



臺灣大學

具雙面微結構之超薄件 微射出成型

楊申語^a 粘世智^b 黃勝田^a

^a國立臺灣大學 機械工程學系

^b大漢技術學院 機械工程學系

國科會計劃編號：NSC 92-2622-E-002-029

報告人：粘世智



報告內容

- 研究背景與文獻回顧
- 實驗方法與設置
- 結果與討論
 - 快速加熱冷卻系統
 - 雙面微結構轉寫性探討
 - 成型操作窗探討
- 總結與未來研究方向

前言

微機電系統(MEMS)技術 → 生產微小精密零件

缺點：製程複雜、費用高且費時，材料只限於矽或玻璃。

量產的考量 → 以塑膠為原料，大量複製

優點：便宜、易成型、透明

微射出成型 → 塑膠模造技術中最具發展潛力

優點：快速、大量生產微小複雜元件。

微射出之定義

Kukla et al (1998) defined the micro-injection molded parts as

- (1) micro-injection molded parts (micro-molding)
 - parts with a mass of a few milligram, not necessarily having dimension on the μm scale
- (2) parts with micro-structured regions
 - The micro-structured region is characterized by the μm order such as the micro-hole and -slot
- (3) micro-precision parts
 - the parts could have any dimensions, but has tolerances in the μm range.

微射出市場展望

- 精細零件的生產
- MEMS(微機電)製程成熟
- 光電、生醫產業需求

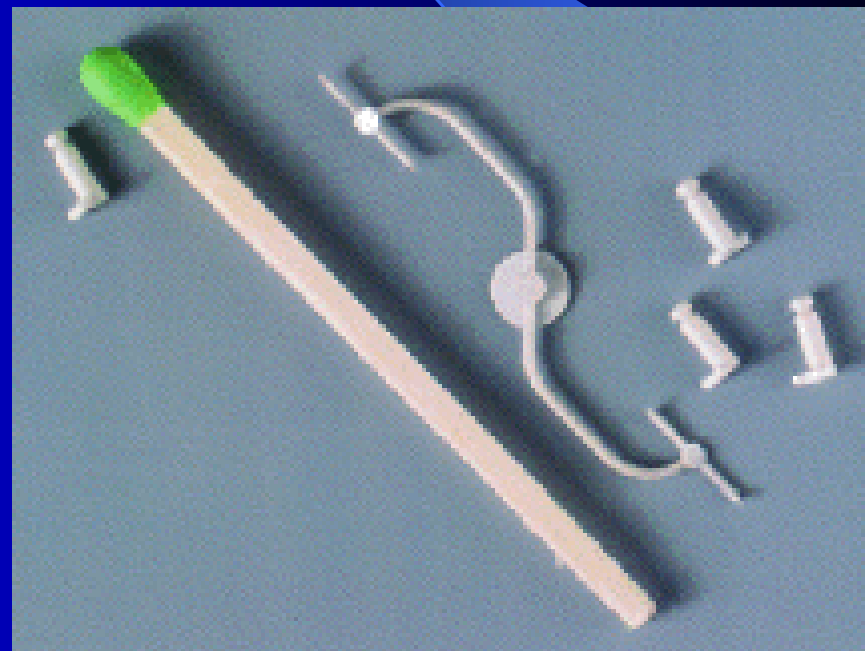
精細零件的生產

- ▶ 產品需求 — 輕, 薄, 短, 小

微齒輪

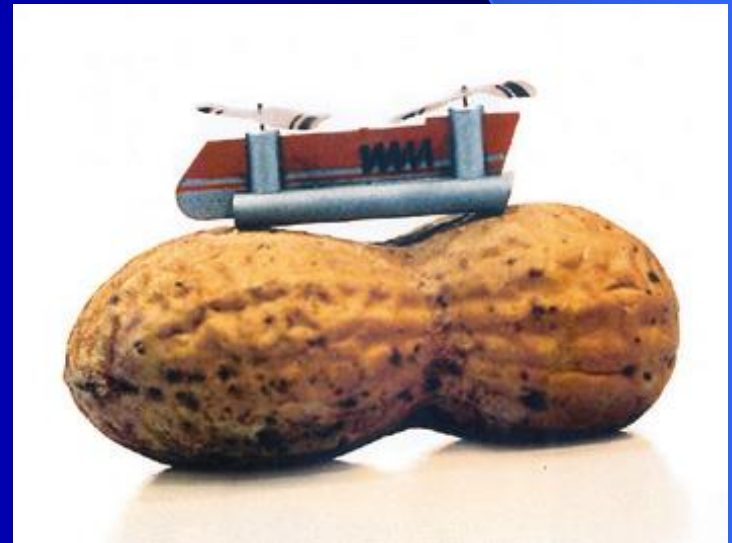
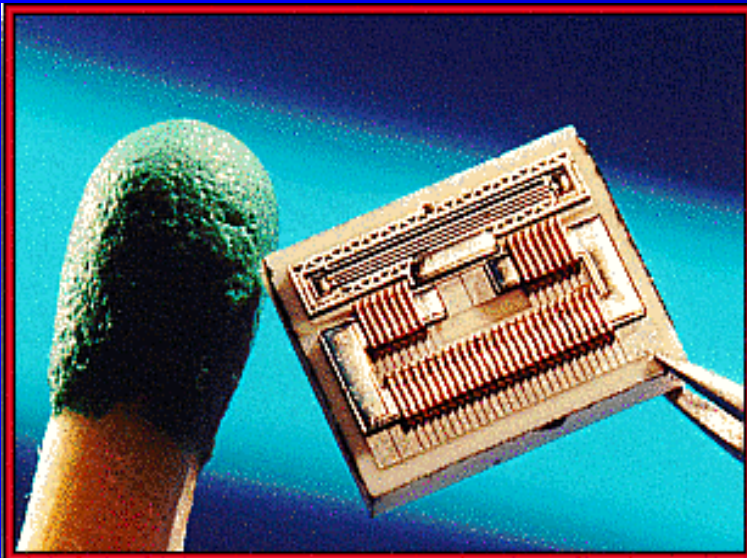
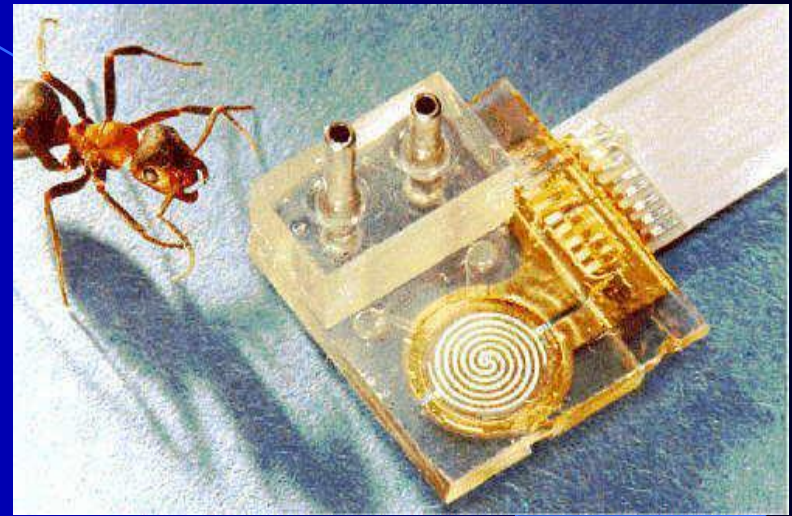


