



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204630588 U

(45) 授权公告日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201520293531. 4

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2015. 05. 08

(73) 专利权人 广西师范大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星区育才路 15 号

(72) 发明人 胡君辉 全文文 唐腾 梁维刚
潘福东 王力虎

(74) 专利代理机构 桂林市华杰专利商标事务所
有限责任公司 45112

代理人 刘梅芳

(51) Int. Cl.

G01D 5/353(2006. 01)

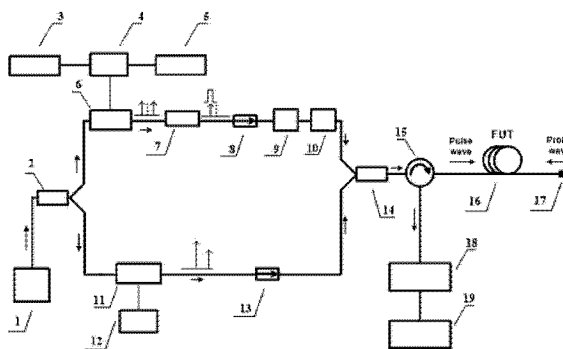
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统

(57) 摘要

本实用新型公开了一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,传感系统激光器光源通过第一耦合器输出两路连续光,第一路连续光进入调制高消光比模块的输入端,调制高消光比模块连接到第二耦合器的一个输入端;第二路连续光进入相移调制模块,相移调制模块连接到第二耦合器的另一个输入端;第二耦合器接入光环形器的1端口,光环形器的2端口通过传感光纤与单端模块相接;光环形器的3端口与解调模块相接。单端结构实现了 BOTDA 中标称测量距离即为有效测量距离,解决了现有技术在实际测量中系统需要双端接入和有效传感距离只有标称传感长度一半的问题;提高了电光调制器的消光比、减少了测量时间,实现了动态测量、长距离动态应变的监测功能。



1. 一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,其特征是,包括
调制高消光比模块,所述调制高消光比模块利用脉冲光控制射频开关进而控制射频信号对电光调制器的信号输入,调制出脉冲光的同时微波源对泵浦光进行了调制,调制成两个分别为 ν_0+f_m 和 ν_0-f_m 的反斯托克斯和斯托克斯的光;
相移调制模块,所述相移调制模块通过对探测光进行相位调制;
解调模块,所述解调模块对带有信号的光进行相位解调;
单端模块,其为 FC/PC 连接器,连续光通过传感光纤,在 FC/PC 连接器端面发生反射之后,再进入传感光纤并在传感光纤中各处与泵浦光发生散射;
激光器光源通过第一耦合器输出两路连续光,第一路连续光进入调制高消光比模块的输入端,调制高消光比模块的输出端连接到第二耦合器的一个输入端;第二路连续光进入相移调制模块的输入端,相移调制模块的输出端连接到第二耦合器的另一个输入端;第二耦合器的输出端接入光环形器的 1 端口,光环形器的 2 端口通过传感光纤与单端模块相接;光环形器的 3 端口与解调模块相接。
2. 根据权利要求 1 所述的单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,其特征是,所述的调制高消光比模块包括第一微波信号源、射频开关、脉冲信号发生器、电光调制器和滤波器,第一微波信号源通过射频开关与脉冲发生器相连,射频开关的另一端连接电光调制器的射频接口;电光调制器的输出端连接滤波器的输入端。
3. 根据权利要求 2 所述的单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,其特征是,所述第一微波信号源输出到电光调制器的微波频率 f_m 为 10GHz。
4. 根据权利要求 1 所述的单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,其特征是,所述相移调制模块包括单边带调制器和第二微波信号源,第二微波信号源输出到单边带调制器的频率 f_{RF} 范围为 500MHz-1500MHz。

一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及光纤传感技术,具体是一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统。

