



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110307920 B

(45) 授权公告日 2020.11.13

(21) 申请号 201910505245.2

G01K 11/32 (2006.01)

(22) 申请日 2019.06.12

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102607621 A, 2012.07.25

申请公布号 CN 110307920 A

CN 108534910 A, 2018.09.14

CN 108303197 A, 2018.07.20

(43) 申请公布日 2019.10.08

审查员 于陶然

(73) 专利权人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市迎泽西大街79号

(72) 发明人 张明江 许扬 李健 闫宝强

余涛 张建忠 乔丽君 王涛

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通

合伙) 14100

代理人 朱源 武建云

(51) Int. Cl.

G01L 1/24 (2006.01)

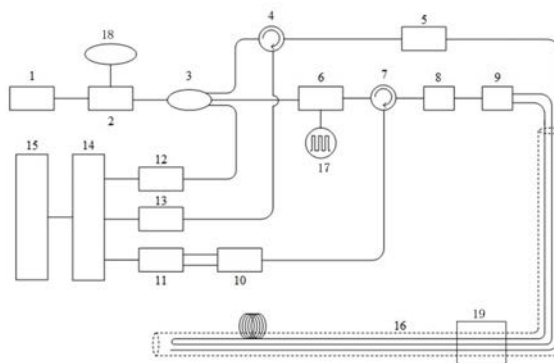
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统及测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统,包括半导体激光器(1)、第一电光调制器(2)、1×3光纤耦合器(3)、第一光环行器(4)、第一双向半导体光放大器(5)、第二电光调制器(6)、第二光环行器(7)、第二双向半导体光放大器(8)、1×2光开关(9)、波分复用器(10)、雪崩光电探测器(11)、第一光电探测器(12)、第二光电探测器(13)、数据采集卡(14)、计算机(15)、三芯传感光纤(16)、脉冲调制器(17)、20MHz的任意波形发生器(18)、恒温槽(19)。本发明利用应力变化时由传感光纤损耗变化所引起的瑞利散射强度变化进行检测,以及拉曼散射光强对温度敏感的特点,同时实现光纤沿线温度。



1. 一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统,其特征在于:包括半导体激光器(1)、第一电光调制器(2)、 1×3 光纤耦合器(3)、第一光环行器(4)、第一双向半导体光放大器(5)、第二电光调制器(6)、第二光环行器(7)、第二双向半导体光放大器(8)、 1×2 光开关(9)、波分复用器(10)、雪崩光电探测器(11)、第一光电探测器(12)、第二光电探测器(13)、数据采集卡(14)、计算机(15)、三芯传感光纤(16)、脉冲调制器(17)、20MHz的任意波形发生器(18)、恒温槽(19);

其中,半导体激光器(1)的输出端通过普通单模跳线与第一电光调制器(2)的输入端相连,第一电光调制器(2)的调制端与20MHz的任意波形发生器(18)输出端相连接,第一电光调制器(2)的输出端通过普通单模跳线与 1×3 光纤耦合器(3)的输入端相连, 1×3 光纤耦合器(3)的第一输出端通过普通单模跳线与第一光电探测器(12)的输入端相连,第一光电探测器(12)的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡(14)相连; 1×3 光纤耦合器(3)的第二输出端通过普通单模跳线与第一光环行器(4)一端连接,第一光环行器(4)另一端通过普通单模跳线与第一双向半导体光放大器(5)的一端连接,第一双向半导体光放大器(5)的另一端通过普通单模跳线与三芯传感光纤(16)中的其中一根纤芯连接;第一光环行器(4)的第三端通过普通单模跳线与第二光电探测器(13)的输入端相连,第二光电探测器(13)的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡(14)相连; 1×3 光纤耦合器(3)的第三输出端通过普通单模跳线与第二电光调制器(6)的输入端相连,第二电光调制器(6)的调制端与脉冲调制器(17)相连接,第二电光调制器(6)的输出端通过普通单模跳线与第二光环行器(7)的一端相连,第二光环行器(7)的另一端通过普通单模跳线与第二双向半导体光放大器(8)的一端相连,第二双向半导体光放大器(8)的另一端与 1×2 光开关(9)的一端相连, 1×2 光开关(9)的另外两端分别与三芯传感光纤(16)中的另两根纤芯的一端相连接,将其中一段光纤放入恒温槽(19)进行恒温控制,作为定标光纤,并将这两个纤芯的另一端通过跳线相连,形成闭环;第二光环行器(7)的第三端通过普通单模跳线与波分复用器(10)的输入端相连,波分复用器(10)的另一端通过普通单模跳线与雪崩光电探测器(11)的输入端相连,雪崩光电探测器(11)的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡(14)相连;数据采集卡(14)的输出端与计算机(15)相连接。

