



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104919191 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201380070944. X

代理人 曾祥生

(22) 申请日 2013. 12. 20

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F15C 3/04(2006.01)

61/745, 335 2012. 12. 21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 07. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/077252 2013. 12. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/100732 EN 2014. 06. 26

(71) 申请人 精密公司

地址 美国华盛顿

(72) 发明人 A·科尔布 I·斯普拉格 J·L·凯

M·S·布拉格德 M·斯通

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

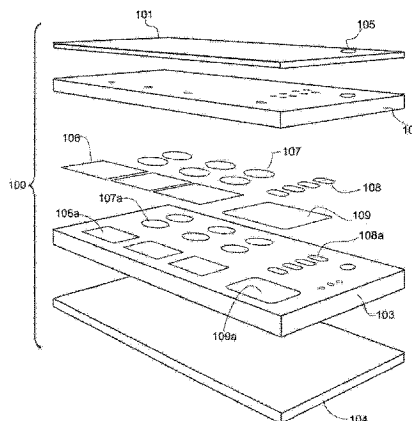
权利要求书5页 说明书17页 附图18页

(54) 发明名称

流体回路及相关的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及流体滤筒及其制造,其具有包括气动地操作的隔膜构件的多个回路元件子类型,其中隔膜材料针对屈服点、耐化学品性、透气性和其它特性根据流体元件子类型独立地进行选择。本发明还提供现场边缘粘接剪贴工艺,其用于形成滤筒内的隔膜构件,并且形成流体回路,在流体回路中隔膜构件用作主动和被动回路元件,回路元件包括泵、阀、通风口、废弃物容器、试剂贮存器以及具有光学窗口的透明小容器,其中在制造期间,每个独立隔膜构件的材料组成可以选择各类材料。



1. 一种流体装置,其包括本体,所述本体由四个叠堆的本体层形成,这些本体层为本体层1、本体层2、本体层3和本体层4,所述本体封闭用于使流体运动的液压微回路,其中所述流体装置被构造成使得所述流体在所述液压微回路中的运动由与所述液压微回路操作性地连接的气动微回路的至少一个隔膜构件提供动力并进行控制。

2. 根据权利要求1所述的流体装置,其中所述叠堆的所述液压微回路形成在所述叠堆的所述第二本体层中,并且所述叠堆的所述气动微回路形成在所述叠堆的所述第三本体层中。

3. 根据权利要求1或2所述的流体装置,其中所述至少一个隔膜构件密封地夹在所述第二本体层和所述第三本体层之间。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的流体装置,其中所述第一本体层和所述第四本体层是封堵层。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的流体装置,其中所述第二层和所述第三层是模制构件。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的流体装置,其中所述第二层和所述第三层是层合构件。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的流体装置,其中所述至少一个隔膜构件由边缘粘接剪贴工艺形成。

8. 根据权利要求1-7中任一项所述的流体装置,其中多个隔膜构件密封地夹在所述第二本体层和所述第三本体层之间。

9. 根据权利要求8所述的流体装置,其中所述多个隔膜构件包括多种薄膜材料,其中所述多种薄膜材料是相异的。

10. 根据权利要求8所述的流体装置,其中所述多个隔膜构件包括选自以下类型的至少两种薄膜类型:

- a) 弹性体薄膜;
- b) 能够不可逆地拉伸的薄膜;
- c) 可透气薄膜;
- d) 弹性体可透气薄膜;
- e) 能够不可逆地拉伸的可透气薄膜;
- f) 亲水性薄膜;
- g) 疏水性薄膜;
- h) 破裂敏感薄膜;以及
- i) 抗破裂薄膜。

11. 一种流体装置,其包括本体,所述本体封闭用于使流体运动的液压微回路,其中所述流体装置被构造成使得所述流体在所述液压微回路中的运动由与所述液压微回路操作性地连接的气动微回路的隔膜构件提供动力并进行控制,并且所述隔膜构件由边缘粘接剪贴工艺过程而形成。

12. 根据权利要求11所述的流体装置,其中所述边缘粘接过程采用至少一个激光器,以用于将所述隔膜切割焊接就位。

13. 根据权利要求12所述的流体装置,其中所述至少一个激光器以2至12微米之间的

频率操作。

14. 根据权利要求 12 所述的流体装置,其中所述至少一个激光器是 CO<sub>2</sub>激光器。

15. 根据权利要求 11 所述的流体装置,其中所述至少一个激光器是铥-钬(Ho)纤维激光器,具有大约 2 μm 下的输出。

16. 根据权利要求 11 所述的流体装置,其中所述激光器安装在 X-Y-Z 工作台上,并且被构造成用以从薄膜卷材将隔膜切割焊接而施加到第一模制本体部分。

17. 一种流体装置,其包括本体,所述本体封闭用于使流体运动的液压微回路,其中所述流体在所述液压微回路中的运动由与所述液压微回路操作性地连接的气动微回路的隔膜构件提供动力并进行控制,并且所述隔膜构件由边缘粘接剪贴工艺过程而形成。

18. 根据权利要求 17 所述的流体装置,其中所述边缘粘接过程至少采用机械装置,以用于将所述隔膜构件粘接和切割就位。

19. 根据权利要求 17 所述的流体装置,其中所述粘接过程选自超声焊接、热焊接、溶剂焊接或胶粘。

20. 一种用于印刷各类隔膜的方法,隔膜作为功能单元通过边缘粘接剪贴工艺组装在流体滤筒的本体中,所述方法包括:

A) 形成具有流体面的第一模制板,设置在所述流体面上的流体腔体特征结构在所述流体面上限定了流体回路;

B) 形成具有气动面的第二模制板,设置在所述气动面上的气动腔体特征结构在所述气动面上限定了气动回路,其中所述气动回路的特征结构被设计成与所述流体回路的特征结构交界并操作所述流体回路的特征结构,

C) 使所述气动面与第一膜材料片材接触,并且从所述第一膜材料片材粘附地切割第一隔膜构件,其中所述第一隔膜构件被切割以覆盖第一气动腔体并形成围绕所述第一气动腔体的围裙状物;

D) 使所述气动面与第二膜材料片材接触,并且从所述第二膜材料片材粘附地切割第二隔膜构件,其中所述第二隔膜构件被切割以覆盖第二气动腔体并形成围绕所述第二气动腔体的围裙状物;以及

E) 将所述第一模制板的所述流体面粘接并融合到所述第二模制板的所述气动面,由此将所述第一隔膜构件和第二隔膜构件密封在所述流体滤筒的本体内,所述隔膜构件的每个围裙状物密封地插入在所述流体面和所述气动面之间,以便将下面的气动腔体与相对的流体腔体分隔开;

其中所述第一片材和所述第二片材由相异的薄膜材料构成。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中第一片材和所述第二片材是相异的材料,选自:

- a) 弹性体薄膜;
- b) 能够不可逆地拉伸的薄膜;
- c) 可透气薄膜;
- d) 弹性体可透气薄膜;
- e) 能够不可逆地拉伸的可透气薄膜;
- f) 亲水性薄膜;
- g) 疏水性薄膜;

- h) 破裂敏感薄膜 ;以及
- i) 抗破裂薄膜。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其还包括在组装步骤 a-f 之后使能够不可逆地拉伸的隔膜构件过拉伸,所述过拉伸步骤包括施加足以将所述隔膜现场拉伸为可伸缩泡罩形状的力。

23. 根据权利要求 21 所述的方法,其中所述功能单元包括气动液压阀、泵、通风口、透明小容器、试剂存储腔室和废弃物腔室。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,其中每个功能单元包括在自动过程中从各类片材或进给卷材切割的隔膜构件。

25. 根据权利要求 20-24 中任一项所述的方法,其还包括将封堵膜层粘接或融合到与所述第二模制板上的所述气动面相对的外侧表面,其中所述外侧表面包括与所述气动回路气动连通的至少一个通道、腔室、通风口、通路或入口。

26. 根据权利要求 20-25 中任一项所述的方法,其还包括将封堵膜层粘接或融合到与所述第一模制板上的所述流体面相对的外侧表面,其中所述外侧表面包括与所述流体回路流体连通的至少一个通道、腔室、通风口、通路或入口。

27. 一种用于流体回路的微泵,所述微泵包括:

A) 塑料本体,所述塑料本体中具有泵腔体,其中所述泵腔体由第一表面和第二表面限定,所述泵腔体封闭在所述第一表面和第二表面之间,其中所述第二表面在界定所述腔体的唇缘处与所述第一表面并列;

B) 隔膜构件,围绕所述隔膜构件的周边限定有围裙状物,其中所述围裙状物在所述唇缘下密封地插入到所述本体中,以便将所述第一表面与所述第二表面分隔开;

C) 第一流体通道,所述第一流体通道通过所述第一表面进入所述腔体;

D) 第一气动通道,所述第一气动通道通过所述第二表面进入所述腔体;

其中所述隔膜构件能够靠着所述第二表面可逆地挠曲,并且能够通过施加到所述隔膜构件上的气动压力从所述第二表面缩回,由此具有“抽吸行程”和“置换行程”,以用于将流体泵送通过所述第一通道;并且其中,

a) 所述隔膜构件是所具有的屈服强度使得力将所述膜永久性变形为可伸缩泡罩的膜;

b) 所述隔膜构件是在聚乙烯层之间设置有偏二氯乙烯聚合物层的膜;

c) 所述隔膜构件是具有夹在聚乙烯层之间的聚对苯二甲酸乙二醇酯 / 偏二氯乙烯的膜;

d) 所述隔膜构件是弹性体;

e) 所述隔膜构件包括聚对苯二甲酸乙二醇酯;

f) 所述隔膜构件包括可透气聚合物膜,使得即使当被润湿时,气体也响应于气动压力而双向地传递;

g) 所述隔膜构件是包括疏水性微孔可透气体的聚氨酯的膜;

h) 所述隔膜构件包括大致亲水性可透气塑料膜,所述大致亲水性可透气塑料膜具有孔,使得润湿基本上关闭所述孔;或者

i) 所述隔膜构件是大致亲水性微孔可透气体的聚氨酯弹性体。

28. 根据权利要求 27 所述的微泵,其中所述塑料本体包括至少两个本体层,每个本体层通过模制或层合过程形成,所述隔膜构件的所述围裙状物密封地夹在其第一本体层和第二本体层之间。

29. 根据权利要求 27-28 中任一项所述的微泵,其中具有围裙状物的所述隔膜由膜片材或膜卷材形成,并且通过激光切割过程密封或粘附到所述第一基层。

30. 根据权利要求 27-29 中任一项所述的微泵,其中气动控制通道通过所述第二表面中的端口流体地连接到所述腔体。

31. 根据权利要求 27-30 中任一项所述的微泵,其中所述气动控制通道能够向所述腔体供应负的和正的气动脉冲,由此控制所述隔膜的泵行程。

32. 根据权利要求 27-31 中任一项所述的微泵,其中通风口通过所述第二表面中的端口流体地连接到所述腔体。

33. 一种用于流体回路的微阀,所述微阀包括:

A) 塑料本体,所述塑料本体中通过液压力子腔体和气动子腔体的组合而形成有阀腔体,所述液压力子腔体限定了所述腔体的第一内部表面,所述气动子腔体限定了所述腔体的第二内部表面;

B) 隔膜构件,围绕所述隔膜构件的周边限定有围裙状物,其中所述围裙状物在所述唇缘下密封地插入到所述本体中,以便将所述第一表面与所述第二表面分隔开;

C) 第一流体通道和第二流体通道,所述第一流体通道通过所述第一表面中的第一端口进入所述阀腔体,所述第二流体通道通过所述第一表面中的第二端口进入所述阀腔体,所述第一流体通道和第二流体通道用于将流体传送通过所述微阀;

D) 阀盘,所述阀盘在所述第一端口和所述第二端口之间限定在所述第一表面上;并且其中所述隔膜能够通过施加到所述气动子腔体的操作压力而与所述阀盘可逆地接触,由此限定“关”位置和“开”位置,所述“关”位置由所述气动子腔体中的压力大于所述液压力腔体中的压力而限定,所述“开”位置由所述气动子腔体中的压力小于所述液压力腔体中的压力而限定;并且其中,

a) 所述隔膜构件是所具有的屈服强度使得力将所述膜永久性变形为可伸缩泡罩的膜;

b) 所述隔膜构件是在聚乙烯层之间设置有偏二氯乙烯聚合物层的膜;

c) 所述隔膜构件是具有夹在聚乙烯层之间的聚对苯二甲酸乙二醇酯/偏二氯乙烯的膜;

d) 所述隔膜构件是弹性体;

e) 所述隔膜构件包括聚对苯二甲酸乙二醇酯;

f) 所述隔膜构件包括可透气聚合物膜,使得即使当被润湿时,气体也响应于气动压力而双向地传递;

g) 所述隔膜构件是包括疏水性微孔可透气体的聚氨酯的膜;

h) 所述隔膜构件包括大致亲水性可透气塑料膜,所述大致亲水性可透气塑料膜具有孔,使得润湿基本上关闭所述孔;或者

i) 所述隔膜构件是亲水性微孔可透气体的聚氨酯弹性体。

34. 根据权利要求 33 所述的微阀,其中所述塑料本体包括至少两个本体层,每个本体

层通过模制或层合过程形成,所述隔膜构件的所述围裙状物密封地夹在其第一本体层和第二本体层之间。

35. 根据权利要求 33-34 中任一项所述的微阀,其中具有围裙状物的所述隔膜由膜片材或膜卷材形成,并且通过激光切割过程密封或粘附到所述第一基层。

36. 根据权利要求 33-35 中任一项所述的微阀,其中气动控制通道通过所述第二表面中的端口流体地连接到所述腔体。

37. 根据权利要求 33-36 中任一项所述的微阀,其中所述气动控制通道能够向所述腔体供应负的和正的气动脉冲,由此控制所述隔膜的泵行程。

38. 根据权利要求 33-37 中任一项所述的微阀,其中通风口通过所述第二表面中的端口流体地连接到所述腔体。

39. 根据权利要求 33-38 中任一项所述的微阀,其中当所述气动腔体处于大气压力下时,在对静液压驱动的流体流不存在抵抗的情况下,所述阀打开。

40. 根据权利要求 33-39 中任一项所述的微阀,其中当所述气动腔体在比所述液压腔室中的静液压压力大的操作压力下加压时,在静液压驱动的流体流堵塞的情况下,所述阀关闭。

41. 根据权利要求 33-40 中任一项所述的微阀,其中所述微阀隔膜由低密度聚乙烯/乙烯-乙酸乙烯酯/聚偏二氯乙烯/乙烯-乙酸乙烯酯和低密度聚乙烯共层合膜形成。

42. 根据权利要求 33-40 中任一项所述的微阀,其中所述微阀隔膜由聚偏二氯乙烯膜或其复合物形成。

43. 根据权利要求 33-40 中任一项所述的微阀,其中所述微阀隔膜由低密度聚乙烯膜或其复合物形成。

44. 根据权利要求 33-40 中任一项所述的微阀,其中所述微阀隔膜由乙烯-乙酸乙烯酯膜或其复合物形成。

45. 根据权利要求 33-40 中任一项所述的微阀,其中所述微阀隔膜由聚烯烃膜或其复合物形成。

46. 根据权利要求 33-40 中任一项所述的微阀,其中所述微阀隔膜由聚对苯二甲酸乙二醇酯膜或其复合物形成。

47. 根据权利要求 33-46 中任一项所述的微阀,其中所述薄膜幅材通过所述腔体中的所述力永久性地过拉伸,由此形成可伸缩泡罩。

48. 根据权利要求 47 所述的微阀,其中当所述气动子腔体减压时所述泡罩非弹性地伸缩。

## 流体回路及相关的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明整体涉及流体装置,例如微流体装置,并且涉及用于制造和使用流体装置的方法。

### 背景技术

[0002] 流体微回路是本领域中已知的,并且包括诸如活塞驱动装置的机械系统、诸如动电泵和阀装置的电动液压系统、以及气动液压系统。具有气动式致动器和控制表面的这些系统已经证明在控制微量流体流方面是最实用的。

