



(45) 授权公告日 2021.11.02

权利要求书4页 说明书12页 附图9页

1. 一种用于放大在光纤发射系统中发射的数据光信号(40)的拉曼泵浦布置(10), 包括:

拉曼泵(12), 用于产生拉曼泵浦信号(44;45), 其中所述拉曼泵浦信号(44;45)用于放大所述光纤发射系统中的数据光信号(40);

光监控通道接收器(14), 用于接收被发射穿过所述光纤发射系统并与所述数据光信号(40)同向传播的光监控通道信号(42);

放大光纤(15), 布置成使得所述数据光信号(40)、所述光监控通道信号(42)和所述拉曼泵浦信号(44;45)被发射穿过所述放大光纤; 以及

功能地连接到所述拉曼泵(12)和所述光监控通道接收器(14)的控制单元(13), 所述控制单元(13)被配置成用于控制所述拉曼泵(12)的操作;

其中所述控制单元(13)被配置为:

- 当所述光监控通道接收器(14)接收到所述光监控通道信号(42)时, 将所述拉曼泵(12)设定处于操作模式; 或

- 当所述光监控通道接收器(14)未接收到所述光监控通道信号(42)时, 将所述拉曼泵(12)设定处于启动模式;

其中, 在所述操作模式中, 所述拉曼泵(12)提供操作泵浦功率(120), 并且其中在所述启动模式中, 所述拉曼泵(12)提供启动泵浦功率(122), 所述启动泵浦功率(122)小于所述操作泵浦功率(120), 所述启动泵浦功率(122)适合于泵浦所述放大光纤(15)。

2. 根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置(10), 其中所述操作泵浦功率(120)在500mW与4000mW之间, 并且其中所述启动泵浦功率(122)在50mW与130mW之间。

3. 根据权利要求1或2所述的拉曼泵浦布置(10), 其中选择所述放大光纤(15)的长度、掺杂和材料组成中的一者或多者, 使得当所述拉曼泵(12)处于所述启动模式时所述放大光纤(15)中的光监控通道信号(42)的放大增益允许所述光监控通道接收器(14)接收到所述光监控通道信号(42)。

4. 根据权利要求3所述的拉曼泵浦布置(10), 其中选择所述放大光纤(15)的长度、掺杂和材料组合物中的一者或多者, 使得当所述拉曼泵(12)处于所述启动模式时所述放大光纤(15)中的光监控通道信号(42)的放大增益至少是5dB; 和/或

其中选择所述放大光纤(15)的长度、掺杂和材料组合物中的一者或多者, 使得当所述拉曼泵(12)处于所述操作模式时所述放大光纤(15)中的拉曼泵浦信号(44;45)的衰减小于1dB;

其中所述数据光信号(40)具有在1525nm与1625nm之间的波长, 和/或其中所述光监控通道具有在1350nm与1530nm之间的波长。

5. 根据权利要求4所述的拉曼泵浦布置(10), 其中, 选择所述放大光纤(15)的长度、掺杂和材料组合物中的一者或多者, 使得当所述拉曼泵(12)处于所述启动模式时所述放大光纤(15)中的光监控通道信号(42)的放大增益至少是10dB。

6. 根据权利要求4所述的拉曼泵浦布置(10), 其中, 选择所述放大光纤(15)的长度、掺杂和材料组合物中的一者或多者, 使得当所述拉曼泵(12)处于所述操作模式时所述放大光纤(15)中的拉曼泵浦信号(44;45)的衰减小于0.5dB。

7. 根据权利要求4所述的拉曼泵浦布置(10), 其中, 选择所述放大光纤(15)的长度、掺

杂和材料组合物中的一者或多者,使得当所述拉曼泵(12)处于所述操作模式时所述放大光纤(15)中的拉曼泵浦信号(44;45)的衰减小于0.3dB。

8.根据权利要求4所述的拉曼泵浦布置(10),其中,所述光监控通道具有在1490nm与1525nm之间的波长。

9.根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置(10),其中所述放大光纤(15)是掺稀土光纤;和/或

其中所述放大光纤(15)具有在3m与15m之间的长度;和/或

其中所述放大光纤(15)的总峰值吸收是在18dB与90dB之间。

10.根据权利要求9所述的拉曼泵浦布置(10),其中,所述放大光纤(15)具有在8m与12m之间的长度。

11.根据权利要求9所述的拉曼泵浦布置(10),其中,所述放大光纤(15)的总峰值吸收是在36dB与60dB之间。

12.根据权利要求9所述的拉曼泵浦布置(10),其中,所述放大光纤(15)是掺铒光纤放大器。

13.根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置(10),其中所述控制单元(13)被配置为:

-当所述光监控通道接收器(14)停止接收所述光监控通道信号(42)时,将所述拉曼泵(12)设定处于所述启动模式;以及

-当所述光监控通道接收器开始接收所述光监控通道信号(42)时,将所述拉曼泵(12)设定处于所述操作模式。

14.根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置(10),其中所述控制单元(13)进一步被配置为:

-当所述光监控通道接收器(14)在超过预定义等待时间(140)内未接收到所述光监控通道信号(42)时,将所述拉曼泵(12)设定处于检验模式,其中在所述检验模式中,所述拉曼泵(12)被停用和间歇性地激活并以预定义扫描时间间隔(142)在预定义检验时间(144)期间设定处于所述启动模式。

15.根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置(10),其中所述拉曼泵浦布置(10)具有第一端口和第二端口(16a、16b),其中所述数据光信号(40)和所述光监控通道信号(42)能够从所述第一端口穿过所述拉曼泵浦布置(10)发射到所述第二端口(16b),其中所述拉曼泵(12)布置成发射所述拉曼泵浦信号(44;45)穿过所述第一端口(16a);或

其中拉曼泵浦布置(10')具有第一端口和第二端口(17a、17b),其中所述数据光信号(40)和所述光监控通道信号(42)能够从所述第一端口(17a)穿过所述拉曼泵浦布置(10')发射到所述第二端口(17b),其中所述拉曼泵(12')布置成发射拉曼泵浦信号(46)穿过所述第二端口(17b);或

其中拉曼泵浦布置(10)具有第一端口和第二端口(16a、16b),其中所述数据光信号(40)和所述光监控通道信号(42)能够被发射在所述第一端口与所述第二端口(16b)之间穿过所述拉曼泵浦布置(10),其中所述拉曼泵(12)布置成发射所述拉曼泵浦信号(44;45)的一部分穿过所述第一端口(16a),并且发射所述拉曼泵浦信号(44;45)的另一部分穿过所述第二端口(16b)。

16.根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置(10),进一步被配置成使得在所述操作模式

中,所述拉曼泵浦信号(44;45)在所述光纤发射系统的一部分中将所产生的拉曼放大总增益的至少50%提供到所述数据光信号(40),所述光纤发射系统的该部分相对于所述拉曼泵浦信号(44;45)的传播位于所述放大光纤(15)之后。

17.一种使用拉曼泵浦布置(10)通过拉曼放大来放大光纤发射系统中发射的数据光信号(40)的方法,所述拉曼泵浦布置(10)包括:

拉曼泵(12),用于产生拉曼泵浦信号(44;45),其中所述拉曼泵浦信号(44;45)用于放大所述光纤发射系统中的数据光信号(40);

光监控通道接收器(14),用于接收被发射穿过所述光纤发射系统的光监控通道信号(42),其中所述光监控通道信号(42)与所述数据光信号(40)同向传播;

其中所述方法包括以下步骤:确定在所述光监控通道接收器(14)处是否接收到所述光监控通道信号(42);以及

-如果所述光监控通道接收器(14)接收到所述光监控通道信号(42),那么将所述拉曼泵(12)设定处于操作模式;或

-如果所述光监控通道接收器(14)未接收到所述光监控通道信号(42),那么将所述拉曼泵(12)设定处于启动模式;

其中,在所述操作模式中,所述拉曼泵(12)提供操作泵浦功率(120),并且其中在所述启动模式中,所述拉曼泵(12)提供启动泵浦功率(122),所述启动泵浦功率(122)小于所述操作泵浦功率(120),所述启动泵浦功率(122)适合于泵浦所述放大光纤(15);

其中所述方法进一步包括以下步骤:在所述启动模式中使用所述拉曼泵浦信号(44;45)泵浦放大光纤(15)以在所述放大光纤(15)中放大所述光监控通道信号(42)。

18.根据权利要求17所述的方法,其中将所述拉曼泵(12)设定处于所述操作模式的步骤包括将所述拉曼泵(12)设定成提供在500mW与4000mW之间的泵浦功率,并且其中将所述拉曼泵(12)设定处于所述启动模式的步骤包括将所述拉曼泵(12)设定成提供在50mW与130mW之间的泵浦功率。

19.根据权利要求17或18所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:设定由所述拉曼泵(12)提供的泵浦功率的增益,使得当所述拉曼泵(12)处于所述启动模式时所述放大光纤(15)中的光监控通道信号(42)的放大增益至少是5dB。

20.根据权利要求19所述的方法,其中,所述方法进一步包括以下步骤:设定由所述拉曼泵(12)提供的泵浦功率的增益,使得当所述拉曼泵(12)处于所述启动模式时所述放大光纤(15)中的光监控通道信号(42)的放大增益至少是10dB。

21.根据权利要求17至18中任一项所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:

当所述光监控通道接收器(14)未接收到或停止接收所述光监控通道信号(42)时,将所述拉曼泵(12)设定处于所述启动模式;以及

当所述光监控通道开始接收到所述光监控通道信号(42)时,将所述拉曼泵(12)设定处于所述操作模式。

22.根据权利要求17所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:

当所述光监控通道接收器(14)在超过预定义等待时间(140)内未接收到所述光监控通道信号(42)时,将所述拉曼泵(12)设定处于检验模式,其中在所述检验模式中,所述拉曼泵(12)被停用和间歇性地激活并以预定义扫描时间间隔(142)在预定义检验时间(144)期间

设定处于所述启动模式。

23. 根据权利要求17所述的方法, 其中在所述放大光纤 (15) 中放大所述光监控通道信号 (42) 的步骤包括: 放大所述光监控通道信号, 使得在所述操作模式中, 在所述光纤发射系统的一部分中, 提供被提供到所述数据光信号 (40) 的拉曼放大总增益的至少50%, 所述光纤发射系统的该部分相对于所述拉曼泵浦信号 (44; 45) 的传播位于所述放大光纤 (15) 之后。

