



# 高分子微結構薄膜的熱壓成型技術與應用

國立高雄應用科技大學

模具工程系 助理教授

張致遠 博士

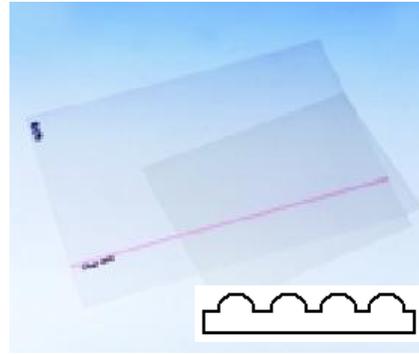
E-mail: [cychang@kuas.edu.tw](mailto:cychang@kuas.edu.tw)

# 高分子微結構薄膜之簡介與應用

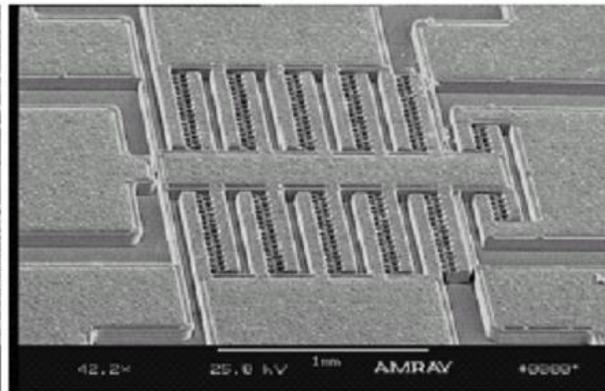
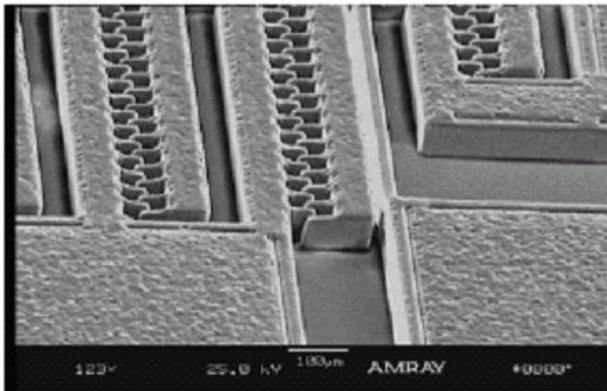
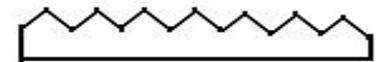
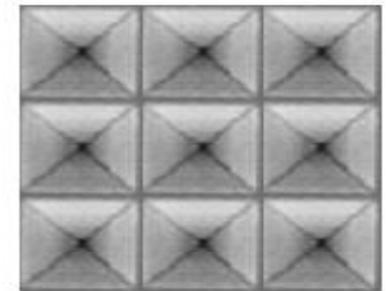
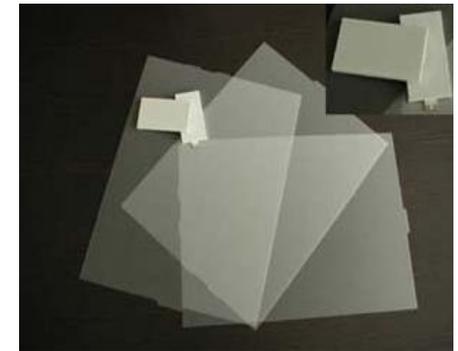
➤ 高分子微結構薄膜是一常用的關鍵零組件，其實際應用範圍遍及光電、通訊、生醫、微機電等領域。



Bio-Chips [Jenoptik]



LCD 之增亮片與擴散膜



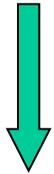
Hot embossing structures on PMMA.

Polymer-based electrostatic comb drives (Y. Zhao and T. Cui)

