



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207301404 U

(45)授权公告日 2018.05.01

(21)申请号 201721204407.1

(22)申请日 2017.09.19

(73)专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区高新园  
南区粤兴一道18号香港理工大学产  
学研大楼205室

(72)发明人 张需明 李腾浩 陈庆明

(74)专利代理机构 深圳中一专利商标事务所  
44237

代理人 官建红

(51)Int.Cl.

G02B 6/35(2006.01)

G02B 6/27(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

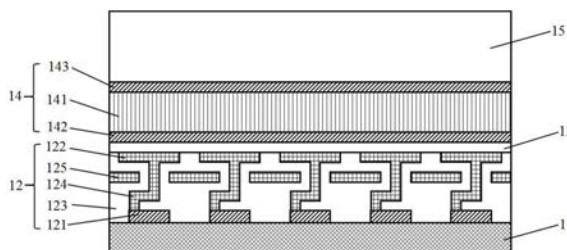
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

(54)实用新型名称

一种光开关及光交叉互连器件

(57)摘要

本实用新型属于光通讯系统中光信号处理技术领域,提供了一种光开关及光交叉互连器件,光开关为层状结构,包括从下往上依次设置的基底、光开关控制层、工作层和上绝缘层,工作层包括对输入光波偏振态进行控制的旋转器和基于光波偏振态切换输出方向的平面波导;光交叉互连器件包括多个光开关,多个光开关阵列排布且纵横交叉连接,每行光开关设有一输入接口,每列光开关设有一输出接口,每个光开关可将光信号横向传输或纵向传输。光交叉互连器件可以作为光子芯片的一部分进行单片集成,或作为芯片集成于外围电路或光子回路中,或可在光交叉互连器件基础上增加电气接口与光纤接口、从而作为独立器件进行应用。



1. 一种光开关,其特征在于:所述光开关为层状结构,包括从下往上依次设置的基底、光开关控制层、工作层和上绝缘层,所述工作层包括对输入光波偏振态进行控制的旋转器和基于光波偏振态切换输出方向的平面波导。

2. 如权利要求1所述的光开关,其特征在于:所述平面波导包括横向波导、纵向波导、转向波导和包覆所述横向波导、所述纵向波导和所述转向波导的包层,所述横向波导与所述纵向波导垂直相交,所述转向波导的一端与所述横向连接处连接,所述转向波导的另一端与所述纵向连接处连接。

3. 如权利要求2所述的光开关,其特征在于:所述旋转器包括横向旋转器和纵向旋转器,所述横向旋转器包括与所述横向波导的横向波导本体连接的横向液晶波导以及分布在所述横向液晶波导两侧的横向电极,所述纵向旋转器包括与所述纵向波导的纵向波导本体连接的纵向液晶波导以及分布在所述纵向液晶波导两侧的纵向电极。

4. 如权利要求3所述的光开关,其特征在于:所述横向液晶波导与所述横向波导本体通过横向锥形渐变波导连接,所述纵向液晶波导与所述纵向波导本体通过纵向锥形渐变波导连接。

5. 如权利要求3所述的光开关,其特征在于:所述转向波导的材料为双折射材料,所述横向液晶波导和所述纵向液晶波导的材料均为双折射液晶材料,所述横向波导和所述纵向波导的材料均为折射率与所述双折射材料的任一折射率相匹配的匹配材料,所述包层的材料的折射率低于所述双折射液晶材料的折射率、所述双折射材料的折射率和所述匹配材料的折射率。

6. 如权利要求3所述的光开关,其特征在于:所述横向液晶波导和所述纵向液晶波导的材料均为双折射液晶材料,所述横向波导和所述纵向波导的材料均为双折射材料,所述转向波导的材料为折射率与所述双折射材料的任一折射率相匹配的匹配材料,所述包层的材料的折射率低于所述双折射液晶材料的折射率、所述双折射材料的折射率和所述匹配材料的折射率。

7. 如权利要求6所述的光开关,其特征在于:所述横向波导和所述纵向波导的材料均为双折射液晶材料。

8. 如权利要求7所述的光开关,其特征在于:所述工作层还包括用于控制所述双折射液晶材料取向的下取向膜层和上取向膜层,所述下取向膜层设于所述光开关控制层和所述平面波导之间,所述上取向膜层设于所述平面波导和所述上绝缘层之间。

9. 如权利要求7所述的光开关,其特征在于:所述工作层还包括用于控制所述双折射液晶材料取向的上层工作电极,所述上层工作电极设于所述平面波导和所述上绝缘层之间;所述光开关控制层还包括下层工作电极,且所述平面波导设于所述下层工作电极和所述上层工作电极之间。

10. 一种光交叉互连器件,其特征在于:包括多个权利要求1~9任一项所述的光开关,多个所述光开关阵列排布且纵横交叉连接,每行所述光开关设有一输入接口,每列所述光开关设有一输出接口,每个所述光开关可将光信号横向传输或纵向传输。

## 一种光开关及光交叉互连器件

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于光通讯系统中光信号处理技术领域,更具体地说,是涉及一种光开关及光交叉互连器件。

### 背景技术

[0002] 目前,面向移动网络、高清视频、云计算等应用的大数据服务正推动光通讯网络和数据中心的发展。传统的数据中心和光通讯网络由于基于光-电-光转换的交换方式,因而面临着带宽瓶颈。为了解决带宽瓶颈,光交换的概念在20世纪90年代被提了出来,并被视为解决带宽瓶颈的重要手段,但研发高综合性能的光交换器件仍是亟待解决的技术问题。

