

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H04B 10/17 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480035748.X

[43] 公开日 2007年1月3日

[11] 公开号 CN 1890902A

[22] 申请日 2004.11.22

[21] 申请号 200480035748.X

[30] 优先权

[32] 2003.12.3 [33] IT [31] MI2003A002365

[86] 国际申请 PCT/EP2004/053042 2004.11.22

[87] 国际公布 WO2005/055476 英 2005.6.16

[85] 进入国家阶段日期 2006.6.2

[71] 申请人 马科尼通讯有限公司

地址 意大利热那亚

共同申请人 马科尼数据通讯有限责任公司

[72] 发明人 R·马里 C·福尔斯特

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 李亚非 刘杰

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

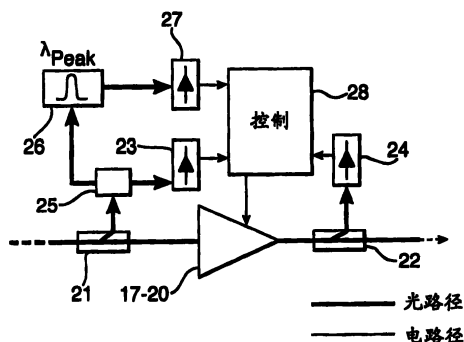
[54] 发明名称

波分复用环形光网络

[57] 摘要

一种波分复用环形光网络包括配置在环形结构中的光纤(1-4)和配置在环路中的多个掺杂光纤光放大器(17-20)。设置环路中的光谱响应,以便在使用时放大自发辐射(ASE)噪声在激光模式下绕环路循环,从而钳制每个掺掺杂光纤光放大器的增益。每个光放大器(17-20)包括各自的控制装置(28),用于控制光放大器产生基本上恒定的输出功率或维持基本上恒定的泵浦功率。如果激光峰值丢失,检测装置将掺杂光纤光放大器切换到不同的增益控制模式,例如,在激光峰值丢失前的值上产生增益恒定的模式。可选地,在预定延迟后,光放大器可恢复恒定输出功率或泵浦功率模式。可由峰值检测电路(27)检测到峰值的丢失,该检测电路借助于滤波器(26)通过使用分光器和/或检测放大器输入功率中的分出,过滤光放大器的一小部分输入或

输出功率。



1. 一种波分复用环形光网络，包括配置在环形结构中的光纤（1-4）和配置在环路中的多个掺杂光纤光放大器（17-20），其中，配置环路中的光谱响应，以便在使用时，放大自发辐射（ASE）噪声在激光模式中绕环路循环，从而钳制每个掺杂光纤光放大器的增益；其特征在于：每个光放大器包括各自的控制装置（28），该控制装置（28）在使用时控制光放大器以产生基本上恒定的输出功率或维持基本上恒定的泵浦功率。

2. 如权利要求 1 所述的光网络，进一步包括检测装置（27），该检测装置（27）设置为响应于检测到激光峰值消失，将光放大器（17-20）的控制切换到不同的操作模式。

3. 如权利要求 2 所述的光网络，其中，检测装置用于在激光峰值丢失后将光放大器切换到增益控制模式，其中保持在激光峰值丢失前的增益。

4. 如权利要求 3 所述的光网络，其中，在建立增益控制模式后经过预定延迟，将光放大器切换到恒定输出功率模式或恒定泵浦功率模式。

5. 如权利要求 1 到 4 的任何一个所述的光网络，其中，检测装置包括用于分流每个光放大器的一部分输入或输出功率的装置（21、22、25）以及用于测量输入和/或输出功率的检测器（27、24）。

6. 如权利要求 5 所述的光网络，其中，检测装置包括用于仅通过 ASE 噪声的滤波器（26）以及用于检测激光峰值存在与否的检测器（27）。

7. 如权利要求 5 所述的光网络，其中，检测装置包括用于仅通过 ASE 噪声的滤波器（26）以及用于检测 ASE 噪声峰值和总功率输入两者的功率的同时减少的检测器（27、23）。