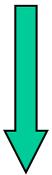


# 高分子微結構薄膜之製造-LIGA

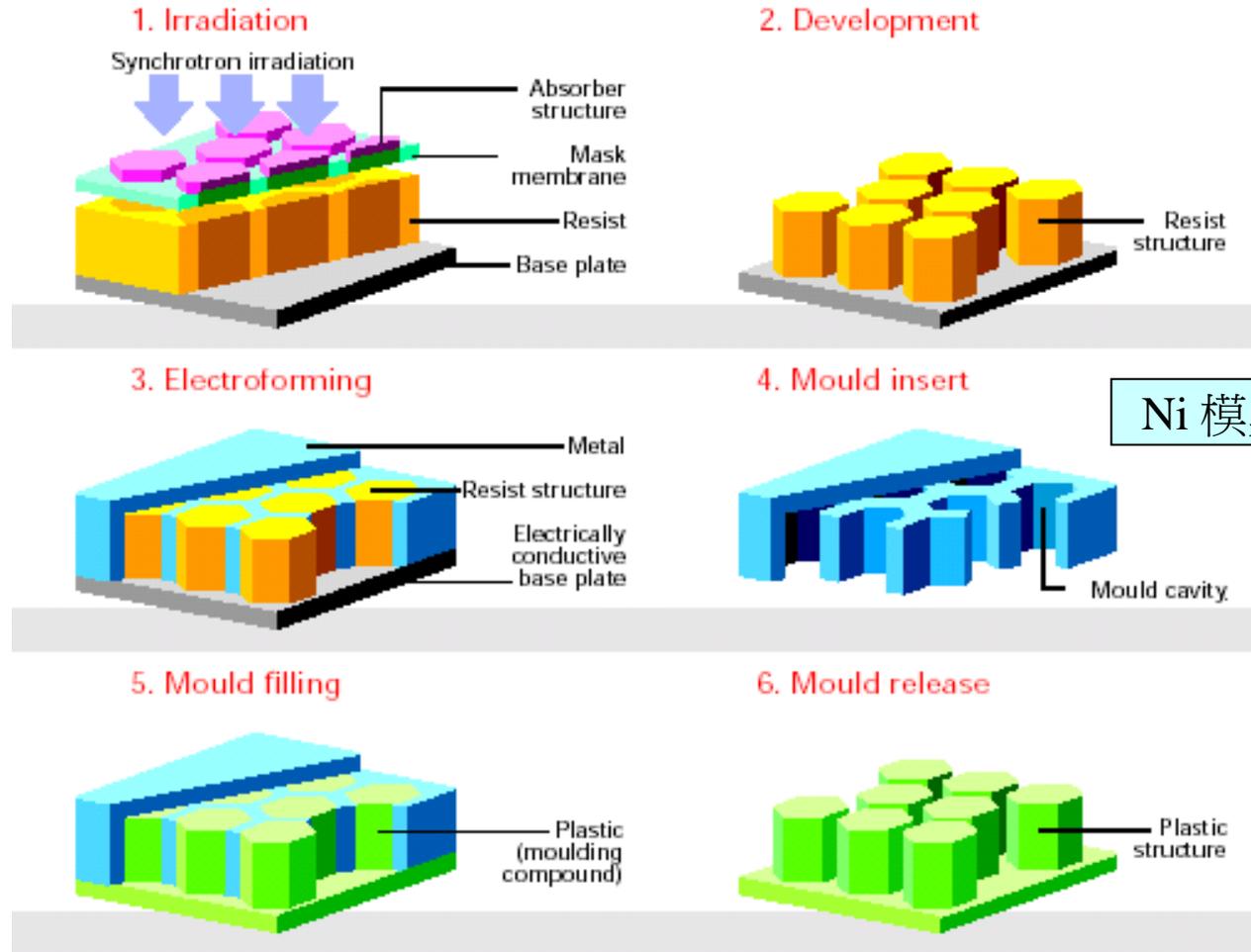
光微影



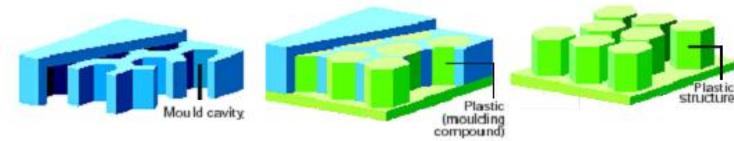
電鑄



微成型

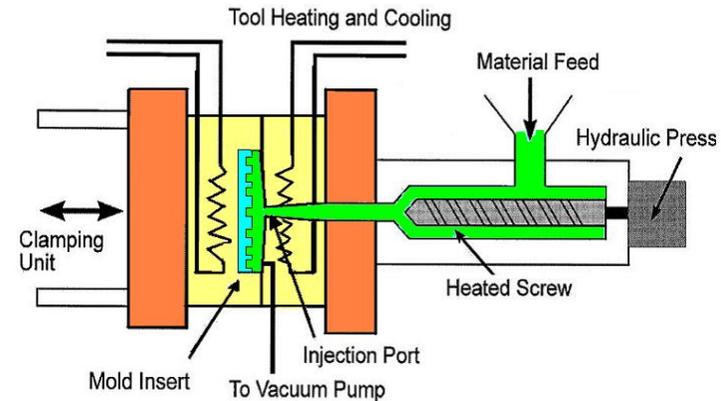


# 微成型技術



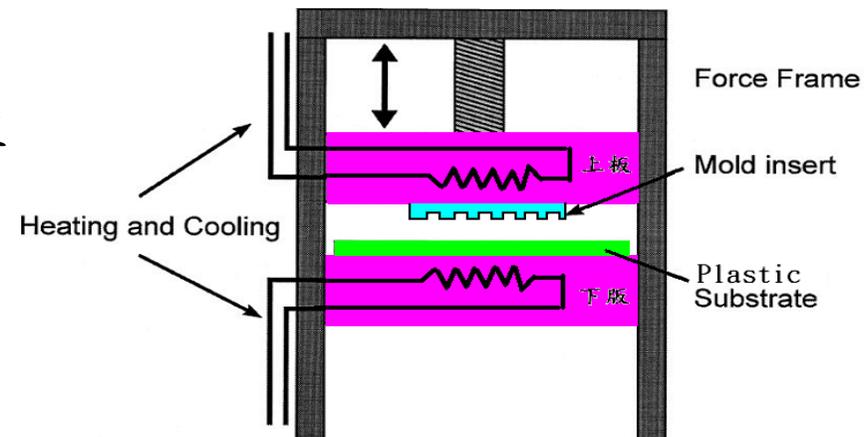
## ➤ 射出成型：

1. 製程快速、可量產
2. 模具設計複雜、設備成本高
3. 可作3D複雜微元件



