



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103558112 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 05

(21) 申请号 201310580821. 2

(22) 申请日 2013. 11. 19

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 梁金星 黄佳 孔婷

(74) 专利代理机构 江苏永衡昭辉律师事务所

32250

代理人 王斌

(51) Int. Cl.

G01N 5/02 (2006. 01)

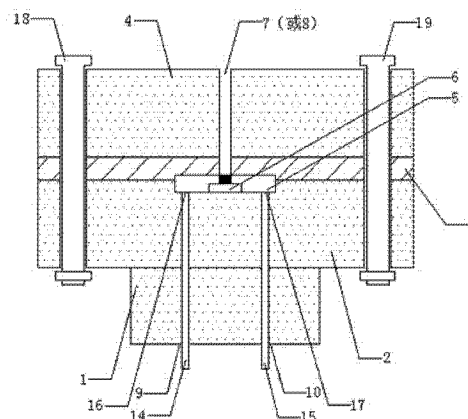
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

石英晶体微天平检测装置

(57) 摘要

本发明公开了一种石英晶体微天平检测装置,包括中间层、密封垫片、封盖和石英晶片;中间层中心设有中间层凹槽,中间层凹槽底端设有左探头通孔和右探头通孔;封盖上设有进样口和出样口;石英晶片位于中间层凹槽内,且在石英晶片底端中心设有一个开口向下的石英晶片凹槽;石英晶片凹槽底端分别设有左电极和右电极;密封垫片位于封盖和中间层之间;左电极由左弹簧针探头穿过左探头通孔引出,右电极由右弹簧针探头穿过右探头通孔引出。本发明流通池结构,具有方便装卸、可重复利用、结构简单以及性能稳定等优点,实现了对石英晶体微天平的高频小型化,提高了其质量-频率灵敏度,可以完成对小分子或痕量物质的检测,且所需待检测物的最小样品量小。



1. 石英晶体微天平检测装置,其特征在于,包括中间层(2)、密封垫片(3)、封盖(4)和石英晶片(5);所述中间层(2)中心设有中间层凹槽(6),所述中间层凹槽(6)底端设有左探头通孔(9)和右探头通孔(10);

所述封盖(4)上设有进样口(7)和出样口(8);

所述密封垫片(3)上设有中心通孔(13),该中心通孔(13)与所述封盖上的进样口(7)和出样口(8)相连通;

所述石英晶片(5)位于所述中间层凹槽(6)内,且在石英晶片(5)底端中心设有一个开口向下的石英晶片凹槽;所述石英晶片凹槽底端分别设有左电极(16)和右电极(17);

所述密封垫片(3)位于所述封盖(4)和中间层(2)之间,所述封盖(4)和中间层(2)可拆分连接,且石英晶片的上表面也与硅胶垫片(3)相连;所述左电极(16)由左弹簧针探头(14)穿过左探头通孔(9)引出,右电极(17)由右弹簧针探头(15)穿过右探头通孔(10)引出;

所述中心通孔(13)位于所述石英晶片(5)上表面内且中心通孔的面积大于石英晶片凹槽的面积。

2. 根据权利要求1所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,在所述的中间层(2)下端还螺栓连接有一底座,在该底座(1)上设有与所述左探头通孔(9)和右探头通孔(10)连通的两个通孔。

3. 根据权利要求1所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述的石英晶片(5)由石英晶体微天平组成,采用湿法刻蚀工艺制作而成。

4. 根据权利要求1所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述石英晶片(5)的厚度大于底座凹槽(6)的深度。

