



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106464381 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201580025896.1

(22)申请日 2015.03.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106464381 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(30)优先权数据
61/955,486 2014.03.19 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.11.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/018780 2015.03.04

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/142523 EN 2015.09.24

(73)专利权人 海王星海底IP有限公司
地址 英国罗姆福德

(72)发明人 韦恩·S·佩劳赫 杜-里·常

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 梁丽超 刘丹

(51)Int.Cl.
H04B 10/291(2006.01)

(56)对比文件
US 6081366 A,2000.06.27,
US 6081366 A,2000.06.27,
US 2003234974 A1,2003.12.25,
US 2002048062 A1,2002.04.25,
CN 102027401 A,2011.04.20,
US 2004196532 A1,2004.10.07,
EP 1460737 A1,2004.09.22,
WO 2010093972 A1,2010.08.19,
US 2008074734 A1,2008.03.27,
US 5917648 A,1999.06.29,

审查员 胡文好

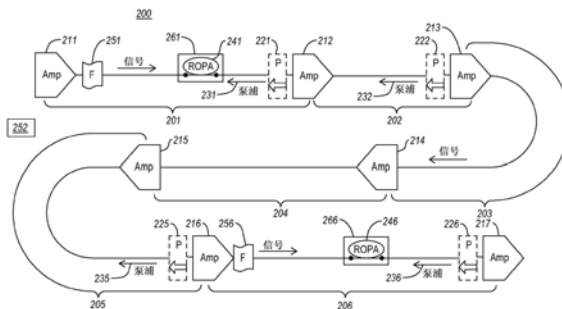
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

具有远程光学泵浦式放大器的多区段光通信链路

(57)摘要

在多区段式光通信链路中的远程光学泵浦式放大器。向后拉曼泵浦模块在包含远程光学泵浦式放大器的光通信区段中执行向后拉曼放大。然后,后向拉曼泵浦功率的残余量用于驱动远程光学泵浦式放大器。远程光学泵浦式放大器可以在距后向拉曼泵浦模块40千米至120千米的光学距离上定位,使得远程光学泵浦式放大器接收至少三毫瓦残余拉曼泵浦功率。拉曼泵浦模块可为多泵浦式拉曼泵浦模块。控制器控制由后向拉曼泵浦模块的泵浦中的至少一个提供的泵浦功率,以便至少部分地补偿由远程光学泵浦式放大器和后向拉曼泵浦模块引入的相对于波长变化的光信号强度。



1. 一种光通信链路,包括:
多个光通信区段,包括:
第一通信区段包括:后向拉曼泵浦模块;距所述后向拉曼泵浦模块40千米至120千米光学距离定位的远程光学泵浦式放大器,所述远程光学泵浦式放大器从第一后向拉曼泵浦模块接收至少三毫瓦的后向拉曼泵浦功率;以及滤波器,所述滤波器至少部分地补偿所述远程光学泵浦式放大器和所述后向拉曼泵浦模块的相对于波长的信号增益变化;以及
第二通信区段。
2. 根据权利要求1所述的光通信链路,所述后向拉曼泵浦模块包括多泵浦式后向拉曼泵浦模块。
3. 根据权利要求2所述的光通信链路,其中,所述多泵浦式后向拉曼泵浦模块包括至少四个不同的泵浦波长,其中,最长泵浦波长在1470纳米和1510纳米之间。
4. 根据权利要求1所述的光通信链路,其中,所述远程光学泵浦式放大器在地面上定位。
5. 根据权利要求4所述的光通信链路,其中,所述远程光学泵浦式放大器定位在接合保护器盒内。
6. 根据权利要求1所述的光通信链路,所述后向拉曼泵浦模块为第一后向拉曼泵浦模块,所述第二通信区段包括第二后向拉曼泵浦模块。
7. 根据权利要求6所述的光通信链路,所述远程光学泵浦式放大器为第一远程光学泵浦式放大器,所述第二通信区段包括距所述第二后向拉曼泵浦模块40千米至120千米光学距离定位的第二远程光学泵浦式放大器,并且所述第二远程光学泵浦式放大器从所述第二后向拉曼泵浦模块接收至少三毫瓦的后向拉曼泵浦功率。
8. 根据权利要求1所述的光通信链路,所述滤波器位于所述远程光学泵浦式放大器内。
9. 根据权利要求1所述的光通信链路,所述滤波器位于在所述第一光通信区段的一侧上的节点内。
10. 根据权利要求1所述的光通信链路,所述后向拉曼泵浦模块为第一后向拉曼泵浦模块,所述第二通信区段包括第二后向拉曼泵浦模块。
11. 根据权利要求10所述的光通信链路,所述远程光学泵浦式放大器为第一远程光学泵浦式放大器,所述第二通信区段包括距所述第二后向拉曼泵浦模块40千米至120千米光学距离定位的第二远程光学泵浦式放大器,并从所述第二后向拉曼泵浦模块接收至少三毫瓦的后向拉曼泵浦功率。
12. 根据权利要求 1所述的光通信链路,还包括用于控制所述后向拉曼泵浦模块的所述后向拉曼泵浦功率的控制器。
13. 根据权利要求 12所述的光通信链路,所述控制器基于在包含所述后向拉曼泵浦模块的节点处检测的信号功率来控制所述后向拉曼泵浦功率。
14. 一种用于控制多区段式光通信链路中的相对于波长的光信号功率的方法,所述方法包括:
在所述光通信区段中的节点处检测相对于功率的光信号的动作;
调节多泵浦式后向拉曼泵浦模块的至少一个泵浦的泵浦功率的动作,所述多泵浦式后向拉曼泵浦模块在所述多泵浦式光通信链路的光通信区段中提供拉曼放大,并且也驱动在

