



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103185970 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201110449977. 8

US 2003/0113055 A1, 2003. 06. 19,

(22) 申请日 2011. 12. 29

审查员 田静怡

(73) 专利权人 林先锋

地址 571100 海南省海口市琼山区府城镇中
山路 47 号

(72) 发明人 林先锋

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限
公司 11018

代理人 王一斌 王琦

(51) Int. Cl.

G02B 27/28(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6396629 B1, 2002. 05. 28,

US 5689360 A, 1997. 11. 18,

CN 14038410 A, 2003. 03. 19,

US 6636651 B2, 2003. 10. 21,

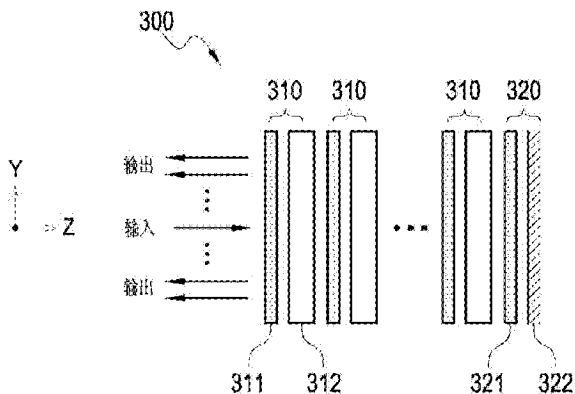
权利要求书1页 说明书21页 附图17页

(54) 发明名称

平移偏振光、控制光信号、选择波长的光路由
方法和装置

(57) 摘要

一种平移偏振光的方法,所述方法包括:切换
偏振光的偏振态,将所述偏振光在偏振态上的
变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移
后偏振光;将所述第一平移后偏振光反射同时
将偏振光的偏振态旋转 90 度;将旋转后偏
振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的
变化得到第二平移后偏振光。本文还公开了一
种平移偏振光的装置,控制光信号的方法和装
置,以及选择波长的光路由方法和装置。应用
本发明实施例以后,能够提高路由的光信号质
量,同时减少路由装置的体积。



1. 一种平移偏振光的方法,其特征在于,所述方法包括:

利用第一偏振调制器切换偏振光的偏振态,之后利用第一光束平移片将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光;

该第一平移后偏振光被第二偏振调制器切换偏振态后,顺序入射到第二光束平移片和旋光片,而后利用反射镜将其反射,再次入射至所述旋光片从而将偏振光的偏振态旋转90度;

利用所述第二光束平移片将旋转后的偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光,之后利用所述第二偏振调制器切换所述第二平移后偏振光的偏振态,再入射到第一光束平移片中,而后再次利用第一偏振调制器切换偏振光的偏振态。

2. 根据权利要求1所述平移偏振光的方法,其特征在于,所述切换偏振光的偏振态包括:通过改变驱动电压切换偏振光的偏振态。

3. 一种平移偏振光的装置,其特征在于,所述装置包括第一偏振调制器、第二偏振调制器、第一光束平移片、第二光束平移片、旋光片和反射镜;其中,

利用第一偏振调制器切换偏振光的偏振态,之后利用第一光束平移片将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光;

该第一平移后偏振光被第二偏振调制器切换偏振态后,顺序入射到第二光束平移片和旋光片,而后利用反射镜将其反射,再次入射至所述旋光片从而将偏振光的偏振态旋转90度;

利用第二光束平移片将旋转后的偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光,之后利用所述第二偏振调制器切换所述第二平移后偏振光的偏振态,再入射到第一光束平移片中,而后再次利用第一偏振调制器切换偏振光的偏振态。

4. 根据权利要求3所述平移偏振光的装置,其特征在于,所述第一偏振调制器和第二偏振调制器通过改变驱动电压切换偏振光的偏振态。

平移偏振光、控制光信号、选择波长的光路由方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光通信技术领域,更具体地,涉及平移偏振光、控制光信号、选择波长的光路由方法和装置。

背景技术

[0002] 光纤通信网络是现代信息社会的支柱,承载了几乎所有的现代数据通信,包括电话、电视、互联网、移动通信等。目前的光纤通信系统主要基于光波分复用(WDM)技术,该技术将不同的波长信号复用到同一根光纤中进行传输,从而大幅增加了光纤通信系统的容量。然而由于缺少智能的光纤器件,传统的WDM系统的光波长路由是固定的,必须在进行网络设计时确定光波长路由,而且网络的建设及维护也必须由人工来完成。同时,由于网络带宽的需求难以提前预计和规划,在网络升级或提供新的数据服务时,常常需要重新进行网络设计和调整施工。这些缺点导致传统的WDM系统的建设及运营维护成本高居不下,阻碍了WDM光网络的进一步发展。

[0003] 可重构光分插复用器(ROADM)的出现改变了这一局面。以ROADM构造的WDM网络节点可以根据远程控制信号切换不同波长光信号的路由方向,即动态地配置上下业务波长,并且管理各业务波长的功率,从而避免在网络升级或提供新的数据服务时,重新进行光网络的设计和调整施工。同时,由于ROADM兼容所有业务波长,因此可以不受限制地选择不同的工作波长,从而大幅提高了网络的灵活性。因此,ROADM的应用使WDM光网络演变为高度智能化的新一代光网络,不但可以极大地降低网络的运营和维护成本,又可以快速地提供各种新的数据服务,已经成为WDM光网络的发展方向。

[0004] 一个传统的1*2 ROADMs的核心构架如附图1所示,由一个输入端的波分解复用器(DEMUX)101,1*2光开关阵列102,两个输出端的可调光衰减器(VOA)阵列103和105,以及两个输出端的波分复用器(MUX)104和106组成。ROADM的输入和输出端口介质都是光纤,其中传输的WDM波长及其间隔都是固定的,如附图1中输入端的光谱所示。光谱中每一个柱形代表一个波长信号,其宽度代表其信道带宽,而其高度代表其功率大小。附图1所示的输入信号包含m个波长信号 $\lambda_1 \sim \lambda_m$,其功率各不相同。当这些光信号由输入端口进入ROADM的DEMUX模块101后,按波长分离并分别由DEMUX模块101的输出端口 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ 输出,每一个波长对应一个输出端口。这些光信号随后进入由m个1*2光开关组成的光开关阵列102,阵列中的每一个光开关对应一个波长,其输入端连接DEMUX上相应波长的输出端口,而其两个输出端口则分别对应MUX 104和MUX 106上相应波长的输入端口。因此,通过远程控制光开关阵列102中每个光开关的切换状态,即可选择每个波长的路由方向,从而将输入的波长信号分成两组,分别前往ROADM的两个MUX。以上两组波长信号离开光开关阵列后,分别到相应的MUX的前置VOA阵列103和105。这两个阵列都由m个VOA组成,每个VOA对应一个波长,并根据远程控制信号对经过其的光信号的功率进行调节。最后两组波长信号分别到达MUX 104和MUX 106上相应的输入端口,并被分别合并到输出端口1和输出端口2输出。如附图1所示,ROADM将功率不同的m个输入波长信号按选择的组合分配到两个输出端口,并且通过调节各个波长的输出

功率,实现了平坦的输出光谱(即各波长功率一致)。当然,根据实际应用的需要也可以通过调节各个波长的输出功率来得到任意的输出光谱。

[0005] 多个输出端口 $1*N$ ROADM的结构与 $1*2$ ROADM类似,只是其中的光开关阵列由 $1*N$ 光开关组成,而VOA阵列MUX的数量都分别为 N 个。其具体工作原理与上述 $1*2$ 节点相同,在此不再累述。不难推论, $N*1$ (即 N 个输入端,1个输出端)ROADM的结构与 $1*N$ ROADM相同,不同的只是DEMUX和MUX的功能相反而已。

[0006] 由于现有的ROADM系统是由离散的,功能单一的器件组成,不但数量众多,而且器件之间连接复杂,导致系统的体积庞大。而组成系统的器件都是独立封装的光纤器件,在其内部光信号都要经过光纤-内部介质-光纤的变换,每次变换都会带来光信号质量的劣化和光功率的损失,进而整个系统的性能受到极大的限制。

发明内容

[0007] 本发明实施例提出一种平移偏振光的方法,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

[0008] 本发明实施例还提出一种平移偏振光的装置,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

[0009] 本发明实施例还提出一种控制光信号的方法,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

[0010] 本发明实施例还提出一种控制光信号的装置,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

[0011] 本发明实施例还提出一种选择波长的光路由方法,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

[0012] 本发明实施例还提出一种选择波长的光路由装置,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

[0013] 本发明实施例的技术方案如下:

[0014] 一种平移偏振光的方法,所述方法包括:

[0015] 切换偏振光的偏振态,将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光;

[0016] 将所述第一平移后偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度;

[0017] 将旋转后偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光。

[0018] 所述切换偏振光的偏振态包括:通过改变驱动电压切换偏振光的偏振态。

[0019] 一种平移偏振光的装置,所述装置包括至少一个偏振调制器、至少一个光束平移片、旋光片和反射镜;

[0020] 偏振调制器,用于切换偏振光的偏振态,以及输出光束平移片输入的偏振光;

[0021] 光束平移片,用于将偏振调制器输入的偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到平移后偏振光,以及将旋光片输入的偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化后输入偏振调制器;

[0022] 旋光片,用于将所述平移后偏振光的偏振态旋转90度;

- [0023] 反射镜,用于反射偏振光。
- [0024] 所述偏振调制器通过改变驱动电压切换偏振光的偏振态。
- [0025] 一种控制光信号的方法,所述方法包括:
- [0026] 完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量,获得分离后的偏振光;
- [0027] 切换分离后的偏振光的偏振态,将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光;
- [0028] 将所述第一平移后偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度;
- [0029] 将旋转后偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光;
- [0030] 合成所述第二平移后偏振光并出射。
- [0031] 所述完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量包括:
- [0032] 将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量;
- [0033] 旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向;
- [0034] 将偏振光的相同偏振态旋转45度,得到与入射光的非寻常光分量对应的偏振光和与入射光的寻常光分量对应的偏振光,所述对应的偏振光的偏振态相同。
- [0035] 所述完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量包括:
- [0036] 将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量;
- [0037] 非寻常光分量和寻常光分量分别旋转90度;
- [0038] 分离旋转后的非寻常光分量和寻常光分量;
- [0039] 旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向;
- [0040] 将偏振光的相同偏振态旋转45度,得到与入射光的非寻常光分量对应的偏振光和与入射光的寻常光分量对应的偏振光,所述对应的偏振光的偏振态相同。
- [0041] 一种控制光信号的装置,所述装置包括输入输出阵列、分合模块、至少一个偏振调制器、至少一个光束平移片、旋光器和反射镜;
- [0042] 输入输出阵列,用于接收入射光和输出出射光;
- [0043] 分合模块,用于完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量,获得分离后的偏振光,以及合成偏振调制器返回的偏振光;
- [0044] 偏振调制器,用于切换所述分离后的偏振光的偏振态得到切换后偏振光;
- [0045] 光束平移片,用于将所述切换后偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到平移后偏振光;
- [0046] 旋光器,用于旋转所述平移后偏振光的偏振态;
- [0047] 反射镜,用于反射偏振光。
- [0048] 所述分合模块包括:单轴晶体、至多两个可逆旋光片和不可逆旋光片;
- [0049] 单轴晶体,用于将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量,以及合成两束偏振态方向互相垂直的偏振光;
- [0050] 可逆旋光片,用于旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向,以及将两束旋转后的偏振光分别旋转得到两束偏振态方向互相垂直的偏振光;
- [0051] 不可逆旋光片,用于将偏振态相同偏振光的偏振态旋转45度,得到两束偏振态相同的偏振光,以及将两束平移后偏振光的偏振态旋转45度。

- [0052] 所述分合模块包括：第一单轴晶体、第一可逆旋光片、第二单轴晶体、至多两个旋光片和不可逆旋光片；
- [0053] 第一单轴晶体，用于将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量，以及合成两束偏振态方向互相垂直的偏振光；
- [0054] 第一可逆旋光片，用于将非寻常光分量和寻常光分量分别旋转90度，以及将两束偏振态方向互相垂直偏振光的偏振态分别旋转90度；
- [0055] 第二单轴晶体，用于分离旋转后的非寻常光分量和寻常光分量，并增加两束偏振态方向互相垂直的偏振光的距离；所述第二单轴晶体的光轴与所述第一单轴晶体的方向相反；
- [0056] 可逆旋光片，用于旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向，以及将两束旋转后的偏振光分别旋转得到两束偏振态方向互相垂直的偏振光；
- [0057] 不可逆旋光片，用于将偏振态相同偏振光的偏振态旋转45度，得到两束偏振态相同的偏振光，以及将两束平移后偏振光的偏振态旋转45度。
- [0058] 所述输入输出阵列包括：
- [0059] 光纤阵列，用于接收外部的入射光和输出内部的出射光；
- [0060] 微透镜阵列，用于准直外部的入射光和汇聚内部的出射光。
- [0061] 所述旋光器为旋光片或偏振调制器，所述偏振调制器通过驱动电压旋转所述平移后偏振光的偏振态以调节出射光的功率。
- [0062] 一种选择波长的光路由方法，该方法包括：
- [0063] 将入射光中的非寻常光分量和寻常光分量完全分开，获得偏振态一致的偏振光；
- [0064] 按照不同的波长分离所述偏振态一致的偏振光；
- [0065] 分别切换偏振光的偏振态，将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光；
- [0066] 将所述第一平移后偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度；
- [0067] 将旋转后偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光；
- [0068] 对于不同的出射端口分别合成所选择波长的第二平移后偏振光，在出射端口得到所选择波长的出射光。
- [0069] 所述按照不同的波长分离所述偏振态一致的偏振光包括：
- [0070] 准直所述偏振态一致的偏振光；
- [0071] 按照不同波长分离准直后的偏振光；
- [0072] 将所述分离后的偏振光折射为一组平行的偏振光，然后汇聚到同一平面上。
- [0073] 一种选择波长的光路由装置，所述装置包括：输入输出阵列、分合模块、色散模块、至少一个偏振调制器、至少一个光束平移片、旋光模块和反射镜；
- [0074] 输入输出阵列，用于接收不同波长的入射光和输出所选择波长的出射光；
- [0075] 分合模块，用于将入射光中的非寻常光分量和寻常光分量完全分开，获得偏振态一致的偏振光，以及合成色散模块返回的偏振光；
- [0076] 色散模块，用于按照不同的波长分离所述偏振态一致的偏振光，以及合并所选择的不同波长的偏振光；