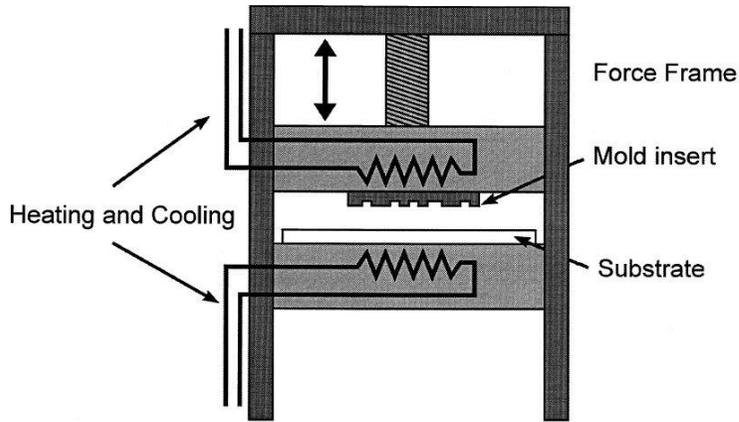
## ➤ 熱壓成型：

1. 模具簡單、成本低、可量產
2. 製程簡易、較射出慢
3. 可作2D大面積薄膜元件

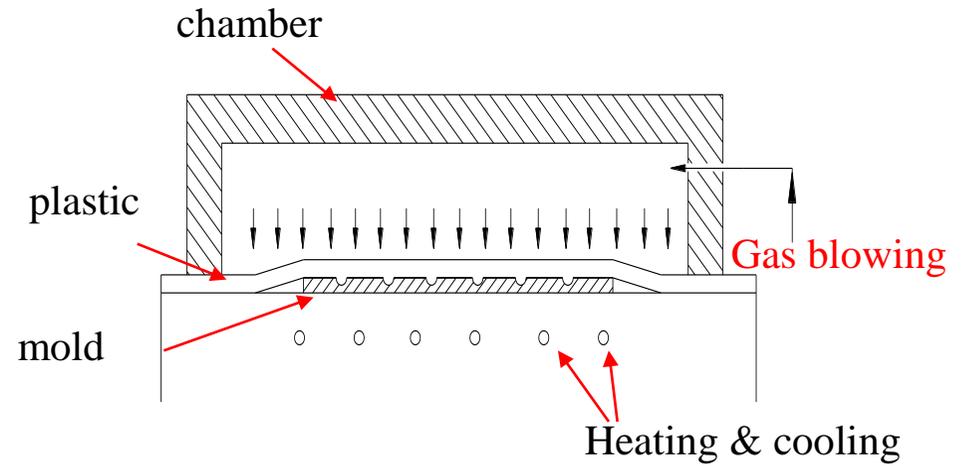


# 塑膠微結構熱壓成型技術的種類

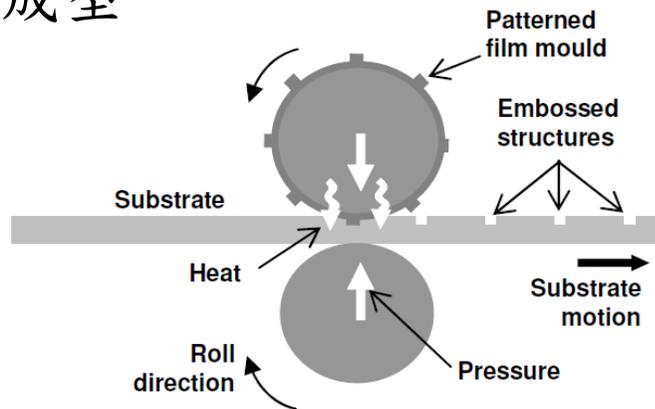
## ➤ 平板式的熱壓成型



## ➤ 氣體式的熱壓成型

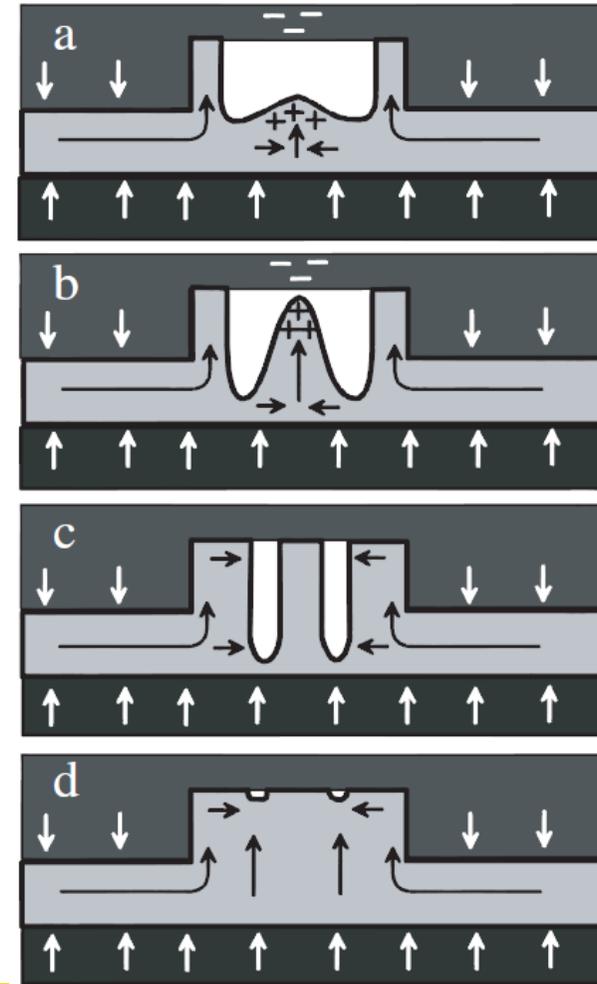
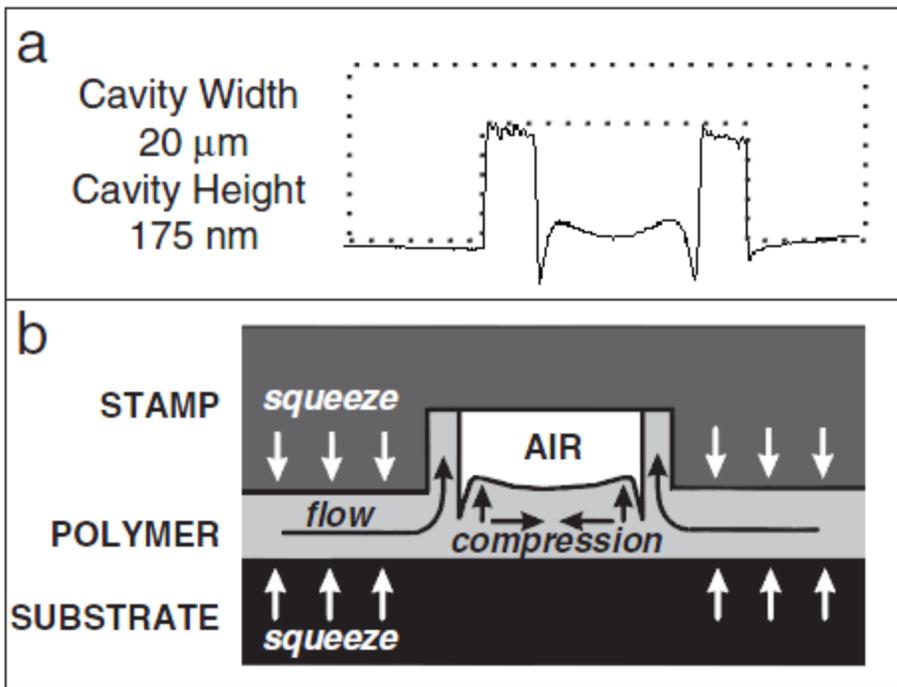


