



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110927025 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 10

(21) 申请号 201911236520.1

G01N 15/06 (2006.01)

(22) 申请日 2019.12.05

G01N 21/21 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110927025 A

(43) 申请公布日 2020.03.27

(73) 专利权人 北京华泰诺安探测技术有限公司

地址 101312 北京市顺义区空港融慧园2号楼2层20-2

(72) 发明人 熊胜军 袁丁 吴红彦 夏征

(74) 专利代理机构 北京名华博信知识产权代理有限公司 11453

专利代理师 苗源

(51) Int. Cl.

G01N 15/00 (2006.01)

G01N 15/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108287129 A, 2018.07.17

CN 101223560 A, 2008.07.16

CN 101398367 A, 2009.04.01

CN 106970046 A, 2017.07.21

CN 109196330 A, 2019.01.11

CN 108375530 A, 2018.08.07

宋跃辉. 气溶胶光学特性的偏振激光雷达探测方法与实验研究.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(博士)信息科技辑》.2017,(第11期),

审查员 聂凯

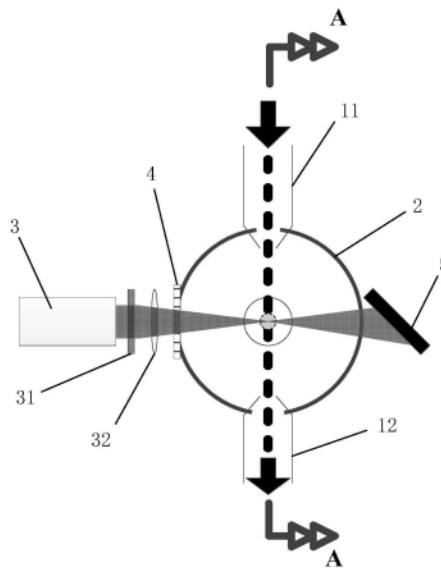
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种气溶胶粒子监测设备

(57) 摘要

本发明提供了一种气溶胶粒子监测设备,包括:进气管、光学检测室、出气管和气泵、激发光源、用于将荧光激发光束偏振成水平线偏振光的起偏器、用于吸收激发光束的消光陷阱、第一准直镜、用于将米散射光信号分成水平偏振分量信号和垂直偏振分量信号的偏振分束镜、用于探测所述垂直偏振分量信号的第一光电探测器、用于探测所述水平偏振分量信号的第二光电探测器、米散射滤光片以及用于探测荧光信号的第三光电探测器。该气溶胶粒子监测设备能够同时进行米散射信号探测、荧光信号探测以及退偏度探测,可以同时测量粒子直径、判断是否为生物气溶胶粒子,并对粒子形状特性进行分析,精确分辨气溶胶粒子的类别,有效排除干扰信号。



1. 一种气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述气溶胶粒子监测设备包括:

进气管(11),用作特定粒径的粒子通道;

光学检测室(2),所述光学检测室(2)为气密结构,用于气溶胶粒子的米散射探测和荧光探测;所述光学检测室(2)的顶部与所述进气管(11)的出口相连通,所述光学检测室(2)的侧壁上设置有若干光学窗口,用于光束的传输与检测;

出气管(12)和气泵(13),所述出气管(12)的第一端与所述光学检测室(2)的底端相连通,所述出气管(12)的第二端与所述气泵(13)的进气口相连通;

激发光源(3),设置在所述光学检测室(2)的第一光学窗口外,用于发出荧光激发光束,所述荧光激发光束的波长在260nm~420nm范围内;

起偏器(4),设置在所述光学检测室(2)的第一光学窗口处,用于将荧光激发光束偏振成水平线偏振光;

消光陷阱(5),设置在所述光学检测室(2)的第二光学窗口处,与所述激发光源(3)相对设置,用于吸收激发光束;

第一准直镜(21),设置在所述光学检测室(2)的第三光学窗口处;

偏振分束镜(6),位于所述光学检测室(2)的所述第三光学窗口外的光路上,用于将米散射光信号分成水平偏振分量信号和垂直偏振分量信号;

第一光电探测器(61),位于所述偏振分束镜(6)的反射侧,用于探测所述垂直偏振分量信号;

第二光电探测器(62),位于所述偏振分束镜(6)的透射侧,用于探测所述水平偏振分量信号;

米散射滤光片(7),位于所述第一准直镜(21)与所述偏振分束镜(6)之间,用于阻隔荧光信号,通过米散射光信号;

第三光电探测器(63),位于所述光学检测室(2)的第四光学窗口外,或者,位于所述第一准直镜(21)与所述米散射滤光片(7)之间,用于探测荧光信号;

所述第三光电探测器(63)位于所述第一准直镜(21)与所述米散射滤光片(7)之间时,所述气溶胶粒子监测设备还包括:

二向色分束镜(8),位于所述米散射滤光片(7)与所述第一准直镜(21)之间,用于透射米散射光信号、反射荧光信号;

所述第三光电探测器(63)位于所述二向色分束镜(8)的反射光路上。

2. 如权利要求1所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述气溶胶粒子监测设备还包括:

净化滤光片(31),设置在所述激发光源(3)与所述起偏器(4)之间,用以滤除所述荧光激发光束中的荧光光谱信号;

光束整形透镜(32),用于将所述荧光激发光束整形并汇聚投射到所述光学检测室(2)中的粒子束传输路径上。

3. 如权利要求1所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述光学检测室(2)内设置有反射收集镜(23),所述反射收集镜(23)位于所述第三光学窗口的相对侧。

4. 如权利要求3所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述反射收集镜(23)为球面结构反射镜或椭球面结构反射镜。

5. 如权利要求3所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述光学检测室(2)内设置有球面反射镜(24),所述球面反射镜(24)位于所述第三光学窗口处,且所述球面反射镜(24)的球心与所述光学检测室(2)内的气溶胶粒子检测点重合。

