

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 10/04 (2006.01)

H04B 10/06 (2006.01)

H04B 10/142 (2006.01)

H04B 10/152 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200580000237.9

[43] 公开日 2006年5月10日

[11] 公开号 CN 1771679A

[22] 申请日 2005.3.17

[21] 申请号 200580000237.9

[30] 优先权

[32] 2004.3.17 [33] JP [31] 076746/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/004817 2005.3.17

[87] 国际公布 WO2005/088876 日 2005.9.22

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.7

[71] 申请人 日本电信电话株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 米永一茂 米山干夫 富泽将人

平野章 桑原昭一郎 片冈智由

佐野明秀 船津玄太郎

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 浦柏明 刘宗杰

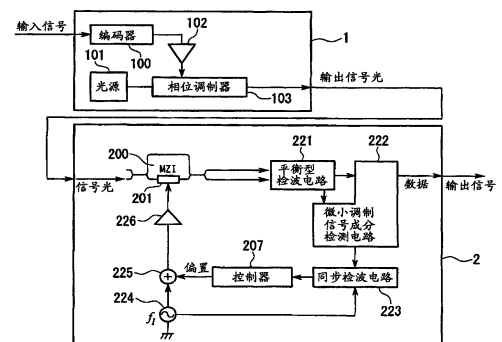
权利要求书 14 页 说明书 34 页 附图 27 页

[54] 发明名称

光传输系统、光传输系统的光发送装置及光接收装置

[57] 摘要

本发明提供一种能够设定在与发送侧的光源的光频率匹配的、马赫-曾德干涉仪的最佳工作点的光传输系统。光接收装置(2)具有：微小调制信号成分检测电路(222)，使用从平衡型检波电路(221)输出的信号序列，检测微小调制信号振荡电路(224)施加在 MZI(200) 的相位调整端子(201)上的微小调制信号成分；同步检波电路(223)，对从微小调制信号检测电路(222)及微小调制信号振荡电路(224)输出的微小调制信号进行同步检波，检测从光信号载波频率与 MZI(200) 的光频率特性的偏离产生的误差信号成分；以及控制器(207)，输出用于调整从 MZI(200) 2 分支的信号光的相位差以便校正偏离量的控制信号。



1. 一种光传输系统，其特征在于：

具备：输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收装置，

5 上述光发送装置具有：

编码器，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号；以及

相位调制器，对通过上述编码器编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 范围内给与了相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光，

上述光接收装置具有：

10 马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，使该 2 分支的一个信号光发生 1 位延迟，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；

平衡型检波电路，将来自该马赫-曾德干涉仪中的 2 个输出端口的信号光光电转换，输出转换后的电信号的差分；

15 低频信号发生电路，在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上施加频率 f_1 的第 1 低频信号；

微小调制信号成分检测电路，从上述平衡型检波电路供给的信号中检测第 2 低频信号；

20 同步检波电路，通过用从上述低频信号发生电路输出的上述第 1 低频信号，对从上述微小调制信号成分检测电路输出的上述第 2 低频信号进行同步检波，从而检测从上述光发送装置输出的上述相位调制光的中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的通带波长的偏离量及其方向；

25 控制电路，输出用于调整上述 2 分支后的信号光的相位差以便校正上述偏离量的控制信号；以及

驱动电路，基于上述控制信号驱动上述相位调整端子。

2. 如权利要求 1 所述的光传输系统，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

30 眼开口监视电路，输出对眼开口进行监视的信号，该眼开口是从上述平衡型检波电路输出的信号分支了的信号的眼开口；以及

带通滤波器，使包含在从上述眼开口监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

3. 如权利要求1所述的光传输系统，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

5 数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号，而且在其内部具备误码检测功能；

错误检测数监视电路，输出监视从上述数据再生电路输出的错误检测数信息的信号；以及

10 带通滤波器，使包含在从上述错误检测数监视电路输出的信号中的上述第2低频信号通过，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

4. 如权利要求1所述的光传输系统，其特征在于：

上述平衡型检波电路具有均衡放大电路，

15 上述微小调制信号成分检测电路具有：

电流消耗监视电路，输出监视上述均衡放大电路的电流消耗的信号；以及

带通滤波器，使包含在从上述电流消耗监视电路输出的信号中的上述第2低频信号通过，

20 上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

5. 如权利要求1所述的光传输系统，其特征在于：

上述平衡型检波电路具有：

25 光分支单元，将上述马赫-曾德干涉仪的上述2个输出端口分别分支成2个；

光耦合单元，使在该分支单元被分支的2个光发生干涉；以及

光检波单元，将从该光耦合单元输出的光信号转换成电信号，

上述微小调制信号成分检测电路具有带通滤波器，使包含在从上述光检波单元输出的上述电信号中的上述第2低频信号通过，

30 上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

6. 如权利要求1所述的光传输系统，其特征在于：

上述马赫-曾德干涉仪的自由光谱范围从主信号的时钟频率稍微偏移，

上述微小调制信号成分检测电路具有：

第 1 放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的一个光探测器的
5 光电流；以及

带通滤波器，从该第 1 放大器的输出中提取上述第 2 低频信号成分，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

10 7. 如权利要求 6 所述的光传输系统，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路进而具有：

第 2 放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的另一个光探测器的光电流；以及

15 减法器，输出上述第 1 放大器的输出与上述第 2 放大器的输出的差，

上述带通滤波器从该减法器的输出中提取上述第 2 低频信号成分。

8. 如权利要求 1 所述的光传输系统，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

20 时钟提取电路，从上述平衡型检波电路输出的信号序列中提取时钟；以及

低频信号提取电路，提取叠加在从上述时钟提取电路输出的时钟信号上的上述第 2 低频信号，

25 上述同步检波电路基于从上述低频信号提取电路输出的上述第 2 低频信号，检测上述偏离量及其方向。

9. 如权利要求 1 所述的光传输系统，其特征在于：

上述光发送装置具有：

时钟信号生成电路，生成与信号比特率相同的时钟信号；以及

30 强度调制器，用从该时钟信号生成电路输出的时钟信号进行上述相位调制光的强度调制，

上述平衡型检波电路具有：

光分支电路，将上述马赫-曾德干涉仪中的上述 2 个输出端口中

的一个端口进行分支；以及

监视用光接收器，连接在该光分支电路上，

上述微小调制信号成分检测电路具有：

5 窄带放大器，从上述监视用光接收器输出的强度调制光中提取叠
加了上述第 2 低频信号的时钟；以及

功率检测电路，从提取的时钟中提取上述第 2 低频信号，

上述同步检波电路基于上述功率检测电路的输出信号，检测上述
偏离量及其方向。

10. 如权利要求 1 所述的光传输系统，其特征在于：

10 上述微小调制信号成分检测电路具有：

数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信
号；

关联检测电路，检测上述数据再生电路的输出信号与识别前的信
号的关联；以及

15 低频信号提取电路，从上述关联检测电路的输出中提取上述第 2
低频信号。

11. 如权利要求 1 所述的光传输系统，其特征在于：

上述光传输系统具有：

20 强度调制单元，利用对于叠加上述频率 f_1 的低频信号来说充分
高的频率 f_2 的信号，对上述相位调制光进行强度调制；以及

强度调制成分检测单元，检测上述频率 f_2 的强度调制成分，

上述微小调制信号成分检测电路提取叠加在检测的上述频率 f_2
的上述强度调制成分上的频率 f_1 的上述第 2 低频信号。

12. 如权利要求 11 所述的光传输系统，其特征在于：

25 上述光发送装置中作为上述强度调制单元具有振荡电路，生成上
述频率 f_2 的信号，直接对上述光发送装置的光源进行强度调制。

13. 如权利要求 11 所述的光传输系统，其特征在于：

30 上述光接收装置中作为上述强度调制单元具有生成上述频率 f_2
的信号的振荡电路、以及用该振荡电路的输出信号对信号光进行强度
调制的强度调制器。

14. 如权利要求 11 所述的光传输系统，其特征在于：

上述光接收装置中作为上述强度调制单元具备生成上述频率 f_2

的信号振荡电路和连接在该振荡电路上的光放大器，通过上述振荡电路用上述频率 f_2 调制该光放大器的增益。

15. 如权利要求 11~14 中的任何一项所述的光传输系统，其特征在于：

5 上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：

光分支电路，将上述马赫-曾德干涉仪中的上述 2 个输出端口中的一个端口进行分支；

连接在该光分支电路上的监视用光接收器；以及

10 提取电路，从该监视用光接收器输出的强度调制光中提取上述频率 f_2 的成分。

16. 如权利要求 11~14 中的任何一项所述的光传输系统，其特征在于：

上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：

15 输入电平调整单元，使输入到上述平衡型检波电路中的上述转换了的强度调制光的输入电平成为非对称；以及

提取电路，从上述平衡型检波电路的输出信号中提取上述频率 f_2 的成分。

17. 如权利要求 1~16 中的任何一项所述的光传输系统，其特征在于：

20 上述微小调制信号成分检测电路具有数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号，

上述光接收装置进而具有：

逻辑反转电路，使上述数据再生电路的输出信号的逻辑反转并输出；

25 选择单元，按照规定的逻辑指定信号有选择地输出上述数据再生电路的输出与上述逻辑反转电路的输出的任何一方；以及

极性选择单元，当选择了上述逻辑反转电路的输出时，使上述控制电路内的反馈误差信号的极性反转，

30 使从上述光发送装置输出的上述相位调制光的上述中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的上述通带波长的偏离校正量成为上述马赫-曾德干涉仪的重复频率的 $1/2$ 以下。

18. 如权利要求 1~17 中的任何一项所述的光传输系统，其特征

在于:

上述光接收装置进而具有:

温度检测电路, 检测上述马赫-曾德干涉仪的基板温度的状态;

以及

5 回路开闭开关, 接通/断开向该马赫-曾德干涉仪的反馈控制,

当上述马赫-曾德干涉仪的上述基板温度不在适当范围的情况下, 打开进行上述反馈控制的回路, 当上述马赫-曾德干涉仪的上述基板温度位于上述适当范围内的情况下, 闭合上述回路, 进行上述反馈控制。

10 19. 如权利要求 1~17 中的任何一项所述的光传输系统, 其特征在于:

上述控制电路进而具有:

锁定检测电路, 检测进行向上述马赫-曾德干涉仪的反馈控制的回路的锁定状态; 以及

15 再锁定电路, 当上述锁定状态表示上述回路的锁定解锁时, 进行向上述锁定状态的再锁定,

当上述锁定检测电路检测出上述锁定状态时, 进行通常的反馈控制, 当上述锁定检测电路没有检测出上述锁定状态时, 扫描施加在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上的驱动信号, 当上述锁定
20 检测电路再次检测出锁定状态时, 就切换到进行上述通常的反馈控制的状态。

20. 如权利要求 1~17 中的任何一项所述的光传输系统, 其特征在于:

上述马赫-曾德干涉仪具备独立的 2 个相位调整端子,

25 在上述 2 个相位调整端子的一个上施加上述微小调制信号振荡电路的输出, 在上述 2 个相位调整端子的另一个上施加上述控制电路内的反馈误差信号。

21. 如权利要求 1~17 中的任何一项所述的光传输系统, 其特征在于:

30 上述光接收装置具有:

光载波频率检测单元, 从通过上述平衡型检波电路检波的接收信号光中, 检测光载波频率与上述马赫-曾德干涉仪的光频率特性的相

对位置；以及

偏置设定电路，在上述控制电路内的反馈误差信号上给与偏置，
调整上述偏置设定电路的偏置值，使得上述光载波频率的位置与
上述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的峰值或者谷值的位置一
5 致。

22. 如权利要求 1~17 中的任何一项所述的光传输系统，其特征
在于：

上述光发送装置具有：

调制状态控制单元，接通/断开主信号的调制；以及

10 第 1 控制信号通信单元，使用与上述主信号的线路另外设置的控
制用线路，与上述光接收装置进行通信，

上述光接收装置具有：

光载波频率检测单元，从通过上述平衡型检波电路检波的接收信
号光中，检测光载波频率与上述马赫-曾德干涉仪的光频率特性的相
15 对位置；

偏置设定电路，在上述控制电路内的反馈误差信号上给与偏置；
以及

第 2 控制信号通信单元，使用上述控制用线路与上述光发送装置
进行通信，

20 在启动上述光传输系统时，上述光发送装置通过上述调制状态控
制单元使上述主信号的调制断开，仅仅发送光载波，上述光接收装置
通过上述光载波频率检测单元检测从上述光发送装置发送来的上述光
载波的频率与上述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的相对位置，
调整上述偏置设定电路的上述偏置，使得上述光载波频率的位置与上
25 述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的峰值或者谷值的位置一致，
上述光接收装置使用上述第 2 控制信号通信单元将表示偏置调整结束
的控制信号传送到上述光发送装置，上述光发送装置在接收该控制信
号后，使上述主信号的调制接通。

23. 一种光传输系统的光发送装置，该光传输系统具备输出差分
30 编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解
调的光接收装置，

上述光发送装置具有：编码器，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-

I 码的信号；以及相位调制器，对通过上述编码器编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 的范围内给与相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光，

上述光接收装置具有：马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1 位，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；以及平衡型光接收器，将来自该马赫-曾德干涉仪的 2 个输出端口的信号光进行光电转换，输出转换了的电信号的差分，其特征在于：

上述光发送装置具有：

时钟信号生成电路，生成与信号比特率相同的时钟信号；以及强度调制器，用通过该时钟信号生成电路输出的时钟信号，进行上述相位调制光的强度调制。

24. 一种光传输系统的光发送装置，该光传输系统具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收装置，

上述光发送装置具有：编码器，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号；以及相位调制器，对通过上述编码器编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 的范围内给与相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光，

上述光接收装置具有：马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1 位，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；以及平衡型光接收器，将来自该马赫-曾德干涉仪的 2 个输出端口的信号光进行光电转换，输出转换了的电信号的差分，其特征在于：

上述光发送装置具有振荡电路，生成对于叠加直接将上述光发送装置的光源进行强度调制的频率 f_1 的低频信号来说充分高的频率 f_2 的信号。

25. 一种光传输系统的光接收装置，该光传输系统具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收装置，上述光发送装置具有：编码器，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号；以及相位调制器，对通过上述编码器编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 的范围内给与相位振幅 $\Delta \phi$ 的相

位调制光，其特征在于：

上述光接收装置具有：

马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1 位，使两信号光发生干涉，转换成强度调
5 制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；

平衡型检波电路，将来自该马赫-曾德干涉仪中的 2 个输出端口的信号光光电转换，输出转换了的电信号的差分；

低频信号发生电路，在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上施加频率 f_1 的第 1 低频信号；

10 微小调制信号成分检测电路，从上述平衡型检波电路供给的信号中检测第 2 低频信号；

同步检波电路，通过用从上述低频信号发生电路输出的上述第 1 低频信号，对从上述微小调制信号成分检测电路输出的上述第 2 低频信号进行同步检波，从而检测从上述光发送装置输出的上述相位调制
15 光的中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的通带波长的偏离量及其方向；

控制电路，输出用于调整上述 2 分支的信号光的相位差以便校正上述偏离量的控制信号；以及

驱动电路，基于上述控制信号驱动上述相位调整端子。

20 26. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

眼开口监视电路，输出对眼开口进行监视的信号，该眼开口是从上述平衡型检波电路输出的信号分支了的信号的眼开口；以及

25 带通滤波器，使包含在从上述眼开口监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

30 27. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信

号，而且在其内部具备误码检测功能；

错误检测数监视电路，输出监视从上述数据再生电路输出的错误检测数信息的信号；以及

5 带通滤波器，使包含在从上述错误检测数监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

28. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

10 上述平衡型检波电路具有均衡放大电路，

上述微小调制信号成分检测电路具有：

电流消耗监视电路，输出监视上述均衡放大电路的电流消耗的信号；以及

15 带通滤波器，使包含在从上述电流消耗监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

29. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

20 上述平衡型检波电路具有：

光分支单元，将上述马赫-曾德干涉仪的上述 2 个输出端口分别分支成 2 个；

光耦合单元，使用该光分支单元分支的 2 个光发生干涉；以及

光检波单元，将从该光耦合单元输出的光信号转换成电信号，

25 上述微小调制信号成分检测电路具有带通滤波器，使包含在从上述光检波单元输出的上述电信号中的上述第 2 低频信号通过，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

30 30. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述马赫-曾德干涉仪的自由光谱范围从主信号的时钟频率稍微偏移，

上述微小调制信号成分检测电路具有：

第 1 放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的一个光探测器的光电流；以及

5 带通滤波器，从该第 1 放大器的输出中提取上述第 2 低频信号的成分，

上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

31. 如权利要求 30 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

10 上述微小调制信号成分检测电路进而具有：

第 2 放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的另一个光探测器的光电流；以及

减法器，输出上述第 1 放大器的输出与上述第 2 放大器的输出的差，

15 上述带通滤波器从该减法器的输出中提取上述第 2 低频信号的成分。

32. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

20 时钟提取电路，从上述平衡型检波电路输出的信号序列中提取时钟；以及

低频信号提取电路，提取叠加在从上述时钟提取电路输出的时钟信号上的上述第 2 低频信号，

25 上述同步检波电路基于从上述低频信号提取电路输出的上述第 2 低频信号，检测上述偏离量及其方向。

33. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述微小调制信号成分检测电路具有：

30 数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号；

关联检测电路，检测上述数据再生电路的输出信号与识别前的信号的关联；以及

低频信号提取电路，从上述关联检测电路的输出中提取上述第 2 低频信号。

34. 如权利要求 25 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

5 具有：

强度调制单元，通过对于叠加上述频率 f_1 的低频信号来说充分高的频率 f_2 的信号，对上述相位调制光进行强度调制；以及

强度调制成分检测单元，检测上述频率 f_2 的强度调制成分，

10 上述微小调制信号成分检测电路提取叠加在检测的上述频率 f_2 的上述强度调制成分上的频率 f_1 的上述第 2 低频信号。

35. 如权利要求 34 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

15 上述光接收装置中作为上述强度调制单元具有：生成上述频率 f_2 的信号的振荡电路、以及用该振荡电路的输出信号对信号光进行强度调制的强度调制器。

36. 如权利要求 34 所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

20 上述光接收装置中作为上述强度调制单元具备：生成上述频率 f_2 的信号的振荡电路和连接在该振荡电路上的光放大器，通过上述振荡电路用上述频率 f_2 调制该光放大器的增益。

37. 如权利要求 34 ~ 36 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：

25 光分支电路，将上述马赫 - 曾德干涉仪中的上述 2 个输出端口中的一个端口进行分支；

监视用光接收器，连接在该光分支电路上；以及

提取电路，从该监视用光接收器输出的强度调制光中提取频率 f_2 的成分。

38. 如权利要求 34 ~ 36 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：

输入电平调整单元，使输入到上述平衡型检波电路中的上述转换

了的强度调制光的输入电平成为非对称; 以及

提取电路, 从上述平衡型检波电路的输出信号中提取上述频率 f_2 的成分。

39. 如权利要求 25 ~ 38 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置, 其特征在于:

上述微小调制信号成分检测电路具有识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号的数据再生电路,

上述光接收装置进而具有:

逻辑反转电路, 使上述数据再生电路的输出信号的逻辑反转后输出;

选择单元, 按照规定的逻辑指定信号有选择地输出上述数据再生电路的输出与上述逻辑反转电路的输出的任何一个; 以及

极性选择单元, 当上述逻辑反转电路的输出被选择时, 使上述控制电路内的反馈误差信号的极性反转,

使从上述光发送装置输出的上述相位调制光的上述中心波长与上述马赫 - 曾德干涉仪的上述通带波长的偏离的校正量成为上述马赫 - 曾德干涉仪的重复频率的 $1/2$ 以下。

40. 如权利要求 25 ~ 39 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置, 其特征在于:

具有:

温度检测电路, 检测上述马赫 - 曾德干涉仪的基板温度的状态; 以及

回路开闭开关, 使向该马赫 - 曾德干涉仪的反馈控制接通/断开, 当上述马赫 - 曾德干涉仪的上述基板温度不在适当范围的情况下, 打开进行上述反馈控制的回路, 当上述马赫 - 曾德干涉仪的上述基板温度位于上述适当范围的情况下, 闭合上述回路进行上述反馈控制。

41. 如权利要求 25 ~ 39 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置, 其特征在于:

上述控制电路进而具有:

锁定检测电路, 检测进行向上述马赫 - 曾德干涉仪的反馈控制的回路的锁定状态; 以及

再锁定电路，当上述锁定状态表示上述回路的锁定解锁时，进行向上述锁定状态的再锁定，

5 当上述锁定检测电路检测出上述锁定状态时，进行通常的反馈控制，当上述锁定检测电路没有检测出上述锁定状态时，扫描施加在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上的驱动信号，当上述锁定检测电路再次检测出锁定状态时，就切换到进行上述通常的反馈控制的状态。

42. 如权利要求 25~39 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

10 上述马赫-曾德干涉仪具备独立的 2 个相位调整端子，

在上述 2 个相位调整端子的一个上施加上述微小调制信号振荡电路的输出，在上述 2 个相位调整端子的另一个上施加上述控制电路内的反馈误差信号。

15 43. 如权利要求 25~39 中的任何一项所述的光传输系统的光接收装置，其特征在于：

具有：

光载波频率检测单元，从通过上述平衡型检波电路检波的接收信号光中，检测光载波频率与上述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的相对位置；以及

20 偏置设定电路，在上述控制电路内的反馈误差信号上给与偏置，

调整上述偏置设定电路的偏置值，使得上述光载波频率的位置与上述马赫-曾德干涉仪的光频率特性的峰值或者谷值的位置一致。

光传输系统、光传输系统的光发送装置及光接收装置

技术领域

5 本发明涉及应用了 DPSK-DD 方式的光传输系统、该光传输系统的光发送装置及光接收装置。

本申请要求享有 2004 年 3 月 17 日提出的专利申请特愿 2004-76746 号的优先权，在此援引其内容。

10 背景技术

随着宽带传输时代的到来，越来越要求光传输系统的大容量化。虽然通过波分复用技术（WDM 技术）能够比较容易地实现大容量化，但是每一波长比特率的高速化的研究也十分活跃。其原因在于，通过使每一波长的比特率高速化，能够降低装置成本，使装置小型化、低

15 功耗化，从而降低系统整体的初始成本和运行成本。

实现 40Gbit/s/CH 的电路已经处于实用阶段。在 WDM 传输这样高速的光信号的情况下，由色散引起的可传输距离限制、由光纤的非线性特性引起的向光纤的输入功率限制等都成为问题。特别是，作为向光纤的非线性特性的对应措施，近年来对差分移相键控 - 直接检测方式（DPSK-DD 方式）的研究十分活跃。

20

此外，也在进行使用了具有更大抗非线性的 RZ (Return-to-Zero: 归零) -DPSK 方式和 CS (Carrier Suppressed: 载波抑制) RZ-DPSK 方式的 WDM 技术的研究。在输入功率限制方面，与在现有的光传输系统中经常使用的 NRZ 码 (Non-Return-Zero 码: 非归零码) 相比，RZ 码

