

[12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 01271094.6

[45] 授权公告日 2002 年 10 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 2515879Y

[22] 申请日 2001.11.21 [21] 申请号 01271094.6

[73] 专利权人 廖显奎

地址 台湾省桃园县

[72] 设计人 廖显奎

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

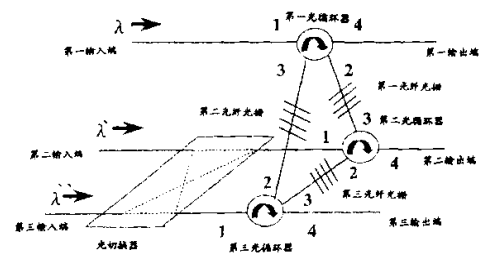
代理人 李 强

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图页数 4 页

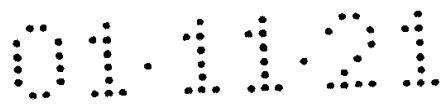
[54] 实用新型名称 多路由的光信号交换与切换系统

[57] 摘要

本实用新型为多路由的光信号交换与切换系统,利用光纤光栅(Fiber Bragg gratings)、光回旋器(Optical circulator)及光切换器(Optical switches),提出三条光纤路由(Fiber link)及四条光纤路由的信号交换模组架构,可动态选择性在光网络上交换(Cross-connect)不同路由(Fiber link)间的光信号;此种型态的架构可同时交换 1 到 N 个频道的光信号而不需先作光信号多工及解多工的步骤,此动态型光信号交换模组融合了低串音、低插入损失、良好的光谱平坦度及低成本等优点,可提升分波多工网络的存活性及弹性扩充系统规模,有利于升级网络及增加其附加应用价值,取代 $N \times N$ 空间分工切换器(Space Division Switch)。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：其包含：

三条光纤，其包含：

第一光纤，其包含第一输入端和第一输出端；

5 第二光纤，其包含第二输入端和第二输出端；

第三光纤，其包含第三输入端和第三输出端；

三个4端口的光循环器，其包含第一光循环器、第二光循环器、和第三光循环器，其中：

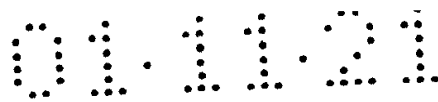
10 所述第一光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第一输入端、所述第一输出端、所述第二光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第一光循环器系以第一光纤光栅连接至所述第二光循环器，而所述第一光循环器系以第二光纤光栅连接至所述第三光循环器；

15 所述第二光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第二输入端、所述第二输出端、所述第一光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第二光循环器系以第三光纤光栅连接至所述第三光循环器；其中所述第一光纤光栅、第二光纤光栅和第三光纤光栅皆可以被拉伸工具所拉伸；

20 所述第三光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第三输入端、所述第三输出端、所述第一光循环器、和所述第二光循环器；

一个2×2光切换器（Optical switches, OSW），其连接至所述第一光纤、第二光纤、和第三光纤的其中两条。

25 2. 如权利要求1所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：所述2×2光切换器系连接至所述第一输入端、第二输入端、和第三输入



端其中之一。

3. 如权利要求1所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：
所述2×2光切换器系连接至所述第一输出端、第二输出端、和第三输出端
其中之一。

5 4. 如权利要求1所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：
所述拉伸工具系压电材料。

5. 如权利要求1所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：
所述拉伸工具系可拉伸光学机具Strain guage。

10 6. 一种多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：其包含：
四条光纤，其包含：

第一光纤，其包含第一输入端和第一输出端；

第二光纤，其包含第二输入端和第二输出端；

第三光纤，其包含第三输入端和第三输出端；

第四光纤，其包含第四输入端和第四输出端；

15 四个4端口的光循环器，其包含第一光循环器、第二光循环器、第三
光循环器和第四光循环器，其中：

20 所述第一光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端
口分别连接至所述第一输入端、所述第一输出端、所述第二
光循环器、和所述第四光循环器；其中所述第一光循环器系
以第一光纤光栅连接至所述第二光循环器，而所述第一光循
环器系以第四光纤光栅连接至所述第四光循环器；

25 所述第二光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端
口分别连接至所述第二输入端、所述第二输出端、所述第一
光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第二光循环器系
以第二光纤光栅连接至所述第三光循环器；

所述第三光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端



口分别连接至所述第三输入端、所述第三输出端、所述第二光循环器、和所述第四光循环器；其中所述第三光循环器系以第三光纤光栅连接至所述第四光循环器；其中所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅皆可以被拉伸工具所拉伸；

5

二个2×2光切换器 (Optical switches, OSW)，其包含第一光切换器和第二光切换器，其中：

所述第一光切换器连接至所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅的其中两条，而所述第二光切换器连接至所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅的另外两条。

10

7. 如权利要求6所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：所述第一光切换器系连接至所述第一输入端、第二输入端、第三输入端和第四输入端其中之二，而所述第二光切换器则连接至所述第一输入端、第二输入端、第三输入端和第四输入端另外之二。

15

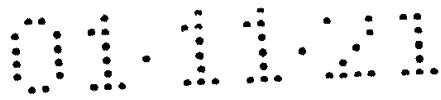
8. 如权利要求6所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：所述第一光切换器系连接至所述第一输出端、第二输出端、第三输出端和第四输出端其中之二，而所述第二光切换器则连接至所述第一输出端、第二输出端、第三输出端和第四输出端另外之二。

