



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1943148 B

(45) 授权公告日 2012.03.28

(21) 申请号 200680000102.7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2006.01.04

H04B 10/155 (2006.01)

(30) 优先权数据

05001145.1 2005.01.20 EP

(56) 对比文件

US 6661976 B1, 2003.12.09, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.09.18

审查员 李文竹

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2006/050035 2006.01.04

(87) PCT申请的公布数据

W02006/077176 EN 2006.07.27

(73) 专利权人 诺基亚西门子通信有限责任两合公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 D·方塞卡 A·卡塔索 P·蒙泰罗

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 刘春元 魏军

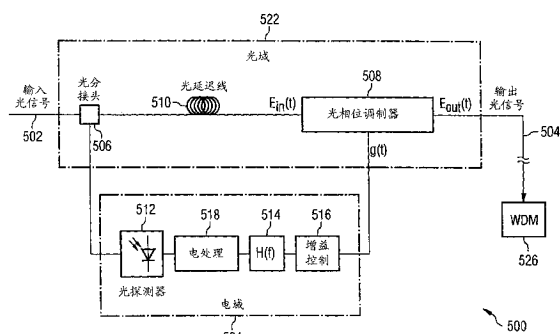
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

产生光的单边带信号的装置和方法

(57) 摘要

从一个输入光信号 (502) 产生一个单边带信号 (504)。一个光相位调制器 (508) 根据一个控制信号在输入光信号 (502) 上进行光的相位调制以产生所述单边带信号 (504)。一个转换器 (512) 把输入光信号 (502) 的一部分转换成一个对应的电信号。一个控制信号发生器 (514、516) 响应被表示在转换成电信号的输入光信号的部分中的所述输入光信号 (502) 的光脉冲形状产生控制信号。



1. 用于从一个输入光信号 (502) 产生一个单边带信号 (504) 的装置 (500), 其特征在于, 具有:

一个光的相位调制器 (508), 该光的相位调制器 (508) 依据一个控制信号在输入光信号 (502) 上进行光的相位调制以产生所述单边带信号 (504),

一个转换器 (512), 所述转换器 (512) 把所述输入光信号 (502) 的通过分离器分流的一部分转换成一个对应的电信号, 和

一个控制信号发生器 (514、516), 所述控制信号发生器 (514、516) 响应被表示在所述输入光信号 (502) 中已经被转换成电信号部分中的光信号脉冲形状来产生控制信号。

2. 如权利要求 1 所述的装置, 其特征在于, 所述控制信号发生器包括一个电的模拟处理器 (518), 所述电的模拟处理器 (518) 把所述电信号重新整形成为一种控制信号发生器所期望的形状。

3. 如权利要求 2 所述的装置, 其特征在于, 采用以下的表达式实施所述电的模拟处理器 (518):

$$f(x) = 0.5 \cdot \log(x)$$

式中, x 代表转换了的电信号。

4. 如权利要求 2 所述的装置, 其特征在于, 采用以下的表达式实施所述电的模拟处理器 (518):

$$f(x) = \sqrt{\frac{x}{\bar{x}}}$$

式中, x 代表转换了的电信号, 而 $\bar{x}$ 代表 x 的平均值。

5. 如权利要求 2 所述的装置, 其特征在于, 采用以下的表达式实施所述电的模拟处理器 (518):

$$f(x) = \frac{x}{\bar{x}}$$

式中, x 代表转换了的电信号, 而 $\bar{x}$ 代表 x 的平均值。

6. 如权利要求 1-5 之一所述的装置, 其特征在于, 波长划分复用器 (526) 对单边带信号 (504) 进行波长划分复用。

7. 如权利要求 1-5 之一所述的装置, 其特征在于, 光的相位调制器 (508) 在输入光信号 (502) 上进行光的相位调制, 在输入光信号 (502) 的至少一个边带上抑制光功率。

8. 如权利要求 1-5 之一所述的装置, 其特征在于, 所述控制信号发生器 (514) 采用一种相移变换函数。

9. 如权利要求 1-5 之一所述的装置, 其特征在于, 所述控制信号发生器 (514) 采用一种希尔伯特变换函数。

10. 如权利要求 1-5 之一所述的装置, 其特征在于, 在光相位调制器之前引入一个延迟 (510), 所述延迟计入了由于电部件延迟而引起的在电信号中的延迟。

11. 如权利要求 1-5 之一所述的装置, 其特征在于, 一种光分接头 (506) 把输入光信号 (502) 功率的一部分转向到所述转换器 (512)。

12. 用于从一个输入光信号 (502) 产生一个单边带信号 (504) 的方法, 其特征在于,

把输入光信号 (502) 的一部分转换成一个对应于该输入光信号的电信号, 和
基于被表示在输入光信号中已经被转换成电信号的部分中的光信号脉冲形状来产生
一个控制信号, 以及

基于所述控制信号对所述输入光信号进行光相位调制。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其特征在于, 所述产生控制信号的步骤利用一个希尔伯特变换跟踪所述输入光信号的形状。

14. 如权利要求 12 或者 13 所述的方法, 其特征在于, 把该输入光信号 (502) 的功率信号分出一部分。

15. 如权利要求 12 或者 13 所述的方法, 其特征在于, 对通过所述光相位调制的步骤调制的光信号进行波长划分复用。

16. 如权利要求 12 或者 13 所述的方法, 其特征在于, 使该光相位调制器相对于输入光信号的中心频率失谐。

产生光的单边带信号的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光的单边带 (OSSB) 传输,更具体而言涉及波分复用 (WDM) 信号。

背景技术

[0002] 信号单边带 (SSB) 提供一些高于常规的双边带传输令人信服的优点。在常规的光调制格式中,发射两个信息边带,通常称为光的双边带 (ODSB) 传输。与之不同,光单边带 (OSBB) 抑制一个边带,以降低发射的信号频率占用。

