



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102651666 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201210048083. 2

CN 2541856 Y, 2003. 03. 26, 全文 .

(22) 申请日 2012. 02. 24

US 7460298 B2, 2008. 12. 02, 全文 .

JP H04234737 A, 1992. 08. 24, 全文 .

(30) 优先权数据

2011-039034 2011. 02. 24 JP

审查员 谢丽莹

(73) 专利权人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 三野胜幸

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 柳春雷

(51) Int. Cl.

H04J 14/02(2006. 01)

H04B 10/294(2013. 01)

(56) 对比文件

CN 201570772 U, 2010. 09. 01, 全文 .

CN 1244960 A, 2000. 02. 16, 全文 .

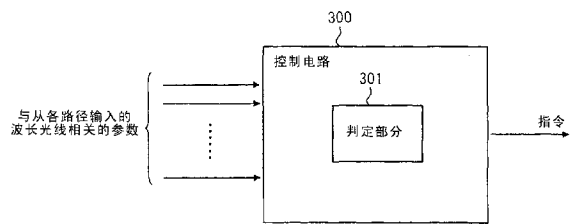
权利要求书1页 说明书7页 附图16页

(54) 发明名称

光学放大器控制设备

(57) 摘要

本发明涉及光学放大器控制设备。根据本发明的光学放大器控制设备包括：控制电路(300)；分别位于路径上的光学放大器(4、5)；多个光源(200、201)，其输出光强不同的激发光；以及光学开关(32)，其改变从光源(200、201)输出的激发光的光路并根据控制电路(300)所判定的将激发光输入到光学放大器(4、5)。控制电路(300)具有判定部分(301)，当传播到多个路径中的一个的WDM信号光的波长光线被光学放大时，判定部分基于与多个路径上的波长光线相关的参数，判定将光强不同的激发光分配到哪个路径。



1. 一种控制电路,包括:

判定部分,当传播到多个路径中的一个的 WDM 信号光的波长光线被光学放大时,所述判定部分基于与所述多个路径上的波长光线相关的参数,判定将光强不同的激发光分配到哪个路径,

其中,所述激发光的至少一者的光强允许所述 WDM 信号光中包含的所有波长被光学放大。

2. 根据权利要求 1 所述的控制电路,

其中,如果所述激发光没有达到对所述路径上的所述波长光线进行光学放大所需要的光强,则所述判定部分判定使用所述激发光的后备激发光。

3. 根据权利要求 2 所述的控制电路,

其中,所述后备激发光的光强允许所述 WDM 信号光中包含的所有波长被光学放大。

4. 一种光学放大器设备,包括:

根据权利要求 1 所述的控制电路;

分别位于所述路径上的光学放大器;

多个光源,其输出光强不同的所述激发光;以及

光学开关,其改变从所述光源输出的所述激发光的光路,并根据所述控制电路的判定将所述激发光输入到所述光学放大器。

5. 根据权利要求 4 所述的光学放大器设备,

其中,所述光学放大器是掺铒光纤。

6. 根据权利要求 4 所述的光学放大器设备,

其中,所述光学放大器是拉曼放大光纤。

7. 一种光学放大器控制方法,包括以下步骤:

当传播到多个路径中的一个的 WDM 信号光的波长光线被光学放大时,基于与所述多个路径上的波长光线相关的参数,判定将光强不同的激发光分配到哪个路径,

其中,所述激发光的至少一者的光强允许所述 WDM 信号光中包含的所有波长被光学放大。

8. 根据权利要求 7 所述的光学放大器控制方法,

其中,如果所述激发光没有达到对所述路径上的所述波长光线进行光学放大所需要的光强,则通过判定为使用所述激发光的后备激发光来执行所述判定。

9. 根据权利要求 8 所述的光学放大器控制方法,

其中,所述后备激发光的光强允许所述 WDM 信号光中包含的所有波长被光学放大。

10. 根据权利要求 7 所述的光学放大器控制方法,

其中,光强不同的所述激发光被改变并被输入到布置在所述路径上的光学放大器。

11. 根据权利要求 7 所述的光学放大器控制方法,

其中,所述波长光线的光路被改变,使得所述波长光线的光路通过光学放大器,光强不同的所述激发光被输入到所述光学放大器。

光学放大器控制设备

技术领域

[0001] 本发明涉及利用激发光来放大光学信号的光学放大器控制设备。

背景技术

[0002] 近年来,对于 WDM(波分复用)系统实现了例如 OADM(光分插复用)之类的技术。OADM 正成为专用于连接用户侧和中枢网络的城域接入网的关键技术。这意味着通过向 / 从波长复用信号上路或下路理想的波长,可以根据用户来改变通信能力,从而可以柔性地配置网络。

[0003] 图 1 是该网络的下路(drop)结构的示例。首先,WDM 信号光 9 由光学放大器放大,其中掺铒光纤(EDF)3 用作为放大介质。由激光二极管(LD)199 通过光学连接器 59 来激发放大介质。输入到 EDF 3 的 WDM 信号光的一部分由光学连接器 69 分支,由光电二极管(PD)78 进行光电转换,并随后输入到控制电路 299。另一方面,从 EDF3 输出的 WDM 信号光的一部分由光学连接器 69 分支,由 PD 79 进行光电转换,并随后输入到控制电路 299。控制电路 299 获得与使用中的光学放大控制方案对应的 LD 199 的输出控制值。例如,当执行常数增益控制方案时,控制电路 299 获得用于 LD 199 的输出控制值,使得输入增益和输出增益(EDF 3 上游和下游侧的增益)是常数。

[0004] 由 EDF 3 放大的 WDM 信号光被多路信号分离器 99 分离成两部分。其中,必要的信号光作为下路信号光 19 成为下路。其它的信号光作为通过信号光 18 通过。

[0005] 图 2 是被认为是下一代下路结构的一种候选的下路结构的示例。在图 2 所示的结构中,WDM 信号光 9 被放大前,被多路信号分离器 799 分离成多个路径。图 2 示出了 WDM 信号光 9 被分离成路径 1 和路径 2。

[0006] 光学连接器 66、PD 76、EDF 6、光学连接器 58、LD 198、光学连接器 67、PD 77、控制电路 298 和多路信号分离器 98 位于路径 1 上。它们的结构与图 1 所示的相同。多路信号分离器 98 将 EDF 6 放大的 WDM 信号光分离为分出信号光 12 和通过信号光 11。

[0007] 光学连接器 64、PD 74、EDF 7、光学连接器 57、LD 197、光学连接器 65、PD 75、控制电路 297 和多路信号分离器 97 位于路径 2 上。它们的结构与图 1 所示的相同。多路信号分离器 97 将 EDF 7 放大的 WDM 信号光分离为下路信号光 21 和通过信号光 20。

[0008] 在图 2 所示的结构中,由于可以连同图 1 所示的结构来选择路径,可以实现比图 1 所示的结构网络更具灵活性的网络。

[0009] 可以用于图 1 和图 2 所示的结构的光学放大器的示例在专利文献 1(JP2000-332330A,公开)和专利文献 2(JP2001-148669A,公开)中介绍。

[0010] 专利文献 1 介绍的光学直接放大器(optical direct amplifier)由光学放大大部分、激发 LD 光源、信号检测器和控制电路构成。专利文献 1 介绍的光学直接放大器的操作方式为:当输出的光学分离信号的通道数较大时,激发 LD 光源的数量增加;当信号通道数减少时,激发 LD 光源的数量减少。

[0011] 专利文献 2 介绍的波长复用光中继器由多个光传输通道、激发光源和 EDF 构成。专

利文献 2 介绍的波长复用光中继器将 WDM 信号分离为具有不同波长的信号,将它们光学放大,并随后将它们复用。

[0012] 一般地,光学放大器需要增加与 WDM 信号光的输入波长数对应的 LD 的输出(激发光的光强)。如果实现图 2 所示的结构,由于可能对于路径 1 或路径 2 选择全部 WDM 信号光,每个路径上的 LD 需要输出其光强允许全部 WDM 信号光被放大的激发光。

[0013] 因此,当实现图 2 所示的下一代下路结构时,由于具有专利文献 1 和 2 中介绍的结构的光学放大器的激发光源需要设置为与路径数相对应,出现的问题是成本相对于路径数的增加成比例上升。

发明内容

[0014] 因此,本发明的目的是提供成本不随路径数增大而成比例增加的光学放大器控制设备。

[0015] 为了实现上述目的,根据本发明的控制电路包括判定部分,当传播到多个路径中的一个的 WDM 信号光的波长光线被光学放大时,判定部分基于与所述多个路径上的波长光线相关的参数,判定将光强不同的激发光分配到哪个路径。

[0016] 为了实现上述目的,根据本发明的第一光学控制器设备包括:所述控制电路;分别位于所述路径上的光学放大器;多个光源,其输出光强不同的所述激发光;以及光学开关,其改变从所述光源输出的所述激发光的光路,并根据所述控制电路的判定将所述激发光输入到所述光学放大器。

[0017] 为了实现上述目的,根据本发明的第二光学控制器设备包括:所述控制电路;多个光源,输出光强不同的所述激发光;光学放大器,从所述光源输出的所述激发光被输入到所述光学放大器;以及光学开关,改变所述路径上的所述激发光的光路,并根据所述控制电路的判定将所述激发光输入到所述光学放大器。

[0018] 为了实现上述目的,根据本发明的光学放大器控制方法包括:当传播到多个路径中的一个的 WDM 信号光的波长光线被光学放大时,基于与所述多个路径上的波长光线相关的参数,判定将光强不同的激发光分配到哪个路径。

[0019] 根据本发明,提供了成本不随路径数增大而成比例增加的光学放大器控制设备。

[0020] 根据以下参照示出本发明的示例的附图的描述,本发明的上述和其它目的、特征和优点将更加清楚。

附图说明

[0021] 图 1 是描述相关的下路结构的示意图;

[0022] 图 2 是描述相关的下路结构的示意图;

[0023] 图 3 是描述根据本发明的控制电路的示意图;

[0024] 图 4 是描述根据本发明的光学放大器控制方法的示意图;

[0025] 图 5 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图;

[0026] 图 6 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图;

[0027] 图 7 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图;

[0028] 图 8 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图;

- [0029] 图 9 是描述根据本发明的光学放大器控制方法的示意图；
- [0030] 图 10 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0031] 图 11 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0032] 图 12 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0033] 图 13 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0034] 图 14 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0035] 图 15 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0036] 图 16 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图；
- [0037] 图 17 是描述根据本发明的光学放大器控制设备的示意图。

