[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04J 14/02
G02F 1/017

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02809960.5

[43] 公开日 2005 年 7 月 13 日

[11] 公开号 CN 1640043A

[22] 申请日 2002.2.11 [21] 申请号 02809960.5
[30] 优先权
[32] 2001. 5.15 [33] GB [31] 0111822.3
[86] 国际申请 PCT/GB2002/000584 2002.2.11
[87] 国际公布 WO2002/093806 英 2002.11.21
[85] 进入国家阶段日期 2003.11.14
[71] 申请人 马科尼英国知识产权有限公司
地址 英国考文垂
[72] 发明人 R·C·古德费罗

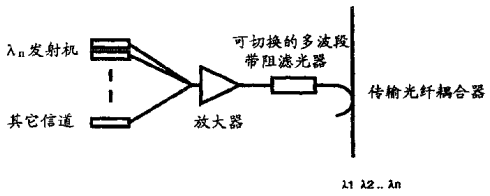
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 王 岳 梁 永

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称 信号加到波分复用系统

[57] 摘要

电信系统由载送波分复用(WDM)业务的单模光纤组成，其中有用来耦合来自要被加到单模光纤信道的信号的传输光纤耦合器。 还有耦合装置，把要被加上的、载送信号的信道连接到光放大器的输入端，放大器的输出端通过可切换的多波段带阻滤光器被串联到传输光纤耦合器，该带阻滤光器用来仅仅传送具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的信号。 可切换的多波段带阻滤波器可以是光纤布拉格(Bragg)滤光器，可选择的滤光器堆叠，或可漂色滤光器的组件。 可切换的多波段带阻滤波器由半导体可漂色媒介质的叠层形成，由此漂色门限值是每个单个层的漂色门限值，而衰减值是通过包括堆叠的所有的层的传输的和值。




ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1. 一种包括载送波分复用（WDM）业务的单模光纤和包括用来耦合来自要被加到单模光纤的信道的信号的传输光纤耦合器的电信系统，还包括耦合装置，把要被加上的、载送信号的信道连接到光放大器的输入端，放大器的输出端通过可切换的多波段带阻滤光器被串联到传输光纤耦合器，该带阻滤光器用来以低的损耗仅仅传送具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的信号，以及衰减在不具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的波长上的所有的信号。

2. 如权利要求 1 中要求的电信系统，其中带阻滤光器特别地被安排成衰减由于放大的自发性放射（ASE）而生成的信号。

3. 如权利要求 1 或 2 中要求的电信系统，其中可切换的带阻滤光器包括一系列光纤布拉格(Bragg)光栅滤光器。

4. 如权利要求 1 或 2 中要求的电信系统，其中可切换的带阻滤光器包括选择性窄带通滤光器的堆叠，以及致动器装置，用来移置各个滤光器，以传送选择的信道。

5. 如权利要求 1 或 2 中要求的电信系统，其中可切换的带阻滤光器包括衍射光栅的堆叠，其中各个衍射光栅可被去除或关断或驱动，以传送选择的信道。

6. 如权利要求 1 或 2 中要求的电信系统，其中可切换的带阻滤光器包括光波长信道分接器，被安排成空间地分开由单模光纤载送的信号的波长分量，以及可漂色的反射器，被安排成截取信号的分开的波长分量和以低的损耗仅仅传送具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的信号，以及衰减在不具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的波长上的所有的信号。

7. 如权利要求 6 中要求的电信系统，还包括复接器，用来把业务重新组合到单模光纤中。

8. 如权利要求 6 或 7 中要求的电信系统，其中可漂色的反射器包括掺铒玻璃。

9. 如权利要求 6，7 或 8 中要求的电信系统，其中可漂色的反射器包括热驱动的可漂色媒介质。

10. 如权利要求 9 中要求的电信系统，其中热驱动由光信号提供。

11. 如权利要求 10 中要求的电信系统，其中热驱动由光信号的光

子能量提供。

12. 如权利要求 6 中要求的电信系统，其中可漂色的反射器包括半导体可漂色媒介质。

13. 如权利要求 9 中要求的电信系统，其中半导体可漂色媒介质包括碲化镉，或碲化镉汞，或在用于双异晶结构层的磷化铟层之间的铟镓的砷磷化物复合包层。

14. 如权利要求 10 或 11 中要求的电信系统，其中可漂色的材料是在 InP 之间的 GaInAs 层或较宽间隙的 InGaAsP 层的堆叠，这样，漂色门限值是每个单个层的漂色门限值，而衰减值是通过多个层的传输的和值。

