



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I537314 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：099110881

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 04 月 08 日

(51) Int. Cl. : C08J5/12 (2006.01)

F04B49/00 (2006.01)

(71) 申請人：國立清華大學 (中華民國) NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY (TW)

新竹市光復路 2 段 101 號

(72) 發明人：洪健中 HONG, CHIEN CHONG (TW)；陳睿鈞 CHEN, JUI CHUN (TW)

(74) 代理人：高玉駿；楊祺雄

(56) 參考文獻：

US 2002/0047003A1

C. Liu, H. Qin and P. T. Mather, Review of progress in shape-memory polymers, Journal of Materials Chemistry, 2007, 17, 1543-1558。

審查人員：楊淑珍

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：3 共 20 頁

(54) 名稱

智慧型可變型態高分子微流體動力裝置及其製作方法

MICRO-FLUIDIC POWER SYSTEM AND A METHOD TO PRODUCE THE SAME

(57) 摘要

本發明提供一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置，包含一基材及一微流體晶片，該基材是由形狀記憶高分子所構成，具有一呈現暫時型態的變化部，且該暫時型態經過溫度改變後會自該暫時型態回復成該記憶型態，該微流體晶片與該變化部彼此接合，具有一與該變化部呈現記憶形態時相連通的微流道，利用溫度變化令該變化部自該暫時形態變換成該記憶型態的體積變化，使該微流道壓力產生變化，驅動流體進入該微流道，此外本發明還同時提供一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法。

This invention provides a micro-fluidic modular system which comprising a substrate and a micro-fluidic chip. Said substrate was made of shape memory polymers (SMP), including a transformative part which would transfer from temporary state to memory state by temperature control. Said micro-fluidic chip was sealed with the transformative part having temporary state, including a micro-fluidic channel. The fluid was driven into the designed channel by using the volume change of the transformative part from temporary state to memory state. This invention also provides a method to fabricate the micro-fluidic power system.

指定代表圖：

符號簡單說明：

2 . . . 基材

21 . . . 變化部

21a . . . 凹槽

3 . . . 微流體晶片

31 . . . 微流道

311 . . . 第一通孔

312 . . . 第二通孔

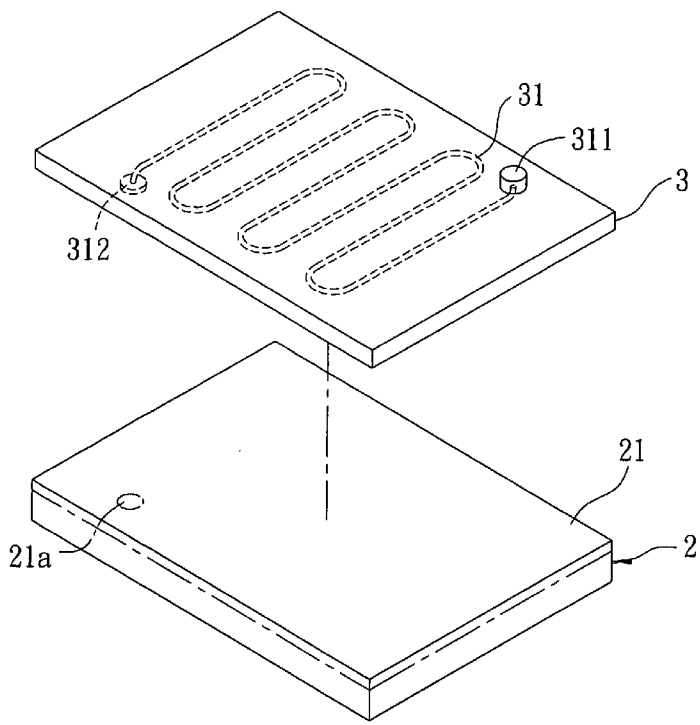


圖2

公告本
-----

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 99110881

C08J 5/12 (2006.01)

※ 申請日： 99.4.8

※IPC 分類： F04B 49/00 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

智慧型可變型態高分子微流體動力裝置及其製作方法 /  
Micro-fluidic power system and a method to produce the same

