



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1993915 B

(45) 授权公告日 2010.10.06

(21) 申请号 02806703.7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2002.03.15

H04J 14/02 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2003.09.16

(56) 对比文件

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2002/008211 2002.03.15

US 20010024540 A1, 2001.09.27, 说明书第  
12段, 第163段—第212段、附图42—52.

(87) PCT申请的公布数据

W02002/075999 EN 2002.09.26

US 6288811 B1, 2001.09.11, 全文.

(73) 专利权人 福图瑞斯有限公司

US 6272154 B1, 2001.08.07, 全文.

地址 美国新泽西州

US 6081359 A, 2000.06.27, 全文.

(72) 发明人 托马斯·安德鲁·斯特拉瑟

US 6084694 A, 2000.07.04, 全文.

保罗·邦恩凡特 佩尔·班·汉森  
托本·N·尼尔森  
肯尼斯·R·罗伯茨  
杰斐逊·L·瓦格纳

WO 0075788 A1, 2000.12.14, 说明书第11页  
第29行—第13页第2行, 第21页第23—27  
行, 第23页第14—18行, 第43页第1行—第  
44页第40行、附图10, 11.

审查员 丰学民

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 7 页

责任公司 11219

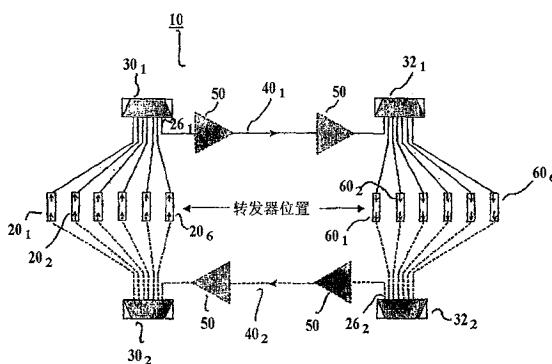
代理人 张天舒 谢丽娜

## (54) 发明名称

将多个光学传感器与一个波分多路复用光交  
换器互连的方法和装置

## (57) 摘要

在包括多个通过通信链路互连的节点的 WDM 光学通信系统中, 提供了一种节点, 其包括第一多个转发器, 其中每个都以与其它转发器不同的通道波长产生和 / 或接收信息承载的光学信号。可包括一个或更多可重新配置的光交换器的光学耦合结构在连接到节点的链路与第一多个转发器之间传送通道波长。该构适用于重新配置其工作状态, 以通过任意其它通道波长所穿越的节点来有选择地将不同的通道波长从链路引导到不同的转发器, 而无需扰乱光学路径。提供了一种通信和配置结构, 其将识别转发器工作的各自通道波长的数据从转发器传送到光学耦合结构。作为对传送的数据的响应, 通信和配置排列重新配置光学耦合结构的工作状态。



1. 一种用于 WDM 光学通信系统中的一种节点, 所述 WDM 光学通信系统包括由通信链路互连的多个节点, 所述节点包括:

第一多个转发器, 每个转发器都以与另一个转发器不同的通道波长来产生和 / 或接收信息承载的光学信号;

一光学耦合结构, 用于在连接到所述节点的链路与所述第一多个转发器之间传送所述通道波长, 所述结构适用于重新配置其工作状态, 从而通过由任意其它通道波长所穿越的所述节点, 有选择地将不同的所述通道波长从所述链路引导到不同的所述转发器, 而不扰乱光学路径, 其中所述光学耦合结构包括: 一个可调耦合结构, 用于有选择地将不同的通道波长从所述链路传送到所述第一多个转发器; 和一个无源耦合结构, 用于将所述通道波长从转发器引导到所述链路; 和

一通信和配置结构, 用于将识别所述转发器工作的各自通道波长的数据从所述转发器传送到所述光学耦合结构, 并且重新配置所述光学耦合结构的工作状态, 作为对所传送的数据的响应。

2. 根据权利要求 1 所述的节点, 其中第一多个转发器分别包括多个接收器, 用于接收所述信息承载光学信号, 进一步地, 其中所述通信和配置结构重新配置将所述通道波长从所述链路传送到所述第一多个转发器的所述光学耦合结构的至少一部分的所述工作状态, 以使所述转发器能够以它们分别工作的通道波长来接收光学信号。

3. 根据权利要求 1 所述的节点, 其中所述的每个转发器都包括一个包括识别所述转发器工作的各自通道波长的数据的识别元件, 所述光学耦合结构具有接收元件, 用于获取包含在所述识别元件中的数据。

4. 根据权利要求 1 所述的节点, 其中所述光学耦合结构包括一个具有至少三个端口的可重新配置的光交换器, 所述可重新配置的光交换器适用于对其工作状态进行重新配置, 以在任意端口接收所述第一多个转发器所进行工作的任意通道波长, 并且将所述通道波长引导到所述光交换器的任意其它端口。

5. 根据权利要求 1 所述的节点, 其中所述光学耦合结构包括一个具有至少三个端口的可重新配置的光交换器, 所述可重新配置的光交换器适用于对其工作状态进行重新配置, 以在多个端口接收所述第一多个转发器进行工作的任意通道波长, 并且将所述通道波长引导到所述光交换器的任意剩余的端口。

6. 根据权利要求 1 所述的节点, 其进一步包括第二多个转发器, 在所述第一多个转发器中的一个或更多的转发器出现故障的情况下, 用作为备用转发器。

## 将多个光学传感器与一个波分多路复用光交换器互连的方法和装置

[0001] 本申请要求于 2001 年 3 月 16 日提交、题为“Reconfigurable Optical System(可重配置光系统)”的美国临时专利申请 60/276,310 的优先权益。

### 技术领域

[0002] 本发明总的来说涉及波分多路复用光学转换通信系统，具体地说涉及包括可重配置的光交换器 (optical switch) 的波分多路复用光学通信系统。

### 背景技术

[0003] 波分多路复用 (WDM) 已经被开发为一种用于增加光纤光网络容量以支持数据和电话业务应用的快速发展的方法。WDM 系统使用多个光学信号通道，每个通道都分配有一个特定的通道波长。在 WDM 系统中，信号通道是在一个单独的波导上产生、多路复用和传送的，并被多路分解，从而单独地把每一个通道波长发送到指定的接收器。通过使用诸如掺杂光纤 (doped fiber) 放大器的光学放大器，可以同时直接放大多个光学通道，从而有助于在长距离光学系统中使用 WDM 系统。

[0004] 典型地，建议的波长分割多路光学通信系统包括多路复用和多路分解交换元件，其只允许在光学系统中使用固定数量的光学通道。在一个光学系统配置中，例如，通过使用集成频率路由多路分解器将多路复用信号分解为构成它的光学信号。频率路由器使用硅光学装置 (silicon optical bench) 技术，其中在硅的衬底上分布有多个磷掺杂二氧化硅波导管。光学星形输出到具有相差  $q$  个波长的相邻光学距离的  $N$  个波导的阵列；这个阵列依次输送一个输出  $N*N$  星形。在“Alexander et al., J. Lightwave Tech., Vol. 11, No. 5/6, May/June 1993, p. 714”中描述了这样的光学通信系统的频率路由器设计。通过在输入端使用  $1*N$  的配置，包含不同频率光的多路复用光学信号可以在从输出  $N*N$  星形扩展的每个波导中分解成它的组成频率。虽然这个配置充分地分解了不同频率的光，但是集成光学设计固定了光通道的数量和相应的波长。此外，每个波长都具有与路由元件的特定输入和输出端口对之间的固定关系。

[0005] 上述交换元件的使用和可用性由于通道的数量变得有点问题，因此输入和输出端口的数量需要增加，以支持在任何地方都具有 256 以至上千个通道的未来 DWDM 网络。由于每个端口都分配有一个唯一且不能改变的波长，所以本领域技术人员必须确保工作在合适波长的合适传送器连接到交换元件的合适端口。典型地，手工地将这些连接提供给交换元件的前板 (front bay)。假定使用了固定波长的传送器，可以要求技术人员安装上千个不同的传送器以使每个传送器都恰当的连接到其相应的端口。因此，这个安装步骤可能是十分耗时而且易于出错的，而且要求由熟练技术人员来进行。