## ➤ 滾輪式的熱壓成型



# 微結構熱壓成型的製程原理

➤ 製程原理: 利用高溫與高壓的製程步驟，將模具上的微結構圖案複製到熱塑性的塑膠薄膜上。

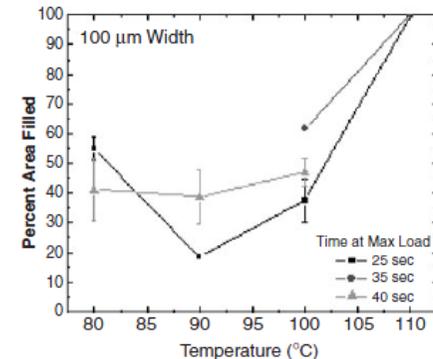
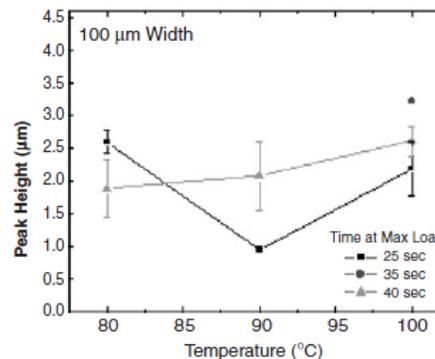
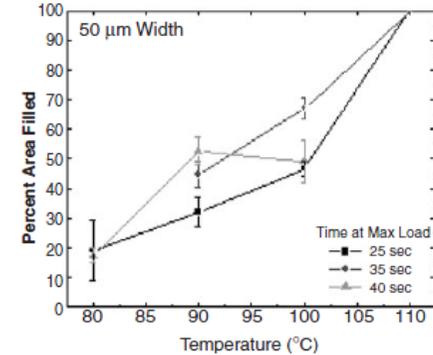
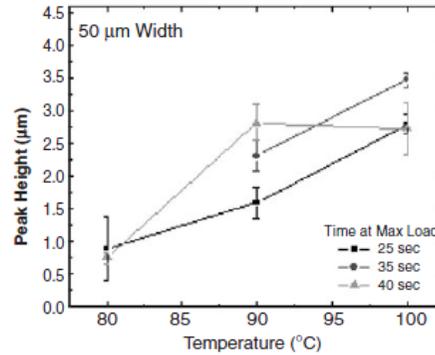
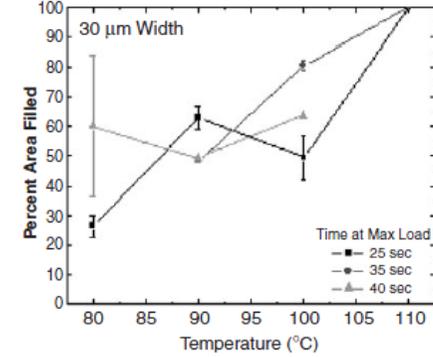
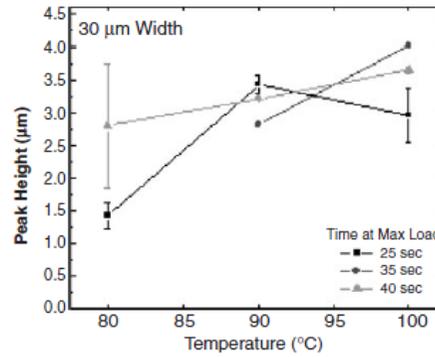




# 溫度效應的影響

► 隨著熱壓溫度的上升，微結構的成型高度與範圍也會隨之增加。

(PMMA substrate)



