[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02F 1/21 (2006.01)
G02F 1/225 (2006.01)
G02F 1/01 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02818170.0

[45] 授权公告日 2006 年 6 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1260609C

[22] 申请日 2002.8.16 [21] 申请号 02818170.0

[30] 优先权

[32] 2001. 9.17 [33] US [31] 09/955,235

[86] 国际申请 PCT/US2002/026184 2002.8.16

[87] 国际公布 WO2003/025663 英 2003.3.27

[85] 进入国家阶段日期 2004.3.17

[71] 专利权人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 阿钦蒂亚·博米克

审查员 张梦欣

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限责任公司

代理人 王 怡

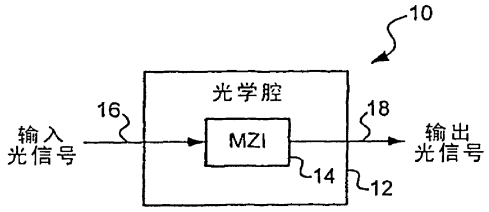
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

具有提高的灵敏度的切换和调制光信号的方法和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种切换设备(10)，其包括光学腔和安排在所述光学腔中的相位调制器(14)。光信号传播到所述腔中。相位调制器可以有选择地在光信号的多个部分之间引入相移，这些部分然后被重组并传播出光学腔。光学腔的腔约束了光信号以允许相移累积，以便可以对相位调制器用相对小的驱动功率来得到相对大的相移。



1. 一种光切换设备，包括：

具有输入端口和输出端口的光学腔；和

安排在所述光学腔中的马赫-策德尔干涉仪相位调制器，所述相位调制器包括：

分别耦合到所述光学腔的所述输入端口和所述输出端口的相位调制器输入端口和相位调制器输出端口；

耦合到所述相位调制器输入端口的第一光组合器；和

耦合到所述相位调制器输出端口的第二光组合器，

其中，所述相位调制器在光信号在所述光学腔中沿一个方向传播的一部分中引入相移，并在所述光信号沿另一个方向传播的另一部分中引入相移。

2. 如权利要求 1 所述的光切换设备，其中所述相位调制器包括电光相移器。

3. 如权利要求 1 所述的光切换设备，其中所述相位调制器包括热光相移器。

4. 如权利要求 1 所述的光切换设备，其中所述相位调制器包括应力-光相移器。

5. 如权利要求 1 所述的光切换设备，其中所述第一和第二光组合器每个是 Y 耦合器。

6. 如权利要求 1 所述的光切换设备，其中在实现所述光学腔时使用第一反射面和第二反射面。

7. 如权利要求 6 所述的光切换设备，其中所述第一面包括具有多个邻接层的涂层，每一层具有不同于邻接层的折射率，所述折射率在较高和较低的折射率之间交替。

8. 如权利要求 6 所述的光切换设备，其中所述第一面包括反射光栅。

9. 一种光切换设备，包括：

具有输入端口和输出端口的光学腔；和

安排在所述光学腔中的马赫-策德尔干涉仪，用于调制在所述光学腔中传播的光信号的一部分的相位，所述马赫-策德尔干涉仪包括安排在所述光学腔中耦合到所述输入端口的第一光组合器，和安排在所述光学腔中耦合到所述输出端口的第二光组合器。