所述光通信区段中的远程光学泵浦式放大器；

使用滤波器至少部分地补偿所述远程光学泵浦式放大器和所述后向拉曼泵浦模块的相对于波长的信号增益变化；

其中，远程光学泵浦式放大器距所述后向拉曼泵浦模块40千米至120千米光学距离定位，

其中，所述远程光学泵浦式放大器从后向拉曼泵浦模块接收至少三毫瓦的所述后向拉曼泵浦功率。

具有远程光学泵浦式放大器的多区段光通信链路

[0001] 相关申请的交叉引证

[0002] 本申请要求于2014年3月19日提交的美国临时申请序列号为61/955486的优先权，该临时专利申请以引证方式全部结合于此。

背景技术

[0003] 光纤通信网络通过在网络节点之间提供高速数据而作为信息时代的关键需求。光纤通信网络包括互连光纤链路的聚集。简而言之，光纤链路涉及以光形式将信息将信息发射到光纤中的光信号源。由于内部反射的原理，光信号通过光纤传播直到其最终被接收到光信号接收器中。如果光纤是双向的，则信息可以通常使用独立光纤以反向方式光通信。

[0004] 光纤链路在各种应用中使用，每个要求不同的光纤链路长度。例如，相对短的光纤链路可以用于通信在计算机及其附近周边设备的信息，或在本地视频源（诸如DVD或DVR）和电视机之间的信息。然而，在相反的极端，当信息在两个网络节点之间进行通信时光纤链路可以延伸数百千米或甚至数千千米。

[0005] 长途和超长途光学传输是指在长达数百或数千千米的长光纤链路上的光信号传输。通常，长途光学传输涉及使用波分复用(WDM)或密集波分复用(DWDM)在单个光纤上在独立信道上传输光信号，其中每个信道对应于光的不同波长。

[0006] 使用WDM或DWDM在如此长距离上传输光信号存在巨大技术挑战，尤其是在以千兆比特/信道范围计的高比特率的情况下。对于在高速长途和超长途光学通信中的任何改进会要求显著时间和资源。每次改进可以表示显著进步，因为此类改进常引起在全球范围内通信的更广泛可用性。因此，此类进步可以潜在加速人类合作、学习、商贸等的的能力，使地理位置变得越来越相关。

发明内容

[0007] 在本文所述的至少一个实施方式涉及在多区段光通信链路中远程光学泵浦式放大器的使用。后向拉曼泵浦模块在包含远程光学泵浦式放大器的光通信区段中执行向后拉曼放大。然后，后向拉曼泵浦功率的残余量用于驱动远程光学泵浦式放大器。远程光学泵浦式放大器可以在距后向拉曼泵浦模块40千米至120千米的光学距离上定位，使得远程光学泵浦式放大器接收至少三毫瓦残余拉曼泵浦功率。拉曼泵浦模块可为多泵浦式拉曼泵浦模块。光通信链路可为地面光通信链路，其中远程光学泵浦式放大器定位在接合保护器盒或其他外壳中。

