

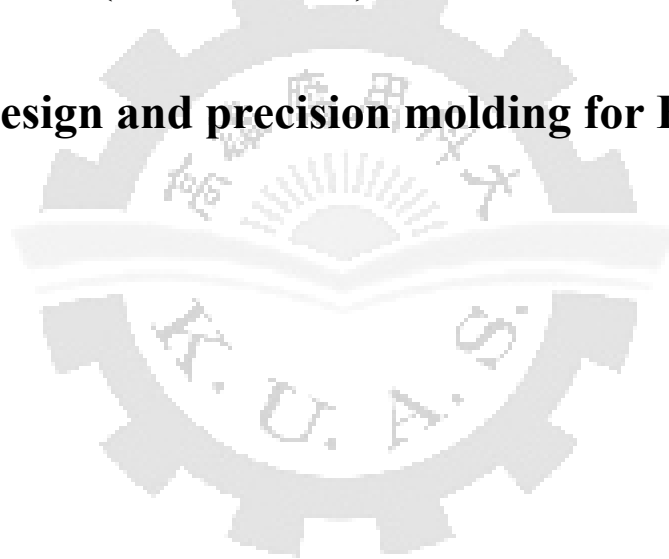
國立高雄應用科技大學

模具工程系碩士班

碩士論文

菲涅爾透鏡(Fresnel lens)之光學設計與精密成形

Optical design and precision molding for Fresnel lens



研究生：林苡任

指導教授：黃俊欽 教授

中華民國 九十八年 七月

菲涅爾透鏡(Fresnel lens)之光學設計與精密成形

Optical design and precision molding for Fresnel lens

研究生:林苡任

指導教授:黃俊欽教授

國立高雄應用科技大學

模具工程系碩士班

碩士論文

A Thesis

Submitted to

Institute of Mold and Die Engineering

National Kaohsiung University of Applied Sciences

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

in

Mold and Die Engineering

July 2009

Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

檔案上網授權書

博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在 國立高雄應用科技大學 模具工程系 _____
組 97 學年度第 二 學期取得 碩士 學位之論文。

論文題目：菲涅爾透鏡(Fresnel lens)之光學設計與精密成形

指導教授：黃俊欽

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文(含摘要)，非專屬、無償授權國家圖書館及本人畢業學校圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

- 讀者基非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

授權人：林苡任

簽名：林苡任

中華民國 98 年 07 月 20 日

菲涅爾透鏡(Fresnel lens)之光學設計與精密成形

研究生：林苡任

指導教授：黃俊欽教授

國立高雄應用科技大學模具工程系碩士班

摘要

菲涅爾透鏡(Fresnel lens)是一種光學元件，其原理是將傳統透鏡等分成數個區域，將每個區域的中心厚度部分去除，保留表面的曲率，以達成削減厚度的目的，具備有質量輕、厚度薄、焦距短、價格低、可製造非球面性質等優點，故常被應用於大孔徑的光學系統上，同時 Fresnel Lens 具有良好的聚焦能力，在大孔徑的光學系統中能夠發揮非常好的聚光效果，故經常被使用在太陽能集光系統中。

本研究主要結合光學設計、射出成型及光學檢測等產品設計開發技術的研究。首先以光線追跡法設計一聚光型菲涅爾透鏡，並使用非序列性光學描光技術進行光路分析，了解設計參數對透鏡聚光效果之影響，其次使用 CAE 模流軟體進行模具設計與開發，最後使用射出成型機進行透鏡成型，探討成型參數對光學品質及稜鏡轉寫比例之影響。

結果顯示，光學設計以同心溝的 Pitch 影響光學品質為主要因子。當 Pitch 變小時，透鏡聚光效果越佳，聚焦角度越小。但以成型的角度來看時，需注意模具加工精度及透鏡成型轉寫比例。成型參數中；以射出速度影響光學品質為主要因子，依序為模具溫度、保壓壓力、塑料溫度，研究結果發現，成型參數對於發光強度有較大影響程度，對於發光角度並沒有太大影響，聚焦角度都約在 4°左右。

關鍵字：菲涅爾透鏡、光學設計、聚光效果、轉寫比例

Optical design and precision molding for Fresnel lens

Student : Yi - Jen Lin

Advisors : Professor Chun - Chin Huang

Institute of Mold and Die Engineering,

National Kaohsiung University of Applied Sciences

Abstract

Fresnel lens, which is a kind of optical element, is traditional lens. The lens is divided into number of regions. Each region takes away center thickness and retains surface is curvature. Primary aim is reduction of optical lens thickness. Some characteristics of Fresnel lens, such as quality of light, thin, short focal length, low price, are better than glass lens. Using non-spherical method for Fresnel lens is also better than glass lens. The Fresnel lens was usually used for solar concentrator, which is specially used in the large-diameter optical system. Reason is its good performance and focusing ability. Solar cell is low efficiency and cost. The Fresnel lens is common set of solar concentrator.

This study included optical design, injection molding and optical detection technologies. The first, design of condenser-type Fresnel lens is analyzed by using-sequential ray tracing technology. This analysis is to investigate effect of pitch on the condenser. the second, injection molding process is used to produce lens molding. After that, the optical lens molded is test optical properties and mold of lens altered.

As the result shows that, small pitch is better focusing. Pitch is affected on lens quality as main factor. Very small pitch requires high precision mold. Process molding variable, such injection ram speed is also affected on lens quality, as main factor. High injection ram speed is made greater impact on degree of angle for light-emitting.

keywords : Fresnel lens 、 Optical design 、 Transcription

致謝

忙碌的研究所生活將告一段落，回想這兩年充實的學習過程，許多不曾經歷過的事物讓人印象深刻。感謝許多協助我、指導我、支持我的夥伴們，因為你們的協助與寬容，讓我得以自由的經歷一趟充實而深刻的探索之旅，在經歷過這些磨練之後，使我在面對新的挑戰時能有更多的思考方向。

首先感謝我的指導教授 黃俊欽教授，老師除了在學術領域上的知識值得我學習外，在為人處事上更是我生活上的導師，在他的細心指導下使得本論文的內容能更加完備。還要感謝口試委員黃聖杰教授、李輝煌教授及王珉玟教授的指教，讓本論文可以更為完善。

其次要感謝我的家人及我的愛人，感謝你們對我這兩年來的支持與包容，謝謝“妳”的陪伴，總是在我失落的時候鼓勵我，讓我有信心的向前看。

最後感謝俊欽學長、名洲學長、勇志學長在研究的過程中熱心的指導與幫助，使這份研究可以順利的進行。同時感謝研究室同窗好友阿信、老王、小郭及有鎰在這兩年來的共事相處，你們總是能夠給予彼此鼓勵與勉勵，使得我的研究所生涯中充滿許多得回憶。還有碩士班學弟耀俊、昆霖、小美、象哥與阿達，感謝你們在我做論文時還有口試時分擔我的事務。同時也祝福你們順利畢業。

要感謝的人太多太多，因為有你們，帶給我的學習和成長更扎實的座落於心中，為研究的過程更添色彩，將本論文獻給你們，以表達我最誠摯的謝意。

目錄

摘要.....	i
英文摘要.....	ii
致謝.....	iii
表目錄.....	vii
圖目錄.....	viii
第 1 章 導論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 研究背景.....	2
1-3 研究動機.....	2
1-4 菲涅爾透鏡簡介.....	3
1-5 文獻回顧.....	4
1-6 研究方法.....	6
1-7 論文架構.....	6
第 2 章 菲涅爾透鏡光學理論與設計.....	12
2-1 光學基礎理論.....	12
2-2 光線追跡法.....	13
2-3 菲涅爾透鏡光學理論.....	16
第 3 章 光學模擬與分析.....	26
3-1 光學模擬簡介.....	26
3-2 Trace Pro 軟體介紹.....	27

3-3	光學模擬流程	27
3-4	菲涅爾透鏡設計與模擬分析	28
第 4 章	模流分析與模具設計	35
4-1	模流分析簡介	35
4-2	模具設計	36
4-3	模流分析	37
第 5 章	透鏡成形實驗與檢測	46
5-1	實驗流程簡介	46
5-2	射出成形實驗	46
5-3	透鏡檢測	48
第 6 章	結果與討論	55
6-1	光學性質探討	55
6-2	成形實驗探討	56
6-3	成形參數對於稜鏡結構轉寫之影響	57
6-4	成形參數對於菲涅爾透鏡光學品質之影響	59
6-5	稜鏡轉寫比例對光學品質的影響	61
第 7 章	結論與未來研究發展	74
7-1	結論	74
7-2	未來研究發展	75
	參考文獻	76
	附錄	79

作者簡介.....84



表目錄

表 1-1 不同類型之菲涅爾透鏡	8
表 1-2 菲涅爾透鏡與傳統透鏡比較	8
表 2-1 Pitch1mm 菲涅爾透鏡規格	18
表 5-1 Panlite AD-5503 物性表	49
表 5-2 Panlite AD-5503 建議成形條件	50
表 5-3 Sodick-TR30EH 射出成形機規格表	50
表 5-4 成形參數表	51
表 6-1 成形參數對稜鏡轉寫性之關係表	63
表 6-2 成形參數對光學性質之關係表	64

圖目錄

圖 1-1 傳統凸透鏡與 Fresnel 透鏡結構圖.....	9
圖 1-2 Fresnel lens 應用	9
圖 1-3 高聚光型太陽電池系統圖	10
圖 1-4 不同切割數的菲涅爾透鏡	10
圖 1-5 論文流程圖	11
圖 2-1 光的折射與反射	19
圖 2-2 折射角與折射率的關係	19
圖 2-3 近軸光線追跡參數描述	20
圖 2-4 折射過程	20
圖 2-5 傳遞過程	21
圖 2-6 聚光型菲涅爾透鏡光學原理	21
圖 2-7 光學原理圖	22
圖 2-8 發光角度定義	22
圖 2-9 本研究用之 LED 光源模組.....	23
圖 2-10 菲涅爾透鏡設計流程圖	23
圖 2-11 菲涅爾透鏡外型尺寸.....	24
圖 2-12 Pitch 1mm 稜鏡尺寸大小.....	24
圖 2-13 不同 Pitch 大小之菲涅爾透鏡	25
圖 3-1 序列性描光	29
圖 3-2 非序列性描光	29

圖 3-3 光學模擬的流程圖	30
圖 3-4 光學模組圖	30
圖 3-5 配光曲線對照圖	31
圖 3-6 未加透鏡 LED 光學特性.....	31
圖 3-7 未加透鏡之 LED 模組燭光分佈圖.....	32
圖 3-8 Pitch 1mm 燭光分佈圖(設計值)	32
圖 3-9 Pitch 0.1mm 燭光分佈圖	33
圖 3-10 Pitch 0.5mm 燭光分佈圖	33
圖 3-11 Pitch 1.5mm 燭光分佈圖	34
圖 4-1 2.5D/3D 模型說明示意圖.....	39
圖 4-2 模流分析步驟流程圖	39
圖 4-3 菲涅爾透鏡的實體網格模型	40
圖 4-4 透鏡尺寸圖	40
圖 4-5 實體模具圖	41
圖 4-6 模具之冷卻系統	41
圖 4-7 排氣孔位置	42
圖 4-8 菲涅爾透鏡模擬模型	42
圖 4-9 模流分析之成形視窗	43
圖 4-10 最佳充填壓力曲線圖	43
圖 4-11 流動波前圖.....	44
圖 4-12 重量曲線圖	44

圖 4-13 冷結果溫度圖	45
圖 5-1 Sodick-TR30EH 射出成形機.....	52
圖 5-2 LED 視角儀.....	52
圖 5-3 鑽石切割機	53
圖 5-4 透鏡霧化區域	53
圖 5-5 電子顯微鏡	54
圖 6-1 Pitch 對光學品質之影響	65
圖 6-2 光學模擬與量測比較	65
圖 6-3 模流分析與實際射出之短射實驗	66
圖 6-4 比較模擬與實際射出壓力曲線圖	67
圖 6-5 射出速度對稜鏡結構成形之影響	67
圖 6-6 保壓壓力對稜鏡結構成形之影響	68
圖 6-7 模具溫度對稜鏡結構成形之影響	68
圖 6-8 塑料溫度對稜鏡結構成形之影響	69
圖 6-9 射出速度對於光學品質影響圖	69
圖 6-10 保壓壓力對光學品質影響圖	70
圖 6-11 模具溫度對光學品質影響圖.....	70
圖 6-12 塑料溫度對光學品質影響圖	71
圖 6-13 射出速度相同下稜鏡對光學品質關係圖	71
圖 6-14 保壓壓力相同下稜鏡對光學品質關係圖	72
圖 6-15 模具溫度相同下稜鏡對光學品質關係圖	72

圖 6-16 料溫度相同下稜鏡對光學品質關係圖 73



第1章 導論

1-1 前言

1819年，從事光線與光學研究的法國物理學家菲涅爾，設計出適用於燈塔照明，但比傳統透鏡薄，卻能有相同的光學效能的新型組合透鏡“菲涅爾透鏡”。在這之前，燈塔所使用的探照燈光源不夠集中，亮度也不夠。1822年，這一款透鏡首度被使用在燈塔照明上，由於較能夠將所有的光線聚集在中央，讓在遠方的船隻也能看得很清楚，能發揮指引船隻的功能。

菲涅爾透鏡(Fresnel lens)為一種具有平凸或平凹透鏡收斂或發散光線透性的光學元件，它的表面就像鋸齒形的同心環，原理是將傳統的球面或非球面鏡片的曲面分割成很多同心環，再將每一同心環移至同一平面上而成；平移時可以分成讓鋸齒行的波峰在同一平面上或波谷在同一平面上兩種。表 1-1 是不種類型的菲涅爾透鏡。圖 1-1 為傳統凸透鏡與菲涅爾透鏡結構圖。

菲涅爾透鏡具有重量輕巧，效率高，製作容易，和功能多樣化之優點。菲涅爾透鏡基本上相當於傳統光學元件中的平凸透鏡，同樣有將一光束聚焦於一點的功能，工業上利用其重量輕體積小的優點，將其用於燈塔探照燈、投影機、汽車大燈、燈罩等元件上面，圖 1-2 為菲涅爾透鏡應用地方。

菲涅爾透鏡在應用時，設計其結構形式安排符合系統規格要求是必須的，而隨著電腦科技的進步，光學設計輔助軟體計算能力也大大地提升，在菲涅爾透鏡的設計上能提供相當大的助益，如節省時間、提高精確度等。本文依照光學設計的理論與方法，配合電腦輔助進行設計工作。

1-2 研究背景

菲涅爾透鏡應用廣泛，目前最常見的為太陽能集光系統中的聚光鏡。由於近年來石油價格高漲加上環保意識抬頭，能源問題逐漸受到各國所重視，而太陽能是世界上最豐富最長久性的能源，具有不變性的特質，是一種潔淨的再生能源。因此；太陽能充分開發利用確有其必要性。集光式太陽光發電的研究從 1975 年已逐漸開始被重視，當時的研究發現配合太陽追蹤，將陽光集中於太陽電池上，可提升其發電量並降低發電成本。

太陽能集光系統的目標是為利用光學元件(菲涅爾透鏡)提升整體光電轉換的效率，以降低每單位系統的集光成本。利用光學元件集光系統可以減少整體太陽能集光系統對昂貴矽太陽能電池的依賴性，並達到良好的效率。其中高聚光型光電系統模組(high concentration photovoltaic, HCPV)為常見模組，高聚光型光電系統模組的主要元件，包括砷化鎵(GaAs)半導體晶片(Solar Cells)， Receiver(光接收電池基板)，集光透鏡與太陽光追蹤器。

高聚光型太陽電池系統(HCPV)的主要原理是使用集光透鏡，將陽光高倍率聚焦在一個比透鏡面積小的砷化鎵(GaAs)半導體太陽電池上，同時使用太陽光追蹤器，來追蹤日射角度，讓陽光能夠隨時聚焦在太陽電池(cell)上，達到高的轉換率。集光透鏡中，以折射式的菲涅爾透鏡(Fresnel lenses)是被廣為使用的一種聚光鏡。

圖 1-3 為高聚光型太陽電池系統圖。

1-3 研究動機

Fresnel 透鏡是一種具有特殊結構的光學元件，它具有輕、薄，孔徑大以及聚

焦能力良好的優點，常被運用在不同的光學系統中；例如在準直儀(collimator)、投影系統(projector)等，也經常被當作場鏡(field lens)及放大鏡(magnifying lens) 使用。

由於 Fresnel 透鏡在大孔徑的系統中較一般透鏡輕薄許多，時常拿來被當作一個集光系統。故 Fresnel 透鏡在太陽能集光器系統中能發揮相當好的集光效率。在本論文中我們設計一種非成像聚光型 Fresnel 透鏡 (Non-imaging Fresnel lens)，利用光學軟體 Trace Pro 模擬聚光程度，探討菲涅爾透鏡設計參數對於聚光效果之影響及透鏡成形參數對於光學品質的影響。

1-4 菲涅爾透鏡簡介

菲涅爾透鏡是由法國物理學家奧古斯丁-簡-菲涅爾 A.J. Fresnel (1788-1872) 1822 年所發明的一種透鏡。此設計原來是用於海岸邊的燈塔上，這個設計使得更大孔徑的透鏡被建造，焦距短，且比一般的透鏡來得更少的材料重量與體積。和早期的透鏡相比，菲涅爾透鏡更薄、更輕、傳遞更多的光，使得燈塔即使距離相當遠仍可看見。正因為 Fresnel 透鏡的特性厚度薄、重量輕，故常被應用於大孔徑的光學系統上，然而 Fresnel 透鏡良好的聚焦能力，亦為其主要優點，故 Fresnel 透鏡被廣泛應用於近代的光學儀器及太陽能集光系統上。從第一片 Fresnel 透鏡問世迄今，已有百餘年歷史之久，一開始其使用的材料為玻璃，加工不易，應用例子不多。近代由於加工技術進步，要得到高精度、高光學品質的 Fresnel 透鏡以非難事；而光學級塑膠材料的進步，更使得大量生產容易、成本低廉。目前，Fresnel 透鏡已成為塑膠材料的天下。表 1-2 為菲涅爾透鏡與傳統透鏡比較之優缺點。

菲涅爾透鏡(Fresnel lens) 是為一種具有平凸或平凹透鏡收斂或發散光線透性

的光學元件，它的表面就像鋸齒形的同心環，原理是將傳統的球面或非球面鏡片的曲面分割成很多同心環，再將每一同心環移至同一平面上而成；平移時可以分成讓鋸齒行的波峰在同一平面上或波谷在同一平面上兩種，具備有質量輕、厚度薄、焦距短、價格低、可製造非球面性質等優點，故常被應用於大孔徑的光學系統上，同時 Fresnel Lens 具有良好的聚焦能力，在大孔徑的光學系統中能夠發揮非常好的聚光效果，故經常被使用在太陽能集光器之中。當一般球面透鏡被分割的區域數目漸多時，原本表面彎曲部分漸趨於直線，且可以把 Fresnel lens 當作是由許多小稜鏡組合而成，如圖 1-4 所示。菲涅爾光學元件屬折射式(refraction)光學元件，其較一般傳統光學元件有諸多優點如：重量輕、製造容易、價格便宜；可結合多種功能於單一全像元件上。由於前述優點，全像光學元件極適合做為太陽能集光器使用。

1-5 文獻回顧

1992 年王永仲[26]提出，菲涅爾透鏡光路的解析計算。探討菲涅爾透鏡的光路解析計算，並提出修正誤差與提高計算精度的方法。

1998 年桑濤、王汝笠[29]提出，特殊面形的菲涅爾透鏡的設計與分析。對連續相位型菲涅爾透鏡的設計，採用簡單的線性面形代替複雜的拋物面形有可能降低控制面形的難度，並分析了這兩種面形的差異，通過數值分析，發現採用線性面形時，光學函數和點擴散函數十分接近理想函數，從而在理論上證明了這種代替的可行性。

2001 年駱志龍[18]提出，就 Fresnel 透鏡的幾何原理並應用光學設計軟體

Zemax，對應用系統 3D 顯示器及簡易變焦透鏡作一設計與模擬，並探究 3D 顯示器中的元件製作及效能分析，並做出最好之設計並提高其效能。

2005 年瞿貴蒙[27]提出，探討紅外線傳感器之菲涅爾透鏡應用。並經由研究探討利用菲涅爾透鏡後紅外線光束傳遞距離與成效。

2005 年李志成、蔡宗祐、陳建富[8]提出，太陽光聚焦於光纖內傳輸之效能評估。利用菲涅爾透鏡之聚光特性，將日光有效的聚焦於光纖內傳輸以提供遠端的室內照明，並以聚焦實作評估其可能性。

2007 年葉乃嘉[6]提出，將太陽光譜分光成 22 波段，利用幾何光學之方程式，結合透鏡材料之光學性質，導證出一曲面式 Fresnel 透鏡折光模式，並依之計算 Fresnel 透鏡之上每一菱鏡之稜鏡角及其個別折光角度，模擬之結果以現有發表之數據做驗證，其準確度較現有數值模式有顯著提高，以這些計算值來設計折射平行入射光束於一焦點之曲面式 Fresnel 透鏡，可以減少製程中的試誤過程。

2007 年葉上平[7]提出，對於現行的 III-V 族太陽能電池內，設計一個搭配集光器的二次光學元件，利用光學模擬找出在高倍率集光下擁有高傳輸效率和能量均勻化分佈之最佳化設計，並透過實驗量測來探討二次光學元件之可行性。

2008 年湯丹英、李湘與、楊朋千、胡明凱[28]提出，曲面和平面菲涅爾透鏡的像差比較。通過一個大尺寸菲涅爾透鏡的設計，比較了曲面菲涅爾透鏡和平面菲涅爾透鏡在光學像差方面的差異。

2008 年莊榮翰[19]提出，太陽追蹤器之設計與測試。其中在太陽集光器部分，運用了凱薩格林式集光器與菲涅爾透鏡式集光器兩種不同形式的集光器形式在太陽追蹤器上。並探討與說明兩者的效果。

以上論文及期刊都與利用菲涅爾透鏡的設計去探討聚光之效果為主軸，菲涅爾透鏡設計將參考以上經驗與設計流程。

1-6 研究方法

本研究主要結合光學設計、射出成形及光學檢測等產品設計開發技術的研究。光學設計部分，首先以光線追跡法設計一聚光型菲涅爾透鏡，並使用非序列性光學描光技術進行光路分析了解設計之透鏡聚光效果，其次更改設計參數 Pitch，探討參數對於聚光效果之影響，接著使用 CAE 模流軟體進行菲涅爾透鏡模具設計與開發，找出最佳充填壓力曲線，當作成形實驗參數設定的依據。實驗部份，成形方式為傳統射出成形，首先進行射出實驗找出透鏡在本研究用射出成形機之成形視窗，並依照模流分析軟體所找出之成形參數進行射出成形。量測方面使用 LED 視角儀量測透鏡光學品質並與光學模擬結果進行比較，透鏡尺寸量測使用鑽石切割機及電子顯微鏡量測透鏡上之稜鏡轉寫比例。圖 1-4 為論文研究流程圖。

1-7 論文架構

本論文主要架構如下：

第1章 導論

介紹菲涅爾透鏡與應用的地方並與傳統凸透鏡進行優缺點比較，進一步說明研究背景動機、研究目的與相關文獻回顧。

第2章 光學設計與模擬分析

介紹基礎理論及菲涅爾透鏡的光學原理，並說明透鏡設計方法。

第3章 光學模擬與分析

介紹光學模擬軟體，使用光學軟體進行菲涅爾透鏡的光學設計分析，探討設計參數對透鏡聚光效果。

第4章 模具設計與模流分析

說明模具配置、模穴位置、澆口大小與形狀、流道長度與形狀與水管直徑等，配合模流分析軟體進行透鏡的流動分析，觀察透鏡成形的可行性。

第5章 透鏡射出成形實驗與檢測

先介紹本論文之實驗設備、實驗流程。針對菲涅爾透鏡作精密射出成形實驗、稜鏡結構轉寫比例探討及光學檢測實驗。

第6章 結果與討論

本章為實驗結果與討論，說明製程參數對光學品質的影響、成形參數對稜鏡轉寫比例的關係及轉寫比例對於光學品質的關係。

第7章 結論及未來展望

歸納本文所做之研究，並探討未來研究之方向。

表 1-1 不同類型之菲涅爾透鏡

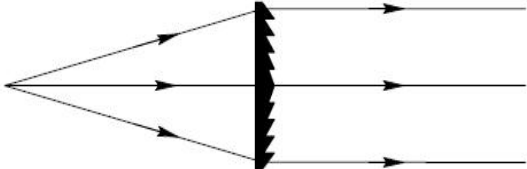
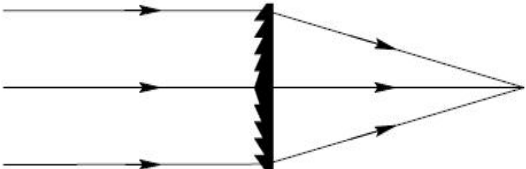
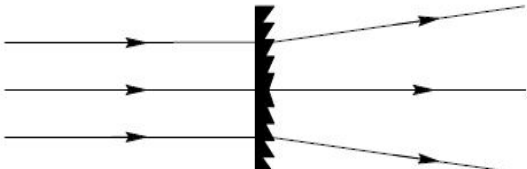
	<p>Positive Focal length Fresnel lens Used as a collimator (平行光)</p>
	<p>Positive Focal length Fresnel lens Used as a collector (聚光)</p>
	<p>Negative focal length Fresnel lens Used as a diverger (發散光)</p>

表 1-2 菲涅爾透鏡與傳統透鏡比較

透鏡種類 優缺點	Fresnel lens	傳統凸透鏡
優點	重量輕、厚度薄 生產成本低	製作容易 光學品質佳
缺點	模具成本較高	透鏡厚重 成本較高

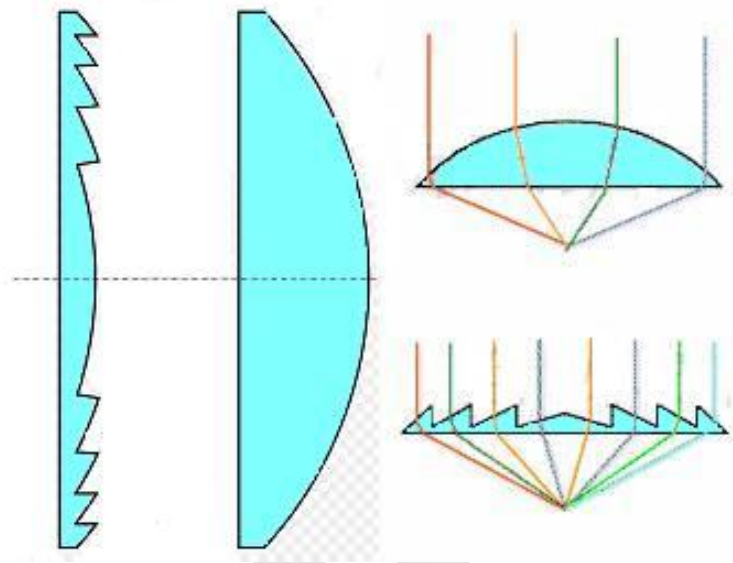


圖 1-1 傳統凸透鏡與 Fresnel 透鏡結構圖

<p>舞台燈</p>	<p>集光系統(目前應用)</p>	<p>螢幕放大鏡</p>
<p>投影放大鏡</p>	<p>燈塔(1822)</p>	<p>相機鏡片</p>

