



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103573576 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201310597265. X

(22) 申请日 2013. 11. 21

(71) 申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段  
111 号

(72) 发明人 永远 李强

(74) 专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所  
(普通合伙) 51227

代理人 李顺德 王睿

(51) Int. Cl.

F04B 19/00 (2006. 01)

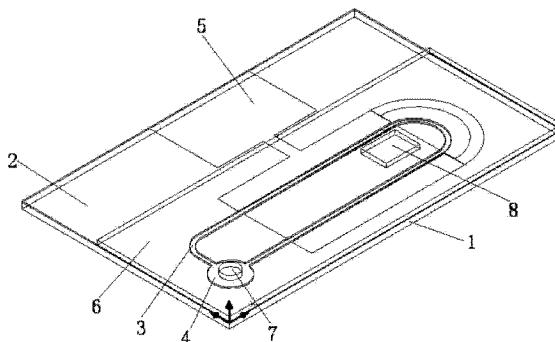
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

磁流体力学微泵

(57) 摘要

本发明公开了一种尺寸较小、可与便携式芯片集成的磁流体力学微泵。该磁流体力学微泵，包括基底，所述基底的下表面设置有平面型电磁铁，所述基底的上表面设置有基体，所述基体上刻蚀有微通道以及与微通道连通的储液池，在微通道的两侧设置有电极，所述电极溅射在基体的上表面，还包括用于将微通道密封的封装层，所述封装层上设置有注液口和电极接入孔。该磁流体力学微泵由于采用平面型电磁铁来产生磁场，代替了现有的三维电磁铁作为磁场源，从而使得制作的磁流体力学微泵的尺寸较小，更容易实现微型化，可与便携式芯片集成，而且，平面型电磁铁的加工更为简单，降低了磁流体力学微泵的加工制作成本。适合在非机械式微泵领域推广应用。



1. 磁流体力学微泵，其特征在于：包括基底(1)，所述基底(1)的下表面设置有平面型电磁铁，所述基底(1)的上表面设置有基体(2)，所述基体(2)上刻蚀有微通道(3)以及与微通道(3)连通的储液池(4)，在微通道(3)的两侧设置有电极(5)，所述电极(5)溅射在基体(2)的上表面，还包括用于将微通道(3)密封的封装层(6)，所述封装层(6)上设置有用于将液体注入储液池(4)的注液口(7)和电极接入孔(8)。

2. 如权利要求1所述的磁流体力学微泵，其特征在于：在基底(1)的下表面设置平面电磁线圈(9)形成所述的平面型电磁铁。

3. 如权利要求2所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述基底(1)的下表面沉积有绝缘层，所述绝缘层上开有通孔(10)，所述通孔(10)位于平面电磁线圈(9)的中心，所述绝缘层上表面沉积有磁轭结构(11)，所述磁轭结构(11)在所述通孔(10)处与平面电磁线圈(9)的中心电接触。

4. 如权利要求3所述的磁流体力学微泵，其特征在于：在绝缘层的上表面沉积镍层形成所述的磁轭结构(11)。

5. 如权利要求4所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述绝缘层采用二氧化硅制成。

6. 根据权利要求1至5中任意一项权利要求所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述封装层(6)采用聚二甲基硅氧烷制成。

7. 如权利要求6所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述封装层(6)的厚度为10～40 μm。

8. 如权利要求7所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述电极(5)与基体(2)的上表面之间沉积有钛层。

9. 如权利要求8所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述基体(2)采用SU-8光刻胶制成。

10. 如权利要求9所述的磁流体力学微泵，其特征在于：所述电极(5)为金电极。

## 磁流体力学微泵

### 技术领域

[0001] 本发明涉及非机械式微泵领域,具体涉及一种磁流体力学微泵。

### 背景技术

[0002] 随着 MEMS 技术的成熟,微型化器件的制作成本逐渐降低,并且能够在同一芯片上集成多种功能的元器件,从而使得微型化器件越来越受到使用者的欢迎。微流体器件广泛应用于分析化学、医疗诊断、药物缓释、基因组学、蛋白质组学等研究领域,具有试剂用量少、污染物排放低、化学反应速度快、精确控制反应、便携性等优点。从 2005 年至 2011 年,微流体领域的市场值以每年 16% 的速度增长,截止 2011 年,整个微流体器件的市场值已经达到 50 亿欧元。微泵作为微流体器件的重要组成部分,其作用是实现流体的定量传输,从而使得在同一芯片上实现样品的流动、混合、分离、分析检测等功能。随着微流体器件领域的快速发展,微泵将占据巨大的市场价值。

