

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 10/04 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480006526.5

[43] 公开日 2006 年 5 月 3 日

[11] 公开号 CN 1768492A

[22] 申请日 2004.2.9

[21] 申请号 200480006526.5

[30] 优先权

[32] 2003.2.7 [33] US [31] 60/445,745

[86] 国际申请 PCT/US2004/003706 2004.2.9

[87] 国际公布 WO2004/073181 英 2004.8.26

[85] 进入国家阶段日期 2005.9.9

[71] 申请人 科代欧思通信股份有限公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 贾森·B·斯塔克

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 李 涛 钟 强

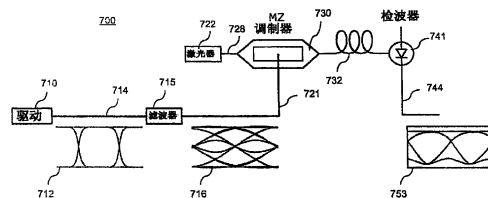
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 发明名称

滤波的三级发射机

[57] 摘要

通过滤除二进制的电力驱动信号，以产生一个跨越四个比特周期和由三个参数可以描述的单位调制脉冲，提供了一个滤波的三级发射机。该单位调制脉冲的三个参数的一个或多个被调节，以优化与一个光传输系统的性能有关的品质因数。然后，一个三级的电力驱动信号被从该单位调制脉冲中产生，用于输入给 Mach-Zehnder 调制器。该单位调制脉冲的三个参数每个被限定在半个比特周期上，并且共同地足以描述一个线路编码的传输眼图。该参数被调节，使得一个使用本发明的发射机的光传输系统被借助于设置的纯净的色散电平来优化。



1. 一种用于控制在传输系统中使用的 Mach - Zehnder 调制器的方法，该方法包括步骤：

5 滤除一个二进制的电力驱动信号以产生一个跨越四个比特周期和由三个参数可以描述的单位调制脉冲；

 调节该单位调制脉冲的三个参数的一个或多个，以优化与该传输系统的性能有关的品质因数；和

 从该单位调制脉冲中产生一个三级的电力驱动信号，用于输入给
10 该 Mach - Zehnder 调制器。

2. 根据权利要求 1 的方法，这里该三个参数每个被限定在半个比特周期上，并且共同地足以描述一个线路编码的传输眼图。

15 3. 根据权利要求 1 的方法，这里该三个参数进一步被分别地定义为 a、b 和 c，并且，对于某些 α ， η 和 ξ ，可以通过以下等式描述

$$a(t) = \frac{1-\alpha}{2} \left[1 - \sin \left((1-t) \frac{\pi}{2} \right) \right]^\eta, b(t) = \frac{1-\alpha}{2} \left[1 - \sin \left(t \frac{\pi}{2} \right) \right]^\eta, \text{ 和} \\ c(t) = \alpha [\cos(t\pi)]^\xi.$$

20

4. 根据权利要求 1 的方法，这里该调节步骤被执行，以便该传输系统的性能被以纯净的色散现象的设置电平来增强。

5. 一个发射机，包括：

25 一个用于接收二进制的电力驱动信号的输入端；

 一个用于滤除该接收的二进制的电力驱动信号以产生一个传输的滤波器，该传输具有一个大体上具有三级的单位调制脉冲，该单位脉冲在一组纯净的色散现象的值上产生优化的传输性能；和

 一个连接到该滤波器的调制器，去接收已滤波的三级电力驱动信号。
30

6. 根据权利要求 5 的发射机，进一步包括一个连接到该滤波器的控制器，用于有选择地变化该单位调制脉冲，以按照优化准则进一步增强该传输性能。

5

7. 根据权利要求 5 的发射机，这里该优化准则包括最小化在发射机性能中色散损害的不利结果。

滤波的三级发射机

5 相关申请的声明

本申请要求于 2003 年 2 月 7 日申请的，和称作“Filtered Three - Level Transmitter”的美国临时专利申请序列号 No. 60 / 445,745 的优先权的权益。

