



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105229499 B

(45)授权公告日 2018.12.04

(21)申请号 201480014114.X

(22)申请日 2014.03.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105229499 A

(43)申请公布日 2016.01.06

(30)优先权数据
61/779304 2013.03.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.09.11

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/021680 2014.03.07

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/159045 EN 2014.10.02

(73)专利权人 北卡罗莱纳州立大学
地址 美国北卡罗莱纳州.罗利
专利权人 想象光学公司

(72)发明人 M.J.埃斯库蒂 金知焕
R.K.曼杜里 E.克拉克

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 申屠伟进 张懿

(51)Int.Cl.
G02B 5/30(2006.01)

(56)对比文件
US 2002/0093718 A1,2002.07.18,参见说明书第0096-0098段,第0111段,第0164段,图1(A),9-10,25.

US 2012/0188467 A1,2012.07.26,说明书第0015段,第0088段,第0091段,第0095-0096段,第0100段,图1A,2A-2C.

CN 1196802 A,1998.10.21,全文.
CN 2906673 Y,2007.05.30,全文.

审查员 周亚婷

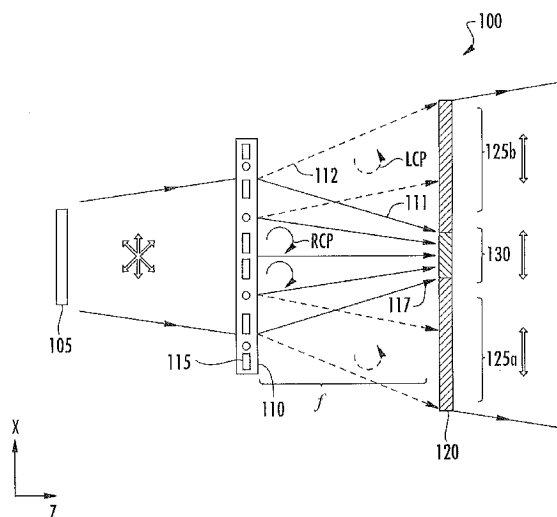
权利要求书2页 说明书15页 附图13页

(54)发明名称

具有几何相位全息图的偏振转换系统

(57)摘要

一种偏振转换系统包括几何相位元件和延迟器元件。几何相位元件具有带有在沿着其表面的至少一个维度上非线性变化的局部光轴取向的光学各向异性。延迟器元件被布置成接收从几何相位元件输出的光。还讨论了有关的系统和方法。



1. 一种偏振转换系统,包括:
几何相位元件,具有在沿着其表面至少一个维度上非线性变化的局部光轴取向;以及
延迟器元件,被布置成接收从所述几何相位元件输出的光,
其中所述几何相位元件被配成将至少部分地非偏振入射光衍射成具有正交偏振状态的第一和第二光束。
2. 权利要求1所述的系统,其中所述几何相位元件的光学各向异性具有沿着其表面的恒定量值。
3. 权利要求2所述的系统,其中所述局部光轴取向限定具有沿着所述几何相位元件的表面变化的周期性的双折射图案。
4. 权利要求3所述的系统,其中所述变化的周期性限定沿着所述几何相位元件的表面的各自的透镜区。
5. 权利要求3所述的系统,其中在所述几何相位元件的中心部分处的周期性大于在所述几何相位元件的边缘部分处的周期性。
6. 权利要求1所述的系统,其中所述局部光轴取向在沿着所述几何相位元件的表面的第一和第二维度上变化。
7. 权利要求1所述的系统,其中所述几何相位元件的表面的区域大于入射光提供的光照的区域。
8. 权利要求7所述的系统,其中所述几何相位元件被布置成直接从非偏振光源接收所述入射光而在其间没有介入透镜元件。
9. 权利要求1所述的系统,其中所述几何相位元件被配置成将所述至少部分地非偏振入射光衍射成具有所述正交偏振状态的第一和第二发散光束。
10. 权利要求9所述的系统,其中所述几何相位元件进一步被配置成使所述第一光束在与其相关联的焦距处聚焦并且使所述第二光束在所述焦距处散焦。
11. 权利要求9所述的系统,其中所述延迟器元件被定位在所述几何相位元件的焦距处或者靠近几何相位元件的焦距,并且被配置成将所述第一和第二光束的正交偏振状态转换成同一偏振状态而基本上不更改其各自的传播方向。
12. 权利要求11所述的系统,其中所述第一和第二光束具有相反旋向性的正交圆偏振状态,并且其中所述延迟器元件被配置成将所述正交圆偏振状态中的每一个转换成同一线偏振状态。
13. 权利要求11所述的系统,其中所述延迟器元件包括在共面布置中并排或同心定位的第一和第二延迟区,其中所述几何相位元件被配置成将所述第一光束导向所述第一延迟区,并且将所述第二光束导向所述第二延迟区。
14. 权利要求13所述的系统,其中所述第一延迟区的区域对应于所述几何相位元件的焦距处的焦斑的区域。
15. 权利要求13所述的系统,其中所述延迟器元件包括四分之一波片,并且其中所述第一和第二延迟区的光轴分开约 90° 。
16. 权利要求4所述的系统,进一步包括:
一个或多个光源,被布置使得从其输出的光入射在所述几何相位元件上,
其中所述光源中的每一个与所述几何相位元件的透镜区之一对齐。

17. 权利要求16所述的系统,其中从各自的透镜区输出的光限定在所述几何相位元件的焦平面处具有同一偏振状态的各自的斑点。

18. 权利要求1所述的系统,进一步包括:

偏振元件,被布置成接收从所述延迟器元件输出的光。

19. 权利要求1所述的系统,进一步包括:

光导,被布置成接收从所述延迟器元件输出的光,并且被配置成保持从表面输出且遍及其体积的光的偏振。

20. 权利要求19所述的系统,其中所述光导包括一个或多个光学结构,所述光学结构被配置成将从所述延迟器元件输出的光导向穿过该光学结构,同时保持其偏振。

21. 权利要求20所述的系统,其中所述光学结构包括棱镜结构、微透镜和/或平面薄膜。

22. 权利要求1所述的系统,进一步包括:

偏振光栅,被布置在所述几何相位元件与所述延迟器元件之间。

23. 权利要求1所述的系统,其中所述延迟器元件是半波延迟器元件,并且进一步包括:

偏振光栅,被定位成接收从所述半波延迟器元件输出的光;以及

四分之一波延迟器元件,被定位成接收从所述偏振光栅输出的光。

24. 权利要求1所述的系统,进一步包括:

透明隔片元件,被定位在所述几何相位元件与所述延迟器元件之间,

其中所述几何相位元件、所述隔片元件和所述延迟器元件被层压以提供单片结构。

25. 权利要求1所述的系统,其中所述延迟器元件包括至少一个手性液晶层。

26. 权利要求25所述的系统,其中所述至少一个手性液晶层包括具有在其各自的厚度内旋转不同扭转角的各自的分子取向的第一和第二手性液晶层,其中所述扭转角中的至少一个非零。

27. 权利要求1所述的系统,其中所述系统被包括在投影仪中,所述投影仪包括:

光源,被配置成提供入射在所述几何相位元件上的至少部分地准直的光;

微显示器,被布置成接收从所述延迟器元件输出的光;以及

投影透镜,被布置成接收从所述微显示器输出的光。

28. 权利要求1所述的系统,其中所述系统被包括在直视型显示器的照明单元中,所述照明单元包括:

发光元件,被配置成提供入射在所述几何相位元件上的非偏振光;以及

波导,被布置成接收从所述延迟器元件输出的光。

29. 权利要求1所述的系统,其中所述系统被包括在电信系统中,所述电信系统包括:

红外光源,被配置成提供入射在所述几何相位元件上的红外光;以及

光纤元件,被配置成接收从所述延迟器元件输出的光。

30. 一种制作偏振转换系统的方法,所述方法包括:

提供具有带有在沿着其表面至少一个维度上非线性变化的局部光轴取向的光学各向异性的几何相位元件;以及

将延迟器元件布置成接收从所述几何相位元件输出的光。

具有几何相位全息图的偏振转换系统

[0001] 优先权要求

[0002] 本申请要求来自2013年3月13日提交的美国临时专利申请号61/779,304的优先权,其公开内容通过引用完整合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种偏振转换和有关的系统。

背景技术

[0004] 许多光学器件和系统可能需要偏振光以进行操作。这样的器件可以见于包括例如平板显示器、投影显示器、光纤网络和/或光学传感器的各种各样的应用领域内。然而,许多光源可能是非偏振的,所述光源包括例如发光二极管(LED)、冷阴极荧光灯(CCFL)、白炽灯和/或自然光。

[0005] 诸如偏振层板或各种双折射棱镜之类的偏振元件可以用来将非偏振光转换成偏振光。然而,这样的偏振元件可能内在地有损耗,因为它们通常通过吸收不必要的光或者通过将不必要的光重定向离开期望方向而操作。这可能甚至在光进入显示部件之前导致大于约50%的光功率损耗。这样大的损耗通常是不期望的,尤其在亮度显示系统或其中电池寿命有限的便携式电池供电显示系统中。

[0006] 已经使用一些方法来减少偏振元件中的损耗,使得被转换成偏振光的非偏振光的量(本文中被称为“转换效率”)大于约50%。一个这样的方法选择性地使期望的偏振通过到显示器中并且将不需要的偏振反射回到光照系统中,预期不需要的偏振将被扰乱或者被转换成期望的偏振并且随后以期望的偏振中的至少一些重新发射。这样的方法可以保存从光源输出的光的展度(或扩展范围)。

[0007] 另一个偏振转换方法(被称为偏振转换系统(PCS))将具有不需要的偏振的入射光转换成期望的偏振而不是吸收它或将其从输出重定向,并且在例如美国专利号5,995,284和美国专利号5,986,809中进行描述。这可能导致具有通常60-80%效率的偏振转换。

[0008] PCS方法的一个困难可能牵涉偏振分离元件。特别地,许多方法可能采用小偏振分束器阵列(PBS阵列)。这样的阵列可以满意地用于较小的入射角,但是对于以约 $\pm 5^\circ$ 或更大的角度离轴入射的光而言可能经历很大的劣化。在美国专利号6,621,533中描述的替换的PCS采用具有块液晶的闪耀微棱镜阵列的复杂组合;然而,这样的复杂结构可能难以制作和/或可能具有性能限制。

[0009] 另外,已经与反射镜或波片以及微棱镜阵列相结合使用一个或多个偏振光栅(PG)来实现偏振转换。然而,前一布置可能需要相对大的体积,而后一布置可能对于除极其准直的光之外所有都缺少实用性。

[0010] 而且,已经演示了采用传统折射微透镜阵列、偏振光栅和百叶式波片的两个PCS的布置。然而,这样的配置可能对于跨相对大的区域的制作和配准(registration)提出挑战,因为它们可能涉及必须单独制作且仔细对齐的至少五个元件。此外,对于微棱镜阵列可能

的尺寸和f数(焦距与透镜直径之比)的实际限制经常限制性能或增加成本。

发明内容

[0011] 依照本文中描述的一些实施例,用于偏振转换的装置或系统包括被定位成接收从至少一个光源输出的光的几何相位全息图和被定位成接收从几何相位全息图输出的光的图案化延迟器。

[0012] 在一些实施例中,从光源输出的光可以具有小于几何相位全息图的区域的发射区域。

[0013] 在一些实施例中,从光源输出的光可以具有宽带的光谱。

[0014] 在一些实施例中,从光源输出的光可以至少部分地非偏振。

[0015] 在一些实施例中,几何相位全息图可以被配置成使一个圆偏振聚焦并且使一个正交圆偏振散焦。几何相位全息图可以因此被配置成实施其相位剖面(profile)中的透镜功能。

[0016] 在一些实施例中,图案化延迟器可以被定位在几何相位全息图的焦平面处或者靠近几何相位全息图的焦平面。

[0017] 在一些实施例中,图案化延迟器可以具有消色差四分之一波延迟。

[0018] 依照本文中描述的一些实施例,偏振转换系统包括具有带有在沿着其表面至少一个维度上非线性变化的局部光轴取向的光学各向异性的几何相位元件。延迟器元件被布置成接收从几何相位元件输出的光。

