



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1713558 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 08

(21) 申请号 200510078914. 0

1-3、说明书 [0080], [0119]-[0126], [0149]、图 8-22.

(22) 申请日 2005. 06. 16

邵永红, 缪同群等. 一种不等带宽光学梳状滤波器. 光子学报第 32 卷 第 8 期. 2003, 第 32 卷 (第 8 期), 948-950.

(30) 优先权数据

10/869, 663 2004. 06. 16 US

(73) 专利权人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

审查员 陈沛

(72) 发明人 丹尼尔·A·菲什曼 刘翔

文森特·J·希尔弗奥

威廉·A·汤普森 应金品

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 唐文静

(51) Int. Cl.

H04J 14/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2002/0149818 A1, 2002. 10. 17, 权利要求

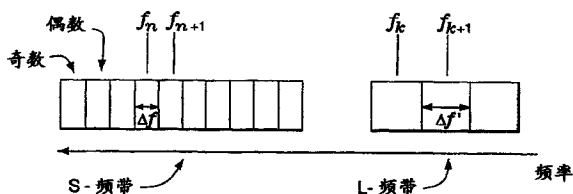
权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 11 页

(54) 发明名称

光学装置及传送光信号的方法

(57) 摘要

光分插复用器用来路由具有至少两个不同速率的光信号。OADM 具有至少两个 DWDM 信道集，第一集合中的信道具有适合于传输 10-Gb/s 信号的第一带宽值，第二集合中的信道具有适合于传输 40-Gb/s 信号的第二带宽值。第一和第二集合占用两个不同光谱带以及第一集合具有两个交织信道的子集。在一个实施例中，OADM 具有第一和第二光分支，分别用来处理对应于第一和第二信道组的光信号。第一组包括来自第一集合的第一子集，第二组包括第二集合和来自第一集合的第二子集。本发明的 OADM 可用来创建用于不同信道组的独立处理路径。能升级具有 OADM 的通信系统，例如增加新的 40-Gb/s 服务和 / 或填充另外的 10-Gb/s 信道，而不中断已就绪的 10-Gb/s 服务。



1. 一种光学装置,包括具有第一、第二和第三端口的多个端口,所述光学装置基于波长而在不同端口之间路由光信号,其中:

所述光信号对应于两个或多个信道集,每个集包括具有相应带宽值的一个或多个信道;

至少两个不同信道集具有不同带宽值;

所述光学装置包括路由设备,用于:

在所述第一端口和所述第二端口之间路由对应于第一信道组的光信号;

在所述第一端口和所述第三端口之间路由对应于第二信道组的光信号;

所述第一信道组是第一信道集的第一子集;

所述第二信道组包括第二信道集和所述第一信道集的第二子集;

来自所述第一信道集的信道占用第一光谱带,其中来自第一子集的信道与来自所述第二子集的信道交织;

来自所述第二信道集的信道占用不同于所述第一光谱带的第二光谱带;以及

所述路由设备包括:

频带分离器,连接到所述第一端口,用于将提供到所述第一端口的光束分成第一和第二光束,其中所述第一光束对应于所述第一光谱带,所述第二光束对应于所述第二光谱带;

去交织器,用于接收所述第一光束,并将所述第一光束划分成第一和第二子光束,其中 (i) 所述第一子光束对应于所述第一子集并被引导到所述第二端口,以及 (ii) 所述第二子光束对应于所述第二子集并被引导到组合器;以及

所述组合器用于组合所述第二子光束和所述第二光束,并将所述组合的光束引导到所述第三端口。

2. 根据权利要求 1 所述的光学装置,其中

所述两个或多个信道集包括所述第一和第二信道集;

所述第一信道集中的每个信道具有第一带宽值;

所述第二信道集中的每个信道具有第二带宽值;

所述第一信道集的信道占用所述第一光谱带;

所述第二信道集的信道占用所述第二光谱带;以及

所述第一和第二光谱带是彼此不同的连续频带。

3. 根据权利要求 1 所述的光学装置,其中

所述两个或多个信道集包括所述第一和第二信道集以及第三信道集;

所述第一信道集中的每个信道具有第一带宽值;

所述第二信道集中的每个信道具有第二带宽值;

所述第三信道集中的每个信道具有第三带宽值;

所述第一和第三信道集的信道占用第一光谱带;

所述第二信道集的信道占用第二光谱带;

所述第一和第二光谱带是彼此不同的连续频带;以及

所述第一信道集的信道与所述第二信道集的信道交织。

4. 根据权利要求 1 所述的光学装置,其中所述光学装置包括光分插复用器 (OADM),作

为所述 OADM 的一部分的所述路由设备包括 DMUX, 其中所述 OADM 包括第一和第二光分支, 两者均连接在所述 DMUX 和 MUX 之间, 其中

所述 DMUX 连接到主输入端口, 并用于 (i) 经由所述第一光分支, 路由对应于所述第一信道组的光信号; 以及 (ii) 经由所述第二光分支, 路由对应于所述第二信道组的光信号;

所述 MUX 连接到主输出端口, 并用于将经由所述第一和第二光分支接收的光信号路由到所述主输出端口; 以及

每个光分支包括:

波长阻塞器, 用于阻塞属于相应信道组的一个或多个选定信道;

分离器, 连接在所述 DMUX 和所述波长阻塞器之间, 其中所述分离器用于 (i) 将从所述 DMUX 接收的信号分离成第一和第二分离信号, 以及 (ii) 将所述第一分离信号引导到所述波长阻塞器, 以及将所述第二分离信号引导到分出端口; 以及

连接在所述波长阻塞器和所述 MUX 之间的组合器, 其中所述组合器用于 (i) 组合从所述波长阻塞器和插入端口接收的信号, 以及 (ii) 将所述组合的信号引导到所述 MUX; 以及其中所述主输入端口是所述第一端口。

5. 根据权利要求 1 所述的光学装置, 其中

所述光学装置包括光分插复用器 (OADM), 作为所述 OADM 的一部分的所述路由设备包括 DMUX; 以及

所述 OADM 包括:

波长阻塞器, 连接在主输入端口和主输出端口之间, 并用于阻塞一个或多个选定信道;

信号分离器, 连接在所述主输入端口和所述波长阻塞器之间, 并用于将从所述主输入端口接收的信号引导到所述波长阻塞器和 DMUX;

所述 DMUX 连接所述信号分离器, 用于 (i) 将对应于所述第一信道组的光信号引导到第一分出端口, 以及 (ii) 将对应于所述第二信道组的光信号引导到第二分出端口;

连接在所述波长阻塞器和所述主输出端口之间的信号组合器, 用于组合从所述波长阻塞器和 MUX 接收的信号, 并将所述组合的信号引导到所述主输出端口; 以及

所述 MUX 用于将提供到所述第一和第二插入端口的光信号引导到所述信号组合器; 以及

其中所述主输入端口是所述第一端口。

6. 一种光学装置, 包括具有第一、第二和第三端口的多个端口, 所述光学装置基于波长而在不同端口之间路由光信号, 其中:

所述光信号对应于两个或多个信道集, 每个信道集包括具有相应带宽值的一个或多个信道;

至少两个不同信道集具有不同带宽值; 以及

所述光学装置包括路由设备, 用于:

在所述第一端口和所述第二端口之间路由对应于第一信道组的光信号;

在所述第一端口和所述第三端口之间路由对应于第二信道组的光信号;

所述第一信道组是第一信道集的第一子集;

所述第二信道组包括第二信道集和所述第一信道集的第二子集;

来自所述第一信道集的信道占用第一光谱带,其中来自所述第一子集的信道与来自所述第二子集的信道交织;

来自所述第二信道集的信道占用不同于所述第一光谱带的第二光谱带;以及
所述路由设备包括:

频带分离器,连接到所述第三端口,用于将提供到所述第三端口的光束分成第一和第二子光束,其中所述第一子光束对应于所述第一光谱带,所述第二子光束对应于所述第二光谱带;

交织器,用于接收所述第一子光束,组合所述第一子光束和提供到所述第二端口的光束,并将所述组合的光束引导到组合器;

所述组合器用于进一步将所述组合的光束与所述第二光束组合,将最终光束引导到所述第一端口。

7. 根据权利要求6所述的光学装置,其中
提供到所述第二端口的光束具有对应于所述第一信道组的光信号;以及
提供到所述第三端口的光束具有对应于所述第二信道组的光信号。

8. 根据权利要求6所述的光学装置,其中所述频带分离器是可调元件,其用于改变所述第一和第二光谱带之间的边界。

9. 一种传送光信号的方法,包括:

在光路由设备的第一端口和第二端口之间,路由对应于第一信道组的光信号;以及
在所述光路由设备的第一端口和第三端口之间,路由对应于第二信道组的光信号;其中

所述光信号对应于两个或多个信道集,每个信道集包括具有相应带宽值的一个或多个信道;以及

至少两个不同信道集具有不同带宽值;

所述第一信道组是第一信道集的第一子集;

所述第二信道组包括第二信道集和所述第一信道集的第二子集;

来自所述第一信道集的信道占用第一光谱带,其中来自第一子集的信道与来自第二子集的信道交织;

来自所述第二信道集的信道占用不同于所述第一光谱带的第二光谱带;以及
所述光路由设备包括:

频带分离器,连接到所述第一端口,用于将提供到所述第一端口的光束分成第一和第二光束,其中所述第一光束对应于所述第一光谱带,所述第二光束对应于所述第二光谱带;

去交织器,用于接收所述第一光束,并将所述第一光束划分成第一和第二子光束,其中
(i) 所述第一子光束对应于所述第一子集,并被引导到所述第二端口,以及 (ii) 所述第二子光束对应于所述第二子集,并被引导到组合器;以及

所述组合器用于组合所述第二子光束和所述第二光束,并将所述组合的光束引导到所述第三端口。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中

所述两个或多个信道集包括所述第一和第二信道集;

所述第一信道集中的每个信道具有第一带宽值；
所述第二信道集中的每个信道具有第二带宽值；
所述第一信道集的信道占用所述第一光谱带；
所述第二信道集的信道占用所述第二光谱带；以及
所述第一和第二光谱带是彼此不同的连续频带。

11. 一种传送光信号的方法，包括：

在光路由设备的第一端口和第二端口之间，路由对应于第一信道组的光信号；
在所述光路由设备的第一端口和第三端口之间，路由对应于第二信道组的光信号；其

中

所述光信号对应于两个或多个信道集，每个集包括具有相应带宽值的一个或多个信道；以及

至少两个不同信道集具有不同带宽值；

所述第一信道组是第一信道集的第一子集；

所述第二信道组包括第二信道集和所述第一信道集的第二子集；

来自所述第一信道集的信道占用第一光谱带，其中来自第一子集的信道与来自第二子集的信道交织；

来自所述第二信道集的信道占用不同于所述第一光谱带的第二光谱带；以及

所述光路由设备包括：

频带分离器，连接到所述第三端口，用于将提供到所述第三端口的光束分成第一和第二子光束，其中所述第一子光束对应于所述第一光谱带，所述第二子光束对应于所述第二光谱带；

交织器，用于接收所述第一子光束，组合所述第一子光束和提供到所述第二端口的光束，并将所述组合的光束引导到组合器；

所述组合器用于进一步将所述组合的光束与所述第二光束组合，并将最终光束引导到所述第一端口。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中

