

本書深入淺出，適用於大學及研究所課程，亦可適用於產業界或光電公司之產品研發如：液晶顯示器、LED、太陽能、手機、照相機等光學設計課程。

幾何光學— 光學原理與設計應用

Geometrical Optics
and Lens design

張榮森 著



幾何光學— 光學原理與設計應用

Geometrical Optics
and Lens design

張榮森 著

五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

幾何光學：光學原理與設計應用／張榮森著．

—初版．—臺北市：五南，2011.04

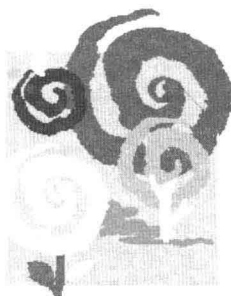
面；公分．

I S B N: 978-957-11-6282-9 (平裝)

1.幾何光學

336.6

100006718



5DD6

幾何光學－光學原理與設計應用 Geometrical Optics and Lens design

作 者 — 張榮森

發 行 人 — 楊榮川

總 編 輯 — 龐君豪

主 編 — 穆文娟

責任編輯 — 楊景涵

文字編輯 — 洪卿舜

出 版 者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106 台北市大安區和平東路二段 339 號 4 樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室 / 台中市區中山路 6 號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室 / 高雄市新興區中山一路 290 號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期 2011 年 4 月初版一刷

定 價 新臺幣 680 元

序

這幾年光電產品突然增加，市面上電子的書籍很多，但光學方面且同時專注在原理及實際演練應用方面的課本或參考書籍卻是不多。

本書以快速簡潔的方式直接切入原理與應用，使初學者能夠在讀完本書後，立刻明瞭實際光學設計技巧並能使用。

本書深入淺出，適用於大學及研究所課程，亦可適用於產業界或光電公司之產品研發如：液晶顯示器、LED、太陽能、手機、照相機等光學設計課程。

《幾何光學-光學原理與設計應用》一書章節目錄簡介如下：

第一篇-鏡頭設計的種類。

第二篇-變焦鏡頭自動調焦機的光學系統。

傻瓜相機往變焦鏡頭發展後，在工廠生產線發生了調焦作業費時、不準確的種種問題，為解決此問題，於是開發出自動的調焦機，只要將照相機放置在調焦機上，全自動地把清晰的成像調到焦面上，使作業簡單迅速符合生產的要求。

第三篇-新型變焦鏡頭設計。

對於近軸的變焦光學系統的設計已經有許多篇相關文獻討論過。Yamaji、Clark、Tao、Oskotsky 等人提出很多變焦系統的初階設計方法。

在本文中，運用兩組式（two-optical-component）方法求解變焦系統的分析。將變焦系統視為兩個組份（component），每一個組份可視為一個組合單位。換言之，一個變焦系統可能有很多數目的透鏡，但不論數目多少都可以簡化為組合透鏡，最後將系統簡化成為兩群式的鏡組。我們求解組合單位（combined unit）的主平面，調整其間距以得到變焦系統的高斯解。利用此方法可以快速且易懂的得到變焦系統的初階設計。

第四篇-輕薄短小的 DLP 變焦投影鏡頭之設計探討。

投影機很可能是台灣產業繼掃描器之後，下一個電腦周邊的明星產品。其中又以使用 DMD 的 DLP 投影機，在結構上易於輕型化，能配合多媒體傳遞而盛行。本篇由規格的訂定開始、初階的配置、使用 Zemax 實際做設計、性能評價到公差分析為止，探討如何開發出輕薄短小而又能符合產品性能的變焦鏡頭。

第五篇-Double Cassegrain 紅外線熱成像鏡頭之研究。

Double Cassegrain 延伸自 Cassegrain，為反射式之紅外線鏡頭，在相同之設計規格與條件下，將設計「Doublet 折射式鏡頭」、「Cassegrain 反射式鏡頭」以及「Double Cassegrain 反射式鏡頭」三種鏡頭，並比較其優缺點。