5. 根据权利要求2所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述的密封垫片(3)为硅胶垫片,所述封盖(4)左右两端还分别设有第一封盖通孔和第二封盖通孔,硅胶垫片左右两端分别设有第一硅胶通孔(11)和第二硅胶通孔(12),中间层左右两端也分别设有第一中间层通孔和第二中间层通孔;所述封盖(4)、硅胶垫片和中间层(2)左右两端分别通过第一螺丝杆(18)和第二螺丝杆(19)固定在一起,其中,所述第一螺丝杆(18)依次穿过相互连通的第一封盖通孔、第一硅胶通孔(11)和第一中间层通孔,所述第二螺丝杆(19)依次穿过相互连通的第二封盖通孔、第二硅胶通孔(12)和第二中间层通孔;所述第一螺丝杆(18)和第二螺丝杆(19)底端均设有螺帽;所述中间层(2)纵向方向上的上下两端分别设有第三中间层通孔和第四中间层通孔,底座(1)纵向方向上的上下两端也分别设有第一底座通孔和第二底座通孔;所述中间层(2)和底座(1)上下两端分别通过第三螺丝杆(20)和第四螺丝杆(21)固定在一起,其中,所述第三螺丝杆(20)依次穿过相互连通的第三中间层通孔和第一底座通孔,所述第四螺丝杆(21)依次穿过相互连通的第四中间层通孔和第二底座通孔;所述第三螺丝杆(20)和第四螺丝杆(21)底端均设有螺帽。

6. 根据权利要求1所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述石英晶片凹槽距离石英晶片(5)顶端的厚度为 $16\mu\text{m}$ - $30\mu\text{m}$,石英晶片(5)的基本频率范围为 30MHz - 100MHz 。

7. 根据权利要求1所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述密封垫片(3)的厚度为 $100\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求2所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述封盖(4)的材料为石英玻璃或有机玻璃,所述中间层(2)的材料为石英玻璃或有机玻璃,所述底座(1)的材料也为石英玻璃或有机玻璃。

9. 根据权利要求1所述的石英晶体微天平检测装置,其特征在于,所述中心通孔为(13)两端为半圆形中间为矩形的长通孔。

石英晶体微天平检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及传感检测技术领域,尤其涉及一种石英晶体微天平检测装置。

背景技术

[0002] 石英晶体微天平(Quartz Crystal Microbalance, QCM)是一种基于晶片表面附着质量变化导致谐振频率的变化而检测微量物质的传感器,具有灵敏度高、结构简单、成本低,特别是不需要样品标记等优点,在生物、化学等领域作为检测、分析的工具得到了广泛的应用。石英晶体微天平是由 AT 切的石英晶片以及固定在晶片两面的金属激励电极组成的。激励电极一般由两个分别焊接在晶片两面的管座引脚导出,连接到测试仪器或谐振电路上。

[0003] 把石英晶体微天平与流动注射分析技术相结合能够实现实时、快速的检测、分析,并且节省被测样品量。其技术关键为流通池的设计、制作,要求即能固定、密封石英晶片,又能导出固定在石英晶片两面的金属激励电极,同时又不能损害石英晶片的谐振特性。

[0004] 目前,市场常用的微天平基本频率为 5 MHz 或 10 MHz,其晶片厚度为 0.33 mm 或 0.17 mm,直径为 15 mm 左右。石英晶体微天平作为质量传感器使用,是基于公知的 Sauerbrey 方程,对于相同单位面积的质量变化,其频率变化与基本频率的平方成正比。因此,提高石英晶体谐振器的基本频率可以提高其质量-频率灵敏度。工作于厚度剪切振动模式的 AT 切石英晶体谐振器的基本频率与其厚度成反比。因此,可以通过消薄石英晶片的厚度,提高其基本谐振频率,从而提高其质量-频率灵敏度。同时,晶片厚度的减小又可以缩小必要的激励电极面积,即平面尺寸的缩小。同时实现石英晶体微天平的高频化和小型化。

[0005] 1993 年, Zuxuan Lin 等人(Anal. Chem. 1993, 65, 1546-1551)设计、制作了基本频率为 30 MHz 的石英晶体谐振器,并成功应用于石英晶体微天平。其石英晶体谐振器采用反台阶结构,石英晶片的中心区域厚度被腐蚀、减薄作为谐振器的振动区域,而周围仍保持晶片原来的厚度,从而维持必要的机械强度便于装夹以及激励电极的导出。从此,基于反台阶结构的高频石英晶体微天平在科研中得到广泛的重视。

[0006] QCM 晶片的表面需镀上金属电极,然而金属电极的厚度及直径大小往往会直接影响 QMC 的性能,甚至某些不合理的尺寸会导致晶片振动的强耦合,大大降低 QMC 的测量精度。因此如何抑制耦合是 QMC 结构设计中的一个重要问题。

