

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

H04J 14/00

H04B 10/00

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98803180.9

[43]公开日 2000 年 4 月 5 日

[11]公开号 CN 1249871A

[22]申请日 1998.1.5 [21]申请号 98803180.9

[30]优先权

[32]1997.1.8 [33]US[31]780,291

[86]国际申请 PCT/US98/06809 1998.1.5

[87]国际公布 WO98/33289 英 1998.7.30

[85]进入国家阶段日期 1999.9.8

[71]申请人 乔拉姆技术公司

地址 美国德克萨斯州

[72]发明人 伍光义 刘建羽

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

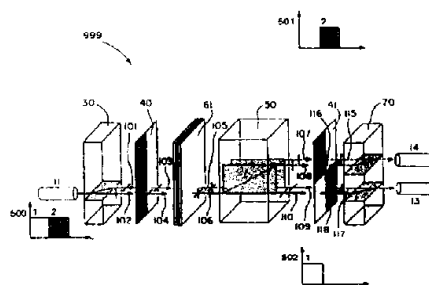
代理人 马铁良 李亚非

权利要求书 5 页 说明书 9 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 可交换的波长路由器

[57]摘要

一个可交换波长路由器(999)具有一个用于输入 WDM 信号(500)的输入端口(11)和两个用于分解 WDM 信号(500)的输出端口(13、14)。路由器(999)将接收到的光信号分解成分开的光信号(101、102),包括通道的一个子集和空间位置,分开的光信号响应一个作用 路由器(999)的控制信号。例如,路由器(999)可以将一个接收到的 WDM 信号(500)分成两个子集,这两个子集或者是单一通道或者是 WDM 信号。多个路由器(999)可以堆叠,构成一个  $2^n$  的可交换的波长路由器,其中  $n$  是波长路由器的级数。



ISSN 1000-8427 4

## 权 利 要 求 书

1、 用于交换波分复用 (WDM) 的光信号的方法, 包括的步骤有:  
提供用于接收 WDM 光信号的第一个输入/输出 (I/O) 端口;

提供第二个 I/O 端口;

5 提供第三个 I/O 端口;

空间上分解从上述第一个 I/O 端口上得到 WDM 光信号, 得到第一个和第二个光束, 这个两个光束互相正交偏振;

旋转上述第一个光束的偏振, 以基本上匹配上述第二个光束的偏振;

10 通过第一个波长滤波器, 分解上述具有相同偏振的第一个和第二个光束, 第一个波长滤波器具有一个依赖于光传输功能的偏振, 因此上述第一个光束被分解为第三个和第四个光束, 它们的偏振互相正交; 上述第二个光束分解第五个和第六个光束, 它们的偏振互相正交, 其中上述第三个和第五个光束在第一个偏振上传输第一个预定义的光谱  
15 带, 上述第四个和第六个光束在第二个偏振上传输第二个预定义的光谱带, 其中上述第一个和第二个光谱带基本上是互补的并且上述第一个和第二个偏振是正交的;

根据它们的偏振, 空间上路由上述第三个、第四个、第五个和第六个光束;

20 上述被路由的第三个、第四个、第五个和第六个光束通过第二个波长滤波器, 第二个波长滤波器基本上具有和上述第一个波长滤波器相同的传输功能, 其中第二个波长滤波器旋转上述第三个、第四个、第五个和第六个光束, 使它们返回到相同的偏振状态, 这个偏振状态和上述第二个光束进入上述第一个波长滤波器以前的偏振状态相同;

25 旋转第五个和第六个光束的偏振, 因此它们和上述第三个和第四个光束正交;

空间上重组第三个和第五个光束, 这两个光束包括上述第一个光谱带, 并且在空间上重组上述第四个和第六个光束, 这两个光束具有上述第二个光谱带; 和

30 上述第一个光谱带耦合到上述第二个 I/O 端口, 上述第二个光谱带耦合到上述第三个 I/O 端口。

2、 根据权利要求 1 的方法, 其中, 空间上分解 WDM 光信号的步

骤使用第一个双折射元件。

3、 根据权利要求 1 的方法，其中，路由上述第三个、第四个、第五个和第六个光束的步骤使用第二个双折射元件。

4、 根据权利要求 1 的方法，其中，重组上述第三个、第四个、第五个和第六个光束的步骤使用第三个双折射元件。

5、 根据权利要求 1 的方法，其中，旋转第一个光束的步骤另外包括将上述第一个和第二个光束通过一个可配置的旋转器阵列，该阵列具有：

(a) 第一个区域，用于旋转上述第一个光束的偏振；

10 (b) 第二个区域，用于上述第二个光束经过该区域。

6、 根据权利要求 1 的方法，其中，旋转上述第五个和第六个光束的偏振的步骤包括将第三个、第四个、第五个和第六个光束通过一个可配置的旋转器阵列，该阵列具有：

(a) 第一个区域，用于旋转上述第五个和第六个光束的偏振；

15 (b) 第二个区域，用于上述第三个和第四个光束经过该区域。

7、 根据权利要求 1 的方法，上述，第一个波长滤波器包括堆叠的大量的双折射波盘，每个波盘被定向到一个预定的方向。

8、 根据权利要求 1 的方法，上述，第二个波长滤波器包括堆叠的大量的双折射波盘，每个波盘被定向到一个预定的方向。

20 9、 一个交换波分复用 (WDM) 的光信号的方法，包括的步骤有：提供用于接收 WDM 光信号的第一个输入/输出 (I/O) 端口；

提供第二个 I/O 端口；

提供第三个 I/O 端口；

25 空间上分解从上述第一个 I/O 端口上得到 WDM 光信号，得到第一个和第二个光束，这个两个光束互相正交偏振；

旋转上述第一个光束的偏振，以基本上匹配上述第二个光束的偏振；

30 通过波长滤波器，分解上述具有相同偏振的第一个和第二个光束，这个波长滤波器具有一个依赖于光传输功能的偏振，因此上述第一个光束被分解为第三个和第四个光束，它们的偏振互相正交；上述第二个光束分解第五个和第六个光束，它们的偏振互相正交，其中上述第三个和第五个光束在第一个偏振上传输第一个预定义的光谱带，上述

第四个和第六个光束在第二个偏振上传输第二个预定义的光谱带，其中上述第一个和第二个光谱带基本上是互补的并且上述第一个和第二个偏振是正交的；

5 根据它们的偏振，空间上路由上述第三个、第四个、第五个和第六个光束；

旋转第三个、第四个、第五个和第六个光束的偏振，因此上述第三个和第五个光束正交偏振，上述第四个和第六个光束正交偏振；

旋转第五个和第六个光束的偏振，因此它们和上述第三个和第四个光束正交；

10 空间上重组第三个和第五个光束，这两个光束包括上述第一个光谱带，并且在空间上重组上述第四个和第六个光束，这两个光束具有上述第二个光谱带；和

上述第一个光谱带耦合到上述第二个 I/O 端口，上述第二个光谱带耦合到上述第三个 I/O 端口。

15 10、根据权利要求 9 的方法，其中，空间上分解 WDM 光信号的步骤使用第一个双折射元件。

11、根据权利要求 9 的方法，其中，路由上述第三个、第四个、第五个和第六个光束的步骤使用第二个双折射元件。

20 12、根据权利要求 9 的方法，其中，重组上述第三个、第四个、第五个和第六个光束的步骤使用第三个双折射元件。

13、根据权利要求 9 的方法，上述波长滤波器包括堆叠的大量双折射波盘，每个波盘被定向到一个预定的方向。

25 14、根据权利要求 9 的方法，其中，旋转第一个光束的步骤另外包括将上述第一个和第二个光束通过一个可配置的旋转器阵列，该阵列具有：

(a) 第一个区域，旋转上述第一个光束的偏振；

(b) 第二个区域，上述第二个光束经过该区域。

30 15、根据权利要求 9 的方法，其中，旋转上述第五个和第六个光束的偏振的步骤包括将第三个、第四个、第五个和第六个光束通过一个可配置的旋转器阵列，该阵列具有：

