

(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  
2015年7月9日 (09.07.2015)



(10) 国际公布号  
WO 2015/100635 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H04B 10/07 (2013.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/091161
- (22) 国际申请日: 2013年12月31日 (31.12.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 黄延穗 (HUANG, Yansui); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 周恩波 (ZHOU, Enbo); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY

AGENCY); 中国广东省深圳市国贸大厦 15 楼西座 1521 室, Guangdong 518014 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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)。

[见续页]

(54) Title: BROKEN FIBER DETECTION METHOD, DEVICE AND SYSTEM FOR DISTRIBUTED RAMAN OPTICAL AMPLIFIER

(54) 发明名称: 一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统

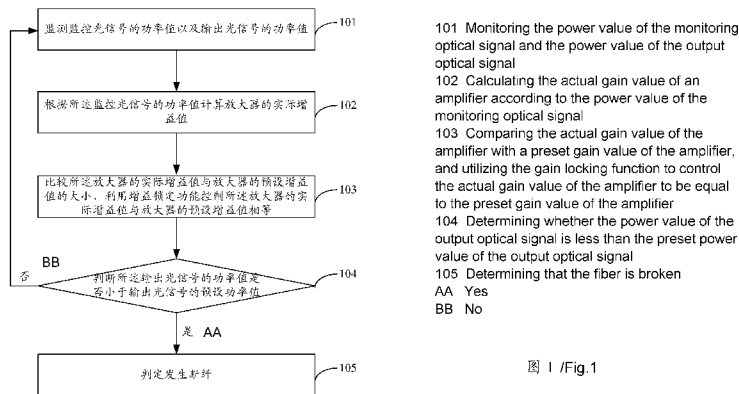


图 1 /Fig.1

(57) Abstract: Provided are a broken fiber detection method, device and system for a distributed Raman optical amplifier. When a fiber is broken, the power of an input signal light at the fiber breaking point instantly decreases; when the fiber breaking point is far away from an amplifier, the decrease in the input signal light causes decrease in the consumption of the pump light by the input signal light in the remaining optical fiber; increase in the power of the remaining pump light in the optical fiber causes increase in the actual gain value of the amplifier; the gain locking function of the amplifier takes effect to decrease the pump power of the pump light and maintain the gain of the amplifier substantially unchanged; the output optical power of the amplifier is quickly decreased along with decrease in the input optical power; when the power of the output optical signal is decreased below the preset power of the output optical signal, then determining that the fiber is broken; when the fiber breaking point is near the optical pump, the pump light cannot effectively amplify the input optical signal, and the power of the output optical signal quickly decreases because of the broken fiber; and when the output optical power is less than the preset power, then determining that the fiber is broken.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/100635 A1

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

本发明提供一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统，发生断纤时，断纤处输入信号光的功率迅速下降，断纤位置与放大器距离较远时，由于输入信号光减小，导致剩余光纤中输入信号光对泵浦光的消耗减小，光纤中剩余的泵浦光功率增加，使放大器的实际增益值增加，放大器的增益锁定功能发生作用，降低泵浦光的泵浦功率，维持放大器的增益基本不变，放大器输出光功率随输入光功率的减小而迅速下降，当输出光信号的功率下降到低于输出光信号的预设功率时，判定断纤；断纤位置与光泵浦距离较近时，由于断纤位置与光泵浦距离近，泵浦光无法对输入光信号有效放大，输出光信号的功率会因为断纤迅速下降，当输出光功率低于预设功率时，判定断纤。

## 一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统

### 技术领域

本发明涉及通信技术领域，特别是涉及一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统。

### 5 背景技术

随着光纤通信技术的发展，在通信链路中，分布式拉曼（Raman）光纤放大器以其串扰小、噪声低、频谱范围宽以及增益高等特点逐渐替代传统的分立式掺铒光纤放大器。分布式拉曼光纤放大器将高功率的泵浦光注入到通信链路的光纤中，利用受激拉曼散射效应对光纤中的光信号进行放大，从而实现光信号的远距离传输。由于分布式拉曼放大器注入光纤的泵浦光功率很高，若发生断纤，则从断纤处泄露的泵浦光很容易对人体造成伤害，因此，需要快速的检测到断纤，及时关闭放大器的泵浦激光器或把泵浦光功率降低到安全水平，保证通信系统安全运行。

在使用传统的分立式掺铒光纤放大器的通信链路中，只需要在放大器的输入端检测光纤传输过来的信号光的输出功率，当信号光的输出功率小于既定阈值时，表明信号光在传输过程中有泄露，就能判断该光纤发生断纤。

但是，在使用后向泵浦（泵浦光方向与信号光方向相反）的分布式拉曼放大器的通信链路中，分布式拉曼放大器会把泵浦光反向注入上游通信光纤中，利用通信光纤本身作为增益介质，通过拉曼散射效应对上游通信光纤中的信号光进行放大。当上游通信光纤发生断纤时，信号光泄露，但是通信光纤中的泵浦光会在光纤中产生自发辐射光，其中，自发辐射光中包括信号光波段，自发辐射光会不断放大，导致在放大器的输入端（上游通信光纤的输出端），还是能检测到功率较高的信号光波段的光信号。因此，无法采用在放大器的输入端或输出端检测信号光功率的方法检测断纤。

## 发明内容

有鉴于此，本发明实施例提供了一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统，利用增益锁定功能控制实际增益值与预设增益值相等，保证发生断纤时输出光信号功率明显低于链路正常工作时放大器的最低输出功率，实现断纤的准确判定。

本发明实施例第一方面提供一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法，应用于具有增益锁定功能的监控器，所述方法包括：

监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值，所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号；

根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值；

比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等；

判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

本发明实施例第一方面的第一种可能的实现方式中，所述方法还包括：当判定发生断纤时，向泵浦源发送关闭控制信号，控制泵浦源关闭或把泵浦功率降低到安全范围。

本发明实施例第一方面的第二种可能的实现方式中，所述方法还包括：监测泵浦源输出的泵浦光的功率值；

则所述根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值为：

根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

本发明实施例第一方面的第三种可能的实现方式中，所述根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值为：

根据所述监控光信号的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

本发明实施例第一方面的第四种可能的实现方式中，所述根据所述监

控光信号的功率值计算放大器的实际增益值为：

根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

5 结合本发明实施例第一方面至第一方面的第四种可能的实现方式，在第五种可能的实施方式中，所述比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等包括：

当所述放大器的实际增益值大于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送衰减控制信号，控制泵浦源减少泵浦光的功率；

10 当所述放大器的实际增益值小于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送增大控制信号，控制泵浦源增加泵浦光的功率。

本发明实施例第二方面提供一种分布式拉曼光放大器的断纤检测装置，所述方法包括：

15 第一监测模块，用于监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值，所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波段光信号和/或业务光信号带宽外短波段光信号；

计算模块，用于根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值；

20 第一控制模块，用于比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等；

检测模块，用于判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

本发明实施例第二方面的第一种可能的实现方式中，所述装置还包括：

25 第二控制模块，用于当判定发生断纤时，向泵浦源发送关闭控制信号，控制泵浦源关闭或把泵浦功率降低到安全范围。

本发明实施例第二方面的第二种可能的实现方式中，所述装置还包括：

第二监测模块，用于监测泵浦源输出的泵浦光的功率值；

则所述计算模块为：

第一计算单元，用于根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

本发明实施例第二方面的第三种可能的实现方式中，所述计算模块为：

5 第二计算单元，用于根据所述监控光信号的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

本发明实施例第二方面的第四种可能的实现方式中，所述计算模块为：

第三计算单元，用于根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

10 结合本发明实施例第二方面至第二方面的第四种可能的实现方式，在第五种可能的实现方式中，所述第一控制模块包括：

第一控制单元，用于当所述放大器的实际增益值大于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送衰减控制信号，控制泵浦源减少泵浦光的功率；

第二控制单元，用于当所述放大器的实际增益值小于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送增大控制信号，控制泵浦源增加泵浦光的功率。

15 本发明第三方面提供一种分布式拉曼光放大器的断纤检测系统，所述系统包括：

波分复用器，分路装置，泵浦源以及监控器；

波分复用器接收泵浦源输出的至少一路泵浦光，并将所接收的泵浦光反向注入通信光纤；波分复用器还接收输入光信号并传输至分路装置；

20 分路装置从输入光信号中滤波得到监控光信号，并将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号，所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号；

25 监控器监测所述监控光信号的功率值，并利用所述输出检测光信号监测所述输出光信号的功率值，根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值；比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等；判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

本发明实施例第三方面的第一种可能的实现方式中，所述分路装置包括：

一个波分复用器和一个光信号分路器依次相连；

一个波分复用器和一个光信号分路器依次相连；

5 波分复用器从输入光信号中滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号；

光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

10 本发明实施例第三方面的第二种可能的实现方式中，所述分路装置包括：

两个光信号分路器，一个滤波器；

一个光信号分路器将输出光信号分出第二预设比例的光作为滤波光信号，滤波器对滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号；

15 另一个光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

本发明实施例第三方面的第三种可能的实现方式中，所述分路装置包括：

两个波分复用器和一个光信号分路器依次相连；

20 两个波分复用器分别从输出光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和业务光信号带宽外短波端光信号；