15. 如权利要求 7 中要求的电信系统，其中复接器和分接器包括阵列波导（AWG）。

16. 如权利要求 6 到 15 的任一项中要求的电信系统，还包括光环行器。

17. 一种包括半导体可漂色媒介质的叠层的可切换多波段滤光器，其漂色门限值是每个单个层的漂色门限值，而衰减值是通过包括堆叠的所有的层的传输的和值。

18. 如权利要求 18 中要求的可切换多波段滤光器，其中可漂色的材料是在 InP 之间的 GaInAs 层或较宽间隙的 InGaAsP 层的堆叠。

# 信号加到波分复用系统

由于互联网、移动电话、互动性娱乐、电视会议和通信，以及信息系统，在某些地区，通信业务量每年增加约100%。光纤工作在波分复用（WDM）系统中的许多不同的波长信道上。这些光纤被使用于其中业务可以通过几个交换点在不同的载波波长上被载送的通信网中。这些光网络可以由通过光学交换机连接的光学 WDM 线系统以及由被互联成允许业务在环路之间选择地交换的光学 WDM 环路构成。构建这样的环路的方便的方法是从基本构建块着手，在该块上可以从环上加上或卸下波长业务信道。这样的设备被称为用于环路网络的光学加上卸下复接器。光学加上卸下复接器功能也在 WDM 线系统中被使用，以便允许一部分 WDM 信道在中间点被去除。

在单模光纤中波长信道的加上卸下可以藉助于宽带分路器/组合器来完成，诸如光纤熔融耦合器或被形成为成对的硅波导，它以小于波长的小尺寸的间隔运行，以便发生光场之间的耦合。当使用这样的耦合器时，分路/耦合损耗会非常严重。例如，对于双路耦合，损耗大于50%，以及对于32路耦合，损耗大于97%。

另外，可以通过使用衍射和色散元件来制作波分复接组合器（WDM 耦合器）而实现耦合。这样的 WDM 组合器可以具有 n 个输入端口和一个输出端口。为了耦合到输出端口，必须把每个波长信道引入到它的正确的端口。实际上，这样的器件具有 1dB(约 80%)和 7dB(约 20%)之间的耦合损耗，这要取决于质量和每个信道的滤光的通带特性。

当有可能给网络的所有的部分加上负载时以及当有可能对于业务提供另外的“保护”路径时，通信网成为最经济的。当业务很容易从一个波长信道切换到另一个信道时和当所有的切换互联任选项都是可供使用时，即，当开关是“非阻挡”时，这个想法是可达到的。

如果引入波长改变，则必须把开关与 WDM 组合器相联系。还有，可以使用分路器/组合器，但光放大器必须克服在分路器/组合器工作期间引入的大的损耗。放大器由于在业务路径上的放大的自发性放射（ASE）而引入“噪声”。这表示为在载送通信业务的光信号中的减小的光信号对噪声比（OSNR）。

按照本发明，提供了包括载送波分复用（WDM）业务的单模光纤和包括用来耦合来自要被加到单模光纤的信道的信号的传输光纤耦合器的电信系统，还包括耦合装置，把要被加上的、载送信号的信道连接到光放大器的输入端，放大器的输出端通过可切换的多波段带阻滤光器被串联到传输光纤耦合器，该带阻滤光器用来以低的损耗仅仅传送具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的信号，以及衰减在不具有要被加到 WDM 业务的信号的波长的波长上的所有的信号。

