



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104849191 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201510267963. 2

(22) 申请日 2015. 05. 22

(71) 申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路  
96 号

(72) 发明人 康宇 陈守胜 崔凌云

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有限公司 11260

代理人 郑立明 郑哲

(51) Int. Cl.

G01N 15/06(2006. 01)

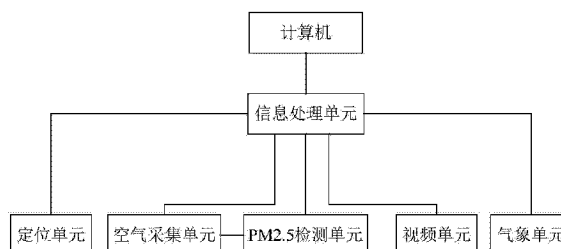
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

### (54) 发明名称

移动式 PM2. 5 的检测系统

### (57) 摘要

本发明公开了一种移动式 PM2. 5 的检测系统,该系统包括:空气采集单元、定位单元、PM2. 5 检测单元、视频单元、气象单元与信息处理单元。通过采用本发明公开的系统,一方面,使得监测本地区各区域的空气污染程度更加机动灵活,自动绘制本地区空气污染浓度分布图,便于确定本区域内的重污染区,以及污染源;另一方面,可以根据需要方便快捷的添加所需要的相关设备,分析本地区各区域 PM2. 5 中的主要成分构成;同时,综合考虑本地区各区域的气象因素、绿化因素、建筑物布局规划等因素,分析本区域内空气污染的原因,为制定本区域 PM2. 5 治理措施提供科学合理的依据。



1. 一种移动式 PM2.5 的检测系统,其特征在于,该系统包括:空气采集单元、定位单元、PM2.5 检测单元、视频单元、气象单元与信息处理单元;

其中,所述空气采集单元,用于采集监测区域的样本气体,并传输至 PM2.5 检测单元;

所述定位单元,用于定位监测区域的位置信息,并传输给信息处理单元;

所述视频单元,用于采集当检测到的 PM2.5 高于阈值时,采集车辆的外部环境数据并传输给信息处理单元;

所述气象单元,用于采集监测区域的温湿度、车速数据、气压及风速数据,并传输给信息处理单元;

所述 PM2.5 检测单元,用于对监测区域的空气进行分析,并将分析结果传输给信息处理单元;

信息处理单元,用于根据定位单元发送的数据确定监测区域的准确位置,以及根据气象单元与 PM2.5 检测单元所发送的数据确定该监测区域的 PM2.5 浓度;还用于将定位单元、视频单元、气象单元发送的数据以及监测区域的 PM2.5 浓度数据发送至计算机;

计算机,用于对接收到的数据进行分析,确定空气污染源以及绘制污染浓度分布图。

2. 根据权利要求 1 所述系统,其特征在于,所述空气采集单元包括:吸嘴、吸气泵、空气过滤器、消声器、热稀释器;

其中,吸嘴位于车辆的尾部车窗两侧,吸嘴连接到车内的吸气泵的进气口,吸气泵的出气口连接到热稀释器的进气口端,热稀释器的出气口接到过滤器的进气口,空气过滤器出气口接消声器的一端,消声器的另一端连接到 PM2.5 检测单元上。

3. 根据权利要求 2 所述系统,其特征在于,所述热稀释器包括:加热装置和气体稀释装置;

当监测区域的温湿度超过阈值时,加热装置开始工作对通过的样本气体进行加热,再经由气体稀释装置与标准稀释气体均匀混合。

4. 根据权利要求 1 所述系统,其特征在于,所述 PM2.5 检测单元包括:激光发射器、斩波器、采样腔体、锁相器与激光接收器;

所述激光发射器产生的激光信号,依次经过斩波器与采样腔体传入激光接收器;

其中,激光信号经过斩波器调制频率后,经由斩波器将一部分调频后的激光信号传入锁相器,另一部分传入采样腔体;锁相器将接收到的激光信号传送给信息处理单元;

所述采样腔体两端安装有特定波长范围内激光透过的透镜,采样腔体中心位置处装有微音器,微音器将接收到采样腔体中的样本气体由于热运动而产生的声音信号传送给信息处理单元,经过采样腔体后的激光信号被激光接收器接收,并传送给信息处理单元。

