



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102588256 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201210040599. 2

W0 2006/009724 A2, 2006. 01. 26, 全文 .

(22) 申请日 2012. 02. 22

审查员 王晗

(73) 专利权人 重庆理工大学

地址 400054 重庆市巴南区李家沱红光大道
69 号

(72) 发明人 崔建国

(74) 专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123

代理人 康海燕

(51) Int. Cl.

F04B 43/073 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0000900 A1, 2005. 01. 06, 全文 .

US 2005/0279412 A1, 2005. 12. 22, 全文 .

CN 101947124 A, 2011. 01. 19, 全文 .

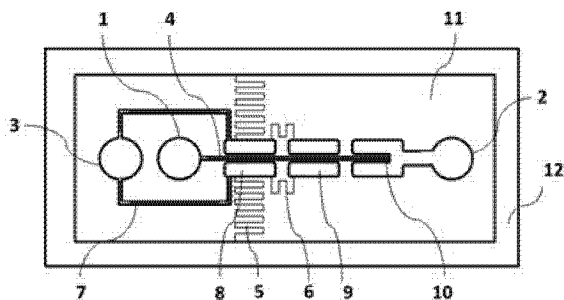
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵

(57) 摘要

一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵, 所有结构均布置在同一结构层之中。结构层的上表面包括一个贯通该层的液体输入接口、一个贯通该层的液体输出接口和一个贯通该层的负压气路接口, 在结构层下表面的中心区域有一条将液体流入接口和液体流出接口连接起来的流路通道, 以及嵌入在所述流路通道末端的一个可自动关闭的单向阀, 在流路通道的侧边沿其长度方向布置有至少两个负压气体驱动腔室。本发明以气体通道流阻结构产生顺序抽吸动作实现蠕动动作, 避免因为高压气体挤压流道损坏泵送样品, 并利用真空负压将微流路通道中的气泡抽吸出流路防止流路阻塞, 同时利用内嵌于微流道中的自关闭单向阀获得较高的背压(反向压力)。



1. 一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵,其特征在于:所述蠕动泵的所有结构均布置在同一结构层之中;

其中,在所述结构层的上表面包括一个贯通该层的液体输入接口、一个贯通该层的液体输出接口和一个贯通该层的负压气路接口;

所述结构层通过下表面与一基底结合,在所述结构层下表面的中心区域有一条将液体流入接口和液体流出接口连接起来的流路通道,以及嵌入在所述流路通道末端的一个可自动关闭的单向阀,用于实现流路通道的顺序打开与关闭,进而允许流体在流路中的单向流动;在所述流路通道的侧边沿其长度方向布置有至少两个负压气体驱动腔室,负压气体驱动腔室之间通过气路通道进行连接,其中靠近液体流入接口的负压气体驱动腔室通过气路通道连接负压气路接口;

所述负压气体驱动腔室与流路通道之间的隔离墙结构构成可变形驱动薄膜,该驱动薄膜在负压气体的作用下发生变形,进而改变流路通道的容积,驱动液体流进和流出蠕动泵。

2. 根据权利要求1所述的具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵,其特征在于:在所述结构层的下表面还形成有一条气体补偿通道,所述气体补偿通道一端与靠近液体流入接口的负压气体驱动腔室连通,另一端直接通至结构层边缘,与大气连通。

3. 根据权利要求1所述的具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵,其特征在于:所述负压气体驱动腔室在流路通道的两侧对称布置。

4. 根据权利要求1所述的具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵,其特征在于:所述结构层采用具有透气性且透光的聚二甲基硅氧烷 PDMS 材料,在负压气体迫使驱动薄膜变形改变流路容积的同时,还可捕获流入微流路中的微小气泡,并透过可透气的驱动薄膜将其从流路中抽吸出去,结构层的全部结构由光刻技术进行加工制作而成。

