

一种透射式光纤湍流传感器

申请号: [201110210928.9](#)

申请日: 2011-07-26

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [梅海平](#) [肖树妹](#) [邵士勇](#) [黄启凯](#) [饶瑞中](#)
主分类号 [G01N21/45 \(2006.01\) I](#)
分类号 [G01N21/45 \(2006.01\) I](#)
公开(公告)号 [102288578A](#)
公开(公告)日 [2011-12-21](#)
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](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102288578 A

(43) 申请公布日 2011.12.21

(21) 申请号 201110210928.9

(22) 申请日 2011.07.26

(71) 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖路
350 号

(72) 发明人 梅海平 肖树妹 邵士勇 黄启凯
饶瑞中

(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.

G01N 21/45 (2006.01)

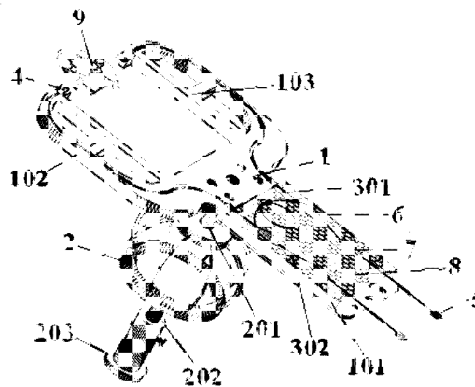
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种透射式光纤湍流传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种透射式光纤湍流传感器，包括有隔振器、支架，隔振器上部的接杆支撑支架，下部的支撑杆安装在底座上，支架由叉板、相互对称的叉臂构成，叉板上设置有两路光纤，每路光纤一端引至叉臂端并在叉臂端位置连接有光纤准直器，光纤另一端从叉板引出并连接有光纤连接器，光纤中还分别连接有光纤耦合器、光隔离器，两路光纤的光纤耦合器之间通过光纤连接。本发明基于激光干涉测量原理，具有精度高、响应快、体积小、稳定性好、耐腐蚀和便于组成传感器阵列等特点。本发明能够精确地探测大气光学湍流的微小折射率变化及与之相关的光学湍流强度、时间和空间频谱等。



1. 一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:包括有隔振器、叉状的支架,所述隔振器通过上部的接杆在支架重心位置支撑支架,隔振器通过下部的支撑杆安装在底座上,所述支架由叉板、与叉板成型为一体且相互对称的叉臂构成,两叉臂臂端相对,所述支架的叉板上设置有与叉臂一一对应的两路光纤,每路光纤一端从叉板沿对应的叉臂走向后引至叉臂臂端,并在叉臂臂端位置连接有光纤准直器,所述光纤另一端从叉板引出并连接有光纤连接器,位于叉板上的每路光纤中还分别连接有光纤耦合器、位于光纤耦合器和光纤连接器之间的光隔离器,两路光纤的光纤耦合器之间通过光纤连接。

2. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:两路光纤中,第一路光纤的光纤连接器连接至半导体调制相干激光光源,半导体调制相干激光光源的出射光经过第一路光纤上的光隔离器后,被第一路光纤上的光纤耦合器分成能量相当的两束激光,一束激光作为参考光导入第二路光纤的光纤耦合器,另一束激光作为信号光从第一路光纤的光纤准直器输出并穿过叉臂臂端之间空气隙,而后被第二路光纤的光纤准直器收集到第二路光纤中,并与导入第二路光纤的参考光在第二路光纤的光纤耦合器上相干叠加,当叉臂臂端之间空气隙中有湍流时,通过第二路光纤上的光纤连接器输出携带湍流信息的激光干涉信号。

3. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:叉板上的每路光纤及每路光纤上的光纤耦合器、光隔离器分别被密封胶体胶封在叉板上。

4. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:所述支架上设置有沿叉板、叉臂走向至叉臂臂端的两路光纤护槽,两路光纤分别一一对应安装在光纤护槽中,位于叉臂臂端设置有供光纤准直器放入的光纤准直器护槽。

5. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:每个叉臂与叉板之间分别连接有加强筋,所述叉臂与加强筋构成D形结构,对称的两叉臂及叉臂各自的加强筋共同构成双D形对称结构,且两叉臂臂端之间间距小于10cm。

6. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:所述隔振器由钢丝绳隔振器、连接在钢丝绳隔振器上、下部的安装平台构成,其中钢丝绳隔振器上部的安装平台中心连接有接杆,所述接杆在支架重心位置支撑支架,所述底座上的支撑杆为带紧固螺钉的伸缩杆,所述支撑杆在钢丝绳下部的安装平台中心位置支撑钢丝绳隔振器。

7. 根据权利要求1或6所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:所述接杆为点接触接杆。

8. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:所述光纤准直器、光纤耦合器、光隔离器、光纤连接器分别为单模光纤器件。

9. 根据权利要求1所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:所述支架的叉板上涂覆有柔性胶体,支架中注入有柔性胶体。

一种透射式光纤湍流传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及大气光学光纤传感器领域,具体为一种透射式光纤湍流传感器。

背景技术

[0002] 大气湍流的存在直接影响了光的传播,造成湍流大气光传播效应。大气湍流是大气的一种不规则随机起伏运动,它主要包括矢量风场和标量折射率场等物理特性随时间的涨落。通常把风速的起伏称之为动力湍流,而与光传播密切相关的折射率的起伏被称之为光学湍流。光学湍流对光传播的影响主要集中在直线传播的近轴范围内,典型的例子有:在烈日下通过柏油路面看远处的目标,能够发现空气蒸腾和目标抖动现象;在晴朗的夜空看天上的繁星,能够发现星光闪烁现象。当具有高相干度、高强度和强方向性的激光经过长距离的大气传输后,其相干性、能量集中度和方向性都会遭受不同程度的破坏,表现为激光波前畸变、光束漂移、光强起伏等湍流大气光传播效应。对于地基空间目标观测、自由空间激光通信、激光雷达探测和激光测距等先进光学工程应用而言,这些效应是影响其性能发挥的不可逾越的关键因素。定量地测量和评估大气光学湍流及其对光传播的影响对于天文观测站址选择、空间光通信和激光测距系统设计和激光雷达信号的分析等有着重大的实际意义。

[0003] 目前,用于测量大气光学湍流的技术手段主要有两类:一类是温度脉动法,另一类是光传播效应法。根据前者发展的湍流测量设备为温度脉动仪,该仪器用直径为 μm 量级的铂金属丝作为传感元件,利用铂丝阻值对温度的敏感性来测量大气的温度变化,进而转化大气折射率的变化。该仪器测量光学湍流的不足之处在于所用的铂金属丝仅有几 μm 的直径,容易被折断或污染,若进行长期的观测需要经常性地更换铂丝,难以达到测量的实时性;另外,它是一种接触式的测量手段,其响应速率取决于空气与金属丝的热交换速率(通常仅有几十 Hz)。根据后者发展的湍流测量设备有激光闪烁仪和大气相干长度仪。通常大气湍流折射率的起伏非常微小,只有当光波传播较长的路径后(通常为几百米以上),湍流大气引起的光波相位和光强起伏方可便于检测,因此,根据上述方法测得的光学湍流参数都是进行路径平均的结果。

[0004] 综上所述,现有的光学湍流测量设备要么是间接的,要么是大尺度平均的。为了获得局域高时空分辨率的光学湍流特性,一类大气光学湍流的光纤干涉测量系统被提出,并在理论上得到了逐步的完善,见参考文献:

[0005] [1] Marc D. Mermelstein. Fiber-optic atmospheric turbulence sensor. Optics Letters, 1995, 20 :1922-1923.

[0006] [2] Haiping Mei, Baosheng Li, Honglian Huang, et al. Piezoelectric optical fiber stretcher for application in an atmospheric optical turbulence sensor. Applied Optics. 46(20), 2007 :4371-4375.

