



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02808925.1

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100423478C

[22] 申请日 2002.3.4 [21] 申请号 02808925.1

[30] 优先权

[32] 2001.3.2 [33] IT [31] MI01A000443

[86] 国际申请 PCT/IB2002/001613 2002.3.4

[87] 国际公布 WO2002/071662 英 2002.9.12

[85] 进入国家阶段日期 2003.10.27

[73] 专利权人 爱立信股份有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72] 发明人 A·加尔塔罗萨 L·帕尔米里

R·费奥罗尼 A·科尔蒂

[56] 参考文献

CN1211744A 1999.3.24

EP0898391A 1999.2.24

EP0964237A 1999.12.15

审查员 巢露琳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨凯 罗朋

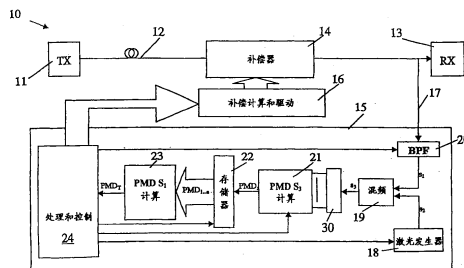
权利要求书 5 页 说明书 7 页 附图 2 页

## [54] 发明名称

用于偏振模式色散的检测和补偿的方法和装置

## [57] 摘要

本发明涉及检测光纤链路的 PMD 指示参数的方法，光纤链路包括传输具有 B 频带的第一宽带光信号的传输信道。为避免采用在带外或通过未使用的光纤工作的专用 PMD 测量装置，该方法包括：将 B 频带分为子频带；为每个子频带产生包括参考光信号的关联的第二信号；利用第二信号求出第二信号和第一信号叠加的第三信号；为每个第三信号产生电拍频信号，以计算表示其偏振模式色散的第一参数；处理为子频带的拍频信号计算的第一偏振模式色散指示参数，以求出表示第一信号的偏振模式色散的第二参数。还公开了按照该方法的检测装置和偏振模式色散补偿方法。利用本发明能在基于光纤的链路工作时测知基于光纤的链路的 PMD 数据以改进光传输质量。



1. 一种用于检测光纤链路的偏振模式色散指示参数的方法，所述光纤链路包括至少一个传输信道，其中传输包括具有带宽  $B$  的宽带光信号的第一信号，所述方法包括以下步骤：

- (a) 将所述带宽  $B$  分为子频带；
- (b) 为每个子频带，产生包括参考光信号的关联的第二信号；
- (c) 为每个第二信号，得到通过所述第二信号和所述第一信号或它们一部分的叠加而产生的光学第三信号；
- (d) 为每个第三信号，产生一个或多个电拍频信号，从所述一个或多个电拍频信号中计算被认为表示其偏振模式色散的第一参数；和
- (e) 处理为所述子频带的所有拍频信号计算的所述第一偏振模式色散指示参数，以便从中求出被认为表示所述第一信号的偏振模式色散的第二参数。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中选择具有这样的频率的所述第二信号，以便产生被包含在基本上对于所有子频带都是相同的频率间隔中的一个或多个电拍频信号。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第二参数或可以从其推想而知的偏振模式色散数据是以所述第一参数或可以从其推想而知的偏振模式色散数据的平均值的形式求出的。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第二参数或可以从其推想而知的偏振模式色散数据是通过选择所述第一参数或可以从其推想而知的偏振模式色散数据的最大值作为第二参数而求出的。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述第一参数是每个子频带中的微分群时延，以及通过处理所述子频带的所述一组微分群时延来求出所述第二参数。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其中求出所述第二参数的处理包括计算所有子频带的所述微分群时延的平均值、平均数或最大值。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述第二参数表示所述各子频带之间所述第一参数的变化。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述传输信道有多个, 以及对于每个信道中的宽带信号执行步骤(a)到(e), 以便求出被认为表示每个信道中的所述第一宽带信号的所述偏振模式色散的参数。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其中为了计算被认为表示第三信号的所述偏振模式色散的所述第一参数, 将所述第三信号分成具有不同偏振状态的光分量, 并且将每个分量发送到光电检测器, 所述光电检测器发出相应的电信号, 从由所述检测器发出的所述电信号的组合中计算被认为表示所述第三信号的偏振模式色散的所述参数。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其中所述光分量是两个具有单独偏振的分量。

11. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述指示参数是斯托克斯参数。

12. 如权利要求 8 所述的方法, 其中所述第一宽带信号是波分复用信号, 以及为每个信道定义关联的载波。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其中在叠加到所述参考信号上之前, 利用中心在每个信道的信道载波上的通带对所述波分复用信号进行滤波。

14. 如权利要求 12 所述的方法, 其中在叠加到所述参考信号上之前, 利用中心频率在所述信道载波上的梳状滤波器对所述波分复用信号进行滤波。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述 B 频带被分为 n 个子频带, 其中 n 满足以下关系:

$$\tau_{\max} \cdot B/n < \varepsilon$$

式中

$\tau_{\max}$  是期望检测的最高微分群时延,

$\varepsilon$  是以弧度表示的常数,  $0 < \varepsilon < 2$ 。

16. 一种通信系统中的偏振模式色散补偿方法，所述通信系统经由光纤传输并且包括至少一个用于传输宽带光信号的信道，其中利用根据以上任何一项权利要求的方法求出所述宽带光信号的偏振模式色散指示参数，并且所计算的、被认为表示所述宽带光信号的偏振模式色散的所述第二参数用来对沿着所述信号路径设置的偏振模式色散补偿器进行反馈控制，并将由所述偏振模式色散引起的信号的失真降低到预定值以下。

17. 如权利要求 16 所述的补偿方法，其中为每个子频带求出的所述第一参数为斯托克斯参数，并且所述第二参数是指示所述各子频带之间所述斯托克斯参数的变化的参数，其中为使所述变化平坦化而控制所述补偿器。

18. 一种用于检测光纤链路的偏振模式色散指示参数的装置，所述光纤链路包括至少一个传输信道，其中传输包括具有带宽 B 的宽带光信号的第一信号，其特征在于，所述装置包括：

(a) 可控发生器，用来产生多个包括不同频率并可能具有可控偏振状态的参考光信号的第二信号；

(b) 光混频器，用来将所述第一信号中的至少一部分和所述第二信号混频，以便为每个所述第二信号产生通过将所述第二信号叠加在所述第一信号或其一部分上而产生的光学第三信号；

(c) 检测器，接收所述第三信号并从中取出所述第一信号和第二信号之间的拍频信号；

(d) 第一计算装置，用于从每个所述第三信号的拍频信号中计算被认为表示其偏振模式色散的第一参数；以及

(e) 第二处理装置，用于为所有第三信号计算的第一偏振模式色散指示参数，以便从中求出被认为表示所述第一信号的偏振模式色散的第二参数。

19. 如权利要求 18 所述的装置，其特征在于：选择具有这样的频率的所述第二信号，以便产生能通过将包含在实际上对于所有子频带

都是相同的频率间隔中的一个或多个电信号差拍而产生的第三信号。

20. 如权利要求 18 所述的装置,其特征在于:所述信道有多个并产生所述第三信号,而且对于存在于每个信道中的所述第一宽带信号计算所述第一参数和第二参数,以便求出被认为表示每个信道中的所述第一宽带信号的偏振模式色散参数。

21. 如权利要求 18 所述的装置,其特征在于:将所述第三信号加到分光器上,以便分成具有不同偏振状态的光分量,并把每个分量发送到光电检测器,所述光电检测器发射出相应的电信号,每个信号被发送到第一计算装置,用于计算被认为表示所述第三信号偏振模式色散的所述参数。

22. 如权利要求 21 所述的装置,其特征在于:所述光分量是两个具有单独偏振的光分量。

23. 如权利要求 18 所述的装置,其特征在于:所述偏振模式色散指示参数是斯托克斯参数。

24. 如权利要求 20 所述的装置,其特征在于:所述第一宽带信号是波分复用信号,以及为每个信道定义关联的载波。

25. 如权利要求 20 所述的装置,其特征在于:在所述光混频器之前具有带通滤波器,所述带通滤波器的中心在期望计算其偏振模式色散的信道的载波上。

26. 如权利要求 20 所述的装置,其特征在于:在所述光混频器之前具有梳状滤波器,选择对其执行检测的频率。

27. 一种在通信系统中用于偏振模式色散补偿的装置,所述通信系统经由光纤传输并且包括至少一个用于第一宽带信号的传输信道,所述装置包括:

