

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 10/12 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03822232.9

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100512057C

[22] 申请日 2003.8.20 [21] 申请号 03822232.9

[30] 优先权

[32] 2002.8.20 [33] US [31] 60/404,719

[86] 国际申请 PCT/US2003/026106 2003.8.20

[87] 国际公布 WO2004/019458 英 2004.3.4

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.18

[73] 专利权人 华为海洋网络有限公司

地址 300457 中国天津经济技术开发区
三大街金融街 W3 栋 5-6 层

[72] 发明人 乔纳森·A·纳格尔
迈克尔·J·诺伊贝特

[56] 参考文献

US6236777 B1 2001.5.22

US6101016 A 2000.8.8

US5815613 A 1998.9.29

审查员 陈 沛

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 黄启行 谢丽娜

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

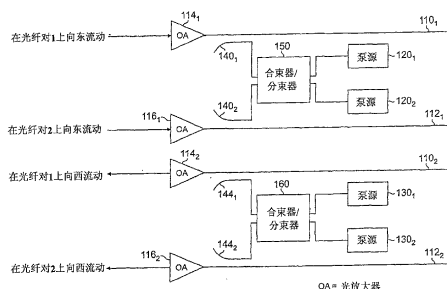
[54] 发明名称

将来自单一泵浦装置的泵浦能量共享到位于
不同光纤对中的光纤的设备

[57] 摘要

提供了一种光中继器，其包括至少四个光学放大器，每一个光学放大器为在不同的单向光纤中传播的光信号提供光学放大，所述单向光纤合起来形成至少两个双向的光纤对。该中继器还包括第一多个泵源，用于向位于所述光纤对的第一个光纤对中的第一光纤以及位于所述光纤对的第二光纤对中的第二光纤提供泵浦能量。该第一光纤和第二光纤支持沿共同方向传播的光信号。第一合束器装置将来自第一多个泵源的泵浦能量进行组合并将其分布到为所述第一和第二光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器。第二多个泵源为位于第一光纤堆在烘的第三光纤和位于第二光纤对中的第四光纤提供泵浦能量。该第三光纤和第四光纤支持沿着与所述第一和第二光纤所沿方向相反的共同方向传播的光信

号。第二合束装置对来自第二多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为所述第三和第四光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器。



1. 一种光中继器，包括：

至少四个光学放大器，每一个光学放大器为在不同的单向光纤中传播的光信号提供光学放大，所述单向光纤被合起来形成至少两个双向的光纤对；

第一组多个泵源，用于向位于所述至少两个双向的光纤对的第一个光纤对中的第一光纤以及位于所述至少两个双向的光纤对的第二个光纤对中的第二光纤提供泵浦能量，所述第一光纤和所述第二光纤支持沿共同方向传播的光学信号；

第一合束器装置，对来自所述第一组多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为在所述第一和第二光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器中去；

第二组多个泵源，用于向位于所述第一光纤对中的第三光纤以及位于所述第二光纤对中的第四光纤提供泵浦能量，所述第三光纤和所述第四光纤支持沿着与所述第一和第二光纤所沿方向相反的共同方向传播的光信号；

第二合束器装置，对来自所述第二组多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为在所述第三和第四光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器中去；

第一无源耦合装置，以用于将穿越所述第一和第二光纤中的光学放大器的过剩泵浦能量，在为穿越第三和第四光纤的光信号提供放大的光学放大器的上游位置，传送给第三和第四光纤；以及

第二无源耦合装置，以用于将穿越所述第三和第四光纤中的光学放大器的过剩泵浦能量，在为穿越第一和第二光纤的光信号提供放大的光学放大器的上游位置，传送给第一和第二光纤。

