



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102129755 A

(43) 申请公布日 2011. 07. 20

(21) 申请号 201110001456. 6

(22) 申请日 2011. 01. 06

(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 张永明 张启兴 方俊 王进军

(74) 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理  
有限公司 34112

代理人 余成俊

(51) Int. Cl.

G08B 17/107(2006. 01)

G01N 21/49(2006. 01)

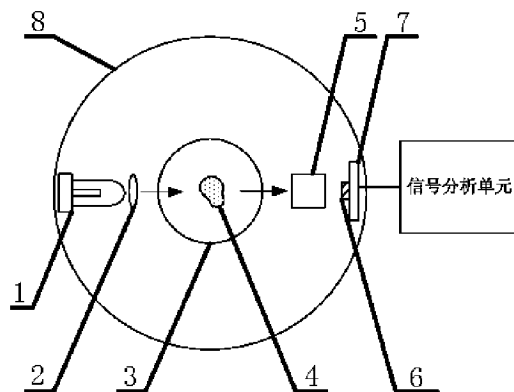
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器

(57) 摘要

本发明公开了一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,包括有探测腔室探测腔室依次共光轴设置有光源、入射透镜、接收透镜系统、探测器,接收透镜系统和探测器之间设置有隔板,入射透镜将光源的入射光聚焦于探测腔室中心处颗粒群上,接收透镜系统将探测腔室中心处颗粒群的前向小角度散射光传输至探测器上。本发明降低了对探测器灵敏度的要求,提高了烟雾颗粒的响应,降低了探测器的误报,减小了获得散射光强分布的误差。



1. 一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,其特征在于:包括有构成暗室环境的探测腔室,所述探测腔室中心一侧依次设置有光源、入射透镜,所述入射透镜的焦点位于探测腔室中心处,入射透镜将光源的入射光聚焦于探测腔室中心处颗粒群上,所述探测腔室中心另一侧依次设置有接收透镜系统、探测器,所述光源、入射透镜、接收透镜系统、探测器的探测面共光轴,接收透镜系统和探测器之间设置有位于探测器的探测面中心处的隔板,所述接收透镜系统将探测腔室中心处颗粒群的前向小角度散射光传输至探测器上,所述探测器与外部的信号处理单元连接。

2. 根据权利要求1所述的一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,其特征在于:所述接收透镜系统包括共光轴设置的第一接收透镜、第二接收透镜,所述第一、第二接收透镜均为消色差平凸薄透镜,其中第一接收透镜的焦点位于探测腔室中心处,所述第一接收透镜接收探测腔室中心处颗粒群的前向小角度散射光并成像于像平面,所述第二接收透镜使位于所述像平面上的散射光以垂直于探测器探测面的角度平行入射至探测器的探测面上。

3. 根据权利要求1所述的一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,其特征在于:所述探测器为线阵探测器,或者为多个光电二极管构成的探测器阵列,所述接收透镜系统中第二接收透镜使位于像平面上的散射光以垂直于探测器探测面的角度平行入射至探测器的探测面上,同时使不同散射角的散射光对应线阵探测器的不同相元,或者是多个光电二极管构成的探测器阵列的不同探测位置。

## 一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及火灾探测技术领域,具体为一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器。

### 背景技术

[0002] 火灾探测是防止火灾发生的重要手段,基于光散射原理的光电感烟探测器是当前火灾探测报警系统采用最广泛的常规探测器。现有技术的光电感烟探测器通常采用在前向或后向某一特定散射角度接收某一特定波长(通常为近红外光)的散射光强信号来实现烟雾颗粒的感知,如专利 CN101147053, CN1198237 等。这类探测器主要存在无法有效识别灰尘等干扰颗粒导致容易产生误报的缺陷。误报的存在严重地影响了光电感烟探测器的使用,美国国家消防协会(National Fire Protection Association)在 2004 年的一份名为《误报和意外启动:美国感烟探测器和其他探测/报警设备调查》(“False Alarms and Unwanted Activations” From: U.S. Experience with Smoke Alarms and other Fire Detection/Alarm Equipment)研究报告中指出,为了减少探测器误报对生活的干扰,人们通常将探测器中的电池移除,感烟探测器的电池移除率是其他类似电器的 8 倍。误报的存在往往使得光电感烟探测器在真实火灾发生时无法发挥其应用的报警功能,从而给社会造成重大损失。

[0003] 作为现有技术的改进,一些探测器已经提出了使用两个不同波长的光源,利用颗粒散射得到的不同波长的信号的差值来识别灰尘和烟雾信号,如专利 CN101135630A 等。该技术利用双波长散射信号相减后的方法来抑制对大尺寸灰尘颗粒的响应的同时也不可避免地抑制了对烟雾颗粒的响应。

