



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1841969 B

(45) 授权公告日 2012.02.15

(21) 申请号 200510093169.7

第 4-17 行、图 2.

(22) 申请日 2005.08.19

US 6332054 B1, 2001.12.18, 全文.

(30) 优先权数据

2005-096280 2005.03.29 JP

US 3584220, 1971.06.08, 说明书第 2 栏第  
39 行 - 第 4 栏第 45 行、图 2.

(73) 专利权人 富士通株式会社

审查员 孙淑蓉

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 泉太

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉

(51) Int. Cl.

H04B 10/18(2006.01)

H04B 10/12(2006.01)

H04J 14/02(2006.01)

(56) 对比文件

US 6583903 B1, 2003.06.24, 说明书第 8-10  
栏、图 10.

CN 1479124 A, 2004.03.03, 全文.

US 5430795 A, 1995.07.04, 说明书第 10 栏

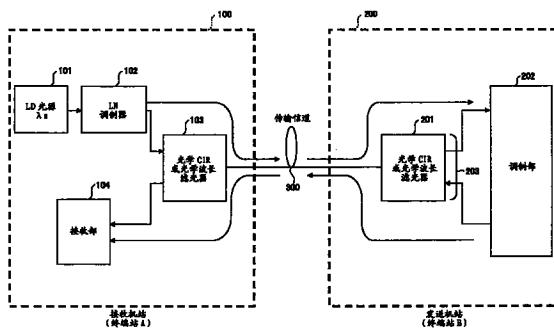
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 39 页

(54) 发明名称

光通信系统、传输劣化补偿法、光传输系统及  
光接收系统

(57) 摘要

光通信系统、传输劣化补偿方法、光传输系统及光接收系统。在光通信系统中，在发送机站处针对偏振色散和偏振相关损耗的影响进行预补偿，这种影响是发送机站向接收机站传输的光信号从通信信道接收到的。当接收机站接收到该光信号时抵消了来自传输信道的偏振色散和偏振相关损耗的影响。



1. 一种光通信系统,该光通信系统包括 :

发送机站 ;

通信信道,其连接到所述发送机站 ;和

接收机站,其连接到所述通信信道,其中

所述接收机站被设置为输出脉冲光到所述通信信道 ;

所述发送机站被设置为把从所述通信信道接收到的脉冲光调制为光信号,使该光信号的偏振面旋转 90 度,并把该光信号传输给所述通信信道。

2. 如权利要求 1 所述的光通信系统,其中,

发送机站 (200) 包括偏光去复用器,其配置为把来自所述通信信道的脉冲光分解为第一脉冲光和第二脉冲光,该第一脉冲光和第二脉冲光具有相互正交的偏振面,以及

发送机站 (200) 还包括偏光旋转部,该偏光旋转部被配置旋转输入到所述偏光去复用器的脉冲光的偏振面,以使所述接收机站输出的脉冲光的延迟差变得最大;

其中,在将从所述通信信道接收到的脉冲光调制为光信号之前执行上述分解操作。

3. 如权利要求 2 所述的光通信系统,其中,发送机站 (200) 包括光学强度调节部,该光学强度调节部被配置为单独调节由所述偏光去复用器分解的所述第一脉冲光和第二脉冲光的电平。

4. 如权利要求 1 所述的光通信系统,其中,传输从接收机站 (100) 接收的脉冲光的传输时段比其中停止该脉冲光的停止时段要长。

5. 如权利要求 4 所述的光通信系统,其中,发送机站 (200) 根据在传输时段中从接收机站 (100) 传输的脉冲信号在停止时段内产生另一脉冲信号。

6. 如权利要求 1 所述的光通信系统,其中,

所述接收机站被配置为输出含有多个具有不同波长的脉冲光的波分复用 (WDM) 光,以及

发送机站 (200) 将来自所述通信信道的 WDM 光去复用为多个去复用了的脉冲光。

7. 如权利要求 1 所述的光通信系统,其中,通过使用多个波长把发送机站 (200) 从接收机站 (100) 接收的光从接收机站 (100) 传输给发送机站 (200)。

8. 一种光传输方法,其包括以下步骤 :

从接收机站经由通信信道发送脉冲光到发送机站 ;

所述发送机站从所述通信信道接收所述脉冲光 ;

所述发送机站将所述脉冲光调制为光信号 ;

所述发送机站将所述光信号的偏振面旋转 90 度 ;以及

所述发送机站将该光信号通过所述通信信道传输给接收机站。

9. 如权利要求 8 所述的方法,该方法还包括 :

发送机站在从所述通信信道接收所述脉冲光之后、将所述脉冲光调制为光信号之前执行以下操作 :

旋转输入到偏光去复用器的脉冲光的偏振面,以使所述接收机站输出的脉冲光的延迟差变得最大 ;以及

通过所述偏光去复用器把来自所述通信信道的脉冲光分解为第一脉冲光和第二脉冲光,该第一脉冲光和第二脉冲光具有相互正交的偏振面。

10. 一种光传输站,其包括 :

接收单元,其配置为经由通信信道从接收机站接收脉冲光 ;

输出部,其配置为将所述脉冲光调制为光信号 ;和

发送部,其配置为使光信号的偏振面旋转 90 度,并将该光信号传输给所述通信信道。

11. 如权利要求 10 所述的光传输站,该光传输站还包括 :

偏光去复用器,其配置在接收到脉冲光之后、调制脉冲光之前为把来自所述通信信道的脉冲光分解为第一脉冲光和第二脉冲光,该第一脉冲光和第二脉冲光具有相互正交的偏振面,以及

偏光旋转部,该偏光旋转部被配置旋转输入到所述偏光去复用器的脉冲光的偏振面,以使所述接收机站输出的脉冲光的延迟差变得最大。

## 光通信系统、传输劣化补偿法、光传输系统及光接收系统

### 技术领域

[0001] 本发明总体上涉及光通信系统、传输劣化补偿方法、光传输系统以及光接收系统，更具体来说，涉及光信号的传输劣化得到补偿的光通信系统、传输劣化补偿方法、光传输系统以及光接收系统。

### 背景技术

[0002] 例如，在光通信系统中，已使用了 WDM（波分复用），其为用于将具有不同波长的多个数据信号复用到单条光纤中的方法。WDM（波分复用）通过利用具有不同波长的多个光束作为载波，使用光信号执行复用传输，其中，在光纤的发送侧设有光耦合器（复用器），在光纤的接收机侧设有光分路滤光器（去复用器）。

[0003] 近来，在光通信系统中，其中针对各波长调制率为 10Gbps 的 WDM 已投入实际使用。为了进一步扩展传输容量，进而需要针对各波长调制率为 40Gbps 或 80Gbps 的 WDM。

[0004] 然而，在用于传输调制率超过 40Gbps 的光信号的光通信系统中，由偏振模色散（PMD）和偏振相关损耗（PDL）（几乎不会同时存在这些问题）导致的光信号波形失真的传输劣化将成为问题。

[0005] 偏振色散导致光信号波形失真。另一方面，通常，偏振模损耗几乎不成为问题。然而，当偏振模损耗累积时，光信号的偏振方向发生波动。因此，光信号电平会因从发光器件到受光元件的光路和偏振依赖性而发生波动。

[0006] 在常规光通信系统中，使用了以下等方法：一种通过在接收机侧布置 PMD/PDL 补偿器来在接收部的前一级处对传输后的光信号的偏振色散进行补偿（例如，参见日本特开平第 7-221705 号公报），一种将传输本身更换为不会产生偏振色散的特殊光纤（例如，参见日本特开平第 8-54525 号公报）。

[0007] 图 1 是示出一种使用单光纤传输单波长的光通信系统的系统配置示例的图。在图 1 的光通信系统中，终端站 A 和终端站 B 通过中继站 A 和中继站 B 相互连接。终端站 A 和终端站 B 中的每一个都包括用于发送光信号的光发送系统和用于接收光信号的光接收系统。

[0008] 终端站 A 和终端站 B 各自的光接收系统都包括用于补偿偏振色散的 PMD 补偿装置，和用于补偿偏振相关损耗的 PDL 补偿装置（例如，用于执行输出恒定控制的光学放大器）。然而，图 1 的光通信系统存在这样的问题，即，需要接收机侧始终测量偏振态的变化并对 PMD 补偿装置和 PDL 补偿装置进行复杂的控制。

[0009] 图 2 是示出一种使用单光纤传输双波长的光通信系统的系统配置示例的图。图 3 是示出一种双波长 WDM 复用器的配置示例的图。类似于图 1 的光通信系统，在图 2 的光通信系统中，终端站 A 和终端站 B 通过中继站 A 和中继站 B 相互连接。

[0010] 终端站 A 和终端站 B 中的每一个都具有图 3 所示的双波长 WDM 复用器。在该双波长 WDM 复用器中，在接收机侧针对各波长设有用于补偿偏振色散和偏振相关损耗的 PMD/PDL 补偿器。

[0011] 然而，在图 2 的光通信系统中，要求在每个预定距离处针对各波长布置 PMD/PDL 补

偿器。但是,与 10Gbps 的光通信系统相比,在对于单波长调制率为 40Gbps 或 80Gbps 的光通信系统中,系统成本昂贵。因此,难以在每个预定距离处针对各波长布置 PMD/PDL 补偿器。此外,存在传输信道用光纤的设置还很昂贵的问题。

[0012] 此外,在偏振态快速变化的情况下,由于要求光通信系统跟上偏振态的变化并控制偏振相关损耗,不利的是,要求接收机侧针对各波长测量偏振态的变化并对 PMD/PDL 补偿器进行复杂的控制。

## 发明内容

[0013] 本发明的总体目的是提供其中消除了上述问题的光通信系统、传输劣化补偿方法、光传输系统以及光接收系统。

[0014] 本发明的一个更具体的目的提供其中可以容易并廉价地补偿偏振色散和偏振相关损耗的光通信系统、传输劣化补偿方法、光传输系统以及光接收系统。

[0015] 本发明的更具体的目的提供一种光通信系统,其中,在发送机站处针对偏振色散和偏振相关损耗的影响进行预补偿,该影响是从发送机站向接收机站传输的光信号从通信信道接收到的;并且当接收机站接收到该光信号时来自传输信道的偏振色散和偏振相关损耗的影响被抵消。

[0016] 在优选模式下的本发明中,发送机站对偏振色散和偏振相关损耗进行预补偿,使得当在接收机站处接收光信号时偏振色散和偏振相关损耗的影响被抵消。从发送机站向接收机站传输的光信号通过传输信道传播,在该传输信道中产生了偏振色散和偏振相关损耗,并且该光信号受到该偏振色散和偏振相关损耗的影响。因此,在一个优选模式下的本发明中,在发送机侧对由传输信道引起的偏振色散和偏振相关损耗进行预补偿。因此,当从发送机站向接收机站传输光信号时光信号受到偏振色散和偏振相关损耗的影响,从而抵消了偏振色散和偏振相关损耗的影响。

## 附图说明

[0017] 当结合以下附图阅读时,根据以下详细描述,本发明的其他目的、特征和优点将变得更加清楚,附图中:

[0018] 图 1 是示出一种使用单光纤传输单波长的光通信系统的系统配置示例的图;

[0019] 图 2 是示出一种使用单光纤传输双波长的光通信系统的系统配置示例的图;

[0020] 图 3 是示出一种双波长 WDM 复用器的配置示例的图;

[0021] 图 4 是用于说明本发明的原理的图;

[0022] 图 5A、图 5B、图 5C 以及图 5D 是示出用于说明本发明原理的波形的图;

[0023] 图 6 是示出根据本发明第一实施例的光通信系统的系统配置的图;

[0024] 图 7 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第一配置的图;

[0025] 图 8 是示出根据本发明第一实施例的接收部中包括的第一配置部的图;

[0026] 图 9 是示出根据本发明第一实施例的接收部中包括的第二配置部的图;

[0027] 图 10 是示出根据本发明第一实施例的接收部中包括的第三配置部的图;

[0028] 图 11 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第二配置的图;

[0029] 图 12 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第三配置的图;

- [0030] 图 13 是示出根据本发明第一实施例的接收机站中包括的接收部的第一配置的图；
- [0031] 图 14 是示出根据本发明第一实施例的包括对端终端站的光通信系统的系统配置的第一变型的图；
- [0032] 图 15 是示出根据本发明第一实施例的包括对端终端站的光通信系统的配置的第二变型的图；
- [0033] 图 16A 是示出根据本发明第一实施例的 RZ 码的一个时隙宽度的图，图 16B 是示出根据本发明第一实施例的偏振色散中出现的波劣化的图，图 16C 是示出根据本发明第一实施例的用于开 / 关调制器的最优定时以及分开波形的图，图 16D 是示出根据本发明第一实施例的用于开 / 关调制器的最优定时以及分开波形的图；
- [0034] 图 17 是用于说明在使用同一波长的通信的情况下临界系数 (marginal factor) 的图；
- [0035] 图 18 是用于说明根据本发明第一实施例的其中把回送 10 交替脉冲 (backward 10 alternating pulse) 的传输间隔设置得更长的传输示例的图；
- [0036] 图 19 是示出根据本发明第一实施例的接收机站中包括的接收部的第二配置的图；
- [0037] 图 20 是示出根据本发明的调制部的第四配置的图；
- [0038] 图 21 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第五配置的图；
- [0039] 图 22 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第六配置的图；
- [0040] 图 23 是示出根据本发明第二实施例的调制部的第七配置的图；
- [0041] 图 24 是示出根据本发明第二实施例的使用两个波长的已接收回送 10 交替脉冲的图；
- [0042] 图 25 是示出根据本发明第二实施例的能够抵消波长依赖性的发送机站的第一配置的图；
- [0043] 图 26 是示出根据本发明第二实施例的偏光分析器的第一配置的图；
- [0044] 图 27 是示出根据本发明第二实施例的图 25 中的调制部的第一配置的图；
- [0045] 图 28 是示出根据本发明第二实施例的图 25 中的调制部的第二配置的图；
- [0046] 图 29 是示出根据本发明第二实施例的能够抵消波长依赖性的发送机站的第二配置的图；
- [0047] 图 30 是示出根据本发明第二实施例的能够抵消波长依赖性的发送机站的第三配置的图；
- [0048] 图 31 是示出根据本发明第二实施例的偏光分析器的第二配置的图；
- [0049] 图 32 是示出根据本发明第二实施例的多波长源的第一配置的图；
- [0050] 图 33 是示出根据本发明第二实施例的多波长源的第二配置的图；
- [0051] 图 34 是示出根据本发明第二实施例的多波长源的第三配置的图；
- [0052] 图 35 是对其应用了本发明的终端站的第一配置的图；
- [0053] 图 36 是对其应用了本发明的终端站的第二配置的图；
- [0054] 图 37 是对其应用了本发明的中继站的第一配置的图；以及
- [0055] 图 38 是对其应用了本发明的中继站的第二配置的图。

## 具体实施方式

[0056] 以下参照附图对根据本发明的多个实施例进行描述。图 4 是用于说明本发明的原理的图。传输信道 1 是例如导致偏振色散和偏振相关损耗的波导。当假定光信号进入传输信道 1 的偏振方向是线偏振时，光信号的偏振角变得取决于偏振角而不同。

[0057] 然而，如果把其中传输率最小化的偏振角和其中传输率最大化的偏振角视为两个独立因素，那么当光信号沿传输信道 1 传播时，偏振面由于光信号的位移而相对于偏振轴旋转。

[0058] 此外，光纤的偏心率和其上长轴与短轴相互垂直的角面 (anglesurface) 并非在整个传输信道 1 中都是一致的，而是动态变化的。因此，由在传播过传输信道之后的偏振色散和偏振相关损耗所导致的传输劣化影响了进入传输信道 1 的光信号的偏振角。

[0059] 然而，如图 4 所示，当通过在传输信道 1 的接收机侧使偏振波旋转 90 度并反射该偏振波使其从传输终端折回时，抵消了由复杂的偏振色散的影响所导致的波形失真。作为其中使偏振波旋转 90 度的配置示例示出了光环行器 (光学 CIR) 2 和法拉第旋转器 3。通过固定偏振的光纤把光环行器 2 与法拉第旋转器 3 相互连接起来。利用图 4 所示的原理，本发明通过抵消由于偏振失真和偏振相关损耗的影响而导致的复杂波形的失真，补偿了偏振色散和偏振相关损耗。

[0060] 图 5A、图 5B、图 5C 以及图 5D 是示出用于说明本发明原理的波形的图。在图 5A 到图 5D 中，x 轴和 y 轴示出了其上 x 轴与 y 轴具有正交关系的偏振面。图 5A 示出了从接收机站向发送机站传输的光。图 5B 示出了在发送机站接收到的光。当在引起偏振色散和偏振相关损耗的传输信道中传播时，图 5A 所示的从接收机站向发送机站传输的光产生波形失真。图 5B 中的发送机站处接收到的光的偏振面由于偏振色散和偏振相关损耗的影响而旋转。

[0061] 在发送机站处，如图 5C 所示，对图 5B 所示的光进行调制的光信号的偏振波旋转 90 度。发送机站向接收机站传输光信号。图 5D 示出了在接收机站处接收到的光信号。

[0062] 图 5C 中的从发送机站向接收机站传输的光信号通过导致偏振色散和偏振相关损耗的传输信道传播。因此，与从接收机站向发送机站的传输类似，偏振面由于偏振色散和偏振相关损耗的影响而旋转。然而，由在图 5C 中从接收机站向发送机站传输光信号时导致的偏振色散和偏振相关损耗所影响的图 5B 中的光的偏振波旋转 90 度。

[0063] 结果，当图 5C 的光信号受到在从发送机站向接收机站传输光信号时导致的偏振色散和偏振相关损耗的影响时，偏振色散和偏振相关损耗的影响被抵消，光信号如图 5D 所示。在本发明中，由于当在接收机站处接收光信号时抵消了偏振色散和偏振相关损耗的影响，所以发送机站对偏振色散和偏振相关损耗进行了预补偿。在根据本发明的光通信系统中，可以在发送机站处针对各波长容易并合理地补偿偏振色散和偏振相关损耗。

[0064] 以下，参照附图对本发明多个实施例进行描述。在这些实施例中，假定执行了对群速度色散的补偿。此外，在这些实施例中示出的 WDM 通信系统是利用 WDM 的光通信系统的一个示例。

[0065] [第一实施例]

[0066] 图 6 是示出根据本发明第一实施例的光通信系统的系统配置的图。在图 6 的光通信系统中，接收机站 (终端站 A) 100 通过传输信道 300 与发送机站 (终端站 B) 200 相互连

接。若有必要,可以在传输信道 300 上布置一个或更多个中继站。

[0067] 接收机站 100 包括 LD 光源 101、LN 调制器 102、光学 CIR 或光学波长滤光器 103 以及接收部 104。发送机站 200 包括光学 CIR 或光学波长滤光器 201, 以及调制部 202。应当注意,光学 CIR 或光学波长滤光器 201 通过具有固定偏振波的多条光纤 203 与调制部 202 相互连接。

[0068] 在 LN 调制器 102 处把从接收机站 100 的接收部 104 的 LD 光源 101 输出的光调制成脉冲(回送 10 交替脉冲),并通过光学 CIR 或用于对接收光和发送光进行去复用的光学波长滤光器 103 向传输信道 300 输出该脉冲。发送机站 200 的调制部 202 通过光学 CIR 或用于对接收光和发送光进行去复用的光学波长滤光器 201 接收脉冲(接收到的回送 10 交替脉冲),并将该脉冲调制成光信号。调制部 202 通过光学 CIR 或光学波长滤光器 201 输出被调制到传输信道 300 的光信号。

[0069] 接收机站 100 的接收部 104 通过光学 CIR 或光学波长滤光器 103 接收该光信号。根据上述本发明的原理,在接收部 104 处接收到的光信号具有其中抵消了传输信道 300 的偏振色散和偏振相关损耗的影响的波形。

[0070] 然而,如果发送机站 200 无法检测出从接收机站 100 接收的由于偏振色散和偏振相关损耗而失真的波形的哪一位表示脉冲,则发送机站 200 无法将该脉冲调制成调制信号(待传输信号)。

[0071] 图 7 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第一配置的图。调制部 202a 包括偏光去复用器 210、分路装置 211 和 212、调制器 213 和 214、偏光正交复用器 215、90 度偏光旋转器 216、受光元件 217 和 218、滤波器 219 和 220、以及调制定时相位调节电路 221。

[0072] 偏光去复用器 210 是用于对要分离的两个偏光进行去复用的装置,偏光正交复用器 215 是用于使两个偏光相交并对其进行复用的装置。偏光去复用器 210 和偏光正交复用器 215 中的每一个都由布儒斯特效应器件组成。分路装置 211 和 212 是用于使光分路的装置,并由光耦合器(光 CPL)等组成。在分路装置 211 和 212 处,响应于光电可以选择性地设置比率,如 1 : 10。每个调制器 213 和 214 都由马赫 - 曾德尔型 LIN03 调制器、电吸收调制器等组成。每个受光元件 217 和 218 都由光电二极管等组成。

[0073] 例如,当接收机站 100(图 6)针对各波长把光调制成回送 10 交替脉冲并向发送机站 200(图 6)传输正在调制的光时,偏光去复用器 210 接收来自接收机站 100 并由光学 CIR 或光学波长滤光器 201(图 6)解调后的已接收回送 10 交替脉冲。偏光去复用器 210 把正在接收的已接收回送 10 交替脉冲去复用成两个偏光。偏光去复用器 210 通过相应的分路装置 211 和 212 向调制器 213 和 214 传输所接收并经去复用的已接收回送 10 交替脉冲。分路装置 211 和 212 使该回送 10 交替脉冲分路,然后向受光元件 217 和 218 传输该回送 10 交替脉冲。

[0074] 受光元件 217 和 218 对已接收回送 10 交替脉冲的电气电平进行转换,并向相应的滤波器 219 和 220 传输该电气电平。每个滤波器 219 和 220 都分别从自受光元件 217 和 218 接收到的电气电平提取时钟,然后向调制定时相位调节电路 221 传输该时钟。调制定时相位调节电路 221 按基于从相应的滤波器 219 和 220 接收到的时钟的定时向调制器 213 和 214 传输调制信号。

[0075] 调制器 213 和 214 利用从调制定时相位调节电路 221 接收的调制信号对从偏光去

复用器 210 通过相应的分路装置 211 和 212 接收到的已接收回送 10 交替脉冲进行调制，并作为光信号向偏光正交复用器 215 传输该已接收回送 10 交替脉冲。偏光正交复用器 215 使接收到的光信号相交并将其复用成复用光信号，并向 90 度偏光旋转器 216 传输该复用光信号。90 度偏光旋转器 216 使该复用光信号的偏振波旋转 90 度。通过光学 CIR 或光学波长滤光器 201 向传输信道 300 输出其偏振波旋转 90 度的复用光信号，作为光信号。

[0076] 接收机站 100 中包括的光传输系统由偏光固定光电路组成。在该光传输系统中，不存在偏振波的旋转。将该光传输系统设计成保持接收到的偏振态。如图 8、图 9 或图 10 所示，通过在 LN 调制器 102 与光学 CIR 或光学波长滤光器 103 之间额外地设置配置部 110a，使从接收机站 100 传输的回送 10 交替脉冲保持偏振态稳定。

[0077] 图 8 是示出根据本发明第一实施例的接收部中包括的第一配置部的图。图 8 的第一配置部 110a 包括偏光去复用器 110、光学强度调节装置 111 和 112 以及偏光正交复用器 113。每个光学强度调节装置 111 和 112 都是用于调节光电平的装置，例如由不具有偏振依赖性的电吸收光衰减器等组成。

[0078] 偏光去复用器 110 把回送 10 交替脉冲去复用成两个偏光。偏光去复用器 110 向光学强度调节装置 111 和 112 传输去复用成两个偏光的回送 10 交替脉冲。光学强度调节装置 111 和 112 调节回送 10 交替脉冲的光电平，并向偏光正交复用器 113 传输该回送 10 交替脉冲。在偏光正交复用器 113 使正接收的回送 10 交替脉冲相交并对其进行复用之后，偏光正交复用器 113 向传输信道 300 输出该回送 10 交替脉冲。