[0003] 目前,在商业应用方面,光交叉互连器件以MEMS (Microelectromechanical systems,即微机电系统) 微镜阵列或LCoS (Liquid Crystal on Silicon,即硅基液晶) 为主流。上述两种光交叉互连器件均采用自由空间光传播的方式,对光学对准和环境因素有严苛的要求,且器件体积较大,不适用于单片集成。在研究方面,虽然提出了众多基于平面光波导的光交叉互连器件,例如基于马赫-陈德尔干涉术的光开关、基于热光效应的硅基光开关阵列、基于半导体光放大的光开关阵列、基于MEMS可控光波导的光交换器件等,但是这些光交叉互连器件仍未能完整地实现光学损耗、端口扩展性、切换速度、尺寸、能耗、单片集成,以及鲁棒性等综合性能的平衡,因此尚未能在数据中心的得到应用。

[0004] 以上不足,有待改进。

### 实用新型内容

[0005] 本实用新型的目的在于提供一种光开关,以解决现有技术中存在的器件体积较大、不适于单片集成的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,本实用新型采用的技术方案是:提供一种光开关,所述光开关为层状结构,包括从下往上依次设置的基底、光开关控制层、工作层和上绝缘层,所述工作层包括对输入光波偏振态进行控制的旋转器和基于光波偏振态切换输出方向的平面波导。

[0007] 进一步地,所述平面波导包括横向波导、纵向波导、转向波导和包覆所述横向波导、所述纵向波导和所述转向波导的包层,所述横向波导与所述纵向波导垂直相交,所述转向波导的一端与所述横向连接处连接,所述转向波导的另一端与所述纵向连接处连接。

[0008] 进一步地,所述旋转器包括横向旋转器和纵向旋转器,所述横向旋转器包括与所述横向波导的横向波导本体连接的横向液晶波导以及分布在所述横向液晶波导两侧的横向电极,所述纵向旋转器包括与所述纵向波导的纵向波导本体连接的纵向液晶波导以及分布在所述纵向液晶波导两侧的纵向电极。

[0009] 进一步地,所述横向液晶波导与所述横向波导本体通过横向锥形渐变波导连接,所述纵向液晶波导与所述纵向波导本体通过纵向锥形渐变波导连接。

[0010] 进一步地,所述转向波导的材料为双折射材料,所述横向液晶波导和所述纵向液晶波导的材料均为双折射液晶材料,所述横向波导和所述纵向波导的材料均为折射率与所

述双折射材料的任一折射率相匹配的匹配材料,所述包层的材料的折射率低于所述双折射液晶材料的折射率、所述双折射材料的折射率和所述匹配材料的折射率。

[0011] 进一步地,所述横向液晶波导和所述纵向液晶波导的材料均为双折射液晶材料,所述横向波导和所述纵向波导的材料均为双折射材料,所述转向波导的材料为折射率与所述双折射材料的任一折射率相匹配的匹配材料,所述包层的材料的折射率低于所述双折射液晶材料的折射率、所述双折射材料的折射率和所述匹配材料的折射率。

[0012] 进一步地,所述横向波导和所述纵向波导的材料均为双折射液晶材料。

[0013] 进一步地,所述工作层还包括用于控制所述双折射液晶材料取向的下取向膜层和上取向膜层,所述下取向膜层设于所述光开关控制层和所述平面波导之间,所述上取向膜层设于所述平面波导和所述上绝缘层之间。

[0014] 进一步地,所述工作层还包括用于控制所述双折射液晶材料取向的上层工作电极,所述上层工作电极设于所述平面波导和所述上绝缘层之间;所述光开关控制层还包括下层工作电极,且所述平面波导设于所述下层工作电极和所述上层工作电极之间。

[0015] 本实用新型提供的一种光开关的有益效果在于:由于光开关为层状结构,且通过旋转器和平面波导可动态控制光波的传输路径,使同一束输入光波可以随时切换不同的输出方向,不需分别设计不同的传输路径,使得光开关整体结构紧凑,有效缩小了光开关的尺寸,从而有利于进行单片集成。

[0016] 本实用新型的目的还在于提供一种光交叉互连器件,包括多个上述光开关,多个所述光开关阵列排布且纵横交叉连接,每行所述光开关设有一输入接口,每列所述光开关设有一输出接口,每个所述光开关可将光信号横向传输或纵向传输。

[0017] 本实用新型提供的一种光交叉互连器件的有益效果在于:可以实现高性能的多关口光交换,尤其适用于数据中心的交换应用;光学损耗小,端口扩展性好,且具有更小的尺寸,可以作为光子芯片的一部分进行单片集成,或作为芯片集成于外围电路或光子回路中,或可在光交叉互连器件基础上增加电气接口与光纤接口、从而作为独立器件进行应用等。

## 附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本实用新型实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本实用新型的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0019] 图1为本实用新型实施例提供的光开关的横截面示意图一;

[0020] 图2为本实用新型实施例提供的光开关的横截面示意图二;

[0021] 图3为本实用新型实施例提供的光开关的液晶层的平行截面示意图一;

[0022] 图4为本实用新型实施例提供的光开关的液晶层的平行截面示意图二;

[0023] 图5为本实用新型实施例提供的光开关的横向驱动器的结构示意图;

[0024] 图6为本实用新型实施例提供的光交叉互连器件的结构示意图。

[0025] 其中,图中各附图标记:

[0026] 1-光开关; 101-第一侧边; 102-第二侧边;

[0027] 11-基底; 12-光开关控制层; 13-下层包层;