10 技术领域

本发明通常涉及光通信，尤其是涉及滤波的三级发射机。

背景技术

在光纤中信号的色散传播代表一个在光通信中重要的损害机制。贯穿光纤传送的信号由于色散现象受到脉冲畸变。这个畸变显现为在经由光纤传送的符号之间跃迁的扩大。在充足地高电平色散上，出现符号间干扰(“ISI”)，这里在该接收机上某时测量的该符号是受在其他时候存在的符号的影响。这个结果可以增加传输的误码率并且削弱性能。

20 光纤通信系统传统上使用通断键控(“OOK”)作为选择的线路编码，优选的用于其简明的实施例。这个二进制的线路编码发送一个单位振幅的脉冲，去表示一个标记，和没有脉冲去表示一个空白。在该接收机上，该信号是由光电检测器测量的。这种方法称作强度调制直接检测(“IM - DD”)，使用光纤提供建立传输链路最简单的方法。使用 OOK
25 IM - DD 启动的该光信号可以在 Mach - Zehnder (“MZ”)调制器中产生。该 MZ 调制器将一个幅度和相位调制施加到入射的连续波(“CW”)光上。

因此，本发明的一个目的是降低与色散的光传播有关的该不利结果。

发明内容

通过滤除二进制的电力驱动信号，以产生一个跨越四个比特周期和由三个参数可以描述的单位调制脉冲，提供了一个滤波的三级发射机。该单位调制脉冲的三个参数的一个或多个被调节，以优化与一个光传输系统的性能有关的品质因数。然后，一个三级的电力驱动信号被从该单位调制脉冲中产生，用于输入给 Mach - Zehnder 调制器。该单位调制脉冲的三个参数每个被限定在半个比特周期上，并且共同地足以描述一个线路编码的传输眼图。该参数被调节，使得一个使用本发明的发射机的光传输系统被借助于设置的纯净的色散等级来优化，从而降低色散的光传播的不利结果。

在一个本发明说明性的实施例中，一个发明的发射机利用供滤除接收的二进制的电力驱动信号的滤波器，以产生具有大体上三级的单位调制脉冲的传输。一个调制器被连接到该滤波器，使得该单位脉冲在一组纯净的色散值上产生优化的传输性能。

附图说明

图 1 是一个具有替换的空间反转线路编码的有限空间机制简化的绘图；

图 2 示出一个按照本发明由滤波产生的电力驱动信号和符号间干扰的三级方面的采样眼图；

图 3 示出一个按照本发明的采样眼图，其举例说明在眼睛跟踪和单位调制脉冲分量之间的连接关系；

图 4 描述一个按照本发明用于新颖的四个周期三个参数编码方案的单位调制脉冲；

图 5 示出一个按照本发明的说明性的单位脉冲；

图 6 是示出按照本发明的用于优化线路码的采样离散性能；和

图 7 示出一个说明性的方案，其便于实践本发明的滤波的三级发射机。

具体实施方式

广义化的发射机可以表示为一个输入数据流、继之以一个线路编码器，和一个产生输出数据流的调制器。在这种情况下，该输入数据流 a_k 是取自该二进制输入字母 $A = \{0,1\}$ 。对于在该序列 $\{a_k\}$ 中输入符号 a 的每个例子，对于某些 i

$$a = \alpha_i \in A \quad (1)$$

这个输入数据流是通过线路编码处理的，以产生一个输出序列 $\{b_k\}$ ，这里输出符号 b 的每个例子取自于输出字母 B 。

该输出字母应该是二进制的 $B = \{0,1\}$ 。对于在该序列 $\{b_k\}$ 中输出符号 b 的每个例子，对于某些 j

$$b = \beta_j \in B \quad (2)$$

该线路码 L 按照

$$\{b_k\} = L(\{a_k\}) \quad (3)$$

将输出连接到输入，这里 $\{a_k\}$ 和 $\{b_k\}$ 分别是该输入和输出序列。对于每个输入比特正好有一个输出符号。在该接收机上，一个信息比特将被根据每个传送的符号来确定，在这里考虑到单位速率产生该线路码。

