



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96112466.0

[43] 授权公告日 2003 年 3 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1103150C

[22] 申请日 1996.10.23 [21] 申请号 96112466.0

[30] 优先权

[32] 1995.10.26 [33] US [31] 548537

[71] 专利权人 美国电报电话公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 韦尼·哈维·诺克斯

马丁·C·努斯

审查员 葛 源

[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

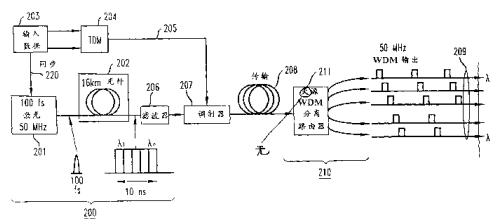
代理人 李德山

权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 12 页

[54] 发明名称 光学多波长通信系统和方法

[57] 摘要

一种设备和方法，通过一个单光学宽带源产生许多独立光学波长信道以提供光学多波长信道。一种光学发送器，包括一个脉冲线性调频设备，以在时域中分离周期性光脉冲的频率成分，形成由高速宽带光学调制器单独调制的独立波长信道。一种接收器，包括一个无源分离器以分离单个波长信道。线性调频脉冲发送器能通过调制信道频谱方便地调整以提供最优化的波长信道重叠。



1、一种光学多波长设备(200),其特征在于:

一个光学色散器(202),用于以第一速率接收短光脉冲,并形成一系列线性调频光脉冲,每一个这样的线性调频光脉冲在多个时间段上延伸,每个时间段与一个不同的光学波长信道相关联;以及

一个光学调制器(207),通过使用一个运行在大于等于所述第一速率的第二速率的数据信号,编码线性调频光学脉冲中选出的几个脉冲中一个或多个时间段上的光学波长信道,形成一编码光学信号。

2、权利要求1中所述的光学多波长设备,其特征在于:数据信号是一个时分复用信号,并且编码光学信号是一个编码时分复用光学信号。

3、权利要求1中的光学多波长设备,其特征在于:光学调制器(207)使用一个运行在第二速率的数据信号,该第二速率大于或等于所述第一速率乘以光学波长信道数量。

4、权利要求1中的光学多波长设备,其特征在于:光学调制器(207)使用一个运行在第二速率的数据信号,第二速率大于或等于所述第一速率乘以光学波长信道数量的两倍。

5、权利要求1中的光学多波长设备,其特征在于:光学色散器(202)接收短光脉冲,所述短光脉冲的脉冲宽度小于或等于第二速率的倒数。

6、权利要求5中的光学多波长设备,其特征在于:光学色散器是一个光学棱镜。

7、权利要求1中的光学多波长设备,其特征在于:光学色散器是一个单模色散光纤。

8、权利要求1中的光学多波长设备,其特征在于:光学色散器是一个光纤光栅。

9、权利要求1中的光学多波长设备,其特征进一步在于:

一个连接到光学色散器输出的频率相关的滤波器,以均衡所有光学波长信道的功率频谱。

10、权利要求9中的光学多波长设备,其特征在于:频率相关滤

波器是一个清除包层的光纤光栅。

1 1、权利要求9中的光学多波长设备，其特征在于：频率相关滤波器是一个多层干扰滤波器。

1 2、权利要求1中的光学多波长设备，其特征在于：该光学多波长设备(200)仅选用相间的线性调频光脉冲进行编码。

1 3、权利要求1中的光学多波长设备，其特征在于：该光学多波长设备(200)选用每一个线性调频光脉冲进行编码。

1 4、权利要求1中的光学多波长设备，其特征在于：光学调制器(207)在多个时间段中每一个的第一部分期间，编码至少一个波长信道，并且在多个时间段中每一个的第二部分期间，不编码至少一个波长信道。

1 5、权利要求1中的光学多波长设备，其特征在于：光学调制器(207)使用一个为模拟信号的数据信号。

1 6、权利要求1中的光学多波长设备，其特征在于：光学调制器(207)响应于一个具有预定振幅特性的输入模拟信号，产生一个基本上等幅的编码光信号，其中该预定振幅特性由所述光学调制器调制。

1 7、一种光学多波长设备，其特征在于：权利要求1中的多波长设备被用以通过光学介质传输编码光信号，其进一步特征在于：

一个多波长接收器，以将光信号去复用成多个已调光波长信道。

18、权利要求17中的光学多波长通信系统，其特征在于：多波长接收器是一个无源WDM路由器。

19、权利要求17中的光学多波长通信系统，其特征在于：多波长接收器是一个波导光栅路由器。

20、权利要求17中的光学多波长通信系统，其特征在于：多波长接收器是一个折射光栅。

21、权利要求17中的光学多波长通信系统，其特征在于：多波长接收器是一个干扰滤波器组。

22、权利要求17中的光学多波长通信系统，进一步特征在于：

一个连接到光学调制器输出的相位检测电路，以检测已调光学波长信道的信号相位，并响应于此产生一个控制信号；以及

一个移相电路，以响应所述的控制信号，控制数据信号时间段内的光学波长信道的调整。

2 3、权利要求 1 7 中的光学多波长通信系统，其特征在于：

在所述的多波长设备中，选择相间的线性光脉冲编码并与未编码线性光脉冲一起经过光学介质传送，以及

所述的多波长接收器包括

一个选择性去复用器，以选择一个或多个已调光学波长信道进行解码，和

一个光学调制器以将数据信号调制到一个或多个未编码线性光脉冲光学波长信道上，在所述多波长设备上传输。

2 4、权利要求 2 3 中的光学多波长通信系统，其特征在于：第一光学介质用于传输至所述的多波长接收器，第二光学介质用于传输至所述的多波长设备。

2 5、权利要求 2 3 中的光学多波长通信系统，其特征在于：所述的多波长设备包括个接收器，用于从所述多波长接收器发送的所述一个或多个已调光学波长信道中选择至少一个，进行解码。

2 6、一种运行一光学多波长通信系统的方法，其特征在于以下步骤：

以第一速率接收短光脉冲，并形成一系列具有多个时间段的线性调频光脉冲，每一时间段与一个不同的光学波长信道相关联；

通过使用一个运行大于或等于所述第一速率的第二速率的数据信号，编码从线性光脉冲序列中选出的一些脉冲的一个或多个时间段上的光学波长信道；

在一个光学介质上发送所得的编码光学信号，和

通过该光学介质接收并将编码光学信号去复用成多个已调光学波长信道。

2 7、一种形成光学多波长信号的方法，其特征在于下述步骤：

以第一速率接收短光脉冲，并形成一系列线性光脉冲，每一个线性调频光脉冲在多个时间段上延伸，每一时间段与一个不同的光学波长信道相关联，并且

通过使用一个运行在大于或等于所述第一速率的第二种速率的数据信号，编码从线性光脉冲序列中选出的一些脉冲的一个或多个时间段的光学波长信道，以形成编码光学信号。

光学多波长通信系统和方法

本发明涉及到光通信系统的改进，具体涉及多波长光通信系统。

光通信系统的传输容量目前受限于光源调制带宽、色散和非线性传播效应。尽管光纤拥有很宽的光波带宽（10—20 THz），以典型的单能通信方式，使用例如波长调谐分布反馈（DFB）激光之类的传统光源，通过光纤传输的单路通信系统的系统数据传输速率目前受限在2.5 G比特每秒。波分多路复用（WDM）通过在多个不同波长的光载波信号上同时传输数据来增加光学系统容量。总的系统容量随不同波长信道数而增加。WDM的另一优点是适用于单点到多点通信系统，如光纤到户系统。在这种情况下，改进的功率分配方案，安全性，可升级性，业务灵活性和较低的元件速率要求使WDM比时分多路复用（TDM）点对点链路更吸引人。

此中所用的专用词汇“WDM”系统通常是指可在多个波长信道上传输数据的系统。其它系统可以使用调谐到不同的波长的，而后合并在一起并予以传输的一些单独的光调制源。

现有技术的WDM系统在多个信道上传送数据，因此通常每个信道都具有一个单独的光调制源，例如，一组激光二极管可能以这样的方式使用：每个激光二极管调谐到一个不同的频率并进行单独调制。激光频率通常均匀间隔，使用光耦合器将之合并，通过光纤进行传输。在光纤的另一端，使用某种设备分离波长信道，每个波长信道通常使用一个独立的光波接收器。

尽管通过WDM方法，光纤通信方案可以获得实际上更宽的带宽，现有的WDM却遇到了许多技术难题，目前，WDM系统还未能大量市场应用例如光纤分布到户系统中得到商业性使用。例如，WDM本应是最经济的大数量信道系统，（32—64或甚至是128个信道），但现有的多信道激光二极管却难以产生哪怕是8信道的可接受的输出。另外，目前所用的无源WDM分离设备在传输频带信道上

温度变化大,因而要求多信道源具有连续可调谐性,这仍未得到实现。当前 WDM 系统实现上的组装和复杂性产生困难描述了目前 WDM 系统存在的严重问题。这些复杂性和产生问题大大增加了 WDM 的实际耗费。

因此,尽管 WDM 在增加光网络的容量和透明性上提出了一个简洁的解决方案,目前设想的光纤分布网络上的 WDM 却无法与简单的点对点方案(每个用户一根光缆)形成价格上的竞争,需要提出更为经济的方案。对光纤到户光通信系统而言,可低耗费将光信号送入住宅和从住宅中输出光信号是个挑战性的难题。尽管数据流的时域多路复用(TDM)也是另一个增加传输容量的方法,人们却并不希望以昂贵的高频电气元件构造一个在将来难以升级的专用网络。例如,为了将 50M 比特每秒的数据送入一所房子,一个 32 信道系统需要发送器,路由器,放大器,接收器和调制解调器,这些元件必须具有 1.5G 比特每秒以上的容量。不值得在每所房子里布置那么昂贵的现有技术水平的元件。另外,人们希望在野外和住宅拥有相同数量的透明和无源系统,也就是说,行频独立并且不需要任何电气能源。除了本地接入所需的低数据率系统(50—155MHz),高数据率系统(622MHz—2.5G 比特/秒)也能从 WDM 中获益。在该情况下,相似的难题是难以获取具有足够信道调谐,稳定性和调制带宽的多频源。

