



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105413546 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201510930999.4

(22)申请日 2015.12.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105413546 A

(43)申请公布日 2016.03.23

(73)专利权人 沈阳理工大学

地址 110159 辽宁省沈阳市浑南新区南屏中路6号

(72)发明人 刘凤丽 郝永平

(74)专利代理机构 沈阳铭扬联创知识产权代理

事务所(普通合伙) 21241

代理人 吕敏

(51)Int.Cl.

B01F 13/00(2006.01)

B01F 3/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 104212180 A,2014.12.17,

CN 101108721 A,2008.01.23,全文.

CN 2874467 Y,2007.02.28,全文.

CN 103586093 A,2014.02.19,全文.

CN 102861526 A,2013.01.09,

US 2015258544 A1,2015.09.17,全文.

WO 2013176767 A1,2013.11.28,全文.

审查员 王文涓

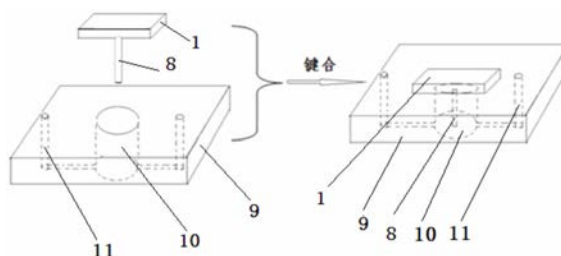
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种微流体混合工艺及混合装置

(57)摘要

一种微流体混合工艺及混合装置,属于微流体技术领域。采用磁性复合PDMS材料加工出垂直于载玻片上的混合器,然后利用键合工艺将混合器倒置于微流控芯片的反应腔内,形成整体混合微流控芯片,采用电磁铁驱动整体混合微流控芯片实现微流体混合。本发明采用单独加工混合器的方法,利用键合技术将其倒置于微流控芯片反应腔之上,实现从上至下的液体混合。单独加工微混合器不受反应腔内尺寸的限制,简化了工艺流程,键合技术也较为成熟和简单,成本明显降低。



1. 一种微流体混合工艺,其特征在于:采用磁性复合PDMS材料加工出垂直立于载玻片上的混合器,然后利用键合工艺将混合器倒置于微流控芯片的反应腔内,形成整体混合微流控芯片,采用电磁铁驱动整体混合微流控芯片实现微流体混合;所述混合器的制作工艺,包括如下步骤:

(1) 在载玻片上固定牺牲层沉积腔,将蜡加热融化后沉积在沉积腔内构成牺牲层;

(2) 在蜡尚未完全硬化前,采用螺口塑钢针头在牺牲层一侧扎1个或多个直径为 $\phi 520\mu\text{m}$ _ $\phi 820\mu\text{m}$ 的通孔,将牺牲层从载玻片上取下来,再采用直径为 $\phi 640\mu\text{m}$ _ $\phi 920\mu\text{m}$ 螺口塑钢针头在牺牲层的一侧扩孔,得到阶梯通孔;

(3) 将PDMS材料和微米级铁粉充分混合后形成磁性复合PDMS材料,将磁性复合PDMS材料装入医用注射器针管内,并在注射器末端安装比通孔直径小的外径为 $\phi 420\mu\text{m}$ _ $\phi 720\mu\text{m}$ 的螺口塑钢针头,将针头插入通孔,将注射器内的复合材料注入通孔;

(4) 磁性复合PDMS材料填充于通孔中,穿过通孔的磁性复合PDMS材料与载玻片接触并粘附于载玻片上,在室温下固化48小时以上;

(5) 将蜡融化去除牺牲层,即得到垂直立于载玻片上的混合器。

2. 根据权利要求1所述微流体混合工艺,其特征在于:所述牺牲层沉积腔面积为 $10\times 10\text{mm}$,厚度为2-6mm。

3. 根据权利要求1或2所述微流体混合工艺,其特征在于:所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,铁粉采用直径小于 $5\mu\text{m}$ 的微米级铁粉,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总的混合物重量的35%w/w-45%w/w。

4. 根据权利要求1所述微流体混合工艺,其特征在于:所述键合工艺是采用键合机将载有混合器的载玻片倒置并键合于微流控芯片的顶部,混合器置于微流控芯片的反应腔内。

5. 一种用于权利要求1所述微流体混合工艺的混合装置,其特征在于:包括微流控芯片、电磁铁、载玻片及混合器,所述混合器为磁性复合PDMS材料制成的固定在载玻片上的1个或多个柱形结构,带有混合器的载玻片倒置于微流控芯片上方,键合于微流控芯片顶部,载玻片上的混合器置于微流控芯片的反应腔内,形成整体混合微流控芯片,整体混合微流控芯片置于电磁铁顶部边缘。

