



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1906876 B

(45) 授权公告日 2010.05.05

(21) 申请号 200580001865.9

(22) 申请日 2005.03.31

(30) 优先权数据

101764/2004 2004.03.31 JP

262153/2004 2004.09.09 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.06.30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2005/006234 2005.03.31

(87) PCT申请的公布数据

W02005/096534 JA 2005.10.13

(73) 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县川崎市

(72) 发明人 及川阳一 豊卷崇 大塚友行

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 黄纶伟

(51) Int. Cl.

H04J 14/00(2006.01)

H04B 10/02(2006.01)

H04B 10/18(2006.01)

H04J 14/02(2006.01)

(56) 对比文件

JP 2000244404 A, 2000.09.08, 全文.

JP 2002300137 A, 2002.10.11, 全文.

审查员 汪巍

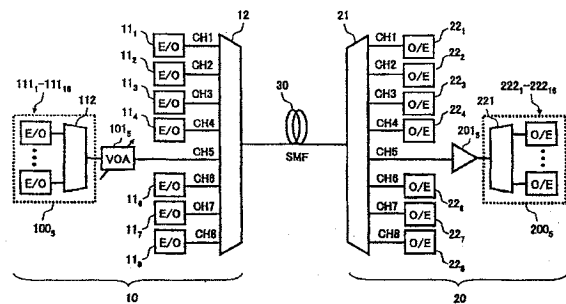
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 18 页

(54) 发明名称

稀疏波分复用光传送系统以及稀疏波分复用光传送方法

(57) 摘要

在本发明的 CWDM 光传送系统中,替代与 CWDM 方式对应的多个光信号之中的至少一个波的光信号,通过可变光衰减器将从 DWDM 方式的增设光发送单元输出的 DWDM 光赋予给合波器,与 CWDM 对应的光信号进行合波,并发送到传送路径上。此时,发送到传送路径上的 DWDM 光被可变光衰减器衰减成总功率与 CWDM 光的每 1 个波长的功率大致相等。在光接收终端,利用分波器将在传送路径上传播的光进行分波,利用光放大器将与增设波长对应的光信号放大之后,利用增设光接收单元将其接收。由此,能够在避免传送质量下降的同时,以低成本实现 CWDM 方式中的光信号的增设。



1. 一种稀疏波分复用光传送系统,其具备光发送终端和光接收终端,该光发送终端具有:多个第一光发送器,其生成在与稀疏波分复用方式对应的第一波长栅格上配置的多个光信号;以及第一合波器,其将从该各第一光发送器输出的光信号进行合波,将稀疏波分复用光发送到传送路径上,该光接收终端具有:第一分波器,其将从该光发送终端通过传送路径传送来的稀疏波分复用光进行分波;以及多个第一光接收器,其接收从该第一分波器输出的各波长的光信号,所述稀疏波分复用光传送系统的特征在于,

将所述第一波长栅格上的至少一个波长设定为增设波长,

所述光发送终端设置有增设光发送单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光发送器,该增设光发送单元具有:多个第二光发送器,其生成多个光信号,该多个光信号配置在与密集波分复用方式对应的第二波长栅格上的包括所述第一合波器的所述增设波长的通带内;以及第二合波器,其将从该各第二光发送器输出的光信号进行合波,将密集波分复用光输出到所述第一合波器中,并且所述光发送终端还具有光衰减器,其使从所述增设光发送单元输出的密集波分复用光衰减,使得从该增设光发送单元通过所述第一合波器发送到传送路径上的密集波分复用光的总功率和与所述增设波长以外对应的所述第一光发送器输出的光信号的每 1 个波长的功率大致相等,

所述光接收终端设置有增设光接收单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光接收器,该增设光接收单元具有:第二分波器,其将从所述第一分波器输出的密集波分复用光进行分波;以及多个第二光接收器,其接收从该第二分波器输出的各波长的光信号,并且所述光接收终端还具有光放大器,其以与所述光衰减器的衰减量对应的增益放大从所述第一分波器输出的密集波分复用光。

2. 根据权利要求 1 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,所述第一波长栅格具有 20nm 的波长间隔。

3. 根据权利要求 2 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

在配置于所述第一波长栅格上的多个光信号的波长包括 1530nm 和 1550nm 时,

将 1530nm 和 1550nm 中的至少 1 个波长设定为所述增设波长,作为与该增设波长对应的所述增设光发送单元和所述增设光接收单元,分别使用与 C- 频带对应的单元。

4. 根据权利要求 2 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

在配置于所述第一波长栅格上的多个光信号的波长包括 1570nm、1590nm 以及 1610nm 时,

将 1570nm、1590nm 以及 1610nm 中的至少 1 个波长设定为所述增设波长,作为与该增设波长对应的所述增设光发送单元和所述增设光接收单元,分别使用与 L- 频带对应的单元。

5. 根据权利要求 2 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

在配置于所述第一波长栅格上的多个光信号的波长包括 1530nm、1550nm、1570nm、1590nm 以及 1610nm 时,

将 1530nm 和 1550nm 中的至少 1 个波长设定为所述增设波长,作为与该增设波长对应的所述增设光发送单元和所述增设光接收单元,分别使用与 C- 频带对应的单元,并且

将 1570nm、1590nm 以及 1610nm 中的至少 1 个波长设定为所述增设波长,作为与该增设波长对应的所述增设光发送单元和所述增设光接收单元,分别使用与 L- 频带对应的单元。

6. 根据权利要求 1 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

当所述第一波长栅格上的多个波长被设定为增设波长时，

所述光发送终端具备：增设光发送单元，其可生成将与大于等于 2 波的增设波长对应的多个光信号进行合波的密集波分复用光；以及第三分波器，其将从该增设光发送单元输出的密集波分复用光分波为与所述大于等于 2 波的增设波长分别对应的成分，并输出到所述第一合波器中；

所述光接收终端具备：第三合波器，其将从所述第一分波器输出的与所述大于等于 2 波的增设波长分别对应的密集波分复用光进行合波；以及增设光接收单元，其可接收从该第三合波器输出的密集波分复用光。

7. 根据权利要求 1 所述的稀疏波分复用光传送系统，其特征在于，
在所述传送路径中使用色散移位光纤时，

将在所述第一波长栅格上配置的多个光信号的波长之中存在于 L- 频带内的波长设定为增设波长。

8. 根据权利要求 1 所述的稀疏波分复用光传送系统，其特征在于，
所述第二波长栅格具有 0.8nm 的波长间隔。

9. 根据权利要求 1 所述的稀疏波分复用光传送系统，其特征在于，
所述第二波长栅格具有 0.4nm 的波长间隔。

10. 一种稀疏波分复用光传送方法，利用多个第一光发送器生成在与稀疏波分复用方式对应的第一波长栅格上配置的多个光信号，利用第一合波器将从该各第一光发送器输出的光信号进行合波，将合波得到的稀疏波分复用光发送到传送路径上，利用第一分波器将在该传送路径中传送的稀疏波分复用光进行分波，利用多个第一光接收器接收该分波后的各波长的光信号，该稀疏波分复用光传送方法的特征在于，

将所述第一波长栅格上的至少一个波长设定为增设波长，

在发送侧，替代从与所述增设波长对应的所述第一光发送器输出到所述第一合波器的光信号，利用多个第二光发送器生成多个光信号，该多个光信号配置在与密集波分复用方式对应的第二波长栅格上的包括所述第一合波器的所述增设波长的通带内，利用第二合波器将从该各第二光发送器输出的光信号进行合波，将合波得到的密集波分复用光输出到所述第一合波器中，并且，利用光衰减器使所述密集波分复用光衰减，使得通过所述第一合波器发送到传送路径上的密集波分复用光的总功率和与所述增设波长以外对应的所述第一光发送器输出的光信号的每 1 个波长的功率大致相等，

在接收侧，替代利用与所述增设波长对应的所述第一光接收器接收光信号，利用第二分波器将从所述第一分波器输出的所述密集波分复用光进行分波，利用多个第二光接收器接收该被分波后的各波长的光信号，并且，利用光放大器以与所述光衰减器的衰减量对应的增益放大从所述第一分波器输出的所述密集波分复用光。

11. 根据权利要求 10 所述的稀疏波分复用光传送方法，其特征在于，

进行如下的光通信服务：可增设超过可在所述第一波长栅格上配置的最大信号数的光信号。

12. 一种稀疏波分复用光传送系统，其具备光发送终端和光接收终端，该光发送终端具有：多个第一光发送器，其生成在与稀疏波分复用方式对应的第一波长栅格上配置的多个光信号；以及第一合波器，其将从该各第一光发送器输出的光信号进行合波，将稀疏波分复

用光发送到传送路径上,该光接收终端具有:第一分波器,其将从该光发送终端通过传送路径传送来的稀疏波分复用光进行分波;以及多个第一光接收器,其接收从该第一分波器输出的各波长的光信号,所述稀疏波分复用光传送系统的特征在于,

将在所述第一波长栅格上配置的多个光信号的波长之中的 1530nm 和 1550nm 的至少一个波长设定为增设波长,

所述光发送终端设置有增设光发送单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光发送器,该增设光发送单元具有:多个第二光发送器,其生成 3 波或 4 波的光信号,该 3 波或 4 波的光信号以非等间隔配置在与密集波分复用方式对应的第二波长栅格上的包括所述第一合波器的所述增设波长的通带内;以及第二合波器,其将从该各第二光发送器输出的光信号进行合波,

所述光接收终端设置有增设光接收单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光接收器,该增设光接收单元具有:第二分波器,其将从所述第一分波器输出的密集波分复用光进行分波;以及多个第二光接收器,其接收从该第二分波器输出的各波长的光信号。

13. 根据权利要求 12 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

针对 1530nm 和 1550nm 的各增设波长,在所述第二波长栅格上分别配置 4 波的光信号时,所述光发送终端将该 4 波光信号的频率间隔的组合设定为 200GHz、300GHz 以及 400GHz。

14. 根据权利要求 12 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

针对 1530nm 和 1550nm 的各增设波长,在所述第二波长栅格上分别配置 4 波的光信号时,所述光发送终端将与 1530nm 的增设波长对应的 4 波光信号的频率间隔的组合设定为 200GHz、300GHz 以及 400GHz,将与 1550nm 的增设波长对应的 4 波光信号的频率间隔的组合设定为 300GHz、400GHz 以及 500GHz。

15. 根据权利要求 12 所述的稀疏波分复用光传送系统,其特征在于,

所述多个第二光发送器包括带有半导体外部调制器的 DFB 激光器。

16. 一种稀疏波分复用光传送方法,利用多个第一光发送器生成在与稀疏波分复用方式对应的第一波长栅格上配置的多个光信号,利用第一合波器将从该各第一光发送器输出的光信号进行合波,将合波得到的稀疏波分复用光发送到传送路径上,利用第一分波器将在该传送路径中传送的稀疏波分复用光进行分波,利用多个第一光接收器接收该被分波后的各波长的光信号,该稀疏波分复用光传送方法的特征在于,

将在所述第一波长栅格上配置的多个光信号的波长之中的 1530nm 和 1550nm 的至少一个波长设定为增设波长,

在发送侧,替代从与所述增设波长对应的所述第一光发送器输出到所述第一合波器的光信号,利用多个第二光发送器生成 3 波或 4 波的光信号,该 3 波或 4 波的光信号以非等间隔配置在与密集波分复用方式对应的第二波长栅格上的包括所述第一合波器的所述增设波长的通带内,利用第二合波器将从该各第二光发送器输出的光信号进行合波,将合波得到的密集波分复用光输出到所述第一合波器中,

在接收侧,替代利用与所述增设波长对应的所述第一光接收器接收光信号,利用第二分波器将从所述第一分波器输出的所述密集波分复用光进行分波,利用多个第二光接收器接收该被分波后的各波长的光信号。

稀疏波分复用光传送系统以及稀疏波分复用光传送方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用光纤传送包含波长不同的多个光信号的波分复用光的光传送系统和光传送方法,尤其涉及用于在稀疏波分复用方式中增设光信号的技术。

背景技术

[0002] 作为能够飞跃地增大传送容量的通信系统,正在推进使用波长间隔为 0.8nm、及其一半的 0.4nm 的多个光信号的密集波分复用 (Densewavelength division multiplexing: 以下称为 DWDM) 系统的开发及实用化。该 DWDM 系统通常能够以 32 波到 128 波的信号数来运用,另一方面,为了高精度地进行波长管理,需要高价的光源和波长管理装置等。因此, DWDM 系统的成本即使在以少数的信号数来运用的情况下也很高。

[0003] 因此,迫切需要一种在无需高精度的波长管理的程度下扩展光信号的波长间隔、以低成本来实现信号数较少的 WDM 系统的系统,最近,以 20nm 的波长间隔可使用到 8 波的光信号 (8 信道) 的稀疏波分复用 (CoarseWavelength Division Multiplexing: 以下称为 CWDM) 系统正在被开发及商用化。该 CWDM 系统从传送容量较小的访问 (例如城市区域 (metropolitan areas) 等) 中的应用到构内网的 LAN 需求范围广。并且,公共机关、电力公司、通信载波制造商等光纤所有者开始使用暗光纤 (dark fiber) (已被铺设,但未工作的光纤) 进行线路租借业务,该情况下,当传送容量较小时,也需要提供低价的服务,所以上述那样的 CWDM 系统比较适宜。