具有改进的OSC灵敏度的拉曼泵浦布置

技术领域

[0001] 本发明属于光纤通信领域。具体地,本发明涉及一种用于放大在光纤发射系统中发射的数据光信号的拉曼泵浦布置和一种对应的放大数据光信号的方法。

背景技术

[0002] 使用光纤通信系统以通过经由光纤发送光信号来发射信息在电信行业中无处不在。光纤用于经由大量现有的都市间和海底越洋光纤通信线路来远距离发射各种种类的通信信号。

[0003] 为了确保在远距离传播之后不受干扰地检测通信信号,沿光发射线路在多个位置中部署离散的光放大器以积极地放大所发射的信号。这些光放大器处于可以隔开几百千米(通常在50km与120km之间)的放大位置处,并且可放置在远端位置上(可能地在海底)。

[0004] 分布式光放大是一项允许进一步提高性能的技术,其在于利用由给定介质中的受激拉曼散射(SRS)诱导的拉曼增益。拉曼活性介质常常是发射光纤自身,其使得能够在信号到达终端站点之前进行分布式放大。在拉曼放大中,低频“信号”光子在拉曼活性介质中诱导更高频率的“泵浦”光子进行非弹性散射。作为这种非弹性散射的结果,产生了另一个“信号”光子,同时剩余能量被共鸣地传递到介质的振动状态。因此,这个过程允许进行全光放大。

[0005] 与(例如)从US 2012/0033293 A1得知的远端光泵放大器(ROPA)相反,可以将分布式拉曼放大装置安装在现有光纤链路中而不修改光纤基础结构(即,不需要接入光纤的中间位置)。因此,分布式拉曼放大是一项用于以合理的成本升级现有光纤链路的方便的技术,因为仅需要修改或替换终端站点处的装备。

[0006] 在基于ROPA的系统中,包含掺铒光纤(EDF)的ROPA盒在远端位置(通常远离接收站点80km与120km之间)处被嵌入到光纤链路中。因此,当在发射光纤中传播的信号功率电平显著高于接收站点处的功率电平时,所述信号在专门的一段光纤中被放大。经由将远端位置与接收站点连接的发射光纤段将泵浦功率从接收站点供应到此远端ROPA盒。在此段中,在与业已经历ROPA盒中的放大的所发射的数据光信号相反的方向上传播的泵浦功率将由于SRS而进一步放大数据光信号。但性能益处主要是源于ROPA盒中的放大。提供到ROPA盒的泵浦功率几乎完全被吸收于ROPA盒中,使得从接收站点提供的泵浦功率并未在位于ROPA盒与发射数据光信号的发射站点之间的发射光纤段中诱导任何明显的拉曼放大。

[0007] 通常,光纤通信系统包括光监控通道(OSC),在所述OSC上发射用于监视和管理光纤通信系统功能的信息。例如,可采用OSC以将指令信号发送到沿光纤通信系统的不同装置。此外,OSC可以用来检查光纤连续性和完整性。OSC的接收中断可用来检测光纤断裂。当使用采用高泵浦功率的技术时(就像分布式拉曼放大中的情况一样),此类光纤断裂构成了严重危害。当从断裂的光纤泄漏时,用于拉曼放大的高功率光对监控或操控系统的操作员或过路人的皮肤和眼睛造成了潜在的危险。出于这个原因,已开发出激光安全机制,其确保在将高功率光发射到光纤通信系统中之前和之时检查并证实光纤完整性。在所述OSC上发

射的OSC信号通常用于这个目的。

[0008] 一旦断裂的光纤已修好,原则上此类OSC信号便可以用于向拉曼放大装置指示光纤完整性,使得可以恢复放大(具体地,拉曼泵浦)。然而,在光纤通信系统中远距离发射OSC信号需要大跨度使用光纤中的光放大,这不亚于发射任何数据光信号。因此,在拉曼放大不存在的情况下(即,当一检测到光纤断裂就中断拉曼泵的正常操作(如由激光安全措施规定)时),OSC信号并未从光纤中的拉曼放大中受益,且因此可以常常不发射足够长的距离以指示所恢复的光纤完整性。因此,在未确保所发射的OSC信号的足够强度的情况下(即使拉曼放大不存在),不能将OSC信号用于触发拉曼放大的恢复。

[0009] 为克服上述问题,已提议了不同的解决方案。US 2016/0140626 A1中公开的其中一个解决方案是指以下可能性:将常规的光放大器布置在波长选择性耦合器(使OSC与数据光信号分离)与OSC接收器之间,以在OSC信号到达OSC接收器之前直接放大该OSC信号。然而,这种解决方案增加了显著的装备成本,并且需要额外的空间来安装额外放大器。

[0010] 不使用此类额外放大器的另外的替代例依赖于使用光开关,所述光开关用于将指定用于光纤中的拉曼放大的泵浦功率导引到其中可以放大OSC信号的放大器中。然而,由于开关的插入损耗,这具有以下缺陷:在正常操作期间造成较少的泵浦功率可用于光纤中的拉曼放大。此外,能够承受住对应的高功率电平的光开关是稀有的,且成本极高。

[0011] 在US 8,228,598 B2中,公开了一种光放大机构,其通过将残余的拉曼泵浦功率发射到掺铒光纤(EDF)中来将离散放大器中的拉曼放大与EDF中的放大相结合。然而,其中并未公开用于在出于激光安全原因禁止拉曼泵的正常泵浦条件时确保正确检测到OSC信号的方法。

[0012] 鉴于以上内容,需要在拉曼泵浦布置的OSC灵敏度方面作出技术改进。

发明内容

[0013] 本发明潜在的问题是:即使在拉曼放大已中断(例如,以激光安全为由)时仍确保使用分布式拉曼放大进行光纤通信系统中光监控通道(OSC)的发射。这个问题是通过根据权利要求1所述的拉曼泵浦布置和根据权利要求10所述的方法来解决。附属权利要求中描述了本发明的优选实施方案。

[0014] 本发明涉及一种用于放大在光纤发射系统中发射的数据光信号的拉曼泵浦布置,其包括拉曼泵、OSC通道接收器、放大光纤和控制单元。拉曼泵被配置成用于产生拉曼泵浦信号,其中所述拉曼泵浦信号用于放大光纤发射系统中的数据光信号。OSC接收器被配置成用于接收被发射穿过光纤发射系统并与数据光信号同向传播的OSC信号。

[0015] 放大光纤布置成使得数据光信号、OSC信号和拉曼泵浦信号被发射穿过所述放大光纤。具体地,放大光纤可布置在包括本发明的拉曼泵浦布置的所有其他部件的拉曼泵浦装置内(诸如,拉曼卡),但其也可布置在包括所述其他部件的装置外部。由拉曼泵浦信号诱导的对数据光信号和OSC信号的显著拉曼放大发生在发射光纤的一部分中(在这部分中拉曼泵浦信号业已通过放大光纤)。优选地,拉曼泵浦信号在发射光纤的该部分中将比剩余部分(在该剩余部分中拉曼泵浦信号尚未通过放大光纤)中的拉曼增益更高的拉曼增益诱导至数据光信号和OSC信号。

[0016] 控制单元功能地连接到拉曼泵和OSC接收器,且进一步被配置成用于控制拉曼泵

的操作。具体地,控制单元被配置成用于:当OSC接收器接收到OSC信号时,将拉曼泵设定处于操作模式;或当OSC接收器未接收到OSC信号时,将拉曼泵设定处于启动模式。在操作模式中,拉曼泵提供操作泵浦功率,并且在启动模式中,拉曼泵提供启动泵浦功率,其中启动泵浦功率小于操作泵浦功率,并且其中启动泵浦功率适合于泵浦放大光纤。

[0017] 操作泵浦功率对应于在正常操作期间用于对光纤发射系统中的数据光信号进行分布式拉曼放大的泵浦功率。启动泵浦功率对应于显著更小的泵浦功率,其远低于对光纤发射系统中的数据光信号进行分布式拉曼放大所需的泵浦功率,但足够用于在放大光纤中放大OSC通道使得其可以在OSC通道接收器处被接收。具体地,启动泵浦功率可在由常规的激光安全条例所设立的界限内。

[0018] 因此,即使在不确定光纤发射系统的完整性且因此不确定防止对操作员和过路人造成皮肤和眼睛损伤所需的激光安全措施的情形下,仍可使用启动泵浦功率来泵浦放大光纤以使得OSC通道在其中被放大,从而使得在光纤完整性被提供或在光纤断裂之后已得到重建的情况下其可以在OSC通道接收器处被接收。这样,一旦光纤完整性得到重建,OSC通道接收器便可以在拉曼泵的正常操作出于激光安全原因(例如,由于光纤断裂)而被中断之后检测到OSC通道。然后,可通过OSC通道将命令发射到光发射系统的任何装置以指示可以恢复正常操作,例如可包括恢复泵浦装置(诸如,升压器和拉曼泵)的正常操作。

[0019] 在本发明的优选实施方案中,操作泵浦功率是在500mW与4000mW之间,且启动泵浦功率是在50mW与130mW之间。操作泵浦功率于是在一范围内,足以在光发射系统中(即,在光纤中)向数据光信号和OSC信号提供拉曼增益,而启动泵浦功率低于由激光安全条例所设立的界限,且因此通常太低以至于不能在光纤中提供显著拉曼增益,但足以在放大光纤中提供足够的放大增益以在OSC接收器处检测到OSC。

[0020] 根据本发明的优选实施方案,选择放大光纤的长度、掺杂和材料组成中的一者或多者,使得当拉曼泵处于启动模式时放大光纤中OSC信号的放大增益允许OSC接收器接收到OSC信号。本文中,将OSC接收器理解为当到达OSC接收器的OSC信号强大到足以被OSC接收器检测到和/或识别出时“接收”该OSC信号。有利地,此允许配置拉曼泵浦布置,从而(例如)考虑到放大位置之间的光纤距离(OSC信号要被发射穿过所述光纤距离)和光纤衰减程度来确保在启动模式中可以在OSC接收器处检测到OSC信号。

[0021] 在本发明的优选实施方案中,选择放大光纤的长度、掺杂和材料组成中的一者或多者,使得当拉曼泵处于启动模式时放大光纤中OSC信号的放大增益至少是5dB,优选地至少是10dB。

[0022] 在本发明的优选实施方案中,选择放大光纤的长度、掺杂和材料组成中的一者或多者,使得当拉曼泵处于操作模式时放大光纤中拉曼泵浦信号的衰减小于1dB,优选地小于0.5dB,且更优选地小于0.3dB。