20

9. 如权利要求6所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：所述光切换器为电光式光切换器。

10. 如权利要求6所述的多路由的光信号交换与切换系统，其特征是：所述拉伸工具系压电材料。

25



说明书

多路由的光信号交换与切换系统

技术领域

5

本实用新型是关于一种利用光纤元件所形成的光信号切换架构，特别是一种多路由的光信号交换与切换系统。

发明背景

10

近来大容量、可靠性佳及全光性 (All optics) 的分波多工 (Wavelength division multiplexing) 光纤网络 (Fiber optical networks) 广泛受到重视，1.3微米及1.55微米频带的光纤通信技术，因为有光纤放大器的使用而引起广泛研究及注意，并带来各项光通信上的进展，不同路由 (Different fiber links) 间有可能用同一波长 (如 λ_i 及 λ_i') 传输相同光信号且载送不同数据 (Data)，在适当时机与地点作光网络间不同信息的光信号交换 (Optical cross-connect)，切换 (Switching)，为分波多工光网络上非常重要的功能，其具极大的频宽与快速切换速度，其可允许不同光网络系统间信息的互换、组合及弹性管理 (Management)，有益于光纤网络规模的扩充，故一直在分波多工光网络中扮演重要的角色。N×N矩阵式光信号切换系统须要更佳的信号杂讯消逝品质，但是后者却可以节省更多的成本，体积更小因为可以省去N²内建光纤接续所有的1×2切换器，同时后者具备可信号塞取的功能，与同级的竞争对手数字交换系统 (Digital cross-connect system) 相比，光信号交换容许极高传输速度，没有电子式交换的速度瓶颈及少了光电/电光转换的复杂性。光信号交换亦考虑应用在高速传

25



输网络 (High-speed transportation networks) 中取代数字交换系统 (Digital cross-connect system), 以其全光网络的优点及其切换速度仅为奈秒时程, 欲有效应用光信号交换技术, 架构的设计成为极重要的考量。

5 参考国内外文献, 传统上对两条不同路由间光信号的交换通常是利用成对的 $1\times N$ 解多工器 (Demultiplexer) 与 $N\times 1$ 多工器 (Multiplexer) 以背对背 (Back to back) 的架构相接, 中间并放置一个波长选择 (Wavelength selective) 空间多工切换器 (Space division switch)。每个 $1\times N$ 解多工器可分别将上路由的多波道光信号与下路由的多波道光
10 信号分开, 空间多工切换器可将两组分开的光信号作交换, 最后上下路由再分别用一个 $N\times 1$ 多工器将交换过的光信号重新结合, 再送入两个路由后继续传输, 由于 $1\times N$ 解多工器、 $N\times 1$ 多工器 (Multiplexer)、光滤波器、光分歧器及波长选择 (Wavelength selective) 空间多工切换器所造成的总光损失 (Optical insertion loss) 很大, 并需要例如配合
15 波长可调滤波器或声光调变器 (Acoustic-optic tunable filter, AOTF), 往往需要光放大器补偿光信号的插入损失, 且设计过于复杂及昂贵。至于三条以上不同路由间光信号的交换通常亦是类似的方式, 不过波长选择 (Wavelength selective) 空间多工切换器 (Space division switch) 就更复杂昂贵。

20

发明内容

本发明的主要目的在于提供一种多路由的光信号交换与切换系统。

为了降低成本及插入损失, 也为了减低光网络设计的复杂性, 本实
25 用新型使用可调波长的光纤光栅, 光回旋器及光切换器取代 $N\times N$ 空间多工切换器 (Space division switch), 因为均为被动元件的组合, 在可

靠度稳定度上均有一定品质特性。

我们强调在作波长交换时应慎选光纤光栅，使其波长与光纤光栅的中心反射波长精确对准 (Precise alignment)，且光纤光栅的反射率宜控制在99.5%以上，如此以2.5Gb/s数字传输100km的单模光纤为例，理论上的功率偿负 (Power penalty) 可降低至0.2dB以下。

为达成上述目的，本实用新型的多路由的光信号交换与切换系统包含：

三条光纤，其包含：

第一光纤，其包含第一输入端和第一输出端；

10 第二光纤，其包含第二输入端和第二输出端；

第三光纤，其包含第三输入端和第三输出端；

三个4端口的光循环器，其包含第一光循环器、第二光循环器、和第三光循环器，其中：

15 所述第一光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第一输入端、所述第一输出端、所述第二光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第一光循环器系以第一光纤光栅连接至所述第二光循环器，而所述第一光循环器系以第二光纤光栅连接至所述第三光循环器；

20 所述第二光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第二输入端、所述第二输出端、所述第一光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第二光循环器系以第三光纤光栅连接至所述第三光循环器；其中所连第一光纤光栅、第二光纤光栅和第三光纤光栅皆可以被拉伸工具所拉伸；

25 所述第三光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第三输入端、所述第三输出端、所述第一



光循环器、和所述第二光循环器；

一个2×2光切换器（Optical switches, OSW），其连接至所述第一光纤、第二光纤、和第三光纤的其中两条。

其中所述2×2光切换器系连接至所述第一输入端、第二输入端、和第三输入端其中之二。所述2×2光切换器系连接至所述第一输出端、第二输出端、和第三输出端其中之二。

本实用新型的多路由的光信号交换与切换系统还可有以下技术方案，其包含：

四条光纤，其包含：

- 10 第一光纤，其包含第一输入端和第一输出端；
- 第二光纤，其包含第二输入端和第二输出端；
- 第三光纤，其包含第三输入端和第三输出端；
- 第四光纤，其包含第四输入端和第四输出端；

四个4端口的光循环器，其包含第一光循环器、第二光循环器、第三光循环器和第四光循环器，其中：

所述第一光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第一输入端、所述第一输出端、所述第二光循环器、和所述第四光循环器；其中所述第一光循环器系以第一光纤光栅连接至所述第二光循环器，而所述第一光循环器系以第四光纤光栅连接至所述第四光循环器；

所述第二光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第二输入端、所述第二输出端、所述第一光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第二光循环器系以第二光纤光栅连接至所述第三光循环器；

所述第三光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第三输入端、所述第三输出端、所述第二



光循环器、和所述第四光循环器；其中所述第三光循环器系以第三光纤光栅连接至所述第四光循环器；其中所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅皆可以被拉伸工具所拉伸；

5 二个2×2光切换器（Optical switches, OSW），其包含第一光切换器和第二光切换器，其中：

10 所述第一光切换器连接至所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅的其中两条，而所述第二光切换器连接至所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅的另外两条。

