



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102282509 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 11

(21) 申请号 200980154580. 7

G02F 1/29 (2006. 01)

(22) 申请日 2009. 11. 13

H04Q 11/00 (2006. 01)

(30) 优先权数据

0820872. 0 2008. 11. 14 GB

(56) 对比文件

US 5825448 A, 1998. 10. 20, 说明书第2栏63行至第25栏56行, 附图1-2.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 07. 14

US 5363228 A, 1994. 11. 08, 说明书第2栏35行至第8栏51行, 附图1-3.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2009/051536 2009. 11. 13

CN 1727966 A, 2006. 02. 01, 全文.

CN 101023391 A, 2007. 08. 22, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

W02010/055350 EN 2010. 05. 20

审查员 代云丽

(73) 专利权人 剑桥企业有限公司

地址 英国剑桥

(72) 发明人 尼尔·柯林斯 威廉·克劳斯兰德

莫拉·M·莱德蒙德 约翰·R·摩尔

大卫·纽吉特 布莱恩·罗伯逊

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.

G02F 1/31 (2006. 01)

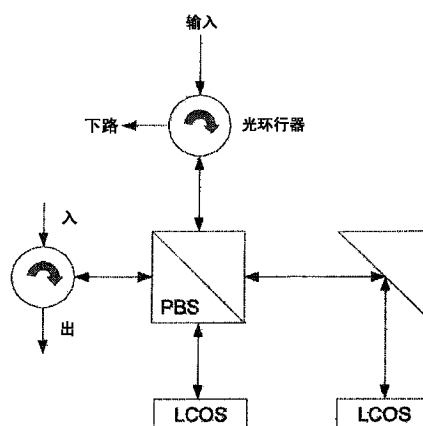
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

光束控制装置、方法及光分插复用器

(57) 摘要

本发明涉及光束控制。描述了一种光束控制装置, 包括: 分光器, 布置为将光束至少分离成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分, 所述第一极化与第二极化实质上相互正交; 第一液晶设备区域, 布置为接收所述第一部分并且具有实质上与所述第一极化对准的指向矢取向; 及第二液晶设备区域, 布置为接收所述第二部分并且具有实质上与所述第二极化对准的指向矢取向。



1. 一种光束控制装置,包括:

分光器,布置为将光束至少分离成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分,所述第一极化与第二极化实质上相互正交;

第一液晶设备区域,布置为接收所述第一部分并且具有实质上与所述第一极化对准的指向矢取向;及

第二液晶设备区域,布置为接收所述第二部分并且具有实质上与所述第二极化对准的指向矢取向;

其中所述第一和第二液晶设备区域中的每一个都包括向列液晶;所述光束控制装置被配置为允许通过所述第一和第二液晶设备区域中的每一个所包括的向列液晶的平面以外切换,控制来自所述第一和第二液晶设备区域的光反射。

2. 根据权利要求1所述的光束控制装置,其中所述第一液晶设备区域和第二液晶设备区域集成为单一的硅基液晶元件。

3. 根据权利要求1或2所述的光束控制装置,进一步包括至少一个大孔径光环行器,所述大孔径光环行器布置为将光传输至所述分光器并从所述分光器接收光。

4. 一种包括前述权利要求中任一项所述的光束控制装置的光分插复用器。

5. 一种光束控制装置,包括:

分光器,布置为将光束至少分成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分,所述第一极化和第二极化实质上相互正交;

第一液晶设备区域,具有第一指向矢取向和布置为接收所述第一部分的第一表面区域;及

第二液晶设备区域,具有第二指向矢取向和布置为接收所述第二部分的第二表面区域;其中

所述第一液晶设备区域布置为使得所述第一部分的极化在入射到所述第一表面区域上时与所述第一指向矢取向成第一角度,

所述第二液晶设备区域布置为使得所述第二部分的极化在入射到所述第二表面区域上时与所述第二指向矢取向成第二角度,并且

所述第一角度和第二角度之一实质上为+45度并且所述第一角度和第二角度中的另一个实质上为-45度;

其中所述第一和第二液晶设备区域中的每一个都包括向列液晶;所述光束控制装置被配置为允许通过所述第一和第二液晶设备区域中的每一个所包括的向列液晶的平面以外切换,控制来自所述第一和第二液晶设备区域的光反射。

6. 根据权利要求5所述的装置,其中所述第一指向矢取向和第二指向矢取向实质上彼此对准。

7. 根据权利要求5或6所述的光束控制装置,其中所述第一液晶设备区域和第二液晶设备区域集成为单一的硅基液晶元件。

8. 根据权利要求5或6所述的光束控制装置,进一步包括至少一个大孔径光环行器,所述大孔径光环行器布置为将光传输至所述分光器并从所述分光器接收光。

9. 一种光束控制方法,包括:

将光束至少分成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分,所述第一极化

和第二极化实质上相互正交；

传输所述第一部分，使得所述第一部分的极化在入射到第一表面区域上时与第一指向矢取向成第一角度，第一液晶设备区域具有所述第一指向矢取向和所述第一表面区域；

传输所述第二部分，使得所述第二部分的极化在入射到第二表面区域上时与第二指向矢取向成第二角度，第二液晶设备区域具有所述第二指向矢取向和所述第二表面区域，其中

所述第一角度和第二角度的幅度实质上相等；

其中所述第一和第二液晶设备区域中的每一个都包括向列液晶；所述光束控制方法包括控制第一和第二液晶设备区域中的每一个所包括的向列液晶的平面以外切换；所述平面以外切换控制来自所述第一和第二液晶设备区域的光反射。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中所述第一角度和第二角度的符号相反。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其中所述第一角度和第二角度中的一个实质上为 +45 度而所述第一角度和第二角度中的另一个实质上为一 45 度。

光束控制装置、方法及光分插复用器

技术领域

[0001] 本申请一般地涉及光束控制装置、包括光束控制装置的光分插复用器、用于光束控制的液晶设备,以及制造用于光束控制的液晶设备的方法。更特别地,本发明可涉及极化(polarisation)分集可重配置光分插复用器(ROADM)。

背景技术

[0002] 在电信通信系统中,进入设备的输入的光可具有任何可能的极化状态并且其可以随时间变化。如果这种光被路由通过设备,优选的是出现在输出端口的光具有不取决于输入极化状态的幅度。

