

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04J 14/02 (2006.01)

G02B 6/35 (2006.01)

H04B 10/12 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810034301.0

[43] 公开日 2008年8月6日

[11] 公开号 CN 101237294A

[22] 申请日 2008.3.6

[21] 申请号 200810034301.0

[71] 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

[72] 发明人 刘智鑫 肖石林 梁 铮

[74] 专利代理机构 上海交大专利事务所

代理人 毛翠莹

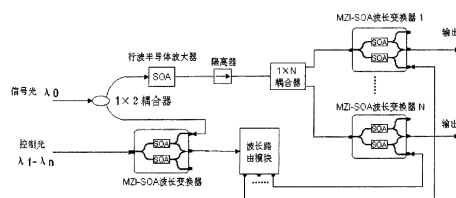
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

全光控制的光开关系统

[57] 摘要

本发明涉及一种全光控制的光开关系统，控制信号为不同波长的连续光，可以实现输入光信号从一个或多个输出端口输出。输入信号光被分为两部分，控制光存在时，一部分输入信号光的光信息通过波长变换器先变换到控制光上，不同波长的控制光经过波长路由模块后分离，从波长路由模块相应的端口输出，另一部分信号光通过行波半导体光放大器变为连续光，经过耦合器分路后输入各个第二级波长变换器，携带信息的控制光和波长与输入信号光相同的连续光在第二级的各个波长变换器中进行第二次波长变换，第二级波长变换器的输出则是全光控制的光开关系统的输出。本发明解决了全光控制的光开关的问题。



1、一种全光控制的光开关系统，其特征在于信号光输入 1×2 耦合器后分两路输出，一路输出与行波半导体光放大器的输入端相连，另一路输出与第一级 MZI-SOA 波长变换器的信号光输入端相连；控制光输入第一级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端，通过在第一级 MZI-SOA 波长变换器中的交叉相位调制和干涉，信号光上的信息被变换到控制光上，第一级 MZI-SOA 波长变换器的输出与波长路由模块的输入端相连，将携带与信号光同样信息的控制光输入到波长路由模块，波长路由模块将输入的不同波长的控制光路由到不同输出端口，波长路由模块的各个输出端分别与相应的一个第二级 MZI-SOA 波长变换器的信号输入端相连；行波半导体光放大器将信号光变为连续光，其输出与光隔离器的输入端相连；光隔离器的输入端与 $1 \times N$ 耦合器的输入端相连， $1 \times N$ 耦合器的 N 个输出端分别与对应的一个第二级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端相连；在第二级 MZI-SOA 波长变换器中，控制光上的信息再次经交叉相位调制和干涉，变换到信号光波长上输出，第二级 MZI-SOA 波长变换器的输出即为光开关系统输出。

全光控制的光开关系统

技术领域

本发明涉及一种全光控制的光开关系统，具体涉及一种基于马赫-曾德干涉型半导体光放大器（MZI-SOA）的光波长变换和行波半导体光放大器（SOA）增益饱和的全光控制的光开关系统，解决全光开关控制、光开关切换等问题，属于光通信技术领域。

背景技术

波分复用（WDM）传输技术和全光交换技术是全光网的关键技术。光开关在这两个方面都起着重要作用。在 WDM 传输技术中，光开关的应用场合有波长切换、波长适配、光定时的提取、光码流再生、光归零码（RZ 码）与光不归零码（NRZ 码）的转换等。在全光交换技术中，光开关被大量用于光交叉连接的光交换矩阵、控制交叉连接的全光逻辑以及选择波长路由时所必需的波长交换。因此，光开关是全光网的基本器件之一，也是当前阻碍全光网发展的关键技术之一。

新型光开关主要分为电控光开关和光控光开关两类。电控光开关有移动光纤式，各种形式的波导开关、热光开关、液晶光开关、声光光开关、微电子机械系统（MEMS）光开关等等，以及由以上电控光开关构成的开关系统都是电开关矩阵，这意味着输入的控制光信号要先变换成相应的电信号，才能对开关进行控制，不便于全光网使用。最具发展潜力的还是光控光开关，使用光控光开关是全光网的发展方向。

