[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04J 14/02
H04B 10/18

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480000676.5

[43] 公开日 2005 年 11 月 16 日

[11] 公开号 CN 1698298A

[22] 申请日 2004.6.4
[21] 申请号 200480000676.5
[30] 优先权
[32] 2003. 6.13 [33] JP [31] 169068/2003
[86] 国际申请 PCT/JP2004/008143 2004.6.4
[87] 国际公布 WO2004/112293 英 2004.12.23
[85] 进入国家阶段日期 2005.2.16
[71] 申请人 松下电器产业株式会社
地址 日本大阪府
[72] 发明人 生岛刚 布施优

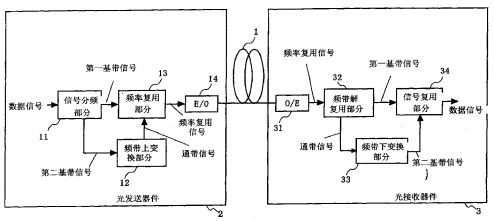
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 李 玲

权利要求书 11 页 说明书 33 页 附图 18 页

[54] 发明名称 分频光学传输系统，和光学发送器件，光学接收器件，以及基于上述器件的光学传输的使用方法

[57] 摘要

一种光学传输系统包括光学发送器件(2)和光学接收器件(3)。 光学发送器件(2)包括：数据信号分频部分(11，12)，用于数据信号所包含的信息至少分成两部分信息，并且产生至少两个具有不同中心频率和带宽的电信号；含有不同的中心频率和带的电子信号的数据信号分裂部分(11，12)；频率复用部分(13)，用于对至少两个电信号进行频带复用；以及电光转换部分(14)，用于将频带复用信号转换成光信号并将其发送至光学传输路径。 光学接收器件(3)包括：光电转换部分(31)，用于将经由光学传输路径所传输过来光信号转换成频带复用信号；频带解复用部分(32)，用于对频带复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；以及数据信号恢复部分(33，34)，用于根据至少两个解复用的电信号恢复为数据信号。 数据信号分频部分(11，12)产生至少两个电信号，使得电信号处于不同的频率带宽且偏离光学传输路径响应频率的重的局部最小频率带宽。



ISSN1008-4274

1．一种光学传输系统，该系统包括：光学发送器件，用于将所输入的数据信号转换成光信号并将该光信号发送至光学传输路径；和光学接受器件，用于接受经由光学传输路径所传输的光信号并将所接受到的光信号转换成数据信号，其特征在于，

所述光学发送器件包括

数据信号分频部分，用于将在数据信号中所包含的信息至少分成两部分信息，并且至少产生两个具有不同中心频率和频带的电信号；

频率复用部分，用于对数据信号分频部分所产生的至少两个电信号进行频率复用；和

电光转换部分，用于将频率复用部分所产生的频率复用信号转换成光信号并将其发送至光学传输路径；

所述光学接收器件包括：

光电转换部分，用于将经由光学传输路径所传输过来光信号转换成频率复用信号；

频带解复用部分，用于对光电转换部分所输出的频率复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；和

数据信号恢复部分，用于根据由频带解复用部分所产生的至少两个电信号恢复为数据信号；以及，

所述数据信号分频部分产生至少两个电信号，使得电信号处于不同的频率带宽且偏离光学传输路径响应频率中的局部最小频率带宽。

2．根据权利要求1所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的两部分信息，以及将最终两部分信息分别作为第一和第二基带信号输出；和

频带上变换部分，用于将信号分频部分所输出的第二基带信号转换成具有以中心频率作为预定频率的通带信号；

所述数据信号分频部分可以电信号的方式输出第一基带信号和通带信号；

所述频率复用部分可以对第一基带信号和通带信号进行频率复用；

所述频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和通带信号；和

所述数据信号恢复部分包括：

频带下变换部分，用于通过频率转换将由频带解复用部分所解复用的通带信号转换成第二基带信号；和

信号复用部分，用于通过对由频带解复用部分所解复用的第一基带信号和由频带下变换部分所转换的第二基带信号进行复用来恢复信号。

3．根据权利要求 2 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述光学传输路径至少有一个可作为局部最小值的第一和第二频率的频率响应；

所述预定的分频比率可以根据从基带至第一频率的带宽和从第一频率至第二频率的通带带宽之间的比率来确定；以及，

所述预定频率位于通带内。

4．根据权利要求 2 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述频带上变换部分包括：

正弦波振荡器，用于产生具有预定频率的正弦波；

混频器，用于对第二基带信号进行频率转换，通过第二基带信号与正弦波振荡器所传输的正弦波信号的混频，以获得一个中心频率等于正弦波信号频率的通带信号；和

带通滤波器，只用于从混频器所传输的信号中提取通带信号。

5．根据权利要求 2 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述频带解复用部分包括：

低通滤波器，用于对第二基带信号进行解复用；和，

高通滤波器，用于对通带信号进行解复用。

6．根据权利要求 2 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述频带下变换部分包括：

正弦波振荡器，用于以预定频率输出正弦波；

混频器，用于通过混合通带信号和正弦波信号的频率转换将通带信号转换成基带信号；和

低通滤波器，仅用于从混频器的输出信号中提取第二基带信号。

7．根据权利要求 2 所述的分频光学传输系统，其特征在于，所述光学接

收器件还包括：

第一误差监测部分，用于检测从频带解复用部分解复用的第一基带信号的误差率；

第二误差监测部分，用于检测从频带下变换部分输出的第二基带信号的误差率；和，

频带控制部分，用于控制信号分频部分的预定分频比率以及频带上变换部分的预定频率，使得第一和第二基带信号的误差率小于预定值。

8．根据权利要求 2 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述光学发送器件还包括：

监测信号源，用于输出监测信号，这是一个正弦波信号，同时扫描其频率；和，

转换器，用于将由频率复用部分所输出的频率复用信号或者由监测信号源所输出的监测信号输入至电光转换部分；以及，

所述光学接收器件还包括：

频率响应检测部分，用于从光电转换部分所输出的信号中提取监测信号，并且基于扫描检测信号的电平来检测光学传输路径的频率响应；和

频带控制部分，用于基于频率响应检测部分所检测到光学传输路径的频率响应来控制在信号分频部分中的预定分频比率和频带上变换部分中的预定频率。

9．根据权利要求 1 所述的分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为两部分信息，并将最终两部分信息分别作为第一和第二基带信号输出；

第一多级调制部分，用于根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定第一 M 数值对信号分频部分所输出的第一基带信号进行多级调制，并输出第一多级调制信号；

第二多级调制部分，用于根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定第二 M 数值对信号分频部分所输出的第二基带信号进行多级调制，并输出第二多级调制信号；

频带上变换部分，用于将第二多级调制部分所输出的第二多级调制信号转

换成以预定频率作为中心频率的通带信号；

所述数据信号分频部分可以电信号方式输出第一多级调制信号和通带信号；

所述频率复用部分可以对第一多级调制信号和通带信号进行频率复用；

所述频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一多级调制信号和通带信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一多级解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一多级调制信号进行解调，并输出第一基带信号；

频带下变换部分，用于对频带解复用部分所解复用的通带信号进行频率变换，并输出第二多级调制信号；

第二多级调制部分，用于通过解调将频带下变换部分所输出的第二多级调制信号转换为第二基带信号；

信号复用部分，用于通过对第一多级解调部分所输出的第一基带信号和第二多级解调部分所输出的第二基带信号进行复用来恢复数据信号。

10．根据权利要求 9 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述预定的第一和第二 M 数值是根据第一和第二基带信号所需要的数据速率以及分配给第一和第二基带信号的频率带宽的比率来确定。

11．根据权利要求 9 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述光学接收器件还包括：

第一误差监测部分，用于检测由第一多级解调部分所输出的第一基带信号的误差率；

第二误差监测部分，用于监测由第二多级解调部分所输出的第二基带信号的误差率；和，

频带 M 数值控制部分，用于控制在信号分频部分中的预定分频比率，在频带上变换部分中的预定频率，在第一多级调制部分中的预定第一 M 数值，以及在第二多级调制部分中的预定第二 M 数值，使得第一和第二基带信号的误差率小于预定值。

12．根据权利要求 2 或 9 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述通带信号是可实现单边带调制的信号。

13．根据权利要求 1 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为两部分信息，并将最终两部分信息分别作为第一和第二基带信号输出；

第一双重二进制调制部分，用于对信号分频部分所输出的第一基带信号进行双重二进制调制，并输出第一双重二进制信号；

第二双重二进制调制部分，用于对信号分频部分所输出的第二基带信号进行双重二进制调制，并输出第二双重二进制信号；和，

频带上变换部分，用于将第二双重二进制调制部分所输出的第二双重二进制信号转换成以预定频率作为中心频率的通带信号；

所述数据信号分频部分可以电信号方式输出第一双重二进制信号和通带信号；

所述频率复用部分可以对第一双重二进制信号和通带信号进行频率复用；

所述频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一双重二进制信号和通带信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一双重二进制解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一双重二进制信号进行解调，并输出第一基带信号；

频带下变换部分，用于对频带解复用部分所解复用的通带信号进行频率变换，并输出第二双重二进制信号；

第二双重二进制调制部分，用于通过解调将频带下变换部分所输出的第二双重二进制信号转换为第二基带信号；和，

信号复用部分，用于通过对第一双重二进制解调部分所输出的第一基带信号和第二双重二进制解调部分所输出的第二基带信号进行复用来恢复数据信号。

14．根据权利要求 1 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为 N 部分信息（N 等于或者大于 3），并将最终 N 部分信息分别作为第一和第 N 基带信号输出；

第一至第 N－1 频带上变换部分，用于将信号分频部分所输出的各个第二

至第 N 基带信号转换成具有以不同预定频率作为中心频率的通带信号；

所述数据信号分频部分以电信号方式输出第一基带信号和第一至第 N－1 通带信号；

所述频率复用部分可以对第一基带信号和第一至第 N－1 通带信号进行频率复用；

所述频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和第一至第 N－1 通带信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一至第 N－1 频带下变换部分，用于通过频率变换将频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N－1 通带信号转换成第二至第 N 基带信号；和

信号复用部分，用于通过对第一频带解复用部分所解复用的第一基带信号和由各个频带下变换部分所转换的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。

15．根据权利要求 1 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应将数据信号中所包含的信息分成 N 部分信息（N 等于或大于 3），并将最终 N 部分信息以第一至第 N 基带信号的方式输出；

第一至第 N 多级调制部分，用于根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定 M 数值对信号分频部分所输出的各个第一至的 N 基带信号进行多级调制，并输出第一至第 N 多级调制信号；和，

第一至第 N－1 频带上变换部分，用于将各个第二至第 N 多级调制部分所输出的第二至第N多级调制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第 N－1 通带信号；

所述数据信号分频部分以电信号方式输出第一多级调制信号和第一至第 N－1 通带信号；

所述频率复用输出部分对第一多级调制信号和第一至第 N－1 通带信号进行频率复用；

所述频带解复用部分对频率复用信号进行解复用，以获得第一多级调制信号和第一至第 N－1 通带信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一多级解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一多级调制信号进行解调，并输出第一基带信号；

第一至第 N－1 频带下变换部分，用于对由频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N－1 通带信号进行频率变换，并输出各个第二至第 N 多级调制信号；

第二至第 N 多级解调部分，用于将频带下变换部分所输出的各个第二至第 N 多级调制信号转换成第二至第 N 通带信号；和

信号复用部分，用于通过对第一多级解调部分所输出的第一基带信号和各个第二至第 N 多级解调部分所输出的第二至第 N 基带信号进行复用来恢复数据信号。

16．根据权利要求 1 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应将数据信号中所包含的信息分成 N 部分信息（N 等于或大于 3），并将最终 N 部分信息以第一至第 N 基带信号的方式输出；

第一至第 N 双重二进制调制部分，根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定 M 数值对信号分频部分所输出的各个第一至第 N 基带信号进行双重二进制调制，并输出第一至第 N 双重二进制信号；和，

第一至第 N－1 频带上变换部分，用于将各个第二至第 N 双重二进制调制部分所输出的第二至第 N 双重二进制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第 N－1 通带信号；

所述数据信号分频部分以电信号方式输出第一双重二进制信号和第一至第 N－1 通带信号；

所述频率复用输出部分对第一双重二进制信号和第一至第 N－1 通带信号进行频率复用；

所述频带解复用部分对频率复用信号进行解复用，以获得第一双重二进制信号和第一至第 N－1 通带信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一双重二进制解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一双重二进制信号进行解调，并输出第一基带信号；

第一至第 N－1 频带下变换部分，用于对由频带解复用部分所解复用的各

个第一至第N－1通带信号进行频率变换，并输出各个第二至第N双重二进制信号；

第二至第N双重二进制解调部分，用于通过解调将频带下变换部分所输出的各个第二至第N双重二进制信号转换成第二至第N通带信号；和，

信号复用部分，用于通过对第一双重二进制解调部分所输出的第一基带信号和各个第二至第N双重二进制解调部分所输出的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。

17．根据权利要求1所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为N部分信息（N等于或者大于2），并将最终N部分信息分别作为第一和第N基带信号输出；

第一至第N调制部分，用于对信号分频部分所分别输出的第一至第N基带信号采用预定的方案调制成第一至的N基带信号，并输出第一至的N调制信号；和，

第一至第N频带上变换部分，用于对由第一至第N调制部分所输出的各个第一至第N调制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第N电信号，并输出最终的电信号；

所述频率复用部分可以对第一至第N电信号进行频率复用；

所述频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一至第N电信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一至第N频带下变换部分，用于通过频率变换将频带解复用部分所解复用的各个第一至第N电信号转换成第一至第N调制信号；

第一至第N解调部分，用于对由第一至第N频带下变换部分所输出的各个第一至第N调制信号进行解调，并输出第一至第N基带信号；和，

信号复用部分，用于通过对由各个第一至第N解调部分所输出的第一至第N基带信号进行复用来恢复数据信号；以及

所述光学接受器件还包括：

第一至第N电平检测部分，用于检测由各个第一至第N频带下变换部分所输出的第一至第N调制信号的电平；和，

调制控制部分，用于根据由各个第一至第 N 电平检测部分所检测到的第一至第 N 调制信号的电平来控制在第一至第 N 调制部分中所使用的调制方案。

18．根据权利要求 17 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述调制控制部分可以通过第一至第 N 电平检测部分检测各个第一至第 N 调制信号，如果当信号的电平等于或者小于预定的数值，就使得对应于第一至第 N 调制信号中任一信号的调制部分停止发送调制信号。

19．根据权利要求 1 所述分频光学传输系统，其特征在于，

所述数据信号分频部分包括：

信号分频部分，用于根据预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为 N 部分信息（N 等于或者大于 2），并将最终 N 部分信息分别作为第一和第 N 基带信号输出；

第一至第 N 调制部分，用于对信号分频部分所分别输出的第一至第 N 基带信号采用预定的方案调制成第一至的 N 基带信号，并输出第一至的 N 调制信号；和，

第一至第 N 频带上变换部分，用于对由第一至第 N 调制部分所输出的各个第一至第 N 调制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第 N 电信号，并输出最终的电信号；以及，

所述频率复用部分可以对第一至第 N 电信号进行频率复用；

所述频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一至第 N 电信号；以及，

所述数据信号恢复部分包括：

第一至第 N 频带下变换部分，用于通过频率变换将频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N 电信号转换成第一至第 N 调制信号；

第一至第 N 解调部分，用于对由第一至第 N 频带下变换部分所输出的各个第一至第 N 调制信号进行解调，并输出第一至第 N 基带信号；和，

信号复用部分，用于通过对由各个第一至第 N 解调部分所输出的第一至第 N 基带信号进行复用来恢复数据信号；以及，

所述光学接受器件还包括：

第一至第 N 误差监测部分，用于检测由各个第一至第 N 解调部分所输出的第一至第 N 基带信号的误差率；和

调制控制部分，用于根据由各个第一至第 N 误差监测部分所检测到的第一

至第 N 基带信号的误差率来控制在第一至第 N 调制部分中所使用的调制方案。

20．根据权利要求 19 所述分频光学传输系统，其特征在于，所述调制控制部分可以通过第一至第 N 误差检测部分检测各个第一至第 N 基带信号，如果当信号的电平等于或者小于预定的数值，就使得对应于第一至第 N 基带信号中任一信号的调制部分停止发送调制信号。

21．一种光学发送器件，用于将所输入的数据信号转换成光信号并将该光信号输出至光学路径中，其特征在于，所述光学发送器件包括：

数据信号分频部分，用于将数据信号中所包含的信息至少分成为两部分信息，并且至少产生两个分别具有不同中心频率和带宽的两个电信号；

频率复用部分，用于对数据信号分频部分所产生的至少两个电信号进行频率复用频率；和

电光转换部分，用于将频率复用部分所产生的频率复用信号转换成光信号，并且将该光信号发送至光学传输路径；

其中，所述数据信号分频部分至少产生两个电信号，且使得电信号处于偏离光学传输路径频率响应中的局部最小数值的不同频带中。

22．一种光学接收器件，用于接受由光学发送器件将输入数据信号转换成光信号，且通过光学传输路径传输的光信号，并将光信号转换成数据信号，其特征在于，

所述光学发送器件将其所产生的至少两个电信号且其频率处于偏离光学传输路径频率响应中的局部最小数值的不同频带中的频率复用信号转换为光信号；

所述光学接收器件包括：

光电转换部分，用于将经由光学传输路径所传输的光信号转换成频率复用信号；

频带解复用部分，用于对光电转换部分所输出的频率复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；和

数据信号恢复部分，基于由频带解复用部分所解复用的至少两个电信号来恢复数据信号。

23．一种分频光学传输方法，用于将所输入的数据信号转换成的光信号，并将光信号发送至光学传输路径，以及接受经由光学传输路径所传输的光信号并将光信号转换成数据信号，其特征在于，所述方法包含以下步骤：

将数据信号中所包含的信息分成为两部分信息，并产生至少两个具有不同中心频率和带宽的电信号，且其频率处于偏离光学传输路径的频率响应中的局部最小数值的不同频率带宽中；

对所产生的至少两个电信号进行频率复用；

将频率复用信号转换成光信号，并将该光信号发送至光学传输路径中；

将经由光学传输路径所传输的光信号转换成频率复用信号；

对频率复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；以及，

基于所解复用的至少两个电信号来恢复数据信号。

分频光学传输系统，和光学发送器件，光学接收器件，以及基于上述器件的光学传输的使用方法

技术领域

本发明涉及一种光学传输系统，以及光学发送器件，光学接收器件，和基于上述器件的光学传输使用方法。尤其，本发明涉及一种分频光学传输系统，它能够使得单个频带分成为多个频带，实现电信号的多路复用，且转换成光信号，并传输所最终信号，以及光学发送器件，光学接收器件，和基于上述器件的光学传输使用方法。

背景技术

近年来，在大都市的区域网络和访问网络中，宽带访问量的增长不断地增加了对高容量传输的需求。根据这一需求，在大都市的区域网络和访问网络中已经采用了一种主要用于中枢网络的高速光学传输系统和波长复用光学传输系统。该系统的传输速度甚至可以超过 10Gbps。然而，相比于中枢网络，大都市区域网络和访问网络更需要降低成本，以及需要以低成本的方式来构造一种高速系统。然而，一般来说，诸如用于色散的色散补偿光纤之类器件都十分昂贵，并难以将这类光学器件应用于大都市的区域网络的区域网络和访问网络中。

于是，已经开发了许多通过补偿色散来实现远距离传输的器件。图 20 图示说明了一例在日本专利公告 NO.260233 所披露的利用常规色散补偿方法的光学通讯器件。该器件利用了一个色散补偿光纤，该补偿光纤的色散补偿与在光纤传输路径中所使用光纤的色散正好相反。该光学通讯装置包括发送器 71、色散补偿光纤 72 和 74、光学传输路径 73 以及接收器 75。色散补偿光纤 72 和 74 的色散补偿具有可抵消光学传输路径 73 中色散的色散补偿特性。