[0019] 在一些实施例中,几何相位元件的光学各向异性可以具有沿着其表面的恒定量值。

[0020] 在一些实施例中,局部光轴取向可以限定具有沿着几何相位元件的表面变化的周期性的双折射图案。

[0021] 在一些实施例中,变化的周期性可以限定沿着几何相位元件的表面的各自的透镜区。

[0022] 在一些实施例中,在几何相位元件的中心部分处的周期性可以大于在几何相位元件的边缘部分处的周期性。

[0023] 在一些实施例中,局部光轴取向可以在沿着几何相位元件的表面的第一和第二维度上变化。

[0024] 在一些实施例中,几何相位元件的表面的区域可以大于几何相位元件上的入射光提供的光照的区域。

[0025] 在一些实施例中,几何相位元件可以被布置成直接从非偏振光源接收入射光而在其间没有介入透镜元件。

[0026] 在一些实施例中,几何相位元件可以被配置成将至少部分地非偏振入射光衍射成具有正交偏振状态的第一和第二发散光束。

[0027] 在一些实施例中,几何相位元件可以进一步被配置成使第一光束在与其相关联的焦距处聚焦并且使第二光束在所述焦距处散焦。

[0028] 在一些实施例中,延迟器元件可以被定位成邻近几何相位元件的焦距。延迟器元件可以被配置成将第一和第二光束的正交偏振状态转换成同一偏振状态而基本上不更改

其各自的传播方向。

[0029] 在一些实施例中,第一和第二光束可以具有相反旋向性的正交圆偏振状态。延迟器元件可以被配置成将正交圆偏振状态中的每一个转换成同一线偏振状态。

[0030] 在一些实施例中,延迟器元件可以包括在共面布置中并排或同心定位的第一和第二延迟区。几何相位元件可以被配置成将第一光束导向第一延迟区,并且将第二光束导向第二延迟区。

[0031] 在一些实施例中,第一延迟区的区域可以对应于几何相位元件的焦距处的焦斑的区域。

[0032] 在一些实施例中,延迟器元件可以是四分之一波片并且第一和第二延迟区的光轴可以分开约 90° 。

[0033] 在一些实施例中,一个或多个光源可以被布置使得从其输出的光入射在几何相位元件上。光源中的每一个可以与几何相位元件的透镜区之一对齐。

[0034] 在一些实施例中,从各自的透镜区输出的光可以限定在几何相位元件的焦平面处具有同一偏振状态的各自的斑点。

[0035] 在一些实施例中,偏振元件可以被布置成接收从延迟器元件输出的光。

[0036] 在一些实施例中,光导可以被布置成接收从延迟器元件输出的光,并且可以被配置成保持从其表面输出且遍及其体积的光的偏振。

[0037] 在一些实施例中,光导可以包括一个或多个光学结构,所述光学结构被配置成将从延迟器元件输出的光导向穿过该光学结构,同时保持其偏振。

[0038] 在一些实施例中,光学结构可以包括棱镜结构、微透镜和/或平面薄膜。

[0039] 在一些实施例中,偏振光栅可以被布置在几何相位元件与延迟器元件之间。

[0040] 在一些实施例中,延迟器元件可以是半波延迟器元件。偏振光栅可以被定位成接收从半波延迟器元件输出的光,并且四分之一波延迟器元件可以被定位成接收从偏振光栅输出的光。

[0041] 在一些实施例中,透明隔片元件可以被定位在几何相位元件与延迟器元件之间。可以层压几何相位元件、隔片元件和延迟器元件以提供单片结构。

[0042] 在一些实施例中,延迟器元件可以包括至少一个手性液晶层。

[0043] 在一些实施例中,至少一个手性液晶层可以是具有在其各自的厚度内旋转不同扭转角的各自的分子取向的第一和第二手性液晶层。扭转角中的至少一个可以非零。

[0044] 在一些实施例中,所述系统可以被包括在投影仪中。所述投影仪可以包括被配置成提供入射在几何相位元件上的至少部分地准直的光的光源、被布置成接收从延迟器元件输出的光的微显示器以及被布置成接收从微显示器输出的光的投影透镜。

[0045] 在一些实施例中,所述系统可以被包括在直视型显示器的照明单元中。所述照明单元可以包括被配置成提供入射在几何相位元件上的非偏振光的发光元件以及被布置成接收从延迟器元件输出的光的波导。

[0046] 在一些实施例中,所述系统可以被包括在电信系统中。所述电信系统可以包括被配置成提供入射在几何相位元件上的红外光的红外光源以及被配置成接收从延迟器元件输出的光的光纤元件。

[0047] 依照本文中描述的一些实施例,一种方法包括:提供具有带有在沿着其表面至少

一个维度上非线性变化的局部光轴取向的光学各向异性的几何相位元件；以及将延迟器元件布置成接收从几何相位元件输出的光。

[0048] 在一些方法实施例中，延迟器元件被布置成从几何相位元件接收具有正交偏振状态的第一和第二发散光束。

[0049] 在一些方法实施例中，布置延迟器元件进一步包括将延迟器元件定位为邻近几何相位元件的焦距，使得第一和第二光束的正交偏振状态被转换成同一偏振状态而基本上不更改其各自的传播方向。

[0050] 在一些方法实施例中，延迟器元件包括在共面布置中并排或同心定位的不同的第一和第二延迟区，其中第一光束被导向第一延迟区，并且其中第二光束被导向第二延迟区。

[0051] 一些方法实施例进一步包括：将几何相位元件布置成直接从一个或多个非偏振光源接收入射光而在其间没有介入透镜元件。

[0052] 在一些方法实施例中，局部光轴取向限定具有限定沿着几何相位元件的表面的各自透镜区的变化的周期性的双折射图案，并且光源中的每一个与几何相位元件的透镜区之一对齐。

[0053] 一些方法实施例进一步包括：将几何相位元件和隔片元件与其间的透明延迟器元件层压以提供单片结构。

[0054] 一些方法实施例进一步包括：将偏振元件布置成接收从延迟器元件输出的光。

[0055] 一些方法实施例进一步包括：将光导布置成接收从延迟器元件输出的光，其中光导被配置成保持从表面输出且遍及其体积的光的偏振。

[0056] 一些方法实施例进一步包括：将偏振光栅布置在几何相位元件与延迟器元件之间。

[0057] 一些方法实施例进一步包括：将偏振光栅定位成接收从延迟器元件输出的光，其中延迟器元件是半波延迟器元件，以及将四分之一波延迟器元件定位成接收从偏振光栅输出的光。

[0058] 在审阅以下图和具体实施方式时，依照一些实施例的其他装置和/或方法对于本领域技术人员而言将变得显而易见。所意图的是除了前面实施例的任何及全部组合之外，所有这样的附加实施例都被包括在本说明书之内、在本发明的范围之内以及受所附权利要求保护。

附图说明

[0059] 图1图示了依照本文中描述的一些实施例的具有单个光源的几何相位全息图偏振转换系统 (GPH-PCS) 布置。

[0060] 图2A图示了依照本文中描述的一些实施例的在几何相位全息图 (GPH) 中用于一维透镜的空间变化光轴剖面的一个示例，其中线条指示局部光轴方向，并且 $\Phi(x)$ 指示光轴相对于x轴的角度。

[0061] 图2B图示了依照本文中描述的一些实施例的在几何相位全息图 (GPH) 中用于二维透镜的空间变化光轴剖面的一个示例，其中线条指示局部光轴方向，并且 $\Phi(x, y)$ 指示光轴相对于x轴的角度。

[0062] 图3A和3B分别图示了在x方向和在y方向具有光轴变化和衍射的偏振光栅 (PG) 的

空间变化光轴剖面的示例。

[0063] 图4A图示了依照本文中描述的一些实施例的、适合例如供图2A的一维几何相位透镜使用的用于具有 -45° 的线性区和具有 $+45^\circ$ 光轴的周边区的图案化延迟器的一个示例光轴剖面。

[0064] 图4B图示了依照本文中描述的一些实施例的、适合例如供图2B的二维几何相位透镜使用的用于具有一个 -45° 的中心斑点区和具有 $+45^\circ$ 光轴的周边区的图案化延迟器的一个示例光轴剖面。

[0065] 图5A和5B分别图示了依照本文中描述的一些实施例的、具有多个光源的几何相位全息图偏振转换系统(GPH-PCS)布置的俯视图和透视图。

[0066] 图6图示了依照本文中描述的一些实施例的依照图1且进一步包括附加偏振片的一个GPH-PCS布置。

[0067] 图7A和7B分别是图示出依照本文中描述的一些实施例的依照图1且进一步包括光导和隔片的一个GPH-PCS布置的俯视图和透视图。

[0068] 图8图示了依照本文中描述的一些实施例的依照图7且进一步包括偏振光栅(PG)和四分之一波(QW)延迟器的GPH-PCS布置。

[0069] 图9图示了依照本文中描述的一些实施例的依照图7且进一步包括在图案化延迟器(PR)之前的偏振光栅(PG)的GPH-PCS布置。

[0070] 图10图示了依照本文中描述的一些实施例的依照图8且进一步包括附加偏振片的GPH-PCS布置。

[0071] 图11图示了依照本文中描述的一些实施例的依照图9且进一步包括附加偏振片的GPH-PCS布置。

[0072] 图12是图示出依照本文中描述的一些实施例的侧光式GPH-PCS的角度和维度参数的俯视图。

[0073] 图13是图示出依照本文中描述的一些实施例的几何相位透镜的焦距估计的图表。

[0074] 图14是图示出依照本文中描述的一些实施例的几何相位透镜的f数估计的图表。

[0075] 图15是图示出用于本文中描述的各种实施例的偏振转换效率估计的图表。

[0076] 图16A图示了对应于图7A的GPH-PCS布置的模型几何结构的仿真,而图16B和16C分别图示了依照本文中描述的一些实施例的、用于仿真的非偏振输入的辐照图和图表。

[0077] 图17图示了对应于图7A的GPH-PCS布置的模型几何结构的仿真,而图17B和17C分别图示了依照本文中描述的一些实施例的、由于仿真导致的线偏振输出的辐照图和图表。

具体实施方式

[0078] 在下文参考其中示出本发明实施例的附图更充分地描述本发明。然而,本发明可以以许多不同形式体现,并且不应当解释为限于本文中阐述的实施例。相反,提供这些实施例使得本公开内容将是透彻和完整的,并且将充分地将本发明的范围传达给本领域技术人员。在附图中,可以为了清楚起见扩大层和区的尺寸和相对尺寸。在全文中相同的附图标记指代相同的元件。

[0079] 将理解的是,尽管术语第一、第二、第三等等在本文中可以用来描述各种元件、部件、区、层和/或部分,但是这些元件、部件、区、层和/或部分不应当由这些术语限制。这些术

语仅用来将一个元件、部件、区、层或部分与另一个区、层或部分相区分。因此,下面讨论的第一元件、部件、区、层或部分可以被称为第二元件、部件、区、层或部分而不脱离本发明的教导。

[0080] 诸如“在…下方”、“在…下面”、“较下”、“在…之下”、“在…之上”、“较上”等等之类的空间相对术语在本文中可以为了便于描述而用来描述如图中所图示的一个元件或特征与另一个(一个或多个)元件或(一个或多个)特征的关系。将理解的是,这些空间相对术语意图涵盖除了图中描绘的取向之外在使用或操作中的器件的不同取向。例如,如果翻转图中的器件,则被描述为“在其他元件或特征下面”或“在其他元件或特征下方”或“在其他元件或特征之下”的元件将取向为“在其他元件或特征之上”。因此,示例性术语“在…下面”和“在…之下”可以涵盖在…之上和在…之下的取向两者。诸如“在…之前”或“在…前”和“在…之后”或“接着是”之类的术语可以类似地例如用来指示光穿过元件所依的次序。器件可以取向为其他方式(旋转90度或以其他取向)并且相应地解释本文中使用的空间相对描述符。另外,还将理解的是,当层被称为“在两个层之间”时,其可以是在该两个层之间的唯一的层,或者也可以存在一个或多个介入层。