背景技术

[0002] 当光纤中相向传输的两束光波的频率差在光纤固有布里渊增益范围内时,这两束光通过声波场发生受激布里渊作用,两束光之间发生能量转移,当两束光的频率差等于光纤固有的布里渊频移(Brillouin frequency shift,简称 BFS)时,能量转移量最大,据此可以测量出沿光纤长度的布里渊频移分布,布里渊光时域分析(Brillouin optical time domain analysis,简称 BOTDA)技术正是基于上述原理,并利用布里渊频移(BFS)与温度和应变之间的线性关系来实现分布式温度和应变传感的。BOTDA具有长距离、高测量精度等特点,在桥梁大坝等大型土木工程和油气管道的结构健康监测中有着巨大的潜在用途。

[0003] 传统的 BOTDA 系统中,系统在检测时需要在光纤的两端分别注入泵浦光和探测光,因此在实际测量中系统的有效传感距离只有标称传感长度的一半。另一方面,双端注入在实际使用中不方便。同时,在使用电光调制器调制脉冲光的时候,由于电光调制器的消光比有限,必然会在系统中产生泄漏的连续光,这些连续光将会在传感光纤干扰实际数据的测量。为了提高电光调制器的消光比,减少漏光在系统中的影响,高消光比的电光调制器被要求使用,这将造成系统仪器的成本将急剧提升。除此之外,传统 BOTDA 需要对泵浦光和探测光的频率差进行扫频以获取布里渊频移,扫频非常耗时,因此传统基于扫频的 BOTDA 系统不适用动态事件的测量。

实用新型内容

[0004] 针对现有技术的不足,本实用新型提供一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统。这种系统的优点是:单端结构可以实现 BOTDA 中标称测量距离即为有效测量距离;可以提高电光调制器的消光比、可以减少测量时间,实现动态测量、能实现长距离动态应变的监测功能。

[0005] 实现本实用新型的技术方案是:

[0006] 一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,包括

[0007] 调制高消光比模块,所述调制高消光比模块利用脉冲光控制射频开关进而控制射频信号对电光调制器的信号输入,调制出脉冲光的同时微波源对泵浦光进行了调制,调制成两个分别为 ν_0+f_m 和 ν_0-f_m 的反斯托克斯和斯托克斯的光;

[0008] 相移调制模块,所述相移调制模块通过对探测光进行相位调制;

[0009] 解调模块,所述解调模块对带有信号的光进行相位解调;

[0010] 单端模块,其为 FC/PC 连接器,连续光通过传感光纤,在 FC/PC 连接器端面发生反射之后,再进入传感光纤并在传感光纤中与泵浦光发生散射;

[0011] 激光器光源通过第一耦合器输出两路连续光,第一路连续光进入调制高消光比模

块的输入端,调制高消光比模块的输出端连接到第二耦合器的一个输入端;第二路连续光进入相移调制模块的输入端,相移调制模块的输出端连接到第二耦合器的另一个输入端;第二耦合器的输出端接入光环形器的1端口,光环形器的2端口通过传感光纤与单端模块相接;光环形器的3端口与解调模块相接。

[0012] 所述的调制高消光比模块包括第一微波信号源、射频开关、脉冲信号发生器、电光调制器和滤波器,第一微波信号源通过射频开关与脉冲发生器相连,射频开关的另一端连接电光调制器的射频接口;电光调制器的输出端连接滤波器的输入端。

[0013] 所述第一微波信号源输出到电光调制器的微波频率 f_m 为 10GHz。

[0014] 所述相移调制模块包括单边带调制器和第二微波信号源,第二微波信号源输出到单边带调制器的频率 f_{RF} 范围为 500MHz-1500MHz。

[0015] 使用上述单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统的传感方法,包括如下步骤:

[0016] 激光器发出频率为 ν_0 的连续光被第一耦合器分成两路连续光,即第一路连续光和第二路连续光;