(a) 第一个区域，用于旋转上述第五个光束的偏振；

(b) 第二个区域，用于旋转上述第六个光束的偏振；

(c) 第三个区域, 用于在不需要旋转第三个光束的情况下, 使该光束通过;

(d) 第四个区域, 用于在不需要旋转第四个光束的情况下, 使该光束通过。

5 16、 一个可交换波长路由器, 包括:

第一个双折射元件, 用于接收一个 WDM 光信号, 并且分解上述 WDM 光信号, 得到具有正交偏振的第一个光束和第二个光束, 并且这两个光束在空间上分开;

10 第一个偏振旋转器, 这个偏振旋转器具有第一个控制状态, 在这个控制状态中, 旋转上述第一个光束的偏振, 使它基本上匹配上述第二个光束的偏振, 还具有第二个控制状态, 在这个控制状态中, 旋转上述第二个光束的偏振, 使它基本上匹配上述第一个光束的偏振; 通过一个外部的控制信号可以切换上述第一个偏振旋转器的控制状态;

15 一个波长滤波器, 接收来自上述第一个偏振旋转器的上述第一个和第二个光束, 上述波长滤波器具有一个依赖于光传输功能的偏振, 因此上述第一个光束分解成第三个和第四个光束, 这两个光束的偏振互相正交, 并且上述第二个光束分解成第五个和第六个光束, 这两个光束的偏振互相正交, 其中上述第三个和第五个光束在第一个偏振上传输第一个预定的光谱带, 上述第四个和第六个光束在第二个偏振上传输第二个预定的光谱带, 其中上述第一个和第二个光谱带基本上互补, 并且上述第一个偏振和第二个偏振基本上正交;

20 第二个双折射元件, 用于在空间上分开第三个、第四个、第五个和第六个光束, 得到四个水平偏振和垂直偏振的分量;

25 第二个偏振旋转器, 用于旋转上述第三个、第四个、第五个和第六个光束的偏振, 因此上述第三个和第五个光束正交偏振, 上述第四个和第六个光束正交偏振; 和

30 第三个双折射元件, 用于接收上述来自第二个偏振旋转器的第三个、第四个、第五个和第六个光束, 在空间上重组上述包括第一个光谱带的第三个和第五个光束, 并且在空间上重组上述包括第二个光谱带的第四个和第六个光束;

17、 根据权利要求 16 的路由器, 其中, 上述第一个波长滤波器另外包括:

第一个区域,用于在上述第一个控制状态中旋转上述第一个光束的偏振,上述第一个光束在上述第二个状态中不需要旋转的情况下通过这个区域;和

5 第二个区域,上述第二个光束在第一个控制状态中不需要旋转的情况下通过这个区域,并且在第二个控制状态中旋转上述第二个光束的偏振。

18、根据权利要求 16 的路由器,其中,上述第二个偏振旋转器另外包括:

(a) 第一个区域,用于旋转上述第五个光束的偏振;

10 (b) 第二个区域,用于旋转上述第六个光束的偏振;

(c) 第三个区域,用于在不需要旋转第三个光束的情况下,使该光束通过;

(d) 第四个区域,用于在不需要旋转第四个光束的情况下,使该光束通过。

15 19、根据权利要求 16 的路由器,其中,上述波长滤波器包括堆叠的大量的双折射波盘,每个波盘被定向到一个预定的方向。

# 说明书

## 可交换的波长路由器

### 发明背景

#### 5 1、发明领域

本发明一般涉及通信系统，特别涉及一种用于波分复用（WDM）光通信的一个可交换的波长路由器。

#### 2、问题陈述

10 光波分复用逐渐成为光纤通信系统的标准骨干网络。WDM系统使用包括若干个波长不同的光信号的信号，用来在光纤上传输信息，称作载波信号或者通道。每个载波信号被一个或者多个信息调制。因此，可以使用WDM技术在一个单一的光纤上传输许多信息信号。

尽管通过WDM技术提供了基本上较高的光纤带宽利用率，但是如果这些系统成为商业上可行的，那么必须克服许多严重问题，例如复用、  
15 分解以及路由光信号。因为现在处理涉及滤波和路由，所以波长范围相加增加了网络管理的复杂性，复用涉及将多个频道组合成一个单一的WDM信号的处理（通过它自身的频谱定义每个通道）。分解是相反处理，其中一个单一的WDM信号被分解成单独的通道。单独的通道在空间上分开，并且耦合到特定的输出端口。路由与分解不同，其原因在于  
20 一个路由器在空间上将输入的光通道分开，输出到输出端口，并且为了得到一个输入通道和一个输出端口之间理想的耦合，根据控制信号，排列这些通道。

本申请人同时提交的 U.S. 专利申请的序号为 08/685,150 和 08/739,424 (Kuang-Yi Wu等) 提出两个用于高性能的信号路由（序号  
25 08/685,150）和波长分解（序号08/739,424）独立的方法。在序号为 08/685,150中，公开了用于实现光交换（路由器）的新结构，得到很高的衰减比例操作。然而这些交换是依赖于波长的。在序号为 08/739,424的中，公开了一个用于提供波长分解和路由功能的系统。然而这个单级设计主要依赖于光纤设计。为了实现预期的低串扰，光  
30 纤的传输功能必须近似于一个理想的方形平顶。

在这个专利申请中，我们组合出现在上述专利申请中的这两个结构和概念，建立一个可交换的波长路由器。这个新结构使用双级滤波器，

这种滤波器可以得到一个较好的（纯的）带通传输，并且合并一个导致在通道之间的低串扰的容错结构（类似于在序号08/685,150中所述的）。

### 发明概述

5 本发明涉及一个可交换波长路由器，这个路由器具有一个用于输入WDM信号的输入端口和两个用于分解WDM信号的输出端口。路由器将接收到的光信号分解成分开的光信号，这些光信号包括通道的一个子集和空间位置，分开的光信号响应一个施加到路由器的控制信号。例如，路由器可以将一个接收到的WDM信号分成两个子集，这两个子集或者是  
10 单一通道或者是WDM信号。多个路由器可以堆叠，构成一个 $2^n$ 的可交换的波长路由器，其中n是波长路由器的级数。

更特别的是，第一个双折射元件将WDM光信号分成两个空间上分开的正交偏振的光线。第一个偏振旋转器根据一个外部的控制信号选择地旋转其中一个光线的偏振，以便于匹配另一个光线的偏振。一个波  
15 长滤波器（例如堆叠的波盘）提供一个依赖于偏振的光传输功能，因此第一个光线被分解为第三个和第四个正交光线，并且第二个光线分解成第五个和第六个正交光线。第三个和第四个光线在第一个偏振方向上传输第一个光谱带，第四个和第五个光线在一个正交方向上传输第二个光谱带。第二个双折射元件在空间上将这四个光线分成四个水  
20 平偏振并且垂直偏振的分量。第二个偏振旋转器旋转光线的偏振，因此第三个和第五个光线正交偏振并且第四个和第六个光线正交偏振。第三个双折射元件重组第三个和第五个光线，这两个光线包括耦合到第一个输出端口的第一个光谱带，还重组第四个和第六个光线，这两个光线包括耦合到第二个输出端口的第二个光谱带。

