

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04B 10/18

H04B 10/12



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410063363.6

[43] 公开日 2005 年 1 月 26 日

[11] 公开号 CN 1571308A

[22] 申请日 1998.5.29

[21] 申请号 200410063363.6

分案原申请号 98108705.1

[30] 优先权

[32] 1997.9.11 [33] JP [31] 246901/1997

[71] 申请人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72] 发明人 石川丈二 大井宽己 桑田直树

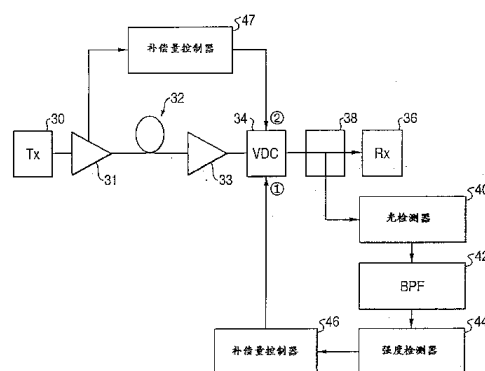
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 蒋世迅

权利要求书 16 页 说明书 19 页 附图 33 页

[54] 发明名称 按光信号功率优化光纤传输线中色散的方法和装置

[57] 摘要

在光纤传输线中优化色散的方法及装置。此方法及装置 (a) 确定与光信号功率相应的光传输线最佳总色散, 此光信号是通过光传输线传送的; (b) 控制光传输线的色散, 使总色散沿着光传输线直至一特定点都变成近似于零; (c) 在特定点下行方向, 把色散加进光传输线, 以获得确定了的最佳总色散量。上面 (b) 点对色散的控制, 可以用多种不同方法实现。



1. 一种用于优化光纤传输线中色散的方法，包括步骤：

确定与光信号功率相应的光传输线的最佳总色散量，此光信号经此光传输线传送；

控制光传输线的色散，使总色散沿光传输线直至某特定点变成近似于零；及

把色散添加到光传输线，以获得确定的最佳总色散量。

2. 按权利要求 1 的方法，其中添加色散步骤中，色散是在特定点下行方向上的一点加进光传输线。

3. 按权利要求 1 的方法，其中控制色散的步骤包括的步骤有：

检测光信号的一个特定频率分量的强度，此光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该曲线上至少有两个峰；及

控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两个最高峰间基本上变为极小。

4. 按权利要求 3 的方法，其中的光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制，特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

5. 按权利要求 4 的方法，其中光信号是一个不归零(NRZ)信号。

6. 按权利要求 3 的方法，其中特定频率分量与光信号的比特率相对应。

7. 按权利要求 1 的方法，其中控制色散的步骤是一组过程之一，该一组过程包括：

第一过程,

检测光信号特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线上至少有两个峰, 及

控制传输线的总色散量, 使特定频率分量强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间基本上变成极小, 及

第二过程,

检测光信号特定频率分量的强度, 及

使测得的特定频率分量的强度变成极大。

8. 按权利要求 1 的方法, 其中控制色散的步骤使光信号的一个特定频率分量的强度变为极大。

9. 按权利要求 8 的方法, 其中光信号是一个归零(RZ)信号。

10. 按权利要求 1 的方法, 其中

光信号是一个信号组中的一种信号, 该信号组包括: 不归零(NRZ)信号, 归零(RZ)信号, 光学时分多路复用(OTDM)信号,

当光信号是 NRZ 信号或 OTDM 信号时, 控制色散的步骤包括:

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线上至少有两个峰, 及

控制传输线的总色散量, 使特定频率分量强度在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间基本变成极小, 及

当光信号是 RZ 信号时, 控制色散的步骤包括:

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 及

使测得的特定频率分量的强度成为极大。

11. 按权利要求 3 的方法, 其中特定频率分量的强度是在光信号的强度对总色散的特征曲线上两个最高峰间的中点变成极小。

12. 按权利要求 1 的方法, 其中控制色散的步骤包括下面一些步骤:
检测光信号中的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线上至少有两个峰; 及

控制传输线的总色散, 使该特定频率分量的强度在光信号强度对总色散的特征曲线上的两个最高峰之间的中点处。

13. 按权利要求 1 的方法, 其中控制色散的步骤包括下面一些步骤:

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线有相应的眼图张度; 及

控制光传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度在眼图张度内变为极小。

14. 按权利要求 13 的方法, 其中光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制, 特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

15. 按权利要求 13 的方法, 其中光信号是一个信号组中的一种信号, 该信号组包括不归零信号和光学时分多路复用(OTDM)信号。

16. 按权利要求 1 的方法, 其中控制色散的步骤包括下面一些步骤:

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线具有相应的眼图张度范围; 及

控制传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度维持在眼图张度范

国内的强度对总色散特征曲线的一个点上。

17. 按权利要求 1 的方法，其中控制色散的步骤，是通过控制位于特定点上行方向的可变色散补偿器的色散值，实现光传输线内色散的控制。

18. 按权利要求 1 的方法，其中控制色散的步骤，是通过控制光信号的波长，实现光传输线内色散的控制。

19. 按权利要求 1 的方法，其中的确定步骤，是确定与放大器的输出相一致的最佳量，放大器把光信号放大，以便经光传输线传输。

20. 按权利要求 1 的方法，其中的确定步骤，是确定与放大器的输出相一致的最佳量，放大器把光信号放大，以便从光传输线接收。

21. 一种于优化光纤传输线中色散的装置，包括：

色散确定器件，由它确定与光信号功率相对应的光传输线最佳总色散量，光信号经此光传输线传送；

第一色散控制器，它控制光传输线的色散，使总色散沿光传输线直至一特定点变成近似于零；及

第二色散控制器，它把色散加进光传输线，以获得所确定的最佳总色散量。

22. 按权利要求 21 的装置，其中第二色散控制器在特定点的下行方向一点上，把色散加进光传输线。

23. 按权利要求 21 的装置，其中第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线上至少有两个峰；及

控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两个最高峰间基本上变为极小。

24. 按权利要求 23 的装置，其中的光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制，且该特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

25. 按权利要求 24 的装置，其中的光信号是不归零(NRZ)信号。

26. 按权利要求 23 的装置，其中特定频率分量对应于光信号的比特率。

27. 按权利要求 21 的装置，其中第一色散控制器执行下面一组过程中的一种过程，

第一过程，

检测光信号特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线上至少有两个峰，

控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号强度对总色散的特性曲线上两最高峰间基本变为极小，

第二过程，

检测光信号特定频率分量的强度，

使所检测的特定频率分量强度变成极大。

28. 按权利要求 21 的装置，其中第一色散控制器使光信号的一个特定频率分量的强度成为极大。

29. 按权利要求 28 的装置，其中的光信号是归零(RZ)信号。

30. 按权利要求 21 的装置，其中

光信号是一组信号中的一种信号，这组信号包括不归零(NRZ)信号，

归零(RZ)信号, 和光学时分多路复用(OTDM)信号,

当光信号是 NRZ 信号或 OTDM 信号时, 第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特性曲线, 该特征曲线上至少有两个峰, 及

控制传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间基本上成为极小, 及

当光信号是 RZ 信号时, 第一色散控制器

检测光信号的特定频率分量的强度, 及

使所检测的特定频率分量强度成为极大。

31、按权利要求 23 的装置, 其中特定频率分量的强度是在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间的中点处成为极小。

32、按权利要求 21 的装置, 其中第一色散控制器

检测光信号的特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线上至少有两个峰, 及

控制传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度是在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间的中点。

33、按权利要求 21 的装置, 其中第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线具有相应的眼图张度, 及

控制光传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度在眼图张度内成为极小。

34、按权利要求 33 的装置, 其中光信号被比特率为 B 比特/秒的数

据信号调制, 特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

35、按权利要求 33 的装置, 其中光信号是一组光信号中的一种, 此组光信号包括不归零信号和光学时分多路复用(OTDM)信号。

36、按权利要求 21 的装置, 其中第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 该特征曲线具有相应的眼图张度范围, 及

控制传输线的总色散量, 把特定频率分量的强度维持在眼图张度范围内的强度对总色散特征曲线的一个点上。

37、按权利要求 21 的装置, 其中第一色散控制器包括:

色散补偿器, 它有可变的色散值, 放在特定点上行方向上, 第一色散控制器通过控制可变色散补偿器的可变色散值, 实现光传输线色散的控制。

38、按权利要求 21 的装置, 其中第一色散控制器通过控制光信号的波长, 实现光传输线色散的控制。

39、按权利要求 21 的装置, 其中的色散确定器件确定与放大器输出一致的最佳量, 放大器把光信号放大, 以便经光传输线传输。

40、按权利要求 21 的装置, 其中色散确定器件确定与放大器输出一致的最佳量, 放大器把光信号放大, 以便从光传输线接收。

41、一种控制有光信号在其中传送的光传输线色散的方法, 该方法包括的步骤有:

把光信号功率设置在第一个值, 这个值基本上不会在光传输线中产生非线性效应;

控制光传输线的总色散量，使之近似为零；

改变光信号功率到第二个值，第二个值不同于第一个值；

确定与第二个值上的光信号功率相应的光传输线总色散量；及

把色散加进光传输线，以获得所确定的最佳色散量。

42、按权利要求 41 的方法，其中

该光传输线是光通信系统的一部分，

设定在第一值上的光信号功率与光通信系统启动前的一个时间相对应，及

设定在第二值上的光信号功率与光通信系统工作时的一个时间相对应。

43、按权利要求 41 的方法，其中第二个值表示比第一个值更高的光信号功率。

44、一种控制有光信号在其中传送的光传输线色散的方法，该方法包括步骤：

把光信号功率设定在不会在光传输线内产生非线性效应的一个值上；

与功率被设定在所述值上的同时，控制光传输线的总色散量，使之近似为零；

增加光信号功率；及

把色散加进光传输线，以获得与光信号功率增加后相应的最佳色散量。

45、按权利要求 44 的方法，其中的控制步骤包括步骤：

检测光信号的一个特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线上至少有两个峰；及

控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间基本上变为极小。

46、按权利要求 45 的方法，其中光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制，特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

47、按权利要求 46 的方法，其中光信号是不归零(NRZ)信号。

48、按权利要求 45 的方法，其中特定频率分量相应于光信号的比特率。

49、按权利要求 44 的方法，其中的控制步骤包括一组过程中的一种过程，该组过程包括：

第一过程，

检测光信号的一个特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线上至少有两个峰；及 控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间基本上成为极小；及

第二过程，

检测光信号的一个特定频率分量的强度，及

使被检测的特定频率分量的强度成为极大。

50、按权利要求 44 的方法，其中的控制步骤使光信号的一个特定频率分量的强度成为极大。

51、按权利要求 50 的方法，其中光信号是归零(RZ)信号。

52、按权利要求 44 的方法，其中：

光信号是一组信号中的一种信号,这组信号包括:不归零(NRZ)信号,归零(RZ)信号,光学时分多路复用(OTDM)信号,

当光信号是 NRZ 信号或 OTDM 信号时,控制的步骤包括:

检测光信号的一个特定频率分量的强度,该光信号有一条强度对总色散的特征曲线,该特征曲线上至少有两个峰;及

控制传输线的总色散量,使特定频率分量强度在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间基本上成为极小,及

当光信号是 RZ 信号时,控制的步骤包括:

检测光信号的一个特定频率分量的强度;及

使被检测的特定频率分量的强度成为极大。

53、按权利要求 45 的方法,其中使特定频率分量强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间的中点处成为极小。

54、按权利要求 44 的方法,其中的控制步骤包括的步骤为: 检测光信号的特定频率分量的强度,该光信号有一条强度对总色散的特征曲线,该特征曲线上至少有两个峰;及

控制传输线的总色散,使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间的中点处。

55、按权利要求 44 的方法,其中控制的步骤包括步骤:

检测光信号的特定频率分量的强度,该光信号有一条强度对总色散的特征曲线,该特征曲线具有相应的眼图张度;及

控制光传输线的总色散,使特定频率分量的强度在眼图张度内基本上成为极小。

56、按权利要求 55 的方法，其中的光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制，特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

57、按权利要求 55 的方法，其中光信号是一组信号中的一种信号，这组信号包括不归零信号和光学时分多路复用(OTDM)信号。

58、按权利要求 44 的方法，其中的控制步骤包括的步骤有：

检测光信号的一个特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线具有相应的眼图张度范围；及

控制传输线的总色散量，把特定频率分量的强度维持在眼图张度范围内的强度对总色散特征曲线的一个点上。

59、按权利要求 44 的方法，在加进色散的步骤之前，还包括步骤：

确定与放大器输出相一致的最佳色散量，放大器把光信号放大，以便通过光传输线传输。

60、按权利要求 44 的方法，在加进色散的步骤之前，还包括步骤

确定与放大器输出相一致的最佳色散量，放大器把光信号放大，以便从光传输线中接收。

61、按权利要求 45 的方法，其中加进色散的步骤是通过控制量把色散加进光传输线，从而把特定频率分量的强度带至与最佳色散量对应的数值。

62、按权利要求 44 的方法，其中两个步骤使用单独一个可变色散补偿器，这两个步骤是控制总色散量的控制步骤和加进色散量的加进步骤。

63、按权利要求 44 的方法，其中第一色散补偿器被控制步骤用来

控制总色散量，第二色散补偿器被加进步骤用来加进色散。

64、按权利要求 63 的方法，其中

第一色散补偿器放在一组端点中的一个端点上，这组端点包括光传输线的发射端和光传输线的接收端，及

第二色散补偿器则在这组端点中的另一个端点上，这组端点包括光传输线的发射端和光传输线的接收端。

65、一种用于控制其上有光信号传送的光传输线的色散的装置，包括：

功率置值器件，它把光信号功率设定在基本上不会在光传输线中产生非线性效应的数值上；

第一色散控制器，它在功率设定在所述数值时，控制光传输线的总色散量，使之近似为零；

增加功率的器件，它增加光信号的功率；及

第二色散控制器，它把色散加进光传输线，以获得与增加后的光信号功率相应的最佳色散量。

66、按权利要求 65 的装置，其中的第一色散控制器：

检测光信号的一个特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线上至少有两个峰，及

控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间基本上成为极小。

67、按权利要求 66 的装置，其中的光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制，特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

68、按权利

要求 67 的装置，其中的光信号是不归零(NRZ)信号。

69、按权利要求 66 的装置，其中特定频率分量相应于光信号的比特率。

70、按权利要求 65 的装置，其中第一色散控制器执行一组过程中的一种过程，这组过程包括：

第一过程，

检测光信号的一个特定频率分量的强度，该光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线上至少有两个峰，及 控制传输线的总色散量，使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间基本上成为极小，及

第二过程，

检测光信号的一个特定频率分量的强度，及

使被检测的特定频率分量强度成为极大。

71、按权利要求 65 的装置，其中第一色散控制器使光信号的一个特定频率分量的强度成为极大。

72、按权利要求 71 的装置，其中的光信号是归零(RZ)信号。 73、按权利要求 65 的装置，其中

光信号是一组信号中的一种信号，这组信号包括不归零(NRZ)信号，归零(RZ)信号，和光学时分多路复用(OTDM)信号，

当光信号是 NRZ 信号或 OTDM 信号时，第一色散控制器

检测光信号中特定频率分量的强度，光信号有一条强度对总色散的特征曲线，曲线上至少有两个峰，及

控制传输线的总色散量,使特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间基本上成为极小,及

当光信号是 RZ 信号时,第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度,及

使被检测的特定频率分量的强度成为极大。

74、按权利要求 66 的装置,其中特定频率分量的强度在光信号的强度对总色散特征曲线上两最高峰间中点处成为极小。

75、按权利要求 65 的装置,其中第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度,该光信号有一条强度对总色散的特征曲线,该特征曲线上至少有两个峰,及

控制传输线的总色散量,使特定频率分量的强度落在光信号的强度对总色散的特征曲线上两最高峰间的中点。

76、按权利要求 65 的装置,其中第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度,光信号有一条强度对总色散的特征曲线,该特征曲线具有相应的眼图张度,及

控制光传输线的总色散量,使特定频率分量的强度在眼图张度内基本上成为极小。

77、按权利要求 76 的装置,其中的光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制,特定频率分量是光信号的 B 赫兹分量。

78、按权利要求 76 的装置,其中光信号是一组信号中的一种信号,这组信号包括不归零信号和光学时分多路复用(OTDM)信号。

79、按权利要求 65 的装置,其中第一色散控制器

检测光信号的一个特定频率分量的强度，光信号有一条强度对总色散的特征曲线，该特征曲线具有相应的眼图张度范围，及

控制传输线的总色散量，把特定频率分量的强度维持在眼图张度范围内的强度对总色散特征曲线的一个点上。

80、按权利要求 65 的装置，还包括：

确定最佳量的器件，它根据放大器的输出确定最佳色散量，放大器把光信号放大，以便经光传输线传输。

81、按权利要求 65 的装置，还包括：

确定最佳量的器件，它根据放大器的输出确定最佳色散量，放大器把光信号放大，以便从传输线接收。

82、按权利要求 66 的装置，其中第二色散控制器通过控制色散量，把色散加进光传输线，从而把特定频率分量的强度带至与最佳色散量相应的值。

83、按权利要求 65 的装置，还包括：

一个单一的可变色散补偿器，供第一色散控制器用来控制总色散量，同时供第二色散控制器用来添加色散。

84、按权利要求 65 的装置，其中

第一色散控制器含有用于控制总色散量的色散补偿器，及

第二色散控制器含有用于添加色散的色散补偿器。

85、按权利要求 84 的装置，其中

第一色散控制器的色散补偿器位于一组端点中的一个端点，这组端点包括光传输线的发送端和光传输线的接收端，及

第二色散控制器的色散补偿器位于一组端点中的另一个端点，这组端点包括光传输线的发送端和光传输线的接收端。

按光信号功率优化光纤传输线中色散的方法和装置

本申请是中国专利申请号 98108705.1 一案的分案申请。

技术领域

本发明涉及一种方法和装置，用于按光纤传输线内传播的光信号功率来优化光纤传输线的色散。更具体说，本发明涉及一种方法和装置，它令光纤传输线上某特定点的色散为零，然后按光信号功率在该特定点的下行方向添加色散，使总色散优化。

背景技术

采用光纤传输线的光传输系统被用来传送颇为大量的信息。例如，10Gb/s 的光传输系统现已实际装备在干线光通信中。然而，由于用户要求快速传送更大量的信息，因此要求进一步增加光传输系统的能力。

正在考虑选用时分多路复用 (TDM) (包括光学时分多路复用 (OTDM) 和波分多路复用 (WDM) 作为这类高能力的光传输系统。例如关于 TDM 技术，全球研究的很大部分都在进行 40Gb/s 系统的研究。

色散(群速度色散 (GVD))是限制 40Gb/s 系统传输距离的因素之一。因为色散容限反比于比特率的平方，在 10Gb/s 时的色散容限大约是 800ps/nm，在 40Gb/s 时要减小 16 倍，大约减小至 50ps/nm。

例如，在被测试验中，信号光波长为 $1.55\mu\text{m}$ (此时石英光纤中的传输损耗是最低的) 的光学时分多路复用 (OTDM) 信号，通过一单模光纤 (SMF) 传送 50km 的距离。SMF 有一零色散波长，此波长是 $1.3\mu\text{m}$ 。这种 SMF 是全球最广泛安装的那种光纤。输入的信号光功率是 +3dBm，比特率是 40Gb/s。用色散补偿光纤 (DCF) 进行色散补偿。为保持功率代价 (光信号接收灵敏度经传输而降低) 在 1dB 范围内 (色散补偿容限)，允许的色散补偿值范围的宽度是 30ps/nm。此值换算成具有色散值为 18.6ps/nm/km 的 SMF 的长度，是 2km 或短于 2km。

还有，在一个地面系统中，中继器的距离是不均匀的。因此，对

每个中继段都必须作十分精确的色散补偿。

另一方面，传输线中的色散会因例如温度的变化而随时间改变。例如对 50km 长的 SMF 传输，当温度在 -50 至 100℃ 间变化时，传输线色散的变化量可估算如下：