具体实施方式

[0038] 将参照附图描述本发明的实施例。以下描述的实施例是本发明的示例，因此本发明不限于以下实施例。在说明书和附图中，应注意具有相同附图标记的结构部件表示相同的部件。

[0039] (实施例 1)

[0040] 图 3 是描述根据该实施例的控制电路 300 的示意图。控制电路 300 具有判定部分 301, 当传播到多个路径的 WDM 信号光的波长光线被光学放大时, 对分配其光强 (对应于与每个路径上的波长光线相关的参数) 不同的激发光的路径进行判定。在该情况下, 与波长光线相关的参数是与波长光线的数目相关的参数, 因此可以是波长光线的波长或其光强的数目。

[0041] 控制电路 300 执行图 4 所示的光学放大器控制方法。换言之, 当传播到多个路径的任意一个的 WDM 信号光的波长光线被光学放大时, 控制电路 300 开始判定 (S11)。首先, 控制电路 300 获得与各个路径上的波长光线相关的参数 (步骤 S12), 并判定将与获得的参数对应的、光强不同的激发光分配到哪个路径 (步骤 S13)。以后, 基于判定结果, 控制电路 300 使位于其下游侧的光学开关改变激发光的光路 (步骤 S14)。

[0042] (实施例 2)

[0043] 图 5 是描述其中包括控制电路 300 的光学放大器控制设备 402 的示意图。光学放大器控制设备 402 的最小结构部件是控制电路 300、位于各个路径上的光学放大器 4 和 5、输出不同光强的激发光的多个光源 (LD) 200 和 201、以及改变从光源 200 和 201 输出并将激发光输入到光学放大器 4 和 5 的激发光光路的光学开关 32。图 5 具体描述了光学放大器控制设备 402 从而不仅示出最小结构部件, 而且示出其它部件。根据该实施例, 光学放大器 4 和 5 是 EDF。因此, 以下光学放大镜器将被称为 EDF 4 和 5。尽管该实施例示出路径数是二, 应注意路径数不限于二。

[0044] 多路信号分离器 800 连接到光学连接器 60 和光学连接器 61。光学连接器 60 连接到 EDF 4 和 PD 70, 而光学连接器 61 连接到 EDF 5 和 PD71。EDF 4 通过光学连接器 50 连接到光学连接器 62 和光学开关 32, 而 EDF 5 通过光学连接器 51 连接到光学连接器 63 和光学开关 32。光学开关 32 连接到 LD 200、LD 201 和控制电路 300。控制电路 300 连接到 PD 70、PD 71、PD 72 和 PD 73。光学连接器 62 连接到 PD 72 和多路信号分离器 100, 而光学连接器 63 连接到 PD 73 和多路信号分离器 101。在图中, 实线表示光学连接, 而虚线表示电连

接。

[0045] 参照图 5, 将描述光学放大器控制设备 402 的操作。WDM 信号光 9 被多路信号分离器 800 分离成传播到路径 1 和路径 2 的波长光线。被分离到路径 1 中的波长光线通过光学连接器 60 被部分地分支并输入到 PD 70 用于监控光。由于监控光的光强表示传播到路径 1 的波长光线的数目, 监控光由 PD 70 转换为电信号, 随后电信号被发送到控制电路 300。

[0046] 非监控波长光线被输入到 EDF 4, 然后该波长光线通过光学连接器 50 耦合到从 LD 200 或 LD 201 输出的激发光。光学开关 32 选择将被耦合的激发光输出的 LD。此时, 光学开关 32 基于从控制电路 300 接收的指令选择 LD。

[0047] LD 200 可以将具有允许 WDM 信号光 9 的所有波长被放大的光强的光输出。相比之下, LD 201 可以将具有允许 WDM 信号光 9 的所有波长的一半被放大的光强的光输出。

[0048] 基于 PD 70 检测的监控光的光强, 控制电路 300 在路径 1 上的波长光线数 (波长数) 等于或大于 WDM 信号光 9 的波长数的一半时选择 LD200, 否则选择 LD 201。

[0049] EDF 4 中的 Er^{3+} 离子 (铒离子) 被从 LD 200 或 LD 201 输出的激发光所激发, 并且波长光线被激发的 Er^{3+} 离子放大并接着输出。

[0050] 从 EDF 4 输出的波长光线被光学连接器 62 部分地分支用于监控光并随后输入到 PD 72。PD 72 将分支的波长光线转换为电信号并将其发送到控制电路 300。控制电路 300 基于光学放大控制方案确定 LD 200 和 LD201 的输出控制值。例如, 当执行常增益控制方案时, 控制电路 300 获得 LD 的输出控制值使得输入和输出增益 (EDF 4 的上游侧和下游侧的增益) 成为常数。

[0051] 如上所述, 被多路信号分离器 800 分离并传播到路径 1 的波长光线被 EDF 4 放大到理想的输出水平, 并随后被多路信号分离器 100 分离为下路信号光 12 和通过信号光 11。

[0052] 另一方面, 被多路信号分离器 800 分离并传播到路径 2 的波长光线以与对于路径 1 描述的相同方式被放大, 并随后被多路信号分离器 101 分离为下路信号光 21 和通过信号光 20。

[0053] 接下来, 将描述本实施例的效果。

[0054] (效果 1)

[0055] 在图 2 所示的结构中, 将具有允许 WDM 信号光 9 中包含的所有波长被放大的光强的光线输出的 LD 需要配置在各个路径上。换言之, 在该情况下, LD 需要的输出与波长数成比例地增大, 从而 LD 的成本上升。

[0056] 相比之下, 在根据本实施例的结构中, 由于一个路径上 LD 的输出可以是用于所有波长的 LD 的输出的一半, 所以 LD 的成本可以降低。

[0057] (效果 2)

[0058] 效果 1 中所述的成本降低的效果随着路径数增加成比例增强。这里, 将描述光学放大器控制设备具有四个路径的情况。位于光学放大器控制设备中的四个 LD 如下。

[0059] 用于 WDM 信号光的所有波长的 LD... 1 单元

[0060] 用于 WDM 信号光的所有波长的一半的 LD... 1 单元

[0061] 用于 WDM 信号光的所有波长的三分之一的 LD... 1 单元

[0062] 用于 WDM 信号光的所有波长的四分之一的 LD... 1 单元

[0063] 在图 2 所示的结构中, 需要四个用于 WDM 信号光的所有波长的 LD。因此, 假设用于

WDM 信号光的所有波长的 LD 的成本是 1, 图 2 所示的结构中 LD 的成本将是 4。

[0064] 假设波长的衰减量与成本成比例, 根据本发明的整个设备的 LD 的成本成为:

[0065] $1+1/2+1/3+1/4 = 25/12$

[0066] 因此, 清楚看到, 显著降低了成本。

[0067] (实施例 3)

[0068] (效果 3)

[0069] 图 6 是描述根据实施例 3 的光学放大器控制设备 403 的示意图。光学放大器控制设备 403 与图 5 所示的光学放大器控制设备 402 的不同在于波长光线不在 EDF 4 和 5 的上游侧被监控。光学放大器控制设备 403 例如基于光学输出恒量控制方案控制光学放大。根据该实施例的结构还可以获得上述效果 1 和效果 2。

[0070] (实施例 4)

[0071] (效果 4)

[0072] 图 7 是描述根据实施例 4 的光学放大器控制设备 404 的示意图。光学放大器控制设备 404 与光学放大器控制设备 402 的不同在于, 不在 EDF 4 和 5 的下游侧监控波长光线。光学放大器控制设备 403 例如基于简化的增益恒量控制方案 (与输入水平成比例调节 LD 的输出的方案) 控制光学放大。根据该实施例的结构还可以获得上述效果 1 和效果 2。

[0073] (效果 5)

[0074] 上述效果不仅可以通过如光学放大器控制设备 402 在 EDF 4 和 5 的下游侧输入激发光来获得, 还可以通过在 EDF 4 和 5 的上游侧输入激发光来获得。

[0075] (效果 6)

[0076] 一般地, EDF 具有以下特性: 即使从 LD 输出的激发光关闭, Er^{3+} 离子的激发状态持续恒定的时段 (生命时段)。因此, 通过比 EDF 的激发状态的生命时段更快地操作光学开关 32, 可以改变 WDM 信号光的路径而没有瞬时能量中断。

[0077] (实施例 5)

[0078] (效果 7)

[0079] 图 8 是描述根据实施例 5 的光学放大器控制设备 405 的示意图。光学放大器控制设备 405 与图 5 所示的光学放大器控制设备 402 的不同在于后备 LD 端口位于光学开关 32 中并且后备 LD 202 连接到该端口。光学放大器控制设备 405 的控制电路 300 执行图 9 所示的光学放大控制方法。换言之, 在参照图 4 描述的步骤 S13 后, 控制电路 300 检查 LD 的输出光并检查是否获得理想的输出 (步骤 S15)。如果激发光没有达到允许路径上的波长光线被放大所需要的光强, 则控制电路 300 判定为将使用后备激发光以对路径上的波长光线进行放大 (步骤 S16)。输出后备激发光的 LD 202 用于 WDM 信号光的所有波长。即使 LD 200 或 LD 201 在光学放大器控制设备 405 中劣化或损坏, 由于波长光线仍可以被光学放大直至 LD 被更换, 所以可以改善光学放大器控制设备 405 的质量。

[0080] (实施例 6)

[0081] (效果 8)

[0082] 图 10 是描述根据实施例 6 的光学放大器控制设备 406 的示意图。光学放大器控制设备 406 与图 5 所示的光学放大器控制设备 402 的不同在于输入激发光的 LD 400 和 401、以及连接器 52 和 53 也位于 EDF 4 和 5 的上游侧。换言之, 图 5 所示结构可以与图 2 所示

的结构结合。当 LD 400、401、200 和 201 位于 EDF 4 和 5 的上游侧和下游侧时,可以参照图 2 所述那样控制上游侧的 LD 400、401,可以参照图 5 所述那样控制下游侧的 LD200、201。或者,可以参照图 5 所述那样控制上游侧的 LD,可以参照图 2 所述那样控制下游侧的 LD。

[0083] (实施例 7)

[0084] (效果 9)

[0085] 图 11 是描述根据实施例 7 的光学放大器控制设备 407 的示意图。光学放大器控制设备 407 与光学放大器控制设备 402 的不同在于以将波长光线复用的结构代替将 WDM 信号光线分离的结构。通过信号光 13 和上路信号光 14 被多路复用器 900 复用,被复用的光传播到路径 1,然后被复用的光如参照图 5 所述被光学放大。通过信号光 22 和上路信号光 23 被多路复用器 901 复用,被复用的光传播到路径 2,然后被复用的光如参照图 5 所述被光学放大。多路复用器 103 将被光学放大的波长光复用并输出 WDM 信号光 8。