提供到所述第二端口的光束具有对应于所述第一信道组的光信号；以及

提供到所述第三端口的光束具有对应于所述第二信道组的光信号。

13. 根据权利要求 11 所述的方法，其中

所述频带分离器是可调元件，其用于改变所述第一和第二光谱带之间的边界。

光学装置及传送光信号的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光通信装置,以及更具体地说,涉及光分插复用器。

背景技术

[0002] 现代的光通信系统,例如长途和地铁网络采用密集波分复用(DWDM, dense wavelength division multiplex)信道来承载具有 10Gb/s 位速率的光信号。设想未来的光通信系统将采用用来承载具有 40Gb/s 位速度的信号的 DWDM 信道。基于传统和 / 或先进的调制格式,40-Gb/s 光信号很可能与 10-Gb/s 光信号一起使用和 / 或逐渐取代后者。因此,期望具有支持 10- 和 40-Gb/s 光信号并且例如当 40-Gb/s 升级变为可用时允许重构光通信系统,而对已经就绪的 10-Gb/s 服务没有或具有最小中断的通信平台。

发明内容

[0003] 根据本发明的原理,通过用来路由具有至少两个不同位速率的光信号的光分插复用器(OADM),解决现有技术中的问题。OADM 具有至少两个 DWDM 信道集,例如,第一集合中的信道具有适合于传输 10-Gb/s 信号的第一带宽值和第二集合中的信道具有适合于传输 40-Gb/s 信号的第二带宽值。第一和第二集合占用两个不同的光谱带以及第一集合具有交织信道的两个子集。在一个实施例中,OADM 具有第一和第二光分支,分别用来处理对应于第一和第二信道组的光信号。第一组包括来自第一集合的第一子集,而第二组包括第二集合和来自第一集合的第二子集。有利地,本发明的 OADM 能用来创建用于不同信道组的独立处理路径。结果,能升级具有那些 OADM 的通信系统,例如增加新的 40-Gb/s 服务和 / 或填充另外的 10-Gb/s 信道,基本上不中断已经就绪的 10-Gb/s 服务。

[0004] 根据一个实施例,本发明是一种光学装置,包括具有第一、第二和第三端口的多个端口,该装置用来基于波长,在不同端口之间路由光信号,其中:光信号对应于两个或多个信道集,每个集合包括具有相应带宽值的一个或多个信道;至少两个不同信道集具有不同带宽值;以及该光学装置包括路由设备,用来:在第一端口和第二端口之间路由对应于第一信道组的光信号;以及在第一端口和第三端口之间路由对应于第二信道组的光信号。

[0005] 根据另一实施例,本发明是一种传送光信号的方法,包括:在光路由设备的第一端口和第二端口之间,路由对应于第一信道组的光信号;以及在所述光路由设备的第一端口和第三端口之间,路由对应于第二信道组的光信号,其中,光信号对应于两个或多个信道集,每个集合包括具有相应带宽值的一个或多个信道;以及至少两个不同信道集具有不同带宽值。

[0006] 根据另一实施例,本发明是一种装置,包括:用于在光路由设备的第一端口和第二端口之间,路由对应于第一信道组的光信号的部件,以及用于在所述光路由设备的第一端口和第三端口之间,路由对应于第二信道组的光信号的部件,其中,光信号对应于两个或多个信道集,每个集合包括具有相应带宽值的一个或多个信道,以及至少两个不同信道集具有不同带宽值。

[0007] 根据另一实施例,本发明是一种通信网络,包括多个结点,用来交换通信信号,其中,至少一个结点包括光装置,该光装置具有包括第一、第二和第三端口的多个端口,该装置用来基于波长,在不同端口之间路由光信号,其中:光信号对应于两个或多个信道集,每个集合包括具有相应带宽值的一个或多个信道;至少两个不同信道集具有不同带宽值;以及该光学装置包括路由设备,用来:在第一端口和第二端口之间路由对应于第一信道组的光信号;以及在第一端口和第三端口之间路由对应于第二信道组的光信号。

附图说明

- [0008] 图 1 是能实施本发明的光通信系统的框图;
- [0009] 图 2 示出能用在图 1 所示通信系统的结点中的光分插复用器 (OADM);
- [0010] 图 3 示出能用来实现图 2 所示的 OADM 的 OADM 的框图;
- [0011] 图 4 示出能用在图 3 的 OADM 中的波长阻塞器的框图;
- [0012] 图 5 示出能用来实现图 2 所示的 OADM 的另一 OADM 的框图;
- [0013] 图 6A-B 图示示出能用在图 2,3 和 5 所示的 OADM 的某些实施例中的两个代表性 DWDM 信道结构;
- [0014] 图 7 图示示出能用在图 2,3 和 5 的 OADM 中的 DWDM 信道结构。
- [0015] 图 8 图示示例说明能用在图 3 和 5 的 OADM 中的交织器的属性;
- [0016] 图 9A-B 分别示出能用在图 3 和 5 的 OADM 中的 DMUX 和 MUX 的框图;
- [0017] 图 10A-B 图示示例说明用于图 7 的 DWDM 信道结构的信道 - 群方案;
- [0018] 图 11A 图示示出能用在图 2,3 和 5 的 OADM 中的 DWDM 信道结构;
- [0019] 图 11B 示例说明能用在图 2,3 和 5 的 OADM 中的另一 DMUX 和另一 MUX 的属性;
- [0020] 图 12 示出能用来实现图 11B 所示的 DMUX 的 DMUX 的框图;
- [0021] 图 13 示出能用来实现图 11B 所示的 MUX 的 MUX 的框图;以及
- [0022] 图 14A-B 图示示例说明用于图 11A 的 DWDM 信道结构的信道群方案。

具体实施方式

[0023] 在此引用“一个实施例”或“实施例”是指结合实施例所述的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一个实施例中。在说明书的 多处中的短语“在一个实施例”的外部特征不一定均指向相同的实施例,也不是单独的或与其他实施例互斥的另外的实施例。

[0024] 图 1 示出其中可实施本发明的光通信系统 100 的框图。系统 100 具有通过双向链路 104 连接的结点 102 的网络,其中每个结点用来处理经由链路运送的光信号。每个结点 102 处的信号处理包括但不限于在相邻结点之间路由光信号,从网络业务中提取(或分出)指定本地接收机的光信号,并将本地发射机所生成的光信号插入(或添加)到网络业务中。每个链路 104 可以包括一个或多个光纤、光放大器(未示出)、信号再生器(未示出)和其他惯用部件。

[0025] 图 2 示出能用在系统 100 的任何结点 102 中的光分插复用器 (OADM) 200。OADM200 具有包括主输入端口 202、主输出端口 204、分出端口 205 和插入端口 208 的至少四个端口。提供到主输入端口 202 的 DWDM 信号被引导至分出端口 206,例如用于分发到本地接收机,或主输出端口 204,例如用于在系统 100 的网络上进一步传输。通常阻止分出的信号到达主输

出端口 204。然后,可以使用先前未使用的 DWDM 信道和 / 或对应于分出信号的 DWDM 信道的一些或全部来传送例如从本地发射机提供到插入端口 208 的光信号。这些光信号与在主输入端口 202 处接收的、未在分出端口 206 分出的光信号多路复用,并在主输出端口 204 输出多路复用信号。

[0026] OADM 体系结构

[0027] 图 3 示出能用来实现根据本发明的一个实施例的 OADM200 的 OADM300 的框图。OADM300 是具有主输入端口 302、主输出端口 304、两个分出端口 306a-b 以及两个插入端口 308a-b 的六端口设备。OADM300 通过将提供给主输入端口 302 的 DWDM 信号引导到分出端口 306a-b,例如用于分发到本地接收机,或主输出端口 304,例如用于在网络上的进一步传输。阻止在分出端口 306a-b 处分出的信号到达主输出端口 304。然后,可以使用先前未使用的 DWDM 信道和 / 或对应于分出信号的 DWDM 信道的一些或全部来传送例如从本地发射机提供给插入端口 308a-b 的光信号。这些光信号与在主输入端口 302 处接收的、未在分出端口 306a-b 分出的光信号多路复用,并在主输出端口 304 输出多路复用信号。使用去复用器 (DMUX) 312、复用器 (MUX) 332、两个波长阻塞器 316a-b、两个分离器 314a-b 以及两个组合器 334a-b,在 OADM300 中实现该功能性,下面详细地描述它们中的每一个。

[0028] DMUX312 是具有标记为 I、连接到主输入端口 302 的输入端口和标记为 II 和 III 的两个输出端口的三端口设备。DMUX312 用来基于波长或 DWDM 信道号,将提供到端口 I 的光信号引导到其两个输出端口之一。更具体地说,在一个实施例中,DMUX312 将对应于第一 DWDM 信道组的光信号引导到输出端口 II,而将对应于第二 DWDM 信道组的光信号引导到输出端口 III。MUX332 是具有标记为 II 和 III 的两个输入端口和标记为 I 的输出端口的三端口设备,其输出端口连接到主输出端口 304。MUX332 主要用来执行由 DMUX312 执行的功能的逆功能。更具体地说,MUX332 多路复用提供给它输入端口的光信号并将多路复用的信号引导到输出端口。

[0029] 在一个实施例中,使用基本上相同的双向光学元件来实现 DMUX312 和 MUX332 的每一个。更具体地说,将该光学元件设计成 (i) 在端口 I 和 II 之间路由对应于第一 DWDM 信道组的光信号;以及 (ii) 在端口 I 和 III 之间路由对应于第二 DWDM 信道组的光信号。例如,当将光学元件构造为 DMUX312 时,将输入信号提供到端口 I,以及两个相应的输出信号出现在端口 II 和 III 上。另外,当将光学元件构造为 MUX332 时,将两个输入信号提供到端口 II 和 III,以及相应的输出信号出现在端口 I。

[0030] 波长阻塞器 316a-b 的每一个是可配置设备,传送用于主输出端口 304 的光信号并阻塞用于相应的分出端口 306 的光信号。如此,波长阻塞器 316a-b 分别用于处理对应于第一组和第二 DWDM 信道组的光信号。基于适当的控制信号(未示出),波长阻塞器 316a-b 的每一个能在不同的时间阻塞 / 传送属于相应 DWDM 信道组的不同子组。

[0031] 每个分离器 314a-b 是一个无源三端口设备,用来在相应的分出端口 306 和波长阻塞器 316 之间分离从 DMUX312 接收的信号。类似地,每个组合器 334a-b 是一个无源三端口设备,用来组合从相应的插入端口 308 和波长阻塞器 316 接收的信号并将组合信号引导到 MUX332。在一个实施例中,分离器 314a-b 和组合器 334a-b 的每一个使用能根据光传播方向,操作为功率分离器或功率组合器的基本上相同的双向光学元件来实现。

[0032] 使用上述部件,OADM300 能如下路由提供给主输入端口 302 的光信号。假定该光信

号对应于第一 DWDM 信道组。因此, DMUX312 将该信号引导到其输出端口 II。然后, 功率分离器产生两个信号副本并将第一副本引导到分出端口 306a 以及第二副本引导到波长阻塞器 316a。如果该光学信号用来在分出端口 306a 处分出, 那么波长阻塞器 316a 被配置成阻塞第二信号副本传播过波长阻塞器。同时, 连接到分出端口 306a 的本地接收机(未示出)接收该第一信号副本, 从而实现分出功能。由于相应的 DWDM 信道在波长阻塞器 316a 处变为空闲, 现在, 本地发射机(未示出)能将对应于相同 DWDM 信道的不同光信号提供到插入端口 308a, 而不产生信号干扰。然后, 功率组合器 334a 将那一信号与由波长阻塞器 316a 传送的信号组合并将组合信号引导到 MUX332 的输入端口 II, 将其路由到主输出端口 304, 从而实现插入功能。