[0008] 可以在光通信链路中存在多个光通信区段，该光通信链路相似地包含由后向拉曼泵浦模块驱动的远程光学泵浦式放大器。控制器可以控制由后向拉曼泵浦模块的泵浦中的至少一个提供的泵浦功率量，以便至少部分地补偿与由远程光学泵浦式放大器和后向拉曼泵浦模块引入的相对于波长变化的光信号强度。该控制可以基于与在后向拉曼泵浦模块或后向拉曼泵浦模块下游处或者在接近后向拉曼泵浦模块或后向拉曼泵浦模块下游的波长变化相对的光信号功率的测量结果。

[0009] 提供本发明内容来以简化形式引入概念的选择,这些概念在以下具体实施方式中进一步描述。本发明内容不旨在识别要求保护的主题的关键或重要特征,也不旨在用于帮助确定请求保护的主题的范围。

附图说明

[0010] 为了描述可以获得以上引述和其他优点及特征的方式,将参考附图呈现各实施方式的更具体描述。应当理解,这些附图仅描绘样本实施方式且因此不应认为限制本方发明的范围,通过使用附图将借助附加特异性和细节来描述和解释这些实施方式,在附图中:

[0011] 图1示意性地示出可以采用本文描述的原理的示例光通信系统;

[0012] 图2示意性地示出多区段式光通信链路,其中远程光学泵浦式放大器在多于一个光学通信区段中利用;以及

[0013] 图3示出用于控制与在多区段式光通信链路中的波长相对的光信号功率的方法的流程图。

具体实施方式

[0014] 虽然本文所描述原理不限于具有现将描述的优点的实施方式,但一些本文所描述实施方式涉及多区段式光通信链路中的远程光学泵浦式放大器。后向拉曼泵浦模块在包含远程光学泵浦式放大器的光通信区段中执行向后拉曼放大。然后,后向拉曼泵浦功率的残余量用于驱动远程光学泵浦式放大器。远程光学泵浦式放大器可以在距后向拉曼泵浦模块40千米至120千米的光学距离上定位,使得远程光学泵浦式放大器接收至少三毫瓦残余拉曼泵浦功率。拉曼泵浦模块可为多泵浦式拉曼泵浦模块。光通信链路可为地面光通信链路,其中远程光学泵浦式放大器定位在接合保护器盒或其他外壳中。

[0015] 在一个通信链路中可以存在多个光通信区段,光通信区段相似地包含由后向拉曼泵浦模块驱动的远程光学泵浦式放大器。控制器可以控制由后向拉曼泵浦模块的泵浦中的至少一个提供的泵浦功率量,以便至少部分地补偿由远程光学泵浦式放大器和后向拉曼泵浦模块引入的相对于波长变化的光信号强度。该控制可以基于在后向拉曼泵浦模块或后向拉曼泵浦模块下游处或者在接近后向拉曼泵浦模块或后向拉曼泵浦模块下游的相对于波长变化的光信号功率的测量结果。

[0016] 图1示意性地示出可以采用本文描述的原理的示例光通信系统100。在光通信系统100中,通过使用光信号在终端101和102通信信息。对于在本应用内使用的惯例目的,从终端101至终端102行进的光信号将被称为“东部”,而从终端102至终端101行进的光信号将被称为“西部”。因此,光通信系统100包括从终端101引向终端102的东部光通信链路和从终端102引向101的西部光通信链路。

[0017] 术语“东部”和“西部”仅仅是用于允许容易区分在相反方向上行进的两种光信号的技术术语。使用术语“东部”和“西部”不意指在图1中的组件的任何实际地理关系,也不意指光信号的任何实际物理方向。例如,即使本文使用的惯例具有从终端101行进到终端102的“东部”光信号,终端101也可以地理上定位在终端102的东部。

[0018] 在一个实施方式中,光信号为波分复用(WDM)和潜在地密集波分复用(DWDM)。在WDM或DWDM中,信息通过在下文称为“光波长信道”的多个不同光信道中的每个进行通信。将