2. 如权利要求 1 所述的光中继器，其中所述光学放大器是掺稀土光学放大器。

3. 如权利要求 2 所述的光中继器, 其中, 所述掺稀土光学放大器是掺铒光学放大器。

4. 如权利要求 1 所述的光中继器, 其中, 所述第一合束器装置包括第一合束器和用于将泵浦能量从所述合束器耦合到第一和第二光纤的第一组多个耦合器。

5. 如权利要求 4 所述的光中继器, 其中, 所述第二合束器装置包括第二合束器和用于将泵浦能量从所述合束器耦合到第三和第四光纤的第二组多个耦合器。

6. 如权利要求 5 所述的光中继器, 其中, 所述第一和第二合束器是 2x2 合束器。

将来自单一泵浦装置的泵浦能量
共享到位于不同光纤对中的光纤的设备

本申请要求于 2002 年 8 月 20 日提交的“双路放大器及泵浦共享结构”的美国临时申请 US 60/404,719 的优先权益。

技术领域

本发明总的来说涉及诸如应用于光传输系统中的光学放大器，具体地说，涉及一种在其中能够容易地确定故障泵源的光学放大器结构。

背景技术

光学放大器已经成为传输系统和网络中用于补偿系统损耗的主要部件，特别是在波分多路复用(WDM)和密集波分多路复用(DWDM)通信系统中。在 WDM 传输系统中，每一个均由不同的载波波长定义的两个或更多光学数据承载信道被组合到一个公共路径上，以用于到远程接收器的传输。该载波波长被充分地分隔，以便它们在频域中不重叠。通常，在长途光纤系统中，光学放大器通常是在穿越了小于大约 120 公里的距离之后，往往同时地放大该组波长信道。

光学放大器的一个分类是掺稀土光学放大器，其使用稀土离子作为活性元素。该离子被掺杂在纤芯中，并被光学泵浦以便提供增益。硅纤芯用作离子的基底媒质。尽管多种不同的稀土离子诸如钕、镨、铽等等可被用于提供光谱的不同部分中的增益，但是掺铒光纤放大器(EDFA)经证明是尤其出色，因为它们可在光纤中的光损耗为最小的光谱范围中工作。此外，掺铒光纤放大器特别有用是因为即使处于增益压缩中工作，其仍能够放大大多个波长信道而不发生串扰恶化。EDFA 很出色，还因为它们的光纤设备，并从而能够容易地以低损耗连接到电信光纤。

设计 WDM 传输系统时的一个重要考虑是可靠性，特别是在该系统难以接近来进行修复的时候，例如在海底应用中。由于激光泵浦是放大电路系统中的唯一的有源元件，所以它最可能发生恶化或者出现故障。这样的故障往往致使光学放大器、并可能是致使光通信系统不起作用。为了解决这样一种事件，已经开发出几种技术来设计能够限制激光泵浦故障或者退化的影响的光通信系统。例如，有时使用冗余来免除光学放大器故障。

当在单一位置中采用两个或更多光学放大器的时候能够方便地采用冗余，这通常是在典型的长距离光传输系统中的情况，该典型的长距离光传输系统包括支持在相反方向上传播光信号的一对单向光纤。在这样的系统中，每一光纤包括一个光学放大器，它们被共同放置在被称为中继器的公共外壳中。当多个放大器被共同放置的时候，能够通过所有这些放大器之间共享来自所有可用泵的泵浦能量，来实现冗余。例如，在美国专利第 5, 173, 957 号中，来自至少两个泵源的输出被一个 3 分贝光耦合器耦合，以便同时地为两个光纤放大器中的每一个提供泵浦能量。如果这些泵源中的一个发生故障，则其他泵源为每一光学放大器提供功率。因此，一个激光泵浦的故障导致两个光学放大器中的每一个的泵浦功率减少 50%。如果没有这样的泵共享，则泵故障可能导致一个放大器中的突然故障，而不会导致另一个放大器中的故障。只要一些泵浦能量到达每一放大器，则将有足够的增益来将信号传送到下一光学放大器。另一方面，如果任一给定的放大器损失了它的所有泵浦能量，则它将成为损耗介质并使这些信号衰减，这通常导致系统末端的过量信噪比。

