

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2019年9月12日 (12.09.2019)



(10) 国际公布号  
**WO 2019/169934 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*H04B 10/071* (2013.01) *H01S 3/30* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/123408
- (22) 国际申请日: 2018年12月25日 (25.12.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201810191046.4 2018年3月8日 (08.03.2018) CN
- (71) 申请人: 武汉光迅科技股份有限公司 (ACCELINK TECHNOLOGIES CO.,LTD) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN).
- (72) 发明人: 周琪 (ZHOU, Qi); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN).

卜勤练 (BU, Qinlian); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN)。熊涛 (XIONG, Tao); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN)。付成鹏 (FU, Chengpeng); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN)。张建涛 (ZHANG, Jiantao); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN)。余春平 (YU, Chunping); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN)。乐孟辉 (LE, Menghui); 中国湖北省武汉市江夏区藏龙岛开发区潭湖路1号, Hubei 430205 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

(54) Title: DETECTION METHOD AND DEVICE FOR HIGH-DYNAMIC-RANGE OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTION

(54) 发明名称: 一种高动态范围光时域反射的检测方法和装置

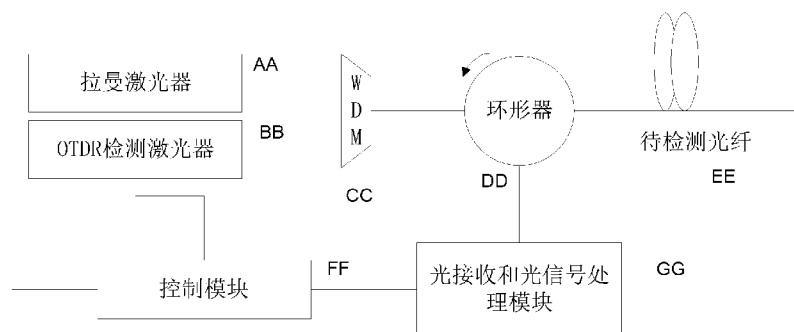


图 1

- AA Raman laser
- BB OTDR detection laser
- CC WDM
- DD Circulator
- EE Optical fiber to be detected
- FF Control module
- GG Light receiving and light signal processing module

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of optical time domain reflectometers, and provides a detection method and device for high-dynamic-range optical time domain reflection. The device comprises a Raman laser and an OTDR detection laser, which are separately connected to a WDM. A light outlet of the WDM is connected to a light inlet of a circulator; a light receiving and light signal processing module is connected to a light outlet of the circulator; the light receiving and light signal processing module is further connected to a control module; the control module is used for controlling a driving pin of the Raman laser, and controlling, according to related information of reflection light, the Raman laser to emit at least two light pulses with a time interval in a detection time period. According to a multi-pulse solution in the present invention, not only light pulses can be amplified and detected by means of forward Raman light pulses, but also after the OTDR detection laser is closed, sending of multiple Raman light pulses may continue



JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明,要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

by means of the Raman laser in order to directly amplify and detect back Rayleigh scattering light signals and/or Fresnel reflection light signals generated by the light pulses.

(57) 摘要: 本发明涉及光时域反射仪技术领域,提供了一种高动态范围光时域反射的检测方法和装置。其中装置包括拉曼激光器和OTDR检测激光器分别连接WDM, WDM的出光口连接环形器入光口;光接收和光信号处理模块连接环形器的出光口;光接收和光信号处理模块还连接控制模块;控制模块用于控制拉曼激光器的驱动引脚,并根据反射光相关信息,控制拉曼激光器在一个检测时间周期内发出至少两个具有时间间隔的光脉冲。本发明的多脉冲解决方案,既可以通过正向拉曼光脉冲放大检测光脉冲,又可以在OTDR检测激光器关闭后通过拉曼激光器继续发送多个拉曼光脉冲直接放大检测光脉冲所产生的背向瑞利散射光信号和/或菲涅尔反射光信号。

## 一种高动态范围光时域反射的检测方法和装置

### 【技术领域】

本发明涉及光时域反射仪技术领域，特别是涉及一种高动态范围光时域反射的检测方法和装置。

### 【背景技术】

当前，世界各国的通信网络主要是以光纤为传输基础，而在建设和维护光缆线路时，通常会使用光时域反射仪(OTDR)来进行光纤特性的测试。OTDR同时也是光通信网络中在线监测系统中的重要装置，而动态范围则是OTDR的重要技术指标之一。OTDR的动态范围越大，则可以监测的光通信线路的距离也越长。

OTDR的工作原理是通过检测脉冲激光在光纤线路上的瑞利背向散射光随时间的能量分布曲线来分析得到光纤的长度、衰减、事件等特性。当OTDR向待测光纤中发射一个检测光脉冲后，光脉冲在光纤中向前传输的同时，会产生瑞利背向散射光。有反射型事件发生时，还会产生菲涅尔反射光。连续高速采样出这些返回的信号可以通过信号功率的变化情况，得到反映光纤衰减、故障等特征的测量曲线。而动态范围则决定了OTDR装置最远能测量到的光纤长度。

动态范围和信噪比有密切关系。当信噪比过低时，有效信息被噪声淹没而无法获取。现有技术通常通过选择功率更高的激光器的方式来提高信噪比。但由于工艺水平的限制，单个激光器的功率不可能无限提高，且过高的激光器功率会导致光纤中产生非线性从而影响OTDR的性能。因此，在已经选择了高功率的激光器后，如何进一步提高动态范围，具有很高的研究价值。

美国专利US9494484提出的是一种在含拉曼放大器的光路中进行OTDR测量的方案，但该方案仅仅在OTDR检测激光器发送光脉冲时才发送一个单独的拉曼放大光脉冲，其原理主要是通过正向拉曼泵浦放大检测光脉冲，对动态范

围的提升效果非常有限，而且该方案存在前端曲线比后端曲线平缓，斜率绝对值更小的问题，即没有给出拉曼放大器导致的前端测量曲线失真的解决方法。该问题会导致无法通过测量结果获得前段光纤的准确信息，从而对产品的总体性能产生较为严重的影响。

## 【发明内容】

本发明实施例要解决的技术问题是如何提高 OTDR 检测的动态范围，从而提高 OTDR 检测光纤的距离。

本发明实施例采用如下技术方案：

第一方面，本发明提供了一种高动态范围光时域反射的检测装置，包括拉曼激光器、OTDR 检测激光器、波分复用器 WDM、控制模块、光接收和光信号处理模块，以及环形器，具体的：