[0033] 另外, 如果提供到主输入端口 302 的光信号用来从主输入端口 302 传送到主输出端口 304, 则波长阻塞器 316a 被配置成传播由功率分离器 314a 产生的第二信号副本。同时, 连接到分出端口 306a 的本地接收机被配置成忽略第一信号副本。由于在这种情况下, 在波长阻塞器 316a 处相应的 DWDM 信道不为空闲, 本地发射机不将对应于相同 DWDM 信道的不同光信号提供到插入端口 308a 以避免信号干扰。

[0034] 本领域的技术人员将理解到用类似的方式, 但使用不同 OADM 分支, 即包括 DMUX312 的输出端口 III、相应的功率分离器 314b、分出端口 306b、波长阻塞器 316b、相应的功率组合器 334b、插入端口 308b 以及 MUX332 的输入端口 III, 在 OADM300 中处理对应于第二 DWDM 信道组的光信号。

[0035] 图 4 示出根据本发明的一个实施例, 能用作图 3 的波长阻塞器 316 的波长阻塞器 416 的框图。波长阻塞器 416 具有环行器 410, 例如将由功率分离器 314(图 3)提供到波长阻塞器的 DWDM 信号引导到光栅 420。然后, 光栅 420 按波长分散信号, 并将其引导到通/断开关 430。在图 4 中, 光栅 420 和开关 430 之间的多个箭头表示对应于不同 DWDM 信道的光。开关 430 具有可旋转 MEMS 镜阵列, 每 DWDM 信道一个反射镜。当对应于特定 DWDM 信道的光信号需要通过波长阻塞器 416 时, 旋转开关 430 中的相应反射镜以便将信号反射回光栅 420, 在那里与其他反射的信号重新组合并引导回环行器 410, 将其从波长阻塞器输出到例如功率组合器 334(图 3)。另外, 当对应于特定 DWDM 信道的光信号需要在波长阻塞器 416 中阻塞时, 旋转开关 430 中的相应反射镜以便将信号反射到信号清除(signal dump)440, 如由图 4 中的虚线所示, 在那里信号被吸收。

[0036] 图 5 示出根据本发明的另一实施例, 能用来实现 OADM200(图 2)的 OADM500 的框图。与 OADM300(图 3)类似, OADM500 具有主输入端口 502、主输出端口 504、两个分出端口 506a-b 以及两个插入端口 508a-b。通过将提供给主输入端口 502 的光信号引导到分出端口 506a-b 或主输出端口 504, OADM500 与 OADM300(图 3)类似地操作。可以再使用对应于分出信号的 DWDM 信道和/或任何未被占用信道的一些或全部来传送提供到插入端口 508a-b 的光信号, 与在主输入端口 502 处接收的、未在分出端口 506a-b 处分出的光信号多路复用。然后, 在主输出端口 504 处输出多路复用信号。

[0037] 与 OADM300 类似, OADM500 具有 DMUX312 和 MUX332。OADM500 还采用分别与 OADM300 的功率分离器 314 和功率组合器 334 类似的功率分离器 514 和功率组合器 534。然而, 在 OADM500 中采用的波长阻塞器 516 与 OADM300 的波长阻塞器 316a-b 的任何一个有所不同。更具体地说, 波长阻塞器 316a-b 的每一个用来处理对应于仅一组 DWDM 信道的光信号。例

如,波长阻塞器 316a 和 316b 分别处理对应于第一和第二 DWDM 信道组的光信号。相反,波长阻塞器 516 用来处理对应于两个 DWDM 信道组的光信号。

[0038] OADM500 能如下路由提供到主输入端口 502 的光信号。功率分离器 514 产生两个信号副本并将第一副本引导到 DMUX312 和将第二副本引导到波长阻塞器 516。如果光信号意图在分出端口 506a-b 之一处分出,那么波长阻塞器 516 被配置成阻止第二信号副本传播过波长阻塞器。同时,根据光信号是处于第一还是第二信道组,DMUX312 将第一信号副本引导到分出端口 506a-b 的相应一个,以及连接到分出端口的本地接收机(未示出)接收那一信号副本,从而实现分出功能。由于在波长阻塞器 516 外相应的 DWDM 信道变为空闲,本地发射机(未示出)现在能将对应于相同 DWDM 信道的不同光信号提供到插入端口 508a-b 的适合的一个,而不产生信号干扰。然后,MUX332 将那一信号引导到功率组合器 534,其中,组合由 MUX 输出的信号和由波长阻塞器 516 传送的信号并引导到主输出端口 504,从而实现插入功能。

[0039] 另外,如果提供到主输入端口 502 的光信号意图传送到主输出端口 504,那么将波长阻塞器 516 配置成传递由功率分离器 514 产生的第二信号副本。同时,将连接到分出端口 506a-b 的相应一个的本地接收机配置成忽略该第一信号副本。由于在这种情况下,在波长阻塞器 516 外相应的 DWDM 信道不为空闲,本地发射机不将对应于相同 DWDM 信道的不同光信号提供到插入端口 508a-b 的相应一个以避免功率组合器 534 处的信号干扰。

[0040] 图 6A-B 图所示出能用在 OADM 200、300 和 500 的某些实施例中的两个代表性 DWDM 信道结构。更具体地说,在图 6A-B 中,用具有基本(例如中心)频率 f_i 和对应于分配到那个信道的带宽的宽度 Δf (图 6A) 或 $\Delta f'$ (图 6B) 的格表示每个 DWDM 信道,其中 i 是 DWDM 信道数。图 6A-B 中所示的结构中的每一个利用 ITU(国际电信联盟)频率栅格,提供两个相邻 DWDM 信道的基本频率被分离 $m \times 50\text{GHz}$ 频率间隔,其中 m 是正整数。在图 6A 中, $m = 1$,导致 $|f_i - f_{i+1}| = 50\text{GHz}$ 。类似地,在图 6B 中, $m = 2$,导致 $|f_i - f_{i+1}| = 100\text{GHz}$ 。

[0041] 如图 6 所看到的,所示信道配置的每一个将相等的带宽分配给每个 DWDM 信道。如此,图 6A 的配置将 $\Delta f = 50\text{GHz}$ 的带宽分配给每个信道。同样地,图 6B 的配置将 $\Delta f' = 100\text{GHz}$ 的带宽分配给每个信道。典型的现有技术通信系统所有 DWDM 信道具有相同均匀带宽,即,信道具有仅 50GHz 带宽,或者信道仅具有 100GHz 带宽。

[0042] 图 6B 的 100GHz 信道的每一个具有用于传输 10 或 40Gb/s 信号的足够带宽,而图 6A 的 50-GHz 信道的每一个具有用于传输 10-Gb/s 信号的足够带宽,但不用于传输传统的 40Gb/s 信号。更具体地说,如果用于传输 40-Gb/s 信号,图 6A 的 50-GHz 信道将由于它们的有限带宽而导致信号失真,将导致传输的信号在接收机处基本上不可解码。另一方面,将图 6B 的 100-GHz 信道用于传输 10-Gb/s 信号将导致相当低效地利用可用光谱资源。

[0043] 交替信道(alternated channel)结构

[0044] 图 7 图所示出根据本发明的一个实施例,能用在 OADM 200、300 和 500 中的 DWDM 信道结构。图 7 在作为频率格的 DWDM 信道的图示描述方面与图 6 所示。与图 6A 的结构类似,图 7 的结构对应于 $m = 1$ 的 ITU 频率栅格(frequency grid)。同样地,相邻 DWDM 信道的基本频率之间的间隔为约 50GHz 。然而,图 6A 和 7 的结构之间的差异在于后者向不同信道分配不等带宽。特别地,图 7 具有两个信道集,一个集合中的信道具有 Δf_1 带宽以及另一集合中的信道具有带宽 Δf_2 ,其中 $\Delta f_1 + \Delta f_2 \approx 100\text{GHz}$ 。如图 7 所示,两个集合中的信

道交织以便每个奇数信道具有 Δf_1 的带宽,以及每个偶数信道具有 Δf_2 的带宽。在一个实施例中, $\Delta f_1 \approx 2 \Delta f_2 \approx 66.7\text{GHz}$ 。在下文中,图 7 所示的信道结构作为交替信道结构的例子。

[0045] 图 7 的交替信道结构具有相同的最大可支撑信道密度,每 50GHz 约 1 个信道,与图 6A 的结构一样。然而,与后者不同,交替信道结构适合于传输 10- 和 40-Gb/s 信号两者。例如,图 7 的奇数信道的每一个能用来传输 40-Gb/s 信号,而偶数信道的每一个能用来传输 10-Gb/s 信号。与图 6A 相比,分配到每个奇数信道的额外带宽使得由于带宽限制引起的相应信号失真变得可接受,用于在接收机处成功解码 40-Gb/s 信号。当然,以偶数信道为代价,将额外带宽增加到奇数信道上。然而,与在图 6A 的结构中可用的相比,每一个偶数信道中的带宽降低使得 10-Gb/s 的相应信号失真相对不显著,并仍然能在接收机处成功地解码那些信号。由于线性和非线性串音问题(特别是在长途传输中),在配置用于长途传输,例如大于约 800km 的通信系统中,填充的 40-Gb/s 信道可以不与填充的 10-Gb/s 信道相邻。尽管当增加 40-Gb/s 服务时会减少填充信道的总数,但因为 40-Gb/s 信道通过比 10-Gb/s 信道高得多的光谱效率利用可用光谱资源,整个系统容量仍将增加。

[0046] 在一个实施例中,选择交替信道结构中的奇偶信道的相对带宽使得相对于图 6A 的结构,能平衡 10-Gb/s 信号传输的损失和 40-Gb/s 信号传输的改进以便实现优化整个传输质量。本领域的技术人员将意识到交替信道结构具有比图 6B 的结构的某些优点,因为它更有效地使用光谱资源并具有更高的信道光谱密度。

[0047] OADM300(图 3)能用来如下处理对应于图 7 的交替信道结构的光信号。通过在 DMUX312 的端口 II 和 MUX332 的端口 II 之间连接的 OADM 分支路由的第一信道组包括图 7 的偶数信道。同时,通过在 DMUX312 的端口 III 和 MUX332 的端口 III 之间连接的 OADM 分支路由的第二信道组包括图 7 的奇数信道。

[0048] 类似地,OADM500(图 5)能用来如下处理对应于图 7 的交替信道结构的光信号。在主输入端口 502、分出端口 506a、插入端口 508a 和主输出端口 504 之间路由的第一信道组包括图 7 的偶数信道,以及主输入端口 502、分出端口 506b、插入端口 508b 和主输出端口 504 之间路由的第二信道组包括图 7 的奇数信道。另外,波长阻塞器 516 需要用来处理两个带宽的信道,如下更详细地描述。