根据权利要求 18-26 之中的任一权利要求所述的、用以检测所述宽带信号的偏振模式色散指示参数的装置;以及

沿着信号路径设置的偏振模式色散补偿导频单元,其中计算出

的、被认为表示所述第一宽带信号的偏振模式色散的所述第二参数被发送到该偏振模式色散补偿导频单元，其中所述偏振模式色散补偿导频单元采用所述第二参数来提供所述补偿器的反馈控制，并将由所述偏振模式色散引起的信号失真降低到预定值以下。

28. 一种光纤通信系统，包括如权利要求 18 - 26 之中的任一权利要求所述的装置。

## 用于偏振模式色散的检测和补偿的方法和装置

### 技术领域

本发明涉及当光信号在基于光纤的链路上传播时发生的偏振模式色散(PMD)的检测和(必要时)补偿的方法和装置。本发明还涉及使用上述方法和装置的通信系统。

### 背景技术

已知 PMD 会导致在光纤链路上发送的光信号的失真和色散。其综合效应就是使光信号失真和色散。在各种偏振状态下信号中各种分量不同的时延随着传输速度的增加而更加重要。在更高数字频率(10Gbit/s 和更高)的现代基于光纤的传输系统中, PMD 效应的精确测量和补偿非常重要。

在先有技术中, 已提出了 PMD 测量和补偿的一些方法和装置来改进光传输的质量。但已知系统均不能令人满意。已知系统的一个较大的缺点就是需要采用在带外或通过未使用的光纤工作的专用 PMD 测量装置。本发明使得有可能在基于光纤的链路工作时测知所述基于光纤的链路的 PMD 数据。在具有非常宽带宽的信道的现代通信系统(例如, 对于 10Gbit/s 系统为 7 到 20GHz, 而对于 40Gbit/s 系统为 30 到 60GHz)的情况下, 甚至在信号信道的整个带宽范围内已知系统也不能给出令人满意的结果。

### 发明内容

本发明的总的目的是提出甚至在宽带信号和数个传输信道情况下 PMD 的检测和(必要时)补偿的可用方法和装置以克服上述缺点。

鉴于所述目的, 根据本发明, 试图提供一种检测光纤链路的 PMD

指示参数的方法，所述光纤链路包括至少一个信道，在所述信道中传输第一宽带光信号，所包括的步骤为：将 B 频带分为子频带；为每个子频带产生关联的第二参考光信号；为每个第二信号找到通过将所述第二信号和所述第一宽带信号或它们的一部分叠加而产生的第三光信号；在所述叠加信号差拍之后为每一个第三信号计算能表示其 PMD 的第一参数；以及处理为所有第三信号计算的第一 PMD 指示参数从而从中求出能表示第一宽带信号的 PMD 的第二参数。

另外，根据本发明，试图提供一种 PMD 补偿方法，在所述方法中，利用上述方法取得 PMD 数据并且采用计算出的并能表示宽带信号的 PMD 的第二参数来对沿所述信道路径设置的 PMD 补偿器进行反馈控制、以减小 PMD 引起的对光信号的负面影响。

根据本发明，还试图提供一种用于检测光纤链路的 PMD 指示参数的装置，所述光纤链路包括至少一个信道，在所述信道中传输具有 B 频带的第一宽带光信号，其特征在于所述装置包括：可控发生器，用来产生多个不同频率并可能具有可控偏振条件的第二参考光信号；光混频器，用来将所述第一信号的至少一部分和所述第二信号混频，以便为每个所述第二信号产生一个由所述第二信号和第一宽带信号或它们的一部分叠加而产生的第三光信号；一个或多个光检测器，用来求出取自所述第三光信号的电拍频信号或各电拍频信号；第一计算装置，用来计算每一个所述第三信号的电拍频信号或各电拍频信号，计算能表示所述 PMD 的第一参数；以及第二处理装置，用于为所有第三信号计算的第一 PMD 指示参数，以便从中求出能表示第一宽带信号的 PMD 的第二参数。