[0086] (实施例 8)

[0087] 图 12 是描述根据实施例 8 的光学放大器控制设备 408 的示意图。光学放大器控制设备 408 与光学放大器控制设备 402 的不同在于使用执行拉曼放大的拉曼放大光纤 600 和 601 代替 EDF 4 和 5。光学放大器控制设备 408 可以获得效果 1、效果 2、效果 3、效果 4、效果 7、效果 8 和效果 9。

[0088] (实施例 9)

[0089] 图 13 是描述根据实施例 9 的光学放大器控制设备 409 的示意图。光学放大器控制设备 409 与光学放大器控制设备 402 的不同在于路径上的波长光线的光路进行改变,而不是从 LD 输出的激发光线的光路进行改变。光学放大器控制设备 409 的最小结构部件是控制电路 300、输出不同光强的激发光的 LD 200 和 201、输入激发光的 EDF 4 和 5、基于控制电路 300 的判定改变路径上的波长光线的光路并将波长光线输入到 EDF 4 和 5 的光学开关 54 和 55。图 13 具体描述了光学放大器控制设备 402 并从而不仅示出最小结构部件而且示出其它部件。在光学放大器控制设备 409 中,EDF 和 LD 成对设置,控制电路 300 判定与路径上的波长光线的数目对应地、哪个 EDF 对波长光线进行放大,并且 EDF 利用光学开关 54 和 55 进行切换。

[0090] 光学放大器控制设备 409 可以获得效果 1、效果 2、效果 4、效果 5、效果 7、效果 8 和效果 9。然而,为了获得效果 7,不仅需要后备 LD202,还需要设置如图 14 所示的 EDF 6 和光学连接器 54。或者,如图 15 所示,可以使用拉曼放大光纤 602 代替 EDF 6 来改变放大方法。

[0091] (实施例 10)

[0092] 图 16 是描述根据实施例 10 的光学放大器控制设备 412 的示意图。光学放大器控制设备 412 与图 13 所示的光学放大器控制设备 409 的不同在于使用拉曼放大光纤 600 和 601 代替 EDF 4 和 5。光学放大器控制设备 412 可以获得效果 1、效果 2、效果 4、效果 7、效果 8 和效果 9。关于效果 7,如果因为大输入水平使得波长光线不需要被放大(放大光纤的损失等于拉曼增益的损失,等等),通过将路径上的波长光线的光路改变为仅连接到光纤 71 的光路,LD 的能量消耗也可以减小。

[0093] (其它实施例)

[0094] 在上述实施例中,尽管光学放大器被描述为 EDF 或拉曼放大光纤,只要是可放

大光线的介质,都可以获得相同效果。

[0095] 尽管参照示例实施例具体示出和描述了本发明,本发明不限于这些实施例。本领域技术人员应理解只要不背离权利要求所限定的本发明的主旨和范围可以进行各种形式和细节的改变。