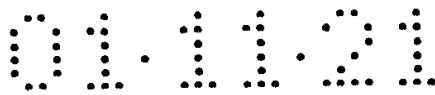
15 其中所述第一光切换器系连接至所述第一输入端、第二输入端、第三输入端和第四输入端其中之二，而所述第二光切换器则连接至所述第一输入端、第二输入端、第三输入端和第四输入端另外之二；所述第一光切换器系连接至所述第一输出端、第二输出端、第三输出端和第四输出端其中之二，而所述第二光切换器则连接至所述第一输出端、第二输出端、第三输出端和第四输出端另外之二。

本实用新型所揭露的多路由的光信号交换与切换系统具有如下的优点：

20 1. 低串音：因为光纤光栅是非常窄频宽的元件，它们可滤除绝大部份旁带的光信号，若使用高反射率的光纤光栅（例如>99.5%）可进一步提升系统品质。

25 2. 光回旋器、光切换器及光纤光栅造成的差入损失小，且各别波道插入损失值与平均值差异极微，即损失值的方差变异（Variation）非常小，此乃因为光回旋器及光切换器在1550nm波段的光信号损失是平坦整齐的。

3. 光纤光栅的波长及规格经由国际电信联盟（ITU）规格标准化后，



价格可望更便宜，且光信号交换模组的相关设备如光切换器及光回旋器价格可望因大量使用而更低廉。

4. 由于插入损失低及架构相对简单，本建议架构可扩展成 $N \times N$ (N 大于或等于5)规模的架构。

5

附图说明

图1所示为使用一个 2×2 光切换器 (Optical switches, OSW) 和三个4端口的光循环器 (OCs) 的 3×3 光交换模组 (Optical cross-connect device, OxC)，其中所述 2×2 光切换器 (Switch) 在前；

图2所示为使用一个 2×2 光切换器 (Optical switches, OSW) 和三个4端口的光循环器 (OCs) 的 3×3 光交换模组 (Optical cross-connect device, OxC)，其中所述 2×2 光切换器 (Switch) 在后；

图3所示为使用两个 2×2 光切换器配合四个4端口的光循环器 (OCs) 的 4×4 光交换模组 (Optical cross-connect device, OxC)，其中所述 2×2 光切换器 (Switch) 在前；

图4所示为使用两个 2×2 光切换器配合四个4端口的光循环器 (OCs) 的 4×4 光交换模组 (Optical cross-connect device, OxC)，其中所述 2×2 光切换器 (Switch) 在后。

表1列出图1在3条光纤路由交换系统或网络中使用一个 2×2 光切换 (OxC) 装置，所有波长变化的情况下参数所必需的调整情形；

表2列出图2在3条光纤路由交换系统或网络中使用一个 2×2 光切换 (OxC) 装置，所有波长变化的情况下参数所必需的调整情形；

表3所示为图3的24种可能的光信号切换与交换方式；

表4所示为图4的24种可能的光信号切换与交换方式。

表至表4中，“NC”表示该光栅不改变其反射波长所以不拉伸 (no



change)

“↑”表示该光栅改变其反射波长所以拉伸

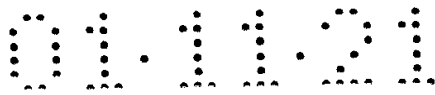
“X”表示光切换开关呈交错状态，光信号经过切换器前后会交换
(cross-state)

5 “---”表示光切换开关呈平行状态，光信号经过切换器前后不交换
(bar-state)

具体实施方式

10 首先请参考图1及图2，其为使用一个2×2光切换器(Optical switches, OSW)和三个4端口的光循环器(OCs)的3×3光交换模组(Optical cross-connect device, OXC)。所述光交换模组包含三条光纤(第一光纤、第二光纤、第三光纤)、三个4端口的光循环器(第一光循环器、第二光循环器、和第三光循环器)、三条光纤光栅(第一光纤光栅、第二光纤光栅、
15 第三光纤光栅)、以及一个2×2光切换器(Optical switches, OSW)。其中所述第一光纤包含第一输入端和第一输出端，第二光纤包含第二输入端和第二输出端，第三光纤则包含第三输入端和第三输出端。

所述第一光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第一输入端、所述第一输出端、所述第二光循环器、和所述第三光循环器；
20 其中所述第一光循环器系以第一光纤光栅连接至所述第二光循环器，而所述第一光循环器系以第二光纤光栅连接至所述第三光循环器。所述第二光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第二输入端、所述第二输出端、所述第一光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第二光循环器系以第三光纤光栅连接至所述第三光循环器；其中所述第一光纤光栅、
25 第二光纤光栅和第三光纤光栅皆可以被拉伸工具所拉伸。所述第三光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第三输入端、所述第

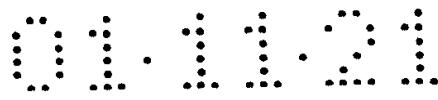


三输出端、所述第一光循环器、和所述第二光循环器。

所述 2×2 光切换器 (Optical switches, OSW) 则连接至所述第一光纤、第二光纤、和第三光纤的其中两条。

其中图1显示该 2×2 光切换器 (Switch) 在前, 所述 2×2 光切换器系
5 连接至所述第一输入端、第二输入端、和第三输入端其中之二。而图2
显示该 2×2 光切换器 (Switch) 在后, 所述 2×2 光切换器系连接至所述第
一输出端、第二输出端、和第三输出端其中之二。