[0004] 另一方面,在 CWDM 系统中,不仅是依据使用了光纤的高速数据通信方式的国际标准即 SDH (Synchronous Digital Hierarchy: 同步数据系列) 的光信号,还希望能够收容用于因特网类数据通信的光信号。为了响应该期望,需要针对现有的 CWDM 系统,将信号数增设到大于等于 8 信道的技术。

[0005] 以往,对于将 CWDM 系统的信号数增设到超过一般的规格值的手法,装置制造商不予支持,只能使用到 8 信道 (满频带 (full band) 为 16 信道)。最近,开始研究通过将 DWDM 系统融合到 CWDM 系统中来增设信号数 (参照例如非专利文献 1、2)

[0006] 非专利文献 1:ADVA Optical Networking,“ADVA Launches MajorCWDM Feature Release for FSP 2000”,“online”,2003 年 10 月 28 日,因特网 <URL:http://www.advaoptical.com/adva_press.asp?id=66&action=view&msgid=331>

[0007] 非专利文献 2:H.Hinderthur and L.Friedric,“WDM hybridtransmission based on CWDM plus DWDM”,Lightwave Europe, volume2, Issue 7,“online”,2003 年 7 月,Lightwave Europe,因特网 <URL:http://lw.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=ARCHI&ARTICLE_ID=183295&VERSION_NUM=1&p=63>

[0008] 但是,在上述的现有技术中,仅研究了将与 DWDM 系统对应的光信号连接到 CWDM 系统的方法,并未研究对所连接的 DWDM 对应的光信号进行光纤传送时的方式。因此,存在难以进行有效的光纤传送的状况。即,当将在 DWDM 系统中运用的多个波长的光信号在保持功率或波长间隔等的设定的状态下直接与 CWDM 系统连接,进行 CWDM 系统的信号数的增设的

情况下,存在如下问题,在所增设的 DWDM 侧的光信号上产生光纤非线性效应引起的波形劣化或起因于 CWDM 系统用的光合波分波器的特性的串扰 (crosstalk) 等引起的噪声增加等,导致传送质量下降。

发明内容

[0009] 本发明是鉴于上述问题而提出的,其目的在于,提供一种 CWDM 光传送系统以及 CWDM 光传送方法,利用在 DWDM 系统中使用的光传送装置来低成本地实现 CWDM 方式中的光信号的增设,并且,能够避免传送质量下降。

[0010] 为了达到上述目的,本发明的 CWDM 光传送系统具备光发送终端和光接收终端,该光发送终端具有:多个第一光发送器,其生成在与 CWDM 方式对应的第一波长栅格上配置的多个光信号;以及第一合波器,其将从该各第一光发送器输出的光信号进行合波,将 CWDM 光发送到传送路径上,该光接收终端具有:第一分波器,其将从该光发送终端通过传送路径传送来的 CWDM 光进行分波;以及多个第一光接收器,其接收从该第一分波器输出的各波长的光信号。该 CWDM 光传送系统的一个方式是将所述第一波长栅格上的至少一个波长设定为增设波长。而且,所述光发送终端设置有增设光发送单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光发送器,该增设光发送单元具有:多个第二光发送器,其生成多个光信号,该多个光信号配置在与 DWDM 方式对应的第二波长栅格上的包括所述第一合波器的所述增设波长的通带内;以及第二合波器,其将从该各第二光发送器输出的光信号进行合波,将 DWDM 光输出到所述第一合波器中,并且所述光发送终端还具有光衰减器,其使从所述增设光发送单元输出的 DWDM 光衰减,使得从该增设光发送单元通过所述第一合波器发送到传送路径上的 DWDM 光的总功率和与所述增设波长以外对应的所述第一光发送器输出的光信号的每 1 个波长的功率大致相等。并且,所述光接收终端设置有增设光接收单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光接收器,该增设光接收单元具有:第二分波器,其将从所述第一分波器输出的 DWDM 光进行分波;以及多个第二光接收器,其接收从该第二分波器输出的各波长的光信号,并且所述光接收终端还具有光放大器,其以与所述光衰减器的衰减量对应的增益放大从所述第一分波器输出的 DWDM 光。

[0011] 根据上述方式的 CWDM 光传送系统,替代与 CWDM 方式对应的多个光信号之中的至少 1 波的光信号,向第一合波器赋予从增设光接收单元输出的 DWDM 光,将该 DWDM 光和增设波长以外的 CWDM 光合波后发送到传送路径上。此时,发送到传送路径上的 DWDM 光的总功率被光衰减器衰减到与 CWDM 光的每 1 个波长的功率大致相等,因此,在传送路径中不发生非线性效应而将 CWDM 光和所增设的 DWDM 光传送到光接收终端。在光接收终端中,从传送路径输出的光被第一分波器分波,利用第一光接收器分别接收与 CWDM 对应的各波长的光信号,与增设波长对应的 DWDM 光被发送到光放大器中,以与光发送终端侧的光衰减器的衰减量对应的增益放大。然后,从光放大器输出的 DWDM 光被增设光接收单元的第二分波器分波,利用第二光接收器分别接收各波长的光信号。

[0012] 并且,本发明的 CWDM 光传送系统的另一方式将配置在所述第一波长栅格上的多个光信号的波长之中的 1530nm 和 1550nm 中的至少 1 个波长设定为增设波长。然后,所述光接收终端设置有增设光发送单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光发送器,该增设光发送单元具有:多个第二光发送器,其生成 3 波或 4 波的光信号,这些光信号以非等间

隔配置在与 DWDM 方式对应的第二波长栅格上包括所述第一合波器的所述增设波长的通带内；以及第二合波器，其将从该各第二光发送器输出的光信号进行合波，将 DWDM 光输出到所述第一合波器中。并且，所述光接收终端设置有增设光接收单元以替代与所述增设波长对应的所述第一光接收器，该增设光接收单元具有：第二分波器，其将从所述第一分波器输出的 DWDM 光进行分波；以及第二光接收器，其接收从该第二分波器输出的各波长的光信号。

[0013] 根据上述的另一方式的 CWDM 光发送系统，替代在与 CWDM 方式对应的多个光信号之中波长对应 1530nm 或 1550nm 的光信号，从增设光发送单元输出在与 DWDM 方式对应的第二波长栅格上非等间隔地配置的 3 波或 4 波的光信号，该 DWDM 光被赋予到第一合波器，并与增设波长以外的 CWDM 光进行合波，被发送到传送路径上。此时，被发送到传送路径上的 DWDM 光的信号配置是以非等间隔设定的，因此，即使在传送路径上发生非线性效应之一的四波混合 (FWM: Four Wave Mixing)，基于该 FWM 的闲频光的频率（波长）也不与 DWDM 光的频率（波长）重叠。因此，不会发生 DWDM 光和基于 FWM 的闲频光的串扰，CWDM 光和所增设的 DWDM 光可被传送到光接收终端。在光接收终端中，从传送路径输出的光被第一分波器进行分波，与 CWDM 对应的各波长的光信号分别被第一光接收器接收，与增设波长对应的 DWDM 光被增设光接收单元的第二分波器分波，各波长的光信号分别被第二光接收器接收。

[0014] 根据上述的本发明的 CWDM 光传送系统，能够在避免传送路径中的非线性效应引起的传送质量下降的同时，利用在 DWDM 系统中使用的光传送装置，以低成本实现 CWDM 方式中的光信号的增设。由此，可超过 CWDM 方式中的最大信号数来增设光信号。

附图说明

[0015] 图 1 是表示本发明的第一实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0016] 图 2 是表示一般的 CWDM/DWDM 的信号波长配置的一例的图。

[0017] 图 3 是 CWDM 用的合波分波器的通过特性和可增设的 DWDM 光的信号数的一例的图。

[0018] 图 4 是表示上述第一实施方式中的发送时的各光信号的功率的一例的图。

[0019] 图 5 是表示本发明的第二实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0020] 图 6 是表示上述第二实施方式中的发送时的各光信号的功率的一例的图。

[0021] 图 7 是表示本发明的第三实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0022] 图 8 是表示上述第三实施方式中的发送时的各光信号的功率的一例的图。

[0023] 图 9 是表示本发明的第四实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0024] 图 10 是表示上述第四实施方式中的发送时的各光信号的功率的一例的图。

[0025] 图 11 是表示与上述第四实施方式相关联的 CWDM 光传送系统的另一结构的图。

[0026] 图 12 是表示图 11 的 CWDM 光传送系统中的发送时的各光信号的功率的一例的图。

[0027] 图 13 是表示上述第五实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0028] 图 14 是表示上述第五实施方式中的发送时的各光信号的功率的一例的图。

[0029] 图 15 是用于说明上述第六实施方式的可配置在 C- 频带上的 DWDM 对应的光信号的图。

[0030] 图 16 是表示 WDM 传送 3 波光信号时由 FWM 产生的闲频 (idler) 光的发生频率点

的图。

[0031] 图 17 是表示 WDM 传送 4 波光信号时由 FWM 产生的闲频光的发生频率点的图。

[0032] 图 18 是对图 17 的在 1530nm 带和 1550nm 带上非等间隔配置的光信号和由 FWM 产生的闲频光之间的相对关系进行整理的图。

[0033] 图 19 是表示将 1530nm 带和 1550nm 带的光信号的配置间隔设定成 200GHz、300GHz 以及 400GHz 时的具体的信号配置例的图。

[0034] 图 20 是表示将 1530nm 带的光信号的配置间隔设定成 200GHz、300GHz 以及 400GHz, 将 1550nm 带的光信号的配置间隔设定成 300GHz、400GHz 以及 500GHz 时的具体的信号配置例的图。

[0035] 图 21 是表示对上述第六实施方式的 DWDM 对应的光信号增设 8 波时的系统结构例的图。

[0036] 图 22 是表示与图 21 的系统结构例对应的信号配置的示意图。

[0037] 图 23 是表示对上述第六实施方式的 DWDM 对应的光信号在上行线路和下行线路分别增设 4 波的双向系统的结构例的图。

[0038] 图 24 是表示与图 23 的系统结构例对应的信号配置的示意图。

[0039] 符号说明

[0040] 10 : 光发送终端, 11₁ ~ 11₈, 111₁ ~ 111₂₄ : 光发送器 (E/O), 12, 112, 202₄₅, 202₆₇, 202₇₈ : 合波器, 20 : 光接收终端, 21, 102₄₅, 102₆₇, 102₇₈, 221 : 分波器, 22₁ ~ 22₈, 222₁ ~ 222₂₄ : 光接收器 (O/E), 30 : 传送路径, 100₄ ~ 100₇, 100₄₅, 100₆₇ : 增设光发送单元, 101₄ ~ 101₇, 101₄₅, 101₆₇ : 可变光衰减器 (VOA), 200₄ ~ 200₇, 200₄₅, 200₆₇ : 增设光接收单元, 201₄ ~ 201₇, 200₄₅, 200₆₇ : 光放大器

具体实施方式

[0041] 下面, 参照附图说明为实施本发明的优选方式。另外, 在全部图中, 相同符号表示相同或相当部分。

[0042] 图 1 是表示本发明的第一实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0043] 在图 1 中, 本实施方式的 CWDM 光传送系统例如构成为具有光发送终端 10 和光接收终端 20, 该光接收终端 20 通过传送路径 30 与该光发送终端 10 连接。

[0044] 光发送终端 10 例如具有 : 光发送器 (E/O) 11₁ ~ 11₄、11₆ ~ 11₈, 其生成多个 (此处为 8 波) 光信号 CH1 ~ CH8 之中的光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8, 该多个光信号 CH1 ~ CH8 配置在具有与 CWDM 对应的 20nm 的波长间隔的波长栅格 (grid) 上 ; 合波器 12, 其具有与各光信号 CH1 ~ CH8 对应的 8 个输入端口和 1 个输出端口 ; 增设光发送单元 100₅, 其生成 DWDM 光, 以作为替代光信号 CH5 的增设光 ; 以及可变光衰减器 (VOA) 101₅, 其插入在该增设光发送单元 100₅ 的输出端口和合波器 12 的与光信号 CH5 对应的输入端口之间。

[0045] 各光发送器 11₁ ~ 11₄、11₆ ~ 11₈ 与现有的 CWDM 系统中使用的光发送器相同。此处, 例如将从光发送器 11₁ 输出的光信号 CH1 的波长设定为 1470nm, 将从光发送器 11₂ 输出的光信号 CH2 的波长设定为 1490nm, 将从光发送器 11₃ 输出的光信号 CH3 的波长设定为 1510nm, 将从光发送器 11₄ 输出的光信号 CH4 的波长设定为 1530nm, 将从光发送器 11₆ 输出的光信号 CH6 的波长设定为 1570nm, 将从光发送器 11₇ 输出的光信号 CH7 的波长设定为

1590nm,从光发送器 11₈ 输出的光信号 CH8 的波长设定为 1610nm。另外,在本实施方式中,作为增设波长的光信号 CH5 的波长被设定为 1550nm。并且,如后所述,从各光发送器 11₁ ~ 11₄、11₆ ~ 11₈ 输出的光信号功率被预先调整为在传送路径 30 上不产生非线性效应所需的水平。

[0046] 合波器 12 对赋予给与光信号 CH1 ~ CH8 对应的各输入端口的光信号进行合波,通过一个输出端口将该合波光发送至传送路径 30。另外,在后面叙述该合波器 12 的通过特性。

[0047] 增设光发送单元 100₅ 例如具有:光发送器 (E/O) 111₁ ~ 111₁₆,其生成多个(此处,如后所述为 16 波)的光信号,该多个光信号配置在具有与 DWDM 对应的 0.8nm 的波长间隔的波长栅格上;以及合波器 112,其具有与从各光发送器 111₁ ~ 111₁₆ 输出的光信号对应的 16 个输入端口和 1 个输出端口。