根据本发明，还试图提供一种基于光纤的传输系统中的 PMD 补偿装置，所述传输系统包括至少一个第一宽带信号的传输信道，其中，通过所述方法和装置检测宽带信号的 PMD 指示参数并且将计算出的并能表示所述第一宽带信号的 PMD 的第二参数发送到沿所述信号路径设置的 PMD 补偿单元，同时，所述导频单元采用所述第二参

数对所述补偿器进行反馈控制从而将 PMD 引起的信号失真减小到预定量以下。

最后, 根据本发明, 还试图提出一种包括上述装置和/或使用上述方法的光纤通信系统。

#### 附图说明

为了清晰地说明本发明较之先有技术的创新原理及其优点, 以下借助于附图通过应用所述原理的非限制性实例来说明本发明的可能的实施例。附图中:

图 1 示出利用根据本发明的装置的通信系统的方框图; 以及  
图 2 示出图 1 装置的一部分的方框图。

#### 具体实施方式

参阅图 1, 图 1 示出按照本发明提供的通信系统的结构, 整个系统以标号 10 来表示。所述通信系统包括通过基于光纤的链路 12 将信号发送到接收机 13 的传输系统 11。传输系统可以是一个信道或多信道, 最好是 WDM 型, 由于对本专业技术人员来说这很容易设想, 所以在此不再作图示和详细说明。这类系统通常以不低于 2.5Gbit/s 的速率工作。信号频带相应很高(在 10Gbit/s 时为 7 到 20GHz, 在 40Gbit/s 时为 30 到 60GHz)。信号格式可以是各种各样的, 例如 NRZ, RZ, CRZ, 孤立波等等。

可以沿着信号路径设置已知的 PMD 补偿器 14, 例如包括双折射元件和偏振变换装置(即旋转器和/或偏振控制器)的类型。在接收机 13 之前, 取出部分光信号, 以便借助于检测装置 15 从中得到 PMD 数据。如下所述, 检测装置 15 计算能表示信号 PMD 的参数, 将所述参数发送到补偿计算和导频级 16, 补偿计算和导频级 16 控制 PMD 补偿器 14, 以便将 PMD 引起的失真反馈降低到预定值以下。这样就提供了进行 PMD 补偿必不可少的装置 14, 15, 16。

由图 1 可见, 装置 15 有输入端 17, 装置 15 通过输入端 17 接收部分传输的信号。借助于设置在信号路径上的适当的已知光学耦合装置(未示出)、以不明显降低从接收机 13 接收到的信号功率的方式提取这部分信号。装置 15 包括可控发生器, 用来产生不同频率的多个参考光信号。如下所述, 发生器可由多个有选择地激活的激光源构成, 必要时每个激光源可调谐到一个或多个发射频率, 或者如有可能甚至由可调谐到所涉及的整个频率范围的单频率源构成。也可以从传输的偏振条件的观点来控制可控发生器。由发生器 18 按指令不时发射的光信号  $s_2$  被发送到混频器 19, 而混频器 19 还同时在输入端接收需了解其 PMD 的信号  $s_1$ 。混频器将输入的两个信号  $s_1$  和  $s_2$  混频, 用叠加法产生第三光信号  $s_3$ 。

最好, 为了避免输入到混频器的两个信号叠加时的不需要的效应, 输入到装置的宽带信号由带通滤波器 20 滤波, 以消除任何无关的频率分量。滤波器 20 可以是固定滤波器、可调谐到所需频率的可调滤波器或具有适当中心频率的梳状(多通带)滤波器。

将信号  $s_3$  发送到检测器 30, 得到  $s_1$  和  $s_2$  之间的电拍频信号或各电拍频信号, 所述电拍频信号被送到包括第一计算装置的块 21, 所述计算装置为加在输入端的每一个第三信号  $s_3$  计算能表示所分析的子频带的 PMD 的第一参数。如下所述, 检测器 30 是适合的光检测单元。将输入端 17 处宽带信号的常规 B 频带分成 n 个子频带, 子频带带宽应足够小, 以便能得出关于代表 PMD 的参数的精确信息。详细地说, 最好数量 n 满足以下关系:

$$\tau_{\max} \cdot B/n < \varepsilon$$

式中

$\tau_{\max}$  是需检测的最大微分群时延 (Differential Group Delay) (DGD),

$\varepsilon$  是以弧度表示的常数, 通常  $0 < \varepsilon < 2$ , 最好是  $0 < \varepsilon < 0.3$ 。

