



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101907629 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 08

(21) 申请号 201010230076. 5

(22) 申请日 2010. 07. 19

(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 吴一辉 张平 邓永波 黎海文
郝鹏 刘震宇 胡亮红

(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 35/00 (2006. 01)

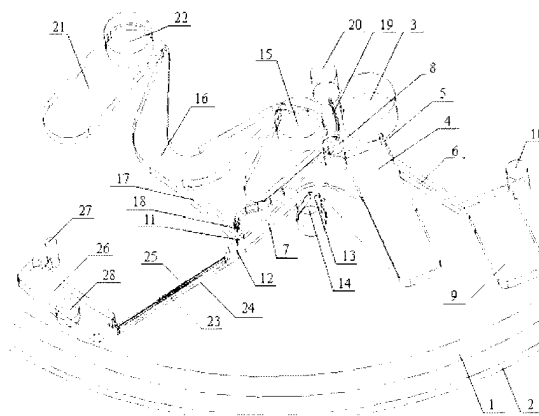
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

多功能集成离心式微流控芯片及其制作方法

(57) 摘要

本发明涉及用于血液检测的多功能集成离心式微流控芯片,特别是一种适用于生物检测中对微量液体操作和检测的芯片。本发明由 PDMS 基片和硬质聚合物 PC 片构成,所述硬质聚合物 PC 片贴置在 PDMS 基片表面,所述 PDMS 基片上的凹槽结构包括进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第二微通道、第一通气孔、废液腔、第二通气孔、第二微阀、第三微阀、第四微阀、第三通气孔、试剂进样口、试剂定量腔、第三微通道、第五微阀、第四微通道、第四通气孔、试剂废液腔、微混合器、第六通气孔、混合腔和圆孔。本发明的微流控芯片实现芯片实验室的功能,具有结构简单,试剂消耗量少,成本低,检测速度快,制作工艺简单,工艺兼容性好,加工成本低。



1. 多功能集成离心式微流控芯片, 由 PDMS 基片 (1) 和硬质聚合物 PC 片 (2) 构成, 其特征是, 所述硬质聚合物 PC 片 (2) 贴置在 PDMS 基片 (1) 表面, 所述 PDMS 基片 (1) 上的凹槽结构包括进样口 (3)、分离腔 (4)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6)、第二微通道 (7)、第一通气孔 (8)、废液腔 (9)、第二通气孔 (10)、第二微阀 (11)、第三微阀 (12)、第四微阀 (13)、第三通气孔 (14)、试剂进样口 (15)、试剂定量腔 (16)、第三微通道 (17)、第五微阀 (18)、第四微通道 (19)、第四通气孔 (20)、试剂废液腔 (21)、微混合器 (23)、第六通气孔 (27)、混合腔 (26) 和圆孔 (28);

所述进样口 (3) 与分离腔 (4) 的连通处设置第一微阀 (5), 所述分离腔 (4) 的两侧分别与第一微通道 (6) 的一端和第二微通道 (7) 的一端连通, 第一通气孔 (8) 与第二微通道 (7) 设置在分离腔 (4) 的同一侧;

所述第一微通道 (6) 的另一端与废液腔 (9) 连通, 所述废液腔 (9) 上设置第二通气孔 (10);

所述第二微通道 (7) 的侧边与第三微通道 (17) 的一端连通, 在连通处设置第二微阀 (11); 所述第二微通道 (7) 的另一侧边设置第四微阀 (13), 所述第四微阀 (13) 上设置第三通气孔 (14); 所述第二微通道 (7) 的一端与微混合器 (23) 的一端连通, 在连通处设置第三微阀 (12);

所述第三微通道 (17) 的另一端与试剂定量腔 (16) 的出口端连通, 第三微通道 (17) 的侧边与第四微通道 (19) 的一端连通, 在连通处设置第五微阀 (18), 所述第四微通道 (19) 上设置第四通气孔 (20); 所述试剂定量腔 (16) 的入口端与试剂进样口 (15) 连通, 试剂定量腔 (16) 的溢出端与试剂废液腔 (21) 连通;

所述微混合器 (23) 的另一端与混合腔 (26) 入口端连通, 所述混合腔 (26) 设置的第六通气孔 (27) 的位置与混合腔 (26) 的入口端对应, 所述混合腔 (26) 的中央位置与硬质聚合物 PC 片上设置的圆孔 (28) 对准; 圆孔 28 上连接微泵 (29), 微泵内设置光纤消逝波传感器 (30); 所述微混合器 (23) 由锥度方向相反的主微通道 (24) 和辅微通道 (25) 层叠而成;

所述分离腔 (3)、试剂定量腔 (15)、废液腔 (9)、试剂定量腔 (16)、试剂废液腔 (21)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6) 和第三微通道 (17) 的深度相同且小于第四微通道 (19) 的深度, 所述分离腔 (3)、试剂定量腔 (15)、废液腔 (9)、试剂定量腔 (16)、试剂废液腔 (21)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6) 和第三微通道 (17) 的深度大于第二微通道 (7) 的深度。

2. 根据权利要求 1 所述的多功能集成离心式微流控芯片, 其特征在于, 它还包括第五通气孔 (22), 所述第五通气孔设置在试剂废液腔 (21) 上。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的多功能集成离心式微流控芯片, 其特征在于, 所述第一通气孔 (8)、第二通气孔 (10)、第三通气孔 (14)、第四通气孔 (20)、第五通气孔 (22)、第六通气孔 (27)、进样口 (3) 和试剂进样口 (15) 的结构为通孔结构。

4. 基于权利要求 1 所述的多功能集成离心式微流控芯片的制作方法, 其特征是, 该方法由以下步骤实现:

步骤一、在氧化后的 Si 晶片的表面上旋涂光刻胶, 光刻出进样口 (3)、分离腔 (4)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6)、第二微通道 (7)、第三微通道 (17)、第四微通道 (19)、第一通气孔 (8)、第二通气孔 (10)、第三通气孔 (14)、第四通气孔 (20)、第六通气孔 (27)、废液腔 (9)、试剂废液腔 (21)、试剂进样口 (15)、试剂定量腔 (16)、混合器主微通道 (24) 和混合腔

(26) 的光刻胶图形,将上述光刻胶图形坚膜后湿法腐蚀 SiO_2 ,然后将上述光刻胶图形其余部分的光刻胶去除,获得进样口 (3)、分离腔 (4)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6)、第二微通道 (7)、第三微通道 (17)、第四微通道 (19)、第一通气孔 (8)、第二通气孔 (10)、第三通气孔 (14)、第四通气孔 (20)、第六通气孔 (27)、废液腔 (9)、试剂废液腔 (21)、试剂进样口 (15)、试剂定量腔 (16)、混合器主微通道 (24) 和混合腔 (26) 的 SiO_2 掩膜图形;