拉曼激光器和 OTDR 检测激光器分别连接所述 WDM，所述 WDM 的出光口连接所述环形器入光口，所述拉曼激光器和 OTDR 检测激光器发出的脉冲光通过 WDM 进行合波后经所述环形器的 I/O 光口进入待检测光纤；

所述光接收和光信号处理模块连接所述环形器的出光口，用于获取待检测光纤中返回的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光；所述光接收和光信号处理模块还连接所述控制模块，用于将反射光相关信息发送给所述控制模块；

所述控制模块连接拉曼激光器的驱动引脚，用于根据所述反射光相关信息，控制拉曼激光器在一个检测时间周期内发出至少两个具有时间间隔的光脉冲。

优选的，所述控制模块中还包括数字信号处理模块，具体的：

所述数字信号处理模块用于连接光接收和光信号处理模块，用于根据瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光相关信息，分析出光纤远端信息；将所述光纤远端信息反馈给所述控制模块。

优选的，所述控制模块具体为 FPGA，单片机或者微处理器；所述数字信号处理模块具体为 DSP。

优选的，所述检测装置还包括显示器，具体的：

所述显示器连接所述数字信号处理模块或者，所述显示器连接所述控制器，用于显示检测装置的分析结果。

优选的，所述拉曼激光器具体为的由级数至少为二级构成的级联型拉曼激光器。

优选的，所述级联型拉曼激光器的各级拉曼激光器的频率差为 12THz-13THz。

第二方面，本发明还提供了一种高动态范围光时域反射的检测方法，控制模块用于控制所述拉曼激光器和 OTDR 检测激光器的工作状态，还用于获取待检测光纤中反射回来的光信号，检测方法包括：

拉曼激光器和 OTDR 检测激光器按照预设的配置参数向待检测光纤发送拉曼脉冲激光和 OTDR 检测光信号；

控制模块在一个 OTDR 检测信号的检测周期中，若在预设时间段内所检测到返回的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光强度小于预设阈值时，控制所述拉曼激光器向待检测光纤中再次发送拉曼脉冲激光。

优选的，一个 OTDR 检测信号的检测周期根据待检测的光纤中节点数量、检测信号的频宽和控制模块处理速度中的一项或者多项决定，所述一个 OTDR 检测信号的检测周期具体为  $Nms$  时，所述预设时间段为从当前轮检测周期中，发射 OTDR 检测信号后  $Mms$  时间内；其中， $Mms$  从区间  $[0, N/2]$  中取值。

优选的，在所述 OTDR 检测信号的检测周期为  $4ms \pm 1s$  时，所述预设时间段具体为发送 OTDR 检测信号后  $1 \pm 0.2ms$  以内。

优选的，所述预设阈值具体为：

根据在一个 OTDR 检测信号的检测周期内，获取的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光功率由最初接收到时的最高值下降 3-5dB 的计算条件，计算得到。

与现有技术相比，本发明实施例的有益效果在于：

本发明的多脉冲解决方案，既可以通过正向拉曼光脉冲放大检测光脉冲，又可以在 OTDR 检测激光器关闭后通过拉曼激光器继续发送多个拉曼光脉冲直接放大检测光脉冲所产生的背向瑞利散射光信号和/或菲涅尔反射光信号。

根据拉曼放大器的原理，拉曼光脉冲在光纤中的方向与瑞利背向散射光信号方向相反，但仍可以对瑞利背向散射光信号产生放大作用。通过本发明提出的方案，即当接收器接收到的瑞利背向散射光信号低于某一水平时，发送下一个拉曼光脉冲进行放大，从而使背向瑞利散射光信号和/或菲涅尔反射光信号的功率在光纤的前端始终保持在一个较高的水平，为超远距离的光纤测量提供保障。

相对于 US9494484 的方案有原理上的区别，且效果更为显著。另外，本发明给出的拼接的方法，即将通过常规 OTDR 测量得到的近端信息和借助拉曼放大器测量得到的远端信息进行拼接，解决了 US9494484 中没有解决的前端曲线斜率更短的失真问题，提高了测量结果的准确性。

## 【附图说明】

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。

图 1 是本发明实施例提供的一种高动态范围光时域反射的检测装置的结构示意图；

图 2 是本发明实施例所描述的环形器结构布局示意图；

图 3 是本发明实施例提供的一种实例场合中更详尽的高动态范围光时域反射的检测装置的结构示意图；

图 4 是本发明实施例提供的一种扩展功能模块后的高动态范围光时域反射的检测装置的结构示意图；

图 5 是本发明实施例提供的一种高动态范围光时域反射的检测方法流程示意图；

图 6 是本发明实施例提供的具体实例环境中高动态范围光时域反射的检测方法的流程示意图；

图 7 是本发明实施例提供的拉曼激光器持续发光时的测量结果图；

图 8 是本发明实施例提供的检测方法中所获得的测量结果图；

图 9 是本发明实施例提供的为采用本发明实施例检测方法时所获得的测量结果图。

### 【具体实施方式】

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仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

在本发明的描述中，术语“内”、“外”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“顶”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明而不是要求本发明必须以特定的方位构造和操作，因此不应当理解为对本发明的限制。

此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

#### **实施例 1:**

本发明实施例 1 提供了一种高动态范围光时域反射的检测装置，如图 1 所示，包括拉曼激光器、光时域反射仪 (Optical Time Domain Reflect-ometry, OTDR) 检测激光器、波分复用器 (Wavelength Division Multiplexing, 简称为: WDM)、控制模块、光接收和光信号处理模块，以及环形器，具体的：

拉曼激光器和 OTDR 检测激光器分别连接所述 WDM，所述 WDM 的出光口连接所述环形器入光口 (图 1 中装置所使用的环形器被单独提出来展示其接口分布时，相应分布结构如图 2 所示)，所述拉曼激光器和 OTDR 检测激光器发出的脉冲光通过 WDM 进行合波后经所述环形器的 I/O 光口 (如图 2 所示) 进入待检测光纤；

所述光接收和光信号处理模块连接所述环形器的出光口，用于获取待检测光纤中返回的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光；所述光接收和光信号处理

模块还连接所述控制模块，用于将反射光相关信息发送给所述控制模块。

其中，所述光接收和光信号处理模块包含光学滤波和电路滤波功能，用于对接收到反射光信号进行光电转换和噪音滤除处理，将处理后的反射光相关信息发送给所述控制模块。其中反射光相关信息包括：瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光功率强度、光强度分布、接收时间等等。

