



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104279959 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201410521398. 3

(22) 申请日 2014. 09. 30

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第四十一研究所

地址 266555 山东省青岛市经济技术开发区香江路 98 号

(72) 发明人 孙权社 郑祥亮 朱兴邦 韩忠 赵发财 王国权 王少水

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 龚燮英

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006. 01)

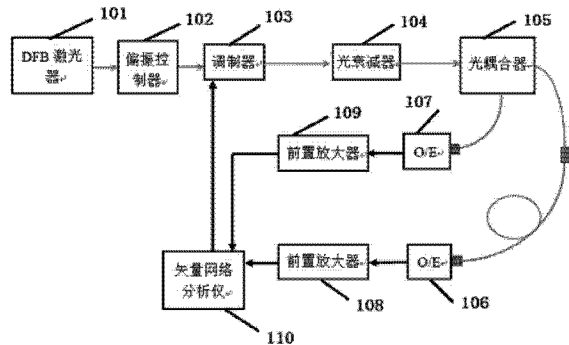
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法

(57) 摘要

本发明提供一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法,通过引入矢量网络分析仪并结合相位归零技术,克服了后向散射法测量精度差,脉冲法干扰因素多、测量距离短等缺点,弥补了传统相移法中相位计频率测量范围低,相位测量稳定性差的不足。光纤长距离传输时由于光纤色散会引起光脉冲的展宽,因此本方法通过测量光信号在光纤中传输时产生的相位变化量取代光脉冲延迟的时间量,计算得到光纤长度的准确值,从而降低了光纤色散给光纤长度测量结果带来的影响。



1. 一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:设置光路连接,DFB激光器发出的光,经偏振控制器与电光调制器后,再经过光衰减器衰减后的光被光纤耦合器分为两路光,一路光通过直接通过光纤耦合器的一个分支作为参考光路,另一路光通过被测光纤作为测试光路,再将两路光信号分别接入两个光电探测器上,最后将经过光电探测器转换的两路电信号分别接入四端口矢量网络分析仪的两个端口;

步骤2:首先在不接被测光纤的情况下,通过矢量网络分析仪将两路光信号相位差归零,并选择合适的调制信号频率范围(一般取9kHz~2GHz)和采样频率点数(一般取801个点),保证接入光纤后的相位差变化不超过 2π ;再将被测光纤接入被测光路中,矢量网络分析仪选择与不接被测光纤时相同的调制频率范围和采样频率点数并进行测试,将调制频率以及每个频率点因接入被测光纤而引起的相位差保存,通过公式 $L = \frac{\Phi_{\text{sig}} - \Phi_{\text{ref}}}{2\pi n f}$ 计算得到被测光纤的长度值;其中, Φ_{ref} 为未加被测光纤时参考光路和被测光路的相位差,单位为rad, Φ_{sig} 为加入被测光纤后被测光路与参考光路的相位差,单位为rad; f 为矢量网络分析仪输出给调制器的调制频率,单位为Hz; c 为光在真空中的速度, $c = 299792458\text{m/s}$; n 为待测光纤的群折射率;当接入的被测光纤较短时,通过设置光衰减器的衰减值对两路光信号的光功率进行调节。

2. 如权利要求1所述的采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法,其特征在于,所述步骤2中,所述两路光信号相位差归零。

一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法

技术领域

[0001] 本发明属于测量光纤长度技术领域,尤其涉及的是一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法。

背景技术

[0002] 常用的光纤长度测量方法主要有后向散射法、脉冲法和相移法三种,后向散射法是利用光在光纤中传输时的瑞利散射和菲涅尔反射所产生的背向散射光测量光纤长度,利用这种原理研制的光时域反射计已广泛应用于光纤通信链路的施工和维护中。这种方法存在着许多不可避免的引起误差的因素,如仪器分辨力误差、光纤群折射率以及后向散射损耗系数等。因此光时域反射计的测量精度只是在米量级,且随着光纤长度的增加,测量误差也随着变大;脉冲法需要人眼观测参考光纤与被测光纤中传输光的脉冲叠加过程,然后利用两个脉冲的时间差计算出被测光纤的长度,这种方法在自动测量技术领域具有一定的局限性,且不适合对长光纤进行精确测量;而传统的相移法由于受到相位计频率测量范围和相位测量精度的影响,在测量短光纤时测量重复性比较差,测量精度只能到分米量级。因此,这三种方法都无法满足实验室对光纤长度准确测量的需求。