宽广类别的线路码是通过有限状态机(“FSM”)的演化来描述的。对于在该 FSM 中的每个状态，每个输入符号将会引起一个到该 FSM 的另一个状态的跃迁。在每个跃迁之上，产生一个输出符号。以这种方法，该输入符号序列在该 FSM 中产生跃迁，同样地，产生一个输出序列。通常，该输出符号将不仅仅依赖于该输入符号，而是依赖于该输入序列的整个早先的历史记录。明确地，

$$b_n = L(\{a_k, k \leq n\}) \quad (4)$$

该相关的转换矩阵连接初始状态和输入符号到最终状态和输出符号，整个地定义该 FSM，和该相关的线路码。

一个示范的替换的空间反转(“AST”)FSM 在图 1 中描述。如所示，在那里，在状态 0 开始，一个输入 0 随着输出脉冲- p 的发射导致跃迁

到状态 1，输入 1 随着输出脉冲 p 的发射导致跃迁回到状态 0。在状态 1 开始，一个输入 0 随着输出脉冲 p 发射导致跃迁到状态 0，输入 1 随着输出脉冲 $-p$ 的发射导致跃迁回到状态 1。

5 该编码的输出是通过将该幅度 $\{b_k\}$ 施加到单位调制脉冲 $p(t)$ 产生的，使得

$$V(t) = \sum_k b_k p(t - kT_0) \quad (5)$$

这里 T_0 是该时钟周期。该单位调制脉冲是通过使用一个优化的滤波器滤除电子驱动电路的输出产生的。按照本发明的原理，通过设计该滤波器去产生一个优化的调制脉冲形状，在色散传播之下获得很大的好处。

15 该结果信号被施加于一个光调制器，这里该电信号被转换为一个光传输。该电压信号 $V(t)$ 被施加于 Mach - Zehnder 光调制器，使得该光场包络输出是

$$e_{Tx}(t) = E_0 \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot V(t)\right) \quad (6)$$

这里 E_0 是该场幅度。

20 重要的是，在本发明的色散容许线路码的结构中保持一组用于与现有的传输实际相容性的限制条件。第一个限制条件是，该信号是使用标准 IM - DD 单个阈值鉴别接收机可接受的。这个限制条件的观察结果提供与当前采用的接收机一致的传输。第二个限制条件是，该码使用 ASI FSM，用于编码调制幅度。

25 该 ASI FSM 的使用允许一组线路码(在这里称为“ASI 码”)是通过指定该单位调制脉冲来定义的。所希望的是，使用尽可能少的参数去描述这个重要的调制功能的配置。因此，一个新颖类别的四个比特周期、三个参数(“4P3P”)单位调制脉冲被阐明。按照本发明，这些单位脉冲是可以通过滤除标准二进制电力驱动电路的输出来产生的。四个
30 比特周期的选择是通过该观察结果启发的，即，典型地，ISI 在该传输

眼图中产生最多 16 个单独的轨迹。在图 2 中示出一个样值传输眼图，其与该 ISI 一起举例说明该电力驱动信号的三级的方面，该 ISI 由滤波产生。如所示，在任何情况下，对应于经由 ISI 提供的该四个单位脉冲，该字段存在 16 个不同的值。

5

朝着构成该类别的 4P3P 调制脉冲的方向的第一步是注意到，在线路编码的传输的眼图内存在固有的结构。如在图 3 的左上四分之一所示，轨迹的集合可以通过识别三个函数 a、b 和 c 与彼此有关。这些函数被在图 3 的插图部分中描述，并且足以完全地描述该眼图，由此描述该传输。

10

任何具有这样一个眼图的传输可以使用该 ASI FSM、三个函数 a、b 和 c 以及指向检测来表示。就这些组成的函数而言，该相应的 4P3P 单位调制脉冲可以被如在图 4 中举例说明的来表示。如所示，该 4P3P 脉冲跨越四个比特周期，建立该眼图，和与该 ASI FSM 一起定义常规类别的线路码。函数 a、b 和 c 和其时间反向的交易对方(由在条形图上表示的)每个被在二分之一比特周期上定义，并且共同地定义该单位脉冲。在这组线路码上的优化传输产生具有增强的性能的信号组。按照本发明的原理，该优化的信号是通过滤除电力驱动电路的输出来产生的。