- [0077] 偏振调制器,用于切换所述分离后的偏振光的偏振态;
- [0078] 光束平移片,用于将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到平移后不同波长的偏振光,以及将所选择不同波长的偏振光输入偏振调制器;
- [0079] 旋光模块,用于旋转所述平移后不同波长的偏振光的偏振态;
- [0080] 反射镜,用于反射不同波长的偏振光;
- [0081] 输入输出阵列的端面位于色散模块的外侧焦平面中,反射镜与色散模块的外侧焦平面重合。
- [0082] 所述色散模块包括:
- [0083] 第一透镜,用于准直所述偏振态一致的入射偏振光,以及汇聚包括所选择不同波长的出射偏振光至第一透镜外侧焦平面;
- [0084] 衍射光栅,用于按照不同波长分离准直后的偏振光,以及合并所选择不同波长的偏振光;
- [0085] 第二透镜,用于将所述分离后的不同波长的偏振光折射为一组平行的偏振光,并将所述偏振光汇聚到第二透镜外侧焦平面上;以及将从第二透镜外侧焦平面反射的偏振光准直,并将准直后的偏振光向第二透镜内侧焦点方向折射;
- [0086] 第一透镜的焦距与第二透镜的焦距相等且内侧的焦点重合,衍射光栅的中心位于第一透镜和第二透镜的内侧焦点。
- [0087] 所述色散模块包括:
- [0088] 第三透镜,用于准直所述偏振态一致的偏振光,并将反射型衍射光栅输出的所述分离后的偏振光折射为一组平行的偏振光,同时将所述平行的偏振光分别汇聚到第三透镜左侧焦平面;以及将从第三透镜左侧焦平面反射的偏振光准直,同时将所述准直后的偏振光向第三透镜右侧焦点方向折射,并将反射型衍射光栅合并的包括所选择不同波长的出射偏振光汇聚到第三透镜左侧焦平面;
- [0089] 反射型衍射光栅,用于按照不同波长分离准直后的偏振光,以及合并所选择不同波长的偏振光;
- [0090] 反射型衍射光栅的中心位于第三透镜的右侧焦点。
- [0091] 所述色散模块包括:
- [0092] 反射球面镜,用于准直所述偏振态一致的偏振光,并将反射型衍射光栅输出的所述分离后的偏振光折射为一组平行的偏振光,同时将所述平行的偏振光分别汇聚到反射球面镜焦平面;以及将从反射球面镜焦平面反射的偏振光准直,同时将所述准直后的偏振光向反射球面镜焦点方向折射,并将反射型衍射光栅合并的包括所选择不同波长的出射偏振光汇聚到反射球面镜焦平面;
- [0093] 反射型衍射光栅,用于按照不同波长分离准直后的偏振光,以及合并所选择不同波长的偏振光;
- [0094] 反射型衍射光栅的中心位于反射球面镜的焦点上。
- [0095] 所述偏振调制器为第一偏振调制器阵列,所述旋光模块为第二偏振调制器阵列;
- [0096] 第一偏振调制阵列对每个波长的偏振光的偏振态进行独立调制;所述光束平移片的通光面覆盖第一偏振调制阵列的所有像素;
- [0097] 第二偏振调制阵列对每个波长的偏振光的偏振态进行独立调制;所述反射镜的反

射面覆盖第二偏振调制阵列的所有像素。

[0098] 从上述技术方案中可以看出,在本发明实施例中,通过在平移偏振光的装置中加入分合模块获得控制光信号的装置;在控制光信号的装置中进一步增加色散模块得到选择波长的光路由装置。由于上述技术方案简化了光学结构并实现了装置的微型化,能够提高路由的光信号质量,同时减少路由装置的体积。

附图说明

- [0099] 图1为现有技术中传统的1*2 ROADM的核心构架示意图;
- [0100] 图2为平移偏振光的方法流程示意图;
- [0101] 图3为是平移偏振光的装置结构示意图;
- [0102] 图4A为液晶切换单元310的截面图及加电压V0工作原理图;
- [0103] 图4B为液晶切换单元310的截面图及加电压V1工作原理图;
- [0104] 图5A为切换单元310加电压V0的工作示意图;
- [0105] 图5B为切换单元310加电压V1的工作示意图;
- [0106] 图6A为4个可选输出坐标工作示意图1;
- [0107] 图6B为4个可选输出坐标工作示意图2;
- [0108] 图6C为4个可选输出坐标工作示意图3;
- [0109] 图6D为4个可选输出坐标工作示意图4;
- [0110] 图7为控制光信号的方法流程示意图;
- [0111] 图8为控制光信号的装置结构示意图;
- [0112] 图9A为分合模块900的正向分光示意图;
- [0113] 图9B为分合模块900的反向合光示意图;
- [0114] 图9C为分合模块900的不能正常反向合光示意图;
- [0115] 图9D为分合模块900的工作示意图4;
- [0116] 图10为可以调节输出光功率的控制光信号的装置结构示意图;
- [0117] 图11为选择波长的光路由方法流程示意图;
- [0118] 图12A为选择波长的光路由装置结构示意图;
- [0119] 图12B为1*2选择波长的光路由装置结构示意图;
- [0120] 图13A是可调切换模块阵列横向结构示意图;
- [0121] 图13B是可调切换模块阵列纵向结构示意图;
- [0122] 图14是选择波长的光路由装置结构示意图;
- [0123] 图15是选择波长的光路由装置结构示意图。

具体实施方式

[0124] 为使本发明的目的、技术方案和优点表达得更加清楚明白,下面结合附图及具体实施例对本发明再作进一步详细的说明。

[0125] 在本发明实施例中,在平移偏振光的装置的基础上增加输入输出阵列和分合模块获得控制光信号的装置;在控制光信号的装置的基础上增加色散模块得到选择波长的光路由装置。

[0126] 平移偏振光的装置不但可以实现偏振光的精确切换,而且可以通过偏振调制器与光束平移片的光学厚度灵活地调节偏振光的切换量。控制光信号的装置采用了独特的偏振分光/合光设计,所有输入与输出光对应的非寻常光经过分合模块平移后,与所有寻常光完全分离,因此只需要一组波片即可实现所有光线的偏振态一致。不同端口的寻常光或非寻常光之间则不要求完全分离,其光斑在离开偏振分光晶体时可以相互重叠而不影响偏振光线的消光比。而采用上述技术方案,极大地简化了偏振光学结构,其输入和输出端口可以由间隔非常小的单一光纤阵列构成,从而实现了控制光信号的装置的微型化。控制光信号的装置不但结构简单易于装配,而且部件少体积小。同时由于使用微型光纤阵列作为输入和输出端口,其体积几乎不随端口数量的增加而增大,因此实现了极高的稳定性和可靠性。

[0127] 本发明提出的选择波长的光路由装置是经典的4F系统,其特点为前后焦面上的空间距离的映像是1:1。这一特点结合本发明的控制光信号的装置使用的小间隔光纤阵列端口,可以极大地降低平移偏振光装置的光学厚度,从而提高了光学系统的性能并减少了系统的封装尺寸。4F系统中的另一个特点是所有端口对应的光线都经过两个透镜的共同焦点,也就是是色散元件衍射光栅的位置。因此衍射光栅的尺寸只需要大于此处的单一光斑即满足系统要求,从而大幅降低了系统对衍射光栅的面积的要求。同时,通过主透镜变换后的光斑相对于独立准直器的光斑较大,其在衍射光栅上照耀的面积也相应较大,因而整个光学系统的衍射分辨率也比较高。

[0128] 下面结合附图详细说明本发明的技术方案。

[0129] 参见附图2是平移偏振光的方法流程示意图,具体包括以下步骤:

[0130] 步骤201、切换偏振光的偏振态,将偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光。

[0131] 切换偏振光的偏振态,并不改变偏振光的传播路径。当偏振光的偏振态发生变化,则将偏振光在偏振态的变化转化为在空间位置上的变化,得到第一平移后偏振光。其中,可以通过改变驱动电压切换偏振光。

[0132] 步骤202、将所述第一平移后偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度。

[0133] 将第一平移后偏振光反射,同时将偏振光的偏振态先旋转90度。

[0134] 步骤203、将旋转后偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光。

[0135] 偏振光在步骤202前的偏振态与偏振光在步骤202后的偏振态变化了90度,这一偏振态的变化将转化为偏振光在步骤202前和步骤202后在传播路径上的变化,从而得到第二平移后偏振光。

[0136] 参见附图3是平移偏振光的装置结构示意图,具体地:

[0137] 平移偏振光的装置即切换模块300由若干个切换单元310和一个反射单元320组成。其中每个切换单元310由一个偏振调制器311和一个光束平移片312组成。偏振调制器311的功能是切换入射光的偏振态,但是它并不改变入射光的传播路径。切换单元310对入射光的平移是由其中的光束平移片312来完成的。光束平移片312是由单轴双折射晶体制成平行平板,其特性为入射光的偏振态决定其出射时是否发生平移。反射单元320则由一个旋光片321和一个反射镜322组成,其功能为将入射的偏振光沿原路径反射,同时将其偏振态旋转90度。其中的旋光片321是45度的法拉第旋转片,偏振态旋转45度然后反射,然后将反

射光的偏振态再旋转45度。旋光片321是由双折射晶体制成的四分之一波片,偏振光经过反射镜反射后,偏振态旋转90度。

[0138] 偏振调制器311可以根据外部驱动信号对入射的偏振光的偏振态进行调制,可以实现这一功能的技术包括液晶技术、电光技术以及磁光技术等。光束平移片312是由单轴双折射晶体制成的平行平板,可以将偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化,也就是可以使偏振光在偏振态改变时发生平移。可以制成光束平移片的材料包括但不限于钽酸钷(YVO4)晶体、铌酸锂晶体和方解石晶体。

[0139] 偏振光沿Z轴正方向入射到切换模块300,经过各个切换单元310的平移切换以及反射单元320的反射后,将沿Z轴负方向出射,而且出射光的Y轴坐标与入射光不同,即相对于入射光产生了一个平移。如果切换单元310的个数为N,则出射光的Y轴坐标就有 2^N 种选择。这些Y轴坐标由各个光束平移片312的平移量决定,而选择由哪个Y轴坐标输出,则通过控制各个偏振调制器311的状态来实现。

[0140] 下面以基于液晶技术的切换模块为例,阐述其具体工作原理。附图4A为液晶切换单元310的截面图及其工作原理图,其中偏振调制器311为液晶盒,主要由两层玻璃基板401、液晶层402以及镀在玻璃基板上的两层透明电极403构成。液晶层402夹在两层透明电极403之间,外部驱动电压可以通过透明电极403施加到液晶层402上。

[0141] 液晶是一种凝聚态物质,其结构与特性介于固态晶体与各向同性液体之间,是有序性的流体。液晶的化学结构是不对称的,因此其介质特性和光学特性也是不对称的,具有和晶体一样的双折射特性。设液晶层402的厚度为d,光轴在X-Y平面内并与Y轴成45度,寻常光(O光)和非寻常光(E光)的折射率差为 Δn ,则其对入射光所产生的位相延迟 δ 为

$$[0142] \quad \delta = \Delta n d$$

[0143] 当 δ 等于入射波长 λ 或其整数倍时,液晶层402相当于入射光的全波片,入射光经过它之后偏振态不发生改变。而当 δ 等于 $\lambda/2$ 或其奇数倍时,液晶层402相当于入射光的二分之一波片,可以将偏振态垂直于或平行于Y-Z平面的入射光的偏振态进行90度旋转。

[0144] 在液晶层402被施加电场时,其分子的排列方向会发生改变,相应的双折射的特性也就是折射率差 Δn 也随之改变,形成电控双折射(ECB)效应。因此,利用液晶的电控双折射效应,可以通过改变液晶盒的驱动电压来改变其对入射偏振光的相位延迟 δ ,从而实现对光的偏振态的调制。

[0145] 设 δ 等于 λ 和 $\lambda/2$ 时,对应的驱动电压分别为 V_0 和 V_1 ,则偏振调制器311对偏振态的调制分别如附图4A和附图4B所示。在图4A中,偏振态垂直于Y-Z平面(以光线上的圆点表示)的入射光在通过驱动电压为 V_0 的偏振调制器311后,偏振态保持不变。而在图4B中,同样偏振态的入射光在通过驱动电压为 V_1 的偏振调制器311后,偏振态变为平行于Y-Z平面(以光线上的小横线表示),即相对于入射偏振态旋转了90度。

[0146] 除了ECB模式,液晶还可以在其它多种工作模式,包括扭曲向列型(TN)和超级扭曲向列型(STN)等模式下实现上述的偏振态调制功能。液晶的详细工作原理不属于本发明的内容,在此不在累述。

[0147] 图4中的光束平移片412以钽酸钷晶体为例,其厚度为T,晶体光轴404在Y-Z平面内并与晶体的表面成 α 角。当偏振调制器311的驱动电压为 V_0 时,入射光经过偏振调制器311后偏振态没有改变,因此入射到光束平移片312时偏振态仍垂直于其光轴404所在的Y-Z平面,

如图4A所示。在这种情况下,入射光在光束平移片312中按寻常光的折射规律折射,所以在Y轴方向上没有发生偏移,出射光与入射光在同一条直线上,其Y轴坐标没有改变。

[0148] 而当偏振调制器311的驱动电压为 V_1 时,入射光经过偏振调制器311后偏振态被旋转了90度,变为平行于Y-Z平面的线偏振光,如图4B所示。在这种情况下,入射光的偏振态平行于光束平移片312的主截面(即光轴404所在的平面),因此在光束平移片312中按非寻常光的折射规律折射,在Y轴方向上发生偏移,偏移方向与光轴404的方向一致,即Y轴正方向。最终的出射光与入射光不在同一条直线上,而是在两条平行的,距离为 d 的直线上。

[0149] 也就是说,光束平移片将入射光在Y-Z平面内沿Y轴平移了 d 距离,如果入射光的Y轴坐标为0,则出射光的Y轴坐标为 $+d$ 。光束平移片平移的距离 d 由晶体的厚度 T 和光轴方向 a 决定,根据晶体的特性选择合适的晶体厚度 T 和光轴方向 a ,即可得到所需要的平移距离 d 。

[0150] 下面以包含一个上述的切换单元310的切换模块(如附图5所示)为例,说明切换模块的详细的工作过程。

[0151] 见附图5A,一束偏振态垂直于Y-Z平面,Y轴坐标为0的偏振光沿Z轴正方向入射到切换单元310。当驱动电压为 V_0 时,其经过切换单元310后偏振态没有改变,Y轴坐标也没有改变,继续沿Z轴正方向进入反射单元320。反射单元320中的旋光片321为入射光的四分之一波片,其光轴在X-Y平面(垂直于Y-Z平面)内,并且与Y轴成45度角。偏振光经过旋光片321后被反射镜322反射,传播方向变为Z轴负方向,然后沿原路径再次经过旋光片321。偏振光两次经过四分之一波片的效果相当于经过了一次二分之一波片,而波片的光轴与其偏振态成45度角,因此偏振光经反射单元320反射后偏振态旋转了90度,变为平行于Y-Z平面,而传播方向则变成了Z轴负方向。

[0152] 偏振光继续沿Z轴负方向再次入射到切换单元310时,首先进入的是光束平移片312,此时其偏振态已变为平行于Y-Z平面(即光束平移片112的主截面),因此在光束平移片312中按非寻常光的折射规律折射,在Y轴方向上发生偏移。同时因为入射方向为Z轴负方向,所以偏移方向为Y轴负方向。如果光束平移片312的平移距离为 d ,则出射的偏振光的Y轴坐标为 $-d$ 。偏振光最后再次经过偏振调制器311,由于驱动电压为 V_0 ,其偏振态没有改变,最终的出射光的偏振态为平行于Y-Z平面。

[0153] 附图5B所示为当偏振调制器311的驱动电压为 V_1 时,切换模块的工作原理。相同的入射光在经过切换单元310后被平移了距离 d ,从光束平移片312出射的Y轴坐标为 $+d$ 。同时,其偏振态被旋转了90度,变为平行于Y-Z平面。偏振光从切换单元310出射后继续沿Z轴正方向入射到反射单元320,经过反射单元320的反射后传播方向变为了Z轴负方向,而偏振态再次被旋转90度,变为垂直于Y-Z平面。因此,当偏振光沿Z轴负方向再次进入光束平移片312时,将按寻常光的折射规律折射,在Y轴方向上不发生偏移,出射光的Y轴坐标仍然为 $+d$ 。最后偏振光再次经过偏振调制器311,由于驱动电压为 V_1 ,其偏振态第三次被旋转90度,最终的出射光的偏振态为平行于Y-Z平面。

[0154] 综上所述,包含一个切换单元的切换模块可选择 $+d$ 和 $-d$ 两个输出坐标(假定输入光的坐标为0),输出坐标可以通过控制切换单元中的偏振调制器的驱动电压,也就是调制状态来选择。坐标 $-d$ 对应的驱动电压是 V_0 ,也就是不旋转偏振态的调制状态,这种情况下偏振光的平移发生在其沿Z轴负方向传播时,因此平移的方向为Y轴负方向,输出坐标为 $-d$,如附图5A所示。而坐标 $+d$ 对应的驱动电压是 V_1 ,也就是将偏振态旋转90度的调制状态,这种情