[0079] 图 9 是示出根据本发明第一实施例的接收机站中包括的第二配置部的图。除了第二配置部 110b 的一个部分以外，图 9 的第二配置部 110b 具有与图 8 的第一配置部 110a 相似的配置，以下适当略去对其的阐述。图 9 的第二配置部 110b 包括偏光去复用器 110、光学强度调节装置 111 和 112、偏光正交复用器 113 以及偏光独立调制器 114。

[0080] 例如，偏光去复用器 110 接收从 LD 光源 101 输出的光，并把该光去复用成两个偏光。偏光去复用器 110 向光学强度调节装置 111 和 112 传输正被去复用的光。光学强度调节装置 111 和 112 调节正在接收的光的光电平，并向偏光正交复用器 113 传输该光。在偏光正交复用器 113 使接收到的光相交并对其进行复用之后，偏光正交复用器 113 向传输信道 300 (图 6) 输出该接收到的光。

[0081] 图 10 是示出根据本发明第一实施例的接收机站中包括的第三配置部的图。图 10 的第三配置部 110c 具有利用了单向偏振面的配置。图 10 的第三配置部 110c 包括偏光器 115、光学强度调节装置 116 等。

[0082] 在偏光器 115 把接收到的回送 10 交替脉冲改变成单偏光之后，偏光器 115 向光学强度调节装置 116 输出该单偏光。在光学强度调节装置 116 调节了回送 10 交替脉冲的光电平之后，光学强度调节装置 116 向传输信道 300 (图 6) 输出该回送 10 交替脉冲。例如，对于在向接收部 104 的受光元件的任何光路上布置有具有更高偏振相关损耗的装置的情况，通过第三配置部 110c 可以获得更好的效果。

[0083] 通过如图 8、图 9 或图 10 所示附加设置接收机站 100 的配置部 110a、110b 或 110c，发送机站 200 可以应对由传输信道 300 导致的偏振色散和偏振相关损耗。此外，发送机站 200 的调制部 202 可以具有如图 11 或图 12 所示的配置。

[0084] 图 11 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第二配置的图。图 11 中，除了调

制部 202b 的两个部分以外,调制部 202b 具有与图 7 的调制部 202a 相似的配置,以下适当略去对其的阐述。图 11 的调制部 202b 包括偏光去复用器 210、分路装置 211 和 212、调制器 213 和 214、偏光正交复用器 215、90 度偏光旋转器 216、受光元件 217 和 218、滤波器 219 和 220、调制定时相位调节电路 221、偏光旋转器 222 以及相位差检测器 223。

[0085] 偏光旋转器 222 是用于使光的偏振面旋转的装置。例如,通过向石榴石晶体 (garnet crystal) 等施加磁场,偏振面由于法拉第效应而旋转。例如,当接收机站 100 针对把各波长的光调制成回送 10 交替脉冲并向发送机站 200 传输该回送 10 交替脉冲时,偏光旋转器 222 接收从接收机站 100 发送并由光学 CIR 或光学波长滤光器 201 去复用后的已接收回送 10 交替脉冲。

[0086] 偏光旋转器 222 使该已接收回送 10 交替脉冲的偏振面旋转,使得该要由偏光去复用器 210 去复用的已接收回送 10 交替脉冲的延迟差变得最大。相位差检测器 223 控制由偏光旋转器 222 对已接收回送 10 交替脉冲的偏振面进行的旋转。偏光去复用器 210 接收该已接收回送 10 交替脉冲,其中旋转了偏振面。偏光去复用器 210 通过相应的分路装置 211 和 212 向调制器 213 和 214 传输正被去复用成两个偏光的已接收回送 10 交替脉冲。分路装置 211 和 212 使从偏光去复用器 210 接收到的已接收回送 10 交替脉冲分路,然后向受光元件 217 和 218 传输该已接收回送 10 交替脉冲。

[0087] 受光元件 217 和 218 把从相应的分路装置 211 和 212 接收到的已接收回送 10 交替脉冲的光电平转换成电气电平,然后向相应的滤波器 219 和 220 传输该电气电平。每个滤波器 219 和 220 都从该电气电平提获取时钟,并向相位差检测器 223 传输该时钟。相位差检测器 223 把从滤波器 219 和 220 接收到的时钟传输给调制定时相位调节电路 221。

[0088] 此外,相位差检测器 223 响应于来自滤波器 219 和 220 的时钟检测由偏光去复用器 210 对其进行去复用的已接收回送 10 交替脉冲的相位差。相位差检测器 223 对偏光旋转器 222 进行控制,使得由偏光去复用器 210 对其进行去复用的已接收回送 10 交替脉冲的延迟差变得最大。此外,调制定时相位调节电路 221 按基于从相应的滤波器 219 和 220 接收的时钟的定时向调制器 213 和 214 传输调制信号。

[0089] 每个调制器 213 和 214 都利用从调制定时相位调节电路 221 接收的调制信号对从偏光去复用器 210 通过相应的分路装置 211 和 212 接收到的已接收回送 10 交替脉冲进行调制,并向偏光正交复用器 215 传输该正被调制的已接收回送 10 交替脉冲。偏光正交复用器 215 使接收到的光信号相交并将其复用成复用光信号,并向 90 度偏光旋转器 216 传输该复用光信号。90 度偏光旋转器 216 使该复用光信号的偏振波相对于由偏光旋转器 222 对偏振面进行的旋转相对旋转 90 度。由 90 度偏光旋转器 216 旋转 90 度后的偏振波通过光学 CIR 或光学波长滤光器 201 输出至传输信道 300。

[0090] 在图 11 的调制部 202b 中,偏光旋转器 222 使已接收回送 10 交替脉冲的偏振面旋转,使得该由偏光去复用器 210 去复用的已接收回送 10 交替脉冲的延迟差变得最大。根据调制部 202b 的该配置,可以清楚地分离其膨胀由于偏振色散而变得最大的波形。由此,可以改进性能。在图 11 的调制部 202b 中,在由偏光旋转器 222 旋转了偏振波之后,不必由 90 度偏光旋转器 216 相对地旋转偏振面。

[0091] 图 12 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第三配置的图。图 12 中,除了调制部 202c 的某些部分以外,调制部 202c 具有与图 7 的调制部 202a 或图 11 的调制部 202b

相似的配置,以下适当略去对其的阐述。图 12 的调制部 202c 包括偏光去复用器 210、分路装置 211 和 212、调制器 213 和 214、偏光正交复用器 215、90 度偏光旋转器 216、受光元件 217 和 218、滤波器 219 和 220、调制定时相位调节电路 221、光学强度调节装置 224 和 225、分路装置 226 和 227、受光元件 228 和 229 以及功率电平率检测率调节控制电路 230。

[0092] 偏光去复用器 210 把正被接收的已接收回送 10 交替脉冲去复用成两个偏光,并通过分路装置 211 和 212 向调制器 213 和 214 输出已接收回送 10 交替脉冲。分路装置 211 和 212 使该已接收回送 10 交替脉冲分路并将其传输给受光元件 217 和 218。

[0093] 受光元件 217 和 218 把接收的回送 10 交替脉冲的光电平转换成电气电平,然后把该电气电平传输给相应的滤波器 219 和 220。每个滤波器 219 和 220 都从自相应的受光元件 217 和 218 接收到的该电气电平提取时钟,并把该时钟传输给调制定时相位调节电路 221。

[0094] 此外,每个受光元件 217 和 218 都向功率电平率检测率调节控制电路 230 传输从已接收回送 10 交替脉冲的光电平转换成的电气电平。调制定时相位调节电路 221 按基于从受光元件 217 和 218 接收的时钟的定时向调制器 213 和 214 传输调制信号。

[0095] 调制器 213 和 214 通过该调制信号对(从相应的分路装置 211 和 212 接收的已接收回送 10 交替脉冲进行调制,并把该已接收回送 10 交替脉冲作为光信号传输给相应的光学强度调节装置 224 和 225。在光学强度调节装置 224 和 225 调节了从相应的调制器 213 和 214 接收的光信号的电平之后,光学强度调节装置 224 和 225 通过分路装置 226 和 227 向偏光正交复用器 215 传输该光信号的电平。应当注意,由功率电平率检测率调节控制电路 230 控制由各光学强度调节装置 224 和 225 对光信号的电平执行的每个调节。

[0096] 分路装置 226 和 227 使从相对光学强度调节装置 224 和 225 接收的光信号分路到相应的受光元件 228 和 229。受光元件 228 和 229 把该光信号的电平转换成电气电平,并将该电气电平传输给功率电平率检测率调节控制电路 230。

[0097] 功率电平率检测率调节控制电路 230 响应于从各受光元件 228 和 229 接收的电平控制由各光学强度调节装置 224 和 225 对光信号电平执行的调节。

[0098] 偏光正交复用器 215 使从分路装置 226 和 227 接收的光信号相交并将其复用成复用光信号,并把该复用光信号传输给 90 度偏光旋转器 216。90 度偏光旋转器 216 使该复用光信号的偏振波旋转 90 度。通过光学 CIR 或光学波长滤光器 201 把其偏振波由 90 度偏光旋转器 216 旋转了 90 度的复用光信号作为光信号输出给传输信道 300。在图 12 的调制部 202 中,由于可以调节光信号电平,所以可以补偿偏振相关损耗。通常,可以控制偏振相关损耗,使得光电平在接收机站侧恒定。然而,这需要针对每个波长控制偏振相关损耗。在该 WDM 通信系统中,例如,即使光学放大器进行控制使得总功率电平输出恒定,也不存在影响。

[0099] 如上所述,发送机站 200 的调制部 202 把已接收回送 10 交替脉冲的光波形转换成电信号,并向滤波器 219 和 220 传输该电信号。每个滤波器 219 和 220 都从自调制部 202 接收的电信号提取时钟,并把该时钟传输给调制定时相位调节电路 221。

[0100] 在调制定时相位调节电路 221 按基于从滤波器 219 和 220 接收的时钟的定时调节了调制信号的相位之后,调制定时相位调节电路 221 把该调制信号传输给调制器 213 和 214。调制器 213 和 214 通过使从已接收回送 10 交替脉冲提取的时钟同步化,对从相应的分路装置 211 和 212 接收到的已接收回送 10 交替脉冲进行调制。

[0101] 如果不使从已接收回送 10 交替脉冲提取的时钟同步化就进行调制,那么在接收机站 100 处脉冲宽度会减小。通过如图 13 所示地配置接收机站 100 的接收部 104,可以监测脉冲宽度并向调制部 202 传输相位调节用信息。

[0102] 图 13 是示出根据本发明第一实施例的接收机站中包括的接收部的第一配置的图。图 13 的接收部 104-1 包括受光元件 121、解调电路 122、脉冲宽度检测电路 123、时钟定时提取部 124 以及监测器控制信号发送部 125。

[0103] 受光元件 121 通过光学 CIR 或光学波长滤光器 103 从发送机站 200 接收光信号。受光元件 121 把该光信号的光电平转换成电气电平,并将该电气电平传输给脉冲宽度检测电路 123 和时钟定时提取部 124。

[0104] 时钟定时提取部 124 从自受光元件 121 接收的电气电平提取时钟。解调电路 122 对从受光元件 121 接收的电气电平进行解调,并作为解调信号(接收数据)输出正被解调的电气电平。脉冲宽度检测电路 123 根据从受光元件 121 接收的电气电平和从解调电路 122 接收的解调信号,检测脉冲宽度。脉冲宽度检测电路 123 把检测到的脉冲宽度通知给监测器控制信号发送部 125。

[0105] 监测器控制信号发送部 125 根据脉冲宽度检测电路 123 通知的脉冲宽度,向发送机站 200 的调制部 202 传输相位调节用信息。例如,该相位调节用信息包括在与主信号波长的波长差进行复用的 SV 信号中,或者包括在主信号附加(OH)信息(overhead information)中,并把该相位调节用信息传输给发送机站 200 的调制部 202。

[0106] 然而,发送机站 200 的调制部 202 可以通过使从已接收回送 10 交替脉冲提取的时钟同步化,对各波长进行调制。结果,发送机站 200 的调制部 202 可以调节相位,使得在接收机站 100 的接收部 104-1 处脉冲宽度变得最大(在 RZ(归零)码的情况下占空比为 50%)。

[0107] 图 14 是示出包括根据本发明第一实施例的对端终端站的光通信系统的系统配置的第一变型的图。在图 14 的光通信系统中,终端站 100a 与终端站 200a 通过传输信道 300a 和 300b 相互连接。应当注意,若有必要,可以在传输信道 300a 和 300b 上布置一个或更多个中继站。

[0108] 每个终端站 100a 和 200a 都包括用于传输光信号的光传输系统,和用于接收光信号的光接收系统。终端站 100a 包括:光接收系统,其包括光学 CIR 或光学波长滤光器 103a;发送部 130a;帧/OH 处理部 131a;光传输系统,其包括光学 CIR 或光学波长滤光器 201b;调制部 202b;以及帧/OH 处理部 240b。

[0109] 终端站 200a 包括:光接收系统,其包括接收部 104b、光学 CIR 或光学波长滤光器 103a;发送部 130b;帧/OH 处理部 131b;光传输系统,其包括光学 CIR 或光学波长滤光器 201a;调制部 202a;以及帧/OH 处理部 240a。

[0110] 如上参照图 8 到图 10 所述地配置发送部 130a 和 130b。如上参照图 13 所述地配置接收部 104a 和 104b。此外,如上参照图 7、图 11 以及图 12 所述地配置调制部 202a 和 202b。应当注意,图 14 的光通信系统的第三配置类似于上述配置,以下适当略去对其的阐述。

[0111] 在图 14 的光通信系统中,如下所述地从光接收系统向光传输系统传输相位调节用信息。接收部 104a 把相位调节用信息传输给帧/OH 处理部 240b。帧/OH 处理部 240 把相位调节用信息包括在附加信息中。

[0112] 在向终端站 200a 传输了相位调节用信息之后,由帧 /OH 处理部 131b 从附加信息获取包括在该附加信息中的相位调节用信息,并将其传输给调制部 202a 的调制定时相位调节电路 221a。因此,调制部 202a 通过利用从帧 /OH 处理部 131b 接收的相位调节用信息调节相位,使得在终端站 100a 的接收部 104a 处脉冲宽度变得最大。

[0113] 接收部 104b 向帧 /OH 处理部 240a 传输相位调节用信息。帧 /OH 处理部 240a 把从接收部 104b 接收的相位调节用信息包括在附加信息中。

[0114] 在向终端站 100a 传输了包括在附加信息中的相位调节用信息之后,在帧 /OH 处理部 131a 处从附加信息获取相位调节用信息,并将其传输给调制部 202b 的调制定时相位调节电路 221b。因此,调制部 202b 可以通过利用从帧 /OH 处理部 131a 接收的相位调节用信息调节相位,使得在终端站 200a 的接收部 104b 处脉冲宽度变得最大。

[0115] 此外,图 15 是示出包括根据本发明第一实施例的对端终端站的光通信系统配置的第二变型的图。除了图 14 的配置的某些部分以外,光通信系统配置的第二变型类似于图 14 的配置,以下适当略去对其的阐述。应当注意,图 15 的光通信系统配置中略去并且未示出帧 /OH 处理部。

[0116] 与图 14 的终端站 100a 不同,图 15 的终端站 100b 包括波长滤光器 132a 和 241b,以及监测器波长 CH 发送机 / 接收机 133。波长滤光器 132a 布置在光学 CIR 或光学波长滤光器 103a 与接收部 104a 之间。波长滤光器 241b 布置在光学 CIR 或光学波长滤光器 201b 与调制部 202b 之间。此外,监测器波长 CH 发送机 / 接收机 133 布置在波长滤光器 132a 与接收部 104a 之间,以及波长滤光器 241b 与调制部 202b 之间。

[0117] 与图 14 的终端站 200a 不同,终端站 200b 包括波长滤光器 132b 和 241a,以及监测器波长 CH 发送机 / 接收机 134。波长滤光器 132b 布置在光学 CIR 或光学波长滤光器 103b 与接收部 104a 之间。波长滤光器 241a 布置在光学 CIR 或光学波长滤光器 201a 与调制部 202a 之间。此外,监测器波长 CH 发送机 / 接收机 134 布置在波长滤光器 132b 与接收部 104b 之间,以及波长滤光器 241a 与调制部 202a 之间。

[0118] 在图 15 的光通信系统中,如下所述地从光接收系统向光传输系统传输相位调节用信息。接收部 104a 把相位调节用信息传输给监测器波长 CH 发送机 / 接收机 133。监测器波长 CH 发送机 / 接收机 133 通过波长滤光器 241b 把相位调节用信息复用到光信号中。

[0119] 在向终端站 200b 传输了被复用到光信号中的相位调节用信息之后,由波长滤光器 132b 从光信号获取该信息,并通过调制波长 CH 发送机 / 接收机 134 将该信息传输给调制部 202a 的调制定时相位调节电路 221a。因此,调制部 202a 可以通过利用该相位调节用信息来调节相位,使得在终端站 100b 的接收部 104a 处脉冲宽度变得最大。

[0120] 接收部 104b 向监测器波长 CH 发送机 / 接收机 134 传输相位调节用信息。监测器波长 CH 发送机 / 接收机 134 通过波长滤光器 241a 把该相位调节用信息复用到光信号中。

[0121] 在向终端站 100b 传输了被复用到光信号中的相位调节用信息之后,由波长滤光器 132a 获取该信息,并通过监测器波长 CH 发送机 / 接收机 133 将该信息传输给调制部 202b 的调制定时相位调节电路 221b。因此,调制部 202b 可以通过利用该相位调节用信息调节相位,使得在终端站 200b 的接收部 104b 处脉冲宽度变得最大。

[0122] 在图 16A 到图 16D 中将示出其中在接收部处脉冲宽度变得最大的相位。图 16A 是示出根据本发明第一实施例的 RZ 码的一个时隙宽度的图。图 16B 是示出根据本发明第一

实施例的偏振色散中的波劣化表现的图。图 16C 和图 16D 是示出根据本发明第一实施例的用于开 / 关调制器的最优定时以及分开波形的图。例如，在根据本发明的光通信系统中，通过控制图 16C 和图 16D 所示的调制器 213 和 214 的开 / 关，可以明显地分开图 16B 所示的波形。

[0123] 在图 6 的系统配置中，在接收机站 100 中的发送方向上的光与接收方向上的光具有相同的波形。因此，如图 17 所示，在光学 CIR 或光学波长滤光器 103 处无法充分地分开发送方向与接收方向上的光单元。不利的是，传输距离变长了，或者由于传输信道 300 的反射而无法进行通信。

[0124] 图 17 是用于说明在使用同一波长的通信的情况下临界系数的图。当在接收机站 100 附近的传输信道 300 处发生反射时，接收光与反射折回光相互重叠。应当注意，传输距离越长，在接收部 104 处接收到的光信号的接收电平就越小。结果，接收部 104 无法识别数据。

[0125] 因此，如图 18 所示，通过按可以跟随偏振色散和偏振相关损耗的波动的传输间隔从接收机站 100 传输回送 10 交替脉冲，可以消除反射折回光的影响。图 18 是用于说明根据本发明第一实施例的其中把回送 10 交替脉冲的传输间隔设置得更长的传输示例的图。

[0126] 此外，通过如图 19 所示地配置接收机站中包括的接收部 104-2，接收部 104-2 可以按更长的传输间隔传输回送交替脉冲。图 19 是示出根据本发明第一实施例的接收机站中包括的接收部 104-2 的第二配置的图。应当注意，除图 19 的第二配置的某些部分以外，接收部 104-2 的第二配置与接收部 104-1 的第一配置相似，以下适当略去对其的阐述。

[0127] 图 19 的接收部 104-2 包括受光元件 121、解调电路 122、时钟定时提取部 124、帧检测电路 126、空闲定时部 127 以及脉冲发送部 128。

[0128] 受光元件 121 通过光学 CIR 或光学波长滤光器 103 从发送机站 200 接收光信号。受光元件 121 把从发送机站 200 接收的光信号的光电平转换成电气电平，并将该电气电平传输给解调电路 122 和时钟定时提取部 124。

[0129] 时钟定时提取部 124 从来自受光元件 121 的电气电平提取时钟。解调电路 122 对该电气电平进行解调，并作为解调信号输出正被解调的电气电平。帧检测电路 126 检测从解调电路 122 接收的解调信号帧，并将该帧通知给空闲定时部 127。

[0130] 空闲定时部 127 通过利用从帧检测电路 126 通知的帧，检测到预先准备的未用时隙。空闲定时部 127 将检测到的未用时隙通知给脉冲发送部 128。因此，脉冲发送部 128 可以通过利用预先准备的未用时隙，传输回送 10 交替脉冲。

[0131] 因此，在图 19 的接收部 104-2 的第二配置中，由于可以在预先准备的未用时隙中传输回送 10 交替脉冲，所以即使在预先准备的未用时隙中发生了通信差错，也不会影响其他时隙中的任何通信。

[0132] 通常，SONET(同步光网络)等准备未用开销等。由于单独管理未用开销内的差错，所以不会影响通信。在 SONET 等中，通过管理信息定期连续传输状态信息。由此，即使在 SONET 等中丢失了一条管理信息，也不会影响管理。此外，由于 SONET 等的数字包装技术具有 FEC(前向纠错)功能，所以在上述管理中可以充分地进行通信。

[0133] 另一方面，由于在发送机站 200 中回送 10 交替脉冲的传输间隔变得更长，所以要求如图 20 所示的配置出现具有与回送 10 交替脉冲相同的波长的直射光。图 20 是示出根

据本发明的调制部的第四配置的图。应当注意，除了调制部 202d 的某些部分以外，调制部 202d 的第四配置与调制部 202a 的配置相似，以下适当略去对其的阐述。

[0134] 调制部 202d 包括偏光去复用器 210、分路装置 211 和 212、调制器 213 和 214、偏光正交复用器 215、90 度偏光旋转器 216、受光元件 217 和 218、滤波器 219 和 220、调制定时相位调节电路 221、相位差检测器 223 以及光回路 231 和 232。

[0135] 与图 7 的调制部 202a 不同，图 20 的调制部 202d 包括光回路 231 和 232 以及相位差检测器 223。光回路 231 和 232 分别布置在分路装置 211、212 与调制器 213、214 之间。相位差检测器 223 布置在滤波器 219、220 与调制定时相位调节电路 221 之间。

[0136] 根据具有较长传输间隔的回送 10 交替脉冲，光回路 231 和 232 可以产生具有与该回送 10 交替脉冲相同的波长的连续脉冲序列，并可以将该连续脉冲序列传输给调制器 213 和 214。

[0137] 另选地，如图 21 所示，发送机站 200 可以改变具有较长传输间隔的回送 10 交替脉冲的波长，并且可以产生具有与回送 10 交替脉冲相同波长的直射光。图 21 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第五配置的图。除了调制部 202e 的某些部分以外，调制部 202e 的第五配置与图 7 的调制部 202a 相似，以下适当略去对其的阐述。

[0138] 调制部 202e 包括偏光去复用器 210、分路装置 211 和 212、调制器 213 和 214、偏光正交复用器 215、90 度偏光旋转器 216、受光元件 217 和 218、滤波器 219 和 220、调制定时相位调节电路 221、相位差检测器 223 以及波长转换器 233 和 234。例如，波长转换器 233 和 234 是用于通过利用诸如四波混合 (FWM) 效应的非线性效应来转换光学波长的器件。

[0139] 与调制部 202a 不同，图 21 的调制部 202e 包括波长转换器 233 和 234。波长转换器 233 和 234 布置在分路装置 211、212 与调制器 213、214 之间。相位差检测器 223 布置在滤波器 219、220 与调制定时相位调节电路 221 之间。

[0140] 通过转换具有较长传输间隔的回送 10 交替脉冲的波长，波长转换器 233 和 234 可以产生与该回送 10 交替脉冲具有相同波长的连续脉冲序列，并可以将该连续脉冲序列传输给调制器 213 和 214。图 21 的调制部 202e 可以有效消除图 17 所示的串扰。