10. 如权利要求 9 所述的光切换设备，其中所述马赫-策德尔干涉仪包括电光相移器。

11. 如权利要求 9 所述的光切换设备，其中所述马赫-策德尔干涉仪包括热光相移器。

12. 如权利要求 9 所述的光切换设备，其中所述马赫-策德尔干涉仪包括应力-光相移器。

13. 如权利要求 9 所述的光切换设备，其中所述第一和第二光组合器每个是 Y 耦合器。

14. 如权利要求 9 所述的光切换设备，其中在实现所述光学腔时使用了第一反射面和第二反射面。

15. 如权利要求 14 所述的光切换设备，其中所述第一面包括具有多个邻接层的涂层，每一层具有不同于邻接层的折射率，所述折射率在较高和较低的折射率之间交替。

16. 如权利要求 14 所述的光切换设备，其中所述第一面包括反射光栅。

17. 一种平面集成光路，包括：

光学腔，所述光学腔包括具有小于 1 的反射系数的第一面和具有小于 1 的反射系数的第二面；

耦合到所述第一面的第一光组合器；

耦合到所述第二面的第二光组合器；

第一臂，所述第一臂具有耦合到所述第一光组合器的一端以及耦合到所述第二光组合器的另一端；

第二臂，所述第二臂具有耦合到所述第一光组合器的一端以及耦合到所述第二光组合器的另一端；和

可操作地耦合到所述第一臂和第二臂的相移器。

18. 如权利要求 17 所述的平面光集成光路，其中所述第一和第二面的每个都包括反射光栅。

19. 如权利要求 17 所述的平面光集成光路，其中所述相移器是电光相移器、热光相移器或应力-光相移器。

20. 一种方法，包括：

通过安排在光学腔中的第一输入端口，将光信号传播到所述光学腔中；

使用耦合到所述第一输入端口的第一光组合器，使所述光信号的一部分在一条光路中传播，并使所述光信号的另一部分在另一条光路中传播；

通过马赫-策德尔干涉仪，在所述光学腔中有选择地在所述光信号的所述多个部分之间引入相差；

使用第二光组合器，组合所述光信号的所述多个部分；以及

通过耦合到所述第二光组合器的输出端口，将所组合的信号的一部分传播出所述光学腔。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述光学腔是对于所述光信号的谐振光学腔。

22. 如权利要求 20 所述的方法，其中用反射光栅来形成所述光学腔的一部分。

23. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述马赫-策德尔干涉仪包括相移器，所述相移器从包括电光相移器、热光相移器或应力-光相移器的组中选出。

24. 一种光切换设备，包括：

光学腔；

用于将光信号传播到所述光学腔中的装置；

第一光组合器，其中所述第一光组合器耦合到所述用于将光信号传播到所述光学腔中的装置，用于使所述光信号的一部分在一条光路中传播并使所述光信号的另一部分在另一条光路中传播；

安排在所述光学腔内，用于有选择地在所述光信号的所述多个部分之间引入相差的马赫-策德尔干涉仪；

第二光组合器，用于组合所述光信号的所述多个部分；和

耦合到所述第二光组合器的用于将所述组合的信号的一部分传播出所述光学腔的装置。

25. 如权利要求 24 所述的光切换设备，其中用反射光栅来形成所述光学腔的一部分。

26. 如权利要求 24 所述的光切换设备，其中所述马赫-策德尔干涉仪包括相移器，所述相移器从包括电光相移器、热光相移器或应力-光相移器的组中选出。

具有提高的灵敏度的切换和调制光信号的方法和装置

技术领域

本发明一般地涉及光信号传输，更具体但非专门地涉及光开关和调制器。

背景技术

光开关和调制器广泛用于光通信系统中。这种光学系统包括波导（例如光纤、基于晶片的平面光路）和自由空间系统或这些系统的组合。在许多应用中，光通信系统中的调制实现为数字调制，其中调制器如同光开关中一样处于“开”或“关”状态。这样，数字信号传输系统中的光调制器实际上是“开/关”光开关。

光切换和调制的一种方法是基于控制光信号多个部分的相位来有选择地控制这些部分之间的干涉。例如，在一种方法中，输入的光信号被分成两个匹配的部分，随后控制它们之间的相差，随后这两个部分重组以形成输出的信号。如果相差是 180 度（或其的某个倍数），那么当这两个部分重组时出现完全相消的干涉，使得输出信号理论上具有零强度。此组态可用作开关或调制器的“关”状态。相反，如果相差是 0 度（或 360 度的某个倍数），则出现完全相长的干涉，使得输出信号具有与输入信号基本相同的强度。此组态可用作开关或调制器的“开”状态。

有若干方法来引起输入光信号的多个部分间的相差。一种方法是引起这些部分在其中传播的介质的折射率不同，而这将引起这些部分之间的相差。各种电光、热光和应力/应变-光机制可用来改变传播介质的折射率。

光开关和调制器的一个重要参数是该光开关和调制器在“开”和“关”状态之间切换所需的功率（即驱动功率要求）。在大多数应用中，期望降低光开关和调制器的驱动功率要求。

发明内容

本发明提供了一种切换和调制光信号的方法和装置，其可以对相位调制器用相对小的驱动功率来得到相对大的相移。

根据本发明的一个方面，提供了一种光切换设备，包括：具有输入端口和输出端口的光学腔；和安排在所述光学腔中的相位调制器，所述相位调制器包括：分别耦合到所述光学腔的所述输入端口和所述输出端口的相位调制器输入端口和相位调制器输出端口；耦合到所述相位调制器输入端口的第一光组合器；和耦合到所述相位调制器输出端口的第二光组合器，其中，所述相位调制器在光信号在所述光学腔中沿一个方向传播的一部分中引入相移，并在所述光信号沿另一个方向传播的另一部分中引入相移。

