

# The study of applying injection molding to produce the grating of an optical pick-up

陳緯旭、吳政憲

E-mail: 9314546@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

This paper is about the fabrication of the Grating device of optical pickup by the technology of Micro Injection Molding (MIM) and Micro Injection Compression Molding (MICM) and can be applied in manufacture to reduce the production cost. In the experiment, we use LIGA-like process to fabricate the mold in grating microstructure. We develop and define the photoresist pattern by UV lithography system in the beginning. Then we use the sputtering system to deposit a gold or silver layer as the conductor in Ni-electroforming process and finally fabricate the microstructure mold-core, which we design by Nielectroforming molding technology. The designed wire width is 10  $\mu$  m、15  $\mu$  m、20  $\mu$  m、and 30  $\mu$  m individually. The advantages of UV lithography system are great precision, high efficiency, and low cost and those of Ni-electroforming process are great precision and long lifetime. As we use LIGA-like process to fabricate the grating microstructure, we will investigate the molding about MIM and MICM technology and use Taguchi Method to proceed the experiment. We use the ideal value of grating +1step diffraction angle as objective function, obtain the individual optimum parameters of the two kinds of molding technology, and analyze the contribution of every factor by ANOVA to realize the effects on the optical properties.

Keywords : Micro Injection Molding, Micro Injection Compression Moldin, Grating

## Table of Contents

目錄	封面	內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	v	英文摘要	vi	誌謝	vii	目錄	viii	圖目錄	xxi	表目錄	xiv	符號說明	xv	第一章 序論	1.1																																																																																																																																																																																																															
前言	1	1.2 研究動機與目的	2	1.3 文獻回顧	3	1.3.1 射出成型與射壓成型之比較	3	1.3.2 光電產業用之模具製作方式	5	1.3.3 微結構之充填特性	6	1.3.4 微結構之電腦輔助模擬分析	8	1.4 本文架構	9	第二章 實驗方法	2.1 模具製作的研究方法	12	2.1.1 LIGA與LIGA-like製程的介紹	12	2.1.2 光柵元件模仁的製作流程	14	2.1.3 模具	17	2.2 射出成型的研究方法	18	2.2.1 射出成型之原理	18	2.2.2 微射出成型之定義	19	2.2.3 微射壓成型之定義	20	2.3 田口式品質工程	22	2.3.1 損失函數	22	2.3.2 望目特性之損失函數	22	2.3.3 信號雜訊比	24	2.3.4 直交表之應用	25	2.3.5 數據分析流程	25	2.4 成品之量測方式	30	2.4.1 光柵表面輪廓量測	30	2.4.2 光柵斜面觀測	30	2.4.3 光柵繞射效率與角度量測	31	第三章 結果與討論	3.1 模仁製作結果與討論	57	3.1.1 微影製程實驗結果與討論	57	3.1.2 微電鑄實驗結果與討論	59	3.2 田口實驗結果與討論	59	3.2.1 微射出成型之田口實驗結果與討論	60	3.2.2 微射壓成型之田口實驗結果與討論	62	3.3 成型實驗結果與討論	64	3.3.1 微射出與微射壓成型之光柵繞射現象與表面觀察	64	3.3.2 微射出與微射壓成型之光柵SEM斜面觀測	65	3.3.3 微射出與微射壓成型之光柵表面輪廓量測	65	第四章 結論與未來展望	4.1 結論	77	4.2 未來展望	78	參考文獻	81	圖目錄	圖1.1 光學讀取頭的構造圖	10	圖1.2 光柵繞射圖	10	圖1.3 光學讀寫頭之光柵及其套件	10	圖1.4 成品示意圖	11	圖1.5 經過微通道時流動延遲之示意圖	11	圖1.6 快速加熱裝置示意圖	11	圖2.1 模仁製程流程圖	32	圖2.2 4吋Si晶圓基材	33	圖2.3 光柵模仁之微影、電鑄流程圖	33	圖2.4 化學站	34	圖2.5 旋乾機	34	圖2.6 熱平板	35	圖2.7 光阻材料轉速/厚度分布圖	35	圖2.8 塗佈機	36	圖2.9 曝光機	36	圖2.10 高倍數顯微鏡觀	37	圖2.11 薄膜厚度量測儀	37	圖2.12 濺鍍機	38	圖2.13 電鑄陰極	38	圖2.14 電鑄流程圖	39	圖2.15 電鑄之示意圖	39	圖2.16 顯微放大系統	40	圖2.17 模具圖	40	圖2.18 模具示意圖	41	圖2.19 模具固定方式示意圖	41	圖2.20(a) 母模模板尺寸圖	42	圖2.20(b) 母模仁固定板尺寸圖	43	圖2.20(c) 公模模板尺寸圖	44	圖2.20(d) 公模仁固定板尺寸圖	45	圖2.20(e) 公模模仁尺寸圖	46	圖2.21 模溫機	47	圖2.22 射出機	47	圖2.23 微射出成型的作動情形	48	圖2.24(a) 短射射壓成型	49	圖2.24(b) 全射射壓成型	49	圖2.24(c) 射出壓縮同動之射壓成型	50	圖2.25 望目特性之損失函數圖	50	圖2.26 田口實驗計畫流程圖	51	圖2.27 表面粗度輪廓儀	52	圖2.28 掃描式電子顯微鏡	52	圖2.29 光柵量測繞射角度示意圖	53	圖3.1 光罩設計圖	66	圖3.2 簡易光罩成品圖	66	圖3.3 玻璃光罩成品圖	67	圖3.4 簡易光罩之顯影後光阻情形圖	67	圖3.5 玻璃光罩之顯影後光阻情形圖	67	圖3.6 簡易光罩電鑄完之光柵線寬	68	圖3.7 微射出實驗之因子水準回應圖	68	圖3.8 微射壓實驗之因子水準回應圖	69	圖3.9 微射出實驗最佳參數組合之繞射現象	69	圖3.10 微射壓實驗最佳參數組合之繞射現象	69	圖3.11 MIM確認實驗之光柵成品圖	70	圖3.12 MICM確認實驗之光柵成品圖	70	圖3.13 MIM最佳參數組合之光柵SEM斜面觀測圖	71	圖3.14 MICM最佳參數組合之光柵SEM斜面觀測圖	71	圖3.15 MIM最佳參數組合之表面輪廓量測	72	圖3.16 MICM最佳參數組合之表面輪廓量測	73	圖4.1 成品圖	80	表目錄	表2.1 鑄液的基本化學組成	54	表2.2 射出機規格表	54	表2.3 PMMA材料特性表	55	表2.4(a) PMMA材料MIM 選用之因子與水準表	55	表2.4(b) PMMA材料MICM 選用之因子與水準表	55	表2.5 L9直交表	56	表3.1 繞射角度理論值	74	表3.2 微射出實驗因子、水準L9對照表	74	表3.3 微射出實驗繞射角度量測值與SN比計算值	74	表3.4 微射出實驗ANOVA分析表	75	表3.5 微射出實驗之確認實驗表	75	表3.6 微射壓實驗因子、水準L9對照表	75	表3.7 微射壓實驗繞射角度量測值與SN比計算值	76	表3.8 微射壓實驗ANOVA分析表	76	表3.9 微射出實驗	