光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

25 本发明实施例第三方面的第四种可能的实现方式中，所述分路装置包括：

三个光信号分路器，两个滤波器；

第一光信号分路器将输出光信号分出第二预设比例的光作为第一滤波光信号，第一滤波器对第一滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号；

第二光信号分路器将输出光信号分出第三预设比例的光作为第二滤波光信号，第二滤波器对第二滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外短波端光信号；

5 第三光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

结合本发明实施例第三方面至第三方面的第四种可能的实现方式，在第五种可能的实现方式中，所述系统还包括：

泵浦光分路装置，所述泵浦光分路装置包括至少一个光信号分路器，所述光信号分路器的个数与泵浦源中光泵浦的个数相同；

10 所述泵浦光分路装置中的每个光信号分路器将与其相连的泵浦源中的一个光泵浦输出的泵浦光分出第四预设比例的光作为泵浦检测光信号传输至监控器；

15 所述监控器根据泵浦光分路装置中的每个光信号分路器发送的泵浦检测光信号监测与其相连的光泵浦的泵浦光的功率值，根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

结合本发明实施例第三方面至第三方面的第五种可能的实现方式，在第六种可能的实现方式中，

所述监控器还用于根据所述监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

20 结合本发明实施例第三方面至第三方面的第五种可能的实现方式，在第七种可能的实现方式中，

所述监控器还用于根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

由上述内容可知，本发明有如下有益效果：

25 本发明实施例提供了一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统，发生断纤时，断纤处输入信号光功率迅速下降。若断纤位置与放大器距离较远时，由于输入信号光减小，导致剩余光纤中输入信号光对泵浦光的消耗减小，造成光纤中剩余的泵浦光功率增加，使放大器的实际增益增加，放大器的增益锁定功能或增益锁定装置迅速发生作用，降低泵浦

光的泵浦功率，维持放大器的增益基本不变，由于放大器的增益不变，放大器输出端的输出信号光的输出功率随断纤造成输入信号光功率的减小而迅速地下降，当输出信号光的功率下降到低于预设功率（小于或等于放大器正常工作的最低输出功率）时，判定光纤链路发生故障；若断纤位置与光泵浦距离较近时，由于断纤位置与光泵浦距离近，泵浦光无法对输入光信号进行有效放大，输出光信号的功率会因为断纤迅速下降，当输出光信号功率低于预设功率时，判定光纤链路发生故障。判定光纤链路发生故障后，启动安全保护程序，关闭泵浦光或把泵浦光功率降低到安全范围。本发明实施例采用增益锁定功能抑制泵浦光在光纤中自发辐射产生的光信号的影响，使断纤时放大器的输出光功率明显低于放大器正常工作的输出光功率，实现对链路故障的检测。

若没有增益锁定功能，发生断纤时，虽然输入光信号的功率迅速下降，由于泵浦光功率不变，泵浦光在光纤中产生的自发辐射光包括输入光信号的波段，泵浦光自发辐射所产生的输入光信号波段的自发辐射光被不断放大，光纤输出端仍可以检测到较高的输出光信号的功率，该光功率接近甚至高于放大器正常工作时的最低输出功率。而有增益锁定功能时，随着输入光信号的功率的降低，增益控制装置控制泵浦光功率不断减小，泵浦光所产生的自发辐射光的功率不断减小，自发辐射光中输入光信号波段的光功率也不断减小，从而减小了泵浦光在光纤中自发辐射产生的光信号的影响，使断纤时的输出光信号的功率明显低于放大器正常工作时的最低输出功率，实现对链路故障的判断。

## 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他的附图。

图 1 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法实施例一流程

图;

图 2 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法实施例二流程图;

图 3 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测装置实施例三结构示意图;

图 4 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测装置实施例四结构示意图;

图 5 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测系统实施例五结构示意图;

图 6 为本发明分路装置第一种可能的结构示意图;

图 7 为本发明分路装置第二种可能的结构示意图;

图 8 为本发明分路装置第三种可能的结构示意图;

图 9 为本发明分路装置第四种可能的结构示意图;

图 10 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测系统中包括泵浦光分路装置结构示意图。

## 具体实施方式

本发明实施例提供了一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法、装置及系统，利用增益锁定功能控制实际增益值与预设增益值相等，保证发生断纤时输出光信号的功率迅速下降，减小泵浦光在光纤中自发辐射产生的光信号的影响，实现对断纤的快速检测。

下面结合附图对本发明实施例进行具体说明。

### 实施例一

图 1 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法实施例一流程图，所述方法包括：

步骤 101：监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值。

所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波段光信号和/或业务光信号带宽外短波段光信号。

在通信系统中，业务信号光的波段一般可以在 1529~1561nm 之间，处

在波长小于比 1529nm 小几十到一百纳米的光信号作为业务光信号带宽外短波端光信号，如采用 1521~1523nm 处的光信号作为业务光信号带宽外短波端光信号；处在波长大于比 1561nm 大几十到几百纳米的光信号为业务光信号带宽外长波端光信号，如 1570~1580nm 处的光信号作为业务光信号带宽外长波端光信号。一般情况下，设置业务光信号带宽外短波端光信号以及业务光信号带宽外长波端光信号时，不能离业务光信号带宽太近，这样会对业务光信号有干扰；也不能离业务光信号带宽太远，这样监控光信号的功率会太小，根据实际应用的情况选取合适的波长区间作为监控光信号。

5 业务信号光还可以在 1300~1320nm 之间，处在波长比 1300nm 小几十到几百纳米的光信号作为业务光信号带宽外短波端光信号，处在波长比 1320nm 大几十到几百纳米的光信号为业务光信号带宽外长波端光信号。业务信号光还可以在 1525~1565nm 之间，处在波长比 1525nm 小几十到几百纳米的光信号作为业务光信号带宽外短波端光信号，处在波长比 1565nm 大几十到几百纳米的光信号作为业务光信号带宽外长波段光信号。业务信号光还可以在 1570~1610nm 之间，处在波长比 1570nm 小几十到几百纳米的光信号作为业务光信号带宽外短波端光信号，处在波长比 1610nm 大几十到几百纳米的光信号作为业务光信号带宽外长波段光信号。

10 监测监控光信号的功率值和输出光信号的功率值可以采用多种方式，这里给出两种可能的实施方式：

第一种可能的实施方式：

直接监测监控光信号的功率值和输出光信号的功率值，接收对输出光信号滤波得到的监控光信号，直接测量监控光信号的功率值；直接测量输出光信号的功率值；

25 第二种可能的实施方式：

间接监测监控光信号的功率值和输出光信号的功率值，从输出光信号中分出预设比例的光信号，从对预设比例的光信号滤波得到预设比例的监控光信号，测量预设比例的监控光信号间接获得监控光信号的功率值；从输出光信号中分出另一预设比例的光信号，测量另一预设比例的光信号的

功率间接获得输出光信号的功率值。

这里需要说明的是，并不仅限于上述两种监控光信号的功率和输出光信号的功率的实施方式，还可以采用其他的监测方法，这里不再一一赘述。

步骤 102: 根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

5 所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号。所述业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号可以是业务光信号边沿的 ASE (Amplified spontaneous emission) 光信号，也可以是在业务光信号带宽外加入的一个标记光信号。

10 ASE 的功率在光信号的输入端极小，可以忽略不计，经过泵浦光放大后，输出光信号中的 ASE 与放大器的增益近似呈线性关系，根据输出光信号中的 ASE 的功率值即可计算放大器的实际增益值，在实际应用中，可以利用业务光信号带宽外短波端光信号中的  $ASE_1$  和业务光信号带宽外长波端光信号中的  $ASE_2$  中的任意一种或两种的功率值计算放大器的实际增益值，采用  $ASE_1$  和  $ASE_2$  两个光信号的功率比采用任意一个光信号的功率计算出的实际增益值更准确。

15 公式(1)至公式(2)为利用业务光信号带宽外短波端光信号中的  $ASE_1$  和业务光信号带宽外长波端光信号中的  $ASE_2$  中的任意一种计算放大器的实际增益值的计算方法：

$$20 \quad Gain_1 = A_1 \times ASE_1 + F_1 \quad (1)$$

$$Gain_2 = A_2 \times ASE_2 + F_2 \quad (2)$$

其中， $Gain_1$  为业务光信号短波端光信号的实际增益值， $ASE_1$  为业务光信号带宽外短波端光信号的功率值， $A_1$ 、 $F_1$  为在光信号带宽外短波端的系统参数； $Gain_2$  为业务光信号长波端光信号的实际增益值， $ASE_2$  为业务光信号带宽外长波端光信号的功率值， $A_2$ 、 $F_2$  为在光信号带宽外短波端的系统参数。

其中，放大器系统参数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  采用下述方法进行确定：

1) 控制放大器的泵浦功率，使放大器的增益为  $Gain_{ij}$  ( $i=1,2$ ;  $j=1,2,\dots$ )