[0006] 理想地，将使用所谓的“即插即用”方法，其中技术人员将一系列传送器中的任意一个连接到交换元件端口中的任意一个，从而使接受过最少培训的技术人员也能够快速并且几乎无误差地完成。

## 发明内容

[0007] 在包括由通信链路互连的多个节点的 WDM 光学通信系统中,本发明提出了一种节点,其包括第一多个转发器,每个转发器都以不同于另一个转发器的通道波长产生和 / 或接收信息承载 (information-bearing) 光学信号。光学耦合结构 (optical coupling arrangement) 在连接到所述节点的链路与第一多个转发器之间传送通道波长。该结构适用于重新配置其工作状态,从而通过由其它任何通道波长所穿越的节点,有选择地、不扰乱光学路径地把不同的通道波长从所述链路引导到不同的转发器。提供了通信和配置结构,其可以将识别转发器各自工作的通道波长的数据从转发器传送到光学耦合结构。

[0008] 根据本发明的一个方面,第一多个转发器分别包括接收信息承载光学信号的多个接收器。通信和配置结构将把通道波长从链路传送到第一多个转发器的光学耦合结构的至少一部分的工作状态进行重新配置,以使转发器能够以它们分别工作的通道波长接收光学信号。

[0009] 根据本发明的另一个方面,每个转发器都包括一个包含识别转发器各自工作的波长的数据的识别元件。此外,光学耦合结构具有一个接收元件,用于获取包含在识别元件中的数据。

[0010] 根据本发明的另一个方面,光学耦合结构包括一个可调的耦合结构,用于有选择地将不同的通道波长从链路传送到第一多个转发器。光学耦合结构还包括一个无源耦合结构,用于将通道波长从转发器引导到链路。

[0011] 根据本发明的另一个方面,光学耦合结构包括一个具有至少三个端口的可重新配置的光学交换器。可重新配置的光学交换器适用于对其工作状态进行重新配置,以在任意端口接收第一多个转发器工作的任意通道波长,并且将通道波长引导到光学交换器的任意其它端口。

[0012] 根据本发明的另一个方面,光学耦合结构包括一个具有至少三个端口的可重新配置的光交换器。可重新配置的光交换器适用于对其工作状态进行重新配置,以在多个端口接收第一多个传送器工作的任意通道波长,并且将通道波长引导到光交换器的任意剩余端口。

[0013] 根据本发明的另一方面,提出了第二多个转发器,在第一多个转发器中的一个或更多个转发器故障的情况下,其被用作备用转发器。

[0014] 根据本发明的另一个方面,光学耦合结构包括至少每个都具有至少三个端口的两个可重新配置的光交换器。第一个可重新配置的光交换器适用于对其工作状态进行重新配置,以中止通道波长向第一多个转发器的传送,并且从第二多个转发器接收通道波长。第二个可重新配置的光交换器适用于对其工作状态进行重新配置,以中止通道波长向第二多个转发器的传送,并且从第一多个转发器接收通道波长。

[0015] 根据本发明的另一个方面,第一和第二多个转发器都排列在包括来自第一和第二多个转发器中的每个的转发器对中。每个转发器对中的转发器都可以位于与另一个电连接着的相邻位置 (adjacent slot) 中,用于在它们之间传送电子数据信号。

[0016] 根据本发明的另一个方面,光学耦合结构包括至少四个可重新配置的光交换器。每个转发器对中的第一转发器分别发送并接收通道波长到第一和第二可重新配置光交換

器。每个转发器对中的第二转发器分别发送并接收通道波长到第三和第四可重新配置光交换器。

[0017] 根据本发明的另一个方面，光学耦合结构包括至少两个无源耦合结构和每个都具有多个端口的两个可重新配置光交换器。每个转发器对中的第一转发器发送并接收来自第一无源耦合结构及其相关的第一光交换器的通道波长。每个转发器对中的第二转发器发送并接收来自第二无源耦合结构及其相关的第二光交换器的通道波长。

[0018] 根据本发明的另一个方面，提出了一种方法，用于把通道波长分配到光交换器的多个端口。该方法从接收光交换器的多个端口中的多个发送器开始。发送器以与另一个发送器不同的波长工作。从识别一个或更多发送器操作特性的发送器中获取数据，该特性包括发送器各自工作的不同波长。基于从发送器获取的数据配置光交换器，使得多个端口分配到分别与在多个端口中接收到的发送器的不同波长相对应的通道波长。

[0019] 根据本发明的另一个方面，数据可以由技术人员手工输入或者直接从发送器中读取。

[0020] 根据本发明的另一个方面，在多个转发器位置中接收多个发送器，其中每个都与预设的一个光转换器端口进行光通信。多个转发器位置可以通过光学底板与光交换器进行光耦合。

[0021] 根据本发明的另一个方面，提出了一种方法，用于在具有多个节点的光学传送系统中自动提供服务，其中至少一个节点包括至少一个光交换器。该方法从识别耦合到光交换器的给定端口开始，并且其与提供的服务相关联。配置该光交换器，使得给定的端口分配到至少部分地基于对转发器的识别的通道波长。

[0022] 根据本发明的另一个方面，提出了第一保护方案 (protectionscheme)，用于提供服务。在某些情况下，可以选择地将第一保护方案转换到第二保护方案，用于提供服务。

[0023] 根据本发明的另一个方面，从由专用保护方案、共享保护方案、双归路径 (homing path) 保护、双环交互工作结构和 1:N 保护方案组成的组中选取第一保护方案。

## 附图说明

[0024] 图 1 是根据本发明的波分多路复用光学通信系统的示意表示图；

[0025] 图 2 是根据本发明的示例转发器的示意表示图；

[0026] 图 3 示出了可在本发明中使用的示例的可重新配置的光交换器；

[0027] 图 4 示出了在缺省情况下提供保护服务的示例的网络节点；

[0028] 图 5 示出了在缺省情况下提供附加保护度服务的另一个网络节点；

[0029] 图 6 示出了类似于图 5 中网络节点的网络节点，其中一个光交换器被无源耦合器所替代。

[0030] 图 7 示出了类似于图 6 中网络节点的网络节点，其中另一个光交换器被分流器所替代，其后跟随着可调带通滤波器。

[0031] 图 8 示出了又一个网络节点配置。

## 具体实施方式

[0032] 根据本发明，提出了一种 WDM 光学传送系统，其使用了可重新配置的交换元件，该

元件能够动态地改变在输入和输出端口的任意对之间发送的通道波长。通过使用这样的交换元件，本发明提出了一种“即插即用”结构，其中任意传送器都连接到交换元件的任意输入端口，在这之后，交换元件被重新配置，将它的输入端口分配给分别连接到那些端口的传送器的工作波长，这样将允许通过交换元件发送波长。

[0033] 近来，提供一定程度的可重配置的交换部件已经可获得。这些可重配置光部件可以根据需要动态地改变给定波长沿着其进行路由的通路来，从而有效地重构网络的拓扑结构来适应所要求的改变，或者恢复关于网络失效的服务。可重配置光部件的例子包括光增加 / 撤出 (add/drop) 多路复用器 (OADM) 和光交叉连接 (OXC)。使用 OADM 来从 WDM 信号中分离和撤出一个或多个波长成分，WDM 信号随后被引导到不同的通路上。在一些情况下，撤出的波长被引导到公共光纤通路，而在其他的情况下，每一个撤出的波长被引导到它自己的光纤通路。与 OADM 相比 OXC 更加灵活，其可以在任何实际的配置中重新分配多个 WDM 输入信号的成分到任何数目的输出端口中。不幸的是，目前的 OXC 通常在它们的核中采用数字交叉连接，因此要求进入交叉连接和从交叉连接出来的光 - 电接口。这种配置带来多种限制，包括：相对高的插入损耗，因为光信号必须穿过三个离散的部件。此外，所述部件相对昂贵，然而仍然没有提供可以端口的在任何两个子集之间传送光的完全的灵活性。最后，因为它们的高的损耗以及需要提供等功率的信道，这种 OXC 通常至少在他们的输出侧（在很多情况下还在它们的输入侧）采用光电再生器。虽然这些再生器克服了插入损耗的问题，并且有效地允许在信号穿过交换光纤时对信号进行波转换，它们实质上增加本来已经昂贵的交换光纤的成本，因为对于在网络中使用的每一个波长，要求一个再生器。