况下偏振光的平移发生在其沿Z轴正方向传播时,因此平移的方向为Y轴正方向,输出坐标为+d,如附图5B所示。

[0155] 在更多的情况下,如附图3所示切换模块包含多个切换单元。而对于包含多个切换单元的切换模块(以下称多单元切换模块)中的任意一个切换单元,不难说明偏振光在沿Z轴正方向离开这个切换单元到沿Z轴负方向回到这个切换单元期间,所经历的偏振态90度旋转的次数(包括反射单元的90度旋转)一定是奇数。也就是说,偏振光在回到这个切换单元时,偏振态与离开时一定成90度。因此,偏振光在来回两次经过每个切换单元的光束平移片时,必定发生一次而且只有一次平移。如果平移发生在其沿Z轴正方向传播时,则平移的方向为Y轴正方向。如果平移发生在其沿Z轴负方向传播时,则平移的方向为Y轴负方向。而通过控制这个切换单元的偏振调制器的调制状态,就可以选择偏振光在沿Z轴正方向传播时平移,还是在沿Z轴负方向传播时平移,也就是可以选择偏振光的平移方向。

[0156] 因此可以得出结论,多单元切换模块中的每一个切换单元都会对入射光进行平移,而最终出射光的平移量为所有切换单元的平移量的总和。每个切换单元对偏振光的平移都是独立的,因此其在切换模块中的位置,也就是先后顺序不影响最终出射光的平移量。由于每个切换单元有正负两种平移方向,所以如果切换模块包含的切换单元的数量为N,而且平移量各不相同的话,那么出射光的Y轴坐标就有最多 2^N 种选择。通过控制各个切换单元的驱动电压,也就是各个切换单元的平移方向,即可选择出射光的Y轴坐标。

[0157] 根据以上结论,可以设计任意输出端口数量和输出坐标的切换模块。下面以一个可选择4个输出坐标,而且输入和输出坐标按等间距d排列的切换模块为例,进行详细说明。

[0158] 首先,要满足4个可选择输出坐标则至少需要两个切换单元。而为了得到输入和输出坐标等间距排列,两个切换单元的平移距离的任意加减组合的结果必须为d的整数倍。根据这些要求得到的切换模块如图6A、6B、6C、6D所示,沿Z轴正方向依序排列有两个切换单元610和620,以及反射单元320。两个切换单元的光束平移片612和622的平移距离分别设计为 $1.5d$ 和 $0.5d$,以达到等间距输出的效果。

[0159] 切换模块的详细工作和控制状态,以及对应的输出结果如表一所示,四个状态下光线的具体路径见图6A~图6D所示。在输入光的Y轴坐标为0的情况下,四个输出坐标分别为 $-2d$, $-d$, $+d$ 和 $+2d$,正好按等间距分布在输入坐标的两侧,而且每个输出坐标与切换单元的四种驱动电压的组合一一对应。

[0160] 表一

切换状态	光路图号	切换单元 610			切换单元 620			输出光 Y 轴坐标
		驱动电压	平移方向	平移量	驱动电压	平移方向	平移量	
[0161] 1	6A	V0	-	1.5d	V0	-	0.5d	$-1.5d - 0.5d = -2d$
2	6B	V0	-	1.5d	V1	+	0.5d	$-1.5d - 0.5d = -d$
3	6C	V1	+	1.5d	V1	-	0.5d	$+1.5d - 0.5d = +d$
4	6D	V1	+	1.5d	V0	+	0.5d	$+1.5d + 0.5d = +2d$

[0162] 需要注意的是在多单元切换模块中,切换单元的驱动电压与其平移方向(正或负)虽然是一一对应的,但其对应关系却并不是固定的,同一个驱动电压在不同切换状态下对应的可能是相反的平移方向。例如切换状态3中切换单元620的驱动电压V1对应的平移方向是Y轴负方向而不是正方向。这是因为偏振光第一次到达切换单元620时的偏振态为平行于Y-Z平面,而不是垂直于Y-Z平面。因此判断平移方向的根据是偏振光在发生平移时的传播方向,沿Z轴正方向传播时发生平移就是正的,反之则是负方向。同理,如果输入光的偏振态是平行于Y-Z平面而不是垂直于Y-Z平面,切换模块对其的平移切换依然有效,而且输出端口的数量和坐标都不变,只是每个输出坐标所对应的驱动电压的组合有不同而已。

[0163] 此外,以上光束平移片的平移方向和传播方向的关系(即偏振光在沿Z轴正方向传播时发生的平移是正,反之则是负的)是基于光束平移片由钽酸铋晶体,也就是单轴正晶体制成,而且其光轴方向为附图4所示的这一前提下的。如果光束平移片由单轴负晶体制成,或者其晶体的光轴方向与图4所示相反(以Z轴对称)的话,那么偏振光在沿Z轴正方向传播时发生的平移就是负的,反之则是正的。与此相关原理为晶体光学的基本理论,在此不再详述。

[0164] 下面再分析一个可选择8个输出坐标,而且输入和输出坐标按等间距d排列的切换模块的工作原理,其参数和工作状态如表二所示。因为 $8=2^3$,所以切换模块所包含的切换单元有三个,其光束平移片的平移距离被分别为2.5d,1.0d和0.5d(可按任意顺序排列),以达到等间距输出的效果。

[0165] 在输入光的Y轴坐标为0的情况下,8个输出坐标分别为-4d,-3d,-2d,-d,+d,+2d,+3d和+4d,正好按等间距分布在输入坐标的两侧。每个输出坐标与切换单元的平移方向的组

合一一对应,而每个平移方向的组合也必定对应了固定的驱动电压的组合,对应关系由入射光的偏振态和切换模块的具体结构决定,在此不再累述。

[0166] 表二

切换状态	切换单元 1		切换单元 1		切换单元 1		输出光坐标
	平移方向	平移方向	平移方向	平移距离	平移距离	平移距离	
1	-	2.5d	-	1.0d	-	0.5d	-4d
2	-	2.5d	-	1.0d	+	0.5d	-3d
3	-	2.5d	+	1.0d	-	0.5d	-2d
4	-	2.5d	+	1.0d	+	0.5d	-1d
5	+	2.5d	-	1.0d	-	0.5d	+1d
6	+	2.5d	-	1.0d	+	0.5d	+2d
7	+	2.5d	+	1.0d	-	0.5d	+3d
8	+	2.5d	+	1.0d	+	0.5d	+4d

[0168] 根据上述技术方案,可以确定更多的输出坐标,即包含更多切换单元的切换模块。而且每种切换模块的输出坐标都可以通过改变各个切换单元的平移量来调整,以满足实际应用的需要。

[0169] 以上讨论的平移偏振光的装置是对偏振态固定的线偏振光进行切换的,而在普通的光纤中传播的光的偏振态却是随机的,不固定的。因此,以光纤为输入/输出端口的控制光信号的装置除了包含以上的平移偏振光的装置,还必须具备分合模块。分合模块的功能是将偏振态随机的输入光分为两个偏振态固定的分量,使平移偏振光的装置可以对这两个分量进行切换,并且在切换完成后将两个分量重新合并输出。

[0170] 参见附图7是控制光信号的方法流程示意图,具体包括以下步骤:

[0171] 步骤701、完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量,获得分离后的偏振光。

[0172] 其中完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量包括两种方式:

[0173] 方式一:

[0174] 将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量;

[0175] 旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向;

[0176] 将偏振光的相同偏振态旋转45度,得到与入射光的非寻常光分量对应的偏振光和

与入射光的寻常光分量对应的偏振光,所述对应的偏振光的偏振态相同。

[0177] 方式二:

[0178] 将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量;

[0179] 非寻常光分量和寻常光分量分别旋转90度;

[0180] 分离旋转后的非寻常光分量和寻常光分量;

[0181] 旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向;

[0182] 将偏振光的相同偏振态旋转45度,得到与入射光的非寻常光分量对应的偏振光和与入射光的寻常光分量对应的偏振光,所述对应的偏振光的偏振态相同。

[0183] 步骤702、切换分离后的偏振光的偏振态,将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光。

[0184] 切换偏振光的偏振态,并不改变入射光的传播路径。当偏振光的偏振态发生变化,则将偏振光在偏振态的变化转化为在空间位置上的变化,得到第一平移后偏振光。其中,可以通过改变驱动电压切换偏振光。

[0185] 步骤703、将所述第一平移后偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度。

[0186] 将所述第一平移后的偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度。

[0187] 步骤704、将旋转后偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光,合成所述第二平移后偏振光并出射。

[0188] 偏振光在步骤703前的偏振态与偏振光在步骤703后的偏振态变化了90度,这一偏振态的变化将转化为偏振光在步骤703前和步骤703后在传播路径上的变化,从而得到第二平移后偏振光,合成所述第二平移后偏振光并出射。

[0189] 如附图8所示,以一个1*2控制光信号的装置为例,分析控制光信号的装置。控制光信号的装置包括:输入输出阵列800,分合模块900以及平移偏振光的装置300沿Z轴正方向顺序排列组成。其中输入输出阵列800由光纤阵列810和微透镜阵列820组成,其间距都是d并沿Y轴方向紧密排列,而且光纤端口和微透镜一一对应。阵列中间的端口为输入端口,设其Y轴坐标为0,而两个输出端口则对称分布在输入端的两侧,对应的Y轴坐标分别为+d和-d。

[0190] 偏振态随机的偏振光由输入光纤进入,由对应的微透镜准直后,入射到分合模块900。入射的偏振光将被偏振分合模块900沿Y轴方向分开成两个偏振态都垂直于Y-Z平面的分量,然后进入平移偏振光的装置300。因为输出端口的数量是2,所以平移偏振光的装置300只包含一个切换单元,而且其平移距离为d。

[0191] 也就是说,平移偏振光的装置300有两种切换状态,分别将输入光沿Y轴正方向和负方向平移距离d,而且其对入射偏振光的两个分量的平移效果完全相同。在前一种切换状态下,入射偏振光的两个分量被同时光沿Y轴正方向平移距离d,并且偏振态被旋转成平行于Y-Z平面,再沿Z轴负方向返回分合光模块900,光线路径如附图8中实线所示。由于此时偏振光的两个分量都被沿Y轴正方向平移了距离d,所以它们被分合模块900合并后的Y轴坐标为+d,正好对应输入输出阵列800中的输出端口1,从而由微透镜汇聚到光纤1中输出。而在后一种切换状态下,入射偏振光的两个分量被同时光沿Y轴负方向平移距离d,经分合模块900合并后的Y轴坐标为-d,与输入输出阵列800中的输出端口2对应,所以由微透镜汇聚到光纤2中输出,具体光线路径如附图8中虚线所示。因此,通过选择平移偏振光的装置的切换

状态,也就是驱动电压,就可以实现光输出端口的选择。

[0192] 采用了将所有端口对应的非寻常光分量和寻常光分量完全分离,然后对两个分量分别进行切换的结构。这一结构不要求不同端口所对应的寻常光或非寻常光完全分离,由旋光器实现所有光线的偏振态一致,相对于传统的梳状偏振分光/合光结构,即一个端口对应一组旋光片的结构有了极大简化。同时,这一结构可以使用间距非常小的输入/输出端口阵列,从而极大地减小了切换模块的光学厚度和尺寸,大幅提高了控制光信号的装置的光学性能。

[0193] 下面结合附图9A、9B、9C和9D详细说明分合模块900。

[0194] 附图9为分合模块900的工作示意图。其沿Z轴正方向顺序包含单轴晶体901,在此以钽酸铋晶体即单轴正晶体为例,其光轴方向为902所示。单轴晶体功能为将偏振态随机的输入光分为两束偏振态相互垂直的偏振光,或者将两束偏振态相互垂直的偏振光合成一束偏振光。可逆旋光片包括903和904,是由晶体制成的入射光的二分之一波片,其功能为将相互垂直的两束偏振光的偏振态分别旋转至偏振方向一致,并都与Y轴成45度,而且这一旋转是可逆的。不可逆旋光片905,为钇铁石榴石或掺铋薄膜晶体,能依靠磁光效应将偏振光的偏振态进行45度,其旋转方向是固定的,和偏振光传播的方向无关,因此这一旋转是不可逆的。

[0195] 分合模块的正向分光过程如附图9A所示。

[0196] 一束偏振态随机的偏振光(等效于垂直于Y-Z平面的分量和平行于Y-Z平面的两个分量,分别由光线上的点和小横线表示)沿Z轴正方向入射到单轴晶体901后,两个分量分别按寻常光和非寻常光的折射规律折射,出射后两个分量被沿Y轴方向分开,分开的距离由单轴晶体901的厚度和光轴方向决定。偏振光经过各光学元件后的位置及其偏振态显示于图下方的一系列方框中,其位置由小圆圈表示,偏振态由圆圈中的小横线表示,观察方向为Z轴正方向。

[0197] 可见两个偏振光分量在离开单轴晶体901后偏振态相互垂直,然后分别入射可逆旋光片903和904,并被按不同方向分别旋转45度。因此,两个偏振光分量在经过了可逆旋光片后偏振态变成了相互平行,并且都与Y轴成正45度(设从Y轴正方向顺时针旋转为正,反之为负)。最后,两个偏振光分量经过不可逆旋光片905,偏振态被再次旋转45度,旋转方向为顺时针方向,最终出射光的偏振态为垂直于Y-Z平面。

[0198] 分合模块所含的可逆旋光片的数量不多于两个,分别对应所有输入输出端口在单轴晶体901中的非寻常光分量和寻常光分量。这两个可逆旋光片将输入光的相互垂直的非寻常光分量和寻常光分量的偏振态旋转至一致,同时将返回的偏振态一致的非寻常光分量和寻常光分量旋转至相互垂直。与传统的每个输入输出端口分别使用一对可逆旋光片进行梳状分合光的方法相比,这个技术方案的特点是仅使用固定的两个可逆旋光片,数量仅相当于传统的梳状分合光方法中一个端口所需的可逆旋光片。更重要的是,使用本技术方案即只使用两个可逆旋光片可以实现输入输出端口间距的最小化,进而实现了控制光信号的装置的微型化。

[0199] 综上所述,分合模块将入射的随机偏振态的偏振光分成了两束偏振态固定,并且都垂直于Y-Z平面的分量,两个分量之间的距离可以通过单轴晶体901来选择。

[0200] 分合模块900的反向合光过程如附图9B所示。

[0201] 两个偏振光分量经平移偏振光的装置300反射后偏振态旋转90度,变为平行于Y-Z平面,沿Z轴负方向回到不可逆旋光片905。因为其旋光方向与偏振光的传播方向无关,为固定的顺时针方向,所以两个偏振光分量的偏振态被顺时针旋转45度,变为与Y轴成正45度,和分光过程中相应位置的偏振态一致。而由于可逆旋光片903和904,以及单轴晶体901对偏振光的作用都是可逆的,因此两个偏振光分量将按原来分光的路径重新合并成一束任意偏振态的偏振光。

[0202] 如果沿Z轴负方向回到不可逆旋光片905的两个偏振光分量的偏振态不是平行于Y-Z平面,而是的垂直于Y-Z平面的话,那么它们在被不可逆旋光片905顺时针旋转45度后,将变为与Y轴成负45度,和分光过程中相应位置的偏振态成90度,如附图9C所示。在这种情况下,可逆旋光片503和504将把两个偏振光分量的偏振态分别旋转成垂直于Y-Z平面和平行于Y-Z平面,并且分别与分光过程中相应位置的偏振态相反。也就是说,分光时在偏振分光/合光晶体901中以寻常光规律折射的分量将变为按非寻常光折射,而分光时以非寻常光规律折射的分量将变为按寻常光折射。因此,两个偏振光分量将被进一步分开而不能合并为一束偏振光。