以上已经很明了,存在着对能发送大量光信道的高效经济的 WDM 系统的持续要求。

本发明描述了在波长复用通信系统中,使用单个高速单路调制器单独调制线性调频电脉冲的每一波长。从而消除每个调制器用于每一波长的使用大阵列调制器所带来的问题。

更具体地说,本发明提供了一种带有光色散器的光波长设备,用以接收第一种速率的短光脉冲,而后产生一系列线性光脉冲,每个线性光脉冲占据多个时间段,每个时间段与一个不同的光波长信道相关联。通过一个以第二种速率发送的数据信号,光调制器将线性光脉冲序列中选中的脉冲的一个或多个时间段的光波长信道编码,形成

编码光波信号。上述第二种速率大于等于所述的第一种速率。在一个实施例中,光调制器也响应由光调制器所调制的具有预定义(例如正弦)振幅或相位特征的模拟信号输入,产生一个实际上等幅或等相的编码光信号。

一种多波长光通信系统由该多波长设备和一个多波长接收器组成,后者用以将接收到的编码光信号去复用成多个已调光波长信道。

另一实施例提供了一个双工光通信系统,其中选用相同的线性光脉冲在发射端进行编码,并且与未编码的线性光脉冲一起送往接收端,接收端对它们进行编码并送回发送端。另一种做法是:发送到接收端的线性光脉冲的多个时间段可被划分成至少两部分,一部分至少有一个光波长信道在发送端编码,另一部分拥有的本编码光波长信道在接收端编码并送回发送端。

在附图中,

图 1(a)是示例性的锁模激光脉冲的频谱。

图 1(b)是图 1(a)中锁模脉冲频谱的示例性的一部分的更详尽的视图,显示了包含单个 WDM 信道的多个纵向空腔谐振模。

图 2 是依照本发明的一个示例情况线性脉冲波分复用传输系统的框图。

图 3(a)示出了短光脉冲输入序列。

图 3(b)示出了短光脉冲在经过线性调频滤波器后,是如何被拉伸和重新整形的,以及单个数据比特被 TDM 编码成线性调频脉冲的方法。

图 4(a)示出了光脉冲的与时间相关的频率,并标明了单个 TDM 比特位位置。

图 4(b)示出了光脉冲的与时间相关的频率,并标明了单个 TDM 比特位位置。

图 5 示出了依照本发明,一种线性脉冲 WDM 系统的理想多信道滤波器的传输频谱。

图 6(a)是依照本发明的一种波导栅格路由器。

图 6(b)示出了例如波导栅格路由器之类的多波长滤波器的传

输频谱,显示了一个周期性的波长通带频谱。只有中央信道应由 WDM 系统支持。

图 6(c)示出了落在指定光信道区域之外的源信道能由 TDM 空置信道编码零来删除。

图 7 示出了依照本发明,不等信道间隔的 WDM 分离设备如何通过时移单个数据比特得到使用。

图 8 示出了依照本发明,一种 WDM 本地接入的示例性光学网络的框图。

图 9 示出了使用锁模激光的反馈环路,将 TDM 数据源和锁模激光同步的装置的示例性框图。

图 10 示出了通过波长路由器的反馈实现多信道调谐的进一步锁定方案的示例性框图。

图 11 示出了一种环形网络体系结构,其中多信道 WDM 用以传送大量信道(16, 32, 64 或 128),并且允许回送和双向通信。

图 12(a)到图 12(f)示出了除使用数字数据信号之外,使用模拟信号以均衡锁模光源的波长频谱的例示性波形。

图 13(a)示出了产生线性调频脉冲序列的光纤光栅集。

图 13(b)示出了线性调频脉冲序列的 TDM 编码。

在以下描述中,每一示图中的每一项或每一块都有一个相关的参考标号,标号的第一个数字指明该标号第一次出现的那张示图(例如,101 出现在图 1 中)。

本发明提出了一种广泛适用于许多应用的单源光学多波长发射和接收系统。本发明使宽带 WDM 系统不用需要多个光源,而仅仅使用单个宽带光调制器,通过 WDM 路由器元件分离本系统中的数据流,从而提供一种简单有效的频道调谐标准方式。图 1(a)示出了一个示例性的短光脉冲频谱,短脉冲光信号具有一个由不定关系所需的大的光带宽 101。在一个优选实施例中,信号源是由锁模激光源(如图 2 的 201)按下行数据率所确定的重复率产生的 50—100fs 脉冲。该激光的重复率由适合于该应用的下行数据率所决定。对本地接入应用,速率可能是,例如,50MHz。

那样的一个脉冲有大约 5THz ($5 \times 10^{12}\text{Hz}$) 带宽 101, 足以支持多达 50 个 100GHz 信道间隔 102 的数据信道, 图 1(b) 示出了图 1(a) 中一个信道的放大的脉冲频谱视图。纵模间隔 103 等同于例示实施例中的 50MHz 的重复率。典型的 WDM 信道间隔在 $100\text{—}200\text{GHz}$ 之间, 因而每一个 WDM 含有几千条纵模。为此, 锁模激光作为一个“连续区间”光源, 以许多纵模填充每一 WDM 信道, 每一纵模并不一定要“锁”在 WDM 信道频率内。这是 WDM 发射器非常需要的特性。我们注意到 WDM 信道指定是等频率间隔的, 如 100 或 200GHz 。既然波长和频率有着倒数关系, 各信道的波长并不精确相等。超过 50nm 带宽, 假定的等波长间隔所带来的误差很小, 因而我们在方便时使用其中任意一个。

图 2 示出了一个包括发射器 200 和接收器 210 的线性调频脉冲 WDM 系统。从激光 201 来的一个短光脉冲经过色散器 202 得到线性调频调制。该色散器可以是一个标准的电信光纤, 例如长度约在 $1\text{—}20\text{KM}$, 仔细选定的色散参数 D 的单节点光纤。线性调频脉冲的脉冲宽度在 $1\text{—}20\text{ns}$ 之间, 这取决于初始源带宽和伸展光纤的色散长度成分。例如, AT&T5D 电信光纤的色散参数 D 是 $17\text{PS}/\text{nm—KM}$ 。可以认为该线性调频脉冲含有一系列波长逐步增长(或递减, 这取决于色散符号)的脉冲。也可以选用频率相关滤波器 206(如清除包层光纤光栅或多层干扰滤波器)连接到色散器 202 的输出以均衡一些或所有光波长信道的功率频谱。

在一种实施例中, 数据源 203 产生多个低频数据信号(典型的 50M 比特/秒的 32 信道), 这些信号通过电子 TDM 单元 204 被时分多路复用到高数据率(1.6G 比特/秒)205。

图 3(a) 示出了一系列短光脉冲(重复率 $T = 1/\gamma = 20\text{ns}$), 图 3(b) 示出了单个短光脉冲是如何被线性调频色散器 202 拉伸的。图 3(b) 也示例性地示出了所有通过线性调频滤波器(即色散器 202 的光纤)后产生的波长信道中, 只有一半, 301, 被使用了(也就是说, $\Delta T \approx 1/2\gamma$)。波形 302 代表了组成元素为 201, 202 和 206 的复合频率。因为滤波特性, 波长信道中只有一部分($1/2$)被使用。这使被

使用的波长信道的振幅更统一,也在相邻的波长信道群间提供了一条保护带。

301 中示出的数据模式是在线性脉冲光信号波长信道被调制器 207 通过高数据率信号 205 编码后得到的。高数据率信号 205 的数据率必须等于线性脉冲率(γ)乘上 301 所用的波长信道数的两倍。如图 3(b)中所示,301 具有 8 个波长信道。显然,如果全部 16 个波长信道都被使用(通过一个理想的滤波特性 302),数据率将是线性调频脉冲率的 16 倍,此外,如果每个时段 T 中只有一个波长信道被使用,数据率将等于线性调频脉冲率。

如上所述,高数据率信号 205 经过宽带光调制器 207 编码成线性调频脉冲光信号。该调制器 207 可以在一个大的波长范围内(典型为 50nm 带宽)调制光信号,并且具有低的极化相关性。大体积的 InGaAsP 波导调制器是本实施例的优选调制器 207,但是也可以使用任何宽带光调制器。锁模激光 201 的频率设定等于所需数据率,并且锁相到数据源 203 的一个整数分谐波。经过调制器 207 后,线性脉冲实际上是一系列调制数据脉冲 301,每一个都有不同的波长。每一不同波长(这里称为信道)与要在该特定信道上传输的信息一起被调制。本发明的发送器 200 提供了一种仅使用单个宽带多频源,在多个独立波长信道上传送数据的方法,其中锁模激光是宽带多频源的优选实施方案。

调制器 207 的输出通过光介质 208(如光纤)发送到一个多波长接收器 210(如一个无源 WDM 分离路由器),后者将接收到的光信号去复用成多个已调光波长信道 209(如 50MHz WDM 信道)。

图 2 的传输系统是非常通用的,因为初始光源 201 并没有固定“信道”——并且它是个光学连续区间。传输信道的最大数量由源带宽和 WDM 信道间隔所决定。下述关系可用以设计一个线性调频脉冲 WDM 发送器 210: $\tau = D \cdot L \cdot \Delta\lambda$ 和 $\tau = 1/N \cdot V_D$,其中 τ 是每比特时隙, D 是光纤色散参数, L 是线性光纤长度, $\Delta\lambda$ 是信道间隔, N 是信道数, V_D 是下行数据率(在我们的例子中是 50MHz)。线性脉冲 WDM 发送器 200 是一个通用概念,可用于不同数据类型(如模拟或

数字)和针对不同数据率的不同调制方式(调幅, Solitons 调制, 脉宽调制等:), 并且适用于不同数量的信道。此外, 还需要了解发送器 200 既可以如所述那样使用单模色散光纤作为光色散器 202, 也可以使用光棱镜或光栅。后该示图还将说明, 光栅功能也可以由图 13 中所示的一系列光栅来提供。

