[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04J 14/02 (2006.01)
H04B 10/12 (2006.01)
H04Q 3/52 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03148997.4

[45] 授权公告日 2006 年 11 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1285185C

[22] 申请日 2003.7.3 [21] 申请号 03148997.4

[30] 优先权

[32] 2003. 2. 5 [33] KR [31] 7222/2003

[71] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 金钟权 吴润济 李基喆

审查员 吴 佳

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 戎志敏

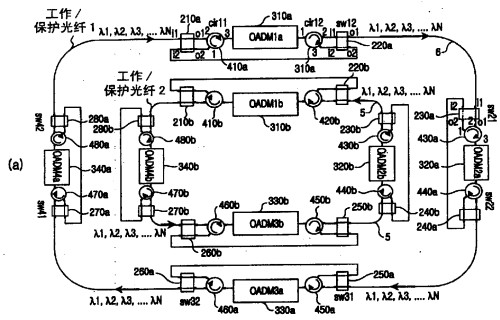
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

WDM 自愈光环状网络

[57] 摘要

在具有用于传输光信号的外侧环和内侧环的波分复用(WDM)双向自愈光环状网络中，一种节点包括：至少一个光上/下路多路复用器，所述光上/下路多路复用器具有 1 ×N 多路分解器和 1 ×N 多路复用器；放置在所述光上/下路多路复用器两端的光开关器件对，每个光开关与连接于光上/下路多路复用器的光纤链路相连；以及环行器对，每个环行器连接在光上/下路多路复用器和相应的光开关器件之间，每个环行器具有三个端口，第一、第二和第三端口，将来自第一端口的光信号传输到第二端口，将来自第二端口的光信号传输到第三端口，以及将来自第三端口的光信号传输到第一端口，第二和第三端口与相应的光开关器件相连，而第一端口与光上/下路多路复用器相连；其中，光开关器件根据在相邻节点中是否存在光链路故障，有选择地在平行状态和交叉状态之间倒换。



1、 在具有用于传输光信号的外侧环和内侧环的波分复用（WDM）双向自愈光环状网络中，一种节点包括：

至少一个光上/下路多路复用器，所述光上/下路多路复用器具有 1×N 多路分解器和 1×N 多路复用器；

放置在所述光上/下路多路复用器两端的光开关器件对，每个光开关与连接于光上/下路多路复用器的光纤链路相连；以及

环行器对，每个环行器连接在光上/下路多路复用器和相应的光开关器件之间，每个环行器具有三个端口，第一、第二和第三端口，将来自第一端口的光信号传输到第二端口，将来自第二端口的光信号传输到第三端口，以及将来自第三端口的光信号传输到第一端口，第二和第三端口与相应的光开关器件相连，而第一端口与光上/下路多路复用器相连；

其中，光开关器件根据在相邻节点中是否存在光链路故障，有选择地在平行状态和交叉状态之间倒换。

2、 按照权利要求1所述的节点，其特征在于一旦检测到光链路故障，光开关器件通过沿相反方向对光信号进行环回来有效地改变光信号的方向。

3、 按照权利要求1所述的节点，其特征在于还包括光放大器，用于补偿环回光信号中的光信号。

4、 按照权利要求1所述的节点，其特征在于还包括光放大器，所述光放大器被插入在环行器对中特定的环行器的一个端口和光上/下路多路复用器之间，用于补偿光纤链路的传输损耗和由光开关器件和环行器引起的插入损耗。

5、 按照权利要求1所述的节点，其特征在于所述光开关器件是2×2光开关。

6、 按照权利要求1所述的节点，其特征在于外侧环状网络沿顺时针方向传输光信号，而内侧环状网络沿逆时针方向传输光信号。

WDM自愈光环状网络

技术领域

本发明通常涉及一种光网络，以及特别地涉及一种基于波分复用（WDM）技术的光网络。

背景技术

由于通过单股光纤传输多个波长的WDM技术及其相关制造技术，包括在环状网络中光信号的路由、交换和上路/下路的巨大发展，现在可以建造提供超高速传输的光网络。

通常，将WDM光网络分为由光交叉连接器（OXC）构成的格状网络和由光上/下路多路复用器（OADM）构成的环状网络。在格状网络中，由于每个网络节点与多根光纤相连，用于处理链路故障的交换机制复杂，而且倾向于降低恢复速率。但是，在环状网络中，由于光上/下路多路复用器和网络节点与2股或4股光纤相连，交换机制简单。因此，环状网络得到了更广泛的应用。

设置在WDM光环状网络中的节点可以由具有用于上路或下路光信号的光开关元件的光上/下路多路复用器及用于执行网络的保护倒换的开关器件组成。对应于输入/输出光纤的数目，环形网络使用2股或4股光纤。此外，可以将环状网络分为单向传输网络和双向传输网络。

