



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102829807 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201210348353. 1

(22) 申请日 2012. 09. 19

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西源大道 2006 号

(72) 发明人 饶云江 王子南 姜芸 彭飞

(74) 专利代理机构 成都华典专利事务所(普通合伙) 51223

代理人 徐丰 杨保刚

(51) Int. Cl.

G01D 5/28(2006. 01)

G01D 5/36(2006. 01)

G01K 11/32(2006. 01)

G01B 11/16(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102147236 A, 2011. 08. 10, 说明书第 4-7、21-26 段及附图 1.

US 20090244522 A1, 2009. 10. 01, 摘要及附图 1.

宋牟平等. 结合布里渊时域分析仪和光时域反射计的分布式光纤传感器. 《光学学报》. 2010, 第 30 卷(第 3 期), 全文.

张超. 长距离 B-OTDA 和  $\Phi$ -OTDR 传感系统光信号处理方法研究. 《信息科技辑》. 2011, I136-106 第 36-39 页及附图 3-11.

审查员 王昆朋

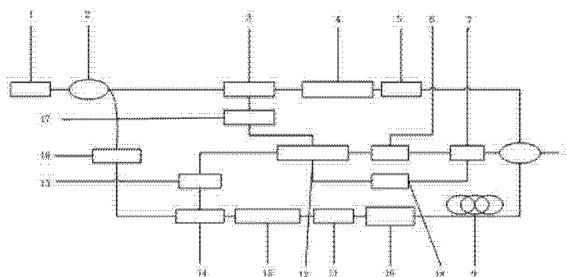
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

BOTDA 和 POTDR 相结合的分布式光纤传感系统

(57) 摘要

本方法公开了一种布里渊光时域分析仪(BOTDA)和偏振光时域反射计(POTDR)相结合的分布式光纤传感系统。本系统是在一套系统中结合了传统的 BOTDA 和 POTDR,可以在检测长距离温度和应变的信息的同时实现长距离入侵的动态监测,从而构成具有入侵预警和安全监测双重功能的复合式光纤时域分析监测网,可有效遏制人为和自然事故的发生,具有广泛的应用前景。



1. 一种基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分布式光纤传感系统,其特征在于:包括激光器(1),耦合器(2),声光调制器(3),掺铒光纤放大器(4),隔离器(5),探测器(6),波分复用器 WDM(7),环行器(8),长距离光纤(9),扰偏器(10),隔离器(11),数据采集处理系统(12),掺铒光纤放大器(13),电光调制器(14),频率源(15),偏振控制器(16),波形发生卡(17),探测器(18),其中,激光器(1)与耦合器(2)相连,把激光分成两束,耦合器(2)与声光调制器(3)相连,声光调制器(3)与信号发生器(17)相连,信号发生器(17)用来驱动声光调制器,声光调制器将激光调制成脉冲光,声光调制器与掺铒光纤放大器(4)相连,掺铒光纤放大器(4)与隔离器(5)相连,隔离器(5)与环行器(8)的(1)端口相连,环行器(8)的(2)端口与长距离光纤(9)相连;耦合器(2)与偏振控制器(16)相连,偏振控制器(16)与电光调制器(14)相连,用来克服所述电光调制器的偏振相关性,微波源(15)与电光调制器(14)相连,微波源用来驱动电光调制器(14),电光调制器(14)与掺铒光纤放大器(13)相连,掺铒光纤放大器(13)与隔离器(11)相连,隔离器(11)与扰偏器(10)相连,扰偏器(10)与长距离光纤相连;环行器(8)的 3 端口与波分复用器 WDM(7)相连,波分复用器 WDM(7)分别与探测器(6)和探测器(18)相连,探测器(18)与探测器(6)与数据采集处理模块(12)相连;

a) 将连续光激光器输出的偏振光用分束器分成两路之后得到的两路光分别作为 BOTDA 的探测光和泵浦光,作为 BOTDA 的泵浦光的这一路光同时作为 POTDR 的信号光;或采用两个激光源,波长差为  $Xnm$ ,两路光分别作为 BOTDA 的探测光和泵浦光,作为 BOTDA 的泵浦光的这一路光同时作为 POTDR 的信号光;