时，获得并记下此时监控信道的功率  $ASE_{1j}$ ， $ASE_{2j}$ ；

2) 重复步骤 1) (每次  $j$  加 1)，获得足够多的  $Gain_{ij}$  ( $i=1,2$ ;  $j=1,2,\dots$ )，以及其对应的监控信道功率  $ASE_{1j}$ ， $ASE_{2j}$ ，直到  $Gain_{ij}$  覆盖了放大器正常工作时的所有或者大部分增益值；

5 3) 用公式

$$Gain_{1j} = A_{1j} \times ASE_{1j} + F_{1j}$$

$$Gain_{2j} = A_{2j} \times ASE_{2j} + F_{2j}$$

对上面的在  $j$  的方向上的数据进行拟合，可获得系数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ ，拟合方法可使用最小二乘法或其它已知的数学方法。

10 对通过上面步骤获得的数据进行拟合，可获得系数  $A_i$ 、 $F_i$  ( $i=1,2,\dots$ )，拟合方法可使用最小二乘法或其他已知的数学方法。

公式(3)至公式(4)为利用业务光信号带宽外短波端光信号中的  $ASE_1$  和业务光信号带宽外长波端光信号中的  $ASE_2$  计算放大器的实际增益值的计算方法：

15  $Gain_1 = A_1 \times ASE_1 + B_1 \times ASE_2 + F_1$  (3)

$$Gain_2 = A_2 \times ASE_1 + B_2 \times ASE_2 + F_2$$
 (4)

其中， $Gain_1$  为业务光信号短波端光信号的实际增益值， $ASE_1$  为业务光信号带宽外短波端光信号的功率值， $A_1$ 、 $B_1$ 、 $F_1$ 、为在光信号带宽外短波端的系统参数； $Gain_2$  为业务光信号长波端光信号的实际增益值， $ASE_2$  为业务光信号带宽外长波端光信号的功率值， $A_2$ 、 $B_2$ 、 $F_2$  为在光信号带宽外短波端的系统参数。

其中，放大器系统参数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  采用下述方法进行确定：

1) 控制放大器的泵浦功率，使放大器的增益为  $Gain_{ij}$  ( $i=1,2$ ;  $j=1,2,\dots$ )  
25 时，获得并记下此时监控信道的功率  $ASE_{1j}$ ， $ASE_{2j}$ ；

2) 重复步骤 1) (每次  $j$  加 1)，获得足够多的  $Gain_{ij}$  ( $i=1,2$ ;  $j=1,2,\dots$ )，以及其对应的监控信道功率  $ASE_{1j}$ ， $ASE_{2j}$ ，直到  $Gain_{ij}$  覆盖了放大器正常工作时的所有或者大部分增益值；

3) 用公式

$$Gain_{1j} = A_{1j} \times ASE_{1j} + B_{1j} \times ASE_{1j} + F_{1j}$$

$$Gain_{2j} = A_{2j} \times ASE_{2j} + B_{2j} \times ASE_{2j} + F_{2j}$$

对通过上面步骤获得的数据在  $j$  的方向上进行拟合, 可获得系数  $A_1$ 、  
5  $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  拟合方法可使用最小二乘法或其他已知的数学方法。

业务光信号带宽外加入的一个标记光信号, 已知业务光信号的输入端  
处标记光信号的功率值, 监测输出光信号中标记光信号的功率值, 即可算  
出放大器的实际增益值。

在计算放大器的实际增益值时, 为了得到更准确的实际增益值, 可以  
10 利用公式 (5) 个公式 (6) 根据所述监控光信号的功率值以及所述输出光  
信号的功率值计算实际增益值。将输出光信号的功率作为计算实际增益值  
的参数之一, 可以增加实际增益值的精确度。

$$Gain_1 = A_1 \times ASE_1 + B_1 \times ASE_2 + C_1 \times OUT + F_1 \quad (5)$$

$$Gain_2 = A_2 \times ASE_1 + B_2 \times ASE_2 + C_2 \times OUT + F_2 \quad (6)$$

15 其中,  $Gain_1$  为业务光信号短波端光信号的实际增益值,  $ASE_1$  为业务光  
信号带宽外短波端光信号的功率值,  $OUT$  为输出光信号的功率值,  $A_1$ 、 $B_1$ 、  
 $C_1$ 、 $F_1$  为在光信号带宽外短波端的系统参数;  $Gain_2$  为业务光信号长波端光  
信号的实际增益值,  $ASE_2$  为业务光信号带宽外长波端光信号的功率值,  $A_2$ 、  
 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $F_2$  为在光信号带宽外短波端的系统参数。

20 其中, 放大器系统参数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  采用下述方  
法进行确定:

1) 控制放大器的泵浦功率, 使放大器的增益为  $Gain_{ij}$  ( $i=1,2$ ;  $j=1,2,\dots$ )  
时, 获得并记下此时监控信道的功率  $ASE_{1j}$ ,  $ASE_{2j}$ ;

2) 重复步骤 1) (每次  $j$  加 1), 获得足够多的  $Gain_{ij}$  ( $i=1,2$ ;  $j=1,2,\dots$ ),  
25 以及其对应的监控信道功率  $ASE_{1j}$ ,  $ASE_{2j}$ , 直到  $Gain_{ij}$  覆盖了放大器正常  
工作时的所有或者大部分增益值;

## 3) 用公式

$$Gain_{1j} = A_{1j} \times ASE_{1j} + B_{1j} \times ASE_{1j} + C_{1j} \times OUT + F_{1j}$$

$$Gain_{2j} = A_{2j} \times ASE_{2j} + B_{2j} \times ASE_{2j} + C_{2j} \times OUT + F_{2j}$$

对通过上面步骤获得的数据在 j 的方向上进行拟合, 可获得系数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ , 拟合方法可使用最小二乘法或其他已知的数学方法。

步骤 103: 比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小, 利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等。

10 利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益与放大器的预设增益值相等主要包括:

当所述放大器的实际增益值大于放大器的预设增益值时, 向泵浦源发送衰减控制信号, 控制泵浦源减少泵浦光的功率;

15 当所述放大器的实际增益值小于放大器的预设增益值时, 向泵浦源发送增大控制信号, 控制泵浦源增加泵浦光的功率。

发生断纤时, 断纤处输入信号光功率迅速下降。若断纤位置与放大器距离较远时, 由于输入信号光减小, 导致剩余光纤中输入信号光对泵浦光的消耗减小, 造成光纤中剩余的泵浦光功率增加, 使放大器的实际增益增加, 放大器的增益锁定功能或增益锁定装置迅速发生作用, 降低泵浦光的泵浦功率, 维持放大器的增益基本不变, 由于放大器的增益不变, 放大器输出端的输出信号光的输出功率随断纤造成输入信号光功率的减小而迅速地下降, 当输出信号光的功率下降到低于预设功率 (小于或等于放大器正常工作的最低输出功率) 时, 判定光纤链路发生故障; 若断纤位置与光泵浦距离较近时, 由于断纤位置与光泵浦距离近, 泵浦光无法对输入光信号进行有效放大, 输出光信号的功率会因为断纤迅速下降, 当输出光信号功率低于预设功率时, 判定光纤链路发生故障。判定光纤链路发生故障后, 启动安全保护程序, 关闭泵浦光或把泵浦光功率降低到安全范围。本发明实施例采用增益锁定功能抑制泵浦光在光纤中自发辐射产生的光信号的影响

响,使断纤时放大器的输出光功率明显低于放大器正常工作的输出光功率,实现对链路故障的检测。

若没有增益锁定功能,发生断纤时,虽然输入光信号的功率迅速下降,由于泵浦光功率不变,泵浦光在光纤中产生的自发辐射光包括输入光信号的波段,泵浦光自发辐射所产生的输入光信号波段的自发辐射光被不断放大,光纤输出端仍可以检测到较高的输出光信号的功率,该光功率接近甚至高于放大器正常工作时的最低输出功率。而有增益锁定功能时,随着输入光信号的功率的降低,增益控制装置控制泵浦光功率不断减小,泵浦光所产生的自发辐射光的功率不断减小,自发辐射光中输入光信号波段的光功率也不断减小,从而减小了泵浦光在光纤中自发辐射产生的光信号的影响,使断纤时的输出光信号的功率明显低于放大器正常工作时的最低输出功率,实现对链路故障的判断。

步骤 104: 判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值,如果是,执行步骤 105; 如果否,返回步骤 101。

步骤 105: 判定发生断纤。

当输出光信号的功率值小于输出光信号的预设功率值时,表示发生断纤,即可判定发生断纤; 当输出光信号的功率值不小于输出光信号的预设功率值时,返回步骤 101,继续监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值。

由上述内容可知,本发明有如下有益效果:

发生断纤时,断纤处输入信号光功率迅速下降。若断纤位置与放大器距离较远时,由于输入信号光减小,导致剩余光纤中输入信号光对泵浦光的消耗减小,造成光纤中剩余的泵浦光功率增加,使放大器的实际增益增加,放大器的增益锁定功能或增益锁定装置迅速发生作用,降低泵浦光的泵浦功率,维持放大器的增益基本不变,由于放大器的增益不变,放大器输出端的输出信号光的输出功率随断纤造成输入信号光功率的减小而迅速地下降,当输出信号光的功率下降到低于预设功率(小于或等于放大器正常工作的最低输出功率)时,判定光纤链路发生故障; 若断纤位置与光泵浦距离较近时,由于断纤位置与光泵浦距离近,泵浦光无法对输入光信号