在建立速度超过 10Gbps 的光学传输系统的过程中，色散会引起严重的传输波形失真。尤其是，在运用光学发送器将电信号转换成 1.55um 的光信号的情况下，可以通过色散光纤来传输光信号，再利用光学接收器将所传输的光信号转换成电信号，这样，所传输波形的失真将会更加严重。图 19A 图示说明了

一例常规光学发送器的频率响应。图 19B 图示说明了一例由光学发送器，光学接收器和光纤所组成的常规光学传输路径的频率响应。图 19C 图示说明一例适用于常规基带传输信号的频带。在图 19A 至 19C 中，水平轴都表示输入光学发送器的电信号的频率，垂直轴表示电信号的电平。正如图 19A 所示，光学发送器所具有的频率响应带宽宽于图 19C 所示的频率带宽。然而，在通过色散光纤传输 1.55um 光信号的情况下，一般来说，正如图 19B 所示，由于色散的影响，就不可能传输在 f_{m1} 和 f_{m2} 附近频率的信号。正是如此，随着传输范围变得越来越大，所接收光信号的带宽就会变得小于信号频带的带宽。于是，光信号只能通过比信号频带宽的光学传输路径的频带范围来传输。其结果是，在常规的结构中，就难以进行远距离的传输。

这样，人们开发了通过补偿色散建立远距离传输的许多方法。图 20 示出了在日本专利 2760233 中描述的使用传统色彩补偿方法的光通信装置的一个实例。该方法使用色散补偿光纤，此光纤的色散补偿是在光传输路径中使用的光纤色散的反转。该光通信装置包括发射器 71，色散裣光纤 72 和 74，光传输路径 73 和接收器 75。将色散补偿光纤 72 和 74 的设定为具有能够消除光传输路径 73 的色散的色散特性。

在图 20 所显示的其它实例中，已经开发了各种不同类型的色散补偿方法（例如，可以采用光纤光栅来取代色散补偿光纤的方法）。这些色散补偿方法都具有在光学器件中所使用的色散补偿与在光学传输路径中所使用的色散正好相反的特性，从而可以抵消在光学传输路径中的色散。

但是，一般而言，用于色散补偿的色散补偿光纤这样的光学装置是昂贵的，很难在城域网和接入网中使用这样的光学装置。

发明内容

因此，本发明的目标是提供一种分频光学传输系统，该光学传输系统通过由色散补偿所影响的光学传输路径来实现高速，远距离和高质量的光信号传输，但并不需要使用昂贵的色散补偿器件；以及光学发送器件，光学接收器件，和使用上述器件的光学传输方法。

为了达到上述目的，本发明包含以下方面：

本发明的第一个方面是提出了一种光学传输系统，该光学传输系统包括：光学发送器件，用于将输入数据信号转换成光信号并且将该光信号发送至光学

传输路径；和光学接收器件，用于接收经由光学传输路径所传输过来的光信号并将其转换成数据信号。该光学发送器件包括：数据信号分频部分，用于将在数据信号中所包含的信息至少分成两部分信息，并且至少产生两个具有不同中心频率和频带的电信号；频率复用部分，用于对数据信号分频部分所产生的至少两个电信号进行频率复用；以及电光转换部分，用于将频率复用部分所产生的频率复用信号转换成光信号并将其发送至光学传输路径。光学接收器件包括：光电转换部分，用于将经由光学传输路径所传输过来光信号转换成频率复用信号；频带解复用部分，用于对光电转换部分所输出的频率复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；以及数据信号恢复部分，用于根据由频带解复用部分所产生的至少两个电信号恢复为数据信号。数据信号分频部分产生至少两个电信号，使得电信号处于不同的频率带宽且偏离光学传输路径响应频率的重的局部最小频率带宽。

基于本发明的第一方面，即使在对应于传输速率的频带中，存在着由于色散等所引起的严重频率响应失真的频率，但是可以使得信号所处的频带避免这一频率。因此，就有可能获得从光学发送器件至光学接收器件之间的高质量，高速和远距离的光信号传输，而不需要使用色散补偿的光学器件。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的两部分信息，以及将最终两部分信息分别作为第一和第二基带信号输出；和频带上变换部分，用于将信号分频部分所输出的第二基带信号转换成具有以中心频率作为预定频率的通带信号。数据信号分频部分可以电信号的方式输出第一基带信号和通带信号。频率复用部分可以对第一基带信号和通带信号进行频率复用。频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和通带信号。数据信号恢复部分包括：频带下变换部分，用于通过频率转换将由频带解复用部分所解复用的通带信号转换成第二基带信号；和信号复用部分，用于通过对由频带解复用部分所解复用的第一基带信号和由频带下变换部分所转换的第二基带信号进行复用来恢复信号。

较佳的是，光学传输路径至少有一个可作为局部最小值的第一和第二频率的频率响应。预定的分频比率可以根据从基带至第一频率的带宽和由第一频率至第二频率地通带带宽之间的比率来确定。该预定频率将位于通带内。

其结果是，即使存在着由于色散等所引起的严重频率响应失真的两个频

率，但是仍有可能实现从光学发送器件至光学接收器件之间的高质量，高速和远距离的光信号传输，而不需要使用色散补偿的光学器件。

例如，频带上变换部分包括：正弦波振荡器，用于产生具有预定频率的正弦波；混频器，用于对第二基带信号进行频率转换，通过第二基带信号与正弦波振荡器所传输的正弦波信号的混频，就能够获得一个中心频率等于正弦波信号频率的通带信号，和带通滤波器，只用于从混频器所传输的信号中提取通带信号。

例如，频带解复用部分包括：低通滤波器，用于对第二基带信号进行解复用；和高通滤波器，用于对通带信号进行解复用。

例如，频带下变换部分包括：正弦波振荡器，用于以预定频率输出正弦波；混频器，用于通过混合通带信号和正弦波信号的频率转换将通带信号转换成基带信号；以及低通滤波器，仅用于从混频器的输出信号中提取第二基带信号。

较佳的是，光学接收器件还包括：第一误差监测部分，用于检测从频带解复用部分解复用的第一基带信号的误差率；第二误差监测部分，用于检测从频带下变换部分输出的第二基带信号的误差率；频带控制部分，用于控制信号分频部分的预定分频比率以及频带上变换部分的预定频率，使得第一和第二基带信号的误差率小于预定值。

其结果是，有可能通过检测基带信号的误差率来最佳设置所使用的频带。于是，就有可能提供一种可以应用于具有各种响应频率的传输路径的光学传输系统，即，该光学系统能够采用一种类型的系统架构来掌控各种不同的传输范围和各种不同波长的激光器。

较佳的是，光学发送器件还包括：监测信号源，用于输出监测信号，这是一个正弦波信号，同时扫描其频率；且向电光转换部分切换输入由频率复用部分所输出的频率复用信号或者由监测信号源所输出的监测信号。光学接收器件还包括：频率响应检测部分，用于从光电转换部分所输出的信号中提取监测信号，并且基于扫描检测信号的电平来检测光学传输路径的频率响应；以及频带控制部分，用于基于频率响应检测部分所检测到光学传输路径的频率响应来控制在信号分频部分中的预定分频比率和频带上变换部分中的预定频率。

其结果是，就有可能监测传输路径的频率响应，以及根据所检测到的频率响应来设置信号的频率位置。于是，就有可能提供一种可以应用于具有各种响应频率的传输路径的光学传输系统，即，该光学系统能够采用一种类型的系统

架构来掌控各种不同的传输范围和各种不同波长的激光器。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为两部分信息，并将两部分信息分别作为第一和第二基带信号输出；第一多级调制部分，用于根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定第一 M 数值对信号分频部分所输出的第一基带信号进行多级调制，并输出第一多级调制信号；第二多级调制部分，用于根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定第二 M 数值对信号分频部分所输出的第二基带信号进行多级调制，并输出第二多级调制信号；频带上变换部分，用于将第二多级调制部分所输出的第二多级调制信号转换成以预定频率作为中心频率的通带信号。数据信号分频部分可以电信号方式输出第一多级调制信号和通带信号。频率复用部分可以对第一多级调制信号和通带信号进行频率复用。频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一多级调制信号和通带信号。数据信号恢复部分包括：第一多级解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一多级调制信号进行解调，并输出第一基带信号；频带下变换部分，用于对频带解复用部分所解复用的通带信号进行频率变换，并输出第二多级调制信号；第二多级调制部分，用于通过解调将频带下变换部分所输出的第二多级调制信号转换为第二基带信号；信号复用部分，用于通过对第一多级解调部分所输出的第一基带信号和第二多级解调部分所输出的第二基带信号进行复用来恢复数据信号。

其结果是，就有可能通过较窄的频率带宽来传输相同数量的信息。于是，有可能提供一种适用于传输数据信号的光学传输系统，即使是在由于光学传输路径的频率响应失真而是的高频带宽难以适用于输出数据的情况下。

较佳的是，根据第一和第二基带信号所需要的数据速率以及分配给第一和第二基带信号的频率带宽的比率来确定所预定的第一和第二 M 数值。

其结果是，就有可能处理传输路径的频率响应严重失真的情况。

较佳的是，光学接收器件还包括：第一误差监测部分，用于监测由第一多级解调部分所输出的第一基带信号的误差率；第二误差监测部分，用于监测由第二多级解调部分所输出的第二基带信号的误差率；以及频带 M 数值控制部分，用于控制在信号分频部分中的预定分频比率，在频带上变换部分中的预定频率，在第一多级调制部分中的预定第一 M 数值，以及在第二多级调制部分中的预定第二 M 数值，使得第一和第二基带信号的误差率小于预定值。

其结果是，有可能通过监测基带信号的误差率最佳地设置所使用的带宽。于是，就有可能提供一种可以应用于具有各种响应频率的传输路径的光学传输系统，即，该光学系统能够采用一种类型的系统架构来掌控各种不同的传输范围和各种不同波长的激光器。

例如，通带信号可以是一个允许进行单边带调制的信号。

其结果是，就有可能通过较窄的频率带宽来传输相同数量的信息，从而就有可能处理传输路径的频率响应严重失真的情况。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为两部分信息，并将最终两部分信息分别作为第一和第二基带信号输出；第一双重二进制调制部分，用于对信号分频部分所输出的第一基带信号进行双重二进制调制，并输出第一双重二进制信号；第二双重二进制调制部分，用于对信号分频部分所输出的第二基带信号进行双重二进制调制，并输出第二双重二进制信号；频带上变换部分，用于将第二双重二进制调制部分所输出的第二双重二进制信号转换成以预定频率作为中心频率的通带信号。数据信号分频部分可以电信号方式输出第一双重二进制信号和通带信号。频率复用部分可以对第一双重二进制信号和通带信号进行频率复用。频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一双重二进制信号和通带信号。数据信号恢复部分包括：第一双重二进制解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一双重二进制信号进行解调，并输出第一基带信号；频带下变换部分，用于对频带解复用部分所解复用的通带信号进行频率变换，并输出第二双重二进制信号；第二双重二进制调制部分，用于通过解调将频带下变换部分所输出的第二双重二进制信号转换为第二基带信号；以及信号复用部分，用于通过对第一双重二进制解调部分所输出的第一基带信号和第二双重二进制解调部分所输出的第二基带信号进行复用来恢复数据信号。

其结果是，就有可能通过较窄的频率带宽来传输相同数量的信息，从而就有可能处理传输路径的频率响应严重失真的情况。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为N部分信息（N等于或者大于3），并将最终N部分信息分别作为第一和第N基带信号输出；第一至第N－1频带上变换部分，用于将信号分频部分所输出的各个

第二至第N基带信号转换成具有以不同预定频率作为中心频率的通带信号。数据信号分频部分可以电信号方式输出第一基带信号和第一至第N－1通带信号。频率复用部分可以对第一基带信号和第一至第 N－1 通带信号进行频率复用。频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和第一至第 N－1 通带信号。数据信号恢复部分包括：第一至第 N－1 频带下变换部分，用于通过频率变换将频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N－1 通带信号转换成第二至第 N 基带信号；以及信号复用部分，用于通过对第一频带解复用部分所解复用的第一基带信号和由各个频带下变换部分所转换的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。

其结果是，就有可能进行复用，从而有可能将电信号包括于传输频带中。因此，就有可能提供一种适用于进行传输的光学系统，即使由于色散而使得响应频率严重失真。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应将数据信号中所包含的信息分成 N 部分信息（N 等于或大于 3），并将最终 N 部分信息以第一至第 N 基带信号的方式输出；第一至第 N 多级调制部分，用于根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定 M 数值对信号分频部分所输出的各个第一至的 N 基带信号进行多级调制，并输出第一至第 N 多级调制信号；以及第一至第 N－1 频带上变换部分，用于将各个第二至第 N 多级调制部分所输出的第二至第N多级调制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第 N－1 通带信号。数据信号分频部分以电信号方式输出第一多级调制信号和第一至第 N－1 通带信号。频率复用输出部分对第一多级调制信号和第一至第 N－1 通带信号进行频率复用。频带解复用部分对频率复用信号进行解复用，以获得第一多级调制信号和第一至第 N－1 通带信号。数据信号恢复部分包括：第一多级解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一多级调制信号进行解调，并输出第一基带信号；第一至第 N－1 频带下变换部分，用于对由频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N－1 通带信号进行频率变换，并输出各个第二至第 N 多级调制信号；第二至第 N 多级解调部分，用于将频带下变换部分所输出的各个第二至第N多级调制信号转换成第二至第 N 通带信号；以及信号复用部分，用于通过对第一多级解调部分所输出的第一基带信号和各个第二至第N多级解调部分所输出的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。

其结果是，就有可能进行复用，从而有可能将电信号包括于传输频带中。因此，就有可能提供一种适用于进行传输的光学系统，即使由于色散而使得响应频率严重失真。同样，也有可能在较为窄的频率带宽中传输相同数量的信息。从而就有可能提供一种能够传输数据信号的光学传输系统，即使是在由于光学传输路径的频率响应严重失真而使得高频带宽不能够适用于传输数据信号的情况下。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应将数据信号中所包含的信息分成N部分信息（N等于或大于3），并将最终N部分信息以第一至第N基带信号的方式输出；第一至第N双重二进制调制部分，根据由光学传输路径的频率响应所确定的预定M数值对信号分频部分所输出的各个第一至第N基带信号进行双重二进制调制，并输出第一至第N双重二进制信号；以及第一至第N－1频带上变换部分，用于将各个第二至第N双重二进制调制部分所输出的第二至第N双重二进制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第N－1通带信号。数据信号分频部分以电信号方式输出第一双重二进制信号和第一至第N－1通带信号。频率复用输出部分对第一双重二进制信号和第一至第N－1通带信号进行频率复用。频带解复用部分对频率复用信号进行解复用，以获得第一双重二进制信号和第一至第N－1通带信号。数据信号恢复部分包括：第一双重二进制解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一双重二进制信号进行解调，并输出第一基带信号；第一至第N－1频带下变换部分，用于对由频带解复用部分所解复用的各个第一至第N－1通带信号进行频率变换，并输出各个第二至第N双重二进制信号；第二至第N双重二进制解调部分，用于通过解调将频带下变换部分所输出的各个第二至第N双重二进制信号转换成第二至第N通带信号；以及信号复用部分，用于通过对第一双重二进制解调部分所输出的第一基带信号和各个第二至第N双重二进制解调部分所输出的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。

其结果是，就有可能进行复用，从而有可能将电信号包括于传输频带中。因此，就有可能提供一种适用于进行传输的光学系统，即使由于色散而使得响应频率严重失真。同样，也有可能在较为窄的频率带宽中传输相同数量的信息。从而就有可能提供一种能够传输数据信号的光学传输系统，即使是在由于光学传输路径的频率响应严重失真而使得高频带宽不能够适用于传输数据信号的

情况下。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为N部分信息（N等于或者大于2），并将最终N部分信息分别作为第一和第N基带信号输出；第一至第N调制部分，用于对信号分频部分所分别输出的第一至第N基带信号采用预定的方案调制成第一至的N基带信号，并输出第一至的N调制信号；第一至第N频带上变换部分，用于对由第一至第N调制部分所输出的各个第一至第N调制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第N电信号，并输出最终的电信号。频率复用部分可以对第一至第N电信号进行频率复用。频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一至第N电信号。数据信号恢复部分包括：第一至第N频带下变换部分，用于通过频率变换将频带解复用部分所解复用的各个第一至第N电信号转换成第一至第N调制信号；第一至第N解调部分，用于对由第一至第N频带下变换部分所输出的各个第一至第N调制信号进行解调，并输出第一至第N基带信号；以及信号复用部分，用于通过对由各个第一至第N解调部分所输出的第一至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。光学接受器件还包括：第一至第N电平检测部分，用于检测由各个第一至第N频带下变换部分所输出的第一至第N调制信号的电平；以及调制控制部分，用于根据由各个第一至第N电平检测部分所检测到的第一至第N调制信号的电平来控制在第一至第N调制部分中所使用的调制方案。

其结果是，即使在对应于传输速率的频带中，存在着由于色散等原因所产生的频率响应严重失真的频率的情况下，还能够根据在分频频带中的频率响应改变调制方案来进行传输，从而就有可能进行传输。于是，可以在不需要使用色散补偿光学元件的条件下扩大传输范围。

较佳的是，调制控制部分可以通过第一至第N电平检测部分检测各个第一至第N调制信号，如果当信号的电平等于或者小于预定的数值，就使得对应于第一至第N调制信号中任一信号的调制部分停止发送调制信号。

其结果是，就有可能进行传输，同时有可能避免产生由于频率响应严重失真而不可能传输的频率带宽。

较佳的是，数据信号分频部分包括：信号分频部分，用于根据预定分频比率将数据信号中所包含的信息分成为N部分信息（N等于或者大于2），并将

最终 N 部分信息分别作为第一和第 N 基带信号输出；第一至第 N 调制部分，用于对信号分频部分所分别输出的第一至第N基带信号采用预定的方案调制成第一至的 N 基带信号，并输出第一至的 N 调制信号；第一至第 N 频带上变换部分，用于对由第一至第 N 调制部分所输出的各个第一至第 N 调制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第 N 电信号，并输出最终的电信号。频率复用部分可以对第一至第 N 电信号进行频率复用。频带解复用部分可以对频率复用信号进行解复用，以获得第一至第 N 电信号。数据信号恢复部分包括：第一至第 N 频带下变换部分，用于通过频率变换将频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N 电信号转换成第一至第 N 调制信号；第一至第 N 解调部分，用于对由第一至第N频带下变换部分所输出的各个第一至第N调制信号进行解调，并输出第一至第 N 基带信号；以及信号复用部分，用于通过对由各个第一至第 N 解调部分所输出的第一至第 N 基带信号进行复用来恢复数据信号。光学接受器件还包括：第一至第 N 误差监测部分，用于检测由各个第一至第 N 解调部分所输出的第一至第 N 基带信号的误差率；以及调制控制部分，用于根据由各个第一至第N误差监测部分所检测到的第一至第N基带信号的误差率来控制在第一至第 N 调制部分中所使用的调制方案。

其结果是，即使在对应于传输速率的频带中，存在着由于色散等原因所产生的频率响应严重失真的频率的情况下，还能够根据在分频频带中的频率响应改变调制方案来进行传输，从而就有可能进行传输。于是，可以在不需要使用色散补偿光学元件的条件下扩大传输范围。

较佳的是，调制控制部分可以通过第一至第 N 误差监测部分检测各个第一至第 N 基带信号，如果当信号的电平等于或者小于预定的数值，就使得对应于第一至第 N 基带信号中任一信号的调制部分停止发送调制信号。