6. 根据权利要求5所述微流体混合工艺的混合装置,其特征在于:所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉采用直径小于 $5\mu\text{m}$ 的微米级铁粉,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总的混合物重量的35%w/w-45%w/w。

一种微流体混合工艺及混合装置

技术领域

[0001] 本发明属于微流体技术领域,特别是涉及一种微流体混合工艺及混合装置。

背景技术

[0002] 现有的微流控芯片反应腔内的主动式混合器都是立于腔底,从下至上混合液体。现有的工艺方法有的是采用在反应腔底扎孔填充材料,但该方法容易产生液体的泄露;或采用光刻技术,在加工微流控芯片的同时,在反应腔底部直接加工出微米级混合器,但由于尺寸的限制该方法较难实现。

发明内容

[0003] 针对上述存在的技术问题,本发明提供一种微流体混合工艺及混合装置,它在单独加工微混合器时,不受反应腔内尺寸的限制,简化了工艺流程;能够实现从上至下的液体混合。并且降低整个工艺的成本。

[0004] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0005] 本发明一种微流体混合工艺,采用磁性复合PDMS材料加工出垂直立于载玻片上的混合器,然后利用键合工艺将混合器倒置于微流控芯片的反应腔内,形成整体混合微流控芯片,采用电磁铁驱动整体混合微流控芯片实现微流体混合。

[0006] 进一步地,所述混合器的制作工艺,包括如下步骤:

[0007] (1) 在载玻片上固定牺牲层沉积腔,将蜡加热融化后沉积在沉积腔内构成牺牲层;

[0008] (2) 在蜡尚未完全硬化前,采用螺口塑钢针头在牺牲层一侧扎1个或多个直径为 $\phi 520\mu\text{m}$ — $\phi 820\mu\text{m}$ 的通孔,将牺牲层从载玻片上取下来,再采用直径为 $\phi 640\mu\text{m}$ — $\phi 920\mu\text{m}$ 螺口塑钢针头在牺牲层的一侧扩孔,得到阶梯通孔;

[0009] (3) 将PDMS材料和微米级铁粉充分混合后形成磁性复合PDMS材料,将磁性复合PDMS材料装入医用注射器针管内,并在注射器末端安装比通孔直径小的外径为 $\phi 420\mu\text{m}$ — $\phi 720\mu\text{m}$ 的螺口塑钢针头,将针头插入通孔,将注射器内的复合材料注入通孔;

[0010] (4) 磁性复合PDMS材料填充于通孔中,穿过通孔的磁性复合PDMS材料与载玻片接触并粘附于载玻片上,在室温下固化48小时以上;

[0011] (5) 将蜡融化去除牺牲层,即得到垂直立于载玻片上的混合器。

[0012] 进一步地,所述牺牲层沉积腔面积为 $10\times 10\text{mm}$,厚度为2—6mm。

[0013] 进一步地,所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,铁粉采用直径小于 $5\mu\text{m}$ 的微米级铁粉,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总混合物重量的35%w/w—45%w/w。

[0014] 进一步地,所述键合工艺是采用键合机将载有混合器的载玻片倒置并键合于微流控芯片的顶部,混合器置于微流控芯片的反应腔内。

[0015] 本发明所述微流体混合工艺的混合装置,包括微流控芯片、电磁铁、载玻片及混合器,所述混合器为磁性复合PDMS材料制成的固定在载玻片上的1个或多个柱形结构,带有混

合器的载玻片倒置于微流控芯片上方,键合于微流控芯片顶部,载玻片上的混合器置于微流控芯片的反应腔内,形成整体混合微流控芯片,整体混合微流控芯片置于电磁铁顶部边缘。

[0016] 进一步地,所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉采用直径小于 $5\mu\text{m}$ 的微米级铁粉,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总的混合物重量的35%w/w-45%w/w。

[0017] 本发明的有益效果为:

[0018] 本发明采用单独加工混合器的方法,利用键合技术将其倒置于微流控芯片反应腔之内,实现从上至下的液体混合。单独加工微混合器不受反应腔内尺寸的限制,简化了工艺流程,键合技术也较为成熟和简单,整个工艺得到简化。