步骤二、在步骤一获得的 SiO_2 掩膜图形上蒸镀 $1\mu\text{m}$ 厚的铝膜,然后在所述铝膜上旋涂光刻胶,光刻出所述的进样口 (3)、分离腔 (4)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6)、第三微通道 (17)、第四微通道 (19)、第一通气孔 (8)、第二通气孔 (10)、第三通气孔 (14)、第四通气孔 (20)、第六通气孔 (27)、废液腔 (9)、试剂废液腔 (21)、试剂进样口 (15)、试剂定量腔 (16)、混合器主微通道 (24) 和混合腔 (26) 的光刻胶图形,坚膜后湿法腐蚀铝,获得铝掩膜图形,然后将所述光刻胶图形的其余部分的光刻胶去除,获得进样口 (3)、分离腔 (4)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6)、第三微通道 (17)、第四微通道 (19)、第一通气孔 (8)、第二通气孔 (10)、第三通气孔 (14)、第四通气孔 (20)、第六通气孔 (27)、废液腔 (9)、试剂废液腔 (21)、试剂进样口 (15)、试剂定量腔 (16)、混合器主微通道 (24) 和混合腔 (26) 的铝掩膜图形;

步骤三、在步骤二获得的铝掩膜图形的 Si 晶片上旋涂光刻胶,光刻出进样口 (3)、分离腔 (4)、第一微阀 (5)、第一微通道 (6)、第三微通道 (17)、第四微通道 (19)、第一通气孔 (8)、第二通气孔 (10)、第三通气孔 (14)、第四通气孔 (20)、第六通气孔 (27)、废液腔 (9)、试剂废液腔 (21)、试剂进样口 (15)、试剂定量腔 (16)、混合器辅微通道 (25) 和混合腔 (26) 的光刻胶图形,坚膜后去除光刻胶,获得上述图形的胶掩膜图形;

步骤四、将步骤二获得的铝掩膜图形和步骤三获得的胶掩膜图形的 Si 晶片进行 ICP 干法刻蚀,所述 ICP 干法刻蚀的过程为:

步骤 A、首先刻蚀 $14\mu\text{m}$ 后除去胶掩膜,获得含有铝和 SiO_2 掩膜图形的 Si 晶片;

步骤 B、在步骤 A 的基础上继续刻蚀 $70\mu\text{m}$,然后除去铝掩膜,继续刻蚀 $30\mu\text{m}$,实现 ICP 干法刻蚀;

步骤五、清洗步骤四刻蚀的氧化 Si 晶片,在所述氧化 Si 晶片正面溅射 $1\mu\text{m}$ 厚的铜膜后旋涂光刻胶;然后在氧化 Si 晶片上的背面蒸镀 $1\mu\text{m}$ 厚的铝膜后旋涂光刻胶,光刻出混合腔 (26) 的光刻胶图形;坚膜后湿法腐蚀铝,在所述氧化 Si 晶片的背面获得混合腔 (26) 的铝掩膜图形;

步骤六、对步骤五获得氧化 Si 晶片的铝掩膜图形的进行 ICP 干法刻蚀,除去刻穿后氧化 Si 晶片上的铝掩膜和铜掩膜;获得多功能集成离心式微流控芯片的 Si 基阴膜模具;

步骤七、采用微模铸方法,将液态 PDMS 浇注于 Si 基阴膜模具上,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱膜;获得 PDMS 阳膜模具;

步骤八、在步骤七所述的 PDMS 阳膜模具上浇注液态 PDMS,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱膜;获得 PDMS 基片 (1);

步骤九、在步骤八所述的 PDMS 基片 (1) 上对应位置打孔;

步骤十、在硬质聚合物 PC 片与 PDMS 基片 (1) 上混合腔的中央位置打出相应的圆孔 (28);

步骤十一、将步骤十打孔后的硬质聚合物 PC 片与 PDMS 基片 (1) 贴合,使 PDMS 基片 (1) 上混合腔 (26) 的中央位置与 PC 片上的圆孔 (28) 对准;获得多功能集成离心式微流控芯

片。

5. 根据权利要求 4 所述多功能集成离心式微流控芯片的制作方法,其特征在于,所述 Si 单晶片的厚度为 $380\text{ }\mu\text{m}$ 、 $600\text{ }\mu\text{m}$ 或者 $800\text{ }\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求 4 所述多功能集成离心式微流控芯片的制作方法,其特征在于,步骤七和步骤八所述的进行真空脱气、加热、冷却和脱膜;获得 PDMS 阳膜模具;所述的加热温度为 120°C ,加热固化时间为 15 分钟。

7. 根据权利要求 4 所述多功能集成离心式微流控芯片的制作方法,其特征在于,步骤七获得的 PDMS 阳膜模具的结构与步骤六获得的 Si 基阴膜模具的结构互补。

8. 根据权利要求 4 所述多功能集成离心式微流控芯片的制作方法,其特征在于,步骤八获得的 PDMS 基片 (1) 的结构与步骤六获得的 Si 基阴膜模具的结构相同。

9. 根据权利要求 4 所述多功能集成离心式微流控芯片的制作方法,其特征在于,步骤七所述的液态 PDMS 与固化剂按 10 : 1 的比例混合而成。

多功能集成离心式微流控芯片及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于血液检测的多功能集成离心式微流控芯片,特别是一种适用于生物检测中对微量液体操作和检测的芯片。