还应当了解, 接收器 210 既可以如所述那样使用一个无源 WDM 分离器或路由器, 也可以使用波导光栅路由器、衍射光栅, 干扰滤波器组, 或其它设备以将接收到的光信号去复用成多个已调波长信道。

按照本发明, 如果在接收器 210 中的 WDM 分离器升级或改变了(引起波长信道的改变), 发送器 200 中的 TDM 源可以很方便地修改以配合新的波长信道。我们的方法其吸引人之处在于: 所有的高速 TDM 电子设备都放置在发送器 200 中, 后者可以集中设置在总局, 而简单的无源 WDM 211(在接收端 210)确实可以放置在野外, 那里比较偏僻, 环境条件也比较恶劣。

图 4(a)示出了一个线性调频光脉冲的时频隙, 也示出了将在该线性调频脉冲上编码的高速数据流。如该图所示, 每一个 TDM 编码比特 401 在一个不同的相邻波长 402 上传送, 为了在下行流终点处准确分离数据比特, 准确设置时延是必需的, 因为与线性调频脉冲包络有关的时延决定了每个信道的频率。在实际的 WDM 设备(位于接收端 210)中, 由于温度波动而导致波长信道的显著偏移。如果发送器 200 不能调谐或改动数据信道的波长的匹配 WDM 设备中的新的波长 comb, 信道将失去标准, 数据会丢失或传送错误。本发明的一个重要特性是: 发送器 200 能够如图 4(b)所示, 通过简单地移相 TDM 数据流, 可以在任何温度下, 改动所有的波长 402 以正确调整波长, 与 WDM 传输信道 401 保持一致。在示出的第一种情况中, 数据比特 #4(入₄)以某一特定波长传送。在示图的较低部分, 通过引入一个小的时延, 数据比特 #4 随后被移相, 以一个略有不同的波长发送。同时, 数据比特 #17(入₁₇)也被移动相同的波长偏移值。因此, 整个波长 comb 通过调整一个参数—TDM 数据流和线性调频

光源时钟之间的同步值,而同时偏移。

图 5 示出了理想多信道滤波设备(如波导栅格路由器 211)的传输频谱(波长 comb),该设备可用于接收器 210。设备 211 以尽可能小的信道损耗和信道串音选取并寻址每一个后续波长信道至一个独立光纤(209)。图 6(a)示出了实现这样一个波导栅格路由器(WGR) 211 的传统集成光学 WDM 设备。图 6(b)示出了该设备的周期性的传输频带传输特性。在频带中央有许多所需的传输信道。在该区域之外,集成光学 WGR 元件显示了周期性的通带行为。图 6(c)示出了一个典型的传输密度频谱。注意超出指定波长区域 601 之外的波长成分,可以通过在合适的 TDM 时隙 602, 603 上传输“0”数据信号来有效地“置定”。这提高了整体系统串音/信噪比。在与前面提到的线性调频传送器 200 一起使用的情况下,该 WDM 设备 211 为图 1 中 WDM 传输/接收系统提供了一个无源 WDM 接收器 210。集成光学 WDM 设备 211 由石英硅底加上 mGaAsP 薄片组成,包括片内放大器。大量元件,包括光纤组和光栅,或多干扰滤波器也能用以提供无源 WDM 接收器。

图 7 示出了具有不等信道间隔 701 的均衡 WDM 分离器,可以仅通过移相 TDM 数据源就可以和所述 WDM 发送器谐调工作。

图 8 示出了可以安装这样一种线性调频脉冲 WDM 传输系统的示例性网络。进入交换网络 801 的数据来自数据源或其它网络。交换网络 801 将多信道数据格式化的高速 TDM 流以供 WDM 发送器使用。线性调频脉冲 WDM 发送器 803 随后将高速 TDM 数据流编码成宽带锁模激光输出,通过传输系统 804(10—20km)将数据发送至拥有 WDM 分离设备的远端。单个波长信道随后在 WDM 设备 805 中分离,每一波长信号被引向一个独立的 ONU(光网络单元),后者通过一个低速率不昂贵的解码接收器以 50MHz 的频率接收数据。

图 9 示出了一个包括电子同步控制电路的 WDM 发送器,该电路将锁模激光重复率(50MHz)锁定在下行流数据率。TDM 电阻 901 向调制驱动器 905 和调制器 906 提供数据以编码线性激光信号

907。TDM 电路 901 也使用一个计数器 902 以产生下行流数据率 (50MHz) 中的同步信号 903, 该信号用于锁模激光 904。无源锁模激光 904 可以通过具有锁相回路伺服装置和 RF 混合技术的反馈电路 908 与该外部标准实现同步。增加 910 模拟信号偏置 909 至 TDM 调制数据 908 的操作将在后续段落中描述。

图 10 示出了向图 9 的 WDM 发送器增加反馈技术, 以保证接收器端的 WDM 分离器 1010 能去复用成正确的波长, 补偿 WDM 发送器的波长信道的温度偏移。在调制驱动线中设置一个移相器(可变时延)1001。WDM 信道中的一个在经过 WDM 分离器 1010 后被反射器 1006 回射, 该反射信号由检测器 1002 监控, 检测器 1002 检查仅通过信道 1 波长的滤波器 1003, 产生一个错误信号 1004 反馈回控制电路 1005, 后者产生一个控制信号以控制移相器 1001。这个循环保证 WDM 分离器 1010 总能调谐至 WDM 发送器, 即使在温度变化的情况下也不例外。

图 11 示出了一个环形网络系统结构, 其传送和分配大量的光信道(32, 64 或 128)的能力是突出的。例如, 在海底光波通信方案中, 希望系统设计中存在着递增单元。在这种情况下, 需要灵活的双向多信道 WDM 方案。图 11 示出的是一个连接多个集线装置(如 1103)的中央装置 1101, 其连接是通过双向光纤设备 1104(每个方向都有独立光纤 1104a 和 1104b)建立的。如图 11 所示, 按照本发明的一个多波长线性调频脉冲 WDM 发送器 1105 以所需的下行流数据率的两倍传输, 也就是说, 它在每个数据已调线性调频脉冲 1102a 之后还传送一个未调线性调频脉冲 1102b, 如图 11(b)所示。在许多集线器处(如 1103), 信号由一个无源波长无关的分离器取出, 从而给予每个集线器获取所有波长信道的机会。一个滤波器(如 1106)分离出一个或多个所需的波长信道(如信道 1, 5, 19), 以向该特定集线器传送数据。单个接收器 1107 抽取那些信号并检测下行流数据。剩余信号经过一个宽带光调制器 1108, 后者抽取剩余的下行流数据, 通过将之偏码成未调制线性调频脉冲 1102a, 发送出上行数据流(如 1109)。已调线性脉冲随后耦合到一个独立的光纤环路 1104b,

并发送回中央装置 1101, 在那儿接收器 1110 检测这些数据。这种结构的优点有几个: 在集线器 1103 处不需要多频有源(激光)设备; 集线器不需要波导栅格路由器; 作为由单源线性调频脉冲 WDM 发送器 1105 所产生的递增数量的波长信道的结果, 存在着递增单元。

参考图 9 和 12, 本发明的另一方面通过一个模拟电子信号使电子均衡不同波长信道成为可能。通常, 锁模激光(如 904)发射频谱形状类似于抛物线的脉冲(图 12(a))。一旦线性调频, 这些脉冲将会有不等的波长振幅分布。在经过从导线 908 来的 TDM 数字数据调制之后(图 12(c)), 产生了一个不等的 TDM 编码数据信号, 图 12(d)。通过在这些具有相似振幅的数字信号上选择不同电压脉冲可以使它们相等。这种方法在用 GB/秒电子波形来实现时都有不少困难。图 12(f)示出了通过向导线 908 上的 TDM 数字数据调制器信号增加(通过加法电路), 图 12(c), 一个导线 909 上的模拟信号, 图 12(e), 如一个具有正确相位, 频率等于基本下行流速率(如 50MHz)的正弦波, 宽带光调制器 906 可以将不等激光频谱(图 12(a))纠正至第一级, 纠正后的相等数据信号如图 12(f)所示。振幅上的损失可以在以后的放大中得到补偿, 进一步说, 通过向模拟信号增加具有正确振幅和相位的后续 Rf 谐波, 图 12(e), 任意形状的光频谱都可变得完全相等。并且, RF 相位调制也能以相似的方式施用以均衡波长信道的频率间隔。

参看示图 13, 我们描述一光纤光栅集以产生一系列线性调频脉冲, 而不使用前面讨论并在图 2 中 202 所示的长色散光纤。

图 13(a)示出了一种线性调频短光脉冲的可选结构。图 13(a)中所示的光设备替代了元件 202 并连接在激光源 201 和均衡滤波器 206 之间。短脉冲经过 3 分且光耦合器 1301 传输, 并被一系列光栅 1302 反射。如反射特性 1303 所示, 每一个光纤光栅反射一个对应于单个光学 WDM 信道的窄光频谱带。光栅 1302 按弱反射率排序, 从最低入₁ 到最高入_n 波长(或相反), 形成或记录入某个特定位置的光纤。他们物理上间隔一个距离, d, 由光速 c 乘上 TDM 时间间隔, 除上光纤折射率的有效指数的两倍得出。例如, 一个 2.5Gb/秒

TDM 信号需要一个典型光纤的物理间距为 4cm。由那样一系列光栅反射回的脉冲序列 1304 含有一系列递增光波长的短光脉冲(10ps 间隔)。如图 13(b)所示,脉冲序列 1304 的时间间隔等于 TDM 间隔 1305。图 13(b)显示了每一波长和它在耦合器 1301 中存在的脉冲序列 1304 中所处的光脉冲位置之间的关系。该脉冲序列随后通过光调制器 207,与 TDM 数据流一起编码。这产生了一系列与数据 1305 一起编码的光脉冲 1304,这些脉冲被传送并以前面所讨论过的方式被 WDM 分离器分隔成独立的波长 1306。

图 13(b)示出了从 3 分贝耦合器退出的与 TDM 数据流重叠的光脉冲时间序列。而且图 13(b)示出了单个脉冲的波长与 TDM 比特同步并随时递增的方式,在这种实施例中,TDM 数据流 1305 的小的时移不会导致单个光频谱的变化。

