



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106442238 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 23

(21) 申请号 201610587160.X

(22) 申请日 2016.07.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106442238 A

(43) 申请公布日 2017.02.22

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区回龙观北农路2号

(72) 发明人 周涛 王尧新 方晓璐

(74) 专利代理机构 北京康思博达知识产权代理

事务所(普通合伙) 11426

专利代理师 魏荣 刘冬梅

(51) Int.Cl.

G01N 15/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 206057141 U, 2017.03.29

CN 103411864 A, 2013.11.27

CN 205157382 U, 2016.04.13

US 2004259267 A1, 2004.12.23

US 2003068638 A1, 2003.04.10

AU 2007323301 A1, 2008.05.29

AU 2007323301 A1, 2008.05.29

DE 102010027849 A1, 2011.10.20

US 2011084218 A1, 2011.04.14

审查员 刘俊凯

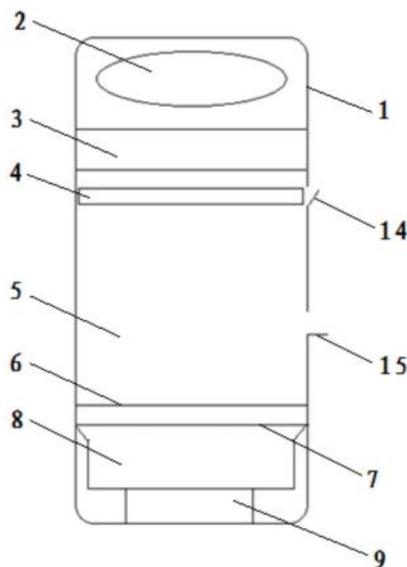
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种检测空气中颗粒浓度的装置

(57) 摘要

本发明公开了一种检测空气中颗粒浓度的装置,所述装置包括发热元件(4)、气腔(5)和透明镜面(6),在发热元件(4)和透明镜面(6)之间存在热泳效应,因此在热泳力的作用下,气腔(5)内的颗粒向透明镜面6移动,并落于其上;所述装置还包括发光元件(3)、数据接收单元(7)、数据处理单元(8)和显示单元(9),其中,发光元件(3)发出光线照射在透明镜面(6)上,光线部分透过透明镜面(6)在数据接收单元(7)上形成光斑,数据处理单元(8)对光斑进行处理得到空气中颗粒浓度;本发明所述装置结构新颖、简单,易于大规模生产利用,并且其体积较小,便于携带,测量时不受地域限制,并且检测结果准确。



1. 一种检测空气中颗粒浓度的装置,其特征在于,所述装置包括壳体(1),在壳体(1)内设置有发热元件(4)和透明镜面(6),在发热元件(4)和透明镜面(6)之间为气腔(5);  
所述发热元件(4)用于在气腔(5)内产生温度梯度,进而赋予空气中的颗粒热泳力;  
所述透明镜面(6)用于承载在热泳力作用下沉积的颗粒;  
发热元件(4)和透明镜面(6)分别与壳体(1)的内壁相抵;  
在发热元件(4)背向气腔(5)的一侧设置有发光元件(3),还设置有电源(2),其中,  
所述电源(2)用于为发光元件(3)提供电能;  
所述发光元件(3)用于发射光线,并照射到沉积有颗粒的透明镜面(6)上,光线穿过透明镜面(6)后形成光斑;  
在透明镜面(6)背向气腔(5)的一侧沿光线方向依次设置有数据接收单元(7)、数据处理单元(8)和显示单元(9),其中,  
所述数据接收单元(7)用于感应光斑的面积,并将光信号转换为电信号传输给数据处理单元(8);  
所述数据处理单元(8)用于处理数据接收单元(7)传输的电信号,得到空气中的颗粒浓度。
2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述壳体(1)由绝热材料制成,所述绝热材料为玻璃纤维、石棉、岩棉、泡沫塑料或真空隔热板;  
在所述绝热材料的外侧包裹有黑色铝箔,用于屏蔽装置外的杂光,所述壳体(1)呈直筒形。
3. 根据权利要求2所述的装置,其特征在于,  
所述绝热材料为石棉、泡沫塑料或真空隔热板;  
所述壳体(1)呈为圆柱形直筒、方形直筒或多边形直筒。
4. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,  
壳体(1)的长径比为(3~8):(1~5);和/或  
在壳体(1)的外表面且位于发热元件(4)的一侧开设有发热元件取放口阀门(14),用于取出或放入发热元件(4);和/或  
所述气腔(5)用于放置待检测颗粒浓度的空气。
5. 根据权利要求4所述的装置,其特征在于,  
壳体(1)的长径比为(4~6):(2~4);和/或  
在壳体(1)的外表面且位于气腔(5)的一侧开设有空气进出口阀门(15),用于空气进出。
6. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,  
所述发热元件(4)为电阻平板;和/或  
所述透明镜面(6)的表面为粗糙面,和/或,  
在透明镜面(6)表面上涂抹透明的液体胶,其中,所述表面为对向发热元件(4)的一面。
7. 根据权利要求1至6之一所述的装置,其特征在于,所述发光元件(3)的镜面采用凹面镜,用于使光线发散,以完全覆盖透明镜面(6)。
8. 根据权利要求1至6之一所述的装置,其特征在于,  
所述数据接收单元(7)为感光器件;和/或