[0003] 随着光纤通信和光纤传感技术的不断发展,大动态范围、高精度的光纤长度测量系统具有极为重要的应用价值,在对光纤长度准确定标,解决光时域反射计量值溯源问题中显得尤为重要。目前常用的光纤长度测量技术主要是光时域反射计(OTDR),它的基本原理是光纤入射端面探测后向散射光和菲涅尔反射光,得到的电信号再进行信号处理,从而得到断点位置。该方法尽管测量距离可以达到上百公里,但是测量精度受到很大限制,只能达到米级。光相干域反射测量仪(OCDR)的精度可以达到10微米,并且测量动态范围可以达到几千米,但是它对光源的稳定性和相干性有很高的要求。2005年Bing Qi等人提出了基于频移不对称Sagnac干涉仪,该方法测量精度可达微米级,测量单模光纤动态范围可达几十千米。但是其干涉信号极小值点的频率不易读取,所以软件算法不易实现。2012年梁健等人提出的高精度光纤长度测量系统,通过对DFB光源进行外调制,调制后的光经过光分束器后分别进入环形器及被测光纤和参考光路,然后通过示波器上读取两路信号的延迟时间得到被测光纤的长度。由于测量长距离光纤时,光纤色散引起的脉冲展宽不能忽略不计,因此调制光经过上百公里的光纤传输后再通过脉冲延迟的方法读取延迟时间,因为脉冲展宽引起的测量不确定度就会很大。2013年本人提出过一种光纤长度测量系统,是通过频率计与图形分析结合的方法读取调制脉冲的时间差来得到被测光纤的长度。该方法测量精度可以达到厘米级,由于光纤色散引起脉冲展宽的原因,因此测量距离达不到上百公里,一般是用来定标多模光纤的长度和短距离单模光纤的长度。

[0004] 现有技术存在以下缺点:

[0005] (1) 光时域反射计(OTDR)的测量精度不高,只能达到米级;而光相干域反射测量仪(OCDR)的测量范围太小,无法进行长距离光纤测量,且对光源的要求很高。

[0006] (2) 梁健等人提出的高精度光纤长度测量系统是通过加入了法拉第旋转镜来测量

在被测光纤中的往返时间差,这样就降低了系统的测量动态范围,此外该系统需要在外调制器前加入偏振控制器对光信号的偏振态进行控制,大大影响了系统的测量重复性和稳定性。

[0007] 因此,现有技术存在缺陷,需要改进。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术的不足,提供一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法。

[0009] 本发明的技术方案如下:

[0010] 一种采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法,其中,包括以下步骤:

[0011] 步骤1:设置光路连接,DFB激光器发出的光,经偏振控制器与电光调制器后,再经过光衰减器衰减后的光被光纤耦合器分为两路光,一路光通过直接通过光纤耦合器的一个分支作为参考光路,另一路光通过被测光纤作为测试光路,再将两路光信号分别接入两个光电探测器上,最后将经过光电探测器转换的两路电信号分别接入四端口矢量网络分析仪的两个端口;

[0012] 步骤2:首先在不接被测光纤的情况下,通过矢量网络分析仪将两路光信号相位差归零,并选择合适的调制信号频率范围和采样频率点数;再将被测光纤接入被测光路中,矢量网络分析仪选择同样的调制频率范围和采样频率点数并进行测试,将调制频率以及每个频率点对应的因接入被测光纤而引起的相位差保存,通过公式 $L = \frac{(\varphi_{ref} - \varphi_{test})c}{2\pi n f}$ 计算得到被测光纤的长度值;其中, φ_{ref} 为未加被测光纤时参考光路和被测光路的相位差,单位为rad, φ_{test} 为加入被测光纤后被测光路与参考光路的相位差,单位为rad; f 为矢量网络分析仪输出给调制器的调制频率,单位为Hz; c 为光在真空中的速度,这里取 $c = 299792458\text{m/d}$; n 为待测光纤的群折射率;当接入的被测光纤较短时,通过设置光衰减器的衰减值得对两路光信号的光功率进行调节。