[0141] 在图 21 的调制部 202e 中，把波长转换器 233 和 234 布置在分路装置 211、212 与调制器 213、214 之间。另选地，在调制部 202f 中，如图 22 所示，可以把波长转换器 233 和 234 布置在调制器 213、214 与偏光正交复用器 215 之间。图 22 是示出根据本发明第一实施例的调制部的第六配置的图。

[0142] [第二实施例]

[0143] 在第一实施例的光通信系统中，从接收机站 100 针对每个波长传输回送 10 交替脉冲。另选地，通过配置发送机站 200 的调制部 202，不需针对每个波长传输回送 10 交替脉冲。图 23 是示出根据本发明第二实施例的调制部的第七配置的图。

[0144] 调制部 202g 包括偏光去复用器 210、分路装置 211 和 212、调制器 213 和 214、偏光正交复用器 215、90 度偏光旋转器 216、受光元件 217 和 218、滤波器 219 和 220、调制定时相位调节电路 221、相位差检测器 223、波长转换器 233 和 234 以及分路装置 235 和 236。

[0145] 首先，与图 21 的调制部 202e 不同，在图 23 的调制部 202g 中，分路装置 235 和 236 布置在分路装置 211、212 与波长转换器 233、234 之间。其次，与图 21 的调制部 202e 不同，在调制部 202g 中，针对各个波长布置波长转换器 233 和 234、调制器 213 和 214、偏光正交

复用器 215、90 度偏光旋转器 216 以及调制定时相位调节电路 221。

[0146] 在由偏光去复用器 210 分开了已接收回送 10 交替脉冲之后,图 23 的调制部 202g 可以通过分路装置 235 和 236 针对各波长产生已接收回送 10 交替脉冲。

[0147] 另选地,如图 24 所示,可以按两个波长形成已接收回送 10 交替脉冲。图 24 是示出根据本发明第二实施例的使用两个波长的已接收回送 10 交替脉冲的图。

[0148] 图 25 是示出根据本发明第二实施例的能够抵消波长依赖性的发送机站的第一配置的图。发送机站 200a 包括偏光分析器 250 和 251、光学强度调节装置 252 到 255、相位差处理部 256、相位控制器 257 和 258、复用器 259 和 260、光学强度调节装置 261 到 262 以及调制部 263。

[0149] 例如,当接收机站 100 把光的两个波长调制成回送 10 交替脉冲并把该回送 10 交替脉冲传输给发送机站 200a 时,偏光分析器 250 和 251 从接收机站 100 接收分别具有波长  $\lambda_{s1}$  和  $\lambda_{s2}$  的已接收回送 10 交替脉冲。

[0150] 图 26 是示出根据本发明第二实施例的偏光分析器的第一配置的图。每个偏光分析器 250 和 251 都包括偏光去复用器 270、分路装置 271 和 272、受光元件 273 和 274、滤波器 275 和 276 以及相位差检测器 277。

[0151] 偏光去复用器 270 把已接收回送 10 交替脉冲分离成两个偏光。偏光去复用器 270 通过分路装置 271 和 272 向光学强度调节装置 252、253、254 以及 255 传输正被分离成两个偏光的已接收回送 10 交替脉冲。分路装置 271 和 272 使该已接收回送 10 交替脉冲分路,并把正被分路的已接收回送 10 交替脉冲传输给相应的受光元件 273 和 274。

[0152] 受光元件 273 和 274 把已接收回送 10 交替脉冲的光电平转换成电气电平,并把该电气电平传输给相应的滤波器 275 和 276。每个滤波器 275 和 276 都从该电气电平提取时钟,并将其传输给相位差检测器 277。相位差检测器 277 检测由偏光去复用器 270 分离的两个偏光的相位差,并把该相位差作为相位信息通知给图 25 的相位差处理部 256。

[0153] 再参照图 25,光学强度调节装置 252 调节回送 10 交替脉冲的光电平,并通过相位控制器 257 向复用器 259 传输该回送 10 交替脉冲。相位控制器 257 通过相位差处理部 256 的控制来控制回送 10 交替脉冲的相位。光学强度调节装置 252 调节回送 10 交替脉冲的光电平,并把该回送 10 交替脉冲传输给复用器 259。复用器 259 对该回送 10 交替脉冲进行复用,并通过光学强度调节装置 261 把该回送 10 交替脉冲传输给调制部 263。

[0154] 另一方面,光学强度调节装置 254 调节回送 10 交替脉冲的光电平,并通过相位控制器 258 把该回送 10 交替脉冲传输给复用器 260。相位控制器 258 通过相位差处理部 256 的控制来控制回送 10 交替脉冲的相位。光学强度调节装置 255 调节回送 10 交替脉冲的光电平,并把该回送 10 交替脉冲传输给复用器 260。复用器 260 对该回送 10 交替脉冲进行复用,并通过光学强度调节装置 262 把该回送 10 交替脉冲传输给调制部 263。

[0155] 相位差处理部 256 控制相位控制器 257 和 258,使得复用器 259 和 260 可以对具有分别由偏光分析器 250 和 251 分离的波长  $\lambda_{s1}$  和  $\lambda_{s2}$  的已接收回送 10 交替脉冲进行复用。

[0156] 图 27 是示出根据本发明第二实施例的图 25 的调制部的第一配置的图。图 27 的调制部 263a 包括波长转换器 281 和 282、调制器 283 和 284、偏光正交复用器 285、90 度偏光旋转器 286 以及调制定时相位调节电路 287。

[0157] 调制器 283 和 284 通过波长转换器 281 和 282 从相应的光学强度调节装置 261 到 262 接收已接收回送 10 交替脉冲。此外,调制器 283 和 284 从调制定时相位调节电路 287 接收调制信号。在调制器 283 和 284 通过调制信号调制了已接收回送 10 交替脉冲之后,调制器 283 和 284 把该已接收回送 10 交替脉冲作为光信号传输给偏光正交复用器 285。偏光正交复用器 285 使从调制器 283 和 284 接收的光信号相交并对其进行复用,并把该复用光信号传输给 90 度偏光旋转器 286。90 度偏光旋转器 286 使该复用光信号的偏光旋转 90 度。把由偏光旋转器 286 旋转了其偏光的复用光信号输出给传输信道 300。

[0158] 图 25 的调制部 263 可以如图 28 所示地组成。图 28 是示出根据本发明第二实施例的图 25 的调制部的第二配置的图。与图 27 的调制部 263a 不同,在图 28 的调制部 263b 中,把波长转换器 281 和 282 布置在调制器 283 和 284 的后级而非前级处。

[0159] 即,当认为从图 26 的偏光分析器 250 和 251 的第一配置根据波长  $\lambda_{s1}$  和  $\lambda_{s2}$  获得的相互正交的两个偏振面的波长  $\lambda$  表示为波长  $\lambda_{s1}$  和  $\lambda_{s2}$  的线性关系时,该线性关系被表示成如下公式(1) :

$$[0160] \lambda = k(\lambda_{s2} - \lambda_{s1}) + \lambda_{s1} \quad (1)$$

[0161] 为了消除当对波长  $\lambda_{s1}$  和  $\lambda_{s2}$  进行复用时由于波长  $\lambda_{s1}$  与  $\lambda_{s2}$  之差产生的差拍(beat) 波动,针对增益光输出,光学强度调节装置可以应用输出恒定控制反馈,对其进行调节以截除与以下公式(2) 中的差拍波动对应的因数。图 25 中,两个波长是当产生波长被转换的光时的基本波长。由于需要在光波形与光电场强度和成正比的情况下产生波长,所以可以利用对波形转换具有非线性效应的 FMW。

$$[0162] C/\lambda_{s1} - C/\lambda_{s2} = \Delta f \quad (2)$$

[0163] 此外,如图 29 所示,通过在波长转换器 264 和 265 处对波长  $\lambda_{s1}$  和  $\lambda_{s2}$  中的一个波长进行波长转换,可以把同一频率输入给复用器 259 和 260。图 29 是示出根据本发明第二实施例的能够抵消波长依赖性的发送机站的第二配置的图。图 25 的发送机站 200a 和图 29 的发送机站 200b 可能比那些配置的尺寸要大,附带增加了波长数。因此,如图 30 所示,可以不使用波长转换器。

[0164] 图 30 是示出根据本发明第二实施例的能够抵消波长依赖性的发送机站的第三配置的图。图 30 的第三配置具有偏光分析器 250 和 251 的配置和输出中的特征。图 31 是示出根据本发明第二实施例的偏光分析器的第二配置的图。除图 26 的第一配置以外,图 31 的每个偏光分析器 250 和 251 还包括多波长源 290、光闸(optical gate) 291 和 292、偏光器 293 和 294 以及复用器 295 和 296。

[0165] 可以如图 32 所示地配置多波长源 290。图 32 是示出根据本发明第二实施例的多波长源的第一配置的图。可以通过光闸 297 实现多波长源 290,该光闸 297 可以在接收到光波形时针对各波长对波形进行强度调制并且可以高速响应。此外,可以按图 33 和图 34 的配置实现多波长源 290。

[0166] 图 33 中,多波长源 290 包括受光元件 311、倒相放大器 312、LD 光源 313、复用器 314 以及输出恒定放大器 315。图 34 中,多波长源 290 包括 LD 光源 321、输出恒定放大器 322、滤光器 323、复用器 324 以及输出恒定放大器 325。

[0167] 可以如图 35 或图 36 所示地配置对其应用了本发明的终端站。

[0168] 图 35 中,终端站包括:配置部 400(如图 23 的配置),输出调节装置 401、402、……,

复用器 402, 放大器 403, 色散补偿光纤 404, 放大器 405, 光谱分析器 406, 复用器 407, 分路装置 408, 复用器 421, 分路装置 422, 放大器 424, 色散补偿光纤 425, 放大器 426, 去复用器 427, 光接收机 428, 以及如图 8 到图 10 的配置中的任何一个的配置部 430。图 36 中, 终端站包括波长分路滤光器 500、如图 25 或图 30 的配置的配置部 501、输出调节装置 502、复用器 503、放大器 504、色散补偿光纤 505、放大器 506、光谱分析器 507、复用器 508、分路装置 509、复用器 521、SV 信号发送机 / 接收机 522、分路装置 523、放大器 524、色散补偿光纤 525、放大器 526、去复用器 527、光接收机 528、如图 8 到图 10 中的任何一个中的配置部 530、以及分路滤光器 531。

[0169] 此外, 可以如图 37 和图 38 所示配置对其应用了本发明的中继站。根据本发明, 可以解决偏振色散和偏振相关损耗的问题, 这对于实现用于在现有光纤中按大于 40Gbps 的速率传输调制信号的光通信系统来说是关键问题。

[0170] 图 37 中, 中继站包括光学 CIR 或光学波长滤光器 540a、光学 CIR 或光学波长滤光器 540b、放大器 541a 和 541b、色散补偿光纤 542a 和 542b、以及放大器 543a 和 543b。图 38 中, 中继站包括光学 CIR 或光学波长滤光器 560a、光学 CIR 或光学波长滤光器 560b、复用器 561、放大器 562、色散补偿光纤 563、放大器 564 以及去复用器 565。

[0171] 根据本发明, 可以提供其中可以容易并廉价地补偿偏振色散和偏振相关损耗的光通信系统、传输劣化补偿方法、光传输系统以及光接收系统。

[0172] 本发明并不限于具体公开的多个实施例, 而是可以在不脱离本发明的范围的情况下进行变型和修改。

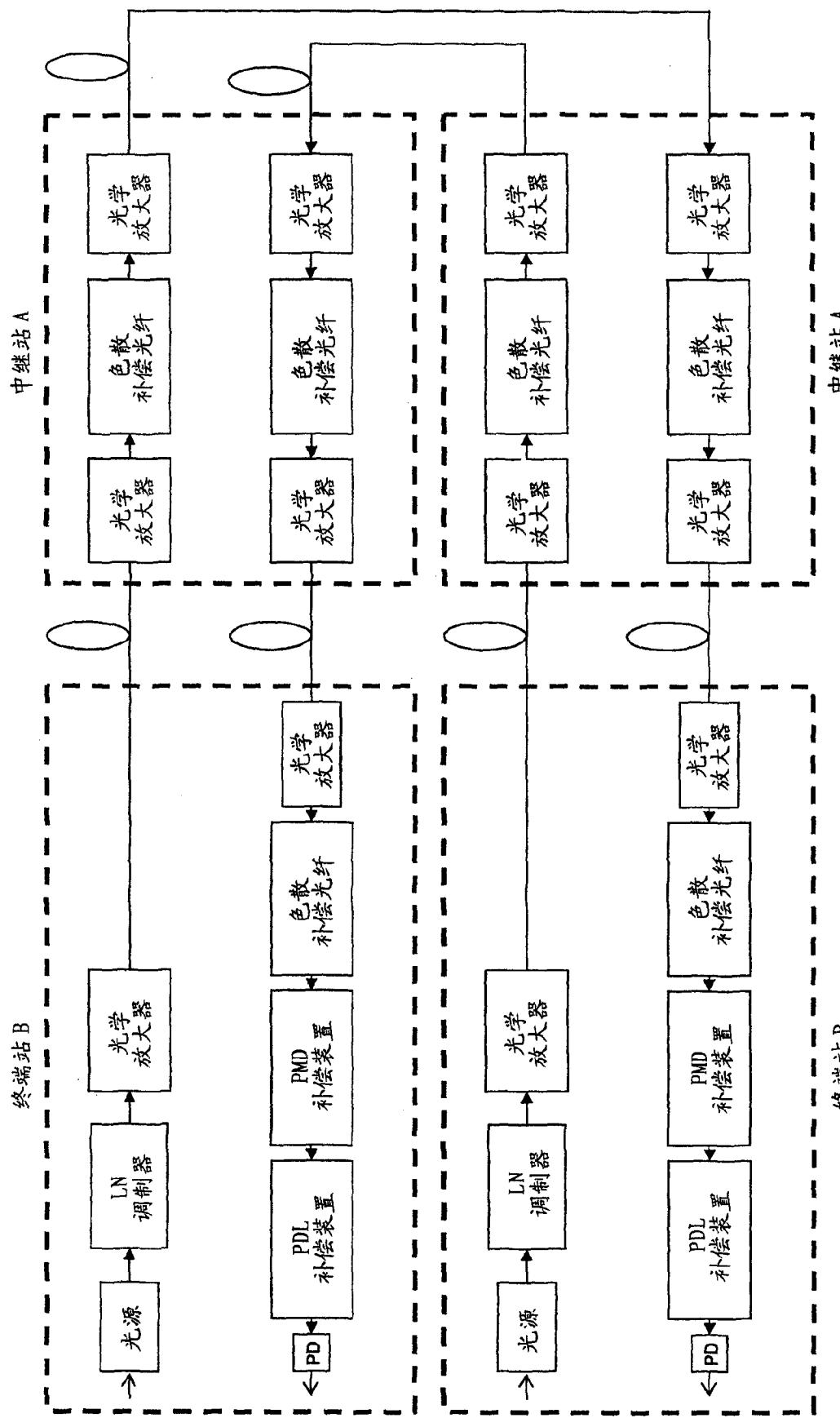


图 1

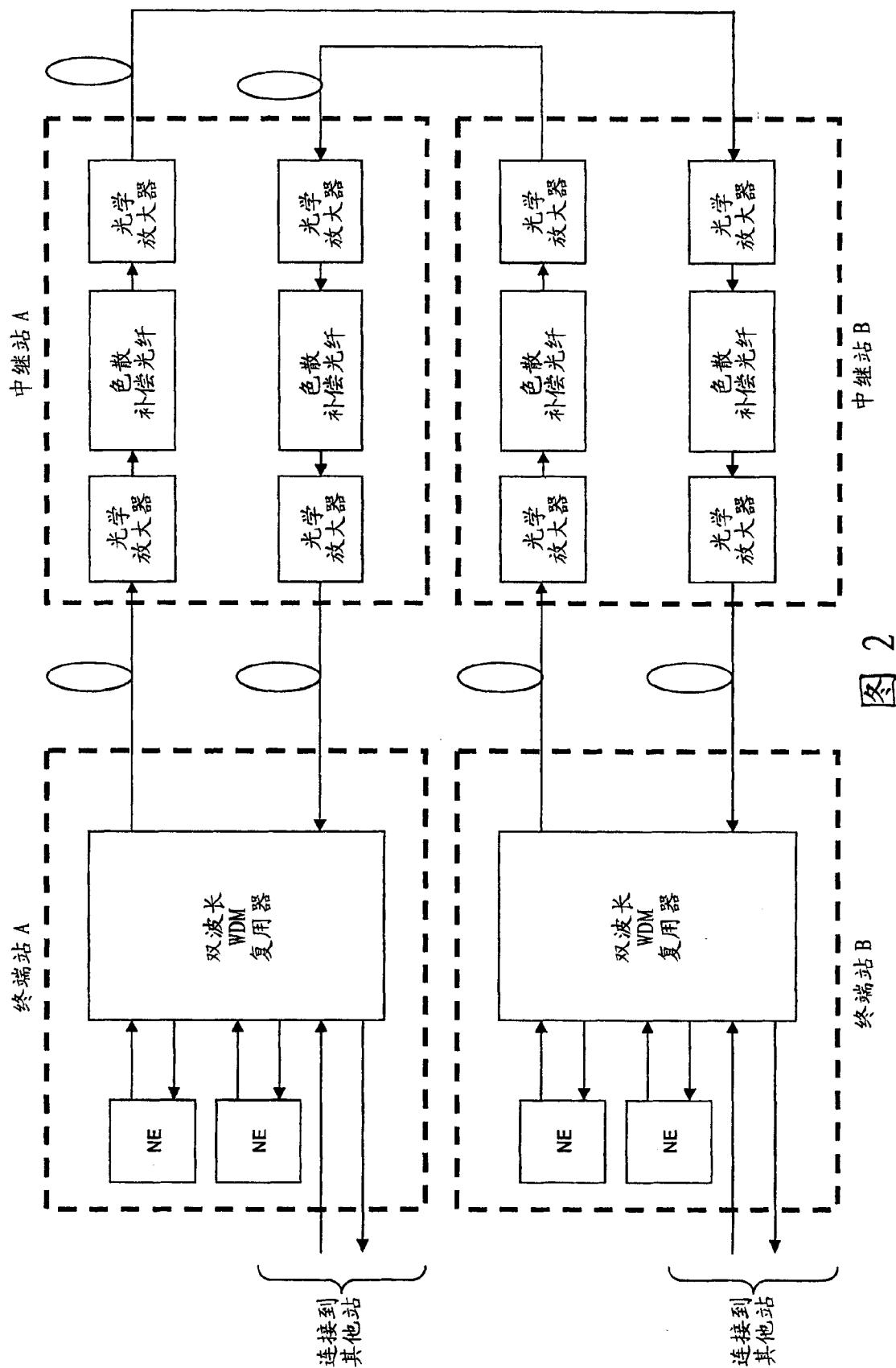
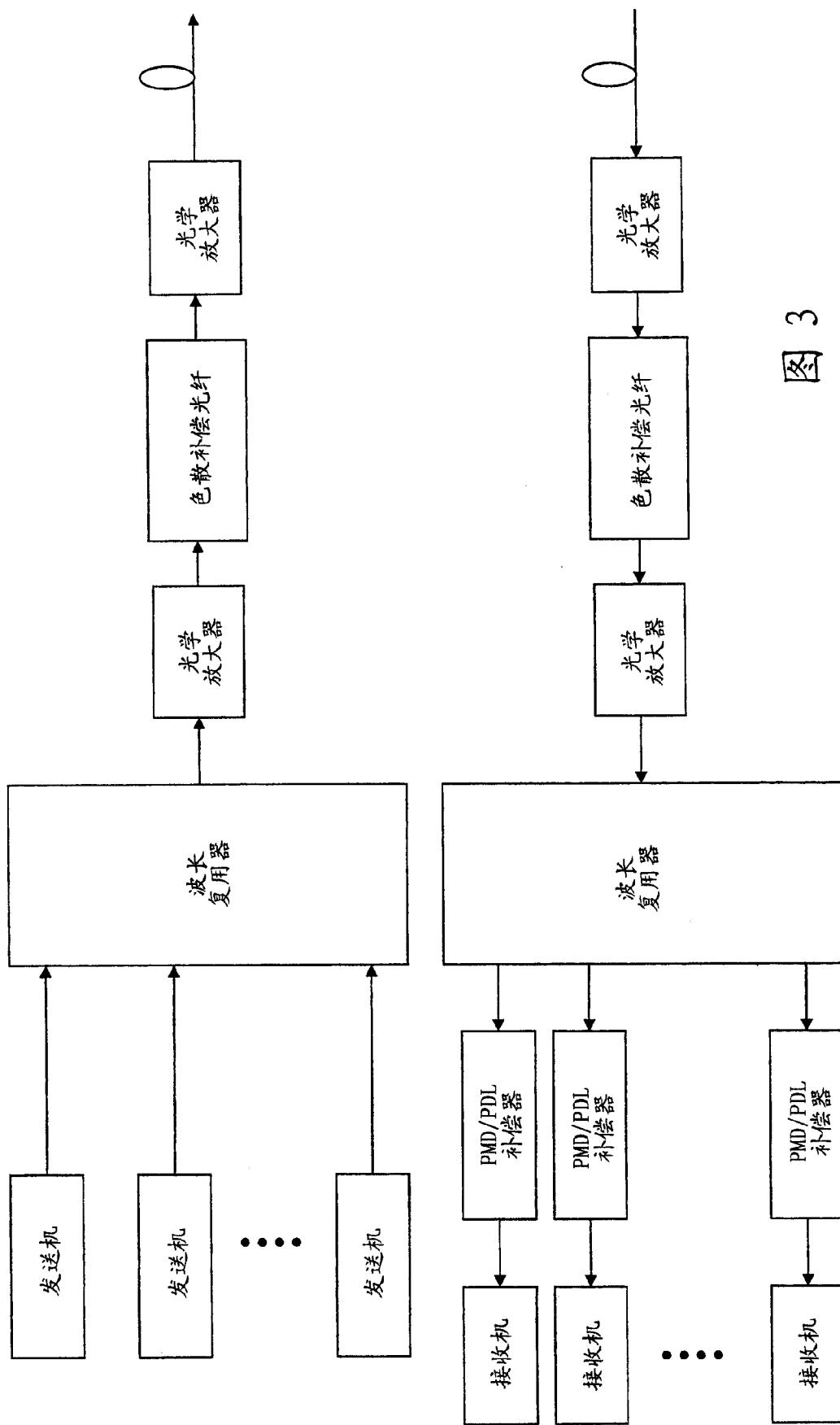