根据本发明的另一个方面，提供了一种光切换设备，包括：具有输入端口和输出端口的光学腔；和安排在所述光学腔中的装置，用于调制在所述光学腔中传播的光信号的一部分的相位，所述用于调制的装置包括安排在所述光学腔中耦合到所述输入端口的第一光组合器，和安排在所述光学腔中耦合到所述输出端口的第二光组合器。

根据本发明的另一个方面，提供了一种平面集成光路，包括：具有小于 1 的反射系数的第一面；具有小于 1 的反射系数的第二面；耦合到所述第一面的第一光组合器；耦合到所述第二面的第二光组合器；第一臂，所述第一臂具有耦合到所述第一光组合器的一端以及耦合到所述第二光组合器的另一端；第二臂，所述第二臂具有耦合到所述第一光组合器的一端以及耦合到所述第二光组合器的另一端；和可操作地耦合到所述第一臂和第二臂的相移器。

根据本发明的另一个方面，提供了一种方法，包括：通过安排在光学腔中的第一输入端口，将光信号传播到所述光学腔中；使用耦合到所述第一输入端口的第一光组合器，使所述光信号的一部分在一条光路中传播，并使所述光信号的另一部分在另一条光路中传播；在所述光学腔中有选择地在所述光信号的所述多个部分之间引入相差；使用第二光组合器，组合所述光信号的所述多个部分；以及通过耦合到所述第二光组合器的输出端口，将所组合的信号的一部分传播出所述光学腔。

根据本发明的另一个方面，提供了一种光切换设备，包括：光学腔；用于将光信号传播到所述光学腔中的装置；第一光组合器，其中所述第一光组合器耦合到所述用于将光信号传播到所述光学腔中的装置，用于使所述光信号的一部分在一条光路中传播并使所述光信号的另一部分在另一条光路中传播；安排在所述光学腔内，用于有选择地在所述光信号的所述多个部分之间引入相差的装置；第二光组合器，用于组合所述光信号的所述多个部分；和耦合到所述第二光组合器的用于将所述组合的信号的一部分传播出所述光学腔的装置。

附图说明

参考以下图形来描述本发明的非限制和非穷举的实施例，其中在全部的各个视图中，除非另有说明，类似的标号是指类似的部分。

图 1 是图示根据本发明的一个实施例的光切换设备的方框图。

图 2 是更详细地图示图 1 的光切换设备实施例的方框图。

图 3 是图示根据本发明的一个实施例的图 2 的光切换设备操作的流程图。

图 4 是图示根据本发明的一个实施例的光切换设备的一种电光实现的示图。

图 5 是图示示例光切换设备的归一化开关传递函数的示图。

图 6 是图示示例光切换设备的相移作为该光切换设备的光学腔反射表面的反射率的函数的示图。

具体实施方式

这里描述了切换和调制光信号的一种方法和装置的实施例。在下面的说明中，给出了许多具体的细节以提供对本发明实施例的透彻理解。但是，本领域技术人员将认识到没有这些具体的细节中的一个或多个，或者用其他方法、部件、材料等等，也能实现本发明的实施例。在其他情况下，为了避免模糊本发明的各个方面，未详细示出或描述公知的结构、材料或操作。

整个说明书中的用语“一个实施例”或“实施例”是指与该实施例相联系的具体特征、结构或特性包括在本发明的至少一个实施例中。从而短语“在一个实施例中”或“在实施例中”在整个说明书不同地方的出现不一定都是指同一个实施例。此外，在一个或多个实施例中，特定的特征、结构或特性可以任何合适的方式组合。

图 1 图示了根据本发明一个实施例的光切换设备 10。光切换设备 10 的各种实施例包括光开关和光调制器。在本实施例中，光切换设备 10 包括光学腔 12，该光学腔 12 包含具有 MZI（Mach-Zehnder interferometer，马赫-策德尔干涉仪）的相位调制器 14（这里也称为 MZI 结构）。在本实施例中，MZI 结构 14 配置成作为响应于控制信号（未示出）在“开”和“关”状态之间转换开关或调制器来操作。光学腔 12 可以是具有至少两个部分反射表面或平面的任何合适的腔结构。在一个实施例中，光学腔 12 是对于要切换的光信号的波长的法布里-珀罗（FP）谐振器。