[0013] 所述的采用矢量网络分析仪精确测量光纤长度的新方法,其中,所述步骤2中,所述两路光信号相位差归零。

[0014] 采用上述方案具有如下优点:

[0015] 1、采用矢量网络分析仪测量信号传输时的相位变化,无论是测量频率范围还是相位测量精度都要优于相位计。

[0016] 2、在测量频率范围内,矢量网络分析仪可自动对随频率变化的相位周期性变化进行统计测量,进而分析出通过被测光纤后的相位实际相位变化量。

[0017] 3、采用归一化的数据处理技术,减小参考光纤和辅助光纤因长度不同而产生的相位差对测量结果的影响,克服了传统方法中需要对归零相位进行准确测量的难点。

[0018] 4、采用多波长窄线宽的DFB激光器,可对单模光纤在四个工作波长点的长度进行准确测量,而且减小了光信号在光纤中长距离传输后色散对测量结果的影响,提高了光纤长度的测量距离,可以达到100km以上。

[0019] 5、由于长距离光纤的色散会引起脉冲的展宽,因此本方法通过测量光信号在光纤中传输时产生的相位变化量取代光脉冲延迟的时间量,计算得到光纤长度的准确值,从而

降低了光纤色散给光纤长度测量结果带来的影响。

[0020] 6、与通过图形结合判断脉冲重合的方法相比，本方法可以通过矢量网络分析仪直接得到被测光纤产生的相位差以及相应频率点，从而更容易实现软件的自动测量。

附图说明

[0021] 图 1 为本发明方法测试时的连接结构示意图。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图和具体实施例，对本发明进行详细说明。

[0023] 实施例 1

[0024] 针对目前常用光纤长度测量方法存在的不足，本发明在传统相移法的基础上，通过引入矢量网络分析仪并结合相位归零技术，克服了后向散射法测量精度差，脉冲法干扰因素多、测量距离短等缺点，弥补了传统相移法中相位计频率测量范围低，相位测量稳定性差的不足。已知光纤群折射率的情况下，当光纤测量长度小于 100km 时，测量精度优于 0.001m，当测量长度大于 100km 时，测量精度优于 0.01m。具体如下：

[0025] 光路连接如图 1 所示，DFB 激光器 101 发出的光，经偏振控制器 102 后再经电光调制器 103 调制，经过光衰减器 104 衰减后的光被光纤耦合器 105 分为两路光，一路光直接通过光纤耦合器的一个分支作为参考光路，另一路光通过被测光纤作为测试光路，再将两路光信号分别接入 O/E 107、O/E 106 及前置放大器 109、前置放大器 108 上，最后将经过光电探测器转换为电信号的两路信号分别接入四端口矢量网络分析仪 110 的其中两个端口中。测量过程为：首先在不接被测光纤的情况下，按照图 1 所示将光路连接好，通过矢量网络分析仪将该情况下的两路信号相位差归零，在此过程中矢量网络分析仪可以选择合适的调制信号频率范围以及采样频率点数。再将被测光纤接入被测光路中，选择同样的调制频率范围和采集频率点数并进行测试，就可以将调制频率以及每个频率点对应的因接入被测光纤而引起的相位差保存下来。最后通过公式 $L = \frac{\phi_{sig} - \phi_{ref}}{2\pi n f}$ 计算得到被测光纤的长度值；其中，

ϕ_{ref} 为未加被测光纤时参考光路和被测光路的相位差，单位为 rad， ϕ_{sig} 为加入被测光纤后被测光路与参考光路的相位差，单位为 rad；f 为矢量网络分析仪输出给调制器的调制频率，单位为 Hz；c 为光在真空中的速度，这里取 $c = 299792458\text{m/s}$ ；n 为待测光纤的群折射率。

[0026] 当接入的被测光纤较短时，需要通过光衰减器对两路信号的光功率进行调节，从而避免输入光电探测器的光功率过大而致其损坏。由于电光调制器的调制效率受光的偏振态的影响，因此需要在光源与调制器之间加入偏振控制器，从而来保证输入光偏振态的稳定。调制器的调制信号是通过矢量网络分析仪的一个端口进行施加的，这样就保证了信号源与接收机频率时钟一致，大大提高了光纤长度的测量精度和测量重复性。