进行有效放大，输出光信号的功率会因为断纤迅速下降，当输出光信号功率低于预设功率时，判定光纤链路发生故障。判定光纤链路发生故障后，启动安全保护程序，关闭泵浦光或把泵浦光功率降低到安全范围。本发明实施例采用增益锁定功能抑制泵浦光在光纤中自发辐射产生的光信号的影响，使断纤时放大器的输出光功率明显低于放大器正常工作的输出光功率，实现对链路故障的检测。

### 实施例二

图 2 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法实施例二流程图，与实施例一相比，实施例二还包括监测泵浦光的功率值，所述方法包括：

步骤 201：监测监控光信号的功率值、输出光信号的功率值以及泵浦源输出的泵浦光的功率值。

所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波段光信号和/或业务光信号带宽外短波段光信号。监测监控光信号的功率值、输出光信号的功率值与实施例一类似，这里不再赘述。

监测泵浦源输出泵浦光的功率值，泵浦源中包括至少一个光泵浦，要分别监测每个光泵浦输出的泵浦光的功率值。可以直接监测泵浦源输出的泵浦光的功率值，也可以间接监测泵浦源输出的泵浦光的功率值。

间接监测泵浦源输出的泵浦光的功率值时，分别接收每个泵浦光的预设比例的光信号，监测预设比例的光信号的功率间接获得每个泵浦光的功率值。其中，每个泵浦光的预设比例可以相同，也可以不同，根据实际需要进行设定。

步骤 202：根据所述监控光信号以及所述泵浦光的功率计算放大器的实际增益值。

将泵浦光的功率值作为计算实际增益值的一个参数，可以得到更精确的实际增益值。

利用公式 (7) 和公式 (8) 计算放大器的实际增益值：

$$Gain_1 = A_1 \times ASE_1 + B_1 \times ASE_2 + D_1 \times PUMP_1 + E_1 \times PUMP_2 + F_1 \quad (7)$$

$$Gain_2 = A_2 \times ASE_1 + B_2 \times ASE_2 + D_2 \times PUMP_1 + E_2 \times PUMP_2 + F_2 \quad (8)$$

其中,  $Gain_1$  为业务光信号短波端光信号的实际增益值,  $ASE_1$  为业务光信号带宽外短波端光信号的功率值,  $PUMP_1$  为业务光信号带宽外短波端的泵浦光的功率值,  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $D_1$ 、 $E_1$ 、 $F_1$  为在光信号带宽外短波端的系统参数;  
5  $Gain_2$  为业务光信号长波端光信号的实际增益值,  $ASE_2$  为业务光信号带宽外长波端光信号的功率值,  $PUMP_2$  为业务光信号带宽外长波端的泵浦光的功率值,  $A_2$ 、 $B_2$ 、 $D_2$ 、 $E_2$ 、 $F_2$  为在光信号带宽外短波端的系统参数。

其中, 系数  $D_1$  和  $D_2$  的可以采用实施例一中的最小二乘拟合方法确定。

在实际应用中, 为了使实际增益值更精确, 还可以采用公式(9)和(10)  
10 根据监控光信号的功率、泵浦光功率以及输出光信号的功率计算实际增益值。

$$Gain_1 = A_1 \times ASE_1 + B_1 \times ASE_2 + C_1 \times OUT + D_1 \times PUMP_1 + E_1 \times PUMP_2 + F_1 \quad (9)$$

$$Gain_2 = A_2 \times ASE_1 + B_2 \times ASE_2 + C_2 \times OUT + D_2 \times PUMP_1 + E_2 \times PUMP_2 + F_2 \quad (10)$$

其中,  $Gain_1$  为业务光信号短波端光信号的实际增益值,  $ASE_1$  为业务光  
15 信号带宽外短波端光信号的功率值,  $OUT$  为输出光信号的功率值,  $PUMP_1$  为业务光信号带宽外短波端的泵浦光的功率值,  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$ 、 $E_1$ 、 $F_1$  为在光信号带宽外短波端的系统参数;  
 $Gain_2$  为业务光信号长波端光信号的实际增益值,  $ASE_2$  为业务光信号带宽外长波端光信号的功率值,  $PUMP_2$  为业务光信号带宽外长波端的泵浦光的功率值,  $A_2$ 、 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $D_2$ 、 $E_2$ 、 $F_2$  为在光  
20 信号带宽外短波端的系统参数。

这里需要说明的是, 本发明中的放大器的系统参数  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$ 、 $E_1$ 、 $F_1$  以及  $A_2$ 、 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $D_2$ 、 $E_2$ 、 $F_2$  在不同的放大器系统中的值不同, 根据实际情况进行设定。

其中, 系数  $E_1$  和  $E_2$  的可以采用实施例一中的最小二乘拟合方法确定。

25 步骤 203: 比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小, 利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等。

步骤 204: 判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设

功率值，如果是，执行步骤 205；如果否，返回步骤 201。

步骤 205：判定发生断纤。

步骤 203 与步骤 205 与实施例一类似，参考实施例一的描述，这里不再赘述。

5 步骤 206：当判定发生断纤时，向泵浦源发送关闭控制信号，控制泵浦源关闭或把泵浦功率降低到安全范围。

当发生断纤时，为了防止高功率的泵浦光信号在断纤处泄露对人体造成伤害，需要控制关闭泵浦源或把泵浦功率降低到安全范围。

实际应用中，所述方法还包括：

10 步骤 207：关闭泵浦源后，实时监测输出光信号的功率值。

步骤 208：判断输出光信号的功率值是否大于噪声功率阈值，如果是，执行步骤 209；如果否，返回步骤 207。

步骤 209：向泵浦源发送开启控制信号，控制泵浦源开启并增大泵浦源输出的泵浦光的功率。

15 关闭泵浦源后，实时监测输出光信号的功率，当断纤修复后，通信链路重新接通时，监测到输出光信号的功率不断增大，当输出光信号的功率超过噪声阈值时，表示所监测到的输出光信号不是噪声，而是输入光信号，控制开启泵浦源，并增大泵浦源输出的泵浦光的功率，使放大器的实际增益值等于预设增益值。

20 当监测到的输出光信号的功率小于噪声阈值时，表示所监测到的是噪声，返回步骤 207 继续实时监测。这里需要说明的是，预设噪声阈值可以根据实际需要自行设置阈值的大小，这里不进行具体限定。

由上述内容可知，本发明还有如下有益效果：

25 本发明实施例还可以在判定发生断纤时，自动控制关闭泵浦源或把泵浦功率降低到安全范围，防止泵浦源输出的高功率的泵浦光由断纤处泄露给人体带来伤害；还可以在关闭泵浦源后，实时监测输出光信号的功率，当输出光信号的功率大于噪声功率阈值时，表示通信链路恢复，自动控制开启泵浦源，增大泵浦光的功率，使放大器的实际增益值等于预设增益值，实现了自动链路恢复。

### 实施例三

图 3 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测装置实施例三结构示意图，是与实施例一所述方法所对应的装置，所述装置包括：

5 第一监测模块 301，用于监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值。

所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波段光信号和/或业务光信号带宽外短波段光信号。

10 计算模块 302，用于根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

可选的，所述计算模块 302 为：

第二计算单元，用于根据所述监控光信号的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

15 第一控制模块 303，用于比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等。

检测模块 304，用于判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

20 当输出光信号功率值不小于输出光信号的预设功率时值，未发生断纤，返回第一监测模块 301 继续监测。

此处与实施例一类似，参考实施例一的描述，这里不再赘述。

### 实施例四

25 图 4 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测装置实施例四结构示意图，是与实施例二所述方法所对应的装置，所述装置包括：

第一监测模块 301，用于监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值。

所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波

端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号。

第二监测模块 401，用于监测泵浦源输出的泵浦光的功率值。

第一监测模块 301 和第二监测模块 401 可以是同一个监测模块，也可以是不同的监测模块。

5 第一计算单元 402，用于根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

第一控制模块 303，用于比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等。

10 可选的，所述第一控制模块 303 包括：

第一控制单元，用于当所述放大器的实际增益值大于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送衰减控制信号，控制泵浦源减少泵浦光的功率；

第二控制单元，用于当所述放大器的实际增益值小于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送增大控制信号，控制泵浦源增加泵浦光的功率。

15 检测模块 304，用于判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

第二控制模块 403，用于当判定发生断纤时，向泵浦源发送关闭控制信号，控制泵浦源关闭或把泵浦功率降低到安全范围。

在实际使用中，所述装置还包括：

20 第三监测模块 404，用于关闭泵浦源后，实时监测输出光信号的功率值。

第三控制模块 405，用于判断输出光信号的功率值是否大于噪声功率阈值，如果是，向泵浦源发送开启控制信号。

25 当输出光信号的功率不大于噪声功率阈值时，返回第三监测模块 404 继续监测。

此处与实施例二类似，参考实施例二的描述，这里不再赘述。

## 实施例五

图 5 为本发明一种分布式拉曼光放大器的断纤检测系统实施例五结构

示意图，所述系统包括：

波分复用器 501，分路装置 502，泵浦源 503 以及监控器 504。

波分复用器 501 接收泵浦源 503 输出的至少一路泵浦光，并将所接收的泵浦光反向注入通信光纤；波分复用器 501 还接收输入光信号并传输至  
5 分路装置 502。

