

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 微小型高倍率變焦鏡頭研製及新型主動式高精度測距模組 自動對焦光機電整合系統研究(第3年) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 97-2221-E-216-002-MY3  
執行期間：99年08月01日至100年10月31日  
執行單位：中華大學機械與航太工程研究所

計畫主持人：陳振文

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：陳榮釗  
碩士班研究生-兼任助理人員：劉金益  
碩士班研究生-兼任助理人員：葉家豪  
碩士班研究生-兼任助理人員：林書院  
碩士班研究生-兼任助理人員：吳仕銳  
碩士班研究生-兼任助理人員：陳逸咸

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 101 年 01 月 30 日

中文摘要：本計畫是微小型高倍率變焦鏡頭設計研製、新型主動式高精度測距法則研究製作，及自動對焦光機電整合系統研究。在這三年期的賡續計畫中，我們可基礎的、成熟的、且實做的，完成知識、技術及成品的完整研究發展。我們在計畫中，對光學研究：著重在高難度的、有迫切需求的變焦鏡頭設計研究開發，不但要解決高倍率變焦鏡頭設計技術，更要在微小型、高倍率，可立即使用在我們國人自有品牌產品的照相手機變焦鏡頭的設計，研製出前瞻性的、成熟可生產的產品。在雷射、光電、電子技術研究：我們將創新的理論推導中長距離高精度測距法則，完成高精度雷射測距精度驗證，並製作全功能的中長距離高精度測距模組。在光機電整合系統研究：我們要研究完成，微小型、高倍率照相手機變焦鏡頭驅動控制的最佳選擇及製作，達到尺寸最小、成本最低、最易於實現的驅動及自動對焦功能，解決產品在微型化、省電、信賴度及量產上的問題。另外，再將中長距離高精度測距模組產品的數值，使用主動式量測方式，驅動其他各型自動對焦系統，在現在最熱門的自動光學檢測領域完成技術及系統開發。當然，中長距離高精度測距模組產品本身研製成功，更是目前建築、裝潢、標示、量測應用等，各種中長距離最高精度測距儀產品系列中，最新、最高的技術產品。我們已完成所有研究內容詳如報告。

中文關鍵詞：變焦鏡頭設計、微小型高倍率、高精度測距法則、高精度雷射測距儀、自動對焦、光機電整合系統。

英文摘要：This project is the optical electro-mechanic integration design and manufacturing research of high magnifications miniaturized size zoom lens and novel active high accuracy laser range finder auto-focus system. In this 3 years continuous research, we can fundamentally, maturely and practically complete the researches with algorithms proposal, techniques development to the products manufacturing. This project, in the optics researches: we will concentrate in high difficulty, practically demanded zoom lens design, not only solve the high magnification problems, but also deal with the most urgent demands miniature size optical zoom lens module for the camera phone. In laser, electro-optics and electronics researches: we are proposing a new high frequency phase algorithm that can resolve the ranging accuracy to only 1 mm in compare to the

traditional ranging accuracy of tens centimeters, we will verify the results and manufactured the complete ranging modular. In optical electro-mechanics system integration researches: we will develop the effective and low cost mechanical driving of our miniature size zoom lens; incorporate the active type high accuracy ranging data to auto focus the zoom systems for various automatic optical inspection applications. This project include the integration of optics, electronics and mechanics knowledge and complete the theory analysis, techniques development and the practical manufactures. We have completed all the researches, detail results as specifies in this report.

英文關鍵詞： Zoom lens design, miniature size and high magnifications, high accuracy ranging algorithms, high accuracy laser range finder, auto-focus, system integration of optical electro-mechanics.

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

微小型高倍率變焦鏡頭研製及新型主動式高精度測距模組  
自動對焦光機電整合系統研究

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫  
計畫編號：NSC 97-2221-E-216-002-MY3  
執行期間：97年8月01日至100年7月31日

執行機構及系所：中華大學 通訊系

計畫主持人：陳振文

共同主持人：

計畫參與人員：陳俊男 曾曜晨 葉家豪 劉金益 吳仕銳 陳逸咸

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

- 赴國外出差或研習心得報告
- 赴大陸地區出差或研習心得報告
- 出席國際學術會議心得報告
- 國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

中華民國 101 年 1 月 15 日

## 中、英文摘要及關鍵詞 (keywords)

### 中文摘要：

本計畫是微小型高倍率變焦鏡頭設計研製、新型主動式高精度測距法則研究製作，及自動對焦光機電整合系統研究。在這三年期的賡續計畫中，我們可基礎的、成熟的、且實做的，完成知識、技術及成品的完整研究發展。我們在計畫中，對光學研究：著重在高難度的、有迫切需求的變焦鏡頭設計研究開發，不但要解決高倍率變焦鏡頭設計技術，更要在微小型、高倍率，可立即使用在我們國人自有品牌產品的照相手機變焦鏡頭的設計，研製出前瞻性的、成熟可生產的產品。在雷射、光電、電子技術研究：我們將創新的理論推導中長距離高精度測距法則，完成高精度雷射測距精度驗證，並製作全功能的中長距離高精度測距模組。在光機電整合系統研究：我們要研究完成，微小型、高倍率照相手機變焦鏡頭驅動控制的最佳選擇及製作，達到尺寸最小、成本最低、最易於實現的驅動及自動對焦功能，解決產品在微型化、省電、信賴度及量產上的問題。另外，再將中長距離高精度測距模組產品的數值，使用主動式量測方式，驅動其他各型自動對焦系統，在現在最熱門的自動光學檢測領域完成技術及系統開發。當然，中長距離高精度測距模組產品本身研製成功，更是目前建築、裝潢、標示、量測應用等，各種中長距離最高精度測距儀產品系列中，最新、最高的技術產品。我們已完成所有研究內容詳如報告。

關鍵詞：變焦鏡頭設計、微小型高倍率、高精度測距法則、高精度雷射測距儀、自動對焦、光機電整合系統。

### 英文摘要：

This project is the optical electro-mechanic integration design and manufacturing research of high magnifications miniaturized size zoom lens and novel active high accuracy laser range finder auto-focus system. In this 3 years continuous research, we can fundamentally, maturely and practically complete the researches with algorithms proposal, techniques development to the products manufacturing. This project, in the optics researches: we will concentrate in high difficulty, practically demanded zoom lens design, not only solve the high magnification problems, but also deal with the most urgent demands miniature size optical zoom lens module for the camera phone. In laser, electro-optics and electronics researches: we are proposing a new high frequency phase algorithm that can resolve the ranging accuracy to only 1 mm in compare to the traditional ranging accuracy of tens centimeters, we will verify the results and manufactured the complete ranging modular. In optical electro-mechanics system integration researches: we will develop the effective and low cost mechanical driving of our miniature size zoom lens; incorporate the active type high accuracy ranging data to auto focus the zoom systems for various automatic optical inspection applications. This project include the integration of optics, electronics and mechanics knowledge and complete the theory analysis, techniques development and the practical manufactures. We have completed all the researches, detail results as specifies in this report.

Key Words: Zoom lens design, miniature size and high magnifications, high accuracy ranging algorithms, high accuracy laser range finder, auto-focus, system integration of optical electro-mechanics.

報告內容：包括前言、研究目的、文獻探討、研究方法、結果與討論（含結論與建議）…等。

## 前言

本計畫是微小型高倍率變焦鏡頭設計研製、新型主動式高精度測距法則研究製作，及自動對焦光機電整合系統研究。在這三年期的賡續計畫中，我們可基礎的、成熟的、且實做的，完成知識、技術及成品的完整研究發展。

我們在計畫中，對光學研究：著重在高難度的、有迫切需求的變焦鏡頭設計研究開發，不但要解決高倍率變焦鏡頭設計技術，更要在微小型、高倍率，可立即使用在我們國人自有品牌產品的照相手機變焦鏡頭的設計，研製出前瞻性的、成熟可生產的產品。在雷射、光電、電子技術研究：我們將創新的理論推導中長距離高精度測距法則，完成高精度雷射測距精度驗證，並製作全功能的中長距離高精度測距模組。在光機電整合系統研究：我們要研究完成，微小型、高倍率照相手機變焦鏡頭驅動控制的最佳選擇及製作，達到尺寸最小、成本最低、最易於實現的驅動及自動對焦功能，解決產品在微型化、省電、信賴度及量產上的問題。另外，再將中長距離高精度測距模組產品的數值，使用主動式量測方式，驅動其他各型自動對焦系統，在現在最熱門的自動光學檢測領域完成技術及系統開發。當然，中長距離高精度測距模組產品本身研製成功，更是目前建築、裝潢、標示、量測應用等，各種中長距離最高精度測距儀產品系列中，最新、最高的技術產品。

本計畫是有前瞻性及創新性的三年期賡續專精研究，並且整合本計畫主持人近五年來在高階光學設計的技術和結果，加上光機和機電的界面技術，整合成現在業界迫切需求的光機電組合系統技術發展及產品開發應用。

## 研究目的

本研究計畫的目的是賡續專精雷射技術研究，並拓展雷射技術應用，加上鑽研基礎光學技術及其應用，發展光機電整合技術及系統開發，完成可主動量測距離及定位，並且可有自動對焦的變焦鏡頭做影像檢查及判別的檢測及製程自動化技術及設備。確實顯現，尖端基礎研究的實用價值。

## 文獻探討

台灣的學界、研究單位及業界，近兩年來成立了自動光學檢測設備聯盟 (Automatic Optical Inspection Equipment Association, AOIEA (<http://aoiea.itri.org.tw/default.aspx>))。

AOI (Automatic Optical Inspection) 自動光學檢測技術及設備，主要係結合產、官、學、研及使用者，共同發展國內主流產業—半導體、光電、寬頻通訊、電子製造、生技、微機電 / 奈米等產業之製程檢測設備/系統技術，以加速推動國內自動光學檢測設備產業的發展，同時提升台灣儀器產業整體技術水準與產值。

近幾年來國內新興高科技產業蓬勃發展，對於精密量測系統的需求急速擴增，其中又以自動光學檢測(AOI)方式為勢不可擋的技術潮流。AOI 技術領域非常廣泛，廣義的AOI 設備為結合光學及感測量測系統、訊號處理系統及分析軟體等。其應用層面大可包括至宇宙探測、衛星遙測、航空等，而在目前急迫需求高技術及自製設備的台灣尚有競爭力的高科技產業如：半導體產業、光電產業、資訊及週邊產業、生物醫學產業、及幾乎所有工業生產及品質檢測等等。實際的AOI 技術及設備則是目前工業上急需使用，在IC 及一般電子業、光電產業、機械工具/自動化機械、電機工業、金屬鋼鐵業、食品加工/包裝業、紡織皮革工業、汽車工業、建築材料、保全/監視系統等，能非接觸性、主動式及被動式高精度距離量測及精準定位、且能有自動對焦的自動光學檢測技術及設備利用。根據經濟部技術處 ITIS 計畫分析資料顯示，2002 年國內AOI 設備市場56 億台幣，2006 年 將成長至165 億；而根據Frost & Sullivan 之分析，2002 年全球AOI 設備市場為23 億美元，2006 年預估將達65 億美元。可見台灣目前能只能使用歐美及日本的製程及設備，幾乎只有5~10%的產業能使用國內自製的設備，也就是說我們國內產業要提昇自主性、提高產業核心及較高技術利潤的產值，確實要掌握我們自主的技術及設備。我們國內的光電領域，在政府多年前的高瞻遠矚規劃下，加上本領域資深研究人員的廣擴胸襟、合作式的領導及推動下，已集合了最多的專業研究人員加入本領域，利用光學、光電、雷射的整合技術發展尖端高階的基礎技術及實際產業界迫切需求的應用設備產品，應該是最適切的策略，也就是我們計畫的高價值行性。

所以本研究計畫，廣續專注在最重的雷射技術及應用，如：固態微晶材雷射及其Q 值調制和鎖模技術和關鍵元件的可實用的開發。並且應用高頻相位調制半導體雷射技術，在我們要開發的微晶材雷射製造，發展完成中長距離高精度雷射量測及測距儀。加上相關光學技術如雷射及光學設計、製造、鍍膜、檢測技術並且整合光機、微小型高精度超音波馬達驅動、光機電介面控制完成典型的自動光學檢測系統(AOI: Automatic Optical Inspection)，可主動量測距離及定位，並且可有自動對焦的變焦鏡頭做影像檢查及判別，是各業界所急需擁有的檢測及製程自動化技術及設備。所以本研究計畫確有執行的重要性，而且計畫主持人及其實驗室也確實已有良好基礎及成果，有能力完成本研究計畫。

本研究計畫之國內外有關本計畫之研究情況

我們搜尋並研析重要參考文獻，如後列，上百篇國內外包含博碩士論文、網路相關資料、圖書、專利、技術新聞報導、產品目錄以及個人連絡和研討資料，可簡述如下：

雷射研究方面與本計畫雷射技術較有關連的有：中研院孔慶昌教授在雷射相關理論以及固態雷射

多有研究成果；原分所汪治平教授更在超短脈衝雷射及高功率雷射系統是頂尖團隊負責人。台大光電所楊志中所長，不但在雷射技術雷射相關理論以及固態雷射多有研究成果，並且是國際著名SCI 期刊的編輯更是多個國際重要雷射及光電會議的負責人；林清富教授、孫啟光教授清、黃升龍教授、林恭如教授更是半導體激發固態雷射及微晶材雷射領域傑出專家。

清大光電所施宙聰教授、洪勝富教授、黃衍介教授、蕭憲彥教授等，都是傑出優秀雷射研究專家。

交大光電所潘犀靈教授在雷射、光電技術及其應用，是最資深傑出，也是多位名師的老師；謝文峰教授在雷射及非線性光學更是大師；王興中教授在雷射、光電技術及其應用，不但是本領域名師專家更是國外名校的名師。電子物理所黃凱風教授及陳永富教授、吳光雄教授是半導體雷射及固態雷射的傑出特優專家。

中央大光電所李正中教授、游漢輝教授等，是雷射薄膜技術，及雷射光折變光學應用大師。中山大學光電所鄭木海教授及黃升龍教授研究群，是國內固態雷射應用及微晶材雷射，最早也是最有實用產品的傑出專家。



## 研究方法

### 本計畫採用之研究方法

本計畫之研究項目有下列四大項：鑽研基礎光學工程技術及應用、廣續專精雷射技術研究、拓展雷射應用、和發展光機電整合系統及技術。這些工作有先後的秩序，但也依人力及資源重疊式的展開，有效完成研究工作的成果顯現。

我們在第一年的研究項目計有：

#### 微小型高畫素變焦鏡頭設計技術開發研究：

光學技術研究其中包括：雷射光學元件及光學設計、光學製造、光學鍍膜應用、和光學檢測技術。我們專注在微小型高畫素變焦鏡頭設計技術開發研究。

我們的研究項目有：

- (a). 我們2X and 3X 微小型高畫素變焦鏡頭設計技術開發已完成，所以我們對2X and 3X 微小型高畫素變焦鏡頭，要研究開發製造實做及應用測試。
- (b). 當然我們最重要的是仍然要對3X 且高像素、4X、4X 且高像素、旋轉式變焦鏡頭等，各種較高階微小型高畫素變焦鏡頭設計的技術開發更加努力，才能急起直追，達到前瞻的研究成果。

從已完成的2X and 3X 微小型高畫素變焦鏡頭設計結果，如下表及圖所示。我們在第一年要研究開發製造實做及應用測試；另外對3X 且高像素、4X、4X 且高像素以及我們新概念的旋轉式變焦鏡頭等，各種高階、馬上有需求的微小型高畫素變焦鏡頭設計的技術開發是第一年最重研究。

我們從2X and 3X 微小型高畫素變焦鏡頭設計的結果及經驗，應該可完成更高階且立即有可應用的高倍率、高像素微小型高畫素變焦鏡頭設計研究。在手機有限空間之下，設計手機用光學變焦鏡頭，光學長（透鏡最前端至成像面）是受限制的，為了符合手機在空間上的需求，我們設計之三倍光學變焦鏡頭，其光學長制限於14mm 以下，三倍的光學變焦鏡頭是應用ZEONEX E48R 光學塑膠透鏡以三片三群組成，光學變焦鏡頭是以負、正與正的形式，視場角（field of view, FOV）為 $66^\circ$ 至 $36^\circ$ ，搭配1/7 英寸CIF（352 x 288）CMOS 影像感測器，由半視場角（half field of view, hFOV）與影像感測器的成像高計算出變焦範圍由2mm至6mm，焦數(F/#)於廣角端為2.1 望遠端為4.0，調制傳遞函數(modulation transfer function, MTF) 依影像感測器規格設定。

我們所設計的微小型光學變焦鏡頭，經過非球面與繞射面的優化後，其像差與調制傳遞函數，已達到影像感測器的成像要求，並且在繞射面優化後，微小型光學變焦鏡頭之最大光學長為13.65mm，亦符合手機在空間上的限制。

我們在第二年的研究項目計有：

微晶材雷射開發及應用研究：其中包括

- (a)Passive Q-switch modulators 開發研究，

- (b)Passive mode-locking modulators 開發研究，
- (c)Simultaneously Q-switched and mode-locked modulators 開發及應用研究，
- (d)Microchip Laser 開發及應用研究
- (e)中高功率雷射發射模組件開發及應用研究

創新的高頻相位電子信號量測法則技術研究及中長距離高精度雷射測距精度驗證

我們的研究項目有：

- (a) 高頻相位調制二倍頻式、單低頻式、變跳頻式雷射測距量測法則理論技術研究，
- (b) 高頻半導體雷射發射技術研究
- (c) 高頻相位調制半導體雷射技術研究，
- (d) 高速短脈沖半導體雷射接收模組開發
- (e) 中高功率雷射發射模組件開發及應用研究

我們的研究方法是：

1. 高頻相位調制雷射測距量測法則理論推導及模擬，
2. 長距離高精度雷射測距量測法則確認
3. 高頻半導體雷射發射電路製作及量測精進
4. 高頻相位調制半導體雷射技術試製
5. 高速短脈沖半導體雷射接收模組開發
6. 中高功率雷射發射模組件開發及應用研究

我們在第三年(99 年度)的研究項目計有：

主動式測距自動對焦光機電整合技術開發研究

我們的研究項目有：

- (a). 光機設計，
- (b). 微小型高精度超音波馬達驅動技術，
- (c). 光機電介面控制技術，
- (d). 中長距離高精度雷射測距模組實測數據驗證及數值傳輸設計
- (e). 系統光機及電子信號組合調整。

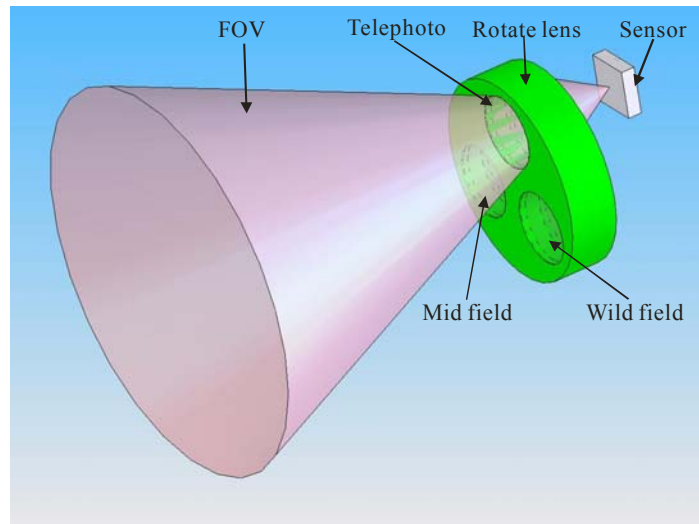
其中重要工作方法就是 HA-LRF 中長距離高精度雷射測距數據傳輸及技術研究，DSC-AF modular 數位相機自動對焦光學光機構研究，解析製作。

手機相機模組包含了光學鏡頭鏡片組、光學元件機構與電子電路設計三大部份，光學鏡頭的設計必需在有限的手機空間中，以最少的透鏡群補償像差提高成像品質。我們在本計畫所設計的鏡頭以非球面與繞面透鏡設計，有效的利用了空間達成三倍及更高倍率的光學變焦的目的，並且對於像差修正有相當好的表現。三倍光學變焦是藉由透鏡位置的移動改變焦距使放大率能增加或縮小，要使透鏡精確移動到準確的位置，有賴於變焦機構的設計，利用齒輪機構、凸輪機構、螺旋機構或連桿機構與驅動器的配合才能使變焦鏡頭的精準的動作，電子電路設計用於物體距離的量測與影像的接收，做為光學鏡頭與機構之間的溝通。

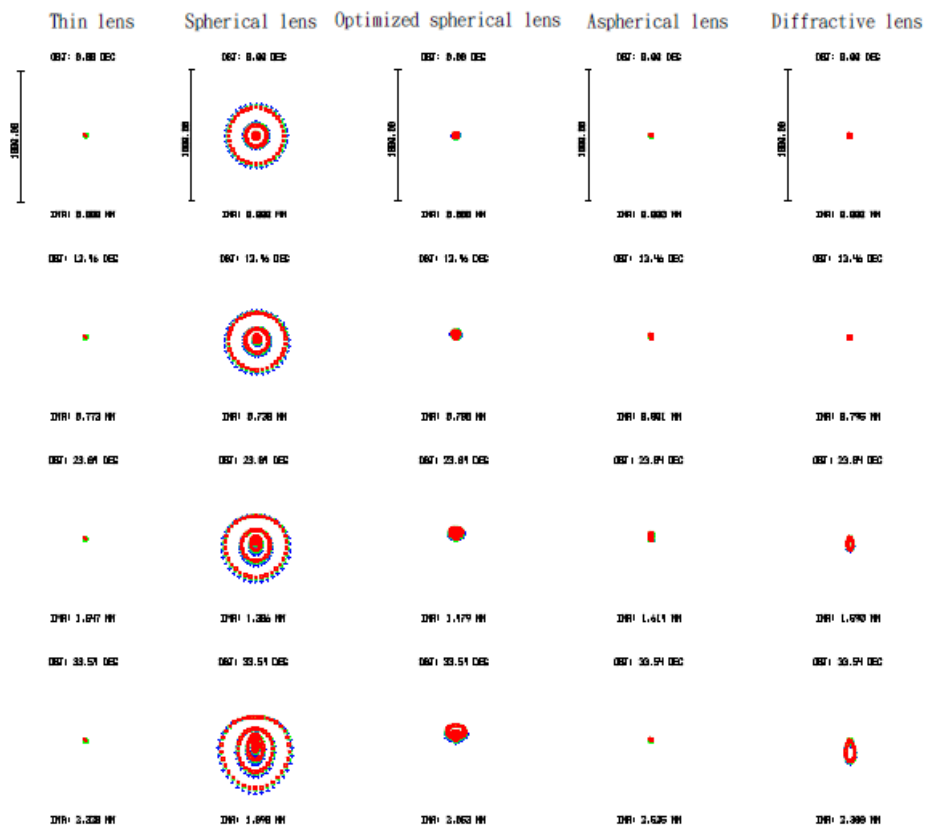
## 結果與討論 (含結論與建議)

我們 3X 微小型變焦鏡頭設計技術開發已完成，當然我們最重要的是仍然要對 3X 且高像素、4X、4X 且高像素、旋轉式變焦鏡頭等，各種較高階微小型高畫素變焦鏡頭設計的技術開發研究。我們從 2X 及 3X 微小型高畫素變焦鏡頭設計的結果及經驗，應該可完成更高階且立即有可應用的高倍率、高像素微小型高畫素變焦鏡頭設計研究。