还提供了包括半导体可漂色媒介质的叠层的可切换多波段滤光器，由此漂色门限值是每个单个层的漂色门限值，而衰减值是包括堆叠的所有的层的传输的和值。

现在参照附图通过例子描述本发明，其中：

图 1（a）到 1（f）显示在光学加上/卸下节点处可藉以加上业务的方法；

图 2 显示可切换的多波段带阻滤光器的使用；

图 3 显示光纤布拉格(Bragg)可切换的多波段带阻滤光器；

图 4 显示由滤光片堆叠形成的可切换的多波段带阻滤光器；

图 5 显示由衍射光栅堆叠形成的可切换的多波段带阻滤光器；以及

图 6 显示通过使用可漂色媒介质形成的可切换的多波段带阻滤光器。

图 1(a)到 1(f) 显示在光学加上/卸下节点处可藉以加上业务的方法，以及有关每个方法的评论包括：

图 1(a)显示其中信道被连接到 WDM 复接器以及随后被连接到传输光纤耦合器的方法。这个方法可以按例增大到很大数目的信道应用上（用于 80 信道或更多的信道的 WDM 耦合器在今天是市面上可买到的）。对于耦合器，损耗是 3dB,对于 WDM 复接器是 3dB，总共是 6dB，并且随信道计数（信道的数目）变化没有很大的改变。

图 1(b)显示其中信道被连接到 n 路波导或用作为耦合器的分路器/组合器的情形。由于多路耦合器的 1/n 的损耗和由于传输光纤耦合器的 1/2 的损耗，对于 8 路耦合器，有 12dB 的损耗，而对于传输光纤耦合器，有 3dB 的损耗，这样总共具有 15dB 的损耗，并且损耗随信道数目快速地上升。

图 1(c)提供旁路传输耦合器损耗的方法。这需要在每个信道加上/卸下时在一对背靠背 WDM 复接器之间的 n 个关断 2×2 开关，其中 n 是信道数目。

图 1(d)显示在需要时通过的业务如何传送通过可切换的滤光器。这个滤光器被配备来有选择地衰减每个通过的波长信道和严重地衰减或实际上阻挡选择的信道，业务已可从该信道卸下和/或新的业务可被加到该信道。按例增大到大的信道数目，导致线性地增大的损耗，通过这种安排，如果使用宽带组合器（非波长选择性的），则必须有高功率的光放大器。

图 1(e)显示如果使用 WDM 复接器，光学开关和传输光纤耦合器，可以如何提供“灵活性”，也就是，任何波长可被加到任何输入端口。损耗是 1/2×1/2×1/2=1/8。当前低损耗的开关是昂贵的。即使只需要加上几个信道的话整个开关必须被用来提供“灵活性”。例如，开关可以是 3D 类型的硅制的微电机（MEMS），它以低的损耗增大到大的端口数目。光复接器对于大的信道数目也可以具有低的损耗。因此，这个方法增大，但总的损耗仍旧很大以及这样的实施方案的花费和复杂性是很大的。

图 1(f)显示通过具有克服分路器/耦合器损耗的放大器的、如图 1(b)所示的耦合器如何达到灵活性。当信道数目增加时，增益必须增加，且加到加上的信道的和加到“通过的”业务的噪声增加。

总之:

图 1(a)不提供灵活性;

图 1(b)引入高的损耗，所以需要较高功率的、可调谐激光源;

图 1(c)像图 1(a)一样，不提供灵活性。它也需要具有低串扰的开关。

图 1(d)具有与图 1(b)相同的问题;

图 1(e)提供灵活性，但需要 n×n 开关，这不是广泛地可提供的，以及即使在只加上一个信道时它也是必须提供的。

图 1(f)具有克服损耗的放大器，但它把放大的自发性放射引入到“通过的”信道的路径，因此牺牲系统的性能。

本发明寻求提供灵活性、增强源、和抑制 ASE 噪声。

提出通过使用波导或光纤耦合器、放大器、和可切换的多波段滤

光器来加上波长信道，如图 2 所示。业务被耦合到单模光纤。它连同所有其他的信道一起被放大。因为在放大器中的放大的自发性放射，噪声被加上。可切换的滤光器被装备来只传送通过要被加上的波长信道。可切换的滤光元件被设置成在不加上的信道的波段上具有高的损耗。滤光器然后衰减来自放大器的宽带的放大的自发性放射。这减小加到“通过的”业务信道的噪声。