[0003] 为了允许对已调制信号进行操作,设备或系统优选地对极化进行特别处理,即匹配不同极化的光束路径以允许在不干扰不同极化的光束之间的相对极化的情况下操作。例如,极化不敏感的相位调制可确保受控或被路由的输出光束的强度实质上不受输入光束的极化状态影响。特别地,极化不敏感的相位调制可提供已知的、最低的及/或与时间无关的插入损耗。

[0004] 光学设备或系统可使用液晶(LC)。显示出向列或铁电 LC 相的材料中的液晶态分子通常为棒状。这种 LC 分子在任何点的周围的优选取向的方向可用 n (一个无量纲的单位向量) 表示,其中 n 和 $-n$ 完全相等。换句话说,LC 设备具有可认为是一个箭头的液晶指向矢(director),其表示液晶材料中的液晶态分子的平均优选取向。箭头的两个方向(相隔 180 度)是相等的。

[0005] 铁电液晶态(Sc^*)材料在硅基液晶(LCOS)设备的平面内发生大量切换。当电场应用到这种设备上时,指向矢改变其位于该设备平面内的取向。像素阵列切换使得围绕指向矢锥(director cone)取两个相对位置中的一个,产生(在一定条件下)具有 0 和 π 的双相位等级的阵列。这种双相位阵列在设备输出平面中产生衍射峰,包括第一级(路由)峰及导致能量损耗及潜在串扰的不想要的较高对称级。使用这种效应的设备的损耗将不取决于输入极化状态,即它是极化不敏感的,但将取决于 LC 层厚度及切换角。

[0006] LC 可提供在硅基液晶(LCOS)设备内,所述设备具有位于涂覆着反射层的硅基板上的液晶态材料。可以控制施加到这种反射基板的 LC 以允许光被反射或阻挡。特别地,LCOS 可包括具有覆盖着 LC 的反射涂层(例如包括铝)的硅 CMOS 芯片,以及覆盖 LC 的玻璃。

[0007] 光束控制领域仍需要进行改善,例如需要减小的插入损耗及/或极化不敏感性的需求。

[0008] 为了用于理解本发明,参考以下文献:

[0009] - "High information-content projection display based on reflective LC-on-silicon light valves", R. L. Melcher, M. Ohhata, K. Enami, J. SID 6/4(1998) 第 253-256 页)。

[0010] - "Semiconductor manufacturing techniques for ferroelectric liquid

- crystal microdisplays", M. Handschy, Solid State Technology, 2000 年 5 月, 151-161。
- [0011] " The Silicon Backplane Design for an LCOS Polarization-Insensitive Phase Hologram SLM ", Moore, J. R. ;Collings, N. ;Crossland 等 ;IEEE Photonics Tehnology Letters, 第 20 卷, 第 1 期, 2008 年 1 月 1 日, 第 60-62 页。
- [0012] J. Ertel 等 " Design and performance of a reconfigurable liquid crystal based optical add/drop multiplexer ", JLT 24(4) (2006), 第 1674-80 页。
- [0013] -J. M. Roth 等 ., " Large-aperture wide field of view optical circulators ", IEEEPTL 17(10) (2005), 第 2128-30 页。
- [0014] -US6,760,149 " Compensation of Polarisation Dependent Loss ", 8/7/02, Nortel Networks LTD
- [0015] -US6,807,371 " Reconfigurable Add-Drop Multiplexer ", 27/11/00, Nortel Networks LTD
- [0016] -US2003/0161567 " Tunable Wavelength Multiplexer ", 28/2/02, Engana PTY LTD
- [0017] -US2003/0210727 " Narrowband Filter Method and Apparatus ", 7/5/02, Engana PTYLTD
- [0018] -US7,092,599 " Wavelength Manipulation System and Method ", 12/11/03, Engana PTY LTD
- [0019] -US2005/0100277 " Wavelength Manipulation System and Method ", 12/11/03, Engana PTYLTD
- [0020] -US2005/0276537 " Dual-Source Optical Wavelength Processor ", 14/6/04, Engana PTYLTD
- [0021] -W02006/034533 " Wavelength Selective Reconfigurable Optical Cross-connect ", 23/9/05, Engana PTYLTD
- [0022] -W02006/047834 " Optical Calibration System and Method ", 8/11/04, Engana PTYLTD.
- [0023] -Dynamic digital holographic wavelength filtering ;Parker, M. C. Cohen, A. D. Mears, R.J. ;Fujitsu Telecommun. Europe Ltd. Res. , Colchester ;Joumal of Lightwave Technology, Publication Date :1998 年 7 月, 16 卷, 第 7 期, 第 1259-1270 页
- [0024] -Holographic optical switching :the " ROSES " demonstrator ;Crossland, W. A. , Manolis, I. G. , Redmond, M. M. 等 . ;Joumal of Lightwave Technology, 18(12). 第 1845-1854 页 . ISSN 0733-8724
- [0025] -100-GHz-resolution dynamic holographic channel management for WDM ;Cohen, A. D. ;Parker, M. C ;Mears, R.J. IEEE Photonics Technology Letters, 第 11 卷, 第 7 期, 1999 年 7 月, 第 851-853 页
- [0026] -Design and performance of a versatile holographic liquid-crystal wavelength-selective optical switch ;Fracasso, B. ;de Bougrenet de la Tocnaye, J. L. ;Razzak, M. ;Uche, C. ;Journal of Lightwave Tecgnology, 第 21 卷, 第 10 期, 2003 年 10 月, 第 2405-2411 页