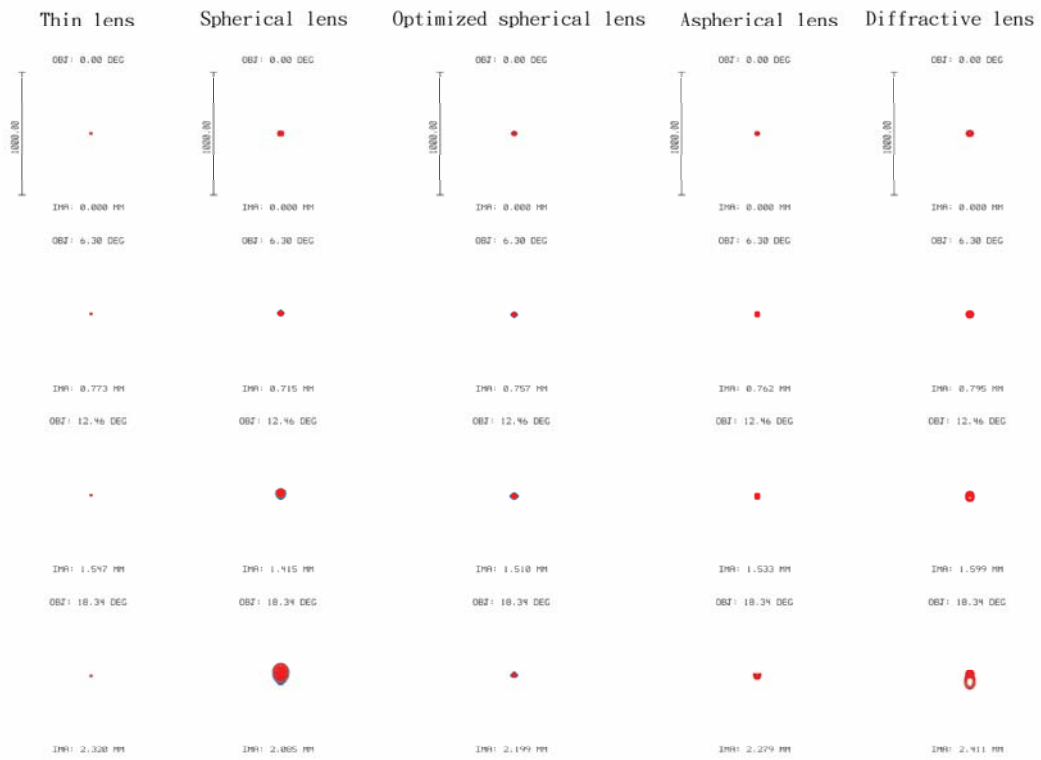
下圖是旋轉式變焦鏡頭的示意圖及我們整理的初步研究基礎結果：



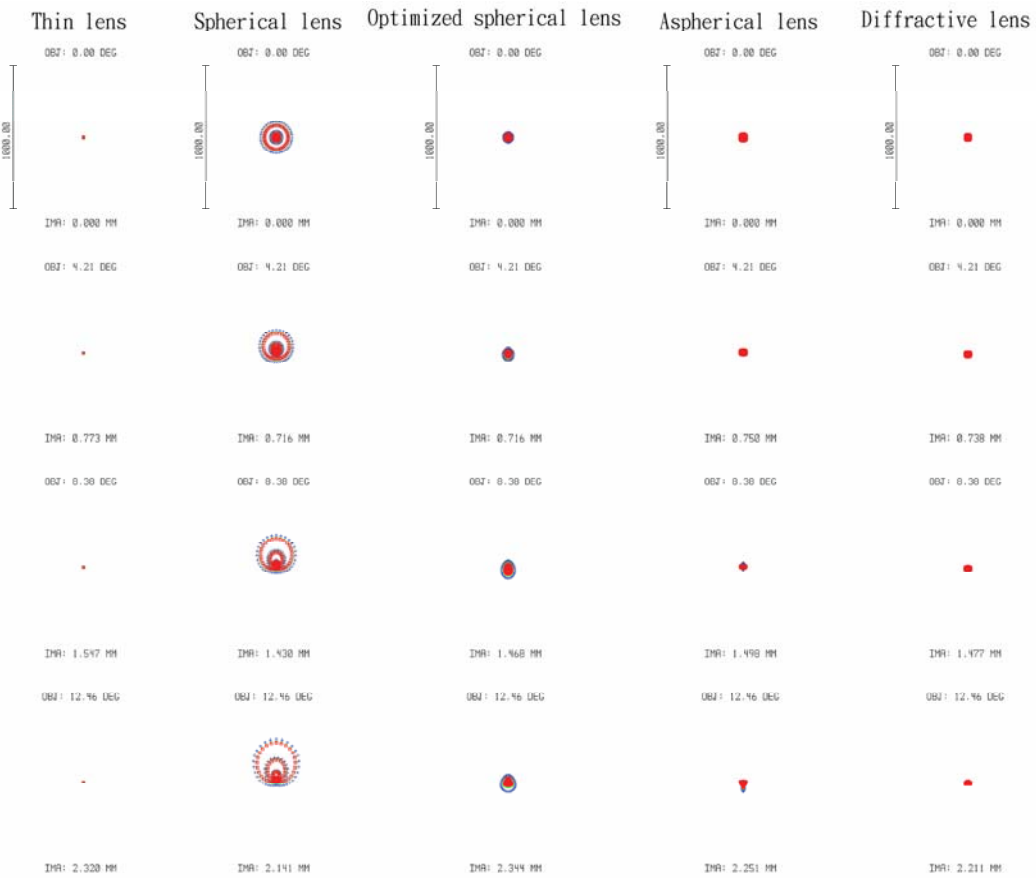
旋轉式變焦示意圖



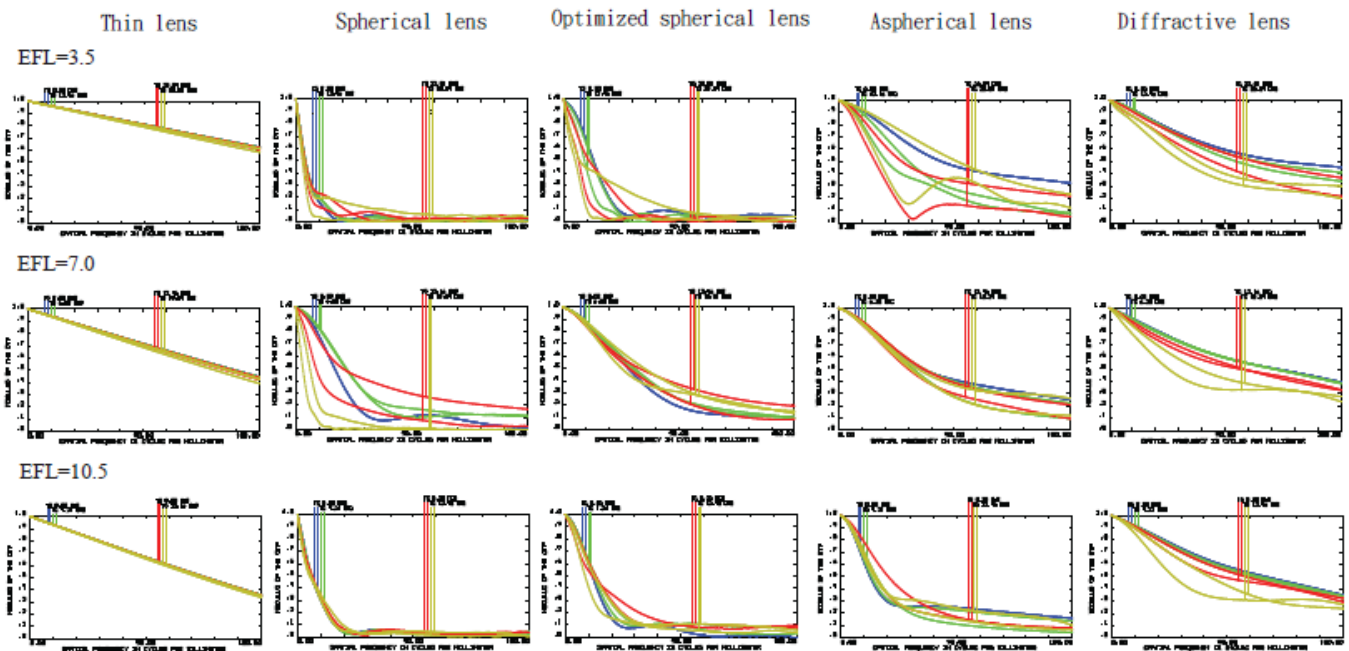
廣角視場光斑圖



中間視場光斑圖



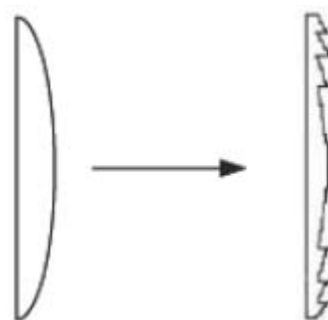
望遠視場光斑圖



MTF 圖

其中非常重要的，繞射光學設計及 Diamond Turning Machine 塑膠鏡片試製，我們也有實際的基礎。繞射/折射複合光學元件 DOE 是全像光學元件(Holographic Optical Element, HOE)作成多階相位型式，因此繞射效率高。1977 年，斯維特(Sweatt)模型將 HOE 視為薄透鏡來進行模擬。採用此種透鏡模型，即可利用幾光學的光線追跡方法，對繞射元件做追跡，以求得此元件的光學特性，因此我們可以使用光學透設計軟(如 Zemax、Code-V、OSLO 等)對包含繞射及折射的元件來進行設計模擬。

在相同入射角入射至元件時，分別以光線追跡及光柵方程式所算出的出射角是相同的，即當一光線入射在 HOE 或是繞射元件時，可以把元件看成一透鏡，此透鏡滿足  $n \rightarrow \infty$  及  $t \rightarrow 0$ 。因此 HOE 和 DOE 等光學元件，均可視為折射率無限大的薄透鏡。對於這樣的等效透鏡，可以用傳統的光學追跡法，進行設計和優化。當求得最佳化的非球面等效透鏡後，必須將此等效透鏡還原成具有表面浮雕結構的繞射元件，即所謂波帶結構(kinoform)，如下所示：



等效透鏡對應之繞射元件結構

為了進行透鏡厚度的波帶化，必須先求得等效透鏡的相位分佈函數。首先，計算光線在透鏡上任一點之入射，經透鏡後生的光程差(OPD)，以得到光通過透鏡上各點相位的變化。這裡的光程差是指光

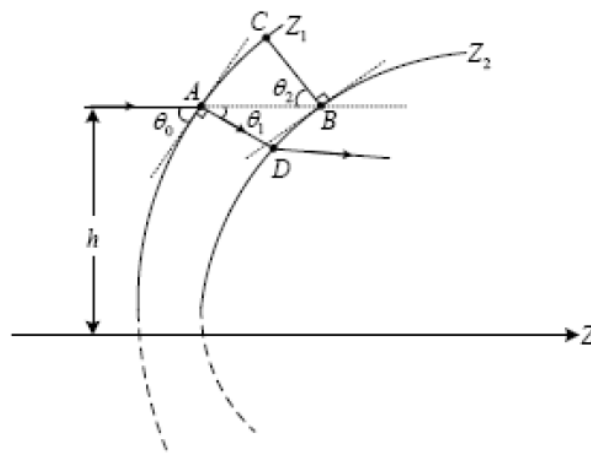
線在一般折射透鏡與等效透鏡光程的差值。對於一軸向對稱的光學系統，其光程可表示成光入射至有效透鏡高度的函數，這裡高度的指入射點相對於光軸的距離。

一光線從折射率為  $n_0$  的介質中，以入射角  $\theta_0$  入射至折射率為無窮大的薄透鏡，其折射角  $\theta_1$  可由折射率求得下式：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_0 \sin \theta_0$$

下圖為光線平行入射至繞射等效透鏡的光路圖，當  $n_1$  趨近於無窮大時， $\theta_1$  會趨近於 0。這代不論  $\theta_0$  為何值，光線在薄透鏡中仍然沿著入射點處面之法線方向傳播。由圖可知入射點 A 的高度為  $h$ ，繞射元件所造成的光程差為  $(n_d - 1)\overline{AD}$ ，假設入射介質為空氣，則  $n_0 = 1$ 。等效透鏡折射率  $n_1 = n_d$ ，光程差為  $(n_d - 1)\overline{AD}$ 。 $\overline{AD}$  為 A 點沿法至薄透鏡第二面的長度，如下式所示：

$$\overline{AD} \cong \overline{AB} \cos \theta_1$$



光線平行入射之等效透鏡光路圖

其中  $\overline{AB}$  為高度  $h$  處等效透鏡的厚度。由於在薄透鏡近似下，A 和 B 點處的法線接近平行，故可得  $\theta_1 \cong \theta_2$  式。

$\overline{AB}$  與 B 點法線的夾角  $\theta_2$  可由下式求得，

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left[ \frac{dZ_2(h)}{dh} \right]$$

光程差作為  $h$  的函數可表示為下式：

$$OPD = (n_d - 1)[Z_2(h) - Z_1(h)] \cos \left[ \tan^{-1} \left( \frac{dZ_2(h)}{dh} \right) \right]$$

相位光程差之間有

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} OPD \quad \text{之關係。}$$

用數值方法，相位函數可以用多項式表示為下式：

$$\phi(h) = A_2 h^2 + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 \dots$$

若對波長為  $\lambda$ ，繞級次為  $m$  (不特別指明，一般  $m=1$ ) 設計繞射元件，其光焦度由繞射級次和上式表

示的相位函數中的二次項係數  $A_2$  決定，如下式所示：

$$K = -2mA_2$$

繞射面的優化，與非球面優化有所不同，繞射面優化僅針對三片透鏡中，賽德像差值較高的透鏡，進行修正。以為小型旋轉式變焦鏡頭為例，由表 1、表 2 與表 3 非球面賽德像差值可知，廣角視場以第二片透鏡像差最大，中間視場以第一片透鏡像最大，望遠視場以第一片透鏡像最大，接下就將這三片鏡修改為繞射面，進行第三階段優化。優化後各視場非球面與繞射面參數整理於表 4 至表 9 中，各透鏡曲率與厚度整理於表 10、表 12 與表 14，其模擬結如圖 1 至圖 18 所示，加入繞面後之賽德像差值整理於表 11、表 13 與表 15。

表 1 EFL=3.5 非球面賽德像差

鏡面	S1	S2	S3	S4	S5	CL	CT
1	0.003633	-0.01086	0.036059	0.006095	-0.04834	-0.00025	-0.0018
2	-0.00822	0.013289	-0.02577	-0.02124	0.0357	0.001067	0.000582
3	0.00886	0.002511	-0.00779	-0.01274	0.112913	0.000459	-0.00251
4	-0.00526	-0.03956	-0.01263	0.034454	-0.03737	-0.00197	0.001022
5	0.003014	0.001467	-0.01084	0.021099	0.072382	-0.00031	-0.00285
6	0.00041	-0.00369	0.009325	-0.00754	-0.02089	-0.00039	0.001552

表 2 EFL=7 非球面賽德像差

鏡面	S1	S2	S3	S4	S5	CL	CT
1	-0.00968	0.016492	-0.02043	0.007873	0.026191	-0.00128	-8.3E-05
2	0.032066	-0.02525	0.018024	-0.00554	-0.04726	0.00031	0.001448
3	-0.04433	0.000533	0.00871	0.01887	0.035753	-0.00152	-0.00191
4	0.021829	0.009801	-0.0046	-0.01698	-0.08712	0.000688	0.002107
5	0.000587	0.001666	0.005373	0.007778	0.126519	-0.00016	-0.00214
6	-0.00045	-0.00335	-0.00604	-0.00468	-0.10772	-0.0001	0.001154

表 3 EFL=10.5 非球面賽德像差

鏡面	S1	S2	S3	S4	S5	CL	CT
1	-0.00516	0.007729	0.00626	0.007101	0.008922	-0.0026	-0.00171
2	0.021099	0.003879	0.005301	-0.00108	-0.00362	-0.00072	0.001221
3	-0.01278	-0.00818	-0.01167	-0.00049	-0.00622	0.000722	-0.00076
4	-0.00382	-0.00569	-0.00546	-0.00791	-0.03431	0.000303	0.001937
5	0.000187	0.001181	-0.00239	0.00434	0.040102	0.000067	-0.00116
6	0.00046	0.001036	0.0079	-0.00026	0.035162	-0.0002	0.000413

表 4 廣角繞射面透鏡非球面係數

鏡面	二階係數	四階係數	六階係數
----	------	------	------

1	-0.064255	0.014566	-0.001340
2	-0.019833	0.057075	0.033543
3	0.278408	0.039557	0.000522
4	0.002641	0.039175	0.039880
5	0.083380	-0.065060	-0.017765
6	0.437865	-0.070726	0.007018

表 5 廣角繞射面係數

鏡面	二階係數	四階係數	六階係數	八階係數
3	-38.311091	146.46996	-210.341751	66.021224
4	-131.636387	215.224665	-424.264377	243.097944

表 6 中間視場繞射面透鏡非球面係數

鏡面	二階係數	四階係數	六階係數
1	-0.008997	-0.007123	-0.001123
2	0.008026	-0.020209	-0.001667
3	0.018326	-0.028791	0.026430
4	-0.030849	-0.005542	0.042331
5	-0.003966	-0.019240	0.002668
6	0.047786	-0.012667	0.000528

表 7 中間視場繞射面係數

鏡面	二階係數	四階係數	六階係數	八階係數
1	31.041229	6.446640	-7.338643	1.710165
2	-86.896425	-10.476393	35.894974	-15.062180

表 8 望遠繞射面透鏡非球面係數

鏡面	二階係數	四階係數	六階係數
1	-0.002622	0.005153	-0.011536
2	0.006286	-0.004190	-0.012299
3	0.029788	-0.018297	-0.007669
4	-0.085741	0.018935	0.007807
5	-0.038613	0.004792	0.002530
6	0.119772	-0.000695	0.000301

表 9 望遠繞射面係數

鏡面	二階係數	四階係數	六階係數	八階係數
1	-89.111464	-43.571120	49.174320	-28.867608
2	69.780966	54.721509	-71.411141	39.860621



表 10 EFL=3.5 繞射面各透鏡曲率與厚度

鏡面	曲率	厚度
1	5.235232	1.511625
2	2.121718	1.511219
STO		0.1
4	-13.235148	1.5
5	-2.161395	0.431079
6	-164.741344	0.532785
7	-3.894017	1.5
8	Infinity	0.4
9	Infinity	1

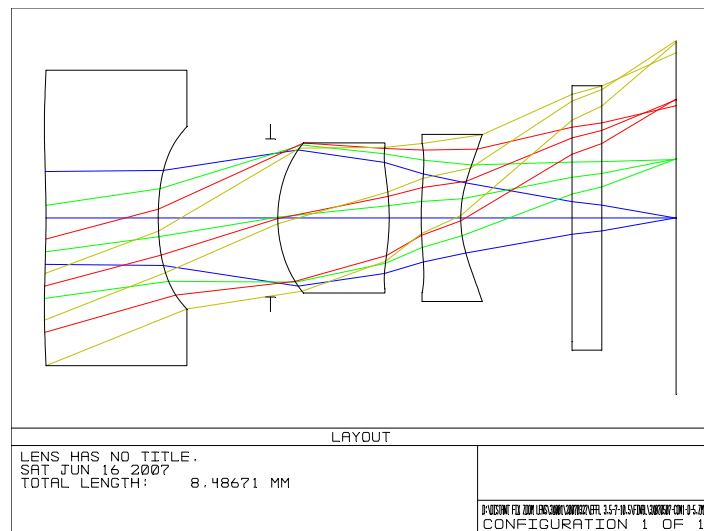


圖 1 EFL=3.5 繞射面透鏡光線追跡圖

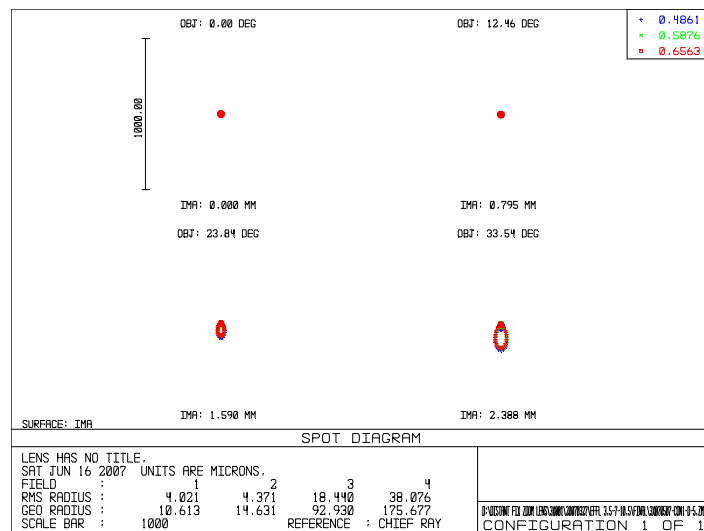


圖 2 EFL=3.5 繞射面透鏡光斑圖

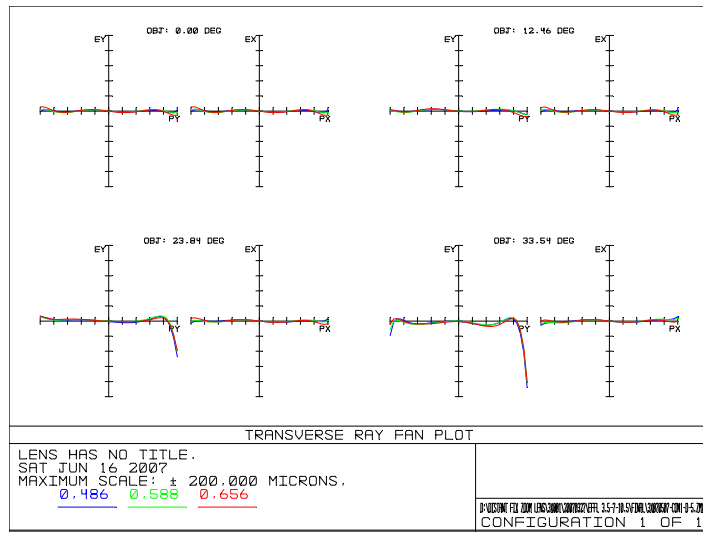


圖 3 EFL=3.5 繞射面透鏡光扇圖

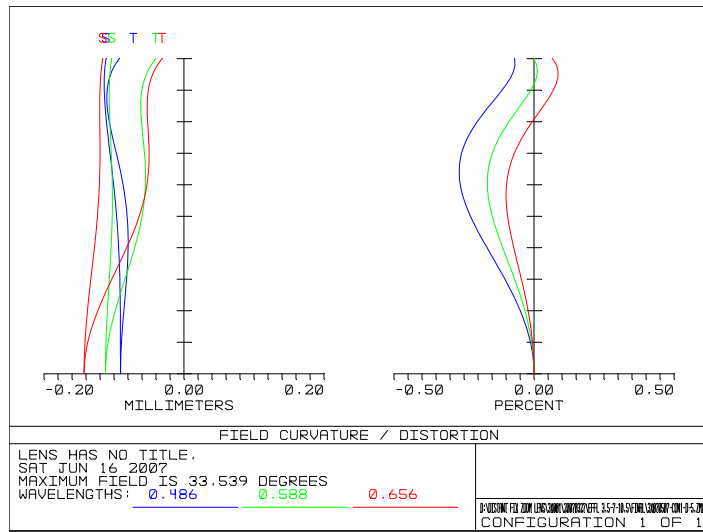


圖 4 EFL=3.5 繞射面透鏡場曲畸變圖

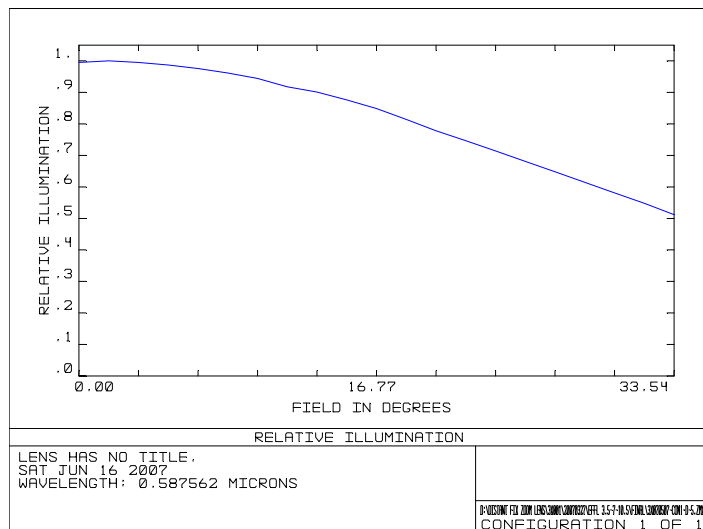


圖 5 EFL=3.5 繞射面透鏡相對照度圖

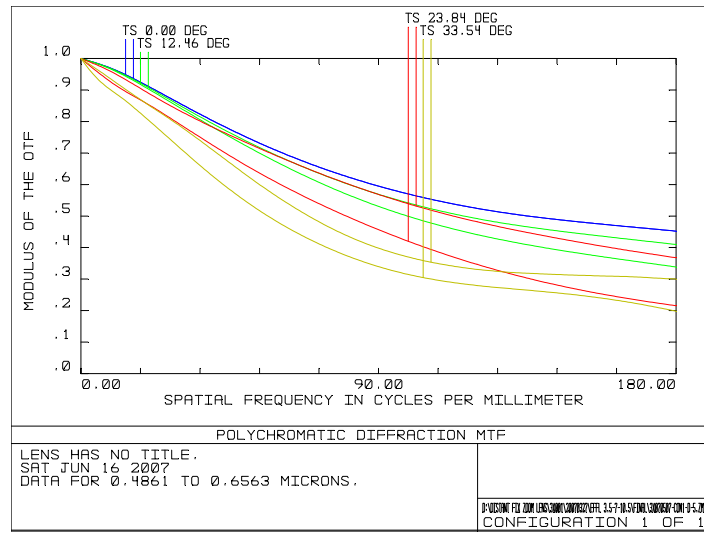


圖 6 EFL=3.5 繞射面透鏡 MTF 圖

表 11 EFL=3.5 繞射面賽德像差

鏡面	S1	S2	S3	S4	S5	CL	CT
1	0.008422	-0.01882	0.039578	0.011373	-0.0531	-0.00046	-0.00156
2	-0.04764	0.033009	-0.04194	-0.02806	0.044386	0.001948	0.000287
4	0.000503	0.004313	0.037008	-0.0045	0.278968	-0.0003	-0.00258
5	0.061719	-0.01093	0.001934	0.027547	-0.00522	-0.0028	0.000495
6	-0.04472	-0.03776	-0.06372	-0.00036	-0.04659	0.001009	-0.00139
7	0.021862	0.029699	0.049742	0.01529	0.083907	-0.00155	-3.4E-05

表 12 EFL=7.0 繞射面各透鏡曲率與厚度

鏡面	曲率	厚度
1	8.176474	1.5
2	21.549034	0.636004
STO		0.2
4	1.582554	0.771133
5	1.462378	1.500348
6	3.676045	1.501120
7	5.864364	1.491232
8	Infinity	0.4
9	Infinity	1

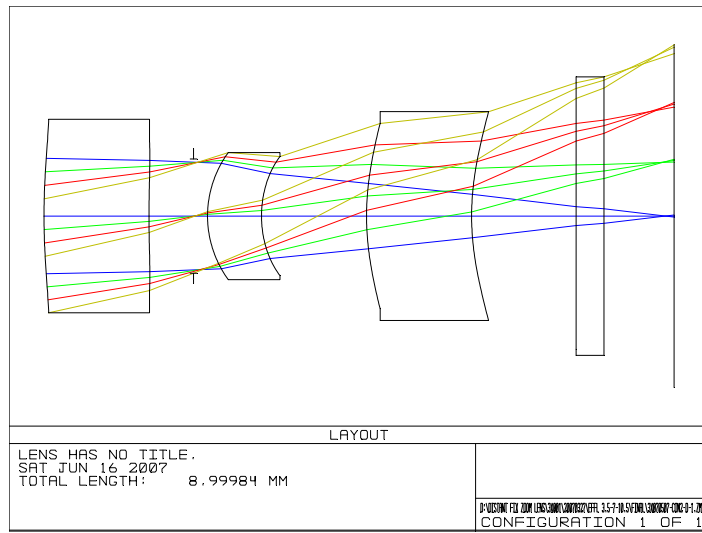


圖 7 EFL=7.0 繞射面透鏡光線追跡圖

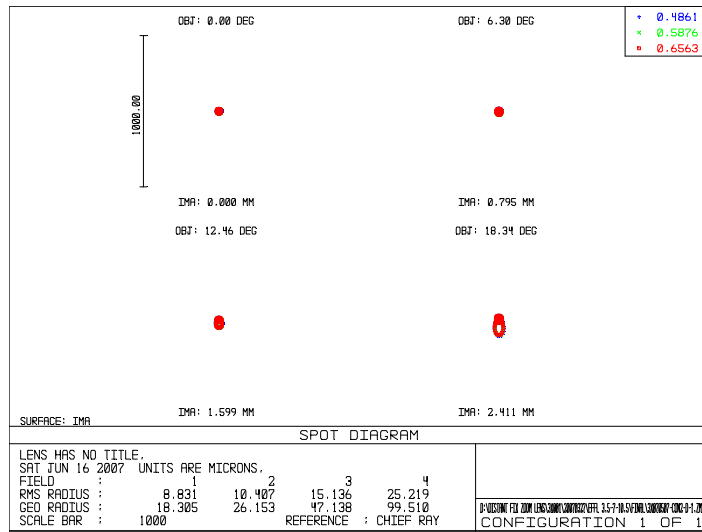


圖 8 EFL=7.0 繞射面透鏡光斑圖

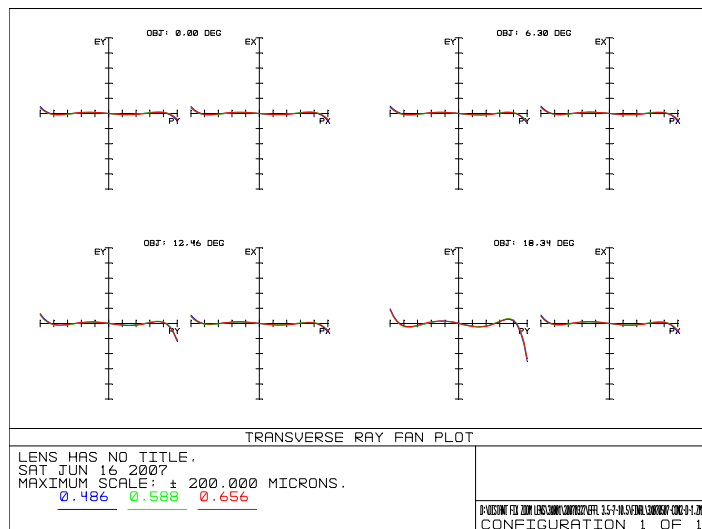


圖 9 EFL=7.0 繞射面透鏡光扇圖

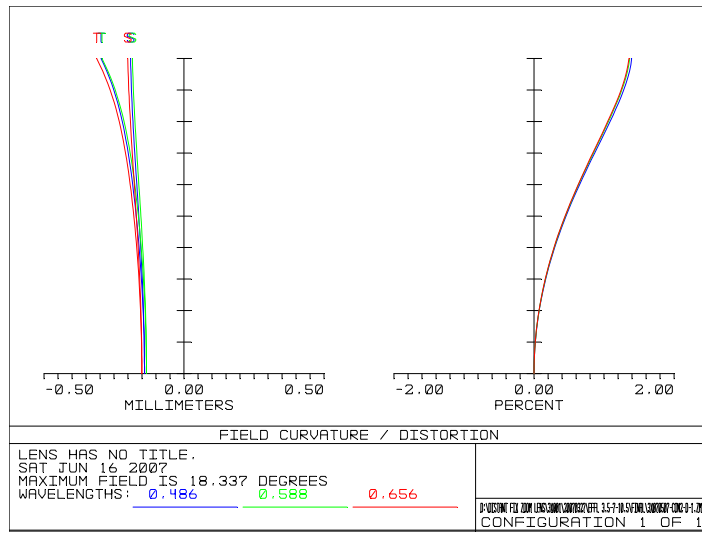


圖 10 EFL=7.0 繞射面透鏡場曲畸變圖

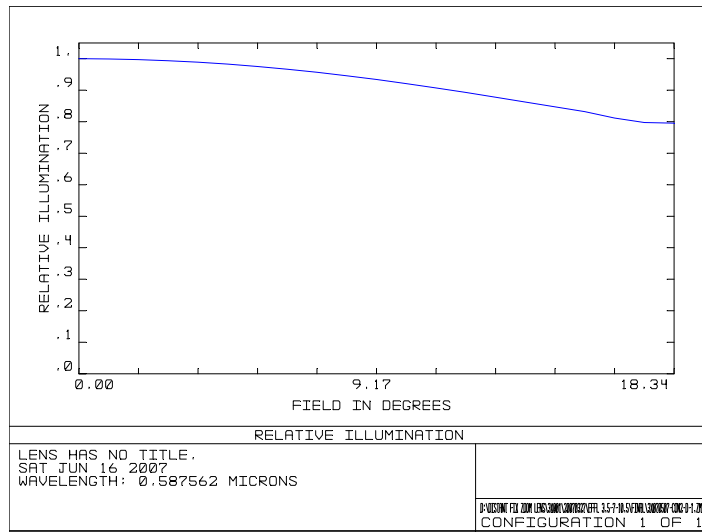


圖 11 EFL=7.0 繞射面透鏡相對照度圖

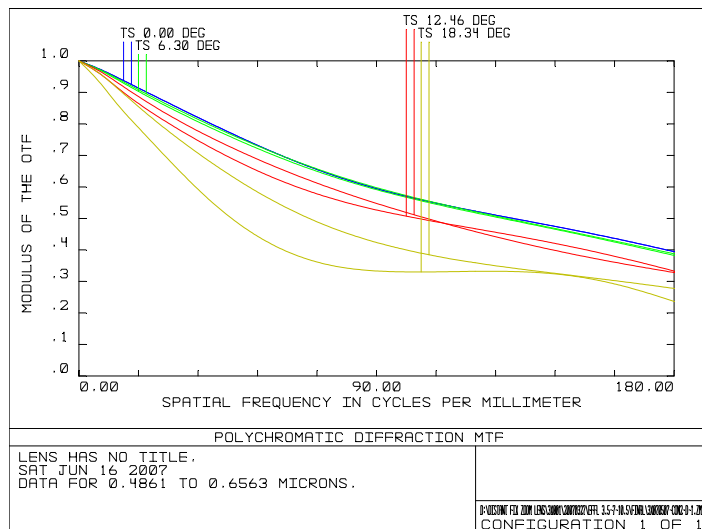


圖 12 EFL=7.0 繞射面透鏡 MTF 圖

表 13 EFL=7.0 繞射面賽德像差

鏡面	S1	S2	S3	S4	S5	CL	CT
1	0.000146	0.000377	0.000974	0.003161	0.010696	-0.00051	-0.00133
2	0.000002	0.000041	0.000943	-0.0012	-0.00595	0.000072	0.001669
4	-0.02541	0.009902	0.011813	0.01633	0.025224	-0.00213	-0.00189
5	0.001057	-0.00249	-0.00589	-0.01767	-0.04067	0.001291	0.002193
6	-0.00389	-0.00734	-0.01814	0.00703	0.014167	-0.00009	-0.00185
7	0.000586	0.001082	0.011823	-0.00441	0.018655	-0.00015	0.001121