现在主要的光控光开关技术有非线性波导定向耦合器和非线性光纤环路镜（NOLM）。非线性波导定向耦合光开关是由多个定向波导耦合器级联而成。这种级联的耦合器能实现包括与门、或门、非门、异或等许多复杂的逻辑操作功能，非线性耦合器的输出功率取决于耦合长度，初始相位差和输入功率。实际

上由于产生非线性耦合需要的光功率极大，目前还不可能走向实用。

NOLM是根据光纤的萨格纳克干涉原理制成，光纤环路作为克尔介质，非线性作用（交叉相位调制）就在其中完成。如不加控制光，输出端就没有输出，就像全反射镜一样。如果通过波分复用耦合器顺时针方向引入控制光脉冲到光纤环路中，由于交叉相位调制，与控制光同方向传输并在时域上相互重叠的那部分脉冲信号光将经历更大的非线性相移。这样导致两个方向上脉冲信号光产生相位差，从而使非线性光纤环路镜输出端有输出，实现了开关操作。根据控制光与信号光波长与偏振方向的关系，一般将非线性光纤环路镜分为两类：一是波长不同，偏振方向相同；二是波长相同，偏振方向正交。前者结构简单，开关速度快，开关能量低，但级联不方便，不利于集成化。后者级联相对比较方便，利于集成，但偏振控制复杂，控制光对相移的贡献小。

研究中的全光开关还有双波长马赫-曾德干涉（Mach-Zehnder）型光开关和克尔型光开关，但它们的工艺都比较复杂，且离实用化有很大距离。除此之外，现有的全光开关都只能实现单路光的通断，不能有效地组成用于光交叉连接的光交换的光开关矩阵。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足和实际系统的需要，提出一种全光控制的光开关系统，可以实现 $1 \times N$ 的光开关功能，提高开关速度，提升光交叉连接中的光开关系统的性能。

为实现这一目的，本发明以 MZI-SOA 的波长变换，SOA 增益饱和特性和波长路由模块为基础，通过两次波长变换、对输入信号光的光信号的擦除和波长路由来实现全光控制的光开关系统。该全光控制的光开关系统控制信号为不同波长的连续光，可以实现输入光信号从任一输出端口输出。输入信号光被分为两部分，控制光输入时，一部分输入信号光的信息通过波长变换先变换到控制光上，不同波长的控制光经过波长路由模块后分离，从波长路由模块相应的端口输出，另一部分信号光通过行波半导体光放大器变为连续光，经过耦合器分路后输入各个第二级波长变换器，携带信息的控制光和波长与输入信号光相

同的连续光在第二级的各个波长变换器中进行第二次波长变换，第二级波长变换器的输出则是全光控制的光开关系统的输出。

本发明的方案具体描述如下：

本发明的全光控制的光开关系统的构成主要包括：MZI-SOA 波长变换器、行波半导体光放大器、波长路由模块。

信号光输入 1×2 耦合器后分两路输出，一路输出与行波半导体光放大器的输入端相连，另一路输出与第一级 MZI-SOA 波长变换器的信号光输入端相连；控制光输入第一级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端，第一级 MZI-SOA 波长变换器的输出与波长路由模块的输入端相连，波长路由模块的各个输出端分别与相应的一个第二级 MZI-SOA 波长变换器的信号输入端相连；行波半导体光放大器的输出与光隔离器的输入端相连；光隔离器的输入端与 $1 \times N$ 耦合器的输入端相连， $1 \times N$ 耦合器的 N 个输出端分别与对应一个第二级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端相连，第二级 MZI-SOA 波长变换器的输出即为光开关系统输出。