8. 如权利要求 5 所述的光网络，其中，检测装置包括用于检测每个光放大器的输入功率的减少的检测器。

9. 如权利要求 1 到 8 中任何一个所述的光网络，其中，如果光放大器漂移缓慢，则工作点在使用时被改变以恢复 ASE 峰值的级别。

## 波分复用环形光网络

本发明涉及波分复用环形光网络，其中该网络的节点以串联方式由光纤连接，从而形成封闭的回路或环形结构。光城域网即跨越距离达到几百公里的网络，通常被配置为环形拓扑。由于光纤中的损耗，在环中安排多个放大器，并且有必要稳定它们的增益。

EF-A-0497491 公开了通过使用回路稳定单一掺杂光纤放大器增益，该回路结合滤波器，把一部分在信号带宽外的放大器输出的放大自发辐射（ASE）回馈到放大器的输入，从而生成激光峰值。这钳制(clamp)平均离子数反转(ion population inversion)及增益本身，成为希望的值（取决于放大器接收的光泵浦的数量和反馈的数量）。在信道从信号中分出(drop)或插入(add)到信号中后，增益保持在它的箝位值。

在掺杂光纤放大器配置在环路中，使用包含保护信道的光谱区域产生激光峰值的情况下，增益箝位的原理是公知的（W.Xin、G.K.Chang、B.Meagher、S.J.B.Yoo、J.Jackel、J.Young、H.Dai、G.Ellinas“*The Benefits Of Closed Cycle Lasing in Transparent WDM Network(透明 WDM 网络中闭合循环放射激光的好处)*”，Proc.ECOC 1999, Nice, 法国, 1999 年 9 月)。

掺杂光纤放大器配置在闭合环形网中的情况下，典型的 ASE 在环路中的点上被物理阻塞以避免它绕着环路再循环，因为在环中再循环会导致不稳定。

然而，国际专利申请公开号 WO2004/06413 公开了有意允许 ASE 绕着环路再循环并引起绕环再循环的激光峰值。配置环路中的光谱响应，以便放射激光峰值通过粒子数反转(population inversion)的处理钳制环内的每个光学放大器的增益，从而钳制光学放大器链的总的粒子数反转。可以通过在环内包括一个或多个可变光学衰减器来配置光谱响应。该网络进一步配置以确保出现带有与通信信道占据的光谱分离的光谱的波长区域的激光峰值。这样的网络提供的优点在于，每个光学放大器都不再需要包括用于控制放大器增益的硬件从而减少整个网络的成本。此外，因为增益的钳制是根据 ASE 噪声来进行，所以增益

不受会在网络的操作期间可以变化的现有通信信道数量或波长的影响。

发明人认识到，在使用 ASE 噪声的再循环来控制增益的网络中，如果环的闭合由于例如光纤的局部严重挠曲（microbending）或部件的老化而被破坏或削弱，则保持稳定操作是困难的，并将会受到影响。在努力处理这些问题的过程中，提出了本发明。

根据本发明，波分复用环形光网络包括在环形结构中配置的光纤和在环路中配置的多个掺杂光纤放大器，其中配置环中的光谱响应，以便在使用时在激光模式下在环周围循环放大的自发辐射（ASE）噪声以钳制每个掺杂光纤放大器的增益；该网络的特征在于每个光学放大器包括用于在使用中控制光放大器以产生基本上恒定的输出功率或保持基本上恒定的泵浦功率的各自的控制装置。通过控制每个放大器处于恒定输出功率模式或保持恒定的泵浦功率，同时通过 ASE 激光峰值的再循环钳制放大器的增益，改进环路的总稳定度。

有利地，配置网络以便 ASE 激光峰值位于与通信信道的光谱分离的光谱的波长区域中。方便地，需要的光谱响应可以通过光放大器的适当设计而获得，诸如通过对放大器中的动态增益平坦滤波器（DGFF）适当设计。

如果环中一个或多个跨距的衰减改变，激光峰值在波长方面会移动或，在光纤折断的情况下，会一起消失。有利地，网络进一步包括检测装置，配置成响应于检测到缺乏激光峰值，把掺杂光纤光学放大器的控制切换到不同的操作模式，即在恒定功率模式或恒定泵浦功率以外。

当激光峰值被检测为存在时，如所述的，光放大器被优选地配置成以其中输出功率或泵浦功率保持恒定的模式操作。有利地，把检测装置配置成，在检测到激光峰值的丢失后，把光放大器切换到增益控制模式，其中维持激光峰值丢失前的增益。