5. 根据权利要求 4 所述系统,其特征在于,所述斩波器包括:电机、转轴、扇叶盘与光敏管;

电机通过转轴带动扇叶以一定的恒定速度转动,当激光信号 A 传入斩波器时,激光信号 A 转化具为有一定占空比的激光信号 B,并传入采样腔体;

扇叶盘为绝对对称的圆形结构,其转动时激光信号被挡的同时,光敏管上自有的光信号也被遮挡,产生具有一定频率的信号 C,并传入锁相器;

其中,激光信号 C 与激光信号 B 同步且具有相同的占空比。

6. 根据权利要求 1 所述系统,其特征在于,所述气象单元包括:温湿度传感器、车速传

感器、气压传感器以及风速传感器,分别用于实时采集温湿度、车速、气压及风速。

## 移动式 PM2.5 的检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及环境检测技术领域,尤其涉及一种移动式 PM2.5 的检测系统。

### 背景技术

[0002] 从 2013 年以来,全国中东部地区陷入严重的雾霾和污染天中,中央气象台将大雾蓝色预警升级至黄色预警,从东北到西北,从华北到中部导致黄淮、江南地区,都出现大范围的重度和严重污染。雾霾是特定气候条件与人类活动相互作用的结果,其主要构成成分是 PM2.5 ;所谓的 PM2.5 是指漂浮在空气中直径小于 2.5 微米的固体悬浮物。由于其可以被直接吸入肺部并且严重影响了人们身体健康进而引起人们的广泛关注。此外,雾霾天气严重的影响了出行能见度,进而影响交通运输安全,不利于社会经济的发展。

[0003] PM2.5 的来源是多元化的,主要由工业生产、自然风化、建筑扬尘、机动车尾气排放、餐馆油烟排放等途径进入空气中。对于 PM2.5 影响因素众多,例如气象因数、城市规划、城市绿化植物等。而目前空气污染监测的方法是使用昂贵的固定设备监测或者是专一的监测设备,在污染测量中是一种粗粒度系统,只能获取少量的污染信息,以粗粒度系统方式获取的原始数据,通过扩散模型推断空气污染的浓度和范围。大范围部署这种系统又受其昂贵的成本限制,不适于推广。同时,固定式设备无法根据监测需求灵活地改变监测。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供移动式 PM2.5 的检测系统,可以灵活的对本地区不同区域的 PM2.5 进行监测,定位重污染区,分析本地区 PM2.5 影响因素,帮助制定全面综合的行之有效的空气污染治理措施。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0006] 一种移动式 PM2.5 的检测系统,该系统包括:空气采集单元、定位单元、PM2.5 检测单元、视频单元、气象单元与信息处理单元;

[0007] 其中,所述空气采集单元,用于采集监测区域的样本气体,并传输至 PM2.5 检测单元;

[0008] 所述定位单元,用于定位监测区域的位置信息,并传输给信息处理单元;

[0009] 所述视频单元,用于采集当检测到的 PM2.5 高于阈值时,采集车辆的外部环境数据并传输给信息处理单元;

[0010] 所述气象单元,用于采集监测区域的温湿度、车速数据、气压及风速数据,并传输给信息处理单元;

[0011] 所述 PM2.5 检测单元,用于对监测区域的空气进行分析,并将分析结果传输给信息处理单元;

[0012] 信息处理单元,用于根据定位单元发送的数据确定监测区域的准确位置,以及根据气象单元与 PM2.5 检测单元所发送的数据确定该监测区域的 PM2.5 浓度;还用于将定位单元、视频单元、气象单元发送的数据以及监测区域的 PM2.5 浓度数据发送至计算机;

[0013] 计算机,用于对接收到的数据进行分析,确定空气污染源以及绘制污染浓度分布图。

[0014] 所述空气采集单元包括:吸嘴、吸气泵、空气过滤器、消声器、热稀释器;

[0015] 其中,吸嘴位于车辆的尾部车窗两侧,吸嘴连接到车内的吸气泵的进气口,吸气泵的出气口连接到热稀释器的进气口端,热稀释器的出气口接到过滤器的进气口,空气过滤器出气口接消声器的一端,消声器的另一端连接到 PM2.5 检测单元上。