输入信号光先经过一个 1×2 耦合器，然后分为两路，一路输入行波半导体光放大器，另一路输入第一级 SOA-MZI 波长变换器的信号光输入端，控制光输入第一级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端。通过在 MZI-SOA 波长变换器中的交叉相位调制和干涉，信号光上的信息将被复制到控制光上，第一级 MZI-SOA 波长变换器的输出是与信号光携带同样信息的控制光。携带信息的控制光输入波长路由模块，波长路由模块的不同输出端输出不同波长窗口的光，各个波长窗口对应不同的控制光波长，只有相应的控制光输入时波长路由模块对应的端口才会有输出，波长路由模块的每一路控制光输出都和一个 MZI-SOA 波长变换器的信号输入端相连。

输入端耦合器分出的另一路光信号将输入一个行波半导体光放大器，利用行波半导体光放大器的增益饱和，信号光的信息将被擦除，即信号光上的 0 和 1 都将被放大到同一功率水平，信号光变为连续光但波长不变。该连续光经过一个隔离器和与 $1 \times N$ 耦合器相连，隔离器的作用是用来隔离 MZI-SOA 波长变换

器反向输入 $1 \times N$ 耦合器的残余光信号，连续光经 $1 \times N$ 耦合器分路后输入 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端，在 MZI-SOA 波长变换器中，信号光在连续光中发生交叉相位调制和干涉，控制光上信号被再一次调制到输入的连续光上，而连续光的波长就是开关系统输入信号光的波长，由此控制光上的信息通过 MZI-SOA 波长变换器再次变换到输入光波长上输出。对于整个光开关系统，只要有某个波长的控制光输入，相应的输出端口就有信号光输出。

和现有技术相比，本发明具有多方面的优越性。本发明通过利用两次波长变换和 SOA 的增益饱和，实现了全光控制的光开关系统，该光开关系统是由光来控制，所以开关切换时间极短，极大的提升了光交叉连接中的光开关系统的性能。本发明的光开关系统实现了 $1 \times N$ 的光开关功能，且其组成器件技术成熟，易于集成，可以较快实用化。采用基于 SOA 的交叉相位调制(XPM)的波长转换还具有输出信号啁啾小、信噪比高、消光比高、与偏振无关和结构紧凑等优点。

附图说明

图 1 为本发明中 MZI-SOA 波长变换器的结构图。

图 2 为本发明全光控制的光开关系统结构图。

具体实施方式

为了更好地理解本发明的技术方案，以下结合附图对实施方式作进一步描述。

图 1 为本发明中 MZI-SOA 波长变换器的结构示意图。MZI-SOA 波长变换器是由两个构成马赫-曾德干涉结构 (MZI) 的 SOA 组成，有一个连续光输入端口，一个输出端口，两个信号光输入端口，信号光可以从任一信号光输入端口输入。

连续光 λ_c 进入 MZI-SOA 波长变换器先分为两束，两束光在 SOA 中传播时，SOA 的有效折射率随着从信号光输入端注入光功率的变化而变化，从而导致连续光 λ_c 在 SOA 中的相移发生变化，通过 MZI 干涉结构，可以将交叉相位调制效应产生的相移变化转换为输出光的功率变化，从而达到将信号光 λ_0 上的信息变换到输入的连续光 λ_c 上，实现了波长变换。

图 2 为本发明基于 MZI-SOA 波长变换的全光控制光开关系统的结构示意

图，其主要功能模块（器件）包括：MZI-SOA 波长变换器、行波半导体光放大器、波长路由模块，各模块（器件）均通过光纤相连。

信号光输入 1×2 耦合器， 1×2 耦合器有两路输出，一路输出与行波半导体光放大器的输入相连，另一路输出与第一级 MZI-SOA 波长变换器的信号光输入端相连，控制光输入第一级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端。第一级 MZI-SOA 波长变换器的输出与波长路由模块的输入端相连，波长路由模块的每一路输出都与一个第二级 MZI-SOA 波长变换器的信号光输入端相连。行波半导体光放大器的输出与光隔离器的输入端相连，光隔离器的输出端与 $1 \times N$ 耦合器的输入端相连， $1 \times N$ 耦合器的 N 个输出分别与对应的一个第二级 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端相连。第二级 MZI-SOA 波长变换器的输出即为光开关系统输出。

