



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101907631 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 08

(21) 申请号 201010229546. 6

G03F 7/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 07. 19

F16K 13/00 (2006. 01)

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 邓永波 吴一辉 张平 刘震宇
刘永顺 黎海文

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G01N 35/10 (2006. 01)

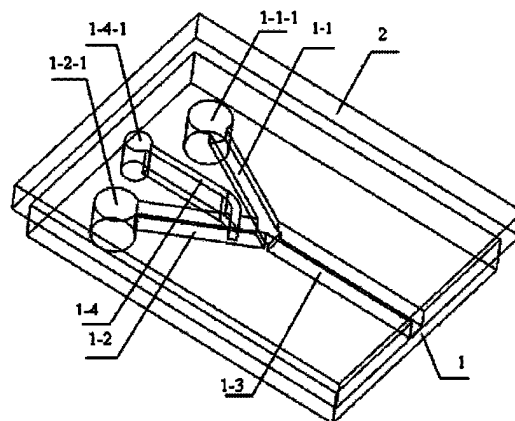
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀及其
制作方法

(57) 摘要

微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀及其制作方法, 涉及用于微流控芯片上实现两种液体同时进样的毛细微流控制机构; 它解决目前微流控技术中存在的难以实现两种具有不同亲介质特性的微量液体同时进样的技术难题, 本发明所述的第一支流凹槽、第二支流凹槽和输出凹槽的横截面宽度相等; 气道凹槽的横截面宽度小于第一支流凹槽、第二支流凹槽和输出凹槽的横截面宽度; 第二支流凹槽和输出凹槽的深度相等, 第一支流凹槽的深度小于第二支流凹槽的深度; 第二支流凹槽和输出凹槽的深度小于气道凹槽的深度; 第一支流凹槽和第二支流凹槽的末端汇通于输出凹槽的输入端, 气道凹槽的末端汇通于第二支流凹槽的末端前。本发明适用于高亲液体同时进样的装置结构中。



1. 微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀,是表面上设有凹槽的PDMS基片(1)贴置在玻璃片(2)上构成的Y型毛细通道,其特征是:所述PDMS基片(1)表面上的凹槽包括第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4);所述第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)和输出凹槽(1-3)的横截面宽度相等;所述气道凹槽(1-4)的横截面宽度小于第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)和输出凹槽(1-3)的横截面宽度;所述第二支流凹槽(1-2)和输出凹槽(1-3)的深度相等,第一支流凹槽(1-1)的深度小于第二支流凹槽(1-2)的深度;第二支流凹槽(1-2)和输出凹槽(1-3)的深度小于气道凹槽(1-4)的深度;所述第一支流凹槽(1-1)和第二支流凹槽(1-2)的末端汇通于输出凹槽(1-3)的输入端,气道凹槽(1-4)的末端汇通于第二支流凹槽(1-2)的末端前,所述气道凹槽(1-4)的进口端(1-4-1)距输出凹槽(1-3)输入端的长度大于第一支流凹槽(1-1)进口端(1-1-1)与第二支流凹槽(1-2)进口端(1-2-1)距输出凹槽(1-3)输入端的长度。

2. 基于权利要求1所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征是,该方法的具体步骤为:

步骤一、在氧化后的Si单晶片的表面上旋涂光刻胶,光刻出所述第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4)的光刻胶图形,将所述光刻胶图形坚膜后湿法腐蚀 SiO_2 ,然后将第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4)其余部分的光刻胶去除,获得第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4)通道的 SiO_2 掩模图形;

步骤二、在步骤一获得的 SiO_2 掩模图形上蒸镀 $1\mu\text{m}$ 厚的铝膜,然后在所述铝膜上旋涂光刻胶,光刻出所述的第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4)的光刻胶图形,坚膜后湿法腐蚀铝,获得铝掩模图形,然后将所述第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4)的其余部分的光刻胶去除,获得第二支流凹槽(1-2)、输出凹槽(1-3)和气道凹槽(1-4)的铝掩模图形;

步骤三、在步骤二获得的铝掩模图形的Si晶片上旋涂光刻胶,光刻出气道凹槽(1-4)的光刻胶图形,坚膜后去胶,获得胶掩模图形;

