



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105717107 B

(45)授权公告日 2018.08.10

(21)申请号 201610086182.8

(22)申请日 2016.02.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105717107 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(73)专利权人 江苏大学
地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301号

(72)发明人 杨宁 陶欣怡 毛罕平 周晓迪
张猛

(51)Int.Cl.
G01N 21/78(2006.01)

(56)对比文件
JP 2003083996 A,2003.03.19,
JP 5440820 B2,2014.03.12,

EP 2752660 A1,2014.07.09,
CN 104166008 A,2014.11.26,
CN 104849222 A,2015.08.19,
周文超.多通道微流控芯片的光探测及系统集成方法研究.《中国博士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2014,
蒋西然.基于微流控的环境微生物基因检测芯片研究.《中国博士学位论文全文数据库 工程技术I辑》.2016,
Frey O,et al.Autonomous microfluidic multi-channel chip for real-time PCR with integrated liquid handling.《Biomedical Microdevices》.2007,

审查员 詹晨希

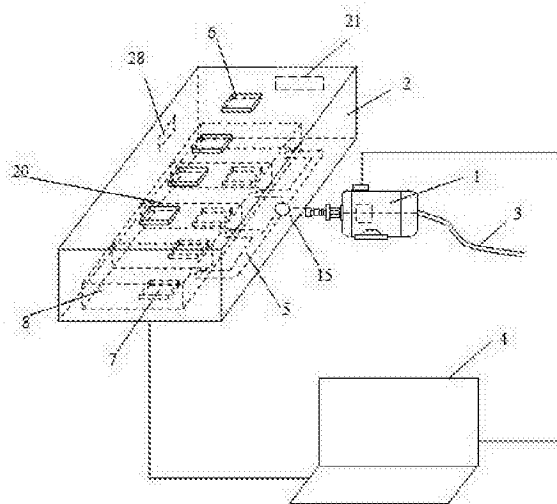
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

一种基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置与方法

(57)摘要

本发明公开一种基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置与方法,微流控芯片由2块以上粘合在一起并成一列的相同的单个芯片组成,每块单个芯片内部都设有一个储液池、障碍混合液体通道和轮盘状气液混合通道,储液池经障碍混合液体通道连接轮盘状气液混合通道,轮盘状气液混合通道经上升通道连接气液出口,还设有多个发光二极管、多个光敏二极管和一个电路芯片;光敏二极管将收集的数据传输至计算机得出反应有害气体的体积,流量计将微型气泵抽入气体的体积传输至计算机,将有害气体的体积除以微型气泵抽入气体的体积得到有害气体在空气中的百分比;将微流控芯片技术与光学检测技术相结合,具备样本自动预处理功能,整个检测过程全自动化。



1. 一种基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置,具有一个放置在暗盒(2)内的微流控芯片(20),其特征是:暗盒(2)外部设置微型抽气泵(1),微型抽气泵(1)中带有流量计,微型抽气泵(1)一端穿过暗盒(2)的侧壁上所开的通孔后连接暗盒(2)内的集合通道(5),微流控芯片(20)由2块以上粘合在一起并成一列的相同的单个芯片(8)组成,每块单个芯片(8)的同一侧面各设一个气液出口(10),集合通道(5)通过分支通道分别与每个气液出口(10)相连接,一个分支通道连接于一个气液出口(10);每块单个芯片(8)内部都设有一个储液池(9)、障碍混合液体通道(11)和轮盘状气液混合通道(14),储液池(9)经障碍混合液体通道(11)连接轮盘状气液混合通道(14),轮盘状气液混合通道(14)经上升通道(13)连接气液出口(10),每块单个芯片(8)的储液池(9)中加有一种试剂;在暗盒(2)内部还设有多个发光二极管(6)、多个光敏二极管(7)和一个电路芯片(21),发光二极管(6)和光敏二极管(7)分别经电源线连接于电路芯片(21),一个发光二极管(6)位于一个轮盘状气液混合通道(14)的正上方,一个光敏二极管(7)位于一个轮盘状气液混合通道(14)的正下方,电路芯片(21)经控制线连接计算机(4),微型抽气泵(1)也连接电路芯片(21),微型抽气泵(1)中的流量计通过信号线连接计算机(4)。

2. 根据权利要求1所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置,其特征是:障碍混合液体通道(11)一端经一段气液通道(12)连接于储液池(9)底部,障碍混合液体通道(11)另一端经另一段气液通道(12)连接于轮盘状气液混合通道(14)的中心处,障碍混合液体通道(11)的直径小于连接于储液池(9)的这一段气液通道(12)的直径;障碍混合液体通道(11)、气液通道(12)和上升通道(13)均高于轮盘状气液混合通道(14)。