微零件



MEMS(微機電)之運用

- 微感測器、微致動器



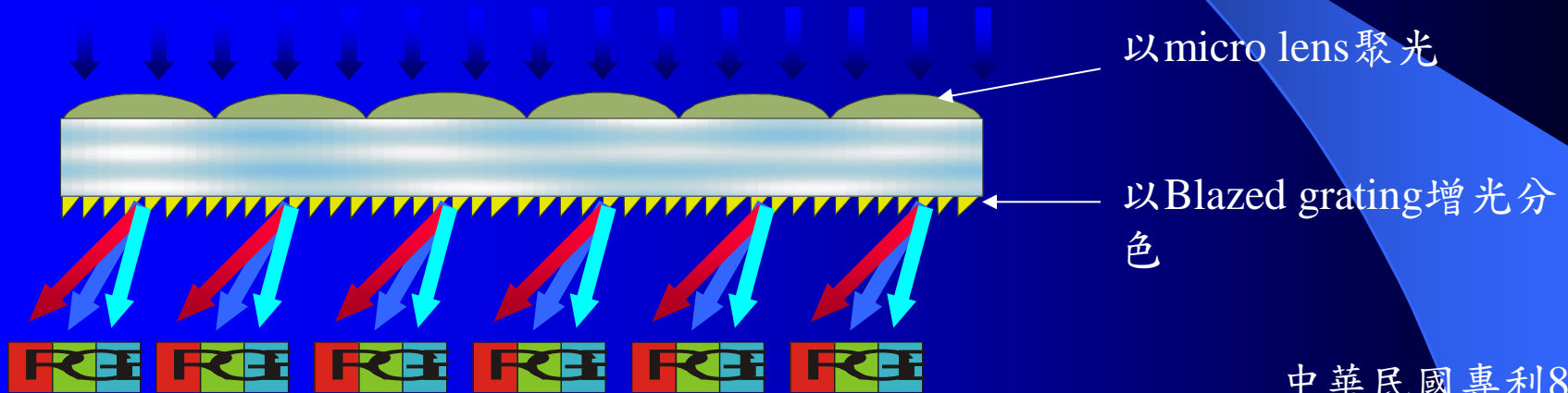
光電產業需求 1/2

➤ 微透鏡、表面微陣列、微光柵、光纖元件

CMOS Image Sensor Color Divider

Radius of lens=110 μ m
Grating pitch=2 μ m

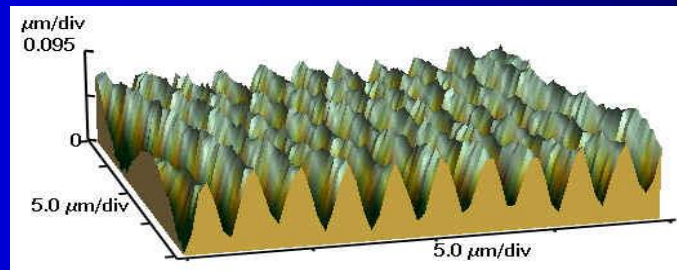
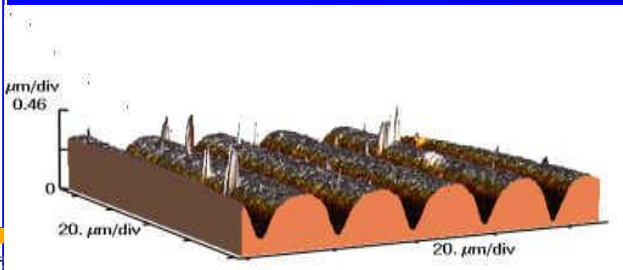
White light



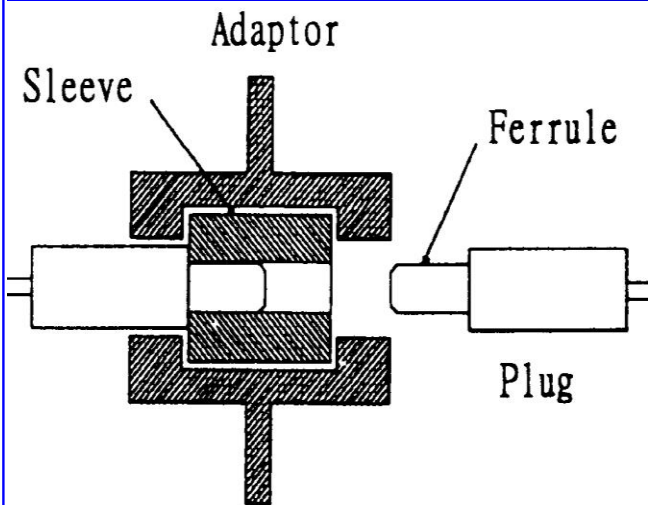
中華民國專利888

美國專利888

歐洲888



➤ 光纖被動元件



ST connector



SC/SC Plastic Adaptor Simplex

Ferrule ID(mm)	0.125~0.127(0.140mm is available)
Ferrule OD(mm)	2.499±0.0005 for SM(±0.001 for MM)
Boot ID(mm)	0.9, 3.0