步骤四、将步骤二获得的铝掩模图形和步骤三获得的胶掩模图形的Si晶片进行ICP干法刻蚀,获得Si基阴模模具;所述ICP干法刻蚀的过程为:

步骤A、首先刻蚀 $10\mu\text{m}$,然后除去胶掩模,获得含有铝和 SiO_2 掩模图形的Si晶片;

步骤B、在步骤A的基础上继续刻蚀 $170\mu\text{m}$,然后除去铝掩模,继续刻蚀 $30\mu\text{m}$,获得Si基阴模模具;

步骤五、采用微模铸工艺,将液态PDMS浇注于Si基阴模模具上,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱模;获得PDMS阳模模具;

步骤六、在步骤五所述的PDMS阳模模具上浇注液态PDMS,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱模;获得PDMS基片(1);

步骤七、对步骤六获得的PDMS基片(1)上的第一支流凹槽(1-1)、第二支流凹槽(1-2)和气道凹槽(1-4)的末端处分别打孔,分别为第一支流(1-1)的进口端(1-1-1)、第二支流凹槽(1-2)的进口端(1-2-1)和气道凹槽(1-4)的进口端(1-4-1);

步骤八、将步骤七获得的打孔后的PDMS基片(1)与玻璃片(2)贴合,获得微流控芯片内双液体毛细微流控制阀。

3. 根据权利要求 2 所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征
在于,所述 Si 单晶片的厚度为 380 μm 、600 μm 或者 800 μm 。

4. 根据权利要求 2 所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征
在于,步骤五和步骤六所述的进行真空脱气、加热、冷却和脱模;获得 PDMS 阳模模具;所述
的加热温度为 120℃,加热固化时间为 15 分钟。

5. 根据权利要求 2 所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征
在于,步骤五获得的 PDMS 阳模模具的结构与步骤四获得的 Si 基阴模模具的结构互补。

6. 根据权利要求 2 所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征
在于,步骤五所述的液态 PDMS 与固化剂按 10 : 1 的比例混合而成。

7. 根据权利要求 2 所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征
在于,步骤六获得的 PDMS 基片 (1) 的结构与步骤四获得的 Si 基阴模模具的结构相同。

8. 根据权利要求 2 所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,其特征
在于,所述玻璃片 (2) 的材质为硼硅玻璃片,所述硼硅玻璃片的尺寸与 Si 单晶片的尺寸相
同。

微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于微流控芯片上实现两种液体同时进样的毛细微流控制阀,特别是一种适用于生物检测中实现两种具有不同亲介质特性的微量液体同步进给的控制机构。

背景技术

[0002] 微流控芯片是当前微全分析系统 (Miniaturized Total Analysis Systems) 发展的热点领域。微流控芯片将用于完成样品处理、输运、定量、混合和探测等过程的微结构集成于芯片之上,构成微流控技术实现的主要平台。在芯片上,液体的混合操作需要两种液体同时进入微混合器,该功能由 Y 型进样微通道完成。通常 Y 型进样微通道内两种液体在两进样分支的交汇处毛细流动的截止由疏水区微阀或扩张阀实现,然后通过液体触发的方式实现交汇处微阀的开启,从而实现两种液体的同时进样。在微通道内局部沉积 C_4F_8 , 或制作 OTS 疏水区可形成疏水阀;毛细扩张阀主要是通过微通道内深度或宽度方向尺寸的突变实现毛细流动的截止功能。疏水阀的制作需要进行局部表面处理,会增加工艺复杂性和加工难度,工艺兼容性差;扩张阀主要是依靠尺寸的扩张来实现流动的截止,对高亲液体易失效。因此,通常的 Y 型进样微通道存在加工工艺复杂,工艺兼容性差,难以实现高亲液体同时进样和存在液体残留的缺点。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为解决目前微流控技术中存在的难以实现两种具有不同亲介质特性的微量液体同时进样的技术难题,提出一种微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀及其制作方法。