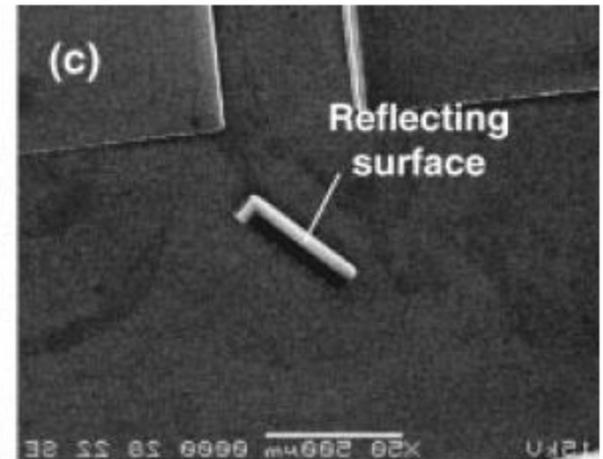
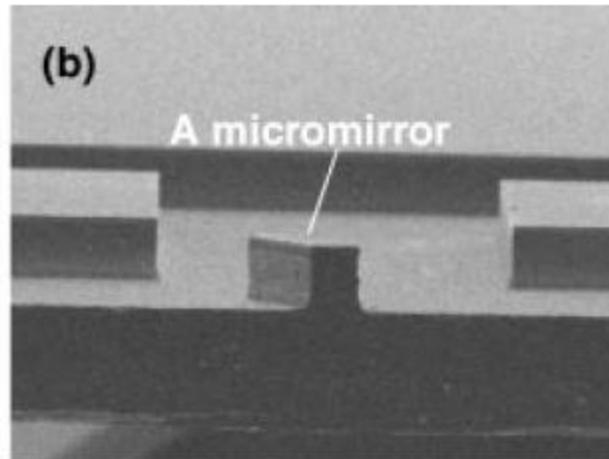
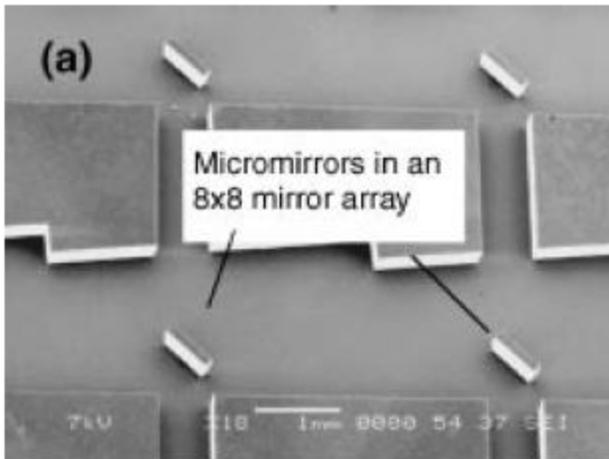
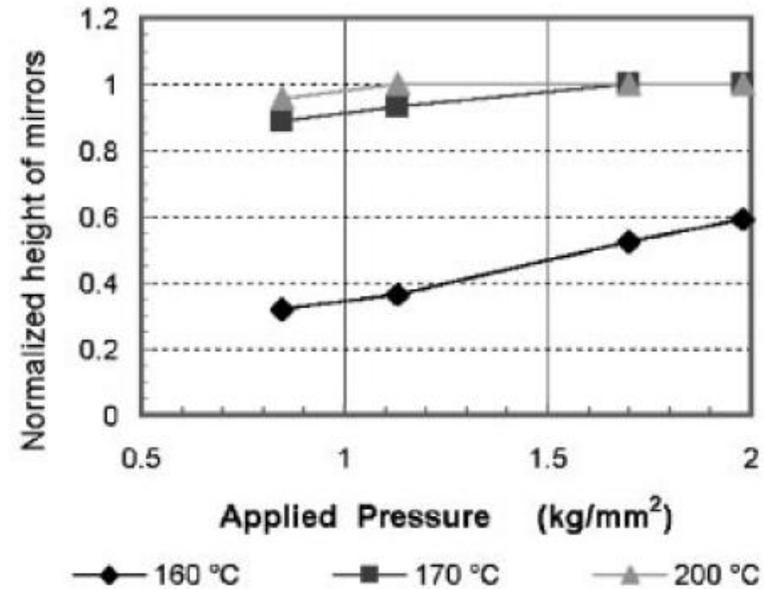
(a)

(b)

# 壓力效應的影響

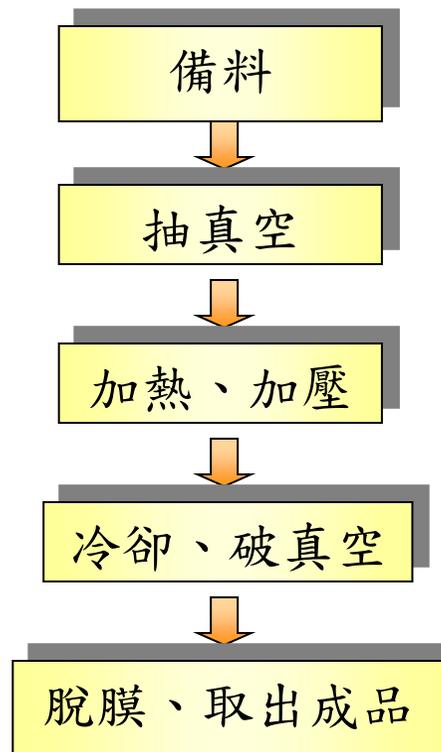
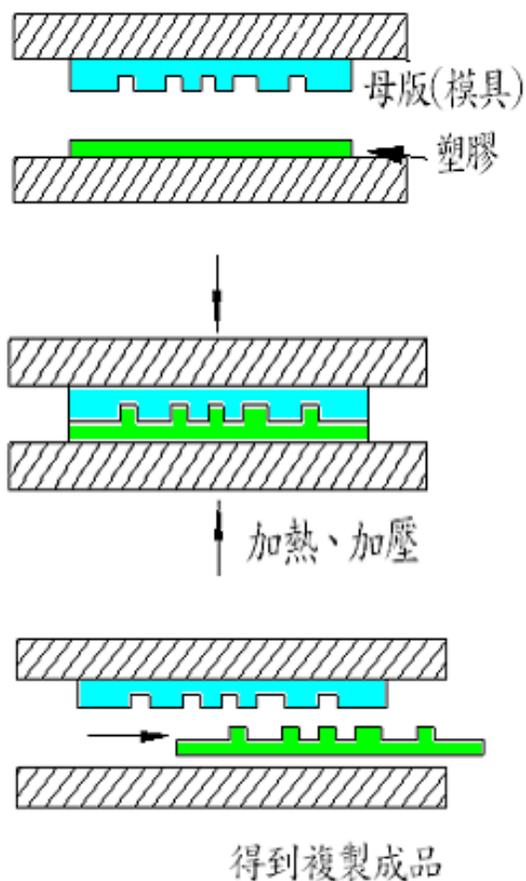
➤ 隨著熱壓壓力的上升，微結構的成型高度與範圍也會隨之增加。

(Polycarbonate film)