b) 在 a) 中所述探测光通过微波源驱动的电光调制器调制,对原始载波进行频率搬移,然后放大之后经过扰偏器,进入传感光纤;

c) 在 a) 中所述泵浦光通过波形发生卡驱动的电光调制器产生脉冲,经放大之后,进入传感光纤;或其中 POTDR 的信号光与 BOTDA 的泵浦光通过波分复用器 WDM 进行合束后经过同一个声光调制器产生脉冲,经放大之后,进入传感光纤;

d) 正向传播的探测光和反向散射的泵浦光经环行器 3 端口输出,通过波分复用器 WDM,分成的两路光信号分别经过探测器,然后对数据分别进行处理;

e) 向传感光纤注入探测光及泵浦光,对微波发生器扫频,通过对波分复用器 WDM 的一路输出信号进行数据处理可得出功率-布里渊频移-距离三维图,从而计算出传感光纤的温度/应变分布;同时,对另一路信号进行数据处理,可计算光纤中发生显著偏振变化的位置,从而实时获取出传感光纤的扰动信息。

a) 中,探测光是非偏振光;泵浦光是偏振光,使这一路偏振光作为布里渊泵浦光的同时能作为 P-OTDR 的信号光;

d) 中,采用窄带波分复用器 WDM,分离出经过声光移频之后的泵浦光信号和探测光短波长边带信号。

## BOTDA和 POTDR相结合的分布式光纤传感系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光纤技术领域,具体涉及一种基于 BOTDA (布里渊光时域分析仪)和 POTDR (偏振光时域反射计)相结合的分布式光纤传感系统。

### 背景技术

[0002] 分布式光纤传感技术以光纤为传感介质,可以同时获取传感光纤区域内随时间和空间变化的被测物理量的分布信息。

[0003] 基于受激布里渊散射的布里渊光时域分析仪(BOTDA)在温度、应变测量上所达到测量精度、测量范围以及空间分辨率均高于其它传感技术,这种技术在建筑物、石油管道、电力设施健康检测、火灾预警等方面有广泛的应用前景。

[0004] 偏振光时域反射 (POTDR) 传感是通过检测光纤中偏振态变化来达到分布式光纤传感的目的。由于在传感光纤反射点处散射光与前向传输光的偏振态直接相关,因此背向瑞利散射光就携带有散射点处前向传输光的偏振信息,所以对背向散射光的偏振态进行检测即可获得外界物理量的变化。

[0005] 实际应用中,在关系国计民生、国家命脉的重要监测场合(如石油管道、地理高压线等安全监测),除了需要对其温度、应变等参量进行长期监测之外,还需要对盗油、盗电缆等突发事件做出即时响应。传统的布里渊光纤传感器对应变的感知速度相对较慢,因此很难进行即时报警,因此必须辅以另外的长距离实时监测技术手段。基于瑞利散射的 POTDR 以其实时动态监测、高灵敏度、传感距离远、定位准确成为安防领域应用最有发展前景的分布式光纤传感网。因此在同时融合了 BOTDA 和 POTDR 的光纤传感网中,利用 POTDR 工作模式进行入侵扰动动态监测,同时利用 BOTDA 工作模式进行温度和应变的定量监测,可构成具有入侵预警和安全监测双重功能的复合式光纤时域分析监测网,可有效遏制人为和自然事故的发生,具有广泛的应用前景。

### 发明内容

[0006] 本发明所要解决的问题是:提供一种基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分布式光纤传感系统,共用激光源,器件以及传感光纤,在能检测温度 / 应变值的情况下,同时快速的检测入侵扰动,构成具有入侵预警和安全监测双重功能的复合式光纤时域分析监测网。

[0007] 本发明所提出的技术问题是这样解决的,提供一种基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分布式光纤传感系统:该系统方法包括以下步骤:

[0008] a) 将连续光激光器输出的偏振光用分束器分成两路之后得到的两路光分别作为 BOTDA 的探测光和泵浦光,作为 BOTDA 的泵浦光的这一路光同时作为 POTDR 的信号光;或采用两个激光源,波长差为  $\lambda$ nm, 两路光分别作为 BOTDA 的探测光和泵浦光,作为 BOTDA 的泵浦光的这一路光同时作为 POTDR 的信号光;

