

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04J 14/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480003058.6

[43] 公开日 2006 年 3 月 8 日

[11] 公开号 CN 1745531A

[22] 申请日 2004.1.21

[21] 申请号 200480003058.6

[30] 优先权

[32] 2003.1.28 [33] DE [31] 10303313.0

[86] 国际申请 PCT/IB2004/000711 2004.1.21

[87] 国际公布 WO2004/068268 德 2004.8.12

[85] 进入国家阶段日期 2005.7.28

[71] 申请人 马科尼通讯股份有限公司

地址 德国巴克南

[72] 发明人 C·福尔斯特

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 张志醒

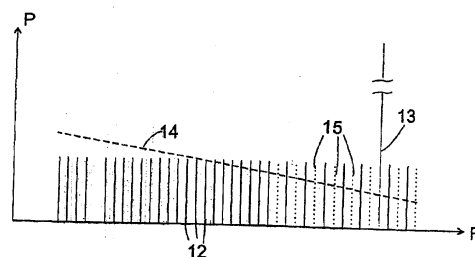
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

发送器和用于在光纤上传输消息的方法

[57] 摘要

为了在光纤(6)上传输消息,使用多个具有不同载频的消息载波信道(12)和多个与消息载波信道(12)一起共同通过光纤(6)传输的全信道(13)。通过以下方式保持在光纤(6)上传输的消息载波信道和全信道的总光功率不变,即通过全信道的光功率的对抗地相同的变化来补偿消息载波信道的功率的每个变化。在此,将所述全信道的光功率的变化如此分配到单个全信道上,使得引起消息载波信道和全信道的共有频谱的中心的微小偏移。



1. 用于在使用一组具有不同载频的消息载波信道(12)和一组与
所述消息载波信道(12)共同通过光纤(6)传输的全信道(13)的情
况下在所述光纤(6)上传输消息的方法,其中通过以下方式保持在所
5 述光纤(6)上传输的消息载波信道和全信道的总光功率不变,即通过
全信道的光功率的对抗地相同的变化来补偿消息载波信道的功率的每
个变化,其特征在于,将全信道的光功率的变化如此分配到单个全信
道上,使得引起消息载波信道和全信道的共有频谱的中心的的最小偏
移。
- 10 2. 按照权利要求1所述的方法,其特征在于,无级地匹配全信道
的功率。
3. 按照上述权利要求之一所述的方法,其特征在于,在用于所述
消息载波信道的频带之外选择所述全信道的频率。
4. 按照权利要求1至3之一所述的方法,其特征在于,在用于所
15 述消息载波信道的频带之内选择所述全信道的频率。
5. 按照上述权利要求之一所述的方法,其特征在于,消息载波信
道(12)和全信道(13)的共有频谱由均匀相间的谱线(12,13)组
成,所述谱线或者属于消息载波信道或者属于全信道。
6. 按照权利要求1至4之一所述的方法,其特征在于,从由均匀
20 相间的谱线组成的频谱中选出所述消息载波信道(12)和所述全信道
(13)的频率。
7. 按照上述权利要求之一所述的方法,其特征在于,在所述全信
道(13)上传输非偏振光。
8. 按照权利要求7所述的方法,其特征在于,在每个全信道(13)
25 上传输的光由两个辐射源(8)产生。
9. 按照权利要求7和8所述的方法,其特征在于,所述两个辐射
源(8)分别正交地产生偏振光。
10. 按照权利要求8或者9所述的方法,其特征在于,以相同的
输出功率驱动所述两个辐射源(8)。
- 30 11. 按照权利要求10所述的方法,其特征在于,在所述两个辐射
源(8)之一发生故障时,以倍增的输出功率驱动另一辐射源。
12. 按照上述权利要求之一所述的方法,其特征在于,所述全信

道(13)通过波分多路复用器(5)耦合输入所述光纤(6)中。

13. 用于在使用具有不同载频的全部消息载波信道(12)和与所述消息载波信道(12)共同通过光纤(6)传输的全部全信道(13)的情况下在所述光纤(6)上传输消息的方法,其特征在于,将所述全部消息载波信道(12)和所述全部全信道(13)分别分成至少第一和第二组,并且对所述第一组执行按照上述权利要求之一所述的方法。

14. 按照权利要求13所述的方法,其特征在于,也对所述第二组执行按照权利要求1至12之一所述的方法。

15. 按照权利要求13或者14所述的方法,其特征在于,所述第一组的消息信道位于极限频率的一侧,而所述第二组的消息信道位于极限频率的另一侧。

16. 用于光消息传输系统的发送器,其具有多个利用消息信号可调制的光源(3-1, ..., 3-N)、多个共同与光纤(6)的端子相连接的全光源(8)、用于监控可调制光源(3-1, ..., 3-N)和全光源(8)在所述端子上提供的总光功率的传感器(10)和用于这样控制所述全光源(7, 8)的光功率使得总光功率基本不变的控制电路(4),其特征在于,所述控制电路(4)被设计用于此外这样控制所述全光源(7, 8)的光功率,使得所述总光功率的频谱中心基本不变。

