



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110375781 A

(43)申请公布日 2019.10.25

(21)申请号 201910688633.9

(22)申请日 2019.07.29

(71)申请人 武汉隼龙科技股份有限公司
地址 430074 湖北省武汉市东湖新技术开发区高新大道999号

(72)发明人 王辉文 张晓磊 温永强

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102

代理人 许美红

(51) Int. Cl.

G01D 5/353(2006.01)

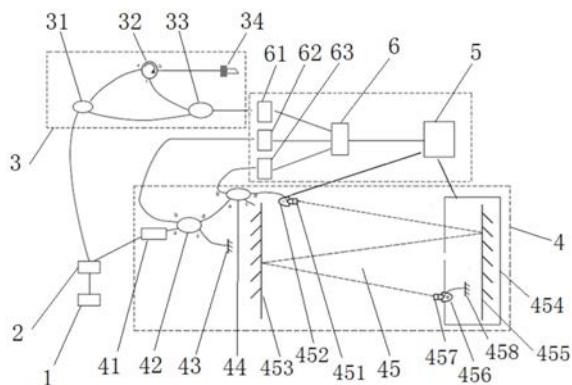
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统

(57)摘要

本发明公开了一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统,包扫频激光器,光纤分束器,主干涉仪,辅助干涉仪,数据采集卡,计算机。辅助干涉仪一个光程可调节的光路,根据主干涉仪的量程,调节可调光路光程至少是主干涉仪测量光路光程的两倍,通过辅助干涉仪产生的第二拍频信号作为高速数据采集卡的外部时钟对主干涉仪产生的带有测量信号的第一拍频信号进行采样,实现对第一拍频信号的自适应、等频域采样。本发明通极大地优化了OFDR装置数据处理所需要的计算机资源,处理速度成倍增加,结构简单,调节方便,能更好适用于光通信测量、分布式温度应变测量领域。



1. 一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统,其特征在于,该系统包括:
扫频激光器,用于发出激光波长周期性线性变化的扫频激光;
光纤分束器,用于将扫频激光分为两路,分别进入辅助干涉仪和主干涉仪;
主干涉仪,用于使进入该主干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生包含待测信号的第一拍频信号;

辅助干涉仪,包括一个光程固定的光路和一个光程可调节的光路,光程可调节的范围至少是所述主干涉仪测量光路光程的两倍,用于使进入该辅助干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生第二拍频信号,所述第二拍频信号的最大频率至少是所述第一拍频信号最大频率的两倍,所述第二拍频信号经过转化后作为高速数据采集卡的外部时钟;

数据采集卡,用于根据所述第二拍频信号产生的外部时钟对所述第一拍频信号进行采样;

计算机,对采样后的信号进行处理分析,同时控制所述辅助干涉仪对光程可调光路的光程进行调整。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述主干涉仪为OFDR测量范围可调的干涉仪,包括第一光纤耦合器、光纤环形器和第二光纤耦合器,所述第一光纤耦合器分路端中的一路与所述光纤环形器的a端口连接,所述光纤环形器的b端口和c端口分别与所述待测光纤器件和所述第二光纤耦合器连接形成测量光路,所述第一光纤耦合器分路端中的另一路与所述第二光纤耦合器连接形成参考光路,所述测量光路与所述参考光路的光信号在所述第二光纤耦合器处发生拍频干涉形成所述第一拍频信号。

3. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述辅助干涉仪中光程可调节的光路包括:

两个相互平行的反射镜,一个反射镜固定在一底板上,另一反射镜安装在一电控位移台上,通过控制电控位移台调节两个反射镜之间的距离;

光束入射角度调节器,包括第一电动旋转夹具和第一光纤准直镜,所述第一电动旋转夹具上设置所述第一光纤准直镜,所述第一光纤准直镜与所述第四光纤耦合器端口d连接,用于将光束入射到两反射镜之间,通过控制所述第一电动旋转夹具可以调整光束入射角度;

末端反射器,包括第二电动旋转夹具、第二光纤准直镜和第二法拉第旋光镜,所述第二电动旋转夹具上设置所述第二光纤准直镜,所述第二光纤准直镜后连接第二法拉第旋光镜,所述第二电动旋转夹具设置于所述电控位移台上,通过控制所述第二电动旋转夹具调节所述第二光纤准直镜的位姿,使两反射镜之间的反射光束入射所述第二光纤准直镜,并通过所述第二法拉第旋光镜后使光束按原路返回所述第一光纤准直镜。

4. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述辅助干涉仪中光程可调节的光路包括第一光电开关、第二光电开关,其间设置多组光纤线圈,所述第二光电开关后连接有第三法拉第旋光镜,所述多组光纤线圈的组数和主干涉仪的可选测量量程对应,每组光纤线圈的长度至少是所述主干涉仪对应测量量程光程长度的两倍,所述计算机根据主干涉仪的测量量程控制所述第一光电开关和所述第二光电开关选择辅助干涉仪可调光路的光程。

5. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述计算机连接所述数据采集卡,所述数据采集卡连接第一光电探测器、第二光电探测器和第三光电探测器,所述第一光电探测器对所述第一拍频信号进行光电转换,光电转换后的信号由数据采集卡进行信号采集,所述第

三光电探测器对辅助干涉仪中空间光路耦合结果监测,所述第二光电探测器将辅助干涉仪产生的所述第二拍频信号的经光电转换后作为所述速数据采集卡的外部时钟。

6.如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述光纤分束器为 1×2 光纤分束器,光纤分束比为20:80,80%的光进入主干涉仪,20%的光进入辅助干涉仪。

7.如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述扫频激光器为窄线宽激光器,扫频范围为C+L波段,最大输出功率大于10mW,扫频速度最大可达2000nm/s,扫描速度抖动范围小于5%。

8.如权利要求3或4所述的系统,其特征在于,所述辅助干涉仪还包括光纤隔离器、第三光纤耦合器、第四光纤耦合器和第一法拉第旋光镜,所述第三光纤耦合器的a端口连接所述光纤隔离器,b端口连接所述第二光电探测器,c端口连接所述第一法拉第旋光镜,d端口连接所述第四光纤耦合器的a端口,所述第四光纤耦合器的b端口连接所述第三光电探测器,所述第四光纤耦合器的d端口连接所述第一光纤准直镜或者所述第一光电开关。

9.如权利要求8所述的系统,其特征在于,所述第三光纤耦合器为 2×2 单模光纤分束器,分束比为20:80,所述第四光纤耦合器为 2×2 单模光纤分束器,分束比为1:99。

10.一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集方法,其特征在于,包括以下步骤:

根据主干涉仪的量程,通过计算机调节辅助干涉仪的调节机构,使辅助干涉仪的可调光路的光程至少是主干涉仪测量光路光程的两倍;

产生激光波长周期性线性变化的扫频激光,通过光纤分束器将扫频激光分为两路,分别进入辅助干涉仪和主干涉仪;

进入该主干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生包含待测信号的第一拍频信号;

进入该辅助干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生第二拍频信号,所述第二拍频信号的最大频率至少是所述第一拍频信号最大频率的两倍,所述第二拍频信号经过转化后作为高速数据采集卡的外部时钟;

所述数据采集卡根据所述第二拍频信号产生的外部时钟对所述第一拍频信号进行采样;

计算机对采样后的信号进行处理分析,解析出测量信号。

一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传感技术领域,尤其涉及一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统。

背景技术

[0002] 光频域反射技术(OFDR)是一种新兴分布式光纤测量传感技术,与传统的光时域反射技术(OTDR)相比,具有测量精度高、空间分辨率高等优点。OFDR技术在光通信测量领域,能精准的测量光纤链路各个位置处的回损、插损;在分布式传感领域,由于OFDR测量应变、温度的精度高,并且空间分辨率高(可高达1mm),在土木工程、车辆电力、复合材料检测等领域应用广泛。

[0003] OFDR与传统OTDR技术相比,最大的优势在于空间分辨率高。基于OTDR技术的系统,空间分辨一般在米量级,而基于OFDR的系统,空间分辨能力在微米级别。正是由于OFDR空间分辨率高这一特点,使得OFDR的原始数据量大。以100米测量长度、10 μ m空间分辨率为例,最终显示的数据量就是1000万点。而原始数据是最终结果数据量的几倍甚至几十倍。因此原始数据量的计算消耗了计算机的大量资源、同时消耗时间也较长。