[0003] 这种情况可以通过把图 1A 的信号单边带与图 1B 的双边带传输相比较很好地理解。如可以看到,图 1A 中的 SSB 信号 102 需要图 1B 中的双边带信号 104 的带宽的一半。换言之,在 SSB 的情况下,SSB 信号的频谱占用有效地减半,因此与常规系统比较加倍了可供使用的发送信道的数量。

[0004] 不容易从这些图中看出的另一个使用 SSB 的原因是,OSSB 信号对光导纤维引入的色散具有较高的宽容性。另外,由于在光信号检波后的相位守恒使得 OSSB 信号在接收机方提供了有效的电均衡。出于这些原因就可以容易的解释为什么 SSB 是主要的传输方法。

[0005] 不足为奇,这导致了产生 OSSB 信号领域的发展。在此涉及两种不同的技术方案。第一种方案是使用一种光的配置和产生所述希望的光信号的电信号。第二种方案是使用有一个失谐的中心频率的光滤波器。在第一种情况下,需要一个完整的光发射机,所述光发射机包含一个光源和一个外部的调制器装置。然而如果不是不切实际地提供一个完整的光发射机和调制器也需要相当高的成本。在第二种情况下,由于在光域中抑制了不必要的光边带的事实,所述光信号由一个第三方或者远程的设备产生。然而,如在下文中将看到的那样,不那么容易实现抑制边带而在光域中没有失真。

[0006] 而且当准备 SSB 信号的时候必须认识到可能会通过波长划分复用 (WDM) 发射所述信号。WDM 通过把输入的光信号配属到一定频带内的光的特定频率 (波长,或者说 λ) 来增加物理媒体 (纤维) 的承载容量。在一个 WDM 系统中,把每个波长发送进纤维,并且在接收终端对所述信号进行解复用。而且,每个 WDM 都有其自己专用的带宽,意味着所有的信号都在同时抵达,而不是分解开并且在时隙中承载。

[0007] 如果已经可以用 SSB 信号节省带宽,显然对通过 WDM 传输 SSB 信号有利。然而,为了做到此点,在复用前所述光信号就必须具有 SSB 特性 (或者至少由于复用处理而具有 SSB 特性)。为此目的提出了三种公知的技术。例如,有人提出在发射机设备处以光的方式产生有 SSB 特性的信号。另一位提出 WDM 设备把输入的光信号转换到电域,并且使用一个完整的光发射机产生有 SSB 特性的光信号。最后,有人提出相对于每个光信道的中心波长使光多路复用器失谐。

[0008] 上述的第一种技术要求使用特别为该目的设计的 WDM 专用发射机装备。第二种技术因为要加倍所需要的光发射机数量所以性价比较低。第三种技术是高性价比的,但是 SSB 信号的特性也就是不希望的边带抑制量强烈地取决于所使用的光纤的特性。

[0009] 第三种技术的问题将参照图 2A 和图 2B 阐述。在这两个图中,使用一个失谐滤波

特性 204 滤波光的输入信号 202。众所周知,在滤波器失谐时,滤波特性有较好的机会跟踪输入光信号。然而,可以看到,在所述特性中的畸变引起滤波了的信号,即得出的 SSB 信号 206,会被不正确地滤波。结果导致实际上不适当的一种 SSB 信号。

[0010] Henmi,在美国专利 5,227,908 中,公开了一种装置,在本文中复制于图 3 中,以使用一个光滤波器抑制边带中的一个。更加具体而言,Henmi 的发射方 300 负责 SSB 抑制并且正是该部分形成当前讨论的焦点。简而言之,一个半导体激光器 301 通过一个直流偏置源 302 发出的注入电流以一个载波光频率振荡。一个输出光 304 由一个受由一个终端 303 输入的一种发送信号驱动的外部调制器 305 调制。并且在传送过一个光滤波器 307 以后光 306 变成一个发送信号光 308,所述光滤波器起抑制边带信号成分的作用。

[0011] 然而,事实还证明在提供准确代表输入光信号中信息的 SSB 信号方面 Henmi 的装置是不完善的。有人提出,其原因在该 Henmi 装置,即部分 300,产生光域中的信号。如 Henmi 所提出,光滤波器不能够不使光载波衰减而实现边带的良好抑制。NEC 提出的该技术的性能高度地取决于滤波器特性,也就是取决于衰减率。

[0012] 这可以通过图 4A-4C 清楚地阐述。在图 4A 中,大量的信道 402 共享一个光纤到各个信号重叠产生串扰的程度。当用一个宽带光复用器聚集光信号时这例如可以发生在一个信道密集的 WDM 系统中,例如有 50GHz 频率间隔的 40Gb/s 的 WDM 系统中。当发生串扰 404 时,不可能对结合信道进行滤波。这可以从图 4B 中看出,在该图中滤波器 406 与相邻信道相交。这导致图 4C 中所示的复用信号 408,这限制了总的性能。

[0013] 诸如 Henmi 所提出的系统有这样的后果。这种方案存在的一个问题是对光复用器要求的精确性以及复用器失谐频率与信道光载波频率之间可能存在的差别(由于温度稳定性等原因)。

[0014] 提供一个准确代表输入光信号的 OSSB 会是有利的。在现有技术中没有提供一种准确地抑制输入光信号的一个边带的滤波器。因此,没有提供把由于在一个复用的信号中结合数个信号而出现串扰考虑在内准确地单边带滤波一个输入光信号的手段。

发明内容

[0015] 从一个输入光信号产生一个单边带信号。一个光的相位调制器(508)依据一个控制信号在输入光信号上进行光的相位调制以产生所述单边带信号。一个转换器把输入光信号转换成一个对应的电信号。一个控制信号发生器响应所述输入光信号的光信号脉冲形状产生控制信号。

[0016] 通过转换输入光信号的一个部分并且把该部分转换成一种电信号从输入光信号中产生一个单边带信号。该电信号用于在输入信号的光信号脉冲形状的基础上产生一种控制信号。最后基于所述控制信号施加输入光信号的一种光相位调制。