所述控制模块用于控制拉曼激光器的驱动引脚，并根据所述反射光相关信息，控制拉曼激光器在一个检测时间周期内发出至少两个具有时间间隔的光脉冲。

本发明实施例所提出的多脉冲解决方案，既可以通过正向拉曼光脉冲放大检测光脉冲，又可以在 OTDR 检测激光器关闭后通过拉曼激光器继续发送多个拉曼光脉冲直接放大检测光脉冲所产生的背向瑞利散射光信号和/或菲涅尔反射光信号。

其中，拉曼光脉冲在光纤中的方向与瑞利背向散射光信号方向相反，但仍可以对瑞利背向散射光信号产生放大作用。通过本发明提出的方案，即当光接收和光信号处理模块接收到的瑞利背向散射光信号低于某一水平时，发送下一个拉曼光脉冲进行放大，从而使背向瑞利散射光信号和/或菲涅尔反射光信号的功率在光纤的前端始终保持在一个较高的水平，为超远距离的光纤测量提供保障。

如图 3 所示，为结合本发明实施例 1 所述的检测状态，在具体应用场合下的结构实例化后的示意图。相比较实施例 1 所述的结构，实例化方案中所述控制模块中还包括数字信号处理模块，具体的：

所述数字信号处理模块用于连接光接收和光信号处理模块，用于根据瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光相关信息，分析出光纤远端信息；将所述光纤远端信息反馈给所述控制模块。其中，所述数字信号处理模块具体可以表现为 DSP，而相应的控制模块的控制核心可以通过 FPGA、单片机或者 PC 来实现。

如图 4 所示，为本发明实施例为提高交互效率，提高操作人员直接从本发明实施例所提出的检测装置中获取有效信息，而无需再外接其它设备的设计思

路,进一步提出的一种改进方案,其中,所述检测装置还包括显示器,具体的:

所述显示器连接所述数字信号处理模块或者,所述显示器连接所述控制器,用于显示检测装置的分析结果。

级联拉曼光纤激光器具有增益介质长、噪声低、调谐范围宽、可同时实现多波长输出和与光纤耦合效率高等优点。级联拉曼光纤激光器用于泵浦光纤拉曼放大器可以在很宽的带宽内实现平坦放大,是光纤拉曼放大器理想的泵浦源。多波长输出的级联拉曼光纤激光器用作光纤通信系统,特别是波分复用系统的信号源,可以减少发射端的激光器数量。因此,结合本发明实施例,进一步的所述拉曼激光器可以采用级联的方式实现。

## **实施例 2:**

在提供了实施例 1 所述的一种高动态范围光时域反射的检测装置后,本发明实施例 2 还提出了一种高动态范围光时域反射的检测方法,在所述检测方法中需要实现基本的连接特性,其中,控制模块用于控制所述拉曼激光器和 OTDR 检测激光器的工作状态,还用于获取待检测光纤中反射回来的光信号(相比较上述的连接特性可知,本发明的相应的检测方法也可以被实施例 1 所阐述的检测装置所实现),如图 5 所示,检测方法包括:

在步骤 201 中,拉曼激光器和 OTDR 检测激光器按照预设的配置参数向待检测光纤发送拉曼脉冲激光和 OTDR 检测光信号。

在步骤 202 中,控制模块在一个 OTDR 检测信号的检测周期中,若在预设时间段内所检测到返回的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光强度小于预设阈值时,控制所述拉曼激光器向待检测光纤中再次发送拉曼脉冲激光。

本发明实施例所提出的多脉冲解决方案,既可以通过正向拉曼光脉冲放大检测光脉冲,又可以在 OTDR 检测激光器关闭后通过拉曼激光器继续发送多个拉曼光脉冲直接放大检测光脉冲所产生的背向瑞利散射光信号和/或菲涅尔反射光信号。

在本发明实施例中,拉曼激光器发送的光脉冲的脉宽以及脉冲间的时间间隔可以相等也可以不等。具体脉冲数量、各脉冲的宽度、各脉冲的时间间隔均

可根据实际光接收和光信号处理模块接收到的光信号功率高低而调整，从而达到更好的效果。上述参数，在本发明实现方案中可以通过现有的拉曼激光器放大原理和多次的测试实验得到，在此不再赘述。

在本发明实施例中提出的 OTDR 检测信号的检测周期的概念，为了能够进一步的提供本发明实施例如何在具体应用场景中实现的技术思路，将对于所述 OTDR 检测信号的检测周期给予更为明确的解释和限定。其中，一个 OTDR 检测信号的检测周期根据待检测的光纤中节点数量、检测信号的频宽和控制模块处理速度中的一项或者多项决定，所述光纤中节点数量表现为分支、中继等等，一定程度上会增加分析的复杂度。所述一个 OTDR 检测信号的检测周期具体为  $Nms$  时，所述预设时间段为从当前轮检测周期中，发射 OTDR 检测信号后  $Mms$  时间内；其中， $Mms$  从区间  $[0, N/2]$  中取值，其中  $M$  和  $N$  为相应时间参数值。其原理是，在  $Mms$  时间段内的反射光信号不会被用来解析待测光纤中存在的节点问题，而仅用来判断反射光信号的衰减情况；而相应的，之所以在  $[M, N]$  时间段内不发射拉曼脉冲激光，是为了避免发射的拉曼脉冲激光产生的发射光对控制模块正常分析反射光信号，解析待测光纤中存在的节点问题的过程产生影响，通常情况下在进行正常的反射光信号分析时，会先确定由检测光信号发射到待测光纤中形成反射光，其线性因子是否达到预设阈值（例如-0.95），达到了则表明拉曼脉冲光信号对于反射光信号的影响已经可以忽略不计了。以一组参数进行阐述的话，其中，在所述 OTDR 检测信号的检测周期为  $4ms \pm 1s$  时，所述预设时间段具体为发送 OTDR 检测信号后  $1 \pm 0.2ms$  以内。例如：如果两个检测脉冲的时间间隔为  $4ms$ ，则当一个检测脉冲发送后的  $1ms$  至  $4ms$  内，都不应发送拉曼光脉冲。如果持续不间断地令拉曼激光器发光，产生的巨大噪声反而会对信噪比产生负面影响，从而降低 OTDR 的动态范围。

在本发明实施例，除了上述解释的 OTDR 检测信号的检测周期特征外，还有一个关键技术要素，即所述预设阈值，接下来将对其做较为详尽的阐述。

所述预设阈值，更确切的表现是一种根据预设的条件或者预设的规定计算得到的参数值，具体的：所述预设阈值根据在一个 OTDR 检测信号的检测周期内，

获取的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光功率由最初接收到时的最高值下降 3-5dB 的计算条件，计算得到。在实验方案设计和测试过程中，得出优选的是采用 3dB。