圖 1-2 Fresnel lens 應用

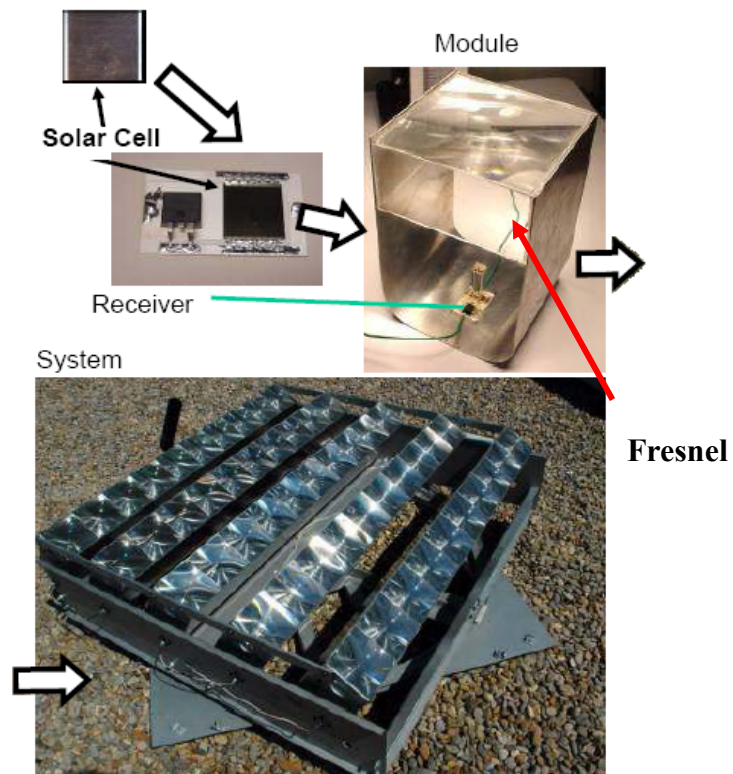
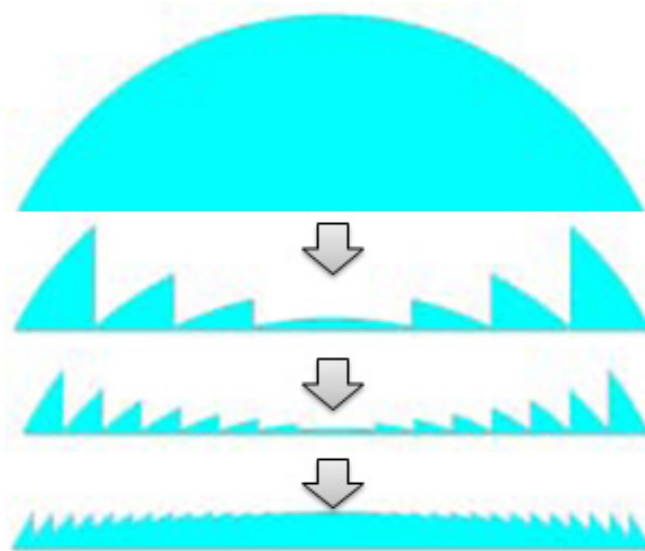


圖 1-3 高聚光型太陽電池系統圖



圖片來源:Display-Optics

圖 1-4 不同切割數的菲涅爾透鏡

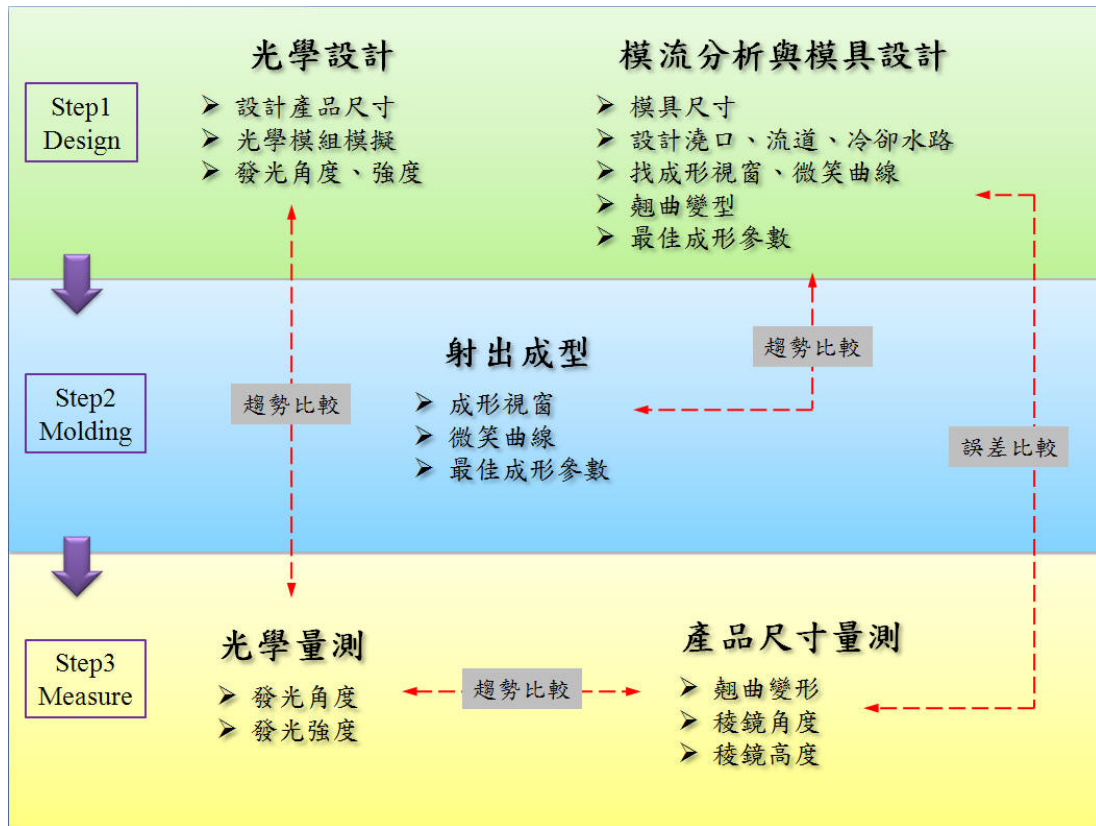


圖 1-5 論文流程圖

第2章 菲涅爾透鏡光學理論與設計

2-1 光學基礎理論

光學的基礎理論可以分為幾何光學、物理光學、量子光學等，其中幾何光學 (Geometrical Optic) 是將光束視為光線和光線的集合，光線條、物點以及像點的概念來表示的光學理論。物理光學 (Physical Optic) 即為將光視為電磁波來處理的光學理論，又可稱為波動光學 (Wave Optic)。量子光學 (Quantum Optic) 則主要利用量子的觀念來說明光粒子的本質及其應用的光學。而本文中所設計的 Fresnel 透鏡主要是應用幾何光學理論中的折射定律。

2-1-1 折射率

在光學中，折射率是一個非常重要的量，通常習慣上使用符號 n 來表示。光的速率為 3×10^8 m/s 介質折射率的大小則是定義成光在真空的速率與光在介質中速率的比值。然而對於任一介質而言，折射率也可說是其光學密度 (optical density)，因此對於介質的折射率較大者，可以說這個介質具有較高的光學密度，一般稱之為光密介質 (optical dense medium)，相反如果介質的折射率較小者，就會說這個介質具有較低的光學密度，一般則稱之為光疏材料 (less dense medium)，但光密介質與光疏介質都只是一個相對的量而不是絕對值。折射率公式如下：

$$n \text{ (折射率)} = \frac{c \text{ (真空中的光速)}}{v \text{ (介質中的光速)}} \quad (1)$$

空氣的折射率 $n=1.0003$ 一般視為 $n=1$ ，而水的折射率 $n=1.333$ ，一般的光學玻璃的折射率 n 約為 1.5，在本文中所採用的光學塑膠為 PC 其折射率 $n=1.585$ 。

2-1-2 折射定律

折射定律如圖 2-1 所示，當光由折射率為 n 的介質射入折射率為 n' 的介質中時，在兩介質的介面會發生兩種現象，一種現象是會有光線反折回同樣為 n 的介質中，這種現象稱為反射(Reflection)。而另一種現象則是光線會通過兩介質的介面而進入到 n' 的介質中，而因為介質的改變而有偏折的現象，這種現象就稱為折射(Refraction)。折射的現象必須遵守 Snell's Law，Snell's Law 對於折射光線非常的重要，其決定了光線行進的方向折射的定律可以歸納為以下三點

- (1) 入射光、折射光和法線都在入射面上。
- (2) 入射光、折射光在法線的兩側。
- (3) 入射角以及反射角的關係必須遵守 Snell's Law。

$$n \sin \theta_i = n' \sin \theta_t \quad (\text{Snell's Law}) \quad (2)$$

如圖 2-2(a)所示，當光線從光密介質到光疏介質時，折射角 θ_t 將會大於入射角 θ_i ，相反的則如同 2-2(b)所示，光線從光密介質到光疏介質時，折射角 θ_t 將會小於入射角 θ_i 。

2-2 光線追跡法

當我們在做一光學系統設計或評估光學系統像值時，我們常常需要了解光線在系統的軌跡如何，研究這個問題的方法稱為光線追跡(Ray Tracing)，光線追跡技

術的基礎出自 Snell 定律，乃是由 Cosby (1977) 所提出，爲了數學化計算方式，經過光學系統的光線傳遞，採用習慣性的命名及變數符號是必要的。當分辨鏡面兩邊參量時，物空間的鏡面代表量是不加撇號，像空間的鏡面代表量是加撇號。例如： n 是物空間的鏡面折射率， n' 是像空間的鏡面折射率。如圖 2-3 是近軸光線追跡參數的描述。

我們常見的三種光線追跡的方法就是 y - nu 、 y - ui 、和矩陣法。然而 y - nu 方法是屬於近軸光線的追跡法，也就是高斯光學的範圍內，討論光線在系統中的行進路線，是三種中最有效的方法，且在手算工作中廣泛被使用。光線在光學系統中的傳播行爲，大致可分爲兩種方式，一爲折射過程，另一種爲傳遞過程。藉著不斷的重複這兩個過程的結果，光線可從物點經由系統而入射到像點上，以下分別對這兩個過程討論。

2-2-1 折射過程(refracted procedure)

圖 2-4 爲單一球面，兩邊介質折射率分別爲 n 及 n' ，一條和光軸夾 u 角度的光線入射至球面上，光線在面上高度爲 y ，此光線經過球面折射後，與光軸夾 u' 的角度從球面射出。且入射、出射光線和光軸的焦點分別爲 M 、 M' (共軛點)，因此滿足

$$\frac{n}{s} - \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{r'} \quad (3)$$

將上式每一項乘 y 可得：

$$n' \frac{y}{s'} = y \left(\frac{n' - n}{r} \right) - n \frac{y}{s} \quad (4)$$

利用近軸光的條件，上式可改寫成

$$n' u' = nu + yc (n' - n) \quad (5)$$

注意:上式符號變化的改變是因為(3)的結果。且由於計算上的需求，習慣用曲率 c 來取代曲率半徑 r (c 與 r 互為倒數)。

2-2-2 傳遞過程(transfer procedure)

傳遞過程是在討論光線經過球面後，進行到下一個球面間的關係，如圖 2-5。假設兩球面間距離為 t ，光線在第一球面上的高度為 y_1 ，第二球面上的高度 y_2 ，兩者間的關係如下式:

$$y_2 = y_1 - u'_1 t \quad (6)$$

爲了直接利用(2.5)式得出的結果，習慣上將 (2.6) 式改寫成:

$$y_2 = y_1 + n'_1 u'_1 \left(\frac{-t}{n'_1} \right) \quad (7)$$

由(5)及 (7)式可分別求出光線的方向(nu)及高度(y)，因此稱爲 y - nu 方法。

2-3 菲涅爾透鏡光學理論

圖 2-6 為一般聚光型菲涅爾透鏡光學原理圖，當陽光進入透鏡時，會在透鏡內產生第一次折射，光線進入透鏡時，因折射率變大而產生折射，折射光線偏向法線，當光線穿出透鏡時，會產生第二次折射，此時因折射率變小，光線會偏離法線。

本研究以日本帝人化工光學級 PC(聚碳酸酯)型號 AD-5503 材料作為光學分析之材料，其折射率為 1.585，光線由藍光晶片發出進入透鏡時，會在透鏡內產生第一次折射，光線穿出透鏡時，會產生第二次折射，光學原理如圖 2-7。所以透鏡外型曲率、尺寸與折射率的要求非常重要，根據 Snell's Law 與全反射定律，可知塑膠折射率越大，其全反射的臨界角越小，代表全反射機率越小，對 LED Lens 出光效率有正面的幫助。

LED 模組如果不加透鏡，發光角度範圍在 $\pm 60^\circ$ ，其最強燭光在 0° ，稱為 Lambertian 角度。發光角度的定義是取 LED 發光時，最強燭光之 2 分之 1 強度時的發光角度，如圖 2-4。以 Lambertian 為例，最強燭光若為 1 燭光(1cd)，將最強燭光除二，可知發光強度為 0.5cd，再將 0.5cd 當時的發光角度乘二，得到該 LED 的發光角度為 $\pm 60^\circ$ (120°)，如圖 2-8。

2-3-1 菲涅爾透鏡設計

一般太陽能聚光型菲涅爾透鏡皆為大平板形，其透鏡搭配太陽能電池模組可直接於太陽光下使用，量測出聚光效果。本研究目的為探討不同設計參數(Pitch)對聚光效果之影響，需使用穩定特性之光源並，且考慮本研究室射出成形機大小，故選用 LED 模組當本研究之光源。圖 2-9 為選用之 LED 光源模組。

圖 2-10 為本研究之菲涅爾透鏡設計流程圖，首先須決定透鏡外型尺寸，透鏡外型尺寸的大小是依據 LED 模組的大小去設計的。外型尺寸確定後；接著設計透鏡上稜鏡 Pitch 與焦距大小，Pitch 大小是需考慮透鏡直徑及考慮模具加工精度，本研究設定之 Pitch 大小為 1mm。整個尺寸大小決定後就可進行稜鏡大小之計算，依照折射定律及光線追跡法，本研究設計出一聚光型菲涅爾透鏡，表 2-1 為本論文設計之菲涅爾透鏡規格，圖 2-11 為透鏡外型尺寸，圖 2-12 為透鏡上稜鏡尺寸大小。本研究設計出不同 Pitch 大小之菲涅爾透鏡，分別為 0.1mm、0.5 mm、1.5mm，如圖 2-13 所示；並進行光學模擬分析，比較不同設計參數對於聚光效果的影響。



表 2-1 Pitch1mm 菲涅爾透鏡規格

項次	名稱	尺寸
1	Fresnel lens 之大小(直徑)	19.9mm
2	Fresnel lens 之厚度	1.5mm
3	Fresnel lens 之環數	8
4	Fresnel lens 之 Pitch	1
5	選用材料之折射率(n)	1.585
6	溝槽深度	0.16mm~1.7mm
7	Facet angle	31°~81°
8	Fresnel lens 之焦距	35mm



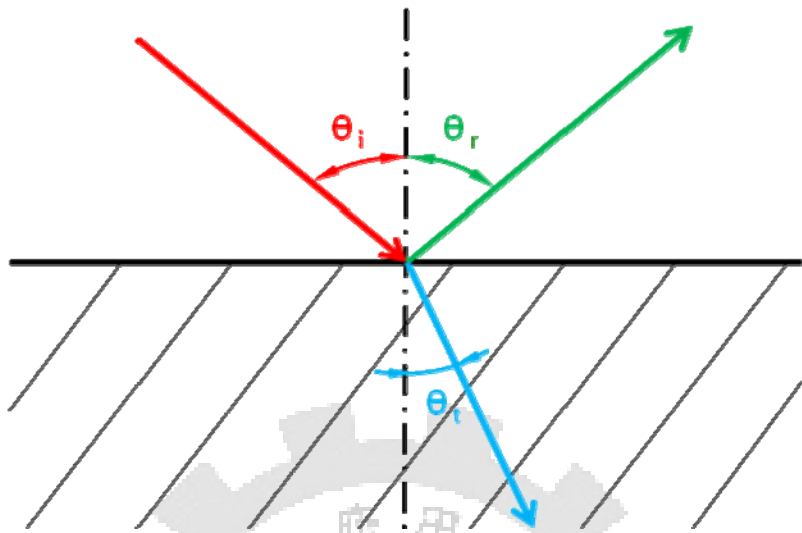


圖 2-1 光的折射與反射

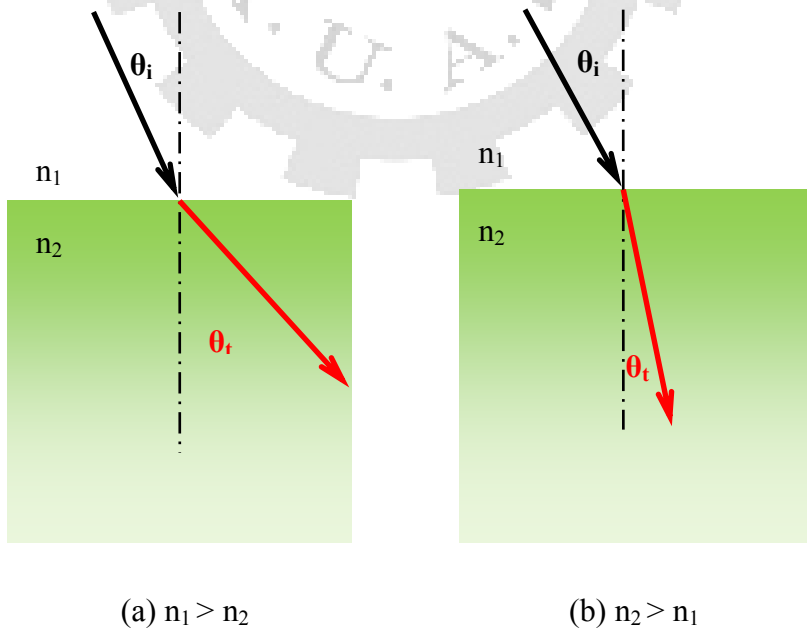


圖 2-2 折射角與折射率的關係

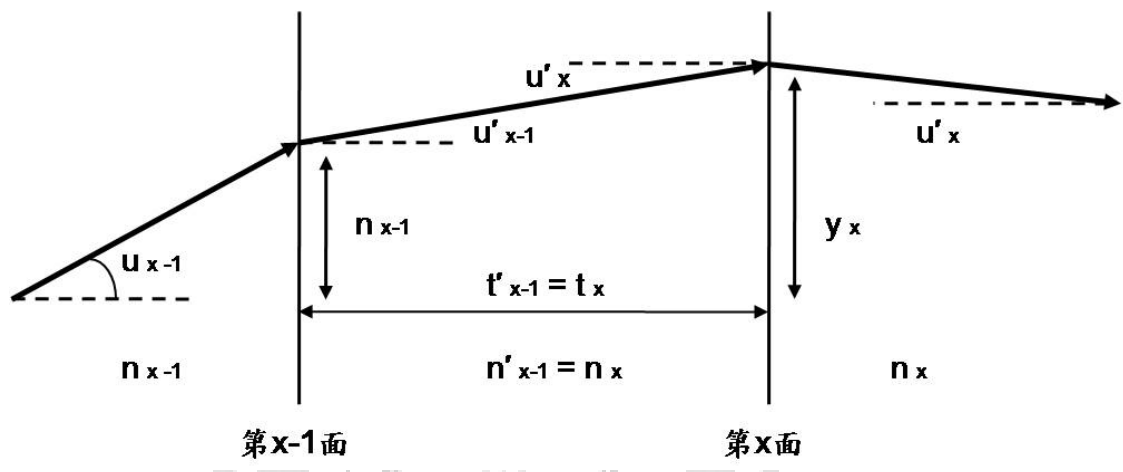
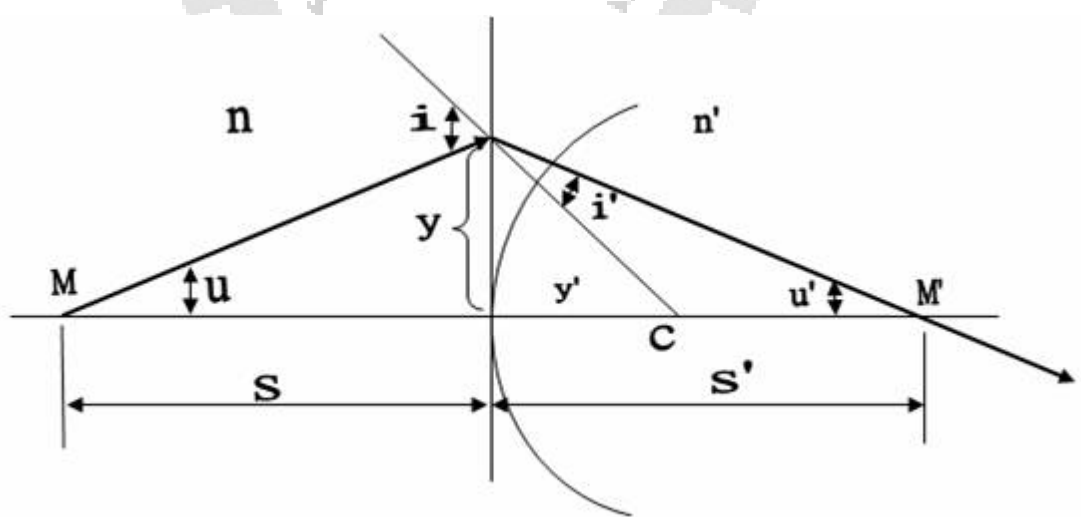
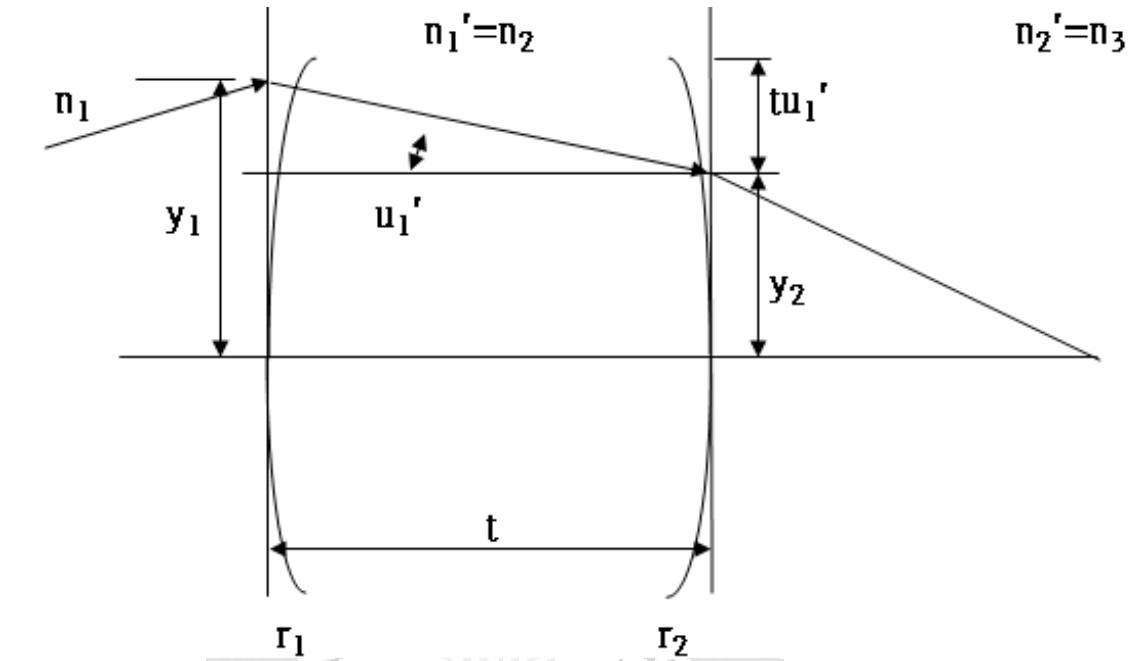