[0017] 本发明的目的是提供一种适当滤波的波分复用 OSSB 信号。

[0018] 在本发明的一个特定的方面,利用一种相移变换,譬如希尔伯特变换,来产生所述控制信号。

[0019] 该方法和装置的一个优点是,基于在电域中发生的一种控制信号来调制光信号。换言之,不用把光信号“完全地”变换成电形式调制的光信号。这使得能够把光的双边带信号变换成单边带信号,而不用把原信号变换到电域中,把原信号变换到电域中会使信号畸

变。

[0020] 本发明的滤波器有利地适应输入光信号的形状。应当理解在此阐述的示例性滤波器特别适用于强度调制的信号。这是因为,所选取的滤波器滤波在数学上以方程中的平方根式项表达的功率信号。这在实践中应当是没有问题的,因为一般地多数信号都是强度调制的。无论如何,可以按本发明的基本构思采用其它的滤波器,从而为任何信号形状而得到上述优点。这意味着对有任何光带宽和频谱形状的光信号证实了所述抑制。用固定的光滤波器,所述边带之一中被抑制的功率根据所用的脉冲形状而发生改变。然而在所提出的滤波器的情况下,得到原脉冲形状在电域中的复制品,并且本发明从中产生一种电信号以依据原脉冲形状抑制边带。以此方式,可以说本发明适用于光脉冲形状。

[0021] 另一个优点是当采用直接检波系统时在光信号中不会引入幅度畸变。

[0022] 本发明的另一个优点是光的带宽降低到一半,加倍了 WDM 系统的信道数量。

[0023] 另外,所述 OSSB 信号对光纤中引起的色散更加宽容并且允许电的色散补偿。对于色散效应的充分理解可以参阅 M. Siben 等的文章“Optical single sideband transmission at 10Gb/s using only electrical dispersion(只使用电色散补偿的 10Gb/s 光单边带传输)”, IEEE Journal of Lightwave Technology, 第 17 卷, n° 10, 1999 年 10 月期, 1742-1749 页。

附图说明

[0024] 以下附图示出本发明的至少一个实施例。

[0025] 图 1A 和图 1B 分别示出了 SSB 和 DSB ;

[0026] 图 2A 和图 2B 示出失谐的滤波 ;

[0027] 图 3 示出一个过时的 SSB 滤波器 ;

[0028] 图 4A- 图 4C 示出串扰的效果 ;

[0029] 图 5A 和图 5B 示出本发明 ;而

[0030] 图 6A 和图 6B 示出使用本发明滤波的一个例子。

具体实施方式

[0031] 在图 5A 中示出所提出的本发明的自适应光滤波器 500 的配置,用于转换输入光信号 502 以得到 OSSB 信号 504。该输入信号 502 被馈送到一个分离器,譬如光分接头 506,所述分离器分流所述输入光信号功率的一部分。不分流的部分通过一个光相位调制器 508 调制到光域中。可以供选择地插入一个延迟线 510 以考虑到电处理的元件延迟。

[0032] 继续地,一个光探测器 512 把由光分接头 506 分流的部分功率转换成一个电信号。所述光探测器 512 例如可以是一个光电二极管。使用该光电二极管,电信号跟踪输入光信号的载波信号,从而产生所述光信号的包络,或者说所述光信号的信息信号。

[0033] 然后用经转换的电信号产生一个滤波控制信号,所述滤波控制信号跟踪要求得到输入光信号单边带的边带形状。在此情况下,本发明采用一个相移型变换。在本发明的一个方面,发现希尔伯特变换具有提供良好地跟踪光信号形状的优越特性。一个增益控制元件 516 基于光相位调制器的输入要求设定正确的偏置和调制电压。在本发明的一个变例中,还设有一个电的处理单元 518,所述电处理单元用于对转换了的电信号重新整形。

[0034] 本发明可以考虑具有两个分开的部分或者说域。光域 522 处理光域中的那个部分的输入光信号,而电域 524 处理在电域中转换成电信号的那个部分信号。

[0035] 尽管不是本发明的主要部分,本发明的一个目标是准备 WDM 处理用的 OSSB 信号。

[0036] 为此目的,并且出于完整性,图中示出一个 WDM 复用所述 OSSB 信号 504 的 WDM 部件 526。

[0037] 现在已经说明了图 5A 的物理布局,下面参照图示的元件说明本发明的工作情况。光输入信号 502 被光分接头 506 分成两个部分。在一个方面转向了功率谱的一部分。把这两个功率部分之一送到光相位调制器 508。另一个部分发送到光探测器 512。

[0038] 由 $E_{out}(t)$ 表达的光相位调制器的输出电场可以用下式表示:

$$E_{out}(t) = E_{in}(t) \cdot \exp[j \cdot g(t)] \quad (1)$$

[0040] 式中 t 为时间,而 $g(t)$ 是电的驱动信号。 $E_{in}(t)$ 是光相位调制器中的电输入信号。光相位调制器当前可以在市场上购到,其特性在本文中不作说明。

[0041] 使用对特定的电部件调整的光延迟线 510 可以造成电域 524 中可能的延迟。该光的延迟把现实世界中不完美的非理想部件考虑在内以把光信号与电信号对齐。

[0042] 光探测器 512 把光信号转换到电域中。该电信号代表输入光信号的信息信号。这可以用跟踪输入光信号包络的一个光电二极管完成。

[0043] 如前已述,经转换的电信号可能需要重新整形。例如,如果所述转换器是非线性的,它就会改变信号的形状。为了得到所希望的信号形状,设有一个电的模拟处理器 518。一般地,所希望的信号是对数的,并且,从而电的处理器 518 利用一种对数函数。这可以用以下面的对数函数 $f(x)$ 给出:

$$f(x) = 0.5 \cdot \log(x) \quad (2)$$

[0045] 式中 x 是光探测器输入处的电信号。该响应可以通过一个非线性电放大器得到。在本文中进一步示出两个交替的电模拟处理器。

[0046] 在电处理以后,对转换了的电信号施加所述相移变换函数。在该优选的实施方式中,所述变换是一种电的希尔伯特滤波器 (514)。就公式 (2) 而言,采用该希尔伯特滤波器得到 $f(x)$ 的希尔伯特变换。本发明的响应是自适应的,因为图 5A 中所示完整配置的响应取决于光信号脉冲形状。