[0007] 2005 年, Monika Michalzik 等人(Sens. Actuators A 2005, 111-112, 410-415)利用 PDMS 材料制作微流通池,组成高频小型的石英晶体微天平系统,并成功应用到免疫传感器。但是其设计流通池的流通池只能一次使用,并且对组装的要求很高。2009 年, Brigitte P. Sagmeister 等人(Biosens. Bioelectron. 2009, 24, 2643-2648)设计、制作了一个用于高频石英晶体微天平的,可以重复使用的流通池。但其结构过于复杂,并且对石英晶体谐振器的振动品质因数(Q 值)的影响很大。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题在于,对石英晶片上电极的布置、电极的结构进行优化设计,以抑制耦合;针对现有技术中石英晶体微天平流通池不能重复使用、对组装的要求很高以及流通池结构过于复杂等上述缺陷,提供一种具有可以重复使用、结构简单且具有稳定性能的流通池的石英晶体微天平检测装置;本发明还实现了对石英晶体微天平的高频小型化,提高了其质量-频率灵敏度,可以完成对小分子或痕量物质的检测,且所需待检测物的最小样品量小。

[0009] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种石英晶体微天平检测装置,包括中间层、密封垫片、封盖和石英晶片;

所述中间层中心设有中间层凹槽,所述中间层凹槽底端设有左探头通孔和右探头通口;

所述封盖上设有进样口和出样口;

所述密封垫片上设有中心通孔,该中心通孔与所述封盖上的进样口和出样口相连通;

所述石英晶片位于所述中间层凹槽内,且在石英晶片底端中心设有一个开口向下的石英晶片凹槽;所述石英晶片凹槽底端分别设有左电极和右电极;

所述密封垫片位于所述封盖和中间层之间,所述封盖和中间层可拆分连接,且石英晶片的上表面也与硅胶垫片相连;所述左电极由左弹簧针探头穿过左探头通孔引出,右电极由右弹簧针探头穿过右探头通孔引出;

所述中心通孔位于所述石英晶片上表面内且中心通孔的面积大于石英晶片凹槽的面积。

[0010] 在所述的中间层下端还螺栓连接有一底座,在该底座上设有与所述左探头通孔和右探头通口连通的两个通孔。

[0011] 所述中心通孔为两端为半圆形中间为矩形的长通孔。

[0012] 石英晶片位于所述中间层凹槽内,且在石英晶片底端中心设有一个开口向下的石英晶片凹槽;石英晶片凹槽底端分别设有左电极和右电极;

硅胶垫片上下两面分别与封盖和中间层相连,且石英晶片的上表面也与硅胶垫片相连;进样口和出样口均与中心长通孔相连通;左电极由左弹簧针探头穿过左探头通孔引出,右电极由右弹簧针探头穿过右探头通孔引出;

中心长通孔的横截面积大于石英晶片凹槽的横截面积,且小于石英晶片上表面的表面积。

[0013] 在本发明所述技术方案中,石英晶片即石英晶体微天平,采用湿法刻蚀工艺制作而成。石英晶体微天平的中心区域被腐蚀、减薄形成开口向下的石英晶片凹槽,该石英晶片凹槽作为谐振器的振动区域;因为谐振器的振动区域厚度变薄,其基本谐振频率提高,又因为石英晶体微天平的频率变化与基本谐振频率的平方成正比,故石英晶体微天平的频率变化增大,从而使得其质量-频率灵敏度提高,可以完成小分子、痕量物质的检测。除此之外,在石英晶片凹槽周围仍保持原来的厚度,从而维持必要的机械强度便于装夹以及激励电极的引出。与此同时,石英晶片厚度的减小又可以缩小必要的激励电极面积,故在实现石英晶体微天平高频化的同时,还实现了石英晶体微天平的小型化。