[0004] 本发明微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀,是表面上设有凹槽的聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 基片贴置在玻璃片表面上构成的 Y 型毛细通道,所述 PDMS 基片表面上的凹槽包括第一支流凹槽、第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽;所述第一支流凹槽、第二支流凹槽和输出凹槽的横截面宽度相等;所述气道凹槽的横截面宽度小于第一支流凹槽、第二支流凹槽和输出凹槽的横截面宽度;所述第二支流凹槽和输出凹槽的深度相等,第一支流凹槽的深度小于第二支流凹槽的深度;第二支流凹槽和输出凹槽的深度小于气道凹槽的深度;所述第一支流凹槽和第二支流凹槽的末端汇通于输出凹槽的输入端,气道凹槽的末端汇通于第二支流凹槽的末端前,所述气道凹槽的进口端距输出凹槽输入端的长度大于第一支流凹槽进口端与第二支流凹槽进口端距输出凹槽输入端的长度。

[0005] 微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法,该方法的具体步骤为:

[0006] 步骤一、在氧化后的 Si 单晶片的表面上旋涂光刻胶,光刻出所述第一支流凹槽、第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽的光刻胶图形,将所述光刻胶图形坚膜后湿法腐蚀铝 SiO_2 ,然后将第一支流凹槽、第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽其余部分的光刻胶去除,获得第一支流凹槽、第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽通道的 SiO_2 掩模图形;

[0007] 步骤二、在步骤一获得的 SiO_2 掩模图形上蒸镀 $1\mu m$ 厚的铝膜,然后在所述铝膜上

旋涂光刻胶,光刻出所述的第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽的光刻胶图形,坚膜后湿法腐蚀铝,获得铝掩模图形,然后将所述第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽的其余部分的光刻胶去除,获得第二支流凹槽、输出凹槽和气道凹槽的铝掩模图形;

[0008] 步骤三、在步骤二获得的铝掩模图形的 Si 晶片上旋涂光刻胶,光刻出气道凹槽的光刻胶图形,坚膜后去胶,获得胶掩模图形;

[0009] 步骤四、将步骤二获得的铝掩模图形和步骤三获得的胶掩模图形的 Si 晶片进行 ICP 干法刻蚀,获得 Si 基阴模模具;所述 ICP 干法刻蚀的过程为:

[0010] 步骤 A、首先刻蚀 $10\ \mu\text{m}$,然后除去胶掩模,获得含有铝掩模图形的 Si 晶片;

[0011] 步骤 B、在步骤 A 的基础上继续刻蚀 $170\ \mu\text{m}$,然后除去铝掩模,继续刻蚀 $30\ \mu\text{m}$,获得 Si 基阴模模具;

[0012] 步骤五、采用微模铸方法,将液态 PDMS 浇注于 Si 基阴模模具上,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱模;获得 PDMS 阳模模具;

[0013] 步骤六、在步骤五所述的 PDMS 阳模模具上浇注液态 PDMS,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱模;获得 PDMS 基片;

[0014] 步骤七、对步骤六获得的 PDMS 基片上的第一支流凹槽、第二支流凹槽和气道凹槽的末端处分别打孔,分别为第一支流凹槽的进口端、第二支流凹槽的进口端和气道凹槽的进口端;

[0015] 步骤八、将步骤七获得的打孔后的 PDMS 基片与玻璃片贴合,获得微流控芯片内双液体毛细微流控制阀。

[0016] 本发明双液体毛细微流控制阀的工作原理为:

[0017] 深度较小的第一支流凹槽所构成的第一支流液体通道与深度较大的第二支流凹槽所构成的第二支流液体通道和输出凹槽所构成的输出液体通道的交汇处分别形成两扩张阀,第二支流液体通道与气道凹槽所构成的气体通道的交汇处也有扩张阀形成。当一种液体由第一支流液体通道的进口加入后,在毛细作用下液体到达与输出液体通道交汇处的扩张阀处时,毛细流动被截止。然后由第二支流液体通道的进口处加入另一种液体,该液体亦在毛细作用下流向其该通道末端,由于被封堵在第一支流液体通道与第二支流液体通道末端的气体被压缩,使得气压与毛细压平衡,而使得第二支流液体通道的液体截止于气体通道与该第二支流液体通道的交汇处。然后提供离心力,旋转中心位于该双液体毛细微流控制阀的上述两个支流液体通道和气体通道的进口端一侧,在离心力作用下,被封堵于第一支流液体通道与第二支流液体通道末端的气体因向旋转中心方向运动而由气体通道的进口而排出,第二支流液体通道内的液体到达两支流液体通道的交汇处,与第一支流液体通道内的液体在扩张阀处汇合,进而使两支液体流沿输出液体通道同时流出。该双液体毛细微流控制阀结构简单,能够同时实现两种液体(其中一种可为高亲液体)的毛细流动在交汇处的阻断,进而实现在离心力下两种液体的同时进样,且 Y 型微通道交汇处无液体残余;另外,选用聚合物等廉价材料,使制作工艺极大简化,成本降低。