2. 一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感测量方法,其特征在于:包括如下步骤:

(1)、半导体激光器(1)产生的连续光经过第一电光调制器(2)进行噪声信号调制,最终产生传感系统所需的高斯白噪声光信号;

(2)、光纤沿线应力检测

输出的高斯白噪声光信号首先经过 1×3 光纤耦合器(3)分为三路光,其中第一路光源作为参考光,通过第一光电探测器(12)转换为电信号,然后输入到数据采集卡(14)中;第二路光信号作为一路泵浦光,直接进入第一光环行器(4),再通过第一双向半导体放大器(5),最终进入到三芯传感光纤(16)中的其中一根纤芯,并在该光纤各点处产生后向散射光,然后光纤后向散射光通过第一光环行器(4)的反射端输出,通过第二光电探测器(13)转换为电信号,然后输入到数据采集卡(14)中,最后通过数据采集卡(14)采集到的信号经过A/D转换之后输入到计算机(15)中;

当传感光纤受到应力应变时,光纤的横截面直径发生变化,导致光纤该位置的瑞利散射强度发生变化,具体现象为该点的散射强度变低;将光电探测器采集到泵浦光和参考光

的电信号采用互相关法进行处理获得光纤任意位置处的散射光强信息,该散射光的强度与所受的应力变化在光纤可承受的范围内成线性关系,从而计算出光纤在不同位置的实时应力变化情况;

(3)、光纤沿线温度检测

第三路光信号作为另一路泵浦光,通过 1×3 光纤耦合器(3)进入第二光电调制器(6)进行脉冲调制,然后脉冲光通过第二光环行器(7),再经过第二双向半导体光放大器(8)进行放大之后,通过 1×2 光开关(9),进入三芯传感光纤(16)所形成的闭环中,当 1×2 光开关(9)其中一条通路打开时,光在光纤各点处产生后向散射光,然后光纤后向散射光通过第二光环行器(7)的反射端输出,通过波分复用器(10)滤出拉曼散射信号,滤出的斯托克斯光与反斯托克斯光从波分复用器(10)的输出端输出,进入到雪崩光电探测器(11)将光信号转换为电信号,最后通过数据采集卡(14)采集到的信号经过A/D转换之后输入到计算机(15)中;当 1×2 光开关(9)的另一条通路打开时,光从环路的另一端进入,产生的后向散射通过 1×2 光开关(9)回到第二光环行器(7),再通过波分复用器(10)滤出拉曼散射信号,滤出的斯托克斯光与反斯托克斯光从波分复用器(10)的输出端输出,进入到雪崩光电探测器(11)将光信号转换为电信号,最后通过数据采集卡(14)采集到的信号经过A/D转换之后输入到计算机(15)中;最后,由于斯托克斯光与反斯托克斯光的强度与环境所处的温度存在相关关系,根据两次采集的后向散射数据即可计算光纤相应传感点位置的温度。

基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及分布式光纤传感系统领域,具体为一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统及测量方法。

背景技术

[0002] 光纤传感技术自上世纪70年代出现以来,便作为一种新型的传感技术受到了世人的广泛关注。光纤传感技术是以光纤作为激光信号传输介质来实现对外界特定物理量测量的技术。