[0003] 微泵可分为机械类和非机械类两种。早期的微泵属于机械类微泵,是对宏观的机械泵的微型化。有阀机械类微泵存在着由于止回阀进口和出口端两侧具有高的压降,而引起阀门的磨损和疲劳问题。磨损和疲劳问题限制了机械类微泵的使用领域和使用寿命。无阀机械式微泵利用可移动的隔膜进行液体的抽吸,如压电晶体微泵、热气动微泵、静电微泵等。压电晶体微泵已经广泛地应用于生物医学领域,如药物缓释,定点治疗领域。但是压电晶体要求较高的驱动电压。静电微泵能够产生较高的流量,但是也需要较高的驱动电压。热气动微泵需要制作微型的加热器,并且抽吸效率较低。非机械类微泵不具有可移动部分,通常利用在宏观条件下忽视的微观效应,如毛细管效应、电湿润效应等。由于非机械类微泵的流量范围较小,通常在  $\mu\text{l}/\text{min} \sim \text{ml}/\text{min}$  范围,并且不存在微泵的磨损问题,不会对生物样品产生影响,因此非常适用于微流体系统领域,适用于生化药品的分析检测。目前常见的非机械类微泵有电渗微泵、电湿润微泵、磁流体力学微泵、气泡微泵、毛细管微泵等。已经实现商业化的主要是电渗微泵,但是电渗微泵只能抽吸导电性较低的溶液,并且需要较高的驱动电压。电湿润微泵、气泡微泵的加工较为复杂,成本较高。毛细管微泵产生的流量较小,仅适用于极微量的样品分析。磁流体力学是研究导电液体与电磁场相互作用的一门学科。最初,在等离子物理研究领域,磁流体力学广泛应用于抽吸和控制金属液体。磁流体力学微泵利用洛伦兹力作为抽吸机制。相比于其他的非机械类微泵,磁流体力学微泵具有驱动电压较小、加工过程简单、实现对液体的双向驱动、能够用于抽吸中等程度的导电液体,能够产生连续的流动,可用于抽吸生物样品,并能够与其他微流体器件进行集成等优点,可以广泛应用于化学领域、生物应用领域、微电子冷却等领域。磁流体力学微泵可分为直流型与交流型两种方式,直流型结构存在电解质溶液的电解问题和电极的降解问题。由于电解现象的存在,使得通道内产生大量气泡,从而增加了液体流动阻力。另外,电极的降解使得直流型磁流体力学微泵的使用寿命降低。目前的改进方法是采用氧化还原型溶液作为电解质溶液,从而在电极位置实现可逆的电化学反应。然而这种方法需要高浓度的氧化还原电解质溶液,从而对后期样品的检测产生较大干扰。采用交流方式的磁流体力学微泵可以有效解

解决电解及电极降解的问题。通过同时对电极和电磁铁施加交流电压，实现流体的定向流动。

[0004] 磁流体力学微泵一般都是在微通道底部直接安装制作电磁铁结构，从而使通道内具有较强的磁场强度。现有的磁流体力学微泵的电磁铁结构通常都是采用三维电磁铁，而三维电磁铁体积较大，这就使得磁流体力学微泵尺寸较大，不容易实现微型化，不可以与便携式芯片集成，而且三维电磁铁加工复杂，也使得磁流体力学微泵的加工制作成本较高。

## 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种尺寸较小、可与便携式芯片集成的磁流体力学微泵。

[0006] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案是：该磁流体力学微泵，包括基底，所述基底的下表面设置有平面型电磁铁，所述基底的上表面设置有基体，所述基体上刻蚀有微通道以及与微通道连通的储液池，在微通道的两侧设置有电极，所述电极溅射在基体的上表面，还包括用于将微通道密封的封装层，所述封装层上设置有用于将液体注入储液池的注液口和电极接入孔。