其结果是，就有可能进行传输，同时有可能避免产生由于频率响应严重失真而不可能传输的频率带宽。

本发明的第二方面是提出一种光学发送器件，用于将所输入的数据信号转换成光信号并将该光信号输出至光学路径中。该光学发送器件包括：数据信号分频部分，用于将数据信号中所包含的信息至少分成为两部分信息，并且至少产生两个分别具有不同中心频率和带宽的两个电信号；频率复用部分，用于对数据信号分频部分所产生的至少两个电信号进行频率复用频率；以及电光转换部分，用于将频率复用部分所产生的频率复用信号转换成光信号，并且将该光

信号发送至光学传输路径。数据信号分频部分至少产生两个电信号，且使得电信号处于偏离光学传输路径频率响应中的局部最小数值的不同频带中。

本发明的第三方面提出了一种光学接收器件，可用于接受由光学发送器件将输入数据信号转换成光信号，且通过光学传输路径传输的光信号，并将光信号转换成数据信号。光学发送器件将其所产生的至少两个电信号，其频率处于偏离光学传输路径频率响应中的局部最小数值的不同频带中，的频率复用信号转换为光信号。光学接收器件包括：光电转换部分，用于将经由光学传输路径所传输的光信号转换成频率复用信号；频带解复用部分，用于对光电转换部分所输出的频率复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；以及数据信号恢复部分，基于由频带解复用部分所解复用的至少两个电信号来恢复数据信号。

本发明的第四方面提出了一种分频光学传输方法，用于将由所输入的数据信号转换而成的光信号发送至光学传输路径，以及接受经由光学传输路径所传输的光信号并将光信号转换成数据信号，该方法包含以下步骤：将数据信号中所包含的信息分成为两部分信息，并产生至少两个具有不同中心频率和带宽的电信号，且其频率处于偏离光学传输路径的频率响应中的局部最小数值的不同频率带宽中；对所产生的至少两个电信号进行频率复用；将频率复用信号转换成光信号；并将该光信号发送至光学传输路径中；将经由光学传输路径所传输的光信号转换成频率复用信号；对频率复用信号进行解复用，以获得至少两个电信号；以及基于所解复用的至少两个电信号来恢复数据信号。

附图说明

图 1 是显示根据本发明第一实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 2A 图示说明了电光转换部分 14 的频率响应。

图 2B 图示说明了光学传输路径的频率响应，该光学传输路径包括光纤 1，电光转换部分 14 和光电转换部分 31。

图 2C 图示说明了输入数据信号所使用的信号带宽。

图 2D 图示说明了频率复用信号所使用的信号带宽。

图 2E 图示说明了第二基带信号的信号带宽。

图 3 是显示信号分频部分 11 结构的方框图。

图 4 是显示信号复用部分 34 结构的方框图。

图 5 是显示频带上变换部分 12 结构的方框图。

图 6 是显示频带下变换部分 33 结构的方框图。

图 7 是显示光学传输系统配置的方框图，在该光学传输系统中，数据信号在频率复用和发送之前先分成为三个频带。

图 8A 图示说明了电光转换部分 14 的频率响应。

图 8B 图示说明了光学传输路径的频率响应。

图 8C 图示说明了输入数据信号所使用的频带。

图 8D 图示说明了频率复用信号所使用的信号频带。

图 9 是显示根据本发明第二实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 10 是显示频带控制部分 36 工作的流程图。

图 11 是显示根据本发明第三实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 12 是显示根据本发明第四实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 13 是显示根据本发明第五实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 14 是显示频带 M 数值控制部分 36b 工作的流程图。

图 15 是显示根据本发明第六实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 16 是显示根据本发明第七实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 17A 图示说明了电光转换部分 14 的频率响应。

图 17B 图示说明了光学传输路径的频率响应。

图 17C 图示说明了由对应于调制部分 191 至 194 的频带上变换部分 121 至 124 所输出信号的典型频带。

图 18 是显示根据本发明第八实施例的分频光学传输系统结构的方框图。

图 19A 图示说明了转换光学发送器的频率响应。

图 19B 图示说明了常规光学传输路径的频率响应，该常规光学传输路径包括光学发送器、光学接收器和光纤。

图 19C 图示说明了在常规基带传输中所使用的信号频带。

图 20 图示说明了一例在日本专利 No. 2760233 中所披露的采用常规色散补偿方法的光学通讯器件的实例。

具体实施方式

下文将参考附图详细描述本发明的实施例。

（第一实施例）

图 1 是显示根据本发明第一实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在

图 1 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11，频带上变换部分 12，频率复用部分 13，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带下变换部分 33，和信号解复用部分 34。光学发送器件 2 包括：信号分频部分 11，频带上变换部分 12，频率复用部分 13，和电光转换部分 14。光学接收器件 3 包括：光电转换器件 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 33 和信号复用部分 34。

接着，参考图 1 描述第一实施例中的各个部件的功能。

信号分频部分 11，根据光学传输路径频率响应所预先确定的分频比率将输入数据信号种所包含的信息分成为两部分信息，并将最终的两部分信息作为第一和第二基带信号输出。频带上变换部分 12 对第二基带信号进行频率变换，使得第二基带信号的中心频率移至预定的频率，并输出通带信号。第一基带信号和通带信号是具有不同中心频率和带宽的电信号。这两个电信号都处于偏离光学传输路径频率响应的局部最小数值的不同频带中。频率复用部分 13 对第一基带信号和通带信号进行频率复用，并输出该频率复用信号。电光转换部分 14 将频率复用部分 13 所输出的频率复用信号转换成光信号，并将该光信号发送至光纤 1。

光电转换部分 31 将经由光纤 1 所传输的光信号转换成频率复用信号，这是一个电信号。频带解复用部分 32 对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和通带信号。频带下变换部分 33 对通带信号进行频率转换，并输出第二基带信号。信号复用部分 34 对第一基带信号和第二基带信号进行复用来恢复数据信号。

以下，参考图 2A 至 2E，讨论在根据第一实施例的分频光学传输系统中的信号频率位置。在附图 2A 至 2E 中，水平轴表示输入至光学发送器件中的电信号的频率，而垂直轴表示电信号的电平。

图 2A 图示说明了电光转换部分 14 的频率响应。正如图 2A 所示，假设电光转换部分 14 具有比所要传输的数据信号适当宽的带宽。

图 2B 图示说明了光学传输路径的频率响应，该光学传输路径包括：光纤 1，电光转换部分 14，以及光电转换部分 31。正如在背景技术部分中所提到的，光学传输路径的频率响应在色散的影响下会产生失真，并且在频率响应中的频率 f_{m1} 和 f_{m2} 上呈现出局部最小数值，正如图 2B 所示。在频率 f 上的光学传输路径的频率响应 G(f)可由下列公式 1 获得：

$$G(f) = G_{Tx}(f) \bullet G_{Rx}(f) \bullet L \bullet \frac{\cos[\frac{\pi\lambda^2 Dzf^2}{c}]}{\cos[\arctan(\alpha)]}$$ [公式 1]

式中：$G_{TX}(f)$表示电光转换部分 14 的频率响应，$G_{RX}(f)$表示光电转换部分 31 的频率响应，L 表示光纤损失，λ 表示光波长，D 表示光纤的色散，z 表示传输范围，c 表示光速，以及 α 表示直接调制激光器或者外部调制器的 α 参数，该参数可以直接应用于电光转换部分 14。基于公式 1，可以由下列公式 2 得到第 k 个局部最小频率 f_{mk}。

$$f_{mk} = \frac{c}{2\lambda^2 Dz}[1 + 2k - \frac{2}{\pi}\arctan(\alpha)]$$ [公式 2]

图 2C 图示说明了输入数据信号所使用的信号频带。正如图 2C 所示，在对应于第一局部最小数值的频率小于传输速率 B 的情况下，即，在第一局部最小频率 f_{m1} 包含于数据信号的信号频带中的情况下，如果采用类似于常规系统的方式直接对所输入的数据信号进行电光转换，则在局部频率最小数值处就会发生频率响应失真。因此，在第一实施例中，所输入的数据信号的信号频带在频率转换和复用之前就进行分频，由此防止最终的信号处于光学传输路径的响应频率的局部最小值上。其结果是，就有可能避免由于色散所引起失真的影响，从而能够进行传输。

图 2D 图示说明了频率复用信号所使用的信号频带。正如图 2D 所示，第一基带信号可分配至一个频带中，该频带小于第一局部最小频率 f_{m1} 且对应于预定频带和频率 f_{m1} 偏离一定的距离，以便于保持频率响应的适当水平。而且，通带信号也可分配至一个频带中，该频带大于局部最小频率 f_{m1} 和小于第二局部最小频率 f_{m2}，且对应于预定频带和频率 f_{m1} 及频率 f_{m2} 偏离一定的距离，以便于保持频率响应的适当水平。因此，信号分频部分所使用的的预定分频比率可根据直至第一频率 f_{m1} 的基带带宽和从第一频率 f_{m1} 至第二频率 f_{m2} 的通带带宽之间的比例来确定。

图 2E 图示说明了第二基带信号的频带。假设第一基带信号的传输速率为 B1，第二基带的传输速率为 B2。信号分频部分 11 分频数据信号，使之满足下列公式 3 所显示的关系。在此，假设可根据光学传输路径的频率响应事先确定传输速率 B1 和 B2（见图 2B）。

$$B_1 + B_2 = B$$ [公式 3]

当频带上变换部分 12 在对第二基带信号进行频率转换之后输出通带信号时，频带上变换部分 12 就设定了在光学传输路径频率响应的局部第一频率 f_{m1}

和局部第二频率 f_{m2} 之间的通带信号的频带。也就是说，假设通带信号的中心频率为 f_0，则频带上变换部分 12 将第二基带信号转换成通带信号，使得通带信号频带的上限为 f_0+B_2，其下限为 f_0-B_2。在此，频带上变换部分 12 设定 f_0+B_2 小于 f_{m2}，设定 f_0-B_2 大于 f_{m1}。同样，f_{m1} 和 f_0-B_2 相互偏离，以便于保持频率响应的适当水平。相类似，f_{m2} 和 f_0+B_2 也相互偏离，以便于保持频率响应的适当水平。

下文参考图 2C 至 2E 描述根据第一实施例的分频光学传输系统的工作。由信号分频部分 11 将所输入的数据信号（见图 2C）分成为传输速率为 B_1 的第一基带信号和传输速率为 B_2 的第二基带信号（见图 2E）。频带上变换部分 12 对第二基带信号进行上变换，使之具有中心频率 f_0，并转换成通带信号。频率复用部分 13 对第一基带信号和通带信号进行频率复用，并且最终的信号以频率复用信号方式输出（见图 2D）。电光转换部分 14 将由频率复用部分 13 所输出的频率复用信号转换成光信号，并发送至光纤 1。

光电转换部分 31 将通过光纤 1 所传输的光信号转换成频率复用信号（见图 2D）。频带解复用部分 32 对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和通带信号。频带下变换部分 33 对频带解复用部分 32 所解复用的通带信号进行下变换，使之变换成第二基带信号（见图 2E）。随后，由信号复用部分 34 对第一基带信号和第二基带信号进行复用，并将最终的信号作为数据信号输出。

图 3 是显示信号分频部分 11 结构的方框图。信号分频部分 11 包括：第一串行－并行转换部分 111，第一并行－串行转换部分 112，和第二并行－串行转换部分 113。

第一串行－并行转换部分 111 将数据信号转换成并行信号，并输出该并行信号。在由第一串行－并行转换部分 111 所输出的并行信号中，第一并行－串行转换部分 112 将对应于 B_1/B 的部分并行数据转换成串行数据，并将该串行数据作为第一基带信号输出。在由第一串行－并行转换部分 111 所输出的并行信号中，第二并行－串行转换部分 113 将对应于 B_2/B 的部分并行数据转换成串行数据，并将该串行数据作为第二基带信号输出。假设可根据传输速率 B1 和 B2 预先确定并行数据上述所定义的分频比率（B1/B，B2/B），这可以根据光学传输路径的频率响应（见图 2B）和公式 3 预先确定。

图 4 是显示信号复用部分 34 结构的方框图。信号复用部分 34 包括第二串

行－并行转换部分 341，第三串行－并行转换部分 342 和第三并行－串行转换部分 343。

第二串行－并行转换部分 341 将串行数据的第一基带信号转换成并行数据，并输出最终的并行数据。第三并行－串行转换部分 343 对串行数据的第二基带信号转换成并行数据，并输出该最终的并行数据。第三并行－串行转换部分 343 对由第二串行－并行转换部分 341 所输出的并行数据和由第三串行－并行转换部分 342 所输出的并行数据进行复用，以获得串行数据，并且输出该数据信号。

图 5 是显示频带上变换部分 12 结构的方框图。在图 5 中，频带上变换部分 12 包括：第一正弦波振荡器 121，第一混频器 122，和带通滤波器 123。

第一正弦波振荡器 121 输出频率为 f_0 的正弦波信号。第一混频器 122 将输入至频带上变换部分 12 的第二基带信号与正弦波信号相乘，从而对第二基带信号进行频率转换。以便于获得具有中心频率为 f_0 的通带信号。带通滤波器 123 由第一混频器 122 的输出信号中去除第二基带信号，并只输出通带信号。值得注意的是，频带上变换部分 12 只需要对第二基带信号进行频率转换，就能够获得通带信号，并且其结构并不限制于图 5 中所示的结构。

图 6 是显示频带下变换部分 33 结构的方框图。正如图 6 所示，频带下变换部分 33 包括：第二正弦波振荡器 331，第二混频器 332，和低通滤波器 333。

第二正弦波振荡器 331 输出频率为 f_0 的正弦波信号。第二混频器 332 将通带信号与正弦波信号相乘，从而对通带信号进行频率转换。以便于获得第二基带信号。低通滤波器 333 由第二混频器 332 的输出信号中去除通带信号，并只输出第二基带信号。值得注意的是，频带下变换部分 33 只需要对通带信号进行频率转换，就能够获得第二基带信号，并且其结构并不限制于图 6 中所示的结构。

在上述描述中，假设本发明的目的是为了解决由色散所引起的频率响应失真的问题。然而，频率响应失真的原因并不仅限于色散。例如，在反射点位于光学发送器或者光学接收器内部的电气引线上的情况下，也会发生频率响的严重失真。为了解决由色散以外的原因所引起的频率响应失真的问题，使用本实施例所讨论的结构是有效的。

同样的，在第一实施例中，光学传输系统产生和复用两个电信号（第一基带信号和第二基带信号），以便于传输最终的信号，同时在对应于数据信号传

输速率的频带中，可避免频率处于由于色散等原因所引起的频率响应严重失真的频率上。于是，根据第一实施例的光学传输系统可以实现从光学发送器件至光学接收器件的高速，远距离，高质量的光信号传输，即使是在没有使用色散补偿光学器件的光学传输路径的较差信道条件下。

值得注意的是，信号分频部分 11 和频带上变换部分 12 都是数据信号分频部分，可用于将数据信号中所包含的信息至少分成为两部分信息，并产生至少两个具有不同中心频率和频带的电信号。同样，频带下变换部分 33 和信号复用部分 34 都是数据信号恢复部分，可用于根据由频带解复用部分 32 所解复用的至少两个电信号来恢复数据信号。

值得注意的是，频带解复用部分 32 包括：分支器件，用于将频率复用信号分成为两路；低通滤波器，用于从两个频率复用信号中的一个信号中去除第一基带信号；以及高通滤波器（或者带通滤波器），用于从其它频率复用信号中去除通带信号。

即使在由于色散所引起的失真影响而使得上述方法缺乏带宽以致不能设置通带信号频带的上限 f_0+b_2 使之小于局部最小频率 f_{m2} 的情况下，这类问题也可以通过下列结构来解决。图 7 图示说明了这类结构。

在图 7 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11a，第一频带上变换部分 12a，第二频带上变换部分 12b，频率复用部分 13a，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带解复用部分 32a，第一频带下变换部分 33a，第二频带下变换部分 33b 和信号复用部分 34a。

图 8A 图示说明了电光转换部分 14 的频率响应。图 8B 图示说明了光学传输路径的频率响应。在这一情况下，正如图 2C 所示，假设不可能将通带信号频带的上限 f_0+b_2 设置成使之小于第二局部最小频率 f_{m2}。因此，就在频率 f_{m3} 存在着另一个局部最小数值，该数值大于局部最小频率 f_{m2}。图 8C 图示说明了输入数据信号所使用的信号频带。图 8D 图示说明了频率复用信号所使用的信号频带。

首先，信号分频部分 11a 将数据信号分成为三部分，并将最终信号作为传输速率分别为 B1a、B2a 和 B3a 的第一至第三基带信号输出。第一频带上变换部分 12a 将第二基带信号转换成中心频率为 f_{02} 的第一通带信号。第二频带上变换部分 12b 将第三基带信号转换成中心频率为 f_{03} 的第二通带信号。其结果是，第一基带信号，第一通带信号和第二通带信号的频带如图 8D 所示。也就是说，

B_{1a}设置在小于第一局部最小频率f_{m1}的频率上，以便于将频率响应保持在适当水平上。B_{2a}和f_{02}所设置的频率使得第二通带信号的频带位于第一局部最小频率f_{m1}和第二局部最小频率f_{m2}之间，并且能够保持频率响应的适当水平。B_{3a}和f_{03}所设置的频率使得第三通带信号的频带位于第二局部最小频率f_{m2}和第三局部最小频率f_{m3}之间，并且能够保持频率响应的适当水平。

正是如此，将数据信号分成为三个频带，复用两个通带信号和一个基带信号，并传输最终的信号，从而提供了一种能够处理将数据信号分成为两个频带还不能够成功地传输数据信号情况的系统。

值得注意的是，在即使使用了上述方法但仍缺乏带宽的情况下，就可以增加数据信号的分频数量，从而可以更加小的方式来设置频带。特别是，光学发送器件包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的分频比率将数据信号中所包含的信息分成N部分信息（N等于或大于3），并将最终N部分信息作为由第一至第N基带信号输出；第一至第N－1频带上变换部分，用于将各个第二至第N基带信号转换成具有不同预定中心频率的第一至第N－1通带信号；以及频率复用部分，用于使用第一基带信号和第一至第N－1通带信号作为电信号进行频率转换。光学接受器件包括：频带解复用部分，用于对频率复用信号进行解复用，以获得第一基带信号和第一至第N－1通带信号；第一至第N－1频带下变换部分，对由频带解复用部分所解复用的各个第一至第N－1通带信号进行频率转换，以获得第二至第N基带信号；以及信号复用部分，用于对第一基带信号和各个频带下转换部分所转换的第二至第N通带信号进行复用，以恢复数据信号。在这情况下，为了将第一基带信号和第一至第N－1通带信号定位在偏离光学传输路径频率响应的局部最小数值的各个频率频带中，光学发送器件在信号分频部分将信息分成N部分信息，并且在频带上变换部分进行上变换。

值得注意的是，通带信号是能够实现单边带调制的信号。

（第二实施例）

图9是显示根据本发明第二实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图9中，分频光学传输系统包括：信号分频部分11c，频带上变换部分12c，频率复用部分13,电光转换部分14，光纤1，光电转换部分31，频带解复用部分32c，频带下变换部分33c，信号复用部分34c，第一误差监测部分351，第二误差监测部分352，和频带控制部分36。光学发送器件2a包括：信号分频部分

11c，频带上变换部分 12c，频率复用部分 13 和电光转换部分 14。光学接收部分 3a 包括：光电转换部分 31，频带解复用部分 32c，频带下变换部分 33c，信号复用部分 34c，第一误差监测部分 351，第二误差监测部分 352，以及频带控制部分 36。在图 9 中，具有与第一实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。

实际光学传输系统的传输范围是可以改变的。同时，正如公式 2 所示，由色散所引起的频率响应的局部最小频率取决于传输范围。同样，色散的数值也会随着波长而改变。于是，为了通过一种光学传输系统的配置来掌控各种不同传输范围和不同波长的激光器，信号频带的位置应该根据传输路径的频率响应任意设置。在第二实施例中，提供了一种能够根据光学传输路径的频率响应任意设置信号频带位置的光学传输系统。