[0003] 常用的分布式光纤传感技术主要涉及到三种后向散射:瑞利散射、布里渊散射、拉曼散射。其中,瑞利散射强度最大,易于探测,主要用于光纤断点检测方面;布里渊散射的频移对温度和应力变化均较为敏感,但由于布里渊散射要将由应变引起的频移与温度变化引起的频移准确区分是十分困难的,因此布里渊分布式光纤传感器难以成品化和市场化,且成本极高;拉曼散射的光强度对温度较为敏感,且装置较为简单,因此目前分布式光纤拉曼测温技术比较成熟,温度分辨率和空间分辨率等技术指标都能达到一般工业化的要求,但拉曼散射本身对应力变化并不敏感,因此传统拉曼分布式传感在应力传感方面没有应用。

[0004] 由上述介绍可知,传统的分布式传感系统在同时测量温度变化与应力变化时主要面临以下问题:一是布里渊散射对温度和应力变化均较为敏感,都会产生布里渊散射的频移,但是由应变引起的频移与温度变化引起的频移在实际情况下难以区分,因此布里渊分布式传感在测量方面仍然面临较大的问题;二是拉曼散射虽然对温度变化较为敏感,但对应力变化并不敏感,也难以实现温度和应力的同时测量。因此,在实际应用中,需要一种结构简单且可以实现温度和应力同时测量的方法。

发明内容

[0005] 本发明目的是提出一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统及测量方法,用于解决现有的分布式光纤应力传感系统中存在的难以同时测量温度及应力变化以及混沌信号长距离与高精度无法同时实现的问题。

[0006] 本发明是采用如下技术方案实现的:

[0007] 一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统,包括半导体激光器、第一电光调制器、 1×3 光纤耦合器、第一光环行器、第一双向半导体光放大器、第二电光调制器、第二光环行器、第二双向半导体光放大器、 1×2 光开关、波分复用器、雪崩光电探测器、第一光电探测器、第二光电探测器、数据采集卡、计算机、三芯传感光纤、脉冲调制器、20MHz的任意波形发生器、恒温槽。

[0008] 其中,半导体激光器的输出端通过普通单模跳线与第一电光调制器的输入端相连,第一电光调制器的调制端与20MHz的任意波形发生器的输出端相连接,第一电光调制器的输出端通过普通单模跳线与 1×3 光纤耦合器的输入端相连, 1×3 光纤耦合器的第一输出端通过普通单模跳线与第一光电探测器的输入端相连,第一光电探测器的输出端通过同轴

电缆线与数据采集卡相连;1×3光纤耦合器的第二输出端通过普通单模跳线与第一光环行器一端连接,第一光环行器另一端通过普通单模跳线与第一双向半导体光放大器的一端连接,第一双向半导体光放大器的另一端通过普通单模跳线与三芯传感光纤中的其中一根纤芯连接;第一光环行器的第三端通过普通单模跳线与第二光电探测器的输入端相连,第二光电探测器的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡相连;1×3光纤耦合器的第三输出端通过普通单模跳线与第二电光调制器的输入端相连,第二电光调制器的调制端与脉冲调制器相连接,第二电光调制器的输出端通过普通单模跳线与第二光环行器的一端相连,第二光环行器的另一端通过普通单模跳线与第二双向半导体光放大器的一端相连,第二双向半导体光放大器的另一端与1×2光开关的一端相连,1×2光开关的另外两端分别与三芯传感光纤中的另两根纤芯的一端相连接,将其中一段光纤放入恒温槽进行恒温控制,作为定标光纤,并将这两个纤芯的另一端通过跳线相连,形成闭环;第二光环行器的第三端通过普通单模跳线与波分复用器的输入端相连,波分复用器的另一端通过普通单模跳线与雪崩光电探测器的输入端相连,雪崩光电探测器的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡相连;数据采集卡的输出端与计算机相连接。

[0009] 基于上述传感系统的光纤温度、应力测量方法具体工作过程如下:

[0010] (1)、半导体激光器产生的连续光经过第一电光调制器进行噪声信号调制,将20MHz的任意波形发生器作为噪声信号源,用于调制传感系统所需的高斯白噪声光信号。