背景技术

[0002] 目前,微流控芯片是当前微全分析系统发展的热点领域,是微流控技术实现的主要平台。其装置特征主要是其容纳流体的有效结构(微通道、微阀、反应腔和其它功能部件)尺寸在微米量级。由于微米级的结构,流体在其中显示和产生了与宏观尺度不同的特殊性能,因此发展出独特的分析性能。其产生的应用目的是实现微全分析系统的终极目标——芯片实验室。目前,微流控芯片发展的重点应用领域是生命科学领域。微流控芯片技术与传统的仪器检测方法相比具有高通量、微型化、自动化、成本低、防污染等优点。微流控芯片分为主动式和被动式两种。被动式芯片主要是由高密度分子微阵列构成,包括 DNA 芯片、肽芯片等,已在基因结构与功能研究中得到应用,也是目前最普遍的生物芯片。但这类芯片存在操作复杂、探针合成工作量大、成本高昂、单块芯片功能较单一等缺点。而主动式芯片则是以各种结构微阵列为基础,在芯片的构建和应用中引入了外力场的作用,从而使细胞分离、化学反应等过程及生物信息的检测与分析自动在片上高效、快速地进行。与前者相比,主动式芯片在结构和功能上比较独特,能够实现芯片实验室、过程集成的功能,其发展和研究引人注目。在芯片上引入了外力场的作用的方法之一是采用微泵为液体流动提供驱动源,但微泵存在芯片上集成困难的缺点。而在离心式微流控芯片上,离心力可以实现微流动的驱动,从而有效地避免了微泵集成带来的困难。微流控芯片要求实现各微流控单元(微通道、微阀和液体储存腔)和对应功能的集成。目前的微流控芯片多存在功能非常有限,集成度低的问题;并且结构复杂,导致加工工艺复杂,工艺兼容性差,使得微流控芯片集成的难度增大。

发明内容

[0003] 本发明为解决现有微流控芯片存在功能单一、集成度低,并且结构复杂,导致加工过程复杂,兼容性差的问题,提供一种多功能集成离心式微流控芯片及其制作方法。

[0004] 多功能集成离心式微流控芯片,由 PDMS 基片和硬质聚合物 PC 片构成,所述硬质聚合物 PC 片贴置在 PDMS 基片表面,所述 PDMS 基片上的凹槽结构包括进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第二微通道、第一通气孔、废液腔、第二通气孔、第二微阀、第三微阀、第四微阀、第三通气孔、试剂进样口、试剂定量腔、第三微通道、第五微阀、第四微通道、第四通气孔、试剂废液腔、微混合器、第六通气孔、混合腔和圆孔;

[0005] 所述进样口与分离腔的连通处设置第一微阀,所述分离腔的两侧分别与第一微通道的一端和第二微通道的一端连通,第一通气孔与第二微通道设置在分离腔的同一侧;

[0006] 所述第一微通道的另一端与废液腔连通,所述废液腔上设置第二通气孔;

[0007] 所述第二微通道的侧边与第三微通道的一端连通,在连通处设置第二微阀;所述

第二微通道的另一侧边设置第四微阀,所述第四微阀上设置第三通气孔;所述第二微通道的一端与微混合器的一端连通,在连通处设置第三微阀;

[0008] 所述第三微通道的另一端与试剂定量腔的出口端连通,第三微通道的侧边与第四微通道的一端连通,在连通处设置第五微阀,所述第四微通道上设置第四通气孔;所述试剂定量腔的入口端与试剂进样口连通,试剂定量腔的溢出端与试剂废液腔连通;

[0009] 所述微混合器的另一端与混合腔入口端连通,所述混合腔设置的第六通气孔的位置与混合腔的入口端对应,所述混合腔的中央位置与硬质聚合物 PC 片上设置的圆孔对准;圆孔上连接微泵,微泵内设置光纤消逝波传感器;所述微混合器由锥度方向相反的主微通道和辅微通道层叠而成;

[0010] 所述分离腔、试剂定量腔、废液腔、试剂定量腔、试剂废液腔、第一微阀、第一微通道和第三微通道的深度相同且小于第四微通道的深度,所述分离腔、试剂定量腔、废液腔、试剂定量腔、试剂废液腔、第一微阀、第一微通道和第三微通道的深度大于第二微通道的深度。

[0011] 多功能集成离心式微流控芯片的制作方法,该方法由以下步骤实现:

[0012] 步骤一、在氧化后的 Si 晶片的表面上旋涂光刻胶,光刻出进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第二微通道、第三微通道、第四微通道、第一通气孔、第二通气孔、第三通气孔、第四通气孔、第六通气孔、废液腔、试剂废液腔、试剂进样口、试剂定量腔、混合器主微通道和混合腔的光刻胶图形,将上述光刻胶图形坚膜后湿法腐蚀 SiO_2 ,然后将上述光刻胶图形其余部分的光刻胶去除,获得进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第二微通道、第三微通道、第四微通道、第一通气孔、第二通气孔、第三通气孔、第四通气孔、第六通气孔、废液腔、试剂废液腔、试剂进样口、试剂定量腔、混合器主微通道和混合腔的 SiO_2 掩膜图形;

[0013] 步骤二、在步骤一获得的 SiO_2 掩膜图形上蒸镀 $1\mu\text{m}$ 厚的铝膜,然后在所述铝膜上旋涂光刻胶,光刻出所述的进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第三微通道、第四微通道、第一通气孔、第二通气孔、第三通气孔、第四通气孔、第六通气孔、废液腔、试剂废液腔、试剂进样口、试剂定量腔、混合器主微通道和混合腔的光刻胶图形,坚膜后湿法腐蚀铝,获得铝掩膜图形,然后将所述光刻胶图形的其余部分的光刻胶去除,获得进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第三微通道、第四微通道、第一通气孔、第二通气孔、第三通气孔、第四通气孔、第六通气孔、废液腔、试剂废液腔、试剂进样口、试剂定量腔、混合器主微通道和混合腔的铝掩膜图形;

[0014] 步骤三、在步骤二获得的铝掩膜图形的 Si 晶片上旋涂光刻胶,光刻出进样口、分离腔、第一微阀、第一微通道、第三微通道、第四微通道、第一通气孔、第二通气孔、第三通气孔、第四通气孔、第六通气孔、废液腔、试剂废液腔、试剂进样口、试剂定量腔、混合器辅微通道和混合腔的光刻胶图形,坚膜后去除光刻胶,获得上述图形的胶掩膜图形;

[0015] 步骤四、将步骤二获得的铝掩膜图形和步骤三获得的胶掩膜图形的 Si 晶片进行 ICP 干法刻蚀,所述 ICP 干法刻蚀的过程为:

[0016] 步骤 A、首先刻蚀 $140\mu\text{m}$ 后除去胶掩膜,获得含有铝和 SiO_2 掩膜图形的 Si 晶片;

[0017] 步骤 B、在步骤 A 的基础上继续刻蚀 $70\mu\text{m}$,然后除去铝掩膜,继续刻蚀 $30\mu\text{m}$,实现 ICP 干法刻蚀;

[0018] 步骤五、清洗步骤四刻蚀的氧化 Si 晶片,在所述氧化 Si 晶片正面溅射 $1\mu\text{m}$ 厚的

铜膜后旋涂光刻胶 ;然后在氧化 Si 晶片上的背面蒸镀 $1\mu\text{m}$ 厚的铝膜后旋涂光刻胶,光刻出混合腔的光刻胶图形 ;坚膜后湿法腐蚀铝,在所述氧化 Si 晶片的背面获得混合腔的铝掩膜图形 ;

