



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202494556 U

(45) 授权公告日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201220126730. 2

(22) 申请日 2012. 03. 28

(73) 专利权人 中国人民解放军 63655 部队

地址 841700 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市
21 号信箱 189 分箱

(72) 发明人 强希文 宗飞 李岩 刘晶儒
赵军卫 胡月宏 冯建伟

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 陆万寿

(51) Int. Cl.

G01M 9/06 (2006. 01)

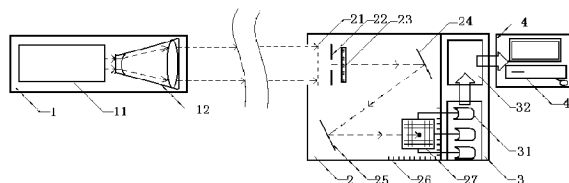
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 实用新型名称

一种测量大气湍流内尺度的装置

(57) 摘要

本实用新型公开了测量大气湍流内尺度的装置及测量方法,包括:激光发射单元、激光接收及光电转换单元、数据采集单元、数据处理与分析单元;模拟平面波经局地均匀各向同性大气湍流传输的几何近似条件,发射激光后针孔光阑选取畸变的波面成像在位置敏感探测器上,其位置坐标信号及相对光强信号由 A/D 转换器转换为数字信号,经采集处理和分析,得到大气湍流内尺度的值。其装置简单,计算简洁且计算精度高,不确定度小。



1. 一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,包括:

激光发射单元,包括激光发射器和扩束装置;

激光接收及光电转换单元,包括接收窗口,接收窗口后设有小孔成像装置,小孔成像装置后设有反射镜,反射镜将成像反射至位置敏感探测器;

数据采集单元,采集位置敏感探测器成像的信号,并转换为数字信号,然后将数字信号输出;

数据处理与分析单元,接收数据采集单元传输的信号,计算得到大气湍流内尺度值。

2. 如权利要求1所述的一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,所述的激光发射单元的激光发射器为氦氖激光发射器。

3. 如权利要求1所述的一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,所述的激光接收及光电转换单元中的小孔成像装置为小孔光阑,接收窗口与小孔光阑之间设置有与小孔光阑同光轴放置的衰减片,小孔光阑之后设有一组反射镜,在反射镜的反射光路上设有位置敏感探测器,位置敏感探测器的下方设有标尺。

4. 如权利要求3所述的一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,所述的激光接收及光电转换单元在小孔光阑与反射镜之间设有滤光片。

5. 如权利要求3所述的一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,所述的一组反射镜包括两个相对放置的反射镜,其由小孔光阑发出的入射光的光路平行与反射至位置敏感探测器的出射光的光路。

6. 如权利要求1所述的一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,所述的数据采集单元包括A/D转换器和数据采集卡,A/D转换器将模拟信号转换为数字信号传送至数据采集卡,并输出至数据处理与分析单元。

7. 如权利要求1所述的一种测量大气湍流内尺度的装置,其特征在于,所述的激光发射单元与激光接收及光电转换单元同光轴对面放置。

一种测量大气湍流内尺度的装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于大气湍流内尺度测量技术领域,涉及一种测量大气湍流内尺度的装置。

背景技术

[0002] 在湍流大气光学研究中,大气湍流内尺度 l_0 是表征大气湍流特性的一个基本参数,在激光大气传输的效应研究中起着非常重要的作用,同时在分析大气湍流特性及建模时,它是必须给出的参数。

[0003] 国内外在大气湍流内尺度 l_0 的测量技术研究方面开展了很多的工作,根据采用技术的不同,主要为基于光强闪烁的测量。其基本原理是利用激光的大气传输理论,激光束在大气传输过程中,由于湍流的影响,将引起激光束强度和相位的起伏,同时湍流的特性也将包含于这些统计信息之中,因此通过测量这些光学相关量便可推得湍流的内尺度 l_0 的值。