[0003] 具有气动式接口的一类流体装置由 Micronics 有限公司(华盛顿州雷德蒙德)制造。利用 **MICROFLOW®** 系统气动式控制器来实现微流体通道中的流体流的控制,该控制器根据可编程阀逻辑在塑料滤筒中操作毫米大小的阀。微型隔膜将滤筒的气动侧和液压侧分隔开;即阀隔膜是用于将气动控制脉冲转换为开始和停止流体流的接口元件。滤筒通过逐层层合构建而成,其中封堵层之间密封有通道和腔室。所有的隔膜由单个层形成。这样,形成复杂的流体回路。气动和液压通道和腔室形成为使得滤筒的气动工作和液压工作由弹性体隔膜层分隔开。由聚氨酯和 PDMS 形成的隔膜有利于这种方法。一个未解决的问题是制造回路的能力,其中隔膜材料可能根据回路元件的类型或子类型而变化(例如可透气的、耐化学腐蚀的、可破裂的、弹性体的、非弹性的,等等)。

[0004] 第二个未解决的问题涉及具有毫米和亚毫米印迹的微回路的可制造性。微型化已经证明是装置的有利发展,每单位面积具有较高的密度,但是当前的生产方法很难获得毫米或亚毫米大小的阀和隔膜。

[0005] 微泵

[0006] 例如,需要微型隔膜泵元件来获得流体微回路技术的最完全的优点,流体微回路技术可以用于多种应用,例如通常可以用于诊断学和生命科学。隔膜驱动的泵是有利的,原因在于它们的卫生特征结构,包括不具有机械密封件和润滑剂。

[0007] 尽管 Wilding(例如在美国专利 No. 5304487 和 No. 5498392 中)一般性地公开了微型泵,但是公开本身不足以完全能够形成微回路泵和阀。Wilding 引用了 Van Lintel[1988, "A Piezoelectric Micropump Based on Micromachining of Silicon," *Sensors and Actuators*, 15:153-167], 该文献涉及由硅微加工而成的泵。硅基微电子机械(MEMS)结构通常与现代塑料装置是不相容的。

[0008] 对弹性体隔膜材料存在较大的兴趣,原因是较高的压缩比和较大的置换体积,这在流体操作中提供自灌注的优点。例如,聚二甲基硅氧烷(PDMS)和硅树脂总体上易于形成薄片或较链块,并且用作隔膜材料。还使用过胶乳橡胶和非晶态聚氨酯。遵循胡克定律弹性体材料具有的优点在于,隔膜在松弛状态中返回到其初始形状,但是这仅仅对于某些应用而言是有利的,并且相关地可能缺少耐化学品性。

[0009] 微阀

[0010] 代表性的技术涉及包括美国专利 No. 4304257('257 阀)的阀,其中软的、弹性的、

聚氨酯片材夹持在形成于硬丙烯酸本体内的流动通道上。两个不连续的流体通道之间的流体路径通过致动活塞而打开和关闭,活塞使片材的一部分机械地挠曲。片材上的帐篷状覆盖动作与阀打开相关联;阀关闭与弹性片材弹簧回复到关闭位置相关联。片材通过螺线管操作的杆在两个位置之间机械地挠曲,该杆嵌入在阀座上附接到片材,使得在关闭时片材接触阀座,并且片材被拉入到上覆阀座的孔口中以打开阀。

[0011] 根据美国专利 No. 4848722 的教导,'257 阀具有若干缺陷。除了机械螺线管操作的敏感性和需要精细调节之外,膜经受大的应力而具有永久拉伸的风险(即永久性变形或紧缩超过其屈服点)。借助于用于隔膜的凹形接触表面,密封面积被最大化,但是不利的是,必须在流体开始流动之前填充非零的且较大体积的阀腔体。

[0012] 在过期的美国专利 No. 4848722('722 阀)中,压力或真空源用来将诸如双轴取向的聚对苯二甲酸乙二醇酯 (boPET) 的柔性片材推压到停止流动位置和打开位置中,在停止流动位置中,由阀座中的通道 (3、4) 形成的孔口关闭,在打开位置中,孔口流体地汇合。当阀关闭时,阀座的阶地 (图 9:62) 与片材 (8) 接触。片材胶粘到阀的气动侧。

[0013] 美国专利 No. 4869282 描述了一种微加工阀,具有隔膜层,隔膜层夹在两个刚性层之间,以形成阀腔体。隔膜层由聚酰亚胺形成,在控制回路中通过施加的气动压力而偏转,以关闭阀。隔膜运动受到限制,以避免聚酰亚胺层产生过应力。

[0014] 迄今为止,美国专利 No. 5660370('370 阀)描述了一种阀(图 1:1),其具有柔性隔膜 (2) 和由刚性层形成的平坦阀座,阀座中形成有两个孔,每个孔限定了通向底部层中的流体通道 (3、4) 的开口,其中孔由阀盘分隔开。隔膜由聚氨酯或硅树脂制成。阀 (5) 通过气动地使隔膜运动而打开。为了避免片材的应力超过其屈服点的趋势,平坦阀座用来使所需的隔膜运动范围最小化。这也减小了阀的死空间体积。

[0015] YSI 有限公司的美国专利 No. 5932799 中公开了类似的结构,其教导了一种流体微回路分析器,该分析器具有多个聚酰亚胺层,优选地为 **KAPTON®** 膜,不利用粘合剂而直接粘接在一起,并且该分析器具有柔性的气动致动的隔膜构件,以用于控制流体流。

[0016] Micronics 有限公司的国际公布 W02002/081934 公开于 2002 年 10 月 17 日,描述了一种具有弹性体隔膜的层合阀。这些阀(被称为“花生阀”)允许流体在负压下横穿阀盘,并且在正压下关闭。有利地,阀腔体形成有轮廓化腰部,以使得死空间体积最小化。

[0017] Mathies 的美国专利 No. 7445926 描述了一种层合体,其具有夹在硬基底之间的柔性隔膜层。气动通道和流体通道形成在隔膜层的相对侧上(参见参考文献的图 1),从而隔膜是主动阀构件。所公开的隔膜材料是 254 微米 PDMS 隔膜。阀本体通常是固体,例如玻璃。

[0018] Montagu 的美国专利申请 No. 2006/0275852 和 No. 2011/0207621 描述了用于生物测定的流体滤筒。滤筒包括限定了流动通道的模制本体。示出了胶乳隔膜和罐装隔膜泵(参见参考文献的图 5)。“滚动弹性隔膜泵”构件 (3) 作为预成形的子组件插入到滤筒中,并且是可商购获得的(托马斯泵,型号 1101 的微型压缩机,希博伊根, Wis. 53081)。利用步进马达机械地致动阀。因此,阀具有的缺陷在于,正确的操作需要敏感且精细的调节。

[0019] 其它弹性体阀和泵构造是已知的。硅树脂阀构造的例子包括美国专利 No. 5443890、No. 6793753、No. 6951632 和 No. 8104514,所有这些专利都示出了用于形成阀和泵的软光刻处理(参见美国专利 No. 7695683 和 No. 8104497)。PDMS 可以用来形成隔膜和泵本体。胶乳橡胶和非晶态聚氨酯也用作隔膜材料,但是对于某些应用而言耐化学品性



可能是不够的。

[0020] 虽然没有限制,但是具有还没有充分用于气动液压回路的特性的隔膜材料的例子包括在润湿之后可透气体而不可透液体的构件。弹性的且可透气的隔膜构件在流体微回路技术领域不是已知的。具有溶剂抗性且能够成形为现场成型隔膜的隔膜构件不是已知的。其它可能的隔膜材料还没有被考虑,原因是针对各类流体元件(例如阀、泵、贮存器等)独立地选择隔膜材料的手段不是已知的。

[0021] 有利地,在润湿之后保持透气性的可透气体的隔膜将允许在端部封闭的流体回路中使用隔膜。有利地,用以形成预成形隔膜构件的溶剂抗性隔膜可应用于泵送颗粒悬浮液的阀,并且用于替换在暴露于腐蚀剂、离液剂或溶剂时泄漏的聚氨酯隔膜,由此允许使用例如乙醇、甲酰胺和二甲基亚砷的溶剂,以用于降低在 PCR 期间的温度要求,虽然并不限于这样的要求。

[0022] 适合于一种这样的应用的材料可能不适合于另一种应用。作为第一个例子,阀隔膜在由微孔可透气体膜制成的情况下可能不能够工作,但是通气需要微孔性。相似地,需要弹性的隔膜可能不易于由具有低屈服点的隔膜取代。用于特定种类流体元件的材料优化仅仅在各类流体元件能够独立优化的情况下才能够提供优点。在没有如下制造方法的情况下不能够实现本发明的所选实施例,这些制造方法选择性地将先进的隔膜材料的分类或混合控制板结合到泵、阀、过滤器、通风口和单独滤筒的小槽膜中,其中各类流体元件由不同的和相异的隔膜材料表示。各种隔膜材料通常由薄膜制成。

[0023] 阀和泵隔膜的工程设计可能得益于如下的制造方法,即该制造方法允许利用可选自材料列表的薄膜来组装流体装置。常规的胶粘就位方法不能很好地适于大规模生产,并且在进一步微型化和增大回路元件密度方面存在技术障碍。考虑到本文公开的组合的独特优点,需要制造流体回路的方法,在该流体回路中,根据每个单独回路元件的功能要求,流体回路的每个隔膜构件独立地选自多种可获得的材料。当前可获得的方法不允许由单个滤筒上的多个隔膜材料构成的装置以满足流体装置使用的期望市场增长所需的制造规模(例如用于诊断测定)进行大规模生产。

[0024] 虽然已经有了进步,但是本领域中仍然需要改进的流体装置,例如微流体装置,本发明提供这种和相关的优点。

## 发明内容

[0025] 本发明公开了一种流体装置,其具有各种类型的多个气动液压隔膜,使得隔膜构件不是形成为单个片材,而是每个都单独地设置,从而隔膜的材料可以根据形成的回路元件的类型而变化。每个滤筒包括回路元件(例如阀、泵、通风口、过滤器),这些回路元件组成具有不同隔膜材料的子组和组合。另外,本发明还公开了通过隔膜印刷过程制造这些系统的方法,该隔膜印刷过程可以被称为“边缘粘接剪贴工艺”,其适用于大批量制造。

[0026] 隔膜还可以通过将隔膜拉伸超过其屈服点而经受“现场成型”处理。在松弛之后,这些隔膜保持腔体的形状,其中隔膜在该腔体中被拉伸。该过程在流体系统初始组装和壳体封闭之后进行,并且有利地还用作质量控制步骤,以用于识别具有连续性或泄露缺陷的产品。过拉伸的隔膜也可以机械地形成,例如通过轧制或压制处理。预拉伸的隔膜具有改善的响应时间、增大的行程体积稠度、降低的流动阻力,以这种方式制造的阀具有较小的内

部体积和较小的印迹。

[0027] 作为引导,以举例的方式示出若干实施例。在每个实施例中,多个各类隔膜子类型组装在装置中,每个隔膜子类型在流体回路中由具有独特的重要特性(例如弹性、非弹性、透气性、不可渗透性、耐化学品性、破裂敏感性,等)的特定材料形成,由此任何一个隔膜子类型不适合于所有期望的流体回路元件。这些子组合示出了流体回路的一般性概念,流体回路具有“印刷就位”的各类专门的隔膜,并且这些子组合并非限制性的,也就是,图示的子组合可以形成为较大的组合,并且通过实施这些教导之后的原理,可以容易地获得其它子组合和组合。

[0028] 利用本发明的过程,具有独特地适用于特定流体或气动功能的特性的隔膜子类型易于并排地结合具有相异特性的其它隔膜子组。容易理解,具有个体化隔膜材料的回路元件的可能子组合的所有列表将是数量巨大的,本发明的原理从本文的公开中将变得明显,但并不限于这些公开。

[0029] 流体滤筒 / 流体回路

[0030] 在另一个实施例中,具有 2、3、4 或更多个层的流体滤筒可以绕流体回路形成,流体回路包含已经形成功能单元的多个各类隔膜材料。本发明的流体滤筒可以形成为例如具有两个模制基层以及一个或两个封堵层,但并不限于此。通过这种方法形成独特的三层和四层流体滤筒,显著简化了制造。具有 4 层的流体滤筒是尤其优选的,原因如下所述。

[0031] 优选地,滤筒包括容纳气动构造物的第一模制部件和容纳流体构造物的第二模制部件。隔膜构件插入在两个模制部件之间,正确地对准,以在它们相交的地方将气动与流体分隔开,并且形成例如阀、泵、通风口、废弃物容器、试剂贮存器和透明小容器。这样,结构形成为使得气动脉冲对隔膜的作用导致流体在隔膜的另一侧上的运动或捕获。从而,隔膜具有流体侧和气动侧。封堵层用来密封另外的气动或流体特征结构,否则这些特征结构将处于装置的暴露外表面上。

[0032] 剪贴工艺说明

[0033] 在本发明的生产过程中,每个隔膜从膜层切割为具有气动腔体的基底上的岛状物,切割过程在膜层和基底之间形成焊接,至少使得围绕隔膜切口的多余材料被移除。在第二步骤中,具有液压腔体的第二基底融合或粘接到第一基底,使得围绕每个隔膜构件的“围裙状物”压缩在第一和第二基底之间。围裙状物是隔膜构件的边缘,被以尺寸过大的方式切割,以允许在两个基层之间围绕隔膜的边缘进行压缩或融合密封,同时允许隔膜的内部幅材脱开。所得的隔膜具有由封装隔膜的腔体的尺寸限定的运动范围。

[0034] 通过将隔膜设置在第一基底中的气动腔体与第二基底中的液压腔体之间,构造了可操作的气动液压微回路。成对的腔体可以用作阀、泵、通风口、过滤器、提取器、废弃物容器、试剂贮存器和透明小容器。

[0035] 隔膜材料片材可以利用激光器剪贴工艺或热轧辊剪贴工艺焊接或粘附到聚合物基底,激光器剪贴工艺具有的优点在于,激光器可以引导到工件上方,以根据可编程设计进行焊接。

[0036] 有利地,切割过程利用气刀或静电辊配合地执行,以移除多余的和脱开的隔膜材料。这确保了可以以高密度印刷每个都具有独特特性的不连续隔膜。

[0037] 在本发明的优选实施例中,隔膜材料作为膜从卷材或片材供应,并且与第一刚性

或半刚性基底接触,以使得切割激光器可以用来将从膜切割的单独隔膜构件粘附或融合就位。多余材料被移除,并且第一子组的隔膜以与基底中的下方特征结构(即腔体)对准的方式印刷到基底上。第二轮隔膜印刷产生基底,其具有多个隔膜、由第一材料形成的子组和由第二材料形成的子组,其中各材料在组成上是不同的。另外的隔膜根据需要印刷就位。

[0038] 在一些实施例中,在放置第二基底之前,脱水的试剂可以通过印刷点焊在流体面上而预先定位在滤筒中。基底还可以在滤筒组装之前利用表面处理、纹理化或光学涂覆来进行修改。然后,第二基底部件在其流体面上与第一基底接触,使得隔膜夹在两个本体部分之间,并且连接面是融合的或粘接的。

