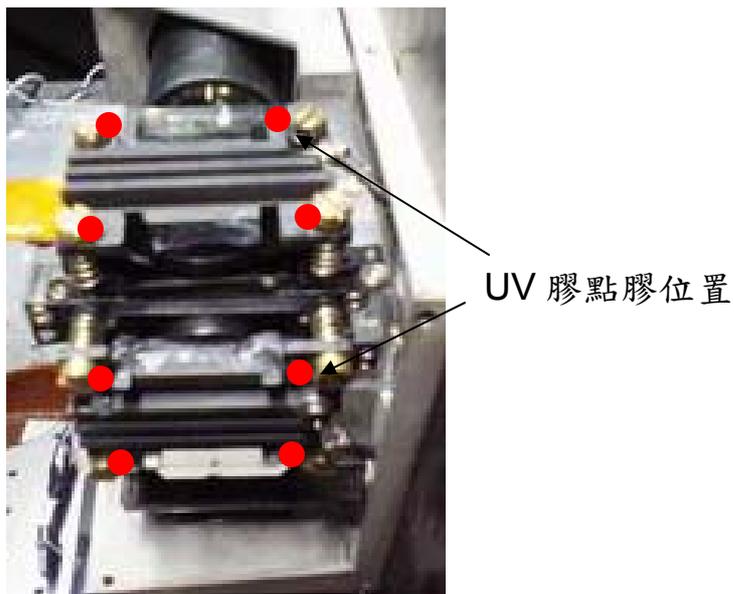


圖 4.2.13 UV 膠固化

以上流程為本實驗最希望能改善三片式微顯示投影系統在量產時

最大的瓶頸。合光之規格要求，如表 4.2.1 所示。

表 4.2.1 合光規格表

發散度 (convergence)	R to G	0.8 (含)以下
	B to G	0.8 (含)以下
	R to B	1.0 (含)以下

4.3 合光模組實驗結果

以下實驗係依據第三章“3.4 分合光模組機構設計需求說明”中提出之需求，展開機構設計、樣品製作。

樣品製作完成後，將進行鏡頭合光模組樣品組裝與調整，之後再將鏡頭合光模組與組裝在一起，連接 Panel 驅動電路板，並將驅動電路板固定在光學引擎照明模組上。圖 4.3.1 為完成完整 CQ3 架構光學引擎的組裝。圖 4.3.2 為完成所有組裝流程之 CQ3 架構光學引擎。

