[19]中华人民共和国专利局

[11] 公开号 CN 1129870A

[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95116868.1

[51]Int.Cl[6]

[43]公开日 1996 年 8 月 28 日

H04B 10/04

[22]申请日 95.9.13

[30]优先权

[32]94.9.15 [33]US[31]306,287

[71]申请人 美国电报电话公司

地址 美国纽约

[72]发明人 理查德·F·奥斯丁

罗伯特·D·非尔德曼

托马斯·亨廷顿·伍德

[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

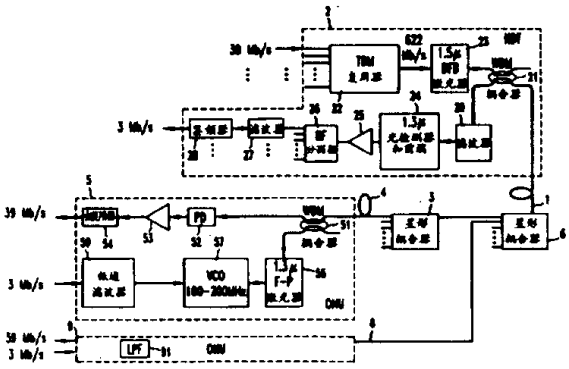
代理人 郭晓梅

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图页数 9 页

[54]发明名称 改进的副载波多址连接无源光网络

[57]摘要

在网络的光发送机处利用缩小光发射机发送的调制副载波信号带宽的电带宽限制装置来显著地降低光网络的光接收机处的邻信道干扰。光射送机根据输入数据信号产生（57）具有这样一种功率密度频谱的调制副载波信号；它大体上包括调制载波信号的所有主瓣和明显衰减的旁瓣。然后该调制副载波信号用于调制（57，55）光发射机发送的一个光源信号。



权 利 要 求 书

1. 一个光发射机，其特征在于

根据一个电输入信号产生(57)调制电副载波信号的装置，所述产生装置包括用来将调制电副载波信号的带宽缩小至一个预定的功率密度频谱的电带宽限制装置，和

使用调制电副载波信号调制(57,55)一个光源的装置。

2. 一个光发射机，其特征在于

根据一个输入信号产生(57)一个调制电副载波信号的装置，所述调制电副载波信号具有一种预定的功率密度频谱特性：它包括调制电副载波信号的所有主瓣和衰减的旁瓣，和

使用调制(57,55)电副载波信号调制一个光源的装置。

3. 权利要求 1 或 2 的光发射机，其特征在于

所述调制电副载波信号使用从至少包括频移键控(***FSK***)、二相移相键控(***BPSK***)、四相移相键控(***QPSK***)和振移键控(***ASK***) 的一组中选择出的至少一种调制类型来进行调制。

4. 权利要求 3 的光发射机，其特征在于

所述预定的功率密度频谱特性由一个从至少包括一个低通滤波器和带通滤波器的一组中选择出的一个滤波器来确定。

5. 权利要求 1 的光发射机，其特征在于

所述产生装置包括

低通滤波器，具有一个预定的 $3dB$ 截止频率 N，用来对接收的基带输入数据信号进行滤波，数据速率为每秒 M 码元，从而产

生一个中间信号，其中 N/M 小于 1，和

使用所述中间信号对电副载波频率进行频移键控调制以形成一个用于调制光源的频率调制电副载波信号的调制装置。

6. 一个光网络，其特征在于

发送调制电副载波信号的多个电副载波调制光发射机(5,9)，至少两个光发射机工作于不同的电副载波频率上；

一个用来接收来自光发射机的一个或多个调制电副载波信号的光接收机(2)；

其中至少一个光发射机(5)包括

用来将接收机中的信道间干扰限制(59)至小于一个预定的值的电装置，该值低于从任一光发射机接收的调制电副载波信号的最低电平。

7. 权利要求 6 的光网络，其特征在于

该限制装置缩小调制电副载波信号的带宽。

8. 权利要求 7 的光网络，其特征在于

该电限制装置包括

根据输入信号产生一个在副载波频率的调制电副载波信号的装置，所述调制电副载波信号在超过 0.5 倍于信道间隔的频率上具有大大降低的功率密度频谱特性，和

使用调制电副载波信号调制一个光源的装置。

9. 权利要求 7 的光网络，其特征在于

限制装置包括

根据输入信号产生调制电副载波信号的装置，所述调制电副载波信号具有预定的功率密度频谱特性：它包括调制电副载波信

号的所有主瓣和衰减的旁瓣，和

使用调制电副载波信号调制光源的装置。

10. 权利要求 6 的光网络，其特征在于

限制装置是一个用来使输入到所述至少一个光发射机的调制中频信号通过的带通滤波器。

11. 一个光网络，其特征在于

经光传输媒介连接的一个头端终端(2)和多个光网络单元(5，9)(*ONU*)，至少两个 *ONU* 发送调制在不同的电副载波频率信道上的调制光信号，所述至少两个 *ONU* 包括

对接收的基带输入数据信号进行滤波以产生一个中间信号的低通滤波器(59)，

使用所述中间信号对不同的电副载波信号以一个预选择的 *FM* 调制指数进行频移键控调制以形成一个用于调制光源的不同的调制电副载波信道，从而产生调制光信号的调制器装置(57)，

其中每个电副载波信道离每个其它电副载波信道有一个最小预定信道间隔，和

其中所述低通滤波器具有一种根据预选择的 *FM* 调制指数和最小信道间隔而选择的滤波器特性，以在头端终端处产生一个小于预定值的信道间干扰信号，该预定值低于头端终端处接收的、来自其它 *ONU* 的不同电副载波信道的信号电平。

12. 权利要求 11 的光网络，其特征在于

每个 *ONU* 的每个低通滤波器具有一种滤波器特性，以使在传输媒介上由信道间干扰信号和任何噪声信号形成的组合信号大于一个预定的值，该值低于其它 *ONU* 的不同电副载波信道的信

号电平。

13. 权利要求 11 的光网络，其特征在于

每个低通滤波器的 3*dB* 截止频率为 *N*，且基带输入信号的比特数据速率为 *M*，其中 *N*/*M* 小于 1。

说　　明　　书

改进的副载波多址连接无源光网络

本发明涉及光波传输系统，特别涉及改进的副载波多址联接无源光网络。

最近，光纤在电话接入网的应用日趋广泛。较普遍的结构之一使用无源光网络(*PON*)。当代的 *PON* 意在可升级到宽带业务的传送。任何这种升级应以可能的最低费用来传送适用于一系列实际目标业务的传输速率。这样一种包括分离上行和下行业务量的粗(*coarse*)波分多路复用(*WDM*)、时分复用(*TDM*)和副载波多址连接(*SCMA*)的费用合理的宽带 *PON* 结构在论文“一个费用合理的宽带无源光网络系统的说明”(《*IEEE* 光子技术通讯》*Vol.* 6，*No.* 4。第 575—578 页，1994 年 4 月)以及 1994 年 5 月 10 日授权的美国专利号 5,311,344 中得到描述。

在一个实际的应用中，*PON* 可具有分布式光分离器，且从每个光网络单元(*ONU*)到中心局的距离不同。因此，在上行方向从每个 *ONU* 接收到的光功率(15—20*dB*)有很大不同。虽然对于窄带时分多址连接(*TDMA*)*PON* 来说已解决了有关这个大的动态范围的问题，但对综合 *SCMA* 的 *PON* 来说仍存在这个动态范围的问题。在一个 *SCMA* 系统中，当很强的信道与相对较弱的信道相邻时接收功率上的大变动会导致严重的邻信道干扰(*ACI*)。

我们知道，在各 *ONU* 的光发送机端使用带宽限制装置可明显

地减小光网络中的邻信道干扰，或更一般地说，信道间干扰。根据本发明，一个光发射机包括根据输入信号而产生调制的电副载波信号的装置，该产生装置包括将调制电副载波信号的带宽限制在一个预定的功率密度频谱的电带宽限制装置。然后，光源信号使用调制电副载波信号来进行调制。

根据本发明的另一方面该调制电副载波信号具有预定的功率密度频谱特性，它大体上包括调制电副载波信号的所有主瓣和显著衰减的副瓣。

根据本发明，调制电副载波无源光网络包括多个各工作于不同的副载波频率上的电副载波调制的光发射机和一个从光发射机接收调制电副载波频率的光接收机，其中至少一个光发射机包括用来限制在接收机中由所述至少一个光发射机的调制电副载波频率所引起的信道间干扰的电装置。