[0014] 在本发明所述技术方案中,硅胶垫片上下两面分别与封盖和中间层相连,封盖上

的进样口和出样口均与硅胶垫片上的中心长通孔相连通,中间层上的探头通孔与底座上的探头通孔相连通,故封盖、中间层、硅胶垫片和底座就形成一个流通池,该流通池结构简单,性能稳定,且易于装卸;另外,在本发明所述技术方案中,中心长通孔的位置与进样口和出样口的位置相对应,且其截面面积大于石英晶片凹槽的截面面积,而小于石英晶片上表面的表面积,故中心长通孔的截面面积即为流通池的实际有效表面积,中心长通孔的深度即为流通池的有效深度,因此石英晶体微天平小型化的实现也使得本发明所述流通池的体积变小,这就决定了在检测时所需的最小样品量变少,这对于贵重或有毒物品的检测具有重大意义。

[0015] 在本发明所述技术方案中,左电极由左弹簧针探头穿过左探头通孔引出,右电极由右弹簧针探头穿过右探头通孔引出,与传统焊接方式相比,这种采用弹簧针探头的接触电极引出方式可以节省所需要的晶片面积,有利于石英晶片的小型化,降低了单个石英谐振器的成本,同时又有利于石英晶片在装夹到流通池之前的表面清洗以及功能性吸附膜的修饰等。

[0016] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,石英晶片的两个电极均设置在石英晶片的下表面,即凹槽面,在石英晶片凹槽的两侧分别引出左电极和右电极,这样的电极设置易于流通池的安装,且抑制了晶片振动的耦合,性能稳定。

[0017] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,石英晶片的厚度大于中间层凹槽的深度,且其上表面的表面积比中间层凹槽的横截面积小。中间层凹槽用于安放石英晶片,并完成对石英晶片的定位。

[0018] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,中心长通孔的两端为半圆形,中间为矩形。

[0019] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,封盖左右两端还分别设有第一封盖通孔和第二封盖通孔,硅胶垫片左右两端分别设有第一硅胶通孔和第二硅胶通孔,中间层左右两端也分别设有第一中间层通孔和第二中间层通孔;封盖、硅胶垫片和中间层左右两端分别通过第一螺丝杆和第二螺丝杆固定在一起,其中,第一螺丝杆依次穿过相互连通的第一封盖通孔、第一硅胶通孔和第一中间层通孔,第二螺丝杆依次穿过相互连通的第二封盖通孔、第二硅胶通孔和第二中间层通孔;第一螺丝杆和第二螺丝杆底端均设有螺帽。中间层纵向方向上的上下两端分别设有第三中间层通孔和第四中间层通孔,底座纵向方向上的上下两端也分别设有第一底座通孔和第二底座通孔;中间层和底座上下两端分别通过第三螺丝杆和第四螺丝杆固定在一起,其中,第三螺丝杆依次穿过相互连通的第三中间层通孔和第一底座通孔,第四螺丝杆依次穿过相互连通的第四中间层通孔和第二底座通孔;第三螺丝杆和第四螺丝杆底端均设有螺帽。这样就使得封盖、硅胶垫片和中间层,中间层和底座之间是通过螺丝杆可拆卸连接的,当石英晶片不能再使用时,可以拆开由封盖、硅胶垫片、中间层和底座构成的流通池,更换新的石英晶片,这样就证明了本发明所述石英晶体微天平检测装置中的流通池可以重复使用,降低了成本。

[0020] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,石英晶片凹槽距离石英晶片顶端的厚度为 $16\mu\text{m}$ – $30\mu\text{m}$,石英晶片的基本频率范围为 30MHz – 100 MHz 。石英晶片谐振区域厚度为 $16\mu\text{m}$ – $30\mu\text{m}$,一方面有利于所述石英晶体微天平的小型化,另一方面也保证了所述石英晶体微天平的高频化,故石英晶片的基本频率范围能达到 30MHz – 100 MHz ,提高了所述石英晶体

微天平检测装置的质量-频率灵敏度,可以完成对小分子或痕量物质的检测。

[0021] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,硅胶垫片的厚度为 $100\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。硅胶垫片的厚度决定了流通池的体积,如若硅胶垫片的厚度小于 $100\mu\text{m}$,则流通池的体积太小,会使得检测液流动困难,如若硅胶垫片的厚度大于 $1000\mu\text{m}$,则会导致流通池的体积过大,也使得检测所需的最小样品量变大,造成浪费。故硅胶垫片的厚度范围为 $100\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$,能在顺利完成对待检测物进行检测的基础上,保证所需待检测物的最小样品量比较小。