[0007] [3] 梅海平. 大气光学湍流的光纤测量技术研究. 中国科学院博士学位论文. 2007.

[0008] [4] 郝磊. 载波调制型大气光学湍流光纤测量系统的研制. 中国科学院硕士学位论文. 2008.

[0009] 但从目前已见报道的光纤湍流测量系统来看, 只是搭建了临时的实验光路。该光路用光纤调整架来固定光纤器件, 本身体积较大, 对湍流运动有一定的妨碍作用, 而且环境适应能力较差, 无法组成传感器阵列, 难以满足实际应用的需求。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种透射式光纤湍流传感器, 以解决现有技术的光纤干涉湍流测量系统没有专门的传感器的问题。

[0011] 为了达到上述目的, 本发明所采用的技术方案为:

[0012] 一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 包括有隔振器、叉状的支架, 所述隔振器通过上部的接杆在支架重心位置支撑支架, 隔振器通过下部的支撑杆安装在底座上, 所述支架由叉板、与叉板成型为一体且相互对称的叉臂构成, 两叉臂端相对, 所述支架的叉板上设置有与叉臂一一对应的两路光纤, 每路光纤一端从叉板沿对应的叉臂走向后引至叉臂端, 并在叉臂端位置连接有光纤准直器, 所述光纤另一端从叉板引出并连接有光纤连接器, 位于叉板上的每路光纤中还分别连接有光纤耦合器、位于光纤耦合器和光纤连接器之间的光隔离器, 两路光纤的光纤耦合器之间通过光纤连接。

[0013] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 两路光纤中, 第一路光纤的光纤连接器连接至半导体调制相干激光光源, 半导体调制相干激光光源的出射光经过第一路光纤上的光隔离器后, 被第一路光纤上的光纤耦合器分成能量相当的两束激光, 一束激光作为参考光导入第二路光纤的光纤耦合器, 另一束激光作为信号光从第一路光纤的光纤准直器输出并穿过叉臂端之间空气隙, 而后被第二路光纤的光纤准直器收集到第二路光纤中, 并与导入第二路光纤的参考光在第二路光纤的光纤耦合器上相干叠加, 当叉臂端之间空气隙中有湍流时, 通过第二路光纤上的光纤连接器输出携带湍流信息的激光干涉信号。

[0014] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 叉板上的每路光纤及每路光纤上的光纤耦合器、光隔离器分别被密封胶体胶封在叉板上。

[0015] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 所述支架上设置有沿叉板、叉臂走向至叉臂端的两路光纤护槽, 两路光纤分别一一对应安装在光纤护槽中, 位于叉臂端设置有供光纤准直器放入的光纤准直器护槽。

[0016] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 每个叉臂与叉板之间分别连接有加强筋, 所述叉臂与加强筋构成 D 形结构, 对称的两叉臂及叉臂各自的加强筋共同构成双 D 形对称结构。

[0017] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 所述隔振器由钢丝绳隔振器、连接在钢丝绳隔振器上、下部的安装平台构成, 其中钢丝绳隔振器上部的安装平台中心连接有接杆, 所述接杆在支架重心位置支撑支架, 所述底座上的支撑杆为带紧固螺钉的伸缩杆, 所述支撑杆在钢丝绳下部的安装平台中心位置支撑钢丝绳隔振器。

[0018] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 所述接杆为点接触接杆。

[0019] 所述的一种透射式光纤湍流传感器, 其特征在于: 所述光纤准直器、光纤耦合器、

光隔离器、光纤连接器分别为单模光纤器件。

[0020] 所述的一种透射式光纤湍流传感器,其特征在于:所述支架的叉板上涂覆有柔性胶体,支架中注入有柔性胶体。

[0021] 本发明的透射式光纤湍流传感器为了最大限度地减小传感器本身对气流的影响而不失稳定性,将光纤支架中心镂空,叉臂与各自的加强筋构成双D形对称结构,加强筋为T形的加强筋,加强筋的T形两端分别连接在叉臂和叉板上,加强筋的T形底端连接在叉臂上,支架的叉臂上设置了沿叉臂走向的光纤护槽,叉臂的臂端设置了光纤准直器护槽。