[0039] 在第三步骤中,封堵层根据需要施加到本体部分的外侧表面,以密封形成在这些外侧表面中的任何通道或腔室。任何通风口或样本入口大致都是预先切割在封堵层中,封堵层例如从压印或预先切割贴花卷进给以进行处理,通常具有中间胶粘层或 ACA 层,在该中间胶粘层或 ACA 层处不能在部件之间实施溶剂、热、分子、激光或粘接。

[0040] 通过以下的详细描述、权利要求和附图,本发明的产品和方法的这些和其它特征将更加充分地明显,它们整体合在一起形成本发明的说明书。

#### 附图说明

[0041] 图 1 为具有多个夹在本体层之间的隔膜的滤筒本体的分解示意图。

[0042] 图 2 为使用混合隔膜材料以形成各类流体元件的示意图。

[0043] 图 3 为制造流体滤筒的方法的方框图,该流体滤筒具有多个回路元件子类型,包括气动地操作的隔膜构件,其中隔膜材料根据每个回路元件或子类型独立地选择。

[0044] 图 4 为隔膜构件边缘粘接激光剪贴到滤筒基底上的组装过程的示意图。

[0045] 图 5A 至 5L 为利用激光器剪贴工艺制造具有四个本体层的滤筒的方法中的步骤的示意图。

[0046] 图 6 为用于制造具有多个回路元件子类型的流体滤筒的方法的方框示意图,每个回路元件子类型的特征在于不同和相异的隔膜材料。

[0047] 图 7A 至 7L 为利用机械剪贴工艺制造具有四个本体层的滤筒的方法中的步骤的示意图。

[0048] 图 8A 示出了通过层合构建的滤筒本体;图 8B 示出了具有模制特征结构的 4 层滤筒本体。流体元件示出了端部封闭的通道,具有用于流体加载的可透气隔膜。

[0049] 图 9A、9B 和 9C 三个放大级下的可透气微孔聚氨酯膜的精细结构的示意图。

[0050] 图 10A 和 10B 为隔膜构件通过拉伸薄膜的过程进行拉伸的趋势。该过程可以是弹性的(即能够回复)或非弹性的(即超出材料的屈服点而导致永久性变形)。与弹性材料不同,屈服的隔膜子类型不会弹性地回复,而是形成具有过拉伸幅材的气泡或泡罩形状。

[0051] 图 11 为层合本体中的气动地驱动的微泵的剖视图。

[0052] 图 12A 和 12B 为用于微泵的现场成型隔膜构件的平面图和正视图,用于测量几毫米的直径。泵隔膜构件可以通过边缘粘接剪贴工艺由弹性体、微孔聚合物、可拉伸的聚合物现场形成,并且例如根据应用而可选地在之后进行非弹性变形过程。

[0053] 图 13A 和 13B 示出了可过拉伸的聚合物膜在拉伸超过屈服点之前(前)和之后(后)的泵喷射行程体积。数据表示用于两种隔膜直径。

[0054] 图 14A 和 14B 为微阀结构的横截面图,示出了阀隔膜的“开”和“关”的气动控制。阀隔膜构件可以通过边缘粘接剪贴工艺由弹性体、微孔聚合物、可拉伸的聚合物现场形成,并且例如根据流体回路的设计而可选地在之后进行非弹性变形过程。

[0055] 图 15 为具有模制本体特征结构的 4 层本体中的微阀的剖视图。

[0056] 图 16A 和 16B 为可弹性回复的或可非弹性伸缩的泡罩形状中的阀隔膜的平面图和正视图。

[0057] 图 17 为具有隔膜的微阀的 4 层本体结构的分解图。

[0058] 图 18A 和 18B 为 4 层滤筒本体中的微阀的可选实施例的动作视图。阀在减压时打开,在加压时关闭。当使用弹性体隔膜时,阀在减压时被动地打开。当使用现场成型隔膜时,阀关闭,直到真空施加到气动腔体。

[0059] 图 19 为能够弹性地或非弹性地形成的泡罩隔膜的透视图。在一个实施例中,阀可以通过边缘粘接剪贴工艺、之后进行非弹性变形而形成,例如如图 5 或 7 中示意性地示出。

### 具体实施方式

[0060] 结合附图,在考虑以下本发明的详细描述的情况下,将会更加容易理解本发明的前述和其它目标、特征和优点,其中本发明的优选实施例仅仅是示例性的。然而,应当明确地理解,附图仅仅是为了举例说明,而不是用来限定对本发明的限制。在所附的且形成本公开一部分的权利要求中具体指出了使本发明具有新颖性的各种特征。本发明不必停留于这些特征中单独取得的任一个特征,而是可以针对指定的功能采用所有其结构的特定组合。

[0061] 整个以下的描述中的某些术语用来指明具体的特征、步骤或组分,并且是描述性的而非限制性的。本领域技术人员将会理解,不同的人可以以不同的名称命名相同的特征、步骤或组分。名称不同但是功能或作用相同的组分、步骤或特征被认为是等同的和区别不大的,并且在不脱离本发明的情况下可以在本文中被取代。某些含义是如发明人期望所定义的,即它们采用本来的含义。本文所用的其它词语和短语取对于相关领域技术人员而言明显的用法一致的含义。

[0062] 定义:

[0063] “基底”指的是本体层或构件,具有大致平面,形成腔室和通道的腔体压印或模制在该平面上。

[0064] “微流体”按惯例指的是流体特征,具有至少一个小于 500 微米的临界尺寸。临界尺寸的狭小导致调整流体流的规则的根本改变。流体微回路流态的特征在于泊肃叶流动或“层流”流动。

[0065] 装置的“液压构造物”:包括相互连通的通道和腔室的一个或多个网络,这些通道和腔室在测定过程中将被样品或液体试剂润湿。液压网络被构造成具有用于执行测定步骤的流体子回路。

[0066] 装置的“气动构造物”:包括气动地致动的阀、泵和隔膜以及相互连接的回路和歧管的一个或多个网络,它们用于为装置的液压部分提供动力并控制这些液压部分。滤筒装置的气动构造物与主器械上的正压和负压源交界,并且与控制 and 驱动液压网络中的液体的阀、隔膜、泵和其它气动地致动的元件交界。

[0067] 虽然所述的是装置的气动构造物优选地以诸如空气或氮气的气体进行操作,但是还可以想到,等同形式的“气动”回路可以更一般地以流体进行操作,其中流体选自气体或液体,包括诸如硅油、植物油、碳氟化合物液体等的液体。因此,在本发明的一种变型形式中,气动构造物以具有液体特性的“流体”进行操作,并且装置的操作是另外等同的,如本领域技术人员容易理解的。

[0068] 装置的“流体构造物”:包括在测定过程中润湿的内部通道和腔室的一个或多个网络形成的液压构造物,以及经由气动接口由源自主器械的正压和负压源提供动力的控制和泵驱动回路形成的气动构造物。

[0069] 流体构造物可以分为多个流体子回路,其中每个子回路包括用于对液体样品或试剂执行特定功能的通道和腔室。流体子回路可以组成串联子回路(例如用于提取、放大和检测核酸目标)和并联子回路,以及例如通过拆分样品而同时测定单个样品上的多个目标的网络。“微型”和“流体”指的是具有毫米或亚毫米特征结构的装置。

[0070] “应力”是与应变相关的每单位面积的内部力或恢复力,并且具有帕或兆帕的单位。

[0071] “应变”是响应于外部施加的应力的长度变化除以初始长度的比  $\Delta L/L_0$ ,并且是无量纲的;其通常以百分比的形式给出。

[0072] “屈服点”是应力-应变曲线上曲线发生转向或趋平并开始发生塑性变形的点,从而对应于材料的“弹性极限”。在屈服点之前,当施加的应力移除时材料弹性地返回到其初始形状。当超过屈服点时,某些部分变形将是永久的且不可逆的。

[0073] “屈服强度”和“屈服点”通过可再现的标准技术进行测量,如 ASTM 标准测试方法 D882-10(“882 测试方法”)中所述的。为了一致性,总体上 1 密耳的膜是优选的基底。屈服强度表示在不引起不可逆变形的情况下材料中能够提供的最大应力。屈服点表示在不引起不可逆变形的情况下材料中能够提供的最大应变。对于实践理由,屈服强度、应变、弹性极限和弹性模量的测量从应力-应变曲线上用试验方法限定。

[0074] 偏移屈服强度是从曲线图上在偏移线(在整个弹性变形范围内与应力-应变曲线的初始斜率平行地绘制)和应力-应变曲线的交点处读取的应力,其中偏移线偏移选定的值。对于塑料而言的偏移常规上取为 2%。可任选地,屈服某些时候示出为是一范围,例如在共层合膜的情况下。

[0075] “弹性”指的是当导致变形的载荷移除时材料回复到其初始形状的能力。弹性是存储和释放能量的能力,其中弹簧状样本响应大致如弹性的胡克定律所述。如果应变随着施加的应力增大而线性地增大,那么材料是纯粹弹性的,然而在某些材料中,例如在具有粘弹性特性的材料中,应力-应变关系不是线性的,样本响应极大地取决于载荷施加的时间和速率。

[0076] “弹性模量”(E),也被称为“弹性模量”,是在应力-应变曲线的弹性变形区域中测量的斜率,其中应变是完全可逆的。“弹性模量”是在应力-应变曲线中测量的初始斜率,并且表示材料的刚度。弹性模量在完全可逆的拉伸或变形范围内是常数,从而等同于胡克定律的弹簧常数。

[0077] “永久性变形”或“非弹性变形”是长度尺寸的增大,表达为初始长度尺寸的百分比,在该值下材料在经受伸长应力之后不能够回复到其初始长度。当经受比膜的屈服强度

或弹性极限大的应力时,薄膜可能发生永久性变形。例如,当具有从腔体或框架一侧到另一侧的幅材跨越长度的薄膜隔膜通过压力拉伸而随后收缩回到松弛状态时,幅材跨越长度可能根据隔膜所经受的超出其屈服点的过拉伸的量而永久性地伸长。“过拉伸”简单地表示材料已经拉伸超过其屈服点。

[0078] 材料的“韧性”是材料在不断裂或破裂的情况下吸收能量和塑性变形的能力,并且根据以下的积分可以与应力-应变曲线下直到断裂点的总面积相关

$$[0079] \quad K = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon$$

[0080] 其中  $\varepsilon$  是应变,  $\varepsilon_f$  是失效应变,  $\sigma$  是应力。K 的单位是每单位体积的能量。为了本发明的目的,韧性具体表示材料承受高达 50% 的长度应变并由此永久性变形的能力。这种特性对于本文所述的通过现场成型方法制造气动元件而言是期望的。

[0081] 不同材料的屈服强度、极限拉伸强度和伸长百分比的相对大小比较还可以提供它们的相对韧性的良好表示。

[0082] “顶部”、“底部”、“上”、“下”、“上方”、“下方”、“向上”、“向下”、“高于”、“底板”、“顶面”、“凸的”、“凹的”等,表示相对位置而非绝对位置或视角;当参考特定参考系时,该参考系为例如与相交铅垂线垂直的“地平面”。

[0083] 本文所公开的“方法”指的是用于实现所述目的的一个或多个步骤或动作。除非实施例的正确操作需要特定的步骤或动作顺序,否则在不脱离本发明的范围的情况下,特定步骤和 / 或动作的顺序和 / 或使用可以是变化的。

[0084] “常规”指的是,表明本发明所涉及的技术中已知的和通常理解的术语或方法。

[0085] 图 1 为本发明的示例性滤筒 100 的分解图。滤筒由四个层形成,从顶部到底部为第一封堵层 101、气动模制板层 102、流体(液压)模制板层和第二封堵层 103。在两个模制板之间是多个隔膜子类型(105、106、107、108、109);隔膜根据其组成和功能而形成子类型。各类流体回路元件(例如泵、阀、通风口等)可以由具有特定功能特性的特定材料形成。液压板层中的对应腔体(106a、107a 和 108a)示出为表示隔膜结构如何结合成回路元件。例如,元件 108 可以表示形成阀树的阀组。元件 109 可以表示废弃物腔室,等。样本入口 105 表示其它流体特征结构,但是没有示出本体中的流体通道、通路和连接。

[0086] 滤筒包含液压构造物和气动构造物,包括微型通道、腔体和腔室。样本和试剂液体在滤筒或插件的液压网络中进行传送;通过气动网络控制和驱动流体流,该气动网络在隔膜处与液压装置交界,以跨越所选的连接部、通道和腔室。通常,滤筒或插件的本体由柔性塑料制成,并且可以通过层合、模制或其组合而形成。本体塑料可以包括但不限于聚碳酸酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、环聚烯烃、丙烯酸酯、甲基丙烯酸、聚苯乙烯、聚酰亚胺、聚硅氧烷、聚丙烯、高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、接枝和分组共聚物、以及它们的组合。优选的滤筒由卷筒材料形成,并且包括印刷在其上的干燥试剂。其它这样的滤筒可以包括模制本体元件。

[0087] 滤筒 100 在图 2 中示意性地示出,其中形成各类回路元件,并且各类回路元件形成有不同的和相异的隔膜材料(参见图例)。五类回路元件示出为(205、206、207、208、209)可以表示阀 205、试剂贮存器 206、第一泵类型 207、第二泵类型 208、废弃物贮存器 209,等。

[0088] 在一个实施例中,主动泵隔膜可以由聚合物形成,该聚合物的屈服点使得在组装

或使用期间发生非弹性拉伸,而弹性地拉伸以存储能够用于流体动力学的能量的被动泵隔膜可以由弹性体形成。例如,第一泵类型 207 可以由过拉伸隔膜形成,第二泵类型 208 可以由微孔弹性体形成,其中第一泵类型由气动致动管线驱动,第二泵类型被动地操作,使得从泵 207 主动驱动到泵 208 的流体通过隔膜 208 的弹性松弛而被动地返回,这可用于诊断应用中,例如具有双区域热循环的 PCR。

[0089] 隔膜大致由薄膜形成,虽然可选地被浇注就位,但是优选的方法是通过边缘粘接剪贴工艺将它们印刷就位,如参考图 3 所述的。宽范围的薄膜适用于隔膜,过程的强度之一是使用多种隔膜材料—每种单独的隔膜由最适合于特定回路元件、回路元件类别或子类型的要求的膜材料制成。例如,可能具有制成为泵元件的隔膜子组,制成为阀元件的第二隔膜子组。某些泵可以使用弹性隔膜,其它泵可以使用非弹性地过拉伸的隔膜,以增大行程体积,如下所述。在许多情形下,用于泵和阀制造的隔膜材料是不同的。泵或阀的子组可能需要针对耐热性、弹性、耐化学品性、渗透性而选择的特定材料,在相同的回路中可能不能用于其它流体元件的材料特性。

[0090] 隔膜材料包括例如以下范围:聚氨酯(包括以商品名 **FABTEX®** 销售的微孔聚氨酯)、低密度聚乙烯/乙烯-乙酸乙烯酯/聚偏二氯乙烯/乙烯-乙酸乙烯酯和低密度聚乙烯层合体(以商品名 **SARANEX®** 销售的,以商品名 **MUPOR®** 销售的多孔聚四氟乙烯膜)、线性低密度聚乙烯、乙烯-乙酸乙烯酯、双轴取向的聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚偏二氯乙烯、聚酰亚胺以及聚烯烃。一种子类型在要求的变形范围内是完全弹性的;另一种子类型具有在制造现场成型隔膜元素的过程中被超过的屈服点。某些构件的弹性并不足以用作弹性体隔膜,原因是屈服点太低或者杨氏模量太高。另一种子类型是微孔的和可透气的。某些隔膜是亲水性的,其它隔膜是疏水性的。对于某些应用,使用破裂敏感或抗破裂薄膜(例如具有尼龙增强层或共层合的那些薄膜)。通过选择针对微回路中每种类型的流体元件进行优化的隔膜材料,实现了回路的改进的且令人惊讶的特性。