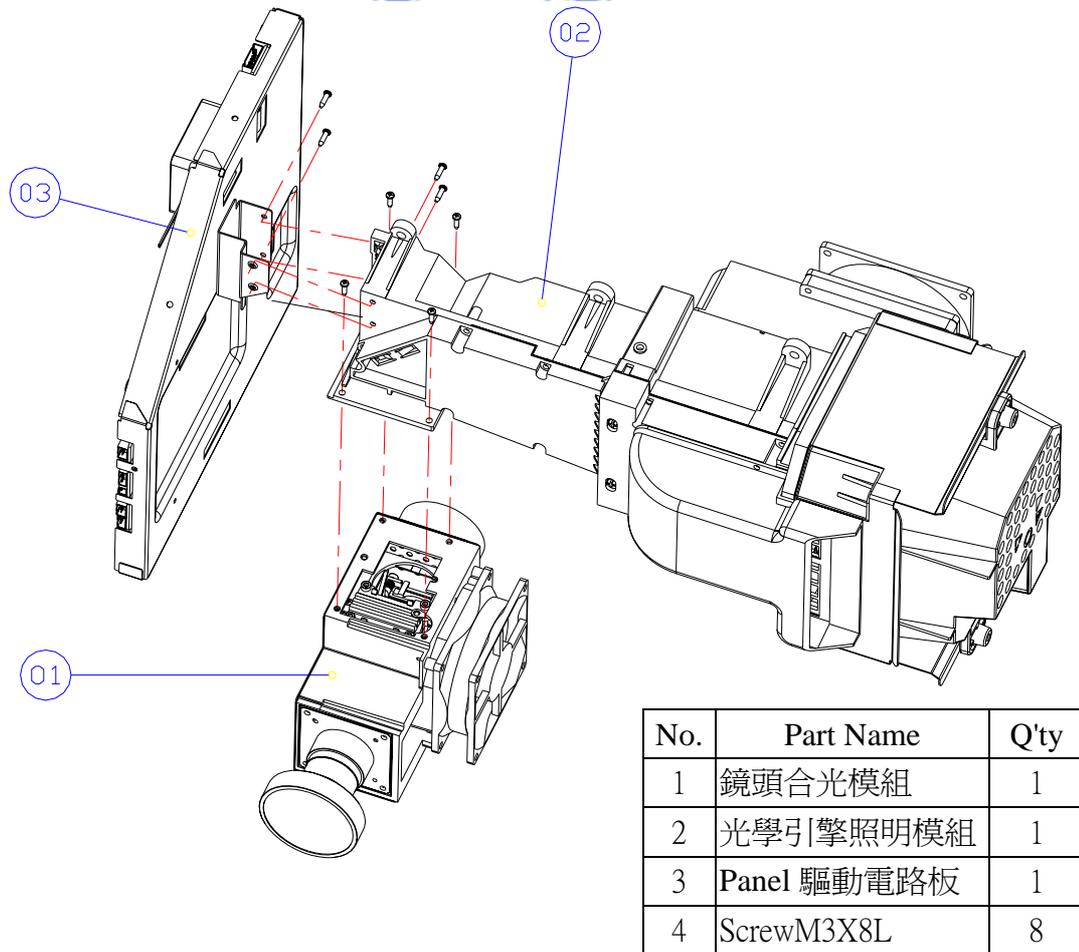


圖 4.3.1 光學引擎組裝圖

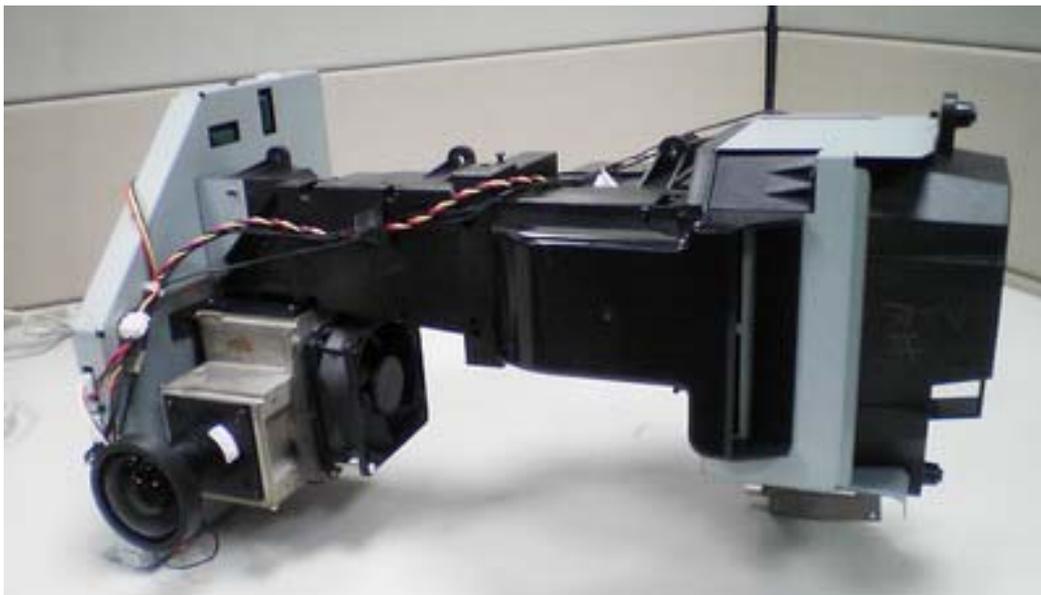


圖 4.3.2 CQ3 架構光學引擎

以下對鏡頭合光模組之規格要求所進行的實驗與結果逐一說明之。

1. LCoS Panel 溫度量測實驗

LCoS Panel 因液晶分子特性的緣故，在規格中有工作溫度範圍的要求。在工作狀態時，若其背板產生高溫超過要求的範圍將會影響影像品質，甚至會對 Panel 造成不可逆的損壞。eLCoS Panel 背板中有內建的溫度感測器，所以工作溫度量測則可以經由 Banma 軟體讀出面板溫度變化。由於投影系統係將光能量集中於 Panel 上，再加上背板電子系統的耗能，在實際系統操作環境溫度要求範圍下 Panel 的操作溫度一般都會遠高於規格中的工作溫度範圍要求，所以必須加入散熱的機構設計。在系統操作環境溫度要求範圍內進行量測結果中可以發現本文設計之 Heatsink 有效的控制了背板溫度，見表 4.3.1。

- Panel 背板工作溫度容許範圍：
Min.~Max. : 10°C~65°C
TYP. : 40°C~50°C
- Panel 工作環境溫度範圍 : 5°C~45°C
- 散熱風扇電壓設定 10V

表 4.3.1 Panel 背板工作溫度實驗

	驗證畫面		量測環境溫度		結果
			低溫 5°C 時(>10°C)	高溫 45°C 時(<65°C)	
1	暗場畫面	R	14.0°C	51.5°C	背板工作溫度在容許範圍內，低溫啟動時影像品質不受影響
		G	12.2°C	49.7°C	
		B	15.6°C	51.8°C	
2	白場畫面	R	13.6°C	51.4°C	背板工作溫度在容許範圍內，低溫啟動時影像品質不受影響