图 2



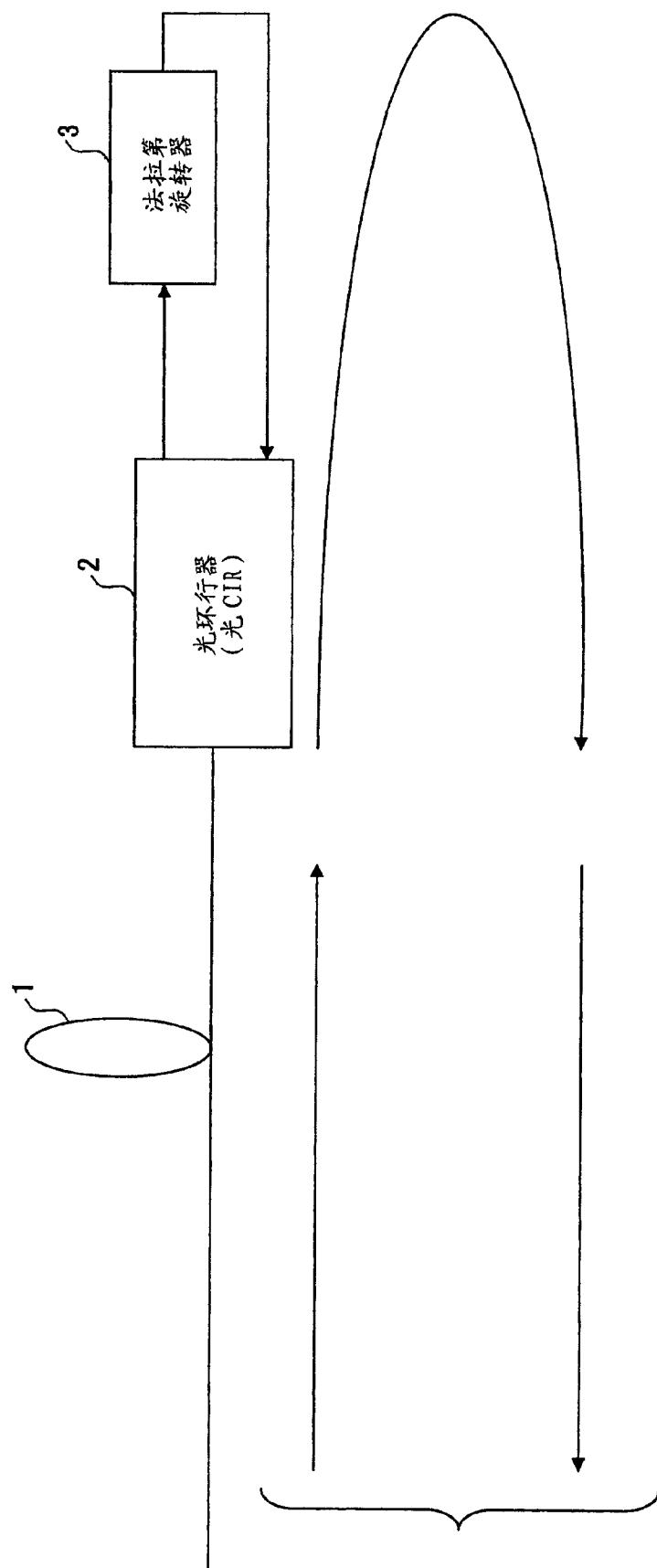
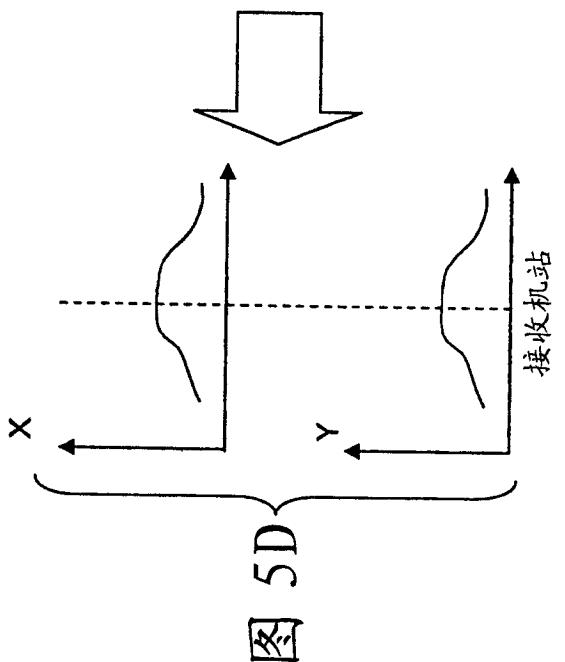
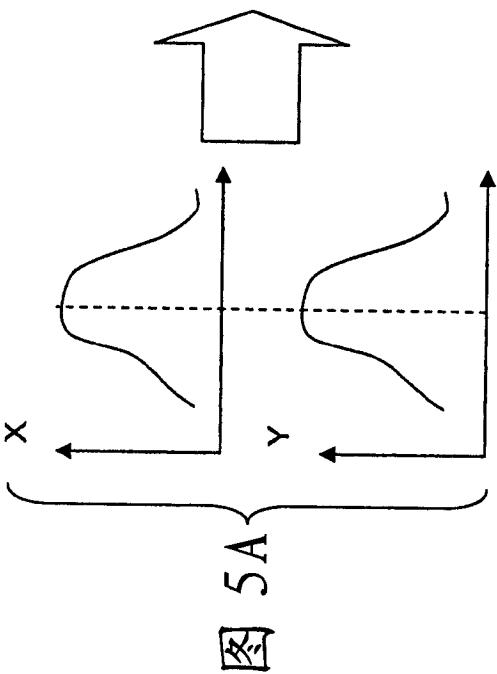
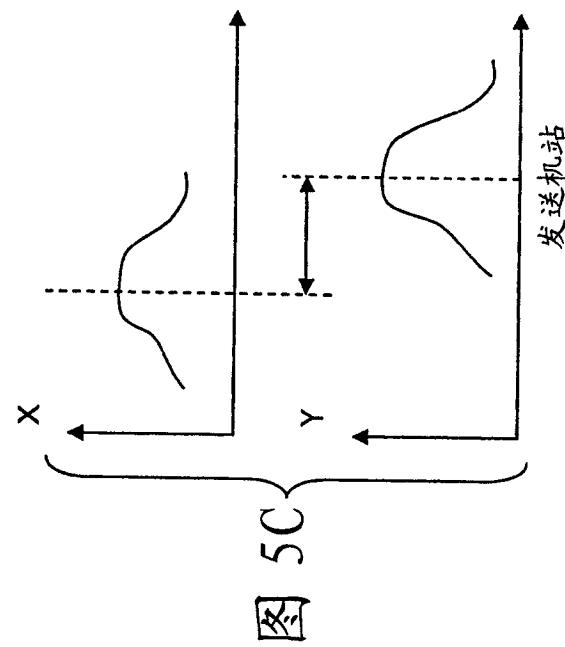
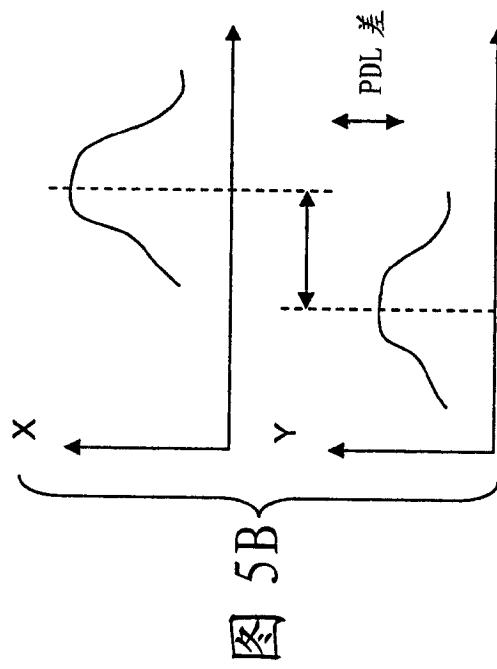