[0091] 用于形成本体板构件或层(101、102、103、104)的材料包括聚对苯二甲酸乙二醇酯(作为 **MYLAR®** 销售的、最优选地双轴拉伸的 PET)、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰亚胺、聚酰胺和硅树脂橡胶,但是并不限于这些材料。

[0092] 隔膜构件排列在流体板和气动板之间,与本体构件的相对表面上的对应腔体对准(利用对准标记 210 或者本领域中已知的其它基准标记)。可以通过使膜的片材接触抵靠气动层以及切割每个轮廓,同时将材料焊接到基底上(称为“切割-焊接”的过程),来组装隔膜。隔膜的形状大致由其所覆的腔体的轮廓来确定。绕每个形状切割额外材料的围兜或围裙状物,从而密封腔体。然后,例如利用静电拾取辊或气刀,来剥去切口之间的多余材料。

[0093] 图 3 为用于在单个滤筒中形成隔膜类型的混合分类的过程的方框图。组装中的第一阶段采用边缘粘接剪贴工艺以将隔膜构件粘附或焊接到气动板。在制造的第二阶段中,所选的隔膜可以形成就位。第一阶段和第二阶段分开来考虑。

[0094] 组装的第一阶段可以概念性地分为多个步骤。制造一对模制板,限定了流体回路的液压构造物的腔体和通道特征结构压印、模制或层合到第一板或壳体中,限定了气动回路的气动构造物的腔体和通道特征结构压印、模制或层合到第二制造板或壳体中。

[0095] 在下一个步骤中,气动板 101 进给到自动过程中,其中气动面向上。如图 4 中示

意性地示出,第一隔膜材料的片材(在工位 A 处)接触气动面,并且机器人激光器用来切割-焊接第一子组的隔膜。待形成的第一回路元件可以包括例如所有的阀隔膜。激光器切割影响将隔膜构件粘附或焊接到塑料基底。每一次切割允许形成围绕每个隔膜构件的额外边缘区域或围裙状物,其延伸超过由隔膜覆盖的气动腔体或特征结构的外侧唇缘。该步骤被称为“激光器边缘粘接剪贴工艺”、“激光器边缘焊接剪贴工艺”,或者简单称为“激光器剪贴工艺”。

[0096] 在第四步骤中,第二隔膜材料的片材(在工位 B 处)接触气动面和,并且机器人激光器用来切割第二子组的隔膜。这些可以包括例如具有弹性隔膜的子类型的流体元件。

[0097] 激光器剪贴工艺步骤可以重复,重复的次数多达流体回路所需的隔膜材料片材或卷的数量,其中每个片材或卷是用于特定类型隔膜的不同材料。

[0098] 最后,流体板(已经点焊或印刷有将包含在滤筒中的任何干燥试剂)面对面地装配到气动板,将隔膜构件的围裙状物夹在围绕每个板中的各个腔体的对应唇缘表面之间,并且进行融合或粘接过程,使得两个板密封在一起。

[0099] 两个基底的融合例如通过超声焊接、溶剂焊接、胶粘、或激光辅助热融合来完成。通过压处理板与共价地粘接到一个基底的表面环氧基团的 UV 活化相结合,可以避免使用双侧胶粘层。

[0100] 该步骤使得操作阀和泵隔膜组件封装在它们的阀和泵腔体中。在将两个板粘接或融合在一起的过程中,隔膜构件的围裙状物密封就位,邻接阀和泵腔体的外侧壁,使得隔膜将回路的气动侧和流体侧物理地分隔开。

[0101] 组装可能涉及额外的步骤。在回路特征结构出现在融合板的外侧表面上的地方,封堵层施加到滤筒本体的对侧面上,以封闭这些特征结构。

[0102] 装置可以针对流体侧和气动侧上的连续性和泄漏进行测试。通过在流体侧上施加过压,隔膜可以拉伸就位,以贴合上覆气动腔体的形状。这些隔膜在松弛时具有类似气泡的帐篷形外观。这限定了“现场成型”隔膜工艺,如以下更详细地描述的。

[0103] 图 4 示出了用于隔膜的边缘粘接剪贴工艺的组装线过程的一部分。如该示意图所示,组装线带用来在辊组件下传递气动滤筒本体 101 的构件,使得膜层可以在第一工位(工位 A)处封闭地接触到基底的暴露表面上。机器人激光器用来与基底上的对应腔体紧密对准地切割隔膜的形状,以允许围绕边缘区域的多余部分(在这里称为“围裙状物”),该多余部分将用来边缘密封模制部件之间的隔膜。我们已经发现,激光切割过程的细节,包括波长和功率输出,可以选择成使得隔膜的切口可以粘附就位,或者与聚氨酯弹性体和聚乙烯氯化物一样,焊接到基底。例如,多余材料根据需要借助于气刀被移除到拾取辊上。滤筒组装前进到下一个工位(工位 B),在该工位处施加第二隔膜材料。这样,具有若干实质上不连续隔膜的子组的产品可以连续地印刷就位。

[0104] 在下一个操作(在图中未示出)中,气动基底板与液压基底板面对面地匹配,这两者融合或粘接在一起,从而将隔膜封装在最终产品内。隔膜将液压腔体与气动腔体分隔开,或者与大气通风口分隔开。

[0105] 通过试误法,在通过激光器切割形状的过程中,发现所选的材料已经焊接或粘附到塑料基底上。切割焊接通常利用激光器来完成,例如 CO<sub>2</sub>激光器、Nd:YAG 激光器、钕激光



器、最优选的具有 1.7-10 微米范围内输出的激光器,并且可以应用边缘粘接激光器剪贴工艺。 $\text{CO}_2$ 激光器的输出为大约  $2\ \mu\text{m}$ 。具有  $2\ \mu\text{m}$  输出的纤维激光器(例如采用掺杂铥(Tm)和掺杂铒(Er)的双包层纤维的那些激光器)是特别优选的,原因在于输出可以精细地聚焦,并且处于与  $\text{CO}_2$ 激光器相比同聚合物材料进行更深层强烈相互作用的频带中,而不需要待焊接表面上的吸收增强剂。目标输出大致小于 100 瓦。

[0106] 大多数塑料不吸收从 UV 延伸到接近 IR 的区域中的激光辐射。激光焊接(激光辐射转化为热)可以通过聚合物敏感化,例如通过添加染色剂或助剂吸收层,在小于大约 2 微米的波长下执行。但是在大约 1.7 微米处,塑料的固有吸收率由于电子振动激励而增大。我们已经发现,用于激光边缘焊接剪贴工艺的优选的激光器输出频率在 1.7 至 10 微米的范围内。具有 2 微米输出的纤维激光器的优点包括:较高的功率和光束质量;较高的效率和最小的尺寸;用于高速机器人工位的灵活纤维光束传递;以及对宽范围聚合物的功效。在某些应用中,切割速度接近每秒若干米。如果需要的话,不同的激光器可以用于切割和边缘粘接不同的隔膜材料。

[0107] 热轧辊也发现可用于边缘粘接剪贴工艺,辊的尖锐边缘用来将膜切割和焊接到基底上。然而,激光切割是优选的,原因在于切割的精细细节和质量,这允许更紧密的流体回路元件包装和增强的微型化。

[0108] 较小的隔膜元件允许阀和泵阵列间隔更紧密,阀和泵阵列通常形成为并行操作的分支回路,以用于并行地运行多个测定面板。较大的隔膜元件是需要的,例如用来覆盖通用废弃物容器或具有用于气动地分配试剂的隔膜的试剂包。专门的隔膜元件也用作通风口和光学透明小容器。

[0109] 将隔膜层附接到气动基底构件 101 大多数情况下是便利的,并且是优选的,原因是试剂通常印刷到液压基底上。但是这是个体选择的问题,并不限制本发明的实施。

[0110] 图 5A 至 5L 为制造具有四个本体层的滤筒的过程中的步骤的示意图。4 层滤筒过程可以任选地包括用于激光剪贴各种隔膜类型的过程以及用于过拉伸某些阀和泵隔膜的过程,如图所示。

[0111] 在图 5A 中,示出了单个模制本体构件。在该示例性实施例中,所示的本体构件是液压本体构件,并且包括用于形成可润湿阀和泵的流体特征结构。图 5B 在顶部上增加薄层。在图 5C 中,执行激光切割焊接过程,多余的材料被裁掉。在图 5D 中,机械指状物用来过拉伸隔膜材料,针对隔膜材料的屈服点进行选择,导致形成图 5F 中所示的泡罩外观。在图 5G 中,在第一本体构件的上表面上施加第二薄层。选择用于端部封闭的腔室的隔膜材料是微孔弹性体。多余的材料通过切割和焊接过程再次被移除,如图 5H 和 5J 所示。然后,将气动本体层粘接就位,将隔膜固定地夹在两个本体构件之间。在图 5K 中,在气动层上设置有封堵层。该封堵层包括气动致动通道,该气动致动通道可以以其它方式包含在气动层中。最后,在图 5L 中,将第二封堵层设置在液压本体构件下方。通过形成在两侧上具有特征结构的模制的液压和气动本体构件,封堵层有利地为平坦的板,简化了其制造过程。

[0112] 流体和气动板本体构件(总体上包括:至少一个气动基底,其具有用于接纳加压气体的特征结构;以及至少一个液压基底,其具有用于在使用期间进行润湿的流体特征结构)可以通过模制过程形成,并且压印或模制在具有腔体的至少一个表面上,腔体用作当交界时一起形成流体回路的流体或气动腔室和通道。流体板构件的流体面设计成与气动板

构件的气动面交界。单独的泵腔体可以由壳体的流体和气动侧上的成对腔体构成,并且在蛤壳过程中进行组装。在腔体密封到其隔膜下方之前,干燥的试剂和珠体点焊或印刷到流体腔体中。当完全组装时,每个隔膜交界在流体腔室或通道与气动腔室或通道之间,并且用来使流体在气动接口提供气动脉冲的控制下运动通过流体回路,该气动接口大致处于微处理器的螺线管致动的控制下。流体和气动本体构件还可以通过层合来形成,例如如图 7 和 11 中所示。

[0113] 有利地,流体和气动特征结构还可以延伸穿过板基底,使得额外的回路特征结构可以位于一个或两个板的外侧面上;即融合或粘接在一起的表面的对侧。这些通道和腔室还必须进行密封,这通常利用“封堵层”来实现。可以通过胶粘或其它粘接技术来施加封堵层,并且封堵层由例如聚对苯二甲酸乙二醇酯或周期性聚烯烃构成。粘接和融合本体层通过在部件之间施加中间胶粘或 ACA(粘合剂-芯部-粘合剂)层来实现,但是优选的方法包括可能的溶剂、热、分子、激光或超声粘接。激光粘接的研究进展导致邻接部件之间的基本上无缝融合。

[0114] 在这个阶段,可以完成制造,或者压力驱动的“现场成型”过程可以用来成形所选的隔膜。将封堵层添加到具有负突起回路特征结构的任何外侧表面可以在过程的任何阶段完成。

[0115] 图 6 为用于制造具有多个回路元件子类型的流体滤筒的方法的方框示意图,每个回路元件子类型的特征在于不同和相异的隔膜材料。

[0116] 图 7A 至 7L 为制造具有四个本体层的滤筒的过程中的步骤的示意图。4 层滤筒过程可以任选地包括用于机械剪贴各种隔膜类型的过程以及用于过拉伸某些阀和泵隔膜的过程,如图所示。

[0117] 在图 7A 中,示出了单个模制本体构件。在该示例性实施例中,所示的本体构件是液压本体构件,并且包括用于形成可润湿阀和泵的流体特征结构。图 7B 在顶部上增加薄层。在图 7C 中,执行切割过程,多余的材料被裁掉。切割过程还将两个隔膜焊接或粘附到本体构件上,例如通过热粘接。在图 7D 中,机械指状物用来过拉伸隔膜材料,针对隔膜材料的屈服点进行选择,导致形成图 7F 中所示的泡罩外观。在图 7G 中,在第一本体构件的上表面上施加第二薄层。选择用于端部封闭的腔室的隔膜材料是微孔弹性体。多余的材料通过切割和焊接过程再次被移除,如图 7H 和 7J 所示。然后,将气动本体层粘接就位,将隔膜固定地夹在两个本体构件之间。在图 7K 中,在气动层上设置有封堵层。该封堵层包括气动致动通道,该气动致动通道可以以其它方式包含在气动层中。最后,在图 7L 中,将第二封堵层设置在液压本体构件下方。通过形成在两侧上具有特征结构的模制的液压和气动本体构件,封堵层有利地为平坦的板,简化了其制造过程。

[0118] 流体和气动板本体构件(总体上包括:至少一个气动基底,其具有用于接纳加压气体的特征结构;以及至少一个液压基底,其具有用于在使用期间进行润湿的流体特征结构)可以通过模制过程形成,并且压印或模制在具有腔体的至少一个表面上,腔体用作当交界时一起形成流体回路的流体或气动腔室和通道。流体板构件的流体面设计成与气动板构件的气动面交界。单独的泵腔体可以由壳体的流体和气动侧上的成对腔体构成,并且在蛤壳过程中进行组装。在腔体密封到其隔膜下方之前,干燥的试剂和珠体点焊或印刷到流体腔体中。当完全组装时,每个隔膜交界在流体腔室或通道与气动腔室或通道之间,并且用

来使流体在气动接口提供气动脉冲的控制下运动通过流体回路,该气动接口大致处于微处理器的螺线管致动的控制下。流体和气动本体构件还可以通过层合来形成。

[0119] 有利地,流体和气动特征结构还可以延伸穿过板基底,使得额外的回路特征结构可以位于一个或两个板的外侧面上;即融合或粘接在一起的表面的对侧。这些通道和腔室还必须进行密封,这通常利用“封堵层”来实现。可以通过胶粘或其它粘接技术来施加封堵层,并且封堵层由例如聚对苯二甲酸乙二醇酯或周期性聚烯烃构成。粘接和融合本体层通过在部件之间施加中间胶粘或 ACA(粘合剂-芯部-粘合剂)层来实现,但是优选的方法包括可能的溶剂、热、分子、激光或超声粘接。激光粘接的研究进展导致邻接部件之间的基本上无缝融合。

[0120] 在这个阶段,可以完成制造,或者压力驱动的“现场成型”过程可以用来成形所选的隔膜。将封堵层添加到具有负突起回路特征结构的任何外侧表面可以在过程的任何阶段完成。

[0121] 图 8A 示出了通过层合构建的滤筒本体 700;图 8B 示出了具有模制特征结构的 4 层滤筒本体 710。流体元件示出了端部封闭的通道,具有用于流体加载的可透气微孔隔膜,其中回路终止于没有出口的腔室中。流体通过入口(701、711)进入这里示出的腔室,并且填充该腔室,但是气体在具有现有技术隔膜的这种类型的腔室中不能够移动。然而,通过提供为弹性体的微孔聚氨酯隔膜,腔室中的气体通过隔膜进行通气,如图所示,并且离开通风口(707、717)。一旦被润湿,隔膜就在上游压力下充满进入的流体,并且当上游压力移除时被动地排出流体,从而用作被动泵送系统。

[0122] 这种类型的腔室可以用于试剂添加,其中干燥试剂存储在腔室中,并且这种类型的腔室可以用于例如热循环,其中使用一对泵,使得一个泵是气动地致动的,第二个泵是端部封闭的腔室,该腔室在压力下进行填充(同时通过隔膜排出气体),然后由于其弹簧力而使流体返回到上游。