第六篇-利用光扇理論建構初階鏡頭模型與五百萬畫素手機鏡頭設計。

本文的目標是藉由現有的 CMOS 五百萬畫素的數位相機鏡頭規格，回頭訂製出合理的五百萬畫素手機鏡頭規格後再進行鏡頭的設計。但設計的方法我們由基礎的薄透鏡理論研究開始出發，藉由折射力、薄透鏡的形狀因子、共軛因子及像差與光扇理論，藉由控制光扇值來求得形狀因子值，並且利用求得的形狀因子值與利用初階像差求到的每片透鏡的折射力來解聯立方程式，進而求得每一面的曲率半徑的初始值，之後在使用光學模擬軟體進行參數的優化，以便得到更好的光扇與 MTF 的特性。

第一篇先簡潔介紹幾何光學原理，隨後各章舉出各種實例，並以 zemax、tracepro 等光學軟體逐步演示，使讀者可以藉實例演作而徹底了解幾何光學之應用。本書為一系列光學設計書籍之第一本主要內容為序列光學，隨後將出版光學量測系統，光學元件之製作與量測、品質與分析以及非序列光學方面的背光模組設計與應用。

本書內容為作者及其學生多年來的研究之總整理，在此感謝我的學生陳柏川，林永昌，李介仁，簡百鴻，李孝文及洪卿舜同學的努力。

國立中央大學光電系教授

張榮森

2011.04

目 錄

序 i

第一篇 鏡頭設計的種類

鏡頭設計的種類 3

參考文獻 28

第二篇 變焦鏡頭自動調焦機的光學系統

第 1 章 | 緒論 31

1.1 前言 32

1.2 大綱 32

1.3 目的 32

1.4 自動調焦機 (Auto-focusing machine) 特徵 33

1.5 優點 33

1.6 本篇簡介 33

第 2 章 | 調焦方式及規格考量 35

2.1 調焦 (Focusing) 意義 36

2.2 調焦方式 36

2.3 定焦鏡頭調焦之鏡頭移動量 37

2.4 變焦鏡頭調焦時調焦模組移動量計算 38

2.5	調焦之規格考量	45
第 3 章	測出離焦量的原理及計算方式	51
3.1	前言	52
3.2	一般準直儀測出離焦量原理	52
3.3	位相差測出離焦量原理	54
3.4	明暗比測出離焦量原理	56
3.5	調焦模組的移動量計算	61
第 4 章	調焦機光學系統構造	65
4.1	前言	66
4.2	光學系統大略	66
4.3	F 治具光學系統	66
第 5 章	調焦機使用的參數求法	69
5.1	位相差法離焦測定用的參數求法	70
5.2	明暗比法之離焦測定用的參數求法	71
5.3	中繼鏡片 (relay lens) 的橫倍率 (SBR) 的求法	74
5.4	位相差光學系的橫倍率 (SBI) 的求法	76
第 6 章	各參數的實際計算及調焦結果	79
6.1	前言	80
6.2	位相差參數計算	80
6.3	明暗比參數之計算結果	83

6.4	調焦結果與規格比較	84
第 7 章 檢討		87
7.1	位相差檢知型式	88
7.2	明暗比之檢知幅度	88
7.3	樣板大小和 CCD 檢知器像素數	89
7.4	後群移動量精密度	91
7.5	調整困難或不能分析	92
7.6	外部補正參數	94
第 8 章 疊紋法之焦面檢查		97
8.1	前言	98
8.2	疊紋確認 ΔBf 量優點	98
8.3	疊紋原理	99
8.4	疊紋節距與夾角	100
8.5	疊紋的角度測量焦距	102
8.6	疊紋實驗裝置	103
8.7	實驗	104
8.8	結果與檢討	104
8.9	小結	109
第 9 章 結論		111
參考文獻		124

第三篇 新型變焦鏡頭設計

第 1 章 序言	127
1.1 研究背景	128
1.2 研究動機	128
第 2 章 三階像差公式	131
2.1 三階像差公式	132
2.2 結構參數表示式	134
2.3 優化理論——阻尼最小二乘法 (Damped Least Square Method)	135
2.4 其它設計上的概念[3]	137
第 3 章 變焦高斯結構分析	143
3.1 單透鏡系統[7]	144
3.2 兩群鏡組系統[7][8]	145
3.3 三群鏡組系統[6][8][10]	151
3.4 新式變焦鏡頭[11]	158
第 4 章 設計實例	161
4.1 設計流程	162
4.2 設計實例	164
第 5 章 結論	189

