



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102064884 B

(45) 授权公告日 2013. 06. 12

(21) 申请号 201010558506. 6

US 5555118 A, 1996. 09. 10,

(22) 申请日 2010. 11. 25

审查员 初艳玲

(73) 专利权人 复旦大学

地址 200433 上海市杨浦区邯郸路 220 号

(72) 发明人 贾波 肖倩 许海燕 张毅

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 陆飞 盛志范

(51) Int. Cl.

H04B 10/07(2013. 01)

H04J 14/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101277151 A, 2008. 10. 01,

CN 101080884 A, 2007. 11. 28,

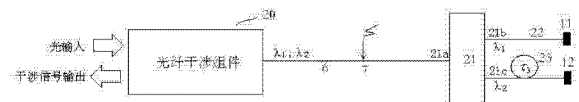
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于波分复用的长距离分布式光纤定位干涉系统

(57) 摘要

本发明提出了一种可用于长距离监测的分布式光纤定位结构与方法,具体涉及一种基于波分复用的分布式光纤定位干涉技术,其在一根感应光纤中注入两个不同波长的光,光传输到光纤端口,经一波分复用器件将两种波长成份分开,分别沿各自的独立光纤路径到达各自的反射终端,两个光波分别形成不同的干涉。通过比较两个干涉获得的相位信号的频谱特性,获得扰动位置信息。本发明结构简单,后端对信号处理无特殊要求,利用比较频谱特性获得位置信息不仅消除了扰动信号幅度变化对检测的影响,且可利用多个频率点获得的位置值进行平均,获得高的定位精度。



1. 基于波分复用的长距离分布式光纤定位干涉系统,其特征在于该干涉系统包括:光纤干涉组件、感应光纤、第一波分复用器、第一光纤、第二光纤、第一反馈装置、第二反馈装置;两个不同波长的光 λ_1 、 λ_2 从同一根感应光纤中注入,这两个注入光沿这根被复用的感应光纤传输到光纤的端口,被第一波分复用器分开,分别沿各自的独立路径第一光纤、第二光纤到达各自的反射终端——第一反馈装置、第二反馈装置;这两个独立光纤路径第一光纤、第二光纤之间长度差为 L_3 ,产生的时延为 τ_3 ;其中,光纤干涉组件和感应光纤、波分复用器、第一光纤、第一反馈装置形成光波 λ_1 的干涉光路;光纤干涉组件和感应光纤、波分复用器、第二光纤、第二反馈装置形成光波 λ_2 的干涉光路;光从光纤干涉组件输入,干涉信号亦从光纤干涉组件输出;其中:

所述光纤干涉组件由第一光纤分路器、第二光纤分路器、第二波分复用器、第三波分复用器、光纤延迟线、第三光纤分路器构成;其中,第一光纤分路器是一 $N*2$ 光纤分路器, N 为整数,24a1、24a2、 \dots 24aN是第一光纤分路器的 N 个同向端口,24b1、24b2是第一光纤分路器的另一组同向端口;第二光纤分路器是一 $P*2$ 光纤分路器, P 为整数,25a1、25a2、 \dots 25aP是第二光纤分路器的 P 个同向端口,25b1、25b2是第二光纤分路器的另一组同向端口;第二波分复用器为一波分复用器,26b、26c是其独立波长端口,26a是复用波长端口;第三波分复用器是另一波分复用器,27b、27c是其独立波长端口,27a是复用波长端口;第三光纤分路器是一工作波长包括 λ_1 、 λ_2 的光纤分路器,28b1、28b2是其同向端口,28a是另一方向端口;波长 λ_1 的光从第一光纤分路器的端口24a1输入,从端口24b1、24b2输出;波长 λ_2 的光从第二光纤分路器的端口25a1输入,从端口25b1、25b2输出;从端口24b1、25b1输出的波长分别为 λ_1 、 λ_2 的光从第二波分复用器的端口26b、26c输入,两波长汇合的光从端口26a输出,复用端口26a与28b1间的路径;从端口24b2、25b2输出的波长分别为 λ_1 、 λ_2 的光从第三波分复用器的端口27b、27c输入,两波长汇合的光从端口27a输出,复用端口27a与28b2间的路径;从端口28b1、28b2输入的光,经端口28a输出,注入到感应光纤中;在该干涉系统中,波长 λ_1 的光产生的干涉信号从第一光纤分路器的端口24a1、24a2、 \dots 24aN输出,波长 λ_2 的光产生的干涉信号从第二光纤分路器的端口25a1、25a2、 \dots 25aP输出;