根据另一个特性，该调制电副载波信号在大于 0.5 倍于信道间隔的频率上具有一个减小的功率密度频谱特性。

图 1 示出了一个根据本发明的原理利用副载波多址连接(*SCMA*) 的无源光网络的示范性简化框图；

图 2 示出了存在于现有技术 *SCMA* 一型 *PON* 网络中的邻信道干扰；

图 3 示出了使用图 1 所示的改进的光发射机对邻信道干扰的减小；

图 3*A* 示出了一个现有技术 *SCMA* 一型 *PON* 网络的示范性上行光谱；

图 4 示出了使用图 1 的改进光发射机对误码率的减小；

用 5—8 示出了图 1 所示的 *ONU* 的频移键控(*FSK*)发射机单元的另一实施例的示范性框图;

图 9—12 示出了可用于 *ONU* 的各种双相移相键控(*BPSK*)发射机单元的示范性框图;

图 13—17 示出了可用于 *ONU* 的各种四相移相键控(*QPSK*)发射机单元的示范性框图;

图 18 示出了可用于 *ONU* 的幅移键控(*ASK*)发射机单元的示范性框图。

副载波多址连接(*SCMA*)系统提供几个具有吸引力的特征。他们使用简单的无线电技术,无需同步,对激光线性的要求较小,且能增大至很高的比特率。但是,*SCMA* 系统不能工作于强邻信道干扰的场合,这在建立其用于无源光网络(*PON*)的实用性时是一个缺点。

参照图 1,我们来描述一个现有的 *SCMA* 型 *PON* 网络和我们的改进 *SCMA* 光发射机的工作。许多 *PON* 网络使用"光纤到家或到路边"(*FTTH* 或 *FTTC*)结构,其中一条或多条传输光纤将在网络端部(如, *HDT*2)的交换局或中心局连接至在网络远端服务 *ONU*(如 5 和 9)的支架(如星形耦合器 3 和 6)。图 1 的示范性的 *PON* 以每秒 39 兆比特(*Mb/S*)的速率下行提供十六个光网络单元(*ONU*)中的每一个。每个 *ONU* 以 3*Mb/S* 的速率上行发送至头端终端 *HDT* 2。如前面提到的文章和美国专利所描述,我们的改进 *SCMA* 光发射机在 *ONU* 的入站业务发射机(即 55 和 57)中增加了一个低通滤波器(如 59)。

在图 1 中,一个示范性的光传输光纤 1 将头端终端 *HDT*2 与无

源、独立波长的星形光耦合器3和6连接起来。出站和入站传输波长分别是1.5μm和1.3μm。短长度的光纤4将支架(即耦合器3)的输出与相应距离的用户终端*ONU* 5连接起来,这些用户终端通常位于用户住宅处。举例来说,每个*ONU*在出站业务时接收高速数据信号(39*Mb/S*),在入站业务时发射中等高速数据信号(3*Mb/S*)。应注意,每个*ONU*可服务一个或多个用户。

头端终端*HDT*2包括一个出站业务发射机、一个入站业务接收机和一个用来将业务连接至传送光纤并从传送光纤连接业务的波长选择耦合元件(*WDM*)21。因此,头端终端用作收发信机。波长选择耦合元件21用于发射出站传输的1.5μm波长带及抽出入站传输的1.3μm波长带。尽管图1仅示出一个入站业务接收机,但应注意,可有多个接收机连接至光纤1,每个工作在不同的波长上。

出站业务发射机包括复用器22和激光器23。出站业务是通过使用复用器22将16路39*Mb/S*的基带信号时分复用至单路622*Mb/S*的基带信号上来提供的。该基带信号的光电转换是由直接调制激光器23来完成的。激光器23的外部调制在图1中未示出,但准备在此用作直接调制的替代。激光器23的输出被光耦合到波长选择耦合器21,其中出站光信号被耦合到连接至传输光纤1的耦合输出口上。

激光器23示例性地被认为是一个1.5μm的分布反馈(*DFB*)激光器。这类激光器很普遍并表现出一种固有的单模谱响应。尽管本发明用*DFB*激光器来描述,但也可利用其它的类型,如*Fabry—Perot*。

如上所描述,耦合器21还连接在传输光纤1和入站业务接收

机之间。入站业务接收机包括光滤波器 20、光检测器 24、放大器 25、*RF* 功率分离器 26、带通滤波器 27 和鉴频器 28。

如果必要，光滤波器 20 可用于消除从耦合器 21 输出的任何反射的 1.5*μm* 光信号。光检测器 24 将滤波器 20 的接收入站信号转换成电信号，然后该电信号由放大器 25 放大。入站光信号（下面将进行更详细地描述）包括一群副载波多路复用信号，每个 *ONU* 对应一个副载波，在传输光纤 1 中传播。分离器 26 具有一个输入端口和至少一个对应于每个 *ONU* 的输出端口。由于图 1 中有 16 个 *ONU*，所以 *RF* 分离器有 16 个输出端口。分离器 26 将大体上等量的输入端口信号分配给每个输出端口。从分离器 26 中，信号进行频率去复用以恢复先前进行副载波多路复用的 *ONU* 信号。在这种配置中，带通滤波器 27 和鉴频器 28 相配合来恢复一个特定的 *ONU* 信号。例如，调谐带通滤波器 27 以从 *ONU*5 中提取信号。带通滤波器 27 具有约 3*MHZ* 的带宽。鉴频器 28 具有一个延迟线鉴频器，用于将接收信号从频移键控（*FSK*）变换成幅移键控（*ASK*）。一个特定副载波的入站业务信号从鉴频器 28 输出。

无源支架连接在传输光纤 1 的远端。无源支架的一个示范性实施是图 1 所示的星形耦合器 3 和 6。星形耦合器 3 和 6 提供将信号分配给用户终端并组合来自用户终端的信号的双重功能。光纤 4 和 8 分别将星形耦合器 3 和 6 连接至用户终端 *ONU*5 和 9。如图所示，*ONU*5 经两个星形耦合器（3 和 6）而 *ONU*9 经一个星形耦合器 6 连接至头端终端 *HDT*2。

每个用户终端，如 *ONU*，包括一个出站业务接收机、一个入站业务发射机和一个波长选择耦合单元 51。在此，用户终端是一个收

发两用机。波长选择耦接单元 51 用于在入站传输时发射 1.3*μm* 波长带而在出站传输时抽取 1.5*μm* 波长带。

*ONU*5 的出站业务接收机包括光检测器 52、放大器 53 和用于从指定给相应用户的时隙中恢复信息的时分多路复用器 54。举例来说，光检测器 52 是 *PN* 结(*PIN*)光检测器，它将接收的宽带出站业务信号从光域变换到电域。放大器 53(如 *GaAs* 互阻抗放大器)增大检测器输出信号的功率。去复用器 54 提供必要的时分去复用以恢复到相关用户的信号。也就是说，本例中的去复用器 54 从头端终端 *HDT*2 发射的 622*Mb/S* 的出站信号中抽取一个 39*Mb/S* 的信道。

现有的在每个用户终端(如 *ONU*5)中的入站业务发射机包括(如美国专利 5,311,344 所示)一个用作高通滤波器的均衡器。注意，本发明使用一个低通滤波器 59 来代替该均衡器。

压控振荡器 57 调谐至对应于相关用户的指定副载波的中心频率上。该压控振荡器 57 响应用户终端输入的数据，产生一个在指定副载波频率上的 *FSK* 输出。该 *FSK* 输出信号加到激光器 55 用于直接调制该激光器。在一个例子中，激光器 55 是一个工作于 1.3*μm* 频带的 *Fabry—Perot* 激光器。

图 3*A* 示范性地示出了图 1 所示的 *SCMA* 型 *PON* 网络的上游光谱，该 *PON* 网络包括 7 个 *ONU*，每个具有一个工作于 1.3*μm* 波长带的 *Fabry—Perot* 激光器。每个激光器工作于不同的功率电平并用不同的副载波信号来调制。正如前面所述，这种 *SCMA* 系统受到强的邻信道和/或信道间干扰。但是，从图 3*A* 的上行光谱中看不出邻信道干扰程度的指示或如何消除它的指示。我们看出，图 3*A*

所示的光谱在结构上与图2所示的*ONU*副载波频率的电频谱很不相同。我们认识到，邻信道干扰能容易地从图2所示的电频谱中确定并能在*SCMA*型*PON*网络中通过在每个*ONU*使用电滤波而大大降低。

根据本发明，在*ONU*5的发射机部分增加一个低通滤波器59，以对用户的3*Mb/S*数据输入信号进行滤波。在一种配置中，滤波器59可采用8级(*sectlon*)贝塞尔低通滤波器来实现。另一方面，也可采用多级高斯低通滤波器。这些滤波器可使用模拟元件(电容器、电感器等等)或数字信号处理器来实现。

参照图1、2和3，我们来描述在*ONU*5的发射机部分增加滤波器59后的改进的邻信通干扰特性。正如前面所论述，在实际应用中，*PON*可以具有分布的星形耦合器3和6，对不同*ONU*产生不同分离损耗(*splitting losses*)。每个光网络单元(*ONU*)到中心局的距离不同也可能存在很大的变化。例如，*ONU*9的光纤通道8和1可以比*ONU*5的短得多。这样，从*ONU*5经光纤4和星形耦合器3及6的光信号损耗可能比*ONU*9的大得多。因此，对*ONU*5和9来说，在入站方向*HDT*2接收到的光功率会存在很大差异(15—20*dB*)。