### 附图简要说明

25

图 1a 和 1b 示出了根据本发明的光路由器功能的框图。

图 2a 和 2b 示出了根据本发明一个双级可交换波长路由器的简图。

图 3a 和 3b 示出了根据本发明一个单级可交换波长路由器的简图。

图 4a 和 4b 示出了在滤波器设计中使用铌酸锂波盘的实验结果的图形。在图 4a 中，在交换前和后记录输出端口#1 的光谱。图 4b 示出了  
30 输出端口#2 在交换前和后相应的光谱。光谱被大概相等的分开，并且准备用于进一步的光谱分割。



图 5 的图形示出了不对称光谱的设计, 其中较窄的光谱可以被用作一个增加/删除端口, 其中较宽的光谱可以将 WDM 信号的剩余部分返回到网络。

图 6 的图形说明覆盖 1310 和 1550nm 波长的一个可交换波长路由器的设计。使用这种设计得到两个通道间好于-50dB 的串扰。

### 发明详述

#### 1、概述

本发明两个分解器(例如光谱分离)和路由器(例如空间排列)一个波分复用(WDM)光信号。图 1a 和 1b 是介绍本发明一般功能的框图。  
10 一个 WDM 信号 500 包括多个通道, 每个通道具有自己的波长或者频率范围。在这个文件中, 术语“通道”或者“频带”指的是定义一个唯一信息信号的频率和波长的一个特定范围。每个通道常常可能与相邻通道空开, 尽管这不是必需的。不一致的空间可能导致设计中的一些复杂性, 但是就象将要看的, 本发明可以适合于这样一个通道系统。  
15 这种灵活性的特征在于通道安排很大程度上被发射器(例如激光二极管)和探测器的技术可能性所驱动, 因此灵活性很重要。

WDM 信号 500 是使用传统光信号技术耦合到可交换波长路由器 999 的输入端口的输入。通过两个控制状态(例如开和断)之间切换控制信号, 路由器 999 在它的输出端口产生两个唯一的输出信号, 其中  
20 输入 WDM 光谱被分为两个光带 501 和 502。一个表示为第一个光带 501 (例如在图 1a 中较短的波长), 而另一个表示为第二个光带 502 (例如在图 1a 中较长的波长)。根据控制状态, 两个光谱带被路由到输出端口, 像在图 1a 和 1b 中叙述的一样。依赖于 WDM 系统需要的功能, 两个输出光谱可以是对称的或者是不对称的。为了分解光通道, 常常引  
25 用在两个输出端口上的对称光谱。另外, 在第一级输出后进一步分开光谱并且产生更窄的光谱带宽后, 可以堆叠具有一个较短光谱响应的第二级波长路由器。在不对称的光谱设计中, 可以作为一个用于 WDM 网络节点的增加/删除滤波器使用波长路由器。这里由于波长路由器不对称的光谱的较窄的光带, 因此可以增加或者删除一个特定的光通  
30 道, 而其余的通道由于较宽的互补的光谱继续经过波长路由器。当 WDM 信号在 WDM 网络范围内传播时, 这将允许 WDM 信号进入或者离开网络。

#### 2、双级路由器

图 2a 和图 2b 是简图, 介绍一个双级波长路由器 999 的两个控制状态。波长路由器 999 处于一个控制位的两个控制状态下, 因此具有两个控制状态。路由器 999 用于分开施加到一个输入端口 11 的波长谱的通道, 确定输出端口 13、14 中的哪一个端口被耦合到每一个通道。

5 在图 2a 和图 2b 中, 粗实线表示光路, 它包括 WDM 输入信号 500 中通道的全部光谱。实细线表示包括通道的第一个子集的光路, 被称作第一个光谱带。细虚线表示传播通道的第二个子集的光路, 称作第二个光谱带。每个子集可能不仅只包括一个通道并且可能它自身就是一个 WDM 信号, 不过比源 WDM 信号 500 的带宽更小, 理解这些内容是很重要的。另外用水平双头线标明每一个光路, 表示水平偏振, 或者使用一个垂直双头线标明每一个光路, 表示垂直偏振, 或者两个水平的双头线和垂直的双头线, 表示在那个点上光信号中混合的水平 and 垂直的偏振。

15 WDM 信号 500 进入第一个双折射元件 30, 这个双折射元件 30 在空间上将 WDM 信号 500 分成水平和垂直偏振的分量。第一个双折射元件 30 包括一种材料, 这个材料允许光信号垂直偏振部分通过, 而不需要改变路线 (course), 因为它们在双折射元件 30 中是普通波。相反, 由于双折射离散效应, 水平偏振波重新定向到一个角度。重定向的角度是所选择的特别材料的一个众所周知的功能。例如适合构造双折射元件的材料是方解石、金红石、铌酸锂, 基于晶体的  $YVO_4$  相类似的材料。水平偏振的分量沿着一个路线 101 作为一个特别信号在第一个双折射元件 30 中传播, 而垂直偏振的分量 102 作为一个普通信号穿过传播第一个双折射元件 30, 而不需要空间重定向。最后得到的两个信号 101 和 102 都传播 WDM 信号 500 的全部光谱。

25 两个水平和垂直偏振分量 101 和 102 都耦合到一个在一个控制位的控制下的可交换的偏振旋转器 40。偏振旋转器 40 包括两个子元件旋转器, 这两个旋转器构成一个互补状态, 等等, 当一个闭合而另一个断开时。旋转器 40 通过预定义的数值选择性的旋转信号 101 或者 102 中任一个的偏振状态上。在优选的实施例中, 旋转器 40 旋转信号, 或者旋转  $0^\circ$  (没有旋转) 或者旋转  $90^\circ$ 。例如, 偏振旋转器 40 可以是一个扭曲向列型液晶旋转器, 基于  $\pi$  电池 (pi-cell) 的液晶旋转器, 30 基于磁光的法拉第旋转器, 基于声光或者电光的偏振旋转器。尽管可

以应用另外的旋转器满足一个特定应用的需要，但是商业上可用的基于液晶技术的旋转器是优选的。这些元件的交换速度从几毫秒到几纳秒，因此可以应用到一个变化大的系统中，以便满足一个特定应用。这些元件和相类似的基本元件被认为是等效的，并且能够被替换，并且不背离本发明的精神的情况下交换这些元件。

图 2a 说明某种控制状态，在这个控制状态中信号 102 被旋转  $90^\circ$ ，因此离开旋转器 40 的两个信号 103、104 具有一个水平偏振。图 2b 说明第二个状态，在这个状态中，信号的偏振被旋转  $90^\circ$ ，因此两个离开旋转器 40 的光信号 103、104 具有一个垂直偏振。在这级上，两个水平和垂直分量再次包括 WDM 信号 500 中通道的全部光谱。

堆叠的波盘元件 61 是在选择的方向上堆叠的大量双折射元件，它产生两个特征状态。第一个特征状态传输具有相同偏振的第一个子频谱作为输入，并且第二个特征状态传输一个正交偏振上的互补的子光谱。输入的光线的偏振和两个输出偏振构成一对光谱响应，其中 (H, H) 和 (V, V) 传输输入光谱的第一个部分，(H, H) 和 (V, V) 传输输入频谱的互补 (第二个) 部分，其中 V 和 H 分别是垂直和水平偏振。

比较图 2a 和 2b 可以更好的理解这些内容。随着水平偏振 103、104 输入到堆叠的波盘元件 61，如图 2a 所显示的，生成正交的垂直和水平偏振，第一个光谱带存在于水平偏振中，第二个光谱带存在于垂直偏振中。随着垂直偏振 103、104 输入到堆叠的波盘元件 61，象图 2b 所显示的，生成正交的垂直和水平偏振，第一个光谱带存在于垂直偏振中，第二个光谱带存在于水平偏振中。

为了波长分解应用，堆叠的波盘元件 61 具有一个梳状滤波器响应曲线，基本上是一个平顶或者方波频率响应。对于 WDM 光通道增加/删除应用，堆叠的波盘元件 61 具有一个非对称滤波器响应。