[0011] (2)、输出的噪声光信号首先经过1×3光纤耦合器分为三路光,其中第一路光源作为参考光,通过第一光电探测器转换为电信号,然后输入到数据采集卡中;第二路光信号作为一路泵浦光,直接进入第一光环行器,再通过第一双向半导体放大器,最终进入到三芯传感光纤中的其中一根纤芯,并在该光纤各点处产生后向散射光,然后光纤后向散射光通过第一光环行器的反射端输出,通过第二光电探测器转换为电信号,然后输入到数据采集卡中;最后通过数据采集卡采集到的信号经过A/D转换之后输入到计算机中。当传感光纤受到应力应变时,光纤的横截面直径会发生变化(散射截面发生变化),导致光纤该位置的瑞利散射强度发生变化,具体现象为该点的散射强度变低。将光电探测器采集到泵浦光和参考光的电信号采用互相关法进行处理获得光纤任意位置处的散射光强信息。

$$[0012] \quad R(L) = \int_0^L f_1(t) f_2\left(t - \frac{2L}{c}\right) dt$$

[0013] 其中, $f_1(t)$ 为光源发出的光强与时间的函数关系, $f_2(t)$ 为探测器接收到瑞利散射光强与时间函数关系, L 为传感光纤光后向散射位置(长度), c 为光在传感光纤中传播的速度。由上述公式可以计算出光纤在不同位置的实时应力变化情况。

[0014] (3)、第三路光信号作为另一路泵浦光,通过1×3光纤耦合器进入第二光电调制器进行脉冲调制,然后脉冲光通过第二光环行器,再经过第二双向半导体光放大器进行放大之后,进入1×2光开关,再进入三芯传感光纤所配置的环路中,并在光纤各点处产生后向散射光,然后光纤后向散射光通过第二光环行器的反射端输出,通过波分复用器滤出拉曼散射信号,滤出的斯托克斯光与反斯托克斯光从波分复用器的输出端输出,进入到雪崩光电探测器将光信号转换为电信号,最后通过数据采集卡采集到的信号经过A/D转换之后输入到计算机中;利用斯托克斯光和反斯托克斯光的强度的温度敏感特性进行处理获得光纤任

意位置处的温度信息。

[0015] 两次采集的后向散射数据根据下面的公式进行解调,得出相应的温度。由于斯托克斯光与反斯托克斯光的强度与环境所处的温度存在相关关系,斯托克斯光强与反斯托克斯光强的关系如下列公式,

$$[0016] \quad R_{Loop}(T, L) = \frac{K_s}{K_a} \left(\frac{v_s}{v_a} \right)^4 \exp \left[\left(-\frac{h\Delta\nu}{kT} \right) + \int_0^L (\alpha_a(L) - \alpha_s(L)) dL \right]$$

$$[0017] \quad R_{Loop}(T_0, L_0) = \frac{K_s}{K_a} \left(\frac{v_s}{v_a} \right)^4 \exp \left[\left(-\frac{h\Delta\nu}{kT_0} \right) + \int_0^{L_0} (\alpha_a(L_0) - \alpha_s(L_0)) dL \right]$$

[0018] 其中, K_s 与 K_a 为斯托克斯光与反斯托克斯光在光纤中的散射截面, v_s 与 v_a 为斯托克斯光与反斯托克斯光的中心波长, α_a 与 α_s 为光纤衰减系数。

$$[0019] \quad \frac{1}{T} = \left[\ln \left(\frac{R_{Loop}(T, L)}{R_{Loop}(T_0, L_0)} \right) \left(-\frac{h\Delta\nu}{kT} \right) \right] + \frac{1}{T_0}$$

[0020] 其中, $R_{Loop}(T, L)$ 为拉曼散射强度的温度调制函数, $R_{Loop}(T_0, L_0)$ 为温度定标时拉曼散射强度的温度调制函数, T_0 为定标温度, T 为测量温度, h 为普朗克常量, k 为玻尔兹曼常数, L 为传感光纤后向散射位置, L_0 为定标光纤的位置。通过该公式即可计算光纤相应传感点位置的温度。