17. 按照权利要求16所述的发送器,其特征在于,所述全光源具有在所述可调制光源的频带之外的频率。

18. 按照权利要求16所述的发送器,其特征在于,所述全光源具有在所述可调制光源的频带之内的频率。

19. 按照权利要求18所述的发送器,其特征在于,所述总光功率的频谱由均匀相间的谱线组成,所述谱线或者由可调制光源或者由全光源产生。

20. 按照权利要求16至19之一所述的发送器,其特征在于,所述全光源提供非偏振光。

21. 按照权利要求16至20之一所述的发送器,其特征在于,每个全光源由两个单个光源组成。

22. 按照权利要求20和权利要求21所述的发送器,其特征在于,所述两个单个光源被正交偏振。

23. 按照权利要求21或者22所述的发送器,其特征在于,给每

个单个光源(8)分配了用于检测所述光源(8)的故障的传感器(16)。

发送器和用于在光纤上传输消息的方法

5 本发明涉及一种发送器和一种用于在使用多个载频的情况下在光纤上传输消息的方法。

在光纤上传输的消息信号受到衰减，这种衰减在长传输距离时需要每隔一定时间再次放大信号，以便保证所述信号以足够的功率到达接收器。在这种放大器中，同时放大在光纤上传输的所有载频。为此必要的是：对于所使用的所有载频来说该放大器的增益尽可能精确地
10 相同，使得即使在多次放大之后不同载波的功率比相互不显著偏移。只要载波的功率是恒定的，那么通过适当地选择载波频带和放大器的类型就可以解决该问题。然而，如果单个载波的功率突然变化，那么将出现问题。如果例如基于自动保护功能或者基于在网络另一位置上的技术干扰而在分支的光消息网的单个光纤上突然取消一个或者多个
15 载频，那么这会导致剩余载波的放大率的提高。如果光纤包括多个放大器，那么这种提高进行自乘。极快、极强的强度跃变可能产生以下结果，即在接收器处分析由相关载波输送的消息信号时该强度跃变可能导致干扰。在最差的情况下，这些干扰可能导致，采用自动保护功能并且关断相关的载波。这样，干扰传播到网络的其他区域中，并且
20 可能导致灾难性的毁坏。

为了解决该问题，例如已在 US 5 907 420 和 US 6 275 313 中建议，将多个全信道与具有不同载频的多个消息载波信道一起在光纤上进行传输，其中所述全信道一般不被用于传输消息，而基本上用于缓冲由于接通和关断单个消息载波信道而产生的功率波动。也就是说，
25 如果消息载波信道发生故障，则识别该消息载波信道，并且如此再次调节全信道的光功率，使得消息载波信道和全信道的总光功率保持不变。消息载波信道的放大率的突然变化因此被避免。

US 5 907 420 推荐，在用于消息载波信道的频带之外选择全信道的波长，以便因此不受限制地得到其传输容量。

30 US - 6 275 313 还考虑了以下可能性，即使用多个具有不同频率的全信道，并且将这些频率置于消息载波信道的频带之内。

与使用全信道相联系的也已在 US 6 275 313 中提到的问题是所

谓的拉曼(Raman)倾斜。通常以高的光功率来驱动消息网中的光纤，以便能够使两个放大器之间的距离尽可能大。可在光纤上传送的光功率的上限通过应用使其上传输的光信号的频谱和脉冲形状失真的非线性光学效应来给出。这种效应之一是激励的拉曼散射，其可被理解为

5 光纤材料栅极振荡时光的弹性散射。该效应主要引起光信号频谱移动到更低的频率，使得在光纤中传播由多个载频组成的多路复用的过程中损失多路复用能量的高频部分，而获得低频能量。如果多路复用经过被嵌入到光纤中的放大器，那么能量的这种移动不能被补偿，因此在光纤的一端高载波频率的信噪比受高频的拉曼散射影响。在静止条

10 件下，通过在接收器处适当地处理消息载波信道，可以考虑到所述事实。然而，如果单个消息载波信道出现故障，并且其功率由全信道代替，那么单个消息载波信道的信噪比突然变化，并且结果导致接收干扰。

本发明的任务是，使这种由于信噪比的跃变而引起的干扰最小

15 化。为了该目的，必要的是使拉曼倾斜的变化最小化，该变化由于在光纤上取消或者接通消息载波信道和分别相应地匹配全信道的功率而产生。为了该目的，建议：使用多个全信道，并且将由于消息载波信道的功率变化所需的全信道的光功率变化如此分配到单个全信道上，使得产生消息载波信道和全信道的共有频谱的中心的的最小偏移。