图2示范性地示出了图1的现有技术的*PON*网络(即没有低通滤波器59的*PON*网络)的邻信道干扰结果。在图2中，*ONU*5和*ONU*9的*RF*频谱，其*FM*调制指数为0.5，示范性地分别具有120和125*MHZ*的载波频率。从*ONU*5测量的信道的载波频率为120*MHZ*，来自*ONU*9的干扰信道的为126*MHZ*，信道间隔为6*MHZ*=2*XB*，其中*B*是用户输入数据的位速率(本例中为3*Mb/*

S)。用户输入数据可以是任何类型的数字数据，但为示范目的，此处采用非归零(*NRZ*)基带数据信号。

在没有 *LPF*59 滤波器的情况下，0.5 的 *FM* 调制指数产生如 201 和 202 所示的最小频移键控频谱。*HDT*2 中的带通滤波器用于使所希望的 120*MHZ* 信道的立波瓣 203 通过，但也会使大量的来自 126*MHZ* 信道的干扰功率，即旁瓣通过，且不可能达到低误码率。来自 *ONU*5、作为被测信道的 120*MHZ* 信道比来自 *ONU*9 的干扰信道弱 36*dB*。电功率上 36*dB* 的差异相当于接收光功率上 18*dB* 的差异。

根据本发明，在每个 *ONU* 中增加一个低通滤波器(*LPF*)59 以对用户输入数据信号滤波。这样，在我们图 1 的示范性网络中，*ONU*5 有低通滤波器 59，*ONU*9 有低通滤波器 91。*LPF*59 具有对输入数据信号滤波的转移功能，因而使所得的 *VCO*57 的调制载波信号的功率密度频谱包括调制载波信号的几乎所有的主瓣和显著衰减的旁瓣。比较图 2 和图 3，所有的 126*MHZ* 干扰信道的旁瓣信号均被衰减，如第一旁瓣从约－25*dB* 衰减至约－45*dB*。设计 *LPF*59 是为了使干扰调制载波信号(如 126*MHZ* 信道信号)在大于 0.5 倍于副载波频率信道间隔的频率上具有显著降低的功率密度频谱特性。信道间隔定义为同一接收机能在同一时刻接收的其它光发射机的副载波频率的最小间隔。

举例来说，这些 *LPF* 滤波器是 8 级贝塞尔低通滤波器，3*dB* 截止频率(*fc*)为 1.2*MHZ*。因此，*fc*/*B* 的比率是 0.4，其中 *B* 为比特率。滤波后的输入数据送入一个压控振荡器(如 57)以产生频移键控(*FSK*)信号，然后该 *FSK* 信号以约 1.0 的光调制指数和－

6*dB* 的发射功率去调制低成本、未冷却(*uncooled*)的 *Fabry—Perot* 激光器(如 55)。

如图 3 所示,对基带输入数据进行滤波减小了每个信道的带宽。*ONU*9 的低通滤波器 91 显著地降低了 126*MHZ* 干扰信号的所有旁瓣和部分主瓣。结果是,*HDT*2 中的信道带通滤波器 27 此时能充分地将所希望的 120*MHZ* 的信号从 126*MHZ* 的干扰信号中分离出来。

通常,图 1 的 *PON* 网络的 *ONU*5 和 9 中的低通滤波器选择成具有滚降(衰减对频率)特性,该特性根据输入数据信号的比特率、*FM* 调制指数和信道间隔,保证从每个 *ONU* 输出的信号在不同于指定给那个 *ONU* 的信道频率带上处于一个至少比网络的另一个 *ONU* 的信道频带低一个预定量的电平上。这样,*ONU* 的低通滤波器(59、91)保证了指定给一个 *ONU* 的信道频带不对指定给其它 *ONU* 的信道频带产生不可接受的邻信道干扰(*ACI*)。

参照图 4,我们分四种情况来说明 120*MHZ* 信道中误码率的降低与接收功率之间的关系曲线:(1)无基带率波或干扰(401 所示);(2)基带滤波,但无干扰(402 所示);(3)干扰而无基带滤波(403 所示);(4)干扰及基带滤波(404 所示)。比较曲线 402 和 404 我们看出,当在每个 *ONU* 中使用低通滤波时,邻信道干扰仅导致接收机灵敏度上 0.4*dB* 的损失。如果不使用低通滤波器,则有 2.4×10^{-1} 的最低误码率。当使用滤波器时,对于仅 0.4*dB* 的 *ACI* 损失,接收机的灵敏度为 −38.0*dBm*。对于 −6*dBm* 的激光输出功率,如对典型的 16 路 *PON* 所规定的那样,假定损耗预算为 24.4*dB*,我们观察到一个非常满意的 7.6*dB* 的系统界限。如果要求 *PON* 网络

处于每个更强的 *ACI* 的情况下，我们可以增大信道间隔或降低低通滤波器的截止频率。

尽管本发明描述了在频移键控(*FSK*) 发射单元中使用低通滤波器(*LPF*)，但它还能更普遍地用来显著降低光网络的先接收机上的邻信道干扰，这是通过使用光发射机中的多种电带宽限制装置，采用各种副载波调制技术之一来实现的。以下各段描述了在光发射机中使用多种带宽限制装置，如 *LPF* 或带通滤波器(*BPF*)，采用频移键控(*FSK*)、双相移相键控(*BPSK*)、四相移相键控(*QPSK*)和幅移键控(*ASK*) 技术实施本发明时的操作。

参照图 5，我们来描述用于 *ONU*5 中的 *FSK* 发射机单元的低通滤波器(*LPF*)和混频器的实施例。如图所示，3*Mb/S* 的基带数据输入信号由 *LPF*501 滤波并用来调制 *VCO*502 以形成第一调制副载波信号。该信号输入混频器 503，在那里与振荡器 504 的信号相乘，形成第二调制副载波信号。直接调制激光器 55。根据我们的发明，*LPF*501 有一个转移函数：对输入信号进行滤波，以使所得的 *VCO*502 输出的调制载波信号的功率密度频谱基本上包括调制载波的所有主瓣和显著衰减的旁瓣，如图 3 所示，在头端终端 *HDT*2 处，使用众所周知的适当的电路来恢复 3*Mb/S* 的基带数据信号。

参照图 6，我们描述了 *FSK* 发射机单元的带通滤波器(*BPF*)的实施例。数据输入信号调制 *VCO*601 以形成调制副载波信号。该信号由 *BPF*602 滤波并用来调制激光器 55。根据我们的发明，*BPF*602 具有这样的信号转移特性，即基本上使调制副载波信号主瓣和衰减的旁瓣通过。此外，在头端终端 *HDT*2 处，使用适当的电路来恢复数据输入信号。

图 7 所示是一个示例性的 *FSK* 发射机单元，它利用 *VCO*701、带通滤波器(*BPF*)702、振荡器 703 和混频器 704 来产生调制激光器 55 的第二调制副载波信号。*BPF*702 以与图 6 的 *BPF*602 同样的方式工作。

图 8 所示是 *FSK* 发射机单元的 *BPF* 和混频器的另一个实施例。调制 *VCO*801 的数据输入信号在混频器 802 中与来自振荡器 803 的信号混频而形成第二调制副载波信号，它由 *BPF*804 滤波并用来调制激光器 55。*BPF*804 具有这样的信号转移特性，即使第二调制副载波信号的主瓣和衰减旁瓣通过。

参照图 9，我们来描述 *ONU* 与使用的一个例举性两相移相键控(*BPSK*)发射机单元。应注意，输入到所有 *BPSK* 和 *QPSK* 发射机单元的输入基带数据信号有一种极性，逻辑 0 信号和另一种相反的极性，逻辑 1 信号。这个输入信号通过低通滤波器 901 发送。在混频器 902 中，滤波数据乘以振荡器 903 输出的信号，形成一个 *BPSK* 信号，用于调制激光器 55。对于一个 *PON*，振荡器 903 将用于选择适当的载波频率。*LPF*901 有一个转移函数，对输入数据信号进行滤波，以使所得的混频器 902 输出的调制载波信号的功率密度频谱大体上包括调制载波信号的所有主瓣和显著衰减的旁瓣。在头端终端 *HDT*2 处，在鉴频器 28 中使用众所周知的适当的电路来恢复输入数据信号。

图 10 所示是一个采用带通滤波器的 *BPSK* 发射机单元。在频混器 10.1 中，用来自振荡器 10.2 的信号乘以输入数据，产生一个 *BPSK* 信号，然后由 *BPF*10.3 滤波并用来调制激光器 55。*BPF*10.3 具有这样的信号转移特性：使从混频器 10.1 输出的 *BPSK* 调制