数字建模表明，当业务需要传送通过在环路上的几个 OADM 节点时，对于 2 1/2 和 10Gbit/s，ASE 的衰减成为重要的。传送通过几个（比如说 8 个）OADM 节点的业务的 OSNR（光信号对噪声比），通过使用可切换的多波段带阻滤光器，可以改进几个 dB。在加上的信道路径上放大器的使用使得加上的信道的数目能够增大到 32 和更大。需要可切换的滤光器衰减 ASE 从 10db 到 15dB。对于通过的信道的、约 3dB 的滤光器传输损耗是可行的。这个方法允许使用基于低功率可调谐激光器的发射机加上 32 个信道或更多。信道可以随业务建立而被加上，这样，设备可以按“随你增长而付费”原则- 或按“在需要时随增长而部分供应”原则，在需要时被加上和被计费。对于非常大的信道数目- 可以使用两级组合、放大和滤色，以便保持 ASE 在极限的范围内，允许以可接受的信号对噪声 OSNR 比传输通过几个节点。可切换的多波段滤光器可以以多种方式中的一种方式被实施：

（1）光纤布拉格光栅，每个信道一个光栅，每个光栅是通过温度或应变可调谐的。光纤光栅具有大约是波长信道间隔的一半的带宽，以及可被调谐来传送或阻挡业务。这些光纤滤光器被制造成如图 3 所示的、排列成串行结构。为了调谐 50GHz，允许业务被通过或被衰减，温度需要上升约 40℃。另外，也可以通过压电致动机构或通过磁致伸缩而加上应变。这种类型的滤光器的技术说明被包括在下面的表中：

可切换的阻塞器技术条件

| | 技术条件 | 注解 |
|---|---|---|
| 光技术条件 | | |
| 信道数目 | 32 | |
| 信道间隔频率 | 100GHz | |
| λ范围 | 1535.82-<br>1560.61nm | |

| | | |
|---|---|---|
| 切换时间 | <1s | |
| 切换范围，频率 | 50GHz | 约 0.4nm |
| 阻塞范围 | >15dB | 在通路状态下附加到插入损耗。在如规定的信道宽度上(27.5GHz) |
| 通路状态时插入损耗 | <3dB | 注意其他信道可以是通路或阻塞的容易组合。在如规定的信道宽度上 |
| 通路状态时色散 | 100ps/nm 最大值 | 在如规定的信道宽度上 |
| 带内平坦度（仅仅通路状态） | 0.5dB | 在如规定的信道宽度上 |
| 插入损耗均匀度 | <1dB | 在 32 个信道上 |
| 信道宽度 | >λ 0.11nm | 中心在 ITU 信道上〔总共>27.5GHz〕 |
| 机械技术条件 | | |
| 尺寸 | 180mm × 100mm × 25mm | |
| 电技术条件 | | |
| 功率消耗 | < 10W | |
| 环境条件 | | |
| 温度 | 0 到 70℃ | |
| 质量 | 相应的 Telecordia | |
| 可靠性 | MTBF>$10^5$小时 | |
| 振动 | 相应的 ETSI 和 NEBS | |

这个滤光器需要反射被重新电调谐。为了允许信道传送通过反射器，光栅必须被调谐成位于两个信道之间的波长频带内。这是对于把信道包装在特定的频带的限制。另外，它需要编程、校正和温度控制。

（2）滤光器包装可被放置在波长信道的路径上，如图 4 所示，致动机构从包装中取出滤光器，以便允许传送通过要被加上的波长信道，以及在其他的信道的频带中的 ASE 被衰减。这很难机械地安排，因此对于每个信道需要一个精确的固定的通带滤光器。