[0027] 上述中，两路光信号相位差归零。

[0028] 与“一种光纤长度测量系统及测量方法”相比，本发明有以下优点：

[0029] 1、采用矢量网络分析仪测量信号传输时的相位变化，无论是测量频率范围还是相位测量精度都要优于相位计。

[0030] 2、在测量频率范围内,矢量网络分析仪可自动对随频率变化的相位周期性变化进行统计测量,进而分析出通过被测光纤后的实际相位变化量。

[0031] 3、采用归一化的数据处理技术,减小参考光纤和辅助光纤因长度不同而产生的相位差对测量结果的影响,克服了传统方法中需要对参考相位进行准确测量的难点。

[0032] 4、采用多波长窄线宽的DFB激光器,可对单模光纤在四个工作波长点的长度进行准确测量,而且减小了光信号在光纤中长距离传输后色散对测量结果的影响,提高了光纤长度的测量距离,可以达到100km以上。

[0033] 5、由于长距离光纤的色散会引起脉冲的展宽,因此本方法通过测量光信号在光纤中传输时产生的相位变化量取代光脉冲延迟的时间量,计算得到光纤长度的准确值,从而降低了光纤色散给光纤长度测量结果带来的影响。

[0034] 6、与通过图形结合判断脉冲重合的方法相比,本方法可以通过矢量网络分析仪直接得到被测光纤产生的相位差以及相应频率点,从而更容易实现软件的自动测量。

[0035] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

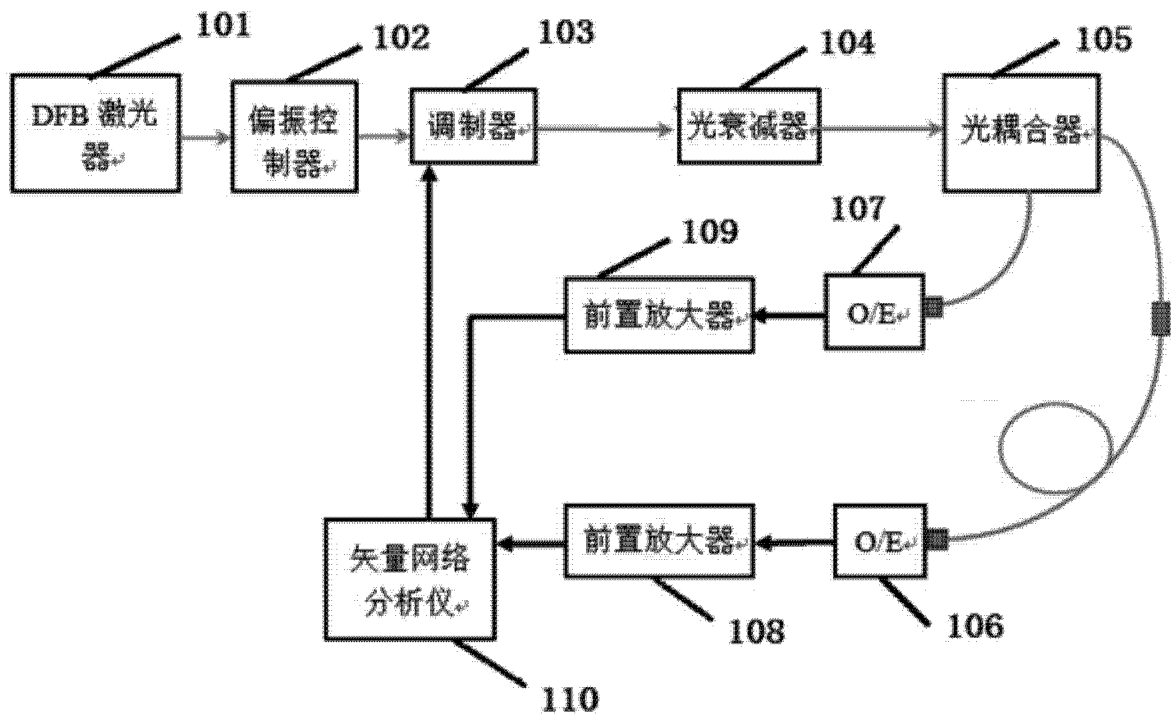


图 1