接着，参考图 9，描述本实施例的各个部件的功能。在图 9 中，信号流采用实线显示，控制流采用点划线显示。上述的控制流可以由光纤 1 或经由其它的通讯媒介来传递。

信号分频部分 11c 根据由频带控制部分 36 所指定的分频比例将数据信号分成为两个频带。信号分频部分 11c 的其它功能与第一实施例中的信号分频部分 11 的功能相同。

频带上变换部分 12c 对第二基带信号进行上变换，使其频率为频带控制部分 36 所指定的中心频率 f0，以获得通带信号。频带上变换部分 12c 的其它功能与第一实施例中的频带上变换部分 12 的功能相同。

频带解复用部分 32c 将信号解复用成由频率控制部分 36 所指定的两个频带。频带解复用部分 32c 的其它功能与第一实施例中的频带解复用部分 32c 的功能相同。

频带下变换部分 33c 对通带信号进行下变换，使其频率为频带控制部分 36 所指定的中心频率 f0，以获得第二基带信号。频带下变换部分 32c 的其它功能与第一实施例中的频带下变换部分 32 的功能相同。

信号复用部分 34c 基于由频带控制部分 36 所指定的分频比例复用第一和第二基带信号。信号复用部分 34c 的其它功能与第一实施例中的信号复用部分 34c 的功能相同。

第一误差监测部分 351 检测由频带解复用部分 32 所输出的第一基带信号的误差率。

第二误差监测部分 352 检测由频带下变换部分 33 所输出的第二基带信号的误差率。

频带控制部分 36 根据在第一误差监测部分 351 和第二误差监测部分 352 中的误差率检测结果来确定第一基带信号和第二基带信号的分频比例以及通带信号的中心频率 f_0，并由此控制信号分频部分 11c，频带上变换部分 12c，频带解复用部分 32c，频带下变换部分 33c 和信号复用部分 34c。

图 10 是显示频带控制部分 36 工作的流程图。下文将参考图 10 来描述用于确定第二实施例信号的频率位置的方法。

首先，在使得光学发送器件 2a 的控制部分（未显示）发送实际的数据信号之前，频带控制部分 36 使控制部分发送一个测试图形，用于检测误差率（步骤 S1）。

然后，频带控制部分 36 将第一基带信号的带宽 B_1（上部频率）的初始数值设置为数据信号的带宽 B（上部频率），将第二基带信号的带宽 B_2（上部频率）的初始数值设置为零，并将通带信号的中心频率 f_0 的初始数值设置为 B（步骤 S2）。

值得注意的是，在以上的操作中，频带控制部分 36 基于第一基带信号的带宽 B_1 和第二基带信号的带宽 B_2 计算第一基带信号的分频比率 B_1/B 和第二基带信号的分频比率 B_2/B，其中各个设置都可以根据需要来设置，并将所计算出的分频比例通知信号分频部分 11c 和信号复用部分 34c。对此响应，信号分频部分 11c 基于所通知的分频比率将数据信号分成为第一和第二基带信号。同样，信号复用部分 34c 复用第一和第二基带信号，以获得数据信号。此外，频带控制部分 36 还将通带信号的中心频率 f_0 通知频带上变换部分 12c 和频带下变换部分 33c，其中各个设置都可以根据需要来设置。对此响应，频带上变换部分 12c 对第二基带信号进行上变换，使之具有中心频率 f_0。同样，频带下变换部分 33c 对中心频率为 f_0 的信号进行下变换，并输出第二基带信号。此外，频带控制部分 36 将通带信号的中心频率 f_0 和第二基带信号的带宽 B_2 通知频带解复用部分 32c，其中各个设置都可以根据需要来设置。对此响应，频带解复用部分 32c 对中心频率为 f_0 和带宽为 $2\times B_2$ 的通带信号以及第一基带信号进行解复用，并输出最终信号。

接着，频带控制部分 36 确定由第一误差监测部分 351 所检测到的第一基带信号的误差率 BER_1 是否小于参考值 V（步骤 S3）。如果第一基带信号的误

差率 BER_1 不小于参考值 V（即，没能保持第一基带信号的质量），则频带控制部分 36 就将第一基带信号的带宽 B_1 减小预定数量 ΔB，第二基带信号的带宽 B_2 增加预定数量 ΔB（步骤 S4），并返回步骤 S3。如果在重复以上步骤的过程中第一基带信号的误差率 BER_1 变得小于参考值 V（即，保持第一基带信号的质量），则频带控制部分 36 就固定对应于第一和第二基带信号的带宽 B_1 和 B_2，这是在步骤 S4 中设置的，并进入步骤 S5。

在步骤 S5 中，频带控制部分 36 确定由第二误差监测部分 352 所检测到的第二基带信号的误差率 BER_2 是否小于参考值 V。如果第二基带信号的误差率 BER_2 不小于参考值 V（即，没能保持第二基带信号的质量），则频带控制部分 36 就将通带信号的中心频率 f_0 增加减小预定数量 Δf（步骤 S6），并返回步骤 S5。如果在重复以上步骤的过程中第二基带信号的误差率 BER_2 变得小于参考值 V（即，保持第二基带信号的质量），则频带控制部分 36 就固定通带信号的中心频率 f_0，这是在步骤 S5 中设置的，并使得光学发送器件 2a 停止发送测试图形，通过使得光学发送器件 2a 发送数据信号来开始数据信号的发送，并接受该流程。

正是如此，基于第二实施例，光学传输系统监测光传输的数据信号的误差率并且最佳地设置所需使用的频带，从而避免误差的发生。于是，有可能提供适用于具有各种不同频率响应的光学传输路径的光学传输系统。也就是说，除了上述第一实施例的优点之外，根据第二实施例的光学传输系统还具有的优点是一种系统架构可以掌控各种不同传输范围和各种不同波长的激光器。

值得注意的是，考虑到确定频率位置以及频率位置精度所需要的允许时间，可以适当地设置 ΔB 和 Δf。

值得注意的是，在本实施例中，已经讨论了一例用于检测误差率的测试图形的实例。然而，可以将误差校正代码添加至第一和第二基带信号中，由此通过第一和第二误差监测部分检测误差校正代码来监测误差率。

在仅将数据信号分成为两部分而缺乏带宽的情况下，就有可能通过进行如图 8 和 9 所示的相同处理过程将数据信号分成为三部分乃至更多部分来解决这一问题。

（第三实施例）

图 11 是显示根据发明第三实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图 11 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11c，频带上变换部分 12c，

频率复用部分 13，监测信号源 15，转换器 16，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带解复用部分 32c，频带下变换部分 33c，信号复用部分 34c，频率响应监测部分 37，以及频带控制部分 36a。光学发送器件 2b 包括：信号分频部分 11c，频带上变换部分 12c，频率复用部分 13，监测信号源 15，转换器 16，和电光转换部分 14。光学接收器件 3b 包括：光电转换器件 31，频带解复用部分 32c，频带下变换部分 33c，信号复用部分 34c，频率响应监测部分 37，以及频带控制部分 36a。在图 11 中，具有与第一实施例中和第二实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。

正如第二实施例的情况，第三实施例可设计成能够根据光学传输路径的频率响应来任意设置信号的频带。

接着将参考图 11 描述本实施例各个元件的功能。在图 11 中，信号流采用实线显示，控制流采用点划线显示。上述的控制流可以由光纤 1 或经由其它的通讯媒介来传递。

监测信号源 15 输出正弦波信号。监测信号源 15 所输出的该正弦波信号的频率可任意设置。

频率复用部分 13 所输出的频率复用信号和监测信号源 15 所输出的正弦波信号可输入至转换器 16 中。转换器 16 在上述两个信号之中进行选择，并将所选择的信号输出至电光转换部分 14。

频率响应监测部分 37 检测所输入的正弦波信号的电平，由此检测光学传输路径的频率响应。

基于通过监测部分 37 所检测到的频率响应，频带控制部分 36a 确定第一基带信号的带宽 B_1，第二基带信号的带宽 B_2，用于将数据信号分成为第一基带信号和第二基带信号的分频比例，以及通带信号的中心频率为 f_0。据此，频带控制部分 36a 控制信号分频部分 11c，频带上变换部分 12c，频带解复用部分 32c，频带下变换部分 33c，和信号复用部分 34c。

接着，描述确定本实施例信号的频率位置的方法。首先，光学发送器件 2b 使转换器 16 选择监测信号源 15 所输出的正弦波信号。接着，监测信号源 15 输出正弦波信号，且使之在传输所使用的频带中扫描。

当接收一端，频率响应监测部分 37 从光电转换部分 31 所输出信号中提取一个监测信号，并以频率为基准检测扫描频率的正弦波信号的电平。其结果是，频率响应监测部分 37 监测光学传输路径的频率响应。接着，基于所检测到的

光学传输路径的频率响应，频带控制部分 36a 就能够获得在正弦波信号的信号电平变得最小时的局部最小频率 f_{m1} 和 f_{m2}。正如在第一实施例的情况下，基于所获得的局部最小频率 f_{m1} 和 f_{m2}，频带控制部分 36a 就能获得第一基带信号的带宽 B_1（$<f_{m1}$），通带信号的中心频率 f_0（$f_{m1}<f0<f_{m2}$），和第二基带信号的带宽 B_2（$<f_{m1}<f0-B2$，$fo+B2<f_{m2}$）。正如在第二实施例的情况下，频带控制部分 36a 根据所获得的第一基带信号的带宽 B_1，第二基带信号的带宽 B_2，用于将数据信号分成为第一和第二基带信号的分频比率，以及通带信号的中心频率 f_0 来控制信号分频部分 11c，频带上变换部分 12c，频带解复用部分 32c，频带下变换部分 33c，和信号复用部分 34c。

正是如此，基于第三实施例，光学传输系统监测光学传输路径的频率响应，由此设定信号的频率位置，从而能够适用于具有各种频率响应的光学传输路径。也就是说，处理第一实施例的优点之外，根据第三实施例的光学传输系统还具有的优点是一种系统架构可以掌控各种不同传输范围和各种不同波长的激光器。

（第四实施例）

图 12 是显示根据本发明第四实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图 12 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11，第一多级调制部分 171，第二多级调制部分 172，频带上变换部分 12，频率复用部分 13，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 33c，第一多级解调部分 381，第二多级解调部分 382，和信号复用部分 34。光学发送器件 2c 包括：信号分频部分 11，第一多级调制部分 171，第二多级调制部分 172，频带上变换部分 12，频率复用部分 13，和电光转换部分 14。光学接收器件 3c 包括：光电转换器件 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 33，第一多级解调部分 381，第二多级解调部分 382，和信号复用部分 34c。在图 12 中，具有与第一实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。

以下将参考图 12 描述各个元件的功能。

第一多级调制部分 171 对所输入的第一基带信号进行多级调制，并输出第一多级调制信号。第二多级调制部分 172 对所输入的第二基带信号进行多级调制，并输出第二多级调制信号。第一多级解调部分 381 解调第一多级调制信号。第二多级解调部分 382 解调第二多级调制信号。

在第四实施例中的工作基本类同于第一实施例，与第一实施例所不同的是对多级调制的第一和第二基带信号进行频率复用，并由此传输最终的信号。

这里，在本实施例中，将描述用于确定多级调制的数字 M（在下文中，数字 M 可称之为 M 数值）。首先，假设在频带 B_{t1} 中可以适当地保持所需的信号电平，该频率频带小于光学传输路径频率响应的第一局部最小频率 f_{m1}，并假设在位于第一和第二最小频率点的频率带 B_{t2} 中可以适当地保持所需的信号电平。接着，基于数据信号的传输速率为 B 的假设，将第一基带信号的传输速率 $B"_1$ 和第二基带信号的传输速率 $B"_2$ 设置成满足公式 4 和 5。

$$B''_1+B''_2=B \text{[公式 4]}$$

$$\frac{B''_1}{B''_2}=\frac{B_{t1}}{B_{t2}/2} \text{[公式 5]}$$

式中：B_{t1} 表示第一基带信号以二进制信号方式传输情况下的带宽，B_{t2} 表示第二基带信号以二进制信号传输情况下的带宽。

接着，第一多级调制部分 171 的 M 数值可以下列方式来确定。

首先，得到满足下列公式 6 的自然数 k。

$$2^k \le \frac{B''_1}{B_{t1}} < 2^{k+1} \text{[公式 6]}$$

然后，得到满足下列公式 7 的 M。

$$M=2^{k+1} \text{[公式 7]}$$

相类似，可以得到第二多级调制部分 172 的 M 数值。特别的，只需要以 B"2/Bt2 替代在以上公式 6 中的 B"1/Bt1 即可得到该数值。

正是如此，可以根据第一和第二基带信号所需要的数据速率以及分配给第一和第二基带信号的频带比例来确定第一多级调制部分 171 的预定 M 数值和第二多级调制部分 172 的预定 M 数值。

常规基带传输需要等于比特率的带宽。同样，通带传输包括上边带和下边带，因此这就需要两倍比特率的带宽。另一方面，在第四实施例中，通过进行多级调制的方法，就有可能通过较窄的频带来传输相同数量的信息。于是，有可能提供一种光学传输系统，该光学传输系统能够处理由于光学传输路径的频率响应的严重失真而使得高频带难以有效地传输的情况。

值得注意的是，在缺乏带宽的情况下，可以增加数据信号的分频数量，由此以类似的方法来设置频带。特别是，光学发送器件包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应的预定分频比例将数据信号中所包含

的信息分成N部分信息（N等于或大于3），并将最终N部分信息作为第一至第N基带信号输出；第一至第N多级调制部分，用于基于光学传输路径频率响应所确定的预定M数值对信号分频部分所输出的各个第一至第N基带信号进行多级调制；第一至第N－1频带上变换部分，用于将各个第二至第N多级调制部分所输出的第二至第N多级调制信号变换成各自具有不同预定中心频率的第一至第N－1通带信号；以及频率复用部分，用于对第一多级调制信号和第一至第N－1通带信号进行频率复用。光学接受器件包括：频带解复用部分，用于对光电转换部分所输出的频率复用信号进行解复用，以获得第一多级调制信号和第一至第N－1通带信号；第一多级解调部分，用于对由频带解复用部分所解复用的第一多级调制信号进行解调，并输出第一基带信号；第一至第N－1频带下变换部分，用于通过对由频带解复用部分所解复用的第一至第N－1通带信号进行频率变换，从而分别输出第二至第N多级调制信号；第二至第N多级解调部分，用于将频带下变换部分所输出的各个第二至第N多级调制信号通过解调转换成第二至第N基带信号；以及信号复用部分，用于对第一多级解调部分所输出的第一基带信号和由各个第二至第N多级解调部分所输出的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。在这种情况下，为了将第一基带信号和第一至第N－1通带信号定位在偏离光学传输路径频率响应的局部最小值的各个频带中，光学发送器件在信号分频部分将信息分成N部分信息，并在频带上变换部分进行上转换。

值得注意的是，通带信号是可实现单边带调制的信号。

（第五实施例）

图13是显示本发明第五实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图13中，分频光学传输系统包括：信号分频部分11c，第一多级调制部分171a，第二多级调制部分172a，频带上变换部分12c，频率复用部分13，电光转换部分14，光纤1，光电转换部分31，频带解复用部分32c，频带下变换部分33c，第一多级解调部分381a，第二多级解调部分382a，信号复用部分34c，第一误差监测部分351，第二误差监测部分352，以及频带M数值控制部分36b。在图13中，具有与第一和第二实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。

第一多级调制部分171a根据频带M数值控制部分36b所设计的M数值对信号分频部分11c所输出的第一基带信号进行多级调制，并输出第一多级调制

信号。第一多级调制部分 171a 的其它功能类同于第四实施例中的第一多级调制部分 171。

第二多级调制部分 172a 根据频带 M 数值控制部分 36b 所设计的 M 数值对信号分频部分 11c 所输出的第二基带信号进行多级调制，并输出第二多级调制信号。第二多级调制部分 172a 的其它功能类同于第四实施例中的第二多级调制部分 172。

第一多级解调部分 381a 根据频带 M 数值控制部分 36b 所设计的 M 数值对频带解复用部分 32c 所输出的第一多级调制信号进行多级解调，并输出第一基带信号。第一多级解调部分 381a 的其它功能类同于第四实施例中的第一多级解调部分 381。

第二多级解调部分 382a 根据频带 M 数值控制部分 36b 所设计的 M 数值对频带下变换部分 33c 所输出的第二多级调制信号进行多级解调，第二基带信号。第二多级解调部分 382a 的其它功能类同于第四实施例中的第二多级解调部分 382。

图 14 是显示频带 M 数值控制部分 36b 工作的流程图。下文将参考图 14 描述在第五实施例中用于确定信号频率位置的方法和用于确定 M 数值的方法。

首先，在传输实际数据之前，频带 M 数值控制部分 36b 使得光学发送器件 2d 发送一个用于检测误差率的测试图形（步骤 S10）。

接着，频带 M 数值控制部分 36b 设定多级号码的初始数值为 2（在公式 7 中，k=0）（步骤 S11）。然后，频带 M 数值控制部分 36b 将第一基带信号的带宽 B_1 的初始数值设置为数据信号的带宽 B，将第二基带信号的带宽 B_2 的初始数值设置为 0，并将通带信号的中心频率 f_0 的初始数值设置为 B（步骤 S12）。

值得注意的是，在以下过程中，频带 M 数值控制部分 36b 基于第一基带信号的带宽 B_1 和第二基带信号的带宽 B_2，这些都可以根据需要来设置，来计算第一基带信号的分频比率 B_1/B 和第二基带信号的分频比率 B_2/B，并将计算出的分频比率通知信号分频部分 11c 和信号复用部分 34c。对此响应，信号分频部分 11c 基于所通知的分频比率将数据信号分成为第一和第二基带信号。同样，信号复用部分 34c 对第一和第二基带信号进行复用，以获得数据信号。此外，频带 M 数值控制部分 36b 将通带信号的中心频率 f_0，这可以根据需要而设置，通知频带上变换部分 12c 和频带下变换部分 33c。对此响应，频带上变换部分 12c 对第二多级调制信号进行上变换，使之具有中心频率 f_0。同样，频带下变

换部分 33c 对中心频率为 f_0 的信号进行下变换，并输出第二多级调制信号。此外，频带 M 数值控制部分 36b 将通带信号的中心频率 f_0 和第二基带信号的带宽 B_2，各个设置都可以根据需要而设置，通知频带解复用部分 32c。对此响应，频带解复用部分 32c 对中心频率为 f_0 和带宽为 $2\times B_2$ 的通带信号和第一基带信号进行解复用，并输出最终信号。

接着，频带 M 数值控制部分 36b 确定由第一误差监测部分 351 所检测到的第一基带信号的误差率 BER_1 是否小于参考值 V（步骤 S13）。如果第一基带信号的误差率 BER_1 不小于参考值 V（即，如果没能保持第一基带信号的质量）则频带 M 数值控制部分 36b 就确定第一基带信号的带宽 B_1 是否小于第二基带信号的带宽 B_2（步骤 S14）。如果第一基带信号的带宽 B_1 不小于第二基带信号的带宽 B_2，则频带 M 数值控制部分 36b 就将第一基带信号的带宽 B_1 减小预定数量 ΔB，第二基带信号的带宽 B_2 增加预定数量 ΔB（步骤 S15），并返回步骤 S13。另一方面，在步骤 S14，如果确定第一基带信号的误差率 BER_1 小于第二基带信号的带宽 B_2，则频带控制部分 36 就使增量 K 增 1，使得 M 数值成双倍（步骤 S16），并重新设置第一基带信号的带宽 B_1，第二基带信号的带宽 B_2 和通带信号的中心频率 f_0 为初始数值（步骤 S12），并返回步骤 S13。