[0047] 然后增益控制方框 516 校正偏置和应施加到光相位调制器上经滤波的电信号的调制电压。因为这些基于光相位调制器的特定物理要求,这留给本领域一般技术人员根据产品文献确定。

[0048] 更加详细地,为本发明选择的变换是相移类型的。基本上,有三个方法抑制功率。它们是相移方法、失谐滤波和公知的 Weaver 氏方法。本发明认为相移方法对其它方法有优势。对此的一个原因是希尔伯特变换抑制频谱成分。

[0049] 希尔伯特变换的优点可以参考 K. Power 的文章 "The compatibility problem in single-sideband transmission (单边带传输中的兼容性问题)" (Proc. IRE 48 卷 1431-1435 页,1960 年 8 月) 较好地理解,该文说明引入的相位调制如何抑制一个边带。与本发明不同的是,Power 没有认识到使用希尔伯特变换抑制光边带的潜力。显然,Power 没有说明一个希尔伯特变换可以如何应用于光的领域。

[0050] 基本上,Power 揭示了无法使用常规包络探测器达到 "标准" SSB 信号的无畸变的

检波。尽管 Power 详细地讨论了什么引起畸变,我们在本文中不钻研数学分析而是因循引述的文字。

[0051] 考虑 $\alpha(t)$ 是用信息信号调制的电场包络,在此 t 是时间。为了解决相同的问题,Power 提出通过对 $\alpha(t)$ 引入一种相位调制实现边带抑制的理论。Power 根据下面的表达式 (3) 对此加以数字表述:

$$[0052] \quad \psi(t) = \alpha(t) \exp \left[\frac{i}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\log \alpha(\mu)}{t - \mu} d\mu \right] \quad (3)$$

[0053] 以上表达式表明,可以没有畸变地从作为指数函数形式的调制函数的一个因子的信号 $\alpha(t)$ 中传输的信息检出包络 $\psi(t)$ 。换言之,光的相位调制按照指数进行。以此为基础 Power 假设可以使用一种平方律探测器得到无畸变检波包络。与 $\alpha(t)$ 对数正交的信号由 $\alpha(t)$ 对数的希尔伯特变换提供。 $\alpha(t)$ 的对数的希尔伯特变换由括号内的表达式代表,去掉 i (i 只用于得到一种相位调制)。信号 $x(t)$ 的希尔伯特变换,即 $HT[x(t)]$ 由下式给出:

$$[0054] \quad HT[x(t)] = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\mu)}{t - \mu} d\mu \quad (4)$$

[0055] 在表达式 (4) 中,积分阶是 μ 。使用该积分和 $1/[\pi \cdot (t - \mu)]$ 与希尔伯特变换相关。 $X(\mu)$ 是要通过希尔伯特变换器变换的信号。

[0056] 如前所述,可以应用两个可供选择的电模拟处理器使用相位调制得到边带抑制。这两个电模拟处理器都基于由 Villard 提出的一种相位调制 [参见 H. Hahn 的“Hilbert transforms in signal processing(信号处理中的希尔伯特变换)” (ArtechHouse Publisher, Boston, 1996)。用这样的相位调制得到的包络 $\Psi(t)$ 由下式给出:

$$[0057] \quad \psi(t) = \alpha(t) \cdot \exp[i \cdot HT(\alpha(t))] \quad (5)$$

[0058] 在此情况下,不能够得到完全的边带抑制,因为表达式 (5) 基于泰勒展开的数学近似。第一个可供选择的处理器利用由下式给出的非线性函数 $f(x)$:

$$[0059] \quad f(x) = \sqrt{\frac{x}{\bar{x}}} \quad (6)$$

[0060] 其中, $\bar{x}$ 是 x 的平均值。通过正确设定所述增益控制方框得到由式 (5) 说明的包络。第二个可供选择的处理器利用 $\alpha(t)$ 的平方具有与 $\alpha(t)$ 相似的形状的假设。例如一个幅度为 1 的方波脉冲的平方还是一个幅度为 1 的方波脉冲。在该假设的条件下,第三个可供选择的处理器利用由下式给出的函数 $f(x)$:

$$[0061] \quad f(x) = \frac{x}{\bar{x}} \quad (7)$$

[0062] 本发明不盲目地遵从 Power 的理论或者本发明可以供选择地使用的一些理论,譬如 Villard 理论,而是根据本发明的特定安排改变了其理论。在本发明的情况下, $\alpha(t)$ 是用存在于所提出的装置的输入中的信息调制的电场包络。本发明的输入处存在的功率的部分被提取到电的控制电路。在所述电的控制电路的输入处,平方律探测器把所提出的装置的输入处的总功率的一部分的电场进行平方运算。为了说明其原因我们使用由式 (2) 给出的函数 $f(x)$ 取电信号的平方根。

[0063] 本发明中的一个可供选择的配置示于图 5B 中。在此情况下,图 5B 类似于图 5A 中

的情况。在此,相位调制由带有两个并联的马赫-策恩德尔干涉器 528a、b 的结构进行。在输出处的光场由下式给出:

$$[0064] \quad E_{\text{out}}(t) = E_{\text{in}}(t) \cdot \exp[j \cdot g(t)] = E_{\text{in}}(t) \cdot \{\cos[g(t)] + j\sin[g(t)]\} \quad (8)$$

[0065] 项 $\cos[g(t)]$ 可以在上马赫-策恩德尔干涉器 (Mach-Zehnder :MZ) 的输出处得到,并且项 $j \cdot \sin[g(t)]$ 可以在下 MZ 的输出处得到。尽管这可以容易在数学上实施,但是与图 5A 中所示的配置相比在该图中所示的配置较为复杂。

