



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103175558 B

(45) 授权公告日 2015.06.24

(21) 申请号 201310018352.5

US 5696857 A, 1997.12.09, 全文.

(22) 申请日 2013.01.17

CN 102645236 A, 2012.08.22, 全文.

CN 102829811 A, 2012.12.19, 全文.

(73) 专利权人 广东电网公司电力调度控制中心
地址 510699 广东省广州市越秀区梅花路
75号

审查员 李涵

(72) 发明人 蒋康明 胡俊杨 吴赞红 李溢杰
李伟坚 杨旭 林斌 伍国豪
杨嘉明 赖群

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224
代理人 王茹 曾旻辉

(51) Int. Cl.

G01D 5/353(2006.01)

G01K 11/32(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102680136 A, 2012.09.19,

CN 102374873 A, 2012.03.14,

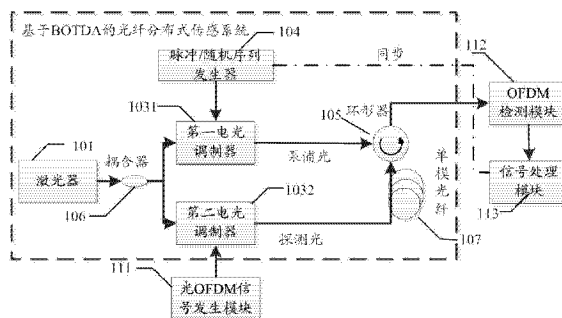
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

分布式光纤传感系统的参数测量装置

(57) 摘要

本发明提供了一种分布式光纤传感系统的参数测量装置,包括基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感系统、光 OFDM 信号发生模块、OFDM 检测模块和信号处理模块;其中基于 BOTDA 技术的分布式光纤温度传感系统包括激光器、耦合器、第一电光调制器、第二电光调制器、脉冲/随机序列发生器、环形器和作为传感光纤的单模光纤。本发明解决了现有技术的测量精度低的问题,也可以解决现有技术测量范围受限制的问题,进一步解决了现有技术测量结果的单一性问题。



1. 一种分布式光纤传感系统的参数测量装置,其特征在于,包括基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感系统、光 OFDM 信号发生模块、OFDM 检测模块和信号处理模块;

其中基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感系统包括激光器、耦合器、第一电光调制器、第二电光调制器、脉冲 / 随机序列发生器、环形器和作为传感光纤的单模光纤;

所述激光器产生激光,利用所述耦合器将所述激光器产生的激光分成两路激光,所述第一电光调制器将其中一路激光与所述脉冲 / 随机序列发生器生成的电信号进行调制,生成泵浦光;所述第二电光调制器将另一路激光与所述光 OFDM 信号发生模块生成的光信号调制为带有光载波的光 OFDM 信号,带有光载波的光 OFDM 信号作为探测光和所述泵浦光通过所述单模光纤;当所述环形器中的所述泵浦光与所述探测光的频率差与布里渊频移相等时,产生带有布里渊增益信息的光信号,该带有布里渊增益信息的光信号通过所述环形器进入所述 OFDM 检测模块;所述信号处理模块对所述 OFDM 检测模块中获得数据进行处理,获得待测参数信息;

其中,所述光 OFDM 信号发生模块包括利用 FPGA/ASIC/DSP 发射 OFDM 电信号的模块、数模转换器和驱动模块;其中所述利用 FPGA/ASIC/DSP 发射 OFDM 电信号的模块用于产生伪随机序列,符号映射,逆快速傅立叶变换,加循环前缀,并串转换得到 OFDM 信号数字序列;所述数模转换器用于将所述 OFDM 信号数字序列转换为实际模拟电 OFDM 信号;所述驱动模块用于将模拟电 OFDM 信号放大用于驱动第二电光调制器;

所述信号处理模块包括利用 FPGA/ASIC/DSP 接收 OFDM 电信号的模块和模数转换器,其中模数转换器用于将接收到的模拟电 OFDM 信号转换为 OFDM 信号数字序列;利用 FPGA/ASIC/DSP 串并转换,去循环前缀,快速傅立叶变换得到携带有布里渊频移的接收信号。