[0081] 本文中使用的术语仅出于描述特定实施例的目的并且不意图限制本发明。如本文中使用的,单数形式“一个”、“一”和“该”意图也包括复数形式,除非上下文清楚地另有指示。将进一步理解的是,术语“包括”和/或“包括着”当在本说明书中使用指定陈述的特征、整体、步骤、操作、元件和/或部件的存在,但不排除一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、元件、部件和/或其群组的存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、元件、部件和/或其群组。如本文中使用的,术语“和/或”包括相关联的列出项目中的一个或多个的任何和全部组合。

[0082] 将理解的是,当元件或层被称为“在另一个元件或层上”、“连接到另一个元件或层”、“耦合到另一个元件或层”或“邻近另一个元件或层”时,其可以直接在另一个元件或层上、直接连接到另一个元件或层、直接耦合到另一个元件或层或者直接邻近另一个元件或层,或者可以存在介入元件或层。相比之下,当元件被称为“直接在另一个元件或层上”、“直接连接到另一个元件或层”、“直接耦合到另一个元件或层”、“直接邻近另一个元件或层”时,没有介入元件或层存在。然而,在任何情况下“在…上”或“直接在…上”都不应当被解释为要求一个层完全覆盖下面的层。

[0083] 本文中参考本发明的理想化实施例的示意性图示(以及介入结构)描述本发明的实施例。照此,应预期例如作为制造技术和/或公差的结果而对于图示形状的变化。因此,本发明的实施例不应当被解释为限于本文中图示的区的特定形状,而应包括例如由于制造导致的形状偏差。因此,图中图示的区本质上是示意性的,并且其形状不意图图示器件的区的实际形状并且不意图限制本发明的范围。

[0084] 除非另有限定,本文中使用的术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域的普通技术人员所通常理解的相同含义。将进一步理解的是,诸如那些在通常使用的字典中限定的之类的术语应当被解释为具有与其在本说明书和/或相关领域的上下文中的含义相一致的含义,并且将不在理想化或过于正式的含义上进行解释,除非本文中明确地如此限定。

[0085] 本发明的实施例可以起因于认识到传统PCS方法的若干问题可以归因于偏振分离

元件。特别地,虽然若干方法可以采用小偏振分束器阵列(也被称为PBS阵列),但是这样的方法对于以从 $\pm 5^\circ$ 开始的、相对于PBS阵列的光轴以较大角度入射的光(本文中也被称为“离轴”光)可能经历很大的效率劣化。由于许多光源可以发射超出这些角度的光,所以这提出了实际的限制。PBS阵列也可能对制作提出挑战,并且多个单独的元件可能是对以需要的精度对齐的挑战。

[0086] 本发明的一些实施例提供薄光学元件的配置(本文中也被称为偏振转换系统(PCS)),其接受以比传统微透镜更宽范围的角度入射的非偏振光(例如,具有各种各样且不可预测的偏振的输入光),并且以大于约50%并且在一些实施例中大于约70%的转换效率将该非偏振光转换成具有基本上相同或单个期望偏振的光,这在诸如平板显示器、投影显示器、光纤网络和/或光学传感器之类的应用中可能尤其有用。

[0087] 特别地,依照本文中描述的一些实施例的PCS可以不需要或者以其他方式包括传统的折射微透镜阵列。相反,由本文中被称作几何相位元件的单个光学元件提供透镜和偏振光栅两者的功能性。几何相位元件是具有至少部分地在x-y平面(和/或沿着其表面限定的其他平面或方向)内的光轴取向的各向异性光学元件,从而控制几何相位(或Pancharatnam-Berry相位)这样的方式影响入射光的偏振。几何相位元件可以包括在一个或多个维度上和/或以任何方式变化的光轴取向,包括但不限于线性、非线性以及连续或非连续光轴变化。在一些例子中,光轴取向可以在x-y平面内空间变化而各向异性(即,双折射或二向色性)的量值保持恒定。在这样的情况下,像这些的元件可以被称为几何相位全息图(GPH),以及其他名称,诸如图案化延迟器和Pancharatnam-Berry光学元件。各种方法可以创建如本文中描述的几何相位元件,所述各种方法包括全息干涉和各种其他形式的光刻,并且因此,如本文中描述的‘全息图’不限于由全息干涉或全息术创建。本文中描述的一些实施例可以提供包括GPH和图案化延迟器的布置,所述GPH和图案化延迟器一起可以以高转换效率(例如, $\geq 70\%$)将非偏振光转换成偏振光,降低制作复杂度(由于其间较少的元件和界面的原因),并且导致更紧凑(即,更薄)的封装。

[0088] 因此,本文中描述的实施例不仅可以提供性能改进,而且可以导致没有其自己的夹具(fixture)的紧凑的薄元件,其可以更易于集成到其他器件(诸如具有较小体积的外壳的器件)中。例如,本文中描述的实施例可以用于液晶显示器、便携式电子阅读器显示器、液晶投影显示器和系统,和/或光纤网络元件(光子器件)中。用于供本文中描述的实施例使用的光源可以部分地准直和/或在至少一个维度上小于所述光学元件。

[0089] GPH是可以通过调制几何相位而非动态相位来创建记录的相位剖面的相位(或其共轭)的双折射(或二向色性,或该二者的某个组合)的光学元件,所述几何相位由偏振状态的改变导致,所述动态相位由光学路径长度差效应导致。特别地,GPH不通过改变光学路径长度和动态相位来创建光学相位差,而是相反,其可以通过操纵光场的偏振并且由此操纵几何相位来引入光学相位差。GPH具有以遍及其区域近似恒定的延迟跟随沿着其表面的 $\Phi(x)$ 或 $\Phi(x,y)$ 的光轴取向角,该 $\Phi(x)$ 或 $\Phi(x,y)$ 与所述元件的期望相位剖面成正比。GPH可以是具有非均匀局部光轴的一种特定种类图案化延迟器。在本发明的一些实施例中,作为沿着GPH表面的位置的函数的局部光轴取向的非线性变化可以限定具有连续变化的周期性的图案,使得GPH的整体效应可以是提供透镜效应。尽管本文中主要参考理想化光轴(例如,如在如本文中的图1-3和5-12中元件115、215a/b、315a/b、515、615、715、815、915、1015、

1115和1215所示的液晶层内的向列指向矢取向所提供的) 进行描述,但是将理解的是,如本文中描述的光轴可以更一般地指代材料属性,并且因此可以包括这样的材料的折射率所限定的“有效”或“近似”光轴,并且不应当被解释为限于所示的确切的轴。

[0090] 依照本文中描述的实施例的GPH可以由各种方法制作。例如,GPH可以通过使用偏振全息术和光致定向材料记录光轴变化来制作。特别地,偏振全息术可以使用具有正交圆偏振的两光束干涉创建具有恒定强度的空间变化的线偏振场。线偏振场可以记录在光致定向材料上,并且GPH可以使用具有局部光轴或与记录在光致定向材料上的光轴变化对齐的向列指向矢的双折射液晶材料来体现。得到的GPH元件具有恒定的局部延迟和空间变化的光轴。在2013年10月15日提交的通常指定的国际申请号PCT/US2013/064939中描述了使用直接写入光刻制作GPH元件的一些方法,其公开内容通过引用合并于此。

[0091] 许多光学元件可以形成为GPH,所述光学元件包括但不限于透镜、棱镜、表面起伏元件、衍射光学元件和微光学器件。当被改换成GPH时,它们的全息版本可以是薄膜,基本上更加紧凑并且在许多情况下具有附加的有利特征。例如,如本文中描述的GPH元件可以比一些传统微透镜阵列提供关于入射光的更大的孔径或者接受角。注意GPH是偏振全息图的子集。此外,注意可以将偏振光栅(PG)视为具有以线性方式变化的光轴取向的特定类型的GPH。

[0092] 图案化延迟器(PR)是具有两个或更多个图案化区的双折射光学延迟器元件,在所述两个或更多个图案化区中的每一个内光轴是恒定的或均匀的但不同于周边的区,并且被配置成不同地更改穿过每个区的光的偏振状态,如图4A-4B中更详细示出的。例如,PR可以被布置成接收从GPH输出的不同偏振状态的偏振光,并且可以被配置成将所述不同偏振状态改变成同一偏振状态。在一些实施例中,使用例如消色差PG和多扭转延迟器(MTR)技术,GPH、PR和/或PG可以是宽带的。

[0093] 图1图示了依照本文中描述的一些实施例的具有单个光源105的几何相位全息图偏振转换系统(GPH-PCS)布置100。现在参考图1,GPH-PCS 100包括几何相位全息图(GPH)元件110和被布置成接收从GPH元件110输出的光的图案化延迟器元件120。来自至少一个非偏振光源105的光入射在GPH元件110上,该GPH元件110实施透镜相位剖面,并且在本文中也被称为几何相位透镜。几何相位透镜110将入射光衍射成具有正交圆偏振状态RCP(右手圆偏振)或LCP(左手圆偏振)的聚焦111或散焦112光束,其中光束之间的发散角基于局部光轴取向而不同。几何相位透镜110将一个圆偏振(此处,RCP)聚焦到焦斑上或者在焦距“ f ”处或靠近焦距“ f ”的区130上的线117上,从而提供会聚(例如,凸面)透镜的效应,同时使正交圆偏振(此处,LCP)散焦到较宽的角度,从而提供发散(例如,凹面)透镜的效应。这在远离几何相位透镜110的焦距距离处或靠近焦距距离导致依赖偏振的强度。

[0094] PR元件120提供被配置成提供将一个圆偏振转换成目标输出偏振(例如,线性的)的正延迟(例如,四分之一波)的至少一个区125a、125b以及被配置成提供将正交圆偏振转换成相同目标输出偏振的不同或负延迟的至少一个其它区130。在一些实施例中,输出光因此可以利用单个或同一期望偏振进行几乎完全偏振;然而,将理解的是,在实践中,少于百分之百的输出光可以具有相同偏振。另外,尽管未图示出,可以在GPH与PR元件之间布置可选的透明隔片元件,使得GPH元件110与PR元件120之间的距离对应于GPH元件110的焦距“ f ”。而且,在一些实施例中可以在光源105与GPH元件110之间定位准直透镜或光导以控制

光的发散角度。

[0095] 图2A图示了依照本文中描述的一些实施例的在限定一维透镜的GPH元件210a中的空间变化光轴剖面的一个示例,其中线条215a指示局部光轴方向/取向,并且 $\Phi(x)$ 指示光轴取向215a根据位置相对于x轴的角度,本文中也被称为光轴剖面。如图2A中所示,光轴剖面 $\Phi(x)$ 沿着元件210a的表面在一个维度上以非线性方式变化以限定图案 $\Lambda(x)$ 。图案 $\Lambda(x)$ 的局部周期变化,其中中心处的周期大于边缘的周期。作为示例,函数可以近似为 $\Phi(x) = k \pi x^2$,其中“k”是与GPH元件210a的焦距有关的非零常数。该图案表示用作偏振敏感的柱面透镜的GPH元件的一个特定示例。

[0096] 图2B图示了依照本文中描述的一些实施例的在限定二维透镜的GPH元件210b中的空间变化光轴剖面的一个示例,其中线条215b指示局部光轴方向,并且 $\Phi(x, y)$ 指示光轴取向215b相对于x轴的角度。如图2B中所示,光轴剖面 $\Phi(x, y) = k \pi (x^2 + y^2)$ 沿着元件210b的表面在两个维度上非线性地变化。图2B的GPH元件210b可以充当偏振敏感的球面透镜。图2A和2B的两个示例,以及具有类似聚焦/散焦属性的其他示例,可以被称为几何相位(GP)透镜。将理解的是,虽然一些GPH光轴剖面是完全连续地变化,所述GPH光轴剖面诸如参考图2A-2B讨论的那些,但是其他GPH光轴剖面在区内可以具有连续变化并且在区之间具有离散边界。

[0097] 如具有非线性光轴剖面的图2A和2B的示例所示,GPH元件210a或210b可以被认为是具有沿着其表面的其光栅周期的一维或二维变化的更复杂版本的标准偏振光栅(PG)。例如在其中GPH元件是具有在其厚度内旋转的分子结构的手性液晶层的实施例中,该GPH元件的局部光轴也可以在第三维度上(例如,在其厚度内)变化。