[0096] 本申请基于 2011 年 2 月 24 日递交的日本专利申请 No. 2011-039034 并要求享有其优先权,在此通过引用引入其全文。

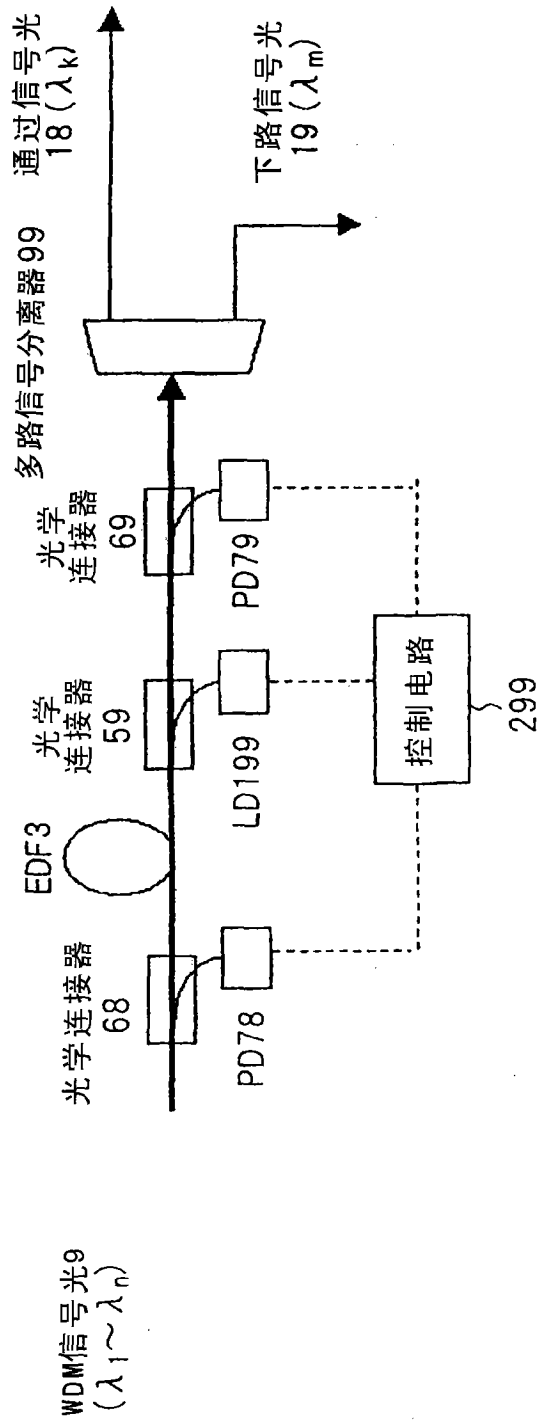


图 1

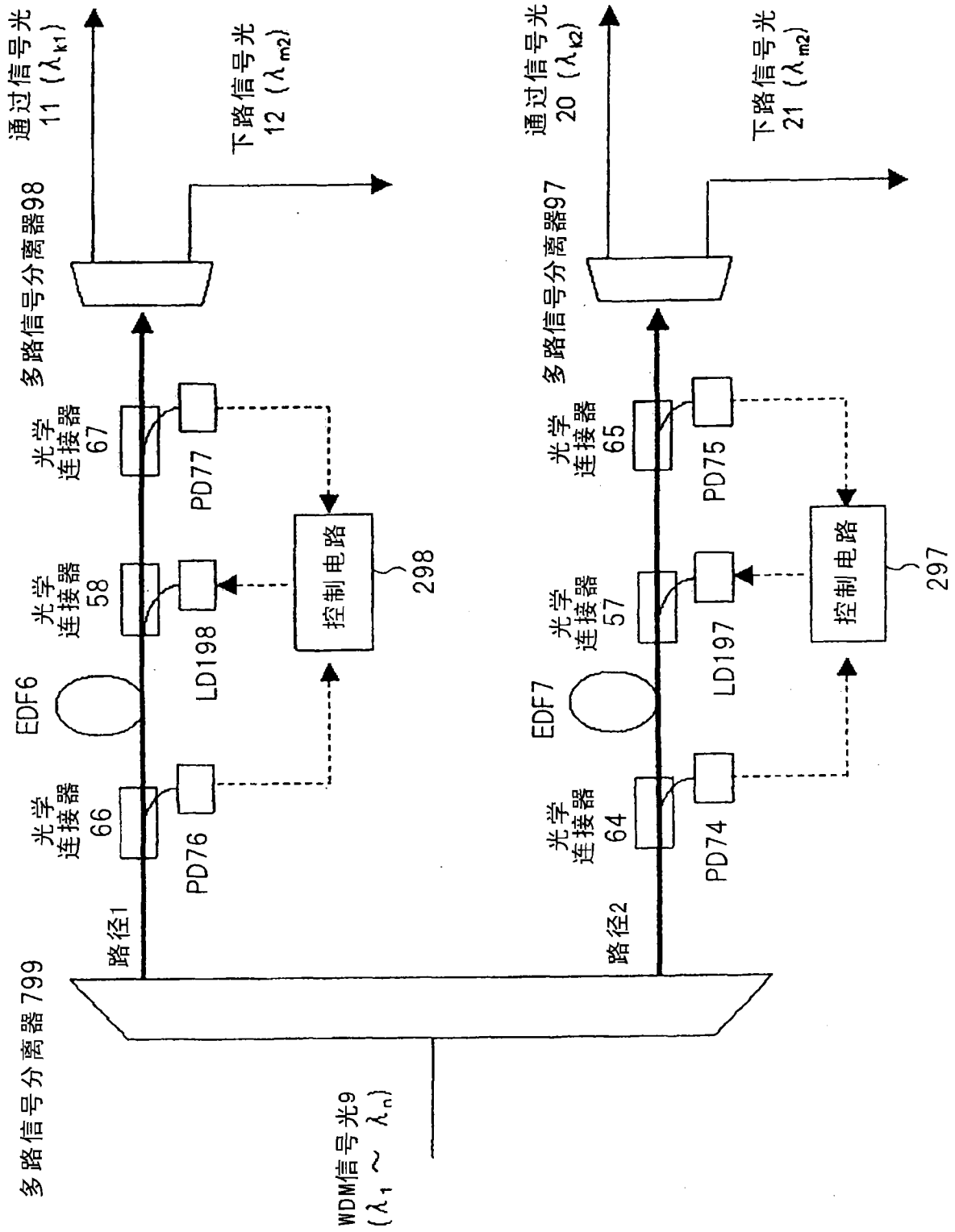


图 2