图1A描述了普通WDM光环状网络的结构，以及图1B是描述了处理链路故障的开关操作的框图。具体的，图1A和1B描述了具有4股光纤的双向光环状网络的结构。由4股用于双向传输光信号的光纤组成的传统WDM光环形网络使用基于环回原理的链路保护倒换方法。如图所示，在正常工作期间，使用光环状网络第一外侧环状网络4。如果在第一外侧环状网络4中存在链路故障，则使用光环状网络的第二外侧环状网络3以根据环回原理执行光信号的旁路。在这点上，在光上/下路多路复用器10a～40a的两

端，2×2光开关器件110a～180a与第一外侧环状网络4和第二外侧环状网络3相连。类似于外侧环状网络3和4的结构，内侧环状网络1和2也包括用于正常工作的网络1和用于恢复倒换操作的网络2。同样地，设置2×2光开关器件110b～180b用于环回操作，而且也在光上/下路多路复用器10b～40b的两端与第一内侧环状网络1和第二内侧环状网络2相连。

在由4股光纤组成的传统光环状网络中，由于外侧环状网络3和4不与内侧环状网络1和2共享资源，可以将用于光信号的传输的波长设置为相同数值。即，外侧环传输具有波长$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN的光信号，而内侧环也传输具有波长$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN的光信号。如果提供双向传输，外侧环顺时针传输光信号，而内侧环逆时针传输光信号。

如果发生链路故障，通过利用位于故障链路两端的2×2光开关器件沿相反方向环回光信号来执行倒换。例如，如图1B所示，如果在网络4中将光上/下路多路复用器OADM1a（10a）连接到光上/下路多路复用器OADM2a（20a）的光链路中发生故障，通过光开关器件sw12（120a），将从光上/下路多路复用器OADM1a（10a）向光上/下路多路复用器OADM2a（20a）传输的$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN的光信号向第二外侧保护倒换环状网络3进行环回，从而通过第二外侧环状网络3沿逆时针方向传播。最后，通过光开关器件sw21（130a）向光上下路多路复用器OADM2a（20a）发送通过第二外侧保护倒换环状网络3传输的$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN的光信号。

如图1A的光开关器件sw12（120a）所示，当光传输链路正常工作时，2×2光开关器件处于平行状态，从而向输出#1（o1）发送作用于输入#1（i1）的信号，并向输出#2（o2）发送作用于输入#2（i2）的信号。但是，当在光链路中发生故障时，光开关器件处于交叉状态，使得向输出#2（o2）发送作用于输入#1（i1）的信号，而向输出#1（o1）发送作用于输入#2（i2）的信号。此时，与故障链路不相邻的光开关器件仍然处于平行状态。

如上所述，为了使双向自愈光环状网络工作，4股光纤是必需的，这样使网络变得复杂而且增加了网络的成本。因此，需要提供一种便宜又易于实现的改进网络。

发明内容

本发明涉及一种由多个光上/下路多路复用器组成的WDM双向自愈光环状网络，所述光上/下路多路复用器具有为减少光纤安装和维护成本而设计的环行器。按照本发明教导的光环状网络包括代替现有技术中的4股光纤的2股光纤。

在一个实施例中，在具有用于传输光信号的外侧环和内侧环的波分复用（WDM）双向自愈光环状网络中，一种节点包括：至少一个光上/下路多路复用器，所述光上/下路多路复用器具有 1×N 多路分解器和 1×N 多路复用器；放置在所述光上/下路多路复用器两端的光开关器件对，每个光开关与连接于光上/下路多路复用器的光纤链路相连；以及环行器对，每个环行器连接在光上/下路多路复用器和相应的光开关器件之间，每个环行器具有三个端口，第一、第二和第三端口，将来自第一端口的光信号传输到第二端口，将来自第二端口的光信号传输到第三端口，以及将来自第三端口的光信号传输到第一端口，第二和第三端口与相应的光开关器件相连，而第一端口与光上/下路多路复用器相连；其中，光开关器件根据在相邻节点中是否存在光链路故障，有选择地在平行状态和交叉状态之间倒换。

附图说明

通过下面结合附图的详细描述，本发明的上述特征和优点将变得更加清楚，其中：

图1A和1B描述了普通WDM光环状网络的结构；

图2A和2B按照本发明的实施例描述了包括光上/下路多路复用器的WDM自愈光环状网络的结构，所述光上/下路多路复用器具有环行器和2×2光开关器件；

图3按照本发明的优选实施例描述了光上/下路多路复用器的结构和2×2光开关器件；以及

图4A到4C按照本发明的优选实施例描述了双向光环状网络的节点的详细状态，配置所述网络执行恢复倒换处理。

具体实施方式

本发明提供给WDM双向自愈光环状网络以2股光纤，而不是传统的4股光纤，从而，有助于光纤安装和维护费用的减少和确保有效操作。

图2A和2B按照本发明的实施例描述了包括光上/下路多路复用器的WDM自愈光环状网络的结构，所述光上/下路多路复用器具有环行器和2×2光开关器件。更具体地，图2A描述了网络没有链路故障正常工作的情况，而图2B描述了在将光上/下路多路复用器OADM1a连接到光上/下路多路复用器OADM2a的光传输链路中发生故障的情况。

