

國立高雄應用科技大學

碩士班

碩士論文

應用 UV-LIGA 於導光板模仁  
之製作研究

Application of UV-LIGA Process on the Fabrication of  
Light Guide Plate Stamper

研究生： 黃 皇 齊

指導教授： 黃 登 淵 教授

共同指導： 黃 俊 欽 教授

中華民國 九十三年 七月

**應用 UV-LIGA 於導光板模仁之製作研究**

Application of UV-LIGA Process on the Fabrication of Light Guide  
Plate Stamper

研究生：黃皇齊  
指導教授：黃登淵 教授  
共同指導：黃俊欽 教授

國立高雄應用科技大學  
模具系碩士班  
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

June 2004  
Kaohsiung, Taiwan, Republic of China  
中華民國 2004 年六月

## 博碩士論文授權書

(國科會科學技術資料中心版本, 93.2.6)

本授權書所授權之論文為本人在 國立高雄應用科技 大學 模具 系所  
組 92 學年度第 二 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：應用 UV-LIGA 於導光板模仁之製作研究

同意     不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予以行政院國家科學委員會科學技術資料中心（或其改制後之機構）、國家圖書館及本人畢業學校圖書館，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利（未申請者本條款請不予理會）的附件之一，申請文號為：                    ，註明文號者請將全文資料延後半年後再公開。

同意     不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予以教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：黃登淵 教授

研究生簽名：黃登淵  
(親筆正楷)

學號：1091316115

(務必填寫)

日期：民國 93 年 7 月 9 日

1. 本授權書（得自 <http://sticnet.stic.gov.tw/sticweb/html/theses/authorize.html> 下載或至 <http://www.stic.gov.tw> 首頁右下方下載）請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。
2. 授權第一項者，請確認學校是否代收，若無者，請個別再寄論文一本至台北市（106）和平東路二段 106 號 1702 室 國科會科學技術資料中心 黃善平小姐，（電話：02-27377606 傳真：02-27377689）

授權書 ([pdf 檔案下載](#))

國立高雄應用科技大學  
研究所碩士班  
論文口試委員會審定書

本校 模具工程研究所 碩士班 黃皇齊 君

所提論文 應用 UV-LIGA 於導光板模仁之製作研究

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：\_\_\_\_\_

吳建興

黃登洲

黃俊欽

王珉敏

指導教授：

黃登洲

研究所所長：

楊慶煌

# 應用 UV-LIGA 於導光板模仁之製作研究

學生:黃皇齊

指導教授:黃登淵教授

黃俊欽教授

國立高雄應用科技大學模具碩士班

## 摘要

在 TFT-LCD 液晶顯示器中，背光模組為主要光源所在，而其光亮度分佈和大小，主要為導光板所掌控。導光板表面的特徵有許多不同形狀的設計，例如 V 型溝、微凸點(Dot)、梯型溝等，不同形狀的特徵，其加工方法及對光學性能的影響亦不同。本研究首先建立具有微凸點特徵的導光板開發技術，以長(43mm)、寬(30.5mm)、厚度由 1mm 漸縮至 0.5mm 的 Dot 型式之導光板為例，成形塑料為光學級壓克力(PMMA)。分為下列幾個步驟：

- (1) 利用類 LIGA 製程中的 UV-LIGA 來製作 Dot 型導光板的模仁特徵，所使用的光阻液為 SU-8 厚膜光阻液。
- (2) 利用微電鑄的製程翻成厚度為 0.1mm 與 0.4mm 之鎳模仁(Ni stamper)，再使用 Moldex 3D 模流分析軟體來預先了解塑料於模具中的流動情形及可能產生塑件的缺陷，並以適當的脫模機構、固定鎳模仁之方式進行模具設計及製造。
- (3) 以精密射出成形進行導光板塑件的製造，並將所製得之 0.1mm 與 0.4mm 之鎳模仁各別嵌入所設計固定此鎳模仁的模具中，觀測所設計的固定鎳模仁的方式是否適當。
- (4) 以電子顯微鏡與 SEM 觀測鎳模仁及射出品上的 Dot 特徵，並經由背光模組組裝之後，以六軸輝度計量測其輝度值與均勻性。

在整個技術開發過程中，本文將著重在 UV-LIGA 製程上的探討、厚膜光阻 SU-8 熱迴流(reflow)時，所產生的流動情形對 Dot 形狀的影響以及固定鎳模仁之方式是否適用於厚度 0.5mm 以下電鑄鎳模仁的嵌入情形。最後以溫度 320℃，時間 1 小時之條件完成 SU-8 之熱迴流，以及使用 0.4mm 之鎳模仁，並以真空吸附以完成射出之製程，且不會造成鎳模仁之變形，藉由以上之探討以作為相關研究參考之依據。

關鍵字:導光板、UV-LIGA、SU-8、熱迴流、微凸點(Dot)

# Application of UV-LIGA Process on the Fabrication of Light Guide Plate

## Stamper

Student : Huang Chi Huang

Advisors : Dr.D.Y.Huang

Dr.C.C.Huang

Institute of Mold and Die Engineering

National Kaohsiung University of Applied Sciences

### ABSTRACT

In TFT- LCD liquid crystal display , the backlight is main a light source , and its lightness distribution and size are mainly light guide plate to control .There are many different design on the LGP surface features , such as v cut ditch 、 micro dot、 trapezoid ditch .The features of different shape , its process methods and optic properties are different. The study first establishes to have light guide plate exploitative techniques of micro dot features . For a dot light guide plate type instance , it uses length (43mm)、 wide(30.5mm)、 thickness from 1mm to 0.5mm. The forming plastic is optic PMMA.

To divide following several steps:

- (1) The UV-LIGA of LIGA-Like process is used to fabricate dot type light guide plate stamper features and it uses SU-8 thick film photoresist liquid.
- (2) The micro electroforming process is used to transform Ni stamper of thickness 0.1

mm and 0.4mm. Moldex 3D mold flow analytic software is beforehand used to understand plastic in the mold fluid situation and it probably produces plastic defect. To utilize suitable for stripping mold mechanism and fix Ni stamper manner proceed mold designs and manufactures.

(3) Precise injection molding proceeds manufacture of light guide plate plastic part and inserts to fabrication Ni stamper of thickness 0.1 and 0.4(mm) among mold of design fixed Ni stamper manner .The observation designs fixed Ni stamper manner whether it is suitable.

(4) The electron microscope and scanning electron microscope(SEM) are used to observe the dot feature of Ni stamper and injection part, and via backlight module afterward assembles with six axes radiometry to measure radiance value and uniform.

Among whole technique exploitation process, this paper will emphasize in UV-LIGA process discussion , thick film photoresist SU-8 reflows generable fluid situation for dot shape influence and fixed Ni stamper manner whether it suits below thickness 0.5mm insert influence of electroforming Ni stamper. By above discussion as related study basis of referral.

Key Words: LGP、 UV-LIGA、 SU-8、 reflow、 micro dot

## 誌 謝

本論文能夠如期完成，首先要感謝兩位指導教授的教導，尤其是黃俊欽教授給予經費上的補助，使我在研究中，不會因為經費上的不足而傷透腦筋甚至延誤實驗進度，並訓練我從設計、分析到製造等，整個製程階段，從頭到尾自己去完成，並需要將整個製程中所遇到的問題一一去解決，所以讓我有獨當一面的能力，可以獨立地去解決各種問題，因此也讓我成長了許多，遇到問題的依賴心也漸漸地消失了，所以非常謝謝老師的栽培與教導。並感謝口試委員們的指導以及寶貴的意見，使本論文更加的完整與豐富。

再來感謝本研究室的明達、勇志等人的幫忙與意見上的提供，以及我的好友毓茹的協助，甚至陪著我熬夜做實驗並且幫我分擔壓力。亦感謝機械系陳嘉俊等人的協助，以及成大曾湜雯、洪益智與工研院張凱程等人於微電鑄製程上的協助與意見提供，非常地感謝您們，謝謝。

至於在本實驗的製程設備上，非常感謝成大南台灣微奈米系統中心、高應科大微機電共同實驗室與百聚公司提供設備上的協助，尤其是百聚公司甚至將微電鑄設備從台北寄至本校讓我免費使用至完成電鑄品，所以非常感謝百聚公司。謝謝您們於設備上的提供才能使本研究可以順利進行與完成，謝謝您們。

最後感謝的是我的父母，謝謝父母的栽培讓我能夠讀到研究所，使我在讀書階段，不用去打工來賺取學費，可以無煩惱地安心讀書並攻讀碩士學位，在此致上十二萬分的感謝，謝謝您們的用心栽培。

## 目 錄

中文摘要	-----	i
英文摘要	-----	ii
誌謝	-----	iv
目錄	-----	v
表目錄	-----	vii
圖目錄	-----	viii
符號說明	-----	xii
一、 緒論	-----	1
1.1 前言	-----	1
1.2 導光板的簡介	-----	1
1.2.1 導光模組原理	-----	1
1.2.2 導光板製造方法	-----	2
1.3 LIGA 製程技術簡介	-----	3
1.3.1 LIGA-Like 製程技術簡介	-----	4
1.4 文獻回顧	-----	6
1.5 研究動機與目的	-----	7
二、 軟體分析	-----	12
2.1 塑膠模流軟體 Moldex 3D 分析	-----	12
2.1.1 分析目的	-----	12
2.1.2 產品說明	-----	12
2.1.3 澆口設計	-----	12
2.1.4 模流分析之條件	-----	12
2.1.5 分析結果探討	-----	14
2.1.6 結論	-----	16
三、 實驗原理	-----	24
3.1 UV-LIGA 製程原理	-----	24
3.1.1 微影製程原理	-----	24
3.1.2 微電鑄原理	-----	29
3.1.2.1 電鑄鎳金屬	-----	29
3.1.2.2 電鑄相關公式	-----	30
3.1.2.3 電鑄於不同深寬比中的情況	-----	32

3.1.3 射出成型原理	32
3.2 電子束蒸鍍原理	34
四、    製程規劃與實驗步驟	43
4.1 SU-8 微影製程實驗	43
4.1.1 SU-8 厚膜光阻之材料特性	43
4.1.2 SU-8 微影製程步驟	44
4.2 SU-8 熱迴流 (reflow) 製程實驗	46
4.3 電子束蒸鍍實驗	47
4.4 微電鑄製程實驗	48
4.4.1 預鍍物之前處理	48
4.4.2 電鑄液成分	48
4.4.3 電鑄之操作條件	49
4.4.4 後處理	50
4.5 精密射出製程實驗	51
4.5.1 模具設計	51
4.5.2 精密射出成型機	52
4.5.3 塑膠材料	52
4.6 光學性質檢測	52
五、    結果與討論	66
5.1 SU-8 微影製程探討	66
5.2 SU-8 熱迴流 (reflow) 製程探討	68
5.3 微電鑄製程探討	70
5.4 精密射出製程探討	71
5.4.1 鍍模仁之嵌入	71
5.4.2 導光板之射出成品	72
5.5 光學性質檢測探討	74
六、    結論	99
參考文獻	102
附錄	107
簡歷	116

## 表 目 錄

表 1	微機電系統領域-----	8
表 2	LIGA 和類 LIGA 製程之比較-----	9
表 3	各種金屬的電化當量-----	38
表 4	各種金屬因子-----	38
表 5	傳統射出與精密射出成型之比較-----	41
表 6	常用金屬熔點-----	42
表 7	旋塗膜厚程式設定-----	56
表 8	電鑄液成份-----	59
表 9	微電鑄之操作條件-----	59
表 10	射出機性能表-----	62
表 11	導光板射出成型參數-----	97
表 12	九點輝度值之各點分佈與均勻度-----	98

## 圖目錄

圖 1	背光模組示意圖-----	9
圖 2	LIGA 示意圖-----	10
圖 3	ICP-RIE 蝕刻後示意圖-----	11
圖 4	塑膠模流分析流程圖-----	17
圖 5	充填之波前圖-----	18
圖 6	充填之壓力圖-----	18
圖 7	充填之中心溫度圖-----	19
圖 8	充填之容積溫度圖-----	19
圖 9	充填之黏滯加熱圖-----	20
圖 10	保壓之壓力圖-----	20
圖 11	保壓之體積收縮率分佈圖-----	21
圖 12	塑件模溫差分佈圖-----	21
圖 13	塑件之平均料溫圖-----	22
圖 14	塑件之平坦度-----	22
圖 15	塑件之總位移量-----	23
圖 16	光罩材質構造-----	35
圖 17	over-exposure-----	35
圖 18	under-exposure-----	35
圖 19	接觸式-----	35
圖 20	近接式-----	35
圖 21	投影式-----	36
圖 22	三種不同之曝光型式-----	36
圖 23	駐波現象-----	37
圖 24	微電鑄原理示意圖-----	37
圖 25	不同深寬比之質傳模式-----	39
圖 26	不同深寬比之電流分佈-----	39
圖 27	不同深寬比之電流聚集的影響-----	39
圖 28	射出成型步驟-----	40
圖 29	電子束蒸鍍示意圖-----	41
圖 30	蒸鍍腔體示意圖-----	42
圖 31	導光板模仁示意圖-----	54

圖 32	微影實驗流程圖-----	55
圖 33	旋塗轉速曲線-----	56
圖 34	熱迴流示意圖-----	56
圖 35	旋塗設備-----	57
圖 36	加熱板 (Hot plate)-----	57
圖 37	曝光設備-----	57
圖 38	表面粗度儀 (step)-----	58
圖 39	光學顯微鏡 (OM)-----	58
圖 40	電子束蒸鍍機-----	58
圖 41	微電鑄設備-----	60
圖 42	標準模座-----	60
圖 43	可動側型模板 (公模)-----	60
圖 44	固定側型模板 (母模)-----	61
圖 45	架上模具之情形-----	61
圖 46	精密射出成型機-----	61
圖 47	背光模組之一-----	63
圖 48	背光模組之二-----	63
圖 49	導光板-----	64
圖 50	點亮 LED 燈之情況-----	64
圖 51	六軸輝度計-----	65
圖 52	九點量測位置圖-----	65
圖 53	SU-8 柱狀結構高度 11.1um-----	75
圖 54	氣泡現象-----	75
圖 55	50um 放大 500 倍-----	76
圖 56	40um 放大 500 倍-----	76
圖 57	30um 放大 500 倍-----	76
圖 58	20um 放大 500 倍-----	76
圖 59	10um 放大 500 倍-----	76
圖 60	柱狀微結構 SEM 圖-----	77
圖 61	柱狀結構 50um 俯視圖-----	77
圖 62	柱狀結構 40um 俯視圖-----	78
圖 63	柱狀結構 30um 俯視圖-----	78

圖 64	柱狀結構	20um 俯視圖	-----	79
圖 65	柱狀結構	10um 俯視圖	-----	79
圖 66	加熱板 200	烘烤 20 min SEM 圖	-----	80
圖 67	加熱板 200	烘烤 60 min SEM 圖	-----	80
圖 68	加熱板 320	烘烤 5 min SEM 圖	-----	80
圖 69	加熱板 320	烘烤 25 min SEM 圖	-----	81
圖 70	加熱板 320	烘烤 60 min SEM 圖	-----	81
圖 71	加熱板 355	烘烤 2hours SEM 圖	-----	81
圖 72	加熱板 355	烘烤 4hours SEM 圖	-----	82
圖 73	加熱板 355	烘烤 6hours SEM 圖	-----	82
圖 74	加熱板 355	烘烤 8hours SEM 圖	-----	82
圖 75	烘烤箱 230	烘烤 2hours OM 圖	-----	83
圖 76	烘烤箱 230	烘烤 3hours OM 圖	-----	83
圖 77	烘烤箱 230	烘烤 4hours OM 圖	-----	83
圖 78	烘烤箱 240	烘烤 2hours OM 圖	-----	84
圖 79	加熱板 320	烘烤 1 hour OM 圖	-----	84
圖 80	加熱板 320	烘烤 2hours OM 圖	-----	85
圖 81	SU-8 reflow 1hrs	結構高度 3.62um	-----	85
圖 82	SU-8 reflow 2hrs	結構高度 0.8855um	-----	86
圖 83	reflow 1hrs	之輝度值	-----	86
圖 84	reflow 2hrs	之輝度值	-----	87
圖 85	50um reflow	結構 SEM 圖	-----	87
圖 86	10um reflow	結構 SEM 圖	-----	88
圖 87	鍍層針孔的現象		-----	88
圖 88	邊緣電流聚集現象		-----	89
圖 89	虛設電鑄區		-----	89
圖 90	翹曲現象		-----	89
圖 91	鍍層燒焦現象		-----	90
圖 92	鍍層分層現象		-----	90
圖 93	鍍層模糊不堪現象		-----	90
圖 94	脫模後光阻之殘留		-----	91
圖 95	電鑄後之 stamper		-----	91

圖 96	研磨後之 stamper-----	91
圖 97	電鑄後之微結構高度 3.34um-----	92
圖 98	電鑄後之微結構 50um 俯視圖-----	92
圖 99	電鑄後之微結構 40um 俯視圖-----	93
圖 100	電鑄後之微結構 30um 俯視圖-----	93
圖 101	電鑄後之微結構 20um 俯視圖-----	93
圖 102	電鑄後之微結構 10um 俯視圖-----	94
圖 103	厚度 0.1mm 鎳模仁之破裂情形-----	94
圖 104	厚度 0.4mm 鎳模仁變形之情形-----	94
圖 105	具微結構導光板之射出成品-----	95
圖 106	PMMA 微結構之 50um-----	95
圖 107	PMMA 微結構之 40um-----	95
圖 108	PMMA 微結構之 30um-----	96
圖 109	PMMA 微結構之 20um-----	96
圖 110	PMMA 微結構之 10um-----	96
圖 111	PMMA 微結構高度 3.01um-----	97
圖 112	導光板輝度圖-----	98

## 符號說明

W:析出或溶解的重量

I:通入的電流

t:通電的時間(小時)

A:原子量

Z:電荷數

F:法拉第電量, 為 96500 庫倫

:電流效率(%)

M:實際析出的物質重量(克)

I:通入之電流(安培)

We:電化當量(克/安培-小時)

:電鑄厚度(mm)

I<sub>D</sub>:電流密度(A/dm<sup>2</sup>)

:比重

T:電鑄平均厚度(in)

A:剝落後鑄件的面積(in<sup>2</sup>)

F:金屬因子(比重×16.4)

## 一、緒論

### 1.1 前言

近年來由於光電產業的的蓬勃發展，均秉持著輕、薄、短、小、耗電量與輻射量皆低等目標，所以傳統的 CRT 顯示器已面臨了漸漸被取代的趨勢，而其中又以液晶顯示器(Liquid Crystal Display)之技術發展更加迅速，所應用的層次範圍更加廣泛，例如彩色手機、數位相機、個人數位助理(PDA)、液晶電視、電腦螢幕等，這些都是以液晶顯示器為主要的產品，但因為液晶本身不發光，所以必須藉由背光模組來完成，而此背光模組之結構中主要包括光源、導光板、反射板、擴散板、稜鏡片等，光源又可為發光二極體(LED)或冷陰極燈管(CCFL)等。而其中最具關鍵的零件即為導光板，其主要目的為利用導光板上所設計的擴散點分佈來破壞光源於導光板內全反射的情況，並將光源均勻的引導出，所以導光板的光學設計與製造更趨重要。因此吸引許多相關的研究投入於導光板微特徵的光學設計以及製造。

### 1.2 導光板的簡介

#### 1.2.1 背光模組原理

導光板主要功能在於導引光線方向，進而提高輝度及控制亮度均勻。光源（例如發光二極體、冷陰極燈管等），所發出的光以邊光式(edge light)的方式進入導光板，大部份進入的光源會利用全反射而往薄的一端傳導，當光線在底面碰到擴散點時，則反射光會往各個角度擴散，破壞全反射而自導光板正面射出，所以可利用擴散點的疏密分佈、大小不同的圖案設計，使導光板之面均勻發光。反射板將自底面漏出的光反射回到導光板中，防止光源外漏，以增加光的使用效率。擴散片的作用是讓射出的光分佈更加均勻，並使從正面看不到反射點的影子，亦可在擴散片之上再加上有聚光作用的稜鏡片，導正經由擴散片之散射光源增加出射光的方向性，以達到提高正面亮度的目的。以上以楔形板之導光板為例說明，如圖 1 所示。

### 1.2.2 導光板製造方法

導光板的主流技術主要分為印刷式與非印刷式兩大類，茲說明如下：

#### 1.印刷式

導光板是先利用射出成型的方法將光學級壓克力(PMMA)射出成表面光滑的楔形板或是平板，再利用高反射率且不吸收光的材料如TiO<sub>2</sub>和SiO<sub>2</sub>，在導光板底面以網板印刷方式將圓形或方形之擴散點印上，並經由烘烤使其固化，當光源(例如發光二極體或冷陰極燈管)照射到導光板的擴散點後則會產生散射現象，因此控制網點上的分佈以及大小即可達到均勻引導光源之目的，但因出光的散射角較大及印刷點亮度對比較高，必須使用較厚的擴散板覆蓋及稜鏡片集光達到光學與外觀的要求。

#### 2.非印刷式

微特徵之大小、分佈之製作主要是利用蝕刻、微精密加工、UV-LIGA、內部擴散等製程來完成，而又可於模仁上來製作或是直接用電鑄再翻模仁，於模仁上來製作的方法為蝕刻和微精密加工，而直接用電鑄再翻模仁則為UV-LIGA，有了模仁後，再嵌入射出用之模具內即可射出導光板，但此時之導光板則具有擴散點或微結構，所以此非印刷式的製程可大量生產降低成本，因此廣被使用來製造導光板。茲說明如下[1][2]：

##### (1)蝕刻

以感光性油墨或乾膜光阻塗佈於鏡面處理之模具鋼上，利用光學微影製程的曝光與顯影後，將圖形轉移至油墨或乾膜光阻上，再以蝕刻液(氯化鐵溶液)進行蝕刻，而蝕刻的深度以時間的長短控制，但是蝕刻的網點大於印刷的網點，全反射被破壞的程度不如印刷式，輝度亦不如印刷成型的導光板，化學浸蝕之速度與均勻性無法良好控制，因化學性蝕刻而影響光學表面，模具鋼容易氯化生鏽且不易保養，光阻膜之附著性不佳而剝落造成圖樣蝕刻缺陷。

##### (2)微精密加工

主要是以鑽石超精密加工的方式切削出V型槽的結構，一般的模具鋼材採用不銹鋼420系列的鏡面鋼STAVAX來加工，或是在化學鍍鎳的模具鋼表面、鈹銅等軟質金屬切削，藉由V型槽兩側的反射鏡面來破壞全反射，使光源由導光板正面射出，由V型槽之寬度及深度控制出光面之光學強度及性質。切削方式的優點為輝度的提高(光源擴散角較小，使正面光源增強)及製造方便，另外在出

光面亦使用切削的方式製造與稜鏡片結構相似的鏡面結構，更能增加輝度，但在均一性上仍待加強。

#### (3)UV-LIGA:

利用光學微影製程曝光、顯影後，所得到之柱狀微結構，再經由熱迴流(reflow)製程，使受高溫烘烤而由柱狀轉變為半圓狀後，再鍍上導電層並電鑄即可得到擴散點的模仁(stamper)，以模具射出後形成擴散點，亂射面設計能破壞光源之全反射並控制光源均勻射出，擴散點的大小、分布對光源作有效率的控制。

#### (4)內部擴散:

在壓克力的材料內加入具擴散性質的顆粒材料如 MMA 在射出成型時直接射入導光板模具內部，利用濃度的不同對光源作有效率的射出調制。優點為均勻分布在導光板並降低光源仍留在導光板內損耗的可能且製造方便，但技術未成熟。

### 1.3 LIGA 製程技術簡介

在現今的科技中，所追求的就是輕、薄、短、小，因此在製程上亦即朝向微細化、精密化等趨勢，所以微機電系統製造技術，也就更加的受到重視，其製造技術如表 1 所示，而欲達到微米級的零組件或微結構其加工精度需在數微米左右，表面粗糙度則須達到次微米以下的鏡面標準，所以此製程技術並非傳統的加工製造技術所能達到的，因此可廣泛應用於生化、醫療、機電、資訊、航太等領域中。而其中能夠大量生產微結構、亦具備高深寬比的製程技術，當推 LIGA 製程。

LIGA 製程起源於德國，德文為 Lithographie，Galvanoformung，Abformung，譯成英文則為 Lithography，Electroforming，Molding，中文則為微光刻電鑄模造。整合了光刻術、微電鑄、微成型三種技術來實現高深寬比之結構與大量生產降低成本的製程技術。所使用的製程技術，如圖 2 所示。

- (1)首先在基材上鋪上一層高分子光阻材料，此光阻材料為 PMMA，進行曝光，X 光即經由光罩將圖形轉移至 PMMA 上，而 PMMA 為正光阻，所以照到 X 光的部份，分子即解離成一種易溶於顯影液的結構，因此被去除了。
- (2)利用微電鑄製程，將金屬沉積於光阻模板內，然後利用蝕刻將光阻去除，即可得到金屬微結構。

(3)將所得之金屬結構做為模仁，利用微射出或微熱壓成型即可大量生產。

LIGA 製程的優點如下:[3][4]

- (1)波長短(0.2-0.6 nm)，具有奈米製程能力。
- (2)繞射現象小，解析度高。
- (3)穿透力強，光罩上的污染、微粒不會轉印在晶圓上。
- (4)X-光可近直線穿透晶圓，無駐波效應，故不需抗反射層塗佈。
- (5)為批量翻造，產品品質均一，成本降低，易於工業化量產。
- (6)厚度可達 1000um，表面粗糙度 0.03~0.05 um，並可製造深寬比超過 100 以上之微結構，因此可達到次微米的精確度且可製得 3D 微結構與零組件。

缺點:

- (1)光罩製作不易。
- (2)X 光同步輻射光源取得不易。
- (3)設備昂貴，成本高
- (4)X 光能量高，會加熱光罩。
- (5)X 光在空氣中行進距離有限，故晶圓曝光要在真空中進行。

### 1.3.1 LIGA-Like 製程技術簡介

雖然 LIGA 製程可實現高深寬比 3D 複雜的形狀結構，而所製造的結構深度、深寬比、精度、表面粗糙度等都是非常的精密，亦可達到次微米級的結構，但是因為其光罩製作繁雜、成本高，且所使用的光源同步輻射 X 光的取得不易，因為可以產生此種同步輻射光源的同步輻射環於目前世界上類似的僅約有 30 座左右,所以此 LIGA 製程的設備相當的昂貴，因此若不需達到次微米精度的微結構，亦可使用替代性光源來取代同步輻射 X 光，而且替代性的光源的設備較便宜，且搭配新型光阻材料，亦可實現高深寬比的結構，因此類 LIGA 製程被發展出來，類 LIGA 製程主要是依其不同的光源而分類，茲說明如下：

#### 1.UV-LIGA

此光源為紫外光，此光源與一般半導體製程所使用的光源相同，所以光源的取得容易，而與半導體相容的特性，使其在微電子、微機電以及封裝上備受重視，且在設備成本上亦低，如果再配合厚膜光阻亦可實現高深寬比之結構，因此廣被採用。

## 2. Laser-LIGA

所使用的雷射為準分子雷射，而準分子雷射加工主要是由惰性氣體和化學性質較活潑的鹵素相混合後，經由放電激發出高功率的深紫外光，對材料進行光分解挖除加工，亦即將材料內的鍵結直接打斷而破壞，此時材料會產生壓力急速上升，並迫使材料以微小爆炸的方式排出，而達到加工之目的。因為準分子雷射具有高功率的能量，所以適合加工金屬、陶瓷、玻璃和高分子材料等。而一般應用於準分子雷射的光源有 KrF(248nm)和 ArF(193nm)，KrF(248nm)適合加工聚亞醯胺(polyimide)和聚碳酸酯(polycarbonate)，ArF(193nm) 適合加工壓克力和玻璃[5][6]。

## 3. ICP-RIE LIGA(感應耦合電漿反應性離子蝕刻)

傳統的反應式離子蝕刻(RIE)製程，利用 F、Cl、C、O 組成之氣體產生電漿，並經由電場加速來造成非等向性蝕刻的方法，可製造接近垂直的側壁，但是由於蝕刻速率過慢( $< 1\mu\text{m}/\text{min}$ )與無法得到高深寬比( $< 10:1$ )等問題，且是在低基板溫度(約 $-110^{\circ}\text{C}$ )與高氟濃度下進行，雖可獲得微機電系統所應用的蝕刻品質，但在此低溫下，會產生光阻龜裂、晶片冷凝雜質而形成黑矽且無法於 500 $\mu\text{m}$  以上晶片穿透蝕刻等缺點。而現今所發展的 ICP-RIE 則是利用交替蝕刻與高分子鈍化側壁來進行矽深蝕刻。其反應機制為在矽側壁上先沉積一層鈍化高分子，接著底部的高分子和矽被蝕刻，經由反覆的鈍化和蝕刻，即可得到接近垂直的側壁，所以此法具有高蝕刻速率、高選擇比、高蝕刻深度等，[5][6]。但是此法亦有缺點，蝕刻後的側壁會有鏈波狀，如圖 3 所示，因此會造成表面粗糙度不佳。

以上三種替代性光源，在側壁粗糙度、深寬比、精度、深度皆不如同步輻射 X 光，但是以成本和未要求次微米的精度考量下，UV-LIGA 為最具優勢。LIGA 和類 LIGA 之比較如表 2 所示。

#### 1.4 文獻回顧

1997 年 Taek Kim [1] 等人，使用金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)沉積(GaN)氮化鎵後再將光阻旋塗上去，用微影製程定義出柱狀結構後，再熱迴流(reflow)使成半圓狀，並利用 ICP RIE(感應耦合電漿反應性離子蝕刻)的不同的偏壓(Bias Voltage)的控制來對蝕刻光阻和(GaN)氮化鎵進而製出氮化鎵的微透鏡。

2000 年楊[28]等人，介紹說明 LIGA 製程的特性及技術發展的歷程，並針對微結構電鑄技術作深入的探討，內容包括電鑄的加工特性、製程操作技術、高深寬比電鑄技術，及影響電鑄品質的參數說明等。

2001 年楊[7]等人，針對類 LIGA 製程光刻技術作通盤性的介紹，其中內容包含標準的 X-ray LIGA 製程、類 LIGA 製程的厚膜光阻 UV 微影技術、準分子雷射微細加工以及感應耦合電漿離子蝕刻等。

2001 年由莊[18]與劉[17]等人，出版的 VLSI 與 ULSI 製程技術方面的書中，簡介說明到微影製程的操作條件對光阻所產生的影響，以及一些半導體製程的相關技術。

2002 年劉[5]等人，說明以 LIGA 製程技術為主軸，來簡介各種應用於製作微透鏡陣列之方式，並介紹其相關的製程開發與產品成果的表現並概略說明目前工研院機械所在此領域的發展情形。

2002 年 H.Hocheng[3]等人，主要利用雙層光阻來製作微透鏡的探討，並控制雙層光阻的厚度、熱迴流時間及溫度以達所需之微透鏡結構。

2003 年吳[8]等人，針對導光板的翻模技術進行相關探討，嘗試以合金電鑄方式進行導光板母模的翻製，以期得到更為精密的導光板翻模技術。由研究結果顯示，利用鎳鐵合金電鑄方式可以精確複製導光板母模，對於控制翻模圖樣的精準度及在提高翻模硬度方面均能獲得改善。

2003 年 Yasushi Ishikawa[2]等人，主要是製作 CCD 的微透鏡，將光阻旋塗於 PE-SiN(plasma-enhanced silicon nitride)的材質上，以微影製程定義出柱狀結構後，再熱迴流使產生半圓狀結構，最後利用電漿來蝕刻 PE-SiN 使 PE-SiN 成爲半圓狀結構，而微透鏡的輪廓主要是控制 CF<sub>2</sub> 的沉積和 SiN 蝕刻的平衡即可得到較佳之輪廓。所以製得的 CCD 的微透鏡的材質爲 PE-SiN。

### 1.5 研究動機與目的

目前來說，業界都是採用濕式蝕刻(咬花)與超精密加工等製作導光板模仁之微特徵，此兩種方法的加工速率較快，但是以濕式蝕刻(咬花)所產生出來之微特徵之半圓形狀較不明顯，且表面粗糙度亦較差，對於蝕刻時間的控制較不易，化學浸蝕之速度與均勻性無法良好控制，模具鋼容易氯化生鏽且不易保養，光阻膜之附著性不佳而剝落造成圖樣蝕刻缺陷，且蝕刻出來的網點大於印刷的網點，導致全反射被破壞的程度不如印刷式，輝度亦不如印刷成型的導光板，而以超精密加工的方法來切削，主要是採用鑽石刀具進行 V 型槽的切削，但是此法無法有效的改變微特徵的分佈密度而達到控制光線射出均勻度的效果。因此兩種方法所製得的模仁，都較容易產生品質不易控制的情形，導致微特徵的缺陷以及不均勻的情況。在導光板相關文獻上，皆以導光板光學分析為主，而在製作上，皆以如何產生半圓狀之加工方法為主。所以本論文，利用 LIGA-Like 製程中的 UV-LIGA 來製作微特徵，並將導光板上微特徵翻成鍍模仁，並對於此鍍模仁之嵌入方式加以設計，並以精密射出成型機射出導光板，以達到降低成本，大量生產之目的。利用此法所製得之微特徵可有效改變所需之分佈密度，而所產生熱迴流(reflow)之形貌與所射出之微特徵粗糙度較佳，在解析度上也可大幅的提高。

表 1 微機電系統領域

矽基微細加工	蝕刻技術	化學蝕刻技術	濕式	浸漬式 漬著式
			乾式	電漿蝕刻 濺散蝕刻 離子束蝕刻 反應式離子蝕刻
	光蝕刻技術			
	薄膜技術	積體電路技術 基體微細加工 表面微細加工 高深寬比製程 接合技術		
LIGA製程	X-Ray光刻術 紫外線光刻術 電子束光刻術 離子束光刻術 雷射光刻術			
微機械加工	切削加工		微切削加工 微鑽孔加工 微銑削加工 微輪磨加工	
	非切削加工		微電鍍成型 微射出成型 微壓模成型	
	特殊加工		微放電加工 雷射束加工 離子束加工 原子力顯微加工	

表 2 LIGA 和類 LIGA 製程之比較

	光源	加工深度	精度	深寬比	成本
LIGA 製程	X 光	數 mm	次微米精度	> 100	非常高
類 LIGA 製程	1. 準分子雷射 2. 紫外光 3. 反應性離子蝕刻	≤ 1mm	微米精度	≤ 50	中等

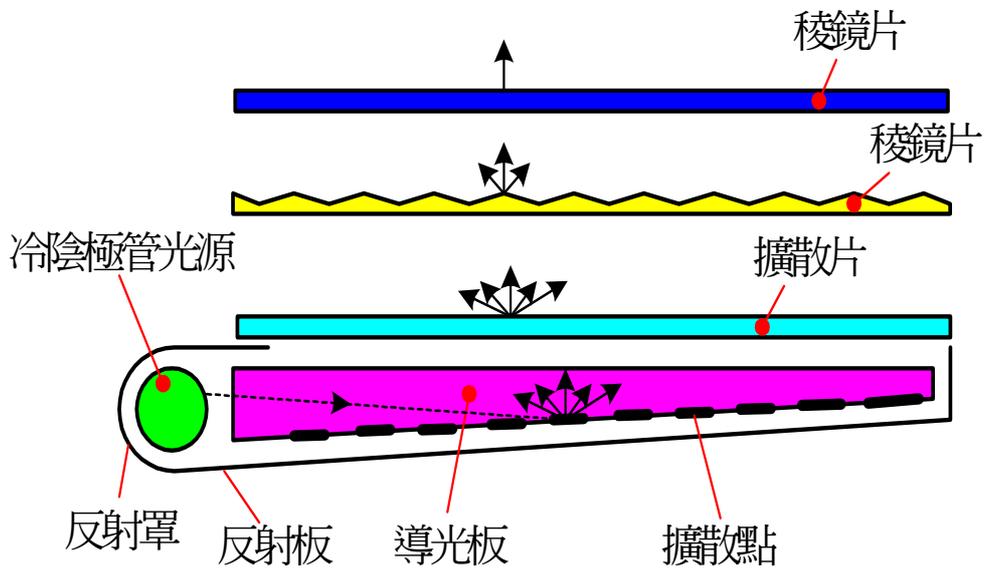


圖 1 背光模組示意圖

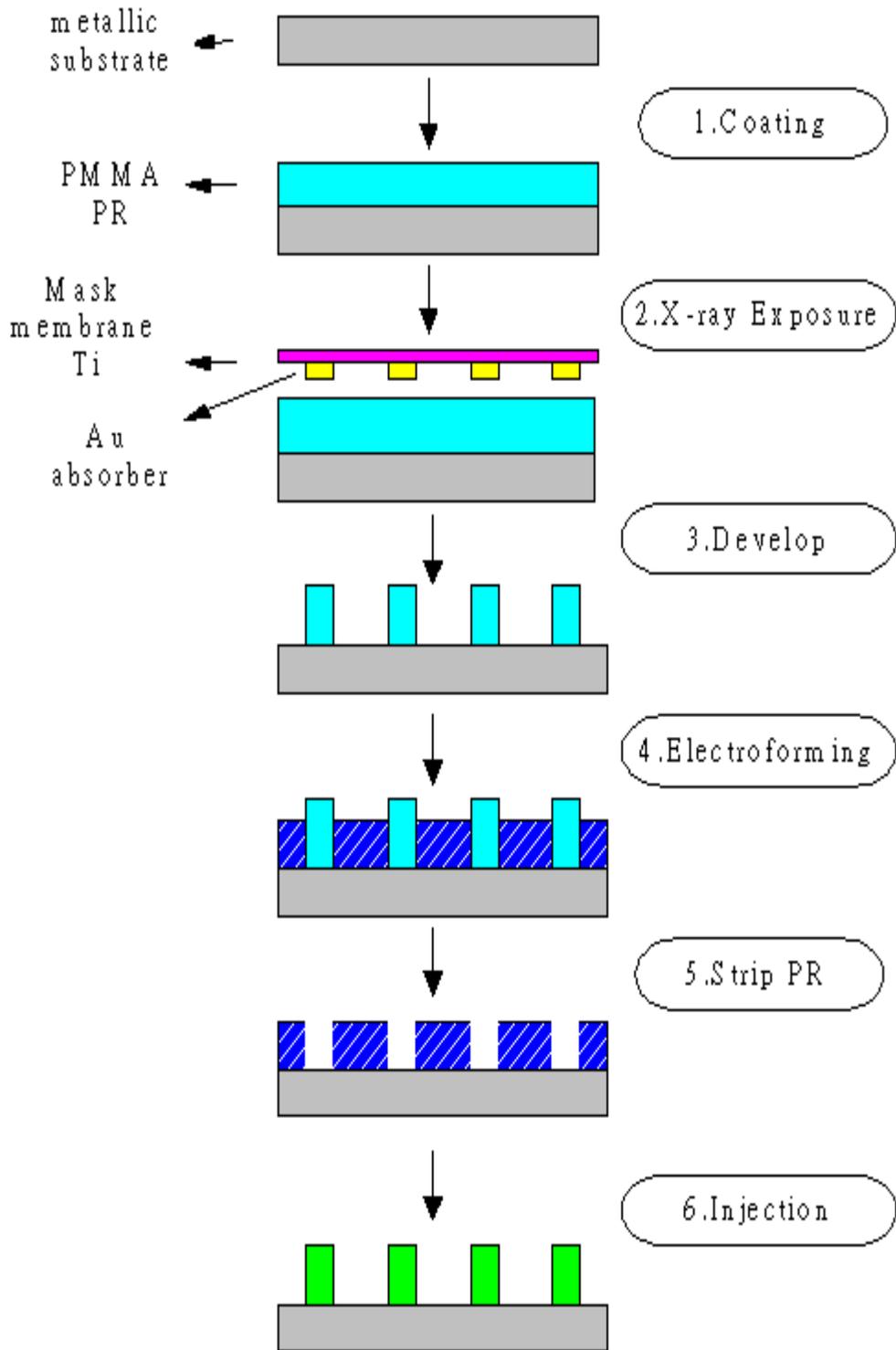
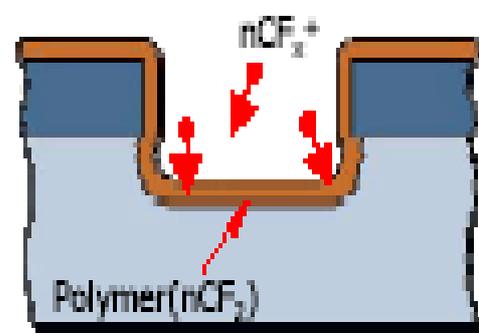


