



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206557060 U

(45)授权公告日 2017. 10. 13

(21)申请号 201720067264.8

(22)申请日 2017.01.18

(73)专利权人 西安航空学院

地址 710077 陕西省西安市西二环259号西安航空学院

专利权人 西安科技大学

(72)发明人 党文佳 刘海强

(74)专利代理机构 北京科家知识产权代理事务所(普通合伙) 11427

代理人 莫文新

(51)Int.Cl.

G01N 15/06(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

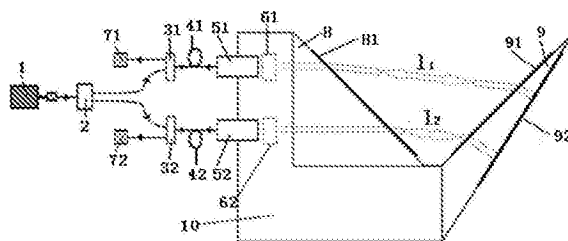
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)实用新型名称

一种粉尘浓度测量系统

(57)摘要

本实用新型涉及一种粉尘浓度测量系统。该粉尘浓度测量系统包括激光发射单元、激光传输单元、粉尘浓度测量单元和检测单元,其中激光发射单元包括激光器和分束器;激光传输单元包括定向耦合器、光纤和准直器;粉尘浓度测量单元包括第一折射平面、第二折射平面和全反射平面,且第一折射平面和第二折射平面不平行;由激光器发射的经分束器分束的激光,分别通过定向耦合器输入端耦合后经光纤传输至准直器扩束,再进入粉尘浓度测量单元,并分别经第一折射平面和第二折射平面折射、经全反射平面全反射而反向原路返回至定向耦合器,通过定向耦合器输出端耦合后进入检测单元。采用双光路差分测量方法,消除了传感器系统误差及矿用光学器件表面落尘误差等问题。



CN 206557060 U

1. 一种粉尘浓度测量系统,其特征在于,包括激光发射单元、激光传输单元、粉尘浓度测量单元和检测单元,其中:

所述激光发射单元包括激光器和分束器;

所述激光传输单元包括定向耦合器、光纤和准直器;

所述粉尘浓度测量单元包括第一折射平面、第二折射平面和全反射平面,其中所述第一折射平面和所述第二折射平面不平行;

所述检测单元包括光电探测器;

由所述激光器发射的经所述分束器分束的激光,分别通过所述定向耦合器输入端耦合后经所述光纤传输至所述准直器扩束,之后进入所述粉尘浓度测量单元,并分别经过第一折射平面和第二折射平面折射后,经所述全反射平面全反射而反向原路返回至所述定向耦合器,通过所述定向耦合器的输出端耦合后进入所述光电探测器。

2. 如权利要求1所述粉尘浓度测量系统,其特征在于:

所述分束器将所述激光分成两束光强相同且相互平行的第一测量光和第二测量光;

所述定向耦合器包括第一定向耦合器和第二定向耦合器;

所述准直器包括第一准直器和第二准直器;

所述光纤包括第一光纤和第二光纤;

所述粉尘浓度测量单元的所述第一折射平面和所述第二折射平面之间形成测量区域;

所述光电探测器包括第一光电探测器和第二光电探测器;

所述第一测量光经过所述第一定向耦合器输入端耦合后经所述第一光纤传输至所述第一准直器扩束,之后经所述第一折射平面折射进入所述测量区域,再经所述第二折射平面折射和所述全反射平面全反射,然后反向通过所述第一准直器缩束后经所述第一光纤传输至所述第一定向耦合器,通过该第一定向耦合器的输出端耦合后进入所述第一光电探测器;

所述第二测量光经过所述第二定向耦合器输入端耦合后经所述第二光纤传输至所述第二准直器扩束,之后经所述第一折射平面折射进入所述测量区域,再经所述第二折射平面折射和所述全反射平面全反射,然后反向通过所述第二准直器缩束后经所述第二光纤传输至所述第二定向耦合器,通过该第二定向耦合器的输出端耦合后进入所述第二光电探测器。

3. 如权利要求2所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,所述第一折射平面、第二折射平面和全反射平面由第一三棱镜和第二三棱镜提供。

4. 如权利要求3所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,所述第一三棱镜和所述第二三棱镜对立放置,其中:

所述第一三棱镜为直角三棱镜,包括第一直角面、第二直角面和镀有增透膜的折射斜面;

所述第二三棱镜包括镀有增透膜的折射面、镀有全反膜的全反射面和第三斜面;

测量光垂直入射所述第一三棱镜的第一直角面。

5. 如权利要求4所述粉尘浓度测量系统,其特征在于:

所述第一测量光经所述第一三棱镜的折射斜面以及所述第二三棱镜的折射面折射后垂直射向所述第二三棱镜的全反射面,再经该全反射面全反射后沿原入射路线返回;

所述第二测量光经所述第一三棱镜的折射斜面以及所述第二三棱镜的折射面折射后垂直射向所述第二三棱镜的全反射面,再经该全反射面全反射后沿原入射路线返回;

所述第一测量光与所述第二测量光的光路平行。

6. 如权利要求4所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,还包括单透镜整形器,所述单透镜整形器设置在所述准直器和所述第一三棱镜之间。

7. 如权利要求6所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,所述粉尘浓度测量单元还包括底座,其中:

所述第一三棱镜的第一直角面和第二直角面均与所述底座固定连接;

所述第二三棱镜的第三斜面与所述底座固定连接。

8. 如权利要求7所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,所述第一准直器与所述第二准直器平行地嵌入所述底座中,并与所述第一三棱镜的第一直角面垂直。

9. 如权利要求8所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,所述单透镜整形器包括第一单透镜整形器和第二单透镜整形器,其中:

所述第一单透镜整形器对应所述第一准直器嵌入在所述底座中;

所述第二单透镜整形器对应所述第二准直器嵌入在所述底座中。

10. 如权利要求1所述粉尘浓度测量系统,其特征在于,所述激光器和所述分束器远离所述粉尘浓度测量单元,所述定向耦合器和所述光电探测器远离所述粉尘浓度测量单元。

一种粉尘浓度测量系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及浓度测量领域,尤其涉及一种粉尘浓度测量系统。

背景技术

[0002] 粉尘浓度的测量方法主要包括光学分析法与非光学分析法。非光学分析法由于检测设备响应速度慢、处理复杂,难以对粉尘浓度进行实时监测。例如现有的化学反应式粉尘浓度传感器,需要对空气粉尘进行采集处理,具有测量时延差,无法进行实时测量。而电式粉尘浓度测量装置安全性较差,当矿井粉尘浓度过高时,轻微的电火花会引发矿井爆炸的风险。

[0003] 基于光学分析的粉尘浓度测量技术具有探测灵敏度高、选择性强、响应速度快等特点,适合现场实时监测,且成本较低,是以后粉尘浓度测量的理想方法。但是现有的手持粉尘浓度测量装置必须要求操作人员在现场进行测量,而在类似于煤矿矿井粉尘浓度高的环境中,操作人员在测量时必须做好防尘措施,否则会损伤呼吸道,影响健康。另外,由于测量仪器位于高粉尘区域,长时间使用后仪器表面或仪器内必定粉尘沉积,会影响测量精度。

实用新型内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的上述技术问题,本实用新型的目的在于提供一种安全性好、精度高、能够实现远程实时测量的粉尘浓度测量系统。

[0005] 为实现上述目的,本实用新型采用了以下技术方案:

[0006] 一种粉尘浓度测量系统,包括激光发射单元、激光传输单元、粉尘浓度测量单元和检测单元,其中:所述激光发射单元包括激光器和分束器;所述激光传输单元包括定向耦合器、光纤和准直器;所述粉尘浓度测量单元包括第一折射平面、第二折射平面和全反射平面,其中所述第一折射平面和所述第二折射平面不平行;所述检测单元包括光电探测器;由所述激光器发射的经所述分束器分束的激光,分别通过所述定向耦合器输入端耦合后经所述光纤传输至所述准直器扩束,之后进入所述粉尘浓度测量单元,并分别经过第一折射平面和第二折射平面折射后,经所述全反射平面全反射而反向原路返回至所述定向耦合器,通过所述定向耦合器的输出端耦合后进入所述光电探测器。