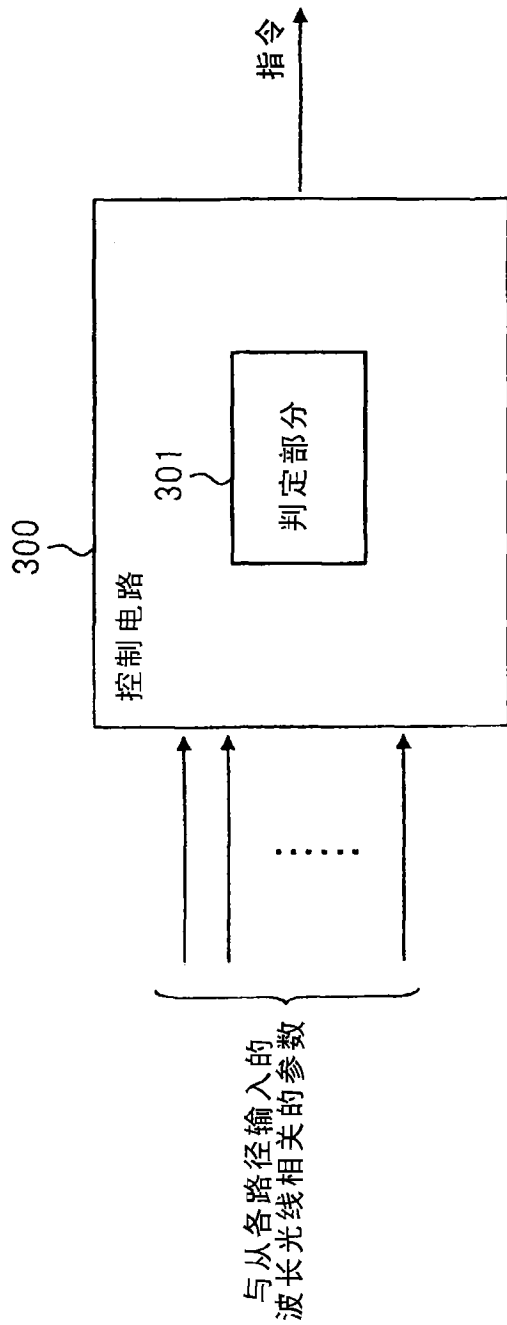


图 3

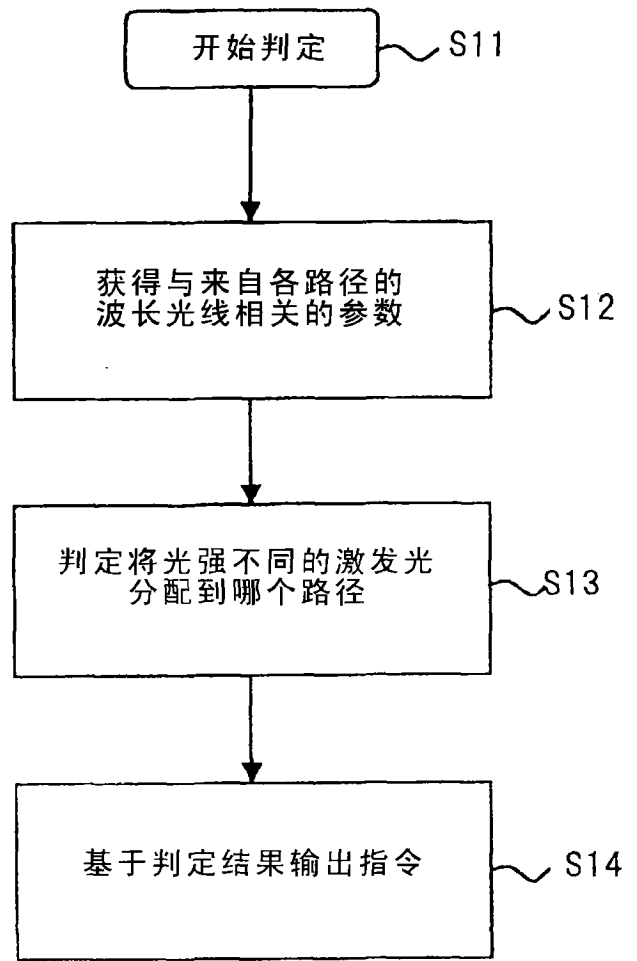


图 4

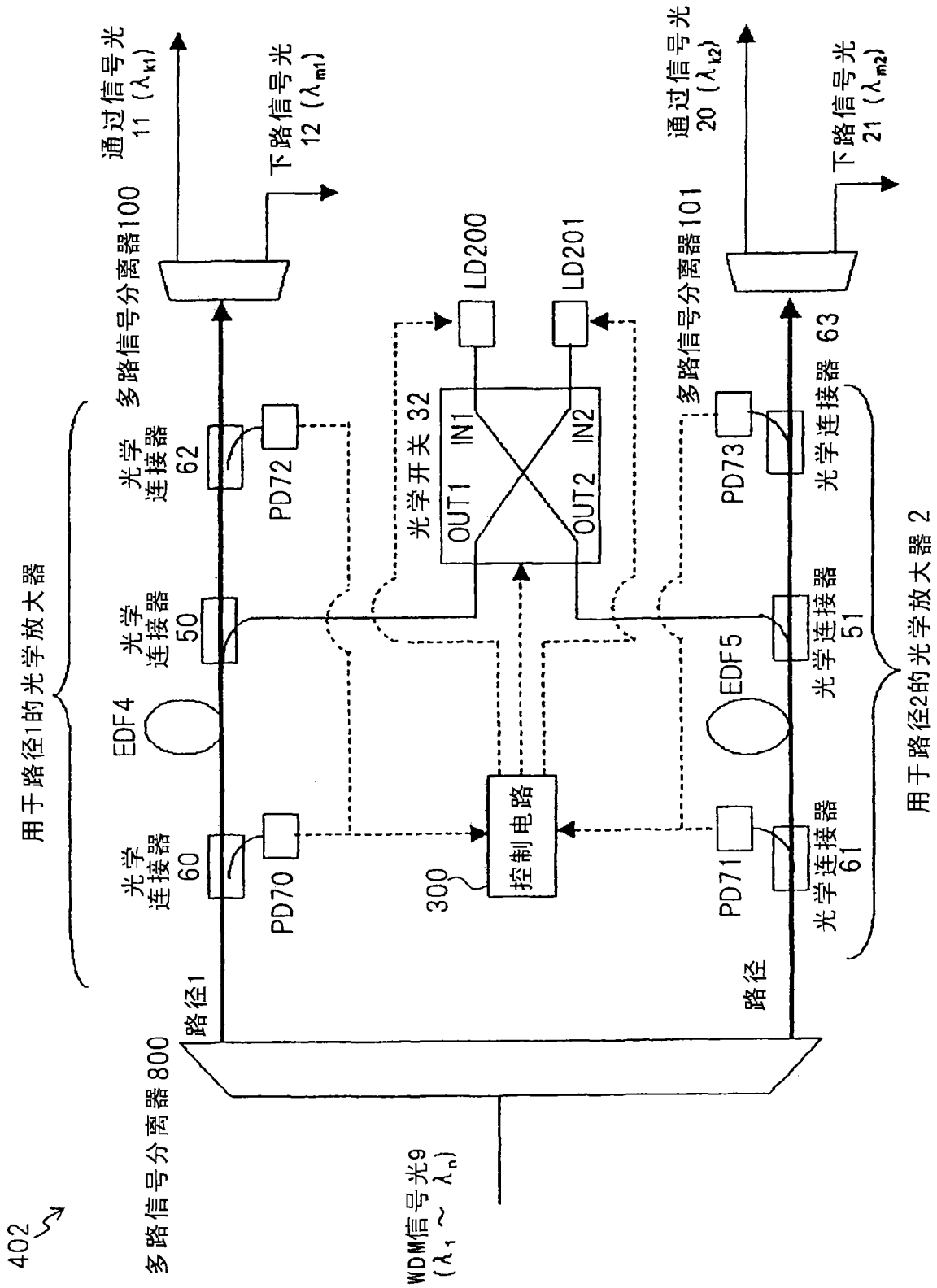


图 5

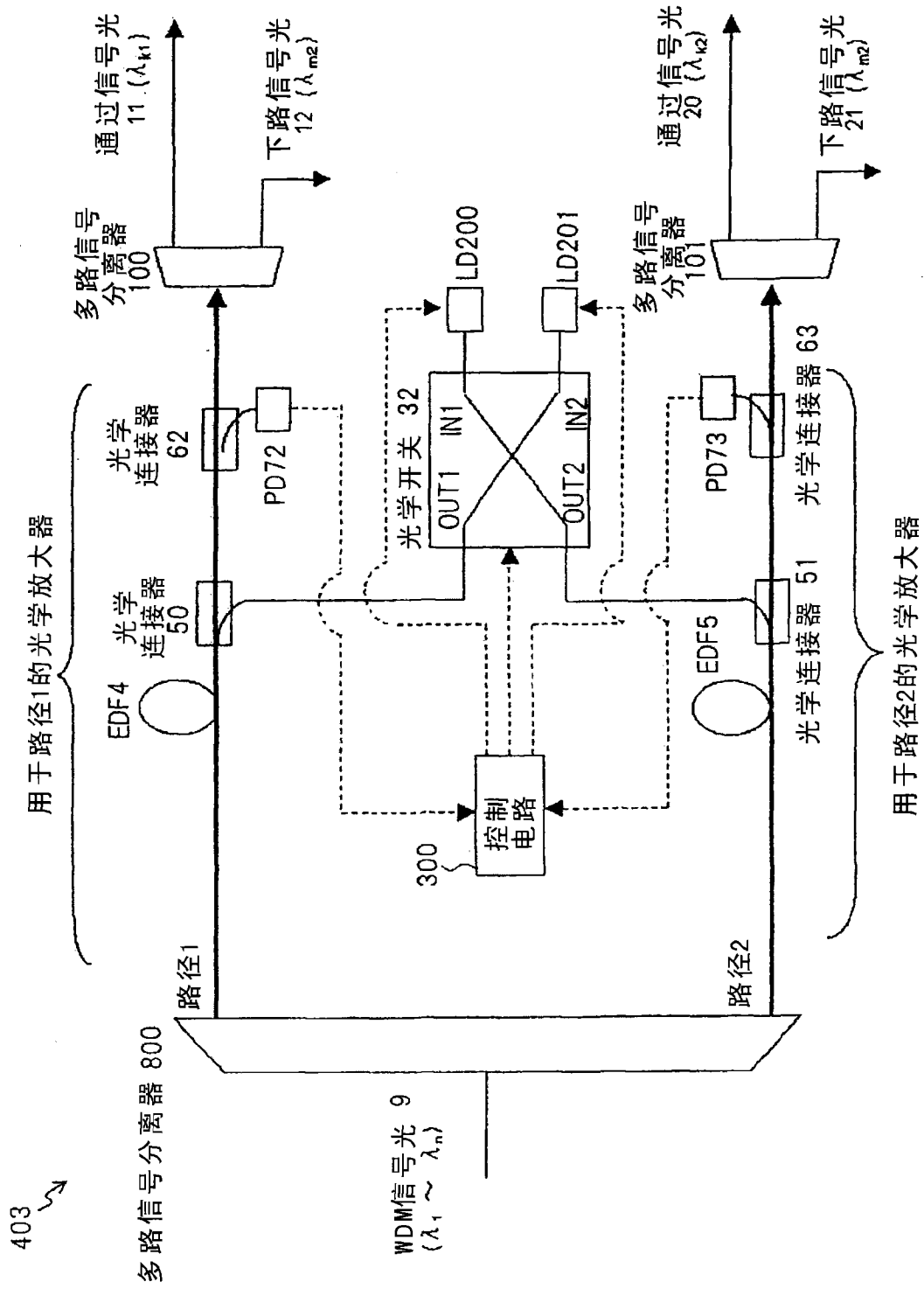