表 14 EFL=10.5 繞射面各透鏡曲率與厚度

鏡面	曲率	厚度
STO		0.5
1	2.356525	0.888250
2	9.361497	1.500732
4	-6.021714	1.312607
5	3.720228	1.500541
6	-6.629020	0.502934
7	-2.775583	1.400660
8	Infinity	0.4
9	Infinity	1

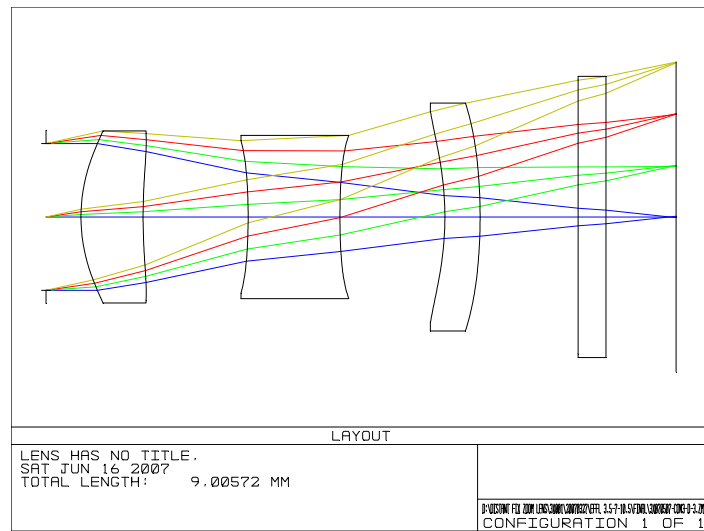


圖 13 EFL=10.5 繞射面透鏡光線追跡圖

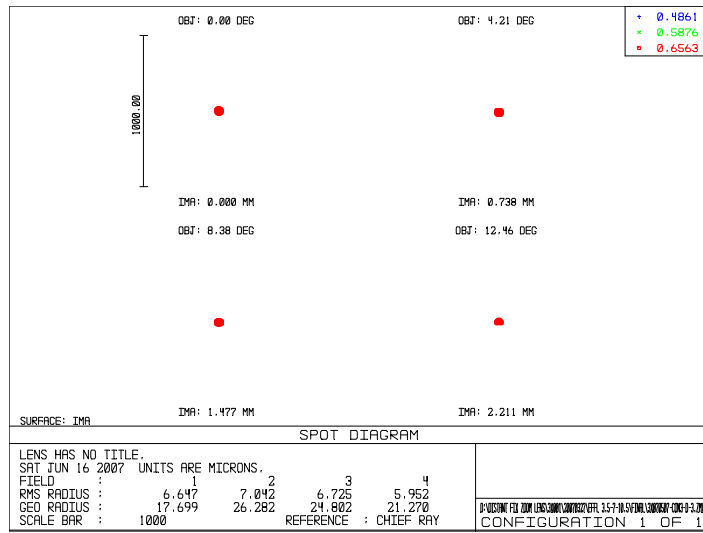


圖 14 EFL=10.5 繞射面透鏡光斑圖

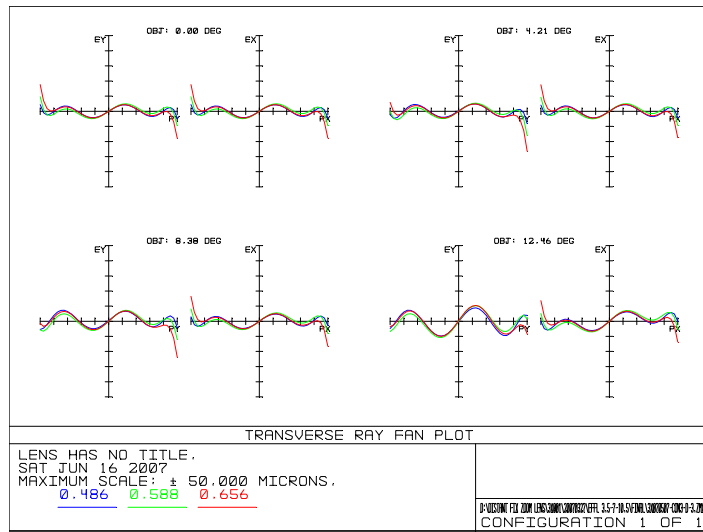


圖 15 EFL=10.5 繞射面透鏡光扇圖

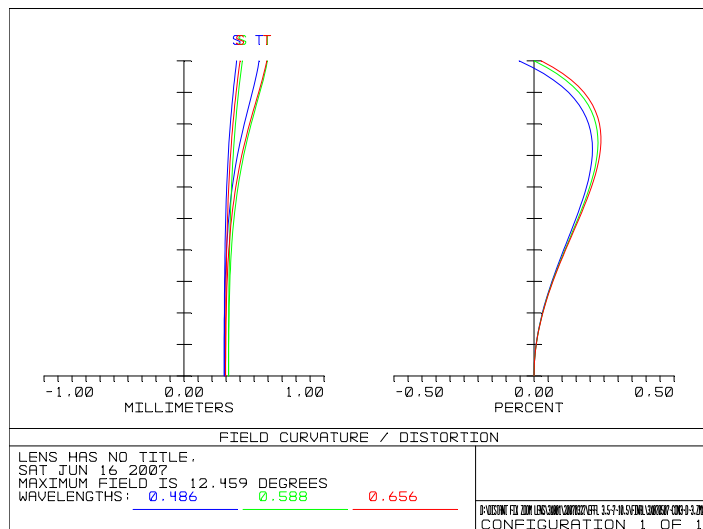


圖 16 EFL=10.5 繞射面透鏡場曲畸變圖

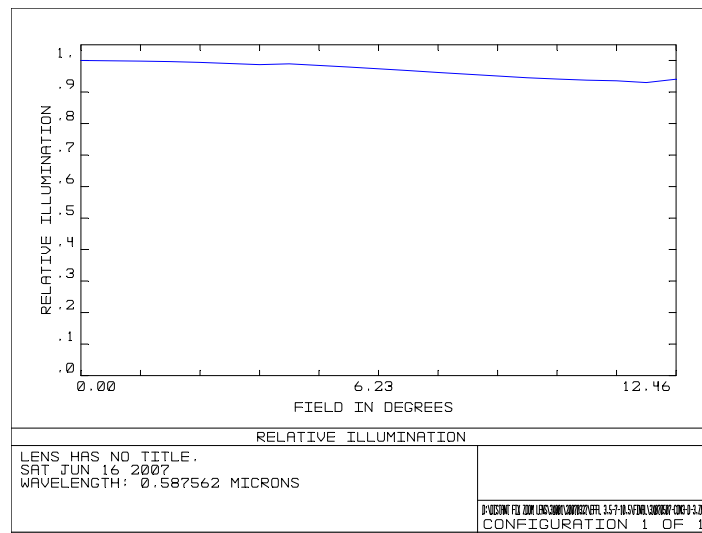


圖 17 EFL=10.5 繞射面透鏡相對照度圖

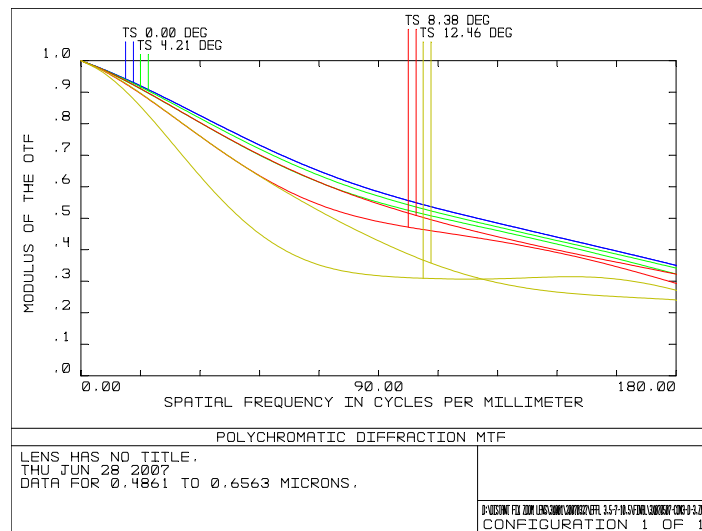


圖 18 EFL=10.5 繞射面透鏡 MTF 圖

表 15 EFL=10.5 繞射面賽德像差

鏡面	S1	S2	S3	S4	S5	CL	CT
1	0.02234	0.013428	0.008072	0.007923	0.009615	-0.0029	-0.00174
2	0.000724	-0.00162	0.003617	-0.002	-0.00363	-0.00058	0.001293
4	-0.01854	-0.00793	-0.01018	-0.0031	-0.00597	0.00112	-0.00048
5	-0.00514	-0.00679	-0.00267	-0.00502	0.01716	0.000193	0.001722
6	-0.00057	0.00131	0.002639	-0.00282	0.01252	0.000341	-0.00021
7	0.001202	0.00154	0.002203	0.006727	0.012315	-0.00045	-0.00055

非球面鏡片可以降低 Distortion、Coma 等的像差，所以不需要利用太多的鏡片對影像進行修正，因此可以縮短鏡頭的長度。



在中長距離高精度雷射測距儀研究，雷射測距儀發射接收器內包含雷射二極體(LD)及崩潰光二極體(APD)，雷射光從雷射二極體發射出，到達目標物後反射回來，由崩潰光二極體接收。以波的觀點來看，此過程必產生相位改變，可表示成，

$$\phi = 2\pi f_0 t_d = 2\pi f_0 \frac{2d}{c}$$

其中  $f_0$  為調制頻率， $t_d$  為光行進時間， $d$  為距離， $c$  為光速。由上式可知收發器與目標物間距離為：

$$d = \frac{c}{2f_0} \frac{\phi}{2\pi}$$

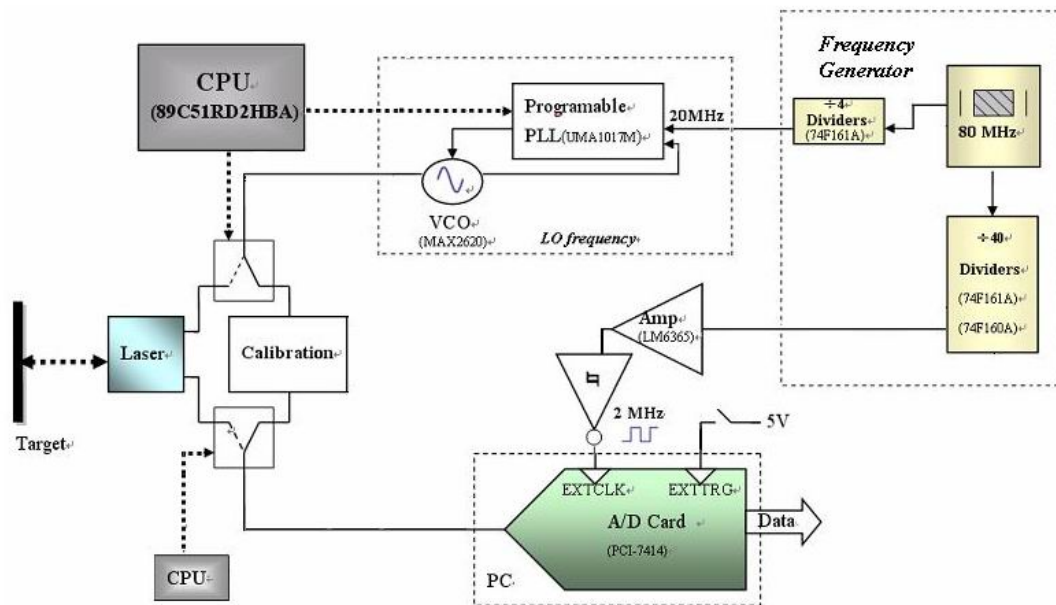
因為相位每經過  $2\pi$  就會重複，由公式可得可靠範圍(non-ambiguity range, NAR)：

$$\text{NAR} = \frac{c}{2f_0}$$

對公式微分，可得解析度：

$$\frac{\delta d}{\delta \phi} = \frac{c}{4\pi f_0}$$

下圖是高精度多頻相位式雷射測距儀的研究概念圖：



雷射二極體經  $f_0$  的頻率調變後，射出的光波與接收的訊號可分別表示成：

$$s_E(t) = \hat{S}_E [a + \cos(2\pi f_0 t)]$$

$$s_D(t) = \hat{S}_D [a + \cos(2\pi f_0 t + \psi_d + \phi_e)]$$

其中  $\psi_d$  是光行進時產生的相位位移， $\phi_e$  是調制訊號在儀器內產生的相位位移， $\hat{S}_E$  和  $\hat{S}_D$  分別為發射和接收的光波函數。雷射光訊號輸出沒有負值，因此公式中需加入直流項  $a$ 。

利用次取樣(under sampling)技術，以  $f_{SP}$  為取樣頻率， $nf_{SP}$  為最接近  $f_0$  的頻率 ( $n$  為整數)，接收的訊號經過取樣後可表示成下列公式：

$$s_D[k] = \hat{S}_D [a + \cos(2\pi f_0 k T_{SP} + \psi_d + \phi_e)]$$

其中  $T_{SP} = 1/f_{SP}$ ， $k$  是整數。接著用頻率為  $f_{AL} = f_0 - nf_{SP}$  的同步訊號  $RI[k] = \sin(2\pi f_{AL} k T_{SP})$  和  $RQ[k] = \cos(2\pi f_{AL} k T_{SP})$  與接收訊號  $s_D[k]$  相乘，產生新的訊號  $MI[k]$  和  $MQ[k]$ 。若  $2\pi f_{AL} k T_{SP} = k\pi/2$ ，則  $f_{SP} = \frac{4f_0}{4n+1}$ ， $RI[k] = \sin(k\pi/2)$ ， $RQ[k] = \cos(k\pi/2)$ 。亦即取樣頻率與調制頻率有上述關係時  $MI[k]$  和  $MQ[k]$  的計算如下：

$$\begin{aligned} MI[k] &= s_D[k] \times RI[k] \\ &= \{a + \cos[2\pi f_0 k T_{SP} + (\psi_d + \phi_e)]\} \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \sin\left[2\pi\left(f_0 k T_{SP} + \frac{k}{4}\right) + (\psi_d + \phi_e)\right] - \sin\left[2\pi\left(f_0 k T_{SP} - \frac{k}{4}\right) + (\psi_d + \phi_e)\right] \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \sin[(2n+1)k\pi + (\psi_d + \phi_e)] - \sin[2nk\pi + (\psi_d + \phi_e)] \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \sin[(2n+1)k\pi] \cos(\psi_d + \phi_e) + \cos[(2n+1)k\pi] \sin(\psi_d + \phi_e) - \sin(\psi_d + \phi_e) \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi] \sin(\psi_d + \phi_e) - \sin(\psi_d + \phi_e) \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MQ[k] &= s_D[k] \times RQ[k] \\ &= \{a + \cos[2\pi f_0 k T_{SP} + (\psi_d + \phi_e)]\} \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \cos\left[2\pi\left(f_0 k T_{SP} + \frac{k}{4}\right) + (\psi_d + \phi_e)\right] + \cos\left[2\pi\left(f_0 k T_{SP} - \frac{k}{4}\right) + (\psi_d + \phi_e)\right] \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi + (\psi_d + \phi_e)] + \cos[2nk\pi + (\psi_d + \phi_e)] \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi] \cos(\psi_d + \phi_e) - \sin[(2n+1)k\pi] \sin(\psi_d + \phi_e) + \cos(\psi_d + \phi_e) \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi] \cos(\psi_d + \phi_e) + \cos(\psi_d + \phi_e) \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \end{aligned}$$

再者，考慮中心頻率偏移的情況，假設頻率偏移量為  $\Delta f$ ，可改寫成：

$$\begin{aligned}
MI[k] &= s_D[k] \times RI[k] \\
&= \{a + \cos[2\pi(f_0 + \Delta f)kT_{SP} + (\psi_d + \phi_e)]\} \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \sin\left[2\pi\left(f_0kT_{SP} + \frac{k}{4}\right) + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] - \sin\left[2\pi\left(f_0kT_{SP} - \frac{k}{4}\right) + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \sin\left[(2n+1)k\pi + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] - \sin\left[2nk\pi + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \sin[(2n+1)k\pi] \cos\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) + \cos[(2n+1)k\pi] \sin\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) - \sin\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi] \sin\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) - \sin\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) \right\} + a \times \sin\left(\frac{k}{2}\pi\right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MQ[k] &= s_D[k] \times RQ[k] \\
&= \{a + \cos[2\pi(f_0 + \Delta f)kT_{SP} + \psi_d + \phi_e]\} \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \cos\left[2\pi\left(f_0kT_{SP} + \frac{k}{4}\right) + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] + \cos\left[2\pi\left(f_0kT_{SP} - \frac{k}{4}\right) + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \cos\left[(2n+1)k\pi + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] + \cos\left[2nk\pi + \left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)\right] \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi] \cos\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) - \sin[(2n+1)k\pi] \sin\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) + \cos\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right) \\
&= \frac{1}{2} \left\{ \cos[(2n+1)k\pi] \cos\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) + \cos\left(2\pi k \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right) \right\} + a \times \cos\left(\frac{k}{2}\pi\right)
\end{aligned}$$

以四個 k 值為一組，k 為奇數時，MI[k] 取平均得 Ave(MI[k])；k 為偶數時，MQ[k] 取平均得 Ave(MQ[k])。表 1 列出第一組和第二組的 MI[k] 和 MQ[k] 值。

表 1 k=0~4 時的 MI[k] 和 MQ[k] 值

k	MI[k]	MQ[k]
0	0	$a + \cos(\psi_d + \phi_e)$
1	$a - \sin\left(2\pi \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)$	0
2	0	$-a + \cos\left(4\pi \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)$
3	$-a - \sin\left(6\pi \frac{\Delta f}{f_{SP}} + \psi_d + \phi_e\right)$	0

相位可由下式求得，同時直流項 a 亦被消除，

$$\psi_d + \phi_e = \tan^{-1} \left[ \frac{-\text{Ave}(\text{MI}[k])}{\text{Ave}(\text{MQ}[k])} \right]$$

若收發器與目標物距離為 0，同樣的方法可得到  $\phi_e$ ，將上式減去  $\phi_e$  得到相位位移，再求得距離。為方便起見，以下均以  $\phi$  代表相位位移。

對第  $i$  組而言，

$$\phi = 2\pi(4i-3)\frac{\Delta f}{f_{SP}} + \phi = 8\pi\frac{\Delta f}{f_{SP}}i + \left( \phi - 6\pi\frac{\Delta f}{f_{SP}} \right)$$

反正切函數的值定義在  $-\pi/2$  到  $\pi/2$  之間，因此所得到的相位不是 0 到  $2\pi$ 。由於反正切函數之分子分母的正負號分別對應了  $\sin\psi$  和  $\cos\psi$  之正負號，然而正弦、餘弦是以  $2\pi$  為週期的連續函數，因此可藉由反正切函數的分子分母之正負來判別相位中的象限所在。利用表 2 的判斷法則可將相位展開至 0 到  $2\pi$  的範圍，此方法稱為相位展開技術 (phase unwrapping)。

表 2 象限判斷表

Sine	Cosine	Corrected Phase $\psi_1$	Phase Range	Sine	Cosine	Corrected Phase $\psi_1$	Phase Range
0	+	0	0	0	-	$\pi$	$\pi$
+	+	$\psi_1$	0 to $\frac{1}{2}\pi$	-	-	$\psi_1 + \pi$	$\pi$ to $\frac{3}{2}\pi$
+	0	$\frac{1}{2}\pi$	$\frac{1}{2}\pi$	-	0	$\frac{3}{2}\pi$	$\frac{3}{2}\pi$
+	-	$\psi_1 + \pi$	$\frac{1}{2}\pi$ to $\pi$	-	+	$\psi_1 + 2\pi$	$\frac{3}{2}\pi$ to $2\pi$

令  $\phi = Ai + B$ ，A 和 B 皆為常數， $\phi$  為角度，和公式(13)比較，

$$\Delta f = A \times \frac{f_{SP}}{1440}$$

因為

$$f_{SP} = \frac{4f_0}{4n+1},$$

所以

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{A}{360(4n+1)}$$

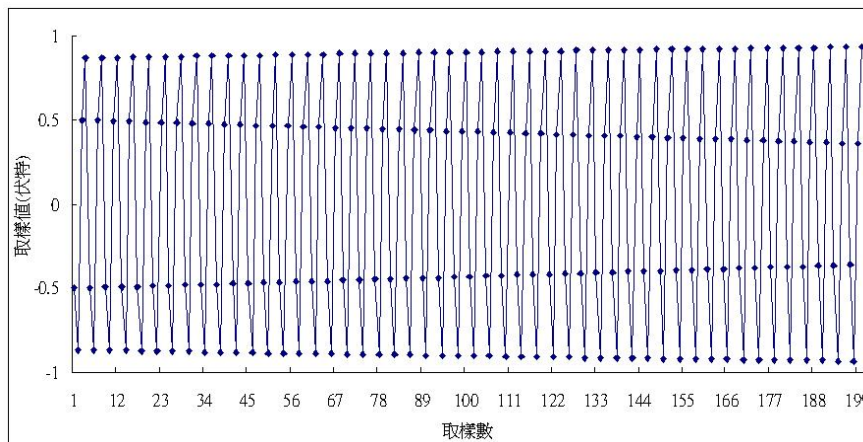
由上式可知，取樣頻率  $f_{SP}$  不變的情況下，改變調制頻率  $f_0$ ，且滿足  $f_{SP} = \frac{4f_0}{4n+1}$ ， $\Delta f$  便可求得，再

代入公式，將  $\phi$  修正為  $\psi$ ，由公式得到距離。

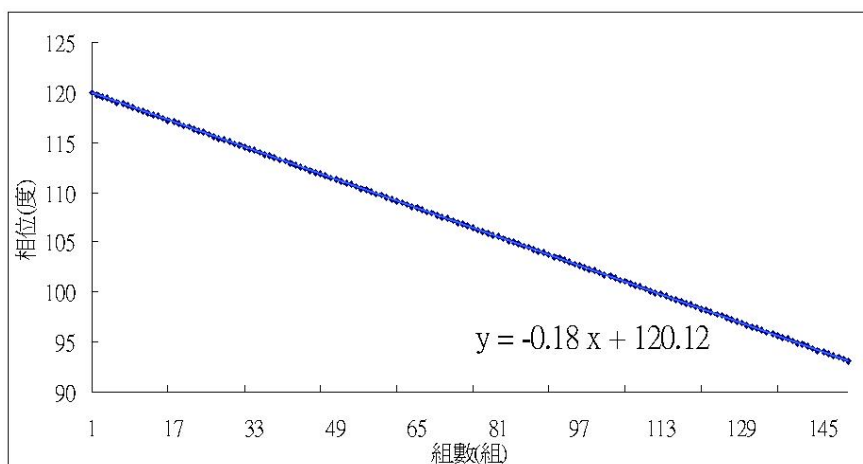
令  $n=1$ ， $\frac{\Delta f}{f_0} = -10^{-4}$ ， $k=1,2,3,\dots,600$ ，模擬的取樣結果如下圖所示（只取前 200 個取樣值顯示）。

再四個取樣值為一組，以前述相位計算方式所得到的結果。

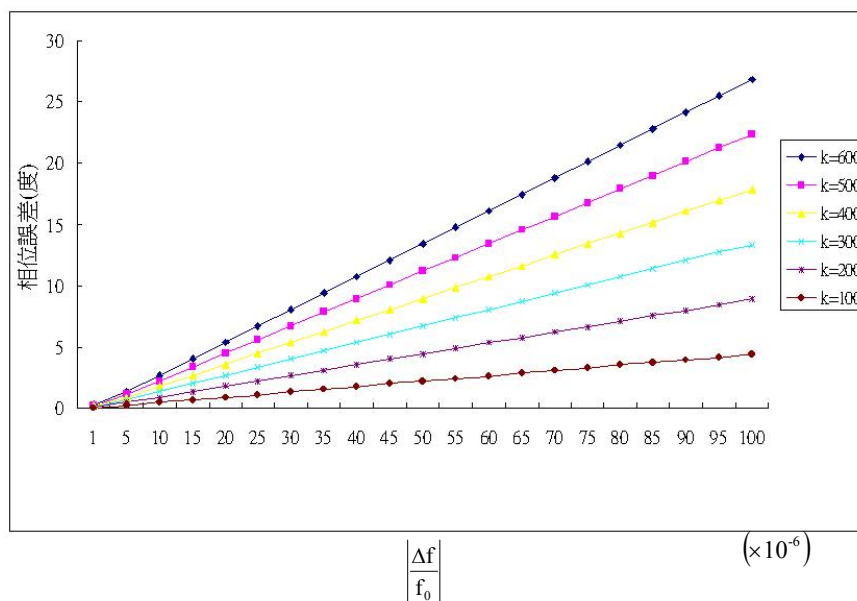
且由公式，相位誤差  $|\phi - \phi|$  與  $\left| \frac{\Delta f}{f_0} \right|$  成正比，下圖為此模擬。