[0203] 由于偏振光的两个分量在单轴晶体901中的折射率不同(即传播速度不同),而且传播路径的长度也不一样,导致了两个分量在后续各光学界面不同步的现象,即偏振模色散。为了去除偏振模色散,在实际应用中可以采用如附图9D所示的第一单轴晶体906和第二单轴晶体909,以及置于两者中间的第一可逆旋光片908的组合来代替单轴晶体901。第一单轴晶体906和第二单轴晶体909的分光距离均为单轴晶体901的一半,而其光轴907和910的方向相反(以Z轴对称)。第一可逆旋光片908为二分之一波片,其光轴在X-Y平面内,并且与Y轴成45度。

[0204] 当随机偏振态的偏振光沿Z轴正方向入射到第一单轴晶体906后被分为两个分量,其中寻常光分量没有发生平移,而非寻常光分量被沿Y轴负方向平移,平移距离为单轴晶体901的一半。随后两个分量经过二分之一波片908,偏振态都被旋转90度,因此进入第二单轴晶体909后原来的寻常光分量变为非寻常光分量,被沿Y轴正方向平移,平移距离同样为单轴晶体901的一半。而原来的非寻常光分量变为寻常光分量,没有发生平移。最终出射的两个偏振光分量的偏振态,以及分开的距离和使用单个单轴晶体901时完全一样。但是由于每个分量都经历了一次寻常光折射和一次非寻常光折射,并且相应的传播路径的长度完全相同,因此两个分量将同时从第二单轴晶体909出射,不存在偏振模色散。

[0205] 某些应用场合,要求控制光信号的装置不但要具备输出端口的选择功能,还要能够对输出光的功率进行调节。在这种情况下,只需将平移偏振光的装置中固定旋光片换成一个偏振调制器即可实现这一功能,如附图10所示(仍以1*2光开关为例)。

[0206] 偏振调制器1011所产生的相位延迟 δ 由驱动电压V决定,当相位延迟 δ 等于 $\lambda/2$ 或其整数倍时,偏振光两次经过偏振调制器1011相当于经过一个全波片,其偏振态将保持不变。因此,由偏振调制器1011和反射镜1022构成的反射单元此时的作用只是将入射光沿原路反射,而不改变其偏振态。所以无论切换单元310的切换状态如何,偏振光的两个分量都会沿入射路径原路返回,如图中实线和虚线光路所示。也就是说,切换模块不会对入射光进行平移,出射光的Y轴坐标依然为0,而且出射光的偏振态和入射光相同,为垂直于Y-Z平面。

[0207] 由前面对分合模块900的分析可知,如果沿Z轴负方向入射的两个偏振光分量的偏

振态是垂直于Y-Z平面的话,那么它们将被进一步分开而不能合并为一束偏振光。因此,从平移偏振光的装置反射回来的两个偏振光分量不能抵达任何输出端口,所有输出端口的输出光功率都为零,如附图10所示。而当偏振调制器1011所产生的相位延迟 δ 等于 $\lambda/4$ 或其奇数倍时,偏振调制器1011完全等效于固定旋光片321,此时光开关的工作过程与附图8完全相同,输入光将从切换单元310所选择的输出端口输出。

[0208] 当偏振调制器1011所产生的相位延迟介于以上两者之间时,每个偏振光分量被反射后又会进一步分为两个子分量,其中一个子分量的偏振态被旋转了90度,而另外一个子分量的偏振态没有改变。偏振态被旋转了90度的两个子分量将按附图8中的光线路径传播,最终从控制光信号的装置所选择的输出端口输出。而偏振态没有改变的两个子分量则按照附图10中的光线路径传播,最终不能到达任何输出端口,即其能量损失掉了。

[0209] 由于输入光的总功率等于所有子分量功率的总和,而偏振调制器1011所产生的相位延迟量决定不同子分量的功率在总功率中所占比例,因此通过控制驱动电压V就可以控制输出光功率在输入光功率中所占的比例,从而实现输出光功率的控制。为了区别于前述的平移偏振光的装置300,将由偏振调制器1011和反射镜1022构成的模块1000称为功率可调切换模块,简称可调切换模块。

[0210] 需要指出的是,输出光功率的控制是由偏振调制器1011独立完成的,这一功能与控制光信号的装置平移功能相对独立,输出端口的选择依然由控制光信号的装置中各切换单元的切换状态决定。此外,偏振调制器1011所产生相位延迟从四分之一波长到二分之一波长连续可调,所以输出光功率在输入光功率中所占的比例也是从零到100%连续可调的。

[0211] 本发明提供的1*4,1*8以及更多输出端口的控制光信号的装置构成和工作原理与上述1*2控制光信号的装置相同,只不过输入/输出端口阵列的规模以及所包含的切换单元的数量不同而已,在此不再累述。

[0212] 此外,不难推论,本发明提供的所有控制光信号的装置不但可以按1*N(即1个输入端口,N个输出端口)配置使用,也可以按N*1(即N个输入端口,1个输出端口)配置使用,输入/输出端口的选择按以上方法进行,在此不再重复。

[0213] 参见附图11是选择波长的光路由方法,具体包括以下步骤:

[0214] 步骤1101、将入射光中的非寻常光分量和寻常光分量完全分开,获得偏振态一致的偏振光。

[0215] 其中完全分离入射光中的非寻常光分量和寻常光分量包括两种方式:

[0216] 方式一:

[0217] 将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量;

[0218] 旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向;

[0219] 将偏振光的相同偏振态旋转45度,得到与入射光的非寻常光分量对应的偏振光和与入射光的寻常光分量对应的偏振光,所述对应的偏振光的偏振态相同。

[0220] 方式二:

[0221] 将入射光分为非寻常光分量和寻常光分量;

[0222] 非寻常光分量和寻常光分量分别旋转90度;

[0223] 分离旋转后的非寻常光分量和寻常光分量;

[0224] 旋转非寻常光分量和寻常光分量至相同的偏振方向;

[0225] 将偏振光的相同偏振态旋转45度,得到与入射光的非寻常光分量对应的偏振光和与入射光的寻常光分量对应的偏振光,所述对应的偏振光的偏振态相同。

[0226] 步骤1102、按照不同的波长分离所述偏振态一致的偏振光。

[0227] 准直所述偏振态一致的偏振光;

[0228] 按照不同波长分离准直后的偏振光;

[0229] 将所述分离后的偏振光折射为一组平行的入射光,然后汇聚到同一平面上。

[0230] 步骤1103、分别切换所述偏振光的偏振态,将所述偏振光在偏振态上的变化转化为在空间位置上的变化得到第一平移后偏振光。

[0231] 分别切换偏振光的偏振态,并不改变入射光的传播路径。当偏振光的偏振态发生变化,则将偏振光在偏振态的变化转化为在空间位置上的变化,得到第一平移后偏振光。其中,可以通过改变驱动电压切换偏振光。

[0232] 步骤1104、将所述第一平移后偏振光反射同时将偏振光的偏振态旋转90度。

[0233] 步骤1105、将旋转后偏振光在偏振态上的变化转化为在传播路径上的变化得到第二平移后偏振光。

[0234] 偏振光在步骤1104前的偏振态与偏振光在步骤1104后的偏振态变化了90度,这一偏振态的变化将转化为偏振光在步骤1104前和步骤1104后在传播路径上的变化,从而得到第二平移后偏振光。

[0235] 步骤1106、对于不同的出射端口分别合成所选择波长的第二平移后偏振光,在出射端口得到所选择波长的出射光。

[0236] 在本发明提供的控制光信号的装置的基础上,增加色散模块1200,来构建选择波长的光路由装置,如附图12A所示。一个1*N端口的选择波长的光路由装置沿Z轴方向由输入输出阵列800,分合模块900,色散模块1200,以及可调切换模块阵列12700排列组成。

[0237] 其中色散模块1200由第一透镜1210和第二透镜1220,以及衍射光栅1230沿Z轴排列构成。第一透镜1210和第二透镜1220的光轴重合并且都平行于Z轴,其X轴坐标和输入输出阵列800一致。同时,两个透镜的焦距相等而且其内侧的焦点重合。衍射光栅1230置于两者之间,并且其中心处于两个透镜共同的焦点处,即衍射光栅1230到第一透镜1210和第二透镜1220的距离都等于透镜的焦距。输入输出阵列800包含1个输入端口和N个输出端口,而且其端面与第一透镜1210的外侧焦平面重合。而可调切换模块阵列12700由与输入波长数量(假设为m)相等的可调切换模块在X-Z平面内沿X轴方向排列而成,每个可调切换模块的输出坐标的个数为N,而且输出坐标的间隔与输入输出阵列800一致。所有可调切换模块的Z轴坐标相同,并且其反射镜与第二透镜1220的外侧焦平面重合,从而构成了一个4F光学系统,即从物面(光端口)到像面(反射镜)的光学距离为4个焦距的光学系统,如图所示。

[0238] 4F系统的一个特点是其物面和像面上的距离是1:1映像的,如果将物面上的入射光平移一定距离,则其在像面上的出射光也会移动同样的距离,反之亦然。

[0239] 波分复用系统中传输的光信号的波长及其间隔都是固定的,在一个特定波段中光信号的频谱如附图10A中输入端的频谱所示。其中每一个柱形代表一个波长信号,其宽度代表其带宽,而其高度代表其功率大小。输入信号包含m个波长信号 $\lambda_1 \sim \lambda_m$,其功率各不相同。这些光信号由输入端口800进入,被分合模块900在Y-Z平面内沿Y轴方向分为两个偏振光分量。由于附图10A的观察面为X-Z平面,因此每个波长的两个偏振光分量在整个传播过程中

都是重合的,以一条光线表示,称为该波长的光束。所有波长的光束随后经过第一透镜1210,被进一步准直扩束后,入射到衍射光栅1230。

[0240] 衍射光栅是一种色散能力很强的光学元件,能够将不同波长的入射光按不同的角度进行衍射,从而将不同波长的光束在空间中分离。由于衍射光栅1230的衍射面为X-Z平面,并且其衍射点处于第二透镜1220的焦点处,因此不同波长的光束被衍射光栅1230衍射后虽然传播的方向各不相同,但是都会被随后的第二透镜1220折射成与Z轴平行。同时,第二透镜1220会将所有的准直光束汇聚到其焦平面上,所以在其右侧的焦平面上不同波长的光束被完全分离并且沿X轴方向排列,每个波长的光束对应一个X轴坐标,如附图12A所示。而可调切换模块阵列12700则按照这些X轴坐标依序排列于第二透镜1220的右侧焦平面上,每一个可调切换模块对应一个波长($\lambda_1 \sim \lambda_m$),从而对该波长的光束进行独立的平移切换以及输出功率的比例调节。

[0241] 每个波长的光束被相应的可调切换模块平移并且反射后,沿Z轴负方向返回色散模块1200。因为平移是在Y-Z平面内完成的,所以光束的X轴坐标都没有改变,在X-Z平面内仍然沿原路径返回。而对于色散模块1200来说,其在X-Z平面内的色散分光过程是完全可逆的,因此所有波长的光束在X-Z平面内被重新合并为一束光。而在Y-Z平面内,每个波长的两个偏振光分量被随后的分合模块900进一步合并成一束光,然后回到输入输出阵列800。此时,不同波长的光束虽然在X-Z平面内重合,但其在Y-Z平面内的Y轴坐标却是不同的。可调切换模块阵列12700在Y-Z平面内对每个波长的光束进行了独立的平移,这些平移量被4F系统1:1映射到了输入输出阵列1200。因此,每个波长的光束的输出Y轴坐标,也就是其输出口由相应的可调切换模块来选择。同时,因为4F系统不改变偏振光的偏振态,所以可调切换模块对偏振光分量的功率比例的调节会不受影响地传递到分合模块900,从而实现输出功率的调节功能。

[0242] 综上,通过控制可调切换模块阵列12700,即可选择每个输入波长的输出口并对其输出功率进行调节。如附图12A所示,将功率不同的m个输入波长按不同的组合分别输出到N个输出口中,并且通过调节各个波长的输出功率,实现了平坦的输出频谱(即各波长功率一致)。当然,根据实际应用的需要们也可以通过调节各个波长的输出功率来得到任意的输出频谱。

[0243] 下面以一个1*2端口的选择波长的光路由装置为例,分析在Y-Z平面内的具体光路。由以上分析可知,虽然每个工作波长在X-Z平面内的衍射角度和对应的可调切换模块不同,但是其在Y-Z平面内的切换原理是完全相同的,因此以下仅以输入波长中的一个 λ_x 为例进行光路分析。

[0244] 如附图12B所示,波长为 λ_x 的光信号进入选择波长的光路由装置后被分光合模块900沿Y轴分为两个偏振光分量,然后沿Z轴正方向入射到第一透镜1210。第一透镜1210对两个偏振光分量进行准直扩束,使其光束直径增大至满足系统的衍射分辨率要求。同时,由于第一透镜1210的光轴平行于Z轴,因此两个偏振光分量被第一透镜1210折射后向其焦点方向传播。而由于衍射光栅1230处于第一透镜1210的焦点位置,因此两个偏振光分量在衍射光栅1230上的入射点重合,并在X-Z平面内发生衍射。而在Y-Z平面内,两个偏振光分量在衍射后传播方向没有改变,按照原来的方向入射到第二透镜1220。由于第一透镜1210和第二透镜1220的焦点重合,因此对于第二透镜1220来说,两个偏振光分量来自其焦点,所以被

第二透镜1220折射后传播方向都变为Z轴正方向,并且经过透镜焦点处的交叉后,两个偏振光分量在Y轴方向上互换了位置。同时,第二透镜1220会将两个准直的偏振光分量汇聚到其焦平面,也就是和波长 λ_x 对应的可调切换模块1000的反射镜面上。两个偏振光分量随后被可调切换模块1000平移、(功率比例)调节和反射,其过程与控制光信号的装置情况完全相同,在此不再重复。每个偏振光分量被平移和反射后沿Z轴负方向入射色散模块1200,经过同样的扩束和汇聚变换,以及随后分合光模块900的合并后,回到了输入输出阵列800。

[0245] 由于第一透镜1210和第二透镜1220的焦距相同,因此可调切换模块1000对偏振光分量的平移量被1:1映射到了输入输出阵列800。不过由于偏振光分量的入射路径和反射路径在两个透镜焦点处的交叉,造成了4F系统前后两端平移方向符号相反。也就是说,如果可调切换模块1000对偏振光分量的平移方向为Y轴正方向的话,那么其回到输入输出阵列900时的平移方向就是负的。

[0246] 由以上光路分析可知,所有光束在也就是在第一透镜1210和第二透镜1220之间传播时,也就是在色散分光 and 合光的过程中,都是经过长焦距透镜扩束的大直径准直光束,正好满足光栅衍射分辨率对入射光束的直径的要求。同时,由于所有光束都经过第一透镜1210和第二透镜1220的共同焦点,也就是衍射光栅1230的位置,所以在衍射光栅1230上所有的入射光斑都是重合的。这一特点大幅降低了系统对衍射光栅1230的面积的要求。

[0247] 此外,由于上述的选择波长的光路由装置是基于控制光信号的装置,因此和控制光信号的装置一样,本发明提供的选择波长的光路由装置也可以按 $1*N$ 或者 $N*1$ 的模式工作。不难推论,在 $N*1$ 工作模式下,选择波长的光路由装置可以从各个输入端口中选择不同的波长组合,并对每个波长的光信号的功率进行调节后,合并到输出端口输出,具体过程在此不再重复。

[0248] 以上分析选择波长的光路由装置的工作原理时为了便于理解,可调切换模块阵列由多个独立的可调切换模块构成。而在实际应用中,可调切换模块阵列在结构上不是离散的而是如附图13所示的集成结构。