一般而言，光切换设备 10 的本实施例如下操作。光信号 16（表示为箭头）传播到光学腔结构 12 中，信号被约束在其中以多次穿过传播介质。此外，在这些多次穿过期间，光信号 16 传播穿过 MZI 结构 14。在一些实施例中，MZI 结构 14 包括两条或多条传播路径。MZI 结构 14 可被控制来有选择地在不同通路中传播的光信号之间引入相移，以在这些光信号被组合的时候产生干涉。对 MZI 结构 14 的多次穿过有利地允许相对相移累积。MZI 结构 14 随后将来自这两条通路的光信号组合以形成输出信号。当 MZI 结构 14 引入的相移产生 180 度（或其倍数）的累积相对相移时，因为这两条通路中的光信号在重组时将相消干涉，所以输出信号将处于“关”状态。相反，当累积相对相移是 0 度（或 360 度的倍数），因为这两条通路中的光信号在重组时将相长干涉，所以输出信号将处于“开”状态。

光切换设备 10 获得的一个优点是降低了驱动功率要求。换言之，因为相移是在每次穿过期间累积的，所以 MZI 结构 14 需要小于传统 MZI 开关（其仅提供单次穿过）的驱动功率来实现同样有效的相对相差，以达到所需的“开/关”状态。

图 2 更详细地图示了光切换设备 10（图 1）的实施例。在本实施例中，光学腔 12 用部分反射面 21 和 22 来实现。部分反射面 21 和 22 可以任何合适的方法来实现，例如反射光栅（例如平面衍射光栅、紫外线写入指数光栅（UV-written index grating）等等）、高反射介电涂层（即高低折射率材料层交替的涂层）、部分镀银镜等等。在一些实施例中，部分反射面 21 和 22 的反射率是匹配的，但在其他实施例中它们不需要匹配。此外，在本实施例中，光学腔 14 的参数设计成使得光学腔 14 对输入光信号 16 的波长是谐振的。

在本实施例中，MZI 结构 14 包括光耦合器 24、光耦合器 25 和相移器 26。举例来说，光耦合器 24 可用标准 50:50 的耦合器来实现，例如 Y 耦合器、分光棱镜或任何其他光学功率分配器设备。光耦合器 25 也可以是 50:50 的耦合器。在其他实施例中，分配器可具有任意的功率分配率。相移器 26 可以是任何合适的相移设备，例如电光、热光和应力-光相移器。在本实施例中，相移器 26 通过改变光信号在其中传播的介质的折射率而来改变光信号的相位。其他实施例可能使用用不同的方法和机构来产生相差的相移器。

光切换设备 10 的本实施例的元件如下互连。连接或布置部分反射面 21 以接收输入光信号 16。光耦合器 24 具有耦合到部分反射面 21 的输入端口。换言之，光耦合器 24 被耦合来接收穿过部分反射面 21 的那部分光信号 16 以及从部分反射面 21 面对光耦合器 24 的表面反射的光信号。光耦合器 24 具有第一和第二输出端口，分别连接到光路或臂 28A 和 28B 的一端。在一些实施例中，臂 28A 和 28B 长度匹配，而在其他实施例中它们可具有不同的长度。相移器 26 连接到臂 28A 和 28B 中的一个或两个，如虚线 29A 和 29B 所示。臂 28A 和 28B 的另一端连接到光耦合器 25 的第一和第二输入端口。光耦合器 25 的输出端口耦合到部分反射面 22。穿过部分反射面 22 的光信号形成光切换设备 10 的输出信号 18。

图 3 是图示根据本发明一个实施例的光切换设备 10（图 2）的操作的流程图。参考图 2 和 3，光切换设备 10 如下来操作。

在操作中，输入光信号 16 传播到光学腔 14 中。在一个实施例中，输

入光信号 16 是波长 1550 nm 的激光。在其他实施例中，可以使用不同的波长，这一般取决于该设备所期望的最终用途（例如特定的光通信网络）以及该应用中使用的传播介质。在本实施例中，输入光信号 16 被传播到部分反射面 21。该操作在图 3 中用框 31 表示。

输入光信号 16 的一部分穿过部分反射面 21 而传播到光耦合器 24。在本实施例中，光耦合器 24 将此光信号分成相位和能量匹配的两个分量信号。一个分量信号在臂 28A 中传播而另一个在臂 28B 中。此操作在图 3 中用框 33 表示。在其他实施例中，光耦合器将光信号分成具有不相似的相位关系和能量比例的多个（多于 2 个）分量。

相移器 26 随后在臂 28A 和 28B 中传播的分量信号之间引入大小受控的相差。理想地，相移器 26 在分量信号之间产生相对相移，当这些分量光信号以后被组合并离开光学腔 14 时，该相差有效地导致光的相长干涉而得到“开”的切换状态，或者导致光的相消干涉而得到“关”的切换状态。此操作在图 3 中用框 35 表示。