[0022] 本发明采用了六重抗振结构,其1、采用钢丝绳隔振器以隔离环境的振动;其2、采用点接触接杆以减小振动的传递;其3、在叉板上涂敷柔性胶体以消除共振现象;其4、采用高密度支架以增加稳定性;其5、支架中注入柔性胶体以消除音叉效应;其6、光纤器件胶封以形成隔振的屏障。

[0023] 本发明基于对光学湍流的光纤测量新技术的深入研究,利用光纤传感器技术的易于分布特性、利用光纤干涉仪的高精度检测特性、利用光纤器件的耐腐蚀性、利用高密度刚性支架的稳定性、利用钢丝绳的隔振性能、利用柔性胶体的隔热、隔振性能,实现了高精度、高稳定性、便于安装、组阵、经久耐用的透射式光纤湍流传感器,解决了光纤湍流测量系统没有专门的传感器问题。本发明能够精确地探测大气光学湍流的微小折射率变化及与之相关的光学湍流强度、时间和空间频谱等特征参数,适用于湍流研究、大气与海洋光学环境检测、激光大气传输、天文选址、自由空间激光通信和激光大气探测等领域。

[0024] 本发明首次实现了深度集成的精密透射式光纤湍流传感器,采用了特殊的双D形镂空的嵌入式光纤支架和六重抗振设计,可测量小尺度的光学湍流和组阵测量任意尺度的光学湍流

[0025] 本发明精度高、响应快、体积小、稳定性好、耐腐蚀,在测量过程中的大气运动状态保持不变,并且便于组成传感器阵列。本发明能够精确地探测大气光学湍流的微小折射率变化及与之相关的光学湍流强度、时间和空间频谱等,适用于湍流研究、大气与海洋光学环境检测、激光大气传输、天文选址、自由空间激光通信和激光大气探测等领域。

附图说明

[0026] 图1为本发明结构示意图。

[0027] 图2为本发明光纤湍流测量系统结构示意图。

[0028] 图3为本发明空气隙内激光穿透湍流大气示意图。

[0029] 图4为本发明透射式光纤湍流传感器输出信号波形图。

[0030] 图5为本发明光纤湍流传感器与温度脉动仪的同步对比观测结果。

[0031] 图6为用光纤湍流传感器阵列观测的海面大气光学湍流强度示意图。

具体实施方式

[0032] 如图1所示,一种透射式光纤湍流传感器,包括有隔振器2、叉状的支架1,隔振器2通过上部的接杆201在支架重心位置支撑支架1,隔振器2通过下部的支撑杆202安装在底座203上,支架1由叉板101、与叉板101成型为一体且相互对称的叉臂102构成,两叉臂102臂端相对,支架1的叉板101上设置有与叉臂102一一对应的两路光纤301、302,每

路光纤一端从叉板 101 沿对应的叉臂 102 走向后引至叉臂 102 臂端,并在叉臂 102 臂端位置连接有光纤准直器 4,光纤 3 另一端从叉板 101 引出并连接有光纤连接器 5,位于叉板 101 上的每路光纤中还分别连接有光纤耦合器 6、位于光纤耦合器 6 和光纤连接器 5 之间的光隔离器 7,两路光纤 3 的光纤耦合器 6 之间通过光纤连接。