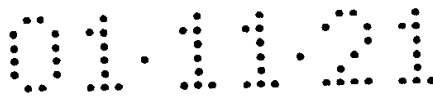
在简化却不失一般原则下, 我们只考虑单一波长的情况。第一波长、
第二波长和第三波长分别来自第一输入端、第二输入端和第三输入端而
10 且有相同的波长, 在不调整第三光纤光栅, 第二光纤光栅和第一光纤光
栅的反射波时, 三条光纤光栅有相同中心反射波长, 我们强调在作波长
交换时应慎选光纤光栅, 使其波长与光纤光栅的中心反射波长精确对准
(Precise alignment), 且光纤光栅的反射率宜控制在99.5%以上, 如
此以2.5Gb/s数字传输100km的单模光纤为例, 理论上的功率偿负 (Power
15 penalty) 可降低至0.2 dB以下。第一波长、第一波长和第三波长分别
由第一输出端、第二输出端和第三输出端输出。在某种条件下, 若需交
换第一波长和第二波长使其分别由第二输出端及第一输出端输出, 则在
第一光循环器和第二光循环器之间的第一光纤光栅应该要拉长
(strained-tuning), 使得中心反射波长变长不再反射光信号第一波
20 长和第二波长。而且光切换器 (OSW) 应该在闩住状态 (bar-state),
当 3×3 OXC装置的第一波长需切换到第二输出端, 第二波长须切换到第
三输出端和第三波长需切换到第一输出端, 欲使这些条件同时成立 (右
往左看为顺时针方向), 则第三光纤光栅, 第二光纤光栅和第一光纤光
栅需要同时被拉伸长, 然而此 2×2 光切换器仍然需在闩住状态 (bar-
25 state)。另外, 假如第一波长切换到第三输出端, 第二波长切换到第
二输出端和第三波长切换到第一输出端的条件需同时成立 (右往左看为



逆时针方向)，则第三光纤光栅、第二光纤光栅和第一光纤光栅亦需要同时被拉伸，然而 2×2 光切换器需在切换（cross-state）状态，此时由第二光循环器及第三光循环器出来的信号第一波长和第二波长会再次交换后，分别由第三输出端及第二输出端出来。又如第一波长需切换到第三输出端，第二波长须切换到第一输出端和第三波长需切换到第二输出端的这些条件同时成立的话（右往左看为逆时针方向），对图1而言，则第三光纤光栅、第一光纤光栅不拉伸，第二光纤光栅需要被拉伸，此 2×2 光切换器须在切换（cross-state）状态。对图2而言，则第三光纤光栅，第二光纤光栅不拉伸，第一光纤光栅需要被拉伸，此 2×2 光切换器须在切换（cross-state）状态...。所以这个架构可以达到任何我们可能需要的交换，（即 $3! = 6$ ）。表1列出图1在3条光纤路由交换系统或网络中使用一个 2×2 光切换（ $O \times C$ ）装置，所有波长变化的情况下参数所必需的调整情形。表2列出图2在3条光纤路由交换系统或网络中使用一个 2×2 光切换（ $O \times C$ ）装置，所有波长变化的情况下参数所必需的调整情形。

接下来请参考图3及图4，其为使用两个 2×2 光切换器配合四个4端口的光循环器的 4×4 光交换模组（Optical cross-connect device, $O \times C$ ）。所述光交换模组包含四条光纤（第一光纤、第二光纤、第三光纤、第四光纤）、四个4端口的光循环器（第一光循环器、第二光循环器、第三光循环器和第四光循环器）、四条光纤光栅（第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅、第四光纤光栅）、以及二个 2×2 光切换器（第一光切换器、第二光切换器）。所述第一光纤包含第一输入端和第一输出端，第二光纤包含第二输入端和第二输出端，第三光纤包含第三输入端和第三输出端，第四光纤则包含第四输入端和第四输出端。

所述第一光循环器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第一输入端、所述第一输出端、所述第二光循环器、和所述第四光循环器；

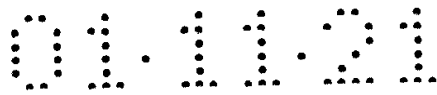


其中所述第一光循环器系以第一光纤光栅连接至所述第二光循环器，而所述
第一光循环器系以第四光纤光栅连接至所述第四光循环器。所述第二光循环
器包含四个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第二输入端、所述
第二输出端、所述第一光循环器、和所述第三光循环器；其中所述第二光循
5 环器系以第二光纤光栅连接至所述第三光循环器。所述第三光循环器包含四
个连接端口，所述四个连接端口分别连接至所述第三输入端、所述第三输出
端、所述第二光循环器、和所述第四光循环器；其中所述第三光循环器系以
第三光纤光栅连接至所述第四光循环器。其中所述第一光纤光栅、第二光纤
光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅皆可以被拉伸工具所拉伸。

10 所述第一光切换器连接至所述第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤
光栅和第四光纤光栅的其中两条，而所述第二光切换器连接至所述第一光纤
光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅的另外两条。

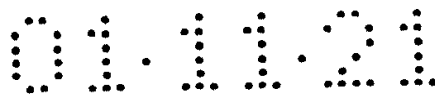
其中图3显示所述 2×2 光切换器 (Switch) 在前，其中所述第一光切换
器系连接至所述第一输入端、第二输入端、第三输入端和第四输入端其中
15 之二，而所述第二光切换器则连接至所述第一输入端、第二输入端、第三
输入端和第四输入端另外之二。而图4则显示所述 2×2 光切换器 (Switch)
在后，其中所述第一光切换器系连接至所述第一输出端、第二输出端、第
三输出端和第四输出端其中之二，而所述第二光切换器则连接至所述第一
输出端、第二输出端、第三输出端和第四输出端另外之二。

20 在简化却不失一般原则下，我们亦只考虑单一波长的情况。第一波长、
第二波长、第三波长和第四波长分别来自第一输入端、第二输入端、第三
输入端和第四输入端而且有相同的波长，架构包含四个以拉力可调
(strained-tuning) 反射波长的光纤光栅 (fiber Bragg grating)、四
个4端口光循环器和两个光切换开关所组成，可能交换的所有排列组合方
25 式共有 $4! = 24$ 种，举例其中几个加以说明，如条件— $B \longleftrightarrow C$ ，AD表示：经
过 4×4 光交换模组后，欲将原在B路由及C路由的波长第二波长和第三波长