[0009] b) 步骤 a 中所述探测光通过微波源驱动的电光调制器调制,对原始载波进行频率搬移,然后放大之后经过扰偏器,进入传感光纤;

[0010] c) 步骤 a 中所述泵浦光通过波形发生卡驱动的声光调制器产生脉冲,经放大之后,进入传感光纤;或其中 POTDR 的信号光与 BOTDA 的泵浦光通过波分复用器 WDM 进行合束后经过同一个声光调制器产生脉冲,经放大之后,进入传感光纤;

[0011] d) 正向传播的探测光和反向散射的泵浦光经环行器 3 端口输出,通过波分复用器 WDM,分成的两路光信号分别经过探测器,然后对数据分别进行处理;

[0012] e) 向传感光纤注入探测光及泵浦光,对微波发生器扫频,通过对波分复用器 WDM 的一路输出信号进行数据处理可得出功率-布里渊频移-距离三维图,从而计算出传感光纤的温度/应变分布;同时,对另一路信号进行数据处理,可计算光纤中发生显著偏振变化的位置,从而实时获取出传感光纤的扰动信息。

[0013] 进一步地,所述基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分分布式光纤传感系统,其特征在于,步骤 a 中,探测光是非偏振光(例如,可将扰偏器置于电光调制器之后,将原先的偏振光信号进行充分去偏);泵浦光是偏振光,使这一路偏振光作为布里渊泵浦光的同时能作为 P-OTDR 的信号光。

[0014] 进一步地,所述基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分分布式光纤传感系统,其特征在于,步骤 d 中,采用窄带波分复用器 WDM,分离出经过声光移频之后的泵浦光信号和探测光短波长边带信号。

[0015] 更进一步地,所述基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分分布式光纤传感系统,其特征在于,步骤 a 中,采用两个激光源,波长差为  $\lambda_{nm}$  (显著大于传感光纤的布里渊频移),其中 POTDR 的信号光与 BOTDA 的泵浦光通过波分复用器 WDM 进行合束后经过同一个声光调制器加载脉冲信号;在环形器的 3 端口,通过另一个波分复用器 WDM 分离探测光短波长边带信号和 P-OTDR 信号光后分别进行探测。

## 附图说明

[0016] 图 1 是本发明所提供的基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分分布式光纤传感系统结构图;其中,1、激光器,2、耦合器,3、声光调制器,4、掺铒光纤放大器,5、隔离器,6、探测器,7、波分复用器 WDM,8、环行器,9、长距离光纤,10、扰偏器,11、隔离器,12、数据采集处理系统,13、掺铒光纤放大器,14、电光调制器,15、频率源,16、偏振控制器,17、波形发生卡,18、探测器。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合附图对本发明作进一步描述:

[0018] 如图 1 所示:本发明的布里渊光时域分析系统,包括 1、激光器,2、耦合器,3、声光调制器,4、掺铒光纤放大器,5、隔离器,6、探测器,7、分复用器 WDM,8、环行器,9、长距离光纤,10、扰偏器,11、隔离器,12、数据采集处理系统,13、掺铒光纤放大器,14、电光调制器,15、频率源,16、偏振控制器,17、波形发生卡,18、探测器。其中,激光器 1 与耦合器 2 相连,把激光分成两束,耦合器 2 与声光调制器 3 相连,声光调制器 3 与信号发生器 17 相连,信号发生器 17 用来驱动声光调制器,声光调制器将激光调制成脉冲光,声光调制器与掺铒光纤放大器 4 相连,掺铒光纤放大器 4 与隔离器 5 相连,隔离器 5 与环行器 8 的 1 端口相连,环行器 8 的 2 端口与长距离光纤 9 相连;耦合器 2 与偏振控制器 16 相连,偏振控制器 16 与电