[0123] 图 8B 的装置可以例如通过以下方式制成:首先制造液压子组件 718,然后在蛤壳中将隔膜夹在液压子组件和第二子组件 719 之间。隔膜可以根据需要例如通过吹塑模制或真空成形过程在单独的过程中制成,然后进行现场组装。

[0124] 图 9A、9B 和 9C 三个放大级下的可透气微孔聚氨酯膜的精细结构的示意图。通过扫描电子显微镜检查法,利用增大的放大率,可以容易地看到多孔的破碎细胞结构。微孔聚氨酯包括作为“**PORELLE®**”膜(PIL 膜有限公司,经过诺福克金斯林)销售的膜。这些聚氨酯优选地可以是疏水性的,但是也可以使用亲水性膜。一个例子是 Porelle355。这样的隔膜构件可以根据需要选自为弹性体的膜。

[0125] 其它微孔聚合物也是已知的并且类似地起作用。以商品名 **MUPOR®**(Porex, Fairburn GA)销售的聚四氟乙烯(PTFE)的微孔形式易于利用液压压力屈服就位。所得的隔膜具有良好的可透气体性且可以用作通风口,并且疏水性根据需要选择性地堵塞水泄漏。在技术问题的意料之外的方案中,微孔聚氨酯膜可以由此用来形成端部封闭的通道中的隔膜构件,其中液体仅仅能够通过借助于可渗透隔膜直接排出残留空气而进入到末端腔室中。在某些应用中,这些隔膜初始释放空气,但是当被润湿时,可透空气性显著降低,从而隔膜变成用于端部封闭的通道的气截留的自灌注泵,其中有利的是,一旦管线中的所

有空气被排出并且膜被润湿,泵就变成主动气动微泵。

[0126] 图 10A 和 10B 为隔膜构件 900 通过拉伸薄膜的过程进行拉伸的趋势。该过程可以是弹性的(即能够回复)或非弹性的(即超出材料的屈服点而导致永久性变形)。与弹性材料不同,屈服的隔膜子类型不会弹性地回复,而是形成在减压时可以伸缩的气泡或泡罩形状(902,如图 10B 所示)。

[0127] 在这种情况下,示出了简化的气动基底,其上施加有圆形隔膜切口。切口包括良好限定的围裙状物 901,该围裙状物在施加有隔膜的腔体的周边外侧叠置和延伸。围裙状物的外侧边缘粘接到下面的基底,使得隔膜可以通过入口 903 进行加压。

[0128] 当从腔体(这里以剖面图示出)内施加压力时,隔膜将根据其杨氏模量进行拉伸。当压力移除时,弹性材料将回弹,但是对于施加的力超过其屈服点的材料类型而言,该材料将永久性地拉伸和变形。这是“现场成型”隔膜过程的基础,该过程可以用来制造具有改进的延迟时间且不太可能卡住关闭的“现场成型”泵和阀。在一个过程中,隔膜材料拉伸,以取得并贴合其所进入的腔体的凹形形状。因此,对于超过薄膜材料的屈服点的过程而言,附图展示了隔膜泵如何可以通过使塑料膜屈服的现场成型过程而形成。拉伸(下部)和未拉伸(上部)隔膜之间的封闭体积的差是泵的喷射行程体积。因此,制造过程模仿泵送过程,并且确保一致的行程体积。这对于不是回弹性弹性体而是针对耐化学品性选择的膜而言是首次注意到的。这类中的特定膜是夹在聚乙烯层之间的聚对苯二甲酸乙二醇酯或偏二氯乙烯的共层合体,这对于其耐化学品性是有价值的。这种材料以商品名 **SARANEX®** 销售。我们发现,在正常使用条件下,天然膜的第一喷射行程体积显著小于现场成型拉伸膜的第二或第三喷射行程体积。

[0129] 图 11 为微泵 1100 的剖面图。具有围裙状物 1101 的隔膜可以看到具有凸的“气泡”或泡罩外观 1110。泡罩在非弹性过拉伸隔膜的情况下是可伸缩泡罩,而在弹性隔膜的情况下是弹性泡罩。另外在图中还示出了围裙状物 1101,其用来密封气动壳体构件(上部层)和流体壳体构件(下部层)之间的隔膜。在这里例子中,围裙状物与胶粘层 1102 接触,该胶粘层将流体面粘接到装置的气动面,表示层合构造。然而,模制部件的层合也是可以想到的,从而用于制造混合隔膜装置的构造细节可以是变化的,并且并不是层合或模制专用的。

[0130] 图 12A 和 12B 为用于微泵的现场成型隔膜构件的平面图和正视图,用于测量几毫米的直径。泵隔膜构件可以通过边缘粘接剪贴工艺由弹性体、微孔聚合物、可拉伸的聚合物现场形成,并且例如根据应用而可选地在之后进行非弹性变形过程。

[0131] 图 13A 和 13B 示出了行程体积的形成。可拉伸塑料膜在拉伸超过屈服点之前(前)和之后(后)的喷射行程体积示出为导致行程体积增大。关于质量控制和操作再现性的问题,已经证实有利的是,在释放产品之前执行该拉伸过程,或者在使用具有这些隔膜的流体滤筒之前在现场进行“热身”操作。有利地,一旦完成,拉伸的隔膜就以固定的行程体积进行操作,该行程体积不再通过膜的弹性而衰减(这是现有技术的泵和阀中存在的问题)。

[0132] 如图 13A 所示,通过拉伸,用于直径为大约 1.08cm 的 **SARANEX®** 隔膜的喷射行程体积从大约 90 微升(前)增加到 150 微升(后)。泵送腔室的标称尺寸进一步限制了拉伸,并且确保了制造的产品的高度一致性。

[0133] 相似地,如图 13B 所示,发现的是,直径为大约 0.88cm 的隔膜的喷射行程体积在拉

伸之前为 50 微升（前），在拉伸之后为 90 微升（后）。再者，泵腔室的尺寸阻止了膜的进一步拉伸。已经拉伸的膜在松弛时呈现泵腔室的形状，并且能够以不会进一步变形的方式进行存储。

[0134] 图 14A 和 14B 为微阀 1300 结构的横截面图，示出了阀隔膜的“开”和“关”的气动控制。阀隔膜构件例如可以通过边缘粘接剪贴工艺由弹性体、微孔聚合物、可拉伸的聚合物形成。

[0135] 阀本体由四个层和模制芯部形成，这些层包括两个外侧封堵层，模制芯部通过气动板构件和流体板构件的融合而形成。封堵层示出为子组件的一部分，其中液压本体构件和底部封堵层形成第一子组件 1310，气动本体构件和顶部封堵层形成第二子组件 1311。隔膜夹在两个板之间，并且座置在阀座上。两个流体通道示出为通过阀座中的双端口进入阀腔体；端口通过阀盘分隔开。在关闭位置中，阀隔膜座置在阀盘上，并且被加压（气动致动端口 1305），以抵抗流体从一个通道到另一个通道的流动。在打开位置（图 14A）中，隔膜缩回到阀腔体中，流体自由地流过阀盘。

[0136] 微阀形成在塑料本体中，该塑料本体在这里示出为具有 4 层。微阀包括：阀腔体，其中阀腔体由第一表面和第二表面限定，第一表面和第二表面之间封闭阀腔体，第一表面限定了阀座，第二表面在界定了腔体的唇缘处与第一表面并列；隔膜构件，围绕该隔膜构件的周边限定有围裙状物，其中围裙状物在唇缘下方密封地插入到本体中，以便将第一表面与第二表面分隔开；第一流体通道，其在第一端口处通过阀座进入阀腔体；第二流体通道，其在第二端口处通过阀座进入阀腔体；阀盘，其在第一端口和第二端口之间限定在第一表面上；进一步地，其中隔膜构件能够靠着阀盘可逆地挠曲并且能够从阀盘缩回，由此具有用于允许或不允许流体在第一通道和第二通道之间流动的“开”位置和“关”位置。

[0137] 微阀的进一步的特征可以是封装在其中的隔膜构件的种类。隔膜材料可以是例如：共层合塑料膜，其具有的屈服强度使得阀的首次致动使膜永久性变形，以贴合腔体表面的凹形轮廓就位；膜，其具有设置在以商品名 **SARANEX®** 销售的聚乙烯层之间的偏二氯乙烯聚合物层；膜，其包括低密度聚乙烯 / 乙烯 - 乙酸乙烯酯 / 聚偏二氯乙烯 / 乙烯 - 乙酸乙烯酯和低密度聚乙烯；可透气塑料膜，使得即使在被润湿时气体也响应于气动压力而双向地传递；膜，其由疏水性微孔可透气体的聚氨酯构成；或者膜，其由但并不限于 **FABTEX®** 构成。例如，针对其现场成型特性而选择 **SARANEX®**，聚偏二氯乙烯 - 乙酸乙烯酯；针对其弹性而选择 **FABTEX®**；针对其透气性而选择 **FABTEX®**，以制造疏水性不可透液体的 / 可透气体的屏障膜、通风口和可透气隔膜。应用所关注的是，隔膜材料为线性低密度聚乙烯、乙烯 - 乙酸乙烯酯、双轴向取向的聚丙烯、聚偏二氯乙烯、微孔聚氨酯、聚丙烯和聚烯烃。

[0138] 图 15 为具有模制本体特征结构的 4 层本体中的微阀的剖视图。示出了入口 1401、出口 1402 和气动致动端口 1403，但是入口和出口的标记是任意的。在具有屈服隔膜的一个实施例中，阀隔膜在减压之后保持其拉伸形状，从而用于“开”位置。穿过气动控制管线的压力的施加使隔膜靠着阀座皱缩，并且使阀快速转到“关”。

[0139] 平面图和正视图示出了具有围裙状物 1405 和隔膜幅材的阀隔膜，该隔膜幅材处于弹性可回复或非弹性可伸缩的泡罩形状 1410，具有大致“花生”形状。在图 16A 中可以更

清楚地看到花生形状。图 16B 为用于流体微阀的现场成型隔膜构件的正视图 / 透视图。

[0140] 图 17 为微阀 1600 的透视剖视图。在该例子中, 阀的印迹具有大致花生形状, 具有界定了阀盘的明显腰部。阀本体由四个本体层形成, 顶部封堵层 1601、气动层 1602、具有阀座 1603 的液压层以及底部封堵层 1604, 在这里示出为具有入口 1605 和出口 1606 通道。另外还示出了气动腔体 1607 和致动端口 1608。隔膜 1610 在膨胀时具有特征泡罩外观。隔膜可以是弹性体, 使得泡罩显示何时通过抽吸端口 1608 施加抽吸作用, 并且在松弛时平坦地抵靠阀座。作为另外一种选择, 隔膜可以是聚合物, 其在拉伸超过其弹性极限的过程中已经屈服。该方法允许根据构造下的流体回路的特性来选择隔膜材料。

[0141] 如图 18 所示, 本发明的实施例可以用来插入具有零死空间的微阀, 该微阀在运输时处于流体“开”或流体“关”。向流体侧施加压力脉冲 (以及可选地在气动侧上施加零压力或抽吸压力) 易于允许阀打开 (图 18A)。“关”阀构造如图 18B 所示。

[0142] 阀可以通过层合进行构造, 或者可以通过模制本体各部分的融合而进行构造, 如本文所示。这里所示的是顶部封堵层 1702、隔膜 1701、气动本体层 1703、液压层 (1704a、1704b) 和底部封堵层 1705。另外还示出了阀座 1707、气动腔体 1708、液压腔体 1709、第一流体通道 1710、第二流体通道 1711 和气动致动回路 1712。深色箭头表示阀处于“开”位置时的流体流动 (图 18A)。双箭头表示从“开”位置到“关”位置的过渡, 其中阀座 1707 上的膨胀的隔膜堵塞流体流动 (图 18B)。简而言之, 阀可以操作以被动地打开, 这是本领域中的改进。

[0143] 图 19 为屈服就位的双叶式拉伸的隔膜或“泡罩”的视图, 例如将在装置 1700 的本体中形成就位, 并且被围裙状物 1721 围绕, 例如围绕边缘压紧在本体层之间, 以将微阀的液压腔体和气动腔体密封地分隔开。

[0144] 参考图 18, 四层本体示出了为形成微阀。隔膜层夹在均为模制部件的气动本体构件和液压本体构件之间。顶部和底部上的封堵层用来密封本体芯部 (中心两层) 的外侧表面上的辅助回路。因此, 实现了 4 层装置, 其可选地可以在没有中间 ACA 胶粘层的情况下进行组装。隔膜可以是弹性体, 或者可以是已经超过其屈服强度而屈服的过拉伸聚合物。

[0145] 以引用的方式结合

[0146] 本说明书中涉及的所有美国专利、美国专利申请公开、美国专利申请、外国专利、外国专利申请和非专利公开, 以及相关的申请数据表, 包括但不限于美国专利申请 No. 61/745, 335, 全文以引用方式并入本文中。

[0147] 除非上下文中需要, 否则在整个说明书及后附的权利要求书中, 词语“包括”及其衍生词, 例如“包含”和“具有”, 是开放式的表达, 即为“包括但不限于”。权利要求中所用的术语“一”并不排除多个。

[0148] 所附权利要求不能解释为包括装置加功能的限制, 除非这样的限制利用“用于……的装置”的短语明确地记载在给定的权利要求中。

[0149] 虽然本文提供了本发明优选实施例的完全和完整的公开, 但是其并不是用来将本发明限制为所示和所述的确切的构造、尺寸关系和操作特征。在不脱离本发明的真实精神和范围的情况下, 本领域技术人员容易做出且可以适当地采用各种修改、可选构造、改变和等同形式。这样的改变可能涉及可供选择的部件、结构布置、尺寸、形状、形式、功能、操作特征等。

[0150] 通常,在以下的权利要求中,说明书中所用的术语不应当看做是将权利要求限制为本文中为说明目的而描述的特定实施例,而应当包括所有可能的实施例,具体的和一般性的,以及权利要求有权做出的所有等同形式的范围。因此,权利要求并不限于公开内容。