所述数据处理单元(8)为数据处理器;和/或  
所述显示单元(9)为显示器。

9.根据权利要求8所述的装置,其特征在于,  
所述数据接收单元(7)为雪崩光电二极管;和/或  
所述数据处理单元(8)为高通骁龙600处理器。

10.根据权利要求1至9之一所述的装置用于检测空气中颗粒浓度的用途。

## 一种检测空气中颗粒浓度的装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及空气质量检测领域,尤其涉及空气中颗粒浓度的检测特别地,具体地,涉及一种检测空气中颗粒浓度的装置。

### 背景技术

[0002] 近年来,我国许多城市出现灰霾天气,使空气混浊,能见度降低,形成灰霾天气的主要原因是大气中的颗粒污染物,这些颗粒污染物的主要来源是:汽车尾气中排放的化合物、燃料燃烧释放的大量粉尘、工业生产中排放的废物、建材等行业制造的各种颗粒状物质。大气中的颗粒物主要包括:TSP、PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>,这些颗粒物被吸入人体后,会危害人类健康。

[0003] 目前,测量空气中细颗粒浓度使用的方法一般为重量法、微量振荡天平法、Beta射线法和光散射法。几种方法各有优缺点,重量法较为直接,但是操作繁琐,设备较为笨重;微量振荡天平法比较可靠,但是不适合测量潮湿地区的颗粒浓度;Beta射线法不受颗粒粒径、成分的影响,但是测量值一般偏高;光散射法设备体积小,方便携带,但是精度较低。

### 发明内容

[0004] 为了克服上述问题,本发明人进行了锐意研究,设计出一种新型的检测空气中颗粒浓度的装置,其中,所述装置利于温度梯度下的热泳效应将空气中的颗粒物沉积于透明镜面上,然后对镜面进行照射,由于镜面上颗粒物的存在,使光线穿过镜面后形成光斑,根据光斑面积与颗粒含量的关系即可求出空气中颗粒浓度,从而完成本发明。

[0005] 本发明一方面提供了一种检测空气中颗粒浓度的装置,具体体现在以下方面:

[0006] (1) 一种检测空气中颗粒浓度的装置,其中,所述装置包括壳体1,在壳体1内设置有发热元件4和透明镜面6,在发热元件4和透明镜面6之间为气腔5;

[0007] (2) 根据上述(1)所述的装置,其中,所述壳体1由绝热材料制成,所述绝热材料为玻璃纤维、石棉、岩棉、泡沫塑料或真空隔热板,优选为石棉、泡沫塑料或真空隔热板;优选地,在所述绝热材料的外侧包裹有黑色铝箔,用于屏蔽装置外的杂光,所述壳体1呈直筒形,例如圆柱形直筒、方形直筒或多边形直筒,优选为圆柱形直筒;

[0008] (3) 根据上述(1)或(2)所述的装置,其中,

[0009] 所述发热元件4用于在气腔5内产生温度梯度,进而赋予空气中的颗粒热泳力,

[0010] 所述透明镜面6用于承载在热泳力作用下沉积的颗粒,

[0011] 优选地,发热元件4和透明镜面6分别与壳体1的内壁相抵;

[0012] (4) 根据上述(1)至(3)之一所述的装置,其中,

[0013] 壳体1的长径比为(3~8):(1~5),优选为(4~6):(2~4),更优选为5:3;和/或

[0014] 在壳体1的外表面且位于发热元件4的一侧开设有发热元件取放口阀门14,用于取出或放入发热元件4;和/或

[0015] 在壳体1的外表面且位于气腔5的一侧开设有空气进出口阀门15,用于空气进出;

