



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101716473 A

(43) 申请公布日 2010.06.02

(21) 申请号 200910217810.1

(22) 申请日 2009.11.04

(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 张平 胡亮红 吴一辉 刘永顺
邓永波

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 赵炳仁

(51) Int. Cl.

B01F 5/00 (2006.01)

B01L 3/00 (2006.01)

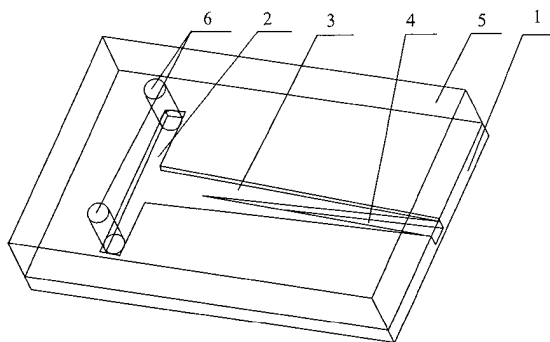
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

芯片内微混合器及其制作方法

(57) 摘要

本发明涉及用于微量液体混合的混合器,特别是一种适用于生物检测中微量液体混合的芯片内微混合器,由 PDMS 基片和贴置其上的玻璃片构成,在所述基片的面板上设有由横向凹槽和与其连通的、出口直达基片板端的纵向凹槽构成的 T 型凹槽,纵向凹槽是一连通横向凹槽的进口宽度大于出口宽度的锥形槽体;在纵向凹槽的底面上还设有一平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽;在所述的玻璃片上对应 PDMS 基片上的横向凹槽的两端处分别设有连通该横向凹槽的通孔。有效的解决了现有技术中在微米级尺度微通道内液体流速小,雷诺数低,混合过程长,两种液体界面处已混合的液体对尚未混合液体分子间相互扩散产生阻碍影响的难题。



1. 一种芯片内微混合器,由 PDMS 基片 1 和贴置其上的玻璃片 5 构成,其特征在于:在所述的基片 1 的面板上设有由横向凹槽 2 和与其连通的、出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽,纵向凹槽 3 是一连通横向凹槽 2 的进口宽度大于出口宽度的锥形槽体;在纵向凹槽 3 的底面上还设有一平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽 4,该倒锥形凹槽 4 的锥底出口宽度与所述的纵向凹槽 3 的出口宽度相等,其锥端至纵向凹槽 3 的进口后部;在所述的玻璃片 5 上对应 PDMS 基片 1 上的横向凹槽 2 的两端处分别设有连通该横向凹槽 2 的通孔 6。

2. 一种制作权利要求 1 所述的芯片内微混合器的方法,其特征在于包括以下步骤:

a. 选用 $380\ \mu\text{m}$ 厚双面抛光的 Si 单晶片,在其表面蒸镀 $1\ \mu\text{m}$ 厚的铝膜,在铝膜上旋涂光刻胶,光刻出权利要求 1 中所述的由横向凹槽 2 和与其连通的、出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽部分的光刻胶图形,坚膜后湿法腐蚀铝,将光刻胶图形转移成铝掩模图形,再去胶,得到 T 型凹槽部分的铝掩模图形。

b. 在制好的铝掩模图形上再次旋涂光刻胶,光刻出位于纵向凹槽 3 的底面上,且平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽 4 的光刻胶图形,坚膜,得到纵向倒锥形凹槽 4 的光刻胶掩模图形。

c. 将带有铝和光刻胶双层掩模图形的 Si 单晶片进行 ICP 干法刻蚀,首先刻蚀 $140\ \mu\text{m}$ 后除去胶掩模,再继续刻蚀 $100\ \mu\text{m}$ 后除去铝掩模,得到带有横向凹槽 2 和与其连通的出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽和纵向倒锥形凹槽 4 的 Si 基阴模模具。

d. 用微模铸工艺,将液态 PDMS 浇注于 Si 基阴模模具之上,真空脱气后于 120°C 加热固化 15 分钟,冷却后脱模制成结构与 Si 基阴模模具互补的 PDMS 阳模模具。