[0034] 更加灵活的仍然是全光可重配置交换器，其具有比前述的 OXC 低得多的插入损耗，且不太昂贵。各种全光可重配置光交换器的例子在美国专利申请 09/517,833 中公开，在此通过引用的方式将该专利申请结合进来，尤其是引用了该文献的图 2-4 部分。在其中公开的交换器部件能够有选择地将来自任何输入端口的任何波长分量引导到任何输出端口，而与其它波长的路由无关，不需要进行任何电 - 光转换。其它提供附加功能的全光可重配置光交换器在美国专利申请 09/691,812 中公开，在此通过应用其全文结合进来。该文献公开了一种光交换器，其中，每个波长分量可以被从任何给定端口引导到任何其它端口，而没有什么限制。特别地，与大多数光交换器不同，这种交换器并不限于在输入端口的子集和输出端口的子集之间提供连接，或反之亦然。事实上，这种交换器还可以在相同的子集（输入或输出）的两个端口之间提供连接。虽然本发明可以采用上述任何的可重配置的光交换器，在美国专利申请 09/691,812 中公开的光交换器将作为示例可重配置光交换器，因此，将在下面对该交换器的附加的细节进行介绍。

[0035] 现在详细地参看附图，其中相似的数字指示相同或类似的元素，图 1 示意性地描述了根据本发明的一个实施例的双向波长分割多路复用 (WDM) 光学通信系统 10。光学通信系统 10 包括用于在相反方向上传送信息的光学传送路径 40<sub>1</sub> 和 40<sub>2</sub>，典型地被一起放置在公共节点中的第一对光交换器 30<sub>1</sub> 和 30<sub>2</sub>，也典型地被一起放置在公共节点中的第一对光交换器 32<sub>1</sub> 和 32<sub>2</sub>，以及多个光学转发器 20<sub>1</sub>-20<sub>6</sub> 和 60<sub>1</sub>-60<sub>6</sub>，例如分别分配给第一和第二光交换器 30 和 32 的发送器 / 接收器对。每一个光转发器在随发射器的不同而不同的光通道波长上发射和接收信息承载光信号。在此使用的“信息承载光信号”指的是具有已编码的信息的光信号，包括（但不限于）音频信号、视频信号和计算机数据。本发明的 WDM 光通信系统

包括 N 个信道,其中,N 为大于或等于 2 的整数。示例的 N 值为 4,8 和 16 个光信道。在图 1 的光系统中,为了便于说明,N 为 6。

[0036] 在开始时应当注意,本发明并不限于如图 1 所示的 WDM 系统,其具有由末端或者被光纤的一段或多段彼此分离开的节点组成的点对点配置。例如,在大城市中,目前正在开发具有环或环路配置的 WDM 系统。此类系统通常包括沿着环分布的多个节点。通常,用光连接器将与每一个节点相关的至少一个光增加 / 撤出元件连接到环上。光增加 / 撤出元件允许向和从所述环增加和抽取出信道。称为集线器 (hub) 或者中心局节点的一个节点通常具有多个相关的增加 / 撤出部件,用于沿着所述环向 / 从其它的节点发送和接收相应的多个信道。当然,本发明可以等价地应用到除了诸如网状构形的环之外的其它网络拓扑结构。

[0037] 图 2 示出了可用作图 1 中的光学转发器 20<sub>1</sub>-20<sub>8</sub> 和 60<sub>1</sub>-60<sub>8</sub> 示例的转发器 200。转发器 200 包括发送器 250 和接收器 240。典型地,接收器 240 通常检测光学信号并通过使用光电二极管器件将其转换成电信号。发送器 250 通常包括诸如 DFB 半导体激光器的激光器 220、激光控制器 210 和用于创建信息承载的光学信号的调制器 230。在示例的实施例中,发送器激光器 220 是一个 DFB 半导体二极管激光器,通常包括一个或更多的 III-V 半导体材料,其在商业上可从多个供应商处获得。激光器以分配给其通道的特定波长输出光学载波信号。激光控制器 210 提供所需的激光偏流和激光器 220 的热控制。通过使用热控制,可以维持对激光波长的精确操作,典型地,可以控制在 1 埃或更小的带宽之内。

[0038] 典型地,光学发送器 250 包括用于向光学载波信号传递信息的调制器 230。示例的调制器是一个外部调制器,诸如 Mach-Zehnder 调制器,该调制器使用折射率根据所施加电场改变的波导媒介,也即显示出电光效应的材料。在 Mach-Zehnder 配置中,提供了两个光学干涉仪路径。进入的光学载波信号在两个光学路径之间被分离。干涉仪的至少一个路径是相位调制的。当信号在输出端被重新组合时,来自这些路径的光根据在载波传输期间施加在周围电极上的电场来构造性或解构性地进行干涉。这个重新组合创建了一个放大调制输出光学信号。可替换地,对于某些系统应用,可以直接地被调制光学载波信号。注意到,虽然上述的发送器是示例的,但是任何能够产生用于光学通信系统的光学信号的发送元件都可以在本发明的 WDM 系统中使用。

[0039] 典型地,将光学发送器发射的波长选择在 1500 纳米的范围内,在这个范围内,基于二氧化硅的光纤将发生最小信号衰减。更特别地,将光学发送器发射的波长选择在从 1530 到 1560 纳米 (nm) 的范围内。但是,在本发明的 WDM 系统中也可以使用诸如在 1300-1500nm 范围和 1600nm 范围的其它波长。光学发送器可以以单一的固定波长工作或者可以可调地以预设波长范围内的任意波长工作。

[0040] 由光学发送器产生的每个信息承载的光学信号都在光学系统 10 中构成了通道。在 WDM 系统中,每个通道通常都与一个唯一的波长相关联。如图 1 中所述,提供了六个光学转发器 20<sub>1</sub>-20<sub>6</sub> 用来沿着传送路径 40<sub>1</sub> 创建六通道波分多路复用光学通信系统,并且提供了六个光学转发器 60<sub>1</sub>-60<sub>6</sub> 用来沿着传送路径 40<sub>2</sub> 创建六通道波分多路复用光学通信系统。位于转发器 20<sub>1</sub>-20<sub>6</sub> 内的光学发送器分别以  $\lambda_1$ - $\lambda_6$  的通道波长工作。这些光学信号通道从转发器 20<sub>1</sub>-20<sub>6</sub> 输出,并一起进入光交换器 30<sub>1</sub>,从而通过输出端口 26<sub>1</sub> 以多路复用光学信号的形式传送到光学波导 40<sub>1</sub>。光交换器 30<sub>1</sub> 具有六个输入端口,这六个输入端口通过光学波导管 22<sub>1</sub>-22<sub>6</sub> 光学耦合到六个转发器 20<sub>1</sub>-20<sub>6</sub>。类似地,位于转发器 60<sub>1</sub>-60<sub>6</sub> 之内的光学发送器

也分别以  $\lambda_1-\lambda_6$  的通道波长工作。这些光学信号通道从转发器 60<sub>1</sub>-60<sub>6</sub> 输出，并一起进入光交换器 32<sub>2</sub>，从而通过输出端口 26<sub>2</sub> 以多路复用光学信号的形式传送到光学波导 40<sub>2</sub>。典型地，光学传输路径 40<sub>1</sub> 是一个光学波导管并且是用于光学通信系统的主要传输媒介。虽然通常是从单模光学中选取光学波导，但是任何能够传送多光学波长的光学波导媒介都可以在光学系统 10 中使用作为波导 40<sub>1</sub>。与光交换器 30<sub>1</sub> 类似，光交换器 30<sub>2</sub> 也提供沿着光学传输路径 40<sub>2</sub> 的多路光学信号。多路光学信号沿着波导 40<sub>1</sub> 和 40<sub>2</sub> 被传送和放大之后，每个通道都必须被分解并且被发送到位于指定用于特定光学信号通道的光学转发器中的接收器。

[0041] 可选地，将一个或多个光放大器 50 沿着光传输通路 401 和 402 插入。可以从任何设备中选择光放大器 50，所述设备直接地增加多个光信号的强度，而不需要进行光 - 电转换。总之，光放大器 50 是从掺杂有在波导管中能够产生激光作用的材料的光波导管中选择出的。这种材料包括稀土掺杂物，如铒、钕、镨、镱、或者这些材料的混合物。在特定的泵波长 (specific pump wavelength) 泵入 (pumping) 掺杂的波导管导致在掺杂物的电能级中粒子数反转，产生波分多路复用光信号中的光信号放大。对于采用铒作为掺杂物的掺杂光纤放大器，当泵入掺杂的光纤时，在大约 1500 纳米和大约 1630 纳米之间的波段提供增益给光信号。