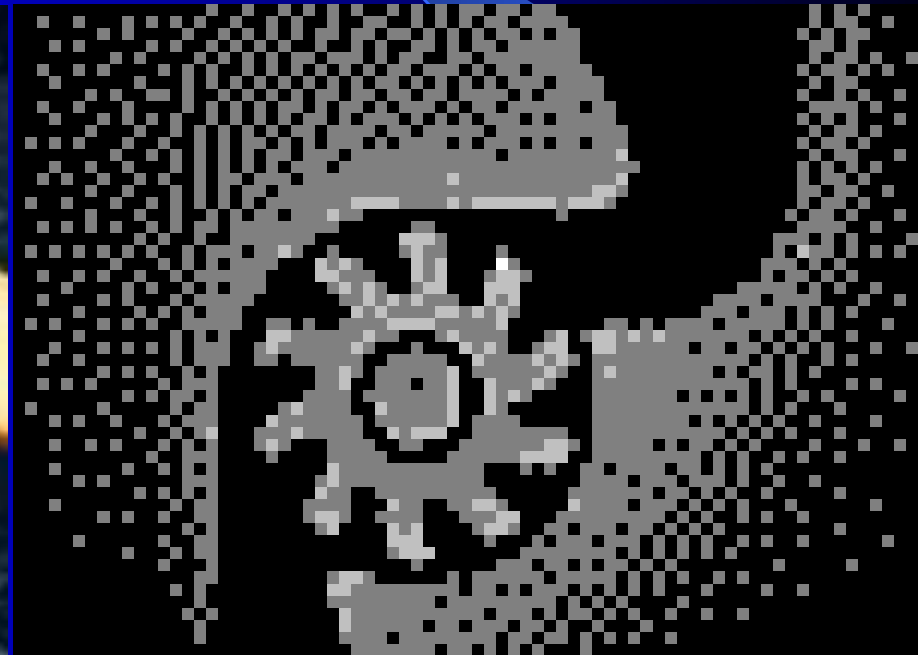
生醫產業需求

➤ 微流管、微陣列、微幫浦

微流管 ($\phi 0.8\text{mm}$ 0.0028g)



微幫浦(血液檢測)



微射出之困難點

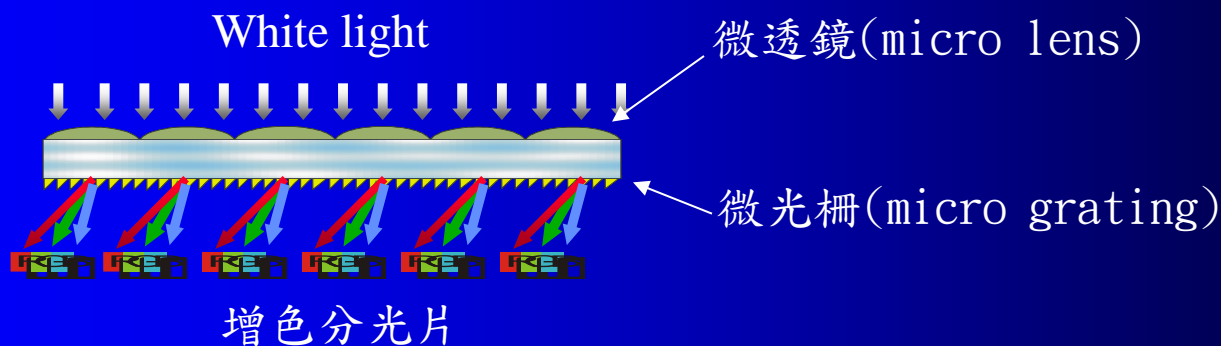
- 射出成型機之速度及精度要求高
- 模具製造困難
- 需抽真空
- 零件頂出困難
- 高模溫要求
- 模流理論未完全建立
- 螺桿之設計待突破

文獻回顧

- **薄件射出成型**—Losch(1997)定義薄件為厚度小於1.5mm，或是流動的長度與厚度比超過100。杜(1998)指出提高模溫、射壓可增加充填比例。
- **微射出成型研究**—Yoshii(1994)指出提高模溫、射速，可提高微結構複製性。

研究動機

- ❖ 超薄件的研究很少 → 超薄件：輕薄短小、應用面大
- ❖ 多模穴微射出成型趨勢 → 增加量產
- ❖ 多模穴超薄件之流動特性觀察 → 極少人探討($100\ \mu\text{m}$)
- ❖ 雙面微結構件射出可行性 → 同時兼具多種功能