3. 根据权利要求1所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置,其特征是:暗盒(2)的上盖板是可开合的结构,在开合侧的暗盒上盖板处装有上电磁铁(16),在开合侧的暗盒侧板上装有与上电磁铁(16)相对应的下电磁铁(17),在暗盒旋转侧的上盖板处装有弹簧(19),上电磁铁(16)和下电磁铁(17)均经电源线连接电路芯片(21)。

4. 根据权利要求1所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置,其特征是:障碍混合液体通道(11)是呈上下矩形迂回通道,轮盘状气液混合通道(14)是在水平面上的由中心向外盘旋的迂回通道。

5. 根据权利要求1所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置,其特征是:电路芯片(21)上设有下电磁铁电源控制模块(23)、上电磁铁电源控制模块(24),光敏二极管接收控制模块(25)、气泵电源控制模块(26)以及发光二极管光发射模块(27),上电磁铁电源控制模块(24)连接上电磁铁(16),下电磁铁电源控制模块(23)连接下电磁铁(17),发光二极管光发射模块(27)连接发光二极管(6),光敏二极管接收控制模块(25)连接光敏二极管(7),气泵电源控制模块(26)连接微型抽气泵。

6. 根据权利要求1所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置,其特征是:在暗盒(2)内部设有加热片(28),电路芯片(21)上设有加热片电源控制模块(22),加热片电源控制模块(22)连接加热片(28)。

7. 一种如权利要求1所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置的检测方法,其特征是具有以下步骤:

A、在多个储液池(9)中分别滴加待检测的一种气体反应的检测试剂,计算机(4)控制微型抽气泵(1)抽气,让气体进入微流控芯片(20)中,未充分混合的样液先在障碍混合液体通

道(11)中预处理进入轮盘状气液混合通道(14),样液在轮盘状气液混合通道(14)中与检测试剂充分反应;

B、计算机(4)控制电路芯片(21)给发光二极管(6)和光敏二极管(7)通电,光敏二极管(7)将收集的数据传输至计算机(4)得出反应有害气体的体积,同时微型抽气泵(1)中的流量计将微型抽气泵(1)吸入气体的体积传输至计算机(4);

C、将有害气体的体积除以微型抽气泵(1)吸入气体的体积得到有害气体在空气中的百分比。

8.根据权利要求7所述基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置的检测方法,其特征是:暗盒(2)的上盖板通过上电磁铁(16)和下电磁铁(17)来控制开合,上电磁铁(16)和下电磁铁(17)均经电源线连接电路芯片(21),步骤A中,计算机(4)先控制暗盒(2)上的上电磁铁(16)和下电磁铁(17)通正向电流,使暗盒(2)的上盖板打开后再滴加试剂;步骤B中,计算机(4)先控制暗盒(2)的上电磁铁(16)通反向电流,上电磁铁(16)和下电磁铁(17)互相吸引,在暗盒(2)的上盖板合上后再给发光二极管(6)和光敏二极管(7)通电。

一种基于微流控芯片的多通道有害气体检测装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及有害气体检测技术和微流控技术,具体是一种基于微流控芯片的有害气体快速检测装置。

背景技术

[0002] 现今空气中的各种有害气体正在危害着人们的身体健康,比如在农业方面,大棚中的氨气、亚硝酸、一氧化碳气体等;在人们的生活中,新房装修及新的家具中的有害气体甲醛、甲苯等。目前空气中的有害气体检测起来十分不便,有单独检测甲醛的仪器,这种仪器反应时间很长,一次只能检测甲醛一种有害气体,结果也不精确。

[0003] 微流控芯片具有体积小、反应迅速、精确及试剂消耗量极少的优点。中国专利号为201320247394.1的文献中公开了一种基于微流控芯片的自流式甲醛检测装置,采用Z字形微量流通池,含两个入口和一个出口,两个入口分别是含甲醛吸收液注入口和显色剂注入口,每个入口配置一个与微流控芯片表面垂直的溶液池,出口连接内径为1mm的细管至Z形微量流通池的入口,将微流控芯片技术与光学检测技术相结合,但是该装置存在的缺陷是:1、缺少样品自动预处理与进样环节,这不仅会给检测带来繁琐的样品预处理过程,而且还会因手工操作的差异性引起检测误差;2、该装置中所述的Z形通道虽然也加大了反应面积,但在吸光度检测中,整个反应显色区域成为一块长方形区域,不便于均匀高效的利用光源发出的光信号进行吸光检测;3、该装置只能检测甲醛一种有害气体,实际利用效率不高。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对目前有害气体检测设备所存在的缺陷,提出一种基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置与方法,具备样本自动预处理与检测功能,能高效利用光源,快速有效地实现多种有害气体检测。