- |        |                 |               |               |
|--------|-----------------|---------------|---------------|
| [0028] | 14-工作层;         | 15-上绝缘层;      |               |
| [0029] | 121-电开关;        | 122-驱动电极层;    | 123-绝缘材料;     |
| [0030] | 124-导线;         | 125-金属防护层;    |               |
| [0031] | 141-波导层;        | 1411-横向波导;    | 14111-横向波导本体; |
| [0032] | 14112-横向锥形渐变波导; | 1412-纵向波导;    | 14121-纵向波导本体; |
| [0033] | 14122-纵向锥形渐变波导; | 1413-转向波导;    | 1414-包层;      |
| [0034] | 1415-横向旋转器;     | 1416-纵向旋转器;   |               |
| [0035] | 14151-横向液晶波导;   | 14152-横向驱动电极; | 14153-横向接地电极; |
| [0036] | 14161-纵向液晶波导;   | 14162-纵向驱动电极; | 14163-纵向接地电极; |
| [0037] | 142-下取向膜层;      | 143-上取向膜层;    |               |
| [0038] | 144-上层包层;       | 145-上绝缘层;     | 146-下层工作电极;   |
| [0039] | 2-光输入接口;        | 3-光输出接口。      |               |

### 具体实施方式

[0040] 为了使本实用新型所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本实用新型进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本实用新型,并不用于限定本实用新型。

[0041] 需要说明的是,当元件被称为“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本实用新型的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0042] 请参阅图1和图2,一种光开关1,光开关1为层状结构,包括从下往上依次设置的基底11、光开关控制层12、工作层14和上绝缘层15,工作层14包括对输入光波偏振态进行控制的旋转器和基于光波偏振态切换输出方向的平面波导。具体地,光波的偏振态与光波的传输方向和输出方向相关,旋转器可以对光波的偏振方向进行旋转,从而控制光波的偏振态,进而可以控制光波在平面波导中的传输方向,从而控制光波的输出方向。

[0043] 本实施例提供的光开关1的工作原理如下:首先通过光开关控制层12控制光开关1是否处于工作状态;光波与工作层14中的平面波导连接,并通过平面波导进行传输;当需要调整光波的传输状态时,即可通过旋转器对光波的偏振态进行调整,进而调整光波在平面波导中的传输状态,从而可以调整光波的传输方向和输出方向。

[0044] 这样设置的有益效果在于:由于光开关1为层状结构,且通过旋转器和平面波导可动态控制光波的传输路径,使同一束输入光波可以随时切换不同的输出方向,不需分别设计不同的传输路径,使得光开关1整体结构紧凑,有效缩小了光开关1的尺寸,从而有利于进行单片集成。

[0045] 在本实施例中,基底1优选为硅基底,其工艺成熟,且原材料丰富。

[0046] 进一步地,光开关控制层12和工作层14之间还设有下层包层13,优选地,下层包层的材料为二氧化硅( $\text{SiO}_2$ ),从而起到很好的绝缘作用,避免了光开关控制层12直接与工作

层14接触。

[0047] 进一步地,光开关控制层12包括电开关121、与电开关121电性连接的驱动电极层122和包覆电开关121和驱动电极122的绝缘材料123,驱动电极层122包括旋转器。电开关121优选为CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor,即互补金属氧化物半导体)电开关,采用CMOS电开关,有利于光开关1进行集成,通过CMOS电开关可以实现对光开关1的状态进行控制。CMOS电开关的驱动电路优选为直流驱动。

[0048] 请参阅图3,进一步地,工作层14包括波导层141,波导层141包括平面波导,平面波导包括横向波导1411、纵向波导1412、转向波导1413和包覆横向波导1411、纵向波导1412和转向波导1413的包层1414,横向波导1411与纵向波导1412垂直相交,转向波导1413的一端与横向波导1411连接,转向波导1413的另一端与纵向波导1412连接。

[0049] 基于平面波导的结构,光开关1具有两种工作状态:在第一工作状态中,光开关1引导光波在横向波导1411中做横向传输;在第二工作状态中,光开关1引导光波通过转向波导1413转弯进入纵向波导1412,从而进行纵向传输。

[0050] 进一步地,横向波导1411和纵向波导1412可垂直相交于横向波导1411的一端。在本实施例中,横向波导1411的横向波导本体14111和纵向波导1412的纵向波导本体14121的宽度相同。优选地,横向波导本体14111和纵向波导本体14121的宽度为8微米,使得横向波导1411和纵向波导1412相交处具有较宽的模场,从而可以抑制交叉损耗;横向波导1411和纵向波导1412的长度相同。

[0051] 请参阅图1至图4,进一步地,旋转器包括横向旋转器1415和纵向旋转器1416,横向旋转器1415包括与横向波导1411的横向波导本体14111连接的横向液晶波导14151以及分布在横向液晶波导14151两侧的横向电极;纵向旋转器1416包括与纵向波导1412的纵向波导本体14121连接的纵向液晶波导14161以及分布在纵向液晶波导14161两侧的纵向电极。

[0052] 进一步地,横向电极包括用于与驱动电压连接的横向驱动电极14152和用于接地的横向接地电极14153,横向驱动电极14152和横向接地电极14153对称分布在横向液晶波导14151的两侧(即在竖直方向上,横向驱动电极14152和横向接地电极14153的投影分布在横向液晶波导14151的投影的两侧);纵向电极包括用于与驱动电压连接的纵向驱动电极14162和用于接地的纵向接地电极14163,纵向驱动电极14162和纵向接地电极14163分布在纵向液晶波导14161的两侧(即在竖直方向上,纵向驱动电极14162和纵向接地电极14163的投影分布在纵向液晶波导14161的投影的两侧)。

[0053] 在一个实施例中,横向旋转器1415和纵向旋转器1416均分布与波导层141,即横向旋转器1415的横向液晶波导14151和纵向旋转器1416的纵向液晶波导14161设于波导层141,横向驱动电极14152和横向接地电极14153设于波导层141且对称分布在横向液晶波导14151的两侧;纵向驱动电极14162和纵向接地电极14163设于波导层141且对称分布在纵向液晶波导14161的两侧。

