



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102680137 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201210187220. 0

CN 101696896 A, 2010. 04. 21, 全文.

(22) 申请日 2012. 06. 07

赵洪志 等. 对分布式光纤温度传感器背向拉曼散射信号提取方法的改进. 《光学技术》. 1997, 第 23-24 页.

(73) 专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

专利权人 潍坊五洲浩特电气有限公司

杨斌 等. 新型超远程分布式光纤拉曼温度传感器. 《光通信研究》. 2011, 第 54-56 页.

(72) 发明人 魏鹏 鞠明江 王伟 王钊

周亚光 李成贵

审查员 张培

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责

任公司 11251

代理人 成金玉

(51) Int. Cl.

G01K 11/32 (2006. 01)

G01K 15/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202710206 U, 2013. 01. 30, 权利要求 1-6.

US 2006/0210269 A1, 2006. 09. 21, 全文.

US 2006/0245468 A1, 2006. 11. 02, 全文.

CN 201903355 U, 2011. 07. 20, 全文.

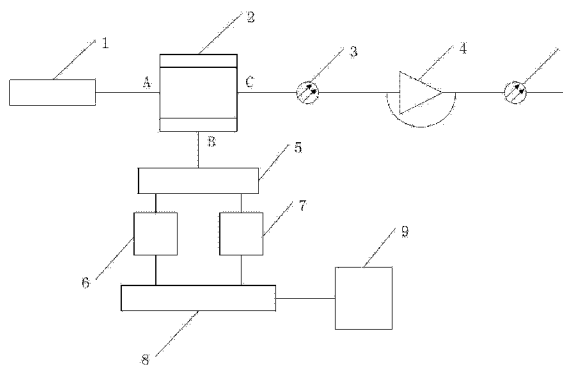
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种可级联分布式光纤拉曼测温系统

(57) 摘要

一种可级联分布式光纤拉曼测温系统, 包括: 宽带光源, 双向三通道光纤耦合器, 单模光纤, 光中继放大器, 分光器, 第一、第二两个光电接收器, 信号采集卡, 计算机; 本发明主要用于输配电系统、油井勘探、瓦斯管线系统等的温度检测, 使用时可以根据需要调整系统以适应各种测量环境。本发明提供了一种光纤级联的方案, 具有安全可靠、耐候性好、适用范围广、传输距离远、抗电磁干扰能力强的特点。



1. 一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,其特征在于:所述测温系统包括:宽带光源(1)、双向三通道光纤耦合器(2)、单模光纤(3)、光中继放大器(4)、分光器(5)、第一光电接收器(6)、第二光电接收器(7)、信号采集卡(8)和计算机(9);其中双向三通道光纤耦合器(2)中的一个通道作为传输通道,传输光信号,另两个通道分别作为斯托克斯通道与反斯托克斯通道,分别耦合回背向斯托克斯散射光和背向反斯托克斯散射光;宽带光源(1)的输出连接至双向三通道光纤耦合器(2)的耦合输入端口,即A端口;双向三通道光纤耦合器(2)的耦合传输端口,即C端口连接至单模光纤(3)的一端;双向三通道光纤耦合器(2)的耦合输出端口,即B端口连至分光器(5);单模光纤(3)的另一端接光中继放大器(4),光中继放大器(4)再接单模光纤(3),依此类推,通过多个单模光纤(3)和多个光中继放大器(4),构成单模光纤和光中继放大器的多次级联;分光器(5)的输出分别接至第一光电接收器(6)和第二光电接收器(7),第一光电接收器(6)和第二光电接收器(7)的输出端分别与信号采集卡(8)相连,信号采集卡(8)输出连接至计算机(9);宽带光源(1)发出的宽带光到达双向三通道光纤耦合器(2),由双向三通道光纤耦合器(2)的一个通道传输光信号经过单模光纤(3)传输,由光中继放大器(4)放大后再次经过单模光纤(3),即由单模光纤(3)和光中继放大器(4)的传输和放大多次级联后,由双向三通道光纤耦合器(2)的斯托克斯通道和反斯托克斯通道将背向斯托克斯散射光和背向反斯托克斯散射光耦合回双向三通道光纤耦合器(2)后由B端口输出,背向拉曼散射光耦合到分光器(5),通过分光器(5)后光被分为两路,再经滤波后得到的斯托克斯光和反斯托克斯光分别被第一光电接收器(6)和第二光电接收器(7)接收;接收到的信号由信号采集卡(8)进行采集,最后经过运算分析得出光纤上各点温度信息,在计算机(9)上显示;

所述分光器(5)的分光比为80:20,其中80%的光送入反斯托克斯通道。

2. 根据权利要求1所述的一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,其特征是:所述光中继放大器(4)由光放大器及放大电路组成。