圖 2-3 近軸光線追跡參數描述



圖片來源:全華圖書

圖 2-4 折射過程



圖片來源:全華圖書

圖 2-5 傳遞過程

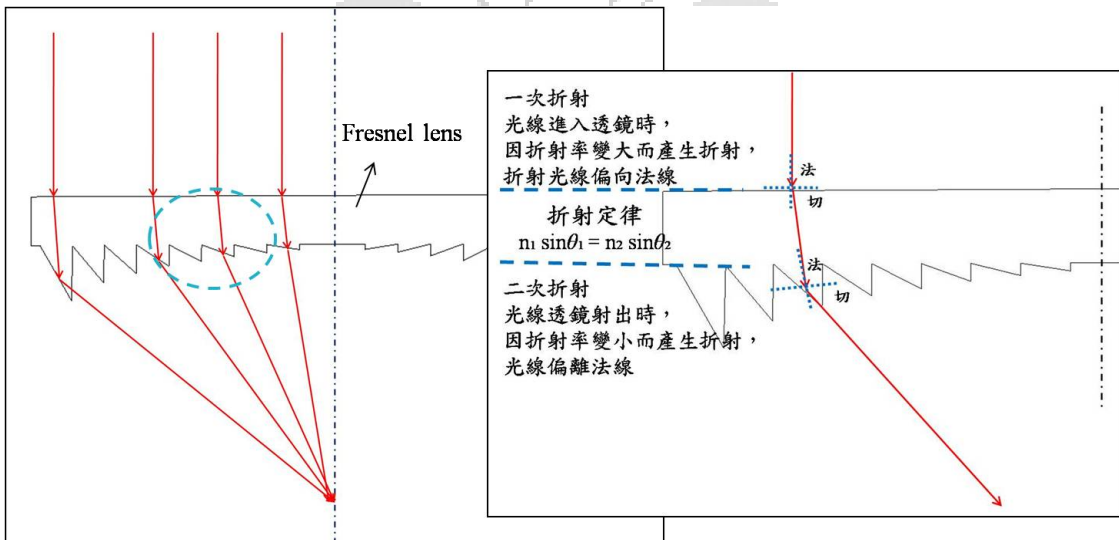


圖 2-6 聚光型菲涅爾透鏡光學原理

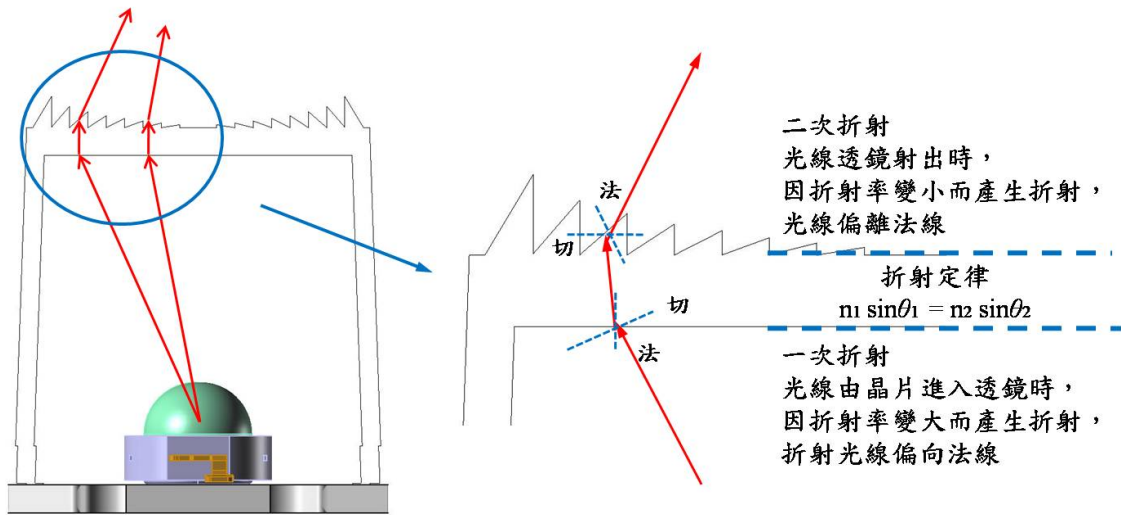


圖 2-7 光學原理圖

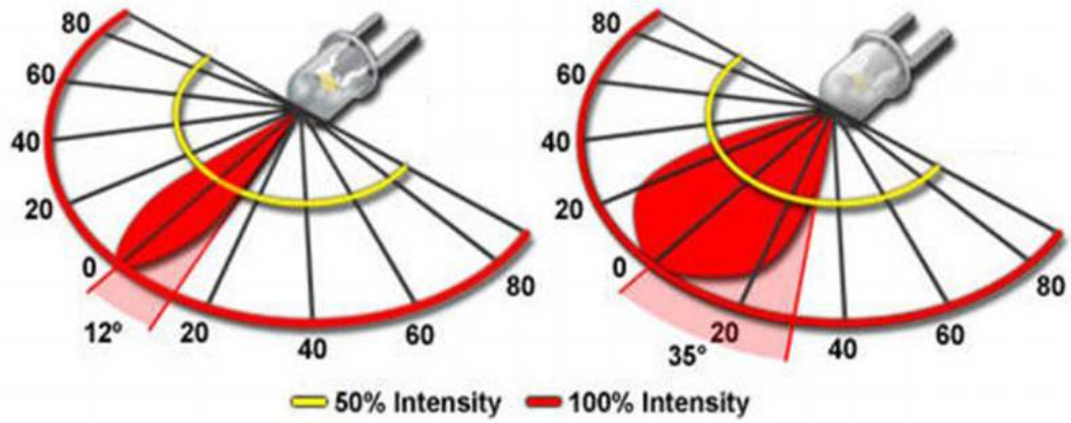


圖 2-8 發光角度定義



圖 2-9 本研究用之 LED 光源模組

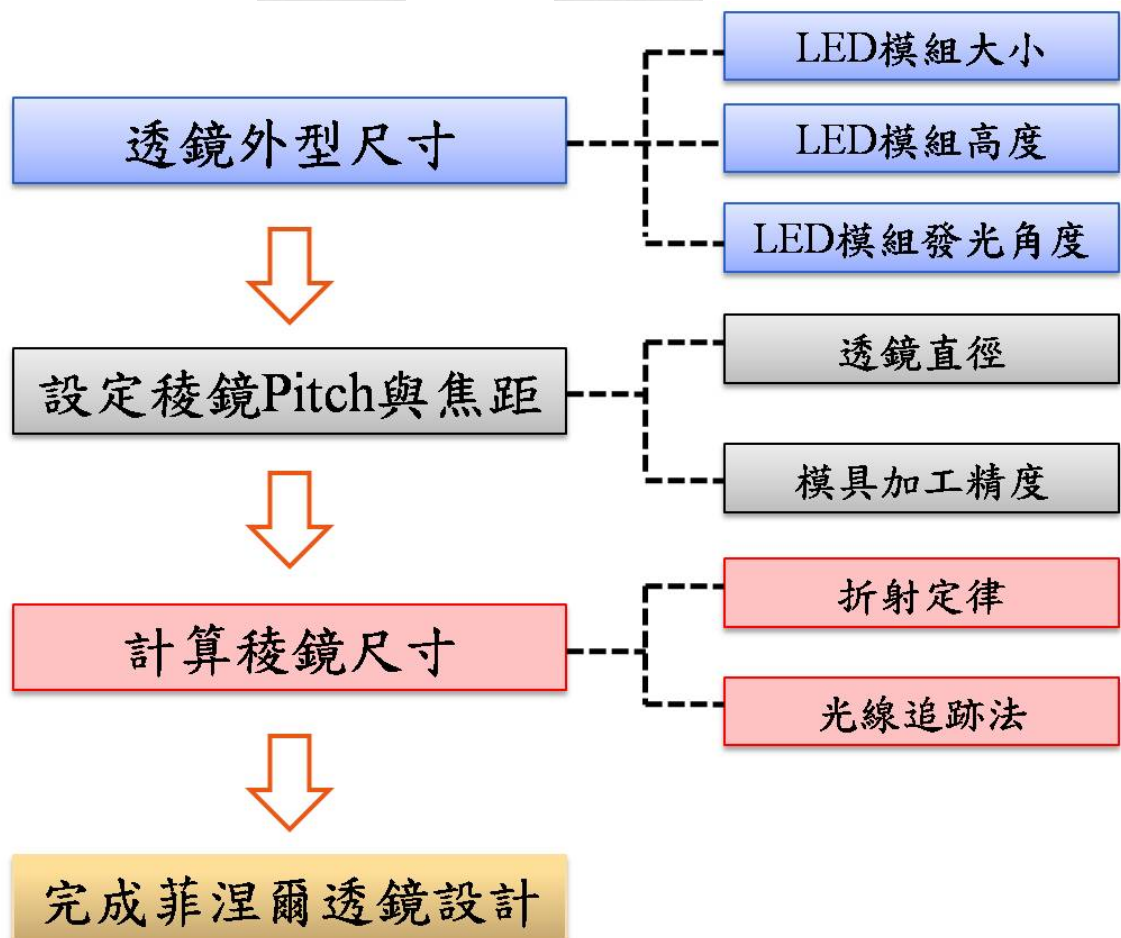


圖 2-10 菲涅爾透鏡設計流程圖

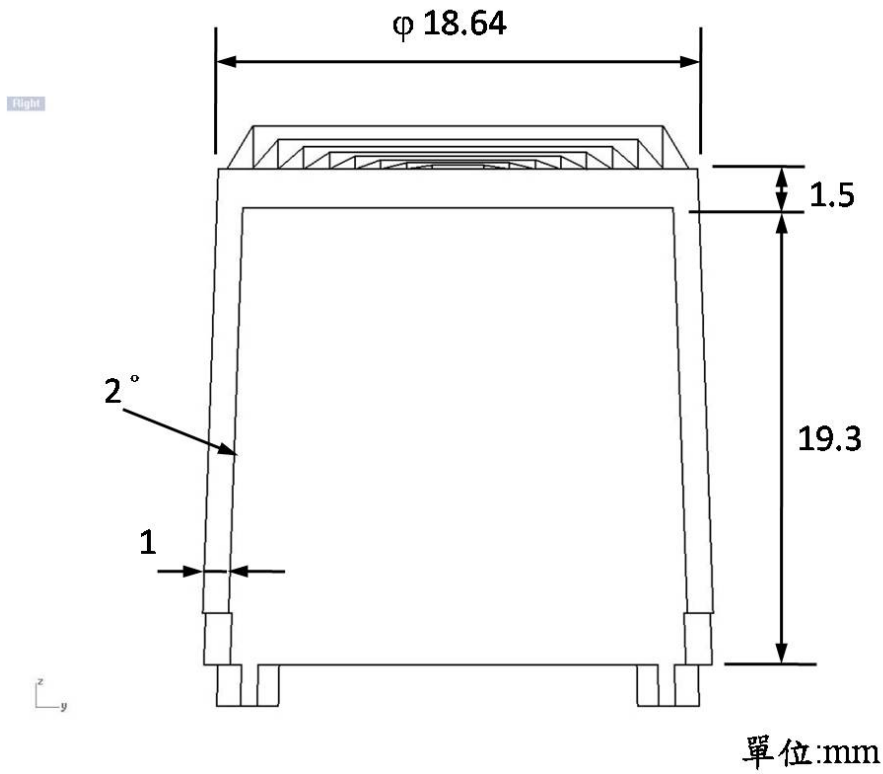
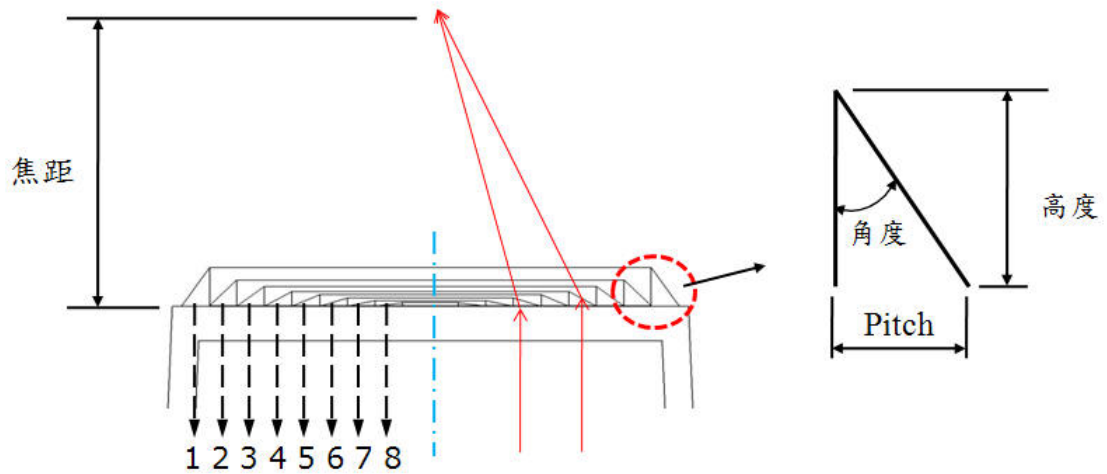


圖 2-11 菲涅爾透鏡外型尺寸



規格 \ 齒數		1	2	3	4	5	6	7	8	
角度($^\circ$)	20	31	41	49	57	63	70	76	81	88
高度(mm)	2.6	1.7	1.15	0.87	0.65	0.51	0.36	0.25	0.16	0.05

圖 2-12 Pitch 1mm 稜鏡尺寸大小

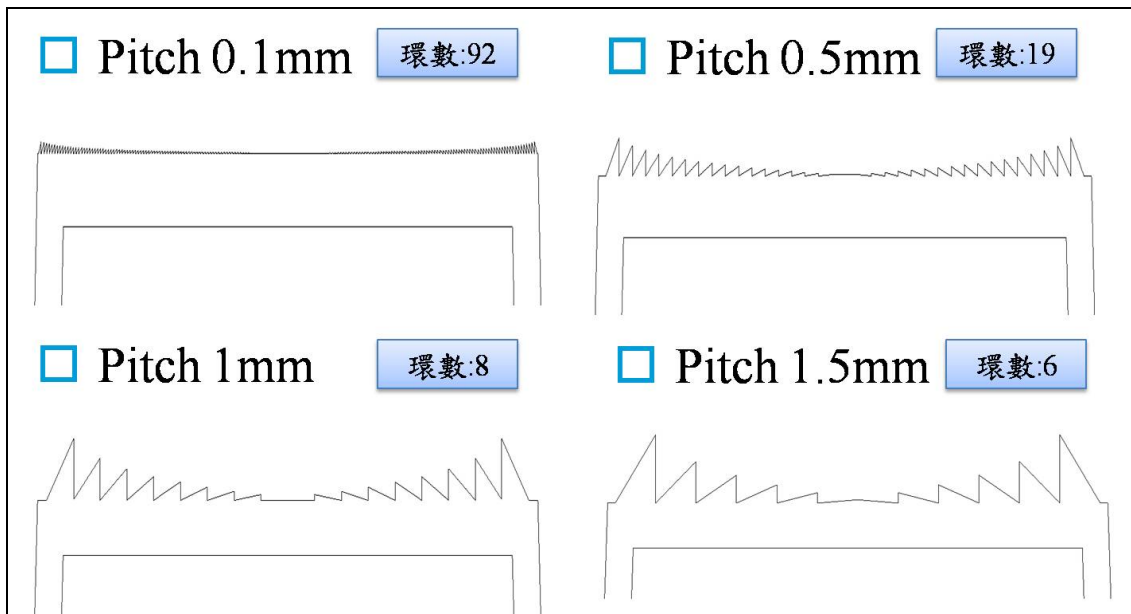


圖 2-13 不同 Pitch 大小之菲涅爾透鏡



第3章 光學模擬與分析

3-1 光學模擬簡介

光學模擬對於光學系統的設計，扮演著極為重要的角色。因為光學元件模具的製作成本都比較高，在製作之前先進行光路模擬，可以在還沒有進行加工之前，預估透鏡的光學特性，以及縮短模具開發的時程。光學模擬分為兩種模式：

3-1-1 序列式描光：

依據光學面的前後順序，模擬光通過一個光學面到達下一個光學面，並計算通過每一個光學面之後的新路徑直到最後一個面，這種方法可以不必先以亂數的方式決定每一光線初始的方向，可以比較快速的得到結果，但是在自然界中光並不可能這麼理想化，因此比較不符合於自然界的真實情況。

3-1-2 非序列式描光：

光的路徑與方向不以固定順序加以演算，完全以亂數的方式來決定光的方向，所以光達到光學面的順序並不一定會一樣，因此比較接近實際的情況。但是需要逐一決定每一條的光線方向，因此所需要的運算時間比較長。

上述這兩種方式各有其優劣之處；圖 3-1、3-2 為序列式描光與非序列式描光示意圖，所以其所運用的地方也有所不同，序列式描光法大多用在照相機、數位相機、望遠鏡、光碟機讀取器...等光學系統的初期曲率的設計，而非序列式描光法則大多使用在燈具、背光模組以及像機，數位像機的後期成像分析及鬼影、雜散光部分的分析。

3-2 Trace Pro 軟體介紹

本研究使用之光學模擬軟體為美國 Lambda Research 公司所開發的光跡追蹤軟體 Trace Pro，也是首套符合 ACIS 固體模型標準所發展出來的光機軟體，可做一般傳統光學分析、照明系統分析、輻射度以及光度分析，屬非序列描光軟體 (Non-Sequential Ray Tracing)。Trace pro 是以蒙地卡羅(Monte Carlo)方式進行描光，Monte Carlo 是一種採隨機方式計算的數值方法，一開始以亂數決定光線在物體的位置及射出方向，當光在物件表面上運算時，又隨機的決定光線的散射，只要設定的光線數越多，並進行光線對不同材料對光學特性的吸收、折射、反射與全反射現象，就越接近真實系統。

3-3 光學模擬流程

首先我們將設計好之透鏡使用電腦繪圖軟體將模型畫出，並匯入 Trace Pro 軟體內，圖 3-3 為光學模擬的流程圖。先建立所需之實體模型，實體模型建立完畢後，對每一個物件及表面賦予其光學特質，包括材質、表面特性及發光性質等。再者是建立所需的光源，設定需輸入光源的波長及發光強度，可用光譜儀進行量測或以原廠規格輸入即可。模型與特性及光源設定完畢即可進行光學分析模擬，其分析的結果有照度分析，光強度分析及偏振分析結果等。圖 3-4 為本研究 LED 光學模組圖。

在設定物件特性前，我們需先將 LED 光源特性建立在光學軟體裡面，因原廠 LED 光源光場圖並非 Lambertian 光源特性，故先量測原廠 LED 光源之配光曲線圖 3-5(a)，將量測出之 LED 配光曲線數據輸入在 Trcae Pro 軟體裡面並進行比對。圖

3-5(b)建立之配光曲線，完成後再依序設定物件特性，當物件特性設定完成後就可進行光線追跡模擬。

3-4 菲涅爾透鏡設計與模擬分析

將上一章所設計之菲涅爾透鏡，使用 CAD 繪圖軟體將其繪製成 3D 實體圖，完成後將實體圖匯入 Trace Pro 光學軟體，依照模擬流程圖我們依據定義透鏡材料特性表面特性等，完成設定後就可進行光學模擬分析。在進行透鏡模擬分析前，我們需先確認在光學軟體裡所建立之 LED 光學模組特性與實際量測之光學特性相同，才可進行透鏡光學模擬。圖 3-6 為未加透鏡 LED 光學特性與實際量測 LED 特性圖。從圖了解，在光學軟體所建立之光學模組所模擬出的光學特性與實際量測的光學特性是相同的，因此我們確認所建立之光學模組是正確無誤的，確認所建立之光學模組後，我們就可進行透鏡光學模組模擬。

圖 3-7 未加透鏡之 LED 模組燭光分佈圖，原始 LED 模組之發強度為 2Cd，發光角度為 160°。圖 3-8 為 Pitch 1mm 透鏡光學模擬之燭光分佈圖，從圖看出，光學模組加上所設計之菲涅爾透鏡後，發光強度增加至 110 燭光，發光角度聚焦至 4.3°，由此可見所設計透鏡聚光效果很好。此外；比較不同 Pitch 之光照圖，圖 3-9 為 Pitch 0.1mm 燭光分佈圖，發光強度為 130 燭光，發光角度為 3.6°。圖 3-10 為 Pitch 0.5mm 燭光分佈圖，聚焦角度約為 4.1°，發光強度為 121 燭光。圖 3-11 為 Pitch 1.5mm 燭光分佈圖，發光角度為 4.6°，發光強度為 102 燭光，可見當 Pitch 由大變小時，發光強度會隨著增加且角度會更為聚焦，因為當切割數越多，稜鏡組成之曲率越接近傳統凸透鏡曲率。