## 二、中文發明摘要：

本發明提供一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置，包含一基材及一微流體晶片，該基材是由形狀記憶高分子所構成，具有一呈現暫時型態的變化部，且該暫時型態經過溫度改變後會自該暫時型態回復成該記憶型態，該微流體晶片與該變化部彼此接合，具有一與該變化部呈現記憶形態時相連通的微流道，利用溫度變化令該變化部自該暫時形態變換成該記憶型態的體積變化，使該微流道壓力產生變化，驅動流體進入該微流道，此外本發明還同時提供一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法。

## 三、英文發明摘要：

This invention provides a micro-fluidic modular system which comprising a substrate and a micro-fluidic chip. Said substrate was made of shape memory polymers (SMP), including a transformative part which would transfer from temporary state to memory state by temperature control. Said micro-fluidic chip was sealed with the transformative part having temporary state, including a micro-fluidic

channel. The fluid was driven into the designed channel by using the volume change of the transformative part from temporary state to memory state. This invention also provides a method to fabricate the micro-fluidic power system.

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖( 2 )。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

2	基材	31	微流道
21	變化部	311	第一通孔
21a	凹槽	312	第二通孔
3	微流體晶片		

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種微流體裝置及其製作方法，特別是指一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置及其製作方法。

### 【先前技術】

傳統的微流體裝置包含一微幫浦及一微流體閥門，微幫浦是動力來源，主要的功用是流體的輸送及控制與開關，而微流體閥門為微流體裝置中控制流體方向之元件，用於流體於流道中的流量調節。微幫浦依照其作用形式可分為位移式(displacement)與動力式(dynamic)兩種，而依作用形式則可分為蠕動式(peristaltic)和往復式(reciprocating)兩種；而微流體閥門依照其作用方式則可分為主動式(active)及被動式(passive)兩種，依其驅動方式則可區分為機械式(mechanical)與非機械(non-mechanical)兩種類型。

例如 M. Koch 等人[M. Koch, N. Harris, Alan G. R. Evans, Neil M. White and Arthur Brunnschweiler, A Novel Micromachined Pump Based On Thick-Film Piezoelectric Actuation, Sensors and Actuators A: Physical, vol. 70, pp. 98-103, 1998]結合壓電材料做成一種往復式微幫浦的微流體系統，其是將壓電材料置於三層堆疊的矽上，並利用可振動的懸臂樑結構做單向流的控制，輸入電壓使壓電材料及薄膜往復動作，作為流體的輸送；而 Zengerle 等人[Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices. 1st

ed., Prentice Hall, 2001]則提出一種以矽材料製作的靜電微幫浦，其為利用懸臂樑結構作為拍動式閥門而製得微流體系統。

相較於上述傳統微流體系統，由於高分子材料有更容易製作及生物相容性的優點，且可取代半導體製程的限制，更能貼近生醫微晶片及微流體系統的製作與實用性，因此，用以整合部分微流體閥門與微流體驅動系統的高分子材料系統亦陸續被發展出，例如 R. Liu 等人 [Liu R, Yu Q and Beebe D J, “Fabrication and Characterization of Hydrogel-Based Microvalves “J. Microelectromech. Syst., vol. 11, pp. 45–53, 2002]利用紫外光固化的壓克力系 AA/HEMA 水凝膠(hydrogel)作為微流體閥門，此種水凝膠在不同 PH 值會改變體積大小，因此，利用此水凝膠在不同 PH 值緩衝液的體積變化來推動聚二甲基矽氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)薄膜，作為控制流體通過與否的微閥門，而得到高分子型態製作的微流體系統；而 David T. Eddington 等人 [David T. Eddington and David J. Beebe, “A Valved Responsive Hydrogel Microdispensing Device With Integrated Pressure Source”, Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 13, no. 4, 2004]則利用陣列的 PH 值反應水凝膠與二甲基矽氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)薄膜製作出微流體裝置，再利用外部注射幫浦(Syringe pump)注射緩衝液來驅動微流體，也可更換注入之緩衝液使水凝膠恢復並重複使用。