[0004] OFDR的最大测量距离是由系统内部的辅助干涉仪长度决定。由香农采样定律可知,为了不失真地恢复模拟信号,采样频率应该不小于模拟信号频谱中最高频率的2倍。因为在OFDR系统中,辅助干涉仪是作为构建外部时钟的光路,外部时钟的频率即是采样频率,最大频率是由迈克尔逊干涉仪的臂差决定,因此,系统可探测的最大频率是辅助干涉仪产生的时钟的一半,即辅助干涉仪长度是系统的最大可测范围的一倍。

[0005] 由于OFDR系统采集的数据是在频域上等频率间隔采样的,因此采集系统采集到的数据是最大可测范围的所有数据。当使用者只需要前面一段光纤位置处的数据时,采集系统依旧把整个最大可测范围的光纤的所有数据全部采集到系统中,这就造成了整个系统的数据量庞大,浪费计算机资源、运算速度也明显下降。另外,当待测光纤过长达到公里级别时,辅助干涉仪内部的延时线圈也要相应变长,线圈制作复杂,成本高,需要一个装置来构建长距离光路延时。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题在于针对现有技术中数据采集无法有效自适应等频域采样的缺陷,提供一种测量范围可调的OFDR自适应数据采集系统。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0008] 提供一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统,该系统包括:

[0009] 扫频激光器,用于发出激光波长周期性线性变化的扫频激光;

[0010] 光纤分束器,用于将扫频激光分为两路,分别进入辅助干涉仪和主干涉仪;

[0011] 主干涉仪,用于使进入该主干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生包含待测信号的第一拍频信号;

[0012] 辅助干涉仪,包括一个光程固定的光路和一个光程可调节的光路,光程可调节的范围至少是所述主干涉仪测量光路光程的两倍,用于使进入该辅助干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生第二拍频信号,所述第二拍频信号的最大频率至少是所述第一拍频信号最大频率的两倍,所述第二拍频信号经过转化后作为高速数据采集卡的外部时钟;

[0013] 数据采集卡,用于根据所述第二拍频信号产生的外部时钟对所述第一拍频信号进行采样;

[0014] 计算机,对采样后的信号进行处理分析,同时控制所述辅助干涉仪对光程可调光路的光程进行调整。

[0015] 接上述技术方案,所述主干涉仪为OFDR测量范围可调的干涉仪,包括第一光纤耦合器、光纤环形器和第二光纤耦合器,所述第一光纤耦合器分路端中的一路与所述光纤环形器的a端口连接,所述光纤环形器的b端口和c端口分别与所述待测光纤器件和所述第二光纤耦合器连接形成测量光路,所述第一光纤耦合器分路端中的另一路与所述第二光纤耦合器连接形成参考光路,所述测量光路与所述参考光路的光信号在所述第二光纤耦合器处发生拍频干涉形成所述第一拍频信号。

[0016] 10.如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述辅助干涉仪中光程可调节的光路包括:

[0017] 两个相互平行的反射镜,一个反射镜固定在一底板上,另一反射镜安装在一电控位移台上,通过控制电控位移台调节两个反射镜之间的距离;

[0018] 光束入射角度调节器,包括第一电动旋转夹具和第一光纤准直镜,所述第一电动旋转夹具上设置所述第一光纤准直镜,所述第一光纤准直镜与所述第四光纤耦合器端口d连接,用于将光束入射到两反射镜之间,通过控制所述第一电动旋转夹具可以调整光束入射角度;

[0019] 末端反射器,包括第二电动旋转夹具、第二光纤准直镜和第二法拉第旋光镜,所述第二电动旋转夹具上设置所述第二光纤准直镜,所述第二光纤准直镜后连接第二法拉第旋光镜,所述第二电动旋转夹具设置于所述电控位移台上,通过控制所述第二电动旋转夹具调节所述第二光纤准直镜的位姿,使两反射镜之间的反射光束入射所述第二光纤准直镜,并通过所述第二法拉第旋光镜后使光束按原路返回所述第一光纤准直镜。

[0020] 接上述技术方案,所述辅助干涉仪中光程可调节的光路包括第一光电开关、第二光电开关,其间设置多组光纤线圈,所述第二光电开关后连接有第三法拉第旋光镜,所述多组光纤线圈的组数和主干涉仪的可选测量量程对应,每组光纤线圈的长度至少是所述主干涉仪对应测量量程光程长度的两倍,所述计算机根据主干涉仪的测量量程控制所述第一光电开关和所述第二光电开关选择辅助干涉仪可调光路的光程。