3. 根据权利要求1所述的一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,其特征是:所述宽带光源(1)为ASE宽带光源,中心波长1550nm,3dB带宽30nm。

4. 根据权利要求1所述的一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,其特征是:所述单模光纤(3)的线路损失系数为0.20。

5. 根据权利要求1所述的一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,其特征是:所述第一光电接收器(6)和第二光电接收器(7)为波长1550nm的镓砷化铟 InGaAs-APD。

一种可级联分布式光纤拉曼测温系统

技术领域

[0001] 本发明属于光纤测量技术领域,特别涉及一种可级联分布式光纤拉曼测温系统。

背景技术

[0002] 1870年,英国物理学家丁达尔做了一个简单的实验:在装满水的木桶上钻个孔,用灯从桶上边把水照亮。结果放光的水从水桶的小孔里流了出来,水流弯曲,光线也跟着弯曲。后来,人们造出一种透明度很高、很细的玻璃纤维,当光线以合适的角度射入玻璃纤维时,光就沿着弯弯曲曲的玻璃纤维前进。由于这种纤维能够用来传输光线,所以称它为光导纤维。

[0003] 自20世纪90年代起,光通信带动下的光子产业取得了巨大的成功,光纤传感器呈产业化发展,应用领域广泛,包括电力工业、化学和环境、医学和生物、石油行业、汽车行业、船舶等。较传统的电传感器,光纤传感器具有许多优点,如灵敏度高、抗电磁干扰、体积小、重量轻、测量对象广泛、成本低等。

[0004] 拉曼效应是指往某物质中射入频率 ν 的单色光时,在散射光中会出现频率 ν 之外频率的散射光。主要有斯托克斯(stokes)散射、反斯托克斯(Anti-stokes)散射、布里渊散射和瑞利散射。其中反斯托克斯背向散射对温度敏感,载有温度信息,利用斯托克斯背向散射作为参考,通过反斯托克斯解调出温度值。由光时域反射原理知接收光功率为时间的函数,光传播速度已知,所以又可以根据时间、速度得出位置信息。

[0005] 现有的分布式光纤拉曼温度传感器如中国专利CN200910102201.1“拉曼相关双波长光源自校正分布式光纤拉曼温度传感器”只适合于中短距离测量,还没有能够可调节适用范围大的分布式温度测量系统。

发明内容

[0006] 本发明的技术问题:克服现有技术的不足,提供一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,具有安全可靠、耐候性好、适用范围广、传输距离远、抗电磁干扰能力强的优点。

[0007] 本发明的技术方案:一种可级联分布式光纤拉曼测温系统,包括:宽带光源1、双向三通道光纤耦合器2、单模光纤3、光中继放大器4、分光器5、第一光电接收器6、第二光电接收器7、信号采集卡8和计算机9;其中双向三通道光纤耦合器2中的一个通道作为传输通道,传输光信号,另两个通道分别作为斯托克斯通道与反斯托克斯通道,分别耦合回背向斯托克斯散射光和背向反斯托克斯散射光;宽带光源1的输出连接至双向三通道光纤耦合器2的耦合输入端口,即A端口;双向三通道光纤耦合器2的耦合传输端口,即C端口连接至单模光纤3的一端;双向三通道光纤耦合器2的耦合输出端口,即B端口连至分光器5;单模光纤3的另一端接光中继放大器4,光中继放大器4再接单模光纤3,依此类推,通过多个单模光纤3和多个光中继放大器4,构成单模光纤3和光中继放大器4的多次级联;分光器5的输出分别接至第一光电接收器6和第二光电接收器7,第一光电接收器6和第二光电接收器7的输出端分别与信号采集卡8相连,信号采集卡8输出连接至计算机9;宽带光源

1 发出的宽带光到达双向三通道光纤耦合器 2,由双向三通道光纤耦合器 2 的一个通道传输光信号经过单模光纤 3 传输,由光中继放大器 4 放大后再次经过单模光纤 3,即由单模光纤 3 和光中继放大器 4 的传输和放大多次级联后,由双向三通道光纤耦合器 2 的斯托克斯通道和反斯托克斯通道另两个通道背向斯托克斯散射光和背向反斯托克斯散射光耦合回双向三通道光纤耦合器 2 后由 B 端口输出,背向拉曼散射光耦合到分光器 5,通过分光器 5 后光被分为两路,再经滤波后得到的斯托克斯光和反斯托克斯光分别被第一光电接收器 6 和第二光电接收器 7 接收;接收到的信号由信号采集卡 8 进行采集,最后经过运算分析得出光纤上各点温度信息,在计算机 9 上显示。