6. 如权利要求5所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述球面反射镜(24)上设置有通孔(241),所述通孔(241)位于所述第三光学窗口处,用于光束通过。

7. 如权利要求1所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述偏振分束镜(6)与所述第一光电探测器(61)之间依次设置有垂直检偏器(611)和第一汇聚镜(612),所述偏振分束镜(6)与所述第二光电探测器(62)之间依次设置有水平检偏器(621)和第二汇聚镜(622),所述第四光学窗口或所述第一准直镜(21)与所述第三光电探测器(63)之间依次设置有荧光滤光片(631)和第三汇聚镜(632)。

8. 如权利要求1所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述第三光电探测器(63)位于所述第四光学窗口外时,所述第四光学窗口处设置有第二准直镜(22)。

9. 如权利要求1所述的气溶胶粒子监测设备,其特征在于,所述气溶胶粒子监测设备还包括:

控制器,用于控制所述气泵(13)、所述激发光源(3)、所述第一光电探测器(61)、所述第二光电探测器(62)以及所述第三光电探测器(63)的启停,还用于获取所述第一光电探测器(61)、所述第二光电探测器(62)以及所述第三光电探测器(63)的检测结果,并对所述检测结果进行处理。

## 一种气溶胶粒子监测设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及气溶胶监测技术领域,尤其涉及一种气溶胶粒子监测设备。

### 背景技术

[0002] 气溶胶由固体或液体小质点分散并悬浮在气体介质中形成的胶体分散体系,又称气体分散体系。其分散相为固体或液体小质点,其大小为0.001~100微米,分散介质为气体。天空中的云、雾、尘埃,工业上和运输业上用的锅炉和各种发动机里未燃尽的燃料所形成的烟,采矿、采石场磨材和粮食加工时所形成的固体粉尘,人造的掩蔽烟幕和毒烟等都是气溶胶的具体实例。

[0003] 对气溶胶粒子的监测在环境与安全等领域均具有重要意义,现有技术下常用的监测手段有以下几种:

[0004] 一种是尘埃粒子计数器及粒径谱仪,基于米散射原理或空气动力学原理,只能检测粒子浓度与粒径尺寸分布谱,并不能进一步分类识别粒子的形状,仅凭借粒径谱分布难以对烟气、水雾进行准确区分;

[0005] 基于前向散射光斑形状探测的装置能够实现相似功能,但是需要复杂的成像系统或分布式传感器配置,结合复杂的散射图像分析处理算法来实现对粒子形状的区别和判别;

[0006] 还有一种偏振-米散射激光雷达,是一种面向开发空间的激光雷达,能测量纵深空间内的气溶胶浓度分布梯度,同时能通过气溶胶云团的激光反射回波的退偏度推算云团的气溶胶组成,能大至区分水云、冰云及沙层等,应用于气象监测。但是这种方法只能识别云团中大量气溶胶粒子的整体特性,监测灵敏度低,不能对单一气溶胶粒子的形状特性进行测量,因此对混合气溶胶检测难度大。

[0007] 上述几种技术均是对气溶胶的浓度、粒径、形状等进行监测的方法及装置,而无法判断气溶胶粒子是否为生物粒子。近年来,国内外在生物战剂现场监测报警技术领域重点展开了生物气溶胶连续监测技术研究,研制出固定式生物气溶胶报警系统、点源式生物源毒剂综合探测系统,基本建立其对生物气溶胶的连续监测和现场快速检测手段。

[0008] 大气与其中包括的活性有机体或由活性有机体释放出来的粒子、大分子物质或挥发性化合物构成的悬浮体系可统称为生物气溶胶粒子,其粒径范围为0.01~100 $\mu\text{m}$ ,常见的致病菌等生物气溶胶粒子一般粒径在0.4~10 $\mu\text{m}$ 之间。

[0009] 米氏散射和荧光散射法是生物气溶胶监测的常用方法,用米氏散射法实现对颗粒尺寸和数量的测量,使用荧光光谱的方法来识别生物颗粒。其原理为:当紫外/紫色激光入射到颗粒物质上时,会发生波长与入射光相同的米散射,同时,如果该颗粒为生物颗粒,还会受激发而发射波长大于激光的荧光。通过加带通滤光片的光电探测器分别测量米散射光及荧光信号,可分类粒子是生物颗粒还是非生物颗粒;探测器所记录的光脉冲的数量与颗粒数量相对应,从而可以测量粒子的浓度;探测器所记录的光脉冲的强度反应了米散射的强度,从而可以估算出颗粒的尺寸。米散射的强度不仅与颗粒的尺寸有关,还受颗粒的形

状、材质、折射率等因素的影响。

[0010] 激光激发荧光光谱简称荧光光谱,是指物质经某波长激光光源的照射后,分子获取能量从基态被激发到激发态,因激发态属于不稳定状态,在很短时间内跃迁返回基态,发出波长大于入射光的光,这种光被称为荧光,荧光的能量与波长关系图就是荧光光谱。其激光通常为可见光或近紫外光。

[0011] 研究表明,微生物体内的主要荧光物质有氨基酸(色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸)、还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NADH)及核黄素等,通过探测这些物质的荧光信号可以用来初步区分生物气溶胶和非生物气溶胶。

[0012] 现有的实施方案中,只用具有气溶胶监测功能的生物气溶胶报警设备,无法排除烟雾干扰;部分场景采用了烟雾报警器来排除烟雾干扰,但是不能解决实际环境中同时存在烟雾干扰情况下的生物报警。还有一种方案采用了生物气溶胶报警、富集采样和后续生物培养法或抗体辅酶法进行分析,具备对生物气溶胶报警、采样、特异性检验的综合功能,但是后续实验分析时间过长,无法满足现场快速、准确监测并报警的需求。