[0249] 首先,可调切换模块阵列中属于同一切换单元的所有偏振调整器,都集成在一个大型液晶盒,即偏振调整器阵列1311中,如附图13A所示(观察面为X-Y平面)。液晶盒1311的两片玻璃基板(在X-Y观察面中重合)通过环形的密封胶圈1301连接,在胶圈内部形成一个腔体1302,其中充满液晶。玻璃基板内侧的透明电极(ITO)则通过光刻的方法刻蚀出一个线性的像素阵列 $\lambda_1 \sim \lambda_m$,其中任意两个相邻像素之间的透明电极都是完全分离的。因此,液晶盒1311在每个像素位置的Y-Z平面内的结构都与图4所示的液晶盒相同,而且每一个像素均为独立引线,其驱动电压可以独立控制,相当一个独立的偏振调整器。同时,阵列中所有像素的X轴坐标,与所有工作波长在第一透镜1220后焦面上的X轴坐标一一对应,因此偏振调整器阵列1311可以对所有波长的光信号进行独立的调制。

[0250] 基于偏振调整器阵列1311的可调切换模块阵列1300如附图13B所示(观察面为X-Z平面),由若干个切换单元1310和一个反射单元1320组成。其中每个切换单元1310又由一个偏振调制器阵列1311和一个光束平移片1312组成。光束平移片1312在X-Y平面内覆盖偏振调制器阵列1311上的所有像素,而其光轴(在Y-Z平面内)的方向和厚度则与相应的控制光信号的装置设计相同。反射单元1320则由一个偏振调制器阵列1311和一个反射镜1322组成,并且反射镜1322在X-Y平面内覆盖偏振调制器阵列1311上的所有像素。同时,组成可调

切换模块阵列1300的所有切换单元1310和反射单元1320的像素阵列在X-Y平面内完全重合,即每个波长的光信号会经过所有偏振调制器阵列1311上的相应像素,从而可以被完全独立地进行切换。因此,可调切换模块阵列1300与图12所示的可调切换模块阵列12700是完全等效的。

[0251] 在图12中,衍射光栅1230为透射型光栅,即入射光和衍射光分别位于其两侧的光栅。在实际应用中,可以使用反射型光栅,即入射光和衍射光都在同一侧的光栅来代替透射型光栅,从而将光路进行折叠并大幅缩小其尺寸,如附图14所示。反射光栅1400替换透射光栅1230后,将入射光向同一侧即Z轴负方向衍射,相当于将整个光路以衍射点为对称点沿Z轴方向进行了折叠。光路折叠后第二透镜1220因与第一透镜1210重合而被省略,第一透镜1210在折叠后的光路中所起的作用相当于折叠前两个透镜的作用。而可调切换模块阵列(以集成的可调切换模块阵列1300为例)在折叠后被翻转并移到第一透镜1210的左侧,面向Z轴正方向,并且其反射镜面与第一透镜1210的左侧焦平面重合。输入输出阵列800和分合模块900则紧靠可调切换模块阵列1300,其Z轴坐标不变,即输入输出阵列800的端面仍然与第一透镜1210的左侧焦平面重合,而其X轴坐标在光路折叠后可根据可调切换模块阵列1300的尺寸和反射光栅1400的衍射角度进行调整,而不影响4F系统的有效性。不难证明,附图14所示的折叠后的可选择波长的光路由装置无论在X-Z平面内的光路还是在Y-Z平面内的光路,都与和图12所示的可选择波长的光路由装置光路是完全等效的,具体的过程不再重复。折叠后的可选择波长的光路由装置仍是一个4F系统,而其在Z轴方向上的长度由4F(第一透镜1210的四个焦距长度)缩短为2F(第一透镜1210的两个焦距长度)。

[0252] 同理,如附图15所示,可以使用球面反射镜替换第一透镜1210来对附图14所示的选择波长的光路由装置的光路进行进一步折叠。球面反射镜1500的光学面1501为一个球面,其表面镀有高反射膜,在对入射光进行反射的同时,也像透镜一样对光束有变换的作用。球面反射镜1500的球面半径为第一透镜1210的焦距F的两倍,其等效的焦距为球面半径的二分之一,即与第一透镜1210的焦距F相等。而其焦点位于球面左侧,距离球面顶点F的位置,因此其焦平面与原来的第一透镜1210的焦平面重合。

[0253] 使用球面反射镜1500替换附图14中的第一透镜1210后,图14所示的选择波长的光路由装置的光路被以第一透镜1210所处位置为对称点,沿Z轴方向再次进行了折叠。再次折叠后反射光栅1400也被移到了球面反射镜1500的左侧焦平面上,其光学面被翻转,变为面向Z轴正方向。而可调切换模块阵列1300、输入输出阵列800和分合模块1300的Z轴坐标都没有改变,因此再次折叠后的选择光波长的光路由装置仍是一个4F系统,而其在Z轴方向上的长度则被再次缩短至F,如附图15所示。同样地,附图15所示选择光波长的光路由装置无论在X-Z平面内的光路还是在Y-Z平面内的光路,都与和附图12所示的选择光波长的光路由装置光路是完全等效的,具体过程不再累述。

[0254] 需要指出的是,可调切换模块阵列1300、输入输出阵列800(及相应的分合模块900)和反射光栅1400的位置和相对关系并非固定的,可以根据反射光栅1400的衍射角度以及各个模块的尺寸进行调整。而只要保持它们的Z轴坐标不变,即保持4F系统的有效性,选择光波长的光路由装置的光路就仍然等同于原始光路。