實驗設備

❖ 全電式FANUC α -15iA微射出成型機



精密成型

採用AC伺服馬達驅動

精度：位置 0.01 mm

速度 0.01 mm/s

壓力 1 kg/cm²

溫度 0.1 °C

規格

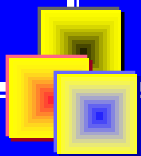
鎖模力：15 tonf

螺桿直徑：16 mm

最大射速：200 mm/s

最大射壓：220 MPa

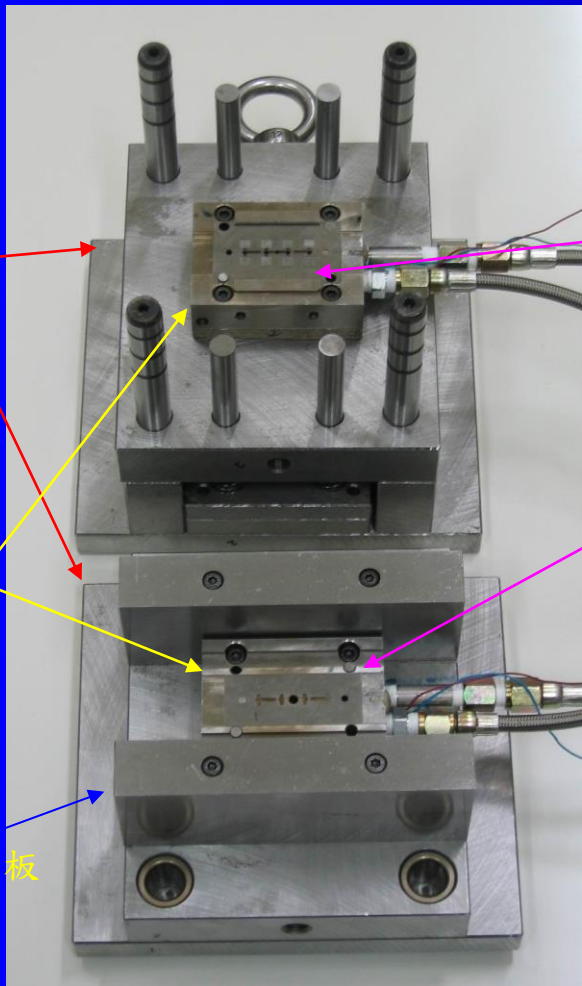
實驗用模具



模座

微模具

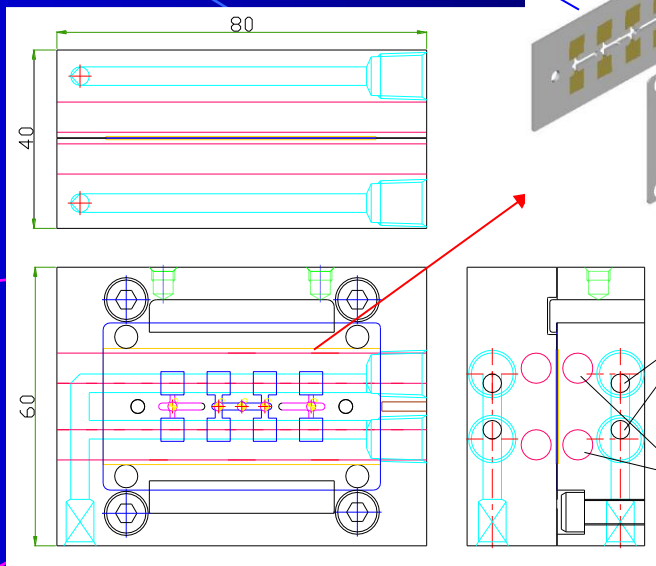
厚度控制板



公模鑲模仁

中間模穴成型板

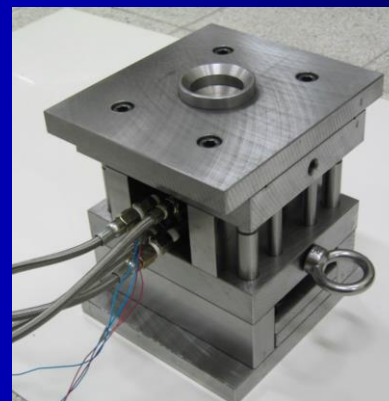
母模鑲模仁



微模具三視圖(Unit : mm)