## 发明内容

[0013] 本发明旨在解决上面描述的问题。本发明的一个目的是提供一种解决以上问题中的任何一个的气溶胶粒子监测设备。具体地,本发明提供能够实现气溶胶粒子的计数、粒径谱分布、生物气溶胶判断、并分类不同形状的气溶胶的气溶胶粒子监测设备。

[0014] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种气溶胶粒子监测设备,所述气溶胶粒子监测设备包括:

[0015] 进气管,用作特定粒径的粒子通道;

[0016] 光学检测室,所述光学检测室为气密结构,用于气溶胶粒子的米散射探测和荧光探测;所述光学检测室的顶部与所述进气管的出口相连通,所述光学检测室的侧壁上设置有若干光学窗口,用于光束的传输与检测;

[0017] 出气管和气泵,所述出气管的第一端与所述光学检测室的底端相连通,所述出气管的第二端与所述气泵的进气口相连通;

[0018] 激发光源,设置在所述光学检测室的第一光学窗口外,用于发出荧光激发光束;

[0019] 起偏器,设置在所述光学检测室的第一光学窗口处,用于将荧光激发光束偏振成水平线偏振光;

[0020] 消光陷阱,设置在所述光学检测室的第二光学窗口处,与所述激发光源相对设置,用于吸收激发光束;

[0021] 第一准直镜,设置在所述光学检测室的第三光学窗口处;

[0022] 偏振分束镜,位于所述光学检测室的所述第三光学窗口外的光路上,用于将米散射光信号分成水平偏振分量信号和垂直偏振分量信号;

[0023] 第一光电探测器,位于所述偏振分束镜的反射侧,用于探测所述垂直偏振分量信号;

[0024] 第二光电探测器,位于所述偏振分束镜的透射侧,用于探测所述水平偏振分量信号;

[0025] 米散射滤光片,位于所述第一准直镜与所述偏振分束镜之间,用于阻隔荧光信号,

通过米散射光信号；

[0026] 第三光电探测器,位于所述光学检测室的第四光学窗口外,或者,位于所述第一准直镜与所述米散射滤光片之间,用于探测荧光信号。

[0027] 进一步地,所述气溶胶粒子监测设备还包括:

[0028] 净化滤光片,设置在所述激发光源与所述起偏器之间,用以滤除所述荧光激发光束中的荧光光谱信号;

[0029] 光束整形透镜,用于将所述荧光激发光束整形并汇聚投射到所述光学检测室中的粒子束传输路径上。

[0030] 进一步地,所述第三光电探测器位于所述第一准直镜与所述米散射滤光片之间时,所述气溶胶粒子监测设备还包括:

[0031] 二向色分束镜,位于所述米散射滤光片与所述第一准直镜之间,用于透射米散射光信号、反射荧光信号;

[0032] 所述第三光电探测器位于所述二向色分束镜的反射光路上。

[0033] 进一步地,所述光学检测室内设置有反射收集镜,所述反射收集镜位于所述第三光学窗口的相对侧。

[0034] 其中,所述反射收集镜为球面结构反射镜或椭球面结构反射镜。

[0035] 进一步地,所述光学检测室内设置有球面反射镜,所述球面反射镜位于所述第三光学窗口处,且所述球面反射镜的球心与所述光学检测室内的气溶胶粒子检测点重合。

[0036] 进一步地,所述球面反射镜上设置有通孔,所述通孔位于所述第三光学窗口处,用于光束通过。

[0037] 其中,所述偏振分束镜与所述第一光电探测器之间依次设置有垂直检偏器和第一汇聚镜,所述偏振分束镜与所述第二光电探测器之间依次设置有水平检偏器和第二汇聚镜,所述第四光学窗口或所述第一准直镜与所述第三光电探测器之间依次设置有荧光滤光片和第三汇聚镜。

[0038] 其中,所述第三光电探测器位于所述第四光学窗口外时,所述第四光学窗口处设置有第二准直镜。

[0039] 进一步地,所述气溶胶粒子监测设备还包括:

[0040] 控制器,用于控制所述气泵、所述激发光源、所述第一光电探测器、所述第二光电探测器以及所述第三光电探测器的启停,还用于获取所述第一光电探测器、所述第二光电探测器以及所述第三光电探测器的检测结果,并对所述检测结果进行处理。

[0041] 本发明的气溶胶粒子监测设备能够同时进行米散射信号探测、荧光信号探测以及退偏度探测,可以同时测量粒子直径、判断是否为生物气溶胶粒子,并对粒子形状特性进行分析,精确分辨气溶胶粒子的类别,有效排除干扰信号。该气溶胶粒子监测设备结构简单、便于实现,成本低,利于推广使用。

[0042] 参照附图来阅读对于示例性实施例的以下描述,本发明的其他特性特征和优点将变得清晰。

## 附图说明

[0043] 并入到说明书中并且构成说明书的一部分的附图示出了本发明的实施例,并且与

描述一起用于解释本发明的原理。在这些附图中,类似的附图标记用于表示类似的要素。下面描述中的附图是本发明的一些实施例,而不是全部实施例。对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0044] 图1示例性地示出了本发明的气溶胶粒子监测设备的一种结构示意图;
- [0045] 图2示例性地示出了图1的A-A剖视图;
- [0046] 图3示例性地示出了本发明的气溶胶粒子监测设备的另一种结构示意图;
- [0047] 图4示例性地示出了本发明的气溶胶粒子监测设备的第三种结构示意图;
- [0048] 图5示例性地示出了水平偏振激发光照射到球形粒子上的光路示意图;
- [0049] 图6示例性地示出了水平偏振激发光照射到非球形粒子上的光路示意图;
- [0050] 图7示例性地示出了采用本发明的方案测得的荧光气溶胶退偏比和粒径分布图。