或者,所述光纤干涉组件由第四光纤分路器、第三光纤分路器以及光纤延迟线构成;第四光纤分路器是一 $R*2$ 光纤分路器, R 为整数,29a1、29a2、 \dots 29aR是第四光纤分路器的 R 个同向端口,29b1、29b2是第四光纤分路器的另一组同向端口;该方式中,光纤干涉组件中所有的器件都被复用;端口29b1经光纤延迟线与端口28b1相连,端口29b2与端口28b2相连,从端口28b1、28b2输入的光,经端口28a输出,注入到感应光纤中;

含有 λ_1 和 λ_2 两种波长成分的光从端口29a1输入,两种波长产生的干涉信号都从端口29a1、29a2、 \dots 29aR输出。

基于波分复用的长距离分布式光纤定位干涉系统

技术领域

[0001] 本发明属于光纤传感技术领域,具体涉及一种长距离分布式光纤定位干涉结构。

[0002] 背景技术

[0003] 维护基础设施的安全是社会稳定、经济快速发展的一个基本要求。当前,我国对于油气管道、电网、通信网等基础设施的长距离监测主要是依据设施自身的一些生产参数(如压力突降、中间站油罐液位的不正常变化)和人工巡视、路人的报告等手段。这些手段技术含量低,普遍存在效率低、实时性差、反应时间长、抗干扰能力差等缺陷,常常是监测设施遭受破坏后才能报警,实用性受自然和人为双重因素的制约。这种“亡羊补牢式”的事后检测技术,只能减少而不能避免损失。对长距离管线的监测,特别是受电磁干扰的影响,依靠电的方式进行传感监测难以实施。因此,光纤传感技术将成为进行电力、通信和油气管道等行业的安全监测和预防人为破坏的主要技术手段。

[0004] 在先技术之一,是基于全光纤白光干涉系统的监测技术,在这种系统中,干涉信号在某些相关频率点会有缺失,从这些缺失的频率点来判断这些扰动发生的位置。但是如果扰动源未激发出所需的频率范围,就无法获得频率缺失点,这种判断方法就会失效。图1为利用频率缺失点来进行定位监测的一种全光纤白光干涉系统结构。系统由宽带光源8、光纤分路器1、光纤延迟线5、光纤分路器2、单芯光纤6、反馈装置3、探测器9、10、信号处理单元16构成,该系统利用白光进行干涉。光路中存在一段单芯光纤6,利用反馈装置3的作用,使从光纤6传输的光经反馈装置3作用后重新进入光纤6传输,获得的干涉信号从1的端口1b、1c输出,进入探测器9、10。17是由分路器1、2和延迟线5构成的干涉单元。

[0005] 在先技术之二,解决了在先技术一中存在的扰动源激发频率范围问题。如图2所示,该技术在单芯光纤6的末端加一个调制模块15。调制模块15的作用是将外界振动信号调制到不同的载波频段上,具体实现方式是通过分路器4加两段有一定长度差异的光纤13和14,这两段光纤的长度差为 l 产生的时延为 τ_2 ;在两路光纤上通过相位调制器18、19加载不同频率的载波信号;两光纤光路的尾端加反馈装置11、12。这样,通过相位生成载波复用一套光纤干涉系统,得到同一振动对应不同光路位置的两路相位信号,比较两路相位信号的频谱特性,消去振动信息对位置信息的干扰,可获得准确的振动位置信息。

[0006] 通过比较两者频谱上的幅度,消除了扰动信号幅度、频率成分变化对定位的影响。每个频率点都可以求得 Δ 的值,从而得到外界振动信号在传感光纤上的位置信息。由于计算所用的频率点没有特殊要求,因而可以解决在先技术一中存在频率限制的问题。又由于利用了频谱上若干个点求得 Δ 的平均值,消除信号测量的引入的误差所造成的差异性,也大大提高定位的精确性。

[0007] 但在先技术二中,由于需要使用了相位生成载波调制技术,信号的解调变得相对复杂,特别是通常扰动引起的干涉信号带宽很宽,要精确地还原干涉相位,不仅要求带通滤波器的带宽很宽,且对平坦度和相移特性都有很高的要求,信号处理的难度和复杂程度较大。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提出一种环境适用性强、结构简单的可用于长距离分布式监测的基于波分复用的分布式光纤定位干涉结构。