[0004] 德国等国家从上世纪七十年代起基于对激光大气传输问题进行研究的成果,至今已发展了一系列的大气湍流参数的光学测量方法,在方法的可靠性和成熟度上不断得到提升,如德国 Scintec 公司、荷兰 Kipp & zonen 公司生产的小口径闪烁仪等均可直接测量大气湍流内尺度 l_0 。在国内,中科院安徽光机所也开展了一些大气湍流参数测量方面的研究工作,取得了一些成果,马晓珊、朱文越、饶瑞中研制的大口径激光闪烁仪主要用来测量大气折射率结构常数,如果配备两套发射或接受装置,还可以测量大气湍流内尺度或是横向风速的值。

实用新型内容

[0005] 本实用新型解决的问题在于提供一种测量大气湍流内尺度的装置,该装置采用氦氖激光器作为发射光源、用位置敏感探测器进行测量,其计算精度高,不确定度小。

[0006] 本实用新型是通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种测量大气湍流内尺度的装置,包括:

[0008] 激光发射单元,包括激光发射器和扩束装置;

[0009] 激光接收及光电转换单元,包括接收窗口,接收窗口后设有小孔成像装置,小孔成像装置后设有反射镜,反射镜将成像反射至位置敏感探测器;

[0010] 数据采集单元,采集位置敏感探测器成像的信号,并转换为数字信号,然后将数字信号输出;

[0011] 数据处理与分析单元,接收数据采集单元传输的信号,计算得到大气湍流内尺度值。

[0012] 所述的激光发射单元的激光发射器为氦氖激光发射器。

[0013] 所述的激光接收及光电转换单元中的小孔成像装置为小孔光阑,接收窗口与小孔光阑之间设置有与小孔光阑同光轴放置的衰减片,小孔光阑之后设有一组反射镜,在反射镜的反射光路上设有位置敏感探测器,位置敏感探测器的下方设有标尺。

- [0014] 所述的激光接收及光电转换单元在小孔光阑与反射镜之间设有滤光片。
- [0015] 所述的一组反射镜包括两个相对放置的反射镜,其由小孔光阑发出的入射光的光路平行与反射至位置敏感探测器的出射光的光路。
- [0016] 所述的数据采集单元包括 A/D 转换器和数据采集卡, A/D 转换器将模拟信号转换为数字信号传送至数据采集卡,并输出至数据处理与分析单元。
- [0017] 所述的激光发射单元与激光接收及光电转换单元同光轴对面放置。
- [0018] 与现有技术相比,本实用新型具有以下有益的技术效果:
- [0019] 本实用新型提供的测量大气湍流内尺度的装置及方法,接受通过穿过大气湍流的激光后,经过小孔成像、镜反射这样的光路设置检测获得其到达角起伏 $\langle \alpha^2 \rangle$ 和光强闪烁指数 σ_I^2 数据,再通过这两个参数计算大气湍流内尺度 l_0 ,其装置简单,计算简洁且计算精度高,不确定度小;而现有的测量大气湍流内尺度的仪器普遍使用光强闪烁效应来反演推算大气湍流内尺度的值,其精度会受到影响,且测量不确定度较大。
- [0020] 本实用新型提供的测量大气湍流内尺度的装置,激光束经大气湍流传输至接收窗口后,经衰减片衰减一次,能量已大为降低,这就避免了损坏位置敏感探测器的可能;畸变的波面通过小孔光阑后,经过反射镜进行反射成像在位置敏感探测器的光敏面上,而滤光片可以降低杂散光对测量值的影响,从而提高信噪比,两个反射镜片的作用在于增加光程的基础上缩小体积。
- [0021] 使用现有的测量大气湍流内尺度的仪器大多只用光电倍增管 (PMT) 测量光强的起伏,没有考虑波面相位的影响;若利用 CCD 相机测量光斑质心的随机变化,则需要大量读取图像灰度值,必然会影响计算速度。而本实用新型中只使用的位置敏感探测器可直接同时给出位置信号及相对光强信号,而且采样速率高,节约了内存,同时降低了对计算机的要求。