附图说明

[0019] 图1为本发明的工艺流程示意图;其中(a1)为沉积牺牲层,(a2)为(a1)的俯视图;(b1)为穿完通孔的牺牲层;(b2)为(b1)的俯视图;(c)为PDMS材料沉积填充;(d)为在载玻片上固定牺牲层;(e)为去除牺牲层形成的混合器阵列。

[0020] 图2为本发明中整体混合微流控芯片键合过程示意图。

[0021] 图3为本发明中驱动电磁铁连接示意图。

[0022] 图4为本发明中混合器在驱动电磁铁上的放置位置示意图。

[0023] 图5为本发明采用矩形波、正弦波、三角波在2Hz驱动频率下产生磁场强度的对比示意图。

[0024] 图中:1.载玻片,2.牺牲层沉积腔,3.牺牲层,4.螺口塑钢针头,5.通孔,6.针管,7.磁性复合PDMS材料,8.混合器,9.微流控芯片,10.反应腔,11.通道入口,12.混合微流控芯片,13.电磁铁。

具体实施方式

[0025] 下面通过实施例和附图对本发明作进一步详述。

[0026] 实施例1:如图1-图3所示,本发明采用磁性复合PDMS材料7加工出垂直于载玻片1上的混合器8,然后利用键合工艺将混合器8倒置于微流控芯片9的反应腔10内,形成整体混合微流控芯片12,采用电磁铁13驱动整体混合微流控芯片12实现微流体的混合;可达到在2分钟内60 μL 液体的80%以上混合。

[0027] 如图1所示,所述混合器8的制作工艺,包括如下步骤:

[0028] (1)如图1(a1)、(a2)所示,在载玻片1上固定牺牲层沉积腔2,在沉积腔2内沉积融化的蜡构成牺牲层3,厚度为2-6mm(本例选择厚度为5mm),将牺牲层从载玻片上取下来;

[0029] (2)如图1(b1)、(b2)所示,用螺口塑钢针头4穿透牺牲层3得到直径为 $\phi 520\mu\text{m}$ 、 $\phi 820\mu\text{m}$ 的1个或多个通孔,再采用直径为 $\phi 640\mu\text{m}$ 、 $\phi 920\mu\text{m}$ 螺口塑钢针头4在牺牲层的一侧扩孔,扩孔的深度为0.5mm,得到阶梯通孔5,本例阶梯通孔5的一端直径为 $\phi 520\mu\text{m}$,另一侧扩孔的直径为 $\phi 640\mu\text{m}$,长度为0.5mm,扩孔后利于混合器立于载玻片上;

[0030] (3)如图1(c)所示,将磁性复合PDMS材料充分混合后装入医用注射器针管内,并在注射器末端安装比通孔直径小的外径为 $\phi 420\mu\text{m}$ 、 $\phi 720\mu\text{m}$ 的螺口塑钢针头,将针头插入通

孔,将注射器内的复合材料注入通孔;

[0031] (4)如图1(d)所示,磁性复合PDMS材料7填充于阶梯通孔5中,穿过通孔5的磁性复合PDMS材料6与载玻片1接触并粘附于载玻片1上,在室温下固化48小时以上;

[0032] (5)如图1(e)所示,由于PDMS材料7与载玻片1之间粘附性很强,在去除牺牲层3并清洗后,即得到垂直立于载玻片1上的混合器8。实际操作过程中,可以根据反应腔尺寸的大小保留合理的混合器8的个数。

[0033] 如图2所示,所述键合工艺是采用键合机将载有混合器8的载玻片1倒置键合于微流控芯片9的顶部,混合器8置于微流控芯片9的反应腔10内。

[0034] 如图1-图3所示,本发明所述微流体混合工艺的混合装置,包括微流控芯片9、电磁铁13、载玻片1及混合器8,所述混合器8为磁性复合PDMS材料7制成的固定在载玻片1上的1个或多个柱形结构,带有混合器8的载玻片1倒置于微流控芯片9上方,键合于微流控芯片9的顶部,载玻片1上的混合器8置于微流控芯片9的反应腔10内,形成整体混合微流控芯片12,如图3所示,整体混合微流控芯片12置于电磁铁13顶部边缘,混合器8穿过磁力线,且与磁力线间的夹角接近 90° ,电磁铁13连接功率放大器的输出信号端,功率放大器的输入信号端连接信号发生器的输出信号端,采用信号发生器和功率放大器串联输出电压信号。