[0004] 作为现有技术的改进的另一种方案,在 CN 1234003C、CN101036173A 等专利中提出采用前向和后向分别设置接收器,利用前向和后向散射光的比值或某种其他的组合运算来识别黑烟(白烟)和灰尘。此技术涉及到在后向角度探测散射光,而烟雾,尤其是黑烟颗粒的后向散射十分微弱,因此对探测器灵敏度的要求比较高。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,利用散射信号最强的前向小角度散射实现对烟雾颗粒的高灵敏度响应,降低了对器件灵敏度的要求,并有效地改进对灰尘等大尺寸干扰颗粒的识别。

[0006] 为了达到上述目的,本发明所采用的技术方案为:

一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,其特征在于:包括有构成暗室环境的探测腔室,所述探测腔室中心一侧依次设置有光源、入射透镜,所述入射透镜的焦点位于探测腔室中心处,入射透镜将光源的入射光聚焦于探测腔室中心处颗粒群上,所述探测腔室中心另一侧依次设置有接收透镜系统、探测器,所述光源、入射透镜、接收透镜系统、探测器的探测面共光轴,接收透镜系统和探测器之间设置有位于探测器的探测面中心处的隔板,所

述接收透镜系统将探测腔室中心处颗粒群的前向小角度散射光传输至探测器上,所述探测器与外部的信号处理单元连接。

[0007] 所述的一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,其特征在于:所述接收透镜系统包括共光轴设置的第一接收透镜、第二接收透镜,所述第一、第二接收透镜均为消色差平凸薄透镜,其中第一接收透镜的焦点位于探测腔室中心处,所述第一接收透镜接收探测腔室中心处颗粒群的前向小角度散射光并成像于像平面,所述第二接收透镜使位于所述像平面上的散射光以垂直于探测器探测面的角度平行入射至探测器的探测面上。

[0008] 所述的一种基于前向小角度散射的光电感烟探测器,其特征在于:所述探测器为线阵探测器,或者为多个光电二极管构成的探测器阵列,所述接收透镜系统中第二接收透镜使位于像平面上的散射光以垂直于探测器探测面的角度平行入射至探测器的探测面上,同时使不同散射角的散射光对应线阵探测器的不同相元,或者是多个光电二极管构成的探测器阵列的不同探测位置。

[0009] 颗粒光散射特征是颗粒某些性质的体现,主要包括颗粒的粒径和折射率。根据《火灾全期刊》(Fire Safety Journal)2006年第41卷第266页到第273页上的论文《试验火烟颗粒光学性质的在线测量》(On-line determination of optical properties of particles produced by test fires)公开的内容,正庚烷和聚氨酯燃烧产生的黑烟颗粒与木材阴燃和棉绳阴燃产生的灰(白)烟颗粒,在粒径分布上的区别并不明显,主要分布在10纳米到1微米范围,几何平均粒径为200纳米左右,几何标准偏差通常在2附近;而黑烟颗粒和灰(白)烟颗粒在光散射强度上的差别主要是由折射率不同引起的:黑烟颗粒折射率虚部通常较大,因此产生较强的光吸收,导致光散射强度偏小。灰尘颗粒是由环境中的天然物质或生物体的磨蚀或非热分解所产生的,与烟雾颗粒相比,灰尘颗粒的尺寸一般非常大,主要分布在1微米到100微米粒径范围之内。

[0010] 烟雾和灰尘颗粒在可见近红外波段的光散射强度在前向小散射角度的分布呈以下特征:散射角由0度开始增加的过程中,烟雾和灰尘颗粒的光散射强度都由大变小;但两者在散射强度随散射角增大而下降的幅度上存在明显差别,相比烟雾颗粒,灰尘颗粒在前20度散射角范围内可以下降到几个数量级的差别,而烟雾颗粒通常则下降不超过一个数量级。本发明通过在前向零度散射角附近的小散射角范围内固定设置探测系统,通过该探测系统可以获得前向小角度光强分布,利用该光强分布信息可以有效分辨烟雾颗粒和灰尘颗粒。

[0011] 本发明利用颗粒散射能量最为集中的前向小角度散射,降低了对探测器灵敏度的要求,提高了烟雾颗粒的响应。利用前向光强分布信息可以简单有效地实现烟雾颗粒和灰尘颗粒的识别,降低了探测器的误报。接收透镜系统的使用避免了入射角度不同造成探测器响应不一致的问题,减小了获得散射光强分布的误差。