[0009] 本发明提出的基于波分复用的分布式光纤定位干涉结构,使用波分复用技术,使得同一扰动,获得两种不同的干涉信号,可以利用比较两路相位信号的频谱特性的方法,确定扰动发生的位置。具体如图3所示。包括:光纤干涉组件20、感应光纤6、第一波分复用器21、第一光纤22、第二光纤23、第一反馈装置11、第二反馈装置12;两个不同波长的光 λ_1 、 λ_2 从同一根感应光纤6中注入,这两个注入光沿这根被复用的感应光纤6传输到光纤的端口,被第一波分复用器件21分开,分别沿各自的独立路径第一光纤22、第二光纤23到达各自的反射终端——第一反馈装置11、第二反馈装置12;这两个独立光纤路径第一光纤22、第二光纤23之间长度差为 L_3 ,产生的时延为 τ_3 。

[0010] 图3中,光纤干涉组件20和感应光纤6、第一波分复用器21、第一光纤22、第一反馈装置11共同形成光波 λ_1 的干涉光路;光纤干涉组件20和感应光纤6、第一波分复用器21、第二光纤23、第二反馈装置12共同形成光波 λ_2 的干涉光路。光从光纤干涉组件20输入,干涉信号亦从光纤干涉组件20输出。

[0011] 光波 λ_1 的干涉信号中携带有扰动点7距离反馈装置11长度信息,光波 λ_2 的干涉信号中携带有扰动点7距离反馈装置12长度信息,这两个长度差(即为第一光纤22和第二光纤23的长度差)的存在,使得扰动点7的位置可以通过比较两个光波干涉获得的相位信号的频谱特性,获得准确的振动位置信息。

[0012] 图4是实现这一干涉结构的一种具体方式。

[0013] 光纤干涉组件20由第一光纤分路器24、第二光纤分路器25、第二波分复用器26、第三波分复用器27、光纤延迟线5、第三光纤分路器28构成。其中,第一光纤分路器24是一 $N*M$ 光纤分路器(N 、 M 为整数),24a1、24a2、...24aN是第一光纤分路器24的 N 个同向端口,24b1、24b2属另一组同向端口。第二光纤分路器25是一 $P*Q$ 光纤分路器(P 、 Q 为整数),25a1、25a2、...25aP是第二光纤分路器25的 P 个同向端口,25b1、25b2属另一组同向端口。第二波分复用器26为一波分复用器,26b、26c是其独立波长端口,26a是复用波长端口。第三波分复用器27是另一波分复用器,27b、27c是其独立波长端口,27a是复用波长端口。第三光纤分路器28是一工作波长包括 λ_1 、 λ_2 的光纤分路器,28b1、28b2是其同向端口,28a是另一方向端口。波长 λ_1 的第一光从光纤分路器24的24a1输入,光从端口24b1、24b2输出;波长 λ_2 的光从第二光纤分路器25的25a1输入,光从端口25b1、25b2输出。从端口24b1、25b1输出的波长分别为 λ_1 、 λ_2 的光从第二经波分复用器26的端口26b、26c输入,两波长汇合的光从端口26a输出,复用端口26a与28b1间的路径;从端口24b2、25b2输出的波长分别为 λ_1 、 λ_2 的光从经第三波分复用器27的端口27b、27c输入,两波长汇合的光从端口27a输出,复用端口26a与28b2间的路径。从端口28b1、28b2输入的光,经28a输出,注入到感应光纤6中。在该干涉结构中,波长 λ_1 的光产生的干涉信号从第一光纤分路器24的端口24a1、24a2、...24aN输出,波长 λ_2 的光产生的干涉信号从第二光纤分路器25的端口25a1、25a2、...25aP输出。从 λ_1 和 λ_2 产生的干涉信号中分别解调出相应的相位信号,即可根据通过比较这两个相位信号的频谱特性确定扰动的位置。具体工作原理及解