[0021] 接上述技术方案,所述计算机连接所述数据采集卡,所述数据采集卡连接第一光电探测器、第二光电探测器和第三光电探测器,所述第一光电探测器对所述第一拍频信号进行光电转换,光电转换后的信号由数据采集卡进行信号采集,所述第三光电探测器对辅助干涉仪中空间光路耦合结果监测,所述第二光电探测器将辅助干涉仪产生的所述第二拍频信号的经光电转换后作为所述速数据采集卡的外部时钟。

[0022] 接上述技术方案,所述光纤分束器为 1×2 光纤分束器,光纤分束比为20:80,80%的光进入主干涉仪,20%的光进入辅助干涉仪。

[0023] 接上述技术方案,所述扫频激光器为窄线宽激光器,扫频范围为C+L波段,最大输出功率大于10mW,扫频速度最大可达2000nm/s,扫描速度抖动范围小于5%。

[0024] 接上述技术方案,所述辅助干涉仪包括光纤隔离器、第三光纤耦合器、第四光纤耦合器和第一法拉第旋光镜,所述第三光纤耦合器的a端口连接所述光纤隔离器,b端口连接所述第二光电探测器,c端口连接所述第一法拉第旋光镜,d端口连接所述第四光纤耦合器的a端口,所述第四光纤耦合器的b端口连接所述第三光电探测器,所述第四光纤耦合器的d端口连接所述第一光纤准直镜或者所述第一光电开关。

[0025] 接上述技术方案,所述第三光纤耦合器为2x2单模光纤分束器,分束比为20:80,所述第四光纤耦合器为2x2单模光纤分束器,分束比为1:99。

[0026] 提供一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集方法,包括以下步骤:

[0027] 根据主干涉仪的量程,通过计算机调节辅助干涉仪的调节机构,使辅助干涉仪的可调光路的光程至少是主干涉仪测量光路光程的两倍;

[0028] 产生激光波长周期性线性变化的扫频激光,通过光纤分束器将扫频激光分为两路,分别进入辅助干涉仪和主干涉仪;

[0029] 进入该主干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生包含待测信号的第一拍频信号;

[0030] 进入该辅助干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生第二拍频信号,所述第二拍频信号的最大频率至少是所述第一拍频信号最大频率的两倍,所述第二拍频信号经过转化后作为高速数据采集卡的外部时钟;

[0031] 所述数据采集卡根据所述第二拍频信号产生的外部时钟对所述第一拍频信号进行采样;

[0032] 计算机对采样后的信号进行处理分析,解析出测量信号。

[0033] 本发明产生的有益效果是:本发明提供的一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统,通过辅助干涉仪产生的第二拍频信号作为高速数据采集卡的外部时钟对主干涉仪产生的带有测量信号的第一拍频信号进行采样,实现对第一拍频信号的等频域采样。辅助干涉仪包括一个可调光路,可根据主干涉仪的量程由计算机控制其光路调节机构调整可调光路的光程至少为主干涉仪测量光路光程的两倍,从而实现了自适应数据采集。本发明通过带有可调光路的辅助干涉仪产生数据采集卡的外部时钟实现主干涉仪拍频信号的自适应采集,从而极大地优化了OFDR装置数据处理所需要的计算机资源,处理速度成倍增加,结构简单,调节方便,能更好适用于光通信测量、分布式温度应变测量领域。

附图说明

[0034] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0035] 图1是本发明一种实施例装置的结构示意图;

[0036] 图2是本发明另一种实施例装置的结构示意图。

具体实施方式

[0037] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0038] 如图1所示,本发明实施例的一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统,包括扫频激光器1,光纤分束器2,主干涉仪3,辅助干涉仪4,数据采集卡6,计算机5。扫频激光器1发出激光波长周期性线性变化的扫频激光,经光纤分束器2分为两路,分别进入辅助干涉仪和主干涉仪;主干涉仪3使进入该主干涉仪的扫频激光发生拍频干涉,产生包含待测信号的第一拍频信号;辅助干涉仪4包括一个光程固定的光路和一个光程可调节的光路,光程可调节的范围至少是主干涉仪3测量光路光程的两倍,用于使进入该辅助干涉仪4的扫频激光发生拍频干涉,产生第二拍频信号,该第二拍频信号的最大频率至少是第一拍频信号最大频率的两倍,第二拍频信号经过转化后作为高速数据采集卡6的外部时钟。