尽管上述的泵冗余结构可能对于某些应用是适宜的，但是可能令人满意的是提供一种具有更大可靠度的泵冗余结构，特别是在采用多个光纤对的光传输系统中。

发明内容

根据本发明，提供了一种光中继器。该中继器包括至少四个光学放大器，每一个光学放大器为在不同的单向光纤中传播的光信号提供光学放大，所述单向光纤被合起来形成至少两个双向的光纤对。该中继器还包括第一多个泵源，用于向位于所述光纤对的第一个光纤对中的第一光纤以及位于所述光纤对的第二个光纤对中的第二光纤提供泵浦能量。所述第一光纤和第二光纤支持沿共同方向传播的光信号。第一合束器装置对来自所述第一多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为在所述第一和第二光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器中去。第二多个泵源为位于所述第一光纤对中的第三光纤和位于第二光纤对中的第四光纤提供泵浦能量。所述第三光纤和第四光纤支持沿着与所述第一和第二光纤所沿传播方向相反的共同方向传播的光信号。第二合束器装置对来自所述第二多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为在所述第三和第四光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器中去。

根据本发明的一个方面，提供了一种光中继器，包括：至少四个光学放大器，每一个光学放大器为在不同的单向光纤中传播的光信号提供光学放大，所述单向光纤被合起来形成至少两个双向的光纤对；第一组多个泵源，用于向位于所述至少两个双向的光纤对的第一个光纤对中的第一光纤以及位于所述至少两个双向的光纤对的第二个光纤对中的第二光纤提供泵浦能量，所述第一光纤和所述第二光纤支持沿共同方向传播的光学信号；第一合束器装置，对来自所述第一组多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为在所述第一和第二光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器中去；第二组多个泵源，用于向位于所述第一光纤对中的第三光纤以及位于所述第二光纤对中的第四光纤提供泵浦能量，所述第三光纤和所述第四光纤支持沿着与所述第一和第二光纤所沿方向相反的共同方向传播的光信号；第二合束器装置，对来自所述第二组多个泵源的泵浦能量进行组合，并将其分布到为在所述第三和第四光纤中传播的光信号提供放大的光学放大器中

去；第一无源耦合装置，以用于将穿越所述第一和第二光纤中的光学放大器的过剩泵浦能量，在为穿越第三和第四光纤的光信号提供放大的光学放大器的上游位置，传送给第三和第四光纤；以及第二无源耦合装置，以用于将穿越所述第三和第四光纤中的光学放大器的过剩泵浦能量，在为穿越第一和第二光纤的光信号提供放大的光学放大器的上游位置，传送给第一和第二光纤。

根据本发明的一个方面，提供了第一无源耦合装置，以用于将穿过所述第一和第二光纤中的光学放大器的过剩泵浦能量，在从为穿越第三和第四光纤的光信号提供放大的光学放大器开始上行的位置，传送给第三和第四光纤。

根据本发明的另一方面，提供了第二无源耦合装置，以用于将穿过所述第三和第四光纤中的光学放大器的过剩泵浦能量，在从为穿越第一和第二光纤的光信号提供放大的光学放大器开始的上行位置，传送给第一和第二光纤。

根据本发明的另一方面，所述光学放大器是掺稀土光学放大器。

根据本发明的另一方面，所述掺稀土光学放大器是掺铒光学放大器。

根据本发明的另一方面，第一合束器装置包括第一合束器和用于将泵浦能量从所述合束器耦合到第一和第二光纤的第一多个耦合器。

根据本发明的另一方面，第二合束器装置包括第二合束器和用于将泵浦能量从所述第二合束器耦合到第三和第四光纤的第二多个耦合器。

根据本发明的另一方面，第一和第二合束器是 2x2 合束器。

附图说明

图 1 示出根据本发明的四个单向光纤路径，每一个分别包括一个掺稀土光纤，以用于为沿光纤路径传播的光信号提供增益。

图 2 示出本发明的替代实施例。

具体实施方式

本发明人已经认识到，可以采用泵共享技术，以比美国专利第 5,173,957 中所示的上述结构所能实现的更加可靠的方式，为两个或更多光纤对提供冗余。例如，将该常规结构直接应用到两个光纤对往往要求总共四个泵源，其中一对泵源为一个光纤对提供功率，而另一对泵源为另一个光纤对提供功率。在这样一种结构中，在为一个光纤对提供功率的两个泵中发生故障往往导致该特定光纤对的损失。而另一方面，正如下文中将说明的，本发明提供了一种结构，其中任何两个泵中发生的故障不会导致一个光纤对的彻底损失。也就是说，在最坏的情况下，两个泵的故障将导致仅仅两个光纤对中的每一对中的一个光纤的损失，而保持每一个光纤对中的另一个光纤的承载通信量的能力。