$(\text{传输线零色散波长的温度依赖性}) \times (\text{温度变化}) \times (\text{色散斜率}) \times (\text{传输距离}) = 0.03\text{nm}/^\circ\text{C} \times 150^\circ\text{C} \times 0.07\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km} \times 50\text{km} = 16\text{ps}/\text{nm}.$

此值比 30ps/nm 的色散容限的一半还大，因此在系统设计时不能忽略。

在上述被测试验中，如果系统启动时，色散补偿量已按 -50℃ 优化，随后在系统工作时假定温度升至 100℃，那么 1dB 代价判据不可能被满足(情况更坏的条件)。

还有，随色散补偿器的特性与结构不同而不同，色散补偿量只能设置在分立的值上，于是在系统开始工作时，往往没有选择余地，只能把色散补偿量设置在与最佳值略有偏离的数值上。在这种情形下，即使温度变化小于 150℃，也有可能不满足 1dB 代价判据。

发明内容

为此，本发明的一个目的，是为 40Gb/s 或更高速率的超高速光传输系统提供一种自动色散补偿系统。

本发明还有一个目的，是提供一个这样的色散补偿系统，它能在系统开始工作时为光纤传输系统每一中继段优化色散补偿量，而且还能在系统工作过程中，根据传输线色散值的变化，进行色散补偿量的优化。

本发明另外一个目的，是提供这样一种自动色散补偿系统，该系统不但可用于 SMF 传输系统，而且还可用于使用 1.55 μm 频带色散移位光纤(DSF)的其他传输系统，这种光纤在该波长处有低的色散值。

本发明还有一个目的是提供一种色散控制方法和装置，即使在信号光功率大到明显出现非线性效应时，它也能正确地控制光传输线中的色散。

利用所提供的方法和装置，可以达到本发明的各个目的，此方法

和装置(a)确定光传输线中与光传输线传送的光信号功率相对应的最佳总色散量; (b)控制光传输线的色散, 使总色散沿着光传输线直至某特定点都近似为零; (c)添加色散到光传输线上, 以及到所确定的最佳总色散量。添加色散时, 色散可在光传输线该特定点下行方向的某一点上加进去。

上述(b)点控制色散的过程可按多种不同方法实现。例如, 控制色散的过程可以包括: (i)检测光信号中特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 曲线上至少有两个峰; (ii)控制传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度基本上成为强度对总色散特征曲线上两个最高峰间的极小。假定光信号被比特率为 B 比特/秒的数据信号调制, 那么该特定频率分量最好取光信号的 B 赫兹分量。

或者, 上述(b)点控制色散的过程可以包括: (i)检测光信号中特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 曲线上至少有两个峰; (ii)控制传输线的总色散量, 使特定频率分量的强度落在强度对总色散特征曲线上两个最高峰间的中点。

再者, 上述(b)点控制色散的过程可以包括: (i)检测光信号中特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 曲线上有相应的眼图张度; (ii)控制光传输线的总色散量, 使眼图张度内的特定频率分量强度基本上成为极小。

还有, 上述(b)点控制色散的过程可以包括: (i)检测光信号中特定频率分量的强度, 该光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 曲线上有相应的容许眼图张度范围; (ii)控制传输线的总色散量, 使特定频率分量强度维持在强度对总色散特征曲线的峰尖上, 此峰尖在眼图张度之内。

利用提供的控制光传输线色散的方法和装置, 可以达到本发明的各个目的, 该光传输线上有光信号在传送。此方法和装置(a)把光信号的功率设置在第一个数值上, 此数值基本上不会在光传输线内产生非线性效应; (b)控制光传输线的总色散量, 使之近似为零; (c)改变光信号的功率到第二个数值, 它不同于第一个数值; (d)确定与第二

个数值上的光信号功率相对应的最佳总色散量；(e)把色散添加到光传输线中，以得到确定的最佳色散量。

还可以利用提供的控制其上有光信号传送的光传输线色散的方法和装置，达到本发明的各个目的。此方法和装置(a)把光信号的功率设置在一个基本上不会使光传输线产生非线性效应的数值上；(b)设定功率在所述数值的同时，控制光传输线的总色散量，使之近似为零；(c)增加光信号功率；(d)添加色散到光传输线中，以得到对应于光信号功率增加后的最佳色散量。控制总色散量的过程可以采用上面描述的控制色散各种过程中的任一过程。

附图说明

本发明的种种目的及优点，从下述各个优选实施例的说明中可一目了然并更加明晰，这些优选实施例结合附图加以说明，附图有：

图 1 是计算机模拟结果的曲线图，它按照本发明的一个实施例，模拟 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s OTDM 信号总色散的依赖关系。

图 2 是计算机模拟结果的曲线图，它按照本发明的一个实施例，模拟 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s NRZ 信号总色散的依赖关系。

图 3 是计算机模拟结果的曲线图，它按照本发明的一个实施例，模拟 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s RZ 信号(50%占空比)总色散的依赖关系。

图 4 是计算机模拟结果的曲线图，它按照本发明的一个实施例，模拟 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s RZ 信号(25%的占空比)总色散的依赖关系。

图 5 是一示意图，它按照本发明的一个实施例，画出产生 40Gb/s OTDM 信号的光调制器。

图 6(A)，6(B)，6(C)，6(D)，6(E)是波形图，它按照本发明的一个实施例，表示图 5 的光调制器的工作情形。

图 7 是按照本发明的一个实施例，表明 OTDM 信号的基带频谱。

图 8 是按照本发明的一个实施例，表明 NRZ 信号的基带频谱。

图 9(A)，9(B)，9(C)均按照本发明的一个实施例，画出 OTDM 信号

色散后的波形图。

图 10(A), 10(B), 10(C) 均按照本发明的一个实施例, 画出 NRZ 信号色散后的波形图。

图 11 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 0dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s OTDM 信号总色散量的依赖关系。

图 12 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 +5dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s OTDM 信号总色散量的依赖关系。

图 13 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 +10dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s OTDM 信号总色散量的依赖关系。

图 14 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 +13dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s OTDM 信号总色散量的依赖关系。

图 15 是一曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 画出传送 40Gb/s OTDM 信号时, (a) 最佳总色散量和 (b) 在 40GHz 分量为极小时的总色散量对信号光功率的依赖关系。

图 16 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出一个自动色散均衡系统。

图 17 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 0dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s NRZ 信号总色散量的依赖关系。

图 18 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 +5dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s NRZ 信号总色散量的依赖关系。

图 19 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为 +10dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s NRZ 信号总色散量的依赖关系。

图 20 是计算机模拟结果的曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 模拟信号光功率为+13dBm 时, 40GHz 时钟分量强度对 40Gb/s NRZ 信号总色散量的依赖关系。

图 21 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出图 16 自动色散均衡系统的光发射机。

图 22 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出图 16 自动色散均衡系统的光接收机。

图 23 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出一个光发射机。

图 24 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出一个与偏振无关的多路分解器。

图 25 是按照本发明的一个实施例, 画出光接收机一部的明细电路框图。

图 26 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出一个可变色散补偿器。

图 27 是曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 画出图 26 可变色散补偿器上各段所加电压 V1 至 V21 的图谱 A 至图谱 D。

图 28 是曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 画出图 27 中各个电压图谱 A 至 D 的色散值。

图 29 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出一个补偿量控制器。

图 30 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出图 16 自动色散均衡系统的一种改型。

图 31 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出图 16 自动色散均衡系统的另一种改型。

图 32 是示意图, 它按照本发明的一个实施例, 画出一个自动色散均衡系统。

图 33 是曲线图, 它按照本发明的一个实施例, 阐明图 32 中改型的自动色散均衡系统。

图 34 是示意图，它按照本发明的一个实施例，画出图 32 自动色散均衡系统的一种改型。

图 35 是示意图，它按照本发明的一个实施例，画出图 32 自动色散均衡系统的另一种改型。

具体实施方式

现在详细参照本发明的各个优选实施例，这些例子均画在附图中，其中相同的标记数字均指相同的元件。

从上面相关技术的描述段落可见，为了 40Gb/s 或更高速率的超高速光传输系统的实现，要求构造出一个“自动色散补偿系统”，它不但能在系统启动时，对每个中继段优化色散补偿量，而且能在系统工作过程中，根据传输线色散值的变化，进行色散补偿量的优化。这样一个自动色散补偿系统，不但 SMF 传输系统需要，而且使用 1.55 μm 频带色散移位光纤 (DSF) 的其他系统也需要，其中的色散移位光纤在 1.55 μm 波长上有低的色散值。

实现一个自动色散补偿系统的关键技术可概括为下述三点：

- (i) 实现一个可变色散补偿器；
- (ii) 监测传输线中色散 (或者经色散补偿后的总色散量) 的方法
- (iii) 对可变色散补偿器的反馈优化控制方法。

关于点 (ii)，即测量光纤色散的方法，传统上采用脉冲方法或相位主法，它牵涉到把不同波长的多个光束送进光纤，然后在各输出光束间测量它们的群时延差或相位差。然而，要在系统工作时用这些方法不断地测量色散，那么对每个中继段都必须备齐一套色散测量器件。此外，既要测量色散量又不中断数据信号光的传送，就必须把不同于数据信号光波长的测量光进行波分多路复用。

在光传输设备内引进脉冲方法或相位方法，从尺寸及价格上说都是不实际的。更有甚者，当使用不同于主信号光波长的波长时，要用测量的光波长上测得的数值推算信号光波长上的色散值。其结果可能欠精确。因此，希望有一种方法能直接从主信号光测量其色散

值。

作为一种能完成这种测量的方法,本发明的发明者已经在《未审查日本专利公告》No.9-224056 中提出来了,现合并在这里供参考,此方法利用 NRZ(不归零)信号及 OTDM(下面说明)信号基带频谱内 40GHz 分量强度对总色散的依赖关系。更具体说,此方法利用的特性是:当总色散量为零时,40GHz 分量强度为极小,眼图张度此时则为最大,通过反馈法,把可变色散补偿器的工作点设置在 40GHz 分量强度为极小的点上。

然而,正如后面还要详细说明的,40GHz 分量强度为极小时的总色散量,与眼图张度为最大时的总色散量,只在小信号光功率的线性传输情况下才重合。随着信号光功率的增加,非线性效应(=自相位调制效应:SPM)变大,两个总色散量间的位移也增大。因此用上述控制方法难以优化色散补偿量。随着传输速度的增加,发射的光功率也必须增加,以保持要求的光学 SNR 及发射/接收的功率差,这更容易使传输发生非线性效应,因此这个问题不容忽视。

对于归零(RZ)信号,在“A. Sano et al., ECOC '96 Technical Digests Tud. 3.5”中报导:40GHz 分量在靠近总色散零点是一极大,而此极大点的色散值将因非线性效应而移位。

图 1 是计算机模拟结果的曲线图,它模拟数据信号比特率为 40Gb/s 的一个 OTDM 信号,在其基带频谱内的 40GHz 分量强度对总色散的依赖关系。图 2 是计算机模拟结果的曲线图,它模拟数据信号比特率为 40Gb/s 的一个 NRZ 光信号,在其基带频谱内的 40GHz 分量强度对总色散的依赖关系。图 3 是计算机模拟结果的曲线图,它模拟数据信号比特率为 40Gb/s 的一个 RZ 光信号(50%的占空比),在其基带频谱内的 40GHz 分量强度对总色散的依赖关系。图 4 是计算机模拟结果的曲线图,它模拟数据信号比特率为 40Gb/s 的一个 RZ 光信号(25%的占空比),在其基带频谱内的 40GHz 分量强度对总色散的依赖关系。

图 1 至图 4 还画出了沿幅度方向的眼图张度。在图 1 至 4 中,输入的光功率平均是 -5dBm,SMF 长度是 50km。通过改变与 SMF

串联的 DCF 中的色散量来改变总色散量。在眼图张度对总色散曲线上的峰附近,眼图张度的数值接近最佳值且基本保持不变。这个范围称为容许眼图张度范围。

图 5 是按照本发明的一个实施例,画出光调制器 10 的方框图,此光调制器产生 40Gb/s 的 OTDM 信号。现参看图 5,光波导 14 是通过例如把 T_i 经热扩散,扩散到 $L_i\text{NbO}_3$ 基底 12 上形成的,在其上部例如用 Au 形成电极图形 16(在图 5 中以阴影线画出)。因此,光调制器 10 包括一个单端输入、两端输出的光开关 18,一个含两个独立光调制器的数据调制器 20,一个相位控制器 22,以及一个光学多路复用器 24。

图 6(A),6(B),6(C),6(D),6(E)是波形图,它按照本发明的一个实施例,示明光调制器 10 的工作情况。

现参看图 5,6(A),6(B),6(C),6(D),6(E),当连续光被送进单端输入两端输出开关 18 内的光波导中,且两个相移 180° 的 20GHz 时钟信号加到两个电极上时,图 6(A)和 6(B)所示两个 180° 反相光时钟信号从光开关 18 输出。然后,这两个信号被送进数据调制器 20 内的两个光调制器。一个 20Gb/s 的数据信号加到两个光调制器的每一个上,则如图 6(C),6(D)所示的 RZ 信号从数据调制器 20 输出。相位控制器 22 调整两光波的相位,令两光波的相位差为 180° ,然后两光波在光学多路复用器 24 上合成。由于两光波相位差为 180° ,在“1”连续出现的部分,其尾部互相抵消,使波形变得接近于一个 RZ 信号,如图 6(E)所示。在至少有一个相邻比特为“0”的其他部分,波形变得接近于一个 NRZ 信号。

在图 3 和 4 中,对由这两个图表示的 RZ 信号,表明当总色散量为零时,40GHz 分量的强度为最大。

相反,在图 1 中,对由此图表示的 OTDM 信号,表明当总色散量为零时,40GHz 分量强度在眼图张度内成为极小。类似地,在图 2 中,对由此图所表示 NRZ 信号,表明当总色散量为零时,40GHz 分量强度在眼图张度内为极小。

为参考目的,调制的光信号的基带频谱,对 OTDM 信号和 NRZ

信号分别画在图 7 和 8 上。对 NRZ 信号,没有 40GHz 分量,但从定量的观点看,认为由于色散后频谱的扩展,会出现 40GHz 分量。

OTDM 信号经受 $-40, 0, +40\text{ps/nm}$ 色散后的波形(等值化后的波形)分别画在图 9(A), 9(B), 9(C)上。同样, NRZ 信号经受 $-40, 0, +40\text{ps/nm}$ 色散后的波形(等值化后的波形)分别画在图 10(A), 10(B), 10(C)上。如图所示,对 OTDM 信号及 NRZ 信号都有:色散后(正的和负的),波形中心处“1”的高度升高了,但交点的高度降低了,由此可见,强度发生周期性变化,其周期等于一个时隙的长度,从而产生 40GHz 分量。

关于前面的点(i)(实现一个可变色散补偿器),可以看到,当发射的光信号比特率一般由 Bb/s 表示,而其 B 赫兹分量在零色散时为极小时,改变可变色散器件的控制点,例如改变色散补偿量和信号光波长,如果能把接收的光信号中 B 赫兹分量在眼图张度内为极小这一控制点检测出,便能把总色散量置值为零。

还有,从图 1 和 2 可明显看到,有两个极大点,或两个最高峰在极小点两侧的对称位置上,对 OTDM 信号波形和 NRZ 波形均如此。因此,如果极小点难于检测,则可以检测可变色散补偿器件的控制点,使之给出两个极大点,然后取其中点,通过这个办法便能把总色散量置值为零。

还有,如果一个 OTDM 信号被一个 $n \cdot m$ 比特/秒的数据信号调制,这个 $n \cdot m$ 比特/秒信号是由时分多路复用 n 个 RZ 信号,每个信号又被 m 比特/秒的信号作幅度调制而得到的,那么可以提取 m 赫兹分量,并控制传输线的总色散,使 m 赫兹分量达到极大。这种控制方法可以代替前述的提取 $n \cdot m$ 赫兹分量,并控制传输线的总色散,使 $n \cdot m$ 赫兹分量达到极小的控制方法。这样做的理由是,构成 OTDM 信号的 m 比特/秒 RZ 信号,每一个都含有 m 赫兹分量,又从图 3 及 4 可以看到,当总色散为零时,此分量为极大。更具体说,在此情形下,提取 $n \cdot m$ 赫兹分量或 m 赫兹分量,控制传输线的总色散量,或使 $n \cdot m$ 赫兹分量达到极小或使 m 赫兹分量达到极大。

所以,根据本发明的各个实施例,并将在下面更详细地看到,本

发明提供了控制传输线色散的方法及装置。更具体说,要检测传输线内传送的光信号的特定频率分量强度。光信号有一强度对总色散的特征曲线,上面还附带有相应的眼图张度。例如可参看图 1 和图 2。控制传输线的总色散量,使特定频率分量的强度在眼图张度内基本上成为极小。结果,如指出的那样,例如在图 1 和 2 中,色散将因眼图张度内特定频率分量强度的极小化过程而变成极小。

实际运用时,测量眼图张度是十分困难的,因而难以确定特定频率分量强度是否真的在眼图张度内变成极小。因此,所要达到的控制可能难于实现。

因而,参看例如图 1 和 2,像 OTDM 或 NRZ 信号那样的光信号,可以描述为有一条强度对总色散的特征曲线,曲线上至少有两个峰。于是,可以控制传输线的总色散量,使特定频率分量强度在强度对总色散特征曲线的两个最高峰之间基本上成为极小,正如在图 1 和 2 中画出那样。

图 11 至 14 是曲线图,画出模拟的结果,曲线表示发射光功率分别为 0, +5, +10, +13dBm 的 40Gb/s OTDM 信号沿 50km 长 SMF 传输时,其 40GHz 分量和眼图张度对总色散(色散补偿后)的关系。

正如可从图 1 及图 11 至 14 看到,40GHz 分量强度为极小的总色散与眼图张度为极大的总色散,这两个总色散仅在小信号光功率(-5dBm)线性传输情形下才重合。随着信号光功率的增加,非线性效应变得更大,两个总色散间的位移也随着增大,因此利用上面的控制方法难以优化色散补偿量。

图 15 是曲线图,表示 40Gb/s OTDM 信号在 50km 的 SMF 中传输时,眼图张度为最大的总色散量和 40GHz 分量为极小的总色散量作为发射的光功率的函数关系。如图 15 所示,40GHz 分量为极小的总色散量不依赖于发射的光功率,而恒保持在 0ps/nm,但眼图张度为最大的总色散量随发射光功率的增大而沿正色散侧增加。

图 16 是按照本发明的一个实施例,画出自动色散均衡系统的框图。现参看图 16,从光发射机 30 发出的 40Gb/s OTDM 信号通过光传输线(SMF)32,又经可变色散补偿器 34 和 35 进入光接收机 36。

输入光接收机 36 的光信号的一部分,被位于可变色散补偿器 34 和 35 之间的光耦合器 38 分离出来,并用光检测器 40 转换为电信号。用一个中心频率为 40GHz 的带通滤波器 42 从光检测器 40 的输出中提取 40GHz 分量,此分量的强度用强度检测器 44 检测。补偿量控制器 46 控制可变色散补偿器 34 的补偿量,对 RZ 信号,通过控制要把 40GHz 分量带向极大,而对 OTDM 或 NRZ 波形,通过控制要把 40GHz 分量带向极小。对用两个 20Gb/s RZ 信号多路复用而成的 OTDM 信号,可以用把 20GHz 分量带向极大来代替把 40GHz 分量带向极小。

补偿量控制器 47 利用光输出功率的监测信号,或利用自动电平控制(ALC)的控制信号来检测光信号的功率,通常自动电平控制安装在发射端的光学后置放大器 31 内;如果是 OTDM 信号,要参照图 15 所示关系,确定非线性效应引起的位移量,并把此位移量置入可变色散补偿器 35。这样做是把与当前光功率相适应的最佳色散量,在光信号进入光接收机 36 之前,添加到已被可变色散补偿器 34 调控成零色散的光信号中。为了检测光信号功率,可从光学后置放大器 31 的输出中分出一部分,供光电二极管检测。