使用这种光纤光栅 1302 方法有几个重要的不同。首先,这样一种光纤光栅线性调频设备 1302 应比 202 中所示 16km 光纤线圈要更紧凑;其次,原则上它造价较少;第三,它产生了一系列精确固定的 WDM 信道,只要相移保持在 TDM 比特时间间隔内,这些信道就不会随着 TDM 相位偏移而持续变化。这样一种特性在某些不可能精确定时的应用中是非常需要的。

我们注意到可以用单个长线性光纤光栅来替换光纤光栅系列 1302。在这样一种情况下,3 分贝耦合器的输出将是单个长线性调频光脉冲,前面讨论的(图 4(b))针对线性光纤情况的波长调谐就适用了。

尽管前述的详细描述主要以单源 WDM 系统特定应用的形式来说明本发明,但需要了解的是所讨论的实施例仅仅是示例性的。在所示安排上可以有許多变化,包括实现一个线性调频脉冲 WDM 系统的光信号源类型,脉冲线性调频介质类型,光调制器类型,WDM 分离器类型,以及网络结构类型。这些和别的选择和变化对本领域的技术人员是很显然的,因此本发明仅由所附权利要求书限定。

图. 1a

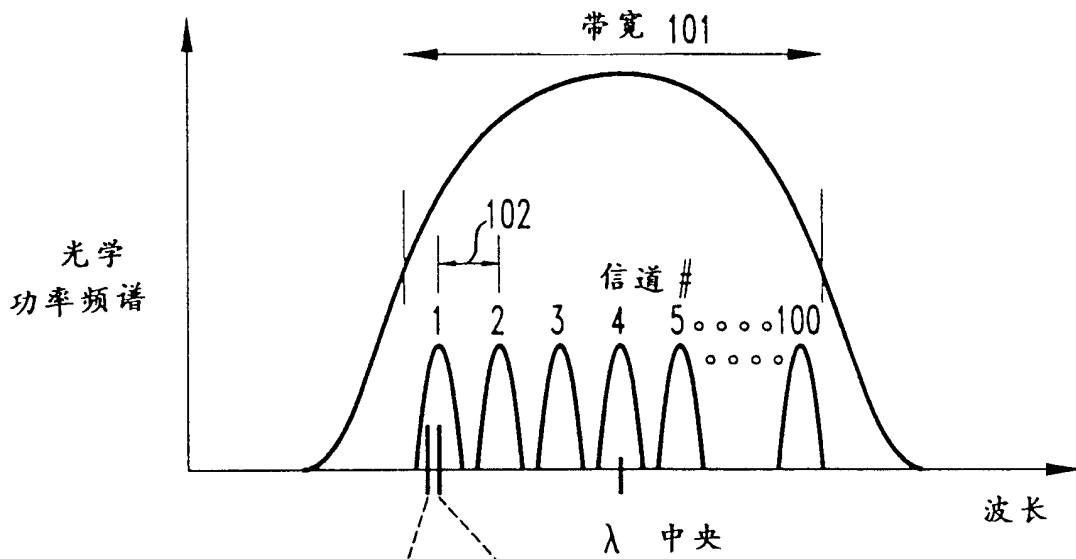
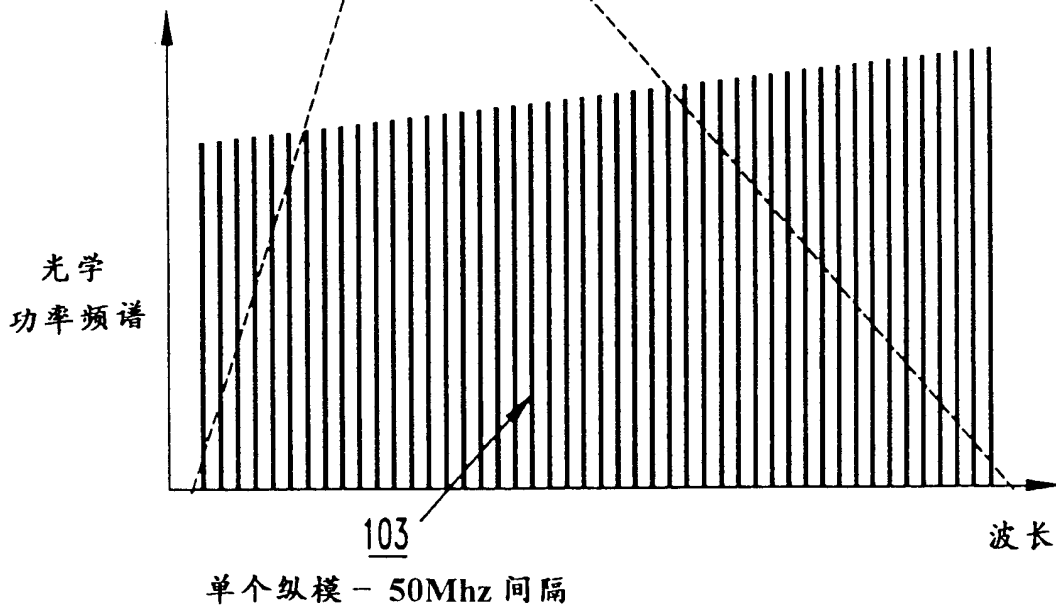