这些分量信号随后在臂 28A 和 28B 中传播到光耦合器 25。光耦合器 25 将这些分量信号组合到单个光信号中。此操作在图 3 中用框 37 表示。

重组的光信号（即光耦合器 25 的输出信号）随后传播到部分反射面 22。在本实施例中，部分反射面 22 允许重组信号的一部分穿过。换言之，重组信号的非反射部分作为输出信号 18 离开光学腔 14。此操作在图 3 中用框 39 表示。

但是，部分反射面 22 还将重组光信号的一部分反射而经由光耦合器 25、臂 28A 和 28B 以及光耦合器 24 传播回部分反射面 21。更具体而言，（a）光耦合器 25 将被反射的信号分离而在臂 28A 和 28B 中传播；（b）相移器 26 在信号组合器 25 输出的分量信号之间引入另一个相对相移；（c）光耦合器 24 组合这些分量信号；以及（d）部分反射面 21 反射光耦合器 24 的重组输出信号的一部分。实际上被反射的这部分随后继续如框 31 中所描述地那样被操作，等等。这样，实际上，输入光信号 16 的多个部分被约束在光学腔 12（由部分反射面 21 和 22 确定）中以多次穿过 MZI 结构 14（由相移器 26 以及光耦合器 24 和 25 形成）。结果，在离开部分

反射面 22 之前，光信号的这些部分可累积由相移器 26 所引入的相移。

通过允许应用驱动相移器 26 引入相对低的“单程”相移，该相移随后被累积来达到所要得到的相移，此过程可有益地降低光切换设备 10 的驱动功率要求。相比之下，典型的传统光开关和调制器要求相对大的驱动功率来使相移器 26 在单程中引入 180 度的相移。下面结合图 5 来描述光切换设备 10 的一个实施例的性能。

图 4 图示了根据本发明一个实施例的光切换设备 10（图 2）的电光实现。在本实施例中，光切换设备 10 以平面集成光路的形式实现，其中光信号穿过波导传播。更具体而言，在本实施例中光组合器 24 和 25（图 2）分别用 50:50 的组合器 41 和 42（例如 Y 耦合器）来实现。部分反射面 21 和 22（图 2）分别用反射光栅 44 和 45 来实现。在本实施例中，反射光栅 44 设计成对光输入信号 16 的波长具有约 90%的反射率。在其他实施例中可以使用其他的反射率，而相移性能趋向于随反射率而提高（下面结合图 6 更详细地描述）。在本实施例中，相移器 26（图 2）用电光相移器 46 来实现，其包括电压源 47、开关 47A、第一电极 48A 和第二电极 48B。

另外，波导 49（其包括区段 49A、49B、49C 和 49D 以及臂 28A 和 28B）用来在光切换设备 10 的本实施例中传播光信号。在本实施例中，波导 49 实现为具有 $LiNbO_3$ 传播介质的平面波导。在其他实施例中，可使用对应用中所用的光信号透明的不同传播介质，这些传播介质当受到变化的电磁场作用时具有变化的反射率。例如，$LiNbO_3$ 的折射率随电场强度而改变。

光切换设备 10 的本实施例的元件如下互连。波导区段 49A 被连接来接收光信号 16。例如，光纤可耦合到包含光切换设备 10 的平面集成光路来将光信号 16 传播到波导区段 49A。反射光栅 44 形成在波导区段 49A 和 49B 之间以形成光学腔 12 的一个部分反射端。光组合器 41 连接到波导区段 49B 的另一端并连接到臂 28A 和 28B。光组合器 42 连接到臂 28A 和 28B 的另一端以及波导区段 49C。反射光栅 45 形成在波导区段 49C 和 49D 间以形成光学腔 12 的另一个反射端。

另外，电光相移器 46 的元件被如下这样可操作地耦合到臂 28A。电

压源 47 的一个输出端连接到电极 48A，而另一个连接到开关 47A 的一个端子。开关 47A 的另一个端子连接到电极 48B。电极 48A 和 48B 布置在臂 28A 附近，以使得当开关 47A 关闭时，臂 28A 在电极 48A 和 48B 间所产生的电场之中。在另一个实施例中，电光相移器 46 可另外包括两个电极（未示出），它们类似地布置在臂 28B 附近但有相反的极性。

光切换设备 10 的本实施例的操作方式与上面结合图 2 和 3 所描述的基本相同。但是，更具体而言，电光相移器如下操作以在臂 28A 和 28B 中传播的分量光信号之间引入相移。