回到图 2a，堆叠的波盘元件 61 产生的光响应 105、106 输出对耦合到第二个双折射元件 50。这个双折射元件 50 具有一个和第一个双折射元件 30 相类似的结构，在空间上将输入光信号 105 和 106 分成水平和垂直偏振分量。如图 2a 所示，光信号 105、106 被分成垂直偏振分量 107、108，这些垂直偏振分量包括第二个光谱带，还被分成水平偏振分量 109、110，这些垂直分量包括第一个光谱带。由于双折射的离散效应，第二个双折射元件 50 将在水平偏振上传输第一个光谱带

109、110 和在垂直偏振上传输第二组光谱带 107、108 的正交偏振分开。

第二个双折射元件 50 后面，可以以相反的顺序重复第二个双折射元件 50 的输入侧的光元件，象图 2a 和图 2b 中说明的。第二个堆叠的波盘元件 62 基本上具有和第一个堆叠的波盘元件 61 相同的组成。输入到第二个堆叠的波盘元件 62 的水平偏振的光束 109、110 被进一步提纯，当他们离开第二个堆叠的波盘元件 62 时保持他们的偏振。另一方面，垂直偏振光束 107、108 经过  $90^\circ$  偏振旋转，当他们离开第二个堆叠的波盘元件 62 时，也被提纯。 $90^\circ$  偏振旋转是因为垂直的偏振光束 107、108 传输第二个光谱带并且因此处于元件 62 的互补状态中。在堆叠的波盘元件 62 的输出，所有四个光束 111、112 和 113、114 具有水平偏振。然而，使用堆叠的波盘元件元件 61、62 的滤波器特征定义的光谱带被分成上面的第一个光谱带 501 和下面的第二个光谱带 502。

为了重组两个光束 111、112 和 113、114 的光谱带，使用第二个偏振旋转器 41 和第二个双折射元件 70。第二个旋转器 41 具有两个子元件，这两个元件截取四个平行的光束 111-114。第二个旋转器 41 的两个子元件被设置为对第一个旋转器 40 的互补状态，即当第一个旋转器 40 闭合/断开，第二个旋转器 41 断开/闭合。在图 2a 中，光束 111 和 113 的偏振旋转  $90^\circ$ ，而光束 112 和 114 通过，不需要改变偏振。对于在第二个旋转器 41 的输出上的每个光谱带，这产生一个正交偏振对 115、116 和 117、118。最后，第二个双折射元件 70 重组两个正交偏振 115、116 和 117、118，使用离散效应，分别产生离开元件 70 输出到端口 14 和 13 的两个光谱。这完成了可交换波长路由器 999 的第一个工作阶段。

图 2b 说明另外的控制状态，其中和它们在图 2a 中显示的状态相比，两个偏振旋转器 40 和 41 被切换到他们的互补状态，即从闭合到断开，或者从断开到闭合。首先通过偏振，第一个双折射元件 30 将全光谱 500 分成两个正交状态，即垂直和水平偏振，用 101 和 102 表示。第一个偏振旋转器 40 现在被设置为具有输出偏振 103 和 104，都是垂直方向。通过第一个堆叠的波盘元件 61 后，分别产生传输第二个和第一个光谱带的两个正交偏振（即水平和垂直）。在这种工作状态下，

水平偏振被用作传输第二个光谱带,垂直偏振被用作传输 WDM 光谱 500 的第一个光谱带。然后通过第二个双折射元件 50 在空间上分开这两个光谱带,垂直偏振 107、108 向上,水平偏振 109、110 通过,没有偏离。这样根据它们的偏振分开两个光谱带。

- 5 为了进一步提纯光谱,生成的四个光束 107-110 进入第二个堆叠的波盘元件 62。元件 62 的另一个重要作用是偏振旋转第二个光谱带。记住堆叠的波盘元件 61、62 具有两个特征状态。关于第一个光谱带,元件 62 保持垂直偏振光束 107、108 不变。然而,关于第二个光谱带,当水平偏振光束 109 和 110 经过元件 62 时,它们被旋转 90°,因为他们处于堆叠的波盘元件 62 的互补状态。在元件 62 的输出端,所有偏振变成垂直的,象图 2b 中通过用于第一个光谱带的光束 111、112 和用于图 2b 中第二个光谱带的光束 113、114 所表示的。为了重组两个子光谱,象以上讨论的一样,使用第二个偏振旋转器 41 和第三个双折射元件 70。在图 2 中,将第二个旋转器 41 设置为将光束 112 和 114 10 的偏振旋转 90°,允许光线 111 和 112 不经旋转的情况下通过。第三个双折射元件重组生成的光束 115-118,并且对于第一个和第二个光谱带分别来开元件 70 输出到端口 14 和 13。

### 3、单级路由器

- 20 在图 3a 和 3b 中介绍了使用一个单级可交换波长路由器的双级波长路由器的简化版本,用于工作的两个状态。与图 2a 和 2b 中的双级设计相比,这个结构有两个变化。去掉了图 2a 和图 2b 中的第二个堆叠的波盘元件 62,第二个偏振旋转器 41 被一个被动的偏振旋转器代替,这个偏振旋转器具有两个子元件用于截取光束 108 和 109,象图 3a 和图 3b 中说明的。

- 25 单级波长滤波器工作方式基本上和双级路由器的方式相同,直到光束 107-110 离开第二个双折射元件 50。在第二个双折射元件 50 的输出,分开的第一个和第二个频带分别通过两组正交偏振光束 107、108 和 109、110 传输。第一个和第二个光谱带的位置依赖于光束 103 和 104 的偏振状态。如果第一个光谱带被第一个旋转器 40 水平偏振,那么它在较低的输出端口 13 上离开,而第二个频带将在上面的输出端口 14 上离开。因为在第二个双折射元件 50 中的双折射离散效应,垂直偏振光束 107、108 偏离它们原始的路线,向上传输,水平偏振光束 30

109、110 穿过元件 50，而不需要改变它们的方向。离开第二个双折射元件 50 的两个光束对 107、108 和 109、110 具有相同的偏振，但是不同的频率。

5 无源的偏振旋转器 41 仅在截取光束 108 和 109 的区域模仿旋转偏振。因而，在旋转器 41 的输出，产生用于第一个和第二个光谱带的光束 115、116 和 117、118 的正交偏振对。这些光束 115-118 然后通过第三个双折射元件 70 重组，并且离开元件 70 输出到端口 13 和 14。

单级可交换波长路由器的优点是与双级路由器相比需要的元件很少。然而，它的光谱纯度不如双级路由器好。它将依赖于应用和特定 WDM 网络的需要，优选单级或者双级波长路由器。

本发明的一个优点是基本上保存了所有在 WDM 信号 500 中可用的光能量的情况下完成路由。这就是说不管 WDM 信号中的信号偏振，使用水平和垂直偏振的分量，并且在输出端口 13、14 上重组，导致通过路由器 999 时很低的损耗。

15 双折射波盘 61、62 的每组被定向到一个相对于偏振旋转器 40 的光轴唯一的光轴角。象上面早些时候提到的，堆叠的波盘元件 61、62 的光谱设计依赖于 WDM 网络需要的应用。下面，我们列出三个可以用于现在的 WDM 系统的不同的设计。第一个例子使用平均分配子光谱的堆叠的波盘，两个频谱中心位于 1533 和 1557nm 波长。在第二个例子  
20 中，堆叠的波盘产生非对称子光谱。这种设计可用于一个增加/删除光滤波器应用。第三个设计覆盖 1310 和 1550nm 波长网络光纤的两个传输窗口。在这个例子中，1310 和 1550nm 的中心波长可交换的被路由到输出端口之一。