- [0027] -A polymer-dispersed liquid crystal-based dynamic gain equalizer; Barge, M. ; Battarel, D. ; de la Tochnaye, J. Ld. B. ; Journal of Lightwave Technology, 第 23 卷, 第 8 期, 2005 年 8 月, 第 2531-2541 页
- [0028] -Reconfigurable free-space optical cores for storage area networks Wilkinson, T. D. ; Crossland, B. ; Collings, N. ; Fan Zhang ; Fan, M. ; IEEE Communications Magazine, 第 43 卷, 第 3 期, 2005 年 3 月, 第 93-99 页
- [0029] -Dynamic WDM equalizer using opto-VLSI beam processing; S. Ahderom ; M. Raisi ; K. E. Alameh ; K. Eshraghian ; IEEE Photonics Technology Letters, 第 15 卷, 第 11 期, 2003 年 11 月, 第 1603-1605 页
- [0030] -Dynamic holographic spectral equalization for WDM; M. C. Parker ; A. D. Cohen ; R. J. Mears ; IEEE Photonics Technology Letters, 第 9 卷, 第 4 期, 1997 年 4 月, 第 529-531 页
- [0031] US2002131702 " Combined multiplexer and demultiplexer for optical communication systems", Morey William W ; Chen Ray T ; Fluisar Corporation.
- [0032] -US2004136071 " Diffractive optics assembly in an optical signal multiplexer/demultiplexer", Morey William W ; Deng Xuegong ; Chen Ray T.
- [0033] -Reflective liquid crystal wavefront corrector used with tilt incidence; Zhaoliang Cao, Quanquan Mu, 等, Applied Optics, 第 47 卷, 第 11 期, 第 1785-1789 页
- [0034] -Design and performance of a reconfigurable liquid-crystal-based optical add/drop multiplexer; Ertel, J. ; Helbing, R. ; Hoke, C ; Landolt, O. ; Nishimura, K. ; Robrish, P. ; Trutna, R. ; Journal of Lightwave Technology ; 第 24 卷, 第 4 期, 2006 年 4 月, 第 1674-1680 页
- [0035] Five-channel surface-normal wavelength-division demultiplexer using substrate-guided waves in conjunction with a polymer-based Littrow hologram, Maggie M. Li, Ray T Chen, Optics Letter, 1/4/95, 第 20 卷, 第 7 期, 第 797 页
- [0036] -Large-aperture wide field of view optical circulators; Roth, J. M. ; Bland, R. E. ; Libby, S. I. ; IEEE Photonics Technology Letters 第 17 卷, 第 10 期, 2005 年 10 月, 第 2128-2130 页

发明内容

[0037] 根据本发明的第一方面, 提供一种光束控制装置, 包括: 分光器, 布置为将光束至少分离成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分, 所述第一极化与第二极化实质上相互正交; 第一液晶设备区域, 布置为接收所述第一部分并且具有实质上与所述第一极化对准的指向矢取向; 及第二液晶设备区域, 布置为接收所述第二部分并且具有实质上与所述第二极化对准的指向矢取向。

[0038] 所述第一及第二液晶设备区域可集成为一个单一的硅基液晶 (LCOS) 元件或设备, 或者可提供在分离的 LCOS 设备中。另外, 所述区域的一个或两者 可包括向列液晶。

[0039] 设备 / 元件的液晶设备区域可分成两个、三个或更多的集成区域, 相邻的区域具

有相互正交的指向矢取向。更精确地,单一的 LCOS 设备 / 元件可包括集成到设备 / 元件的多个 LC 区域,所述多个 LC 区域包括上述第一及第二 LC 区域以及至少一个另一 LC 区域,所述区域的每一个邻近至少一个其他区域,其中每对邻近区域中的区域具有相互正交指向矢取向。例如,区域可布置成一行具有交替指向矢取向的区域,或布置为一阵列,其中以棋盘格形式交替排列所述指向矢取向。邻近区域可直接相邻。

[0040] 所述光束控制装置可进一步包括至少一个大孔径光环行器,所述环行器允许将光传输至所述分光器并从所述分光器接收光。

[0041] 在另一方面,提供了一种包括上述光束控制装置的光分插复用器。因此,上述光束控制装置可在诸如可重配置光分插复用器 (OADM) (ROADM) 的 OADM 内实施。(任何在此涉及的 OADM 包含 ROADM)。例如,本发明一个实施例中的所述或每个在 ROADM 中实施的 LCOS 可由电信号远程控制。OADM 可缩放为具有例如 40-80 个口,包括本发明的多种实现方式。

[0042] 根据本发明的第二方面,提供了一种用于光束控制的液晶设备,包括:第一液晶区域;及第二液晶区域,其中所述第一和第二液晶区域具有实质上相互正交的指向矢取向。

[0043] 这种设备可提供一种在多种应用中方便地实现极化不敏感的光束处理的元件,所述应用例如是在 OADM 或在视频显示设备,特别是在光束被分成正交极化的情况下执行光束控制。

[0044] 设备的所述第一和第二区域可集成为一个单一 LCOS 或可提供在独立的相应 LCOS 设备中。另外,所述区域的一个或两者可包括向列液晶。

[0045] 设备的所述第一和第二液晶区域中的至少一个可包括位于 LCOS 上的材料层,所述材料层用于确定指向矢取向。合适的材料可以为氧化硅,例如 SiO_2 。

[0046] 多个上述设备可以在阵列中实现。换句话说,所述设备的阵列或矩阵(每个设备具有所述第一和第二液晶区域)可提供在单一光束控制装置内。

[0047] 根据本发明的第三方面,提供一种制造用于光束控制的液晶设备的方法,所述液晶包括具有第一指向矢取向的第一液晶区域和具有第二指向矢取向的第二液晶区域,该方法包括:处理所述液晶设备的所述第一液晶区域以具有所述第一指向矢取向的步骤,其中所述第一指向矢取向与所述液晶设备的所述第二液晶区域的所述第二指向矢取向实质上相互正交。

[0048] 所述方法可进一步包括处理所述设备的第二液晶区域以具有所述第二指向矢取向的步骤。该第二步骤是否必需可取决于原始 LC 是否具有已知指向矢取向。

[0049] 所述第一和第二步骤可包括材料层(例如 SiO_x 或 SiO_2 , 如上所述)沉积、研磨(rubbing)和光控对准(photoalignment)中的至少一个。例如,所述沉积之后可进行研磨或光控对准。更详细地,所述沉积可包括蒸发、印刷或旋转涂布,并且所述材料层可沉积在 LCOS 的反射涂层的顶部。