冷卻水
電熱管

變模溫控
制系統

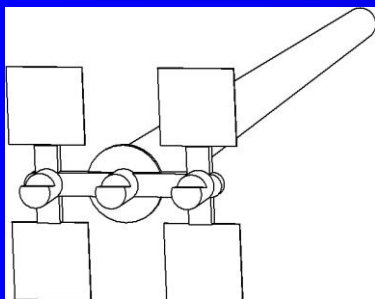


模具合模圖

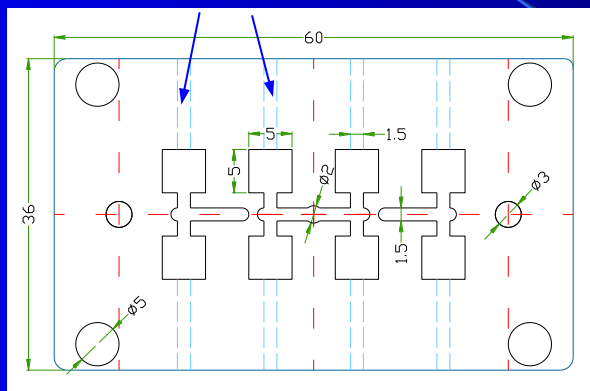
中間成型模穴板設計

厚度計有：500 μm 、250 μm 、100 μm 、60 μm 、50 μm 、40 μm 、30 μm 等尺寸

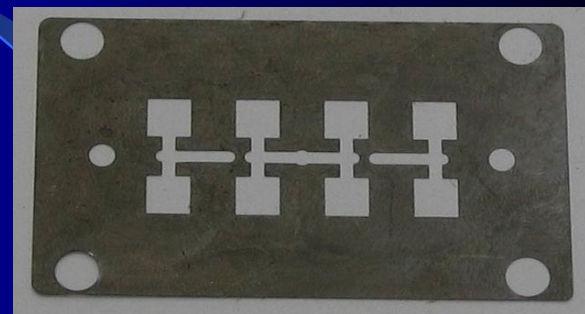
逃氣孔



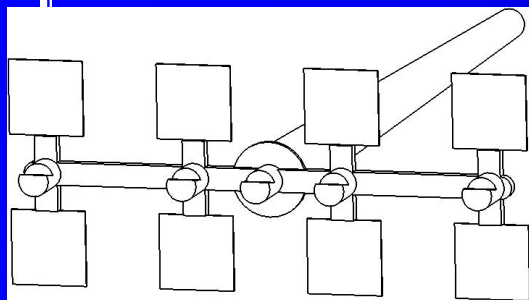
射出件示意圖



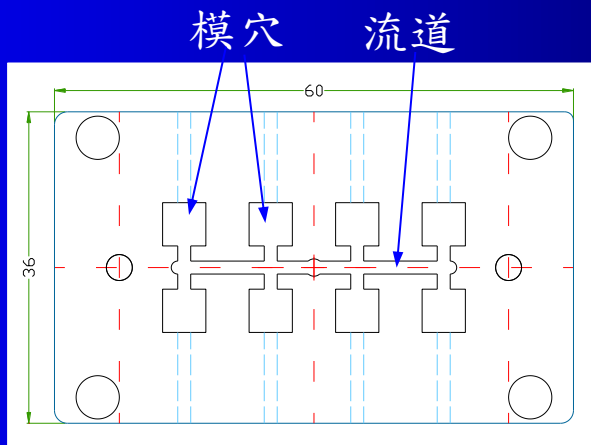
一模四穴



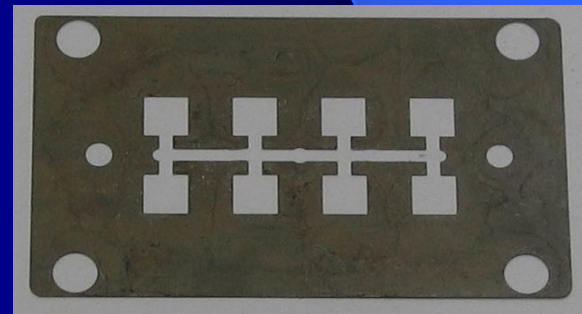
一模四穴實體圖



射出件示意圖

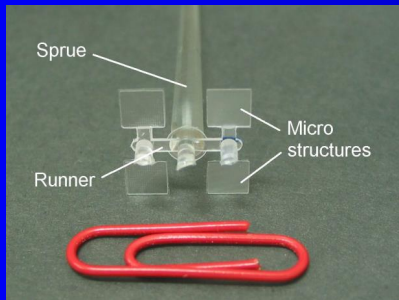


一模八穴

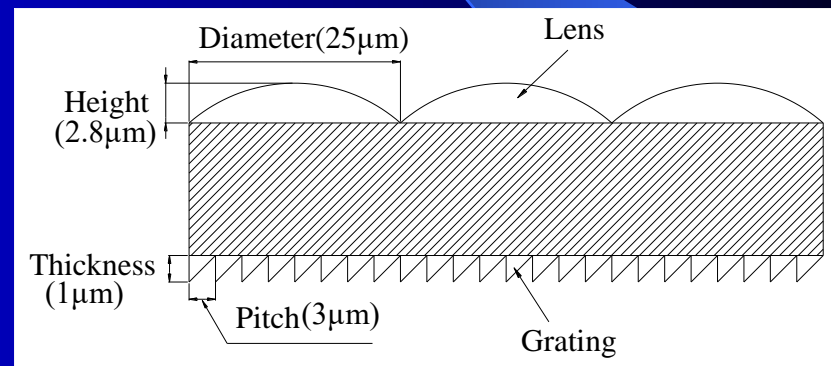
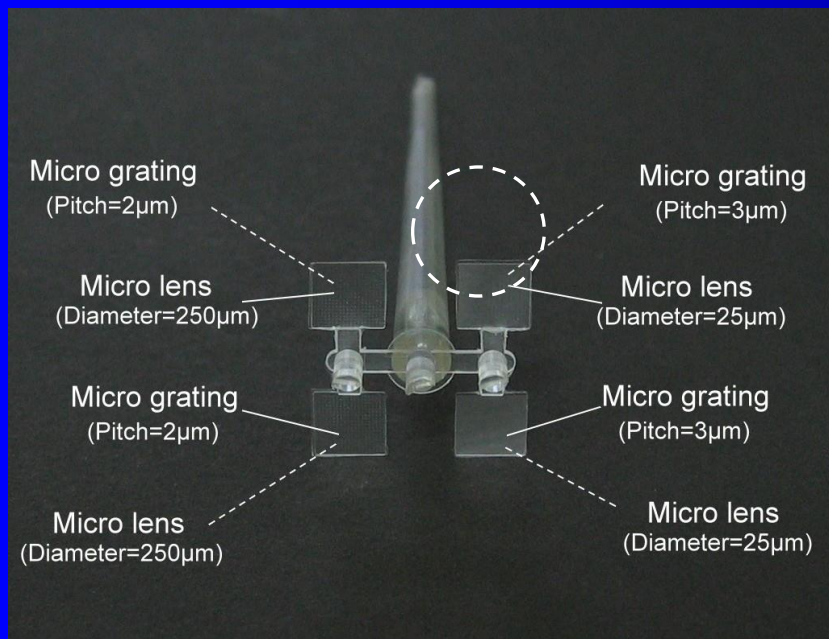
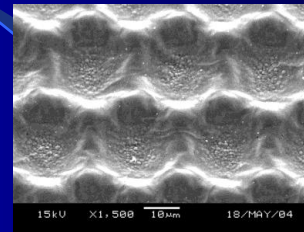