[0042] 如前所述，在常规 WDM 光学通信系统中，光交换器 30<sub>1</sub>-30<sub>2</sub> 和 32<sub>1</sub>-32<sub>2</sub> 通常都是基于多路复用器和多路分解器的，多路复用器和多路分解器都是固定的波长相关的元件，其中给定的波长必须被预分配给特定的输入 / 输出端口对。作为结果，每个端口都必须连接到结合了工作在与该端口相关联波长的发送器的不同转发器。由于 DWDM 系统是通过不断增长的数量的通道实现的，所以发送器的安装成为一个不断增加复杂程度的任务，既耗时又易于出错。但是，在本发明中，通过使用灵活的光交换器代替固定波长的相关交换元件，简化了这个任务。这样的光交换器是可重新配置的元件，能够动态地改变分配给其输入和输出端口的通道波长。

[0043] 如前所述，为了说明，结合在美国专利申请 09/691,812 中公开的可重配置光交换器来描述本发明，这在图 3 中示出。当然，本领域普通技术人员将认识到，本发明可以等价地应用到采用任何可重配置光交换器的通信系统中，其中，可以独立于其它波长的路由，将在任何输入端口上接收到的任何波长分量有选择地引导到任何输出端口。在图 5 中，光交换器 300 包括：光透明基底 308，多个电介质薄膜滤波器 301, 302, 303 和 304，多个校准透镜对 321, 322, 323 和 324，多个可倾斜反射镜 315, 316, 317, 和 318 以及多个输出端口 3401, 3402, ..., 340n。第一滤波器阵列由薄膜滤波器 301 和 303 组成，而第二滤波器阵列由薄膜滤波器 302 和 304 组成。校准透镜对 321-324 以及可倾斜反射镜 315-318 中的各对与薄膜滤波器的每一个相关。每一个薄膜滤波器，以及它的相关的校准透镜对和可倾斜反射镜有效地形成了窄波段，自由空间交换器，即沿着不同的通路路由各个波长分量的交换器。可倾斜反射镜是诸如 MEMS (微电子机械系统) 反射镜的微反射镜。另外，可以采用其它的机制来控制反射镜的位置，例如采用压电驱动器。

[0044] 在工作中，在工作中，由不同的波长  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  组成的 WDM 光信号被从光输入端口 340 引导到校准透镜 314。WDM 信号穿过基底 308，并且被薄膜滤波器 301 接收。根据薄膜滤波器 301 的特性，带有波长为  $\lambda_1$  的光成分通过薄膜滤波器 301，而其它的波长分量被反射并且经基底 308 被引导到薄膜滤波器 302。通过薄膜滤波器 301 传送的波长分

量  $\lambda_1$  被校准透镜 321 会聚到可倾斜反射镜 315 上。可倾斜反射镜 315 被如此安装,使得波长分量  $\lambda_1$  被经薄膜滤波器 302-304 从反射镜反射到输出端口 340<sub>1</sub>-340<sub>n</sub> 中的选择的一个,薄膜滤波器都反射波长成分  $\lambda_1$ 。被选择来接收波长分量的特定输出端口将确定反射镜 315 的特定朝向。

[0045] 如上所述,余下的波长分量  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , 和  $\lambda_4$  经透镜 321 被薄膜滤波器 301 反射到基底 308 中,并且被引导到薄膜滤波器 302。波长分量  $\lambda_2$  被经薄膜滤波器 302 和透镜 322 传送,并且被可倾斜反射镜 316 经薄膜滤波器 303-304 引导到选择的输出端口,薄膜滤波器 303-304 都反射波长分量  $\lambda_2$ 。类似地,所有其它的波长分量被薄膜滤波器 303-304 依次分离开,并且被可倾斜反射镜 317-318 引导到选择的输出端口。利用适当驱动可倾斜反射镜,每一个波长分量可以被引导到独立于所有其它的波长分量而选择的输出端口。

[0046] 回过来看图 1,如果交换元件 30<sub>1</sub>-30<sub>2</sub> 和 32<sub>1</sub>-32<sub>2</sub> 都是可重新配置的,那么当安装一组预先选择用于工作在转换器的不同通道波长的发送器或者转发器时,现场技术人员原则上可以将任意发送器或转发器连接到任意转换器输入端口。一旦进行了这样的连接,交换元件就可以在内进行重新配置,以使它们的输入端口对应于各自输入端口连接到的转发器的工作波长。也就是说,将交换元件配置成符合转发器的有序排列 (sequential arrangement),而不是要求转发器的有序排列符合交换元件的配置。这样,就可以得到“即插即用”的方法,其中技术人员可以将任意转发器连接到光交换器的任意输入端口。

[0047] 为了得到上述的在转发器与光交换器之间的即插即用互连性,转换器必须能够检测到转发器何时连接到其端口之一并且能够识别出合并到转发器中的发送器的工作波长(或者在可调发送器的情况中的波长)。为了提供这个功能,根据本发明,每个转发器都与识别器发送器的工作波长的存储模块相关联。结合到转发器中的存储模块可以是只读的 (ROM) 或者可改写的 (诸如 RAM) 存储器。例如,在本发明的某些实施例中,存储模块可以是存储位于转发器中的发送器的一个或多个工作波长的 EPROM。进一步,光交换器包括一个在由其端口之一接收 (receive) 转发器时读取存储模块的控制器。在本发明的某些实施例中,存储模块和控制器可以由其它的识别机械系统代替,或者甚至不用存储模块和控制器。例如,在某些情况下,技术人员可以简单地将诸如序列号或者模型号等的识别码手工输入到转换控制器中。

[0048] 不考虑转换器获取信息的机械系统,它需要正确地配置其输入端口,以使它们能够分配到与连接到那些端口的转发器相同的波长,转换器又提供这个信息给驻留在发送网络中的软件。这个软件可以驻留在工作在网络控制的最高级的网络管理单元中。当在转换器与网络中另一个节点之间提供新的服务时,软件可以将在传送路径上可用的波长与安装在转换器中的转发器的工作波长进行比较。如果匹配的话,软件就可以以合适的波长建立连接。由于是软件控制这个处理并且不依赖于技术人员的手工提供,所以不容易出错。此外,如果可用的波长和转发器的工作波长不匹配的话,网络软件可以发警报给技术人员或者网络操作中心,以使不匹配的转发器可以被一个工作在合适波长的合适转发器所代替。转发器可以由于许多不同的原因而不匹配,例如包括,因为其工作在错误的波长、传输率或者处于错误的传输格式。此外,安装在转换器上的发送器在安装过程中也可能由于硬件故障或者由于技术人员错误而导致不匹配。

[0049] 上述发明的用于安装转发器的即插即用排列不仅适用于图 1 所描述类型的 WDM 通

信息系统，也适用于根据提供不同的冗余度以确保在部件和传输路径故障的情况下维持服务的目的而使用更复杂转发器和转换器装置的通信系统。典型地，冗余是在这样的系统中为两种故障情况提供的。一种是通过在服务的两端都提供复制备用的转发器以保护转发器不出现故障，从而当第一转发器中的一个出现故障时仍能够发送信息。第二种是通过提供在其上能够在源和目标之间传送信号的不同的路径（光纤）以防止光纤切断，其中信号源可以来自两个转发器，或者在来自单一转发器的路径之间转换。实际上，转发器故障只会影响一种波长（服务），但是比影响光纤中所有波长的光纤切断故障发生得更为频繁。因此，既然在这些情况下的网络影响是不同的，用于这些选项的保护要求也将依赖光学层的服务类型以及是否在网络中的其它层保护这样的服务（即通过传输协议）而决定。从网络设备的观点来看，最可信赖的光学保护是使用通过不同路径同时发送到目标转发器对的转发器的源对。信号通过电底板在每个转发器之间发送，其中，根据沿工作路径的信号故障，转发器将把信号源改变到保护路径，由此确保故障后的通信。因为保护转发器能够一直插入到相邻位置中，发明的即插即用结构将有利地帮助实现这种类型的冗余，由于照这样通过最小化底板互连长度降低了高频电信号的退化，从而只需更不复杂（challenging）的底板设计。此外，这种即插即用结构可以在故障发生时被通信系统用于自动恢复服务，而无需手工重新配置。为了介绍本发明，将对下面的不同保护类型的描述在更可信的实现中进行说明，这个实现使用了冗余转发器，用来防止转发器故障和光纤切断。应该可以理解，如果只需要光纤切断保护而无需转发器保护的话，那么具有光转换路径的单独的转发器可以被使用在相同的集合结构中以减少成本。在下面的不同常规保护方案之后，将给出结合这种保护方案说明示例节点的图 4-5。