[0018] 本发明的有益效果:本发明微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀,可以实现高亲液体在 Y 型微通道交汇处的阻断;在离心力场内气体易顺利排出,提高了对高亲液体毛细流动于交汇处截止的可靠性,从而有效的保证了两种液体进样的同时性;且避免了液体在 Y 型微通道交汇处的残余;其结构材料廉价,工艺简单,可有效缩短器件的制作周期和降

低制作成本。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明微流控芯片内双液体毛细微流控制阀的立体示意图；

[0020] 图 2 是图 1 中所示 PDMS 基片的立体示意图；

[0021] 图 3 是图 2 中所示 PDMS 基片的 A-A 剖面示意图。

[0022] 图中：1、PDMS 基片，1-1、第一支流凹槽，1-1-1、第一支流凹槽进口端，1-2、第二支流凹槽，1-2-1、第二支流凹槽进口端，1-3、输出凹槽，1-4、气道凹槽，1-4-1、气道凹槽进口端，2、玻璃片。

具体实施方式

[0023] 具体实施方式一、结合图 1 至图 3 说明本实施方式，微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀，是表面上设有凹槽的 PDMS 基片 1 贴置在玻璃片 2 表面上构成的 Y 型毛细通道，所述 PDMS 基片 1 表面上的凹槽包括第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4；所述第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2 和输出凹槽 1-3 的横截面宽度相等；所述气道凹槽 1-4 的横截面宽度小于第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2 和输出凹槽 1-3 的横截面宽度；所述第二支流凹槽 1-2 和输出凹槽 1-3 的深度相等，第一支流凹槽 1-1 的深度小于第二支流凹槽 1-2 的深度；第二支流凹槽 1-2 和输出凹槽 1-3 的深度小于气道凹槽 1-4 的深度；所述第一支流凹槽 1-1 和第二支流凹槽 1-2 的末端汇通于输出凹槽 1-3 的输入端，气道凹槽 1-4 的末端汇通于第二支流凹槽 1-2 的末端前，所述气道凹槽 1-4 的进口端 1-4-1 距输出凹槽 1-3 输入端的长度大于第一支流凹槽 1-1 进口端 1-1-1 与第二支流凹槽 1-2 进口端 1-2-1 距输出凹槽 1-3 输入端的长度。

[0024] 本实施方式所述气道凹槽 1-4 的末端汇通于第二支流凹槽 1-2 的末端前，所述的末端前是指：第一支流凹槽 1-1 和第二支流凹槽 1-2 的末端汇通于输出凹槽 1-3 的输入端之前的任意的任意的位置。

[0025] 本实施方式所述的第一支流凹槽 1-1、输出凹槽 1-3 和第二支流凹槽 1-2 的深度分别为 $30\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 和 $200\ \mu\text{m}$ ，其宽度均为 $600\ \mu\text{m}$ ；所述气道凹槽 1-4 的深度为 $240\ \mu\text{m}$ 、宽度为 $100\ \mu\text{m}$ 。

[0026] 具体实施方式二、本实施方式为具体实施方式一所述的微流控芯片内的双液体毛细微流控制阀的制作方法，该方法的具体步骤为：

[0027] 步骤一、在氧化后的 Si 单晶片的表面上旋涂光刻胶，光刻出所述第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4 的光刻胶图形，然后将所述光刻胶图形坚膜后湿法腐蚀 SiO_2 ，然后将第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4 其余部分的光刻胶去除，获得第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4 通道的 SiO_2 掩模图形；

[0028] 步骤二、在步骤一获得的 SiO_2 掩模图形上蒸镀 $1\ \mu\text{m}$ 厚的铝膜，然后在所述铝膜上旋涂光刻胶，光刻出所述的第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4 的光刻胶图形，坚膜后湿法腐蚀铝，获得铝掩模图形，然后将所述第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4 的其余部分的光刻胶去除，获得第二支流凹槽 1-2、输出凹槽 1-3 和气道凹槽 1-4