在如图2A和2B所示的包括用于双向传输的2股光纤的光环状网络中，外侧环状网络6顺时针传输光信号，而内侧环状网络5逆时针传输光信号。这种类型的网络可以包含一个或多个用于促进光信号传输的节点。这里，为了避免冗余，将只参照外侧环状网络6描述本发明。但是，本领域的技术人员可以理解本发明的教义可以按照相同的方式应用于内侧环状网络5。

外侧光环状网络6的每个节点包括光上/下路多路复用器310a～340a，每个光上/下路多路复用器分别具有1×N多路分解器和1×N多路复用器。光上/下路多路复用器310a～340a的两端与它们的关联光纤链路相连接，所述光纤链路连接在相应的光上/下路多路复用器和其他相邻节点之间。开关器件对210a～280a连接在相应的光上/下路多路复用器和光纤链路之间。

外侧光环状网络6的每个节点还包括连接在相应的光上/下路多路复用器和光开关器件之间的环行器对410a～480a。环行器410a～480a中的每一个都具有三个端口：三个端口中的两个与相应的光开关器件相连，而剩余的一个端口与相应的光上/下路多路复用器相连。形成此3端口环行器410a～480a，使得作用于端口#1的信号从端口#2输出，而作用于端口#2的信号从端口#3输出。

参照图2B，在光纤链路中发生故障的情况下，利用在故障链路两端的两个2×2光开关器件和两个环行器来环回光信号，这样使光信号能够沿相反方向传播。这里，通过将2×2光开关器件sw12（220a）和sw21（230a）的连接状态改为交叉状态来环回传输信号。更具体地，在环状网络6中，

当对从2×2光开关器件sw12（220a）向光开关器件sw21（230a）传播的光信号λ1、λ2、λ3、…、λN进行环回时，光信号被发送到光开关器件sw12（220a）的输出#2 o2，然后作用于光开关器件sw11（210a）的输入#2 i2。即，当光开关器件sw12（220a）按照开关控制信号（未示出）将其输入#1 i1从输出#1 o1转向输出#2 o2时，向输出#2 o2输出作用于光开关器件sw12（220a）的输入#1 i1的光信号。

为了保护/恢复倒换，通过光纤线路7将从光开关器件sw12（220a）的输出#2 o2输出的光信号作用于光开关器件sw11（210a）的输入#2 i2。将作用于光开关器件sw11（210a）的输入#2 i2的信号发送到环行器cir11（410a）的端口#1。从端口#1向环行器cir11（410a）的端口#2发送光信号，然后向光开关器件sw11（210a）的输出#1 o1输出。即，向环行器cir11（410a）的端口#2输出的光信号沿相反方向从光开关器件sw11（210a）的输出#1 o1向输入#1 i1传播。连接光开关器件以改变输入和输出信号的方向，使得光开关器件不影响沿相反方向传输的信号。因此，如图2B所示，配置光开关器件sw11（210a）的输入#1 i1，使得可以顺时针传输信号，也可以输出要逆时针环回的信号。

同时，在与故障光纤链路不相邻的节点中的光开关器件保持平行状态。在这种状态下，从光上/下路多路复用器OADM1a（310a）逆时针环回的光信号通过光开关器件sw42（280a）作用于环行器cir42（480a）的端口#2。从环行器cir42（480a）的端口#3输出作用于环行器cir42（480a）的端口#2的光信号，并通过光开关器件sw42（280a）向光开关器件sw41（270a）发送。以同样的方式，最后将环回的信号传输到光开关器件sw21（230a）的输入#2 i2。由于光开关器件sw21（230a）处于交叉状态，作用于光开关器件sw21（230a）的输入#2 i2的光信号被发送到输出#1 o1，然后被发送到环行器cir21（430a）的端口#2。从端口#3输出作用于环行器cir21（430a）的端口#2的光信号，从而完成响应链路故障的恢复倒换。

图3按照本发明的优选实施例描述了光上/下路多路复用器的结构和2×2光开关装置。

参照图2A和2B并结合图3，光上/下路多路复用器OADMa（310a）具有顺时针上路/下路波长为λ1、λ2、λ3、…、λN的光信号的功能。相反地，光

上/下路多路复用器OADMb（310b）具有逆时针上路/下路波长为λ1、λ2、λ3、…、λN的光信号的功能。

如图所示，光上下路多路复用器310a和310b每个包括1×N WDM多路分解器（DEMUX）312、1×N WDM多路复用器（MUX）314和N个2×2光开关316-1、316-2、…、316-N。光放大器311a和312a分别与多路分解器312的输入端口和多路复用器314的输出端口相连。光放大器311a有效地补偿传输链路损耗，而光放大器312a有效地补偿相应的光上/下路多路复用器的插入损耗。