20 这种频谱的中心例如可被定义为功率加权平均频率 $\bar{f} = \sum_n p_n f_n / P$ ，其中下标 n 在所有的载波信道和全信道上延伸， p_n 给出光功率， f_n 给出信道 n 的频率，以及 $P = \sum_n P_n$ 表示消息载波信道和全信道的总光功率。也可以完全等效地针对波长按照公式 $\bar{\lambda} = \sum_n P_n \lambda_n / P$ 计算中心，其中 λ_n 分别表示信道 n 的波长。

25 根据第一实施方案，可以在用于消息载波信道的频带范围之内选择全信道的频率。这具有如下优点，即频带的传输容量不受全信道的引入影响。然而，其缺点是，在光长距离连接中所使用的放大器在这种载波频带之外一般具有比在该频带之内更小的放大率，并且这在控制全信道的能量时必须被考虑。

30 因此，从实现上来说，为全信道使用载波频带之内的频率明显更

简单，因此与适用于消息载波信道相同的放大率值也适用于全信道。在这种情况下，消息载波信道和全信道的共有频谱优选地由均匀相间的谱线组成，所述谱线或者属于消息载波信道或者属于全信道；也就是说，将全信道插入否则均匀地配备有消息载波频率的频带的空隙中。但是，也可以仅从均匀相间的谱线的频谱中选出单条谱线作为消息载波信道或者全信道。

因为一般全信道的数目明显少于消息载波信道的数目，所以为了补偿多个消息载波信道的故障，可能需要相当于消息载波信道的典型功率的多倍的全信道功率。在紧密的频率范围内的这种高功率有助于产生干扰的非线性效应、例如四波混合的出现。为了限制四波混合，在全信道上传输非偏振光是适宜的，也就是说，在每个全信道上可以传播两个正交的偏振状态，这两个偏振状态是相互不相干的，并且因此可能只分别单独地有助于非线性过程。

为了提高全信道的故障安全性，合理的是为每个全信道设置冗余的辐射源、优选地分别设置两个辐射源。这些辐射源优选地分别被正交偏振，以便在全信道上获得非偏振光，并达到与此相关的上述优点。

适宜地，在正常工作中以相同的输出功率驱动所述两个辐射源。

如果这些辐射源之一出现故障，那么可以限制于，仅仅保持光纤上的总光功率不变，并容忍一定的中心偏移，该中心移动与另一全信道的功率的升高相关联。然而，优选地给全信道的每个单个辐射源分配用于检测辐射源故障的传感器。如果借助于这种传感器检测到全信道的单个辐射源的故障，那么能够使相同的全信道的剩余辐射源的输出功率倍增，以便因此保持光纤上的总光功率不变，并且同时避免频谱的中心转移。

可以对在给定的光纤上传输的消息载波和全信道的全部、或者只对从该全部中选出的一组信道执行上述方法。

还可能适宜的是，将全部信道分成第一、第二和也许其他组消息载波信道和全信道，并且不依赖于其他组而分别对一组消息载波信道和全信道执行上述方法。如果所述组分别覆盖不同频谱区域，那么这尤其有利。

本发明的其他特征和优点从以下参考附图的实施例说明中得出。

图 1 示出按照本发明第一实施方案的光网络节点的输出段的框

图;

图 2 示出按照本发明第二实施方案的输出段的框图;

图 3 示出从输出段馈入光纤中的波分多路复用信号的示意频谱;

图 4 示出在干扰情况下或者在输出段仅部分加载的情况下相应的
5 波分多路复用信号;

图 5 示出在扩展的扩建级中的输出段的示意频谱; 和

图 6 示出用于说明本发明方法的变化了的另一频谱。

图 1 中所示的输出段是光消息传输网、尤其是通信网的网络节点的一部分。这种网络节点通过光纤与多个其他网络节点或者与终端设备相
10 连接。以波分多路复用的方式驱动光纤, 也就是说, 光纤传送多个不同频率的、分别相互独立地利用消息信号来调制的载波。所述载波也被称为消息载波信道。可以将网络节点分为输入段、交换矩阵和输出段, 其中所述输入段包括光多路输出选择器, 该光多路输出选择器将到达光纤上的多路复用信号在光谱上分解成它的单个信道, 并且将消
15 息载波信道转送给光交换矩阵。该光交换矩阵具有分别通向网络节点的输出段的第一组输出端和连接到光电信号变换器上的第二组输出端。如果相应信道的频率在连接到多路复用器上的光纤上可供使用, 那么光交换矩阵直接将消息载波信道转传给输出段的多路复用器。如果情况不是如此, 那么消息载波信道经第二组的一个输出端被转传给
20 光电变换器。使用由该光电变换器提供的电消息信号, 以便驱动电光变换器, 该电光变换器与交换矩阵的输入端子连接 并提供在输出光纤上仍可用的载频。该交换矩阵又将该信号继续传给输出段的多路复用器。