然而，由上面說明可以發現目前部分整合的微流體裝置若欲完成微流體的驅動，並無法從微流體裝置本身自行驅動，而是都需要另外接上一個壓力控制裝置及管線作為流體的驅動源，因此造成微流體晶片本身體積雖小，但卻必須擁有體積龐大的外部能量來源的缺點，而增加了使用上的不便，因此，如何將驅動源整合，不需外部再接上驅動源，則成為此技術領域研究者努力改善的方向。例如，C. C. Hong 等人 (J. Micromech. Microeng. 17 (2007) 410-417)，將壓縮氣體利用一封口膜封存在 COC(cyclic olefin copolymer)薄膜中，並沉積鎳作為加熱器，與微流體晶片進行封裝，之後利用加熱器加熱將封口膜融熔後，即可讓封存在該 COC 薄膜中的氣體擴散出，並讓擴散出的氣體作為驅動源來推動流體進入微流體晶片中；又例如 Kuo-Yao Weng 等人(The Royal Society of Chemistry 2008, Lab Chip, 2008, 8, 1216-1219)，則將一個真空玻璃毛細管置於可彎曲彈性薄膜中，當利用外力將薄膜內的真空毛細管打破後，薄膜內會產生真空效應而將流體驅動吸入，而製作出一種真空毛細管之氣動幫浦。

然而，無論是以前述產生正壓或負壓方式進行流體的驅動，其驅動源的製程均較為繁複且須精密的控制，以預防驅動源失效，且大都為單次使用，因此，如何提供更多元化、更方便製作，且更實用的整合型微流體系統結構，則為此技術領域研究者努力發展的重要目標之一。

**【發明內容】**

因此，本發明之目的，即在提供一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法。

此外，本發明之另一目的，也在提供一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置。

於是，本發明一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法包含以下四個步驟。

(a) 將一經聚合反應後會得到形狀記憶高分子的單體組成置入一模具中，該模具具有一自該模具底部向上突起的凸部所構成的預定圖案。

(b) 令該置於模具中的單體組成進行聚合反應，得到一由形狀記憶高分子構成的基材，該基材具有一變化部，且該變化部為呈現與該模具圖案相對應而呈凹槽狀的記憶型態。

(c) 將該基材自該模具取出，並以熱壓方式壓擊該變化部，令該變化部由記憶型態轉變成平坦狀的暫時形態後冷卻，使該變化部定型為暫時形態。

(d) 將一微流體晶片與該變化部為暫時型態的基材接合，其中，該微流體晶片具有一貫通的微流道，該微流道的兩端分別具有與外界連通的一第一通孔及一第二通孔，令該微流體晶片與該基材貼合後，該第二通孔會與該基材呈暫時型態的變化部連通，完成該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作，利用溫度變化可令該變化部自該暫時形態變換成該記憶型態產生壓力變化，驅動位於該第

一通孔位置的流體進入該微流道。

此外，本發明一種微流體裝置包含一基材及一微流體晶片。

該基材是由形狀記憶高分子所構成，具有一呈現平坦狀之暫時型態的變化部，該變化部會在該暫時型態及一呈凹槽狀的記憶型態之間轉換，該暫時型態是將該呈現記憶型態的變化部經過熱壓與冷卻過程後而得，且該暫時型態經過溫度改變後會自該暫時型態回復成該記憶型態。

該微流體晶片接合於該變化部呈現暫時型態的基材表面，具有一貫通的微流道，該微流道的兩端分別具有與外界連通的一第一通孔及一第二通孔，且該第二通孔會與該基材呈現暫時形態的變化部彼此連通，利用溫度變化令該變化部自該暫時形態變換成該記憶型態的體積變化，使該微流道壓力產生變化，驅動位於該第一通孔位置的流體進入該微流道。

本發明之功效在於：將由形狀記憶高分子構成的基材與微流體晶片結合，利用形狀記憶高分子在溫度變化下之體積變化所導致的壓力變化形成一驅動源，將液體驅動進入微流體晶片中，不僅可將驅動源整合於晶片，且製程簡便、容易控制而可有效降低成本。

### 【實施方式】

有關本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，在以下配合參考圖式之一個較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。

本發明的智慧型可變型態高分子微流體動力裝置是利用形狀記憶高分子所構成的基材與微流體晶片結合，並利用形狀記憶高分子的體積變化所導致的壓力變化驅動液體進入微流道中，該體積變化所導致的壓力變化可藉由基材的記憶型態設計，並配合不同需求而得以產生正壓或負壓以進行流體的驅動，於本較佳實施例中是以製作一種可經由體積變化產生的負壓驅動流體的智慧型可變型態高分子微流體動力裝置為例作說明，惟本發明之應用並不以此為限。