图. 1b



103

图.2

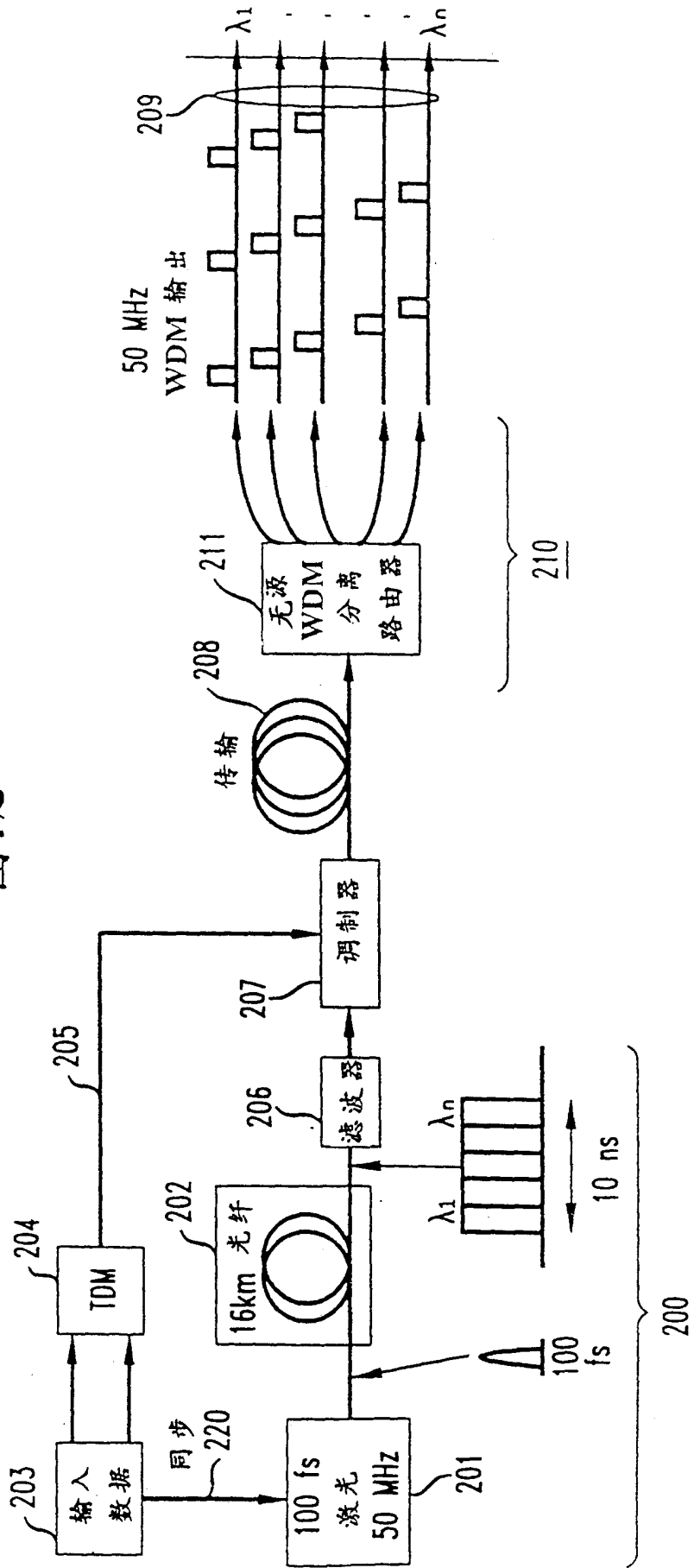


图.3a

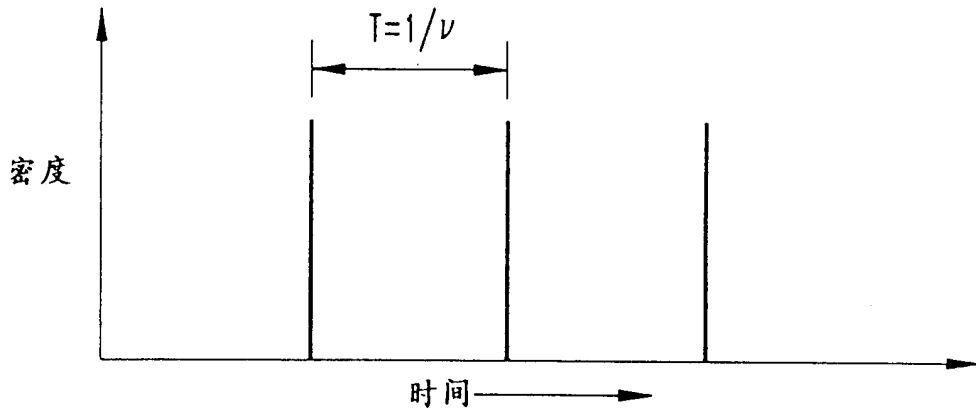


图.3b

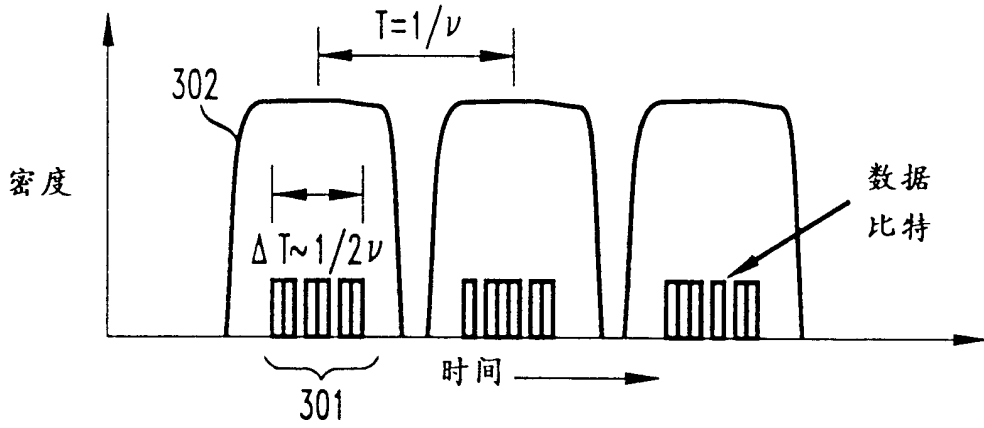


图.5

理想的多波长滤波器传输功能

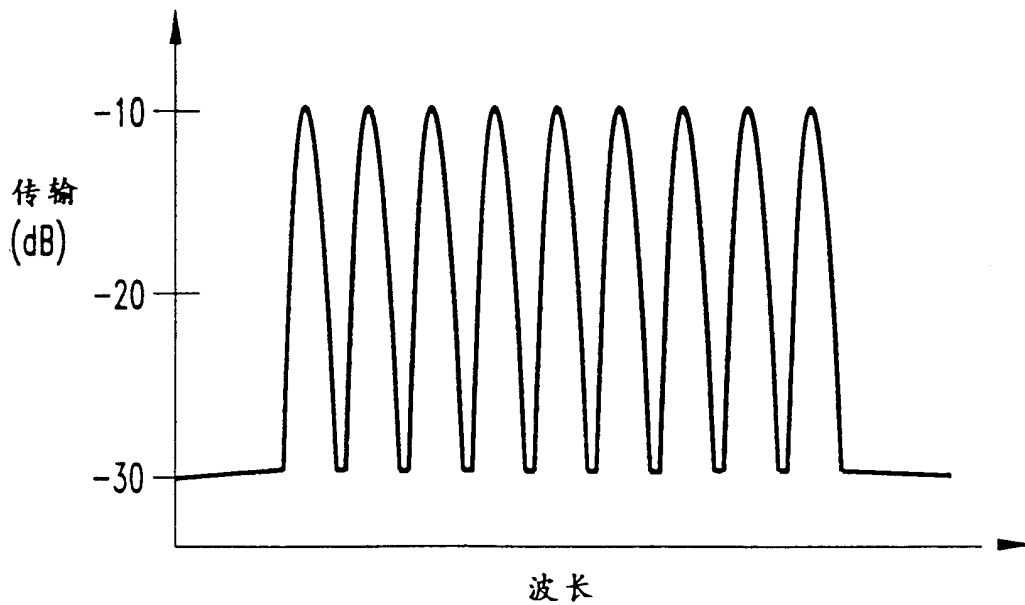


图 4a