2. 根据权利要求 1 所述的分布式光纤传感系统的参数测量装置,其特征在于,所述信号处理模块还用于对所述待测参数信息进行显示。

3. 根据权利要求 2 所述的分布式光纤传感系统的参数测量装置,其特征在于,所述信号处理模块还包括客户端显示模块,用于显示所述待测参数信息。

分布式光纤传感系统的参数测量装置

【技术领域】

[0001] 本发明涉及电力系统的参数测量技术领域,特别涉及一种分布式光纤传感系统的参数测量装置。

【背景技术】

[0002] 在电力系统中,经常会需要对电缆、风电设备等长期暴露在大气中的设备的某些参数进行在线监测,例如,高温、火灾是影响电力系统安全运行的常见事故,所以温度在线监测的质量是影响电力系统安全运行中很重要的一个方面,如果能在安全事故发生早期通过温度测量进行预警并迅速采取措施,就能有效避免此类安全事故。

[0003] 分布式光纤测量系统能够实现多点、在线的分布式测量,其利用光纤既可感知参数信息又可传输参数信息,在电力系统中,在高压电力电缆、电气设备因接触不良易产生发热的部位、电缆夹层、电缆通道、大型发电机定子、大型变压器、锅炉等设施的定点传感场合,这种光纤传感技术具有广泛应用前景。

[0004] 在分布式光纤参数测量技术中,主要有基于拉曼散射的分布式光纤传感技术、基于布里渊光时域反射(BOTDR)技术的分布式光纤传感技术和基于布里渊光时域分析(BOTDA)技术的分布式光纤传感技术。

[0005] 在基于 BOTDA 技术的分布式光纤且采用直接检测方法获取布里渊频移的技术中,如图 1 所示,从光纤的两端分别注入一脉冲光(泵浦光)与一连续光(探测光)在光纤的铺设路径上,由于温度、应力等参数不同,相同波长的泵浦光激发的布里渊散射频移也不同。当泵浦光与探测光的频率差与布里渊频移相等时,两束光之间发生能量转移,布里渊波长上的光就会被放大,即在该位置产生了布里渊放大效应。当对一个激光波长进行扫描时,通过检测从光纤一端耦合出来的连续光功率,就可以确定光纤各小段区域上能量转移达到最大时所对应的频率差。由于布里渊频移与温度、应力等参数呈线性关系,因此,对激光器的频率进行连续调节的时候,就可以得到需要测量的各种信息,实现分布式测量。实际运用中可以采用电光调制器对探测光或者泵浦光的频率在布里渊频移波段(约为 10.8GHz ~ 11.1GHz)进行扫描,以绘制布里渊增益/损耗谱。可是该技术存在以下问题:(1)光源稳频要求高;(2)由于需要分析点数非常多,为提高测试灵敏度,需要多次平均,因此测试时间非常长;(3)增益型传感方式会引起泵浦光能量急剧降低,难以实现长距离检测。

[0006] 在基于微波外调制的损耗型 BOTDA 分布式光纤传感技术中,参考图 2 所示的基于微波外调制的损耗型 BOTDA 分布式光纤传感技术的微波外调制 BOTDA 光纤传感系统示意图,基于微波外调制的 BOTDA 系统只需要一个激光器作为光源,将激光器输出光分成两路,通过调节探测光调制信号的频率实现对被测光纤区域的扫描,以此确定布里渊频移的改变量并获得温度、应力等参数的传感信息。损耗型是指连续探测光频率高于脉冲光频率,探测光的能量向脉冲光转移,这种传感方式使脉冲光能量升高,不存在泵浦耗尽现象,从而能实现长距离的检测。

[0007] 参考图 2 所示的基于微波外调制的损耗型 BOTDA 分布式光纤传感技术的微波外调

制 BOTDA 光纤传感系统示意图,系统基本原理:在传感光纤两端分别入射短脉冲光与连续探测光,当两者的频率差与光纤中某区域的布里渊频移 ν_B 相等时,则在该区域就会产生受激布里渊散射(SBS)放大效应,两光束之间发生能量转移。由于布里渊频移与需要测量的参数存在线性关系,因此,在对激光器的频率进行连续调节的同时,通过检测从光纤一端耦合出来的探测光,就可以确定光纤各小段区域上能量转移达到最大时所对应的频率差。从而得到传感光纤上需测量参数的信息,实现分布式测量。

[0008] 基于微波外调制的损耗型 BOTDA 分布式光纤传感技术主要有以下技术缺陷:(1) 为提高测量精度,需要测量多个频点,多次平均,因此测量时间较长;(2) 该方案因为要对大量实验数据进行统计分析,对实验设备及环境要求很高。