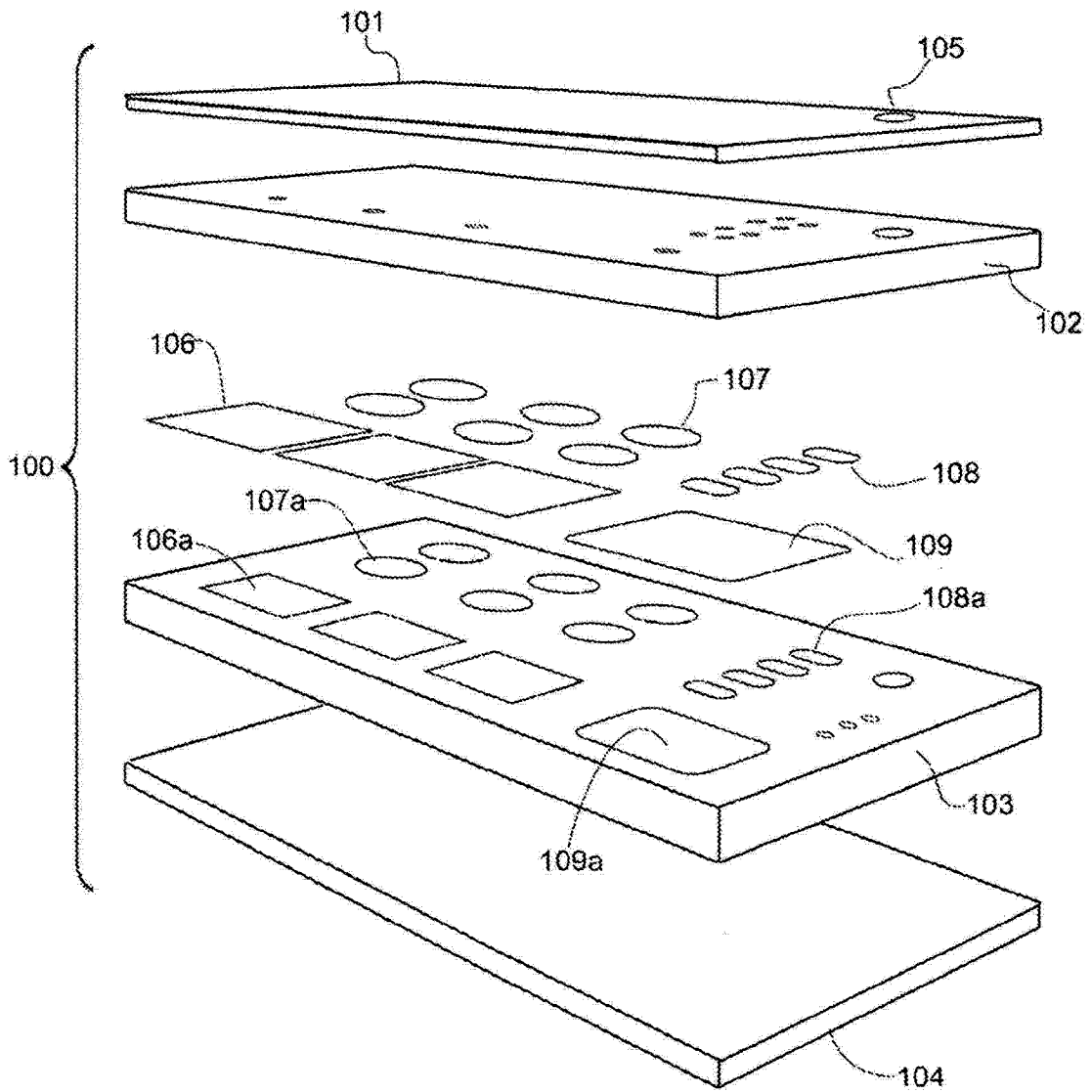


图 1



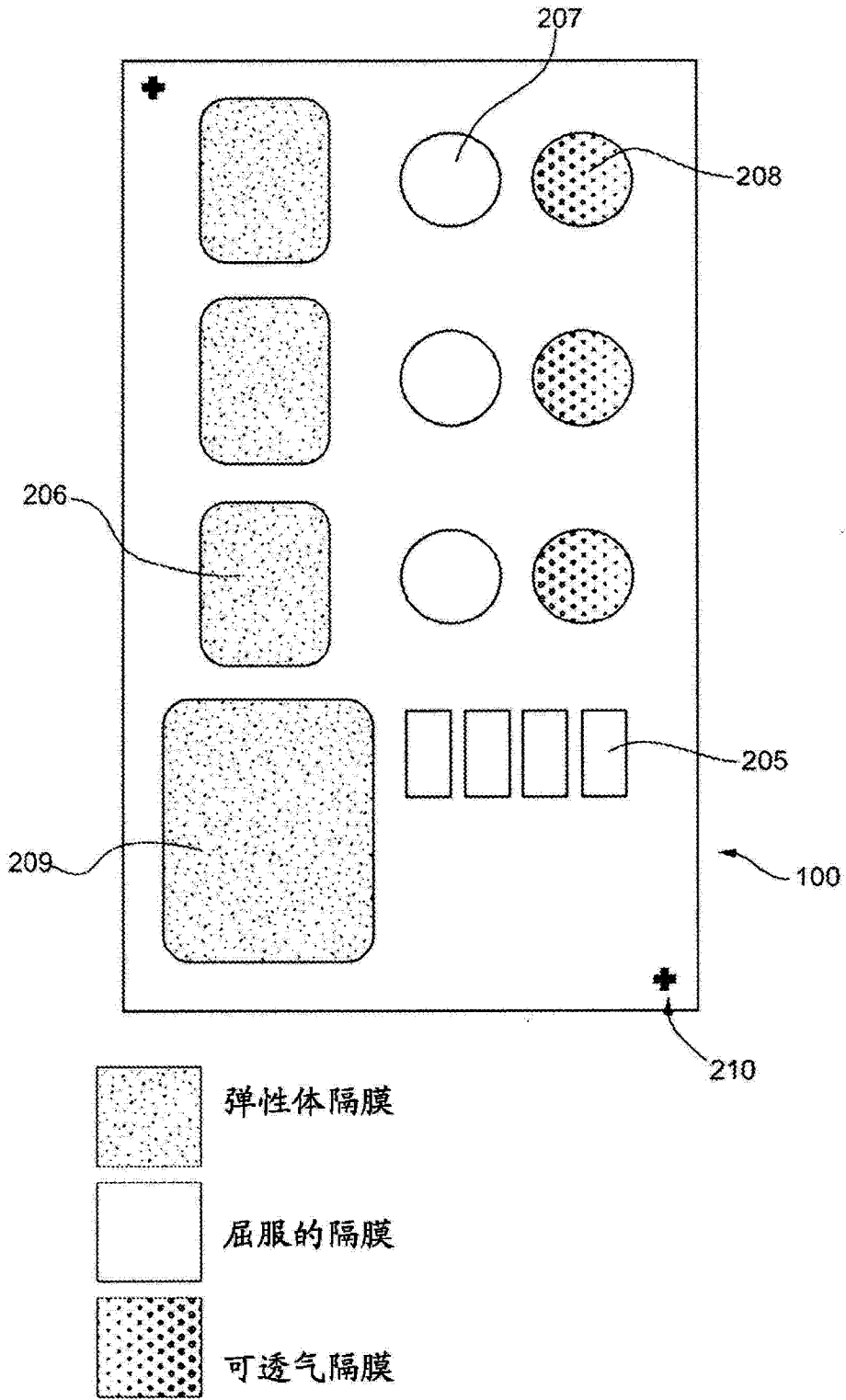


图 2

## 通过边缘粘接激光剪贴工艺组装混合隔膜构件的制造方法

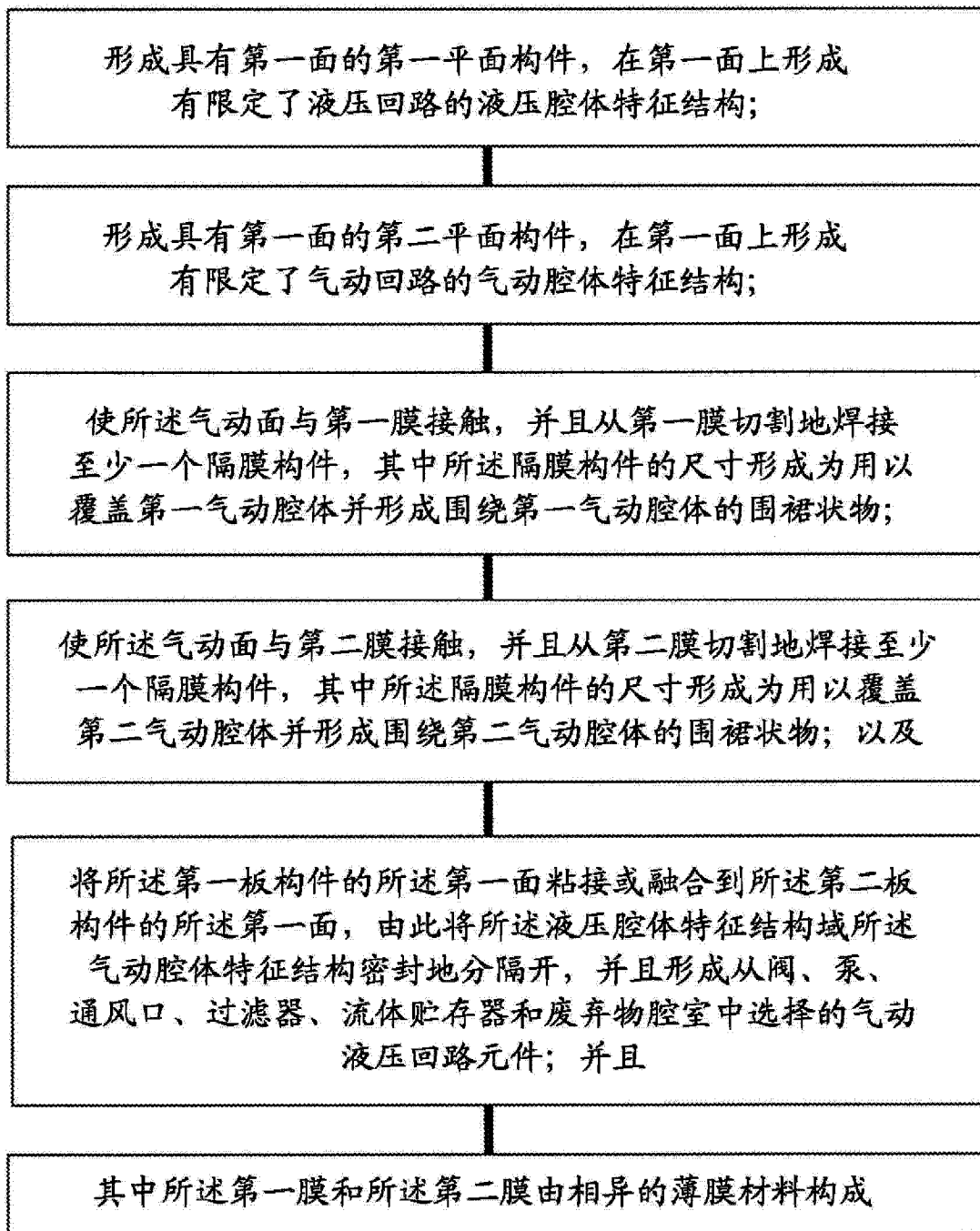


图 3

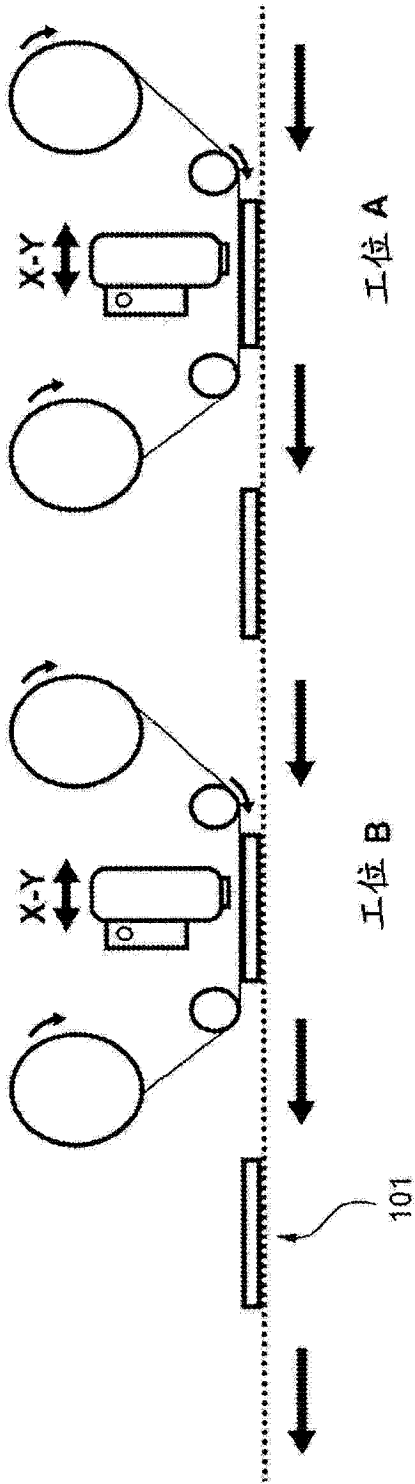


图 4

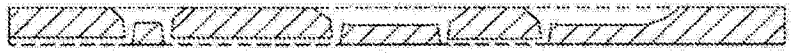


图 5A

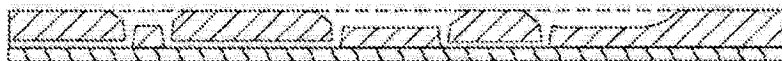


图 5B

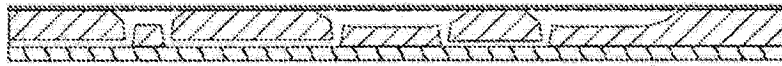


图 5C

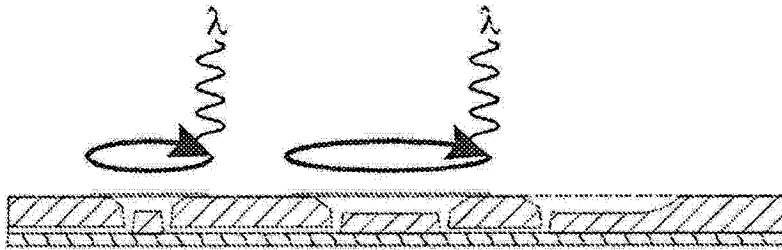


图 5D

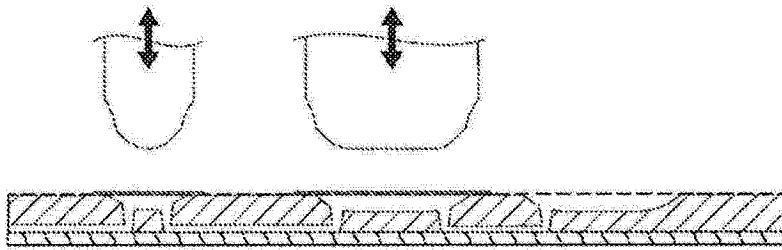


图 5E

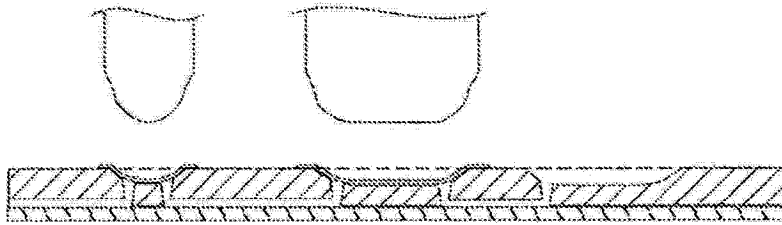


图 5F

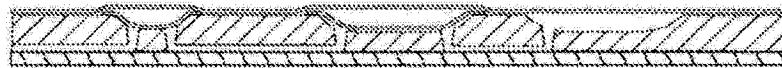


图 5G

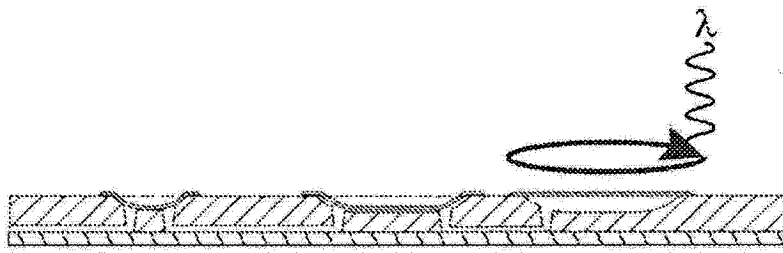


图 5H

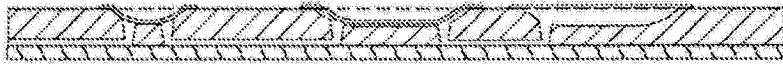


图 5I



图 5J

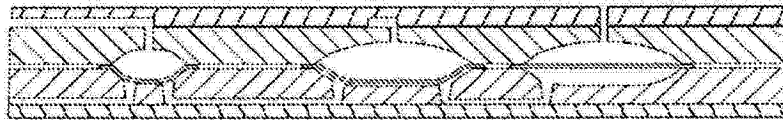


图 5K



图 5L

通过边缘粘接剪贴工艺组装隔膜构件的制造方法