25 更具有适应输入功率限制能力。

在 DPSK - DD 方式 (包含 RZ-DPSK、CSRZ-DPSK 等的 RZ 系的 DPSK-DD 方式) 中，在接收装置中使用马赫 - 曾德干涉仪等解调器将相位调制信号转换成强度调制码后，直接用光接收器进行检波。这时，通过使用双平衡接收，能够进行差分光接收，由于识别灵敏度与用一个光接收器直接对强度调制信号进行检波的情况相比改善 3dB，所以光接收器一般使用双平衡接收器。

30

为了用马赫 - 曾德干涉仪将相位调制信号解调为强度调制信号，

必须追随信号光波长的变动以波长电平来控制马赫-曾德干涉仪的 2 个光路的光程差。作为进行该控制的方法,例如,如在专利文献 1 中说明的那样,有下述方法:检测平衡型光接收器的输出电平,控制设置在干涉仪的一个臂上的移相器,使其得到恒定输出。

- 5 使用市场销售的、在 PLC (Planar Lightwave Circuit: 平面光波回路) 上生成的光波导型的干涉仪作为马赫-曾德干涉仪。能够通过控制基板的温度(通带变化量: $1.4\text{GHz}/^{\circ}\text{C}$) 或者控制加热安装在两臂上的加热器(相位变化量: $1.33\pi/W$) 来作为光程差的控制方法。

- 10 专利文献 1: 特开昭 63-52530 号公报

但是,在特开昭 63-52530 号公报“相干光通信用的接收器”中说明的方法中,由于移相器的最佳点是检测信号电平的最大值,所以即使能够检测出信号光波长与干涉仪的通带的偏离的绝对值,也不能检测出偏离的方向。这是现有技术的第一个课题。

- 15 当应用在 WDM 传输系统的情况下,由于一般情况下 WDM 的波长间隔与马赫-曾德干涉仪的重复频率不一致,因而必须控制马赫-曾德干涉仪的光程差。(如果用频率轴表现它,则必须控制马赫-曾德干涉仪的通带波长)当信号速度成为高速时,控制范围增宽。假如是 40Gbit/s 的信号,由于马赫-曾德干涉仪的重复频率为 40GHz , 则
20 振荡波长与马赫-曾德干涉仪的通带的差最大为 20GHz 。马赫-曾德干涉仪是 PLC,如果用基板温度进行通带的控制,则必须变更约 15°C , 这需要很大的功耗。这是第二个课题。

发明内容

- 25 本发明是鉴于这种情况进行,其目的在于:提供一种能够设定在与发送侧的光源的光频率匹配的、马赫-曾德干涉仪的最佳工作点上的光传输系统、光传输系统的光发送装置及光接收装置。

- 为了达到上述目的,本发明的光传输系统具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收
30 装置,上述光发送装置具有:编码器,将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号;相位调制器,对通过上述编码器编码的标记与间隔、输出在 $0 < \Delta\phi < \pi$ 范围内给与了相位振幅 $\Delta\phi$ 的相位调制光,上述

光接收装置具有：马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，使该 2 分支的一个信号光发生 1 位延迟，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；平衡型检波电路，将来自该马赫-曾德干涉仪中的 2 个输出端口的信号光光电转换，输出转换的电信号的差分；低频信号发生电路，在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上施加频率 f_1 的第 1 低频信号；微小调制信号成分检测电路，从上述平衡型检波电路供给的信号中检测第 2 低频信号；同步检波电路，通过用从上述低频信号发生电路输出的上述第 1 低频信号，对从上述微小调制信号成分检测电路输出的上述第 2 低频信号进行同步检波，从而检测从上述光发送装置输出的上述相位调制光的中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的通带波长的偏离量及其方向；控制电路，输出用于调整上述 2 分支的信号光的相位差以便校正上述偏离量的控制信号；以及驱动电路，基于上述控制信号驱动上述相位调整端子。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：眼开口 (eye-opening) 监视电路，输出对将从上述平衡型检波电路输出的信号分支了的信号的眼开口进行监视的信号；带通滤波器，使包含在从上述眼开口监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号，而且在其内部具备误码检测功能；错误检测数监视电路，输出监视从上述数据再生电路输出的错误检测数信息的信号；带通滤波器，使包含在从上述错误检测数监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述平衡型检波电路具有均衡放大电路，上述微小调制信号成分检测电路具有：电流消耗监视电路，输出监视上述均衡放大电路的电流消耗的信号；带通滤波器，使包含在从上述电流消耗监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述

偏离量及其方向。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述平衡型检波电路具有：光分支单元，将上述马赫-曾德干涉仪的上述2个输出端口分别分支成2个；光耦合单元，使在该分支单元被分支的2个光发生干涉；
5 以及光检波单元，将从该光耦合单元输出的光信号转换成电信号，上述微小调制信号成分检测电路具有带通滤波器，使包含在从上述光检波单元输出的上述电信号中的上述第2低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述马赫-曾德干涉仪的自由光谱范围从主信号的时钟频率稍微偏移，上述微小调制信号成分
10 检测电路具有：第1放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的一个光探测器的光电流；以及带通滤波器，从该第1放大器的输出中提取上述第2低频信号成分，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路进而具有：第2放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的另一个光探测器的光电流；以及减法器，输出上述第1放大器的输出与
15 上述第2放大器的输出的差，上述带通滤波器从该减法器的输出中提取上述第2低频信号成分。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：时钟提取电路，从上述平衡型检波电路输出的信号序列
20 中提取时钟；以及低频信号提取电路，提取叠加在从上述时钟提取电路输出的时钟信号上的上述第2低频信号，上述同步检波电路基于从上述低频信号提取电路输出的上述第2低频信号，检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光发送装置具有：时钟信号生成电路，生成与信号比特率相同的时钟信号；以及强度调制器，用从该时钟信号生成电路输出的时钟信号进行上述相位调制光的
25 强度调制，上述平衡型检波电路具有：光分支电路，将上述马赫-曾德干涉仪中的上述2个输出端口中的一个端口进行分支；以及监视用光接收器，连接在该光分支电路上，上述微小调制信号成分检测电路具有：窄带放大器，从上述监视用光接收器输出的强度调制光中提取

叠加了上述第 2 低频信号的时钟；以及功率检测电路，从提取的时钟中提取上述第 2 低频信号，上述同步检波电路基于上述功率检测电路的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

5 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号；关联检测电路，检测上述数据再生电路的输出信号与识别前的信号的关联；以及低频信号提取电路，从上述关联检测电路的输出中提取上述第 2 低频信号。

10 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光传输系统具有：强度调制单元，通过对于叠加上述频率 f_1 的低频信号来说充分高的频率 f_2 的信号，对上述相位调制光进行强度调制；以及强度调制成分检测单元，检测上述频率 f_2 的强度调制成分，上述微小调制信号成分检测电路提取叠加在检测的上述频率 f_2 的上述强度调制成分上的频率 f_1 的上述第 2 低频信号。

15 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光发送装置中作为上述强度调制单元具有振荡电路，生成上述频率 f_2 的信号直接对上述光发送装置的光源进行强度调制。

20 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制单元具有生成上述频率 f_2 的信号的振荡电路和用该振荡电路的输出信号对信号光进行强度调制的强度调制器。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制单元具备生成上述频率 f_2 的信号的振荡电路和连接在该振荡电路上的光放大器，通过上述振荡电路用上述频率 f_2 调制该光放大器的增益。

25 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：光分支电路，分支上述马赫-曾德干涉仪中的上述 2 个输出端口中的一个端口；连接在该光分支电路上的监视用光接收器；以及提取电路，从该监视用光接收器输出的强度调制光中提取上频率 f_2 成分。

30 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：输入电平调整单元，使输入到上述平衡型检波电路中的上述转换了的强度调制光的输入电平成为非对称；

以及提取电路，从上述平衡型检波电路的输出信号中提取上述频率 f_2 成分。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号，上述光接收装置进而具有：逻辑反转电路，使上述数据再生电路的输出信号的逻辑反转并输出；选择单元，按照规定的逻辑指定信号有选择地输出上述数据再生电路的输出与上述逻辑反转电路的输出任何一方；以及极性选择单元，当选择上述逻辑反转电路的输出时，使上述控制电路内的反馈误差信号的极性反转，从上述光发送装置输出的上述相位调制光的上述中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的上述通带波长的偏离校正量成为上述马赫-曾德干涉仪的重复频率的 $1/2$ 以下。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光接收装置进而具有：温度检测电路，检测上述马赫-曾德干涉仪的基板温度的状态；以及回路开闭开关，接通/断开向该马赫-曾德干涉仪的反馈控制，当上述马赫-曾德干涉仪的上述基板温度不在适当范围的情况下，打开进行上述反馈控制的回路，当上述马赫-曾德干涉仪的上述基板温度位于上述适当范围内的情况下，闭合上述回路进行上述反馈控制。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述控制电路进而具有：锁定检测电路，检测进行向上述马赫-曾德干涉仪的反馈控制的回路的锁定状态；以及再锁定电路，当上述锁定状态表示上述回路的锁定解锁时，进行向上述锁定状态的再锁定，当上述锁定检测电路检测出上述锁定状态时，进行通常的反馈控制，当上述锁定检测电路没有检测出上述锁定状态时，扫描施加在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上的驱动信号，当上述锁定检测电路再次检测出锁定状态时，就切换到进行上述通常的反馈控制的状态。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述马赫-曾德干涉仪具备独立的 2 个相位调整端子，在上述 2 个相位调整端子的一个上施加上述微小调制信号振荡电路的输出，在上述 2 个相位调整端子的另一个上施加上述控制电路内的反馈误差信号。

在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光接收装置具有：光载波频率检测单元，从通过上述平衡型检波电路检波的接收信号光

中，检测光载波频率与上述马赫-曾德干涉仪的光频率特性的相对位置；以及偏置设定电路，在上述控制电路内的反馈误差信号上给与偏置，调整上述偏置设定电路的偏置值，使得上述光载波频率的位置与上述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的峰值或者谷值位置一致。

5 在本发明的光传输系统中，也可以制成上述光发送装置具有：调制状态控制单元，接通/断开主信号的调制；以及第 1 控制信号通信单元，使用与上述主信号的线路另外设置的控制用线路，与上述光接收装置进行通信，上述光接收装置具有：光载波频率检测单元，从通过上述平衡型检波电路检波的接收信号光中，检测光载波频率与上述
10 马赫-曾德干涉仪的光频率特性的相对位置；偏置设定电路，在上述控制电路内的反馈误差信号上给与偏置；以及第 2 控制信号通信单元，使用上述控制用线路与上述光发送装置进行通信，在启动上述光传输系统时，上述光发送装置通过上述调制状态控制单元使上述主信号的调制 OFF，仅仅发送光载波，上述光接收装置通过上述光载波频率检测单元检测从上述光发送装置发送来的上述光载波的频率与上述马赫
15 -曾德干涉仪的上述光频率特性的相对位置，调整上述偏置设定电路的上述偏置，使得上述光载波频率的位置与上述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的峰值或者谷值的位置一致，上述光接收装置使用上述第 2 控制信号通信单元将表示偏置调整结束的控制信号传送到上述
20 光发送装置，上述光发送装置在接收该控制信号后，使上述主信号的调制 ON。

本发明第 1 方式的光发送装置是具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收装置的光传输系统的光发送装置，其中，上述光发送装置具有：编码器，将
25 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号；相位调制器，对通过上述编码器编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 的范围内给与相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光，上述光接收装置具有：马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1 位，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；平衡型光接收器，将来自该
30 马赫-曾德干涉仪的 2 个输出端口的信号光光电转换，输出转换了的电信号的差分，上述光发送装置具有：时钟信号生成电路，生成与信

号比特率相同的时钟信号；以及强度调制器，用通过该时钟信号生成电路输出的时钟信号，进行上述相位调制光的强度调制。

5 本发明第 2 方式的光发送装置是具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收装置的光传输系统的光发送装置，其中，上述光发送装置具有：编码器，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号；相位调制器，对通过上述编码器编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 的范围内给与相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光，上述光接收装置具有：马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1
10 位，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；以及平衡型光接收器，将来自该马赫-曾德干涉仪的 2 个输出端口的信号光光电转换，输出转换了的电信号的差分，上述光发送装置具有振荡电路，生成对于叠加直接对上述光发送装置的光源进行强度调制的频率 f_1 的低频信号来说
15 充分高的频率 f_2 的信号。

本发明的光接收装置是具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置、以及接收该相位调制光并进行解调的光接收装置的光传输系统的光接收装置，其中，上述光发送装置具有：编码器，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I 码的信号；相位调制器，对通过上述编码器编
20 码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 的范围内给与相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光，上述光接收装置具有：马赫-曾德干涉仪，将接收的上述相位调制光 2 分支，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1 位，使两信号光发生干涉，转换成强度调制光，而且具有用于设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子；平衡型检波电路，将来自该马赫-曾德干涉仪中的 2 个输出端口的信号光光电转换，输出转换了的电信号的差分；低频信号发生电路，在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上施加频率 f_1 的第 1 低频信号；微小调制信号成分检测电路，从上述平衡型检波电路供给的信号中检测第 2 低频信号；同步检波电路，通过用从上述低频信号发生电路输出的上述第 1 低频信号对从上述
30 微小调制信号成分检测电路输出的上述第 2 低频信号进行同步检波，检测从上述光发送装置输出的上述相位调制光的中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的通带波长的偏离量及其方向；控制电路，输出用

于调整上述 2 分支的信号光的相位差以便校正上述偏离量的控制信号；以及驱动电路，基于上述控制信号驱动上述相位调整端子。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：眼开口监视电路，输出对将从上述平衡型检波电路输出的信号分支了的信号的眼开口进行监视的信号；带通滤波器，使包含在从上述眼开口监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号，检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号，而且在其内部具备误码检测功能；错误检测数监视电路，输出监视从上述数据再生电路输出的错误检测数信息的信号；带通滤波器，使包含在从上述错误检测数监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述平衡型检波电路具有均衡放大电路，上述微小调制信号成分检测电路具有：电流消耗监视电路，输出监视上述均衡放大电路的电流消耗的信号；以及带通滤波器，使包含在从上述电流消耗监视电路输出的信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述平衡型检波电路具有：光分支单元，将上述马赫-曾德干涉仪的上述 2 个输出端口分别分支成 2 个；光耦合单元，使用该光分支单元分支的 2 个光发生干涉；光检波单元，将从该光耦合单元输出的光信号转换成电信号，上述微小调制信号成分检测电路具有带通滤波器，使包含在从上述光检波单元输出的上述电信号中的上述第 2 低频信号通过，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述马赫-曾德干涉仪的自由光谱范围从主信号的时钟频率稍微偏移，上述微小调制信号成分检测电路具有：第 1 放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的一个光探测器的光电流；以及带通滤波器，从该第 1 放大器的输出中提取

上述第 2 低频信号的成分，上述同步检波电路基于上述带通滤波器的输出信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路进而具有：第 2 放大器，放大构成上述平衡型光检波电路的另一个光探测器的光电流；以及减法器，输出上述第 1 放大器的输出与上述第 2 放大器的输出的差，上述带通滤波器从该减法器的输出中提取上述第 2 低频信号的成分。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：时钟提取电路，从上述平衡型检波电路输出的信号序列中提取时钟；以及低频信号提取电路，提取叠加在从上述时钟提取电路输出的时钟信号上的上述第 2 低频信号，上述同步检波电路基于从上述低频信号提取电路输出的上述第 2 低频信号检测上述偏离量及其方向。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有：数据再生电路，识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号；关联检测电路，检测上述数据再生电路的输出信号与识别前的信号的关联；低频信号提取电路，从上述关联检测电路的输出中提取上述第 2 低频信号。

在本发明的光接收装置中，也可以制成具有：强度调制单元，通过对于叠加上述频率 f_1 的低频信号来说充分高的频率 f_2 的信号，对上述相位调制光进行强度调制；以及强度调制成分检测单元，检测上述频率 f_2 的强度调制成分，上述微小调制信号成分检测电路提取叠加在检测的上述频率 f_2 的上述强度调制成分上的频率 f_1 的上述第 2 低频信号。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制单元具有生成上述频率 f_2 的信号的振荡电路和用该振荡电路的输出信号对信号光进行强度调制的强度调制器。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制单元具备生成上述频率 f_2 的信号的振荡电路和连接在该振荡电路上的光放大器，通过上述振荡电路用上述频率 f_2 调制该光放大器的增益。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述光接收装置中作为上

述强度调制成分检测单元具有：光分支电路，对上述马赫-曾德干涉仪中的上述2个输出端口中的一个端口进行分支；监视用光接收器，连接在该光分支电路上；以及提取电路，从该监视用光接收器输出的强度调制光中提取频率 f_2 的成分。

5 在本发明的光接收装置中，也可以制成上述光接收装置中作为上述强度调制成分检测单元具有：输入电平调整单元，使输入到上述平衡型检波电路中的上述转换了的强度调制光的输入电平成为非对称；以及提取电路，从上述平衡型检波电路的输出信号中提取上述频率 f_2 的成分。

10 在本发明的光接收装置中，也可以制成上述微小调制信号成分检测电路具有识别并再生从上述平衡型检波电路输出的电信号的数据再生电路，上述光接收装置进而具有：逻辑反转电路，使上述数据再生电路的输出信号的逻辑反转后输出；选择单元，按照规定的逻辑指定信号有选择地输出上述数据再生电路的输出与上述逻辑反转电路的输出
15 出的任何一个；以及极性选择单元，当上述逻辑反转电路的输出被选择时，使上述控制电路内的反馈误差信号的极性反转，使从上述光发送装置输出的上述相位调制光的上述中心波长与上述马赫-曾德干涉仪的上述通带波长的偏离的校正量成为上述马赫-曾德干涉仪的重复频率的 $1/2$ 以下。

20 在本发明的光接收装置中，也可以制成具有：温度检测电路，检测上述马赫-曾德干涉仪的基板温度的状态；以及回路开闭开关，使向该马赫-曾德干涉仪的反馈控制接通/断开，当上述马赫-曾德干涉仪的上述基板温度不在适当范围的情况下，打开进行上述反馈控制的回路，当上述马赫-曾德干涉仪的上述基板温度位于上述适当范围
25 的情况下，闭合上述回路进行上述反馈控制。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述控制电路进而具有：锁定检测电路，检测进行向上述马赫-曾德干涉仪的反馈控制的回路的锁定状态；以及再锁定电路，当上述锁定状态表示上述回路的锁定
30 解锁时，进行向上述锁定状态的再锁定，当上述锁定检测电路检测出上述锁定状态时，进行通常的反馈控制，当上述锁定检测电路没有检测出上述锁定状态时，扫描施加在上述马赫-曾德干涉仪的上述相位调整端子上的驱动信号，当上述锁定检测电路再次检测出锁定状态

时，就切换到进行上述通常的反馈控制的状态。

在本发明的光接收装置中，也可以制成上述马赫-曾德干涉仪具备独立的2个相位调整端子，在上述2个相位调整端子的一个上施加上述微小调制信号振荡电路的输出，在上述2个相位调整端子的另一个上施加上述控制电路内的反馈误差信号。

在本发明的光接收装置中，也可以制成具有：光载波频率检测单元，从通过上述平衡型检波电路检波的接收信号光中，检测光载波频率与上述马赫-曾德干涉仪的上述光频率特性的相对位置；以及偏置设定电路，在上述控制电路内的反馈误差信号上给与偏置，调整上述偏置设定电路的偏置值，使得上述光载波频率的位置与上述马赫-曾德干涉仪的光频率特性的峰值或者谷值的位置一致。

如上所述，按照本发明，在DPSK-DD方式的光传输系统中，通过用恒定的频率来调制光接收装置所具备的马赫-曾德干涉仪的2个臂的信号光的相位差，检测该频率成分的相位，从而能够设定在与发送侧的光源的光频率相匹配的、马赫-曾德干涉仪的最佳工作点上，能够得到最佳的光接收特性。

附图说明

图1是表示本发明第1实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图2是表示本发明第2实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图3是表示本发明第3实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图4是表示本发明第4实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图5是表示本发明第5实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图6是表示本发明第6实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图7是表示本发明第7实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图8是表示本发明第8实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图9是表示本发明第9实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图10A是表示马赫-曾德干涉仪的输入输出特性的图。

图10B是表示马赫-曾德干涉仪的输入输出特性的图。

图10C是表示马赫-曾德干涉仪的输入输出特性的图。

图10D是表示马赫-曾德干涉仪的输入输出端口及2个臂的关系的图。

图 11 是表示本发明的光传输系统中的光接收装置的基本结构的方框图。

图 12 是表示平衡型光接收器输出的相位偏离依赖性的说明图。

5 图 13 是表示本发明第 10 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 14 是表示本发明第 11 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 15 是表示本发明第 12 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

10 图 16 是表示本发明第 13 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 17 是表示本发明第 14 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 18 是表示马赫-曾德干涉仪的 FSR 偏移的图。

15 图 19 是表示马赫-曾德干涉仪的 FSR 偏移量与微小调制信号成分检测灵敏度的关系图。

图 20 是表示马赫-曾德干涉仪的 FSR 偏移引起的眼开口损失 (penalty) 的图。

20 图 21 是表示本发明第 15 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 22 是表示本发明第 16 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 23 是表示本发明第 17 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

25 图 24 是表示带有再锁定功能控制电路的结构的方框图。

图 25 是表示带有再锁定功能控制电路的三角波发生电路的工作的图。

图 26 是表示锁定检测电路结构的方框图。

图 27 是表示锁定检测电路与三角波发生电路的工作的图。

30 图 28 是表示本发明第 18 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图 29 是表示本发明第 19 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

图。

图 30 是表示本发明第 20 实施方式的光传输系统的结构的方框图。

符号说明

5	1 ... 光发送装置	2 ... 光接收装置	100 ... 编码器
	101 ... 光源	102 ... 调制器驱动电路	103 ... 相位调制器
	105 时钟信号生成电路	106 ... 振荡电路	110 ... 调制状态控制电路
	111 ... 控制信号通信电路	200 ... DPSK 码解调用 MZI (马赫-曾德干涉仪)	201 ... 相位调整端子
10	202 ... 平衡型光接收器	203 ... 放大器	204 ... 数据再生电路
	205 ... 时钟提取电路	207 ... 控制器	209 ... 逻辑反转电路
	210 ... 监视用光接收器	211 ... 窄带放大器	212 ... 差分电路
	213 ... 滤波器	214 ... 放大器	215 ... 强度调制器
	216 ... 振荡电路	217 ... 光放大器	218 ... 振荡电路
15	219 ... 光衰减器	220 ... 光分支电路	221 ... 平衡型检波电路
	222 ... 微小调制信号成分检测电路	223 ... 同步检波电路	224 ... 微小调制信号振荡电路
	225 ... 加法器	226 ... 驱动器	231 ... 眼开口监视电路
	232 ... 带通滤波器	241 ... 错误检测数监视电路	251 ... 电流消耗监视电路
	252 ... 跨阻抗放大器	253 ... 限幅放大器	254 ... 电阻
20	255 ... 放大器	261 ... 光分支电路	262 ... 光分支电路
	263 ... 光耦合电路	264 ... 光探测器	265 ... 放大电路
	271 ... 电阻	272 ... 放大电路	273 ... 电阻
	274 ... 减法器	275 ... 放大电路	281 ... MZI 加热检测电路
	282 ... 回路开闭开关	284 ... 锁定检测电路	285 ... 带有回路再锁定功能
25	286 ... MZI 温度监视器	287 ... 比较器	291 ... 相位调整端子
	292 ... 微小调制工作点设定电路	293 ... 驱动器	294 ... MZI 偏置设定电路
	295 ... 光载波频率检测电路	297 ... 控制信号通信电路	2080 ... 功率检测电路
	2841 ... 电阻	2842 ... 电阻	2843 ... 电阻
	2844 ... 比较器	2845 ... 比较器	2846 ... AND 电路
30	2851 ... 三角波发生电路	2852 ... 放大器	2853 ... 加法器
	2854 ... 开关	2855 ... 比较器	2856 ... 开关
	2857 ... 积分电路	2858 ... 电阻	2859 ... 电阻
	C1 ... 电容		