[0050] 根据本发明的第四方面,提供一种光束控制装置,包括:分光器,布置为将光束至少分成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分,所述第一极化和第二极化实质上相互正交;第一液晶设备区域,具有第一指向矢取向和布置为接收所述第一部分的第一表面区域;及第二液晶设备区域,具有第二指向矢取向和布置为接收所述第二部分的第二表面区域;其中所述第一液晶设备区域布置为使得所述第一部分的极化在所述第一部分入射到所述第一表面区域上时与所述第一指向矢取向成第一角度,所述第二液晶设备区域

布置为使得所述第二部分的极化在所述第二部分入射到所述第二表面区域上时与所述第二指向矢取向成第二角度,并且所述第一角度和第二角度之一实质上为 +45 度并且所述第一角度和第二角度中的另一个实质上为 -45 度。

[0051] 因此,例如,光束可分成两个相互正交部分,其平行入射到具有单一指向矢取向的单一 LCOS 上。当所述正交光束部分入射到 LCOS 上时,平行于所述指向矢取向并且垂直于所述设备平面的平面可平分由这些部分限定的大约 90 度的角。两个入射光束中任一个经历的有效折射率可取决于该光束的电场矢量的相对取向(由极化状态确定)以及所述设备内对准的 LC 材料的光学指标。指向矢在 LCOS 设备平面上的投影可以为与第一入射光束部分的极化成 +45 度,并且指向矢在 LCOS 设备平面上的投影可以为与第二入射光束部分的极化成 -45 度。

[0052] 因此,一个实施例可布置为使得第一及第二角度中的一个大约为 +45 度并且所述角度的另一个大约为 -45 度。此外,尽管有利的是所述角度大小相等,该幅度可并非必须为正好 45 度,虽然这种角度可能产生最小的插入损耗。

[0053] 根据第四方面的装置的第一和第二液晶区域取向可包括向列液晶。因此,可开发向列 LC 的特性,例如在 LC 设备的平面外切换,从而允许模拟相位控制并减小插入损耗。

[0054] 另外,那些区域的所述第一和第二指向矢取向可实质上彼此对准。如果例如第一和第二液晶区域集成为以单一 LCOS 时,这尤其如此。

[0055] 第四方面的装置可进一步包括至少一个大孔径光环行器,其布置为将光传输至所述分光器并从上接收光。如果装置用于规模化设备中时,这可能特别有利,所述设备具有对应于波分复用(WDM)系统中的多个(例如 80 个)波长端口的高密度光束控制元件。

[0056] 根据本发明的第五方面,提供一种光束控制的方法,包括:将光束至少分成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分,所述第一极化和第二极化实质上相互正交;传输所述第一部分,使得所述第一部分的极化在入射到第一表面区域上时与第一指向矢取向成第一角度,第一液晶设备区域具有所述第一指向矢取向和所述第一表面区域;传输所述第二部分,使得所述第二部分的极化在入射到第二表面区域上时与第二指向矢取向成第二角度,第二液晶设备区域具有所述第二指向矢取向和所述第二表面区域,其中所述第一角度和第二角度的幅度实质上相等。

[0057] 在第五方面,所述第一及第二角度的符号可相反。更特别地,第一及第二角度中的一个可大约为 +45 度而另一个角度大约为 -45 度。

[0058] 根据其他方面,本发明对上述的装置、设备及根据上述方法制成的装置、包括上述装置或设备的系统,或使用上述方法实现的系统中的每一个提供相应的方法。

[0059] 优选的实施例在所附从属权利要求中进行了限定。

附图说明

[0060] 为了更好地理解本发明并且为了示出如何应用本发明,现在可通过示例的方式参考附图,其中:

[0061] 图 1 示出应用两个 LCOS 方案的第一个实施例;

[0062] 图 2 示出应用单个 LCOS 方案的第二个实施例;

[0063] 图 3 示出第三个实施例,其中单一 LCOS 被分成具有正交指向矢取向的两个区域;

以及

[0064] 图 4 示出第四个实施例,其中单一 LCOS 始终具有实质上相同的指向矢取向。

具体实施方式

[0065] 在此描述的实施例适用于光束控制。这种控制可包含,例如,选择性波长切换,例如在光分插复用器中。

[0066] 本发明的任何实施例的任何实现方式中的任何光束的极化可在庞加莱(Poincare)球上的任意一点处,例如,可为线性或圆形的。

[0067] 在任何以下描述的实施例中,输入光可被分成(例如,使用极化束分光器(PBS))两个相互正交分量,其在空间采取分离的路径直至在所述分量上执行切换为止。也就是说,在切换之前分量可不再重新组合。因为,总体上,不论输入极化状态是什么,它总是能由两个相互正交的线性极化状态而表示,用这样的方式将入射光分成两个分量可意味着无理论上的损耗。如果入射光束的极化改变,可简单地以两个入射光束之间不同比例来耦合光,即一个光束的损耗为另一个光束的增益。如果两个光束观察到相同的相位调制(相位调制可将光束路由至输出端口),那么设备可变得极化不敏感。因此,在此描述的任何实施例可提供一种极化不敏感的相位调制方法。

[0068] 在本发明的实施例中,可通过以下来改进极化不敏感度:

[0069] (a) 在相同设备的两个不同区域内,或在两个设备之间旋转指向矢(而不是极化方向)从而两个光束观察到相同的折射率形状(profile)。因此,LCOS 可分成带有实质上正交的指向矢取向的两个区域。这可通过沉积材料层例如 SiO_x (例如 SiO_2) 而达到,并且沉积可伴随例如研磨或光控对准技术。沉积可包含蒸发、印刷或旋转涂布。材料层可沉积在 LCOS 折射涂层之上。

[0070] (b) 确定两个分量的取向从而它们的极化状态关于指向矢形成相同的非零角度(例如,实质上 45 度,角度可在符号上相反)。例如提供 LCOS,其分为两个区域但始终具有相同的指向矢取向。可在一个 LCOS 中或分别在相应的 LCOS 中提供两个区域。两个输入极化状态的取向可为固定的,从而它们以实质上 45 度的角度到达指向矢的任一侧。

[0071] 单一 LCOS 方案可减少在规模化设备中的成本,例如,具有例如 40-80 个端口的 OADM。

[0072] 如果更多相位等级是可用的,则可减少不想要的级数、损耗和串扰。然而,很难通过使用在设备的平面中切换的 LC 材料来实现这一点。如果指向矢倾斜入设备,则更多的相位等级是可能的。在这种情况下,可能不能保证极化不敏感相位调制,并且需采取一些步骤以确保极化不敏感操作。一种想法是引进四分之一波片。特别有利地,根据任何在此描述的实施例的本发明使用向列液晶。