5. 如权利要求1至4之任一项所述的具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵,其特征在于:所述的可自动关闭的单向阀由两个可动的阀片和两个开放腔室共同构成;所述流路通道的末端与两个可动的阀片之间的通道连通,阀片之间的通道为单向阀的进口;两个开放腔室分别位于两个可动的阀片两侧,并与阀片之间的通道连通;两个开放腔室又通过共同的通道与液体流出接口连通,该共同的通道为单向阀的出口;当流路通道中的液体向前流动时,单向阀的阀片处于打开状态,而当流路通道中的液体反向流动时,单向阀的阀片受到开放腔室内增加液体的挤压使阀片发生变形关闭流路通道实现禁止液体反流的目的。

一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微流控技术的改进,尤其涉及的是一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵。

背景技术

[0002] 近十几年来,随着 BioMEMS 和微加工技术的迅速发展,微流控技术已经广泛应用于生物学、化学分析、医学临床诊断、药物开发等诸多领域,微型泵作为微流控系统的核心驱动部分,能够为微流控系统提供样品的供给与传输,所以日益受到研究者的关注。目前,在各类学术期刊上已经报道了多种微型泵,绝大多数是压电驱动、电磁驱动或者正向气压驱动等。目前研究的主流方式是薄膜压缩型微型泵,它的流动控制方式是通过驱动薄膜的往复运动引起微型泵流路腔室容积及压力发生改变而实现流体驱动的,在驱动薄膜的控制方面因为正向气动驱动的迅速便捷,而受到青睐。但是,因为泵送样品中容易混入微小气泡,而且在使用正向气体驱动时,更加容易加速气泡的引入进程,气泡在流路管壁的聚集将会阻塞流路,影响泵送性能,所以气泡问题是该微流控领域的一个大难题。

[0003] 近年来发展起来的微型泵种类很多,其中通过光刻技术加工且可采用气动方式驱动的微型泵,一般至少由两层结构层组成,底层为流路层一般是用于输送泵送样品的微流路通道,上层为气路层一般含有多条间隔开来的驱动气路通道,如图 1 所示。通过表面等离子键合技术将两层结构粘合在一起,将气路层的多条气体通道通过多个电磁阀与高压气源连接,并通过顺序控制电磁阀的工作状态来控制气体通道的顺序挤压,形成蠕动动作,进而驱动微流路通道内的液体流动(参见 Marc A. Unger, Hou-Pu Chou, Todd Thorsen, Axel Scherer, Stephen R. Quake, *Science* 288, 113 (2000);)。

[0004] 上述这种由多个气体通道顺序挤压液体流路形成蠕动动作的微型泵,因为采用高压气体驱动方式,易造成泵送介质样品的破坏和损伤,并因为组成微型泵的材料为弹性透气材料,所以在长时间工作时易使高压气体透过弹性材料,在微型泵下层的微型流路内形成微小气泡,影响微型泵流动性能,严重时还会阻塞流路。同时为了实现气体流路的顺序形变,形成蠕动动作,还需要复杂的控制电路去控制连接每条气体通道的电磁阀的顺序连贯开关动作。由此导致微型泵的结构较为复杂、流速较低、流量较小,不能完全满足微流控芯片的液体泵送需要。因此,现有技术存在缺陷,尚有待改进和发展。

[0005] 可见,当前微流控技术的发展迫切需要一种结构简单能够有效泵送样品并能够去除流路中混入气泡的微型泵。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题在于设计了一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵装置,以其特有的气体通道流阻结构产生顺序抽吸动作实现蠕动动作,避免了因为高压气体挤压流道损坏泵送样品,并利用真空负压将微流路通道中的气泡抽吸出流路防止流路阻塞,提高微型泵的流速和流量,同时利用内嵌于微流道中的自关闭单向阀获得

较高的背压(反向压力),达到微流控芯片的液体泵送要求。

[0007] 本发明的技术方案构思如下:

[0008] 一种具有自关闭单向阀的单层双腔真空驱动的蠕动泵装置,所述的微型泵采用真空负压驱动方式工作。所述蠕动泵的所有结构均布置在同一结构层之中。

[0009] 其中,在所述结构层的上表面包括一个贯通该层的液体输入接口、一个贯通该层的液体输出接口和一个贯通该层的负压气路接口。

[0010] 所述结构层通过下表面与一基底结合,在所述结构层下表面的中心区域有一条将液体流入接口和液体流出接口连接起来的流路通道,以及嵌入在所述流路通道末端的一个可自动关闭的单向阀,用于实现流路通道的顺序打开与关闭,进而允许流体在流路中的单向流动;在所述流路通道的侧边沿其长度方向布置有至少两个负压气体驱动腔室,负压气体驱动腔室之间通过气路通道进行连接,其中靠近液体流入接口的负压气体驱动腔室通过气路通道连接负压气路接口。