[0050] 可以在有关使用结合备用转发器的节点的网络中使用大量不同的众所周知的保护技术。例如，在环形网络中，可以使用专用的保护技术，其中相同信息承载的信号的两个复制品可以以相反的方向绕着环形发送。虽然两个信号都可以以相同或不同的波长发送，通常使用相同的波长会更加有效，因为这将会全面地利用环形在这个波长的性能，同时由于波长阻塞，从而不在其它波长的使用上做任何限制。虽然专用保护技术是非常值得信赖的并且是保护的快速响应形式，但是专用保护的缺点是由于备用信号很少会被使用到，因此使得它成为效率低而且因此较为昂贵的一种保护形式。因此，由于在任意同一时刻不可能有多于一个的在用服务通道发生故障，所以通常希望在许多在用的通道中共享一个备用通道路径。这种保护被称作共享保护，典型地，是通过将单独通道储备作为备用通道以保护在其它波长上传输不同路径的多路通道实现的。共享保护的缺点是，由于备用通道并没有在故障的同时发送信号，所以通常故障后的恢复会花费比专用保护更多的时间并且需要比专用保护更多的网络信令。因为共享保护需要备用发送器和合适的转换器用于激活，所以由于恢复步骤中的部件故障，它有更大的可能不能恢复服务。由于专用和共享保护方案提供了不同的优点和缺点，不同的顾客可以在二者中选择，因此如果可以难度最小地进行配置，服务提供商也可能理想地希望在相同网络中甚至从相同的转发器位置中提供这两种结构。

[0051] 诸如上述专用和共享保护方案的传统光学层保护方案使用多路转发器将光通过不同的路径发送到公共的目标，这基本上是无效的。尤其是因为“主要的”或“工作的”转发器出现故障是有些罕见的，因此“多余”或者“备用”转发器很少会被使用到。典型地，因为

网络操作者在给定节点具有多于一个的保护服务，并且多个转发器不可能在相同的时间出现故障，所以改变转发器的低使用率的一种方法是以很少数量的备用转发器来保护 N 个不同的转发器。例如，在图 1 中，转发器 20<sub>1</sub>–20<sub>6</sub> 的一个或更多可以作为剩余的转发器 20<sub>1</sub>–20<sub>6</sub> 的备用。这种排列可以被称为 1:N 保护，其中 N 个工作的转发器通过 1 个备用转发器得到保护。1:N 保护在更先进的光学网络中的一个问题是，通过波长发送网络的全部路径在转换到备用转发器的过程中都必须被重新配置，除非备用转发器可以与其替换的主转发器相同的波长发送。由于需要网宽 (network-wide) 通信和重新配置，从而在服务恢复中引起附加的延迟，所以不希望出现这样的路径的重新配置。此外，如果备用转发器不使用与故障转发器相同的波长，由于一个或更多附加的波长必须沿着所有可能的保护路径被储备，就会进一步地出现无效，由此不考虑否则可能用于产生服务的收入 (revenue) 的带宽。由于这些原因，将有利于以可调的单独备用转发器来保护工作在不同波长的 N 个转发器，从而当任何一个转发器故障时其输出能够发射与 N 个主要转发器中的任何一个相同的波长。

[0052] 因为转换器控制工作和保护转发器到发送系统的耦合，所以十分希望使用具有 1:N 保护方案的可重新配置转换器，这意味着转换器能够阻止保护转发器通过系统发送，直到保护状态被激活。当发生了这种情况时，转换器能够优选地只允许合适的波长耦合到发送系统中以替换故障转发器，可以以类似于原始转发器的插入损耗提供这个耦合。当发送器具有相同的输出功率时，该功能使得工作和保护转发器能够提供相似的光学传送性能，这意味着只能有一个转发器代码用于任一应用。从系统的观点来看，它也控制着由哪个转发器来接收给定的进入波长。这种结构把由于任意错误功率输出而出现的剩余转发器与参与提供保护的工作和 / 或保护转发器相隔离。最后，它也允许所有保护事件和行动被与到转发器故障的单独节点隔离，这将减少恢复服务所需的时间并简化需要用来提供恢复的控制软件。

[0053] 值得注意的是，如上所述的 1:N 保护方案只防止转发器故障而不防止光纤切断。。也就是说，如果所有的 N 个输出都在单一的光纤上传输而且光纤被切断了的话，那么所有的 N 个服务都将被中断。但是，应该注意到，转发器故障通常比光纤切断发生得更为频繁，因此对于许多应用来说，1:N 保护方案是合适的解决方案，甚至不需要为光纤切断储备带宽。如果希望具有 1:N 保护方案优点的同时又能够保护光线不被切断，就可以根据使用 1:N 转发器保护和共享保护来防止光纤切断的本发明，使用一种混合的保护方案。在这个实施例中，共享保护将通过在两个路径之间进行光学转换，从而以具有防止光纤切断的可调波长输出的单独转发器来实现。通过如上所述的常规 1:N 保护，使用不同的波长可调转发器，也可以防止转发器故障。这种保护形式消除了保护很少使用到的光纤路径的无效性，并且也消除了需要很多很少会使用到的备用转发器的无效性。这种方法的缺点是太复杂，配置所有转换器和可调转发器需要更长的保护转换时间，并且不能够防止共享一个单独保护转发器的多转发器故障。

[0054] 现在回过来结合不同的保护方案讨论示例发明的节点，图 4 示出了包括两组转发器 401 和 412 在内的一个节点。410 和 412 中的每组都包括一系列的工作在不同波长的转发器，这些波长对应于在传送系统中使用的不同通道波长。转发器 410 通过交换器 414 接收来自传送路径 400<sub>1</sub> 的信号波长，并通过交换器 416 发送传送路径 400<sub>2</sub> 上的信号波长，同时，转发器 412 通过交换器 416 接收来自传送路径 400<sub>2</sub> 的信号波长，并通过交换器 414 发送传

送路径 400<sub>1</sub> 上的信号波长。通过使用这两个转发器组 410 和 412，代替单独的一组转发器，可以提供冗余度从而例如如果在传送路径 400<sub>1</sub> 或 400<sub>2</sub> 的单独点出现光纤切断，也能确保服务维持。例如，在路径 400<sub>1</sub> 上的点 420 发生光纤切断，将使转发器 410 而非转发器 412 提供的服务中止。因此，在这种情况下，转发器 412 可以用于维持服务。但是在传送路径 400<sub>1</sub> 和 400<sub>2</sub> 中同时出现光纤切断的话，将使转发器组 410 和 412 提供的服务都中止。但是，图 4 所示的配置提供了相对较高的可靠性，因为不可能在传送路径的多个点上同时出现故障。但是，其它类型的故障将造成所有服务都被中断。例如，如果在交换器 414 和 416 中的任意一个中出现故障的话，转发器组 410 和 412 提供的服务都将被中止。

[0055] 图 5 示出了另一个节点配置，提供了与图 4 中所示配置相关的附加保护度。与使用了两个交换器 414 和 416 的图 4 中的节点相对比，图 5 中的节点使用了四个交换器 514、516、518 和 520。在这种配置中，即使交换器之一发生了故障也可以维持服务。如所示，转发器排列在位于相邻位置中的转发器对 522-527 中。每个对中的单一转发器可以作为另一个的备用以防故障。类似于图 4 中的配置，每个对中的转发器与不同的转换器进行通信。例如，在对 522 中，转发器 522<sub>1</sub> 分别通过交换器 514 和 516 进行接收和发送，而转发器 522<sub>2</sub> 分别通过交换器 520 和 518 接收和发送。由于每对中的这两个转发器在完全不同的交换器上发送和接收，而且因为故障交换器提供的服务可以由相邻位置中的另一个转发器提供，所以在一个交换器中出现故障并不需要中止服务。