环行器410a、410b、420a和420b每个具有3个端口，而且构成这3个端口，使得从端口#2输出作用于端口#1的信号，而从端口#3输出作用于端口#2的信号。环行器cir11（410a）的端口#3与光放大器311a的输入相连，而环行器cir12（420a）的端口#1与光放大器312b的输出相连。环行器cir11（410a）的端口#1与2×2光开关器件sw11（210a）的输出#2 o2相连，而环行器cir11（410a）的端口#2与2×2光开关器件sw11（210a）的输出#1 o1相连。2×2光开关器件sw11（210a）的输入#1 i1接收顺时针传输的λ1、λ2、λ3、…、λN的复用的光信号，而2×2光开关器件sw11（210a）的输入#2 i2与2×2光开关器件sw12（220a）的输出#2 o2相连，从而2×2光开关器件sw11（210a）的输入#2 i2接收从2×2光开关器件sw12（220a）环回的光信号。将2×2光开关器件sw11（210a）连接到2×2光开关器件sw12（220a）的光纤7包括光放大器313a，以便补偿环回信号中的损耗。

如图3所示，关于环行器cir12（420a）和光开关器件sw12（220a）之间的连接，环行器cir12（420a）的端口#1与光放大器312a的输出相连。环行器cir12（420a）的端口#2与2×2光开关器件sw12（220a）的输入#1 i1相连，而环行器cir12（420a）的端口#3与2×2光开关器件sw12（220a）的输入#2 i2相连。

如上所述，在环状网络正常工作的情况下，2×2光开关器件210a、210b、220a和220b都处于平行状态，从而向输出#1 o1发送作用于输入#1 i1的信号，而向输出#2 o2发送作用于输入#2 i2的信号。即，在平行状态下，向光开关器件sw11（210a）的输出#1 o1发送的信号作用于环行器cir11

（410a）的端口#2，然后输出至环行器cir11（410a）的端口#3。但是，当发生故障时，位于故障链路两端的光开关器件变为交叉状态。在交叉状态下，向输出#2 o2发送作用于输入#1 i1的信号，而向输出#1 o1发送作用于输入#2 i2的信号。例如，通过按照指定的控制信号（未示出）将光开关器件sw12（220a）的开关状态设置为交叉状态，向光开关器件sw12（220a）的输出#1 o1输出的传输信号通过光放大器313a被环回到光开关器件sw11（210a）的输入#2 i2。

图4A到4C按照本发明的实施例描述了双向光环状网络的节点的详细状态。这里，将假设在图2A和2B的光上/下路多路复用器310a和光上/下路多路复用器320a之间的光纤链路中发生故障，描述光上/下路多路复用器及其关联的2×2光开关器件。应当注意的是，为了获得双向光环状网络的恢复倒换处理，针对特定节点的光开关器件变为（1）用于与故障链路左侧（逆时针）相邻的节点的光开关器件，（2）用于与故障链路不相邻的节点的光开关器件，以及（3）用于与故障链路右侧（顺时针）相邻的节点的光开关器件之一。

图4A描述了位于故障链路左侧（逆时针）的节点。参照图2A、2B，当由于光纤链路的故障，不能传输顺时针方向传播的光信号$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN时，响应开关控制信号（未示出），倒换光开关器件220a以按照相反方向对在光传输链路6上顺时针传播的光信号进行环回。即，光开关器件220a向输出#2b o2b（参见粗实线）环回在输入#1b i1b收到的光信号。通过光放大器313a向光开关器件210a的输入#2a i2a逆时针发送环回的信号（参见粗点划线）。通过环行器cir11（410a）的端口#1向端口#2输出从光开关器件210a的输入#2a i2a向输出#2a o2a发送的信号，然后通过光开关器件210a的输出#1a o1a和输入#1a i1a逆时针传输。在图4A中，光开关器件220a中的细点划线代表没有发送信号。

图4B描述了与故障链路不相邻的节点，其中利用环行器和开关器件，沿相反方向传播包括沿顺时针方向传播的正常信号的环回信号。参照图2A、2B，如果发生光纤链路故障，则从光开关器件280a向光开关器件270a逆时针传输必须顺时针传输的光信号$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN，即，从光开关器件270a向光开关器件280a传输的所述光信号$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN。

光开关器件280a向其输入#1b i1b输出要发送到输出#1b o1b的光信号。如前所述，光开关器件改变其输入和输出信号的方向，使得沿相反方向传输的信号不受光开关器件的影响。

向环行器480a的端口#2发送输出到光开关器件280a的输入#1b i1b的光信号，然后向环行器480a的端口#3输出。通过光放大器343a向光开关器件270a的输入#2a i2a逆时针发送输出到环行器480a的端口#3的光信号。从光开关器件280a的输出#2a o2a提供发送到光开关器件270a的输入#2a i2a的光信号，然后作用于环行器470a的端口#1。通过环行器470a的端口#1向端口#2输出光信号，然后作用于光开关器件270a的输出#1a o1a。通过光开关器件270a的输出#1a o1a逆时针（参见粗点划线）传输发送到光开关器件270a的输出#1a o1a的光信号。在图4B中，细实线代表没有传输信号。