彼此交换，而A，D路由内波长经过4×4光交换模组后仍维持在原路由第一输出端或第四输出端上，所以应该要把第二光纤光栅拉伸改变其中心反射波长，使得穿过B与C之间的波长不会被反射，而能够顺利交换第二波长至第三光循环器及第三波长至第二光循环器，其他的元件则不动作维持原状，此时一对2×2光切换器需在闩住状态中（bar-state）。又如条件二A→B→C→D表示：经过切换模组后，A路由波长换到B路由，B路由波长换到C路由，C路由波长换到D路由，D路由波长换到A路由，即要求第二波长、第三波长、第四波长及第一波长分别由第三输出端、第四输出端、第一输出端及第二输出端出去，（右往左看为顺时针方向），所以应该要把第一光纤光栅、第二光纤光栅、第三光纤光栅和第四光纤光栅四个光栅同时拉伸，同时改变四个光栅的反射中心波长，使得第一光循环器至第二光循环器的波长不会被反射，第二光循环器至第三光循环器波长不会被反射，第三光循环器至第四光循环器的波长不会被反射，第四光循环器至第一光循环器的波长不会被反射，而能够顺利通过，而一对2×2光切换器需在闩住状态（bar-state），又如条件三A，B→C→D表示：经过切换模组后，B路由波长换到第三光循环器，C路由波长换到第四光循环器，D路由波长换到第二光循环器，而A路由波长维持不交换，所以，对图3而言第二光切换器须在切换（cross-state）状态，第一光切换器须在闩住状态（bar-state），D路由与B路由的波长互相交换，只有第三光纤光栅光栅拉伸，使得B路由的波长再与C路由的波长互相交换，则可达成条件三的情形。对图4而言欲达成条件三，第二光切换器须在切换（cross-state）状态，第一光切换器须在闩住状态（bar-state），只有第二光纤光栅须拉伸。以此类推可以找出如表3所示为图3的24种可能的光信号切换与交换方式。使用相同原理，表4所示为图4的24种可能的光信号切换与交换方式。

在本实用新型中，将光纤光栅的波长拉伸调整的方法可为（但不限于）下列数种：压电材料（如PZT等）、可拉伸光学机具（如Strain gauge



等)、光电调变方式、光纤依附于随电场改变长度的金属、或可弯曲的物件(如直尺等)等等。

此外,利用压电方式或温度方式改变光纤光栅的折射率(Refractive index)、相等于调整其中反射波长等等,亦为本实用新型中将光纤光
5 栅的波长拉伸调整的方法。

在本实用新型中,光切换器的使用不限定为速度较慢的机械式光切换器,或速度较快的电光式光切换器,端视成本考量及光网络系统品质需求。

应用相同光纤与光学元件衍伸,本建议架构不限于 3×3 , 4×4 架构,
10 可扩展成 $N\times N$ (N 大于或等于5)规模。

本实用新型提出 3×3 及 4×4 两种光信号交换模组架构,它们乃利用光信号被光纤光栅反射或直接穿透光纤光栅而到达不同路由,并配合极少数的光切换器进而达成光信号交换的目的,此等架构可同时交换多个路由的频道信息而不需先经信号多工及解多工的步骤。此种动态型光信号
15 交换模组架构融合了低串音、低插入损失及良好的光谱平坦度及低成本等优点,可提升分波多工网络上的光信号传输弹性与资讯互换功能并扩充与升级光网络的规模,取代空间多工切换器。

本实用新型系通过具体实施例加以叙述,说明本实用新型的原则和精神,应可了解本实用新型并不局限于所揭露的具体实施例,因此,在本实
20 用新型的原则和范围底下所作任何相关细节上的变化,都应视为本实用新型的进一步实施例,其规模并可以类推至 $N\times N$ (N 大于或等于5)的任意自然数。

表 1

图 1 排列组合情形共有下列 6 种				
	FBG	FBG'	FBG''	OSW1
$I1 \leftrightarrow I2, I3$	NC	NC	↑	---
$I1 \leftrightarrow I3, I2$	NC	↑	NC	---
$I2 \leftrightarrow I3, I1$	↑	NC	NC	---
$I1 \rightarrow I2 \rightarrow I3 \rightarrow I1$	↑	↑	↑	---
$I3 \rightarrow I2 \rightarrow I1 \rightarrow I3$	NC	↑	NC	X
$I1, I2, I3$	NC	NC	NC	---

表 2

图 2 排列组合情形共有下列 6 种				
	FBG	FBG'	FBG''	OSW1
$I1 \leftrightarrow I2, I3$	NC	NC	↑	---
$I1 \leftrightarrow I3, I2$	NC	↑	NC	---
$I2 \leftrightarrow I3, I1$	↑	NC	NC	---
$I1 \rightarrow I2 \rightarrow I3 \rightarrow I1$	↑	↑	↑	---
$I3 \rightarrow I2 \rightarrow I1 \rightarrow I3$	NC	NC	↑	X
$I1, I2, I3$	NC	NC	NC	---

表 3

图 3 排列组合情形共有下列 24 种						
	FBG1	FBG2	FBG3	FBG4	OSW1	OSW2
$A \leftrightarrow B, C \leftrightarrow D$	↑	NC	↑	NC	---	---
$A \leftrightarrow B, C \ D$	↑	NC	NC	NC	---	---
$A \leftrightarrow C, B \leftrightarrow D$	NC	NC	NC	NC	X	X
$A \leftrightarrow C, B \ D$	NC	NC	NC	NC	X	---
$A \leftrightarrow D, B \leftrightarrow C$	NC	↑	NC	↑	---	---
$A \leftrightarrow D, B \ C$	NC	NC	NC	↑	---	---
$B \leftrightarrow C, A \ D$	NC	↑	NC	NC	---	---
$B \leftrightarrow D, A \ C$	NC	NC	NC	NC	---	X
$C \leftrightarrow D, A \ B$	NC	NC	↑	NC	---	---
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow$ A	↑	↑	↑	↑	---	---
$D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow$ D	↑	↑	↑	↑	X	X
$A \ B \ C \ D$	NC	NC	NC	NC	---	---
$A, B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$	NC	NC	↑	NC	---	X
$A, D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$	NC	↑	NC	NC	---	X
$B, A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$	NC	NC	NC	↑	X	---
$B, D \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow D$	NC	NC	↑	NC	X	---
$C, A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A$	↑	NC	NC	NC	---	X
$C, D \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D$	NC	NC	NC	↑	---	X
$D, A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$	NC	↑	NC	NC	X	---
$D, C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C$	↑	NC	NC	NC	X	---
$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow$ A	NC	↑	NC	NC	X	X
$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow$ A	NC	NC	NC	↑	X	X
$A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow$ A	NC	NC	↑	NC	X	X
$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow$ A	↑	NC	NC	NC	X	X