图 6

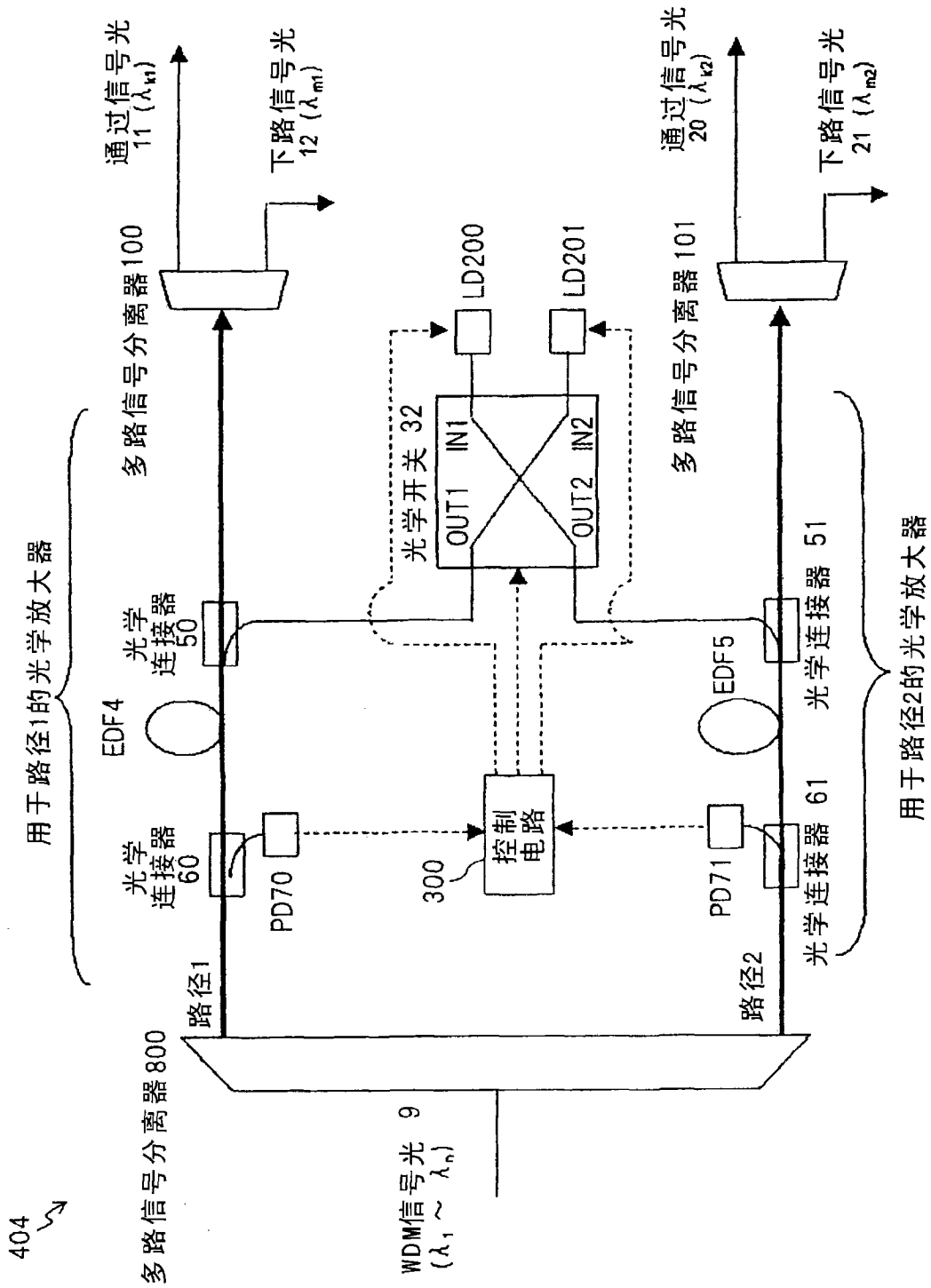


图 7

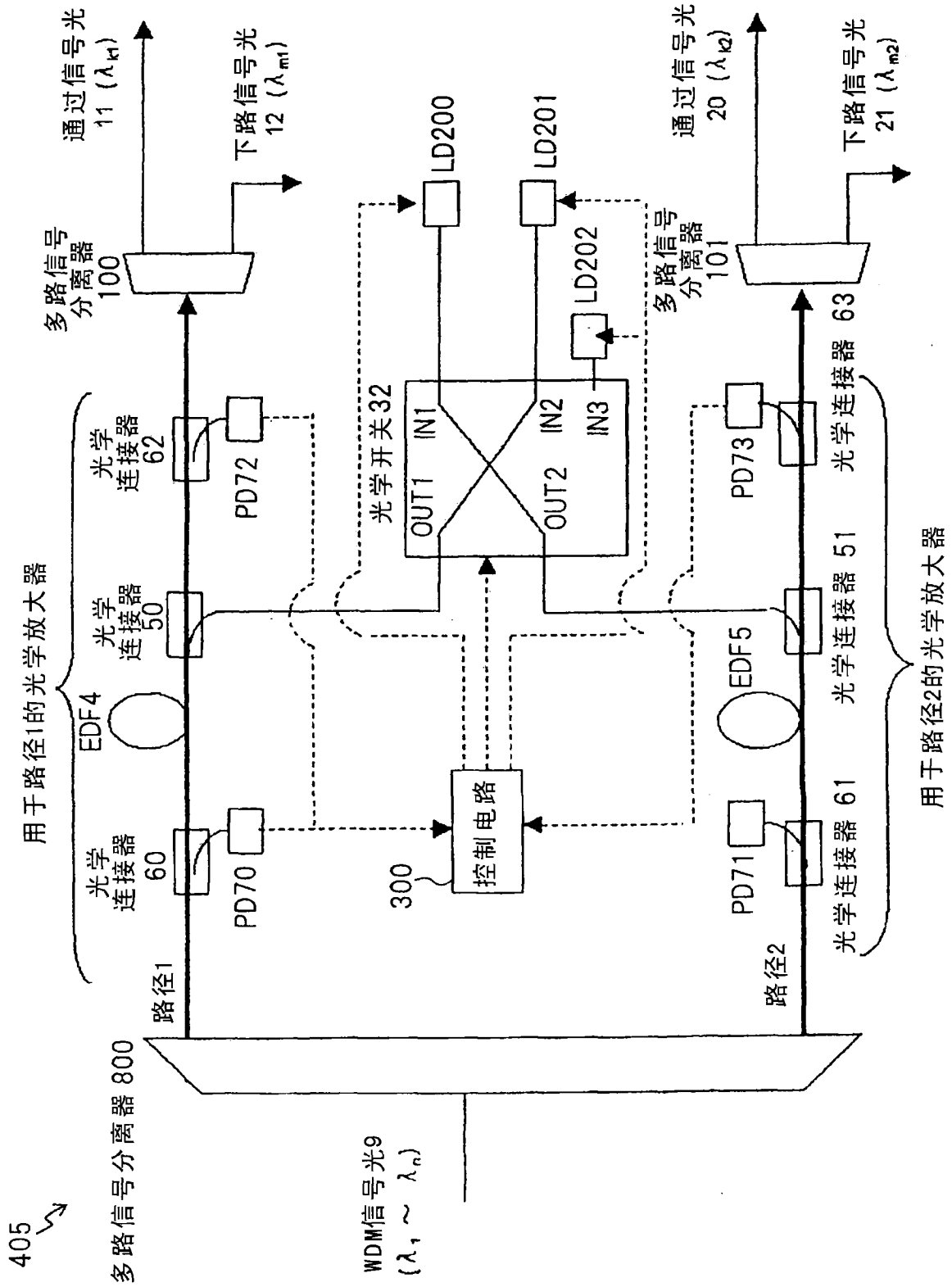


图 8

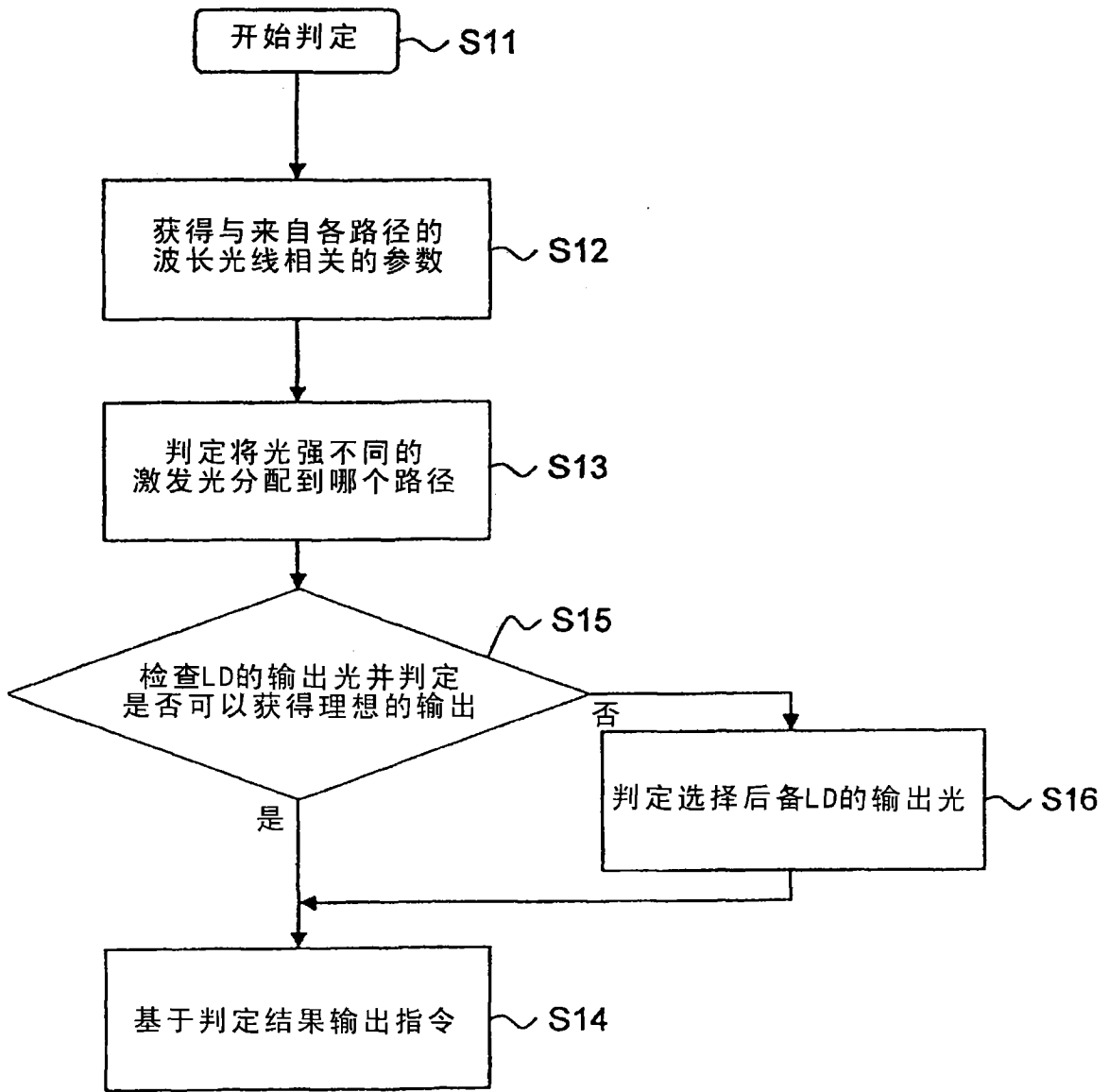


图 9

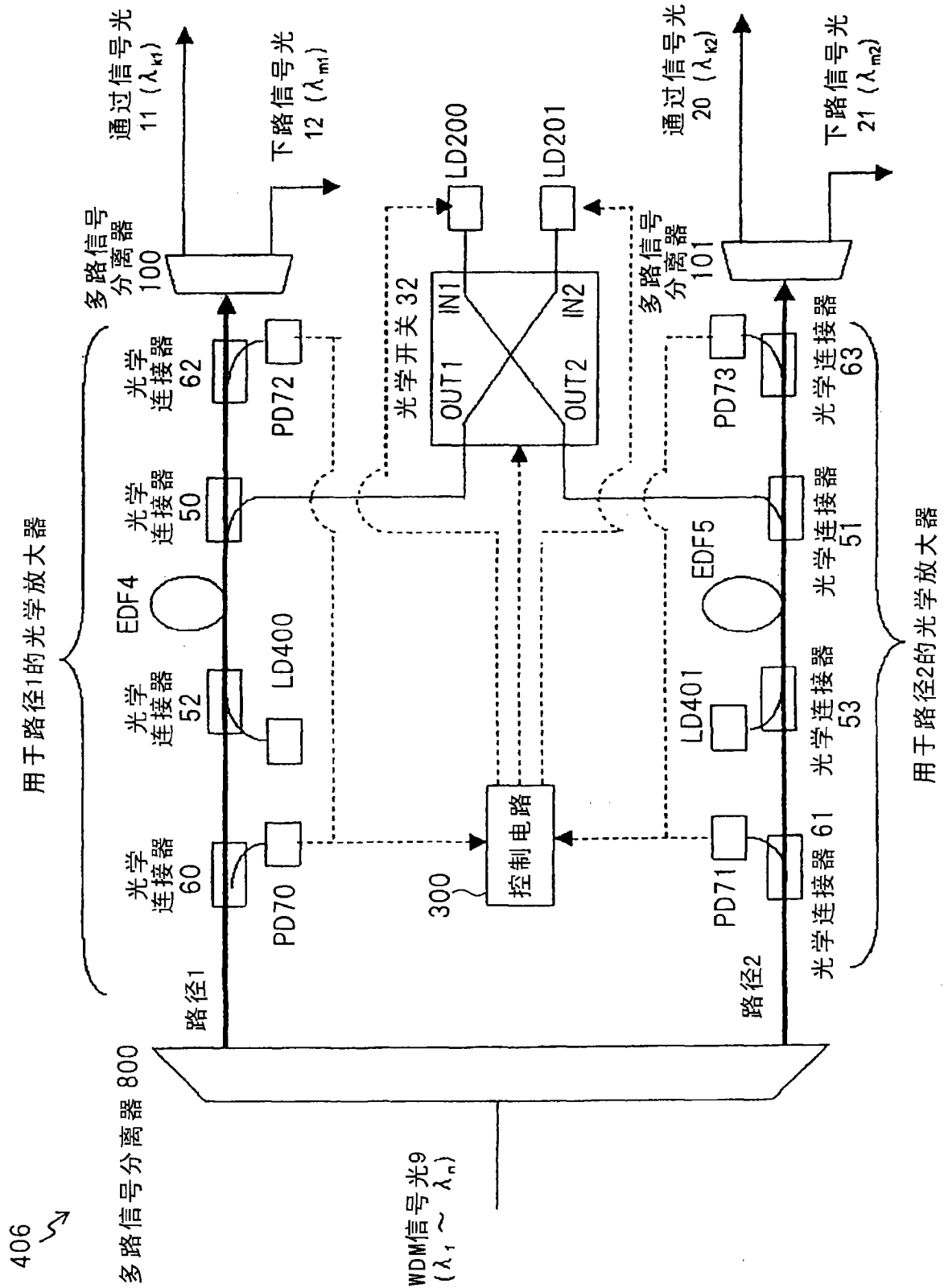