[0005] 本发明一种基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置采用的技术方案是:具有一个放置在暗盒内的微流控芯片,暗盒外部设置微型抽气泵,微型抽气泵中带有流量计,微型抽气泵一端穿过暗盒的侧壁上所开的通孔后连接暗盒内的集合通道,微流控芯片由2块以上粘合在一起并成一列的相同的单个芯片组成,每块单个芯片的同一侧面各设一个气液出口,集合通道通过分支通道分别与每个气液出口相连接,一个分支通道连接于一个气液出口;每块单个芯片内部都设有一个储液池、障碍混合液体通道和轮盘状气液混合通道,储液池经障碍混合液体通道连接轮盘状气液混合通道,轮盘状气液混合通道经上升通道连接气液出口,每块单个芯片的储液池中加入一种试剂;在暗盒内部还设有多个发光二极管、多个光敏二极管7和一个电路芯片,发光二极管和光敏二极管分别经电源线连接于电路芯片,一个发光二极管位于一个轮盘状气液混合通道的正上方,一个光敏二极管位于一个轮盘状气液混合通道的正下方,电路芯片经控制线连接计算机,微型抽气泵也连接电路芯片,微型抽气泵中的流量计通过信号线连接计算机。

[0006] 进一步地,障碍混合液体通道一端经一段气液通道连接于储液池底部,障碍混合

液体通道另一端经另一段气液通道连接于轮盘状气液混合通道的中心处,障碍混合液体通道的直径小于连接于储液池的这一段气液通道的直径;障碍混合液体通道、气液通道和上升通道均高于轮盘状气液混合通道。

[0007] 进一步地,暗盒的上盖板是可开合的结构,在开合侧的暗盒上盖板处装有上电磁铁,在开合侧的暗盒侧板上装有与上电磁铁相对应的下电磁铁,在暗盒旋转侧的上盖板处装有弹簧,上电磁铁和下电磁铁均经电源线连接电路芯片。

[0008] 所述基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置的检测方法采用的技术方案是具有以下步骤:

[0009] A、在多个储液池中分别滴加待检测的一种气体反应的检测试剂,计算机控制微型抽气泵抽气,让气体进入微流控芯片中,未充分混合的样液先在障碍混合液体通道中预处理进入轮盘状气液混合通道,样液在轮盘状气液混合通道中与检测试剂充分反应;

[0010] B、计算机控制电路芯片给发光二极管和光敏二极管通电,光敏二极管将收集的数据传输至计算机得出反应有害气体的体积,同时微型抽气泵中的流量计将微型抽气泵抽入气体的体积传输至计算机;

[0011] C、将有害气体的体积除以微型抽气泵抽入气体的体积得到有害气体在空气中的百分比。

[0012] 本发明与已有方法和技术相比,具有如下优点:

[0013] (1)本发明具有操作简单的特点,只需在芯片的进样口分别滴加所需的反应试剂,在整个检测过程中实现了全自动化,反应过程与检测过程自动交替,通过计算机控制即可自动检测。

[0014] (2)本发明中有多个独立的单个芯片与通道,可同时对有害气体甲醛、氨气、亚硝酸气体和氯气等有害气体进行精确的含量检测。

[0015] (3)本发明在微流控芯片内采用轮盘式气液反应通道,增大了反应面积,使气液实现充分混合反应。

[0016] (4)本发明在进样通道后设有独特的超细障碍液体混合结构,并且由超细通道可对进样液体产生一定的压力,加快样液的流速,让储液池中不同的试剂在检测前充分混合,具备样本自动预处理功能。

[0017] (5)本发明在暗盒内的轮盘式反应通道上下分别对应安装发光二极管与光敏二极管,采用吸光度法,光敏二极管将显色反应收集数据传输至电脑进行含量分析,根据有害气体的量与抽气泵的抽气量对比得出空气中有害气体的百分比,判断各有害气体含量,将微流控芯片技术与光学检测技术相结合。

[0018] (6)本发明在微流控芯片内的最后的出口通道处设有向上的一段上升通道,可在进气的过程中防止反应试剂被气体带出通道。

[0019] (7)本发明在暗合内壁上装有加热片,可对暗盒内部进行温度控制。

[0020] (8)本发明在使用结束后只需通入清水便可自动对装置进行清洗和烘干,从而实现装置的重复使用,降低了有害气体的检测成本。

附图说明

[0021] 图1是本发明一种基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置的总体结构示

意图；

[0022] 图2是图1中微流控芯片20与微型抽气泵1连接结构示意图；

[0023] 图3是图2中单个芯片的外形结构放大图；

[0024] 图4是图3中单个芯片的内部结构主视放大图；

[0025] 图5是图4的左视图；

[0026] 图6是图4的俯视图；

[0027] 图7是图1中发光二极管6和光敏二极管7在暗盒2中的布置示意图；

[0028] 图8是图1中发光二极管6和光敏二极管7在工作位置的主视放大图；

[0029] 图9是图1中暗盒2自动开合结构的主视放大图；

[0030] 图10是图1中电路芯片21的结构及其控制连接图；

[0031] 图11是本发明一种基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置实施有害气体快速检测的工作流程图。