附图说明

- [0022] 图 1 为本实用新型的装置的结构示意图;
- [0023] 其中:1 为激光发射单元,11 为氦氖激光器,12 为扩束装置;
- [0024] 2 为激光接收及光电转换单元,21 为衰减片,22 为小孔光阑,23 为滤光片,24、25 为反射镜,26 为标尺,27 为位置敏感探测器;
- [0025] 3 为数据采集单元,31 为 A/D 转换器,32 为数据采集卡;
- [0026] 4 为数据处理与分析单元,41 为计算机;
- [0027] 图 2 为本实用新型的装置在检测时的流程示意图;
- [0028] 图 3 是在不同风速不同温度条件下所检测到的大气湍流内尺度变化结果图。

具体实施方式

[0029] 本实用新型提供一种测量大气湍流内尺度的装置及测量方法,模拟平面波经局地均匀各向同性大气湍流传输的几何近似条件,发射激光后针孔光阑选取畸变的波面成像在位置敏感探测器上,其位置坐标信号及相对光强信号由 A/D 转换器转换为数字信号,经采集处理和分析,得到大气湍流内尺度的值。下面结合具体的实施例和附图对本实用新型做进一步的详细说明,所述是对本实用新型的解释而不是限定。

[0030] 本实用新型提供一种测量大气湍流内尺度的装置及测量方法,模拟平面波经局地均匀各向同性大气湍流传输的几何近似条件,发射激光后针孔光阑选取畸变的波面成像在位置敏感探测器上,其位置坐标信号及相对光强信号由 A/D 转换器转换为数字信号,经采集处理和分析,得到大气湍流内尺度的值。下面结合具体的实施例和附图对本实用新型做进一步的详细说明,所述是对本实用新型的解释而不是限定。

[0031] 参见图 1,本实用新型提供的测量大气湍流内尺度的装置,包括:激光发射单元 1、激光接收及光电转换单元 2、数据采集单元 3、数据处理与分析单元 4,其中:

[0032] 激光发射单元,发射出穿过大气湍流的激光;

[0033] 激光接收及光电转换单元,接收穿过大气湍流的激光,并将接收的激光中的畸变的波面通过小孔装置成像(激光经过大气湍流传输后,因为大气湍流的影响,激光束的波面即产生畸变),再通过反射镜反射至位置敏感探测器;

[0034] 位置敏感探测器进行光电转换,得到光敏面上光斑的相对光强信号、位置信号的模拟信号(共 3 路信号:光强信号、x、y 两个方向的位置信号),并将模拟信号输出至数据采集单元;

[0035] 数据采集单元包括转换器和数据采集卡,转换器将模拟信号(3 路)转换为数字信号传送至数据采集卡,数据采集卡输出至数据处理与分析单元;

[0036] 数据处理与分析单元,分析经大气湍流传输后光束的到达角起伏以及光强闪烁通过运算得到光传输路径上的大气湍流内尺度值。

[0037] 具体的:激光发射单元 1 包括氦氖激光发射器 11 和扩束装置 12,氦氖激光发射器 11 输出的中心波长为 632.8nm,输出功率 30mW,光束直径 0.65mm,具有体积小、重量轻,便于集成的优点,所配置的扩束装置 12 扩束倍数为 10,经该扩束装置扩束后的光束可视为平面波。

[0038] 激光接收及光电转换单元 2 包括同光轴放置的衰减片 21、小孔光阑 22,小孔光阑 22 之后设有一组反射镜 24、25,在反射镜的反射光路上设有位置敏感探测器 27,位置敏感探测器 27 的下方设有标尺 26;

[0039] 进一步,在小孔光阑 22 与反射镜 24、25 之间设有滤光片 23;这样激光束经大气湍流传输至接收窗口后,经衰减片 21(中性衰减片)衰减一次,能量已大为降低,这就避免了损坏位置敏感探测器 27 的可能;

[0040] 畸变的波面通过小孔光阑 22 后,经过反射镜 24、25 进行反射:两个相对放置的反射镜 24、25,其由小孔光阑发出的入射光的光路平行与反射至位置敏感探测器的出射光的光路;然后成像在位置敏感探测器的光敏面上,而滤光片 23(窄带干涉)可以降低杂散光对测量值的影响,从而提高信噪比,两个反射镜片的作用在于增加光程的基础上缩小体积。