[0016] 所述热稀释器包括:加热装置和气体稀释装置;

[0017] 当监测区域的温湿度超过阈值时,加热装置开始工作对通过的样本气体进行加热,再经由气体稀释装置与标准稀释气体均匀混合。

[0018] 所述 PM2.5 检测单元包括:激光发射器、斩波器、采样腔体、锁相器与激光接收器;

[0019] 所述激光发射器产生的激光信号,依次经过斩波器与采样腔体传入激光接收器;

[0020] 其中,激光信号经过斩波器调制频率后,经由斩波器将一部分调频后的激光信号传入锁相器,另一部分传入采样腔体;锁相器将接收到的激光信号传送给信息处理单元;

[0021] 所述采样腔体两端安装有特定波长范围内激光透过的透镜,采样腔体中心位置处装有微音器,微音器将接收到采样腔体中的样本气体由于热运动而产生的声音信号传送给信息处理单元,经过采样腔体后的激光信号被激光接收器接收,并传送给信息处理单元。

[0022] 所述斩波器包括:电机、转轴、扇叶盘与光敏管;

[0023] 电机通过转轴带动扇叶以一定的恒定速度转动,当激光信号 A 传入斩波器时,激光信号 A 转化具为有一定占空比的激光信号 B,并传入采样腔体;

[0024] 扇叶盘为绝对对称的圆形结构,其转动时激光信号被挡的同时,光敏管上自有的光信号也被遮挡,产生具有一定频率的信号 C,并传入锁相器;

[0025] 其中,激光信号 C 与激光信号 B 同步且具有相同的占空比。

[0026] 所述气象单元包括:温湿度传感器、车速传感器、气压传感器以及风速传感器,分别用于实时采集温湿度、车速、气压及风速。

[0027] 由上述本发明提供的技术方案可以看出,一方面,使得监测本地区各区域的空气污染浓度更加机动灵活,自动绘制本地区空气污染浓度分布图,便于确定本区域内的重污染区,以及污染源;另一方面,可以根据需要方便快捷的添加所需要的相关设备,分析本地区各区域 PM2.5 中的主要成分构成;同时,综合考虑本地区各区域的气象因素、绿化因素、建筑物布局规划等因素,分析本区域内空气污染的原因,为制定本区域 PM2.5 治理措施提供科学合理的依据。

## 附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图。

[0029] 图 1 为本发明实施例提供的一种移动式 PM2.5 的检测系统的结构示意图;

[0030] 图 2 为本发明实施例提供的空气采集单元的示意图;

[0031] 图 3 为本发明实施例提供的 PM2.5 检测单元的示意图;

[0032] 图 4 为本发明实施例提供的斩波器的示意图；

[0033] 图 5 为本发明实施例提供的采样腔体的示意图。

### 具体实施方式

[0034] 下面结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

[0035] 本发明实施例提供的移动式 PM2.5 的检测系统是一种细粒度系统，这种细粒度的检测系统可以更为频繁和密集的监测空气污染。同时，该系统可以精确的绘制出本地区空气污染浓度分布图，确定重污染区域以及该污染区域的主要成分，分析污染源，辅助后期制定行之有效的治理措施。下面针对该系统做进一步说明。

[0036] 图 1 为本发明实施例提供的一种移动式 PM2.5 的检测系统的结构示意图。如图 1 所示，该系统主要包括：空气采集单元、定位单元、PM2.5 检测单元、视频单元、气象单元与信息处理单元。

[0037] 1、空气采集单元，用于采集监测区域的样本气体，并传输至 PM2.5 检测单元；

[0038] 如图 2 所示，所述空气采集单元主要包括：吸嘴、吸气泵、空气过滤器、消声器、热稀释器。

[0039] 其中，吸嘴位于车辆的尾部车窗两侧，吸嘴连接到车内的吸气泵的进气口，吸气泵的出气口连接到热稀释器的进气口端，热稀释器的出气口接到过滤器的进气口，空气过滤器出气口接消声器的一端，消声器的另一端连接到 PM2.5 检测单元上。

[0040] 所述热稀释器包括：加热装置和气体稀释装置；

[0041] 当信息处理单元依据气象单元采集到的数据判定监测区域的温湿度超过阈值时，加热装置开始工作对通过的样本气体进行加热，以消除由于挥发性气体冷凝而造成的检测误差；再经由气体稀释装置与标准稀释气体均匀混合。