[0033] 两路光纤中,第一路光纤 301 的光纤连接器连接至半导体调制相干激光光源,半导体调制相干激光光源的出射光经过第一路光纤 301 上的光隔离器后,被第一路光纤 301 上的光纤耦合器分成能量相当的两束激光,一束激光作为参考光导入第二路光纤 302 的光纤耦合器,另一束激光作为信号光从第一路光纤 301 的光纤准直器输出并穿过叉臂 102 臂端之间空气隙,而后被第二路光纤 301 的光纤准直器收集到第二路光纤 302 中,并与导入第二路光纤 302 的参考光在第二路光纤 302 的光纤耦合器上相干叠加,当叉臂 102 臂端之间空气隙中有湍流时,通过第二路光纤 302 上的光纤连接器输出携带湍流信息的激光干涉信号。

[0034] 叉板 101 上的每路光纤及每路光纤上的光纤耦合器、光隔离器分别被密封胶体 8 胶封在叉板 101 上。

[0035] 支架 1 上设置有沿叉板 101、叉臂 102 走向至叉臂 102 臂端的两路光纤护槽,两路光纤分别一一对应安装在光纤护槽中,位于叉臂 102 臂端设置有供光纤准直器放入的光纤准直器护槽。

[0036] 每个叉臂 102 与叉板 101 之间分别连接有加强筋 103,叉臂 102 与加强筋 103 构成 D 形结构,对称的两叉臂及叉臂各自的加强筋共同构成双 D 形对称结构,且两叉臂臂端之间间距小于 10cm。

[0037] 使用一个本发明的光纤湍流传感器可测量叉臂臂端之间空气隙 9 尺度范围内的光学湍流参数,也可用多个光纤湍流传感器组成阵列,用以测量大区域的光学湍流参数及其空间结构。

[0038] 本发明中,光纤器件可全部为单模光纤器件,用单模光纤连接,或全部为单模保偏光纤器件,用单模保偏光纤连接,支架的重心位于接杆上。接杆和伸缩杆通过隔振器上下表面的安装平台连接。底座可用压板预先固定,伸缩杆插入其中,调节伸缩杆到合适的高度并用紧固螺钉锁紧后使用。悬臂臂端之间的空气隙的间距小于 10cm。

[0039] 本发明的光纤湍流传感器是利用光纤干涉仪对激光相位变化的高度敏感性来测量光学湍流参数的,其测量原理详见背景技术中所列的参考文献,简要的描述如下:

[0040] 将一束被调制的相干激光通过光纤连接器导入光纤湍流传感器,激光首先被第一路光纤中的光纤耦合器分成能量相当的两束激光,一束作为参考光用光纤直接导入第二路光纤中的光纤耦合器,另一束作为信号光从第一路光纤的光纤准直器输出并穿过空气隙,而后被第二路光纤的光纤准直器收集到第二路光纤中并与参考光在第二路光纤的光纤耦合器上相干叠加,当空气隙中有湍流时,则输出携带湍流信息的激光干涉信号,信号的表现形式为

[0041]

$$I_o = (1 + m \cos \omega_c t) [A + B \cos(M \cos \omega_c t + \varphi(t))] \quad (1)$$

[0042] 式中 I_o 是传感器的输出信号, m 是激光功率调制度, ω_c 是激光调制频率, A 是输出信号中的直流分量, A 是输出信号中交流分量的振幅, M 是相位调制深度, $\varphi(t) = \varphi_0 + \Delta\varphi(t)$ 即

为含有湍流相位起伏信号 $\Delta\varphi(t)$ 的待检测信号。利用相关解调算法或Hilbert变换解调算法可将 $\Delta\varphi(t)$ 提取出来,在此基础上可得湍流折射率的变化量

[0043]

$$\Delta n(t) = \frac{2\pi L}{\lambda} \Delta\varphi(t) \quad (2)$$

[0044] 折射率起伏方差亦称湍流强度

$$\sigma_n^2 = \sum_i^N \left(\Delta n_i - \frac{\sum_{i=1}^N \Delta n_i}{N} \right)^2 \quad (3)$$

[0046] 以及对折射率时间序列进行傅立叶变换得到的湍流频谱或功率谱,式中的L为空气隙的间距, λ 为激光的波长。

[0047] 本发明的传感器安装步骤如下:(1)将一个或多个传感器底座安装于型材、三脚架、铁塔或其它便于固定的建筑物上;(2)将已传感器的主体插入并锁定在底座上。