（3）替换地，如果使用如图 5 所示的、诸如铌酸锂或液晶或其他电光材料的活性光栅媒介质，可以使用衍射光栅，在需要时把它移出光束或把它关断。

（4）在如图 6 所示的组合器和放大器后，把信号引入到波长色散系统，诸如由 M. Smit 和 Dragoni 描述的阵列波导光学复接器或基于衍射光栅的光学复接器。例如，描述了在衍射分接器情形下的实施方案。光学业务在光学安排中被形成为入射到衍射光栅的平行光束。衍射的光束然后被成像为分开的信道，由反射元件被返回到可逆的漂色的光学媒介质。在光强度是高的场合下，即，当存在加上的信道时，媒介质漂色，并成为透明的，以及后面的镜面把这个波长反射到光学系统，它把光耦合回光纤，在其中光被环行器耦合到传输光纤。当不存在加上的信道时，该元件阻挡在该波长上的 ASE 噪声。

可漂色的媒介质的例子是掺有铒的 $P_2O_3$ 玻璃。铒可以在 $P_2O_3$ 玻璃中具有高的浓度。1mm 厚的板可以具有几 dB 的损耗。铒原子的辐射寿命约为 $10^{-2}$ 秒，所以，一旦发生漂色时，它并不失真 使得具有约略纳秒脉冲长度的数字调制的信号失真。替换地，在聚合物薄膜中适当的染料是用于这一目的的潜在媒介质，只要漂色生存期比起传送通过滤光器的业务的比特周期长很多。另外，可以使用半导体漂色媒介质，包括碲化镉，或碲化镉汞，或在用于双异晶结构层的磷化铟层之间的铟镓的砷磷化物复合包层。这里，吸收物是具有小于业务的光子能量的带隙的半导体以及中间层（包层）将具有更宽的带隙。用于本用途的特别喜爱的漂色材料是 InP/InGaAs/InP/InGaAs 的多层堆叠，其中砷化铟镓层被做成 0.02μm 厚，以及分隔开 InGaAs 层的 InP 层为 0.01 到 0.03μm 厚。在下面的表中给出材料技术说明。

| 层号 | 材料（包括牌号） | 组成技术条件（见下面） | 厚度(nm) | 量子阱重复 | 掺杂物类型和浓度 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | InP | | 1000 | | p =1e18 | 公差:<br>波长 +/-10nm<br>厚度+/-5%<br>掺杂+/-20%<br>失配 <+/-500ppm |
| 21 | GaInAs | | 20 | | NUD（标称未掺杂的） | |
| 4-20（偶数） | InP | | 15 | 8 | NUD | |
| 3-19（奇数） | GaInAs | | 20 | 8 | NUD | |
| 2 | InP | | 10 | | n =1e17 | |
| 1 | InP | | 2000 | | n =1e18 | |
| 基片 | InP | S.I和n+基片 | | | n =1e18 | |

ASE 的衰减可通过具有更多的 GaInAs 层而增加 – 模型中取 10 层，对于上述的反射几何形状，给出 15dB 的衰减。当功率增加到约 100w/cm$^2$ 时，GaInAs 层将漂色。如果每个信道成像为 8μm 直径的光点，则漂色功率将是约 50μw。对于 4μm 直径的光点大小，漂色功率将是约 12μw。

代替衍射光栅，可以使用阵列波导（AWG）光复接器。也可以有效地使用具有复接器和分接器级的传输结构。这样，不需要环行器，而得到较低的纯衰减（来自通过漂色层的单个通道），以及不需要反射器。

定义

ASE: 放大的自发性放射-来自光放大器的附加的噪声

AWG: 阵列波导-这是电路中的光波导，被设计用于光复接和分接，以及使用干涉得到色散波长分离

MUX: 复接器件-用来把几个信号信道组合成一个的器件

OSNR: 光信号对噪声比

信道：这被使用来表示来自单个激光器的调制的光的载波。激光器波长被选择为符合标准光栅内的特定的公差-例如，ITU 100GHz 或50GHz 标准光栅

波长：这被使用来包括特定的数值和在一个信道内波长范围

业务：通常是指由传输系统载送的数据和模拟信号

可漂色的滤光器：以低的衰减传送通过具有足以改变材料吸收的功率的光束的滤光器，以及大大地衰减较低的功率密度的光束。吸收的改变必须是可逆的，以及不是由实际的损坏引起的，诸如物理的烧穿孔。

参考文献

M.K.Smit: "New focusing and dispersive planar component based on an optical phased array(基于光学相控阵的新的聚焦的和色散的平面元件)", Electronics Letters, vol.24,No.7, pp.385-386, Mar. 1988.