[0032] 附图中各部件的序号和名称：1：微型抽气泵，2：暗盒，3：废液通道，4：计算机，5：集合通道，6：发光二极管，7：光敏二极管，8：单个芯片，9：储液池，10：气液出口，11：障碍混合液体通道，12：气液通道，13：上升通道，14：轮盘状气液混合通道，15：通孔，16：上电磁铁，17：下电磁铁，19：弹簧，20：微流控芯片，21：电路芯片，22：加热片电源控制模块，23：下电磁铁电源控制模块，24：上电磁铁电源控制模块，25：光敏二极管接收控制模块；26：气泵电源控制模块，27发光二极管光发射模块，28加热片。

具体实施方式

[0033] 参见图1，本发明一种基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置具有一个微流控芯片20、一个微型抽气泵1和一个暗盒2。微流控芯片20放置在暗盒2内腔中，微型抽气泵1设置在暗盒2外部。微型抽气泵1的一端穿过暗盒2的侧壁上所开的通孔15后连接暗盒2内的集合通道5，在通孔15处安装橡皮装置以防止漏气，集合通道5位于暗盒2内，微型抽气泵1通过集合通道5连接微流控芯片20，将气体抽入微流控芯片20内。微型抽气泵1中带有流量计，用于计量微型抽气泵1抽入气体的体积。微型抽气泵1的另一端以橡皮接口与废液通道3相连，以排出废气与废液。

[0034] 在暗盒2内部还设有发光二极管6、光敏二极管7、电路芯片21和加热片28。发光二极管6、光敏二极管7和加热片28分别经电源线连接于电路芯片21，电路芯片21控制发光二极管6、光敏二极管7和加热片28的电源。发光二极管6位于微流控芯片20的正上方，光敏二极管7位于微流控芯片20的正下方。电路芯片21经控制线连接计算机4。微型抽气泵1也连接电路芯片21，经电路芯片21连接计算机4，由计算机4自动控制微型抽气泵1的开启和关闭。微型抽气泵1中的流量计通过信号线连接计算机4，流量计将自动记录所抽气体的体积传输给计算机4。

[0035] 再结合图2，微流控芯片20由2块以上相同的单个芯片8组成(图2示出的是4块单个芯片8)，所有的单个芯片8并成一列，侧面完整地粘合在一起。每块单个芯片8的侧面各设一个气液出口10，所有的气液出口10都位于微流控芯片20的同一侧。集合通道5通过分支通道分别与微流控芯片20上的每个气液出口10相连接，一个分支通道连接于一个气液出口10，保证每块单个芯片8在同时间段内抽气量相等。在分支通道和气液出口10的接口处安装橡

皮套口以防止漏气。集合通道5是微流控芯片20与微型抽气泵1相连接的排水排气管道。

[0036] 参见图3、4、5、6,每块单个芯片8内部都设有一个储液池9、样液混合部分和气液反应部分,其中,样液混合部分由障碍混合液体通道11和气液通道12连接组成,气液反应部分由轮盘状气液混合通道14和上升通道13连接组成。储液池9的开口于单个芯片8的顶面处,储液池9经气液通道12和障碍混合液体通道11连接轮盘状气液混合通道14,障碍混合液体通道11是上下矩形迂回通道;轮盘状气液混合通道14经上升通道13连接气液出口10,轮盘状气液混合通道14是在水平面上的由中心向外盘旋的迂回通道。在储液池9中加有气体检测所需的试剂,每块单个芯片8的储液池9中加入一种试剂,多块单个芯片8可同时用来检测多种不同的有害气体。假设其中一块单个芯片8用于检测甲醛,则在此块单个芯片8的储液池9中分别滴加50ug/ml的酚试剂作为甲醛吸收剂,还有0.1mol/L的盐酸水溶液与1%的硫酸铁铵水溶液。由于单个芯片8内的液体通道为微米级别,因此在正常情况下储液池9中的液体不会进入样液混合部分中,只有在抽气时才会进入样液混合部分中。