图 1 示意性地示出按照本发明第一实施例的这种输出段的结构。

25 光导 1-1 至 1-N 分别连接到交换矩阵的输出端上, 并且将消息载波信道分别提供给耦合器 2-1, ..., 2-N。消息载波信道的频率全都不同。典型地, 这些频率以 100GHz 的间隔阶梯式排列。

耦合器 2-1, ..., 2-N 分别具有两个输出端: 将所馈入的消息载波信道的一小部分功率供应给光电二极管 11-1, ..., 11-N 所经过的
30 第一输出端, 和光多路复用器 5 接收消息载波信道的大部分功率所经过的第二输出端。

除了与耦合器 2-1, ..., 2-N 相连接的 N 个输入端之外, 波分多

路复用器 5 还具有两个输入端，这两个输入端分别通过偏振分束器 7 与两个激光二极管 8 相连接。所述分别与分束器 7 相连接的两个激光二极管 8 被调谐到相同的频率上，并且被相互正交偏振，因此它们能够将非偏振光馈入波分多路复用器 5 中。这对激光二极管 8 的频率分别以距离相邻消息载波信道 100 GHz 的间隔位于消息载波信道的频率等级的空隙中。激光二极管 8 分别接收驱动器 9 的没有利用消息信号调制的电源电流，该驱动器的输出电平由控制电路 4 控制。激光二极管的输出线路依赖于所供应的电源电流，并且可能达到消息载波信道的功率的多倍。

10 第一光电二极管 10 被布置在波分多路复用器 5 的输出端上光纤 6 的连接点处，以便监控由波分多路复用器 5 供应的总光功率，该总光功率由所有消息载波信道以及激光二极管的量值组成。该光电二极管 10 与控制电路 4 的一个输入端相连接。借助于该光电二极管 10，控制电路 4 能够识别，发送器的总光功率是否偏离额定值，其中为了在沿
15 光纤布置的放大器中实现适度地放大单个消息载波信道，该额定值是必要的。另外，借助于光电二极管 11-1 至 11-N，控制电路 4 还能够识别，哪些是这样的消息载波信道，即总光功率的变化能够归因于这些消息载波信道的突然的中断或者使用。借助于该信息，控制电路 4 调节激光二极管 8 的输出功率。

20 为了说明控制方法，参考图 3 和图 4。图 3 示出从本发明的发送器馈入光纤 6 的波分多路复用的典型频谱。它由 $N=38$ 条具有基本上相同的功率 P 的谱线 12 组成，这些谱线分别对应于由激光二极管 3-1 至 3-N 馈入的载波。在高频和低频的边缘区域中，载波的频谱具有两个空隙，全激光二极管 8 的频率位于该空隙处。全激光二极管 8 的谱
25 线 13 在图中以点线示出，以表明它的功率是可变的，并且在所有载波激光二极管 3-1 至 3-N 都有效的所示情况下，可能消失。在文章开头已提到的、在传播波分多路复用的过程中光纤 6 上出现的拉曼倾斜导致，多路复用到达被布置在光纤 6 中的、具有按照虚线 14 失真的频谱的中间放大器，其中多路复用的高频谱线受到抑制，而低频谱线与之相比得到增强。
30

图 4 示出针对几个消息载波信道（这里作为点线 15 示出）发生故障的情况的类似频谱。频谱的高频区域内由此引起的功率损耗导致拉

曼倾斜的特征曲线 14 向低频移动,也就是说,对单个消息载波信道的抑制或者增强发生变化,并且存在在图 3 的完整的频谱中被增强而在图 4 的频谱中得到抑制的信道。为了抵制这种现象,在一个或者多个载波信道发生故障时,控制电路 4 将为保持光纤 6 上的总光功率不变而需补充的全激光二极管 8 的光功率如此分配到两个全频上,使得通过公式

$$\bar{f} = \sum_n P_n f_n / P$$

定义的频谱中心尽可能小地变化。

如在本实施例中只使用两个全频的情况下,不总是能够精确地满足这种要求;在这种情况下,控制电路 4 选择使中心 $\bar{f}$ 的偏移最小化的那种全激光二极管的功率分配。