e. 在 PDMS 阳模模具上再浇注液态 PDMS,真空脱气后于 120°C 加热固化 15 分钟,冷却后脱模即得到结构与 Si 基阴模模具相同的 PDMS 基片 1。

f. 在权利要求 1 中所述的玻璃片 5 上对应 PDMS 基片 1 上的横向凹槽 2 的两端处分别打孔制出连通该横向凹槽 2 的通孔 6。

g. 将打孔后的玻璃片 5 与 PDMS 基片 1 贴合,即得到由 PDMS 基片 1 和玻璃片 5 构成的带有双层锥形变截面通道微混合器。

芯片内微混合器及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于微量液体混合的混合器,特别是一种适用于生物检测中微量液体混合的集成于微流控芯片中的微混合器件。

背景技术

[0002] 微混合器的主要用途是用于实现生化反应前各种微量试剂与试样的快速充分混合,是微流控芯片中的重要组成部分。按照驱动形式微混合器可分为主动式和被动式,其中,主动式微混合器易于实现微量液体的快速均匀混合,但其所附带的驱动单元和活动部件不利于与微流控芯片的集成。被动式微混合器其结构简单,易于加工,不需要外部能量的驱动,也没有可动部件,因此,被动式混合器更有利于与微流控芯片的集成。微流体与宏观流体的运动特点存在本质的差别,在微米级尺度的微通道内,液体的流速很小,雷诺数较低,黏性力超过惯性力,流体处于层流状态,液体间分子的扩散缓慢,不可能依靠宏观的湍流效应来实现液体的混合。近年来,人们对如何促进被动式微混合器微通道中液体的混合做了大量的研究。在微通道内,扩散和对流是微流体间混合的主要途径,被动式微混合器(以下简称微混合器)主要依靠改变微通道的构形,如采用弯曲管道等来增强流体间的扩散、对流和延长流动距离,设置特殊沟道进行交叉分液以增大微流体间的接触面积,或在通道中制作微结构引起二次流等方法来提高混合效率。这些研究主要是从拉伸流体或层流剪切以增大流体的接触面积和增加混沌效果两方面来改善液体的混合,但即便如此,这些结构在低雷诺数下仍存在混合效果不佳的问题,其主要原因是当两种液体刚刚接触时,在其分界面处很容易发生分子间的相互扩散,两种液体会发生一定程度的混合,但随着混合时间的延长,已经混合的液体就会阻碍尚未混合液体分子间相互扩散的进行,从而使得混合很难进行下去。在一些异型通道或加入复杂结构的微通道中,当液体流过时,微通道内极易封入气泡或产生液体残余,也会严重影响微量液体的定量和混合效果。并且结构复杂必将导致加工工艺复杂,工艺兼容性变差,与微流控芯片集成的难度增大。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提出一种新型的具有微米级尺度混合腔的芯片内微混合器及其制作方法,以克服目前芯片内微混合器存在的上述缺陷,提高生物检测中微量液体混合效果和速率。

[0004] 本发明芯片内微混合器,由 PDMS 基片和贴置其上的玻璃片构成,在所述的基片的面板上设有由横向凹槽和与其连通的、出口直达基片板端的纵向凹槽构成的 T 型凹槽,纵向凹槽是一连通横向凹槽的进口宽度大于出口宽度的锥形槽体;在纵向凹槽的底面上还设有一平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽,该倒锥形凹槽的锥底出口宽度与所述的纵向凹槽的出口宽度相等,其锥端至纵向凹槽的进口后部;在所述的玻璃片上对应 PDMS 基片上的横向凹槽的两端处分别设有连通该横向凹槽的通孔。

[0005] 本发明芯片内微混合器的制作方法包括以下步骤:

[0006] (1) 选用 380 μm 厚双面抛光的 Si 单晶片, 在其表面蒸镀 1 μm 厚的铝膜, 在铝膜上旋涂光刻胶, 光刻出上面所述的横向凹槽和与其连通的、出口直达基片板端的纵向凹槽构成的 T 型凹槽部分的光刻胶图形, 坚膜后湿法腐蚀铝, 将光刻胶图形转移成铝掩模图形, 再去胶, 得到由横向凹槽和与其连通的出口直达基片板端的纵向凹槽构成的 T 型凹槽部分的铝掩模图形。