### 具体实施方式

[0051] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将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,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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,都属于本发明保护的范围。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0052] 发明人根据不同形状粒子的散射光偏振特性不同,设计了一种气溶胶粒子监测设备,采用水平偏振的激发光对气溶胶粒子进行激发,并将激发后的光信号进行分束获得水平偏振分量信号和垂直偏振分量信号,进而计算当前粒子的退偏比,利用退偏比表征粒子的不规则程度,再结合荧光信号判断是否为荧光粒子以及利用米散射信号获得的粒子直径,可以对气溶胶粒子进行精确分类,有效排除干扰。

[0053] 下面结合附图,对根据本发明所提供的气溶胶粒子监测设备进行详细说明。

[0054] 图1示出了本发明的气溶胶粒子监测设备的一种结构示意图,图2为该气溶胶粒子监测设备的一种具体实施例的A-A剖视图,综合参照图1和图2所示,本发明的气溶胶粒子监测设备包括:进气管11、光学检测室2、出气管12和气泵13、激发光源3、起偏器4、消光陷阱5、第一准直镜21、偏振分束镜6、第一光电探测器61、第二光电探测器62、米散射滤光片7以及第三光电探测器63。

[0055] 其中,进气管11用作特定粒径的粒子通道,其末端设计成锥型喷嘴,令粒子以一定的流速通过光学检测室2。具体地,可以在进气管11的入口端设置气体过滤装置及粒径切割装置,以有效过滤待测气体中的杂质、并对大粒子物质进行切割。

[0056] 光学检测室2为气密结构,仅在顶部和底部留有进气口和出气口,用于气溶胶粒子的米散射探测和荧光探测,其中,米散射探测用于粒子计数、粒径尺寸计算以及退偏比计算,荧光探测用于判别气溶胶粒子是否为荧光粒子。光学检测室2顶部的进气口与进气管11的出口相连通,通过进气管11将外界待检测气体引入光学检测室2内形成气路并进行检测。光学检测室2的侧壁上设置有若干光学窗口,用于光束的传输与检测。示例性地,在图1和图2所示的实施例中,光学检测室2为球形结构,在另外的实施例中,光学检测室3也可以设置为长方体或立方体结构。无论光学检测室2的结构如何,只需在垂直于进入光学检测室2内的气路的方向上,开设若干光学窗口即可满足光束的传输和检测需求。

[0057] 出气管12的第一端与光学检测室2的底端的出气口相连通,出气管12的第二端与气泵13的进气口相连通。其中,气泵13作为气体通过进气管11进入光学检测室2的动力源,出气管12末端设计成锥型喷嘴状,驱动气流及气溶胶粒子流经光学检测室2内的检测光路。

[0058] 激发光源3设置在光学检测室2的第一光学窗口外,用于向光学检测室2内发出荧光激发光束,照射在经过光学检测室2的气路上,以便判断进入光学检测室2的气流中是否存在荧光粒子。具体地,激发光源3可以采用宽波段的紫外光源(例如紫外氙灯、氙灯、阴极射线光源等),配合使用260nm~420nm的带通滤光片选择激发光束出射;也可使用260nm~420nm范围内的单色激光(如266nm、355nm、405nm等)或LED光源(如280nm、365nm等)。

[0059] 起偏器4选用水平线偏振光偏振片,设置在光学检测室2的第一光学窗口处,用于将激发光源3发出的荧光激发光束偏振成水平线偏振光,便于探测和计算气溶胶粒子的退偏比。

[0060] 消光陷阱5设置在光学检测室2的第二光学窗口处,与激发光源3相对设置,用于吸收激发光束,避免未经过气溶胶粒子散射的激发光在光学检测室2中形成杂散光,干扰米散射信号和荧光信号的采集。

[0061] 第一准直镜21设置在光学检测室2的第三光学窗口处,用于将光学检测室2内激发气溶胶粒子后产生的光信号准直后透射出光学检测室,便于光电探测器进行接收和识别判断。

[0062] 偏振分束镜6位于光学检测室2的第三光学窗口外的光路上,用于将由光学检测室2内激发气溶胶粒子后透射出的米散射光信号分成水平偏振分量信号和垂直偏振分量信号。

[0063] 第一光电探测器61位于偏振分束镜6的反射侧,用于探测垂直偏振分量信号;第二光电探测器62位于偏振分束镜6的透射侧,用于探测水平偏振分量信号。第一光电探测器61和第二光电探测器62探测米散射光信号以用于粒子计数、粒径尺寸计算,并计算气溶胶粒子的退偏比,进而判断气溶胶粒子的类别。

[0064] 米散射滤光片7位于第一准直镜21与偏振分束镜6之间,用于阻隔荧光信号,通过米散射光信号,确保第一光电探测器61和第二光电探测器62仅接收米散射光信号,便于气溶胶粒子计数及粒径尺寸计算,并保证气溶胶粒子退偏比的测量和计算精度。

[0065] 第三光电探测器63用于探测荧光信号,以判别气溶胶粒子是否为荧光粒子。具体地,第三光电探测器63的荧光探测光路与第一光电探测器61和第二光电探测器62的米散射探测光路可以共光路设计,也可以不共光路设置。在图2所示的实施例中,第三光电探测器63位于光学检测室2的第四光学窗口外,其探测光路与米散射探测光路非共光路设计。

[0066] 图3示出了该气溶胶检测装置的另一种具体实施例的A-A剖视图,在此实施例中,第三光电探测器63的探测光路与米散射探测光路共光路设计,第三光电探测器63位于第一准直镜21与米散射滤光片7之间,接收被米散射滤光片7过滤之前的光信号中的荧光信号,即接收由光学检测室2内激发气溶胶粒子后产生的光信号中的荧光信号。

[0067] 在图3所示的实施例中,由于第三光电探测器63位于第一准直镜21与米散射滤光片7之间,但为了不妨碍第一光电探测器61和第二光电探测器62的米散射光信号探测,该气溶胶粒子监测设备还包括二向色分束镜8,用以改变光信号中的荧光信号的传输方向,避免第三光路探测器63对米散射光信号的探测造成影响。具体地,二向色分束镜8位于米散射滤