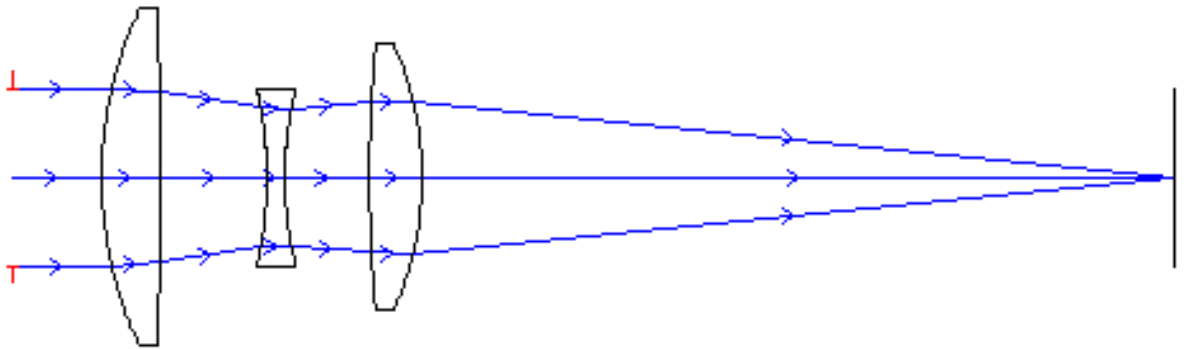


圖 3-1 序列性描光

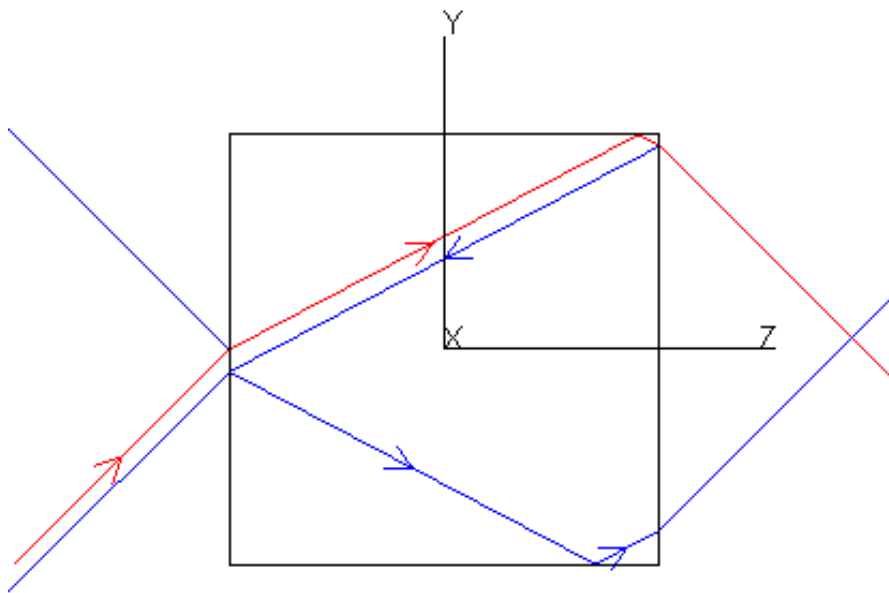


圖 3-2 非序列性描光

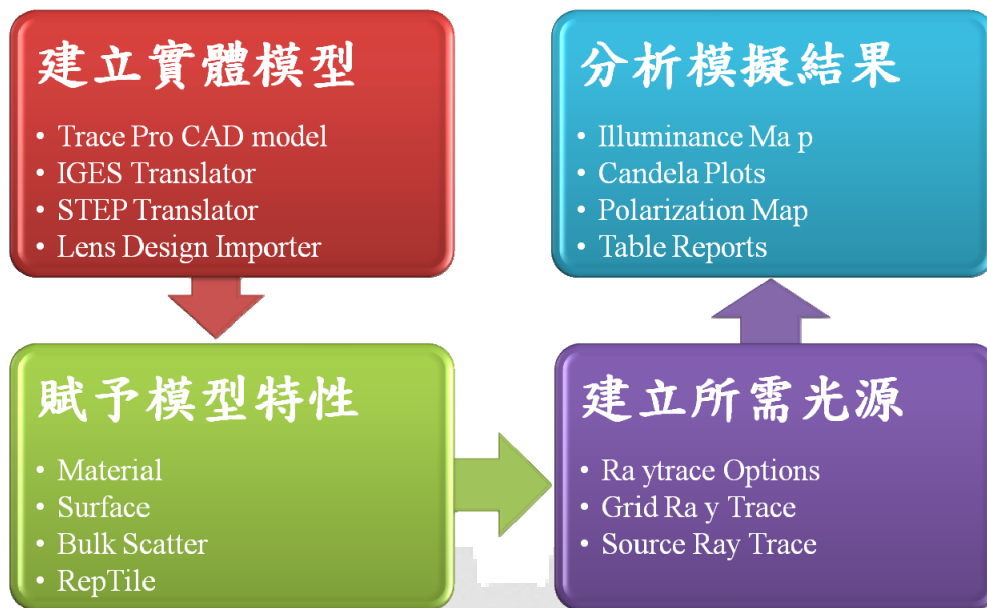


圖 3-3 光學模擬的流程圖

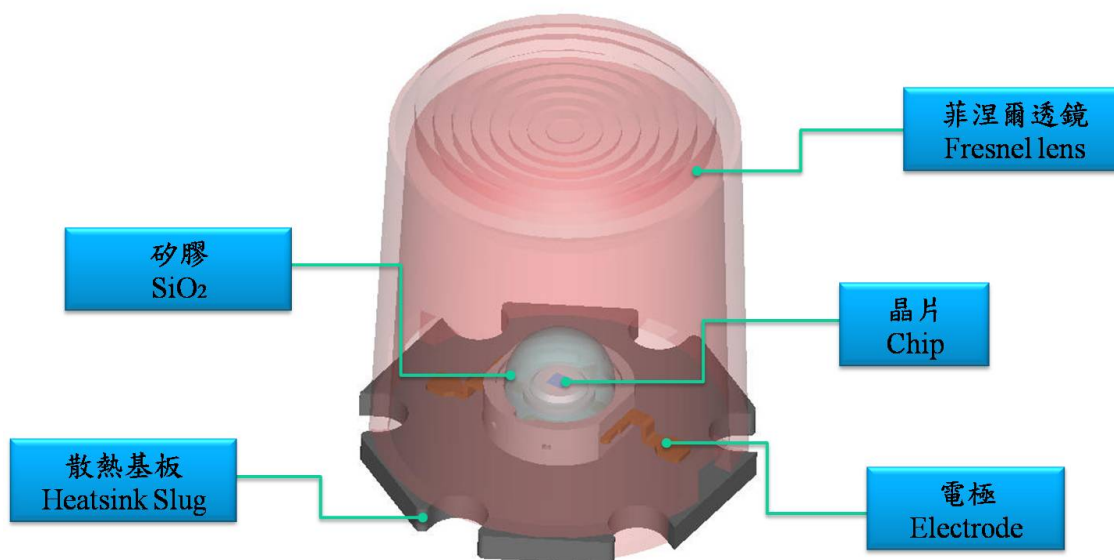


圖 3-4 光學模組圖

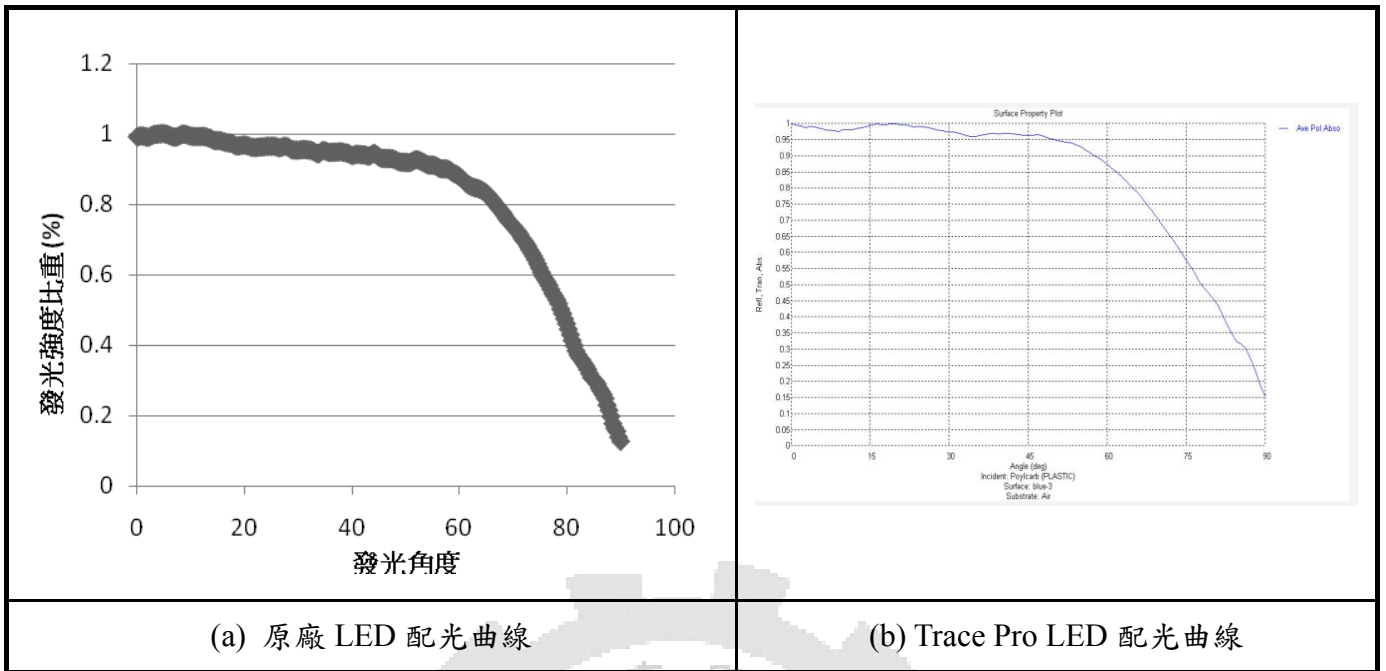


圖 3-5 配光曲線對照圖

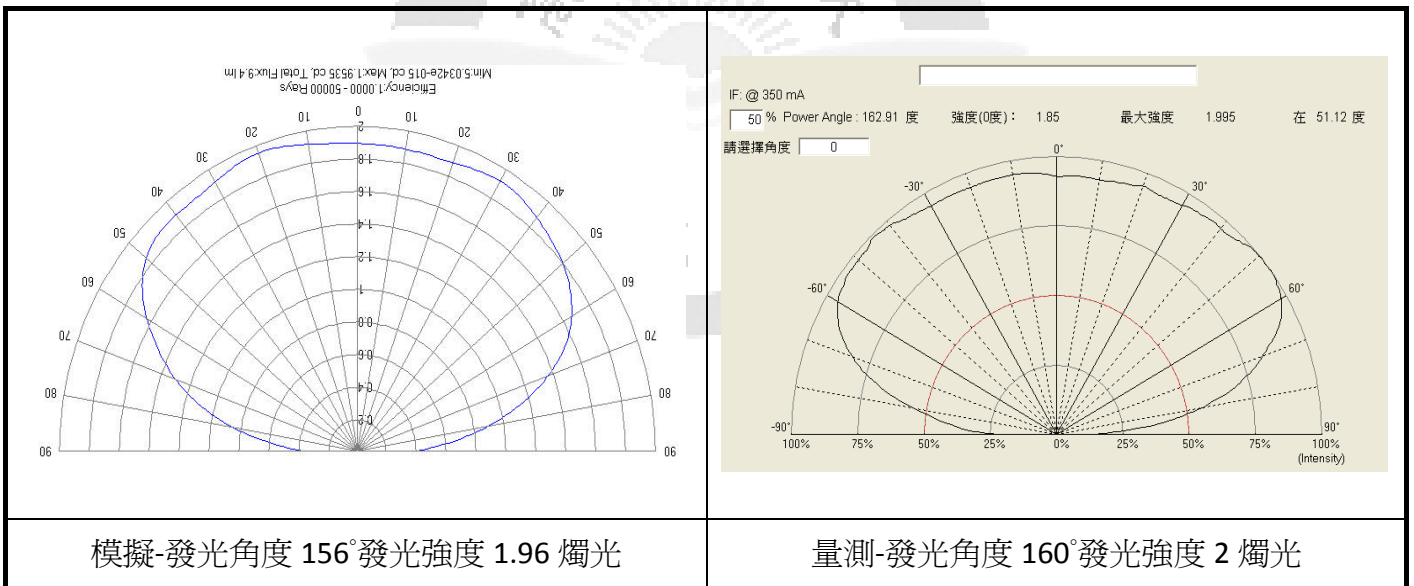
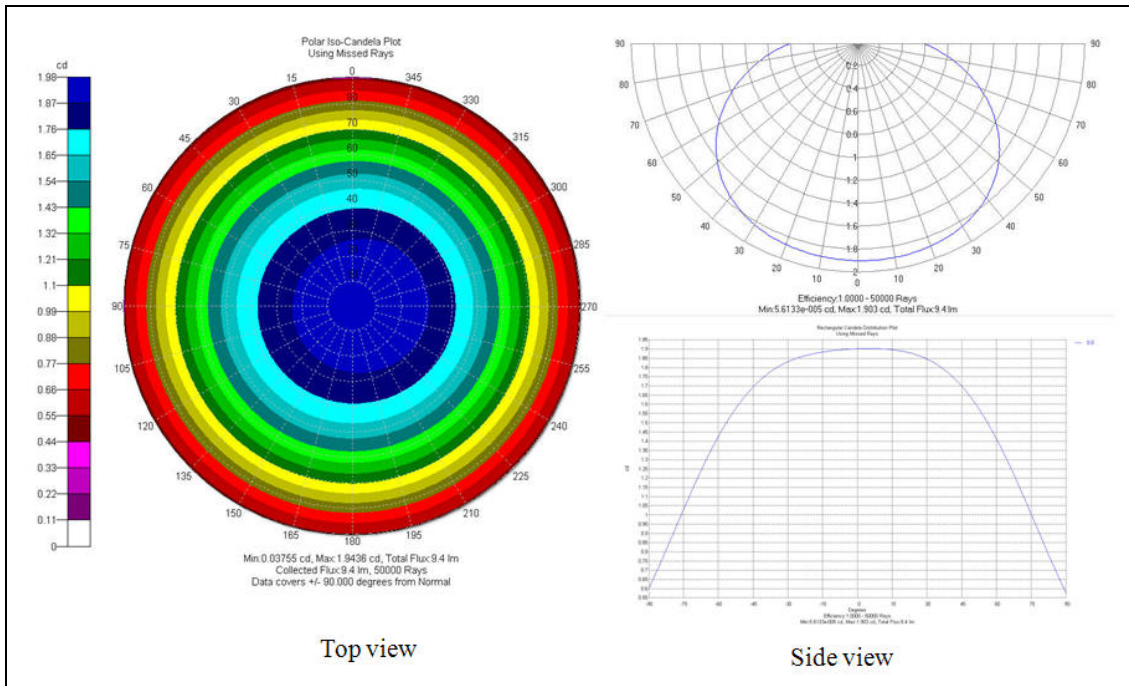


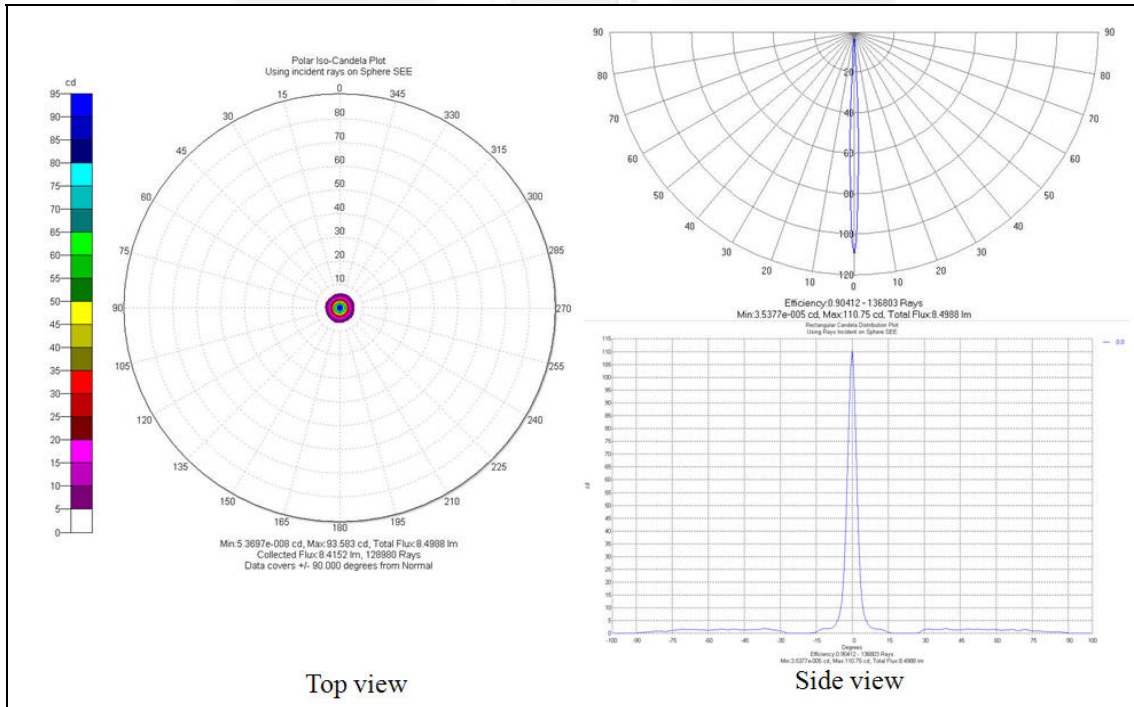
圖 3-6 未加透鏡 LED 光學特性



發光強度 2Cd

發光角度 160°

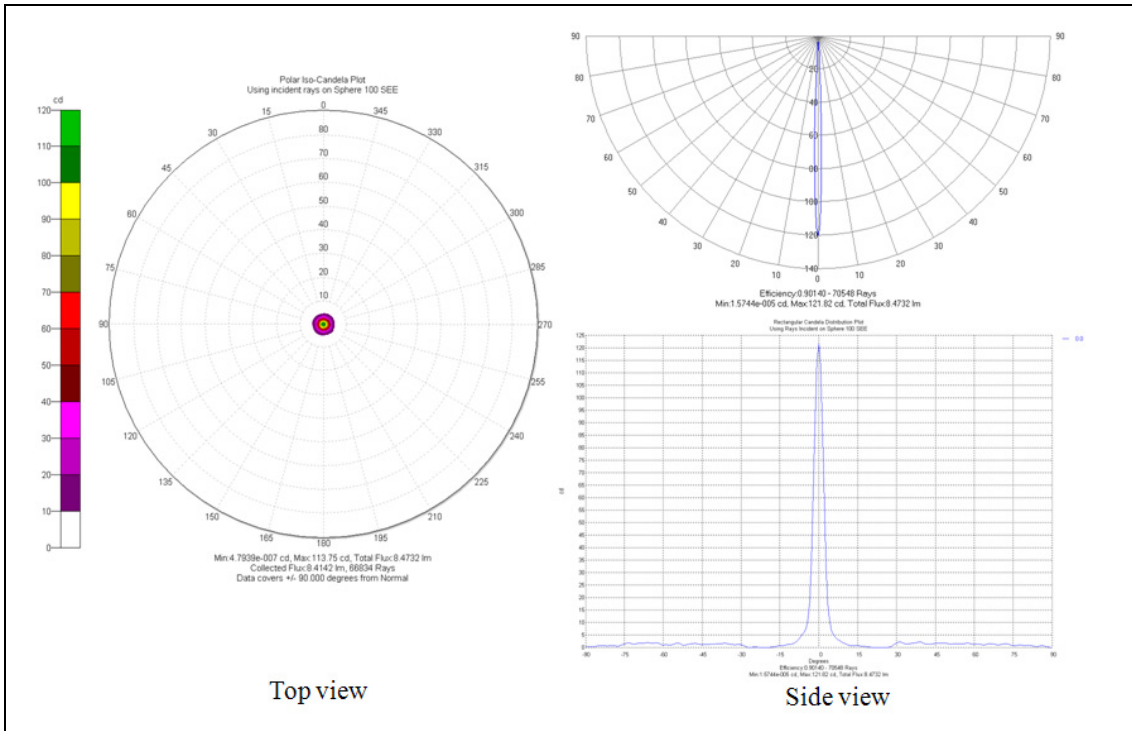
圖 3-7 未加透鏡之 LED 模組燭光分佈圖



發光強度 110Cd

發光角度 4.3°

圖 3-8 Pitch 1mm 燭光分佈圖(設計值)

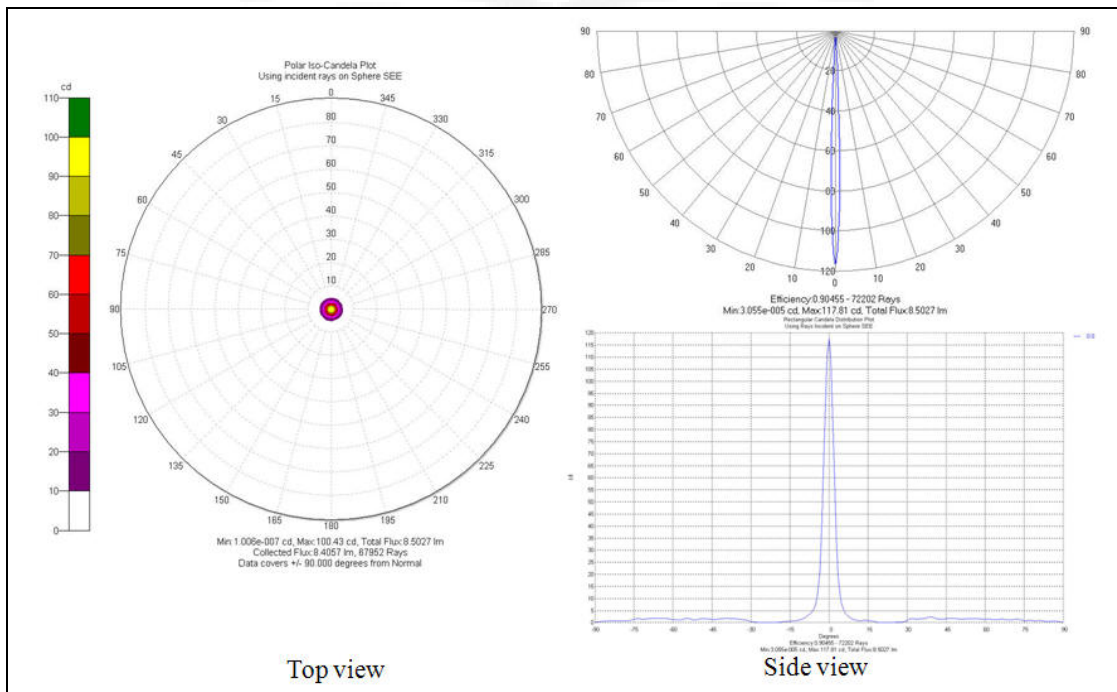


Top view

Side view

發光強度 130Cd 發光角度 3.6°

圖 3-9 Pitch 0.1mm 燭光分佈圖

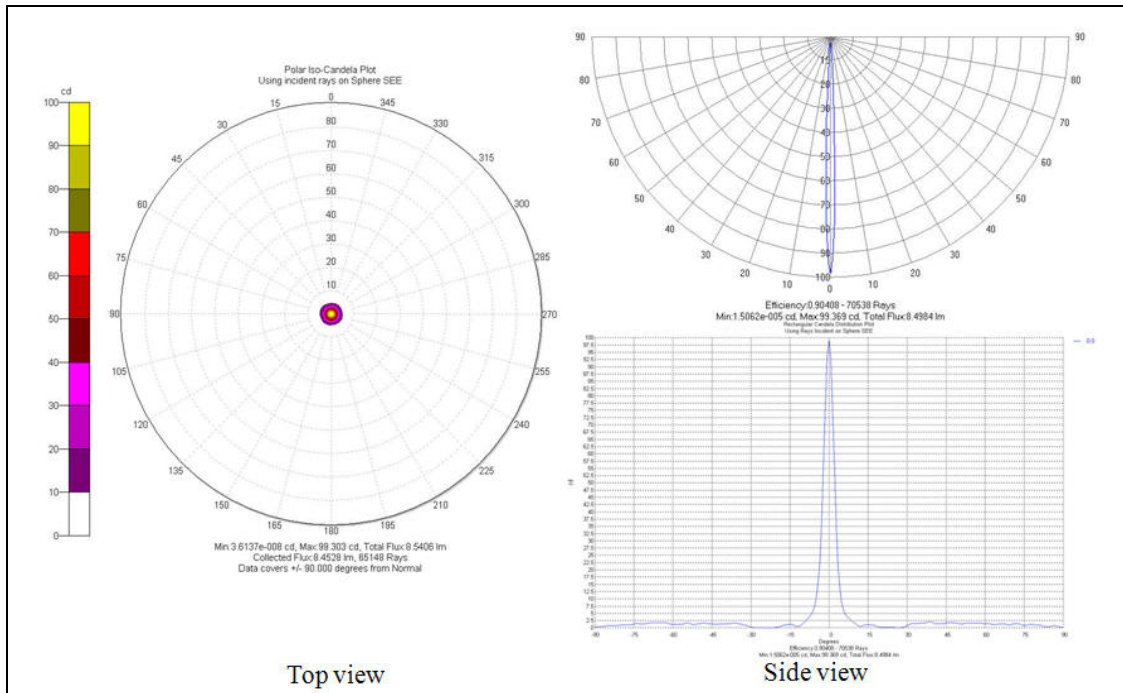


Top view

Side view

發光強度 121Cd 發光角度 4.1°

圖 3-10 Pitch 0.5mm 燭光分佈圖



發光強度 102Cd

發光角度 4.6°

圖 3-11 Pitch 1.5mm 燭光分佈圖

第4章 模流分析與模具設計

4-1 模流分析簡介

在開始製造模具之前，我們可能無法知道所設計的模穴、流道以及水路等等，會不會產生什麼缺陷，縫合線位置影響大不大，包風的情況嚴不嚴重？除非是經驗老到的模具師父，可以憑著數年累積下來的實務經驗預估這些缺失，否則在設計時實在很難發現這些問題，因此利用模流分析來預先發現這些問題，並在設計端就先把這些問題解決，如此可以節省模具開發的時間與成本。模流分析是以有限元素法為基礎的運算方法，大致上依所建構的模型可以分為 2.5D 以及 3D 的模擬，這兩種模擬方式各有其優劣之處，將在以下說明：

4-1-1 2.5D 模擬：

2.5D 的模型是為一種簡化後的模型，由於射出成形件絕大部分都是薄殼狀的產品，也就是表面和厚度的比例較大，因此 2.5D 的模擬主要就是把薄殼狀的成形品簡化成一個曲面，因為有經過簡化的動作所以計算結果會有些微的誤差存在，但是這些誤差微小到可以忽略。圖 4-1(a)為一個方盒的真實情況，也就是 3D 的方盒，而將它建構成 2.5D 的型式就如同圖 4-1(b)所示。2.5D 模型最大的優點就是其網格數量遠比 3D 模型的網格數量來的少，因此花費在計算結果的時間遠比 3D 模擬所需的時間短，對於電腦硬體的需求也比較沒那麼高。

4-1-2 3D 模擬：

3D 的模型是直接以三維的實體網格所堆疊起來的，所以沒有網格簡化的誤差

存在，但是爲了維持模擬計算的解析度常常需要用上較多的網格數目，網格量一多，所需要用在運算的時間相對也就加長了許多，因此對於要用來執行 3D 模擬的電腦硬體需求也就比較高。但因爲沒有簡化模型的誤差存在，因此計算的結果也會比 2.5D 來的準確，甚至有一些現象只有在 3D 的模擬才會顯現出來。

一般進行模流分析都依據圖 4-2 的分析流程圖在進行分析，首先以前處理器先建立模擬的網格模型，之後再定義一些限制的參數以及操作的參數進入分析軟體，在這個階段可以導入最佳化的概念來搜尋成形的最佳參數，最後也是最重要的就是判讀軟體後處理出來的結果，結果可能是彩色圖、可能有曲線圖甚至是數據，我們要從這些後處理的結果中判斷出可能發生的問題或是發生問題的原因，並加以擬定解決的方案，若是可以從參數來解決就回到第二階段來定義新參數，若是得要從模具下手則要回到第一階段重建立網格。在本論文研究中所要進行模擬的是菲涅爾光學透鏡，此透鏡的最大特色就是有許多小稜鏡，因爲小稜鏡大小不一的緣故，難以用一個曲面完全代表它，所以在這邊我們不適合採用 2.5D 的模型來進行模流分析，而必須使用 3D 的模型來進行實驗的模流分析。圖 4-3 即爲用在本論文菲涅爾透鏡的實體網格模型。

4-2 模具設計

光學分析結束之後，接著要進行的是模具的設計與製造，並搭配射出機進行射出成形實驗，本研究設計一直徑爲 19.9mm、最大高度爲 22.5mm 的菲涅爾透鏡當作載具，透鏡詳細尺寸如圖 4-4，本研究模具採一模一穴的配置，流道設計爲圓

形流道，澆口則使用扇形澆口，實體模具圖如 4-5 所示，詳細模具圖參照附錄。

由於光學透鏡為透明且重視外觀的產品，因此在澆口設計採用扇形澆口(Fan Gate) 是利用扇形澆口可以均勻且分散在大面積上充填的特點，讓鏡片得到良好的外觀，澆口設置在透鏡的側邊底部進膠，厚度由 1.7mm 漸薄至 0.7mm，在頂出部分，由於光學透鏡不能在光學曲面上設置頂出銷，因此將頂出設置在模穴的末端也就是透鏡的腳部，一方面讓模穴內的空氣再射出的時候，有可以排出的地方，另一方面則是可以將頂出銷設置於此。

模具選用兩板模的形式，模仁採用嵌入式的組裝方式。冷卻系統的部分，本研究中母模採用的冷卻水路為隔板式冷卻水路，因菲涅爾透鏡上有許多小稜鏡，小稜鏡位於母模鑲塊上；為提高小稜鏡的轉寫比例，故選用隔板式冷卻法。公模仁採用間接冷卻的方式，因公模仁空間太小且又避免與頂出干涉，故選用間接冷卻法。間接冷卻之冷卻棒材質為黃銅，因黃銅導熱快速且在 CAE 模擬結果可看出黃銅可有效冷卻公模仁，圖 4-6 為本論文用模具之冷卻系統。另外在母模板前後設有排氣孔，因在 CAE 模擬結果中，看出透鏡有產生包封的情況發生，故在母模板上設排氣孔，圖 4-7 排氣孔設置位置。

4-3 模流分析

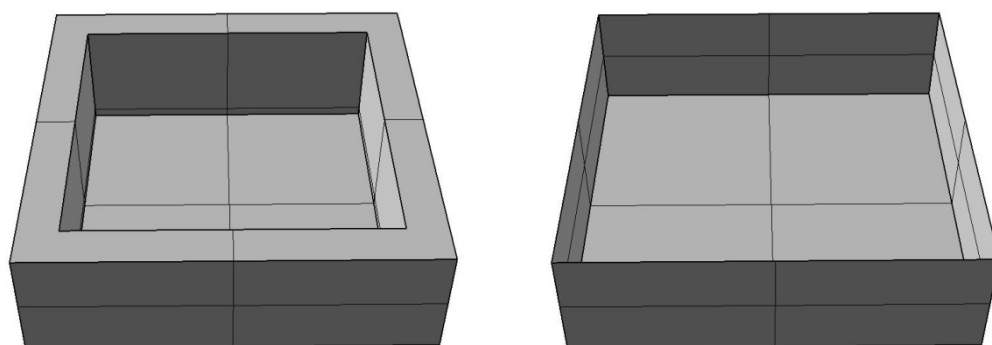
CAE(Computer-Aided Engineering)是結合塑料加工的理論基礎，利用電腦繪圖，快速計算，數據處理及分析的功能，來預告實際成形時會遇到的問題。在傳統上，產品設計完後即馬上開模，經由不斷的試模與修模，不僅耗費時間且增加生產成本，若使用 CAE 分析，即可在電腦上模擬射出成形的過程，使射出成形條

件量化，以得到合理的加工條件，提高效率。

本研究中所採用的模流分析軟體為 Moldex3D，因為菲涅爾鏡片為許多小稜鏡組合而成，所以本研究中採用 3D 的實體網格來進行模擬實驗，整個模型包含流道系統，模穴，冷卻系統以及模座如圖 4-8 所示，完成模型設定後，開始輸入射出成形的成形參數，成形參數表 3-1 所示，選用的射出機為 Sodick-TR30EH 油電複合式射出成形機，塑料選用日本帝人化工光學級 PC 材料，料號為 Panlite AD-5503，流動率為 $MFI(240,10)=14g/10min$ ； $D=1.2 g/cc$ 。

首先在 Moldex3D 建立射出機台參數，並找出透鏡的成形視窗與射出實驗進行比較，其次模擬出最佳充填壓力曲線，也是所謂微笑曲線當作最佳成形參數的依據，圖 4-9 與 4-10 為透鏡成形視窗與最佳充填壓力曲線。

由分析結果的流動波前圖，圖 4-11 所示可以發現塑膠是很平穩的流動沒有遲滯現象，但要注意充填結束末端會產生縫合線且會有包封現象產生，從圖觀察；產生縫合線位置並不會影響光學品質，所以我們需要注意產生包封的位置並在模具設計上注意逃氣孔設置的位置。由澆口溫度隨時間變化圖 4-12 可得知，保壓時間到達 1.8 秒時，澆口溫度達到材料頂出溫度，表示澆口再 1.8 秒後已凝固，射出機這時給再多的壓力或再長的保壓時間都是沒有作用的，壓力已經無法傳遞到模穴內部，因此在這邊模具的保壓時間設定為兩秒。另外；從分析結果的溫度分佈圖中我們可以發現，透鏡冷卻結束時內外部溫度差達到 $30^{\circ}C$ ，溫度不均易造成產品的翹曲變形，因此需要更改水路設計。從設計變更後的溫度分佈圖顯示，經過設計變更後的水路設計，可以有效的將溫度差改善，從圖 4-13 看出內外側溫度差降至 $9^{\circ}C$ 。