在图 4 所示的出现故障的载波信道全部位于频谱的高频区域内的情况下,由控制电路 4 控制的那对高频的全激光二极管 8 用于补充出现故障的载波信道的功率。

按这种方式,在多路复用频谱的高频区域内再次有足以抵消拉曼倾斜的特性曲线 14 的移动的能量可供使用。

在上述描述中,出发点是:在多路复用器 5 的输出端上所有消息载波信道的功率相同。为了消除拉曼倾斜的影响,当然也可以借助于分别连接在多路复用器 5 的输入端之前的放大器或者衰减器使多路复用器 5 的输出端上的这些载波信道中较高频的载波信道的功率高于低频的载波信道的功率,以便因此实现,载波信道以相同的功率或者至少以朝着较高频率的较弱的功率降到达光纤 6 的放大器。通过这种方式,虽然在光纤 6 的输出端上的信号质量可被改善一点,但是对接通或者关断多路复用中的单个信道的灵敏度继续存在。

尤其如果全信道必须以其功率补偿多个消息载波信道的故障,那么在光纤 6 上的全信道之一上传输的功率可以是消息载波信道之一上的功率的多倍。因为在全信道上传输的功率分布在两个正交的偏振状态上,所以这不会导致四波混合的过度增加,而是导致其他干扰的非线性效应。

如果一对相同频率的全激光二极管 8 中的一个发生故障,那么借助于由光电二极管 10 所检测到的馈入光纤 6 中的总光功率,控制电路 4 对此进行记录。通过它更强地控制两个全激光二极管对 8 的驱动器

9, 对此作出反应。一直跟踪该控制, 直到再次达到输出光功率的额定值。按这种方式, 仍然正常的全激光二极管的输出功率分别提高相同的因子到这种程度, 直到再次达到光纤 6 上的期望功率。为了简化控制, 容许由此导致的多路复用的频谱中心的偏移。即使在跟踪驱动器 9 5 之一的或者激光二极管 8 之一的全信道上的功率时达到饱和功率, 也可以通过简单地进一步地增强控制来实现, 未饱和的全激光二极管 8 提供更多的功率, 直到重新达到额定总功率。

图 2 示出本发明的网络节点输出段的第二实施方案, 在该输出段中全激光二极管 8 还附加地配备有用于监控其输出功率的光电二极管 10 16。在该实施方案中, 可以去掉处于波分多路复用器 5 和光纤 6 之间的耦合点处的光电二极管 10, 只要其他的光电二极管 11-1, ..., 11-N, 16 足够精确地工作, 以便使控制电路 4 能够通过将其测量值相加来计算光纤 6 上的总功率。该实施方案的优点是, 在一个全激光二极管 8 发生故障时, 控制电路 4 能够确定发生故障的全激光二极管 8 的身份, 15 并且通过以下方式来补偿与此相联系的总功率的损耗, 即它更强地控制与发生故障的全激光二极管 8 构成一对的全激光二极管 8, 以使其输出功率倍增。通过这种方式, 可以避免多路复用的频谱中心的偏移。只有当这种倍增超过相关的全激光二极管的额定功率时, 控制电路 4 也才提高其余全激光二极管的功率。

20 当在上面所考虑的具有 $N=38$ 个消息载波信道的例子中两个全信道可能就足够时, 在使用较大数目的载频时产生如下问题, 即用于保持总光功率不变所需的全功率如此大, 以致尽管缺少全信道的偏振, 但也使四波混合干扰地可觉察到。因此, 在多路复用中有较大数目的消息载波信道时, 也可以合理地使用相应更多的全信道。也就是说, 25 如果从具有图 3 所示频谱的多路复用过渡到具有 50GHz 的信道间隔的 80 信道多路复用 (如图 5 中的频谱所示), 那么附加的 40 个信道中的两个信道也将被确定为全信道。存在较大数目的全信道具有以下优点, 即可以使用附加的全信道来补偿不仅新的、而且原来的消息载波信道的故障。所以, 在补偿时得出附加的自由度, 也就是说, 在单个 30 全激光器上可能存在全功率的多个分布, 所述分布允许补偿消息载波信道的故障, 而不会使频谱的中心移动。于是, 在这些不同的可能性中, 可以例如优选地使用在全激光器上具有最均匀的功率分布并且因

此使由于四波混合而引起的干扰最小化的那种可能性。

图 6 示出光纤中消息载波信道 12 和全信道 13-1、13-2、13-3、13-4 的另一频谱。全信道将消息载波信道分成占据通过全信道 13-2、13-3 相互隔开的频谱区域的三组 12-1、12-2、12-3。如果在所述频谱区域 12-1 至 12-3 之一中一个或者多个消息载波信道发生故障，那么可以在保持相关组的频谱中心和功率的情况下通过再次调节与相关组直接相邻的两个全信道的功率而对其进行补偿。如果按这种方式不依赖于其他组对每个单个组的故障进行补偿，那么由此得出，即使对于在光纤上传输的全部信道而言功率和频谱中心也保持不变。分别位于两组消息载波信道之间的全信道 13-2、13-3 的功率是分别用于补偿两个邻接的组之一所需要的功率的和。