[0042] 热稀释器输出的气体传入空气过滤器，由空气过滤器过滤掉样本气体中的粒径超过 10 微米的大颗粒物，再由消音器消除由于气泵工作时产生的对 PM2.5 检测单元产生影响的噪音。

[0043] 该空气采集单元的开关可由计算机来控制，当通过计算机将吸气泵开关打开时，该单元开始采集气体，并按上述描述过程，最终将采集到的气体送入到 PM2.5 检测单元中的采样腔体中。

[0044] 2、PM2.5 检测单元，用于对监测区域的空气进行分析，并将分析结果传输给信息处理单元。

[0045] 如图 3 所示，所述 PM2.5 检测单元主要包括：激光发射器、斩波器、采样腔体、锁相器与激光接收器；

[0046] 所述激光发射器（其开关状态可由计算机来控制）产生的一定强度特定波长范围内的激光，即波长范围在  $\lambda_1 \sim \lambda_2$  的激光，依次经过斩波器与采样腔体传入激光接收器；

[0047] 其中，激光信号经过斩波器调制频率后，经由斩波器将一部分调频后的激光信号传入锁相器，另一部分传入采样腔体。

[0048] 进一步的,如图 4 所示,所述斩波器包括:电机、转轴、扇叶盘与光敏管;

[0049] 电机通过转轴带动扇叶以一定的恒定速度转动,当激光信号 A 传入斩波器时,激光信号 A 转化具有有一定占空比的激光信号 B,并传入采样腔体;扇叶盘为绝对对称的圆形结构,其转动时激光信号被挡的同时,光敏管上自有的光信号也被遮挡,产生具有一定频率的信号 C,并传入锁相器;其中,激光信号 C 与激光信号 B 同步且具有相同的占空比。

[0050] 锁相器将接收到的激光信号 C 传送给信息处理单元。

[0051] 如图 5 所示,所述采样腔体两端安装有特定波长范围内激光透过的透镜(此处透镜只能使包含波长在  $\lambda_1 \sim \lambda_2$  范围内的激光透过),采样腔体中心位置处装有微音器,微音器将接收到采样腔体中的样本气体由于热运动而产生的声音信号传送给信息处理单元,经过采样腔体后的激光信号被激光接收器接收,并传送给信息处理单元。

[0052] 上述激光信号 B(其强度记为  $I(r, t)$ )射入采样腔体中的共振腔后,共振腔中将有一部分的光能被气体所吸收,从而使共振腔中的气体分子由基态  $E_0$  跃迁到激发状态  $E_1$ 。而处于激发态  $E_1$  的分子以无辐射跃迁返回基态  $E_0$  时,就会使  $E_1 - E_0 = h\nu$  变成平移动能,从而在共振腔中形成一热功率密度源  $H(r, t)$ ,由于热功率密度源  $H(r, t)$  的周期性变化将使共振腔内气体压力发生周期性变化,即产生声压  $p$ ,从而产生声音信号。从而微音器上产生输出电压  $S$ :

$$[0053] \quad S = \alpha \mu I(r, t) W_p c \quad (1)$$

[0054] 式中,  $\alpha$  为采样腔体的品质常数;  $\mu$  为气体吸收系数;  $c$  为被测气体浓度;  $W_p$  为激光脉冲的宽度;

[0055] 其中,采样腔体的品质常数、气体吸收系数由标准样本气体标定得到;电压信号  $S$  由微音器后的电路采集得到。同时,穿过采样腔体后的激光强度变低,被激光接收器采集,输出电压信号:

$$[0056] \quad S_0 = I_0(r, t) W_p R_p;$$

[0057] 式中,  $R_p$  为光声功率转换系数;  $I_0(r, t)$  为激光接收器接收到的激光强度;

[0058] 激光接收器将该输出信号传递给信息处理单元,再由计算机单元对电压  $S$  和  $S_0$  进行归一化处理得:

$$[0059] \quad \bar{S} = \frac{S}{S_0}; \quad (2)$$

[0060] 再由公式 (1) 与 (2) 可得到被测气体的浓度。

[0061] 3、定位单元,用于定位监测区域的位置信息,并传输给信息处理单元。示例性的,定位单元可以为 GPS,当系统工作时,将经纬度等地理位置信息传送给信息处理单元,以对污染气体进行精确定位。