因此,按照本发明的实施例,例如像在图 16 所阐明的,本发明涉及一种方法和装置,它(a)确定光传输线上与经此光传输线传送的光信号功率相对应的最佳总色散量;(b)控制光传输线的色散,使总色散沿着光传输线直至某特定点都近似变成零;(c)在光传输线上添加色散,以获得确定好的最佳总色散。添加色散时,可以在光传输线特定点的下行方向一点添加色散。

图 17 至 20 是曲线图,画出对 NRZ 信号的模拟结果,这些图分别表示当发射光功率为 0, + 5, + 10, + 13dBm 的 40Gb/s NRZ 信号沿 50km 长的 SMF 传输时,其 40GHz 分量和眼图张度对总色散量(色散补偿后)的关系。从图 2 及图 17 至 20 可以看到,眼图张度最大的总色散量随传输光功率的增加而向正色散一侧增大。这一特性与 OTDM 信号相同。

但是,其 40GHz 分量强度相对于总色散量的变化方式与 OTDM

信号不同,更具体说,对 OTDM 信号,总色散量为零时,40GHz 分量强度总是极小,与传送的光功率无关。反之,对 NRZ 信号,在线性传输情形下,总色散为零时,40GHz 分量强度为极小($=0$),但随着传送光功率的增大,零总色散的 40GHz 分量也增大。因此,与 OTDM 信号不同,不能用把 40GHz 分量带向零总色散处的极小这种方式来控制可变色散补偿器 34。不过,对 40Gb/s NRZ 信号,因为在 $+60\text{ps/nm}$ 和 -60ps/nm 上达到极大,与传输的功率无关,因而,可以通过定出两极大间的中点的办法,调控可变色散补偿器 34,把总色散量变成零。此外,可变色散补偿器 35 则按传输光功率来调控,其调控方法与对 OTDM 信号相同。

图 16 中的光发射机 30 和光接收机 36 的具体例子分别画在图 21 和 22 上。在图 21 的光发射机 30 中,图 5 所画的 OTDM 调制器 10 被用作光调制器,以产生光信号。图 5 所示 OTDM 调制器 10 在图 21 中用相同的参考数字表示图 5 中相同的元件。

在图 21 中,并行输入的两个 10Gb/s 数据信号经并行/串行转换器 70 转换,得到一个 20Gb/s NRZ 信号。这个 20Gb/s NRZ 信号被送进驱动器 72,得到 20Gb/s 驱动信号,用于驱动光调制器 20。每个光调制器 20 的输出(20Gb/s RZ 光信号)用相位调整器 22 调整其相位(移相后,光的相位差变成 180°),之后,调整了的信号用光学多路复用器 24(光耦合器)合成在一起,得到一个 40Gb/s NRZ 格式的光信号,然后通过光学后置放大器 74 把这个光信号送进传输线。图 23 画出这类光发射机的详细电路框图。

在图 22 的光接收机中,40Gb/s 光信号经光学前置放大器 33,可变色散补偿器 34,分束器 38,可变色散补偿器 35,然后送进光学 DEMUX(多路分解器)78。

图 24 是个框图,画出与偏振无关的光学 DEMUX78。在接收端的光学 DEMUX 最好选用与偏振无关的。为此,经光纤传输后的 40Gb/s OTDM 信号,首先被第一级内的正交波导偏振分束器 80 按偏振分解为 TE 和 TM 分量。这里,跨叠的长度是优化了的,以便获得 20dB 或更大的偏振消光比。其次,利用被 20GHz 正弦信号驱动

的 1×2 开关 84, 把每个模式作光学时分多路复用而成为 20Gb/s 的光学 RZ 信号。此时, 每个 1×2 开关的两个输出都成互补关系。但是, 一般说来, 在 LN 开关(调制器)中, TM 模的调制效率高于 TE 模。因此, 在所画的器件内, 经偏振分解后的 TE 模光, 被半波片 82 转换成 TM 模光, 然后 TM 模光被光学多路分解。在最后一级, 用两个偏振光束合成器把相同的比特序列合成起来。这里, 如果把相同 TM 模的光束合成起来, 会发生光束干涉, 就像前面描述 OTDM 调制器的情形。因此, 1×2 开关 84 不进行 TE/TM 模的转换, 在其后是进行 TM/TE 模转换的半波片 88, 之后, 正交偏振分量的功率被合成。

再参看图 22, 从光学 DEMUX78 得到的两个 20Gb/s RZ 光信号, 每一个都送进一个光电二极管 90, 转换成电信号, 此电信号然后被前置放大器 92 放大并被均衡放大器 94 整形。整形后的信号被串行/并行转换器 96 重又构成原先的 10Gb/s NRZ 信号。之后, 数据被一个 10Gb/s 的鉴别器(未画出)再产生。光接收机 36 的详细电路框图, 画到光学多路分解器部分, 示于图 25。

下面将描述可变色散补偿器 34 和 35 的一个实例。请见 M.M. Ohn et al., "Tunable fiber grating dispersion using a piezoelectric stack", OFC '97 Technical Digest, WJ3, pp. 155 - 156, 此文收入在这里以供参考。

更具体说, 图 26 按照本发明的一个实施例, 画出可变色散补偿器的示意图, 它可以是色散补偿器 34 或 35。图 27 按照本发明的一个实施例, 画出加在图 26 色散补偿器内各段的电压 V_1 至 V_{21} 的图谱 A 至 D。图 28 按照本发明的一个实施例, 画出图 27 中电压图谱 A 至 D 的色散值曲线。

如图 26 所示, 二十一段线性调频光栅 90 的每一段都粘结一片压电元件 92。当电压 V_1 至 V_{21} 按图 27 所示梯度加在各个压电元件上时, 沿光栅 90 的纵向所加压力便发生变化, 对图 27 所示的电压图谱 A 至 D, 色散值(直线斜率)的改变如图 28 所示。这里, 如果所加电压图谱介乎 A 至 D 之间, 那么色散值便能连续地改变。

图 29 按照本发明的一个实施例,画出补偿量控制器的一个例子的示意图。现参看图 29,40GHz 频率分量的张度值通过 A/D 转换器 94 作 A/D 转换,之后作为数字信号送进 MPU 96。MPU96 比较当前强度值 I_c 与先前接收并存储在存储器 98 内的强度值 I_p ,检查并确定当前色散量与 40GHz 强度的关系是在图 2 的 X 斜线上还是在 Y 斜线上。就是说,当在 X 斜线上时,如果减小可变色散补偿器 34 的色散量,则色散量将趋于零(点 Z)。当在 Y 斜线上时,如果增大可变色散补偿器 34 的色散量,则色散量将趋于零。因此,当 $I_c > I_p$,便认为该关系是在 X 斜线上,于是调控加在可变色散补偿器 34 的电压,以获得使色散量减小的电压值 V_1 至 V_{21} ,这些要加到各个压电元件的电压,每一个都通过带锁存器的 D/A 转换器 100 送出去。

反之,当 $I_c < I_p$,便认为该关系是在 Y 斜线上,于是得到使色散量增大的电压值 V_1 至 V_{21} ,以控制加到可变色散补偿器 34 上的电压。

这里,为了得到 V_1 至 V_{21} 各个值,图 27 和 28 的数据(代表色散量与 V_1 至 V_{21} 关系的数据)和图 2 的数据(代表 40GHz 分量强度与总色散量关系的数据)要事先存入存储器内。然后,确定该关系是在图 2 中的 X 斜线上还是在 Y 斜线上,并且当前色散量也从图 2 的数据获得。再下面,是从当前色散量 I_c 确定可变色散补偿器 34 必须补偿的色散量 I_c' ,以便把色散量减小至零即至点 Z。就是说,定出 I_c' ,使 $I_c + I_c' = 0$ 。

用这种方法一旦定出 I_c' ,为得到 I_c' 而应加到可变色散补偿器 34 上的 V_1 至 V_{21} ,可根据图 27 和 28 的数据确定。

现参看图 16,补偿量控制器 47 在内部保存有图 15 的光信号与最佳总色散量关系的数据,以及加到可变色散补偿器的电压图谱与色散值关系的数据。依据光学后置放大器 31 输出端的光信号功率数值,补偿量控制器 47 首先确定此时最佳的总色散量数值,然后确定相应的加到可变色散补偿器 35 上的电压 V_1 至 V_{21} 。

图 30 按照本发明的一个实施例,画出图 16 自动色散均衡系统

的一种改型的示意图。现参看图 30, 图 16 系统中的可变色散补偿器 34 被安装在光发射机 30 上的可变波长光源 48 所代替, 而光传输线 32 的色散量则通过信号光波长控制器 50 调控信号光波长来控制。

图 31 按照本发明的一个实施例, 画出图 16 自动色散均衡系统的另一种改型的示意图。现参看图 31, 从接收端上光学前置放大器 33 来的, 而不是从发射端上光学后置放大器 31 来的控制信号或监测信号, 被用作光信号功率检测的信号。至于其他方面, 则与图 16 系统的结构相同。在图 31 的系统中, 也可以像图 30 的系统那样, 用可变波长光源 48 控制信号光波长来代替可变色散补偿器 34 的控制。

图 32 按照本发明的一个实施例, 画出自动色散均衡系统的示意图。现参看图 32, 在系统起动时, 首先令信号光功率足够低, 使不致产生非线性效应, 然后在这种条件下, 通过由光检测器 40, 带通滤波器 42, 强度检测器 44, 补偿量控制器 46, 可变色散补偿器 34 组成的环路, 控制总色散量使之为零。

在系统工作时, 补偿量控制器 47 从光功率的数值确定非线性效应引起的最佳色散值的位移量, 然后, 令可变色散补偿器 34 的色散值改变相同的量。

图 33 按照本发明的一个实施例画出的曲线图, 用于说明图 32 自动色散均衡系统的改型。更具体地说, 图 14 所示关系重新画在图 33 上。

从图 33 可见, 如果把总色散量限定在某一范围之内, 那么总色散量能从 40GHz 的强度唯一地确定。因此在图 32 中, 系统起动时令总色散量为零, 之后, 可以进行控制, 把 40GHz 强度带向与最佳值相应的数值, 以便把总色散量设置在最佳值, 总色散量的最佳值是在系统工作时由信号光功率决定的。例如, 当信号光功率是 +13dBm 时, 从图 15 所示关系得到最佳总色散量是 40ps/nm。因此, 控制是把 40GHz 强度带到图 33 中 A 点的数值。

图 34 按照本发明的一个实施例, 画出图 32 自动色散均衡系统

一种改型的示意图。现参看图 34, 系统起动时色散量的控制是用可变色散补偿器 34 来执行的, 系统工作时的控制则用可变色散补偿器 35 来执行。

在这种情形下, 可变色散补偿器 35 可以放置在发射端, 如图 35 所示。在此实施例中, 由于可变色散补偿器 35 可以放在光学后置放大器 31 的附近, 无需进行跨越传输线的远程控制, 因此, 系统的运作可以简化。

在本发明上面各实施例里, 可变色散补偿器在再生中继系统中都放置在接收端和发射端, 但应指出, 在非再生式光放大中继系统里, 如果其结构也把可变色散补偿器放在光放大中继器内, 那么仍可实行相同的控制控制方法。

按照本发明上面各个实施例, 在采用可变色散补偿器的超高速光传输系统中, 可以根据传送的光功率来优化色散补偿量。

因此, 按照本发明上面各个实施例, 提供一种在光纤传输线中控制色散的方法和装置。更具体说, 要检测经传输线传送的光信号中特定频率分量的强度。光信号有一条强度对总色散的特征曲线, 曲线上还有相应的眼图张度。控制传输线的总色散量, 使眼图张度内特定频率分量强度基本上达到极小。结果, 总色散也变为极小, 如图 1 和 2 所示。

而且, 按照本发明上面各个实施例, 经传输线传送的不同类型的光信号都可以描述为: 有一条强度对总色散的特征曲线, 其上至少有两个峰。于是, 传输线的总色散量可以这样来控制: 使特定频率分量强度基本上成为强度对总色散特征曲线上两个最高峰间的极小, 如图 1 和 2 所示。

虽然令眼图张度内特定频率分量的强度变为极小是较为可取的方法, 但在有些情况中, 简单地使强度保持在眼图张度内也是合适的。例如, 在有些系统中, 与眼图张度内的强度相对应的总色散, 可以认为相当低。因此, 参照图 1 和 2, 总色散的控制就是简单地把强度维持在眼图张度内的强度对总色散特征曲线的尖峰上。

因此, 按照本发明的上面各实施例, 检测经传输线传输的光信号

的特定频率分量强度。光信号有一条强度对总色散的特征曲线，曲线上有相应的容许眼图张度范围。传输线色散量的控制是把特定频率分量的强度维持在眼图张度内的强度对总色散特征曲线的尖峰上。

此外，代替控制色散而控制特定频率分量的强度，可以简单地直接控制特定频率分量的强度。例如，使测得的眼图张度内的强度基本上变为极小，就能控制强度。

还有，如前所述，眼图张度往往难以测量。因此，可以控制特定频率分量强度，使测得的强度基本上成为强度对总色散特征曲线上两最高峰间的极小。

按照本发明上面各个实施例，已经能够监测和控制传输线上各种光信号的色散，光信号诸如 NRZ 和 OTDM 波形信号，这些信号的时钟分量在零色散时为极小，并且能在不中断系统工作的情况下，控制传输线的色散。

因此，按照本发明上面各个实施例，传输线色散控制是对光信号来说的，此光信号的时钟分分量强度在零色散时不会变成最大，如 NRZ 信号或 OTDM 信号，OTDM 信号是多个尾部互相重叠的 RZ 信号时分多路复用后产生的。

因此，按照本发明的上述各实施例，传送被数据信号调制的光信号的传输线，其色散得到控制。更具体说，从传输线传送的光信号中检测特定频率分量的强度。控制传输线的总色散量，使测得的特定频率分量强度在眼图张度内变成极小。

还有，按照本发明上述各个实施例，提供一种方法和装置，用于检测传送被数据信号调制的光信号的传输线的色散量。更具体说，是检测经传输线传送的光信号中特定频率分量的强度。传输线的总色散量从被检测的特定频率分量强度加以确定。

此外，按照本发明上述各个实施例，用光纤传输线传送的是一个时分多路复用光信号，此光信号被 $n \cdot m$ 比特/秒的数据信号调制，而此 $n \cdot m$ 比特/秒数据信号是时分多路复用 n 个光信号得到的， n 个光信号中每一个都被 m 比特/秒的数据信号作幅度调制。从光纤传输

线上接收的时分多路复用光信号中,提取 $n \cdot m$ 赫兹或 m 赫兹频率分量。把光纤传输线内的色散做成可变的,使提取的 $n \cdot m$ 赫兹或 m 赫兹频率分量分别呈现极小值或极大值。

按照本发明上述各个实施例,要使特定频率分量强度基本上变成极小。最好是令强度在真正的极小值上。但在实际中,常常很难使特定频率分量强度完完全全地变成极小。因此,在大多数情形下,只要特定频率分量强度大于或等于极小强度不超过或等于极小强度的 120%,便可认为基本上已是极小。更可取的是,把强度控制在大于或等于极小强度不超过或等于极小强度的 110%。

虽然已经画出并描述了本发明少量几个优选实施例,但业内人士很易明白,这些实施例可以作些改变而又不偏离本发明的原理和精神,本发明的原理和精神的范围由权利要求及其等效要求所规定。