[0049] 图 8 图示出根据本发明的一个实施例,能用来实现 OADM 300 和 500 的每一个中的 DMUX312 和 / 或 MUX332 的双向光学交织器(optical interleaver)800 的属性。更具体地说,图 8 中的顶板和底板分别图示表示光学交织器 800 的组延迟(GD)和衰减分布。在一个实施例中,图 8 中的曲线 810 对应于(i)DMUX312 中端口 I 和 III 之间的光衰减,以及(ii)MUX332 中端口 III 和 I 之间的光衰减。类似地,图 8 中的曲线 820 对应于(i)DMUX312 中端口 I 和 II 之间的光衰减,以及(ii)MUX332 中端口 II 和 I 之间的光衰减。如图 8 中所看到的,曲线 810 具有多个传输频带,每个具有(i)100-GHz 栅格上的基本频率,栅格线位于 0、100、200GHz 等等,以及(ii)约 65GHz 的 3dB 带宽。位于传输频带之间的约 50、150、250GHz 等等的传输波动主要由于光学交织器 800 中的干扰效应。这些传输波动对本发明的 OADM 中的交织器的操作基本上无利,也基本上无害。类似地,曲线 820 具有多个传输频带,每个具有(i)100-GHz 栅格上的基本频率,栅格线位于 50、150、250GHz 等等,以及(ii)约 35GHz 的 3dB 带宽。在一种实现中,使用平面波导技术来制作光学交织器 800,该技术用于制作光

学交织器、复用器和去复用器在本领域中是公知的,并且如在 U. S. 专利 No. 6, 591, 308 和 6, 560, 380 中所述,其教导在此引入以供参考。

[0050] 图 9A-B 示出根据本发明的一个实施例,能分别用作 DMUX312 和 MUX332 的 DMUX912 和 MUX932 的框图。简单地参考图 8 的顶板,曲线 830 表示光学交织器 800 的峰值到峰值 GD 波动的幅度在 20ps 量级,即 40-Gb/s 信号间隔的持续时间的 80%。然而,通常期望具有处于或低于对应于系统中的最高位速率(在当前情况下,为 40Gb/s)的信号间隔的持续时间的约 50%的幅度。DMUX912 和 MUX932 的每一个通过具有连接到图 8 的交织器 800 的一对分散补偿器 930a-b 来解决该问题。分散补偿器 930a-b 的每一个用来使峰值到峰值 GD 波动的幅度降低到所需水平。在 DMUX912 中,分散补偿器 930a-b 被配置成补偿已经在位于补偿器上游的光学交织器 800 中引入的组延迟。另一方面,在 MUX932 中,分散补偿器 930a-b 被配置成预先补偿将在位于补偿器下游的光学交织器 800 中引入的组延迟。在一个实施例中,分散补偿器 930a-b 的每一个是共同拥有的 U. S. 专利 No. 6, 631, 246 中公开的补偿器,其教导在此引入以供参考。

[0051] 简单地参考图 3 和 4,能设计波长阻塞器 416(图 4)以相对直接的方式来实现用于交替信道结构的波长阻塞器 316(图 3)。即,当波长阻塞器 416 实现波长阻塞器 316a 时,开关 430 中的可旋转 MEMS 反射镜阵列在相邻反射镜之间具有间隙,以及每个间隙约以相应偶数信道的波长为中心。类似地,当波长阻塞器 416 实现波长阻塞器 316b 时,开关 430 中的可旋转 MEMS 反射镜阵列在相邻反射镜之间具有间隙,以及每个间隙约以相应奇数信道的波长为中心。

[0052] 现在,再参考图 4 和 5,能将波长阻塞器 416(图 4)设计成如下实现波长阻塞器 516(图 5)。开关 430 中的可旋转 MEMS 反射镜的阵列具有两个不同宽度的反射镜。更具体地说,开关 430 中的相对反射镜宽度对应于相对 DWDM 信道带宽。例如,对应于奇数 DWDM 信道的相对宽的反射镜之后为对应于偶数 DWDM 信道的相对窄的反射镜,在其之后,为对应于奇数 DWDM 信道的下一相对宽的反射镜等等。

[0053] 采用交替信道结构的通信系统 100(图 1)能通过例如用 40-Gb/s 信号的传输来代替在图 7 的一些奇数频带中 10-Gb/s 信号的传输,增加其容量,同时留下图 7 的一些偶数频带中的 10-Gb/s 信号的传输基本上不被干扰。相应的系统升级包括仅升级分别连接到 OADM 300 和 500 的分出端口 306b 和 506b 以及插入端口 308b 和 508b 的系统部件。同时,分别连接到 OADM 300 和 500 的分出端口 306a 和 506a 以及插入端口 308a 和 508a 的系统部件保持基本上不变。本领域的技术人员将理解到该升级实现增加 40-Gb/s 服务同时最小化对已经就绪的 10-Gb/s 服务的干扰的所需目的。其他有利的选择可以用于通信系统 100 的操作者,如果升级时系统未以全容量进行操作。例如,如果 10-Gb/s 信号的传输仅占用奇数信道,而偶数信道为空闲,则 10-Gb/s 信号可滚落到偶数信道中。因此,能用新的 40-Gb/s 服务填充空闲的奇数信道。

[0054] 图 10A-B 图示示例说明通信系统 100(图 1)中的两个可能的 DWDM 信道群方案,其采用具有 64 个奇数信道和 64 个偶数信道的交替信道结构,总共 128 个信道。参考图 10A,在一个实施例中,在每个结点 102 中采用与 OADM300(图 3)类似的 OADM 的通信系统 100(图 1)能通过 (1) 以传输 10-Gb/s 信号开始,(2) 在一些点,增加 40-Gb/s 信号的传输,以及 (3) 增加 10-Gb/s 信号数来增加其容量。假定当配置该系统 100 时,利用用于传输 10-Gb/s 信

号的前 64 个信道中的 32 个偶数 DWDM 信道,而剩余的信道为空闲。在图 10A 中,这些初始利用(填充)的信道被标记字母“ α ”。在该初始配置中,每个 OADM 仅使用一个分支(即包括与分出端口 306a 和插入端口 308a 类似的端口),而另一分支(例如包括与分出端口 306b 和插入端口 308b 类似的端口)保持基本上不使用。

[0055] 在升级中,系统 100 的操作者,例如电话公司可以通过,在第二 64 个信道中填充 32 个奇数 DWDM 信道用于传输 40-Gb/s 信号来增加系统容量。在图 10A 中,这些另外填充的信道被标记字母“ β ”。通过填充的 α -和 β -信道,每个 OADM 使用其两个光学分支。

[0056] 在下次升级期间,系统 100 的操作者可以通过,填充第一 64 个信道中的 32 个剩余的奇数 DWDM 信道用于传输 10-Gb/s 信号而进一步增加系统容量。在图 10A 中,在该升级期间填充的信道用字母“ γ ”标记。通过所填充的 γ 信道,每个 OADM 达到 64 个 10-Gb/s 信道和 32 个 40-Gb/s 信道的容量,总共 96 个填充信道。

[0057] 在另一升级期间,系统 100 的操作者可以通过填充剩余的未填充 DWDM 信道用于传输 10-Gb/s 信号来进一步增加系统容量。在图 10A 中,这些另外填充的信道被标记字母“ δ ”。最好,这些新增加的 10-Gb/s 信号采用不同的相移键控(DPSK)调制格式以便降低相邻信道之间的非线性串音。通过填充的 δ 信道,每个 OADM 达到 96 个 10-Gb/s 信道和 32 个 40-Gb/s,总共 128 填充信道(具有 50GHz 信道间隔)的容量。另外,当使用带宽有效调制格式,诸如光学双二进制或差分正交相移键控(DQPSK, differential-quadrature phase-shift keying)时,能用 40-Gb/s 信号填充 δ 信道。另外,应理解到还能使用其他带宽有效信号(例如 80-Gb/s DQPSK 信号)来填充图 10A 的各个信道。

[0058] 与正好在图 10A 的上下文中所述的升级方案类似的升级方案如图 10B 所示。因此,图 10B 所示的 α -、 β -、 γ -和 δ -信道对应于与填充图 10A 中的类似标记信道类似的升级阶段。然而,图 10A 和图 10B 的方案之间的重要差别在于分配具有不同数据速率(和调制格式)的信道、在每次升级后每种类型的填充信道的数量以及因此实现的系统容量。在下述表中,很容易看出该差别。

[0059] 表 1 : 系统升级过程中的填充信道的数量

升级阶段	图 10A			图 10B		
	偶数	奇数	合计	偶数	奇数	合计
α	32	-	32	48	-	48
$\alpha+\beta$	32	32	64	48	16	64
$\alpha+\beta+\gamma$	32	64	96	48	64	112
$\alpha+\beta+\gamma+\delta$	64	64	128	64	64	128

[0060] 本领域的技术人员将意识到,通过适当地选择 α -和 β -信道的初始数量,系统 100 的操作者能在升级过程中单步调试系统容量的不同所需值。

[0061] 带状信道结构

[0062] 图 11A 图示表示根据本发明的一个实施例,能在 OADM 200、300 和 500 中的 DWDM 信道结构。图 11A 与图 6 和 7 在 DWDM 信道的图示描述方面类似。与图 7 的交替信道结构类

似,图 11A 的结构具有两个信道集,其中一个集合中的信道具有 Δf 的带宽,以及另一集合中的信道具有不同于 Δf 的带宽 $\Delta f'$ 。然而,不象图 7 中一样交替两个集合中的信道,而相反,信道被捆绑到两个单独的光谱带中,分别标记为“S-频带”和“L-频带”。S-频带对应于 $m = 1$,导致 $|f_n - f_{n+1}| \approx 50\text{GHz}$,其中 n 为 S-频带中的 DWDM 信道数,以及具有 $\Delta f \approx 50\text{GHz}$ 的带宽。L-频带对应于 $m = 2$,导致 $|f_k - f_{k+1}| \approx 100\text{GHz}$,其中 k 为 L-频带中的 DWDM 信道数,以及具有 $\Delta f' \approx 100\text{GHz}$ 的带宽。如此,图 11A 的结构在其整个光谱范围上,具有不均匀的信道光谱密度,即,在 S 频带中,每约 50GHz 1 个信道以及在 L-频带中,每约 100GHz 1 个信道。在一个实施例中,S-和 L-频带对应于钕掺杂的光纤放大器(EDFA)的不同放大频带。此后,图 11A 中所示的信道结构被称为带状信道结构的例子。注意,保护光谱频带需要存在于 S-频带和 L-频带之间以避免频带边缘失真。

[0063] 与图 7 的交替信道结构类似,图 11A 的带状信道结构适合于传输 10-和 40-Gb/s 信号两者。例如,L-频带中的每个信道能用于传输 40-Gb/s 信号,而 S-频带中的每个信道能用于传输 10-Gb/s 信号。尽管具有比交替信道结构稍微低的总可实现容量,带状信道结构允许在系统中同时存在具有良好单个性能的 10-Gb/s 和 40-Gb/s 信道。另外,用于 10-Gb/s 和 40-Gb/s 信道的带宽分配可以是灵活和可调整的,如下面更详细描述。

[0064] 图 11B 示例说明根据本发明的一个实施例,能用作 DMUX312 的 DMUX1112 的属性。DMUX1112 具有三个端口(标记 I、II 和 III),其与 DMUX312 的类似标记端口类似。与图 11A 在 DWDM 信道的图示方面类似的图 11B 图示示例说明在 DMUX1112 中实现的信道路由方案。更具体地说,将对应于 S-频带的奇数 DWDM 信道的光信号从端口 I 路由到端口 II,将对应于 S-频带的偶数 DWDM 信道的光信号从端口 I 路由到端口 III,以及将对应于 L-频带的所有 DWDM 信道的光信号从端口 I 路由到端口 III。