參閱圖 1，本發明一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法的該較佳實施例包含以下四個步驟。

首先，進行步驟 11，將一可經聚合而得到形狀記憶高分子的單體組成置入一具有預定圖案的模具中。

具體的說，該模具具有一自該模具底部向上突起的凸部所構成的預定圖案，該單體組成則是選自可聚合得到形狀記憶高分子的聚合單體，其中，該形狀記憶高分子可為化學交聯型玻璃相之網狀高分子 (covalently cross-linked glassy thermoset networks as SMP)、化學交聯型半結晶性之網狀高分子 (covalently cross-linked semi-crystalline networks as SMP)、物理交聯型玻璃相之共聚高分子 (physically cross-linked glassy copolymers as SMP)，及物理交聯型半結晶性之共聚高分子 (physically cross-linked semi-crystalline block copolymers as SMP)，而因為化學交聯型玻璃相之網狀高分子具有斜率較大的玻璃轉移溫度 (T<sub>g</sub>) 曲

線，且由於其結構為交聯型的網狀結構，能夠抑制鏈與鏈之間的分子運動而使形狀固定，並具有快速恢復形狀之能力，因此，較佳地，該單體組成是選自可聚合得到化學交聯型玻璃相之網狀高分子的聚合單體，於本實施例中該單體組成是選自可聚合得到壓克力系高分子的甲基壓克力 (methyl methacrylate, MMA) 及丁基壓克力 (butyl methacrylate, BMA)。

值得一提的是，該單體組成可更包含一有機與無機混成的多面體矽氧烷寡聚物 (polyhedral oligosilsesquioxane, POSS)，由於其結構是由無機的矽作為核心，周圍接上氧原子所構成，因此可藉由 POSS 的添加，增加形狀記憶高分子的熱穩定性及熔體流動性，且能夠保留高分子原始的機械性質。

要說明的是，由於該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置是利用形狀記憶高分子的體積變化所導致的壓力變化而驅動液體進入微流道中，因此，當 POSS 的含量太低時，由於形狀記憶高分子的熱穩定性及熔體流動性會較差，而容易令該基材在未經熱壓處理前的記憶型態即會有些許形變，使後續經熱處理過程時的體積變化不足，而導致壓力梯度變化降低，使得藉由壓力變化產生的驅動力不足，因此，較佳地，POSS 的含量不小於 10wt%，更佳地，POSS 的含量不小於 15wt%。

接著，進行步驟 12，將該置於模具中的單體組成進行聚合反應，得到一由形狀記憶高分子構成並具有一變化部

的基材，且該變化部為呈現與該模具圖案相對應的記憶型態。

詳細地說，該步驟 12 是利用澆注方式先將單體組成置入具有預定圖案的模具後，再將置於模具內的單體組成聚合，而得到一由形狀記憶高分子構成之基材，該基材具有一變化部，且該變化部為呈現與該模具圖案相對應而呈具有一凹槽的記憶型態，由於該單體組成聚合得到的高分子為形狀記憶高分子，因此，其聚合後形成的記憶型態即會被記憶而成永久態樣。

然後，進行步驟 13，將該基材自該模具取出，並以熱壓方式壓掣該變化部，令該呈記憶型態的變化部轉變成一表面呈平坦狀的暫時態樣後冷卻定型。

具體的說，該步驟是將前述該呈記憶型態的基材加熱至高於玻璃轉換溫度(以下簡稱 Tg)的溫度條件下，使用熱壓機壓掣該變化部，令該變化部的記憶型態轉變成一表面呈平板狀的暫時型態後冷卻，使該變化部由該記憶型態轉換成暫時型態。

最後，進行步驟 14 將一具有微流道的微流體晶片與該基材接合，完成該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作。

具體的說，該微流體晶片具有一微流道，該微流道具有一與外界連通的第一通孔及一與該記憶態樣對應連通的第二通孔，該微流體晶片的材料可選自玻璃或高分子等，而該微流體晶片與該基材則可採用膠合方式進行接合，由