[0007] 进一步的,所述分束器将所述激光分成两束光强相同且相互平行的第一测量光和第二测量光;所述定向耦合器包括第一定向耦合器和第二定向耦合器;所述准直器包括第一准直器和第二准直器;所述光纤包括第一光纤和第二光纤;所述粉尘浓度测量单元的所述第一折射平面和所述第二折射平面之间形成测量区域;所述光电探测器包括第一光电探测器和第二光电探测器;所述第一测量光经过所述第一定向耦合器输入端耦合后经所述第一光纤传输至所述第一准直器扩束,之后经所述第一折射平面折射进入所述测量区域,再经所述第二折射平面折射和所述全反射平面全反射,然后反向通过所述第一准直器缩束后经所述第一光纤传输至所述第一定向耦合器,通过该第一定向耦合器的输出端耦合后进入所述第一光电探测器;所述第二测量光经过所述第二定向耦合器输入端耦合后经所述第二

光纤传输至所述第二准直器扩束,之后经所述第一折射平面折射进入所述测量区域,再经所述第二折射平面折射和所述全反射平面全反射,然后反向通过所述第二准直器缩束后经所述第二光纤传输至所述第二定向耦合器,通过该第二定向耦合器的输出端耦合后进入所述第二光电探测器。

[0008] 进一步的,所述第一折射平面、第二折射平面和全反射平面由第一三棱镜和第二三棱镜提供。

[0009] 进一步的,所述第一三棱镜和所述第二三棱镜对立放置,其中:所述第一三棱镜为直角三棱镜,包括第一直角面、第二直角面和镀有增透膜的折射斜面;所述第二三棱镜包括镀有增透膜的折射面、镀有全反膜的全反射面和第三斜面;测量光垂直入射所述第一三棱镜的第一直角面。

[0010] 进一步的,所述第一测量光经所述第一三棱镜的折射斜面以及所述第二三棱镜的折射面折射后垂直射向所述第二三棱镜的全反射面,再经该全反射面全反射后沿原入射路线返回;所述第二测量光经所述第一三棱镜的折射斜面以及所述第二三棱镜的折射面折射后垂直射向所述第二三棱镜的全反射面,再经该全反射面全反射后沿原入射路线返回;所述第一测量光与所述第二测量光的光路平行。

[0011] 进一步的,该粉尘浓度测量系统还包括单透镜整形器,所述单透镜整形器设置在所述准直器和所述第一三棱镜之间。

[0012] 进一步的,该粉尘浓度测量单元还包括底座,其中:所述第一三棱镜的第一直角面和第二直角面均与所述底座固定连接;所述第二三棱镜的第三斜面与所述底座固定连接。

[0013] 进一步的,所述第一准直器与所述第二准直器平行地嵌入所述底座中,并与所述第一三棱镜的第一直角面垂直。

[0014] 进一步的,所述单透镜整形器包括第一单透镜整形器和第二单透镜整形器,其中:所述第一单透镜整形器对应所述第一准直器嵌入在所述底座中;所述第二单透镜整形器对应所述第二准直器嵌入在所述底座中。

[0015] 进一步的,所述激光器和所述分束器远离所述粉尘浓度测量单元,所述定向耦合器和所述光电探测器远离所述粉尘浓度测量单元。

[0016] 本实用新型的一种粉尘浓度测量系统,具有以下有益效果:

[0017] 1、利用测量区空气中粉尘颗粒对于光信号的传输损耗进行测量,传感区为纯光路系统设计,具有绝对安全的优点;

[0018] 2、测量过程以光速进行,不存在时延问题,可达到实时测量效果;

[0019] 3、采用光学扩束系统对光纤输出的激光进行扩束,可以提高测量区域截面积,其测量结果将对较大空间中粉尘浓度的平均参量进行反映;

[0020] 4、采用双光路差分测量方法,消除了传感器的系统误差以及矿用光学器件表面落尘误差等问题,做到仅对被测路径上的粉尘浓度进行实时监测与测量的目的,提高了测量精度;

[0021] 5、多个折射平面与全反射平面结合,使测量光按原路返回进入传输光纤,在长距离上做到使用单根光纤往返传输的效果,有效提高资源的利用率;

[0022] 6、采用定向耦合器进行输入光与输出光的分离,实现在传输线路上采用单根光纤进行传输的优点;

[0023] 7、利用单透镜整形器对准直器的输出光进行能量平均化处理,使得对于粉尘浓度的测量在均匀分布的光场下进行,可改善测量空间范围内粉尘浓度的非均匀分布问题对测量结果的不利影响;