[0062] 4、视频单元,用于采集车辆的外部环境数据并传输给信息处理单元。示例性的,视频单元可以由视频摄像机构成,当检测到的 PM2.5 高于阈值时,摄像机自动进行抓拍并将抓拍到的图像信息传送给信息处理单元。

[0063] 同时,信息处理单元将对应于抓拍时刻所接收到的气象单元、定位单元、视频单元的数据信息和空气污染浓度数据信息一起压缩打包,发送给计算机存储在特定存储设备中,以供研究人员研究分析该局部区域空气污染的影响因数,为后续制定治理措施、城市建设规划提供科学依据。

[0064] 5、气象单元,用于采集监测区域的温湿度、车速数据、气压及风速数据,并传输给信息处理单元。其主要包括:温湿度传感器、车速传感器、气压传感器以及风速传感器,当系统工作时,分别实时采集温湿度、车速、气压及风速并传送给信息处理单元。

[0065] 6、信息处理单元,用于根据定位单元与视频单元发送的数据确定监测区域的准确位置,以及根据气象单元与PM2.5检测单元所发送的数据确定该监测区域的PM2.5浓度;还用于将定位单元、视频单元、气象单元发送的数据以及监测区域的PM2.5浓度数据发送至计算机。

[0066] 7、计算机,用于对接收到的数据进行分析,确定空气污染源以及绘制污染浓度分布图,可以分析出影响PM2.5分布的影响因子以及辅助相关部门制定合理有效的治理措施。

[0067] 本发明实施例的上述方案主要有如下优点:

[0068] 1、本发明移动式PM2.5的检测方法,使得监测本地区各区域的空气污染层度更加机动灵活,自动绘制本地区空气污染浓度分布图,便于确定本区域内的重污染区,以及污染源。

[0069] 2、本发明移动式PM2.5的检测方法,可以根据需要方便快捷的添加所需要的相关设备,分析本地区各区域PM2.5中的主要成分构成。

[0070] 3、本发明移动式PM2.5的检测方法,综合考虑本地区各区域的气象因素、绿化因素、建筑物布局规划等因素,分析本区域内空气污染的原因,为制定本区域PM2.5治理措施提供科学合理的依据。

[0071] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,仅以上述各功能模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能模块完成,即将装置的内部结构划分成不同的功能模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。