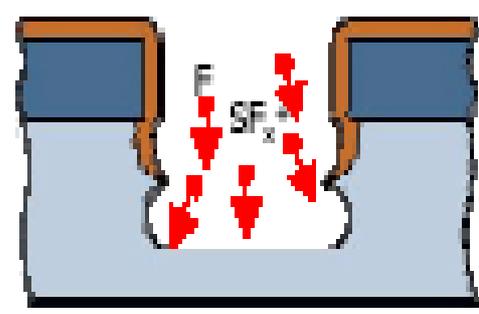
圖 2 LIGA 示意圖



**Etch**



**Deposit Polymer**



**Etch**

圖 3 ICP-RIE 蝕刻後示意圖  
資料來源：工業技術人才培訓講義

## 二、軟體分析

### 2.1 塑膠模流軟體 Moldex 3D 分析

#### 2.1.1 分析目的

本實驗分析主要是利用模流分析軟體 Moldex3D，來事先模擬於射出成型時導光板可能產生的問題與缺陷，來作適當的模具設計，例如澆口的形式與尺寸、澆口位置、冷卻水管的配置以及澆口進入方式的選擇等，使其於實際模具開發後，不會因為不當的設計而導致嚴重的損失，由於此產品為楔形狀之薄板，因為厚度不均又太薄，容易產生翹曲變形，而一般導光板的翹曲量皆控制在 0.05mm 以下之精度，因此本分析也以 0.05mm 範圍內之翹曲量為目的來作此分析，而本實驗所分析的導光板面上無微結構，因為此分析軟體並未考慮微結構方面的分析，所以無法對具微結構之塑件作分析，至於具有微結構之導光板，將採用此分析後所製作的模具再嵌入具微結構之模仁，於實際射出中，以求得較佳之成形參數。

#### 2.1.2 產品說明

本產品為導光板，產品尺寸為長(43mm)、寬(30.5mm)、厚度由 1mm 漸縮至 0.5mm 的楔形板，塑件總體積為 2.69(cc)，模具設計上則採二板模，一模一穴設計。

#### 2.1.3 澆口設計

本產品為楔形平板之薄件，因此澆口採用扇形澆口，主要是為使塑料能均勻的流入模穴中，使其具有較均一的波前間距，以達最佳之成品塑件，一般對於厚薄不均之進澆口位置皆採由厚至薄進澆，主要是因為厚部冷卻較慢，溫度較高，所以在脫模後會產生收縮而於表面產生凹陷，所以將進澆點置於厚部，再利用後續的保壓階段，以補充塑料因冷卻收縮的部位而使凹陷降低，但是本實驗之導光板厚部主要為光源進入口，因此使用由薄至厚入澆來作此分析。

#### 2.1.4 模流分析之條件

塑膠模流分析需先於 Rhino 軟體中，先繪好預分析之幾何圖形後，再轉成 Moldex3D 之檔案才可開始作模流分析，模流分析流程如圖 4。

#### 1. 塑料之選用

塑料則採用光學級 PMMA 之 KURARAY GH-1000S，因 PMMA 具有良好之光學性質所以選用此塑料分析。

#### 2. 冷卻液之選用

主要選用油來作冷卻。

#### 3. 模具材質

材質主要是採用 P-20 之預硬鋼分析。

#### 4. 射出機之機台

機台則選用 Sodick 30EH 之機型，而機器最大合模力為 30(ton)，最大注射壓力 262(MPa) 注射容量 14( cm<sup>3</sup> ), 注射率 100(cm<sup>3</sup>/s)，以螺桿塑化，柱塞計量射出。

#### 5. 成型參數

##### (1) 塑料建議參數

材料 = PMMA\GH-1000S(KURARAY)

最低塑料溫度 = 230.00

一般塑料溫度 = 250.00

最高塑料溫度 = 280.00

最低模具溫度 = 35.00

一般模具溫度 = 60.00

最高模具溫度 = 85.00

頂出溫度 = 85.00

##### (2) 充填階段

行程時間 = 0.13 sec

料 溫 = 250

模具溫度 = 65

射出體積 = 2.961 CC

最大射出壓力 = 262 Mpa

##### (3) 保壓階段

保壓時間 = 5 sec

保壓切換 = 99 %

最大保壓壓力 = 262 Mpa

#### (4)冷卻階段

冷卻時間 = 30 sec

開模時間 = 1 sec

頂出溫度 = 85

### 2.1.5 分析結果探討

#### 1. 充填分析

##### (1) 波前

由圖 5 可知塑件之波前呈現平行之情況，可使塑料能均勻的流入模穴中以均勻的充填塑料，且塑料的流動朝同一方向行進，可防止成型品變形的缺陷。

##### (2) 壓力

由圖 6 可知此時最大的壓力為 69.7(MPa)而發生於入澆點位置，主要是因為在充填階段時，由螺桿或柱塞將所設定的塑料量從入澆點注入，所以此時塑件之最大壓力位置必產生於此點，而因為扇形澆口由薄端至厚端入膠，且薄端處塑料較不易進入，所以需施加較大之壓力，因此由圖可清楚觀察到等高線之間距由密至疏之情況。

##### (3) 中心溫度

中心溫度決定了塑件品質的良窳，過高或過低的中心溫度皆會影響塑件，中心溫度過高，則局部可能會產生熱點，而使塑件有燒焦裂解的現象，中心溫度過低或接近模溫，則表示塑料的熱量迅速被冷模穴所吸收，而使塑料迅速降溫凍結，產生滯料靜止之情況，因此可能會導致短射現象。一般來說，中心溫度如果接近所設定的塑料溫度，則表示該區域之熱塑料不斷地流入補充其熱量，使塑料之黏度降低，而有良好的流動性，此時塑料保持在高溫狀態下。但是如果高於所設定的塑料溫度，則表示塑料於流動的過程中，產生黏滯熱的現象所導致的。由圖 7 可知，塑件之中心溫度為 252.37 接近所設定的料溫 250 左右，因此可知塑料於充填的過程中，有良好的流動性。

##### (4) 容積溫度

由圖 8 可知容積溫度最高為 271.89 而塑件整體皆為最高之容積溫度，因此可知此較高之區域代表熱熔膠於充填時不斷地注入塑料，使塑料保持在高溫狀態而持續流動，但是所設定的料溫為 250 ，而高出的 21.89 之

溫度，為塑料在流動時所產生的黏滯加熱的放熱現象，如圖 9 所示，因此使塑料黏度降低而易於流動。

反之，如果接近低溫區域，則代表塑料為滯料靜止之情況，塑料幾乎不再流動而導致短射現象。

## 2. 保壓分析

保壓的目的是要將塑料壓實，使塑料的密度增加，以補償塑料的收縮現象為目的。

### (1) 保壓壓力

保壓壓力必須要足夠大到以克服澆口的阻力，以進行塑件收縮的補償，並且需於澆口固化之前完成，否則當澆口固化後，即無法再進行塑料的補充。但是如果保壓壓力過高，則易造成塑件產生黏模的現象而導致脫模不易，並且易撐開模具產生毛邊或滲料之問題，同時塑件的殘留應力亦過高，所以需尋求適當之保壓壓力。本實驗使用之射出機最大射壓為 262(MPa)，鎖模力為 30(Ton)，經由分析後，如圖 10 可知所產生的最大壓力為 46.786(MPa)而需要的 Z 軸鎖模力為 4.8515(Ton)，因此低於此射出機之鎖模力 30(Ton)以下，才不至於使塑件產生如上所述之缺陷。

### (2) 體積收縮率

經由保壓階段後，可使塑件的體積收縮率明顯的降低，由圖 11 可知，塑件最大收縮率發生於厚端為 8.11%，所以厚薄不均之情形下，應注意於厚端之冷卻是否均勻，以防止冷卻不均所產生的凹陷之缺陷，與充填階段之體積收縮率 9.55%相較之下有明顯降低的趨勢，因此足夠的保壓壓力與保壓時間可降低塑件收縮之問題。

## 3. 冷卻分析

### (1) 模溫差

一般來說，模溫差的溫度分佈越低或越均勻則越佳，因為才不會有熱應力的分佈不均而產生塑件的翹曲變形之缺陷，因此皆建議模溫差溫度範圍為 5-10 之間，以避免溫差過大造成翹曲變形，由圖 12 可知塑件之模溫差分佈均勻，其值為 0.088 。

### (2) 平均料溫

平均料溫是決定塑件溫度是否已經降至頂出溫度以下，由此可以判斷冷卻時間是否夠長，足以使塑件抵抗脫模外力，以防止塑件因頂出脫模而產生變形的缺陷。

由圖 13 可知塑件平均料溫為 65.471 ，注道為 76.365 ，本實驗從注道作頂出而所設定之頂出溫度為 85 ，所以可知，塑件已降為頂出溫度 85 以下，因此可以作頂出的動作。

#### 4. 翹曲分析

##### (1) 平坦度

最大翹曲量為  $4.787 \times 10^{-5}$ ，最小翹曲  $-1.696 \times 10^{-5}$ ，如圖 14。因此符合導光板所要求的翹曲量 0.05mm 以下。

##### (2) 總位移

最大總位移量發生在厚端，位移量為 0.728mm，由圖 15 可知。因為此部份厚度最厚，導致冷卻不易且又遠離澆口，而壓力的傳遞為遠離澆口處，壓力越小，因此導致此厚端的收縮量較大。

#### 2.1.6 結論

由此分析中，可得知塑料沒有因過熱而產生熱裂解的現象發生，且合模力小於射出機所能負載的 30(ton)之合模力，所以不會使塑件產生毛邊或內部殘留應力太大的現象，冷卻水路的配置不會產生冷卻不均或模溫差不合理之情形。在收縮上，因本分析由薄端入膠，因此厚端所產生的收縮量為 0.728mm 是可以被接受的，而在澆口設計上，所採用的澆口型式和尺寸大小於充填時，不會產生滯料或壓力損失過大的情況發生，因此於本分析後，將於實際射出實驗中，採用所分析的塑料、冷卻水管的配置以及澆口型式和尺寸大小等。

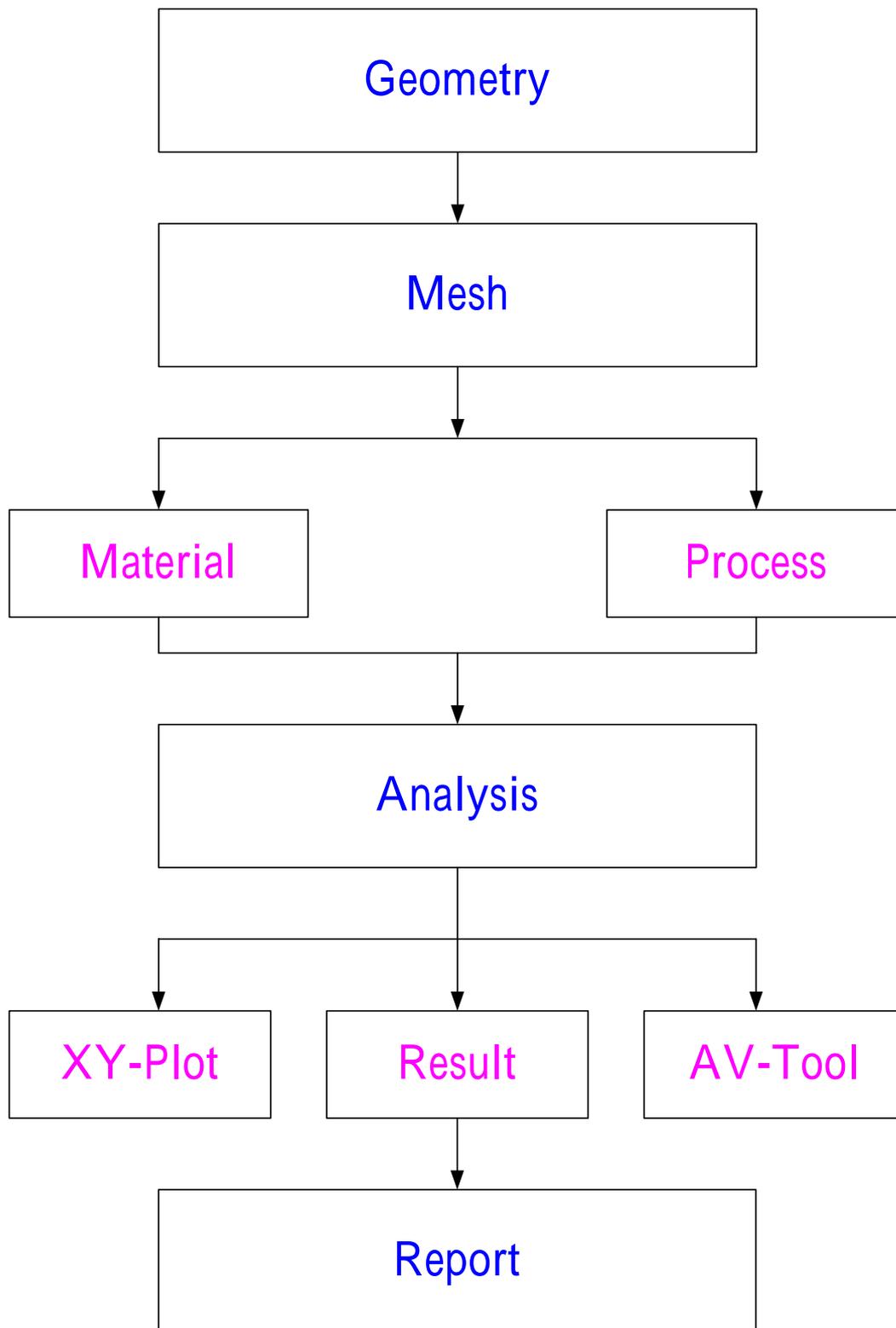


圖 4 塑膠模流分析流程圖

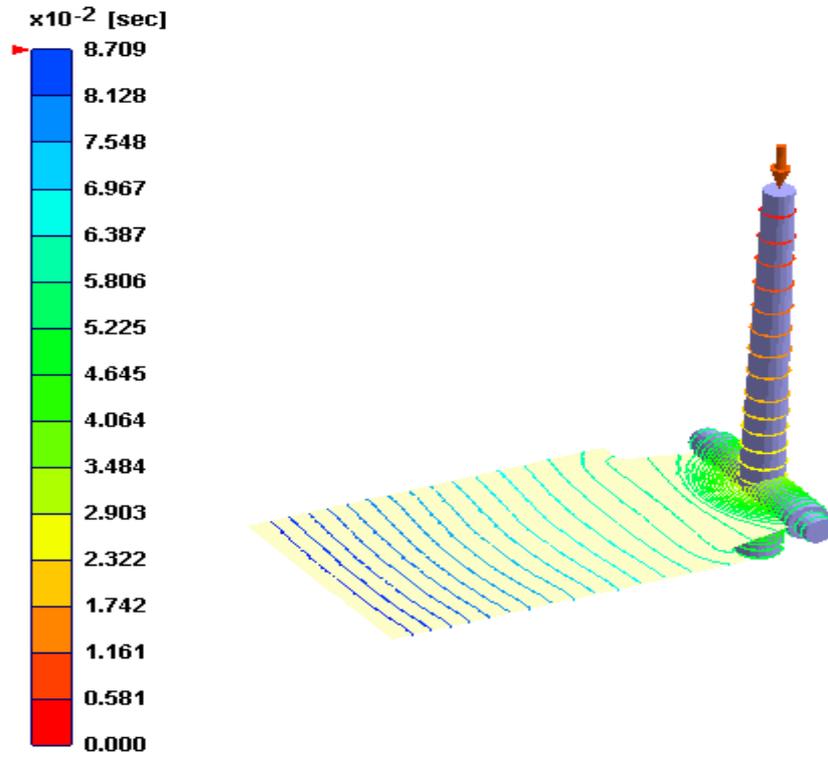


圖 5 充填之波前圖

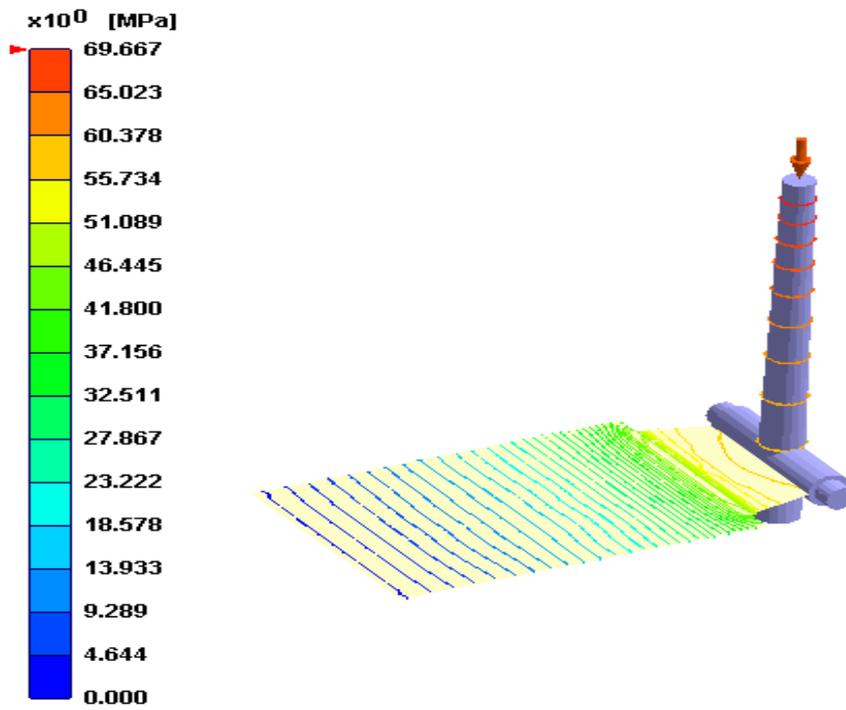


圖 6 充填之壓力圖

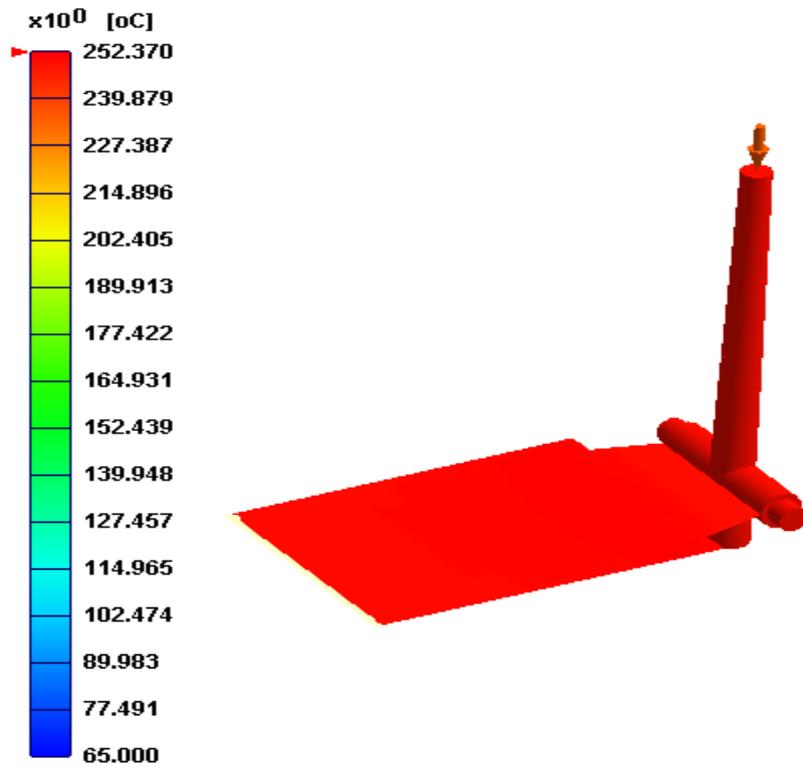


圖 7 充填之中心溫度圖

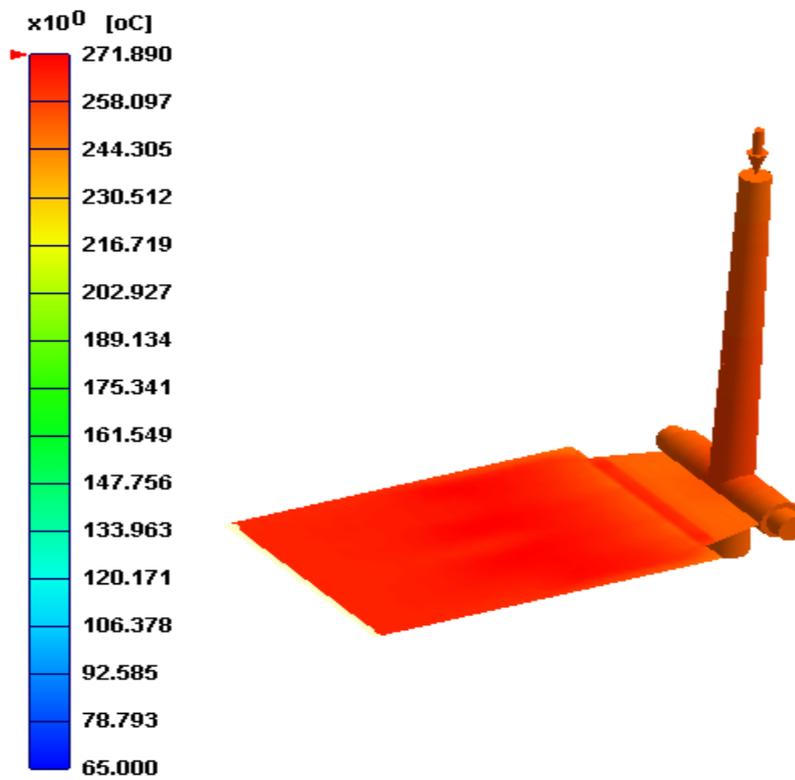


圖 8 充填之容積溫度圖

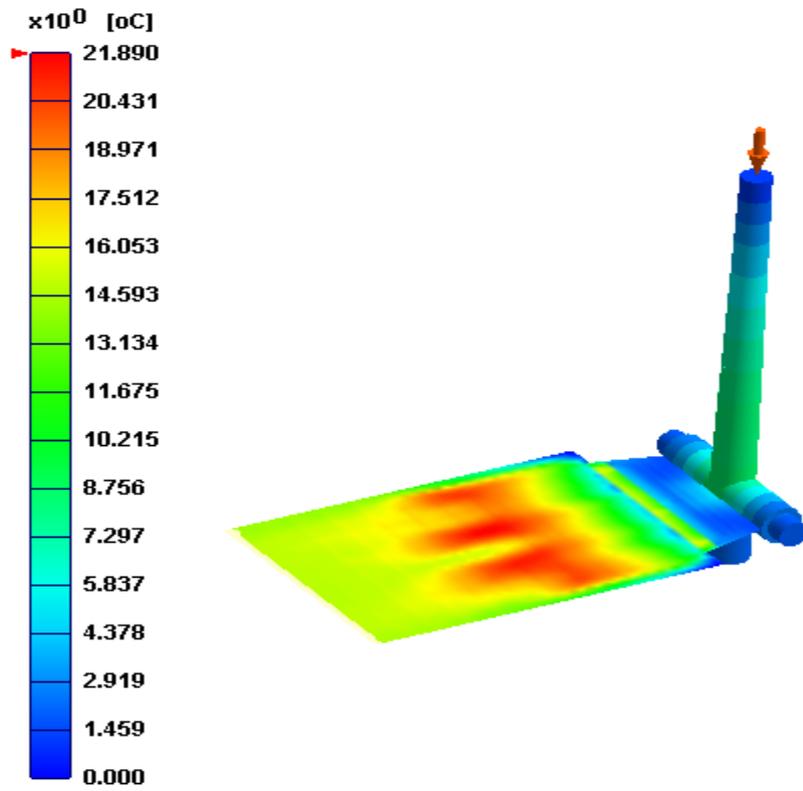


圖 9 充填之黏滯加熱圖

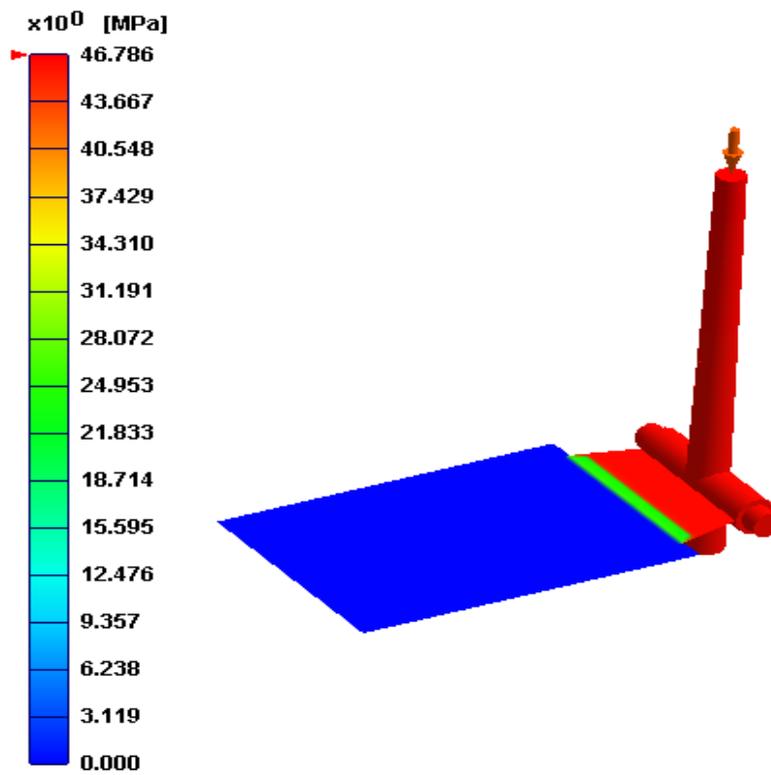


圖 10 保壓之壓力圖

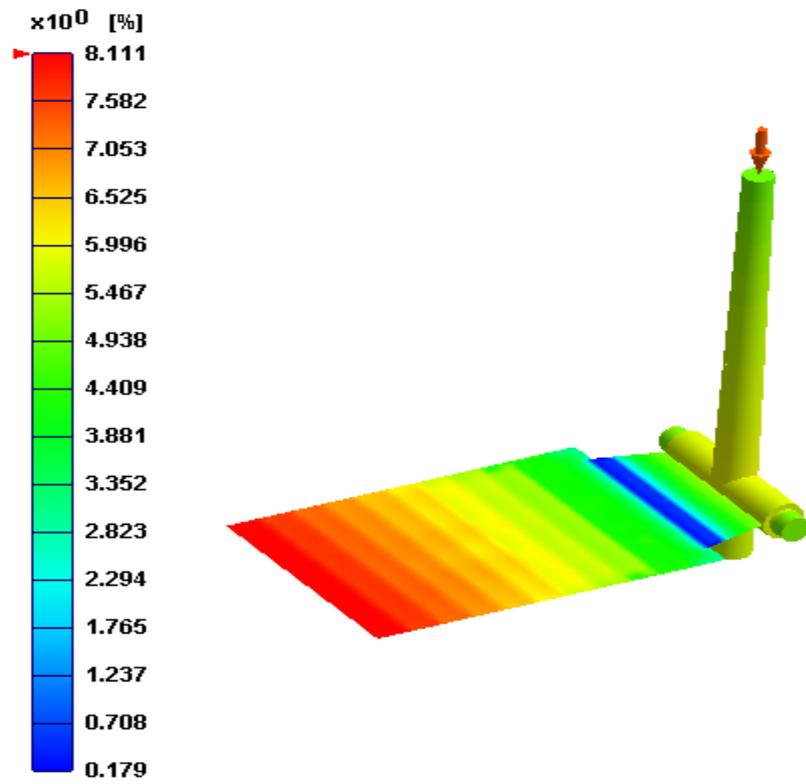


圖 11 保壓之體積收縮率分佈圖

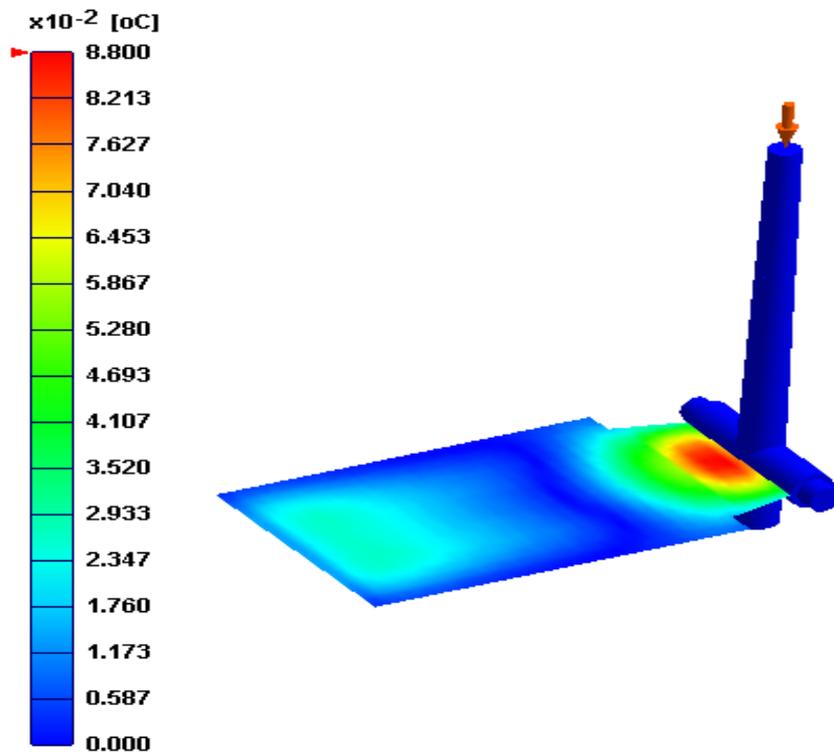


圖 12 塑件模溫差分佈圖

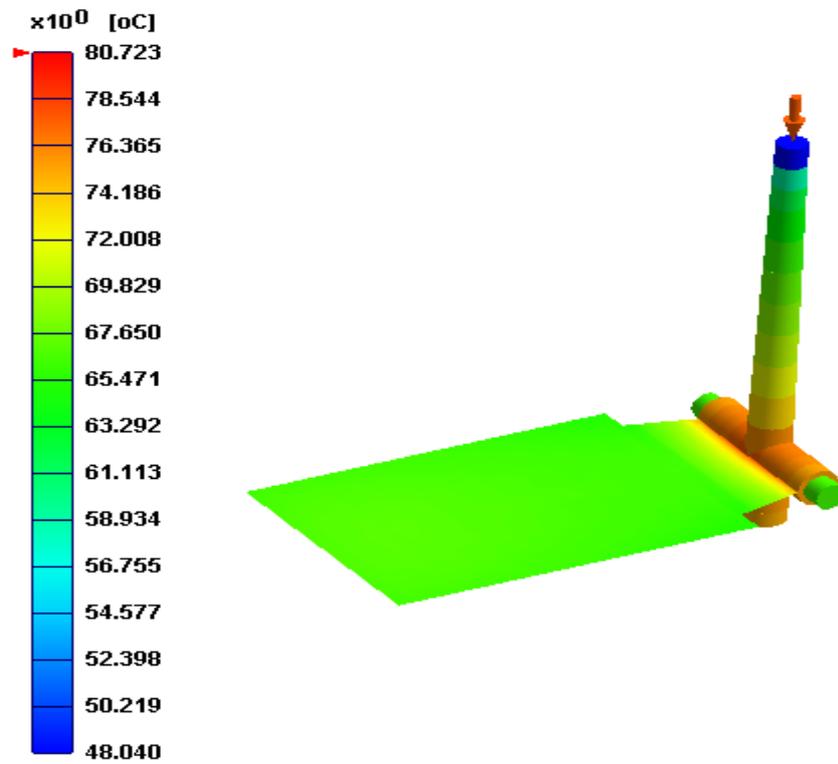


圖 13 塑件之平均料溫圖

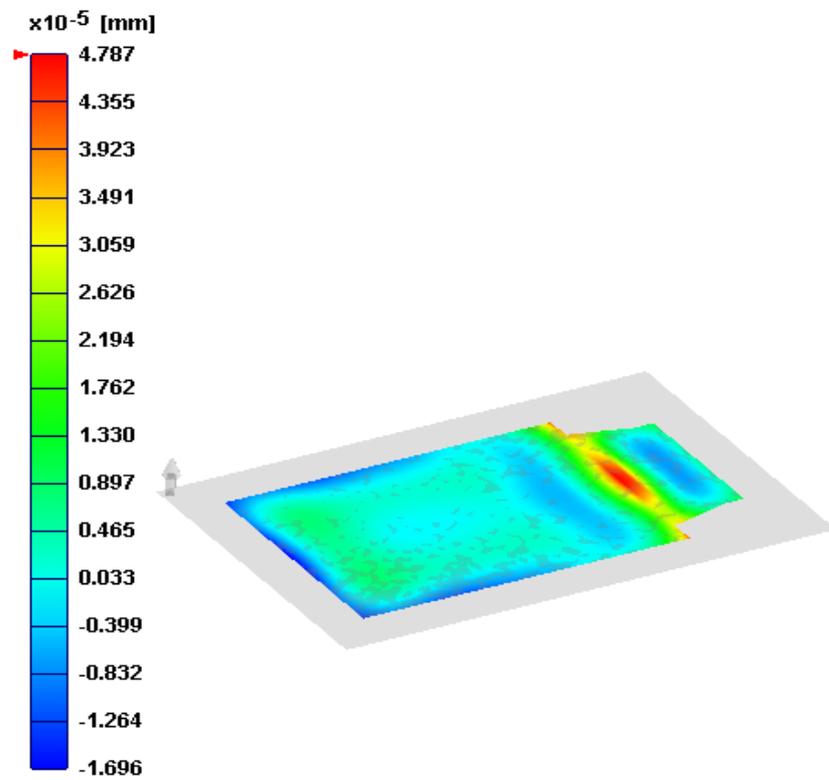


圖 14 塑件之平坦度

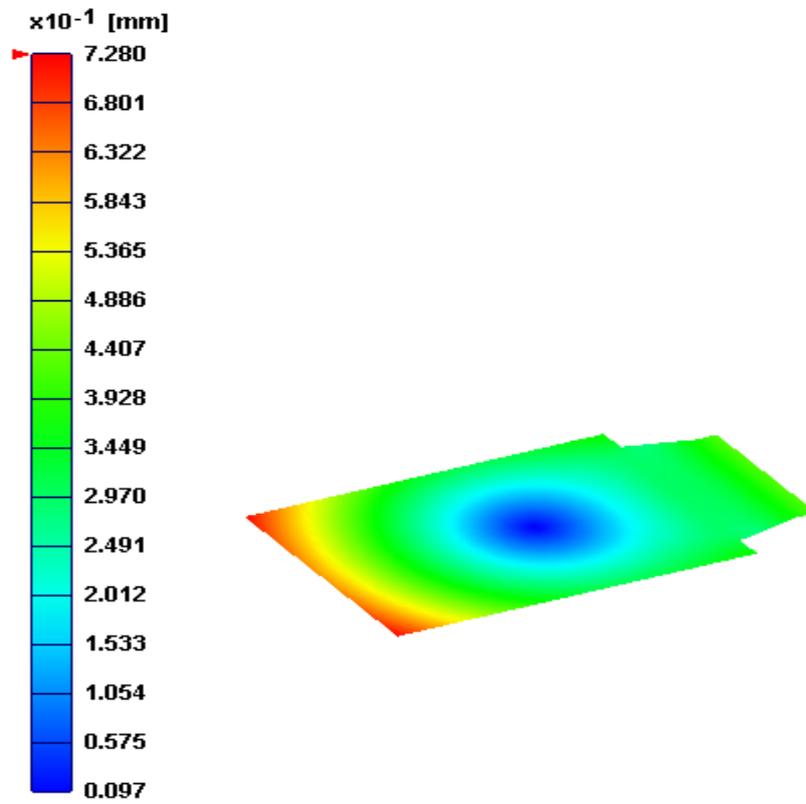


圖 15 塑件之總位移量

## 三、實驗原理

### 3.1 UV-LIGA 製程原理

標準的 LIGA 製程所使用的是同步輻射 X 光,此光源具有波長短(0.2-0.6 nm)、繞射現象小、功率大、穿透力強等優點,故可製造深寬比 100 以上的微結構,但是可以產生此種同步輻射光源的同步輻射環於目前世界上類似的僅約有 30 座左右[15],所以此 LIGA 製程的設備昂貴且光罩製作複雜而成本又高,所以尋求別的光源來取代已是不可避免,因此類 LIGA 製程被發展出來,而 UV-LIGA 製程是類 LIGA 製程中的其中一種,與 LIGA 製程之相異點,主要在於光源上的不同。所以本實驗才選擇成本低廉,亦可做高深寬比之 UV-LIGA 製程來取代,而 UV-LIGA 製程之光源顧名思義是利用 UV 光源來製作,UV 光源波長有 I line(365nm)和 G line(436nm)兩種光源,並可利用厚膜光阻實現高深寬比之製程。