15

20

当存在以下等式的时候，该单位脉冲将是连续的

$$\begin{aligned} a(1/2) &= b(1/2) \\ c(1/2) &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

25

$$2 \cdot b(0) = 1 - c(0)$$

并且当存在以下等式的时候，将具有连续的导数

$$\begin{aligned} a'(1/2) &= -b'(1/2) \\ c'(0) &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

30

用于在图 2 中示出的该眼图的该参数是

$$a(t) = \frac{1-\alpha}{2} \left[1 - \sin \left((1-t) \frac{\pi}{2} \right) \right]^\eta, b(t) = \frac{1-\alpha}{2} \left[1 - \sin \left(t \frac{\pi}{2} \right) \right]^\eta, \text{ 和}$$

$c(t) = \alpha [\cos(t\pi)]^\xi$, 并且 $\alpha=0.1628$, $\xi=1.1482$ 和 $\eta=1.0532$ 。在构成该 4P3P 单位调制脉冲的过程中, 仅仅被定义用于 $0 \leq t \leq \frac{1}{2}$ 的该分量信号 a、b 和 c 被按照如图 4 所示的定义转换为每个半个比特周期。

5

一个采样单位脉冲被在图 5 中示出。在那里, 该脉冲比特周期从具有单位持续时间的时间 $t = -0.5$ 开始。该单位脉冲是以一个比特周期的末端为中心。

10

在该 4P3P 单位调制脉冲上优化代表一种用于使用色散现象容许的线路码优化传输实用的方法。如上所述, 该结果调制单位脉冲是通过从该电力驱动电路的输出脉冲中滤波获得的。从而在有色散现象的情况下在一个可以更容易地制造的实施例中实现优化的性能。

15

如上所述的该技术适用于相对于许多不同准则的优化。在任何一种情况下, 一个品质因数被基于传输性能的某个准则来计算。在一个获得最优值以前, 该 4P3P 调制的三个参数被调节。通过建立该品质因数去代表所考虑的该系统的重要的性能方面, 线路码可以适合于满足该系统设计者的特定的需要。

20

对于不需要放大的传输系统的应用, 该接收灵敏度可以被确定, 并且该调制被以给定的纯净的色散现象对于性能进行优化。在背对背的眼睛形状是临界的系统中, 眼睛不对称性的测量可以被结合进该最优化品质因数中, 以便同时地优化通过最小化眼睛对称性需求约束的色散现象。

25

作为一个例子, 一个具有值得注意的纯净的色散现象需求的光学地放大的系统被考虑。所考虑的该品质因数是需要在纯净的色散现象的窗口内的任何地方, 获得一个给定的阈值比特误差率(“BER”)的光信号对噪声比(“OSNR”)。假定在该接收机中有微不足道的热噪声, 该

30

OSNR 灵敏度被计算。另外，该噪声特性被模拟为假定信号自然产生的噪声支配该错误统计数值。该系统将被认为是在单个信道背景下允许线性的光信号传播。

5 需要考虑的事项是给出一个最大的色散 $D_{\max}$ ，并且确定所有的 3 个分量参数的组， $p_{\Delta} = \{a_{\Delta}, b_{\Delta}, c_{\Delta}\}$ ，使得在 $D = 0$ 和 $D = D_{\max}$ 之间以 dB 测量的 OSNR 灵敏度的比是

$$10 \cdot \log_{10} (S(p_{\Delta}, D_{\max}, BER)) / S(p_{\Delta}, 0, BER) = \Delta dB \quad (9)$$

10 该优化参数 $p(\Delta, D_{\max}, BER)$ 被确定，使得 $S(p(\Delta, D_{\max}, BER), D_{\max}, BER) = \min_{p_{\Delta}} (S(p_{\Delta}, D_{\max}, BER))$ ，这里 p_{Δ} 是按照等式(9)定义的。这种方法通过对于每个数值集合 $\{\Delta, D_{\max}, BER\}$ 的脉冲参数 $p(\Delta, D_{\max}, BER)$ 定义，产生一个优化的单位脉冲。