### 例 1

25 三个铌酸锂 ( $\text{LiNbO}_3$ ) 波盘具有 1mm 的厚度，被堆叠在一起，构成一个平顶的、均分的光谱，象在图 4 中示出的，通道串扰低于 30dB。试验结果基于双级可交换波长路由器。这种出色性能在于滤波器技术，如使用多层绝缘涂层，一般可以得到 20dB 的串扰。因为在两个输出端口上的等光谱设计，所以可以进一步堆叠这种类型的可交换波长  
30 路由器。随着堆叠“n”级路由器，产生总共  $2^n$  个输出端口。可以根据 n 个控制信号，排列这些  $2^n$  个端口的输出频谱，建立一个可编程的波长路由器。

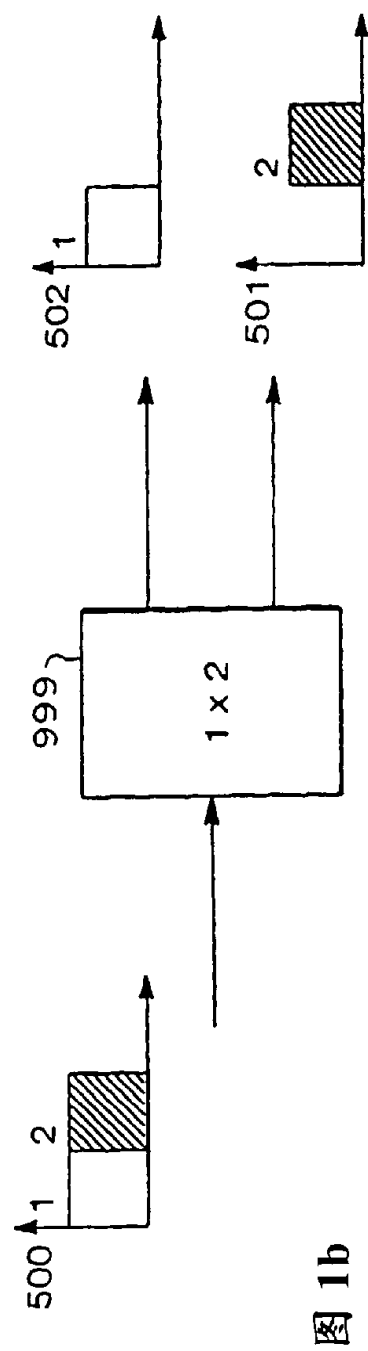
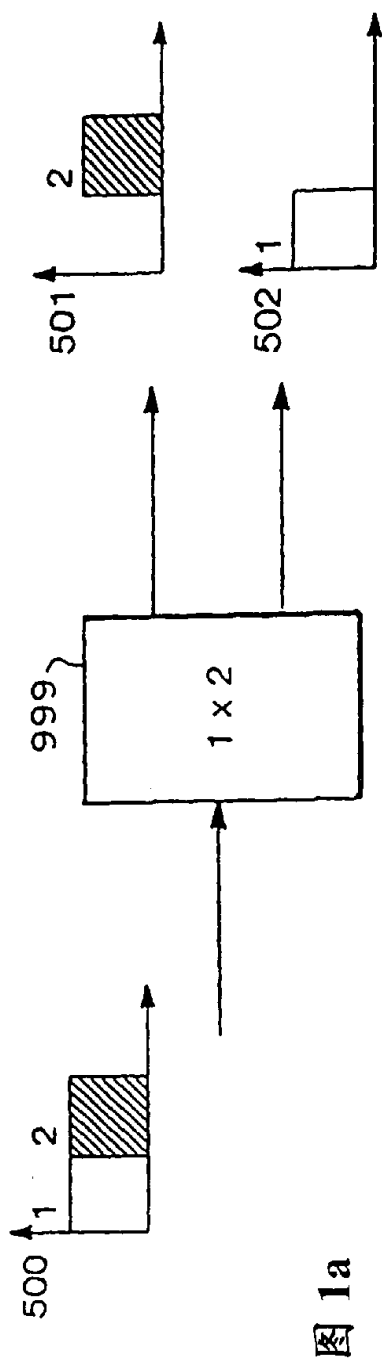
5