### **实施例 3:**

本发明实施例结合了实施例 2 所述的检测方法和实施例 1 所述检测装置，提供了一种如何在实施例 1 所述检测装置中具体实现实施例 2 所述方法，如图 6 所示，所述方法包括：

步骤 301，将拉曼激光器和 OTDR 激光器的输出端口通过 WDM 合波，通过环行器入射进待测光纤。将环行器与光接收和光信号处理模块相连，以将返回的光信号转换为数字电信号，再将输出信号连接至数字信号处理器处理模块和显示屏。

其中，光接收和光信号处理模块中应包含滤波器，雪崩光电二极管 (APD)，放大器以及模数转换器等器件。滤波器可以滤除返回光中的噪声，APD 将光信号转换为电信号，经放大器放大后，由模数转换器将模拟电信号转换为数字电信号。

步骤 302，控制模块向 OTDR 激光器发送驱动信号，使 OTDR 激光器发送检测光脉冲。通过光接收和光信号处理模块以及数字信号处理模块，即可得到近端光纤的测量信息。

步骤 303，控制模块向 OTDR 激光器发送驱动信号，使 OTDR 激光器发送检测光脉冲。通过控制模块向拉曼激光器发送驱动信号，使其陆续发送多个放大光脉冲。

为了达到更好的效果，下一个拉曼光脉冲应在光接收和光信号处理模块接收到的信号光功率降低到某一水平时发送。本说明书所陈述的实施方案中，将光接收和光信号处理模块接收到的瑞利背向散射功率由最高值下降 3dB 处的功率作为发送下一个拉曼光脉冲的基准。与此同时，拉曼光脉冲的脉宽不宜过长，个数不宜过多，以免影响下一轮正常检测脉冲的发送。本发明实施例中将相邻两个检测光脉冲时间间隔的四分之一作为停止发送拉曼光脉冲的标志。即如果

两个检测脉冲的时间间隔为 4ms，则当一个检测脉冲发送后的 1ms 至 4ms 内，都不应发送拉曼光脉冲。如果持续不间断地令拉曼激光器发光，产生的巨大噪声反而会对信噪比产生负面影响，从而降低 OTDR 的动态范围（如图 7 所示，其动态范围为 15dB 左右）。控制模块可以使用 FPGA 类似器件实现。通过光接收和光信号处理模块以及数字信号处理模块，即可得到远端光纤的测量信息。实际操作中，步骤 302 和步骤 303 无先后顺序要求，即可以先关闭拉曼激光器测量近端光纤，也可以先驱动拉曼激光器测量远端光纤。

步骤 304，通过数字信号处理模块对远端光纤测量信息和近端光纤测量信息进行整合分析，得到全段光纤的测量结果，通过显示器进行显示，如图 8 所示。图中，距离长达 245km 处的光纤尾端反射事件也得到了清晰的显示。按照 IEC61746-2009 单程 RMS 动态范围定义，该 OTDR 的动态范围已经超过 51dB。和同等条件下不含拉曼放大器所得测量结果附图 9 相比，动态范围得到了显著的提升。进一步的，在显示器上显示测量结果前，可以通过去噪和事件识别等数字信号处理算法对测量结果进行处理，从而更为清晰准确地判断光纤上发生的事件。

在本发明实施例中多级拉曼激光器中，相邻多级激光器的频率差应该保持在 13THz 左右（例如：12THz-13THz），相应的，多级拉曼激光器中，波长越长的激光器为其设定的额定功率相应会越高。

在本发明实施例中，控制模块可以选择 FPGA 或类似器件作为主要器件，数字信号处理模块可以选择 DSP 或类似器件作为主要器件。

在本发明实时中，步骤 301 中的检测光脉冲宽度可以比步骤 302 中的检测光脉冲窄，以保证近处测量结果的分辨率。为了满足基本的分辨率需求，最宽脉宽应不大于  $20\mu s$ 。

值得说明的是，由于检测装置实施例 1 与本发明的检测方法实施例 2 基于同一构思，具体内容可相互借鉴，此处不再赘述。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明

的保护范围之内。

## 权利要求书

1、一种高动态范围光时域反射的检测装置，其特征在于，包括拉曼激光器、OTDR 检测激光器、波分复用器 WDM、控制模块、光接收和光信号处理模块，以及环形器，具体的：

拉曼激光器和 OTDR 检测激光器分别连接所述 WDM，所述 WDM 的出光口连接所述环形器入光口，所述拉曼激光器和 OTDR 检测激光器发出的脉冲光通过 WDM 进行合波后经所述环形器的 I/O 光口进入待检测光纤；

所述光接收和光信号处理模块连接所述环形器的出光口，用于获取待检测光纤中返回的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光；所述光接收和光信号处理模块还连接所述控制模块，用于将反射光相关信息发送给所述控制模块；

所述控制模块连接拉曼激光器的驱动引脚，用于根据所述反射光相关信息，控制拉曼激光器在一个检测时间周期内发出至少两个具有时间间隔的光脉冲。

2、根据权利要求 1 所述的高动态范围光时域反射的检测装置，其特征在于，所述控制模块中还包括数字信号处理模块，具体的：

所述数字信号处理模块用于连接光接收和光信号处理模块，用于根据瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光相关信息，分析出光纤远端信息；将所述光纤远端信息反馈给所述控制模块。

3、根据权利要求 2 所述的高动态范围光时域反射的检测装置，其特征在于，所述控制模块具体为 FPGA，单片机或者微处理器；所述数字信号处理模块具体为 DSP。

4、根据权利要求 1-3 任一所述的高动态范围光时域反射的检测装置，其特征在于，所述检测装置还包括显示器，具体的：

所述显示器连接所述数字信号处理模块或者，所述显示器连接所述控制器，用于显示检测装置的分析结果。

5、根据权利要求 1-3 任一所述的高动态范围光时域反射的检测装置，其特征在于，所述拉曼激光器具体为的由级数至少为二级构成的级联型拉曼激光器。

6、根据权利要求 5 所述的高动态范围光时域反射的检测装置，其特征在于，所述级联型拉曼激光器的各级拉曼激光器的频率差为 12THz-13THz。

7、一种高动态范围光时域反射的检测方法，其特征在于，控制模块用于控制所述拉曼激光器和 OTDR 检测激光器的工作状态，还用于获取待检测光纤中反射回来的光信号，检测方法包括：