		G	12.3°C	49.9°C	
		B	17.4°C	52.8°C	
3	動態畫面	R	14.4°C	52.4°C	背板工作溫度在容許範圍內，低溫啟動時影像品質不受影響
		G	12.6°C	49.9°C	
		B	18°C	53.8°C	

2. 六軸微調操作測試

六軸微調目的是為了將三片式合光對位架構簡化，提高光學引擎產能及改善製程良率。本實驗最重要的實驗是驗證六軸微調在功能上的可行性、調動精度以及在完成合光後對位的性賴性。

依據軸項定義 Panel 的長邊為 X 軸，短邊為 Y 軸，垂直於面板為 Z 軸。相對於 XYZ 三軸平移為 ΔX ， ΔY ， ΔZ 。相對於 XYZ 三軸旋轉為 θX ， θY ， θZ 。

測試調整件之調動量結果如表 4.3.2 所示。

表 4.3.2 六軸微調調整件之調動量

	微調解析度	可調動範圍	驗證結果
ΔX	1pixel (8.1 μm)	32pixels (259.2 μm)	OK
ΔY	1pixel (8.1 μm)	32pixels (259.2 μm)	OK
ΔZ	1.25 μm	1mm	OK
θX	$1.99 \times 10^{-3}^\circ$	$\pm 1.59^\circ$	OK
θY	$2.94 \times 10^{-3}^\circ$	$\pm 2.35^\circ$	OK
θZ	0.125°	$\pm 2^\circ$	OK

3. QWP 旋轉調整操作測試

QWP 旋轉的作用是為補正系統中的偏極光經過光學元件後，偏極光角度因光學元件的干擾而造成漏光現象，見圖 4.3.3。圖 4.3.4 為旋轉 QWP 補正偏極光角度後，漏光現象明顯改善。表 4.3.3 為 QWP 補正漏光前後的畫面亮度量測結果。