[0054] 在一个实施例中,横向旋转器1415的横向液晶波导14151和纵向旋转器1416的纵向液晶波导14161设于波导层141;光开关控制层12包括多个电开关121,多个电开关121设于基底11的上表面且相邻两个电开关121之间相隔预设距离;驱动电极层122设于下层包层13的下表面,横向驱动电极14152、横向接地电极14153和纵向驱动电极14162和纵向接地电极14163均设于驱动电极层122中且分别通过导线124与不同的电开关121连接并通过电开

关121控制工作模式,横向电极和纵向电极的驱动电压优选为频率为1KHz、幅度可调的正弦交流电压。相邻电极(横向驱动电极14152、横向接地电极14153、纵向驱动电极14162和纵向接地电极14163)之间设有绝缘材料123,从而实现电性隔离。优选地,驱动电极层122的厚度(即上下方向上的宽度)为100nm,绝缘材料123为二氧化硅( $\text{SiO}_2$ ),不仅绝缘效果好,而且原材料丰富,价格低廉;导线由铝制成,不仅能够起到很好的导电作用,同时也可以减少光开关1的整体重量,且铝导线价格便宜,有利于降低成本。应当理解的是,导线也可以由其它导电材料制成,并不仅限于铝。

[0055] 进一步地,光开关控制层12还包括金属防护层125,绝缘材料123包覆金属防护层125从而使得金属防护层125与驱动电极层122和电开关121均电性隔离。在光开关控制层中设置金属防护层125,有利于提高光开关1的整体强度,从而使得光开关1不易损坏,进而有利于提高光开关1的整体使用寿命。

[0056] 旋转器的功能为对光波的偏振态进行控制,即维持输入光波的原有偏振态和对输入光波的偏振态进行旋转,其旋转的角度可根据实际需要进行设定,本实施例优选为90度。旋转器对光波偏振态的控制通过设置在横向液晶波导14151两侧的横向电极对横向液晶波导14151中液晶材料的液晶分子的排列方式的控制来实现,具体原理如下:当需要维持光波的偏振态时,与横向驱动电极14152和横向接地电极14153连接的电开关121处于断开状态,使得横向电极未接通电源,因而在横向液晶波导14151不产生电场,液晶分子沿着光波传输方向均匀排列;当需要对光波的偏振态进行旋转时,与横向驱动电极14152和横向接地电极14153连通的电开关121处于接通状态,使得横向电极接通电源,从而在横向液晶波导14151产生电场,通过电场控制液晶分子沿着光波传输方向扭转排列。在横向液晶波导14151的两侧设置横向电极,不仅可以实现对液晶分子的排列方式的控制、进而实现对光波偏振态的控制,而且其设置不会显著增加光波传输的损耗;当需要达到相同电场强度时,横向电极之间的距离越短,需要的电压则越小,因此设置横向液晶波导14151的宽度小于横向波导本体14111的宽度,有利于横向电极在横向液晶波导14151产生合适的电场。纵向旋转器1416对光波偏振态的控制的原理与横向旋转器1415对光波偏振态的控制的原理相似,此处不再赘述。

[0057] 应当理解的是,不仅可以通过电场对光波的偏振状态进行控制,也可以通过磁场对光波的偏振状态进行控制,即在横向液晶波导14151的两侧设置磁极,通过磁极产生的磁场来控制光波的偏振态,且其设置不会显著增加光波传输的损耗。

[0058] 进一步地,横向电极之间的间距沿着横向液晶波导14151的传输方向逐渐变化,纵向电极之间的间距沿着纵向液晶波导14161的传输方向逐渐变化。优选地,横向液晶波导14151和纵向液晶波导14161的长度均为60微米,横向液晶波导14151和纵向液晶波导14161的宽度均为2微米,横向驱动电极14152和横向接地电极14153之间的最短距离为4微米。在本实施例中,对称分布在横向液晶波导14151两侧的横向驱动电极14152和横向接地电极14153之间的间距沿着横向液晶波导14151的传输方向逐渐变小,从而使得横向液晶波导14151产生的电场为电场强度沿着横向液晶波导14151的传输方向逐渐增大的渐变电场,横向液晶波导14151的液晶材料的液晶分子的排布以横向液晶波导14151传输方向为中心轴发生旋转,且液晶分子的排布的变化快慢通过渐变电场进行控制,进而会对光波的偏振态进行控制。因此,通过渐变电场可对液晶分子排布发生旋转的作用距离和变化快慢进行控

制,可同时实现传输光偏振态的旋转和低光传输损耗。

[0059] 在一个实施例中,横向液晶波导14151和纵向液晶波导14161的材料为双折射液晶材料,横向波导1411和纵向波导1412的材料均为双折射材料,转向波导1413的材料为折射率与双折射材料的任一折射率相匹配的匹配材料,包层1414的材料的折射率低于双折射材料的折射率和匹配材料的折射率。当光开关1处于第一工作状态时,光波在横向波导1411或纵向波导1412中传输,光波的偏振态使其在双折射材料中的传输具有均匀的折射率;当光开关1处于第二工作状态时,旋转器对光波的偏振方向进行旋转,从而改变光波的偏振态,使其在双折射材料和折射率匹配材料中有不同的折射率,从而使得双折射材料和折射率匹配材料中的低折射率部分转换为包层、高折射率部分为芯层,光波在转向波导1413中传输,并转向进入纵向波导1412中传输。