[0037] 障碍混合液体通道11一端经一段气液通道12连接于储液池9的底部,障碍混合液体通道11另一端经另一段气液通道12连接于轮盘状气液混合通道14的中心处。障碍混合液体通道11的直径小于连接于储液池9的这一段气液通道12的直径。障碍混合液体通道11、气液通道12和上升通道13均高于轮盘状气液混合通道14,轮盘状气液混合通道14位于单个芯片8内的最底部。轮盘状气液混合通道14的最外端连接上升通道13的底端,上升通道13的顶端连接气液出口10,上升通道13可防止抽气时流动的气体将反应试剂带出芯片。

[0038] 参见图1和图7,在暗盒2内部,暗盒2的上盖板的内表面上安装多个发光二极管6,在暗盒2的下底板上安装多个光敏二极管7,一个光敏二极管7位于一个发光二极管6的正下方,发光二极管6和光敏二极管7上下正对,方便发光二极管6发出的光信号可以准确的被对应的光敏二极管7所接收。发光二极管6用于气液反应产生显色反应在暗盒2内发出不同的光信号,光敏二极管7用于接受发光二极管6发出的光信号。

[0039] 参见图1和图8,发光二极管6位于轮盘状气液混合通道14中心的正上方,光敏二极管7位于轮盘状气液混合通道14中心的正下方。多块单个芯片8中的每个轮盘状气液混合通道14中心的正上方设置一个发光二极管6,每个轮盘状气液混合通道14中心的正下方设置一个光敏二极管7。发光二极管6和光敏二极管7的数量与单个芯片8的数量相同。

[0040] 参见图9,暗盒2的上盖板是可开合的结构,在开合侧的上盖板处安装上电磁铁16,在开合侧的侧板上安装下电磁铁17,上电磁铁16和下电磁铁17相对应,在旋转侧的上盖板处安装弹簧19。

[0041] 参见图1和图10,在暗盒2内部的电路芯片21包括加热片电源控制模块22、下电磁铁电源控制模块23、上电磁铁电源控制模块24,光敏二极管接收控制模块25、气泵电源控制模块26以及发光二极管光发射模块27。加热片电源控制模块22连接加热片28,为加热片28提供电流,在检测有需要时控制暗盒2内部的温度。上电磁铁电源控制模块24连接上电磁铁16,控制上电磁铁16通正反向的电流,下电磁铁电源控制模块23连接下电磁铁17,控制下电磁铁17通电,用于控制暗盒2的开合,当给上电磁铁16通正相电流时上电磁铁16和下电磁铁17互斥,暗盒2的上盖板弹开,弹簧19可确保上盖板弹开时到一定的角度会停止,防止上电磁铁16通反向电流时由于距离太远无法合上。发光二极管光发射模块27连接发光二极管6,控制发光二极管6通电,使发光二极管6发射检测光。光敏二极管接收控制模块25连接光敏

二极管7,控制光敏二极管7通电,接收发光二极管6所发射的检测光数据并传输至计算机14.。气泵电源控制模块26连接微型抽气泵1,需要微型抽气泵1抽气时,驱动电源为微型抽气泵1供电。

[0042] 参见图1-11,本发明基于微流控芯片的多通道有害气体快速检测装置工作时,检测装置工作时,多块芯片单个芯片8单独作用。首先进入反应阶段,由于暗盒2的上盖板通过上电磁铁16和下电磁铁17来控制开合,因此,计算机4先控制上电磁铁16和下电磁铁17通正向电流,上电磁铁16和下电磁铁17相斥,使暗盒2的上盖板打开,再在多个储液池9中分别滴加待检测的一种气体反应的检测试剂,试剂无需提前配好,可直接滴加在储液池9中。计算机4控制微型抽气泵1抽气,让气体进入微流控芯片20中,未充分混合的样液先在障碍混合液体通道11中预处理,由于障碍混合液体通道11直径比连接储液池9的气液通道12通道窄,所以液体流速更快,并在高压的情况下通过障碍混合液体通道11,实现了试剂在反应前的充分混合。充分混合后进入轮盘状气液混合通道14,样液在气体的带动下会均匀的铺在轮盘通道中,大约充斥轮盘状气液混合通道14的2/3高度,由于通道迂回,加长了反应时间,在轮盘状气液混合通道14中与检测试剂充分反应,试剂与气体充分混合后产生显色反应。在轮盘状气液混合通道14的出口出有上升通道13,可防止抽气时流动的气体将样液抽出芯片。3min后,计算机4控制微型抽气泵1停止抽气,反应阶段结束。如有需要可在此过程中在储液池9中滴加显色试剂。抽出的气体与部分液体通过气液出口10抽出芯片,通过微型抽气泵1从废液通道3排出。