[0066] 利用以上所描述的本发明,可以没有畸变地得到一种 OSSB 信号。从以上说明,特别是参照图 5A 和图 5B,可以理解,得到光 SSB 信号而不用把完整的输入光信号转换到电域。这使得能够把光的双边带信号转换成单边带信号而不用把原信号转换到电域。

[0067] 而且在使用直接检波系统时在光信号中不引入任何幅度失真。这可以通过向电的输出信号上施加平方律检波证实,在此由式 (9) 给出:

$$[0068] \quad |E_{\text{out}}(t)|^2 = |E_{\text{in}}(t) \cdot \exp[j \cdot g(t)]|^2 = |E_{\text{in}}(t)|^2 \quad (9)$$

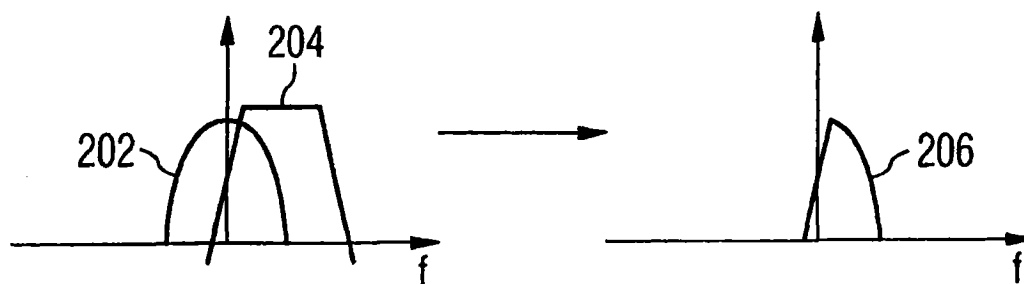
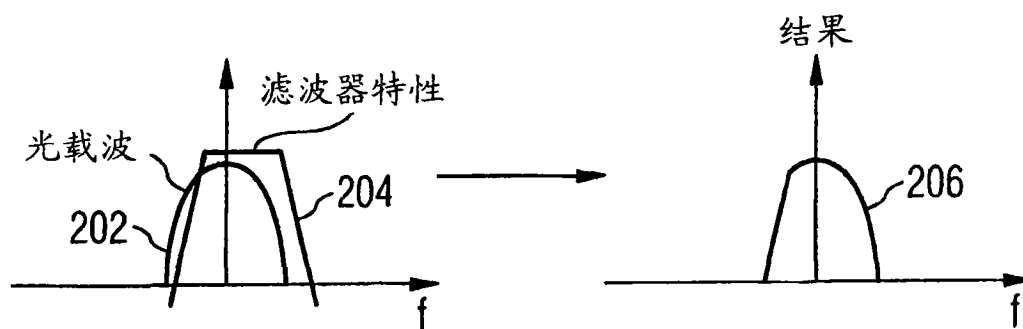
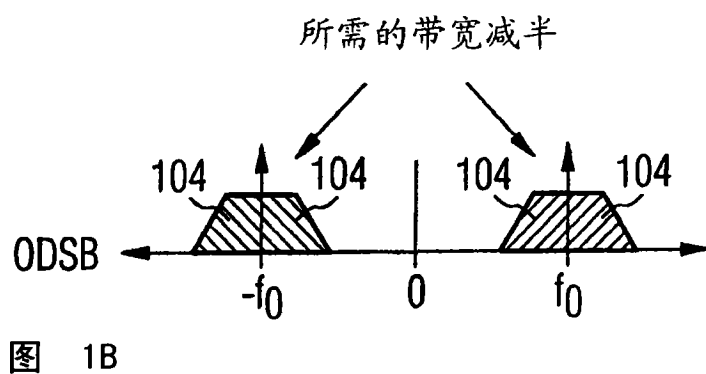
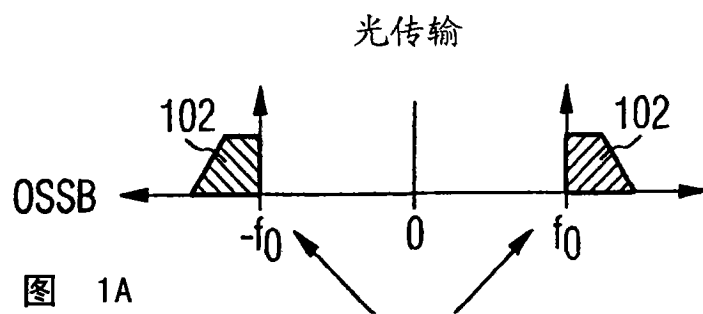
[0069] 如前所述,由于采用 SSB 的本发明,光的带宽降低到一半,加倍了 WDM 系统中的信道数量。还指出过,OSSB 信号更加宽容由于光纤中传输引起的色散并且允许电的色散补偿。

[0070] 所提出的滤波器适用于输入光信号的形状,特别是对属于强度调制的信号得到上述的优点。这意味着对于任意带宽和频谱形状的光的信号,特别是对于强度调制的光信号,证实了抑制。

[0071] 从以上说明还可以理解,本发明适用于不同的输入光信号形状。可以使用截然不同的脉冲形状把信息调制进光载波。调制的光信号所占据的带宽依据这些脉冲形状而改变。

[0072] 另外,本发明解决了前述的串扰问题。在示出在图 6A 和图 6B 中,其中如总体上用标号 602 所指代,本发明应用于本发明的各个信道 (1-n)。如从图中可见,复用的输出信号 (f1-f4) 640 被准确地 SSB 滤波。本发明可以在致密 WDM 设备的输入处应用于各个光信道上并且可以无畸变地使用一个宽带复用器聚集信道。