[0022] 作为对本发明所述技术方案的一种改进,封盖的材料为石英玻璃或有机玻璃,中间层的材料为石英玻璃或有机玻璃,底座的材料也为石英玻璃或有机玻璃。石英玻璃和有机玻璃都具有高度透明性等优点,故采用石英玻璃或有机玻璃作为封盖和底座的材料,这样有利于对检测过程进行观察。

[0023] 另外,在本发明所述技术方案中,凡未作特别说明的,均可通过采用本技术领域中的常规技术来实现本技术方案。

[0024] 本发明的有益效果是提供了一种石英晶体微天平检测装置,通过底座、中间层、石英垫片和封盖组成的流通池结构,具有方便装卸、可重复利用、结构简单以及性能稳定等优点,实现了对石英晶体微天平的高频小型化,提高了其质量-频率灵敏度,可以完成对小分子或痕量物质的检测,且所需待检测物的最小样品量小。

附图说明

[0025] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

图1 是本发明石英晶体微天平检测装置的主视图;

图2 是本发明石英晶体微天平检测装置的左视图;

图3 是石英晶片的结构示意图;

图4 是石英晶片的俯视图;

图5 是石英晶片的主视图;

图6 是硅胶垫片的结构示意图;

图中:1 为底座,2 为中间层,3 为硅胶垫片,4 为封盖,5 为石英晶片,6 为凹槽,7 为进样口,8 为出样口,9 为左探头通孔,10 为右探头通孔,11 为第一硅胶通孔,12 为第二硅胶通孔,13 为中心长通孔,14 为左弹簧针探头,15 为右弹簧针探头,16 为左电极,17 为右电极,18 为第一螺丝杆,19 为第二螺丝杆,20 为第三螺丝杆,21 为第四螺丝杆。

具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0027] 本发明优选实施例如下:

如图1和图2所示,包括底座1、中间层2、硅胶垫片3、封盖4和石英晶片5;其中,底座1上设有左探头通孔9和右探头通孔10,其上下两端设有第一底座通孔和第二底座通孔;中间层2中心设有中间层凹槽6,中间层凹槽6底端设有左探头通孔9和右探头通孔10,其上下左右四个方向还分别设有一个中间层通孔;封盖4上设有进样口7和出样口8,其左右

两端设有第一封盖通孔和第二封盖通孔 ;如图 3、图 4 和图 5 所示,石英晶片 5 位于所述中间层凹槽 6 内,且在石英晶片底端中心设有一个开口向下的石英晶片凹槽,且在石英晶片凹槽底端分别设有左电极 16 和右电极 17,且石英晶片的上表面涂覆着一层感应膜 ;如图 6 所示,硅胶垫片 3 的左右两端分别设有第一硅胶通孔 11 和第二硅胶通孔 12,还设有中心长通孔 13 ;其中,中心长通孔 13 的横截面积大于石英晶片凹槽的横截面积,且小于石英晶片 5 上表面的表面积。

[0028] 硅胶垫片 3 上下两面分别与封盖 4 和中间层 2 相连,石英晶片 5 位于中间层凹槽 6 内,且石英晶片的上表面也与硅胶垫片 3 相连,其中,石英晶片 5 的厚度大于中间层凹槽 6 的深度,且其上表面的表面积比中间层凹槽 6 的横截面积小 ;进样口 7 和出样口 8 均与中心长通孔 13 相连通 ;左电极 16 由左弹簧针探头 14 穿过左探头通孔 9 引出,右电极 17 由右弹簧针探头 15 穿过右探头通孔 10 引出。