於該微流道的成形方式及接合方式為一般業界常用之技術，因此，於此不再多加贅述；於本實施例中，該微流體晶片是先將一由烯烴共聚物(Cyclic olefin copolymer、COC)構成之基板進行鑽孔，於該基板形成一貫通的微流道，且該微流道兩端具有與外界連通的一第一通孔及一第二通孔，而形成該具有微流道的微流體晶片，之後在該微流體晶片具有該第二通孔的表面旋塗一層紫外光硬化型接著劑，並將該微流道的第二通孔與該變化部原始預設的記憶態樣的凹槽對位並貼放在該變化部上，再置於 UV 曝光箱中進行曝光後將其接合，即可完成該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作，而得到如圖 2 所示的智慧型可變型態高分子微流體動力裝置。

參閱圖 2，該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置包含一基材 2，及一微流體晶片 3。

該基材 2 是由形狀記憶高分子(Shape memory polymer, SMP)所構成，具有一變化部 21，且該變化部 21 為呈現表面為平坦狀的暫時態樣，該變化部 21 可經由溫度控制令該暫態圖案回復成該具有凹槽 21a 的記憶態樣，且該暫態圖案是將該呈記憶態樣的變化部，經熱壓令該記憶態樣變形、冷卻後而形成。

該微流體晶片 3 與該變化部 21 連結，具有一與該變化部 21 預設之永久圖案的凹槽 21a 彼此連通的微流道 31，且該微流道 31 具有一與外界連通的第一通孔 311 及一與該變化部 21 預設的永久圖案的凹槽 21a 對應連通的第二通孔

312，流體 100 可置放於該第一通孔 311 上。

配合參閱圖 3，圖 3(a)~3(b)為簡單說明該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置於使用過程的體積變化。

使用該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置時，流體 100 為置放在該第一通孔 311 上，當加熱溫度超過該變化部 21 的玻璃轉換溫度時，該變化部 21 會從呈平坦狀態的暫時態樣回復成預設具有該凹槽 21a 的記憶態樣，藉由該變化部 21 由該暫時態樣回復成記憶態樣的體積變化所產生的負壓，經由該微流道彼此連通的第一、二通孔 311、312，即可將位在該第一通孔 311 的流體 100 驅動進入該微流道 31 中。

利用由形狀記憶高分子構成之基材在溫度高於  $T_g$  的溫度條件時將其塑造成暫時態樣，之後降溫至  $T_g$  以下時，由於內部能量會被儲存，分子間動能降低而使該基材的變化得以固定保持在暫時態樣，之後再將該呈暫時態樣的變化部與微流體晶片結合，當再升溫至溫度高於  $T_g$  時，由於儲存能量的釋放而令該變化部從暫時態樣回復至原始的記憶態樣，而經由該暫時態樣與該記憶態樣之間轉化產生的體積變化所導致的壓力變化形成一驅動源，將液體驅動進入微流體晶片中，而得以將驅動源與微流體晶片簡單整合。

此外，值得一提的是，該微流體晶片與該變化部亦可為彼此可拆離的連接，如此，當該基材經加熱使用回復成記憶態樣後，即可將該微流體晶片與該基材拆離，再經簡易的熱壓過程令該基材的記憶態樣再次轉變成暫時態樣

後，再與其它微流體晶片重新接合後即可重複使用。

本發明將形狀記憶高分子與微流體晶片結合，並利用形狀記憶高分子在溫度變化下之體積變化所導致的壓力變化形成一驅動源，將液體驅動進入微流體晶片中，而將驅動源與微流體晶片整合，不僅製程簡便容易控制，且利用形狀記憶高分子可重複記憶的特性，因此基材可重複使用，而可有效降低製程成本，故確實可達到本發明之目的。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 是一示意圖，說明本發明智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法的較佳實施例；

圖 2 是一示意圖，說明該較佳實施例製作出之微流體裝置；及

圖 3 是一示意圖，說明圖 2 之智慧型可變型態高分子微流體動力裝置於使用過程的體積變化，驅動流體進入該微流道。

**【主要元件符號說明】**

100	流體
11	步驟
12	步驟
13	步驟
14	步驟
2	基材
21	變化部
21a	凹槽
3	微流體晶片
31	微流道
311	第一通孔
312	第二通孔