[0017] 第一路连续光由工作在抑制载频模式的电光调制器进行强度调制,调制成频率分别为 ν_0+f_m 和 ν_0-f_m 的反斯托克斯和斯托克斯的光;其中脉冲信号发生器通过脉冲控制射频开关来调控第一微波信号源对电光调制器输入, f_m 为第一微波信号源输出的微波调制频率;上述两个频率的光波经过滤波器进行滤波,滤波后频率为 ν_0-f_m 的脉冲光被保留下来,经过第一隔离器经掺铒光纤放大器放大到预期峰值功率后通过偏扰器进入第二耦合器;

[0018] 第二路连续光由单边带调制器进行相位调制,调制成频率分别为 ν_0 和 ν_0+f_{RF} 的两个不同频率成分的光信号进入第二耦合器,其中 f_{RF} 为第二微波信号源输出给单边带调制器的调制频率;含有两个频率的连续光与第一路调制好的泵浦脉冲光经第二耦合器进入光环形器;含有两个频率的连续光经过传感光纤在与传感光纤末端相连接的 FC/PC 连接器端面发生菲涅尔反射,产生的反射信号光中载波信号为本振光其频率为 ν_0 , 频率为 ν_0+f_{RF} 的信号光为探测信号;探测信号光与泵浦脉冲光传感光纤相遇时产生受激布里渊散射效应,频率为 ν_0+f_{RF} 的探测光信号携带了沿传感光纤分布的各点应变信息;本振光与探测光信号经光环形器后输入到平衡光电探测器,由平衡光电探测器进行光电转换产生拍频信号,拍频信号由数据采集处理模块采集和处理,获取探测信号光波的布里渊相移,根据布里渊相移与应变的关系,实现分布式动态应变测量。

[0019] 探测光和泵浦光的频率是固定的,且探测光和泵浦光的频率差等于传感光纤固有受激布里渊增益谱上升沿一半处时所对应的频率。

[0020] 第一微波信号源的信号输入是由脉冲信号源控制射频开关进行注入。

[0021] 这种系统的优点是:单端结构实现了 BOTDA 中标称测量距离即为有效测量距离,解决了现有技术检测时需要在光纤的两端分别注入泵浦光和探测光,实际测量中系统的有效传感距离只有标称传感长度一半的问题;提高了电光调制器的消光比、减少了测量时间,实现了动态测量、实现了长距离动态应变的监测功能。

附图说明

[0022] 图 1 为实施例中单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统的结构示意图;

[0023] 图 2 为是泵浦脉冲与探测光相互作用过程的示意图;

[0024] 图 3 为通过脉冲控制射频开关控制调制高消光比的脉冲光的示意图。

[0025] 图中 1. 激光器 2. 第一耦合器 3. 第一微波信号源 4. 射频开关 5. 脉冲信号发生器 6. 电光调制器 7. 滤波器 8. 第一隔离器 9. 掺铒光纤放大器 10. 扰偏器 11. 单边带调制器 12. 第二微波信号源 13. 第二隔离器 14. 第二耦合器 15. 光环形器 16. 传感光纤 17. FC/PC 连接器 18. 平衡光电探测器 19. 数据采集处理模块。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本实用新型内容作进一步的阐述,但不是对本实用新型的限定。

[0027] 实施例:

[0028] 参照图 1,一种单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统,包括

[0029] 调制高消光比模块,所述调制高消光比模块利用脉冲光控制射频开关进而控制射频信号对电光调制器的信号输入,调制出脉冲光的同时微波源对泵浦光进行了调制,调制两个频率分别为 ν_0+f_m 和 ν_0-f_m 的反斯托克斯和斯托克斯的光;

[0030] 相移调制模块,所述相移调制模块通过对探测光进行相位调制;

[0031] 解调模块,所述解调模块对带有信号的光进行相位解调;

[0032] 单端模块,其为 FC/PC 连接器 17,连续光通过传感光纤 16,在 FC/PC 连接器 17 端面发生反射之后,再进入传感光纤 16 并在传感光纤 16 中各处与泵浦光发生散射;