[0007] 进一步的是，在基底的下表面设置平面电磁线圈形成所述的平面型电磁铁。

[0008] 进一步的是，所述基底的下表面沉积有绝缘层，所述绝缘层上开有通孔，所述通孔位于平面电磁线圈的中心，所述绝缘层上表面沉积有磁轭结构，所述磁轭结构在所述通孔处与平面电磁线圈的中心电接触。

[0009] 进一步的是，在绝缘层的上表面沉积镍层形成所述的磁轭结构。

[0010] 进一步的是，所述绝缘层采用二氧化硅制成。

[0011] 进一步的是，所述封装层采用聚二甲基硅氧烷制成。

[0012] 进一步的是，所述封装层的厚度为  $10 \sim 40 \mu\text{m}$ 。

[0013] 进一步的是，所述电极与基体的上表面之间沉积有钛层。

[0014] 进一步的是，所述基体采用 SU-8 光刻胶制成。

[0015] 进一步的是，所述电极为金电极。

[0016] 本发明的有益效果：该磁流体力学微泵由于采用平面型电磁铁来产生磁场，代替了现有的三维电磁铁作为磁场源，从而使得制作的磁流体力学微泵的尺寸较小，更容易实现微型化，可与便携式芯片集成，而且，平面型电磁铁的加工更为简单，降低了磁流体力学微泵的加工制作成本，另外，本发明的电极设置在微通道的两侧，并且垂直于通道底部，使得两电极间形成均匀的电场，从而电场与磁场相互作用产生的洛伦兹力指向微通道的长度方向，极大限度地降低了由于洛伦兹力方向的分散导致的流体扰动，从而具备良好的抽吸效率。

## 附图说明

[0017] 图 1 为本发明磁流体力学微泵的三维结构示意图；

[0018] 图 2 为本发明磁流体力学微泵的电极结构示意图；

[0019] 图 3 为本发明磁流体力学微泵的基体结构示意图；

[0020] 图 4 为本发明磁流体力学微泵的封装层结构示意图；

[0021] 图 5 为本发明磁流体力学微泵的平面电磁线圈结构示意图；

[0022] 图 6 为本发明磁流体力学微泵的磁轭结构示意图；

[0023] 图中标记说明：基底 1、基体 2、微通道 3、储液池 4、电极 5、封装层 6、注液口 7、电极接入孔 8、平面电磁线圈 9、通孔 10、磁轭结构 11。

## 具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

[0025] 如图 1 至 6 所示，该磁流体力学微泵，包括基底 1，所述基底 1 的下表面设置有平面型电磁铁，所述基底 1 的上表面设置有基体 2，所述基体 2 上刻蚀有微通道 3 以及与微通道 3 连通的储液池 4，在微通道 3 的两侧设置有电极 5，所述电极 5 溅射在基体 2 的上表面，还包括用于将微通道 3 密封的封装层 6，所述封装层 6 上设置有用于将液体注入储液池 4 的注液口 7 和电极接入孔 8。该磁流体力学微泵由于采用平面型电磁铁来产生磁场，代替了现有的三维电磁铁作为磁场源，从而使得制作的磁流体力学微泵的尺寸较小，更容易实现微型化，可与便携式芯片集成，而且，平面型电磁铁的加工更为简单，降低了磁流体力学微泵的加工制作成本，另外，本发明的电极 5 设置在微通道 3 的两侧，并且垂直于通道底部，使得两电极 5 间形成均匀的电场，从而电场与磁场相互作用产生的洛伦兹力指向微通道 3 的长度方向，极大限度地降低了由于洛伦兹力方向的分散导致的流体扰动，从而具备良好的抽吸效率。

[0026] 为了便于加工制作平面型电磁铁，作为优选的方式是在基底 1 的下表面设置平面电磁线圈 9 形成所述的平面型电磁铁，所述平面电磁线圈 9 的排列呈矩阵排列，并且平面电磁线圈 9 的尺寸恒定，所述平面电磁线圈 9 可以采用铁磁性材料制作，也可以由铜线圈或银线圈构成。