取樣結果



以四個為一組得到相位值



$\left| \frac{\Delta f}{f_0} \right|$  ( $\times 10^{-6}$ )

相位誤差與  $\left| \frac{\Delta f}{f_0} \right|$  成正比關係

利用可程式鎖相迴路，可以得到任意的調制頻率，只要選擇適當的低頻石英震盪器作為訊號源，即可得到一個低頻取樣訊號及許多適當的高頻調制訊號，大大簡化了電路結構，降低成本卻能達到高可靠範圍及高精度的距離量測。

下表所示，即是整個雷射測距系統可使用的相關頻率，如表所示之 Non-ambiguity Range 及 Resolution，即使使用簡單、便宜又好空控制的 80 MHz，我們確實可以量測到 1.04 mm 的精確度，完全補足了雷射測距儀的技術缺塊。

### Algorithm :

Frequency	2.5MHz	5 MHz	10 MHz	30 MHz	40 MHz	80 MHz	240 MHz
NAR (Non-ambiguity Range)	60 m	30 m	15 m	5 m	3.75 m	1.875 m	0.625 m
0.2° (Resolution)	33.3 mm	16.6 mm	8.3 mm	2.77 mm	2.08 mm	1.04 mm	0.35 mm

以上說明鎖相運算法則，可以如前表所示，由一低頻得到一個可靠範圍(non-ambiguity range, NAR)之粗尺；再利用更高的對應頻率得到一個量測的鎖定相位範圍而得到一個細尺範圍，也就是真正高精度的量測了。

我們在雷射測距已有基礎的技術與成果，下面是我們硬體實測的結果和照片：

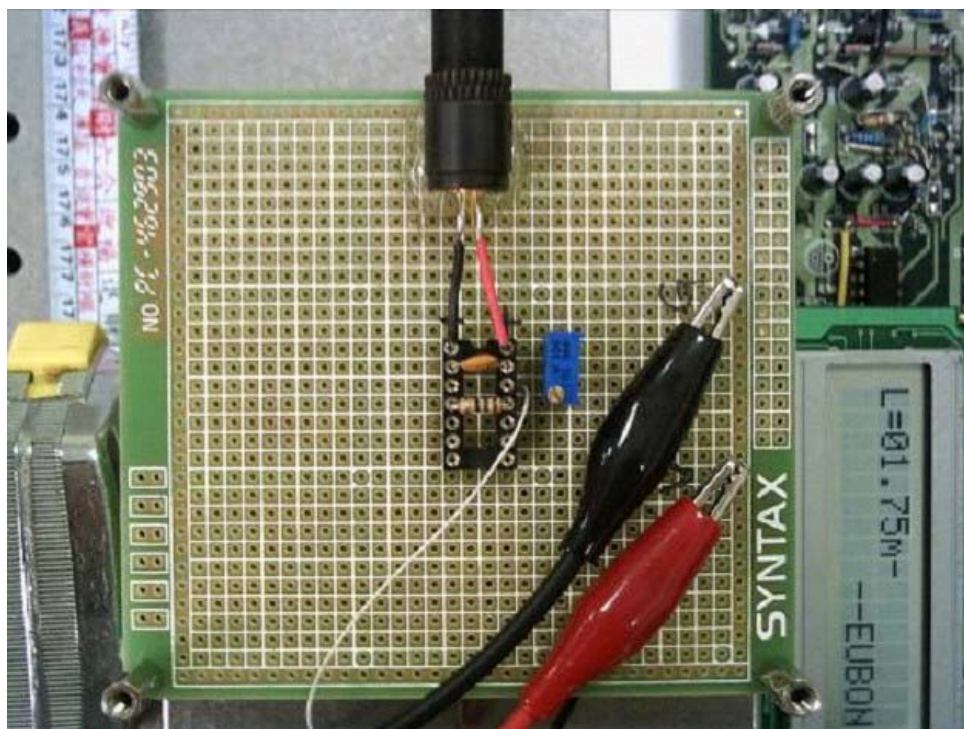
1. 測試頻率 12.5MHz。
2. 測試不同距離確認誤差值，結果如下：

測試距離	175cm	135cm	115cm	75cm
MIN	175.2	134.4	114.1	74.3
MAX	176.4	135.3	115.3	75.4
±誤差	0.60	0.45	0.60	0.55

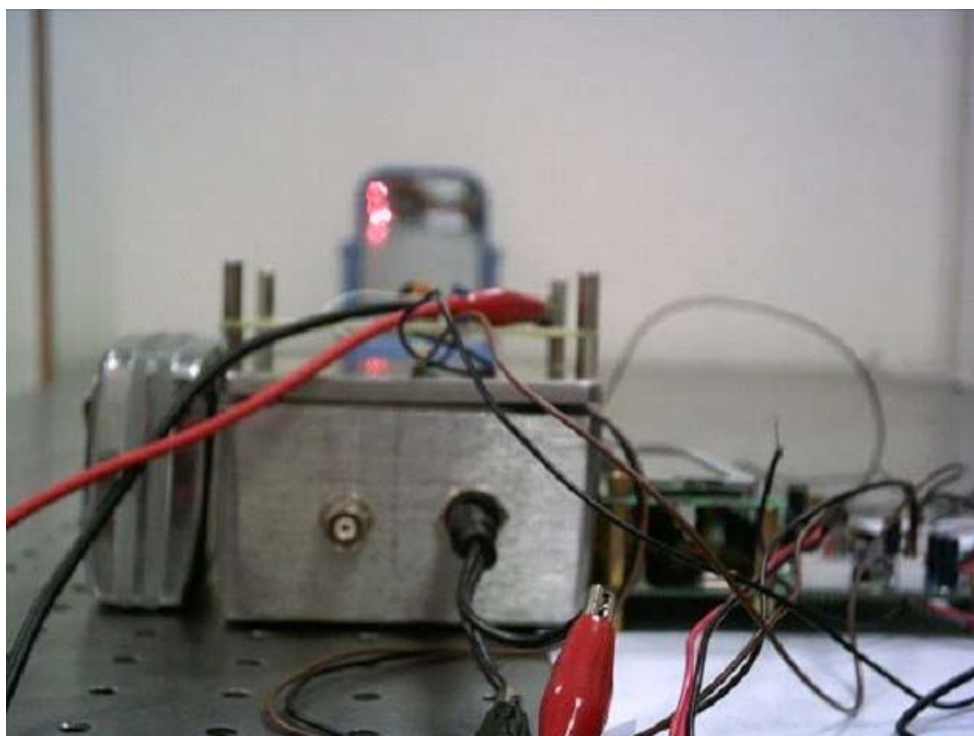
單位：cm

測試照片：

實測距離 175cm

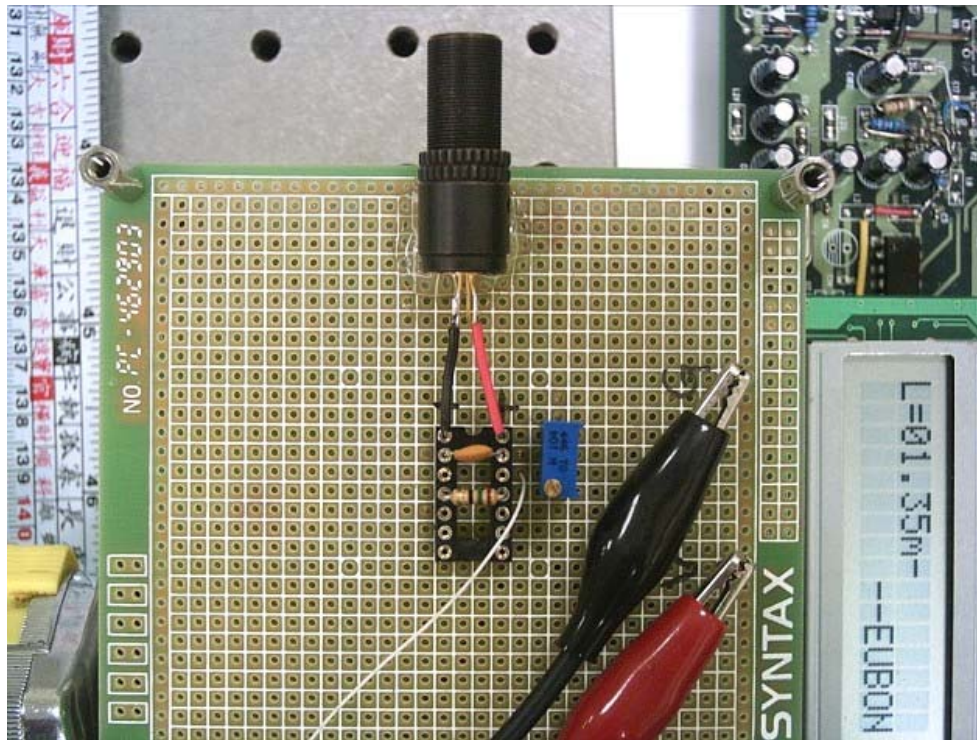


175cm 距離比較

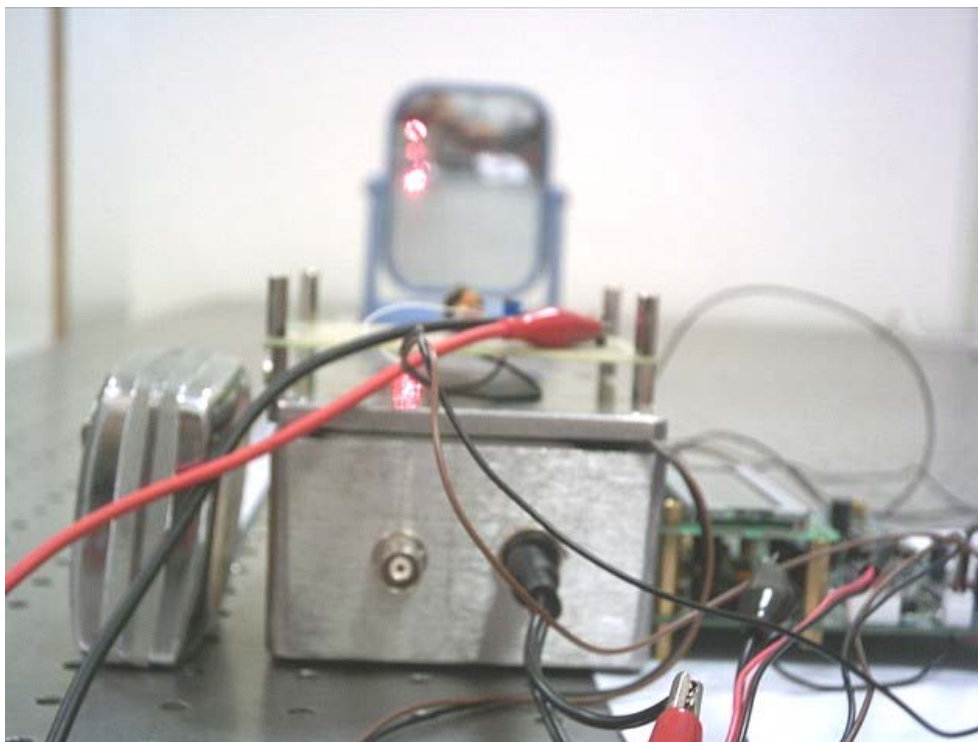


175cm 全景圖

實測距離 135cm



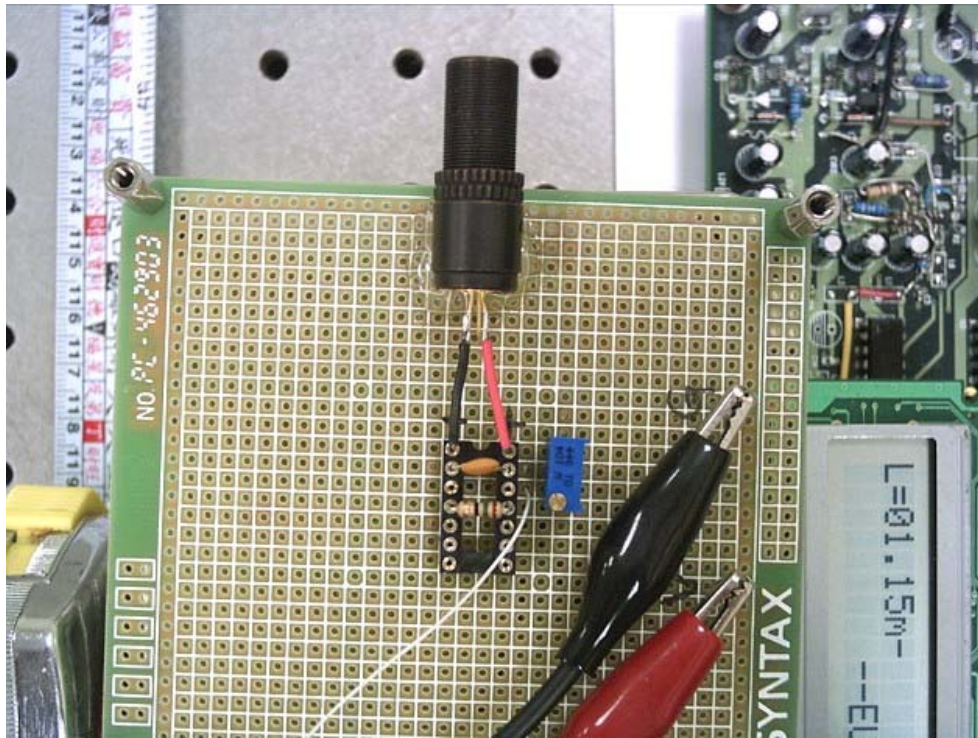
135cm 距離比較



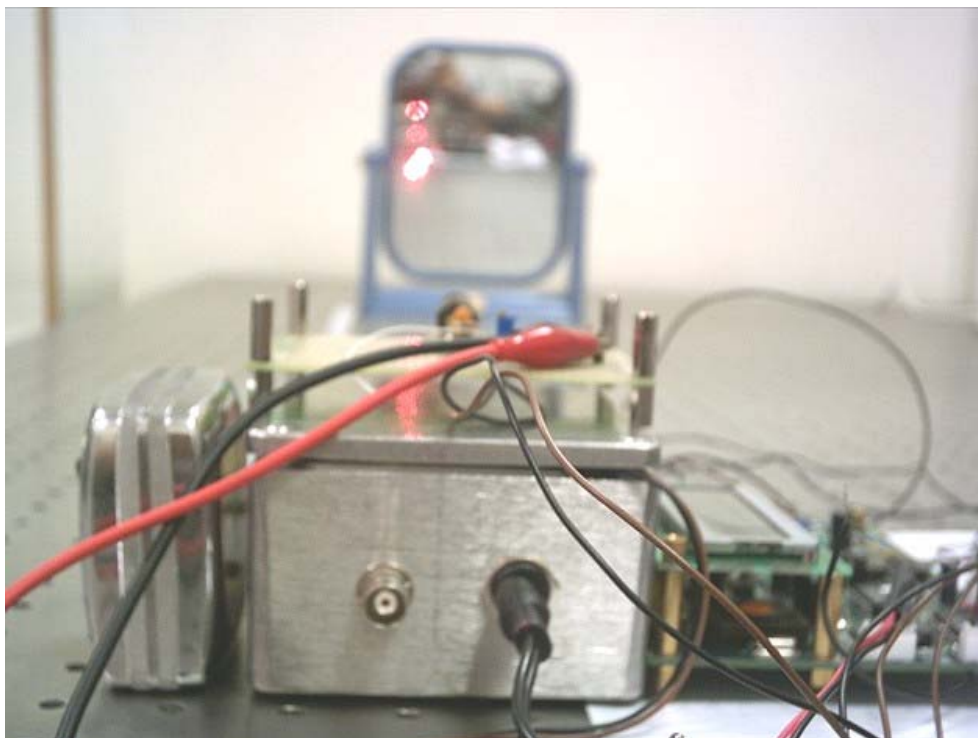
135cm 全景圖



實測距離 115cm

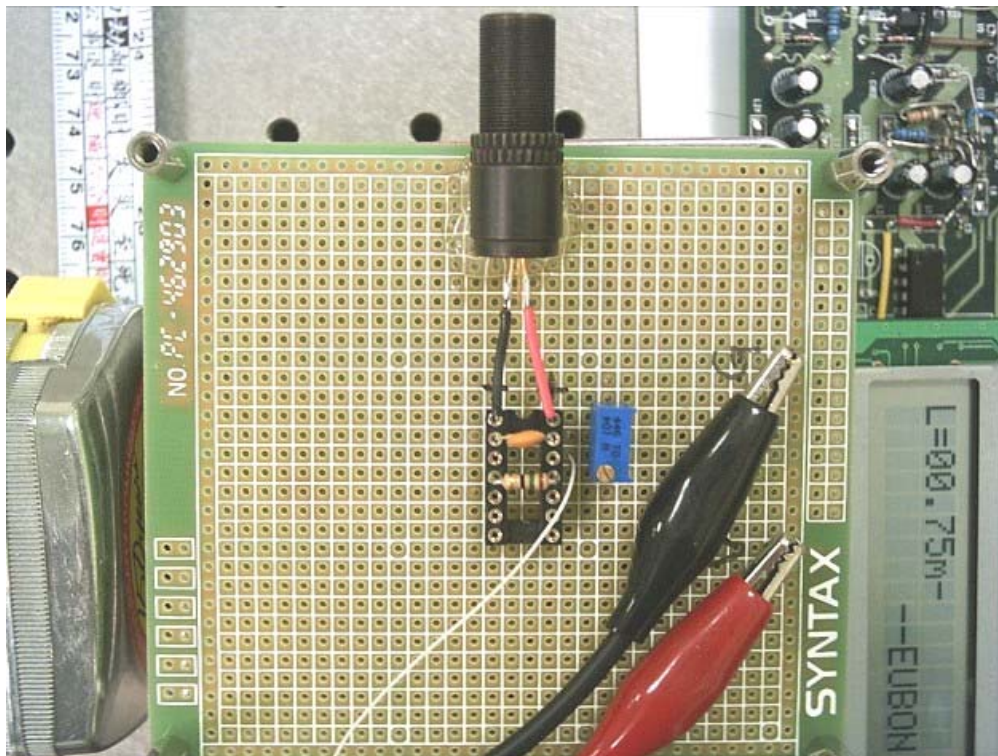


115cm 距離比較

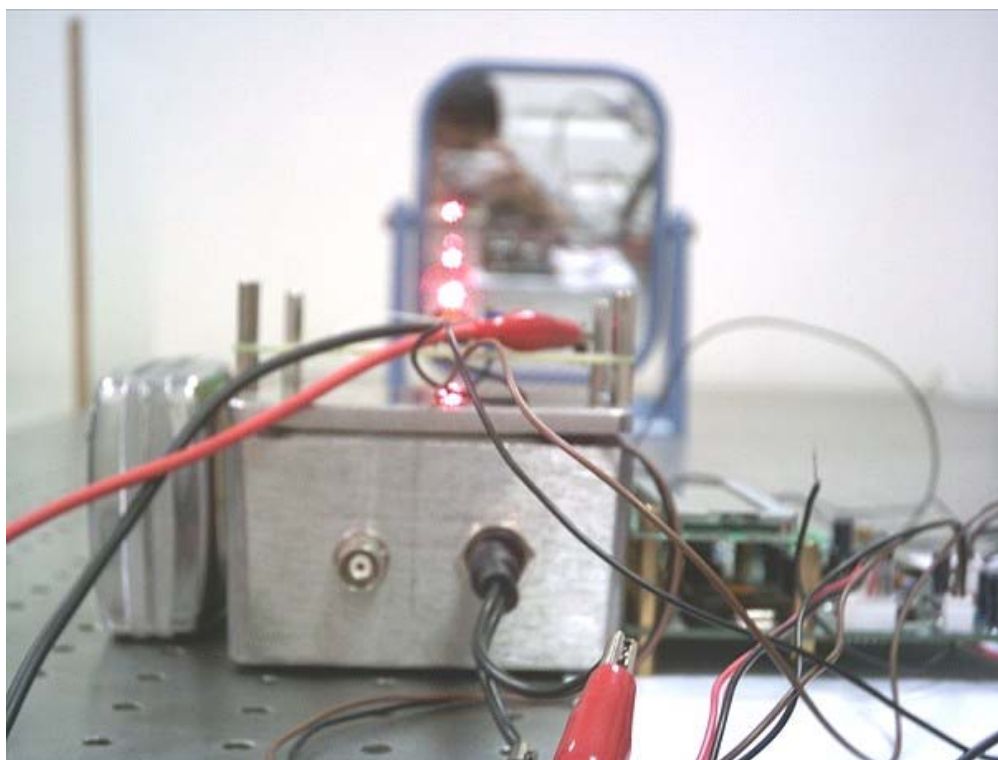


115cm 全景圖

實測距離 75cm

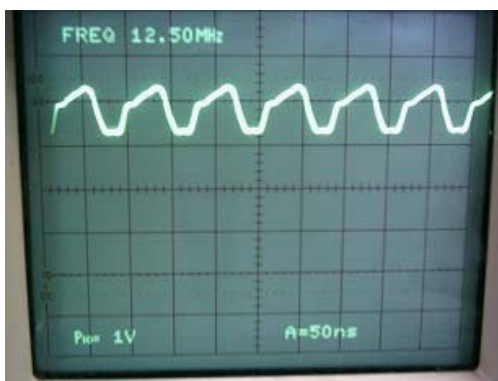


75cm 距離比較



75cm 全景圖

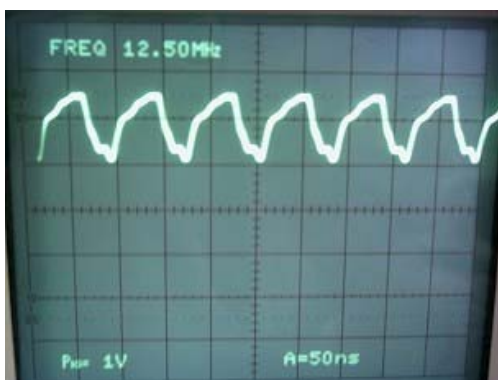
各距離波形及雷射光點比較



175cm 接收波形圖



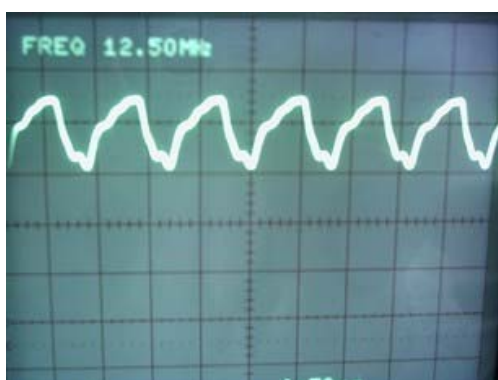
175cm 雷射光點圖



135cm 接收波形圖



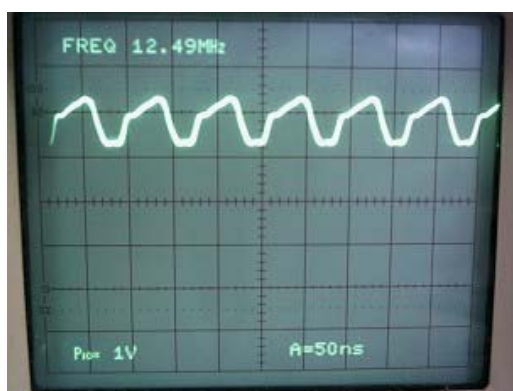
135cm 雷射光點圖



115cm 接收波形圖



115cm 雷射光點圖



75cm 接收波形圖

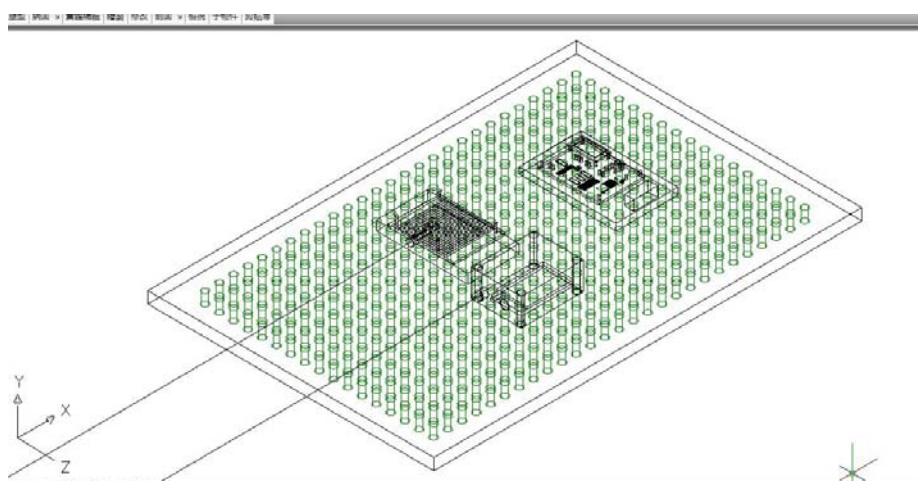
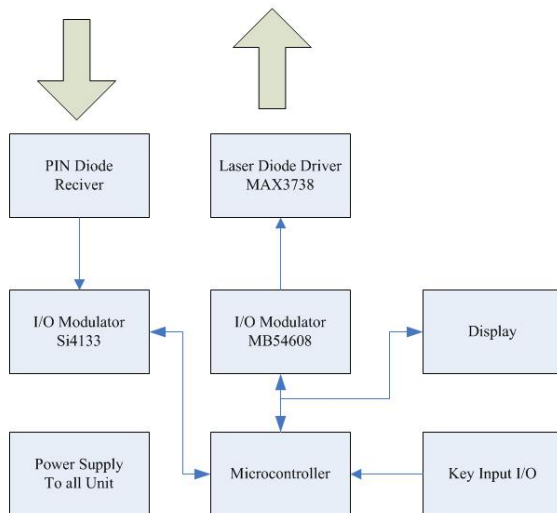


75cm 雷射光點圖

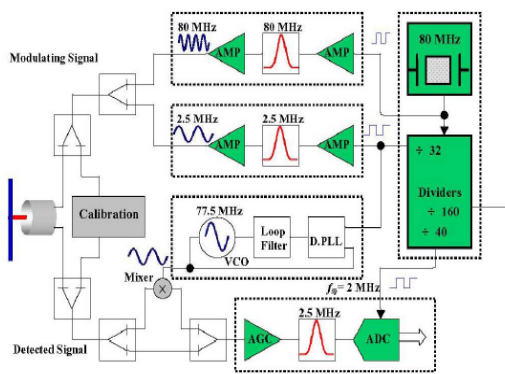
## 微型中短距離高精度雷射測距儀技術微型及模組化

在微型中短距離高精度雷射測距儀技術，以及微型和模組化能力，我們已可達如下列能力成果：

### 微型中短距離高精度雷射測距儀技術成果



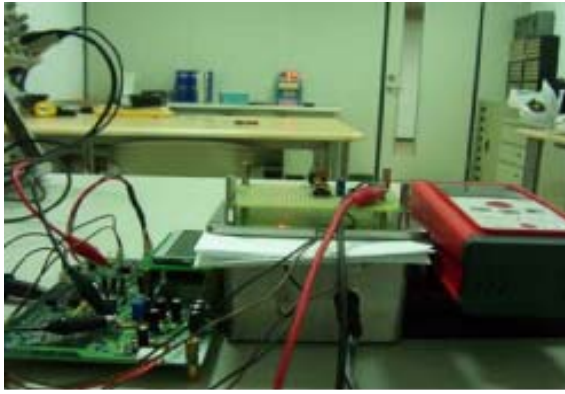
功能方塊圖及系統設計圖



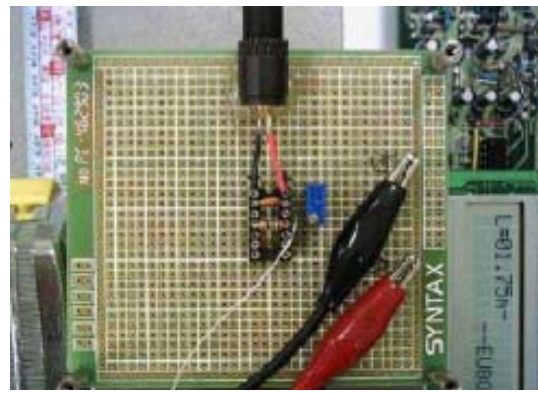
(a)