优选地，在建立增益控制模式后经过预定延迟，配置光放大器以切换到恒定输出功率模式或恒定泵浦功率模式。

有利地，检测装置包括用于分流(tap)每个光放大器的一部分输入或输出功率的装置，及用于测量输入和/或输出功率的检测器。在一个实施例中，检测装置进一步包括用于仅仅使 ASE 噪声通过的滤波器，及用于检测激光峰值存在与否的检测器。可替换地，检测装置包括用于仅仅通过 ASE 噪声的滤波器和用于检测 ASE 噪声峰值的功率和总功率输入的功率的同时减少的检测器。

在优选的方案中，检测装置包括用于检测输入到每个光放大器的功率的减少的检测器。

有利地，光网络进一步包括用于如果光放大器发生慢漂移则改变光放大器的工作点以恢复 ASE 峰值级别的装置。

依据本发明的光网络现在将会仅仅通过示例的方式参照附图，更详尽地描述，其中：

图 1 以示意性形式示出了有四个节点的光网络；

图 2 示出了绕环路传播的信号的光谱；以及

图 3 以示意性形式示出了存在于如图 1 所示的网络的每一个节点中的光放大器插板。

参见图 1，光网络是典型的长度在 50 公里和 250 公里之间的城域网络，其具有通过节点 5-8 连接的四个光纤跨距 1-4，以及包括各自的衰减器 9-12。每个节点包括各自的能分出和插入大量信道的分插复用器 13-16，一起的还有各自的光放大器 17-20，诸如掺杂光纤放大器，例如铒掺杂光纤放大器 (EDFA)。衰减器 9-12 包含在放大器 17-20 中。衰减器（慢）控制放大器的输入，因此产生一定的增益。这确保在 ASE 峰值上保持激光波长所需要的一定的光谱倾斜。每个光放大器包括动态增益平坦滤波器 (DGFF) (未示出)。

图 2 示出在环路中任意位置（例如，放大器的输出端）的传输光谱。操作的原理是在没有设置信道的光谱区域中强制出现峰化噪声。通过这种方式，光谱分成两个区域，即，允许 ASE 峰化的左边的区域，和分开的容纳信号信道的右边区域，例如，24 个。将注意到，在图 2 中，较低波长信道比较高波长信道具有稍微高些的功率和信噪比，指示它们传播了一个较短的距离，当较高波长信道传播通过更多节点时，可能通过一个节点。激光峰值具有恰好为 1（单一）的往返行程增益，其他信道具有小于 1 的增益，因此它们在每个放大器损耗一些功率。例如，在每个光放大器的激光峰值处的增益会比信号信道高 1dB。因此，为了使光信号穿过每个节点，在每个节点信号信道将损耗 1dB 的功率。

当 ASE 噪声绕环循环时，它在光纤跨距中衰减，但是在光放大器中得到放大并且，如果放大的程度足够的话，将发生激光模式。放大器的增益在激光

波长上必须超过损耗，因此钳制光放大器链总的粒子数反转。由于跨距是固定的，这等于钳制每个光放大器的光反转。

钳制光反转和钳制增益的结果是信号信道的增益也是固定的，因为这也取决于粒子数反转。因此，增益是独立于信道数量的。插入和分出信道将不改变其他信道的功率级别。为稳定增益而改变的是 ASE 激光峰值的级别。

另外，以功率控制模式操作光放大器 17-20。在功率控制模式下，不管输入功率的任何改变，输出功率的改变为 0。这是通过监测每个光放大器的功率输出而实现的，例如，在下文中参考图 3 描述的光电二极管 24，及使用反馈环，以便输出功率起伏可以用作光放大器的泵浦误差信号。可替换地，可以使用实现恒定输出功率的前馈控制。光放大器的工作点处于饱和是正常的，但是，另外，提供功率控制导致更精确的输出控制。因为每个光放大器的总输出是恒定的，那么向下一个光放大器的总输入也是恒定的，除非跨距损耗改变或在两者间插入了信道。插入信道并不改变总输出，但改变了激光信号和信道的相对功率。（在光放大器的输出和输入端，增益和反转保持不变）。