### 例 3

10

15

# 说明书附图





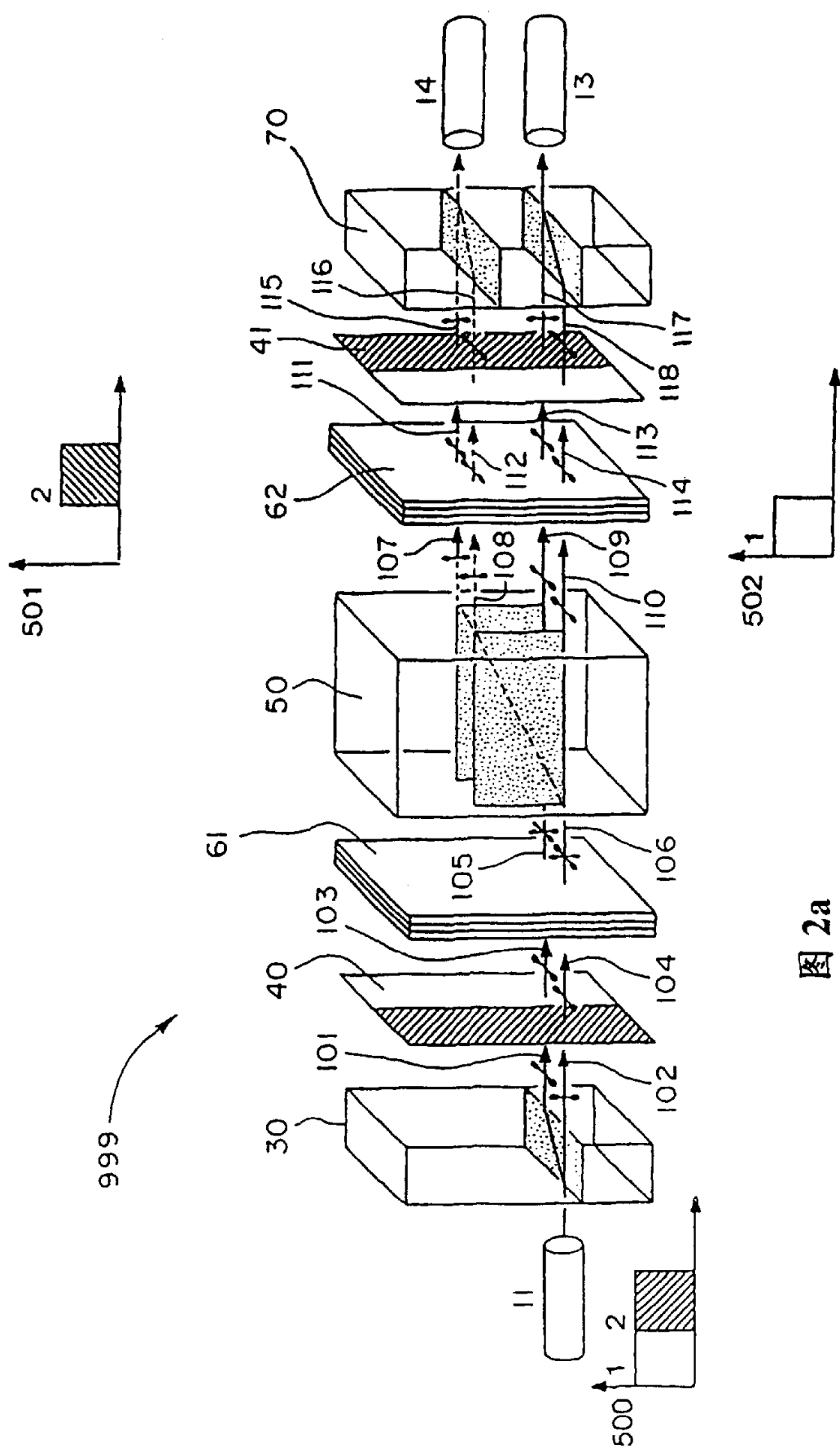


图 2a

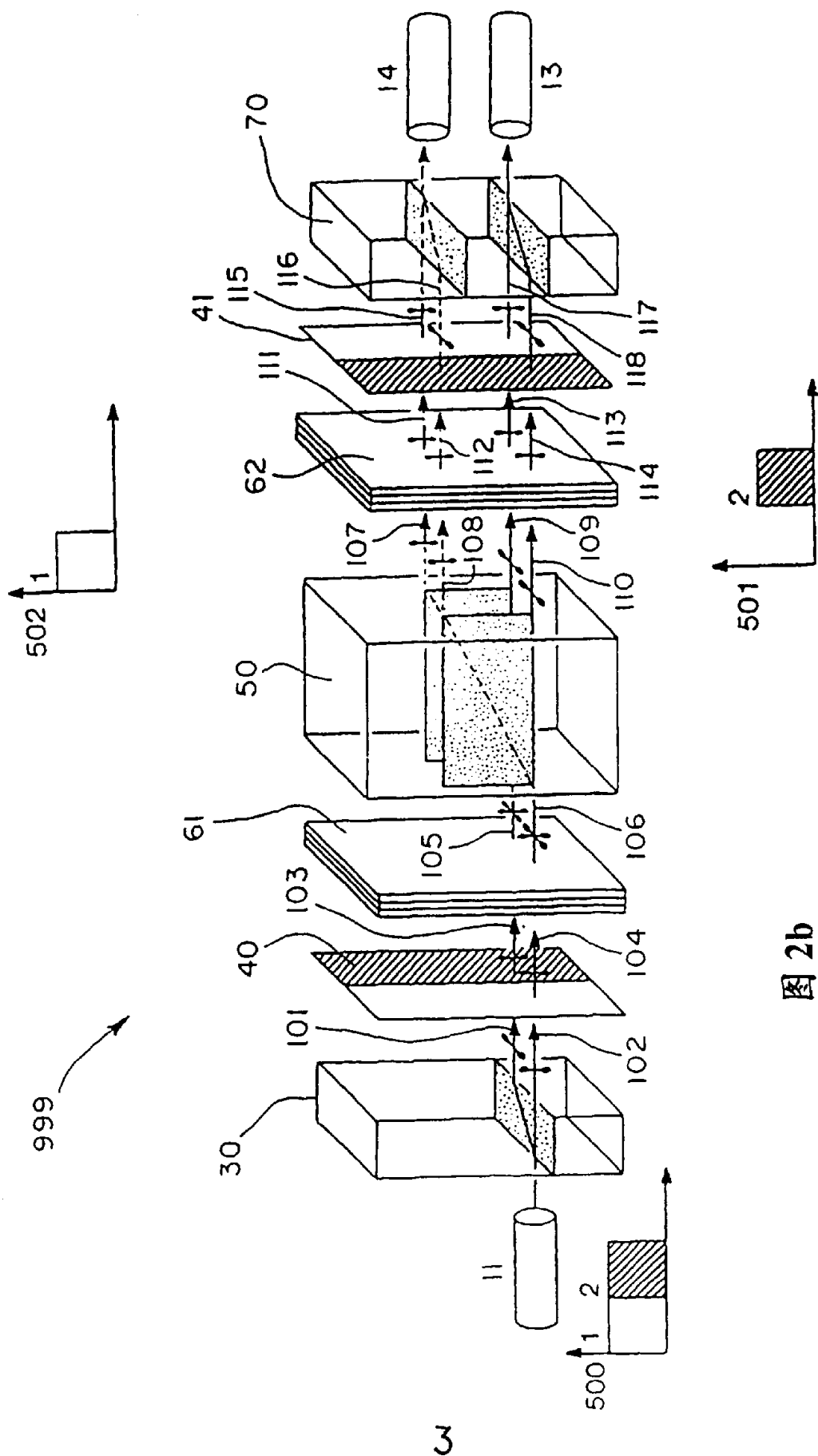


图 2b