[0073] 向列液晶(LC)材料可在 LC 设备的平面以外切换。因此,当这种向列液晶的指向矢不与光束的极化对准时,光束观察到通常的 LC 折射率($n_{\perp}$)。而且,施加至向列 LC 的电场可以模拟形式使指向矢倾斜到设备的平面之外,从而实现模拟相位等级。这可,例如,允许将闪耀(blazed)的相位形状写入设备。这种相位形状可使用于控制输出光束至输出端口,而不产生第二级和更高级的点。

[0074] 但是,由于向列液晶通常为光学各向异性的(通常为单轴的),由入射光线的电场

矢量所经历的折射率可取决于关于光轴的电场矢量取向。在这样的情况中,液晶设备不是极化不敏感的。因此,有利的是应用确保极化不敏感性的方法。可控制入射束的极化状态从而二者可观察到相同的折射率(优选为 n_{11} ,以确保最大的相位深度)(‘11’指平行于指向矢)。

[0075] 本发明的第一个实施例使用两个 LCOS 方案,例如在两个设备之间旋转指向矢,每个设备具有 LCOS 区域,从而如上述中光的两束可观察到相同的折射率形状。这样的实施例显示于图 1 中。

[0076] 在第一个实施例(或任一本发明的其他实施例)的任一或两个 LC 区域中的指向矢旋转可通过沉积(例如,蒸发)来完成,这可伴随以研磨对准和/或光控对准。这些技术的任一种可使制作更容易。特别的,沉积可包含蒸发、印刷或旋转涂布。

[0077] 如图 1 进一步显示,可在切换之前执行波长分离。输入光可分离为具有正交极化状态的两束。将每束导向它自己的 LCOS 设备。LCOS 设备具有实质上相互正交的排列方向。选择光的极化取向状态和在 LCOS 中的排列方向以使二者实质上在每个 LCOS 处平行,从而两个光束实质上地观察到显示的整个深度的相位调制图案。如果两个极化实质上地观察到相同的相位形状,设备可以是极化不敏感的。

[0078] 如果输入光束没有被分离为正交极化状态的两束,可能需要使用在设备中集成的四分之一波片(通常地,双折射水晶)以旋转反射的入射光束的极化状态。可能需要这样做来确保所有的极化状态在穿过设备时经历相同的净折射率形状并且因此经历相同的相位延迟。这种波片可对设备响应时间或分辨率引入限制。因此,第一实施例可增加了可用电场,其可应用至 LC 层,不通过使用四分之一波片以确保极化不敏感性。这种波片可进一步对设备响应时间或分辨率引入限制。

[0079] 特别地,在 LCOS 结构中(例如包含硅 CMOS 像素、液晶和玻璃)插入四分之一波片可能要求直接在像素之上提供波片。这可具有副作用,例如波片上的电压降减少了至 LC 的电压,和/或场传播。

[0080] 例如图 1 的实施例,可进一步使用大孔径光环行器。在分离来自多个信道的波长时大孔径光环行器是有利的,由于它可使得避免在本发明实施例的 PBS 上的损耗。

[0081] 合适的环行器可在论文 M. Roth 等的“Large-aperture wide field of view optical circulators”, IEEE PTL 17(10) (2005),第 2128-30 页中得到描述。依据此论文的摘要,描述了用于在 $1.55\mu\text{m}$ 处大孔径取向束分离的自由空间光环行器。设备使用非磁的法拉第旋转器和聚合物真零阶波片以产生 11mm 的清楚孔径,高至 $100\text{W}/\text{cm}^2$ 的高能处理,以及 $\pm 10^\circ$ 的视场。对可用于本发明的实施例的大孔径环行器的更完整的描述可参考上述整篇文章。

[0082] 上述实施例同样可使用单个 LCOS 来实现,其中处理 LCOS 以具有两个液晶区域。类似地,在本发明的进一步实施例中,如图 2-4 所示,可使用单个或多个 LCOS。

[0083] 例如,如显示于图 2 中的第二实施例使用单个 LCOS 方案。在这种情况下,LCOS 可分为带有正交指向矢取向的两个区域,或 LCOS 整体可具有相同的取向但两个入射极化状态的取向得到旋转,例如,从而每个入射极化状态的取向以相同的非零角度(例如,45 度)到达指向矢的任一侧。

[0084] 图 1 和图 2 示出了使用具有正交排列液晶指向矢的液晶设备(作为两个 LCOS 设

备,或单个带有两个分离区域的 LCOS 设备,其中,两个分离区域具有正交排列的液晶指向矢)实现极化不敏感光束控制系统的两个可能方法。使用正交排列 LC 指向矢的想法通常对使用相位调制的任何液晶设备都适用,例如闪耀光栅,如在本说明书后面参考闪耀相位形状时所提到。所述 / 每个液晶设备包含多个像素和 / 或可为相位调制液晶设备,例如全息图或光栅,例如闪耀光栅。

[0085] 在如图 3 所示的第三个实施例中,正交极化指向不同区域,例如单一 LCOS 设备的一半。设备可被处理为针对区域的 LC 指向矢具有实质上相互正交的排列。

[0086] 例如,可以下面方式通过图 3 的实施例修改输入光的相位:

[0087] (1) 输入光纤端口引导光通过成像光学器件,使得其形成平面相前(planar phase front)。

[0088] (2) 该相前通过极化光束分光器使得其被分成两个相互正交极化状态的光束。

[0089] (3) 光束被引导至 LCOS 设备的不同区域。所述 LCOS 设备包含均匀排列的向列 LC 材料。

[0090] (4) LCOS 设备被分成两个尺寸相等的区域。在这两个区域中引入的对准处理作用为确保 LC 指向矢相互正交,即,区域 1 的指向矢与区域 2 的指向矢正交。这可例如通过以合适的掩膜蒸发 SiO_x (例如 SiO_2) 获得。