为了例证说明，本发明将结合从四个泵源接收泵浦能量的四光纤传输路径进行描述。然而，本发明不局限于这样一种结构。一般地说，本发明适用于采用 N 个光纤对并具有分别位于 $2N$ 个光纤和 $2N$ 个泵源的每一个中的 $2N$ 个光学放大器的传输路径，其中 N 是大于二的整数。

图 1 示出四个单向光纤路径 110_1 、 110_2 、 112_1 和 112_2 ，每一个单向光纤路径分别包括掺稀土光纤 114_1 、 114_2 、 116_1 和 116_2 ，以用于为沿光纤传播的光信号提供增益。在传输系统中，光纤路径 110_1 、 110_2 、 112_1 和 112_2 被配置为两对，每一对均支持双向通信。具体来讲，第一光纤对 110 包括支持沿相反方向传播的光信号的单向光纤 110_1 和 110_2 。类似地，第二光纤对 112 包括也支持沿彼此相反方向传播的光信号的

单向光纤 112₁ 和 112₂。

根据本发明，提供了第一泵浦装置，其为每一光纤对 110 和 112 中的一个光纤提供泵浦能量。具体来讲，两个泵源 120₁ 和 120₂ 为位于第一光纤对 110 的光纤 110₁ 中的掺稀土光纤 114₁ 提供泵浦能量，并为位于第二光纤对 112 的光纤 112₁ 中的掺稀土光纤 116₁ 提供泵浦能量。2x2 合束器 / 分束器 150 将泵源 120₁ 和 120₂ 产生的泵浦能量进行组合，并将组合功率在掺稀土光纤 114₁ 和 116₁ 之间进行划分。耦合元件 140₁ 和 140₂ 从 2x2 合束器 / 分束器 150 的输出端口接收泵浦能量，并将该泵浦能量分别引导到光纤路径 110₁ 和 112₁，在该光纤路径上，泵浦能量与信号组合。耦合元件 140₁ 和 140₂ 一般来讲被配置为在泵浦能量波长具有强耦合比率而在信号波长具有弱耦合比率，其中所述耦合元件 140₁ 和 140₂ 例如可以是多模光纤耦合器或者是波分复用器。

与第一泵浦装置相似，提供了第二泵浦装置，其也为光纤对 110 和 112 中的每一对中的一个光纤提供泵浦能量。具体来讲，两个泵源 130₁ 和 130₂ 为位于第一光纤对 110 的光纤 110₂ 中的掺稀土光纤 114₂ 提供泵浦能量，并为位于第二光纤对 112 的光纤 112₂ 中的掺稀土光纤 116₂ 提供泵浦能量。2x2 合束器 / 分束器 160 将泵源 130₁ 和 130₂ 产生的泵浦能量进行组合，并将组合功率在掺稀土光纤 114₂ 和 116₂ 之间进行划分。耦合元件 144₁ 和 144₂ 从 2x2 合束器 / 分束器 160 的输出端口接收泵浦能量，并将该泵浦能量分别引导到光纤路径 110₂ 和 112₂，在该光纤路径上，泵浦能量与信号组合。类似于耦合元件 140₁ 和 140₂，耦合元件 144₁ 和 144₂ 可以包括本领域中普通技术人员所知的任何适当的耦合装置，例如包括多模光纤耦合器或者波分复用器。