信号的主瓣通过并衰减其旁瓣。此外，头端终端 *HDT*2 具有恢复数据输入信号的电路。

图 11 所示是采用两个混频器 11.1 和 11.4 的 *BPSK* 发射机单元。这种电路在振荡器 11.2 的某个中频上产生一个 *BPSK* 信号，然后利用振荡器 11.5 来选择最后的副载波频率。可如图所示使用 *BPF*11.3，但也可将它插在混频器 11.4 的输出端。*BPF*11.3 具有这样的信号转移特性：使从混频器 11.1 输出的副载波信号的主瓣通过并衰减其旁瓣。头端终端 *HDT*2 包括恢复数据输入信号的电路。

图 12 所示是 *BPSK* 发射机的另一个实施例。在这个电路中，数据输入信号通过 *LPF*12.1 并在混频器 12.2 中与来自振荡器 12.3 的信号混频。*LPF*12.1 以对图 9 中的 *LPF*901 所描述的方式工作。在混频器 12.4 中所得的副载波信号与来自振荡器 12.5 的信号混频而形成用于调制激光器 55 的第二副载波信号。

参照图 13 至 17，我们来描述可用于图 1 的 *ONU*5 例举性四相移相键控(*QPSK*)型发射机单元。如图 13 所示，数据输入信号(双极性) 由去复用器 13.1 进行去复用，以便比特交替地分配给同相数据流(数据 *i*)或正交相位数据流(数据 *q*)。然后，每个数据流通过低通滤波器 13.2 或 13.3。振荡器 13.4 产生一个 *RF* 信号，在功率分离器 13.5 中将该 *RF* 信号分离。分离器 13.5 的一半 *RF* 信号用来在混频器 13.6 中与数据 *i* 流相乘。分离器 13.5 的另一半 *RF* 信号在移相器 13.7 中进行 90°相移并在混频器 13.8 中与数据 *q* 流相乘。这个 *QPSK* 发射机基本上是两个图 9 的 *BPSK* 发射机单元，只是其中一个有 90°移相器 13.7。混频器 13.6 和 13.8 的输出在加法

器 13.9 中相加而产生调制激光器 55 的副载波信号。*LPF*13.2 和 13.3 具有这样的信号转移特性：基本上使从混频器 13.6 和 13.8 输出的调制副载波信号的主瓣通过并衰减其旁瓣。在头端终端 *HDT*2 处使用众所周知的适当的电路来恢复输入数据信号。

图 14 示出了与图 13 所示相似的另一个 *QPSK* 发射机单元，只是它在混频器 14.1 中使用振荡器 14.2 的信号与电路 14.0 的调制副载波信号输出相乘来形成用于调制激光器 55 的第二调制副载波信号。电路 14.0 的 *LPF* 以与图 13 的 *LPF*13.2 和 13.3 相同的方式工作。

图 15 所示是一个与图 13 所示相似的电路，只是使用带通滤波器 *BPF*15.1 代替 *LPF*13.2 和 13.3。

图 16 所示是一个与图 15 所示相似的 *QPSK* 发送机单元，只是它如图 14 中所示使用了附加的混频器 14.1 和振荡器 14.2。

图 17 所示是一图 14 的 *QPSK* 发射机和单元，象图 15 所采用的那样，在激光器 55 之前附加了一个 *BPF*。在图 14 至 17 中，在头端终端 *HDT*2 处利用适当的电路来恢复输入数据信号。

图 18 所示是幅移键控(*ASK*)发射机单元。3*Mb/S* 的数据输入信号是由 *LPF*18.1 滤波的二进制单极信号。然后该信号输入混频器 18.2。在那里转换成由振荡器 18.3 所确定的频率而形成用来直接调制激光器 55 的调制 *ASK* 副载波信号。

我们设想图 1 所描述的用于波分多路复用的波长能逆转，以便出站业务可在比入站业务更低的波长上发送。本领域技术人员应了解，用户(*ONU*)的数目可随着终端数目、无源支架大小、多路复用器 22 的多路复用能力以及入站业务接收机中去复用器的数目的改

变而增加或减少。此外，虽然本发明描述为采用 9.5 的 *FM* 调制指数，但所描述的 *PON* 网络采用直至约 0.8 的指数值将仍能有效地工作。

此外，尽管本发明描述为在发射机中采用光激光器，但本发明可更广泛地采用其它类型的光源如发光二极管(*LED*)。

我们将认识到，虽然本发明是对采用二进制信令的系统进行描述的，但各组比特能编码成多级符号，从而达到更高的数据通过率。

尽管本发明揭示了用于消除邻信道干扰的技术，但该发明能更广泛地用于降低不相邻信道间的信道间干扰。通常，邻信道间的干扰是最强的，但通过降低所有的信道间干扰也可在光网络中获得显著的益处。

以上所描述的只是本发明原理的一个示例性的应用。本领域技术人员可不脱离本发明的精神和范围来提供其它的装置和方法。

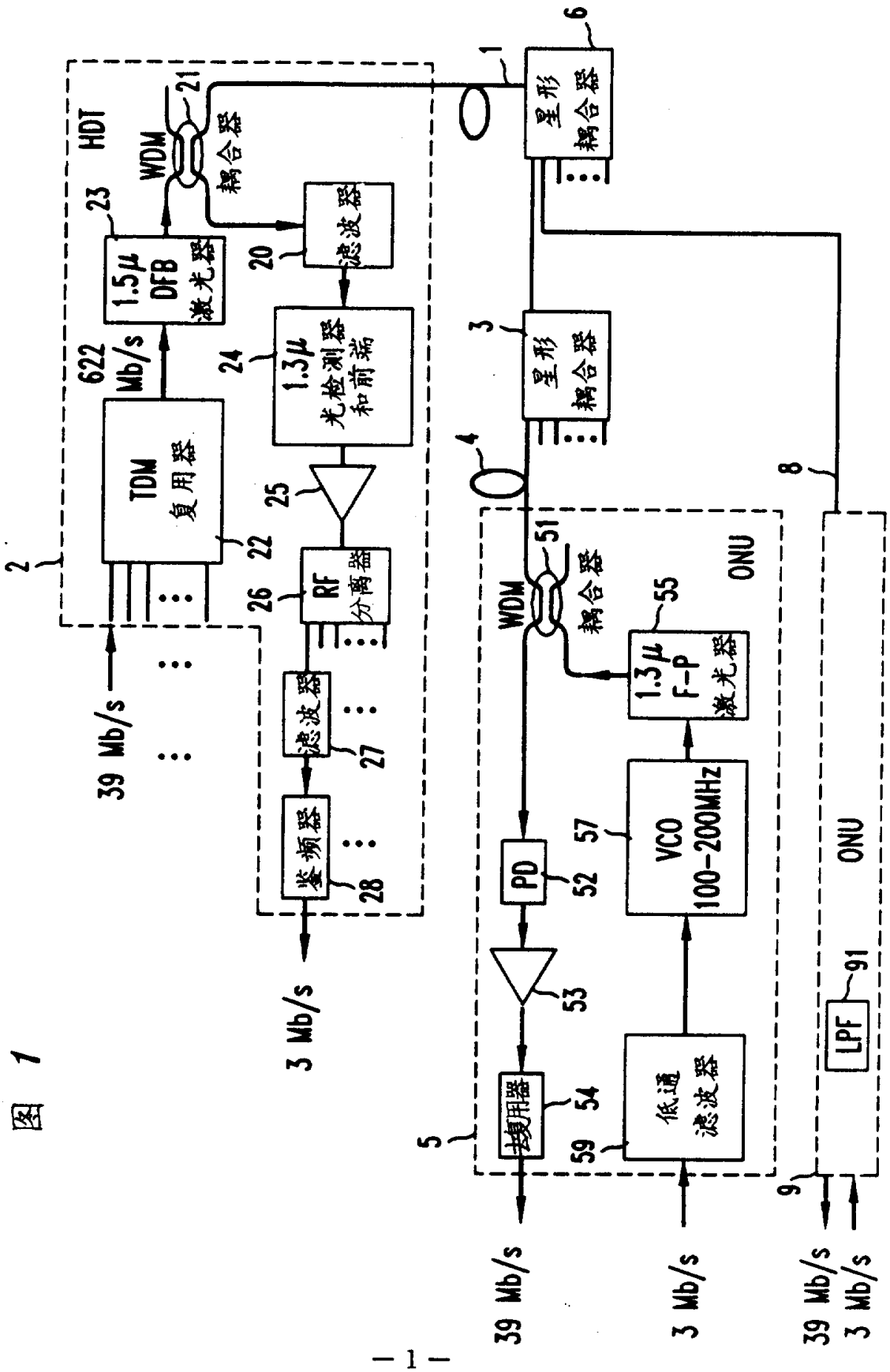

HDT
WDM
耦合器
1.5μ DFB 激光器
622 Mb/s
TDM 复用器
39 Mb/s
3 Mb/s
滤波器
1.3μ 光检测器和前端
RF 分离器
鉴频器
星形 耦合器
ONU
1.3μ F-P 激光器
VCO 100-200MHz
PD
低通 滤波器
LPF
39 Mb/s
3 Mb/s
39 Mb/s 3 Mb/s