光片7与第一准直镜21之间,用于透射米散射光信号、反射荧光信号,即在不影响米散射光信号传输的基础上将荧光信号分离出来、改变荧光信号的传输方向,以充分保证第一光电探测器63、第一光电探测器61和第二光电探测器62的检测结果的可靠性。其中第三光电探测器63位于二向色分束镜8的反射光路上,以接收二向色分束镜8分离出的荧光信号。需要说明的是,二向色分束镜8可以采用上述透射米散射光信号、反射荧光信号的分束镜,也可以采用透射荧光信号、反射米散射光信号的分束镜。

[0068] 进一步地,在如图3所示的荧光信号探测光路与米散射光信号探测光路共光路设计的结构中,还可以在光学检测室2内设置有反射收集镜23,反射收集镜23位于第三光学窗口的相对侧,用以将照射到光学检测室2侧壁上的光纤反射至粒子束的传输路径上,充分激发气溶胶粒子,提高检测结果的可靠性。示例性地,反射收集镜23可以为球面结构反射镜或者椭球面结构反射镜。

[0069] 图4示出了本发明的气溶胶粒子监测设备的另一种具体实施例的A-A剖视图,在本实施例中,光学检测室2内还设置有球面反射镜24,球面反射镜24位于第三光学窗口处,且球面反射镜24的球心与光学检测室2内的气溶胶粒子检测点重合。球面反射镜24可以将该方向的光信号反射至反射收集镜23上,然后再次会聚至第一准直镜21的焦点处,进一步增大光信号收集的孔径角,提高检测结果的可靠性。

[0070] 具体地,球面反射镜24上设置有通孔241,通孔241位于第三光学窗口处,用于光束通过,以透射汇聚的光束。

[0071] 返回参照图1所示,本发明的气溶胶粒子监测设备还包括净化滤光片31和光束整形透镜32。其中,净化滤光片31设置在激发光源3与起偏器4之间,用以滤除激发光源3发出的荧光激发光束中的荧光光谱信号,可以选用相应激发波段的带通滤波片或低通滤波片,低通滤波片的截止波长依据激发波长和荧光波长选取。例如,当激发光源选取405nm的激光时,截止波长选取在410~460nm之间。当激发光源3的单色性较好时,也可以不设置净化滤光片31。光束整形透镜32用于将激发光源3发出的荧光激发光束整形并汇聚投射到光学检测室2中的粒子束传输路径上,即令光束的汇聚点正好位于光学检测室2中的粒子束传输路径上。在一个典型的实施例中,光束整形透镜32可以选用柱透镜,使得光束的汇聚点处形成线型汇聚光斑,示例性地,汇聚点的激发光束宽度可以为10~200 $\mu\text{m}$ 。

[0072] 综合图2~图4所示,本发明的气溶胶粒子监测设备中,在偏振分束镜6与第一光电探测器61之间依次设置有垂直检偏器611和第一汇聚镜612,其中垂直检偏器611为垂直线偏振光偏振片,用以透射米散射光信号中的垂直偏振分量信号;偏振分束镜6与第二光电探测器62之间依次设置有水平检偏器621和第二汇聚镜622,水平检偏器621为水平线偏振光偏振片,用以透射米散射光信号中的水平偏振分量信号。第四光学窗口与第三光电探测器63之间或第一准直镜21与第三光电探测器63之间依次设置有荧光滤光片631和第三汇聚镜632,其中,荧光滤光片631用以阻隔米散射光信号、通过荧光信号,可以采用荧光波段的带通滤光片或长波滤光片。第一汇聚镜612、第二汇聚镜622、第三汇聚镜632的作用相同,均是为了将米散射光信号或荧光信号收集汇聚至相应的光电探测器。

[0073] 第一光电探测器61、第二光电探测器62、第三光电探测器63均可以使用PIN光电二极管、雪崩光电二极管或光电倍增管探测器中的任一种。

[0074] 需要指出的是,当第三光电探测器63设置于第四光学窗口外时,如图2所示的实施

例中,第四光学窗口处设置有第二准直镜22,用以校准光信号的传输方向,保证检测结果的准确性。

[0075] 启动气泵13后,气溶胶粒子随气流经进气管11依次进入光学检测室2内,被激发光源3发出的荧光激发光束照射而产生米散射光信号,若气溶胶粒子中含有荧光物质则会同时激发荧光信号;其中的荧光信号经过荧光滤光片631后被第三光电探测器63接收,用以识别气溶胶粒子中是否有荧光物质;米散射光信号则经过米散射滤光片7以及偏振分束镜6后分别被第一光电探测器61和第二光电探测器62接收,用以进行粒子计数和粒径计算,并计算退偏比来判断粒子形状,进而判别粒子类型。检测完毕的气溶胶粒子随气流由出气管12排出。

[0076] 偏振激发光与气溶胶粒子的散射作用及散射光的偏振特性与粒子的形状相关。图5示出了水平偏振激发光入射到球形粒子上的光路示意图,图6为水平偏振激发光入射到非球形粒子上的光路示意图。对比图5和图6可知,水平偏振激发光 $I_{//}$ 照射到球形粒子表面,球形粒子的散射光偏振特性不变;而水平偏振激发光 $I_{//}$ 照射到非球形粒子表面,非球形粒子的散射光会同时存在水平偏振分量信号和垂直偏振分量信号,因此可以通过退偏比 $r = S_{\perp} / S_{//}$ 表征粒子的不规则程度,由散射光强度 $S = S_{\perp} + S_{//}$ 计算粒子直径。

[0077] 在本发明中,第一光电探测器61接收垂直偏振分量信号,并识别出垂直偏振分量信号的光强度 $S_{\perp}$ ;第二光电探测器62接收水平偏振分量信号,并识别出水平偏振分量信号的光强度 $S_{//}$ 。第三光电探测器63接收荧光信号,并识别出荧光强度 $F$ ,由 $F$ 可以判断气溶胶粒子是否为荧光粒子。由 $S_{\perp}$ 和 $S_{//}$ 可以得出米散射光信号强度 $S = S_{\perp} + S_{//}$ ,由 $S$ 可以计算粒子直径、计算粒子数量;通过退偏比 $r = S_{\perp} / S_{//}$ 可以进一步分类不同形状的粒子。