[0091] (5) 两个入射到 LCOS 上的光束的极化状态相互正交并且被引导至 LCOS 设备合适的半部分,使得每一个极化可‘观察到’相同的相位形状(参考图 2)。以这样的方式,两个光束可观察到旋转 LC 指向矢在寻址电场作用下的整个潜在相位调制深度。

[0092] (6) 如果两个极化‘观察到’相同的相位形状,那么设备可以是极化不敏感的。

[0093] (7) LCOS 相位形状最简单的采取衍射光栅的形式,并且最复杂时采取全息阵列的形式。该相位形状用于控制光到达所选的输出端口,或者将光分离到多于一个的输出端口。

[0094] (8) LCOS 设备使用相位形状以将光偏转到合适的输出端口。

[0095] (9) 光束到达输出端口之前,已重组两个极化状态。

[0096] 在诸如图 4 所示的实施例中,光可分成两个实质上相互正交的极化状态(P1, P2)并且这些状态可被排列以使得它们以大约 45 度的角度到达材料,例如如上(b)所述。如果两个分量的极化状态位于相对于液晶指向矢的同一角度(尽管符号相反),每个电场矢量可经历相同的潜在相位调制深度。特别地,对于两个相互正交的入射极化状态,该技术可允许只有平行于指向矢在入射平面上的投影的电场矢量的分量实际上观察到相位形状。这种实施例可例如具有 3dB 的固定损耗。

[0097] 因此,在第四实施例中,两个光束的极化状态有利地相互正交并且位于与液晶指向矢成大约 45 度的角度,所述角度具有彼此相反的符号。这种实施例可允许设备变成极化不敏感。

[0098] 在第四实施例中,分光器可将光束至少分成具有第一极化的第一部分和具有第二极化的第二部分,所述第一及第二极化实质上相互正交。具有第一指向矢取向的第一液晶设备区域可接收第一部分,相似的,具有第二指向矢取向的第二液晶设备区域可接收第二部分。特别地,第一及第二指向矢取向可实质上对准。另外,第一极化可与实质上与所述指向矢取向对准的平面成第一角度,第二极化与该平面成第二角度。以这样的方式,第一和第二角度可实质上相等并具有相反的符号,例如一个角度大约为 +45 度而另一个角度大约

为 -45 度。

[0099] 因此,实质上与所述第一及第二指向矢取向对准的平面可平分由第一和第二光束部分限定的入射角度,以将相同的角度延伸至这些部分的每一个,虽然符号相反。

[0100] 特别地,可以下面方式通过如图 4 所示的第四实施例修改入射光的相位。

[0101] (1) 输入光纤端口引导光通过成像光学器件,使得其形成平面相前。

[0102] (2) 该平面相前通过极化光束分光器,使得其被分成两个相互正交极化状态的光束。

[0103] (3) 光束被引导至 LCOS 设备的不同区域。所述 LCOS 设备包含均匀排列的向列 LC 材料,均具有单一指向矢取向。LCOS 设备被分成两个尺寸相等的区域。

[0104] (4) LCOS 设备内的液晶指向矢的取向及从极化光束分光器发射的两个正交极化状态的取向相对于彼此固定,使得两个极化状态的电场矢量均与光轴形成相同角度,即 45 度。

[0105] (5) 以这样的方式,两个光束观察到相同的有效折射率以及旋转 LC 指向矢在寻址电场作用下的相同的相位调制深度。

[0106] (6) 由于两个极化‘观察到’相同的相位平面,那么设备可以为极化不敏感的(然而,该技术带来下面所示的 3dB 的固定损耗)。

[0107] (7) LCOS 相位形状最简单的采取衍射光栅的形式,并且最复杂时采取全息阵列的形式。该相位形状用于控制光到达所选的输出端口,或者将光分离到多于一个的输出端口。

[0108] (8) 光束到达输出端口之前,已重组两个极化状态。

[0109] 如上关于第一实施例所述,第二至第四实施例可相似地不需要四分之一波片以确保极化不敏感性并且因此向列设备的速度和分辨率可保持最佳。当只使用一个 LCOS 时,与两个 LCOS 方案相比可降低成本。此外,光学损耗可降低。

[0110] 进一步相似地,在第二至第四实施例中可使用研磨对准、沉积及 / 或光控对准以使得制造更简单。

[0111] 本发明的任何实施例的剩余损耗可通过使用放大设备补偿。备选地,任何光损耗可用于分波,监控信号及用于其它目的。

[0112] 为了进一步在在此所述的任何实施例中改善极化的处理,一个其它元件可加入分离光束的一个或两者的路径中,所述元件具有合适的形状(例如矩形)以确保光学匹配路径长度。这种元件可例如为玻璃棱镜。

[0113] 此外,在上述实施例中的任一个中,在光束分光器(例如 PBS)和 LCOS 元件之间没有物理间隔。

[0114] 上述实施例中的任一个可在光分插复用器(OADM)内实施,诸如可重配置 OADM(ROADM)。任何这种 OADM 可缩放为以例如 40,60 或 80 个的多个输入及输出端口来实施本发明的实施例。

[0115] 毫无疑问,对技术人员来说将存在本发明的许多其他有效备选实施例。应当理解本发明不限于所述的实施例,并且包含位于在此随附的权利要求的精神和范围内的对本领域技术人员来说显然的修改。