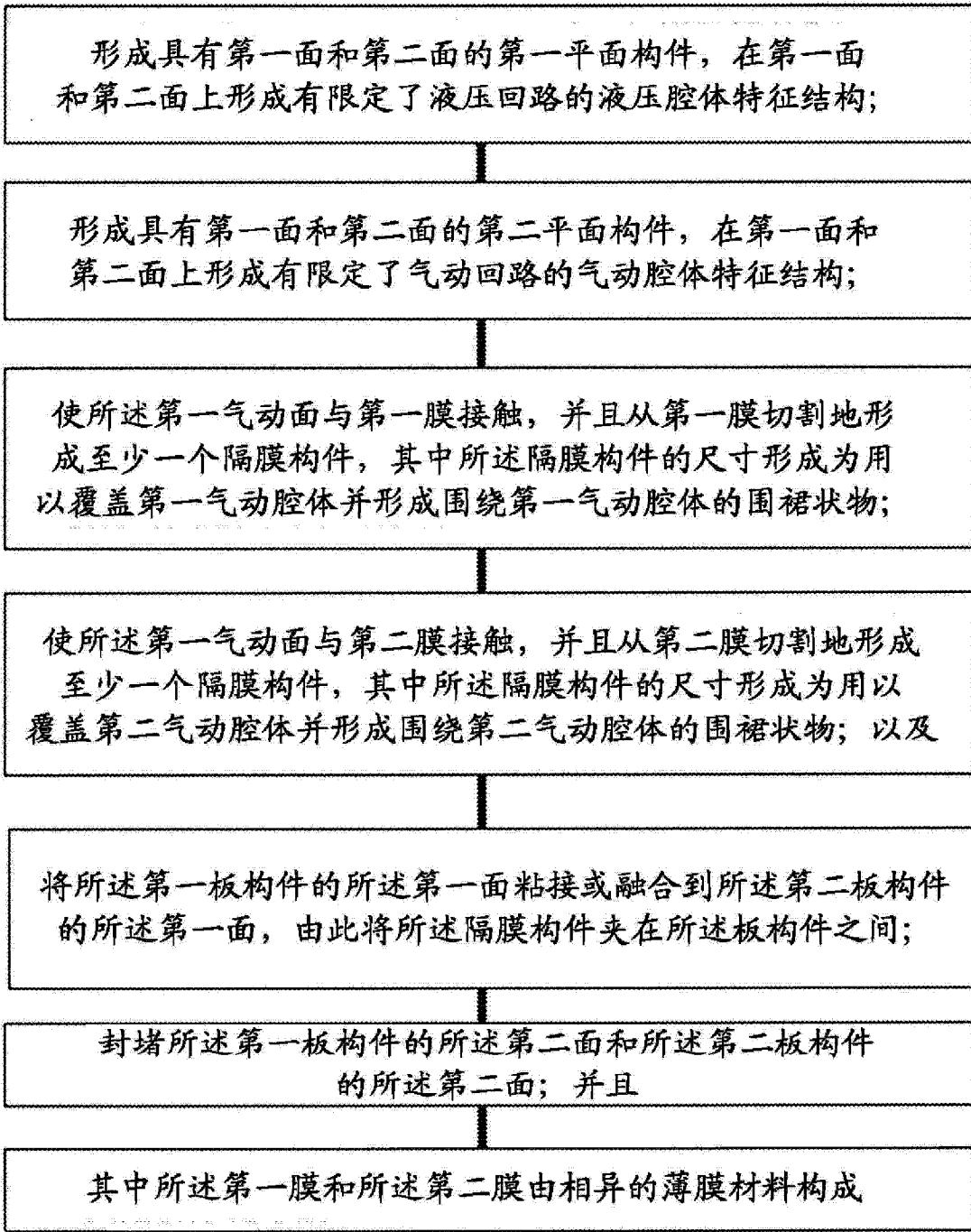


图 6

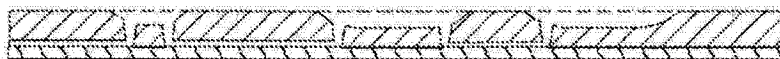


图 7A

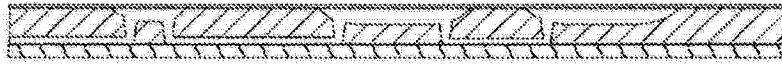


图 7B

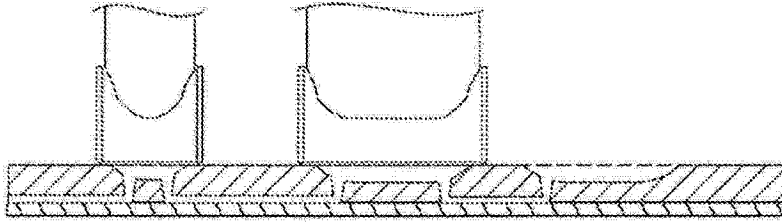


图 7C

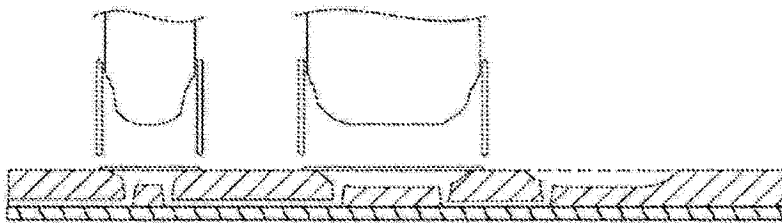


图 7D

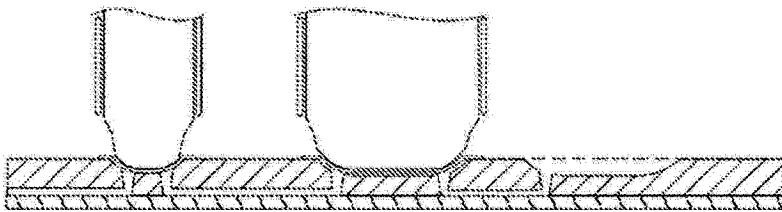


图 7E

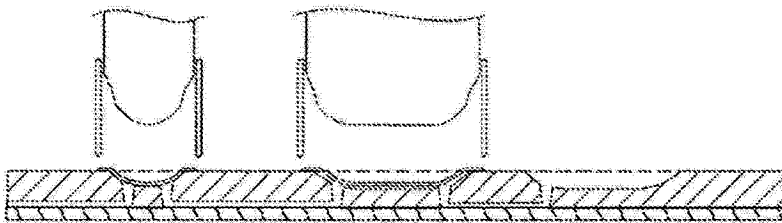


图 7F

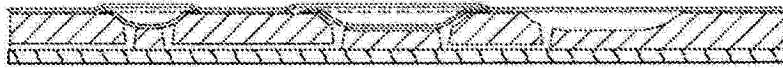


图 7G

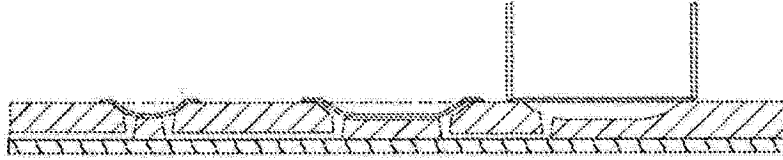


图 7H

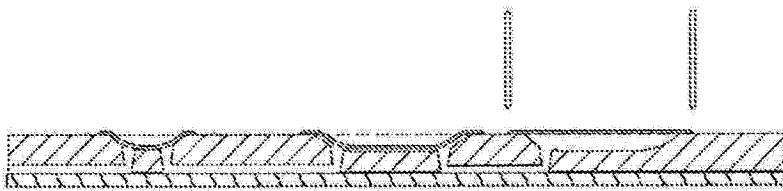


图 7I



图 7J

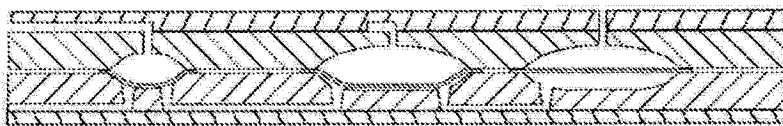


图 7K

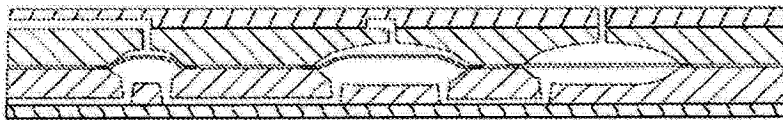


图 7L



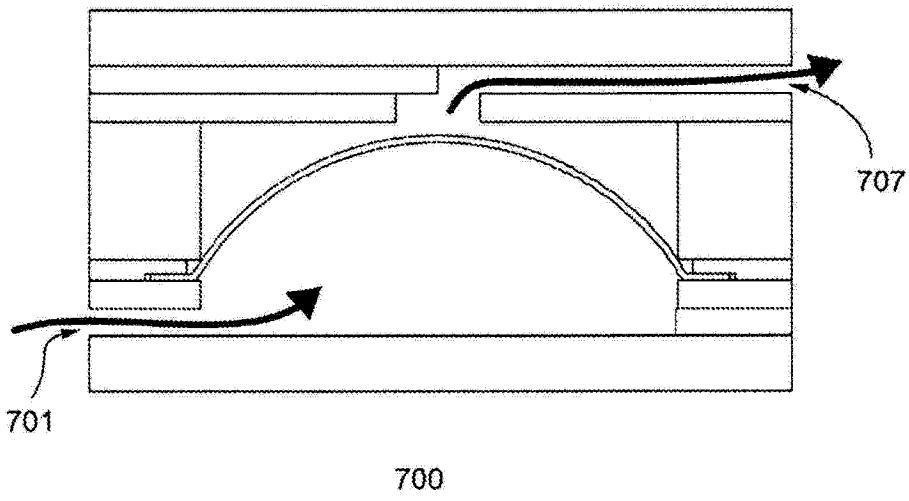


图 8A

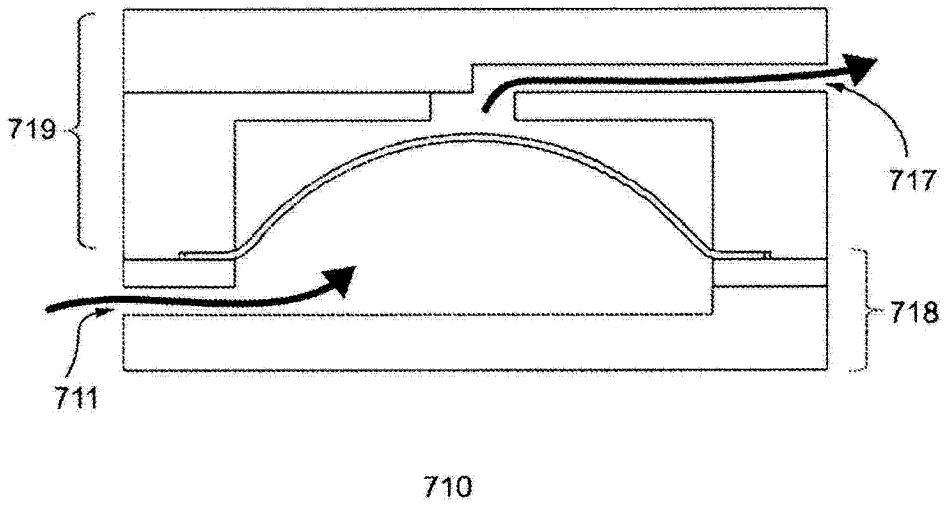


图 8B

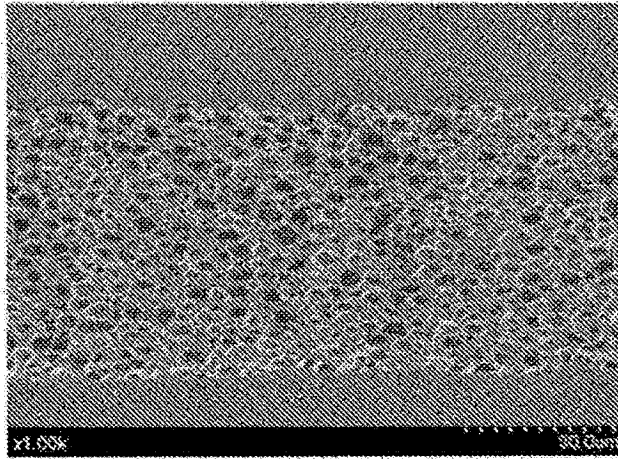


图 9A