[0035] 本发明中所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总的混合物重量的35%w/w-45%w/w,本例选择35%w/w。该复合材料既能满足混合器的柔韧性的要求又能够输出较大的推动力。所述PDMS材料为聚二甲基硅氧烷。

[0036] 如图5所示,通过实验标定,将矩形波、正弦波、三角波相比较,信号发生器在频率为2Hz,信号发生器峰-峰值的电压从6V以1V为步长增长到12V得到的实验结果如图5所示。矩形波在相同的驱动电压下会产生最大的磁场强度,故本发明采用矩形波驱动。

[0037] 如图3所示,本发明在工作时,将整体混合微流控芯片12置于电磁铁13的顶部,为取得最快的混合速度,整体混合微流控芯片12放置于电磁铁13边缘,使混合器8与磁力线间的夹角接近 90° ,此处混合器8所受的磁力矩最大,故混合器的摆动幅度为最大,混合效果最好,所用混合时间最短。由于混合器8的摆动频率与矩形波频率保持一致,可通过调整矩形波的频率和幅值改变混合器8的混合时间和效率。

[0038] 混合过程:将信号发生器和功率放大器联好,并将混合微流控芯片12放置在电磁铁13边缘位置后,利用微泵将两种或多种液体通过通道入口11注入反应腔10内,根据对混合时间的要求设定信号发生器的输出矩形波的频率和峰-峰值电压,再调整功率放大器的放大倍数(5-15倍),混合器8产生与输入信号相同频率的摆动,促进多种液体的快速混合。

[0039] 实施例2:本例与实施例1不同的是:本例所述牺牲层的厚度为2mm。所述牺牲层上的通孔直径为 $520\mu\text{m}$,扩孔直径为 $640\mu\text{m}$ 。

[0040] 所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总的混合物重量的38%w/w。

[0041] 实施例3:本例与实施例1不同的是:本例所述牺牲层的厚度为5mm。所述牺牲层上的通孔直径为 $820\mu\text{m}$,扩孔直径为 $920\mu\text{m}$ 。

[0042] 所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,铁粉掺杂的比重,即铁粉占总的混合物重量的40%w/w。

[0043] 实施例4:本例与实施例1不同的是:本例所述牺牲层的厚度为4mm。所述牺牲层上的通孔直径为820 μm ,扩孔直径为920 μm 。

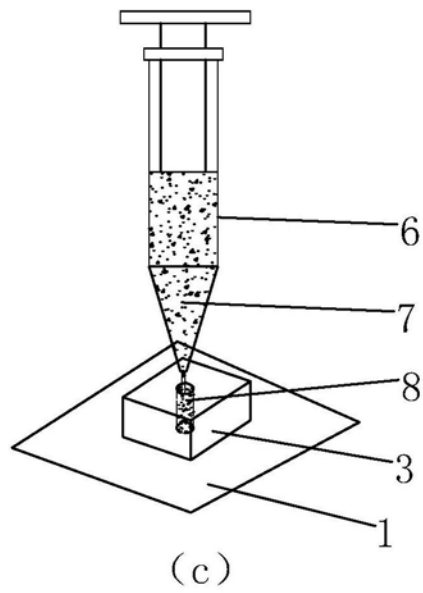
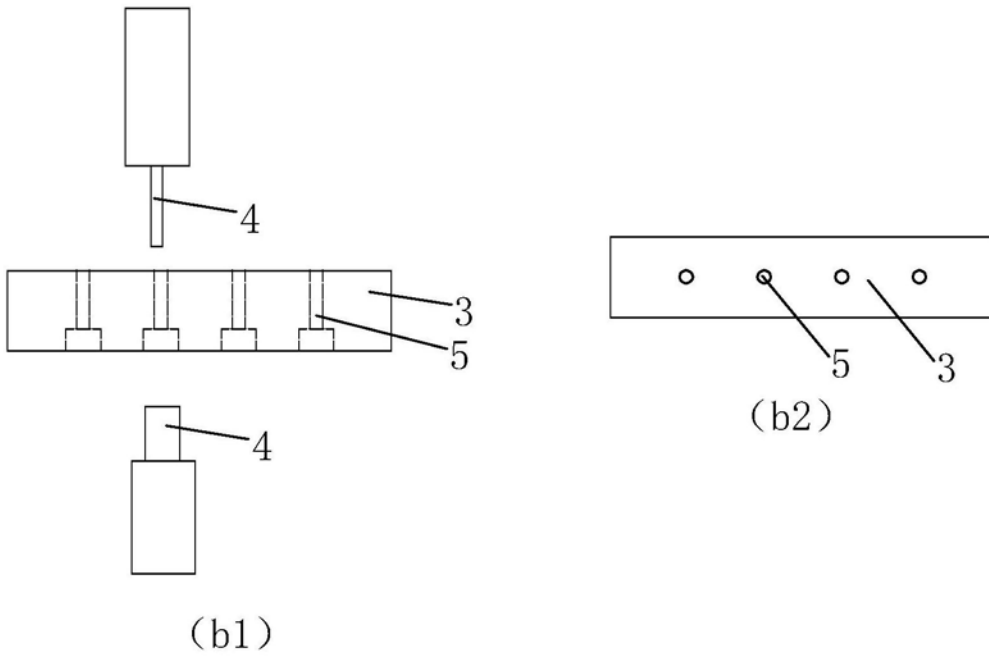
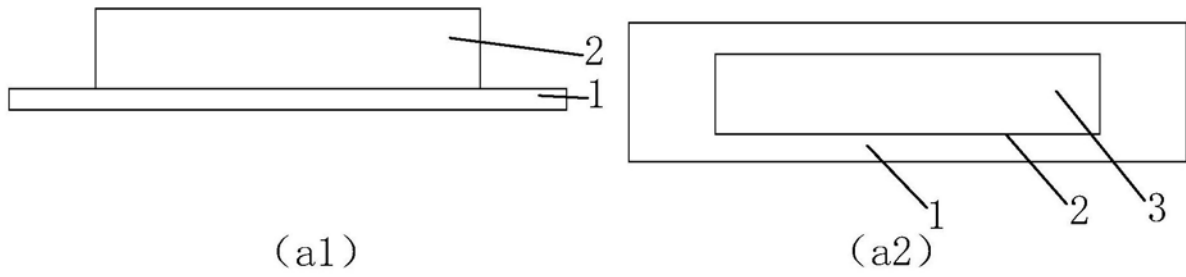
[0044] 所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,即铁粉占总的混合物重量的43%w/w。