拉曼激光器和 OTDR 检测激光器按照预设的配置参数向待检测光纤发送拉曼脉冲激光和 OTDR 检测光信号；

控制模块在一个 OTDR 检测信号的检测周期中，若在预设时间段内所检测到返回的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光强度小于预设阈值时，控制所述拉曼激光器向待检测光纤中再次发送拉曼脉冲激光。

8、根据权利要求 7 所述的高动态范围光时域反射的检测方法，其特征在于，一个 OTDR 检测信号的检测周期根据待检测的光纤中节点数量、检测信号的频宽和控制模块处理速度中的一项或者多项决定，所述一个 OTDR 检测信号的检测周期具体为  $Nms$  时，所述预设时间段为从当前轮检测周期中，发射 OTDR 检测信号后  $Mms$  时间内；其中， $Mms$  从区间  $[0, N/2]$  中取值。

9、根据权利要求 7 所述的高动态范围光时域反射的检测方法，其特征在于，在所述 OTDR 检测信号的检测周期为  $4ms \pm 1s$  时，所述预设时间段具体为发送 OTDR 检测信号后  $1 \pm 0.2ms$  以内。

10、根据权利要求 7 所述的高动态范围光时域反射的检测方法，其特征在

于，所述预设阈值具体为：

根据在一个 OTDR 检测信号的检测周期内，获取的瑞利背向散射光和/或菲涅尔反射光的光功率由最初接收到时的最高值下降 3-5dB 的计算条件，计算得到。

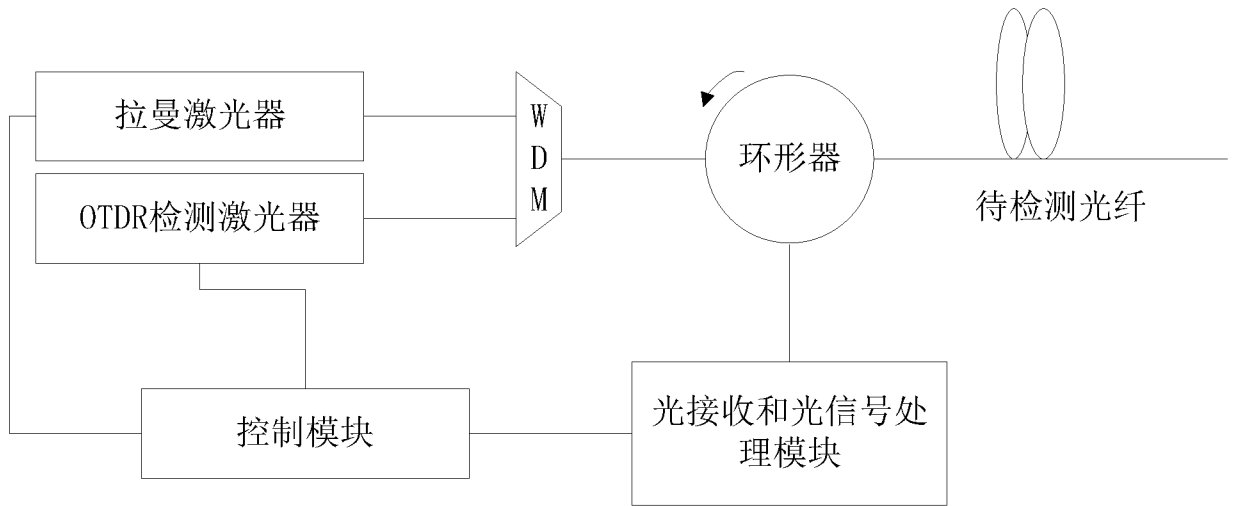


图 1

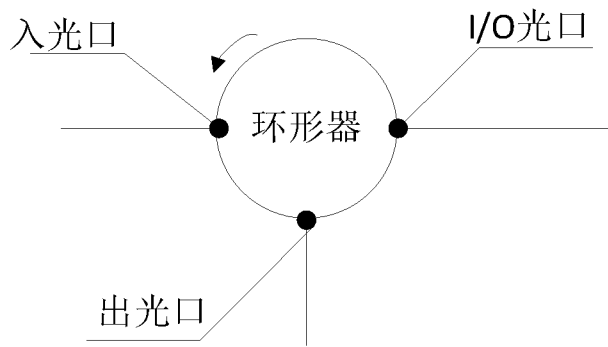


图 2

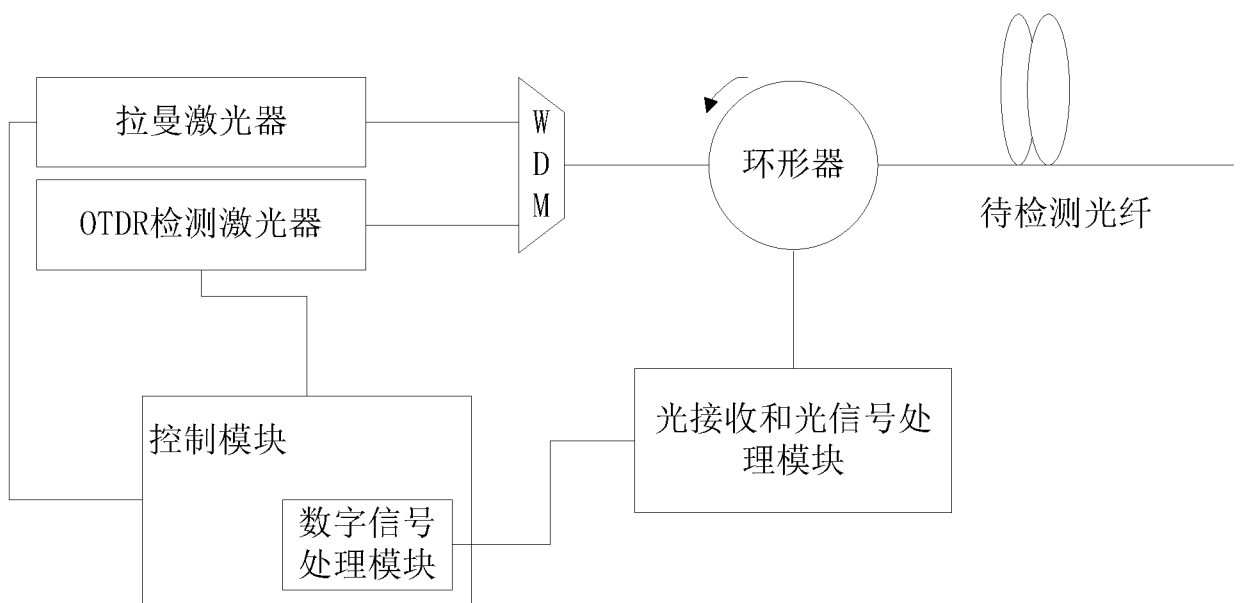


图 3

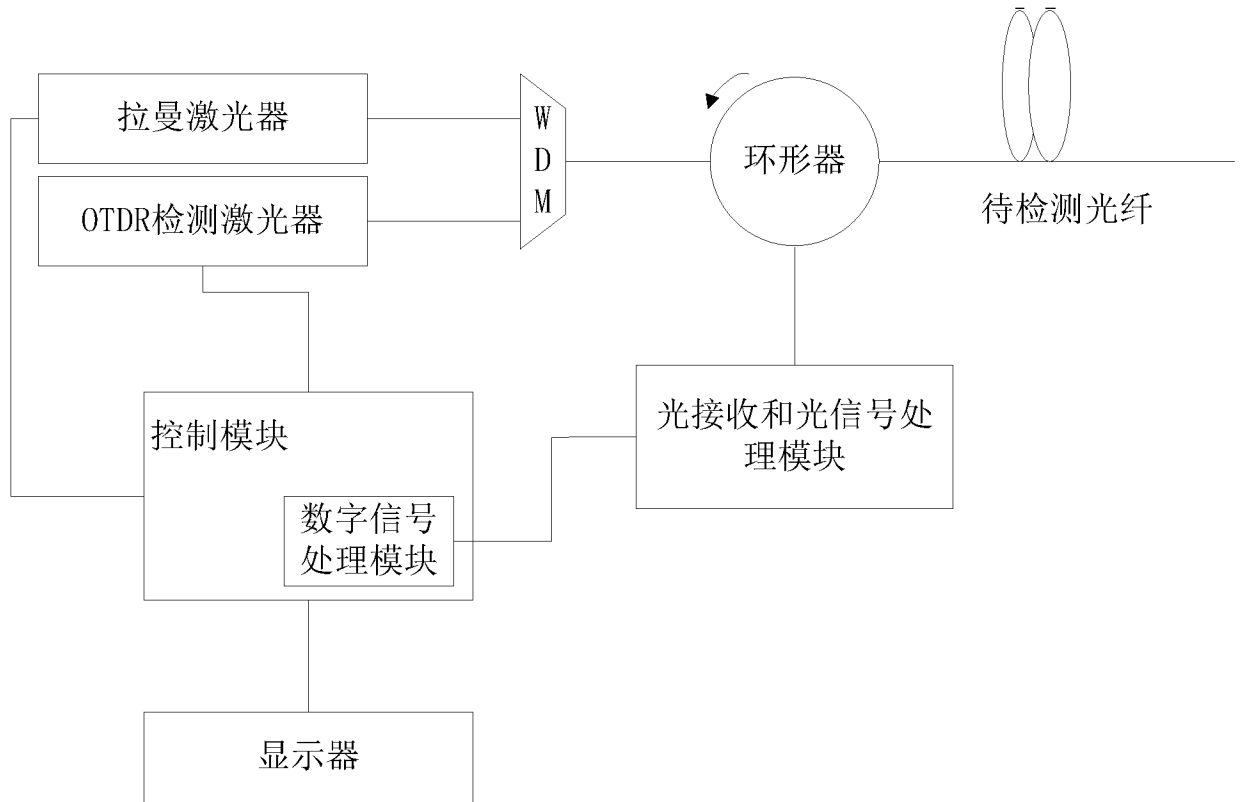


图 4

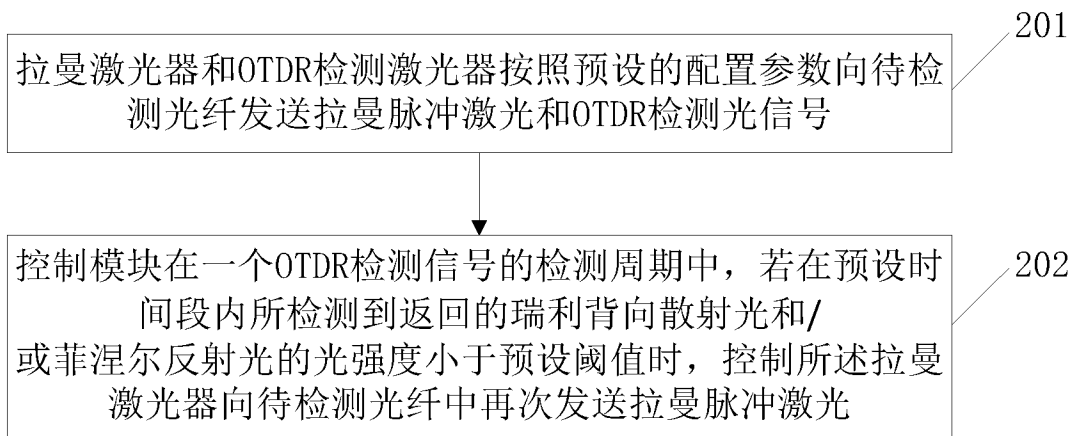


图 5

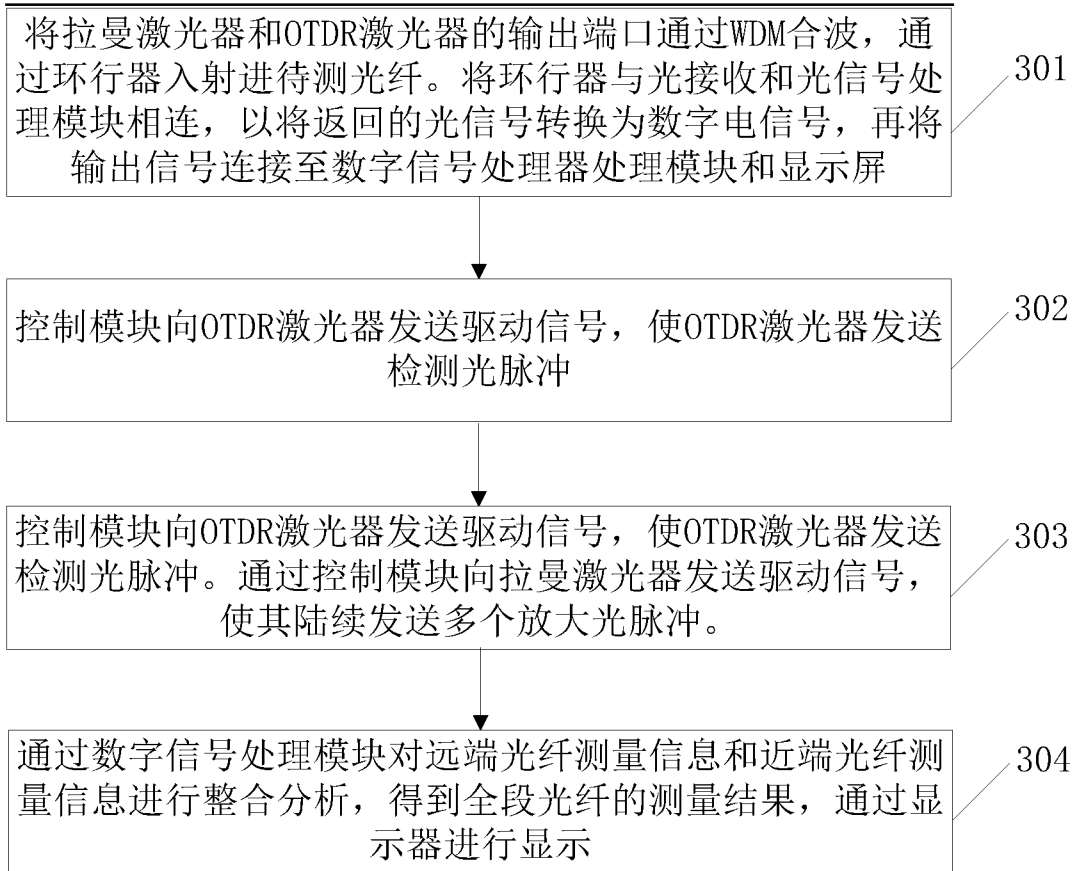


图 6

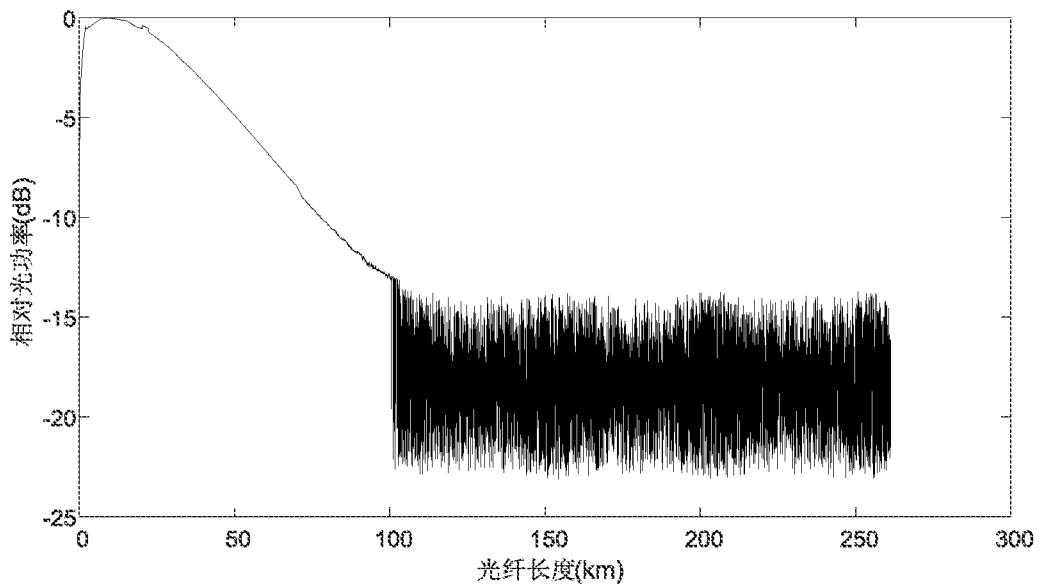


图 7

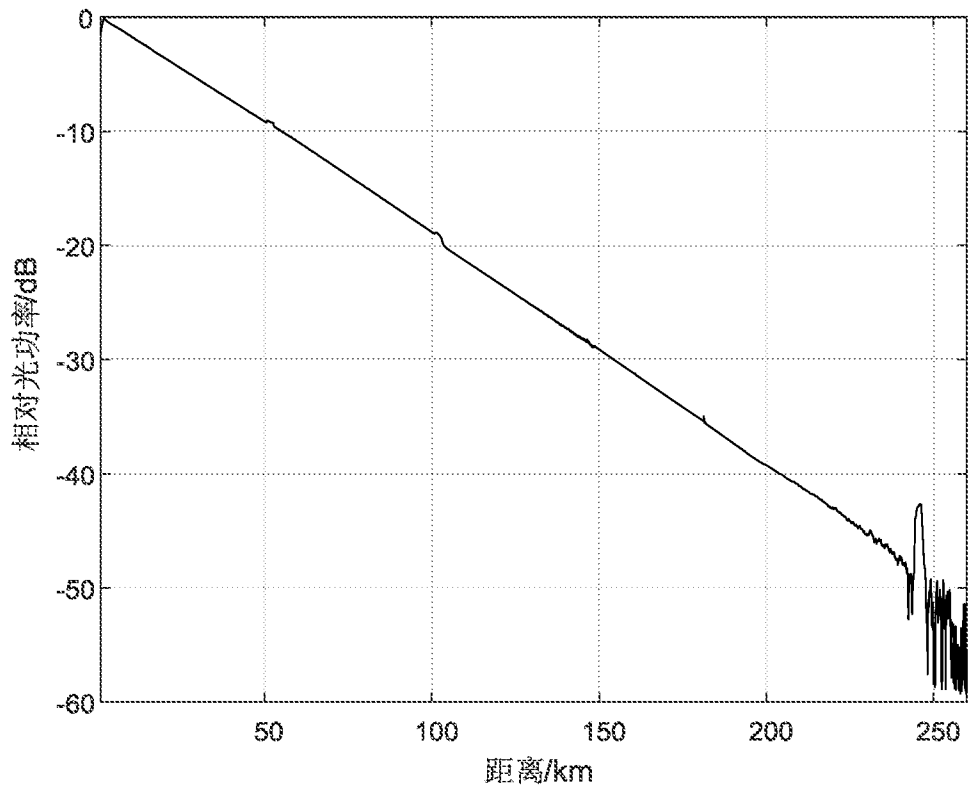


图 8

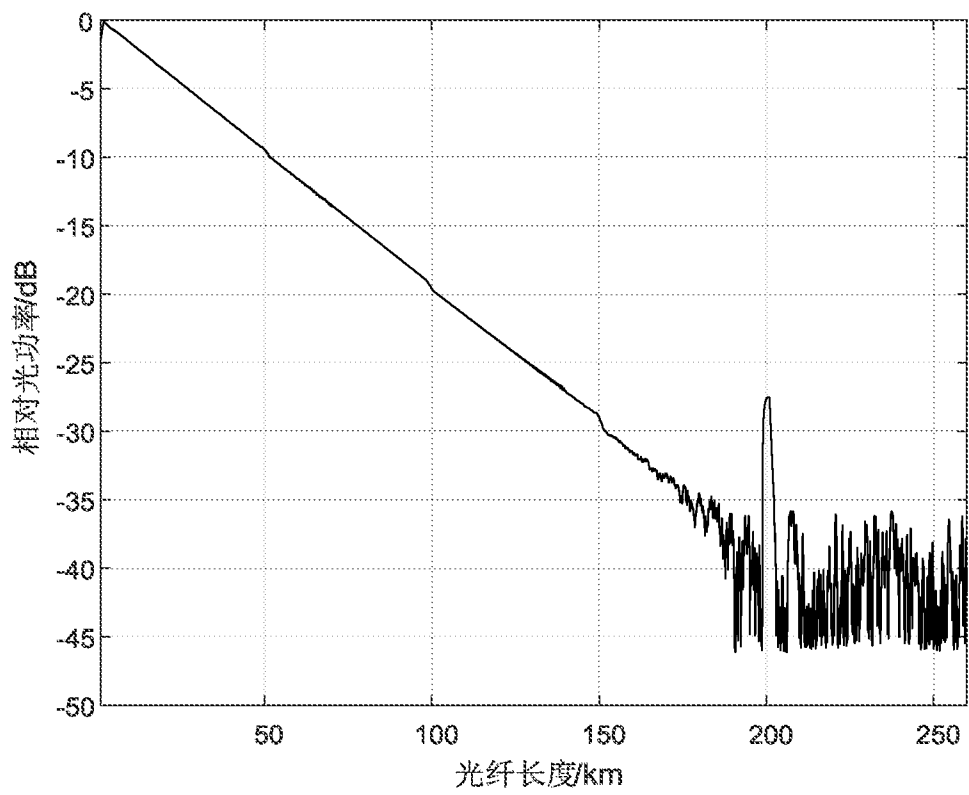


图 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/123408

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H04B 10/071(2013.01)i; H01S 3/30(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04B; H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI; EPODOC; CNKI; IEEE; CNPAT: 