分路装置 502 从输入光信号中滤波得到监控光信号，并将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号。

10 所述分路装置 502 有四种可能的结构：

第一种可能的结构如图 6 所示，所述分路装置 502 包括：

一个波分复用器 601 和一个光信号分路器 602 依次相连。

波分复用器 601 从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号。

15 波分复用器 601 将滤波所得的业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号传输至监控器 504，以便监控器 504 监测业务光信号带宽外短波端光信号或业务光信号带宽外长波端光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

光信号分路器 602 将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测  
20 光信号。

这里需要说明的是第一预设比例可以根据实际需要进行设置，监测检测光信号的功率，即可根据第一预设比例获得输出光信号的功率。一般情况下，第一预设比例不超过 10%，以免影响输出信号对数据的传输。

第二种可能的结构如图 7 所示，所述分路装置 502 包括：

25 两个光信号分路器 701 和 702，一个滤波器 703。

一个光信号分路器 701 将输出光信号分出第二预设比例的光作为滤波光信号，滤波器 703 对滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号。

光信号分路器 701 将输出光信号按照第二预设比例分光得到滤波光信

号, 第二预设比例可以根据实际需要具体设置, 一般情况下不超过 10%, 滤波器从滤波光信号中滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号, 监控器 504 再根据第二预设比例可以监测到输出光信号中业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号的功率值。

另一个光信号分路器 702 将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

第三种可能的结构如图 8 所示, 所述分路装置 502 包括:

两个波分复用器和一个光信号分路器依次相连。

两个波分复用器分别从输出光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和业务光信号带宽外短波端光信号。

波分复用器 801, 波分复用器 802 以及光信号分路器 803 依次相连。

波分复用器 801 从输出光信号中滤波得到业务光信号带宽外短波端光信号, 波分复用器 802 从输出光信号中滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号 ASE2。波分复用器 801 和波分复用器 802 将滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和业务光信号带宽外短波端光信号输出至监控器 504, 以便监控器根据业务光信号带宽外长波端光信号和业务光信号带宽外短波端光信号计算得到放大器的实际增益值, 上述方法比采用业务光信号带宽外长波端光信号和业务光信号带宽外短波端光信号其中一个计算得到的实际增益值精确度高。

光信号分路器 803 将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

第四种可能的结构如图 9 所示, 所述分路装置 502 包括:

三个光信号分路器 901、902 和 903, 两个滤波器 904 和 905;

第一光信号分路器 901 将输出光信号分出第二预设比例的光作为第一滤波光信号, 第一滤波器 904 对第一滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外短波端光信号。

第二光信号分路器 902 将输出光信号分出第三预设比例的光作为第二滤波光信号, 第二滤波器 905 对第二滤波光信号滤波得到业务光信号带宽

外长波端光信号。

第三光信号分路器 903 将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

第二预设比例和第三预设比例可以根据实际需要具体设定，第二预设比例与第三预设比例可以相同，也可以不同。

5 监控器监测所述监控光信号的功率值，并利用所述输出检测光信号监测所述输出光信号的功率值，根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值；比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等；判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，10 如果是，判定发生断纤。

可选的，所述监控器还可以根据监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

15 可选的，所述监控器还用于关闭泵浦源后，实时监测输出光信号的功率值；判断输出光信号的功率值是否大于噪声功率阈值，如果是，向泵浦源发送开启控制信号。

可选的，所述系统还包括：

泵浦光分路装置，所述泵浦光分路装置包括至少一个光信号分路器，所述光信号分路器的个数与泵浦源中光泵浦的个数相同。

20 所述泵浦光分路装置中的每个光信号分路器将与其相连的泵浦源中的一个光泵浦输出的泵浦光分出第四预设比例的光作为泵浦检测光信号传输至监控器。

25 如图 10 所示，泵浦光分路装置包括光信号分路器 1001 和光信号分路器 1003。光信号分路器 1001 按照第四预设比例对光泵浦 1002 输出的泵浦光分光得到第一泵浦检测光信号；光信号分路器 1002 按照第四预设比例对光泵浦 1004 输出的泵浦光分光得到第二泵浦检测光信号。这里需要说明的是，光信号分路器和光泵浦也可以都只有一个，还可以都有三个以上，不仅限于图 10 所示的都只有两个，可以根据实际情况具体设定。

所述监控器根据泵浦光分路装置中的每个光信号分路器发送的泵浦检

测光信号监测与其相连的光泵浦的泵浦光的功率值，根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

将泵浦源中所有光泵浦的泵浦光的功率作为计算实际增益值的一个参数，可以提高计算实际增益值的准确度。

- 5 在实际使用中，所述监控器还用于根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值，进一步提高放大器的实际增益值的计算精确度。

- 10 显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

## 权 利 要 求

1、一种分布式拉曼光放大器的断纤检测方法，其特征在于，应用于具有增益锁定功能的监控器，所述方法包括：

5 监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值，所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号；

根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值；

比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等；

10 判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

当判定发生断纤时，向泵浦源发送关闭控制信号，控制泵浦源关闭或把泵浦功率降低到安全范围。

15 3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

监测泵浦源输出的泵浦光的功率值；

则所述根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值为：

根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

20 4、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值为：

根据所述监控光信号的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

25 5、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值为：

根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

6、根据权利要求1-5任意一项所述的方法，其特征在于，所述比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能

控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等包括:

当所述放大器的实际增益值大于放大器的预设增益值时, 向泵浦源发送衰减控制信号, 控制泵浦源减少泵浦光的功率;

5 当所述放大器的实际增益值小于放大器的预设增益值时, 向泵浦源发送增大控制信号, 控制泵浦源增加泵浦光的功率。

7、一种分布式拉曼光放大器的断纤检测装置, 其特征在于, 所述方法包括:

10 第一监测模块, 用于监测监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值, 所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波段光信号和/或业务光信号带宽外短波段光信号;

计算模块, 用于根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值;

15 第一控制模块, 用于比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小, 利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等;

检测模块, 用于判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值, 如果是, 判定发生断纤。

8、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述装置还包括:

20 第二控制模块, 用于当判定发生断纤时, 向泵浦源发送关闭控制信号, 控制泵浦源关闭或把泵浦功率降低到安全范围。

9、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述装置还包括:

第二监测模块, 用于监测泵浦源输出的泵浦光的功率值;

则所述计算模块为:

25 第一计算单元, 用于根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

10、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述计算模块为:

第二计算单元, 用于根据所述监控光信号的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

11、根据权利要求7所述的装置, 其特征在于, 所述计算模块为:

第三计算单元，用于根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

12、根据权利要求 7-11 任意一项所述的装置，其特征在于，所述第一控制模块包括：

5 第一控制单元，用于当所述放大器的实际增益值大于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送衰减控制信号，控制泵浦源减少泵浦光的功率；

第二控制单元，用于当所述放大器的实际增益值小于放大器的预设增益值时，向泵浦源发送增大控制信号，控制泵浦源增加泵浦光的功率。

第三监测模块，用于关闭泵浦源后，实时监测输出光信号的功率；

10 第三控制模块，用于判断输出光信号的功率是否大于噪声功率阈值，如果是，向泵浦源发送开启控制信号，控制泵浦源开启并增大泵浦源输出的泵浦光的功率。

13、一种分布式拉曼光放大器的断纤检测系统，其特征在于，所述系统包括：

15 波分复用器，分路装置，泵浦源以及监控器；

波分复用器接收泵浦源输出的至少一路泵浦光，并将所接收的泵浦光反向注入通信光纤；波分复用器还接收输入光信号并传输至分路装置；

20 分路装置从输入光信号中滤波得到监控光信号，并将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号，所述监控光信号为从输入光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和/或业务光信号带宽外短波端光信号；

25 监控器监测所述监控光信号的功率值，并利用所述输出检测光信号监测所述输出光信号的功率值，根据所述监控光信号的功率值计算放大器的实际增益值；比较所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值的大小，利用增益锁定功能控制所述放大器的实际增益值与放大器的预设增益值相等；判断所述输出光信号的功率值是否小于输出光信号的预设功率值，如果是，判定发生断纤。

14、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述分路装置包括：

一个波分复用器和一个光信号分路器依次相连；

波分复用器从输入光信号中滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号；

光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

5 15、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述分路装置包括：  
两个光信号分路器，一个滤波器；

一个光信号分路器将输出光信号分出第二预设比例的光作为滤波光信号，滤波器对滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号或业务光信号带宽外短波端光信号；

10 另一个光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

16、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述分路装置包括：  
两个波分复用器和一个光信号分路器依次相连；

15 两个波分复用器分别从输出光信号中滤波得到的业务光信号带宽外长波端光信号和业务光信号带宽外短波端光信号；

光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

17、根据权利要求 13 所述的系统，其特征在于，所述分路装置包括：  
三个光信号分路器，两个滤波器；

20 第一光信号分路器将输出光信号分出第二预设比例的光作为第一滤波光信号，第一滤波器对第一滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外长波端光信号；