如果由于改变跨距中的损耗而使峰值移动，或如果光纤断裂或光放大器中有故障而使峰值完全消失，早前描述的配置会产生问题。由于这个原因，每个光放大器的光放大器插板检测激光峰值的存在，在这种情况下把光放大器切换到不同的操作模式。参考图 3，它示出了一个光放大器的插板、分别为每个光放大器分流一小部分的输入和输出光功率的分光器 21 和 22。光电二极管 23 和 24 被提供用来测量分流出的功率。另外，一部分分流出的输入功率由另一分光器 25 馈送到只通过 ASE 噪声的那些波长的光滤波器 26。光电二极管 27 测量分流出的 ASE 噪声的功率。形成光电二极管输出的电信号馈送给控制逻辑电路 28。

使用中，控制逻辑使用峰值检测门限电路（未示出）监测 ASE 峰值的功率。当检测到 ASE 峰值的损耗时，光放大器切换到增益控制模式。

如果要保持功率或泵浦控制，信道功率级别突然增加（在几十微秒内）到过于高的级别，这是由于缺少激光信号，放大器仍然处于饱和状态。

然而，用增益控制，促使光放大器保持近似于 ASE 峰值损耗前由光放大器提供的光增益。由于激光峰值的损耗，切换到增益控制降低了泵浦功率。在短暂的预定期后，例如，1 秒，能读出实际得到的输出功率，光放大器的操作

能切换回具有该新输出功率级别的功率控制操作。

为了能完成使功率控制到增益控制，以及可能的回到功率控制的改变，监测输入和输出光功率，并且有必要时调整光放大器的泵浦（未示出）功率。功率控制和增益控制情况下，这可以由反馈控制、使用测得的输入功率的前馈控制或这两者的结合来完成。如果光放大器处于恒定输出功率模式，那么只需要监测输入功率，因为输出功率已知并且是固定的。

该系统的优势在于，当环路断裂时，仍然能处理信道的插入或去除。由于功率起伏的出现，以这样的方式操作的光放大器链的稳定性有所降低。这样的电控操作的缺点在于，在一个闭环结构中并不稳定，而且只适用于当环路断裂时。

一旦在激光峰值丢失后建立了增益控制设置，返回功率控制并不是必要的。作为一种替换方案，增益控制可以保持。作为另一种替换方案，一旦已经建立增益控制设置，光放大器可以受到控制而不是保持恒定的泵浦设置。这使得环路不灵活直到故障得到修理，但是给予更高的稳定性。

控制逻辑连续监测滤波器 26 的输出，以便如果 ASE 峰值回来，又能正常地进行反转钳制（inversion clamping）。

光放大器插卡能嵌入各个节点的任何地方，例如，在分插复用器中。

不背离本发明范围的变型当然是可能的。因此，滤波器 26 和峰值检测器 27 可以监测光放大器的输出功率以检测激光峰值，而不是输入功率。相等地，并非只借助于滤波器 26 和门限检测器检测环路循环中的断裂，可以如描述的那样监测峰值 ASE，但是同时，控制逻辑也可以监测总的输入功率。两者的响应可以是相互关联的，以确保仅当 ASE 峰值和总功率都显著减少时，认为环路断裂。如果两个信号降到它们各自的门限值以下，将宣告环路断裂。

作为检测环路断裂的其他替代方案，为了检测情况，而监测进入放大器的总输入功率。正常操作下，光放大器的增益和总输出恒定，因此在再循环环路中的总输入功率恒定。环路断裂导致总输入功率减少，这是因为激光信号的丢失。在指定的时间间隔内，当输入功率降到定值以下，将宣告光纤断裂。该方法对防备不正确的断裂检测提供较少的安全性，这是由于它不能区分光纤中的再循环丢失和例如由光纤局部严重挠曲而在光纤中产生的暂时丢失。

作为另一种替换方案，可以使网络适应峰值漂移。因此，如果跨距衰减改

变，则峰值移动缓慢。检测的功率减少，例如，减到门限值以下。与此相反，如果缓慢漂移，放大器工作点将改变以恢复 ASE 峰值的级别。

本发明允许使用利用其益处和维持保护特征的放大的再循环环路作为城域 WDM（波分复用）环路。益处之一是简化的环路管理，每个网络元素不需要任何有关系统中信道实际数量的信息。本发明允许关于信道改良的简单操作（即插即用）。