## 附图说明

[0012] 图1为本发明的基于前向小角度散射的光电感烟探测器平面示意图。

[0013] 图2为本发明的透镜系统组成示意图。

[0014] 图3为532nm波长下典型烟雾颗粒和灰尘颗粒前向小角度散射光强度相对分布计算结果图。

## 具体实施方式

[0015] 如图 1、图 2 所示。本发明包括光发射部分、光接收部分以及信号处理系统。光发射部分包括光源 1 和入射透镜 2，光源 1 出射的光束经入射透镜 2 聚焦后入射至探测腔室 8 中心位置的散射中心 3，与进入散射中心 3 的颗粒群 4 发生光散射作用。光接收部分包括接收透镜系统 5，隔板 6，探测器 7，接收透镜系统 5 将散射中心发出的散射基准平面内前向小角度散射光传输到探测器 7 探测面上，散射基准平面可以为经过入射光束的任一平面。隔板 6 位于接收透镜系统 5 和探测器 7 之间的发射光路上，用于挡住经过烟雾颗粒后的入射光线，避免直接照射到探测器 7，探测器 7 为线阵探测器或者由多个光电二极管组成的探测器阵列，用于测量成像后的一维散射光强度分布。接收透镜系统 5 由两组消色差平凸薄透镜构成，第一接收透镜 5-1 收集散射中心前向小角度散射光并成像于像平面，第二接收透镜 5-2 使位于像平面上的散射光以垂直于探测器 7 探测面的角度平行入射到探测器 7 探测面上，同时使不同散射角的散射光对应不同的探测器 7 探测位置或线阵探测器的不同相元。

### [0016]

本发明所提供的基于前向小角度散射的光电感烟探测器，是应用探测系统接收到的散射光随散射角分布信息来识别烟雾颗粒和灰尘颗粒。

[0017] 探测腔室 8 为一圆柱形暗室，由可以阻挡周围环境光线的进入，但是烟雾颗粒可以顺利地进入，例如可以采用一组“V”形薄片构成圆柱形腔室的侧壁。在探测腔室 8 的一侧安装有光源 1，光源 1 可以采用可见近红外波段（400nm-900nm 之间）的激光二极管或发光二极管，优选采用激光二极管。沿光源 1 出射光的方向依次安装有入射透镜 2，接收透镜系统 5，隔板 6 和探测器 7。入射透镜 2 将光源 1 出射的光聚焦到探测腔室 8 中心处，与散射中心 3 内的颗粒群 4 发生散射。接收透镜系统 5 收集散射中心发出的前向散射光并映射到探测器 7。隔板 6 位于探测器 7 前端的入射光路上，用于遮挡经过烟雾的入射光，避免直接照射探测器，因此探测器零度散射角位置将接收不到任何光强。

[0018] 接收透镜系统 5 由两组透镜构成，散射中心 3 位于第一接收透镜 5-1 的焦点处，第一接收透镜直径选取为可以收集 20 度范围内（图 3 中散射角  $\theta$  小于 20 度）的散射光，第二接收透镜 5-2 将位于第一接收透镜 5-1 像平面内的散射光线映射到探测器 7 上，并使得散射光以垂直于探测器 7 探测面的角度平行入射到探测器 7 探测面上，同时使不同散射角的散射光对应不同的探测器探测位置或线阵探测器的不同相元。

[0019] 如图 3 所示。图 3 给出了入射光波长为 532nm 时烟雾颗粒和灰尘颗粒前向散射光强度分布的计算图。可以确定的是，米氏理论适用于来计算可见近红外波段合乎常规烟雾和灰尘的尺寸范围内颗粒的光散射，且对数正态分布可以用来描述合乎常规的烟雾和灰尘颗粒的粒径分布。对于烟雾颗粒，选取几何平均粒径为 200nm，几何标准差为 1.8，粒径分布范围在 10 纳米 -1 微米之间，折射率分别为  $1.53+0.56i$ （黑烟）和  $1.53+0.01i$ （白烟）；对于灰尘颗粒，选几何平均粒径为 5 微米，几何标准偏差为 1.8，粒径分布范围在 1 微米 -100 微米之间，折射率为  $1.53+0.01i$ 。通过计算结果我们发现烟雾颗粒和灰尘颗粒前向散射光分布特征上存在显著差别。