[0021] 基于上述过程,与传统的分布式传感系统相比,本发明所述的基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统及测量方法具有如下优点:

[0022] 1、与传统的分布式光纤传感装置相比,本发明利用应力变化时由传感光纤损耗变化所引起的瑞利散射强度变化进行检测,以及拉曼散射光强对温度敏感的特点,同时实现光纤沿线温度,应力的同时实时测量,而且有效避免了布里渊分布式传感在应用过程中出现应力变化引起的频移与温度变化引起的频移难以区分的问题。

[0023] 2、本发明中采用的高斯白噪声调制光信号作为传感光信号,与传统的分布式光纤传感装置相比,本发明通过参考光与泵浦光瑞利散射进行互相关计算的方式,有效提高了传感系统的空间分辨率。

[0024] 3、本发明与近年来采用混沌激光的传感系统相比,最大的特点是克服了混沌激光的时延特征,在分辨率提高的同时,仍然可以保证传感距离不受影响。

[0025] 本发明设计合理,具有很好的推广应用价值。

附图说明

[0026] 图1表示本发明基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统的结构示意图。

[0027] 图中:1-半导体激光器,2-第一电光调制器,3-1×3光纤耦合器,4-第一光环行器,5-第一双向半导体光放大器,6-第二电光调制器,7-第二光环行器,8-第二双向半导体光放大器,9-1×2光开关,10-波分复用器,11-雪崩光电探测器,12-第一光电探测器,13-第二光电探测器,14-数据采集卡,15-计算机,16-三芯传感光纤,17-脉冲调制器,18-20MHz的任意波形发生器,19-恒温槽。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图对本发明的具体实施例进行详细说明。

[0029] 一种基于噪声调制的光纤温度、应力传感系统,包括半导体激光器1、第一电光调制器2、 1×3 光纤耦合器3、第一光环行器4、第一双向半导体光放大器5、第二电光调制器6、第二光环行器7、第二双向半导体光放大器8、 1×2 光开关9、波分复用器10、雪崩光电探测器11、第一光电探测器12、第二光电探测器13、数据采集卡14、计算机15、三芯传感光纤16。

[0030] 如图1所示,半导体激光器1的输出端通过普通单模跳线与第一电光调制器2的输入端相连,第一电光调制器2的调制端与20MHz的任意波形发生器18的输出端相连接,第一电光调制器2的输出端通过普通单模跳线与 1×3 光纤耦合器3的输入端相连, 1×3 光纤耦合器3的第一输出端通过普通单模跳线与第一光电探测器12的输入端相连,第一光电探测器12的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡14相连; 1×3 光纤耦合器3的第二输出端通过普通单模跳线与第一光环行器4一端连接,第一光环行器4另一端通过普通单模跳线与第一双向半导体光放大器5的一端连接,第一双向半导体光放大器5的另一端通过普通单模跳线与三芯传感光纤16中的其中一根纤芯连接;第一光环行器4的第三端通过普通单模跳线与第二光电探测器13的输入端相连,第二光电探测器13的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡14相连; 1×3 光纤耦合器3的第三输出端通过普通单模跳线与第二电光调制器6的输入端相连,第二电光调制器6的调制端与脉冲调制器17相连接,第二电光调制器6的输出端通过普通单模跳线与第二光环行器7的一端相连,第二光环行器7的另一端通过普通单模跳线与第二双向半导体光放大器8的一端相连,第二双向半导体光放大器8的另一端与 1×2 光开关9的一端相连, 1×2 光开关9的另外两端分别与三芯传感光纤16中的另两根纤芯的一端相连接,将另两根纤芯的其中一段光纤放入恒温槽19进行恒温控制,作为定标光纤,并将这两个纤芯的另一端通过跳线相连,形成闭环;第二光环行器7的第三端通过普通单模跳线与波分复用器10的输入端相连,波分复用器10的另一端通过普通单模跳线与雪崩光电探测器11的输入端相连,雪崩光电探测器11的输出端通过同轴电缆线与数据采集卡14相连;数据采集卡14的输出端与计算机15相连接。