(a)3D 模型

(b)2.5D 模型

圖 4-1 2.5D/3D 模型說明示意圖

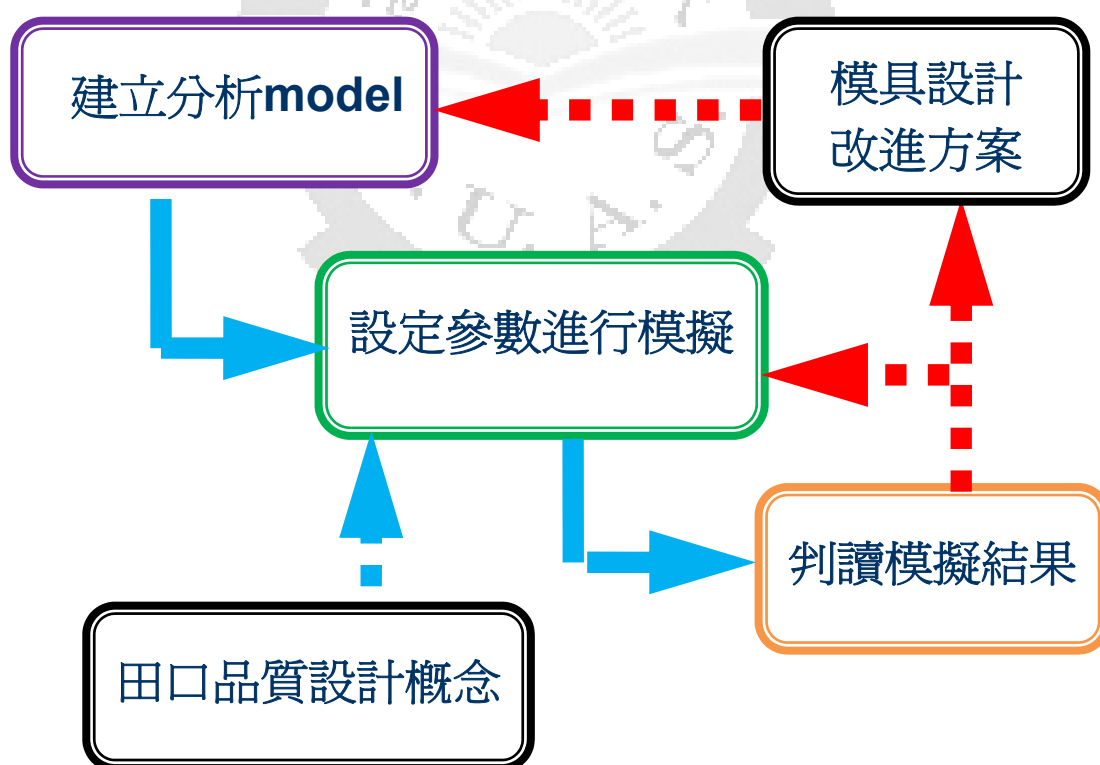


圖 4-2 模流分析步驟流程圖

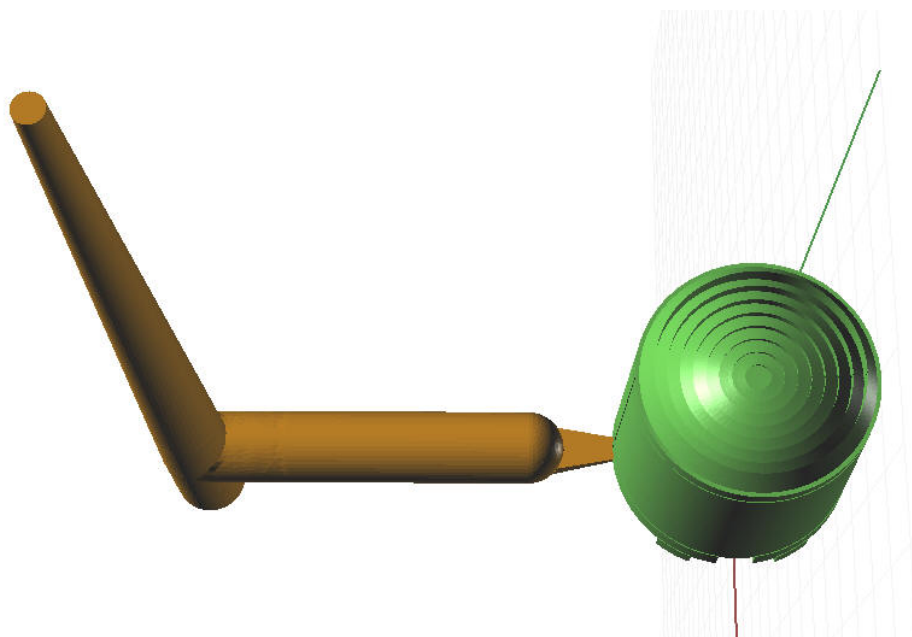


圖 4-3 菲涅爾透鏡的實體網格模型

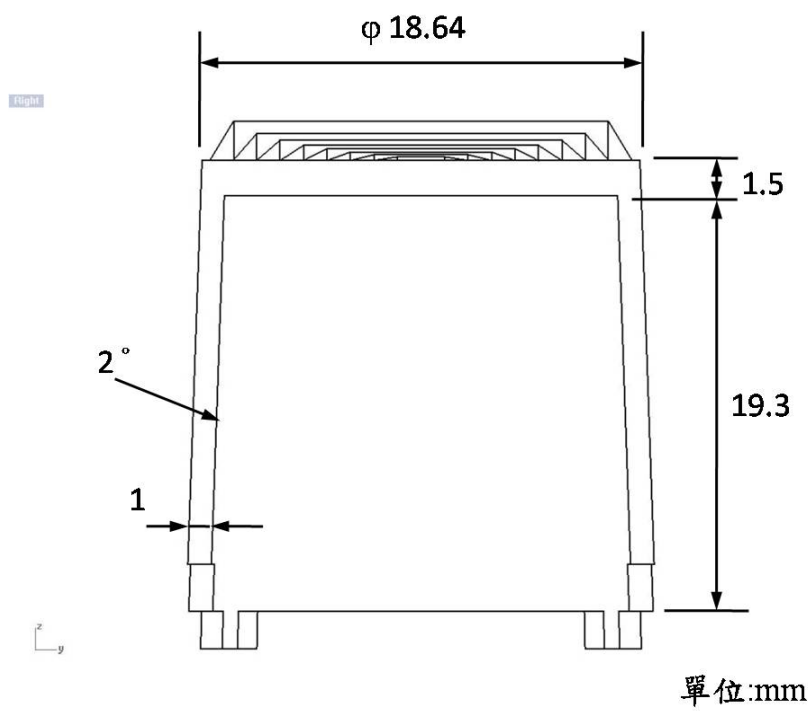


圖 4-4 透鏡尺寸圖



圖 4-5 實體模具圖

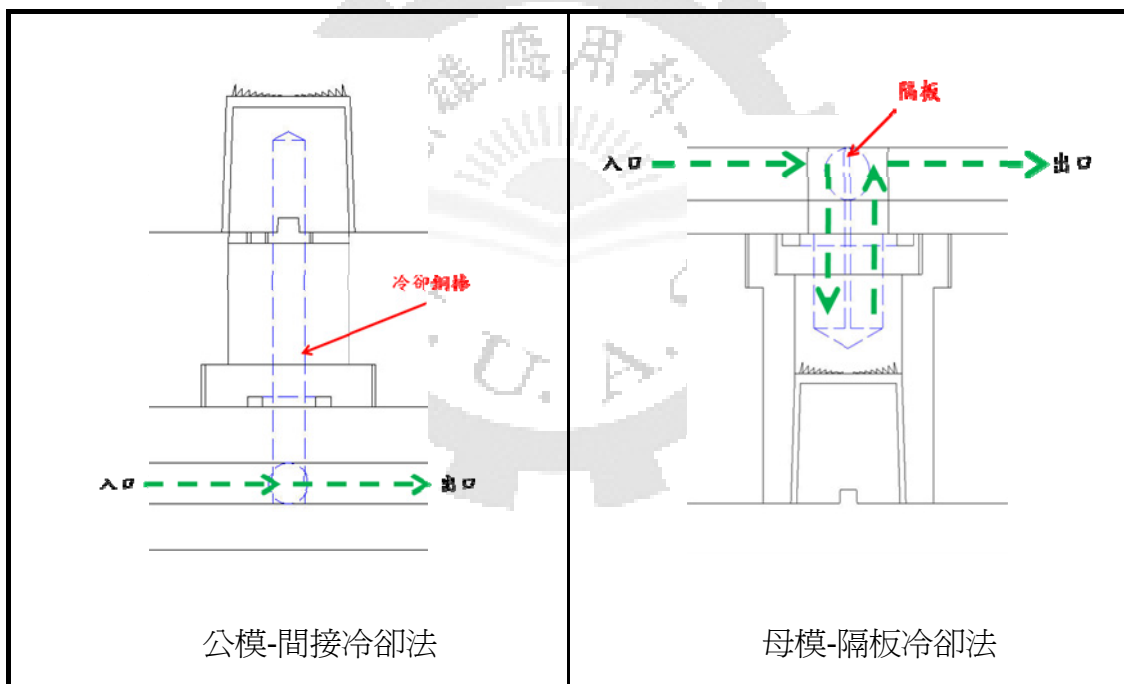


圖 4-6 模具之冷卻系統

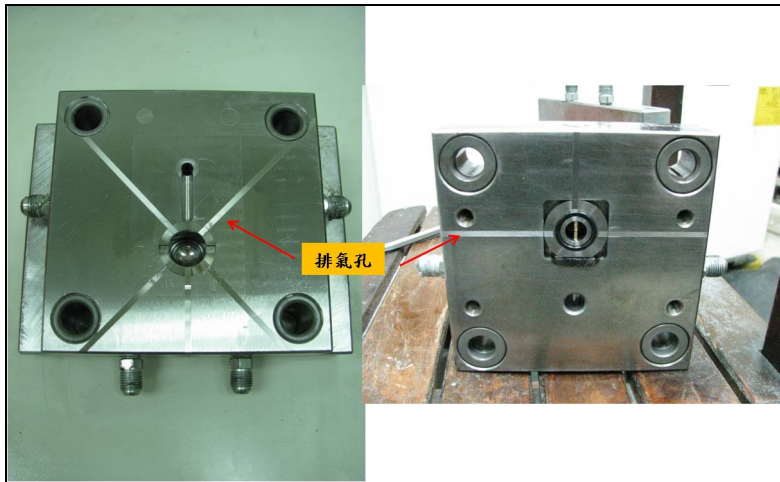


圖 4-7 排氣孔位置

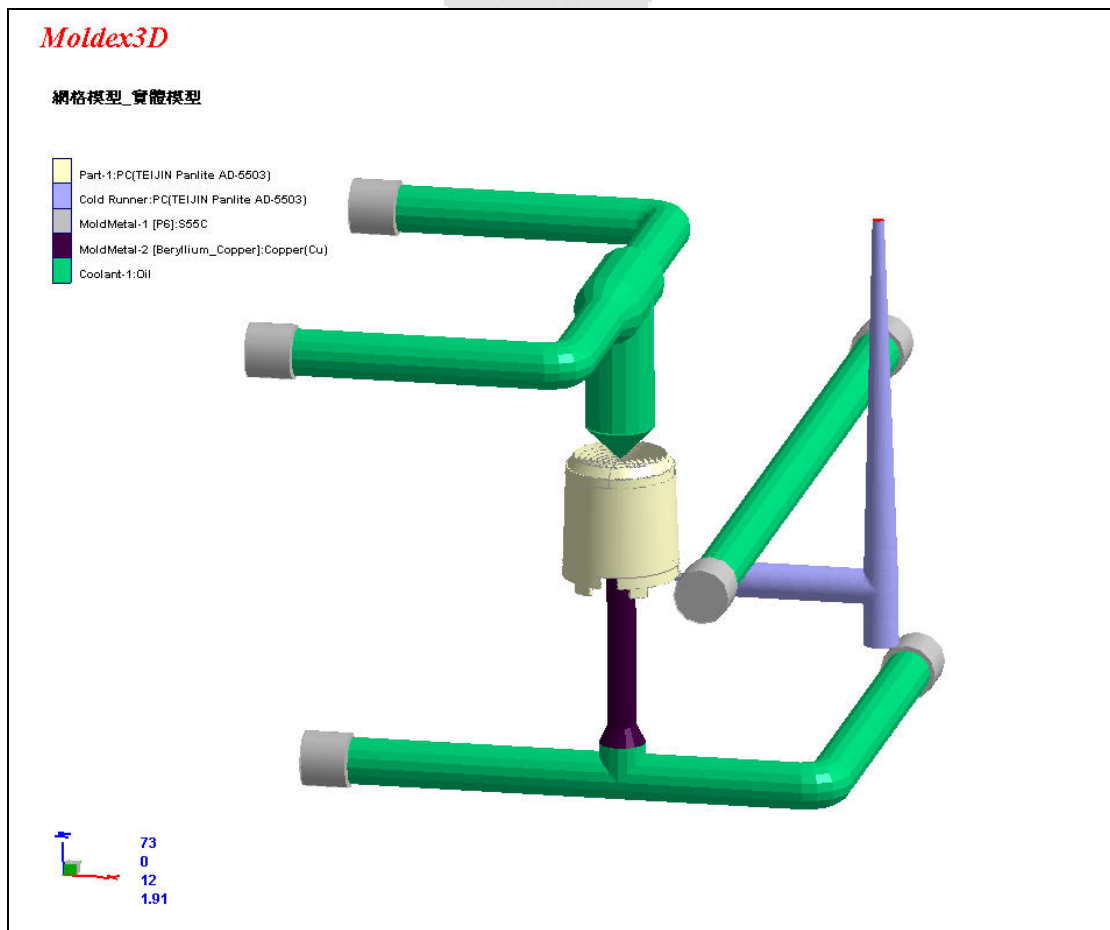


圖 4-8 菲涅爾透鏡模擬模型

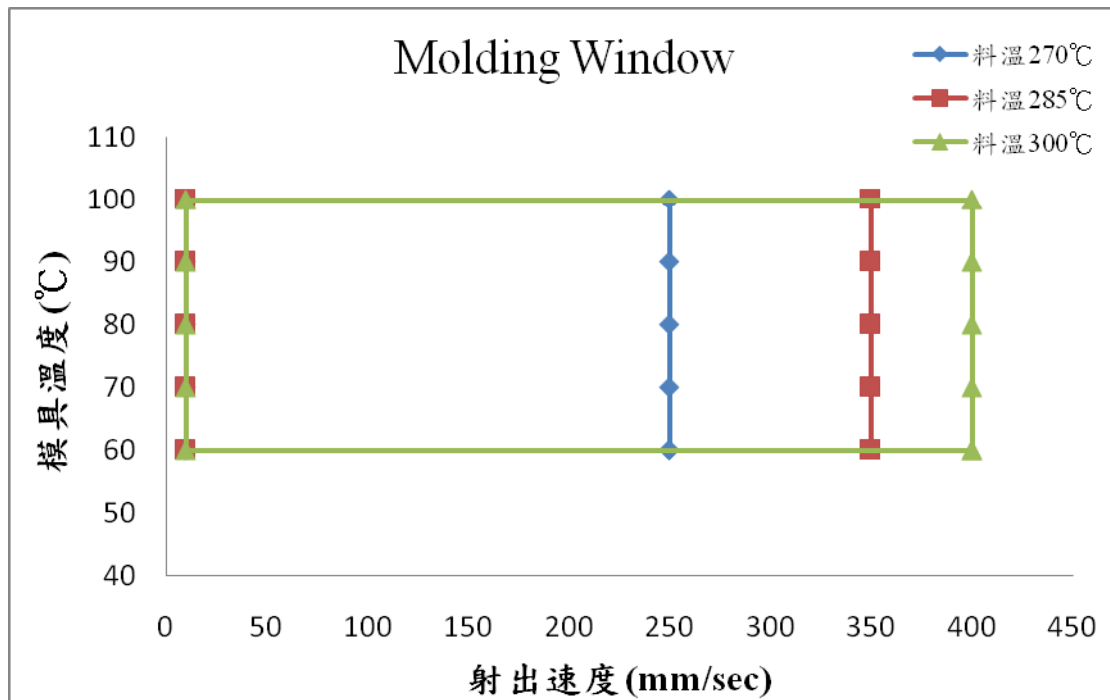


圖 4-9 模流分析之成形視窗

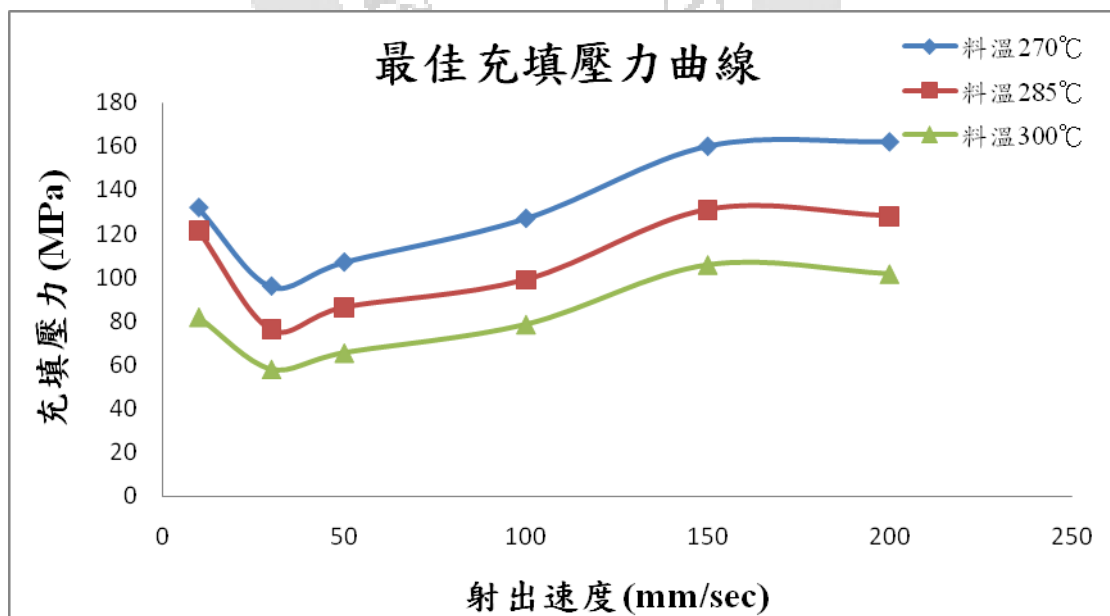


圖 4-10 最佳充填壓力曲線圖

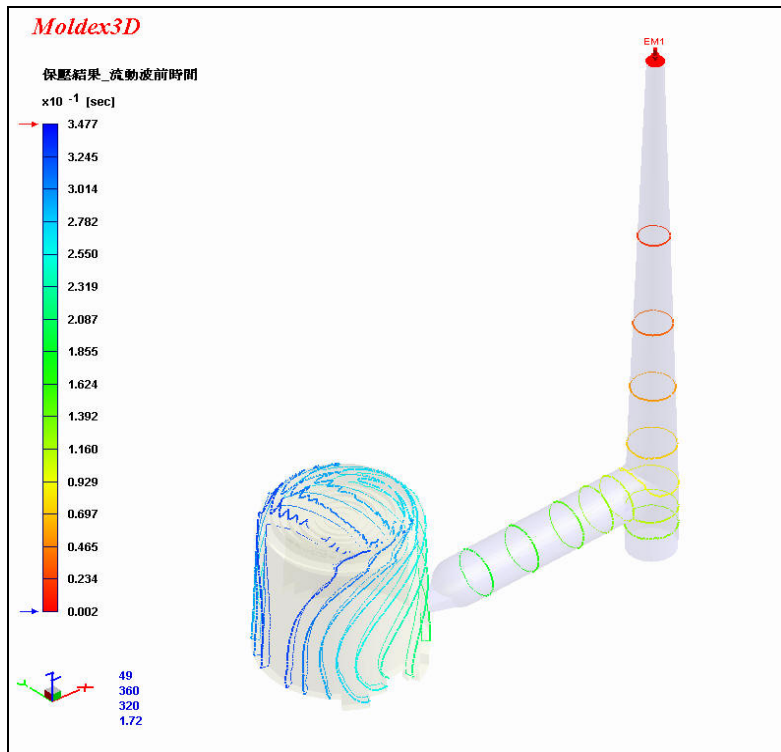


圖 4-11 流動波前圖

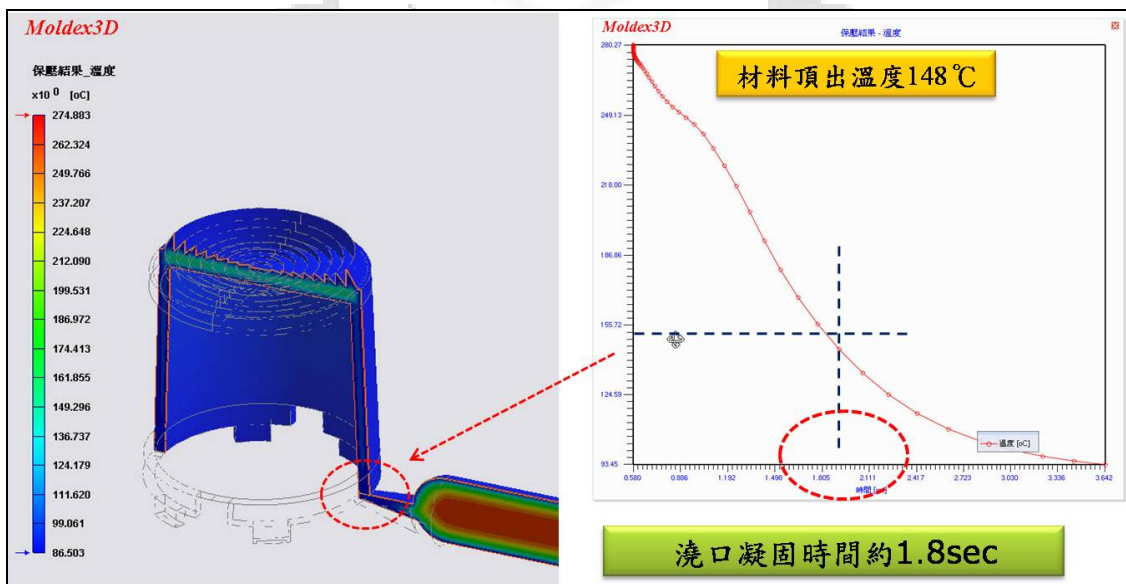


圖 4-12 重量曲線圖

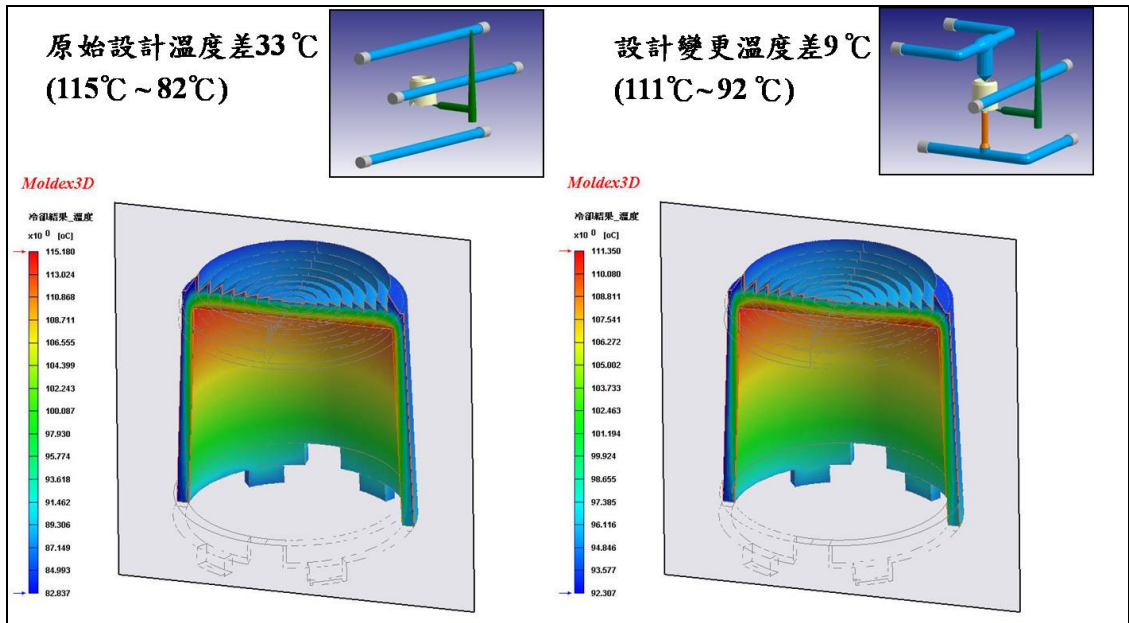


圖 4-13 冷結果溫度圖



第5章 透鏡成形實驗與檢測

5-1 實驗流程簡介

本文以菲涅爾(Fresnel)透鏡作為研究的標的，首先使用光學模擬軟體設計菲涅爾透鏡，進行光路模擬及光學性質評估；再來利用模流分析檢視透鏡成形狀況並進行模具設計以及檢討，模具設計及製造完成後使用射出成形機進行射出實驗，首先將找出可成形的製程參數範圍，完成菲涅爾透鏡的成形視窗並找出最佳充填壓力曲線。透鏡檢測分外型尺寸及光學品質檢測；外型檢測為使用鑽石切割機將透鏡剖半後，使用電子顯微鏡觀察與量測稜鏡尺寸進行稜鏡轉寫比例之探討；光學檢測使用 LED 視角儀量測透鏡再不同成形參數下的發光角度與發光強度，並和光學模擬進行比較，本章將逐一說明所使用的實驗材料、儀器設備、實驗方法及步驟。

5-2 射出成形實驗

5-2-1 實驗材料及設備

本論文實驗採用日本帝人化工的光學級 PC(聚碳酸酯)材料，型號為 Panlite AD-5503，表 5-1 為材料物性表，表 5-2 為建議成形參數範圍。因本研究探討光學性質，因此選用 Panlite AD-5503 透光率高達 90%的光學級 PC 材料作為本研究之實驗。

射出成形機之使用為日本 Sodick 公司所製造之型號為 TR30EH 射出成形機，表 5-3 為成形機之規格表，而圖 5-1 則為成形機的相片，此射出成形機之最大特色

為柱塞-螺桿式的射出單元，柱塞主要功能為射出，可以精確的計量及射出不會有塑膠料從螺桿溝紋逆流的問題；螺桿主要功能為塑化功能，可以使塑膠料均勻的加熱。而本實驗主要選擇這台射出成形機的原因還是因為塑膠光學鏡片需要精準的計量，若是每模間計量的差異太大，將會難以控制鏡片的品質。

LED 視角量測系統 Light Ports LED Characterization System 可量測光強度(CD) 及 LED 視角(Beam Pattern)。光強度量測符合 CIE 127 規範，可搭配溫度控制系統，溫控範圍從 5°C ~ 60°C，避免高功率 LED 燒毀。鋁合金鍍黑之光箱，阻絕外界光線。最高解析度 0.01°，圖 5-2 LED 視角儀。

鑽石切割機，功率:120W DC 無刷馬達，鑽石切割片可裝置 $\phi 3 \sim \phi 8$ ” (厚度 0.006” ~ 0.035”)，孔徑 $\phi 12.7$ ；當材料試片切斷，馬達電源自動關閉。荷重式槓桿，切割試片採同步平行荷重施力加壓法採內鍵式設計，可選擇切割厚度單位:公制、英制。可抽取式切割液儲存槽，防止材料試片切割掉落裝置，圖 5-3 鑽石切割機。

5-2-2 實驗準備及成形實驗

在進行射出成形實驗前，先將材料以烘料筒 120°C 預烘 5 個小時，由於 PC 是一種容易受潮的塑膠材料，若是材料裡含有水氣，在射出成形時成品會產生氣泡，所以預先烘料的目的是要烘乾 PC 避免缺陷產生。模具溫度則由模溫機控制在射出成形實驗前 30 分鐘先將模具加熱，避免在成形實驗時模具溫度不均勻，油溫參數在 60°C 至 100°C。本研究以單因子實驗法探討各成形參數對於透鏡之稜鏡與光學性質的影響，在成形過程中每更換條件後每次連續射出 20 分鐘後開始取樣，取樣後放置在常溫下放置 10 個小時待其性質穩定之後才開始進行量測的動作。

成形參數如表 5-4，在短射實驗與初步射出成形實驗結果發現，透鏡在最後充填區有霧化現象產生圖 5-4，發現原因為在射出成形時，模穴內部空氣遭受壓力壓縮產生積熱，造成公模仁有燒焦現象導致成形有霧化現象產生，由於產生霧化位置並不影響光學性質，在此忽略霧化問題的產生。