[0060] 优选地,横向波导1411和纵向波导1412的材料为双折射液晶材料E7液晶(一种无源TN混合液晶,主要成分是氰基联苯类化合物),即横向波导本体14111和横向液晶波导14151的材料均为双折射液晶材料,纵向波导本体14121和纵向液晶波导14161的材料均为双折射液晶材料;转向波导1413的材料为与双折射液晶材料的折射率相匹配的SiON(硅氧氮),SiON材料的折射率与E7液晶的e光的折射率相匹配;包层1414的材料为低折射率材料NOA84(紫外光固化胶),包层1414的折射率要低于横向波导1411和纵向波导1412的材料的折射率,同时也要低于转向波导1413的材料的折射率。转向波导1413优选为90度转向波导,可将沿横向波导1411传输的光波转为沿纵向波导1412传输。由低折射率材料制成的包层1413包覆在由双折射液晶材料制成的横向波导1411或纵向波导1412外,从而使得在横向波导1411或纵向波导1412中传输的光波在到达双折射液晶材料与低折射率材料的边界处时可以发生全反射,从而可以将光波约束在横向波导1411或纵向波导1412中,避免了光波的损失;由于转向波导1413的材料的折射率与横向波导1411或纵向波导1412的材料的折射率相匹配,从而使得在横向波导1411或纵向波导1412传输的光波能更好地进入转向波导1413中,有利于光波的转向,降低了光波的损失;由低折射率材料制成的包层1414包覆在转向波导1413外,从而可以使得在转向波导1413中传输的光波在到达转向波导1412与包层1414的边界处时可以发生全反射,从而可以将光波约束在转向波导1412中,避免了光波的损失。

[0061] 应当理解的是,转向波导1413的材料可以为与双折射液晶材料的o光折射率或e光折射率相匹配的匹配材料,而不仅限于上述与双折射液晶材料的e光折射率相匹配的匹配材料;横向波导1411和纵向波导1412的材料可为其它双折射材料,并不仅限于上述双折射液晶材料。

[0062] 在一个实施例中,转向波导1413的材料为双折射材料,横向波导本体14111和纵向波导本体14121的材料为折射率与转向波导1413的双折射材料的任一折射率相匹配的匹配材料,横向液晶波导14151和纵向液晶波导14161的材料为双折射液晶材料,包层1414的材料的折射率低于双折射材料的折射率和匹配材料的折射率。优选地,转向波导1413的材料为固态薄膜双折射材料,例如金红石相二氧化钛( $\text{TiO}_2$ );横向波导本体14111和纵向波导本体14121的材料为折射率该固态薄膜双折射材料的折射率匹配的固态薄膜材料,例如碳化硅(SiC);包层1413的材料为低折射率材料空气,包层1414的折射率要低于横向波导1411和纵向波导1412的材料的折射率,同时也要低于转向波导1413的材料的折射率。此时平面波导部分的尺寸可以进一步缩小,从而可以缩小光波在光开关1中的传输距离,从而可以减少



传输过程中的损耗;且加工方式成熟,加工成本低廉。

[0063] 进一步地,横向液晶波导14151的宽度不同于横向波导本体14111的宽度,横向液晶波导14151与横向波导本体14111通过横向锥形渐变波导14112连接;纵向液晶波导14161的宽度不同于纵向波导本体14121的宽度,纵向液晶波导14161与纵向波导本体14121通过纵向锥形渐变波导14122连接。在本实施例中,横向液晶波导14151的宽度为2微米,横向波导本体14111的宽度为8微米,即横向液晶波导14151的宽度小于横向波导本体14111的宽度,横向液晶波导14151的两端均通过横向锥形渐变波导14112与横向波导本体14111连接,可以减少模场转换的损耗;纵向液晶波导14161的宽度为2微米,纵向波导本体14121的宽度为8微米,即纵向液晶波导14161的宽度小于纵向波导本体14121的宽度,纵向液晶波导14161的两端均通过纵向锥形渐变波导14122与纵向波导14122连接,可以减少模场转换的损耗。

[0064] 请参阅图1,在一个实施例中,工作层14还包括用于控制双折射液晶材料中液晶分子取向的下取向膜层142和上取向膜层143,下取向膜层142设于光开关控制层12和波导层141之间,上取向膜层143设于波导层141和上绝缘层15之间,优选地,下取向膜层142设于下层包层13和波导层141之间。下取向膜层142和上取向膜层143设有可让液晶分子保持垂直取向的膜层材料。通过在波导层141的上下两侧分别设置上取向膜层143和下取向膜层142,从而可以保证波导层141中的液晶分子的垂直取向分布。优选地,波导层141的厚度为1微米(即1000纳米),上取向膜层143和下取向膜层142的厚度均为10nm。采用该工作层结构的光开关的开关时间可为1ms。

[0065] 请参阅图2和图5,在一个实施例中,工作层14还包括用于控制双折射液晶材料取向的上层工作电极145,波导层141与下层包层13连接,上层工作电极145设于波导层141和上绝缘层15之间;光开关控制层122还包括下层工作电极146,且平面波导设于下层工作电极146和上层工作电极145之间,上层工作电极145和下层工作电极146通电后可以在平面波导中产生电场,并通过电场控制平面波导中液晶分子的垂直取向分布。优选地,下层工作电极146设于驱动电极层122中,且下层工作电极146通过导线124与电开关121连接,从而通过电开关121控制下层工作电极146的工作模式。进一步地,工作层14还包括上层包层144,上层包层144设于波导层141和上层工作电极145之间,设于波导层141上下两侧的上层包层144和下层包层13均为二氧化硅层,其厚度均为2微米。采用该工作层结构的光开关的开关时间可为0.15ms。

[0066] 本实施例提供的光开关1的有益效果为:

[0067] (1) 由于光开关1为层状结构,且通过旋转器和平面波导可动态控制光波的传输路径,使同一束输入光波可以随时切换不同的输出方向,不需分别设计不同的传输路径,使得光开关1整体结构紧凑,有效缩小了光开关1的尺寸,从而有利于进行单片集成;

[0068] (2) 在波导层141的上下两侧分别设置上取向膜层143和下取向膜层142时,从而可以保证波导层141中的液晶分子的垂直取向分布,结构简单,且具有稳定的折射率;