此 UV-LIGA 製程技術主要有下列三種:

- (1)微影製程(Lithography process)
- (2)微電鑄製程(Micro electroforming process)
- (3)微射出成型(Micro injection molding)或微熱壓成型(Micro embossing)

此三種製程技術於下節詳述介紹。

#### 3.1.1 微影製程原理

微影製程技術主要是藉由曝光機上汞燈所產生的 I line 或 G line 光源照射於光罩上之圖案使光罩上之圖案轉移至光阻(Photoresist)上面,並經由顯影(Develop)後,光阻圖案會和光罩上之圖案完全相同或呈互補。因為光阻材料內含有對光化反應敏感之成分,所以必須於暗房中做此製程,而所使用的環境光源則採用黃光,因人長時間於黃光的環境中,較不易產生心理不適應之情況,所以此製程亦可稱黃光製程。微影製程之程序有光罩製作、前處理、旋塗、軟烤、曝光、曝光後烘烤、顯影、定影等茲說明如下:

##### 1. 光罩製作

###### (1)光罩製作程序

基本上光罩上之圖案,主要配合電腦輔助設計軟體(CAD)來規劃設計所需之圖案,再利用雷射光、電子束依據所設計的圖案直寫於光罩上之光阻

劑，使圖案轉移至光阻劑上，然後再進行光阻顯影、鉻膜蝕刻、去光阻與清洗的步驟，最後即可於鉻膜上呈現出所需之圖形。

## (2)光罩材質[16]

光罩之構成主要是由高透光性玻璃為底材，第二層為不透光的薄膜，第三層為光阻劑，如圖 16 所示。

### <1>玻璃底材

#### (a)綠色蘇打石灰玻璃

易於磨平及加工容易，而且價格方面較低廉，因此被大量使用。

#### (b)白色蘇打石灰玻璃

比綠色蘇打石灰玻璃具有較低的鈉含量，因此可減輕因高溫(180 )所產生的鈉-鉻反應而造成的阻劑下切(undercut)的現象。

#### (c)硼矽酸鹽玻璃

熱膨脹係數低，因此可用於需耐高溫的電子束阻劑製程。

#### (d)石英玻璃

具有更低的熱膨脹係數、透光性高、穩定性高，所以在價格方面更為昂貴。

### <2>不透光薄膜

此薄膜材質為鉻(Cr)或乳膠。鉻膜之厚度一般為 600~1000Å 之間，有時為了降低鉻膜的反射，提高光罩上光阻劑的解析度，所以常會在鉻膜上再鍍上一層厚度 200Å 之氧化鉻。乳膠成分為鹵化銀結晶，晶粒越小則解析度越高。但乳膠之材質容易刮損且在 5μm 或更小的設計線寬下，鉻膜較乳膠之解析度為佳，所以一般都採用鉻膜光罩。

### <3>塑膠光罩

利用高解析度之雷射印表機將圖案印上，最小尺寸之限制為 20μm，如果尺寸精度不需很高，可考慮使用此種光罩，因為此種光罩優點為製作效率高、成本低廉，缺點則為容易刮傷，有尺寸之限制。

## 2. 前處理

主要為清除表面之微塵、有機物、金屬物和氧化層等污染物，但必須依據不同之基材來做清洗動作，以達到光阻劑與基材之附著性。

## 3. 光阻

光阻成分主要是由樹脂，感光劑及溶劑等三種不同成分所混合而成的，而其中樹脂的功能是當做黏著劑，感光劑則是一種光活性極強的化合物，兩者則溶於溶劑裡，所以混合好的光阻以液態存在。而光阻的黏度則依據

所含溶劑的多寡而不同。一般來說，光阻可分為正光阻和負光阻兩種，如果曝到光的光阻產生鏈結(crosslinking)反應並加強結構，則於顯影時，不溶於顯影液，則這種光阻稱為負光阻。反之，如果光阻本身難溶於顯影液，但曝到光的光阻會解離成一種易溶於顯影液的結構時，則稱為正光阻。但是如果所要求的尺寸較精密，則最好不要使用負光阻，因為負光阻在進行顯影時，顯影液會侵入已鏈結的負光阻分子內，使負光阻的體積增加而導致成泡脹(Swelling)現象，因此導致顯影後的負光阻圖案與光罩上的圖案的尺寸誤差增加。

#### 4. 光阻塗佈

光阻塗佈主要是將基材置於旋塗機腔體內，並利用真空幫浦於旋塗軸心抽真空以使基材固定，再利用高速的旋轉速度，使旋轉時產生的離心力，促使光阻由中心部分逐漸往外圍移動，以達到光阻劑均勻塗佈的目的。而旋塗後光阻厚度的多寡與光阻劑的黏度和轉速有關，一般來說，以相同黏度之光阻劑來旋塗，則旋速愈快，所產生的光阻膜越薄，所以轉速與厚度呈反比關係。

#### 5. 軟烤

軟烤之主要目的為使光阻液內之溶劑蒸發，並使光阻液從液態狀薄膜變為固態狀薄膜，並可增加對晶圓的附著力，以利後續曝光製程的進行。加熱的方式有傳導式(Conduction)、對流式(Convection)、輻射式(Radiation)三種，茲說明如下：

##### (1) 傳導式(Conduction)

此設備為加熱板(Hot plate)，因為加熱源是由基材傳至光阻，所以光阻之溶劑蒸發會由內部慢慢往表面蒸發，所以內部與表面之溶劑的蒸發較能一致，亦可控制恆溫，因此可以得到較佳的光阻膜。

##### (2) 對流式(Convection)

此設備為烘烤箱，熱源在光阻之上方，所以光阻表面會先形成硬膜，造成內部之溶劑無法蒸發。雖然可以控制恆溫，但是所烘烤的時間較長。

##### (3) 輻射式(Radiation)

此設備為紅外線加熱，是由光阻表面至光阻內部進行，而溶劑會由光阻內部往外部蒸發，此種方式加熱速度快，但是不易控制恆溫。

所以一般來說，皆使用加熱板來進行軟烤之步驟。

## 6. 曝光

當光阻於軟烤階段固化後，即可進行曝光程序，曝光主要目的在於將曝光光源照射於光阻上，使光阻吸收適當曝光光源的能量，以進行光化學反應。再經由顯影、定影後，所產生的光阻上的圖案即會與光罩上之圖案相同或相似。曝光之重要參數有曝光能量與時間，必須要加以控制才會得到所需之結構，以負光阻為例，如果曝光不足(under-exposure)，則光阻表面所吸收的曝光劑量較多而底部所吸收的曝光劑量較為不足，因此會產生底切(Undercut)現象，而過度曝光(over-exposure)之情況即為相反，如圖 17 與圖 18 所示。

曝光系統主要分為四種形式：

### (1)接觸式(Contact)

曝光時，光罩與晶圓緊密接觸，所以比較不會產生繞射現象，因此所產生的解析度較佳，如圖 19。但是由於是緊密接觸的，所以光罩表面易沾附光阻而影響品質之良率且光罩壽命亦會降低。

### (2)近接式(Proximity)：

為了改善接觸式之缺點，因此近接式曝光系統被發展出來，如圖 20。光罩與晶圓不再是接觸而是有 10~20um 的間隙存在，但是由於有此間隙，以致容易造成繞射現象導致解析度變差。

### (3)投影式(Projection)：

主要是利用透鏡系統將光罩的影像聚焦至光阻上，而聚焦透鏡會將光罩上的圖案縮小至 5 倍或 10 倍，然後照射在光阻的局部位置上，如圖 21。所以可提供很高解析度，而且光罩表面如果沾附微粒，則進行曝光時，會把這些微粒縮小縮小後才轉移至光阻上，因此圖案轉移後之正確性更趨理想，但是必須經過多次重覆且步進的曝光方式，才能將整片晶圓曝光完成，所以較費時。此三種不同之曝光型式於光阻上之光強度，如圖 22，我們想像一個平面波通過光罩狹縫，該狹縫影像經由任一種曝光系統映射至晶圓表面的光阻層之光強度。

### (4)直寫式(Direct writing)：

此法不需要光罩，可直接透過電腦輔助設計軟體(CAD)將所設計的圖案直接寫在光阻上，此法之解析度相當好，而所使用之光源為雷射光、電子束、聚焦離子束等。一般光罩上圖形的製作也都採用此方式曝光。

## 7. 曝光後烘烤

主要目的是要將藉由熱量加速曝光後光阻的鏈結情形，並使曝光過的光阻結構重新排列，以避免駐波現象與變形。而所謂駐波(standing wave)現象，如圖 23 所示，就是在曝光時，部分沒有被光阻吸收的光，會透過光阻而到達晶圓的表面，而此時又被晶圓反射回去，再次進入光阻內，因此入射與反射的光波產生了建設性和破壞性的干涉，最後導致光阻側面會產生波浪狀，而影響光阻線寬的改變。除了曝光後烘烤可以解決此問題外，還可於晶圓表面先行鍍上一層抗反射層或者是在光阻內加入染料皆可減輕駐波(standing wave)之問題。

## 8. 顯影

目的是要將光罩上所轉移至光阻的圖案顯現出來，因為光阻有正負之分，所以經由顯影後之情況亦會不同。而顯影之方法有浸泡式、噴灑式等。顯影時，時間的長短亦會影響光阻圖案的解析度，時間太短則可能有部份光阻殘留或是圖案未明顯呈現，時間太長則光阻圖案可能脫落甚至光阻被分解掉，所以顯影時間應加以控制，但如果再搭配擺動或超音波震動，則對於一些高深寬比之結構會有較佳之效果。

## 9. 定影

顯影後，必須再經過定影程序，如果省略此步驟，直接用去離子水(DI water)沖洗，則晶圓會變黑，因此必須再經由此定影步驟，才可將光阻圖案完美的呈現出來。最後再用去離子水(DI water)沖洗，氮氣槍吹乾晶圓，即可完成。

## 10 SU-8 光阻的去除

一般來說，SU-8 經由 200 以上的烘烤固化後，它的微結構即可承受大部份的溶劑及酸鹼液的侵蝕，例如硝酸、氫氟酸、氟化銨、氫氧化鈉、氯化鐵等，所以一般如經由烘烤固化後，即將此結構當作一塑膠結構或零組件，主要原因是因為烘烤固化後，難以去除，此原因也是 SU-8 光阻液的最大缺點，因為它含有熱固性的環氧高分子，而導致它鏈結後的去除困難，所以如果一定要去除，可使用 PG 溶劑、熱 NMP 溶劑、硫酸和雙氧水混合液、熱/冷循環、鹽浴浸泡(350 )、高溫分解(400-600 )、高壓噴水、RIE 氧電漿蝕刻等。而 PG 溶劑、熱 NMP 溶劑、硫酸和雙氧水混合液等對於一般高鏈結的 SU-8 可能較無法完全移除。因此在選擇方法時，需考量是否會破壞 SU-8 以外的結構。

### 3.1.2 微電鑄原理

微電鑄製程主要是用來生產金屬結構的製程，其主要原理將顯影後的光阻模板當作陰極，欲電鑄之金屬材料當作陽極，選擇適當的電鑄液後，通以適當的電流，以進行電鑄製程，在電鑄的反應過程中，陽極會溶解成金屬離子並且釋放出電子，而陰極則獲得電子並使金屬離子還原並沉積於陰極上同時並釋放出氫氣，等待至所要沉積的厚度後，即可停止，再將光阻模板脫離，即可得到金屬模仁，如圖 24 所示。

#### 3.1.2.1 電鑄鎳金屬

##### 1. 鎳金屬性質

鎳為銀白色(發黃)的金屬，比重 8.9，原子量 58.69，熔點 1457℃，電化當量 1.095 克/安培-小時，標準電位 -0.25V。鎳在大氣和鹼液中化學安定性好，不易變色且具有良好的耐蝕性和延展性並且易於拋光等優點。在溫度 600℃ 以上時，表面才會被氧化，易溶於稀硝酸中，在濃硝酸易鈍化，在硫酸及鹽酸中溶解較稀硝酸慢 [17]。

##### 2. 電鑄鎳之優點

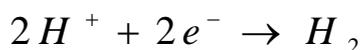
- (1)可以複製形狀複雜之元件，所以轉寫性良好。
- (2)設備便宜。
- (3)機械性質可由操作條件的調整自由變化。
- (4)電鑄厚度可自由變化，以達自我所需之厚度。
- (5)可複製多個外型尺寸相同的模具，以利大量生產成品。

##### 3.電鑄鎳化學反應式

陽極為氧化反應：



陰極為還原反應：



### 3.1.2.2 電鑄相關公式

#### 1. 法拉第定律

在電鑄的領域中，最為有名的一個定律就是法拉第定律，法拉第於 1833 年左右發現了兩個基本定律[17][18]：

(1) 第一定律：

在電極上所析出的物質重量與電流強度和通電時間成正比，亦是與通過的電量成正比。

(2) 第二定律：

通入一定的電量後，各物質生成的量，與其化學當量成正比。

因此由法拉第定律可得到下列公式[18]：

$$w = \frac{I t A}{z F} \quad (1)$$

W: 析出或溶解的重量

I: 通入的電流

t: 通電的時間

A: 原子量

Z: 電荷數

F: 法拉第電量，為 96500 庫倫

而上式公式亦可改為

$$w = w_e I t \quad (2)$$

所以

$$w_e = \frac{A}{z F} \quad (3)$$

此  $w_e$  稱之為電化當量，亦即每單位庫倫所析出或溶解元素的重量。金屬之電化當量如表 3 所示。

#### 2. 電流效率推算

電流效率為實際析出的重量與理論析出的重量之比，並以百分率來表示，於陽極上則為陽極電流效率，而於陰極上則為陰極電流效率，公式如下所示[17]：

$$\text{電流效率} = \frac{\text{實際量}}{\text{理論析出量}} \times 100\% \quad (4)$$

or

$$\eta = \frac{M}{I \times t \times W_e} \times 100\% \quad (5)$$

: 電流效率 (%)

M: 實際析出的物質重量 (克)

I: 通入之電流 (安培)

t: 電鑄時間 (小時)

W<sub>e</sub>: 電化當量 (克/安培-小時)

### 3. 電鑄厚度推算

在電鑄前，可以先試鍍，以便得到陰極的電流效率後，即可再代入下式推算出電鑄所需的厚度或時間，公式如下之說明 [17]。

$$\delta = \frac{I_D \times t \times \eta \times w_e}{\gamma \times 1000} \quad (6)$$

: 電鑄厚度 (mm)

I<sub>D</sub>: 電流密度 (A/dm<sup>2</sup>)

t: 電鑄時間 (小時)

: 電流效率 (%)

: 比重

或者已經量取了實際電鑄的重量後，亦可推算出電鑄厚度，公式說明如下 [19]:

$$T = \frac{W}{A \times F} \quad (7)$$

T: 電鑄平均厚度 (in)。

W: 實際電鑄的重量 (克)。

A: 剝落後鑄件的面積 (in<sup>2</sup>)。

F: 金屬因子 (比重×16.4)，如表 4 所示

### 3.1.2.3 電鑄於不同深寬比中的情況

一般來說，於電鑄時若要得到較無缺陷的鍍層，基本的條件除了選擇適當的電流密度外，尚需控制好 PH 值、浴溫、添加劑量、鍍液濃度等，並且需加以攪拌以及過濾，所得的鍍層才會較符合所需。

#### 1. 不同深寬比之質傳影響

在電鑄液當中，金屬離子從陽極傳遞至陰極的預鍍物表面之方式有對流、擴散、電遷移這三種，而結構之不同深寬比所產生的質傳方式亦會不同，低深寬比的孔道結構所產生的質傳有對流和擴散而高深寬比的孔道結構所產生的質傳則僅有擴散，如圖 25 所示。因此高深寬比的孔道結構必須要加強攪拌，以達對流質傳之效果或是加入濕潤劑使鍍液表面張力降低，增加與孔道間的親合力以使電鑄液而進入孔道。

#### 2. 不同深寬比之電流聚集的影響

在電鍍時，常常會有電流分佈聚集的現象，不同的深寬比孔道結構所產生的厚度亦會不同，當在低深寬比的孔道結構時，電流於邊緣時，會產生電流聚集的情形，而越往中間則電流分佈較均勻，所以邊緣所鍍出的鍍層厚度會較中間厚，而因為中間部份之電流分佈較均勻，所以鍍出的厚度較平整且較薄。在高深寬比的孔道結構時，因為光阻所覆蓋的面積較大，所以電流聚集密度就越大，因此最後會合併形成凸塊，由圖 26 與圖 27 所示。因此可得知電流聚集的地方，金屬的沉積速度會較快，所以亦可利用遮蔽板、或虛設電鑄區或添加平坦劑來吸附高電流密度區，以達到厚度平坦的目的，即可省略後加工研磨之步驟。

### 3.1.3 射出成型原理

精密射出成型的品質重點在尺度精度、形狀精度、微小翹曲、分子定向、光學性質等問題，對製程的要求不儘於充填階段，更重視後充填階段。傳統射出成型與精密射出成型的比較，如表 5 所示，由此可知後充填階段冷卻系統及保壓機構，是決定品質的關鍵。傳統射出成型後階段的困難在於收縮，壓力損失與分子定向三方面相互影響而難以兼顧。為減少收縮，保壓壓力需加大，但受機器鎖模力限制，而且保壓將半凝融膠自澆口擠入模穴，帶來額外的分子定向及殘留應力。而且澆口凝固後，品質關鍵的後充填過程已無法用壓力控制。這是傳統射出成型與精密成型能力的限制，其主要癥結在於仰賴保壓為唯一的緻密化機構。在傳統射出成型中，為彌補

充填時所產生的融膠及壓力的損失，故將融膠以高壓自澆口擠入以充滿模穴，而造成了分子定向程度的增加，使得產品因應力狀態的不平衡導致翹曲，及因應力的釋放產生變形。在光學上更會產生雙折射率差的不良影響。射出壓縮成型結合了射出成型及壓縮成型的優點，正可對此缺點提供解決的方式，達到提高保壓壓力、減少收縮及不增加大分子定向的效果，使得成品品質有所提升[20]。

射出成型領域內有關於「微 (Micro)」的字眼，曾被用於下列三項場合

#### (1) 微小結構射出成型

本項指的是具有微米結構之射出成型品 (例如 CD 與 VCD 系列產品)。

#### (2) 精密微小射出成型

本項泛指具有微米精度之任何的射出成型品。而此項技術之重點在於如何製造出具有微米精度之模具與成型品。

#### (3) 微小射出成型

本項意指每次僅毫立方公分或幾十立方公分射出量而成品是毫克或幾十克，但不一定具有微米精度或尺寸之成品。

塑膠之所以能夠來成型加工主要是在於溫度和壓力的作用下產生變形，依所受熱的溫度之不同，可分為四種狀態，即為玻璃狀態、高彈性狀態、可塑性狀態、分解狀態等，射出成型是將粒狀塑膠於射出機加熱缸加熱至可塑性狀態使由固態轉成液態之流動情形，再經由噴嘴向模穴內射出，此為充填階段，再經由保壓、冷卻後，使成型品冷卻固化，再開模並將成型品頂出，即可完成整個製程，如圖 28 所示。一般傳統之射出成型有柱塞式與螺桿式兩種，但是由於時代的進步，皆講求輕、薄、短、小等要求，導致微小的結構或塑膠製品受到重視，因此精密的射出成型機被研發出來，以微小的成品來說，最重要的就在於塑料的精準計量，此種機型結合了螺桿與柱塞，利用螺桿來塑化塑料，柱塞來作精準的計量。而射出成型的特點為成形速度快、加工效果佳、尺寸精度易控制、可成形任何塑膠材料及複雜形狀之塑件。茲說明一般射出成型步驟：

#### 1. 充填階段

塑料到達所需之加熱溫度後，即利用螺桿或柱塞將塑料往前推擠，經由注道、流道、澆口最後進入模穴中，充填整個成形空間，此為充填階段。若塑膠之流動性不良與成形壓力不足時，可能造成充填不足之現象，反之，如果塑膠流動性優越，成形壓力過大，則易造成毛邊之缺陷。

## 2. 保壓階段

於充填後，澆口尚未固化前，再施以壓力，並繼續充填更多的融膠，壓實融膠，增加塑料密度，以補償塑料因冷卻所造成的體積收縮，此為保壓階段。可經由適當保壓壓力與保壓時間的設定，減少收縮翹曲的缺陷，以獲得較精準的尺寸精度。

## 3. 冷卻階段

塑膠於保壓階段後，必須經過一段冷卻的時間，使塑膠凝固成形後，再取出，如果未經此冷卻階段，則塑件為半軟化狀態且於模穴內與外界之溫差過大，易造成脫模後的收縮變形之缺陷。在整個循環中，冷卻階段所佔之時間最長，因此如何縮短整個循環時間主要在於此階段，而冷卻時間主要是依塑件厚薄、料溫與模溫時間的長短、尺寸精度的考量等而定。

## 4. 開模階段

經由冷卻後，塑件已固化，可將模具打開，將成品頂出，以完成整個循環。

### 3.2 電子束蒸鍍原理

電子束蒸鍍主要是在高真空的腔體環境下，利用燈絲產生的電子束直接對靶材加熱至熔點的位置，使靶材融化後成為氣態，原子便會被蒸發出來並沉積於基材的表面，如圖 29 所示。靶材放在坩鍋內，而坩鍋放於爐床的凹區內，冷卻水則通往爐床冷卻坩鍋，而坩鍋一般都採用鎢、鉬、鈹等高熔點的材料製成。因為電子束是直接對靶材加熱，所以可以避免坩鍋表面雜質的污染，而且亦可以蒸鍍熔點較高的材料，所以是一種低污染、高效率的製程，但是不能沉積合金和化合物材料，除非有多組的爐床和加熱設備來同時進行，且蒸鍍的階梯覆蓋性較不理想，但是如果是採用行星式的旋轉方式，如圖 30 所示，不但可以鍍較多之預鍍件而且可使晶圓表面有階梯覆蓋的較好。常用金屬之熔點如表 6 所示。

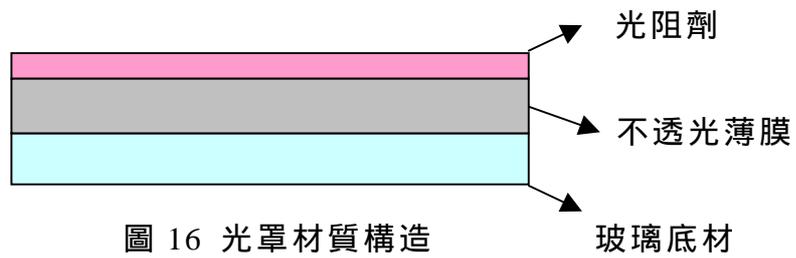


圖 16 光罩材質構造

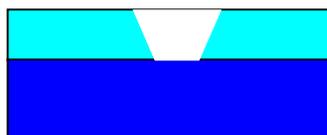


圖 17 over-exposure

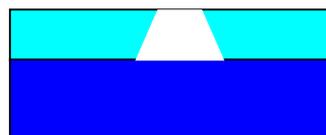


圖 18 under-exposure

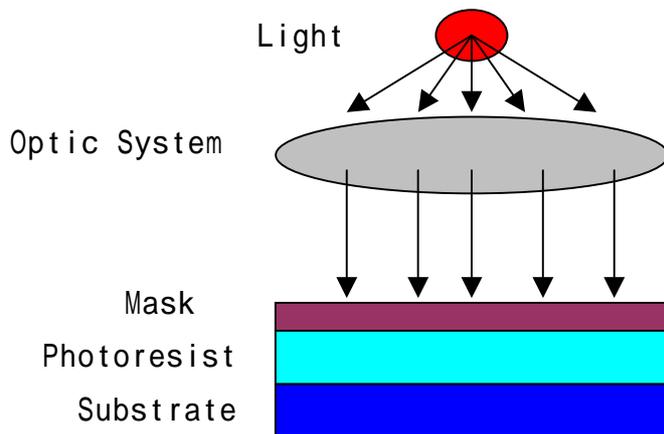


圖 19 接觸式

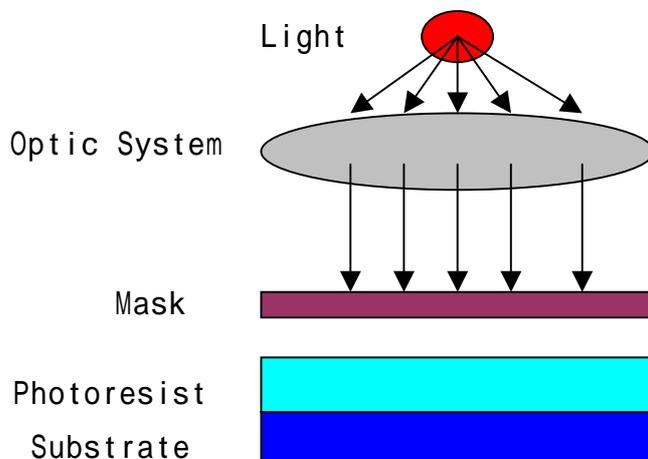


圖 20 近接式

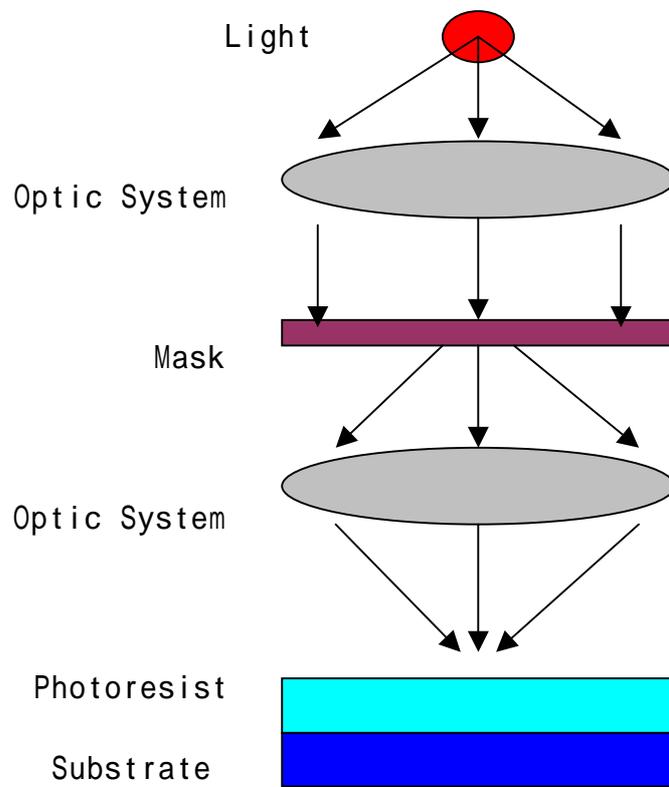


圖 21 投影式

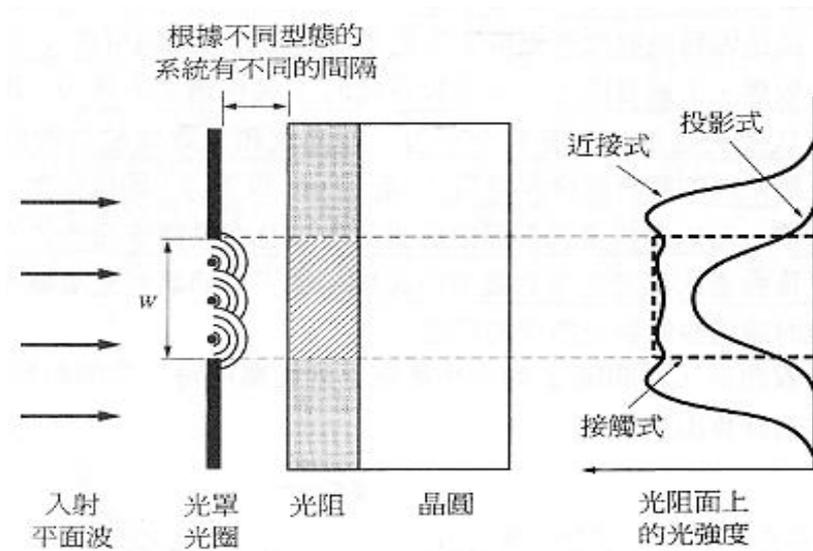


圖 22 三種不同之曝光型式 [21]

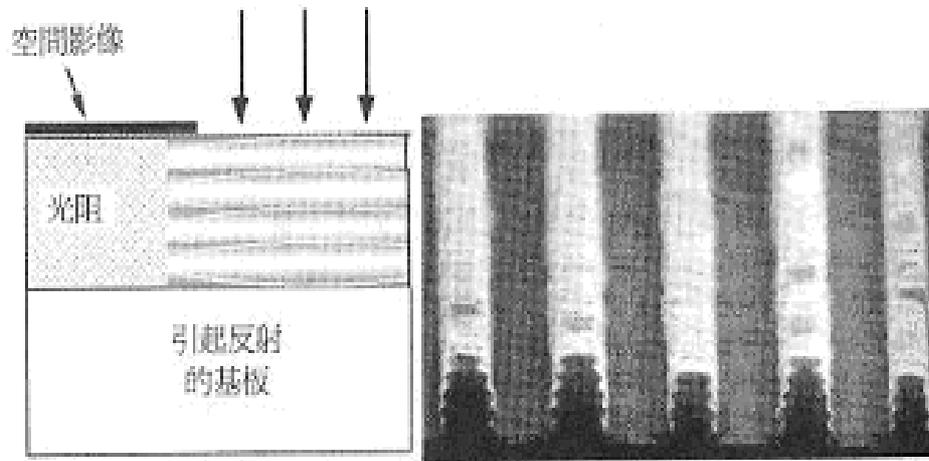


圖 23 駐波現象[21]

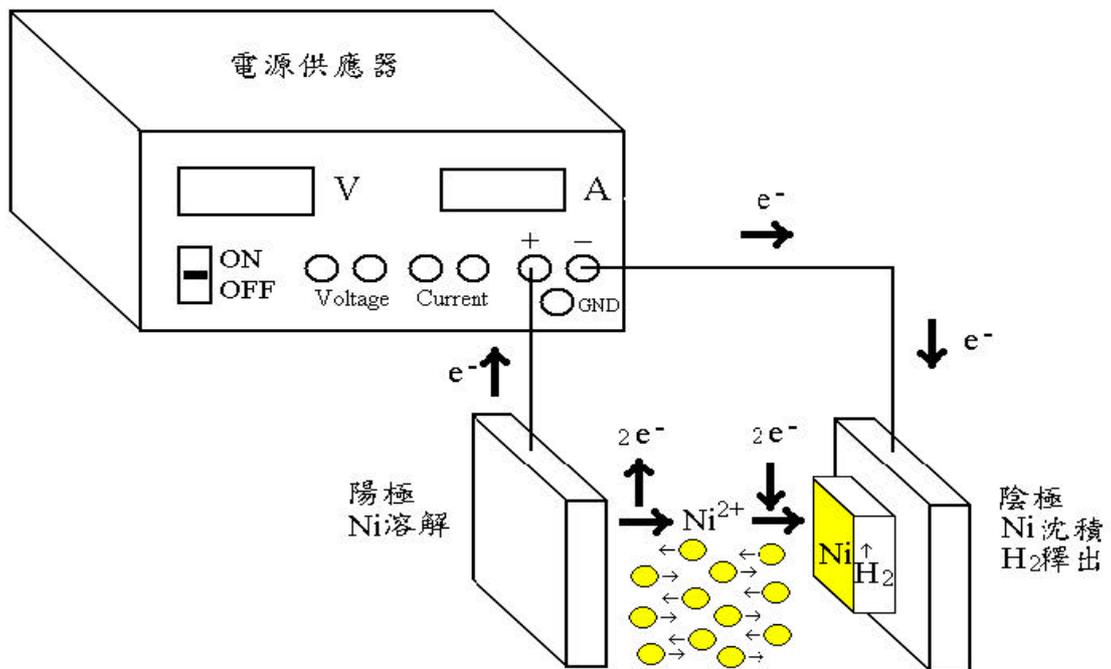


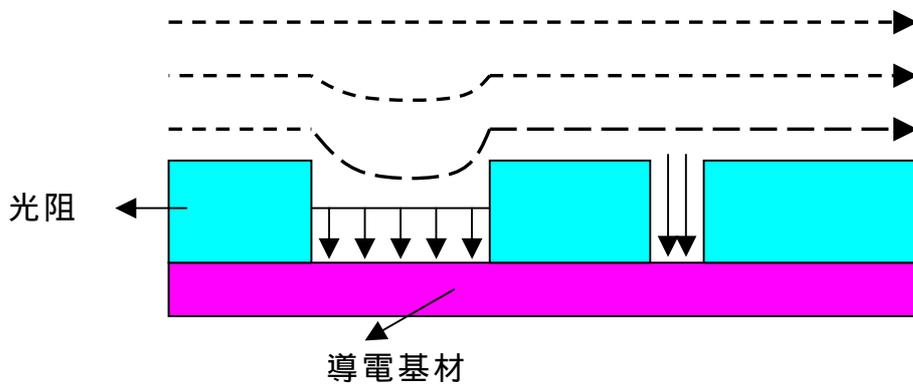
圖 24 微電鑄原理示意圖[8]

表 3 各種金屬的電化當量

名稱	鎳	鎳	銅	銅	金	銀	鉻	鉻	
電荷數	2	3	1	2	3	1	3	6	
電化當量	毫克/庫倫	0.304	0.203	0.658	0.329	0.681	1.118	0.18	0.0896
	克/安培-時	1.095	0.730	2.372	1.186	2.452	4.025	0.647	0.324

表 4 各種金屬因子

金屬種類	金屬因子
鎳	146
鉻	116
鉑	351
鉛	186
鎘	142
銻	110
鈷	146



- > 表示對流質傳
- > 表示擴散質傳

圖 25 不同深寬比之質傳模式

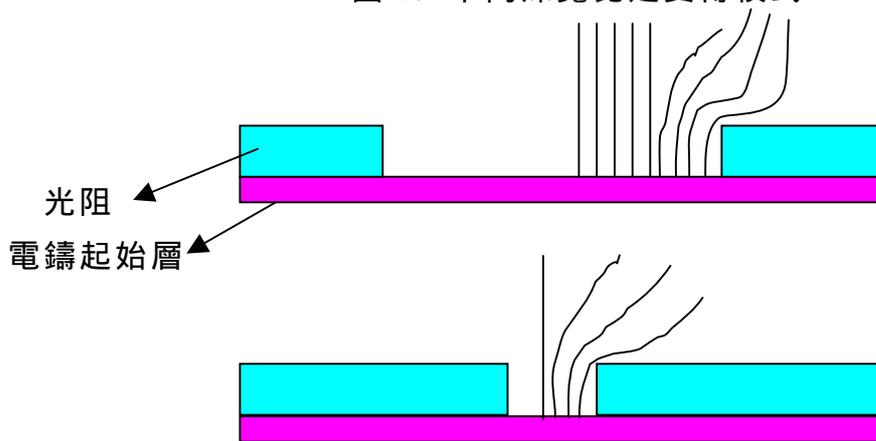


圖 26 不同深寬比之電流分佈

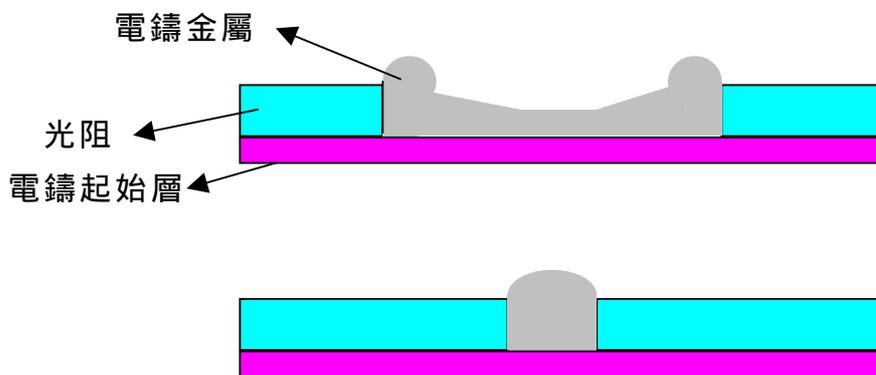
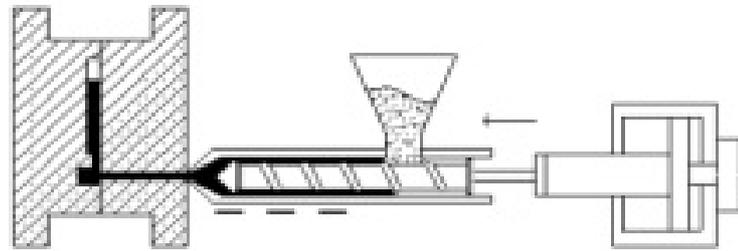
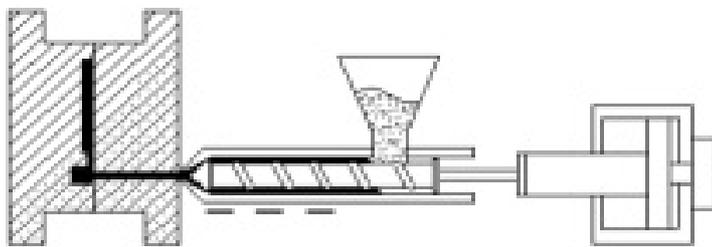