5-3 透鏡檢測

塑膠產品在射出成形後，一定會有尺寸收縮變形的問題，本文在量測透鏡尺寸使用之儀器為鑽石切割機及電子顯微鏡，主要量測透鏡上的稜鏡，在不同操作條件下高度與角度的變化，先使用鑽石切割機將透鏡剖半後，用電子顯微鏡，圖 5-5，去觀察並量測稜鏡的尺寸變化，並以轉寫比例來說明稜鏡的充填情況；平均轉寫比例的定義公式如下所示：

$$\text{轉寫比例} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

a：稜鏡設計高度(mm)

b：實驗量測值(mm)

$$\text{平均轉寫比例} = \text{各齒數轉寫比例相加} / \text{總齒數}$$

透鏡尺寸量測完後；進行光學品質的檢測，使用 LED 視角量測儀，主要量測透鏡在不同程形參數下發光角度與發光強度的變化，並將量測結果與光學模擬進行比較。

表 5-1 Panlite AD-5503 物性表

特性	單位	試驗方法	測試條件	光學用
				AD-5503
熔融體積流量	cm ³ /10min	ISO 1133	300°C 負荷 1.2kg	54
密度	kg/m ³	ISO 1183	-	1200
吸水率	%	ISO 62	放置在 23°C 水 中 24h	0.2
透光率	%	ASTM D1003	試樣厚度 3mm	90
折射率	-	ASTM D542	-	1.585
拉伸模量	MPa	ISO 527-1 and ISO 527-2	1 mm/ min	2450
拉伸屈服應力	MPa		50mm/ min	63
拉伸屈服伸長率	%		50mm/ min	6
拉伸斷裂公稱伸 長率	%		50mm/ min	>50
彎曲模量	MPa	ISO 178	2mm/ min	2400
彎曲強度	MPa		2mm/ min	96
懸臂梁衝擊強度	kJ/m ²	ISO 179	沒缺口	NB
			帶缺口	3
熱撓曲溫度	°C	ISO 75-1 and ISO 75-2	1.80MPa	124
			0.45MPa	138
維卡特軟化點	°C	ISO 306	50°C/h 50N	143
成形收縮率	%	本公司製訂的測定 法	平行方向	0.5~0.7
			垂直方向	0.5~0.7
線膨脹系數	X10 ⁻⁴ /°C	ISO 11359-2	平行方向	0.7
			垂直方向	0.7

表 5-2 Panlite AD-5503 建議成形條件

Processing Information		
Injection	Nominal Value	Unit
Drying Temperature	212 to 248	°F
Drying Time	5.0	hr
Suggested Max Moisture	0.015	%
Processing (Melt) Temp	500 to 644	°F
Mold Temperature	176 to 248	°F

表 5-3 Sodick-TR30EH 射出成形機規格表

合模裝置	
合模方式	直壓式油電混合鎖模裝置
最大合模力 kN(tf)	294 (30)
連桿間隔 (橫×縱) mm	260 × 260
壓板尺寸 (橫×縱) mm	390 × 390
間隙 mm	400
最小/最大模具厚度 mm	150 / 300
頂出方式	電動伺服球形螺絲驅動
頂出力 kN(tf)	7.3 (0.74)
頂出行程 mm	50
塑化射出裝置	
塑化射出方式	螺桿預塑、柱塞射出
螺桿直徑 mm	18
柱塞直徑 mm	16
最大射出壓力 MPa(kg/cm ²)	262(2679)
理論射出容積 cm ³	14(0.5oz)
射出率 cm ³ /sec	100
柱塞行程 mm	70
最大射出速度 *1 mm/sec	500
最大螺桿旋轉速度 rpm	400
溫度控制區數	4
射出裝置移動行程 mm	230

表 5-4 成形參數表

塑料溫度 (°C)	保壓壓力 (MPa)	模具溫度 (°C)	射出速度 (mm/s)
270	40	60	10
285	60	70	30
300	80	80	50
	100	90	100
		100	150
			200
			250

註：顏色部分為基準參數。以探討射速對光學品質為例，固定參數為顏色部分，變動參數為速度 10mm/s~250mm/s。





圖 5-1 Sodick-TR30EH 射出成形機

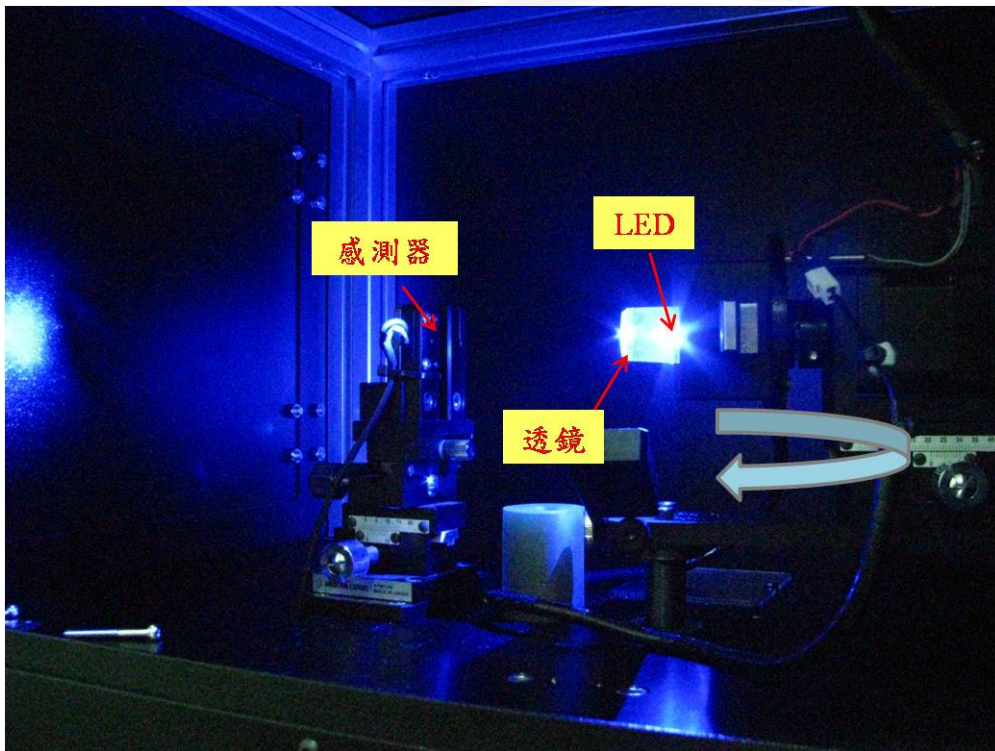


圖 5-2 LED 視角儀



圖 5-3 鑽石切割機



圖 5-4 透鏡霧化區域



圖 5-5 電子顯微鏡

第6章 結果與討論

在本研究的結果分為兩部分探討，一部分探討光學設計參數對於聚光效果的影響，另一部分探討成形參數對透鏡上之稜鏡的轉寫比例及成形參數對於光學品質之影響。光學部分，首先探討不同 Pitch 之設計參數對於聚光效果的影響，再進一步比較光學模擬結果與實驗量測結果之差異。

成形部分，首先針對模流分析與實際射出的短射實驗來進行比較，其次，找出最佳充填速度，以此速度為依據來調整射出成形參數，最後分別探討成形參數對於菲涅爾透鏡上的稜鏡轉寫比例之影響，與成形參數對於菲涅爾透鏡光學品質的影響。

6-1 光學性質探討

6-1-1 Pitch 對光學品質的影響

從圖 6-1 可以看出，當 Pitch 越小時透鏡聚光效果越佳，原因為 Pitch 越小時，菲涅爾透鏡上的稜鏡環數增加，可有效提高光利用率且出光之光路比較正向，光效益比較集中能量也比較高，因此光損失減少故強度越高。再發光角度上，Pitch 越小角度聚焦亦越小，但並不會有太大影響都聚焦在 4° 。當所設計之 Pitch 越小時，需考慮模具加工精度與透鏡成形上的稜鏡充填率，稜鏡尺寸越小熔膠流入模穴內越困難，以此考量本研究以 Pitch 1mm 為研究標的。

6-1-2 光學模擬分析與光學實驗量測比較

本文在光學量測上，使用 LED 視角量測儀，量測透鏡在不同成形條件下，光

學品質的變化。實際量測中取發光強度最大與光學模擬進行比較，圖 6-2 為光學模擬與實際量測進行比較，原設計透鏡光學模擬之發光強度為 110 燭光，發光角度約為 4° ，實際量測最大發光強度為 116 燭光，發光角度為 4.35° ，比較兩者發現，燭光誤差約為 6 燭光，發光角度誤差約 0.4° ，表示設計與量測光學品質相當吻合。

6-2 成形實驗探討

6-2-1 短射實驗探討

射出成形實驗開始前，成形實驗參數的設定是依據模流分析結果來判讀，爲了要證實模流分析的準確性，我們先做短射實驗與模流分析軟體比對，觀看流動趨勢是否一樣，另一方面可觀察透鏡在成形過程中是否會衍生其他問題。本研究所使用之模流分析軟體爲 Moldex3D，在完成模流分析後，我們可從流動波前圖觀看整個熔膠在模穴裡面充填情況，圖 6-3(a)爲模流分析的各充填過程情形，而圖 6-3(b)爲實際射出成形於各充填過程的成品圖。我們比較兩者可觀察出，模擬流動之分析趨勢與實際射出成形相符合，因此，藉由模流分析軟體可以有效率地在開模前先了解熔膠在模穴空間流動情形，且可準確地獲得充填所需之計量值與流動過程所衍生的問題。

6-2-2 最佳充填壓力曲線探討

對塑膠材料而言，影響產品變形的主要因素爲溫度與壓力的變化及分佈。在成形過程中，較高的溫度與壓力能使成品完成充填動作，但較高的溫度將造成更嚴重的翹曲變形，且過高的壓力會造成澆口處產生明顯的過剩壓力，這些缺陷都

會造成不佳的外形與光學品質。而較低的溫度與壓力雖能降低翹曲變形與過剩壓力的程度，但在成形上卻會造成短射缺陷。因此，我們先使用模流分析軟體找出最低成形壓力，把此成形速度當作影響透鏡的最小變形量，以下探討的實驗參數將以此速度當作依據。另外；尋找實際射出成形實驗最佳充填壓力曲線，與 CAE 模流分析比較，從圖 6-4 可以看出，CAE 模擬出的成形壓力都比實際射出成形壓力來的高，但兩者的趨勢是相同都在速度 30mm/s 時成形壓力最小。

6-3 成形參數對於稜鏡結構轉寫之影響

本實驗為探討不同成形參數對於菲涅爾透鏡之稜鏡結構轉寫的影響，實驗以單一參數法與配置的射出成形參數進行菲涅爾透鏡的成形，與使用鑽石切割機將透鏡剖半後以電子顯微鏡檢測稜鏡結構的成形狀況，量測值以稜鏡的平均轉寫比例表示，當平均轉寫比例越高，稜鏡成形尺寸越接近模仁尺寸；反之，轉寫比例越低，代表稜鏡結構充填不足，稜鏡高度與模仁尺寸差異越大。以下為各成形參數對稜鏡結構成形之探討。

6-3-1 射出速度對於透鏡轉寫比例之影響

成形速度 10mm/s 至 250mm/s，固定保壓壓力 80MPa、模溫 90°C 與料溫 300°C，在射出速度越慢壓力越小的條件下，透鏡上的稜鏡轉寫比例越低，壓力越高的條件下轉寫比例提高至 93%，如圖 6-5 為射出速度與稜鏡成形的關係圖。可得知速度越快壓力越大的情況下，熔膠被壓力擠進模穴的體積越多越能提高稜鏡轉寫比例，反之；當壓力越小的情況下，熔膠被擠進模穴的體積越少且熔膠在冷卻凝固會有收縮現象產生，故轉寫比例不佳。

6-3-2 保壓壓力對於透鏡轉寫比例之影響

保壓壓力從 40MPa 增加至 100MPa，固定塑料溫度 300°C、模具溫度 90°C 與射出速度 200mm/s，圖 6-6 保壓壓力與稜鏡轉寫比例的關係，保壓壓力 40Mpa 時稜鏡轉寫比例約為 91%，壓力增加至 100Mpa 時轉寫比例提高至 93%，從圖可看出稜鏡轉寫比例會隨著保壓壓力的增加而增加，但其結果並不明顯。

6-3-3 模具溫度對於透鏡轉寫比例之影響

模具溫度 60°C 至 100°C，固定塑料溫度 300°C、保壓壓力 80MPa 與射出速度 30mm/s，圖 6-7 模具溫度與稜鏡轉寫比例的關係，隨著模具溫度的提高，於模面的熔膠會較慢冷卻，固化層產生較晚，當有適時的射出壓力時，稜鏡易於充填成形。由圖得知模具溫度越高轉寫比例越佳，當模具溫度達到 100°C 時，稜鏡的轉寫比例可達到 90%。

6-3-4 塑料溫度對於透鏡轉寫比例之影響

塑料溫度 270°C 至 300°C，射出速度 30mm/s、保壓壓力 80MPa 與模溫 90°C，稜鏡的轉寫比例隨著塑料溫度提高而增加。塑料溫度上升，熔膠的流動性愈好，稜鏡結構就愈容易充填轉寫比例就越高。塑料溫度在 270°C 時轉寫比例約 78%，溫度增加至 300°C 轉寫比例提高至約 90%，可見塑料溫度的增加可明顯提高轉寫比例。圖 6-8 為塑料溫度與稜鏡結構轉寫關係圖。

將上述作一整理成表 6-1，可觀察出稜鏡結構在高溫高壓的條件下轉寫比例會提高，因為在溫度上升時，熔膠的流動性越好固化層產生較晚，使得透鏡冷卻時

間加長熔膠容易進入模穴空間充填透鏡結構。此外；當射出速度逐漸提高，壓力亦會逐漸增加，這會使得熔膠黏度隨剪切率增加而減少，且剪切熱會造成熔膠溫度瞬間上升，產生剪切稀薄及黏滯加熱等現象，降低熔膠黏度，使熔膠的流動性愈好，稜鏡轉寫比例增加。從表可容易看出影響轉寫比例的重要因子依序為：

塑料溫度 > 模具溫度 > 射出速度 > 保壓壓力

6-4 成形參數對於菲涅爾透鏡光學品質之影響

本實驗為探討不同成形參數對於菲涅爾透鏡光學品質之影響，比較光學模擬與實際量測差距，實驗參數以單一參數法進行射出成形，透鏡成形後使用 LED 視角儀量測光學品質；光學品質包括發光角度與發光強度，以下為各成形參數對透鏡光學品質影響之探討。

6-4-1 成形速度對於透鏡光學性質之影響

圖 6-9 為射出速度對光學品質影響圖，可得知在射出速度越快情況下發光強度越強，在速度 10mm/s 時，透鏡發光強度為 81 燭光，射出速度增加至 100mm/s 時發光強度增加至 107 燭光，在射出速度 100mm/s 以下時，發光強度隨著射出速度的增加而有明顯的上升，射出速度在 100mm/s 以上時，發光強度亦會隨著速度的增加而上升，但增加的幅度有趨緩的現象。發光角度與發光強度一樣，會隨著射出速度的增加而增加，從圖得知發光角度並不會隨著射出速度增加而有大幅度的增加，發光角度大都在 4° 左右。

6-4-2 保壓壓力對於透鏡光學性質之影響

改變保壓壓力從 40MPa 增加至 100MPa，固定參數為塑料溫度 300°C、模具溫度 90°C 與射出速度 200mm/s，圖 6-10 保壓壓力對光學品質影響圖，保壓壓力影響發光強度並沒有特定特性，在低保壓與高保壓時發光強度較高，保壓壓力在 80Mpa 時光學品質最差，分別為 102 燭光及 4.4°。

6-4-3 模具溫度對於透鏡光學性質之影響

圖 6-11 為模溫對於光學品質影響圖，模溫在 60°C 時，量測之發光強度為 105 燭光，隨著模具溫度增加，發光角度會下降，當模具溫度達到 100°C 時燭光下降至 101 燭光。從圖觀察發光角度隨著模具溫度的上升而增加，發光角度在模具溫度 60°C 時為 4.11°，當模具溫度增加至 100°C 發光角度增加至 4.37°。

6-4-4 塑料溫度對於透鏡光學性質之影響

圖 6-12 塑料溫度對光學品質影響圖，由圖得知塑料溫度 270°C 時，所測量的發光強度約為 108 燭光，當塑料溫度為 300°C 時發光強度為 106 燭光，我們發現當塑料溫度增加時發光強度會下降，但下降的幅度並不會很大。且發光角度亦會隨著塑料溫度的上升而增加，但增加的角度並不會很大。

表 6-2 為成形參數對光學性質之關係表，從表可容易看出，在高速低溫的條件下，光學品質會越好，因成形壓力越大塑料被擠壓的越緊實，材料密度會提高使得透鏡吸收光線量下降，發光強度增加。影響光學品質主要因子為分別為：

射出速度 > 模具溫度 > 保壓壓力 > 塑料溫度

在量測光學品質過程中，可以知道改變成形參數對於透鏡光學強度有較大的影響，對於發光角度並沒有太大的影響，量測條件中，最低燭光發生在成形條件為射出速度 10mm/s 料溫 300°C、模溫 90°C 及保壓 80MPa。最大燭光成形條件為射出速度 250mm/s 料溫 300°C、模溫 90°C 及保壓 80MPa，燭光強度分別為 67 與 116。

6-5 稜鏡轉寫比例對光學品質的影響

本實驗探討在相同成形參數下，轉寫比例對於光學性質的影響，分別就射出速度、模具溫度、保壓壓力與塑料溫度四組實驗探討。

6-5-1 射出速度對稜鏡轉寫比例的影響

從圖 6-13 可得知，隨著轉寫比例的增加透鏡的光學品質亦會隨著增加，因射出速度增加時，塑料因剪切生熱增加塑料流動性，使熔膠較容易充填稜鏡而提高轉寫比例且隨著射出速度的提高，所需成形壓力也會隨著增加，壓力較大時塑料被擠壓得越緊實，使得塑料密度提高會，當光線進入透鏡後光吸收量會減少降低光損失，故光學品質較佳。

6-5-2 保壓壓力組對稜鏡轉寫比例的影響

稜鏡轉寫比例對於光學品質的影響並沒有一定趨勢，從圖 6-14 觀察到稜鏡轉寫比例隨著保壓壓力的增加而增，但光學品質卻沒有一個趨勢，發光強度在低保壓力與高保壓力時較高。保壓壓力在 80MPa 時光學品質最差，發光強度為 102 燭光，發光角度 4.4°。

6-5-3 模具溫度組對稜鏡轉寫比例的影響

圖 6-15 為模具溫度對轉寫比例與光學品質的關係圖，從圖看來；隨著轉寫比例的增加光學品質並不會增加，因在固定速度下，隨著模具溫度的增加成形壓力會下降，熔膠被擠壓的力量下降，使得塑料密度會下降，造成透鏡吸收光線量增多，而導致光學品質下降。

6-5-4 塑料溫度組對稜鏡轉寫比例的影響

塑料溫度與模具溫度的光學性質趨勢一樣，隨著溫度的增加轉寫比例會增加但光學品質會下降，溫度增加塑料流動性變好且凝固層產生時間較晚，使得熔膠更容易充填稜鏡，而其高轉寫比例。但也因為溫度較高的關係，使得成形壓力下降材料密度隨之下降，造成透鏡吸收光線量增加而導致光學品質下降。圖 6-16 塑料溫度相同下稜鏡對光學品質關係圖。

探討稜鏡轉寫比例對於光學品質的結果中發現，稜鏡轉寫比例對於光學品質的影響並沒有一定的趨勢，轉寫比例會隨著高溫高壓而增加，但光學品質是低溫高壓的條件下，會有較好的品質。

表 6-1 成形參數對稜鏡轉寫性之關係表

成形參數對稜鏡轉寫性之關係								
成形參數								百分比 差距
射出速度 (mm/s)	10	30	50	100	150	200	250	
平均轉寫比例 (%)	87.25	89.82	90.46	91.54	92.24	92.86	93.12	5.86
模具溫度(°C)	60	70	80	90	100			
平均轉寫比例 (%)	84.59	85.42	87.89	89.82	90.56			5.97
保壓壓力 (MPa)	40	60	80	100				
平均轉寫比例 (%)	91.83	92.18	92.86	93.04				1.21
塑料溫度(°C)	270	285	300					
平均轉寫比例 (%)	77.22	84.23	89.82					12.6

註:轉寫比例為與設計值比較

表 6-2 成形參數對光學性質之關係表

成形參數對光學性質之關係								
成形參數								百分比 差距
射出速度 (mm/s)	10	30	50	100	150	200	250	
平均光強度 (燭光 Cd)	81.2	88.6	95.2	107	109.3	110.8	112.5	
百分比%	69.84	76.18	81.84	91.95	93.93	95.27	96.72	26.88
模具溫度 (°C)	60	70	80	90	100			
平均光強度 (燭光 Cd)	105.8	105.2	104.6	102.5	101.6			
百分比%	90.97	90.41	89.96	88.14	87.3			3.62
保壓壓力 (MPa)	40	60	80	100				
平均光強度 (燭光 Cd)	105.4	103.2	102.2	102				
百分比%	90.58	88.7	87.86	87.6				2.92
塑料溫度 (°C)	270	285	300					
平均光強度 (燭光 Cd)	108.1	106.7	106.1					
百分比%	92.95	91.73	91.24					1.71

註:光強度百分比為與量測最大值 116.36Cd 比較

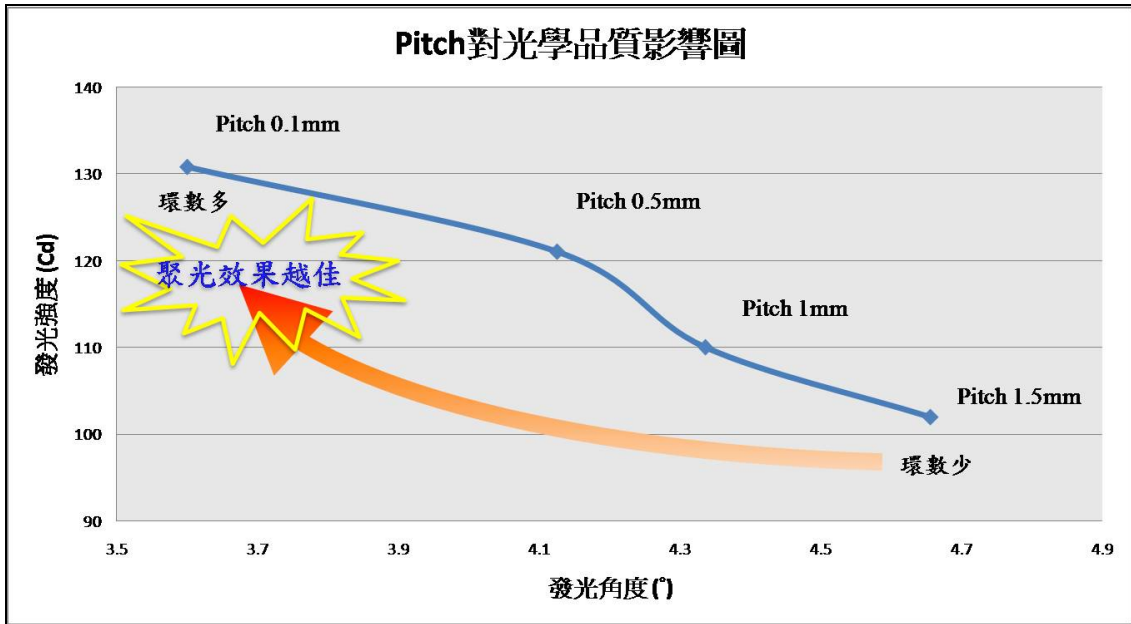


圖 6-1 Pitch 對光學品質之影響

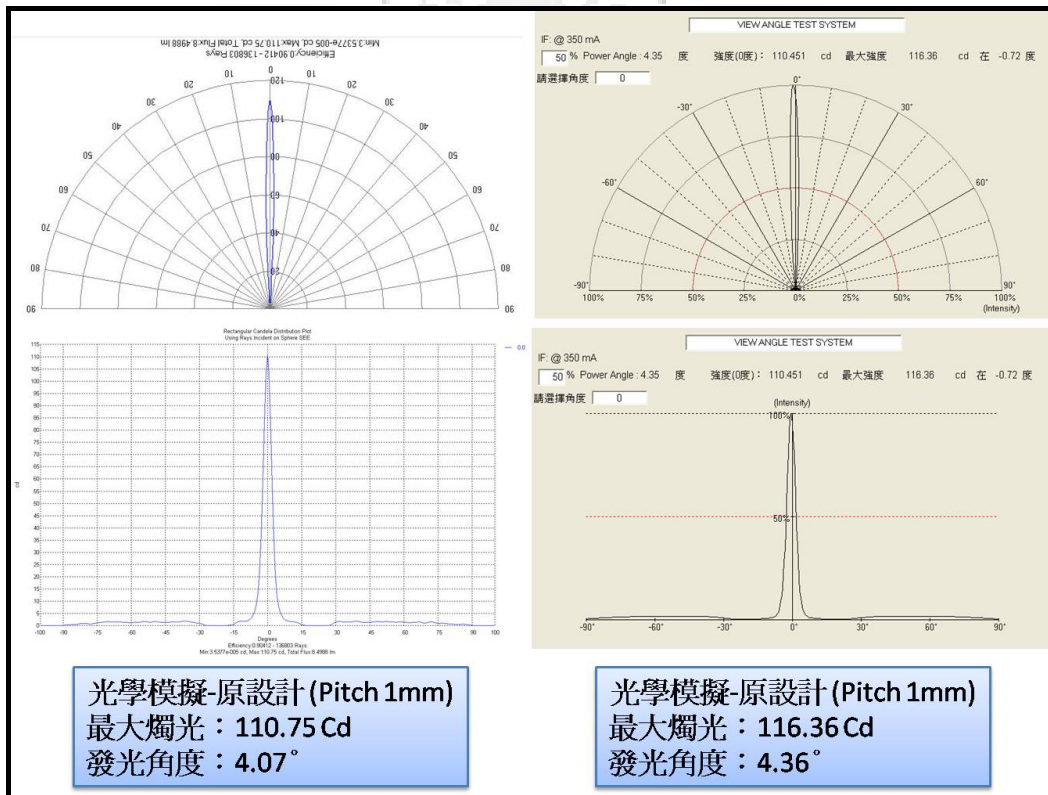


圖 6-2 光學模擬與量測比較

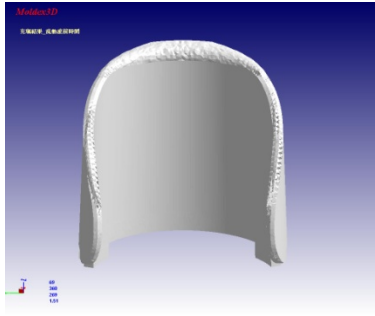

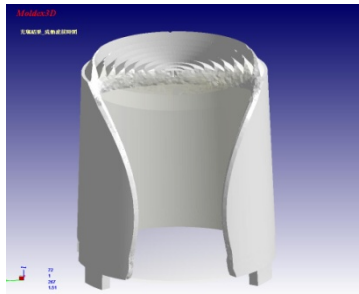

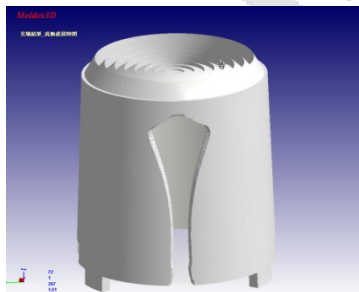

短射實驗比較	
 <p>(a)模流分析 75%</p>	 <p>(b)實際射出 75%</p>
 <p>(a)模流分析 85%</p>	 <p>(b)實際射出 85%</p>
 <p>(a)模流分析 95%</p>	 <p>(b)實際射出 95%</p>