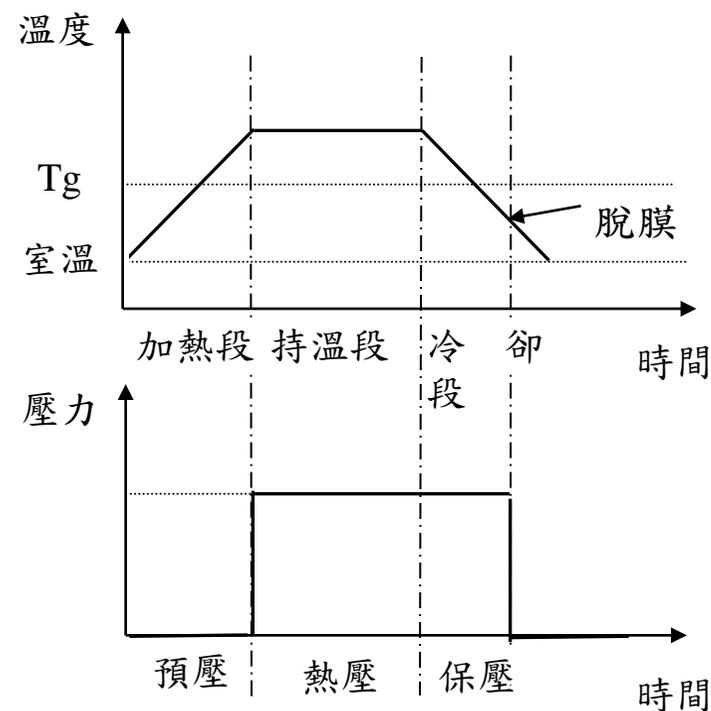


# 平板式微結構熱壓成型的製程步驟

## 成型步驟

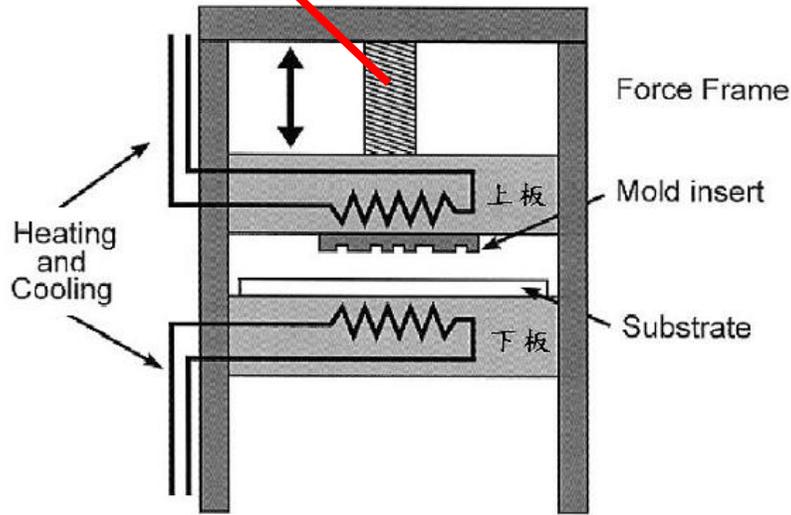


## 溫度與壓力設定曲線



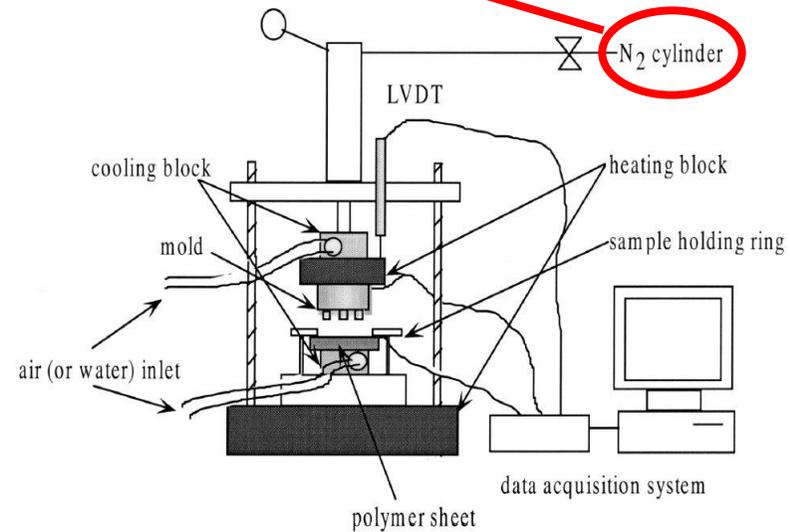
# 平板式微結構熱壓成型機的機構設計

- 馬達/螺桿/油壓加壓機構



德國 Jenoptik 公司 (H. Becker)

- 氣壓缸加壓機構

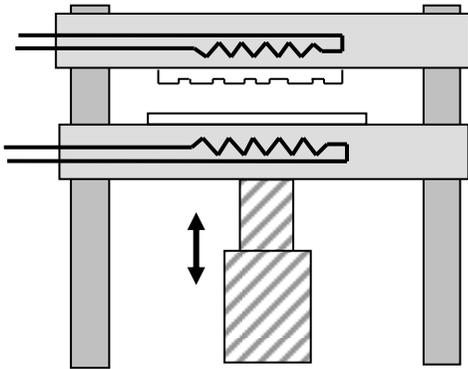


The Ohio State University  
(L. James. Lee)