[0023] 优选地,放大光纤中OSC信号的所述增益适用于在1525nm与1625nm之间的数据光信号的波长和/或在1350nm与1530nm之间、优选地在1490nm与1525nm之间的OSC信号的波长。

[0024] 根据本发明的优选实施方案,放大光纤是掺稀土光纤,具体地是掺铒光纤放大器(EDFA)。

[0025] 在本发明的优选实施方案中,放大光纤具有在3m与15m之间、优选地在8m与12m之

间的长度。

[0026] 在本发明的优选实施方案中,放大光纤的总峰值吸收(即,在数据光信号和OSC信号的波长下的峰值吸收系数乘以放大光纤的长度)是在18dB与90dB之间,优选地在36dB与60dB之间。

[0027] 根据本发明的优选实施方案,控制单元被配置成用于:当OSC接收器未接收到或停止接收OSC信号时,将拉曼泵设定处于启动模式;以及一旦OSC接收器已开始接收到OSC信号,便将拉曼泵设定处于操作模式。这样,可以使根据在OSC接收器处是否接收到OSC信号来将拉曼泵设定处于启动模式或操作模式的过程自动化,从而不需要操作员的监控。例如,在新的光纤断裂导致中断OSC信号发射的情况下,控制单元可通过自动地将拉曼泵设定处于启动模式来对此作出反应,由此停止产生潜在危险的拉曼泵浦信号。同样,当在拉曼泵的正常操作中中断(例如,由于光纤断裂)之后光纤已修好时,可以在OSC接收器处检测到OSC信号(由于其在放大光纤处被放大),这导致控制单元将拉曼泵设回处于操作模式,由此重建对数据光信号的拉曼泵浦且因此恢复拉曼泵浦布置的正常操作。

[0028] 在本发明的优选实施方案中,控制单元进一步被配置成用于:当OSC接收器在超过预定义等待时间内未接收到OSC信号时,将拉曼泵设定处于检验模式,其中在所述检验模式中,拉曼泵被停用和间歇性地激活并以预定义扫描时间间隔在预定义检验时间期间设定处于启动模式。例如,如果预定义等待时间是10分钟、预定义扫描时间间隔是2分钟且预定义检验时间是10秒,那么控制单元被配置成用于:当OSC接收器超过10分钟未接收到OSC信号时,将拉曼泵设定处于检验模式,并且然后间歇性地激活和停用拉曼泵,每2分钟在10秒期间将其设定处于启动模式。优选地,预定义等待时间是在5分钟与30分钟之间,预定义检验时间是在5秒与2分钟之间,且预定义扫描时间间隔是在1分钟与10分钟之间。这样,拉曼泵浦布置可以等待光纤完整性的重建,从而允许以不需要连续泵浦且因此允许节约能量和资源的方式将拉曼泵设定处于操作模式。

[0029] 根据本发明的优选实施方案,拉曼泵浦布置具有第一端口和第二端口,其中数据光信号和OSC信号可以从第一端口穿过拉曼泵浦布置发射到第二端口,其中拉曼泵布置成发射拉曼泵浦信号穿过第一端口。此配置允许使用拉曼泵浦布置来对数据光信号和OSC信号进行反方向拉曼放大,由此允许改进光信噪比。

[0030] 根据本发明的优选实施方案,拉曼泵浦布置具有第一和第二端口,其中数据光信号和OSC信号可以从第一端口穿过拉曼泵浦布置发射到第二端口,其中拉曼泵布置成发射拉曼泵浦信号穿过第二端口。此配置允许使用拉曼泵浦布置来对数据光信号和OSC信号进行同向拉曼放大,这允许在数据光信号和OSC信号的放大中降低非线性效应的影响而基本上不影响光信噪比。有利地,这可允许增加OSC的发射功率且因此使光纤放大系统中的连续放大站点之间的距离更长,而不必面临严重的非线性信号失真。

[0031] 在本发明的优选实施方案中,拉曼泵浦布置具有第一端口和第二端口,其中数据光信号和OSC信号可以在第一端口与第二端口之间被发射穿过拉曼泵浦布置,其中拉曼泵布置成发射拉曼泵浦信号的一部分穿过第一端口且发射拉曼泵浦信号的另一部分穿过第二端口。

[0032] 应注意,虽然本申请中仅详细描述了包括个别拉曼泵浦布置的实施方案,但本发明还涉及所描述的实施方案中的一者或多者的组合。例如,可结合使用根据本发明的被配

置成用于同向拉曼放大数据光信号和OSC信号的拉曼泵浦布置和根据本发明的被配置成用于反向拉曼放大数据光信号和OSC信号的拉曼泵浦布置,使得既同向又反向(即,双向)发生拉曼放大数据光信号和OSC信号。这些配置允许将拉曼泵浦布置用于双向拉曼放大数据光信号和OSC信号,具体地,此可允许将反向和同向拉曼泵浦相组合使得(例如)数据光信号和OSC信号的功率分布图可以最佳化以便在光信噪改进与非线性效应之间提供有利的平衡。

[0033] 在本发明的另外的实施方案中,拉曼泵浦布置被配置成使得在操作模式中,拉曼泵浦信号在光纤发射系统的一部分中将所产生的拉曼放大总增益的至少50%提供到数据光信号,光纤发射系统的该部分相对于拉曼泵浦信号的传播位于放大光纤之后。此配置可基于放大光纤的长度、掺杂水平和相对于拉曼泵浦布置的位置和/或拉曼泵浦光的特性中的一者或多者,使得所产生的至数据光信号的拉曼放大总增益的至少50%是发生在发射光纤的该部分中。

[0034] 根据本发明的优选实施方案,拉曼泵浦布置被配置成支持具有不同长度和/或掺杂剂浓度的各种放大光纤并被插入于泵浦布置的第一端口与发射光纤之间。可根据OSC信号在发射光纤的输出端处的功率和可用泵浦功率来完成对恰当的放大光纤的选择。

[0035] 本发明的另外的方面涉及一种使用拉曼泵浦布置通过拉曼放大来放大在光纤发射系统中发射的数据光信号的方法,所述拉曼泵浦布置包括:拉曼泵,其用于产生拉曼泵浦信号,其中所述拉曼泵浦信号用于放大光纤发射系统中的数据光信号;以及OSC接收器,其用于接收被发射穿过光纤发射系统的OSC信号,其中所述OSC信号与数据光信号同向传播。

[0036] 所述方法包括以下步骤:确定在OSC接收器处是否接收到OSC信号;以及如果OSC接收器接收到OSC信号,那么将拉曼泵设定处于操作模式,或如果OSC接收器未接收到OSC信号,那么将拉曼泵设定处于启动模式。

[0037] 在操作模式中,拉曼泵提供操作泵浦功率,并且在启动模式中,拉曼泵提供启动泵浦功率,所述启动泵浦功率小于所述操作泵浦功率,所述启动泵浦功率适合于泵浦放大光纤。

[0038] 所述方法进一步包括以下步骤:在启动模式中使用拉曼泵浦信号泵浦放大光纤以在放大光纤中放大OSC信号。

[0039] 在本发明的优选实施方案中,将拉曼泵设定处于操作模式的步骤包括将拉曼泵设定成提供在500mW与4000mW之间的泵浦功率,并且其中将拉曼泵设定处于启动模式的步骤包括将拉曼泵设定成提供在50mW与130mW之间的泵浦功率。

[0040] 根据本发明的优选实施方案,所述方法进一步包括以下步骤:设定由拉曼泵提供的泵浦功率的增益,使得当拉曼泵处于启动模式时在放大光纤中OSC信号的放大增益至少是5dB,优选地至少是10dB。

[0041] 在本发明的优选实施方案中,所述方法进一步包括以下步骤:当OSC接收器未接收到或停止接收OSC信号时,将拉曼泵设定处于启动模式;以及当OSC接收器开始接收到OSC信号时,将拉曼泵设定处于操作模式。

[0042] 根据本发明的优选实施方案,所述方法进一步包括以下步骤:当OSC接收器在超过预定义等待时间内未接收到OSC信号时,将拉曼泵设定处于检验模式,其中在所述检验模式中,拉曼泵被停用和间歇性地激活并以预定义扫描时间间隔在预定义检验时间期间设定处于启动模式。

[0043] 在本发明的优选实施方案中,在放大光纤中放大OSC信号的步骤包括:放大OSC信号,使得在操作模式中,在光纤发射系统的一部分中提供被提供到数据光信号的拉曼放大总增益的至少50%,光纤发射系统的该部分相对于拉曼泵浦信号的传播位于放大光纤(15)之后。此可包括选择或调节放大光纤的长度、掺杂水平和相对于拉曼泵浦布置的位置和/或拉曼泵浦光的特性中的一者或多者,使得所产生的至数据光信号的拉曼放大总增益的至少50%是发生在发射光纤的该部分中。

附图说明

[0044] 图1示出了根据现有技术配置的拉曼泵浦布置。

[0045] 图2示出了在操作模式中和在启动模式中光纤通信系统中发射的数据光信号和OSC信号上的衰减影响。

[0046] 图3示出了根据本发明的实施方案的拉曼泵浦布置。

[0047] 图4示出了根据本发明的实施方案的拉曼泵浦布置以及衰减、拉曼放大和放大光纤中的放大的影响。

[0048] 图5是本发明的实施方案的放大光纤中的增益作为1450nm下的泵浦功率的函数的曲线图。

[0049] 图6示出了根据本发明的两个不同实施方案的两个拉曼泵浦布置的配置,这两个拉曼泵浦布置经组合以提供双向拉曼放大。

[0050] 图7示出了根据本发明的实施方案的用于两个并行发射链路中的四个拉曼泵浦布置。

[0051] 图8示出了由根据本发明的控制单元执行的控制算法的两种可能的实现方式。

[0052] 图9说明了根据本发明的控制单元的操作时序。

具体实施方式

[0053] 出于促进理解本发明的原理的目的,现将参考附图中所说明的优选实施方案,并且将使用特定语言来描述所述优选实施方案。不过,应理解,并非由此旨在限制本发明的范围,如本发明所涉及的领域的技术人员现在和未来将通常想到,本发明涵盖在所说明的设备方面的此类变更和进一步修改以及对如本文中所说明的本发明的原理的进一步应用。