[0056] 本发明提供了需要的灵活度，以快速和轻易地重新配置服务，从而支持多种不同的保护方案，诸如前述的专用、共享或 1:N 保护方案，或者诸如双环交互工作 (DRI) 的其它保护方案，该保护方案使用下面将结合图 8 讨论的撤出和继续特征来分开节点中的信号，使得它能够在互连到网络的多个位置上取出。例如，再次参看图 5，如果转发器 522<sub>2</sub> 是用作转发器 522<sub>1</sub> 的备用的话，那么网络软件可以提供用于专用或共享保护方案的转换器，消除技术人员手工重新配置网络的需要。此外，如果转发器 522<sub>2</sub> 结合可调的发送器的话，就可以给专用保护通道提供与服务中的通道相同的波长。当为不同保护方案而重新配置服务时，由于使用本发明的即插即用结构而出现的优点，类似于当使用本发明的结构在交换器中初始安装转发器时所获得的优点。但是，因为这样的服务安装步骤对于手工操作来说特别复杂，所以与具有不同保护方案的服务有关的使用是尤其有利的。此外，光学底板和灵活转换器的组合使得任意两个相邻的位置都能够在任意波长上发送，由此允许来自相同配置的多路保护方案，同时使安装中的光学互连的复杂度以及电底板的成本和复杂度最小化。

[0057] 图 5 中所示节点配置的一个缺点是，因为需要四个光交换器从而使得实现它相对地较为昂贵。在本发明的某些实施例中，可以通过替换一个或两个交换器 518 和 516 来节约成本，一个或两个交换器 518 和 516 用作增加转换器，用于以诸如图 5 中所示的耦合器的无源光学组合器的结构或者以用于更大端口数实现的 1\*N 星形耦合器，将波长增加到传送系统中。每个转发器可以连接到无源耦合器上，该无源耦合器又将波长耦合到一系列一个或更多附加无源耦合器，所述无源耦合器将生成的 WDM 信号耦合到传送系统中。例如，在图 6 中，图 5 的添加交换器被无源耦合器 618 的结构所代替。可以理解，图 6 仅仅是示出了一个单独的传送路径 600<sub>1</sub>，因此不能说明图 5 中示出的交换器 516 和 520 以及转发器对 522-527。除了可以减少成本之外，使用无源耦合结构的优点还在于它允许波长在每个节点只穿过一个单独波长选择元件，这将使得在波长穿越一系列当然不能显示出理想的方形滤

波效果的滤波器时出现带宽变窄的影响最小化。这种方法的缺点是，无源耦合器结构具有相对较大的插入损耗，该损耗与连接到该结构上的转发器的数量成比例。其它的缺点是，它在增加到传送系统时，不能够阻止错误波长进入传送系统或者不能够控制波长的衰减以使增加的通道功率与其它穿越节点的通道相均衡。因此，如果成本是主要因素并且还有额外的可用发送器功率的话，图 6 中示出的结构通常是合适的。

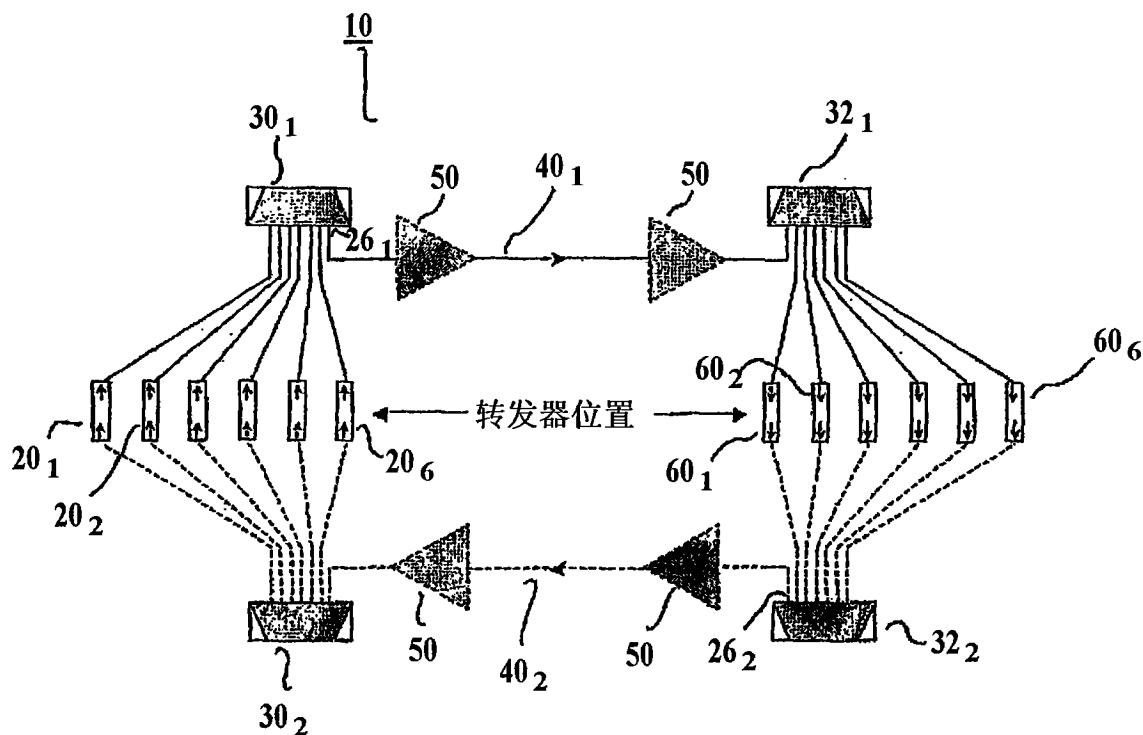
[0058] 虽然在图 6 中，图 5 中的增加交换器 518 被无源耦合器代替，图 7 示出了本发明的另一个实施例，其中图 5 中的撤出交换器 514 被无源分割器 714 所代替，无源分割器 714 后跟随可调带通滤波器 715，滤波器 715 中的每一个都将一个撤出的波长耦合到合适的转发器（图 7 中未示出）。这种全无源配置进一步减少了节点的成本，虽然它可能需要附加的光学放大器以调节由无源分割器造成的损耗。这种全无源配置的一种特性是，撤出通道中的所有功率事实上并没有被全部撤出。而是，由于没有进行滤波，所以撤出通道的一部分退出了节点但是继续沿着传送路径。当需要创建信号的多个复制品或者需要对信号进行广播时，这个特性将会十分有利。不幸的是，这个特性也会阻止波长的再次使用，因为剩余在传送路径上的撤出通道和位于相同波长的增加通道的部分将会上出现交叉串扰。但是，图 7 中所示配置的主要缺点是带宽无效，因此不够吸引人，除非可用波长的数量大于用在网络中的连接的全部数量。

[0059] 图 8 示出了能够进行图 7 中节点的撤出和继续功能的另一个节点，但是其同时允许再次使用波长。在这种配置中，沿每个传送路径使用了两个交换器。如所示，交换器 816 和 818 分别作为撤出和增加交换器（参见图 5 中转换器 514 和 518 的讨论）。先于交换器 816 的无源耦合器 820 将在传送路径 800<sub>1</sub> 上上传送的 WDM 信号在其进入节点时进行分割。无源耦合器 820 的一个输出耦合到光交换器 816，无源耦合器 820 的另一个输出耦合到交换器 818 的输入。因此，交换器 818 可以删除由交换器 816 撤出的任意波长，所述转换器 816 不是为多点传送而设计。发送多点传送的能力可以用在通信网络中，用来自单独转发器向多个位置进行广播，或者用来创建一个双归的 (dual-homing) 不同的路径，用于光学信号的网络保护。如较早前所讨论的，双环形交互工作是双归的一个例子，其中在两个环形之间的多种不同的路由出现在分离的节点对上。