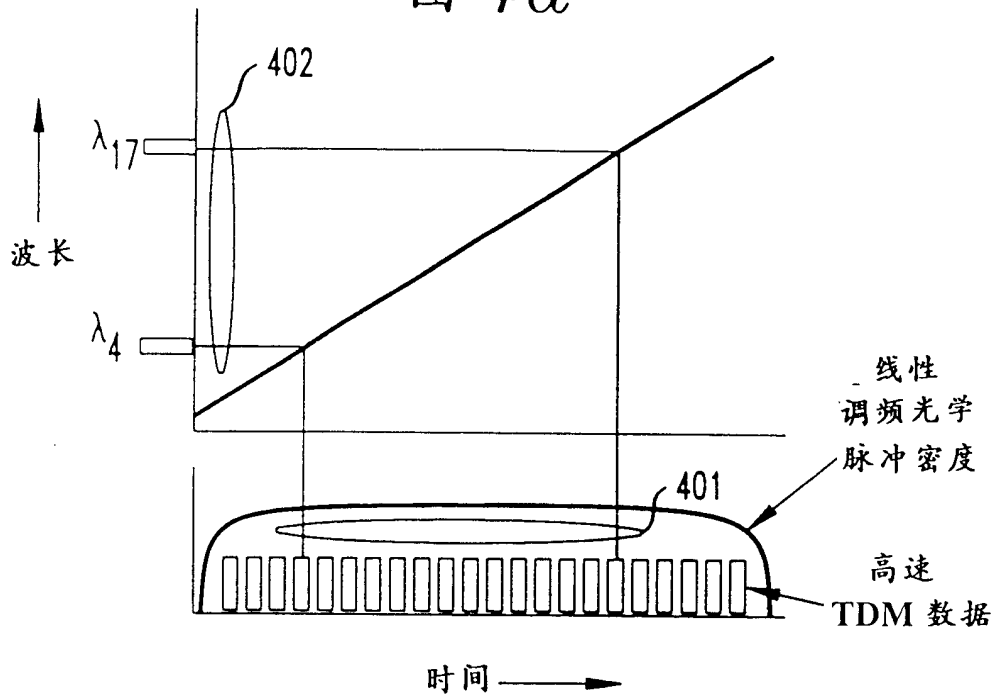


图 4b

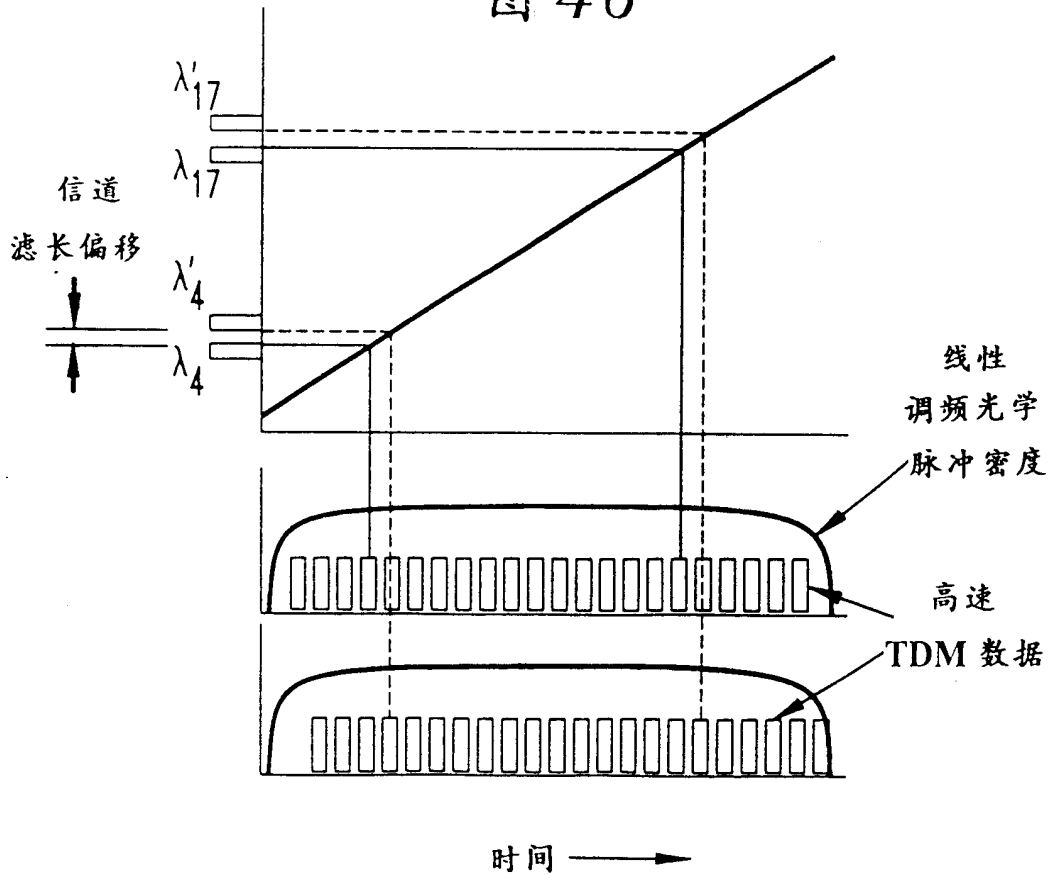


图 6a

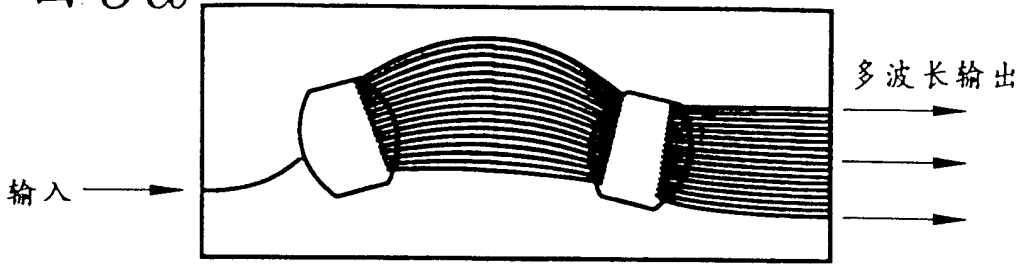


图 6b

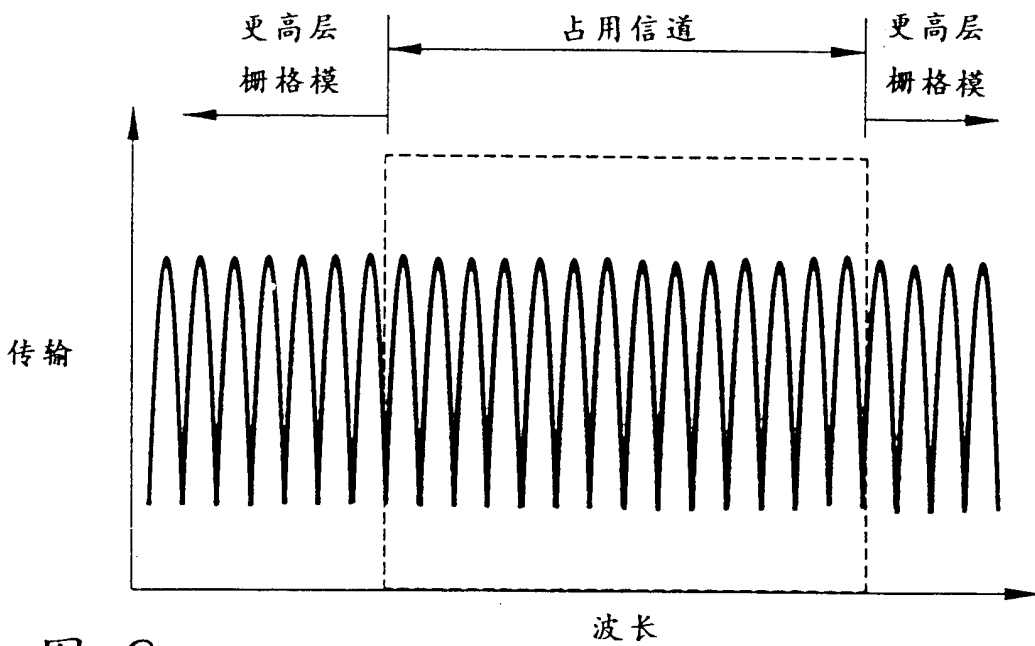
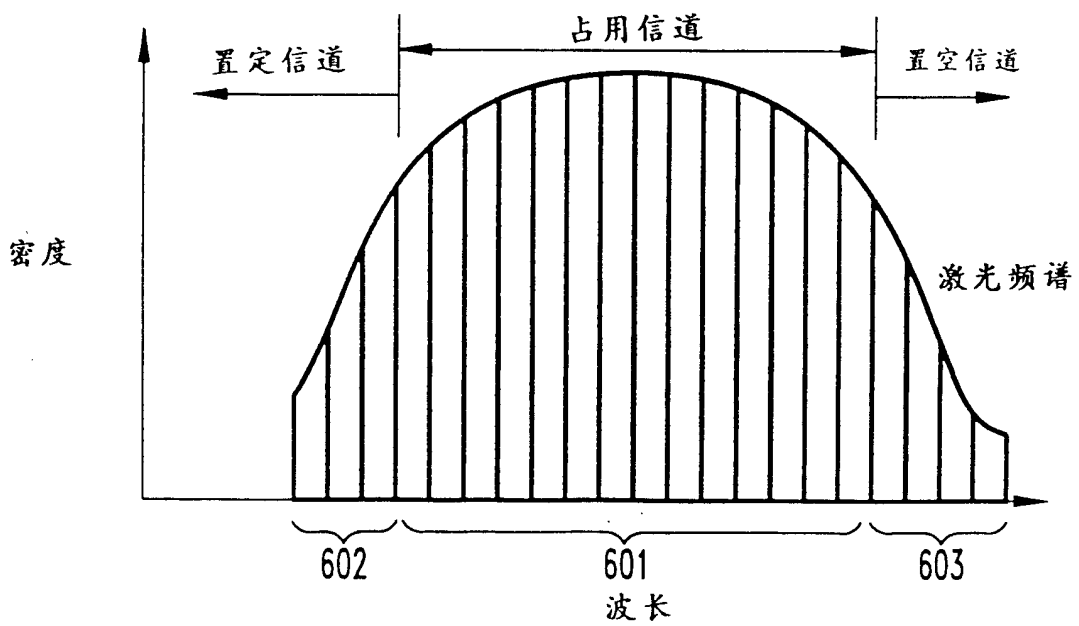