[0048] 各光发送器 111₁ ~ 111₁₆ 与现有的 DWDM 系统中使用的光发送器相同。如后面所述,从各光发送器 111₁ ~ 111₁₆ 输出的光信号的波长被设定为合波器 12 的与光信号 CH5 对应的输入端口的通带 (pass band) 内。合波器 112 将从各光发送器 111₁ ~ 111₁₆ 输出的光信号进行合波,生成 DWDM 光,将该 DWDM 光作为替代光信号 CH5 的增设光输出到可变光衰减器 101₅。

[0049] 可变光衰减器 101₅ 是可改变相对于输入光的衰减量的公知的光衰减器。该可变光衰减器 101₅ 的衰减量如后面详细说明那样,预先设定成使得从合波器 12 发送到传送路径 30 的 DWDM 光的总功率与光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8 的每 1 个波长的功率大致相等,或者根据此处省略图示的从外部等赋予的控制信号进行控制。

[0050] 光接收终端 20 例如具有:分波器 21,其具有与传送路径 30 连接的 1 个输入端口和对应于 CWDM 对应的波长栅格上的各光信号 CH1 ~ CH8 的 8 个输出端口;光接收器 (O/E) 22₁ ~ 22₄、22₆ ~ 22₈,其分别接收从该分波器 21 的与光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8 对应的输出端口输出的光信号;光放大器 201₅,其与分波器 21 的对应于光信号 CH5 的输出端口连接;以及增设光接收单元 200₅,其接收从该光放大器 201₅ 输出的 DWDM 光。

[0051] 分波器 21 根据与各光信号 CH1 ~ CH8 对应的通带,将在传送路径 30 中传播并赋予给输入端口的波分复用光进行分波,分别从对应的输出端口输出各分波光。另外,在后面叙述该分波器 21 的针对波长的通过特性。

[0052] 各光接收器 22₁ ~ 22₄、22₆ ~ 22₈ 与现有的在 CWDM 系统中使用的光接收器相同,分别接收从分波器 21 的与光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8 对应的输出端口输出的光信号,进行数据识别处理等。

[0053] 光放大器 201₅ 是将从分波器 21 的与光信号 CH5 对应的输出端口输出的 DWDM 光以与光发送终端 10 的可变光衰减器 101₅ 的衰减量对应的增益进行放大并输出的一般的放大器。并且,对于该光放大器 201₅,优选进行自动增益恒定控制 (AGC) 或自动输出恒定控制 (ALC)。

[0054] 增设光接收单元 200₅ 例如具有:分波器 221,其具有与光放大器 201₅ 的输出端口连接的 1 个输入端口和对应于 DWDM 对应的波长栅格的 16 个输出端口;以及光接收器 (O/E) 222₁ ~ 222₁₆,其分别接收从该分波器 221 的各输出端口输出的光信号。分波器 221 将从分波器 21 输出并赋予给输入端口的 DWDM 光进行分波,分别从对应的输出端口输出各个光

信号。各光接收器 $222_1 \sim 222_{16}$ 与现有的 DWDM 系统中使用的光接收器相同,分别接收从分波器 221 的各输出端口输出的光信号,进行数据识别处理等。

[0055] 此处,传送路径 30 使用一般的 $1.3\mu\text{m}$ 零色散单模光纤 (SMF)。

[0056] 接着,说明上述结构的 CWDM 光传送系统中的光信号的增设。

[0057] 首先,说明本 CWDM 光传送系统中的光信号的波长配置以及 DWDM 对应的光信号的可增设数。

[0058] 图 2 是表示一般的 CWDM/DWDM 的信号波长配置的一例的图。如图 2 所示,CWDM 的信号波长配置是将波长间隔规定为 20nm ,在遍布表示 $1460 \sim 1530\text{nm}$ 的波段的 S-频带、表示 $1530 \sim 1565\text{nm}$ 的波段的 C-频带以及表示 $1565 \sim 1625\text{nm}$ 的波段的 L-频带的宽广波段上配置多个光信号。在一般的 CWDM 对应的波长栅格中,在 1470nm 、 1490nm 、 1510nm 、 1530nm 、 1550nm 、 1570nm 、 1590nm 以及 1610nm 的各波长上配置光信号。因此,在本实施方式中,与上述的各波长对应地从短波长侧起依次设定 8 波的光信号 CH1 ~ CH8。相对于此,DWDM 的信号波长配置是将波长间隔规定为 0.8nm (100GHz) 或 0.4nm (50GHz) 等,分别与 C-频带或 L-频带对应地配置多个光信号的情况较多,C-频带用或 L-频带用的各种光传送装置正被实用化。

[0059] 对于应用了上述的一般的 CWDM 对应的波长配置的光传送系统,若考虑直接利用现有的 DWDM 系统中使用的光传送装置来进行光信号的增设,则可增设的 DWDM 光的波长数取决于 CWDM 光传送系统中使用的发送侧的合波器 12 和接收侧的分波器 21 的通带。即,例如图 3 所示,上述合波器 12 和分波器 21 具有分别对应于 CWDM 对应的各光信号的波长的通带,各通带的宽度为例如 13.0nm 左右。因此,替代与 CWDM 对应的 1 波的光信号,可配置在该通带内的与 DWDM 对应的光信号的波长数例如在以 0.8nm 的波长间隔配置光信号时最大为 16 波 ($0.8\text{nm} \times 16 \text{波} = 12.8\text{nm}$)。

[0060] 具体来讲,在将现有的 DWDM 系统中使用的 C-频带用的光传送装置利用到增设中的情况下,与 CWDM 对应的光信号 CH4、CH5 位于 C-频带内(参照图 2),因此可将这些波长设定为增设波长。若将光信号 CH5 设定为增设波长,则包括该增设波长的合波分波器的通带的整体存在于 C-频带用的光传送装置的信号频带内,所以可将与 DWDM 对应的光信号增设到 16 波。若将光信号 CH4 设定为增设波长,则包括该增设波长的合波分波器的通带的大致一半存在于 C-频带用的光传送装置的信号频带内,所以可将与 DWDM 对应的光信号增设到 8 波。因此,在将上述的光信号 CH4、CH5 的双方设定为增设波长时,最大可增设 24 波的光信号。

[0061] 并且,在将现有的 DWDM 系统中使用的 L-频带用的光传送装置利用到增设中的情况下,与 CWDM 对应的光信号 CH6、CH7、CH8 位于 C-频带内(参照图 2),因此可将这些波长设定为增设波长。若将光信号 CH7 设定为增设波长,则包括该增设波长的合波分波器的通带的整体存在于 L-频带用的光传送装置的信号频带内,所以可将与 DWDM 对应的光信号增设到 16 波。若将光信号 CH6 或光信号 CH8 设定为增设波长,则包括该增设波长的合波分波器的通带的大致一半存在于 L-频带用的光传送装置的信号频带内,所以可将与 DWDM 对应的光信号增设到 8 波。因此,在将上述的光信号 CH6、CH7、CH8 的全部设定为增设波长时,最大可增设 32 波的光信号。当然,也可以将现有的 C-频带用和 L-频带用的各光传送装置进行组合,进而增设更多波长的光信号。并且,若将与 DWDM 对应的光信号的波长间隔设定为

0.4nm(50GHz), 则能够将可增设的信号数设定为上述的 2 倍。

[0062] 在前述的图 1 所示的第一实施方式的结构中, 替代光信号 CH5, 增设与 DWDM 对应的光信号, 所以增设光发送单元 100₅ 和可变光衰减器 101₅、以及增设光接收单元 200₅ 和光放大器 201₅ 能够利用现有的 C- 频带用光传送装置, 最大可增设 16 波。在 CWDM 光传送系统整体中的信号数是光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8 和增设的 16 波的 DWDM 光, 共为 23 波。

[0063] 当替代与 CWDM 对应的 1 波的光信号 CH5, 将利用现有的 DWDM 系统中使用的光发送单元生成的 16 波的光信号不像现有技术那样考虑光纤传送时的功率而直接赋予给 CWDM 光传送系统的情况下, 由于 16 波的 DWDM 光的总功率远远大于光信号 CH5 的功率, 所以很有可能导致发送到传送路径上的光的功率超过产生非线性效应的水平。因此, 在本实施方式中, 在增设光发送单元 100₅ 的输出级设置可变光衰减器 101₅, 将可变光衰减器 101₅ 的衰减量调整为使得从合波器 12 发送到传送路径 30 上的 DWDM 光的总功率和与 CWDM 对应的光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8 的每 1 波的功率大致相等。

[0064] 图 4 是表示上述第一实施方式中的发送时的各光信号的功率的一例的图。在图 4 中, 当发送到传送路径 30 上的各光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8 的功率被设定为 +2dBm/ch 的情况下, 将可变光衰减器 101₅ 的衰减量设定为使得增设的 16 波的 DWDM 光的每 1 波的功率为 -10dBm。该可变光衰减器 101₅ 的衰减量是以 $10 \cdot \log(\text{增设波长数})$ 来求出的, 此处, $10 \cdot \log(16) = 12\text{dB}$ 。由此, 从合波器 12 发送到传送路径 30 上的光的总功率与仅将与 CWDM 对应的光信号 CH1 ~ CH8 进行合波并发送到传送路径 30 上时水平相同, 因此, 可避免在传送路径 30 中传播的光信号发生非线性效应的状况。

[0065] 发送时的功率被抑制得较低的增设光在传送路径 30 中传播并被光接收终端 20 接收到的时刻, 相比于与 CWDM 对应的各光信号 CH1 ~ CH4、CH6 ~ CH8, 功率非常小, 在保持该状态下, 难以利用增设光接收单元 200₅ 进行数据识别处理等。因此, 在本实施方式中, 在光接收终端 20 的分波器 21 的与增设波长对应的输出端口上连接光放大器 201₅, 利用分波器 21 分波的 DWDM 光通过光放大器 201₅ 以与在发送侧的可变光衰减器 101₅ 中的衰减量对应的增益放大。由此, 被赋予到增设光接收单元 200₅ 的 DWDM 光的总功率被补偿为与现有的 DWDM 系统中使用的光接收单元时相同的水平, 所以可进行在增设光接收单元 200₅ 内的各光接收器 222₁ ~ 222₁₆ 中的接收处理。

[0066] 此处, 举出具体例子, 详细说明本 CWDM 光传送系统中的增设光的传送特性。

[0067] 在本 CWDM 光传送系统中, 从增设光发送单元 100₅ 输出、通过可变光衰减器 101₅ 和合波器 12 发送到传送路径 30 上的最大 16 波的 DWDM 光, 若假设为上述图 4 所示的一例, 则每 1 波的功率为 -10dBm/ch, 16 波的总功率为 +2dBm。作为传送路径 30, 若假设使用例如全长为 50km、传送损耗为 20dB 的 SMF, 则到达光接收终端 20 的 16 波的 DWDM 光的总功率为 -18dBm, 每 1 波的功率为 -30dBm/ch。进而, 通过分波器 21 时产生 4dB 左右的损耗, 输入到光放大器 201₅ 的 DWDM 光的每 1 波的功率为 -34dBm/ch。

[0068] 此处, 若假设光放大器 201₅ 的噪声指数 (NF) 为 5dB, 则从光放大器 201₅ 输出的 DWDM 光的光信噪比 (OSNR) 可通过下式计算。

$$[0069] \quad \text{OSNR} = (\text{输入功率}) - \text{NF} + 57.9$$

$$[0070] \quad = -34\text{dBm/ch} - 5\text{dB} + 57.9 = 18.9\text{dB}$$

[0071] 其中, 上述的第 3 项是与 C- 频带对应的常数。这样从光放大器 201₅ 输出的 DWDM

光中包含的各波长的光信号确保 19dB 左右的 OSNR, 因此, 可在增设光接收单元 200₅ 内的各光接收器 222₁ ~ 222₁₆ 中进行充分的接收处理。

[0072] 根据上述的第一实施方式的 CWDM 光传送系统, 直接利用 DWDM 系统中使用的现有的光传送装置, 能够有效活用低成本的优点, 且避免传送时的信号质量的下降, 进行光信号的增设。由此, 可低价格地提供超过现有的 CWDM 系统中可传送的最大信号数 (8 波) 的光通信服务。

[0073] 下面, 说明本发明的第二实施方式。

[0074] 图 5 是表示本发明的第二实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0075] 图 5 所示的 CWDM 光传送系统对于上述的第一实施方式的结构, 除了光信号 CH5 之外, 还将与光信号 CH7 对应的波长设定为增设波长, 也利用现有的 DWDM 系统中使用的 L- 频带用的光传送装置, 增大可增设的信号数。具体来讲, 对于光发送终端 10, 替代在第一实施方式中使用的光发送器 11₇, 设置增设光发送单元 100₇ 和可变光衰减器 101₇, 利用可变光衰减器 101₇ 调整从增设光发送单元 100₇ 输出的 DWDM 光的功率后, 赋予给合波器 12 的与光信号 CH7 对应的输入端口。并且, 对于光接收终端 20, 替代在第一实施方式中使用的光接收器 22₇, 设置增设光接收单元 200₇ 和光放大器 201₇, 利用光放大器 201₇ 将从分波器 21 的与光信号 CH7 对应的输出端口输出的 DWDM 光放大之后, 赋予给增设光接收单元 200₇。另外, 对于增设光发送单元 100₇ 和可变光衰减器 101₇、以及增设光接收单元 200₇ 和光放大器 201₇ 的各结构, 与增设光发送单元 100₅ 和可变光衰减器 101₅、以及增设光接收单元 200₅ 和光放大器 201₅ 的各结构基本相同, 各信号波段从 C- 频带对应转换到 L- 频带对应, 因此, 此处省略具体说明。