电光相移器 46 有选择地在任一个在臂 28A 中传播的光信号中引入相移。在本实施例中，当开关 47A 关闭时，电光相移器 46 在电极 48A 和 48B 间产生电场。如图 4 所示，臂 28A 置于电极 48A 和 48B 之间。该电场使得臂 28A 中 $LiNbO_3$ 的折射率变化，该折射率与（相对于传播方向）电场的强度和极性相关。因为光信号的传播速度与传播介质的折射率相关，所以臂 28A 中（即臂 28A 在电场中的部分）折射率的变化使得在臂 28A 中传播的分量信号相对于在臂 28B 中传播的分量信号发生相移。例如，在一个实施例中，为进入一个状态，光切换设备 10 可使开关 47A 关闭来产生电场，该电场改变臂 28A 的折射率。而折射率的变化在臂 28A 和 28B 中传播的分量信号之间产生相差。

为进入相反的状态，开关 47A 被打开以便不产生电场。这样，臂 28A 中的折射率没有变化，使得分量信号的相对相位不改变。如果臂 28A 和 28B 的长度相等，那么当分量光信号到达光组合器时就没有相差。

图 5 图示了根据本发明实施例所模拟的光切换设备 10（图 4）的归一化开关传递函数。参考图 4 和 5，传递函数的纵轴代表传输比（即输出光信号 18 对输入光信号 16 的功率和能量比）。传递函数的横轴代表由电光相移器 46 所提供的单程相移。该传递函数还可应用到其他类型的相移器。于是，传递函数用来将输出光信号 18 的能量或功率表示为由相移器提供的单程相移的函数。因为相移器的单程相移与驱动功率相关，所以图 5 还将输出光信号 18 的能量或功率表示为驱动功率的函数。

本实施例的光切换设备 10 的传递函数用曲线 51 来表示。作为对比，

图 5 中包括曲线 52 和 53 以示出传统 MZI 设备和传统 FP 设备的传递函数。如图 5 所示，曲线 51 在约 90 度处具有最大值并在约 180 度处具有最小值。这样，光切换设备 10 仅需要其相移器提供约 90 度的单程相移来从最大值改变到最小值（即从“开”状态到“关”状态）。相反，曲线 52 和 53 在 0 度处具有最大值并在 180 度处具有最小值。这样，传统的 MZI 和 FP 设备需要它们的相移器提供 180 度的相移来从“开”状态转换到“关”状态。

在一个实施例中，光切换设备 10 的臂 28A 和 28B 设计成不同的长度，以使得当由光组合器组合时在分量光信号之间有 90 度的单程相差。这样，当未向电光相移器 46 提供驱动功率时，有 90 度的单程相移，导致输出光信号 18 的最大传输（即“开”状态）。然后，为进入“关”状态，电光相移器 46 仅需要被驱动来提供 90 度的单程相移。这样，光切换设备 10 就大大降低了用于在“开”和“关”状态之间切换的驱动功率。

图 6 图示了根据本发明一个实施例模拟的作为光学腔 12（图 4）反射率的函数的光切换设备 10（图 4）的性能。纵轴代表在输出光信号 16（图 4）的最大和最小传输之间转换所需的光切换设备 10（图 4）的单程相移。横轴代表反射光栅 44 和 45（图 4）的反射率。参考图 4，当反射率是 0 时，实际上就没有光学腔。这样，在这种情况下，光切换设备 10 等价于 MZI 设备。返回参考图 6，该图示出和在传统的 MZI 设备中一样需要 180 度的单程相移。随着反射率增加，所需的单程相移减小。在约 90%的反射率处，所需的相移约为 90 度。约 90%的反射率在反射光栅中相对容易达到。

根据本发明的热光光切换设备基本上类似于光切换设备 10（图 4），除了波导 49 将具有传播介质，其折射率随温度而非电磁场而改变。例如，波导 49 可用二氧化硅（SiO_2）传播介质来实现。此外，相移器将具有加热元件而非电极 48A 和 48B。例如，一个（多个）加热元件可以是与臂 28A 相接近或相接触放置的一个（多个）电阻。这种热光实现以与光切换设备 10（图 4）基本相同的方式来操作。考虑到本公开，不用更多的实验本领域技术人员也可以设计应力/应变-光实现。

对本发明图示实施例的上述说明，包括摘要中所描述的，并不意于是穷尽的或将本发明限制到所公开的精确的形式。虽然这里为解释的目的而描述了本发明的具体实施例和示例，但如本领域技术人员将认识到的，在本发明范围内的各种等价修改都是可能的。

考虑到上述详细说明，可以对本发明做出这些修改。所附权利要求中所用的术语不应理解成将本发明限制到说明书和权利要求中所公开的具体实施例。相反，本发明的范围完全由所附权利要求来确定，这些权利要求应按照已制定的解释权利要求的原则来理解。