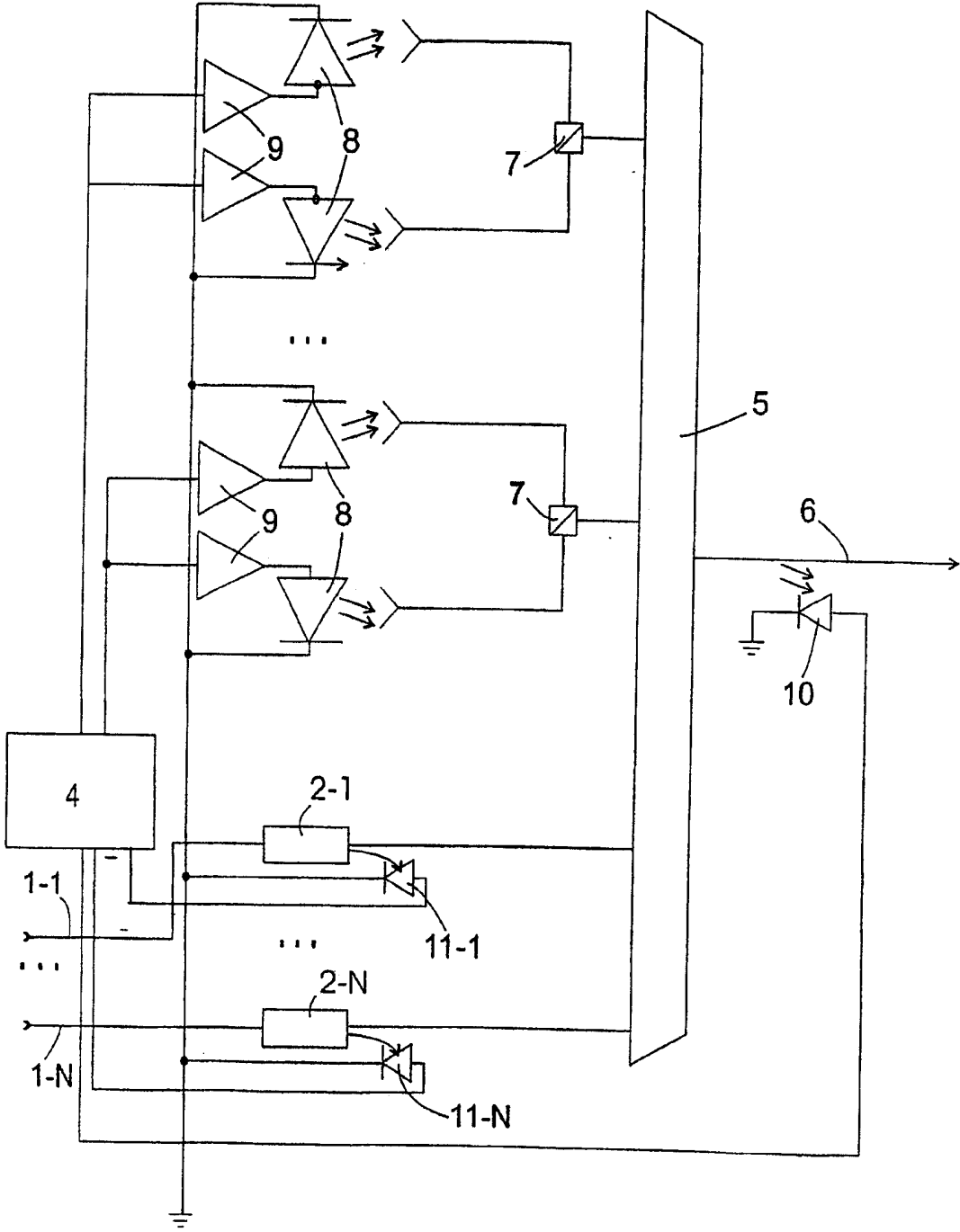


图 1

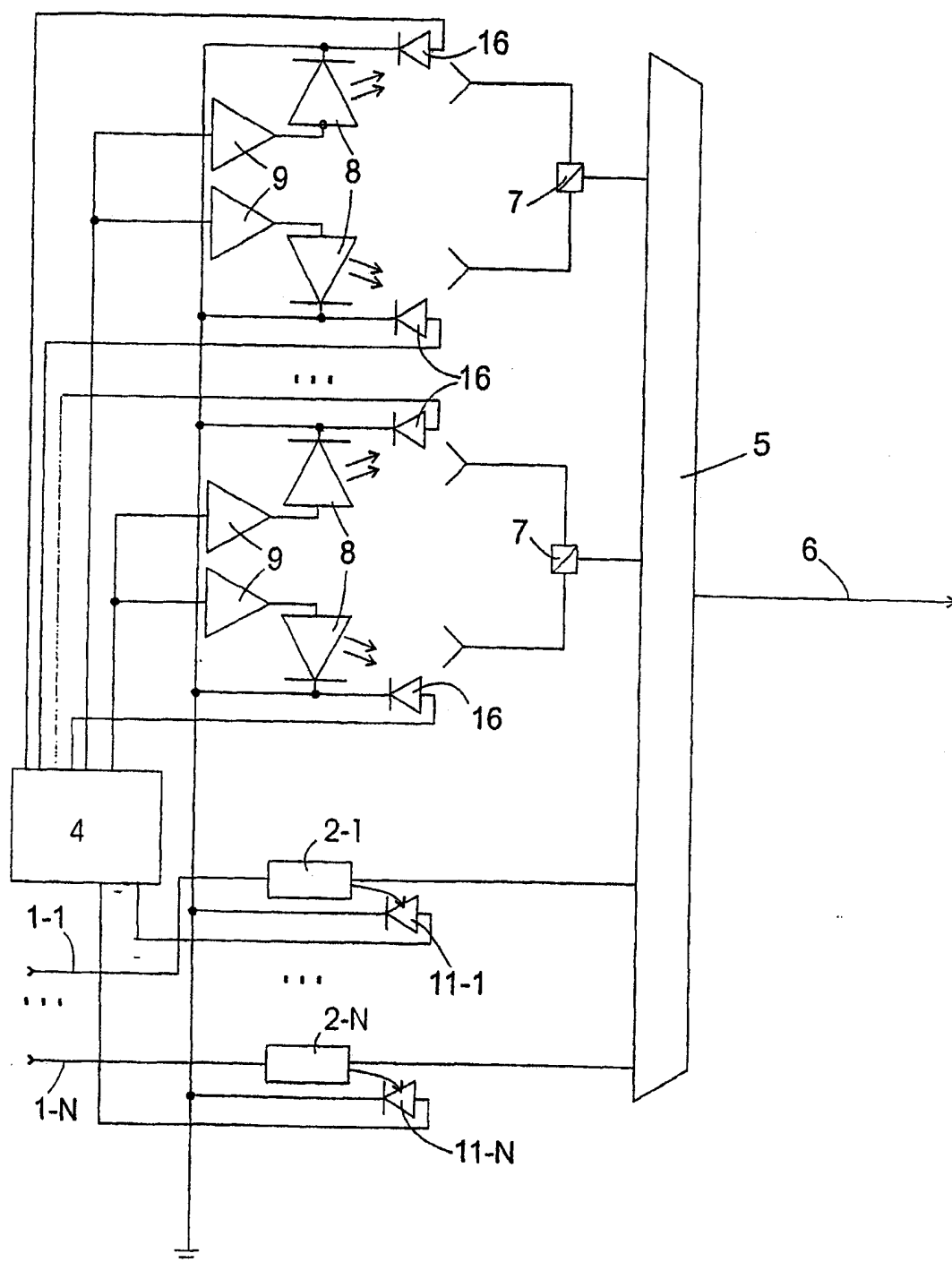