图1

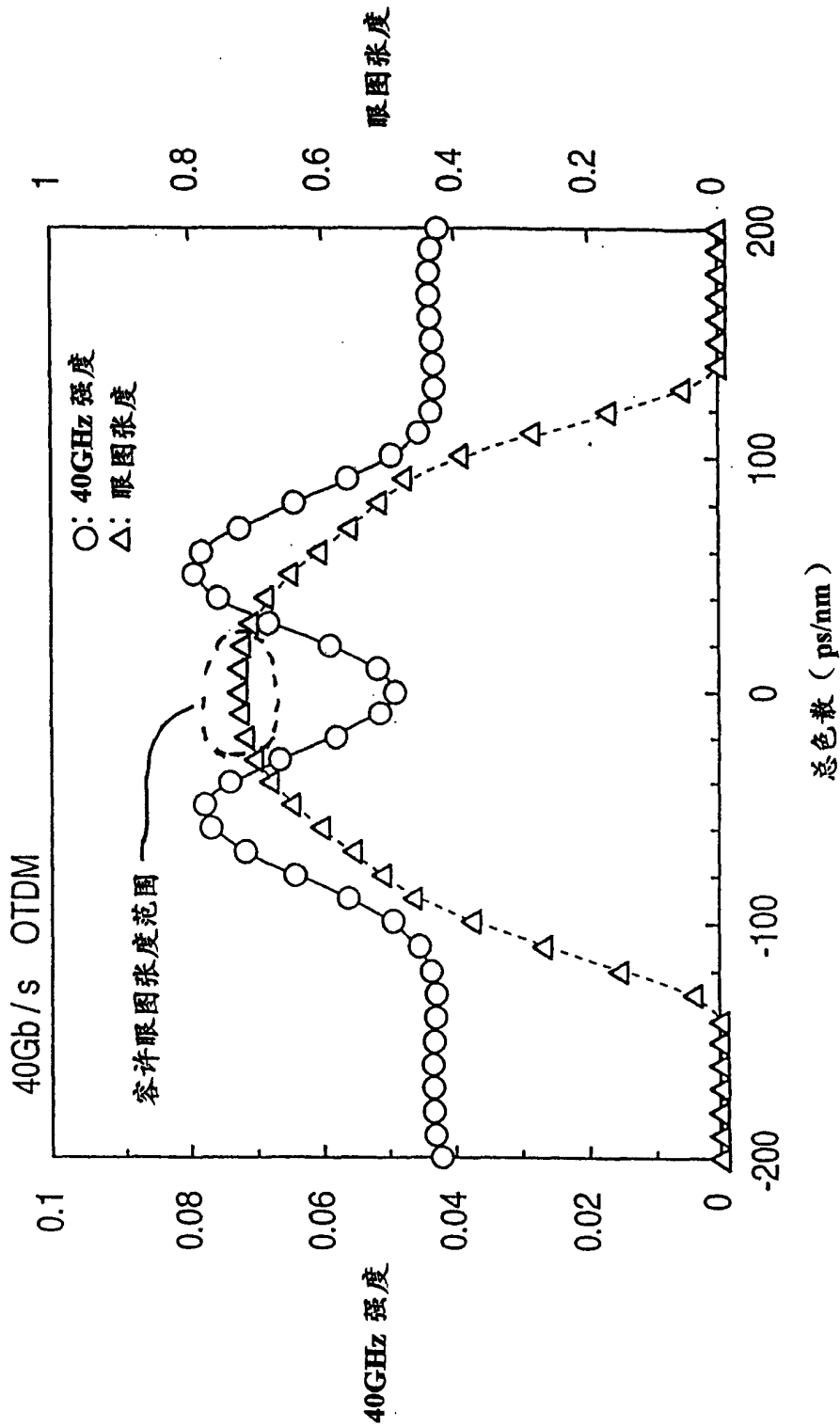
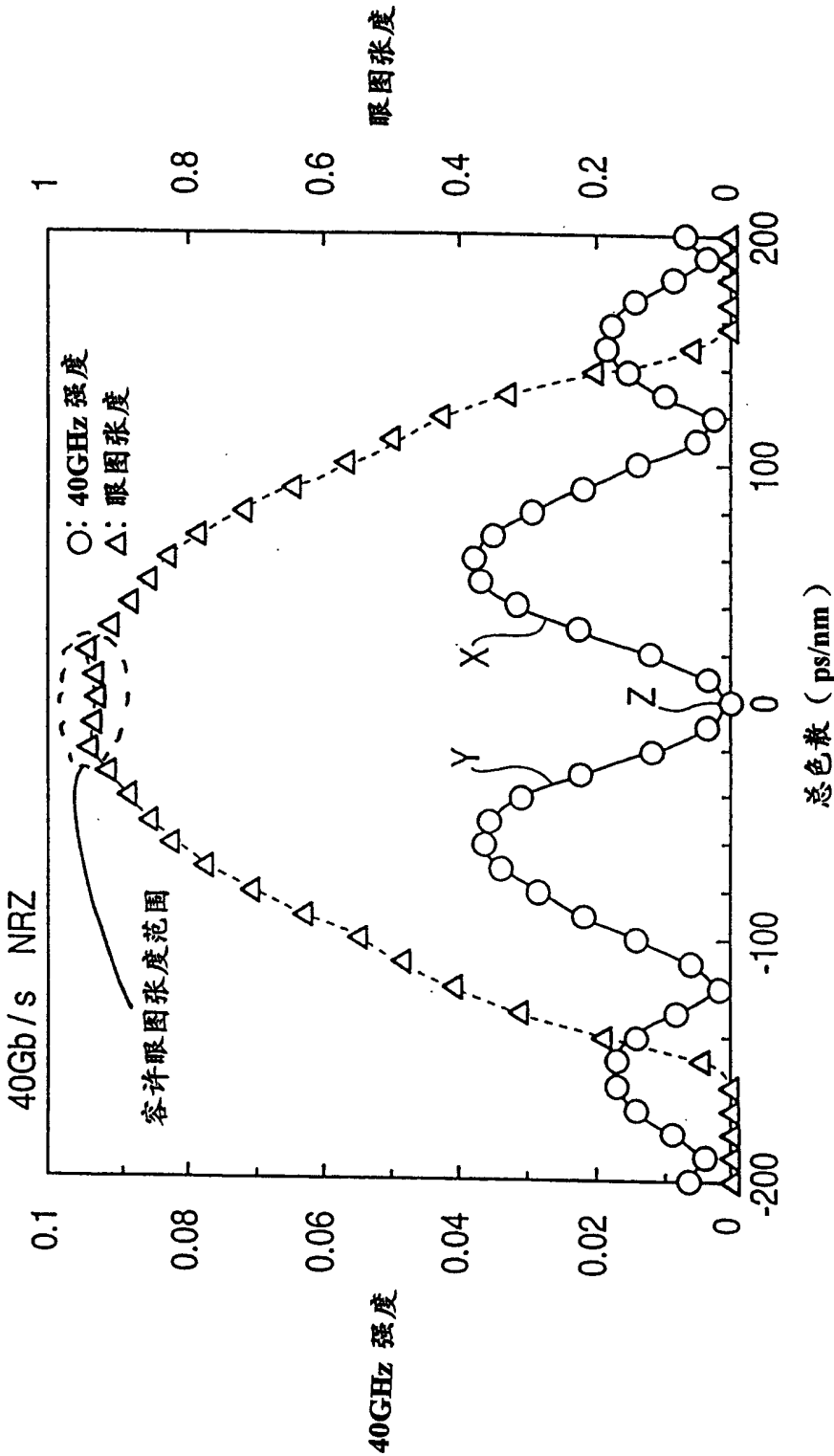
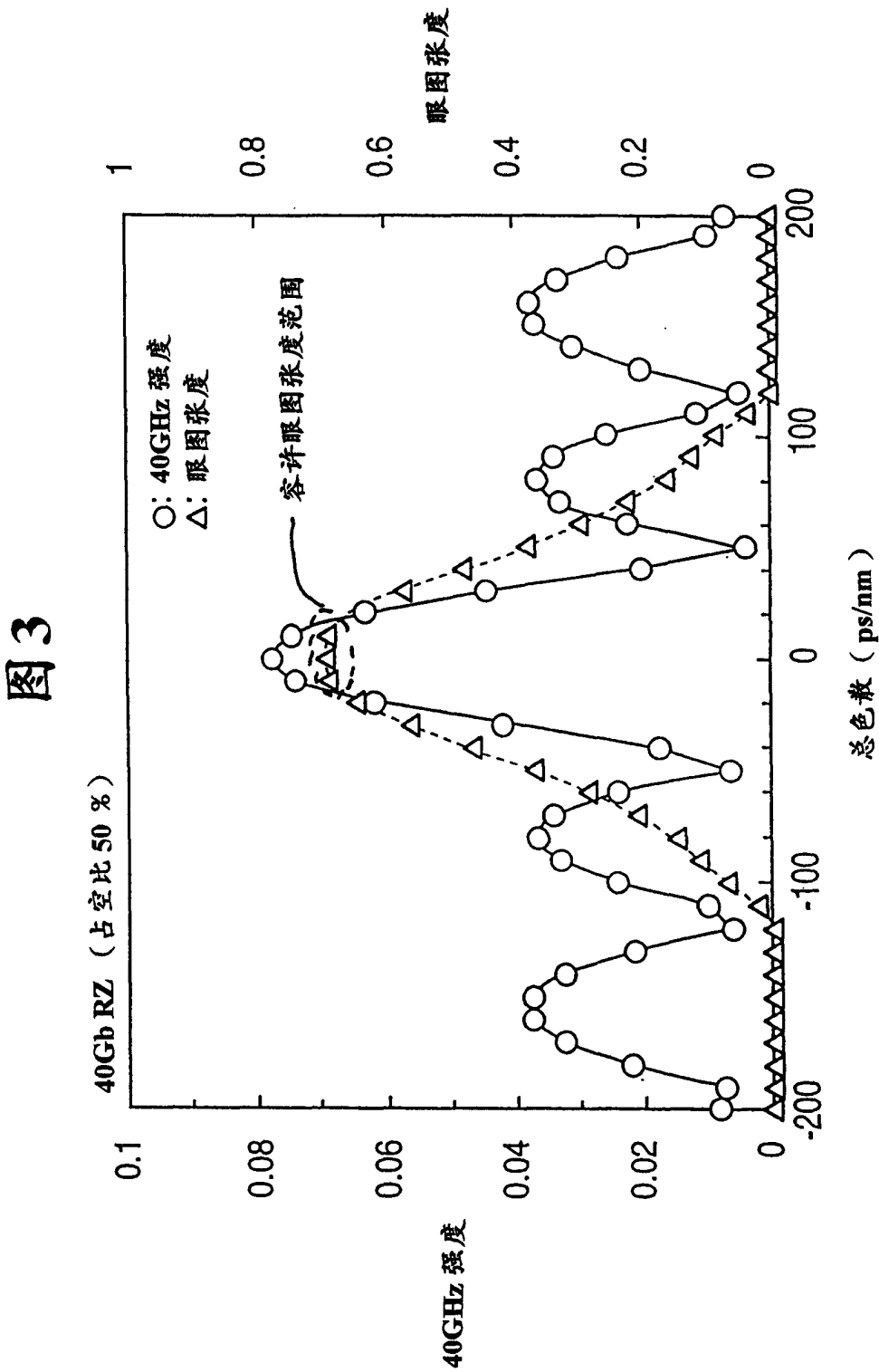


图2





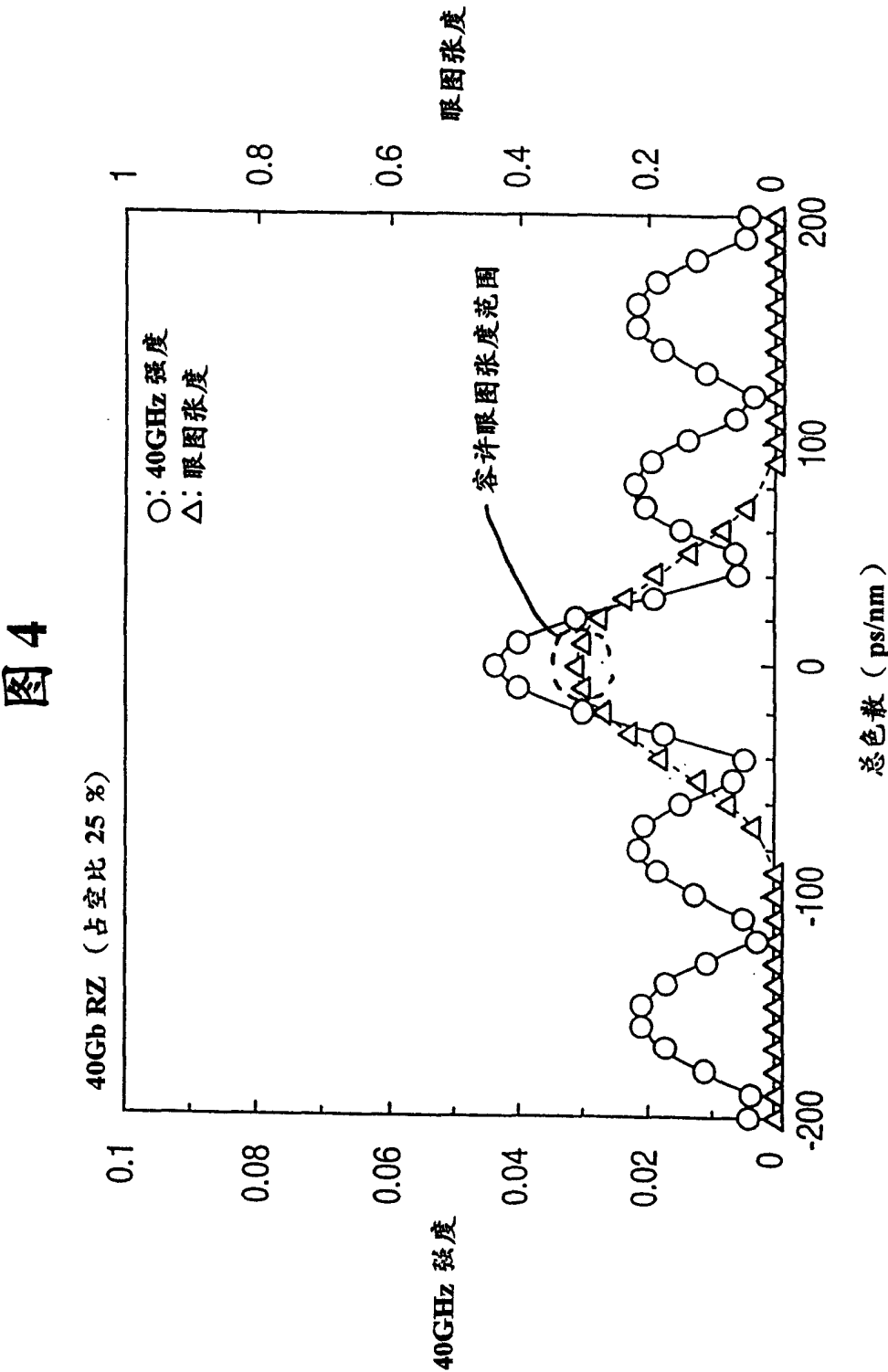
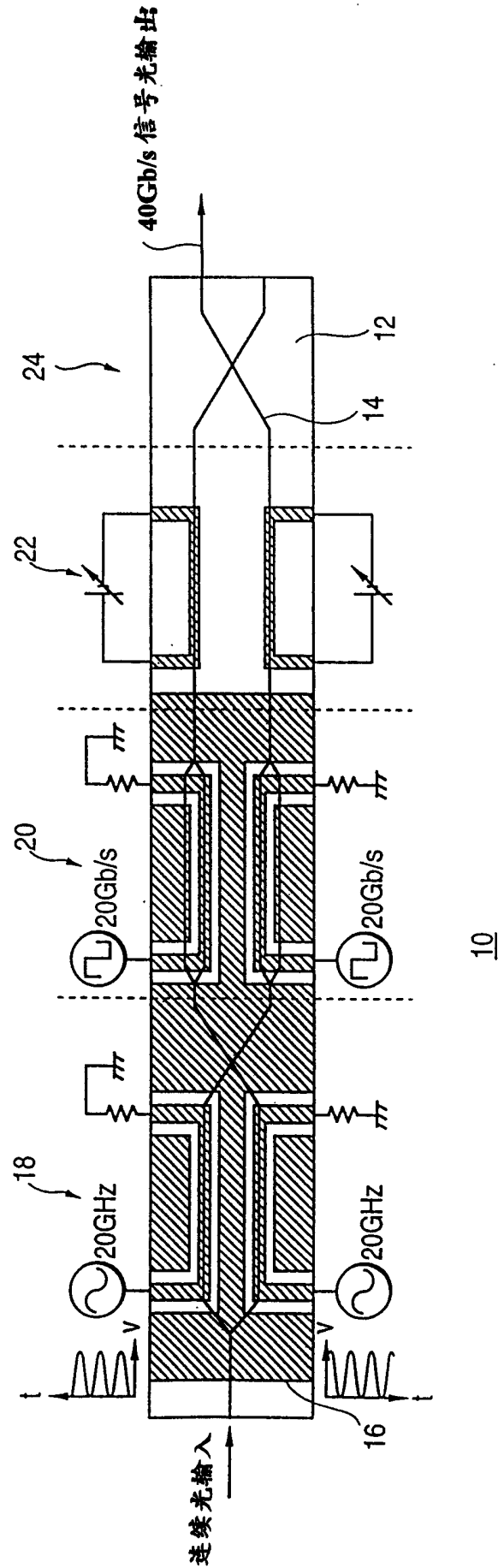
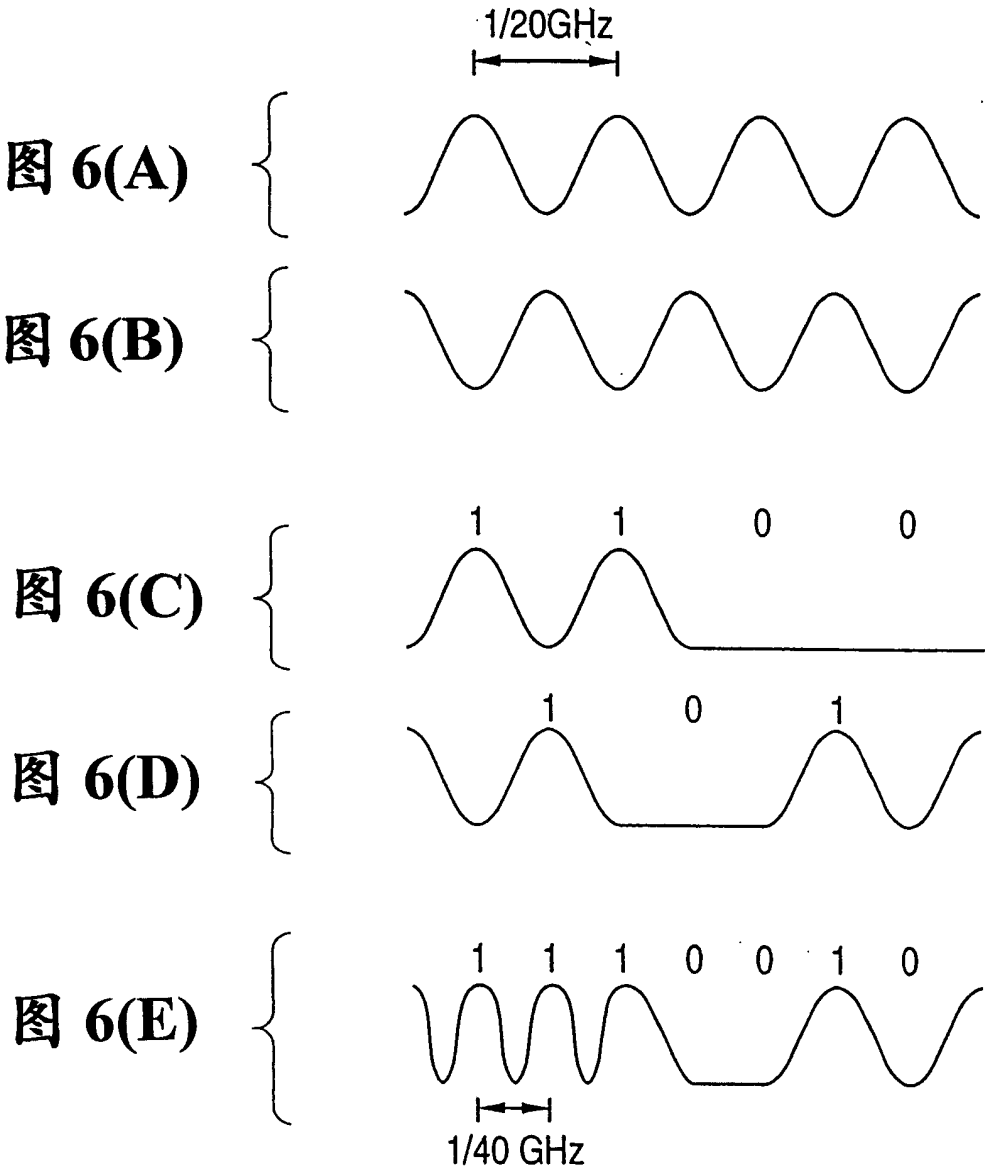


图5





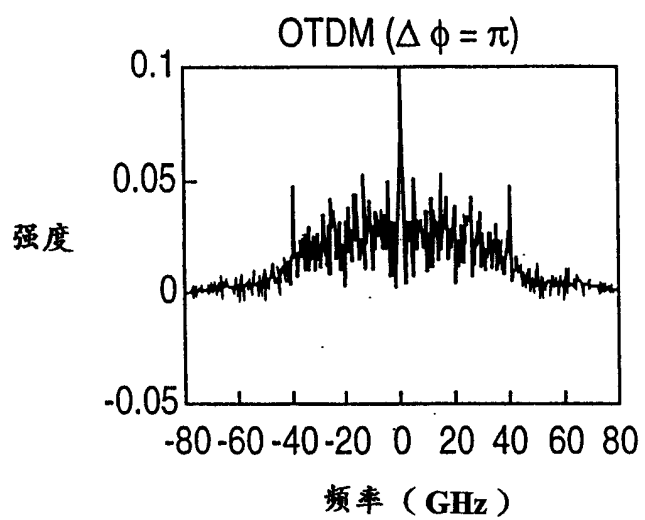


图 7

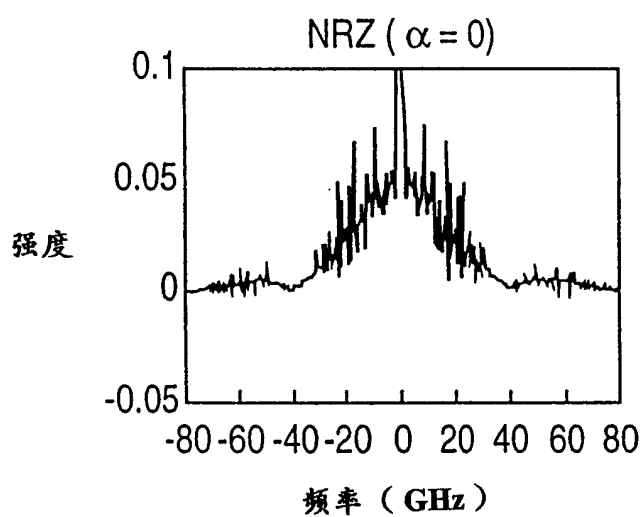
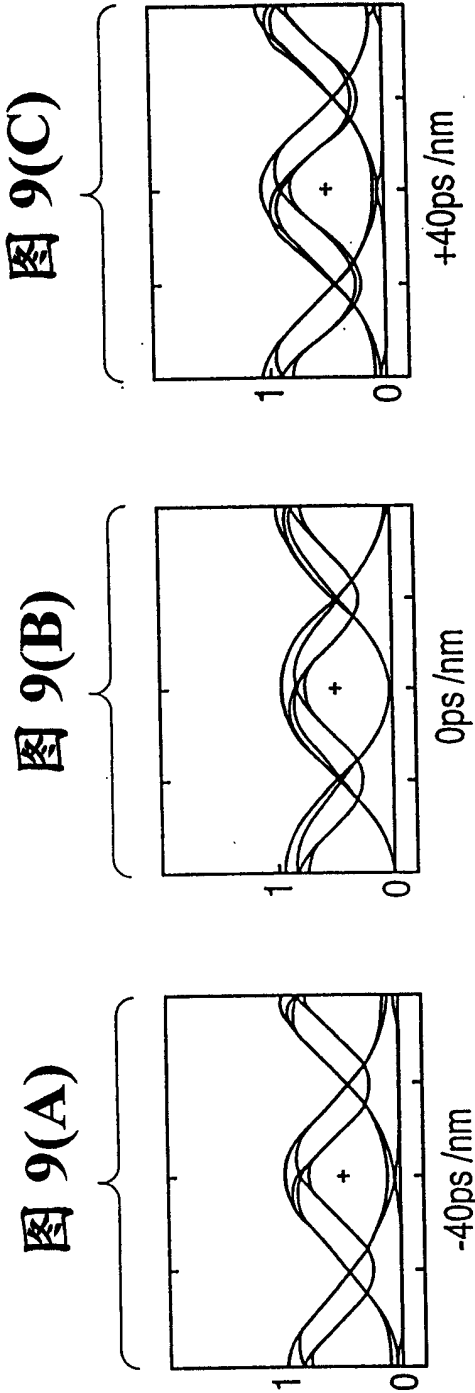