[0065] 除示例说明 DMUX1112 的属性外,图 11B 还根据本发明的一个实施例,示例说明能用作 MUX332 的 MUX1132 的属性。MUX1132 具有三个端口(标记 I、II 和 III),其与 MUX332 的类似标记端口类似。在 MUX1132 中实现的信道路由方案如下。将对应于 S-频带的奇数 DWDM 信道的光信号从端口 II 路由到端口 I,将对应于 S-频带的偶数 DWDM 信道的光信号从端口 III 路由到端口 I,以及将对应于 L-频带的所有 DWDM 信道的光信号从端口 III 路由到端口 II。

[0066] 与 OADM300(图 3)类似并具有分别代替 DMUX312 和 MUX332 的图 11B 的 DMUX1112 和 MUX1132 的 OADM 用来如下处理对应于图 11A 的带状信道结构的光信号。通过连接在 DMUX1112 的端口 II 和 MUX1132 的端口 II 之间的 OADM 分支路由的第一信道组包括图 11A 的 S-频带的奇数 DWDM 信道。通过连接在 DMUX1112 的端口 III 和 MUX1132 的端口 III 之间的 OADM 分支路由的第二信道组包括 S-频带的偶数 DWDM 信道和图 11A 的 L-频带的所有 DWDM 信道。类似地,与 OADM500(图 5)类似并具有分别代替 DMUX312 和 MUX332 的图 11B 的 DMUX1112 和 MUX1132 的 OADM 用来如下处理对应于图 11A 的带状信道结构的光信号。在主输入端口 502、分出端口 506a、插入端口 508a 和主输出端口 504 之间路由的第一信道组包括图 11A 的 S-频带的奇数 DWDM 信道。类似地,在主输入端口 502、分出端口 506b、插入端口 508b 和主输出端口 504 之间路由的第二信道组包括图 11A 的 S-频带的偶数 DWDM 信道和 L-频带的所有 DWDM 信道。

[0067] 图 12 示出根据本发明的一个实施例,用来实现图 11B 中所示的 DMUX1112 的

DMUX1212 的框图。DMUX1212 如下路由光信号。将提供到端口 I 的光信号引导到具有特性波长（或特性频率 f_c ）的频带分离器 1202。频带分离器 1202 用来将具有短于和长于特性波长的波长的光分成两个不同的光束，并将一个光束引向去交织器 1204 以及将另一光束引向功率组合器 1206。频带分离器 1202 能使用例如相对于光传播方向呈 45 度方向并具有介电涂层的玻璃板来实现，传送具有长于特性波长的波长的光并反射具有短于特性波长的波长的光。特性波长最好使相应的特性频率位于 S- 和 L- 频带之间（见图 11A 和 11B）。结果，对应于 S- 频带的光信号被反射到去交织器 1204，而对应于 L- 频带的光信号被传送到功率组合器 1206。在一个实施例中，频带分离器 1202 是可调元件，允许改变特性波长 / 频率。能通过例如改变玻璃板的定向角或改变其温度来实现调整。该特征允许用于 S- 和 L- 频带的灵活和 / 或可调带宽分配，允许在系统中选择 10- 和 40-Gb/s 信道的所需相对数量。

[0068] 去交织器用来基于波长或 DWDM 信道号，排序光信号。例如，对应于 S- 频带的奇数 DWDM 信道的光信号被引向端口 II，而对应于 S- 频带的偶数 DWDM 信道的光信号被引向功率组合器 1206。与去交织器 104 类似的去交织器在本领域中是非常公知的以及在例如 U. S. 专利 No. 6, 560, 380 中公开过，其教导在此引入以供参考。功率组合器 1206 与例如图 3 的功率组合器 334 类似。同样地，其组合从频带分离器 1202 和去交织器 1204 接收的信号并将该组合信号引导到端口 III。

[0069] 图 13 示出根据本发明的一个实施例，能用来实现图 11B 所示的 MUX1132 的 MUX1332 的框图。MUX1332 如下路由光信号。提供到端口 III 的光信号被引导到频带分离器 1302，用来将对应于 S- 和 L- 频带的光分离成两个不同光束。更具体地说，将对应于 S- 频带的光信号引向交织器 1304，而将对应于 L- 频带的光信号引向功率组合器 1306。在一个实施例中，频带分离器 1302 与图 12 的频带分离器 1202 类似。交织器 1304 用来主要执行由去交织器 1204 执行的功能的逆功能。更具体地说，交织器 1304 多路复用从端口 II 和频带分离器 1302 接收的光信号并将多路复用的信号引导到功率组合器 1306。在一个实施例中，功率组合器 1305 与例如图 3 的功率组合器 334 类似。同样地，组合从频带分离器 1302 和交织器 1304 接收的信号并将所组合的信号引导到端口 I。

[0070] 在一个实施例中，能使用相同双向光学组件的不同实例来实现 DMUX1212 和 MUX1332 的每一个。例如，具有与频带分离器 1202 类似的第一双向光学元件、与频带分离器 1202 类似的第二双向光学元件，以及分别代替例如频带分离器 1202、功率组合器 1206 和去交织器 1204（图 2）的双向光学交织器的光学组件可根据光传播方向，用作 DMUX1212 或 MUX1332。

[0071] 再参考图 3-4 和 11A-11B，能将波长阻塞器 416（图 4）设计成以相对直接的方式实现用于带状信道结构的波长阻塞器 316a（图 3）。即，当波长阻塞器 416 实现波长阻塞器 316a 时，开关 430 中的可旋转 MEMS 反射镜阵列具有对应于图 11A 的 S- 频带的奇数 DWDM 信道的反射镜。该波长阻塞器在相邻反射镜之间具有间隙，每个间隙大约以 S- 频带的相应偶数信道的波长为中心。能将波长阻塞器 416 设计成如下实现波长阻塞器 316b。开关 430 中的可旋转 MEMS 反射镜阵列具有两组反射镜。更具体地说，第一组具有对应于 S- 频带的偶数 DWDM 信道的反射镜，以及第二组具有对应于 L- 频带的 DWDM 信道的反射镜。同样地，第一组中的反射镜窄于第二组中的反射镜。另外，第一组中的反射镜在相邻反射镜之间具有间隙，每个间隙大约以 S- 频带的相应奇数信道的波长为中心。

[0072] 现在,参考图 3,5 和 11A-11B,能将波长阻塞器 416(图 4)设计成如下实现用于带状信道结构的波长阻塞器 516(图 5)。开关 430 中的可旋转 MEMS 反射镜阵列具有两组反射镜。更具体地说,第一组具有对应于 S-频带的(奇数和偶数)DWDM 信道的反射镜,以及第二组具有对应于 L-频带的 DWDM 信道的反射镜。如此,第一组中的反射镜窄于第二组中的反射镜。另外,第一和第二组中的反射镜在相邻反射镜之间具有相对窄的间隙以便分别容纳 S-和 L-频带的所有信道。

[0073] 图 14A-B 图示例说明通信系统 100(图 1)中的两个 DWDM 信道群方案,采用带状信道结构。更具体地说,图 14A 表示 (i) 分配到 S-频带的总带宽基本上等于分配到 L-频带的总带宽,以及 (ii) S-和 L-频带分别容纳 64 和 32 个 DWDM 信道的情形。类似地,图 14B 表示 (i) 分配到 S-频带的总带宽基本上等于分配到 L-频带的总带宽的三倍,以及 (ii) S-和 L-频带分别容纳 96 和 16 个 DWDM 信道的情形。

[0074] 参考图 14A,在一个实施例中,在每个结点 102 中,采用与 OADM300(图 3)类似的 OADM 的通信系统 100(图 1),其 OADM 具有 DMUX1212(图 12)和 MUX1332(图 13),能通过 (i) 增加所传输的 10-Gb/s 信号的数量,以及 (2) 在一些点,增加 40-Gb/s 信号的传输,由此也增加其数量来增加其容量。假定当配置该系统 100 时,将 S-频带中的 16 个 DWDM 信道用于传输 10-Gb/s 信号,而 S-频带中的剩余信道和 L-频带中的所有信道为空。在图 14A 中,将那些初始利用(填充)的信道用字母“ α ”标记。本领域的技术人员将意识到相邻 α -信道的基本频率之间的优选间隔为约 200GHz。在该初始结构中,每个 OADM 仅使用一个分支(例如包括与分出端口 306a 和插入端口 308a 类似的端口),而另一分支(例如包括与分出端口 306b 和插入端口 308b 类似的端口)仍然基本上不利用(见图 11A-11B)。

[0075] 在升级中,系统 100 的操作者,例如电话公司能通过 S-频带中填充 16 个另外的 DWDM 信道用于传输另外的 10-Gb/s 信号来增加系统容量。在图 14A 中,用字母“ β ”标记这些另外填充的信道。本领域的技术人员将意识到相邻 β -和 α -信道的基本频率之间的优选间隔为约 100GHz。通过所填充的 α -和 β -信道,每个 OADM 达到其一个分支的全容量,因为现在填充了 S-频带的所有奇数信道。在升级后,每一 OADM 中的另一分支仍然保持不利用。

[0076] 在将使用对应于每个 OADM 中未利用分支的资源期间,几个选择可用于系统 100 的下一升级。例如,系统 100 的操作者可以通过在 S-频带中填充 16 个另外的 DWDM 信道和在 L-频带中填充 16 个 DWDM 信道,进一步增加系统容量。在图 14A 中,在该升级期间填充的信道用字母“ γ ”标记。尽管 S-频带中的 γ 信道用于传输 10-Gb/s 信号,L-频带中的 γ 信道能用于传输 40-Gb/s 信号。本领域的技术人员将理解到该升级能实现增加 40-Gb/s 服务,而不损失已经就绪的 10-Gb/s 服务的所需目的。另外,增加了 10-Gb/s 服务的当前通信量。

[0077] 在另一升级期间,系统 100 的操作者可以通过在 S-频带中填充 16 个剩余的 DWDM 信道和在 L-频带中填充 16 个剩余的 DWDM 信道,进一步增加系统容量。在图 14A 中,在该升级期间填充的信道用字母“ δ ”标记。通过所填充的 δ -信道,每个 OADM 达到 64 个 10-Gb/s 信道和 32 个 40-Gb/s 信道,总共 96 个信道的全容量。

[0078] 也可以实现用于图 14B 的 S-频带和 L-频带的与正好在图 14A 的上下文中所述类似的升级方案。因此,图 14B 中所示的 α -、 β -、 γ -和 δ -信道对应于与填充图 14A 中

类似标记的信道类似的升级阶段。然而,图 14A 和 14B 的方案之间的重要区别在于在每次升级后,每种类型的填充信道的数量,以及因此所实现的系统容量。在下表中,很容易看出该区别。

[0079] 表 2: 系统升级过程中的填充信道数量

升级阶段	图 14A			图 14B		
	S-频带	L-频带	合计	S-频带	L-频带	合计
α	16	-	16	24	-	24
$\alpha+\beta$	32	-	32	48	-	48
$\alpha+\beta+\gamma$	48	16	64	72	8	80
$\alpha+\beta+\gamma+\delta$	64	32	96	96	16	112

[0080] 本领域的技术人员将意识到适当地选择 S- 和 L- 频带之间的特性频率 (f_c) (见图 14A-B), 系统 100 的操作者能在升级过程中, 单步调试系统容量的不同所需值。