[0041] 小孔光阑至位置敏感探测器的距离 $d = d_1 + d_0$,小孔光阑至位置敏感探测器的光路距离为 d_1 ,由标尺读出 d_0 ;其中为了便于计算,当小孔光阑至位置敏感探测器的距离为 1.0m 时,将 d_0 的值设置为 0.0m,沿光传输的方向 d_0 为正值,迎着光传输的方向为负值。

[0042] 小孔光阑至位置敏感探测器的光路距离为:小孔光阑至反射镜 24 的光路距离 + 反射镜 24 至反射镜 25 的距离 d_2 + 反射镜 25 的距离至位置敏感探测器 27 的距离 d_3 ;为便于计算,前三项距离和可设计为 1.0m,即

[0043] 小孔光阑至位置敏感探测器的距离 $d = 1.0m \pm d_0$;

[0044] 数据采集单元 3 包括 A/D 转换器 31 和数据采集卡 32, A/D 转换器 31 将模拟信号 (2 路位置坐标信号 x 、 y 及 1 路相对光强信号, 共计 3 路模拟信号) 转换为数字信号传送至数据采集卡, 并输出至数据处理与分析单元 4;

[0045] 数据处理与分析单元 4 的运算具体通过计算机 41 来进行。

[0046] 测量大气湍流内尺度的方法, 通过以下步骤来进行:

[0047] 1) 当激光光束经局地均匀各向同性大气湍流传输后, 在几何近似条件 ($L \ll l_0^2/\lambda$) 下, 有如下计算式:

$$[0048] \quad \langle \alpha^2 \rangle = 3.28 C_n^2 L l_0^{-1/3} \quad (1)$$

$$[0049] \quad \sigma_I^2 = 12.8 C_n^2 L^3 l_0^{-7/3} \quad (2)$$

[0050] 其中, L 为光束传输路径距离, α 为到达角, 定义为位置敏感探测器上所成光斑图像质心偏离平均位置的距离与小孔光阑至位置敏感探测器光敏面的距离之比值, $\langle \alpha^2 \rangle$ 为到达角起伏均方, σ_I^2 为光强闪烁指数;

[0051] 2) 在进行大气湍流内尺度 l_0 的测量时, 由激光发射单元发射出激光光束, 激光光束穿过待测大气湍流被激光接收及光电转换单元接收, 并通过小孔成像和反射镜反射至位置敏感探测器, 小孔光阑至位置敏感探测器的光路距离为 d_1 , 由标尺读出 d_0 ;

[0052] 则光束传输路径距离 L 为激光发射器到小孔光阑的距离, 小孔光阑至位置敏感探测器的距离 $d = d_1 + d_0$;

[0053] 而 α 、 $\langle \alpha^2 \rangle$ 的计算如下:

$$[0054] \quad \alpha = \frac{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}}{d} \quad (3)$$

$$[0055] \quad \sigma_I^2 = \frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2} \quad (4)$$

[0056] 其中, x 、 y 分别为位置敏感探测器上所成光斑图像质心实际位置, x_0 、 y_0 分别为位置敏感探测器上所成光斑图像质心平均位置, d 为小孔光阑至位置敏感探测器的距离, $\langle \dots \rangle$ 表示统计平均; I 为位置敏感探测器输出的相对光强信号数值, $\langle I \rangle$ 为位置敏感探测器输出的相对光强信号的统计平均值;

[0057] 3) 通过设置采样率和样本数确定计算大气湍流内尺度 l_0 的频率后, 触发采集信号, 位置敏感探测器采集成像后的光斑的相对强度信号以及 x 、 y 两个方向位置共三路信号;

[0058] 数据采集单元每采集一帧将其转换为数字信号并保存至内存中, 采集满设定的样本数后做一次统计运算;

[0059] 具体的: 参见图 2, 首先设置采样率, 样本数, 传输距离 L , 以及成像距离 d 等参数; 典型的设置参数为采样率不小于 300Hz, 样本数不小于 3000, 传输距离 L 为 1.0 ~ 10.0m, 成像距离 d 为 1.0m。设置完毕后随即触发采集信号, 触发采集信号后, 以采样率 300Hz, 样本数 3000 为例, 即每 10 秒计算一次大气湍流内尺度的值;