[0078] 对于非荧光气溶胶粒子的分类包括:水雾( $r$ 趋近于0)、烟雾灰霾( $r = 0.05 \sim 0.2$ )、沙尘( $r = 0.2 \sim 0.4$ )、冰云( $r = 0.4 \sim 0.5$ )等。对于荧光气溶胶粒子的分类包括:球菌类气溶胶( $r$ 趋近于0)、杆菌类气溶胶( $r > 0.2$ ,与杆菌的长径比有关)。

[0079] 图7为基于本发明的方案进行试验测得的去除非荧光气溶胶后的荧光气溶胶的退偏比和粒径分布图,如图所示,测得的金色葡萄球菌直径在 $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$ 之间,其平均直径约为 $0.9 \mu\text{m}$ ,退偏比 $r$ 在 $0 \sim 0.1$ 之间,退偏比的均值约为0.04;大肠杆菌直径分布在 $1 \sim 4 \mu\text{m}$ ,平均直径约为 $2.8 \mu\text{m}$ ,退偏比 $r$ 在 $0.3 \sim 0.6$ 之间,退偏比的均值约为0.46。经实验验证,可以通过粒径、退偏比来进一步区分不同类型的生物气溶胶粒子或非生物气溶胶粒子。

[0080] 另外,本发明的气溶胶粒子监测设备还包括控制器(图中未示出),用于控制气泵13、激发光源3、第一光电探测器61、第二光电探测器62以及第三光电探测器63的启停,还用于获取第一光电探测器61、第二光电探测器62以及第三光电探测器63的检测结果,并对检测结果进行处理,判断当前检测的气溶胶粒子是否为荧光粒子,以及对气溶胶粒子进行精确分类。

[0081] 本发明的气溶胶粒子监测设备结构相对现有技术中的设备结构简单、且易于实现,采用米散射、荧光、偏振三种同步探测,利用米散射光信号探测粒子直径、粒子计数;利用荧光信号探测是否为荧光粒子,进而判断是否为生物气溶胶粒子;利用偏振探测计算退偏比,进而获取粒子形状特性,综合三种探测结果对气溶胶粒子进行精确分类,有效排除干扰,可以应用于特定检测需求。

[0082] 上面描述的内容可以单独地或者以各种方式组合起来实施,而这些变型方式都在

本发明的保护范围之内。

[0083] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包含一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个…”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0084] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