[0081] 尽管已经参考示例性实施例, 描述了本发明, 该说明书不打算在限制的意义上构成。例如, 可以通过在图 11A 的带状信道结构的 S- 频带中具有类似于图 7 的交替信道结构的信道, 实现混合 DWDM 信道结构。在该混合信道结构中, 存在具有三个不同带宽值, 例如分别约 33、64 和 100GHz 的三个信道集。第一和第二信道集彼此交织并占用 S- 频带, 以及第三信道集占用 L- 频带。图 3 和 5 所示的 OADM 拓扑结构的每一个能用来实现用于所述混合 OADM 信道结构的 OADM。能使用不同设计的波长阻塞器, 而不背离本发明的范围和原理。例如, 在波长阻塞器 416 (图 4) 中, 能用固定反射镜阵列和位于光栅 420 和那个固定反射镜阵列之间的分段 LC (液晶) 掩膜来代替开关 430 和信号清除 440。然后, 导通和断开 LC 掩膜的每一段以便分别阻止或通过光栅和对应于该段的固定反射镜之间行进的光。能实现不同 DWDM 信道群方案, 而不背离本发明的原理。尽管在 OADM 的上下文中描述了本发明的复用器和去复用器, 本领域的技术人员将理解到这些复用器和去复用器也能用在其他光学路由设备中。本发明的 OADM 能设计成处理多于两个信道集。因此, 这些 OADM 的每一个具有每个用来处理相应信道集的 DWDM 信道的相应数目的分支。上述实施例的各种改变, 以及对本领域的技术人员来说显而易见的本发明的其他实施例视为如下述权利要求书中阐述的本发明的原理和范围内。

[0082] 尽管下述方法权利要求中的步骤, 如果有的话, 按具有相应标记的特定的顺序叙述, 除非权利要求叙述暗示用于实现一些或全部步骤的特定顺序, 否则那些步骤不一定打算限制到按那个特定顺序实现。

[0083] 相关申请的交叉引用

[0084] 本申请是一组 U.S. 专利申请, 包括在相同日期提交的作为代理案卷号 No. Fishman 19-33-4-12-2 提交的序列号 No. 10/xxx, xxx, 以及作为代理案卷号 No. Fishman 20-34-5-13-3 提交的序列号 No. 10/yyy, yyy 之一, 它们的内容在此引入以供参考。

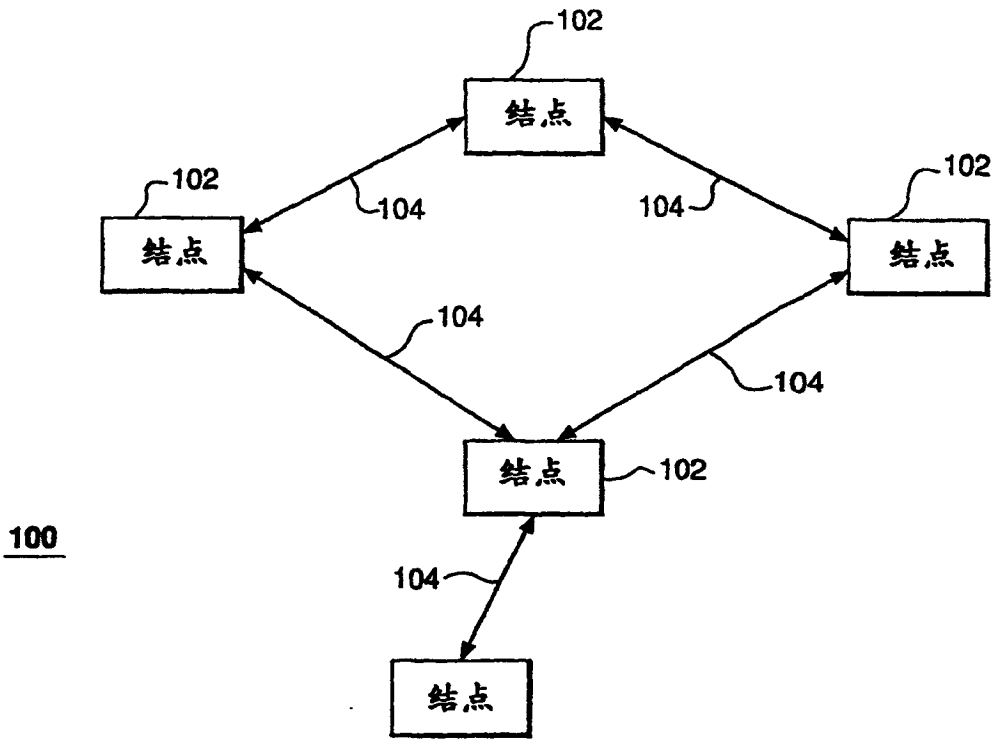


图 1

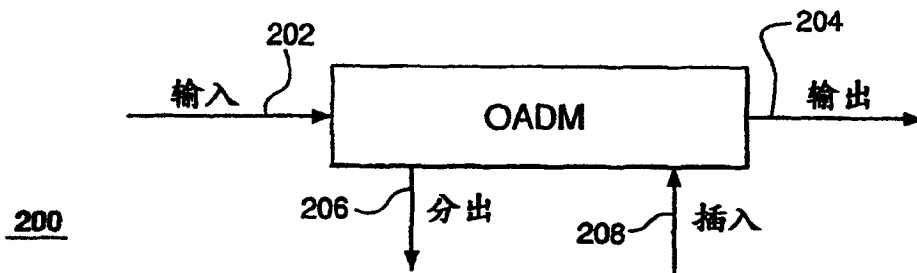


图 2

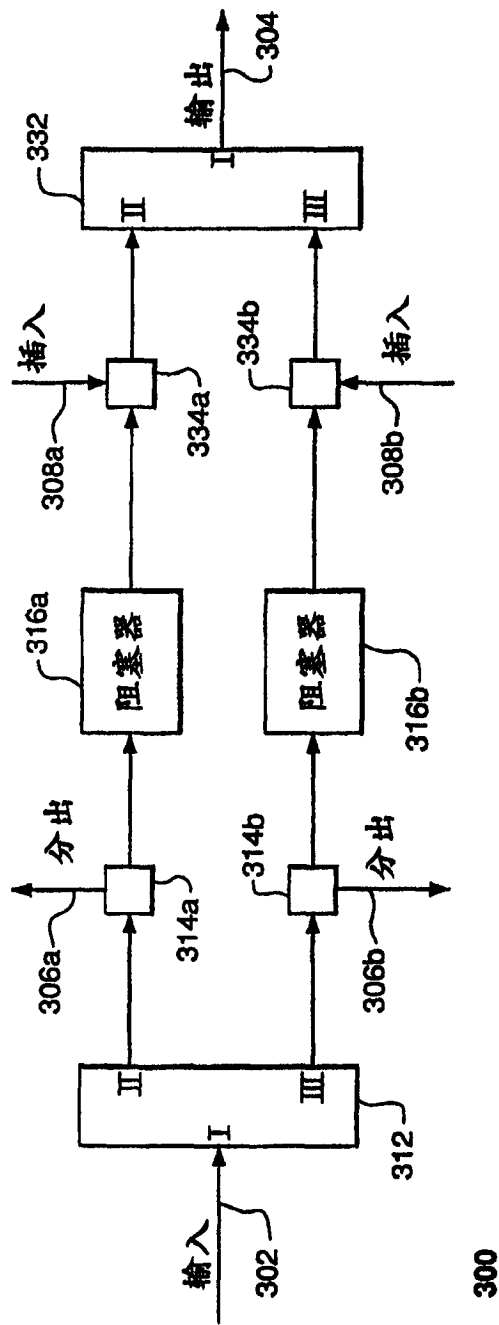
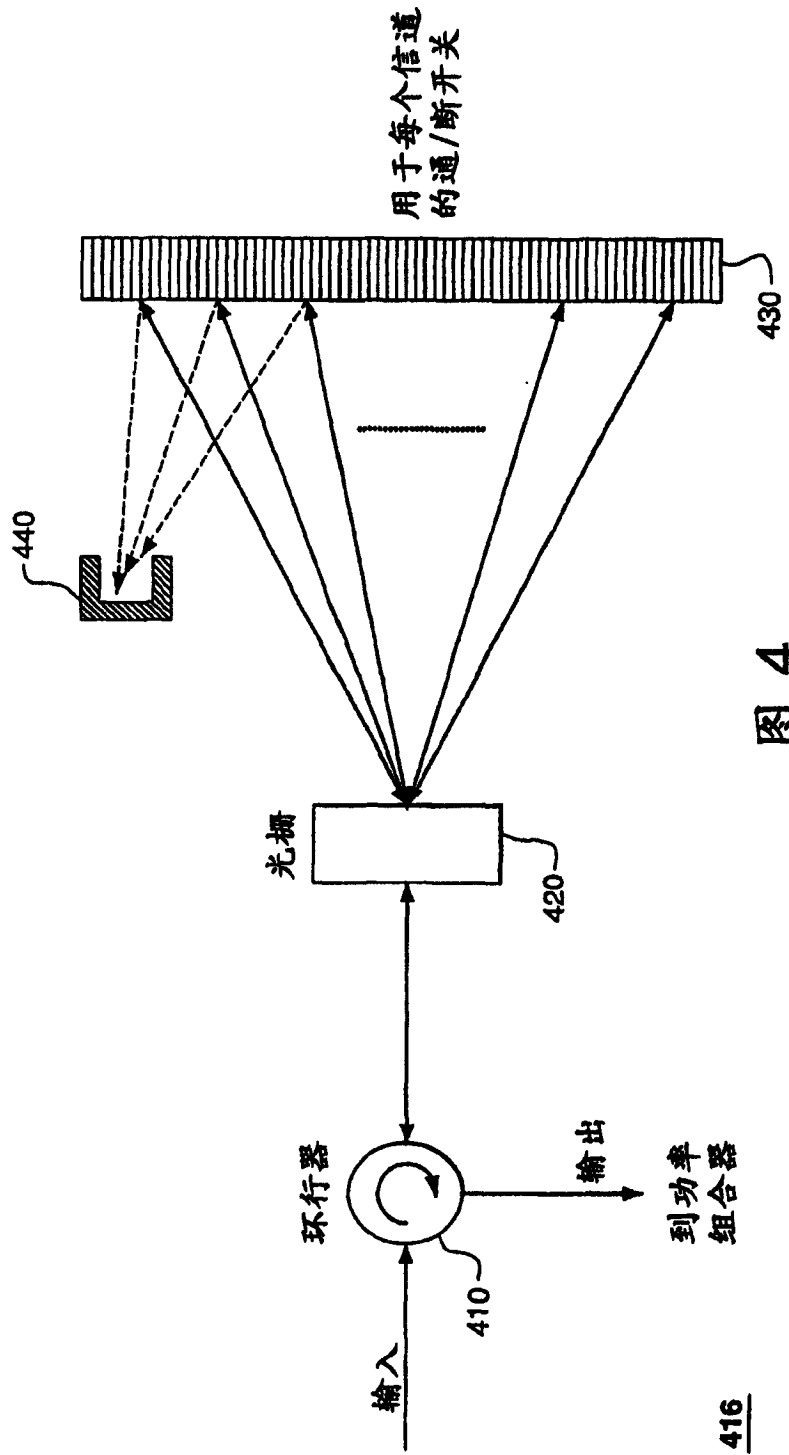