[0024] 8、本实用新型的粉尘浓度测量装置,易于在矿井环境现有光纤传输系统上嫁接使用,并利用现有传输系统进行远距离传输,因此可实现远程控制。

附图说明

[0025] 为了更清楚的说明本实用新型实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见的,下面描述中的附图仅仅是本实用新型的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其它附图。

[0026] 图1为本实用新型的粉尘浓度测量装置的结构示意图;

[0027] 图中:1-激光器,2-分束器,31-第一定向耦合器,32-第二定向耦合器,41-第一光纤,42-第二光纤,51-第一准直器,52-第二准直器,61-第一单透镜整形器,62-第二单透镜整形器,71-第一光电探测器,72-第二光电探测器,8-第一三棱镜,81-第一折射平面,9-第二三棱镜,91-第二折射平面,92-全反射平面,10-底座。

具体实施方式

[0028] 下面将结合本实用新型中的附图,对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例仅仅是本实用新型一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例,本领域普通的技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例,都属于本实用新型的保护范围。

[0029] 如图1所示,为本实用新型的一种粉尘浓度测量系统,该粉尘浓度测量系统包括激光发射单元、激光传输单元、粉尘浓度测量单元和检测单元,其中:激光发射单元包括激光器1和分束器2;激光传输单元包括定向耦合器、光纤和准直器;粉尘浓度测量单元包括第一折射平面81、第二折射平面91和全反射平面92,且第一折射平面81和第二折射平面91不平行;检测单元包括光电探测器;由激光器发射的经分束器分束的激光,分别通过定向耦合器输入端耦合后经光纤传输至准直器扩束,之后进入粉尘浓度测量单元,并分别经过第一折射平面和第二折射平面折射后,经全反射平面全反射而反向原路返回至定向耦合器,通过定向耦合器的输出端耦合后进入光电探测器。

[0030] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,分束器将激光分成两束光强相同且相互平行的第一测量光和第二测量光;定向耦合器包括第一定向耦合器31和第二定向耦合器32;光纤包括第一光纤41和第二光纤42;准直器包括第一准直器51和第二准直器52;粉尘浓度测量单元的第一折射平面81和第二折射平面91之间形成测量区域;光电探测器包括第一光电探测器71和第二光电探测器72;第一测量光经过第一定向耦合器31输入端耦合后经第一光纤41传输至第一准直器51扩束,之后经第一折射平面81折射进入测量区域,再经第二折射平面91折射和全反射平面92全反射,然后反向通过第一准直器51缩束后经第一光纤41传输至第一定向耦合器31,通过该第一定向耦合器31的输出端耦合后进入第一光电探测器71;第二测量光经过第二定向耦合器32输入端耦合后经第二光纤42传输至第

二准直器52扩束,之后经第一折射平面81折射进入测量区域,再经第二折射平面91折射和全反射平面92全反射,然后反向通过第二准直器52缩束后经第二光纤42传输至第二定向耦合器32,通过该第二定向耦合器32的输出端耦合后进入第二光电探测器72。

[0031] 因激光器1发出的激光近似为是平行光,激光在进入分束器2分束之前,可先通过耦合器聚焦,分束器将激光分成两束完全相同的测量光,之后分别通过定向耦合器耦合后进入光纤传输,光纤将激光分别传输至准直器进行扩束,衰减后的光信号通过全反射平面反射后按原路返回,反向通过准直器进行缩束后进入光纤传输,而经光纤传输的光在进入光电探测器进行光电转换之前,可通过定向耦合器将光转换成平行光。这是由于光纤输出光存在自聚焦现象,而探测器的分辨率一般不会很高,通过定向耦合器转换成平行光后有利于更好的在光电探测器中进行光电转换。而第一折射平面与第二折射平面不平行的设计使测量光在测量区域内传输时光路长度不同,实现了对双光路路径差值的获取。