图4C描述了位于故障链路右侧（顺时针）的节点。由于逆时针环回的光信号$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN是在链路故障前预定的信号，必须利用光开关器件和环行器将这些信号恢复为其原始方向。

参照图2A、2B，逆时针环回的光信号$\lambda 1$、$\lambda 2$、$\lambda 3$、…、λN通过光开关器件240a作用于环行器440a的端口#2。通过光放大器333a向光开关器件230a的输入#2a i2a逆时针发送通过环行器440a的端口#2输出到环行器440a的端口#3的光信号（参见粗点划线）。按照开关控制信号（未示出）倒换光开关器件230a以顺时针环回发送到输入#2a i2a的光信号。即，光开关器件230a向输出#1a o1a环回发送到输入#2a i2a的光信号（参见粗实线）。通过光开关器件240a顺时针传输环回的信号（参见粗点划线）。

这样，已经描述了用于光网络中的恢复倒换的双向自愈光环状网络的优选实施例，本领域的技术人员应该清楚的是已经获得了该系统的某些优点。例如，通过提供双向自愈光环状网络，本发明大约部分地应用了环行器，而且没有增加用于恢复倒换的额外光纤链路，可以减少所需光纤链路的数目。

尽管已经参考其某些优选实施例示出和描述了本发明，本领域的技术人员可以理解的是，在不偏离所附权利要求所定义的本发明的精神和范围的前提下，可以进行形式和细节上的多种修改。