(b)



(c)



(d)

模組照片及實測照片

TABLE THE RANGING MEASUREMENTS

NO.	Average(rad)	Deviation(rad)	2.5M-dis(mm)	80M-dis(mm)
1	293.2962358	0.408593247	68.09887443	2.128089826
2	386.3405096	0.389671553	64.94525878	2.029539337
3	21.45734662	0.428284945	71.38082411	2.230650753
4	293.0607178	0.351978853	58.66314218	1.833223193
5	28.92217299	0.421297535	70.21625592	2.194257997
6	108.4458722	0.332939598	55.48993304	1.734060408
7	23.6198863	0.320904989	53.48416479	1.67138015
8	126.2302818	0.296427705	49.40461743	1.543894295
9	306.080407	0.396868705	66.14478424	2.067024508
10	20.98700178	0.356038324	59.33972059	1.854366268
11	35.80508599	0.435513553	72.58559222	2.268299757
12	38.21549827	0.474207891	79.03464846	2.469832764
13	23.21615749	0.463196582	77.19943041	2.4124822
14	356.5750128	0.37691447	62.8190784	1.9630962
15	265.1753274	0.375288246	62.54804098	1.954626281
16	257.7842259	0.37401684	62.33614007	1.948004377
17	69.26234525	0.337068212	56.17803537	1.755563605
18	336.5115734	0.354550726	59.09178762	1.846618363
19	156.9135241	0.454607432	75.76790529	2.36774704
20	160.2540611	0.274571467	45.76191111	1.430059722

	Accuracy (rad)	Accuracy (mm)
Min	0.474207891	2.469832764
Max	0.274571467	1.430059722

由上列顯示我們確有微小型中短距離高精度雷射測距儀技術，以及微小型和模組化能力。

我們將第一、二年高精度測距雷射發射、雷射接收及高頻測距電路模組；還有變焦鏡頭光學鏡片及光機構模組；加上控制界面；研究開發整合成可做主動式量測自動對焦光學影像檢測系統。

當然，我們的主動式量測自動對焦光機電整合系統，個別模組件，當然也可以單獨分別用在新型的手機相機模組設計、中長距離高精度雷射測距儀本機等小系統組及自足功能的產品。

手機相機模組包含了光學鏡頭鏡片組、光學元件機構與電子電路設計三大部份，光學鏡頭的設計必需在有限的手機空間中，以最少的透鏡群補償像差提高成像品質。我們在本計畫所設計的鏡頭以非球面與繞面透鏡設計，有效的利用了空間達成三倍及更高倍率的光學變焦的目的，並且對於像差修正有相當好的表現。三倍光學變焦是藉由透鏡位置的移動改變焦距使放大率能增加或縮小，要使透鏡精確移動到準確的位置，有賴於變焦機構的設計，利用齒輪機構、凸輪機構、螺旋機構或連桿機構與驅動器的配合才能使變焦鏡頭的精準的動作，電子電路設計用於物體距離的量測與影像的接收，做為光學鏡頭與機構之間的溝通。

擁有這些重要的技術基礎，我們在下一階段的研究工作，將朝向手機相機輕、薄、短、小的目標前進，設計具有4倍、5倍或更大光學變焦能力之手機相機模組，並以光機模擬軟體CODE V或ASAP做光學與機構之設計與優化，再加入我們所擁有的高精測距之技術與利用高精度之模造或精密鑽石刻技術製作微小型透鏡，使用微小型超音波馬達做全自動之精準機構驅動及定位，以達全自動對焦之技術能量及硬體製作能力。

光、機、電的結合，才能使得手機相機模組達到微小型、高變焦比、高成品質的目的。

我們此基礎研究成果，不但有多篇著名國際期刊及研討會論文發表，更有獲得專利並通過技術審查。並可立即應用到創新雷射十字線標示測距多功能儀技術開發。

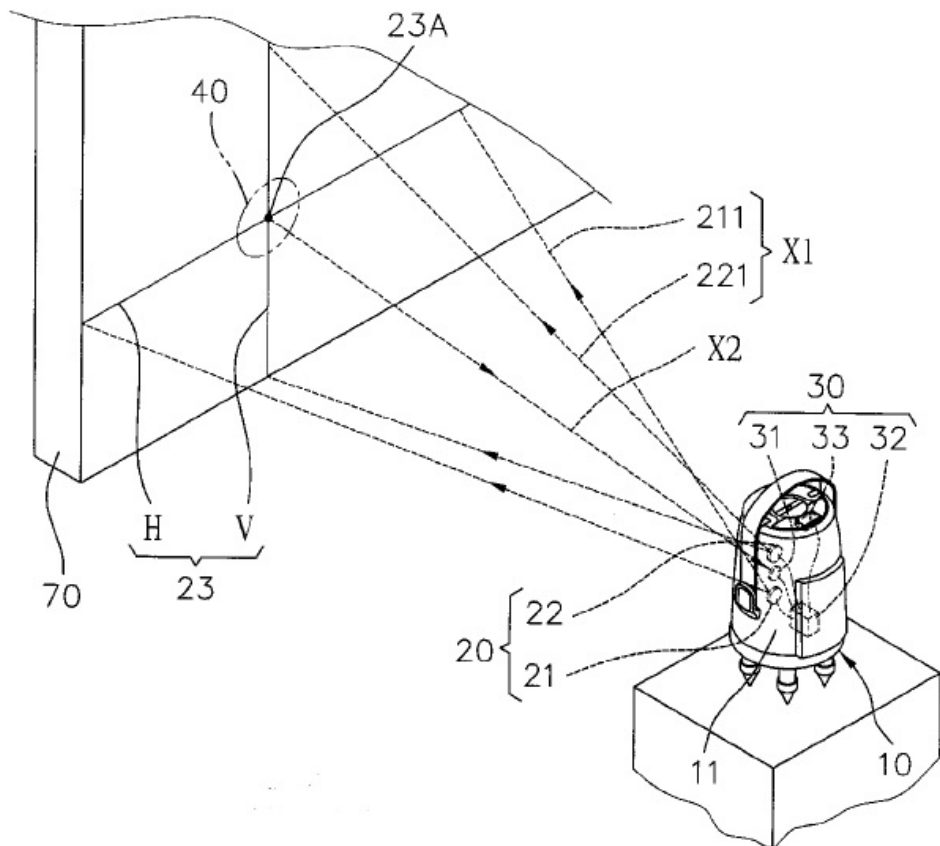
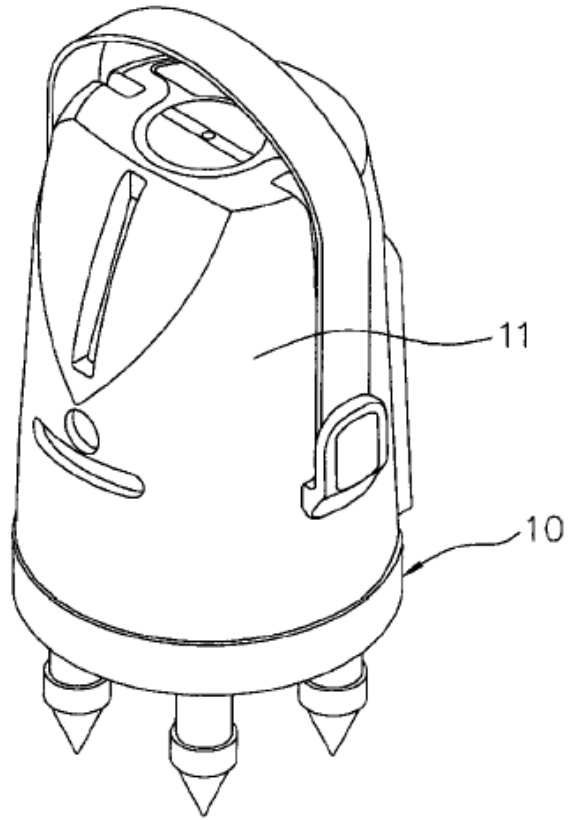
我們是循序由

- (1). 精細雷射十字線標示技術研究
- (2). 雷射十字標示儀精準光機整合技術開發
- (3). 微小型中短距離高精度雷射測距儀技術微小型及模組化
- (4). 雷射十字線標示測距多功能儀光機電整合技術開發研究

將上列三種：(1).精細雷射十字線標示技術研究結果；(2).雷射十字標示儀精準光機整合技術開發；(3).微小型中短距離高精度雷射測距儀技術微小型及模組化；整合到雷射十字線標示測距多功能儀的光機電整合技術開發研究。

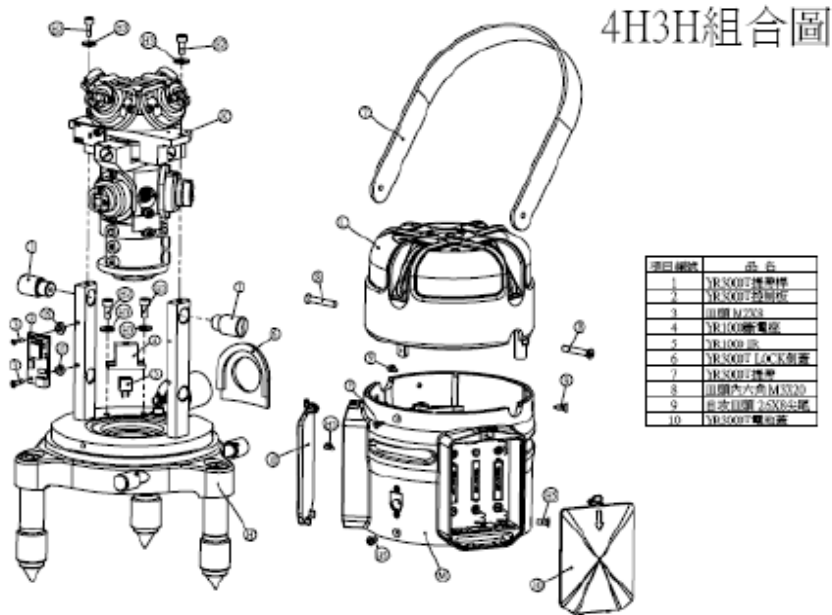
下圖是雷射十字線標示測距多功能儀的架構圖。

十字測距儀示意圖及系統描述



我們的研究方法是先解析研究現有產品的規格及結構，精進研製的結果。達到全綠光、高垂直精度、在5m 距離的標線直徑可小於等於1.5mm。下圖是我們雷射十字儀機構設計：

## ● 雷射水平儀模組結構



上圖為雷射十字儀內部構裝圖，為一紅光一綠光之雷射十字儀。

我們研究步驟詳述如下：

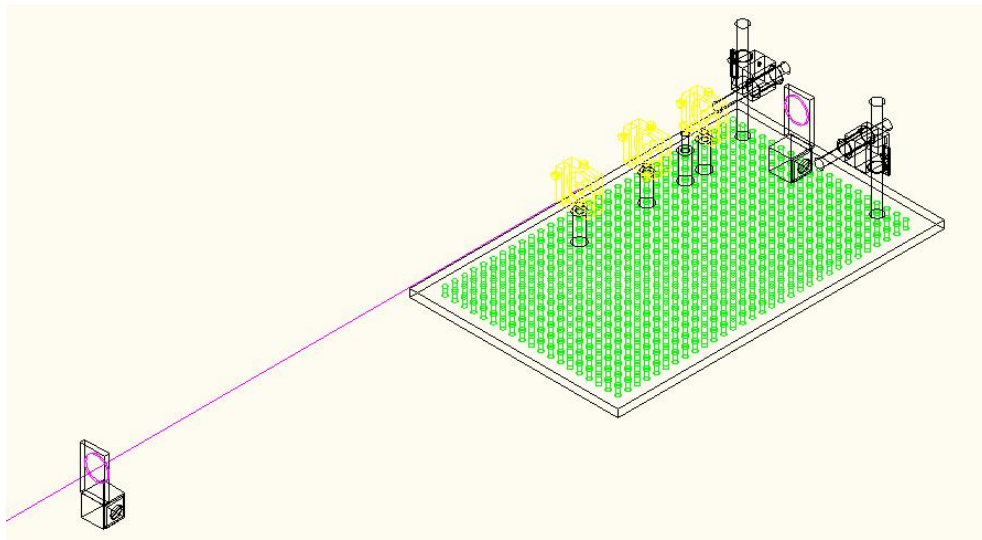
### (1). 精細雷射十字線標示技術研究

要得到極小線寬的雷射十字儀雷射十字線，理論上要有理想的雷射光輸出。其參數是極小雷射輸出光點、Gaussian shaped 對稱均勻雷射輸出光點、極小雷射輸出散射角、人眼安全範圍內最大雷射輸出功率等等。我們探討研究，選定如果我們改善到 Gaussian shaped 對稱均勻的雷射輸出光點以及極小雷射輸出散射角，將有可能得到極小線寬的雷射十字儀的雷射十字線。而這良好雷射十字儀雷射輸出參數，是一般廠商的產品較難做到的。因為可能從面知識不瞭解、技術不瞭解或不能做到。

我們原理分析知道要得到極小雷射輸出散射角，可以使用 Beam expander 光束擴大器的理論。擴大雷射光輸出的光束，可以倍比的增加雷射光輸出光束的平行度，同時也可以得到更小的雷射光輸出散射角。另外我們原理分析得到要有 Gaussian shaped 對稱均勻的雷射輸出光點，要使用 Spatial filter 空間濾光器的原理方法，消除 high transverse modes 高模態雷射光點。而一種 Beam collimator with iris diaphragm 帶有可調小圓孔徑的準直光束擴大器，是最簡單的、最經濟、也是最有效的解決方式。

我們的一種 Beam collimator with iris diaphragm 帶有可調小圓孔徑的準直光束擴大器，設計圖如下：

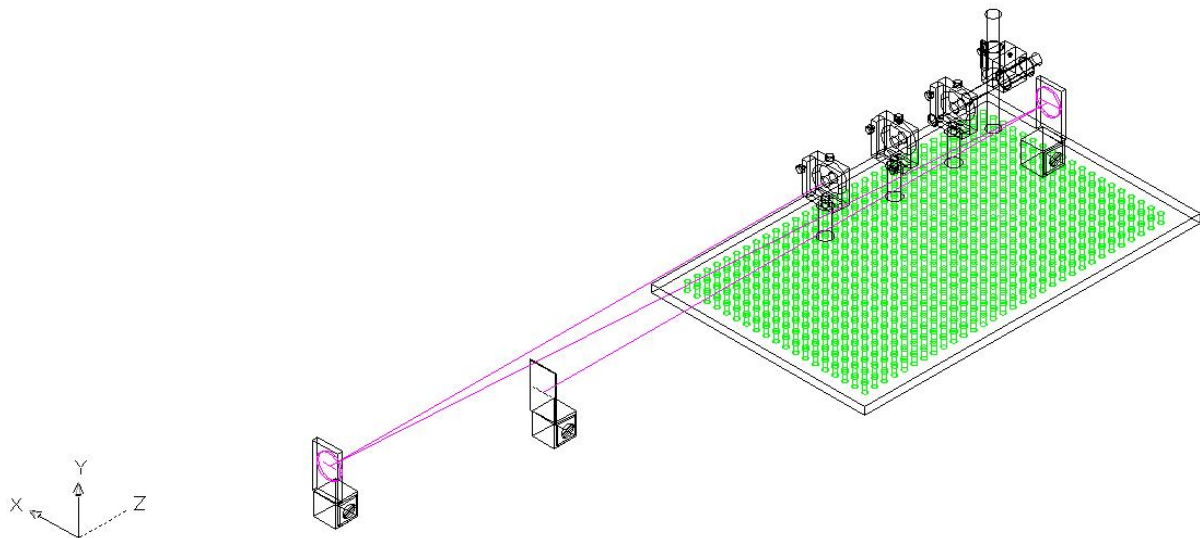




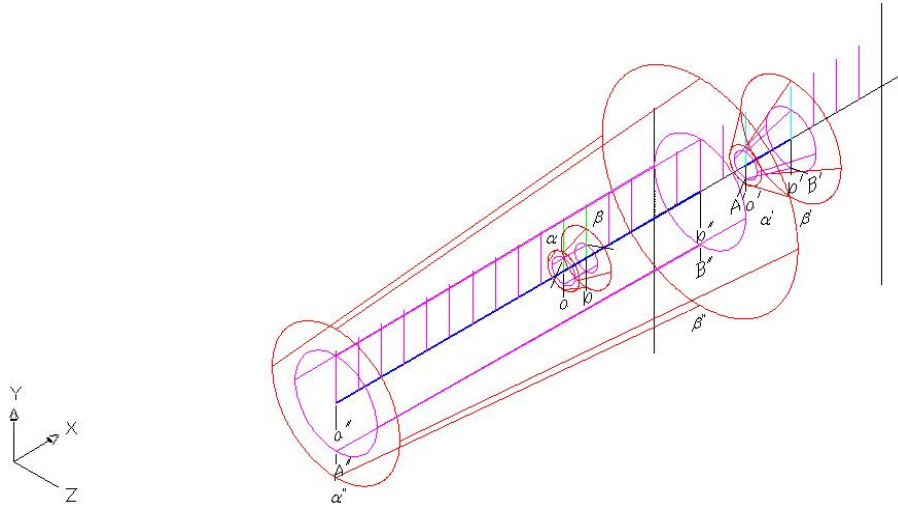
我們架設帶有可調小圓孔徑的準直光束擴大器，詳細步驟如下：

1. 先固定雷射光源架座，將光源調整為水平光。
2. 架設調整一焦距為 2.5cm 的第一片準直鏡片
3. 架設調整一焦距為 10cm 的第二片準直鏡片
4. 架設調整 Cylindrical lens，
5. 第一片準直鏡片及第二片準直鏡片焦點架設調整可調小圓孔徑

而下圖，更是 5m 遠精細線實距量測驗證的全圖。



5m 遠精細線實距量測驗證架構圖示



散射角在 Collimator 準直鏡組變化計算

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

$$\text{b: } \frac{1}{30} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{20} \quad b' = 60 \quad \frac{1}{b'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{3-2}{60} = \frac{1}{60}$$

$$\text{a: } \frac{1}{40} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{20} \quad a' = 40 \quad \frac{1}{a'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{40} = \frac{2-1}{40} = \frac{1}{40}$$

$$\text{bB height, } \frac{B'b'}{Bb} = \frac{s'}{s} = \frac{60}{30} = 2 \quad B'b' = 10\text{mm} (Bb = 5\text{mm})$$

$$\text{aA height, } \frac{A'a'}{Aa} = \frac{s'}{s} = \frac{40}{40} = 1$$

$$\beta: \frac{1}{30} + \frac{1}{\beta'} = \frac{1}{20}, \beta' = 60$$

$$\alpha: \frac{1}{40} + \frac{1}{\alpha'} = \frac{1}{20}, \alpha' = 40$$

$$\text{b}\beta \text{ height, } \frac{b'\beta'}{b\beta} = \frac{60}{30} = 2 \quad \therefore b'\beta' = 22\text{mm} (b\beta = 11\text{mm})$$

$$\text{a}\alpha \text{ height, } \frac{a'\alpha'}{a\alpha} = \frac{40}{40} = 1 \quad \therefore a'\alpha' = 7\text{mm} (a\alpha = 7\text{mm})$$

$$b'', \frac{1}{40} + \frac{1}{s''} = \frac{1}{80}, \quad s'' = \frac{1}{80} - \frac{1}{40} = -\frac{1}{80} \quad s'' = -80\text{mm}$$

$$a'', \frac{1}{60} + \frac{1}{s''} = \frac{1}{80}, \quad s'' = \frac{1}{80} - \frac{1}{60} = \frac{3-4}{240} \quad s'' = -240\text{mm}$$

$$b''B'' \text{ height, } \frac{80}{40} = \frac{b''B''}{b'B'} = \frac{80}{40} = 2 = 20\text{mm} \quad b'B' = 10\text{mm}$$

$$a''A'' \text{ height, } \frac{240}{60} = \frac{a''A''}{a'A'} = \frac{240}{60} = 4 = 20\text{mm} \quad a'A' = 5\text{mm}$$

$$\beta'', \quad \frac{1}{40} + \frac{1}{s''} = \frac{1}{80}, \quad \beta'' = -80mm$$

$$\alpha'', \quad \frac{1}{60} + \frac{1}{s''} = \frac{1}{80}, \quad \alpha'' = -240mm$$

$$b''\beta'' \text{ height, } \frac{b''\beta''}{b'\beta'} = \frac{b''\beta''}{10} = 2$$

$$\therefore b''\beta'' = 44mm (b'\beta' = 22mm)$$

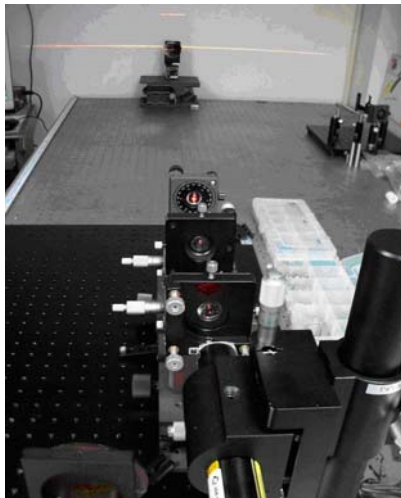
$$a''\alpha'' \text{ height, } \frac{a''\alpha''}{a'\alpha'} = \frac{a''\alpha''}{5} = \frac{s''}{s'} = \frac{240}{60} = 4$$

$$\therefore a''\alpha'' = 28mm (a'\alpha' = 7mm)$$

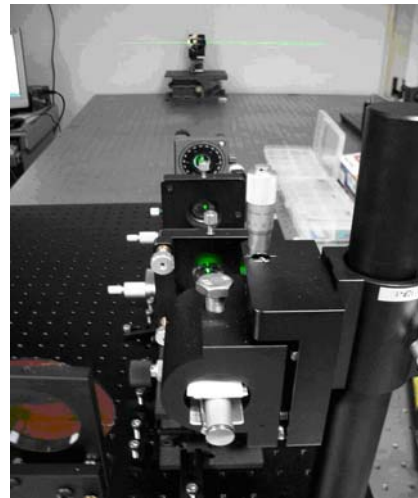
$$\alpha\beta = \frac{11-7}{10} = \frac{4}{10}$$

$$\alpha''\beta'' = \frac{44-28}{160} = \frac{16}{160} = \frac{1}{10}$$

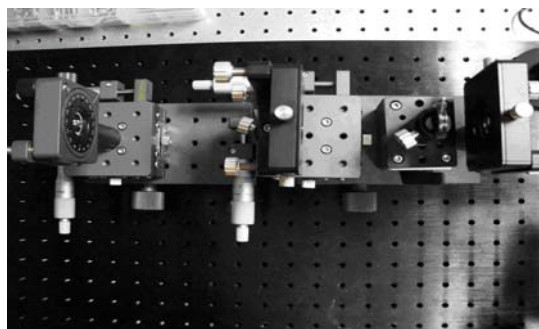
由上計算數值，我們可以看得很清楚，我們使用4倍的準直鏡組，確可使散射角變化成1/4。當然我們更要實驗來證明。下列照片就是我們使用4倍的準直鏡組的架構照片。我們更將柱狀鏡片裝上，果然得到在5m距離，精細達1.2mm的雷射標示線，做到目前台灣產品最佳的精度，不但達到美、日1.5mm的雷射標示線高精細雷射標示線的高規格，更有超越。



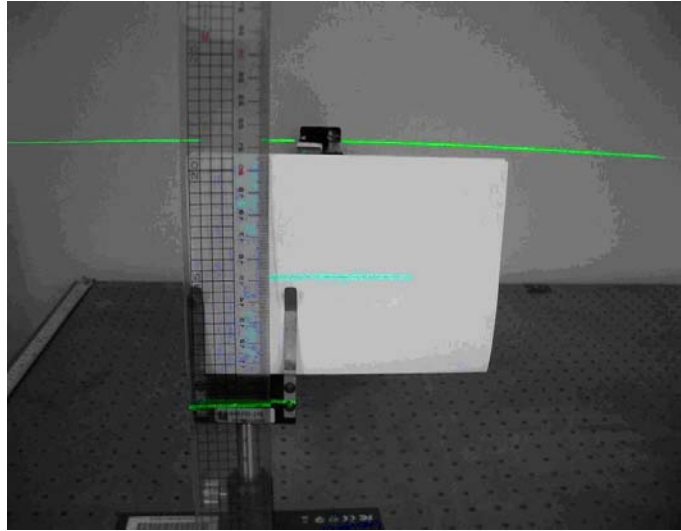
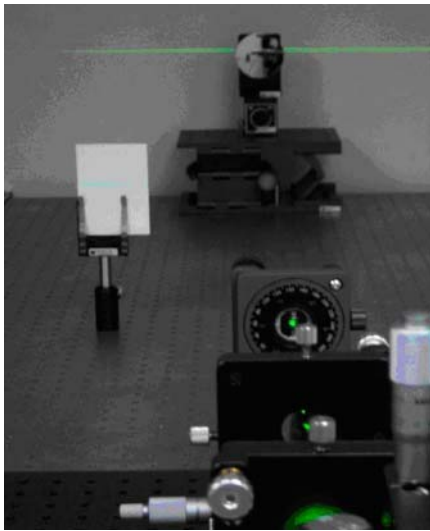
(a)



(b)



(c)



(d)

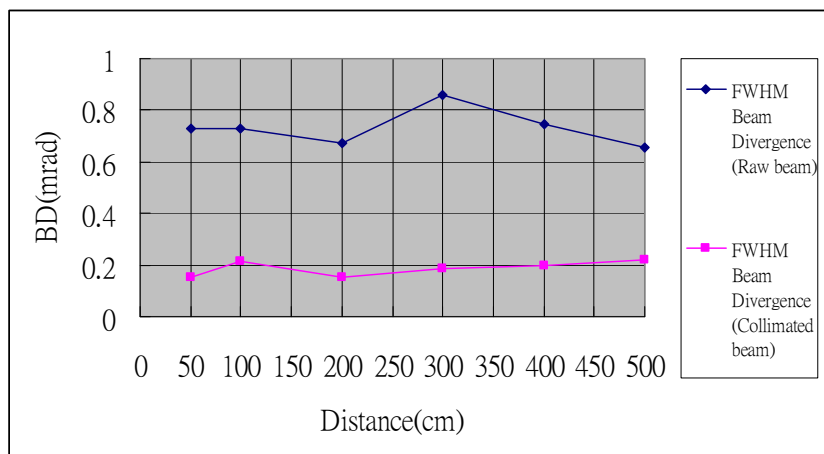
(e)

高精細線雷射十字線架設實際量測結果及照片

下數據表顯示，經過帶有可調小圓孔徑的準直光束擴大器，我們使用4倍的準直鏡組，確可使散射角變化成1/4。且十字線的精細度，在5m距離也只有1.2mm，更優於日本產品的1.5mm。

TABLE  
THE BEAM DIVERGENCE MEASUREMENTS

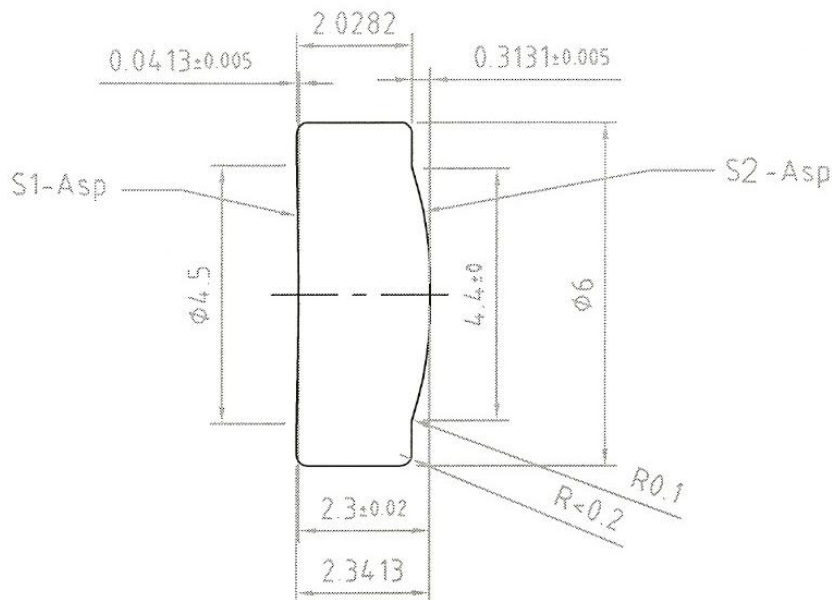
Distance	FWHM Beam Divergence (Raw beam)	FWHM Beam Divergence (Collimated beam)
50 cm	0.73 mrad	0.152 mrad
100 cm	0.726 mrad	0.213 mrad
200cm	0.675 mrad	0.155 mrad
300cm	0.86 mrad	0.188 mrad
400 cm	0.744 mrad	0.195 mrad
500 cm	0.655 mrad	0.219 mrad
Average	0.731 mrad	0.187 mrad



The beam divergence measurements

而我們加上帶有可調小圓孔徑的準直光束擴大器，在 6.3 公尺的距離遠，雷射十字線線寬，也只有 1.6mm。在標準 5 公尺的距離遠，綠光雷射十字儀雷射十字線線寬，更只有 1.2mm。這結果，不但比市售所有雷射十字儀產品，雷射十字線線寬實際量測結果更好，也比最佳日本高價位雷射十字儀產品雷射十字線線寬 1.5mm 更佳。而且我們也可以提供國內業者更新、更高明顯度的全綠光雷射十字儀產品。

但市面上能設計委製採購得到的鏡片最佳規格如下：



- 1.EFL : 10.9mm
- 2.SD : 9.526mm
- 3.LD wave length : 650nm
- 4.LD to lens distance : 9.567mm(optic axis) , 含 LD to window glass distance 1.04mm
- 5.Power collect efficiency : 46%
- 6.Assembly tolerance for Laser collimator system
  - Lens tilt : +/-0.1 degree
  - Lens decenter : +/-80um
  - LD to lens distance : +/-10um(LD 與 lens 間最好有微調裝置)

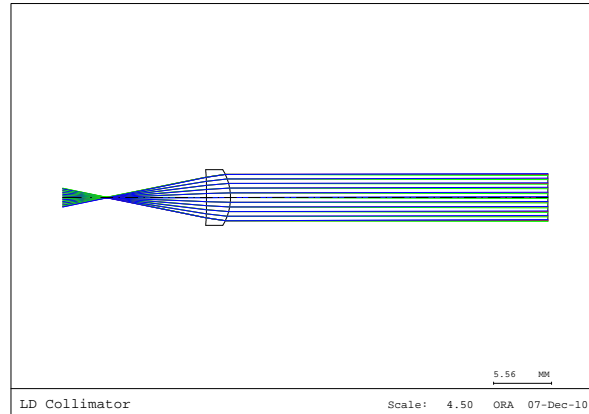
Table : 加入鏡片製作與組裝公差後的 Beam sizes

打點		
Propagation distance (m)	X- Beam size (mm)	Y- Beam size (mm)
0	0.0006249	0.002968
0.17	4.4	3
10	9.6	6
15	11.8	7.6
33	20.8	14.4

只能達效果為: 2mm at 5M.