拉曼, 光时域反射, 激光, 散射, 瑞利, 动态, 周期, 间隔, raman, OTDR, laser, scatter, Rayleigh, dynamic, period, interval		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108199767 A (WUHAN ACCELINK TECHNOLOGIES CO., LTD.) 22 June 2018 (2018-06-22) entire document	1-10
A	CN 107332101 A (WUHAN ACCELINK TECHNOLOGIES CO., LTD.) 07 November 2017 (2017-11-07) description, paragraphs [0140]-[0152], and figure 5	1-10
A	CN 202177385 U (CHINA JILIANG UNIVERSITY) 28 March 2012 (2012-03-28) entire document	1-10
A	CN 103199920 A (SHANGHAI BANDWEAVER COMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.) 10 July 2013 (2013-07-10) entire document	1-10
A	US 2015253217 A1 (II-VI INCORPORATED) 10 September 2015 (2015-09-10) entire document	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>27 February 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>26 March 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China</b>		Authorized officer
Facsimile No. <b>(86-10)62019451</b>		Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2018/123408**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108199767	A	22 June 2018	None			
CN	107332101	A	07 November 2017	WO	2019000876	A1	03 January 2019
CN	202177385	U	28 March 2012	None			
CN	103199920	A	10 July 2013	CN	103199920	B	08 June 2016
US	2015253217	A1	10 September 2015	JP	6195999	B2	13 September 2017