图 8



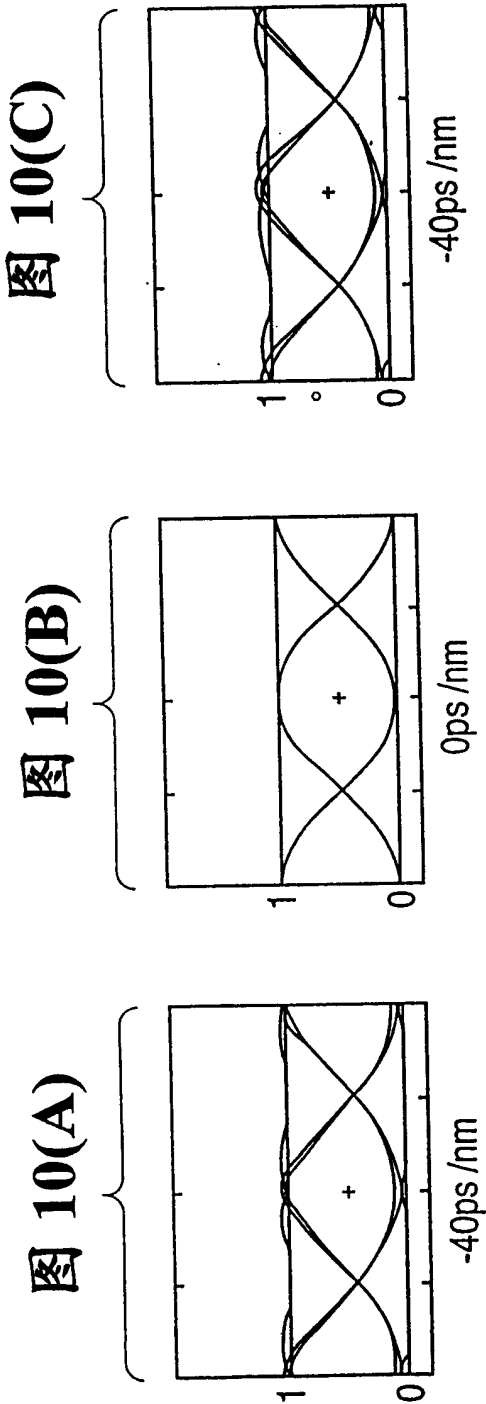
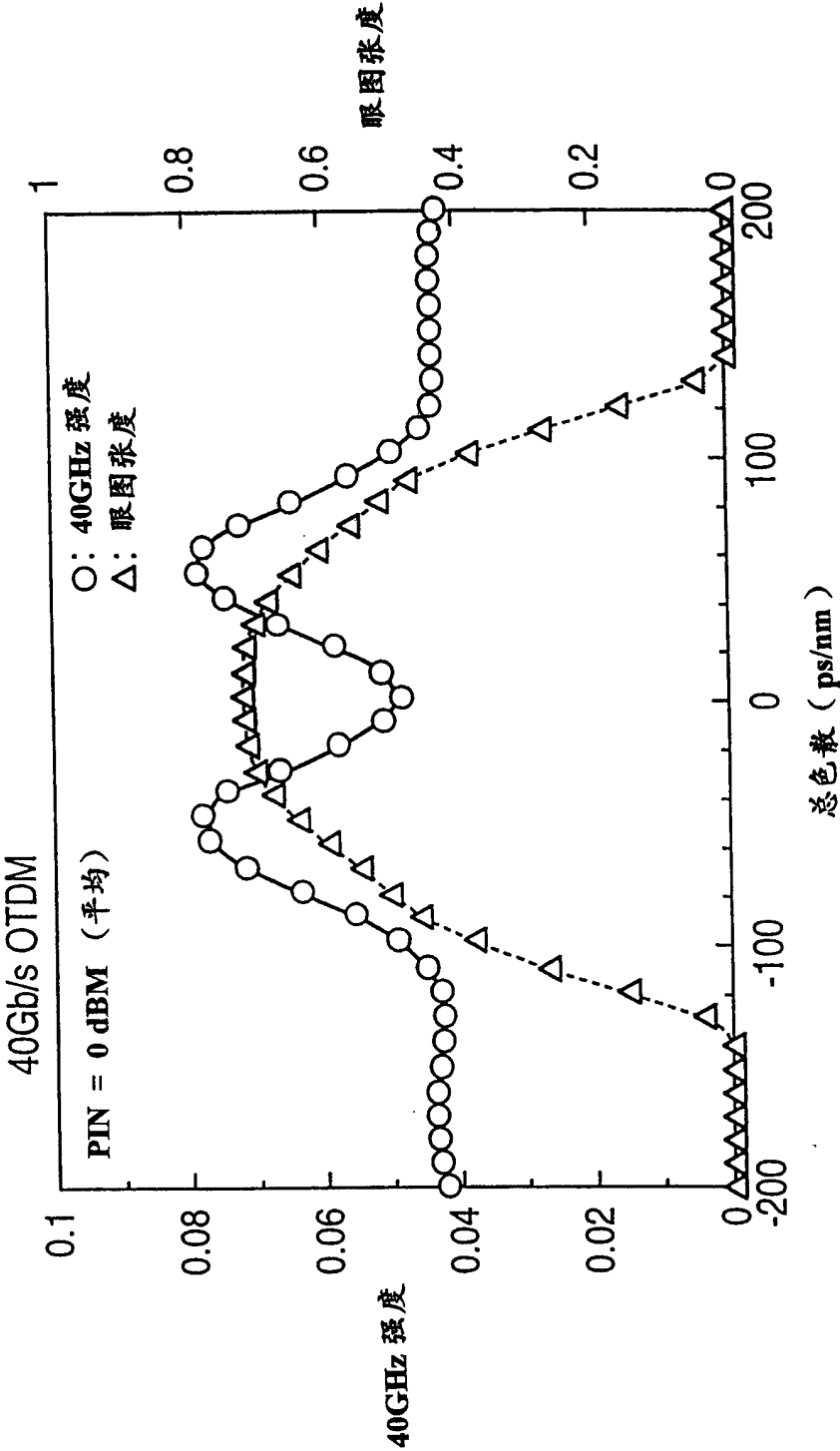


图 11



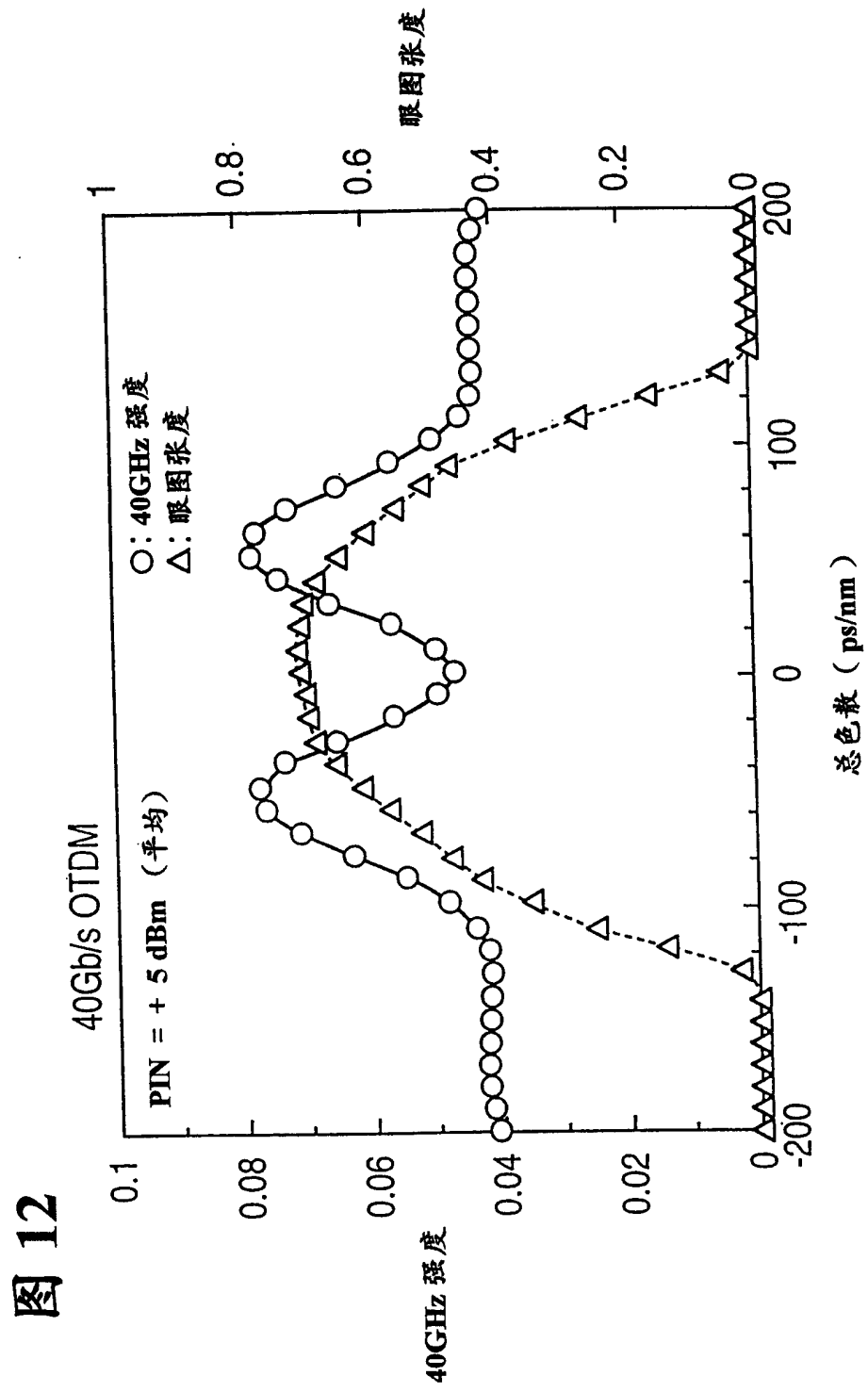


图 13

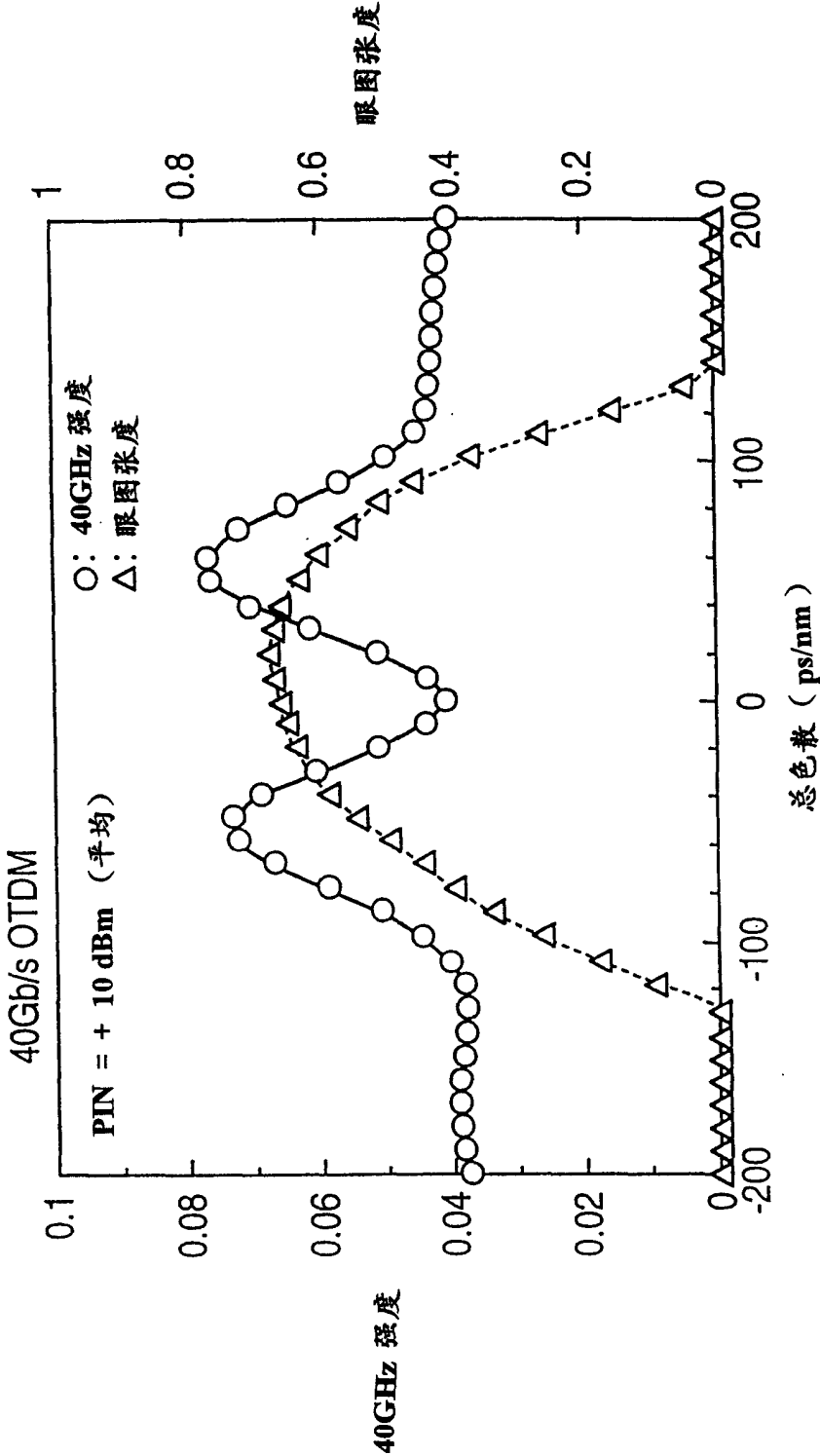


图 14

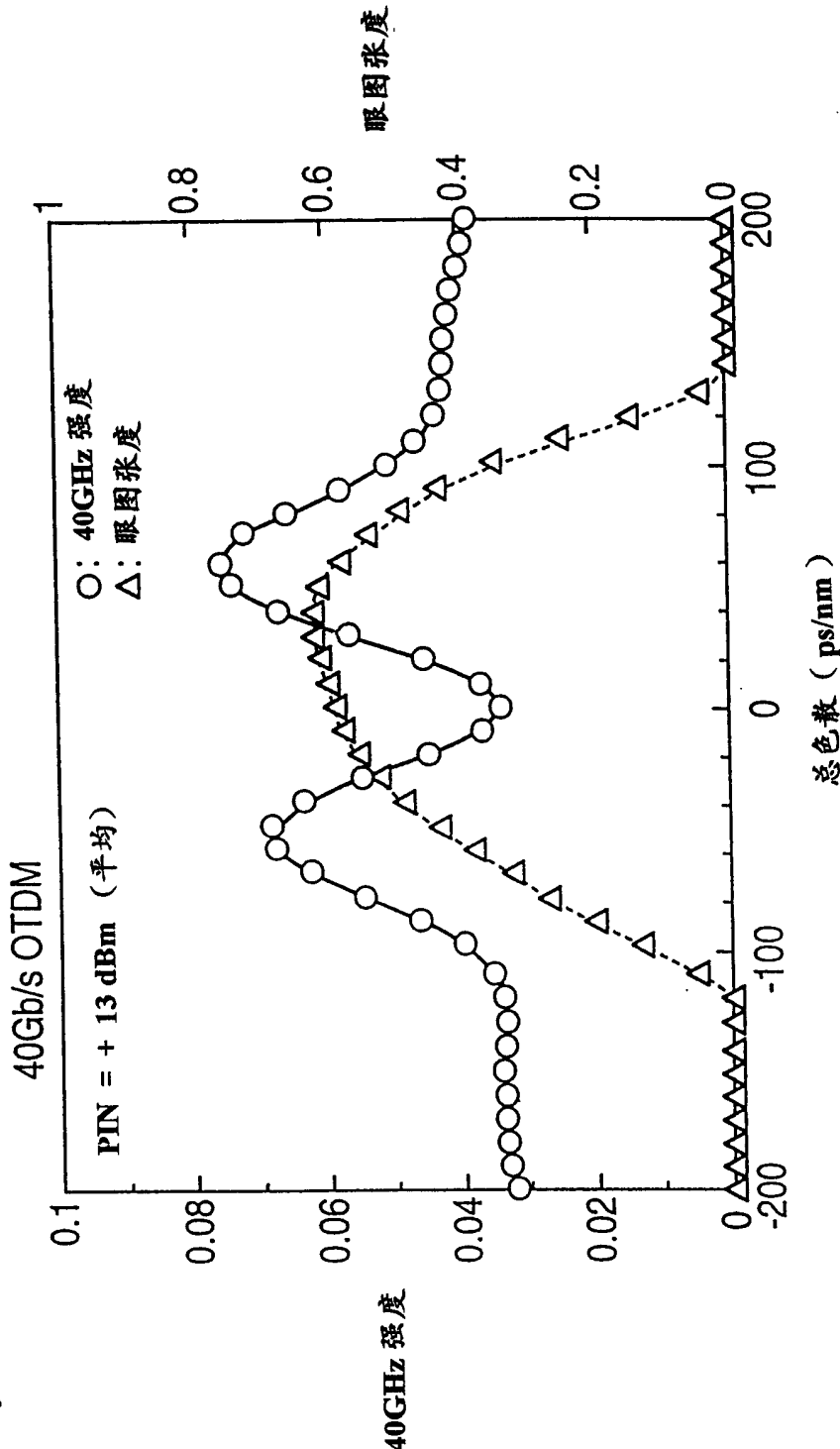
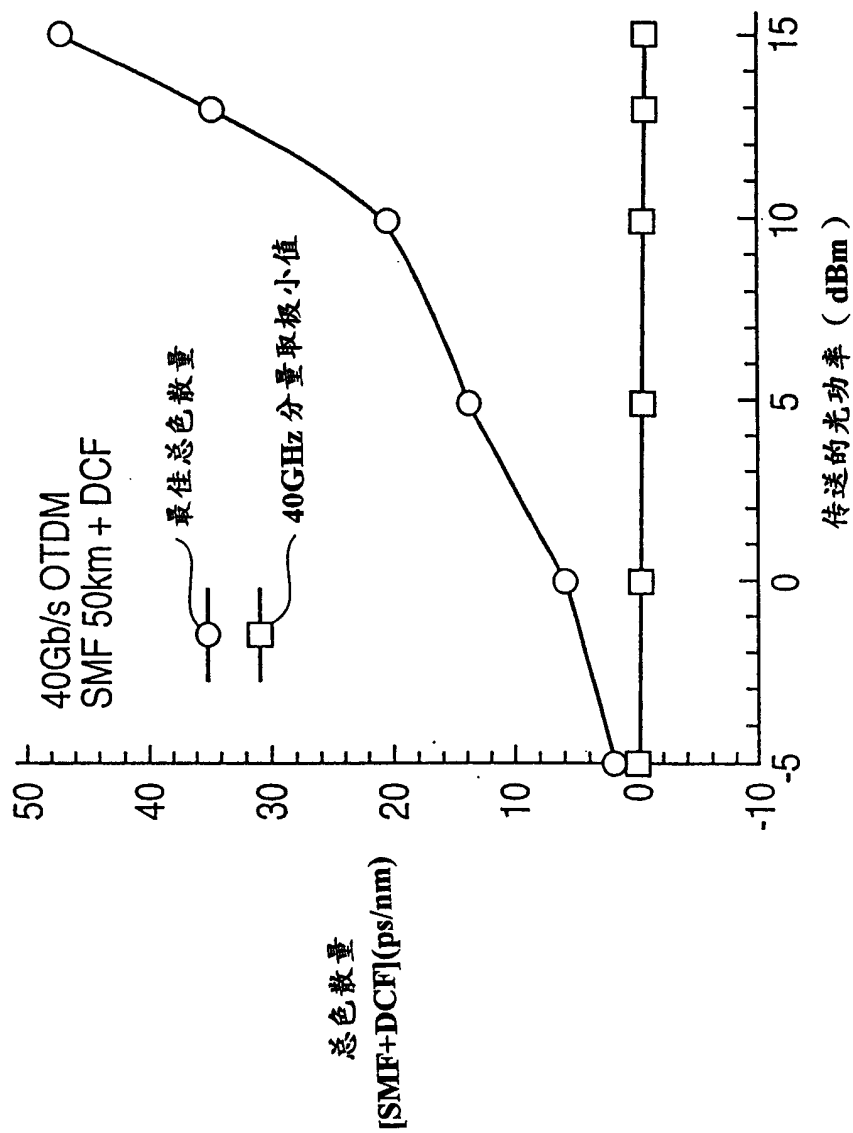
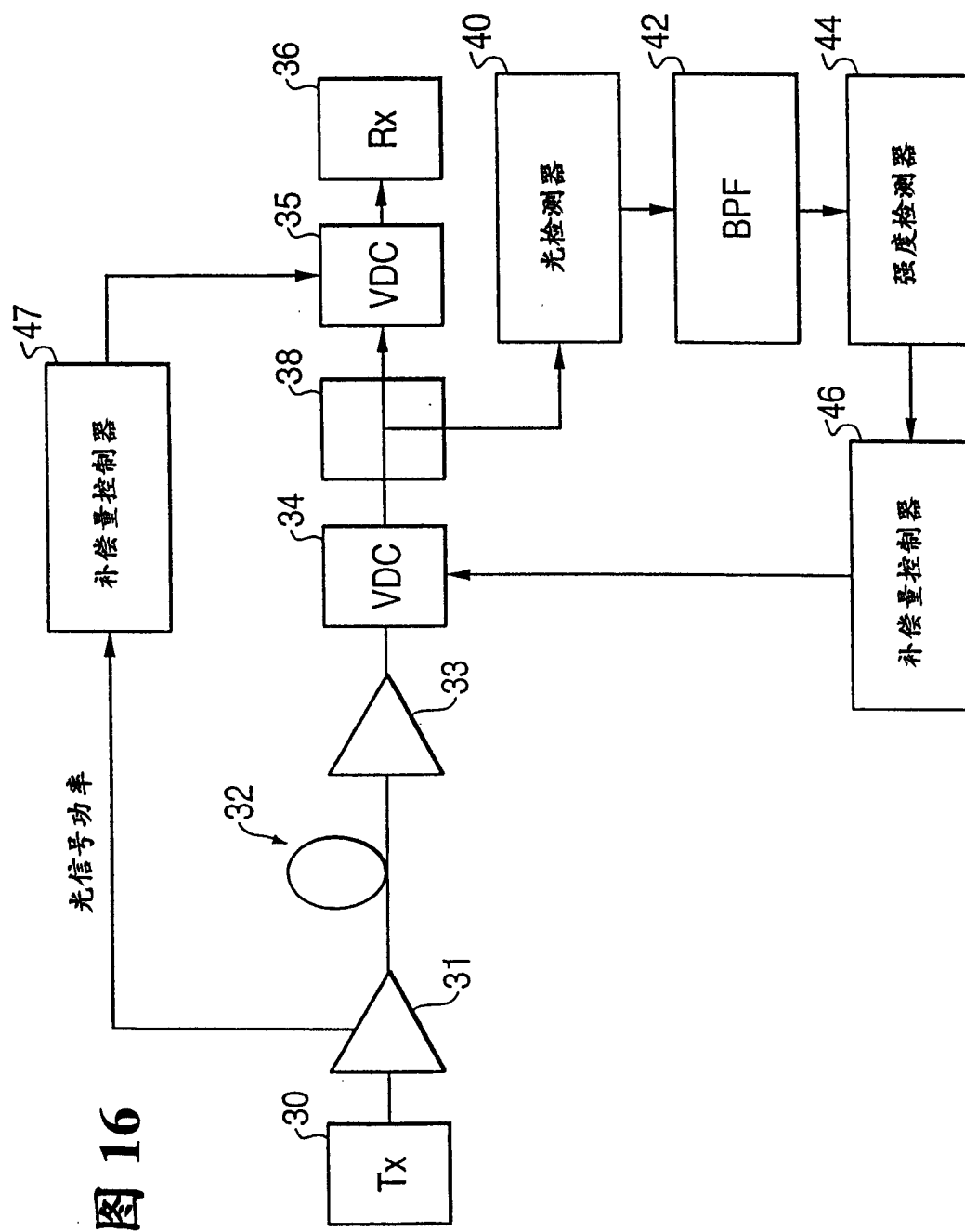