[0045] 实施例5:本例与实施例1不同的是:本例所述牺牲层的厚度为6mm。所述牺牲层上的通孔直径为720 μm ,扩孔直径为820 μm 。

[0046] 所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,即铁粉占总的混合物重量的45%w/w。

[0047] 实施例6:本例与实施例1不同的是:本例所述牺牲层的厚度为5mm。所述牺牲层上的通孔直径为640 μm ,扩孔直径为720 μm 。

[0048] 所述磁性复合PDMS材料由PDMS材料掺杂微米级铁粉构成,PDMS材料和固化剂的配比为10:1,即铁粉占总的混合物重量的36%w/w。



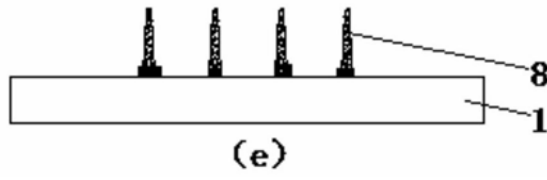
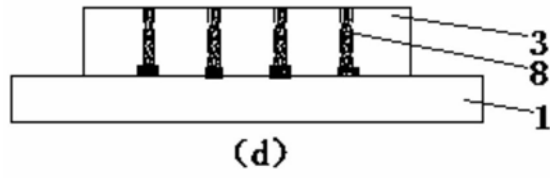