算过程如下。

[0014] 如图 5 所示在监控光纤的扰动点 7 处施加一个振动信号 $\varphi(t)$, 光在反馈装置 R 处返回。由于任何一个复杂的振动都可以分解为不同频率的简谐振动的叠加, 所以考虑单一频率为 ω 的振动信号。假设在时刻 t , 由于光弹效应, 单一振动角频率为 ω 的振动信号引起的传输光波相位变化为 $\varphi(\lambda, \omega, t)$, 则:

$$[0015] \quad \varphi(\lambda, \omega, t) = \varphi_0(\omega, \lambda) \sin(\omega t)$$

(1)

[0016] 在时刻 $t + \tau$ (τ 为光路中延迟线的长度), 单一角频率为 ω 的振动信号引起的传输光波相位变化为:

$$[0017] \quad \varphi(\lambda, \omega, t + \tau) = \varphi_0(\omega, \lambda) \sin[\omega(t + \tau)] \quad (2)$$

[0018] 在一路传感光纤上, 设扰动点 7 离反馈终装置 R 的距离为 l_1 , 光往返扰动点 7 的时间为 T_1 , 则:

$$[0019] \quad T_1 = 2n_{eff}l_1 / c = \alpha l_1$$

(3)

[0020] 上式中, n_{eff} 是光纤纤芯等效折射率, c 是真空中光速。 $\alpha = 2n_{eff} / c$, 为常数。

[0021] 由频率为 ω 的扰动引起的干涉光的相位差为:

[0022]

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_\lambda(\omega, t) &= \varphi_0(\omega, \lambda) \{ \sin[\omega(t - \tau)] + \sin[\omega(t - \tau - T_1)] \} - \varphi_0(\omega, \lambda) \{ \sin\omega t + \sin[\omega(t - T_1)] \} \\ &= 2\varphi_0(\omega, \lambda) \sin\omega(t - \tau - \frac{T_1}{2}) \cos\frac{\omega T_1}{2} - 2\varphi_0(\omega, \lambda) \sin\omega(t - \frac{T_1}{2}) \cos\frac{\omega T_1}{2} \\ &= 4\varphi_0(\omega, \lambda) \cos\frac{\omega T_1}{2} \sin\frac{\omega \tau_1}{2} \cos\omega(t - \frac{\tau_1 + T_1}{2}) \end{aligned}$$

(4)

[0023] 对于所有频率的扰动, 总的相位差 $\Delta\varphi(\lambda, t) = \sum_{\omega} \Delta\varphi_2(\omega, t)$, 对应外界振动信号的大小。

[0024] 设该光路为波长 λ_1 的光的路径, 即反馈装置 R 为反馈装置 11, 设扰动点 7 与反馈装置 11 的距离即为 l_1 , 干涉光组件 20 中光纤延迟线产生的时延为 τ_1 , 即 $\tau = \tau_1$, 则有:

$$[0025] \quad \Delta\varphi_{\lambda_1}(\omega, t) = 4\varphi_0(\omega, \lambda_1) \cos\frac{\omega T_1}{2} \sin\frac{\omega \tau_1}{2} \cos\omega(t - \frac{\tau_1 + T_1}{2})$$

(5)

[0026] 对于波长为 λ_2 的路径, 反馈装置 R 为反馈装置 12, 因为光纤路径 22 和光纤路径 23 的延时差为 $\tau_3 = n_{\text{eff}} l_3 / c$, 光往返扰动点 7 的时间为 $T_1 + 2\tau_3$, 则有:

$$[0027] \quad \Delta\varphi_{\lambda_2}(\omega, t) = 4\varphi_0(\omega, \lambda_2) \cos \frac{\omega(T_1 + 2\tau_3)}{2} \sin \frac{\omega\tau_1}{2} \cos \omega(t - \frac{\tau_1 + T_1 + 2\tau_3}{2})$$

(6)

[0028] 对于所有频率的扰动, 光波 λ_1 、 λ_2 对应的总的相位差分别为:

$$[0029] \quad \Delta\varphi_{\lambda_1}(t) = \sum_{\omega} \Delta\varphi_{\lambda_1}(\omega, t) \quad (7a)$$

$$[0030] \quad \Delta\varphi_{\lambda_2}(t) = \sum_{\omega} \Delta\varphi_{\lambda_2}(\omega, t) \quad (7b)$$