[0073] 尽管以上参照具体的实施方式说明了本发明,应当理解可以在本发明构思与范畴内修改本发明。



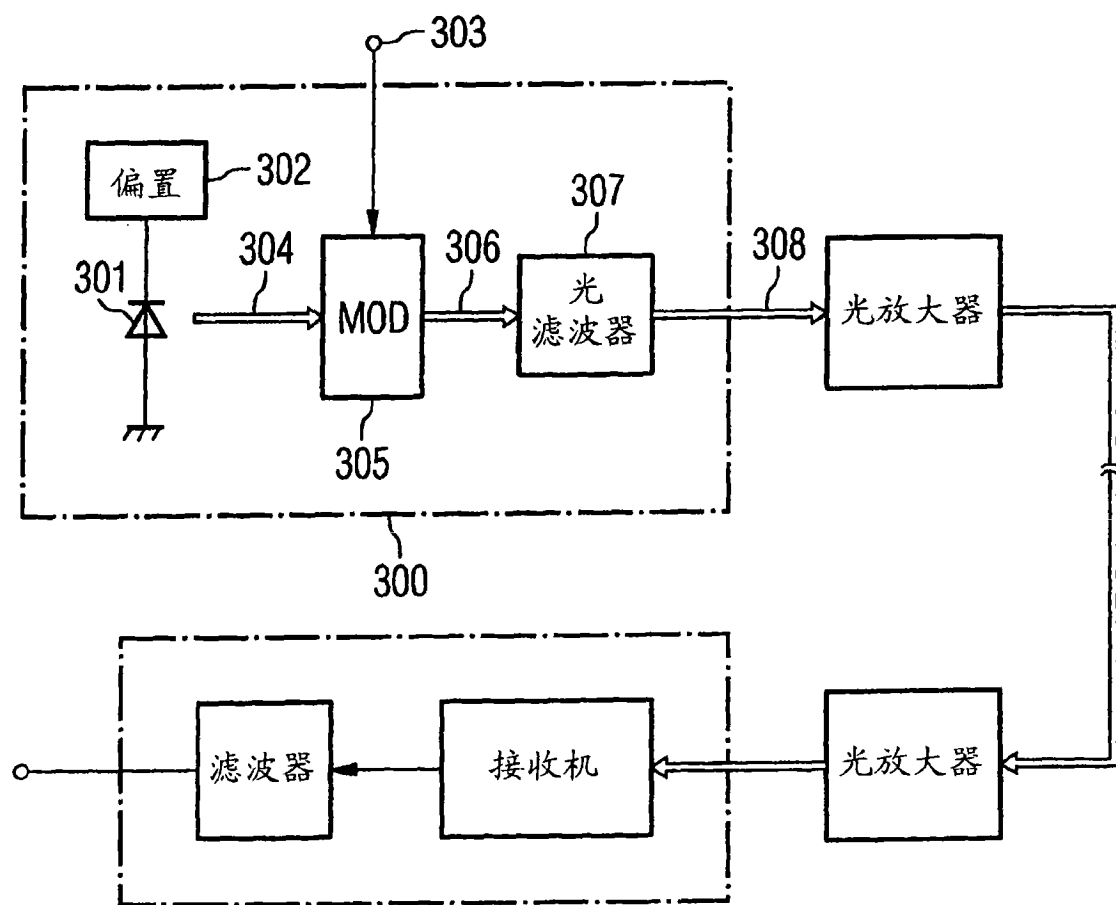


图 3