[0019] 步骤六、对步骤五获得氧化 Si 晶片的铝掩膜图形的进行 ICP 干法刻蚀,除去刻穿后氧化 Si 晶片上的铝掩膜和铜掩膜 ;获得多功能集成离心式微流控芯片的 Si 基阴膜模具 ;

[0020] 步骤七、采用微模铸方法,将液态 PDMS 浇注于 Si 基阴膜模具上,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱膜 ;获得 PDMS 阳膜模具 ;

[0021] 步骤八、在步骤七所述的 PDMS 阳膜模具上浇注液态 PDMS,然后进行真空脱气、加热、冷却后脱膜 ;获得 PDMS 基片 ;

[0022] 步骤九、在步骤八所述的 PDMS 基片上对应位置打孔 ;

[0023] 步骤十、在硬质聚合物 PC 片与 PDMS 基片上混合腔的中央位置打出相应的圆孔 ;

[0024] 步骤十一、将步骤十打孔后的硬质聚合物 PC 片与 PDMS 基片贴合,使 PDMS 基片上混合腔的中央位置与 PC 片上的圆孔对准 ;获得多功能集成离心式微流控芯片。

[0025] 本发明的工作原理 :多功能集成离心式微流控芯片上集成有三个功能单元,由 PDMS 基片和贴置其上的硬质聚合物 PC 片构成,血液由进样口加入芯片,在离心力的作用下血液进入分离腔分离。分离时多余的血液溢出分离腔,进入废液腔。离心停止后,分离腔内分离出的血清在毛细力的作用下,充满定量微通道后停止于通道末端的微阀处。再将试剂由试剂进样口加入,在毛细力的作用下,试剂充满试剂腔后溢出进入试剂废液腔。然后,进行二次离心,使得定量微通道内的血清和试剂腔内的试剂进入微混合器混合,混合完毕的液体最终流入混合腔。二次离心结束后,混合腔内的液体在微泵作用下,由混合腔进入光纤消逝波传感器的探测腔进行探测。如此,本发明的多功能集成离心式微流控芯片实现了血液的分离、输运、定量,试剂的输运、定量,血清与试剂的混合,混合液的提取、探测一系列功能的集成,芯片上各输运、定量和储存结构内液体无残留,无气泡,采用光纤消逝波传感器探测灵敏度高,速度快。因而本发明多功能集成离心式微流控芯片具有操作方便,功能全面,定量精度高,和检测速度快的优点。另外,选用聚合物廉价材料,使制作工艺极大简化,成本降低。

[0026] 本发明的有益效果 :本发明所述的微流控芯片将血液的进样、分离、输运和定量,试剂的进样、输运和定量,血清与试剂的混合,混合液的提取和探测一系列功能集成一体,实现芯片实验室的功能 ;与传统血液检测设备的功能相比,具有结构简单,试剂消耗量少,成本低,检测速度快的优点 ;芯片的制作材料为聚合物,制作工艺简单,工艺兼容性好,加工成本低。提高微量液体的检测效果、速度和精度,降低成本。

附图说明

[0027] 图 1 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的工作原理图 ;

[0028] 图 2 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的三维结构示意图 ;

[0029] 图 3 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的平面结构示意图 ;

[0030] 图 4 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的平面结构的 A-A 剖面示意图 ;

[0031] 图 5 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的平面结构的 B-B 剖面示意图；

[0032] 图 6 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的平面结构的 C-C 剖面示意图；

[0033] 图 7 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的制作掩膜图形的过程示意图；其中，(a)、(b)、(c)、(d) 为制作掩膜图形的过程；

[0034] 图 8 为本发明所述的多功能集成离心式微流控芯片的制作掩膜图形的效果图；其中，(a)、(b)、(c)、(d) 为制作掩膜图形的效果图；

[0035] 图中：1、PDMS 基片，2、硬质聚合物 PC 片，3、进样口，4、分离腔，5、第一微阀，6、第一微通道，7、第二微通道，8、第一通气孔，9、废液腔，10、第二通气孔，11、第二微阀，12、第三微阀，13、第四微阀，14、第三通气孔，15、试剂进样口，16、试剂定量腔，17、第三微通道，18、第五微阀，19、第四微通道，20、第四通气孔，21、试剂废液腔，22、第五通气孔，23、微混合器，24、主微通道，25、辅微通道，26、混合腔，27、第六通气孔，28、圆孔，29、微泵，30、光纤消逝波传感器。

具体实施方式

[0036] 具体实施方式一、结合图 2 至图 6 说明本实施方式，多功能集成离心式微流控芯片，由 PDMS 基片 1 和硬质聚合物 PC 片 2 构成，所述硬质聚合物 PC 片 2 贴置在 PDMS 基片 1 表面，所述 PDMS 基片 1 上的凹槽结构包括进样口 3、分离腔 4、第一微阀 5、第一微通道 6、第二微通道 7、第一通气孔 8、废液腔 9、第二通气孔 10、第二微阀 11、第三微阀 12、第四微阀 13、第三通气孔 14、试剂进样口 15、试剂定量腔 16、第三微通道 17、第五微阀 18、第四微通道 19、第四通气孔 20、试剂废液腔 21、微混合器 23、第六通气孔 27、混合腔 26 和圆孔 28；

[0037] 所述进样口 3 与分离腔 4 的连通处设置第一微阀 5，所述分离腔 4 的两侧分别与第一微通道 6 的一端和第二微通道 7 的一端连通，第一通气孔 8 与第二微通道 7 设置在分离腔 4 的同一侧；

[0038] 所述第一微通道 6 的另一端与废液腔 9 连通，所述废液腔 9 上设置第二通气孔 10；

[0039] 所述第二微通道 7 的侧边与第三微通道 17 的一端连通，在连通处设置第二微阀 11；所述第二微通道 7 的另一侧边设置第四微阀 13，所述第四微阀 13 上设置第三通气孔 14；所述第二微通道 7 的一端与微混合器 23 的一端连通，在连通处设置第三微阀 12；

[0040] 所述第三微通道 17 的另一端与试剂定量腔 16 的出口端连通，第三微通道 17 的侧边与第四微通道 19 的一端连通，在连通处设置第五微阀 18，所述第四微通道 19 上设置第四通气孔 20；所述试剂定量腔 16 的入口端与试剂进样口 15 连通，试剂定量腔 16 的溢出端与试剂废液腔 21 连通；