一模八穴實體圖

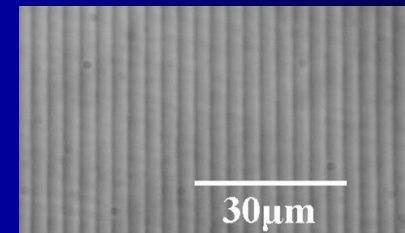
射出成品雙面微結構分佈



針對直徑 $25\mu\text{m}$ 微透鏡結構進行轉寫性探討

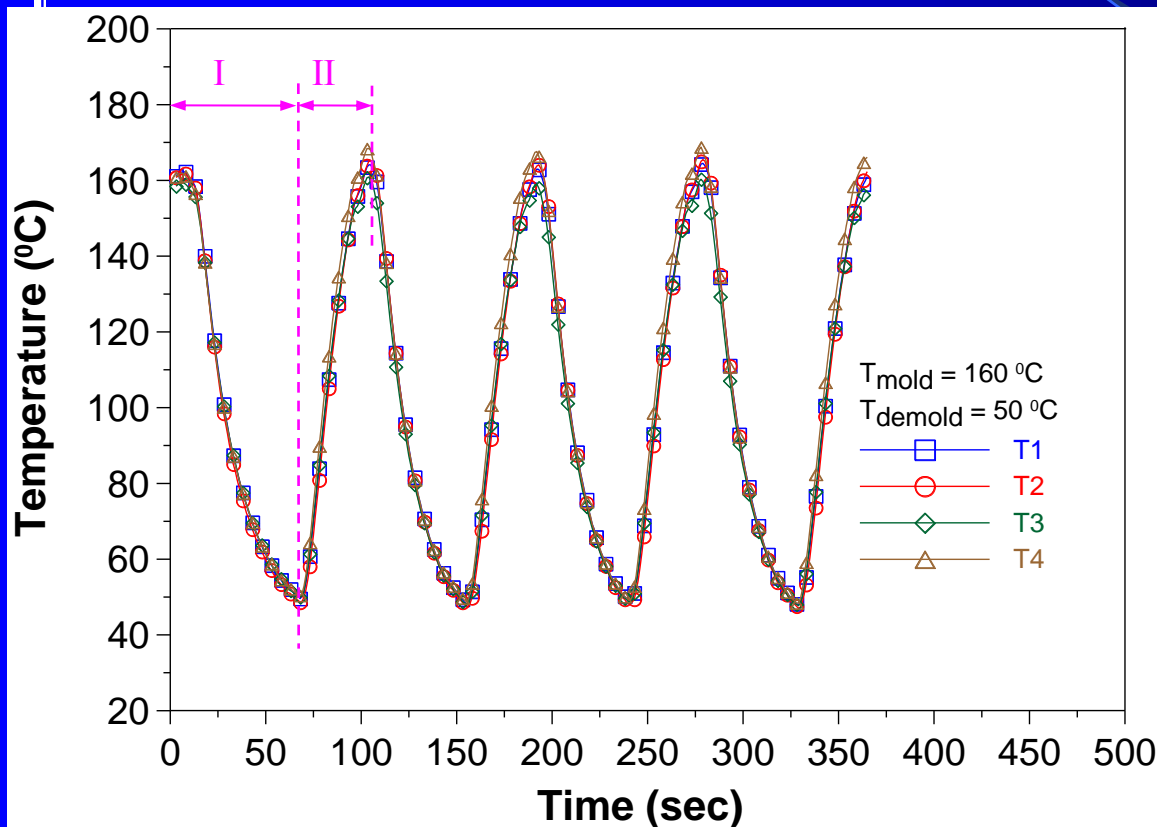


雙面微結構件橫截面示意圖



雙面微結構排列配置圖

模穴各量測點快速升降溫量測



I : Cooling 50sec

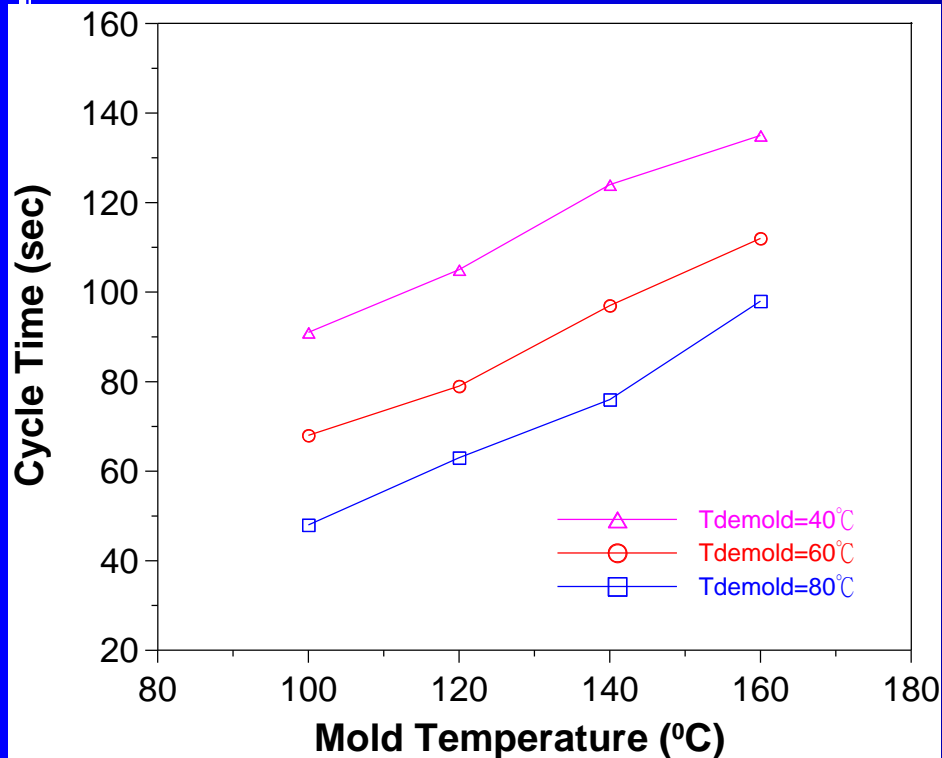
II : Heating 36sec

$t_{cycle} : 86\text{sec}$

各量測點溫度差異很小，
曲線十分接近

每一次Cycle Time時間間
隔非常穩定

模具溫度與開模溫度對製程時間的影響



製程時間的縮短可藉由可成型之最低模具溫度與最高開模溫度獲得

實驗得知：

成品厚度 $100\ \mu\text{m}$ ：

→ 最低可成型模具溫度為 60°C ；開模溫度高於 80°C 時，成品在頂出時會變形。因此，將模具溫度與開模溫度同時設定於 60°C

不需要使用變模溫系統

成品厚度 $60\ \mu\text{m}$ ：

→ 最低可成型模具溫度為 160°C ；開模溫度高於 60°C 時，成品在頂出時會變形。因此，將最高開模溫度設為 50°C

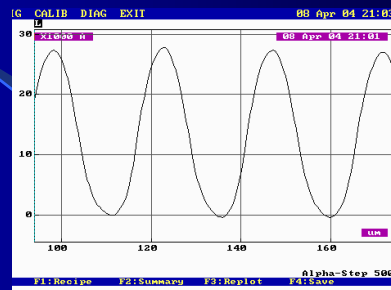
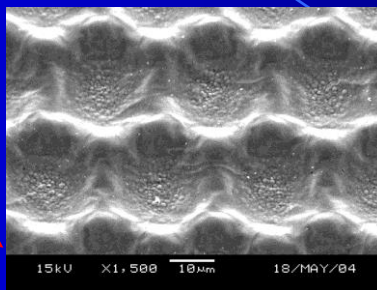
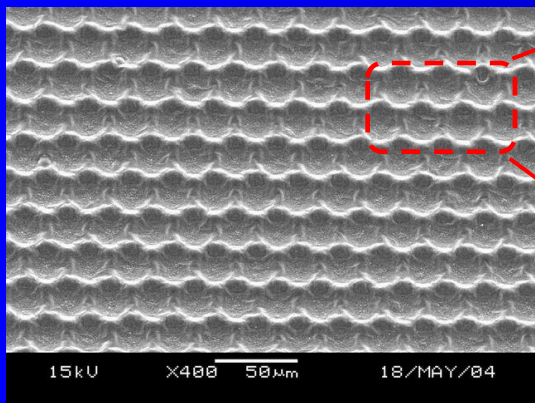
需要使用變模溫系統

製程時間探討結論

- ❖ 製程時間的縮短可藉由可成型之**最低模具溫度**與**最高開模溫度**獲得。
- ❖ 同時由於微模具**質量減輕**與**斷熱**的設計，變模溫快速升降溫系統可發揮更大功效。
- ❖ 模穴各量測點之**溫度差異小**，可得到預期之**均溫**效果。

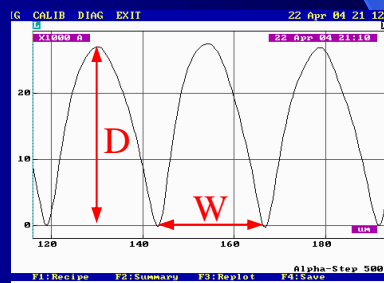
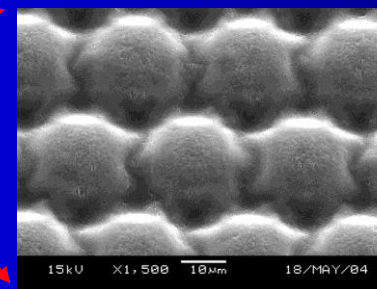
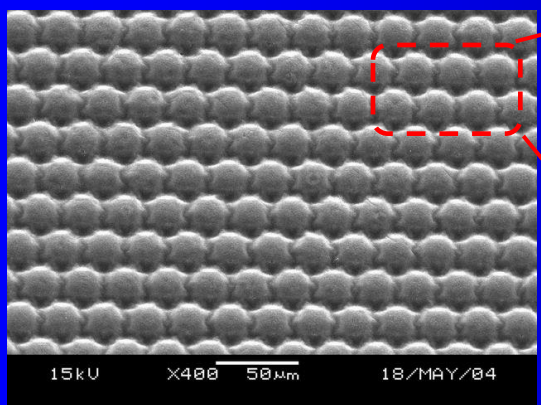
微透鏡結構複製效果

Ni Stamper (寬度：25 μm ，深度：2.8 μm 之微透鏡結構)



複製效果良好

Plastic



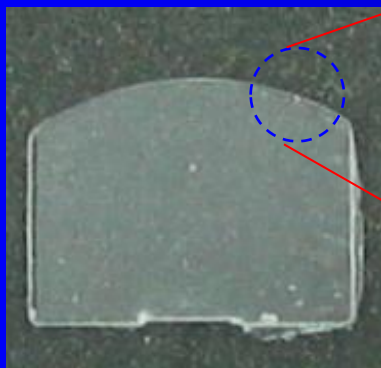
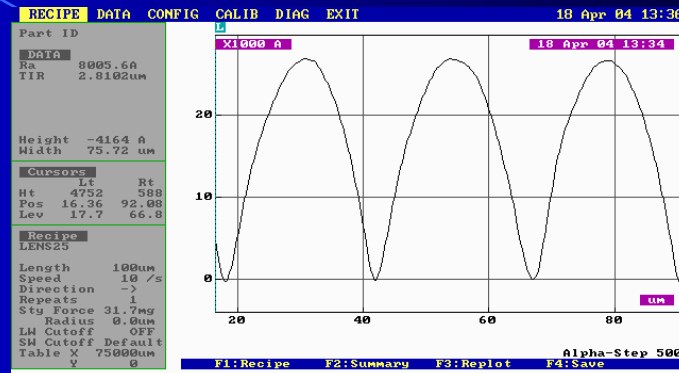
➤ 量測方式：