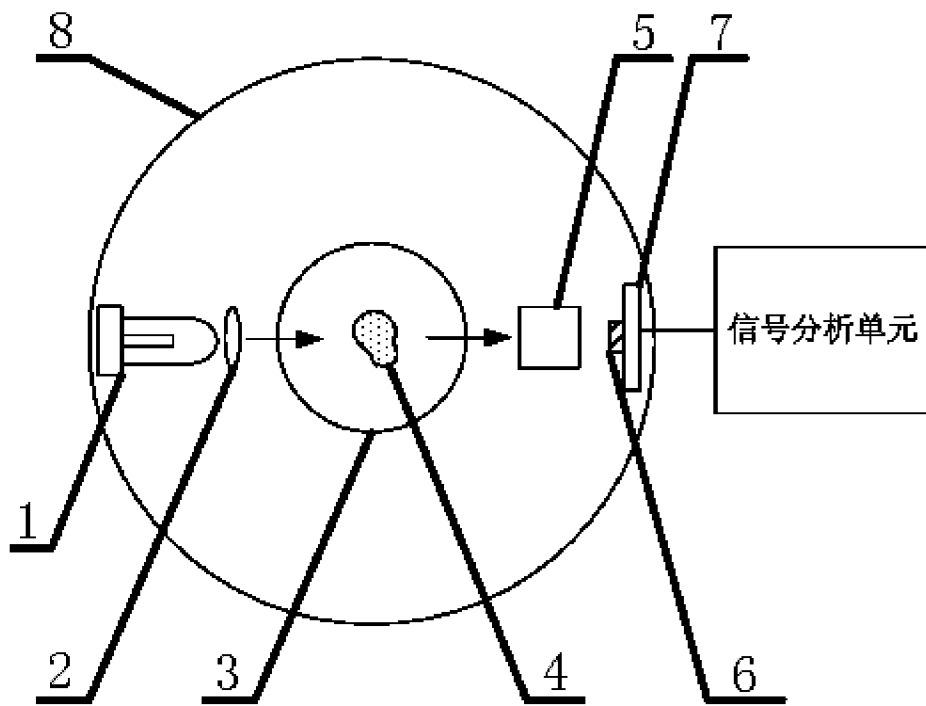


图 1

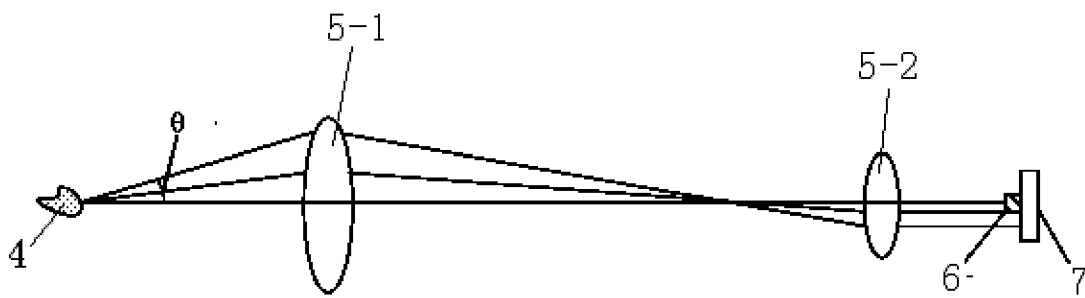


图 2

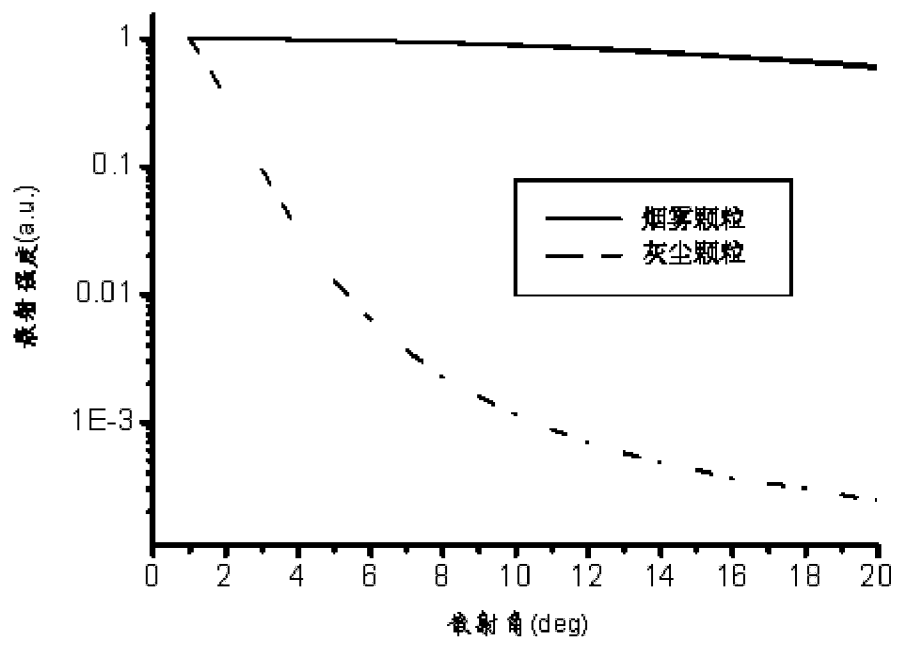


图 3