具体实施方式

以下,参照附图详细说明本发明的实施方式。但是,本发明不是限定于以下说明的各实施方式,例如,也可以适当组合这些实施方式的结构要素彼此。

在说明本发明的实施方式之前,参照图 10A 到图 10D、图 11 及图 12,说明本发明的原理。

当解决上述第一课题时,为了检测信号光的波长与干涉仪的通带的偏离的方向,对设置在干涉仪上的移相器施加低频信号,检测该低频信号的电平或者相位。

图 10A~图 10C 表示将相位调制光转换成强度调制光的马赫-曾德干涉仪(以下记为 MZI)的输入输出特性。图 10A 表示输出端口 1、2 对臂 1、2 的光相位差的光强度。图 10A 的上侧表示输出端口 2,下侧表示输出端口 1。图 10B、图 10C 分别表示从输入端口向输出端口 1、2 的透射率作为输入光的频率的函数。如图 10D 所示,从 MZI200 的输入端口 (Port) 输入的相位调制光被 2 分支成臂 (Arm) 1 与臂 2。

在臂 2 给与与信号比特率对应的时隙延迟后,两臂的光干涉,从输出端口 (Port) 输出。这时,在输出端口上输出的光强度依赖于 2 个臂的延迟差。例如,在输出端口 1 中相位差为 0 时,光强度最大,当相位差为 π 或者 $-\pi$ 时,光强度最小。也就是说,相位调制光的相位连续 2 时隙为 0 时,输出端口 1 的输出强度为最小,当连续的 2 时隙为 0、 π 或者 π 、0 时,输出强度最大。

即,该点成为 MZI 的最佳工作点。在这里,当因某种原因两臂的延迟差从相位差 0 偏离时,光强度的最小值增加,相反,最大值减小。由此,发生光接收装置的光探测灵敏度下降。

但是,当在频率轴观察 MZI200 的输入输出特性时,重复频率具有与信号比特率相等的滤波特性。当进行调整使得两臂的相位差为 0 成为最大光强度时,表示 MZI 的最大透射率的频率与信号光的中心频率一致。

图 11 表示本发明的光传输系统中的光接收装置的基本结构。在该图中,光接收装置具有: MZI200、相位调整端子 201、平衡型检波电路 221、微小调制信号成分检测电路 222、同步检波电路 223、发生

频率 f_1 的低频信号的微小调制信号振荡电路 224、通过加法器 225 在相位调整端子 201 上供给偏置电压的控制器 207。同步检波电路 223 可以是检测乘法器和混频器等的振幅与相位信息的电路，也可以是检测相位比较器和相位检测电路等的相位信息的电路。

5 如图 12 所示，平衡型检波电路 221 的输出信号在 DPSK 码解调用 MZI (以下记为 MZI) 200 的最佳工作点振幅最大。当将电压 (或者电流) 施加在设置在 MZI 200 的一个臂上的相位调整端子 201 上时，由于臂 1 与臂 2 的相位差变化，所以输出光的最小值与最大值变化。

在这里，当通过微小调制信号振荡电路 224 在该相位调整端子 201
10 上施加频率 f_1 的低频信号时，在 MZI 200 的最佳工作点 (图中 A) 最大值、最小值以频率 f_1 的 2 倍的速度变动。假如，相位差变化 $\Delta\phi_1$ 、偏离到图中 B 点时，在输出电压振幅减少的同时，叠加了低频 f_1 的信号。

此外，可知：在相位差变化 $\Delta\phi_2$ 、工作点偏离到 C 的情况下，
15 输出电压振幅也同样地减小，虽然叠加了频率 f_1 的低频信号，但与 B 点相比相位反转。

因此，通过微小调制信号成分检测电路 222，从平衡型检波电路 221 的输出中，提取叠加在其中的频率 f_1 的低频信号，用从在相位调整端子 201 上施加频率 f_1 的低频信号的微小调制信号振荡电路 224
20 输出的低频信号，通过同步检波电路 223 对该低频信号进行同步检波，从而检测工作点的偏离 (当用频率轴考虑时，相当于发送侧的光源的中心频率与 MZI 200 的通带的偏离) 的方向，控制施加在 MZI 200 的相位调整端子 201 上的电压 (或者电流)。

为了解决上述第二个课题，使用设置在微小调制信号成分检测电
25 路 222 内的没有图示的识别器的后级上的逻辑反转电路，通过按照需要反转信号的逻辑，使 MZI 通带的变动量成为现有的 $1/2$ 以下。

在图 10A ~ 图 10C 中，在没有进行相位控制的初始状态中，当设 MZI 的工作点位于 π 的位置时，需要调整 MZI 的基板温度或进行相位调整，使工作点偏移到相位差为 0 的点。但是，如果将 MZI 的两臂的
30 输出的相位差为 π 的点设定为工作点，就不需要该调整。但是，在这种情况下，输出的强度调制信号的逻辑就反转了。因此，如果在数据的识别再生后使信号的逻辑再度翻转，就返回到原来的信号逻辑。

[第 1 实施方式]

就本发明的第 1 实施方式的光传输系统进行说明。图 1 表示本发明的第 1 实施方式的光传输系统的结构。在该图中，光传输系统具备输出差分编码后的相位调制光的光发送装置 1、以及接收从光发送装置 1 传送的相位调制光并进行解调的光接收装置 2。

光发送装置 1 具有：编码器 100，将 NRZ 码的输入信号转换成 NRZ-I (Inverted: 反转) 码的信号；光源 101；调制器驱动电路 102；以及相位调制器 103，对通过编码器 100 编码的标记与间隔，输出在 $0 < \Delta \phi < \pi$ 范围内给与了相位振幅 $\Delta \phi$ 的相位调制光。

光接收装置 2 具有：马赫-曾德干涉仪 (DPSK 码解调用 MZI) 200，2 分支接收的来自光发送装置 1 的相位调制光，对该 2 分支的一个信号光使之延迟 1 位，使两信号光干涉转换成强度调制光，而且具有能够设定干涉的两信号间的相位差的相位调整端子 201；平衡型检波电路 221，对来自该马赫-曾德干涉仪 200 的 2 输出端口的信号光进行光电转换，输出转换了的电信号的差分。

进而，光接收装置 2 具有：微小调制信号成分检测电路 222、同步检波电路 223、控制器 207、微小调制信号振荡电路 224、加法器 225 以及驱动器 226。

微小调制信号成分检测电路 222 使用从平衡型检波电路 221 输出的信号，检测施加在马赫-曾德干涉仪 200 的相位调整端子 201 上的微小调制信号 (频率 f_1) 成分，输出到同步检波电路 223，并且从平衡型检波电路 221 的输出中识别并再生数据，将识别再生后的数据作为光接收装置 2 的输出信号输出。

同步检波电路 223 通过对微小调制信号成分检测电路 222 检测的微小调制信号与从微小调制信号振荡电路 224 直接输入的微小调制信号进行同步检波，检测叠加在通过了马赫-曾德干涉仪 200 的光信号上的微小调制信号成分的振幅与相位。在这里，检测的振幅与相位是从光信号载波频率与马赫-曾德干涉仪的光频率特性的偏离产生的误差信号成分，该振幅与相位的信号供给控制器 207 (一般情况下，是线路滤波器 + PID 控制)。

控制器 207 基于从同步检波电路 223 供给的信号，将用于调整 2 分支的信号光的相位差以便校正上述偏离的控制信号作为偏置信号输

出到加法器 225。加法器 225 对偏置信号加上从微小调制信号振荡电路 224 输出的微小调制信号，将该加算信号输出到驱动器 226。驱动器 226 基于加算信号驱动马赫-曾德干涉仪 200 的相位调整端子 201。反馈回路发挥作用使该误差信号成分为 0，最终使马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值与光信号的载波频率一致。

[第 2 实施方式]

就本发明的第 2 实施方式的光传输系统进行说明。图 2 表示本发明的第 2 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的光传输系统的不同点在于：平衡型检波电路 221 由平衡型光接收器 202 及放大器 203 构成，作为由微小调制信号成分检测电路 222 构成的电路的具体例子具有由数据再生电路 204、时钟提取电路 205 及功率检测电路 2080 构成的电路。由于其他的结构与第 1 实施方式的光传输系统相同，所以在同一的要素上标注同一符号。再有，在图 2 中，省略了图 1 所示的驱动器 226 的图示。

即，光接收装置 2 具有：平衡型光接收器 202；放大器 203，放大从平衡型光接收器 202 输出的信号；数据再生电路 204，从放大器 203 的输出识别数据并进行再生；时钟提取电路 205，通过放大器 203 从平衡型光接收器 202 输出的信号序列中提取时钟；微小调制信号振荡电路 224，在 MZI200 的相位调整端子 201 上施加频率 f_1 的低频信号；功率检测电路 2080，通过检测从时钟提取电路 205 输出的时钟信号的功率，提取叠加在时钟信号上的频率 f_1 的低频信号；同步检波电路 223，比较从功率检测电路 2080 输出的频率 f_1 的低频信号与从微小调制信号振荡电路 224 输出的频率 f_1 的低频信号的相位，检测从光发送装置 1 输出的相位调制光的中心波长与 MZI200 的通带波长的偏离量及其方向；控制器 207，将用于调整上述 2 分支的信号光的相位差以便校正上述偏离量的控制信号输出到加法器 225；以及加法器 225，对微小调制信号振荡电路 224 的输出与控制器 207 的输出进行加法运算，并施加到相位调整端子 201 上。

时钟提取电路 205 必须是线性提取，以便成为与包含在信号中的时钟成分功率成比例的时钟功率。

[第 3 实施方式]

就本发明第 3 实施方式的光传输系统进行说明。图 3 表示本发明

第 3 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 2 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：在光接收装置 2 的数据再生电路 204 的后级上，追加通过从外部输入的逻辑指定信号进行信号的逻辑反转的逻辑反转电路 209 这一点、以及在将逻辑指定信号供给控制器 207 上这一点，由于其他的结构与图 2 所示的第 2 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。此外，对光发送装置 1 省略其图示。

在图 3 中，光接收装置 2 的数据再生电路 204 识别并再生从平衡型光接收器 202 输出的信号序列，逻辑反转电路 209 基于从外部输入的逻辑指定信号，即根据需要，反转并输出数据再生电路 204 的输出信号的逻辑。

从外部输入的逻辑指定信号虽然具有对逻辑反转电路 209 有选择地输出数据再生电路 204 的输出信号与通过逻辑反转电路 209 逻辑反转了的信号的任何一个的功能，但也可以将输出该信号的功能部设置在光接收装置的内部。该逻辑指定信号或者生成该逻辑指定信号的功能部相当于本发明的选择单元。

需要通过逻辑反转电路 209 进行逻辑反转，无论 MZI200 的通带在从光发送装置 1 输出的相位调制光的中心波长中是最大的情况还是最小的情况下，都能够使从上述光发送装置 1 输出的相位调制光的中心波长与上述马赫-曾德干涉仪 200 的通带波长的偏离的校正量成为上述 MZI200 的重复频率的 $1/2$ 以下。

逻辑反转电路 209 很容易用 EXOR (Exclusive OR: 异或门) 电路构成。虽然逻辑指定信号是从外部输入的，但也有检测光接收装置 2 的输出信号的帧信息、自动地判别应该指定的逻辑并生成该逻辑指定信号，或者用手输入指令等的方法。

如上所述，在逻辑指定信号也输入控制器 207、并需要逻辑反转时，需要使施加在相位调整端子 201 上的偏置电压的极性反转（或者使流通的偏置电流的方向反转）。

再有，在图 3 中表示了向第 2 实施方式应用的情况，也可以应用于除此之外的实施方式。

[第 4 实施方式]

就本发明第 4 实施方式的光传输系统进行说明。图 4 表示本发明

第 4 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 2 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：在光发送装置 1 上设置生成与信号比特率相同的时钟信号的时钟信号生成电路 105、以及用从时钟信号生成电路 105 输出的时钟信号进行强度调制的强度调制器 104，在光接收装置 2 中代替时钟提取电路设置：对 MZI200 中的 2 个输出端口中的一个端口进行分支的光分支电路 220、连接在光分支电路 220 上的监视用光接收器 210、从监视用光接收器 210 输出的强度调制光中提取叠加了频率 f_1 的低频信号的时钟的窄带放大器 211，功率检测电路 2080 基于窄带放大器 211 的输出信号提取叠加在时钟上的频率 f_1 的低频信号，同步检波电路 223 基于功率检测电路 2080 的输出检测从光发送装置 1 输出的相位调制光的中心波长与 MZI200 的通带波长的偏离量及其方向这一点；由于其他的结构与图 2 所示的第 2 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

设置在光发送装置 1 中的强度调制器 104，通过用从时钟生成电路 105 输出的时钟信号进行强度调制，生成 RZ-DPSK 信号。

通过在光发送装置 1 侧对相位调制光进行强度调制，从而在光接收装置 2 中能够简化时钟提取电路。在光发送装置 1 侧生成的光信号的调制码也可以是 CSRZ-DPSK。

[第 5 实施方式]

就本发明第 5 实施方式的光传输系统进行说明。图 5 表示本发明第 5 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 2 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：在光接收装置 2 中，设置检测数据再生电路 204 的输出信号与数据识别前的信号的关联、即检测差分的差分电路 212 以代替时钟提取电路 205 这一点，由于其他的结构与图 2 所示的第 2 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。差分电路 212 与本发明的关联检测电路相当。再有，对光发送装置 1 省略其图示。

功率检测电路 2080 通过差分电路 212，取得因数据再生电路 204 引起的识别再生前的数据信号与识别再生后的数据信号的关联，从差分电路 212 的输出中提取频率 f_1 的低频信号，以代替同步检测并提取在第 2 实施方式中叠加在从时钟提取电路 205 输出的时钟信号上的

频率 f_1 的上述低频信号，同步检波电路 223 基于功率检测电路 2080 的输出，检测光发送装置 1 的相位调制光的中心波长与 MZI200 的通带波长的偏离量及其方向。

5 由于在数据再生电路 204 中的数据识别再生前的数据信号中叠加低频 f_1 ，而在识别再生后的数据信号中没有叠加低频，所以在差分电路 212 中，当检测该差时，能够仅仅检测低频成分。

[第 6 实施方式]

就本发明第 6 实施方式的光传输系统进行说明。图 6 表示本发明第 6 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 2 10 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：在光发送装置 1 上设置振荡电路 106，生成对于叠加直接对光源 101 进行强度调制的上述频率 f_1 的低频信号来说充分高的频率 f_2 的信号，而且，在光接收装置 2 中代替时钟提取电路 205 设置：光分支电路 220，对 MZI200 中的 2 个输出端口中的一个端口进行分支；连接在该光分支电路 220 上的 15 监视用光接收器 210；放大器 214 及滤波器 213，从监视用光接收器 210 输出的强度调制光中提取叠加了上述频率 f_1 的低频信号的频率 f_2 的成分；由于其他的结构与图 2 所示的第 2 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

功率检测电路 2080 提取叠加在从滤波器 213 输出的频率 f_2 成分 20 上的频率 f_1 的低频信号，以代替同步检测并提取叠加在从第 2 实施方式中的时钟提取电路 205 输出的时钟信号上的频率 f_1 的低频信号，同步检波电路 223 基于功率检测电路 2080 的输出，检测从光发送装置 1 输出的相位调制光的中心波长与 MZI200 的通带波长的偏离量及其方向。

25 放大器 214 及滤波器 213 与本发明的信号检测单元相当。

在这里，在光发送装置 1 中，通过振荡电路 106 的输出信号用频率 f_2 对光源 101 的输出进行强度调制。这时频率 f_2 需要对叠加频率 f_1 的低频信号来说充分高，此外，还需要选择比设置在传输途中的光放大器的低端截止频率高的频率。

30 在光发送装置 1 的输出信号光上叠加了频率 f_2 的强度调制成分中，在光接收装置 2 的 MZI200 中叠加频率 f_1 并进行输出。

在监视用光接收器 210 中，检波从 MZI200 的单端分支的光信号，

用放大器 214 放大后，用滤波器 213 检测叠加在其中的频率 f_2 的信号。

该方式的优点是在监视用光接收器及后级的放大器、功率检测电路、同步检波电路等上，即使不使用高频特性优良的产品也可以。

5 但是，由于在发送侧进行了强度调制的强度调制成分，在平衡型光接收器 202 中不输出，所以对数据再生电路 204 中的信号再生没有大的影响。但是，向平衡型光接收器 202 的 2 个输入信号电平必须一致。在图 6 所示的光传输系统中，由于在单端上设置监视端子，所以需要将与该损耗同等的损耗也施加在另一个端口上。

10 [第 7 实施方式]

就本发明第 7 实施方式的光传输系统进行说明。图 7 表示本发明第 7 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 6 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：在光接收装置 2 上设置生成频率 f_2 的信号的振荡电路 216 与用振荡电路 216 的输出信号
15 对信号光进行强度调制的强度调制器 215，以代替对发送侧的光源进行强度调制这一点，由于其他的结构与图 6 所示的第 6 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。再有，对光发送装置 1 省略其图示。

在这里，在接收装置 2 的输入级上设置强度调制器 215，用从振荡电路 216 输出的频率 f_2 的信号进行强度调制。该强度调制器 215
20 例如可以是 LN (Lithium Niobate: 铌酸锂) 调制器、AO (Acousto Optic: 声光) 调制器、电场吸收型调制器的任何一个。

[第 8 实施方式]

就本发明第 8 实施方式的光传输系统进行说明。图 8 表示本发明
25 第 8 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 7 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：设置光放大器 217，通过生成频率 f_2 的信号的振荡电路 218 用频率 f_2 调制光放大器 217 的增益，以代替光接收装置 2 中的强度调制器 215 这一点，由于其他的结构与图 7 所示的第 7 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。再有，对光发送装置 1 省略
30 其图示。

当使用调制器时，由于因插入损耗引起的 SN 比恶化成为问题，

在本实施方式中，作成调制光放大器 217 的增益。特别是，在使用光放大器的情况下，当考虑向 WDM 系统的应用时，由于是用接收放大器总括一起进行调制，因而很有效。

5 在第 7 实施方式、第 8 实施方式的任何一个中，在这里，即使进行强度调制，由于在平衡型光接收器 202 中不输出强度调制成分，所以对信号再生没有大的影响。但是，向平衡型光接收器 202 的 2 个输入信号电平必须一致。在图中，由于是在单端上设置监视端子，必须在另一个端子上也施加与该损耗同等的损耗。

[第 9 实施方式]

10 就本发明第 9 实施方式的光传输系统进行说明。图 9 表示本发明第 9 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 8 实施方式的光传输系统在结构上的不同点在于：接收装置 2 设置使输入到平衡型光接收器 202 的、经转换的强度调制光的输入电平成为非对称的输入电平调整单元，来代替具备上述光分支电路 220 与上述监视用光接收器 210 这一点，由于其他的结构与图 8 所示的第 8 实施方式的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。再有，对光发送装置 1 省略其图示。

20 在光发送装置 1 侧或者光接收装置 2 侧中，如果输入平衡型光接收器 202 的 2 个输入端口的平均信号功率相同，则用频率 f_2 强度调制的信号光不输出。换句话说，如果故意地减少一个输入端口的输入平均功率就能够检测强度调制成分。

在本实施方式中，将为此目的设置的光衰减器 219 连接在一个输入端口上。光衰减器 219 与本发明的输入电平调整单元相当。

25 用平衡型光接收器 202 检测的频率 f_2 的强度调制成分通过滤波器 213 输入到功率检测电路 2080，用于 MZI200 的控制。在数据再生电路 204 的输入端口上，连接电容 C1 通过遮断该强度调制成分，对数据再生电路 204 中的信号识别再生不给与太大影响。

30 再有，在上述第 6~第 9 实施方式中，就频率 f_2 引起的强度调制，举出了 3 种方法（光发送装置 1 中的光源的直接强度调制、使用强度调制器的在光接收装置 1 中的强度调制、使用光放大器的在光接收装置 1 中的强度调制），对频率 f_2 的检测举出了 2 种方法（在 MZI200 的一个端口的监视、在平衡型光接收器 202 的一个输入端口上连接光

衰减器 219), 但不是限定于第 6~第 9 实施方式说明过的结构, 也可以将两者任意地组合。

[第 10 实施方式]

就本发明第 10 实施方式的光传输系统进行说明。图 13 表示本发明第 10 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于: 与图 2 等同样, 用平衡型光接收器 202 及放大器 203 构成平衡型检波电路 221, 以及, 微小调制信号成分检测电路 222 由从放大器 203 的输出识别并再生数据的数据再生电路 204、监视从平衡型检波电路 221 输出的主信号的眼图形的开口的眼开口监视电路 231、使微小调制信号成分 (f_1) 通过的带通滤波器 232 构成。由于其他的结构与图 1 所示的光传输系统相同, 所以在同一要素上标注同一符号, 省略其重复的说明。

当信号光的载波频率从马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值偏离时, 在平衡型光接收器 202 被检波, 从放大器 203 输出的主信号的振幅减小或者 S/N 恶化。因此, 通过眼开口监视电路 231 监视主信号的眼开口, 通过带通滤波器 232 提取微小调制信号成分 (f_1), 从而能够检测叠加在通过了马赫-曾德干涉仪 200 的光信号上的微小调制信号成分的振幅与相位。通过用同步检波电路 223 对该信号进行同步检波, 能够提取误差信号, 通过用该误差信号进行反馈能够锁定在所希望的状态。

本实施方式的最大优点是必定使眼开口稳定在最大的点上。

[第 11 实施方式]

就本发明第 11 实施方式的光传输系统进行说明。图 14 表示本发明第 11 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于: 用平衡型光接收器 202 及放大器 203 构成平衡型检波电路 221, 以及, 微小调制信号成分检测电路 222 由: 数据再生电路 204, 从放大器 203 的输出识别并再生数据, 并且在内部具备误码检测功能; 监视该错误检测数的错误检测数监视电路 241; 图 13 所示的带通滤波器 232 构成。由于其他的结构与图 1 所示的光传输系统相同, 所以在同一要素上标注同一符号, 省略其重复的说明。