[0098] 图3A和3B图示了PG 310a、310b的空间变化光轴剖面的示例。特别地,图3A图示了具有在x方向上的光轴变化(由线条315a指示)和衍射的PG 310a,而图3B图示了具有在y方向上的光轴变化(由线条315b指示)和衍射的PG 310b。如图3A和3B中所示,PG 310a或310b可以被认为是替代地实施线性相位剖面(例如, $\Phi(x) = \pi x / \Lambda$ 或 $\Phi(y) = \pi y / \Lambda$)的GPH的特定示例,其中 Λ 是恒定光栅周期。

[0099] 图4A和4B图示了依照如本文中描述的本发明的实施例的图案化延迟器元件420a、420b的示例。图案化延迟器元件420a或420b是具有两个或更多个不同延迟区(本文中也称为“域”或“带”)的双折射元件,在所述两个或更多个不同延迟区中的每一个内光轴取向是均匀的但不同于周边的区。照此,每个延迟区被配置成不同地更改穿过其的光的偏振状态。不同的延迟区可以并排定位在共面布置中。延迟区的光轴在一些实施例中可以是正交的。

[0100] 特别地,图4A图示了依照本文中描述的一些实施例的、适合例如供图2A的一维几何相位透镜使用的用于带有具有以 -45° 取向的光轴的一个中心线性延迟区430a和具有以 $+45^\circ$ 取向的光轴的周边延迟区425a的图案化延迟器元件420a的一个示例光轴剖面。图4B图示了依照本文中描述的一些实施例的、适合例如供图2B的二维几何相位透镜使用的用于带有具有以 -45° 取向的光轴的的中心“斑点”延迟区430b和具有以 $+45^\circ$ 取向的光轴的周边延迟区425b的图案化延迟器元件420b的一个示例光轴剖面。

[0101] 延迟器元件420a或420b可以相对于GPH进行配置和布置,使得GPH元件的不同透镜区将光集中在或以其他方式导向域($+45^\circ$, -45°)中的不同一个上。例如,在图4A和4B中, -45° 延迟区430a或430b的尺寸和/或形状可以基于在图案化延迟器元件420a或420b被定位

在GPH元件的焦距 f 处或靠近GPH元件的焦距 f 时提供凸透镜效应的GPH元件的部分所产生的焦斑点的尺寸进行配置。

[0102] 在一些实施例中,如本文中描述的延迟器元件的区可以使用包括如例如在美国专利申请号13/646,166(代理人案号5051-805)中描述的、包括具有不同扭转的第一和第二延迟器层的多层延迟器来实现,所述美国专利申请的公开内容通过引用合并于此。特别地,延迟器元件可以包括堆叠结构,该堆叠结构包括相反旋光性的第一和第二手性液晶层。本文中描述的延迟器可以经由光学旋转或双折射延迟或其任何组合实现偏振改变,而可以不显著影响或更改穿过其的光的传播方向。相比之下,本文中描述的GPH元件的一些区可以提供穿过其的光的衍射(即,传播方向的改变)。

[0103] 图5A和5B分别图示了依照本文中描述的一些实施例的、具有多个光源505(包括505'、505''、505''')的几何相位全息图偏振转换系统(GPH-PCS)布置500的俯视图和透视图。如图5A和5B中所示的,单个GPH元件510可以包括提供凸透镜效应的多个部分,并且GPH元件510的提供凸透镜效应的所述部分中的每一个对齐或以其他方式定位以聚焦从各自的光源505'、505''接收的光,从而在焦平面处产生同一(示出为圆的)偏振的各自的焦斑点517。PR元件520定位在焦距 f 处或者靠近焦距 f 以接收从GPH 510输出的光,并且包括与焦斑点517对齐的各自的延迟区530以实现如本文中描述的那样将从GPH元件 510输出的偏振光转换成同一偏振状态(示出为线偏振)。尽管参考具有以不同角度取向的光轴的离散延迟区525、530进行图示,但是将理解的是,在PR元件 520中可以存在相邻延迟区525、530之间的一定的重叠。在一些实施例中,GPH元件510限定的透镜的数目/数量可以对应于光源505'、505''、505'''的数目/数量;然而,本发明的实施例不限于此,并且GPH元件可以包括关于光源的数目的任何数目的透镜。

[0104] 图6图示了依照本文中描述的一些实施例的类似于图1但进一步包括添加的偏振片640的一个GPH-PCS布置600。如图6中所示,偏振片640布置在PR元件620之后(例如,以接收从PR元件620输出的光)。特别地,从一个或多个光源605输出的光传播通过GPH 610以在焦平面处产生焦斑点617,PR元件620以类似于如前面参考图1讨论的方式定位在所述焦斑点617处或靠近所述焦斑点617。从PR元件620的各自的区625、630输出的光传播通过附加偏振片640(例如,如经常在LCD中使用的线偏振片),其可以通过移除具有不同于目标或期望偏振状态的偏振状态的残余光来“清理”输出偏振。

[0105] 图7A和7B分别是图示出依照本文中描述的一些实施例的包括添加的光导760和隔片750的一个GPH-PCS布置700的俯视图和透视图。如图7A中所示,隔片750是布置在GPH元件710与PR元件720之间的透明元件。从所述一个或多个光源705输出的光传播通过GPH 710、隔片750和PR元件720。光导760布置在PR元件720的输出处。光导760可以是透明元件,其在邻近PR 720的其边缘处接收从PCS 700输出的光,并且使用全内反射原理引导所述光遍及其体积,使得所述光可以可控地发射出其前表面760f或后表面760b,如图7B中所示。光发射可以如实践中一样是空间均匀的。

[0106] 光导(或“厚板”)760可以是具有恒定厚度的平坦或平面板,或者可以具有其中其厚度变化的楔形或其他形状。图7A和7B的实施例不提供关于从光导760的出耦合的限制;然而,在一些实施例中光导可以被配置成基本保持传播通过其的光的偏振(例如,零双折射光导)。光导也可以包括将光从光导出和/或从一端导向另一端同时在从该光导出射时保持

其偏振的结构和/或材料。这样的结构和/或材料可以包括例如棱镜、微透镜、平面薄膜和/或零双折射聚合物或树脂。当在直视型显示器系统中采用时,像素模块可以布置在观看者与光导760之间,并且源705/PCS 700/光导760系统可以为显示器系统提供“背光”。替换地,光导760可以布置在观看者与像素模块之间,从而为显示器系统提供“前光”当用作前光时,可选的透明隔片元件750也可以布置在GPH与PR之间,如图7A和7B中所图示的。而且,图6中所示的偏振片640可以被包括和定位在PR元件720与光导760之间。如本文中描述的包括光导的一些实施例可以被称为“侧光式PCS”或“侧光式GPH-PCS”。

[0107] 图8-11图示了依照本发明的一些实施例的GPH-PCS布置,其包括定位在PR元件之前的附加元件(例如,以接收从GPH元件输出的正交圆偏振)和/或定位在PR元件之后的其他等同元件(诸如棱镜、透镜阵列等)。

[0108] 特别地,图8图示了依照本文中描述的一些实施例的类似于图1或7但进一步包括附加偏振光栅(PG)元件870和四分之一波(QW)延迟器元件880的GPH-PCS布置800。在图8中,图7的光导和隔片元件760和750也可以被包括在类似的位置上,但为了清楚起见未示出。如图8中所示,从所述一个或多个光源805输出的光传播通过GPH 810以在焦平面处产生焦斑点817,PR元件820定位在该焦斑点817处或者靠近该焦斑点817。PG元件870被布置成接收从PR元件820输出的光,并且跟随有(例如,被配置成提供QW延迟的)单域延迟器元件880。在该实施例中,PR元件820被配置成在至少一个区825/830中提供半波延迟(而非前面讨论的四分之一波延迟)。PG元件870可以对应于图3B所示的PG 310b,具有在y方向上的其光轴变化。因此,PG元件870接收从PR元件820的(一个或多个)半波延迟区输出的圆偏振光,并且在面外维度上(即,与纸面垂直)衍射该圆偏振光,从而添加彩色角度色散。QW延迟器元件880接收从PG元件输出的色度分离的圆偏振光,并且将其转换成目标或期望偏振状态(示出为线偏振)。

[0109] 图9图示了依照本文中描述的一些实施例的类似于图1或7但进一步包括定位在PR元件920之前的PG元件970(例如,以向PR元件920提供光输出)的GPH-PCS布置900。在图9中,图7的光导760和隔片750元件也可以被包括在类似的位置内,但是为了清楚起见未示出。如图9中所示,GPH元件910被布置成接收来自光源905的光,并且PG元件970被布置或定位成接收从GPH元件910输出的光,使得PR元件920接收从PG元件970输出的偏振光。PG元件970可以对应于图3B所示的PG 310b,具有在y方向上的其光轴变化。特别地,PG元件970接收来自GPH元件910的具有正交圆偏振的聚焦和散焦光,并且在面外维度(即,与图示的平面垂直)上衍射正交圆偏振的光,从而添加角度色散。可以被配置成在一个或多个区925、930中提供四分之一波延迟的PR元件920接收从PG元件970输出的色度分离的圆偏振光,并且将其转换成目标或期望的输出偏振状态,其在图9中通过示例的方式被示出为线偏振。尽管本文中主要参考具有单个域的PG进行说明,但是将理解的是,具有多个域/不同延迟区的PG可以用于本文中描述的实施例中的任一个中。

[0110] 图10图示了依照本文中描述的一些实施例的类似于图8、进一步包括附加偏振片1040的GPH-PCS布置1000。在图10中,图7的光导760和隔片750元件也可以被包括在类似的位置上,但是为了清楚起见未示出。如图10中所示,GPH元件1010被布置成接收来自光源1005的光,PR元件1020(包括不同延迟区1025、1030)被布置成接收从GPH元件1010输出的光,PG元件1070被布置成接收从PR元件1020输出的光,并且单域延迟器元件1080被布置成

接收从PG 1070输出的光。偏振片1040被布置在单域延迟器1080(其可以例如被配置成提供QW延迟)之后(例如,以接收从单域延迟器1080输出的光)。因此,从单域延迟器1080输出的光传播通过附加偏振片1040(例如,如经常在LCD中使用的线偏振片),其可以通过移除具有不同于目标或期望偏振状态(示出为线偏振)的偏振状态的残余光来“清理”输出偏振。

[0111] 图11图示了依照本文中描述的一些实施例的类似于图9、进一步包括附加偏振片1140的GPH-PCS布置1100。在图11中,图7的光导760和隔片750元件也可以被包括在类似的位置内,但是为了清楚起见未示出。如图11中所示,GPH元件1110被布置成接收来自光源1105的光,PG元件1170被布置成接收从GPH元件1010输出的光,并且PR元件1120(包括不同延迟区1125、1130)被布置成接收从PG元件1170输出的光。偏振片1140被布置在PR元件1120之后(例如,以接收从PR元件1120输出的光)。偏振片1140(例如,如LCD中使用的常规线偏振片)的添加将通过移除具有不同于目标输出偏振的偏振的任何残余光来清理输出偏振。因此,从PR元件1120输出的光传播通过附加偏振片1140(例如,如LCD中经常使用的线偏振片),以通过移除具有不同于目标或期望偏振状态(示出为线偏振)的偏振状态的残余光来清理输出。

[0112] 图12是图示出依照本文中描述的一些实施例的侧光式GPH-PCS 1200的角度和维度参数的俯视图。特别地,图12更详细地图示了图7的GPH-PCS布置的仿真操作和几何结构,为了清楚起见省略了隔片750和光导760的元件。所示的参数是在旁轴近似中估计的,这假定光线用光学系统的轴做出的角度是小的,并且光线接近该轴传播。