[0069] (3) 在平面波导的上下两侧分别设置上层工作电极145和下层工作电极146,从而可以通过电场控制平面波导中液晶分子的垂直取向分布,开关响应时间短,结构简单,且操作简便;

[0070] (4) 采用锥形渐变波导将不同宽度的波导连接起来,可以有效减少模场转换的损

耗；

[0071] (5) 横向电极之间的间距沿着横向波导1411的传输方向逐渐变化,从而使得横向液晶波导14151产生的电场为电场强度沿着横向波导1411的传输方向逐渐增大的渐变电场,通过渐变电场可对液晶分子排布发生旋转的作用距离和变化快慢进行控制,可同时实现传输光偏振态的旋转和低光传输损耗。

[0072] 请参阅图6,本实施例的目的还在于提供一种光交叉互连器件,包括多个上述的光开关1,多个光开关1阵列排布且纵横交叉连接,每行光开关1设有一输入接口2,每列光开关1设有一输出接口3,每个光开关1可将光波横向传输或纵向传输。

[0073] 在本实施例中,光交叉互连器件包括 $N \times M$ 个成矩形阵列排布的光开关1、 $N$ 个光输入接口2和 $M$ 个光输出接口3,光开关1排成 $N$ 行 $M$ 列的矩形, $N$ 行光开关1的起始光开关设于矩形阵列的第一侧边101,每行相邻光开关1的输入端和输出端依次连接, $M$ 列光开关1的末端光开关设于矩形阵列的第二侧边102,且第二侧边102与第一侧边101相邻,每列相邻光开关1的输入端和输出端依次连接,每个光输入接口2与第一侧边101的每个光开关1的输入端连接,每个光输出接口3与第二侧边102的每个光开关1的输出端连接。优选地, $N \times M$ 个光开关1集成于同一硅基底,成矩形阵列排布。每个光开关1具有两种工作状态:在第一工作状态下,光开关1引导光波向横向传输;在第二工作状态下,光开关1引导光波转弯并进入纵向传输。

[0074] 在本实施例中, $N$ 和 $M$ 可以为任意正整数值,光开关1的数量可以根据需要进行设置。

[0075] 本实施例提供的光交叉互连器件的工作原理如下:

[0076] 首先光波通过光输入接口2与光开关阵列连接,光交叉互连器件通过光输出接口3与其它器件相连;

[0077] 当波导层141上下两侧分别为上取向膜层143和下取向膜层142时,可以保证波导层141中的液晶分子的垂直取向分布;当波导层141上侧设有上层工作电极145,且在液晶层中设有下层工作电极146时,上层工作电极145和下层工作电极146通电后可以在平面波导中产生电场,并通过电场控制液晶分子的垂直取向分布;

[0078] 根据需要,对每个光开关1设定相应的工作模式。当光波需要横向传输时,分布在横向液晶波导14151两侧的横向电极不接通驱动电压,从而在横向液晶波导14151处不产生电场,横向液晶波导14151中的液晶分子沿着光波传输方向均匀排列,从而保持光波的偏振状态不变,此时光开关1处于第一工作状态,光开关1引导光波在横向波导1411中做横向传输;当输入光波需要纵向传输时,横向电极接通驱动电压,从而控制横向液晶波导14151的电场,通过电场控制横向液晶波导14151中的液晶分子沿着光波传输方向扭转排列,从而改变光波的偏振状态,此时光开关1处于第二工作状态,光开关1引导光波在转向光波1413中传输,并进入到纵向波导1412中进行纵向传输。

[0079] 本实施例提供的光交叉互连器件的有益效果为:可以实现高性能的多关口光交换1,尤其适用于数据中心的交换应用;驱动电压更低,从而使得能耗降低,且具有更好的鲁棒性(鲁棒性是指是指控制系统在某种类型的扰动作用下,包括自身模型的扰动下,系统某个性能指标保持不变的能力,即抗干扰能力较强);光学损耗小,端口扩展性好,且具有更小的尺寸,可以作为光子芯片的一部分进行单片集成,或作为芯片集成于外围电路或光子回路中,或可在光交叉互连器件基础上增加电气接口与光纤接口、从而作为独立器件进行应用