A.R.Vellekoop and M.K.Smit: "Four-channel integrated-optic wavelength demultiplexer with weak polarization dependence(具有弱的极化依赖性的四信道集成光波长分接器)", Journal of Lightwave Techlogy,Vol.9,No.3,pp.310-314. Mar. 1991.

C.Dragone: "An N×N optical multiplexer using a planar arrangement of two star couplers(使用两个星形耦合器的平面装置的 N×N 光学复接器)",Photonics Technology Letter, Vol.3, No.9, pp.812-815, Sept.1991.

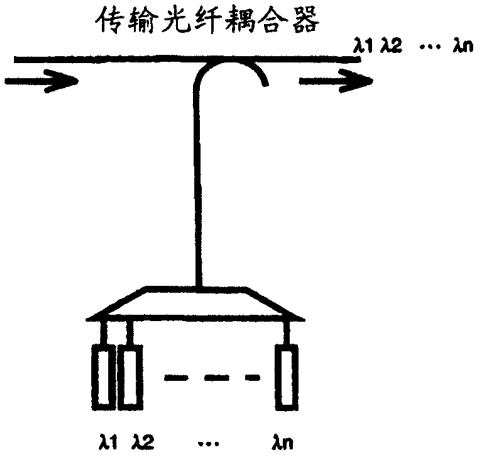



图 1(a)

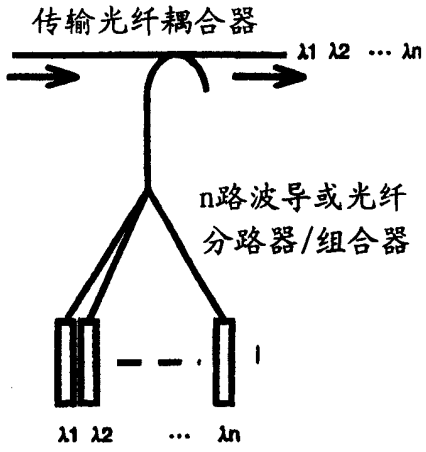



图 1(b)

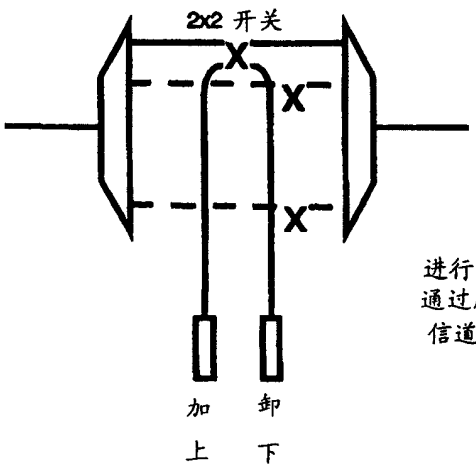



图 1(c)

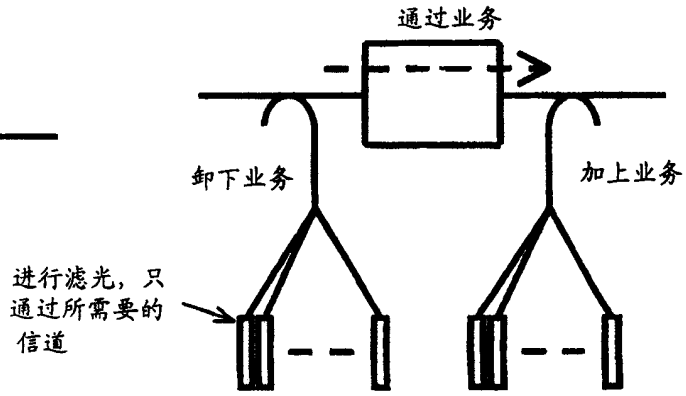



图 1(d)