[0113] 现在参考图12,因为当GPH元件1210被配置为如图2A中图示的偏振敏感的柱面透镜(即,用于一维聚焦)时,在GPH元件的中心部分1209处的光轴变化限定的图案的周期如在边缘部分1208处的周期相比相对较大,所以入射在中心部分1209上的光直接穿过而没有很大的重定向(例如,基本上没有更改传播方向)。这个几何结构限定具有尺寸 $N = 2f\alpha n_1/n_2$ 的PR元件(LWP 1220)的区1230上的焦斑点1217的长度,其中 f 为焦距并且 α 为入射光散度。变量 n_1 和 n_2 分别指示在PCS的外部(例如,空气)和内部(例如,玻璃)的介质的折射率。焦斑点尺寸 N 可以被限定为 $N = 2f(\beta - \beta')$,其中角度 $\beta = M/2f$ 和角度 $\beta' = -n_1\alpha/n_2 + \lambda_c/(\Lambda_{\min} n_2)$ 由光栅等式导出,其中 $\Lambda_{\min}$ 为最小光栅周期并且 M 为GPH元件1210的中心部分1209限定的透镜的直径。因此,GPH 1210的最小周期可以如下导出: $\Lambda_{\min} = 2f \lambda_c / (n_2 M)$,其中 λ_c 为输入光的中心波长(例如,550nm)。例如,如果 $M = 3.2 \text{ mm}$, $\alpha = \pm 15^\circ$, $n_1 = 1$,并且 $n_2 = 1.5$,则几何相位透镜1210的焦距和 f 数(例如,焦距 f 与直径 M 之比)可以针对如图13和图14中所示的各种最小周期来估计。可以关于图2B中图示的二维球面几何相位透镜210b应用类似的推理。

[0114] 图13是图示出依照本文中描述的一些实施例的几何相位透镜的焦距估计的图表。图14是图示出依照本文中描述的一些实施例的几何相位透镜的 f 数估计的图表。如图13和14中所示,焦距 f 和 f 数 f/M 随着GPH元件的变化的局部光轴取向限定的图案的间距或周期 Λ 增大而线性增大。

[0115] 图15是图示出用于本文中描述的GPH元件的变化的光轴取向限定的若干最小周期的偏振转换效率估计的图表。特别地,图15示出三种情况的转换效率:(i) $D > 3M$, (ii) $D = 2M$, 和 (iii) $D = M$, 其中 D 为光源(例如,LED)的中心之间的距离,并且 $M = 3.2$ 如同前面描述的示例中的那样。结果说明,当 $D = 2M$ 且最小周期 $\Lambda_{\min}$ 近似为 $1.5 \text{ }\mu\text{m}$ 时,可以实现约86%或更高的转

换效率。然而,将理解的是,图15的图表基于具有100%衍射效率的GPH和100%偏振转换效率的图案化延迟器的理论(或“完美”)光学系统。

[0116] 图16A图示了对应于图7A的GPH-PCS布置的模型几何结构1600的仿真,其中源在左边并且光导在右边,而图16B和16C分别图示了在仿真中使用的非偏振输入光源在依照本文中描述的一些实施例的GPH的(例如,输入光入射到其上的)“前表面”处的辐照图和图表。如图16A中所示,图7A的GPH-PCS布置被建模在商业光线跟踪仿真工具内。图16B和16C图示了填充侧光式GPH-PCS在其输入面的区域、具有 $\pm 15^\circ$ (面内) $\times \pm 10^\circ$ (面外)发散角的非偏振光源和模拟该光源(例如,LED)的周期性阵列、具有完美镜面侧边的3.2 mm厚且6.4 mm宽的光导的特性。光源被定位为紧接在GPH之前。

[0117] 在图16A-16C中,GPH元件被建模为偏振敏感的柱面透镜,其最小周期被设定在1.5 μm ,估计的焦距近似为6.5 mm,并且f数近似为2。该仿真包括跨GPH元件的区域变化的1~4%的零阶泄漏。具有两个不同区的PR元件被定位为离GPH元件近似6 mm,所述两个不同区具有带有正交光轴(例如, $\pm 45^\circ$)的四分之一波延迟。里面的 -45° 区近似2.4 mm宽,并且外面的 $+45^\circ$ 区(总共)近似4 mm宽,一半在里面区的每一侧。GPH和PR元件对齐并且它们之间光学地层压有隔片(并且,在当前的示例中,没有其他光学元件),如图7A中所图示的。

[0118] 该仿真证实了GPH元件使近似一半的非偏振输入光朝向焦斑点聚焦,其中图案化延迟器的里面的 -45° 区被定位,并且另一半光朝向图案化延迟器元件的所有区发散。图案化延迟器元件的里面的区将聚焦光的偏振状态转换成线偏振,并且图案化延迟器元件的外面的区将发散光的偏振状态转换成相同的线偏振。然而,穿过图案化延迟器的里面的区的发散光的偏振状态被转换成正交线偏振,这引起减小偏振转换效率的不正确的偏振输出。为了估计转换效率,仿真完美的线偏振片(即,具有无限的消光比且沿着偏振片透射轴没有损耗)并且将其定位在侧光式GPH-PCS之后,并且检查在光导的后表面处发射的通量。利用图17B-17C中示出空间剖面,得到的输出被线偏振化有近似72%的正确偏振。

[0119] 图17A图示了对应于图7A的GPH-PCS布置的模型几何结构1700的仿真,其中源在左边并且光导在右边,而图17B和17C分别图示了线偏振输出在偏振片之后近似4 mm的光导(即,被标记为“集成块”)的“后表面”处的辐照图和图表。在本文中描述的若干实施例中,从GPH元件输出的光束被正交圆偏振化,并且由(例如如在图4A和4B中所示的)具有带有分开约 90° 的光轴的四分之一波延迟的图案化延迟器转换成线偏振。然而,将理解的是,这个结果可以替换地通过将单片四分之一波延迟器元件布置在GPH之后以首先将其转换成正交线偏振,以及通过使用一个区具有半波延迟并且另一个具有零有效延迟的替换的图案化延迟器来实现。更具体地,将理解的是,本发明的实施例包括可以被布置成接收来自GPH的两个正交偏振化光束并且输出单个或接近单个偏振状态的单片的和图案化延迟器的任何组合,以实现如前面关于具有单个图案化延迟器的特定实施例讨论的相同或类似结果。

[0120] 在一些实施例中,本文中描述的GPH-PCS元件中的一个或多个可以用作用于平板显示器的背光或前光,所述平板显示器包括但不限于液晶显示器(LCD)、基于诸如Mirasol[®]之类的微机电系统(MEMS)的干涉调制器显示器以及诸如电子墨水(E Ink)之类的电泳显示器。当本发明的实施例用作LCD内的背光时,其可以被称为“背光单元”(BLU),并且可以通过在将光提供给LC面板之前高效地将非偏振光转换成偏振光而在显示器系统中提供亮度增强。包括如本文中描述的光导的一些实施例可以被称为具有GPH-PCS的侧光式背光单元

(BLU),或者更简单地,GPH-BLU。当本发明的实施例用作用于反射式平面显示器的前光时,该前光可以高效地向显示器提供更亮的光照,从而增加从外界环境接收的光,同时也减小或避免对比度的劣化。本发明的实施例可以用在任何和所有尺寸的平板显示器中。

[0121] 在一些实施例中,本文中描述的GPH-PCS元件中的一个或多个可以用在用于使用微显示器的投影仪的光引擎内,所述微显示器包括但不限于硅上液晶(LCOS)和数字微镜(DMD)显示器(诸如DLP™)。GPH-PCS的输出可以被导向到偏振分束器(PBS)立方体(例如,MacNeille等),其然后可以照亮反射式或透射式微显示器,接着是投影透镜。将理解的是,这是非限制性示例,并且偏振元件、微显示器和投影透镜的许多组合是投影系统设计的本领域技术人员已知的。

[0122] 在一些实施例中,本文中描述的GPH-PCS元件中的一个或多个可以用在光纤系统内,以实现接受具有各种各样且不可预测的偏振的光并且将光转换成单个期望偏振的类似目的。在电信系统中,具有可以被量化为偏振模色散(PMD)的各种各样的偏振的自然存在的光可以导致有损、较低的通信带宽,和/或增大的硬件的复杂性和成本。因此,来自单模或多模光源(诸如光纤)的红外光可以被导向通过准直器并且由其扩展,并且然后被布置成穿过GPH-PCS元件。GPH-PCS元件可以用来将入射光转换成已知的均匀且固定的偏振,其然后可以被导向到电信中使用的各种后续部件中,所述部件包括放大器、衰减器、滤波器或到第二光纤中的第二准直器。

[0123] 将理解的是,如本文中描述的,术语“延迟器”和“波片”可以可互换地使用来指代提供穿过其的光的延迟的任何光学元件,并且以下附加术语也应被认为是等同的,除非另有指示:“延迟片”、“补偿膜”以及单轴、双轴或不均匀的“双折射片”。如本文中描述的延迟器可以是宽带的(即,消色差的)或窄带的(即,彩色的)。

[0124] 还将理解的是,可以在与外界介质(例如,空气)交界的一个或多个表面上施加抗反射涂层。还将理解的是,包括图案化延迟器、偏振片、PG和/或QW片的各种组合的本文中描述的光学元件在一些情况下可以层压在一起而在它们之间没有空气间隙,并且在其他情况下可以在其间布置有空气间隙。而且,可以在本文中描述的实施例的输出处放置微透镜阵列或另一个GPH。

[0125] 将进一步理解的是,在一些实施例中,光源可以提供椭圆偏振光或部分偏振光(例如,诸如来自一些激光二极管和LED光源的光)。

[0126] 使用例如如美国专利号8,339,566和美国专利申请号13/646,166中描述的消色差PG和MTR的技术(其公开内容通过引用合并于此),依照本发明的实施例制作的一些GPH元件可以具有宽带频谱。

[0127] 本文中参考液晶(LC)材料描述了本发明的实施例。液晶可以包括其中存在分子的有序布置的液体。通常,液晶(LC)分子可以是各向异性的,具有拉长(杆状)或平坦(盘状)形状。作为各向异性分子排序的结果,体LC经常展示其物理属性的各向异性,诸如其机械、电学、磁性和/或光学属性的各向异性。作为杆状或盘状性质的结果,LC分子的取向的分布可以在诸如液晶显示器(LCD)之类的光学应用中起重要作用。在这些应用中,可以由对齐表面规定LC对齐。对齐表面可以被处理使得LC以可控制的方式相对于该表面对齐。

[0128] 本领域技术人员将理解的是,如本文中使用的,“透光”或“透明”基板或元件可以允许入射光中的至少一些穿过其。换言之,本文中描述的透光或透明元件不需要是完美透

明的,并且可以具有各向同性或二向色吸收特性和/或可以以其他方式吸收入射光中的一些。相比之下,如本文中描述的“反射式”基板可以反射入射光中的至少一些。透明基板或隔片在一些实施例中可以是玻璃基板。而且,“可聚合液晶”可以指代可以被聚合的相对低分子量的液晶材料,并且在本文中也可以被描述为“活性聚芳酯”。相比之下,“非活性液晶”可以指代可以未被聚合的相对低分子量的液晶材料。

[0129] 而且,如本文中使用的,“零阶”光在基本上平行于入射光的方向的方向上(即,以基本上类似的入射角)传播,并且在本文中可以被描述为“轴上”光。相比之下,诸如“第一阶”光之类的“非零阶光”在不平行于入射光的方向上传播,并且在本文中被称为“离轴”光。如本文中描述的“部分准直”光可以描述基本上彼此平行地传播但可以具有某个散度(例如,随着离源的距离在光束直径上的差异)的光线或光束。

[0130] 还将理解的是,本发明的实施例不限于本文中描述的特定材料,而是可以使用如本文中描述的那样起作用的任何和所有材料层来实施。

[0131] 本文中已经结合前面的描述和附图公开了许多不同实施例。将理解的是,逐字描述和图示这些实施例的每一组合和子组合将过于重复和混淆。因此,包括附图的本说明书应被解释成构成本文中描述的实施例的所有组合和子组合以及制造和使用它们的方式和过程的完整的书面描述,并且应当支持对于任何这样的组合或子组合要求权利。

[0132] 在一些实施例中,PR元件可以定位在焦距 f 附近(例如,靠近焦距 f ,而非在焦距 f 处)以接收从GPH输出的光。例如,当输入光束发散时PR元件的位置可以更接近GP元件(例如,在 f 的近似50%内),以便改进或最大化转换效率。更具体地,在一些实施例中PR元件的位置可以在焦距 f 的近似 $\pm 50\%$ 内。然而,如果输入光束是几乎准直的,则PR元件可以放置在远离GP元件的焦距处。