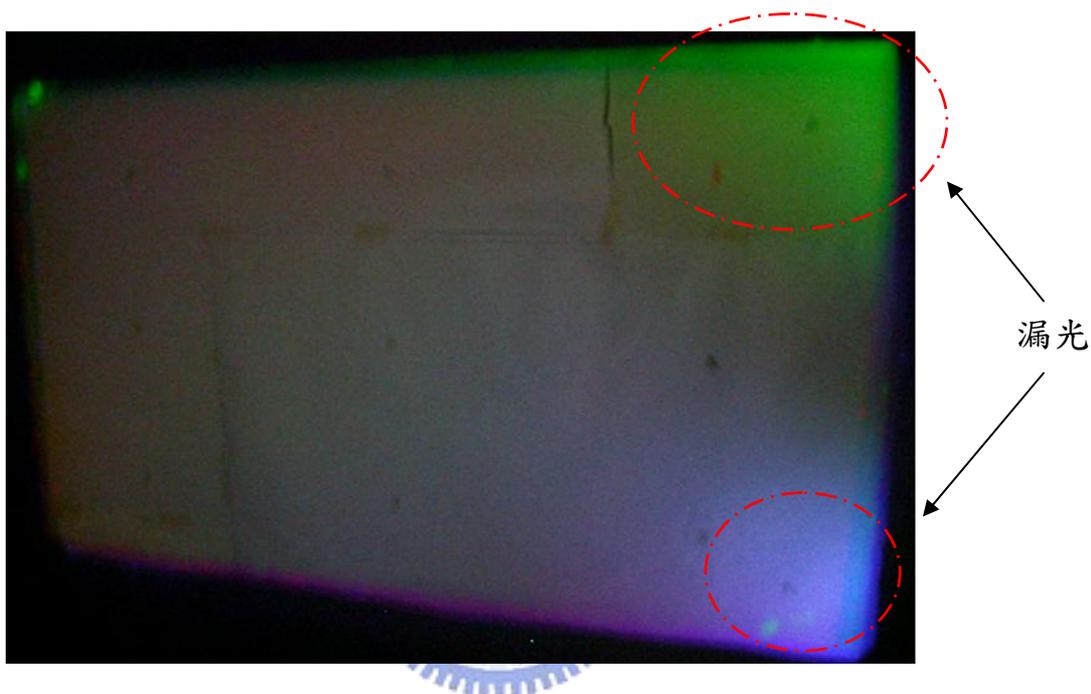


圖 4.3.3 漏光現象



圖 4.3.4 漏光補正後之現象

表 4.3.3 QWP 補正漏光前後量測數據

		規格	漏光補正前	漏光補正後	驗證結果
白場亮度 (Lumens)		---	499	376	OK
暗場亮度		---	0.6	0.33	OK
對比		> 1000	836	1154	OK
光均勻度 13pts	暗場均勻度	< 20%	140%	20%	OK
		<- 30%	-31%	28%	OK

4. Panel 防塵測試

Panel 防塵範圍必須包含 LCoS Panel、QWP 兩側及靠近 Panel 側之 PBS 介面。在此範圍內調動件有 Holder-QWP 及 Panel Module，因此需小心組裝流程中每一個環節，包含各元件之間配合度檢查、元件之包裝及組裝前之清潔步驟、組裝環境之要求等。

防塵不良時，灰塵會被成像于投影螢幕上，見圖 4.3.5。



圖 4.3.5 防塵不良

- 不良原因分析：
 - a. 機構件組裝不良，在該防塵之介面上有間隙產生，使灰塵輕易進入 Panel 成像區。
 - b. 組裝環境不良，空間中落塵量大，造成防塵失效。
 - c. 防塵區各元件，包含光學與機構元件來料時無防塵包裝。
 - d. 組裝時未有效地清潔防塵區各元件。

- 改善對策：

- a. 除設計時須考量防塵需求外並須仔細確認機構元件之配合度後，符合設計配合公差要求。
- b. 元件包裝加裝防塵塑膠袋。
- c. 組裝前元件須再次進行清潔步驟。
- d. Panel Module 之組裝環境須在防塵正壓室（HEPA）內進行。