由于在本发明中，每一个泵浦装置为位于不同光纤对中的光纤提供功率，所以任何两个泵发生故障仍允许沿着两个光纤对中的每一个，在一个方向上来承载通信量。例如，参见图 1，泵源 120₁ 和 120₂ 都发生故障将分别导致第一光纤对 110 和第二光纤对 112 的光纤 110₁ 和 112₁ 中的通信量损失。第一光纤对 110 的光纤 110₂ 以及第二光纤对的

光纤 112₂ 中的通信量将是未受影响的。然而, 另一方面, 如果两个泵都发生故障, 并且每一个泵位于泵浦装置中的不同的一个上, 则没有一个光纤上的通信量会遭到损失。例如, 在所述第一泵浦装置中的泵源 120₁ (或者泵源 120₂) 以及第二泵浦装置中的泵源 130₁ (或者泵源 130₂) 都发生故障将仅仅将提供给光纤 110₁、110₂、112₁ 和 112₂ 的总功率减少一半, 从而使得通信量能够沿着所有四个光纤 110₁、110₂、112₁ 和 112₂ 继续延续。

图 2 示出本发明的替代的实施例, 其提供了比图 1 中所示的泵浦装置更高的冗余度。在图 1 和图 2 中, 由类似的附图标记来标明类似的元件。在本发明的这一实施例中, 穿过掺稀土光纤 114₁ 和 116₁ 并沿光纤 110₁ 和 112₁ 继续下行 (例如, 沿向东的方向) 的过剩或者未使用的共同传播泵浦功率将被转移到光纤 110₂ 和 112₂, 在那里, 过剩功率下行 (例如沿向西的方向) 传播到共泵浦 (co-pump) 的掺稀土光纤 114₂ 和 116₂。泵浦功率的这种转移或者再循环是通过一种无源耦合装置来实现的, 该无源耦合装置包括耦合元件 210₁、210₂、220₁ 和 220₂, 以及 2x2 合束器和分束器 270 和 280。

如图所示, 耦合元件 210₁ 和 220₁ 分别位于第一光纤对 110 的光纤 110₁ 和第二光纤对 112 的光纤 112₁ 中。耦合元件 210₁ 和 220₁ 分别位于从掺稀土光纤 114₁ 和 116₁ 开始的下行流。此外, 耦合元件 210₂ 和 220₂ 分别位于第一光纤对的光纤 110₂ 和第二光纤对 112 的光纤 112₂ 中。耦合元件 210₂ 和 220₂ 分别位于从掺稀土光纤 114₂ 和 116₂ 开始的上行流。

在工作中, 2x2 合束器 / 分束器 270 从耦合器 210₁ 和 220₁ 接收过剩泵浦能量, 并将组合的泵浦功率中的一部分输出到 2x2 合束器 / 分束器 280 的每一个输入。随后, 合束器 / 分束器 280 将在其输入接收的功率组合和划分, 并将划分功率的每一部分引导至耦合元件 210₂ 和 220₂。以这种方式, 过剩泵浦功率被传送到光纤 110₂ 和 112₂, 以便它能够被下行传播到掺稀土光纤 114₂ 和 116₂。

图 2 中描述的无源耦合装置沿着光纤 110₁ 和 112₁ 的向东方向传播

过剩的泵浦功率，以便其在沿着光纤 110₂ 和 112₂ 的向西的方向进行传播。本领域中普通技术人员将认识到是，可以采用类似的结构来沿着光纤 110₂ 和 112₂ 的向西方向传播过剩泵浦功率，以便其能够被提供给掺铒光纤 114₁ 和 116₁。在该情况下，与四个耦合元件一道采用了两个额外的 2x2 合束器/分束器，所述四个耦合元件中的两个位于从掺稀土光纤 114₁ 和 116₁ 开始的沿着光纤 110₁ 和 112₂ 的上行流上，而其中的两个分别位于从掺稀土光纤 114₂ 和 116₂ 开始的沿着光纤 110₂ 和 112₂ 的下行流上。