当信号光的载波频率偏离马赫-曾德干涉仪的光频率特性的峰值

或者谷值时，在数据再生电路 204 中再生的数据上产生误码。因此，用错误检测数监视电路 241 监视该误码的错误检测数，通过带通滤波器 232 提取微小调制信号成分 (f1)，能够检测叠加在通过了马赫-曾德干涉仪 200 的光信号上的微小调制信号成分的振幅与相位。通过用同步检波电路 232 对该信号进行同步检波能够提取误差信号成分，通过反馈该误差信号成分能够锁定在所希望的状态。

再有，在以上的说明中，使用了误码的检测数，但也可以使用误码的校正数来代替误码的检测数。

本实施方式的最大优点是必定使误码率稳定在最小的点上。

10 [第 12 实施方式]

就本发明第 12 实施方式的光传输系统进行说明。图 15 表示本发明第 12 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于：平衡型检波电路 221 由平衡型光接收器 202 和与放大器 203 相当的等价放大电路构成，微小调制信号成分检测电路 222 由：从等价放大电路的输出中识别并再生数据的数据再生电路 204、监视构成平衡型检波电路 221 的等价放大电路的电流消耗的电流消耗监视电路 251、图 13 所示的带通滤波器 232 构成。

等价放大电路一般由跨阻抗放大器 252 (TIA) 与限幅放大器 (LIM) 253 构成。此外，电流消耗监视电路 251 由插入限幅放大器 253 的电源端子与电源之间的电阻 254 和放大该电源端子的电压并输出的放大器 255 构成。由于其他的结构与图 13 所示的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

当信号光的载波频率从马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值偏离时，向等价放大电路输入的主信号的振幅减小。由于构成等价放大电路的晶体管放大电路，一般输入信号电压 (电流) 在 + 侧摇动时与在 - 侧摇动时，流过晶体管的电流值是非对称的，所以因向晶体管放大电路的输入信号的振幅不同电流消耗不同。

因此，通过电流消耗监视电路 251 监视等价放大电路的电流消耗，通过带通滤波器 232 提取微小调制信号成分 (f1)，能够检测叠加在通过了马赫-曾德干涉仪 200 的光信号上的微小调制信号成分的振幅与相位。通过同步检波电路 223 对该信号进行同步检测能够提取误差信号成分，通过反馈该误差信号成分能够锁定在所希望的状态。

本实施方式的最大优点是不使用对主信号影响大的主信号分支，就能够检测主信号的峰值。

[第 13 实施方式]

就本发明第 13 实施方式的光传输系统进行说明。图 16 表示本发明第 13 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于下述各点。

即，平衡型检波电路 221 包括：分别设置在马赫-曾德干涉仪 200 的 2 个输出臂上的光分支电路 261 及 262、使通过这些分支电路分支的 2 个光信号耦合的光耦合电路 263、平衡型光接收器 202、放大器 203、对用光耦合电路 263 耦合的光进行检波的光探测器 264、放大从光探测器 264 输出的电信号的放大电路 265。

此外，微小调制信号成分检测电路 222 包括：从放大器 203 的输出识别并再生数据的数据再生电路 204、以及使从放大电路 265 输出的微小调制信号成分 (f_1) 通过的带通滤波器 232。这时，被分支后再耦合的 2 个光路对位来说是等长的，但对光相位来说是相反的。由于其他的结构与图 1 所示的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

当信号光的载波频率从马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值偏离时，输出到马赫-曾德干涉仪 200 的 2 个输出端口的光其标记侧的峰值功率减小，间隔侧的峰值功率增加。通过使用光分支电路 261 及 262 以及光耦合电路 263，以等长而且反相使该 2 个光干涉，当信号光的载波频率从马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值偏离时，由于峰值功率减少了的标记侧的光与峰值功率增加了的间隔侧的光以反相干涉，所以干涉的光的峰值功率及平均功率减小。用光探测器 264 检测该功率变动，通过放大电路 265 由带通滤波器 232 提取微小调制信号成分 (f_1)，能够检测叠加在通过了马赫-曾德干涉仪 200 的光信号上的微小调制信号成分的振幅与相位。通过用同步检波电路 223 对该信号进行同步检波能够提取误差信号成分，通过反馈该误差信号成分能够锁定在所希望的状态。

本实施方式的最大优点在于不用进行电学领域的主信号分支，能够以比较低速 (f_1) 的光探测器检测微小调制信号成分。

[第 14 实施方式]

就本发明第 14 实施方式的光传输系统进行说明。图 17 表示本发明第 14 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于：由平衡型光接收器 202、放大器 203、及用于从正 (+) 电源对平衡型光接收器 202 施加偏置电压的电阻 271 来构成平衡型检波电路 221；以及，用从放大器 203 的输出识别并再生数据的数据再生电路 204、检测并放大在构成平衡型光接收器 202 的一个光探测器中流通的光电流的放大电路 272、图 13 所示的带通滤波器 232 来构成微小调制信号成分检测电路 222；以及，马赫-曾德干涉仪 200 的 FSR (自由光谱范围) 设定为比主信号的时钟频率大一些 (即，如后所述，主信号的损失能够忽略的范围内的规定量)。

再有，例如，虽然在图 13~图 16 中实际上也设置电阻 271，由于与这些图中的工作没有直接关系，故省略了其图示。由于其他的结构与图 1 所示的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

在使用 DPSK-DD 方式的系统中，光信号调制带比马赫-曾德干涉仪的 FSR 宽，即使光载波频率从马赫-曾德干涉仪的光频率特性的峰值或者谷值偏离，光功率也几乎不变化。因此，叠加在光信号上的微小调制信号成分的检测很困难。特别是，RZ 系的 DPSK 信号比 NRZ 系的 DPSK 信号调制光谱宽，检测更困难。在本实施方式中，通过使马赫-曾德干涉仪 200 的 FSR 增大到从主信号时钟频率不产生损失的程度，相对地等价于光信号调制带变窄，微小调制信号成分变得容易检测。

图 18 是表示马赫-曾德干涉仪 200 的 FSR 偏移的图。MZI 透射特性 1 是具有与主信号时钟频率相等的 FSR (图中的 FSR1 (基准)) 的马赫-曾德干涉仪的光频率特性，MZI 透射特性 2 是具有比主信号时钟频率大一些的 FSR (图中的偏移的 FSR2) 的马赫-曾德干涉仪的光频率特性。再有，FSR 偏移量用 $FSR2-FSR1$ 求出。

图 19 是表示 FSR 偏移量与微小调制信号成分检测灵敏度 (光功率平均值变动量/平均值) 的关系的图。由图可知，当 FSR 偏移量增大下去时，光功率平均值就增加下去。

此外，图 20 是表示由 FSR 偏移引起的主信号的眼开口损失的图。如果是比特率的 10% 以内的话眼开口损失就能够抑制到 0.1dB 以下。

因此，通过将 FSR 设定为比主信号的时钟频率大一些，能够几乎不在主信号上给予损失地检测主信号的平均光功率，通过用同步检波电路 223 对该信号进行同步检波能够提取误差信号成分，通过反馈该误差信号成分能够锁定在所希望的状态。

- 5 本实施方式的最大优点在于不用进行电学领域的主信号分支，能够以从平衡型光接收器 202 的电源端子得到的比较低速 (f_1) 的信号进行控制。

[第 15 实施方式]

就本发明第 15 实施方式的光传输系统进行说明。图 21 表示本发
10 明第 15 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 14 实施方式的不同点在于：不是仅仅从平衡型光接收器 202 的单侧（正电源侧）的光探测器的电源端子取出信号，通过用放大电路 275 检测通过电阻 273 与负电源连接的平衡型光接收器 202 的另一单侧的光探测器的光电流，从两侧的光探测器的电源端子取出信号，用减法器 15 274 求出取出的 2 条信号的差分，与第 14 实施方式同样用该差分进行反馈控制。由于其他的结构与图 17 所示的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。与主信号同样，控制用反馈信号也通过平衡型检波能够进一步提高检测灵敏度。

本实施方式的最大优点在于不用进行电学领域的主信号分支，能
20 够以从平衡型光接收器 202 的电源端子得到的比较低速 (f_1) 的信号进行控制，而且检测灵敏度比较高。

[第 16 实施方式]

就本发明第 16 实施方式的光传输系统进行说明。图 22 表示本发
25 明第 16 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于在微小调制信号成分检测电路 222 的后级上连接逻辑反转电路 209。本实施方式是将第 3 实施方式的技术思想应用于第 1 实施方式的情况所呈现的方式，由于逻辑反转电路 209 与图 3 所示的电路相同，故标注同一符号，省略其重复的说明。

本实施方式的最大优点在于能够将施加在马赫 - 曾德干涉仪的相
30 位调整端子上的初始设定值的最大值降低到没有使用逻辑反转电路情况的 $1/2$ 以下。

[第 17 实施方式]

就本发明第 17 实施方式的光传输系统进行说明。图 23 表示本发明第 17 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于：光接收装置 2 具有：MZI 加热检测电路 281，从马赫-曾德干涉仪 200 的温度状态检测加热状态；回路开闭开关 282，通过开闭进行向马赫-曾德干涉仪 200 的反馈控制的控制回路，能够接通/断开向马赫-曾德干涉仪 200 的反馈控制；同步检波电路 223，比较微小调制信号成分检测电路 222 检测的微小调制信号的相位与从微小调制信号振荡电路 224 输出的微小调制信号的相位，输出误差信号；锁定检测电路 284，在基于来自同步检波电路 223 的误差信号检测控制回路的锁定状态的情况下，输出锁定检测信号；以及带有回路再锁定功能的控制电路 285，具有在控制回路的光频率锁定解锁情况下的再锁定功能。

此外，MZI 加热检测电路 281 具有：MZI 温度监视器 286，监视马赫-曾德干涉仪 200 的基板温度，输出与该温度对应的电压；以及比较器 287，比较来自 MZI 温度监视器 286 的输出电压与基准电压 V_{ref1} ，将表示展示基板的温度是否在适当的温度范围的比较结果的信号输出到回路开闭开关 282。

由于马赫-曾德干涉仪是使整体的温度为恒定使用的，在系统启动时，温度达到设定值需要某种程度的时间。这时，马赫-曾德干涉仪的光频率特性激烈地变化（漂移），在这里，如果开始准备控制就有失控的危险。因此，在本实施方式中，从马赫-曾德干涉仪 200 的加热结束之后就使控制回路闭合，这样就能够消除不必要的不稳定因素。

此外，在因某种无法预期的扰动使光频率锁定解锁的情况下，通过使用锁定检测电路 284 与带有回路再锁定功能控制电路 285，在扰动平息后，能够再次具有锁定状态。

图 24 表示带有回路再锁定功能控制电路 285 的结构例。带有回路再锁定功能控制电路 285 具有：基于锁定检测信号及误差信号工作的三角波发生电路 2851、放大误差信号的放大器 2852、对放大器 2852 的输出与三角波发生电路 2851 的输出进行加法运算并输出的加法器 2853。

此外，三角波发生电路 2851 具有：开关 2854，按照锁定检测信

号切换基准电压 V_{ref} 与接地；比较器 2855，比较后述的信号 B 及信号 C，输出比较结果作为输出信号 A 及其反转输出信号；开关 2856，它是与开关 2854 连动工作的开关，按照锁定检测信号切换误差信号与比较器 2855 的输出信号 A；积分电路 2857，对通过开关 2854 及开关 2856 供给的 2 个信号的差进行积分；电阻 2858 及 2859，分压比较器 2855 的反转输出信号生成信号 C。

在检测出锁定检测信号的情况下，通过开关 2854 将积分电路 2857 的一个输入连接到基准电压 V_{ref} 上，并且通过开关 2856 向积分电路 2857 的另一个输入供给误差信号，闭合积分电路 2857 的回路成为通常的反馈控制状态。由此，积分误差信号对基准电压 V_{ref} 的偏离，使得误差信号成为基准电压 V_{ref} 。此外，在没有检测出锁定检测信号的情况下，利用开关 2854 将积分电路 2857 的一个输入接地，并且利用开关 2856 将比较器 2855 的输出（输出信号 A）与积分电路 2857 的另一个输入连接，由此打开积分回路，并且通过比较器 2855 与积分电路 2857 发生三角波。

图 25 表示三角波发生电路 2851 的工作。如上所述，输出信号 A 是比较器 2855 的输出，信号 C 是将输出信号 A 的反转输出折返到比较器 2855 的输入侧的信号，信号 B 是来自积分器 2857 的三角波输出。在比较器 2855 中，通过信号 B 与信号 C 的比较，检测信号 B 超过信号 C 的情况，反复将输出信号 A 与信号 C 进行反转的工作，能够输出信号 B 那样的三角波。

图 26 表示锁定检测电路 284 的结构例。图示的锁定检测电路 284 具有：电阻 2841~2843，在正负电源间进行分压，输出分别与上述基板温度的适当范围的上限值及下限值相当的电压 V_H 及 V_L ；比较器 2844，比较输入到锁定检测电路 284 的电压 V_{pc} 及电压 V_H ；比较器 2845，比较电压 V_{pc} 及电压 V_L ；AND 电路 2846，进行比较器 2844 及 2845 的逻辑积的运算。该锁定检测电路是如果作为来自图 23 所示的同步检波电路 223 的误差信号的电压的电压 V_{pc} 位于电压 V_H 与电压 V_L 之间则判断为锁定的阈值电路。

图 27 是表示锁定检测电路 284 与三角波发生电路 2851 的工作的图。当锁定检测电路 284 判断为锁定解锁的情况下，带有回路再锁定功能的控制电路 285 的工作切换为三角波发生电路的工作，如图所示，

用三角波扫描施加在相位调整端子 201 (参照图 23) 上的电流。如果一边进行扫描一边使同步检波电路 223 的输出电压进入电压 V_H 与电压 V_L 之间的锁定判定区域的话, 带有回路再锁定功能的控制电路 285 的工作从三角波发生电路的工作切换到积分电路的工作, 闭合控制回路。

本实施方式的最大优点是控制电路难于成为不稳定状态, 即使锁定解锁也能够再次成为锁定状态。再有, 在图 23 中, 表示了应用于第 1 实施方式的情况, 但也可以应用于除此之外的实施方式。

[第 18 实施方式]

就本发明第 18 实施方式的光传输系统进行说明。图 28 表示本发明第 18 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 1 实施方式的不同点在于: 马赫-曾德干涉仪 200 分别在其 2 个臂上具有 2 个相位调整端子 (即, 在上述的相位调整端子 201 之外加上相位调整端子 291), 在其一个 (在图中是相位调整端子 291) 上施加微小调制信号, 在另一个 (在图中是相位调整端子 201) 上施加反馈控制信号 (反馈误差信号)。

具体地说, 没有设置加法器 225, 而设置了: 微小调制工作点设定电路 292, 比较基准信号 V_{ref2} 与微小调制信号振荡电路 224 的输出, 输出用于设定微小调制信号的工作点的信号; 驱动器 293, 基于微小调制工作点设定电路 292 的输出, 驱动相位调整端子 291; MZI 偏置设定电路 294, 比较基准电压 V_{ref3} 与同步检波电路 223 的输出, 输出用于决定反馈控制信号的工作点的信号。由于其他的结构与图 1 所示的光传输系统相同, 所以在同一要素上标注同一符号, 省略其重复的说明。

例如, 在臂的光相位调整单元上使用了光热效应的马赫-曾德干涉仪中, 因驱动电路的工作点不同相位调制效率也不同。当微小调制信号与反馈控制信号用加法器 225 进行加法运算后连接到相同相位调整端子上时, 由于反馈控制信号的大小使微小调制的效率变化, 因此回路的稳定工作和损失的估量充分困难。在本实施方式中, 通过分割微小调制用与反馈控制用的相位调整端子, 能够解决上述问题。进而, 为了决定微小调制信号与反馈控制信号的工作点, 通过设置微小调制工作点设定电路 292 与 MZI 偏置设定电路 294 作为基准电压设定电路,

能够独立地调整各自的工作点。

再有，在本实施方式中，在马赫-曾德干涉仪 200 的 2 个臂上分别设置相位调整端子 201 及 291。但是，由于如果将电极分割能够实现与设置这些相位调整端子同样的作用，所以也可以在单侧的臂上设置多个电极，分别施加微小调制信号与反馈控制信号。

本实施方式的最大优点是能够以稳定的效率始终施加微小调制信号。再有，在图 28 中表示了应用于第 1 实施方式的情况，但也可以应用于除此之外的实施方式。

[第 19 实施方式]

就本发明第 19 实施方式的光传输系统进行说明。图 29 表示本发明第 19 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 18 实施方式的不同点在于：在光接收装置 2 中具有光载波频率检测电路 295，从被检波的接收信号光中检测光载波频率与马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的相对位置。由于其他的结构与图 28 所示的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

如第 13~第 15 实施方式那样，在光信号的平均功率最大值的点上进行设定马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值那样的控制的情况下，考虑由于光调制信号的光谱的非对称性而使控制稳定点不一定与光载波的频率一致的情况。在本实施方式中，通过光载波频率检测电路 295 检测光载波的位置，在 MZI 偏置设定电路 294 上给与偏置值，使得在该点上马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值稳定。

再有，由于光载波频率检测电路 295 必须从没有载波的调制信号中发现载波的位置，所以例如考虑使用扫描法布里-珀罗谐振器发现 2 个光谱的最小点、将该 2 个频率的中间点作为光载波频率的方法等。

本实施方式的最大的优点在于即使光调制信号光谱非对称，也能够使马赫-曾德干涉仪的光频率特性的峰值或者谷值与光载波频率一致。再有，在图 29 中表示了应用于以第 1 实施方式为基础的第 18 实施方式的情况，也可以应用于除此之外的实施方式为基础的结构。

[第 20 实施方式]

就本发明第 20 实施方式的光传输系统进行说明。图 30 表示本发

明第 20 实施方式的光传输系统的结构。本实施方式的光传输系统与第 19 实施方式的不同点在于：光发送装置 1 具有能够接通/断开主信号的调制的调制状态控制电路 110、以及使用与主信号的线路另外设置的控制用线路在与光接收装置 2 之间进行控制信号的交换的控制信号通信电路 111，此外，光接收装置 2 具有使用上述控制用线路在与光发送装置 1 之间进行控制信号的交换的控制信号通信电路 297。由于其他的结构与图 29 所示的光传输系统相同，所以在同一要素上标注同一符号，省略其重复的说明。

在光发送装置 1 中通过能够使主信号的调制成为 OFF，能够仅仅将无调制的光载波发送到接收侧，在光接收装置 2 中，使用该光载波能够容易地知道光载波频率。在接收侧，光载波频率检测电路 295 使用通过控制信号通信电路 297 接收的关于该光载波频率的信息，能够在 MZI 偏置设定电路 294 上给与偏置值，使得光载波频率与马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值的频率一致。

作为具体的工作，当光传输系统启动时，光发送装置 1 使主信号的调制成为 OFF 仅仅发送光载波。光接收装置 2 检测从光发送装置 1 发送来的光载波频率与马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的相对位置，调整 MZI 偏置设定电路 294 的偏置值，使得光载波频率的位置与马赫-曾德干涉仪 200 的光频率特性的峰值或者谷值的位置一致。接着，光接收装置 2 将表示偏置调整结束的控制信号从控制信号通信电路 297 传送到光发送装置 1。光发送装置 1 通过控制信号通信电路 111 接收了控制信号后，调制状态控制电路 110 控制调制器驱动电路 102，使主信号的调制成为 ON。

本实施方式的最大的优点是即使光调制信号光谱是非对称的，也能够容易地检测光载波频率，能够使马赫-曾德干涉仪的光频率特性的峰值或者谷值与光载波频率一致。再有，在图 30 中表示了应用于以第 1 实施方式为基础的第 19 实施方式的情况，也可以应用于除此之外的实施方式为基础的结构。

以上，参照附图说明了本发明的实施方式，这些实施方式只不过是本发明的例示，很明显本发明不限于这些实施方式。因此，在不脱离本发明的精神及范围的范围内，也可以进行结构要素的追加、省略、置换及其他的变更。

本发明是采用了 DPSK-DD 方式等的光传输系统、光传输系统的光发送装置及光接收装置，通过用恒定的频率调制光接收装置具备的马赫-曾德干涉仪的 2 个臂的信号光的相位差，检测其频率成分的相位，从而能够设定在与发送侧的光源的光频率匹配的、马赫-曾德干涉仪的最佳工作点上，能够得到最好的光接收特性。