[0027] 进一步的是，所述基底 1 的下表面沉积有绝缘层，所述绝缘层上开有通孔 10，所述通孔 10 位于平面电磁线圈 9 的中心，所述绝缘层上表面沉积有磁轭结构 11，所述磁轭结构 11 在所述通孔 10 处与平面电磁线圈 9 的中心电接触。通过设置磁轭结构 11 可以增强平面电磁线圈 9 的磁场强度，进一步增大了电场与磁场相互作用产生的洛伦兹力，从而增大磁流体力学微泵的抽吸能力。

[0028] 为了使磁轭结构 11 能够最大限度的增强平面电磁线圈 9 的磁场强度，在绝缘层的上表面沉积镍层形成所述的磁轭结构 11，镍为顺磁性材料，其相对磁导率为 600，能够最大限度增强平面电磁线圈 9 产生的磁场强度，镍层通过磁控溅射的方法沉积在绝缘层的上表面。

[0029] 所述绝缘层可以采用现有的各种绝缘材料制成，为了保证较好的绝缘效果，所述绝缘层采用二氧化硅或光刻胶制成。

[0030] 所述封装层 6 采用聚二甲基硅氧烷制成，采用聚二甲基硅氧烷 PDMS 对微通道 3 进行密封，相比于玻璃，聚二甲基硅氧烷 PDMS 的硬度更低，有较好的机械柔韧性，当聚二甲基硅氧烷 PDMS 受到压力的作用时，由于其良好的柔韧性，能够对微通道 3 进行完整的密封，不存在死隙，从而保证良好的密封效果，另外，聚二甲基硅氧烷 PDMS 对光具有很好的透射性，因此方便通道内颗粒的检测，液体流动状况的监测。PDMS 预聚物和固化剂以 10:1 的比例混合，对 PDMS 混合物进行前期处理，需充分去除混合溶剂中的气体，以旋涂的方式在玻璃晶片表面制作 PDMS 薄层，经固化后，通过在薄层上打孔，制作出注液口 7 和电极接入孔 8，并将 PDMS 进行氧等离子体处理 70W, 75mtorr, 10s，使得表面为亲水性。

[0031] 在保证良好的密封效果的前提下,最大限度的降低成本,所述封装层 6 的厚度优选为  $10 \sim 40 \mu\text{m}$ 。

[0032] 为了增强电极与基体 2 之间的粘附性,所述电极与基体 2 的上表面之间沉积有钛层,所述钛层的厚度约为  $10\text{nm}$  即可。

[0033] 为了便于加工微通道 3,简化微加工流程,所述基体 2 采用 SU-8 光刻胶制成,由于 SU-8 光刻胶具有良好的机械性能及化学稳定性能,可以直接作为结构材料,从而简化微加工流程,在制作时只需在基底 1 上旋涂粘附剂,再旋涂 SU-8 光刻胶,进行特定图案的曝光显影过程,获得微通道 3 结构即可完成微通道 3 的加工制作,所述微通道 3 具有平滑的环形结构,减少了外部压力差的存在而造成的流速测量的干扰。

[0034] 另外,所述电极 5 可以采用铂电极、铝电极等,作为优选的是:所述电极 5 为金电极。所述金电极采用如下方式制作而成,先以磁控溅射的方法溅射沉积一层约  $200\text{nm}$  厚的金层,然后通过对准、光刻的方法对金层进行图形制作,包括电极结构和引线结构,从而获得电学性能、均匀性良好的侧壁电极。