[0039] 数据采集卡6根据第二拍频信号产生的外部时钟对第一拍频信号进行采样,采样后的信号经过计算机5进行处理分析,计算机5同时控制辅助干涉仪4对光程可调光路的光程进行调整。

[0040] 进一步地,主干涉仪3为OFDR测量范围可调的干涉仪,量程选择档位可以有5m、10m、20m、50m、100m、200m、500m、1000m、2000m。包括第一光纤耦合器31、光纤环形器32和第二光纤耦合器33,第一光纤耦合器31分路端中的一路与光纤环形器32的a端口连接,光纤环形器32的b端口和c端口分别与待测光纤器件34和第二光纤耦合器33连接形成测量光路,第一光纤耦合器31分路端中的另一路与第二光纤耦合器33连接形成参考光路,测量光路与参考光路的光信号在第二光纤耦合器33处发生拍频干涉形成第一拍频信号。

[0041] 进一步地,如图1所示,辅助干涉仪4中光程可调节的光路包括:

[0042] 两个相互平行的反射镜,一个反射镜453固定在底版上,另一反射镜455安装在电控位移台454上,通过计算机5控制电控位移台454可以调节两个反射镜之间的距离,通过对入射光的多次反射实现光程的调节,实现结构简单,调节灵活。

[0043] 光束入射角度调节器,在第一电动旋转夹具452上设置第一光纤准直镜451,第一光纤准直镜451与第四光纤耦合器44端口d连接,用于将光束入射到两反射镜之间,第一电动旋转夹具452最大可旋转90度,通过控制第一电动旋转夹具452可以调整光束入射角度,通过调节光束入射角可以调节入射光在两个反射镜之间的反射次数。

[0044] 末端反射器,在第二电动旋转夹具456上设置第二光纤准直镜457,第二光纤准直镜457后连接第二法拉第旋光镜458,第二电动旋转夹具457设置于电控位移台454上,第二电动旋转夹具456最大可旋转90度,并可根据电控位台454平移,通过控制第二电动旋转夹具456可以调节第二光纤准直镜457的位姿,使两反射镜之间的反射光束入射第二光纤准直镜457,并通过第二法拉第旋光镜458后使光束按原路返回第一光纤准直镜451,实现光路光程的调节。

[0045] 进一步地,如图2所示,辅助干涉仪4中光程可调节的光路包括第一光电开关461、第二光电开关463,其间设置多组光纤线圈462,第二光电开关463后连接有第三法拉第旋光镜464,多组光纤线圈462的组数和主干涉仪3的可选测量量程对应,每组光纤线圈462的长度至少是主干涉仪3对应测量量程光程长度的两倍,计算机5根据主干涉仪3的测量量程控制第一光电开关461和第二光电开关463选择辅助干涉仪4可调光路的光程。

[0046] 进一步地,计算机5控制辅助干涉仪4的光程可调节光路的调节机构,并连接有高速数据采集卡6,实现对高速数据采集卡6采集的数据进行处理分析,高速数据采集卡6连接第一光电探测器61、第二光电探测器62和第三光电探测器63,第一光电探测器61实现第一

拍频信号的光电转换并由数据采集卡6进行信号采集,第三光电探测器63实现辅助干涉仪4中空间光路耦合结果监测,第二光电探测器62实现辅助干涉仪4产生的第二拍频信号的光电转换形成高速数据采集卡6的外部时钟。

[0047] 进一步地,光纤分束器2为 1×2 光纤分束器,光纤分束比为20:80,80%的光进入主干干涉仪3,20%的光进入辅助干涉仪4。

[0048] 进一步地,扫频激光器1为窄线宽激光器,扫频范围为C+L波段,最大输出功率大于10mW,扫频速度最大可达2000nm/s,扫描速度抖动范围小于5%。

[0049] 进一步地,辅助干涉仪4包括光纤隔离器41、第三光纤耦合器42、第四光纤耦合器44和第一法拉第旋光镜43,第三光纤耦合器42的a端口连接光纤隔离器21,b端口连接第二光电探测器62,c端口连接第一法拉第旋光镜43,形成辅助干涉仪4的固定光路,d端口连接第四光纤耦合器44的a端口,第四光纤耦合器44的b端口连接第三光电探测器42,第四光纤耦合器44的d端口连接第一光纤准直镜451或者第一光电开关461。