[0060] 当触发采集信号, 位置敏感探测器接收到成像的光斑后, A/D 转换器开始采集光斑的相对强度信号, 位置信号 (x 、 y 两个方向) 共 3 路, 控制 3 个 A/D 转换器同步转换, 直到 A/D 转换完成后进行存储, 每采集一帧将其转换为数字信号并保存至内存中; 如果未到达设

置的样本数,则一直进行采集,直到达到采集的 3000 个样本数后做一次统计运算。

[0061] 4) 数据处理与分析单元计算出样本值的到达角起伏 $\langle \alpha^2 \rangle$ 和光强闪烁指数 σ_I^2 的数据,并通过下式计算出大气湍流内尺度 l_0 :

$$[0062] \quad l_0 = 1.975L \left(\frac{\langle \alpha^2 \rangle}{\sigma_I^2} \right)^{1/2}。$$

[0063] 计算一组大气湍流内尺度之后,释放内存,准备下一组的转换和计算。参见图 3 所示的典型实验检测结果,其中横坐标为垂直于光束传输方向的横向风速,单位为 m/s,纵坐标为大气湍流内尺度,单位为 mm。该图中的曲线为大气温度在 25℃ 时,大气湍流内尺度随风速的变化情况。可以看出,大气湍流内尺度数值一般在 2 ~ 3.5mm 之间,与实际大气的典型值具有较好的一致性;且随着风速的增大,大气湍流内尺度减小,符合大气湍流内尺度的变化规律。图 3 的结果说明了所测大气湍流内尺度的合理性。