图 4

90°  
旋转



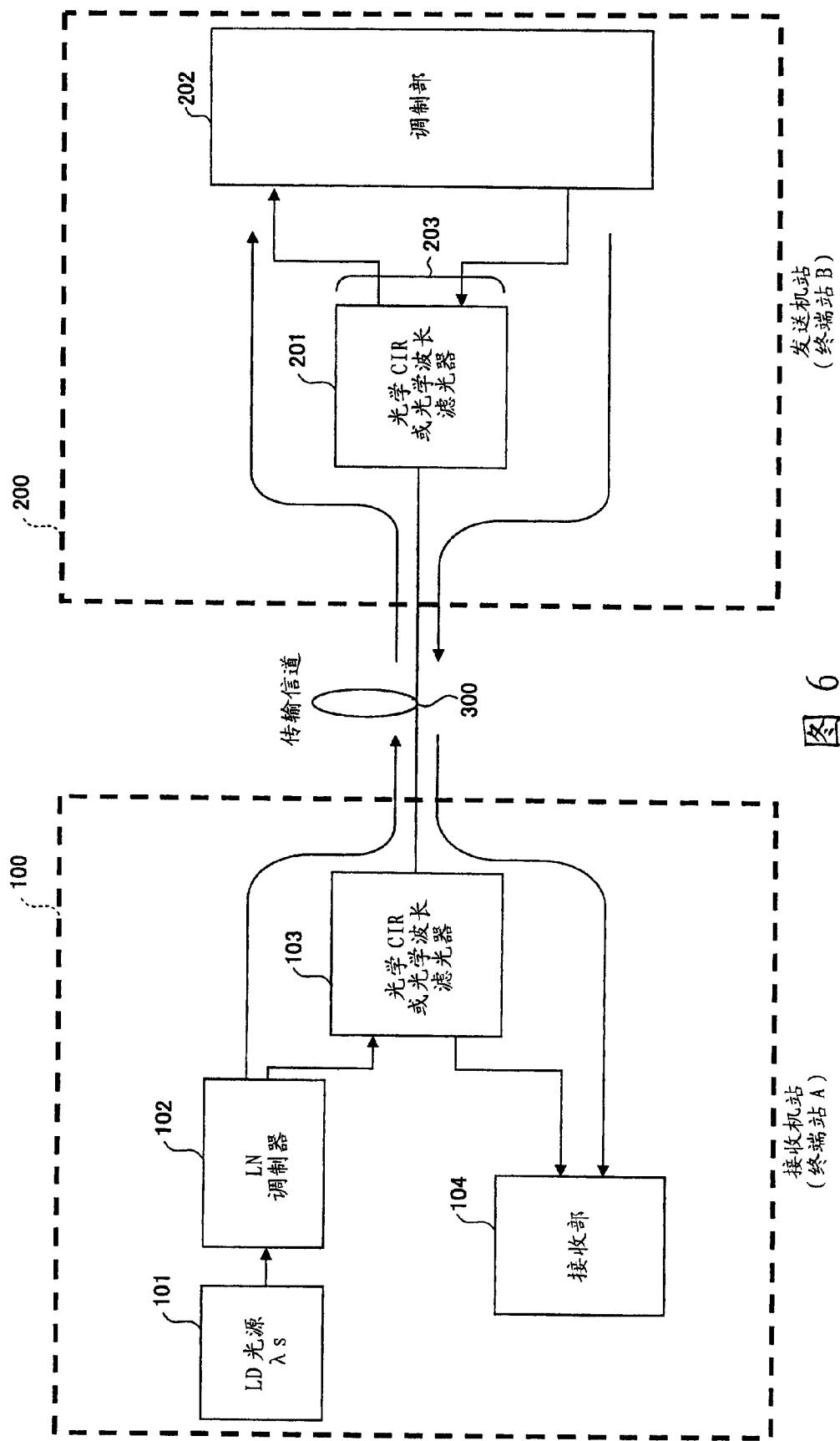


图 6

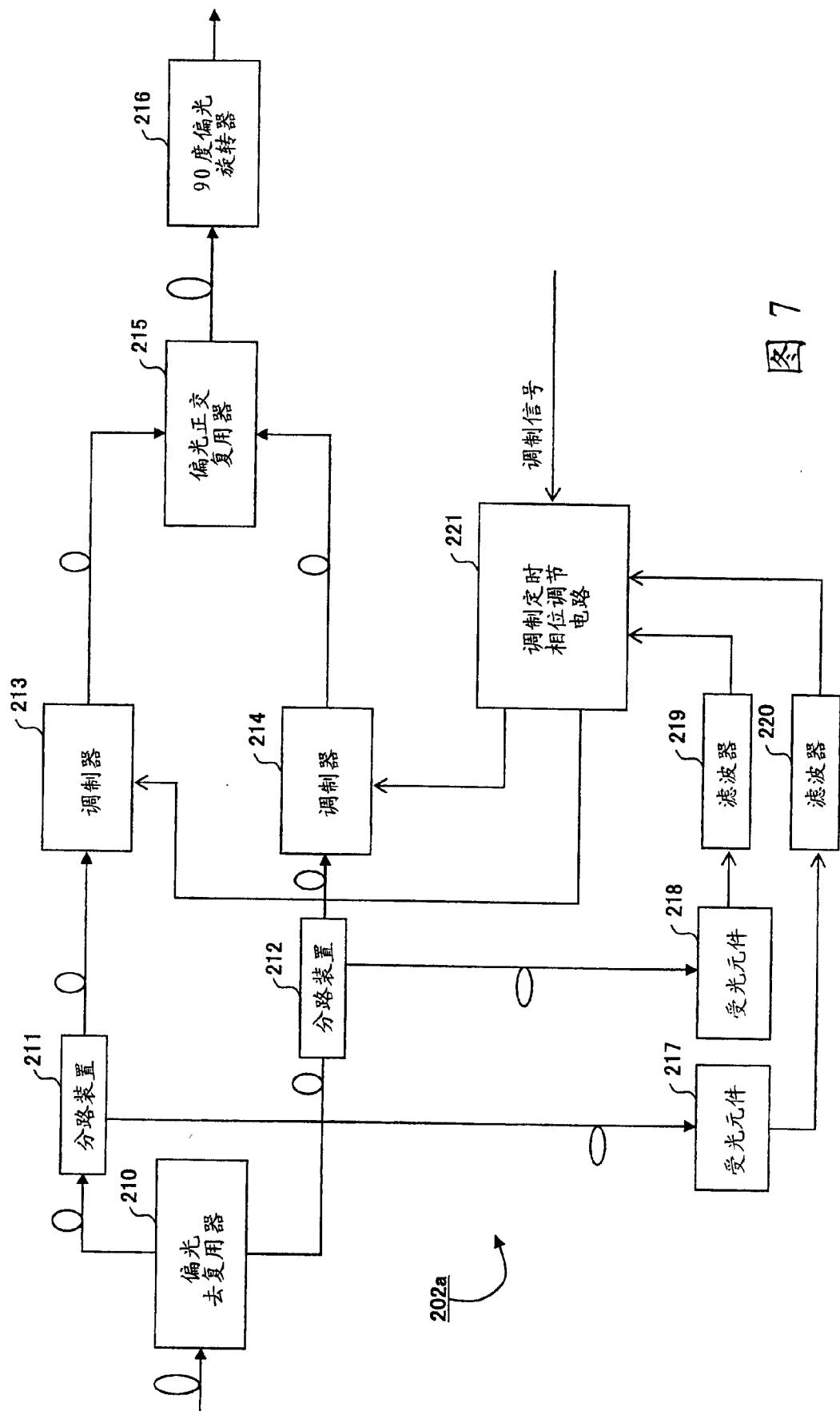


图 7

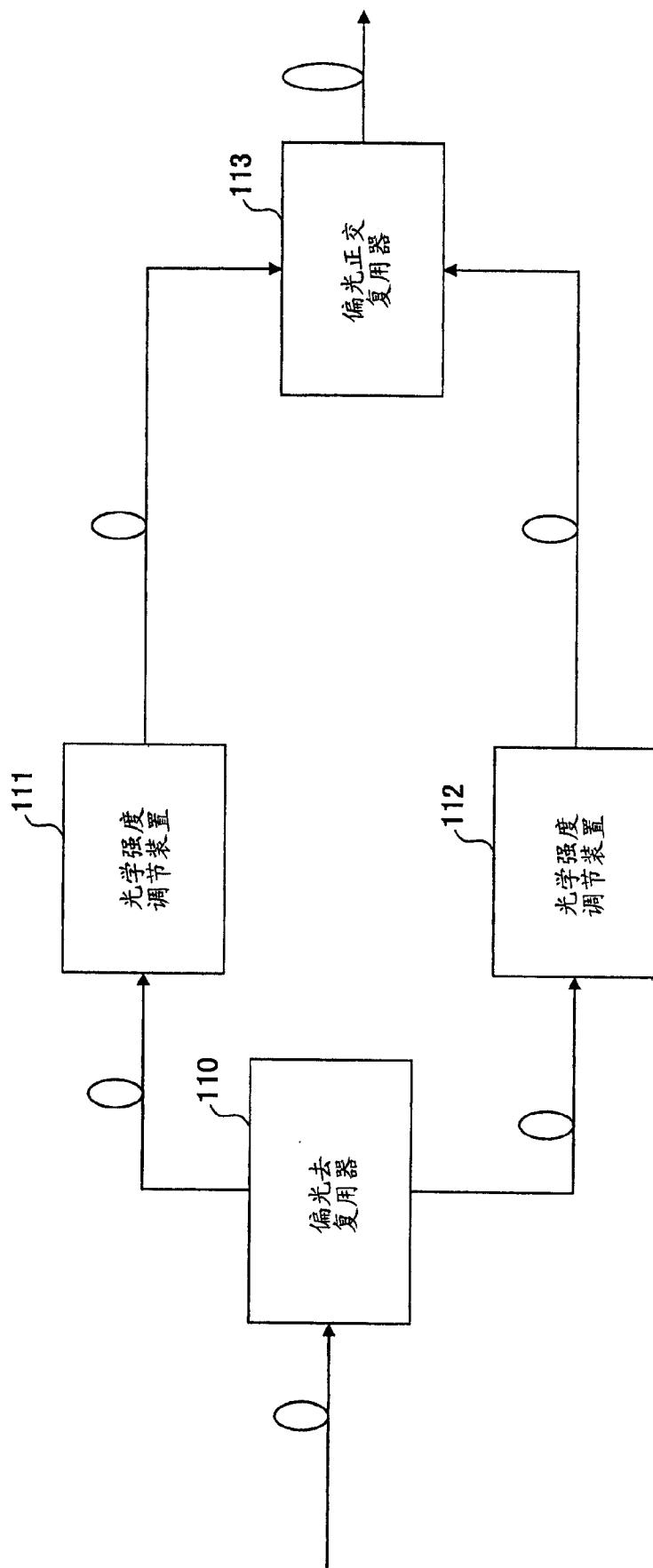


图 8

110a

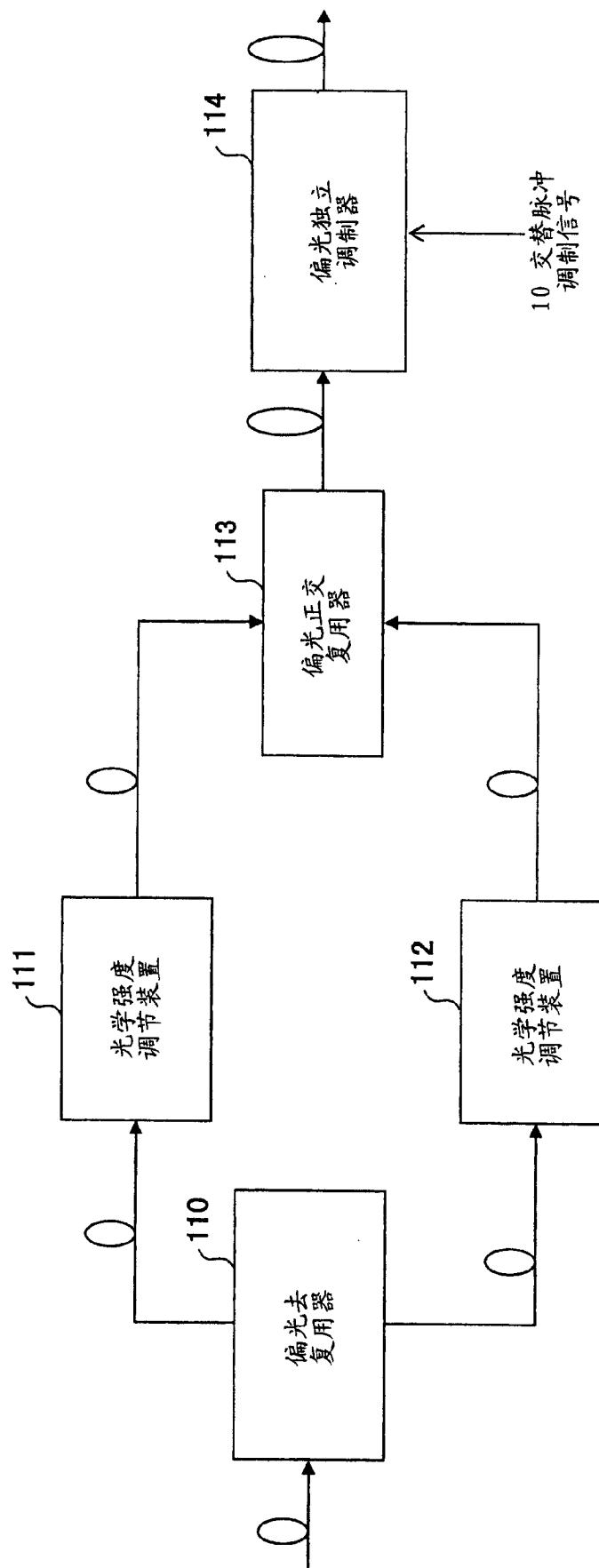


图 9

110b

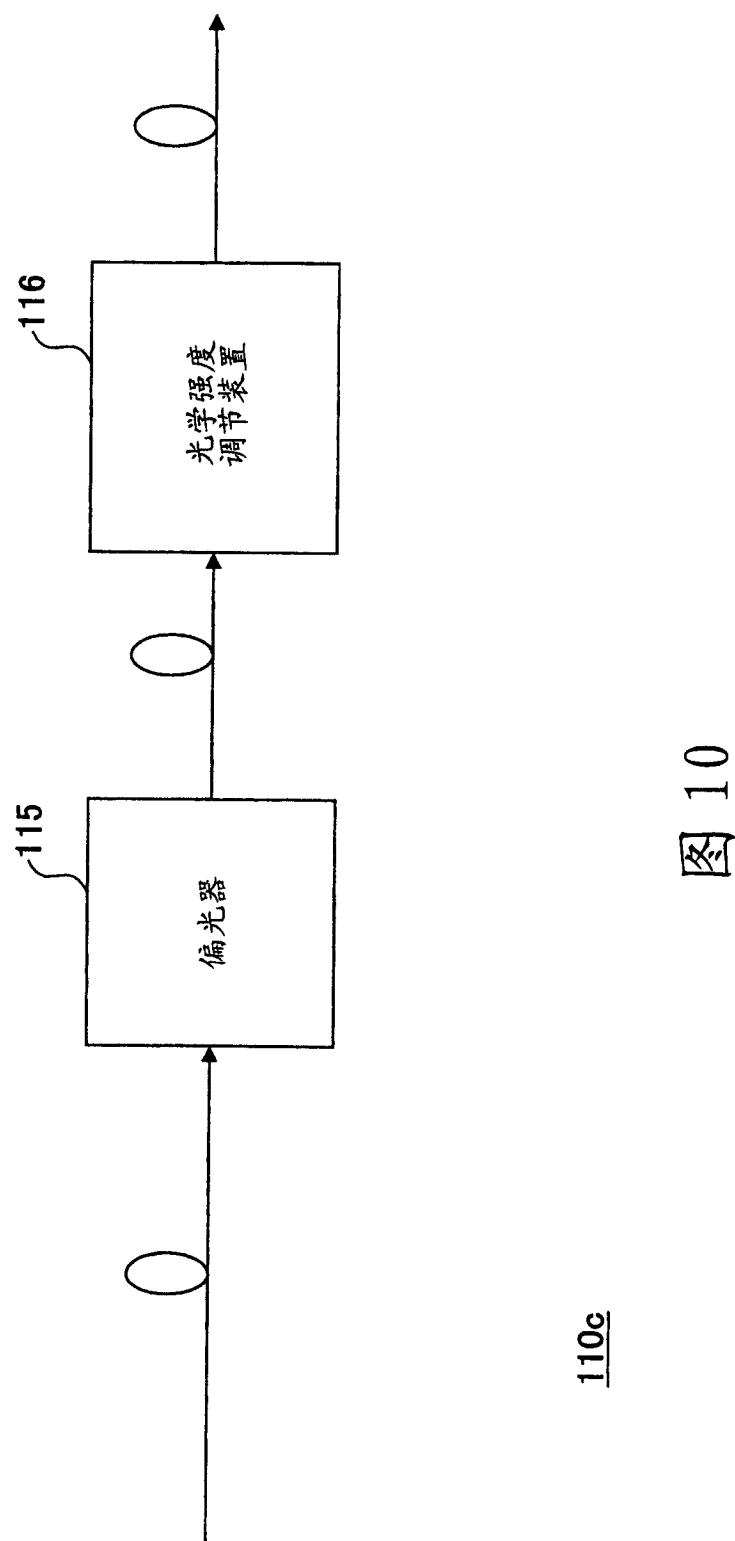


图 10

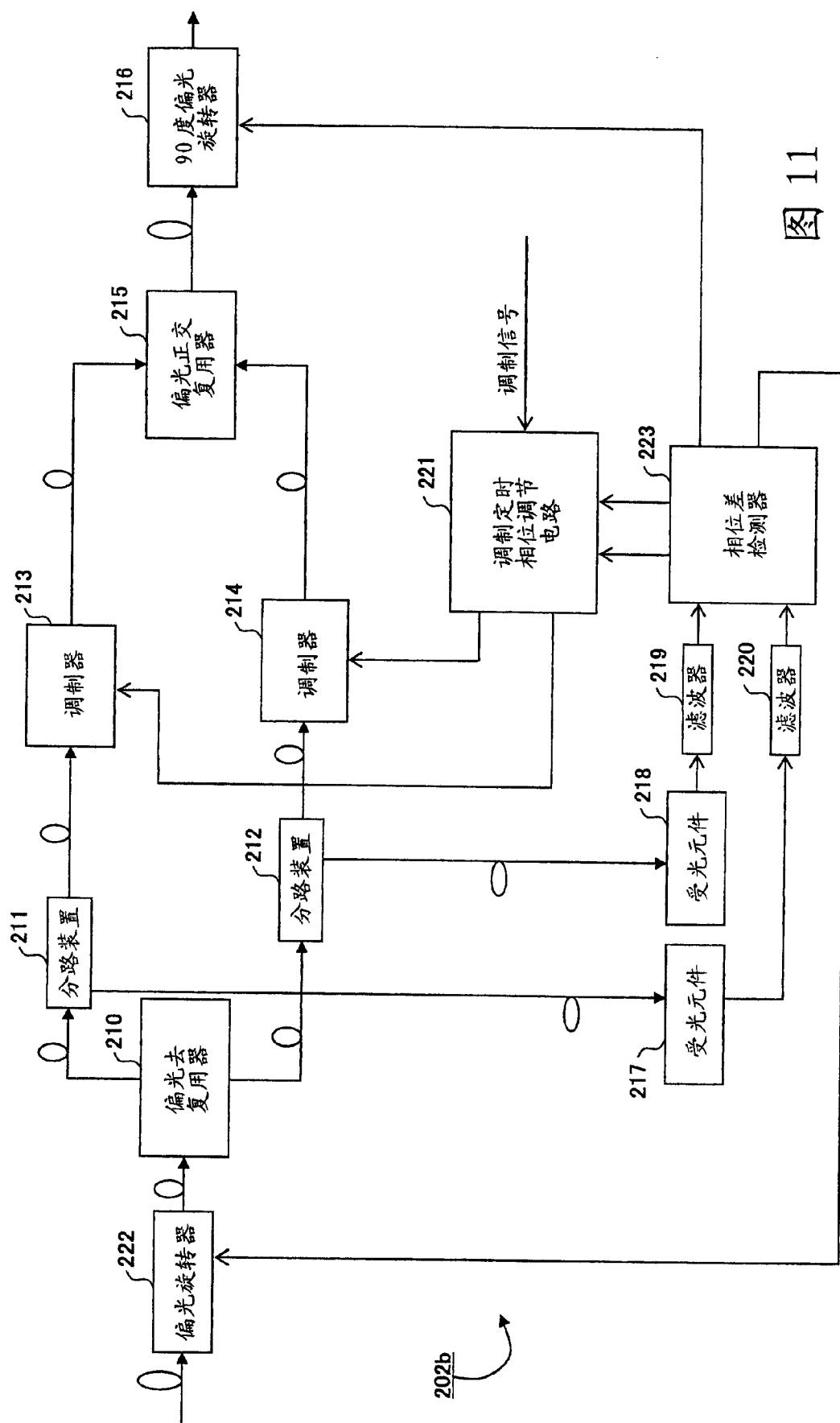


图 11

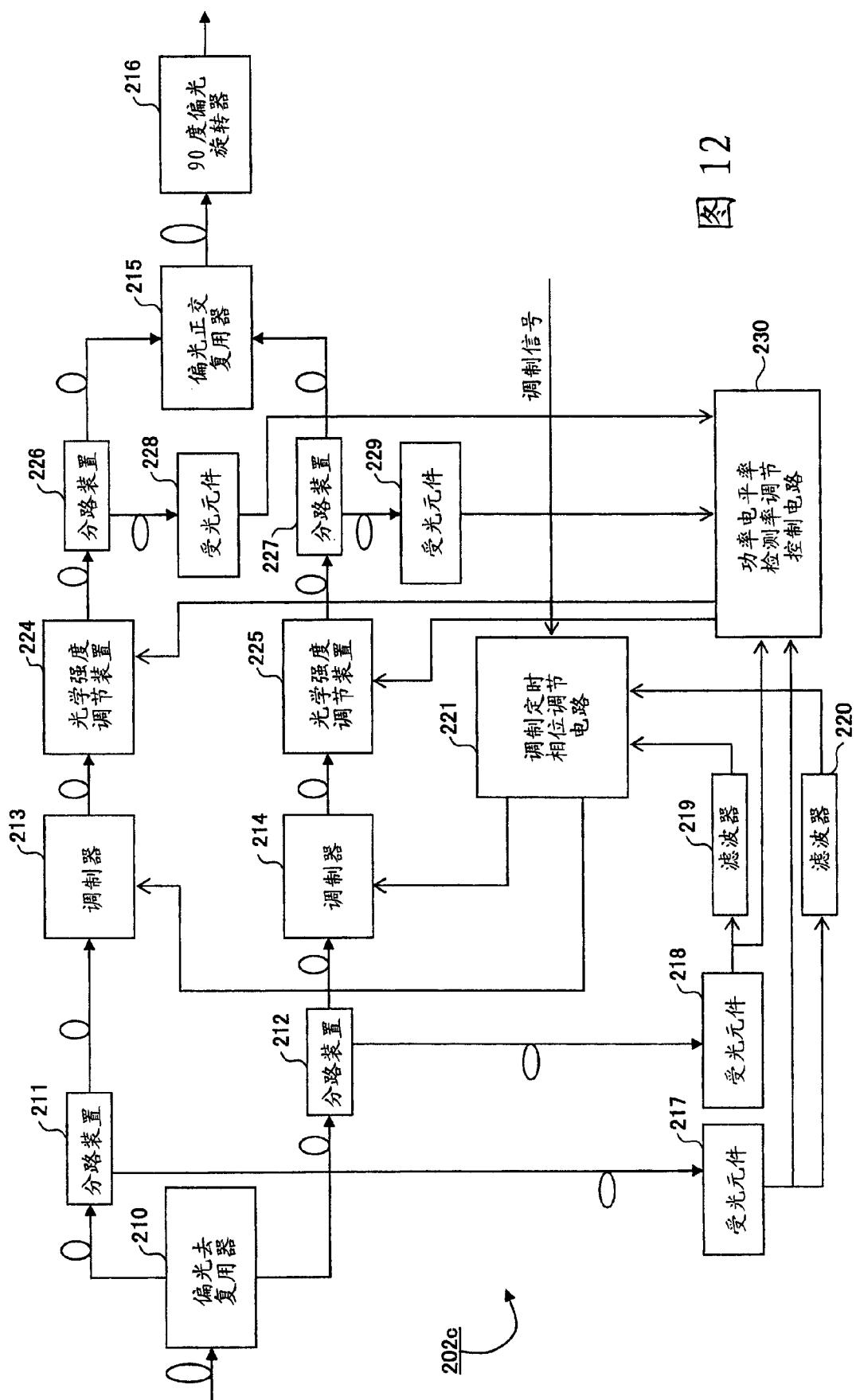


图 12

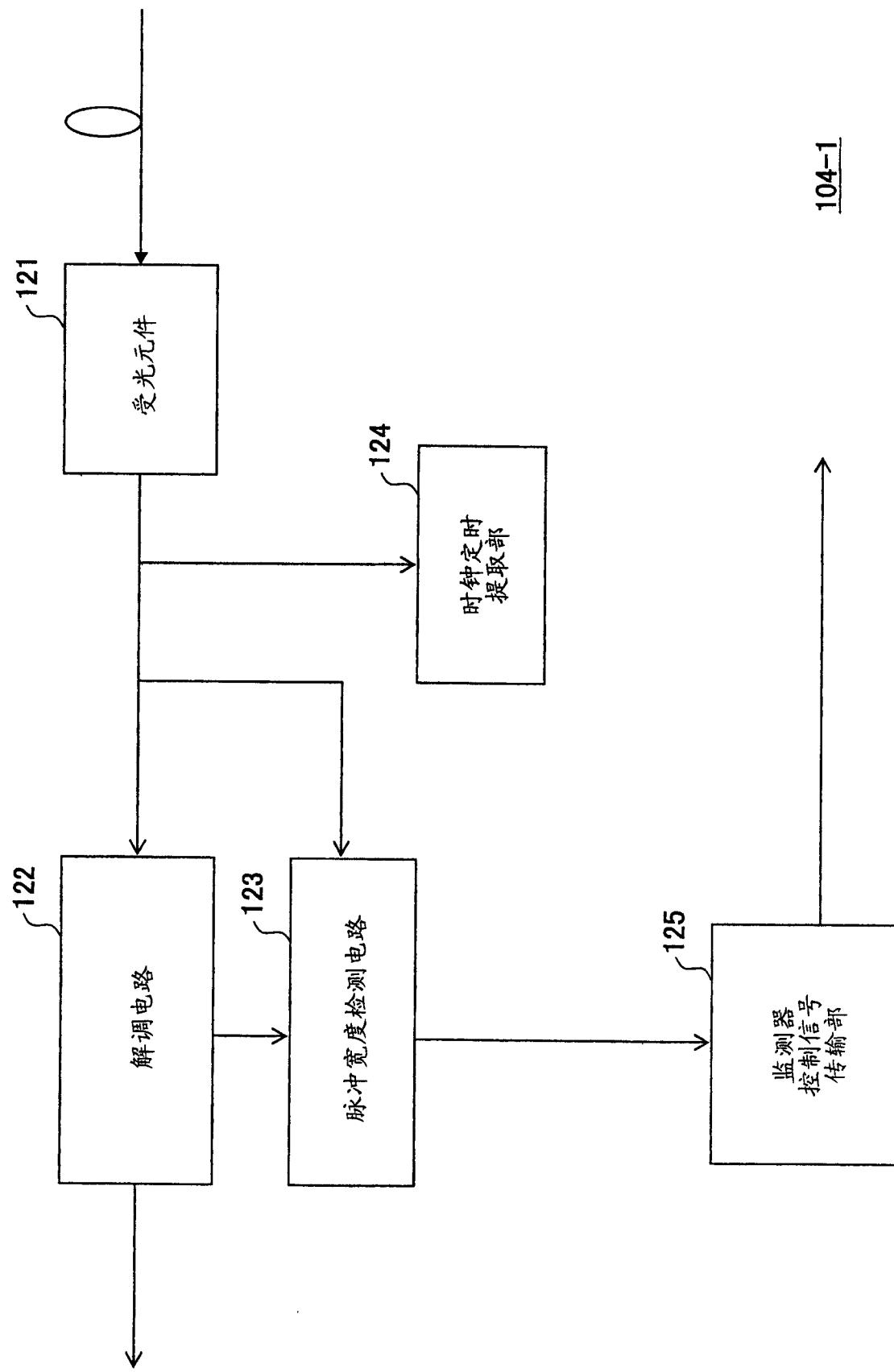


图 13