REFERENCES

- [1] Miller, B., " Predicting Part Shrinkage Three-way street ", *Plastics -World* , pp.48(1989).
- [2] Seigmann, A., A. Buchman, and S. Kenig, " Residual Stresses in -polymer : The Influence of Injection-Molding Process -Condition " , *Polymer Engineering and Science*, Vol.22, No.40, PP.560(1982).
- [3] S.Y. Yang and M.Z. Ke , " Influence of processing on quality of -Injection-compression Molding Disk " , *Polymer Engineering -and Science*, Vol.35, No.15, pp.1206-1212(1995).
- [4] 蘇義豐, " 射出壓縮成型於導光板之製程參數分析 " , 大葉大學機械工程研究所碩士論文(2002)。
- [5] 柯茗種, " 射出壓縮成型過程的基本探討 " , 台灣大學機械工程研究所碩士論文(1992)。
- [6] 廖俊郎, " 射出壓縮成型對微型製品光學品質之影響研究 " , 雲林科技大學機工程研究所碩士論文(2000)。
- [7] 莊殷, " 光電產業用模具加工技術之應用與發展 " , 模具技術 資訊電子報, <http://epaper.tmdia.org.tw/index.html>。
- [8] R. Wimberger-Friedl, " Injection Molding of Sub-  $\mu$  m Grating -Optical Elements " , *Journal of Injection Molding Technology*, -Vol.4, No.2, pp.78-83(2000)。
- [9] Liyong Yu, Chee Guan Koh, Kurt Koelling, L. James Lee and -Marc J. Madou, " Experimental Numerical Analysis of Thin – wall -Injection Molding with Micro-Features " , (ANTEC 2001)。
- [10] D. Yao, " Injection Molding High Aspect Ratio Microfeatures " , -*Journal of Injection Molding Technology*, Vol.6, No.1, pp.11-17(2002)。
- [11] K.M.B. Jansen, " Heat Transfer in Injection Moulding Systems -with Insulation Layers and Heating Elements " , *Int. J. Heat Mass -Transfer*, Vol.38, No.2, pp.309-316(1995)。
- [12] K.M.B. Jansen and A.A.M. Flaman, " Construction of Fast- -Response Heating Elements for Injection Moulding -Applications " , Vol.34, pp.194-197(1994)。
- [13] V. Piottter, K. Mueller, K. Plewa, R. Ruprecht and J. Haussett, - " Performance and simulation of thermoplastic micro injection -molding " , *Microsystem Technologies*, pp.387-390(2002)。
- [14] 楊芯蘋, " 應用於微流體元件之微射出成型研究 " , 成功大學航空太空工程研究所碩士論文(2003)。
- [15] H. Eberle, " Micro-Injection Moulding – Mould Technology " , -*Kunststoff Platic Europe*, pp.1344-1346(1998)。
- [16] 施希弦, " 微小射出成型介紹 " , *化工資訊*, pp.16-19(2001)。
- [17] 彭信舒, " 光學產品射壓成型製程特性之研究 " , 中原大學 機械工程研究所碩士論文(1999)。
- [18] Madhav S. Phadke, " Quality Engineering Using Robust -Design " , Prentice-Hall, New Jersey(1989)。
- [19] 林宸生、陳德請, " 近代光電工程導論 " , 全華科技圖書股份有限公司(2001)。
- [20] 陳晏佐, " 分色光柵的設計製作之研究 " , 交通大學光電工程研究所(2002)。
- [21] 張育誠, " 微型光學讀取頭之元件 " , 中央大學光電科學研究所(2003)。
- [22] 羅錦興, " 品質設計工程指引 " , 中國生產力中心(1999)。