等。

[0080] 以上所述仅为本实用新型的较佳实施例而已,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

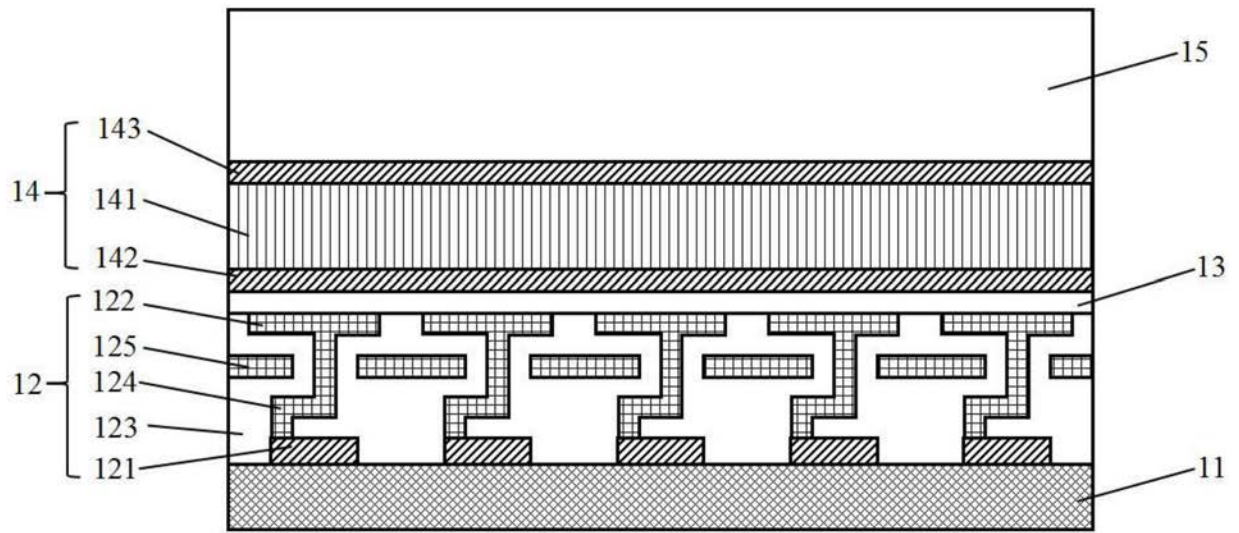


图1

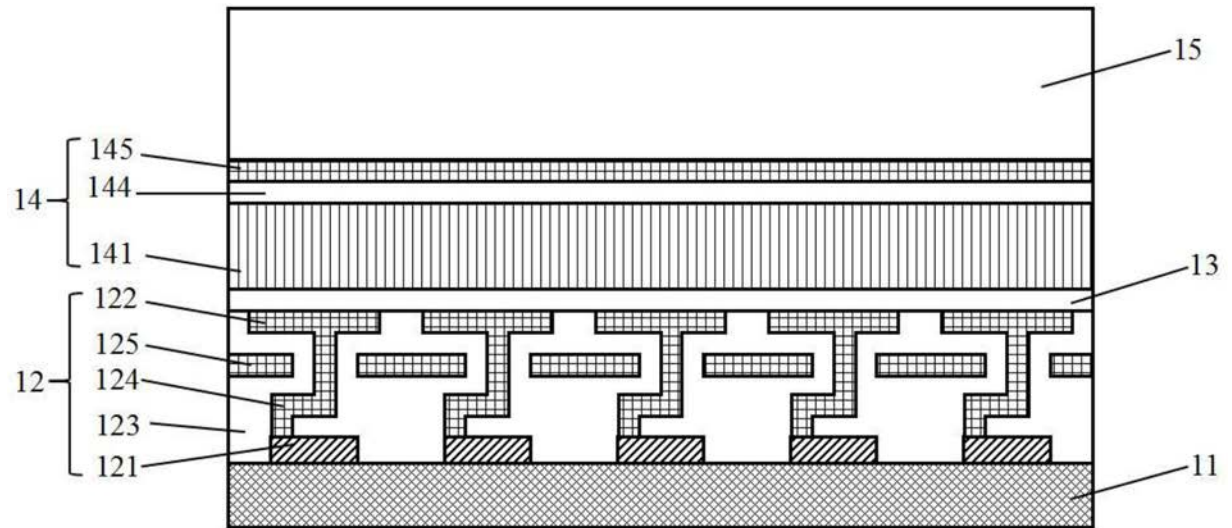


图2