[0031] 这两个相位差分别由光纤分路器 24、光纤分路器 25 输出的干涉光中解调出来。

[0032] 在 $\Delta\varphi_{\lambda_1}(t)$ 的频谱上, 对于每一个频率 ω , 都有与其相对应的幅值

$$F_{\lambda_1}(\omega) = 4\varphi_0(\omega, \lambda_1) \cos \frac{\omega T_1}{2} \sin \frac{\omega\tau_1}{2}; \text{ 在 } \Delta\varphi_{\lambda_2}(t) \text{ 的频谱上, 对于每一个频率 } \omega$$

, 都有与其相对应的幅值 $F_{\lambda_2}(\omega) = 4\varphi_0(\omega, \lambda_2) \cos \frac{\omega(T_1 + 2\tau_3)}{2} \sin \frac{\omega\tau_1}{2}$, 可得:

$$[0033] \quad \frac{F_{\lambda_1}(\omega)}{F_{\lambda_2}(\omega)} = \frac{4\varphi_0(\omega, \lambda_1) \cos \frac{\omega T_1}{2} \sin \frac{\omega\tau_1}{2}}{4\varphi_0(\omega, \lambda_2) \cos \frac{\omega(T_1 + 2\tau_3)}{2} \sin \frac{\omega\tau_1}{2}} = \frac{\varphi_0(\omega, \lambda_1) \cos \frac{\omega d_1}{2}}{\varphi_0(\omega, \lambda_2) \cos \frac{\omega \alpha (l_1 + l_3)}{2}}$$

(8)

[0034] 由光弹效应可知, 光纤受到外界应力作用时(假设不产生微弯), ω 频率分量引起的相位变化为:

$$[0035] \quad \varphi_0(\omega, \lambda) = \frac{2\pi n_{\text{eff}}}{\lambda} \left\{ 1 - \frac{n_{\text{eff}}^2}{2} [(1-\nu)p_t - \nu p_l] \right\} \Delta l(\omega) \sin \omega t$$

(9)

[0036] 其中 p_t 、 p_l 为光弹系数, $\Delta l(\omega)$ 为外界应力 ω 频率的应力分量产生的应变, 因此有:

$$[0037] \quad \frac{\varphi_0(\omega, \lambda_1)}{\varphi_0(\omega, \lambda_2)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

(10)

[0038] 则,

$$[0039] \quad \frac{F_{\lambda_1}(\omega)}{F_{\lambda_2}(\omega)} = \frac{\lambda_2 \cos \frac{\omega \alpha l_1}{2}}{\lambda_1 \cos \frac{\omega \alpha (l_1 + l_3)}{2}}$$

(11)

[0040] (11) 式的左边通过实际测试获得, 因此, 对于每一个频率 ω , 通过比较两者频谱上的幅度, 都可以求得 l_1 的值, 从而得到外界振动信号在传感光纤上的位置信息。可利用频谱上若干个点求得 l_1 的平均值, 消除检测信号不稳定所造成的差异性, 也会大大提高定位的精确性。

[0041] 图 6 是又一种干涉结构实现方式。

[0042] 光纤干涉组件 20 由第四光纤分路器 29、第三光纤分路器 28 以及光纤延迟线 5 构成。第四光纤分路器 29 是一 R*S 光纤分路器 (R、S 为整数), 29a1、29a2、... 29aR 是第四光纤分路器 29 的 R 个同向端口, 29b1、29b2 属另一组同向端口。该方式中, 光纤干涉组件中 20 中所有的器件都被复用。端口 29b1 经光纤延迟线 5 与端口 28b1 相连, 端口 29b2 与端口 28b2 相连, 从端口 28b1、28b2 输入的光, 经端口 28a 输出, 注入到感应光纤 6 中。

[0043] 含有 λ_1 和 λ_2 两种波长成分的光从端口 29a1 输入, 该注入光可以由一个光源产生, 也可以由波长分别为 λ_1 和 λ_2 的两个光源经波分复用器合波后生成。两种波长产生的干涉皆从端口 29a1、29a2、... 29aR 输出。使用波分复用器即可把含有两个波长的干涉信号分离开, 即分别获得 λ_1 的干涉信号和 λ_2 的干涉信号。从 λ_1 和 λ_2 产生的干涉信号中解调出相位信号, 即可根据这两个相位信号确定扰动的位置。

[0044] 本发明在干涉结构中使用波分复用技术, 使得同一扰动, 获得两种不同的干涉信号, 可以利用比较两路相位信号的频谱特性的方法获得扰动的位置。这种形式, 结构简单, 后端信号处理无需特殊手段, 这是该结构的一大优势。