[0060] 在诸如图 8 的光学网络内重新使用波长是改善整个网络效率的一个关键方法。因为存在为传输给定的波长提供帮助的有效网络成本，如果该波长用于环形或网络内的多路传输链路，波长的成本是共享的。如果波长将被再次使用的话，现有技术需要对撤出的波长进行滤波或者删除大约 99.9%。波长相关滤波最好在给相邻波长增加最小损耗的时候进行，所述相邻波长在 WDM 系统中仅以 1nm 或更小距离进行光学分离。该技术中，用在撤出路径中使用的波长滤波也不能够达到滤波要求的技术也可以使用附加的滤波，以获得在网络的其它点再次使用相同波长所需的水平。提供这个附加滤波的元件有时被称作净化滤波器或者阻塞滤波器。阻塞滤波器可以是一个不同的滤波器元件，也可以与撤出元件本身集成在一起。例如，在 Duck 等人的美国专利 5,920,411 中，示出了具有后者的配置的阻塞滤波器的一个例子。图 8 中的撤出和继续配置是阻塞转换器的一个特定的例子，其中无源耦合器不会阻塞将要撤出的波长，因此，第二交换器必须阻塞住撤出的波长并且增加波长到网络。

[0061] 本发明给出的另一种情况出现在转发器包括可调激光器的时候。在这种情况下，对由可调激光器在具有低常数损耗的网络数据流上产生的任意波长进行多路复用是很重

要的。在现有系统中，其通过具有通常每个都以单一波长提供低插入损耗的端口的多路复用器来完成。因此，可调激光器的灵活性受到多路复用器的限制，使得激光器只能够用于单一波长。一种克服这个问题的方法是，使用将所有波长以相同的插入损耗耦合的无源耦合器。当然，这种解决方法带来了更高插入损耗的代价。但是，因为可重新配置的转换器能够用作为低损耗的可重新配置的多路复用器，所以本发明提供了对于这个问题的另外一种解决方法。当在与可调激光器联合使用时，由激光器产生的任意波长都可以被多路复用到具有低损耗的数据流上。因为能够使系统根据用于固定和可调激光器的相同的工程规则而工作，所以这种解决方法特别有利，其在使用固定和可调转发器的混合系统中尤为重要。



**图1** 可重新配置的多路复用器/分解器,使波长独立转发位置,  
该转发器位置可与固定光学连接连线并发送/接收任意  $\lambda$

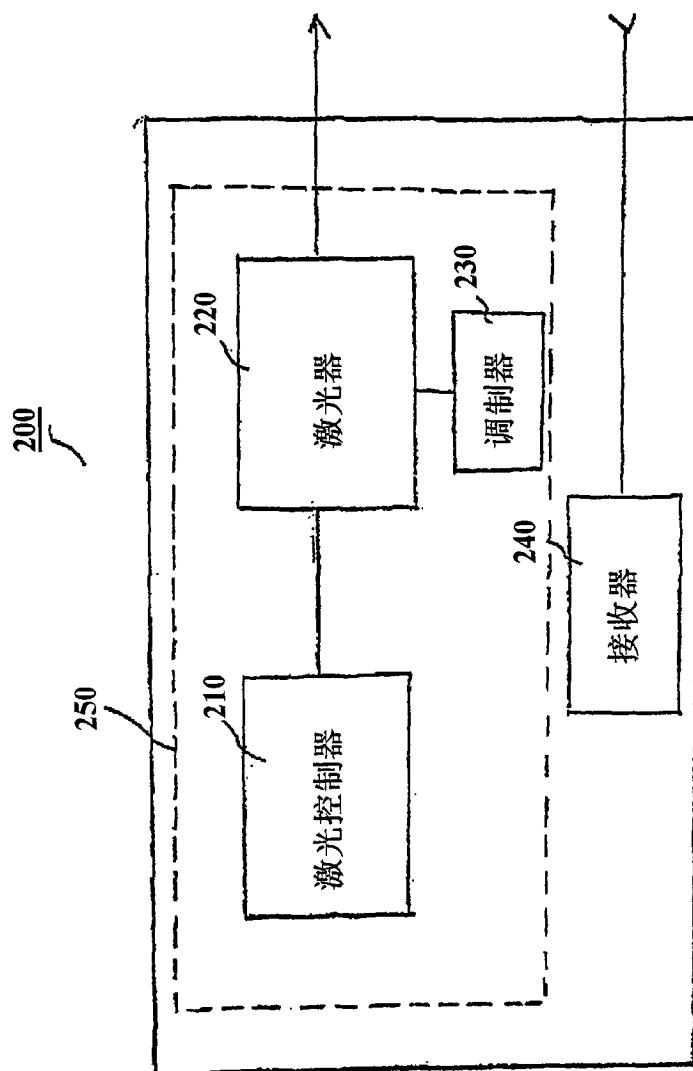


图2

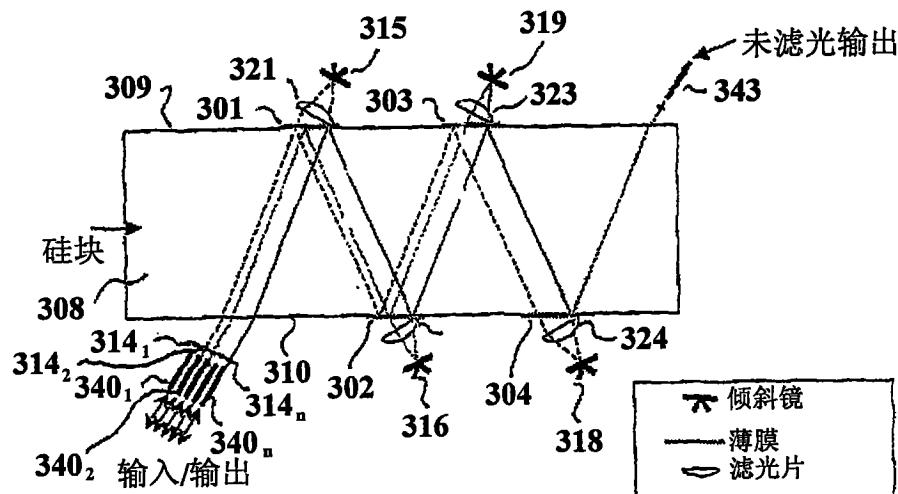
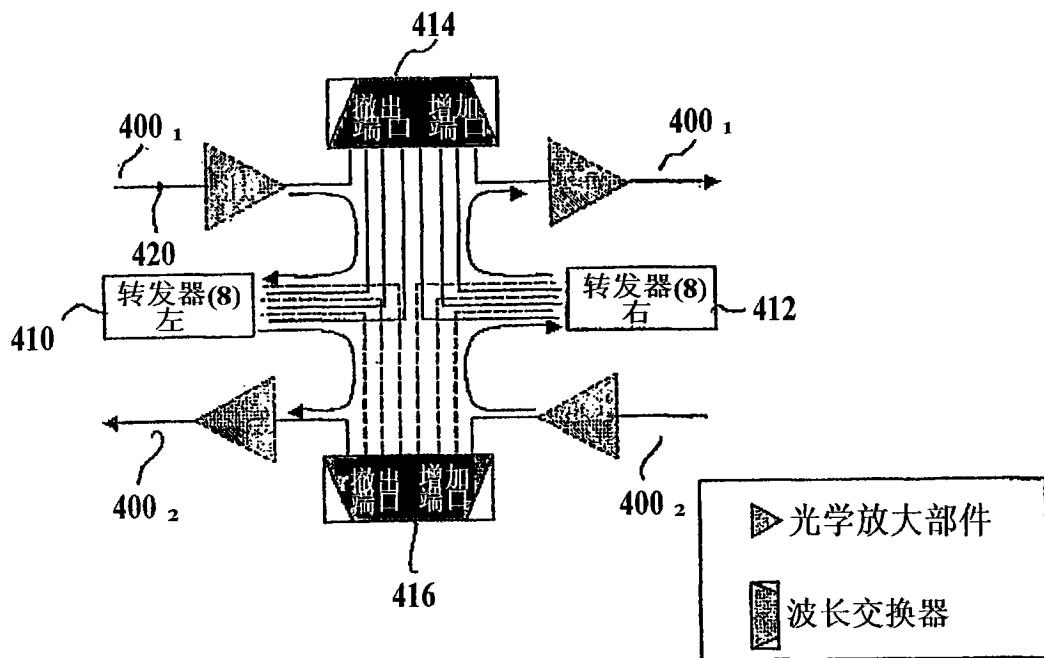
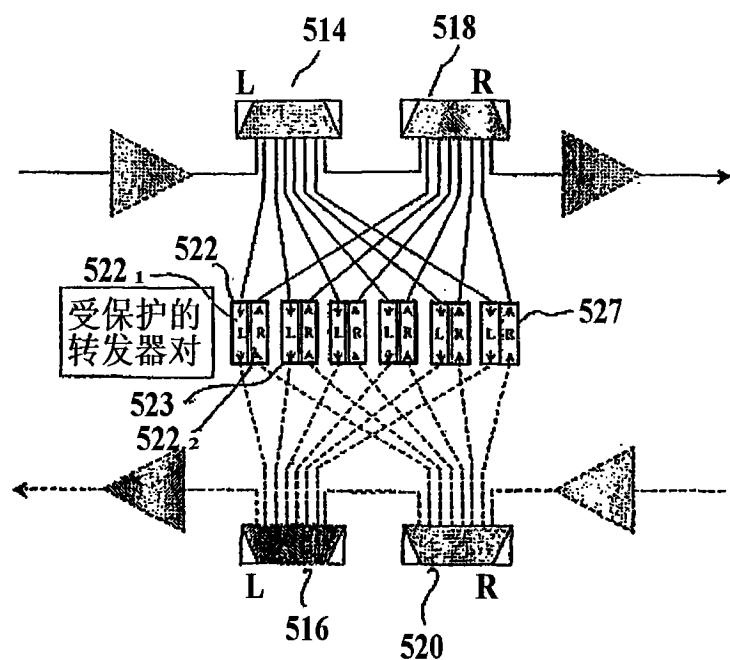
**306**