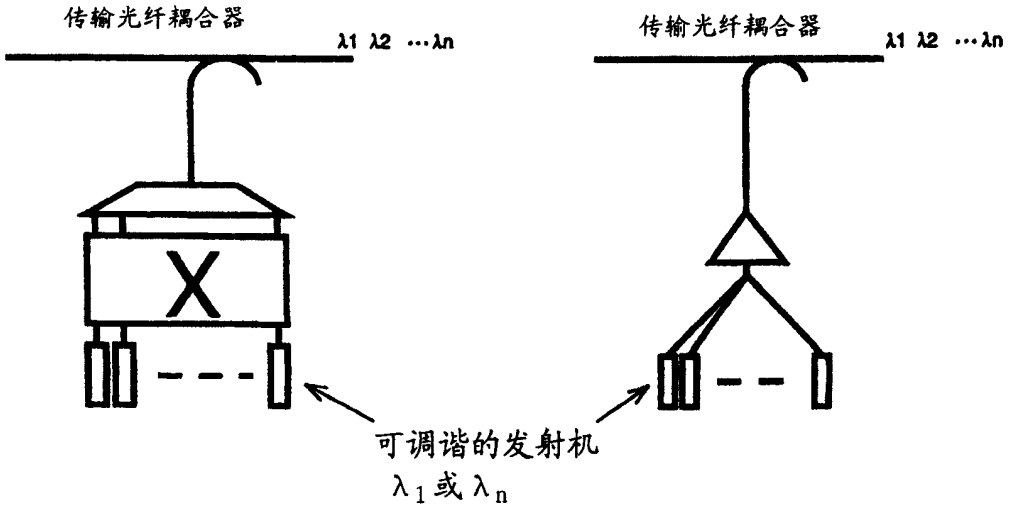

传输光纤耦合器
λ1 λ2 …λn
X
可调谐的发射机
λ1或λn
传输光纤耦合器
λ1 λ2 …λn

图 1(e)

图 1(f)