[0041] 所述微混合器 23 的另一端与混合腔 26 入口端连通，所述混合腔 24 设置的第六通气孔 27 的位置与混合腔 26 的入口端对应，所述混合腔 26 的中央位置与硬质聚合物 PC 片上设置的圆孔 28 对准；圆孔 28 与微泵 29 连接，所述微泵内设置光纤消逝波传感器 30；所述微混合器 23 由锥度方向相反的主微通道 24 和辅微通道 25 层叠而成；

[0042] 所述分离腔 3、试剂定量腔 15、废液腔 9、试剂定量腔 16、试剂废液腔 21、第一微阀 5、第一微通道 6 和第三微通道 17 的深度相同且小于第四微通道 19 的深度，所述分离腔 3、

试剂定量腔 15、废液腔 9、试剂定量腔 16、试剂废液腔 21、第一微阀 5、第一微通道 6 和第三微通道 17 的深度大于第二微通道 7 的深度。

[0043] 本实施方式中还包括第五通气孔 22, 所述第五通气孔设置在试剂废液腔 21 上。

[0044] 本实施方式中所述的第一通气孔 8、第二通气孔 10、第三通气孔 14、第四通气孔 20、第五通气孔 22、第六通气孔 27、进样口 3 和试剂进样口 15 的结构为通孔结构。

[0045] 本实施方式中, 所述分离腔 3, 试剂定量腔 15, 废液腔 8 和 16, 微通道 5 和 18, 以及微阀 4 的深度为 $200\ \mu\text{m}$; 微通道 6 的深度为 $30\ \mu\text{m}$; 混合器 23 的两层微通道的深度分别为 $100\ \mu\text{m}$ 和 $140\ \mu\text{m}$; 混合腔 24 的深度为 $800\ \mu\text{m}$ 。

[0046] 具体实施方式二、结合图 7 和图 8 说明本实施方式, 本实施方式为具体实施方式一所述的多功能集成离心式微流控芯片的制作方法, 该方法由以下步骤实现:

[0047] 步骤一、在氧化后的 Si 晶片的表面上旋涂光刻胶, 光刻出进样口 3、分离腔 4、第一微阀 5、第一微通道 6、第二微通道 7、第三微通道 17、第四微通道 19、第一通气孔 8、第二通气孔 10、第三通气孔 14、第四通气孔 20、第六通气孔 27、废液腔 9、试剂废液腔 21、试剂进样口 15、试剂定量腔 16、混合器主微通道 24 和混合腔 26 的光刻胶图形, 将上述光刻胶图形坚膜后湿法腐蚀 SiO_2 , 然后将上述光刻胶图形其余部分的光刻胶去除, 获得进样口 3、分离腔 4、第一微阀 5、第一微通道 6、第二微通道 7、第三微通道 17、第四微通道 19、第一通气孔 8、第二通气孔 10、第三通气孔 14、第四通气孔 20、第六通气孔 27、废液腔 9、试剂废液腔 21、试剂进样口 15、试剂定量腔 16、混合器主微通道 24 和混合腔 26 的 SiO_2 掩模图形;

[0048] 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, 光刻出所述的进样口 3、分离腔 4、第一微阀 5、第一微通道 6、第三微通道 17、第四微通道 19、第一通气孔 8、第二通气孔 10、第三通气孔 14、第四通气孔 20、第六通气孔 27、废液腔 9、试剂废液腔 21、试剂进样口 15、试剂定量腔 16、混合器主微通道 24 和混合腔 26 的光刻胶图形, 坚膜后湿法腐蚀铝, 获得铝掩模图形, 然后将所述光刻胶图形的其余部分的光刻胶去除, 获得进样口 3、分离腔 4、第一微阀 5、第一微通道 6、第三微通道 17、第四微通道 19、第一通气孔 8、第二通气孔 10、第三通气孔 14、第四通气孔 20、第六通气孔 27、废液腔 9、试剂废液腔 21、试剂进样口 15、试剂定量腔 16、混合器主微通道 24 和混合腔 26 的铝掩模图形;

[0049] 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, 光刻出进样口 3、分离腔 4、第一微阀 5、第一微通道 6、第三微通道 17、第四微通道 19、第一通气孔 8、第二通气孔 10、第三通气孔 14、第四通气孔 20、第六通气孔 27、废液腔 9、试剂废液腔 21、试剂进样口 15、试剂定量腔 16、混合器辅微通道 25 和混合腔 26 的光刻胶图形, 坚膜后去除光刻胶, 获得上述图形的胶掩膜图形;

[0050] 步骤四、将步骤二获得的铝掩膜图形和步骤三获得的胶掩膜图形的 Si 晶片进行 ICP 干法刻蚀, 所述 ICP 干法刻蚀的过程为:

[0051] 步骤 A、首先刻蚀 $140\ \mu\text{m}$ 后除去胶掩膜, 获得含有铝和 SiO_2 掩膜图形的 Si 晶片;

[0052] 步骤 B、在步骤 A 的基础上继续刻蚀 $70\ \mu\text{m}$, 然后除去铝掩膜, 继续刻蚀 $30\ \mu\text{m}$, 实现 ICP 干法刻蚀;

[0053] 步骤五、清洗步骤四刻蚀的氧化 Si 晶片, 在所述氧化 Si 晶片正面溅射 $1\ \mu\text{m}$ 厚的铜膜后旋涂光刻胶; 然后在氧化 Si 晶片上的背面蒸镀 $1\ \mu\text{m}$ 厚的铝膜后旋涂光刻胶, 光刻出

混合腔 26 的光刻胶图形；坚膜后湿法腐蚀铝，在所述氧化 Si 晶片的背面获得混合腔 26 的铝掩膜图形；

[0054] 步骤六、对步骤五获得氧化 Si 晶片的铝掩膜图形的进行 ICP 干法刻蚀，除去刻穿后氧化 Si 晶片上的铝掩膜和铜掩膜；获得多功能集成离心式微流控芯片的 Si 基阴膜模具；

[0055] 步骤七、采用微模铸方法，将液态 PDMS 浇注于 Si 基阴膜模具上，然后进行真空脱气、加热、冷却后脱膜；获得 PDMS 阳膜模具；

[0056] 步骤八、在步骤七所述的 PDMS 阳膜模具上浇注液态 PDMS，然后进行真空脱气、加热、冷却后脱膜；获得 PDMS 基片 1；

[0057] 步骤九、在步骤八所述的 PDMS 基片 1 上对应位置打孔；

[0058] 步骤十、在硬质聚合物 PC 片与 PDMS 基片 1 上混合腔的中央位置打出相应的圆孔 28；

[0059] 步骤十一、将步骤十打孔后的硬质聚合物 PC 片与 PDMS 基片 1 贴合，使 PDMS 基片 1 上混合腔 26 的中央位置与 PC 片上的圆孔 28 对准；获得多功能集成离心式微流控芯片。