				US	9494484	B2	15 November 2016
				JP	2017511637	A	20 April 2017
				CN	106105061	A	09 November 2016
				WO	2015138282	A1	17 September 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/123408

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H04B 10/071(2013.01)i; H01S 3/30(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04B; H01S</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>WPI; EPODOC; CNKI; IEEE; CNPAT:拉曼, 光时域反射, 激光, 散射, 瑞利, 动态, 周期, 间隔, raman, OTDR, laser, scatter, Rayleigh, dynamic, period, interval</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 108199767 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107332101 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 说明书第[0140]-[0152]段, 图5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 202177385 U (中国计量学院) 2012年 3月 28日 (2012 - 03 - 28) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103199920 A (上海波汇通信科技有限公司等) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2015253217 A1 (II-VI INC.) 2015年 9月 10日 (2015 - 09 - 10) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 108199767 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文	1-10	A	CN 107332101 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 说明书第[0140]-[0152]段, 图5	1-10	A	CN 202177385 U (中国计量学院) 2012年 3月 28日 (2012 - 03 - 28) 全文	1-10	A	CN 103199920 A (上海波汇通信科技有限公司等) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 全文	1-10	A	US 2015253217 A1 (II-VI INC.) 2015年 9月 10日 (2015 - 09 - 10) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 108199767 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文	1-10																		
A	CN 107332101 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 说明书第[0140]-[0152]段, 图5	1-10																		
A	CN 202177385 U (中国计量学院) 2012年 3月 28日 (2012 - 03 - 28) 全文	1-10																		
A	CN 103199920 A (上海波汇通信科技有限公司等) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 全文	1-10																		
A	US 2015253217 A1 (II-VI INC.) 2015年 9月 10日 (2015 - 09 - 10) 全文	1-10																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2019年 2月 27日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 3月 26日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>孙国辉</p> <p>电话号码 86-10-53961753</p>																		

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/123408

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108199767	A	2018年 6月 22日	无			
CN	107332101	A	2017年 11月 7日	WO	2019000876	A1	2019年 1月 3日
CN	202177385	U	2012年 3月 28日	无			
CN	103199920	A	2013年 7月 10日	CN	103199920	B	2016年 6月 8日
US	2015253217	A1	2015年 9月 10日	JP	6195999	B2	2017年 9月 13日
				US	9494484	B2	2016年 11月 15日
				JP	2017511637	A	2017年 4月 20日
				CN	106105061	A	2016年 11月 9日
				WO	2015138282	A1	2015年 9月 17日