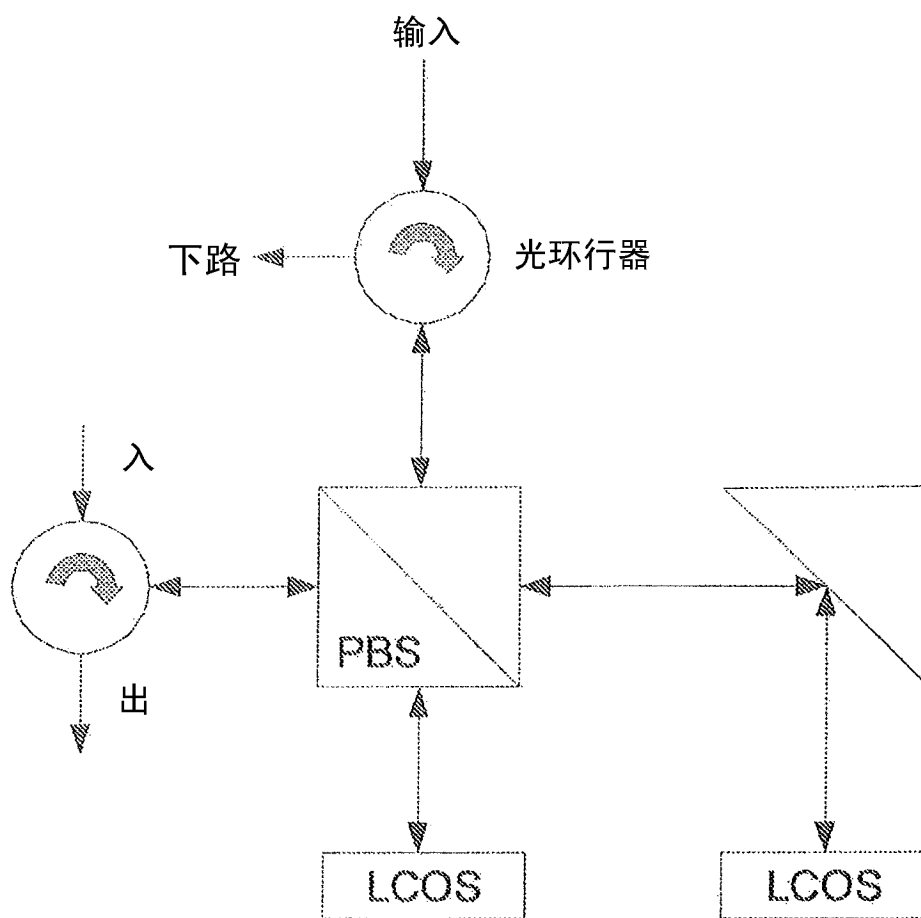


图 1

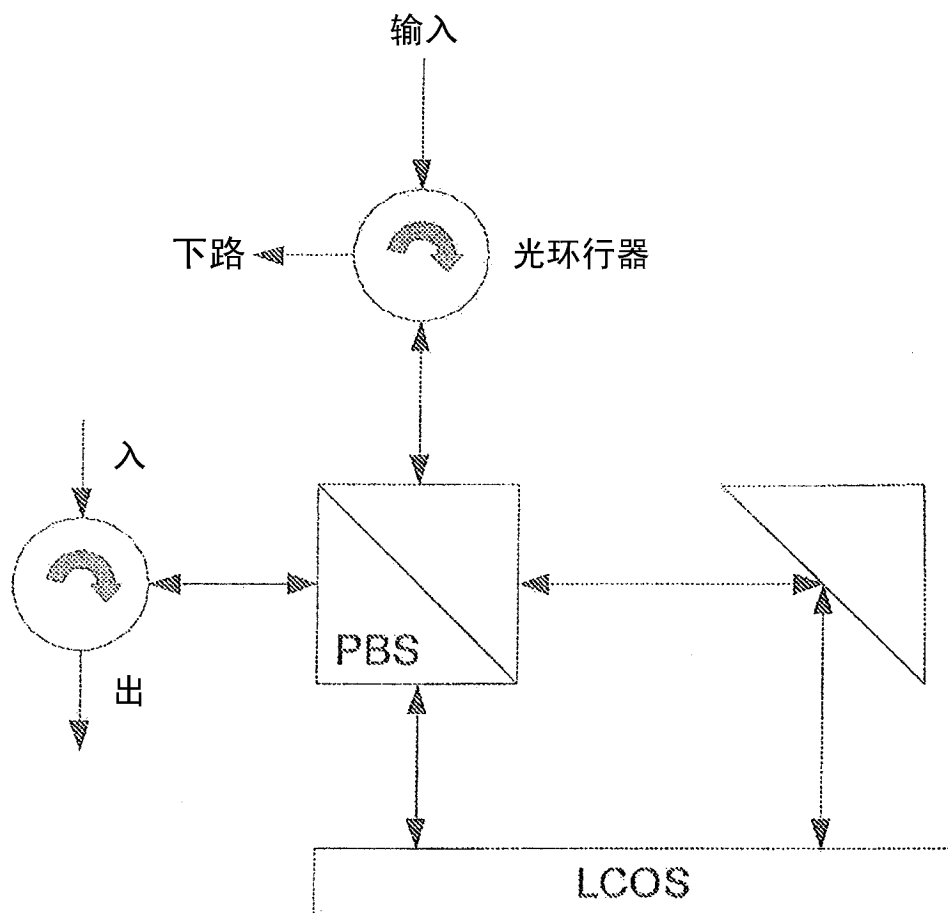
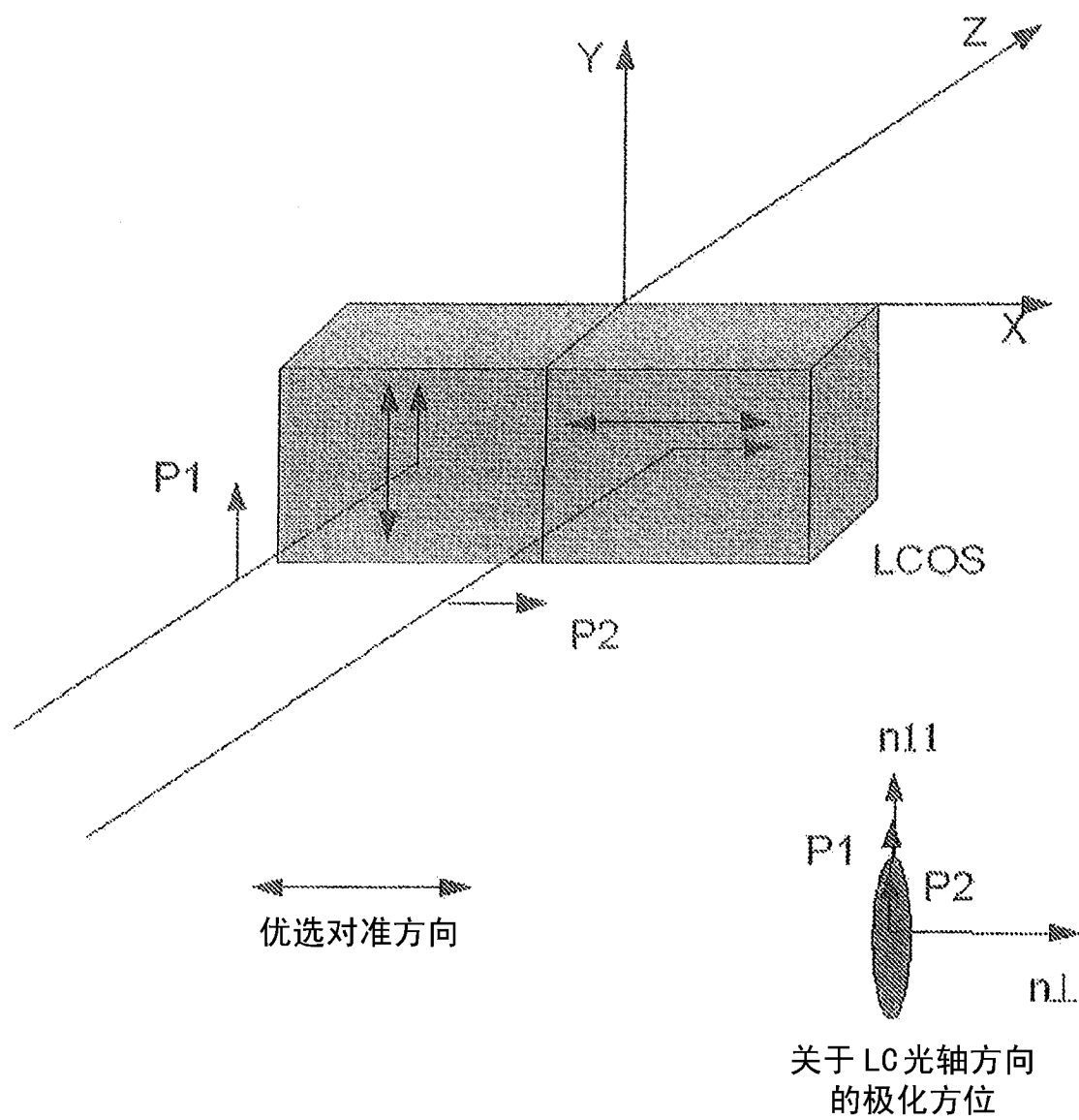