[0133] 在附图和说明书中,已经公开了本公开内容的实施例。尽管采用特定术语,但是它们仅在一般性和描述性意义上使用并且不用于限制的目的,在下面的权利要求中阐述本发明的范围。

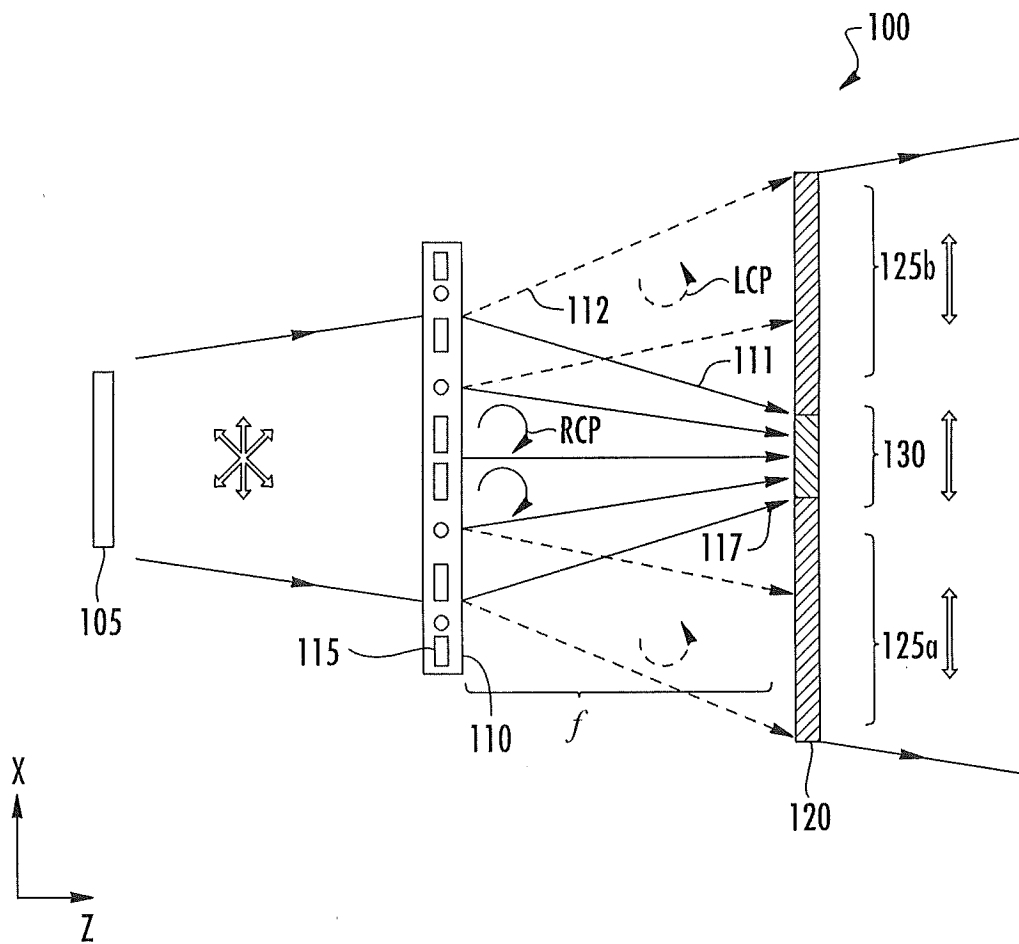


图 1

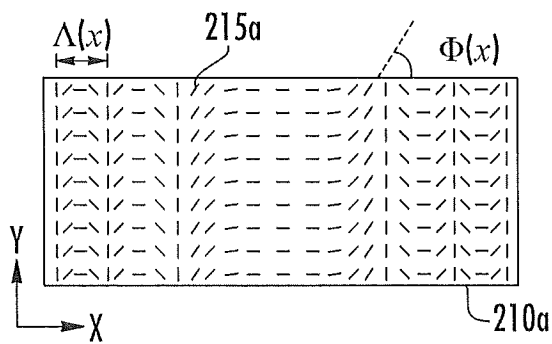


图 2A

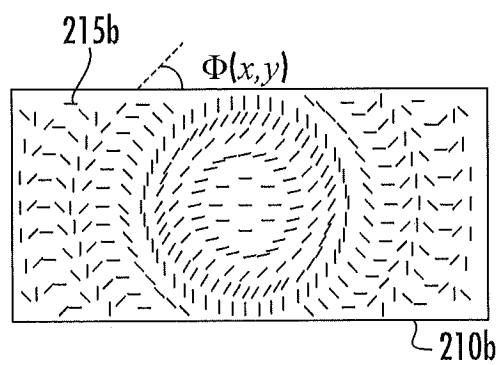


图 2B

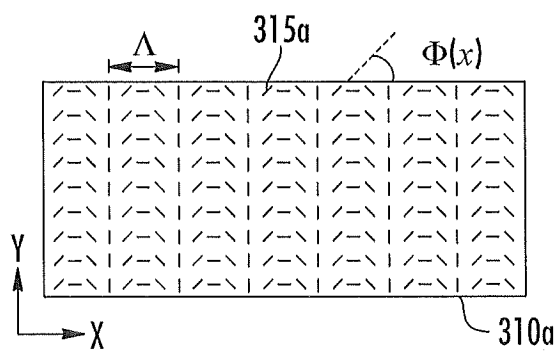


图 3A

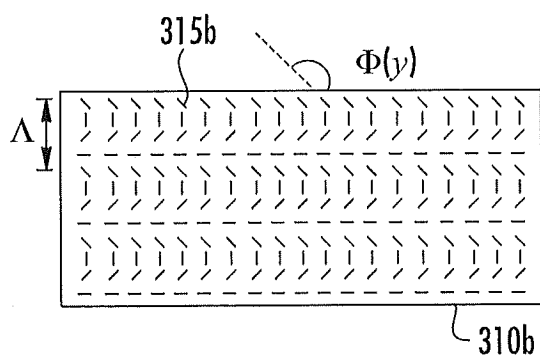


图 3B

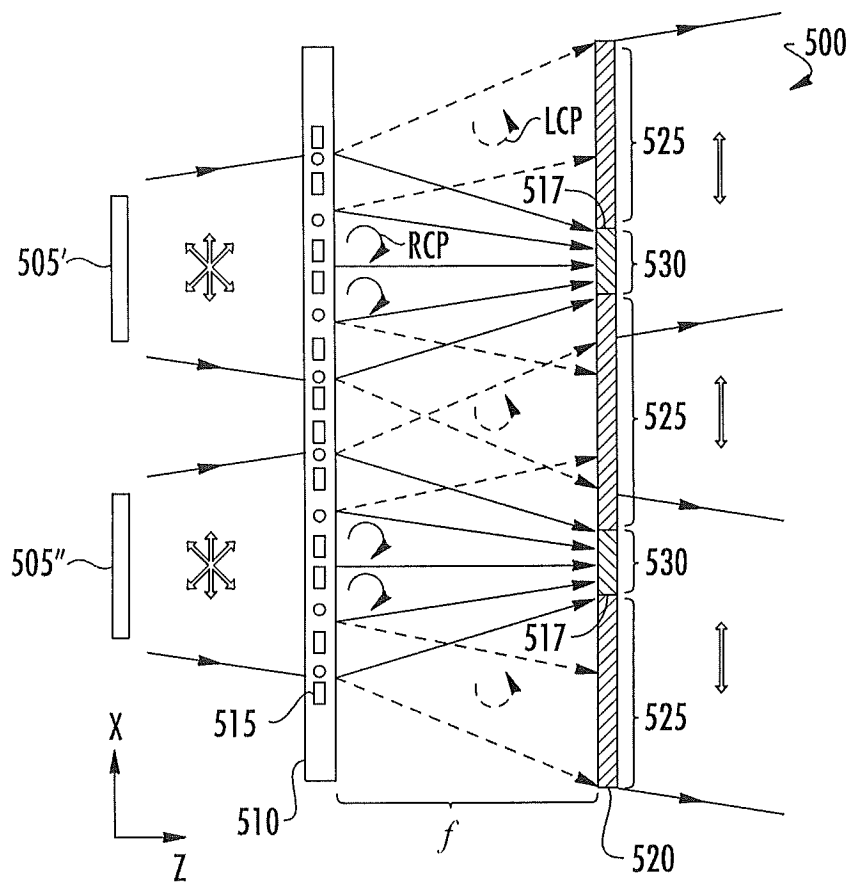
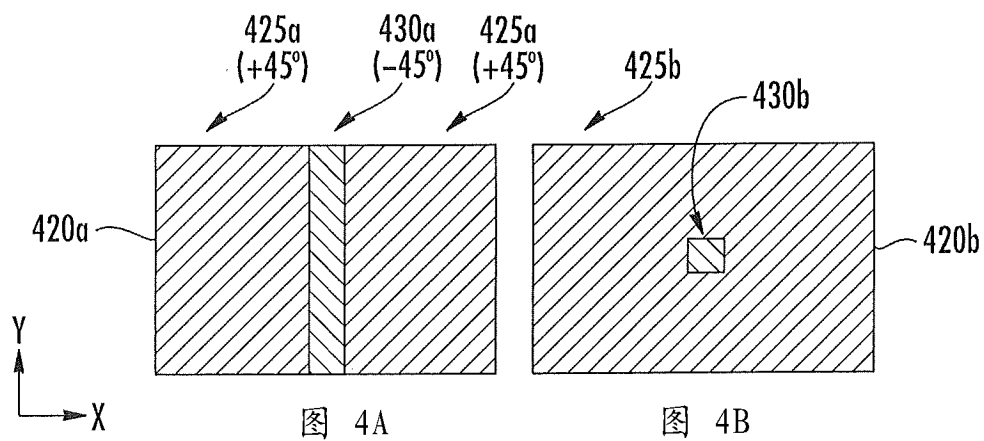