[0008] 所述光中继放大器 4 由光放大器及放大电路组成。

[0009] 所述宽带光源 1 为 ASE 宽带光源,中心波长 1550nm,3dB 带宽 30nm。

[0010] 所述单模光纤 3 的线路损失系数为 0.20。

[0011] 所述分光器 5 的分光比为 80:20,其中 80% 的光送入反斯托克斯通道。

[0012] 所述第一光电接收器(6)和第二光电接收器(7)为波长 1550nm 的铟砷化镓 InGaAs-APD。

[0013] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0014] (1) 现有的分布式光纤拉曼测温系统大多距离受限,而本发明可以在原来的基础上利用单模光纤和光中继放大器对光纤级联,以弥补传输过程中的损耗,减小测量误差,因此本发明适用范围广,可用于输配电系统、油井勘探、瓦斯管线系统等的温度检测,以便及时发现并定位,具有适用范围广、探测距离远,抗干扰能力强的优点。

[0015] (2) 本发明中的双向三通道光纤耦合器通过一个通道进行光的传播,另外两个通道用来耦合背向斯托克斯散射光和背向反斯托克斯散射光,反斯托克斯光载有温度信息,是用来解调温度的主要依据,而斯托克斯光用来对比参考,以消除系统对结果的不良影响,因此同时还具有安全可靠、耐候性好、抗电磁干扰能力强的特点。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明的可级联分布式光纤拉曼测温系统的原理图;

[0017] 图中:1、宽带光源,2、双向三通道光纤耦合器,3、单模光纤,4、光中继放大器,5、分光器,6、第一光电接收器,7、第二光电接收器,8、信号采集卡,9、计算机。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行描述,以便更好地理解本发明。

[0019] 如图 1 所示,本发明可级联分布式光纤拉曼测温系统包括:宽带光源 1,双向三通道耦合器 2,单模光纤 3、光中继放大器 4、分光器 5、第一光电接收器 6、第二光电接收器 7、信号采集卡 8 和计算机 9;其中双向三通道光纤耦合器 2 的 A 端口和 C 端口分别连接宽带光源 1 和单模光纤 3, B 端口连接分光器 5;光中继放大器 4 的两端分别与单模光纤 3 依次连接;分光器 5 分出两束光分别由第一光电接收器 6、第二光电接收器 7 接收;第一光电接收器 6、第二光电接收器 7 后还有信号采集卡 8 及计算机 9 依次连接。

[0020] 宽带光源 1 发出的宽带光经过双向三通道光纤耦合器 2 到达单模光纤 3 并在其中传播,当光传播一定距离后由中继放大器 4 对光信号放大后继续在单模光纤 3 中传播,背向

散射斯托克斯光和反斯托克斯光被耦合回双向三通道光纤耦合器 2 并传入分光器 5。通过分光器 5 后光被分为两路,再经滤波后得到的斯托克斯光和反斯托克斯光分别被第一光电接收器 6 和第二光电接收器 7 接收。接收到的信号由信号采集卡 8 进行采集,最后经过运算分析得出温度信息,在计算机 9 上显示。

[0021] 由拉曼散射原理可知,斯托克斯散射光强 I_S 和反斯托克斯散射光强 I_{AS} 公式为:

$$[0022] \quad I_S = A_0 \lambda_S^{-4} \left[1 + \frac{1}{\exp\left(\frac{hc\Delta\nu}{kT}\right) - 1} \right] \quad (1)$$

$$[0023] \quad I_{AS} = A_0 \lambda_{AS}^{-4} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc\Delta\nu}{kT}\right) - 1} \quad (2)$$

[0024] (1)、(2) 两式中 A_0 为常量, A_0 通过系统标定后得出, λ_S 和 λ_{AS} 分别是斯托克斯光和反斯托克斯光的波长, $\Delta\nu$ 为频移, h 为普朗克常量, k 为玻尔兹曼常量, c 为光速。

[0025] (1)、(2) 两式相比可得:

$$[0026] \quad R(T) = \frac{I_{AS}}{I_S} = \left(\frac{\lambda_S}{\lambda_{AS}}\right)^4 \exp\left(-\frac{hc\Delta\nu}{kT}\right) \quad (3)$$

[0027] $R(T)$ 为反斯托克斯光光强与斯托克斯光光强的比值。

[0028] 由 (3) 式可得:

$$[0029] \quad \frac{1}{T} = -\frac{k}{hc\Delta\nu} \left[\ln R(T) + 4 \ln \left(\frac{\lambda_{AS}}{\lambda_S}\right) \right] \quad (4)$$

[0030] 对定标温度 T_0 有:

$$[0031] \quad \frac{1}{T_0} = -\frac{k}{hc\Delta\nu} \left[\ln R(T_0) + 4 \ln \left(\frac{\lambda_{AS}}{\lambda_S}\right) \right] \quad (5)$$