[0011] 所述负压驱动腔室与流路通道之间的隔离墙结构构成可变形驱动薄膜,该驱动薄膜在负压气体的作用下发生变形,进而改变流路通道的容积,驱动液体流进和流出微型泵。

[0012] 进一步,在所述结构层的下表面还形成有一条气体补偿通道,所述气体补偿通道一端与靠近液体流入接口的负压气体驱动腔室连通,一端直接通至结构层边缘,与大气连通。

[0013] 另外,所述负压气体驱动腔室在流路通道的两侧对称布置为最好。

[0014] 所述结构层采用具有透气性且透光的PDMS(聚二甲基硅氧烷)材料,全部结构可由光刻技术进行加工制作而成。这样因构成微型泵的PDMS材料具有透气性,在负压气体迫使驱动薄膜变形改变流路容积的同时,还可以捕获流入微流路中的微小气泡,并透过可透气的驱动薄膜将其从流路中抽吸出去。

[0015] 所述的可自动关闭的单向阀由两个可动的阀片和两个开放腔室共同构成;所述流路通道的末端与两个可动的阀片之间的通道连通,阀片之间的通道为单向阀的进口;两个开放腔室分别位于两个可动的阀片两侧,并与阀片之间的通道连通;两个开放腔室又通过共同的通道与液体流出接口连通,该共同的通道为单向阀的出口;当微型流路通道中的液体向前流动时,单向阀的阀片处于打开状态,而当微型流路通道中的液体反向流动时,单向阀的阀片受到开放腔室内增加液体的挤压使阀片发生变形关闭流路通道实现禁止液体反流的目的。

[0016] 此外,本微型泵只需要一个电磁阀控制负压气源的导通与关闭,进而利用气体连接通道顺序联通驱动腔室,并利用驱动腔室内顺序产生的负压和气体补偿通道的补气,控制驱动薄膜的顺序凹形变形(相对于流路通道而言)和顺序恢复原始形状。在电磁阀关闭外界的负压气源时,驱动薄膜恢复到其原始形状位置的恢复力是由其自身的弹性力产生的,在越接近其原始位置时,该力越小,故本微型泵利用驱动薄膜顺序变形驱动样品不会损伤和破坏被泵送的样品介质,如血液、细胞等。

[0017] 本发明所提供的蠕动泵由多个气动驱动腔室在连接气路通道流阻的设置下,在微流路通道两侧顺序发生变形,驱动泵送样品在流路通道内发生流动,并在自关闭单向阀的帮助下,实现单向流动和较高的背压。而且该微型泵实现结构非常简单,所有功能单元均处于一层结构中,仅需一个电磁阀进行气路控制,完全能够达到样品泵送的要求。

[0018] 可见,本发明所提供的蠕动泵是对现有微型泵泵送液体技术的一种改进,其改进的主要方面有:一、本微型泵的驱动方式为真空负压驱动、避免了挤压式驱动方式对微型流路通道内泵送样品的损伤,真空负压通过可透气驱动薄膜结构可以抽吸出微型流路通道中的微小气泡,防止泵送样品中混入的气泡对流动性能的影响;二、微型泵的全部功能部件和结构都布置在一层透明的柔性材料内,其结构非常简单,而且便于观察微型泵的工作情况;三、内嵌于微型流路通道中的自关闭单向阀,能够在发生液体反流时,借助液体自身压力自动关闭阀片截断流路,这就进一步提高了微型泵的流速和背压。

[0019] 附图说明

[0020] 图 1 为本发明的微型泵装置的俯视示意图。

[0021] 图 2 为本发明的微型泵装置的侧视示意图。

[0022] 图 3 为本发明的微型泵装置中单向阀结构局部示意图。

[0023] 图 4 为本发明的微型泵装置的整体框图。

[0024] 具体实施方式:

[0025] 以下结合附图举进一步说明本发明的具体实施方式。

[0026] 参见图 1 和图 2,本发明微型泵由一层结构层 11 和一层基底 12 组成,所有的结构都是通过光刻技术加工在结构层中,采用 PDMS 材料,具有一定的透气性,可透光,可用视觉直接观察微型泵内部介质的泵送情况。基底可采用玻璃、硅、PMMA (有机玻璃)等材料。结构层可利用等离子体氧化处理键合技术实现该与基底层之间的永久不可拆卸封装,也可利用 PDMS 材料与基底材料之间的粘附力制作成可拆卸封装。

[0027] 在该结构层 11 中包括从上表面贯通该层的液体输入接口 1、液体输出接口 2 和负压气路接口 3。在该结构层的下表面的中心区域加工有一条将液体流入接口 1 和液体流出接口 2 连接起来的流路通道 4,以及嵌入在流路通道中的可自动关闭的单向阀 10,用于实现微型流路通道的顺序打开与关闭,进而允许流体在流路中的单向流动。在所述流路通道 4 的两侧分别加工有两个负压气体驱动腔室,同一侧的两个负压驱动腔室 8 和 9 由气路连接通道 6 进行连接,靠近液体输入接口 1 方向的负压驱动腔室 8 由气路连接通道 7 连接负压气路接口 3,同时还通过一个气体补偿通道 5 与大气连通。气路补偿通道是为了保证在负压气源关闭时,驱动薄膜顺序恢复形状回到其原始位置而设计的,其流阻可通过 RC 模型进行近似计算优化。

[0028] 由于负压驱动腔室 8 在流路通道 4 的侧边,之间由隔离墙隔开,该隔离墙结构就构成可变形的驱动薄膜,该驱动薄膜在负压气体的作用下可以发生形状变形,进而改变流路通道的容积,驱动液体流进和流出微型泵。并且因构成微型泵的 PDMS 材料具有透气性,在负压气体迫使驱动薄膜变形改变流路容积时,还可以捕获流入微流路中的微小气泡,并透过可透气的驱动薄膜将其从流路中抽吸出去。驱动薄膜的形变大小可由凹形驱动腔室的尺寸和负压气体压力大小共同限定。

[0029] 微型泵流路中单向阀 10 的结构如图 3 所示,由两个可动的阀片 101 和两个开放腔室 102 共同构成。流路通道 4 的末端与两个可动的阀片 101 之间的通道连通,阀片之间的通道为该单向阀的进口。两个开放腔室 102 分别位于两个可动的阀片两侧,并与阀片之间的通道连通。两个开放腔室又通过共同的通道与液体流出接口 2 连通,该共同的通道为单向阀的出口。这样当流路通道 4 中的液体向前流动时,单向阀的阀片 101 处于打开状态,而

当流路通道 4 中的液体反向流动时,单向阀的阀片 101 受到开放腔室 102 内增加液体的挤压使阀片发生变形关闭流路通道禁止液体的反流。

[0030] 负压气动驱动腔室通过气路连接通道、气路连接接口、和电磁阀与外界负压气源连接,并可通过电磁阀的动作时序控制气路的接通和断开时间,进而实现微型泵驱动薄膜的动作频率控制,为了保证驱动薄膜的顺序动作,气路连接通道的流阻可通过 RC 模型的近似计算进行优化。

[0031] 本微型泵的整体框图如图 4 所示,在微型泵运行时,通过电磁阀控制连接微型泵气路接口的负压气源的通断,并可由控制电路部分调控电磁阀动作频率的快慢,在负压气源的抽吸作用下,由于连接气路存在流阻,所以驱动薄膜发生顺序变形,改变流路通道的容积,形成蠕动式驱动,从而驱动所述流路通道中的泵送样品发生流动,并且由于单向阀的反向截止作用使得泵送的样品仅能发生前向运动,实现对所述泵送样品的驱动。