表 4

图 4 排列组合情形共有下列 24 种						
	FBG1	FBG2	FBG3	FBG4	OSW1	OSW2
$A \leftrightarrow B, C \leftrightarrow D$	↑	NC	↑	NC	---	---
$A \leftrightarrow B, C \ D$	↑	NC	NC	NC	---	---
$A \leftrightarrow C, B \leftrightarrow D$	NC	NC	NC	NC	X	X
$A \leftrightarrow C, B \ D$	NC	NC	NC	NC	X	---
$A \leftrightarrow D, B \leftrightarrow C$	NC	↑	NC	↑	---	---
$A \leftrightarrow D, B \ C$	NC	NC	NC	↑	---	---
$B \leftrightarrow C, A \ D$	NC	↑	NC	NC	---	---
$B \leftrightarrow D, A \ C$	NC	NC	NC	NC	---	X
$C \leftrightarrow D, A \ B$	NC	NC	↑	NC	---	---
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow$ A	↑	↑	↑	↑	---	---
$D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow$ D	↑	↑	↑	↑	X	X
A B C D	NC	NC	NC	NC	---	---
$A, B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$	NC	↑	NC	NC	---	X
$A, D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$	NC	NC	↑	NC	---	X
$B, A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$	NC	NC	↑	NC	X	---
$B, D \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow D$	NC	NC	NC	↑	X	---
$C, A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A$	NC	NC	NC	↑	---	X
$C, D \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D$	↑	NC	NC	NC	---	X
$D, A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$	↑	NC	NC	NC	X	---
$D, C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C$	NC	↑	NC	NC	X	---
$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow$ A	NC	NC	NC	↑	X	X
$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow$ A	NC	↑	NC	NC	X	X
$A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow$ A	↑	NC	NC	NC	X	X
$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow$ A	NC	NC	↑	NC	X	X