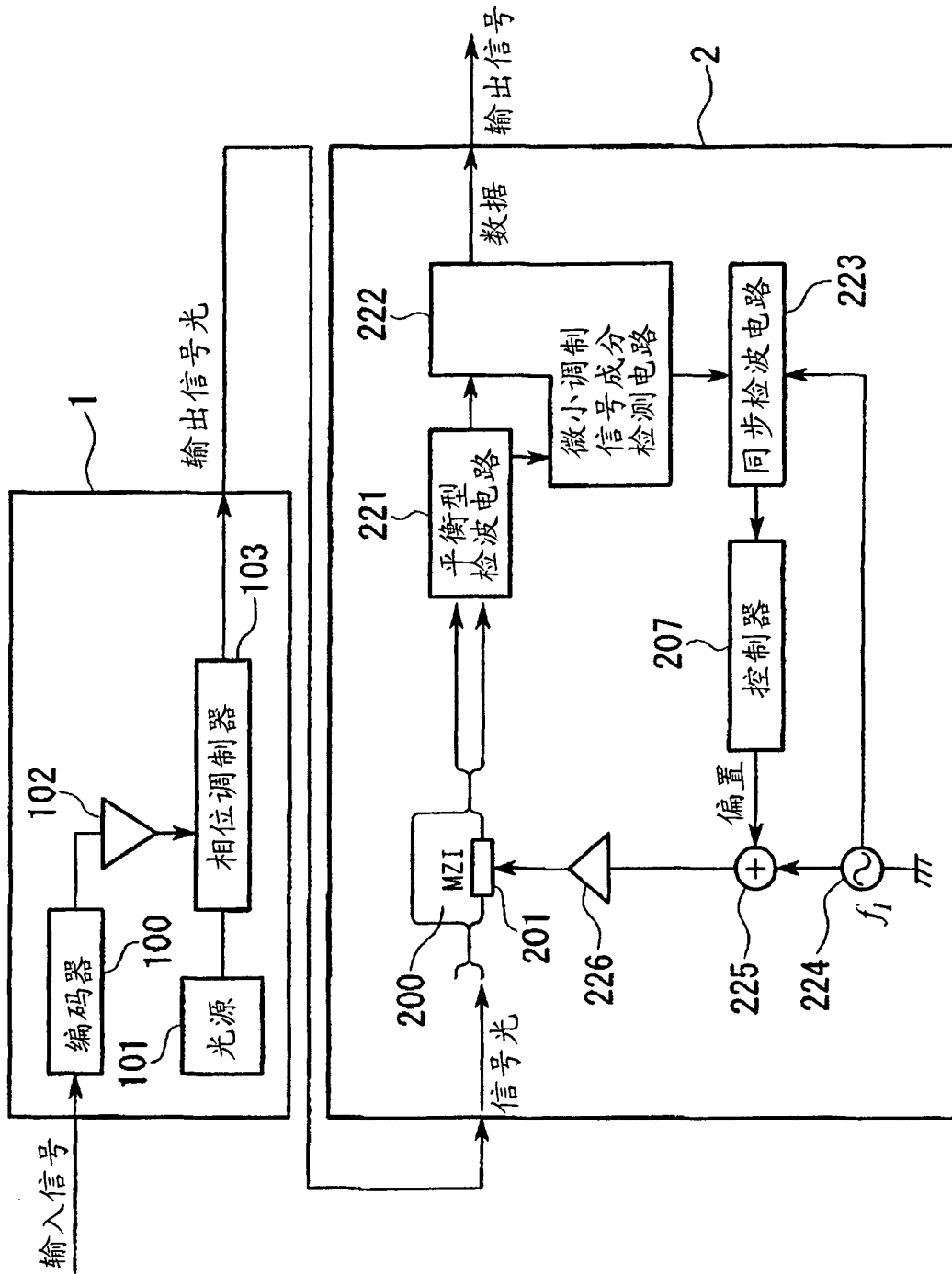


图 1

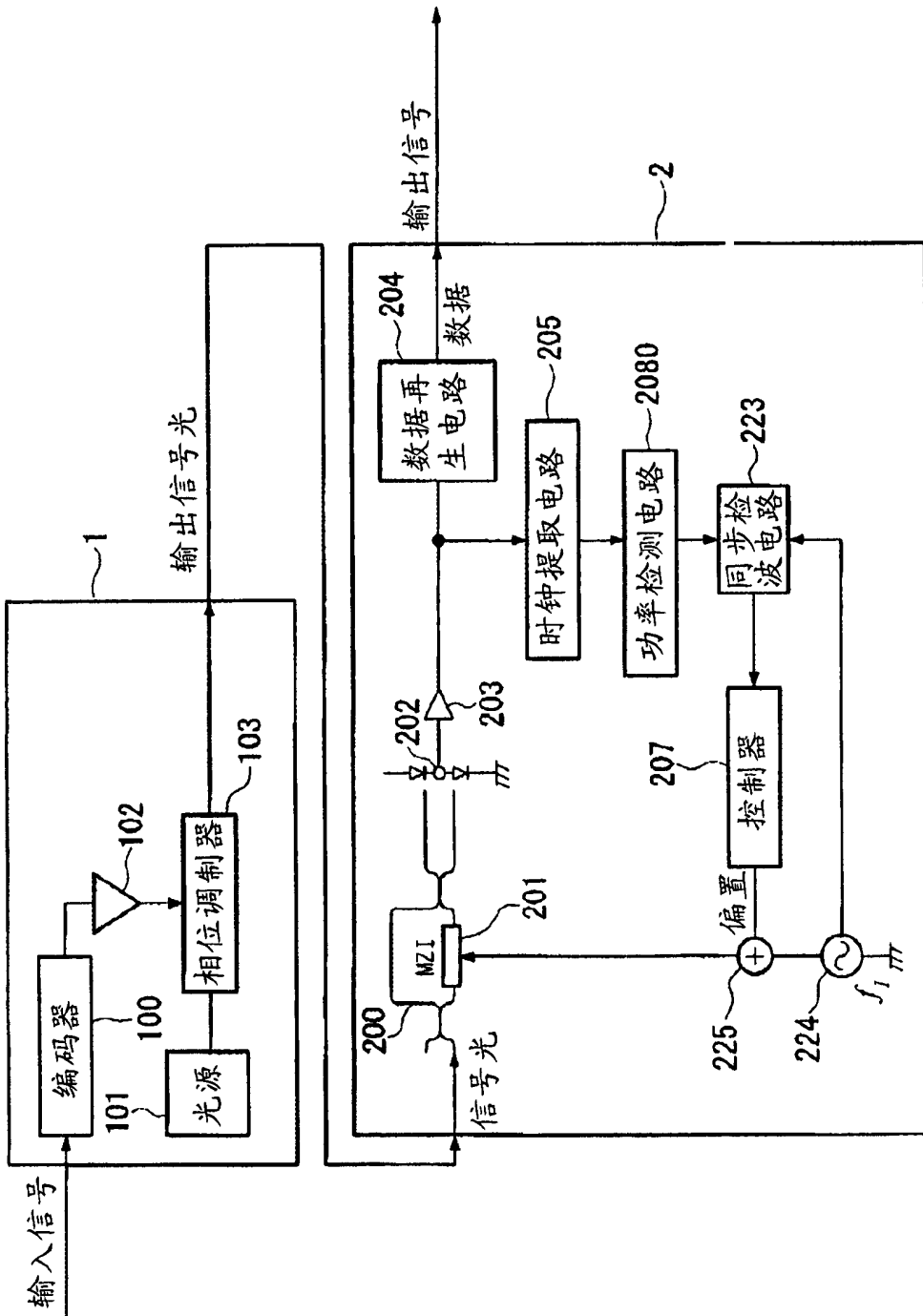


图 2

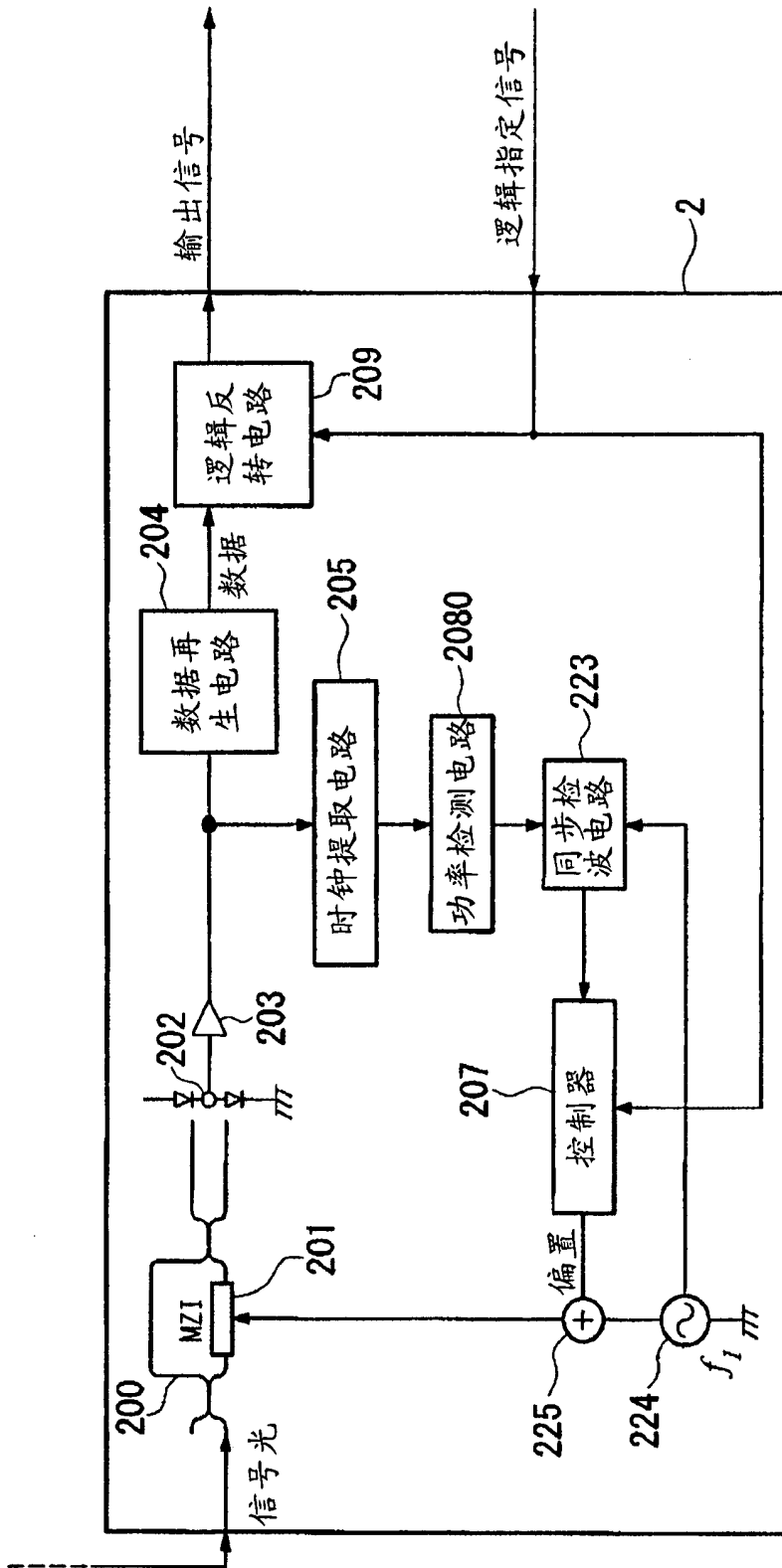


图 3

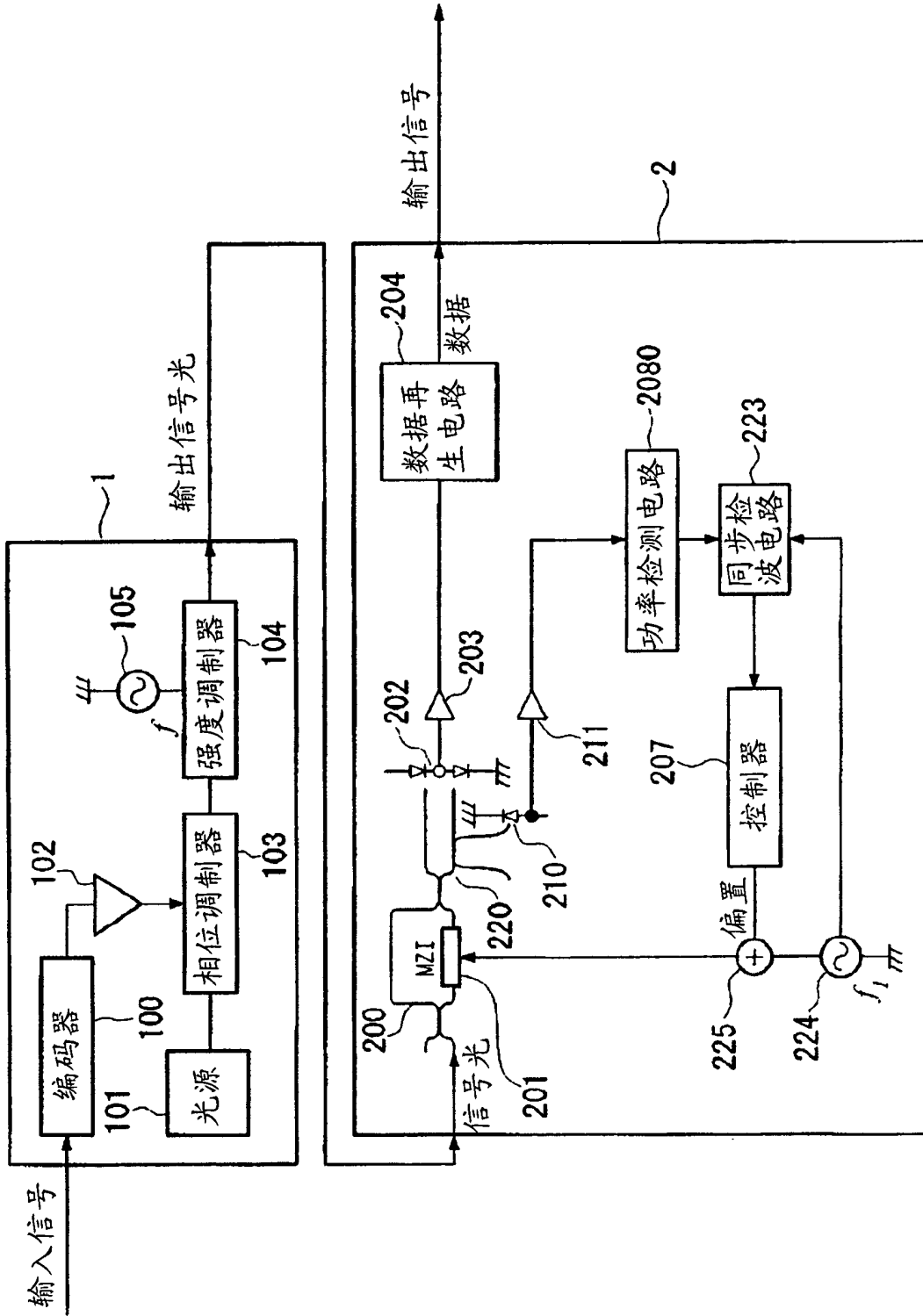


图 4

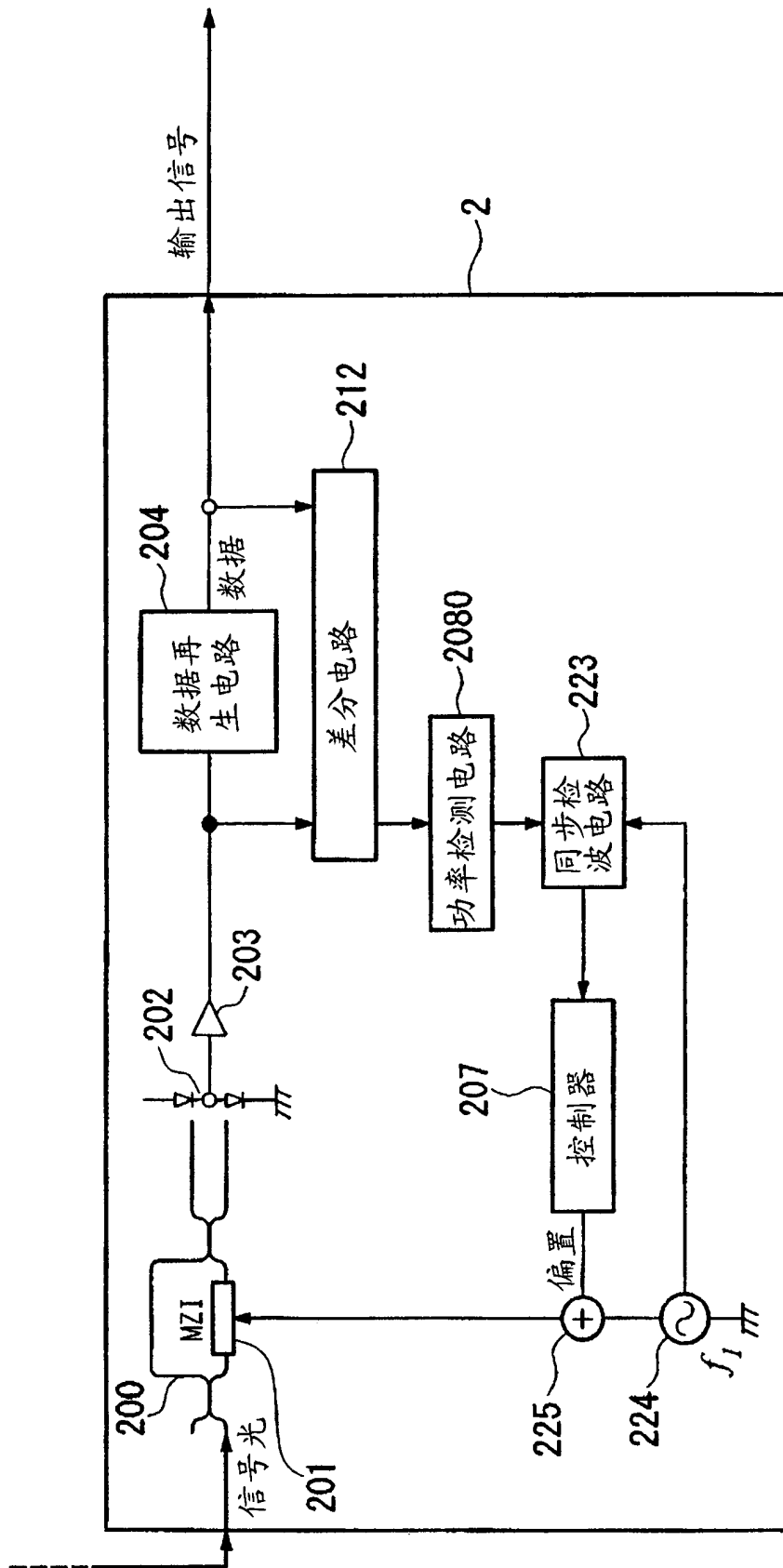


图 5

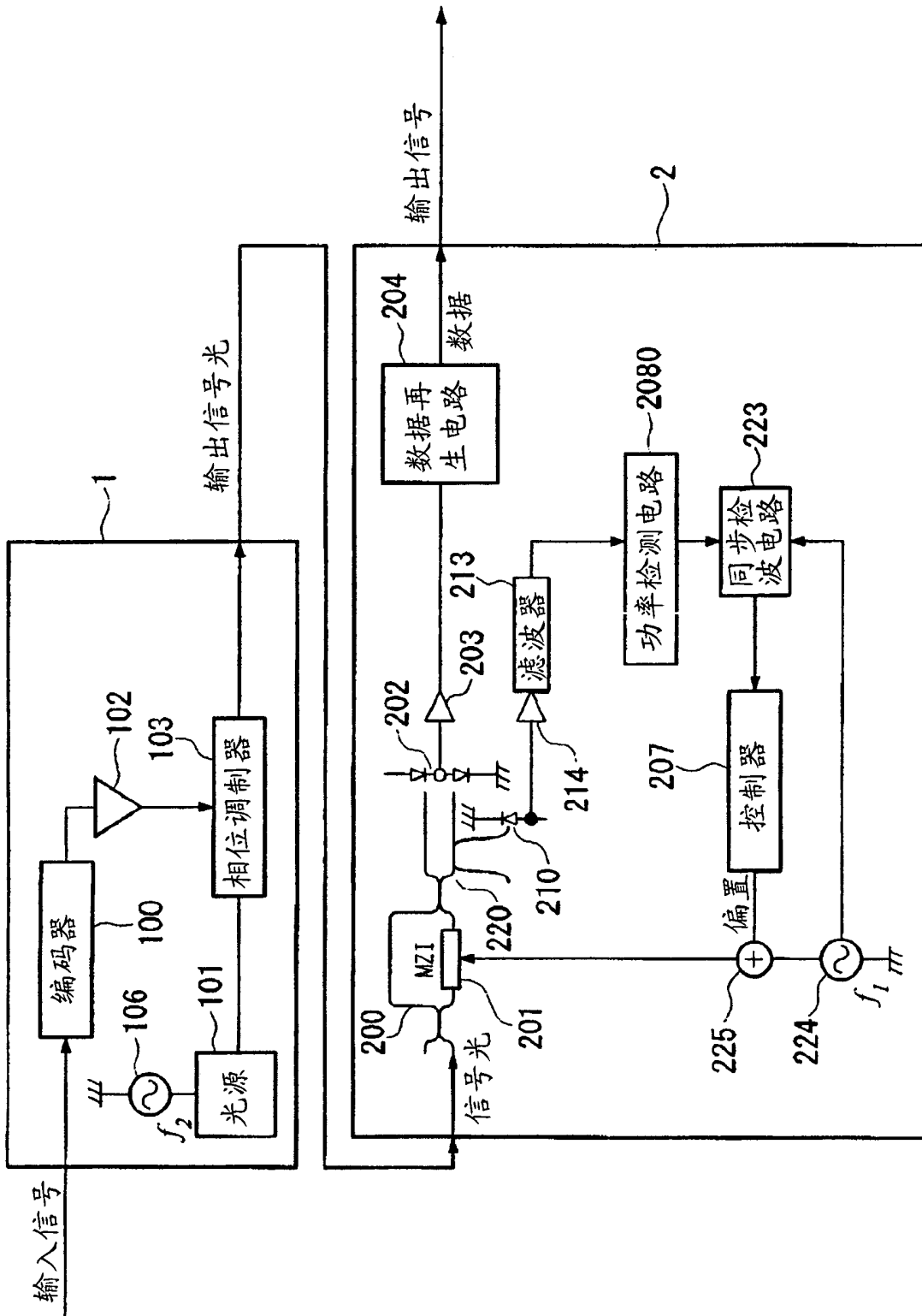


图 6

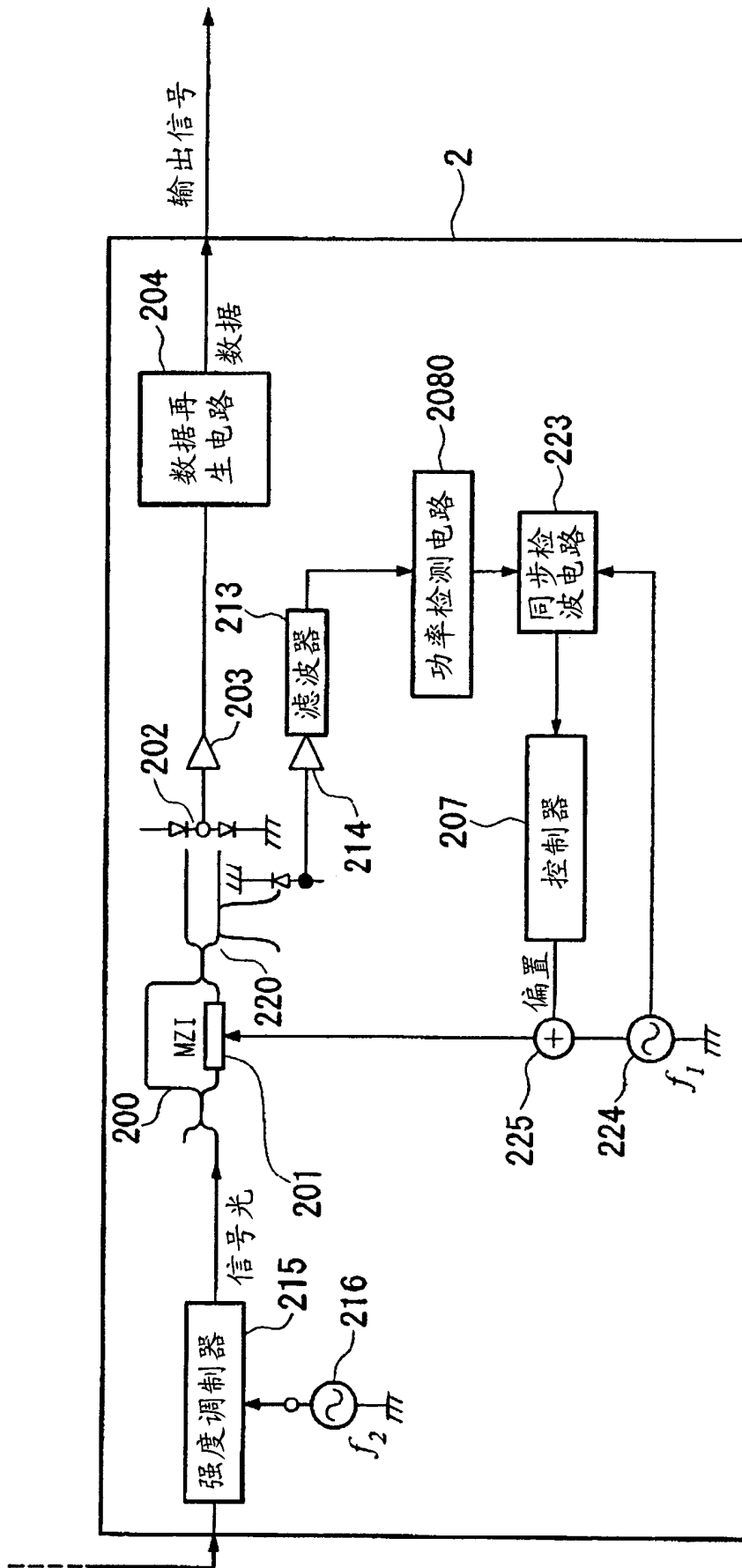


图 7

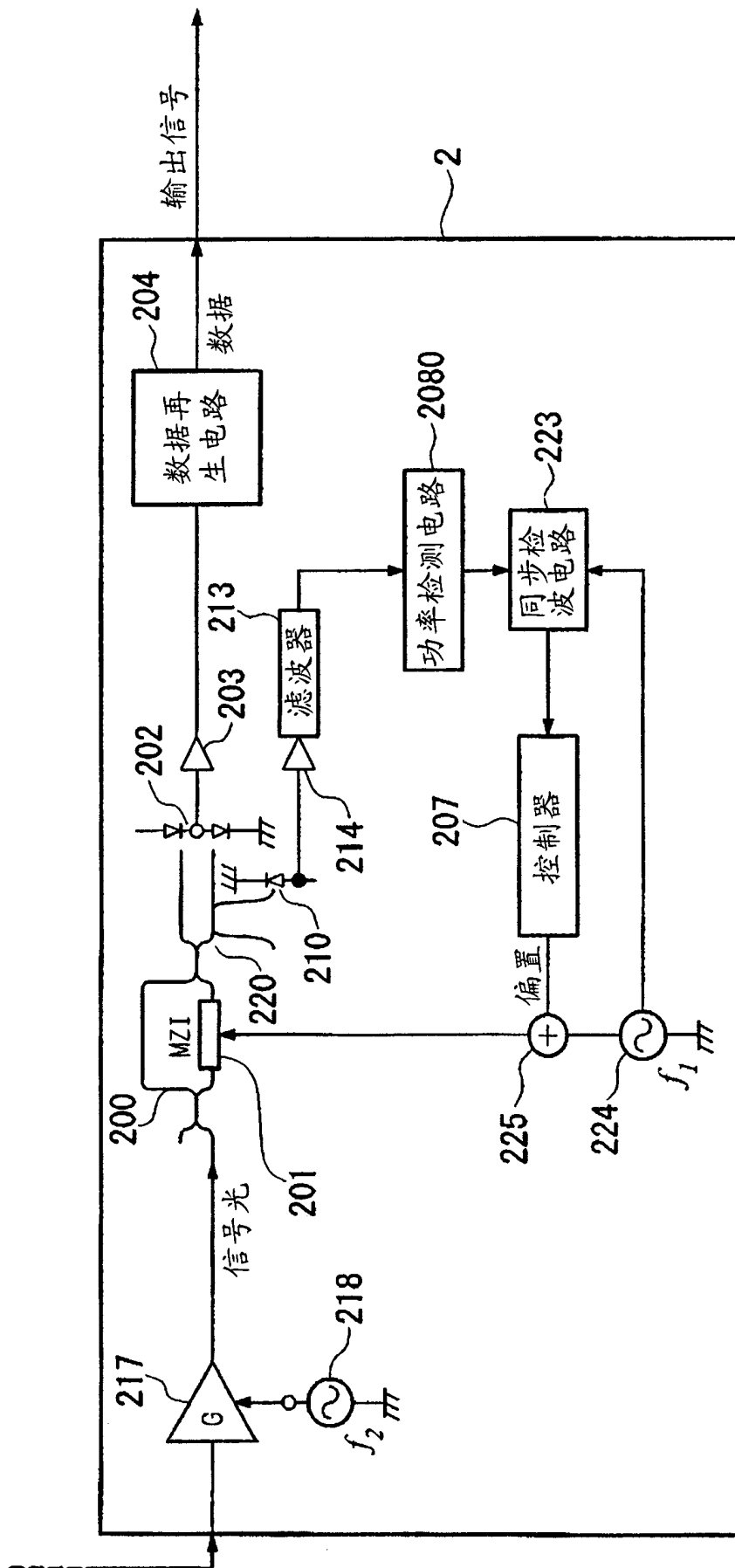


图 8