經問題點修正後，防塵不良可得到改善，見圖 4.3.6。此設計在適當的操作與環境配合下可以達到防塵的需求。

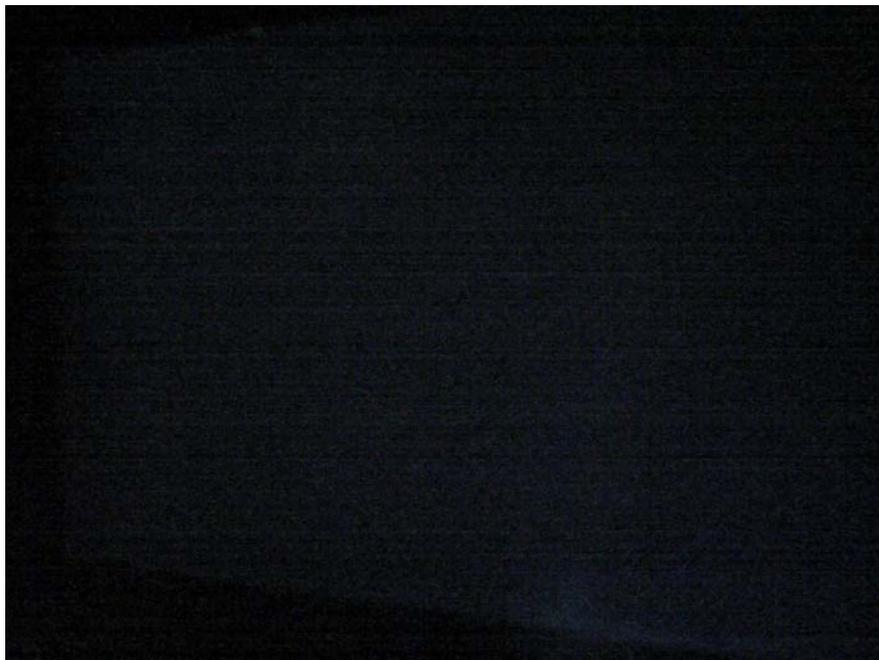


圖 4.3.6 問題點修正後，防塵不良可得到改善

4.4 其他問題點分析

1. 格線合光測試

初步測試時發現 R 光與 G 光的合光狀況不佳(以 G 光為基準)，圖 4.3.7 所示為 RG 格線合光不良的現象。

- 不良原因分析：

- a. 投影鏡頭橫向(或倍率)色差—鏡頭對 RGB 三色投影放大倍率不一致。

- b. 固定用機構件製作精度太差無法使 RGB 三色投影格線重合於投影螢幕上。
- c. 調動用機構件製作精度太差或太脆弱，無法維持 Panel 調整後之位置。

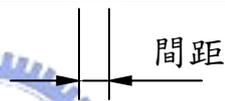
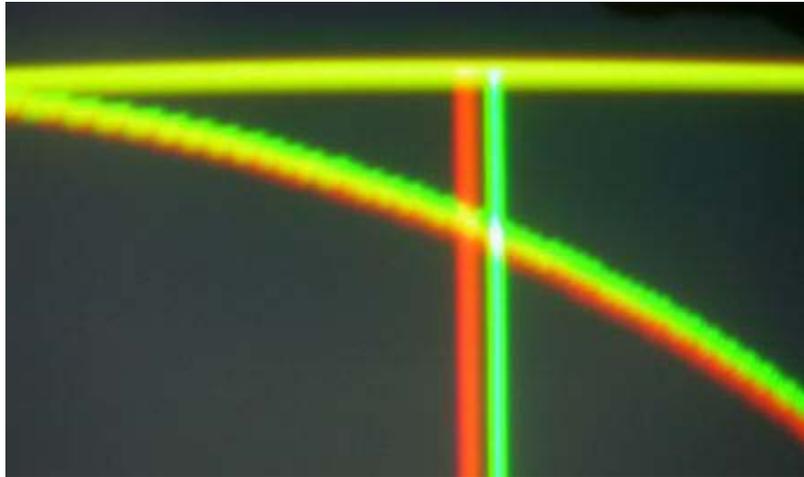