图 6c



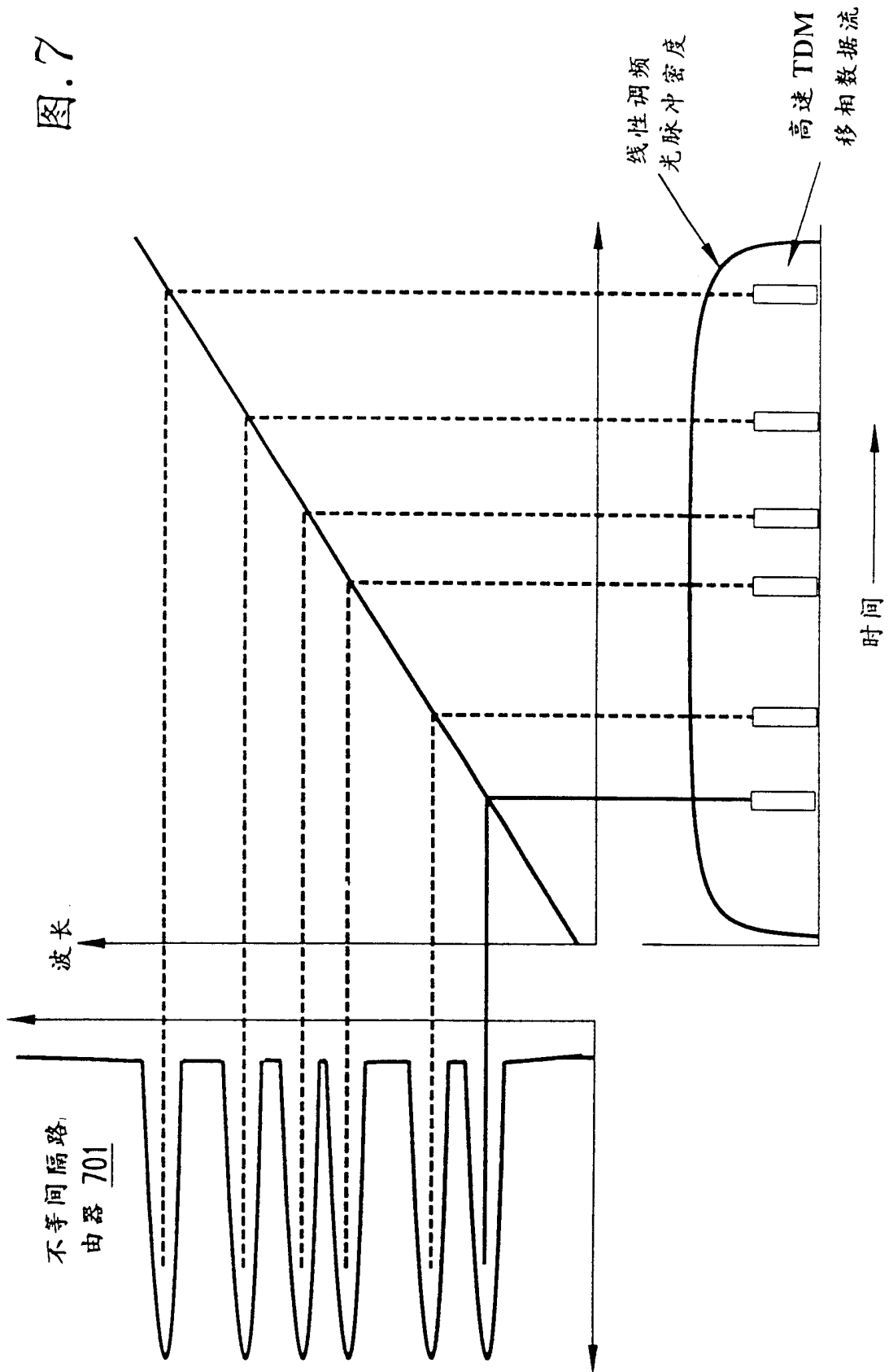


图.8

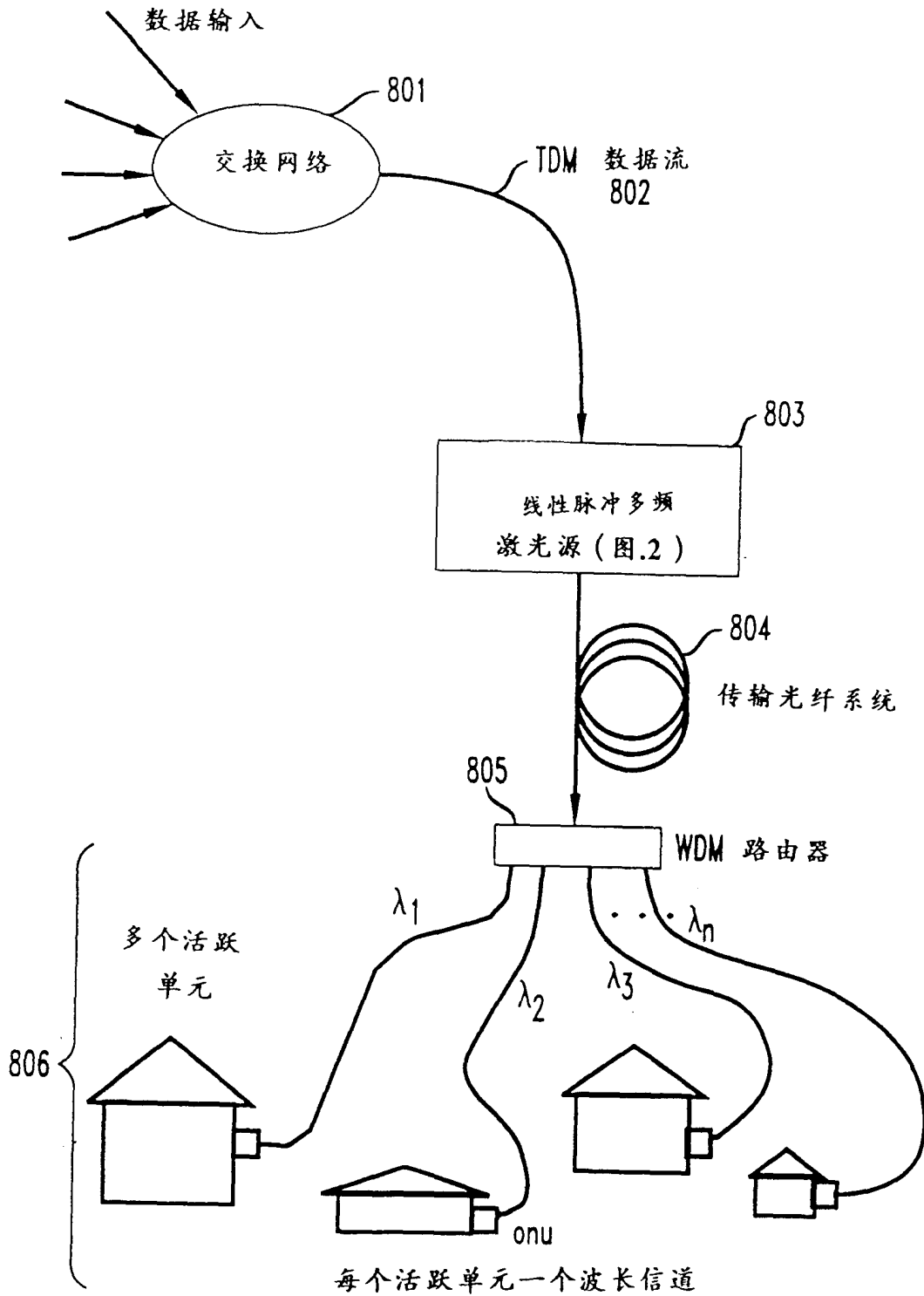


图 9

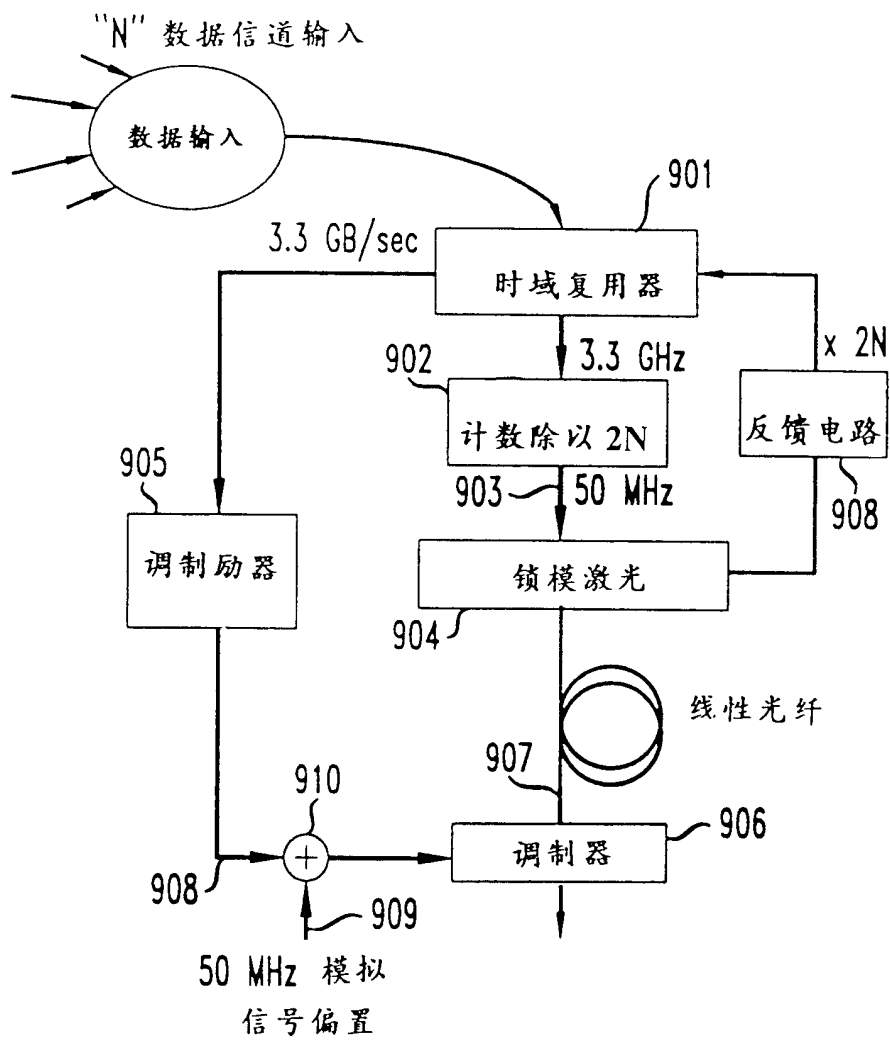


图.10

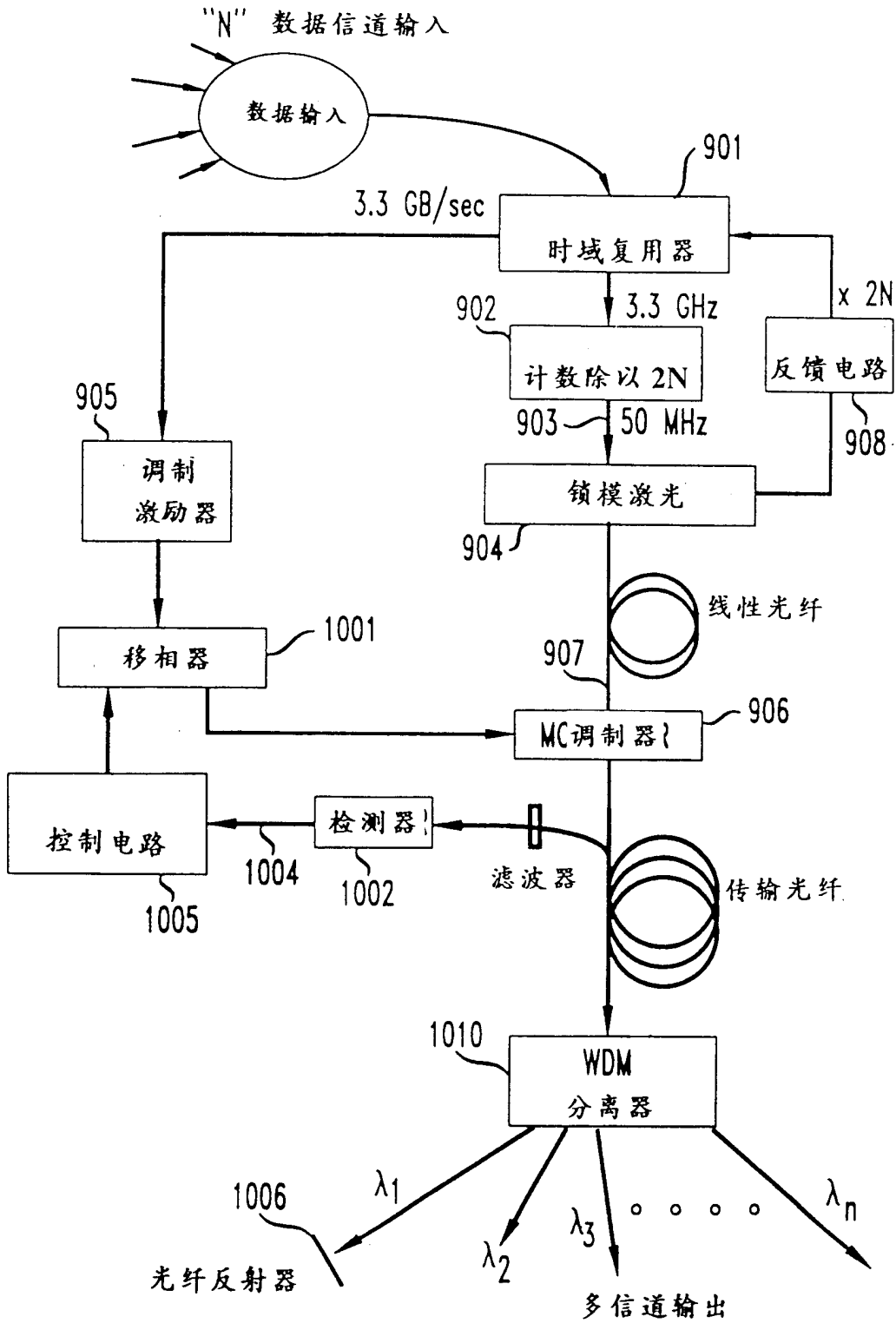


图.11a

使用宽带线性脉冲 WDM 传输器的环状网络回环结构

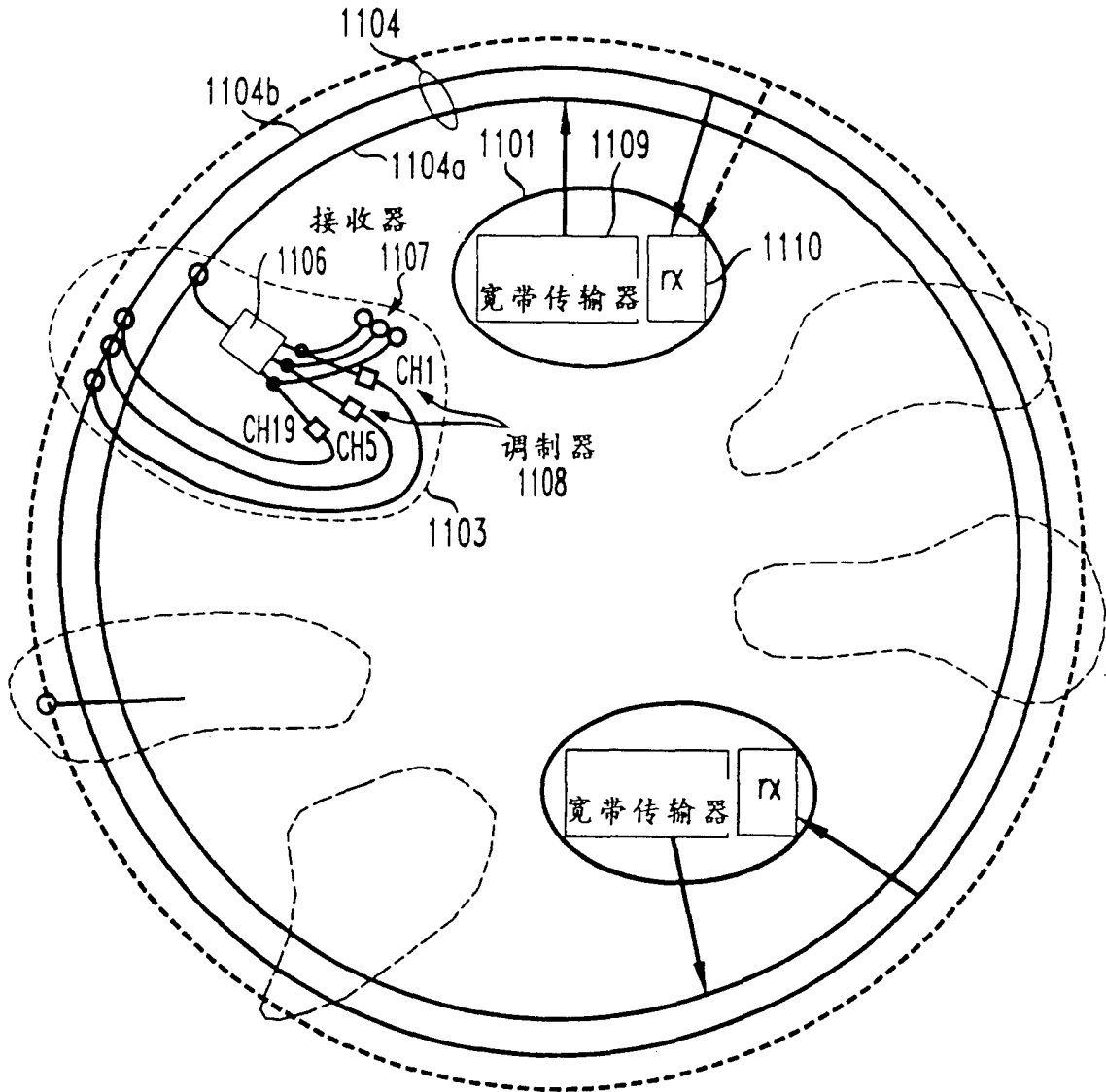
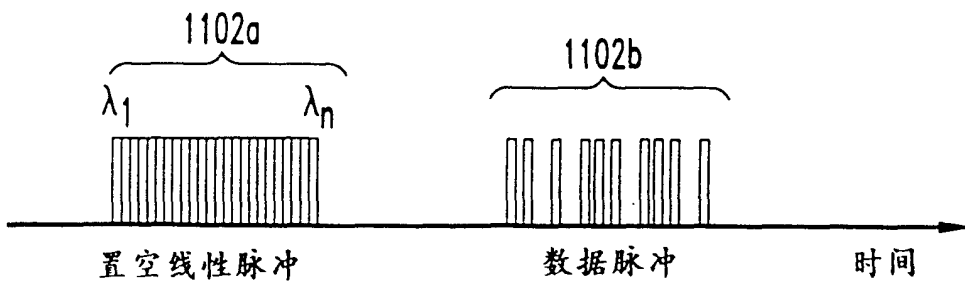


图.11b



线性脉冲 WDM 发送器的模拟时域信道均衡方案