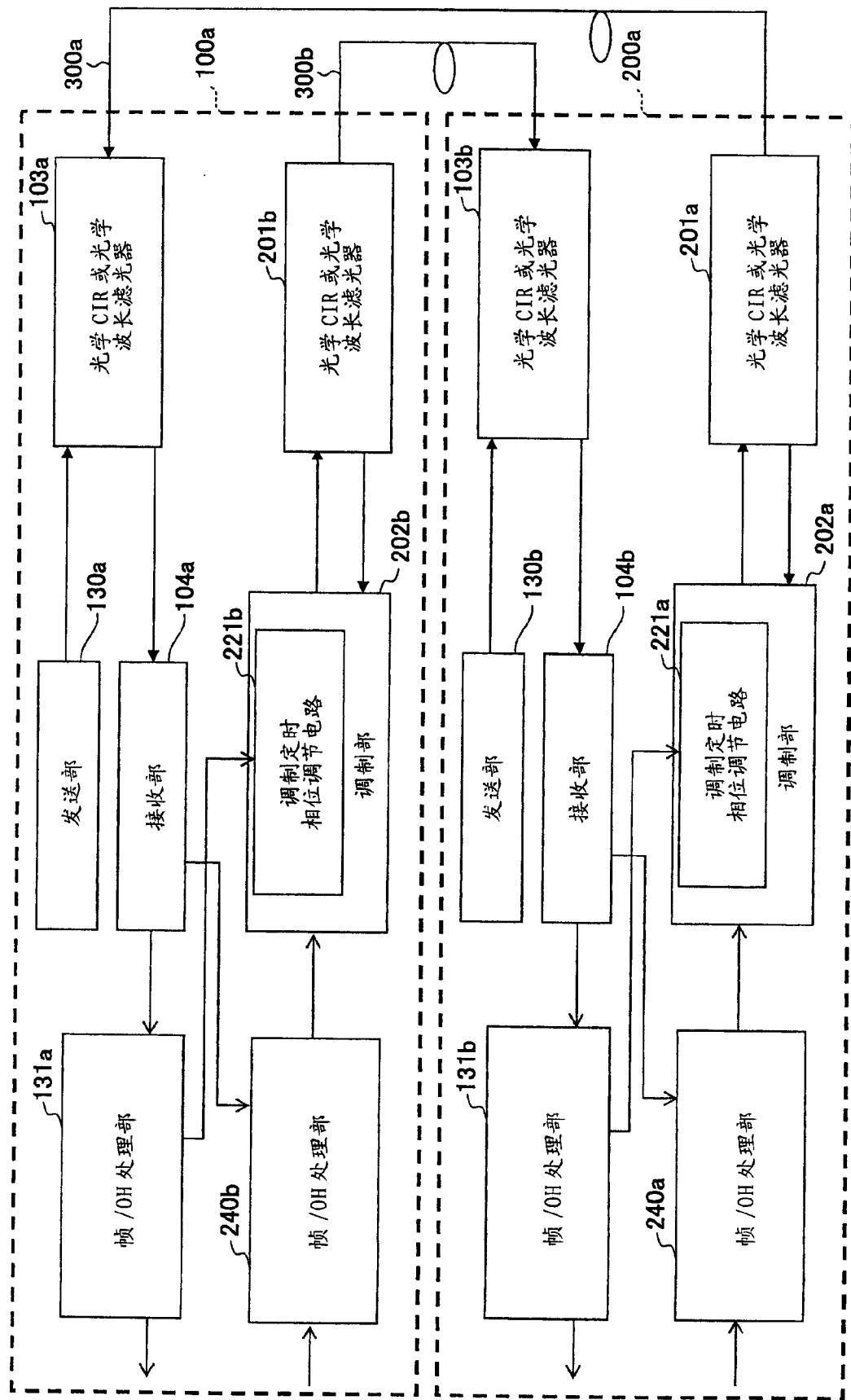


图 14

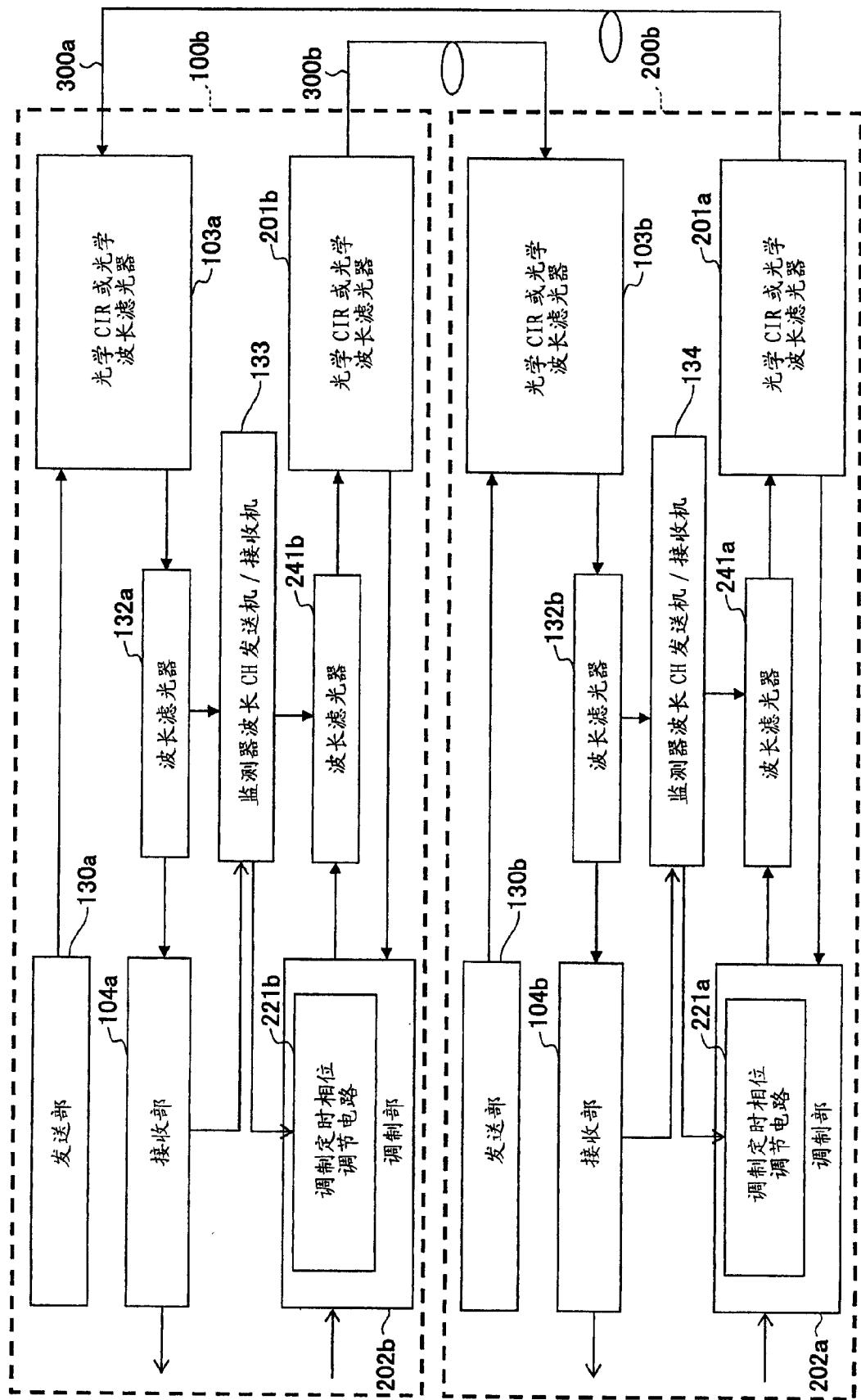


图 15

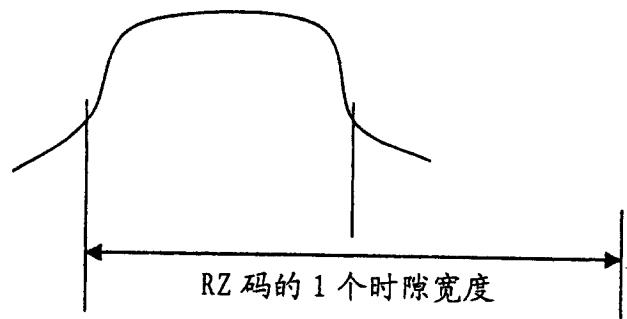


图 16A

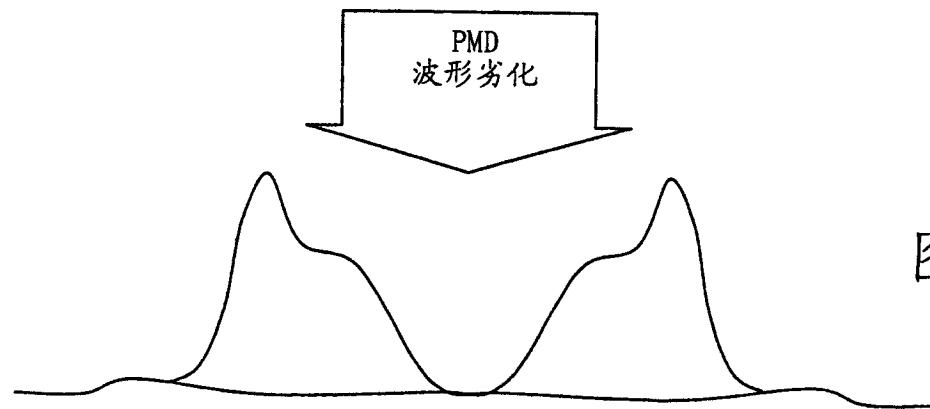


图 16B

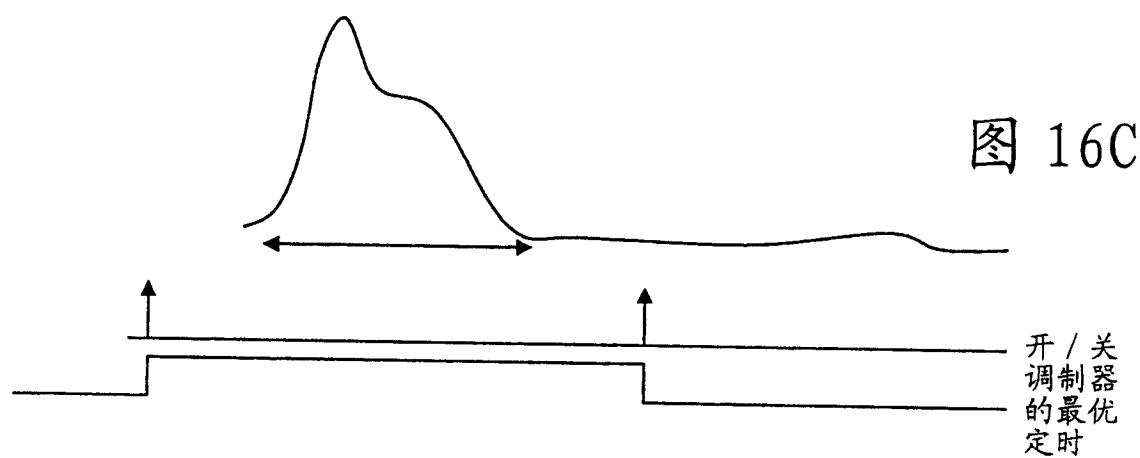


图 16C

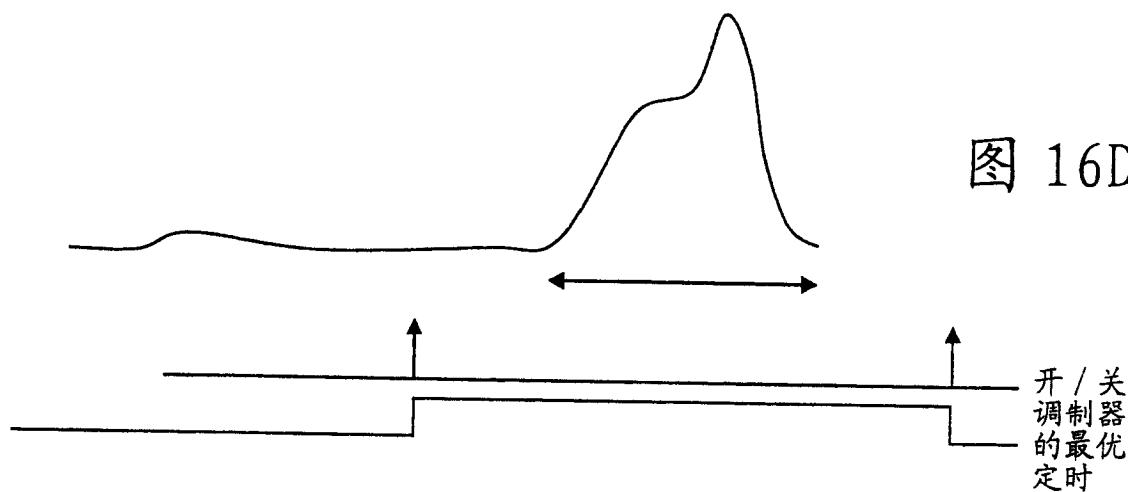


图 16D

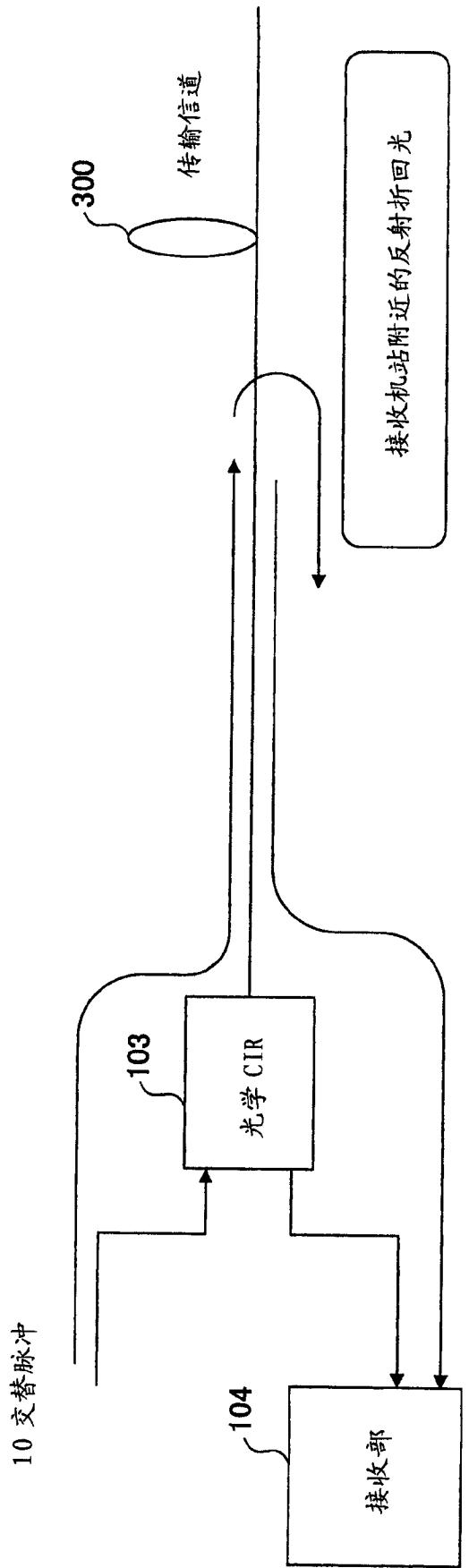


图 17

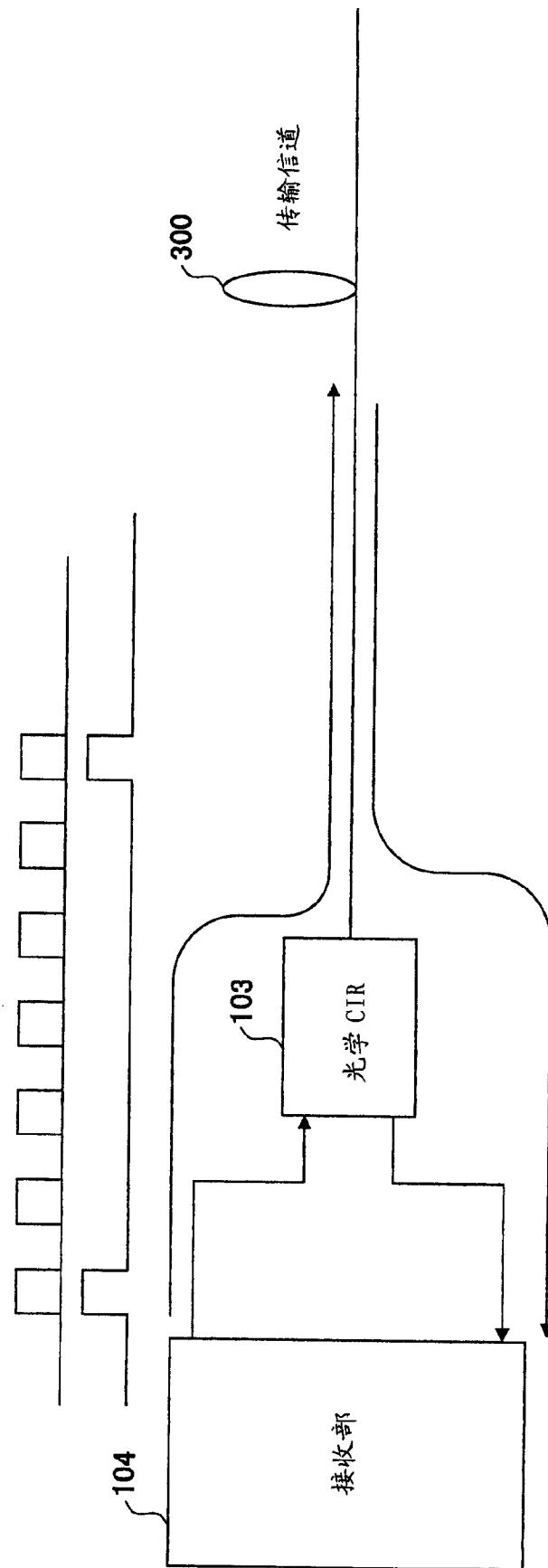


图 18

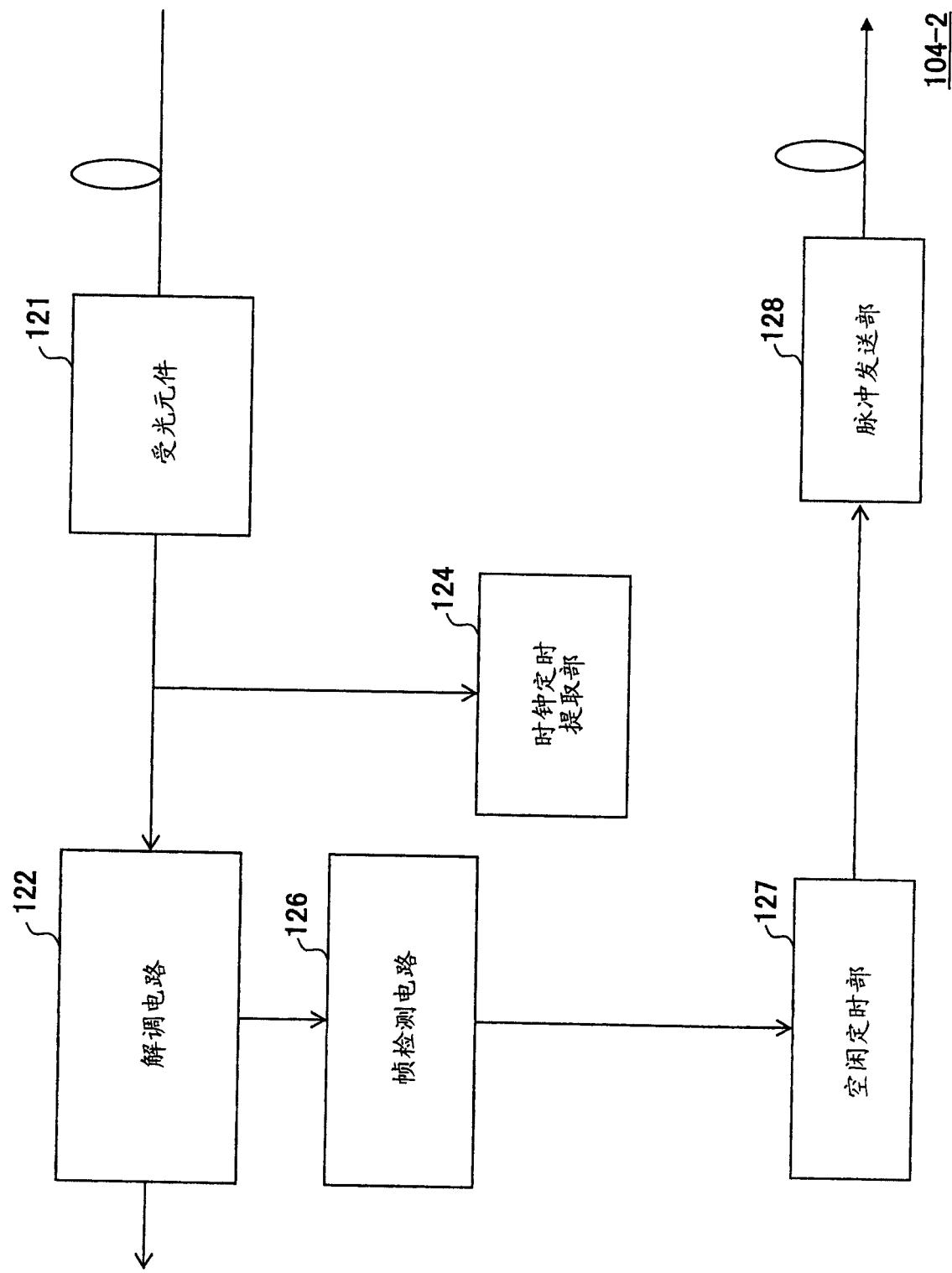


图 19