## 七、申請專利範圍：

1. 一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法，包含

(a) 將一經由聚合反應後會得到形狀記憶高分子的單體組成置入一模具中，該模具具有一自該模具底部向上突起的凸部所構成的預定圖案；

(b) 令該置於模具中的單體組成進行聚合反應，得到一由形狀記憶高分子構成的基材，該基材具有一變化部，且該變化部為呈現與該模具圖案相對應而呈凹槽狀的記憶型態；

(c) 將該基材自該模具取出，以熱壓方式壓掣該變化部，令該變化部由記憶型態轉變成平坦狀的暫時型態後冷卻，使該變化部定型為暫時型態；及

(d) 將一微流體晶片與該變化部為暫時型態的基材接合，其中，該微流體晶片具有一貫通的微流道，該微流道的兩端分別具有與外界連通的一第一通孔及一第二通孔，令該微流體晶片與該基材貼合後，該第二通孔會與該基材呈暫時型態的變化部連通，完成該智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作，利用溫度變化可令該變化部自該暫時形態變換成該記憶型態產生壓力變化，驅動位於該第一通孔位置的流體進入該微流道。

2. 依據申請專利範圍第 1 項所述之智慧型可變型態高分子微流體動力裝置，其中，該步驟(c)是在不小於該基材的玻璃轉換溫度的條件下進行熱壓。

3. 依據申請專利範圍第 1 項所述之智慧型可變型態高分子微流體動力裝置，其中，該步驟(a)的單體組成包括甲基丙烯壓克力、丁基丙烯壓克力，及其中之一組合。
4. 依據申請專利範圍第 3 項所述之智慧型可變型態高分子微流體動力裝置的製作方法，其中，該單體組成還包括一多面體矽氧烷寡聚物。
5. 一種智慧型可變型態高分子微流體動力裝置，利用體積變化驅動流體，包含：
  - 一基材，是由形狀記憶高分子所構成，具有一呈現平坦狀之暫時型態的變化部，且該變化部會在該暫時型態及一呈凹槽狀的記憶型態之間轉換，該暫時型態是將該呈現記憶型態的變化部經過熱壓與冷卻過程後而得，且該暫時型態經過溫度改變後會自該暫時型態回復成該記憶型態；及
  - 一微流體晶片，接合於該變化部呈現暫時型態的基材表面，具有一貫通的微流道，該微流道的兩端分別具有與外界連通的一第一通孔及一第二通孔，且該第二通孔會與該基材呈現暫時形態的變化部彼此連通，利用溫度變化令該變化部自該暫時形態變換成該記憶型態的體積變化，使該微流道壓力產生變化，驅動位於該第一通孔位置的流體進入該微流道。
6. 依據申請專利範圍第 5 項所述之智慧型可變型態高分子微流體動力裝置，其中，該微流體晶片與該基材為可拆離地彼此密合連接。