用于光通信的特定频率分配给每个光波长信道。落入特定频率内的信号将被称为相应光波长信号。因此,为了使用WDM或DWDM光信号通过东部光通信链路进行通信,终端101可以具有“n”个光发射器111(包括光发射器111(1)到111(n),其中n是正整数),其中每个光发射器用于通过对应东部光波长信道传输。同样,为了通过西部光链路进行通信,终端102可以具有“n”个光发射器121,包括光发射器121(1)到121(n),其中每个光发射器也用于通过对应西部光波长信道传输。

[0019] 然而,本文描述的原理不限于东部光波长信道的数量与西部光波长信道的数量相同的通信。此外,本文描述的原理不限于光发射器中的每个的精确结构。然而,激光器是用于在特定频率传输的合适的光发射器。就是说,光发射器可各自为多个激光发射器,并在频率范围内可调谐。

[0020] 对于用于在东方向上进行光传输的东部信道,终端101使用光复用器112将来自光发射器111的每个东部光波长信号复用成单个东部光信号,其然后可在被发射到第一光纤通信区段114(1)上之前由东部光放大器113可选地放大。

[0021] 在东部和西部光通信链路中的每一个中在终端101和102之间存在总共“m”个中继器115和“m+1”个光纤通信区段114。然而,不要求东部和西部光通信链路中的每个中的中继器的数量相等。在无中继的光通信系统中,“m”为零,使得在终端101和102之间只有单个光纤通信区段114(1)并且无中继器。在中继光通信系统中,“m”将是一或更大。如果存在中继器,则每个中继器可以消耗电力从而放大光信号。

[0022] 来自最终光纤通信区段114(m+1)的东部光信号然后由可选的光放大器116在终端102处被可选地放大。然后使用光解复用器117将东部光信号解复用成各种波长的光波长信道。然后可以通过包括接收器118(1)至118(n)的对应光接收器118接收和处理各种光波长信道。

[0023] 对于用于通过西部光通信链路在西方向上光传输的西部信道,终端102使用光复用器122将来自光发射器121(包括光发射器121(1)到121(n))的西部光波长信号中的每个复用成单个西部光信号。然后,在被传输到第一光纤通信区段124(m+1)上之前,可以通过可选的西部光放大器123对复用的光信号进行光放大。如果西部光信道与东部光信道对称,则再次存在“m”个中继器125(标记为125(1)到125(m))和“m+1”个光纤通信区段(标记为124(1)至124(m+1))。回想在无中继环境中,“m”可为零,使得在西部信道中只有一个光纤通信区段124(1)并且没有中继器125。

[0024] 然后来自最终光纤通信区段124(1)的西部光信号由可选的光放大器126在终端101处被可选地放大。然后使用光解复用器127对西部光信号进行解复用,由此由接收器128(包括接收器128(1)至128(n))接收并处理各个波分光信道。终端101和/或102不要求在光通信系统100中示出的所有元件。例如,在一些配置中可以不使用光放大器113、116、123和/或126。此外,如果存在,则根据需要对应的光放大器113、116、123和/或126中的每个可为多个光放大器的组合。

[0025] 通常,在中继器之间的光路长度大约相同。中继器之间的距离将取决于终端到终端总光路距离、数据速率、光纤的质量、光纤的损耗特性、中继器的数量(如果有的话)、可传送到每个中继器的电力(如果有中继器的话)等。然而,对于高质量单模纤维,中继器(或在无中继系统中的从终端到终端)之间的典型光路长度可为大约50千米,并且在实践中可为

在30千米或更小至100千米或更大的范围内。就是说,本文所描述的原理不限于中继器之间的任何特定光路距离,也不限于其中光路距离与从一个中继段到下一个段相同的中继器系统。

[0026] 光通信系统100以简化形式表示,仅用于说明和示例的目的。本文描述的原理可以扩展到更复杂的光通信系统。本文描述的原理可以应用于其中存在多个光纤对的光通信系统,每个光纤对用于通信复用的WDM光信号。此外,本文描述的原理还应用于这样的光通信,其中存在一个或多个分支节点,其在一个方向上分裂一个或多个光纤对和/或光波长信道,并在另一个方向上分裂一个或多个光纤对和/或光波长信道。