在步骤 S13 中，如果第一基带信号的误差率 BER_1 小于参考值 V，则频带 M 数值控制部分 36b 就将通带信号的初始数值设置为 B/（k+1）（步骤 S17）。接着，频带 M 数值控制部分 36b 确定第二基带信号的误差率 BER_2 是否小于参考值 V（步骤 S18）。如果第二基带信号的误差率 BER_2 不小于参考值 V，则频带 M 数值控制部分 36b 就将通带信号的中心频率 f_0 增加预定数量 Δf（步骤 S19），并返回步骤 S18。如果在重复以上步骤的过程中，第二基带信号的误差率 BER_2 变得小于参考值 V，则频带 M 数值控制部分 36b 就固定通带信号的中心频率 f_0，开始数据信号的传输（步骤 S20），并随之结束该流程。

正是如此，基于第五实施例，光学传输系统监测误差率，并且最佳设置所需使用的频带和 M 数值，从而可以防止误差的发生。于是，就有可能提供一种可以适用于具有各种不同频率响应的光学传输路径的光学传输系统。也就是说，处理第一实施例的优点之外，根据第五实施例的光学传输系统还具有的优点是一种系统架构可以掌控各种不同传输范围和各种不同波长的激光器。

值得注意的是，考虑到确定频率位置以及频率位置精度所需要的允许时间，可以适当地设置 ΔB 和 Δf。

（第六实施例）

图 15 是显示本发明第六实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图 15 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11，第一双重二进制调制部分 181，第二双重二进制调制部分 182，频带上变换部分 12，频率复用部分 13，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 33，第一双重二进制解调部分 391，第二双重二进制解调部分 392，和信号复用部分 34。光学发送器件 2e 包括：信号分频部分 11，第一双重二进制调制部分 181，第二双重二进制调制部分 182，频带上变换部分 12，频率复用部分 13，和电光转换部分 14。光学接收器件包括：光电转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 33，第一双重二进制解调部分 391，第二双重二进制解调部分 392，和信号复用部分 34。在图 15 中，具有与第一和第二实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。

第一双重二进制调制部分 181 对所输入第一基带信号进行双重二进制调制，并输出第一双重二进制信号。第二双重二进制调制部分 182 对所输入的第二基带信号进行双重二进制调制，并输出第二双重二进制信号。第一双重二进制解调部分 391 解调第一双重二进制信号。第二双重二进制解调部分 392 解调第二双重二进制信号。

在第五实施例的工作基本类同于第一实施例，所不同的是对双重二进制调制的第一和第二基带信号进行频率复用，由此传输最终的信号。在常规的基带传输中，电信号需要等于比特率的带宽，而通带传输需要两倍比特率的带宽。另一方面，通过进行双重二进制调制，就有可能在基带传输中使用比特率一半的带宽来传输相同数量的信息，在通带传输中使用等于比特率的带宽来传输系统数量的信息。于是，就有可能提供一种光学传输系统，该光学传输系统能够处理由于光学传输路径频率响应的严重失真而使得高频带不能适用于传输的情况。

同样，取代双重二进制调制，也可以使用单边带调制作为实现窄带传输的传输方案。在单边带调制中，通带信号的带宽等于比特率的带宽，从而有可能使用双边带常规通带传输的一半带宽来传输相同数量的信息。

正是如此，基于本实施例，正如第四实施例的情况，有可能在较窄的频带中传输相同数量的信息，从而处理光学传输路径的频率响应严重失真的情况。

值得注意的是，在仍缺乏带宽的情况下，可以增加数据信号的分频数量，从而可以类似的方法来设置频带。特别是，光学发送器件包括：信号分频部分，用于根据对应于光学传输路径的频率响应所确定的预定分频比例将数据信号中所包含的信息分成 N 部分信息（N 等于或大于 3），并将最终 N 部分信息以第一至第 N 基带信号的方式输出；第一至第 N 双重二进制调制部分，用于对信号分频部分所输出的各个第一至第 N 基带信号进行双重二进制调制，并输出第一至第 N 双重二进制信号；第一至第 N－1 频带上变换部分，用于将各个第二至第N双重二进制调制部分所输出的第二至第N双重二进制信号转换成具有不同预定频率作为中心频率的第一至第 N－1 通带信号；以及频率复用部分，用于对第一双重二进制信号和第一至第 N－1 通带信号进行复用。光学接受器件包括：频带解复用部分，用于对光电转换部分所输出的频率复用信号进行解复用，以获得第一双重二进制信号和第一至第 N－1 通带信号；第一双重二进制解调部分，用于对频带解复用部分所解复用的第一双重二进制信号进行解调，并输出第一基带信号；第一至第 N－1 频带下变换部分，用于对由频带解复用部分所解复用的各个第一至第 N－1 通带信号进行频率变换，并输出各个第二至第 N 双重二进制信号；第二至第 N 双重二进制解调部分，用于通过解调由频带下变换部分所输出的各个第二至第N双重二进制信号转换成第二至第N通带信号；以及信号复用部分，用于通过对第一双重二进制解调部分所输出的第一基带信号和各个第二至第N双重二进制解调部分所输出的第二至第N基带信号进行复用来恢复数据信号。在这一情况下，为了将第一基带信号和第一至第 N－1 通带信号定位在偏离光学传输路径频率响应的局部最小值的各个频带中，光学发送器件在信号分频部分中将信息分成为 N 部分信息，并在频带上变换部分进行上变换。

（第七实施例）

图 16 是显示根据本发明第七实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图 16 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11，调制部分 191 至 194，频带上变换部分 121 至 124，频率复用部分 13，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 531，电平检测部分 421 至 424，解调部分 401 至 404，信号复用部分 34，和调制控制部分 41。光学发送器件 2f 包括：信号分频部分 11，调制部分 191 至 194，频带上变换部分 121 至 124，频率复用部分 13，和电光转换部分 14。光学接收器件 3f 包括：光电

转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 531，电平检测部分 421 至 424，解调部分 401 至 404，信号复用部分 34，和调制控制部分 41。在图 16 中，具有与第一实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。值得注意的是，在图 16 中，假设调制部分，频带上变换部分，频带下变换部分，解调部分和电平检测部分的数字为 4，但并不限制于此。该数字可以为 N（N 大于等于 2）。

信号分频部分 11 根据所预定的分频比率将数据信号分成为第一至第四基带信号，并输出最终的信号。

调制部分 191 至 194 为信号分频部分所输出的各个第一至第四基带信号而设置，并根据由调制控制部分 41 所设计的预定调制方案来调制各个基带信号。

频带上变换部分 121 至 124 分别为各个调制部分 191 至 194 而设置。频带上变换部分 121 至 124 对各个调制部分 191 至 194 所输出的第一至第四调制信号进行上变换，使之具有不同的预定中心频率的信号，并将最终信号以第一至第四电信号方式输出。

频率复用部分 13 对由各个频带上变换部分 121 至 124 所输出的第一至第四电信号进行频率复用，并输出频率复用的信号。

频带解复用部分 32 对由光电转换部分 31 所输出的频率复用信号进行解复用，以获得第一至第四电信号，并输出最终的信号。

频带下变换部分 531 至 534 分别为多个调制信号而设置。频带下变换部分 531 至 534 对第一至第四电信号下变换成基带信号，并分别输出各个第一至第四调制信号。

解调部分 401 至 404 分别为各个频带下变换部分 531 至 534 而设置。解调部分 401 至 404 可根据由调制控制部分 41 所设计的预定调制方对频带下变换部分 531 至 534 所各自输出的调制信号进行解调，并分别输出第一至第四基带信号。

信号复用部分 34 对解调部分 401 至 404 所各自输出的第一至第四基带信号进行复用，从而恢复数据信号。

电平检测部分 421 至 424 分别为各个频带下变换部分 531 至 534 而设置，用于检测第一至第四调制信号的各自电平。

调制控制部分 41 根据由任一电平检测部分 421 至 424 所检测到的它的信号电平来确定各个调制信号的调制方案，并且根据所确定的调制方案来控制调

制部分 191 至 194 和解调部分 401 至 404。

接着将参考图 17A 至 17C 描述本实施例所使用的信号格式。图 17A 图示说明了电光转换部分 14 的频率响应。图 17B 图示说明了光学传输路径的频率响应。图 17C 图示说明了对应于各个调制部分 191 至 194 的频带上变换部分 121 至 124 所输出的信号的典型频带。

在本实施例中，假设电光转换部分 14 的频率响应（看图 17A）具有比所要传输的数据信号适当宽的带宽。正如第一实施例中所描述的，例如，正如图 17B 所示，光学传输路径（包含电光转换部分 14，光纤 1 和光电转换部分 31）的频率响应受到色散的影响会在预定的频率上产生严重失真。

在本实施例中，频带上变换部分 121 至 124 所输出的信号的频带是固定在预定数值上的。调制控制部分 41 根据在各个调制信号频带中的光学传输路径的频率响应来改变调制方案。例如，正如图 17C 所示，由于在分配给调制部分 191 的频带中的频率响应是基本平坦的，所以调制控制部分 41 使调制部分 191 进行需要相对高 SNR 的四进制（M=4）调制。另一方面，由于在分配给调制部分 192 和 194 的频带中频率响应稍微有些失真，所以调制控制部分 41 使调制部分 192 和 194 进行适用于较低 SNR 的二进制调制（M=2）。在分配给调制部分 193 的频带中，频率响应严重失真。于是，调制控制部分 41 使调制部分 193 在没有进行调制的条件下停止发送调制信号。特别是，如果由第一至第四电平检测部分中任一检测部分所检测的信号电平等于或者小于预定数值，则调制控制部分 41 使得对应于第一至第四调制信号中任一信号的调制部分停止发送调制信号。值得注意的是，调制控制部分 41 控制信号分频部分 11，使其不向停止发送调制信号的调制部分输入信息。

正是如此，根据在分配给各个调制部分的频带中的光学传输路径的频率响应，调制控制部分 41 控制各个调制部分，使之在频率响应基本平坦的频带中使用需要相对高 SNR 的调制方案，而在频率响应稍微失真的频带中使用适用于较低 SNR 的调制方案，以及在即使使用所需的 SNR 最低的调制方案也不可能传输的情况下，就不再进行传输。值得注意的是，可以通过电平检测部分 421 至 424 检测各个调制信号的电平（平均功率）来进行频率响应的检测。

值得注意的是，在本实施例中，描述了将数据信号的频带分成为四个频带的情况。然而，数据信号的分频数字并不限制于 4，这可以是一个任意数值，只要它等于或者大于 2。

正是如此，基于本实施例，即使在对应于传输速率的频带中，存在着由于色散等原因所产生的响应频率严重失真的频率，还有可能通过根据在各个分频频带中的频率响应改变调制方案来实现数据信号的高质量传输。于是，就有可能提供一种光学传输系统，该光学传输系统能够在不使用色散补偿器件的条件下扩展传输范围。

（第八实施例）

图 18 是显示本发明第八实施例的分频光学传输系统结构的方框图。在图 18 中，分频光学传输系统包括：信号分频部分 11，调制部分 191 至 194，频带上变换部分 121 至 124，频率复用部分 13，电光转换部分 14，光纤 1，光电转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 531 至 534，解调部分 401 至 404，信号复用部分 34，误差监测部分 431a 和 434a，和调制控制部分 41a。光学发送器件 2f：包括信号分频部分 11，调制部分 191 至 194，频带上变换部分 121 至 124，频率复用部分 13，和电光转换部分 14。光学接收器件 3g 包括：光电转换部分 31，频带解复用部分 32，频带下变换部分 531 至 534，解调部分 401 至 404，信号复用部分 34，误差监测部分 431a 和 434a，和调制控制部分 41a。在图 18 中，具有与第七实施例中相似部件的类似方式所讨论功能的部件都以类似数字来标记，并省略对其的描述。

误差监测部分 431a 和 434a 分别为各个第一至第四基带信号而设置，且第一至第四基带信号是由各个解调部分 401 至 404 所输出的。误差监测部分 431a 和 434a 检测各个基带信号的误差率。

调制控制部分 41a 根据由误差监测部分 431 至 434 中任一监测部分所检测到的误差率来确定各个调制信号的调制方案，并据此控制调制部分 191 至 194 和解调部分 401 至 404。

在本实施例中所使用的的信号格式类同于在第七实施例中所使用的的信号格式。然而，本实施例不同于第七实施例的是，用于各个调制信号的调制方案是通过检测各个基带信号的误差率来确定。也就是说，调制控部分 41a 控制向对应于误差率小于预定数值的频带的调制部分分配需要相对高 SNR 的调制方案，以及向对应于误差率大于预定数值的频带的调制部分分配适用于较低 SNR 的调制方案。此外，调制控制部分 41a 控制调制部分，该调制部分即使使用所需的 SNR 是最低的调制方案但误差率仍大于预定数值，则使其不再进行调制。

值得注意的是，在本实施例中，描述了将数据信号的频带分成为四个频带的情况。然而，数据信号的分频数字并不限制于4，这可以是一个任意数值，只要它等于或者大于2。

正是如此，基于本实施例，即使在对应于传输速率的频带中，存在着由于色散等原因所产生的响应频率严重失真的频率，还有可能通过根据在各个分频频带中的频率响应改变调制方案来实现数据信号的高质量传输。于是，就有可能提供一种光学传输系统，该光学传输系统能够在不使用色散补偿器件的条件下扩展传输范围。

工业适用范围

根据本发明的分频光学传输系统，以及光学发送器件，光学接收器件，和基于上述器件的光学传输方法，能够提供高速，远距离，和高质量的光学信号的传输，并适用于光学通讯等领域。

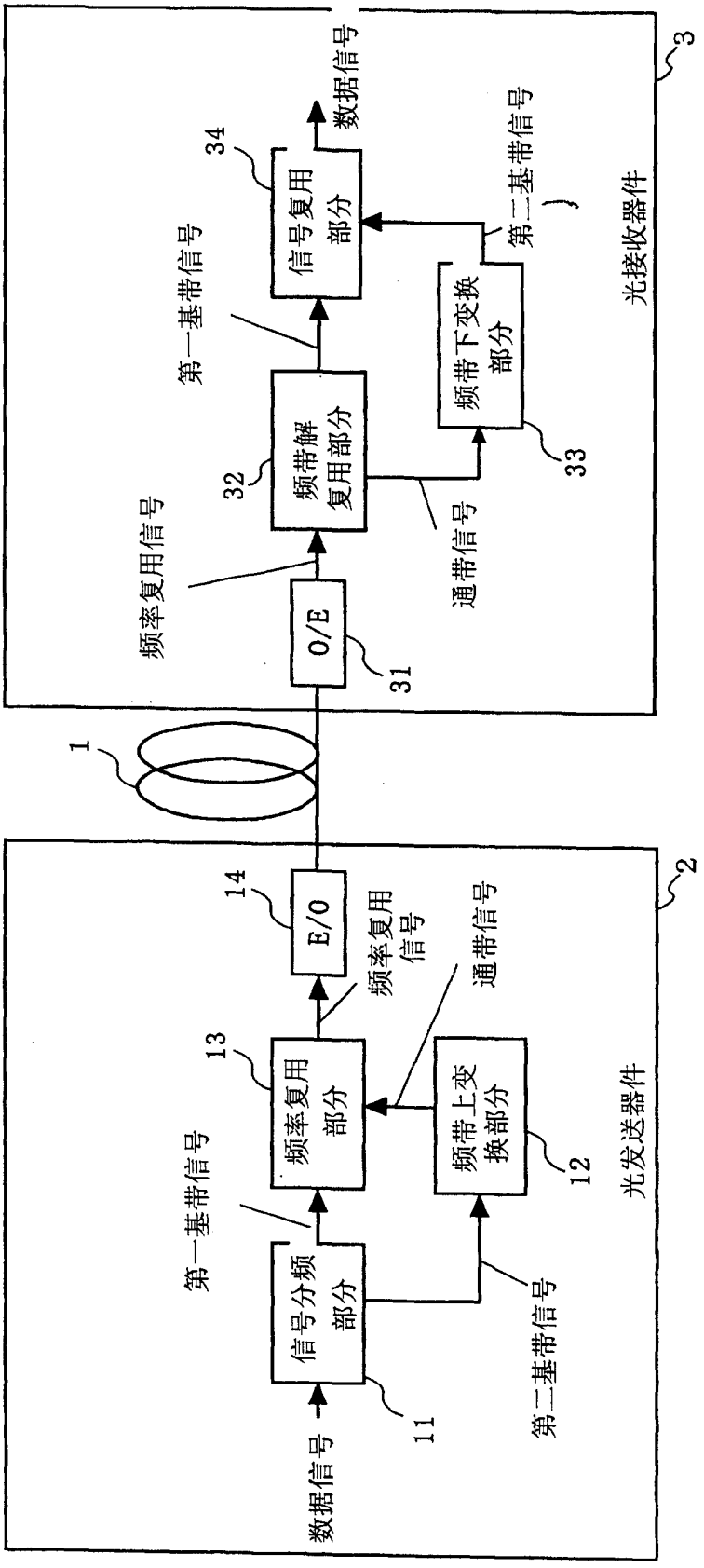

数据信号
信号分频部分
11
第一基带信号
第二基带信号
频率复用部分
13
频带上变换部分
12
通带信号
频率复用信号
E/O
14
光发送器件
2
1
O/E
31
频率复用信号
通带信号
频带解复用部分
32
第一基带信号
频带下变换部分
33
第二基带信号
信号复用部分
34
数据信号
光接收器件
3