圖 6-3 模流分析與實際射出之短射實驗

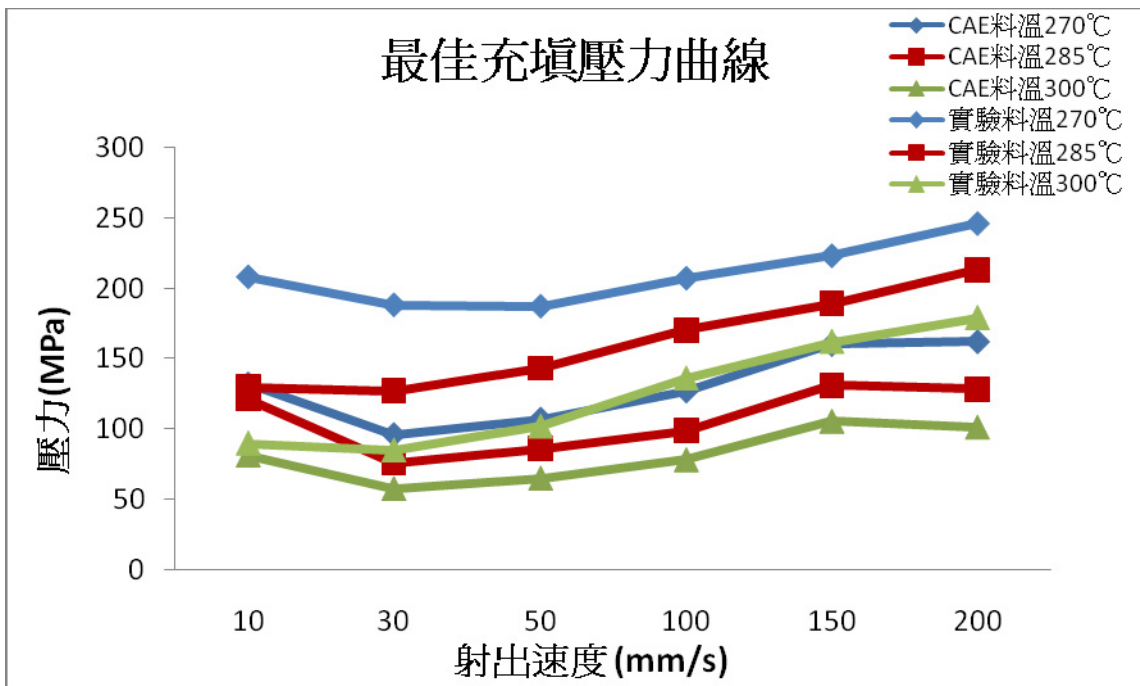


圖 6-4 比較模擬與實際射出壓力曲線圖

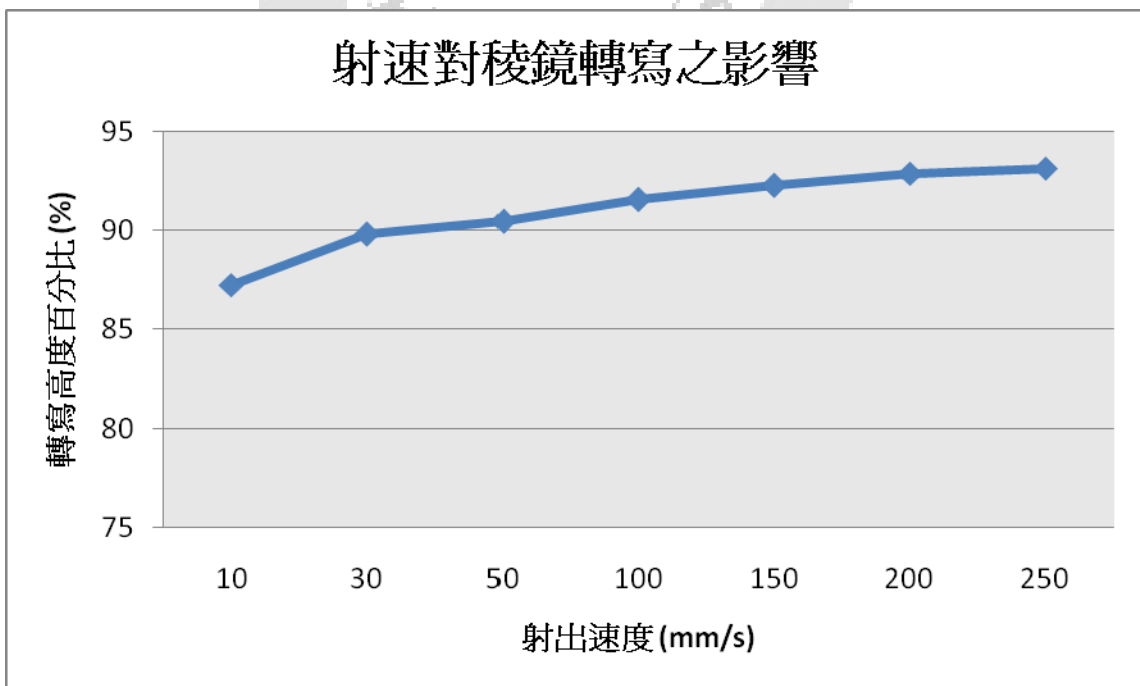


圖 6-5 射出速度對稜鏡結構成形之影響

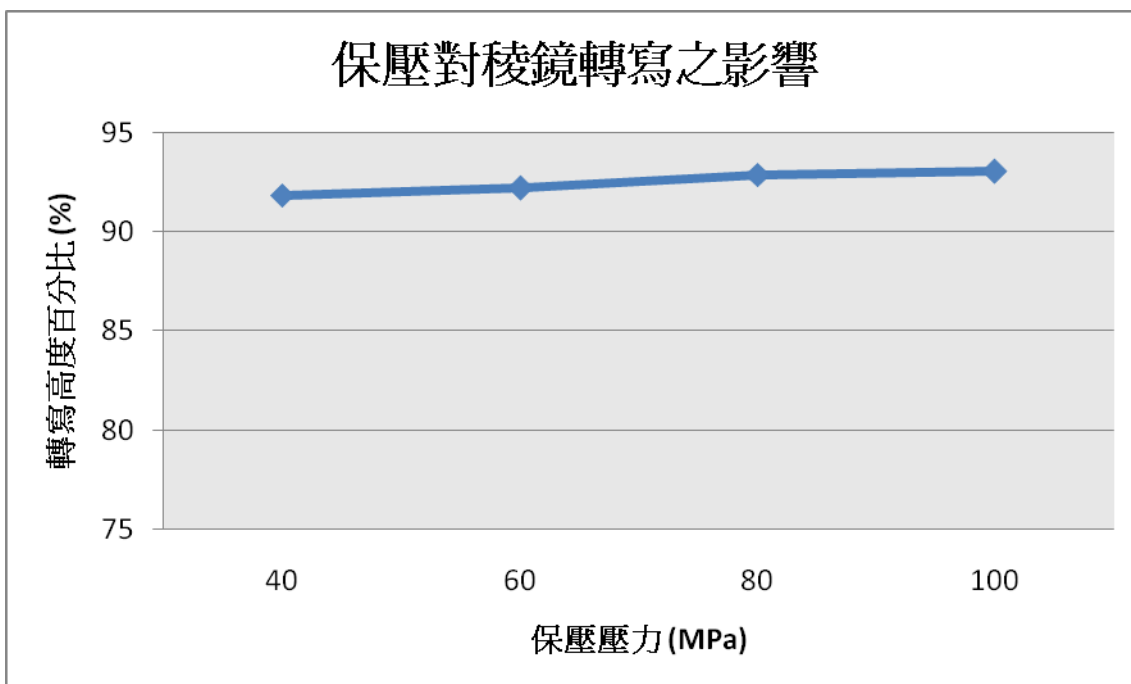


圖 6-6 保壓壓力對稜鏡結構成形之影響

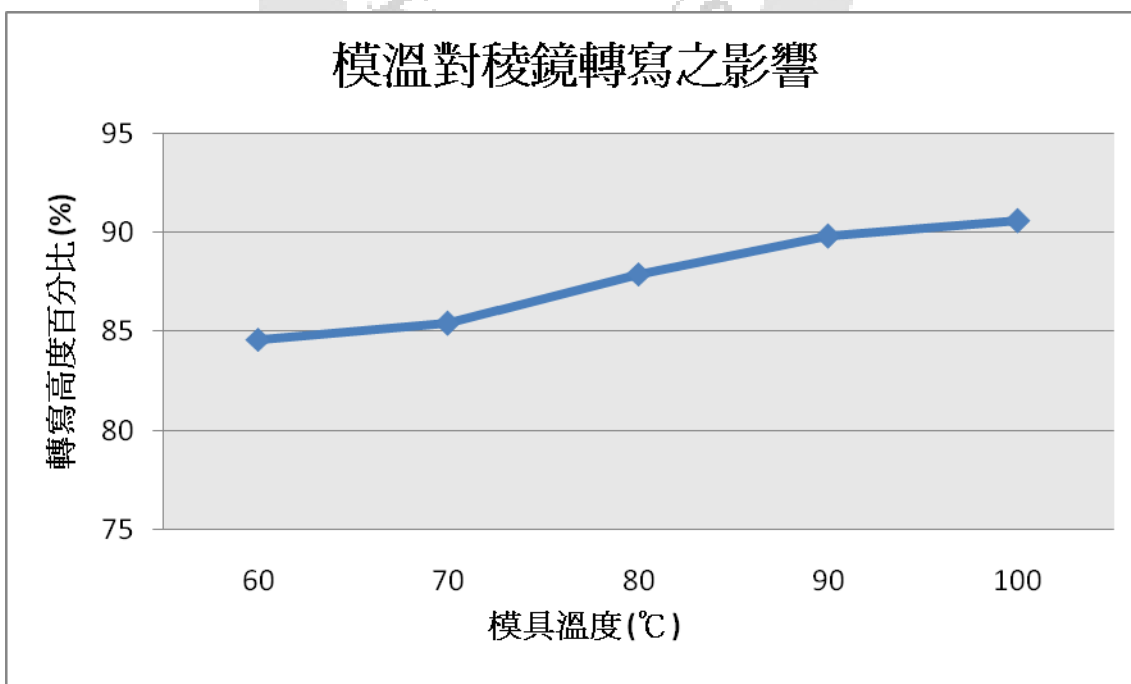


圖 6-7 模具溫度對稜鏡結構成形之影響

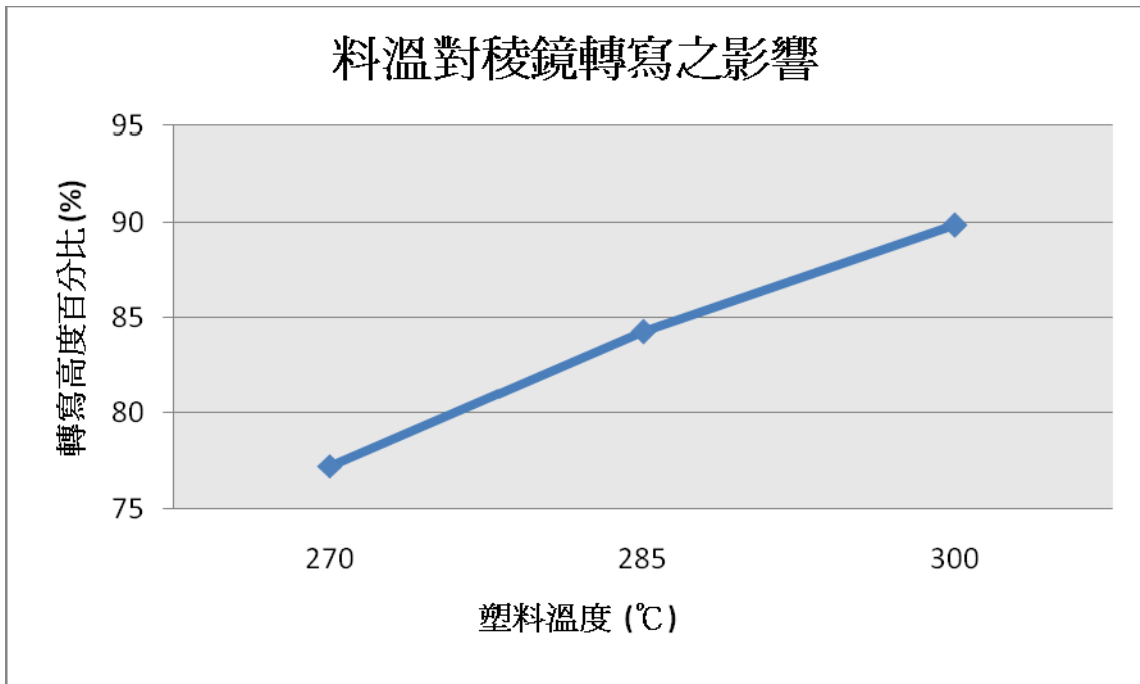


圖 6-8 塑料溫度對稜鏡結構成形之影響

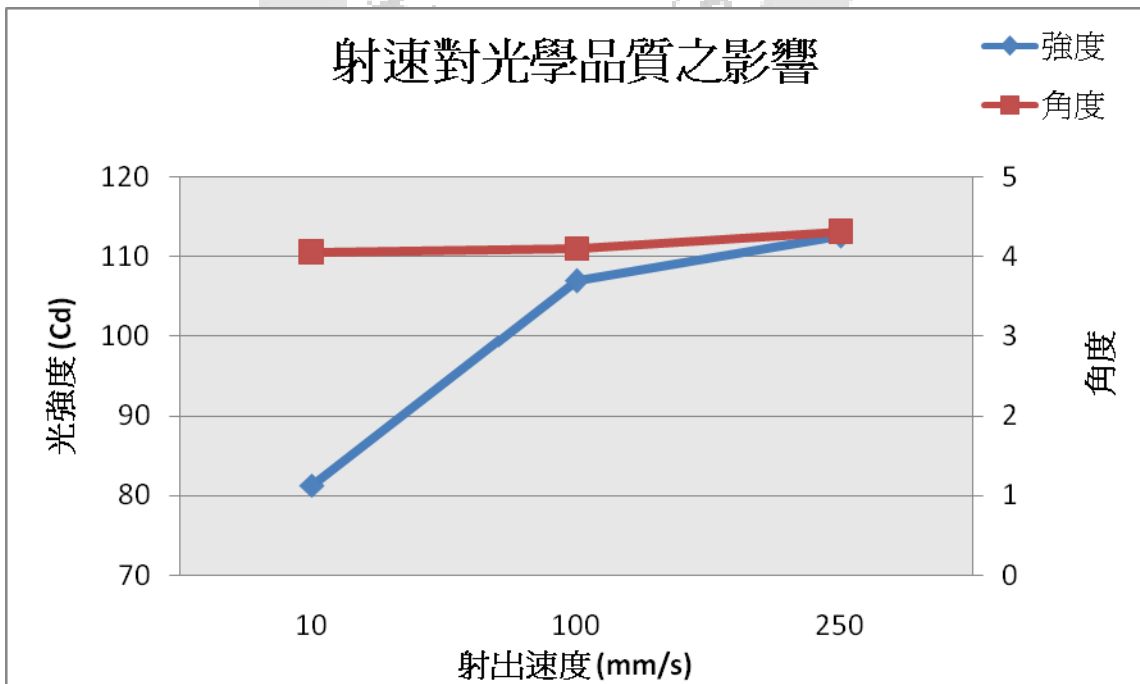


圖 6-9 射出速度對於光學品質影響圖

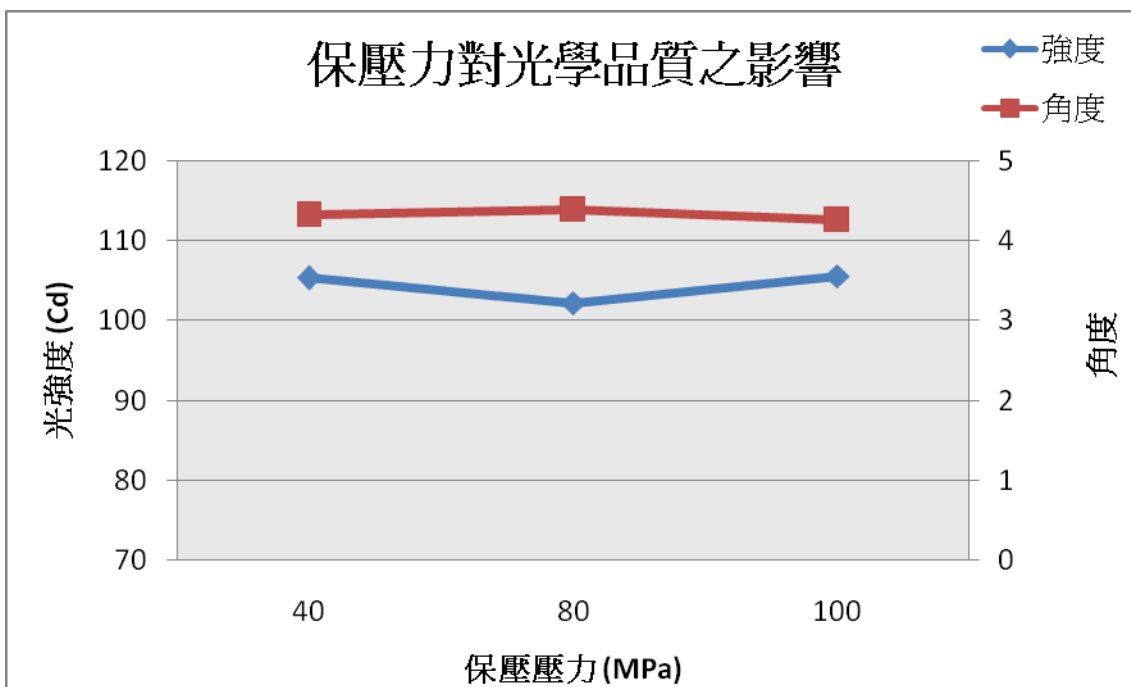


圖 6-10 保壓壓力對光學品質影響圖

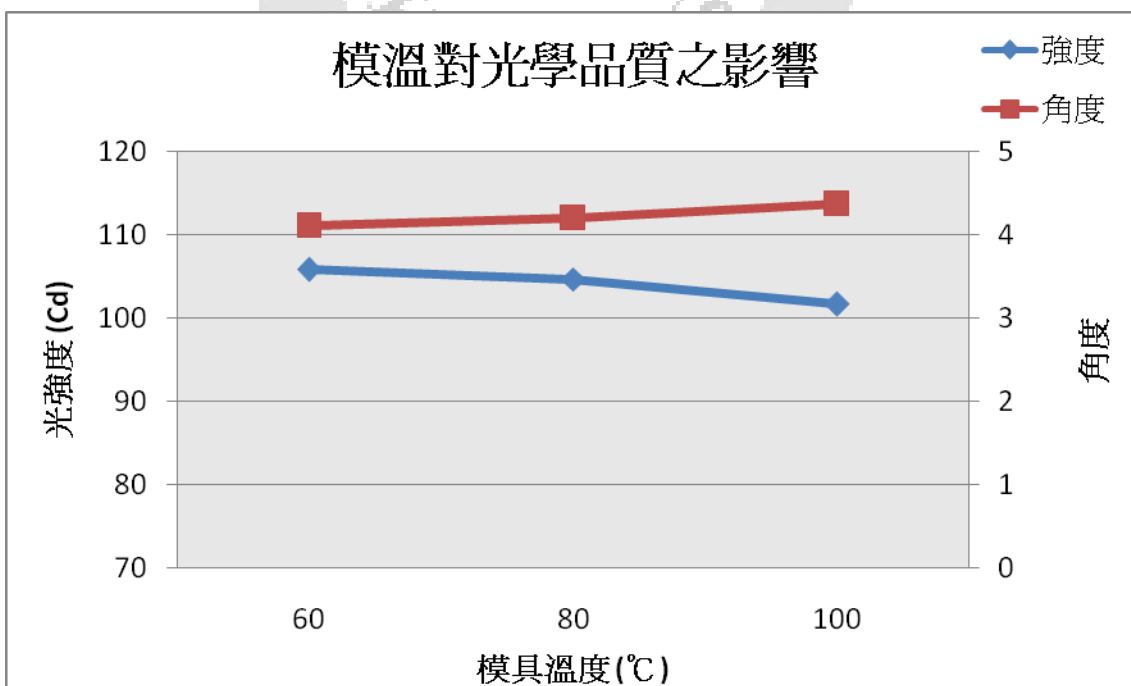


圖 6-11 模具溫度對光學品質影響圖

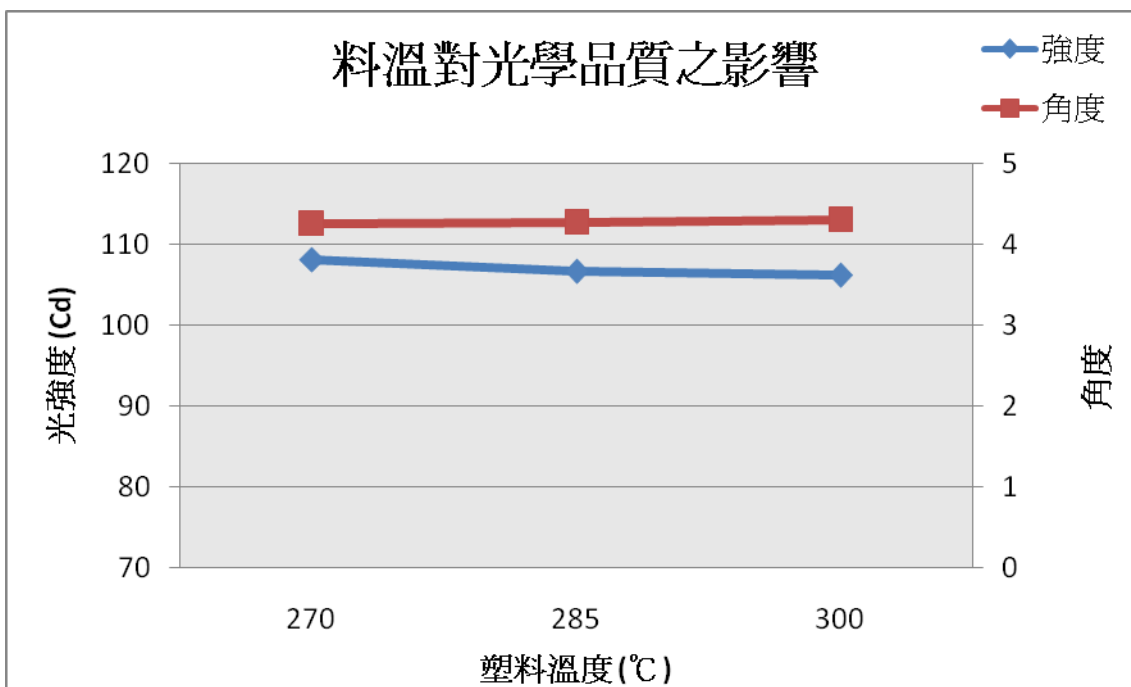


圖 6-12 塑料溫度對光學品質影響圖

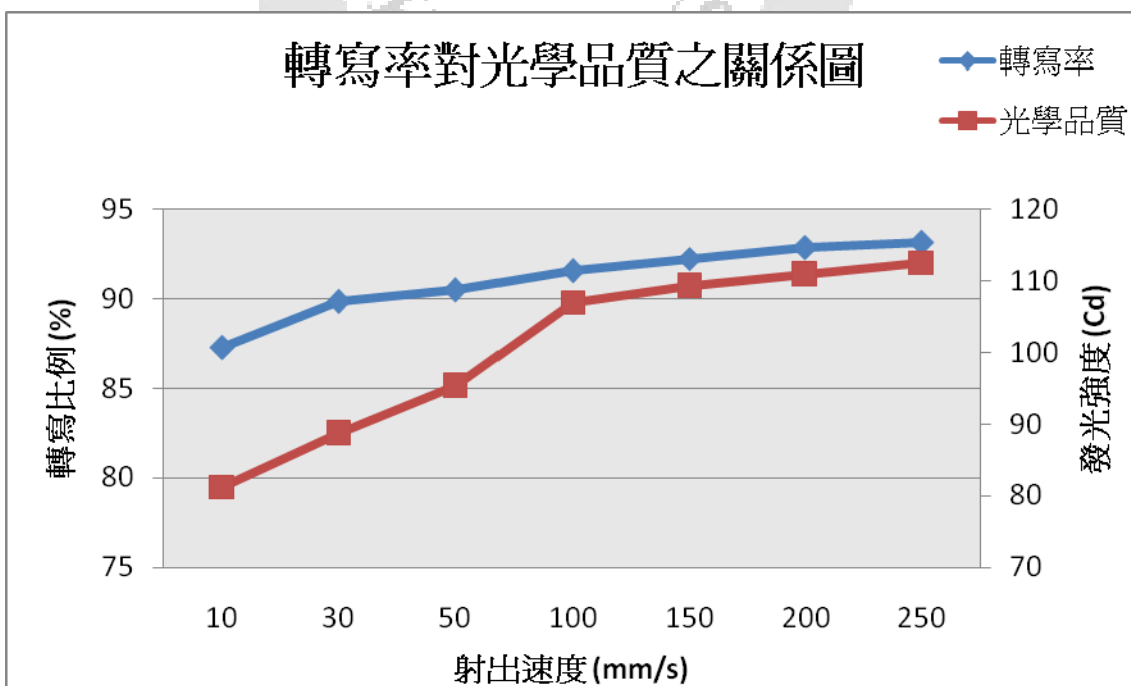


圖 6-13 射出速度相同下稜鏡對光學品質關係圖

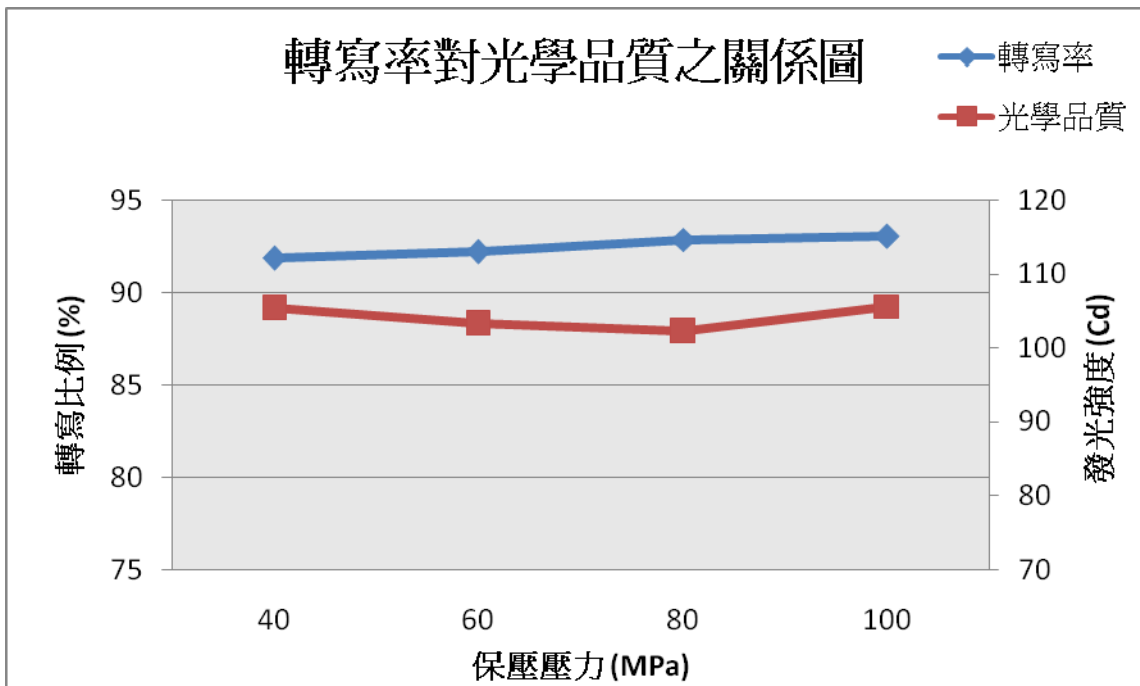


圖 6-14 保壓壓力相同下稜鏡對光學品質關係圖

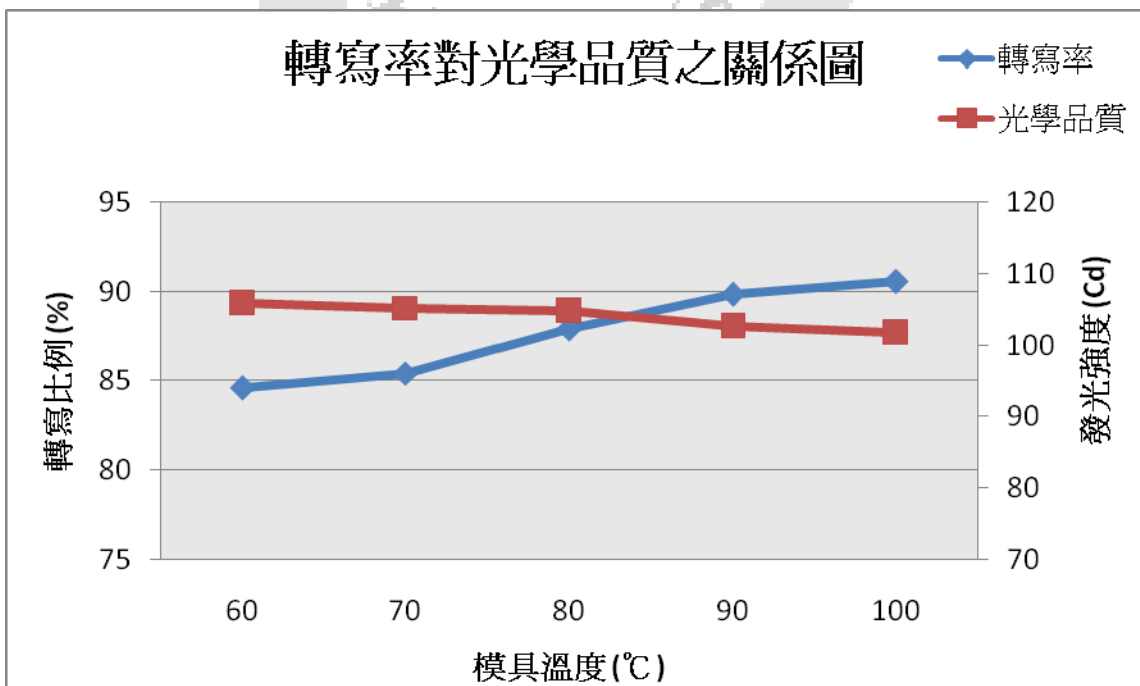


圖 6-15 模具溫度相同下稜鏡對光學品質關係圖

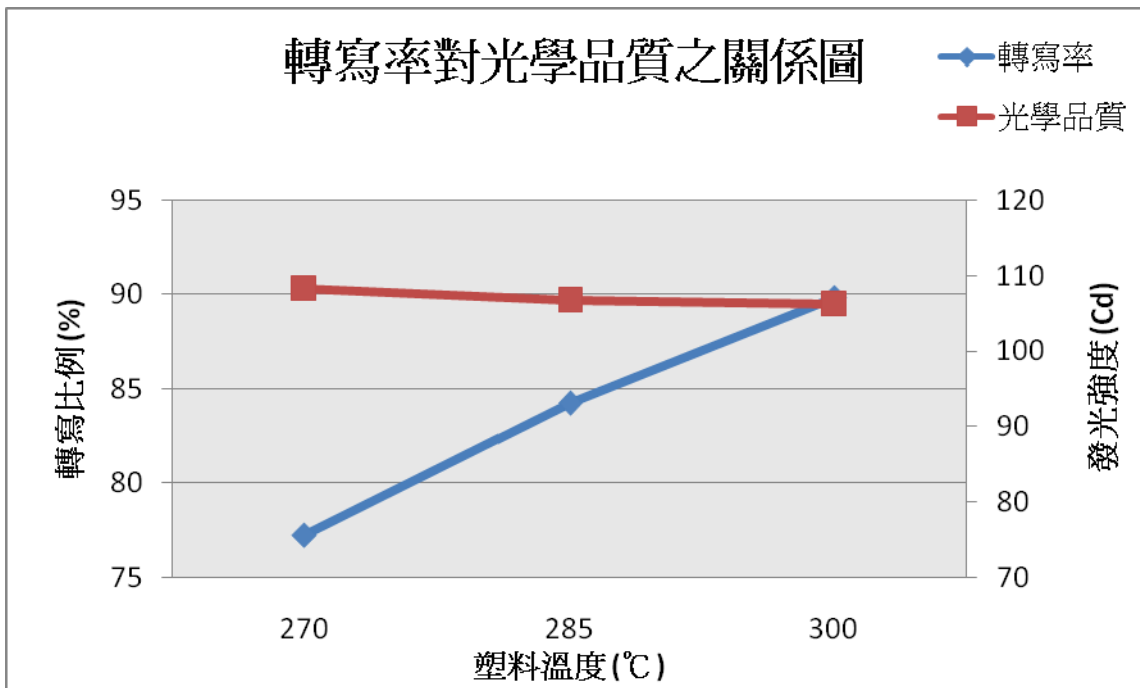


圖 6-16 料溫度相同下稜鏡對光學品質關係圖

第7章 結論與未來研究發展

7-1 結論

本研究致力於菲涅爾透鏡光學設計與精密成形之探討。以非序列性光學描光技術進行光路分析，探討菲涅爾透鏡上之稜鏡設計參數對光學性質的影響，並進行菲涅爾透鏡外形及稜鏡結構的光學設計，取一設計當作研究載具進行精密成形實驗，將成形之透鏡使用 LED 視角儀，量測透鏡發光角度及強度並比較光學模擬之光學品質。接著探討菲涅爾透鏡精密成形實驗，首先製作成形視窗並找出最佳充填壓力，探討成形參數對菲涅爾透鏡充填及成形性的影響。依據可成形範圍，探討成形參數與稜鏡構轉寫比例之關係與成形參數對於光學性質的影響，最後探討稜鏡轉寫比例對於光學品質的影響。經由分析整理，可歸納出以下結論：

- (1) 從光學模擬發現，當稜鏡 Pitch 越小時環數增加，光學品質會越佳。但成形時，須考慮模具加工精度及成形條件對透鏡收縮變形的影響。
- (2) 比對光學模擬與實際光學量測，結果呈現相同趨勢。光學品質的模擬計算與實驗量測結果是相近的，顯示使用光學分析軟體進行透鏡的設計是非常可行的。
- (3) 製程參數中，射出速度是影響光學品質的主要因子。射出速度增加時，成形壓力越大，熔膠在模穴被擠壓的越緊實，所量測之出光學品質越佳。

- (4) 影響稜鏡轉寫比例的主要因子為塑料溫度，在高溫條件下轉寫比例會提高，因為溫度上升時，熔膠的流動性越好，熔膠容易進入模穴空間充填透鏡結構。
- (5) 結果顯示，成形參數對於發光強度有較大的影響，對於發光角度並無明顯影響程度。且在低溫、高壓力的成形操作條件下，所量測之透鏡光學品質較佳。

7-2 未來研究發展

未來在研究菲涅爾聚光鏡時，可與太陽能集光器模組搭配，設計一可裝設在太陽能集光器模組中，並實際量測其光電轉換效率，依此作為評估透鏡聚光效果之依據。

參考文獻

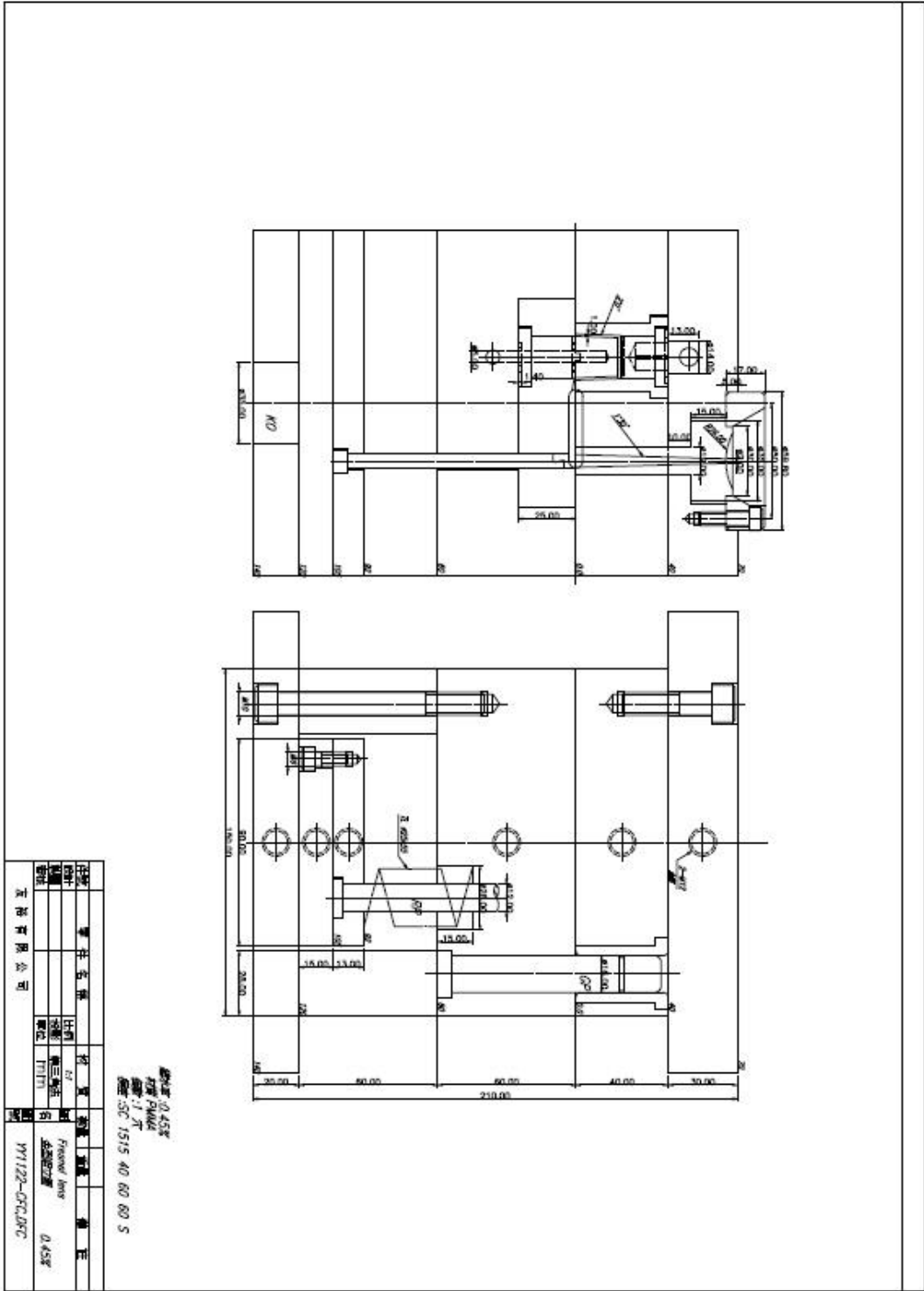
- [1] 林先明、陳炤彰，“複合式光學元件微射壓成型之研究”，台灣科技大學，碩士論文。
- [2] 陳鮮文、陳炤彰，“光學元件射出成型體積收縮與光學均勻性之研究”，台灣科技大學，碩士論文。
- [3] 鄭穎聰、黃登淵，“鏡片射出成行分析與模具設計”，高雄應用科技大學，碩士論文。
- [4] 徐業奇、曾柏昌，“非球面壓克力透鏡精密加工特性之研究”，中興大學，碩士論文。
- [5] 李紅軍、盧振武、廖江紅等，“表面反射對菲涅爾透鏡的影響”光學學報，2001.vol.21(6)1134~1138。
- [6] 葉乃嘉，2007，“曲面式Fresnel 透鏡太陽能集光器之幾何光學模式”，明道學術論壇，3(1)：33-50(2007)，明道大學。
- [7] 葉上平、張正陽、伍茂仁，“用於III-V族太陽能電池之高效率且均勻化聚光鏡之研究”，中央大學，碩士論文。
- [8] 李志成，蔡宗祐，陳建富，“太陽光聚焦於光纖內傳輸之效能評估”，成功大學，碩士論文。
- [9] D. Gloge. “Weakly Guiding Fibers.” Appl. Opt. 10,pp. 2252-2258.
- [10] R. W. Larson et al., “Economics of Solar Energy Technologies,” American Solar Energy Society, December, 1992.