➡ 目前壓板直接熱壓方式

➡ 缺點：「壓力不均」與「製程時間慢」

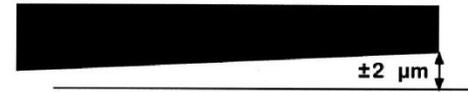
# 傳統平板式微結構熱壓成型的問題



1. 壓板不平



2. 壓板不平行



## ✚ 壓力分佈不均勻

- 限制複製面積與精度。

- 不適用脆性材質的模具（矽晶圓、玻璃---

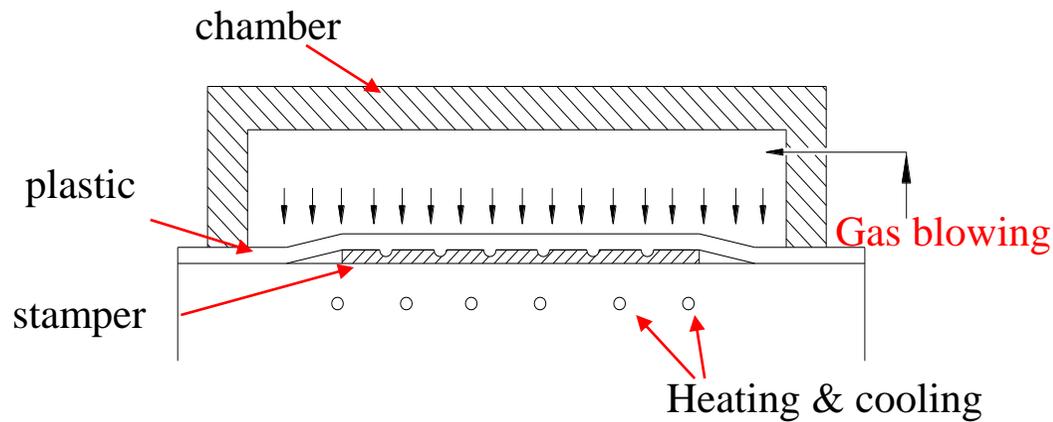
## ✚ 壓板中間壓力大，靠近壓板邊緣處壓力小

- 充填階段，不均勻壓力導致塑膠充填不一

- 冷卻階段，不均勻保壓力造成塑膠收縮不均勻

# 氣體輔助熱壓成型方法\*

原理：利用氣體等壓、等向分佈特性，進行加壓工作。



- 加壓：氣體（氮氣）加壓，氮氣鋼瓶（Max.=130 kgf/cm<sup>2</sup>）
- 根據理想氣體方程式  $PV=mRT$ ，當體積固定時，壓力與溫度呈正比關係（在升降溫階段）
  - ➡ 氣體加壓→完整均勻壓力分佈、大面積、不壓破矽晶圓

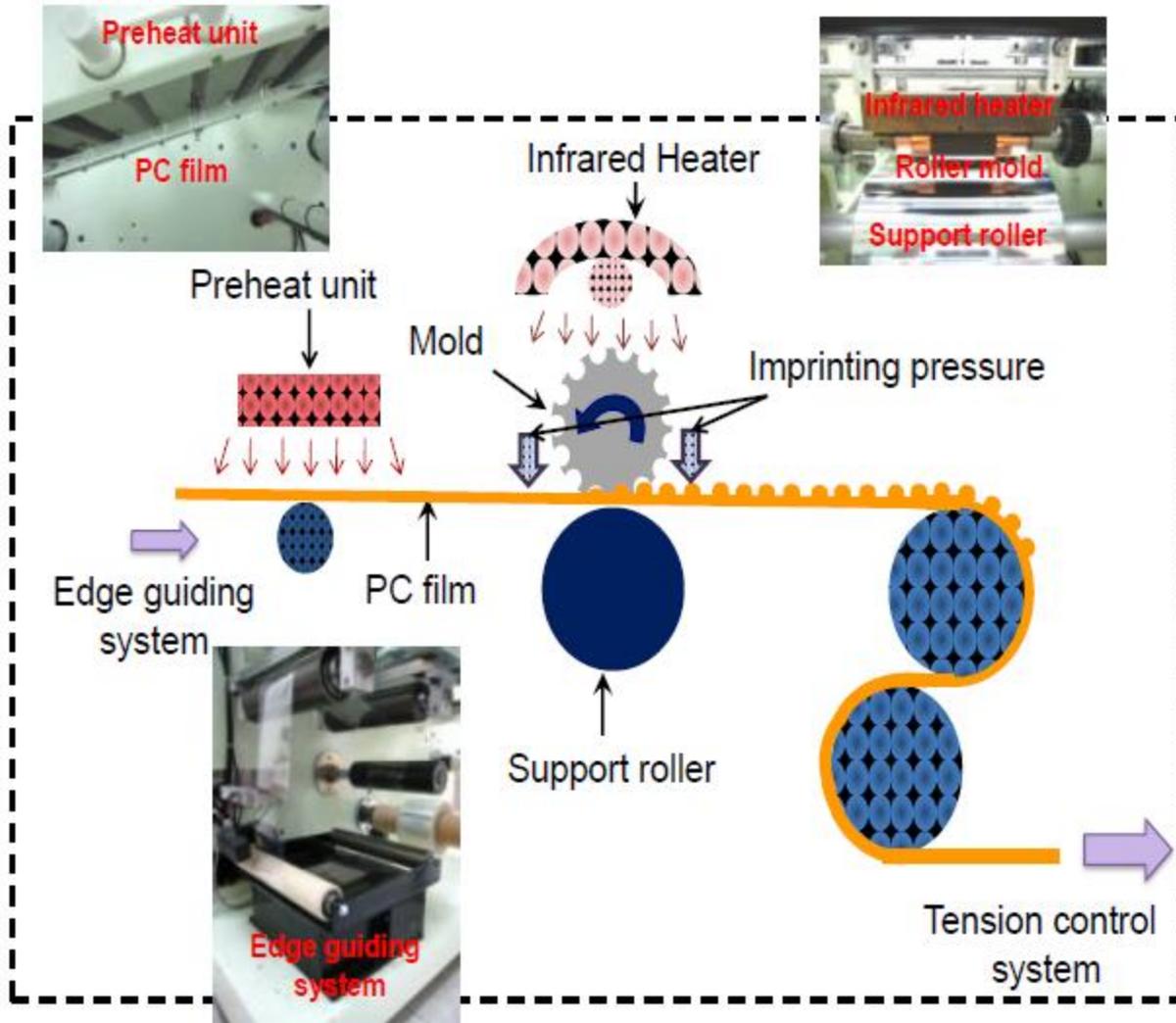


# 傳統熱壓與氣體輔助熱壓之比較

|      | 傳統熱壓                 | 氣體輔助熱壓               |
|------|----------------------|----------------------|
| 加壓方式 | 電熱壓板                 | 氣體                   |
| 壓力分佈 | 分佈不均                 | 分佈均勻                 |
| 製程壓力 | 高                    | 高                    |
| 製程溫度 | 高(> T <sub>g</sub> ) | 高(> T <sub>g</sub> ) |
| 製程時間 | 長                    | 長                    |
| 熱壓面積 | 面積受限(<6")            | 不易受限                 |
| 熱壓模具 | 鋼或鎳 (玻璃、矽晶圓易壓破)      | 鋼、鎳、玻璃、矽晶圓皆可         |
| 機器設計 | 複雜                   | 簡易                   |