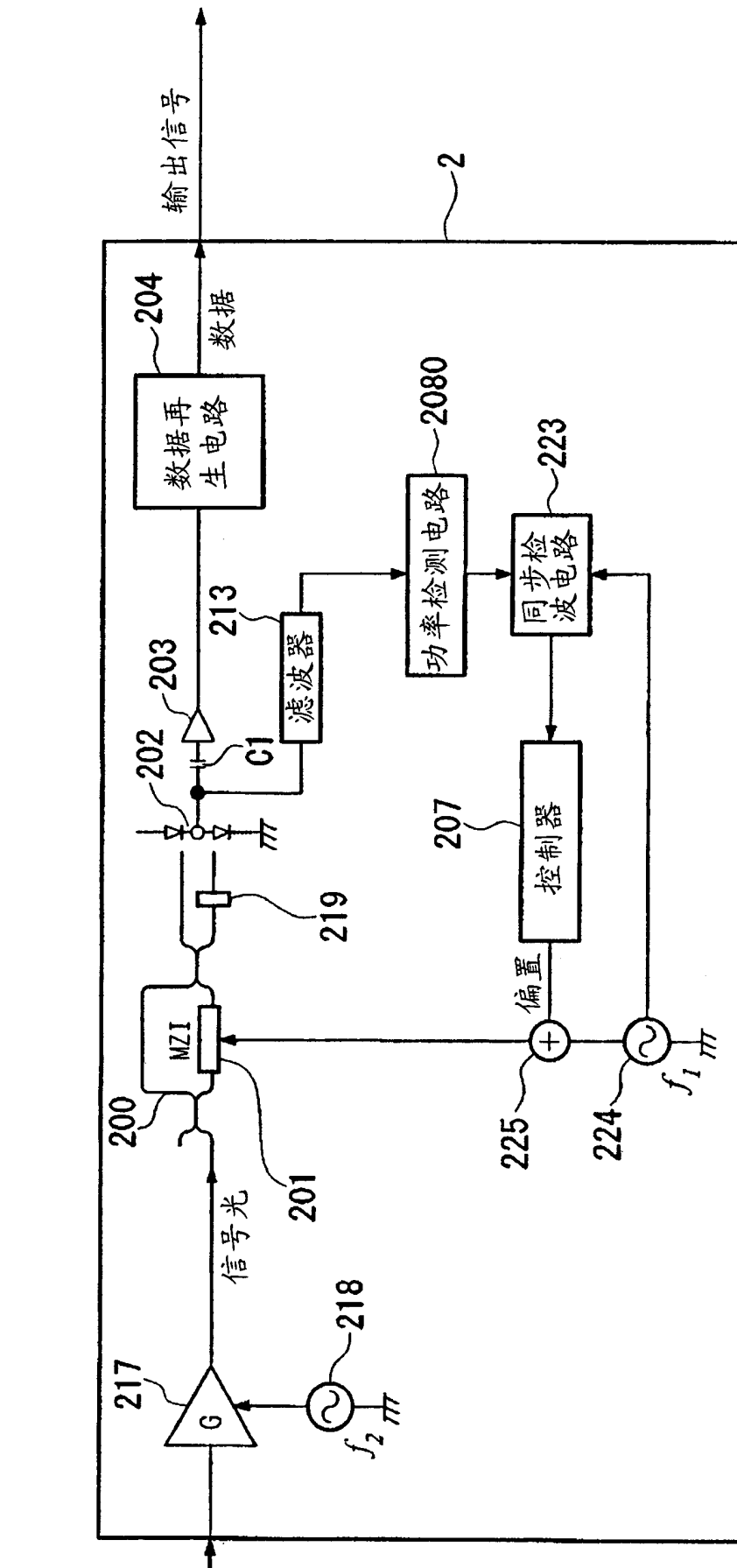


图 9

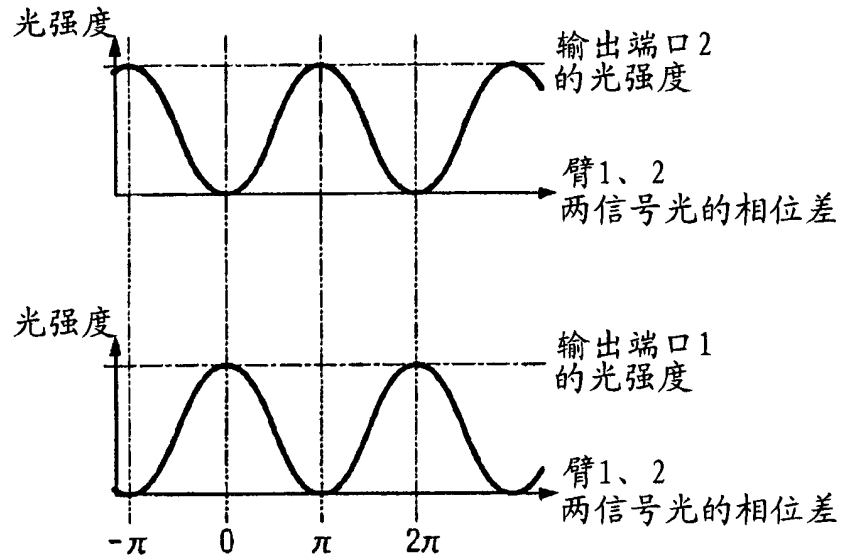


图 10A

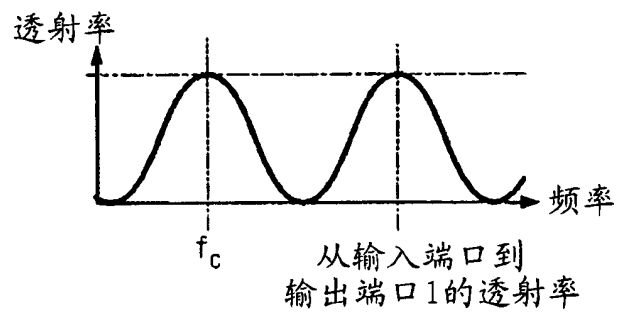


图 10B

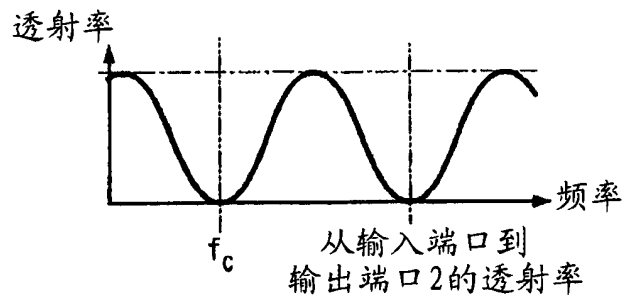


图 10C

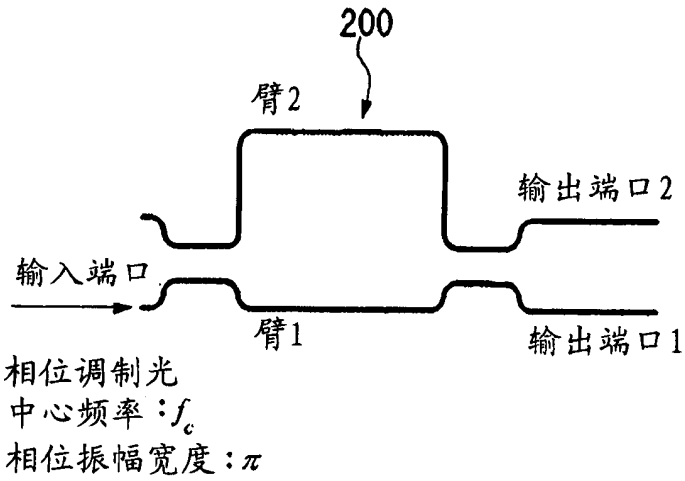


图 10D

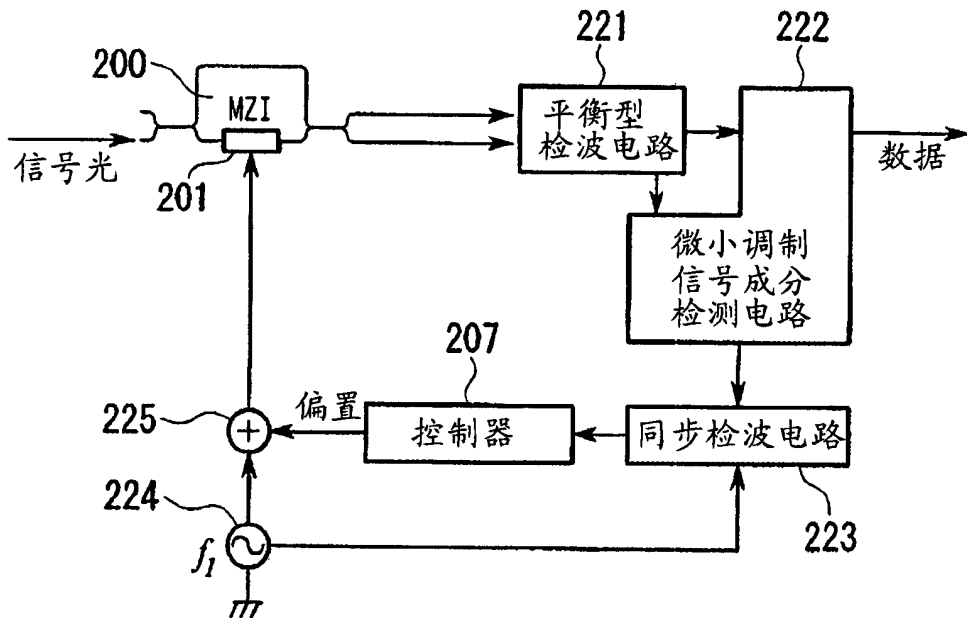


图 11

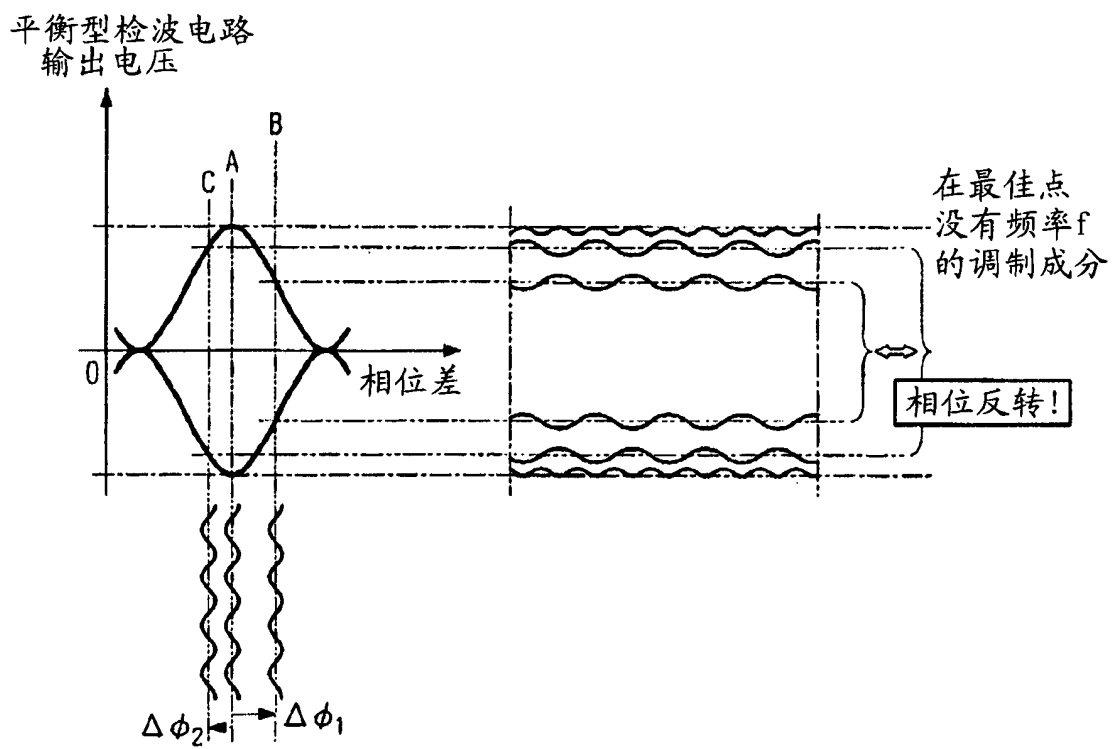


图 12

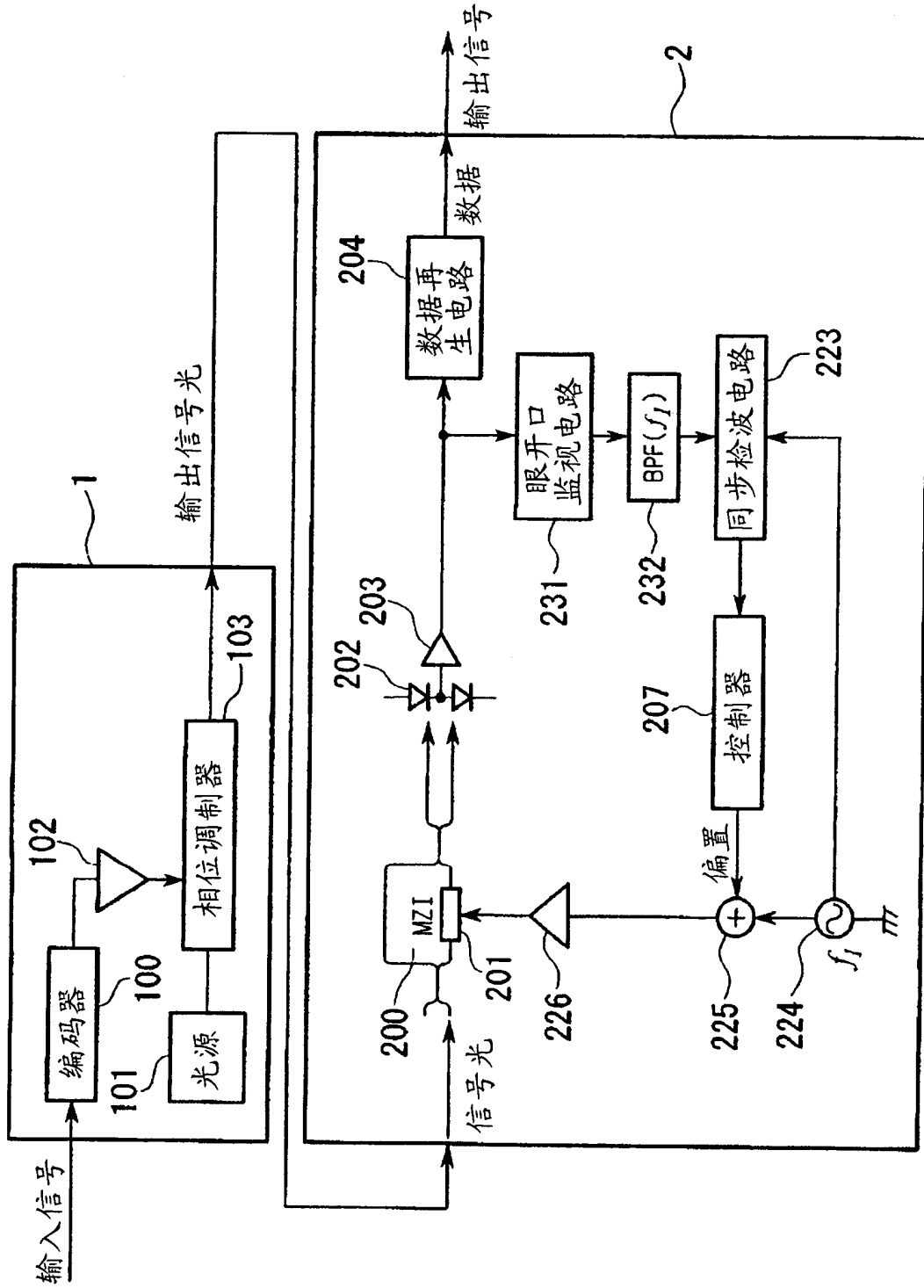


图 13

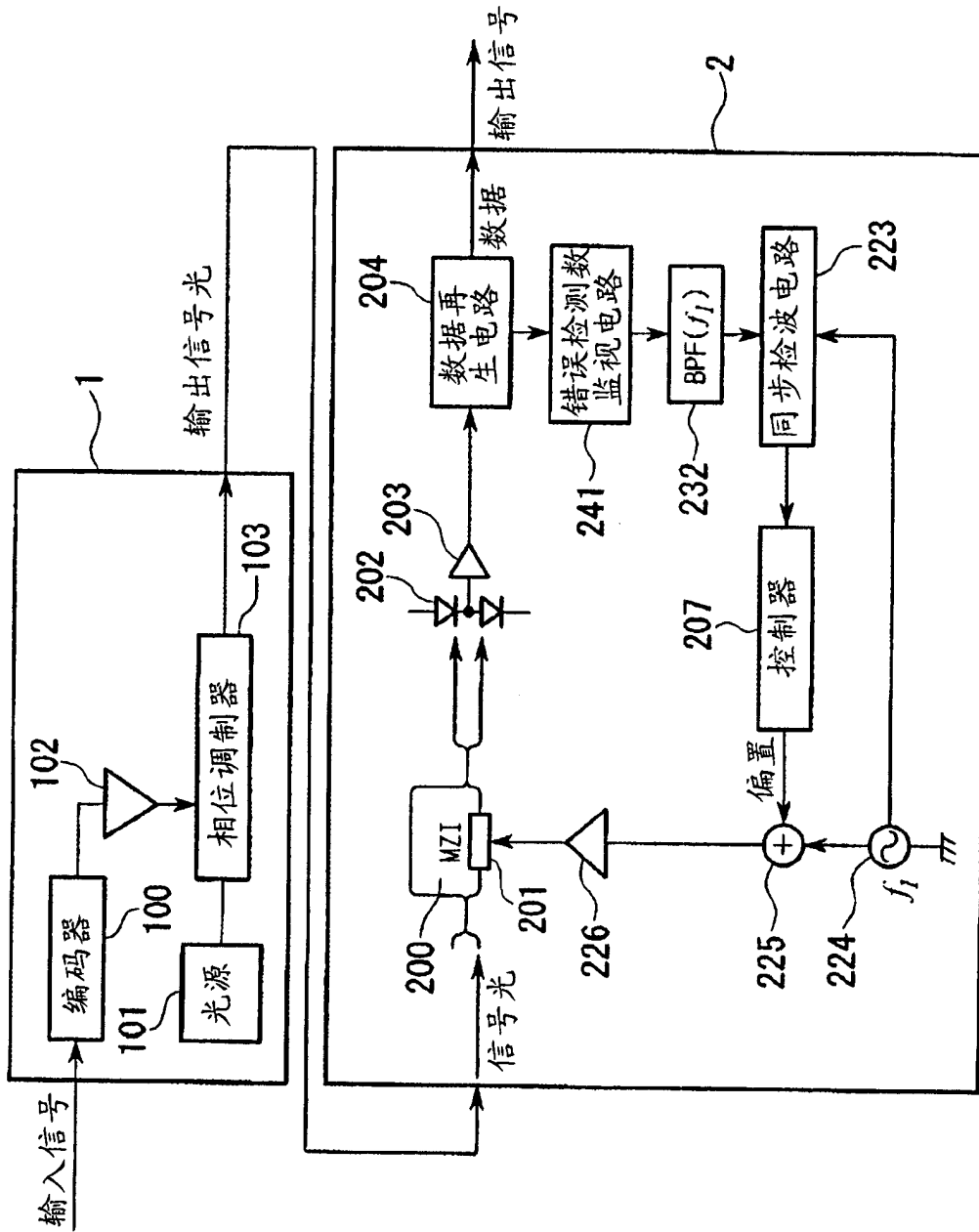