圖 27 不同深寬比之電流聚集的影響

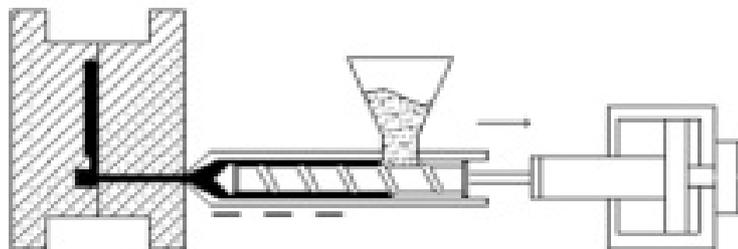
充填



保壓



冷卻



開模



圖 28 射出成型步驟 [22]

表 5 傳統射出與精密射出成型之比較[20]

	傳統射出成型	精密射出成型
成型重點	充填階段	後充填階段
開模溫度	低於玻璃轉換溫度	低於玻璃轉換溫度且達熱平衡
品質評估	短射、縫合線	均質化、顯微組織、凹痕、收縮、內應力
厚件射出	容易	困難
薄件射出	困難	容易

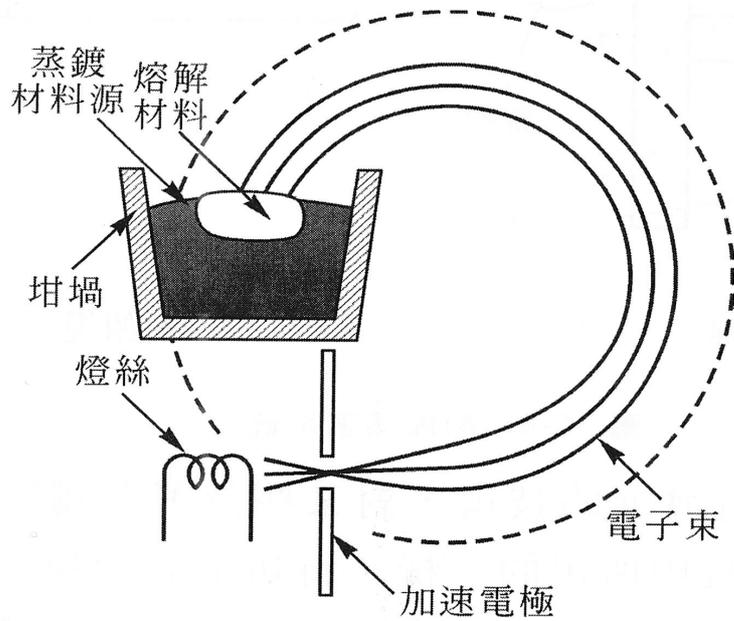


圖 29 電子束蒸鍍示意圖[4]

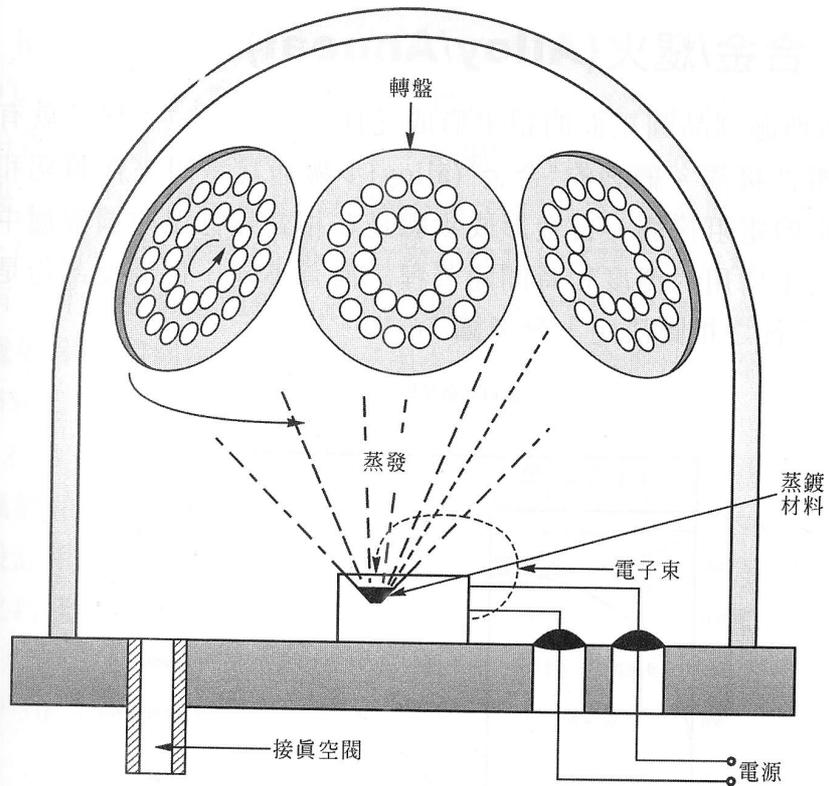


圖 30 蒸鍍腔體示意圖[4]

表 6 常用金屬熔點

Type	Chemical Symbol	Melting Point ( )	Desity ( g/cm <sup>3</sup> )
Chromium	Cr	1857	7.2
Platinum	Pt	1770	21.37
Titanium	Ti	1670	4.5
Iron	Fe	1536	7.86
Nickel	Ni	1457	8.85
Gold	Au	1063	19.3
Aluminum	Al	660	2.7

## 四、製程規劃與實驗步驟

本實驗所使用之光阻液為 SU-85 之厚膜光阻液，來製作導光板微凸點 (Micro dot) 的母模，因為此 SU-8 系列的光阻液，具有良好的熱及化學穩定性並可經由烘烤固化後，其結構可承受酸鹼及大部分溶劑的侵蝕，所以非常適合於本實驗後續電鑄製程的使用，所以就選用此光阻液來製作母模的材料，此光阻液必須經由軟烤、曝光、顯影-----等的製程後，即可完成柱狀的微結構，但是導光板主要是利用這些微凸點來引導光源，所以此微凸點之形狀必須是要呈現半圓狀才会有較佳的光源引導效果，所以還要再經由熱迴流 (reflow) 製程將柱狀光阻液再藉由加熱使成為半圓狀。但因為光阻液不具導電性因此可利用電子束蒸鍍機鍍上一層導電層，使其導電後，即可做電鑄製程，翻製母模 (stamper)，完成了母模的翻製後，可將此電鑄模仁嵌入所設計製作好的模具中做微射出製程，即可大量生產導光板塑膠製品，以降低成本，如圖 31 所示，下節將針對導光板模仁之全部製程做詳細敘述。

### 4.1 SU-8 微影製程實驗

#### 4.1.1 SU-8 厚膜光阻之材料特性

SU-8 光阻液是由 IBM 公司所發展出來的負型光阻液，它是由下列三種主要成分所構成

- (1) 高分子: 為 epoxy novolak resin 之成分，此主要功能是做為黏著劑，使與基材之附著力較好。
- (2) 溶劑: 為 GBL (  $\gamma$ -butyrolactone ) 之成分，光阻液黏度的高低，與塗佈的厚度，完全取決於此含量的多寡。
- (3) 感光劑: 為 triaryl sulfonium salt (HSbF<sub>6</sub>) 之成分，可以增強其感光度。

SU-8 光阻主要特性如下：

- (1) 近 UV 光 (350-400nm)，但一般建議用 I-line (365nm) 之 UV 光，因為具有極佳的光穿透性，可使膜厚得到均勻的曝光劑量，有助於獲得接近垂直側壁的結構。
- (2) 膜厚可使用單次的旋塗即可製得從 1 至大於 200 $\mu$ m 的厚度，所以可以實現高深寬比結構。
- (3) 具有極佳的化學與熱的穩定性，因此適合製作電鑄之母模。

(4) 具有低分子量，亦即分子鏈長度較短，因此很容易被溶劑溶解，所以可均勻分佈於溶液中，形成高濃度的混合物。

#### 4.1.2 SU-8 微影製程步驟

本實驗使用 SU-85 之光阻液，於常溫 25 之黏滯係數為 290，可製得之厚度為 5~15um。本實驗所製得之柱狀結構厚度為 11um 左右，微影實驗流程圖，如圖 32 所示，而所使用之之設備如圖 35~圖 39 所示。

SU-8 微影製程步驟如下：

##### 1. 前處理程序

本實驗所使用的晶圓(wafer)為 4 吋 P type (100) Test 等級之矽晶圓，此矽晶圓使用之前都必須加以清洗，目的是要去除沾附於晶圓表面上微塵、有機物、金屬物和氧化層等污染物，這些污染物會影響到製程品質的好壞，所以必須要將這些污染物盡可能的降低。目前比較常被使用的清洗製程為 RCA 製程(Radio Corporation of America,美國無線電公司)，但因此製程較耗時，因此使用簡易清洗步驟如下：

- (1) 去離子水(DI water):用去離子水沖洗 5 秒。目的:將表面之微塵去除。
- (2) 丙酮(Acetone):浸置丙酮並置於超音波震洗機震洗 10 分鐘。目的:去除有機物和油脂。
- (3) 異丙醇(IPA):浸置異丙醇並置於超音波震洗機震洗 10 分鐘。目的:清除丙酮。
- (4) 去離子水(DI water):用去離子水沖洗 30 秒，直至晶圓上之油狀物(此指 IPA)消失。目的:清除異丙醇。
- (5) 氮氣槍:將晶圓吹乾。
- (6) 去水烘烤:將加熱板(hot plate)加熱至 150 ，烘烤 5 分鐘。

##### 2. 光阻塗佈程序

將晶圓(wafer)置於旋塗機中，利用真空幫浦抽真空，使晶圓固定，將光阻液適量倒至晶圓上，一般 4 吋晶圓之光阻量為 4 cc 左右，設定所需之轉速，通常於旋塗時，皆採用二段旋塗，本實驗第一階段設定為 5 秒到達 500rpm，並維持 5 秒的 500rpm，第二階段設定為 5 秒到達 1050rpm 並維持 30 秒的 1050 rpm，設定之程式如表 7 所示，轉速曲線如圖 33 所示。因 SU-8 黏度較一般薄膜光阻高，所以需設定兩段轉速，第一階段設定目的是要將光阻液旋開至邊緣，第二階段設定目的為所需之厚度之轉速，並可增加光

阻的均勻性，多餘之光阻液將會被旋出，而得到所需之厚度，此參數所得之厚度為 11 $\mu$ m 左右，厚度必須反覆不斷的去實驗，才會得到所需之厚度，而光阻厚度與轉速是呈反比關係，轉速愈快，所得之厚度愈薄，所以如欲得到較精準的厚度，所使用的旋塗機之設定最好是微電腦控制的程式設定，才會有較精準的膜厚。

### 3. 軟烤程序

SU-8 光阻為厚膜光阻所以黏度較高因此易於旋塗時產生邊緣突起現象，所以可利用軟烤使光阻受熱而流動以達到自我平坦之目的，而 SU-8 光阻之玻璃轉換點(glass transition temperature, Tg)為 55 所以必須高於此 Tg 溫度，則光阻黏度降低才能使光阻有再流動現象，故一般對於 SU-8 光阻所使用之軟烤溫度都以 65 和 95 兩階段溫度烘烤，並緩慢升降溫，剛開始使用低溫烘烤可減少邊緣突起現象使旋塗層較為精確以及光阻與晶圓會有較佳之黏附性，本實驗使用經水平校正過之加熱板(hot plate)，目的是要驅使內部之溶劑能夠往表面移動並蒸發出來，以防止表面已蒸發而內部未蒸發之情形發生。第一階段使用 65 烘烤 2 分鐘，第二階段則使用 95 烘烤 5 分鐘，烘烤後仍呈現半液狀故須待其冷卻固化後方可進行曝光，否則未固化之光阻會黏附於光罩上，進而影響曝光之解析度。

### 4. 曝光程序

SU-8 光阻經由軟烤固化後，即可進行曝光，因 SU-8 光阻對 I line(365nm)之紫外光較為敏感，所以使用近紫外光(350~400nm)之曝光機進行曝光，因為曝光機之汞燈會隨著使用次數的增加而使能量漸減，因此曝光前需使用感測 UV 光之能量器(power meter)來量測當時汞燈之能量，再與膜厚所需之曝光劑量相除，即可求得所需之曝光時間，曝光劑量多寡皆會影響解析度與結構的形狀，如果曝光後，就產生了潛在圖案(latent pattern)即表示過度曝光，所以必須反覆實驗，以求得較佳之曝光劑量，曝光劑量之多寡取決於膜厚的厚薄，本實驗則使用曝光劑量為 185mJ/cm<sup>2</sup>，因為此時所使用 SU-8 光阻為負光阻所以曝到光的部分會產生鏈結反應，所以不溶於顯影液中。

### 5. 曝光後烘烤程序

SU-8 光阻經過曝光後必須再經過一道烘烤的程序，此程序稱為曝光後烘烤(Post exposure bake)，或簡稱 PEB，此目的是要藉由熱量加速曝光後光阻的鏈結情形，以避免未鏈結完全的光阻結構於顯影時脫落。一般 SU-8

光阻烘烤皆採用 65 與 95 兩階段烘烤,兩階段烘烤之目的是為了要減小應力和光阻破裂。為了避免溫度劇烈變化造成光阻圖案破裂或殘留內應力,所以必須緩慢升降溫,以確保光阻膜之品質,才能得到較佳之結構,所以本實驗於校正過之加熱板上加熱至 65 時,再將晶圓放上去加熱 65 烘烤 5 分鐘後,再慢慢升溫至 95 烘烤 5 分鐘後,再將加熱板電源關掉,等溫度降至室溫即可做下一程序,於烘烤的期間內,光阻之圖案(pattern)會漸漸出現。

#### 6. 顯影程序

將曝光後烘烤之晶圓,置於丙烯乙二醇單甲基醚醋酸鹽(propylene glycol monomethyl ether acetate, PGMEA)之顯影液,浸泡 1 分鐘後,再用新的顯影液浸泡 30 秒後,於浸置期間並加以搖動顯影液,以使其獲得較佳的顯影效果,因為此時所使用為負光阻所以曝到光的部分會產生鏈結反應,所以不溶於顯影液中而未曝到光的將被清除,故此時顯影後之微結構為柱狀結構,完成後即可進行下一程序。

#### 7. 定影程序

將浸置完顯影液之晶圓放入異丙醇(isopropanol, IPA)一分鐘,將已顯影後之微結構做定影,再用去離子水(DI water)沖洗之後用氮氣槍吹乾,即可完成定影程序,而此時之微結構為柱狀。但是如果於定影時發現晶圓上有白色液體,則表示顯影時間不足,需再回到顯影與定影之程序,直至無白色液體產生為止。

### 4.2 SU-8 熱迴流(reflow)製程實驗

熱迴流(reflow)製程之目的主要將由微影製程所產生的柱狀微結構,藉由長時間的高溫處理,使微結構因受熱而成為半融熔狀態,此時因受到表面張力的影響慢慢的藉由擴散行為而使固態之柱狀結構慢慢變為半圓狀微結構,且表面粗糙度也因此而得到改善,進而達到光學等級的要求,如圖 34 所示。並且尋找 SU-8 光阻之熱迴流有哪些重要的影響條件與適合的加熱方式並找出一組較佳之熱迴流參數。成為柱狀微結構之 SU-8 光阻之玻璃轉換點(glass transition temperature,  $T_g$ )為 200 所以必須高於此  $T_g$  點溫度 200 以上,則光阻才会有再次流動的現象,但此時 SU-8 柱狀結構之分解溫度為 380 ,所以本實驗之溫度將於 200 ~380 之間。本研究將探討三種不同條件之熱迴流製程如下:

### 1. 製程一

實驗條件:曝光後烘烤(PEB)溫度 65 、 95 各 2 分鐘,設備為加熱板。

烘烤溫度與時間:

200 , 時間有 20 分鐘、1 小時。

320 , 時間有 5 分鐘、25 分鐘、1 小時。

355 , 時間有 2 小時、4 小時、6 小時、8 小時等。

### 2. 製程二

實驗條件:曝光後烘烤(PEB)溫度 65 、 95 各 5 分鐘,設備為烘烤箱。

烘烤溫度與時間:

230 , 時間有 2 小時、3 小時、4 小時。

240 , 時間為 2 小時。

### 3. 製程三

實驗條件:曝光後烘烤(PEB)溫度 65 、 95 各 5 分鐘,設備為加熱板。

烘烤溫度與時間:

320 , 時間有 1 小時、2 小時等。

## 4.3 電子束蒸鍍實驗

本實驗使用電子蒸鍍機來蒸鍍電鍍起始層(seed layer),蒸鍍的金屬材質為鉻和金,蒸鍍厚度各 500Å,而其中鉻當做黏著層,金為電鍍起始層(seed layer),因為鉻的黏著層較佳,所以可確保電鍍起始層(seed layer)金於微電鍍時不會容易脫落以導致微電鍍的失敗。蒸鍍機之實驗設備如圖 40 所示。

電子束蒸鍍之實驗步驟如下之說明:

1. 將晶圓上之微塵或污染物去除。
2. 將真空腔體破真空後,即可打開真空腔體門。
3. 將坩鍋和晶圓放入真空腔體中。
4. 啟動抽真空幫浦,機械幫浦(Rotary pump)之閥門開啟,開始粗抽,當粗抽至所設定之真空度後,閥門關閉,超低溫幫浦(Cryo pump)閥門立即自動被啟動,此時開始做細抽的動作。
5. 細抽至所需之真空度後,一般皆抽至真空度 $10^{-6}$ Torr,即可將超低溫幫浦(Cryo pump)閥門關閉。
6. 設定靶材之程式及所需蒸鍍的厚度和速度。

7. 將真空腔體內之遮蔽板關閉，以便在初步蒸鍍時，可以使靶材之表面污染物蒸發於遮蔽板上，以達到清潔靶材之目的。
8. 將電子束之電源開關打開。
9. 進入自動蒸鍍模式，按下坩鍋定位鍵後，即開始做自動蒸鍍的程序。
10. 當電子束被開啟時，此時需調整電子束之位置，使電子束能打到靶材。
11. 到達所需之厚度後，即自動開始冷卻。
12. 破真空
13. 取出成品

#### 4.4 微電鑄製程實驗

##### 4.4.1 預鍍物之前處理

為了確保預鍍物於電鑄時不會因為一些油脂、氧化層或雜質等影響到電鑄的進行，並且使預鍍物可以很容易地被鍍上，所以必須於電鑄之前做前處理的動作，將這些影響的物質去除，本實驗所使用的前處理之步驟如下：

- (1) 脫脂：浸置於脫脂液 1 分鐘。目的：去除殘餘於預鍍物之油脂。
- (2) 水洗：利用去離子水(DI water)將殘餘於預鍍物的脫脂液去除。
- (3) 酸洗活化：浸置於稀硫酸 10 秒。目的：去除預鍍物之氧化層，使導電層活化增加導電的效果。
- (4) 水洗：利用去離子水(DI water)將殘餘於預鍍物的稀硫酸去除。
- (5) 中和：浸置於胺基磺酸 10 秒。目的：去除水洗時未將稀硫酸的殘留清除乾淨，以防止稀硫酸進入鑄液，而污染電鑄液。
- (6) 水洗：利用去離子水(DI water)將殘留於預鍍物的胺基磺酸去除。
- (7) 脫模：浸置重鉻酸鉀 35 秒。目的：使電鑄物容易與預鍍物脫離。
- (8) 水洗：利用去離子水(DI water)將殘留於預鍍物的重鉻酸鉀去除。

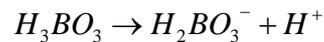
##### 4.4.2 電鑄液成份

本實驗所使用之電鑄液為胺基磺酸鎳，因為胺基磺酸鎳具有(1)鍍層內應力低，所以可鍍較厚之鍍層(2)鍍浴穩定性高，管理容易(3)沉積速率快(4)均勻電著性，而本實驗主要要鍍厚件，所以才選用此電鑄液。

以下為電鑄液成分之說明：

1. 胺基磺酸鎳：為電鑄時之鎳離子的主要來源，高電流密度作業下，鎳離子濃度宜高。濃度太低，平整效果降低，鍍層易燒焦。

2. 鹽化鎳: 主要為促進陽極溶解, 增加導電性。量太少, 則陽極溶解效果較差降低導電性, 量太多, 則易造成內部應力上升。
3. 硼酸: 主要為 PH 之緩衝劑, 因為在電鑄時, 陰極層附近常會產生 PH 值升高之現象, 因而產生了鹼性鹽或氫氧化物, 所以必須使用緩衝劑抑止陰極層之 PH 值上升, 並使其維持於一定之 PH 值。所以硼酸為最佳之緩衝劑的選擇, 硼酸於鍍液內解離如下式:



除可緩衝 PH 值外, 亦可保持鍍層密著性與延展性。

4. 應力降低劑 (LN-MU): 可減低應力的產生。
5. 平滑劑 (LN-MA): 可使鍍層較為平滑與光澤並可促使硬度之增加, 如果量太多, 則亦會增加應力。
6. 濕潤劑 (針孔抑制劑): 主要可使電鑄液中的表面張力降低, 並使陰極中所反應的氫氣生成物不易附著於鍍層, 以使鍍層產生針孔與凹洞的機會降低, 本實驗所用之電鑄液成份如表 8 所示。

#### 4.4.3 微電鑄之操作條件

本實驗所使用之電鑄之操作條件如表 9 所示:

操作條件影響著鍍層的機械性質與鍍層品質的良窳, 所以必須加以控制以期得到所需之鍍層, 以下為操作條件影響鍍層之說明:

1. 電流密度: 高電流密度下, 則鍍層容易有燒焦現象而極化現象亦上升, 且電流效率亦下降。低電流密度下, 則所電鑄的時間與成本亦會增加, 但所得之鍍層結晶會較細緻。所以必須依所要求之鍍層來使用所需之電流密度大小。
2. 浴溫: 浴溫高則可增加金屬離子對陰極的遷移速率與陽極溶解的擴散速率, 所以可使極化現象降低並可提高電流密度, 增加鍍層厚度降低電鑄時間, 同時應力亦降低。浴溫太低, 則極化現象因此而上升且平整性亦降低, 同時導致高電流區之鍍層容易燒焦而應力亦會提高。浴溫的高低與蒸發速率、水解速率、添加劑的分解速率成正比關係, 所以必須反覆實驗以得到較佳之溫度。

3. PH 值: 在正常的情況下, PH 值呈緩慢上升, 如果 PH 值太高, 則表示鍍液呈鹼性則鍍層起泡與脫皮之現象產生, 所以本實驗使用胺基磺酸來降低 PH 值。如果 PH 值太低, 則表示鍍液呈酸性則鍍層粗糙有毛刺之現象亦被產生, 所以本實驗使用碳酸鎳來提高 PH 值。且 PH 值亦會影響鍍層之應力與硬度, 所以必須加入硼酸以穩定 PH 值。

4. 攪拌: 攪拌可提高電流密度, 使電鑄時間降低, 並可防止陰極所產生的氫氣滯留於鍍件以防止針孔與凹洞的產生。攪拌也可以得到較細緻的鍍層但前提之下必須將鍍液過濾乾淨以防雜質因攪拌而污染鑄件表面而產生麻點或結瘤等缺陷。本實驗所使用之攪拌為噴泉式攪拌。

5. 過濾: 可防止污染物或雜質進入鍍液中, 以確保鍍件之品質。本實驗所採用之過濾方式為連續循環過濾, 所採用之濾心為 0.1um 之孔徑, 以確保污染物或雜質無法進入鍍液中。

#### 4.4.4 後處理

電鑄完成後之鍍件先用去離子水 (DI water) 沖洗乾淨後再進行脫模動作, 否則會污染脫模劑。因於前處理時, 預鍍物已浸置了脫模劑, 所以鍍件即可與預鍍物順利脫離, 但是前提之下, 脫模劑的濃度與時間必須重複實驗加以控制, 才可將鍍件順利脫離, 否則將造成脫模失敗, 但因為 SU-8 固化後, 難以去除, 所以本實驗以不去除 SU-8 為目的, 使脫模後, SU-8 仍保留於晶圓上。但是為確保 SU-8 於脫模後未沾附於鎳模仁上, 所以必須於脫離後, 浸置光阻去除液 PG 溶劑後, 再用去離子水 (DI water) 沖洗, 氮氣槍吹乾即可完成。但欲保持鎳模仁與模穴之間的平坦度, 需再加以研磨鎳模仁四周與背面, 使其與模穴緊密貼合, 最後再將此電鑄模仁嵌入模具中。本實驗所使用的微電鑄器材, 如圖 41 所示, 說明如下:

- (1) 電源供應器
- (2) 溫控器
- (3) 加熱棒
- (4) 過濾機
- (5) 電鑄槽
- (6) 供水器
- (7) 鈦籃
- (8) 可溶性鎳餅

- (9) 棉製陽極袋
- (10) 陰極固定板
- (11) 陰陽極電源線
- (12) 鱷魚夾
- (13) 測 PH 之試紙

#### 4.5 精密射出製程實驗

欲實驗此射出製程前必須先設計出所需之成品的模具，而本模具之設計主要是事先經由模流分析軟體 Moldex 3D 模擬出塑料於所預先設計的注道、流道、澆口、模穴以及冷卻水路的放置的位置等是否會造成任何的缺陷，並確定無任何問題後才開始製造加工所需之模具。於射出實驗前，必須先烘料、安裝模具、清料、成型條件設定、、、等後，才可開始作射出。本實驗主要目的是以厚度 0.1mm 與 0.4mm 兩個不同的厚度鍍模仁(Ni stamper)嵌入所設計的模具中射出，觀察鍍模仁是否有破損或變形的問題存在，並確認所設計固定鍍模仁的方式是否適當，同時並將所射出的導光板成品做相關的光學性質檢測。所使用之實驗設備有精密射出成型機、烘料機、吸料機、壓克力塑料、模溫機、真空馬達等。

##### 4.5.1 模具設計

本實驗所使用的模具型式為兩板式 C 1515-40-70-60 S 型標準模座，如圖 42 所示，為一模一穴設計，進澆點為偏心進澆，導光板的形狀為楔形板，厚度為 0.5mm 漸增至 1mm，澆口為扇形澆口，由薄至厚進膠。此模具之主要射出成品為導光板，而導光板之面不可以有頂出痕，因此必須設計導光板的脫模機構，本實驗模具之脫模機構主要設計三個滑塊並置於導光板的三個端面，並利用彈簧之反彈力作為滑動的動力來源，如圖 43 所示，而這三個滑塊底部兩邊各有凸耳以作為導引方向之用，在公母模合模時，將迫使這三個滑塊往內部滑動，以形成模穴，開模後，滑塊將被彈簧彈開，此時頂出桿由注道底部作頂出動作，以達到導光板脫模之目的。在導光板微結構部份，已利用微電鑄製程翻印於鍍模仁(Ni stamper)上並嵌入模具中，但是因為微電鑄製程如果要製厚件很耗時且成本又高，因此在厚度上主要以 0.5mm 以下之厚度為主，因為厚度薄所以在模具的設計上必須加以設計以固定此薄件，本實驗所採用的固定方式主要是於固定側型模板(母模)

內，設計兩個壓塊，以壓緊鍍模仁，如圖 44 所示，而此圖已嵌入鍍模仁，並以壓塊壓緊，但是因為要使鍍模仁能完全緊貼於嵌入件上，因此於嵌入件上設計抽真空之孔洞，利用真空幫浦抽真空以吸附鍍模仁貼緊於嵌入件上，吸真空之抽氣孔，如圖 45 所示。在冷卻設計方面，則採用各自環繞嵌入件之方式，並使用油冷之方式以達到冷卻之效果。

#### 4.5.2 精密射出成型機

本實驗所使用的射出機為 Sodick 30EH 之油電複合式 V 型機構射出機，如圖 46 所示。利用螺桿將塑膠顆粒塑化，柱塞作精密的計量，柱塞行程 70mm，最大注射量為 14 cm<sup>3</sup>，最大注射壓力 262MPa，最大鎖模力 30ton，可設定四段射速、三段保壓控制，並於射速中可設定上限壓，以控制射出過程中突發的壓力升高，並有保護模具之設定，以防止模具受到傷害。詳細之尺寸規格如表 10。除了射出機外，亦需要有一些週邊設備，如烘料機、吸料機、模溫機等，塑料欲射出前，必須先將塑料經由烘料機，以排除塑料因與大氣接觸而產生的濕氣，以避免影響材料特性使塑件產生缺陷。而模具的溫度控制，直接的影響到成形品的品質、物性以及成形效率，為射出成型中重要的管理項目之一，因此需精確的控制模具溫度，一般以模溫機來控制所需之溫度，而冷卻方式則有水冷與油冷，本實驗採用油冷，並以熱煤油為循環媒介，將油管接至模具冷卻接頭，以循環冷卻模具內部。

#### 4.5.3 塑膠材料

本實驗所採用的塑膠材料為導光板用之壓克力 (PMMA)，製造商為 KURARAY，塑料型號為 GH-1000S 之塑料，密度為 1.19g/cm<sup>3</sup>，熱變形溫度 96，透光率 92.4%，因為壓克力具有良好光學性質、高透明度、加工性好、耐候性佳、表面硬度與表面光澤佳，因此廣被使用於光學製品中。

#### 4.6 光學性質檢測

一般來說，導光板都必須先經由光學軟體來設計其面上之擴散點的大小、疏密分佈，因為當光線由發光二極體 (LED) 或冷陰極管 (CCFL) 發出時，光線在底面碰到擴散點時，反射光會自各個角度擴散，以破壞全反射而使光線由導光板正面射出，因此導光板就是利用這些擴散點來導引光線之方向，所以擴散點的設計良窳決定了面板輝度的好壞以及亮度的均勻與否。

但是本實驗研究並不著重在光學設計上，而是著重在擴散點的製作研究上，因此所製得的導光板之擴散點並不是先經由光學設計的，因此所產生的輝度值與均勻度必定很差。要量測導光板所產生的輝度與均勻度之光學性質之前，必須先有適當的背光模組，本實驗所使用的模組內之零組件包含 2 顆發光二極體 (LED)、兩片擴散片、兩片稜鏡片、一片反射片、塑膠框、導光板等，如 47~圖 49 所示。經由以上之零組件組裝後，即可使用兩顆 1.5V 之電池使 LED 燈源發亮以進行光學性質之檢測。放入所射出具有微結構之導光板後，背光模組所產生的光線分佈情況，如圖 50 所示。並利用六軸輝度計，如圖 51 所示。實際量測所射出之導光板所產生的輝度值與均勻度，所採用量測之法為九點量測來取得輝度值與均勻度，九點之位置分佈規劃如圖 52 所示。雖然有背光模組，但是無 LED 燈源之資料，所以無法與光學軟體 TracePro 之分析做比較，因此本實驗仍以實際量測所射出導光板之輝度值與均勻度為主，並探討其原因。

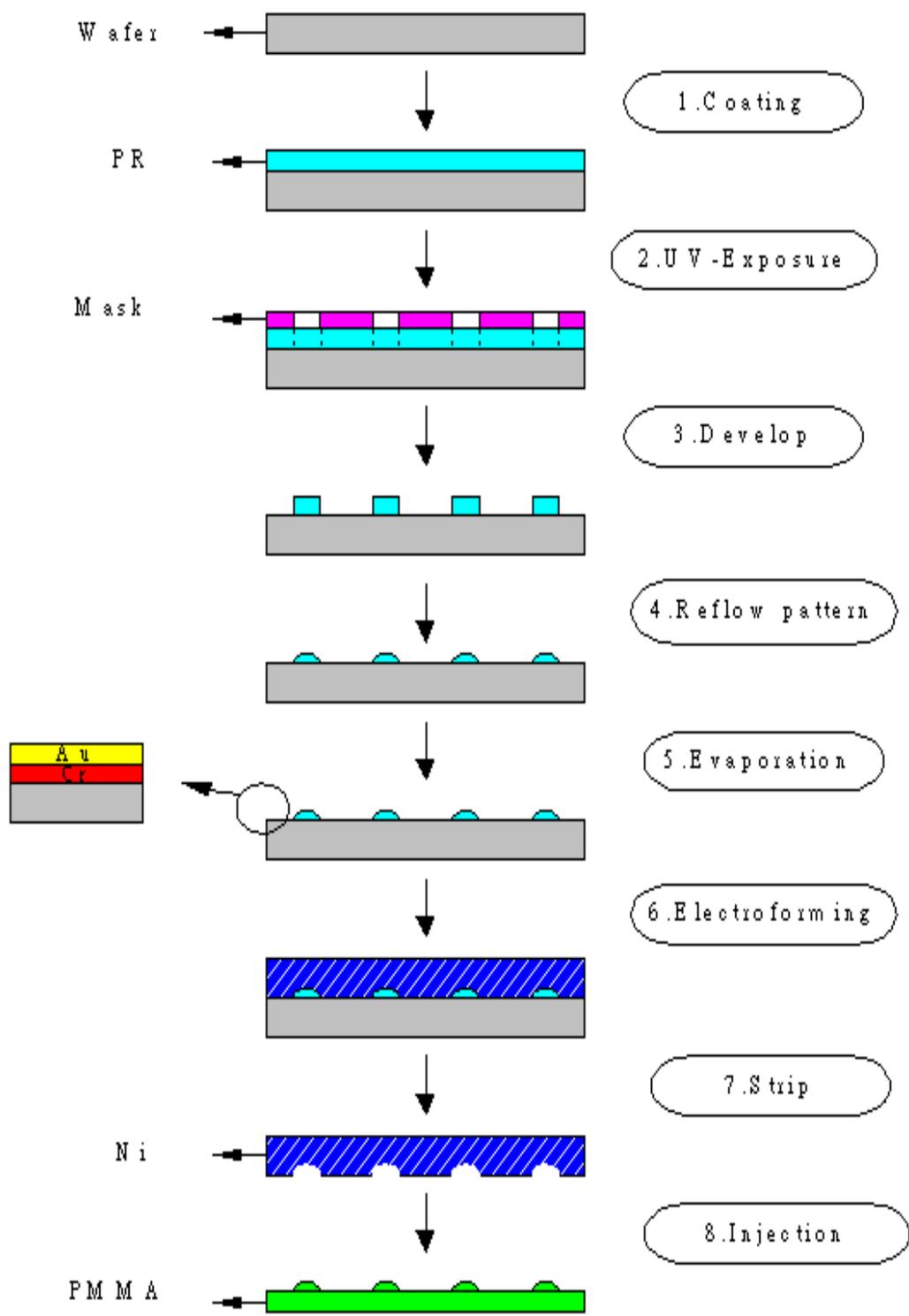


圖 31 導光板模仁示意圖

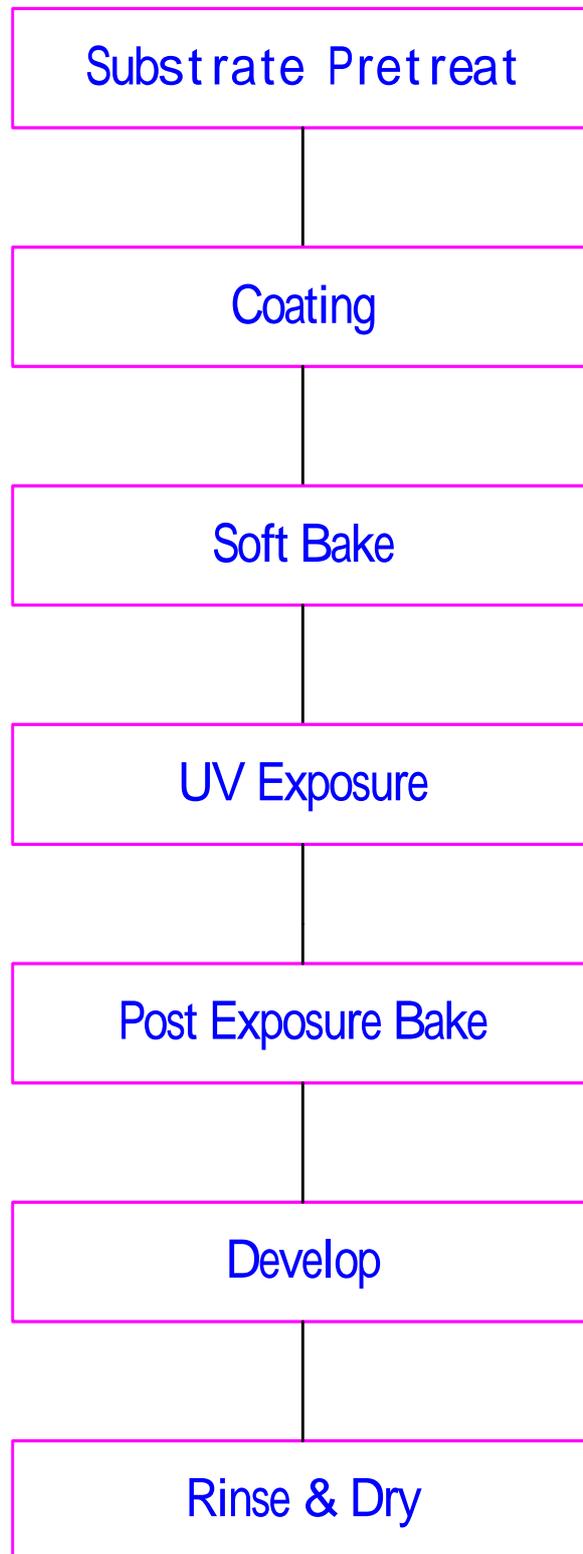


圖 32 微影實驗流程圖

表 7 旋塗膜厚程式設定

STEP NO	SPIN TIME ( SEC )	SPIN SPEED ( rpm )	MODE
1	5	500	0
2	5	500	0
3	5	1050	0
4	30	1050	0
5	10	0	0
6	0	0	9

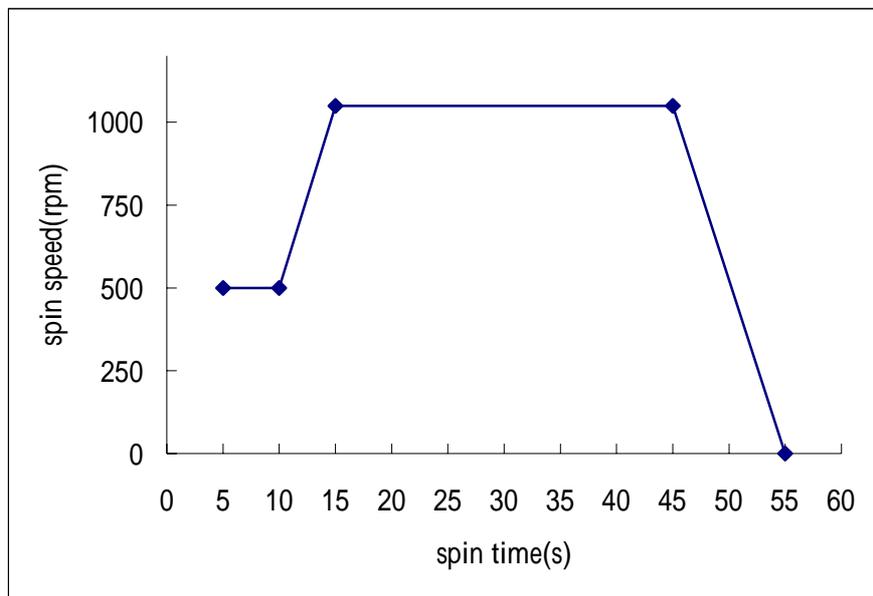


圖 33 旋塗轉速曲線

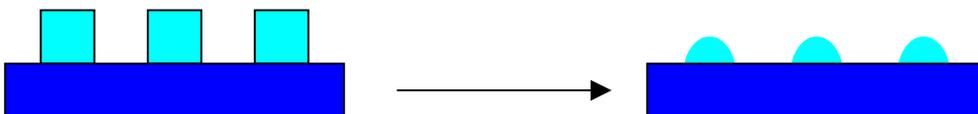


圖 34 熱迴流示意圖



圖 35 旋塗設備



圖 36 加熱板(Hot plate)