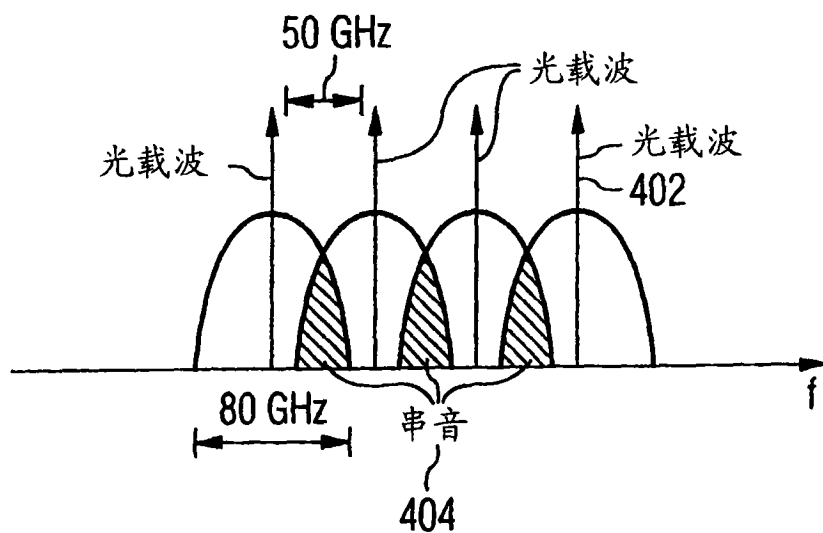


图 4A

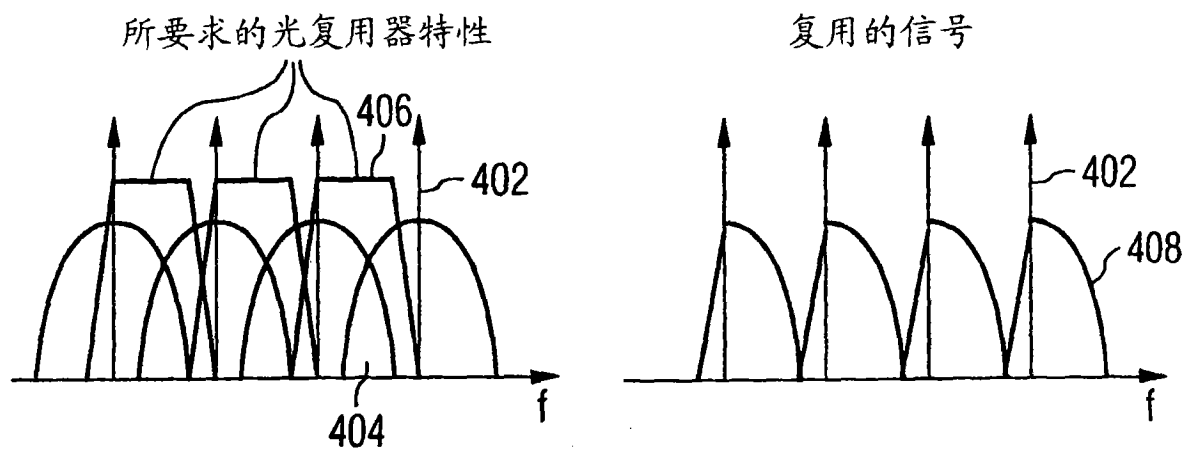


图 4B

图 4C

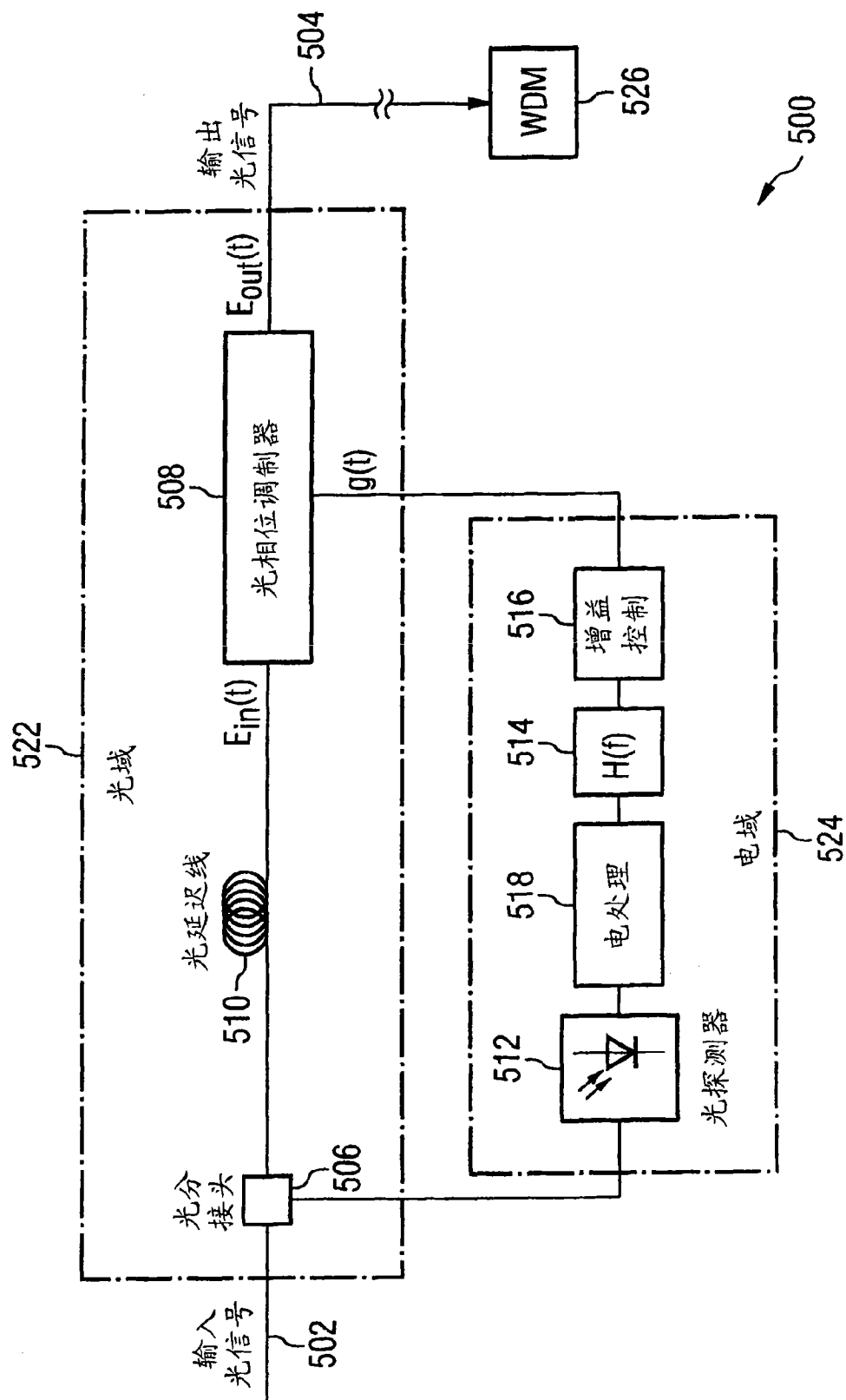