[0031] 上述基于噪声调制的光纤温度、应力传感测量方法,包括如下步骤:

[0032] 1、DFB半导体激光器1产生的连续光经过第一电光调制器2进行噪声信号调制,将20MHz的任意波形发生器18作为噪声信号源,用于调制传感系统所需的高斯白噪声光信号。

[0033] 2、光纤沿线应力检测

[0034] 输出的高斯白噪声光信号首先经过 1×3 光纤耦合器3分为三路光,其中第一路光源作为参考光,通过第一光电探测器12转换为电信号,然后输入到数据采集卡14中;第二路光信号作为一路泵浦光,直接进入第一光环行器4,再通过第一双向半导体放大器5,最终进入到三芯传感光纤16中的其中一根纤芯,并在该光纤各点处产生后向散射光,然后光纤后向散射光通过第一光环行器4的反射端输出,通过第二光电探测器13转换为电信号,然后输入到数据采集卡14中,最后通过数据采集卡14采集到的信号经过A/D转换之后输入到计算机15中。

[0035] 当传感光纤受到应力应变时,光纤的横截面直径发生变化(散射截面发生变化),导致光纤该位置的瑞利散射强度发生变化,具体现象为该点的散射强度变低。将光电探测器采集到泵浦光和参考光的电信号采用互相关法进行处理获得光纤任意位置处的散射光

强信息。

$$[0036] \quad R(L) = \int_0^L f_1(t) f_2\left(t - \frac{2L}{c}\right) dt$$

[0037] 其中, $f_1(t)$ 为光源发出的光强与时间的函数关系, $f_2(t)$ 为探测器接收到瑞利散射光强与时间函数关系, L 为传感光纤光后向散射位置(长度), c 为光在传感光纤中传播的速度。该散射光的强度与所受的应力变化在光纤可承受的范围内成线性关系, 由上述公式可以计算出光纤在不同位置的实时应力变化情况。

[0038] (3)、光纤沿线温度检测

[0039] 第三路光信号作为另一路泵浦光, 通过 1×3 光纤耦合器 3 进入第二光电调制器 6 进行脉冲调制, 然后脉冲光通过第二光环行器 7, 再经过第二双向半导体光放大器 8 进行放大之后, 通过 1×2 光开关 9, 进入三芯传感光纤 16 所形成的闭环中, 当 1×2 光开关 9 其中一条通路打开时, 光在光纤各点处产生后向散射光, 然后光纤后向散射光通过第二光环行器 7 的反射端输出, 通过波分复用器 10 滤出拉曼散射信号, 滤出的斯托克斯光与反斯托克斯光从波分复用器 10 的输出端输出, 进入到雪崩光电探测器 11 将光信号转换为电信号, 最后通过数据采集卡 14 采集到的信号经过 A/D 转换之后输入到计算机 15 中。当 1×2 光开关 9 的另一条通路打开时, 光从环路的另一端进入, 产生的后向散射通过 1×2 光开关 9 回到第二光环行器 7, 再通过波分复用器 10 滤出拉曼散射信号, 滤出的斯托克斯光与反斯托克斯光从波分复用器 10 的输出端输出, 进入到雪崩光电探测器 11 将光信号转换为电信号, 最后通过数据采集卡 14 采集到的信号经过 A/D 转换之后输入到计算机 15 中。

[0040] 最后, 两次采集的后向散射数据根据下面的公式进行解调, 得出相应的温度; 由于斯托克斯光与反斯托克斯光的强度与环境所处的温度存在相关关系, 斯托克斯光强与反斯托克斯光强的关系如下列公式:

$$[0041] \quad R_{Loop}(T, L) = \frac{K_s}{K_a} \left(\frac{v_s}{v_a}\right)^4 \exp\left[\left(-\frac{h\Delta v}{kT}\right) + \int_0^L (\alpha_a(L) - \alpha_s(L)) dL\right]$$

$$[0042] \quad R_{Loop}(T_0, L_0) = \frac{K_s}{K_a} \left(\frac{v_s}{v_a}\right)^4 \exp\left[\left(-\frac{h\Delta v}{kT_0}\right) + \int_0^{L_0} (\alpha_a(L_0) - \alpha_s(L_0)) dL\right]$$