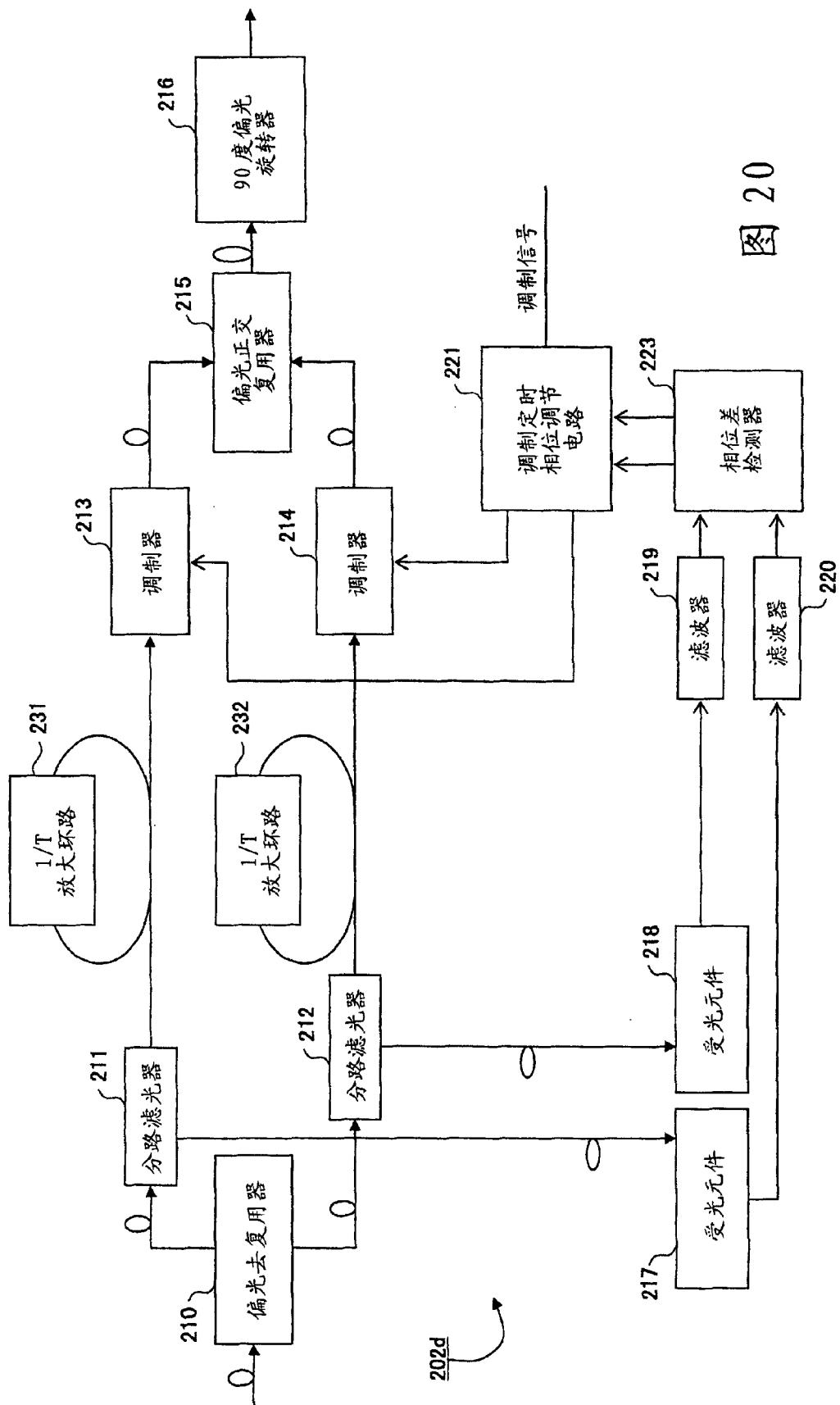


图 20

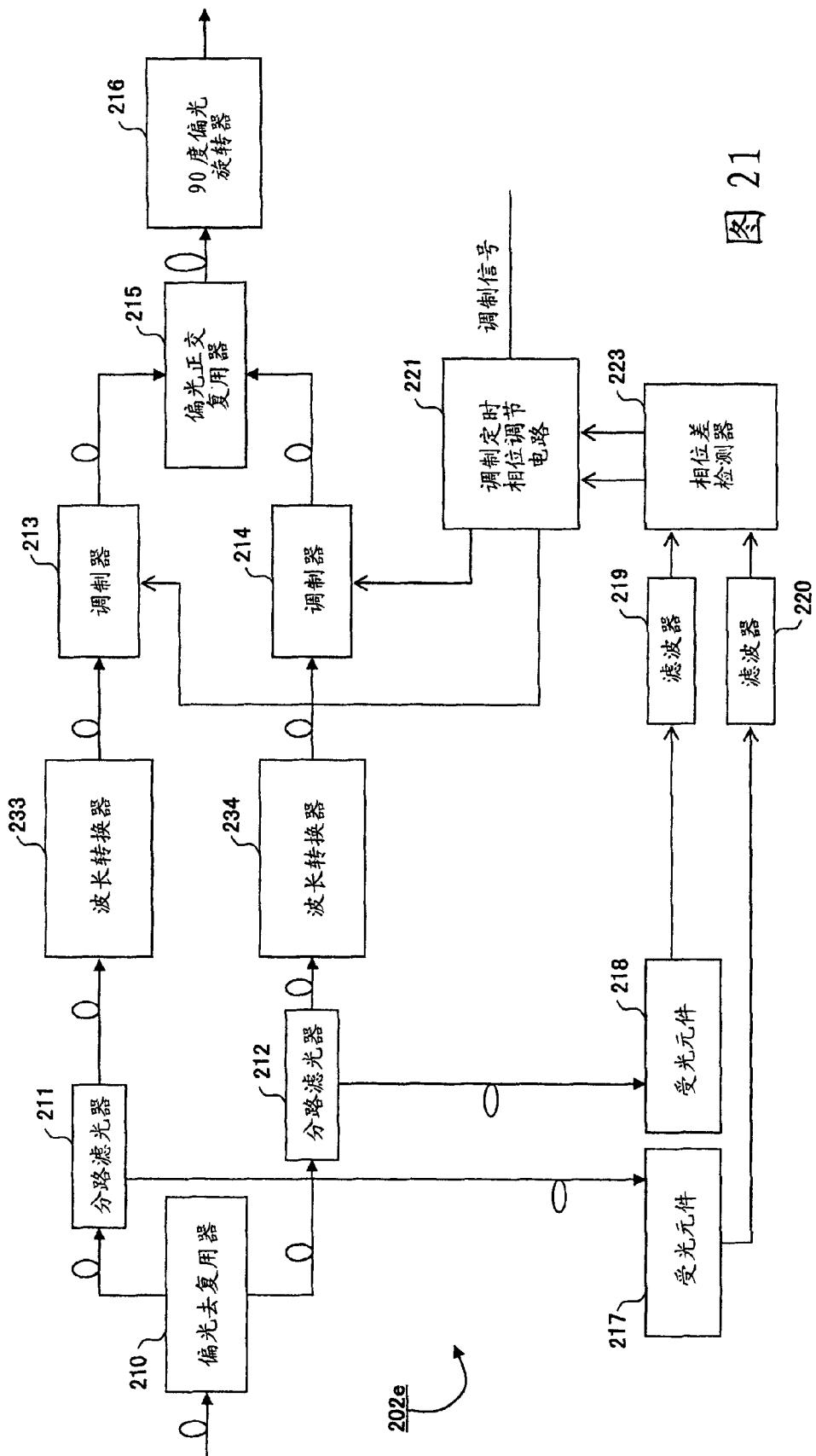


图 21

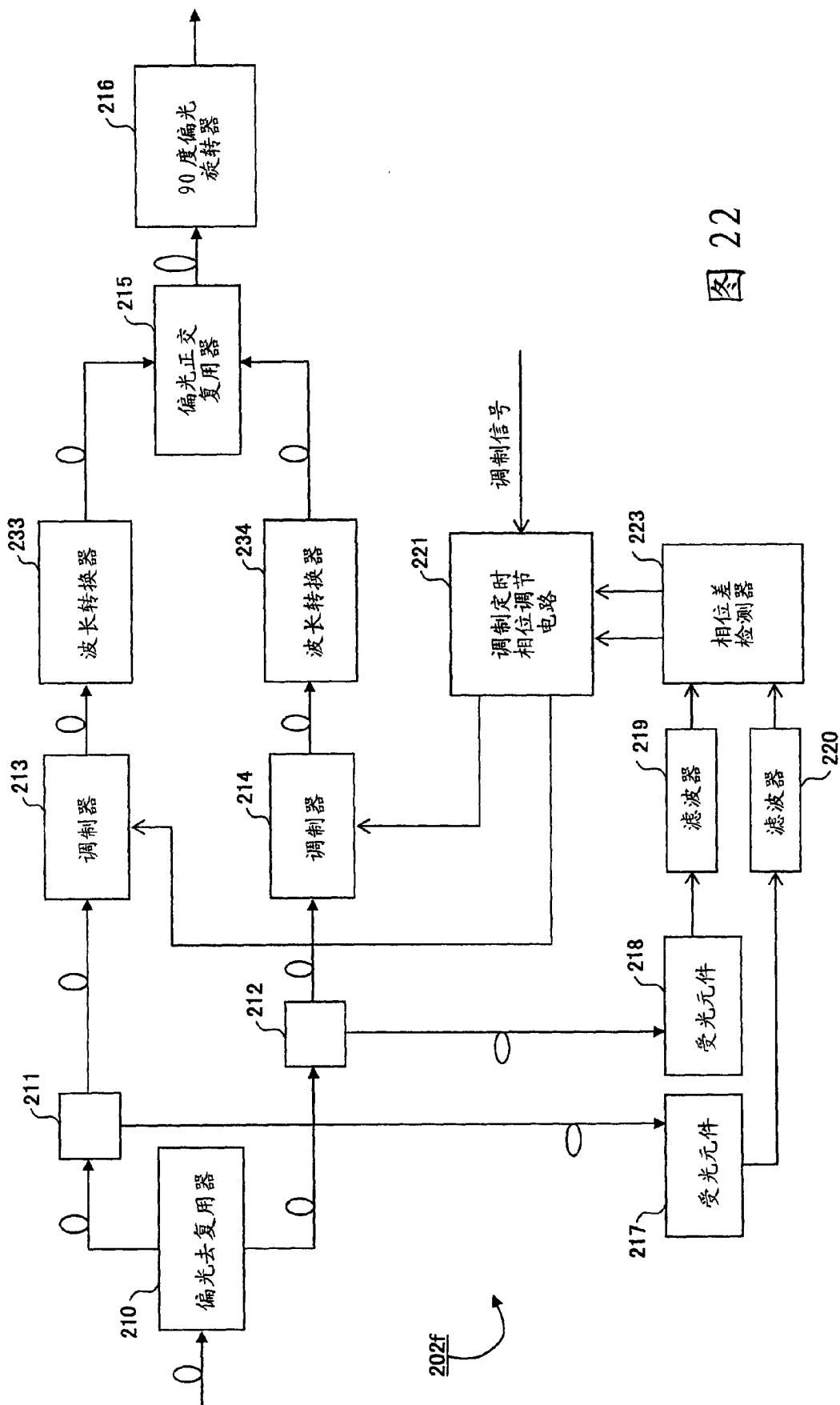


图 22

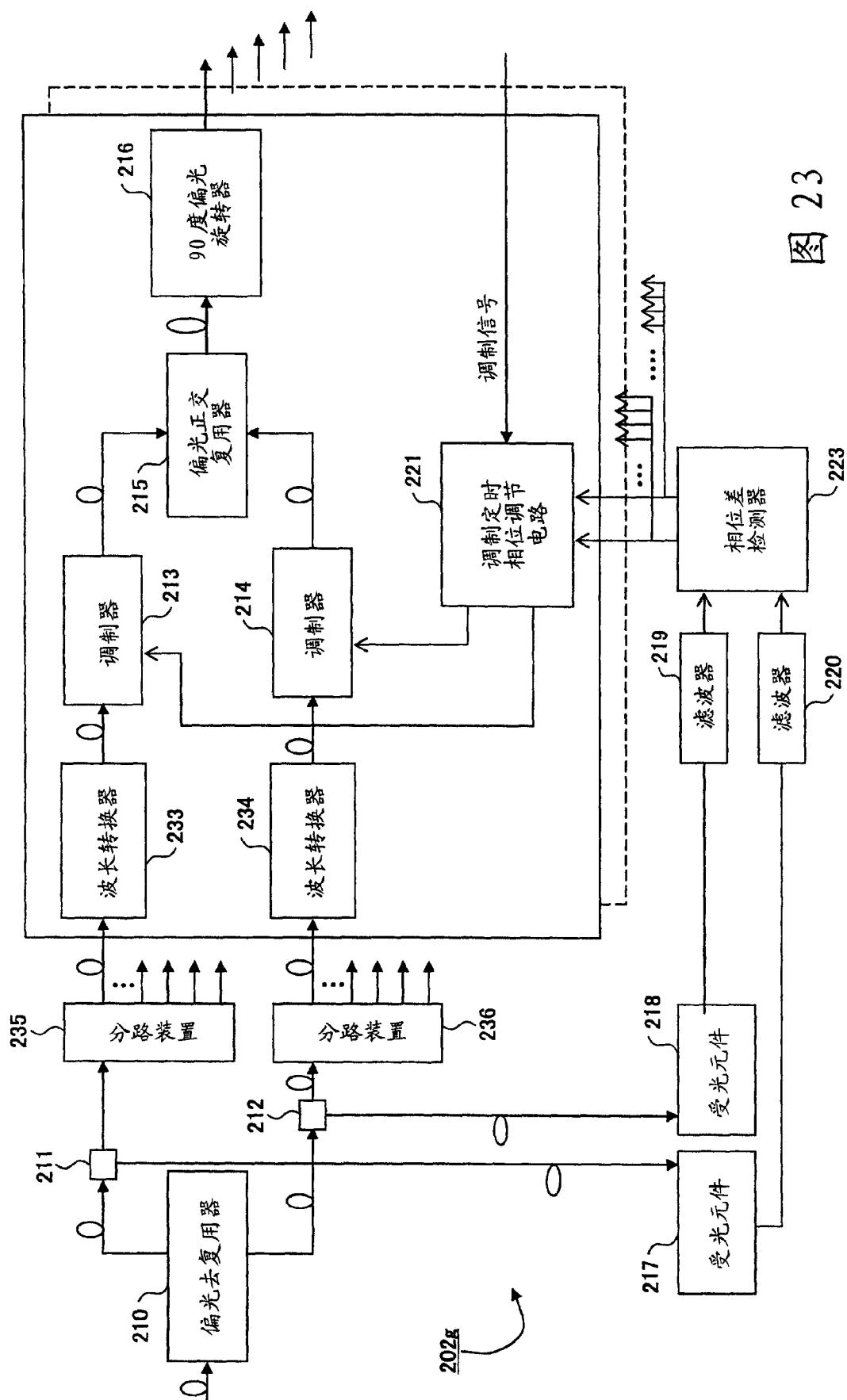


图 23

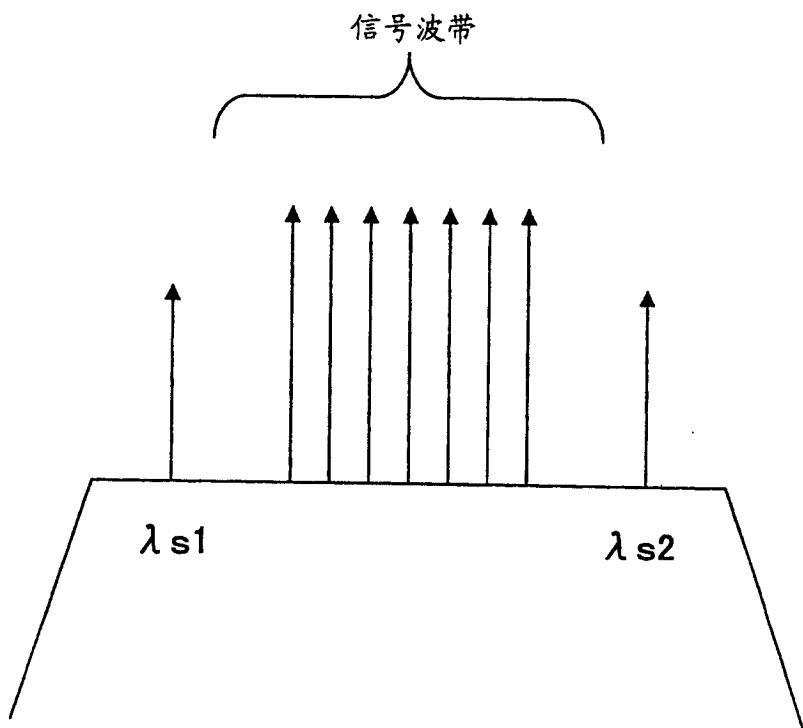


图 24

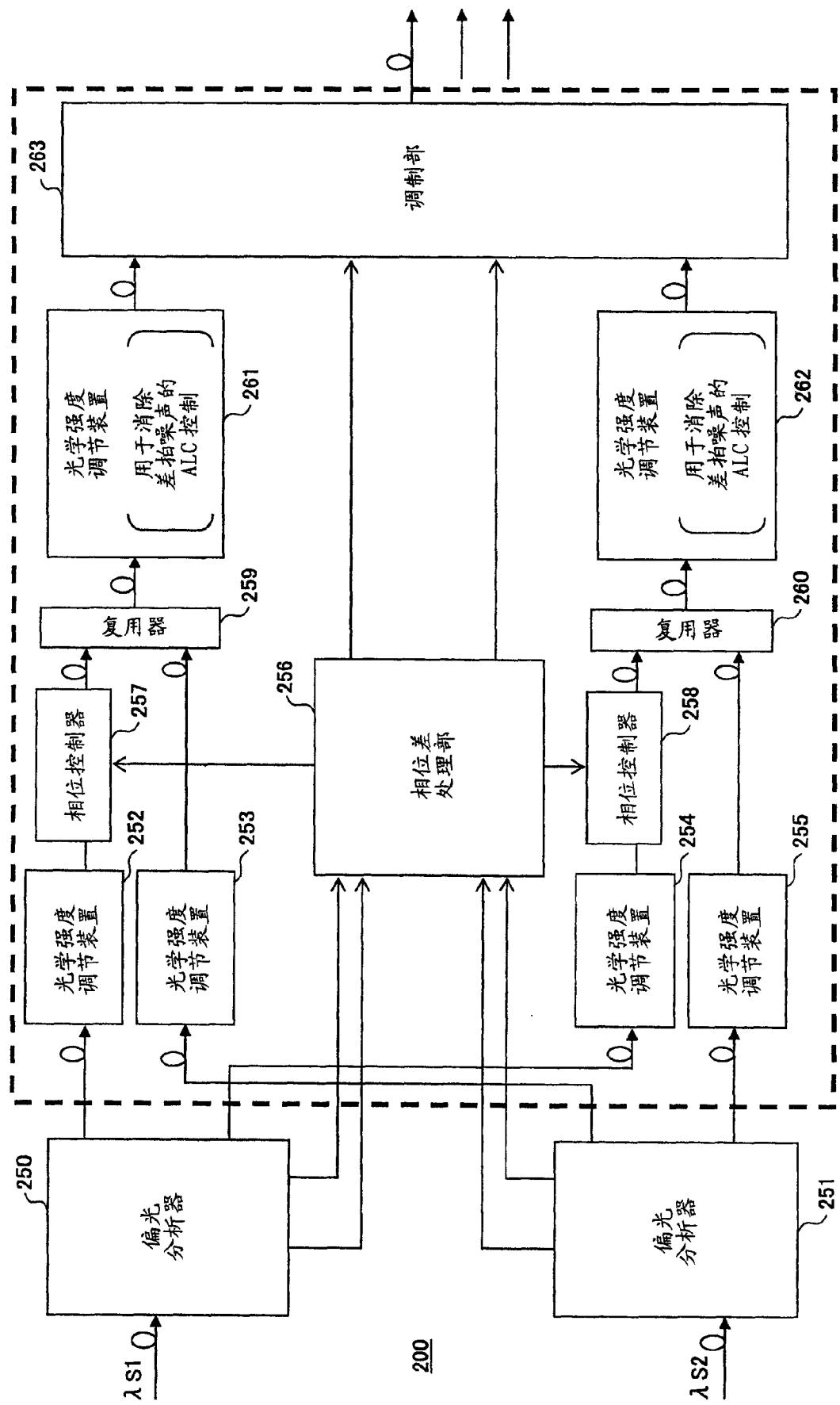


图 25

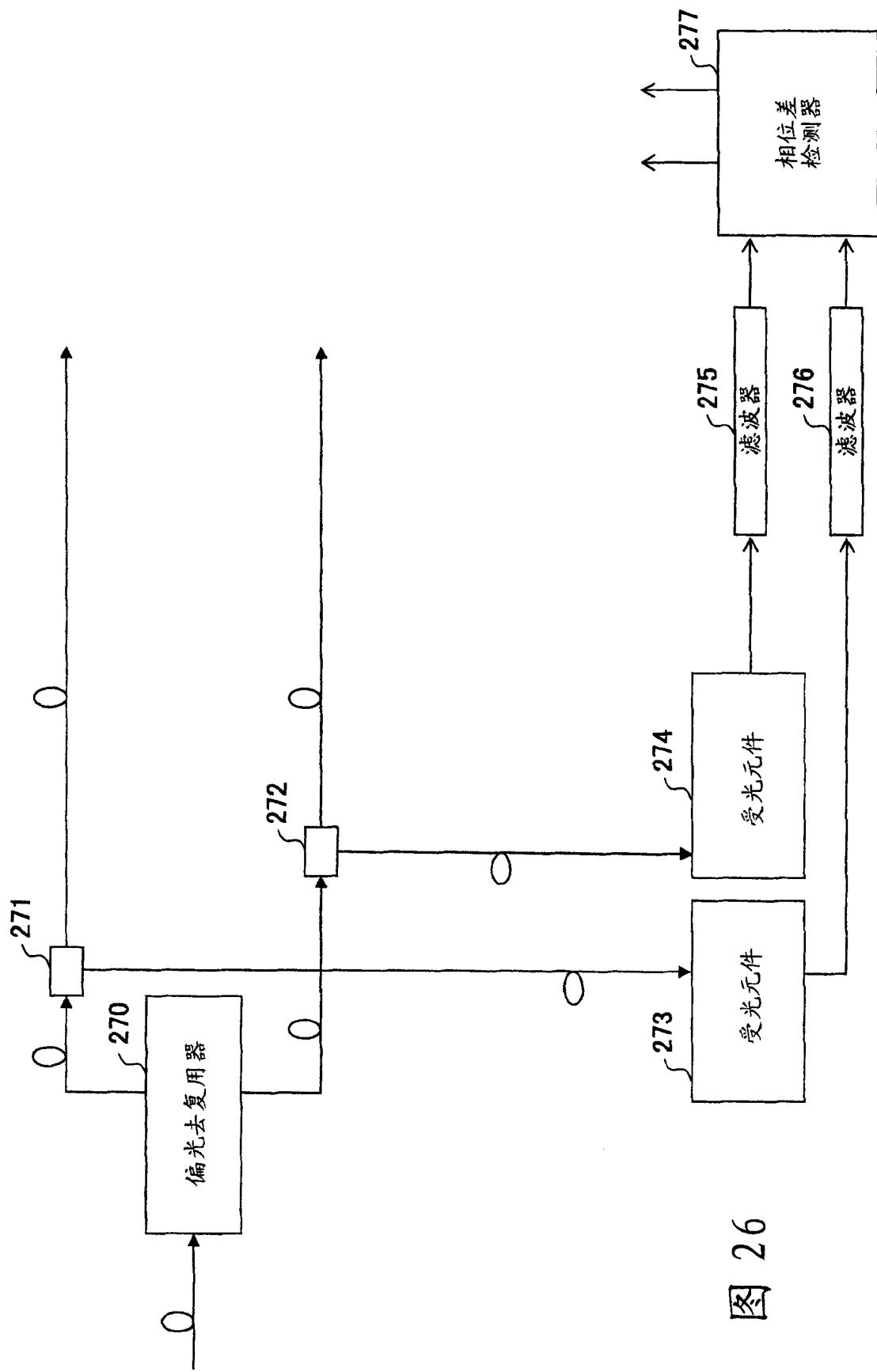


图 26

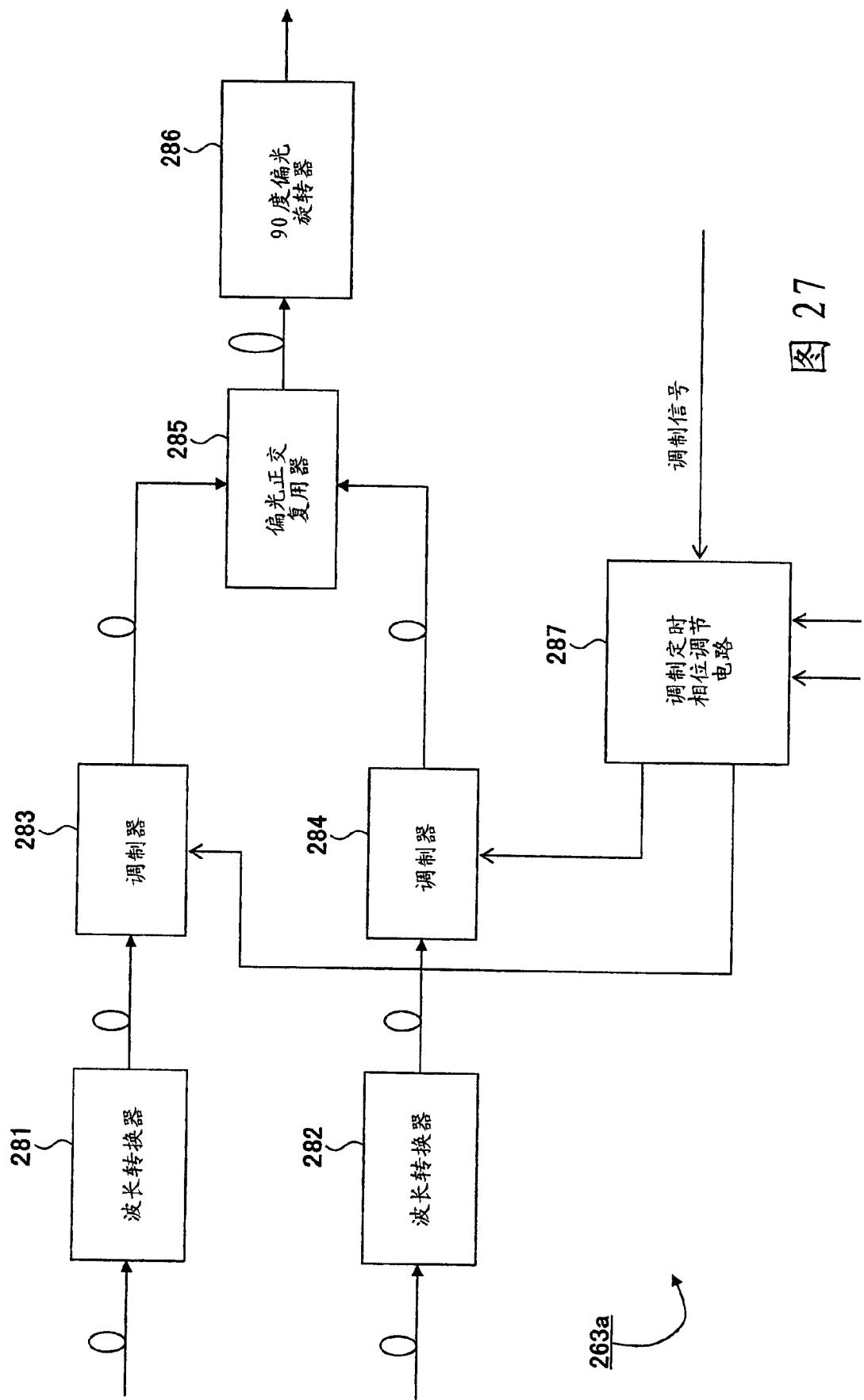
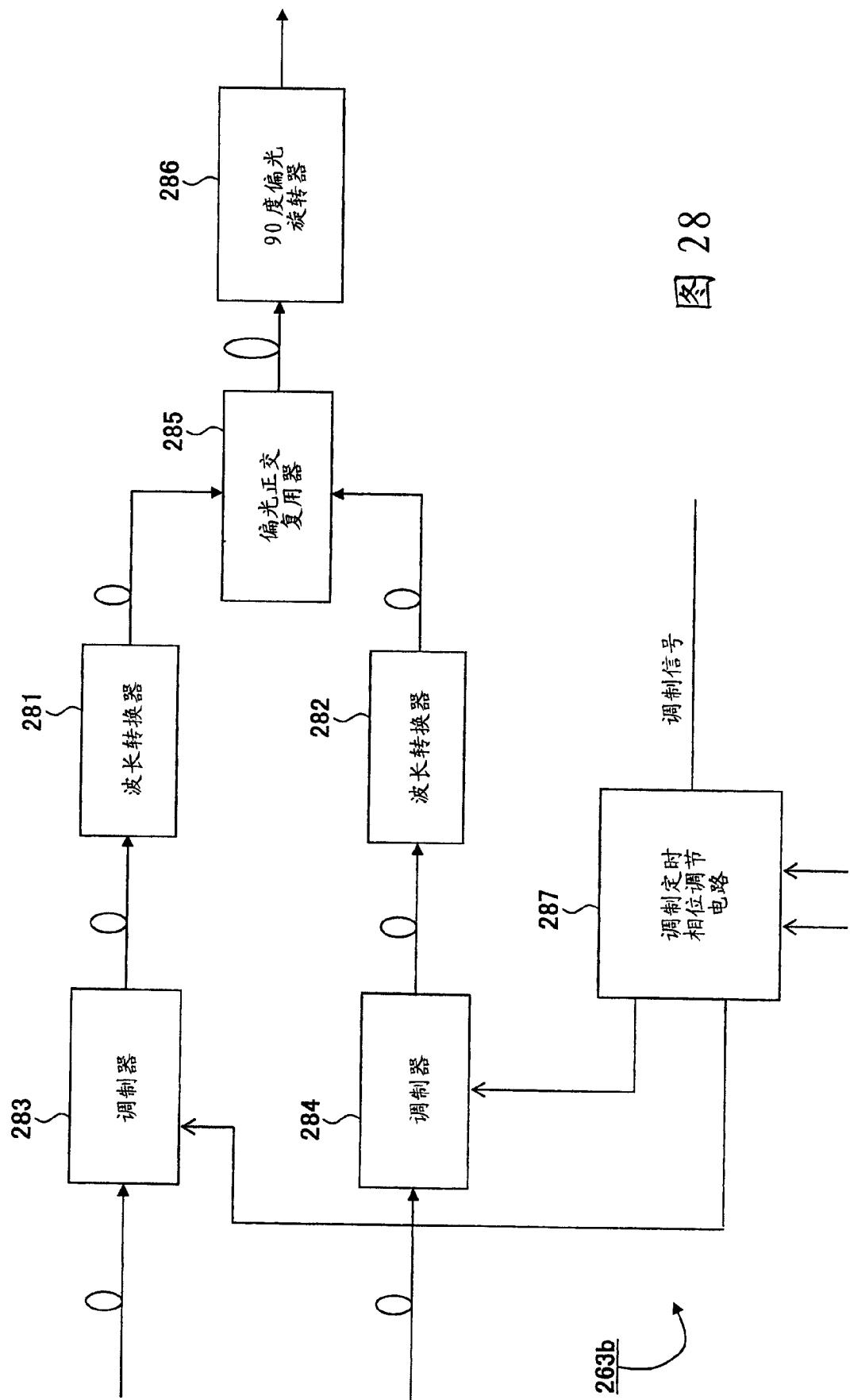