圖 4.4.1 RG 合光不良

● 改善對策：

- a. 投影鏡頭經供應商檢視後發現有部件組裝錯誤造成橫向(或倍率)色差過大，經更換鏡頭後問題明顯獲得改善。
- b. 仔細檢驗並挑選正確尺寸的部件進行組裝。
- c. 仔細檢驗並挑選正確尺寸的部件進行組裝。

更換鏡頭並重新調整後的 RG 合光改善狀況如圖 4.4.2 所示。

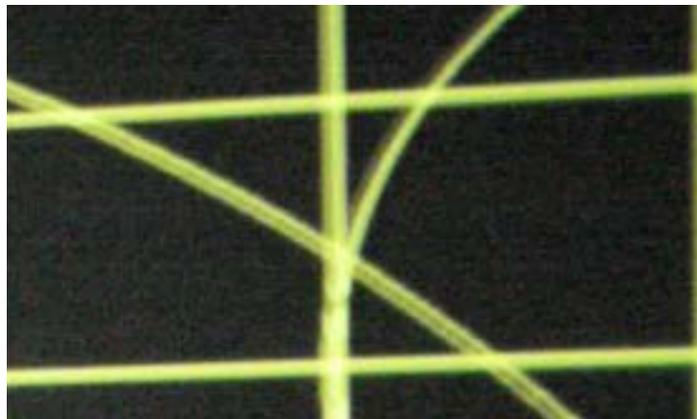


圖 4.4.2 更換鏡頭並重新調整後的 RG 合光改善狀況

2. 對焦測試

圖 4.4.3 左下角網點圖案為 Panel 單一 Pixel 投影在投影螢幕上的寬度，比較線條寬度同樣是 Panel 單一 Pixel 投影在投影螢幕上的寬度，但是明顯可以分辨出格線圖案線條寬度超出規格甚多。

● 不良原因分析：

- a. 投影鏡頭製造不良，影像有暈光現象且解像度 MTF 值未達規格。
- b. 調整 Panel 對焦時，未調到鏡頭後焦最佳位置。
- c. 機構件製作精度太差或太脆弱，無法維持 Panel 調整後之位置。