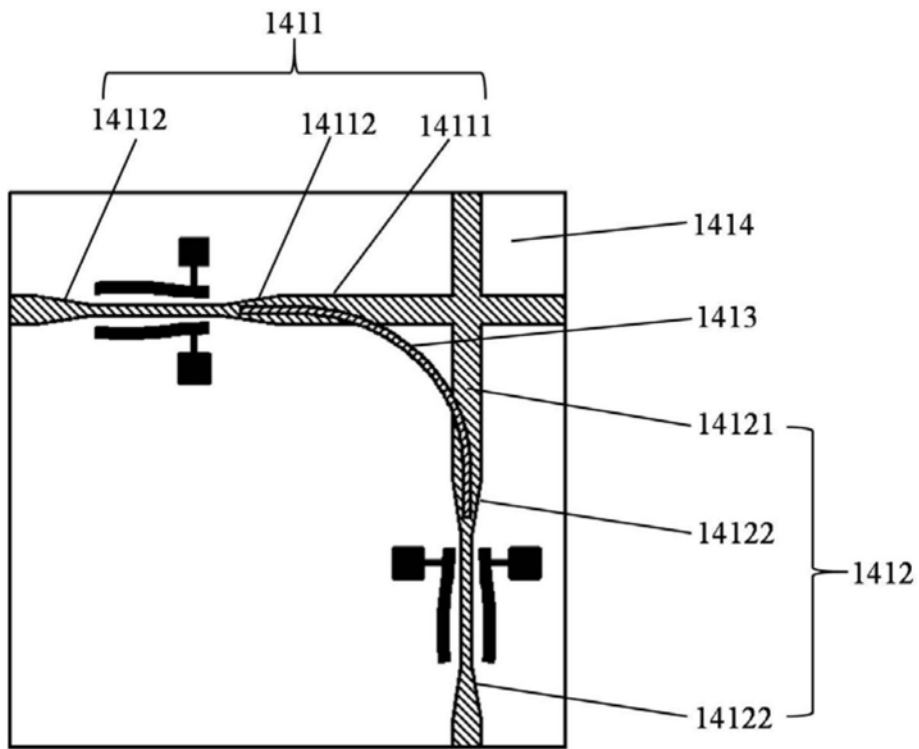


图3

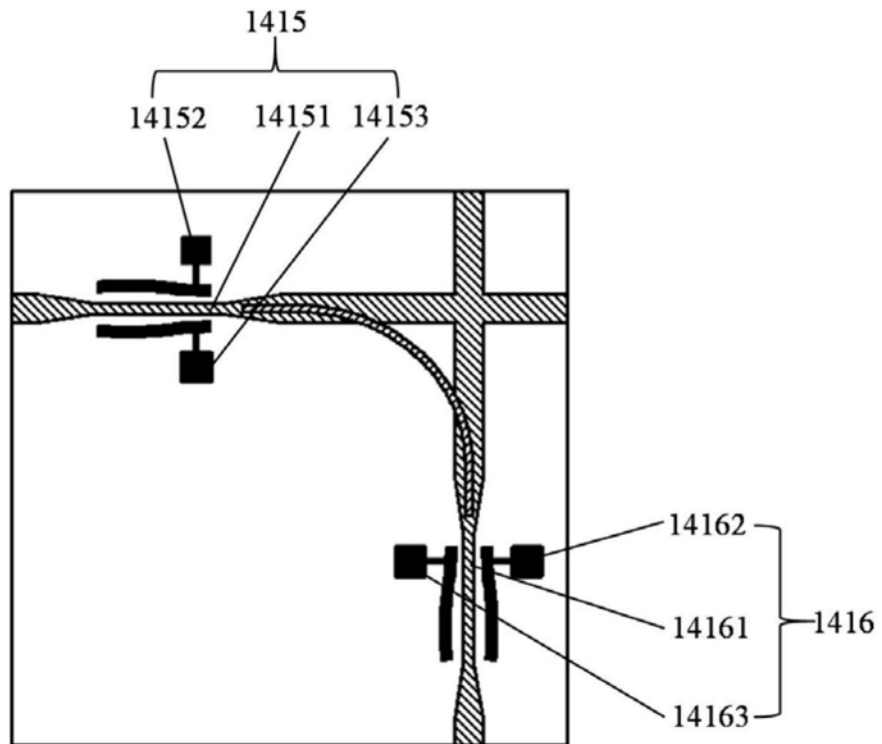


图4

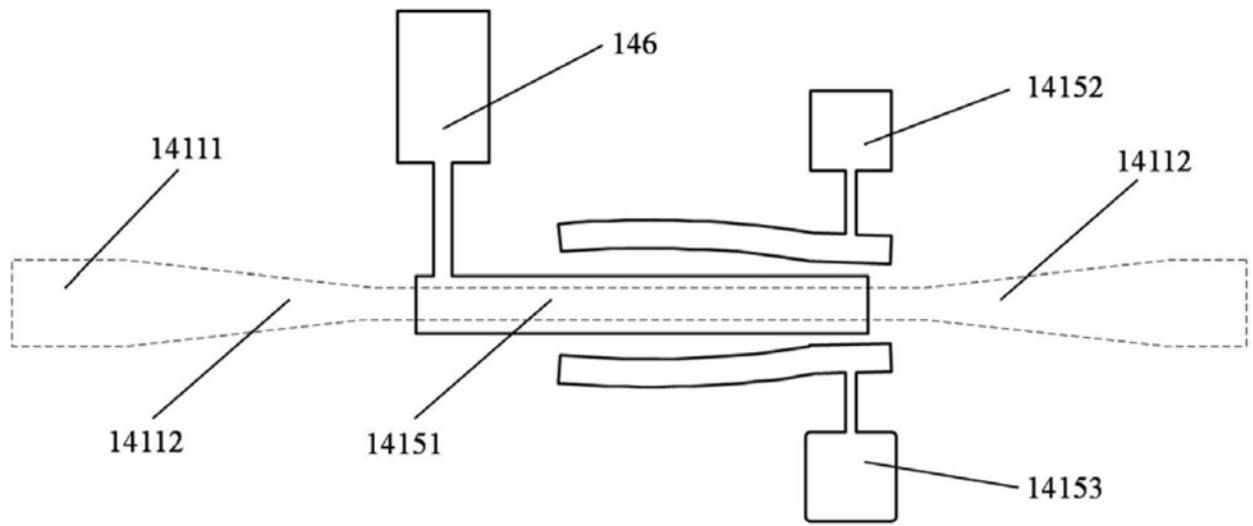


图5

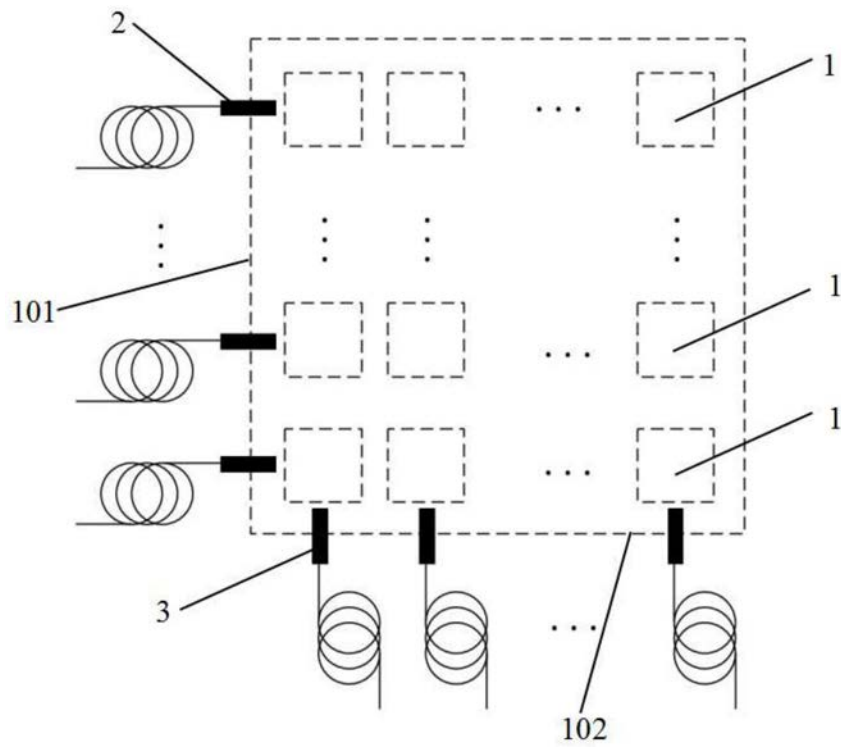


图6