[0054] 图1示出了用于一个发射方向的现有技术光纤通信系统的单跨度设置。数据光信号40的几个通道在发射器70处发射,经复用器22组合,且随后经升压放大器24放大以与同向传播的OSC信号42一起被发射到发射光纤20中,所述OSC信号由OSC发射器28发射。升压放大器24和OSC发射器28连同WDM耦合器30一同形成发射布置8。OSC信号42和数据光信号40被发射穿过发射光纤20并最终到达前置放大器32和解复用器26,这几个通道在所述解复用器处被解复用并导引到接收器72。

[0055] 假设发射光纤20的长度为300km且在1550nm的波长下典型的衰减值为0.2dB/km,在图中所示的光纤跨度内的总信号衰减达到大约60dB。在大多数情况下,在不进行中间放大的情况下,此类衰减对于有效发射数据光信号40而言太高。然而,当在发射光纤20中使用拉曼放大时,发射变得有可能。出于这个目的,将拉曼泵浦布置1联接到发射光纤20的另一端。拉曼泵浦布置1包括拉曼泵2,所述拉曼泵提供用于对沿发射光纤20发射的数据光信号

40和OSC信号42进行反方向拉曼放大的泵浦功率。在图1中所示的实施例中,拉曼泵浦布置还包括用于接收OSC信号42的OSC接收器4。

[0056] 图2中示出了在发射光纤20中发射的数据光信号40和OSC信号42上的衰减影响。图2a说明了在正常操作期间(即,当拉曼泵浦布置1在正常条件下工作以借助于拉曼泵浦信号44来提供对发射光纤20中的两种信号的拉曼放大时)的情形。由于衰减,所发射的信号功率从发射功率值开始随传播距离以指数方式减小,所述发射功率值对于数据光信号40而言为30dBm且对于OSC信号42而言为5dBm。当拉曼放大的影响到来时,两个信号的功率再次增加,由此允许OSC信号42的功率落在OSC接收器4的灵敏度窗口48内,所述灵敏度窗口在图的右边距处示出。在所示的实施方案中,大部分的拉曼增益是在发射光纤20的区域52(接近接收器72)中产生的,下文中将该区域称为拉曼增益主区域。

[0057] 图2b说明了停用拉曼泵浦布置1使得发射光纤20中不发生拉曼放大的情形。这可能是(例如)由于在发射光纤20中检测到光纤断裂,因为在这种情况下激光安全措施规定中断拉曼放大。一旦上述光纤断裂已修好,便必须通过接收OSC信号42来确保发射光纤20的完整性,之后才可以恢复拉曼放大。在这种情形下,OSC信号42因此还没有通过由拉曼泵浦布置1的任何拉曼泵浦功率被放大。因此,OSC信号42在发射光纤20的整个长度范围内以指数方式从5dBm的初始发射功率减小到-55dBm的最终功率,该最终功率在OSC接收器4的灵敏度窗口48下面(见图2b)。因此,由于缺乏拉曼放大,OSC接收器4不能够检测到OSC信号42。因此,拉曼泵浦布置1不能够确认发射光纤20再次处于允许激活拉曼泵2的条件下。

[0058] 图3示出了根据本发明的实施方案的拉曼泵浦布置10,其允许克服所阐明的的问题。拉曼泵浦布置10被并入到与图1中所示的光纤发射系统等效的光纤发射系统中。拉曼泵浦布置10包括拉曼泵12、控制单元13、OSC接收器14和放大光纤15。此外,拉曼泵浦布置10包括第一端口16a和第二端口16b以及第一WDM耦合器18a和第二WDM耦合器18b。第一WDM耦合器18a和第二WDM耦合器18b布置成:在传递数据光信号40时,将拉曼泵12的泵浦信号耦合到发射光纤20中和将OSC信号42耦合出发射光纤20以馈送到OSC接收器14。如前所述,拉曼泵12被配置成用于产生拉曼泵浦信号,其中所述拉曼泵浦信号用于放大在所示的光纤发射系统中被发射穿过发射光纤20的数据光信号40。OSC接收器被配置成用于接收在所示的光纤发射系统中被发射穿过发射光纤20并与数据光信号40同向传播的OSC信号42。

[0059] 数据光信号40和OSC信号42在第一端口16a与第二端口16b之间被发射穿过拉曼泵浦布置10。在端口16b处,数据信号被导引到另外的装备,诸如前置放大器32、解复用器26或随后的接收器72。OSC信号42在内部被导引到OSC接收器14。拉曼泵12布置成通过第一端口16a来发射拉曼泵浦信号44,且放大光纤15提供在拉曼泵12与第一端口16a之间。这样,当拉曼泵12处于操作模式时,数据光信号40与OSC信号42两者在发射光纤20中被反方向地拉曼放大。

[0060] 在所示的实施方案中,放大光纤15被整合在拉曼泵浦布置10内,所述放大光纤可采取可以插入于对应架子中的拉曼卡的形式。然而,放大光纤15也可在拉曼卡外部布置在沿发射光纤20的某个位置处(不管是否紧挨着拉曼卡(即,在发射光纤20与拉曼泵布置1之间)),且因此充当拉曼卡与发射光纤20之间的连接件;或布置在沿发射光纤的别处。在此类情况下,拉曼卡将通常包含拉曼泵浦布置10的所有其他部件。

[0061] 放大光纤15(在所示的实施方案中,其是掺铒光纤(EDF))布置成使得数据光信号

40、OSC信号42和拉曼泵浦信号44被发射穿过其。控制单元13功能地连接到拉曼泵12和OSC接收器14。控制单元13被配置成用于控制拉曼泵12的操作。

[0062] 控制单元13被配置成用于：当OSC接收器14接收到OSC信号42时，将拉曼泵12设定处于操作模式；或当OSC接收器14未接收到OSC信号42时，将拉曼泵12设定处于启动模式。在操作模式中，拉曼泵12提供操作泵浦功率，且在启动模式中，拉曼泵12提供启动泵浦功率。启动泵浦功率基本上小于操作泵浦功率。启动泵浦功率适合于泵浦放大光纤15，使得OSC信号42在其中被有效地放大。

[0063] 在所示的实施方案中，选择放大光纤15的长度，使得即使当拉曼泵12处于启动模式且因此以降低的功率操作时，放大光纤15中OSC信号42的放大增益仍允许OSC接收器14接收到OSC信号42。在所示的实施方案中，放大光纤15具有8m的长度和1530nm下的大约60dB的峰值吸收，这对于光纤通信系统（如参考图1所描述的光纤通信系统）而言允许在拉曼泵12处于启动模式时提供放大光纤15中OSC信号42的至少10dB的放大增益。由拉曼泵12提供的启动泵浦功率是100mW，而由拉曼泵12提供的操作泵浦功率是1W或更多。

[0064] 激光安全条款（危险等级1M）允许发射在1420nm的波长下高达20.6dBm（115mW）和1450nm下略高的功率电平。因此，由拉曼泵12提供的具有100mW的泵浦功率的拉曼泵浦信号44即使在启动阶段期间也未违反激光安全条款，在所述启动阶段中，尚未充分确认光纤的完整性且拉曼泵12可不以满泵浦功率操作（即，在操作模式中以满泵浦功率操作）。当拉曼泵12处于启动模式时，此启动泵浦功率足以在放大光纤15中放大OSC信号42使得在OSC接收器14处检测到OSC信号42。

[0065] 控制单元13进一步被配置成用于：当OSC接收器14停止接收OSC信号42时，将拉曼泵12设定处于启动模式；以及当OSC接收器14开始接收OSC信号42，将拉曼泵12设定处于操作模式。此外，控制单元13被配置成用于：当OSC接收器14在超过预定义等待时间内未接收到OSC信号42时，将拉曼泵12设定处于检验模式；以及间歇性地激活和停用拉曼泵12，从而以预定义扫描时间间隔在预定义检验时间期间将其设定处于启动模式。在所示的实施方案中，预定义等待时间达到10分钟，预定义扫描时间间隔是2分钟且预定义检验时间是30秒。

[0066] 升压放大器24的作用在于：在发射光纤的输入端处产生数据光信号40的足够的发射功率。然而，所示的放大器可以替换为适合于产生足够光信号功率的任何种类的光放大器，不管是离散放大器还是以分布式的方式在发射光纤的接近于发射站点的这部分中产生足够泵浦功率的分布式放大器。例如，可使用半导体光放大器（SOA）、掺铒波导放大器（EDWA）、离散拉曼放大器、同向（分布式）拉曼放大器或同向ROPA。

[0067] 图4中针对图3的实施方案示出了与图2的曲线图类似的曲线图。说明了衰减、拉曼增益和放大光纤15中的增益对在发射光纤20中发射的数据光信号40和OSC信号42的影响。图4a示出了图3的设置的具有拉曼泵浦信号44的一部分，所述拉曼泵浦信号被发射穿过放大光纤15且在发射光纤20的一部分中将拉曼增益的至少50%提供到光信号和OSC信号42，发射光纤20的该部分相对于拉曼泵浦信号44的传播位于放大光纤15之后，在下文中将该部分称为拉曼增益主区域52。图4b示出了在正常操作下的数据光信号40和OSC信号42的所得功率分布图，其中在拉曼增益主区域52中（即，在所述示例中为在发射光纤20的最后50km内）具有显著拉曼增益。此外，由放大光纤15引起的两个信号的功率电平的增加量由垂直箭头60和62来指示。图4c中说明了在启动模式中OSC信号42的功率分布图。如图4c中所见，发

射光纤20中没有明显的拉曼增益,但放大光纤15中具有10dB的增益(见垂直箭头62)。

[0068] 图5是在启动模式中由OSC信号42在放大光光纤15中经历的增益和在操作模式中由拉曼泵浦信号经历的增益对由拉曼泵12提供的泵浦功率的曲线图。负增益值指示衰减。拉曼功率电平的考虑范围被分成两部分。在左边的第一部分中,即使在光纤断裂的情况下,激光安全条款仍允许操作泵。在右边的第二部分中,仅在光纤完整性已证实的情况下才可接通泵。如该图中所见,在100mW的泵浦功率(其对应于图3中所考虑的实施方案的启动泵浦功率)下,OSC信号42在启动模式中在放大光纤15中经历10.09dB的增益。因此,在启动模式中由OSC信号42在放大光纤15中经历的增益高到足以补偿在发射光纤20范围内积累的这部分衰减,使得可以在OSC接收器14处检测到OSC信号42,可以证实光纤完整性且系统可以转到操作模式。此外,拉曼泵浦信号44在操作模式下经历-0.26dB的增益(即,0.26dB的衰减)。因此,拉曼泵浦信号44在放大光纤15中经历最小水平的微不足道的衰减,使得拉曼泵浦信号44可以将足够拉曼增益提供到发射光纤中的数据光信号40。