[0045] 该发明可通过比较两个干涉获得的相位信号的频谱特性, 获得扰动位置信息。这种方法不仅可消除了扰动信号幅度、频率成分变化对定位的影响, 还可利用多个频率点获得的位置值进行平均, 消除信号处理中误差的影响, 获得高的定位精度, 因而该结构与方法具有潜在定位精确度高的优势。同时, 因其扰动位置的获取不依赖于扰动源激发某个特殊频率点, 适用性更强, 应用前途更加广泛。

[0046] 该发明用做感应、定位的光纤不用闭合, 无需构成环路, 便于沿监测对象长距离铺设, 环境适用性强。

[0047] 基于发明的分布式光纤管线监控系统可广泛应用于通信干线、电力传输线、天然气管道、石油管道、边境线的安全监测领域的长距离监测; 也能应用于大型建筑物例如水坝、隧道、矿井等的安全监测。

附图说明

[0048] 图 1 为利用频率缺失点来进行定位监测的一种全光纤白光干涉系统结构。系统由宽带光源 8、光纤分路器 1、光纤延迟线 5、光纤分路器 2、单芯光纤 6、反馈装置 3、探测器 9、10、信号处理单元 16 构成,该系统利用白光进行干涉。光路中存在一段单芯光纤 6,利用反馈装置 3 的作用,使从光纤 6 传输的光经反馈装置 3 作用后重新进入光纤 6 传输,获得的干涉信号从 1 的端口 1b、1c 输出,进入探测器 9、10。17 是由分路器 1、2 和延迟线 5 构成的干涉单元。

[0049] 图 2 是一种基于相位生成载波复用技术的光纤定位监测系统结构。15 为调制模块,4 是分路器,13、14 为光纤,两段光纤的长度差为 l 产生的时延为 τ_2 ,18、19 为相位调制器,11、12 为反馈装置。

[0050] 图 3 是本发明提出的基于波分复用的分布式光纤定位干涉结构。20 是光纤干涉组件,6 为感应光纤,21 为第一波分复用器,22、23 分别为第一、第二光纤,11、12 分别为第一、第二反馈装置。光从光纤干涉组件 20 输入,干涉信号亦从光纤干涉组件 20 输出。

[0051] 图 4 是本发明的干涉结构的一种具体实现方式。24 是一 $N \times M$ 光纤分路器 (N 、 M 为整数),24a1、24a2、... 24aN 是光纤分路器 24 的 N 个同向端口,24b1、24b2 属另一组同向端口。25 是一 $P \times Q$ 光纤分路器 (P 、 Q 为整数),25a1、25a2、... 25aP 是光纤分路器 25 的 P 个同向端口,25b1、25b2 属另一组同向端口。26 是一波分复用器,26b、26c 是其独立波长端口,26a 是复用波长端口。27 是又一波分复用器,27b、27c 是其独立波长端口,27a 是复用波长端口。28 是一工作波长包括 λ_1 、 λ_2 的光纤分路器,28b1、28b2 是其同向端口,28a 是另一方向端口。

[0052] 图 5 是在监控线路上存在有一个扰动点 7 的示意图。

[0053] 图 6 是本发明的干涉结构的又一种具体实现方式。29 是一 $R \times S$ 光纤分路器 (R 、 S 为整数),29a1、29a2、... 29aR 是光纤分路器 29 的 R 个同向端口,29b1、29b2 属另一组同向端口。

具体实施方式

[0054] 下面通过实施例进一步描述本发明。采用图 4 所示的干涉结构。光源为电子集团总公司 44 研究所生产的中心波长分别为 1300nm (λ_1) 和 1550nm (λ_2) 的超辐射发光管 (SLD)。光纤耦合器、波分复用器为武汉邮电研究院生产。光纤分路器 24 采用工作波长 1300nm 的 3*3 均分耦合器,光纤分路器 25 采用工作波长 1550nm 的 3*3 均分耦合器,光纤分路器 28 采用 2*2 均分的双窗口光纤耦合器,波分复用器 21、26、27 为 1300nm、1550nm 的波分复用器。1300nm 的光从端口 24a1 输入,形成的干涉信号从端口 24a2 和 24a3 取出;1550nm 的光从端口 25a1 输入,形成的干涉信号从端口 25a2 和 25a3 取出。采用 44 所生产的型号为 GT322C500 的 InGaAs 光电探测器将光干涉信号转为电信号。通过 National Instruments 公司数据采集卡 PCI-6122 将电信号信号采集进计算机进行信号处理。监控线路铺设于需要监控管线的附近,光纤干涉模块需置于隔音设备中以屏蔽外界干扰。结果表明,能方便地获得准确的扰动位置。