图 10

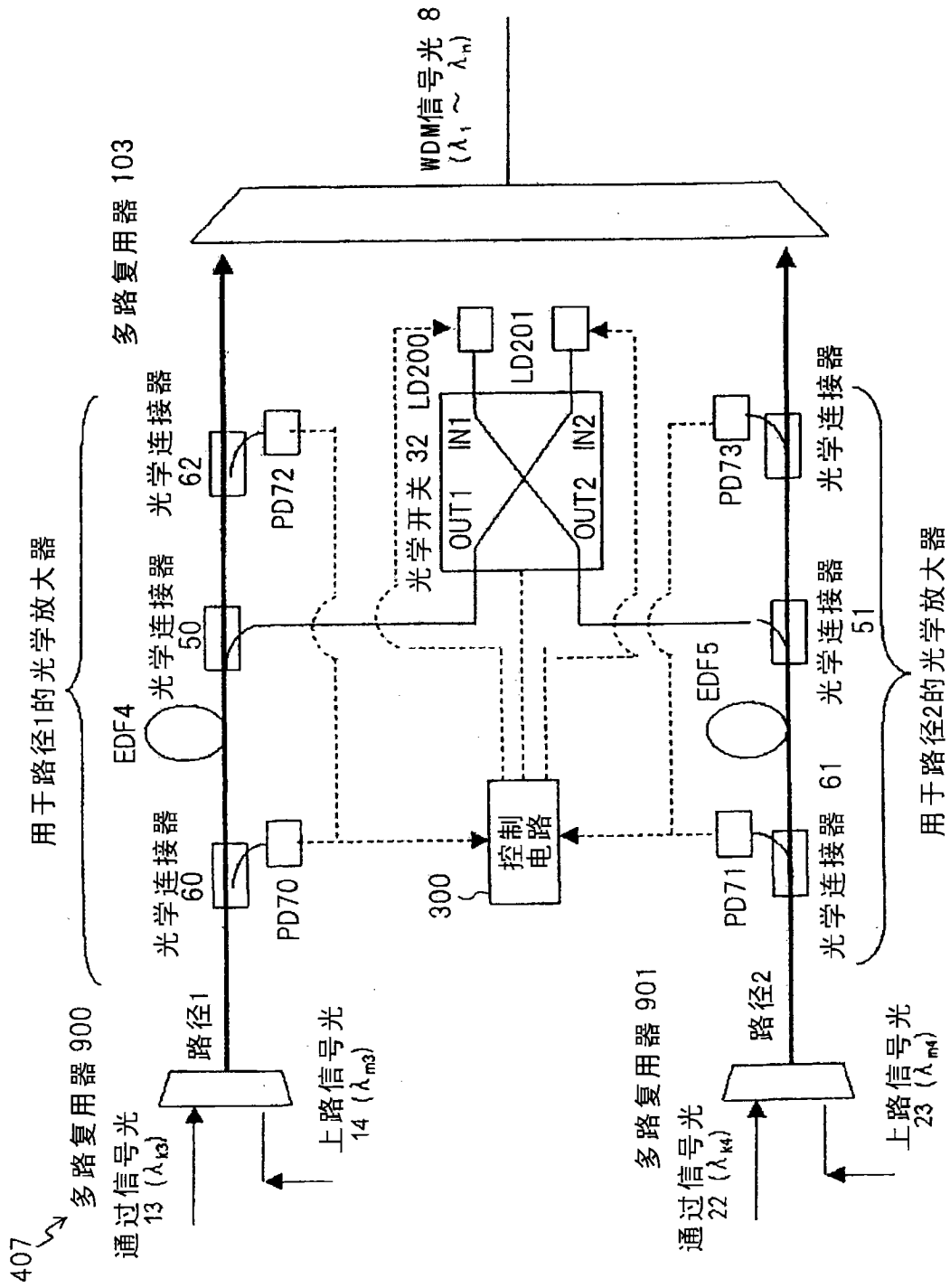


图 11

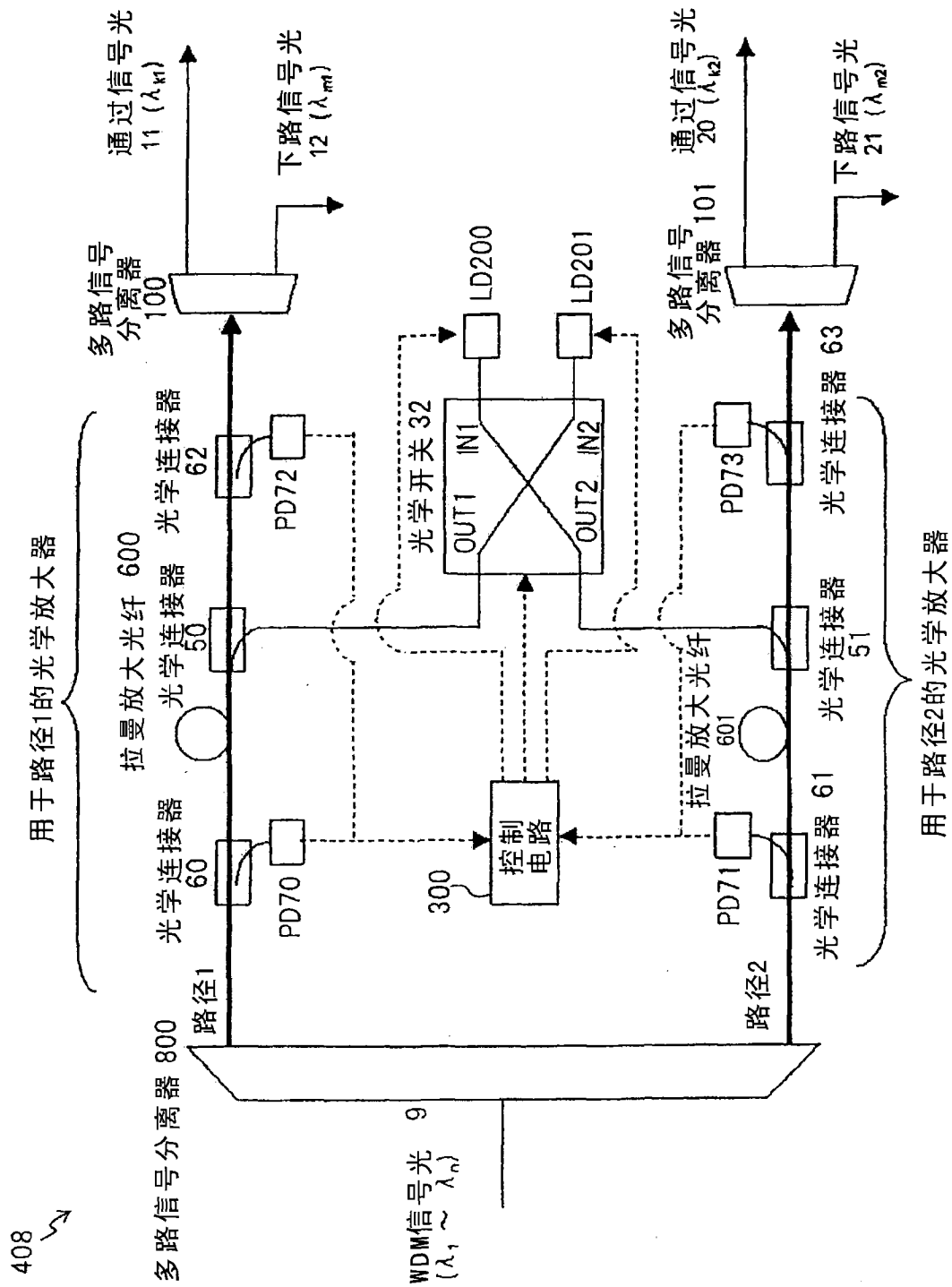


图 12

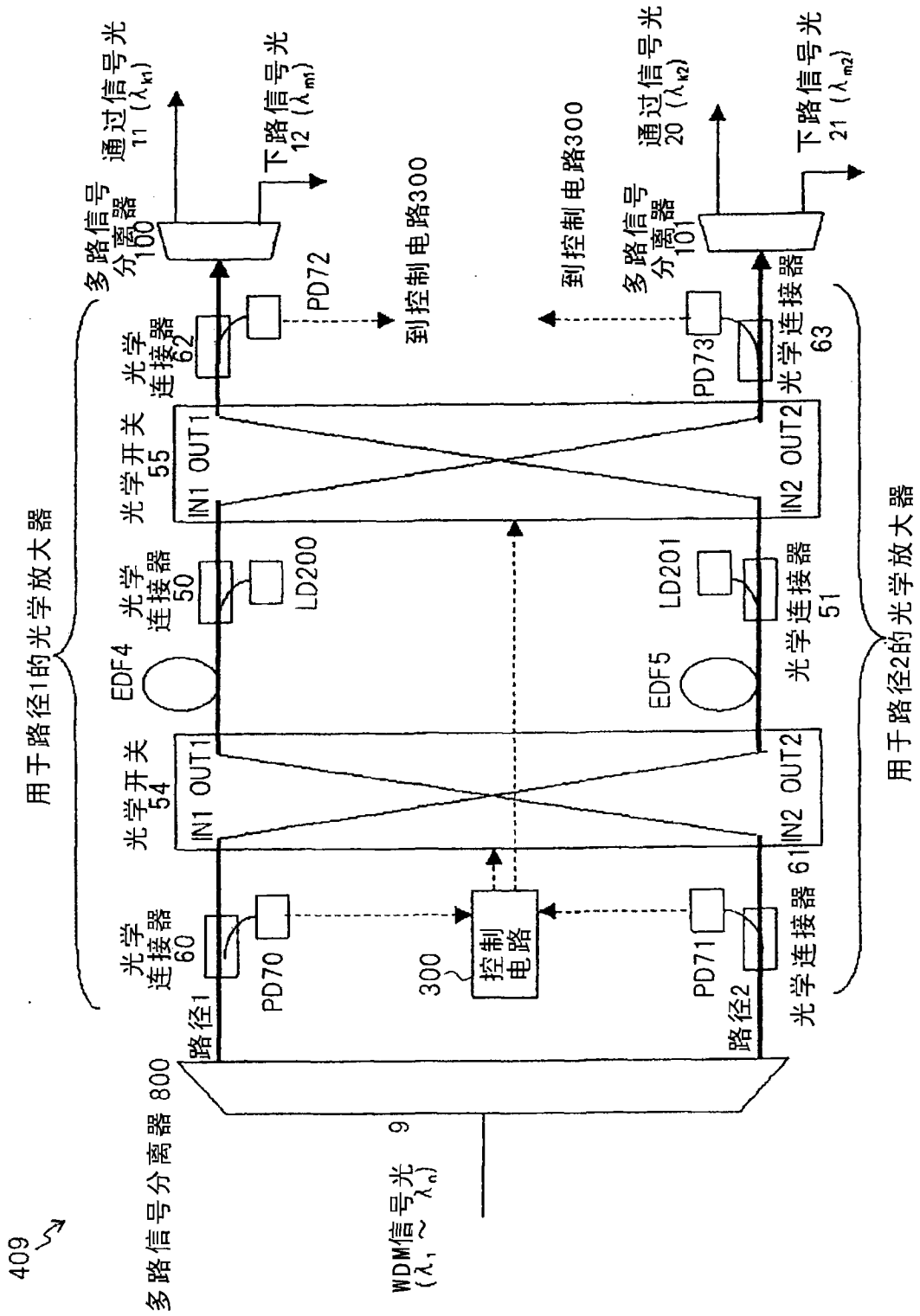


图 13