[0043] 反应阶段结束进入检测阶段,计算机4控制暗盒2的上电磁铁16通反向电流,上电磁铁16和下电磁铁17互相吸引,使暗盒2的上盖板合上与外界光源隔绝。计算机4控制电路芯片21,给发光二极管6和光敏二极管7通电,发光二极管6使显色部分被光敏二极管7接收,进行吸光度检测。光敏二极管7将收集的数据传输至计算机4,计算机4根据显色程度强弱比对得出反应有害气体的体积含量。同时微型抽气泵1中自带的流量计将微型抽气泵1吸入气体的体积传输至计算机4。如果,气液反应不够,有害气体含量较少,不足以使显色液体显色或显色反应太微弱无法被光敏二极管7所接收,光敏二极管7没有显色数据传输至计算机4,则自动结束检测阶段再次进入反应阶段,上电磁铁16通正向电流使暗盒2的上盖板打开,同时控制发光二极管6和光敏二极管7断电,使微流控芯片20与外界流动空气接触,控制微型抽气泵1开始抽气。抽气1min后,结束反应,开始检测,如此自动化循环多次,直至能收集到显色数据为止。计算机4将收集到的数据进行分析,计算出所含有害气体的体积,并与微型抽气泵1的抽气量结合,得出该有害气体在空气中的含量,通过显色反应的强弱比对得出有害气体的含量,有害气体在空气中的百分比等于有害气体体积除以微型抽气泵1吸入气体的体积。在一次完整地检测结束后,在储液池9位置通入大量清水,通过微型抽气泵1不断抽水排出,不断以清水灌单个芯片8内部,直至残余的试剂都排出芯片,再不断抽气加速风干单个芯片8内部,以备下次使用。