- [0016] (5)根据上述(1)至(4)之一所述的装置,其中,
- [0017] 所述发热元件4为电阻平板;和/或
- [0018] 所述透明镜面6的表面为粗糙面,和/或,在透明镜面6表面上涂抹透明的液体胶,其中,所述表面为对向发热元件4的一面;
- [0019] (6)根据上述(1)至(5)之一所述的装置,其中,在发热元件4背向气腔5的一侧设置有发光元件3,任选地,还设置有电源2,其中,
- [0020] 所述电源2用于为发光元件3提供电能;和/或
- [0021] 所述发光元件3用于发射光线,并照射到沉积有颗粒的透明镜面6上,光线穿过透明镜面6后形成光斑;
- [0022] (7)根据上述(1)至(6)之一所述的装置,其中,所述发光元件3的镜面采用凹面镜,用于使光线发散,以完全覆盖透明镜面6;
- [0023] (8)根据上述(1)至(7)之一所述的装置,其中,在透明镜面6背向气腔5的一侧沿光线方向依次设置有数据接收单元7、数据处理单元8和显示单元9,其中,
- [0024] 所述数据接收单元7用于感应光斑的面积,并将光信号转换为电信号传输给数据处理单元8;
- [0025] 所述数据处理单元8用于处理数据接收单元7传输的电信号,得到空气中的颗粒浓度;
- [0026] (9)根据上述(1)至(8)之一所述的装置,其中,
- [0027] 所述数据接收单元7为感光器件,优选为光电二极管,更优选为雪崩光电二极管;和/或
- [0028] 所述数据处理单元8为数据处理器,优选为高通骁龙600处理器;和/或
- [0029] 所述显示单元9为显示器。
- [0030] 本发明另一方面提供了一种上述(1)至(9)之一所述的装置用于检测空气中颗粒浓度的用途。

#### 附图说明

- [0031] 图1示出本发明所述检测空气中颗粒浓度的装置的结构示意图。
- [0032] 附图标号说明:
- [0033] 1-壳体
- [0034] 14-发热元件取放口阀门
- [0035] 15-空气进出口阀门
- [0036] 2-电源
- [0037] 3-发光元件
- [0038] 4-发热元件
- [0039] 5-气腔
- [0040] 6-透明镜面
- [0041] 7-数据接收单元
- [0042] 8-数据处理单元
- [0043] 9-显示单元

## 具体实施方式

[0044] 下面通过附图对本发明进一步详细说明。通过这些说明,本发明的特点和优点将变得更为清楚明确。

[0045] 其中,尽管在附图中示出了实施方式的各种方面,但是除非特别指出,不必按比例绘制附图。

[0046] 本发明提供了一种检测空气中颗粒浓度的装置,所述装置包括壳体1,其中,在壳体1内设置有发热元件4和透明镜面6,并且,在发热元件4和透明镜面6之间为气腔5;其中,所述气腔5用于放置或盛放待检测颗粒浓度的空气;所述发热元件4能够发出热量,用于产生热泳力;所述透明镜面6用于承载在热泳力作用下沉积的颗粒。

[0047] 其中,发热元件4发出热量,使发热元件4一侧的温度明显高于透明镜面6一侧的温度,因此,在气腔5内形成温度梯度,产生热泳效应,赋予气腔5内的颗粒热泳力,即颗粒在热泳效应(热泳力)的作用从高温区向低温区移动,即从发热元件4向透明镜面5移动,并最终落在透明镜面5上。

[0048] 在本发明中,所述热泳力是指颗粒在热泳效应下,由高温区向低温区运动的力。

[0049] 根据本发明一种优选的实施方式,所述发热元件4为电阻平板。

[0050] 在进一步优选的实施方式中,所述电阻平板自带电池,电池启动,电阻开始发热。

[0051] 其中,所述发热元件4自带电池而不是与电源相连的原因是方便后期(颗粒沉积结束后)将发热元件4从装置内拿出或取放。

[0052] 根据本发明一种优选的实施方式,所述透明镜面6的表面为粗糙面,其中,所述表面是指对向发热元件4的一面,即用于接收空气中沉积颗粒的一侧表面。

[0053] 其中,将表面设置成粗糙面的目的是为了颗粒更好地附着在透明镜面上。

[0054] 根据本发明另一种优选的实施方式,在透明镜面6的表面涂抹有透明的液体胶。

[0055] 其中,液体胶的涂抹量不用太多,稍微覆盖薄薄的一层即可,选用透明的液体胶的目的是为了防止后期光照时,其阻挡光线穿过透明镜面,影响光斑面积。同时,涂抹液体胶的目的也是为了使颗粒更好地附着在透明镜面上。