[0060] 本实施方式所述的 Si 单晶片的厚度为 380 μm 、600 μm 或者 800 μm 。本实施方式中步骤七和步骤八所述的进行真空脱气、加热、冷却和脱膜；获得 PDMS 阳膜模具；所述的加热温度为 120℃，加热固化时间为 15 分钟。本实施方式步骤七获得的 PDMS 阳膜模具的结构与步骤六获得的 Si 基阴膜模具的结构互补。

[0061] 本实施方式中步骤八获得的 PDMS 基片 1 的结构与步骤六获得的 Si 基阴膜模具的结构相同。

[0062] 本实施方式中步骤七所述的液态 PDMS 与固化剂按 10 : 1 的比例混合而成。

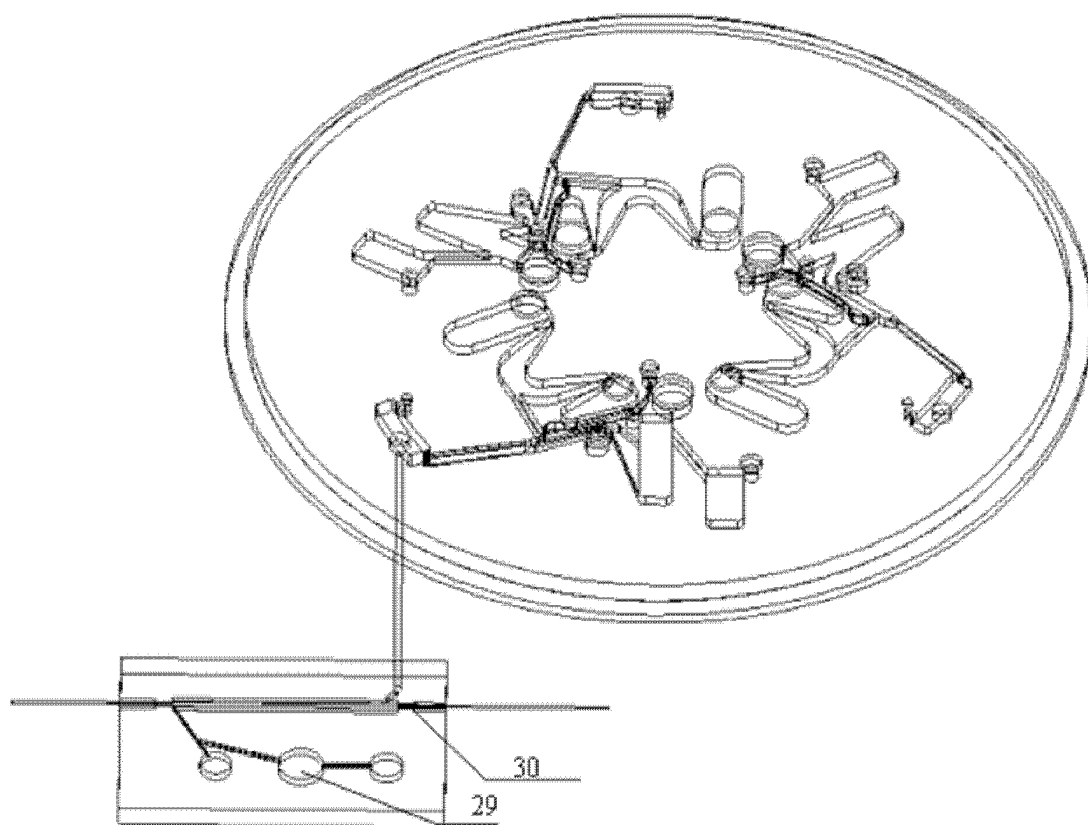


图 1

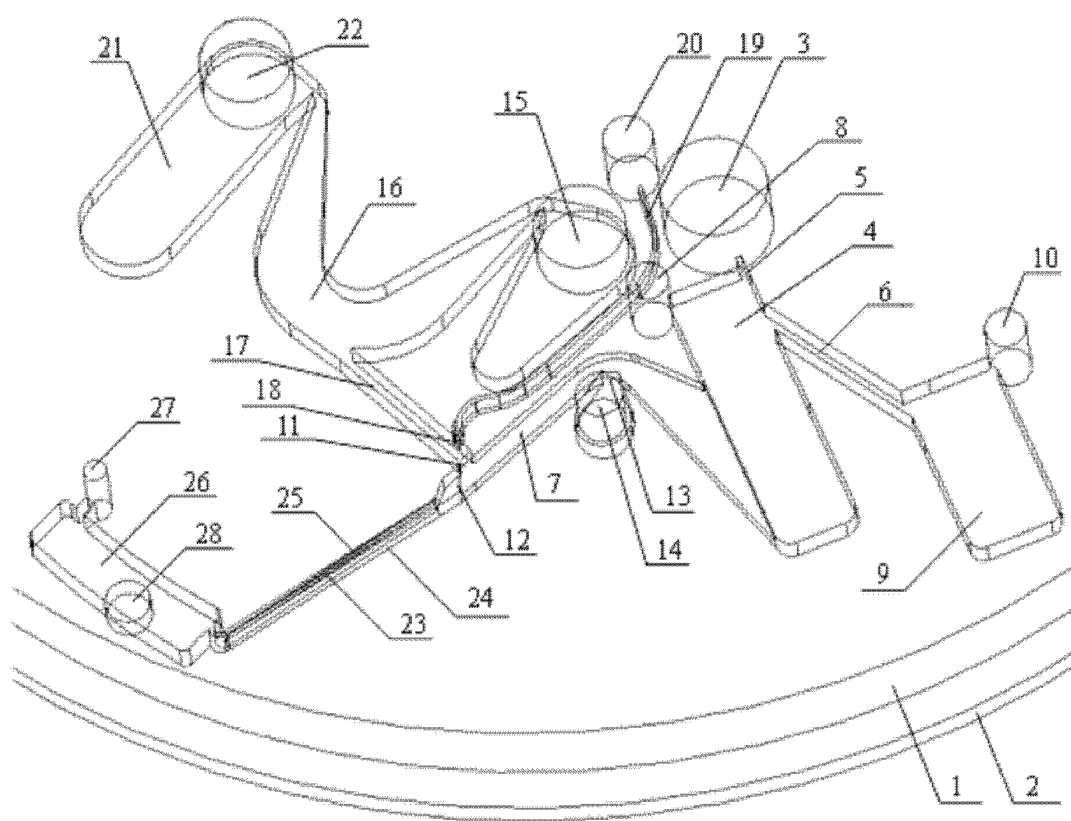


图 2

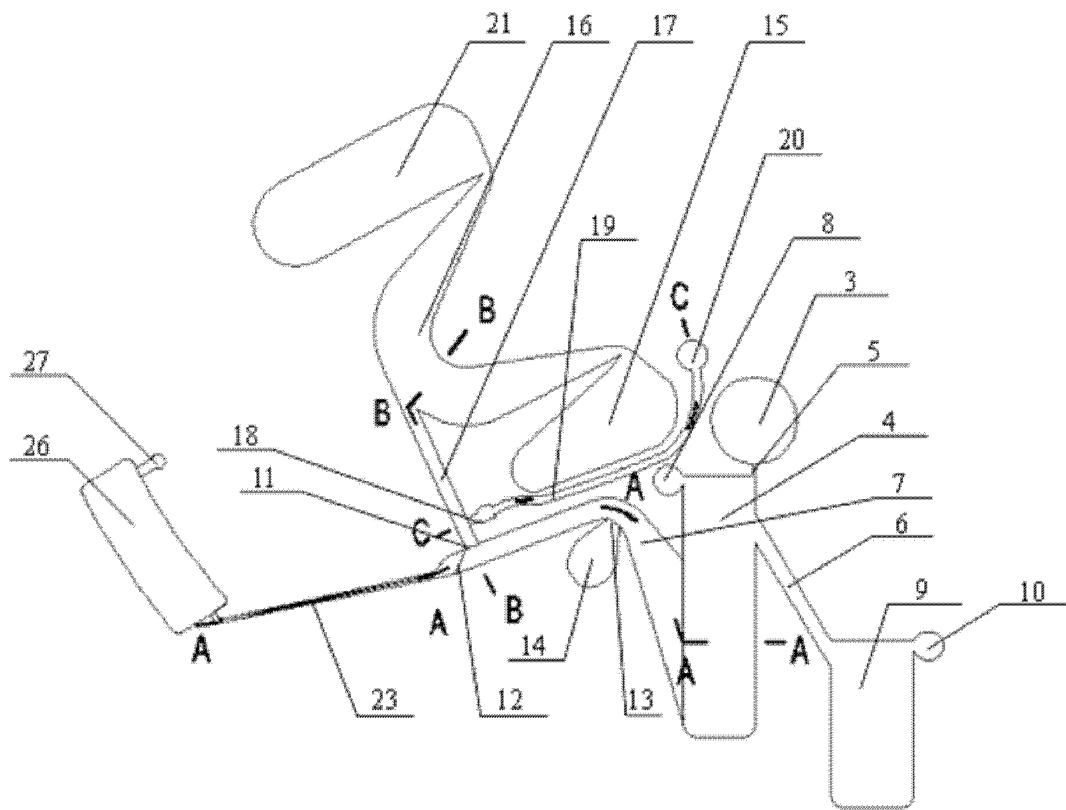


图 3