图 15





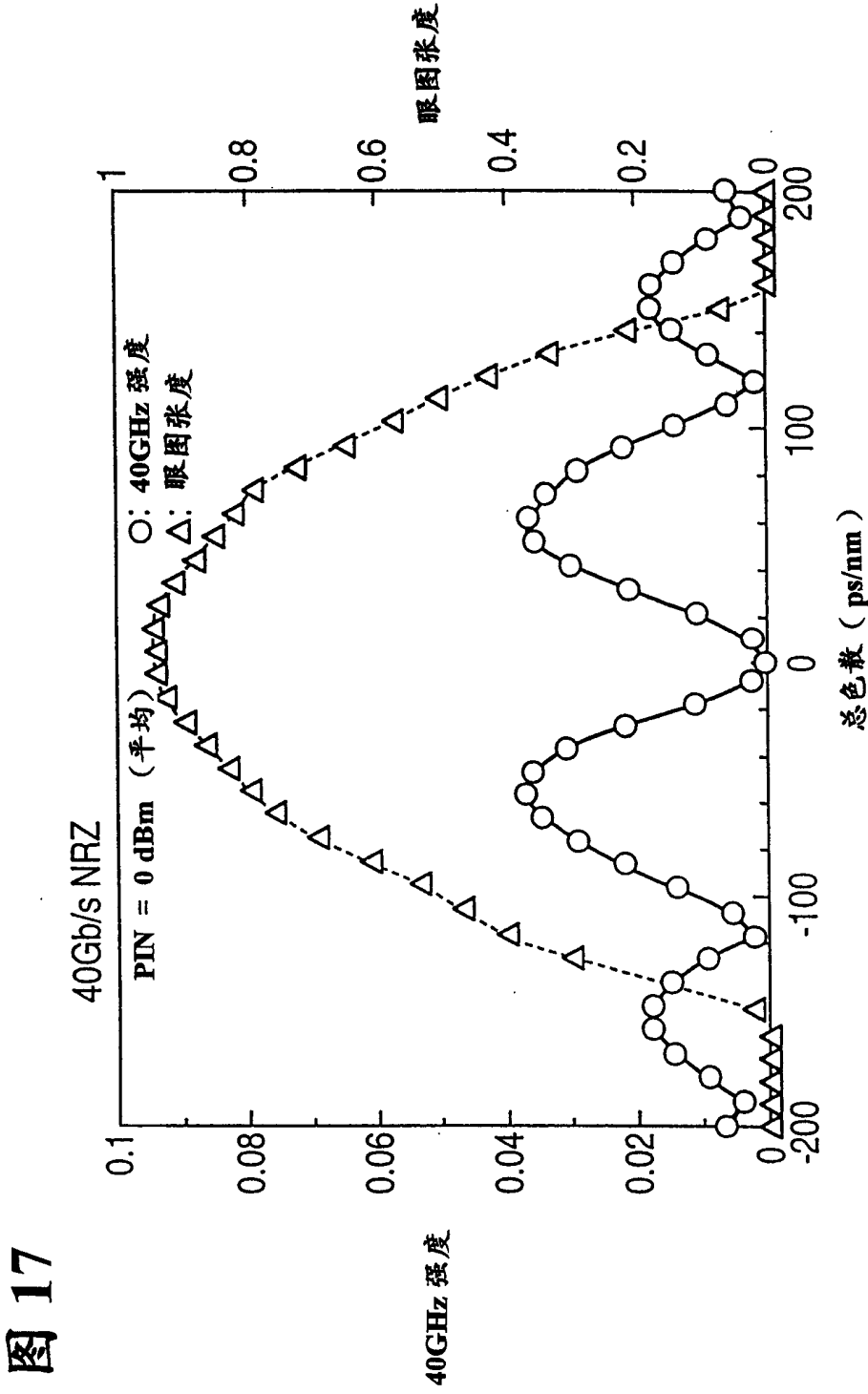


图 18

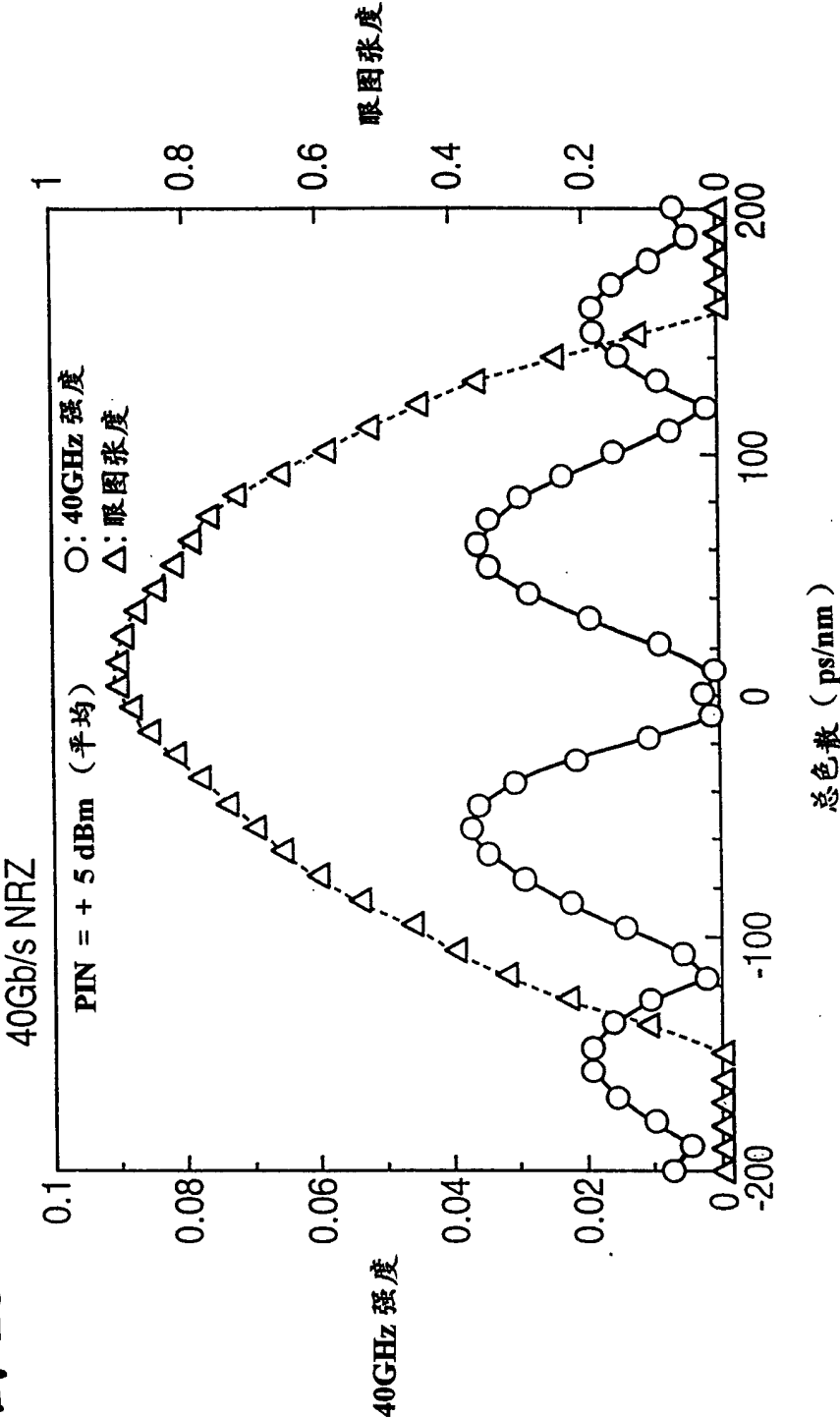


图 19

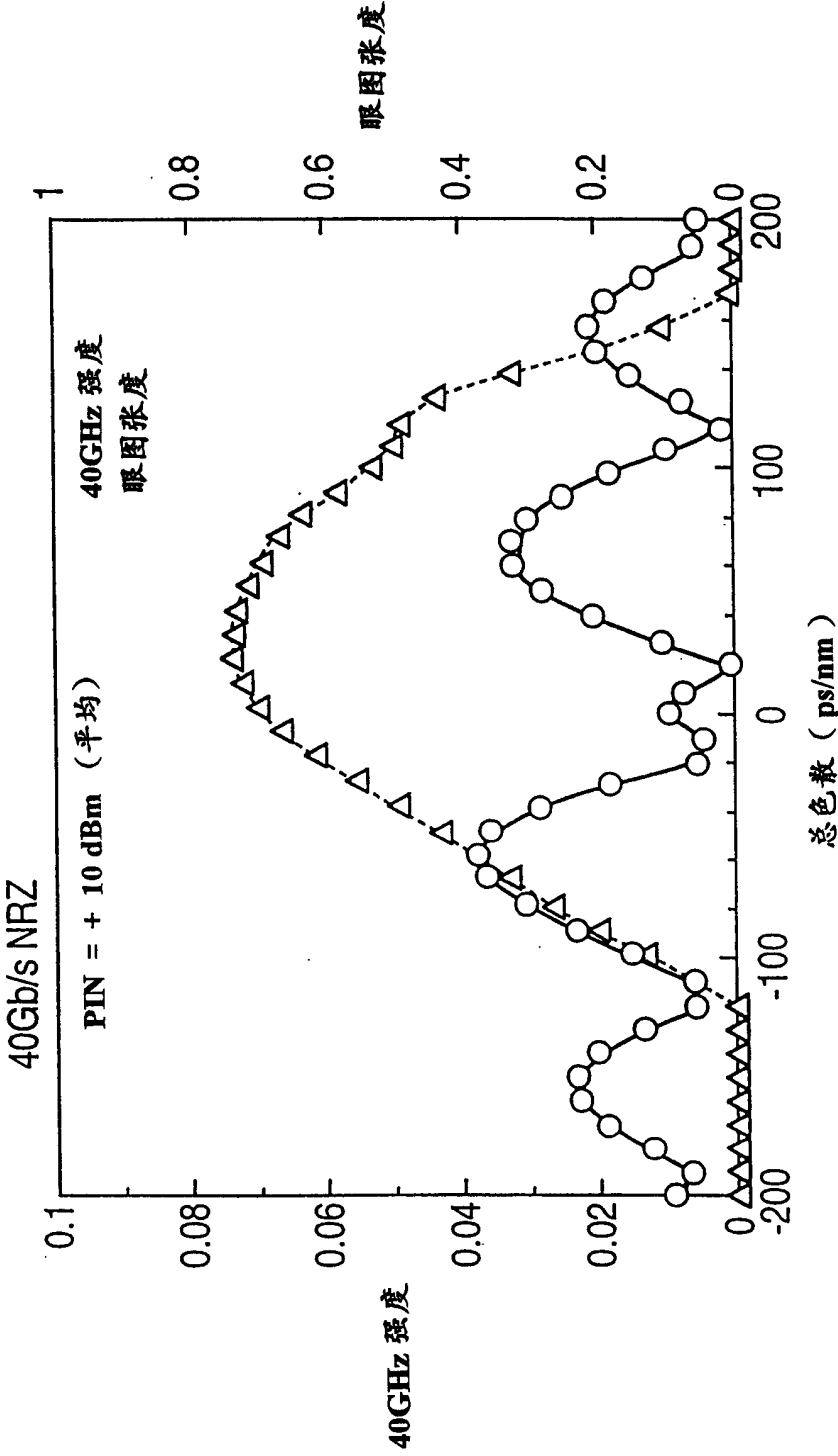


图 20

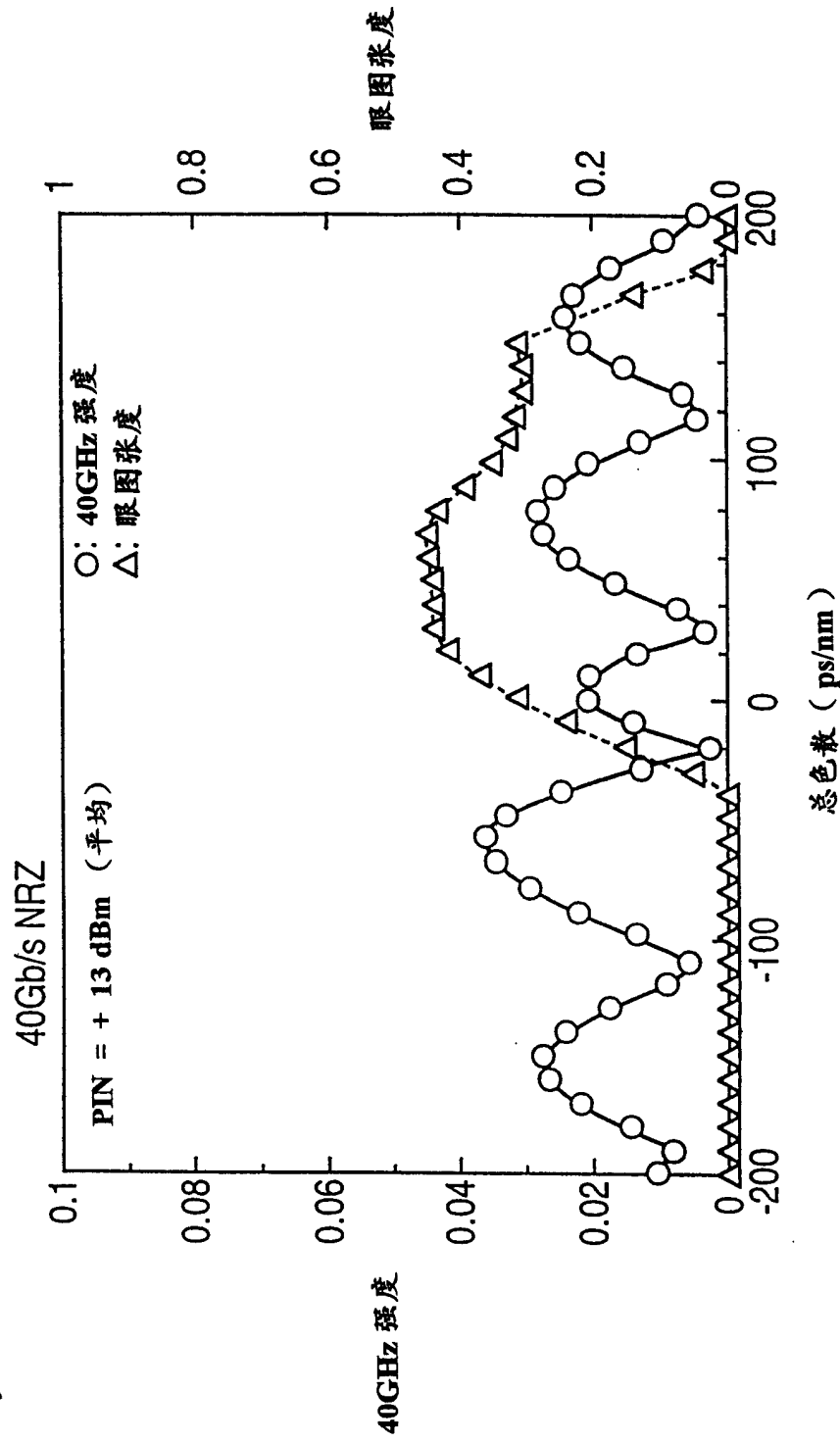


图 21