[0076] 在上述结构的 CWDM 光传送系统中, 如图 6 所示的光信号的波长配置中具有的那样, 通过将位于 L- 频带内的光信号 CH7 设定为增设波长, 能够在合波器 12 和分波器 21 所对应的通带内 (参照图 3) 例如将 0.8nm 的波长间隔的光信号最大配置成 16 波。当在与上述的对应于光信号 CH5 的 C- 频带的 DWDM 光相同的条件下, 传送这样的替代 CWDM 对应的光信号 CH7 的 L- 频带的 16 波的 DWDM 光时, 从光接收终端 20 内的光放大器 201₇ 输出的 DWDM 光的 OSNR 可通过下式计算。

[0077] $OSNR = (\text{输入功率}) - NF + 58.3$

[0078] $= -34\text{dBm}/\text{ch} - 5\text{dB} + 58.3 = 19.3\text{dB}$

[0079] 其中, 上述的第 3 项是与 L- 频带对应的常数。这样, 对于替代光信号 CH7 的 L- 频带的 DWDM 光, 也可确保大于等于 19dB 的 OSNR, 因此, 可充分进行增设光接收单元 200₇ 中的接收处理。

[0080] 因此, 根据第二实施方式, 利用现有的 DWDM 系统中使用的 C- 频带用和 L- 频带用的光传送装置, 能够最大增设 32 波的光信号, CWDM 光传送系统整体的信号数可增大到光信号 CH1 ~ CH4、CH6、CH8 和所增设的 32 波的 DWDM 光合计的 38 波。

[0081] 接着, 说明本发明的第三实施方式。

[0082] 图 7 是表示第三实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0083] 图 7 所示的 CWDM 光传送系统对于上述的第二实施方式的结构, 除了光信号 CH5、CH7 之外, 还将与光信号 CH4、CH6 对应的波长设定为增设波长, 利用现有的 DWDM 系统中使用的 C- 频带用和 L- 频带用的光传送装置, 进一步增大可增设的信号数。

[0084] 具体来讲,光发送终端 10 设置有:增设光发送单元 100₄₅,其生成 DWDM 光以作为替代光信号 CH4、CH5 增设光;可变光衰减器 101₄₅,其调整该 DWDM 光的总功率;以及分波器 102₄₅,其将通过该可变光衰减器 101₄₅ 的 DWDM 光分波成与光信号 CH4 对应的成分和与光信号 CH5 对应的成分,并输出到合波器 12 的各输入端口。并且,还设置有:增设光发送单元 100₆₇,其生成 DWDM 光,以作为替代光信号 CH6、CH7 的增设光;可变光衰减器 101₆₇,其调整该 DWDM 光的总功率;以及分波器 102₆₇,其将通过该可变光衰减器 101₆₇ 的 DWDM 光分波成与光信号 CH6 对应的成分和与光信号 CH7 对应的成分,并输出到合波器 12 的各输入端口。

[0085] 光接收终端 20 设置有:合波器 202₄₅,其对从分波器 21 的与光信号 CH4、CH5 对应的各输出端口输出的 DWDM 光进行合波;光放大器 201₄₅,其将从该合波器 202₄₅ 输出的 DWDM 光放大;以及增设光接收单元 200₄₅,其进行从该光放大器 201₄₅ 输出的 DWDM 光的接收处理。并且,还设置有:合波器 202₆₇,其对从分波器 21 的与光信号 CH6、CH7 对应的各输出端口输出的 DWDM 光进行合波;光放大器 201₆₇,其将从该合波器 202₆₇ 输出的 DWDM 光放大;以及增设光接收单元 200₆₇,其进行从该光放大器 201₆₇ 输出的 DWDM 光的接收处理。

[0086] 在上述结构的 CWDM 光传送系统中,如图 8 所示的光信号的波长配置中具有的那样,通过将位于 C-频带内的光信号 CH4 设定为增设波长,能够在合波器 12 和分波器 21 所对应的通带内(参照图 3)例如将 0.8nm 的波长间隔的光信号最大配置为 8 波,加上可在与位于相同 C-频带内的光信号 CH5 对应的通带内配置的最大 16 波的光信号,对于 C-频带最大可增设包括 24 波的光信号的 DWDM 光。并且,采取同样的方式,通过将位于 L-频带内的光信号 CH6 设定为增设波长,能够在合波器 12 和分波器 21 所对应的通带内最大配置为 8 波,加上可在与位于相同 L-频带内的光信号 CH7 对应的通带内配置的最大 16 波的光信号,对于 L-频带最大也可增设包括 24 波的光信号的 DWDM 光。这些增设光与第二实施方式的情况相同,可在各光放大器 201₄₅、201₆₇ 的输出中确保 19dB 左右的 OSNR,因此,可充分进行增设光接收单元 200₆₇ 中的接收处理。

[0087] 因此,根据第三实施方式,可利用现有的 DWDM 系统中使用的 C-频带用和 L-频带用的光传送装置,最大增设 48 波的光信号,CWDM 光传送系统整体的信号数可增大到光信号 CH1 ~ CH3、CH8 和所增设的 48 波的 DWDM 光合计的 52 波。

[0088] 另外,在上述的第三实施方式中将光信号 CH6、CH7 的各波长设定为 L-频带的增设波长,但除了该组合之外,可设定光信号 CH7、CH8 的组合或光信号 CH6、CH8 的组合,或者光信号 CH6、CH7、CH8 的组合。

[0089] 下面,说明本发明的第四实施方式。

[0090] 在上述的第一~三实施方式中示出了作为传送路径 30 使用 1.3 μm 零色散单模光纤时的结构。在第四实施方式中说明将零色散波长转换为 1.5 μm 的色散移位光纤(DSF: dispersion-shift fiber)用作传送路径 30 的情况。

[0091] 图 9 是表示第四实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0092] 如图 9 所示,当使用色散移位光纤在传送路径 30 中进行波分复用的光信号的传送的情况下,对于 C-频带的 DWDM 光有可能发生四波混合(FWM)导致传送质量下降。因此,作为利用现有的 DWDM 系统中使用的光传送装置以低成本进行信号光波长的增设的方法之一,将 L-频带内的光信号 CH6 ~ CH8 设定为增设波长是有效的。因此,在本实施方式中,例如,将光信号 CH7 作为增设波长,与此对应地,在光发送终端 10 内设置增设光发送单元 100₇

和可变光衰减器 101₇, 并且在光接收终端 20 内设置增设光接收单元 200₇ 和光放大器 201₇。这些增设光发送单元 100₇ 和可变光衰减器 101₇、以及增设光接收单元 200₇ 和光放大器 201₇ 与在上述的第二实施方式中所使用的相同, 当将与 DWDM 光对应的光信号的波长间隔设定为例如 0.8nm 的情况下, 如图 10 所示的光信号的波长配置中具有的那样, 可增设最大 16 波的光信号。对于这种在传送路径 30 中使用了色散移位光纤的 CWDM 光传送系统, 通过将增设波长设置在 L- 频带内, 能够得到与上述的第一实施方式的情况相同的效果。

[0093] 另外, 在上述的第四实施方式中示出了将 L- 频带内的光信号 CH7 设定为增设波长的一例, 但色散移位光纤使用时的增设波长不限于此, 例如, 如图 11 的结构图和图 12 的波长配置图所示, 可将光信号 CH7、CH8 设定为增设波长。当然, 也可以替代光信号 CH7, 将光信号 CH6、CH8 的任意一方设定为增设波长, 或者, 将光信号 CH6 ~ CH8 的任意 2 个或全部的组合设定为增设波长。

[0094] 下面, 说明本发明的第五实施方式。

[0095] 在第五实施方式中说明使用一芯的 1.3 μm SMF 在双向传送光信号的 CWDM 光传送系统的应用例。

[0096] 图 13 是表示第五实施方式的 CWDM 光传送系统的结构的图。

[0097] 在图 13 所示的结构中, 关于 CWDM 对应的波长栅格上的 8 波的光信号 CH1 ~ CH8 之中的波长编号为奇数的光信号 CH1、CH3、CH5、CH7 在上行线路中传送、波长编号为偶数的光信号 CH2、CH4、CH6、CH8 在下行线路中传送的双向的 CWDM 光传送系统, 将上行线路侧的光信号 CH5、CH7 和下行线路的光信号 CH6、CH8 分别设定为增设波长, 与各个增设波长对应地, 分别设置与上述的各实施方式的情况相同的增设光发送单元 100_i 和可变光衰减器 101_i、以及增设光接收单元 200_i 和光放大器 201_i (其中 i = 4 ~ 7)。另外, 配置于传送路径 30 的一端附近的合波分波器 51 将与从上行线路侧的合波器 12 输出的光信号 CH1、CH3 以及光信号 CH5、CH7 对应的 DWDM 光发送到传送路径 30 中, 并且, 与此相反地将与在传送路径 30 中传播的光信号 CH2、CH8 以及光信号 CH4、CH6 对应的 DWDM 光传送到下行线路侧的分波器 21' 中。并且, 配置于传送路径 30 的另一端附近的合波分波器 52 将与从下行线路侧的合波器 12' 输出的光信号 CH2、CH8 以及光信号 CH4、CH6 对应的 DWDM 光发送到传送路径 30 中, 并且, 与此相反地将与在传送路径 30 中传播的光信号 CH1、CH3 以及光信号 CH5、CH7 对应的 DWDM 光传送到上行线路侧的分波器 21 中。

[0098] 在这种结构的双向 CWDM 光传送系统中, 当例如将增设的 DWDM 光的波长间隔设定为 0.8nm 的情况下, 如图 14 所示, 对于上行线路, 通过与光信号 CH5 对应的 C- 频带的 16 波和与光信号 CH7 对应的 L- 频带的 16 波, 最大可增设 32 波的 DWDM 光, 对于下行线路, 通过与光信号 CH4 对应的 C- 频带的 8 波和与光信号 CH6 对应的 L- 频带的 8 波, 最大可增设 16 波的 DWDM 光。

[0099] 另外, 对于上述的第五实施方式中的下行线路, 也可将光信号 CH8 设定为增设波长。并且, 与 CWDM 对应的 8 波的光信号 CH1 ~ CH8 的上行线路和下行线路的划分, 不限于上述的基于波长编号为奇数或偶数的方式, 可以根据任意的规则来划分。

[0100] 下面, 说明本发明的第六实施方式。

[0101] 在上述第四实施方式中示出了将把零色散波长转换为 1.5 μm 的色散移位光纤 (DSF) 用作传送路径 30 的情况下, 考虑针对 C- 频带的 DWDM 光的四波混合 (FWM) 的产生, 将

L- 频带内的光信号 CH6 ~ CH8 设定为增设波长的一例。但是,在进行少数波长的增设(例如增设到 4 波长)的情况下,即使在 C- 频带内增设,通过非等间隔地配置光信号,可避免 FWM 的产生频率下的串扰劣化。因此,在第六实施方式中,说明与上述的情况对应的 CWDM 光传送系统的具体例子。

[0102] 首先,如图 15(A)(B) 所示,在以 ITU-T 标准规定的 C- 频带中,在配置有 CWDM 对应的光信号 CH4 的 $1530\text{nm} \pm 10\text{nm}$ 的频带内存在 15 个 DWDM 对应的波长栅格上的点(CH1' ~ CH15'),在配置有 CWDM 对应的光信号 CH5 的 $1550\text{nm} \pm 10\text{nm}$ 的频带内存在 25 个 DWDM 对应的波长栅格上的点(CH16' ~ CH40')。但是,CWDM 对应的合波器 12 和分波器 21 的各通带比 CWDM 的信号间隔 20nm 即 $\pm 10\text{nm}$ 窄,因此实际应用上不可能在上述 DWDM 对应的波长栅格上的全部的点上配置光信号。例如,合波器 12 和分波器 21 的各通带为 $\pm 6.5\text{nm}$ 的情况下,在 CWDM 的与光信号 CH4 对应的 1530nm 带中,能够在从 CH1' 到 CH10' 的 10 个栅格上配置 DWDM 的光信号,该频带为 900GHz。并且,在 CWDM 的与光信号 CH5 对应的 1550nm 带中,能够在从 CH20' 到 CH35' 的 16 个栅格上配置 DWDM 的光信号,该频带为 1500GHz。

[0103] 此处,对于上述的 1530nm 带和 1550nm 带的频带,研究 DWDM 的光信号和基于 FWM 的闲频光之间的相对关系。

[0104] 一般情况下,在 WDM 传送具有 f_1 、 f_2 、 f_3 的频率的 3 波光信号的情况下,基于 FWM 的闲频光的发生频率点包括基于缩退四波混合的光信号,例如如图 16 所示。另外,图中的 Δf_{12} 表示 f_1 和 f_2 之间的间隔, Δf_{23} 、 Δf_{13} 也相同。如图 16 的一例所示,将频率 $f_1 \sim f_3$ 的各光信号设定为非等间隔(此处,100GHz 和 300GHz 间隔),从而使各光信号的频率和基于 FWM 的闲频光的发生频率不重叠,不会有因串扰的发生而导致传送质量下降的情况。对于 3 波光信号的闲频光的发生频率点由图 16 可知有 9 处。