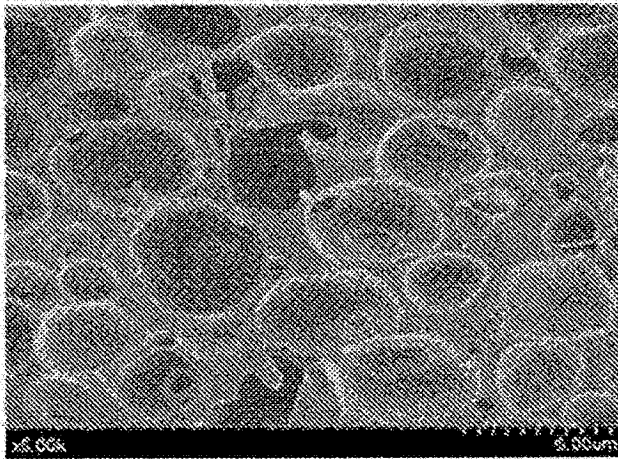


图 9B



图 9C

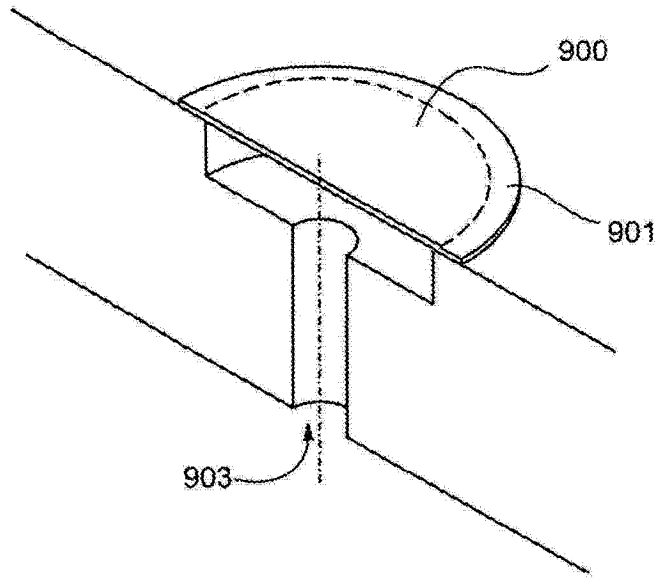


图 10A

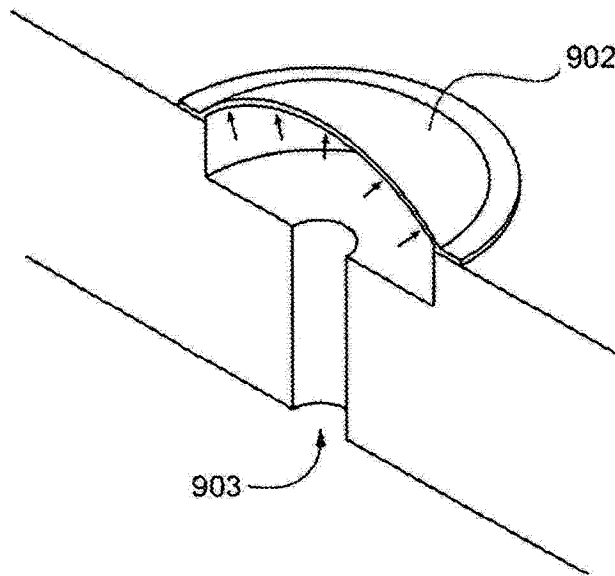


图 10B

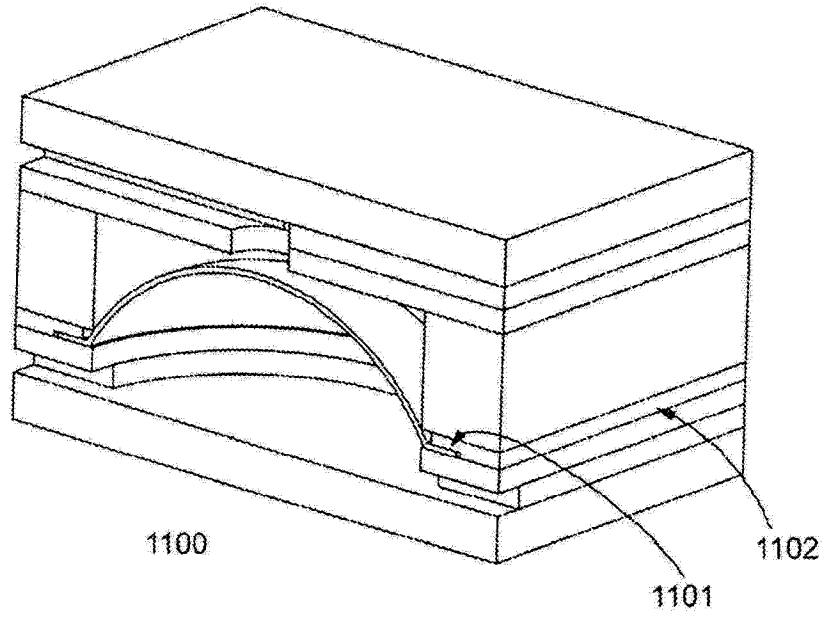


图 11

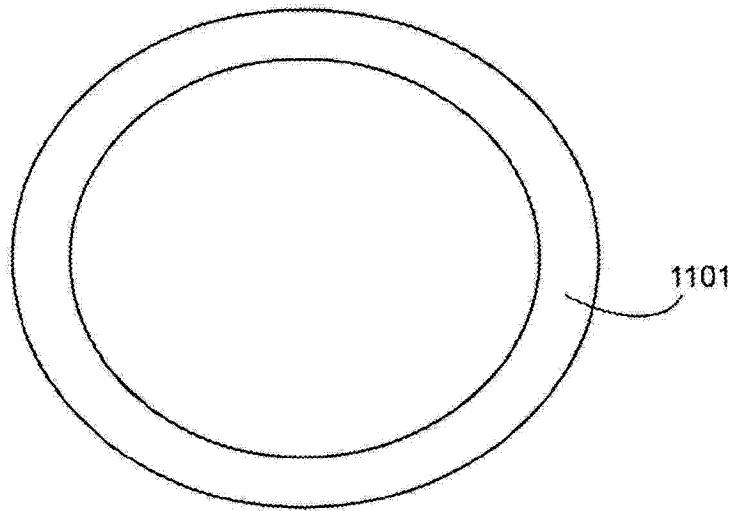


图 12A

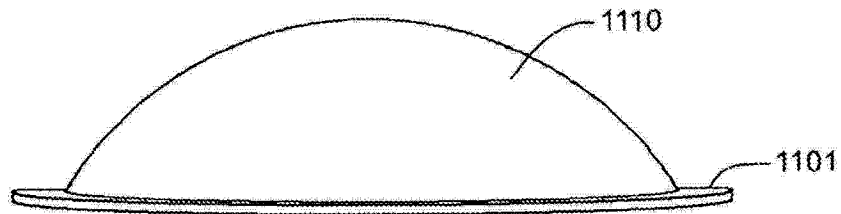


图 12B

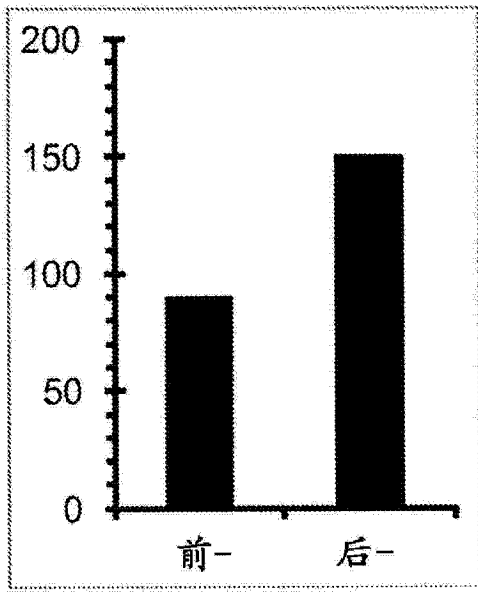


图 13A

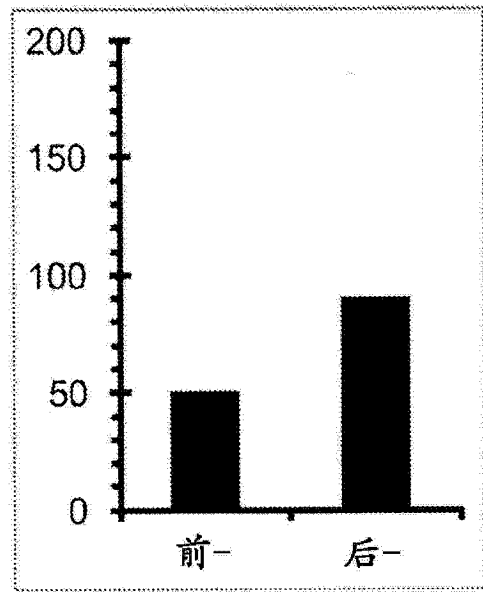
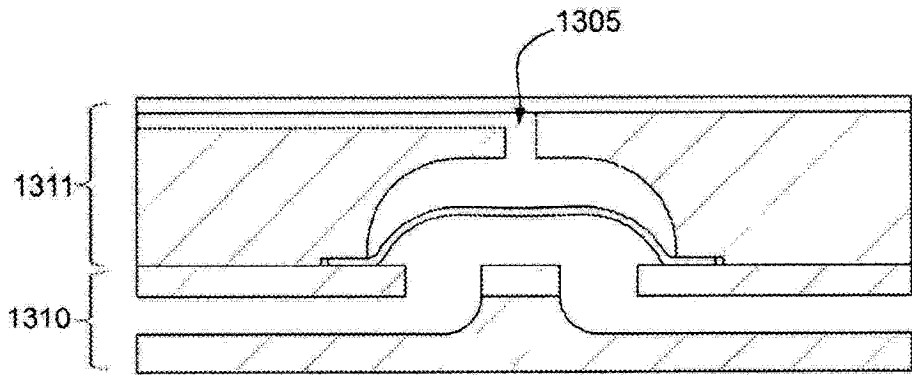
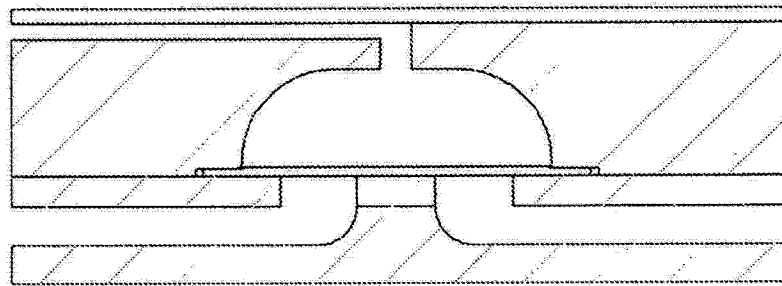
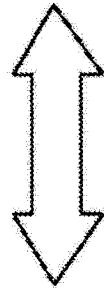


图 13B



1300

图 14A



1300

图 14B

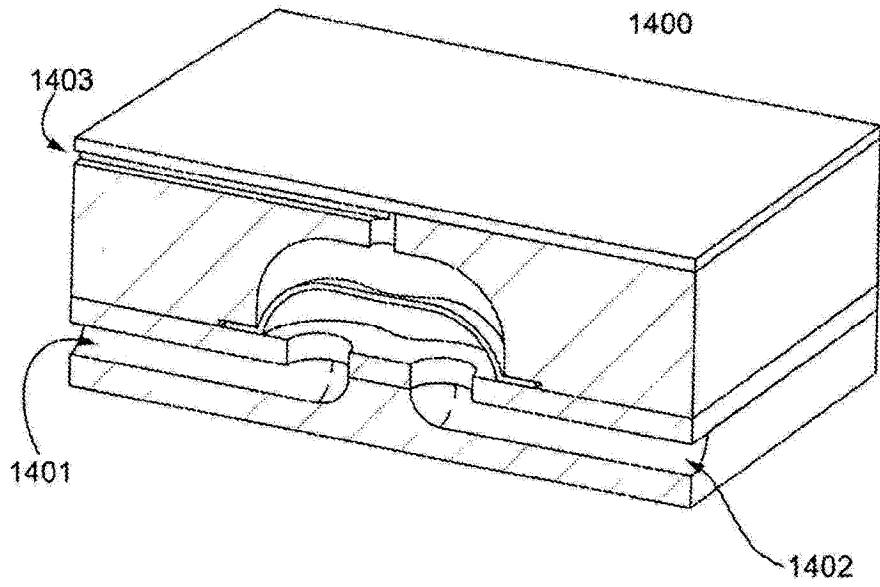


图 15

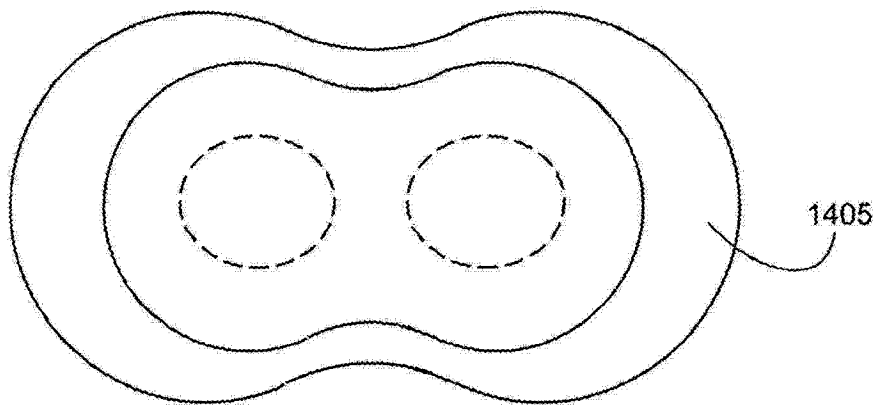


图 16A

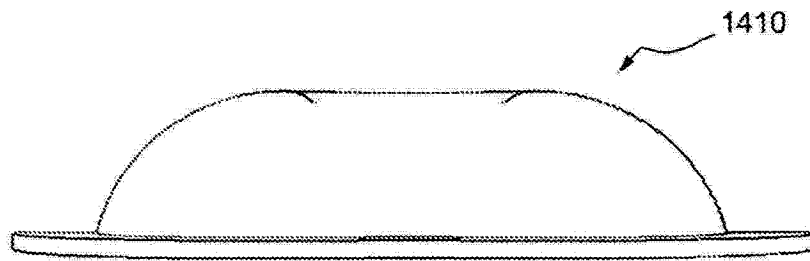


图 16B

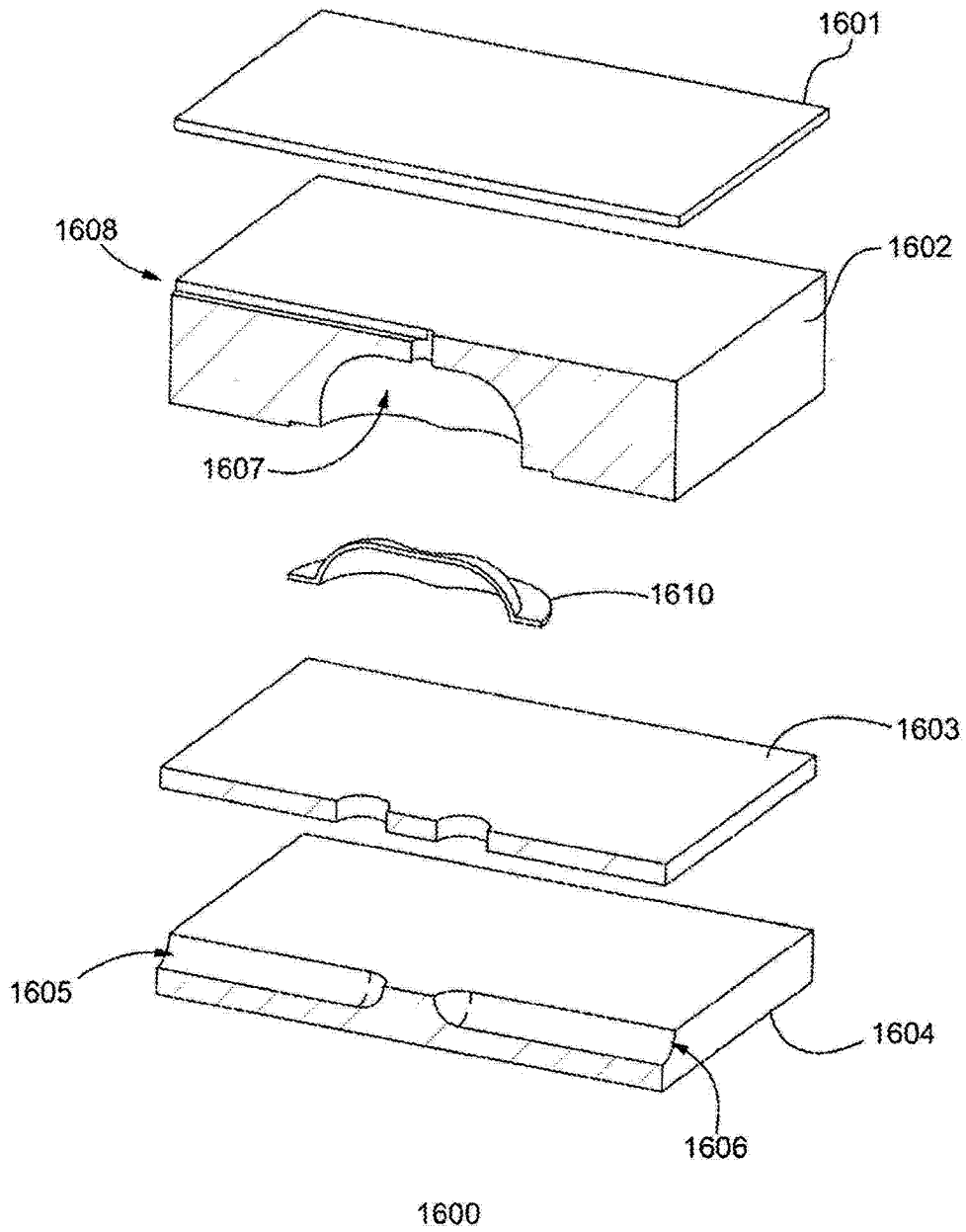


图 17