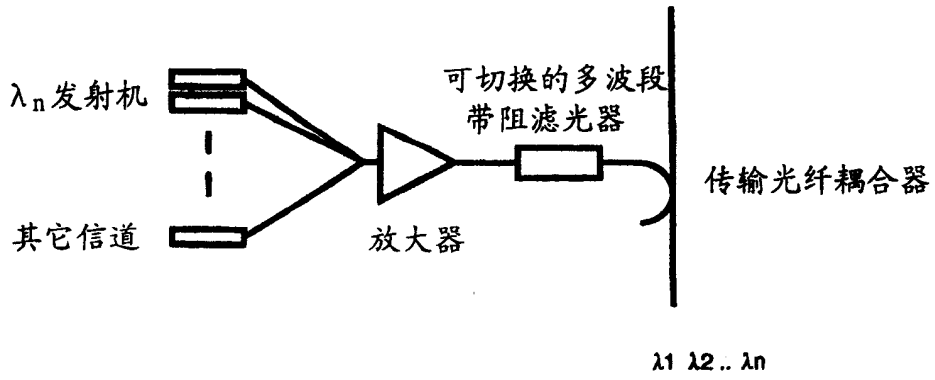

λn发射机
其它信道
放大器
可切换的多波段
带阻滤光器
传输光纤耦合器
λ1 λ2.. λn

图 2

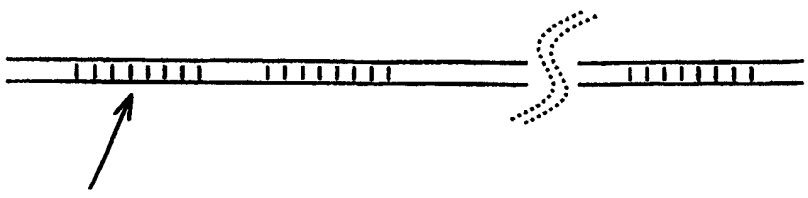


图 3

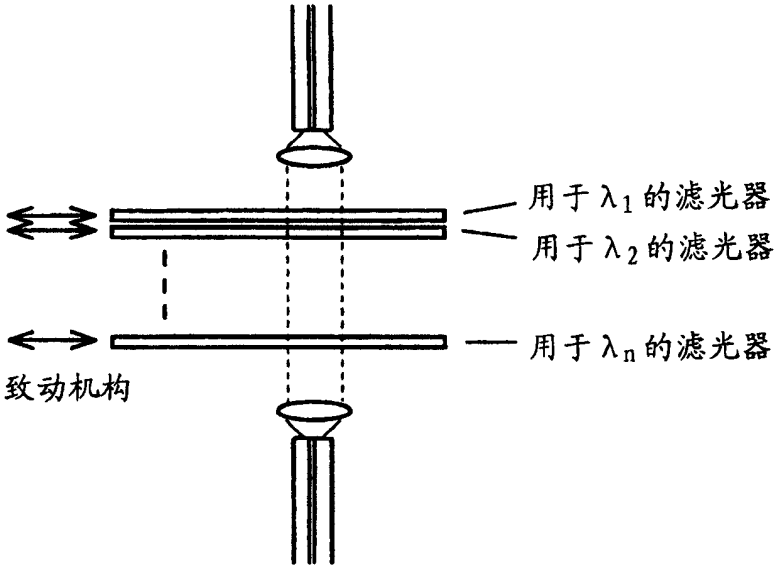



图 4

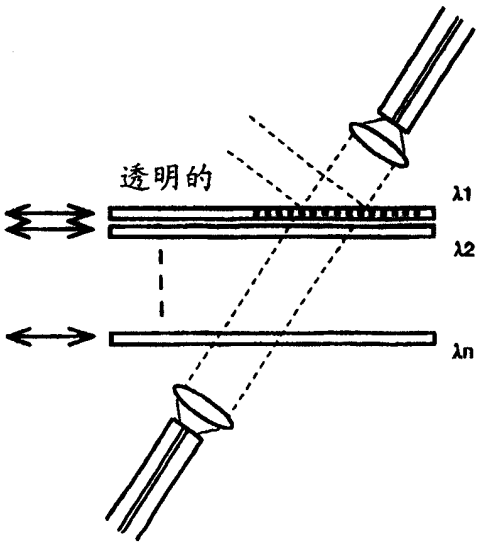



图 5

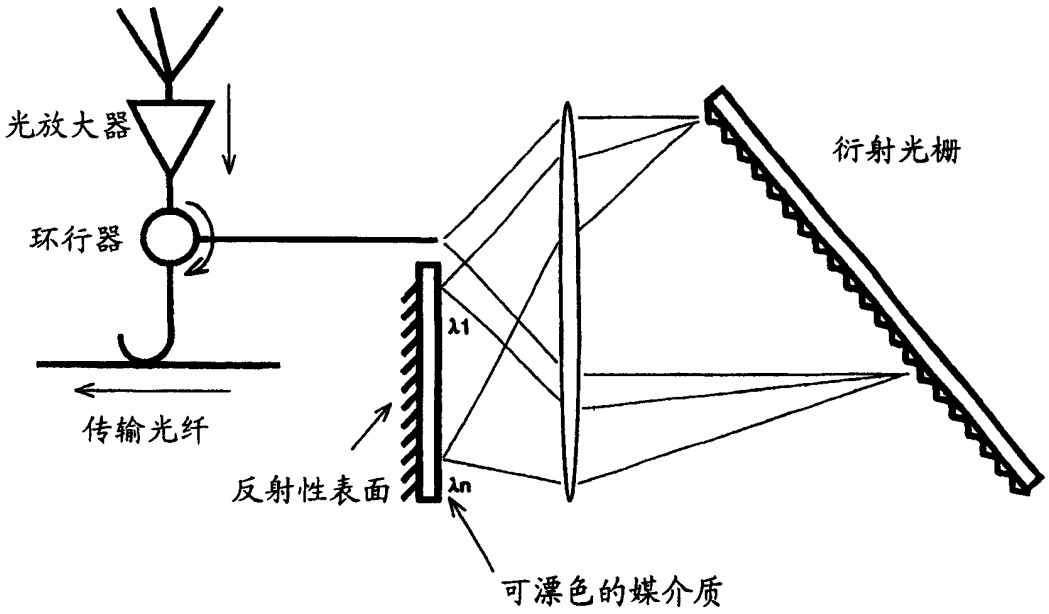



图 6