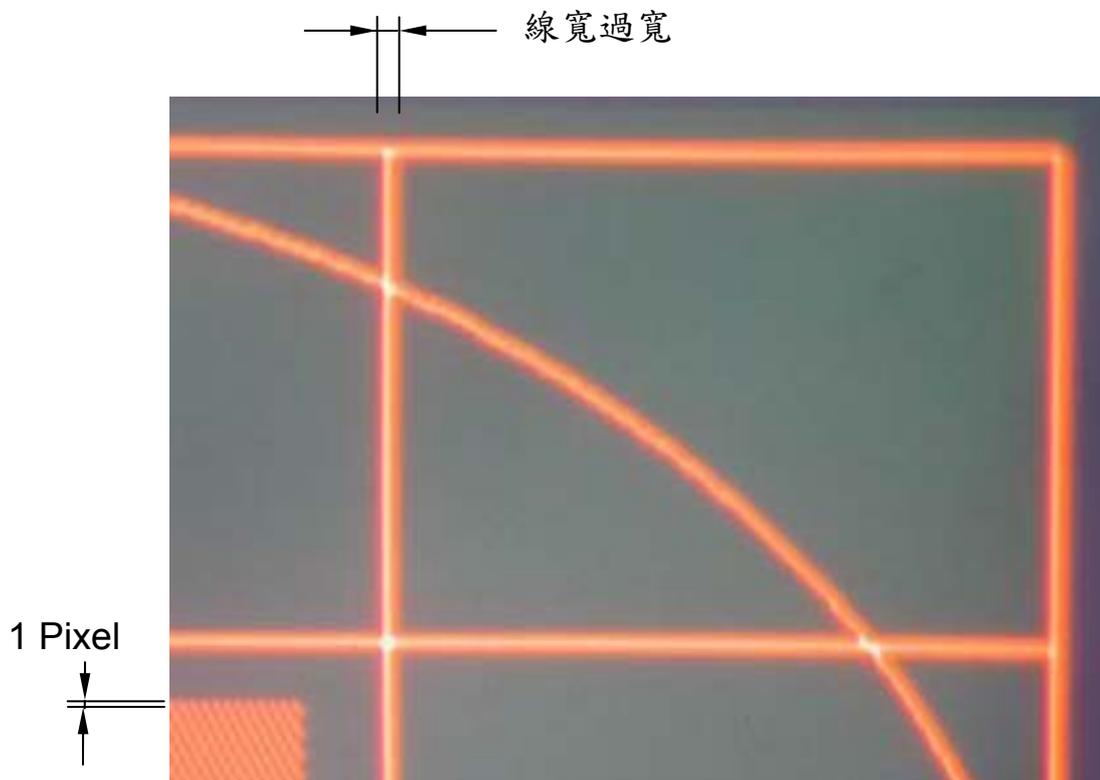


圖 4.4.3 線寬過寬

● 改善對策：

- a. 投影鏡頭經供應商檢視後發現有部件組裝錯誤造成影像品質變差。
- b. 組裝時必須注意觀察對焦的狀況。
- c. 仔細檢驗並挑選正確尺寸的部件進行組裝。

更換鏡頭並重新合光後的對焦改善狀況如圖 4.4.4 所示。

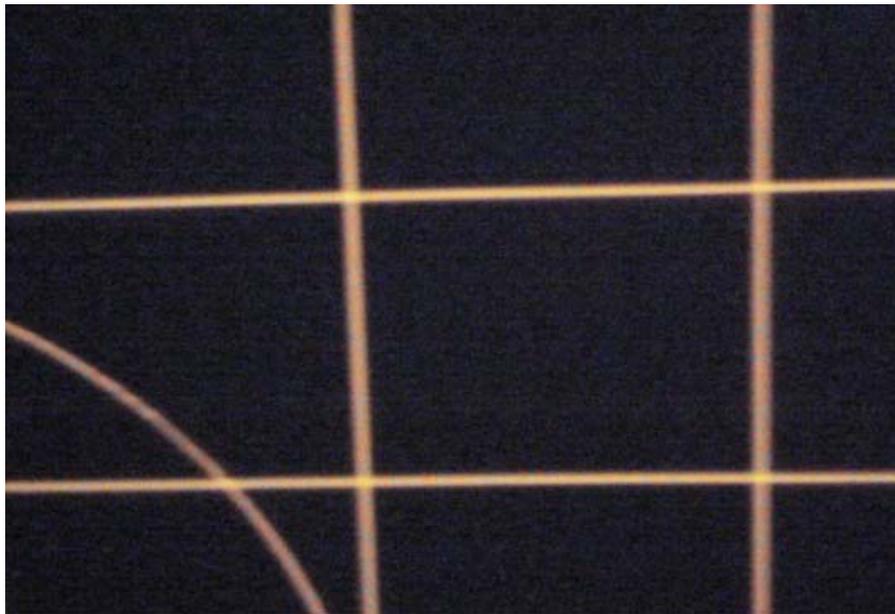


圖 4.4.4 更換鏡頭並重新合光後的對焦改善狀況

4.5 結語

根據以上的實驗可知本文所進行的設計在排除組裝失誤以及鏡頭與部件來料品質問題後，經實驗驗證均可符合系統規格所需。總合上述實驗的結果發現，符合系統需求的設計只成功一半，在組裝程序與原物料的檢測上也會對合光模組工作的成功與否有著決定性的影響。

第五章 結論

本論文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與相關功能與規格測試分析。測試結果也已顯示了新合光調整機構設計概念的可行性。