波长为 λ_0 的信号光在输入端先经 1×2 耦合器分为两路，输入 MZI-SOA 波长变换器的信号光对输入 MZI-SOA 波长变换器的控制光进行交叉增益调制和干涉，控制光的波长 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 对应着波长路由模块的各个波长窗口。通过交叉增益调制和干涉后，信号光上的信息复制到控制光上，携带信息的控制光输入波长路由模块。不同波长的控制光从波长路由模块的不同端口输出。输入行波半导体光放大器的信号光 λ_0 因为行波半导体光放大器的增益饱和而被变为连续光，输出的连续光 λ_0 经过一个隔离器后被 $1 \times N$ 耦合器分为 N 路，隔离器用来隔离反向输出行波半导体光放大器的光信号。 $1 \times N$ 耦合器的输出分别输入 MZI-SOA 波长变换器的连续光输入端，在 MZI-SOA 波长变换器中与携带信息的控制光再次和波长为 λ_0 的连续光光经交叉增益调制和干涉进行第二次波长变换，将信息复制到 λ_0 上输出。 N 个输出端对应着控制光的 N 个波长 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 。当控制光相应波长有输入时开关系统对应的端口就有输出。

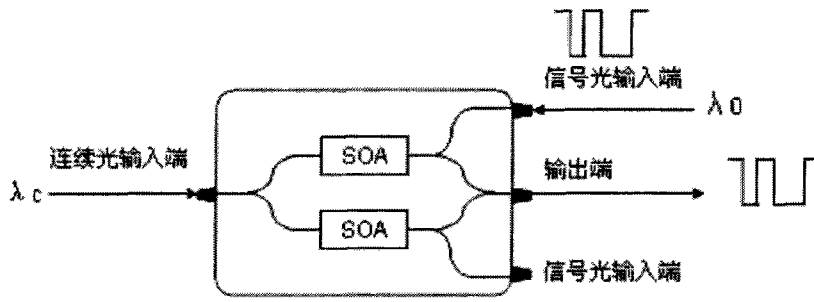


图 1

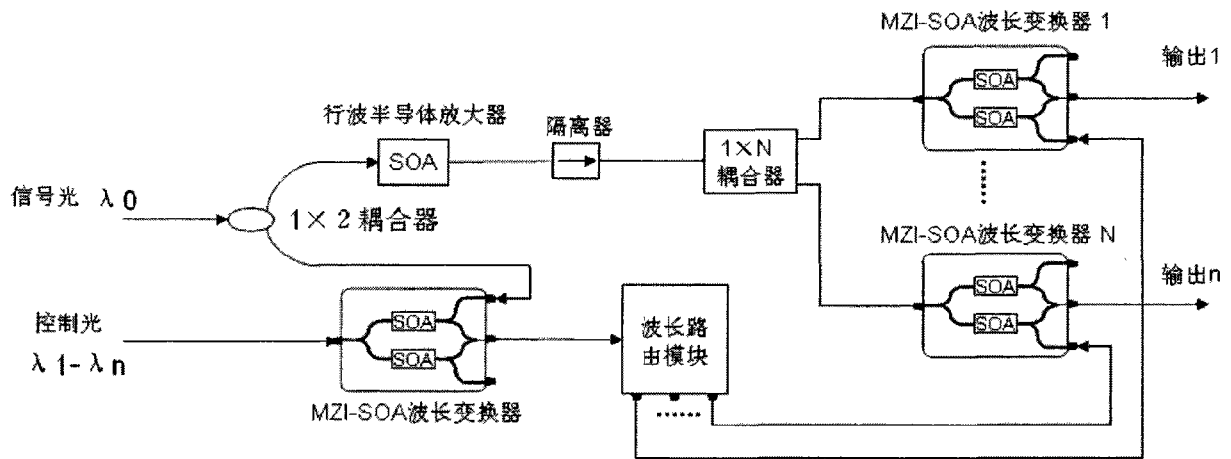


图 2