[0069] 在所示的实施方案中,放大光纤15和15' 放置在壳体外部,它们包括相应的拉曼泵浦布置10和10' 的剩余零件。然而,放大光纤15和15' 同样还可以整合到拉曼泵浦布置10和10' 的壳体中。

[0070] 可以组合的方式来使用本发明的不同实施方案。例如,图6中示出了允许双向(同向和反向)拉曼放大的本发明的一些所描述的实施方案的组合使用。图6a示出了相应的跨度设置。从图3中的设置开始,发射布置8被替换为包括OSC发射器28和泵浦布置12' 的拉曼泵浦布置10'。在被发射到拉曼泵浦布置10' 的输入端口17a中之前,要发射的数据光信号40由升压放大器24放大,所述升压放大器以与图3的设置相比更小的输出功率操作。经由连接到拉曼泵浦布置10' 的输出端17b的第二额外放大光纤15',由泵浦布置12' 发射的光信号、OSC信号42和同向拉曼泵浦信号46被发射到发射光纤中,这些信号在所述发射光先中同向传播。图6b示出了在启动模式中OSC信号42沿发射光纤20的功率分布图。除了靠近接收站点的放大光纤15中所产生的增益之外,OSC信号42还在位于发射站点处的第二放大光纤15' 中(且因此在耦合到发射光纤20之前)被放大(增益66)。类似于反向拉曼泵浦信号44,同向拉曼泵浦信号46在发射光纤的接近于其被发射到发射光纤中的位置的区域内(即,在这种情况下为在拉曼增益主区域52' 中)诱导SRS增益的主要部分。

[0071] 例如,如果OSC信号42在拉曼泵浦布置10' 的输出端口处的功率80小于实现非线性光纤的功率电平(即,OSC信号42在其自身或在数据光信号40的同向传播通道上诱导的信号失真变得明显),那么使用与同向拉曼泵结合使用的第二放大光纤15' 是有益的。此外,这种解决方案优选地被用于小通道计数。

[0072] 当使用如图6中所说明的同向拉曼放大时,需要依据在发射光纤20的另一端处(即,在OSC接收器14处)接收的OSC信号42来调节同向拉曼泵12' 的泵浦功率电平。因此,需要将信息从接收侧发射到发射侧。

[0073] 图7示出了由根据图6的两个并行设置组成的配置,这两个设置在相反方向上发射数据光信号40。在该图上部分中的装备用于将数据从位置A发射到位置B,而在下部分中的装备用来将数据从位置B发射到位置A。两个发射光纤20中的与数据光信号40同向传播的OSC信号42允许在两个位置之间发射控制信息。此外,在每个位置处存在通信元件90,所述通信元件提供用于相反发射方向的OSC接收器14与OSC发射器28之间的连接。在所示的实施方案中,

方案中,此通信元件90是网络控制元件,但其也可以是固件中的简单有线连接件或逻辑连接件(例如,如果拉曼泵浦布置10和10'整合到单个卡中)。

[0074] 下文中将针对从位置A到位置B的发射来描述该设置的功能性,但该功能性以相同的方式适用于从位置B到位置A的发射。当用于控制位置A到位置B的发射的位置B处的OSC接收器14接收到OSC信号42时,借助于OSC信号42将对应的控制信息92从位置B发射到位置A(示于该图的下部分中)。经由位置A处的通信元件90,信息接下来被提供到位置A处的拉曼泵浦布置10'。因此,位置A处的拉曼泵浦布置10'能够将拉曼泵12'设定成操作模式或启动模式。

[0075] 图8中示出了由控制单元13执行的控制算法的可行实现方式。图8a示出了支持两种控制模式(即,操作模式和启动模式)的基本控制算法100。控制算法100包括检查102OSC接收器14是否已接收到OSC信号42。在已接收到OSC信号42的情况下(“是”),在步骤104中将拉曼泵设定到操作模式。要不然(“否”),在步骤106中将拉曼泵设定到启动模式。在执行了步骤104或106中的一者之后,控制算法100返回到检查步骤102。

[0076] 图8b中所示的控制算法100是基于图8a的控制算法100,但包括额外的操作模式。如前所述,一旦在检查102中证实接收到OSC信号42,便在步骤104中将拉曼泵设定到操作模式。另外,在步骤112中将控制等待时间的倒计时计数器设定到预定义等待时间。如果检查102揭露未接收到OSC信号42(“否”),那么执行与倒计时计数器有关的另一检查110。如果倒计时计数器尚未返回到零(“否”),那么在步骤106中将拉曼泵设定到启动模式,且算法100返回到检查步骤102。在计时器已返回到零(“是”)的情况下,执行将拉曼泵设定到检验模式的步骤108,且控制算法110返回到检查步骤102。

[0077] 图9中所示的时序图示意性地说明了在两种操作模式之间的切换及拉曼泵浦功率P的设定值对时间t。在开始时,发射光纤完好无损,以操作模式操作拉曼泵浦布置10,且将拉曼泵浦功率设定到操作泵浦功率120。一旦在时间130时检测到光纤断裂和OSC信号42的发射中断,控制单元13便致使拉曼泵12切换到启动模式且将拉曼泵浦功率P设定到启动泵浦功率122。由于在预定义等待时间140内未接收到OSC信号42,所以在时间132激活检验模式。拉曼泵现在被停用(即,设定到零泵浦功率124),且被间歇性地激活并以预定义扫描时间间隔142在预定义检验时间144期间设定处于启动模式。零泵浦功率124代表小于启动泵浦功率122(优选地,接近于零或甚至为零)的拉曼泵浦功率电平。在检验时间期间,将拉曼泵浦功率设定到启动泵浦功率122。在示例中,在第四扫描时间间隔142期间在时间134接收到OSC信号42。因此,拉曼泵浦布置10返回到操作模式,且将拉曼泵浦功率设定到操作泵浦功率120。

[0078] 虽然在附图和前述说明书中详细示出和指定了优选的例示性实施方案,但这些实施方案应被视为纯粹是例示性的而非限制本发明。应注意,就此而言,仅示出和指定了优选的例示性实施方案,且目前或未来属于如权利要求中限定的本发明的保护范围内的所有变化和修改都应受到保护。

[0079] 参考符号列表

[0080] 1,10,10' 拉曼泵浦布置

[0081] 2,12,12' 拉曼泵

[0082] 4,14 OSC接收器

[0083]	8	发射布置
[0084]	13	控制单元
[0085]	15, 15'	放大光纤
[0086]	16a, 16b	第一和第二端口
[0087]	17a, 17b	拉曼泵浦布置的输入端口和输出端口
[0088]	18a, 18b	第一和第二WDM耦合器
[0089]	20	发射光纤
[0090]	22	复用器
[0091]	24	增幅放大器
[0092]	26	解复用器
[0093]	28	OSC发射器
[0094]	30	WDM耦合器
[0095]	32	前置放大器
[0096]	40	数据光信号
[0097]	42	OSC信号
[0098]	44	拉曼泵浦信号
[0099]	45	反向拉曼泵浦信号
[0100]	46	同向拉曼泵浦信号
[0101]	48	OSC接收器的灵敏度窗口
[0102]	52, 52'	拉曼增益主区域
[0103]	60	由放大光纤诱导的信号增益
[0104]	62	由放大光纤诱导的OSC增益
[0105]	64	由反向拉曼泵浦信号所泵浦的放大光纤诱导的OSC增益
[0106]	66	由同向拉曼泵浦信号所泵浦的放大光纤诱导的OSC增益
[0107]	70	发射器
[0108]	72	接收器
[0109]	80	端口17b处的OSC功率电平
[0110]	90	通信元件
[0111]	92	控制信息
[0112]	100	控制算法
[0113]	102	检查OSC信号
[0114]	104	将拉曼泵设定到操作模式的步骤
[0115]	106	将拉曼泵设定到启动模式的步骤
[0116]	108	将拉曼泵设定到检验模式的步骤
[0117]	110	检查倒计时计数器
[0118]	112	设定倒计时计数器的步骤
[0119]	120	操作泵浦功率
[0120]	122	启动泵浦功率
[0121]	124	零泵浦功率电平

[0122]	130	启动模式的开始时间
[0123]	132	检验模式的开始时间
[0124]	134	用于返回到操作模式的时间实例
[0125]	140	等待时间
[0126]	142	扫描时间间隔
[0127]	144	检验时间