[0033] 激光器 1 光源通过第一耦合器 2 输出两路连续光,第一路连续光进入调制高消光比模块的输入端,调制高消光比模块的输出端连接到第二耦合器 14 的一个输入端;第二路连续光进入相移调制模块的输入端,相移调制模块的输出端连接到第二耦合器 14 的另一个输入端;第二耦合器 14 的输出端接入光环形器 15 的 1 端口,光环形器 15 的 2 端口通过传感光纤 16 与 FC/PC 连接器 17 相接;光环形器 15 的 3 端口与解调模块相接。

[0034] 具体地,

[0035] 所述的调制高消光比模块包括第一微波信号源 3、射频开关 4、脉冲信号发生器 5、电光调制器 6 和滤波器 7,第一微波信号源 3 通过射频开关 4 与脉冲发生器 5 相连,射频开关 4 的另一端连接电光调制器 6 的射频接口;电光调制器 6 的输出端连接滤波器 7 的输入端,滤波器 7 的输出端与第二耦合器 14 的一个输入端连接。

[0036] 所述第一微波信号源 3 输出到电光调制器 6 的微波频率 f_m 为 10GHz。

[0037] 所述相移调制模块包括单边带调制器 11 和第二微波信号源 12,第二微波信号源 12 与单边带调制器 11 连接,第一耦合器 2 的输出端通过单边带调制器 11 连接到第二耦合器 14 的一个输入端,单边带调制器 11 通过第二隔离器 13 与第二耦合器 14 连接。

[0038] 第二微波信号源 12 输出到单边带调制器 11 的频率 f_{RF} 范围为 500MHz-1500MHz。

[0039] 所述解调模块包括平衡光电探测器 18 和数据采集处理模块 19,对带有信号的光进行相位解调,平衡光电探测器 18 与光环形器 15 的 3 端口连接。

[0040] 滤波器 7 的输出端顺序通过第一隔离器 8、掺铒光纤放大器 9、偏扰器 10 与第二耦合器 14 的一个输入端连接。

[0041] 使用上述单端结构动态测量的布里渊光纤传感系统的传感方法,包括如下步骤:

[0042] 激光器 1 发出频率为 ν_0 的连续光被第一耦合器 2 分成两路连续光,即第一路连续

光和第二路连续光；

[0043] 第一路连续光由工作在抑制载频模式的电光调制器 6 进行强度调制,调制成频率分别为 ν_0+f_m 和 ν_0-f_m 的反斯托克斯和斯托克斯的光;其中脉冲信号发生器 5 通过脉冲控制射频开关 4 来调控第一微波信号源 3 对电光调制器 6 输入, f_m 为第一微波信号源 3 输出的微波调制频率;上述两个频率的光波经过滤波器 7 进行滤波,滤波后频率为 ν_0-f_m 的脉冲光被保留下来,如图 3 所示,经过第一隔离器 8 经掺铒光纤放大器 9 放大到预期峰值功率后通过偏扰器 10 进入第二耦合器 14;

[0044] 第二路连续光由单边带调制器 11 进行相位调制,调制成频率分别为 ν_0 和 ν_0+f_{RF} 的两个不同频率成分的光信号进入第二耦合器 14,其中 f_{RF} 为第二微波信号源 12 输出给单边带调制器 11 的调制频率;含有两个频率的连续光与第一路调制好的泵浦脉冲光经第二耦合器 14 进入光环形器 15;含有两个频率的连续光经过传感光纤 16 在与传感光纤 16 末端相连接的 FC/PC 连接器 17 端面发生菲涅尔反射,产生的反射信号光中载波信号为本振光其频率为 ν_0 ,频率为 ν_0+f_{RF} 的信号光为探测信号;探测信号光与泵浦脉冲光传感光纤 16 相遇时产生受激布里渊散射效应,频率为 ν_0+f_{RF} 的探测光信号携带了沿传感光纤 16 分布的各点应变信息,如图 2 所示;本振光与探测光信号经光环形器 15 后输入到平衡光电探测器 18,由平衡光电探测器 18 进行光电转换产生拍频信号,拍频信号由数据采集处理模块 19 采集和处理,获取探测信号光波的布里渊相移,根据布里渊相移与应变的关系,实现分布式动态应变测量。