## 八、圖式：

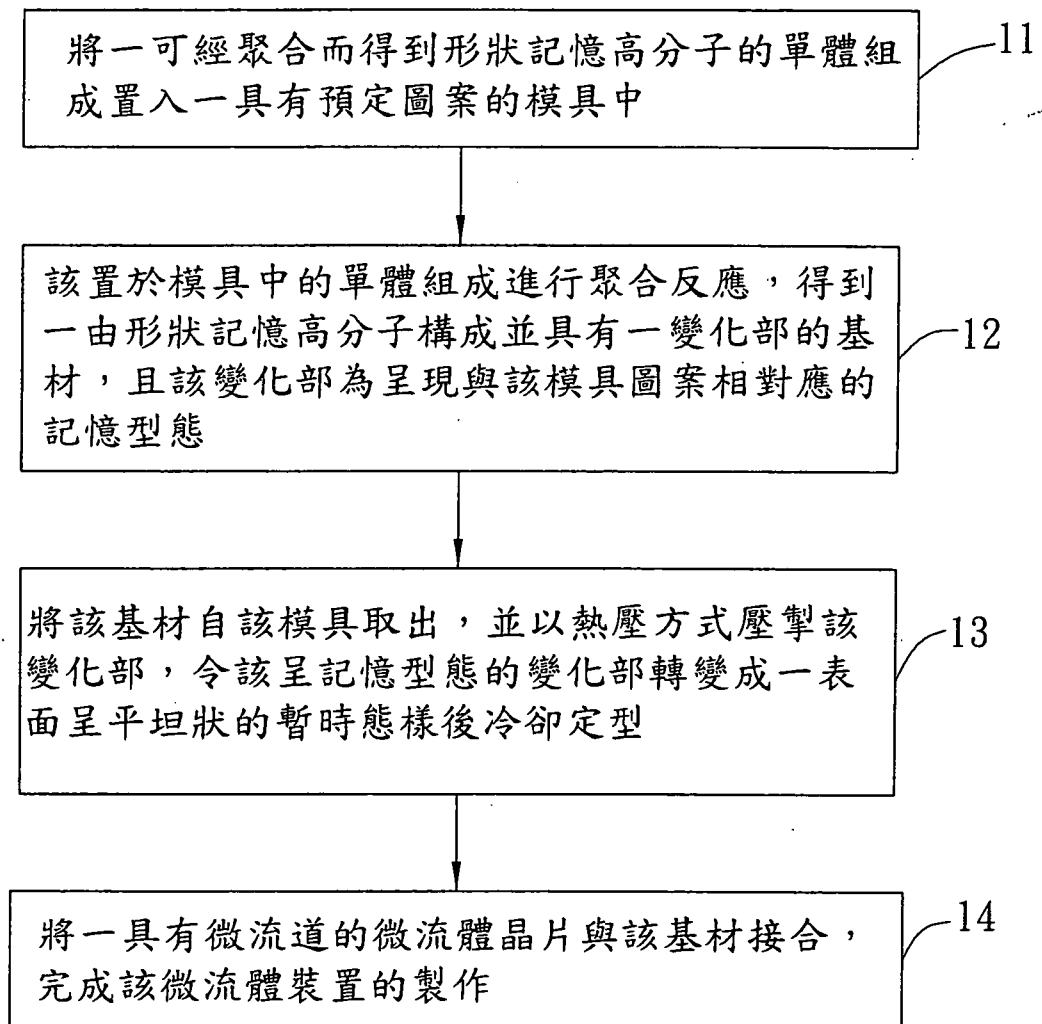


圖 1

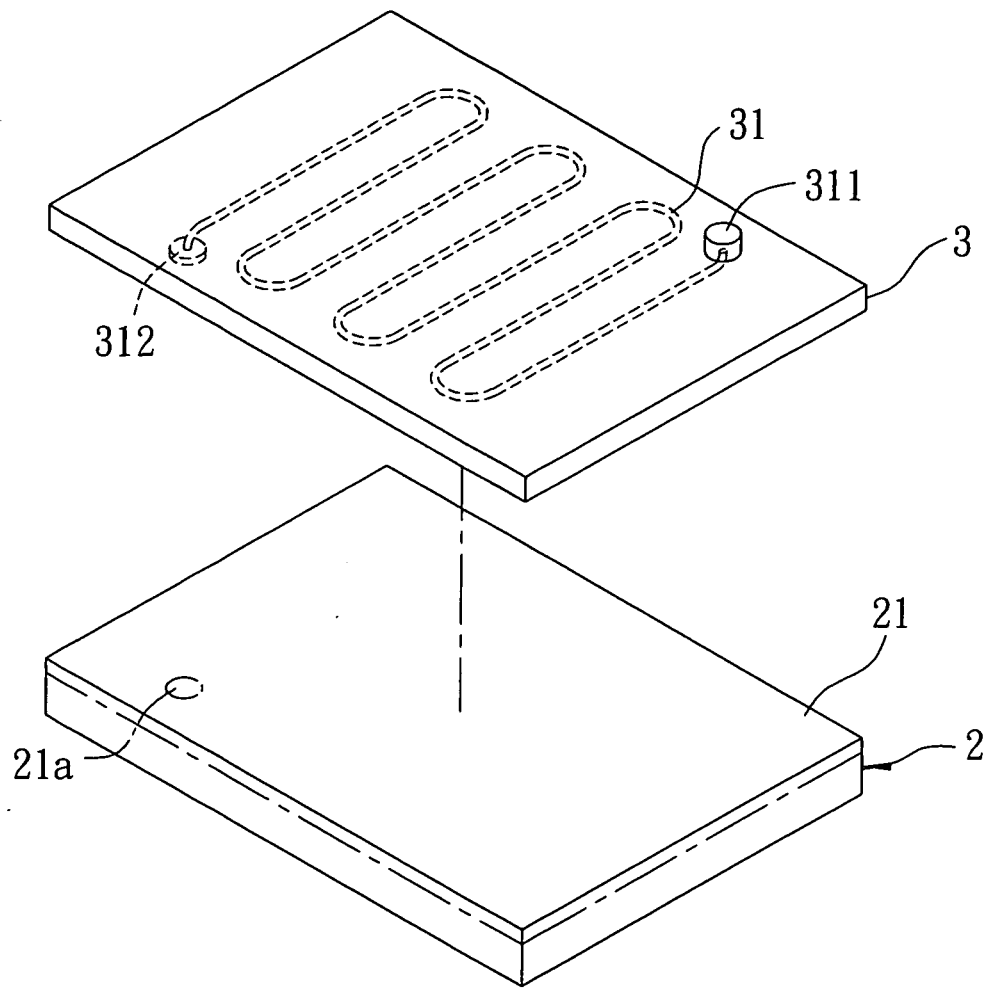
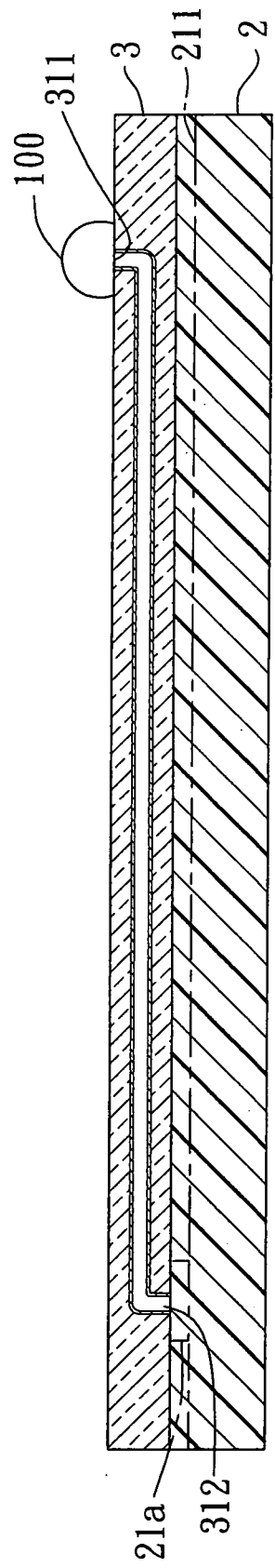