【发明内容】

[0009] 针对上述问题,本发明提供一种分布式光纤传感系统的参数测量装置,能够提高测量时间和精度,扩大测量的动态范围,提升分布式传感系统的可靠性和实时性。

[0010] 本发明提供的分布式光纤传感系统的参数测量装置,包括基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感系统、光 OFDM 信号发生模块、OFDM 检测模块和信号处理模块;

[0011] 其中基于 BOTDA 技术的分布式光纤温度传感系统包括激光器、耦合器、第一电光调制器、第二电光调制器、脉冲/随机序列发生器、环形器和作为传感光纤的单模光纤;

[0012] 所述激光器产生激光,利用所述耦合器将所述激光器产生的激光分成两路激光,所述第一电光调制器将其中一路激光与所述脉冲/随机序列发生器生成的电信号进行调制,生成泵浦光;所述第二电光调制器将另一路激光与所述光 OFDM 信号发生模块生成的光信号调制为带有光载波的光 OFDM 信号,带有光载波的光 OFDM 信号作为探测光和所述泵浦光通过所述单模光纤传入所述环形器;当所述环形器中的所述泵浦光与所述探测光的频率差与布里渊频移相等时,产生带有布里渊增益信息的光信号,该带有布里渊增益信息的光信号通过所述环形器进入所述 OFDM 检测模块;所述信号处理模块对所述 OFDM 检测模块中获得数据进行处理,获得待测参数信息。

[0013] 作为一个实施例,所述光 OFDM 信号发生模块包括利用 FPGA/ASIC/DSP 发射 OFDM 电信号的模块、数模转换器和驱动模块;其中所述利用 FPGA/ASIC/DSP 发射 OFDM 电信号的模块用于产生伪随机序列,符号映射,逆快速傅立叶变换,加循环前缀,并串转换得到 OFDM 信号数字序列;所述数模转换器用于将所述 OFDM 信号数字序列转换为实际模拟电 OFDM 信号;所述驱动模块用于将模拟电 OFDM 信号放大用于驱动第二电光调制器;

[0014] 所述信号处理模块包括利用 FPGA/ASIC/DSP 接收 OFDM 电信号的模块和模数转换器,其中模数转换器用于将接收到的模拟电 OFDM 信号转换为 OFDM 信号数字序列;利用 FPGA/ASIC/DSP 串并转换,去循环前缀,快速傅立叶变换得到携带有布里渊频移的接收信号。

[0015] 作为一个实施例,所述信号处理模块还用于对所述待测参数信息进行显示。

[0016] 作为一个实施例,所述信号处理模块还包括客户端显示模块,用于显示所述待测参数信息。

[0017] 使用本发明相比较于现有技术,解决了现有技术的测量精度低的问题,也可以解决现有技术测量范围受限制的问题,进一步解决了现有技术测量结果的单一性问题。

[0018] 此外,在本发明采用光 OFDM 信号取代单束激光作为 BOTDA 系统中的探测光,其可以大大的增加扫描速度,一次性完成多个频点的扫描,从而解决了现有技术单点单频扫描速度慢和单频扫描精度不高的缺点;可以大大提高测量动态范围。本发明可简化传统方式中的平均过程,降低系统计算复杂度,减少检测时间;解决了现有技术不能进行实时监控的缺点。

【附图说明】

[0019] 图 1 是基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感且采用直接检测方法获取布里渊频移的技术的原理图;

[0020] 图 2 是基于微波外调制的损耗型 BOTDA 分布式光纤传感技术的微波外调制 BOTDA 光纤传感系统示意图;

[0021] 图 3 是本发明分布式光纤传感系统的参数测量装置的逻辑框图;

[0022] 图 4 是含有 5 个子载波的光 OFDM 信号的示意图;

[0023] 图 5 是本发明的基于 FPGA/ASIC/DSP 的分布式光纤传感系统的参数测量装置的示意框图。

【具体实施方式】

[0024] 以下结合附图来详细说明本发明的分布式光纤传感系统的参数测量装置,下面仅作为示例来说明,本领域技术人员清楚地知晓,只要符合本发明思想的方法及系统均落入本发明之中;另外地,不应当将本发明的保护范围仅仅限制至采用光 OFDM 信道估计方式测量布里渊频移技术的具体结构或部件的具体参数。

[0025] 如图 3 所示,本发明采用光 OFDM 信道估计方式测量布里渊频移技术,即利用光 OFDM 信道估计方法测量布里渊频移框图,本发明可以在一个时间单位上完成多个频点的扫描,使得测量速度及测量精度大大增加。相对于基于布里渊散射的分布式光纤传感系统 BOTDA 中现大多依靠扫频方式获得温度导致布里渊频移的频移测量值以及通过拟合得到测量结果,克服了由于激光器单频扫描速度慢、精度不高、很难实现快速高精度等问题。