图 3

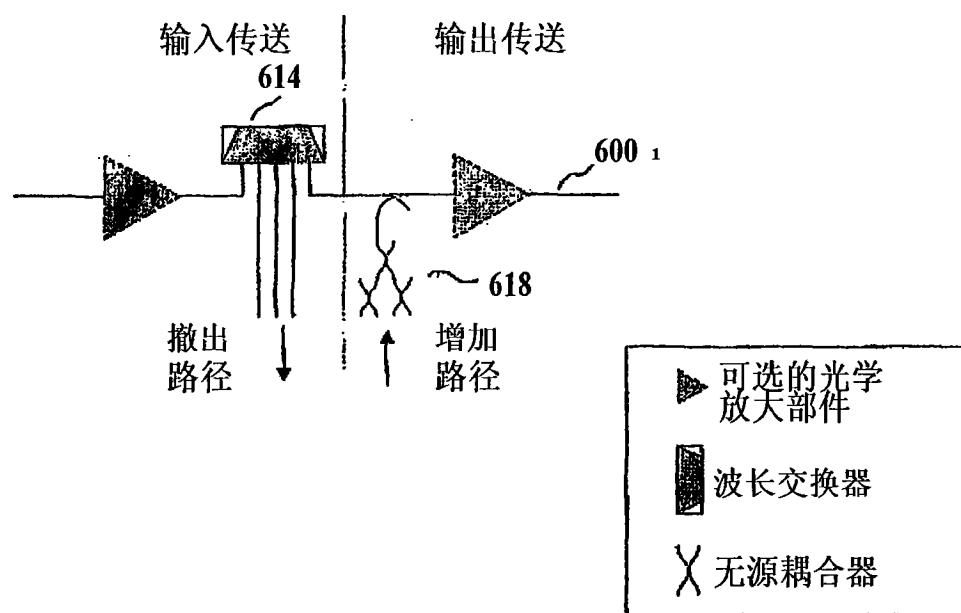
具有独立波长分布的双向输入 / 输出



**图 4** 转换到增/撤通道的中放大器交换器  
以分离单向光纤对系统上的服务路径



**图5** 转换到具有独立节点路径(链路和节点不相交)  
的增/撤信号的转换系统



**图6** 转换到具有不相交节点的增/撤路径的中放大器交换器  
其中使用低成本无源耦合器来增加信号

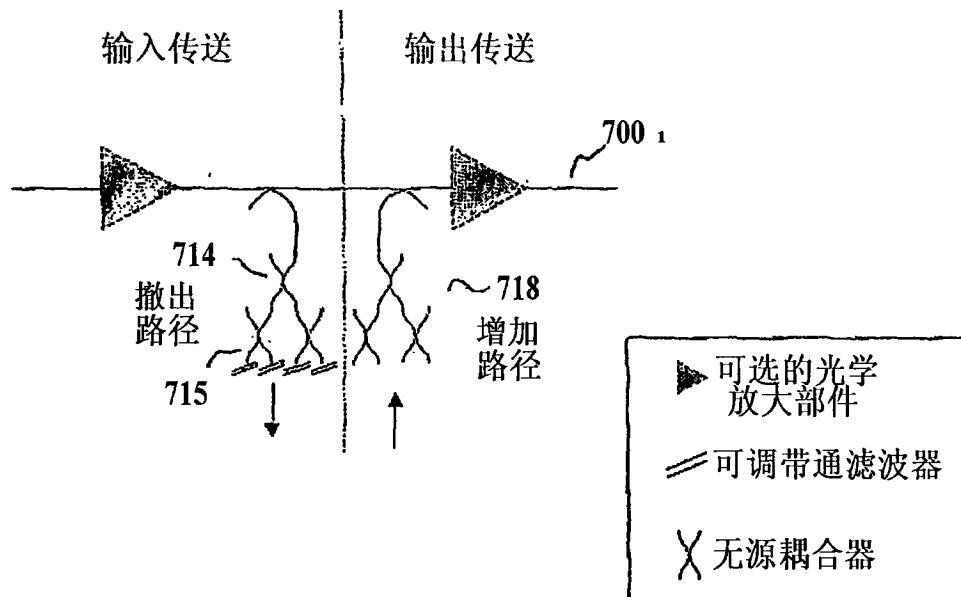
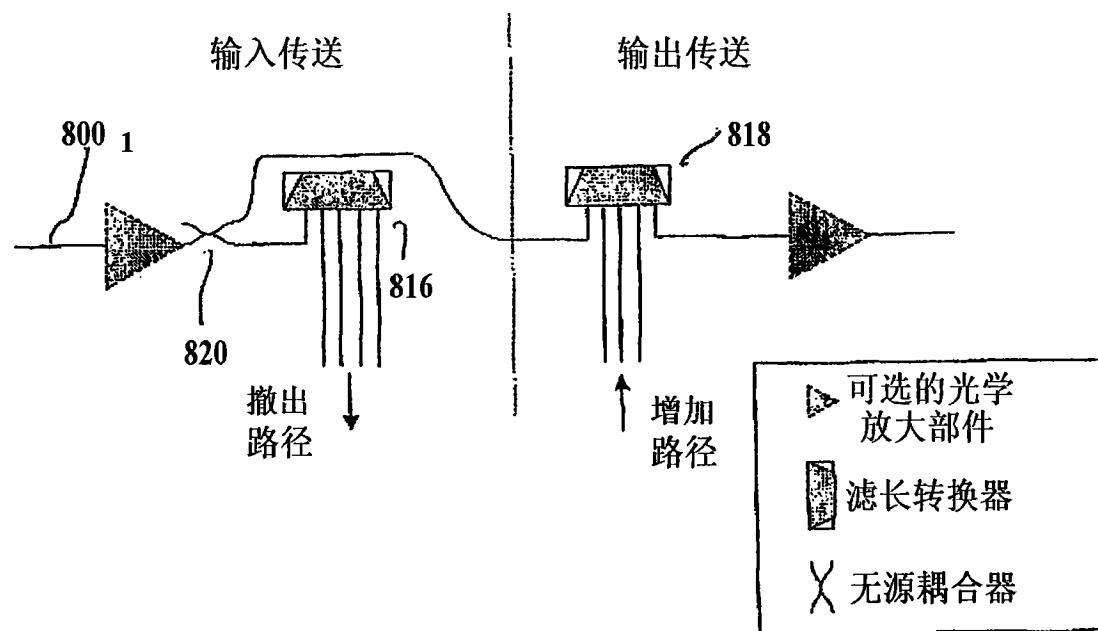


图7 具有不相交链路节点的便宜的增/撤路径  
由于波长阻塞而无需再次使用波长  
(使信号撤出和继续)



**图8** 具有每个滤长增/撤的中放大器交换器，  
撤出和继续具有独立东/西点路径的信号  
(具有可选的波长阻塞)