通过使用上述的结构，其中过剩的泵浦功率被从向东的方向转移到向西的方向，以及从向西的方向转移到向东的方向，如果泵源 120₁、120₂、130₁ 和 130₂ 中的任何三个发生故障的话，将可以通过保留运转的泵源来提供足够的泵浦功率，以使得通信量能够沿着光纤对 110 和 112 的所有四个光纤延续。以这种方式，将实现极高的可靠度，因为必须是所有四个泵源发生故障才彻底地损失所有四个光纤上的通信量。

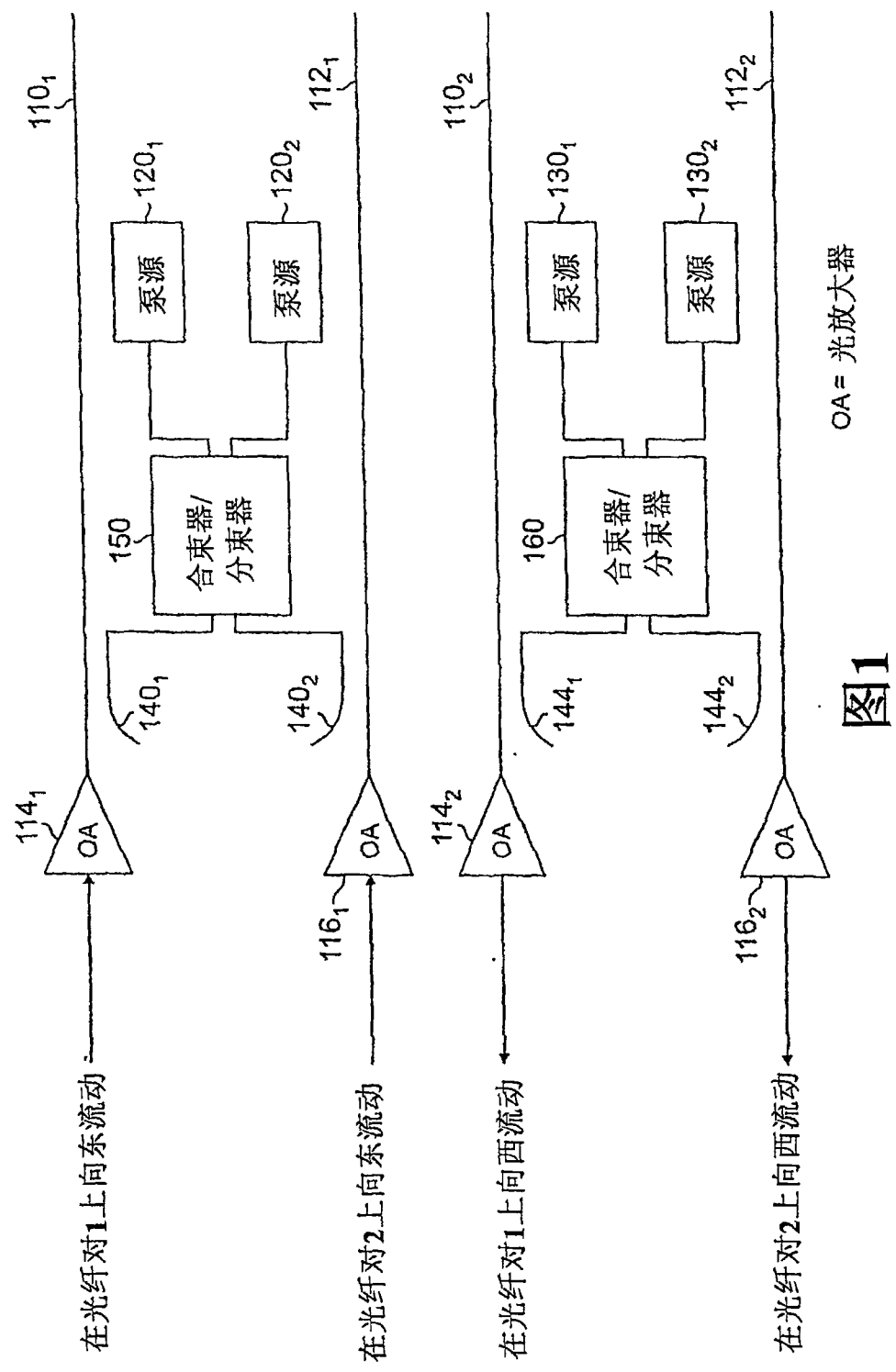


图1

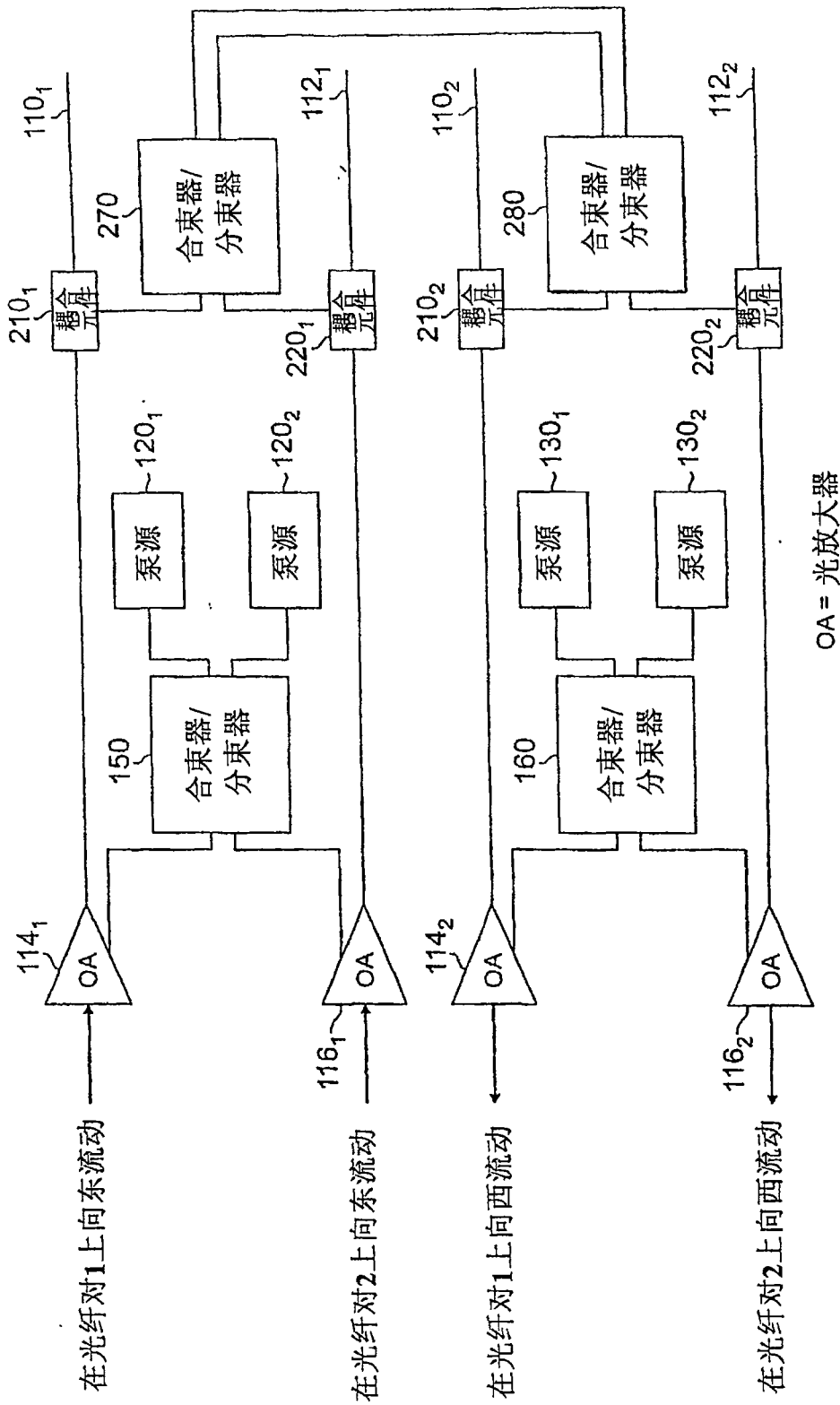


图2