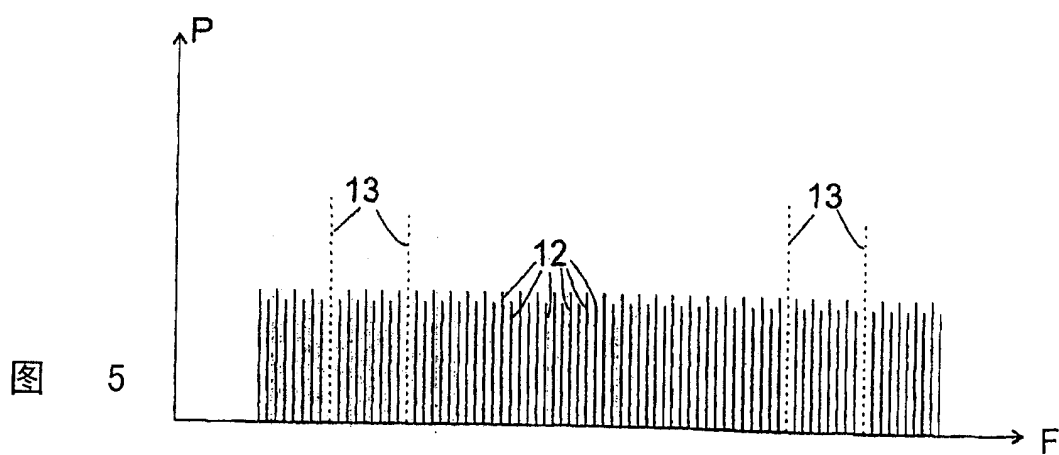
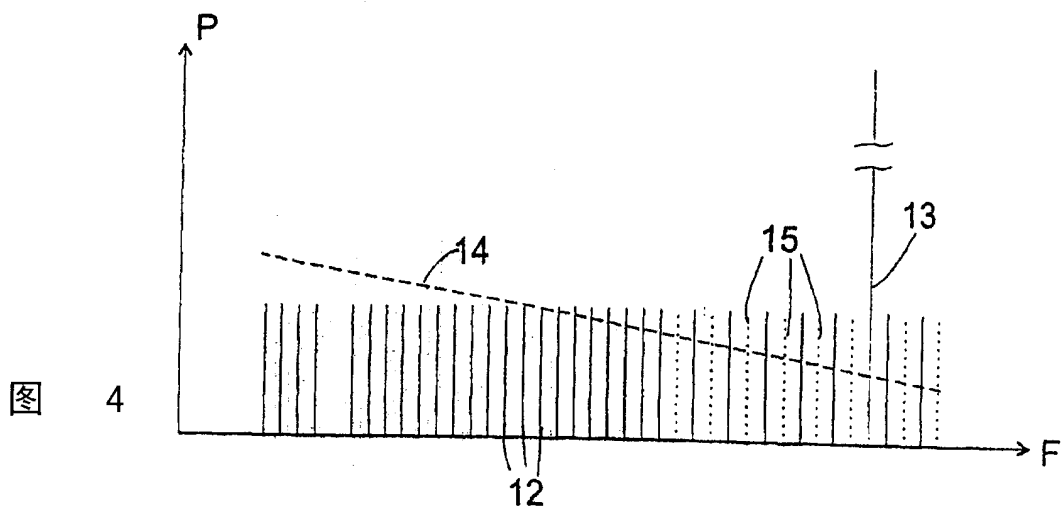
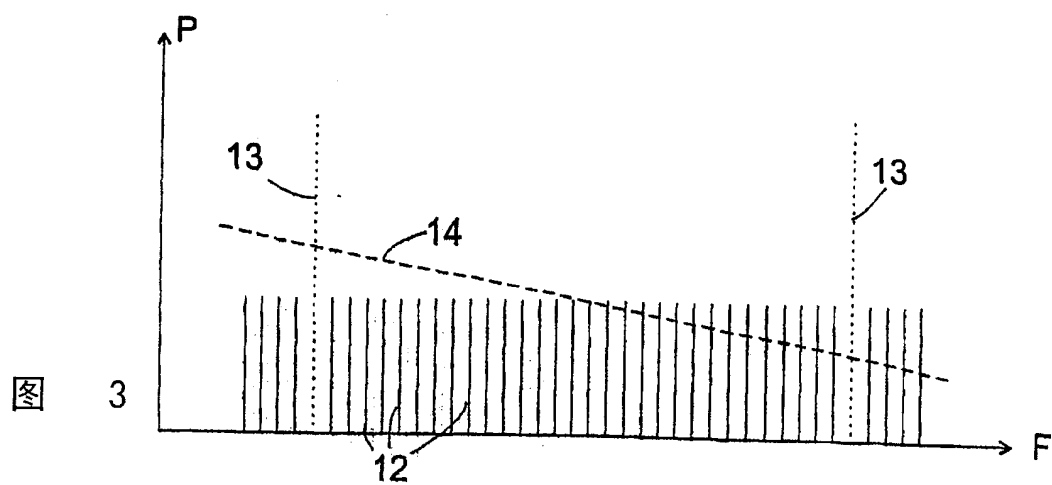