图 3



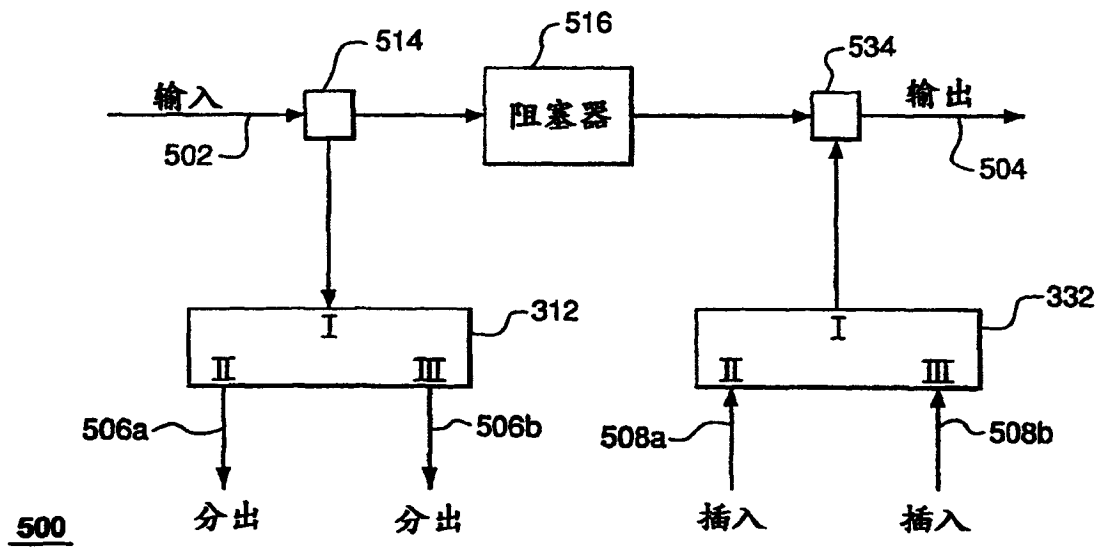


图 5

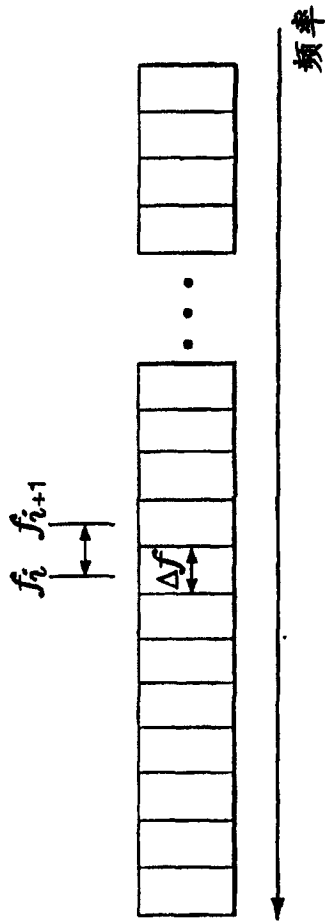


图 6A

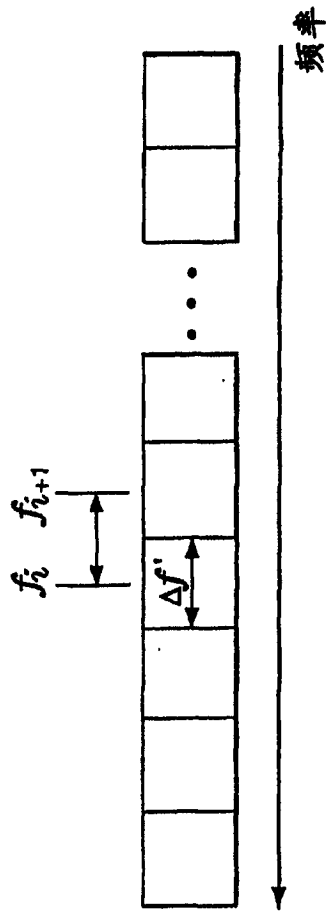


图 6B

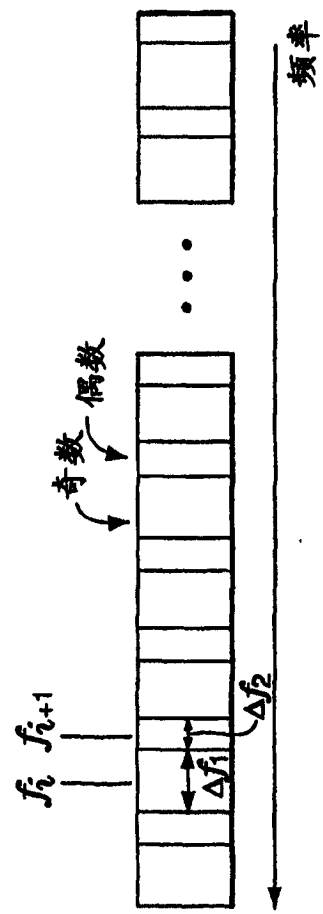


图 7

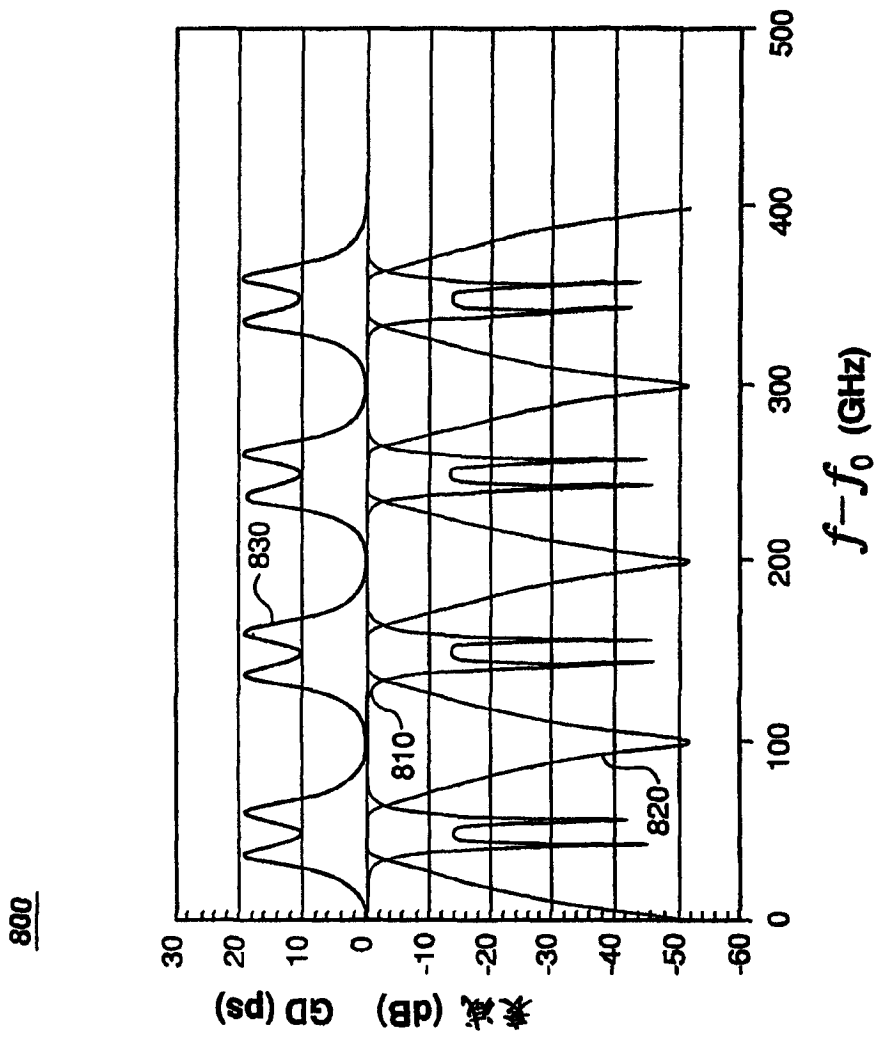
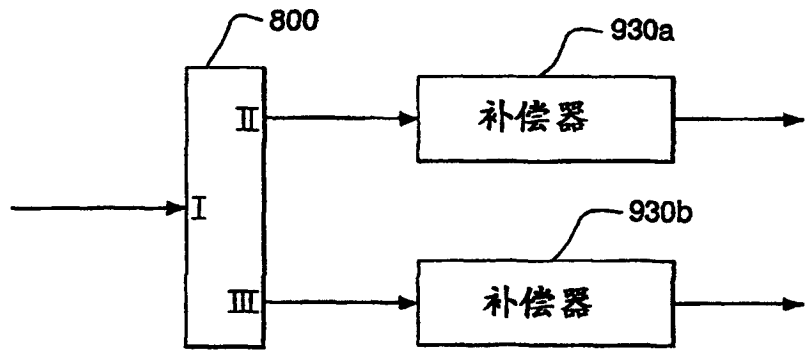
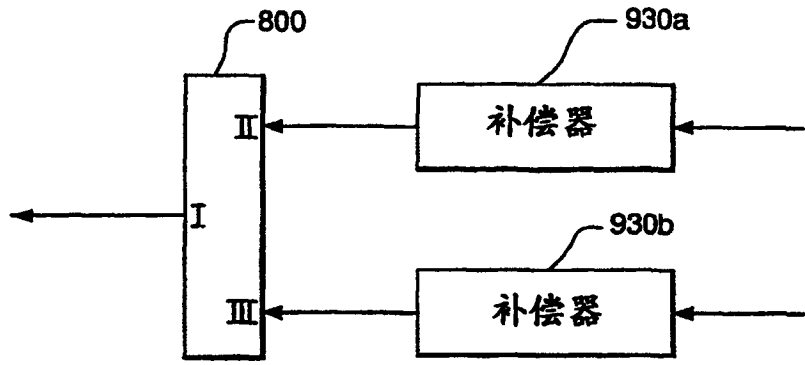