15 该优化的码证明了这种技术的好处，如图 6 对于一个示范的 10 Gb / s 传输系统所示。当色散增加时，标准 OOK 调制在 OSNR 灵敏度方面产生很大的不利结果。对于在 $D = 0$ 上很小的耗费 0.25 dB，该 OSNR 不利结果可以被降低，使得其在 $D = 2400$ ps / nm 上仅仅是 2.0 dB。对于在 $D = 0$ 上的耗费 1.0dB，在 $D = 2400$ ps / nm 上的该 OSNR 不利结果可以被降低为 0.25 dB。这些被借助于从如上所述的该优化过程确定的滤波器来优化。该滤波器在 $D = 2400$ ps / nm 上产生可能达到最好的性能，相对于 $D = 0$ 给出期望的差动。

20

25 现在转到图 7，在那里示出一个说明性的方案，其便于实践本发明的滤波的三级发射机。电子驱动电路 710 在线路 714 上产生一个二进制信号输出信号。由该电子驱动电路 710 输出的典型的波形是由参考数字 712 表示的。一个优化的三级的滤波器 715 将在线路 714 上接收的该接收的二进制信号转换为三级的信号。一个具有由该优化的三级的滤波器 715 产生的三级的说明性的波形被在图 3 中示出，并且由参考数字 716 表示。MZ 调制器 730 被连接去在线路 721 上接收该三级的信号，并且在线路 728 上接收 CW 激光，如所示。MZ 调制器 730

30

将该三级的信号施加给来自激光器 722 的 CW 激光，从而产生色散容
许的传输。MZ 调制器 730 输出该传输进光学线路 732 中(其可以包括
放大)，其由 IM - DD 检波器 741 接收。IM - DD 检波器在线路 744 上
产生一个相应的二进制输出信号。一个说明性的输出信号被在图 3 中
5 由参考数字 753 表示。