图 1

图 2

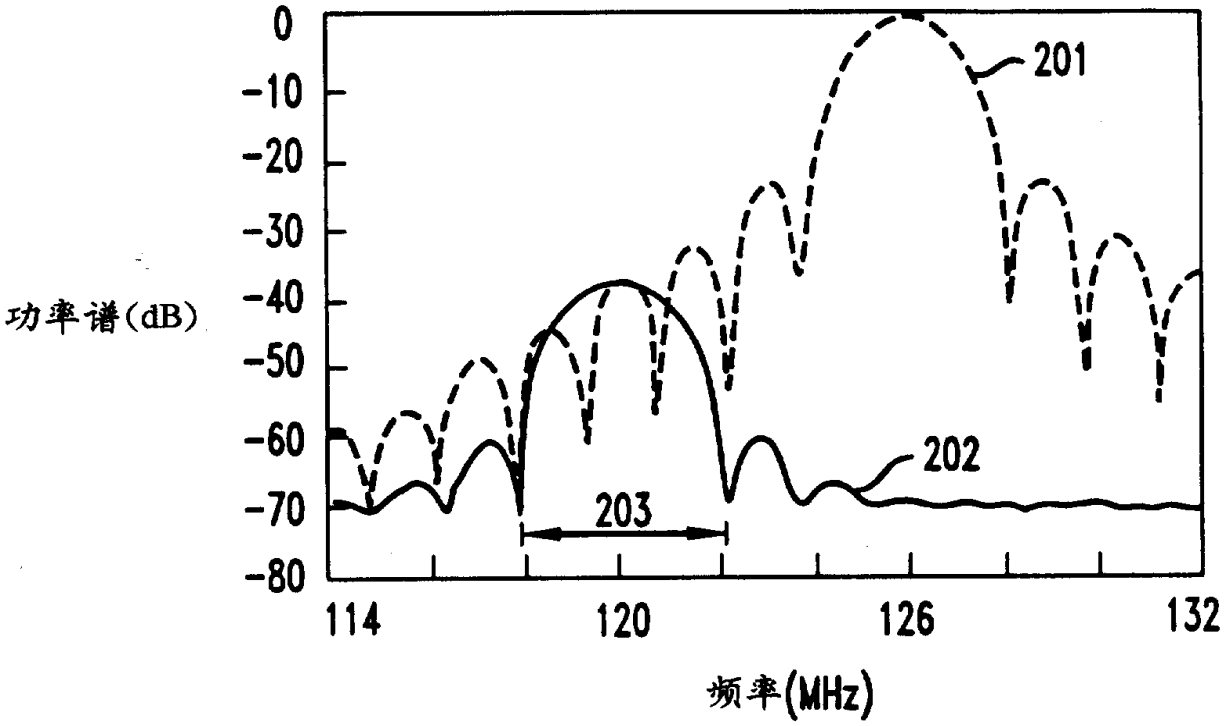

0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
功率谱(dB)
201
202
203
114
120
126
132
频率(MHz)

图 3

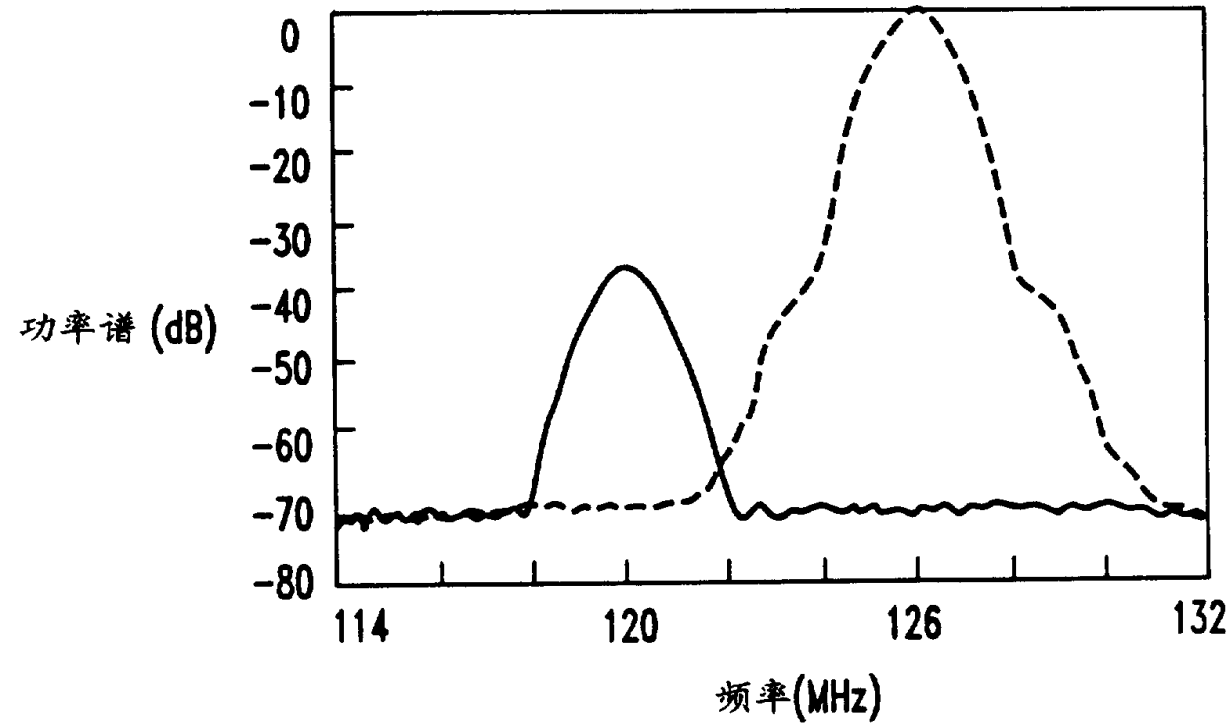

0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
功率谱 (dB)
114
120
126
132
频率(MHz)