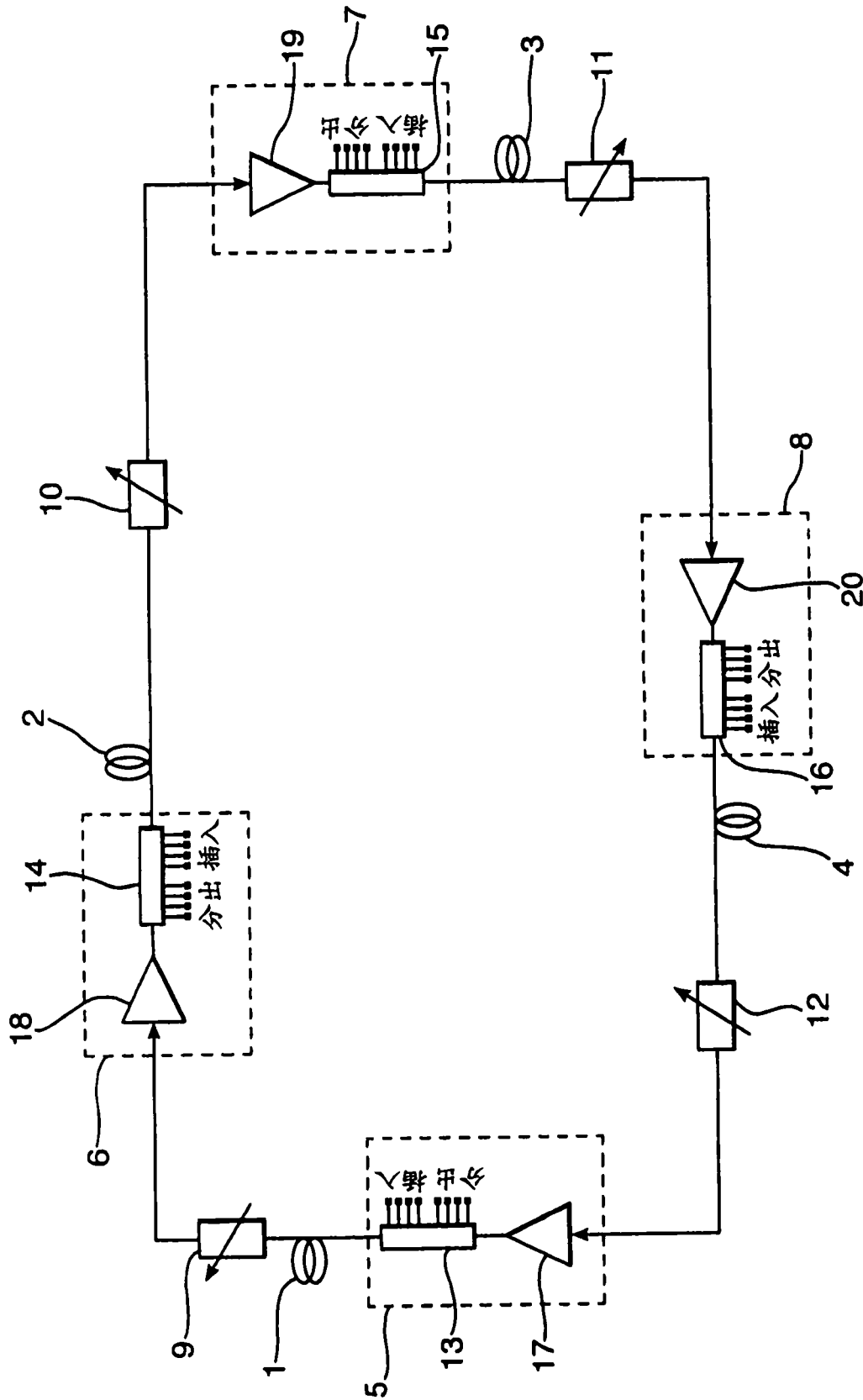


图 1

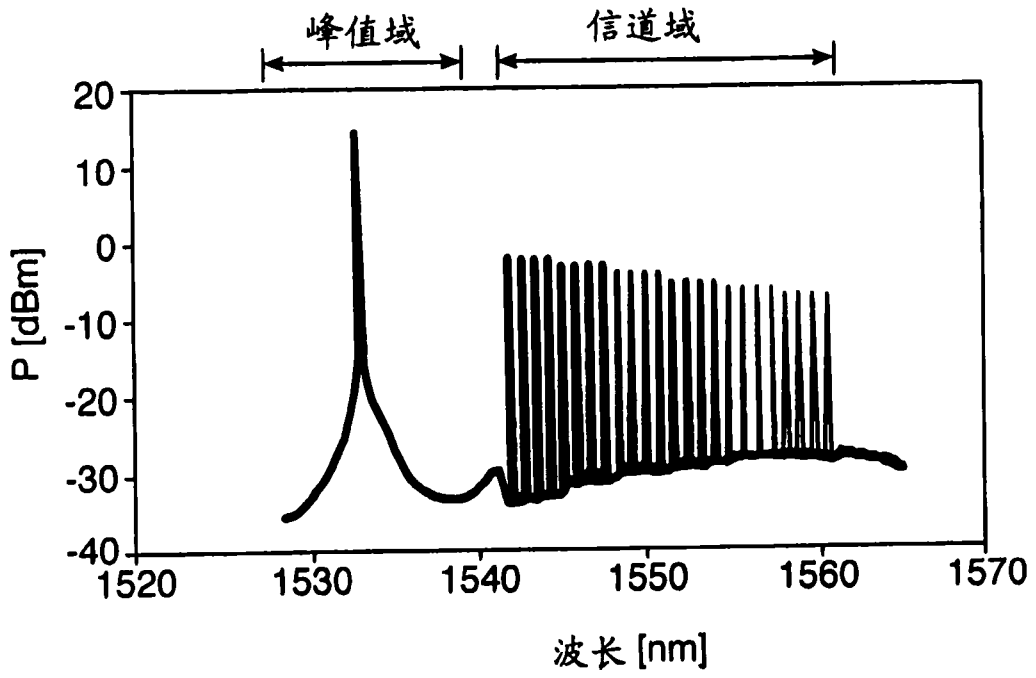