图. 12a

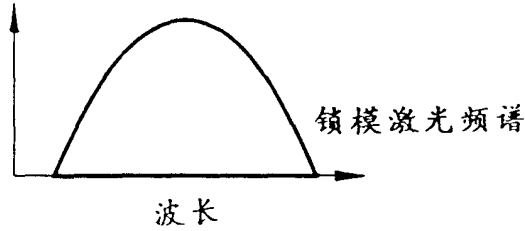


图. 12b

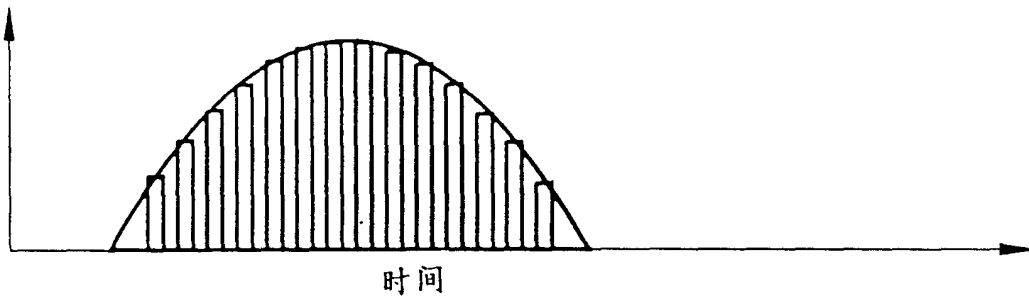


图. 12c

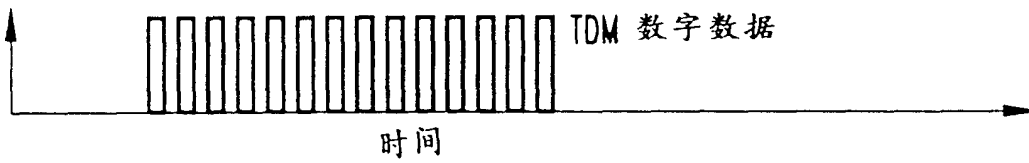


图. 12d

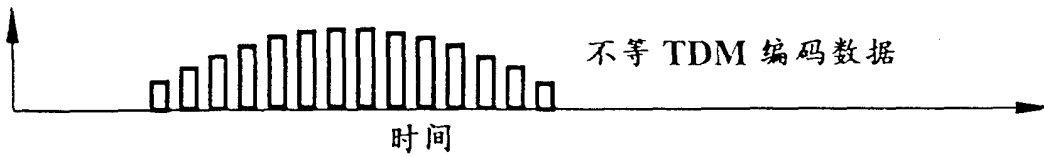


图. 12e

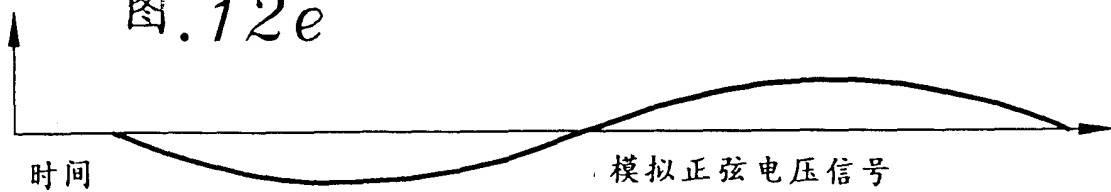
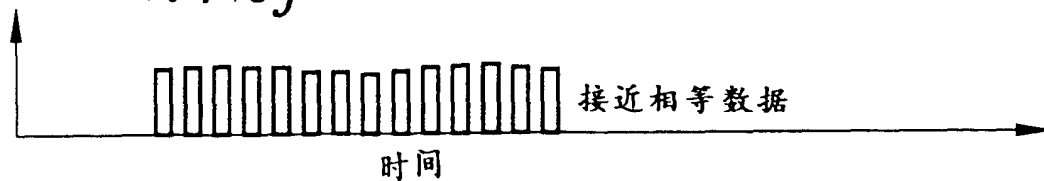


图. 12f



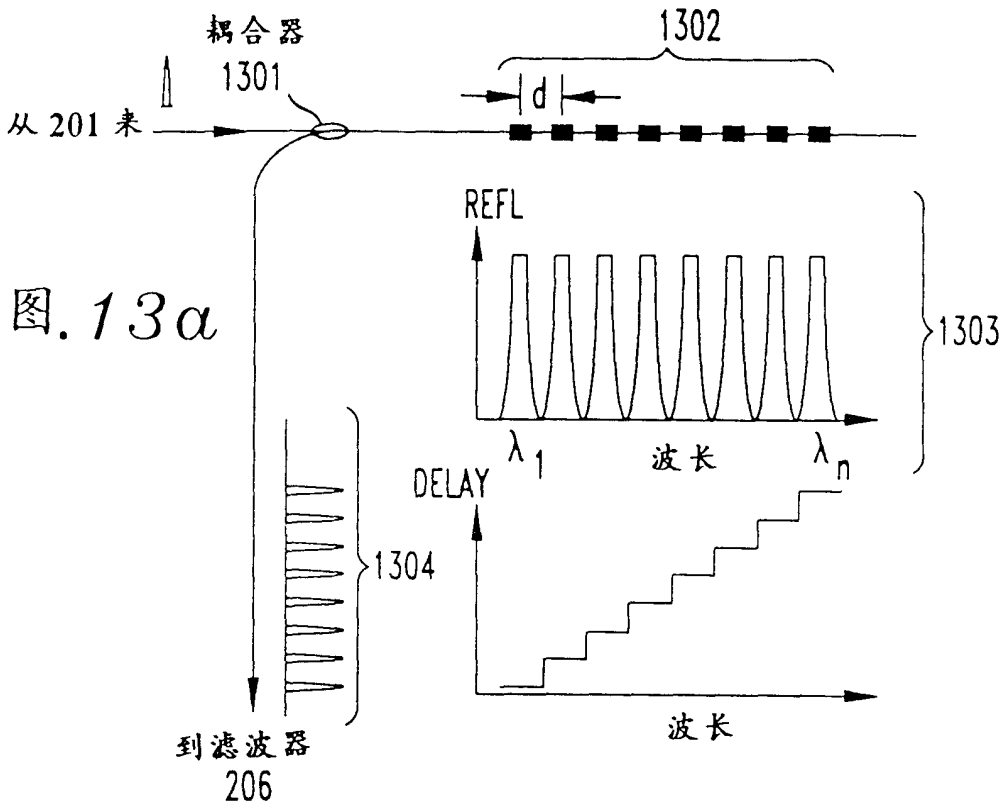


图.13b