图 4

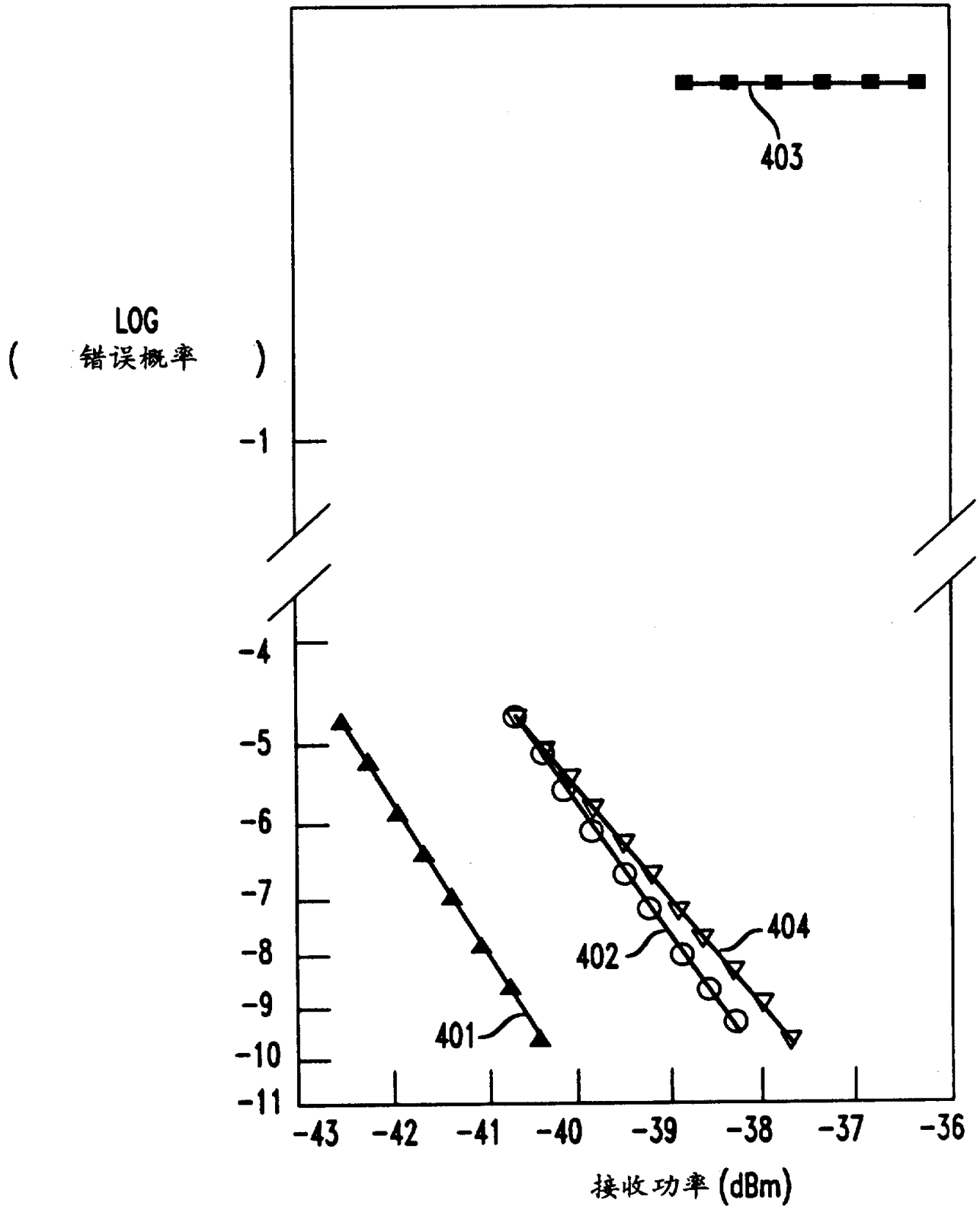

403
LOG
(错误概率)
-1
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11
401
402
404
-43
-42
-41
-40
-39
-38
-37
-36
接收功率 (dBm)