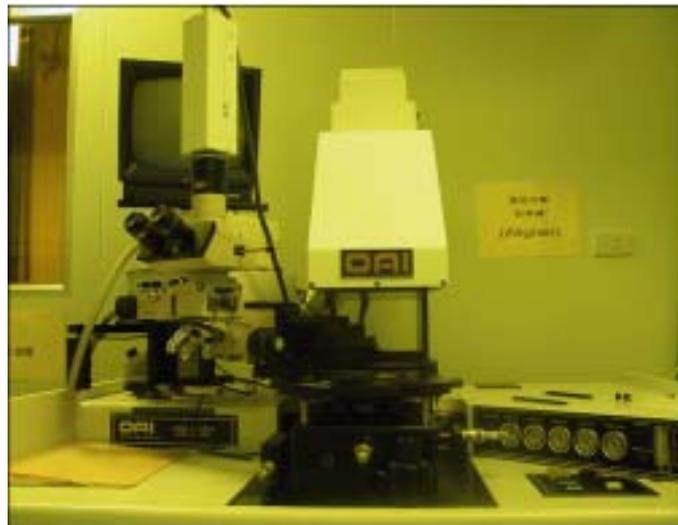


圖 37 曝光設備



圖 38 表面粗度儀( -step)



圖 39 光學顯微鏡(OM)



圖 40 電子束蒸鍍機

表 8 電鑄液成份

鍍液成份	濃度範圍	使用之濃度
胺基磺酸鎳 $\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	430 ~ 470 g/l	450ml/l
鹽化鎳 $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2 ~ 7 g/l	5 g/l
硼酸 $\text{H}_3\text{BO}_3$	30 ~ 40 g/l	35 g/l
添加劑 (應力降低劑) LN-MU	5 ~ 10 ml/l	7 ml/l
添加劑 (平滑劑) LN-MA	5 ~ 10 ml/l	1 ml/l
濕潤劑 (針孔抑制劑) 62A	1 ~ 3 ml/l	6 ml/l

表 9 微電鑄之操作條件

操作條件	建議使用範圍	所使用之條件
陰極電流密度	1~20A/dm <sup>2</sup>	1A/dm <sup>2</sup>
陽極電流密度	1~5A/dm <sup>2</sup>	2 A/dm <sup>2</sup>
浴溫	40~50	47
PH	3.2~4.4	4
攪拌	噴泉式攪拌	
過濾	連續循環過濾	

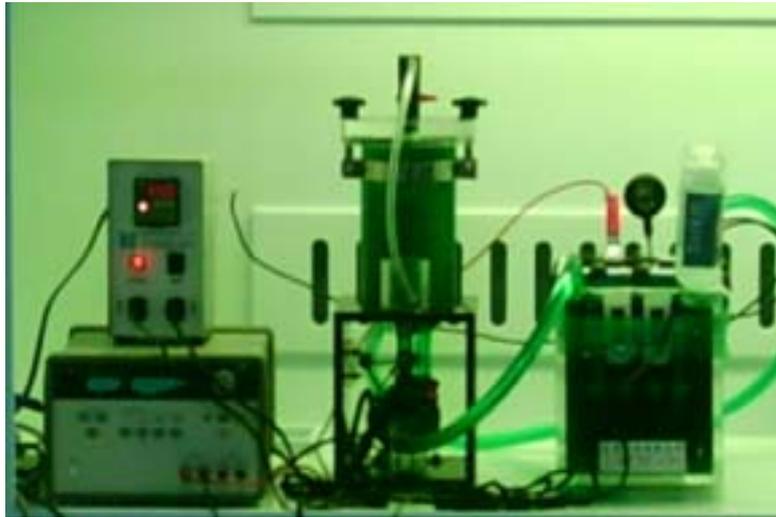


圖 41 微電鑄設備



圖 42 標準模座

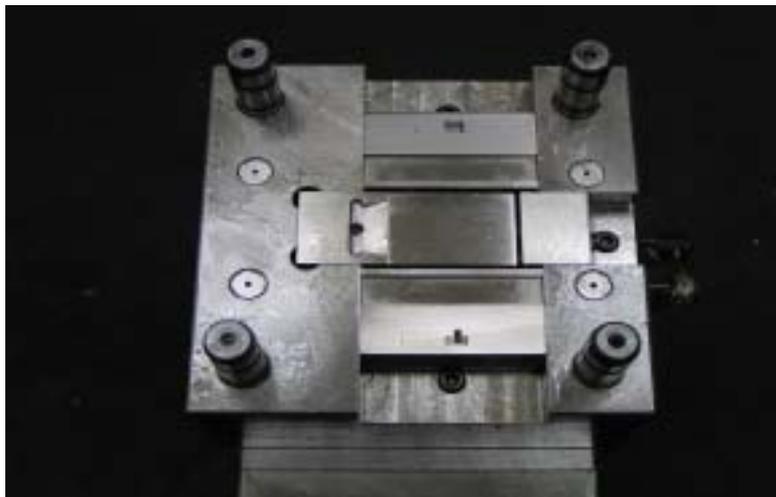


圖 43 可動側型模板(公模)

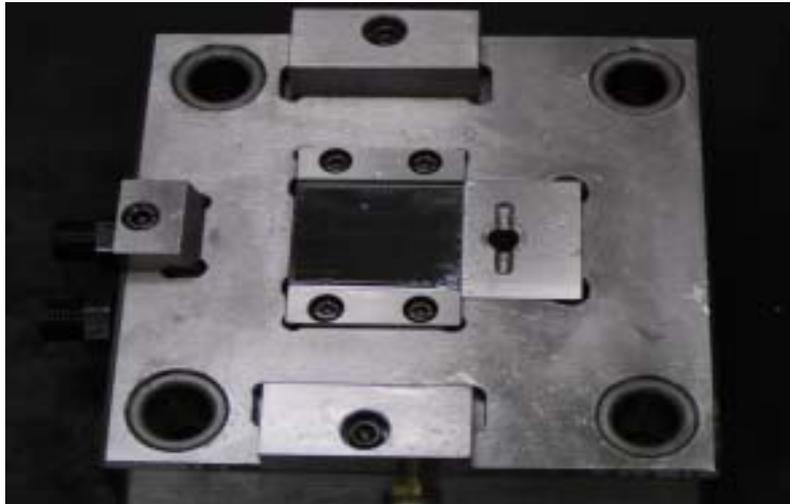
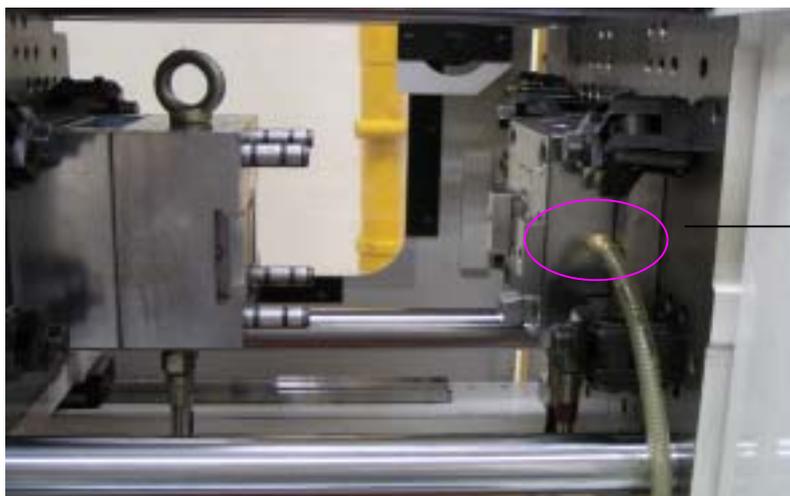


圖 44 固定側型模板(母模)



抽真空管路

圖 45 架上模具之情形



圖 46 精密射出成型機

表 10 射出機性能表

鎖模裝置	
開關方式	電動 AC
鎖模方式	直壓
最大鎖模力	30t f
開模全程	400mm
最小/最大模具厚度	150/300mm
頂出方式	電動 AC
頂出全程	50mm
可塑化注射裝置	
螺桿直徑	18mm
柱塞直徑	16mm
最大注射壓力	262MPa
注射量	14 cm <sup>3</sup>
注射率	100 cm <sup>3</sup> /s
柱塞行程	70mm
最大注射速度	500 mm/s
可塑化能力	8kg/h
最大迴轉數	400rpm
滑座移動全程	230mm
電氣油壓	
油壓泵用馬達容量	3.7kw
油壓迴路壓力	20.5MPa
油箱容量	40L
AC 伺服馬達容量	5 kw
機械尺寸重量	
機械尺寸	2470*864*1544mm
機械淨重	2200 kg

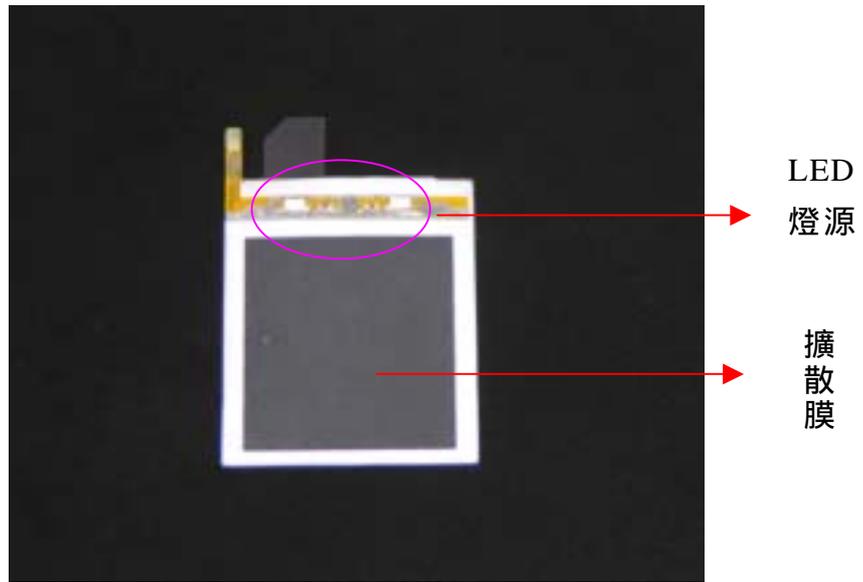


圖 47 背光模組之一

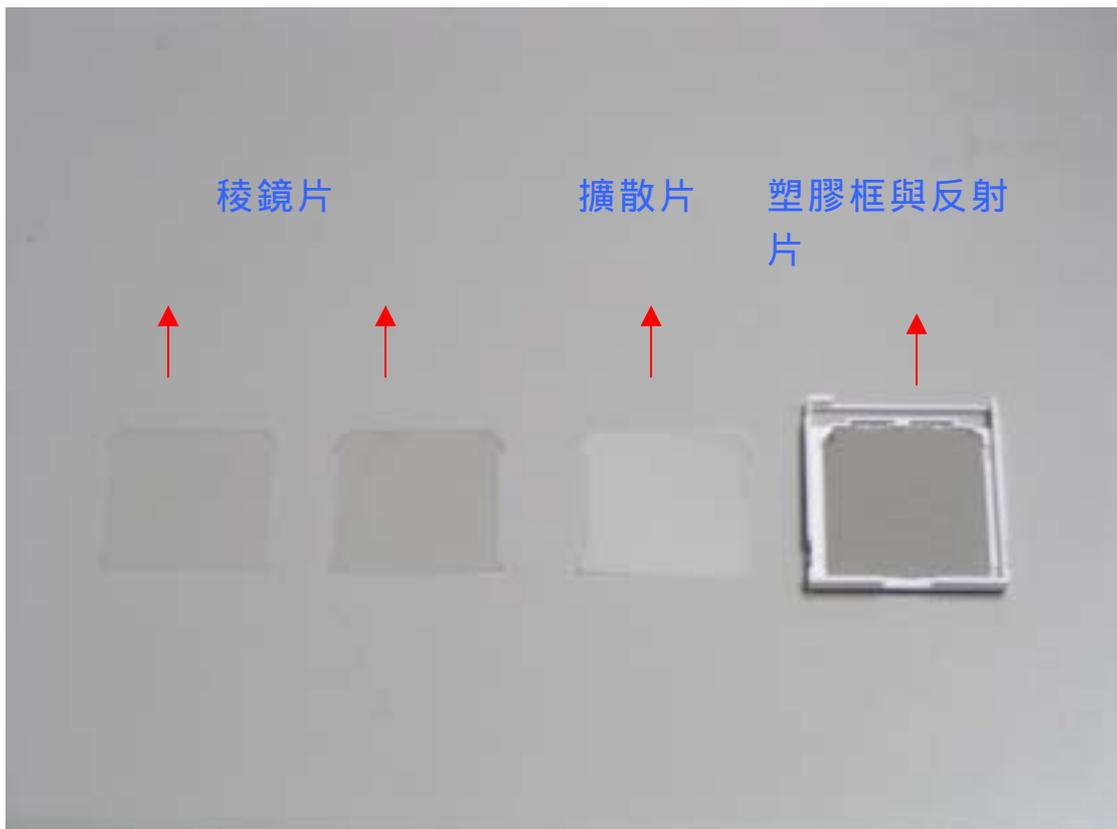


圖 48 背光模組之二

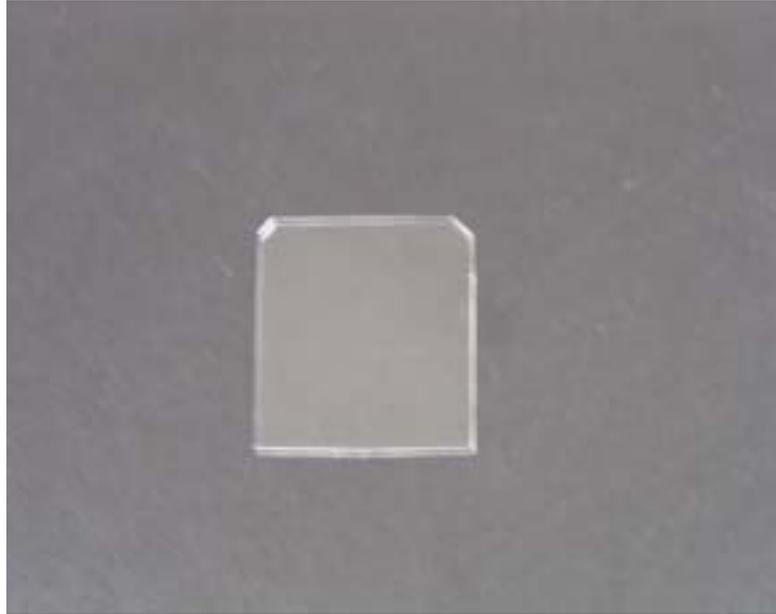


圖 49 導光板



圖 50 點亮 LED 燈之情況



圖 51 六軸輝度計

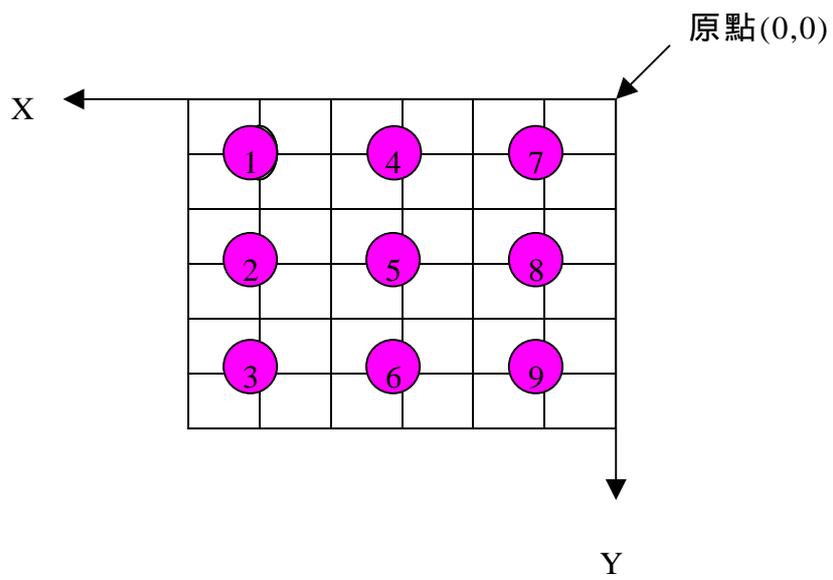


圖 52 九點量測位置圖

## 五、結果與討論

### 5.1 SU-8 微影製程探討

微影製程之成型參數很多，每一程序的成型參數皆會影響到成品結構的好壞，雖然販售光阻之廠商會提供相關光阻液之成型參數，但是由於所需厚度，與基材的大小、實驗環境、以及儀器設備的不同，所產生的結果亦會不同，因此廠商提供之相關光阻液之成型參數只可作為參考之用，所以必須反覆實驗以尋求所需之成型參數。以下為探討 SU-8 微影製程時，常常出現的問題與解決方法，茲說明如下：

#### 1. 旋塗

本實驗所用之 SU-85 光阻液單次塗佈為 5~15 $\mu\text{m}$ ，而所得之柱狀結構厚度為 11.1 $\mu\text{m}$ ，實驗結果如圖 53 所示。旋塗常出現之問題與解決方法如下敘述：

##### (1) 旋塗不均

旋塗之控制是非常重要的，常常會因為光阻劑量的不足與慢速旋塗之時間不足而使晶圓表面未被全面覆蓋，造成光阻的塗佈失敗，因此劑量的給予只能多不能少，因為如果劑量倒過多於高速旋塗時多餘的部分便會被旋出，並不會影響所需之膜厚，但如此將會造成浪費而增加成本，所以一般 4 吋之晶圓所使用光阻劑大約用 4 cc 之劑量，而低速旋塗時間則取可將晶圓完全塗佈之時間即可，如此可解決旋塗不均之問題。

##### (2) 平整性不良

旋塗之後其邊緣會有突起現象，可利用軟烤之烘烤使光阻有再次流動的情形而達到自我平坦之效果來解決邊緣突起之問題。

定影後經量測會有結構厚度高低不均之問題，可以將旋塗機與加熱板經水平校正後即可解決此問題。

##### (3) 氣泡問題

氣泡通常於分裝、搬運或是滴定時所夾雜於 SU-8 光阻內，如果光阻內有夾雜氣泡，則於旋塗後，此氣泡會將光阻液排開於氣泡四周，如圖 54 所示，此現象將會影響後續圖案轉移後的缺陷，所以本實驗採用烘烤與超音波震動之方法來解決此問題，結果顯示烘烤之效果較超音波震動佳。因為 SU-8 光阻之玻璃轉換點(glass transition temperature,  $T_g$ )為 55 所以必須高於此  $T_g$  溫度，則光阻黏度會降低此時才能使光阻有再流動現象而消除氣泡現象，所以烘烤溫度採用 60 $^{\circ}\text{C}$ ，由實驗得知將光阻液置入烘烤

箱內溫度 60 ，時間為 40 分鐘，可大量改善氣泡之問題，而烘烤時間以所產生之氣泡量來決定，以不超過一小時為主。

## 2. 軟烤

此烘烤溫度與時間，不但會影響到光阻的固化情形，亦會影響後續曝光與顯影之結果，溫度與時間不足，亦即烘烤不足，會使光阻內部溶劑含量過高則曝光的精確度會因此而變差且顯影會因為溶劑含量過高而使曝過與未曝過之選擇性也變差，影響光阻的解析度與圖案的轉移不良而且使接觸式曝光之光罩易黏附光阻液，造成清除的困擾，並且光阻對晶圓之附著性亦會不佳。

溫度與時間太長，亦即過度烘烤，則光阻內之溶劑含量太少，而使光阻變脆因而易產生應力而使之易於破裂，同時光阻對晶圓之附著性亦會不佳。曝光時光阻對光之敏感性變差影響解析度，使顯影變得較困難，造成圖案無法成形，以上之問題必須反覆做實驗，才可得到較佳的軟烤時間與溫度。

## 3. 曝光

在曝光中，最重要的考量就是解析度的好壞，而解析度的好壞則取決於繞射現象，本實驗所使用之曝光機為接觸式曝光機，光罩與光阻是為緊密接觸的，所以光罩與光阻上之圖形轉移後幾乎為 1:1 之比例，因此解析度非常好，故繞射現象較不易產生，但是光罩上易沾附光阻液，所以每次曝光後都必須再加以清洗光罩，以確保圖案(pattern)能完全轉移至光阻。另外光罩上圖案的製作，亦是解析度好壞的考量之一，如果光罩上的圖案未做好，則所顯影後的微結構亦是缺陷，如圖 55~59 所示，由圖中可看出這些圓之真圓度不佳。有時曝光後，圖案之潛在影像即可隱約看到，此種情形即表示過度曝光所產生的影響，因此需減少曝光的劑量，以解決此問題，否則會因為過度的曝光而造成結構尺寸上的誤差。

## 4. 曝光後烘烤(PEB)

此程序之烘烤時間與溫度也是相當重要的，烘烤不足時，光阻之鏈結效果將會減小，深寬比變小，光阻與晶圓的黏附性亦不佳，解析度變差等。過度烘烤，則會造成過度鏈結、應力增加、破裂且光阻與晶圓的黏附性亦不佳。本實驗有時將 PEB 之程序省略掉了，結果於顯影時微結構都被顯影液洗掉了，所以此程序必須反覆實驗以期得到較佳之參數，且做此程序不但可以增加曝光後 SU-8 光阻的鏈結強度，並可減少變形及消除駐波現象。

## 5. 顯影

顯影是決定微結構成敗的關鍵，所以在時間上的控制就很重要了，顯影時間不足，則光阻會殘留於微結構邊緣，且解析度亦不佳，顯影時間過長，則將會把微結構給洗掉，所以顯影時間應加以控制好，而推斷顯影時間可以由定影時產生的白色液體來斷定時間是否足夠，因此可利用此一特點反覆實驗以得到較佳之顯影時間，除此之外，光阻與晶圓的附著性不良也容易於顯影時，造成光阻的脫落。本實驗顯影後之柱狀微結構如圖 60 所示，由圖可看到此結構之側壁幾乎接近垂直，而所得到的真圓度很好，如圖 61~圖 65 所示。

### 5.2 SU-8 熱迴流 (reflow) 製程探討

本實驗使用 SU-85 之光阻實驗熱迴流 (reflow) 製程各採用三個製程，並用光學顯微鏡 (OM) 與掃描電子顯微鏡 (SEM) 觀測熱迴流 (reflow) 時，SU-8 因表面張力所產生的流動情形，由實驗得知製程三所得到的熱迴流現象較佳，如圖 79 與圖 80 所示。經由  $\lambda$ -step (表面粗度儀) 量取烘烤 1 小時與 2 小時之高度，所得高度各為 3.62 $\mu\text{m}$  與 0.8855 $\mu\text{m}$ ，如圖 81 與圖 82 所示，並將此二值之熱迴流陣列利用光學分析軟體 TracePro 比較此兩值之輝度值，由分析結果得知，烘烤 1 小時之輝度值為 3288.4 (nt)，烘烤 2 小時之輝度值為 3276 (nt)，所採用之光源為 LED 燈源，數量為兩顆，因此會有兩個同心圓之現象，如圖 83 與圖 84 所示。因此最後採用輝度值較高之製程三加熱板 320 烘烤 1 小時之製程參數，所得之熱迴流 (reflow) 形貌，如圖 85 所示。本研究也成功製得之最小尺寸 10 $\mu\text{m}$  之熱迴流 (reflow) 形貌，如圖 86 所示，並探討此三製程參數所產生熱迴流的影響，茲說明如下：

#### 1. 製程一

實驗條件：曝光後烘烤 (PEB) 溫度 65、95 各 2 分鐘，設備為加熱板。

烘烤溫度與時間：

200，時間有 20 分鐘、1 小時。

320，時間有 5 分鐘、25 分鐘、1 小時。

355，時間有 2 小時、4 小時、6 小時、8 小時等。

此條件下，於溫度 200，時間 20 分鐘~60 分鐘，如圖 66、圖 67 所示，這段期間內 SU-8 光阻並未有任何熱迴流現象，大體上看來還是呈現柱狀結構之情形，而到 320，5 分鐘時光阻才開始有變化，有很明顯的倒圓角現

象,到了 60 分鐘時,光阻已呈現錐狀,如圖 68~圖 70 所示。在將溫度加熱至 355 , 2 小時,則光阻已呈現火山狀,而在一直烤至 8 小時,此時光阻已呈現融化現象,如圖 71~圖 74 所示。由此參數很明顯可得到一個結果,光阻並未有半圓形之形狀,而是呈現火山狀,原因是因為 SU-8 於曝光後烘烤(PEB)階段時,烘烤時間不夠,使 SU-8 光阻未能充份鏈結,所以於顯影時,顯影液侵入光阻內,使在熱迴流時的高溫狀態下,導致顯影液被蒸發出來才會產生火山狀的現象。所以解決辦法為增加曝光後烘烤(PEB)的時間,亦可改善此現象。

## 2. 製程二

實驗條件:曝光後烘烤(PEB)溫度 65 、 95 各 5 分鐘,設備為烘烤箱。

烘烤溫度與時間:

230 , 時間有 2 小時、3 小時、4 小時。

240 , 時間為 2 小時。

由圖 75~77 可知,230 烘烤至 4 小時,都還是柱狀結構,未有明顯的流動情形,再將溫度增加至 240 烘烤至 2 小時其結果還是如此,如圖 78 所示。而本烘烤箱最高只可烘烤至 250 ,因此由此結果可知,如果使用烘烤箱來做熱迴流(reflow)製程,必定很耗時,因為所使用的溫度愈高則所耗費的時間必然越短,此為呈反比關係,而且將晶圓放入烘烤箱內,無法做水平校正,因此會影響光阻流動的情形,所以烘烤箱較不適合做熱迴流(reflow)製程。

## 3. 製程三

實驗條件:曝光後烘烤(PEB)溫度 65 、 95 各 5 分鐘,設備為加熱板。

烘烤溫度與時間:

320 , 時間有 1 小時、2 小時等。

由圖 79~80 所示,可看出 SU-8 光阻液,有熱迴流(reflow)之現象,而時間由 1 小時增加至 2 小時光阻厚度有明顯變薄,而不再有火山狀的現象,圖 79 與製程一之圖 70 兩者比較,相同的加熱板與相同的溫度時間,所產生的結果居然差這麼多,因此可很肯定的得知在熱迴流時,曝光後烘烤(PEB)之時間為重要的參數條件之一,且影響著光阻流動情形的良窳。

### 5.3 微電鑄製程探討

在微電鑄製程中，影響電鑄的因素有鍍液成分、電流密度、攪拌、過濾、浴溫、掛具距離、添加劑、PH 值、電流分佈、電流波形等，皆會影響鍍層的良窳，所以必須加以管理與控制，以期得到所需之鍍層要求，本實驗最後電鑄脫模後所得到的成品之表面很光滑，並且具有鏡面等級之表面，如圖 95 所示。但是電鑄後，邊緣四周與底部之厚度不均，因此無法嵌入模具射出，尤其是底部若無研磨平整，將造成射出失敗與鍍模仁(Ni stamper)之變形，因此電鑄後必須經由研磨加工，以得到較佳的平坦度，本實驗電鑄後，再經由研磨加工後，所得到的鍍件如圖 96 所示，最後所得之微結構高度為 3.34um，如圖 97 所示，因此與熱迴流後之光阻誤差量在 0.28um 左右，由 SEM 觀測到 50um~ 10um 的鍍層結構，如圖 98~圖 102 所示，由圖可看到此電鑄翻模後，鍍層晶粒成長良好，結晶緻密且微細。以下為本實驗中所遇到的問題，並探討其產生原因與解決方法。

#### 1. 針孔問題

針孔產生的問題主要是於電鑄的過程中，陰極產生的氫氣泡未脫離於鍍層，因此殘留於鍍層中而造成針孔的現象，如圖 87 所示。此問題可以添加濕潤劑或稱針孔抑制劑來使鍍層之表面張力降低以使氫氣泡可以脫離鍍層表面或是利用噴流系統噴向鍍層使氫氣泡脫離鍍層表面，但噴流的流量不可太大，以防導致鍍層未被鍍上去就被沖掉。本實驗是使用針孔抑制劑解決此問題。

#### 2. 電流聚集現象

電流聚集之問題是常常發生於電鑄中，尤其是要鍍厚件則此現象更加明顯，因為在電鑄時，電流易聚集於外緣部分所以鍍出的鍍件之外緣厚度較內部為厚，如圖 88 所示。此問題可以利用虛設電鑄區、使用遮蔽板或添加平坦劑來吸附高電流密度區以達厚度均一之目的。本實驗使用虛設電鑄區來使鍍層之厚度較均勻，如圖 89 所示。

#### 3. 殘留內應力

在電鑄的進行中往往都會產生內應力，而所使用的鍍液為胺基磺酸鎳，而此鍍液之最大的優點為低應力，適合來做厚件。因此本實驗就以新的鍍液而完全不加任何添加劑來鍍，結果所產生的鍍層具有光澤性，但是鍍層亦有明顯翹曲現象，如圖 90 所示。而針孔之問題皆發生於虛設電鑄區內，如圖 89 所示，可明確看到四周的虛設電鑄區內皆是嚴重的針孔現象。所以

添加劑還是必須來添加，以使產生較佳之鍍層。本實驗使用應力降低劑 LN-MU 來降低應力、使用針孔抑制劑解決針孔問題。

#### 4. 鍍層燒焦

此問題主要是因為所使用的電流密度太大，使陰極表面劇烈的析出氫氣，並使表面 PH 值上升，因此產生鹼性鹽或氫氧化物之沉澱，而吸藏於鍍層所產生的鍍層燒焦問題，如圖 91 所示。此問題之解決方法可將電流密度適當降低、提高浴溫、攪拌、提高金屬濃度與添加適當 PH 緩衝劑，即可解決此問題。

#### 5. 微結構未脫模成功

脫模成功與否決定了微結構的良窳，也是電鑄成功與失敗的關鍵，而本實驗常常於脫模後，則微結構未翻印好，如圖 92 和圖 93 所示。由圖 92 可知，鍍層上完全看不到微結構，主要的原因為導電性不良而產生的鍍層分層現象，使脫模後，有結構的鍍層仍置於預鍍物上，而造成脫模失敗。導電性不良的可能的原因為(1)各別夾於陰陽兩極的鱷魚夾生鏽了(2)預鍍物與陰極固定板(不銹鋼片)之間的導電層(銀漆)未塗佈好(3)耐酸鹼膠帶(絕緣膠帶)未將已乾燥的導電層(銀漆)黏好，導致鍍液的滲入。由圖 93 可知，鍍層上的微結構已經模糊不堪，主要的原因為脫模劑濃度、時間不足，使鍍層不易脫模，因此強制脫模下而造成脫模後模糊不堪之現象。本實驗解決方法將鱷魚夾生鏽的部分用砂紙磨掉或全部換新、導電層(銀漆)與耐酸鹼膠帶(絕緣膠帶)的處理部分確實做好、增加脫模劑濃度與時間，使鍍層產生較佳的導電性並且可以順利脫模。但是甚至有時已將微結構翻印成功，但是 SU-8 光阻已沾附於鍍上，如圖 94 所示，導致光阻去除困難，所以對於此問題來說，於本實驗亦歸於失敗品。本實驗對於此問題之解決，從微影製程之烘烤時間，以及脫模劑濃度與時間做有效的控制，並反覆的實驗，以得到翻印後，鍍上無光阻沾附，才為本實驗之完成品。

### 5.4 精密射出製程探討

#### 5.4.1 鍍模仁之嵌入

在射出之前必先將鍍模仁(Ni stamper)嵌入模具內，本實驗最初先將厚度 0.1mm 鍍模仁嵌入模具內，並利用真空幫浦抽真空，使鍍模仁緊密貼合於嵌入件上，同時並用壓塊壓緊兩側，持續抽真空至射出完成並開模取出成品，結果當開模後，厚度 0.1mm 鍍模仁破裂，而且還有抽真空孔洞的痕

跡，如圖 103 所示。主要原因為塑料充填後，又經由保壓階段塑料的持續補充，此時壓力劇增，而鍍模仁厚度太薄，強度不夠，以致於無法抵抗保壓時塑料對鍍模仁所產生的壓力，使鍍模仁被壓入抽真空的孔洞，導致鍍模仁上有抽真空孔洞的痕跡。當完成射出後，模具開模，此時塑件被可動側型模板強制拉離，因而對鍍模仁產生剝離的力量，導致鍍模仁破裂，因此鍍模仁的厚薄關係著射出的成敗。所以再實驗厚度 0.4mm 之鍍模仁，此時不使用真空幫浦抽真空，直接嵌入射出，結果鍍模仁產生嚴重變形，如圖 104 所示。主要原因是因為由電鑄所翻出的鍍件之厚度底部皆不均勻，因此底部需要研磨平整，但是厚度薄不容易去夾持，以致於加工困難，因此平整度會較差，且又無抽真空，使其貼合嵌入件，所以澆口處與鍍模仁之間如有微小縫隙，將造成塑料由此處充填，最後導致鍍模仁的嚴重變形。由以上兩個案例之後，本實驗最後採用厚度 0.4mm 之鍍模仁如圖 96 所示，且並加以抽真空吸附，並使澆口處與鍍模仁之間儘可能的緊密貼合，結果可以順利射出，因此採用此法完成射出製程實驗，本實驗之重點也著重在解決此破裂、變形之問題，因為如無法解決這些問題，則將造成後續製程的無法進行。

#### 5.4.2 導光板之射出成品

最後由嵌入的鍍模仁所射出的導光板，如圖 105 所示，因微結構太小，所以無法由圖中清楚觀測到微結構的分佈，只能看到霧霧的一面。本實驗所製得之導光板，塑料由薄端至厚端進入模穴，目的是要使厚端無澆口去除之痕跡，以作為 LED(發光二極體)燈源之入光處，而微結構之大小分佈則從導光板薄端 50um 漸減至 10um 之厚端，由鍍模仁翻印至壓克力 (PMMA) 上之微結構並經由光學顯微鏡觀測，如圖 106~圖 110 所示。由圖可知，塑料已順利的流入所有的微結構尺寸，甚至最小的尺寸也都能順利進入，而且轉寫性不錯，且呈現半圓狀，由表面粗度儀 (  $\lambda$ -step) 量取微結構高度為 3.01um 之厚度，如圖 111 所示，與電鑄之誤差為 0.33um。射出的成型參數影響著微結構，以及微結構是否順利流入的關鍵條件，而本實驗所調整成形參數的方法為先利用低射壓、低射速以及低射出量、高模具溫度並無保壓設定之條件，來做短射實驗，觀察塑料是否可以順利從澆口進入模穴內，如果塑料能進入模穴，而不損壞鍍模仁，再慢慢調整以上之條件並使模穴能完全被充填。使最後導光板塑件能完全的被射出，並具有微