光调制器 14 相连,用来克服所述电光调制器的偏振相关性,微波源 15 与电光调制器 14 相连,微波源用来驱动电光调制器 14,电光调制器 14 与掺铒光纤放大器 13 相连,掺铒光纤放大器 13 与隔离器 11 相连,隔离器 11 与扰偏器 10 相连,扰偏器 10 与长距离光纤相连;环行器 8 的 3 端口与波分复用器 WDM7 相连,波分复用器 WDM7 分别与探测器 6 和探测器 18 相连,探测器 18 与探测器 6 与数据采集处理模块 12 相连。

[0019] 本发明所提出的技术问题是这样解决的:提供一种基于 BOTDA 和 POTDR 相结合的分布式光纤传感系统;该方法包括以下步骤:

[0020] a) 将连续光激光器输出的偏振光用分束器分成两路之后得到的两路光分别作为 BOTDA 的探测光和泵浦光,作为 BOTDA 的泵浦光的这一路光同时作为 POTDR 的信号光;

[0021] b) 步骤 a 中所述探测光通过微波源驱动的电光调制器调制,对原始载波进行频率搬移,然后放大之后经过扰偏器,进入传感光纤;

[0022] c) 步骤 a 中所述泵浦光通过波形发生卡驱动的声光调制器产生脉冲,经放大之后,进入传感光纤;

[0023] d) 正向传播的探测光和反向散射的泵浦光经环行器 3 端口输出,通过波分复用器 WDM,分成的两路光信号分别经过探测器,然后对数据分别进行处理;

[0024] e) 向传感光纤注入探测光及布里渊泵浦光,对微波发生器扫频,通过对波分复用器 WDM 的一路输出信号进行数据处理可得出功率 - 布里渊频移 - 距离三维图,从而计算出传感光纤的温度 / 应变分布;同时,对另一路信号进行数据处理,可计算光纤中发生显著偏振变化的位置,从而实时获取出传感光纤的扰动信息。

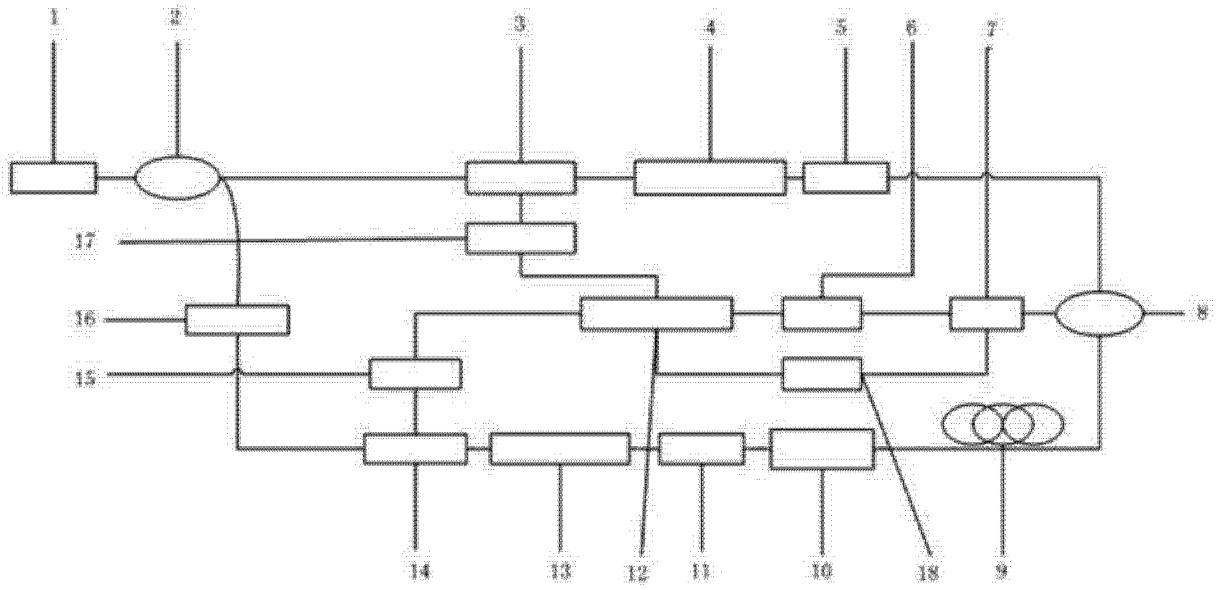


图 1