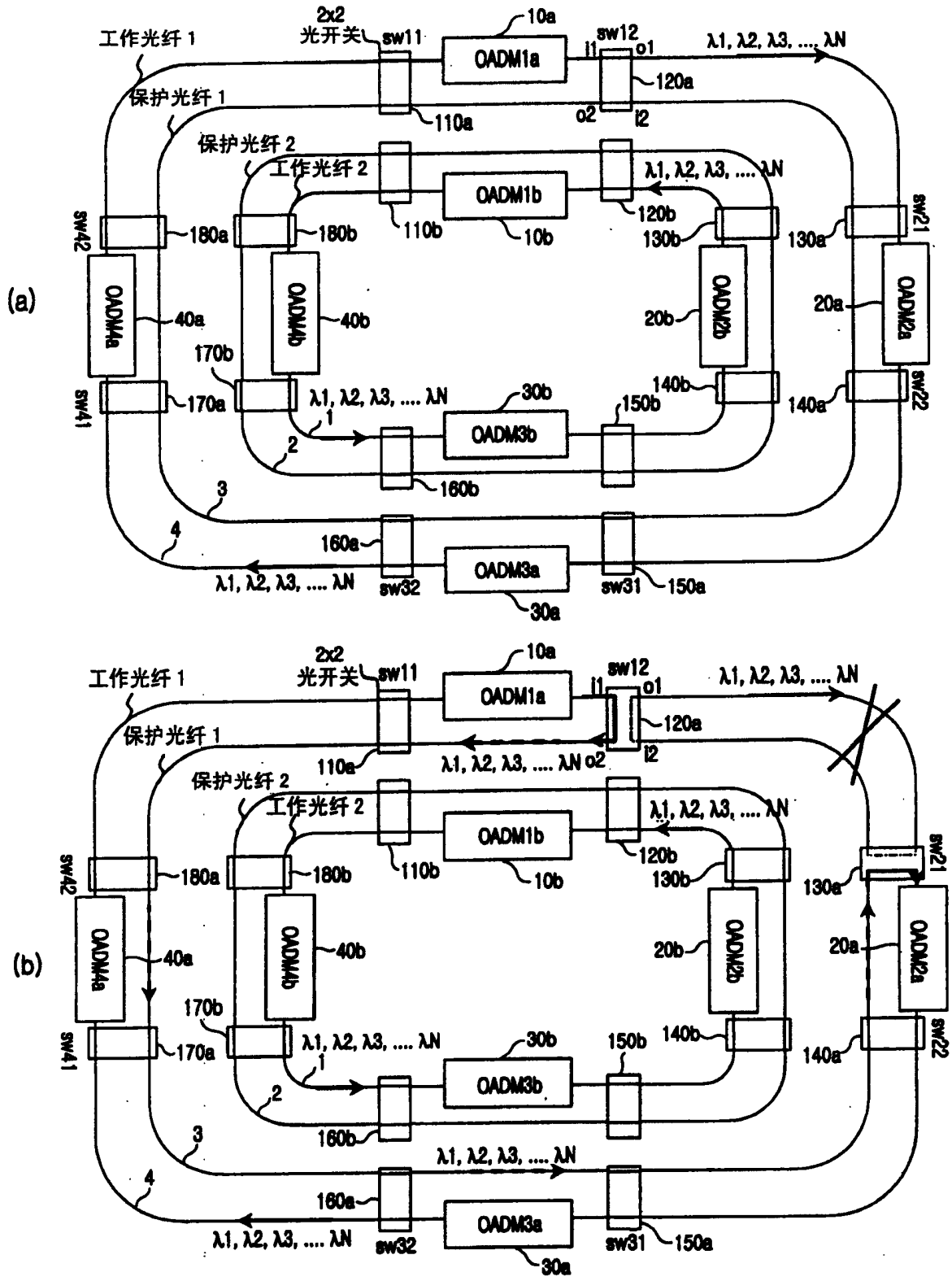

(a)
工作光纤 1
保护光纤 1
保护光纤 2
工作光纤 2
2x2
光开关
sw11
sw12
10a
OADM1a
OADM1b
OADM2a
OADM2b
OADM3a
OADM3b
OADM4a
OADM4b
i1
o1
o2
i2
120a
110a
120b
110b
10b
130a
130b
20a
20b
40a
40b
sw21
sw22
sw41
sw42
sw31
sw32
140a
140b
150a
150b
160a
160b
170a
170b
180a
180b
30a
30b
λ1, λ2, λ3, ... λN
1
2
3
4
(b)
工作光纤 1
保护光纤 1
保护光纤 2
工作光纤 2
2x2
光开关
sw11
sw12
10a
OADM1a
OADM1b
OADM2a
OADM2b
OADM3a
OADM3b
OADM4a
OADM4b
i1
o1
o2
i2
120a
110a
120b
110b
10b
130a
130b
20a
20b
40a
40b
sw21
sw22
sw41
sw42
sw31
sw32
140a
140b
150a
150b
160a
160b
170a
170b
180a
180b
30a
30b
λ1, λ2, λ3, ... λN
1
2
3
4