[0029] 封盖 4、硅胶垫片 3 和中间层 2 左右两端分别通过第一螺丝杆 18 和第二螺丝杆 19 固定在一起,其中,第一螺丝杆 18 依次穿过相互连通的第一封盖通孔、第一硅胶通孔 11 和第一中间层通孔,第二螺丝杆 19 依次穿过相互连通的第二封盖通孔、第二硅胶通孔 12 和第二中间层通孔 ;第一螺丝杆 18 和第二螺丝杆 19 底端均设有螺帽。中间层 2 和底座 1 上下两端分别通过第三螺丝杆 20 和第四螺丝杆 21 固定在一起,其中,第三螺丝杆依 20 次穿过相互连通的第三中间层通孔和第一底座通孔,第四螺丝杆 21 依次穿过相互连通的第四中间层通孔和第二底座通孔 ;第三螺丝杆 20 和第四螺丝杆 21 底端均设有螺帽。

[0030] 在本实施例中,石英晶片凹槽距离石英晶片 5 顶端的厚度为 $16\mu\text{m}$ – $30\mu\text{m}$,石英晶片 5 的基本频率范围为 30MHz – 100MHz ;硅胶垫片 3 的厚度为 $100\mu\text{m}$ – $1000\mu\text{m}$;封盖 4、中间层 2 和底座 1 均是采用石英玻璃或有机玻璃制成。