25 第二光信号分路器将输出光信号分出第三预设比例的光作为第二滤波光信号，第二滤波器对第二滤波光信号滤波得到业务光信号带宽外短波端光信号；

第三光信号分路器将输出光信号分出第一预设比例的光作为输出检测光信号。

18、根据权利要求 13-17 任意一项所述的系统，其特征在于，所述系统还包括：

泵浦光分路装置，所述泵浦光分路装置包括至少一个光信号分路器，所述光信号分路器的个数与泵浦源中光泵浦的个数相同；

所述泵浦光分路装置中的每个光信号分路器将与其相连的泵浦源中的一个光泵浦输出的泵浦光分出第四预设比例的光作为泵浦检测光信号传输至监控器；

所述监控器根据泵浦光分路装置中的每个光信号分路器发送的泵浦检测光信号监测与其相连的光泵浦的泵浦光的功率值，根据所述监控光信号的功率值以及所述泵浦光的功率值计算放大器的实际增益值。

19、根据权利要求 18 所述的系统，其特征在于，  
10 所述监控器还用于根据所述监控光信号的功率值以及输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

20、根据权利要求 18 所述的系统，其特征在于，  
15 所述监控器还用于根据所述监控光信号的功率值、所述泵浦光的功率值以及所述输出光信号的功率值计算放大器的实际增益值。