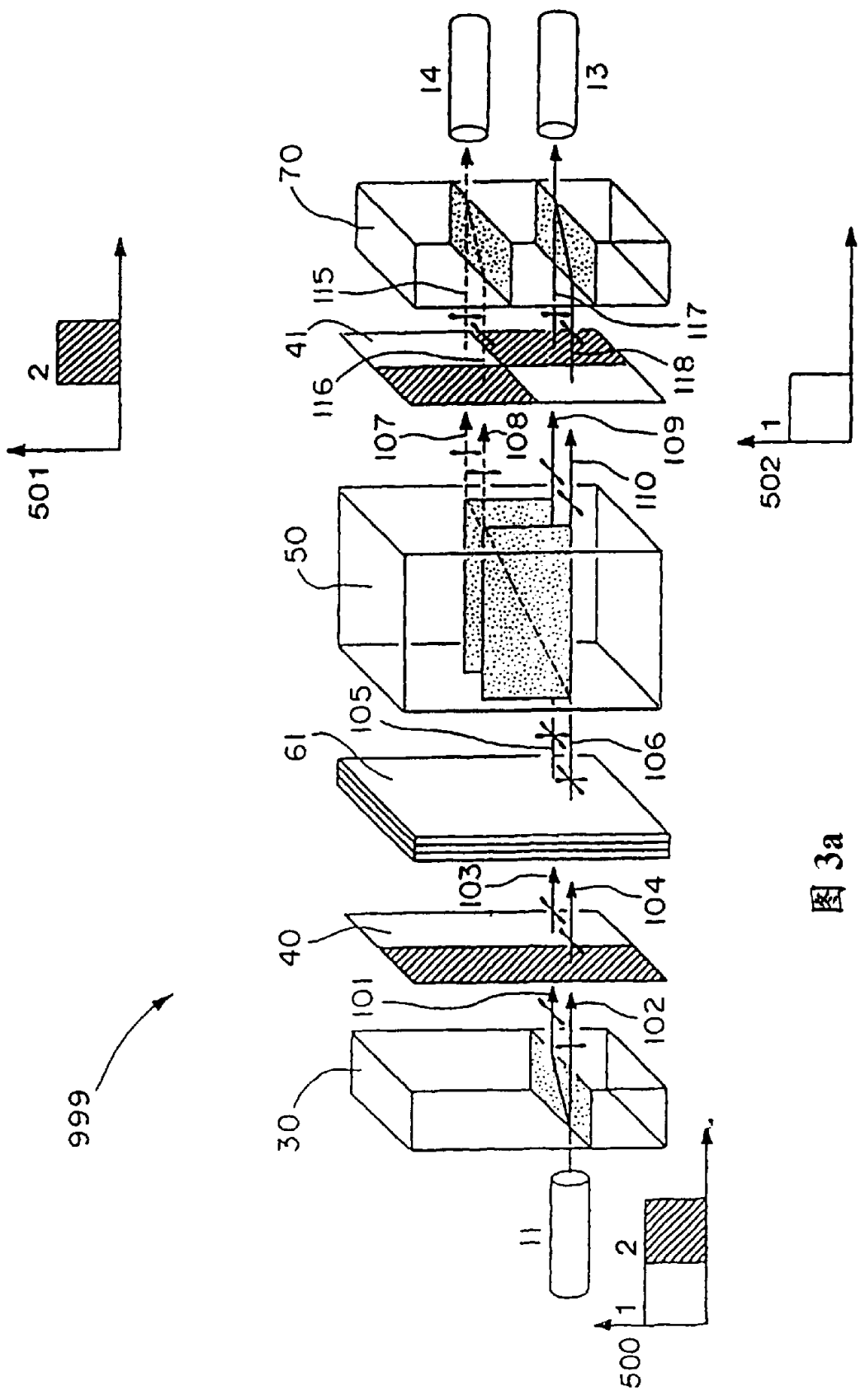


图 3a

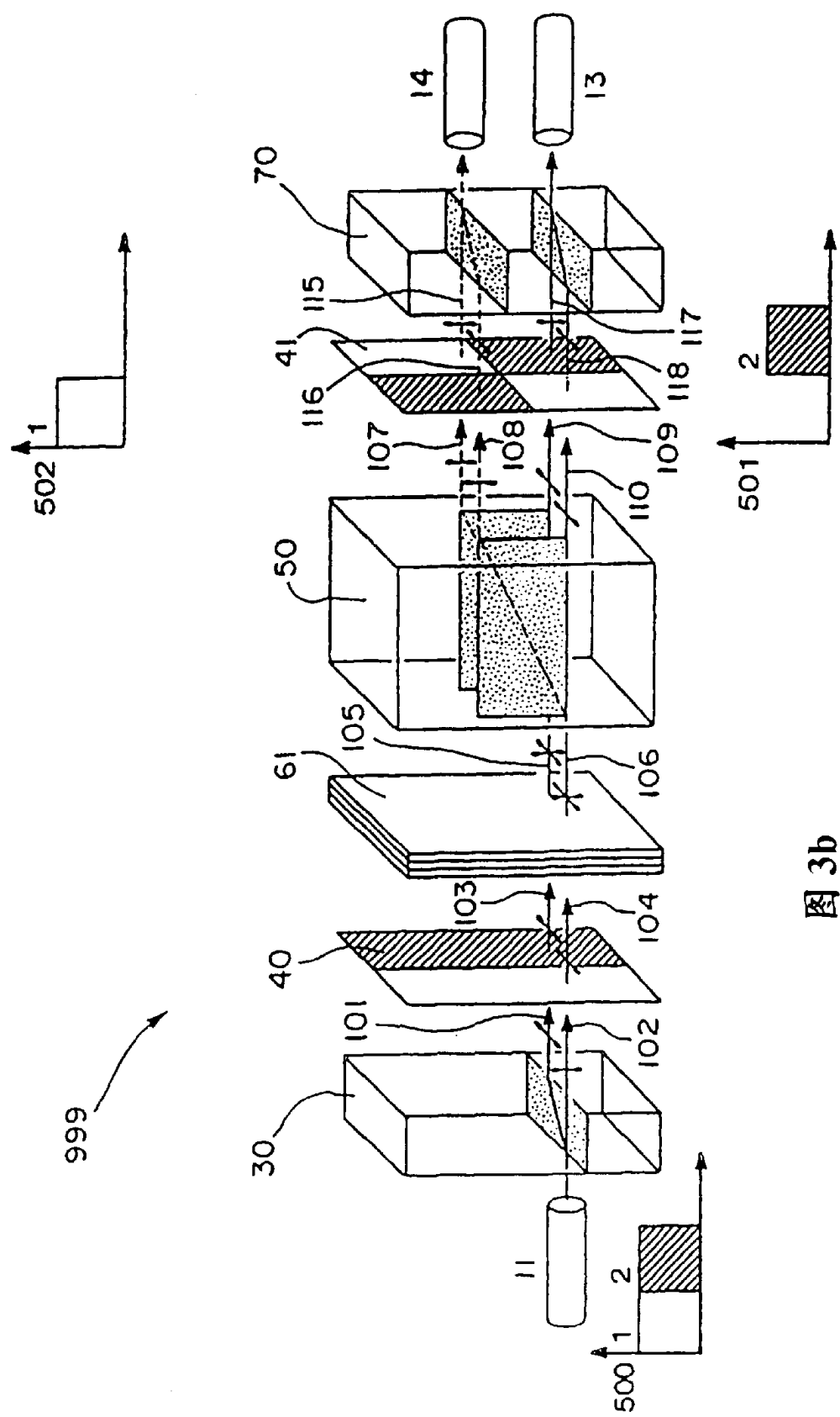


图 3b

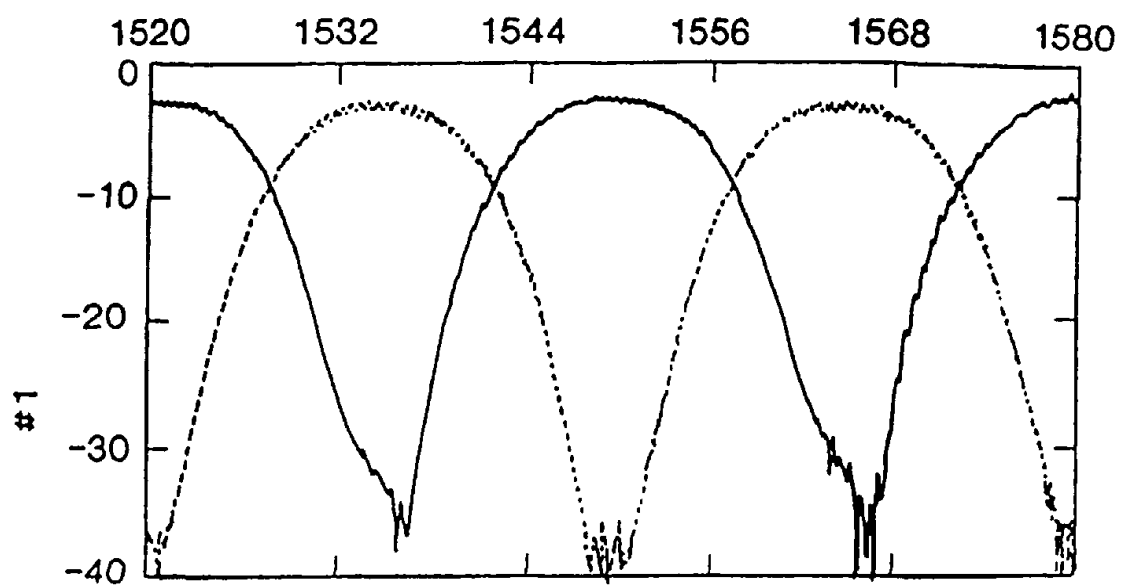


图 4a