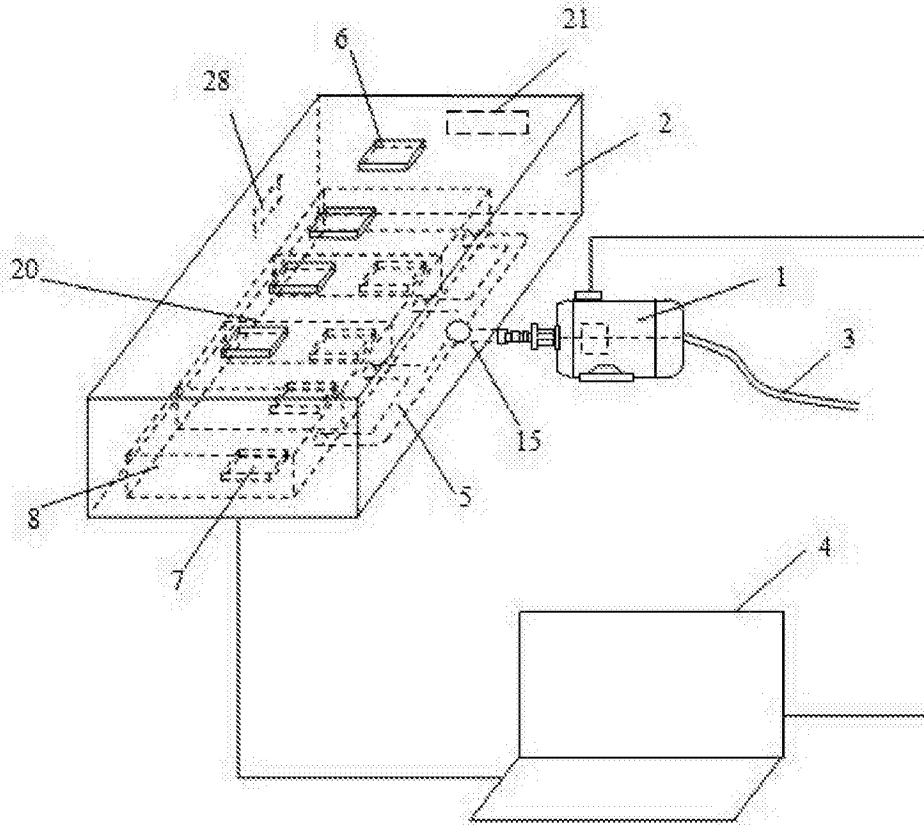


图1

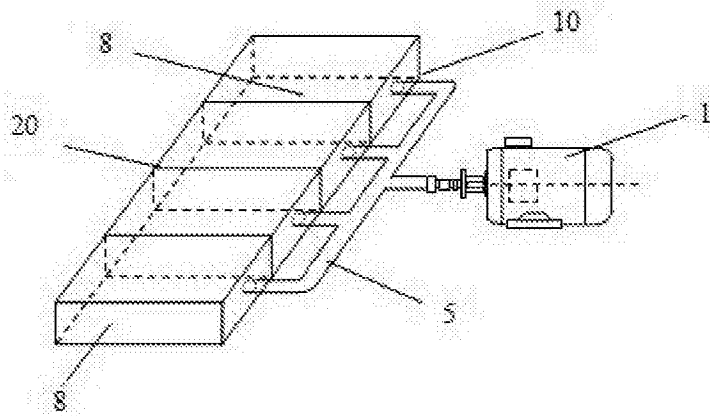


图2

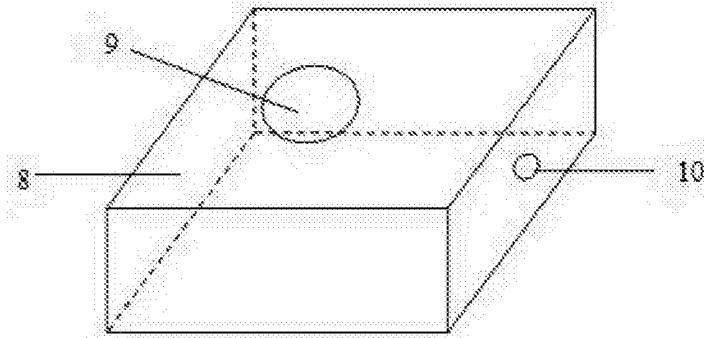


图3

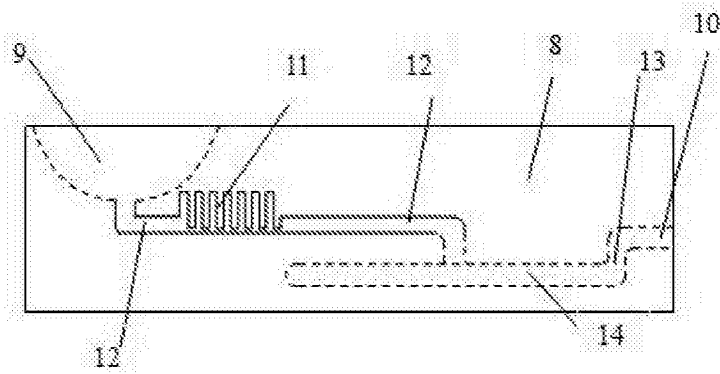


图4

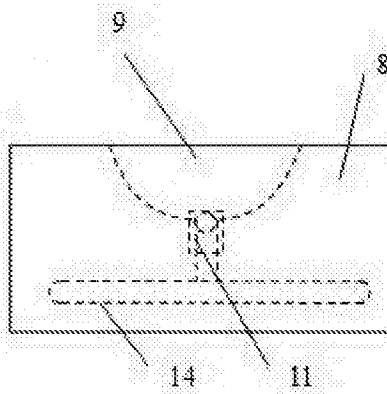


图5