[0048] 如图2所示,将已安装好的光纤湍流传感器接入光纤湍流测量系统,该系统包括激光光源、传感器、光探测电路和计算机控制、数据采集与分析系统。

[0049] 如图3-图5所示。开启光源及各子系统,当有湍流大气经过空气隙时,传感器输出如图4所示的信号波形,运行自行编制的计算机数据采集与分析软件,计算得到随机湍流大气折射率时间序列,根据公式(2)计算得到光学湍流强度 σ_n^2 ,全天连续观测可得其日变化,将该结果于温度脉动仪同步观测所得的 C_n^2 (C_n^2 是均匀各向同性条件下对光学湍流强度的等效描述,当湍流外尺度为1m时, C_n^2 和 σ_n^2 在数值上相等)进行比较,结果如图5所示,该图表明两者在量级和变化趋势上均符合得较好。

[0050] 如图6所示。在海滩边用型材或其它方式搭设好支架,将6只传感器以2m每只的等间隔或以其它排列方式连接到光纤湍流测量系统中,可同步获取来不同位置多个传感器的湍流信号,其结果如图6所示。

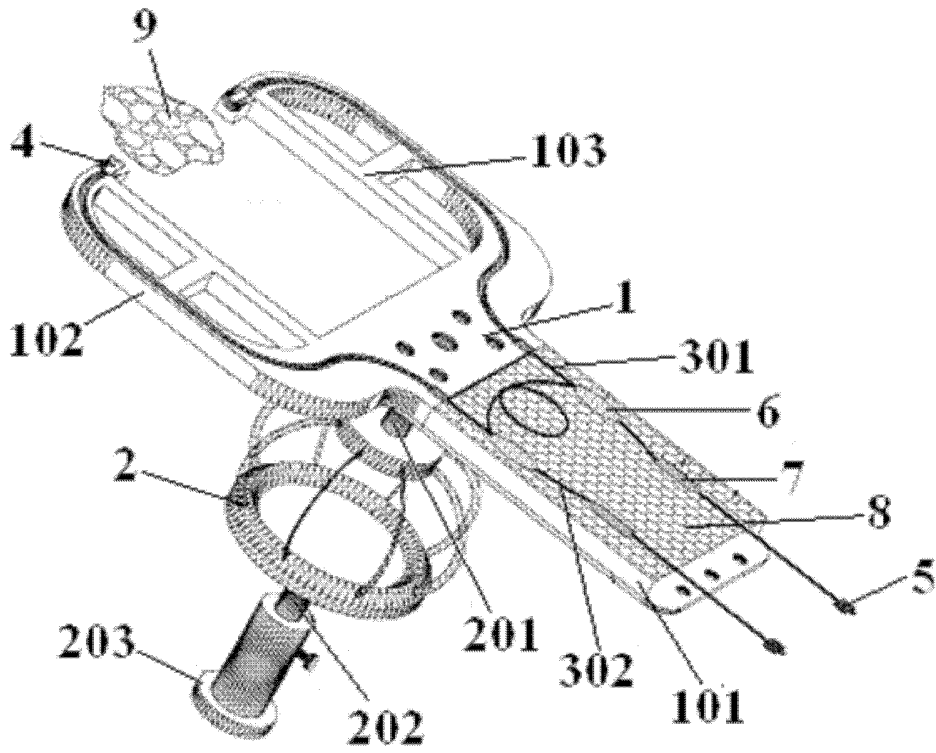


图 1

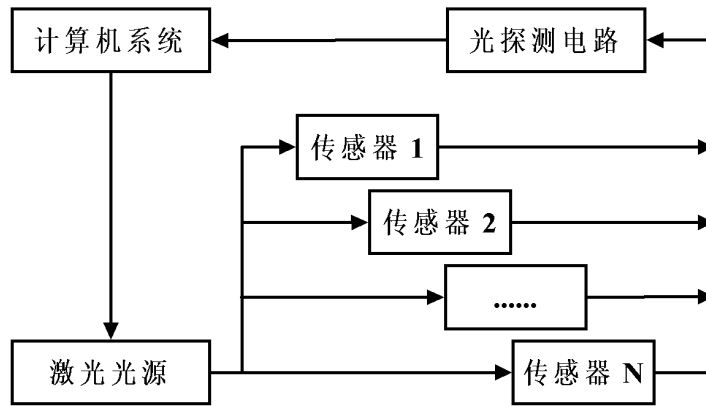


图 2

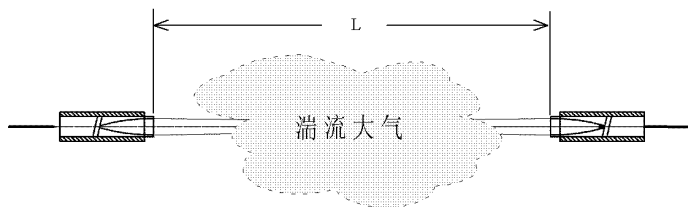


图 3

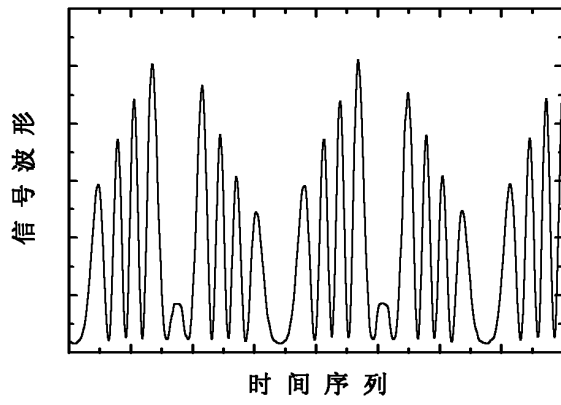


图 4

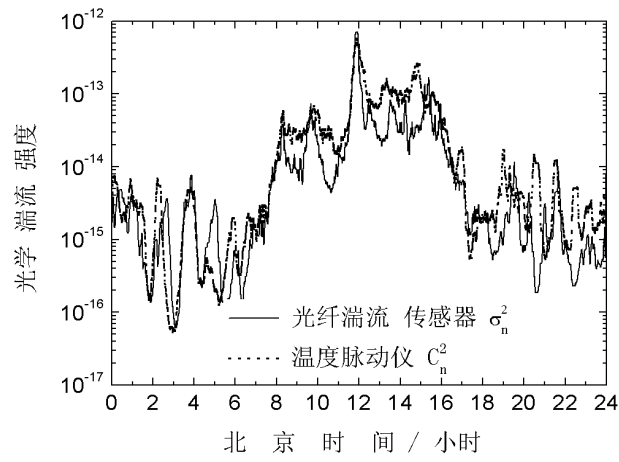


图 5

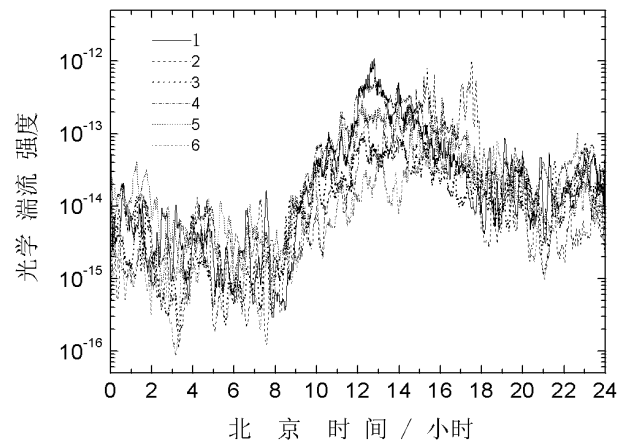


图 6