图 3A

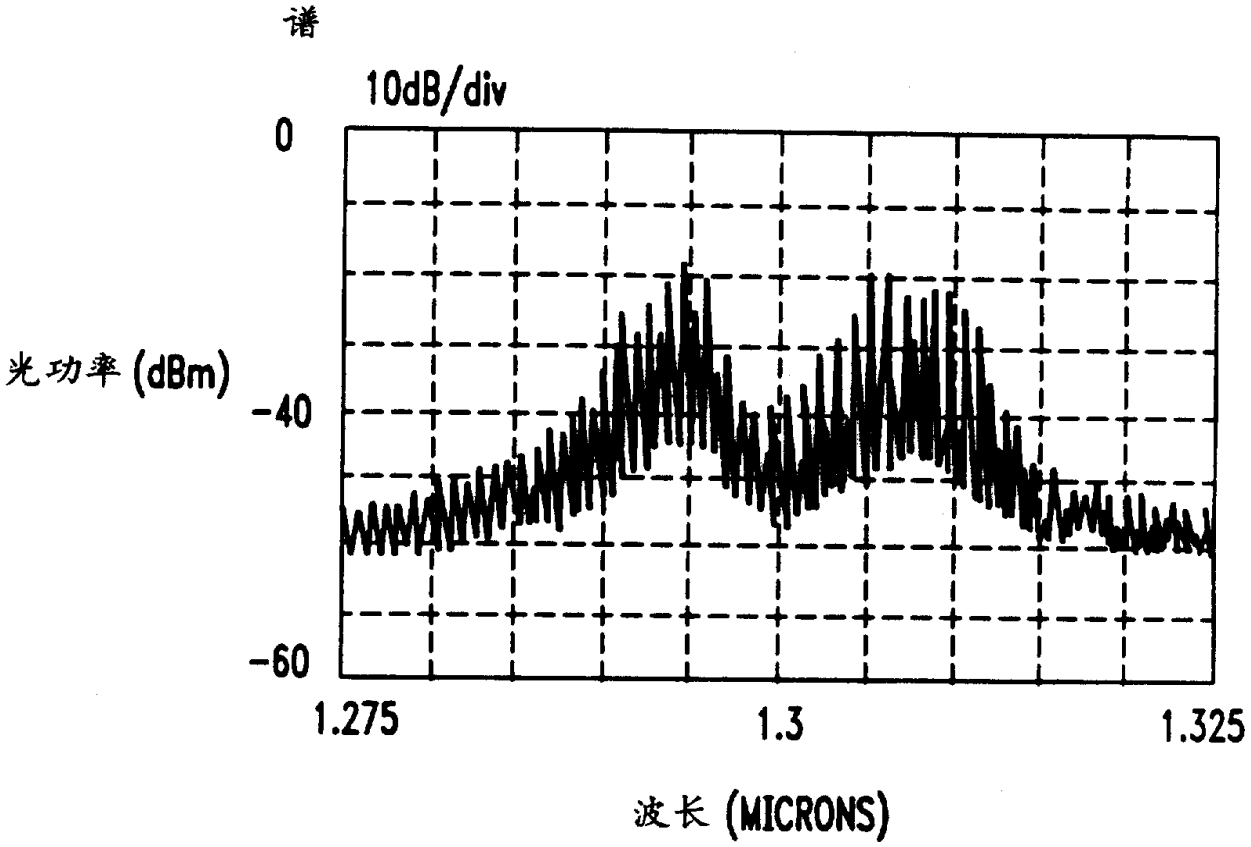


图 5

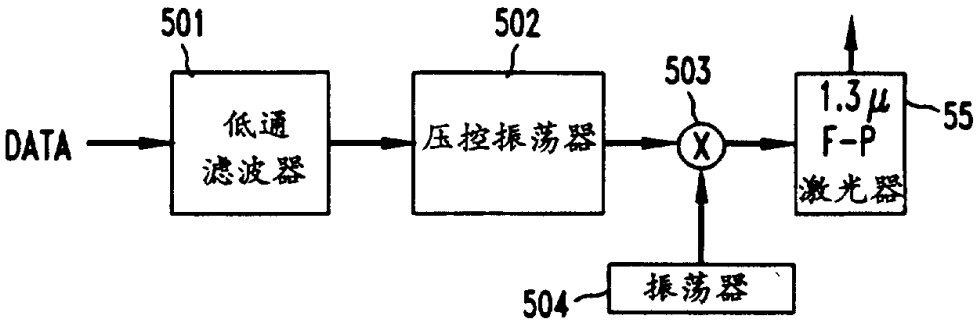

501
502
503
DATA
低通
滤波器
压控振荡器
X
1.3μ
F-P
激光器
55
504
振荡器

图 6

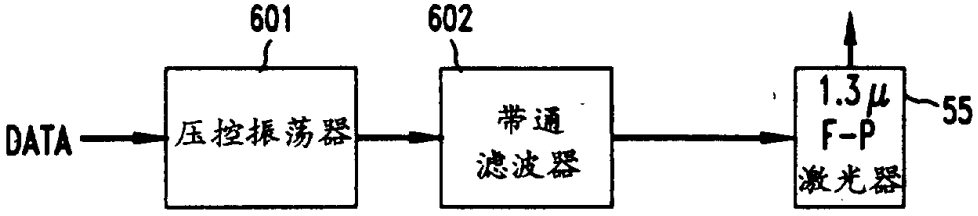

601
602
DATA
压控振荡器
带通
滤波器
1.3μ
F-P
激光器
55

图 7

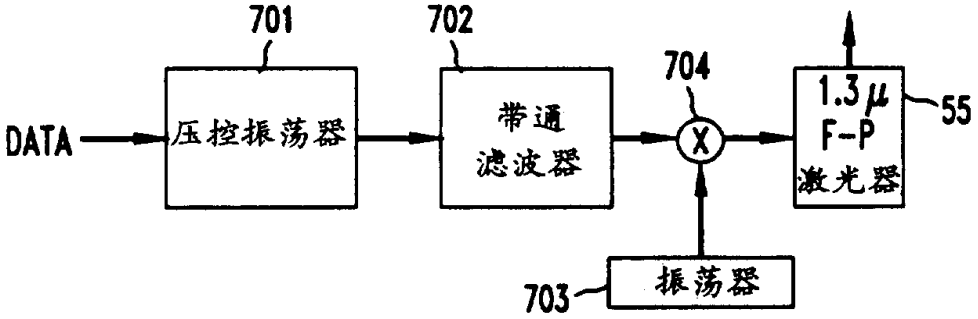

701
702
704
DATA
压控振荡器
带通
滤波器
X
1.3μ
F-P
激光器
55
703
振荡器

图 8

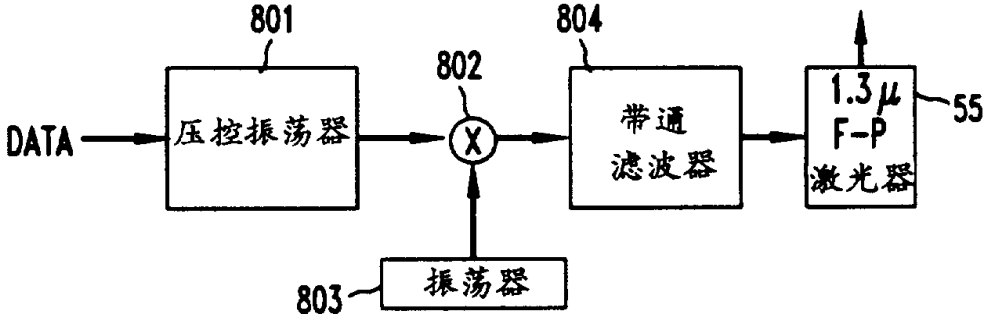

801
804
802
DATA
压控振荡器
X
带通
滤波器
1.3μ
F-P
激光器
55
803
振荡器

图 9

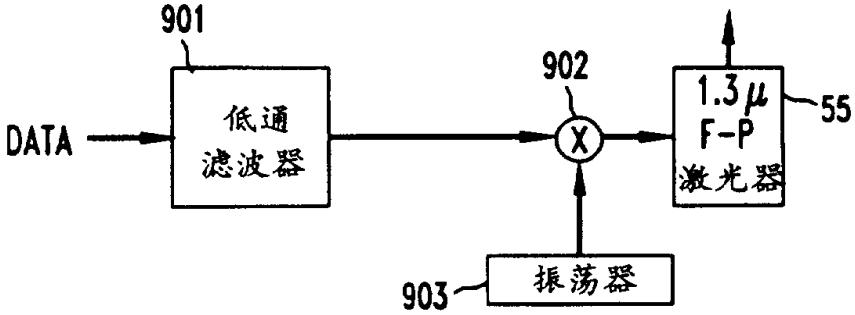


图 10

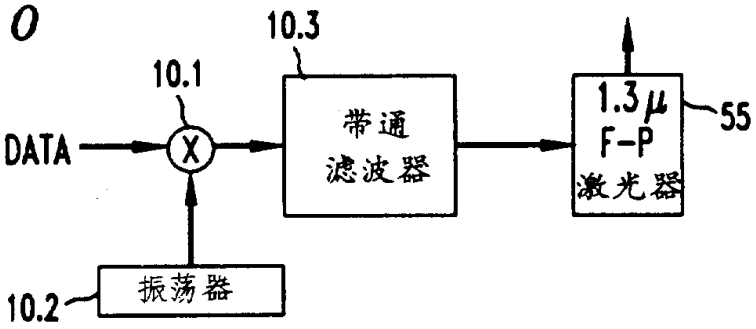


图 11

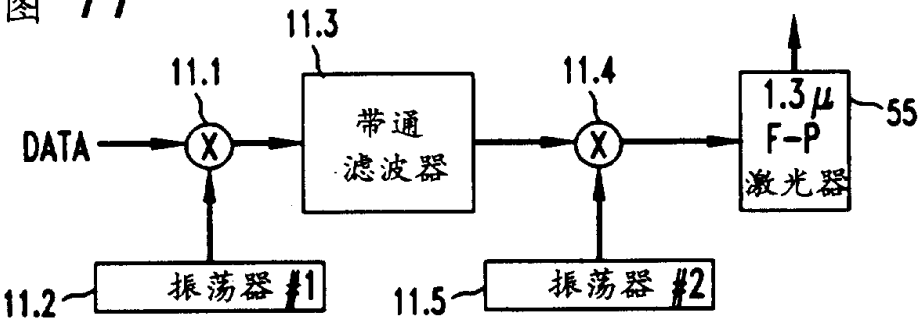


图 12

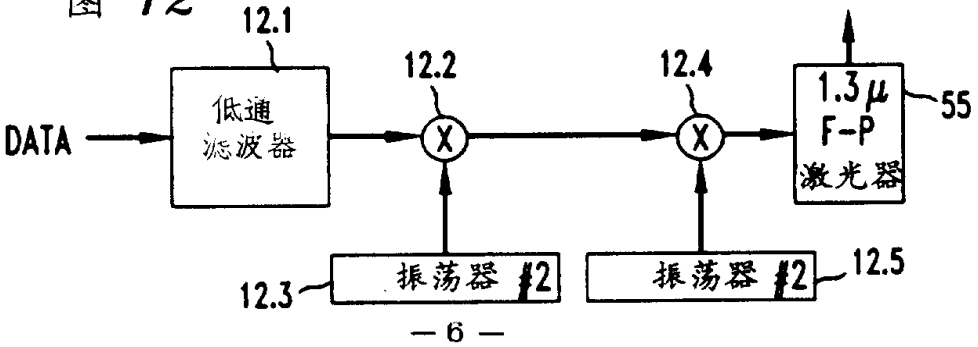


图 13

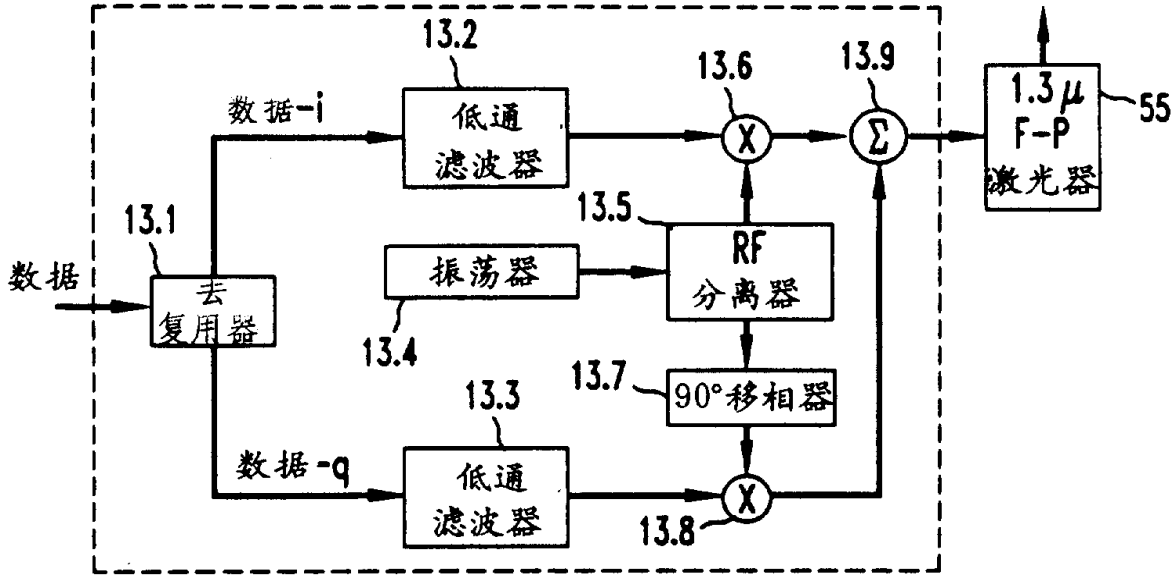

13.2
数据-i
低通
滤波器
13.6
13.9
1.3μ
F-P
激光器
55
13.1
数据
去
复用器
13.5
RF
分离器
振荡器
13.4
13.7
90°移相器
13.3
数据-q
低通
滤波器
13.8

图 14

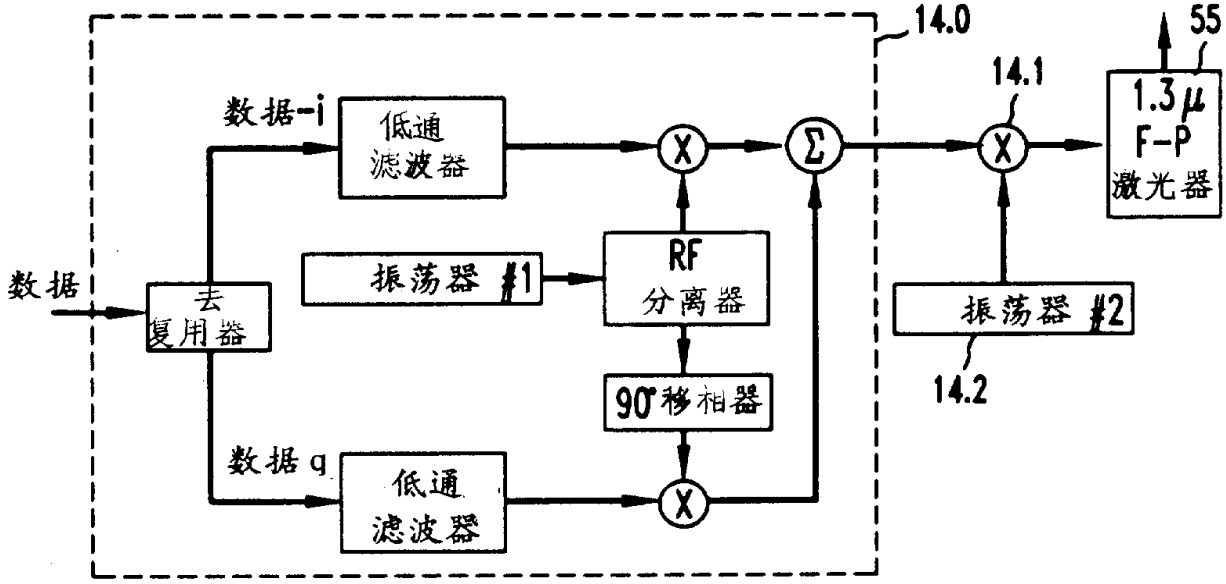

14.0
55
14.1
数据-i
低通
滤波器
1.3μ
F-P
激光器
数据
去
复用器
振荡器 #1
RF
分离器
振荡器 #2
90°移相器
14.2
数据 q
低通
滤波器