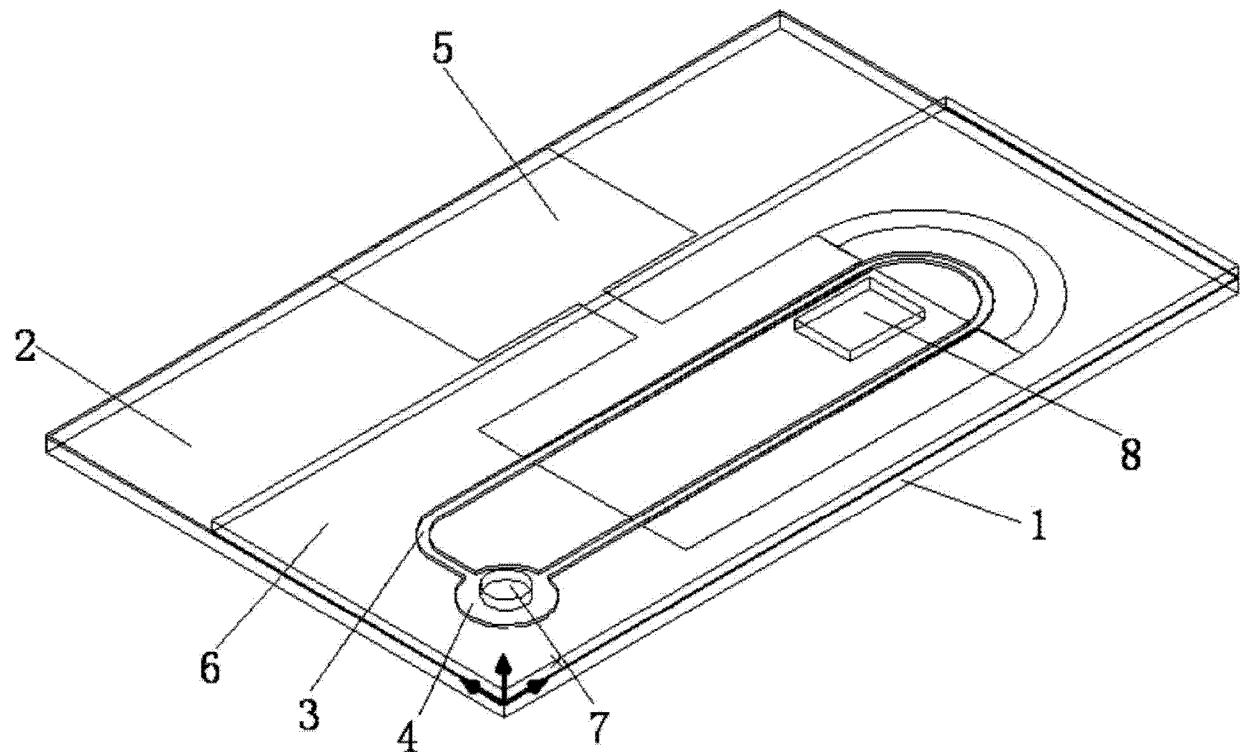


图 1

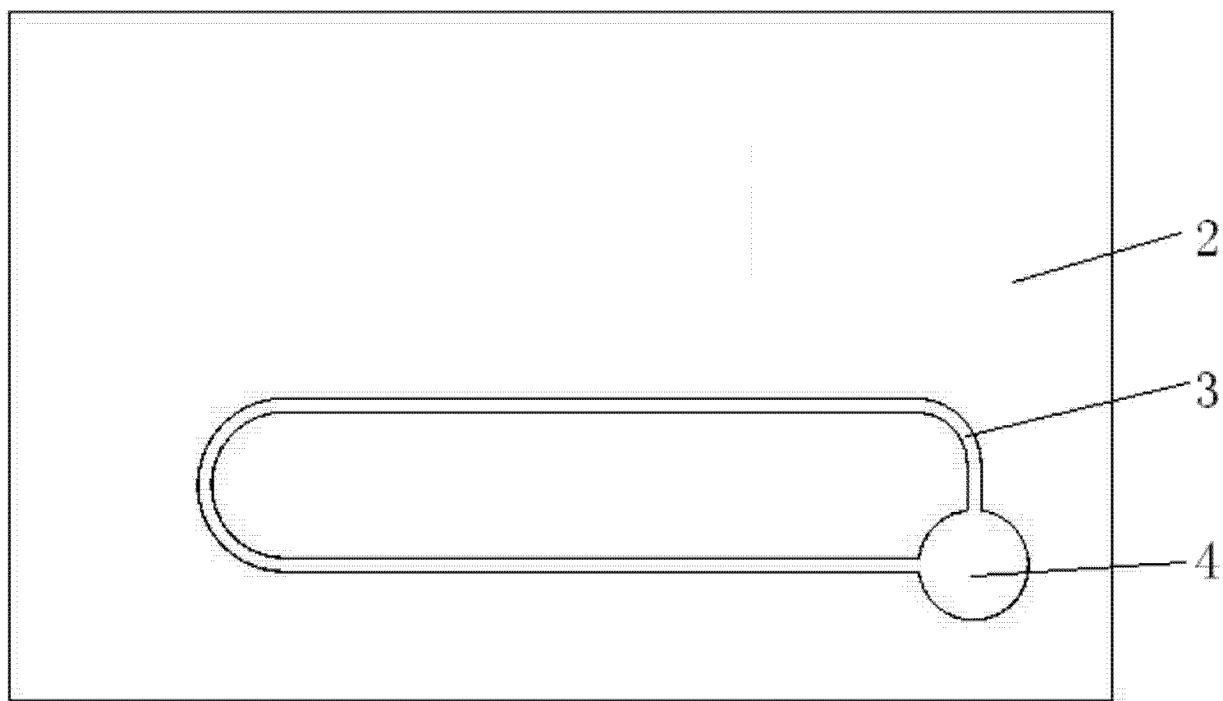


图 2