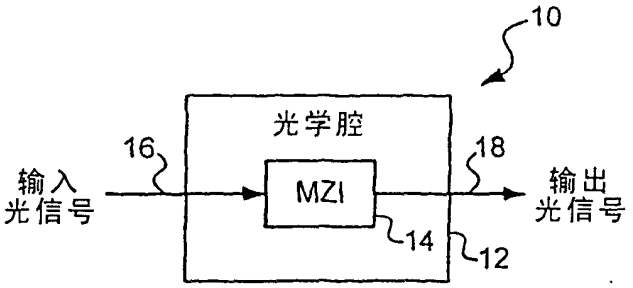

10
光学腔
16
18
输入
光信号
MZI
输出
光信号
14
12

图1

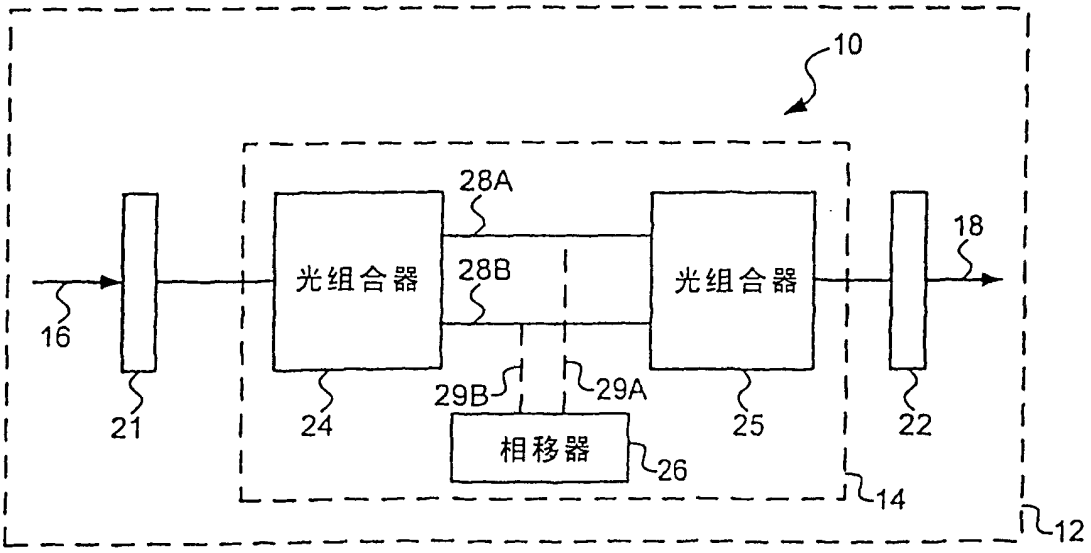

10
28A
光组合器
28B
光组合器
18
16
29B
29A
21
24
25
22
相移器
26
14
12

图2

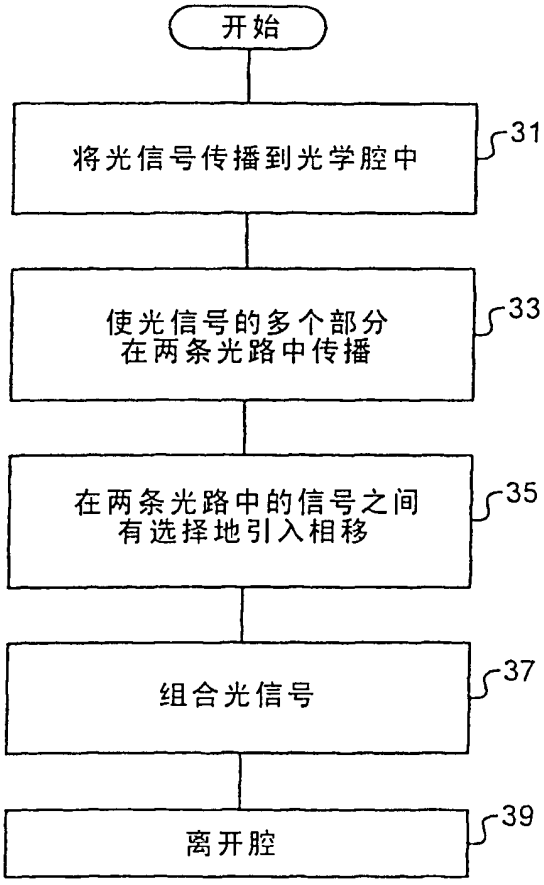

开始
将光信号传播到光学腔中
31
使光信号的多个部分
在两条光路中传播
33
在两条光路中的信号之间
有选择地引入相移
35
组合光信号
37
离开腔
39

图3

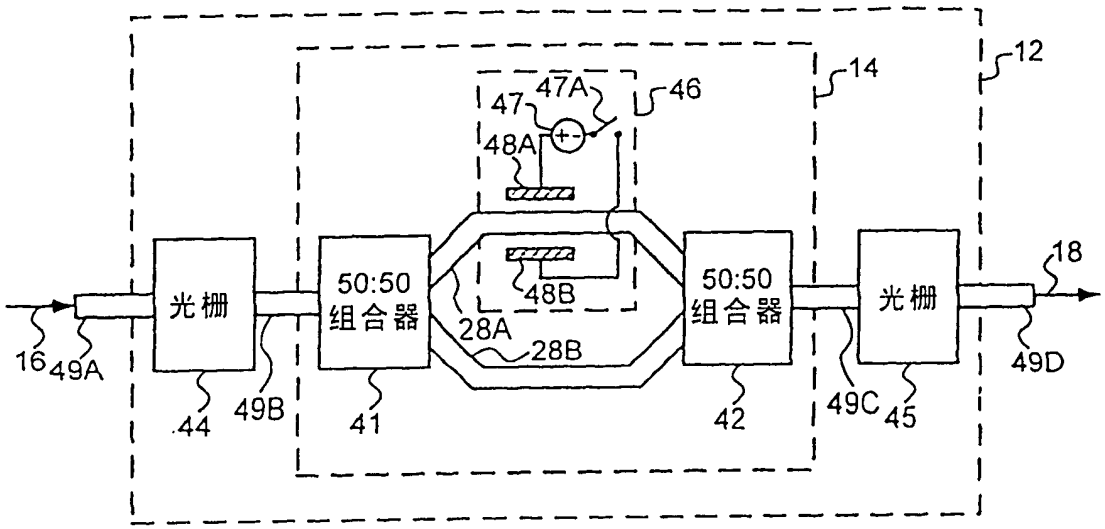