图 1

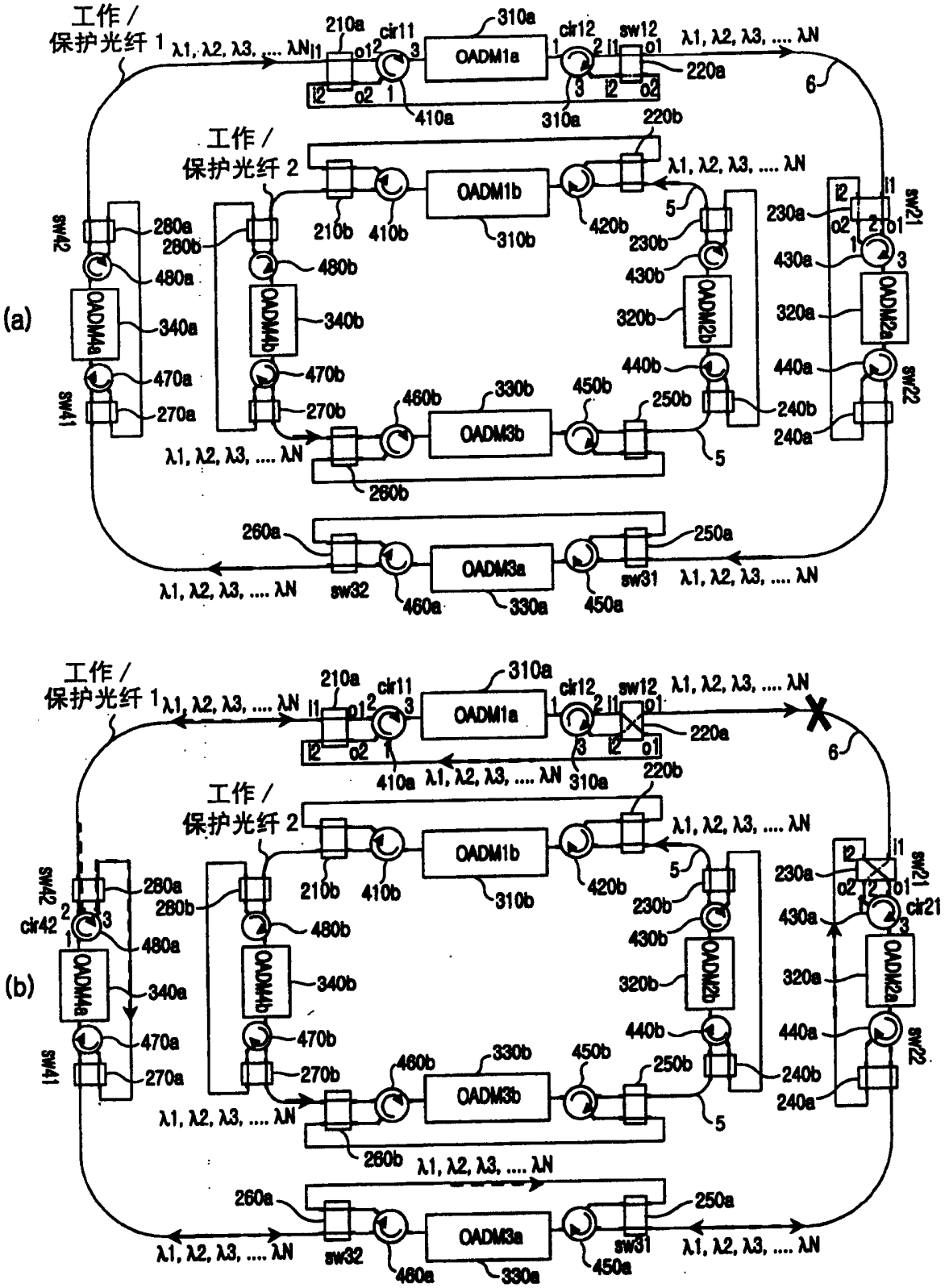

(a)
工作/保护光纤 1
工作/保护光纤 2
λ1, λ2, λ3, ... λN
OADM1a
OADM1b
OADM2a
OADM2b
OADM3a
OADM3b
OADM4a
OADM4b
sw11
sw12
sw21
sw22
sw31
sw32
sw41
sw42
cir11
cir12
cir21
cir42
210a
220a
220b
230a
230b
240a
240b
250a
250b
260a
260b
270a
270b
280a
280b
310a
310b
320a
320b
330a
330b
340a
340b
410a
410b
420b
430a
430b
440a
440b
450a
450b
460a
460b
470a
470b
480a
480b
(b)

图 2

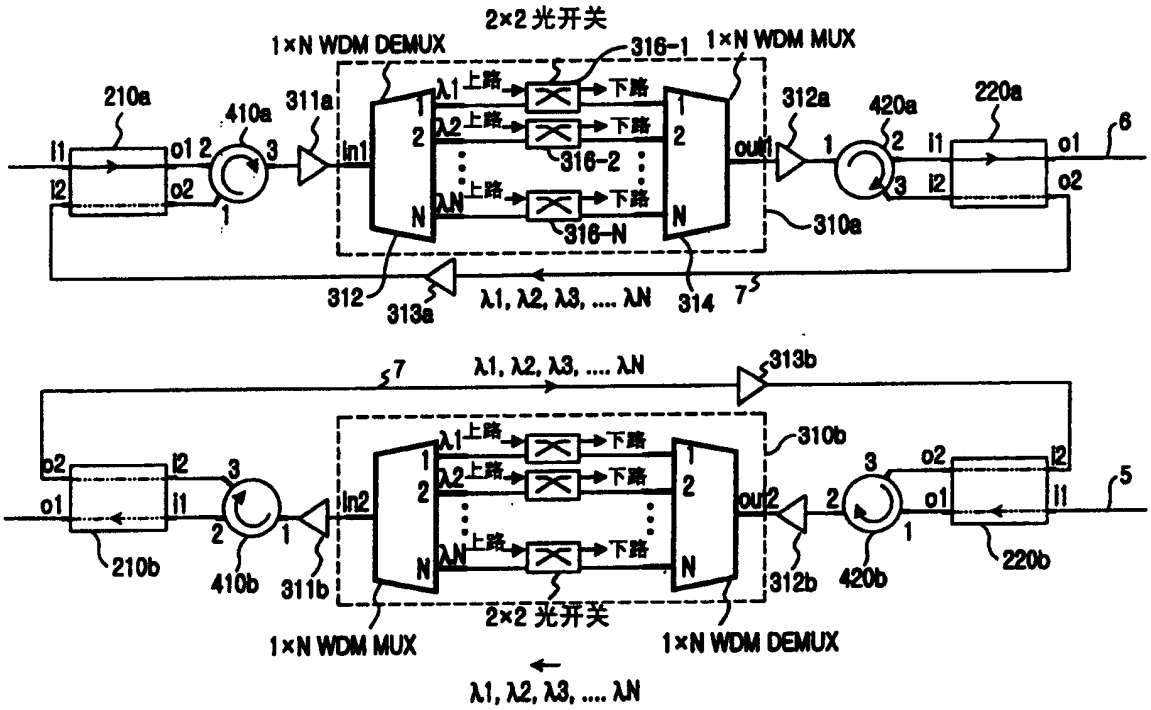

2×2 光开关
1×N WDM DEMUX
316-1
1×N WDM MUX
210a
410a
311a
312a
420a
220a
上路
下路
316-2
316-N
310a
312
313a
λ1, λ2, λ3, ... λN
314
7
6
5
313b
310b
210b
410b
311b
312b
420b
220b