本发明其他的特点被包含在下述的权利要求中。

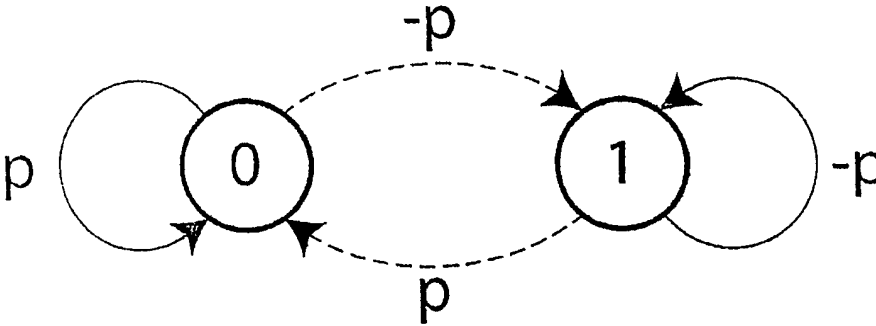


图1

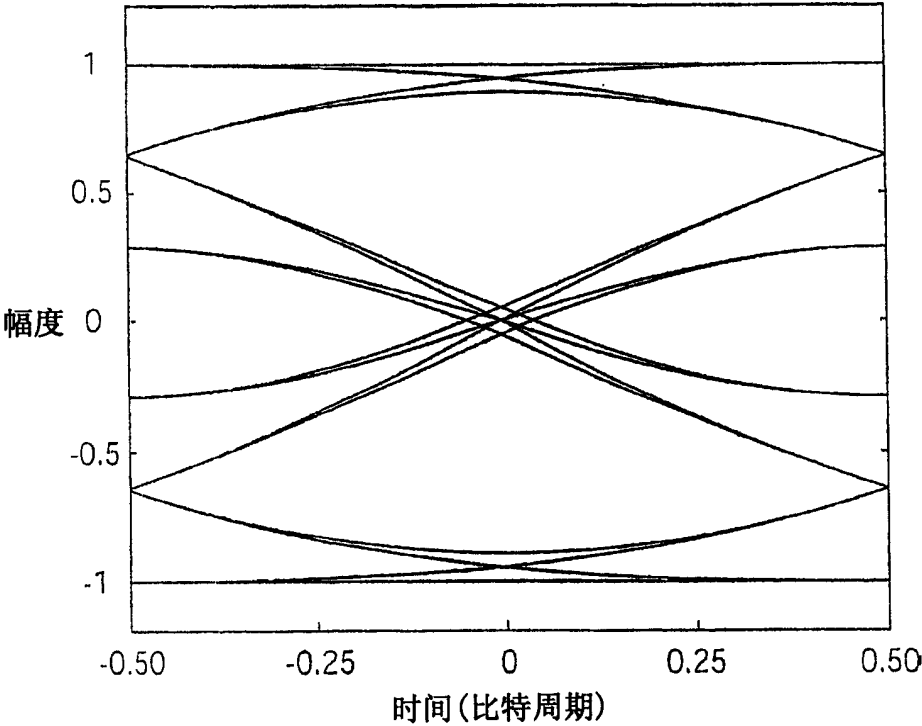


图2