图 2



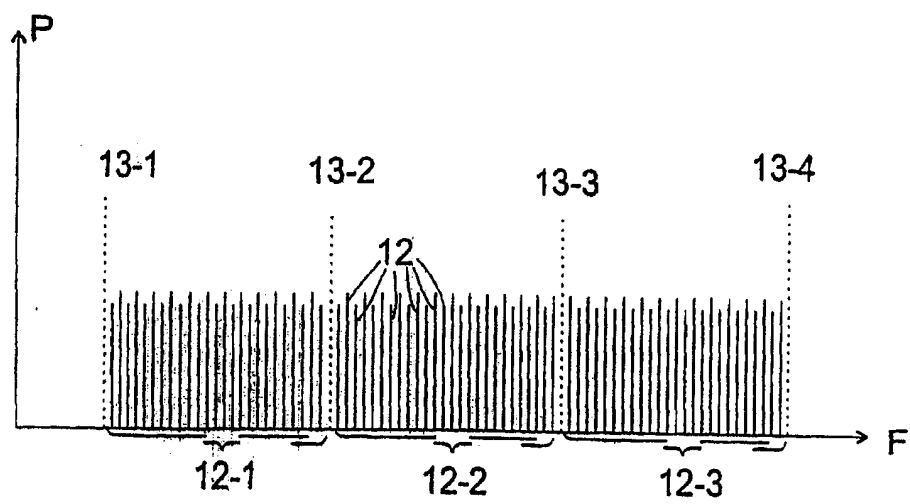


图 6