[0007] (2) 在制好的铝掩模图形上再次旋涂光刻胶, 光刻出位于纵向凹槽的底面上, 且平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽的光刻胶图形, 坚膜, 得到纵向倒锥形凹槽的光刻胶掩模图形。

[0008] (3) 将带有铝和光刻胶双层掩模图形的 Si 单晶片进行 ICP 干法刻蚀, 首先刻蚀 140 μm 后除去胶掩模, 再继续刻蚀 100 μm 后除去铝掩模, 得到带有横向凹槽和与其连通的出口直达基片板端的纵向凹槽构成的 T 型凹槽和纵向倒锥形凹槽的 Si 基阴模模具。

[0009] (4) 用微模铸工艺, 将液态 PDMS (聚二甲基硅氧烷) 浇注于 Si 基阴模模具之上, 真空脱气后于 120 $^{\circ}\text{C}$ 加热固化 15 分钟, 冷却后脱模制成结构与 Si 基阴模模具互补的 PDMS 阳模模具。

[0010] (5) 在 PDMS 阳模模具上再浇注液态 PDMS, 真空脱气后于 120 $^{\circ}\text{C}$ 加热固化 15 分钟, 冷却后脱模即得到结构与 Si 基阴模模具相同的 PDMS 基片。

[0011] (6) 在所述的玻璃片上对应 PDMS 基片上的横向凹槽的两端处分别打孔制出连通该横向凹槽的通孔。

[0012] (7) 将打孔后的玻璃片与 PDMS 基片贴合, 即得到由 PDMS 基片和玻璃片构成的带有双层锥形变截面通道微混合器。

[0013] 本发明微混合器, 由所述的玻璃片上的通孔和 PDMS 基片上的横向凹槽构成两种液体的进样通道, 由所述 PDMS 基片上的纵向凹槽和倒锥形凹槽构成双层锥形变截面混合通道。当两种液体在上述结构的微通道内流动时, 能够实时使已经混合的液体脱离组分的接触界面, 使未混合的液体接触面始终处于高浓度梯度状态。这不仅可以促进液体组分间的扩散, 增强混合的效果, 而且能够缩短混合的过程, 缩小微混合器整体结构的尺寸, 使该混合器更有利于与微流控芯片的集成。该微混合器通道结构简单流畅, 无任何异型或复杂阻挡结构, 极有利于消除微通道内气泡的产生和液体残余; 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。

[0014] 本发明微混合器, 突出的优点在于: 两种待混合液体注入微混合器后, 由于一层通道 (即所述的纵向凹槽) 截面的连续减小, 促使该通道中已经混合的液体不断地进入逐渐增宽的二层通道 (即所述的倒锥形凹槽) 中, 而一层通道中未混合的液体可连续及时地获得界面接触的机会, 这一过程的持续进行, 可有效促进两种液体界面间的分子的扩散, 提高混合效果, 缩短混合时间, 尤其在低雷诺数状态时, 其混合效果更佳。有效的解决了现有技术中在微米级尺度微通道内液体流速小, 雷诺数低, 混合过程长, 两种液体界面处已混合的液体对尚未混合液体分子间相互扩散产生阻碍影响的问题。

[0015] 本发明由于其结构简单流畅, 通道内无任何异型结构或挡块, 因此, 可有效避免液体流动时在通道内产生气泡或液体残余; 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

[0016] 图 1 是本发明芯片内微混合器结构的立体示意图；

[0017] 图 2 是图 1 中所示 PDMS 基片 1 的结构示意图；

[0018] 图 3 是图 2 中所示 A-A 剖面示意图。

具体实施方式

[0019] 以下结合附图给出的实施例对本发明作进一步详细说明。

[0020] 参照图 1 至 3, 一种芯片内微混合器, 由 PDMS 基片 1 和贴置其上的玻璃片 5 构成, 在所述的基片 1 的面板上设有由横向凹槽 2 和与其连通的、出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽, 纵向凹槽 3 是一连通横向凹槽 2 的进口宽度大于出口宽度的锥形槽体; 在纵向凹槽 3 的底面上还设有一平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽 4, 该倒锥形凹槽 4 的锥底出口宽度与所述的纵向凹槽 3 的出口宽度相等, 其锥端至纵向凹槽 3 的进口后部; 在所述的玻璃片 5 上对应 PDMS 基片 1 上的横向凹槽 2 的两端处分别设有连通该横向凹槽 2 的通孔 6。