➡ 氣體輔助熱壓雖可達到均壓之效果，但熱壓製程緩慢之問題仍待解決

# 滾輪式熱壓成型的特色



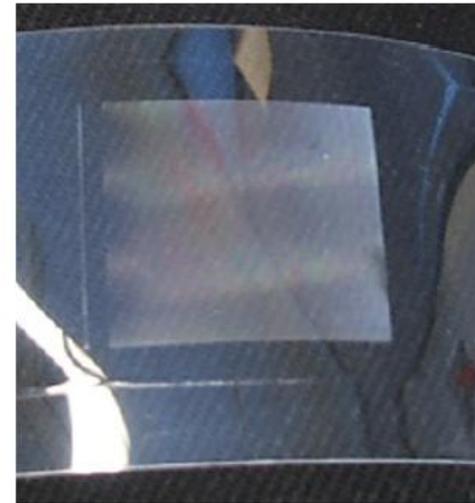
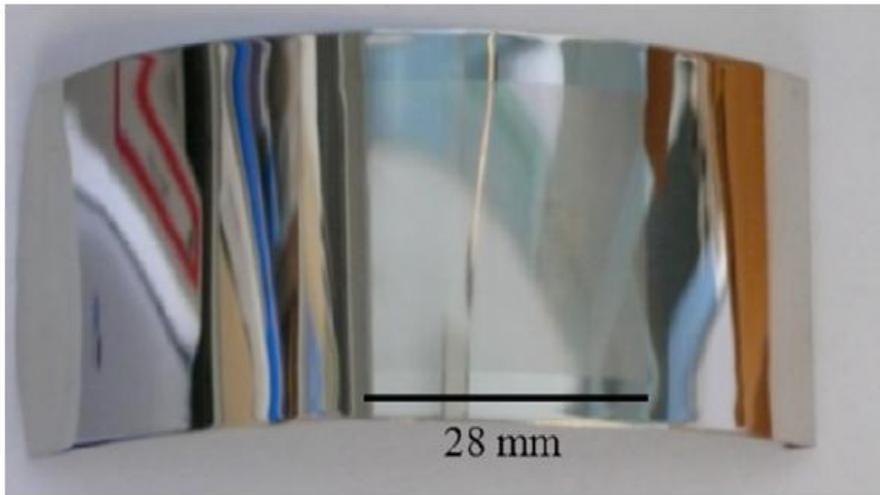
- 滾筒型模具
- 連續式製程
- 適合大量生產

(資料來源:金屬工業研究發展中心、南台科技大學莊承鑫教授)

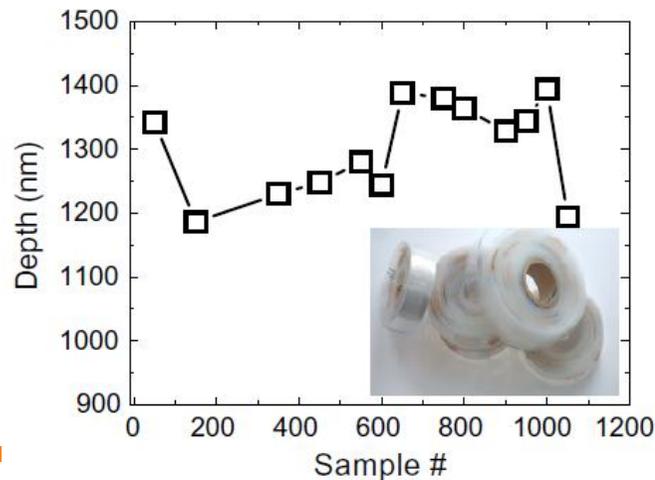
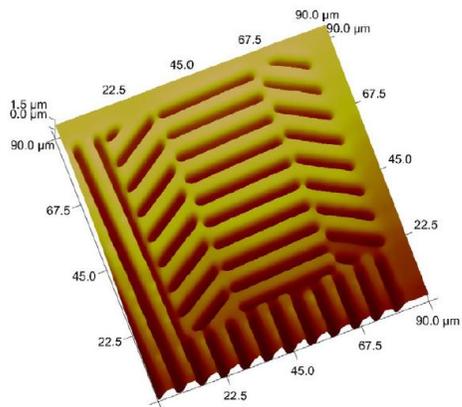
# Roll-to-roll pilot nanoimprinting process for backlight devices

Tapio Mäkelä \*, Tomi Haatainen

VTT Microsystems and Nanoelectronics, P.O. Box 1000, FIN-02044 VTT, Espoo, Finland



**Fig. 1.** Flexible Ni-mold consisting one 28 × 28 mm size backlight device. Mold thickness is 300 μm.



- PMMA substrate
- Pressure = 8 MPa
- 115°C
- R2R Speed 0.6 m/min



# 總結-微結構熱壓成型之技術關鍵與挑戰

- 微奈米模具的製作技術：  
(傳統光微影、電子束微影、X-ray、高能離子束、準分子雷射....)。
- 精密熱壓成型的設備：  
(可抽真空(或可潔淨)、可對位、可快速固化材料....)。
- 脫膜技術：  
(模具表面改質、特殊機構設計....)。
- 材料的流變特性：  
(應避免氣泡、未填滿、....)。
- 材料固化收縮：  
(造成結構塌陷、尺寸變化....)。