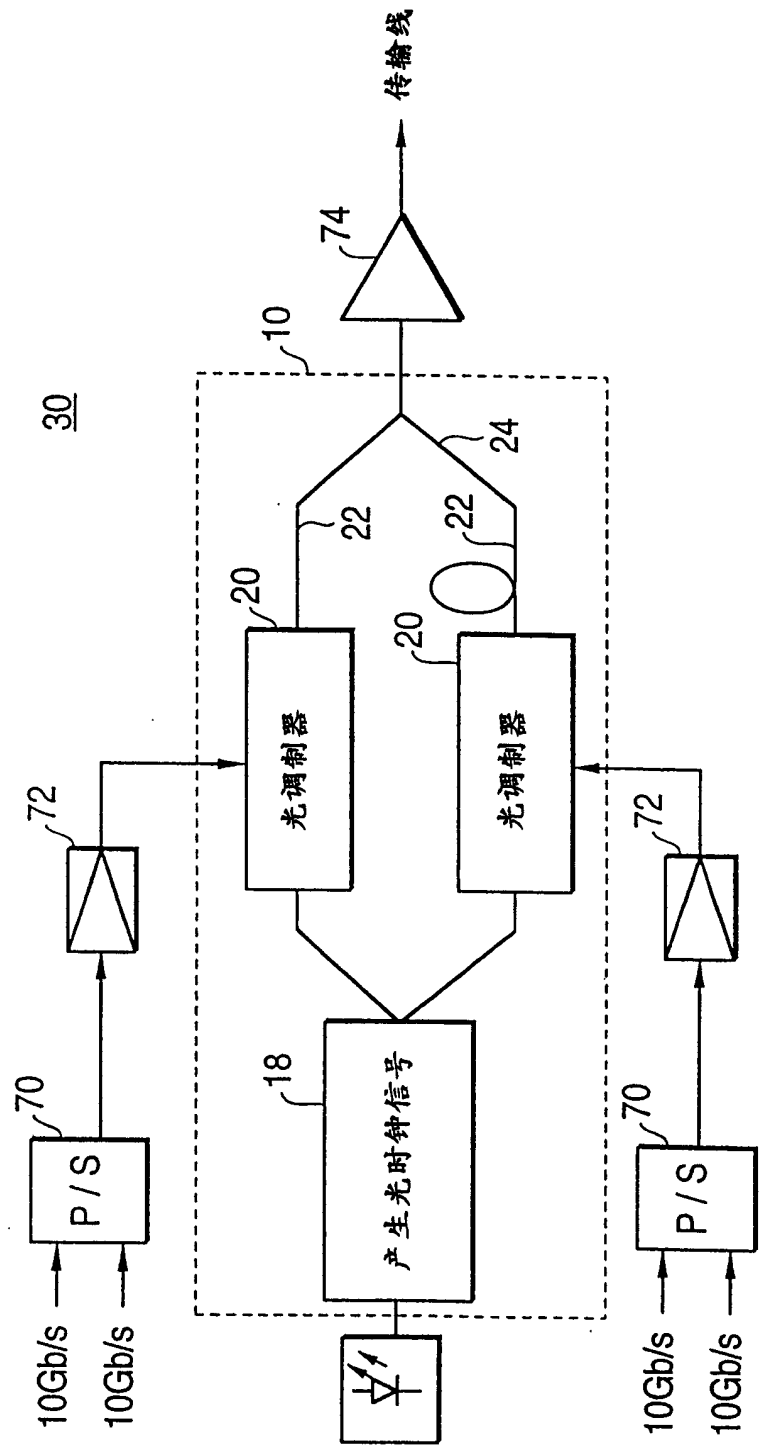


图 22

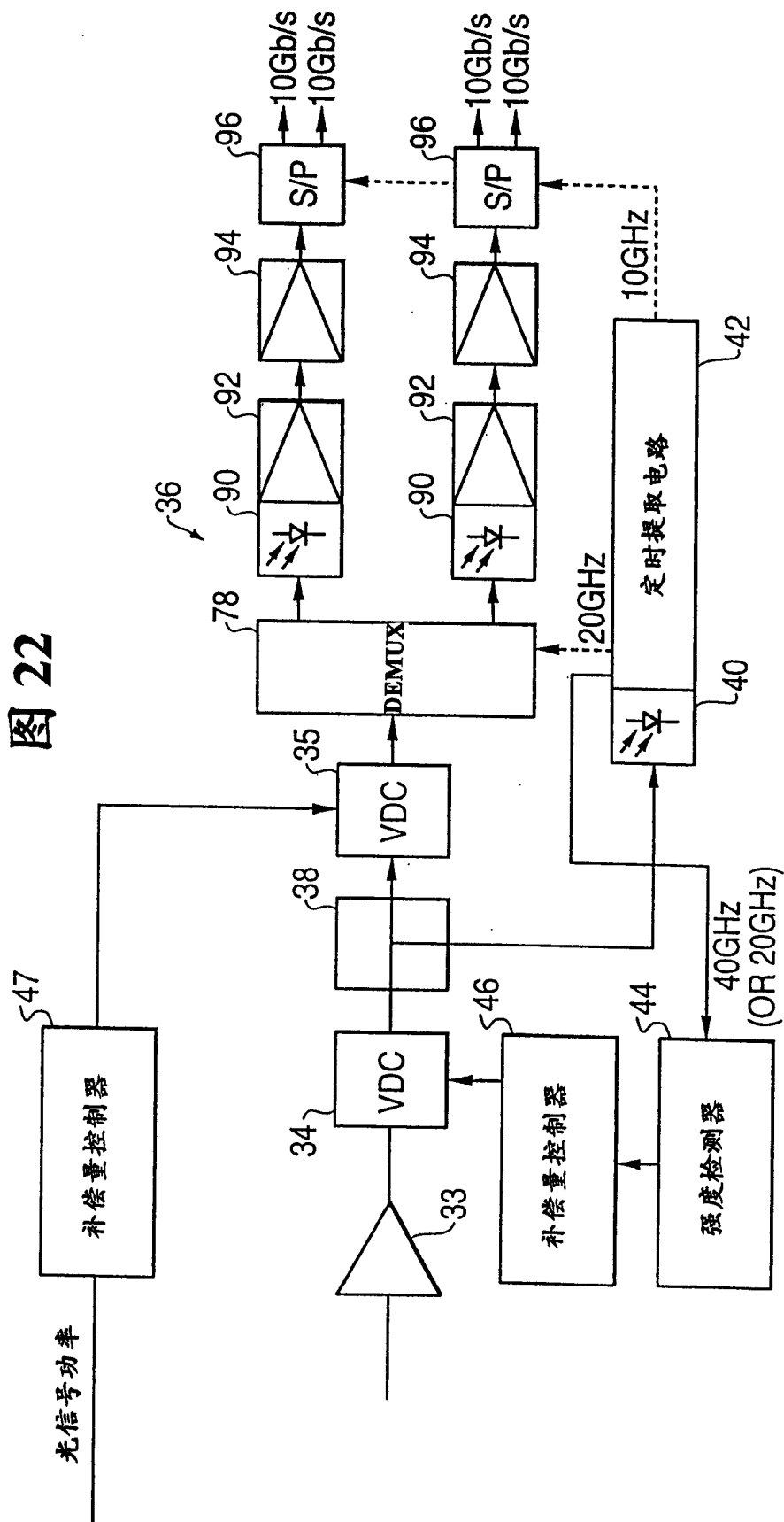


图 23

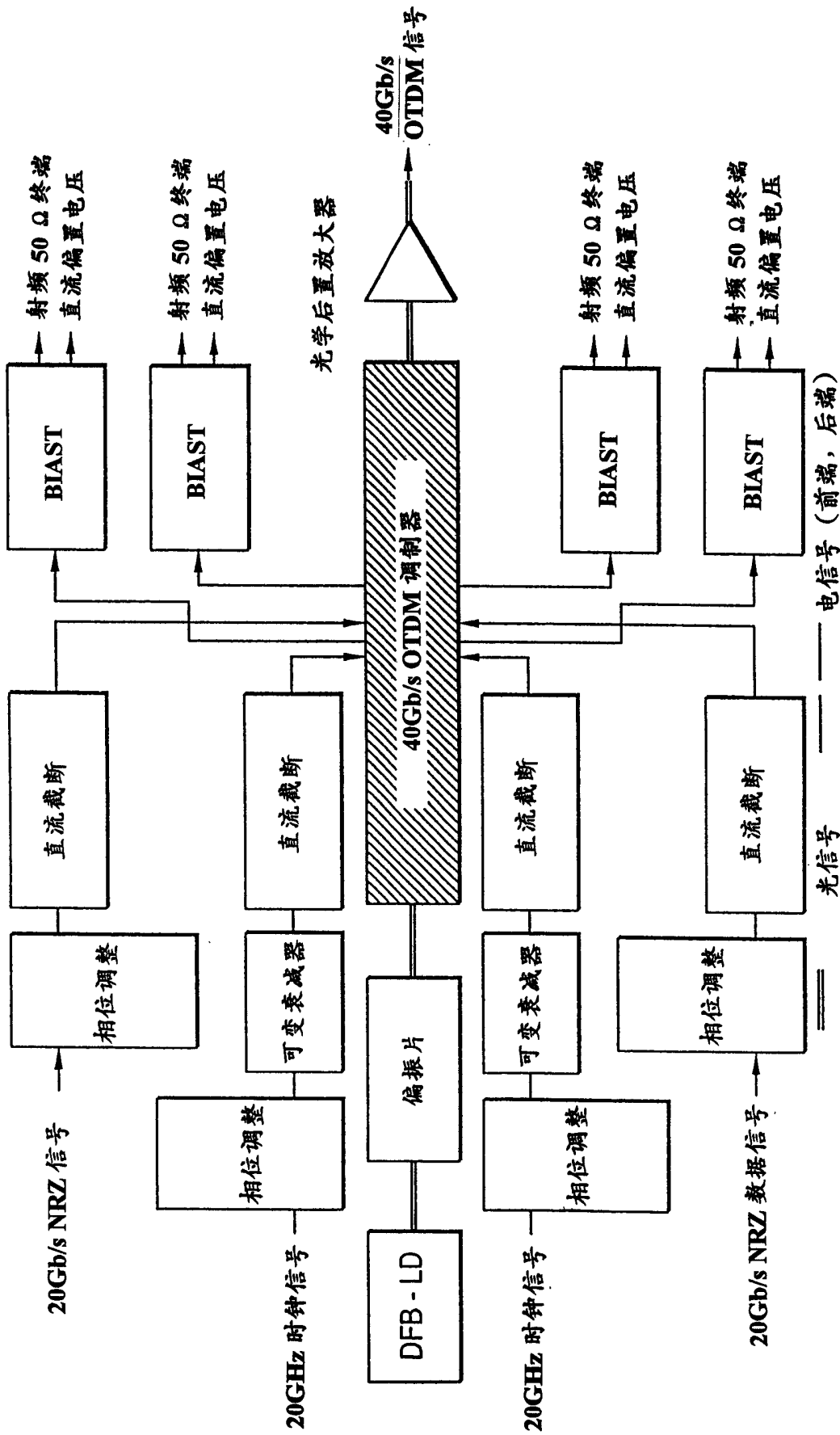
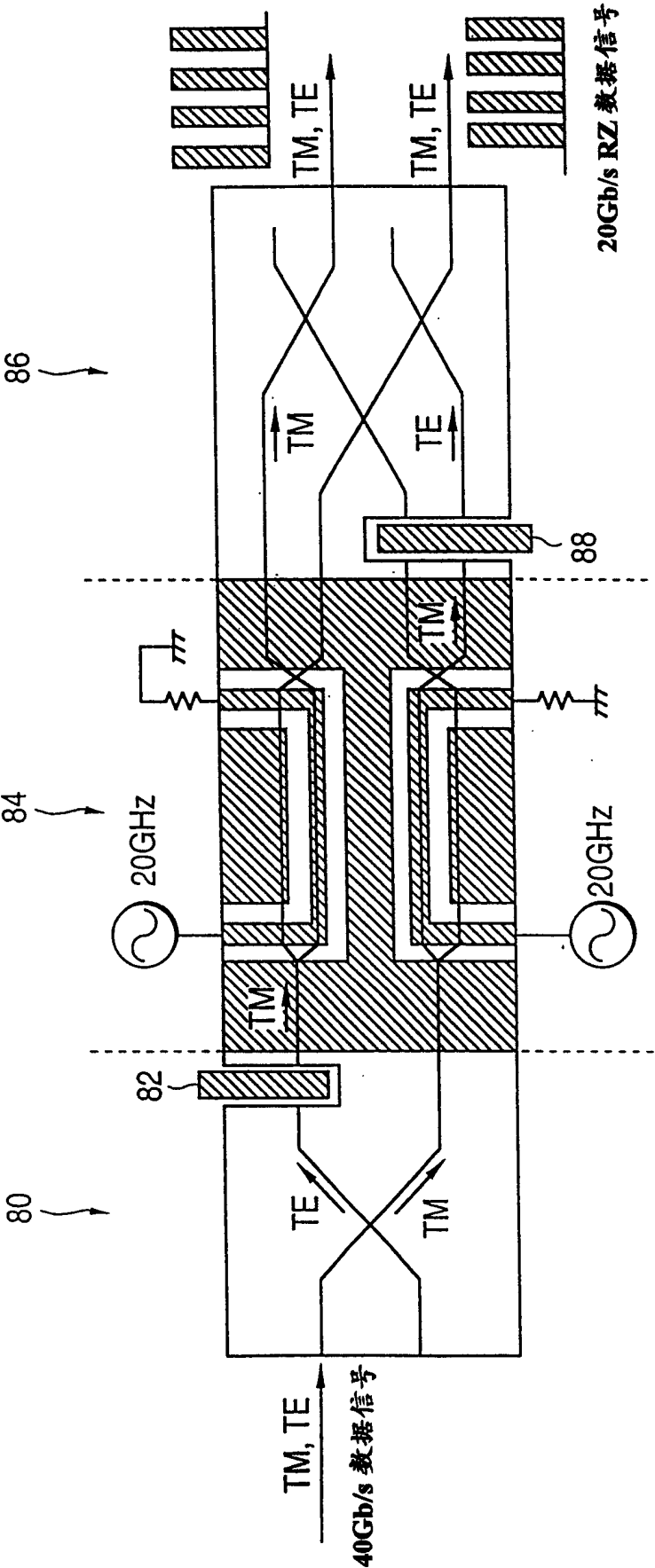
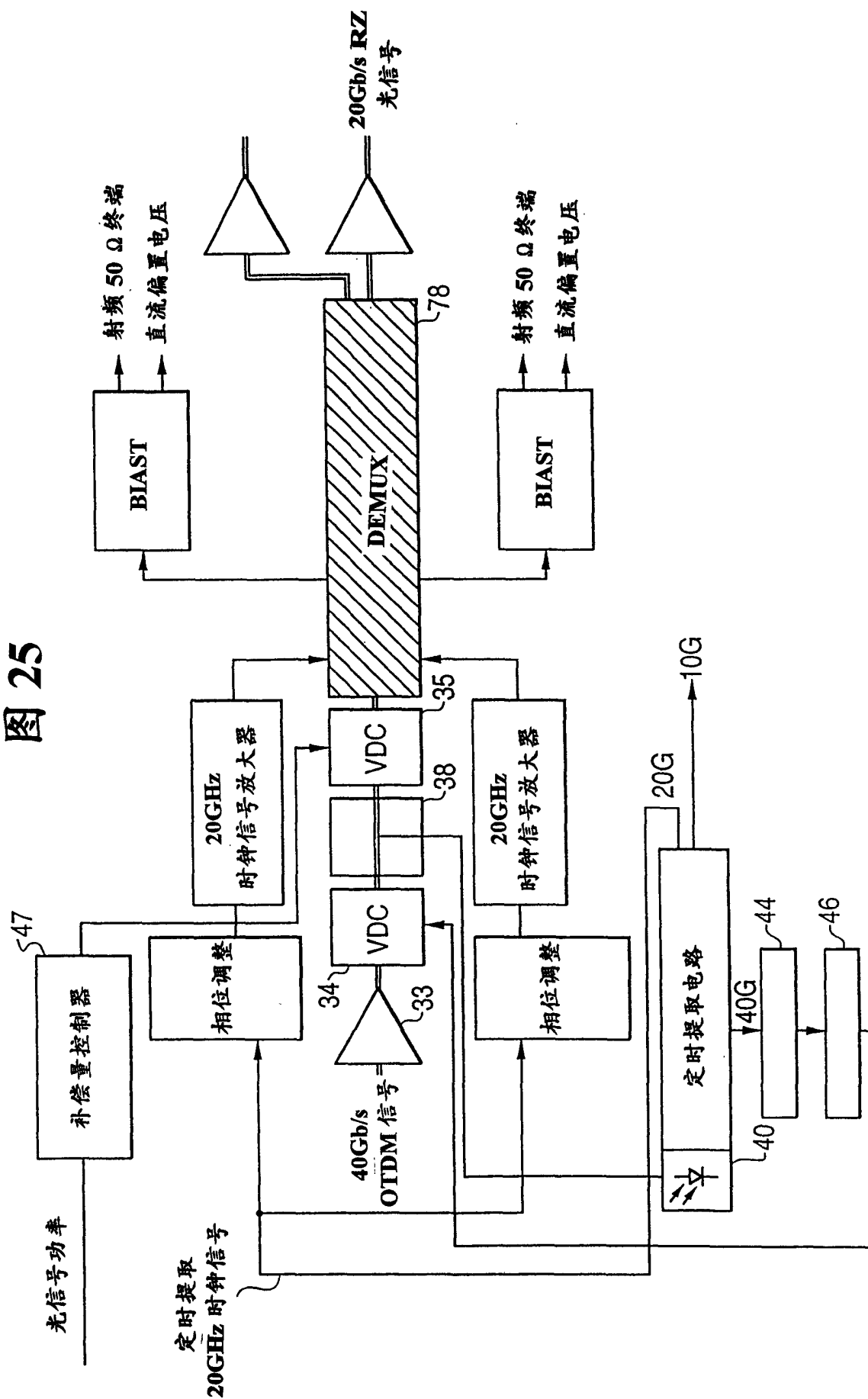