本研究中也指出，除了設計時須仔細考量系統的要求外，對於合光調整系統的組立也必須注意到：

1. 組立環境的控制，與
2. 組立料件的檢驗。

這兩點不論是實驗室或是生產線都必須嚴格管理，才能確保產品品質與生產良率。

本研究認為這個課題後續的發展方向：

1. 合光模組的可靠性設計。

對於 UV 膠的膠體選用的研究、固定位置以及 UV 燈的照射時間等研究，對於系統的耐久性、耐候性將有極大的幫助。

2. 合光模組的維修拆換設計。

LCoS Panel 目前仍有其使用壽命的問題，再加上合光模組可以說是光機系統的心臟部位，價值也是最高的部件。若是遇到 Panel 要維修或是升級時的拆換將是一個棘手的問題，因為這往往會使消費者有一段不算短的時間不能使用該電視。

合光模組製程技術的突破，對三片式微顯示面板光學引擎設計的製程瓶頸改善而言是非常重要的工作。如何準確地聚焦將各色光聚合，並對準到投影鏡頭，都是影響影像品質甚大。以現行技術發展來看，合光技術顯然還是目前三片式投影顯示器量產上必須持續改善的目標。

參考文獻

- [1] 編輯部，「中國皮影」，中國文化研究院，香港。
<http://www.chiculture.net/1504/html/b01/1504b01.html>
- [2] 潘光平，「液晶式投影機」，國立中央大學光電科學研究所碩士論文，1998
- [3] 何璨佑，「液晶投影顯示器」，國立中央大學光電科學研究所碩士論文，2001
- [4] 中國大百科全書 - 電影，錦繡，1992，pp.85~90
- [5] Carlos，「2004 年全球前投式投影機成長率高達 42%」，產業資訊服務-科技產業資訊室-產業市場報導-顯示器產業，財團法人國家實驗研究院科學技術資料中心，民國九十四年三月一日。
- [6] Carlos，「2004 年全球微顯示器背投影電視銷售值達 47 億美元」，產業資訊服務-科技產業資訊室-產業市場報導-顯示器產業，財團法人國家實驗研究院科學技術資料中心，民國九十四年三月一日。
- [7] 陳浩彰，「投影顯示技術市場發展趨勢」，零組件雜誌，第 162 期，民國九十四年四月。
- [8] E.H. Stupp and M.S. Brennessoltz，「Projection Display」，John Wiley & Sons，New York，1999
- [9] 美國國家標準(ANSI/NAPM IT 7.228-1997)規範，1996。
- [10] 張德群，「LCD 投影技術的影像泉源-HTPS LCD 面版技術綜觀」，零

組件雜誌，第 162 期，民國九十四年四月。

- [11] Epson, “3LCD 極致投影科技，創造完美影像的秘密武器”
http://w3.epson.com.tw/imaging/Product/10/Learn_02.asp
- [12] enet, “由種類看技術—三大類核心投影技術探悉”，2004(5).
- [13] 蔡福森, “DLP 投影技術與產品動態”，光連雙月刊，1998(11).
- [14] 黃宣宜, “ LCOS 投影顯示器產業發展課題”，光連雙月刊，
2005(3).
- [15] 劉大鵬, “各種 LCOS 投影機光學引擎技術比較”，工研院經資中
心，2003(4).
- [16] Robert L.Melcher, “LCoS for Rear-Projection HDTV”，Information
Display，2003 (8)
- [17] Stephen Eckhardt, Charles Bruzzone, David Aastuen, James
(Jiaying) Ma, “3M PBS for High Performance LCOS Optical Engine
White Paper”
- [18] ColorLink Product Document, “ColorSelect® turning
monochrome into color” ,
<http://www.colorlink.com/products/pdfs/select.pdf> , 06-Oct-2005 。
- [19] Tony Whitehead, “The Competitive Power of LCOS --- MD-RPTV
and the role of LCOS” , International Display Manufacturing
Conference , 2005(2)