[0056] 在本发明中,对透明镜面的处理也可以同时进行粗糙面加工,并在粗糙面上涂抹透明的液体胶。

[0057] 根据本发明一种优选的实施方式,在壳体1的外表面且位于发热元件4的一侧开设有发热元件取放口阀门14。

[0058] 其中,所述发热元件取放口阀门14用于在颗粒沉积结束后方便将发热元件从装置中取出,以进行后期光照实验。

[0059] 根据本发明一种优选的实施方式,在壳体1的外表面且位于气腔5的一侧开设有空气进出口阀门15。

[0060] 其中,所述空气进出口阀门15用于待测环境中的空气进入装置内进行检测。例如,预检测某环境下的颗粒浓度,则将装置的空气进出口阀门15打开,将装置置于该环境下,使该环境下的空气进入装置内,以进行检测。优选地,先将发热元件4放入装置内后再将空气放入装置内。

[0061] 根据本发明一种优选的实施方式,在发热元件4背向气腔5的一侧设置有发光元件3,任选地还设置有电源2;其中,所述发光元件3用于发射光线,并照射到沉积有颗粒的透明

镜面6上;所述电源2用于为发光元件3提供电能。

[0062] 其中,所述电源可有可无,若发光元件3采用电池供电时,则不需要设置电源3,若发光元件3没有电池设置,则需要采用外界电源,即需要设置电源2。

[0063] 在本发明中,先将发热元件4放入装置内,启动,产生热泳效应,使颗粒沉积到透明镜面6上,然后进行颗粒质量的计算,其中,颗粒的质量是通过颗粒的沉积面积进行推导得到。在本发明中,当颗粒全部沉积到透明镜面上后,取出发热元件4,启动发光元件3对透明镜面6进行照射,在镜面上有颗粒的地方光线不会透过镜面,但是,没有颗粒的地方光线透过形成光斑,因此,光斑面积与沉积颗粒的多少有直接关系,空气中颗粒浓度越大,沉积颗粒越多,光斑面积越小。

[0064] 根据本发明一种优选的实施方式,所述发光元件3的镜面采用凹面镜,用于使光线发散,以完全覆盖透明镜面6。

[0065] 根据本发明一种优选的实施方式,在透明镜面6背向气腔5的一侧沿光线方向依次设置有数据接收单元7、数据处理单元8和显示单元9。

[0066] 其中,所述数据接收单元设置在透明镜面6的邻侧,光线照射到透明镜面6上,并穿过透明镜面6照射到数据接收单元7上,由于透明镜面6上有颗粒存在,导致光线不能全部穿过透明镜面6,因此,在数据接收单元上会形成光斑,所述数据接收单元7用于感应光斑的面积,并将光信号转换为电信号传输给数据处理单元8;而所述数据处理单元用于处理数据接收单元7传输的电信号(即光斑面积),并进行数据处理,得到颗粒浓度,并将结果传输给显示器进行显示。

[0067] 其中,透明镜面上颗粒的沉积面积与光斑的面积有直接关系,其中,颗粒沉积面积等于透明镜面的面积减去光斑面积,即: $S_{\text{颗粒}} = S_{\text{透镜}} - S_{\text{光斑}}$ ,即光斑面积越大说明沉积颗粒越少,说明空气中颗粒浓度越低,反之亦然。由于颗粒沉积的颗粒质量与光斑面积具有一定的函数关系,因此,数据处理单元8根据电信号(光斑面积)可以得到沉积颗粒的质量m,然后将质量m除以气腔5的体积即得到空气中颗粒的质量浓度。

[0068] 需要说明的是,空气中颗粒浓度毕竟没有特别大,因此,进行检测时气腔内的颗粒沉积到透明镜片上时并不会出现过多的量,也更不会出现颗粒重复叠加的现象。

[0069] 根据本发明一种优选的实施方式,所述数据接收单元7为感光器件。

[0070] 在进一步优选的实施方式中,所述数据接收单元7为光感二极管。

[0071] 在进一步优选的实施方式中,所述数据接收单元7为雪崩光电二极管。

[0072] 其中,所述数据接收单元7应该具有感光性能,感应到透射的光线,并且具有能够将光信号转换成电信号的能力。所述雪崩光电二极管是一种P-N结型的光电二极管,其中利用了载流子的雪崩倍增效应来放大光电信号以提高检测的灵敏度。