所述分成子频带并不是指 B 频带的滤波操作, 而是概念上分成

频率间隔。对于每个子频带，都可控制发生器产生适当频率的信号  $s_2$ ，以便产生相关信号  $s_3$ ， $s_3$  是  $s_1$  和  $s_2$  的叠加、能够对其进行光检测并可通过将远小于两个起始信号  $s_1$  和  $s_2$  的频率的一个或多个电频率信号差拍来产生。

最好选择具有这样的频率的第二信号，以便产生包括在对所有子频带基本上相同的频率间隔中的一个或多个电拍频信号。这样在混频器后的各步骤就可以始终工作在相同的所述频率间隔中，所述频率间隔的最小和最大频率比宽带信号的最小和最大频率小得多，且频带也比宽带信号的 B 频带小得多。

例如，为参考信号  $s_2$  产生的频率最好在  $\Omega_2 - B/2$  和  $\Omega_2 + B/2$  之间变化，其中  $\Omega_2$  为任何频率并且最好这样选择  $\Omega_2$ ，使得  $|\Omega_2 - \Omega_1|$  在  $B/2$  左右，其中  $\Omega_1$  为信号  $s_1$  的中心频率。

为每个子频带计算的 PMD 指示参数(此处称为  $PMD_x$ )被存储在存储器 22 中。根据为  $n$  个子频带计算的参数集  $PMD_1, PMD_2, \dots, PMD_n$ ，第二精密(elaboration)装置 23 得出能表示输入端宽带信号的 PMD 的第二参数  $PMD_T$ 。

把这样得出的  $PMD_T$  参数发送到处理和控制单元 24，处理和控制单元 24 把所述检测结果用于进一步的处理。然后，把处理结果提供给单元 16 进行 PMD 补偿。

如果传输到数个信道(例如 WDM)，就产生第三信号，且对每个信道中存在的宽带信号计算第一和第二参数，以得出能表示每个信道中第一宽带信号的 PMD 的参数。为此，发生器 18 为每个信道的每个子频带依次发射参考信号，这样一个信道一个信道地计算 PMD 指示参数。

在块 21 中对每个信号  $s_3$  的特征 PMD 参数的计算可以用各种已知方式进行。已经发现，最好以通常表示为  $S_0, S_1, S_2, S_3$  的已知斯托克斯(Stokes)参数形式来计算所述指示参数。本专业技术人员已熟知斯托克斯(Stokes)参数计算，不再作讨论。虽然有各种方法可将光

信号转换成相应的 Stokes 参数，而且这些方法在本发明中也可以使用，但发现最好是使用适当的分光器将第三信号  $s_3$  分成偏振状态不同的光分量，然后将每个分量发送到能发射相应电信号的光电检测器上。然后从检测器发射的电信号的适当组合来计算第三信号的 PMD 指示参数。

图 2 示出图 1 中块 21 的有益的可能的实施例。在此有益的实施例中，把信号  $s_3$  发送到分光器 25，分光器 25 将光信号  $s_3$  分成具有分别近于正交偏振的两个分量。每个分量发送到相应的检测器或光电二极管 26，产生两个代表两个光分量强度的电信号  $I_1(t)$  和  $I_2(t)$ ，这两个电信号被发送到第一计算装置 27，第一计算装置 27 以已知方式计算上述 Stokes 参数  $S_0$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ ，构成图 1 中块 21 的输出。

处理单元 27 以本专业技术人员已知的先有技术的方法计算 Stokes 参数。

无论每个子频带中信号的 PMD 指示参数如何计算和表示，第二计算装置 23 对原来信号的 B 频带分成的子频带的整个参数进行操作，以求出所述原来信号的第二 PMD 指示参数。已经发现，在利用中心频率取决于比特速率而带宽取决于光纤的微分群时延的带通滤波器 28 对信号  $I_1(t)$  和  $I_2(t)$  进行滤波之后再对它们进行处理较为有利。一般并作为实例，对于 10Gbit/s 的系统，中心频率可以是 7 到 25GHz，而对于 40 Gbit/s，中心频率可以是 30 到 60 GHz。