[0072] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。



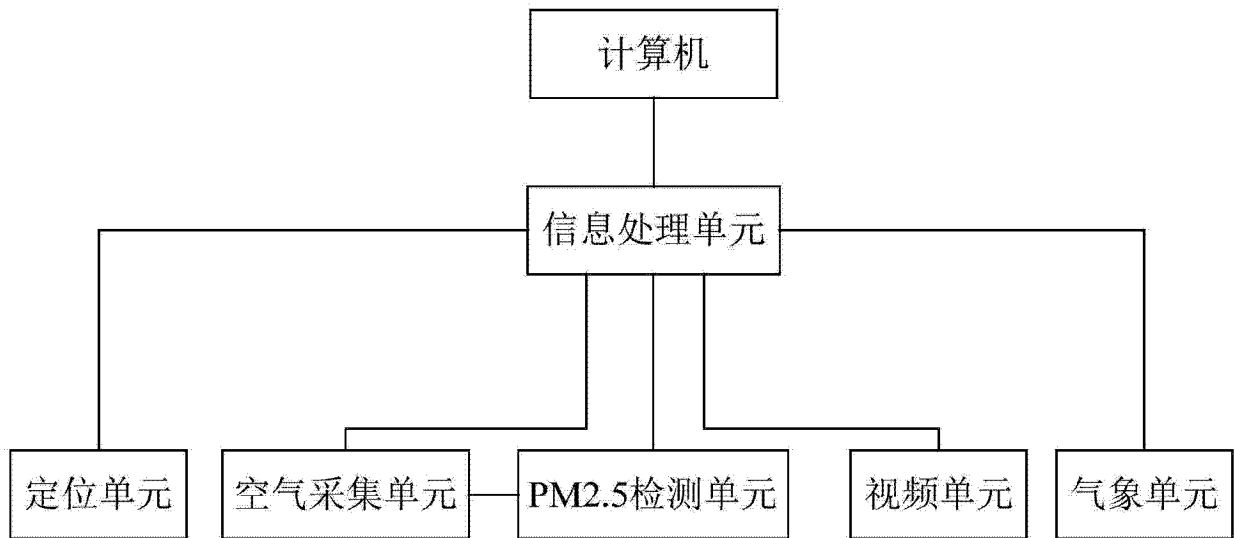


图 1

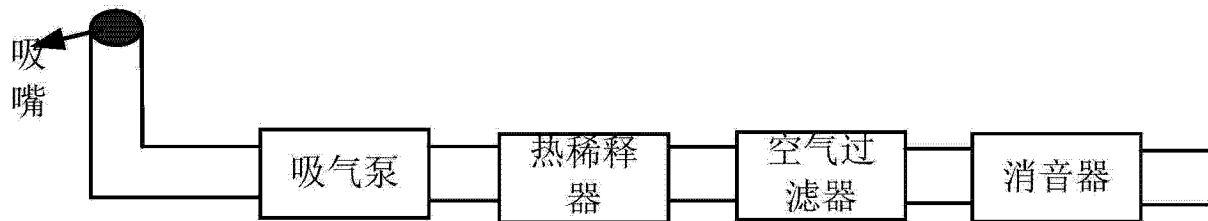