图 15

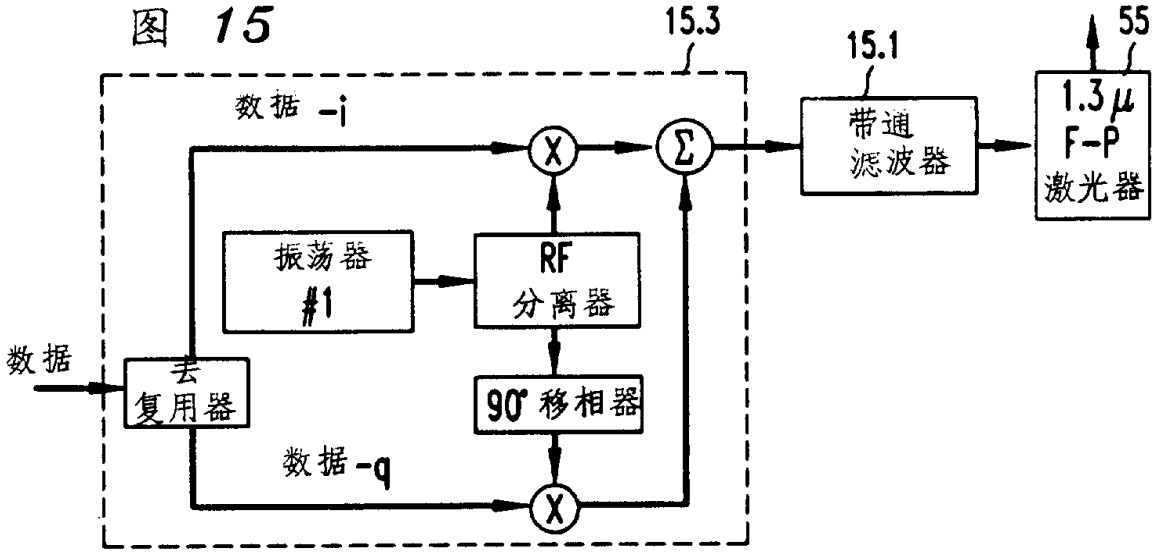

15.3
15.1
55
数据 -i
X
Σ
带通
滤波器
1.3μ
F-P
激光器
振荡器
#1
RF
分离器
数据
去
复用器
90° 移相器
数据-q
X

图 16

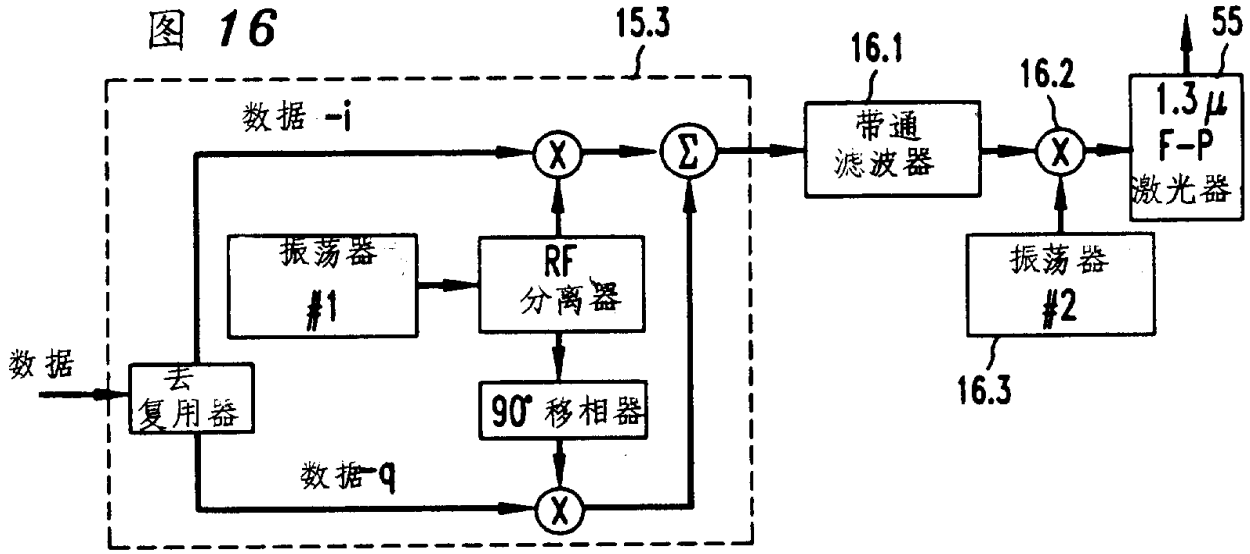

15.3
16.1
16.2
55
数据 -i
X
Σ
带通
滤波器
X
1.3μ
F-P
激光器
振荡器
#1
RF
分离器
振荡器
#2
数据
去
复用器
90° 移相器
16.3
数据-q
X

图 17

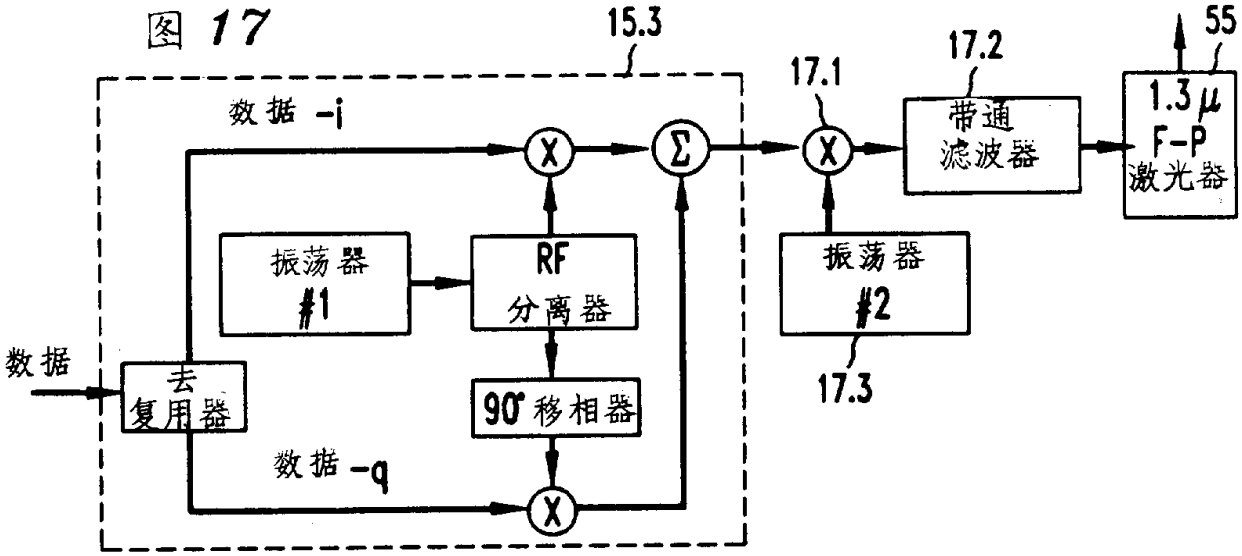
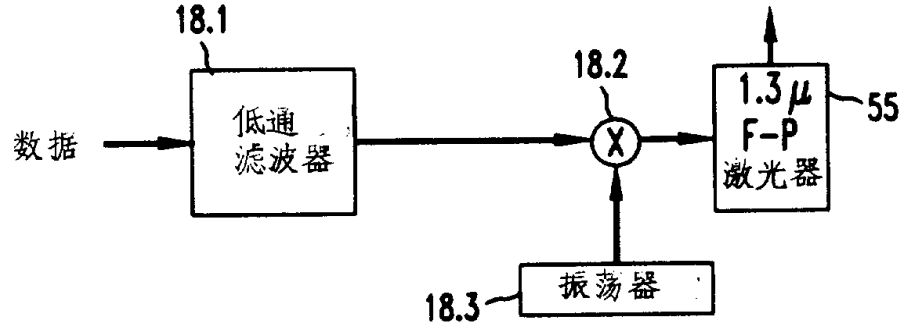

15.3
数据 -i
X
Σ
17.1
X
17.2
带通
滤波器
55
1.3μ
F-P
激光器
振荡器
#1
RF
分离器
振荡器
#2
数据
去
复用器
90° 移相器
17.3
数据 -q
X

图 18


18.1
18.2
1.3μ
F-P
激光器
55
数据
低通
滤波器
X
18.3
振荡器