图 1

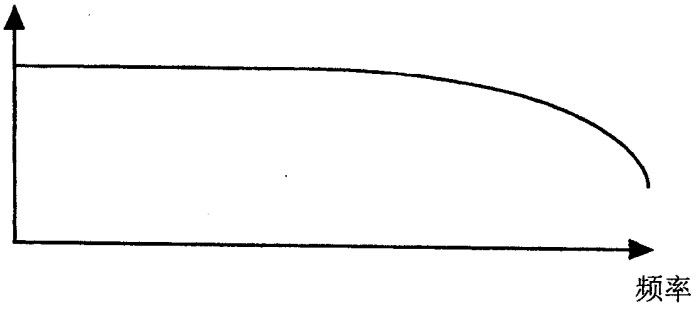


图 2A

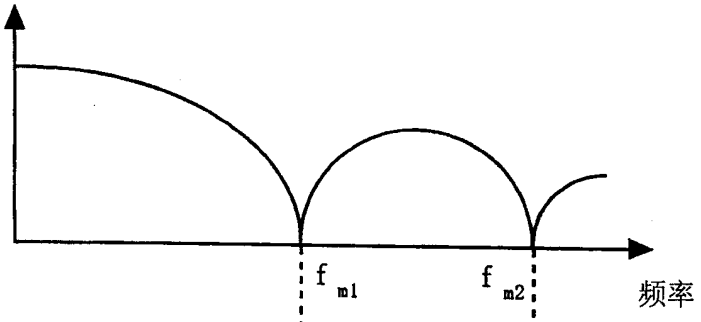


图 2B

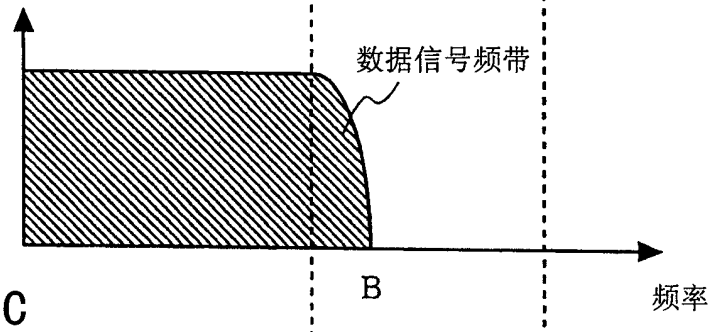


图 2C

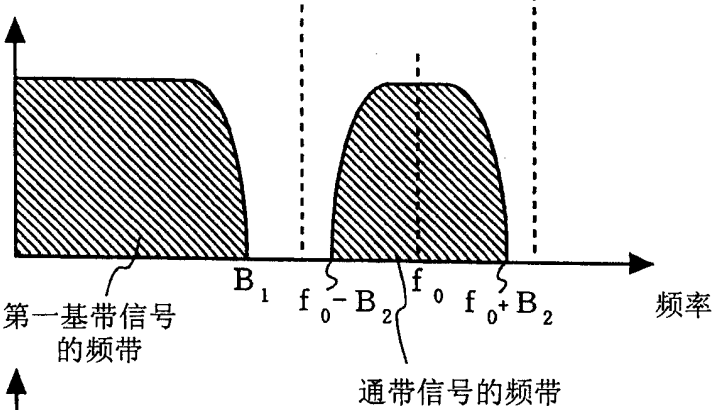


图 2D

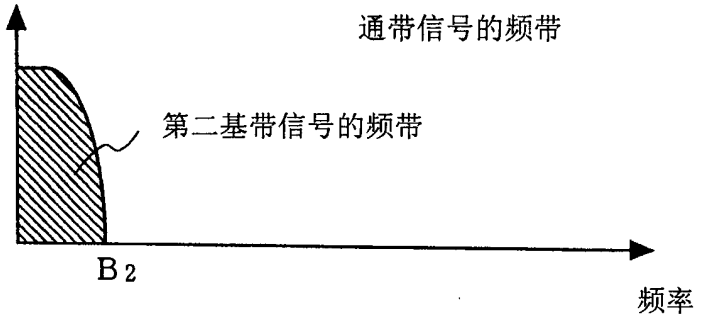


图 2E

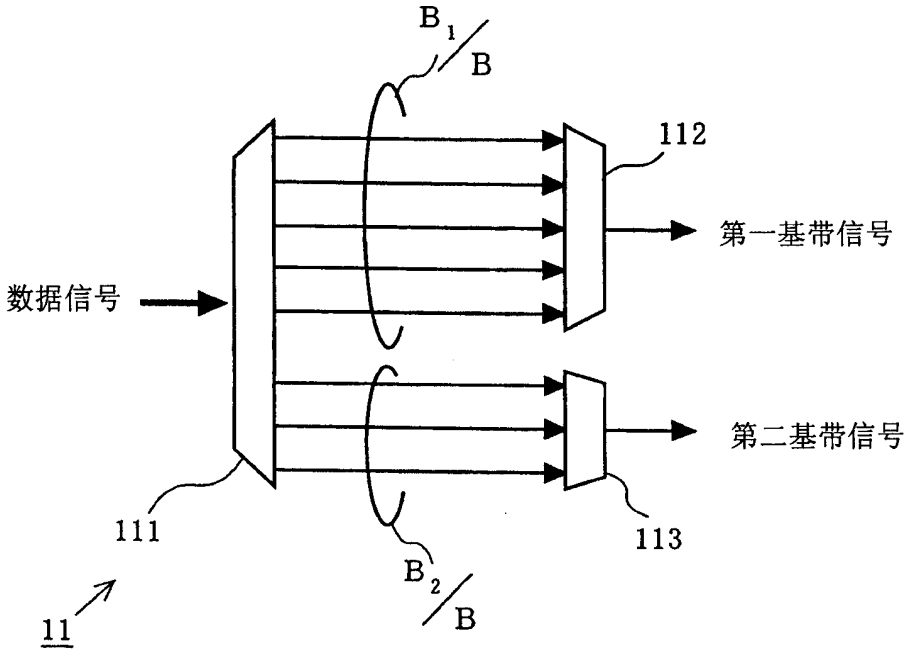

B1
B
112
第一基带信号
数据信号
第二基带信号
111
113
B2
B
11

图 3

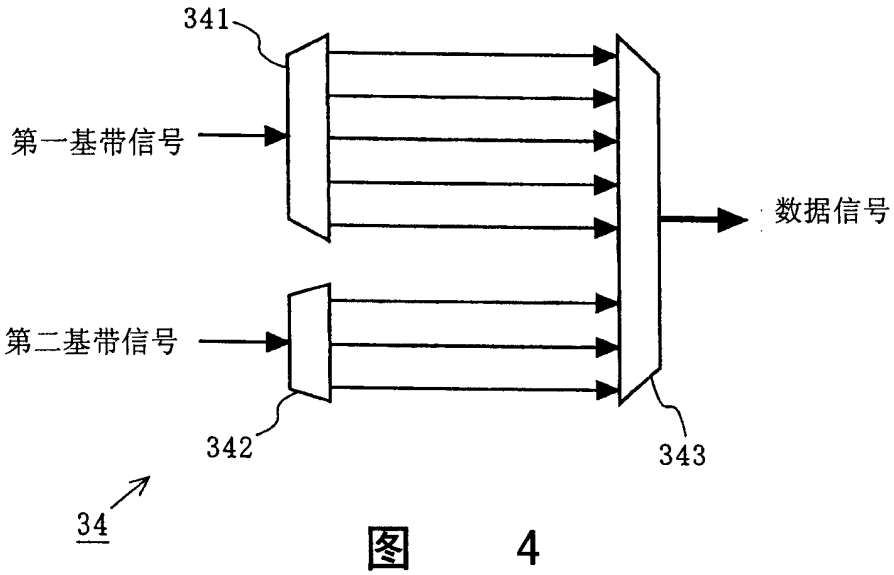

341
第一基带信号
数据信号
第二基带信号
342
343
34

图 4

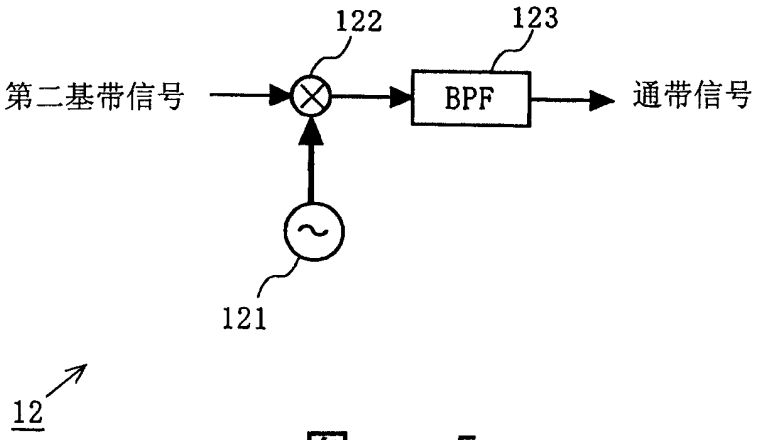


图 5

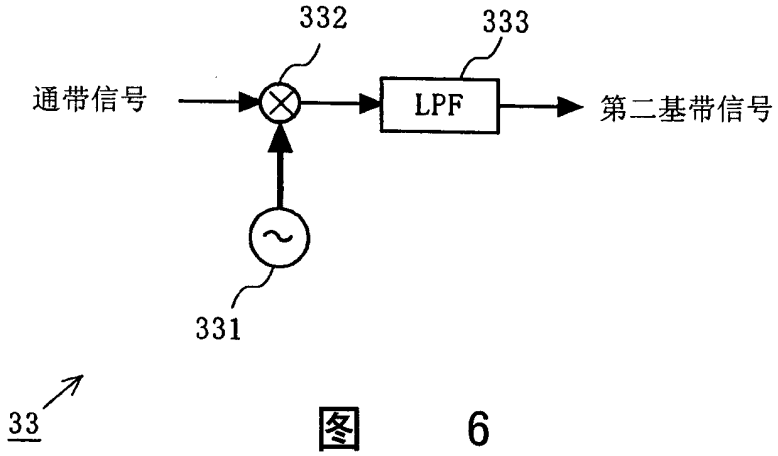


图 6

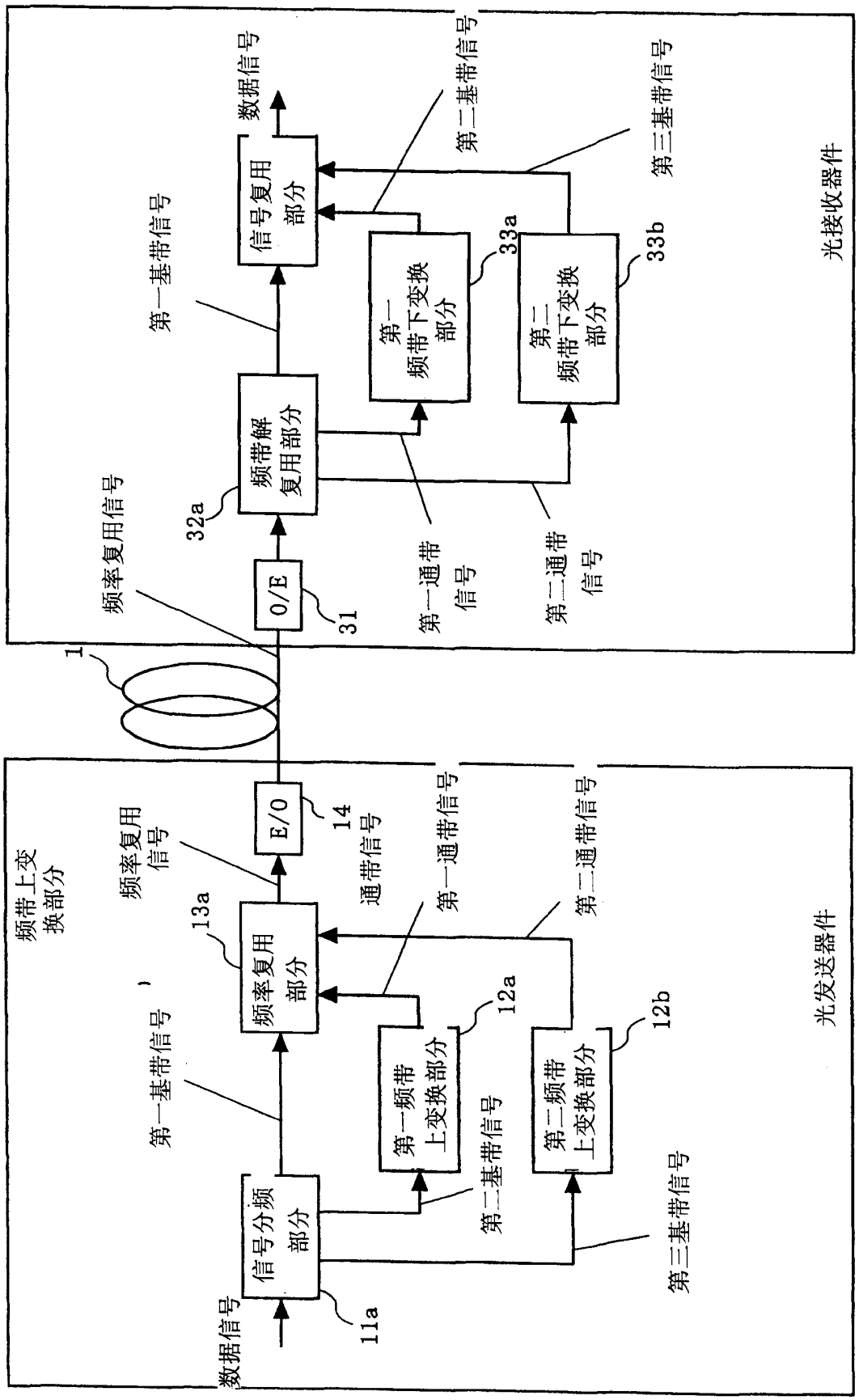

频带上变换部分
数据信号
信号分频部分
11a
第一基带信号
第二基带信号
第三基带信号
第一频带上变换部分
12a
第二频带上变换部分
12b
频率复用部分
13a
频率复用信号
E/O
14
通带信号
第一通带信号
第二通带信号
光发送器件
1
频率复用信号
O/E
31
频带解复用部分
32a
第一基带信号
第一通带信号
第二通带信号
第一频带下变换部分
33a
第二频带下变换部分
33b
信号复用部分
数据信号
第二基带信号
第三基带信号
光接收器件

图 7

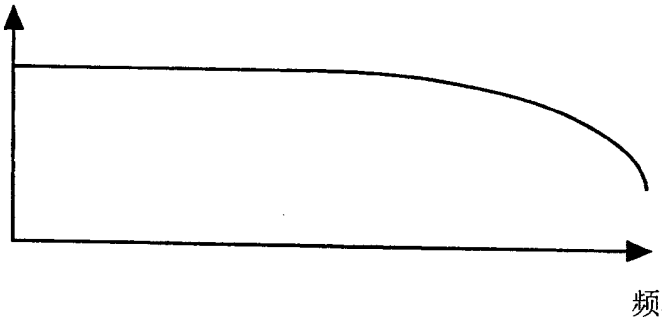


图 8A

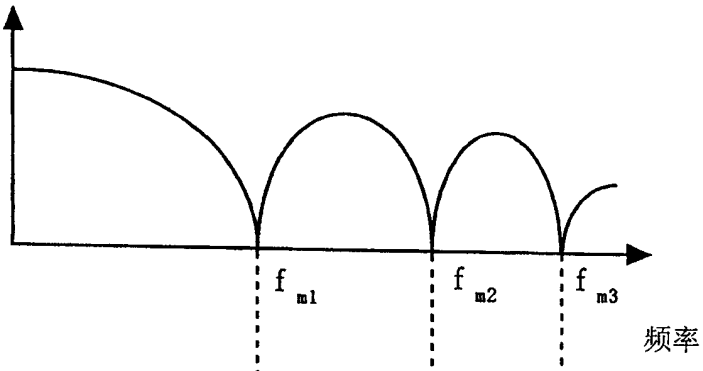


图 8B

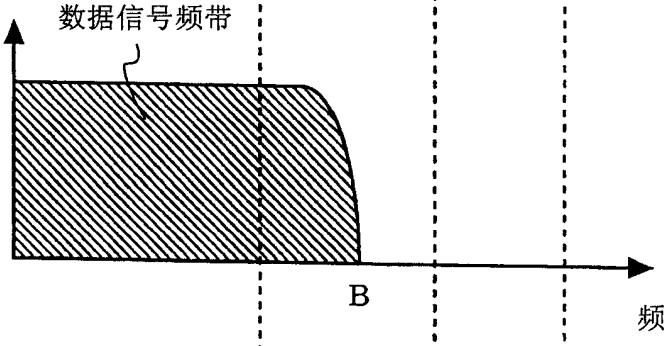


图 8C

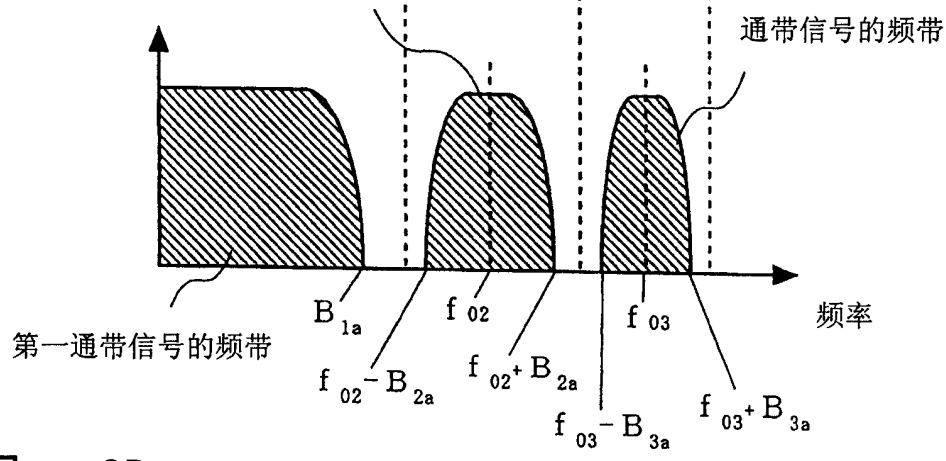


图 8D

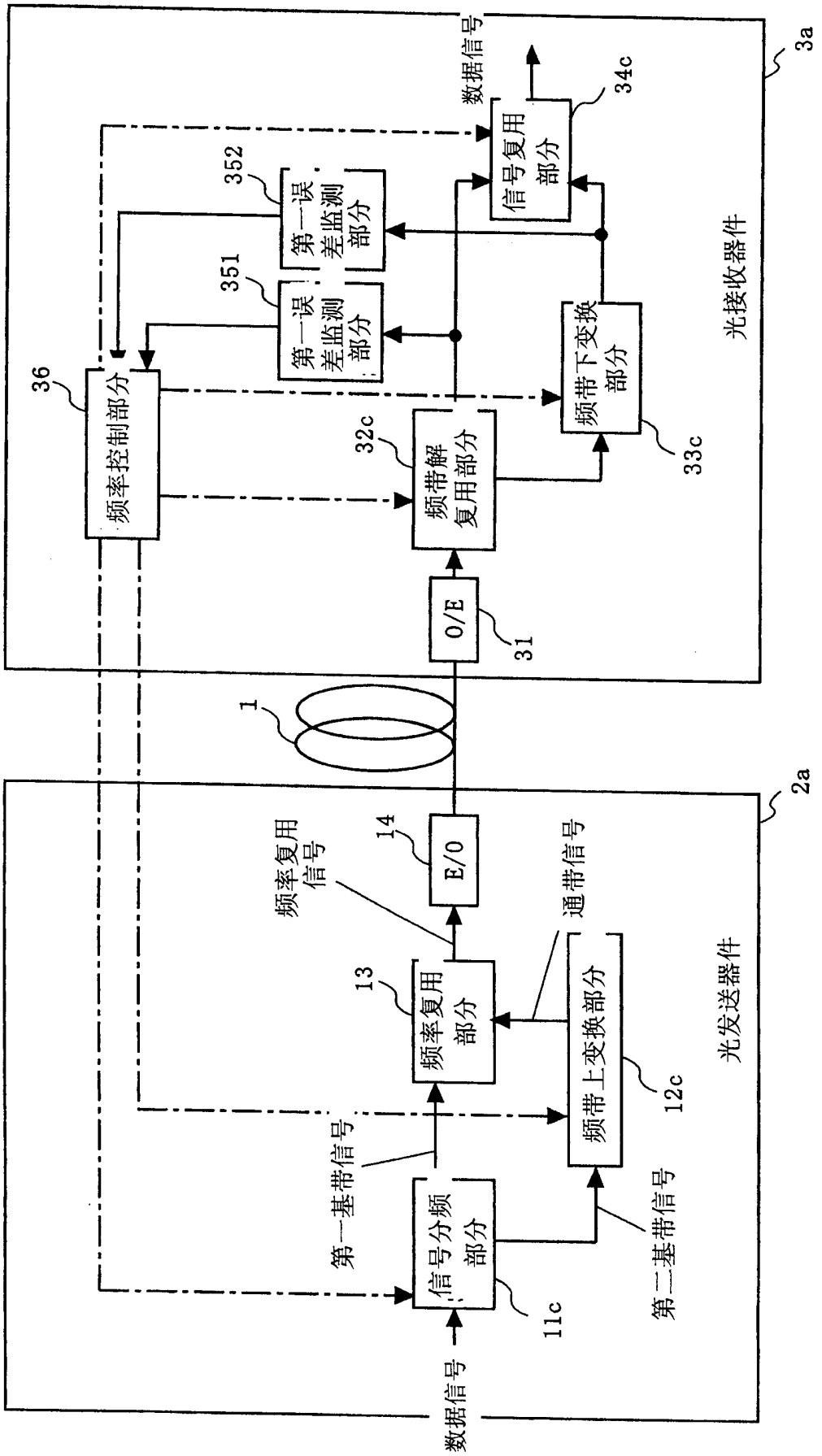

数据信号
信号分频部分
11c
第一基带信号
第二基带信号
频率复用部分
13
频率复用信号
频带上变换部分
12c
通带信号
E/O
14
光发送器件
2a
1
O/E
31
频带解复用部分
32c
频率控制部分
36
频带下变换部分
33c
第一误差监测部分
351
第一误差监测部分
352
信号复用部分
34c
数据信号
光接收器件
3a