[0043] 其中, K_s 与 K_a 为斯托克斯光与反斯托克斯光在光纤中的散射截面, v_s 与 v_a 为斯托克斯光与反斯托克斯光的中心波长, α_a 与 α_s 为光纤衰减系数。

$$[0044] \quad \frac{1}{T} = \left[\ln\left(\frac{R_{Loop}(T, L)}{R_{Loop}(T_0, L_0)}\right) \left(-\frac{h\Delta v}{kT}\right) \right] + \frac{1}{T_0}$$

[0045] 其中, $R_{Loop}(T, L)$ 为拉曼散射强度的温度调制函数, $R_{Loop}(T_0, L_0)$ 为温度定标时拉曼散射强度的温度调制函数, T_0 为定标温度, T 为测量温度, h 为普朗克常量, k 为玻尔兹曼常数, L 为传感光纤光后向散射位置, L_0 为定标光纤的位置。通过该公式即可计算光纤相应传感点位置的温度。

[0046] 具体实施时: 半导体激光器 1 的中心波长采用 1550nm; 雪崩探测器 11 采用 Fby photoelectric, DTS1550-DA-MM 型的雪崩光电探测器。

[0047] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照本发明实施例进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明的技术方案的精神和范围,其均应涵盖于本发明权利要求书的保护范围中。

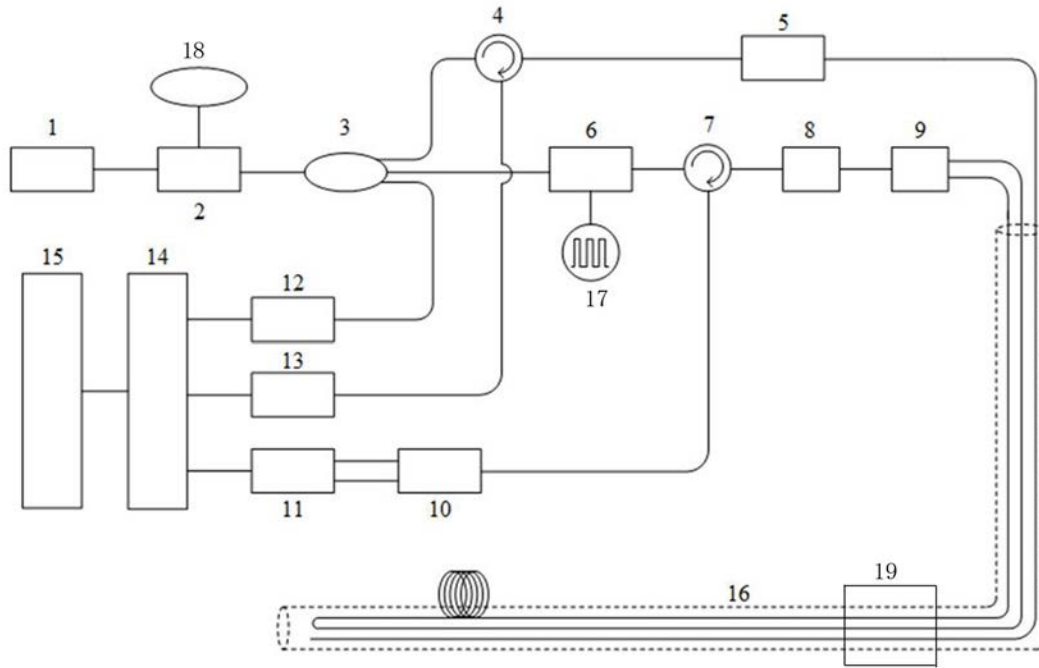


图1