[0026] 本发明是一种分布式光纤传感系统的参数测量装置,包括基于 BOTDA 技术的分布式温度传感 BOTDA 系统,光 OFDM 信号发生模块,OFDM 检测模块和信号处理显示模块。其中分布式温度传感 BOTDA 系统包括激光器、耦合器、第一电光调制器、第二电光调制器、产生脉冲/随机序列的脉冲/随机序列发生器、环形器和作为传感光纤的单模光纤。如图 3 所示,在整个发明装置中,首先使用激光器 101,利用耦合器 106 分成两路激光,一路作为泵浦光光源,通过第一电光调制器 1031 将脉冲/随机序列发生器生成的电信号与作为泵浦光光源的激光调制出脉冲或者随机序列光信号;用另一路激光与光 OFDM 信号发生模块生成的 OFDM 光信号通过第二电光调制器 1032 调制成产生带有光载波的光 OFDM 信号,并且使用这个光 OFDM 信号作为探测光进入单模光纤 107。通过单模光纤 107 将泵浦光和探测光传入环形器,当泵浦光与探测光在环形器中的频率差与布里渊频移相等时,两束光之间发生能量转移,布里渊波长上的光就会被放大,即在该位置产生了布里渊放大效应。带有布里渊增益信息的光信号从环形器 105 进入 OFDM 检测模块 112,接下来通过信号处理模块 113 进行数据的处理,从而实现参数测量。可选的,信号处理模块 113 还可以将处理后的参数信息进行

显示。

[0027] 在本发明的采用光 OFDM 信道估计方式测量布里渊频移技术中,由于需要测量的参数(例如温度、应力等)会导致不同的布里渊频移,测量出不同的频移量即可分析出沿光纤轴向分布的参数值,为此,利用光正交频分复用 O-OFDM 通信系统中的信道估计技术可以精确估计出布里渊频移量。OFDM 信号是一种含有多个子载波的宽带信号。

[0028] 如图 4 所示。图 4 给出了一个含有 5 个子载波的光 OFDM 信号,其中,中心光载波的频率为 f_0 。假设子载波的带宽固定,即频点间隔固定,通过增加子载波的个数,使得光 OFDM 信号的带宽增加,则一次扫频扫过的带宽越大,测量速度越高。通过调节子载波的带宽,可调节频点间隔。

[0029] 图 5 给出了本发明的基于 FPGA/ASIC/DSP 的 OFDM-BOTDA 系统框图。该基于 FPGA/ASIC/DSP 的 OFDM-BOTDA 系统包括基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感系统,光 OFDM 信号发生模块,OFDM 检测模块和信号处理显示模块。其中基于 BOTDA 技术的分布式光纤传感系统包括一个激光器、一个耦合器、第一电光调制器、第二电光调制器、一个产生脉冲 / 随机序列的发生器、一个环形器和作为传感光纤的单模光纤;光 OFDM 发生模块包括利用 FPGA/ASIC/DSP 发射 OFDM 电信号的模块和一个数模转换器;信号处理显示模块包括一个模数转换器、利用 FPGA/ASIC/DSP 对 OFDM 信号接收的模块和客户端显示模块。

[0030] 在整个发明装置中,首先利用耦合器 506 将激光器 501 发出的激光分成两路,一路激光进入第一电光调制器 5031 进行脉冲或者随机序列调制,调制之后的脉冲光作为泵浦光,通过环形器 505 后进入单模光纤 507。另一路激光与利用 FPGA/ASIC/DSP 发射的 OFDM 电信号通过第二电光调制器 5032 作为探测光,

[0031] 第二电光调制器 5032 将电 OFDM 信号调制成光 OFDM 信号并进入单模光纤 507;光 OFDM 信号经过布里渊增益后进入 OFDM 检测模块 512,再经模数转换器 514 得到数字信号并利用 FPGA/DSP/ASIC 光 OFDM 信号接收模块 522 进行接收测量,利用 FPGA/ASIC/DSP 串并转换,去循环前缀,快速傅立叶变换得到携带有布里渊频移的接收信号,分析出布里渊频移得到需测量的参数值。OFDM 检测模块分为直接检测和相干检测,将光 OFDM 信号转为电 OFDM 信号;数模转换器 515 和模数转换器 514 的作用分别是 OFDM 信号的数模转换和模数转换;本方案利用 FPGA/DSP/ASIC 的光 OFDM 信号发射模块 521 产生 OFDM 信号,经过数模转换器 515 使数字信号转换成为模拟信号;本方案利用数字信号处理得到布里渊频移;最后将得到的测量结果传送给客户端。