[0027] 图2示出光通信链路200,光通信链路200表示图1的光通信链路之一的示例。光通信链路200可为图1的东部光通信链路或西部光通信链路。在图2中示出了六个光通信区段201至206(即,在该示例光通信区段200中“m”等于5)。这仅仅是为了说明的目的,因为本文描述的原理可以应用于任何多区段式光通信链路。存在与每个光通信区段邻接的功率放大器。因此,在该示例中存在六个光通信区段,存在七个功率放大器211至217。

[0028] 功率放大器211和217结合在终端中。例如,如果光通信链路200是图1的东部光通信链路,则放大器211结合在图1的终端101(诸如图1的放大器113)内,而放大器217结合在图1的终端102(诸如图1的放大器116)内。相反,如果光通信链路200是图1的西部光通信链路,则放大器211结合在图1的终端102(诸如图1的放大器123)内,而放大器217结合在图1的终端101内(诸如图1的放大器126)。

[0029] 另一方面,驱动放大器212到216结合在中继器内。例如,如果光通信链路200是图1的东部光通信链路,则放大器212到216将分别结合在中继器115(1)到115(5)内,其中在图1中“m”等于5。另一方面,如果光通信链路200是图1的西部光通信链路,则放大器212至216将分别结合在中继器125(5)至125(1)内。

[0030] 根据本文所述的原理,光通信区段中的一个或多个已经结合后向拉曼泵浦模块。例如,在图2的示例中,光通信区段中的四个具有后向拉曼泵浦模块。具体地,光通信区段201、202、205和206各自具有相应的拉曼泵浦模块221、222、225和226,逆光信号进行传播的相应后向拉曼泵浦功率231、232、235和236,因而提供在相应光通信区段内的光信号的分布式向后拉曼放大。

[0031] 根据本文所述的原理,具有对应后向拉曼泵浦模块的至少一个光通信区段中的每一个还已经于其中结合接收后向拉曼泵浦功率残余量的远程光学泵浦式放大器(ROPA),从而执行光信号的离散光放大。例如,在图2中,光通信区段201包括远程光学泵浦式放大器241,其接收后向拉曼泵浦功率231的残余量从而执行光信号的离散光放大。此外,光通信区段206包括远程光学泵浦式放大器246,其接收后向拉曼泵浦功率236的残余量从而执行光信号的离散光放大。

[0032] 在一个实施方式中,远程光学泵浦式放大器中的一个或多个在距后向拉曼泵浦模块40千米至120千米的光学距离处定位并且从对应后向拉曼泵浦模块接收至少三毫瓦的后向拉曼泵浦功率。这些参数提供了相当好的可能性,即存在足够的残余拉曼泵浦功率,使得远程光学泵浦式放大器可以仍然有效地将该功率转换为光信号的放大,同时仍然许可远程光学泵浦式放大器在光通信区段中提供显著的附加距离。

[0033] 然而传统远程光学泵浦式放大器通常由单个泵浦后向拉曼泵浦模块(其中泵浦光

学器件的波长约为1480纳米)提供,但是光通信链路的一个或多个后向拉曼泵浦模块可以是多泵浦式模块。例如,拉曼泵浦模块221和226中的一个或多个可以是多泵浦式模块。其余拉曼泵浦模块222和225同样可以是多泵浦式模块。

[0034] 此类多泵式模块可以在光通信区段内在所有频率的光波长信号上更均匀地执行向后拉曼放大。然而,在远程光学泵浦式放大器接收的残余反向拉曼泵浦功率仍然主要是相同的波长。这是因为较高频率泵浦也可以由于拉曼转换的原理而被转换成低频率泵浦。与仅在较低频率的单个泵浦情况相比,多泵浦式拉曼转换引起在ROPA的低频率泵浦中的较高泵浦功率。因此,被设计用于在该波长下最合适放大的远程光学泵浦放大器仍然可以有效地操作。在一个实施方式中,后向拉曼泵浦模块包括至少四个不同的泵浦波长,其中最长按泵浦波长在1470纳米和1510纳米之间。