从第一参数出发求出第二参数的操作可以用本专业技术人员已知的各种途径进行。

实际上，对于 Stokes 参数，例如第二 Stokes 参数  $(S_0, S_1, S_2, S_3)_T$  可以通过适当处理从子频带中求出的  $n$  个样值来求出。

在需要给出微分群时延 (DGD) 数字时，例如，最好决定不直接处理 Stokes 参数，而是从 Stokes 参数开始计算每个子频带的 DGD，然后利用可能的策略之一（例如在取平均值的同时求所有子频带的 DGD 的平均值等）求出每个信号的值。

而且根据本发明,第二参数或可以从第二参数推想而知的 PMD 数据,可以用第一参数或可以从第一参数推想而知的 PMD 数据的平均值或最大值求出。所述各第一参数彼此比较的变化、即一个子频带到另一子频带之间第一参数的变化(不是它们的绝对值)可以认为更为有意义。因此第二参数可以是适合于表示这些变化的参数。然后就可控制补偿单元来维持这些变化或将其减小到近于零。如果第一参数是 Stokes 参数,这变成保持为每个子频带求出的 Stokes 参数或将其恢复到各子频带之间相等的状态,即,使信号的整个 B 频带的子频带中 Stokes 参数的变化平坦化。

现在已清楚,预定目的已达到。

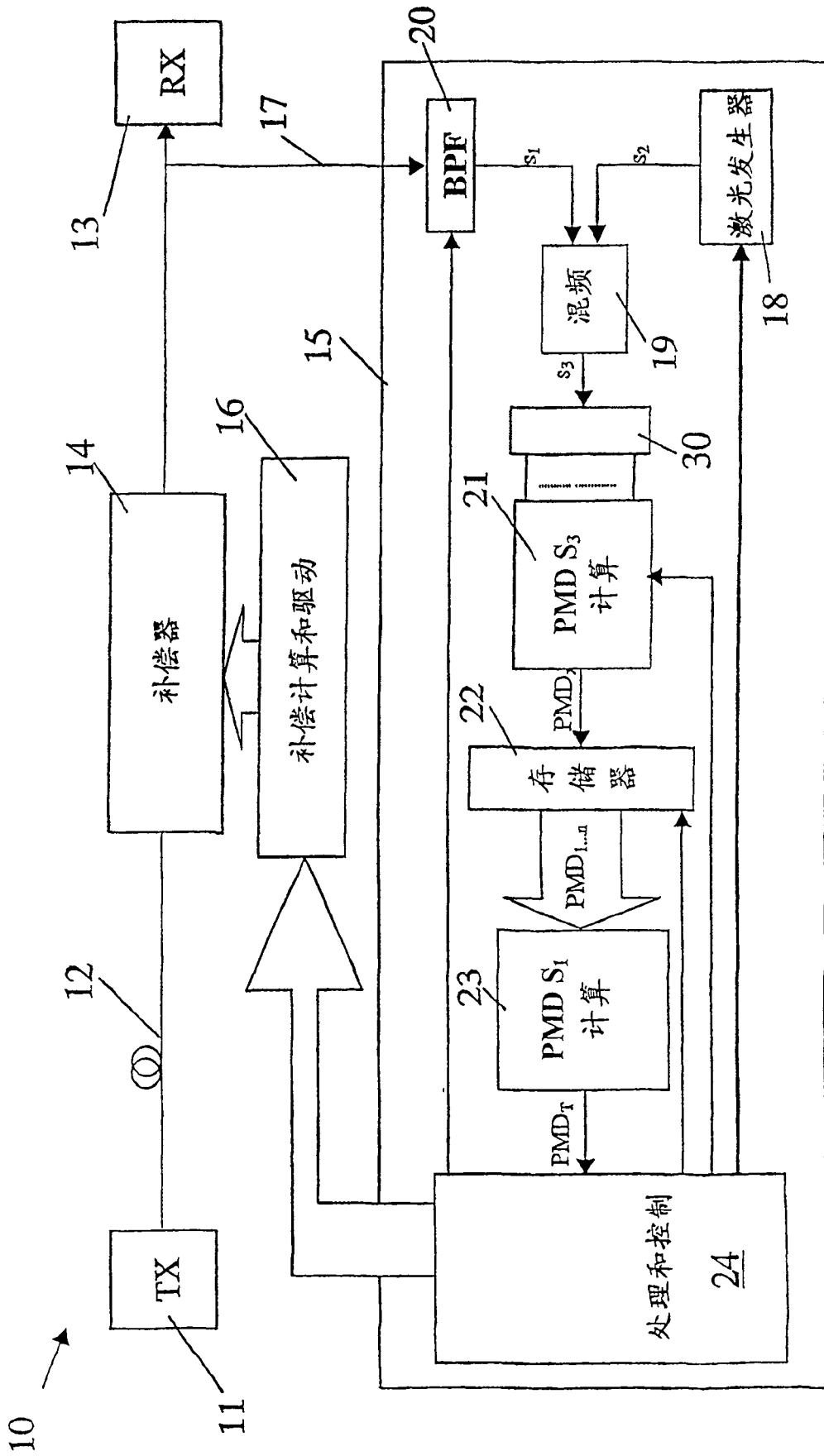
从所述信道开始,控制单元 24 命令发生器依次产生分配到信道所有子频带的信号  $s_2$ , 并命令为每个信号计算相关联的子频带的 PMD 参数。在扫描子频带后,计算特定子频带的 PMD, 然后控制单元命令发生器产生与传输系统下一个信道相关联的信号  $s_2$ 。一旦扫描完所有信道,所述操作又可从头开始。这样求出的 PMD 参数就可以用来控制传输系统的补偿。