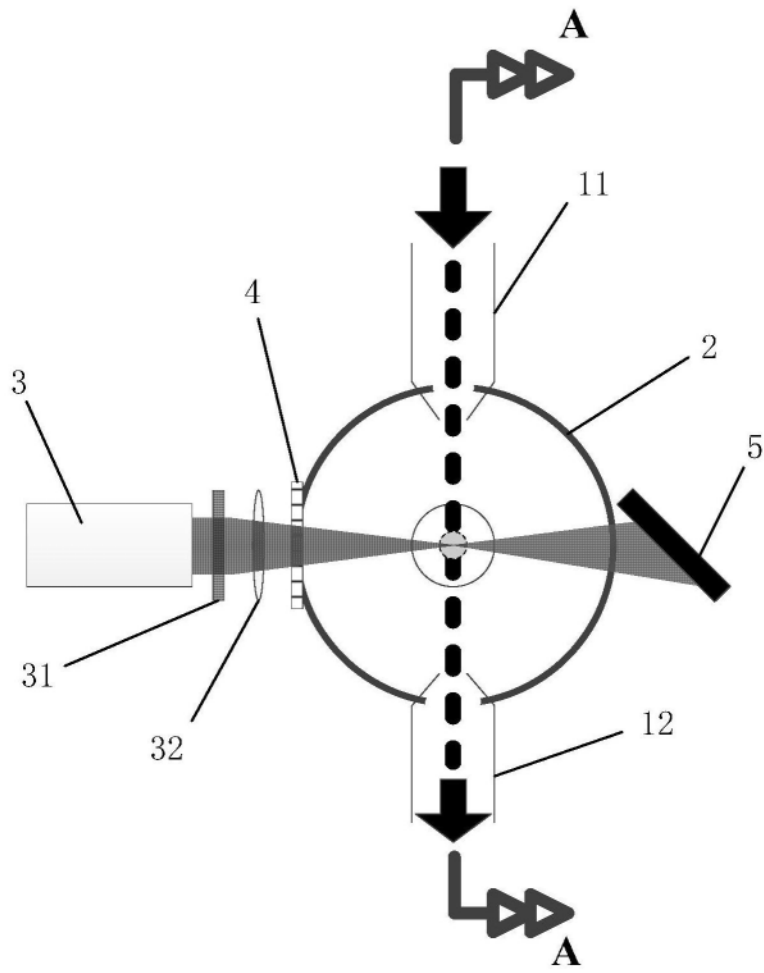


图1

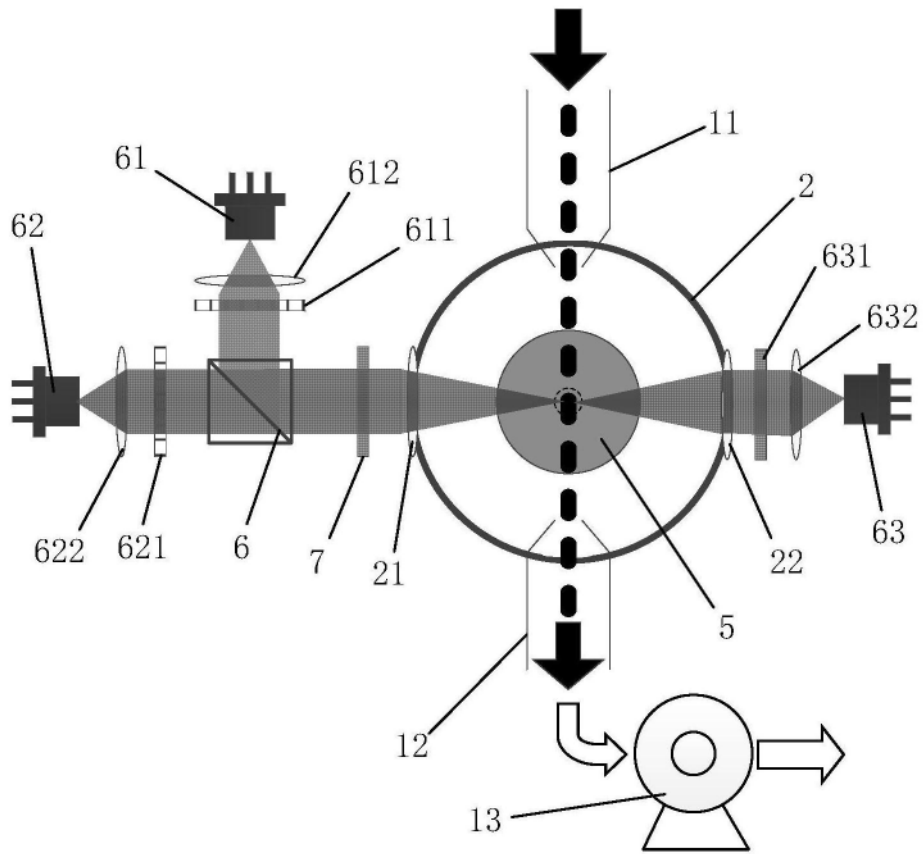


图2

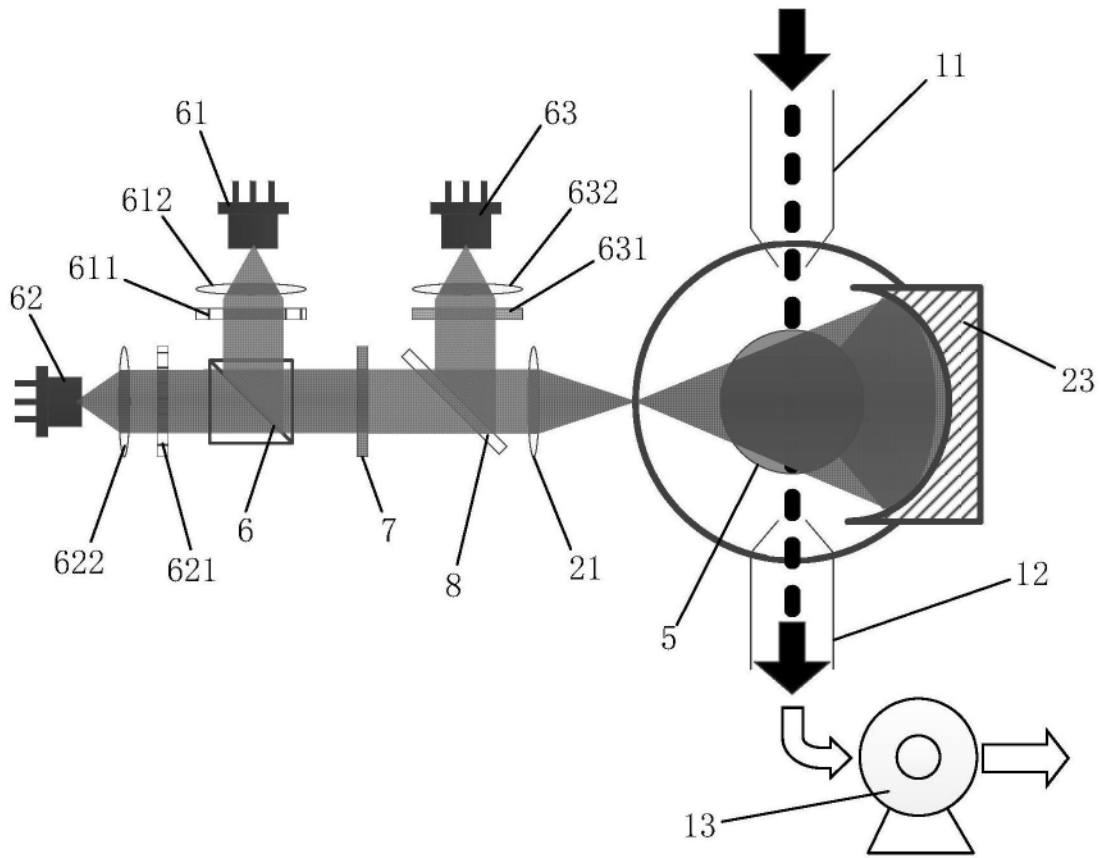


图3

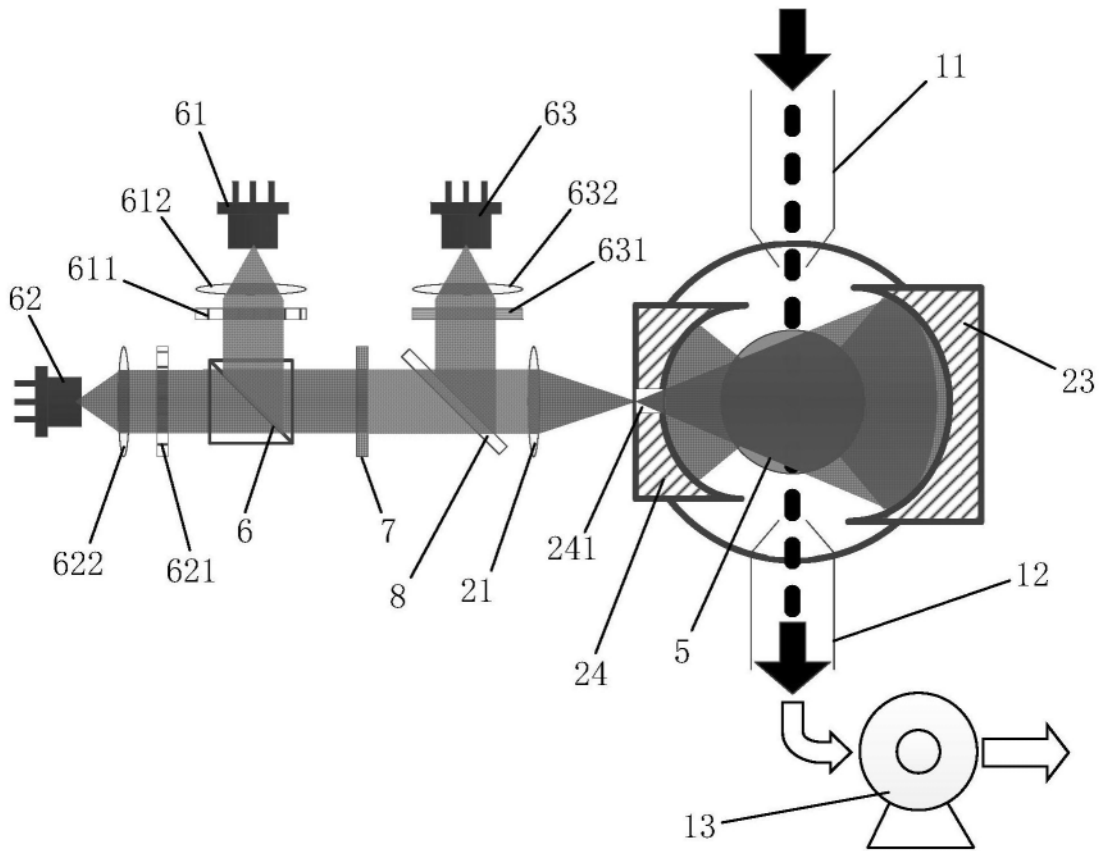