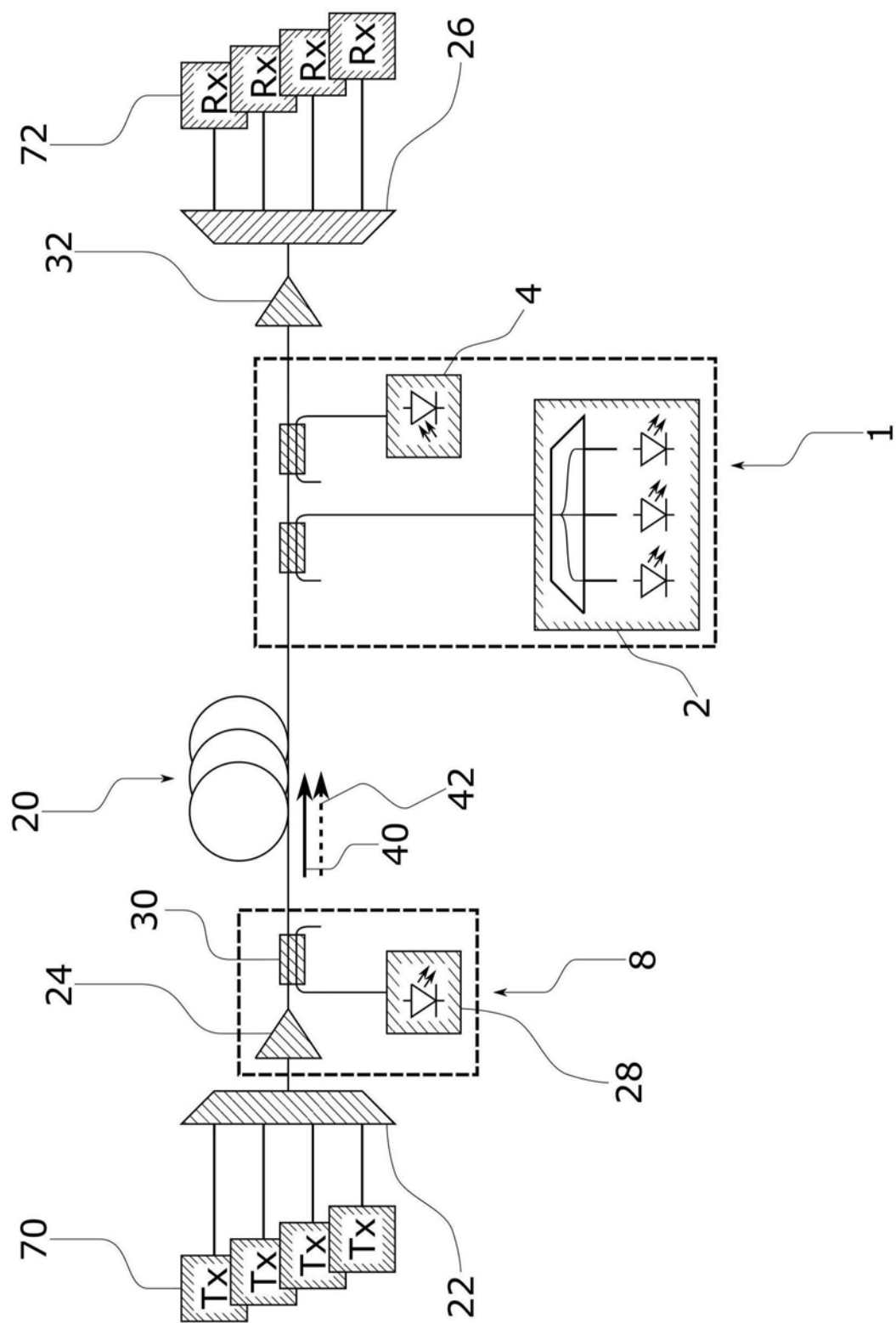


图1 (现有技术)