[0105] 接着,研究将上述的基于 FWM 的闲频光的发生频率点扩展到 WDM 传送 4 波光信号的情况。图 17 表示该研究结果。图 17 中,在示于上侧的 1530nm 带中,如上所述可配置 DWDM 的光信号的频带为 900GHz,因此,将具有 $f_1 \sim f_4$ 的频率的 4 波光信号的配置间隔设定为例如 200GHz、300GHz 以及 400GHz。具体来讲,此处,配置有上述的图 15(A) 所示的 DWDM 对应的光信号 CH1'、CH3'、CH6' 以及 CH10'。由图可知,在该非等间隔的信号配置中的基于 FWM 的闲频光的发生频率点如图 17 的上侧的第二段~第五段所示为多个,但不存在各光信号 CH1'、CH3'、CH6' 以及 CH10' 的频率上重叠的点。并且,在 1530nm 带内不产生各光信号和基于 FWM 的闲频光之间的串扰,而且,上述的基于 FWM 的闲频光的发生频率点与配置在 1550nm 带上的光信号的频率不重叠,这非常重要。

[0106] 在图 17 中,对于下侧示出的 1550nm 带,将 4 波光信号的配置间隔设定为例如 200GHz、300GHz 以及 400GHz。具体来讲,此处,配置有上述的图 15(A) 所示的 DWDM 对应的光信号 CH23'、CH25'、CH28' 以及 CH32'。由图 17 可知,这些配置在 1550nm 带上的各光信号的频率不与 1530nm 带上的基于 FWM 的闲频光的发生频率点重叠。并且,在 1550nm 带上的基于 FWM 的闲频光的发生频率点与 1530nm 带的情况也同样有多个,但不存在与各光信号 CH23'、CH25'、CH28' 以及 CH32' 的频率重叠的点,而且,也不与 1530nm 带的各光信号的频率 CH1'、CH3'、CH6' 以及 CH10' 重叠。

[0107] 图 18 是对上述的分别在 1530nm 带和 1550nm 带上以非等间隔配置的各光信号和基于 FWM 的闲频光之间的相对关系进行整理的图。这样,需要将 FWM 串扰余量宽度 W_{45} 和

FWM 串扰余量宽度 W_{54} 分别设定为 100GHz 的 n 倍 (n 是整数) 即、大于等于波长栅格间隔, 该 FWM 串扰余量宽度 W_{45} 表示 1530nm 带的光信号所引起的基于 FWM 的闲频光之中的最长波长到 1550nm 带的光信号之中的最短波长的间隔, 该 FWM 串扰余量宽度 W_{54} 表示 1550nm 带的光信号所引起的基于 FWM 的闲频光之中的最短波长到 1530nm 带的光信号之中的最长波长的间隔。

[0108] 如上述的图 17 所示, 在将 1530nm 带的 4 波光信号的配置间隔以及 1550nm 带的 4 波光信号的配置间隔分别设定为 200GHz、300GHz 以及 400GHz 的情况下, FWM 串扰余量宽度 W_{45} 、 W_{54} 均为 400GHz。图 19 列举了将 1530nm 带和 1550nm 带的各自的 4 波光信号的配置间隔设定成 200GHz、300GHz 以及 400GHz 时的各信号的具体配置例。这样, 在本实施方式中以 200GHz、300GHz 以及 400GHz 的非等间隔配置 4 波光信号意味着应用图 19 所示的组的信号配置。

[0109] 并且, 图 20 中针对将 1530nm 带的 4 波光信号的配置间隔设定成 200GHz、300GHz 以及 400GHz, 将 1550nm 带的 4 波光信号的配置间隔设定成 300GHz、400GHz 以及 500GHz 的情况, 整理了各光信号和基于 FWM 的闲频光之间的相对关系。另外, 图 20 中, 作为应用上述配置间隔的情况的各光信号的具体配置的一例, 在 1530nm 带上配置光信号 CH1'、CH3'、CH6' 以及 CH10', 在 1550nm 带上配置光信号 CH23'、CH26'、CH30' 以及 CH35'。在这样的信号配置中, FWM 串扰余量宽度 W_{45} 达到 400GHz, FWM 串扰余量宽度 W_{54} 达到 100GHz。

[0110] 图 21 是表示将 DWDM 对应的光信号增设到 8 波时的系统结构例的图。并且, 图 22 是表示与图 21 的系统结构例对应的信号配置的示意图。替代 CWDM 对应的光信号 CH4、CH5 而增设的 DWDM 对应的 4 波 +4 波的光信号通过进行如上所述的非等间隔配置来避免产生基于 FWM 的串扰, 因此, 需要像上述的第一~第五实施方式的情况那样, 将 DWDM 对应的光信号相对于其它的 CWDM 对应的光信号而衰减, 并发送到传送路径 30 上。因此, 也可根据系统的电平图, 将图 21 所示的光放大器 103₄、103₅、203₄、203₅ 设置在光发送终端 10 或光接收终端 20 的任意一方或双方, 使 DWDM 对应的增设光信号水平与 CWDM 对应的光信号水平相同或提高。

[0111] 图 23 是表示将 DWDM 对应的光信号在上行线路和下行线路中分别增设 4 波时的双向系统的结构例的图。并且, 图 24 是表示与图 23 的双向系统的结构例对应的信号配置的示意图。在上行线路中分配有 CWDM 对应的光信号 CH1、CH2、CH3 和替代光信号 CH4 而增设的 DWDM 对应的 4 波光信号。并且, 在下行线路中分配有 CWDM 对应的光信号 CH6、CH7、CH8 和替代光信号 CH5 而增设的 DWDM 对应的 4 波光信号。

[0112] 在上述的图 21 和图 23 所示的各结构中, 在 1530nm 带和 1550nm 带上增设有 DWDM 对应的光信号, 因此作为 DWDM 用的光发送器 111₁ ~ 111₄ 可应用带有半导体外部调制器的 DFB-LD (带有 EA 调制器的 DFB 激光)。使用了带有半导体外部调制器的 DFB-LD 的光发送器与使用了 LN 型的外部调制器的光发送器相比, 具有价格低、且小型的优点。

[0113] 并且, 在上述的波长装置中, 所增设的 DWDM 对应的各光信号的波长间隔至少为 200GHz, 因此无需设置通常在光发送器的波长稳定化控制中使用的波长振动器 (locker) 等。因此, 能够以更低的价格使用小型的光发送器来构成系统。

[0114] 另外, 在上述的第 6 实施方式中, 说明了将应用了非等间隔的波长配置的光信号发送到使用了 DSF 的传送路径 30 上的情况, 但上述的波长配置的光信号不仅可以发送到使

用了 DSF 的传送路径上,也可以直接发送到使用了 SMF 的传送路径上。即,第 6 实施方式的结构还具有如下效果,其作为与 3 波或 4 波左右的少数波长的增设对应的系统,不取决于光纤传送路径的种类。