图 5A

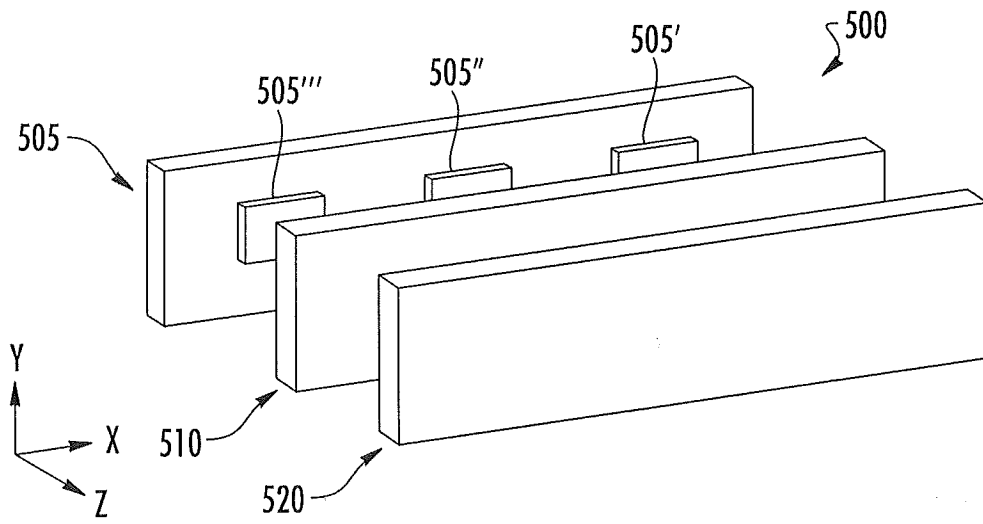


图 5B

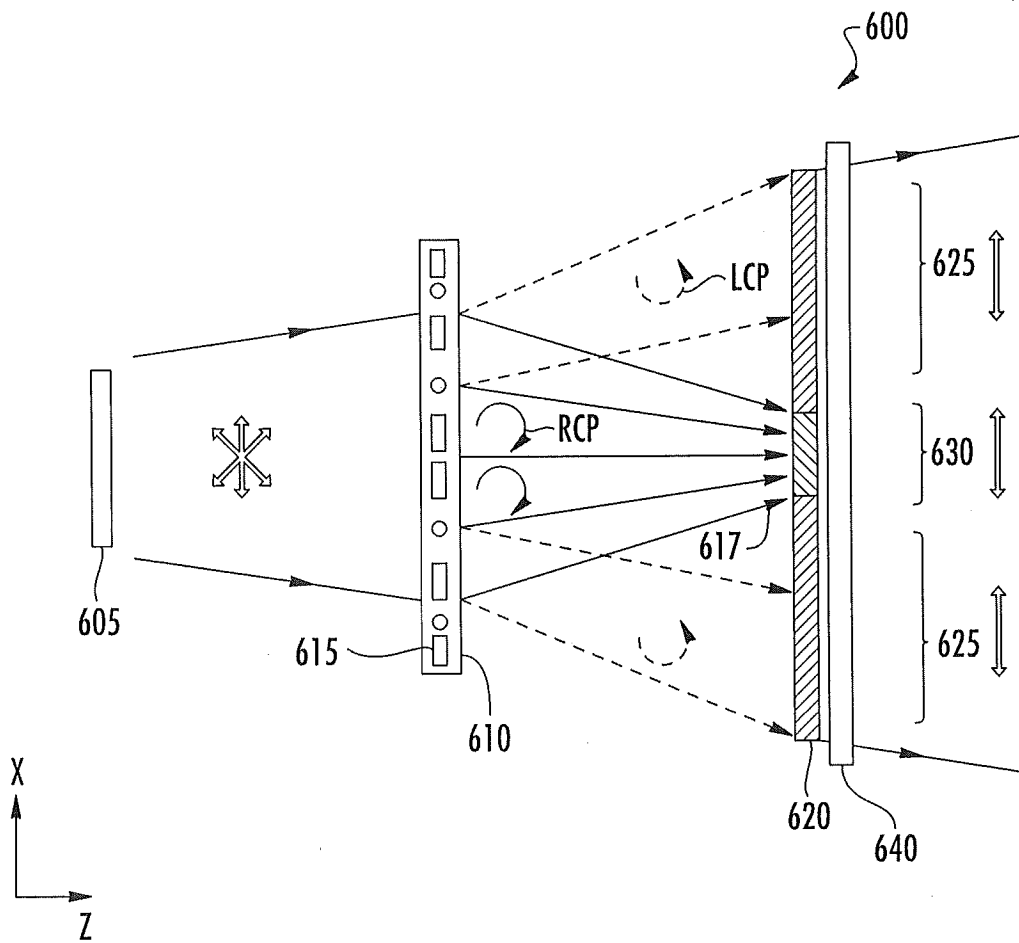


图 6

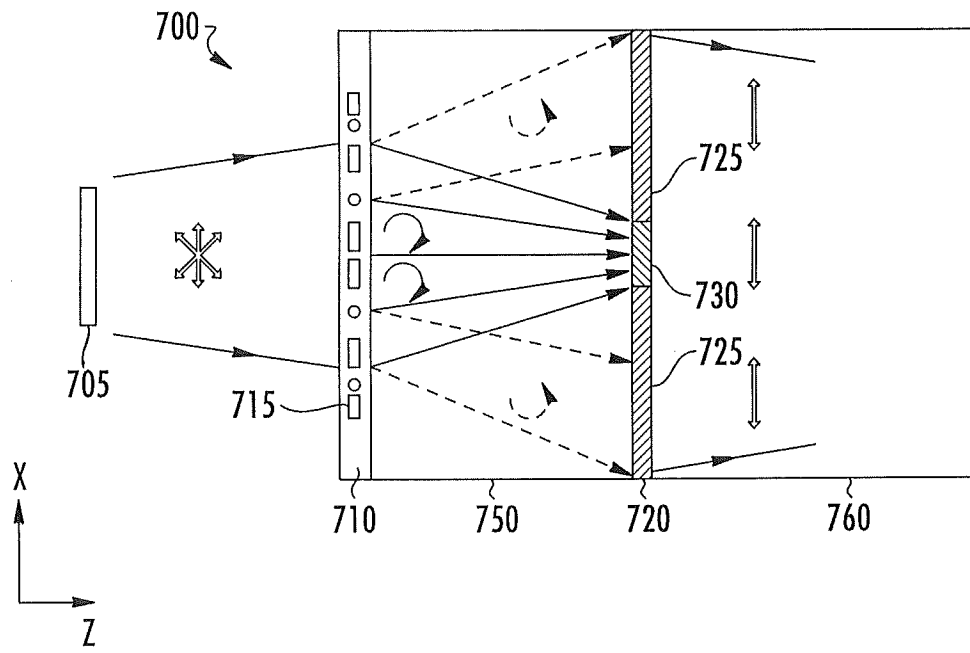


图 7A

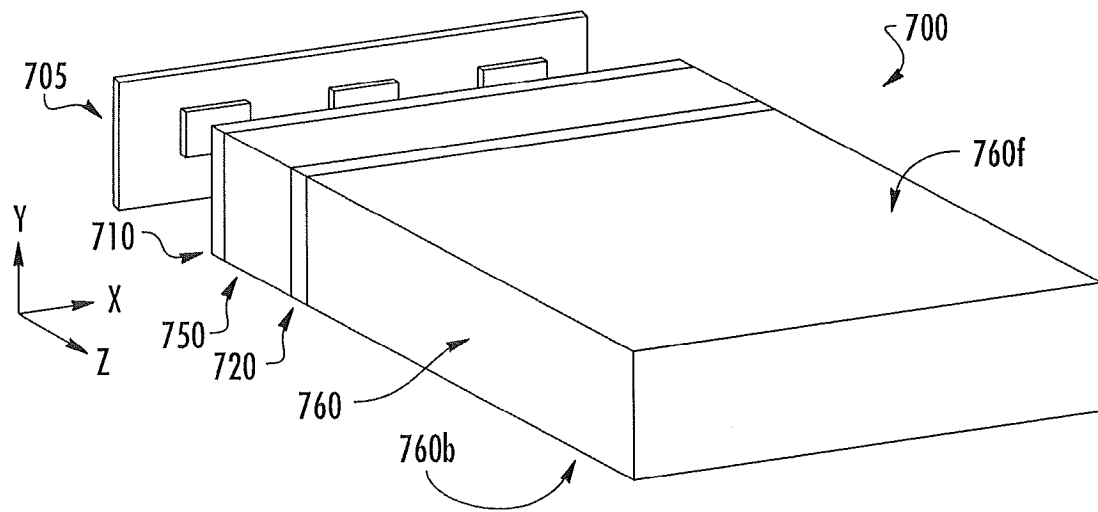


图 7B

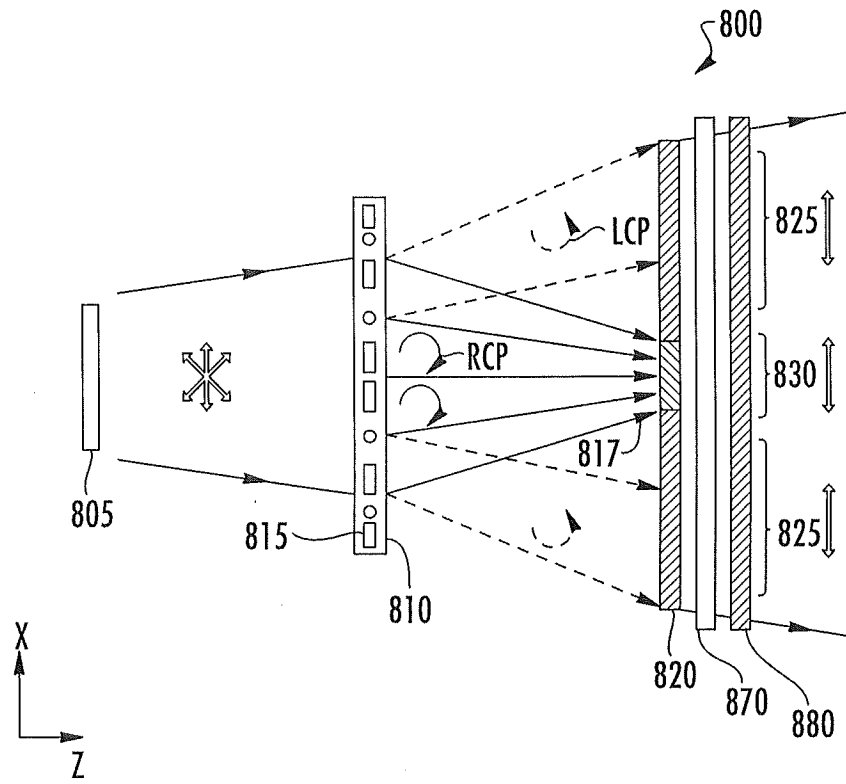


图 8

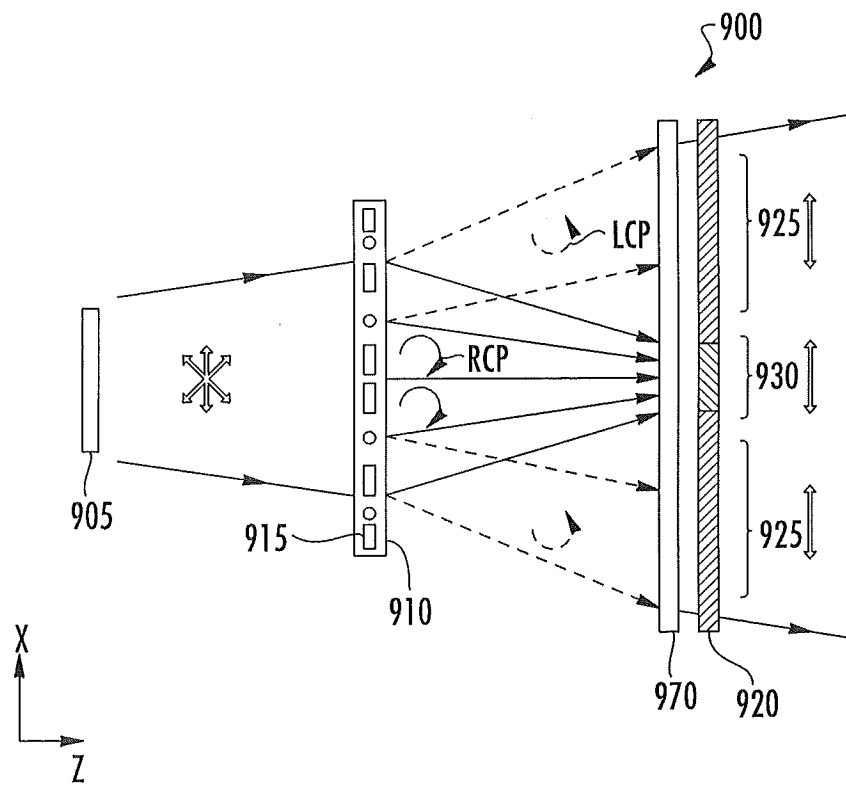