[0032] 光 OFDM 信号发射模块 521 发生 OFDM 电信号的过程如下:利用 FPGA/DSP/ASIC 等处理器产生伪随机序列,符号映射,逆快速傅立叶变换,加循环前缀,并串转换得到 OFDM 信号数字序列通过数模转换器 515 转换为模拟信号,通过模数转换器 514 进行数据采集生成 OFDM 电信号;驱动模块将模拟电 OFDM 信号放大用于驱动第二电光调制器。

[0033] 本发明可以利用 FPGA/DSP/ASIC 等处理器来实现数据的实时处理使系统能够进行实时处理,为本发明推广到商业市场提供了更有力的保障。

[0034] 本发明的基于 LabView、Matlab/C/C++ 等软件产生数字 OFDM 信号,通过示波器实现模数转换器的功能,通过示波器得到的数字信号送入 LabView、Matlab/C/C++ 等计算机软件进行检测,从而分析出布里渊频移得到需要测量的参数值。利用 LabView 开发周期短,观测效果好。利用 Matlab/C/C++ 等软件产生 OFDM 信号以及对传输后的信号进行处理,

可根据需要选择合适的算法,提高测量精度。其可以利用较复杂的算法来提高系统性能。

[0035] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

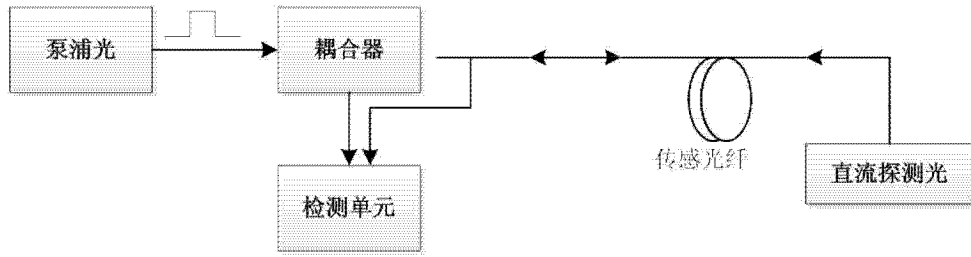


图 1

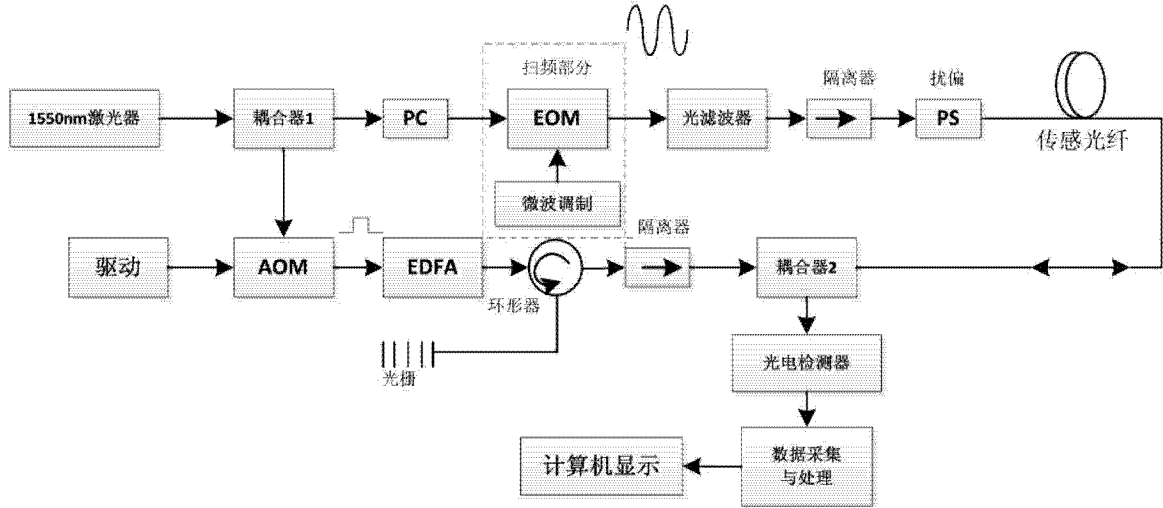


图 2

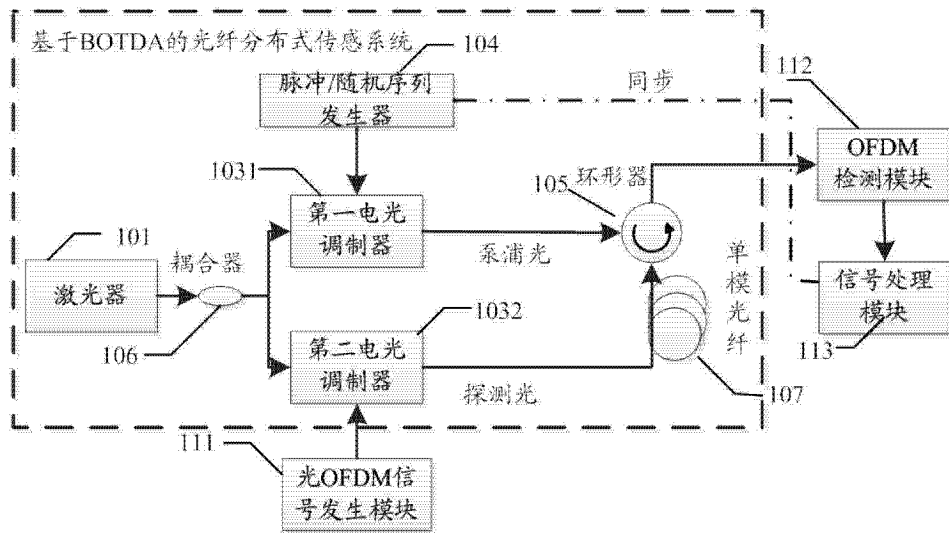


图 3

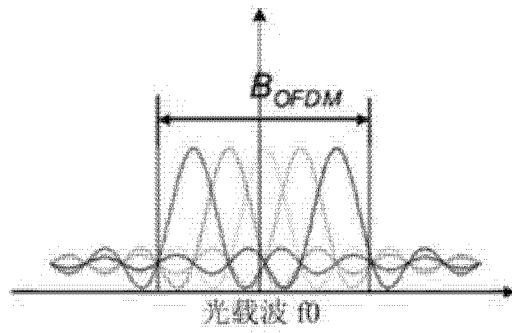


图 4

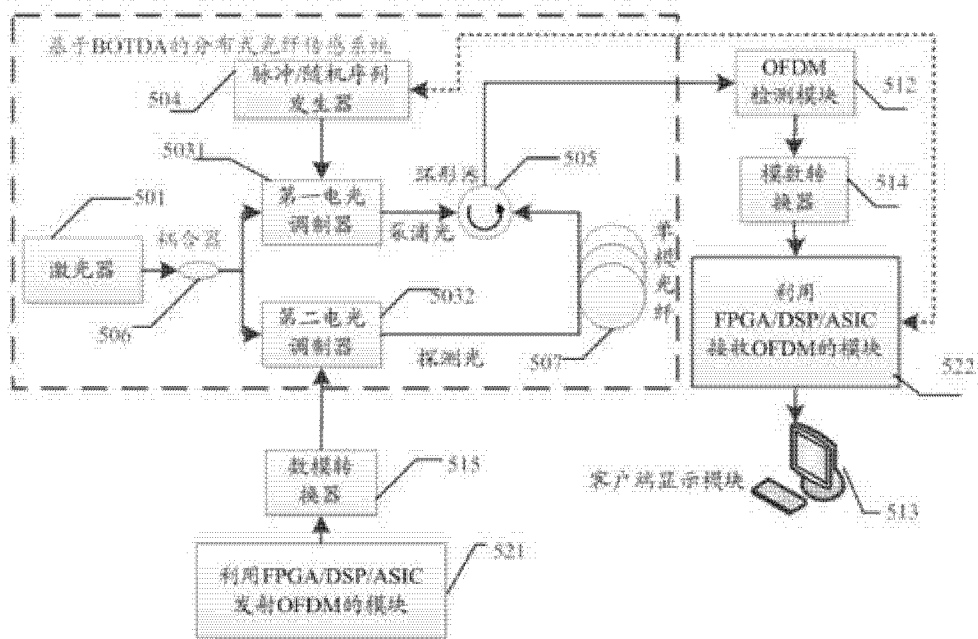


图 5