图4

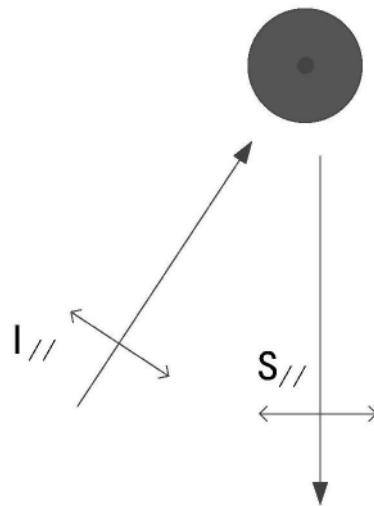


图5

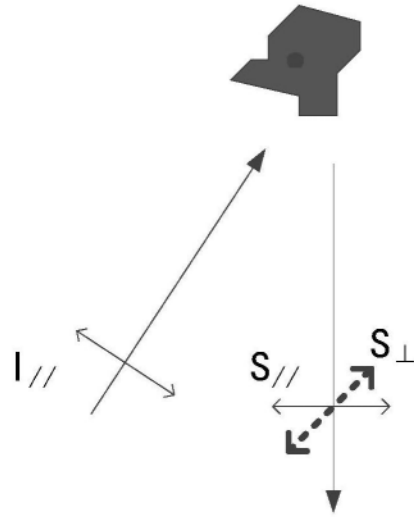


图6

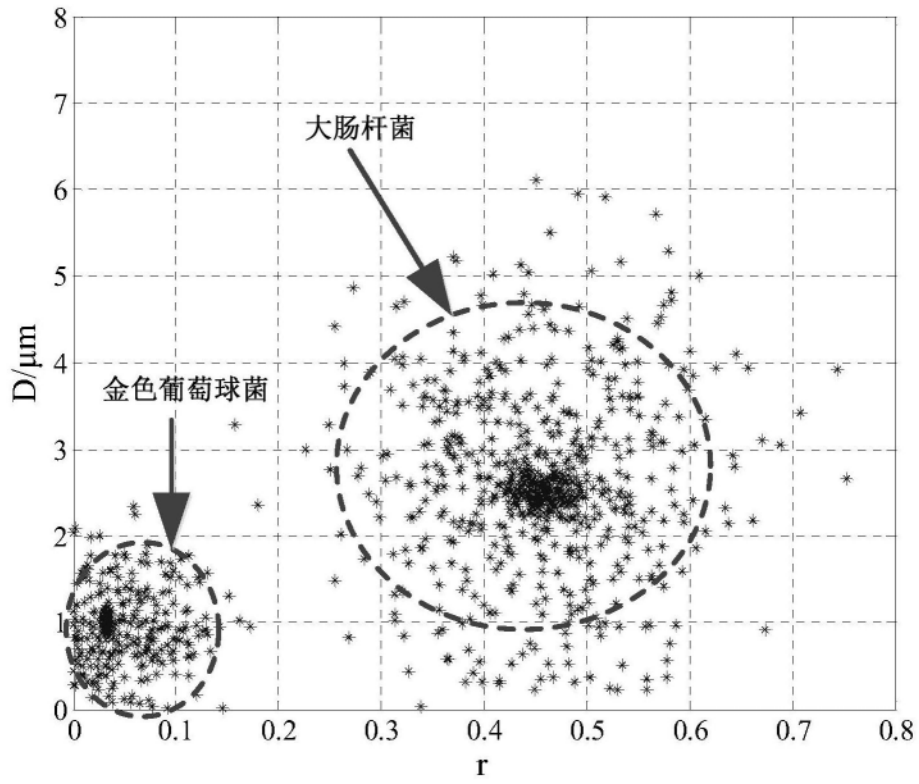


图7