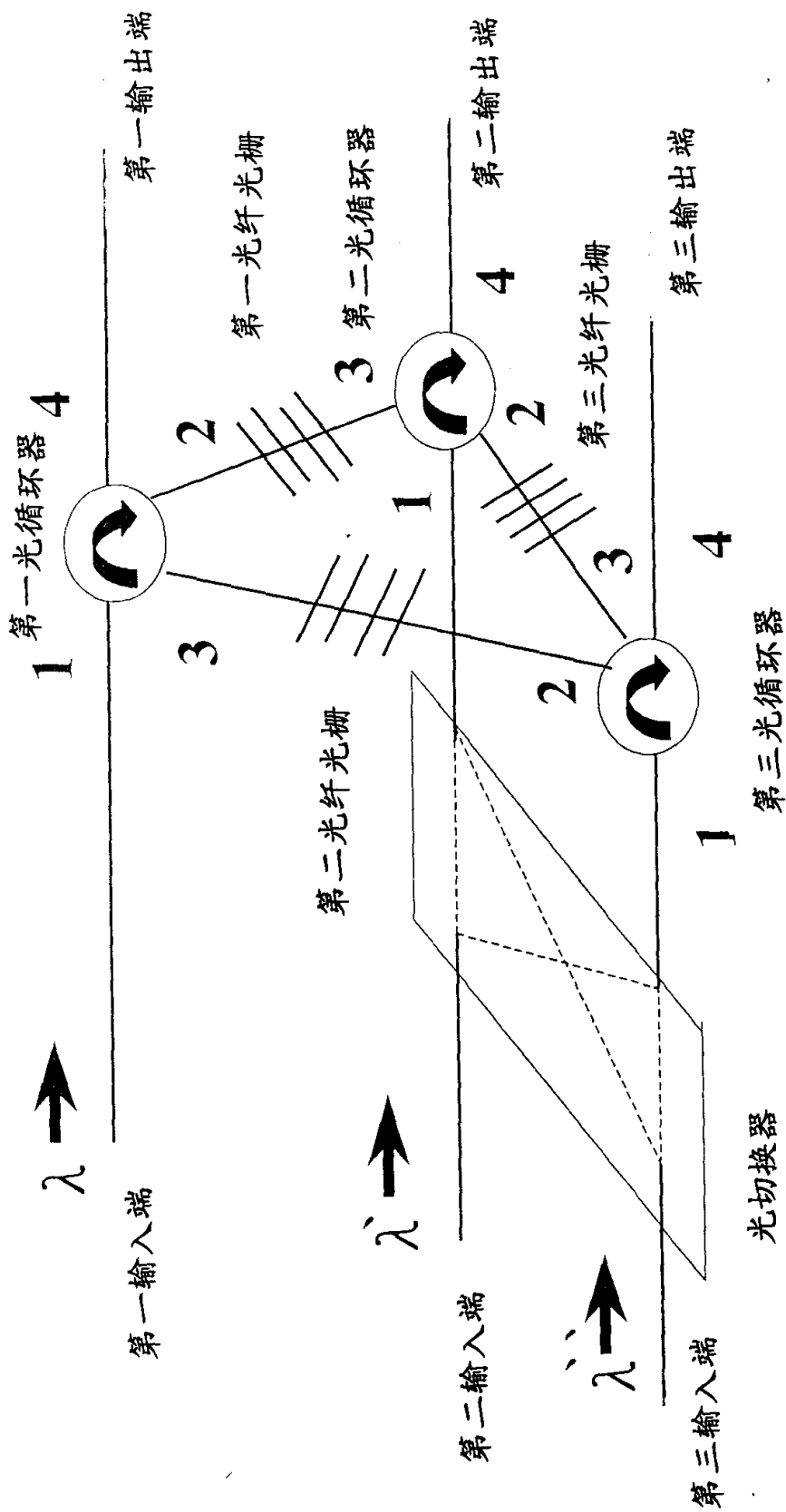


图 1

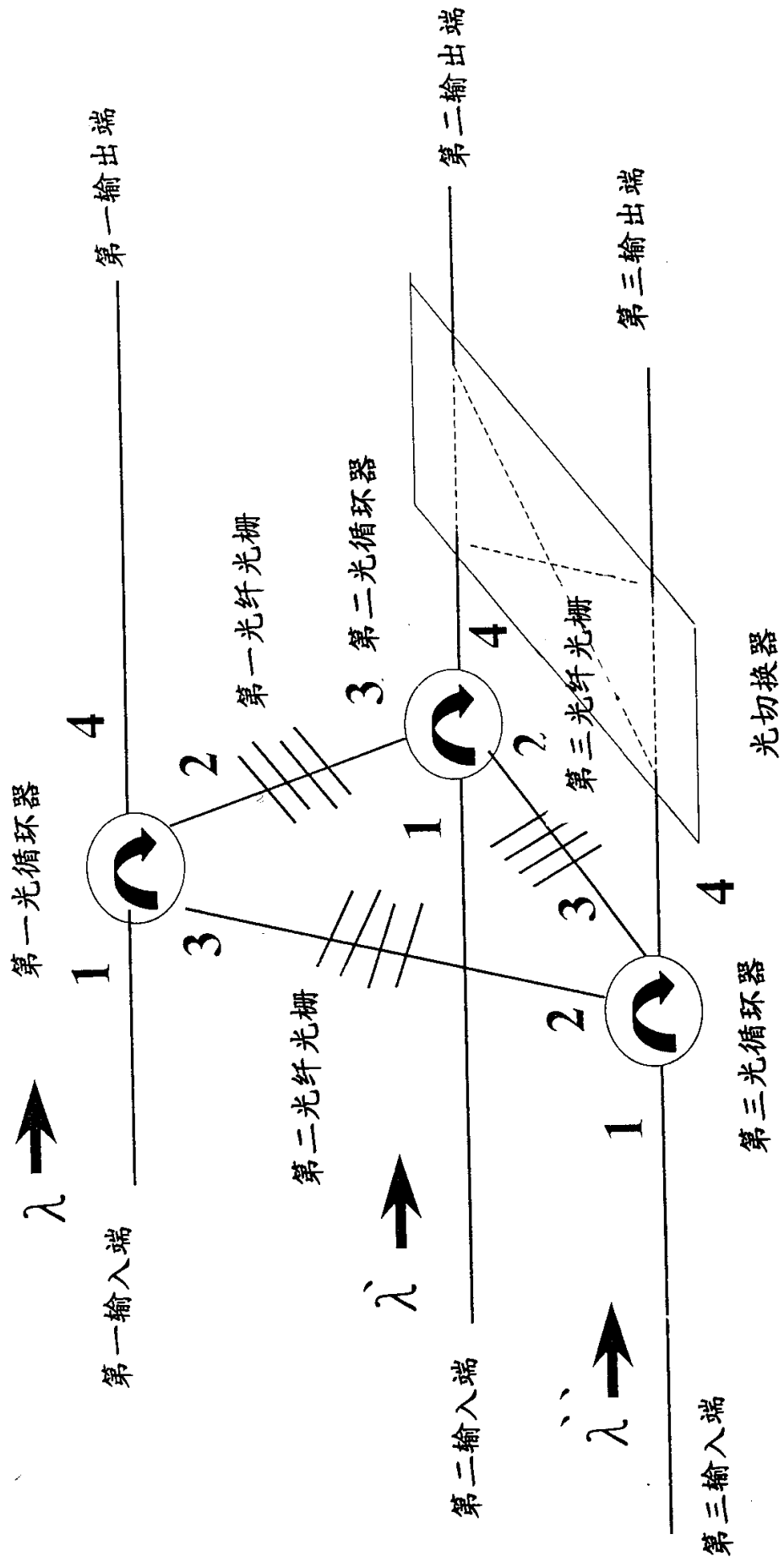


图 2