[0032] 本发明装置和驱动方法的实现结构非常简单,便于集成到微流控芯片内部,达到了样品输送的要求,可以满足微流控芯片样品传送和分析的需要。

[0033] 本发明中的控制电路部分和所输送的液体等技术根据实际应用可以采用现有的各种可能的方案,为本领域技术人员所熟知,故不再累述。

[0034] 需要注意的是,对于本领域的普通技术人员来说,可根据上述说明加以改进和变换,例如增加微型流路通道的个数,增加气动驱动腔室的个数或改变气动驱动腔室尺寸大小等。而所有这些改进和变换都属于本发明所附权利要求的保护范围。

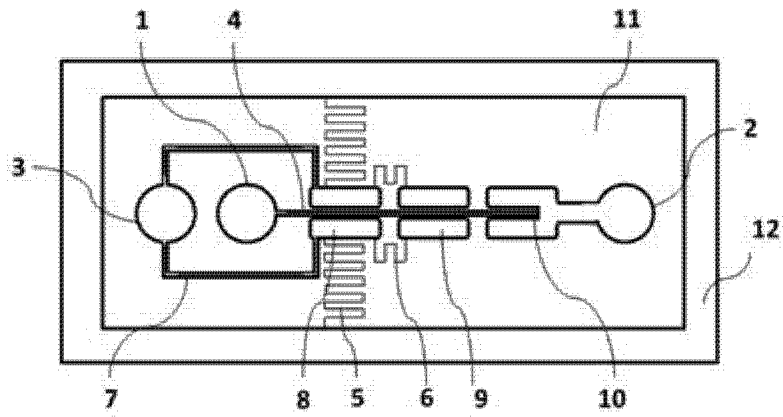


图 1

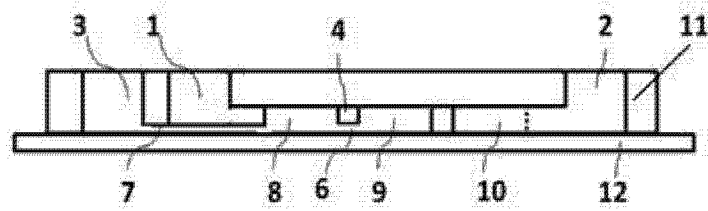


图 2

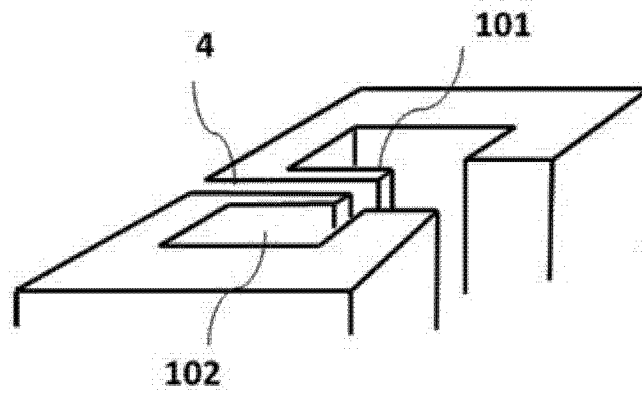


图 3

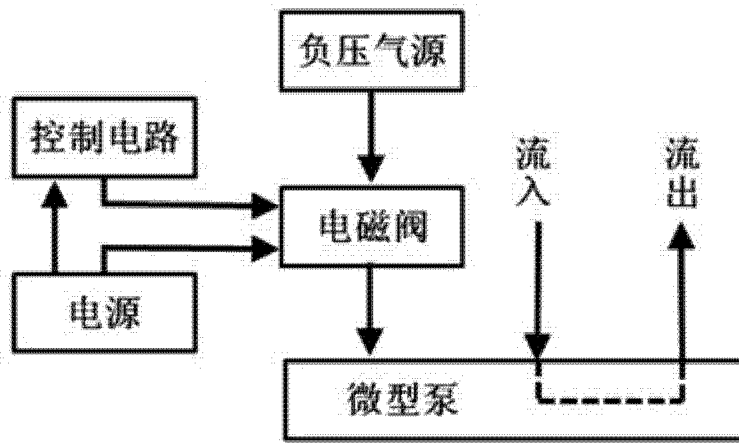


图 4