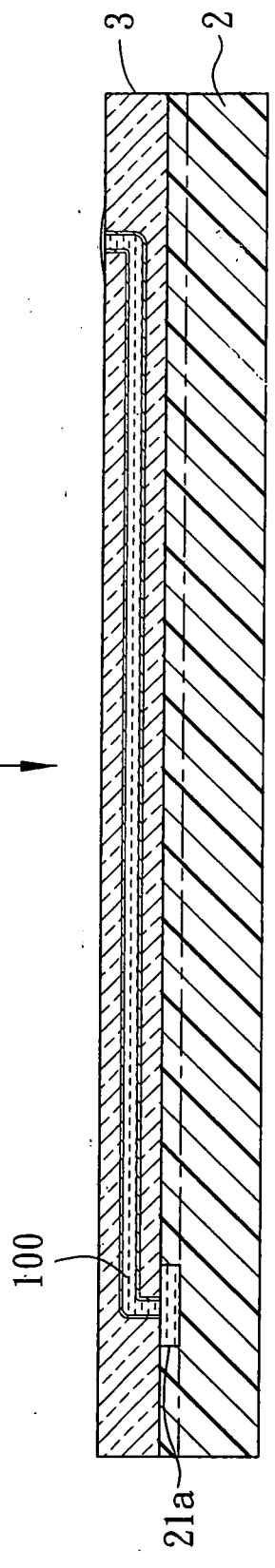
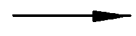


圖2



3(a)



3(b)

圖3