[0032] 本实用新型的粉尘浓度测量单元采用纯光路系统设计,利用空气中粉尘颗粒对于光信号的传输损耗进行测量,具有绝对安全的优点;测量过程以光束进行,不存在时延的问题,可达到实时测量的效果;通过准直器中光学扩束系统对激光进行扩束,可以提高测量区域截面积,其测量结果将对较大空间中粉尘浓度的平均参量进行反映;扩束后的激光分别经多个折射平面折射和全反射平面反射后按原路返回进入光纤传输,在长距离上做到使用单根光纤往返传输的效果,有效提高资源的利用率;同时采用定向耦合器耦合可以使输入光与输出光分离,实现在传输线路上采用单根光纤进行传输。

[0033] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,第一折射平面81、第二折射平面91和全反射平面92由第一三棱镜8和第二三棱镜9提供。

[0034] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,第一三棱镜8和第二三棱镜9对立放置,其中:第一三棱镜8为直角三棱镜,包括第一直角面、第二直角面和镀有增透膜的折射斜面81;第二三棱镜9包括镀有增透膜的折射面91、镀有全反膜的全反射面92和第三斜面;测量光垂直入射第一三棱镜的第一直角面。第一三棱镜和第二三棱镜的对立分布结构,实现了对测量区域双光路路径差值的获取,以便采用差分方法,消除了传感器表面落尘问题对光路传输损耗的影响,实现了对被测路径粉尘浓度的单一测量。增透膜可以保证激光全部通过折射平面折射,全反膜则保证激光全部通过反射面反射,避免了光能量的无关损失,提高测量的准确度。

[0035] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,第一测量光经第一三棱镜的折射斜面81以及第二三棱镜的折射面91折射后垂直射向第二三棱镜的全反射面92,再经该全反射面92全反射后沿原入射路线返回;第二测量光经第一三棱镜的折射斜面81以及第二三棱镜的折射面91折射后垂直射向第二三棱镜的全反射面92,再经该全反射面92全反射后沿原入射路线返回;第一测量光与第二测量光的光路平行。根据三棱镜与空气之间的折射率值确定第二三棱镜的折射面与全反射面之间的角度,从而确保激光经过折射后正好垂直射向全反射面,此时入射角为零,激光将按原入射路线返回。激光按原路返回后,可由单根光纤实现激光的输入与输出,在长距离上做到使用单根光纤往返传输的效果,有效提高资源的利用率。

[0036] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,该粉尘浓度测量系统还包括单透镜整形器,该单透镜整形器设置在准直器和第一三棱镜之间。利用单透镜整形器对准

直器的输出光进行能量平均化处理,可以使得对于粉尘浓度的测量在均匀分布的光场下进行,可改善测量空间范围内粉尘浓度的非均匀分布问题对测量结果的不利影响。

[0037] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,粉尘浓度测量单元还包括底座10,其中:第一三棱镜的第一直角面和第二直角面均与底座固定连接;第二三棱镜的第三斜面与底座固定连接。底座10将第一三棱镜8和第二三棱镜9固定在同一平面内,并保证第一三棱镜的折射斜面81以及第二三棱镜的折射面91之间的角度一定,有利于激光的传输以及后续粉尘浓度的计算。

[0038] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,第一准直器51与第二准直器52平行地嵌入底座10中,并与第一三棱镜8的第一直角面垂直。准直器平行嵌入底座中可保证经准直器扩束后的两束测量光的光路平行,且有距离的放置可保证激光经第一三棱镜的折射斜面折射后在测量区域内两束测量光的光路长度不同,从而获取到双光路路径差值。

[0039] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,单透镜整形器包括第一单透镜整形器61和第二单透镜整形器62,其中:第一单透镜整形器61对应第一准直器51嵌入在底座10中;第二单透镜整形器62对应第二准直器52嵌入在底座10中。单透镜整形器与准直器对应嵌入放置,能够保证激光在单透镜整形器与准直器之间直线传输,并使单透镜整形器将准直器的输出光进行能量平均化处理。

[0040] 具体的,在本实用新型的一些实施例中,如图1所示,激光器和分束器远离粉尘浓度测量单元,定向耦合器和光电探测器远离粉尘浓度测量单元。这样通过光纤对激光进行远距离传输,可以将测量信息远距离传送给地面工作站,进行数据分析和处理等,因此解决了必须在现场进行测量的问题。同时也可以利用在矿井环境现有的光纤传输系统上嫁接使用,并利用现有传输系统进行远距离传输,由此实现远程检测。