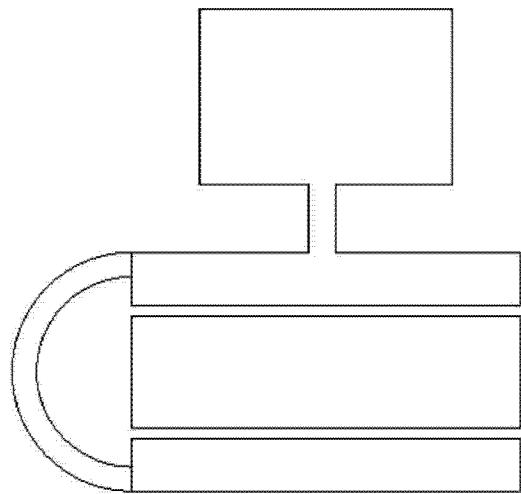


图 3

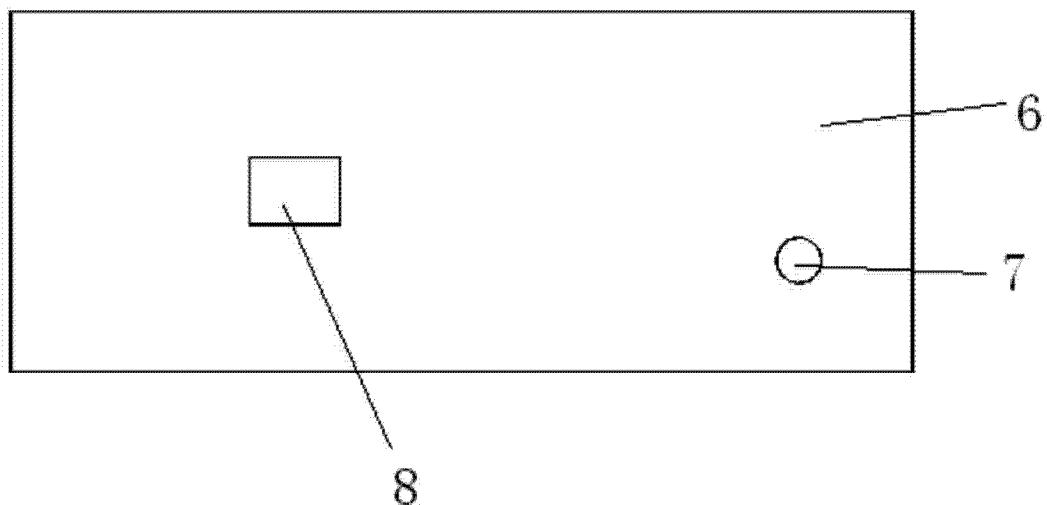


图 4