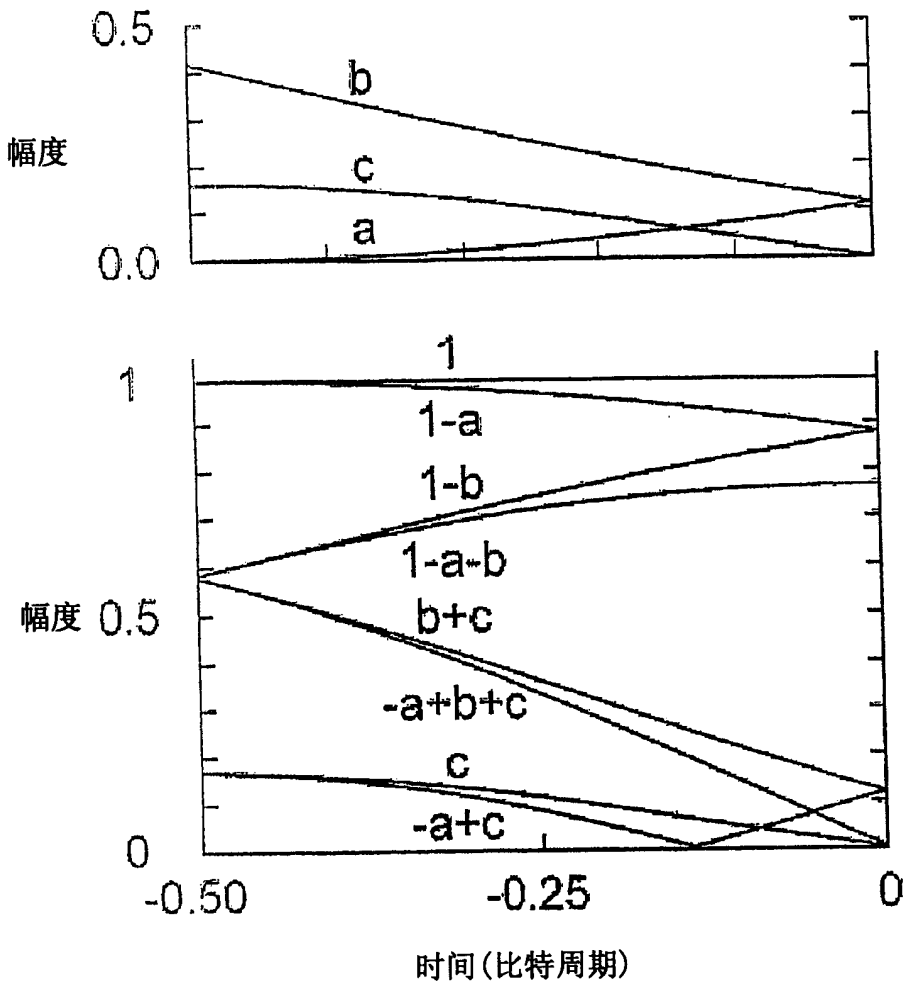


图3

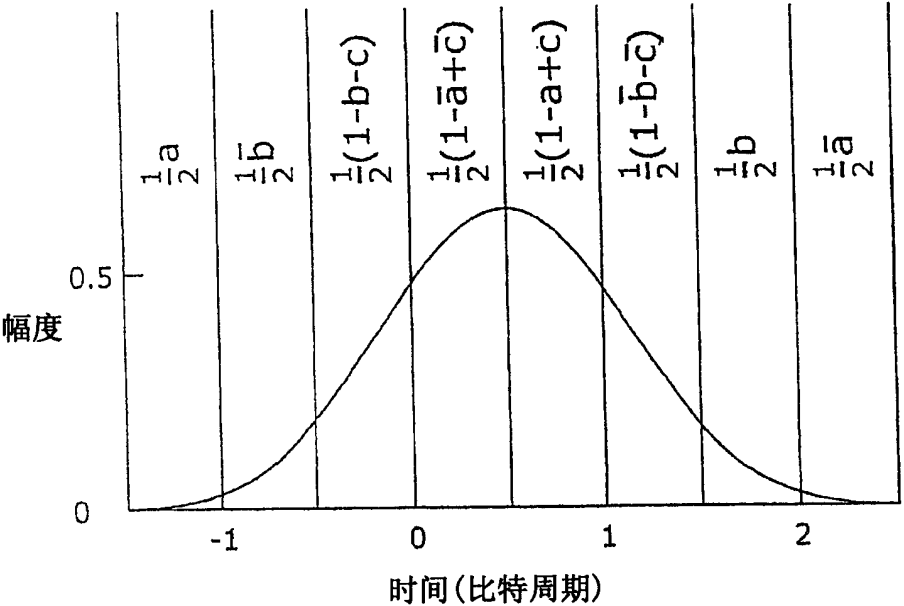


图4

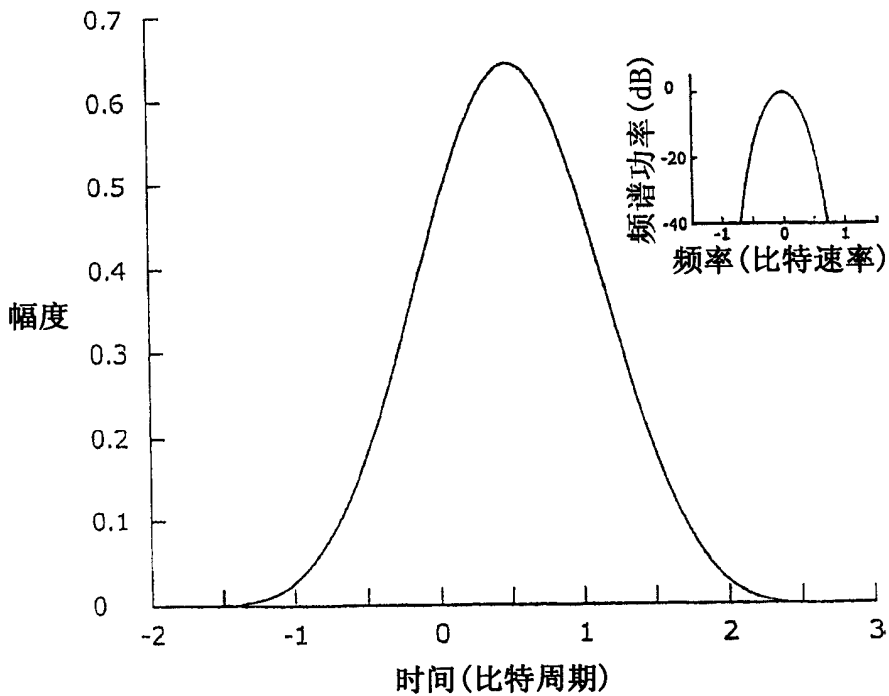