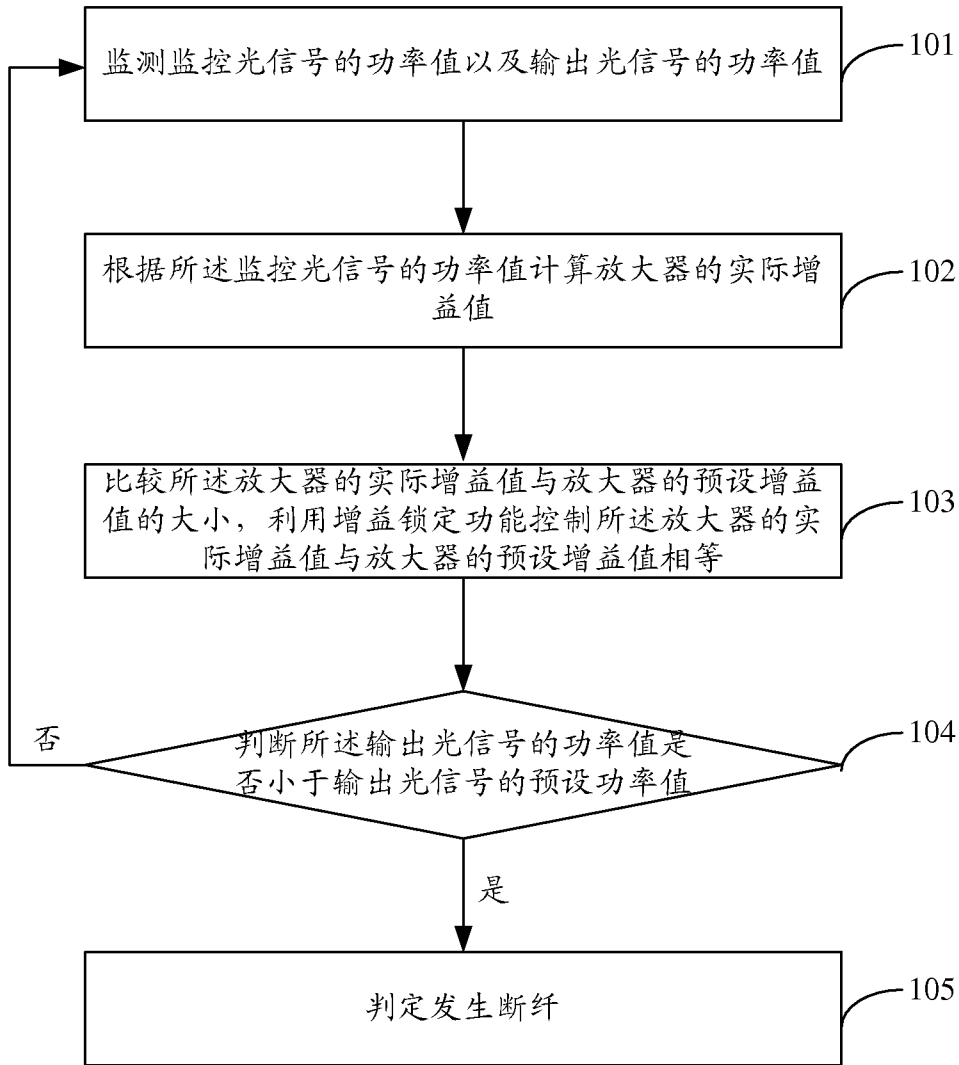


图 1

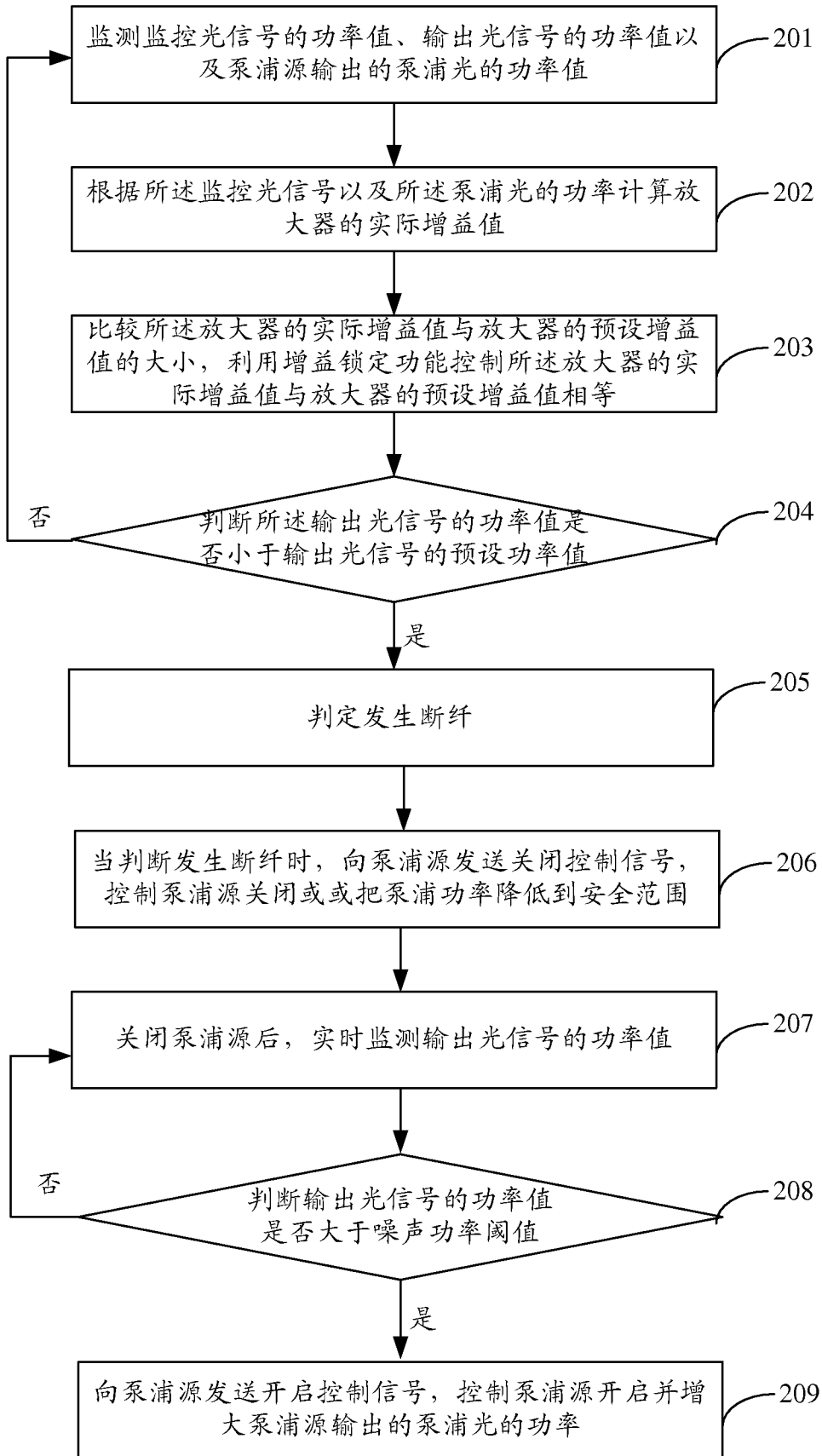


图 2

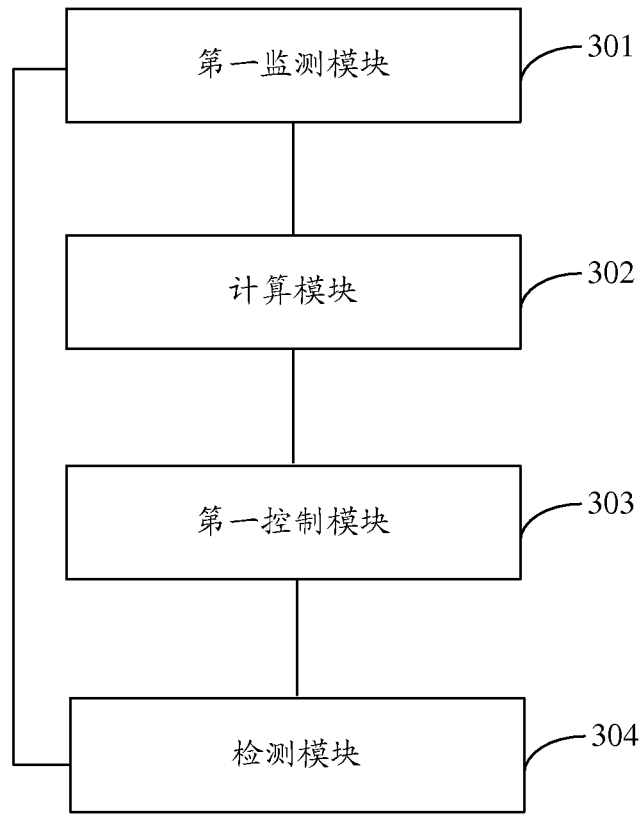


图 3

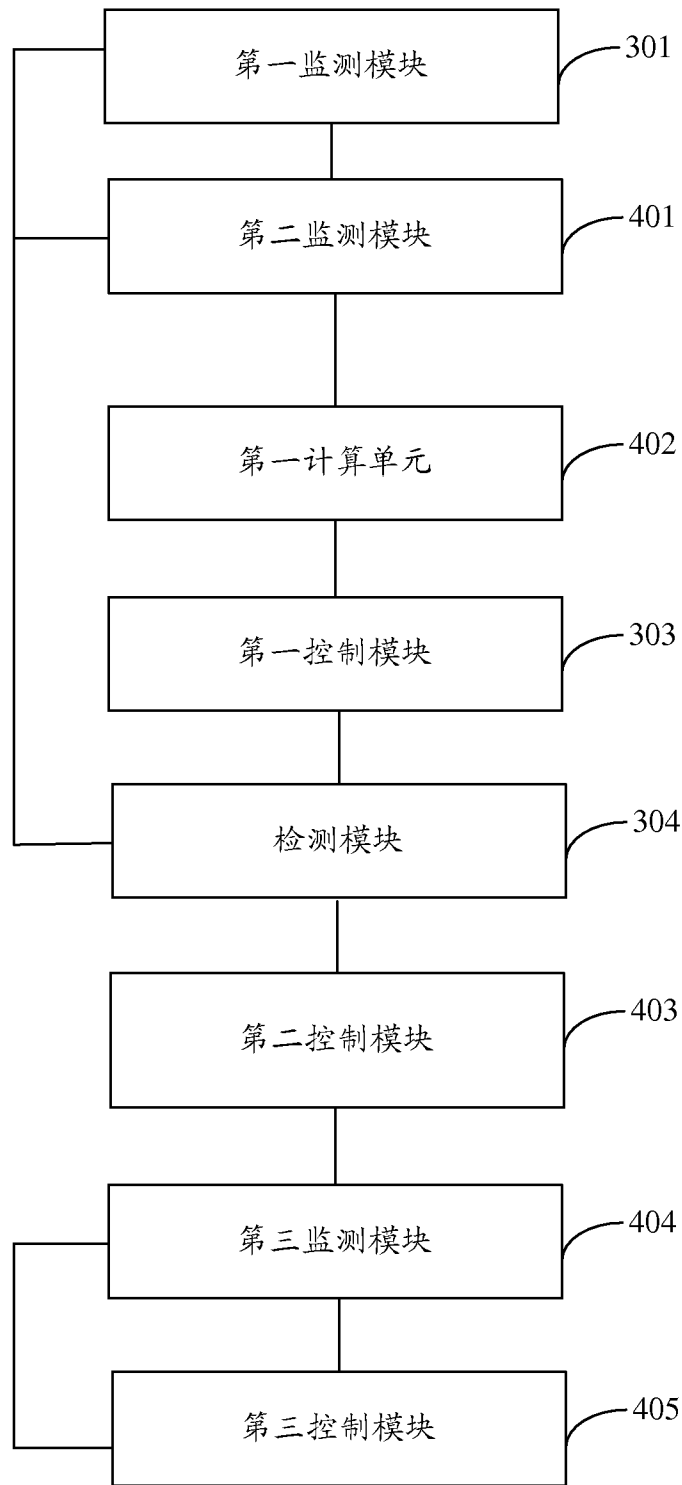


图 4

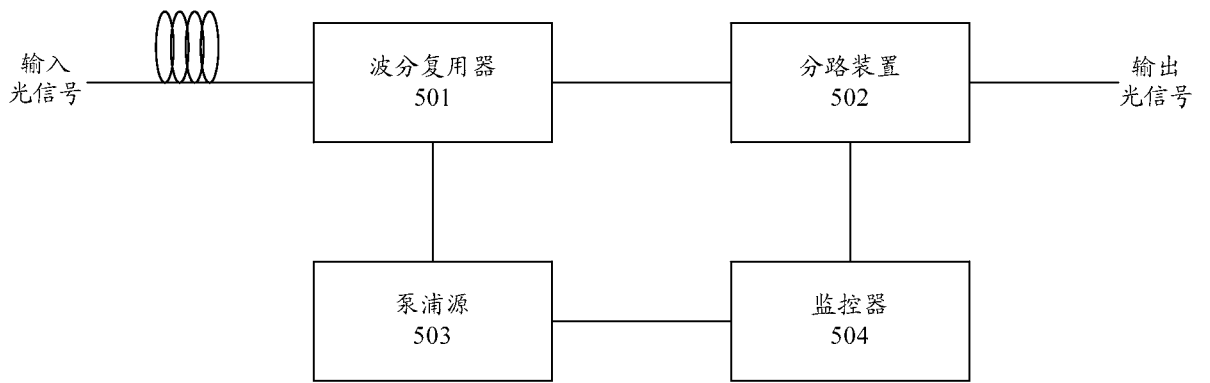


图 5

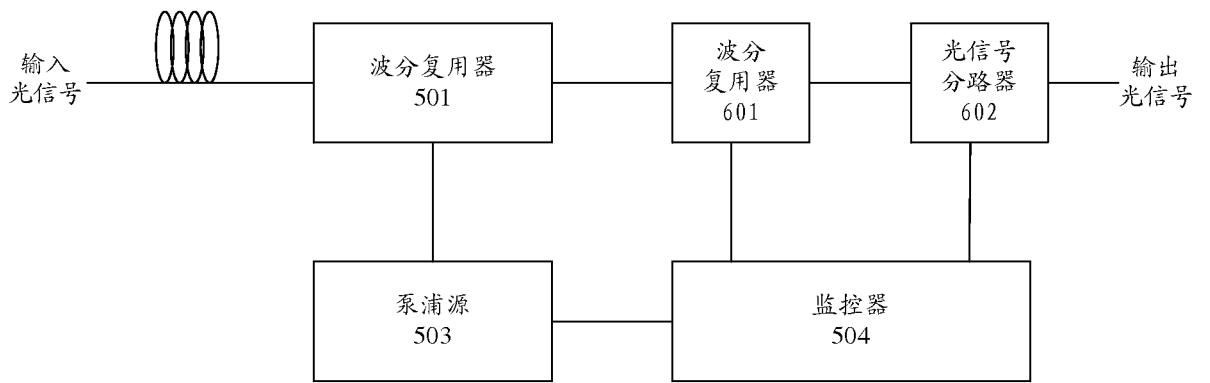


图 6

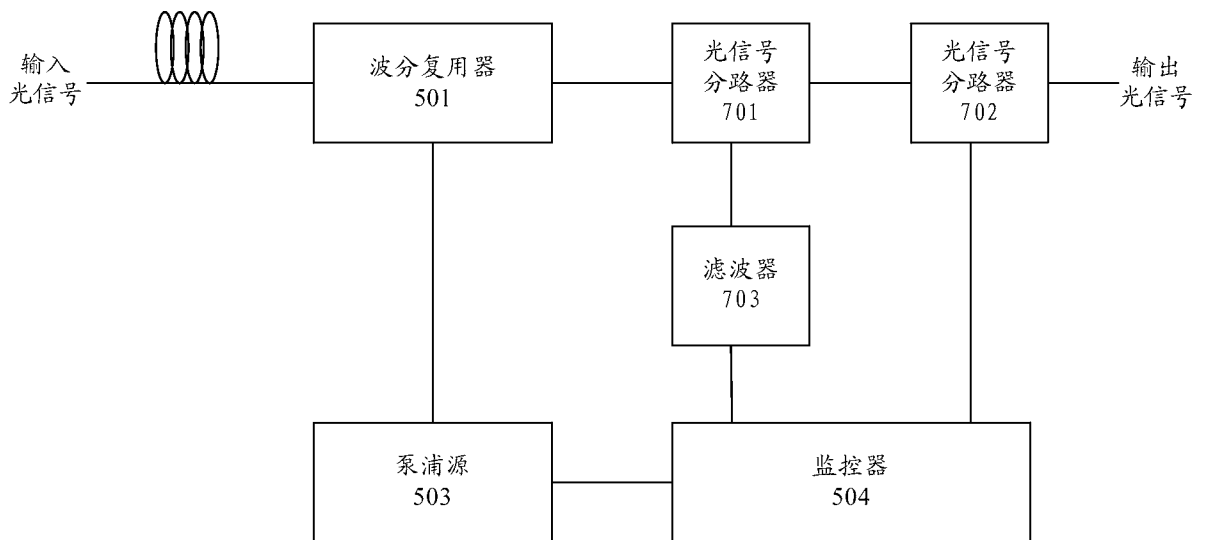


图 7

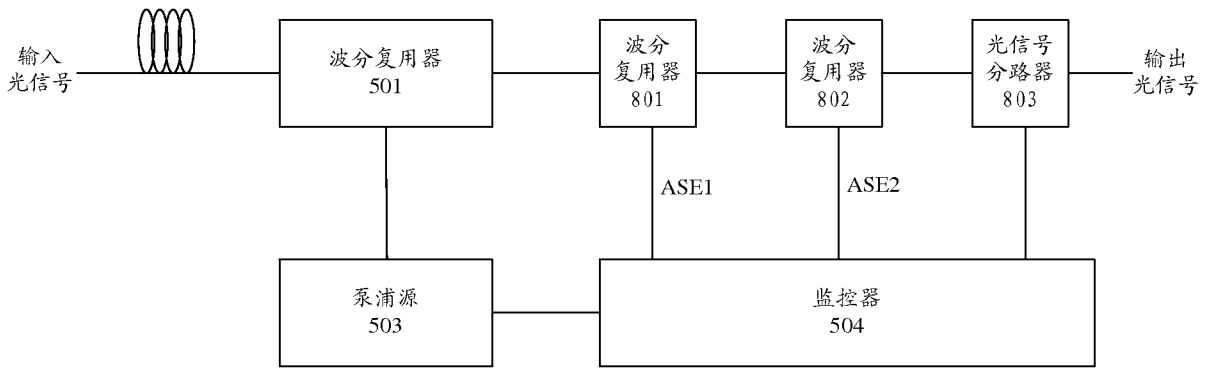


图 8

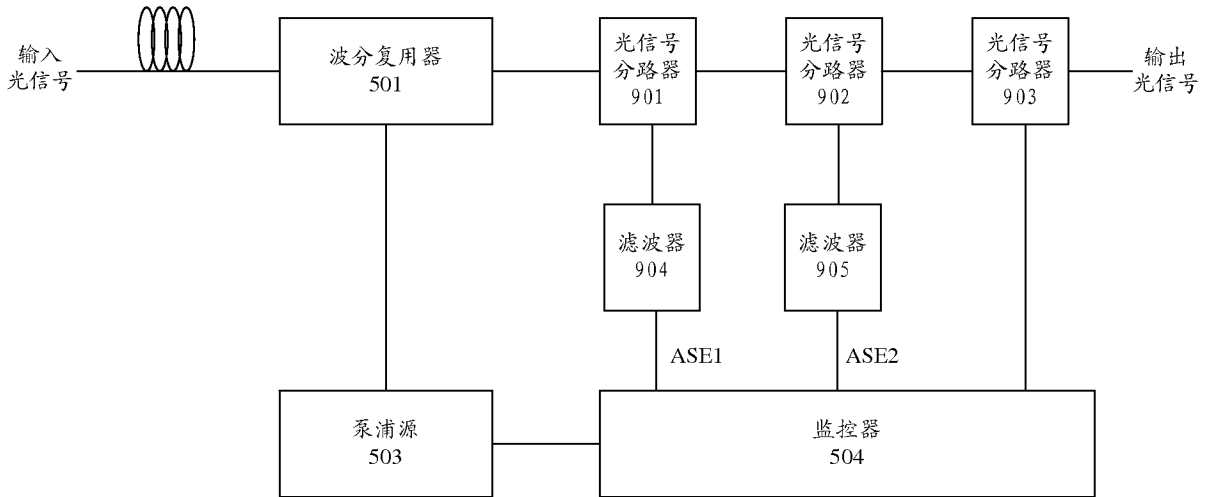


图 9

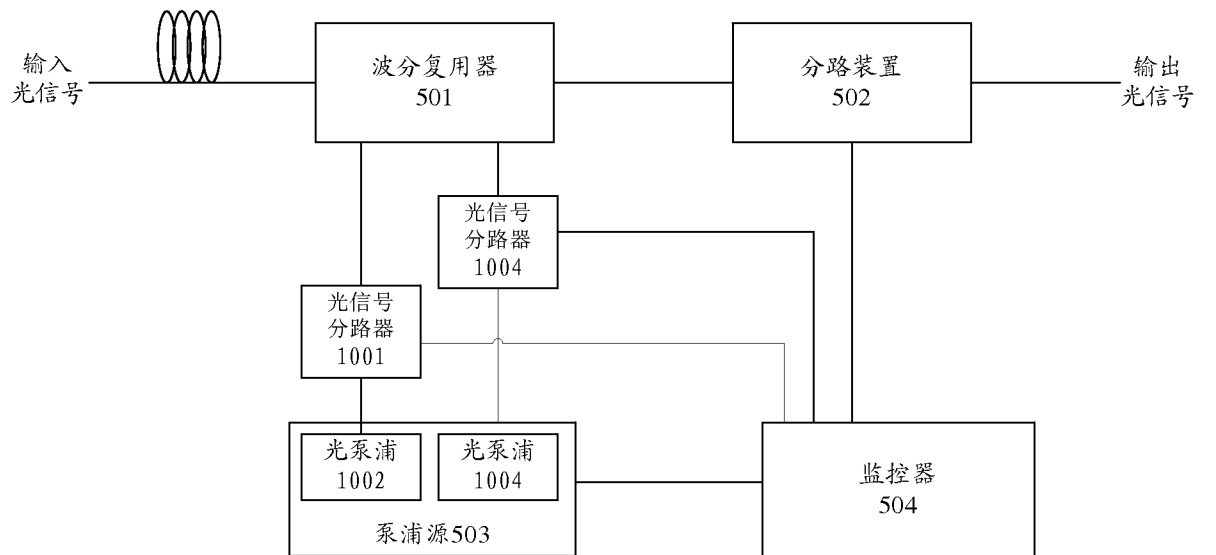


图 10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2013/091161**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 10/07 (2013.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B, H04L

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)

CNKI, CNABS, VEN: optical fibre, broken fibre, distributed, Raman, optical, fiber, amplifier, broken, break, faulty, gain, lock, power, monitor, supervise, compare, preset, predetermined

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101217313 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS), 09 July 2008 (09.07.2008), the whole document	1-20
A	CN 102307068 A (ACCELINK TECHNOLOGY CO., LTD.), 04 January 2012 (04.01.2012), the whole document	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
20 September 2014 (20.09.2014)

Date of mailing of the international search report  
**15 October 2014 (15.10.2014)**

Name and mailing address of the ISA/CN:  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer  
**WANG, Wei**  
Telephone No.: (86-10) **62089398**

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

International application No.

**PCT/CN2013/091161**

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102307068 A	04 January 2012	US 8797640 B2 EP 2538586 A1 US 2012327505 A1	05 August 2014 26 December 2012 27 December 2012
CN 101217313 A	09 July 2008	None	

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04B 10/07(2013.01) 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. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04B, H04L</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>CNKI, CNABS, VEN: 分布式, 拉曼, 光, 光纤, 放大器, 断纤, 增益, 锁定, 功率, 监控, 比较, 预设, 预定, distributed, Raman, optical, fiber, amplifier, broken, break, faulty, gain, lock, power, monitor, supervise, compare, preset, predetermined</p>											