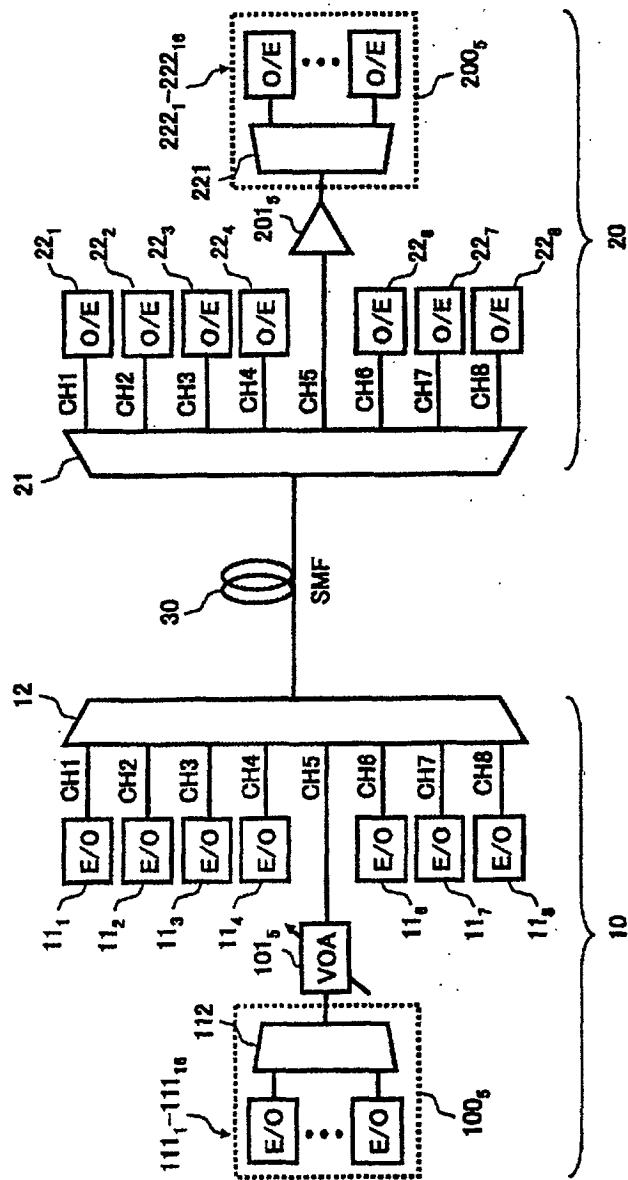


图 1

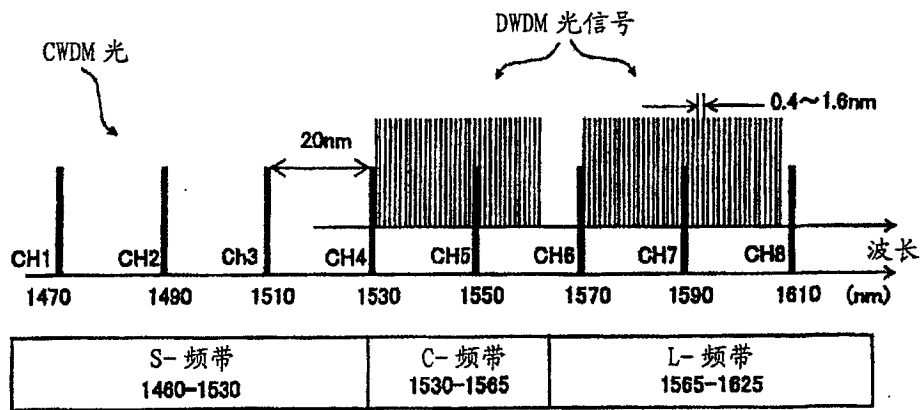


图 2

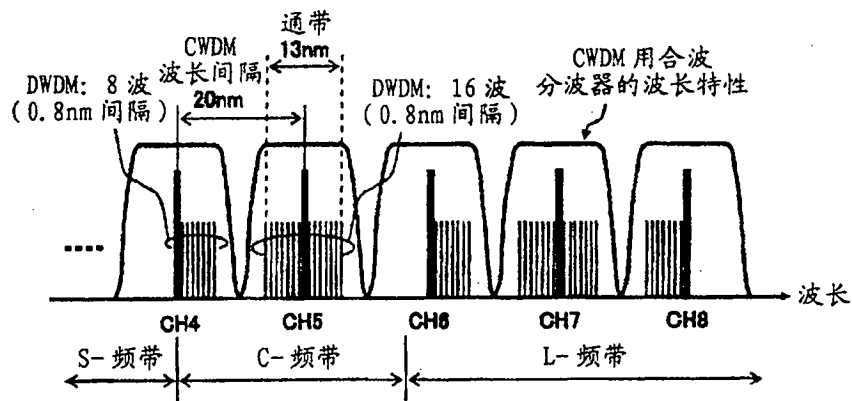


图 3

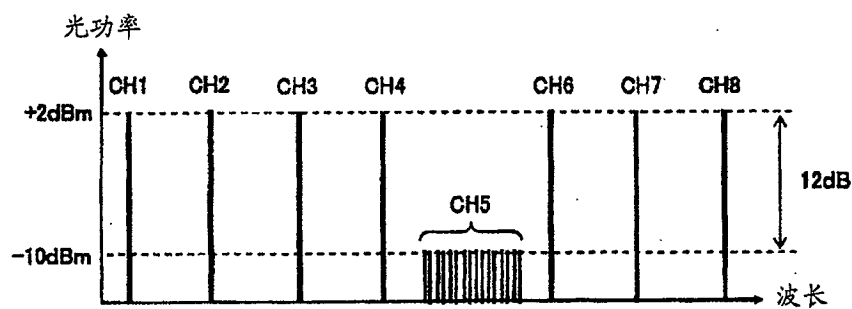


图 4

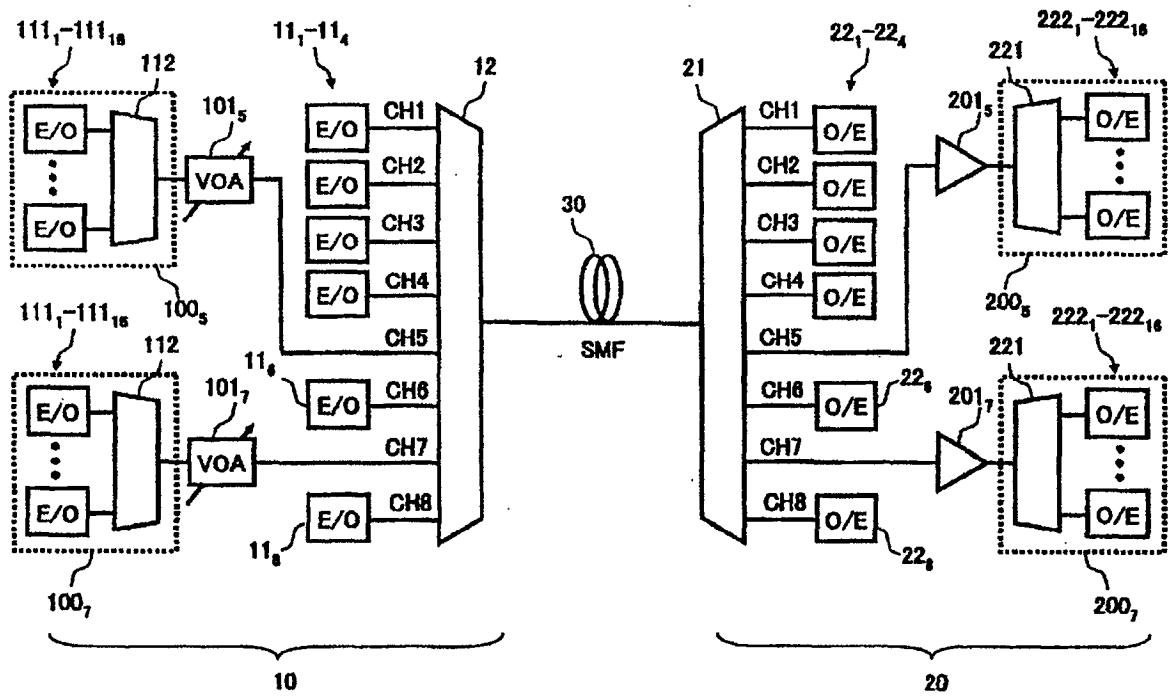


图 5

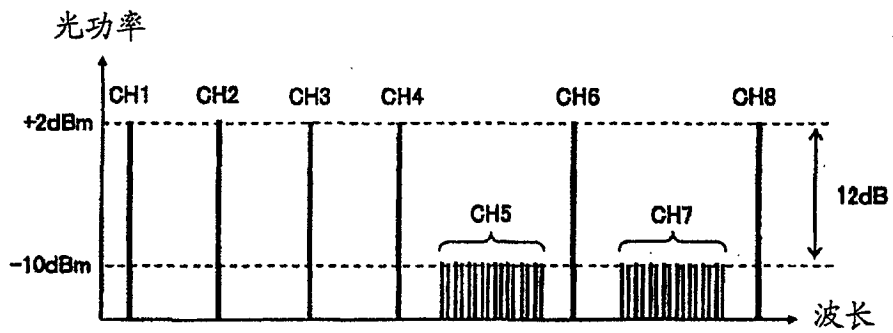


图 6

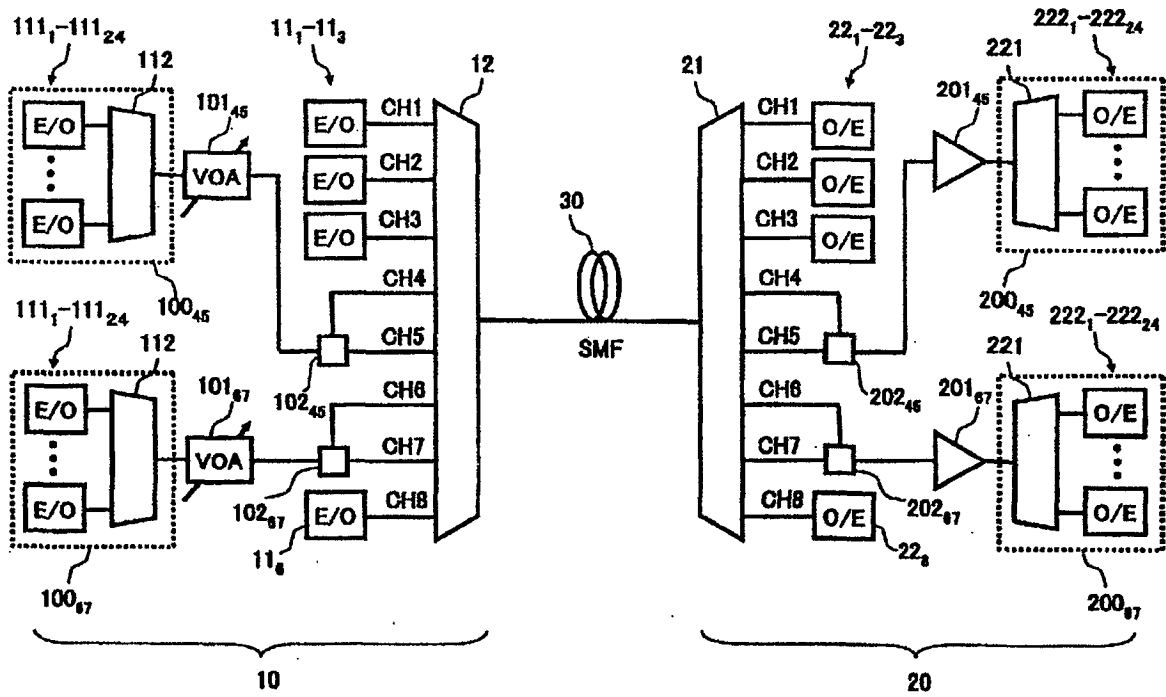


图 7

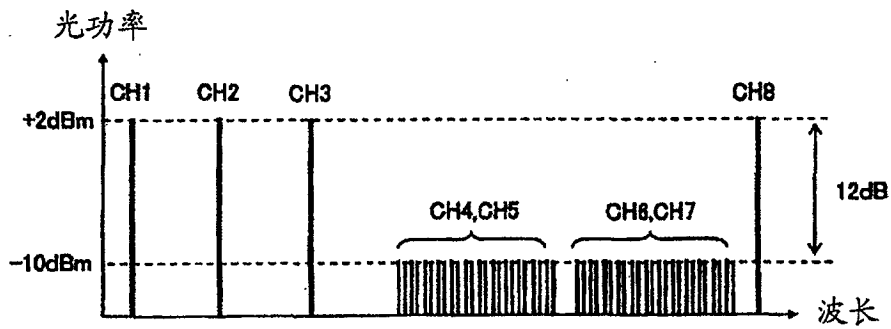


图 8

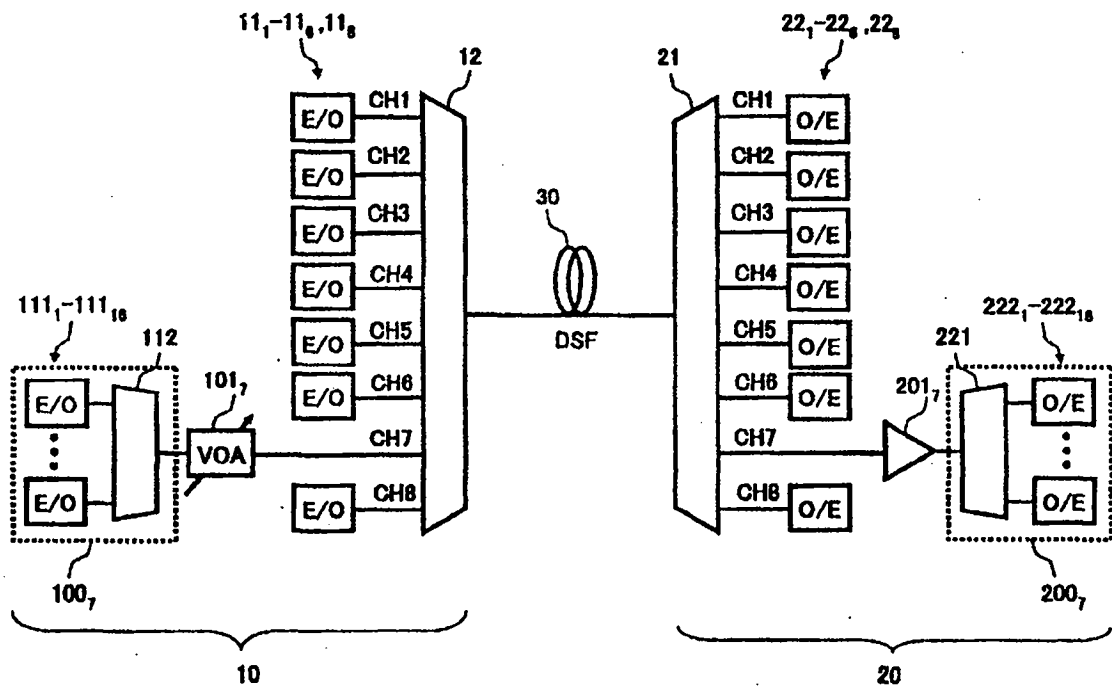


图 9

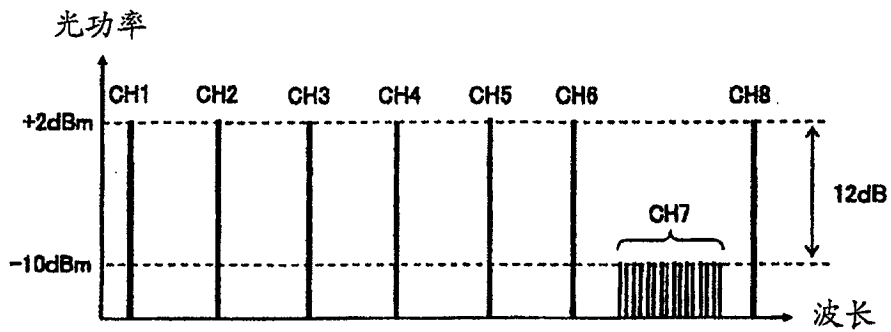


图 10

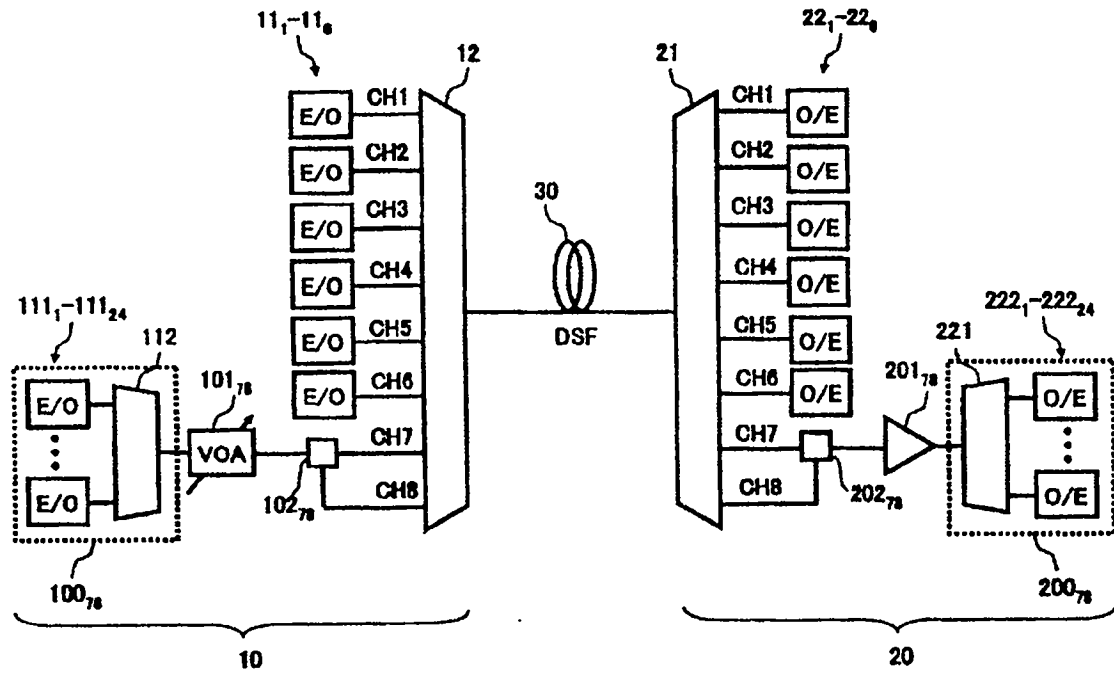


图 11

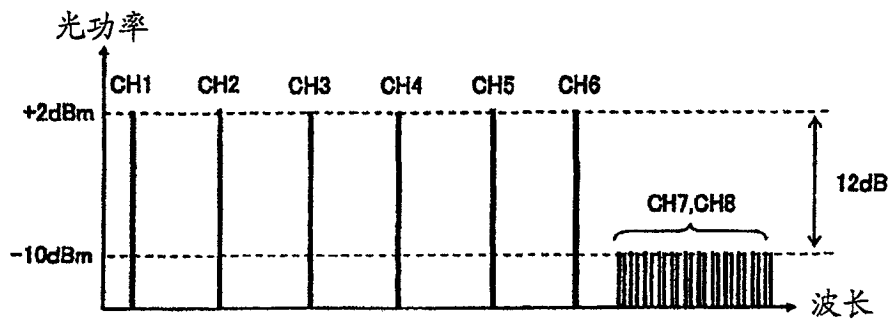


图 12

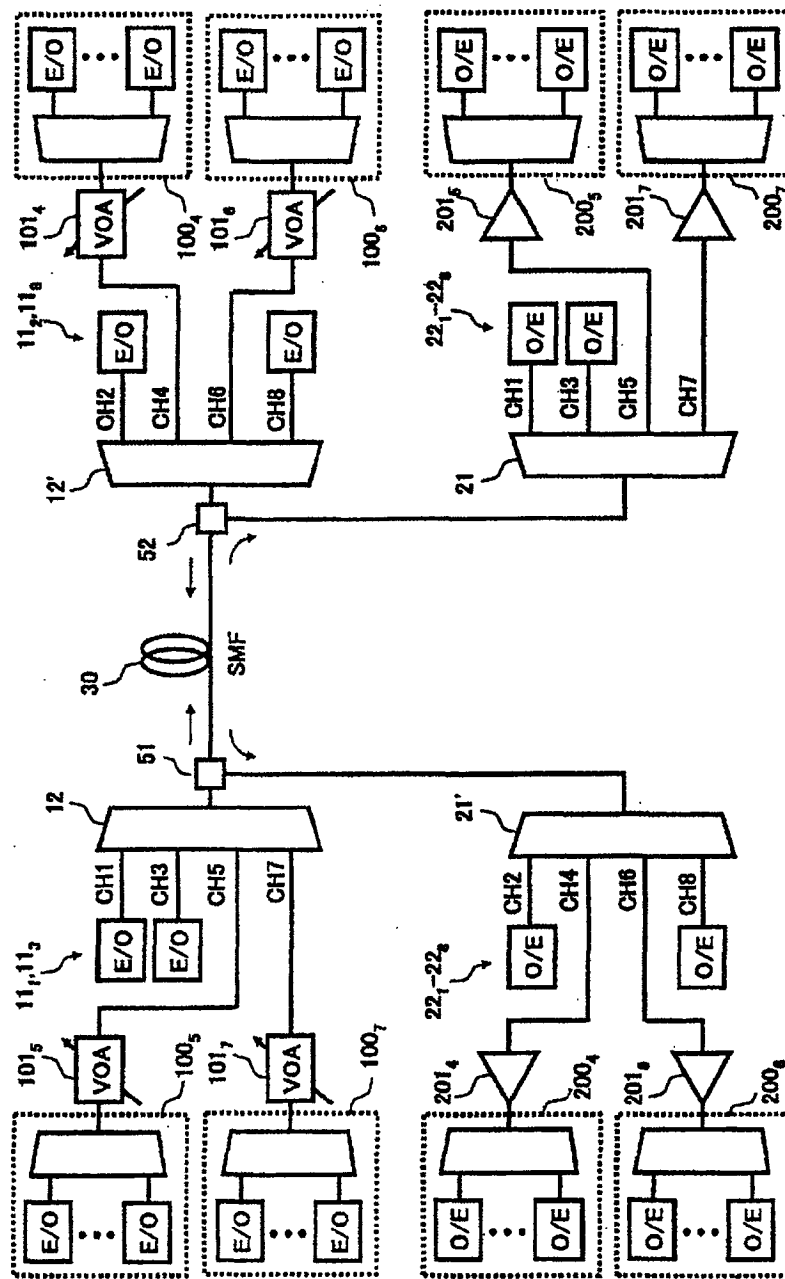


图 13

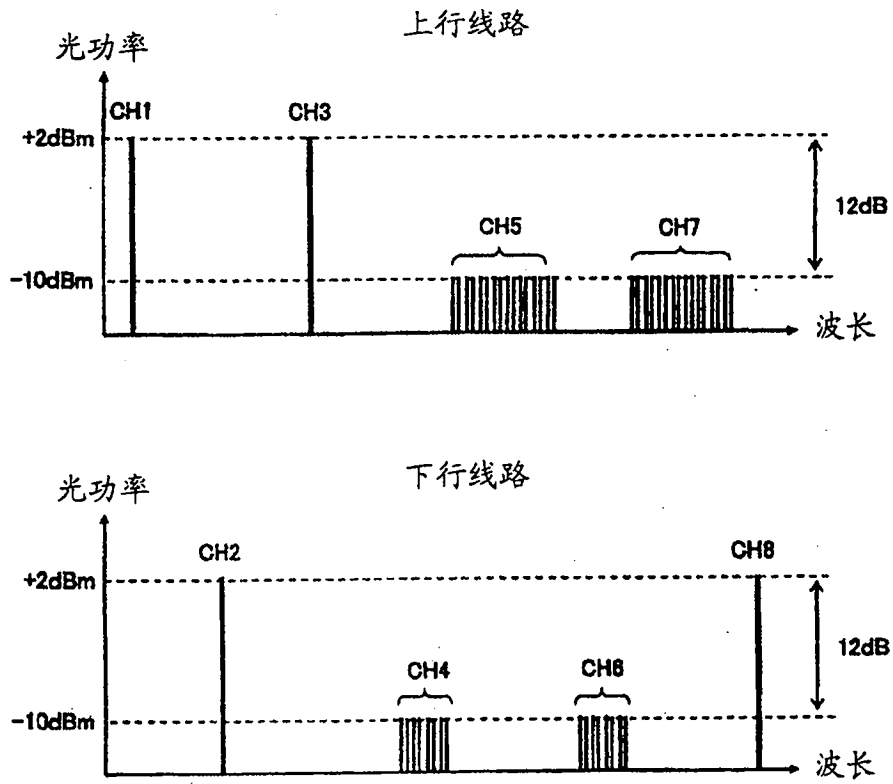


图 14

(A)

1530nm 带的 DWDM 信号配置

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
2'	1529.55	196.0
3'	1530.33	195.9
4'	1531.12	195.8
5'	1531.90	195.7
6'	1532.68	195.6
7'	1533.47	195.5
8'	1534.25	195.4
9'	1535.04	195.3
10'	1535.82	195.2
11'	1536.61	195.1
12'	1537.40	195.0