結構。對於成型參數設定說明如下：

#### (1)料溫：

提高料溫可以提高塑料的流動性，使塑料較容易進入微小尺寸內，並使保壓容易進行，以降低塑件的收縮，但是相對來說冷卻的時間亦會增加，而影響成形週期，而且塑膠也容易產生白化與燒焦之缺陷，甚至會產生裂解現象，本實驗將溫度加熱至 280 結果造成塑料產生白化現象。料溫太低，相對的塑料之流動性變差，塑料進入微小尺寸內之困難度亦增加，保壓不易進行，因此塑件表面容易產生凹陷與收縮，因此影響外觀以及尺寸精度。本塑料之成形溫度建議 230~270 之範圍，因此本實驗取一般之建議值 250 之料溫射出。

#### (2)射速

使用高射速進入本實驗之 0.3mm 之澆口，可使塑料產生摩擦熱，以增加塑料的流動性，對於薄件之射出有較佳之效果。因此本實驗採用 85 mm/s 之射速，來充填薄件。

#### (3)保壓壓力與保壓時間

增加保壓壓力與保壓時間，可以使塑件收縮與表面凹陷的現象降低，同時亦可將塑料壓入微小尺寸內，使轉寫性增加，但是過高的保壓壓力，將造成塑件殘留應力的增加，產生翹曲變形之缺陷，同時亦可能撐開模具，造成毛邊、溢料等現象。因此最後採用保壓壓力 80MPa，保壓時間 7 秒。

#### (4)模溫

模溫主要是對模具做冷卻之用，模具溫度的高低亦影響著塑件，模溫低，冷卻速率越快，塑料的高分子鏈配向性迅速被凍結，而來不及鬆弛，因此收縮率會較低，但是亦使塑料的流動性變差，使塑料不易進入微小尺寸，導致轉寫性亦差。模溫高，則冷卻速率較慢，冷卻時間亦增加，且分子鏈配向性也較高，導致塑件收縮率增高，但是塑料流動性亦相對增加，使塑料容易進入微小尺寸，因此又由相關文獻[66]得知，較高的模溫下，其轉寫性較佳，且成品表面亦較光滑無缺陷，而且模具溫度越接近或是等於塑料玻璃轉化溫度時其轉寫性越佳，但是如果高於塑料玻璃轉化溫度時，則塑件表面亦會產生有皺摺紋路，且溫度越高則皺摺越多，若要使皺摺現象減少，則必須加快提高冷卻效率。而本實驗之模溫建議值為 35~80，因此最後採用模溫 80。

#### (5)冷卻時間

冷卻時間需配合模具溫度的高低來設定，模溫高，則冷卻時間亦長，兩者成正比之關係，但是冷卻時間過長，不但降低生產率且增長成型週期。冷卻時間不夠，則與外界溫差大且易受外力之作用而造成嚴重收縮變形，而塑料未完全固化，也容易產生黏模現象，造成頂出不易。本實驗所使用之模溫較高，因此使用較長之冷卻時間 30 秒。本實驗最後採用之射出成型參數如表 11 所示。

#### 5.5 光學性質檢測探討

利用六軸輝度計實際檢測所射出之導光板輝度值與均勻度，所產生之導光板輝度圖，如圖 112 所示，由圖可知，最亮部份為左上角呈現紅色部份 300.1(nt)之輝度值，最暗部份呈現黑色部份為 80.62(nt)之輝度值，此部份為兩顆 LED 燈源之交會處，因此會較暗，與實際將背光模組內之 LED 燈源點亮之情況一致，如圖 50 所示。而所產生的均勻度只有 26.864%。而會產生底部最亮之原因，主要是因為本實驗的擴散點之分佈為厚端入光處分佈之擴散點為最小尺寸之直徑 10um，慢慢漸增至薄端為 40um，而圓凸點高度皆為 3.01um，而圓凸點中心間距皆為 0.1mm，並利用圓點之直徑大小來控制疏密之情形，所以當 LED 燈源將光線打入導光板內，光線碰到較小之擴散點時，大部份的光仍慢慢地往薄的一端傳遞，而薄端又為最大之圓直徑 40um，因此迫使光線於此時被完全打出，因而導致底部之光源強度較強，所以如欲改善此問題將必須由導光板擴散點的分佈著手，調整中間之擴散點分佈使光源能有效地往中間出光，以達光線均勻出光之目的，所產生的九點輝度值之各點分佈與均勻度，如表 12 所示。由結果得知本實驗所射出之導光板之光學性質不佳，其原因可能為如下幾點：

- (1)未先經由光學軟體對擴散點做有效的設計與分佈。
- (2)射出時，擴散點之轉移性不良，影響光學性質。
- (3)模具之模仁未經由鏡面拋光。
- (4)裁切過程中，未將導光板裁好，而導致漏光的情形。

但是經由前節得知，PMMA(壓克力)上之擴散點各尺寸能完全被轉移至表面，因此不是射出方面的問題，所以很肯定的是上述第一點才是造成光學性質不佳之最大的原因。但是因為本研究重點不在於光學上的設計，所以所產生之光學性質仍作為參考。