[0050] 进一步地,第三光纤耦合器42为 2×2 单模光纤分束器,分束比为20:80,20%进入固定光程的光路,80%进入可调光程的光路,第四光纤耦合器44为 2×2 单模光纤分束器,分束比为1:99,1%进入第三光电探测器63作为空间光路耦合结构监测,99%进入光程可调节光路,辅助干涉仪4的拍频信号在第三光纤耦合器42处产生。

[0051] 提供一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集方法,包括以下步骤:

[0052] 根据主干干涉仪3的量程,通过计算机5调节辅助干涉仪4的调节机构,使辅助干涉仪4的可调光路的光程至少是主干干涉仪3测量光路光程的两倍;

[0053] 扫频激光器1产生激光波长周期性线性变化的扫频激光,通过光纤分束器2将扫频激光分为两路,分别进入辅助干涉仪4和主干干涉仪3;

[0054] 进入该主干干涉仪3的扫频激光发生拍频干涉,产生包含待测信号的第一拍频信号;

[0055] 进入该辅助干涉仪4的扫频激光发生拍频干涉,产生第二拍频信号,所述第二拍频信号的最大频率至少是所述第一拍频信号最大频率的两倍,所述第二拍频信号经过转化后作为高速数据采集卡6的外部时钟;

[0056] 数据采集卡6根据所述第二拍频信号产生的外部时钟对所述第一拍频信号进行采样;

[0057] 计算机5对采样后的信号进行处理分析,解析出测量信号。

[0058] 综上,本发明提出的一种OFDR中可变测量范围的自适应数据采集系统和方法,采用辅助干涉仪4产生的拍频信号作为数据采集卡的外部时钟,对主干干涉仪3的拍频信号实现等频率间隔采样,并且辅助干涉仪4产生的拍频信号可以根据主干干涉仪3的量程进行自适应调节,从而极大优化了数据处理所需要的计算机资源,处理数据速度也成倍增加。本发明结构简单,调节简单,能更好适用于光通信测量、分布式温度应变测量领域。

[0059] 本领域的技术人员容易理解,此处所说明的附图及实施例仅用以说明本发明技术方案而非对其限制,凡不脱离本发明方案的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,其均应涵盖在本发明请求保护的技术方案范围当中。