[0021] 本实施例中, 所述 T 型凹槽的深度为 $100\ \mu\text{m}$, 倒锥形凹槽 4 的深度 (从纵向凹槽 3 的底面至该槽底) 为 $140\ \mu\text{m}$; 纵向凹槽 3 的进口宽度为 $400\ \mu\text{m}$ 、出口宽度为 $167\ \mu\text{m}$; 玻璃片 5 上连通该横向凹槽 2 的通孔 6 (即两种液体的入口) 的直径为 $200\ \mu\text{m}$ 。

[0022] 本芯片内微混合器按以下方法制作:

[0023] (1) 选用 $380\ \mu\text{m}$ 厚双面抛光的 Si 单晶片, 在其表面蒸镀 $1\ \mu\text{m}$ 厚的铝膜, 在铝膜上旋涂光刻胶, 光刻出横向凹槽 2 和与其连通的、出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽部分的光刻胶图形, 坚膜后湿法腐蚀铝, 将光刻胶图形转移成铝掩模图形, 再去胶, 得到由横向凹槽 2 和与其连通的出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽部分的铝掩模图形。

[0024] (2) 在制好的铝掩模图形上再次旋涂光刻胶, 光刻出位于纵向凹槽 3 的底面上, 且平行于该凹槽中心线的纵向倒锥形凹槽 4 的光刻胶图形, 坚膜, 得到纵向倒锥形凹槽 4 的光刻胶掩模图形。

[0025] (3) 将带有铝和光刻胶双层掩模图形的 Si 单晶片进行 ICP 干法刻蚀, 首先刻蚀 $140\ \mu\text{m}$ 后除去胶掩模, 再继续刻蚀 $100\ \mu\text{m}$ 后除去铝掩模, 得到带有横向凹槽 2 和与其连通的出口直达基片 1 板端的纵向凹槽 3 构成的 T 型凹槽和纵向倒锥形凹槽 4 的 Si 基阴模模具。

[0026] (4) 用微模铸工艺, 将液态 PDMS (聚二甲基硅氧烷) 浇注于 Si 基阴模模具之上, 真空脱气后于 120°C 加热固化 15 分钟, 冷却后脱模制成结构与 Si 基阴模模具互补的 PDMS 阳模模具。

[0027] (5) 在 PDMS 阳模模具上再浇注液态 PDMS, 真空脱气后于 120°C 加热固化 15 分钟, 冷却后脱模即得到结构与 Si 基阴模模具相同的 PDMS 基片 1。