12
14
47
47A
46
48A
48B
光栅
50:50
组合器
28A
28B
50:50
组合器
光栅
18
16
49A
44
49B
41
42
49C
45
49D

图4

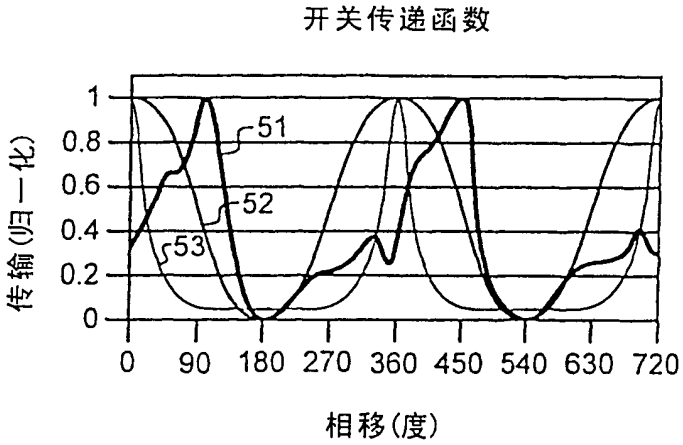

开关传递函数
传输(归一化)
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
51
52
53
0 90 180 270 360 450 540 630 720
相移(度)

图5

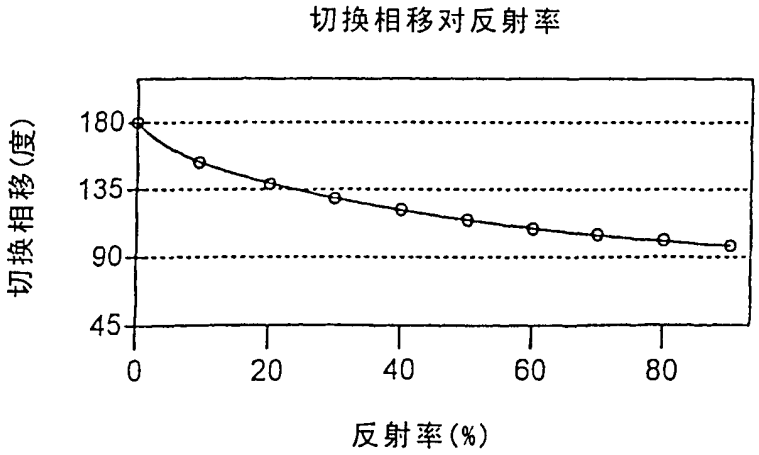

切换相移对反射率
切换相移(度)
180
135
90
45
0 20 40 60 80
反射率(%)

图6