[0255] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护

范围之内。

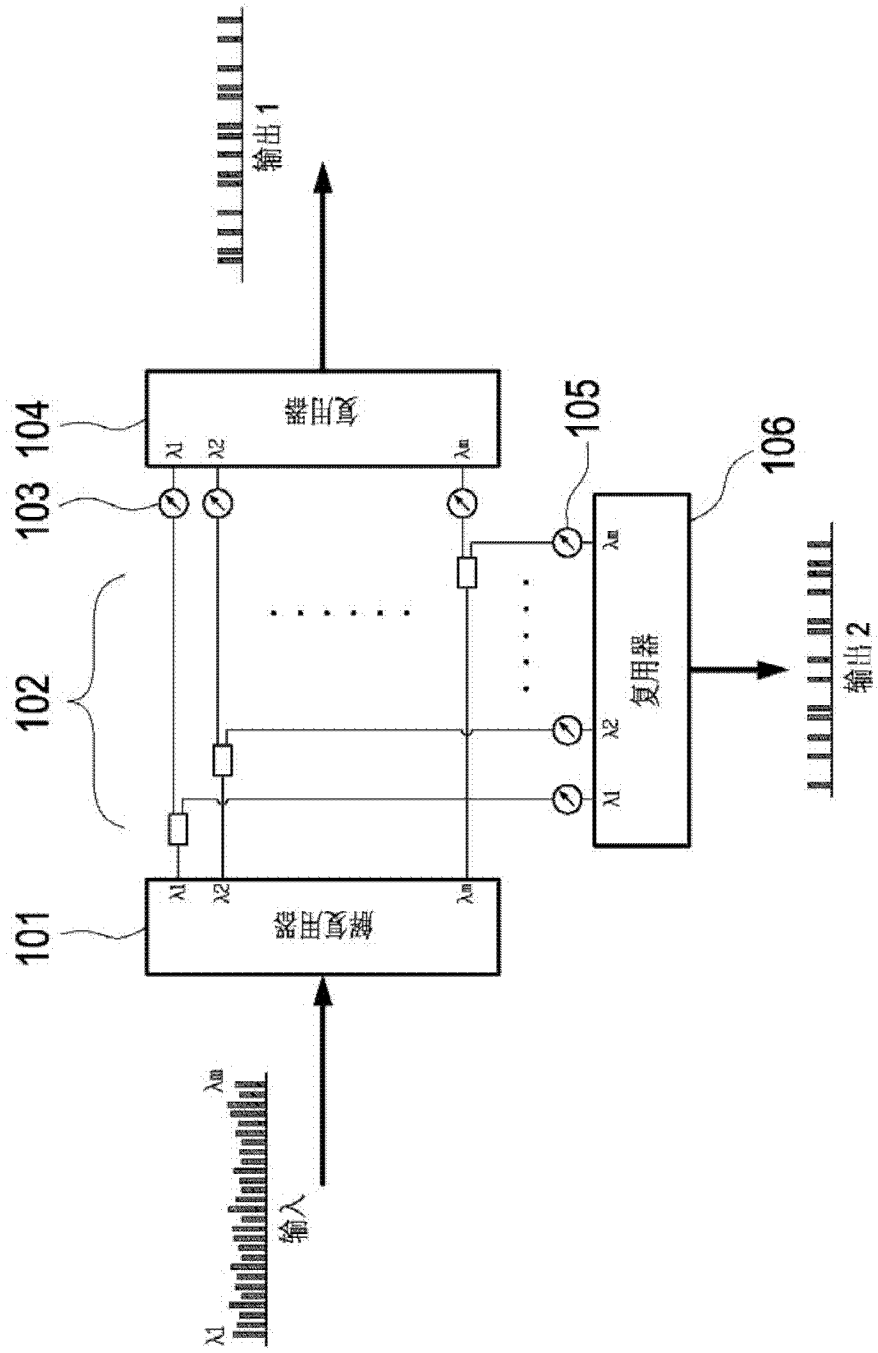


图1

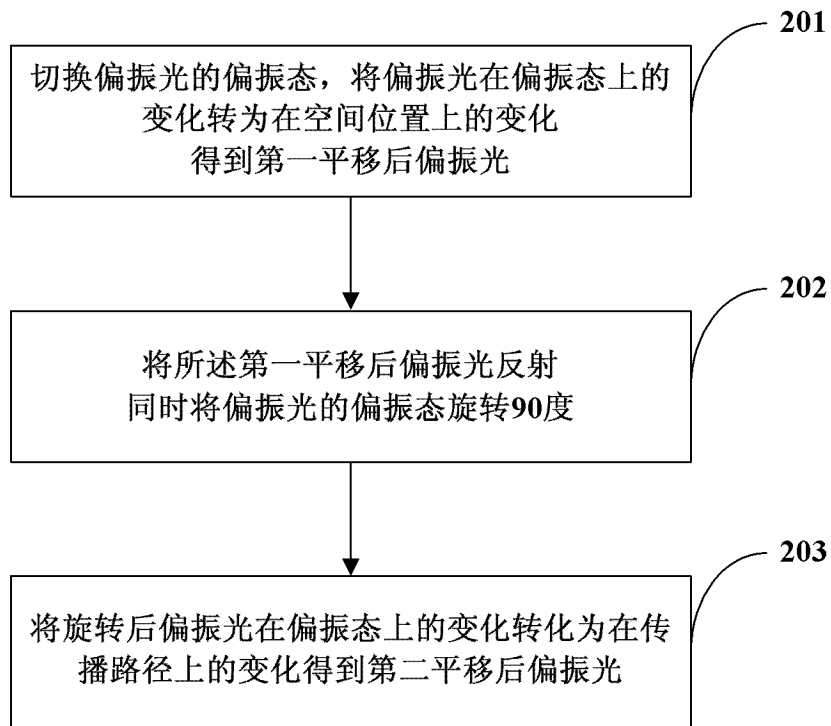


图2

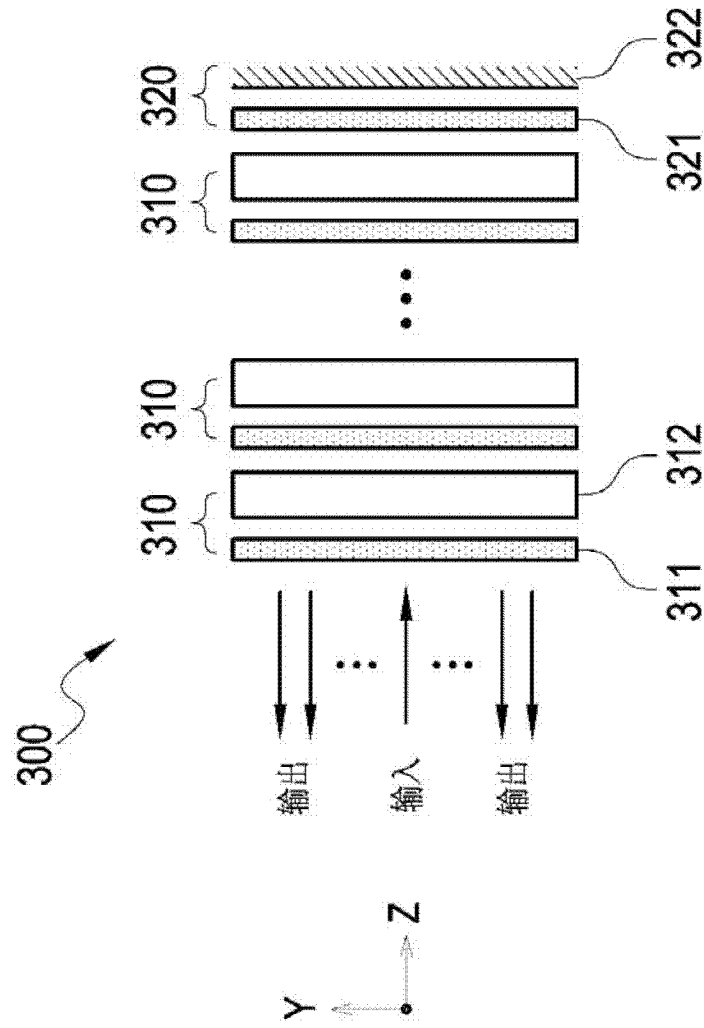


图3

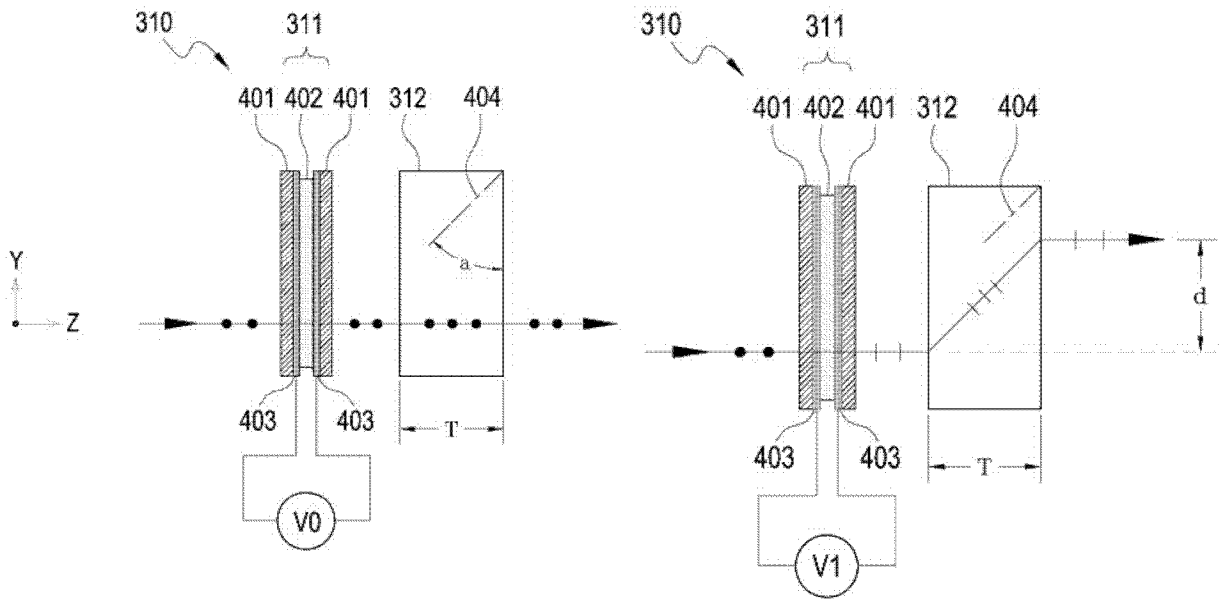


图4A

图4B

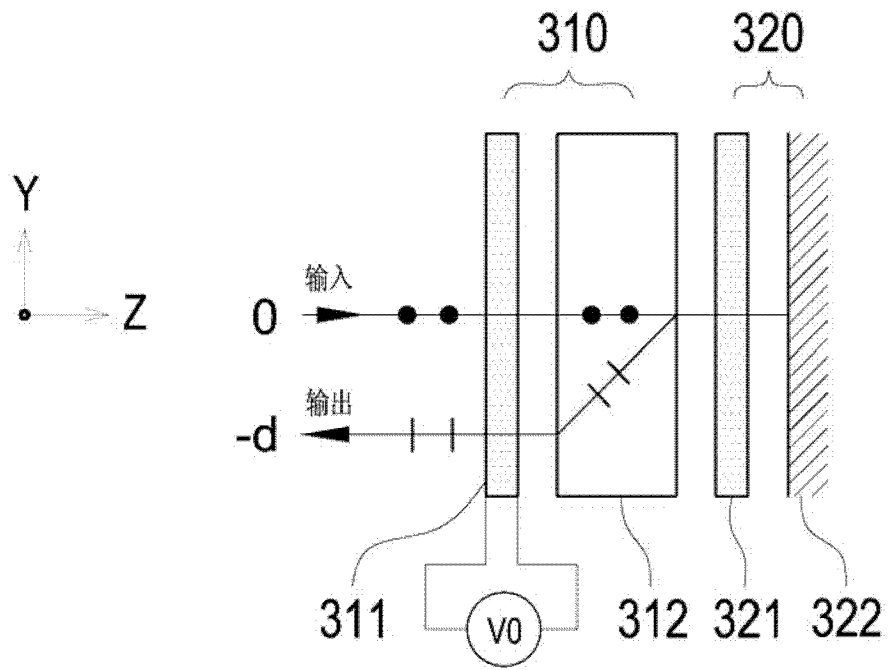


图5A

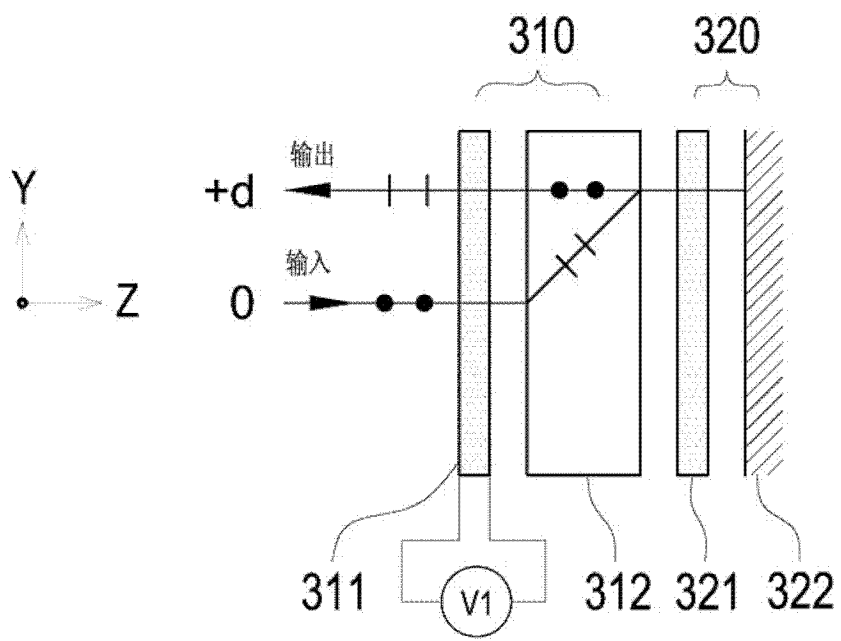


图5B

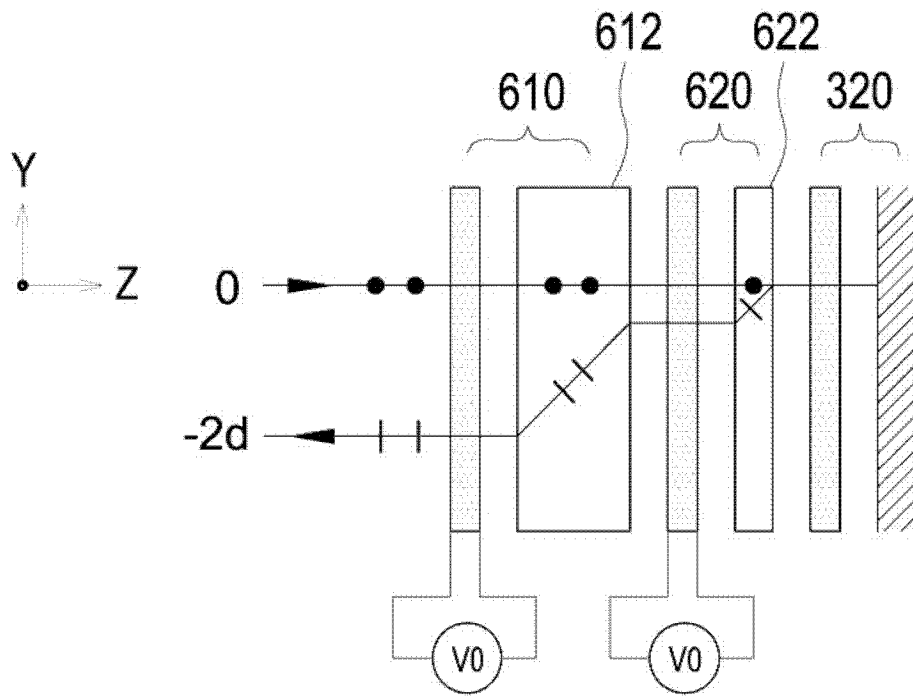


图6A