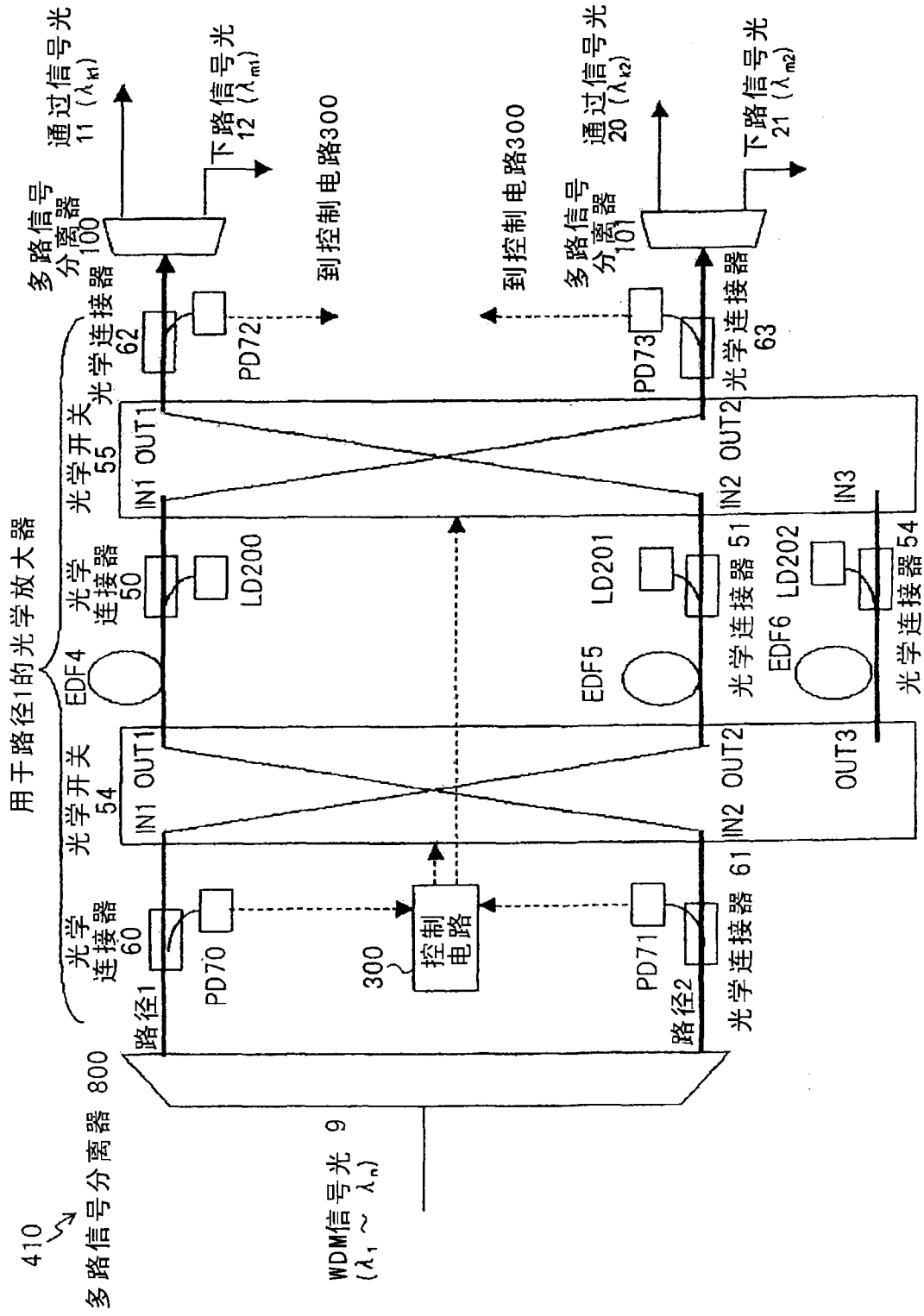


图 14

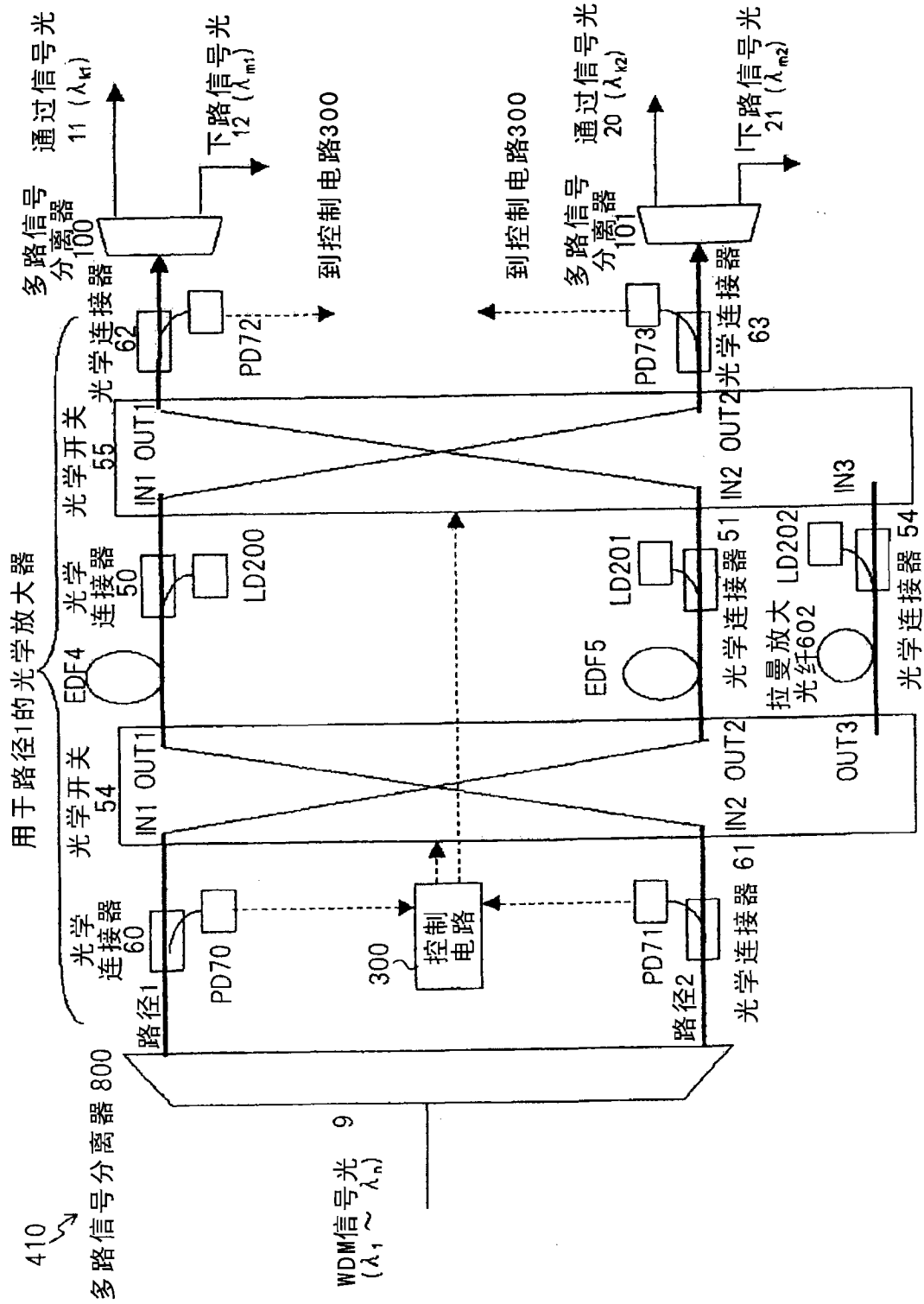


图 15

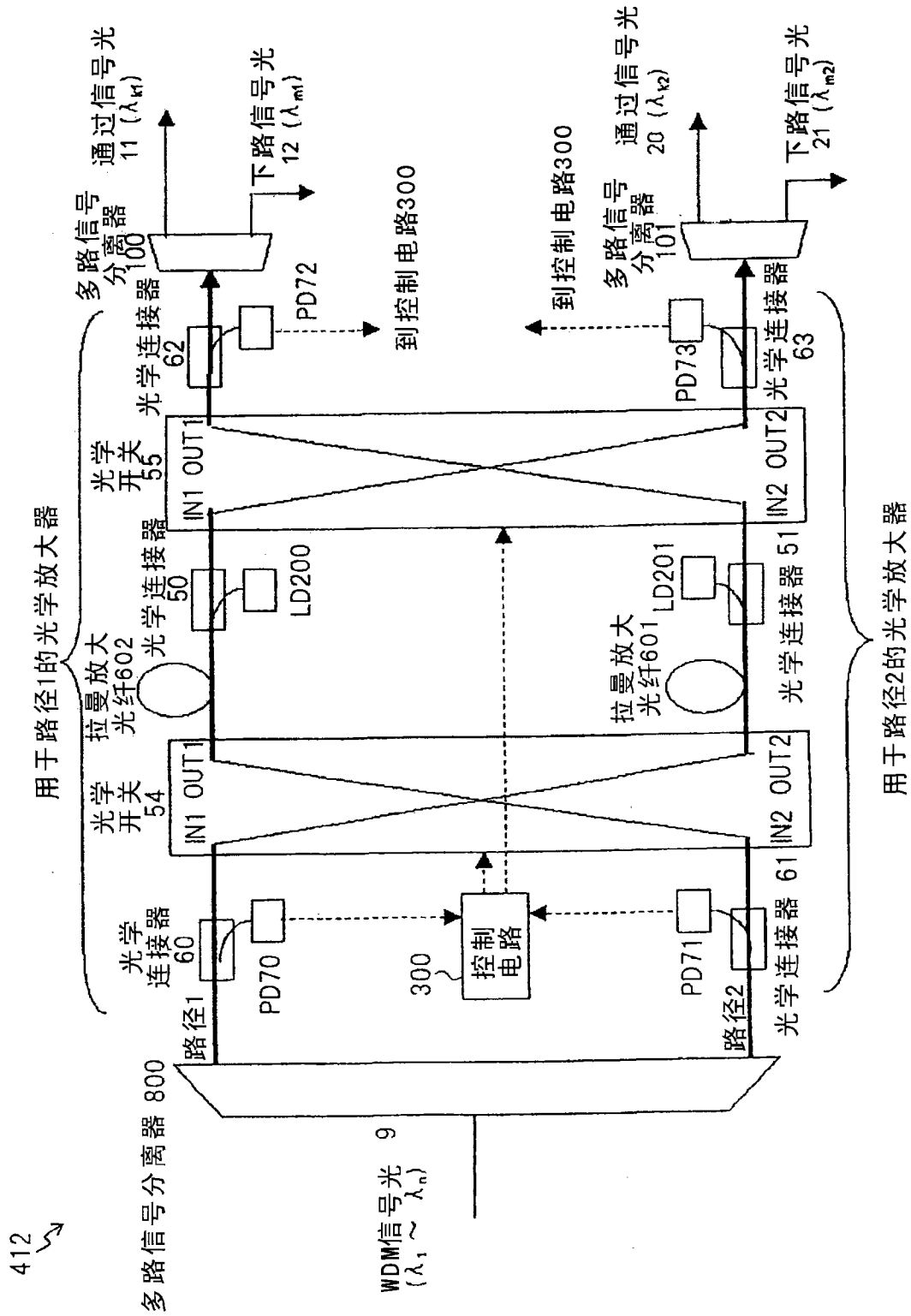


图 16

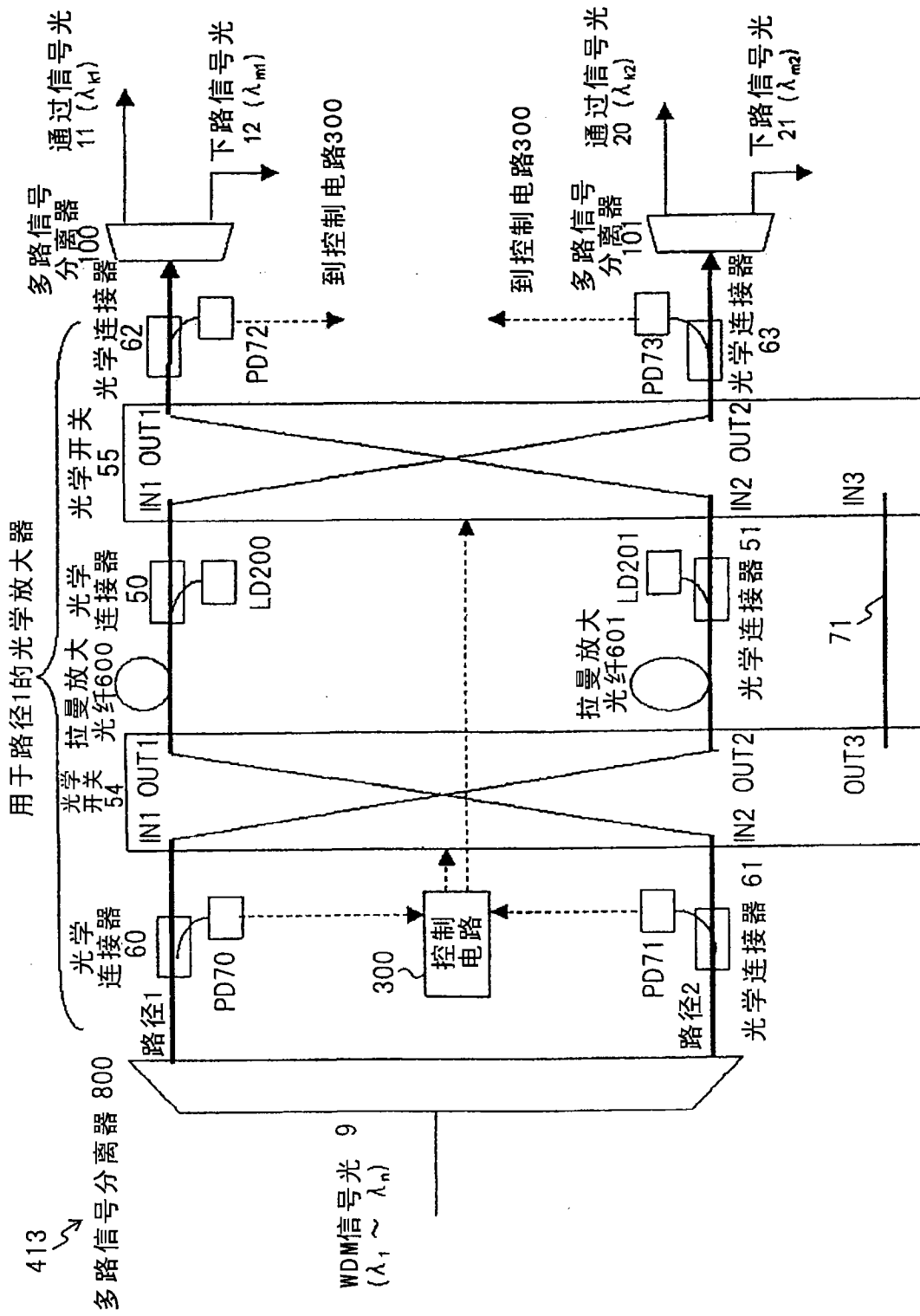


图 17