图 9

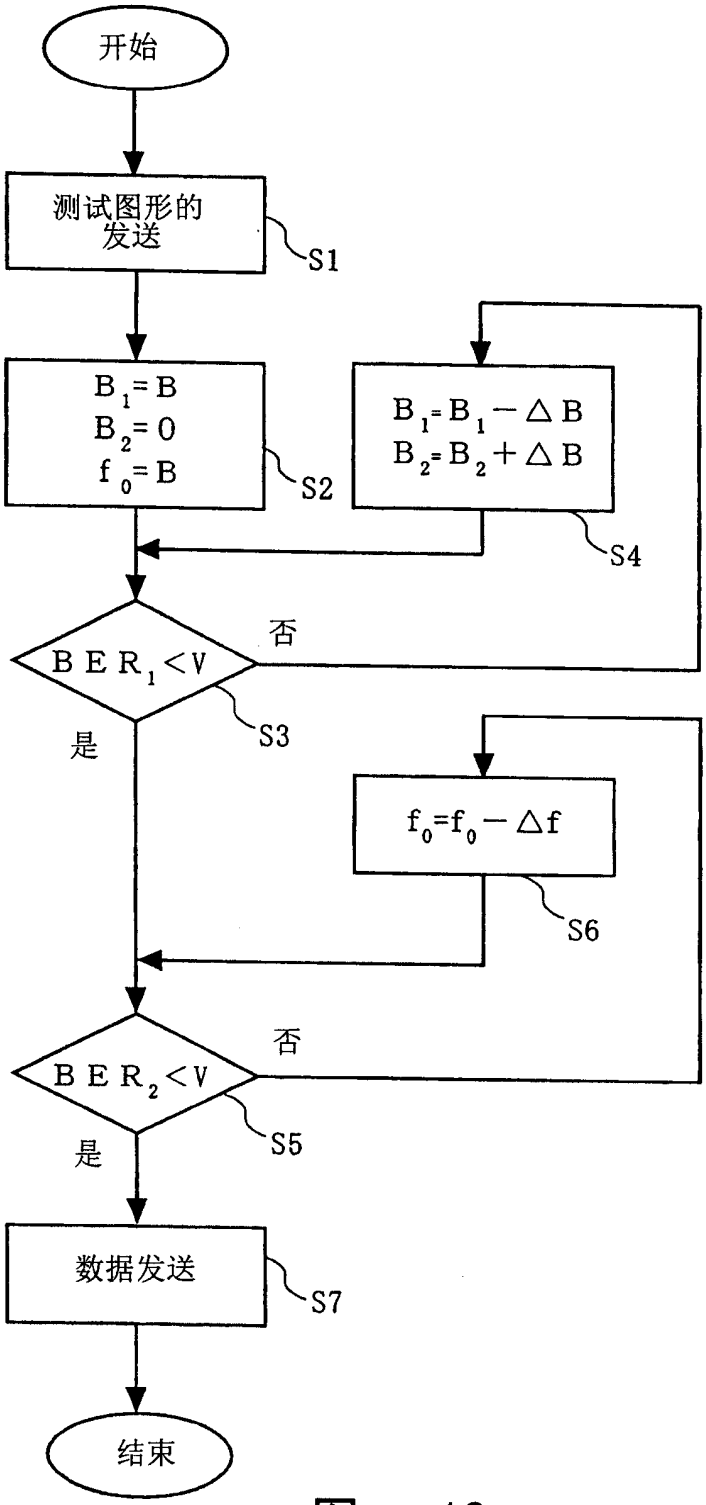

开始
测试图形的发送
S1
$B_1=B$
$B_2=0$
$f_0=B$
S2
$B_1=B_1-\triangle B$
$B_2=B_2+\triangle B$
S4
$BER_1<V$
否
是
S3
$f_0=f_0-\triangle f$
S6
$BER_2<V$
否
是
S5
数据发送
S7
结束

图 10

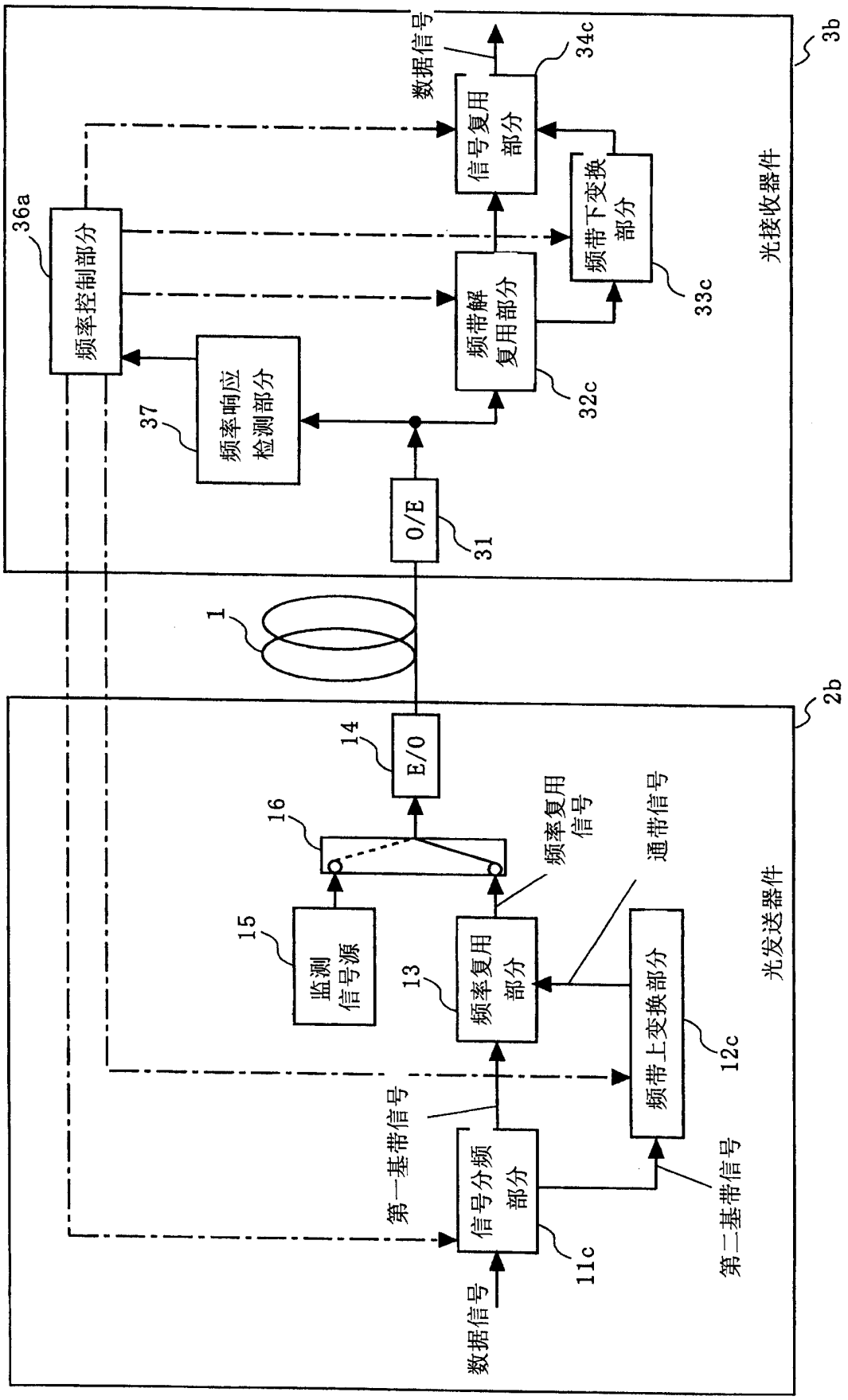

光发送器件
2b
光接收器件
3b
数据信号
11c
信号分频部分
第一基带信号
第二基带信号
频带上变换部分
12c
频率复用部分
13
频率复用信号
通带信号
监测信号源
15
16
E/O
14
1
O/E
31
频率响应检测部分
37
频率控制部分
36a
频带解复用部分
32c
频带下变换部分
33c
信号复用部分
34c
数据信号

图 11

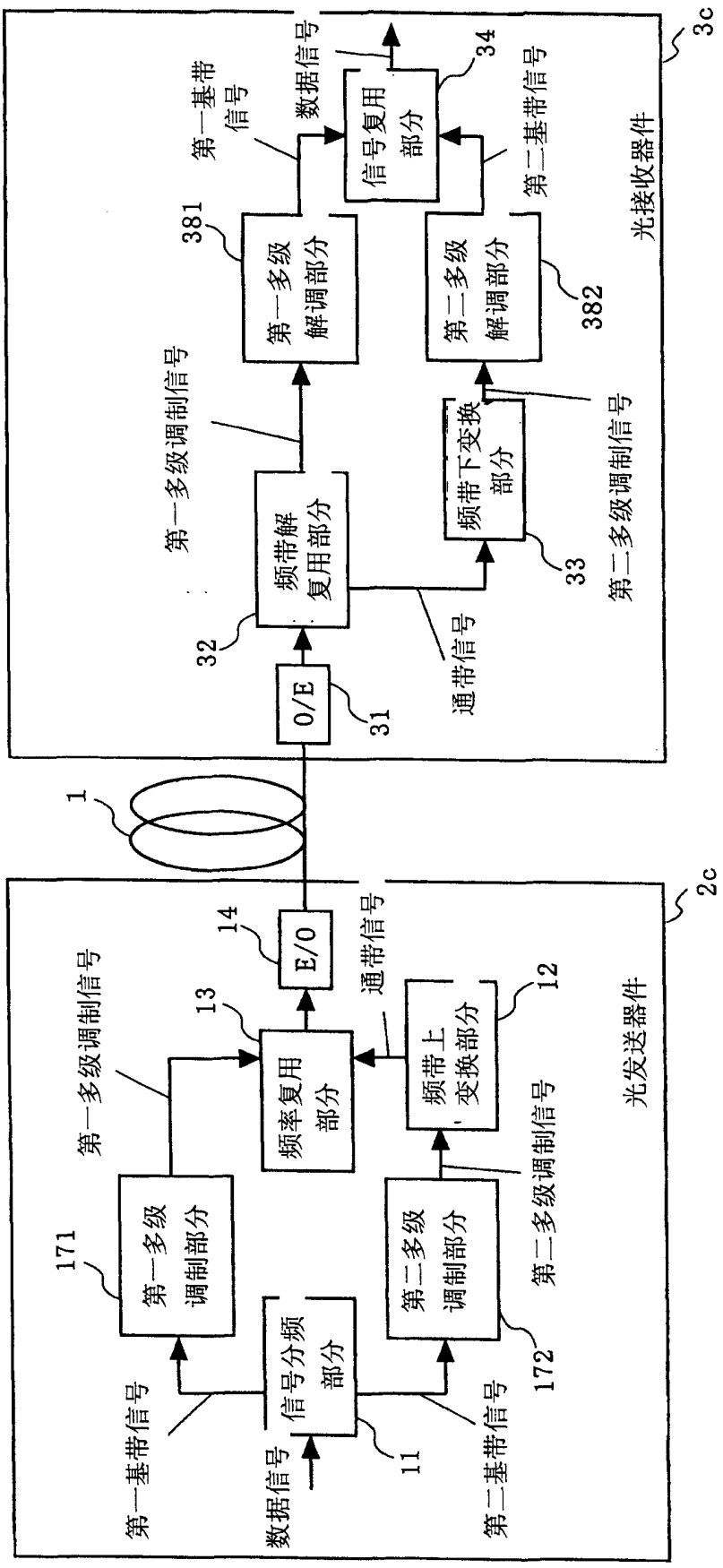

光发送器件
2c
数据信号
信号分频部分
11
第一基带信号
第二基带信号
第一多级调制部分
171
第二多级调制部分
172
第一多级调制信号
第二多级调制信号
频率复用部分
13
频带上变换部分
12
通带信号
E/O
14
1
光接收器件
3c
O/E
31
32
频带解复用部分
第一多级调制信号
通带信号
频带下变换部分
33
第二多级调制信号
第一多级解调部分
381
第二多级解调部分
382
第一基带信号
第二基带信号
信号复用部分
34
数据信号

图 12

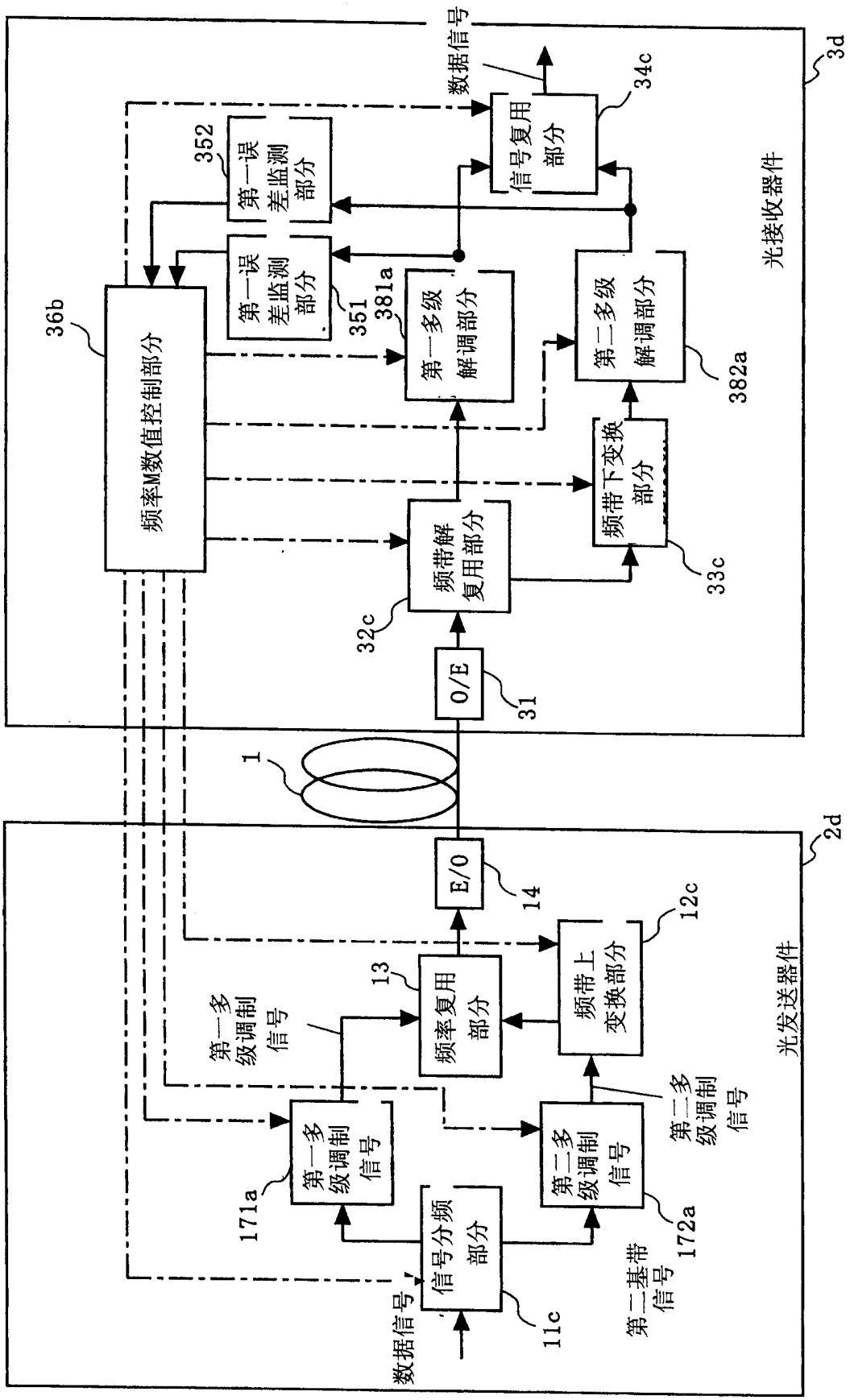

数据信号
3d
光接收器件
34c
信号复用部分
352
第一误差监测部分
351
381a
第一误差监测部分
第一多级解调部分
36b
频率M数值控制部分
第二多级解调部分
382a
频带下变换部分
33c
频带解复用部分
32c
O/E
31
1
2d
光发送器件
E/O
14
12c
频带上变换部分
13
频率复用部分
第一多级调制信号
第二多级调制信号
171a
第一多级调制信号
172a
第二多级调制信号
信号分频部分
11c
数据信号
第二基带信号

图 13

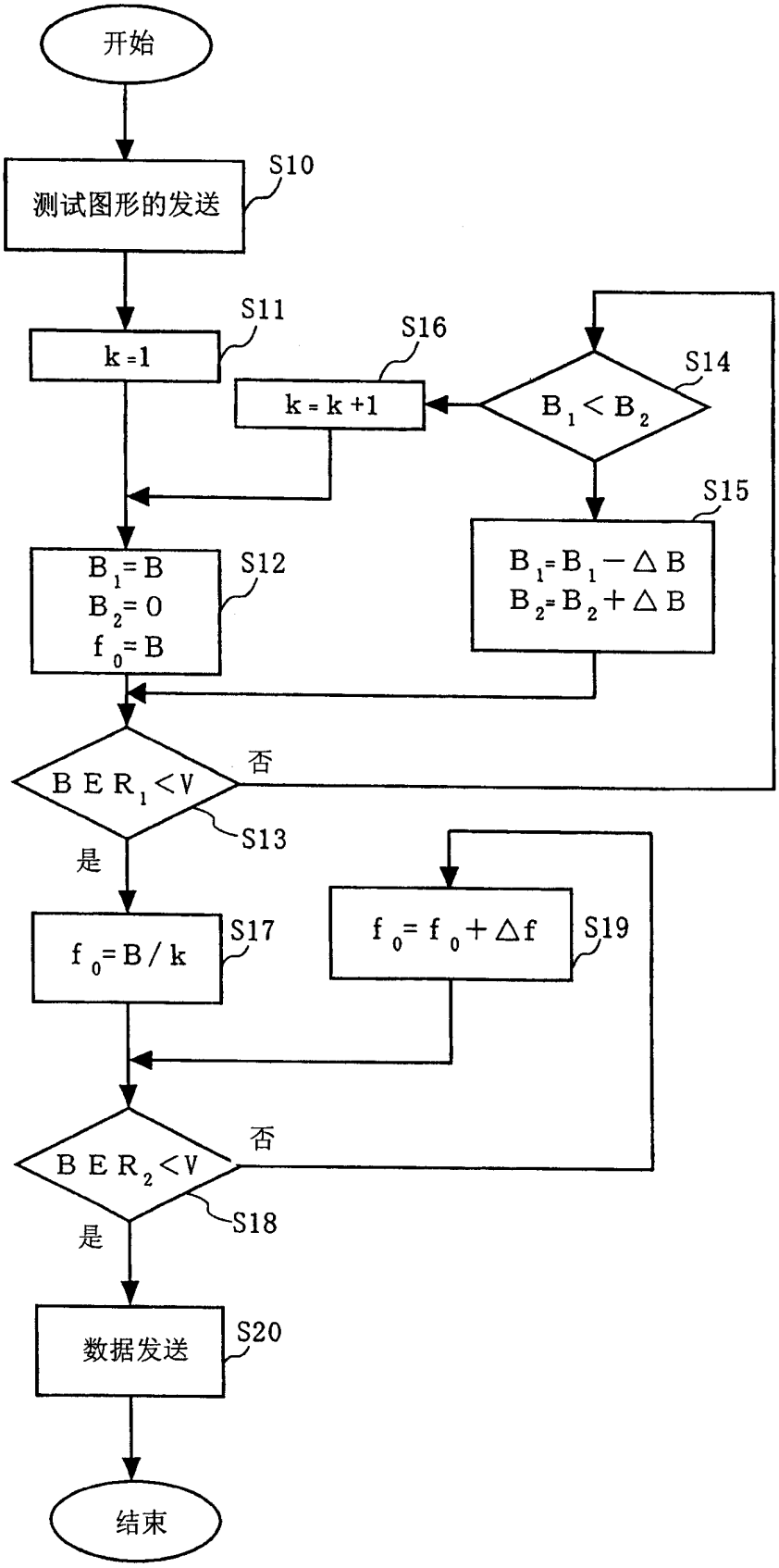

开始
测试图形的发送
S10
k=1
S11
k=k+1
S16
B1<B2
S14
B1=B
B2=0
f0=B
S12
B1=B1−ΔB
B2=B2+ΔB
S15
BER1<V
否
S13
是
f0=B/k
S17
f0=f0+Δf
S19
BER2<V
否
S18
是
数据发送
S20
结束