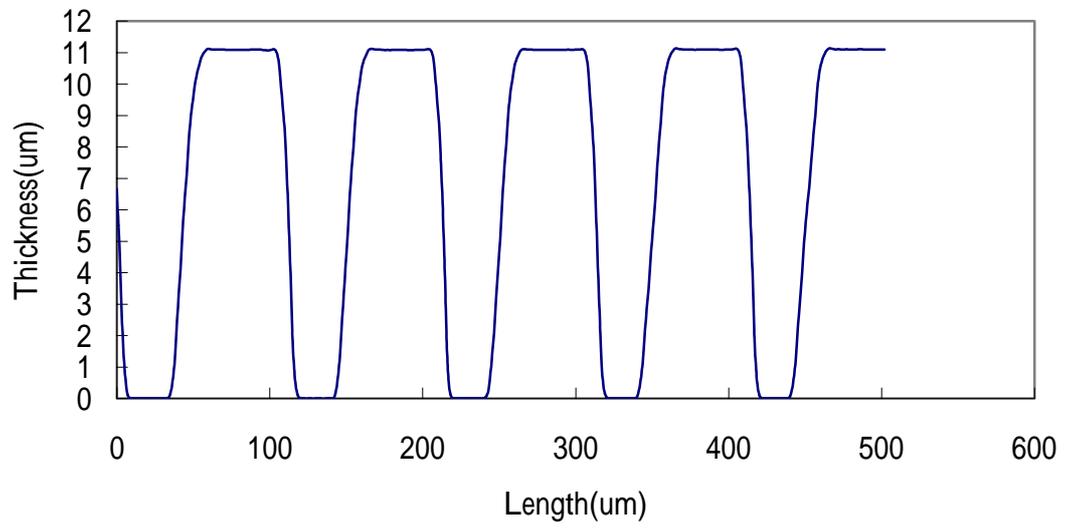


圖 53 SU-8 柱狀結構高度 11.1um

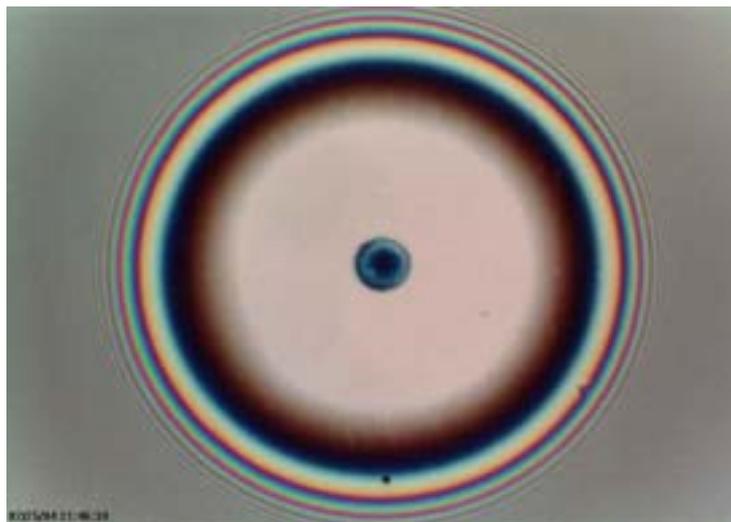


圖 54 氣泡現象

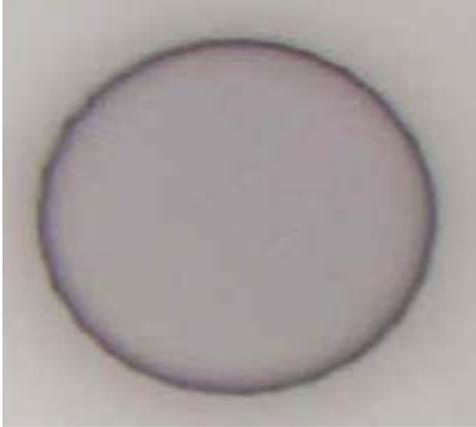


圖 55 50um 放大 500 倍



圖 56 40um 放大 500 倍



圖 57 30um 放大 500 倍



圖 58 20um 放大 500 倍



圖 59 10um 放大 500 倍

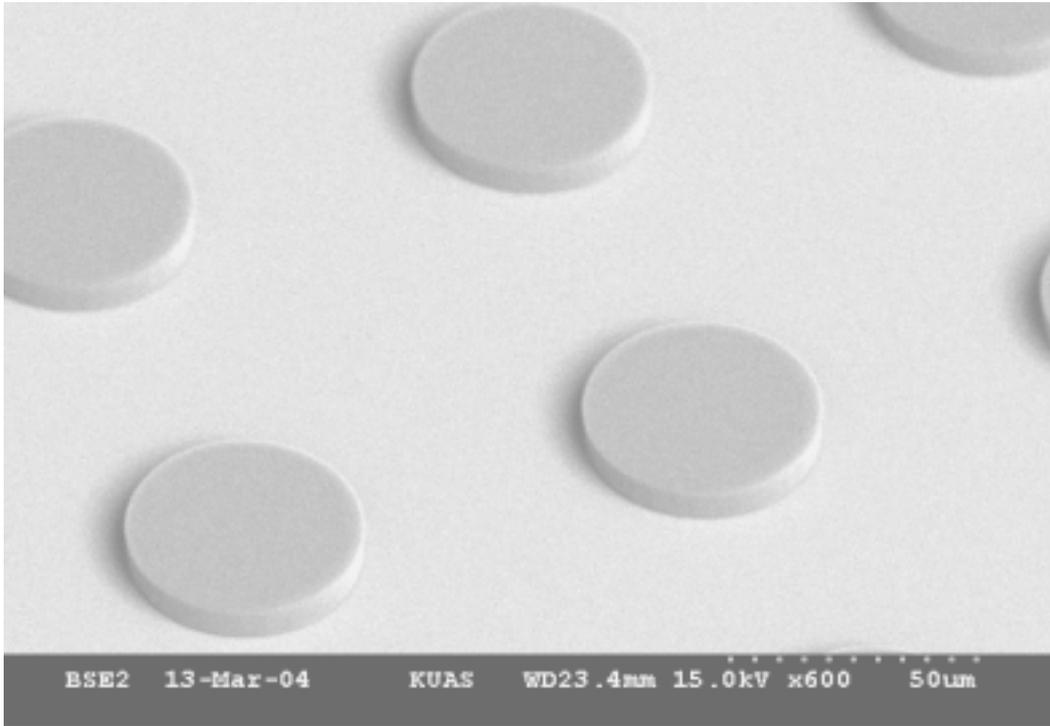


圖 60 柱狀微結構 SEM 圖

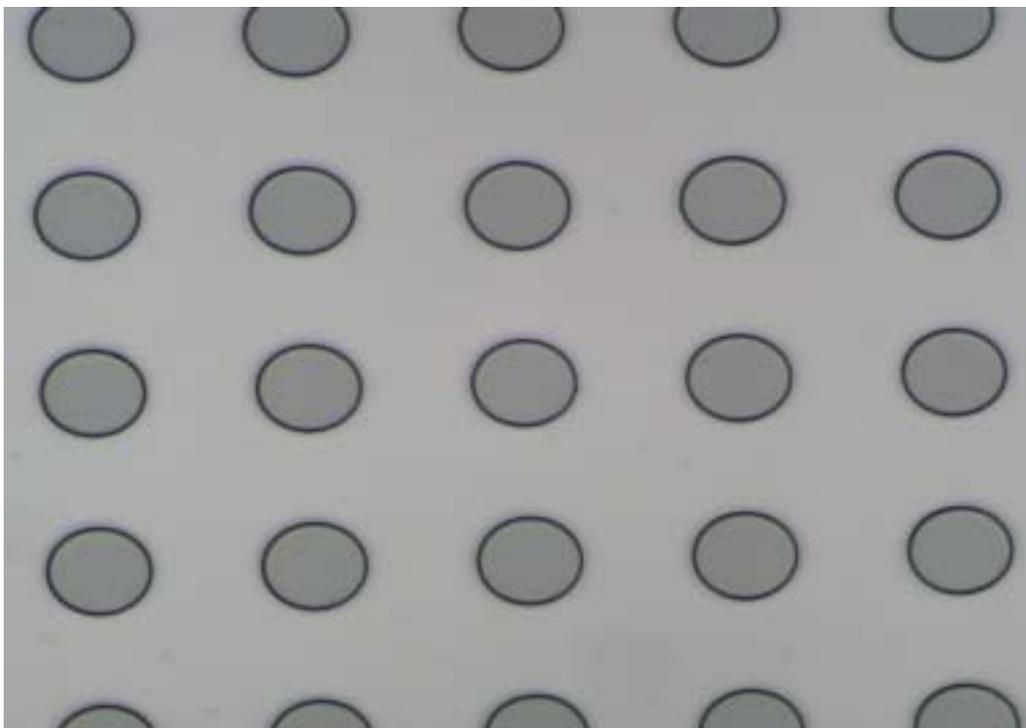


圖 61 柱狀結構 50um 俯視圖

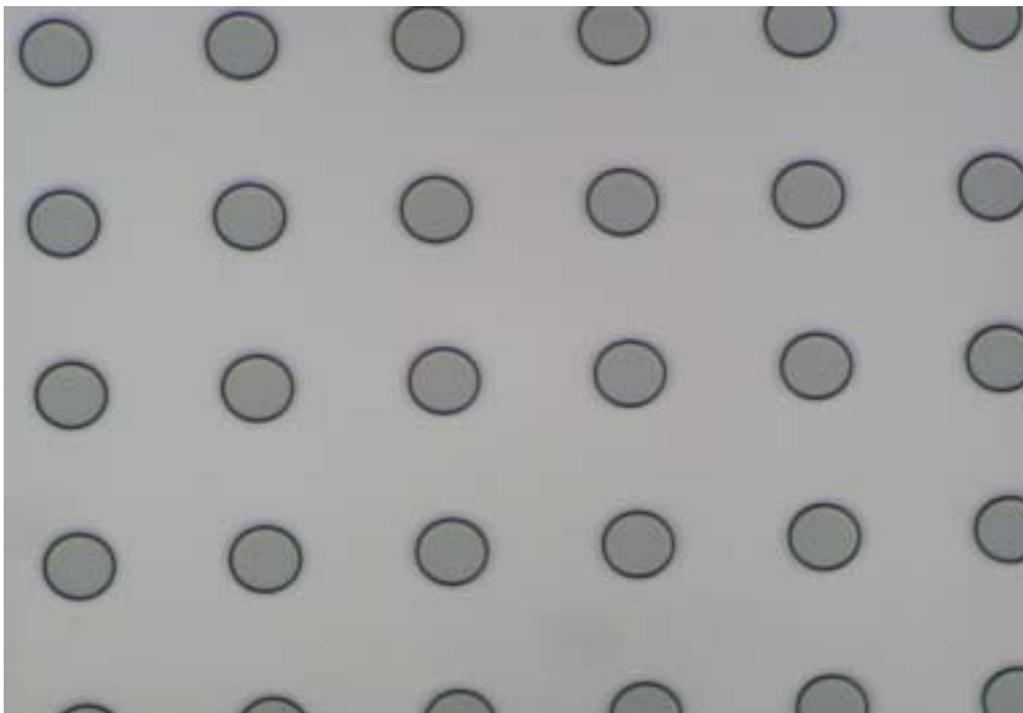


圖 62 柱狀結構 40um 俯視圖

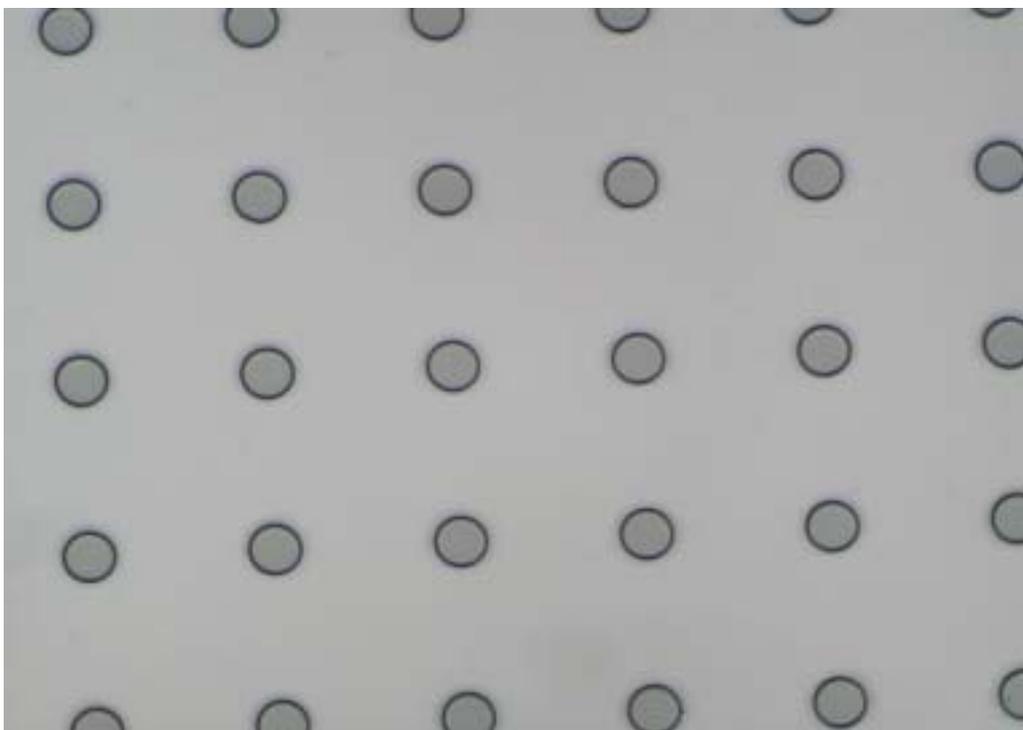


圖 63 柱狀結構 30um 俯視圖

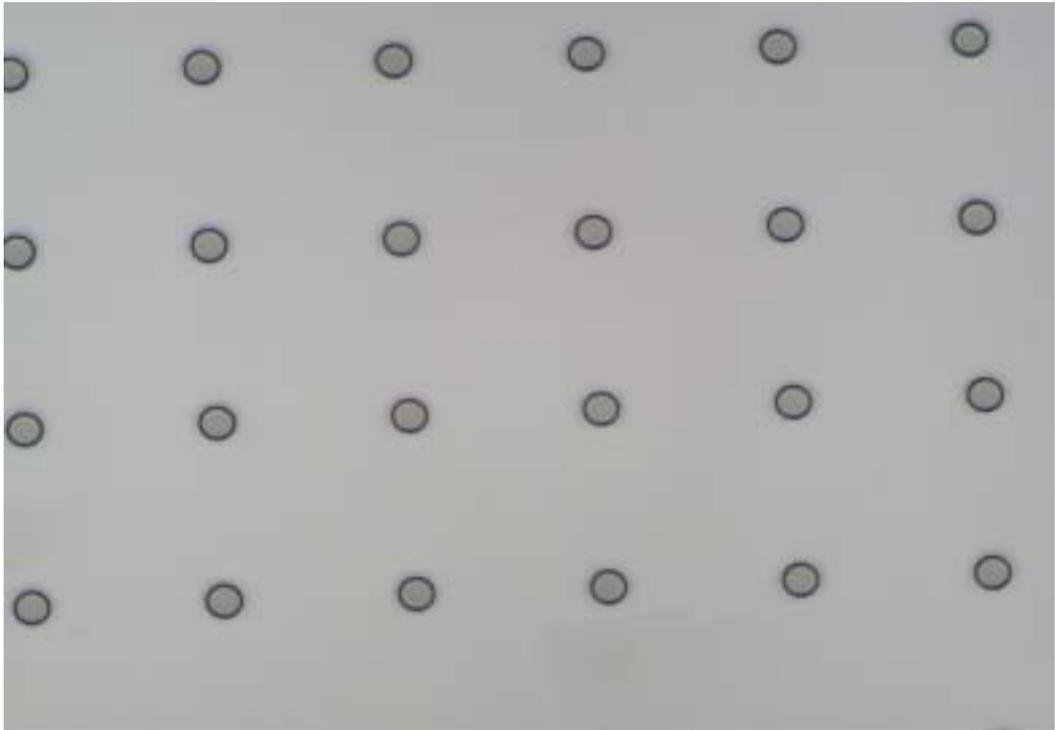


圖 64 柱狀結構 20um 俯視圖



圖 65 柱狀結構 10um 俯視圖

製程一

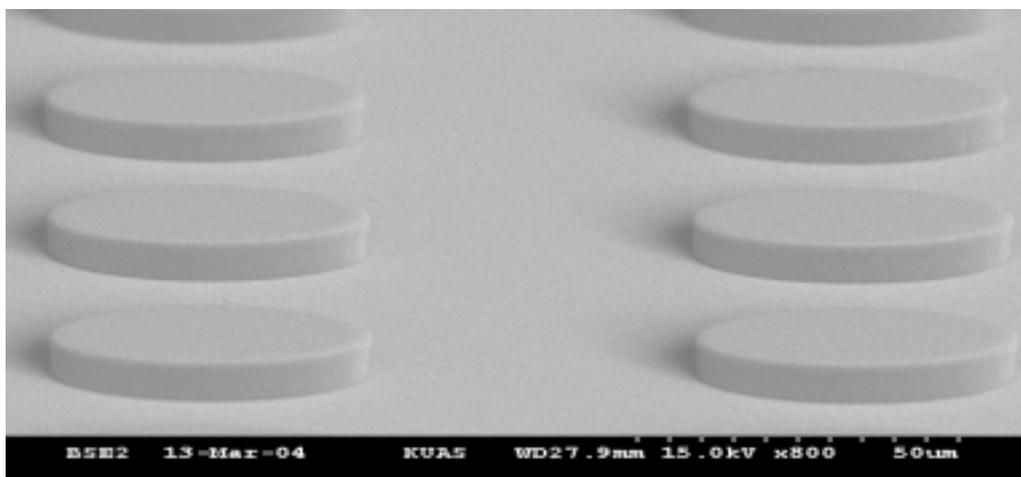


圖 66 加熱板 200 烘烤 20 min SEM 圖

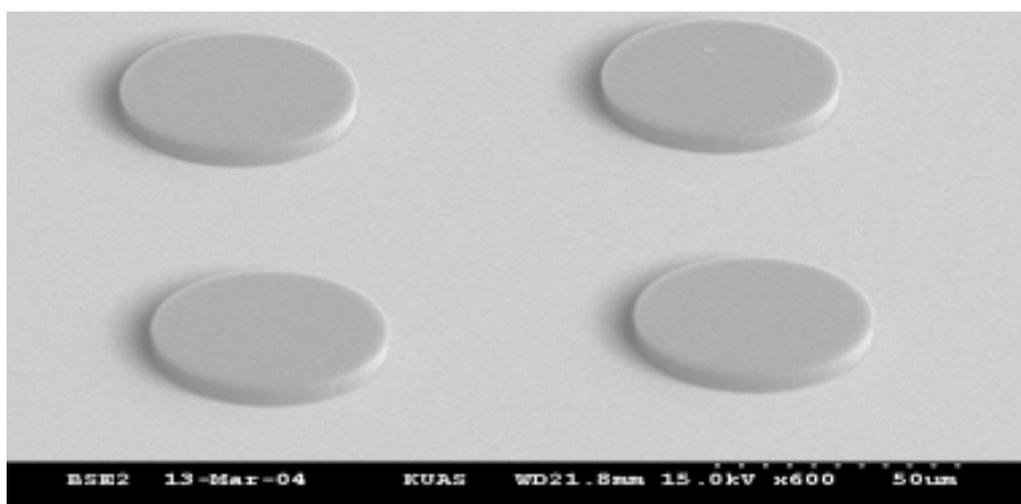


圖 67 加熱板 200 烘烤 60 min SEM 圖

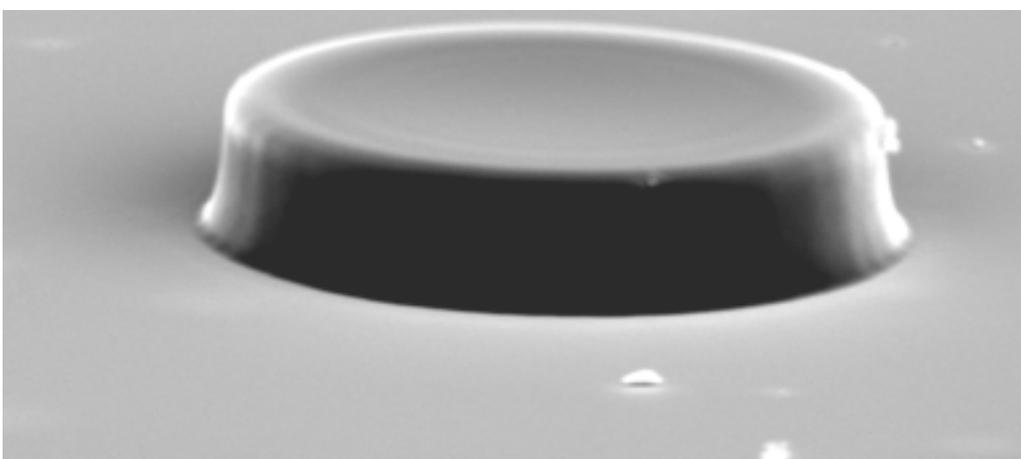


圖 68 加熱板 320 烘烤 5 min SEM 圖

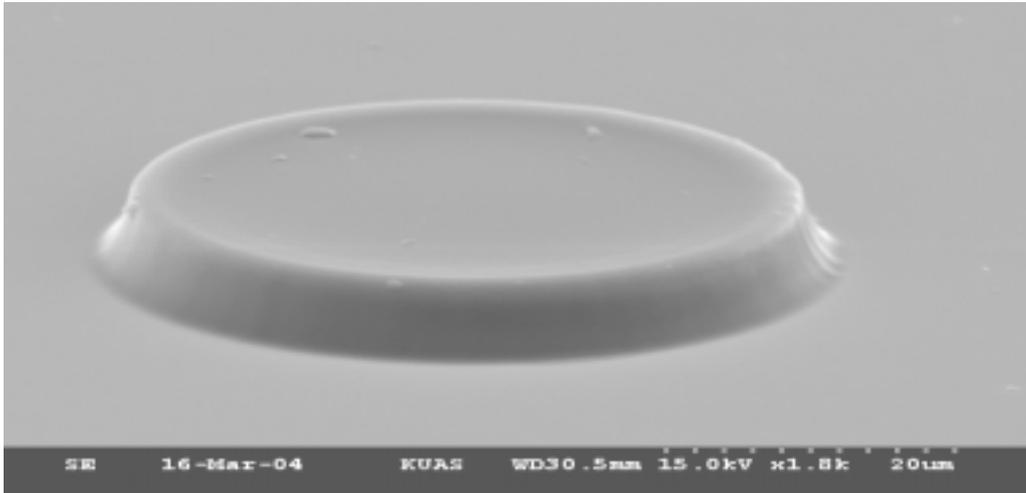


圖 69 加熱板 320 烘烤 25 min SEM 圖

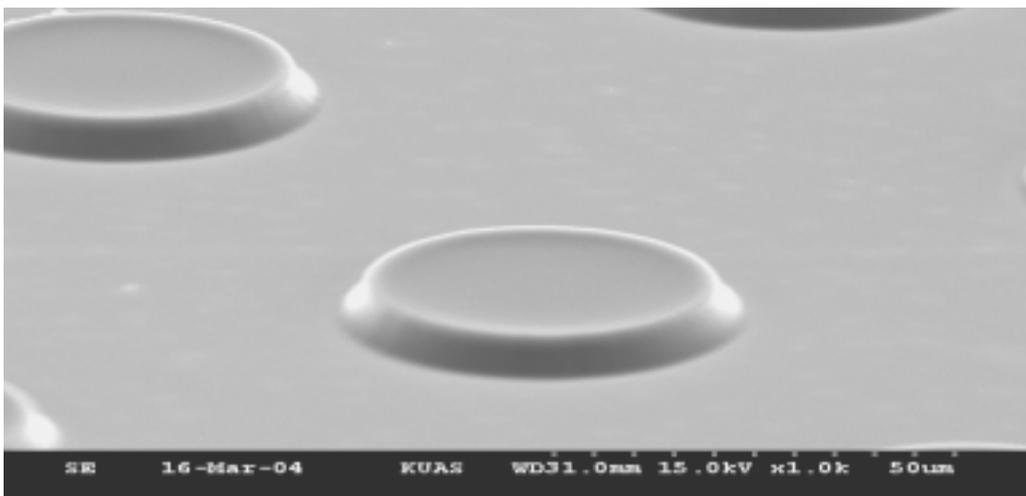


圖 70 加熱板 320 烘烤 60 min SEM 圖

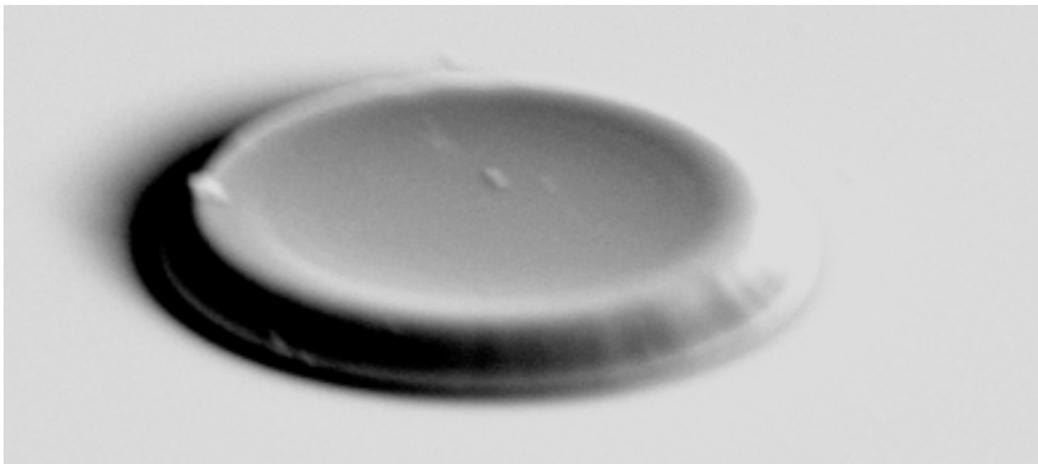


圖 71 加熱板 355 烘烤 2hours SEM 圖

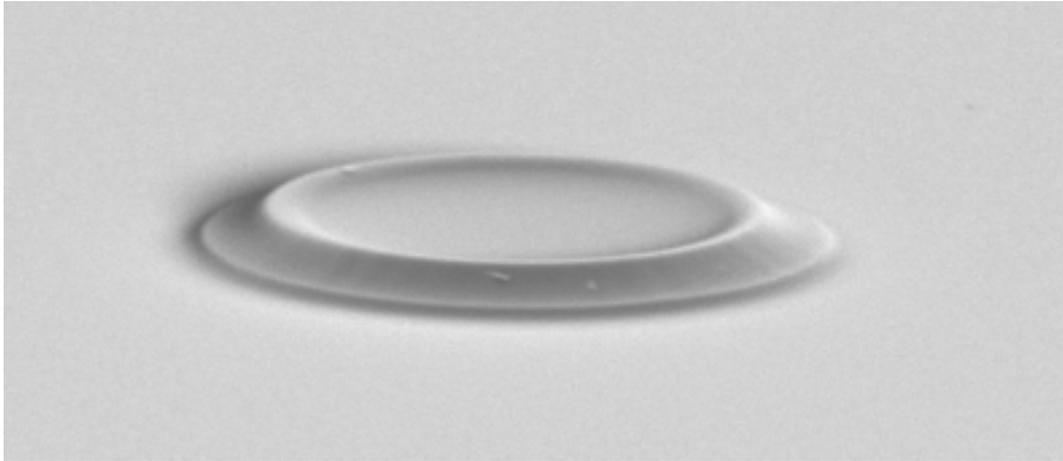


圖 72 加熱板 355 烘烤 4hours SEM 圖

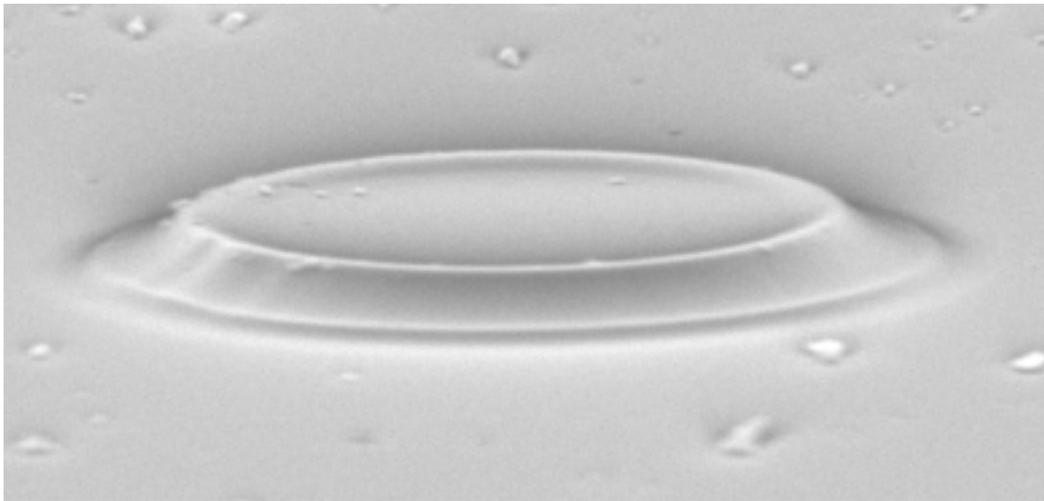


圖 73 加熱板 355 烘烤 6hours SEM 圖

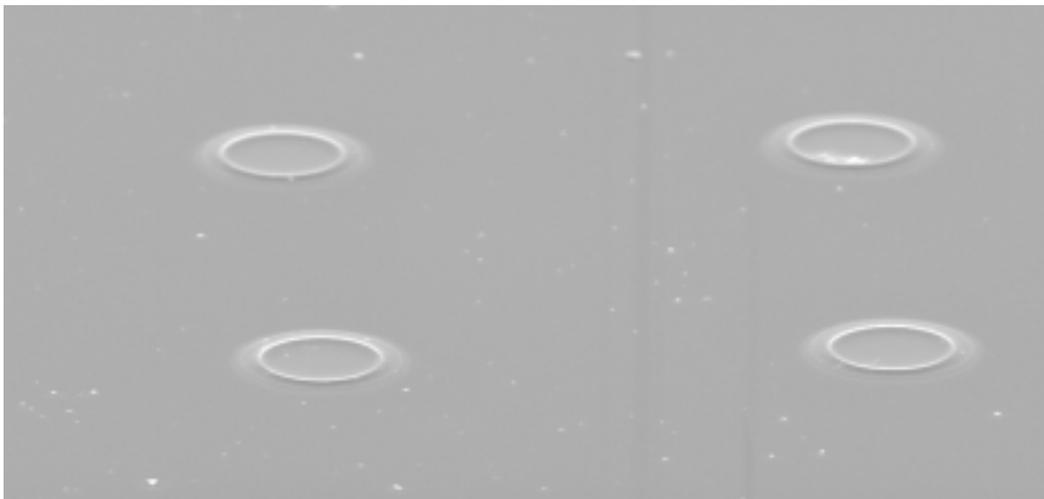


圖 74 加熱板 355 烘烤 8hours SEM 圖

製程二

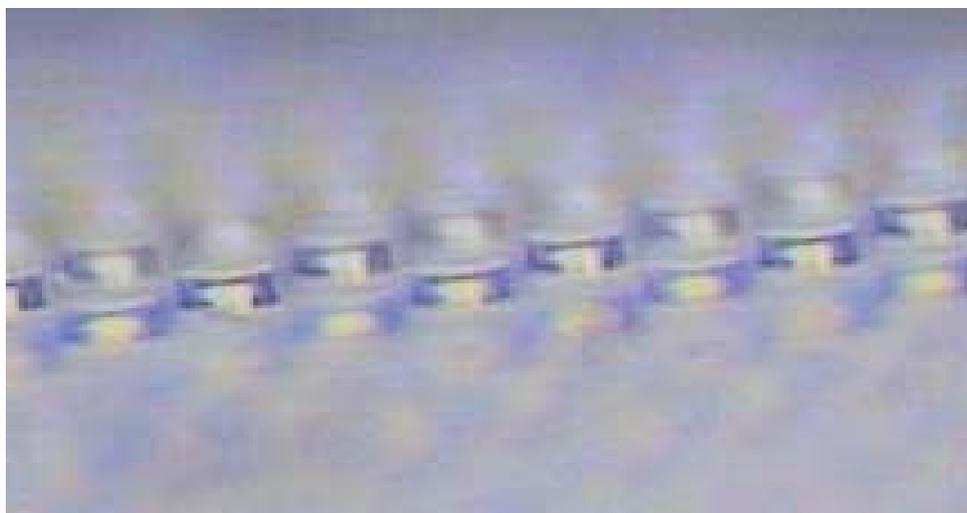


圖 75 烘烤箱 230 烘烤 2hours OM 圖



圖 76 烘烤箱 230 烘烤 3hours OM 圖

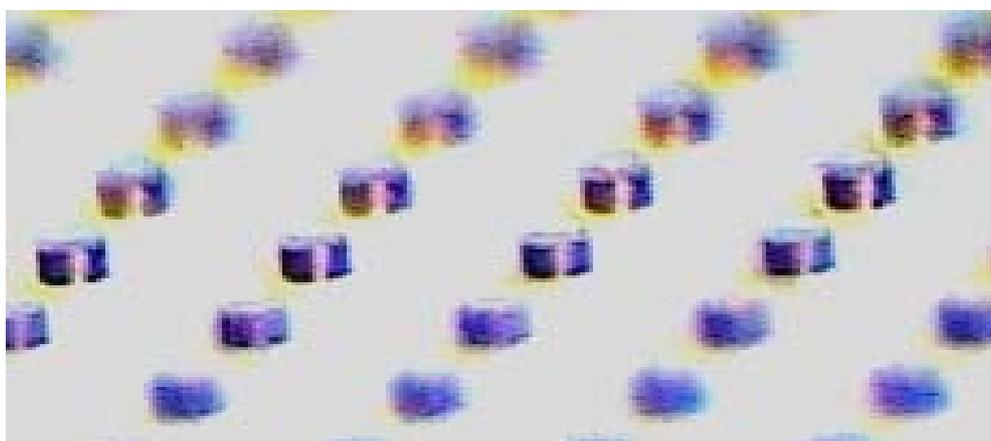


圖 77 烘烤箱 230 烘烤 4hours OM 圖

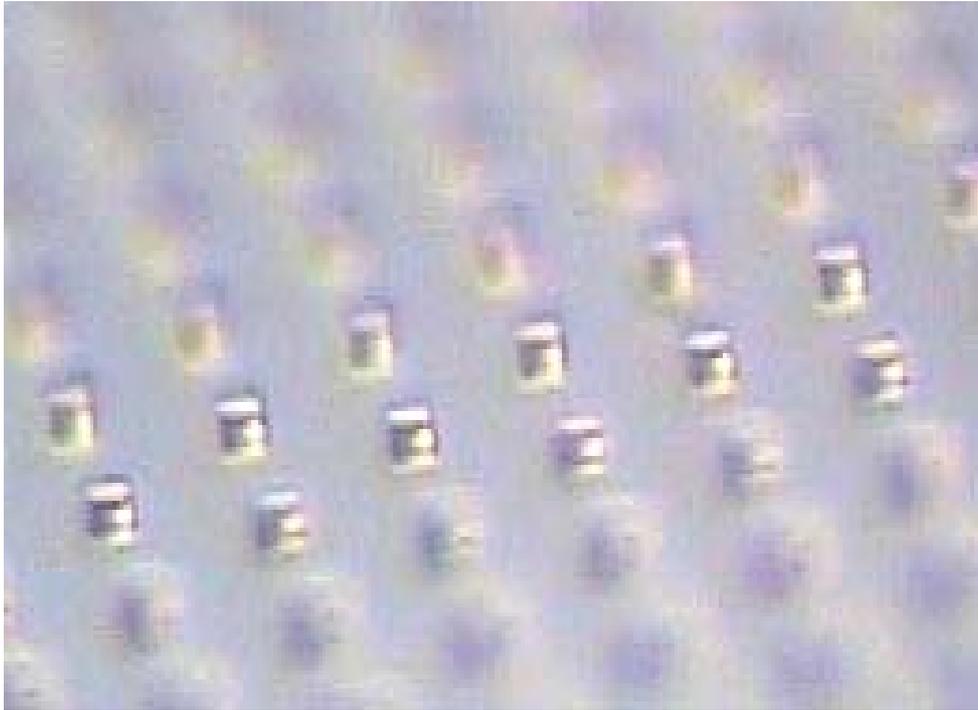


圖 78 烘烤箱 240 烘烤 2hours OM 圖

製程三

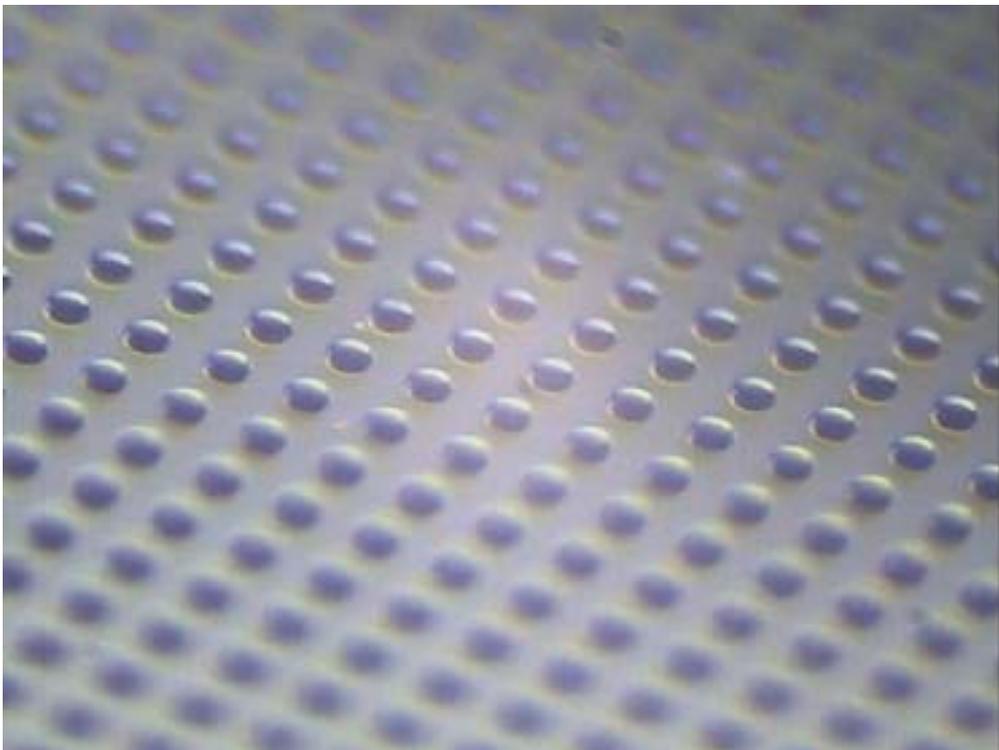


圖 79 加熱板 320 烘烤 1 hour OM 圖

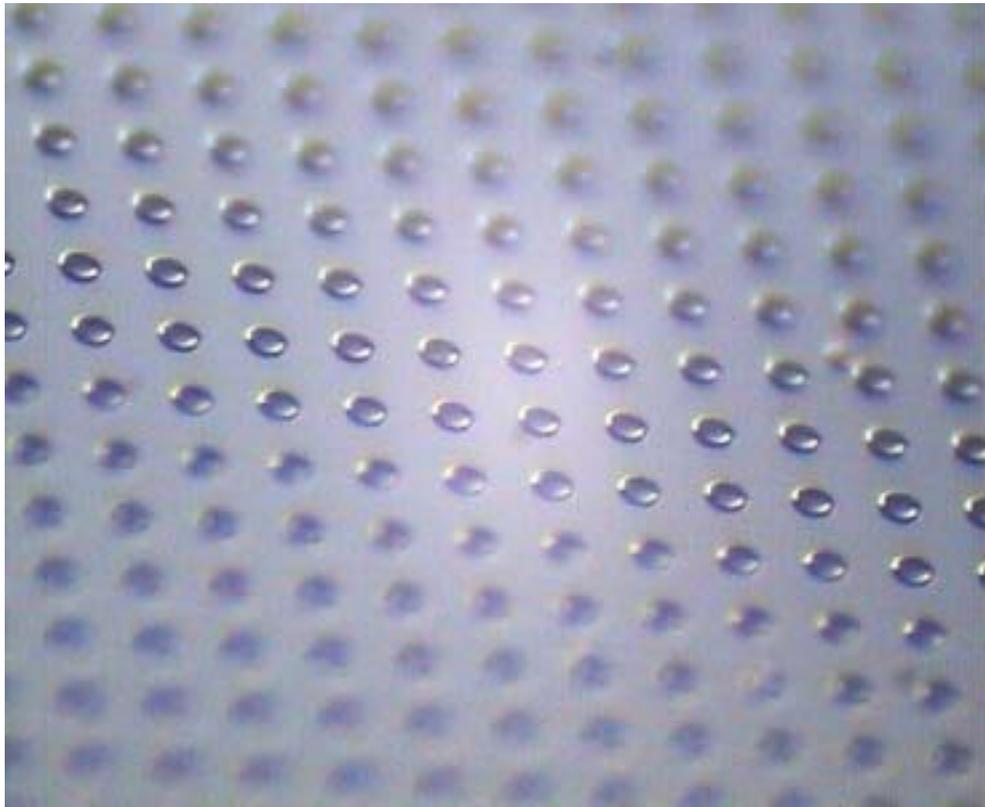


圖 80 加熱板 320 烘烤 2 hours OM 圖

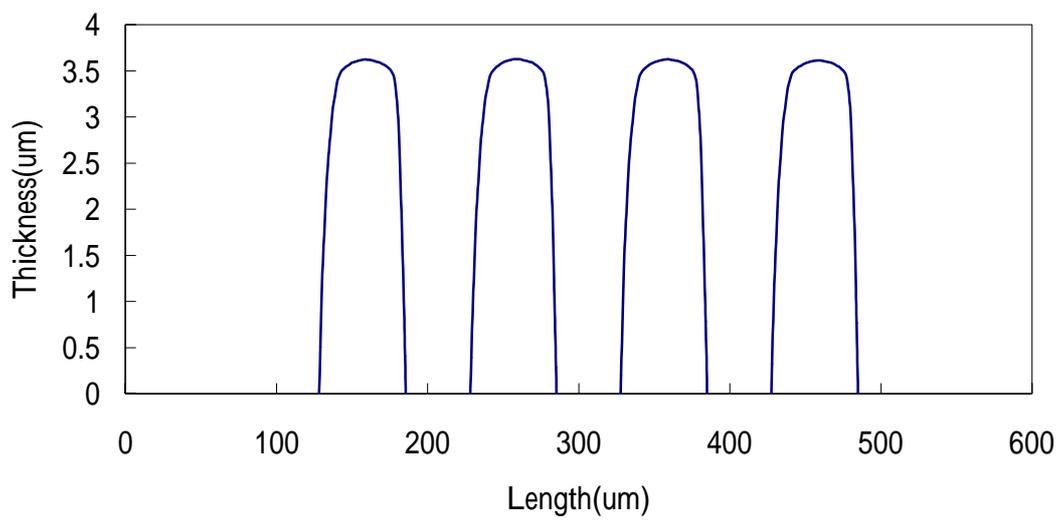


圖 81 SU-8 reflow 1hrs 結構高度 3.62um

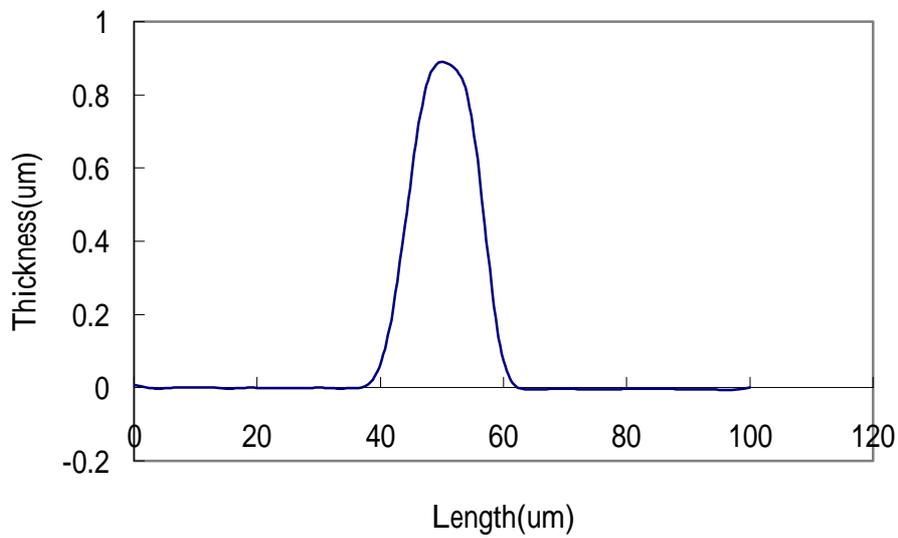


圖 82 SU-8 reflow 2hrs 結構高度 0.8855um

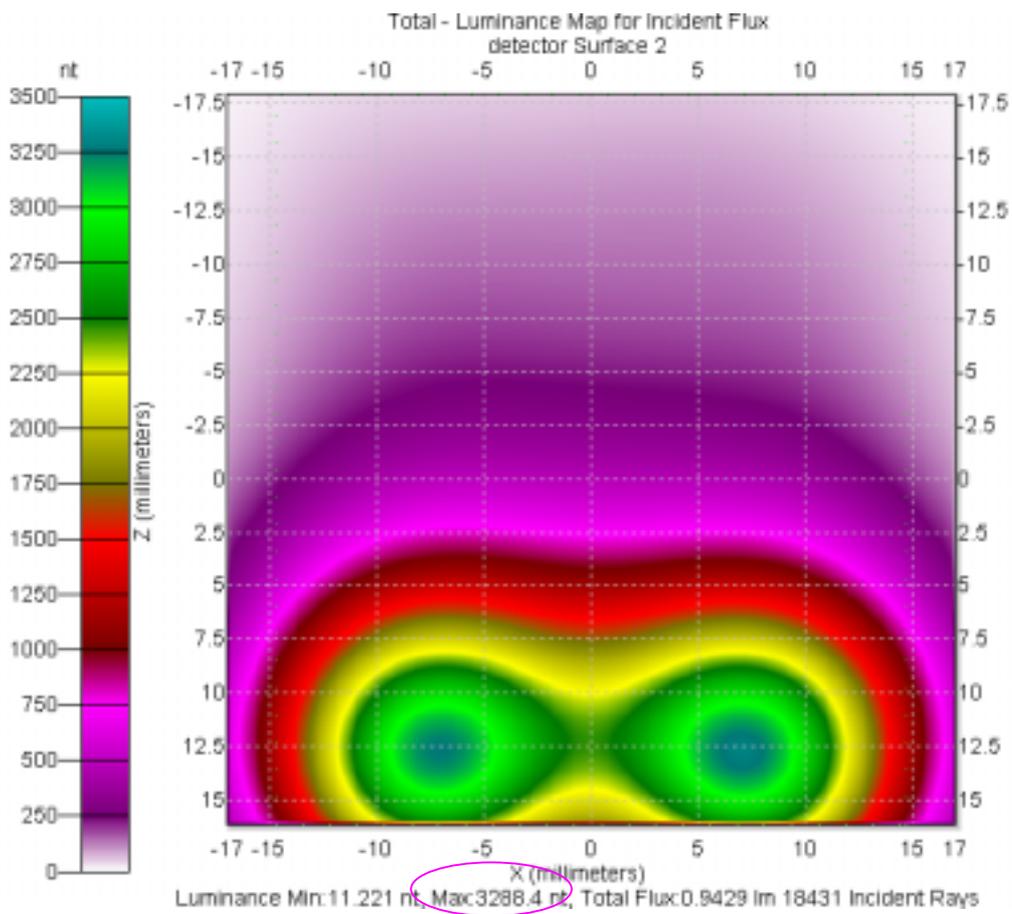


圖 83 reflow 1hrs 之輝度值

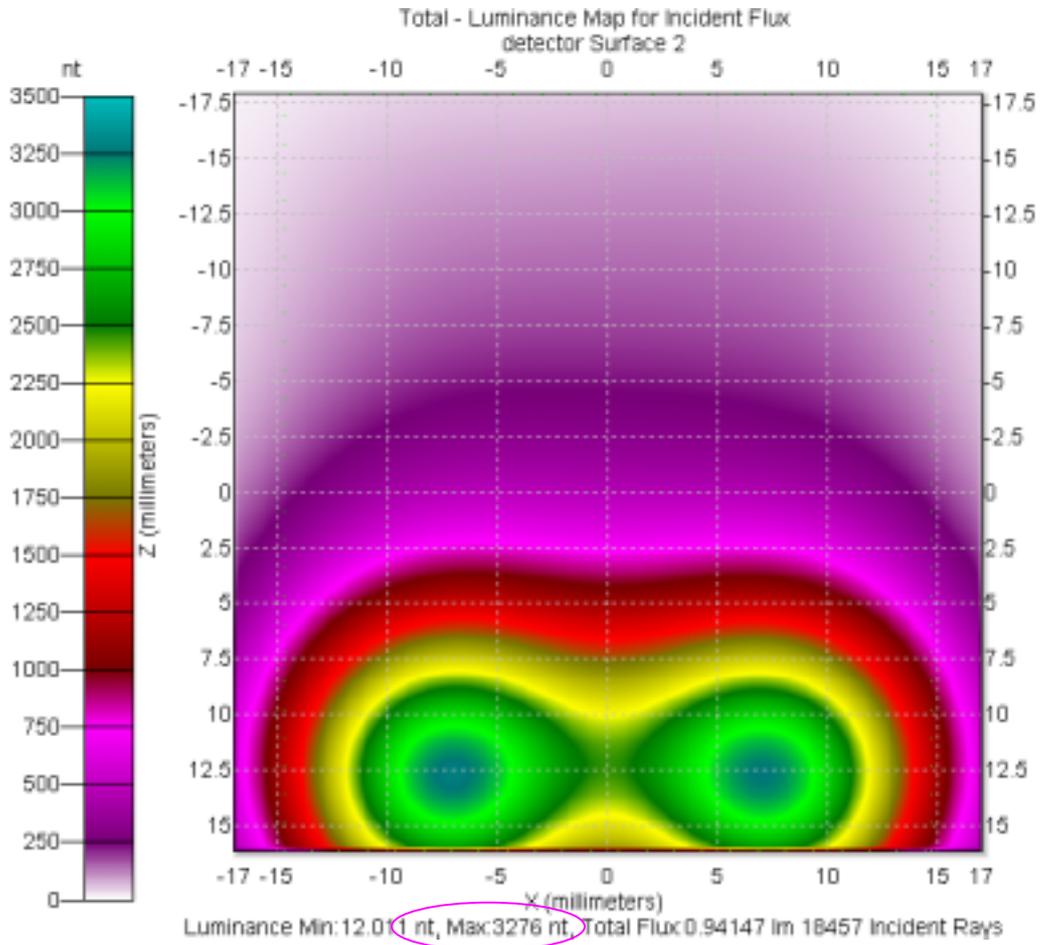


圖 84 reflow 2hrs 之輝度值

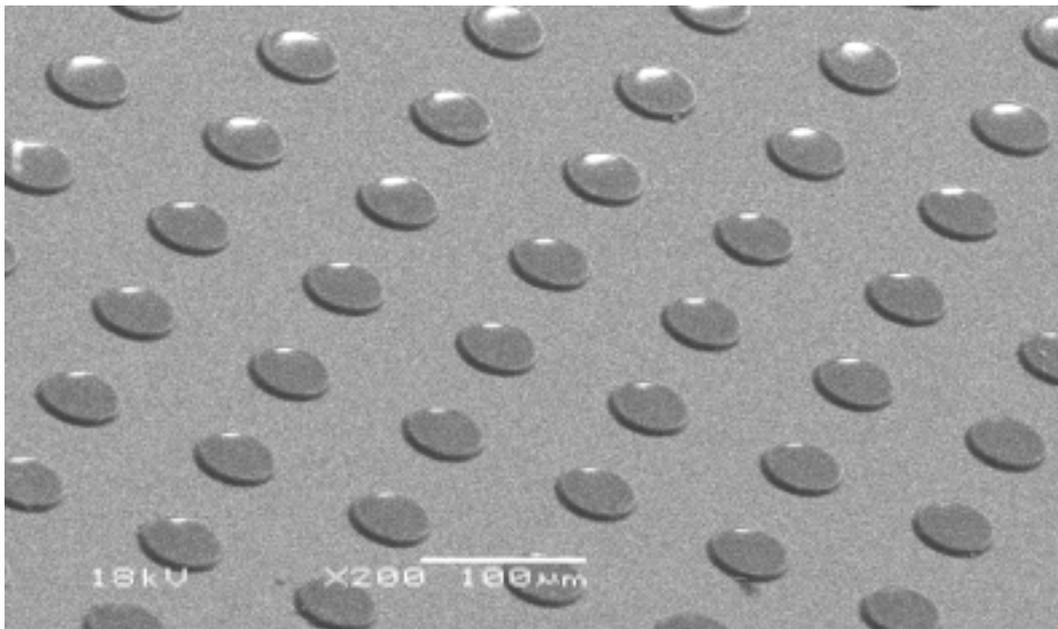


圖 85 50um reflow 結構 SEM 圖

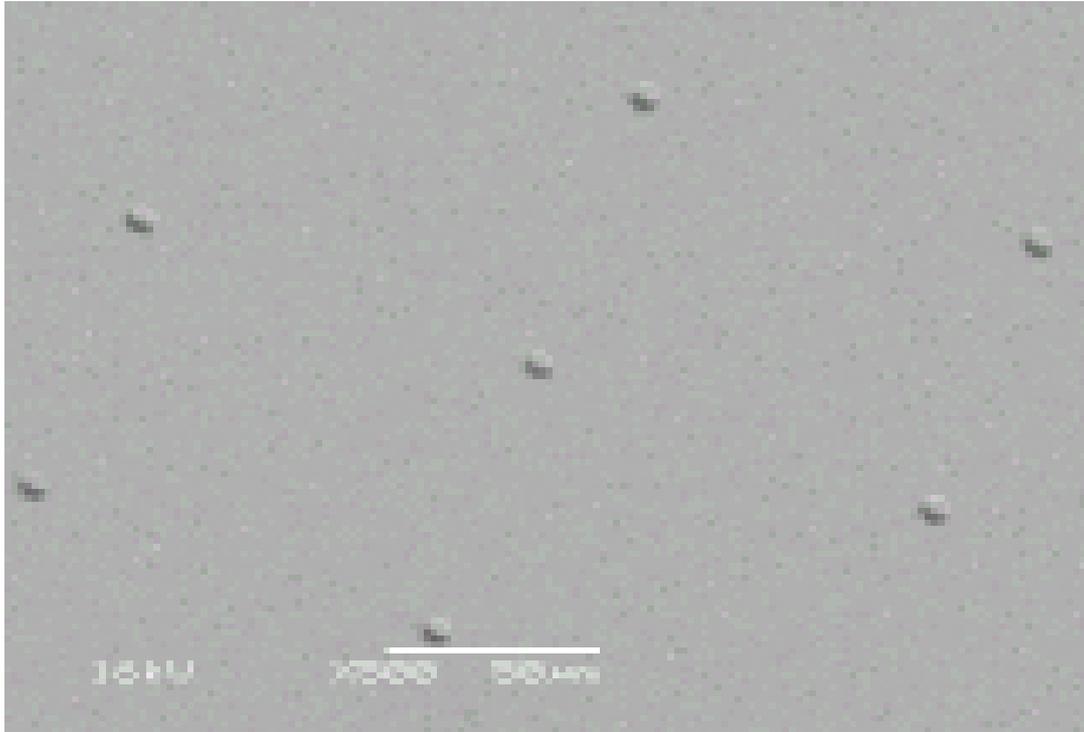


圖 86 10um reflow 結構 SEM 圖



圖 87 鍍層針孔的現象

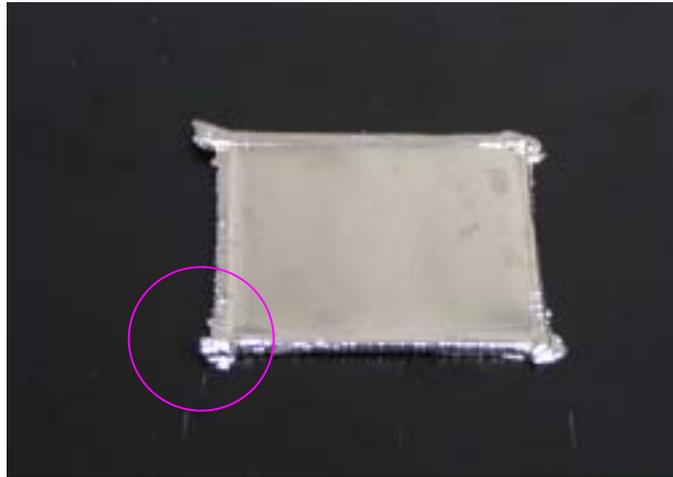


圖 88 邊緣電流聚集現象

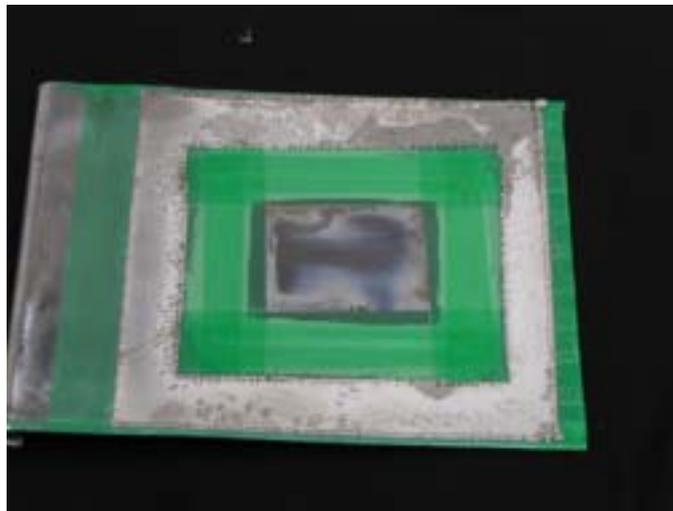


圖 89 虛設電鑄區



圖 90 翹曲現象

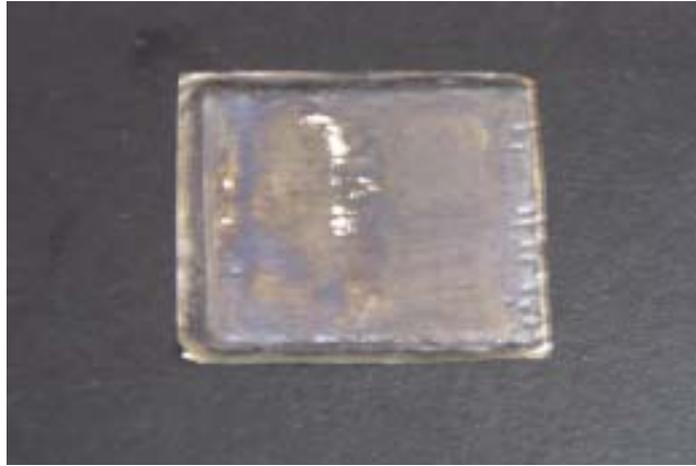


圖 91 鍍層燒焦現象



圖 92 鍍層分層現象



圖 93 鍍層模糊不堪現象



圖 94 脫模後光阻之殘留



圖 95 電鑄後之 stamper



圖 96 研磨後之 stamper

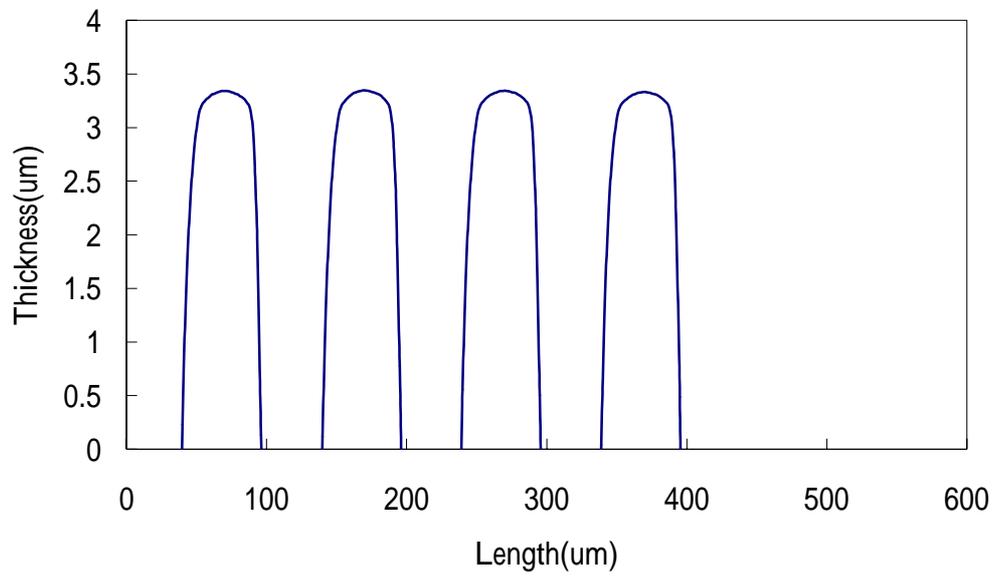


圖 97 電鑄後之微結構高度 3.34um

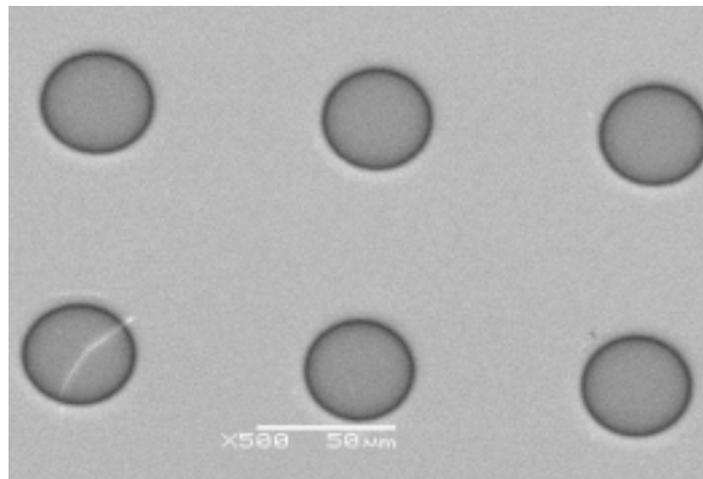


圖 98 電鑄後之微結構 50um 俯視圖

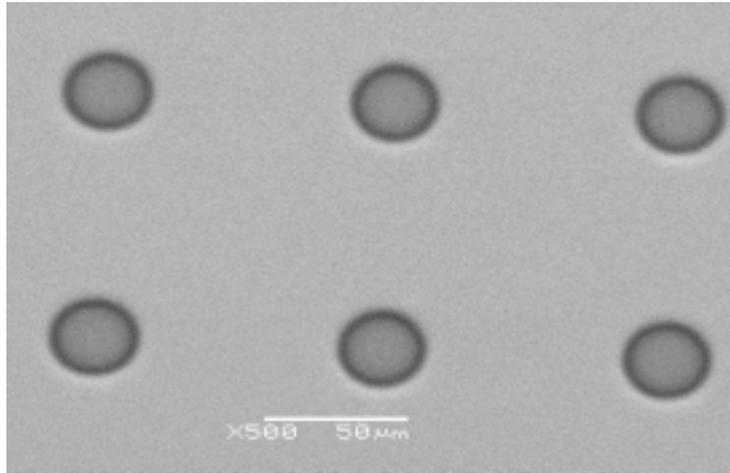


圖 99 電鑄後之微結構 40um 俯視圖

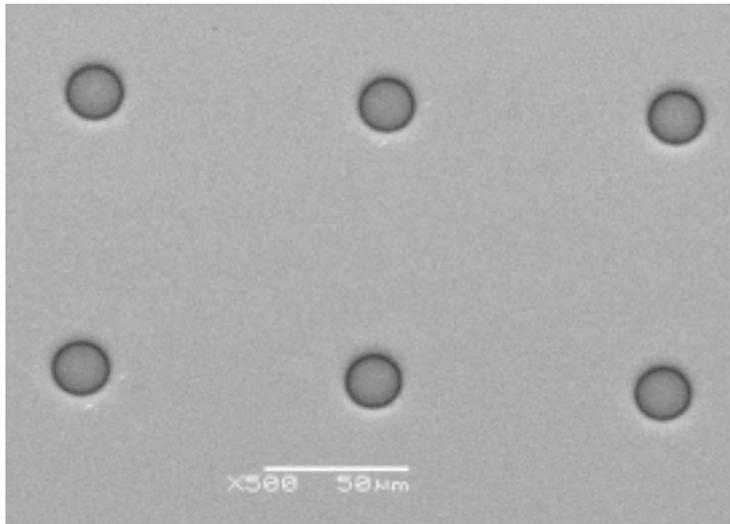


圖 100 電鑄後之微結構 30um 俯視圖

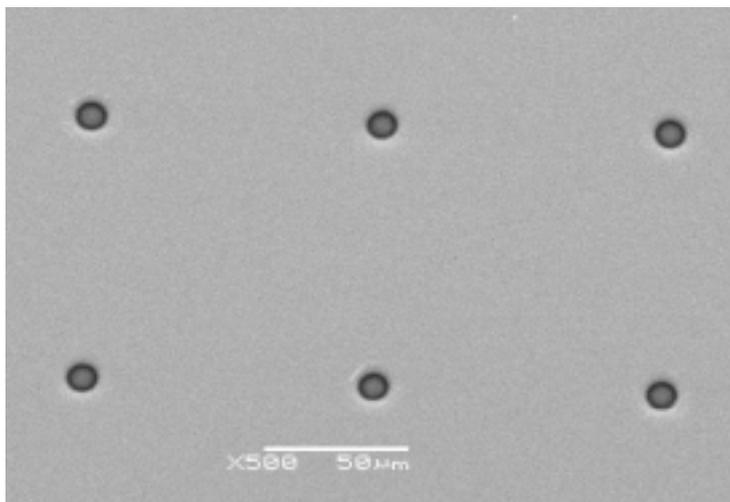


圖 101 電鑄後之微結構 20um 俯視圖

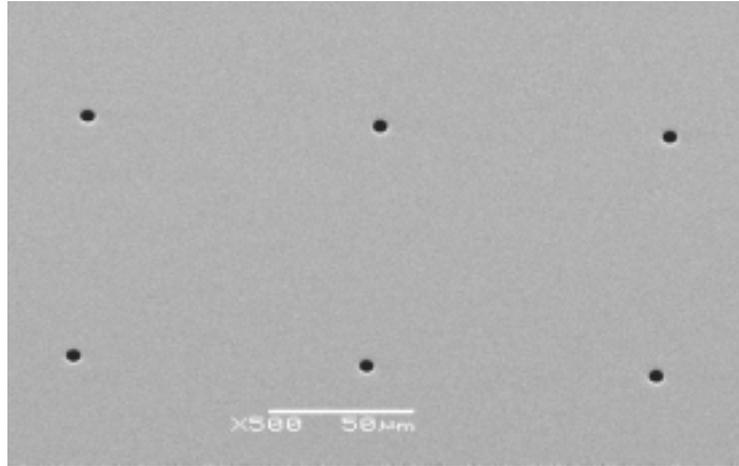


圖 102 電鑄後之微結構 10um 俯視圖

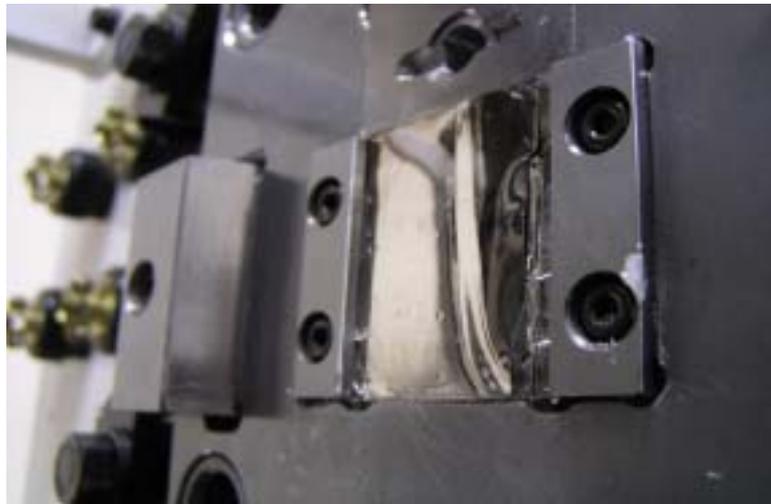


圖 103 厚度 0.1mm 鎳模仁之破裂情形

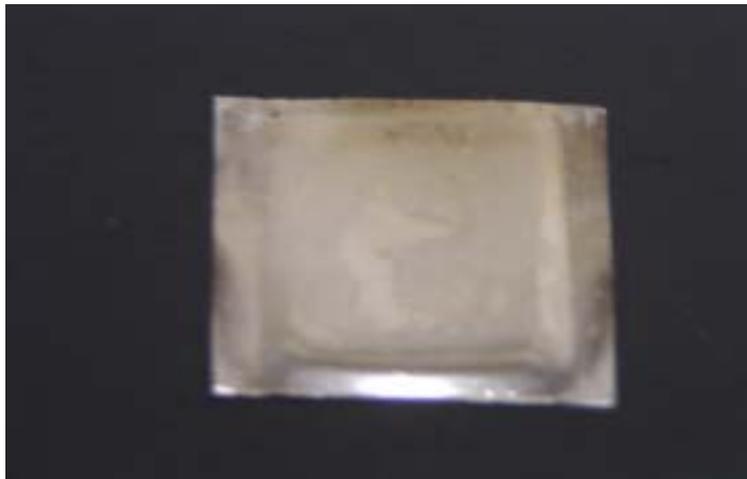
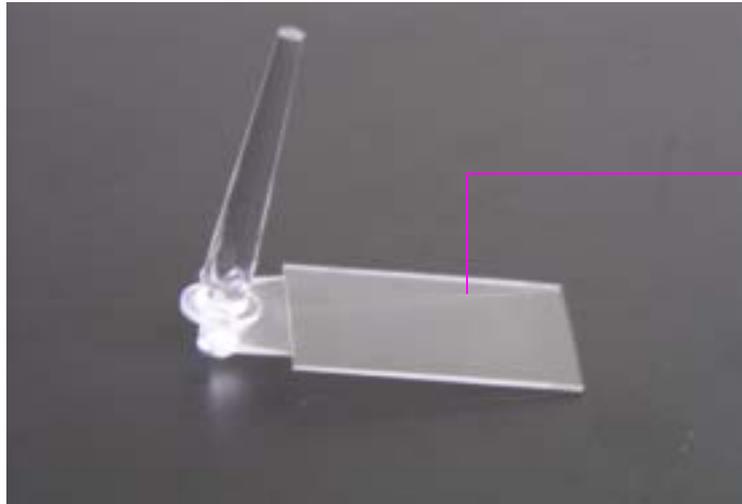