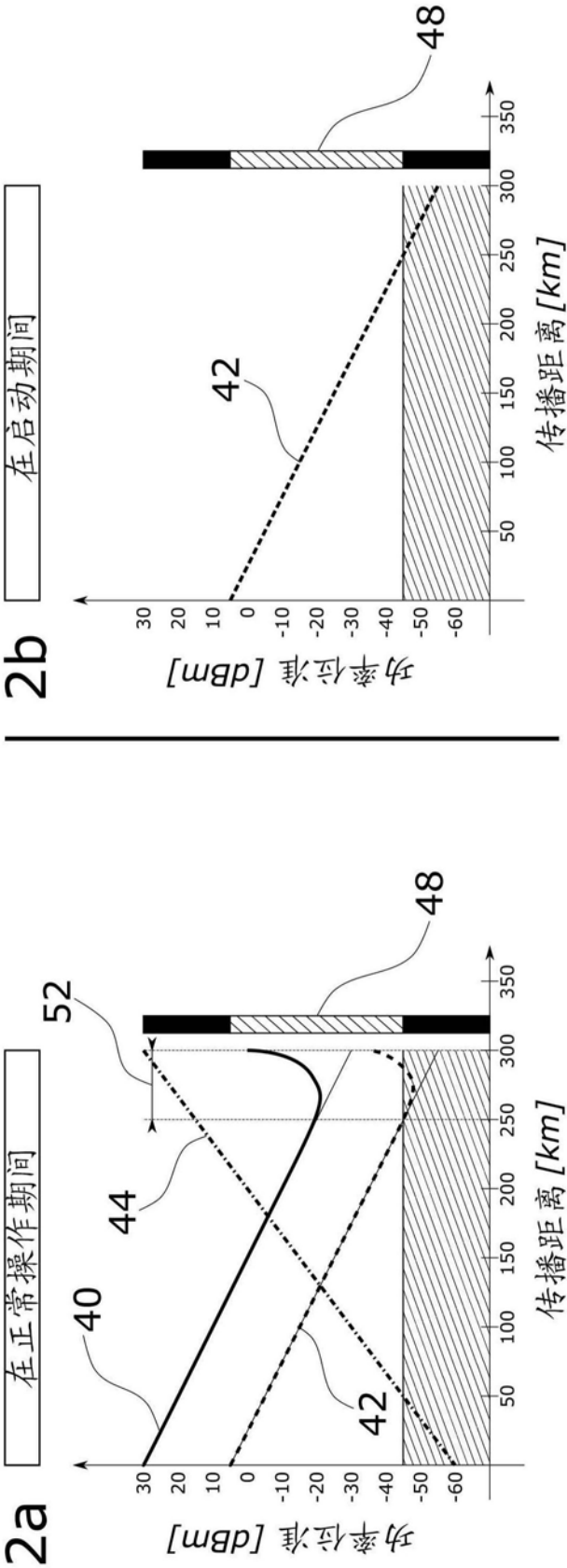


图2

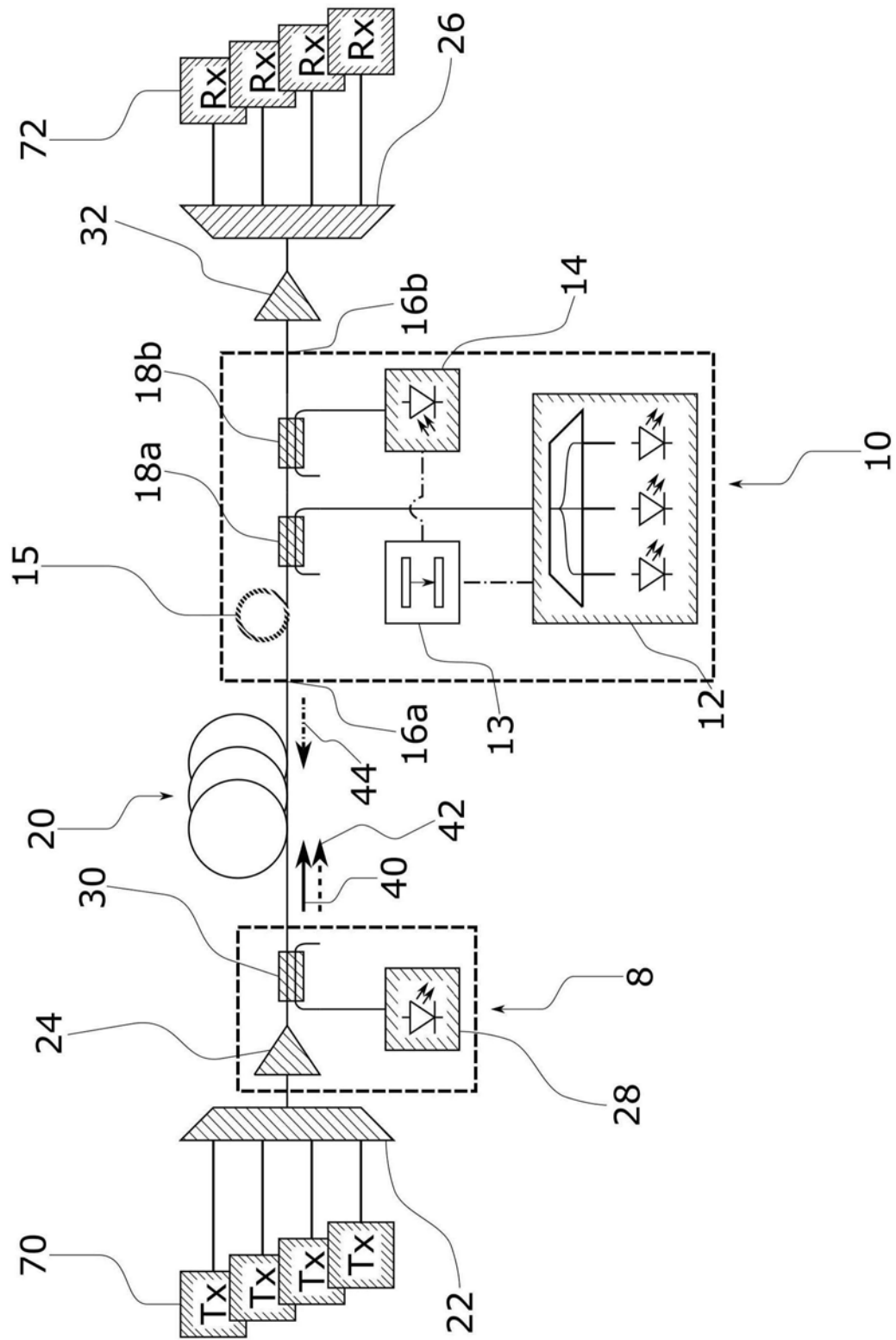


图3

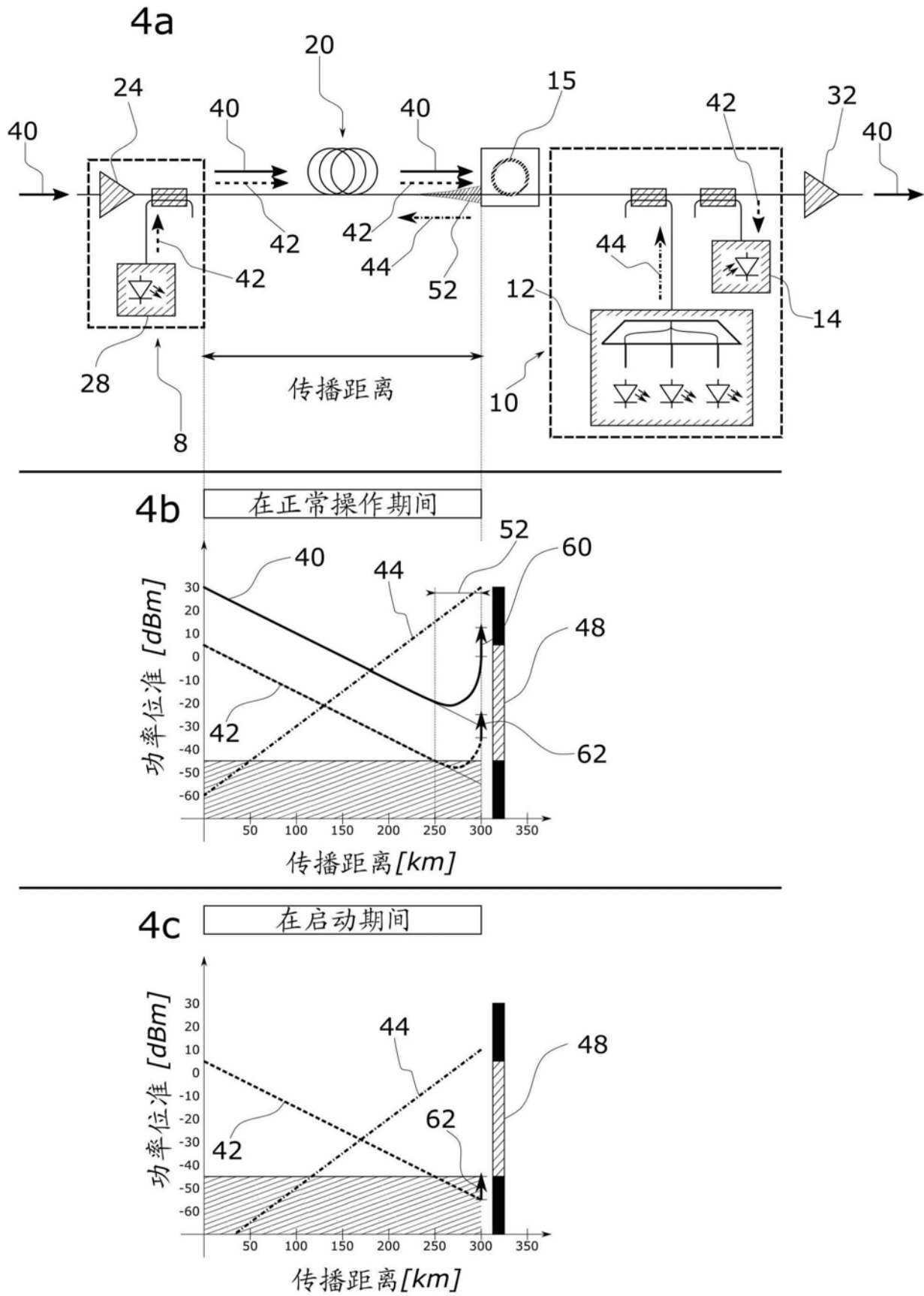


图4

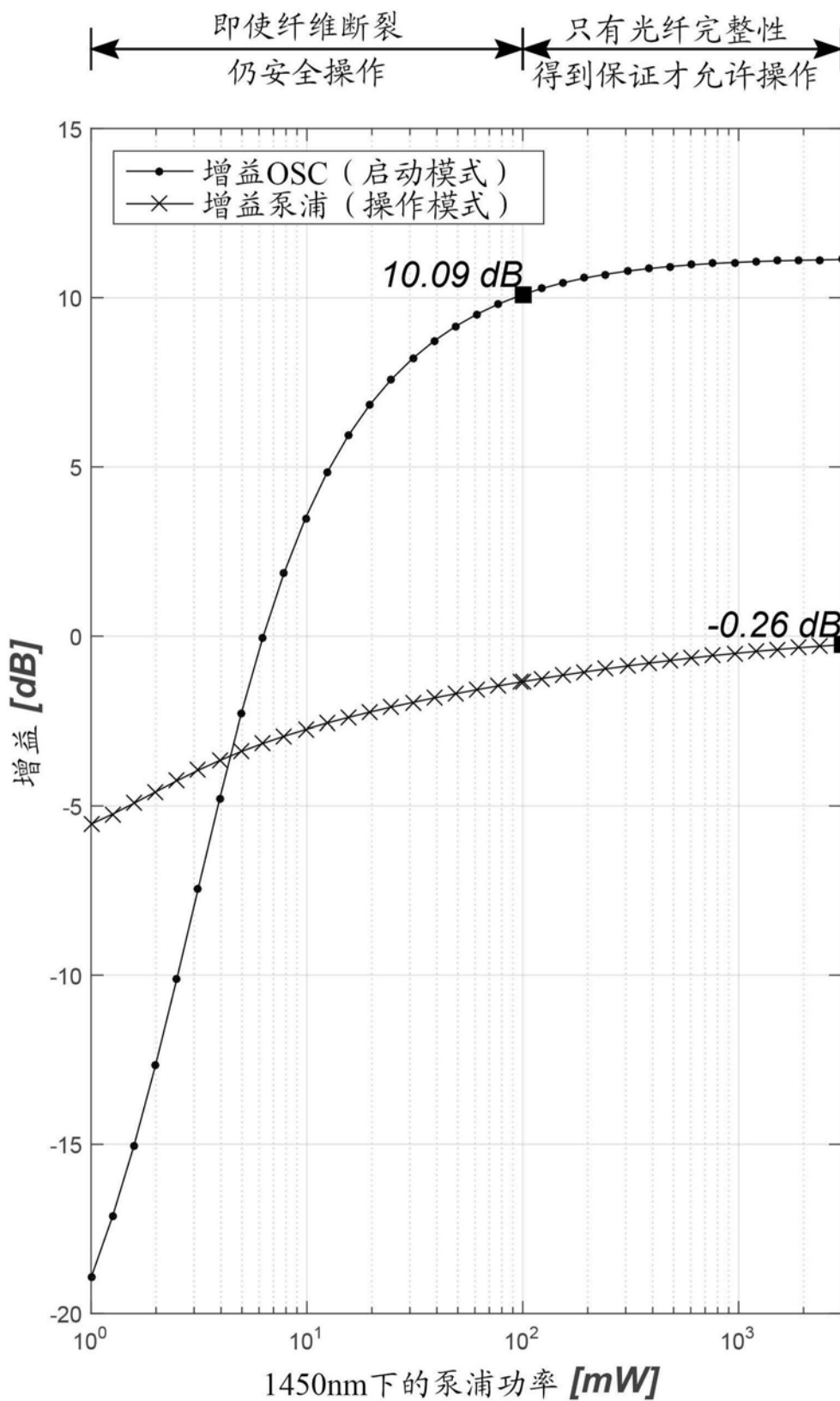


图5