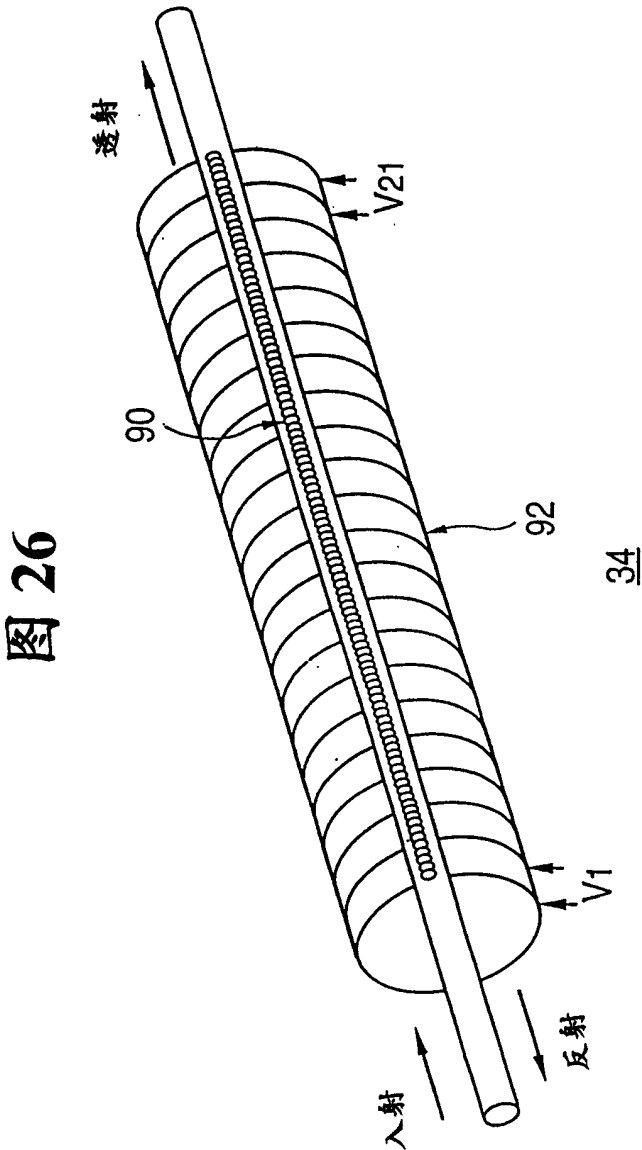
图 24

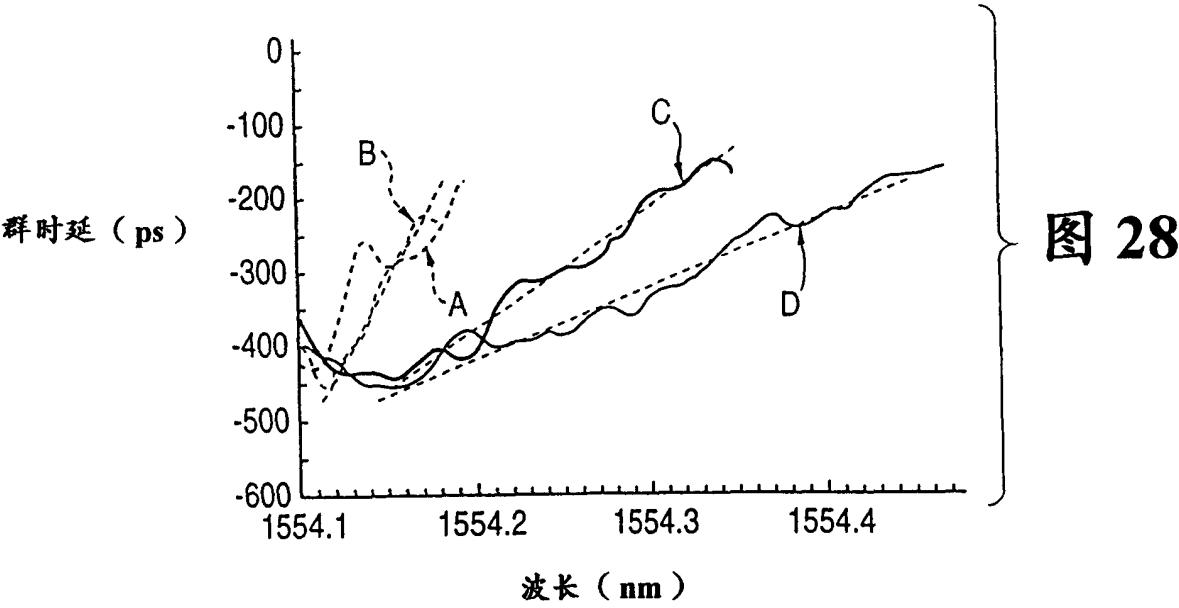
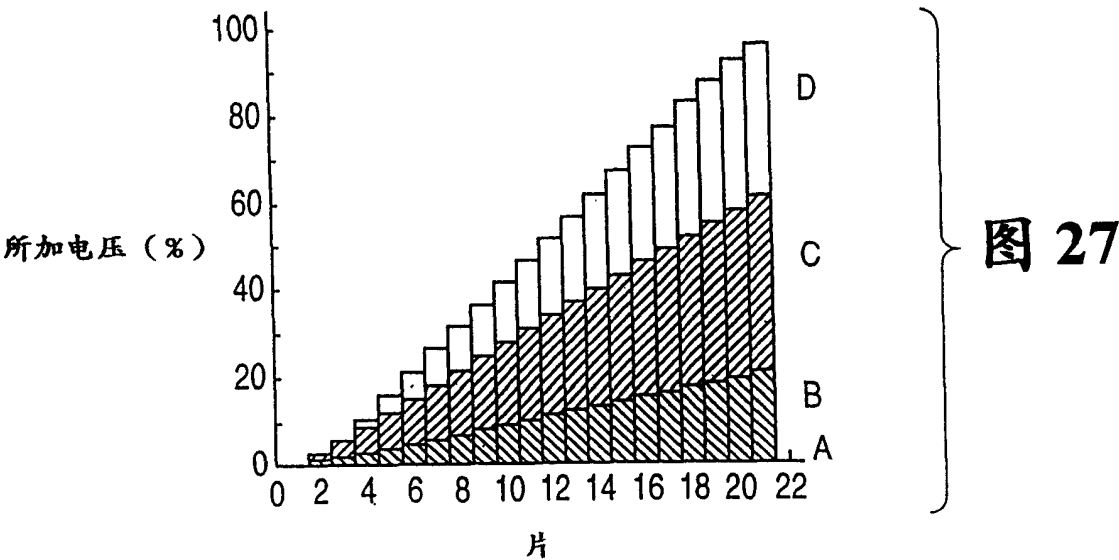


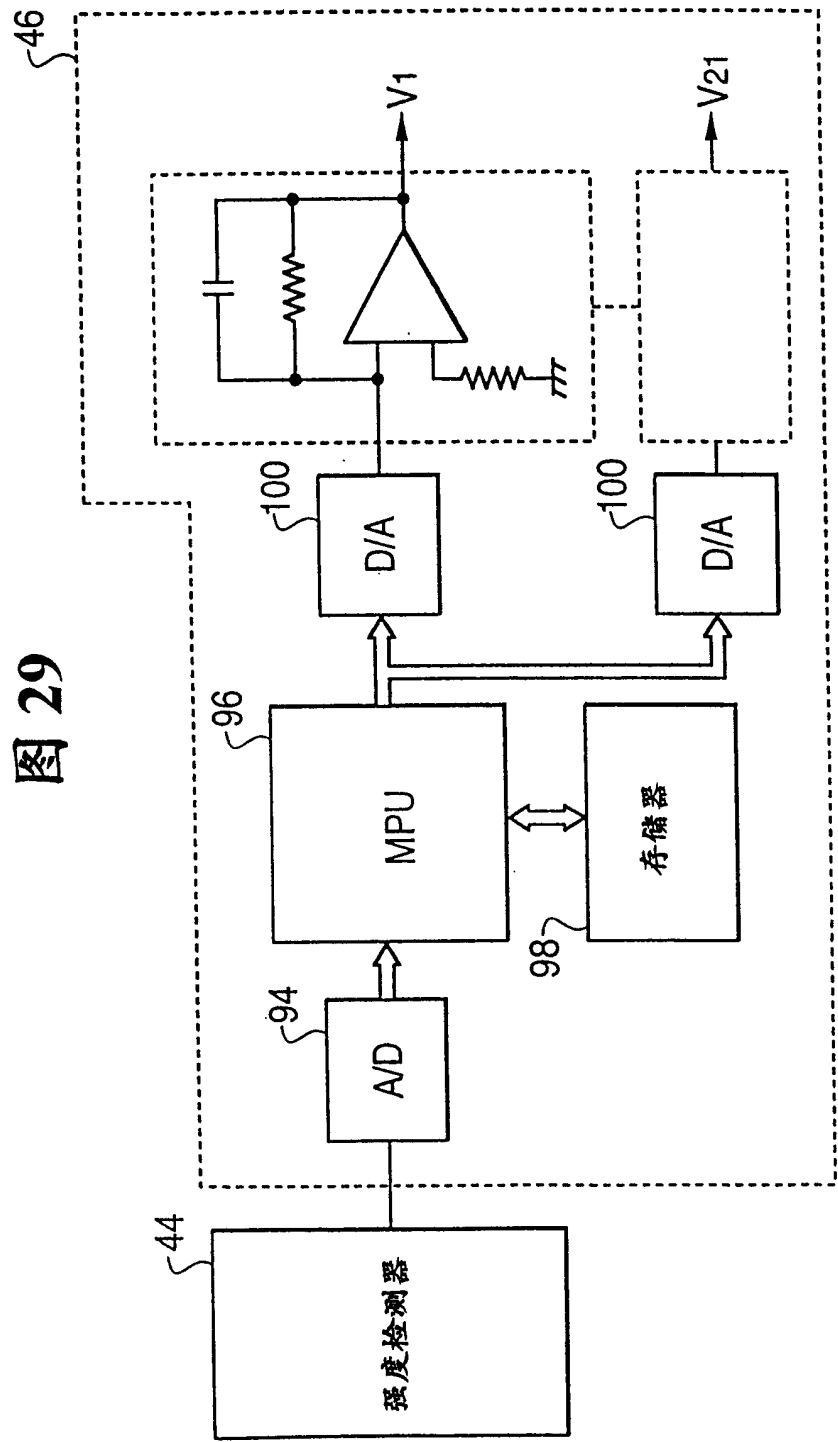
78

图 25









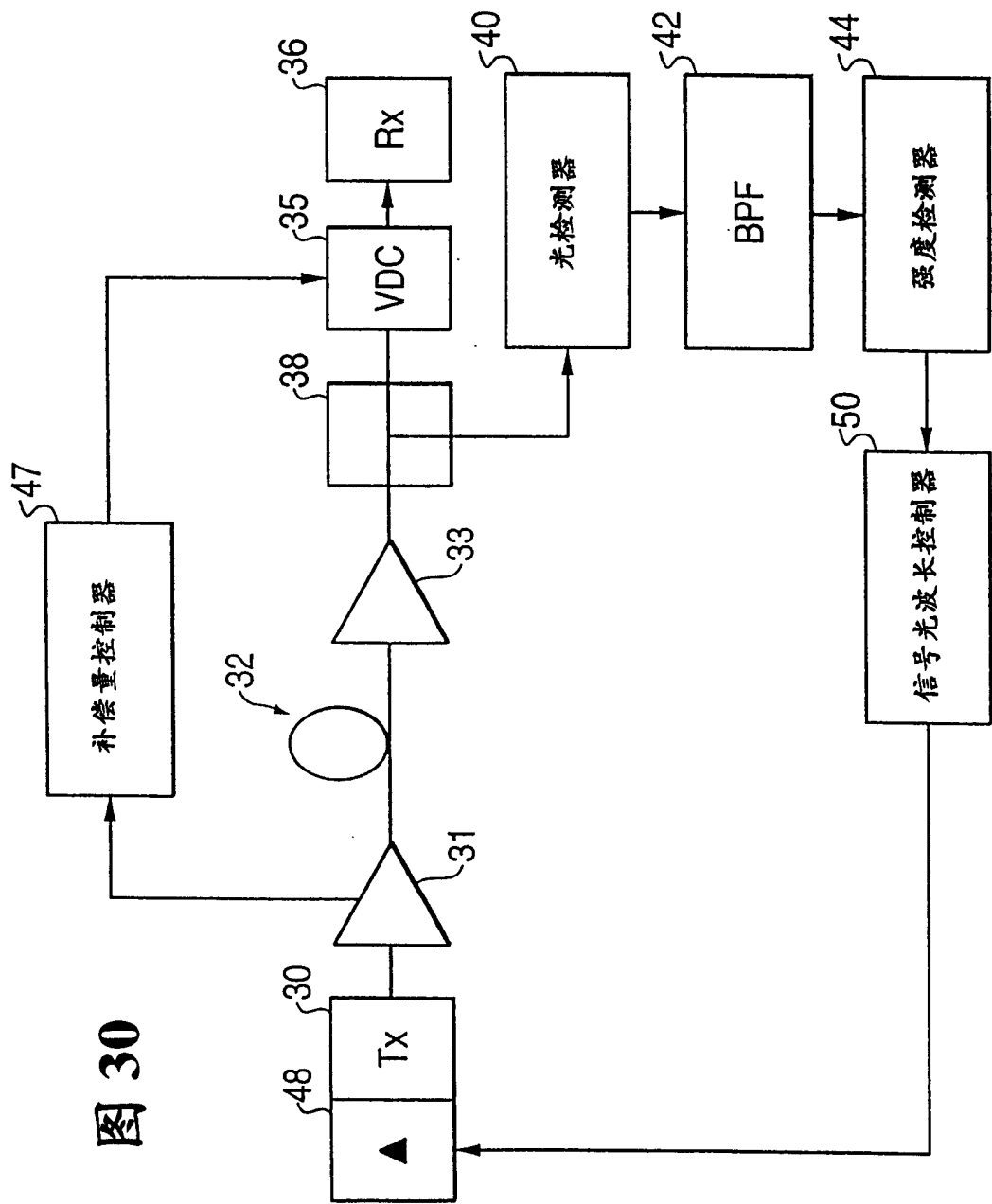


图 30

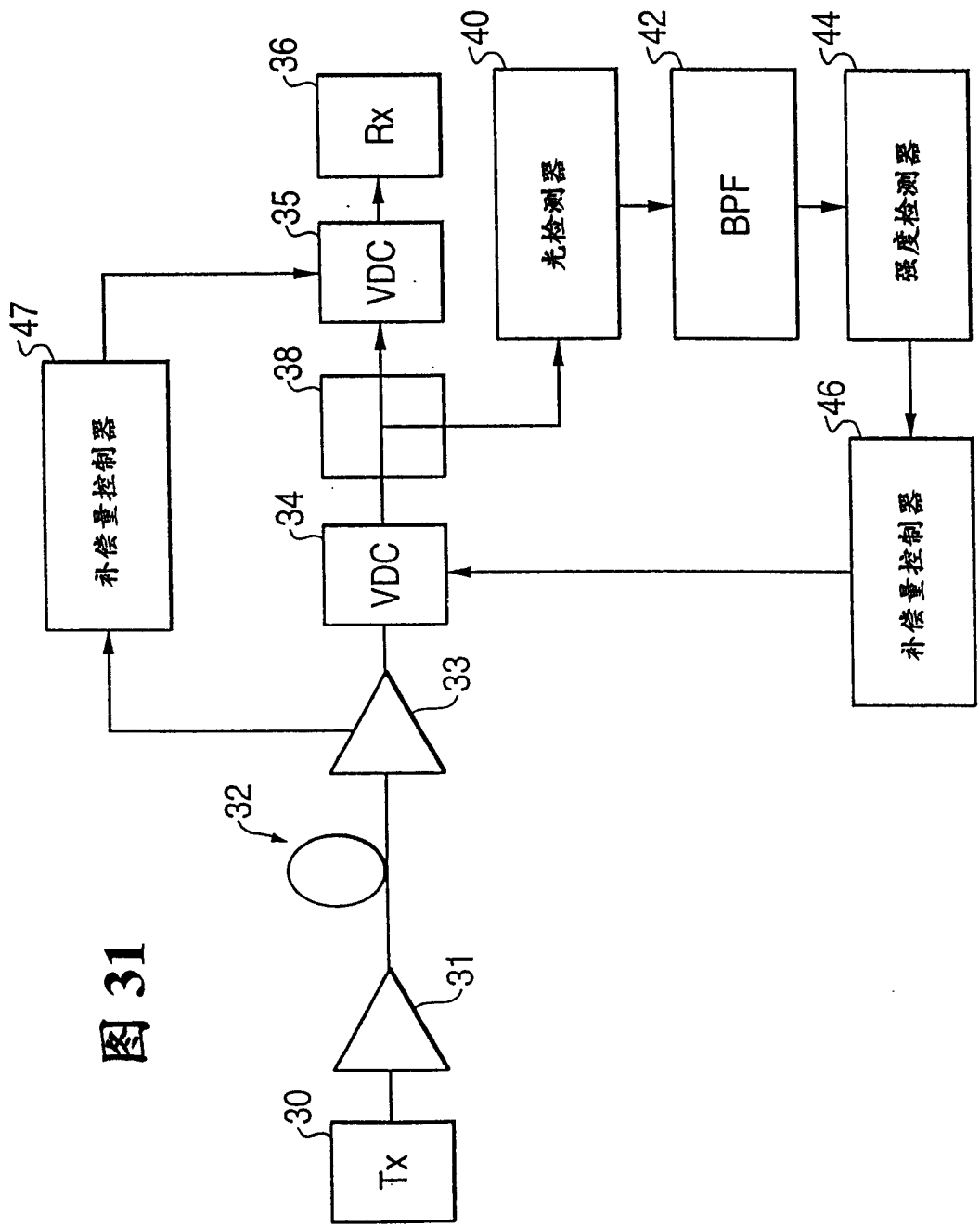


图 31

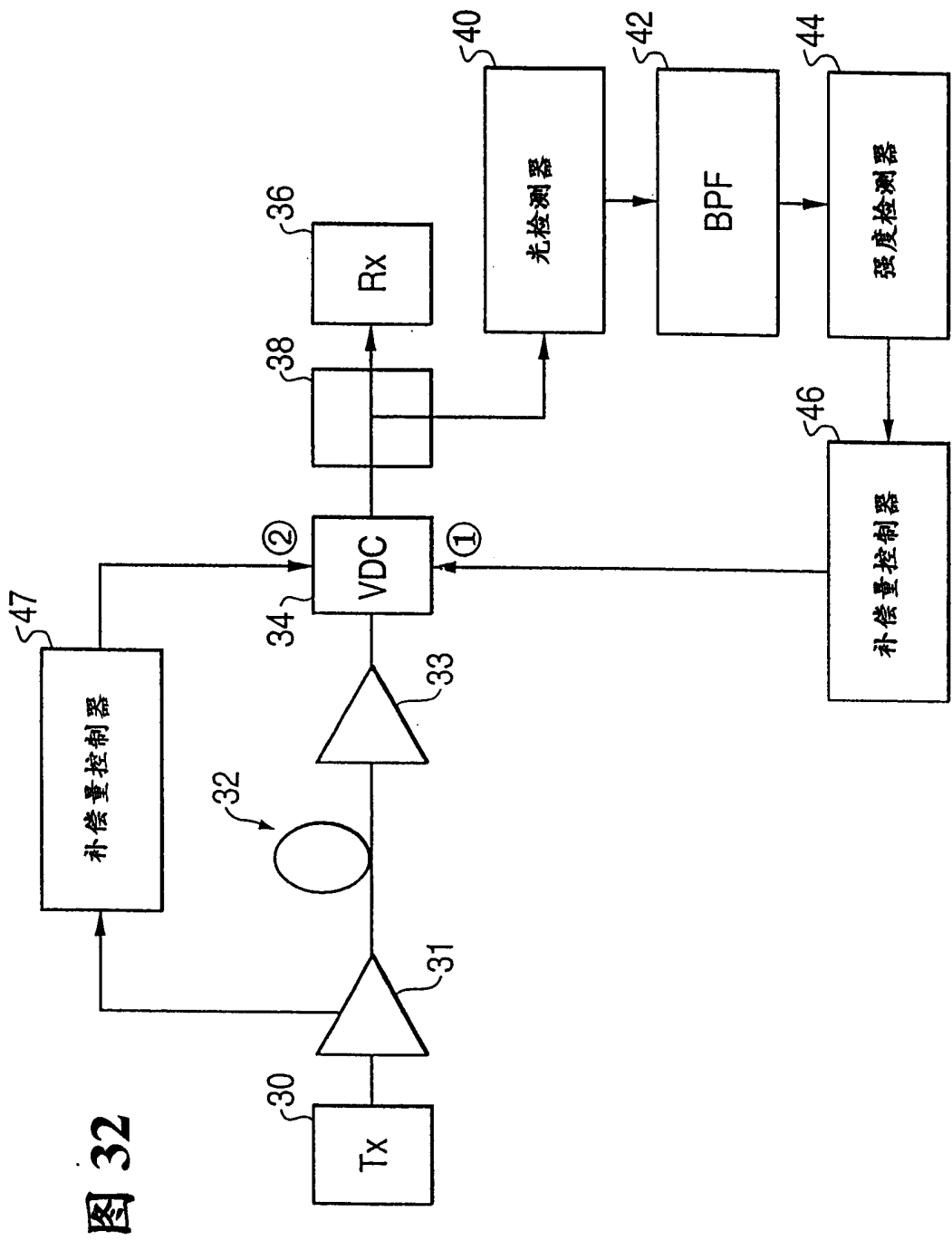


图 33