[0073] 根据本发明一种优选的实施方式,所述数据处理单元为数据处理器。

[0074] 在进一步优选的实施方式中,所述数据处理单元为高通骁龙600处理器。

[0075] 根据本发明一种优选的实施方式,所述显示单元9为显示器,用于显示检测结果,即空气中颗粒的浓度,优选为质量浓度。

[0076] 在进一步优选的实施方式中,所述显示单元9为液晶显示屏。

[0077] 根据本发明一种优选的实施方式,所述壳体1由绝热材料制成,以保证壳体1内的温度保持不变,不受壳体外部环境温度的影响。

[0078] 在进一步优选的实施方式中,所述绝热材料为玻璃纤维、石棉、岩棉、泡沫塑料或真空隔热板,优选为为石棉、泡沫塑料或真空隔热板。

[0079] 在更进一步优选的实施方式中,在所述绝热材料的外侧包裹有黑色铝箔,用于屏蔽装置外的杂光。

[0080] 其中,为了保证壳体内部的热泳效应不受外界环境温度的影响,应该保证壳体的绝热性能,同时设置黑色铝箔的目的是避免外界环境的光线对装置内光斑面积的处理造成影响。

[0081] 根据本发明一种优选的实施方式,所述壳体1呈直筒形。

[0082] 在进一步优选的实施方式中,所述壳体1呈圆柱形直筒、方形直筒或多边形直筒。

[0083] 在进一步优选的实施方式中,所述壳体1呈圆柱形直筒。

[0084] 其中,将壳体1设置成直筒形的目的有下:其一、保证颗粒在热泳力下向透明镜面6运动不受阻碍;其二、保证发光元件3照射时,发出的光线能够将透明镜面6覆盖。若非如此则会出现以下现象:其一、当壳体1的内径按温度梯度方向(光照方向)先大后小时,颗粒在热泳力下运动,运动空间逐渐减小,必然导致其运动受到阻碍,甚至有可能部分落在减小的壁上,不能落在透明镜面上,使检测见过小于实际值;其二、当壳体1的内径按温度梯度方向(光照方向)先小后大时,壳体内部的空间小后大,而光线是从较小的一端出发,必然会导致较大的一端的四周没有光线透过,但是其四周却有可能会有颗粒沉积,因此对最终结构有影响,使检测见过小于实际值。因此,需要将壳体1设置成直筒形,使颗粒的沉积过程以及光线的传输过程不受任何阻碍。

[0085] 根据本发明一种优选的实施方式,发热元件4、透明镜面6、数据接收单元7的边缘分别与壳体1的内壁相抵,即其均与壳体内部同样大小。

[0086] 其中,发热元件4和透明镜面6与壳体的内部同样大小的目的是为了确保颗粒进入气腔5后不会流动到其它区域,而是准确地被封锁在发热元件4和透明镜面6之间的气腔5内;数据接收单元7也与壳体的内部同样大小的原因是其需要与透明镜面6完全一样大小,这样才能接收所有的光斑,确保光斑面积准确,而透明镜面6与壳体的内部同样大小,因此,数据接收单元7也与壳体内部同样大小。

[0087] 根据本发明一种优选的实施方式,所述壳体的长径比为(3~8):(1~5),优选为(4~6):(2~4),更优选为5:3。

[0088] 其中,若壳体的长径比太小,说明从发热元件到透明镜面的距离太短,则发热元件的温度也会慢慢影响到透明镜面的温度,使整个气腔的温度上升,温差较小,热泳效应不明显。若壳体的长径比太大,热泳效应达不到透明镜面处,即颗粒很难流动到透明镜面处,或者,热泳沉淀时需要的时间太长,因此需要一个合理的长径比。

[0089] 本发明另一方面还提供了一种利用上述装置检测空气中颗粒浓度的方法,如下进行:

[0090] 步骤1、生成热泳效应,使颗粒沉积到透明镜面6上;

[0091] 步骤2、开启发光元件3对透明镜面6进行照射,使在数据接收单元7上生成光斑;