[0031] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

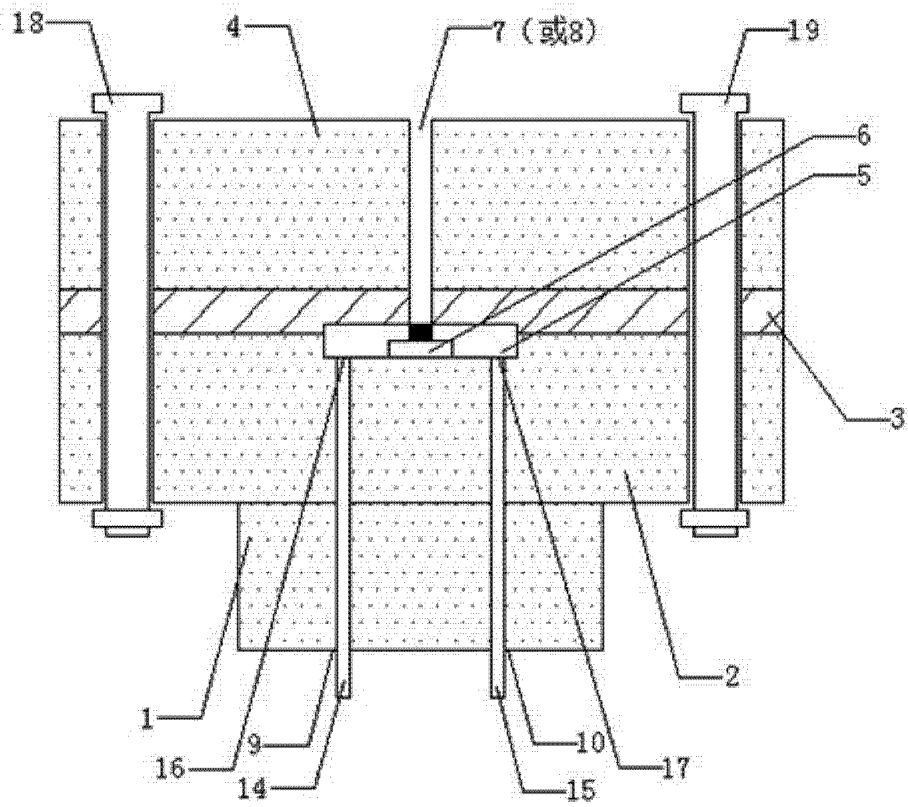


图 1

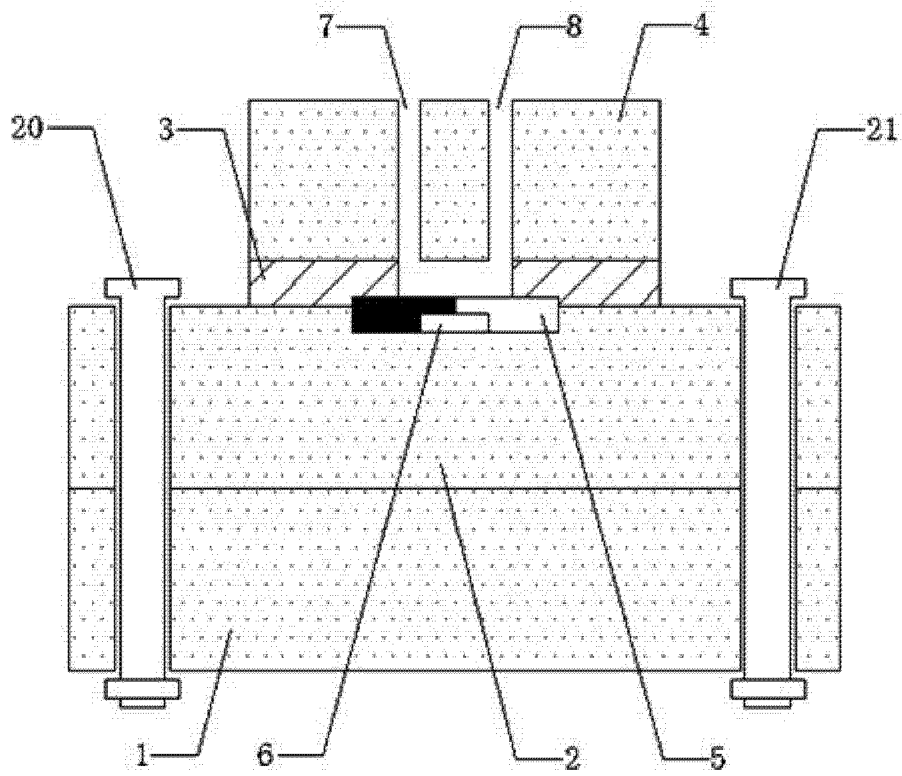


图 2