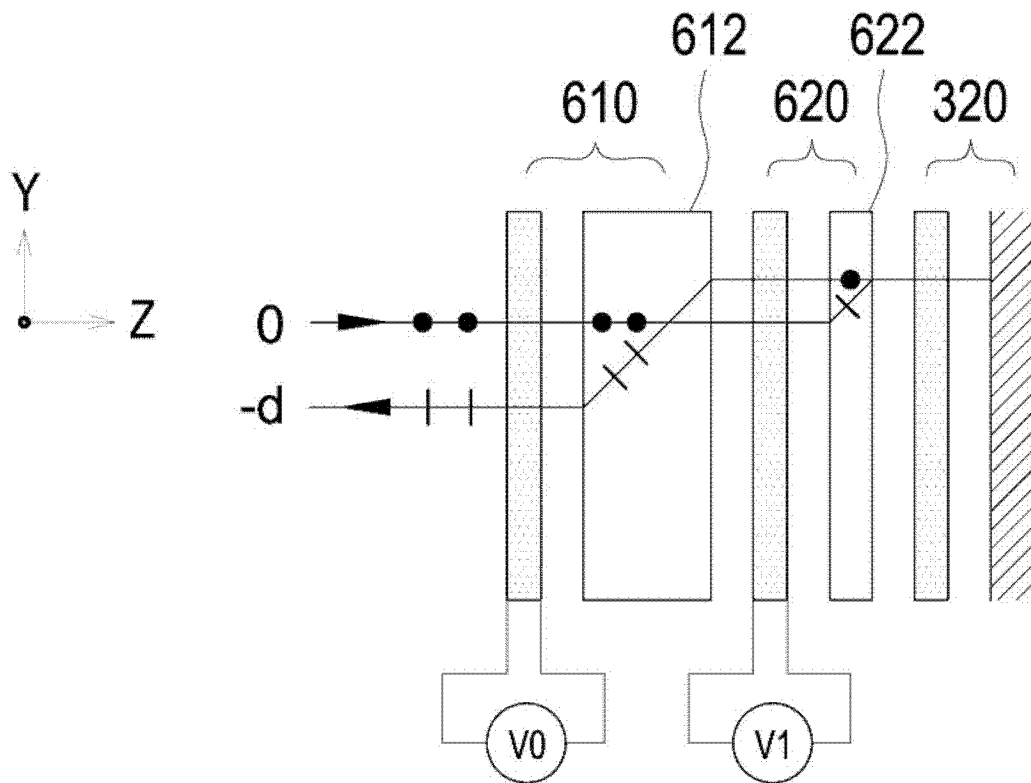


图6B

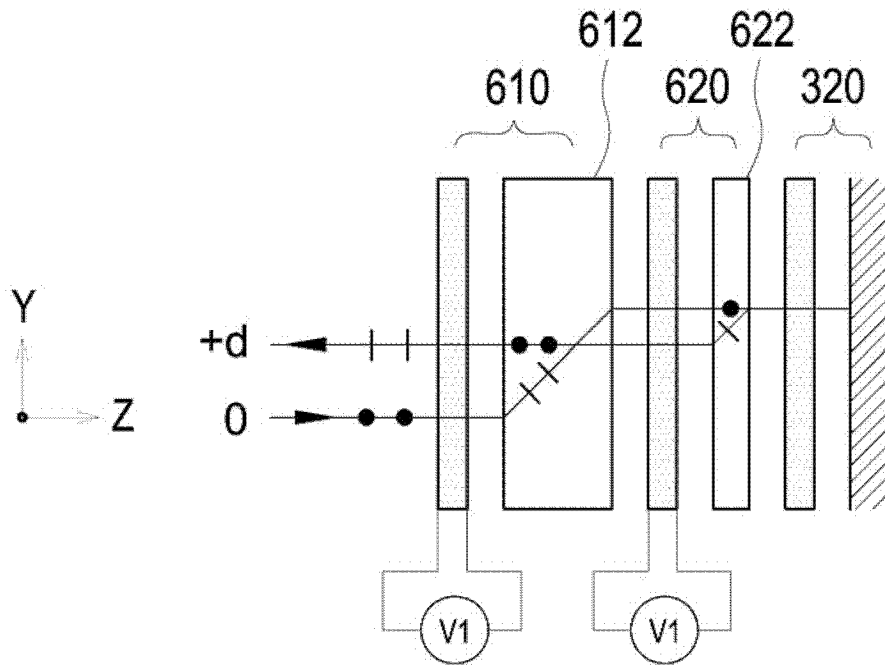


图6C

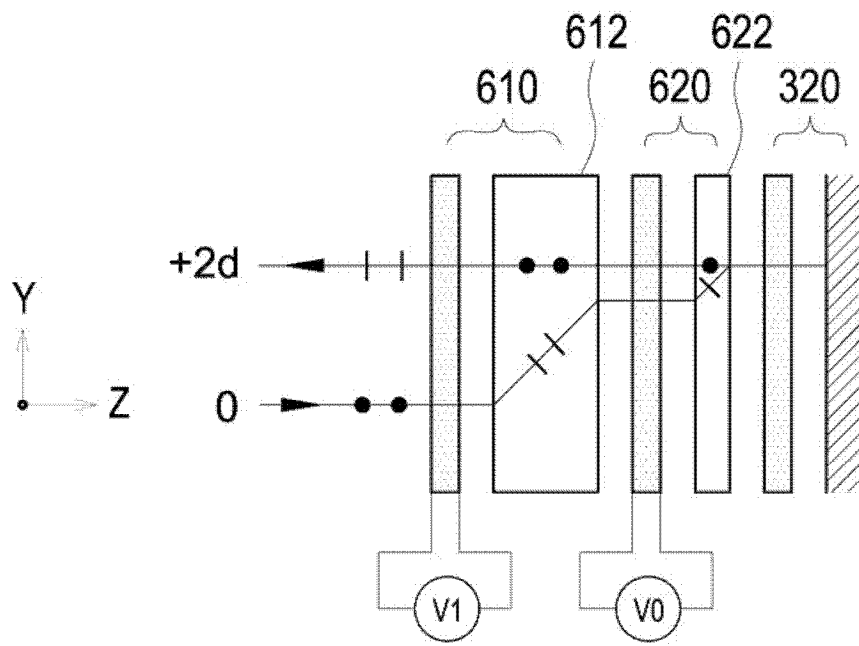


图6D

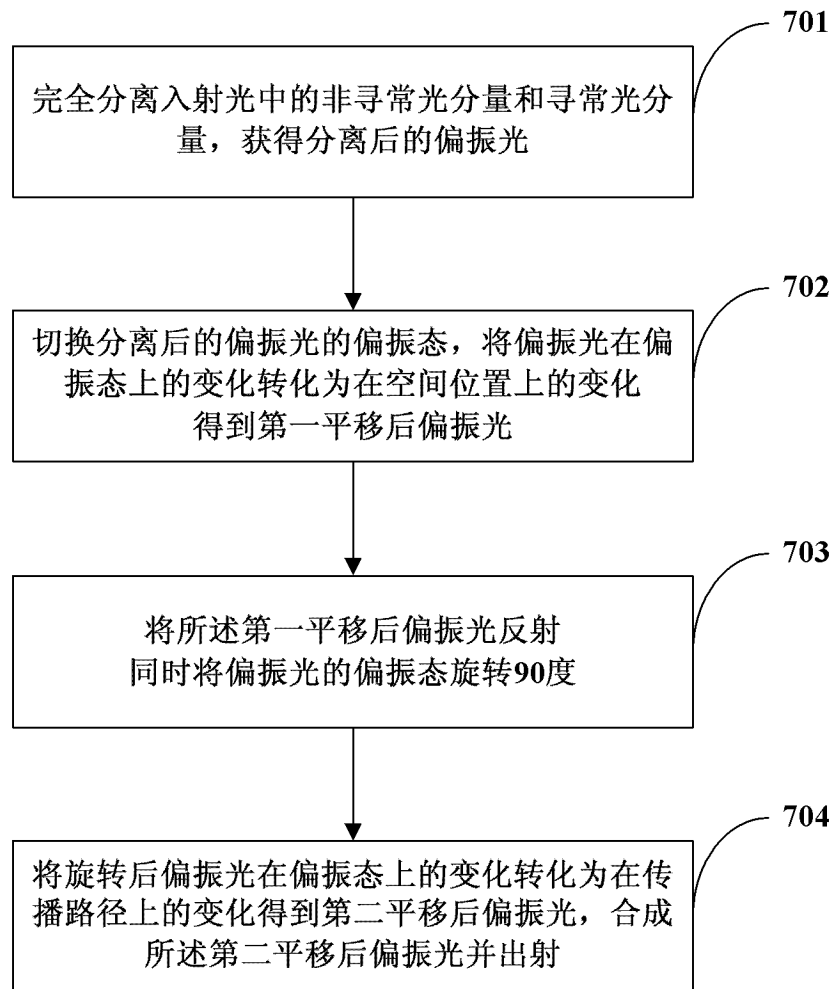


图7

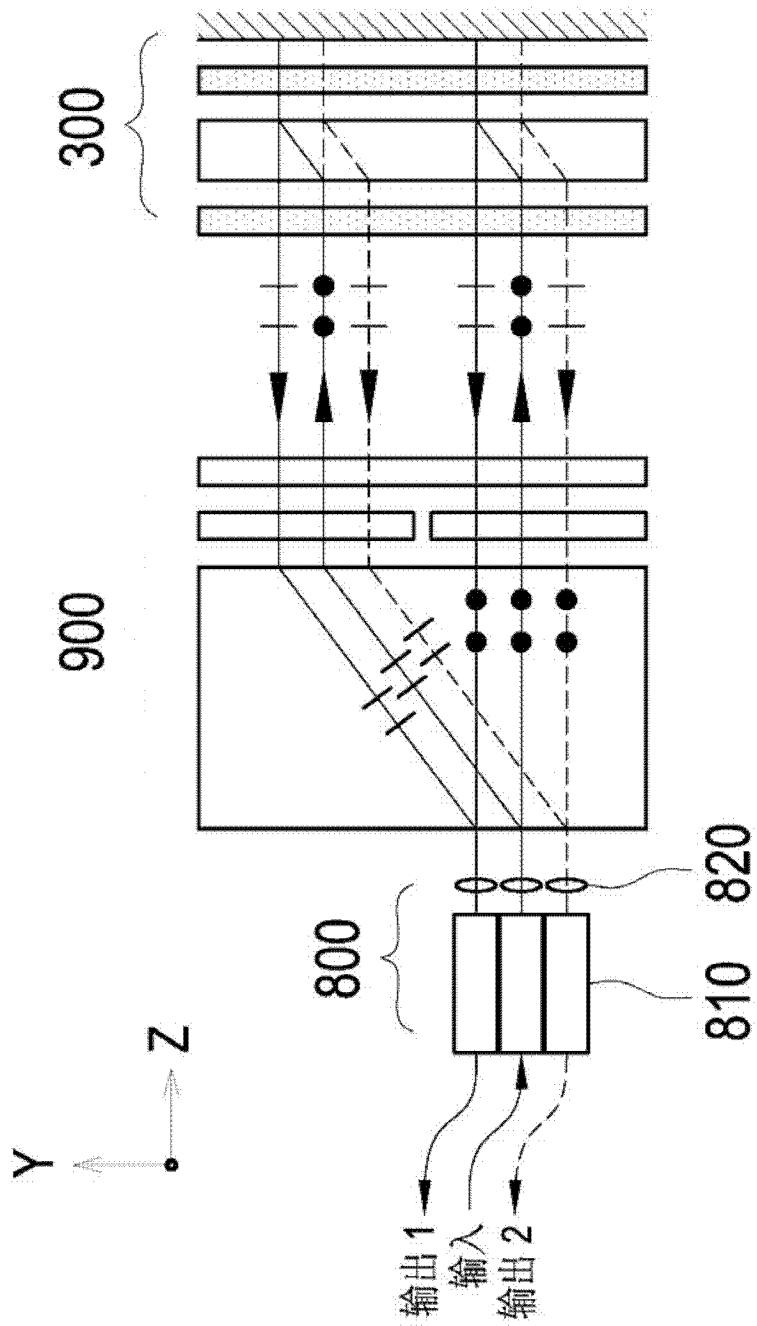


图8

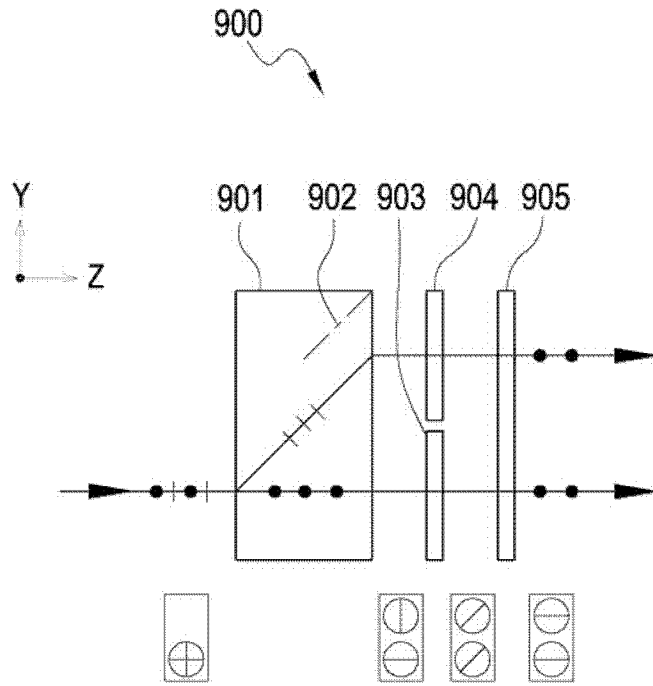


图9A

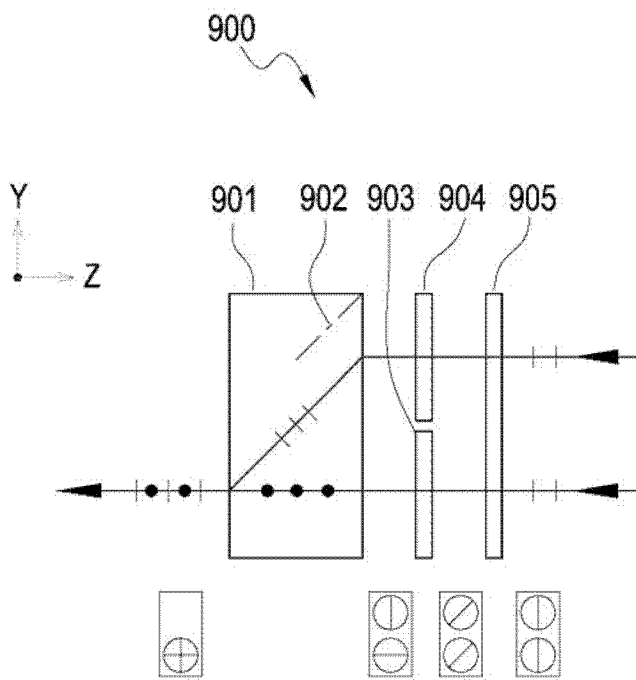


图9B

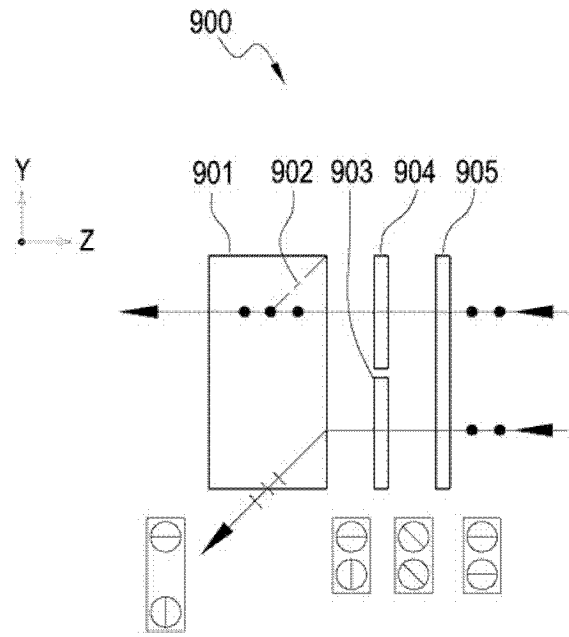


图9C

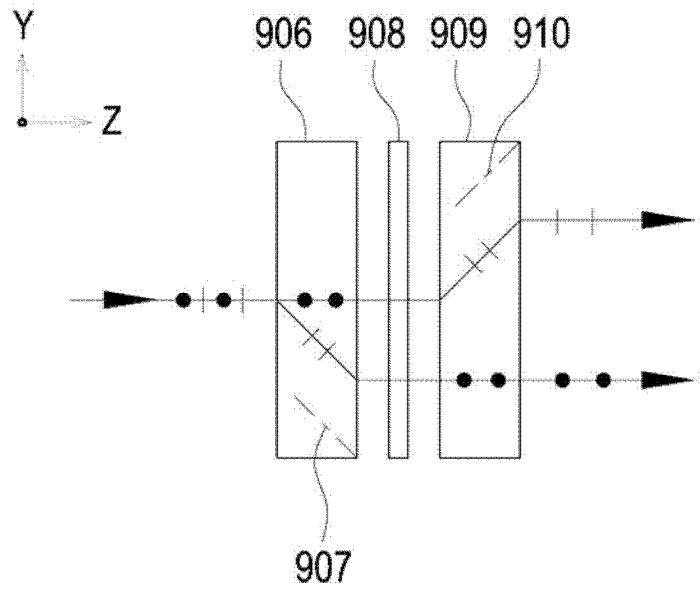