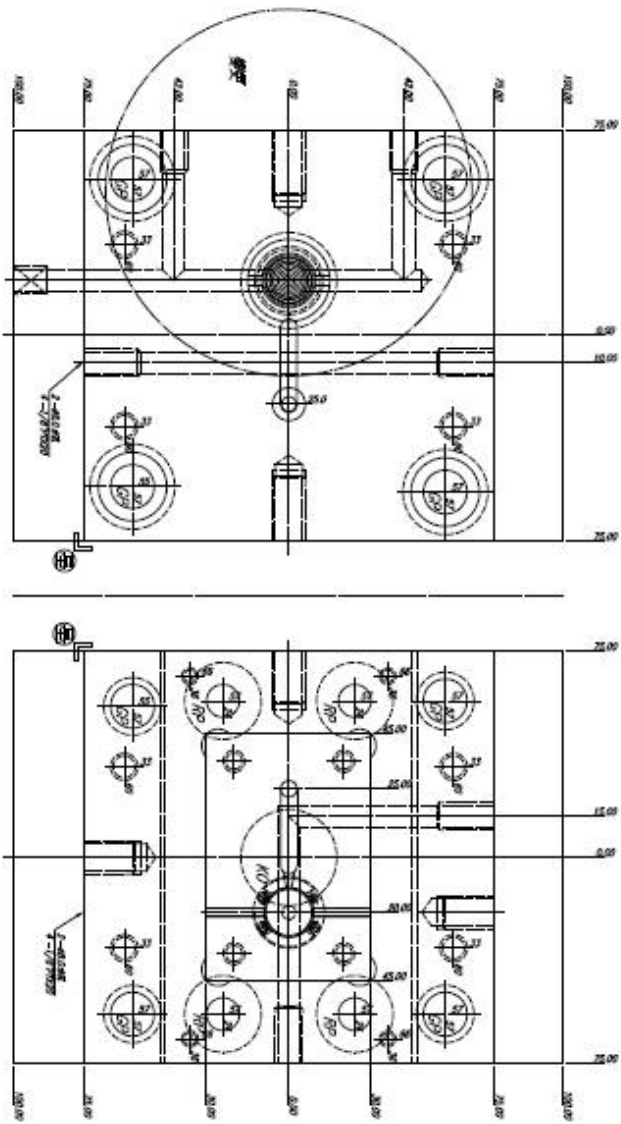
- [11] Ralf Leutz, Akio Suzuki, Atsushi Akisawa, Takao Kashiwagi, "SHAPED NONIMAGING FRESNEL LENSES", SC/EST, 1, rue Miollis, 75732 Paris Cedex 15, France.
- [16] 林宸生、陳德請，2001，“近代光電工程導論”，全華科技圖書股份有限公司。
- [17] 張永彥，2005，“塑膠模具設計學”，全華科技圖書股份有限公司。
- [18] 駱志龍、張榮森，“Fresnel 透鏡設計及應用”，中央大學，碩士論文。
- [19] 莊榮瀚、吳俊謀，“太陽追蹤器之設計與測試”，中央大學，碩士論文。
- [20] Frank L. Pedrotti, Leno S. Pedrotti, "Introduction to Optics," (Prentice-Hall, 1987)。
- [21] Sivamoorthy Shanmugam, "Design of a linear Fresnel lens system for solar photovoltaic electrical power source", Center for Robotics Research University of Cincinnati Cincinnati, OH 45221-0072.
- [22] Arthur Davis, Frank Kühnlenz, "Optical Design using Fresnel Lenses", Reflexite Optical Solutions Business.
- [23] O. E. Miller, J. H. McLeod, W. T. Sherwood, Thin sheet plastic Fresnel lenses of high aperture, Journal of The Optical Society of America, Volume 41, No. 11, Nov. 1951.
- [24] R. Leutz, A. Suzuki, A. Akisawa, T. Kashiwagi, "Shaped nonimaging Fresnel lenses," Journal of Optics A: Pure and Applied Optics 2, pp.112-116 (2000).
- [25] 郭孝武，"菲涅尔透镜统一设计方法"，太阳能学报Vol.12 No.4 Oct,1991。
- [26] 王永仲，"菲涅尔透镜光路的解析计算"，光学仪器1992年第14卷第4期。

- [27] 瞿贵蒙，”菲涅尔透及其应用”，維普資訊 <http://www.cqvip.com>
- [28] 汤丹英、李湘宁、杨朋千、胡明凯，”曲面和平面菲涅尔透镜的像差比较”，*Journal of Applied Optical*, Vol,29 No,5 Sep. 2008.
- [29] 桑涛、王汝笠、严义坝，”特殊面形的菲涅尔透镜的设计与分析”，*Journal of Infrared and Millimeter Waves*, vol,17 No.2, 1998.



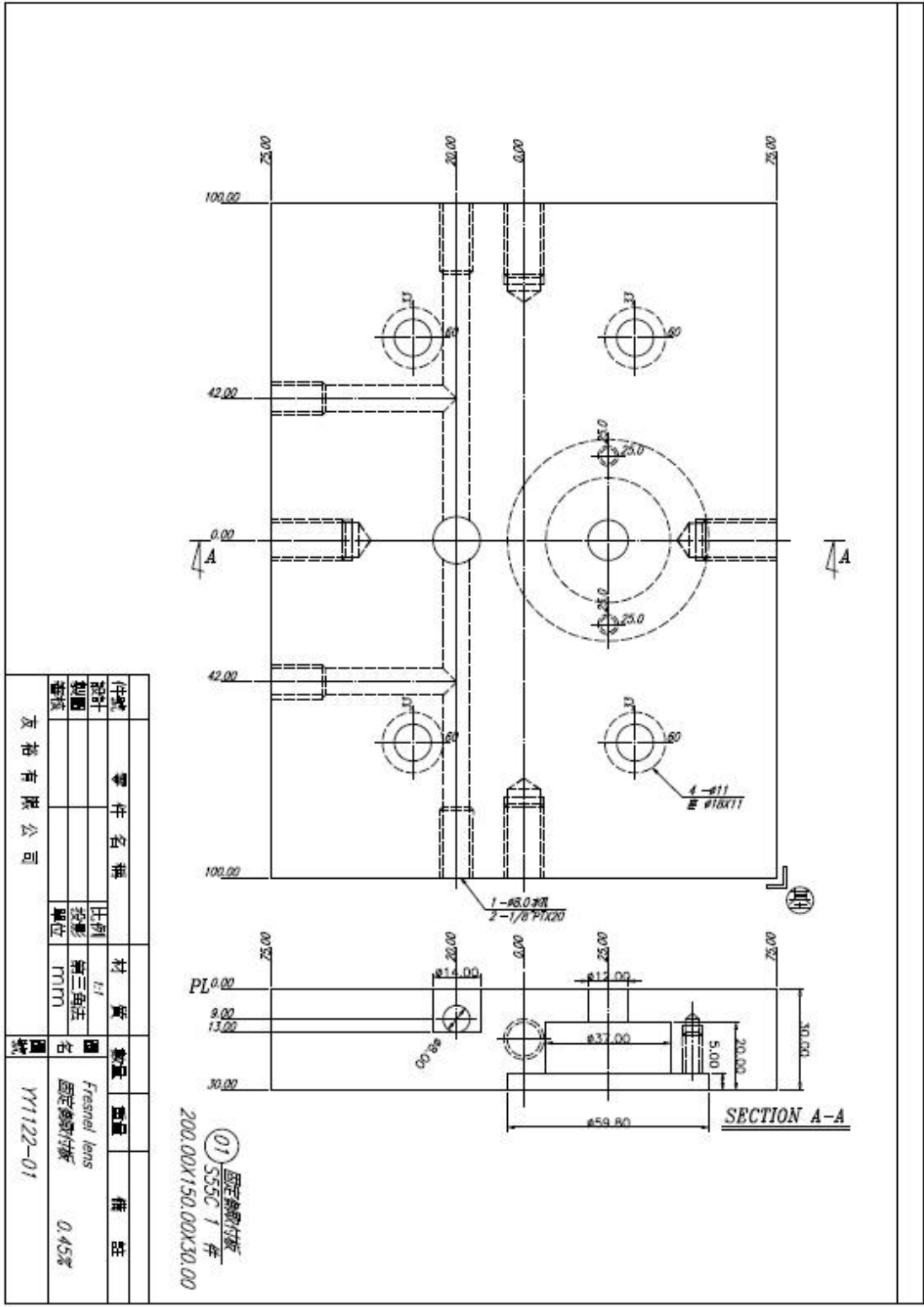
附錄



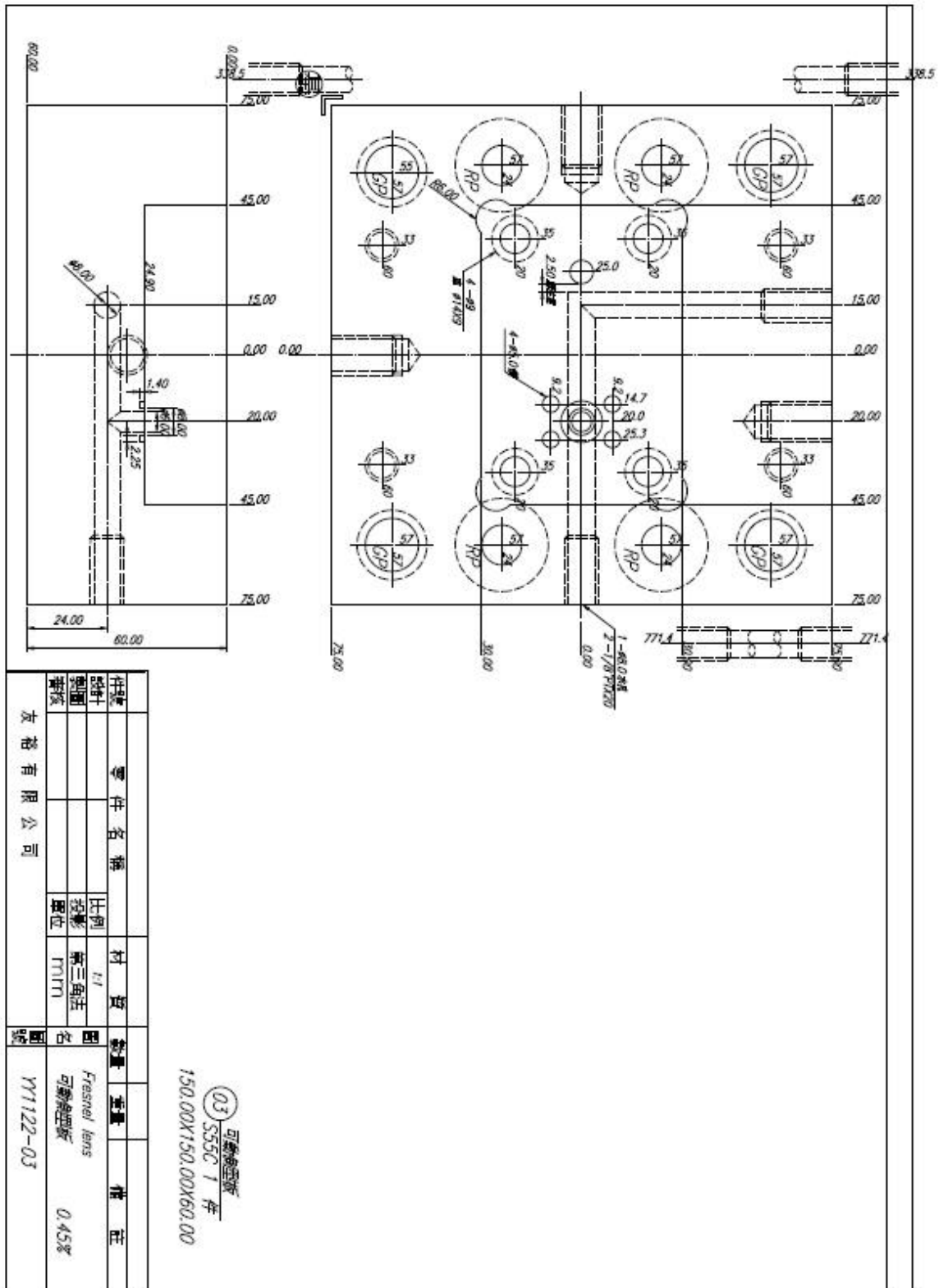


圖號: 0.45A
 材料: PA66
 圖: 1
 圖號: SC 1515 40 60 60 S

種類	零件名稱	材質	數量	備註	備註
殼體	殼體	PA66	1		
蓋	蓋	PA66	1		
軸	軸	SC 1515 40 60 60 S	1		
葉片	葉片	PA66	1		
密封	密封	PA66	1		
墊圈	墊圈	PA66	1		
螺絲	螺絲	PA66	1		
彈簧	彈簧	PA66	1		
其他	其他	PA66	1		
備註	171122-4C, BPC				



件號	零件名稱	材料	數量	備註
設計	出圖	投影	第三角法	
製圖	單位	單位	單位	
審核				
友裕有限公司				
圖號	名稱	數量	備註	
Y1122-01	Fresnel lens 固定鏡付版	0.45%		



仕様	零件名稱	材質	數量	重量	備註
設計		1/1			
型圖		第三角注			
單位		單位			
友裕有限公司			圖號	Y1122-03	

03 可動型透板
S55C 1 件
150.00X150.00X60.00

作者簡介

姓名：林苡任

生日：74/05/12

性別：男

E-mail：eaison@livemail.tw

求學經歷：

96/09~98/06 國立高雄應用科技大學 模具工程所 碩士

92/09~96/06 國立高雄應用科技大學 模具工程系 學士

論文與專題：

菲涅爾透鏡之光學設計與精密成型(研究所論文)

射出成形參數對平凸鏡片收縮的影響(大學專題)