<p>C. 相关文件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">类 型*</th> <th style="width: 70%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width: 20%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>CN 101217313 A (北京邮电大学) 2008年 7月 09日 (2008 - 07 - 09) 全文</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>CN 102307068 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2012年 1月 04日 (2012 - 01 - 04) 全文</td> <td style="text-align: center;">1-20</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	A	CN 101217313 A (北京邮电大学) 2008年 7月 09日 (2008 - 07 - 09) 全文	1-20	A	CN 102307068 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2012年 1月 04日 (2012 - 01 - 04) 全文	1-20
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求									
A	CN 101217313 A (北京邮电大学) 2008年 7月 09日 (2008 - 07 - 09) 全文	1-20									
A	CN 102307068 A (武汉光迅科技股份有限公司) 2012年 1月 04日 (2012 - 01 - 04) 全文	1-20									
<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> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <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> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <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> </td> </tr> </table>			<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>“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 style="text-align: center;">2014年 9月 20日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p style="text-align: center;">2014年 10月 15日</p>									
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p style="text-align: center;">汪巍</p> <p>电话号码 (86-10)62089398</p>									

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2013/091161

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	102307068	A	2012年 1月 04日	US	8797640	B2	2014年 8月 05日
				EP	2538586	A1	2012年 12月 26日
				US	2012327505	A1	2012年 12月 27日
<hr/>							
CN	101217313	A	2008年 7月 09日	无			
<hr/>							