图9D

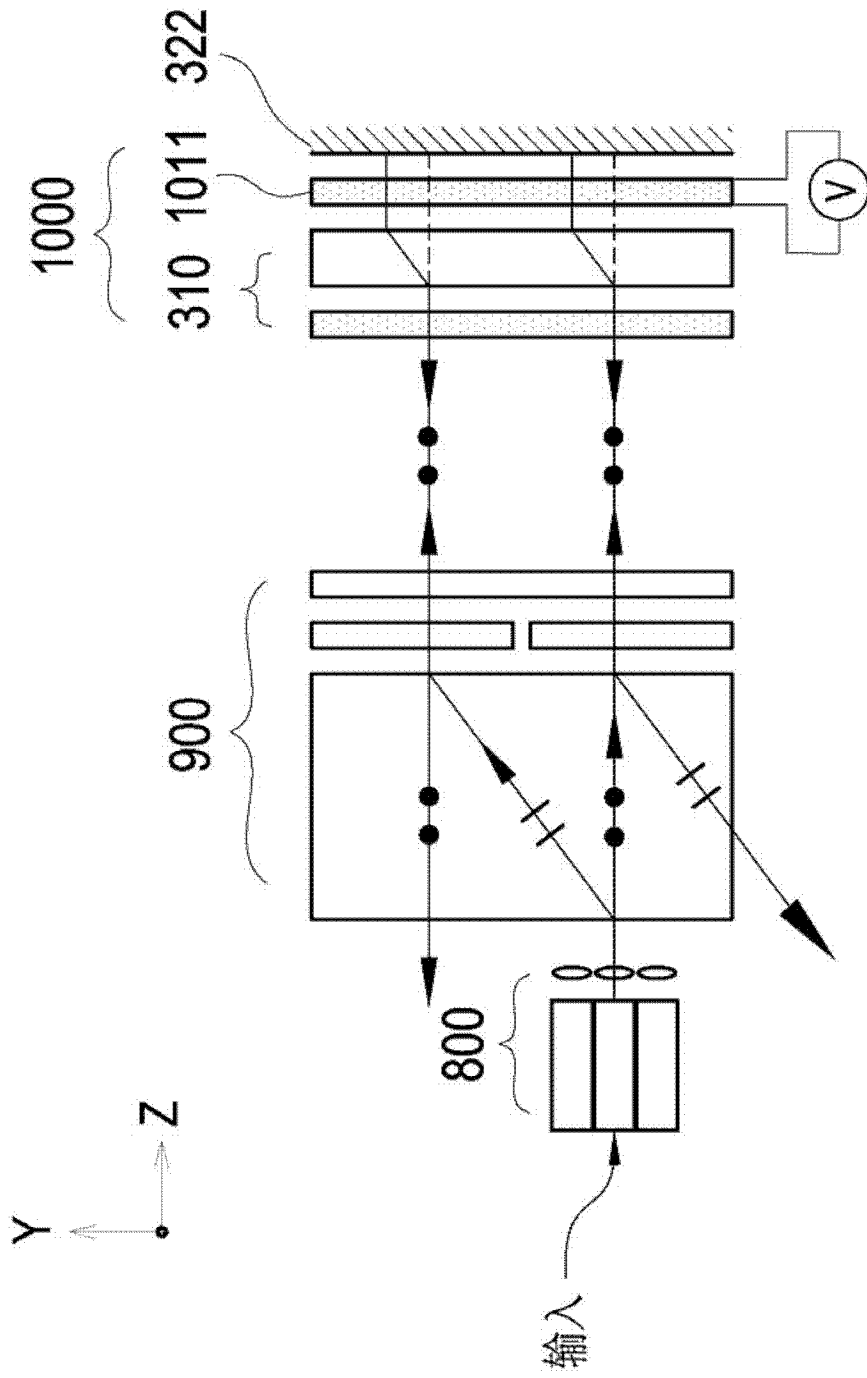


图10

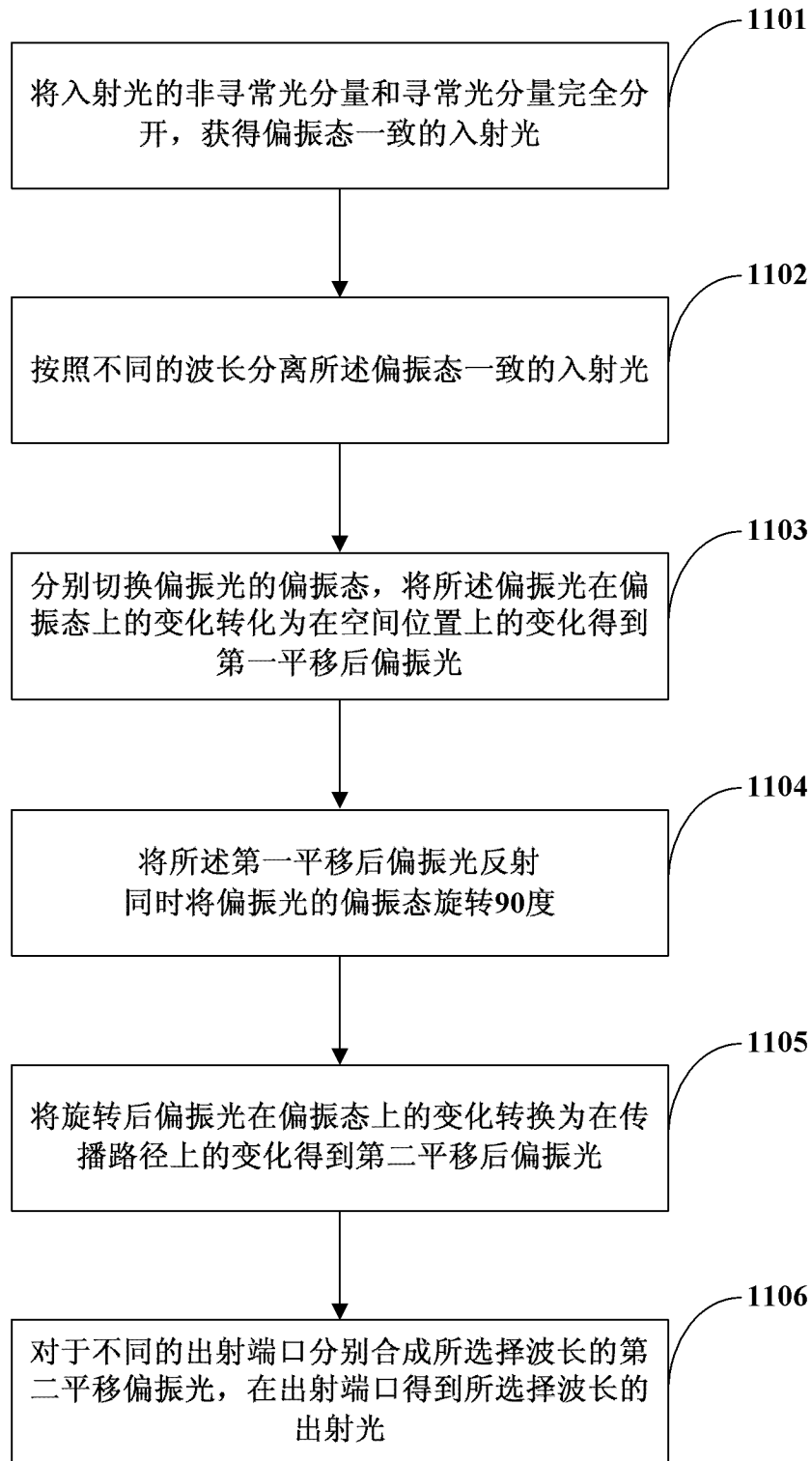


图11

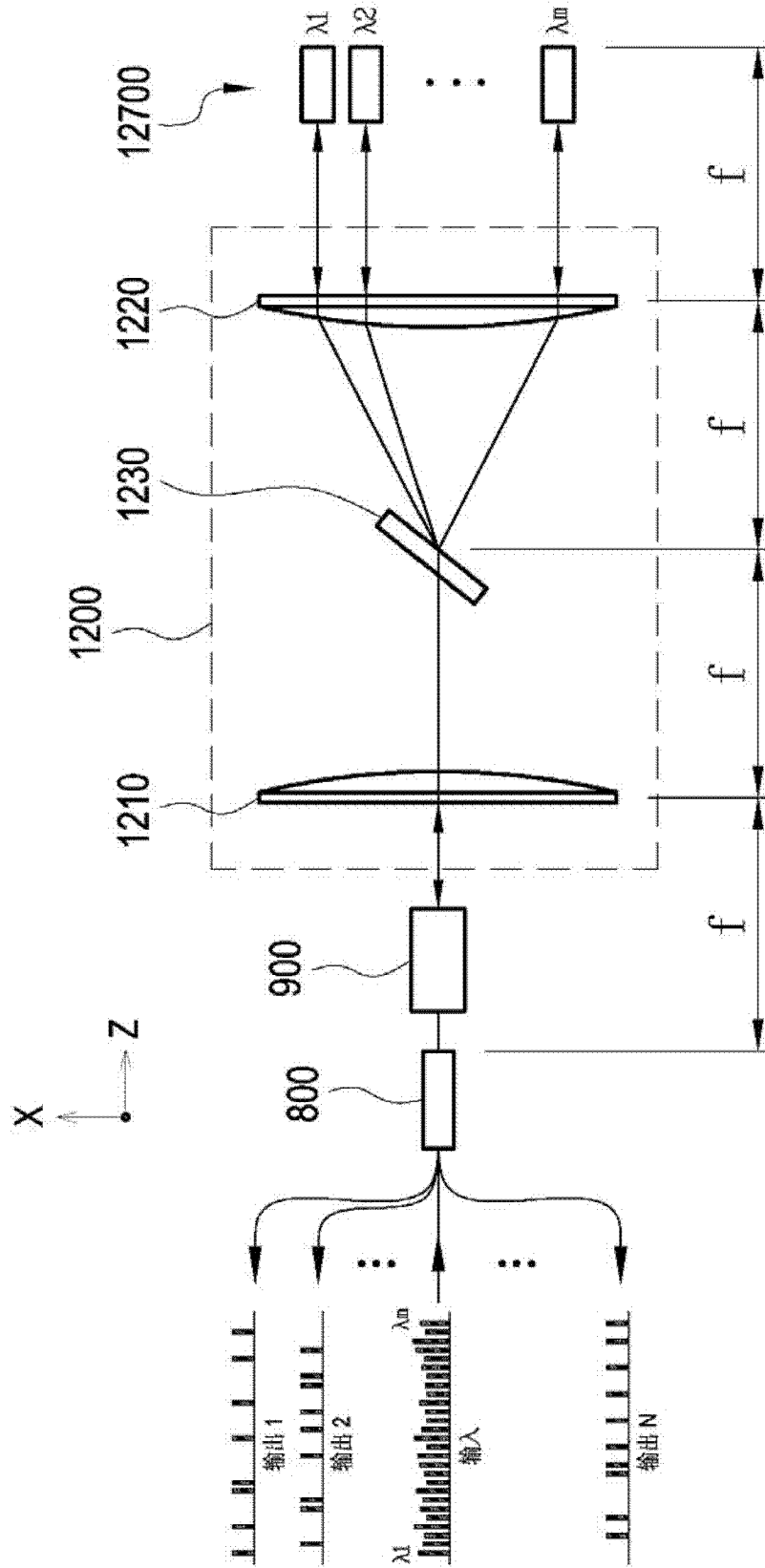


图12A

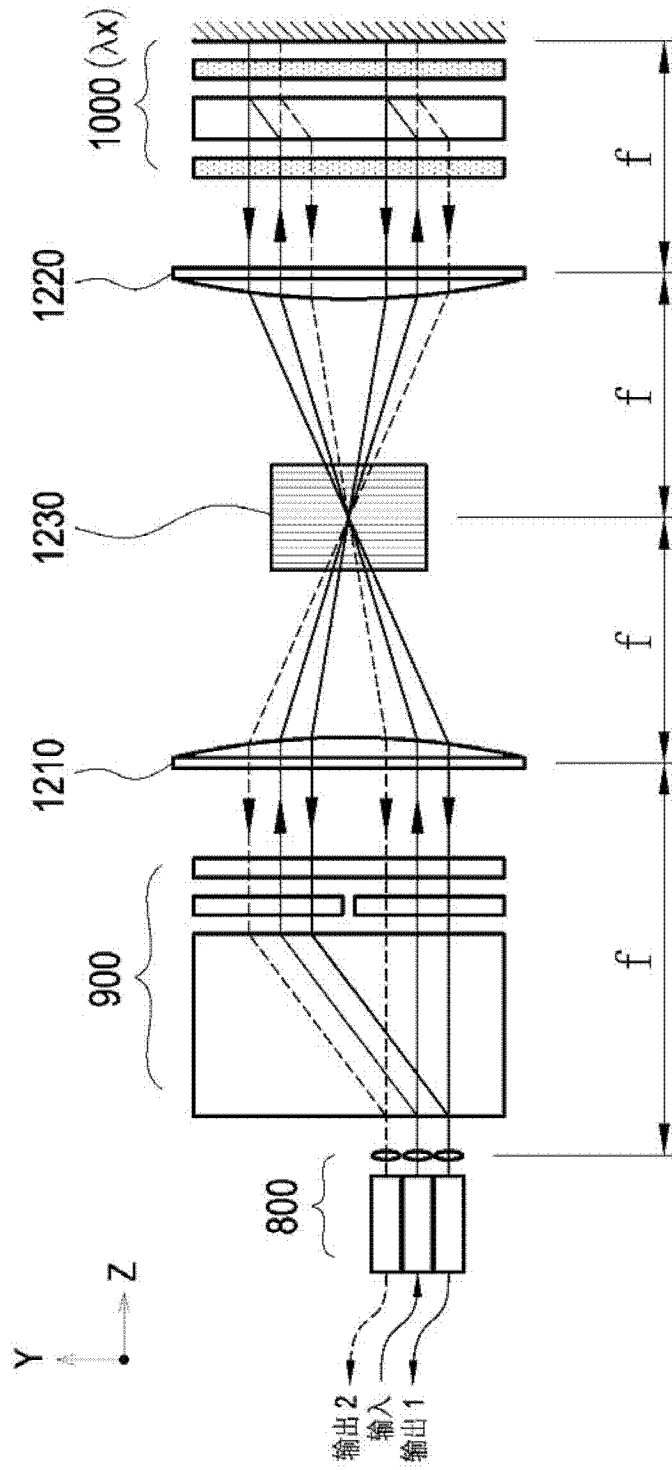


图12B

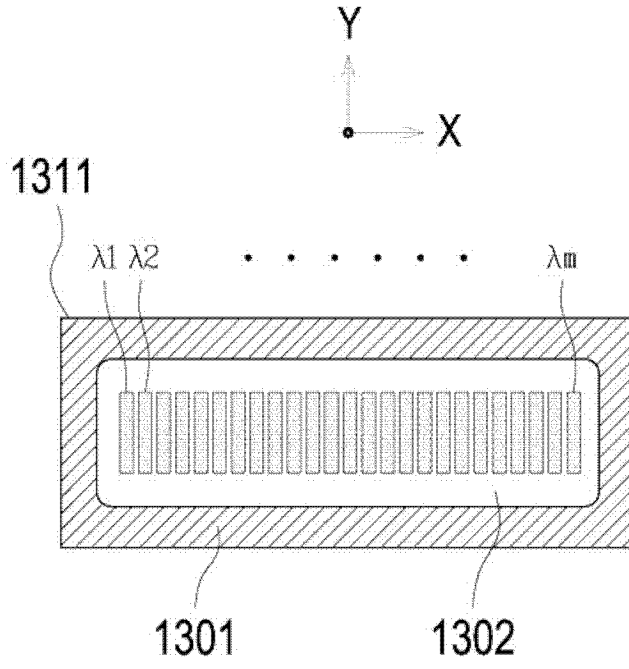


图13A

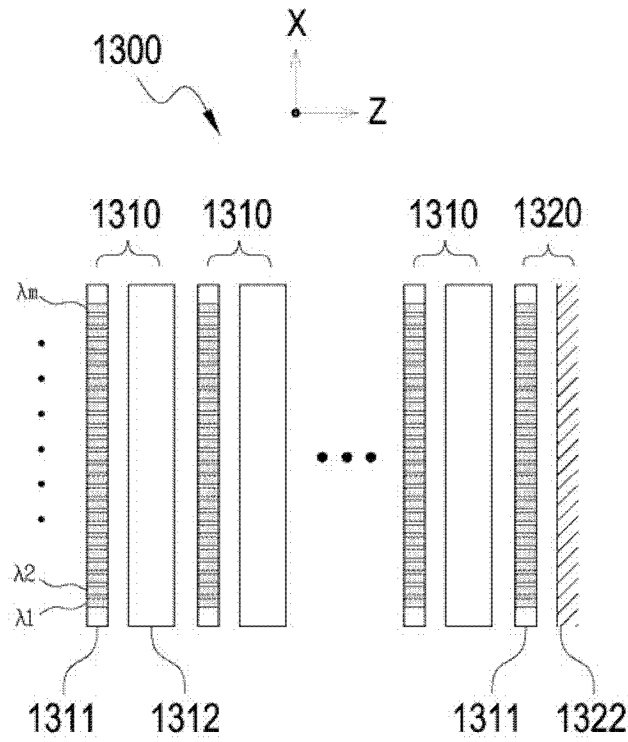


图13B

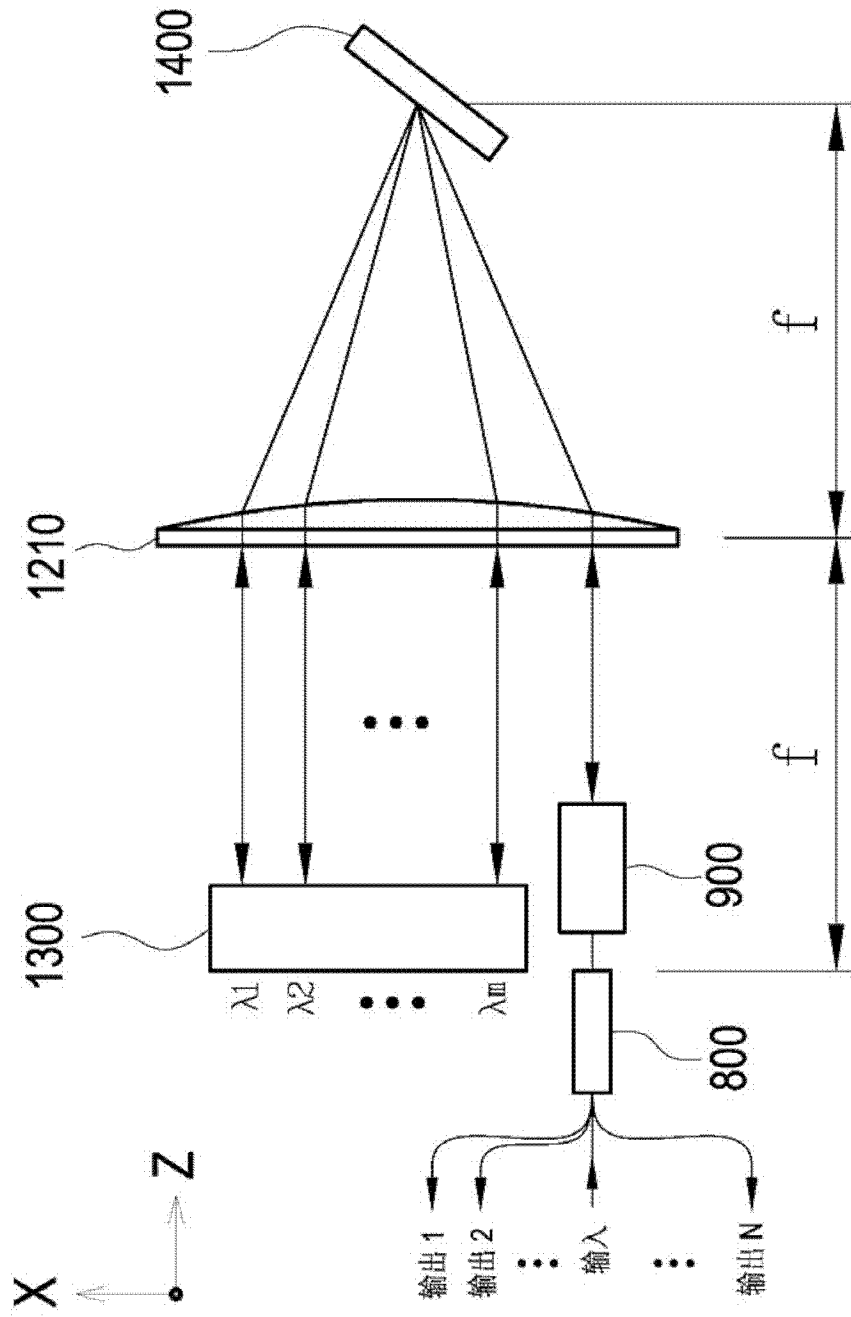


图14

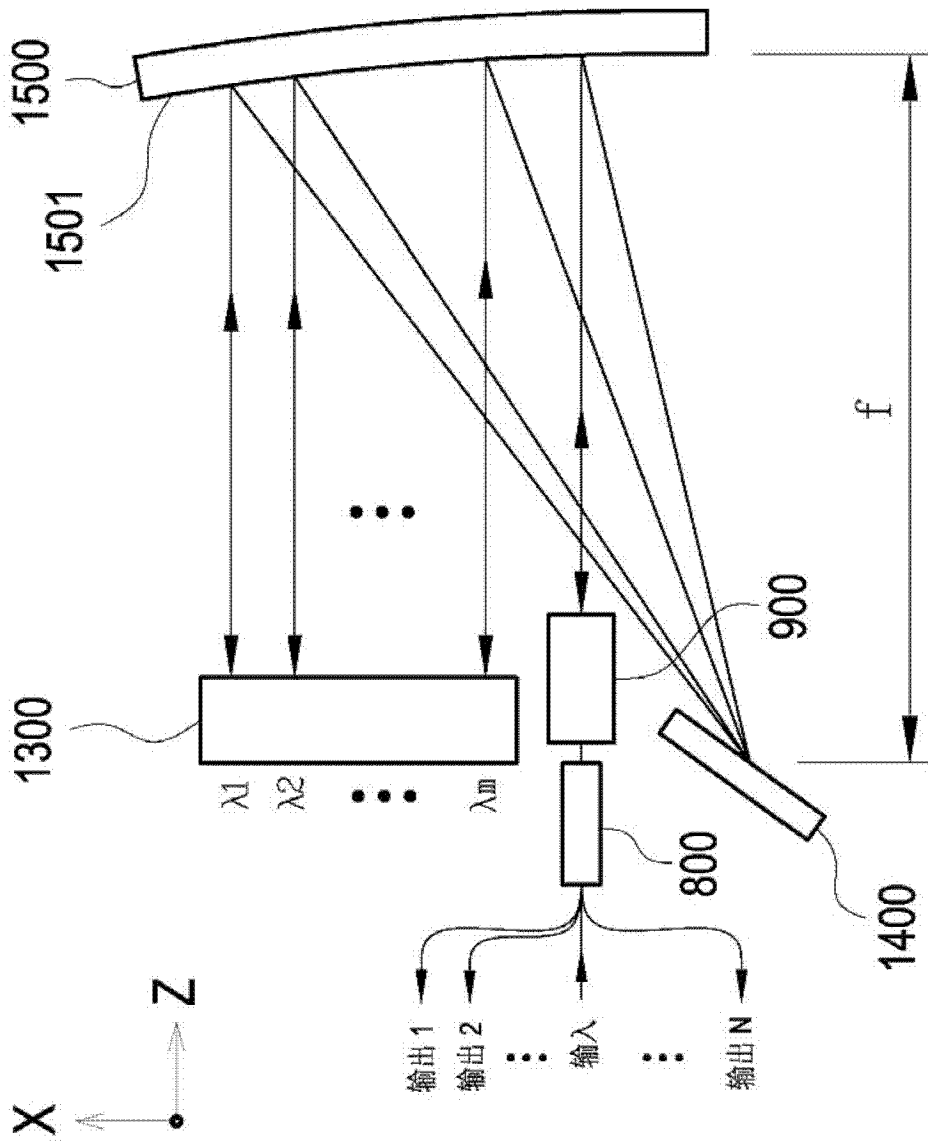


图15