13'	1538.19	194.9
14'	1538.98	194.8
15'	1539.77	194.7

↑
频带 900GHz
↓

1550nm 带的 DWDM 信号配置

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
16'	1540.56	194.6
17'	1541.35	194.5
18'	1542.14	194.4
19'	1542.94	194.3
20'	1543.73	194.2
21'	1544.53	194.1
22'	1545.32	194.0
23'	1546.12	193.9
24'	1546.92	193.8
25'	1547.72	193.7
26'	1548.51	193.6
27'	1549.32	193.5
28'	1550.12	193.4
29'	1550.92	193.3
30'	1551.72	193.2
31'	1552.52	193.1
32'	1553.33	193.0
33'	1554.13	192.9
34'	1554.94	192.8
35'	1555.75	192.7
36'	1556.55	192.6
37'	1557.36	192.5
38'	1558.17	192.4
39'	1558.98	192.3
40'	1559.79	192.2

↑
频带 1500GHz
↓

(B)

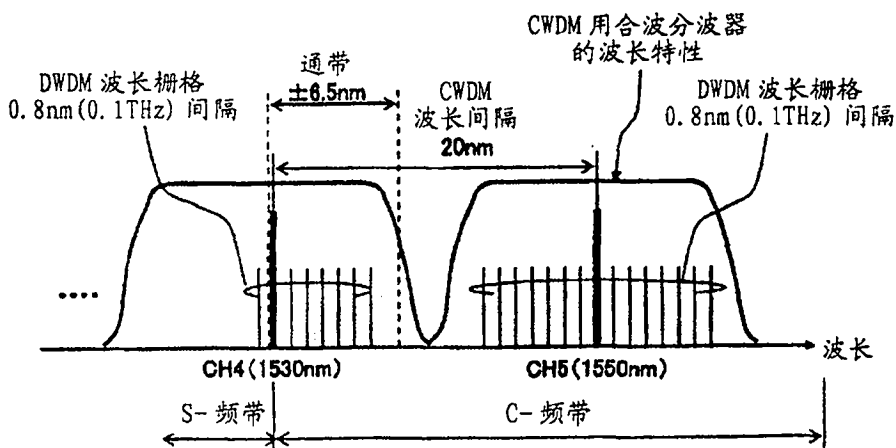


图 15

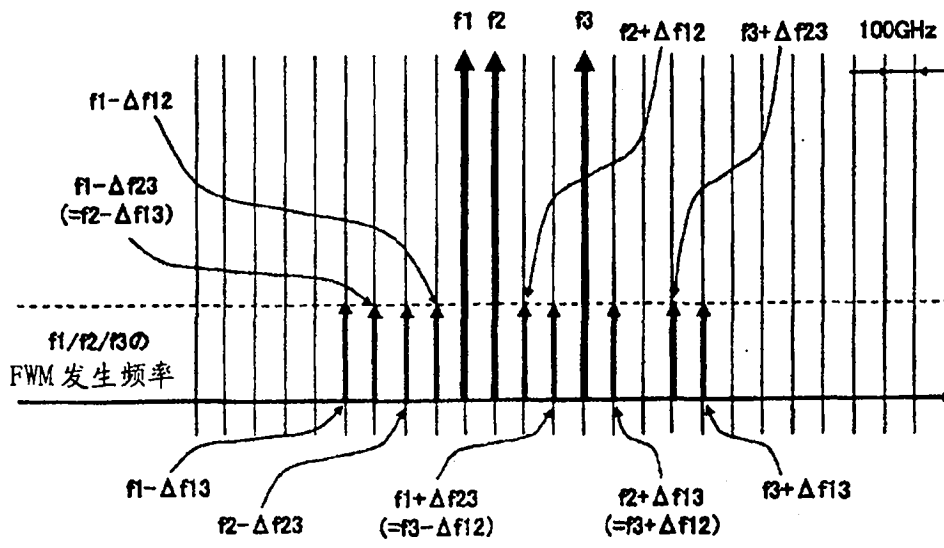


图 16

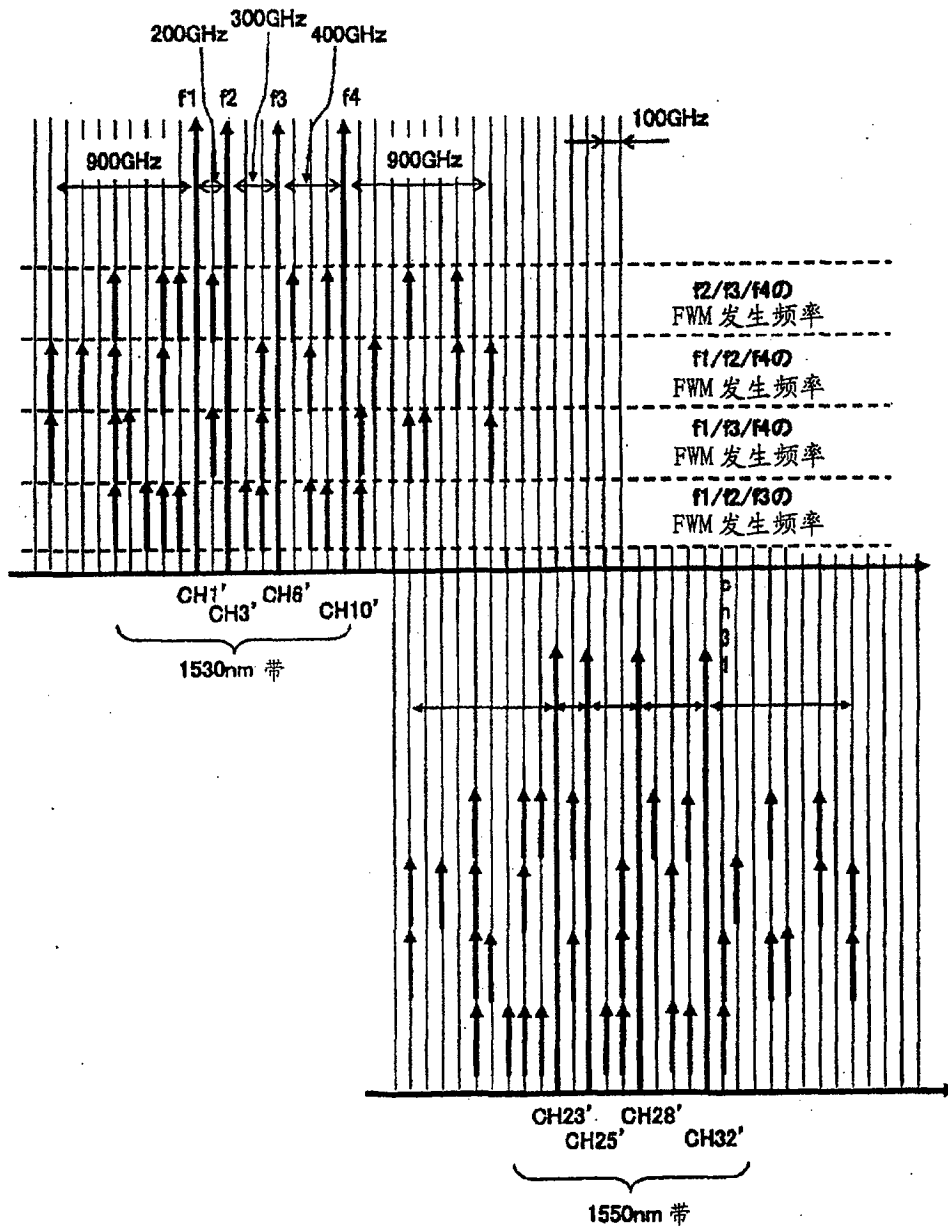


图 17

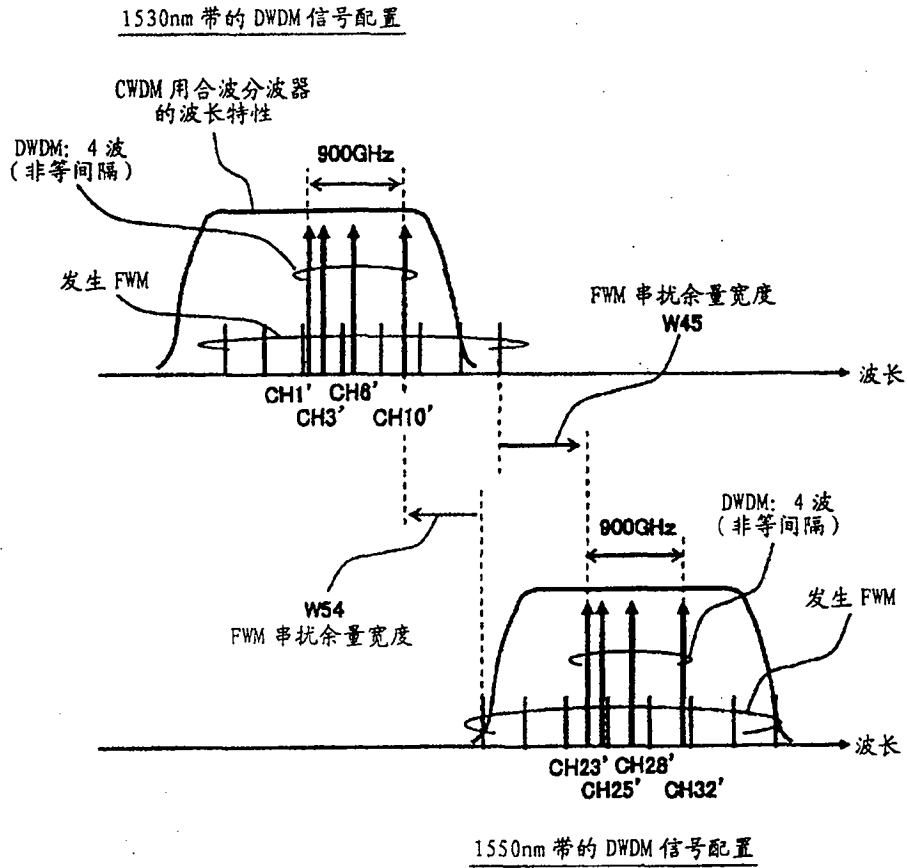


图 18

1530nm 带的 DWDM 信号配置例

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
3'	1530.33	195.9
6'	1532.88	195.6
10'	1535.82	195.2