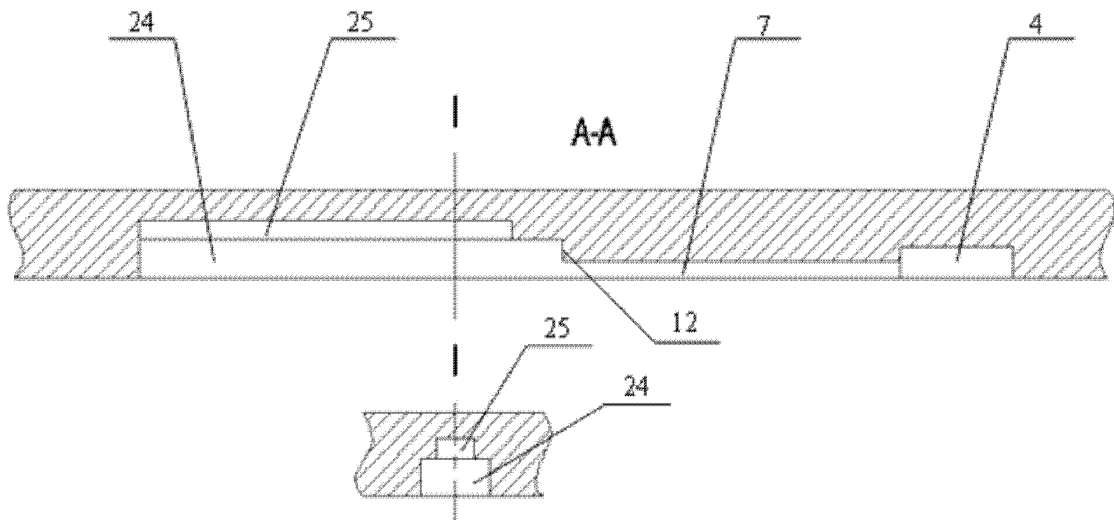


图 4

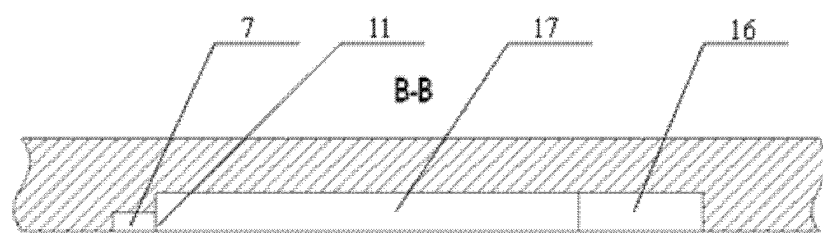


图 5

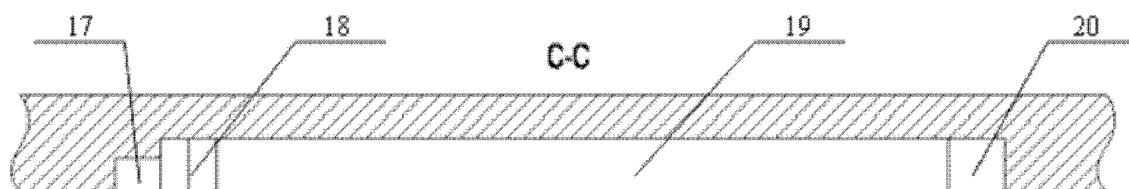


图 6

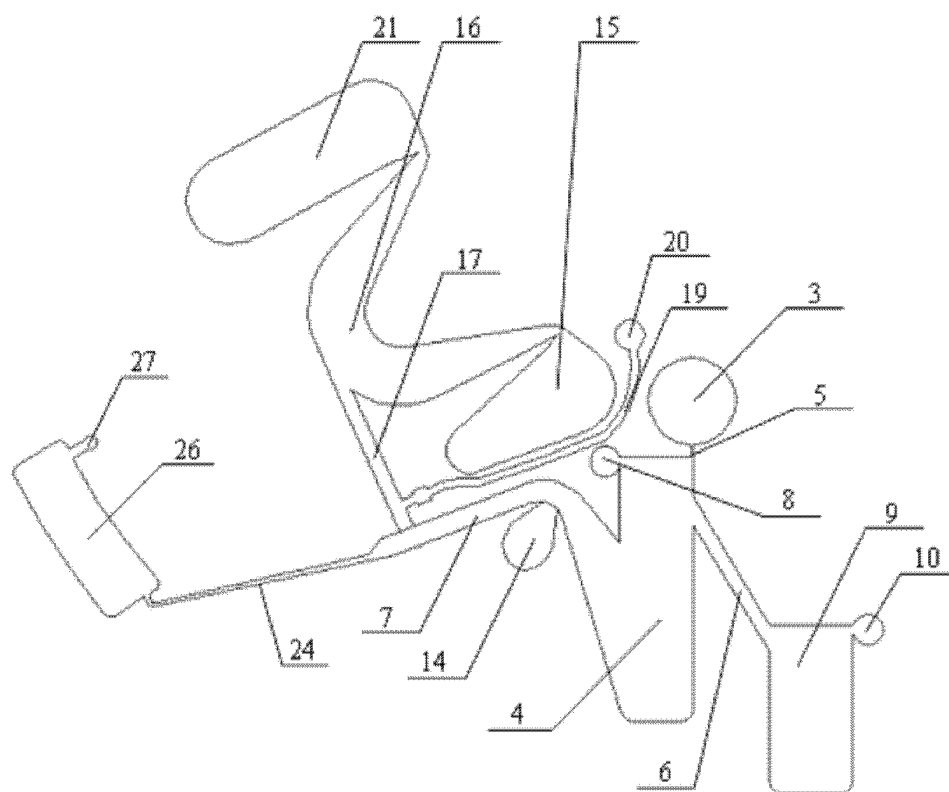


图 7(a)

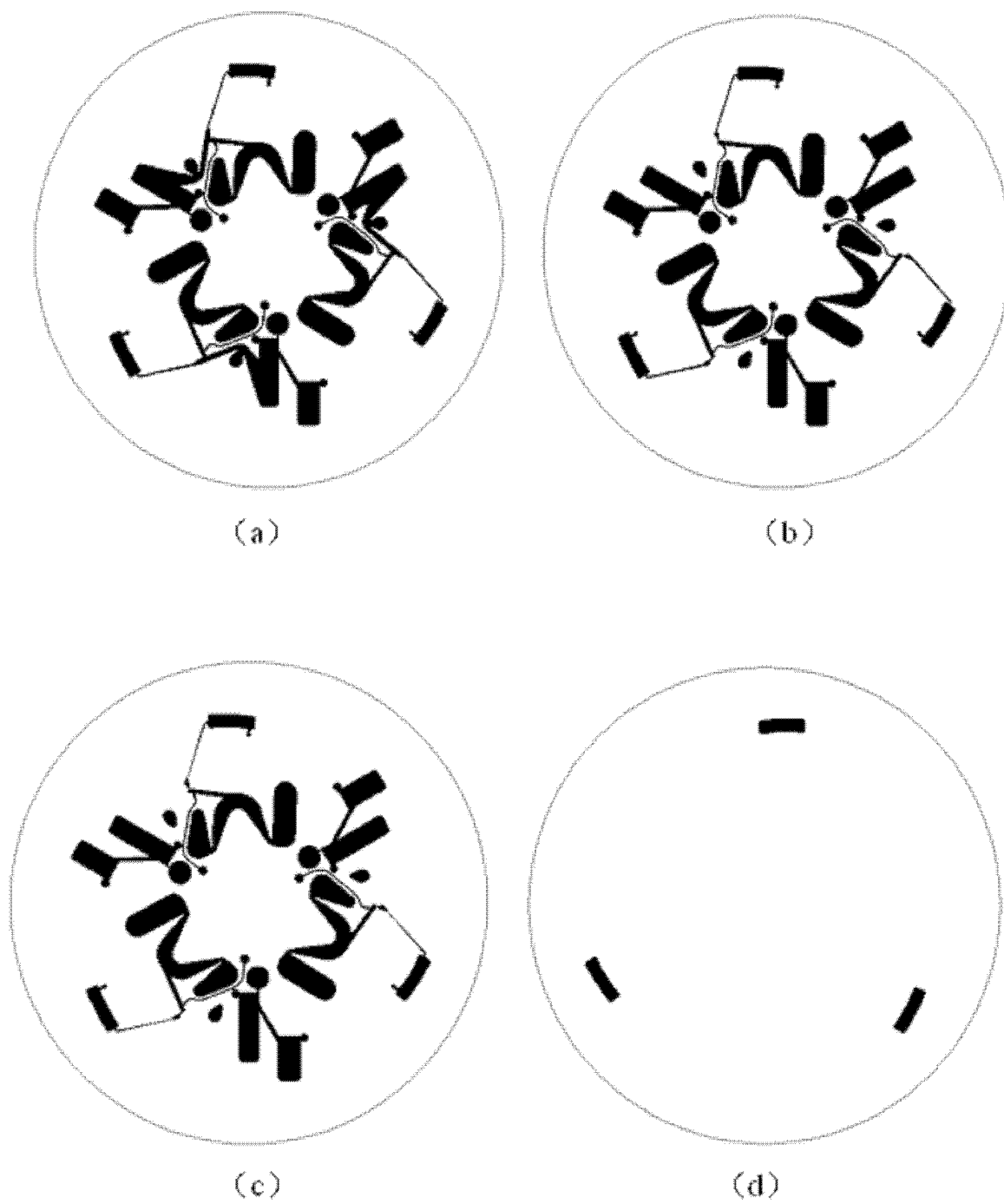


图 8