图 14

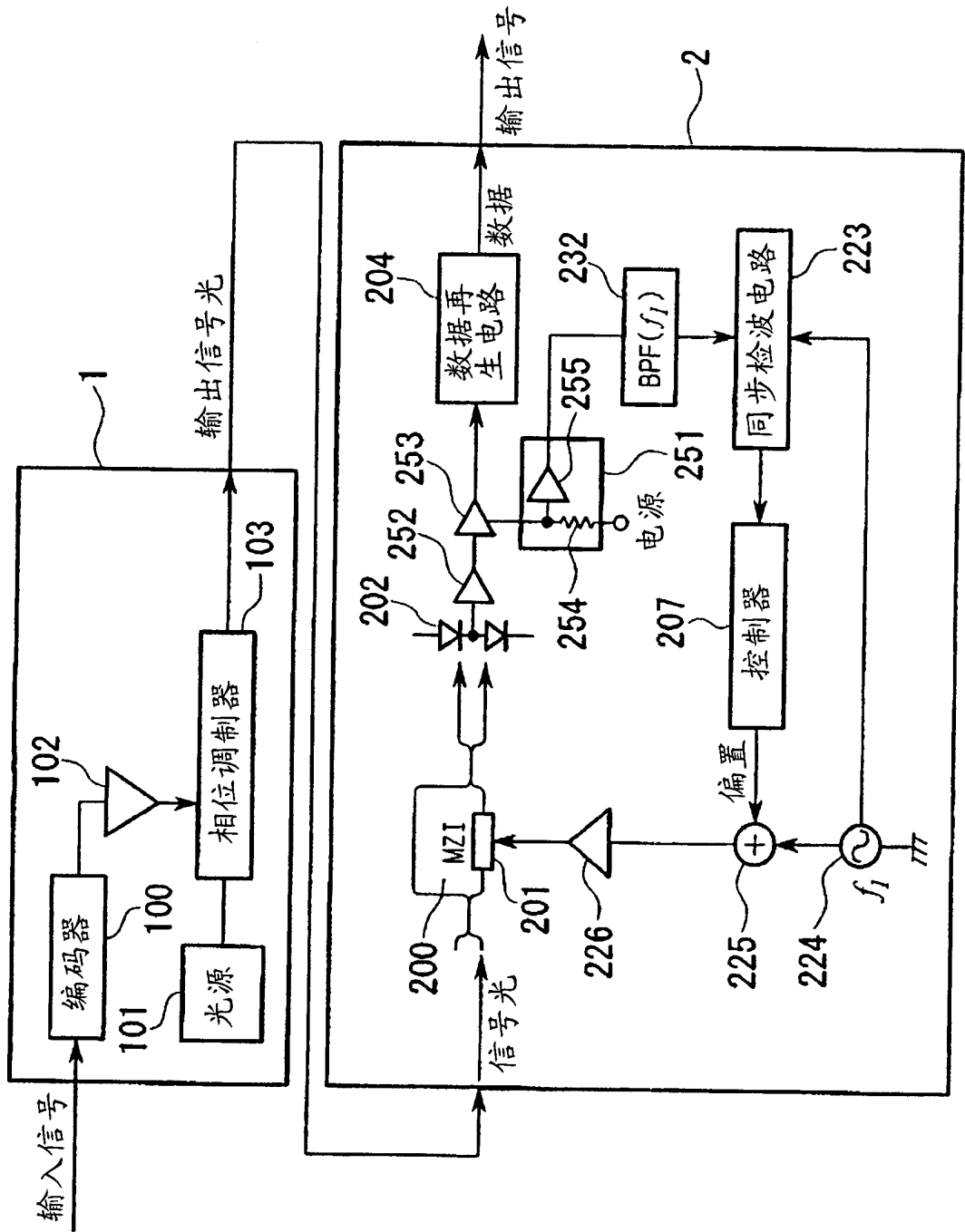


图 15

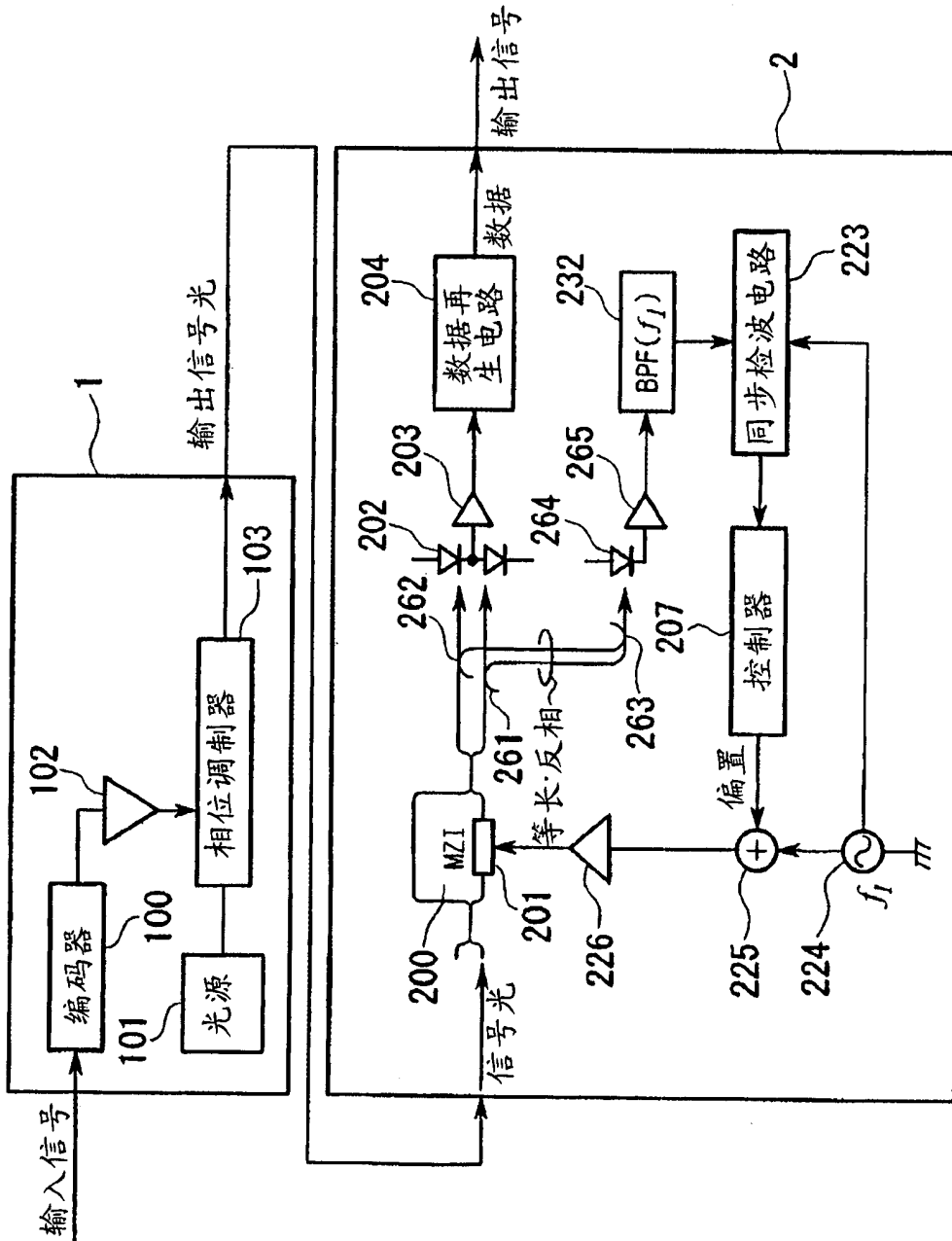


图 16

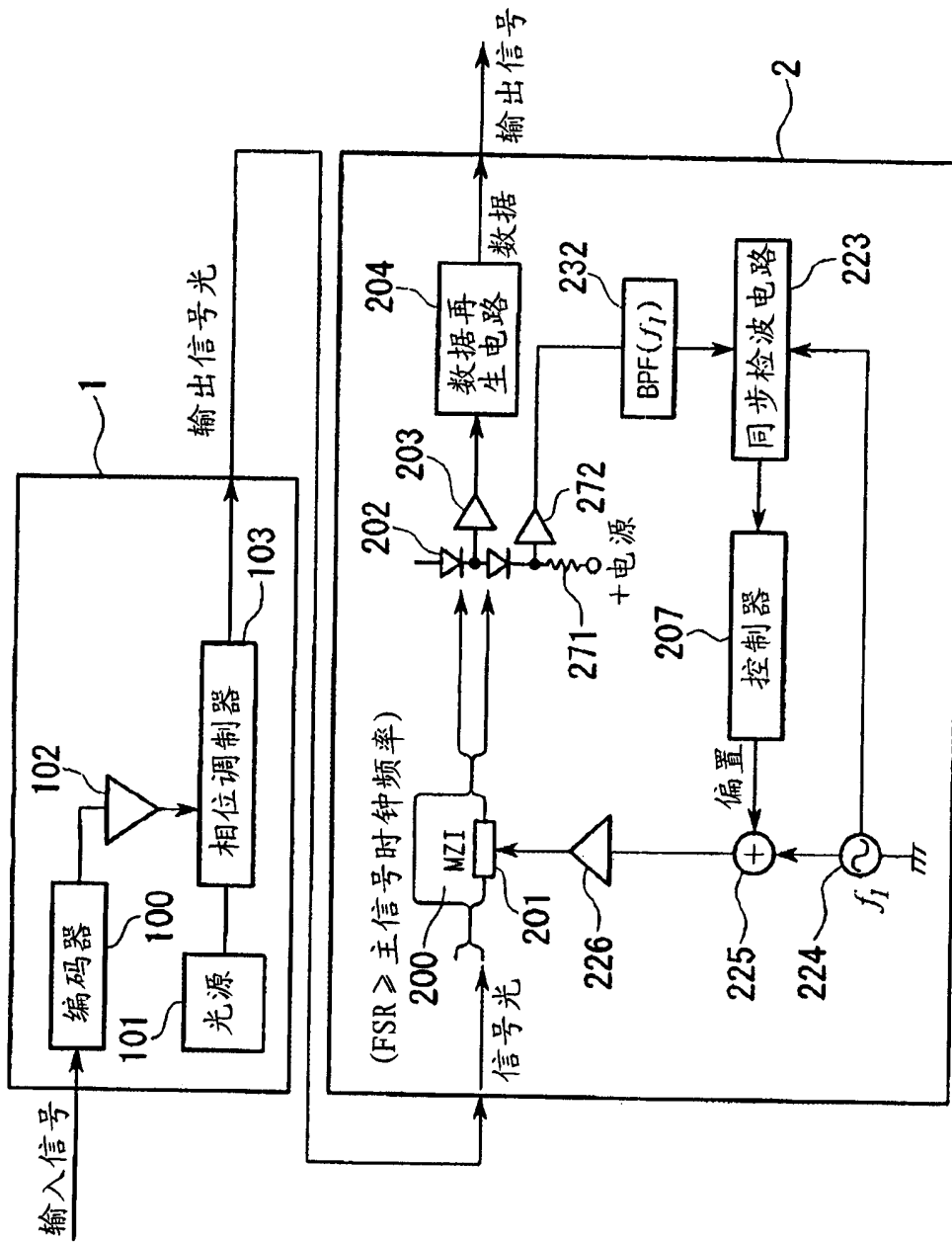


图 17

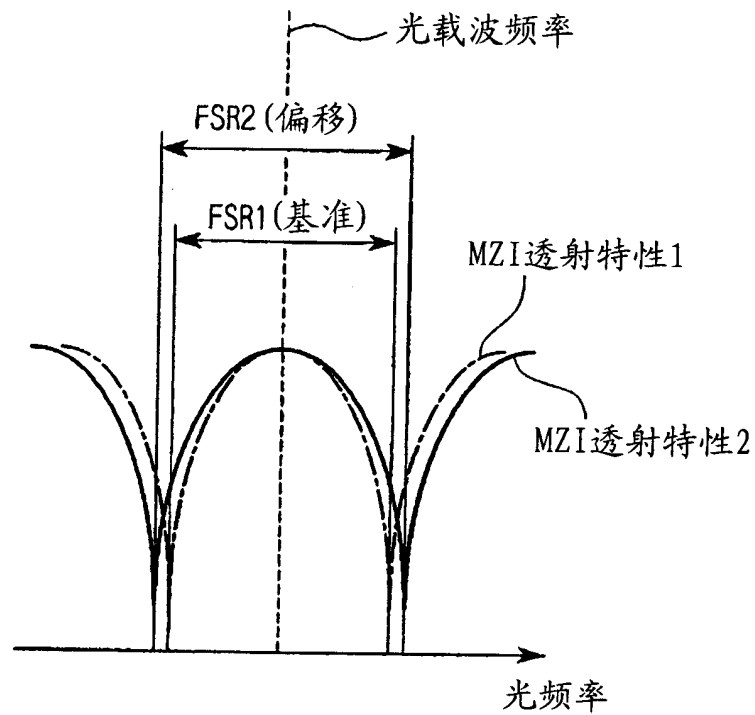


图 18

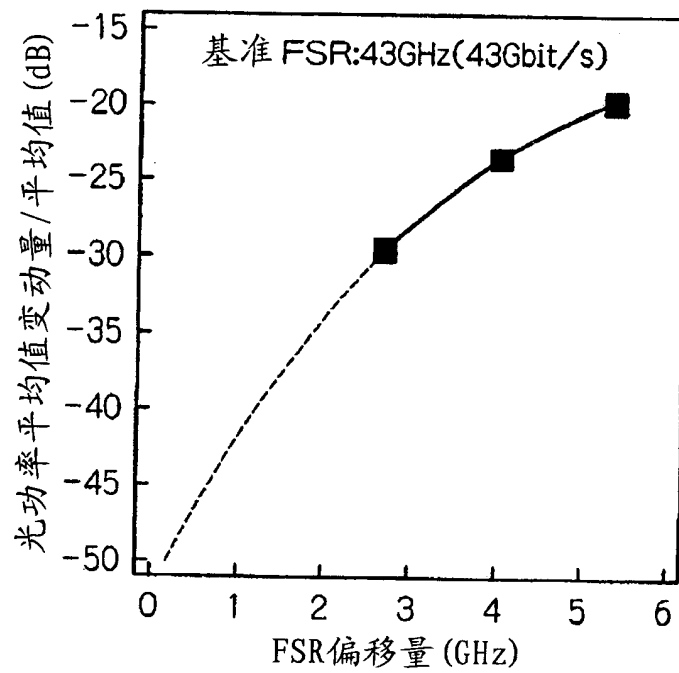


图 19

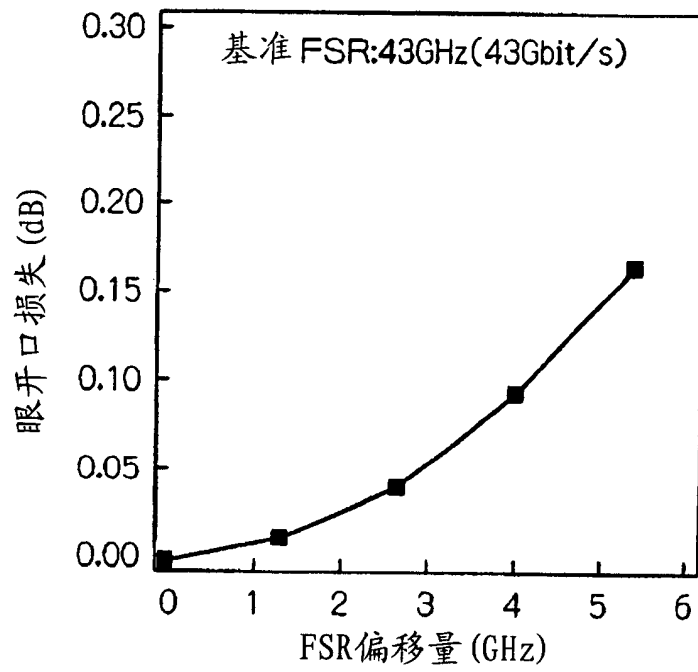


图 20

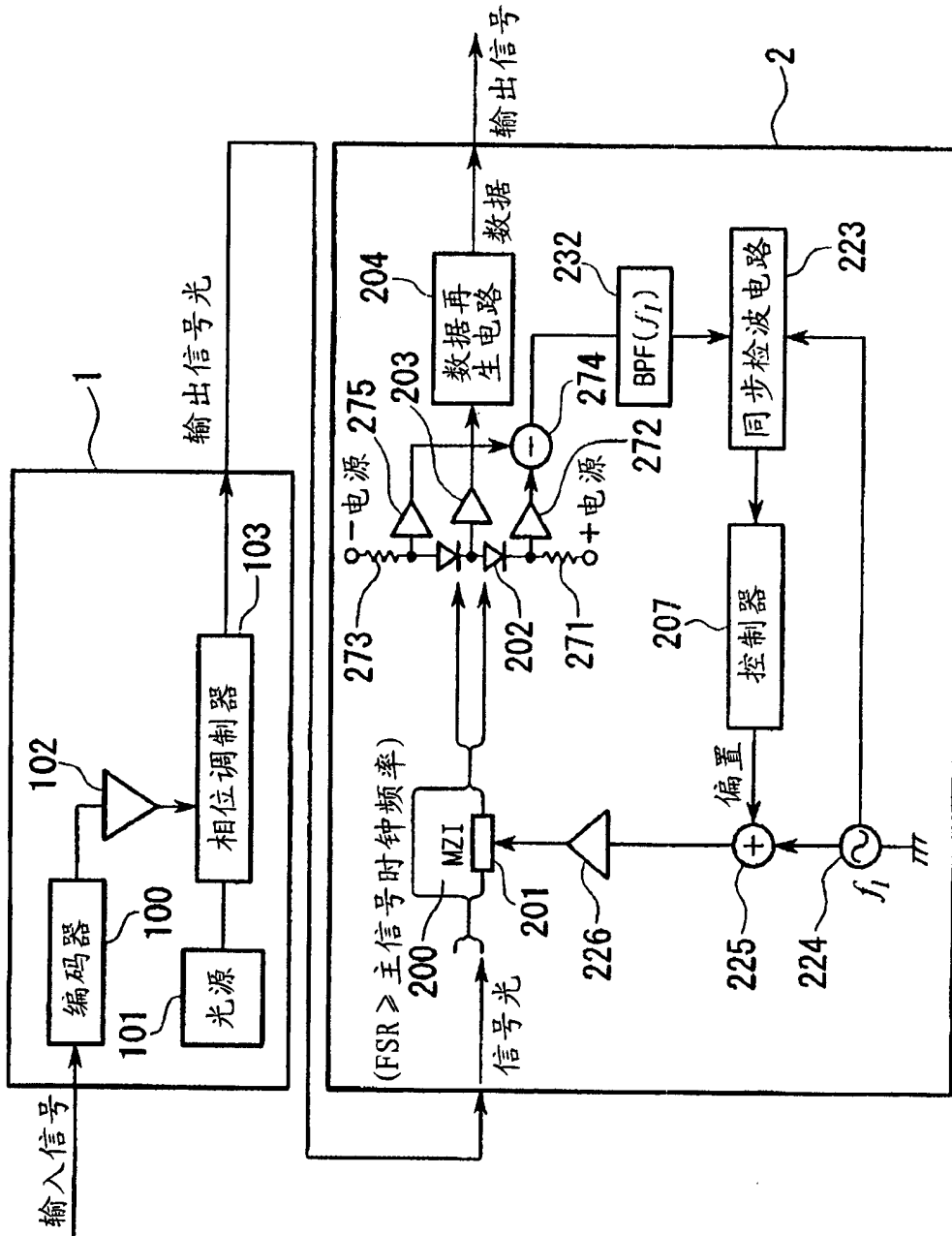


图 21

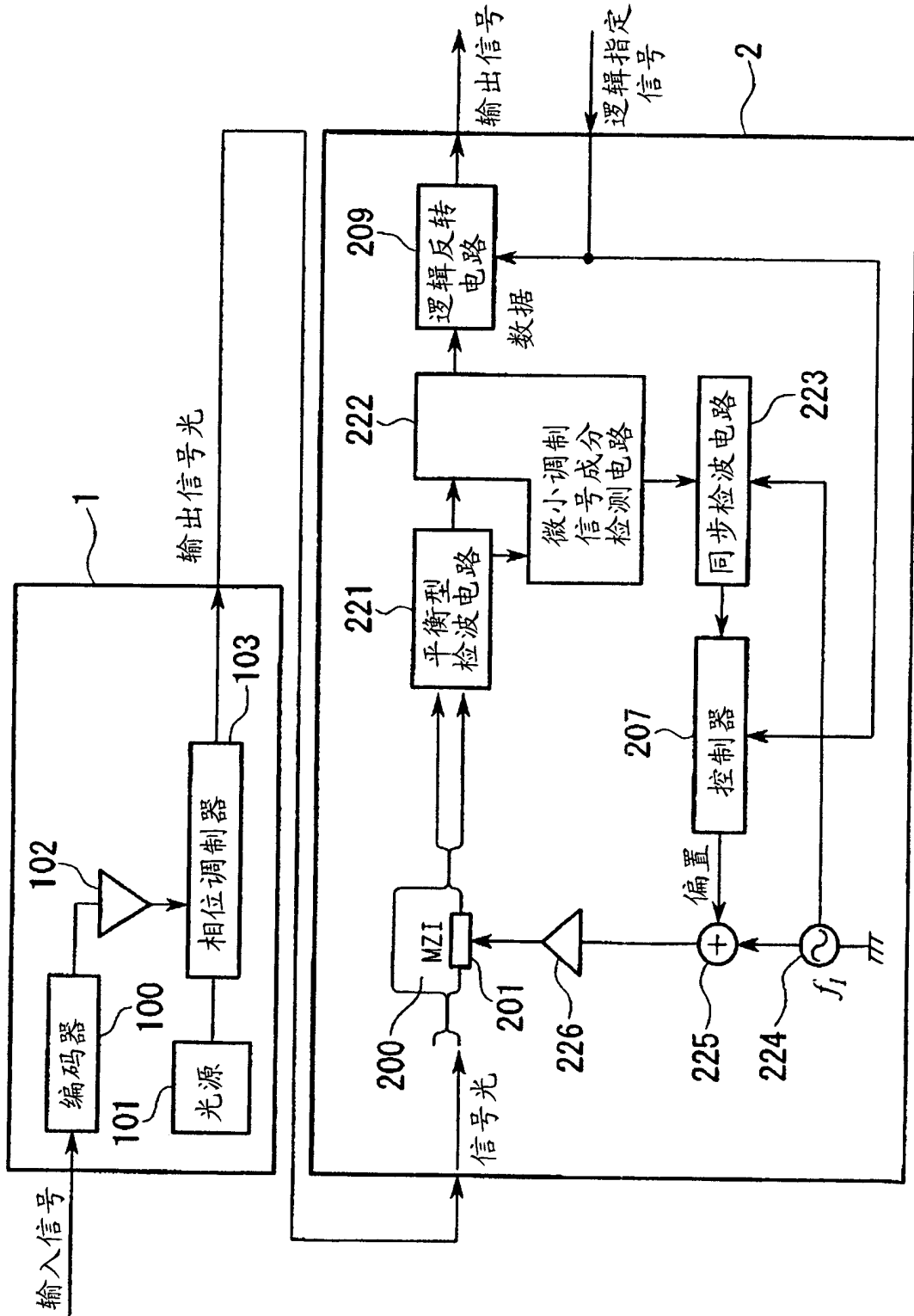