图 8



912

图 9A



932

图 9B

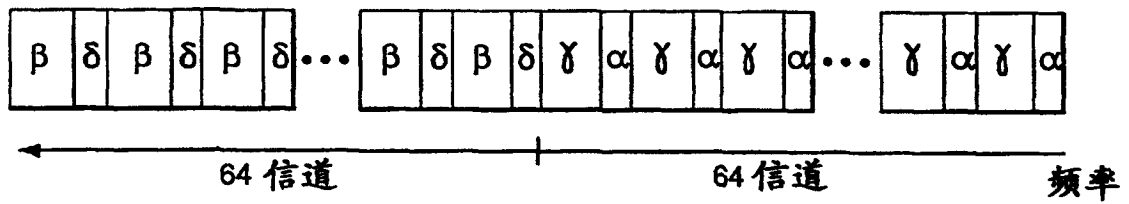


图 10A

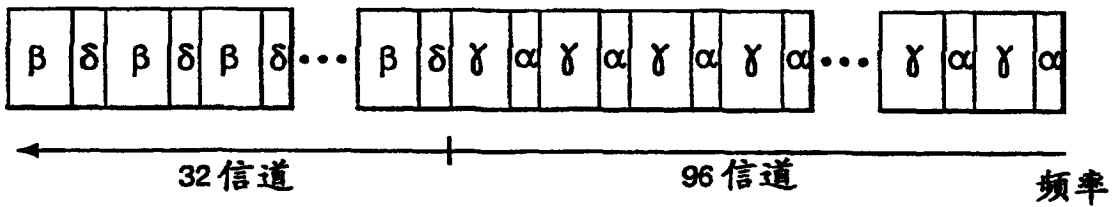


图 10B

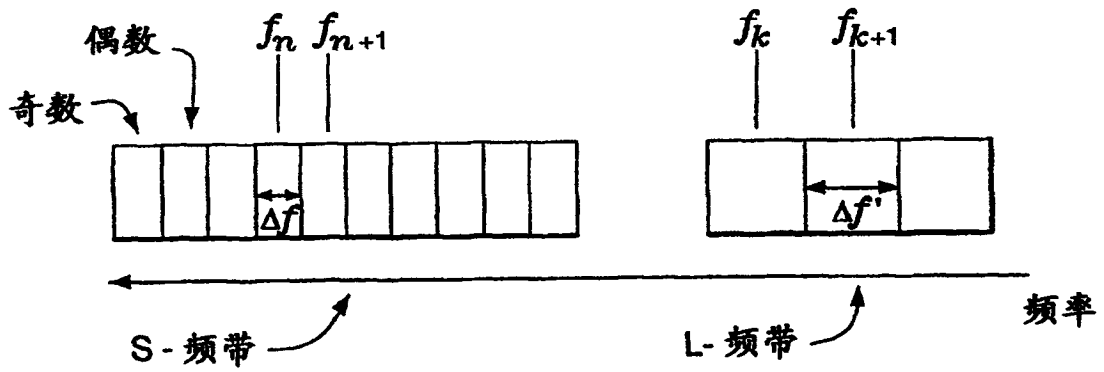


图 11A

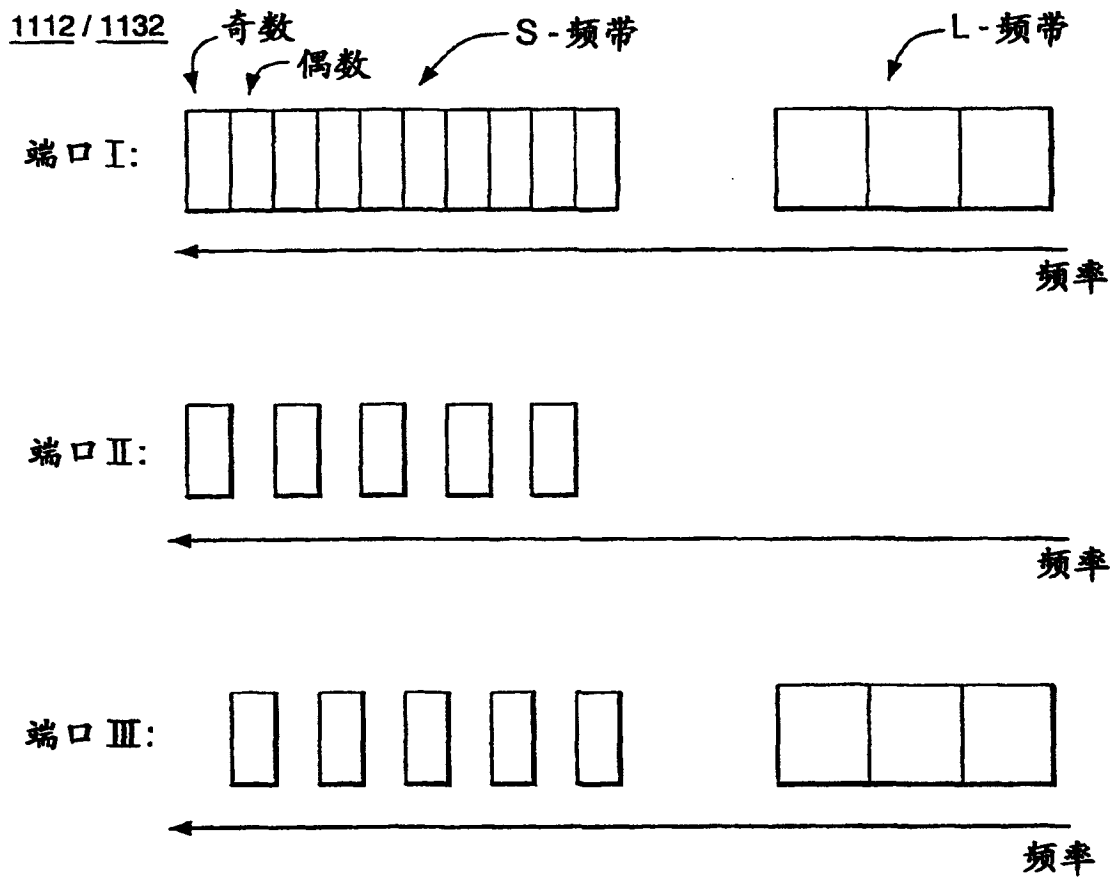


图 11B

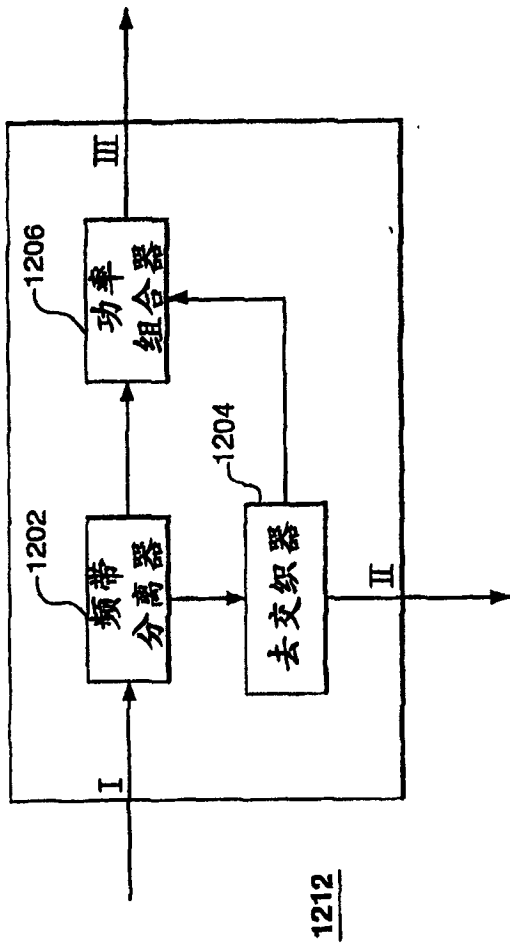


图 12

1212

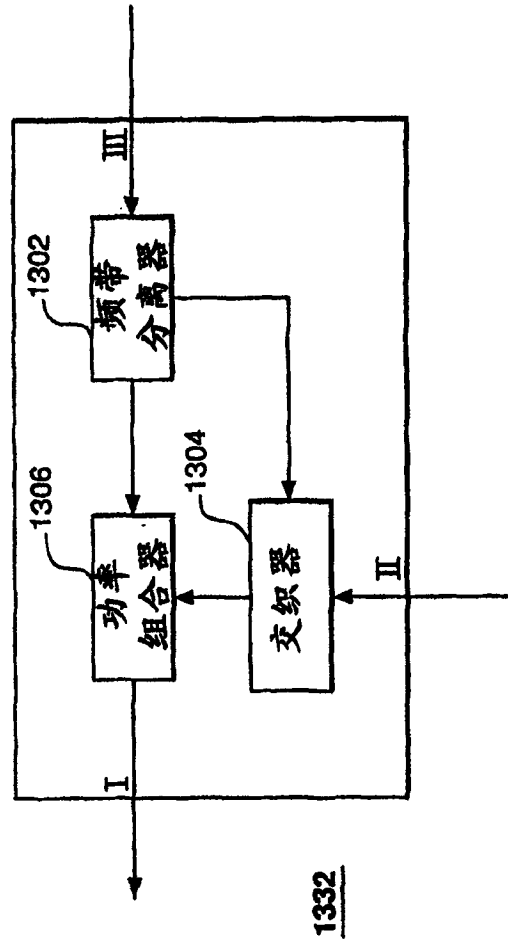


图 13

1332

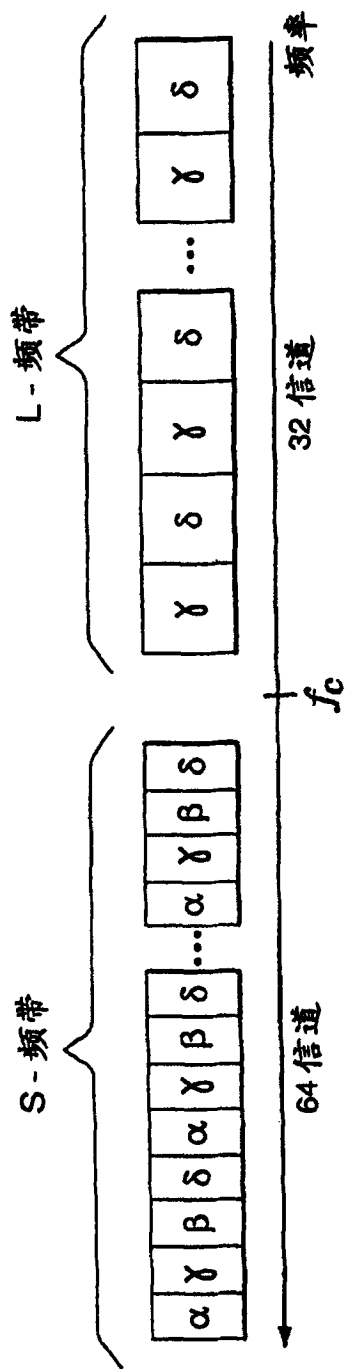


图 14A

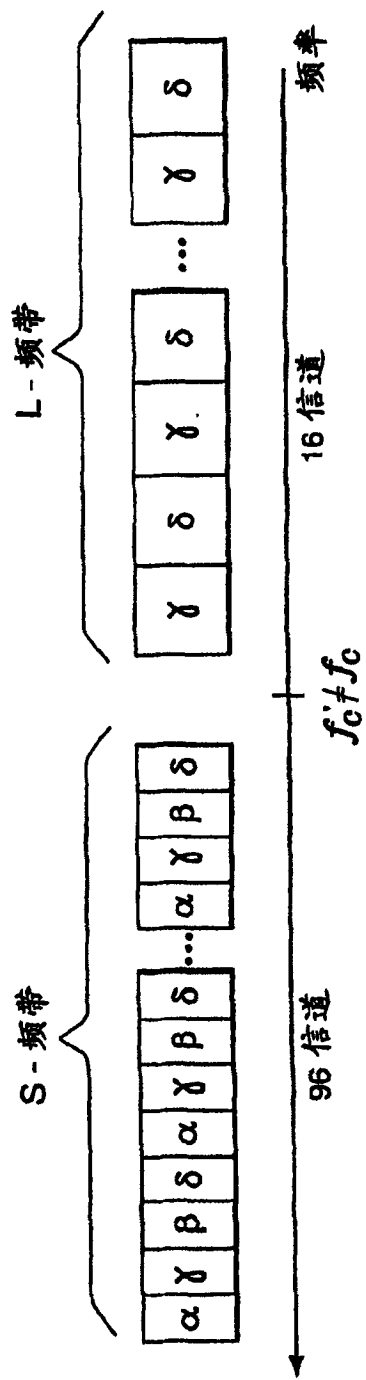


图 14B