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
4'	1531.12	195.8
8'	1534.25	195.4
10'	1535.82	195.2

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
3'	1530.33	195.9
7'	1533.47	195.5
10'	1535.82	195.2

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
5'	1531.90	195.7
7'	1533.47	195.5
10'	1535.82	195.2

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
4'	1531.12	195.8
6'	1532.88	195.6
10'	1535.82	195.2

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
1'	1528.77	196.1
5'	1531.90	195.7
8'	1534.25	195.4
10'	1535.82	195.2

1550nm 带的 DWDM 信号配置例

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
23'	1546.12	193.9
25'	1547.72	193.7
28'	1550.12	193.4
32'	1553.33	193.0

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
23'	1546.12	193.9
26'	1548.51	193.6
30'	1551.72	193.2
32'	1553.33	193.0

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
23'	1546.12	193.9
25'	1547.72	193.7
29'	1550.92	193.3
32'	1553.33	193.0

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
23'	1546.12	193.9
27'	1549.32	193.5
29'	1550.92	193.3
32'	1553.33	193.0

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
23'	1546.12	193.9
26'	1548.51	193.6
28'	1550.12	193.4
32'	1553.33	193.0

CH 编号	波长 (nm)	频率 (THz)
23'	1546.12	193.9
27'	1549.32	193.5
30'	1551.72	193.2
32'	1553.33	193.0

图 19

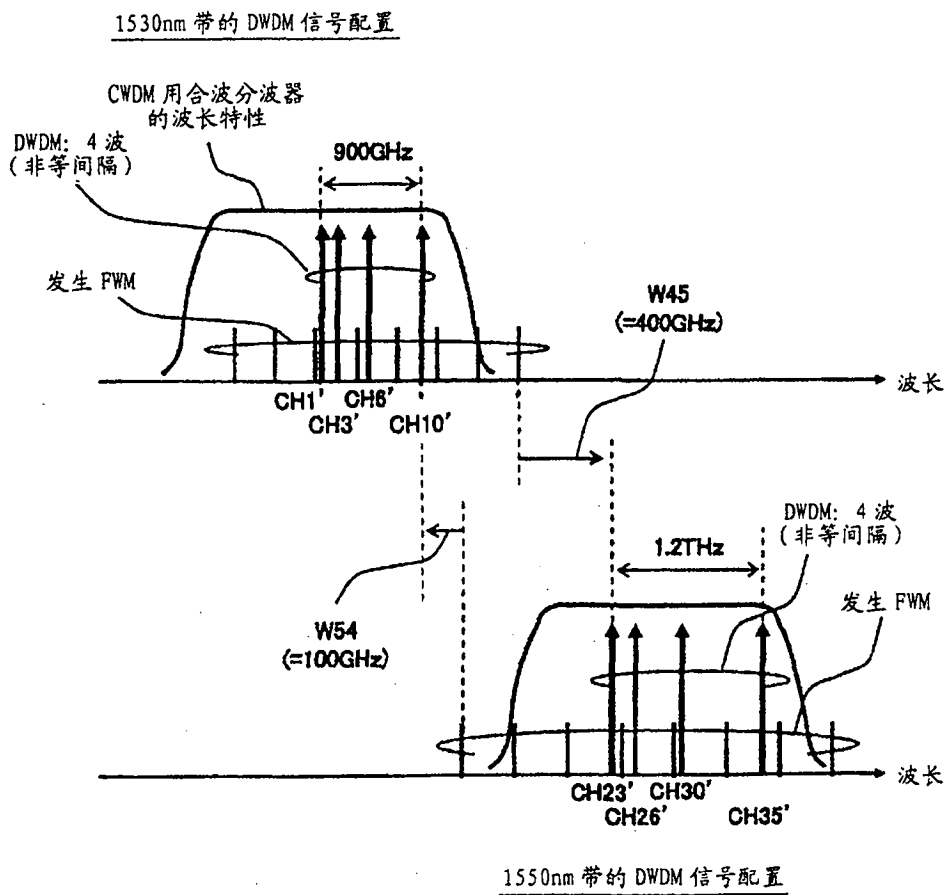


图 20

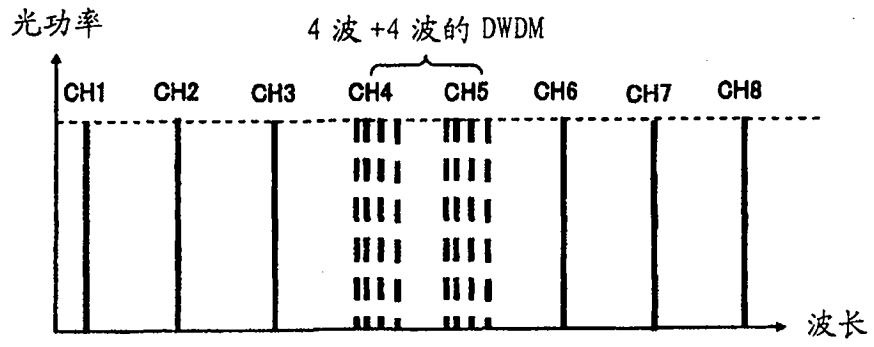


图 22

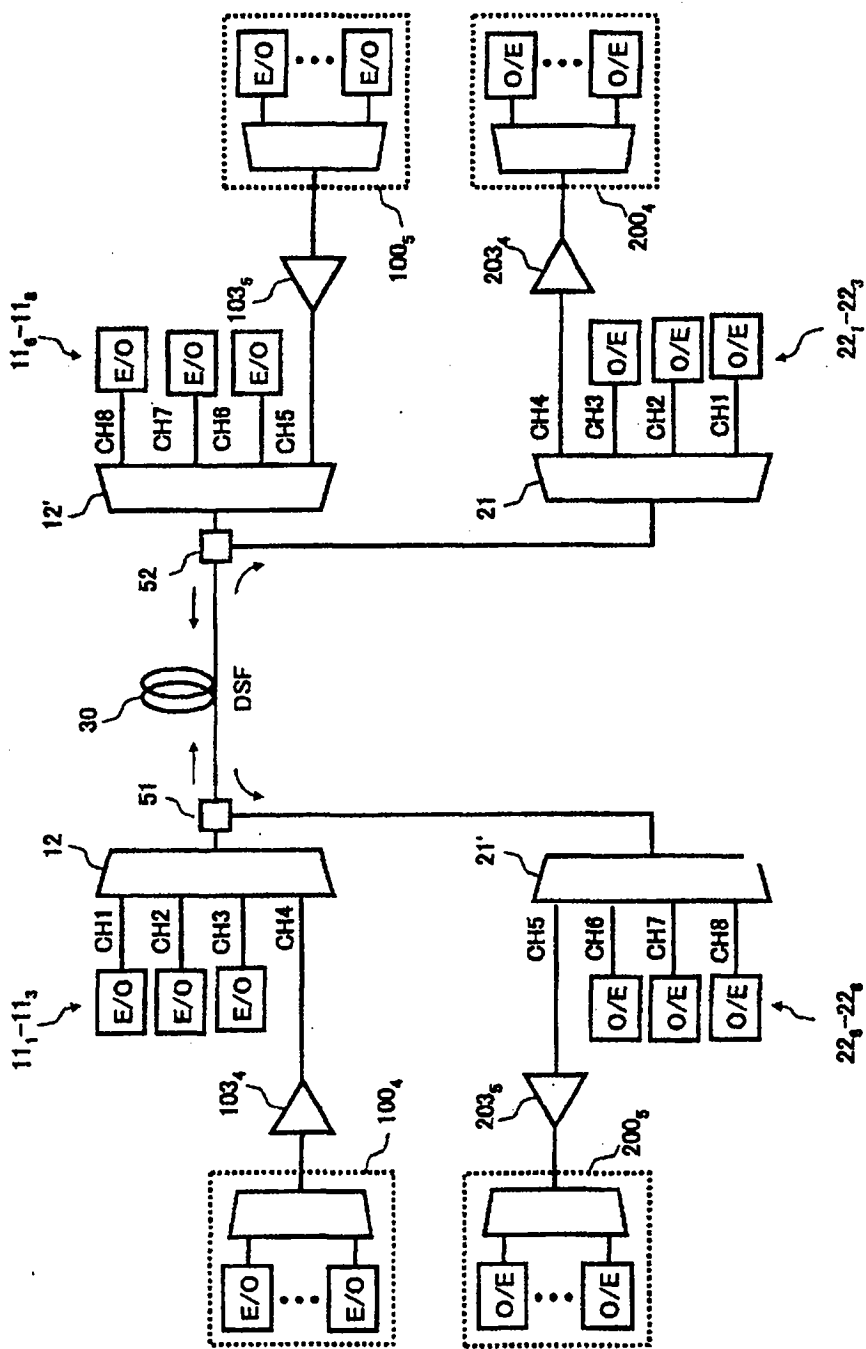


图 23

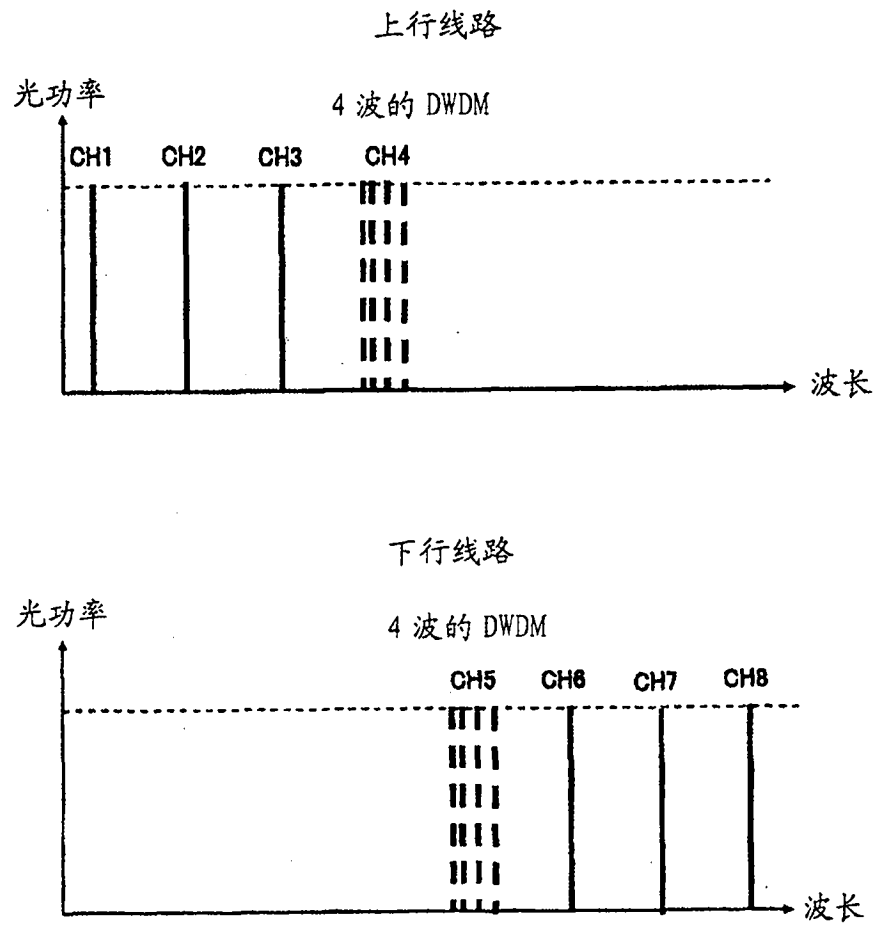


图 24