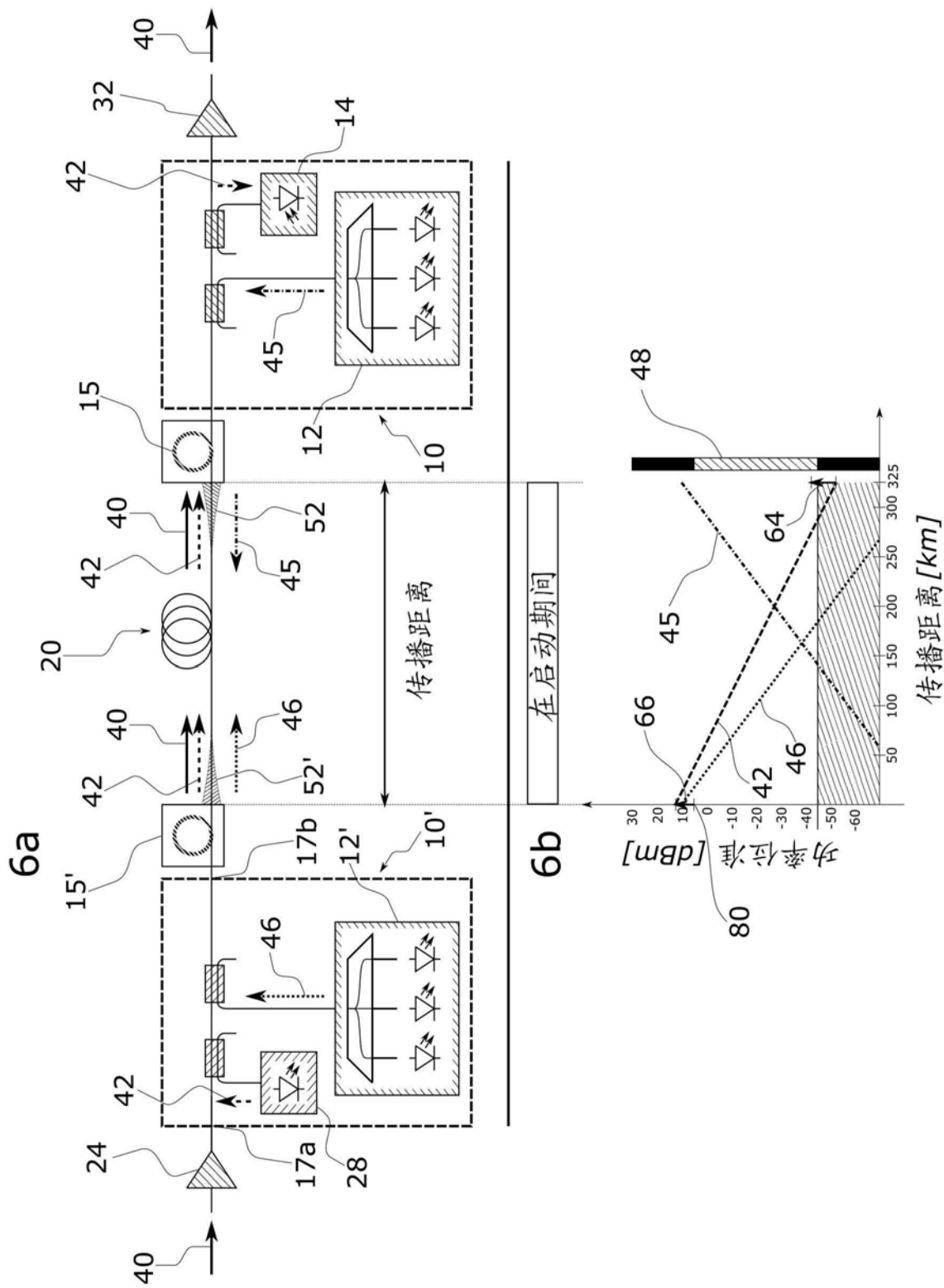


图6

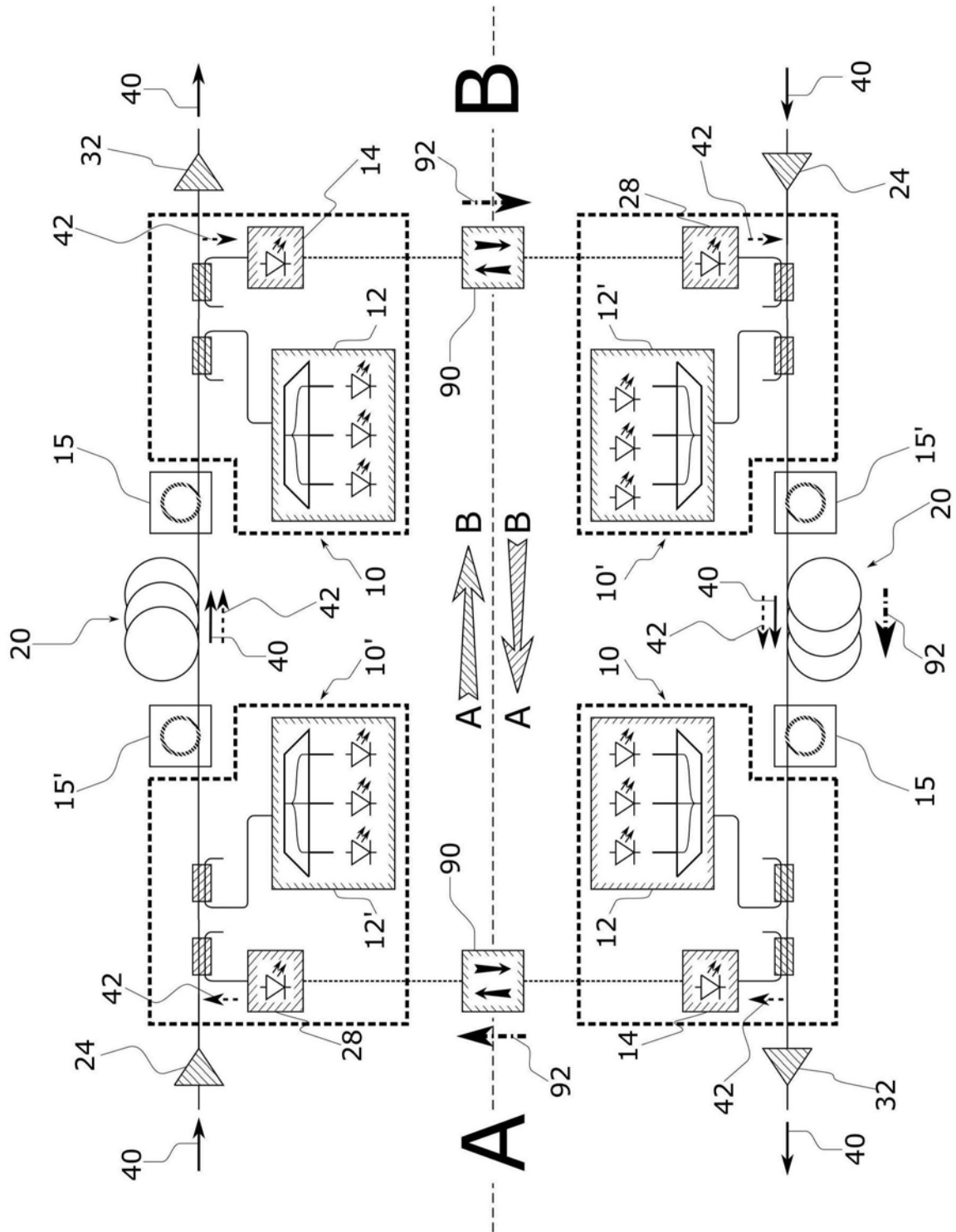


图7

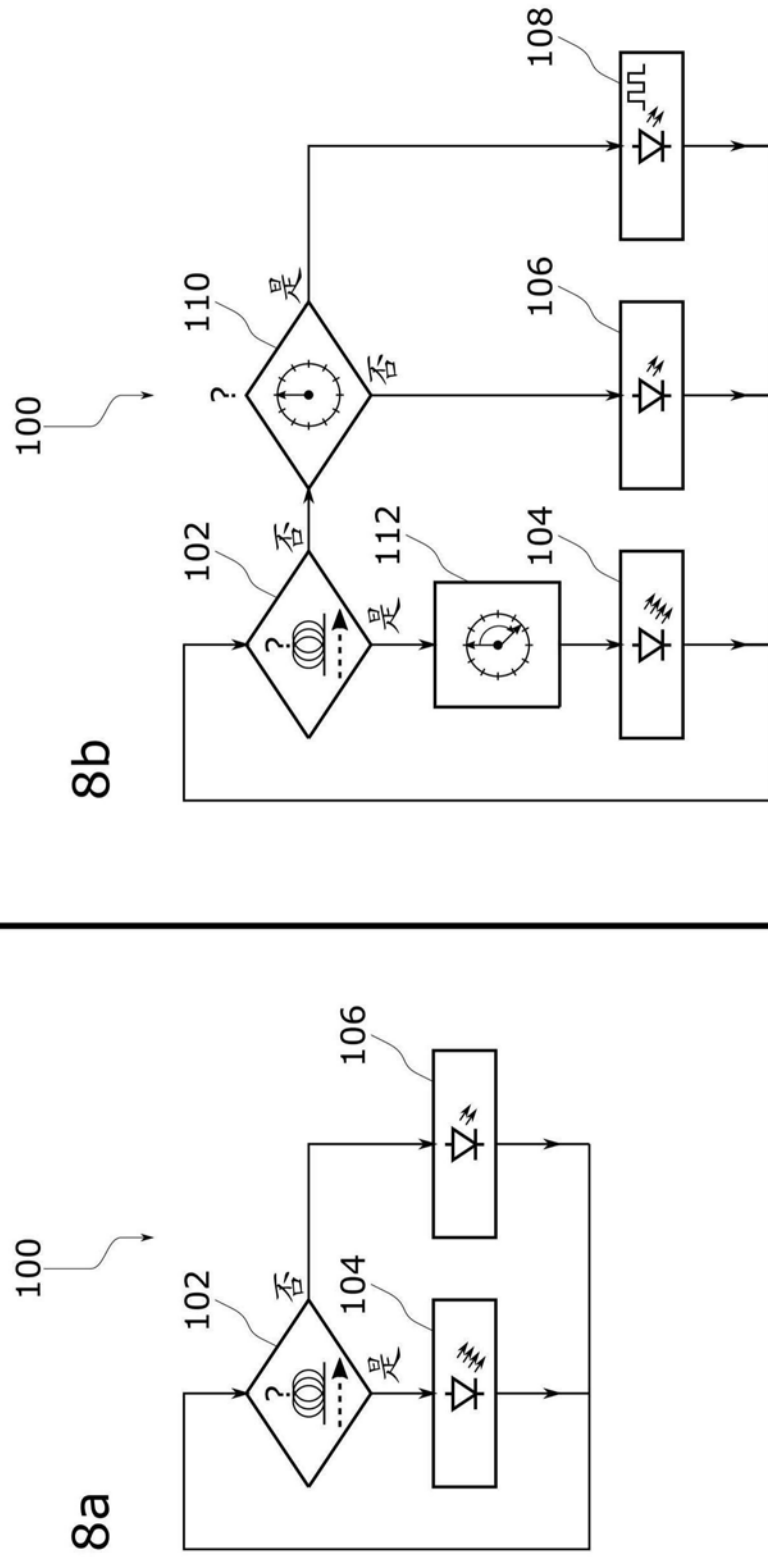


图8

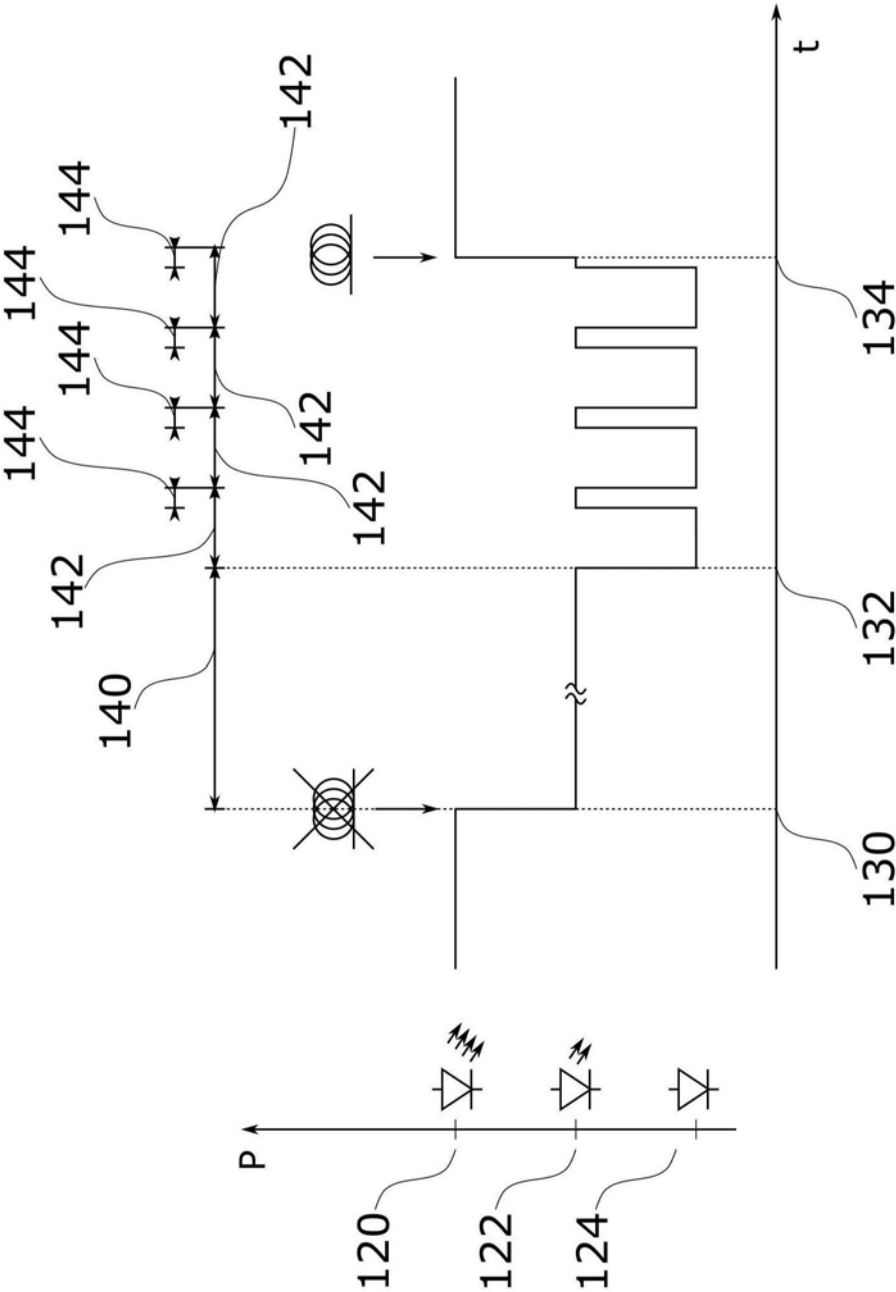


图9