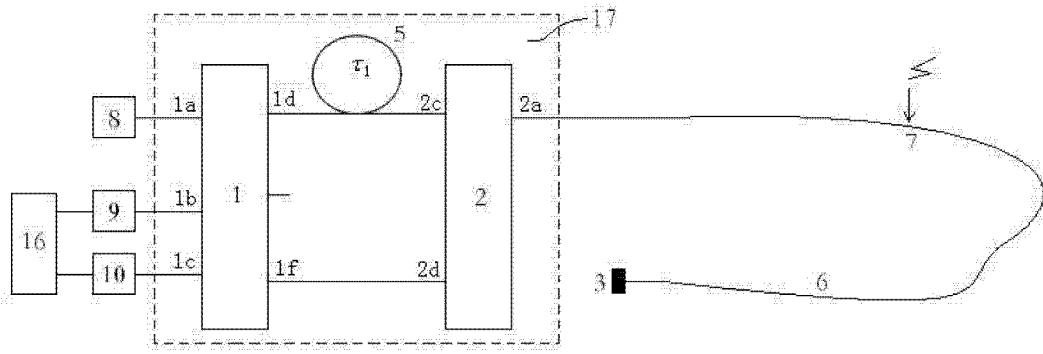


图 1

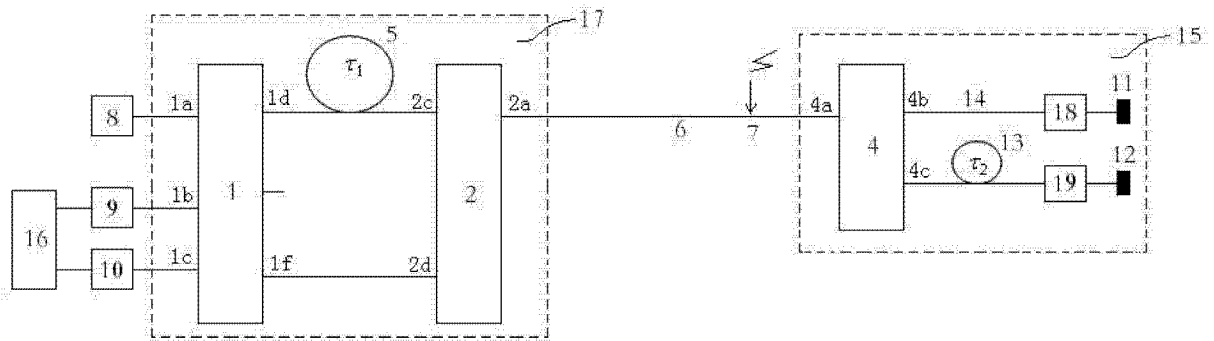


图 2

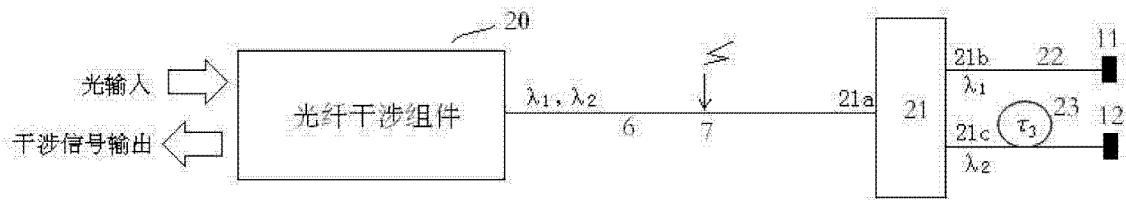


图 3