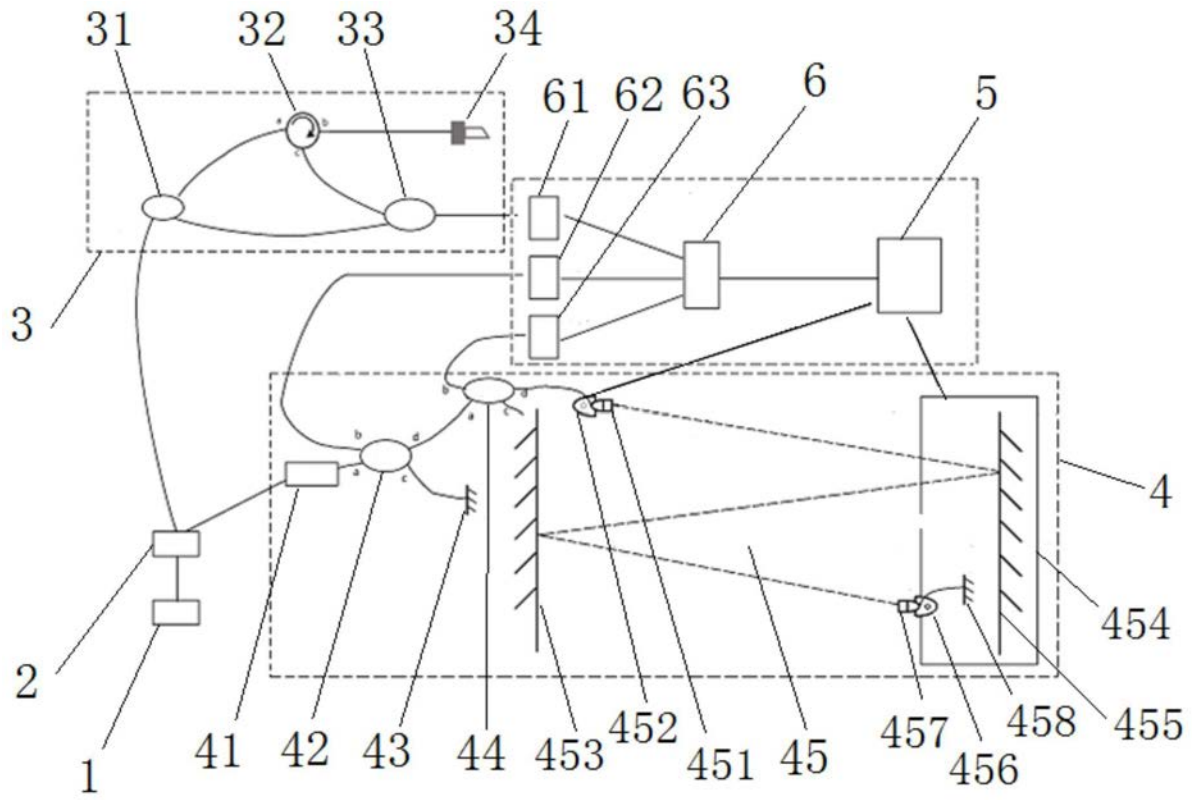


图1

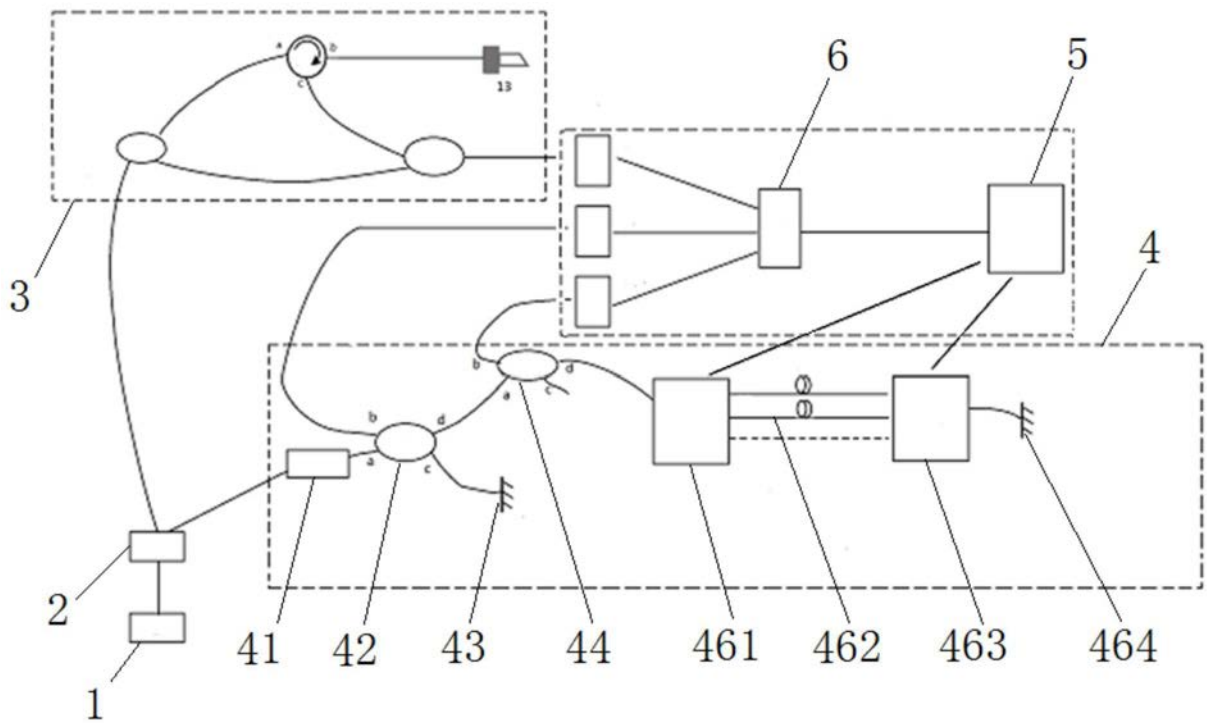


图2