图 22

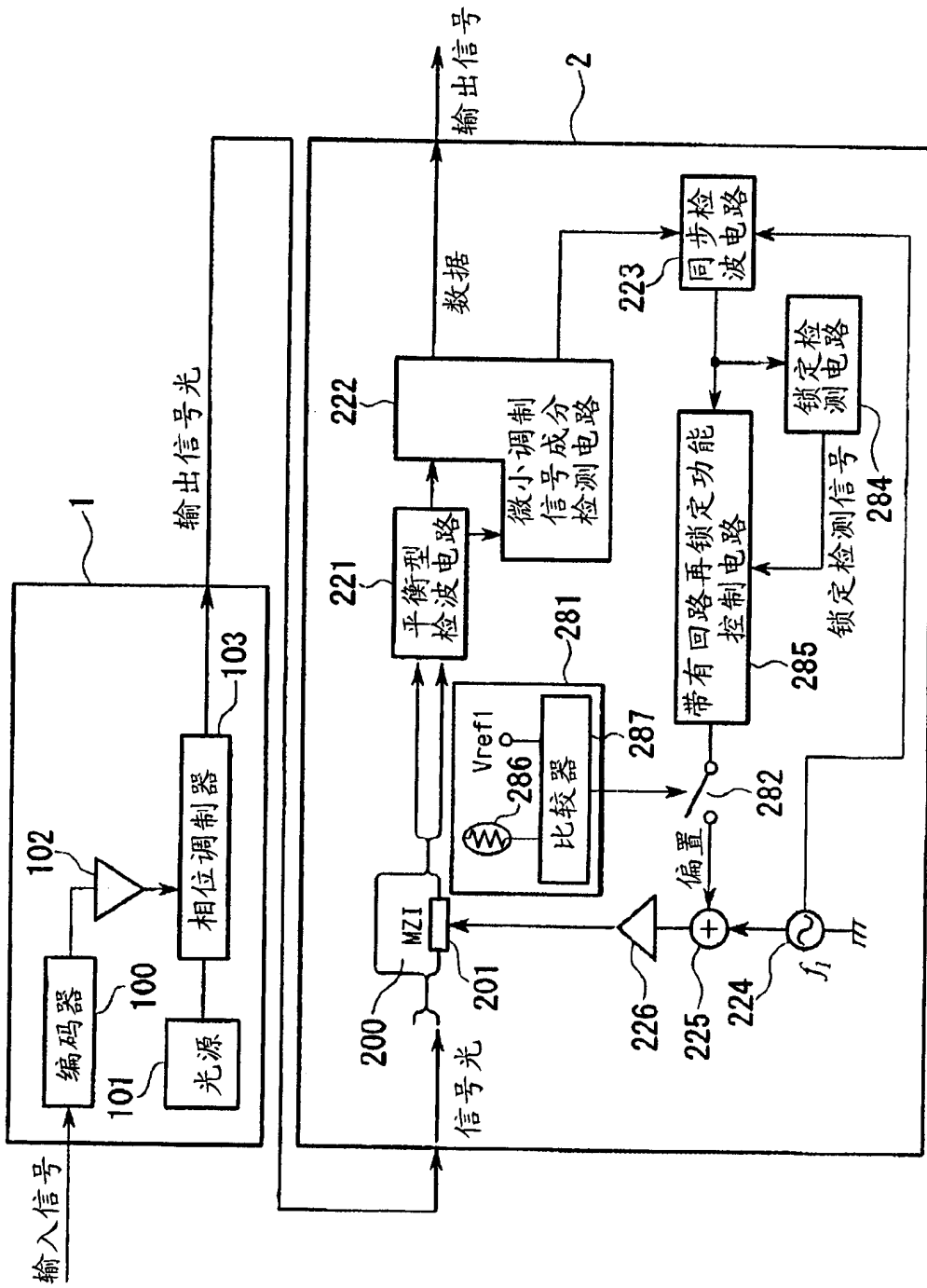


图 23

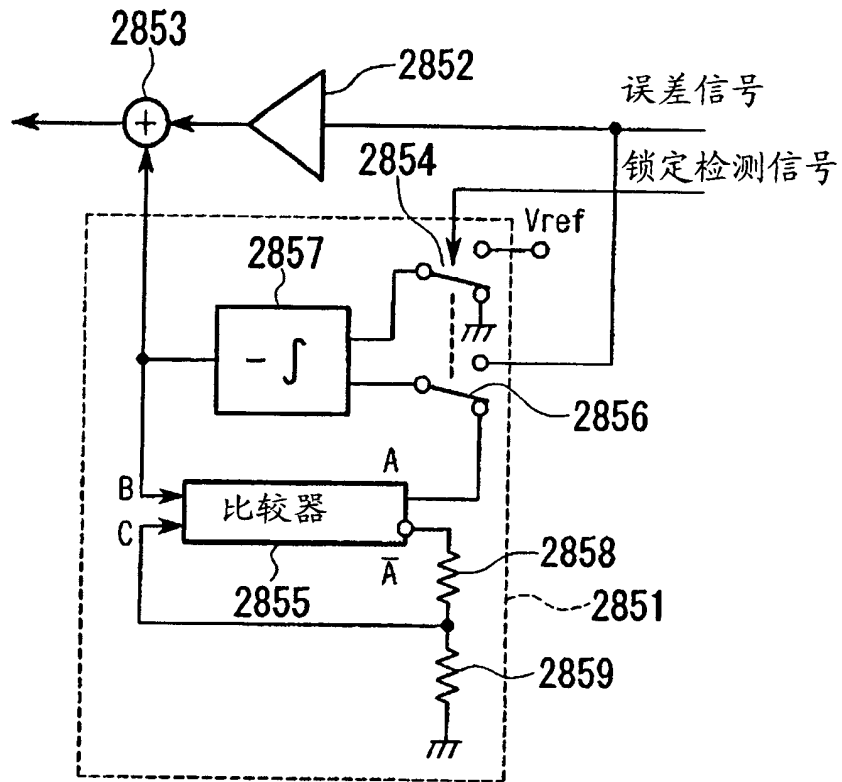


图 24

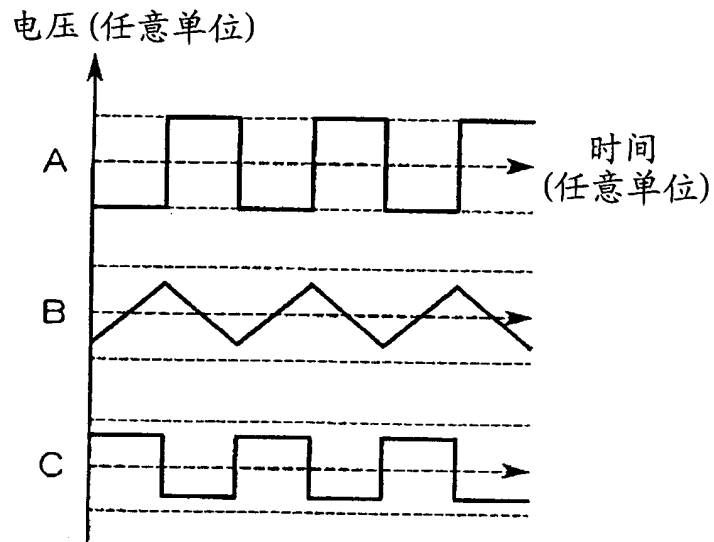


图 25

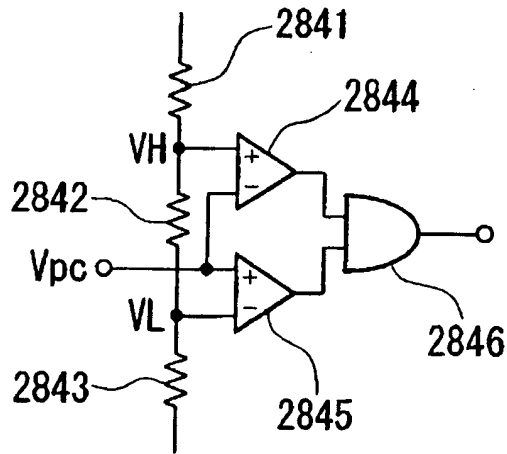


图 26

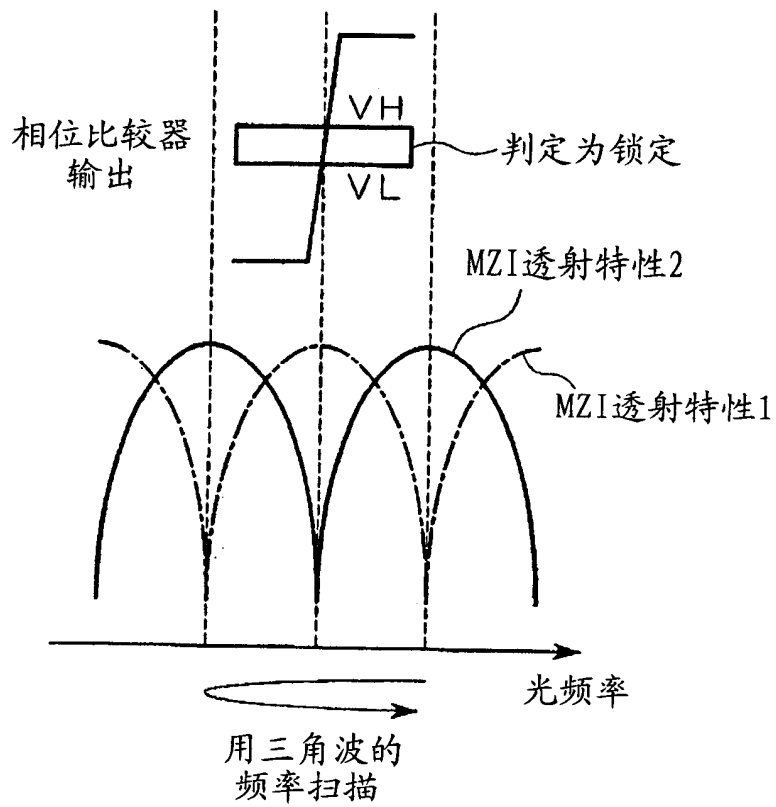


图 27

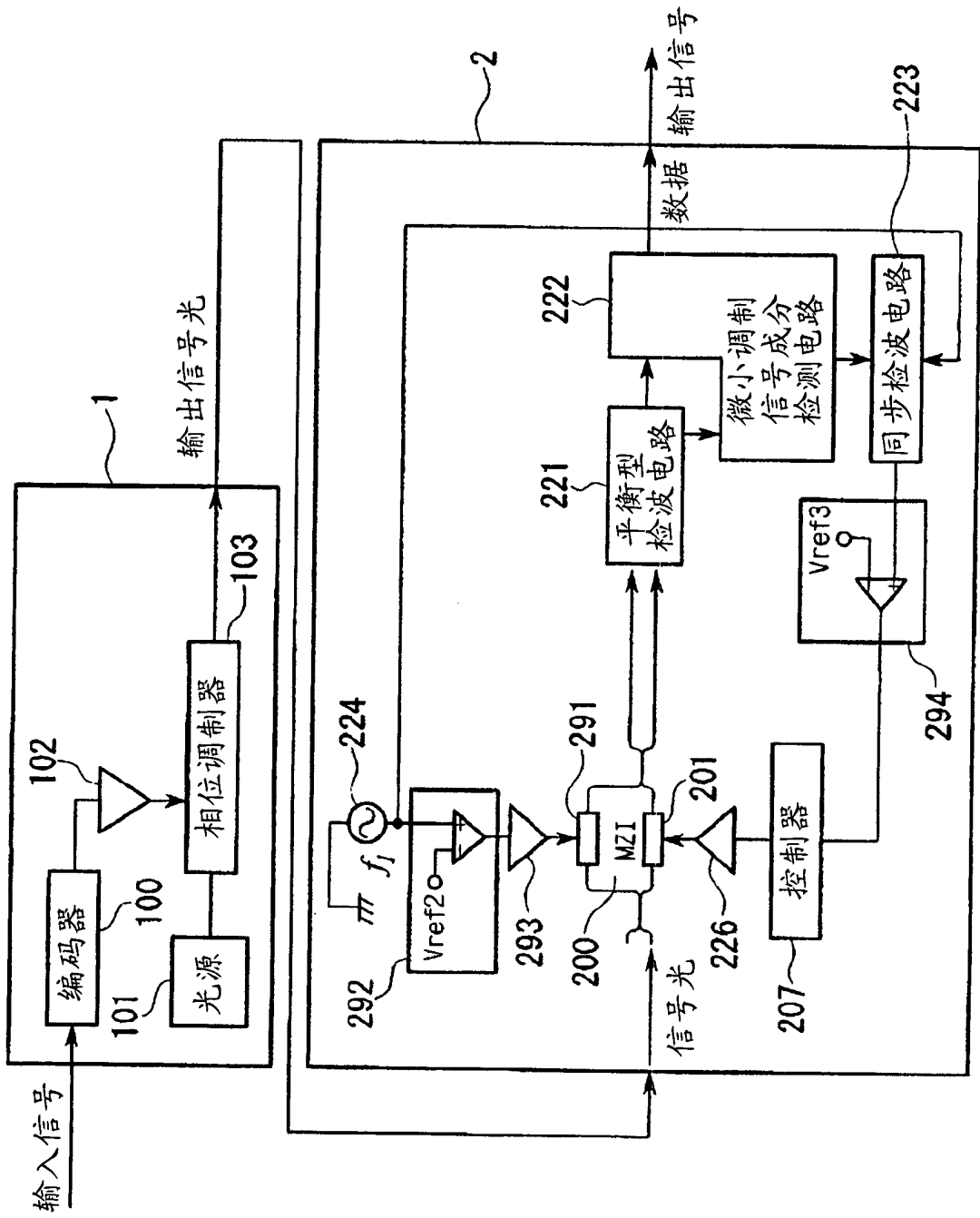


图 28

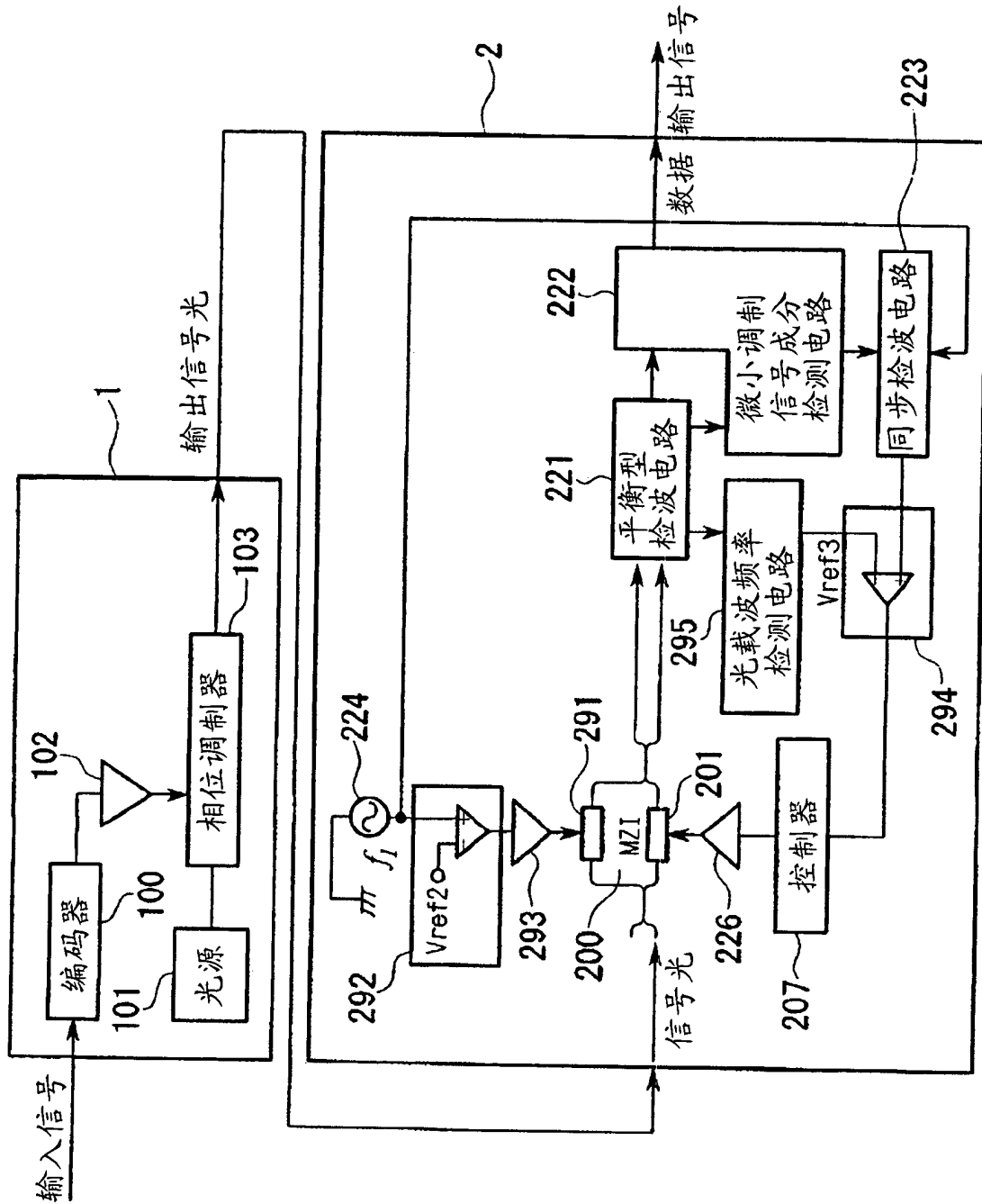


图 29

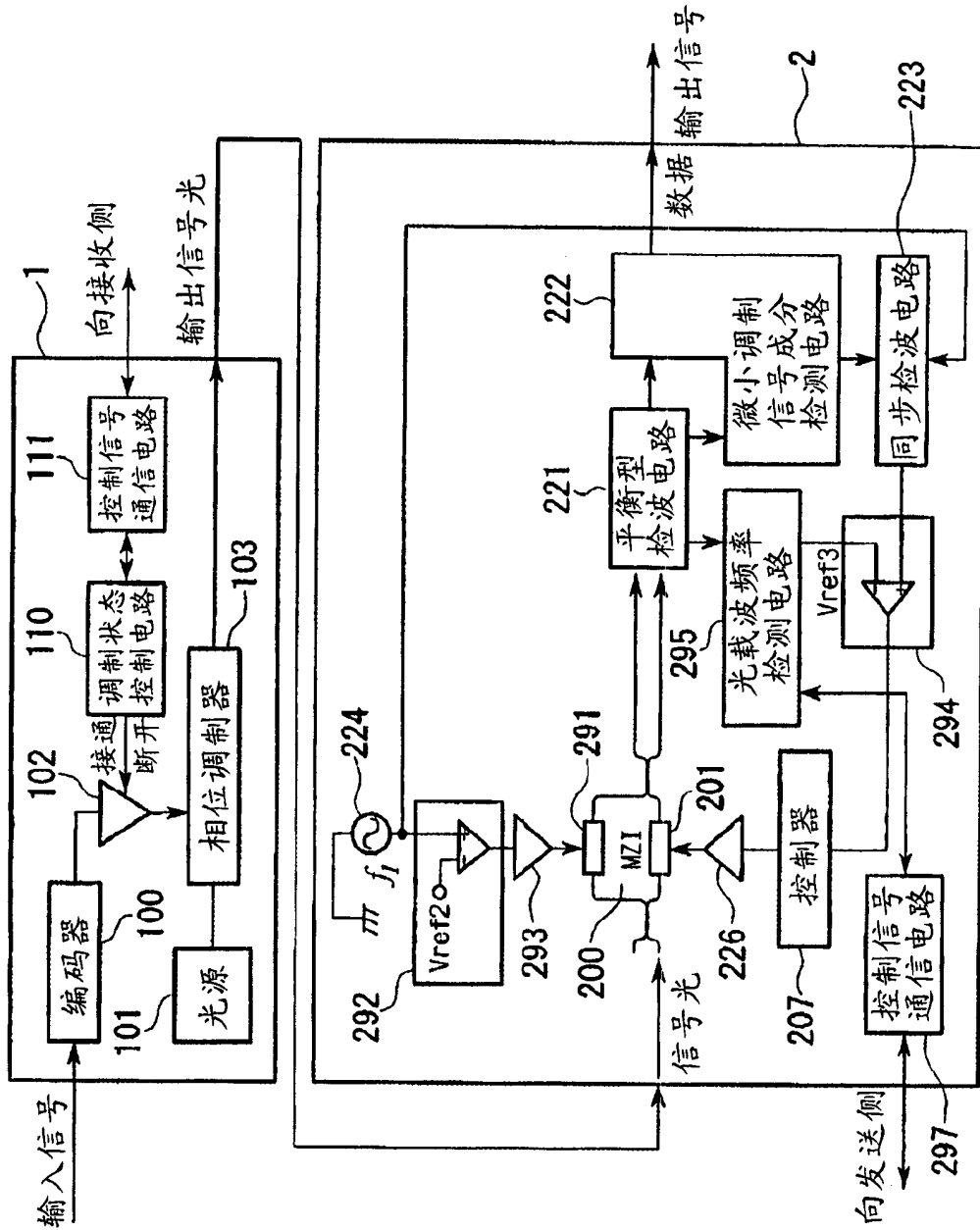


图 30