[0032] 由 (4)、(5) 两式可得:

$$[0033] \quad \frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} - \frac{k}{hc\Delta\nu} \left[\ln R(T) - \ln R(T_0) \right] \quad (6)$$

[0034] 由 (6) 式可以看出通过标定定标温度 T_0 后测定 $R(T)$ 可以计算出沿传感光线分布的温度信息 T 。

[0035] 光中继放大部分由两个光纤耦合器和光放大器组成,第一段光纤由耦合器连接至放大器,信号经放大后由另一个耦合器连接到下一段光纤。光中继放大部分的作用是通过放大前一段传感光线中已经衰减的光脉冲,来增强后段传感光线中拉曼散射的强度,以达到分段测量的目的,最终提高测量精度和测量距离。

[0036] 宽带光源 1 为放大自发辐射宽带光源。宽带光源 1 是以掺杂光纤中增益介质超荧光光谱为基础的光源,它的激励源完全来自于受激原子的自发辐射,在光纤中的自发辐射能沿光纤传导,自发辐射就能被放大,成为放大自发辐射,从而形成放大自辐射光源。它有着易于传播、温度稳定性好、模式好、3dB 谱宽宽等一系列优点。本发明所用的宽带光源中心波长 1550nm,3dB 带宽为 30nm。

[0037] 光中继放大器 4 是由光放大器及放大电路组成。光在光纤中传输存在损耗,距离越长损耗越大,对测量不利,因此用光中继放大器 4 放大信号以弥补传输过程中的损耗,减小测量误差。

[0038] 通过双向三通道光纤耦合器 2 的宽带光,通过一个通道进行光的传播,另外两个通道用来耦合背向斯托克斯散射光和背向反斯托克斯散射光。反斯托克斯光载有温度信息,是用来解调温度的主要依据,而斯托克斯光用来对比参考,以消除系统对结果的不良影

响。

[0039] 第一光电探测器 6 和第二光电探测器 7 将光信号转化为电信号,是整个系统中非常关键的组成部分,直接影响系统性能的高低。本实施例所述的传感系统,光信号从宽带光源 1 出射经过一系列的传播到达光电探测器,光功率损耗比较大,入射到光电探测器的光功率通常及其微弱;本实施例要求高频高精度的光电转化。本发明实施例中用半导体 InGaAs PIN 雪崩光电二极管进行光电转化,它具有灵敏度高、响应速度快、噪声小、光电转换效率高,稳定性好等优点。本发明实例中用到的两个光电接收器完全一样。

[0040] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

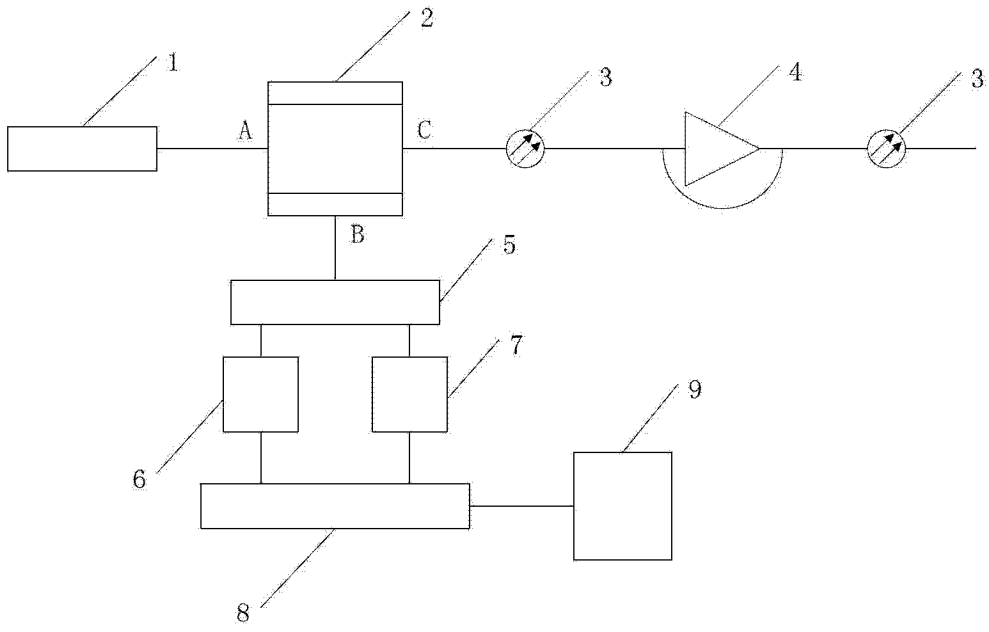


图 1