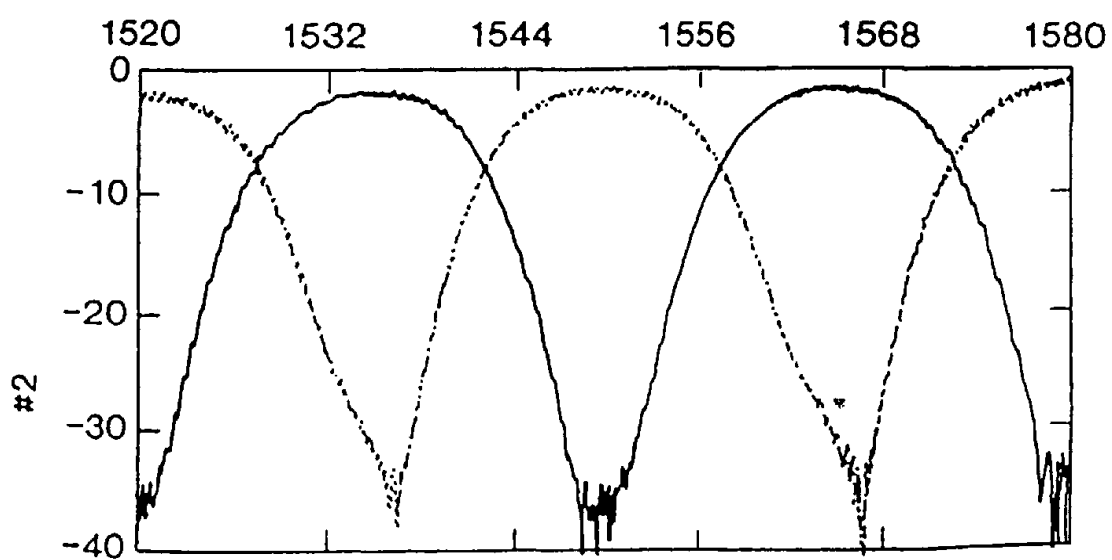


图 4b

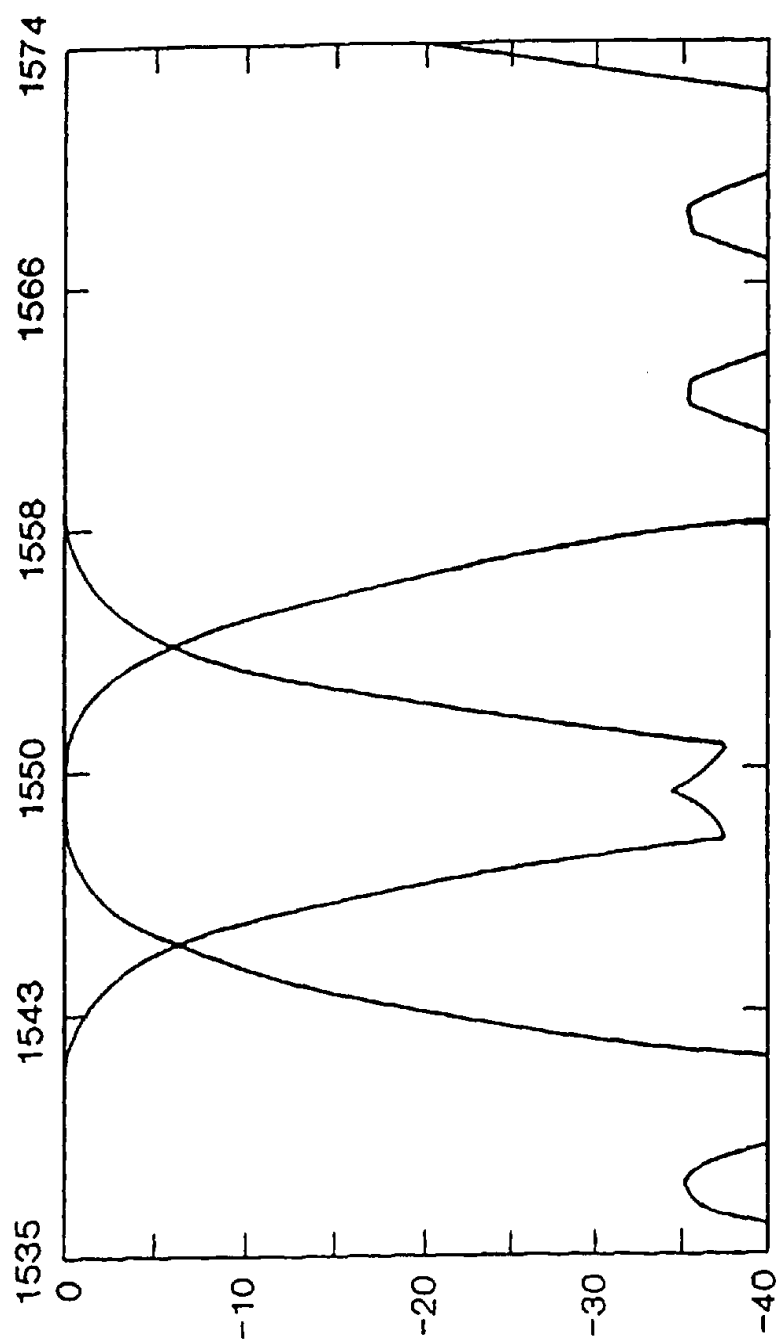


图 5

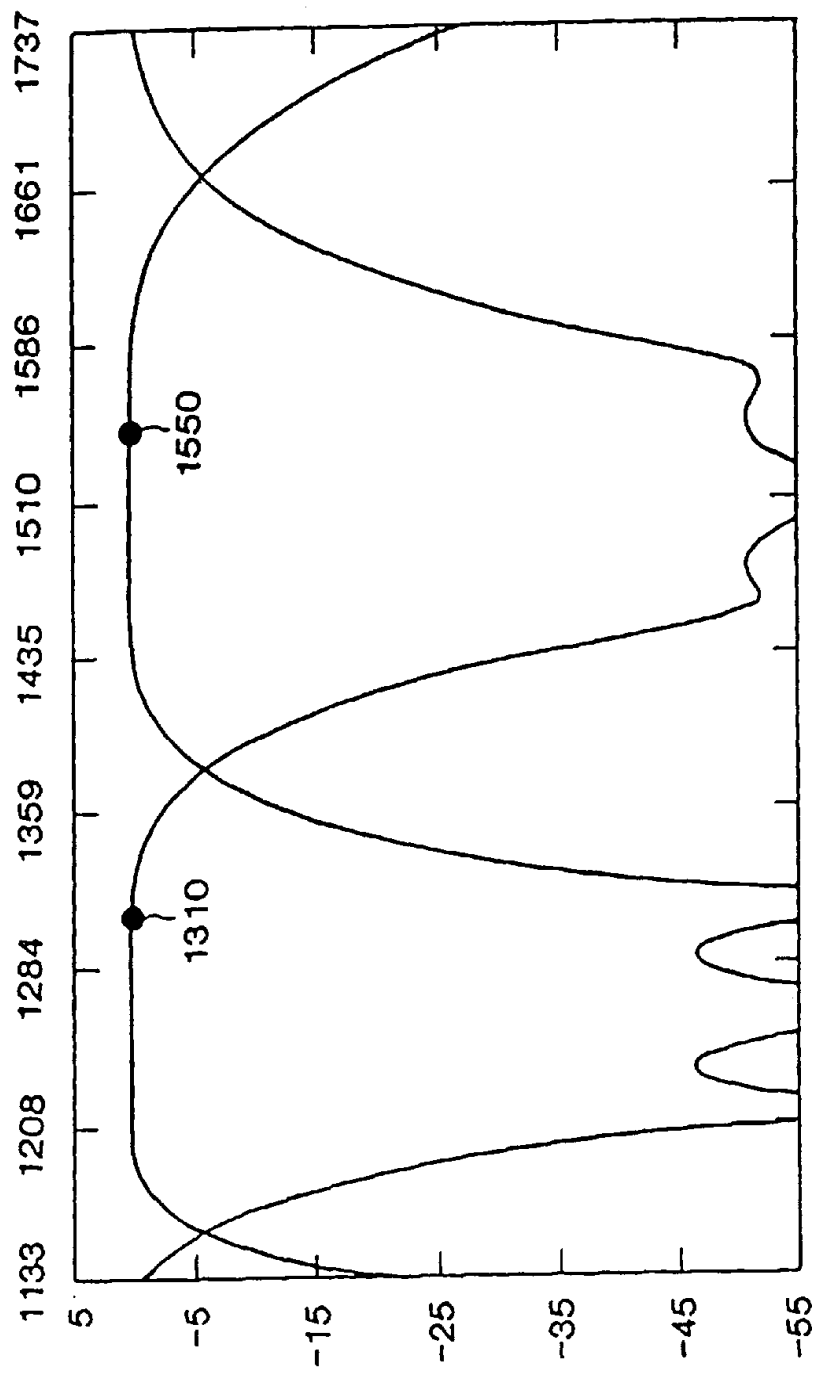


图 6