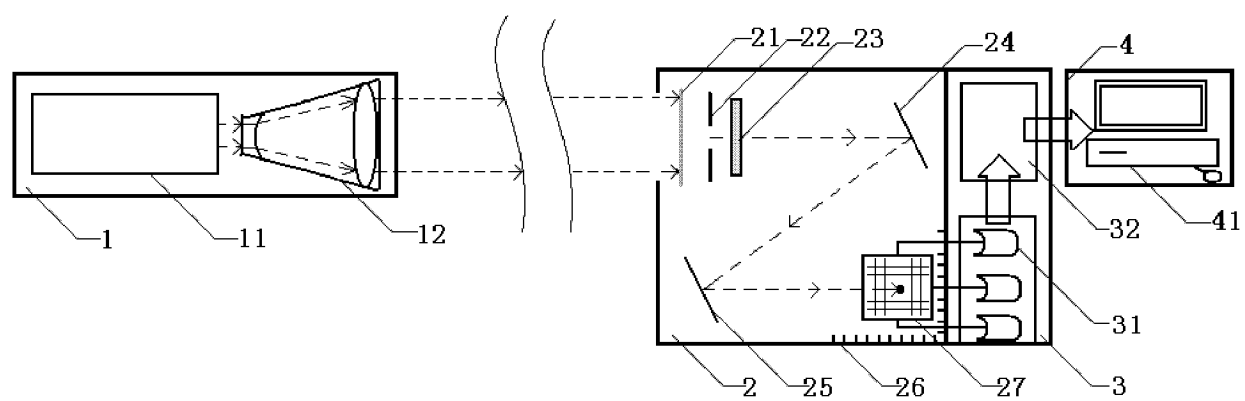


图 1

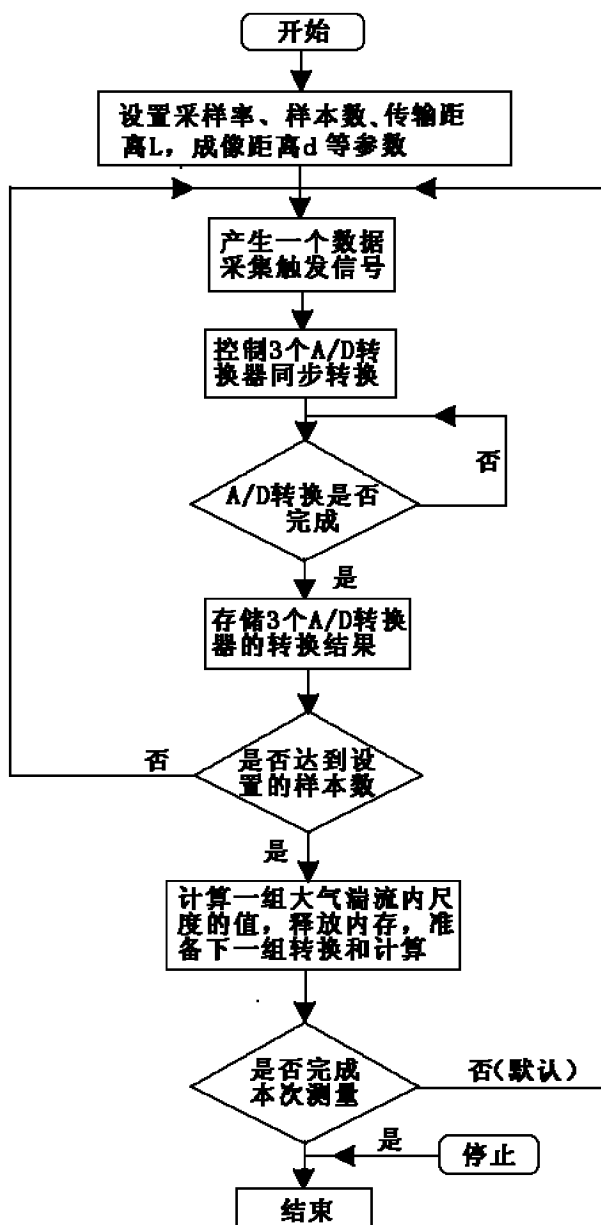


图 2

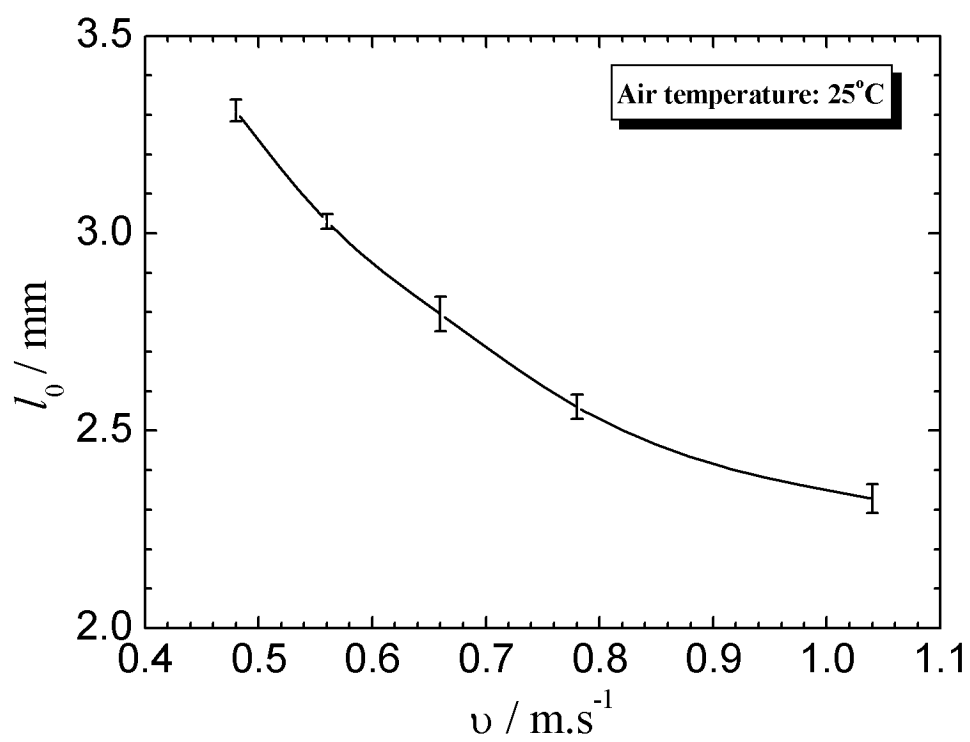


图 3