我們也有新的雷射十字光源鏡片設計能力及結果如下，非常有可能達到目前業者更佳的目標 1.2mm。

我們 lens design 的結果:



LD Collimator-請轉Word or PDF檔

LD Collimator

ELEMENT NUMBER	RADIUS OF CURVATURE FRONT	RADIUS OF CURVATURE BACK	THICKNESS	APERTURE DIAMETER FRONT	APERTURE DIAMETER BACK	GLASS
OBJECT		INF	0.0000		0.0500	
1	A(1)	A(2)	9.5670 2.3000 APERTURE STOP 30.4499	3.8996	4.4414 4.4414	'PMMAO'
IMAGE		IMAGE DISTANCE = INF	0.0000		4.5549 4.5549	

ASPHERIC CONSTANTS

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + (1-(1+K)(CURV)^2 Y^2)^{1/2}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (C)Y^8 + (D)Y^{10}$$

ASPHERIC	CURV	K	A	B	C	D
A(1)	-0.01250000	-100.000000	-4.32274E-04	1.72553E-04	-3.76867E-05	0.00000E+00
A(2)	-0.19808884	-18.024482	-1.25653E-02	1.63689E-03	-1.09087E-04	0.00000E+00

REFERENCE WAVELENGTH = 650.0 NM

INFINITE CONJUGATES

EFL	=	10.9000
BFL	=	-19.4469
FFL	=	0.2988
F/NO	=	2.4061

AT USED CONJUGATES

REDUCTION	=	36.4802
FINITE F/NO	=	91.2005
OBJECT DIST	=	0.0000
TOTAL TRACK	=	42.3169
IMAGE DIST	=	0.0000
OAL	=	42.3169
PARAXIAL		
IMAGE HT	=	0.9120
IMAGE DIST	=	378.1874
SEMI-FIELD		
ANGLE	=	0.1291
ENTR PUPIL		
DIAMETER	=	4.5302
DISTANCE	=	11.0968
EXIT PUPIL		
DIAMETER	=	4.5730
DISTANCE	=	-30.4499

第一面Sag

CURVATURE OF BASE SPHERE	=	-0.012500
RADIUS OF BASE SPHERE	=	-80.000

Y	ASPH SAG (Z)	SPHERE SAG	SAG DIFFERENCE
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.078000	-0.000038	-0.000038	0.000000
0.156000	-0.000152	-0.000152	0.000000
0.234000	-0.000343	-0.000342	0.000001
0.312000	-0.000612	-0.000608	0.000004
0.390000	-0.000959	-0.000951	0.000009
0.468000	-0.001387	-0.001369	0.000018
0.546000	-0.001895	-0.001863	0.000032
0.624000	-0.002486	-0.002434	0.000053
0.702000	-0.003161	-0.003080	0.000081
0.780000	-0.003920	-0.003803	0.000117
0.858000	-0.004764	-0.004601	0.000163
0.936000	-0.005695	-0.005476	0.000219
1.014000	-0.006712	-0.006426	0.000286
1.092000	-0.007817	-0.007453	0.000364
1.170000	-0.009011	-0.008556	0.000454
1.248000	-0.010295	-0.009735	0.000560
1.326000	-0.011674	-0.010990	0.000684
1.404000	-0.013155	-0.012321	0.000834
1.482000	-0.014746	-0.013728	0.001018
1.560000	-0.016464	-0.015211	0.001253
1.638000	-0.018331	-0.016771	0.001560
1.716000	-0.020375	-0.018406	0.001969
1.794000	-0.022640	-0.020118	0.002522
1.872000	-0.025180	-0.021905	0.003274
1.950000	-0.028068	-0.023769	0.004299

## 第二面Sag

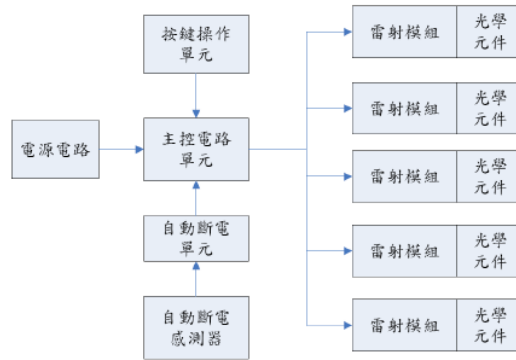
CURVATURE OF BASE SPHERE = -0.198089  
RADIUS OF BASE SPHERE = -5.048

Y	ASPH SAG (Z)	SPHERE SAG	SAG DIFFERENCE
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.089000	-0.000784	-0.000785	0.000000
0.178000	-0.003134	-0.003139	-0.000005
0.267000	-0.007042	-0.007066	-0.000024
0.356000	-0.012496	-0.012568	-0.000072
0.445000	-0.019484	-0.019652	-0.000167
0.534000	-0.027997	-0.028323	-0.000325
0.623000	-0.038029	-0.038590	-0.000561
0.712000	-0.049578	-0.050462	-0.000884
0.801000	-0.062654	-0.063952	-0.001298
0.890000	-0.077268	-0.079072	-0.001805
0.979000	-0.093437	-0.095838	-0.002401
1.068000	-0.111184	-0.114266	-0.003082
1.157000	-0.130530	-0.134374	-0.003844
1.246000	-0.151495	-0.156184	-0.004689
1.335000	-0.174097	-0.179718	-0.005622
1.424000	-0.198349	-0.205002	-0.006653
1.513000	-0.224262	-0.232063	-0.007801
1.602000	-0.251841	-0.260931	-0.009090
1.691000	-0.281092	-0.291640	-0.010547
1.780000	-0.312027	-0.324224	-0.012197
1.869000	-0.344667	-0.358723	-0.014057
1.958000	-0.379055	-0.395180	-0.016125
2.047000	-0.415270	-0.433642	-0.018372
2.136000	-0.453437	-0.474157	-0.020720
2.225000	-0.493752	-0.516783	-0.023031

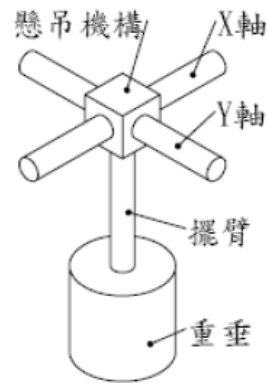
(2). 雷射十字標示儀精準光機整合技術開發

雷射十字標示儀精準光機整合是要研究的技術，下列圖示設計說明是我們具備的雷射十字標示儀精準光機整合技術。

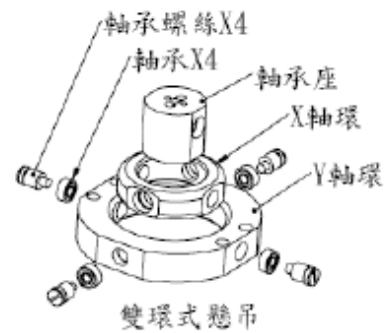
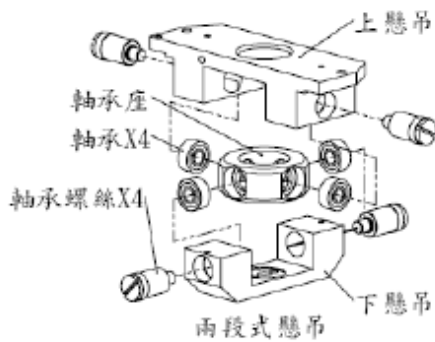
● 雷射水平儀光電系統方塊圖



● 雷射水平儀機械結構原理

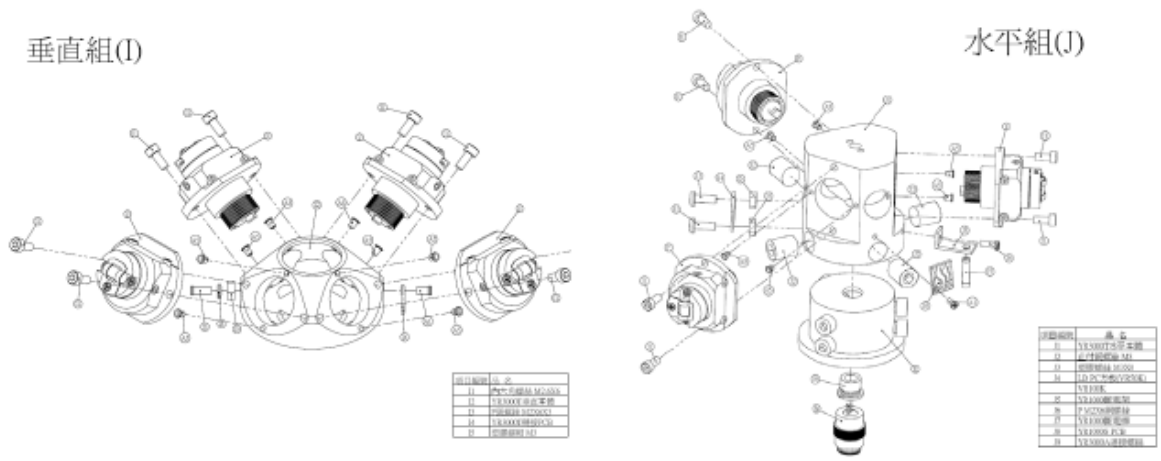


● 雷射水平儀機械結構原理

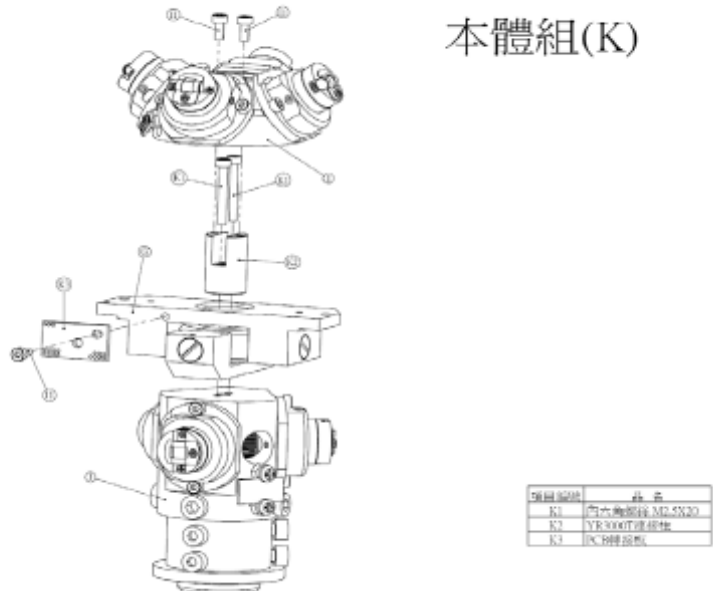




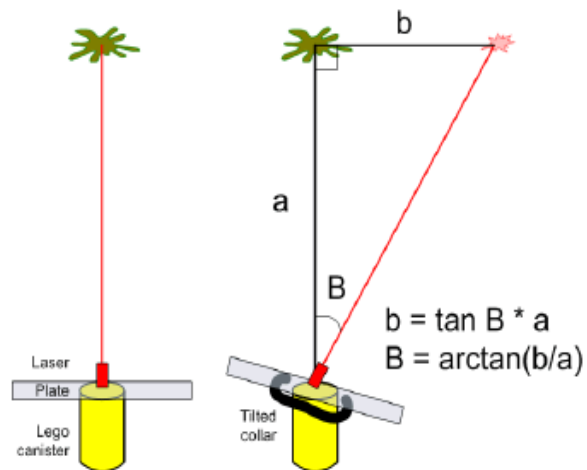
- 雷射水平、垂直模組結構



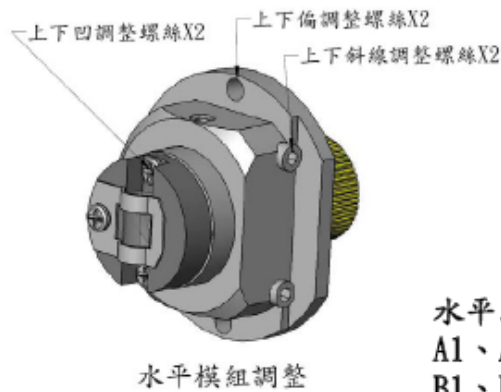
- 本體組



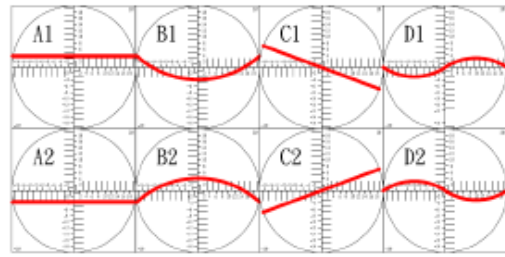
- 調校原理



## ● 水平模組調校結構



水平線形



水平線形及誤差的調整：水平線形：

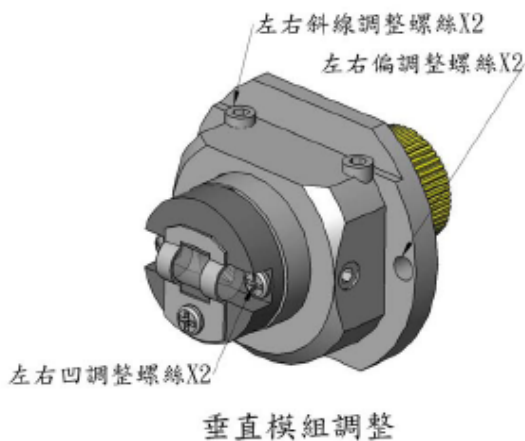
A1、A2：調整上下偏調整螺絲。

B1、B2：調整上下凹調整螺絲。

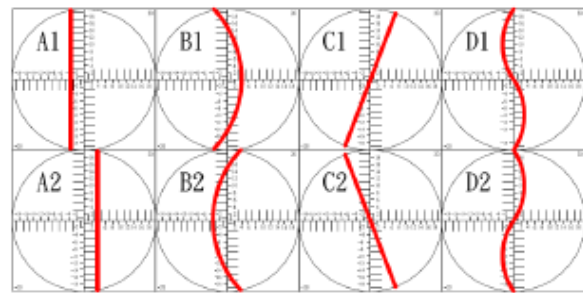
C1、C2：調整上下斜線調整螺絲。

D1、D2：S形。調整柱狀鏡與模組旋轉角度。

## ● 垂直模組調校結構



垂直線形



垂直線形及誤差的調整：垂直線形：

A1、A2：調整左右偏調整螺絲。

B1、B2：調整左右凹調整螺絲。

C1、C2：調整左右斜線調整螺絲。

D1、D2：S形。調整柱狀鏡與模組旋轉角度。

本研究計畫研究成果計有在著名國際期刊已發表刊出四篇研究成果論文，另外兩篇 SCI 著名國際期刊論文正整理投稿中；參加著名國際研討會已發表刊出五篇研究成果論文；此外我們也已獲得四篇專利並通過技術審查。詳如下項已有國際期刊論文發表及國際研討會已發表論文集，並詳註明發表刊物名稱、卷期及出版日期。另有執行本計畫相關之專利、技術報告、或學生畢業論文等表列。當然也有業界宏惠光電科技股份有限公司及上輝精密儀器有限公司兩家公司前來洽詢開發量產事宜等。

若該計畫已有論文發表者(須於論文致謝部分註明補助計畫編號)，得作為成果報告內容或附錄，並請註明發表刊物名稱、卷期及出版日期。若有與執行本計畫相關之著作、專利、技術報告、或學生畢業論文等，請在參考文獻內註明之。

本研究計畫研究成果計有在著名國際期刊論文發表，著名國際研討會研究成果論文發表，及執行本計畫相關之專利、技術報告、或學生畢業論文等表列。

## 期刊論文：

1. **Junewen Chen**, Jing-Bin Duan, Shih-Jui Wu, Yi-Hsien Chen , Li-An Chiu, Chuan-Sheng Hong and Ya-Ping Kuang ,  
“Novel medium range cross-lines laser indicator and range finder”  
Advanced Materials Research, Vols .403-408(2012), pp 2764-2767, 2012 (EI)
2. **Junewen Chen**, Jing-Bin Duan, Shih-Jui Wu, Yi-Hsien Chen , Li-An Chiu and Ya-Ping Kuang ,  
“Robotic cross-lines laser indicator and range finder”  
Advanced Materials Research, Vols .311-313, pp 1594-1598, August, 2011(EI)
3. **Junewen Chen**, Hao-Sheng Hsieh, Yi-Hsien Chen, Shih-Jui Wu and Li-An Chiu  
“A Novel Extremity Balance System-Design and Manufacturing”  
Advanced Materials Research, Vols .201-203, pp 895-903, February, 2011(EI)
4. **Junewen Chen**, Yau-chen Tseng, Kai-Chun Chuang, Jung-Chao Chen and Shu-Yuan Lin,  
“Rotating type miniature camera phone multi-focal length optical system”  
Optical Review, Vol. 16, NO. 2, pp103-115, April 2009 (SCI)

## 國際會議論文：

1. **Junewen Chen**, Jing-Bin Duan, Shih-Jui Wu Yi-Hsien Chen , Li-An Chiu and Ya-Ping Kuang,  
“Semiconductor lasers in indication and measurement application”  
The Photonics Global Conference 2010. conf10a336, 3-1C-5, pp1-3.(PGC), Singapore from 14 to 16 December, 2010. (EI Conference Journal)
2. **Junewen Chen**, Jing-Bin Duan, Shih-Jui Wu, Yi-Hsien Chen , Li-An Chiu and Ya-Ping Kuang,  
“Electro-Optomechanics design of a high peak power ultra-short pulse UV laser system”  
*Taiwan (OPT) 2010*, OPT5-P-040, p1-3, Tainan, Taiwan, ROC, Dec. 2010. (EI Conference Journal)
3. **Junewen Chen**,  
“The modeling and characterization of simple semiconductor wafers as passive laser modulators”  
SPIE 7354, p73541B, 2009.  
Present at European Symposium on Optics and Optoelectronics, 20 April 2009, Prague, Czech Republic.  
(EI Conference Journal)

4. **Junewen Chen,**

“Optimized single amplified ultra-short laser pulse”

SPIE 6998, p69981D, 2008.

Present at Photonics Europe, 8 April 2008, Strasbourg, France. (EI Conference Journal)

5. **Junewen Chen,**

“Techniques of single amplified high intensity ultra-short pulse laser system”

SPIE 6874, p6874N, 2008.

Present at Photonics West, 21 January 2008, San Jose California, USA. (EI Conference Journal)

## 專利成果：

中華大學 通訊系暨電機研究所 陳振文副教授

No	專利名稱	國別	專利號碼	發明人	專利期間
1.	使用空間濾波鏡組改進雷射十字儀標示線精細化之裝置	中華民國	新型第 M394471 號	陳振文,段景斌,邱利安,康雅萍	自 2010 年 12 月 11 日至 2020 年 8 月 4 日
2.	使用準直鏡組改進雷射十字儀標示線精細化之裝置	中華民國	新型第 M393690 號	陳振文,段景斌,邱利安,康雅萍	自 2010 年 12 月 1 日至 2020 年 7 月 6 日
3.	可調式多組輸出電源供應裝置	中華民國	新型第 M372489 號	陳振文,	自 2010 年 1 月 11 日至 2019 年 7 月 13 日
4.	具有雷射十字標記與測距功能之裝置	中華民國	新型第 M343789 號	陳振文	自 2008 年 11 月 1 日至 2018 年 6 月 23 日

## 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

### 1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

- 達成目標
- 未達成目標（請說明，以 100 字為限）
- 實驗失敗
- 因故實驗中斷
- 其他原因

說明：本研究內容與原計畫完全相符。並因計畫提出時已有可行、成熟之基礎，加上計畫主持人有豐富研究機構、業界及學術經驗，充份利用研究成果，創新提出光機電整合產品概念，已申請專利並通過技術審查。向業界推介，獲得產業界廠商嘉許，要求展示全功能樣機，再執行產學合作技轉再生產產品。本研究完全達成預期目標。

### 2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

- 論文： 四篇 SCI 及 EI 論文已發表  未發表之文稿
- 兩篇 SCI 論文撰寫中  無
- 專利： 四篇專利已獲得  兩篇專利申請中  無
- 技轉： 已技轉  兩家洽談中  無
- （宏惠光電科技股份有限公司及上輝精密儀器有限公司）

其他：（以 100 字為限）

### 3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究計畫學術研究成果計有在著名國際期刊已發表刊出四篇研究成果論文，另外兩篇 SCI 著名國際期刊論文正整理投稿中；參加著名國際研討會已發表刊出五篇研究成果論文；此外我們也已獲得四篇專利並通過技術審查。另有執行本計畫相關之專利、技術報告、或學生畢業論文等有技術、創新的重要成果。有業界宏惠光電科技股份有限公司及上輝精密儀器有限公司兩家公司前來洽詢開發量產事宜等。在近期內就會有技術交流、應用和轉移成果，在光電產業研發生產製造創新且實用的產品，未來國內外行銷，不但為產業界增加產值，更能夠優良的 MIT 標章增加國際光輝。

## 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

國科會補助計畫	計畫名稱：微小型高倍率變焦鏡頭研製及新型主動式高精度測距模組自動對焦光機電整合系統研究 計畫主持人：陳振文 計畫編號：NSC 97-2221-E-216 -002 -MY3 領域：光電		
研發成果名稱	(中文) 雷射十字標記測距儀		
	(英文) Cross-line marking laser range finder		
成果歸屬機構	國科會 中華大學	發明人 (創作人)	陳振文
技術說明	(中文) 一種具有精細十字線標示中長距離高精度雷射測距儀產品。在數百公尺範圍，我們有紅光及綠光十字線標示目標並顯示水平和垂直線，更能隨時即時測量顯示並記錄傳輸高精確度雷射測距資料，準確測距值可精確到 3mm 範圍。 (200-500 字)		
	(英文) A fine cross-line marking medium range laser range finder. Up to several hundreds meter range, precision red and green horizontal and vertical cross-line marking, real time transferable laser range finder. The ranging accuracy is better than 3mm.		
產業別	光電、光學、測量、建築、裝潢、資訊等產業		
技術/產品應用範圍	紅光雷射水平和垂直十字標示雷射測距儀 綠光雷射水平和垂直十字標示雷射測距儀 標示、定位、測距、整合應用系統 測量、建築、裝潢、標示、定位、測距、資訊等應用		
技術移轉可行性及預期效益	技術已研發完成 已獲得專利申請並通過技術審查 精巧實用樣品製作中		

註：本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

## 國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

計畫編號	NSC — — — — —		
計畫名稱			
出國人員 姓名		服務機構 及職稱	
會議時間	年 月 日至 年 月 日	會議地點	
會議名稱	(中文)  (英文)		
發表論文 題目	(中文)  (英文)		

- 一、參加會議經過
- 二、與會心得
- 三、考察參觀活動(無是項活動者略)
- 四、建議
- 五、攜回資料名稱及內容
- 六、其他

說明：已呈繳第一年(九十七年度)出席國際學術會議心得報告  
 20091130-ACP2009-國科會出席國際會議報告-Final OK for Submission  
 已呈繳第二年(九十八年度)出席國際學術會議心得報告  
 20100501-ODF2010-國科會出席國際會議報告-Final OK for Submission

國科會補助專題研究計畫項下赴國外(或大陸地區)出差或研習心得報告

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

計畫編號	NSC — — — — —		
計畫名稱			
出國人員 姓名		服務機構 及職稱	
出國時間	年 月 日至 年 月 日	出國地點	

一、國外(大陸)研究過程

二、研究成果

三、建議

四、其他



## 國科會補助專題研究計畫項下國際合作研究計畫國外研究報告

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

計畫編號	NSC — — — — —		
計畫名稱			
出國人員 姓名		服務機構 及職稱	
合作國家		合作機構	
出國時間	年 月 日至 年 月 日	出國地點	

一、國際合作研究過程

二、研究成果

三、建議

四、其他

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

99 年 5 月 1 日

報告人姓名	陳 振 文	服務機構 及職稱	中華大學 通訊系 副教授
時間 會議 地點	2010 年 4 月 19~21 日 橫濱 日本	本會核定 補助文號	NSC 97-2221-E-216-002-MY3
會議 名稱	(中文) 第七屆國際光學及光電子設計與製造研討會議 (英文) 7 <sup>th</sup> International Conference on Optics-Photonics Design & Fabrication		
發表論文 題目	(中文) 液晶顯示器使用之 LED 背光模組光學及光機設計 (英文) The optical and opto-mechanical design of liquid crystal display LED backlight modular		