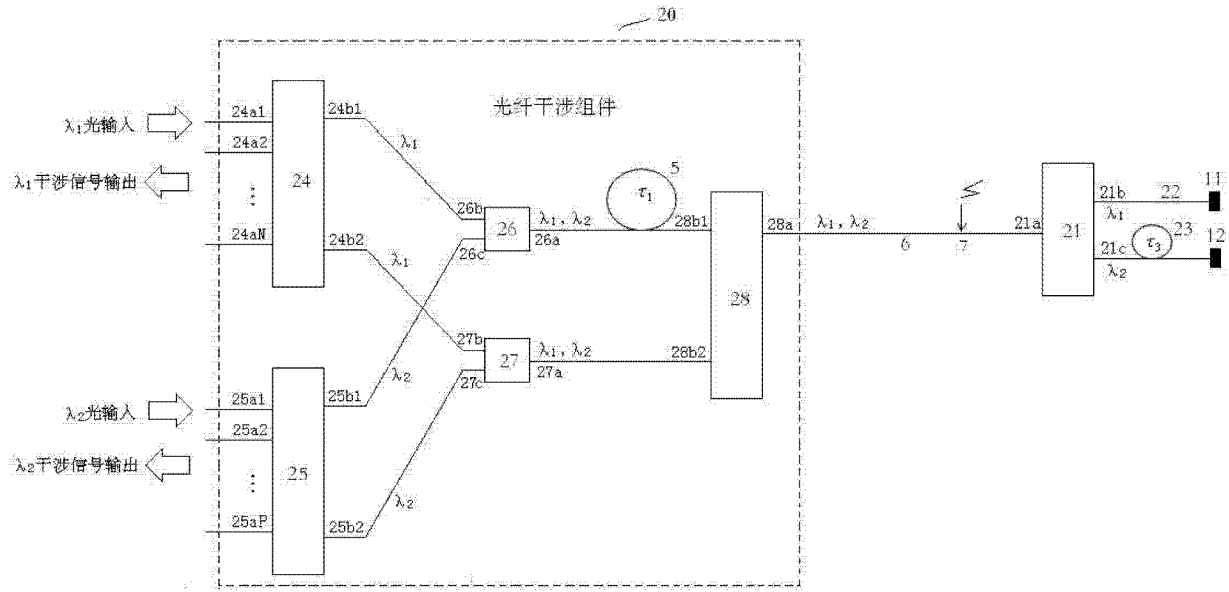


图 4

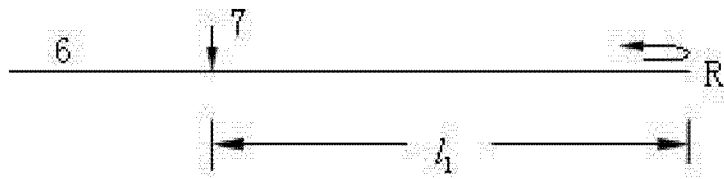


图 5

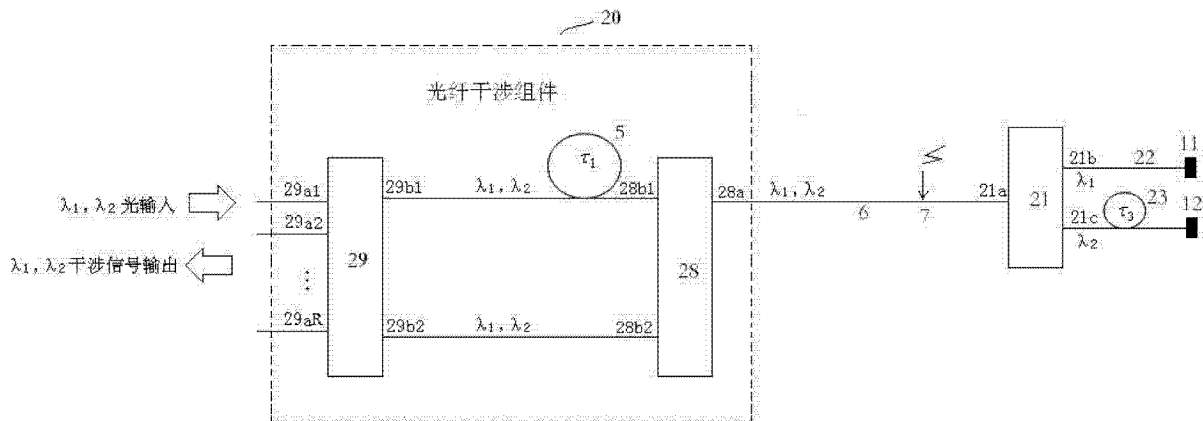


图 6