图 2

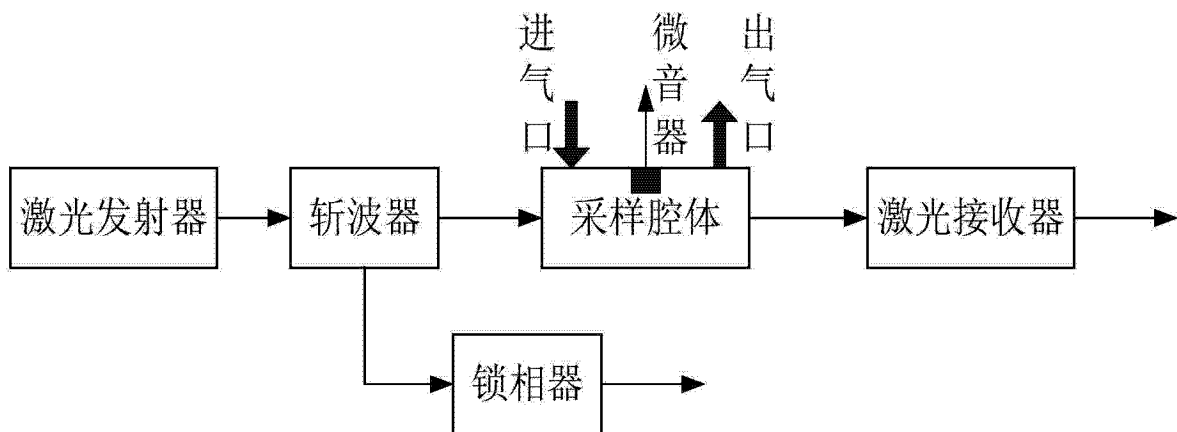


图 3

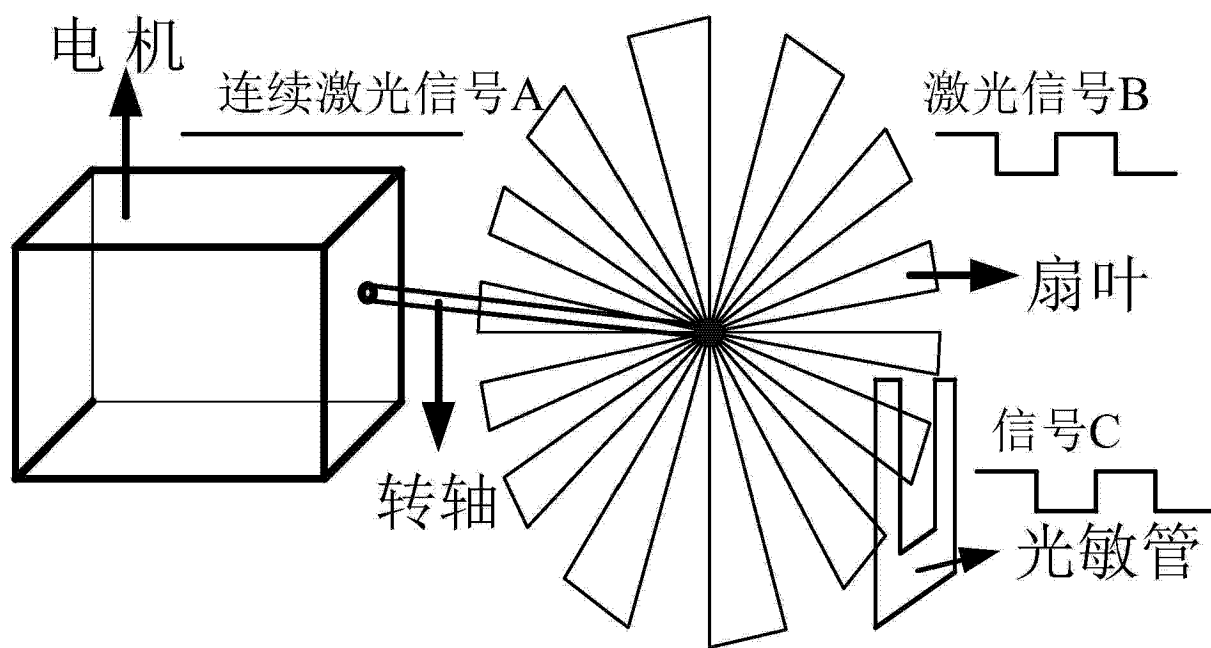


图 4

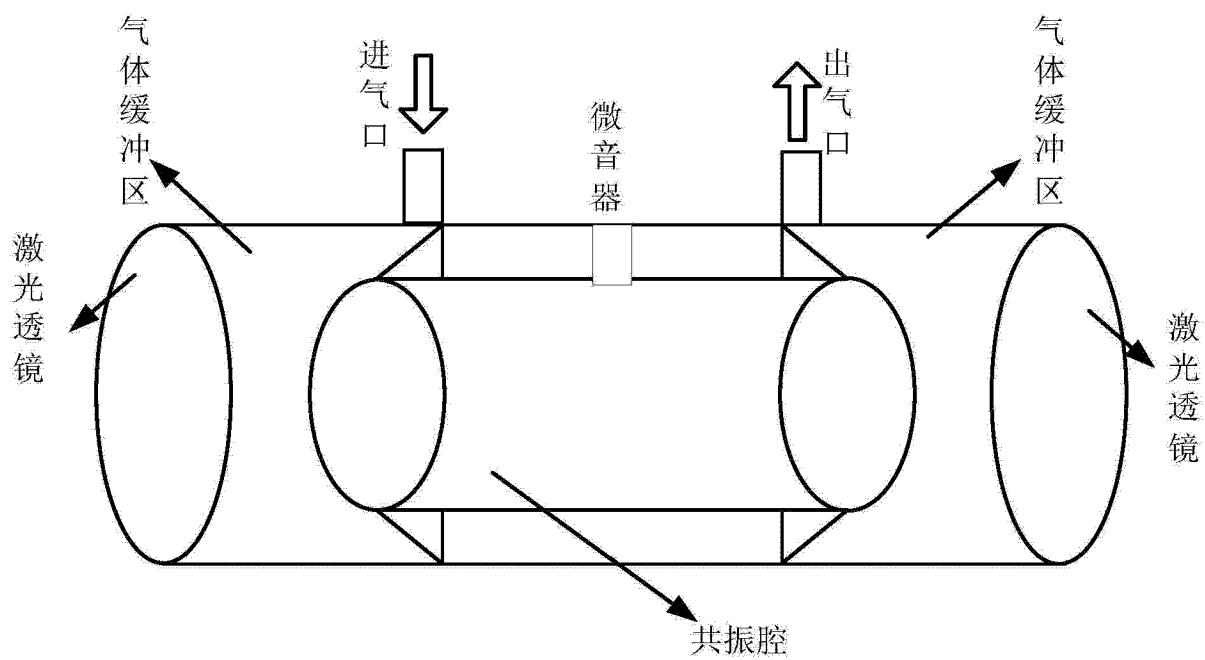


图 5