图5

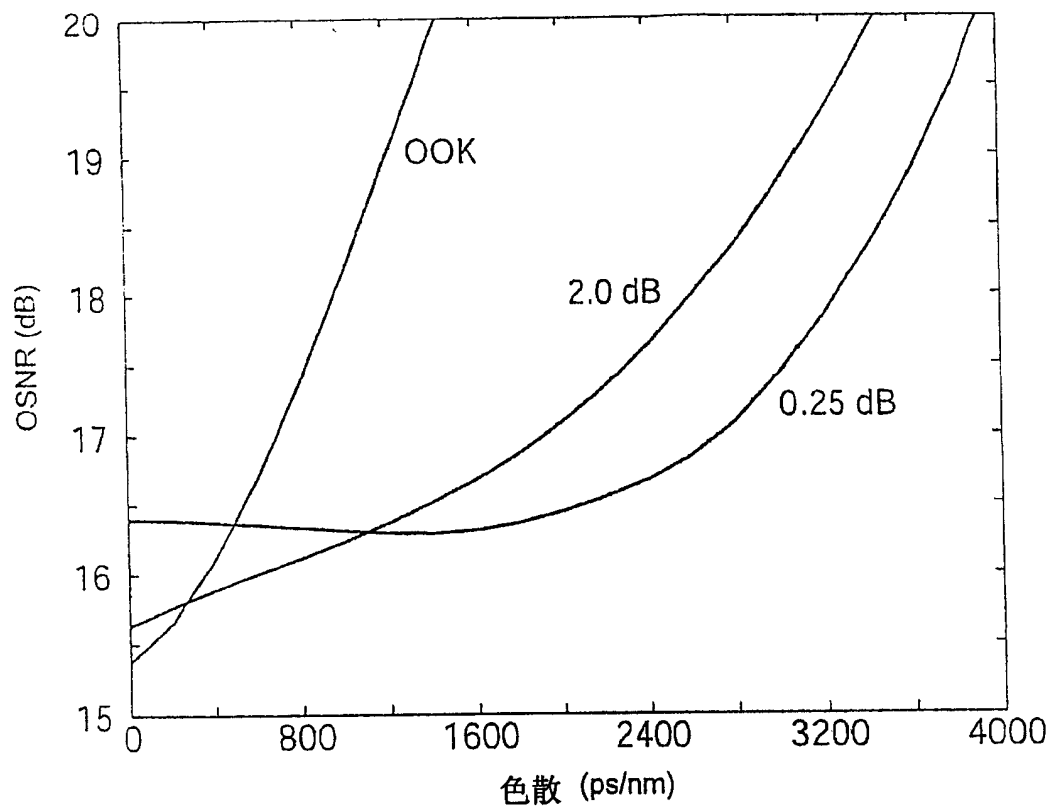


图6

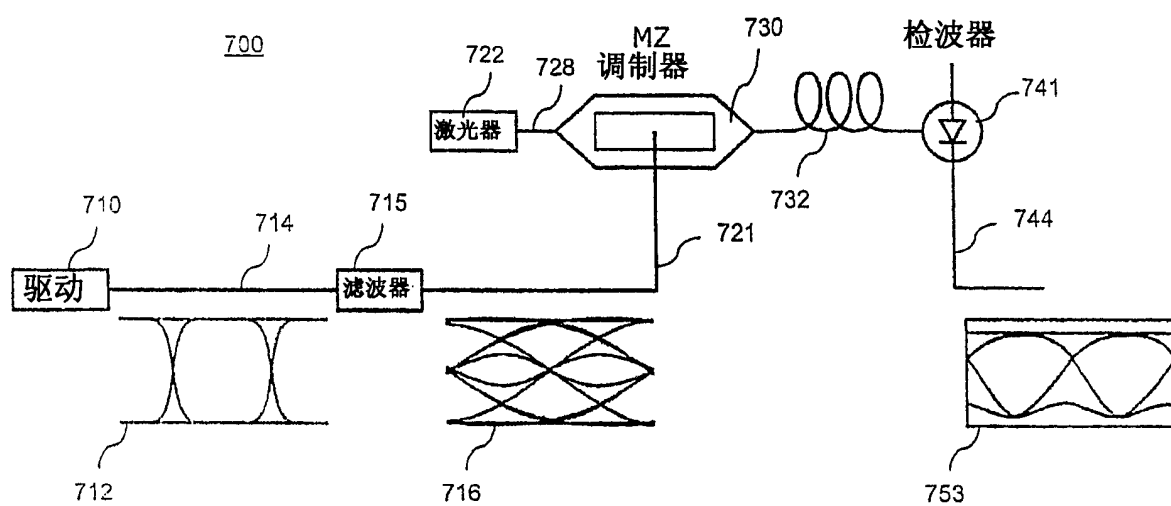


图7