图 27



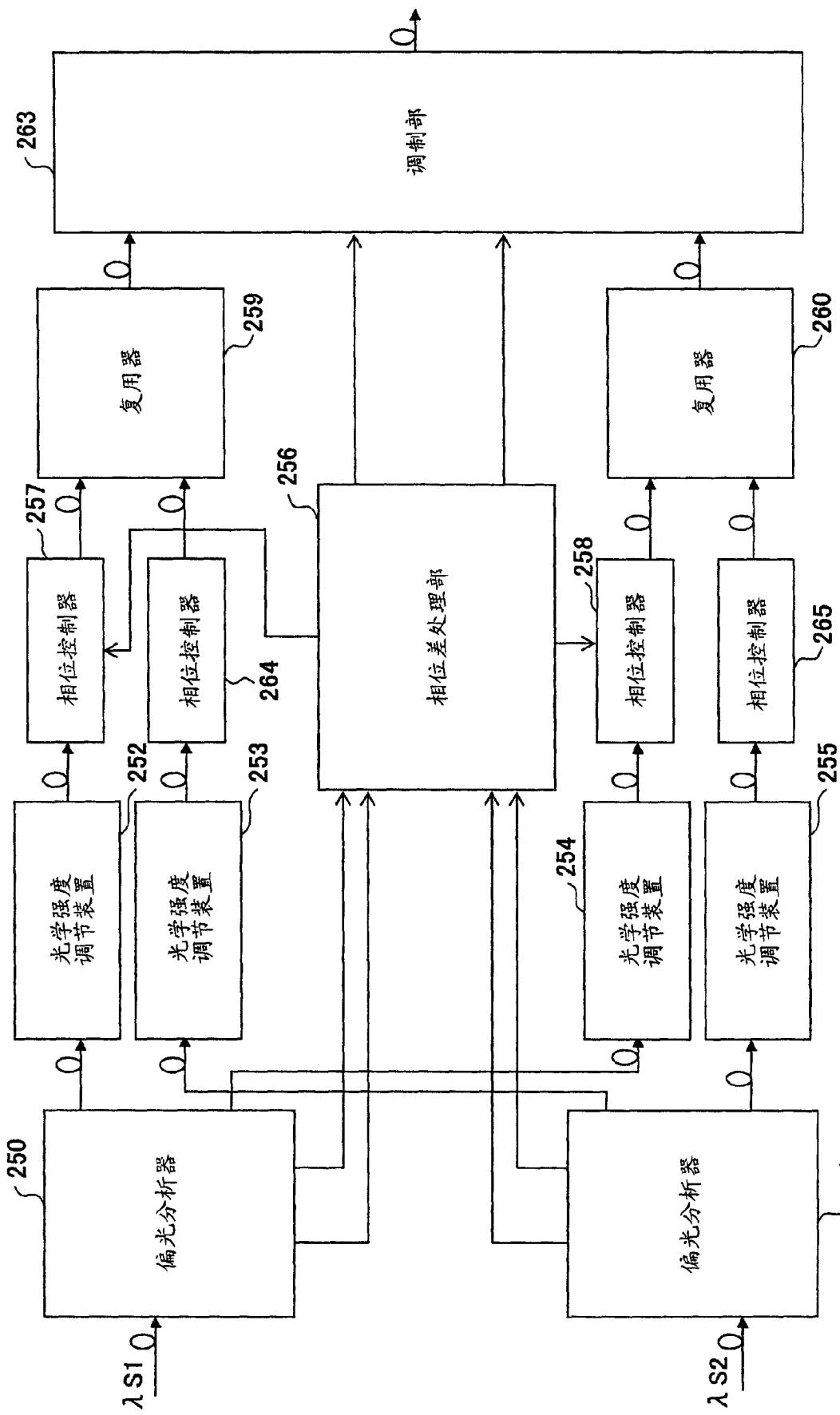


图 29

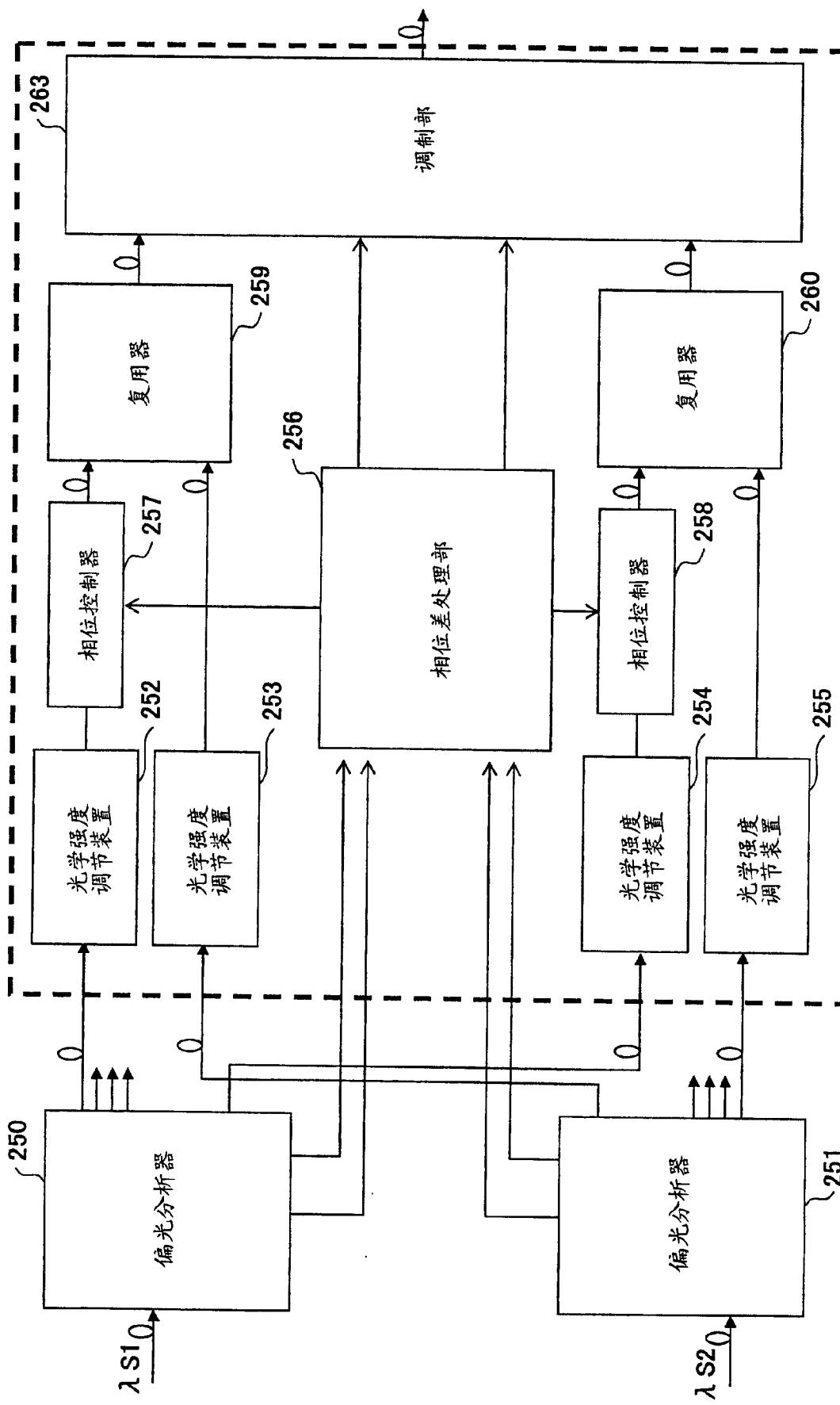


图 30

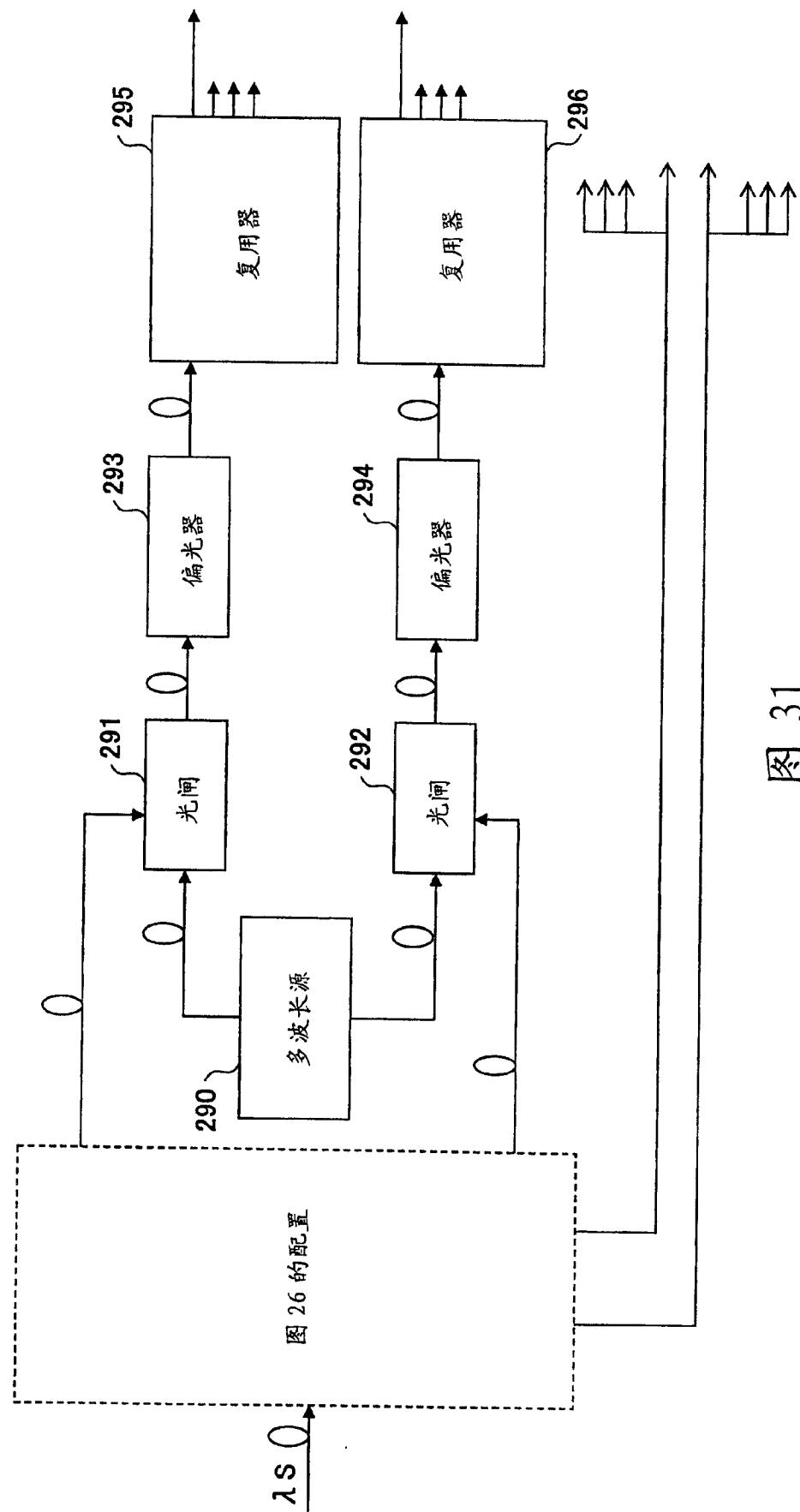


图 31

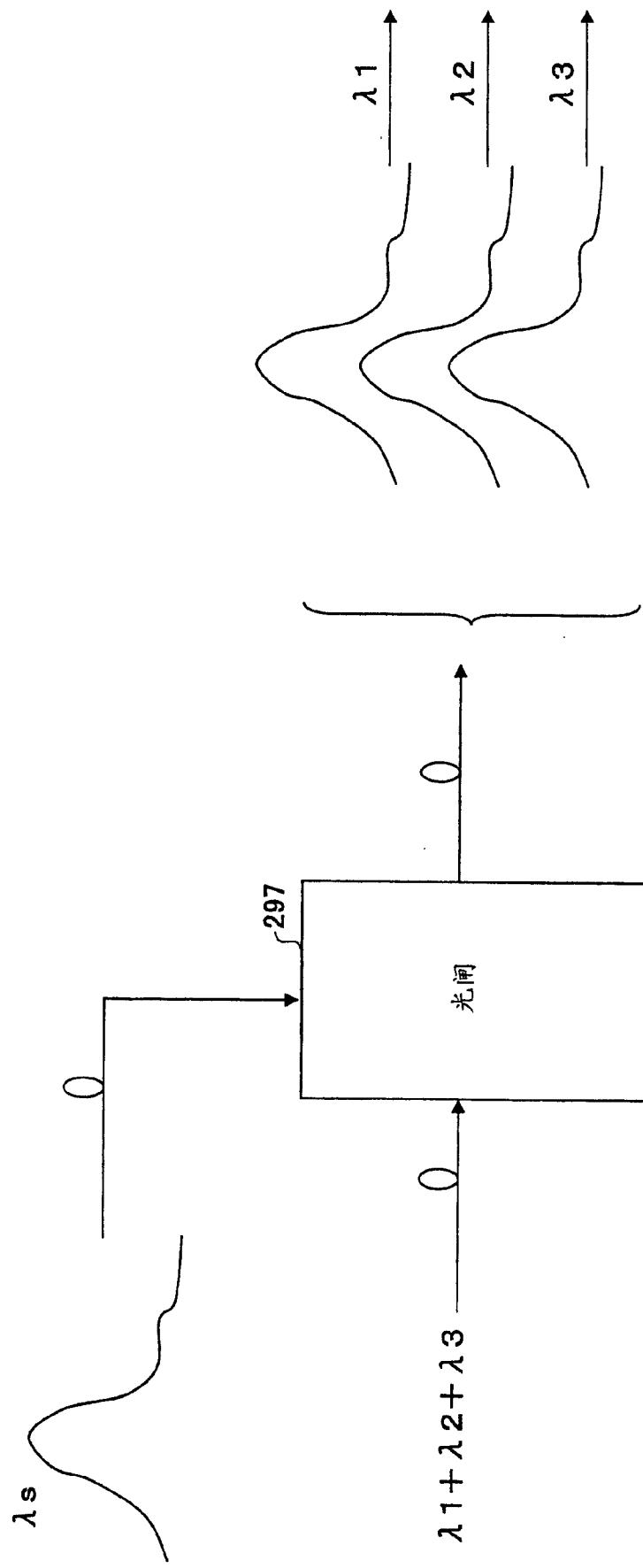


图 32

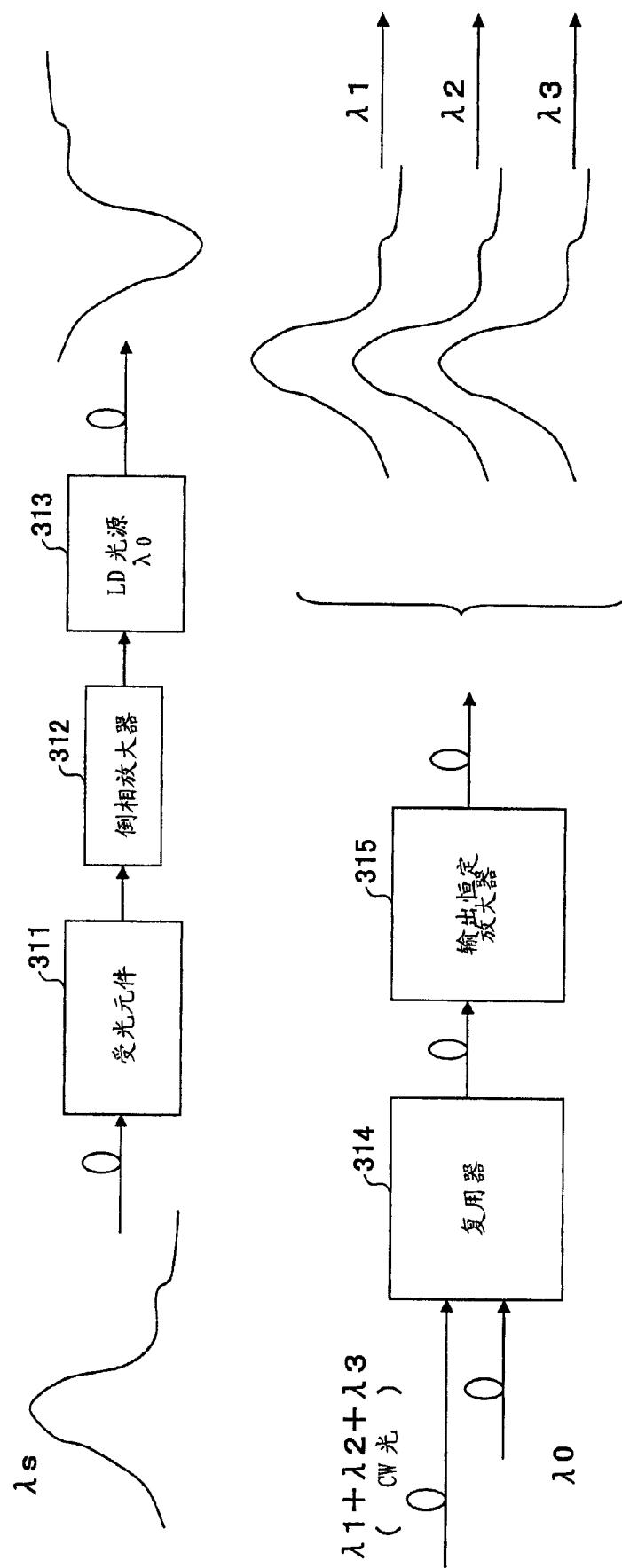
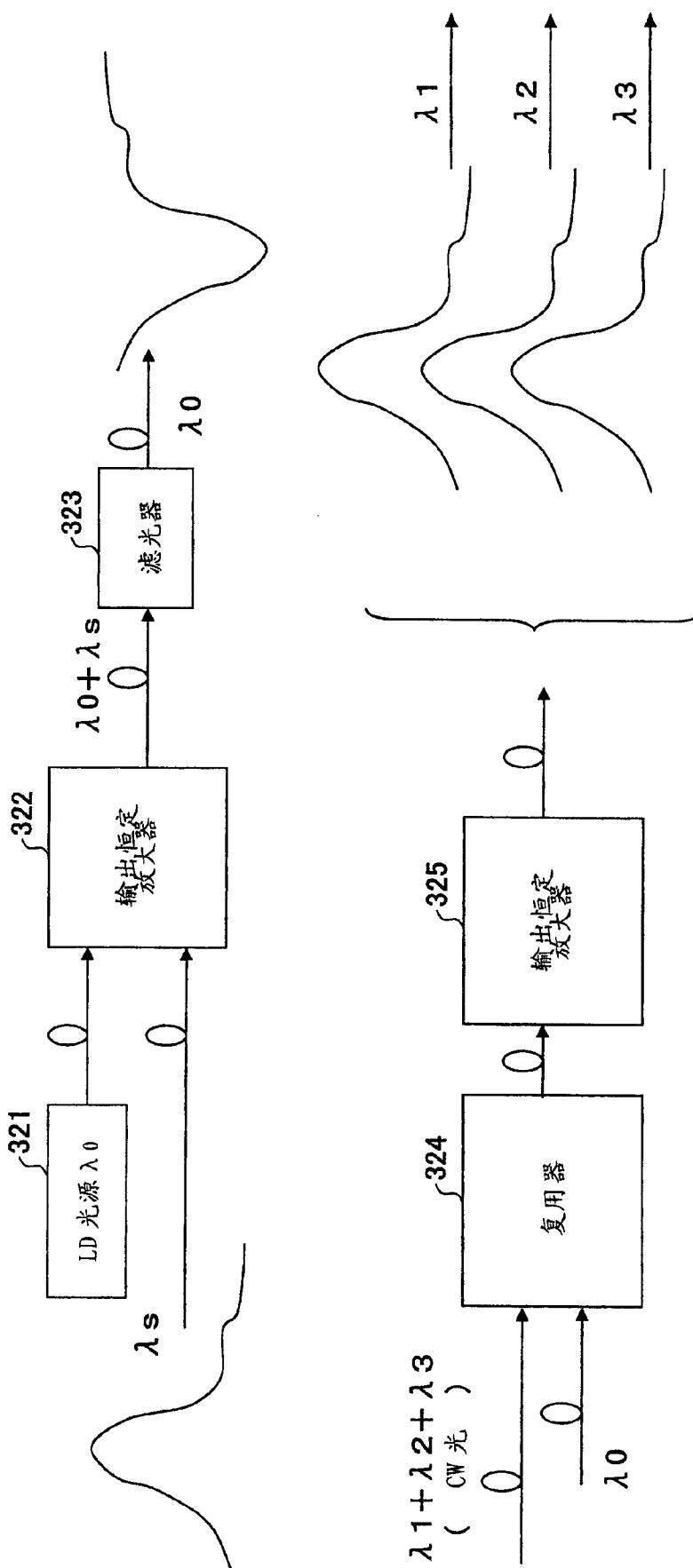


图 33



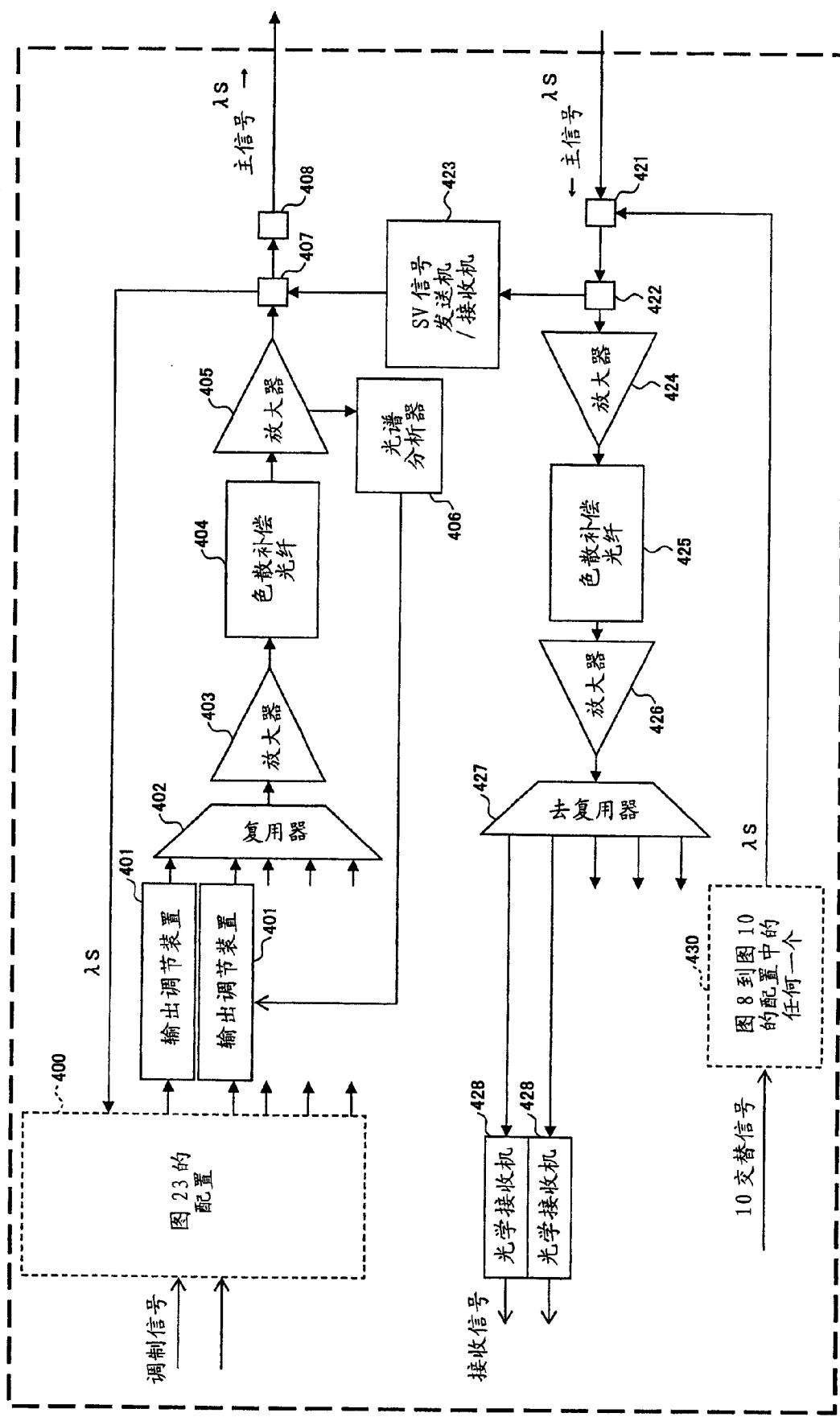


图 35

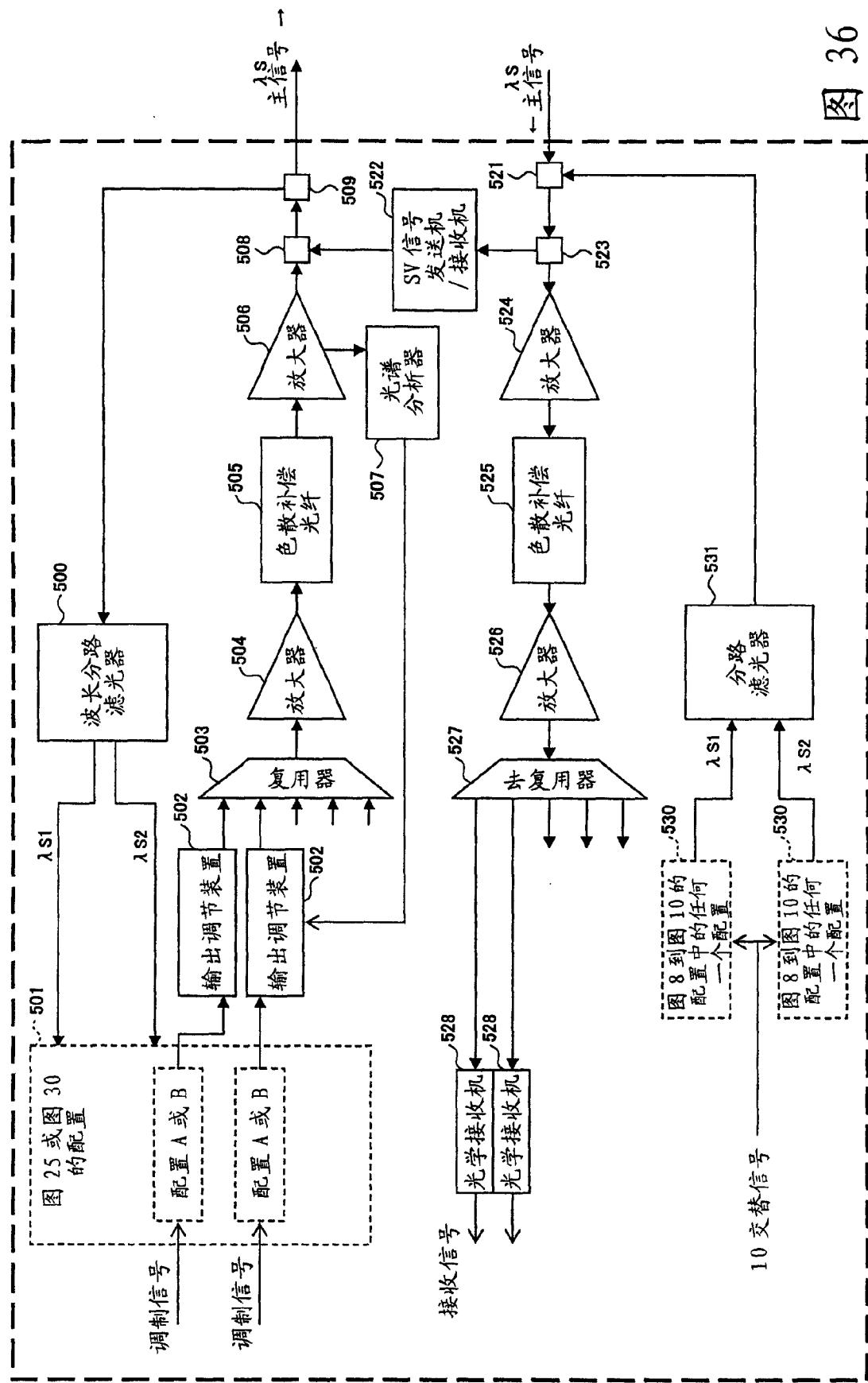


图 36

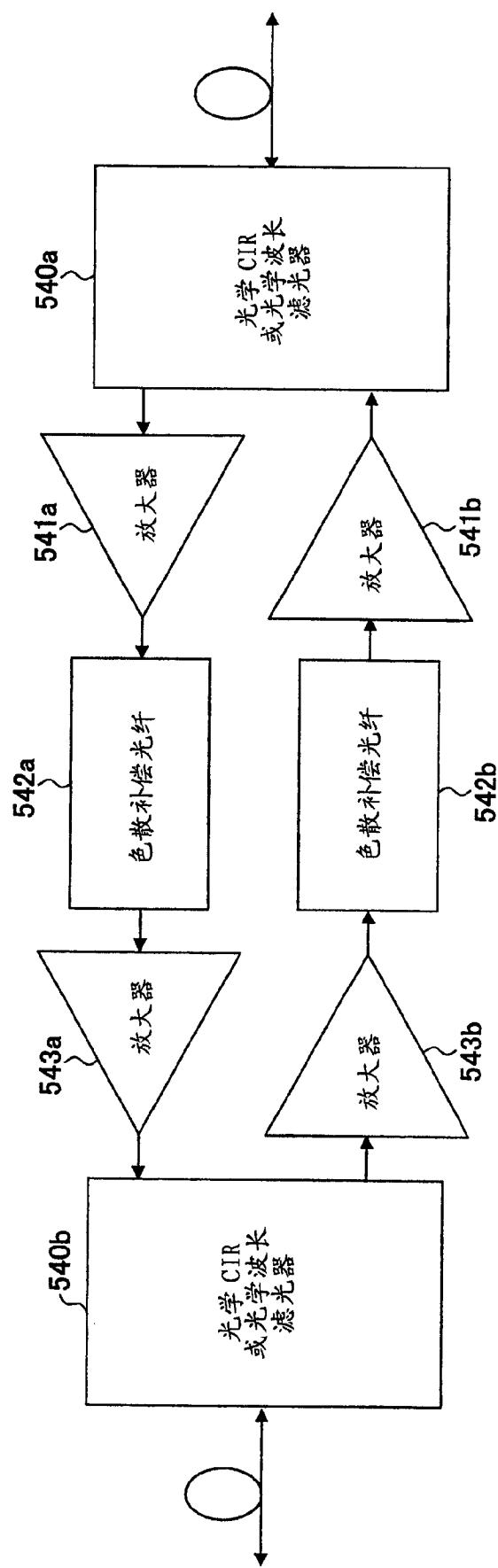


图 37