[0041] 本实用新型的粉尘浓度测量系统的工作原理为:激光器1的输出光经过耦合器耦合后,经由分束器2将光路分成两路进行传递,认为此两路光的光强为均 I 。

[0042] 第一测量光在测量环境粉尘浓度的过程中,需要依次经过第一定向耦合器31、第一光纤41、第一准直器51、第一单透镜整形器61、第一折射平面81、测量区域、第二折射平面91、全反射平面92、第二折射平面91、测量区域、第一折射平面81、第一单透镜整形器61、第一准直器51、第一光纤41、第一定向耦合器31、第一光电探测器71,第一光电探测器71探测到的光强为 I_1 。

[0043] 第二测量光在测量环境粉尘浓度的过程中,需要依次经过第二定向耦合器32、第二光纤42、第二准直器52、第二单透镜整形器62、第一折射平面81、测量区域、第二折射平面91、全反射平面92、第二折射平面91、测量区域、第一折射平面81、第二单透镜整形器62、第二准直器52、第二光纤42、第二定向耦合器32、第二光电探测器72,第二光电探测器72探测到的光强为 I_2 。

[0044] 假定第一测量光在测量区域的被测光路长度为 l_1 ,第二测量光在测量区域的被测光路长度为 l_2 ;第一测量光经过除第一被测光路之外的所有元器件的总的损耗为 β ,在第一传输光路与第二传输光路中的所有元器件结构与特性均相同的条件下,则第二测量光经过除第二被测光路之外的所有元器件的总的损耗也为 β 。若认为与粉尘浓度相关的空气衰减系数为 α ,按照光的光束损耗理论,应有如下的公式:

[0045] $I_1 = \beta I e^{-\alpha 2l_1}$, $I_2 = \beta I e^{-\alpha 2l_2}$, 计算可得 $\alpha = \frac{\ln(I_2/I_1)}{2(l_1-l_2)}$

[0046] 由此可见,在测量系统中,对于被测环境中传感器表面落尘问题会对系统传输损耗造成的影响,具体体现在对 β 数值的影响上,而经过双光路差分处理之后,对于空气衰减系数 α 的计算,只取决于被测光路长度 l_1 与 l_2 的差值、以及探测光强 I_1 与 I_2 的测量值,与各个光路的传输损耗 β 无关。由于一定的粉尘浓度对应着一定的空气衰减系数,实际中可通过标准试验方法确定粉尘浓度与空气衰减系数 α 的关系,以对实际现场粉尘浓度的测量提供参考依据。

[0047] 以上借助具体实施例对本实用新型做了进一步描述,但是应该理解的是,这里具体的描述,不应理解为对本实用新型的实质和范围的限定,本领域内的普通技术人员在阅读本说明书后对上述实施例做出的各种修改,都属于本实用新型所保护的范围。

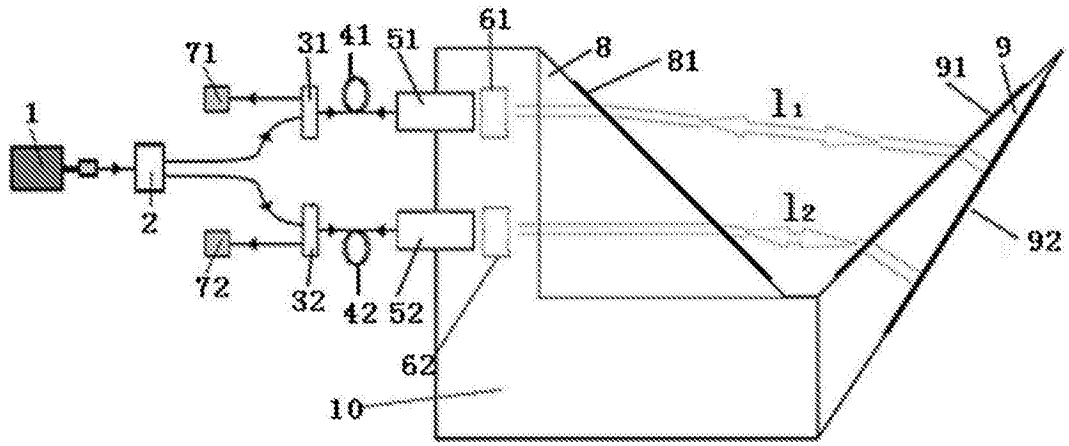


图1