[0028] (6) 在所述的玻璃片 5 上对应 PDMS 基片 1 上的横向凹槽 2 的两端处分别打孔制出连通该横向凹槽 2 的通孔 6。

[0029] (7) 将打孔后的玻璃片 5 与 PDMS 基片 1 贴合, 即得到由 PDMS 基片 1 和玻璃片 5 构成的带有双层锥形变截面通道微混合器。

[0030] 显而易见, 所述的基片 1 和玻璃片 5 也可采用其他适宜材料。

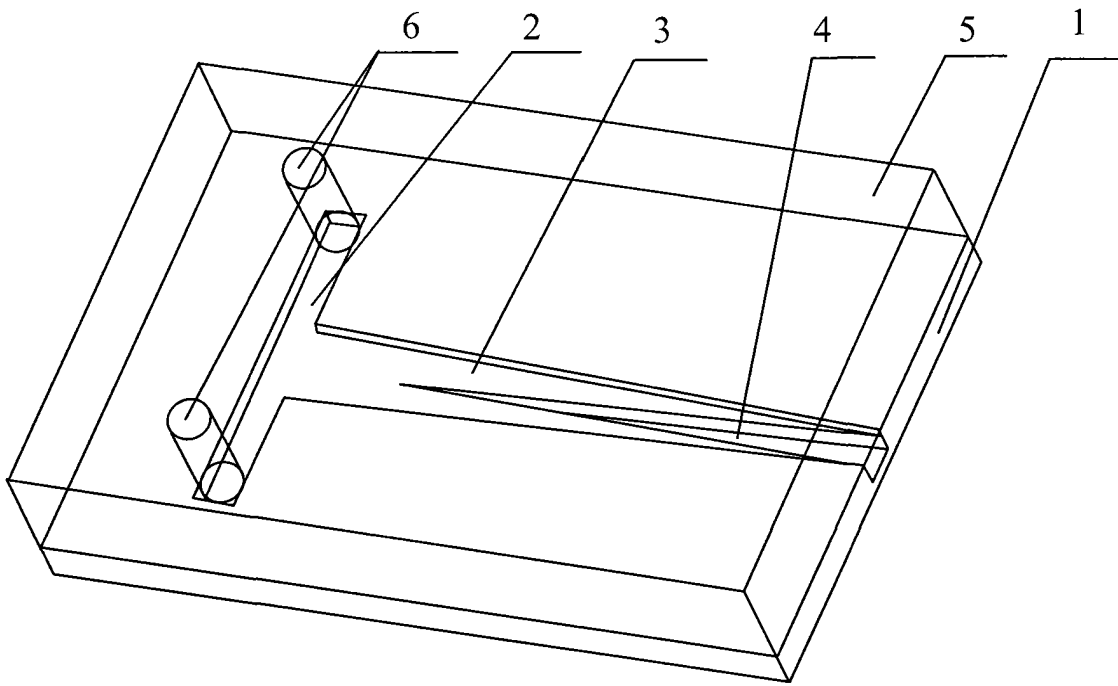


图 1

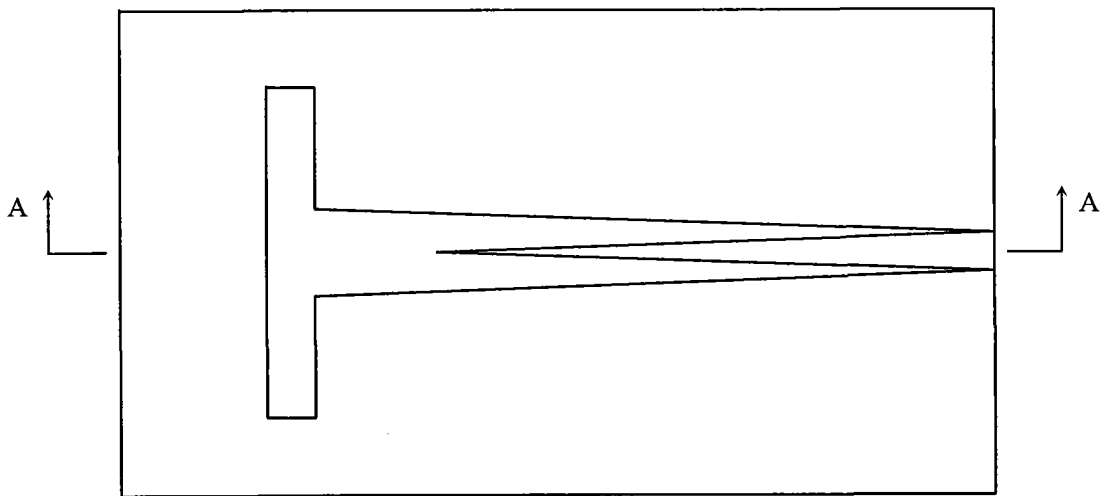


图 2

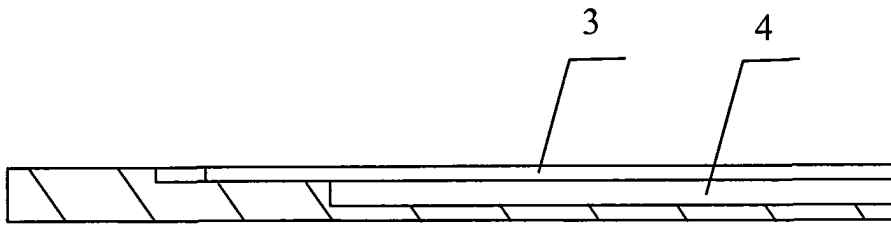


图 3