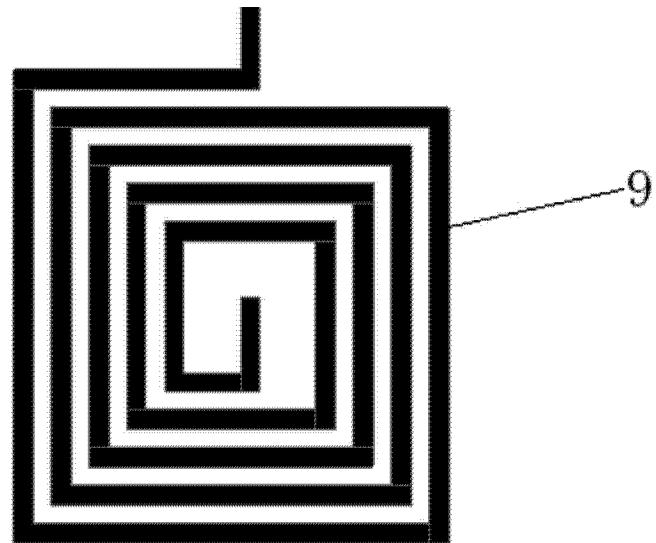


图 5

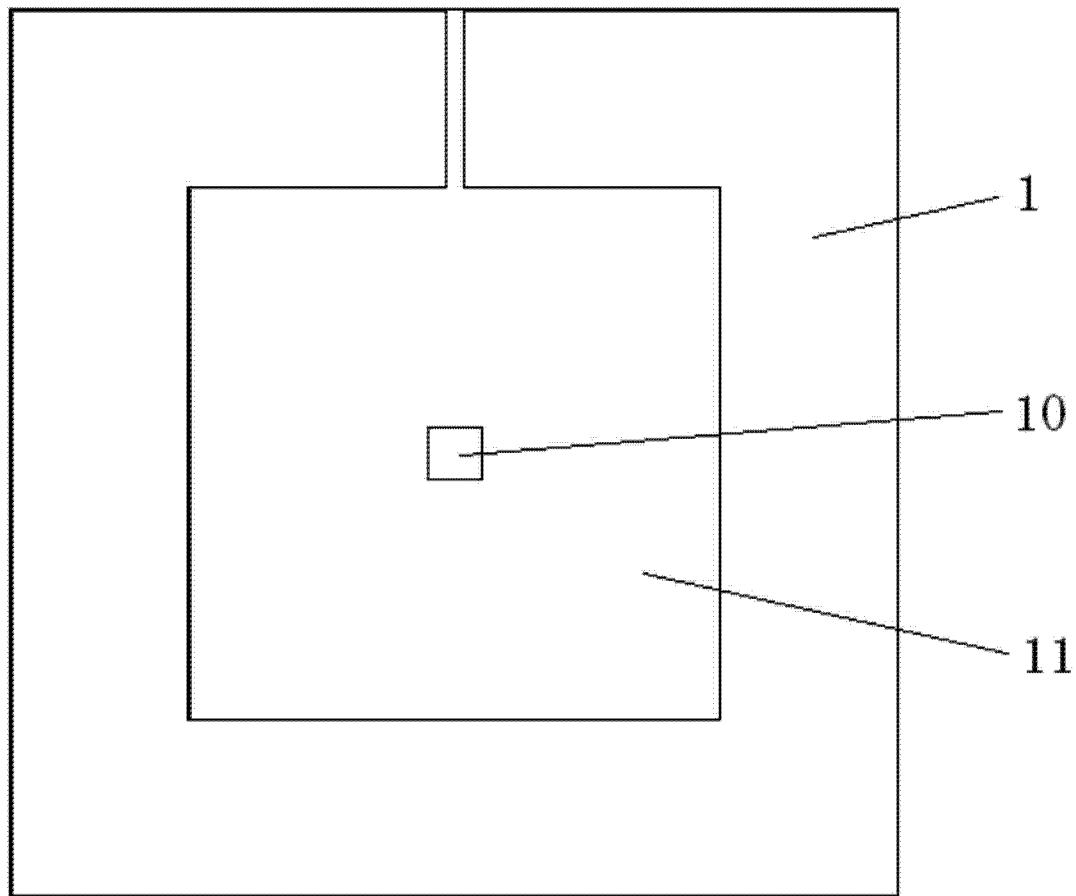


图 6