[0035] 可以提供滤波器以至少部分地补偿相对于组合的远程光学泵浦式放大器和后向拉曼泵浦模块的波长的信号增益变化。例如,滤波器251可以至少部分地补偿由远程光学泵浦式放大器241引起的信号增益变化和在光通信区段201内由后向拉曼泵浦221引起的向后拉曼放大。此外,滤波器256可以在至少部分地补偿由远程光学泵浦式放大器246引起的信号增益变化和在光通信区段206内由后向拉曼泵浦226引起的向后拉曼放大。或者,可以省略光学滤波器251和256中的一个,从而依赖于另一滤波器来至少部分地补偿由两组远程光学泵浦式放大器和后向拉曼泵浦模块引起的信号增益变化。或者,光学滤波器251或256可至少部分地补偿由通信链路200中的其他元件引起的信号增益变化。光学滤波器251和256可具有固定的频谱形状或可为动态的,其允许以电子方式调节频谱形状。

[0036] 滤波器可以位于远程光学泵浦式放大器内,或者可以位于光通信区段的任一侧上的供能节点内。例如,滤波器251可以位于与远程光学泵浦式放大器241相同的组件内,或者可以位于与放大器211或放大器212相同的组件内。同样,滤波器256可以位于与远程光学泵浦式放大器246相同的组件内,或者可以位于与放大器216或放大器217相同的组件内。

[0037] 光通信链路200可为地面光通信链路,其中所有光通信区段201至206是地面光通信区段。另选地,光通信链路200可以是海底光通信链路,其中所有光通信区段201至206都是海底光通信区段。光通信链路200还可以是混合型的,其中光通信区段201至206中的一个或多个是地面光通信区段,并且光通信区段201至206中的一个或多个是海底光通信区段。

[0038] 然而,在一些实施方式中,光通信区段201和206是地面光通信区段。在这种情况下,远程光学泵浦式放大器241和246位于地面上而非海底环境中。远程光学泵浦式放大器241至246可能甚至位于相应接合盒261和266内,该接合盒261和266通常用于保护光纤的接合。例如,光纤通常具有几千米的长度。因此,为了连接几十或几百千米的光纤,在光纤中具有周期性的接合。通常提供接合盒来保护一个光纤被接合以交汇另一光纤的区域。这种接合盒也可以用于安装远程光学泵浦式放大器。在一些实施方式中,外壳261和266仅容纳远程光学泵浦式放大器,而不容纳区段纤维接合。

[0039] 光通信系统200还包括控制器252。图3示出用于在多区段光通信链路中控制与波长相对的光信号功率的方法300的流程图。控制器252可以通过首先在光通信区段中的节点处检测相对于波长的光信号功率波长变化来执行图3的方法300(动作301)。然后,控制器252调节提供后向拉曼泵浦功率的多泵浦式后向拉曼泵浦模块中的至少一个泵浦的泵浦功率(动作302)。例如,控制器252可以调节在后向拉曼泵浦模块221、222、225和226中的泵浦

中的一个的泵浦功率。该反馈模式可以继续在此光通信链路内的所有光波长信号上提供更均匀的增益,但是存在远程光学泵浦式放大器和向后拉曼放大。

[0040] 作为示例,控制器252可以在包含放大器212(或光通信链路200中的下游的任何其他节点或放大器,诸如放大器213至217)的组件处监测相对于波长的光信号功率,并且相应地调节后向拉曼泵浦模块221的一个或多个泵浦的泵浦功率。控制器252可以在包含放大器217的组件处监测相对于波长的光信号功率,并且相应地调节后向拉曼泵浦模块226的一个或多个泵浦的泵浦功率。

[0041] 因而,已经描述了将远程光学泵浦式放大器结合到多区段光通信链路中的有效机制。在不脱离本发明的精神或本质特征的情况下,本发明可以以其他具体形式体现。所描述的实施方式在所有方面都被认为仅是说明性的且非限制性的。因此,本发明的范围由所附权利要求书而不是前面的描述来指示。在权利要求的等同物的含义和范围内的所有改变将被包括在其范围内。