寬度、深度方向各量測三處，取其平均值

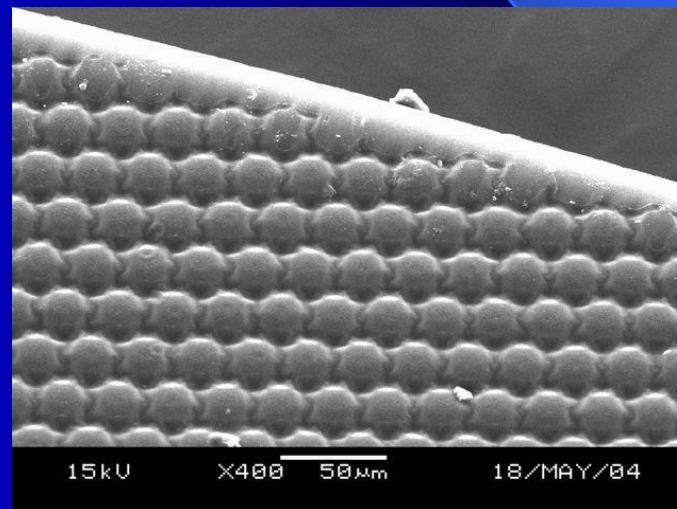
短射之微透鏡結構複製SEM圖

➤ 參數條件：

$T_{\text{mold}}=140^{\circ}\text{C}$
 $\text{Speed}=90\text{mm/sec}$
 $T_{\text{melt}}=240^{\circ}\text{C}$
 $T_{\text{demold}}=50^{\circ}\text{C}$



短射成品



複製效果良好

微結構轉寫性結論

- 製程參數對此微透鏡結構的轉寫性並無明顯的影響。
- 即使是短射的成品，表面微透鏡結構也都能輕易的被複製。
- 對微射出成型而言，對於深寬比不是很大之微結構複製都不是問題，轉寫都相當容易。

成型操作窗實驗探討

- 不同塑料之成型影響
- 不同厚度之成型極限探討

成型操作窗參數設定

➤ 模具溫度與射出速度是微射出成型重要的兩項參數

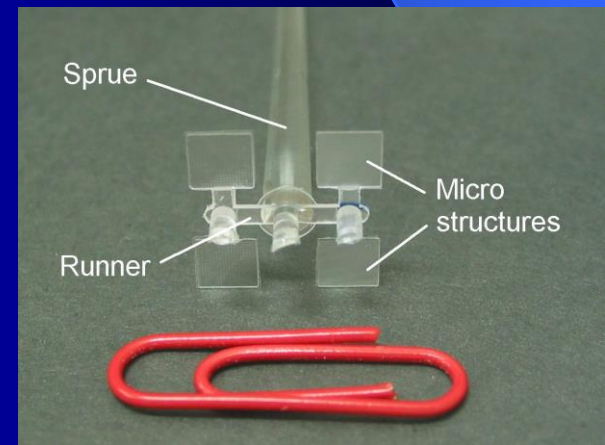
■不同塑料之成型操作窗實驗參數配置

厚度(μm)	100		
塑料	PS	PMMA	PC
模具溫度($^{\circ}\text{C}$)	40~180 (div. 20)		
射出速度 (mm/s)	40~200 (div. 10)		

■不同厚度之成型操作窗實驗參數配置

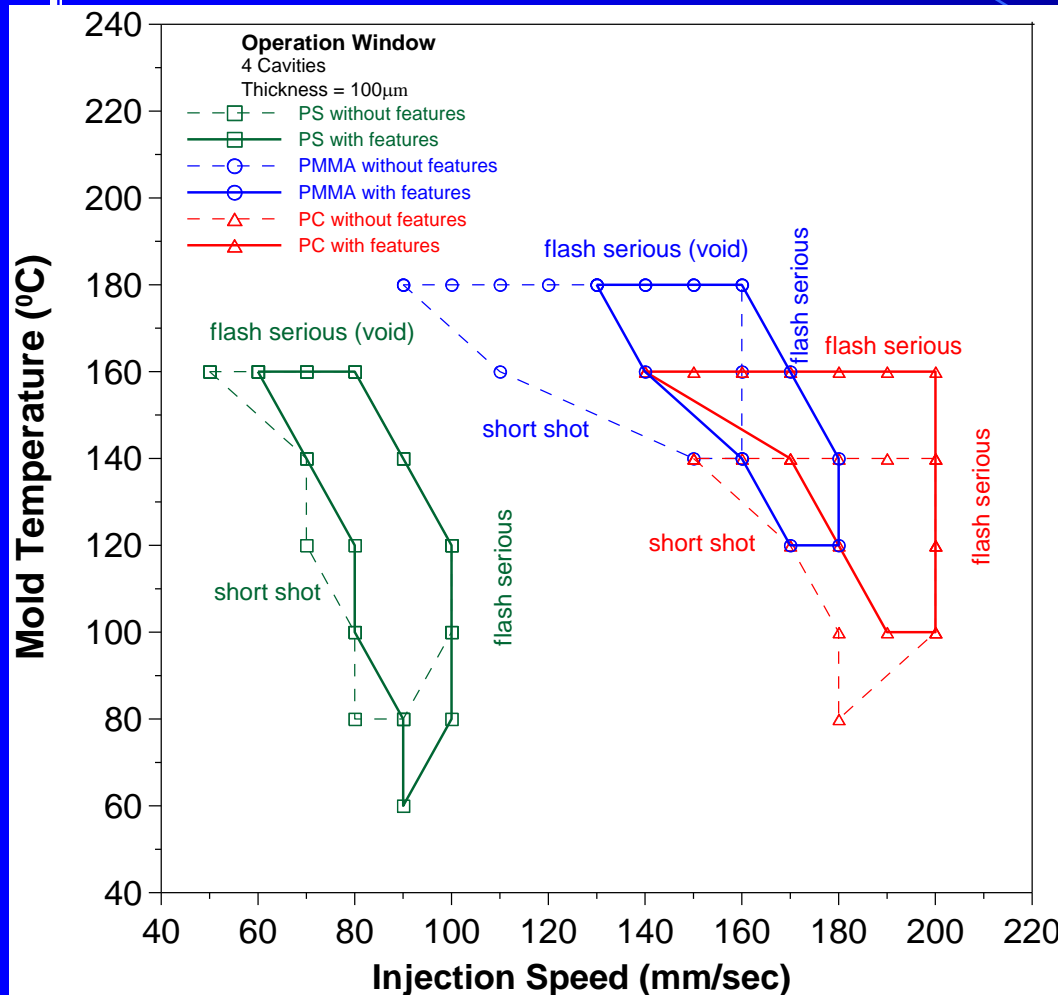
塑料	PS		
厚度(μm)	250	100	60(30)
模具溫度($^{\circ}\text{C}$)	20~180 (div. 20)		
射出速度 (mm/s)	10~140 (div. 10)		