图 3

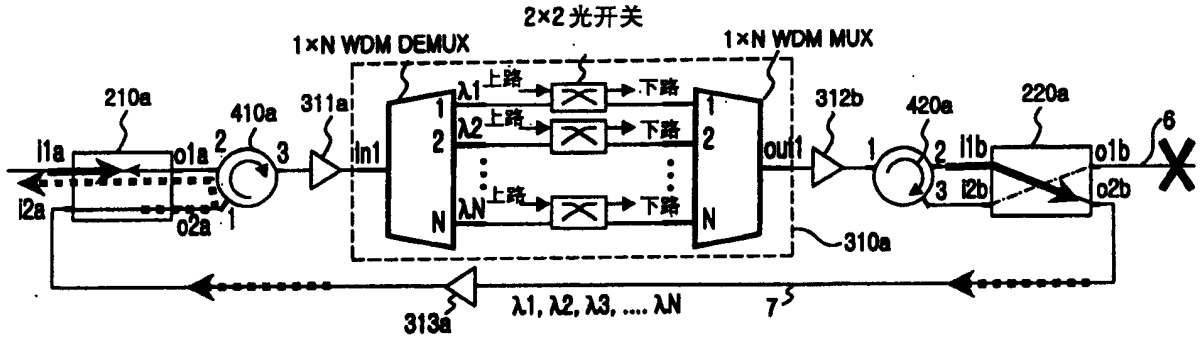

2×2光开关
1×N WDM DEMUX
1×N WDM MUX
210a
410a
311a
312b
420a
220a
i1a
o1a
i2a
o2a
in1
out1
i1b
o1b
o2b
i2b
上路
下路
λ1
λ2
λN
310a
313a
λ1, λ2, λ3, ... λN
7
6

图 4A

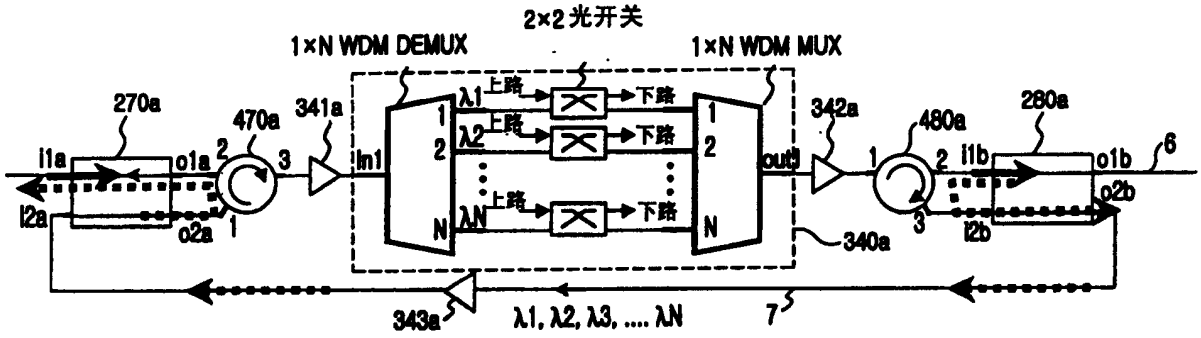

2×2光开关
1×N WDM DEMUX
1×N WDM MUX
270a
470a
341a
342a
480a
280a
i1a
o1a
i2a
o2a
in1
out1
i1b
o1b
o2b
i2b
上路
下路
λ1
λ2
λN
340a
343a
λ1, λ2, λ3, ... λN
7
6

图 4B

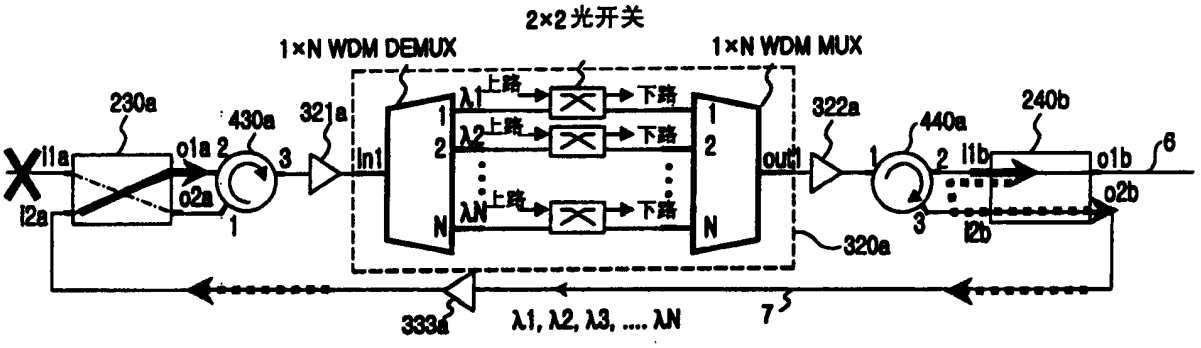

2×2光开关
1×N WDM DEMUX
1×N WDM MUX
230a
430a
321a
322a
440a
240b
i1a
o1a
i2a
o2a
in1
out1
i1b
o1b
o2b
i2b
上路
下路
λ1
λ2
λN
320a
333a
λ1, λ2, λ3, ... λN
7
6

图 4C