[0045] 探测光和泵浦光的频率是固定的,且探测光和泵浦光的频率差等于传感光纤固有受激布里渊增益谱上升沿一半处时所对应的频率。

[0046] 第一微波信号源 3 的信号输入是由脉冲信号源控制射频开关进行注入。

[0047] 所述第一微波信号源 3 输出到电光调制器 6 的微波频率 f_m 为 10GHz。

[0048] 第二微波信号源 12 输出到单边带调制器 11 的频率 f_{RF} 范围为 500MHz-1500MHz。

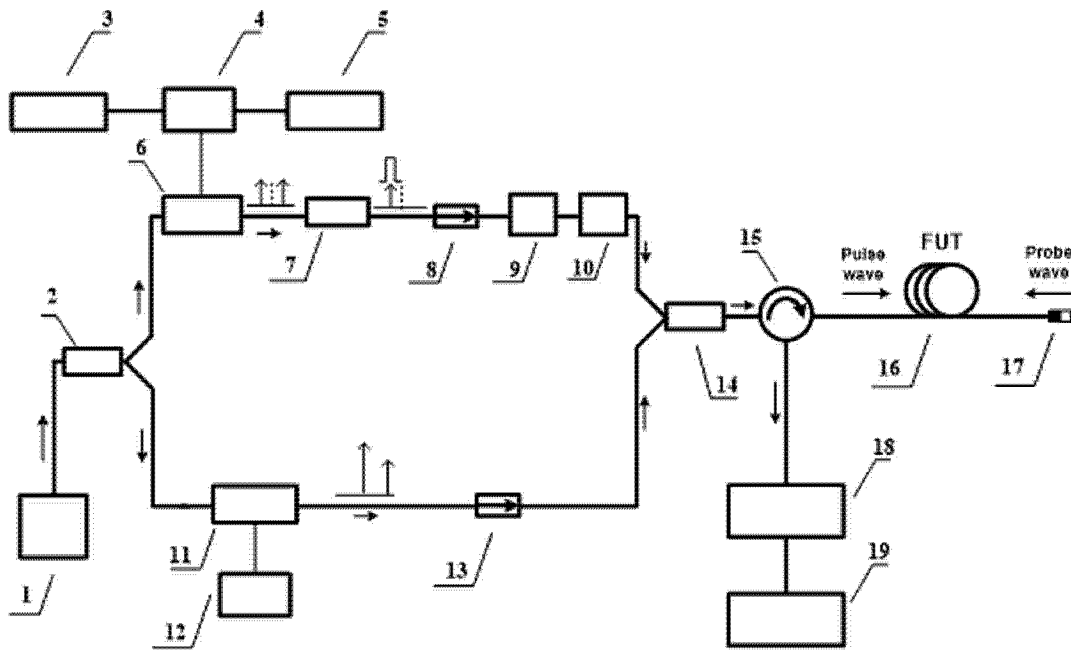


图 1

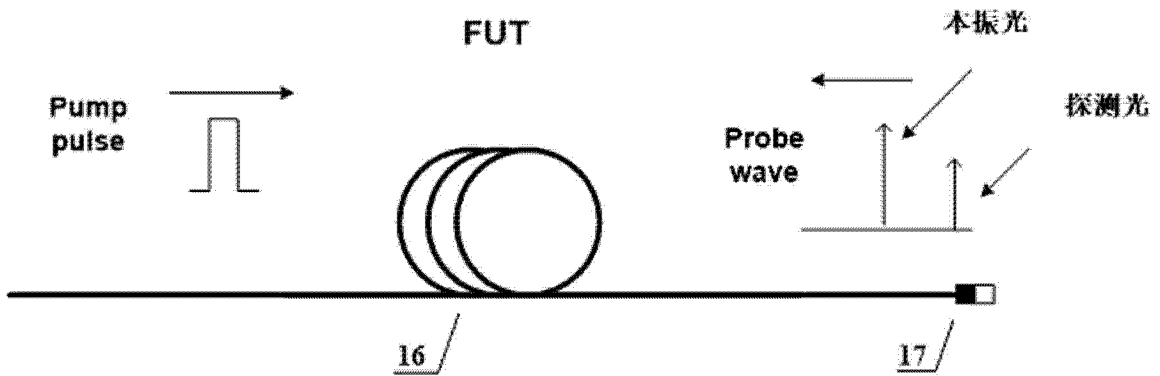


图 2

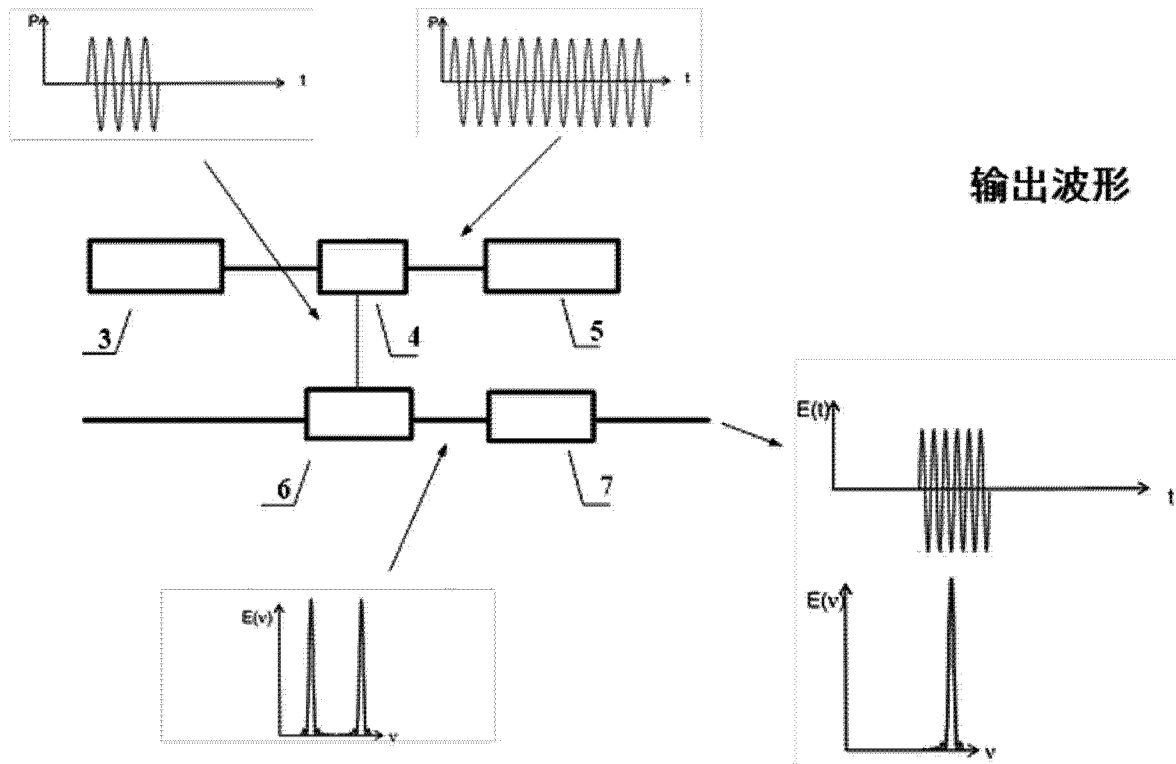


图 3