第四篇 輕薄短小的 DLP 變焦投影鏡頭之設計
探討

第 1 章	緒論	195
1.1	前言	196
1.2	本文目的	196
第 2 章	DMD 簡介	197
第 3 章	規格決定時的考量	205
3.1	DMD 的選擇.....	206
3.2	DMD 的 offset	206
3.3	最大像高	206
3.4	投射的畫面大小	206
3.5	F no	207
3.6	變倍比 (Zoom ratio)	207
3.7	對焦 (Focusing) 範圍	207
3.8	MTF	207
3.9	Lateral Color	208
3.10	歪曲 (Distortion)	208
3.11	周邊光量 (Relative Illumination)	208
3.12	出瞳位置 (Exit Pupil Position)	208

3.13	後焦距	208
3.14	外形限制	208
3.15	重量	209
第 4 章 整理選定的目標規格		211
第 5 章 鏡頭型式選擇時的考量		213
5.1	變焦型式的選擇考量	214
5.2	三群變焦鏡頭的特性及初始架構	215
5.3	各群鏡片構成	219
5.4	優化	220
第 6 章 實際設計結果		221
6.1	設計值與規格的比較	222
6.2	鏡頭配置圖	223
6.3	群間隔變化值	224
6.4	性能	226
6.5	公差模擬	266
第 7 章 結論與討論		271
參考文獻		272

第五篇 Double Cassegrain 紅外線熱成像鏡頭之研究

第 1 章 緒論	277
1.1 前言	278
1.2 研究目的及範圍	279
1.3 文獻探討	280
1.4 研究方法	281
第 2 章 紅外線熱成像系統簡介	283
2.1 紅外線系統	284
2.2 熱輻射及大氣	288
2.3 探測器及致冷光圈	290
2.4 光學成像系統	292
第 3 章 成像品質預估	299
3.1 整體考量	300
3.2 光學設計考量	301
3.3 設計規格	305
第 4 章 Doublet 折射式鏡頭設計成果	309
4.1 設計完成規格	310
4.2 光學性能	311
4.3 討論	318

第 5 章	Cassegrain 反射式鏡頭設計成果	321
5.1	設計完成規格	323
5.2	光學性能	324
5.3	討論	331
第 6 章	Double Cassegrain 反射式鏡頭設計 成果	335
6.1	設計完成規格	337
6.2	光學性能	338
6.3	討論	346
第 7 章	總結	351
7.1	設計成果比較	352
7.2	研究限制與建議	354
	參考文獻	354
	第六篇 利用光扇理論建構初階鏡頭模型與五百萬 畫素手機鏡頭設計	
第 1 章	緒論	359
1.1	研究背景	360
1.2	研究目的	360
1.3	研究方法	360

1.4	研究貢獻	360
第 2 章	 薄透鏡理論	361
2.1	薄透鏡的原理	362
2.2	像差	364
2.3	光扇 (Ray fan)	367
2.4	光斑 (Spot size)	369
2.5	色散像差 (Chromatic aberration)	371
2.6	形狀因子與光扇光斑間的關係	373
第 3 章	 兩片式與三片式鏡頭的分析	377
3.1	兩片式鏡頭	378
3.2	三片式鏡頭	380
第 4 章	 五百萬畫數手機鏡頭設計	383
4.1	設計流程與規格	384
4.2	CMOS 感測器與 CCD 感測器的比較	386
4.3	鏡頭材料選取	392
4.4	初值計算	394
4.5	特性分析	408
4.6	結果	412
第 5 章	 優化	413
5.1	初階鏡頭模型的優化	414

5.2	最終模型的結果與分析	431
5.3	討論	437
參考文獻		438
附 件		439
(選列張榮森教授發表與本書相關之 SCI 論文二篇)		
1.	Design of Double Cassegrain Reflective Mirrors for Optical System of IR Cameras	439
2.	Focal Length Measurement by the Analysis of MOIRE Fringes Using the Wavelet Transformation	446
索 引		453

第一篇

鏡頭設計的種類