圖 104 厚度 0.4mm 鎳模仁變形之情形



此面為微結構面

圖 105 具微結構導光板之射出成品



圖 106 PMMA 微結構之 50um



圖 107 PMMA 微結構之 40um



圖 108 PMMA 微結構之 30um



圖 109 PMMA 微結構之 20um



圖 110 PMMA 微結構之 10um

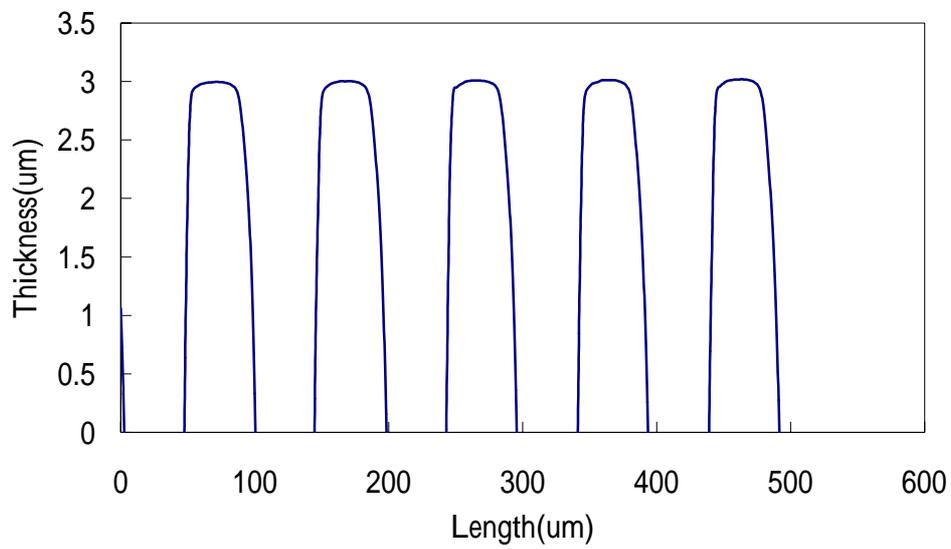


圖 111 PMMA 微結構高度 3.01um

表 11 導光板射出成型參數

成形項目	成形參數
料溫	250
射速	85 mm / s
保壓壓力	80MPa
保壓時間	7 秒
模溫	80
冷卻時間	30 秒

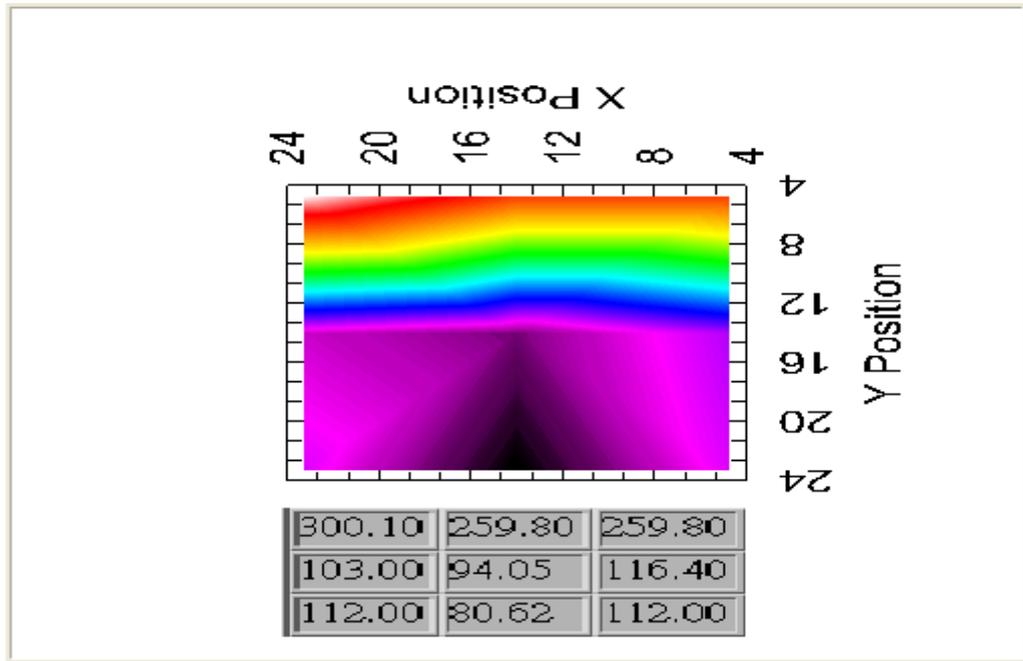


圖 112 導光板輝度圖

表 12 九點輝度值之各點分佈與均勻度

各點編號	輝度	位置 X	位置 Y
1	300.1	23.3	4.7
2	103	23.3	14
3	112	23.3	23.3
4	259.8	14	4.7
5	94.05	14	14
6	80.62	14	23.3
7	259.8	4.7	4.7
8	116.4	4.7	14
9	112	4.7	23.3
平均值	159.75		
輝度最大	最大位置	輝度最小	最小位置
300.1	1	80.62	6
均勻度	26.864		

## 六、結論

### 1. 在微影製程方面

- (1) 於本製程所製得的柱狀微結構之側壁接近垂直度，主要是因為所給予的曝光劑量適當與光阻本身的材料性質使所製得的微結構側壁接近垂直度，而且如果曝光劑量過多或不足則將造成結構尺寸上的誤差。
- (2) 於此實驗製程中最感到困惑的是氣泡問題，因為此問題亦影響微結構的完整性，雖然利用烘烤箱烘烤可大量改善此問題，但是仍會有殘餘的氣泡未完全除去，因此亦可再準備一支針筒將未去除的氣泡吸除以得到較佳之薄膜。
- (3) 經由本實驗此製程參數後，於電鑄後與基材脫模時，微結構不會輕易脫落，所以可知除了脫模劑的濃度與時間的控制外，微影製程的烘烤時間亦要控制適當，才不易導致因 SU-8 光阻對基材的黏附性不佳而造成在電鑄脫模後，SU-8 光阻沾附於鍍模仁(Ni stamper)之現象。

### 2. 在 SU-8 熱迴流(reflow)製程方面

- (1) 由此實驗的三個製程條件所得之結果，本實驗成功完成 SU-85 光阻之熱迴流(reflow)製程，由實驗得知，SU-8 光阻於溫度 300 以上其結構較容易產生變化，且加熱方式以採用加熱板較適合。
- (2) SU-8 光阻之熱迴流重要的影響條件完全取決於熱迴流(reflow)之烘烤溫度、時間與曝光後烘烤(PEB)時間之控制，如果控制的適當，則所出來的熱迴流(reflow)現象將相當良好，但如果未控制得宜，則所產生的結果可能看不出熱迴流(reflow)現象仍呈現柱狀結構或是光阻已融化了甚至呈現火山狀之現象。
- (3) 產生火山狀的原因是因為 SU-8 於曝光後烘烤(PEB)階段時，烘烤時間不夠，使 SU-8 光阻未能充份鏈結，所以於顯影時，顯影液侵入光阻內，使在熱迴流時的高溫狀態下，導致顯影液被蒸發出來才會產生火山狀的現象。因此產生火山狀之最大影響因素為曝光後烘烤(PEB)之時間的控制，所以不同的厚度則所需的烘烤時間、製程條件亦會不同，所以應當反覆實驗才可尋求較佳之製程參數，所產生的結果也會較佳。
- (4) 亦可利用犧牲層的技術，將所熱迴流的 SU-8 光阻取下，即可作為微透鏡使用。

### 3. 在微電鑄製程方面

- (1) 本實驗所使用之 SU-8 光阻液，有經過熱迴流(reflow)之烘烤固化後，更增加了光阻的鏈結(crosslinking)，因此在去除上之困難度亦增高許多。本實驗搭配微影製程參數並以脫模劑濃度 5%，時間 35 秒，成功翻製導光板微結構，並使 SU-8 光阻於基板上，不沾附於鍍模仁內，以解決 SU-8 去除之困難。
- (2) 本實驗使用低電流密度翻製鍍模仁，雖然所花費時間會較長，但是可以有效得到晶粒緻密且微細之鍍層。
- (3) 在本實驗所使用的微電鑄設備中，有些已是固定的條件，例如攪拌方式、過濾循環、鍍槽設計、鍍液主要成分濃度等，所以這些我們無法去改變它，因此我們只能去改變的是電流的大小、PH 值和溫度的控制以及添加劑的含量，並使鍍液的主要成分濃度維持一定和確切的前處理等，所以如果好好的控制這些操作條件以及管理鍍液，則亦可鍍出所需要的鍍件。
- (4) 由實驗得知用微電鑄翻模，可得到表面光滑而無需經由拋光亦可得到鏡面之效果，但是前提之下，導電層之表面必需光滑才會有如此佳之表面結構，因此建議使用金之導電層。

### 4. 在精密射出製程方面

- (1) 本實驗採用厚度 0.4mm 之鍍模仁嵌入所設計固定的方式，並抽以真空吸附，成功地完成射出製程，並將導光板上全部的尺寸 50~ 10um 之微結構射出。
- (2) 在轉寫性方面，能成功的將電鑄上之微結構翻印出來，所翻印出之微結構形狀為半圓弧，所以微結構在脫離鍍模仁會較容易，如果所翻出之形狀為柱狀，因此在脫模時，會產生死角而難以脫模，甚至將微結構殘留於鍍模仁上，造成轉寫性不良之情況。
- (3) 真空幫浦之選擇很重要，至少吸附的真空力需大於塑料對 stamper 的剝離力。
- (4) 除了此法外，亦可使用較簡單的方式，也就是電鑄較厚之鍍件，然後加以研磨以嵌入模具內即可，雖然較耗費時間與成本，但此法之強度一定能抵抗長期開模時，塑件對鍍模仁的剝離力。

(5) 或著使用熱熔法，先電鑄一片鎳薄片，再於鎳薄片之底部用熔點較低之金屬，例如鋁金屬，熔至所需之厚度後，再加以研磨，即可嵌入模具內，但是此法需考慮到金屬與金屬之附著性，因此需加以實驗才可確定是否適用。

## 參考文獻

- [1] 吳貞欽等, 2003, " LIGA 製程在導光板模具製作之應用 ", 2003 模具技術與論文發表會論文集, 台北, 頁 95-99。
- [2] 吳偉裕, 2003, 精密射出成型於導光版微結構之研究, 龍華科技大學, 碩士論文。
- [3] 楊啟榮, 1998, " 微系統 LIGA 製程技術 ", 科儀新知, 19 卷, 4 期, 頁 4~17, 2 月。
- [4] 李明達, 2002, 矽元件與積體電路製程, 初版, 全華出版社, 臺北市。
- [5] 楊啟榮等編著, 2001, " 微系統類 LIGA 製程光刻技術 ", 科儀新知, 第二十二卷, 四期, 頁 33-45, 2 月。
- [6] 尤枝彰, 90, 超細纖維紡口研製, 國立清華大學, 碩士論文。
- [7] 楊啟榮、強玲英、黃奇聲, 2000, "微系統 LIGA 製程之精密電鑄技術", 科儀新知, 21 卷, 6 期, 頁 15-27, 6 月。
- [8] 張振銓, 91, 高深寬比微結構模仁的製作程序的研究-利用矽基加工技術, 國立交通大學, 碩士論文。
- [9] Taek Kim, et al, 1997, "A Fabrication of GaN Micro-Lens", LEOS Summer Topical Meeting, pp54-55。
- [10] 莊達人, 2001, VLSI 製造技術, 四版, 高立圖書出版, 臺北市。
- [11] 劉博文, 2001, ULSI 製程技術, 初版, 文京圖書出版, 臺北縣中和市。
- [12] 劉明岳等編著, 2002, " 微透鏡陣列製程技術之發展現況與應用 ", 機械工業雜誌, 頁 168-176, 8 月。
- [13] H.Hocheng, et al, 2002, "Formation of micro-lens by reflow of dual photoresist" Microprocesses and Nanotechnology, pp198-199。
- [14] Yasushi Ishikawa ,et al, 2003, "Drastically Reduced Dark Current by Pulse -Time-Modulated Plasma for Precise Micro Lens Fabrication in Highly Sensitive CCD Image Sensor", Technical Digest - International Electron Devices Meeting, pp393-396。
- [15] 楊啟榮等編著, 1999, " SU-8 厚膜光阻於微系統 UV-LIGA 製程的應用 ", 科儀新知, 第二十卷, 五期, 頁 45-56, 4 月。
- [16] 林銘徽, 1995, "VLSI 光罩製作", 電子月刊, 第一卷, 一期, 頁 116-123,

8月。

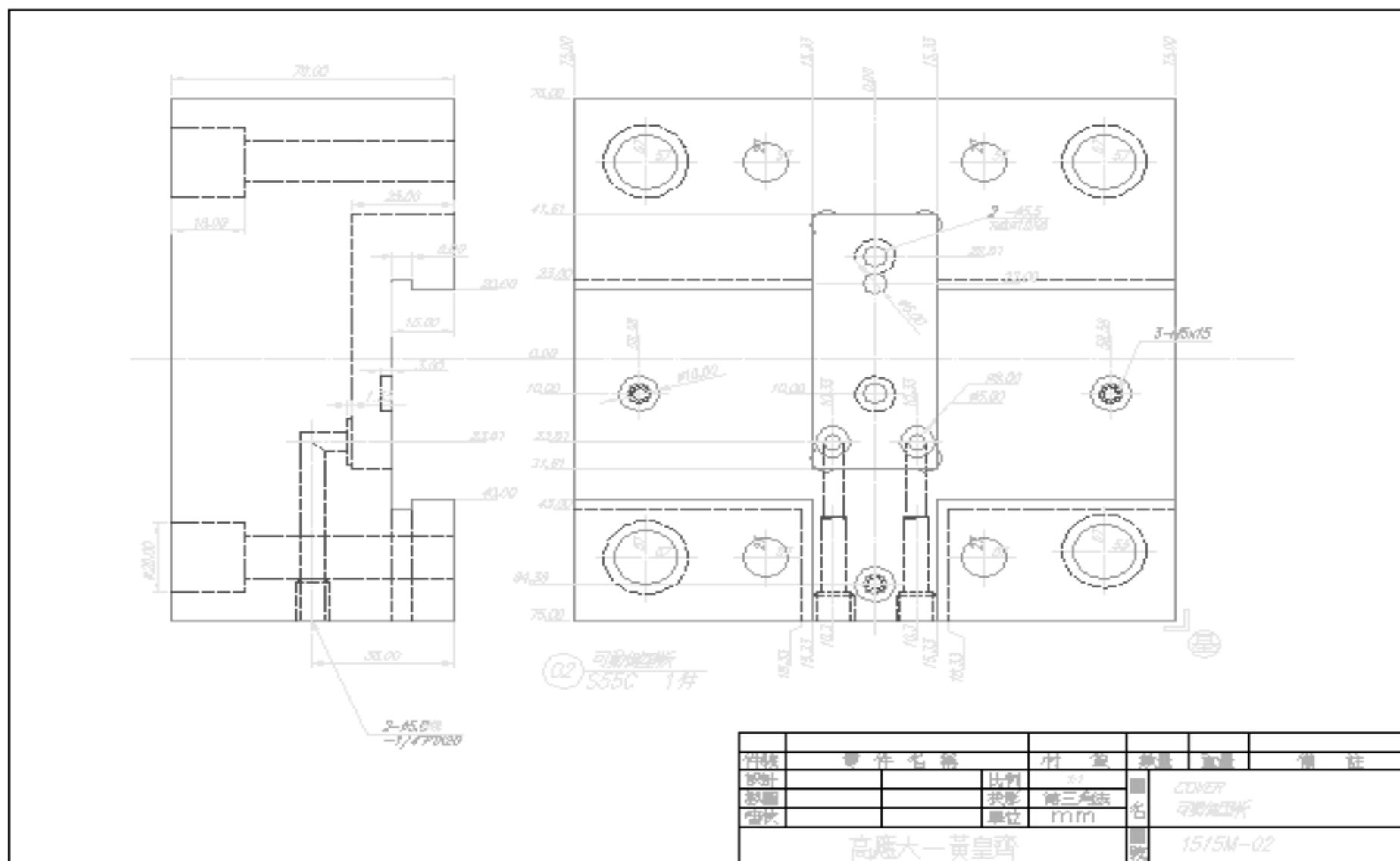
- [17] 林西音，1971，金屬電鍍學，初版，五洲出版，臺北市。
- [18] 蘇癸陽，張良謙，1990，實用電鍍理論與實際，修訂五版，復文出版社，臺南市。
- [19] 尤光先，電鍍工程學，八版，徐氏基金會印行，臺北市。
- [20] 沈永康，2000，“微量精密射出成型之發展”，模具技術資訊，63期，頁31-43。
- [21] 嘉平等編著，2002，半導體工程：先進製程與模擬，初版，普林頓發行，臺北縣五股鄉。
- [22] 楊芯蘋，92，應用於微流體元件之微射出成型研究，國立成功大學，碩士論文。
- [23] 陳夏宗，92，導光板導光設計之研究，中原大學，碩士論文
- [24] S.Massoud-Ansari, et al., 1996, "A Multi-Level, LIGA-Like Process for Three Dimensional Actuators", Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems, pp285-289。
- [25] 蘇紹安，90，非印刷式背光模組光學模擬分析，中華大學，碩士論文。
- [26] 陳秀春，2001，“微小光學元件製作技術應用”，光學工程，第七十五期，頁58-64，9月。
- [27] Novak E S Farrington and Stavros Iezekiel, 2001, "Investigation into the use of SU-8 in the Fabrication of a Micro-Optical Bench for Hybrid Optoelectronic Integration and Packaging", Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems, pp164-167。
- [28] 宋仰，1980，鍍鎳的理論與實務，徐氏基金印行，臺北市。
- [29] 張瑞斌，91，微電鍍技術及其在生物晶片之應用，國立成功大學，碩士論文。
- [30] 陳建州，90，非等向性蝕刻製程於矽基板之應用翻鑄模仁與矽基板 V 型凹槽，國立中山大學，碩士論文。
- [31] 楊奇勳，90，利用 SU-8 光阻二次塗佈製作 2.5D 微結構之製程研究，國立交通大學，碩士論文。
- [32] Pei-Pei Ding，92年，Process Optimization of Thick Resist Layer Lithography，國立台灣大學，博士論文。
- [33] M.Depsont,etal,1997,“HIGH-ASPECT,ULTRATHICK,NEGATIVE-TONE

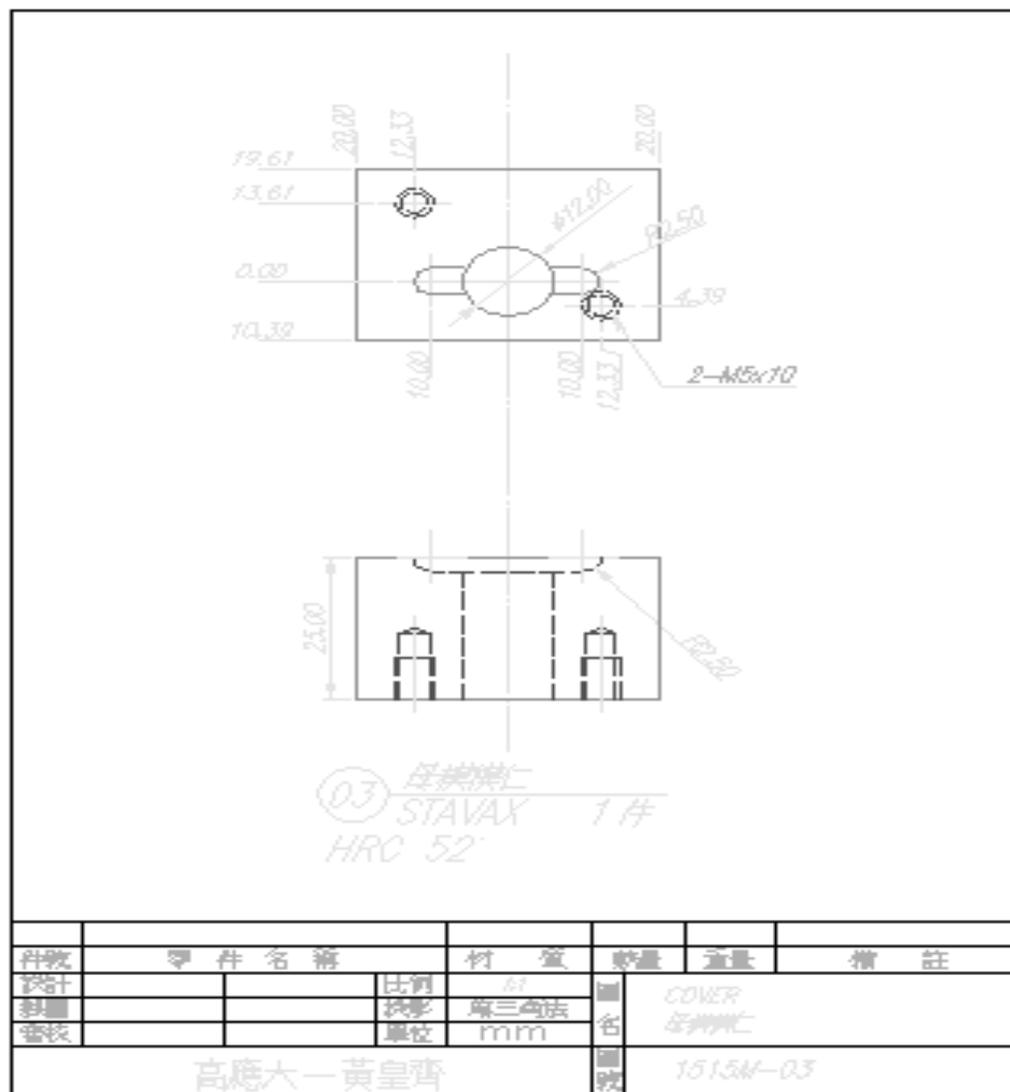
- NEAR-UV PHOTORESIST FOR MEMS APPLICATION”, Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems, pp.518-522。
- [34] 丁志華等編著，”厚膜光阻微影系統簡介”，奈米通訊，第十卷，二期，頁 30-42。
- [35] 謝建文等編著，2003 年，”微機電類 LIGA 噴孔片電鑄模製程技術”，電子月刊，第九卷，一期，頁 133-143，1 月。
- [36] 李嘉平等編著，2002，半導體工程：先進製程與模擬，初版，普林頓發行，臺北縣五股鄉。
- [37] J.Thaysen, et al, 2002, ”SU-8 BASED PIEZORESISTIVE MECHANIC A L SENSOR”, Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems, pp320-323。
- [38] 陳啟東，1999，”微影技術簡介”，科學月刊，第三十卷，三期，頁 202-209，3 月。
- [39] 楊詔中，2002，”LIGA 技術於微光學元件應用”，機械工業雜誌，頁 201-213，5 月。
- [40] 程曜，1996，”LIGA 技術簡介”，電子月刊，第二卷，四期，頁 67-71，4 月。
- [41] 賴明雄，2002，”電子束表面蒸鍍技術”，工業材料雜誌，182 期，頁 110-119，2 月
- [42] MICRO CHEM, 2001 年，”NANO SU-8 Negative Tone Photoresists Formulations2-25”。
- [43] 柯世宗，1999 年，微細深孔電鑄鍍之研究，中正理工學院，碩士論文。
- [44] Wemin Qu, et al., 1999, ”UV-LIGA：A Promising and low-cost Variant for Microsystem Technology”, Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems , pp380-383。
- [45] 施垂廷，1998，微射出成型技術於微機電系統之應用與研究，國立雲林科技大學，碩士論文。
- [46] S.K.Sampath , et al , 2001 , ”Rapid MEMS Prototyping using SU-8 , Wafer Bonding and Deep Reactive Ion Etching” , Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems , pp158-161。
- [47] 邱振倫，2001，使用 SU-8 與電鍍技術設計製作，國立交通大學，碩士論文。

- [48] A.Wong and D.Linton, 2000, "Application of SU-8 in Flip Chip Bump Millimeter Wave Applications", Proc.IEEE Micro Electro Mechanical Systems, pp204-209.
- [49] 謝嘉民, 古進譽, 2003, "光阻曝光後延遲烘烤對線寬影響之分析", 奈米通訊, 第六卷, 二期, 頁 1-7, 9 月。
- [50] 周敏傑等編著, 2002, "Nano-LIGA 技術介紹及展望", 機械工業雜誌, 頁 148-155, 8 月。
- [51] R.Ruhmann, et al, 2002, "SU-8-a high performance material for MEMS applications", POLYMERS IN MEMS, pp45-46.
- [52] 科盛科技, 2002, CAE 模流分析技術入門與應用, 初版, 全華出版, 台北市。
- [53] 張景學, 吳昌崙, 2000, 半導體製造技術, 初版, 文京圖書出版, 臺北縣中和市。
- [54] 羅仁權等編著, 2001, "微射出成型技術綜論", 機械工業雜誌, 頁 93-105, 10 月。
- [55] 楊啟榮等編著, 2000, "微系統 LIGA 製程之精密電鑄技術", 科儀新知, 第二十一卷, 六期, 頁 15-27, 6 月。 [56] 曹丙丁, 1997, '精密射出成型技術', 機械工業雜誌, 頁 141-147, 6 月。
- [56] 張文華, 1998, 塑膠模具結構與製造實務, 三版, 全華出版, 台北市。
- [57] 王大倫, 1982, 實用電鍍學, 六版, 徐氏基金會印行, 臺北市。
- [58] 張永彥, 1998, 實用塑膠模具學, 三版, 全華出版, 台北市。
- [59] 白蓉生, 1981, 電鍍教程, 徐氏基金會印行, 臺北市。
- [60] Dr. R. J. Kendrick, 1996, "電鑄原理與應用", 金屬表面技術雜誌, 頁 25-37, 6 月。
- [61] 林東堯, 1999, "微細電鑄鎳技術之研究-母模製作方式對電鑄鎳膜之效應", 表面工作雜誌, 頁 33-37, 1 月。
- [62] 文生, 1997, "電鑄及氨基磺酸鎳浴", 表面技術雜誌, 頁 70-78, 9 月。
- [63] 胡慧萍, 王紀雯, 1993, "電鑄之材料及藥劑", 材料與社會, 61 期, 頁 81-85, 1 月。
- [64] 鄭旭里, 1994, "鎳電鑄模具技術與國內發展契機", 材料與社會, 84 期, 頁 87-88, 12 月。

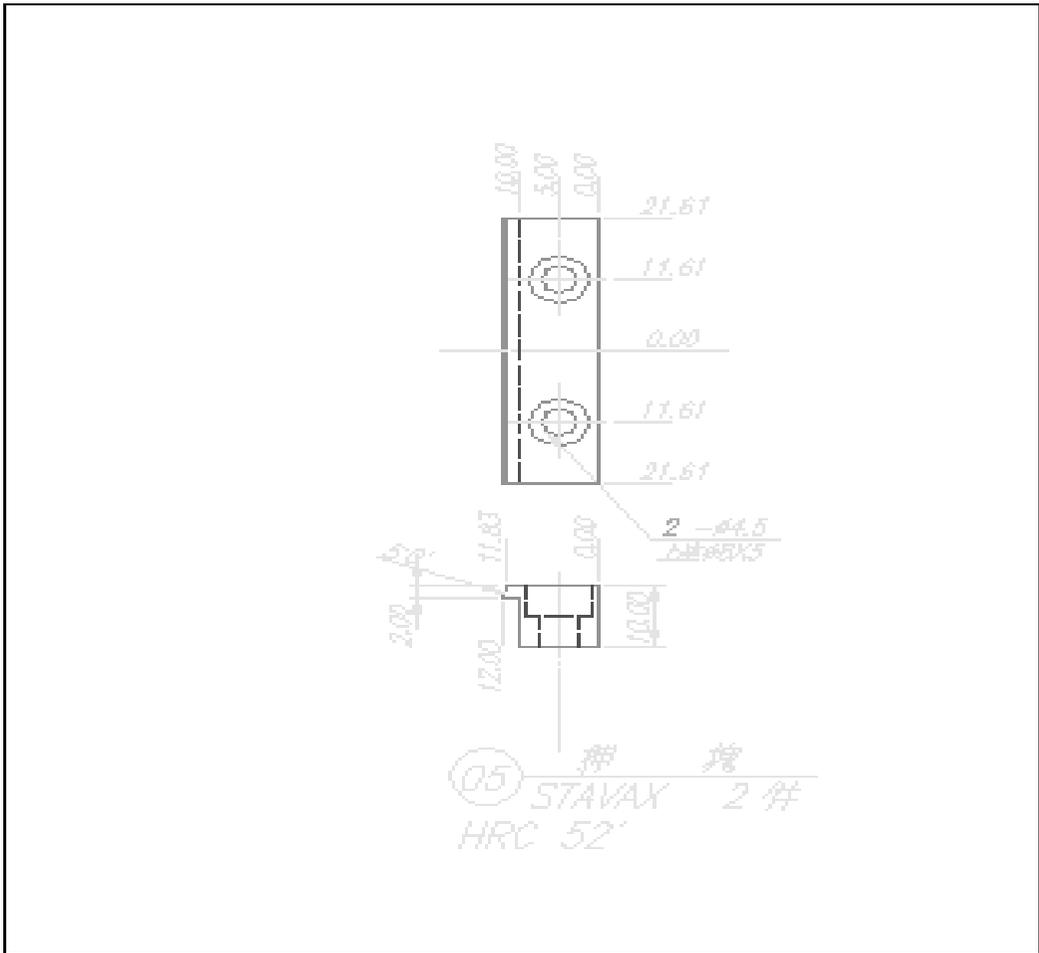
- [65] 余鐵城，1989，表面處理，二版，全華出版社，臺北市。
- [66] 吳偉裕，92，精密射出成型於導光板微結構之研究，龍華科技大學，碩士論文。





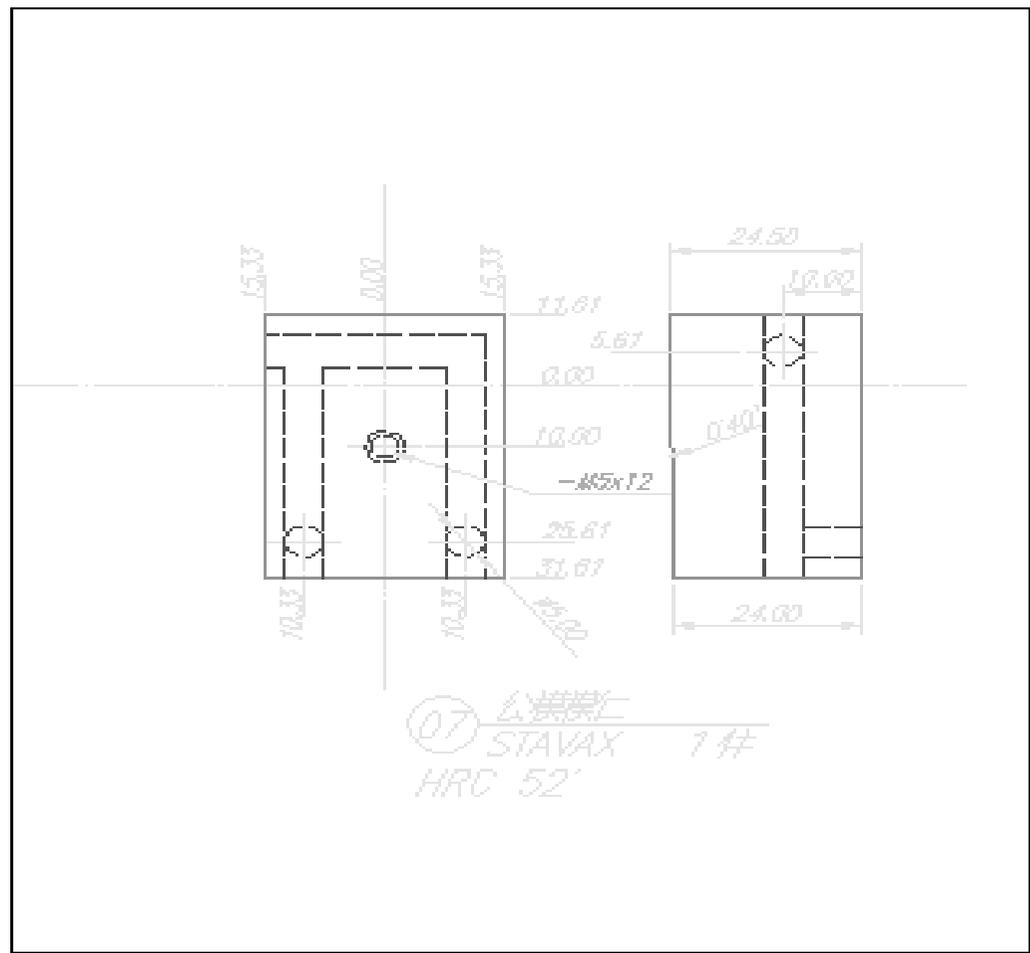




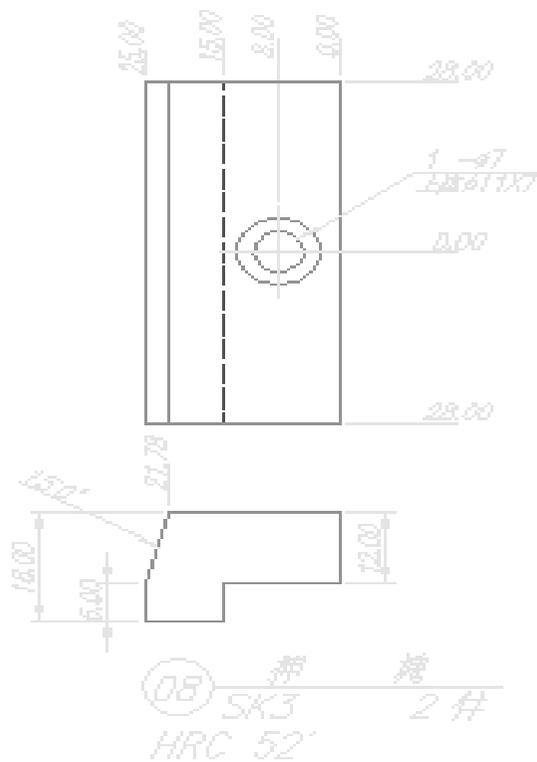


件數	零件名稱		材質	數量	重量	備註
設計		比例	1:1			COVER 附者
製圖		投影	第三角法			
審核		單位	mm			
高應大一黃皇齊						1515M-05

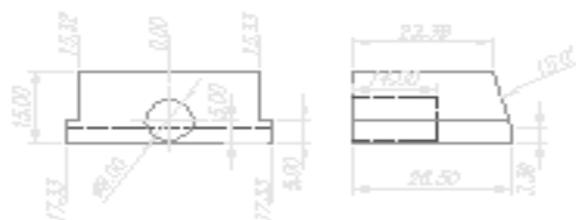




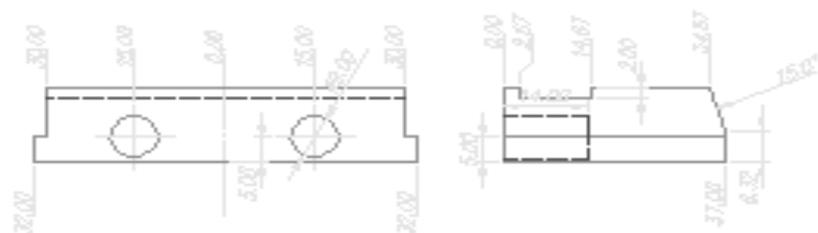
件號	零件名稱		材質	數量	重量	備註
設計		比例	1:1			COVER 公差
製圖		投影	第三角法	圖名		
審核		單位	mm	圖號	1515M-07	
高應大一黃皇齊						



件號	零件名稱		材質	數量	重量	備註
設計		比例	1:1	圖名	COWER	冊者
繪圖		投影	第三角法			
審核		單位	mm			
高應大一黃皇齊				圖號	1515W-08	



09 零件  
STAVAX 1件  
HRC 52



10 零件  
STAVAX 2件  
HRC 52

行次	零件名稱		材質	數量	重量	備註
設計		比例	1:1			COVER 零件
製圖		投影	第三角法			
審核		單位	mm			
高應大—黃皇齊						圖號 1515M-9

## 簡歷



姓名:黃皇齊  
出生日期:69年3月7日  
身高:171.5cm  
體重:59kg  
婚姻狀況:單身

E-mail: [andin.tw@yahoo.com.tw](mailto:andin.tw@yahoo.com.tw)

家中電話:(07)3898896

手機: 0956342700

通訊地址：高市三民區大豐一路 452 號

### 畢業學校:

國立高雄應用科技大學(原高雄工專)	模具系	五專
國立高雄應用科技大學(原高雄工專)	模具系	二技

最高教育程度:碩士  
學校: 國立高雄應用科技大學(原高雄工專)  
系所: 模具所

### 研究專長:

- 1.光罩設計
- 2.微影製程
- 3.蒸鍍製程
- 4.無電鍍鍍/微電鑄鍍製程
- 5.模具設計
- 6.模流分析(C-Mold99/2000,Moldex3D)
- 7.工業設計軟體 Rhino
- 8.微射出成型

### 研討會論文:

- 1.導光板的翹曲分析研究-2003年模具期刊論文
- 2.導光板微結構之製作研究-2004年模具期刊論文