图 2



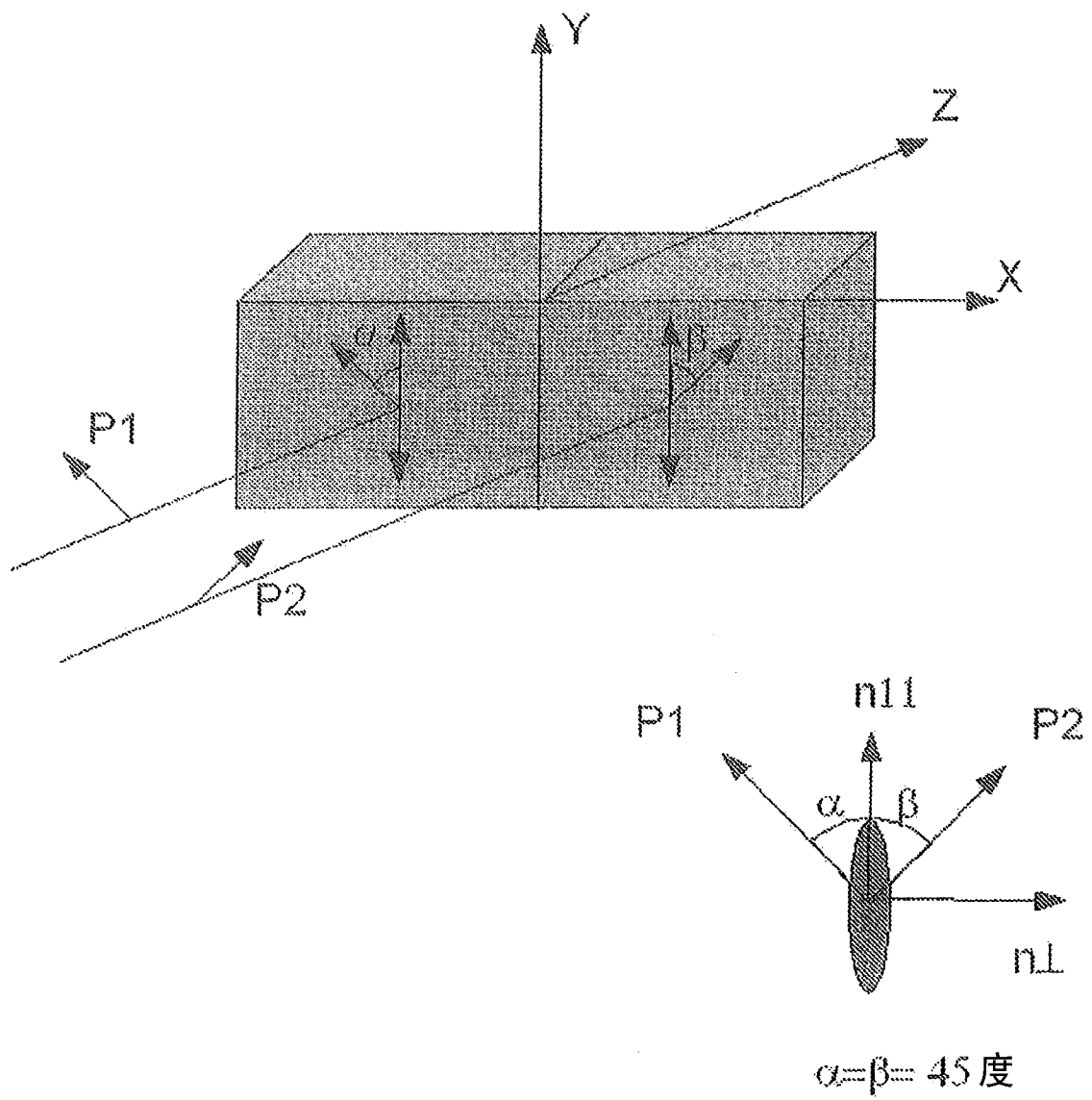


图 4