图1

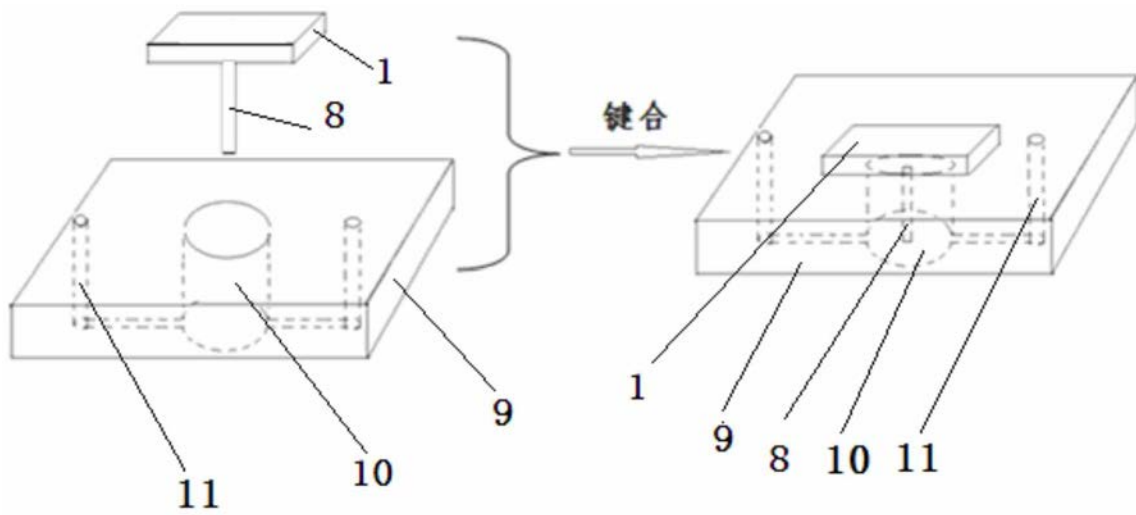


图2

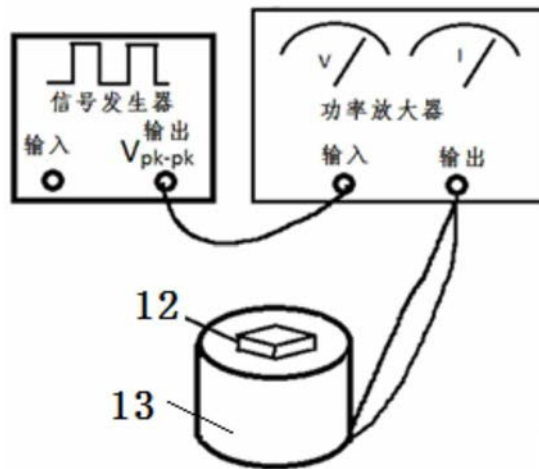


图3

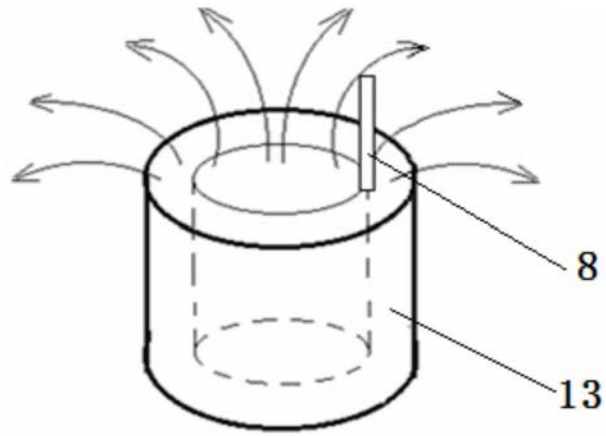


图4

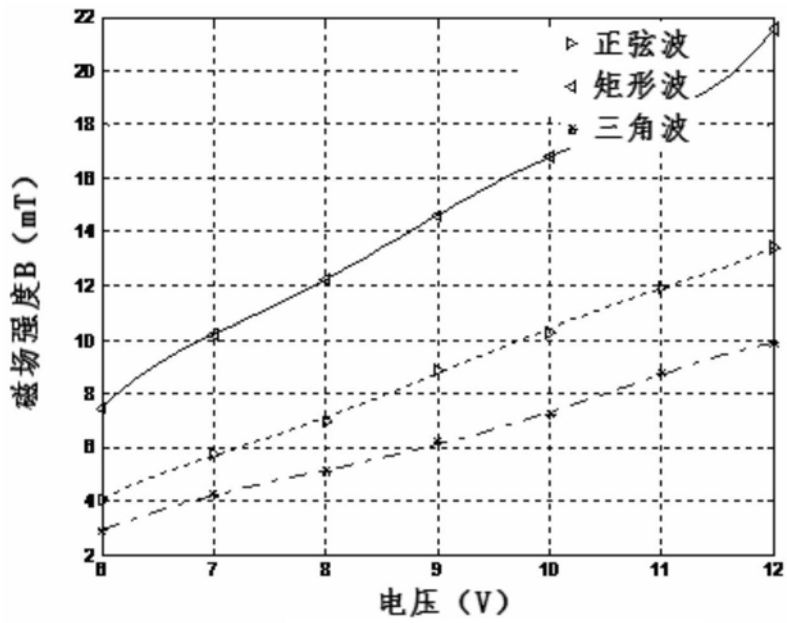


图5