- ◆融膠溫度：PS(240°C)、PMMA(250°C)、PC(300°C)
- ◆開模溫度： 40°C
- ◆射出件面積： $5 \times 5 \text{ mm}^2 \times 4$
- ◆成型條件：各模穴必須全部充填滿，不能有短射及明顯的毛邊現象
- ◆模仁：無微結構模仁、雙面微結構模仁



雙面微結構超薄件之射出成品圖

不同塑料之成型影響



➤ 當模穴表面有微結構時

■ PS ➡ 影響最小

■ PC ➡ 提高射速10mm/sec、模溫20°C就可成型

■ PMMA ➡ 影響最大，必須提高射速10~40mm/sec，才能充填成型，且操作窗明顯縮小

整體而言：

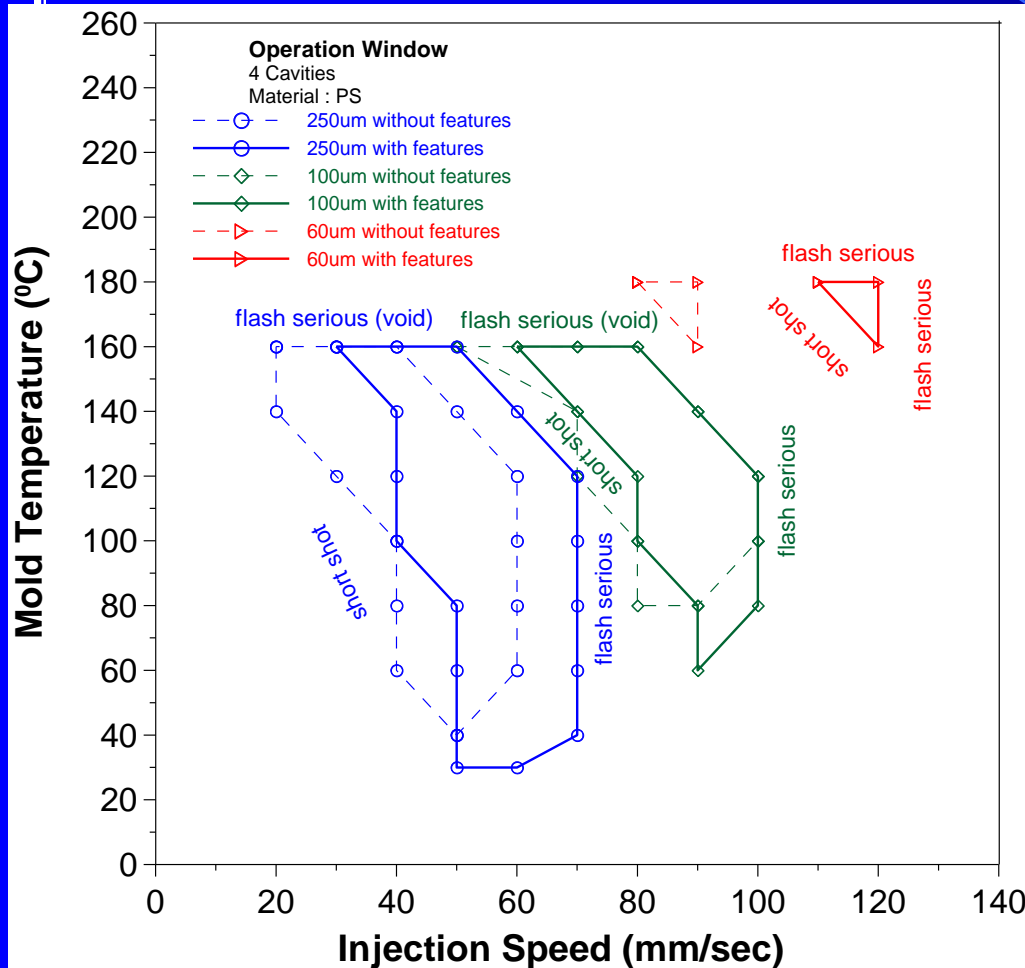
操作窗有偏左移的趨勢

需要較高的射速才能成型

原因 ➡ 表面粗糙度變大所致

表面無微結構與雙面微結構成型操作窗比較

不同厚度之成型極限探討



➤當模穴表面有微結構時

操作窗大小幾乎相同

操作窗範圍有往左偏的趨勢

當厚度極薄時，差異特別大，如厚度 $60 \mu m$ 成型窗，往左偏非常明顯

➤原因：

雖然微結構尺寸很小，但是對於極薄之成型模穴而言，相較之下已佔據相當大的影響力，宛如超薄件成型模穴表面粗糙度變的非常大一樣，如此一來流動阻力更大，充填更不易。

成型操作窗結論

- PS最易成型；PMMA較高模溫才能成型；PC較高射速下方能成型。
- 模穴愈薄，成型操作窗愈小，成型所需模溫及射速要愈高。
- 成型模穴表面有微結構時，需要較高的製程參數才能完全充填。對於厚度極薄($60\ \mu\text{m}$)之成型模穴而言，影響成型性極大。
- 已成功射出厚度 $30\ \mu\text{m}$ 之雙面微結構超薄件，由於成品極薄，脫模不易。
- 過高的模溫(180°C)，塑膠射出成品會有氣泡產生的現象。

總結

- 本研究所製成最薄件厚度為 $30\ \mu\text{m}$ 。
- 越薄時操作窗越小。有微結構對薄件($60\ \mu\text{m}$ 以下)操作窗影響大。
- 對於微透鏡結構($W=25\ \mu\text{m}$, $H=2.8\ \mu\text{m}$)，深寬比小，微結構轉寫並無困難之處。
- 由可成型之最低模溫與最高開模溫度可縮短製程時間。

未來研究方向

- 可朝向晶圓尺寸雙面微結構射出成型方面研究，提升量產效能。
- 針對多模穴超薄件充填成型特性，做更深入的探討。
- 可進一步研究高深寬比微結構或是奈米尺寸微結構的微射出成型轉寫性探討。
- 開發更快速之加熱冷卻系統，縮短製程時間，達到真正量化的可行性。

謝謝各位指導！