附件三

報告內容應包括下列各項：

## 一、參加會議經過

20090920 會議邀稿

20091020 研究成果投稿

20100107 通過審稿並再邀請上台發表論文

20100418~20100422 參加會議發表論文

99 年 04 月 18 日：台北赴日本東京轉赴橫濱，在途及進住。

99 年 04 月 19 日：會議報到、參加會議及研究討論。


99 年 04 月 20 日：參加會議發表論文、及研究討論。

99 年 04 月 21 日：參加會議、研究討論。


99 年 04 月 22 日：橫濱轉赴東京返回台北，在途及返回。

## 二、與會心得

**Advance Program**  
**7<sup>th</sup> International Conference on Optics-photonics**  
**Design & Fabrication**  
**(Co-located with LENS EXPO 2010)**



**“ODF '10, Yokohama”**  
*April 19–21, 2010*




**Pacifico Yokohama Conference Center**  
(パシフィコ横浜 会議センター)  
**Yokohama, Japan**


**Organized by**  
The Optics Design Group (ODG) of OSJ  
Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)

**Sponsored by**  
Optical Society of Japan (OSJ; an affiliate of the Japan Society of Applied Physics)


**In cooperation with**  
ICO (International Commission for Optics) · OSK (Optical Society of Korea) · COS (Chinese Optical Society) · The Optical Engineering Society, Taiwan · PIDA (Photonics Industry & Technology Development Association) · Taiwan Optics/Optronics Manufacturers' Association · OSA (Optical Society of America) · SPIE (The International Society for Optical Engineering) · EOS (European Optical Society) · Rozhdestvensky Optical Society (ROS) · Applied Optics Meeting in Kansai · IEICE (The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers) · IEIJ (The Illuminating Engineering Institute of Japan) · IIEEJ (The Institute of Image Electronics Engineers of Japan) · JIEP (Japan Institute of Electronics Packaging) · JOEM (Japan Optomechanics Association) · JOMA (Japan Optical Measuring Instruments Manufacturer's Association) · JPS (The Physical Society of Japan) · JSMBE (Japanese Society for Medical and Biological Engineering) · JSPE (The Japan Society for Precision Engineering) · LSJ (The Laser Society of Japan) · OITDA (Optoelectronic Industry and Technology Development Association) · SPSTJ (The Society of Photographic Science and Technology of Japan) · The Astronomical Society of Japan · The Color Science Association of Japan · The Spectroscopical Society of Japan




ODG  
OPTICS DESIGN GROUP




OSK  
OPTICAL SOCIETY OF KOREA




COS  
中國光學學會  
CHINESE OPTICAL SOCIETY




EOS  
ОПТИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО  
ОК. И. С. РОЗДЕСТВЕНСКОГО




OSA<sup>®</sup>  
中華光學工程學會  
AMERICAN OPTICAL SOCIETY




SPIE  
THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING




ОПТИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО  
ОК. И. С. РОЗДЕСТВЕНСКОГО




APPLIED OPTICS MEETING IN KANSAI




IEICE  
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS




IEIJ  
THE ILLUMINATING ENGINEERING INSTITUTE OF JAPAN




IIEEJ  
THE INSTITUTE OF IMAGE ELECTRONICS ENGINEERS OF JAPAN




JIEP  
JAPAN INSTITUTE OF ELECTRONICS PACKAGING




JOEM  
JAPAN OPTOMECHANICS ASSOCIATION




JOMA  
JAPAN OPTICAL MEASURING INSTRUMENTS MANUFACTURER'S ASSOCIATION




JPS  
THE PHYSICAL SOCIETY OF JAPAN




JSMBE  
JAPANESE SOCIETY FOR MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING




JSPE  
THE JAPAN SOCIETY FOR PRECISION ENGINEERING




LSJ  
THE LASER SOCIETY OF JAPAN




OITDA  
OPTOELECTRONIC INDUSTRY AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT ASSOCIATION




SPSTJ  
THE SOCIETY OF PHOTOGRAPHIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF JAPAN



THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN



THE COLOR SCIENCE ASSOCIATION OF JAPAN



THE SPECTROSCOPICAL SOCIETY OF JAPAN

**Post-Deadline Paper Submission by February 26, 2010**  
<http://www.odf.jp/>

**Poster Session (1) (10:00-12:00)**

**Optical Design/Simulation  
Optical Components/Devices**

**20PSa-01 Improved optical realization of the complex Gabor-wavelet filter**

*H. E. Hwang, G. H. Yang, M. C. Chien, and S. C. Chen (Chung Chou Inst. of Technology / Taiwan)*

A modified 2D complex Gabor-wavelet filter (CGWF) optical architecture based on the proposed Gaussian chirplet transform (GCT) approach is presented. This study improves the author's previous work focused on the subject which was published in the Optics Letters [15]. Far from the conventional setup schemes in which only the real part of the CGWF (even-symmetric GWF) can be implemented optically, the proposed optical scheme shows that the real and also the imaginary part of the CGWF (odd-symmetric GWF) can be achieved. The computer application simulations to the oriented edge feature extraction are given to validate the feasibility of the proposed scheme.

**20PSa-02 Investigation of Temporal and Angular Dispersions in Conical Mirrors Systems for Ultra-short Pulses**

*H. M. Al-Juboori, J. Baehr (DESY / Germany)*

The dispersion properties of reflective surfaces become increasingly important for short pulse measurements. The discussion will focus, in particular, on considerations regarding incorporation of temporal dispersion with angular dispersion in reflective optical systems.

**20PSa-03 The Optical and Opto-mechanical Design of the Liquid Crystal Display LED Backlight Modular**

*J. Chen, J. C. Chen, S. Y. Lin, C. H. Yeh, and C. Y. Liu (Chung-Hua Univ. / Taiwan)*

LED backlight source for the LCD with practical optical and opto-mechanical design will be presented in detail. By optimizing incident angles, distances to the light guide plate, we have the output light efficiency 73.55%.

**20PSa-04 The variable light pattern of illumination devices**

*C. H. Lin, C. C. Lin, H. H. Lo, T. Y. Chen, and L. P. Chung (Industrial Technology Research Inst. Taiwan)*

The lens design of symmetric and asymmetric light distribution has been designed. The LED illuminated devices combine with above two kinds of lenses, and it will get the particular light pattern to match the region shape.

**20PSa-05 Optimization of Color Rendering of Light Mixtures**

*K. C. Lin (Kun Shan Univ. / Taiwan)*

A method is developed for optimization of color rendering for a light mixture. No derivatives of the rendering function are required. Constraints of color correlated temperature and approximately white can be incorporated. Applicability has been illustrated by simulation and a mixture of 3 colors is demonstrated in this paper.

**20PSa-06 Spectroscopic Studies on Aquatic Angiosperm**

*A. Ozawa, N. Oomizo, R. Fujinami, R. Imaichi, and H. Imai (Japan Women's Univ. / Japan)*

In order to clarify the mechanism of photosynthesis, we conducted the spectral analysis in aquatic angiosperm. We observed the absorption peak associated with chlorophyll-a around 430 nm. The chlorophyll population was found larger inside the organ than the surface.

# ODF'10 Yokohama

ODF'10  
Yokohama

Technical Digest  
ISBN:978-4-86348-068-1

## 7<sup>th</sup> International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication (Co-located with LENS EXPO 2010)



*“ODF '10, Yokohama”*  
April 19-21, 2010

Pacifico Yokohama Conference Center  
Yokohama, Japan  
(パシフィコ横浜 会議センター)

**Organized by**

The Optics Design Group (ODG) of OSJ  
The 179th Committee on Photonics Information Systems, JSPS

**Sponsored by**

Optical Society of Japan  
(An affiliate of the Japan Society of Applied Physics)

**In cooperation with**

ICO (International Commission for Optics)  
COS (Chinese Optical Society)  
EOS (European Optical Society)  
SPIE (The International Society for Optical Engineering)  
The Optical Engineering Society, Taiwan  
OSA (Optical Society of America)  
OSK (Optical Society of Korea)  
OPSS (Optics and Photonics Society of Singapore)  
PIDA (Photonics Industry & Technology Development Association)  
Taiwan Optics/Optronics Manufacturers' Association  
ROS (Rozhdestvensky Optical Society)  
Applied Optics Meeting in Kansai  
The Astronomical Society of Japan  
The Color Science Association of Japan  
IEICE (The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers)  
IEIJ (The Illuminating Engineering Institute of Japan)  
IEEEJ (The Institute of Image Electronics Engineers of Japan)  
JIEP (Japan Institute of Electronics Packaging)  
JOMA (Japan Optical Measuring Instruments Manufacturer's Association)  
JOEM (Japan Optomechatronics Association)  
JSMBE (Japanese Society for Medical and Biological Engineering)  
JSPE (The Japan Society for Precision Engineering)  
LSJ (The Laser Society of Japan)  
OITDA (Optoelectronic Industry and Technology Development Association)  
JPS (The Physical Society of Japan)  
The Spectroscopical Society of Japan  
SPSTJ (The Society of Photographic Science and Technology of Japan)

**Supported by**

Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)  
KDDI Foundation  
Support Center for Advanced Telecommunications Technology Research (SCAT)  
Yokohama Convention & Visitors Bureau (YCVB)

本第七屆國際光學及光電子設計與製造研討會議，我們的分項專題研討是光學設計及製造新技術。共有十六篇論文口頭報告發表及七十八篇壁報展示論文，我們發表之論文排序第三。

我們的分項專題論文發表會議由芬蘭 Kuopio 大學，Professor A Kamshilin 及新加坡的新加坡與美國麻省理工學院聯合研究及技術中心 G Barbastathis 院長共同主持。是有實務經驗、有學術尊榮的國際著名研究人士。與我們除研討會上討論，也有會外交流討論。

我們的論文發表是 The optical and opto-mechanical design of liquid crystal display LED backlight modular，發表我們創新研究，優化液晶顯示器使用之 LED 背光模組光學及光機設計，是可有變性，及最佳光機構設計和高解析度光追跡光學系統設計研究。吸引多人參觀討論，並有會議主持人鼓勵我們有新創意的優異，並建議儘早在國際期刊發表。

下頁是我們發表論文海報資料。

在會議中有日本 Sharp Corp. 顯示器技術部門 Yukiko Nagasaka 博士，及同仁 Kuniaki Okada, Masayuki Nishikawa, Kazuya Ikuta 等一行四人參觀我們海報展示，並拿出大本論文集就我們發表的論文內，照明均勻度的參數研究結果詳細討論，確是有先研究。可見日本研究人員，做事確實嚴謹。

另外 Japan Women's University，Ozawa 教授女士也帶研究生參觀我們海報展示。工研院林宗宏先生也對我們光學設計軟體也很感興趣，多有討論。還有其他日本及新加坡研究人員來參閱及討論。

這次會議及展示最令個人感慨的是，蘇聯聖彼得堡大學及當地公司，有感光學光電的重要性，政府資源、大學研究、公司投入等整合，共有 Saint-Petersburg State University of ITMO、Saint-Petersburg State Technology Institute、University of Information Technology Russia、Focus 公司、Federal State Unitary Enterprise "PK GOI im. SI Vavilov" Russia 公司等單位，近十位學者及研發人員參加本研討會。並有十數篇論文研究發表，有趣的是他們海報是集團預先集合，大捆帶來會場，再分別展示，是較奇特。由於個人曾於 2003 年在聖彼得堡參加 Laser Optics 國際研討會，今年夏天又有在聖彼得堡舉行雷射發明五十年全球慶祝及國際會議，跟他們聊起來，大家都備感親切。我也介紹我們研究論文以及台灣光學光電產業、產品、技術及學校、研究單位、產業界及部分公司等等，他們都很有興趣及意願多了解連絡來往。也討論了聖彼得堡大學及當地公司，近年來光學光電研究成果，可以互相參考。

# The Optical and Opto-mechanical Design of the Liquid Crystal Display LED Backlight Modular

Junewen Chen, Jung-Chao Chen, Shu-Yuan Lin, Chia-Hao Yeh, and Chin-Yi Liu  
Institute of Mechanical Engineering,  
Chung-Hua University, No 707, Section 2, Wu-Fu Road, Hsinchu 300, Taiwan

**Abstract:** LED backlight source for the LCD with practical optical and opto-mechanical design will be presented in detail. By optimizing incident angles, distances to the light guide plate, we have the output light efficiency 73.55%.

© 2010 OSJ

**Keywords:** LED light source, backlight module, optical design, opto-mechanical design, pattern design.

The LCD mechanism is not having a self-illuminating light source to display it needs to have an illuminating light source to display. A good backlight source is crucial to the LCD qualities. We design a side injected LED light as original light sources, the LED lights directed and managed through the dots pattern and the light guide plate to generate a homogeneous surface light source. It is the light source for the liquid crystal display. We have designed and optimized the optics layout and the opto-mechanical parameters to achieve a good light source uniformity. [1] The TracePro software can design and simulate the results for the advance d analysis. [2]

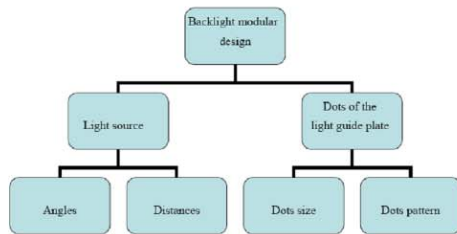


Fig. 1, The design flow-chart of the LCD backlight modular

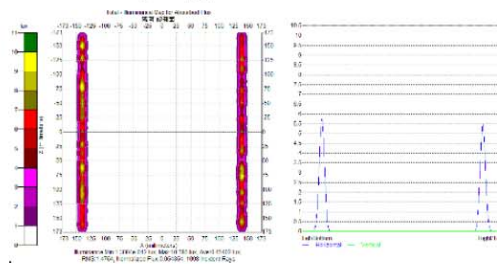


Fig. 2, Lights 20 degree up.

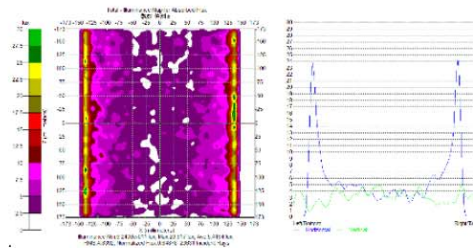


Fig. 5, : Dots radius 0.5mm , height 0.02mm.

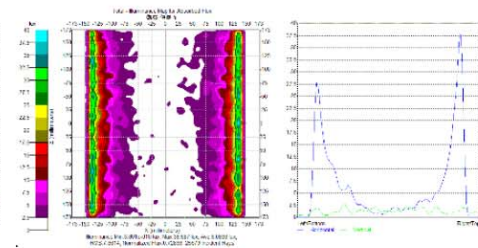


Fig. 6, : Dots radius 0.5mm, height 0.05mm

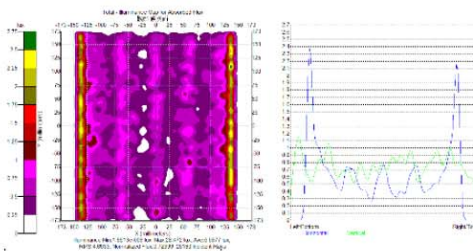


Fig. 7.: Intensity diagram of the parallel dots pattern.

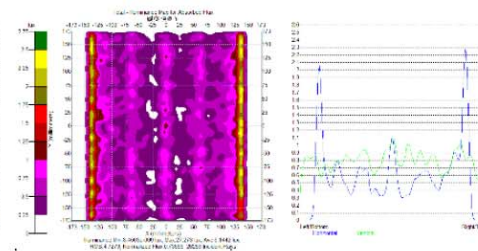
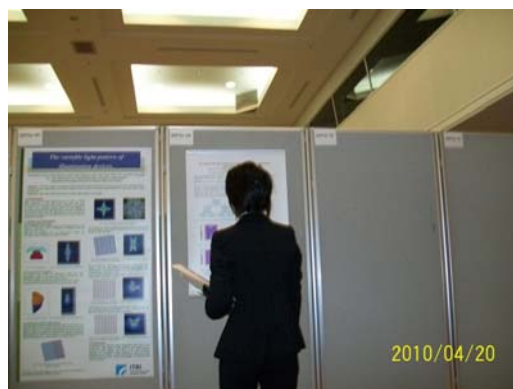
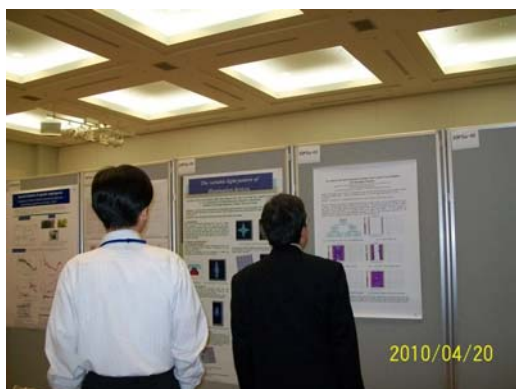
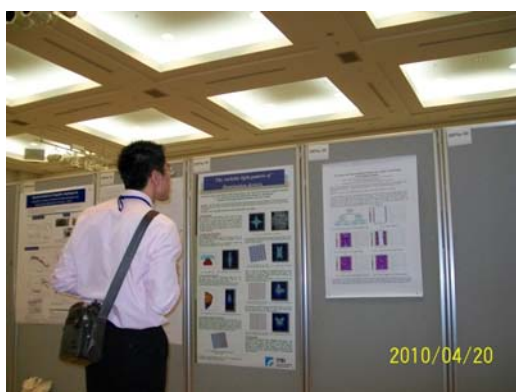
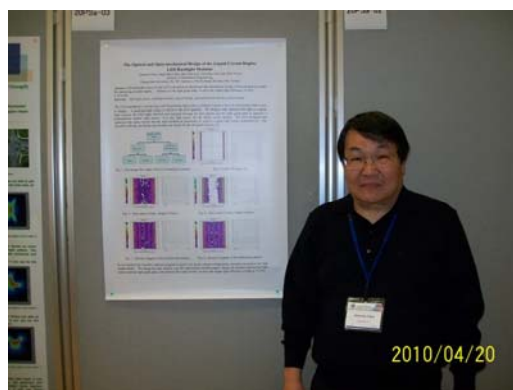


Fig. 8.: Intensity diagram of the shifted dots pattern.

In our research the TracePro software program is used to set up the system configuration, simulate and analyze the light output results. We design the light sources, vary the light sources incident angles, change the distance between the light sources and the light guide plate, and optimize the output results. we have the output light efficiency as high as 73.55%.

下列照片是我們參加會議發表的照片





第二次到日本，都是參加國際研討會。這次由於學校工作較忙碌，停留更短，三天在橫濱會場及旅館。早晚在研討會會場及旅館散步及活動，確也看出日本及日本人的正面：生活水準確為亞洲東方人的頂尖，居家及公共環境清潔，表面禮貌週到，服務態度及心態非常優良。確是我們可以學習的。

### 三、考察參觀活動(無是項活動者省略)

無。

### 四、建議

日本研究人員做事，或是來參加會議，都會拿出準備資料，如大本論文集等原始資料，就我們發表的論文研究結果詳細討論，確是有先研究。可見日本研究人員，做事確實嚴謹。另外 Japan Women's University, Ozawa 教授女士也帶研究生參觀我們海報展示，同時也發覺有其他更多，世界女性參加光學光電研究，並也都已展露頭角。工研院林宗宏先生也對我們光學設計軟體也很感興趣，多有討論。還有其他日本及新加坡研究人員來參閱及討論。發覺只要是我們專業，努力以赴，我們在國際會議還是會獲得應有的好評及尊重。當更加好好利用本三年期計畫，還有第三年參加國際研討會機會，努力研究，好好發表，增進國譽。

### 五、攜回資料名稱及內容

1. 會議出席證
2. 研討會時程表
3. 研討會論文摘要
4. 會議專業展覽場地及廠商分配表
5. 芬蘭 OULU 大學 Brigitte Lanz 教授名片
6. 廠商目錄
7. 會議照片

### 六、其他

無

## The Optical and Opto-mechanical Design of the Liquid Crystal Display LED Backlight Modular

Junewen Chen, Jung-Chao Chen, Shu-Yuan Lin, Chia-Hao Yeh, and Chin-Yi Liu  
Institute of Mechanical Engineering,  
Chung-Hua University, No 707, Section 2, Wu-Fu Road, Hsinchu 300, Taiwan

**Abstract:** LED backlight source for the LCD with practical optical and opto-mechanical design will be presented in detail. By optimizing incident angles, distances to the light guide plate, we have the output light efficiency 73.55%. © 2010 OSJ

**Keywords:** LED light source, backlight module, optical design, opto-mechanical design, pattern design.

### 1. Introduction

The LCD mechanism is not having a self-illuminating light source to display it needs to have an illuminating light source to display. A good backlight source is crucial to the LCD qualities. We design a side injected LED light as original light sources, the LED lights directed and managed through the dots pattern and the light guide plate to generate a homogeneous surface light source. It is the light source for the liquid crystal display. We have designed and optimized the optics layout and the opto-mechanical parameters to achieve a good light source uniformity.[1] The TracePro software can design and simulate the results for the advanced analysis. [2]

### 2. The design flow chart

Figure 1 shows the design flowchart of our LCD backlight modular. In the LED light sources, we optimize the LED light sources angle, and the distances between the LED light sources to the light guide plat. We also optimized the dots pattern as well as the pattern location to maximize the overall out put light efficiency and its uniformity.

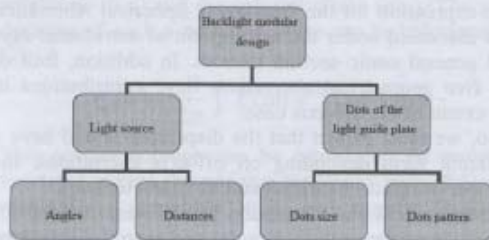


Fig. 1, The design flow-chart of the LCD backlight modular.

### 3. The light guide plate

We use a side injected LED light as original light sources, the LED lights directed and managed through the dots pattern and the light guide plate to generate a homogeneous surface light source. The LED light sources direct into two ways, the one goes total reflecting to the other end, and when the light beams reflect through the high reflecting materials and the dots pattern, the reflected lights will expand. The normal injection light source come out of the light guide plate through the reflecting dots pattern that have been optimized with the shapes, sizes, and positions.

The materials properties and cost of the light guide plate are summarized in Table 1. We use the PMMA (PolyMethyl MethAcrylate). It is inexpensive, and has good physical characteristics. The refraction index of PMMA is 1.497 that is its critical angle of total reflection is  $42^\circ$ . All the incoming light beams with incident angle larger than  $42^\circ$ , will be totally reflected.

Table 1: Material properties and cost of the light guide plates

Physics characteristics	PMMA	PC	Zeonor	Arton
Density	1.2	1.2	1.0	1.1
Water absorbance	% 0.3	0.2	0.01	0.24
Light transmittance	3 mm Thickness % 93	90	92	92
Refraction index	1.49	1.59	1.53	1.51
Temperature of the heat distortion	Tg (°C) 90~105	145	105	171
Cost	-	Low	Medium	Medium high

Source : PIDA

### 4. The LED light source angles

As direct LED light source incident with no dots pattern, we can see from the results in Figure 4, 5, and 6, the output intensities various according to the light source angles. Table 2, summarize the results.

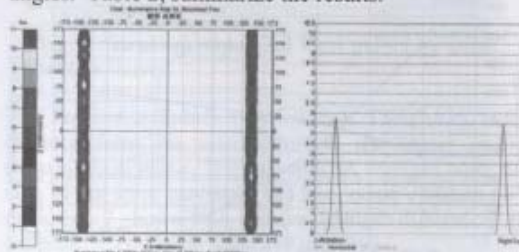


Fig. 2, Lights 20 degree up.

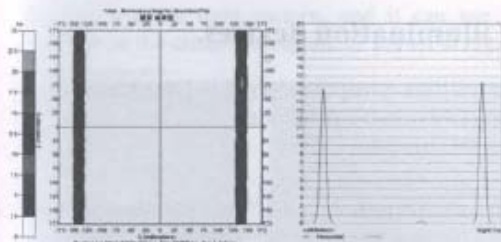


Fig. 3, Parallel incident lights.

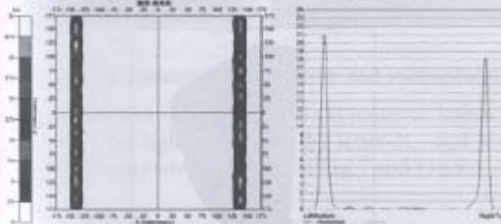


Fig. 4, Lights 20 degree down.

Table2: Results of the light source angles

Angle adjustment	Light out efficiency	Max lux
20 degree up	17.7%	23.9
Parallel incident	13.3%	22.9
20 degree down	5.4%	10.4

### 5. The Dots pattern of the light guide plate

The light guide plate without dots pattern will direct the light output concentrated to the light incident side. We design and optimize a dots pattern to uniformly direct the output light source. An equally distributed dots pattern, optimize the dots radius with larger dots radius at far side of the light source while with smaller dots radius at near side of the light source. Figure 5 and 6 are the design results. And Table 3 is the summarized results of the dots pattern with different heights.

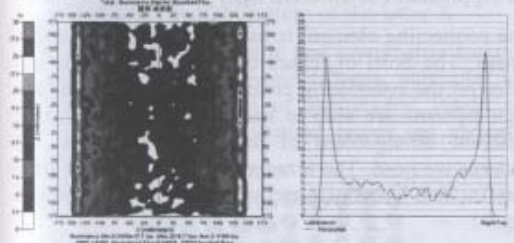


Fig. 5, : Dots radius 0.5mm, height 0.02mm.

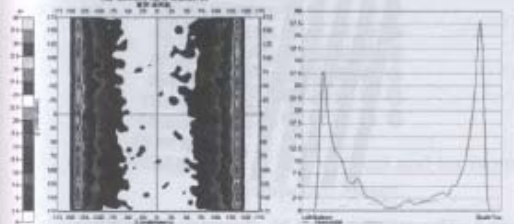


Fig. 6, : Dots radius 0.5mm, height 0.05mm

The irregularity lines of the dots pattern will result in partially bright as well as dark spots. But it can avoid the cell data line and gate line patterns. Figure 7 and 8 show the intensity diagram of the parallel dots and the shifted dots respectively.

Table 3 : Results of the height of the dot pattern

Height of the dot pattern	Homogeneity	Max lux
0.02 mm	32.2 %	29.9
0.05 mm	11.0 %	38.7
0.1 mm	3.1 %	52.6
0.5 mm	0.1 %	60.5

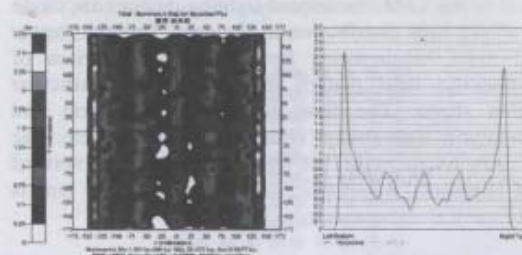


Fig. 7, : Intensity diagram of the parallel dots pattern.

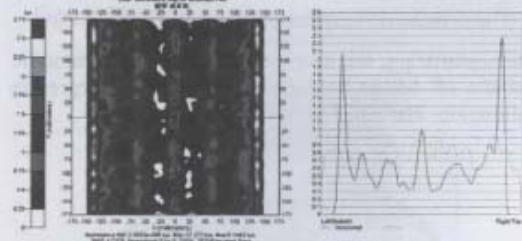


Fig. 8, : Intensity diagram of the shifted dots pattern. Up to now, our design has 73.55 % light output efficiency, 35 % homogeneity. It is the primary design results. Table 4, summarize the Overall results.

Table 4 : Backlight results

Output light	White
Light output efficiency	73.55 %
Homogeneity	35 %

### 6. Conclusion

In our research the TracePro software program is used to set up the system configuration, simulate and analyze the light output results. We design the light sources, vary the light sources incident angles, change the distance between the light sources and the light guide plate, and optimize the output results. we have the output light efficiency as high as 73.55%.