的铝掩模图形；

[0029] 步骤三、在步骤二获得的铝掩模图形的 Si 晶片上旋涂光刻胶，光刻出气道凹槽 1-4 的光刻胶图形，坚膜后去胶，获得胶掩模图形；

[0030] 步骤四、将步骤二获得的铝掩模图形和步骤三获得的胶掩模图形的 Si 晶片进行 ICP 干法刻蚀，获得 Si 基阴模模具；所述 ICP 干法刻蚀的过程为：

[0031] 步骤 A、首先刻蚀 $10\ \mu\text{m}$ ，然后除去胶掩模，获得含有铝掩模图形的 Si 晶片；

[0032] 步骤 B、在步骤 A 的基础上继续刻蚀 $170\ \mu\text{m}$ ，然后除去铝掩模，继续刻蚀 $30\ \mu\text{m}$ ，获得 Si 基阴模模具；

[0033] 步骤五、采用微模铸方法，将液态 PDMS 浇注于 Si 基阴模模具上，然后进行真空脱气、加热、冷却后脱模；获得 PDMS 阳模模具；

[0034] 步骤六、在步骤五所述的 PDMS 阳模模具上浇注液态 PDMS，然后进行真空脱气、加热、冷却后脱模；获得 PDMS 基片 1；

[0035] 步骤七、对步骤六获得的 PDMS 基片 1 上的第一支流凹槽 1-1、第二支流凹槽 1-2 和气道凹槽 1-4 的末端处分别打孔，分别为第一支流 1-1 的进口端 1-1-1、第二支流凹槽 1-2 的进口端 1-2-1 和气道凹槽 1-4 的进口端 1-4-1；

[0036] 步骤八、将步骤七获得的打孔后的 PDMS 基片 1 与玻璃片 2 贴合，获得微流控芯片内双液体毛细微流控制阀。

[0037] 本实施方式中步骤一所述的 Si 单晶片的厚度可以为 $380\ \mu\text{m}$ 、 $600\ \mu\text{m}$ 或者 $800\ \mu\text{m}$ 。

[0038] 本实施方式中步骤五和步骤六所述的进行真空脱气、加热、冷却和脱模；获得 PDMS 阳模模具；所述的加热温度为 120°C ，加热固化时间为 15 分钟。

[0039] 本实施方式中步骤五获得的 PDMS 阳模模具的结构与步骤四获得的 Si 基阴模模具的结构互补；所述的液态 PDMS 与固化剂按 10 : 1 的比例混合而成。