图 5A

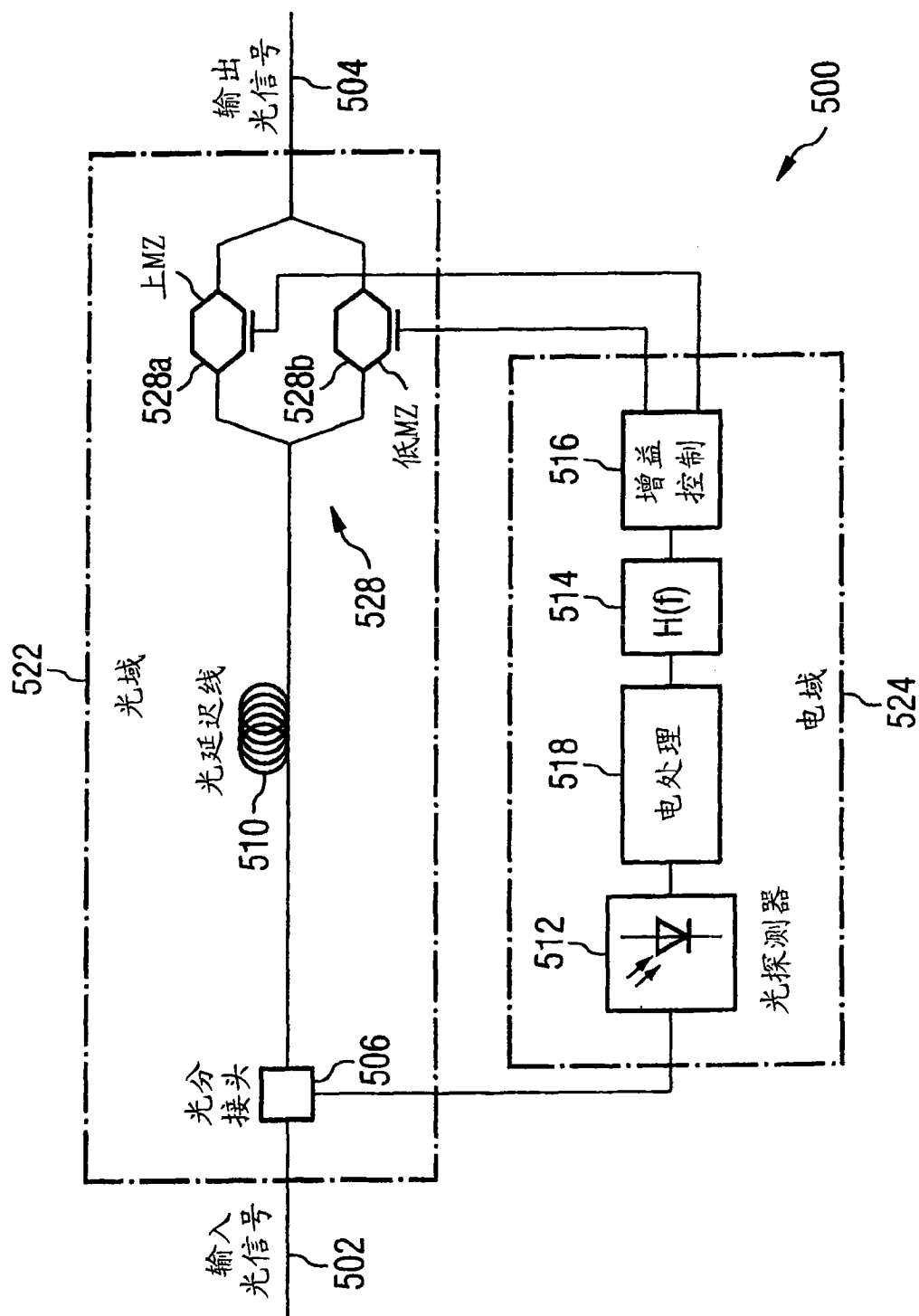


图 5B

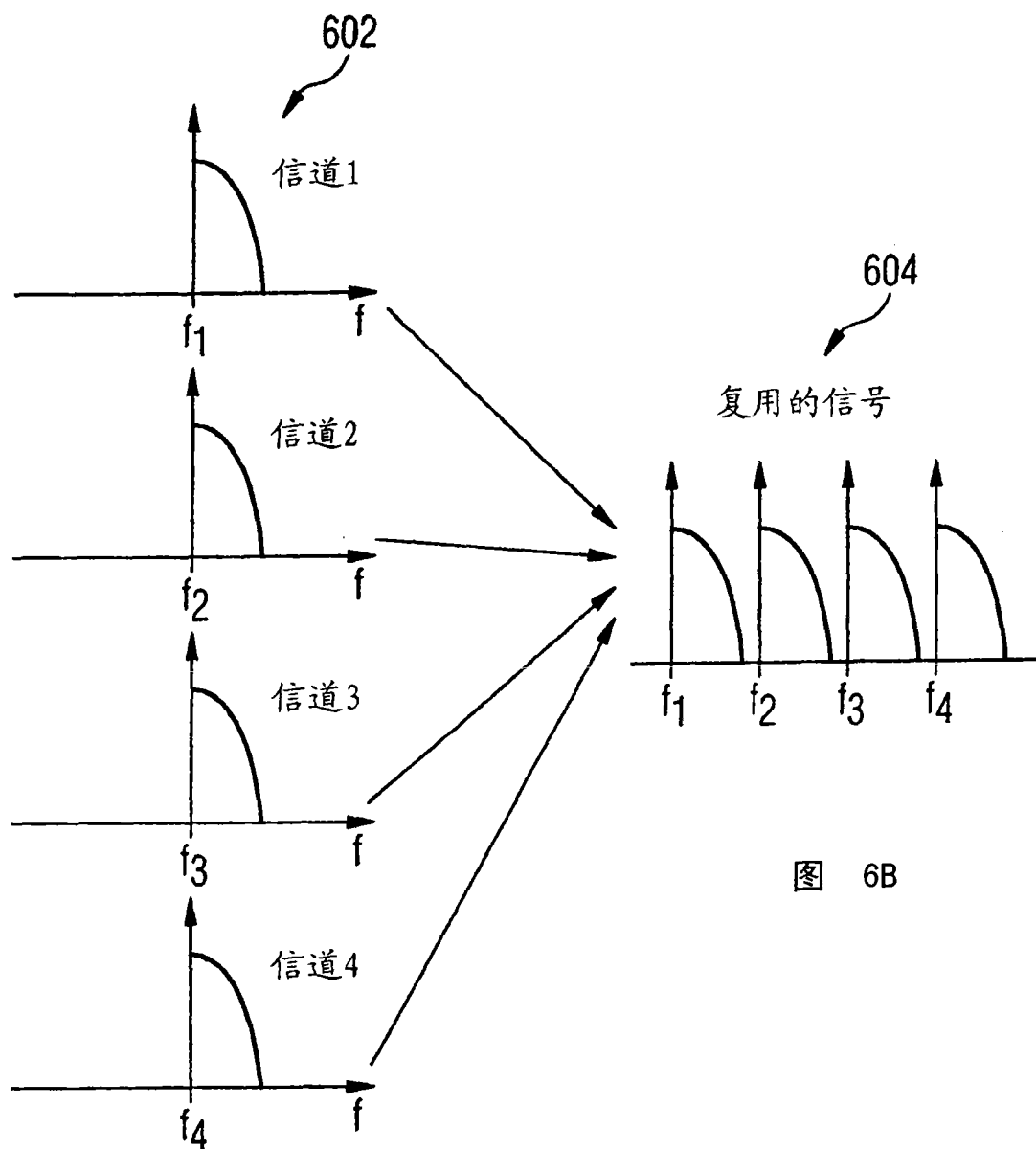


图 6B

图 6A