### 7. References

- [1] Hou-Shiang Chang, "Optimize Optical design of the LED backlight modular", MSc thesis, Institute of EO Science, Ching-Hua University, Taiwan, 2007.
- [2] TracePro Handbook, 2007.
- [3] Chou Ming-Chih, Han Bin, and Chang Li-Ho, "Backlight simulation", thesis in speos, National Chung-Shin University, 2007

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

98 年 11 月 18 日

報告人姓名	陳 振 文	服務機構 及職稱	中華大學 機械系 副教授
時間 會議 地點	2009 年 11 月 2~6 日 上海	本會核定 補助文號	NSC 97-2221-E—216-002-MY3
會議 名稱	(中文) ACP 2009 年通訊及光電子國際會議 (英文) ACP2009 Asia Communication and Photonics International Conference		
發表論文 題目	(中文)高功率超短脈衝紫外波長雷射系統 (英文) High Power Ultra-Short Pulse UV Laser System		

附件三

報告內容應包括下列各項：

## 七、參加會議經過

20090331 會議主席邀稿

20090606 研究成果投稿

20090825 通過審稿並再邀請上台發表論文

20091102~20091106 參加會議發表論文

98 年 11 月 1 日：台北赴上海，在途及進住。

98 年 11 月 2 日：會議報到、參加會議及研究討論。

98 年 11 月 3 日：參加會議及研究討論。

98 年 11 月 4 日：參加會議、研究討論及參觀會議邀請之專業展覽。

98 年 11 月 5 日：參加會議發表論文、研究討論及參觀會議邀請之專業展覽。

98 年 11 月 6 日：參加會議、研究討論及參觀會議邀請之專業展覽。

98 年 11 月 7 日：上海返回台北，在途及返回。

---

## Guang Da 16

---

**10.30–12.00**

**ThP • Ultra-Short Optical Pulses**

*Katsunari Okamoto; AiDi Corp., Japan,  
Presider*

**ThP1 • 10.30**

**Group-Velocity Compensation in Mixing Process of Third-Harmonic Generation of Ultra-Short Pulses**, *Yizhou Tan, Yisheng Yang, Shuihua Huang, Guangwei Zheng; Natl. Univ. of Defense Technology, China*. Group-velocity mismatch in third harmonic generation (THG) is investigated. A new walk-off compensated crystal is used as the mixer. Theoretical results show that THG conversion efficiency of ultra-short pulses can be increased dramatically with this design. Influence of fast-wave-delaying to frequency conversion properties of ultra-short pulses is analyzed.

**ThP2 • 10.45**

**Optical Pulses Compression Using Time Lens**, *Tan Zhongwei, Zhou Nan, Gong Taorong, Chen Ming, Chang Yanling, Jian Shuisheng; Beijing Jiaotong Univ., China*. Temporal imaging is one of the important research issues using time-lens. The theory of temporal imaging using time lens is discussed briefly. The experiment to perform optical pulses compression is demonstrated and the problem is further discussed by numerical simulation in this article.

**ThP3 • 11.00**

**Soliton Compression of Femtosecond Pulses in Two-Segment Quasi-Phase-Matching Grating**, *Xianglong Zeng, Zijie Wang, Tingyun Wang; Shanghai Univ., China*. We theoretically propose soliton-like compression of femtosecond pulses in two-segment quasi-phase-matching grating by using group-velocity matching scheme. We also numerically show soliton compression of femtosecond pulses with higher quality factor, lower intensity threshold and better spatial-temporal pattern than periodic quasi-phase-matching structure with the same total crystal length.

---

## Guang Da 16

---

### **ThP4 • 11.15**

**High Diffraction Efficiency for Ultra-Short Laser Pulse by Superposed Transmission Volume Phase Gratings,** *Guangwei Zheng, Jichun Tan, Yanlan He; College of Science, Natl. Univ. of Defense Technology, China.* A configuration-two transmission volume phase gratings superposed is presented, where the gratings' vectors are parallel to each other. Its diffraction efficiency is up to 90% for ultra-short laser pulse. The configuration enhances the gratings' performance for ultra-short laser pulse, such as its spatial filtering, beam deflecting, and so on.

### **ThP5 • 11.30**

**Investigation of the Doping Profile Effect on Operation of Internally Q-Switched Laser Diodes Aiming at High-Power Picosecond Light Source,** *Brigitte Lanz<sup>1</sup>, Sergey Vainshtein<sup>1</sup>, Juha Kostamovaara<sup>1</sup>, Vladimir Lantratov<sup>2</sup>, Nikolay Kaluzhniy<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Electronics Lab, Dept. of Electrical and Information Engineering, Univ. of Oulu, Finland, <sup>2</sup>Ioffe Physico-Technical Inst., RAS, Russian Federation.* Lately demonstrated high-power (50W from 20 $\mu$ m stripe) picosecond (30ps) lasing from a laser diode has addressed us to internal Q-switching phenomenon, discovered four decades ago and not understood so far. We found that the realization of nanosecond or picosecond mode from a diode depends on doping profile across the structure.

### **ThP6 • 11.45**

**High Power Ultra-Short Pulse UV Laser System,** *Junewen Chen<sup>1</sup>, Kai-Chun Chung<sup>2</sup>, Jung-Chao Chen<sup>1</sup>, Shu-Yuan Lin<sup>1</sup>, Chi-Feng Chen<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Inst. of Mechanical and Aerospace Engineering, Chung-Hua Univ., Taiwan, <sup>2</sup>Inst. of Mechanical Engineering, Natl. Central Univ., Taiwan.* We have developed a terawatts high intensity sub-hundred femtosecond ultra-short pulses 248.6 nm ultraviolet laser systems.

本分項專題研討會超短雷射光脈衝，Ultra-short Optical Pulses，共有六篇論文上台發表及多篇壁報展示論文。

論文發表會議由日本 AiDi Corp 公司，技術長 Chief Technology Officer、Katsunari Okamoto 博士主持。是一位有實務經驗、有學術尊榮的國際著名研究人士。與我們除研討會上討論，也有會外交流討論。

本論文發表會議特別重要的，有由北京交通大學校長，談振輝教授，領銜發表的論文: Optical pulse compress using time lens。利用 time-lens 做 Temporal Imaging，有理論的推導解析以及數值模擬，其實驗數據顯示有脈衝壓縮現象。很好的研究題目及結果，但是演講資料仍有部份誤植，是美中不足。

另外，上海大學通信與信息學院講師，曾祥龍博士發表的論文: Soliton compression of femtosecond pulses in two segment quasi-phase-matching grating。利用 group velocity matching 的理論推導，並用數值模擬數據顯示結果。其超短脈衝的壓縮有更高的 Quality factor，更低的 intensity threshold 以及更好的 pattern。可惜發表者的經驗不足，準備也較少，報告中多次出現停頓及連接不上的窘態。

倒是芬蘭學者 Brigitte Lanz 博士，Electronics lab，Department of Electrical and Information Engineering，University of Oulu，Finland，發表與蘇聯學者共同研究的: Investigation of the doping profile effect on operation of internally Q-switched laser diodes aiming at high-power picosecond light source。內容新穎扎實，報告流利嚴謹。尤其 Power point 檔，製作精彩，並有超連結說明，很優異。我們以吸收，以後我們報告也可以精進。Finland，University of Oulu，有很著名的光電雷射技術研究，與 Brigitte Lanz 博士會談，也有我們在英國的共同認識的學校、研究機構及專業研究員。

我們的論文發表是 High power ultra-short pulse UV laser system，發表我們創新研究，可有高重複脈衝率的，高功率超短脈衝，紫外波長雷射系統。會議主持人 Katsunari Okamoto 博士頗感新創意的優異，並建議儘早在國際期刊發表。

下列資料為論文發表會議以及相關參考資料：

AiDi Corporation is a global company that offers innovative, high-value, Passive Optical Network (PON) products and service. AiDi leads the way to expanding optical network markets and deployments through improved network efficiency and economics. AiDi has exceptional technical leadership in the industry, providing customers with advanced networking options at a lower total cost of ownership.

**Katsunari Okamoto** Chief Technology Officer

姓名：谈振辉

性别：男

出生年月：1944 年 2 月

职称：教授

办公电话：51688026

电子邮箱：zhhtan@center.njtu.edu.cn

办公地点：sy604



#### 个人简介：

1944 年 2 月出生，工学博士，北京交通大学校长。国家“863 计划”通信主题第一、二、三届专家组成员，国务院学位委员会第五届交通运输工程学科评议组召集人，中国铁道学会常务理事，中国通信学会和中国铁道学会会士，中国铁道学会自动化委员会副主任委员，教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会主任委员，第五届全国博士后管理委员会工学八组专家组成员，茅以升科技教育基金委员会常务委员。《电子学报》、《铁道学报》、《交通运输系统工程与信息》、《中国铁路》和《城市轨道交通研究》编委。

#### 研究方向：

宽带数字移动通信、扩展频谱通信、自适应滤波和移动计算算法、数字信号处理技术在通信中的应用，交通信息工程与控制、高速铁路智能综合信息系统等。

#### 科研项目：

主持完成了多项 863 计划通信主题项目，国家自然科学基金重点和面上项目。目前正在主持国家自然科学基金重点项目：“高速铁路智能综合信息系统与关键技术的研究”。

#### 学术著作：

在国际、国内学术期刊及学术会议发表学术论文一百多篇。其中《EI》收录 17 篇，《SCI》1 篇。编著“蓝牙技术原理与协议”。

#### 获奖荣誉：

1· 全路大中型客站无线通信系统及沈阳站实施方案，（1987 年 铁道部科技进步三等奖）2· 铁路货场无线通信网，（1989 年 铁道部科技进步三等奖），3· 卫星通信在铁路中发展研究，（1991 年 铁道部科技进步三等奖），4· 铁路站场地区自动拨号系统，（1994 年 铁道部科技进步二等奖），5· 短波跳频同步系统，（1999 年 铁道部科技进步四等奖），6· 铁路集装箱无线动态跟踪系统，（年 铁道部科技进步三等奖），7· 蚌埠站 （2002 年 铁道部科技进步二等奖）。



曾祥龙的详细资料	
工号： 10007942	性别： 男
学历： 博士研究生	学位： 博士
职称： 副研究员	政治面貌： 中共党员
是否硕士研究生导师： 是	是否博士研究生导师： 否
学科专长： 非线性光学及脉冲整形	
所属部门： 通信工程教研室	办公室： 行健楼 1016
联系电话：	
<p><b>简介：</b></p> <p>个人的简历及经历、学术兼职：</p> <p>光学专业博士，1977 年出生，现为上海大学通信与信息学院讲师。2004 年 4 月于上海交通大学物理系光学与光子学研究所获得光学专业博士学位，博士论文题目为“基于铌酸锂光学超晶格的非线性光学效应及其应用研究”。博士毕业后 2004 年 5 月—2004 年 11 月半年内在华东师范大学光谱与波谱重点实验室进行了飞秒脉冲与非线性晶体的相互作用研究。自 2004 年 11 月起以日本国学术振兴学会（JSPS）的外国人特别研究员身份在日本东京大学黑田一志村实验室进行为期两年的博士后研究工作。2007 年 2 月初回国，在上海大学通信与信息工程学院工作。研究领域是非线性光学超晶格的制备及基于级联二阶非线性效应的飞秒脉冲压缩、纳米非线性光纤及光纤传感。</p> <p>目前的研究领域包括：飞秒光脉冲压缩，光纤传感及纳米光纤</p> <p>近期发表主要论文：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Xianglong Zeng, S. Ashihara, N. Fujioka, T. Shimura, and K. Kuroda, ‘ ‘Adiabatic compression of quadratic temporal solitons in aperiodic quasi-phase matching gratings’ ’ , Optics Express, Vol.14. 9358-9370 (2006);</li> <li>2. Xianglong Zeng, S. Ashihara, N. Fujioka, T. Shimura, and K. Kuroda, ‘ ‘Adiabatic Soliton Compression of Femtosecond Pulses in Chirped Quasi-phase-matching Gratings’ ’ , CLEO’ 06, U. S. A. , paper JThC51 (2006);</li> <li>3. X. Zeng, ‘ ‘Frequency shift based on cascaded second-order nonlinearity effect in 1.5um’ ’ . 9th meeting of Lightwave Synthesis (LWS), Japan, p20-25 (2004);</li> <li>4. Xianglong Zeng, Xianfeng Chen, Yuping Chen, Yuxing Xia and Yingli Chen, ‘ ‘Observation of all-optical wavelength conversion based on cascaded effect in periodically poled lithium niobate waveguide’ ’ , Optics &amp; Laser Technology Vol. 35, 187-190 (2003)</li> <li>5. Xianfeng Chen, Xianglong Zeng, Yuxing Xia, and Yingli Chen, ‘ ‘Optimal design of broadened flat bandpass electro-optic phase modulator based on aperiodic domain-inverted</li> </ol>	

- grating' ', Journal of Optics A: Pure and Applied Optics Vol.5, 159-162 (2003)
6. Zeng Xianglong, Chen Xianfeng, Wu Fei, Chen Yuping, Xia Yuxing, Chen Yingli, ' 'Second-harmonic generation with broadened flattop bandwidth in aperiodic domain-inverted gratings' ', Optics Communications, Vol. 204, 407-411 (2002);
7. Yuping Chen, Rui Wu, Xianglong Zeng, Yuxing Xia and Xianfeng Chen, ' 'Type-I Quasi-phase-matched blue second harmonic generation with different polarization in periodically poled LiNbO3' ', Optics and Laser Technology, Vol.38, 19-22 (2006)
8. Fei Wu, Xianfeng Chen, Xianglong Zeng, Yuping Chen, and Yuxing Xia, ' 'Generation of multiple-wavelength light sources for optical communications in aperiodic optical superlattice' ', Chinese Optics Letters, Vol.3, No.12, 708-711-1031(2005)
9. Xianfeng Chen, Fei Wu, Xianglong Zeng, Yuxing Xia, Yingli Chen, ' 'Multiple quasi-phase-matching in nonperiodic domain-inverted optical superlattice' ', Physics Review A 69, 013818( 2004)
10. 陈险峰, 石剑虹, 陈英礼, 曾祥龙, 介电体超晶格的 Solc 光学滤波器及其制作方法, 申请号 02155043.3, 公开号: CN1508575A 公开日: 2004 年 6 月 30 日

#### 九、考察參觀活動(無是項活動者省略)

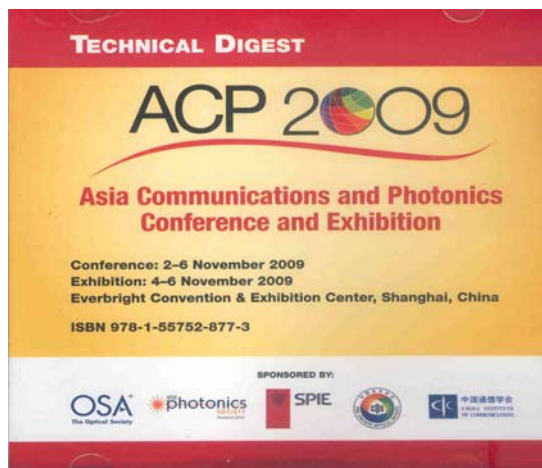
參觀會議邀請之專業展覽。

#### 十、建議

從來以為大陸研究人員基礎及理論研究應領先台灣，但發覺只要是我們專業，努力以赴，我們在國際會議還是會獲得應有的好評及尊重。當更加好好利用本三年期計畫還有兩次參加國際研討會機會，努力研究，好好發表，增進國譽。

#### 十一、攜回資料名稱及內容

1. 會議出席證
2. 研討會時程表
3. 研討會論文摘要
4. 會議專業展覽場地及廠商分配表
5. 芬蘭 OULU 大學 Brigitte Lanz 教授名片
6. 廠商目錄
7. 會議照片



**CONFERENCE PROGRAM**


# ACP 2009

## Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition

Conference: 2-6 November 2009    Exhibition: 4-6 November 2009  
Everbright Convention & Exhibition Center, Shanghai, China


---

**KEYNOTE SPEAKER**




**Jianlin Cao,**  
Vice Minister,  
Ministry of Science and  
Technology, China


**PLENARY SPEAKERS**



**Eric S. Musser,**  
Chief Executive Officer,  
Coming Greater China,  
China



**Leping Wei,**  
Former Chief Technology  
Officer and the chairman of  
the Science and Technology  
Advisory Committee of  
China Telecom Corp.,  
China

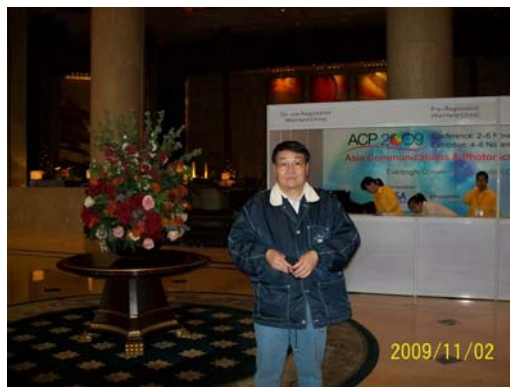


**Brian C. Wilson,**  
Head, Division of  
Biophysics and Bioimaging,  
Ontario Cancer Inst.,  
Univ. of Toronto, Canada

---

[www.acp-ce.org](http://www.acp-ce.org)    SPONSORED BY:    OSA The Optical Society    photonics SOCIETY    SPIE    CIPS    中国通信学会 China Institute of Optics and Optoelectronics

研討會論文集



會議報到





演講發表論文



參觀會議專業廠商展覽



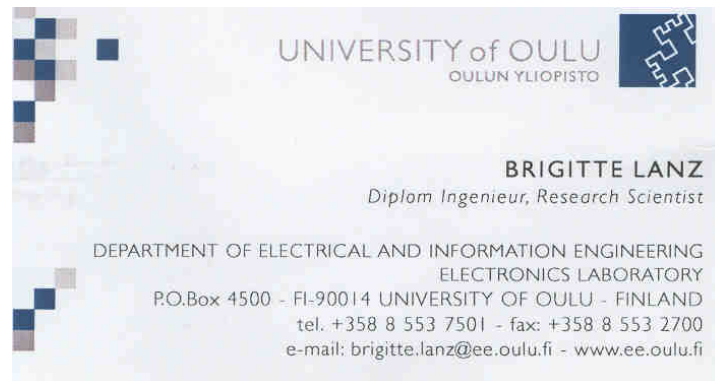
上海市激光技術研究所



美商 Corning 公司



中國科學院上海研究所



芬蘭 OULU 大學 Brigitte Lanz 教授名片

## 十二、 其他

### 1. 會議性質及效益說明：

The ACP Technical Conference - taking place in Shanghai, China, Nov 2-6, 2009 and co-located with the ACP trade show exhibition will be the premier conference in the Asia Pacific region for optical research and technologies in a wide range of application areas including optical communications, optical sensors, biophotonics, displays, solid-state lighting and energy applications. ACP will bring together the foremost forum for advanced technical research and the dynamic Chinese marketplace.

The ACP technical conference features a full suite of plenary talks, invited talks, contributed talks, short courses and posters given by international academic and industrial researchers who are leaders in their respective fields, including:

- Optical Sensors and Biophotonics.
- Displays, Solid-State Lighting, and Optoelectronics in Energy.

- Optical Fibers, Fiber Devices and Passive Components.
- Optoelectronic Devices and Materials.
- Optical Transmission, Switching, and Subsystems.
- Network Architectures, Management, and Applications.

With a conference program of broad scope and of the highest technical quality, ACP provides an ideal venue to keep up with new research directions, the latest technical breakthroughs and emerging new commercial applications of optoelectronics subsystems and technologies. ACP offers the opportunity to meet and interact with the researchers who are leading these advances.

Participation in the ACP technical conference, along with the extensive commercial exhibit and trade show, will be of strategic value for multi-national companies seeking to build relationships and develop their businesses in China's rapidly growing market. In addition to scientists and researchers from around the world, ACP presenters and attendees will include top Chinese decision-makers in government, local authorities, business, finance and international development.

The ACP conference proceedings will be included in the [IEEE Xplore Digital Library](#) and [OSA's OpticsInfoBase](#), which provides on-line access to almost a third of the world's current electrical engineering and computer science literature. Your paper will be archived, indexed by INSPEC® and Ei Compendex, where it will be available to the international technical community.

2. Ei Compendex 發表論文(將刊登於 EI 期刊 SPIE 7631-49)
3. 會議演講資料(存作者)





An  $A_r^+$  laser (Coherent, innova 100 series) with UV all lines output from 330 nm to 360 nm, is used to deliver up to 6 W as the pump source. The CPM ring laser basically consists of an active dye jet with optical folding mirrors ( $M_1$ ,  $M_2$ , and  $M_3$ ), passive dye jet with folding mirrors ( $M_4$ , and  $M_5$ ), prisms quadruplet, deflecting mirror  $M_7$ , output coupler  $M_6$  and the wavelength tuning slit A.

The active dye jet consists of a standard Coherent thick nozzle of  $400 \mu\text{m}$ , resonant mirrors, and a pumping beam focusing mirror. The Coumarin 102 dye of  $4 \times 10^{-3} M$  (1.5 g of Coumarin 102 powder dissolved in 300 cc of benzyl alcohol, and diluted in 1.2 L of ethylene glycol) concentration in the reservoir bottle sits in a temperature stabilized bath. The dye solutions circulate through the nozzle and generate a sheet of stream. The circulation system was pumped by a mini-pump through the housing of the micro-fiber filter and a regulator. The resonant mirrors are a pair of curved mirrors of 50 mm of radius of curvature, with a single stack high reflection dielectric coating centered on 495 nm. The  $A_r^+$  laser pumping beam is focused to the dye jet using a separate focusing mirror of 20 mm focal length with high reflection coating on 330 nm to 370 nm at  $45^\circ$  incidence.

We have improved the laser outputs stabilities both in wavelength as well as in output intensity. Figure 3 (a) and (b) show the typical intensity fluctuation at 497.2nm dispersive wavelength, and the wavelength jittering of our optimized stable seed sources respectively.

For almost any high intensity laser output, there should have laser amplifier(s) in the system. Our stable Coumarin 102/DODCI, blue-green, sub-hundred femtosecond ultra-short pulses train will go through 3 stages and 4 passes dye amplifiers, as shown in Fig. 2, to enhance the gain ratio while still keep excellent signal to noise ratio, by our unique control of the spatially amplifier interaction volume of the seed beam and pump beam intersected at the dye amplifier jet stream, and the conventional spatial filtering effect, as well as the optimized chronically synchronization.

The algorithm of multiple amplifier stages instead of one amplifier stage is to eliminate the almost inherently existed ASE. And the spatial filters immediately after each stage can effectively reduce the ASE noise. The  $A_3$  final amplifier stage is double passed to obtain the highest and the best amplifications.

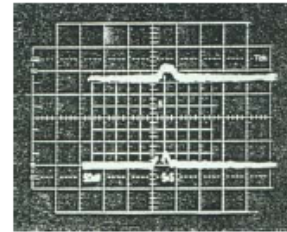
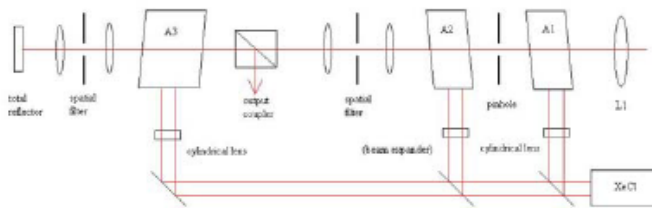


Fig. 2, The dye amplifiers chain.

Fig. 3, The amplified output pulse from the laser system.

The chronically synchronization system configuration is also shown in Figure 1. And we can see that if there are second and even more amplified seed sources, they will be discriminated to very weak output pulse and nearly could be neglected by the optimization of the system synchronization.

The frequency doubled UV laser pulse could further be amplified by the KrF high gain excimer amplifier, and if optimized by the vacuum spatial filter, it could be operated in double and multiple passes amplification mode. Fig. 3, shows the photos of the final amplified output pulse from the laser system.

### 3. Conclusion

In conclusion, we can see that the ultra-short pulses train from the passively mode-locked C102/DODCI laser of 10 mW output power at 140 MHz, 497.2 nm, and typically 80 fs pulse duration, corresponding to a typical peak power of 0.35 KW. The seed source been amplified by the dye amplifiers to output energy of 50  $\mu\text{J}$ , which correspond to peak power of 160 MW, peak power intensity of  $4 \text{ GW}/\text{cm}^2$ , and focusable to  $10^{13} \text{ W}/\text{cm}^2$ <sup>(4,5)</sup>.

### 4. References

1. O Chekhlov et al, Central Laser Facility Annual Report, pp 253-255, 2004/2005.
2. M. D. Perry and G. Mourou, Science, **264**, 219, 1994.
3. H. Schwöerer, et al, Phys. Rev. Lett., **86**, 2317, 2001.
4. A. Rousse, C. Rischel and J. C. Gauthier, Rev. Mod. Phys., **73**, 17, 2001.
5. J. P. Wang and Hsu-Hsin Chu, Appl. Phys. B, **79**, 193 2004.

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/01/30

國科會補助計畫	計畫名稱: 微小型高倍率變焦鏡頭研製及新型主動式高精度測距模組自動對焦光機電整合系統研究		
	計畫主持人: 陳振文		
	計畫編號: 97-2221-E-216-002-MY3		學門領域: 光學工程
研發成果名稱	(中文) 雷射十字標記測距儀		
	(英文) Cross-line marking laser range finder		
成果歸屬機構	中華大學	發明人 (創作人)	陳振文
	<p>(中文) 一種具有精細十字線標示中長距離高精度雷射測距儀產品。在數百公尺範圍，我們有紅光及綠光十字線標示目標並顯示水平和垂直線，更能隨時即時測量顯示並記錄傳輸高精確度雷射測距資料，準確測距值可精確到3mm範圍。有紅光雷射水平和垂直十字標示雷射測距儀，綠光雷射水平和垂直十字標示雷射測距儀等產品型式，可標示、定位、測距、整合應用系統。在測量、建築、裝潢、標示、定位、測距、資訊等行業及專業會有廣泛應用。創新產品，技術已研發完成，已獲得新型專利申請並通過技術審查，精巧實用樣品製作中。</p> <p>(英文) A fine cross-line marking medium range laser range finder. Up to several hundreds meter range, precision red and green horizontal and vertical cross-line marking, real time transferable laser range finder. The ranging accuracy is better than 3mm.</p>		
產業別	其他專業、科學及技術服務業		
技術/產品應用範圍	紅光雷射水平和垂直十字標示雷射測距儀 綠光雷射水平和垂直十字標示雷射測距儀 標示、定位、測距、整合應用系統 測量、建築、裝潢、標示、定位、測距、資訊等應用		
技術移轉可行性及預期效益	技術已研發完成 已獲得專利申請並通過技術審查 精巧實用樣品製作中		

註：本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

97 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳振文		計畫編號：97-2221-E-216-002-MY3				計畫名稱：微小型高倍率變焦鏡頭研製及新型主動式高精度測距模組自動對焦光機電整合系統研究	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	5	5	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	6	6	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	4	4	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	5	5	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

## 1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

本研究內容與原計畫完全相符。並因計畫提出時已有可行、成熟之基礎，加上計畫主持人有豐富研究機構、業界及學術經驗，充份利用研究成果，創新提出光機電整合產品概念，已申請專利並通過技術審查。向業界推介，獲得產業界廠商嘉許，要求展示全功能樣機，再執行產學合作技轉再生產產品。本研究完全達成預期目標。

## 2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

論文：四篇 SCI 及 EI 論文已發表

場 兩篇 SCI 論文撰寫中

專利：四篇專利已獲得 場兩篇專利申請中

技轉：兩家洽談中

（宏惠光電科技股份有限公司及上輝精密儀器有限公司）

## 3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究計畫學術研究成果計有在著名國際期刊已發表刊出四篇研究成果論文，另外兩篇 SCI 著名國際期刊論文正整理投稿中；參加著名國際研討會已發表刊出五篇研究成果論文；此外我們也已獲得四篇專利並通過技術審查。另有執行本計畫相關之專利、技術報告、或學生畢業論文等有技術、創新的重要成果。有業界宏惠光電科技股份有限公司及上輝精密儀器有限公司兩家公司前來洽詢開發量產事宜等。在近期內就會有技術交流、應用和轉移成果，在光電產業研發生產製造創新且實用的產品，未來國內外行銷，不但為產業界增加產值，更能為優良的 MIT 標章增加國際光輝。