图 14

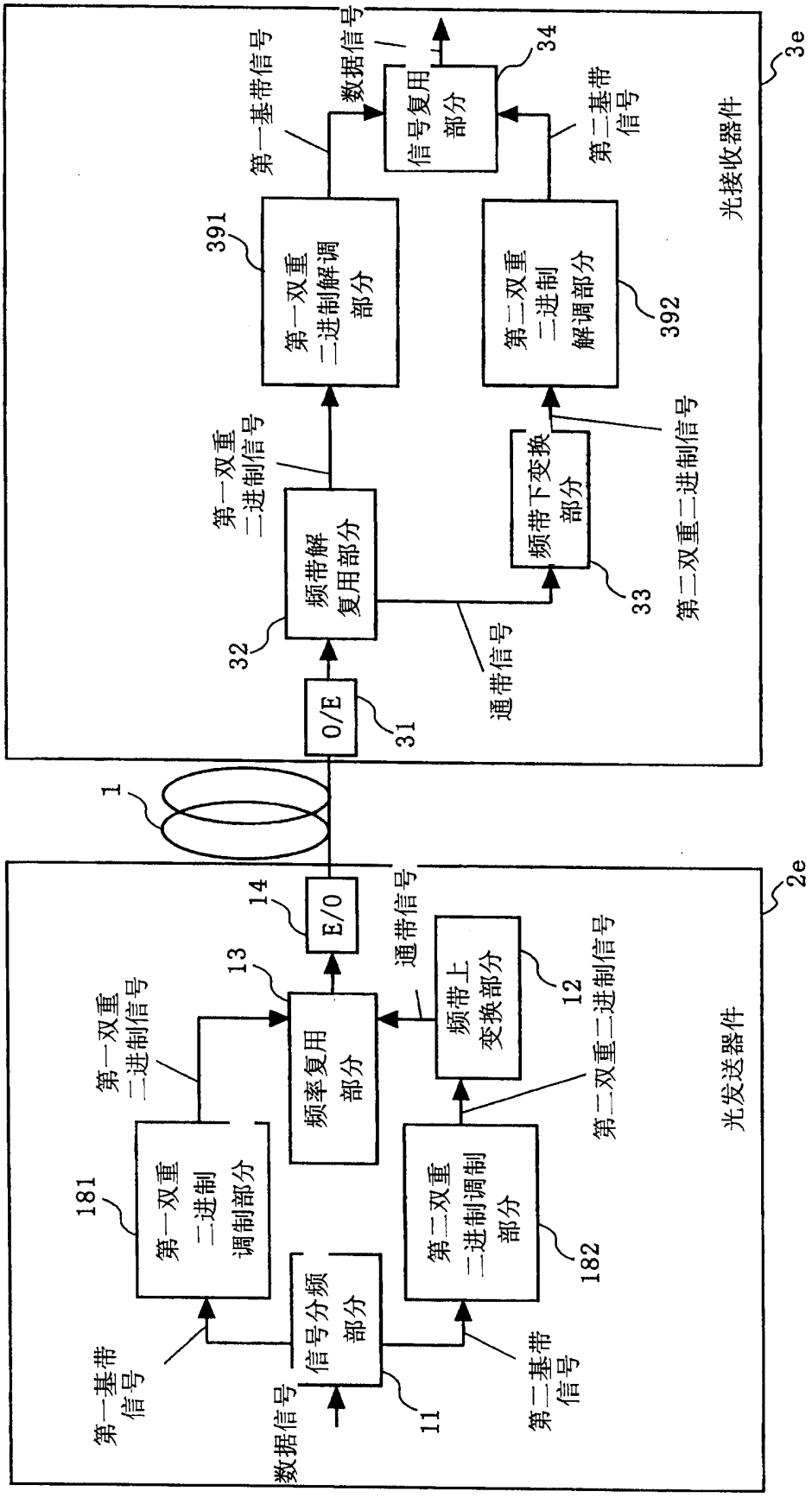

光发送器件
2e
光接收器件
3e
1
第一基带信号
第二基带信号
数据信号
信号分频部分
11
第一双重二进制调制部分
181
第二双重二进制调制部分
182
第二双重二进制信号
频带上变换部分
12
通带信号
频率复用部分
13
E/O
14
第一双重二进制信号
O/E
31
频带解复用部分
32
通带信号
频带下变换部分
33
第二双重二进制信号
第一双重二进制解调部分
391
第二双重二进制解调部分
392
第一基带信号
第二基带信号
信号复用部分
34
数据信号

图 15

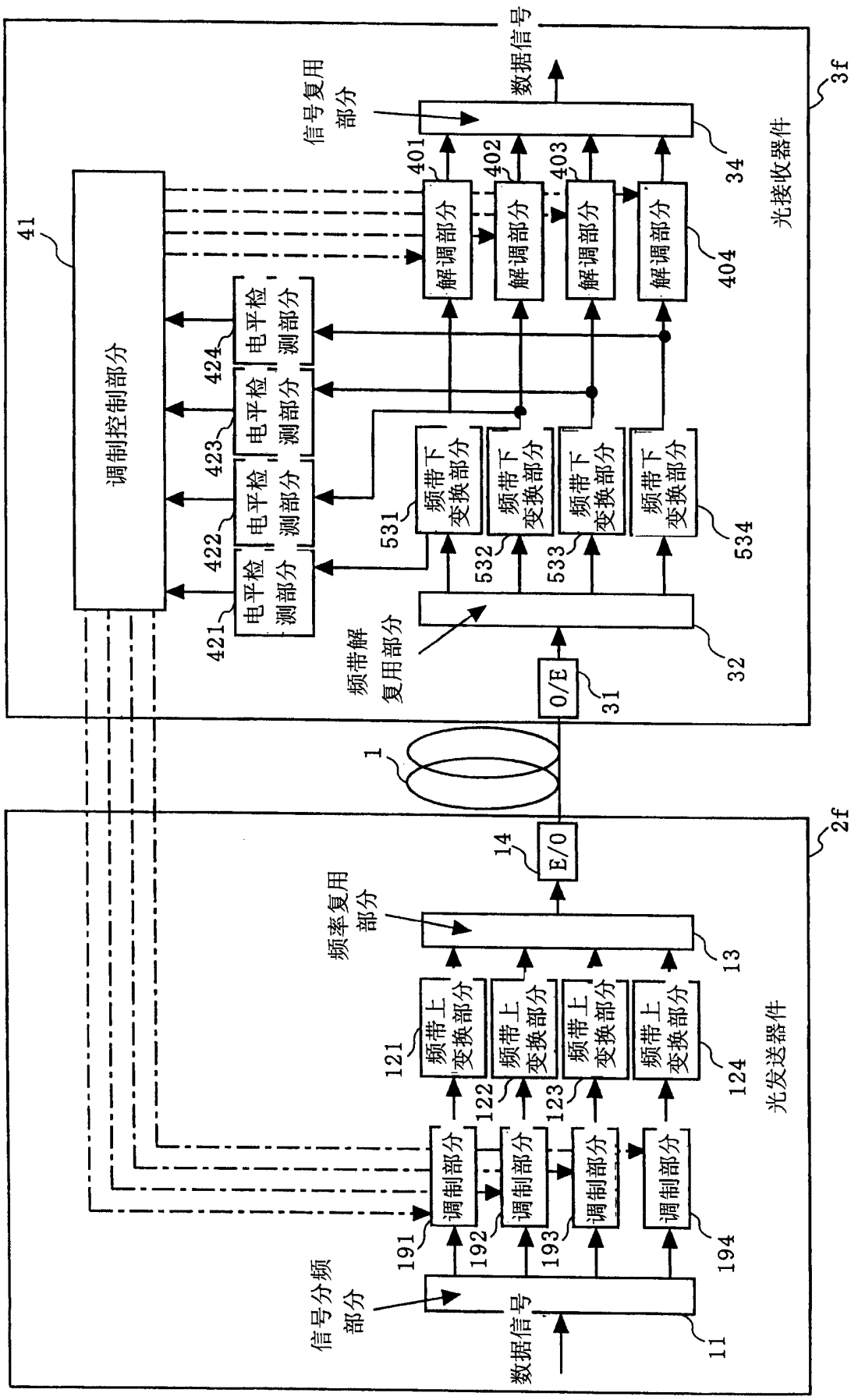

数据信号
信号复用部分
3f
光接收器件
41
调制控制部分
401
402
403
404
34
解调部分
解调部分
解调部分
解调部分
421
422
423
424
电平检测部分
电平检测部分
电平检测部分
电平检测部分
531
532
533
534
频带下变换部分
频带下变换部分
频带下变换部分
频带下变换部分
频带解复用部分
32
O/E
31
1
2f
光发送器件
14
E/O
频率复用部分
13
121
122
123
124
频带上变换部分
频带上变换部分
频带上变换部分
频带上变换部分
191
192
193
194
调制部分
调制部分
调制部分
调制部分
信号分频部分
11
数据信号

图 16

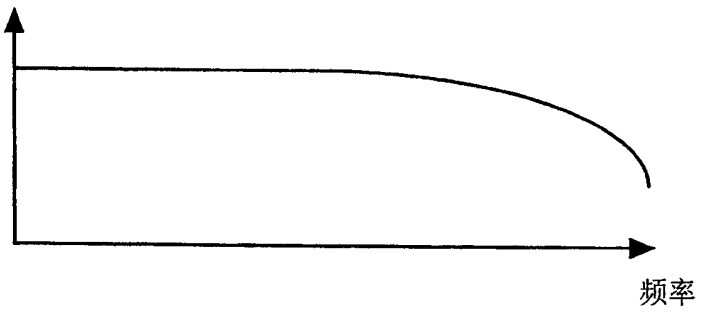


图 17A

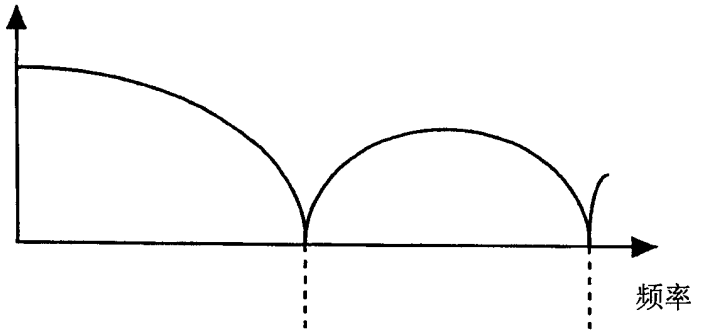
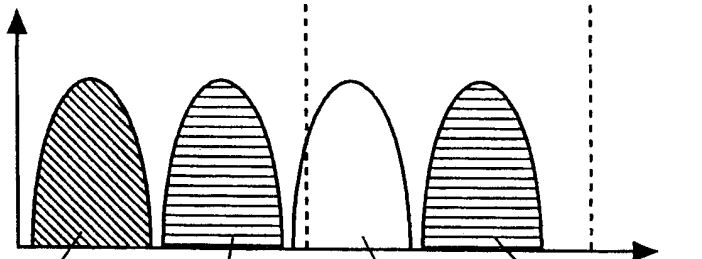


图 17B



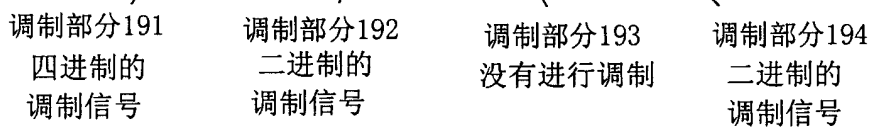


图 17C

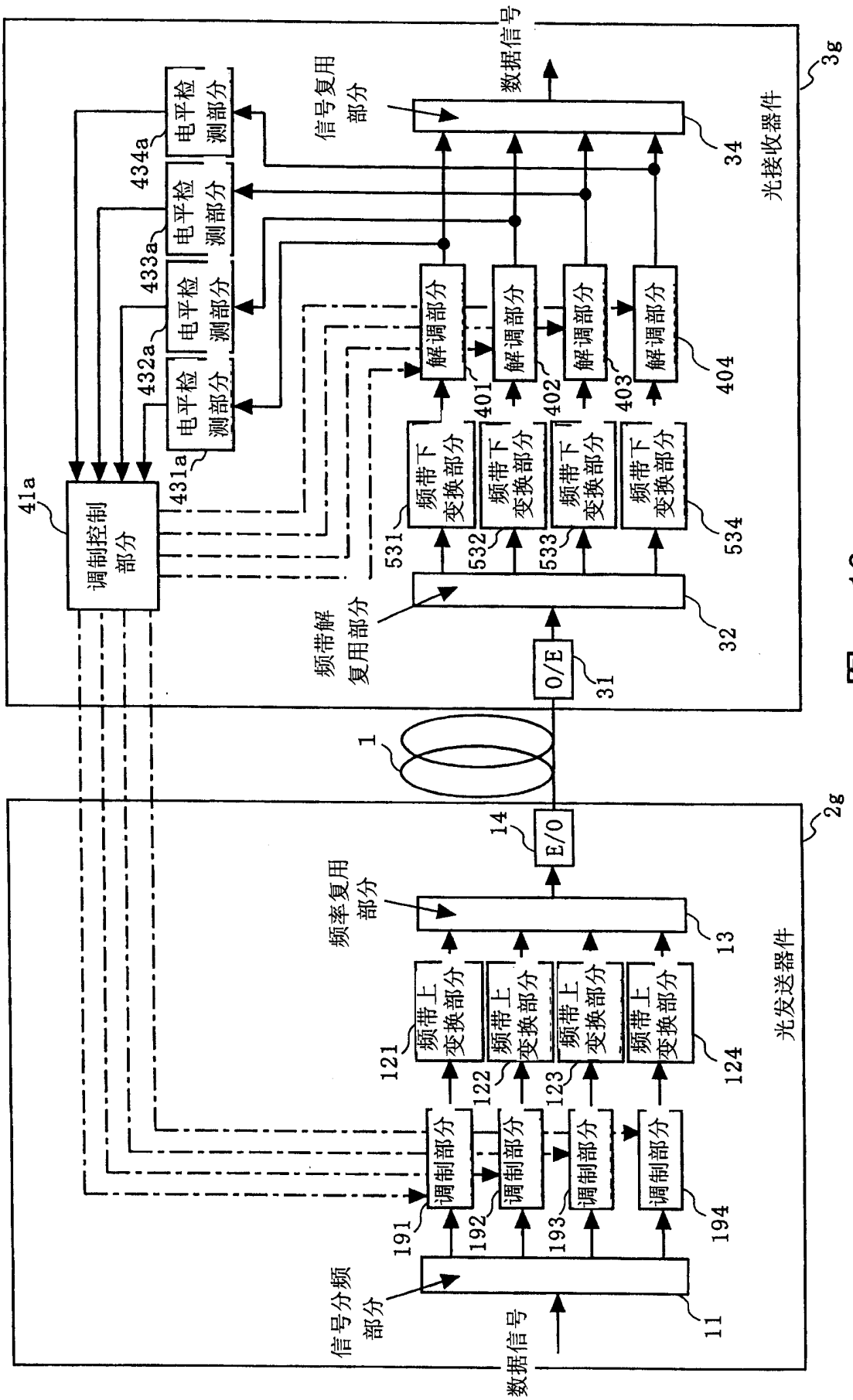

数据信号
信号分频部分
11
调制部分
191
192
193
194
频带上变换部分
121
122
123
124
频率复用部分
13
E/O
14
光发送器件
2g
1
O/E
31
频带解复用部分
32
频带下变换部分
531
532
533
534
解调部分
401
402
403
404
电平检测部分
431a
432a
433a
434a
调制控制部分
41a
信号复用部分
34
数据信号
光接收器件
3g

图 18

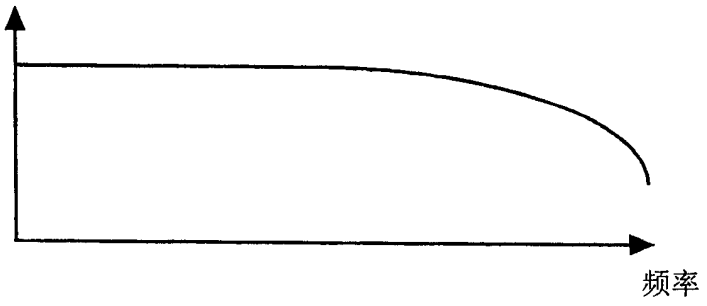


图 19A

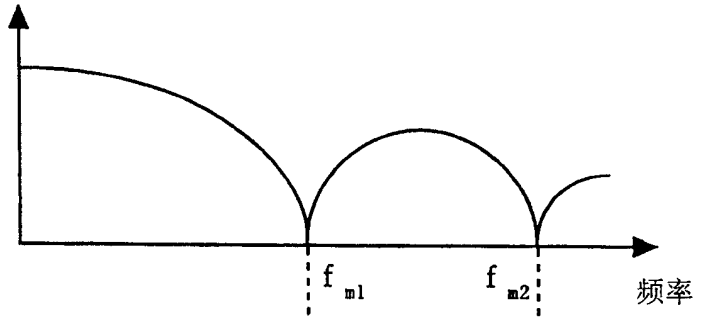


图 19B

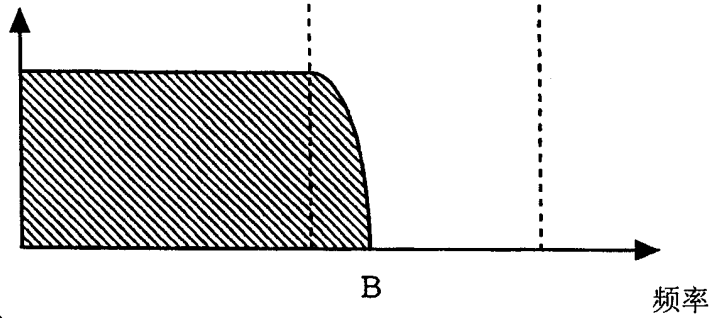


图 19C

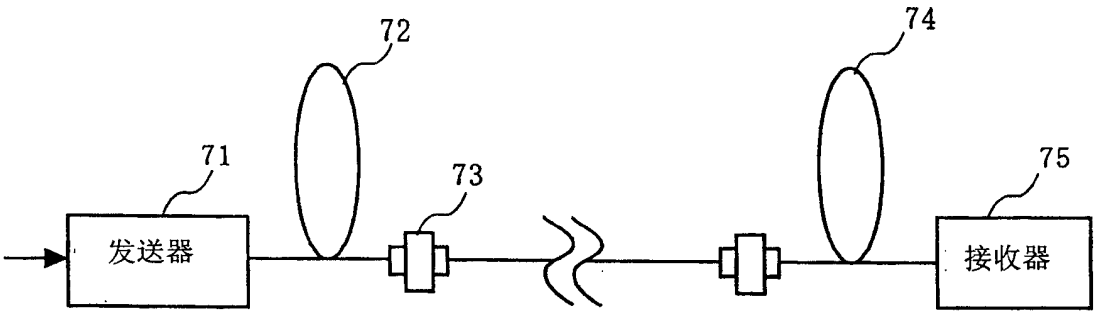


图 20