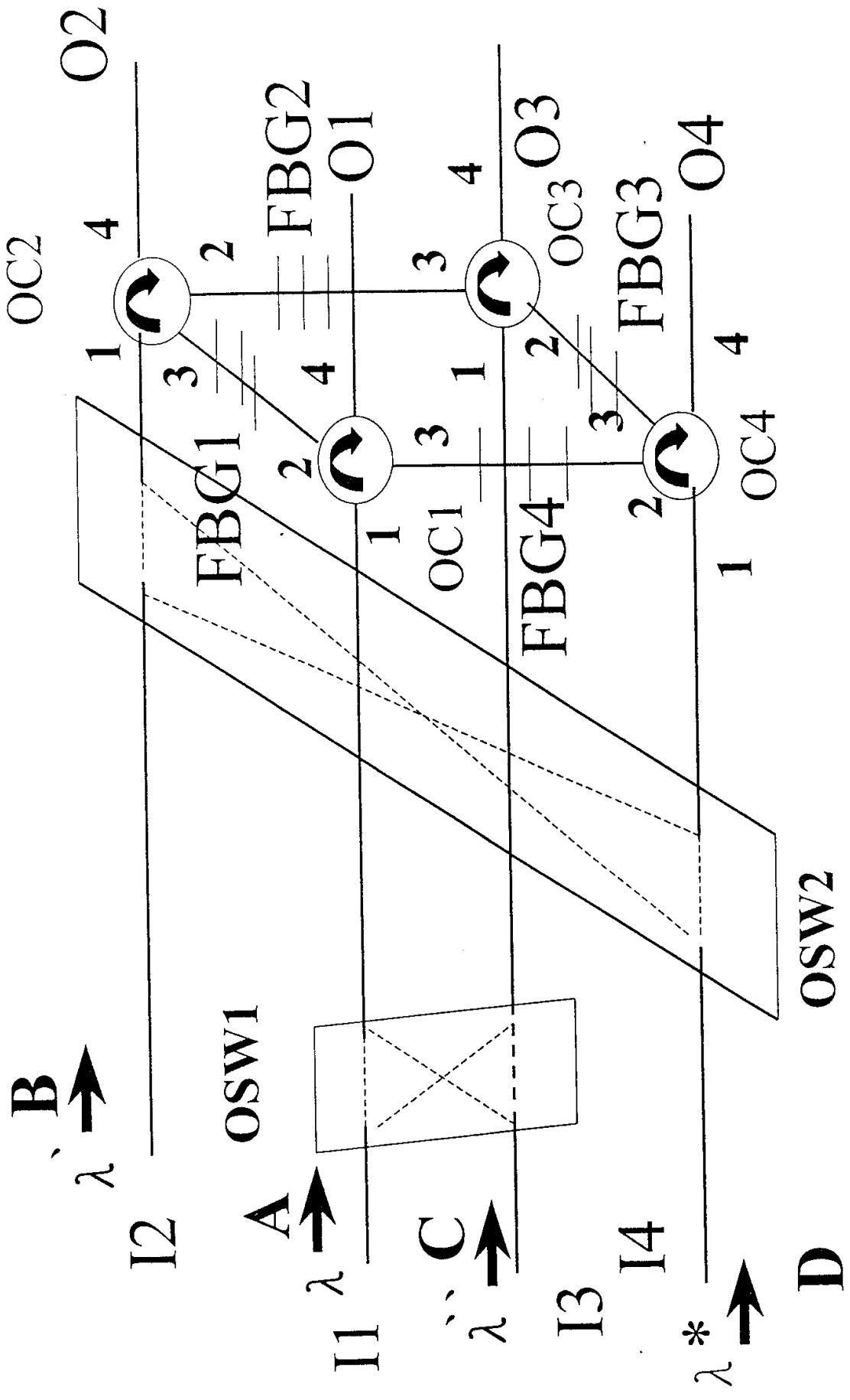


图 3

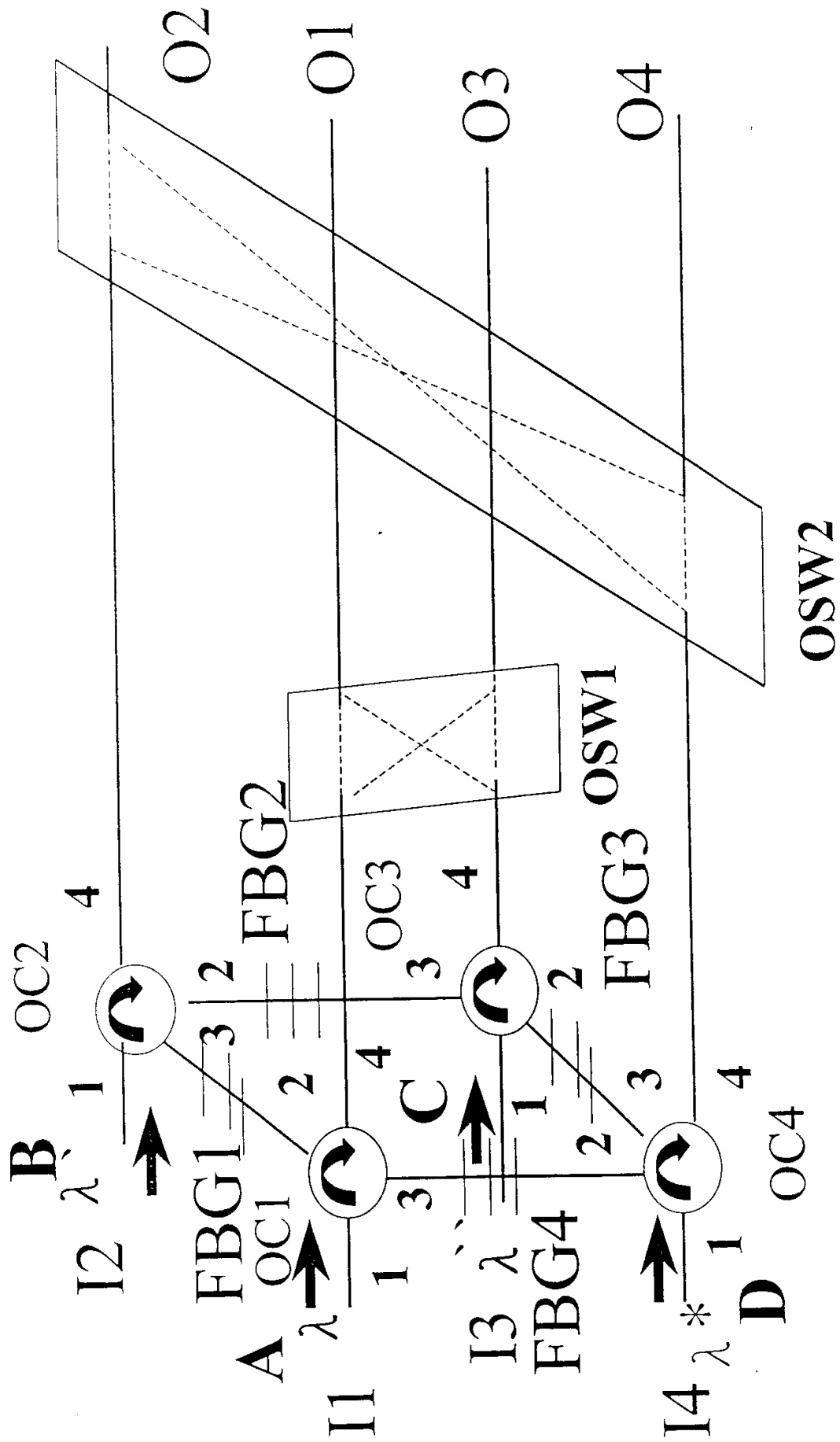


图 4