[0092] 步骤3、通过数据处理单元8进行数据处理,并将处理结果传输给显示单元9进行显示,得到空气中颗粒浓度。

[0093] 根据本发明一种优选的实施方式,所述步骤1包括以下子步骤:

- [0094] 步骤1-1、将发热元件4放入装置内,并关闭发热元件取放口阀门14;
- [0095] 步骤1-2、打开空气进出口阀门15,使待测空气充满气腔5,然后关闭空气进出口阀门15;
- [0096] 步骤1-3、开启发热元件4,产生热泳效应,使颗粒沉积到透明镜面6上。
- [0097] 根据本发明一种优选的实施方式,在步骤1之后、步骤2之前,将发热元件4取出,并关闭发热元件取放口阀门14。
- [0098] 其中,在光照之前需要将发热元件4取出,否则发热元件4会阻挡发光元件3发出的光线。
- [0099] 根据本发明一种优选的实施方式,步骤3包括以下子步骤:
- [0100] 步骤3-1、数据处理单元8接收到数据接收单元7传输的电信号,经过处理得到光斑面积;
- [0101] 步骤3-2、根据光斑面积与颗粒质量之间的函数关系,得到颗粒质量;
- [0102] 步骤3-3、将颗粒质量除以气腔5的体积,即得到空气中颗粒浓度。
- [0103] 在本发明中,光斑面积与颗粒质量之间具有一定的关系,光斑面积越大,颗粒质量越多,光斑面积越小,颗粒质量越少。两者之间的具体函数关系可以通过实验验证得到:按照上述步骤1-3进行实验,得到光斑面积,然后将透明镜面6取出,称取其上的颗粒质量(优选地,在透明镜面上设置一层透明塑料薄膜,将薄膜与沉积的颗粒一起称重,然后减去薄膜的重量,即为颗粒的重量),于是分别得到光斑面积对应的颗粒质量,重复实验得到一系列的光斑面积与颗粒质量的数据,然后进行拟合,得到光斑面积与颗粒质量之间的函数关系。将该函数关系导入数据处理单元,在实际应用中即可直接应用。
- [0104] 本发明所具有的有益效果包括:
- [0105] (1) 本发明所提供的装置结构新颖、简单,适合大规模生产应用;
- [0106] (2) 本发明所提供的装置能够检测空气中粒径小于 $2.5\mu\text{m}$ 的小颗粒物浓度;
- [0107] (3) 本发明所提供的装置体积较小,便于携带,测量时不受地域限制,并且检测结果准确。
- [0108] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”、“内”和“外”等指示的方位或位置关系为基于本发明工作状态下的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。
- [0109] 以上结合了优选的实施方式对本发明进行了说明,不过这些实施方式仅是范例性的,仅起到说明性的作用。在此基础上,可以对本发明进行多种替换和改进,这些均落入本发明的保护范围内。

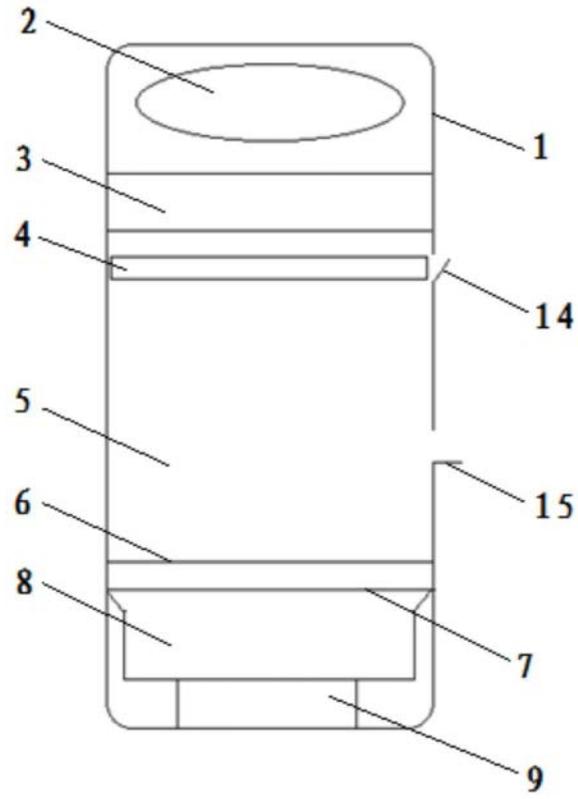


图1