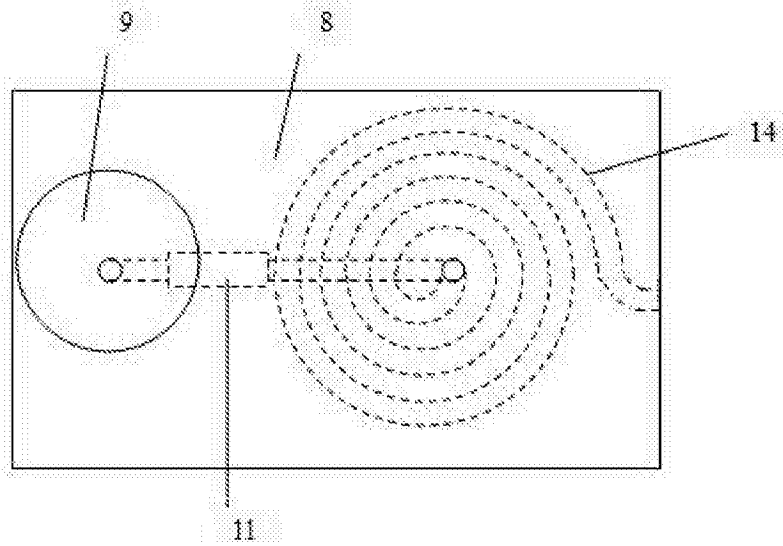


图6

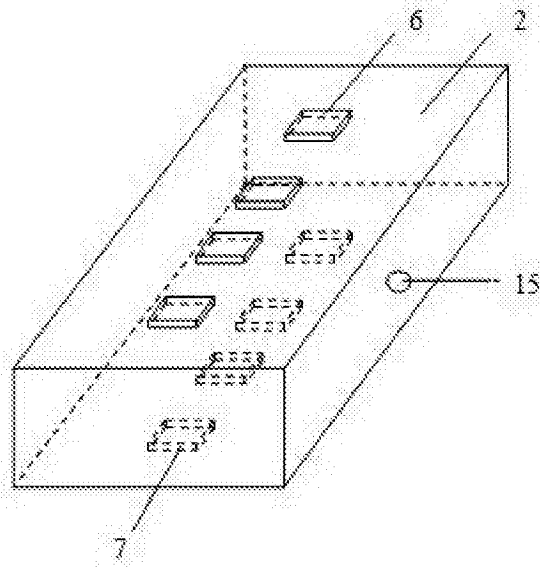


图7

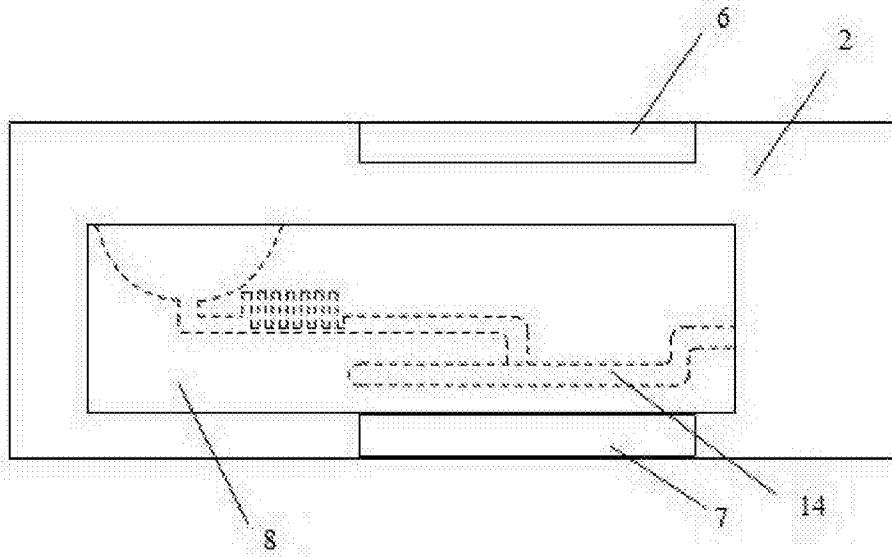


图8

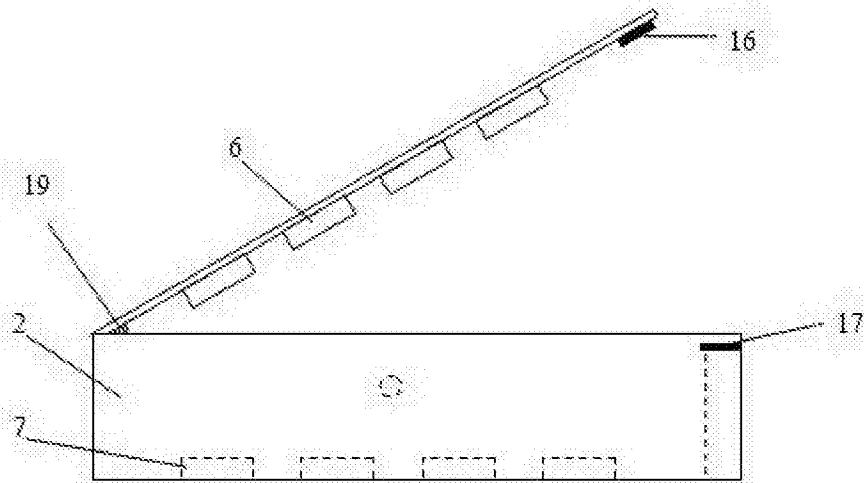


图9

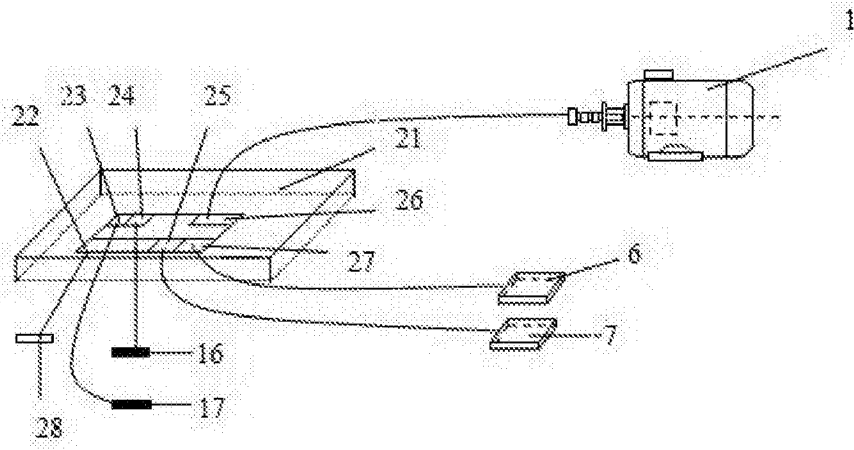


图10