利用本发明的方法和装置,就有可能使任何带宽的信道,任何数量的信道以及仅使用单个的装置毫无问题地工作,具有明显优势。

还应当记住,根据本发明的方法不需要将 WDM 光流分频,因此甚至可以在线地用在例如放大级或任何可经济地接入光纤而不一定接收的地方。

当然,对应用本发明的创新原理的实施例的以上描述是在所附独占权利要求的范围内作为所述原理的非限制性实例给出的。

图 1



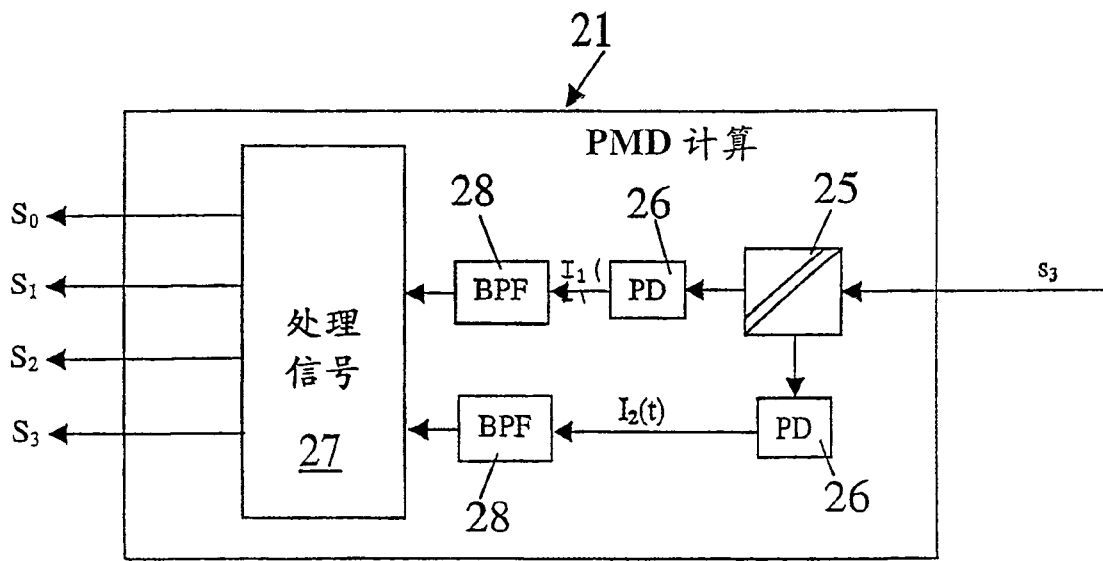


图 2