[0040] 本实施方式中步骤六获得的 PDMS 基片 1 的结构与步骤四获得的 Si 基阴模模具的结构相同。

[0041] 本实施方式所述的玻璃片 (2) 的材质为硼硅玻璃片，所述硼硅玻璃片的尺寸与 SiO_2 单晶片的尺寸相同；厚度为 1mm。

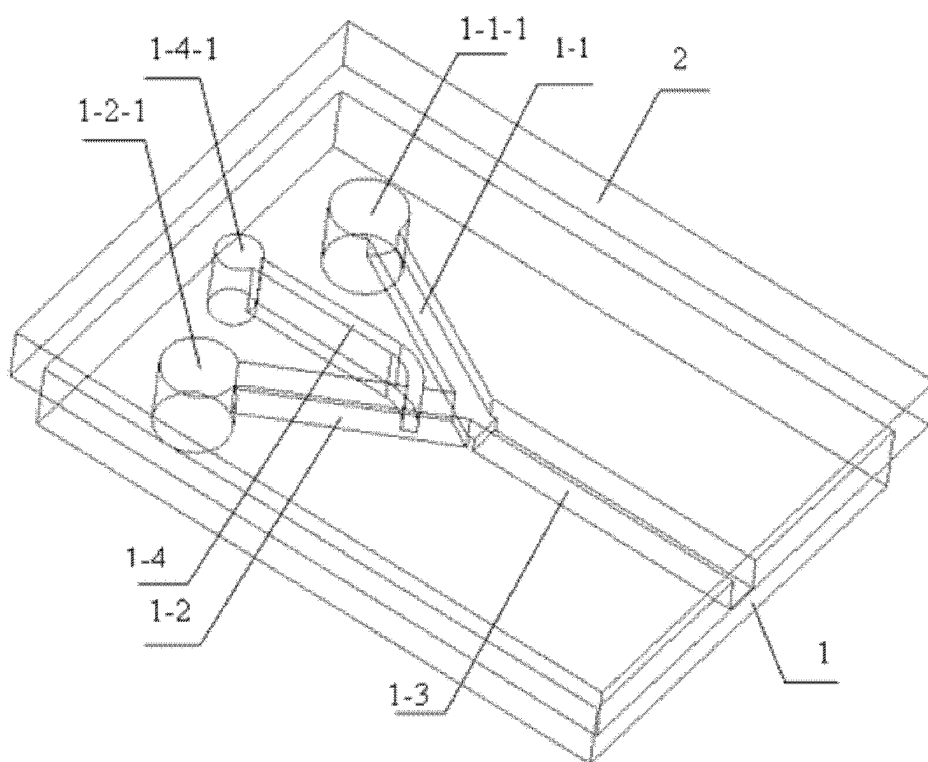


图 1

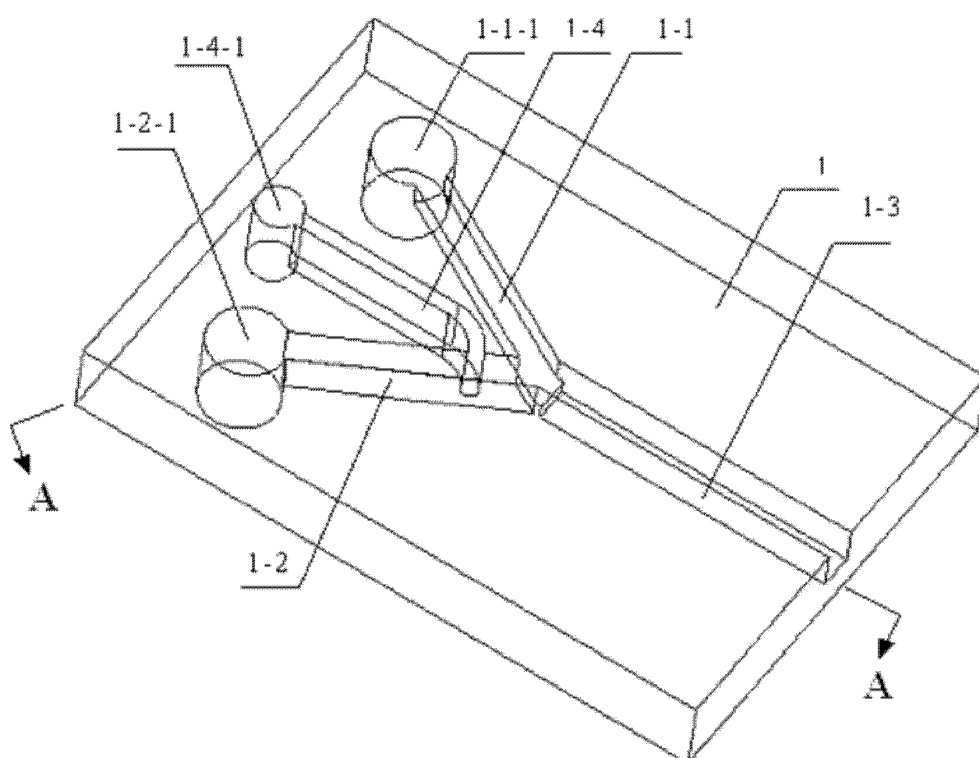


图 2

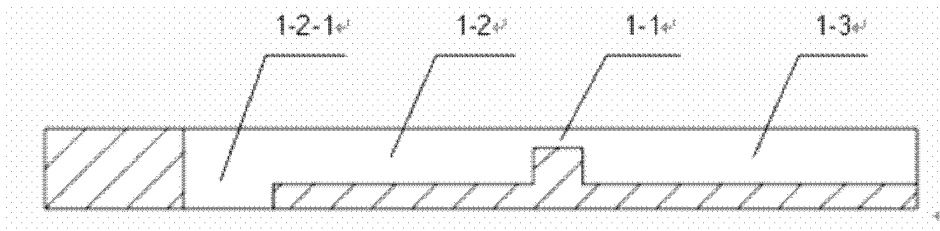


图 3