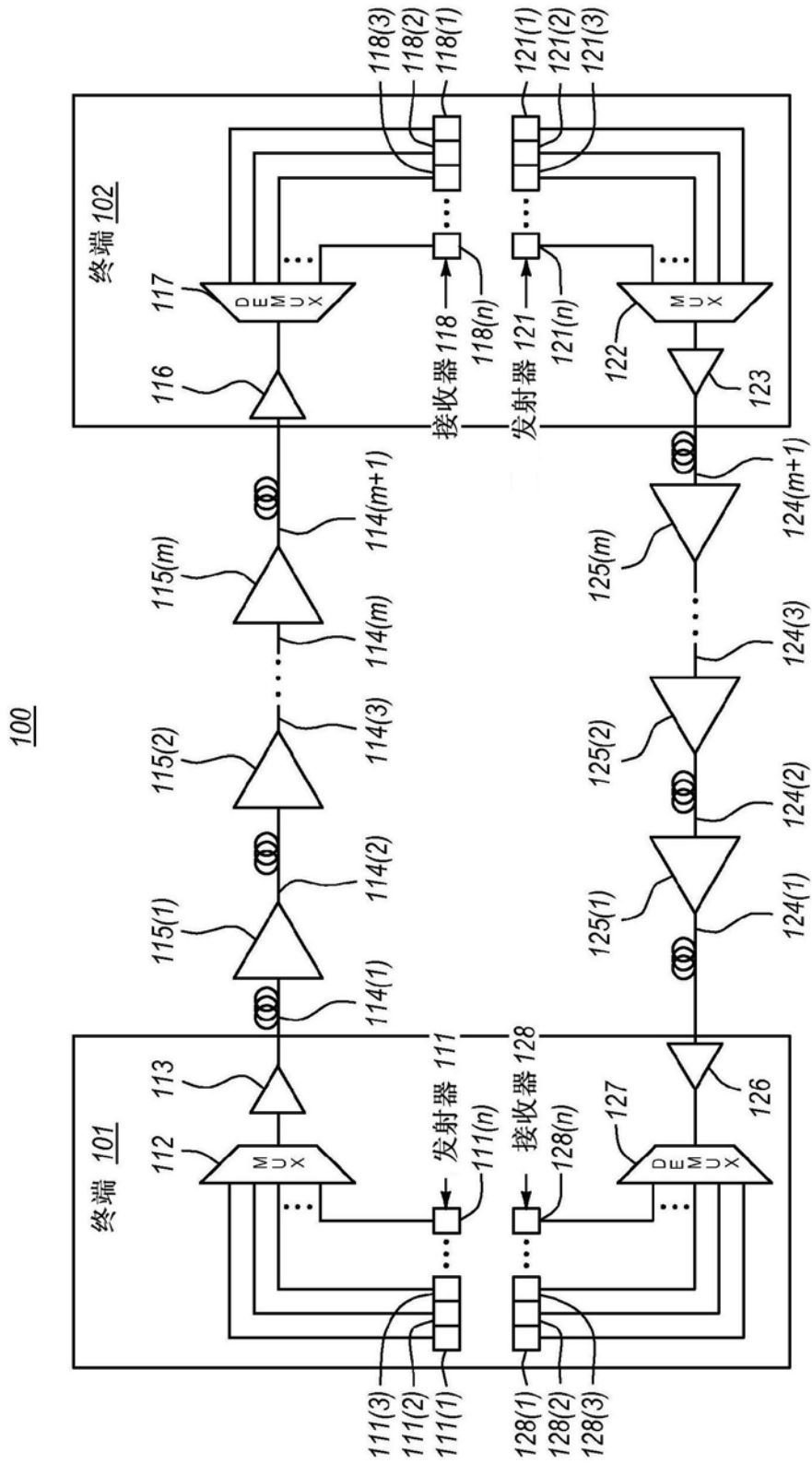


图1

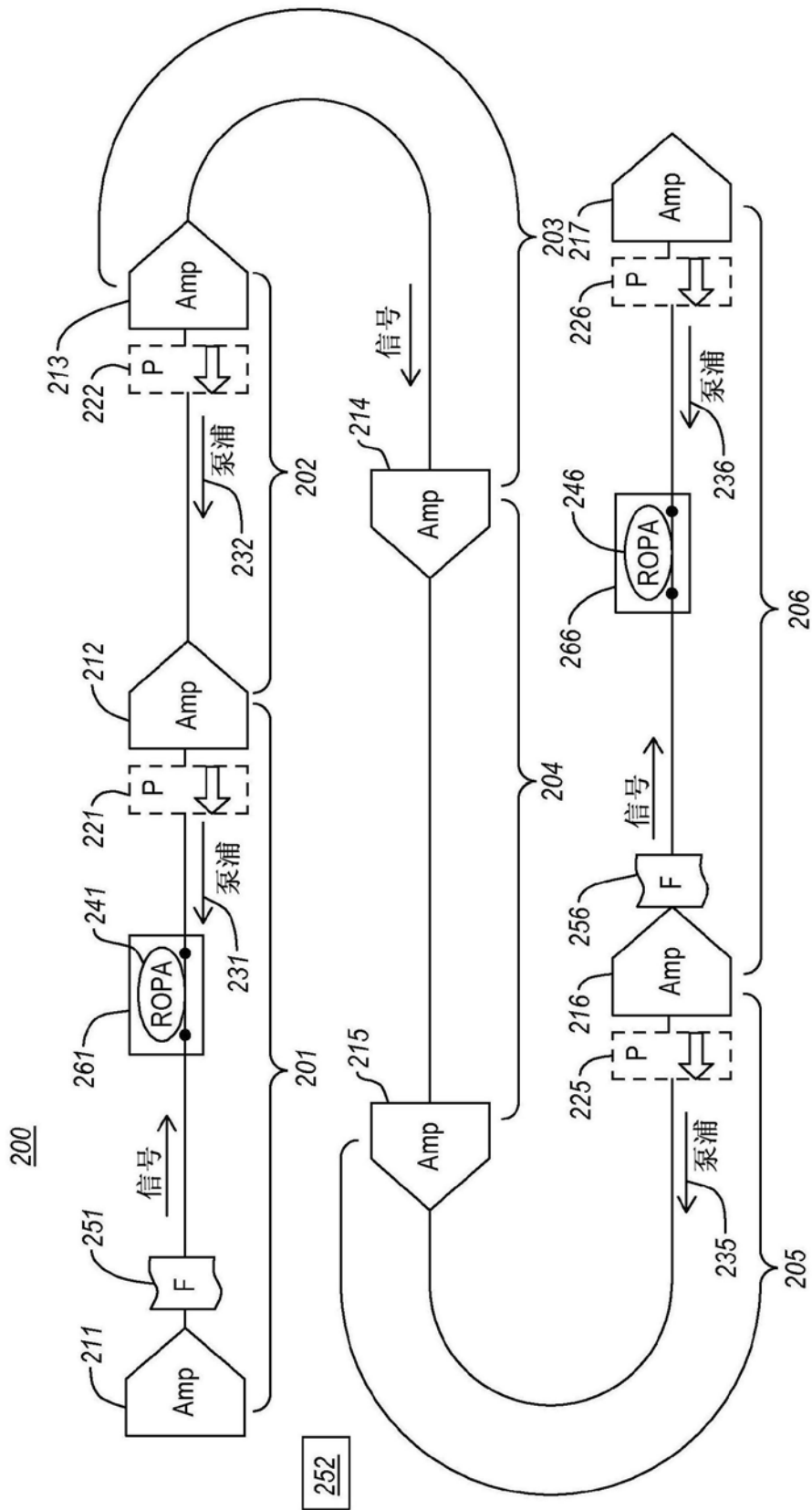


图2

300

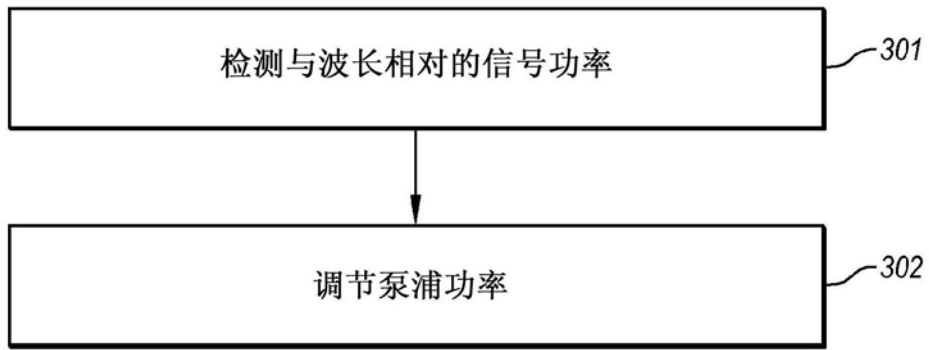


图3