图 2

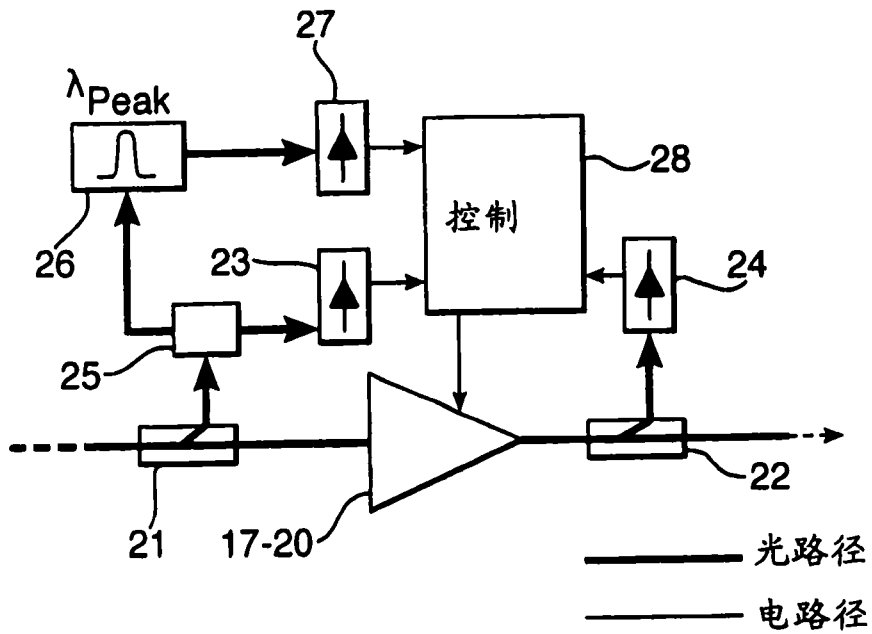


图 3