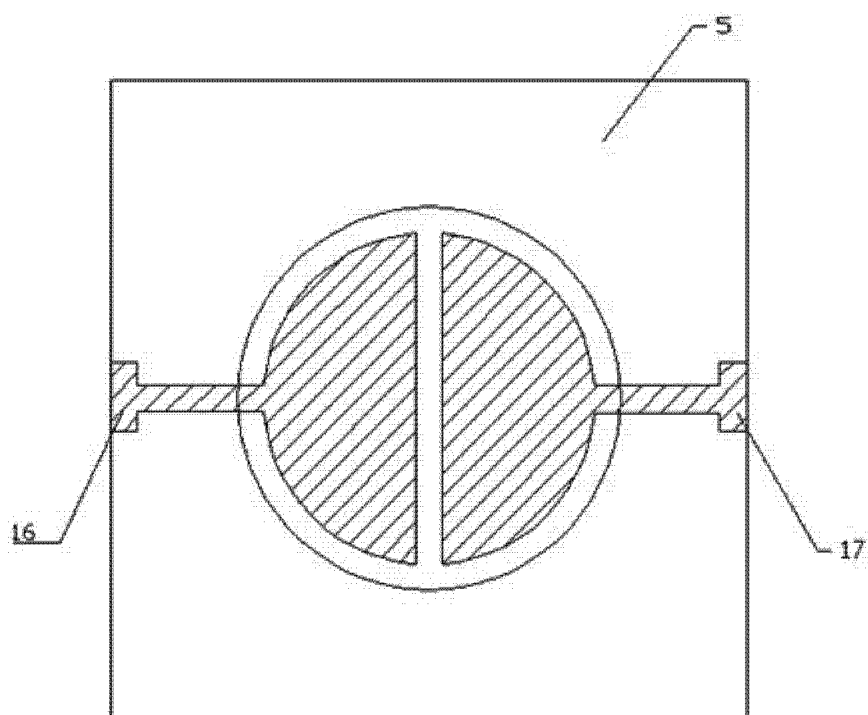


图 3

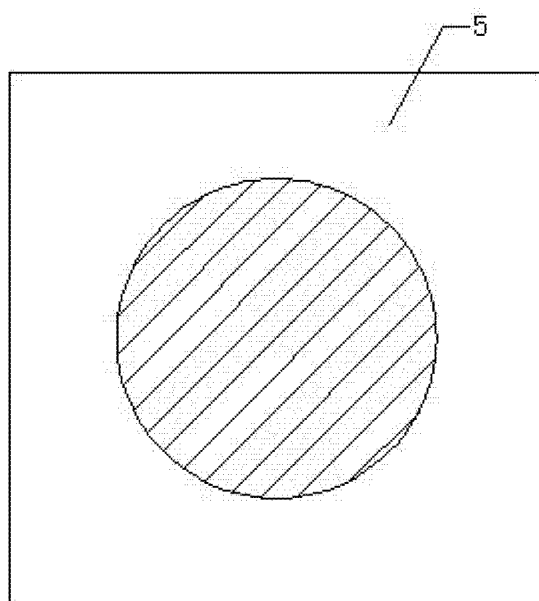


图 4

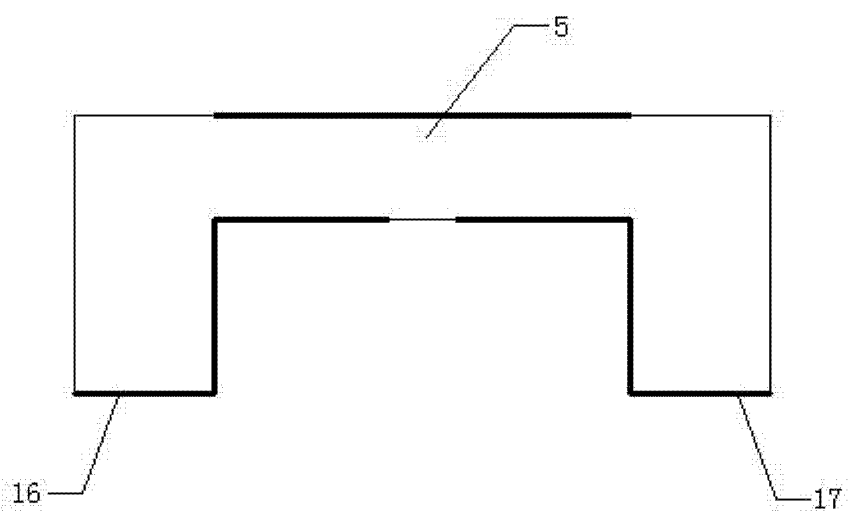


图 5

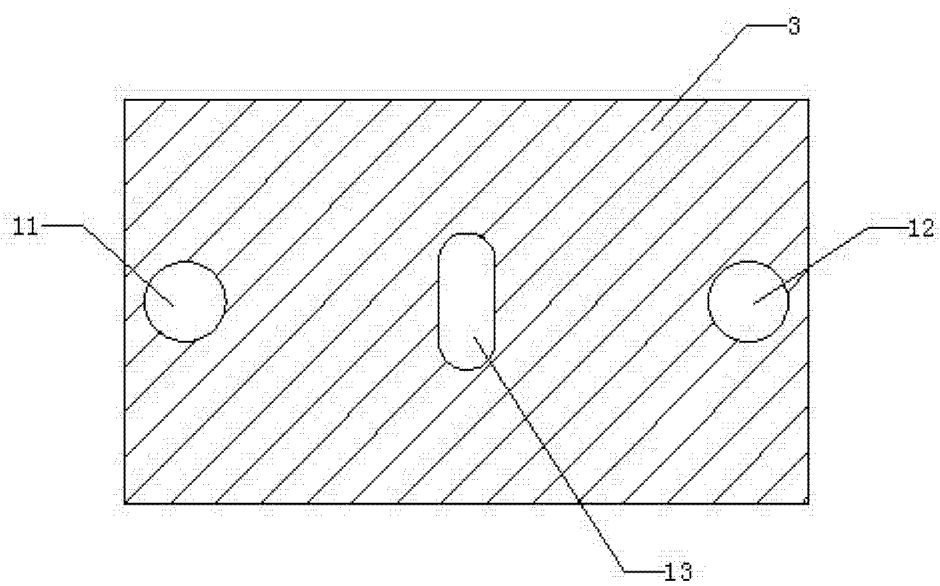


图 6