图 9

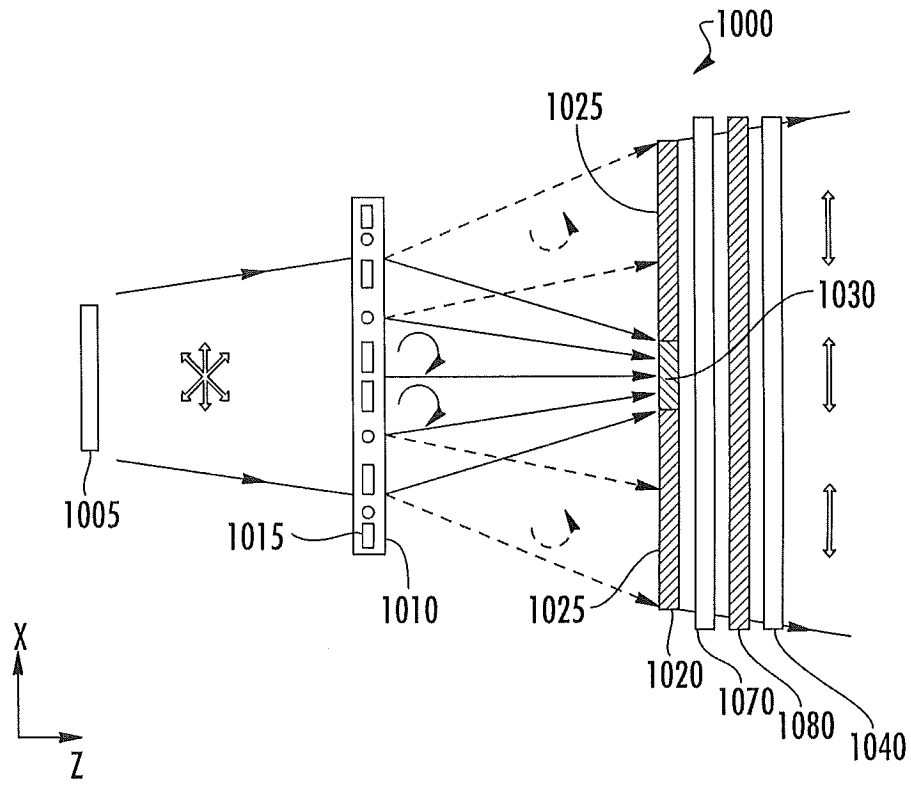


图 10

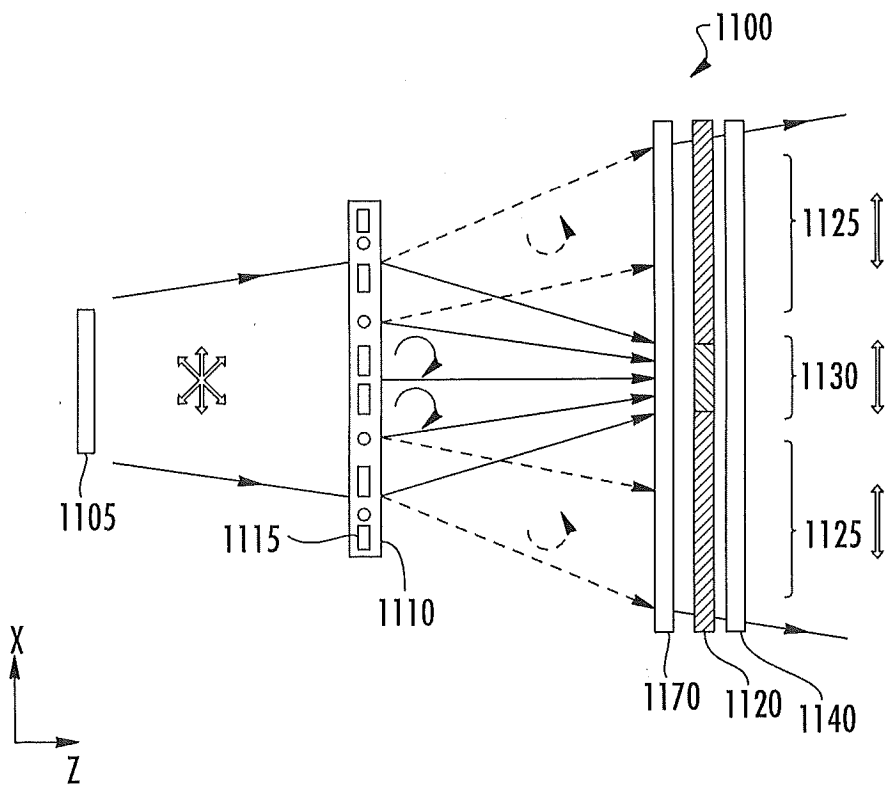


图 11

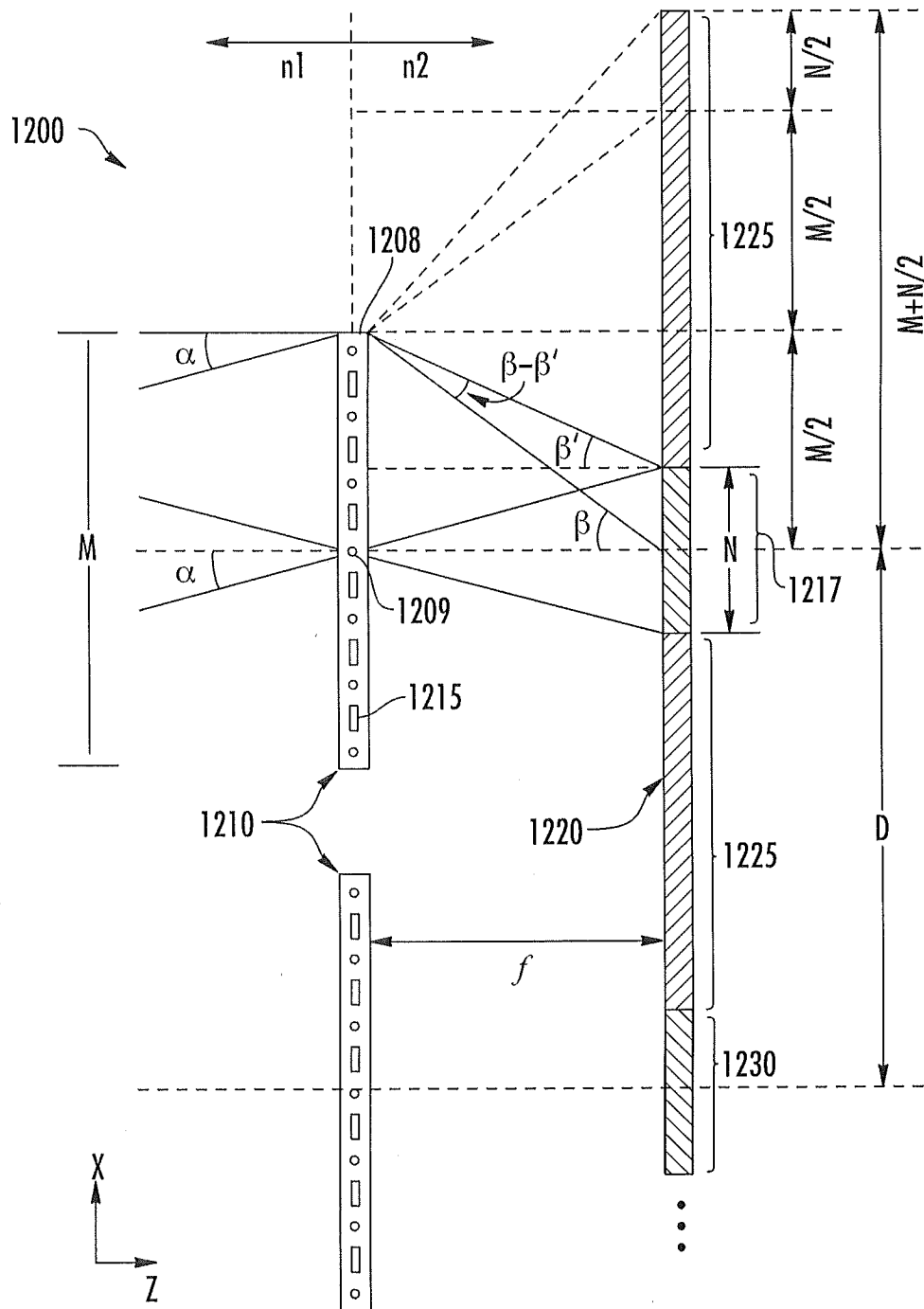


图 12

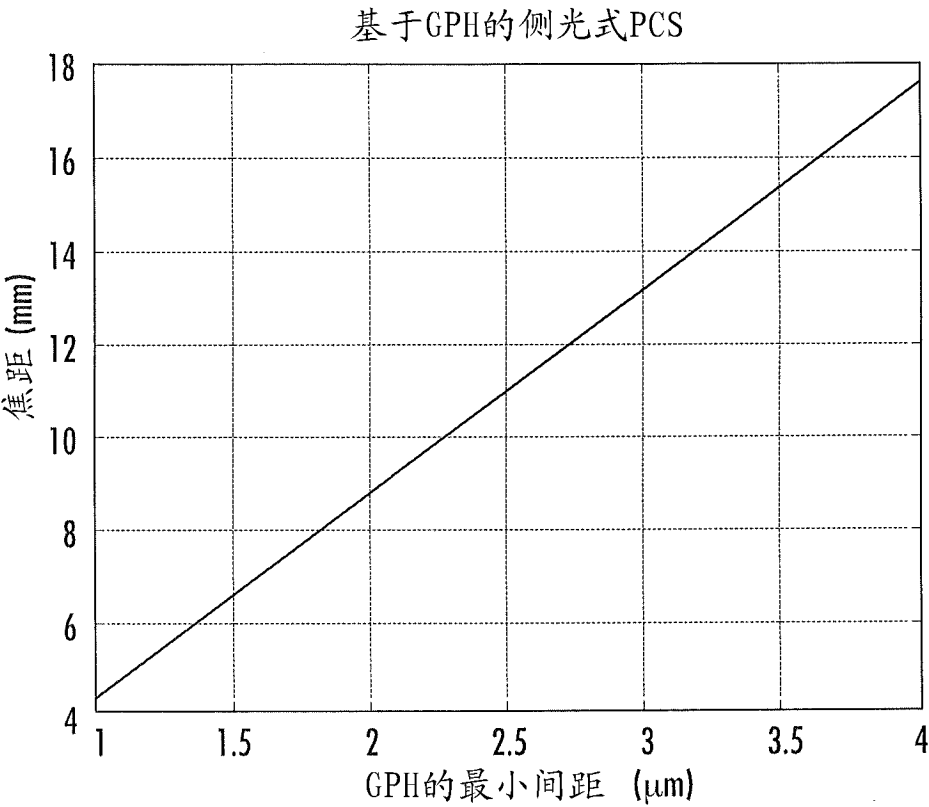


图 13

基于GPH的侧光式PCS

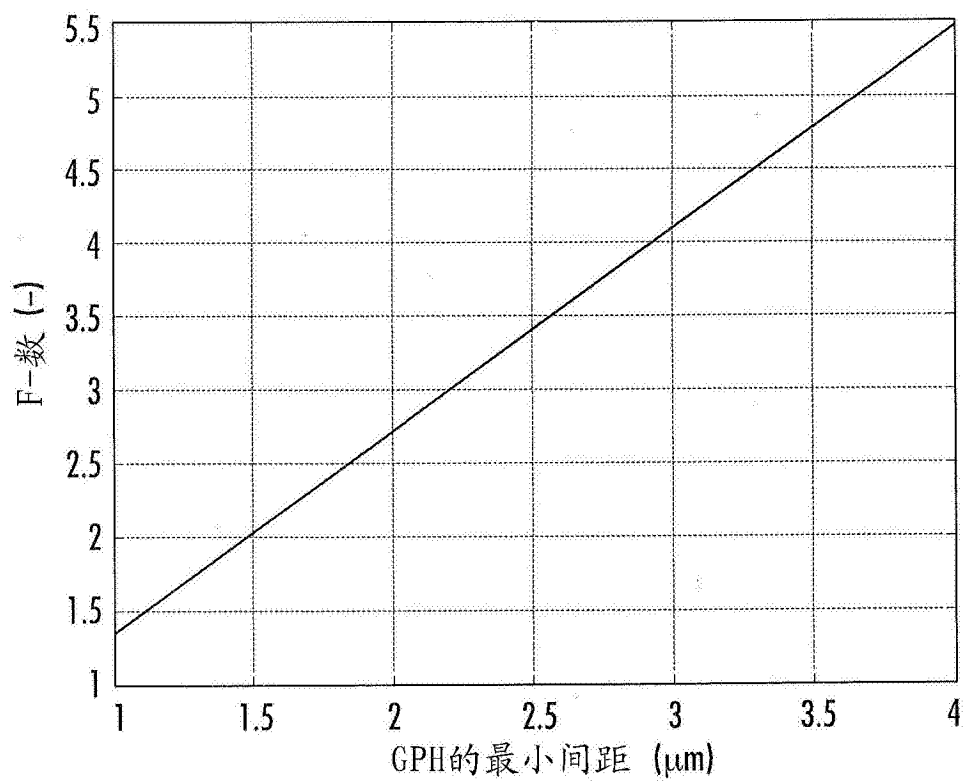


图 14

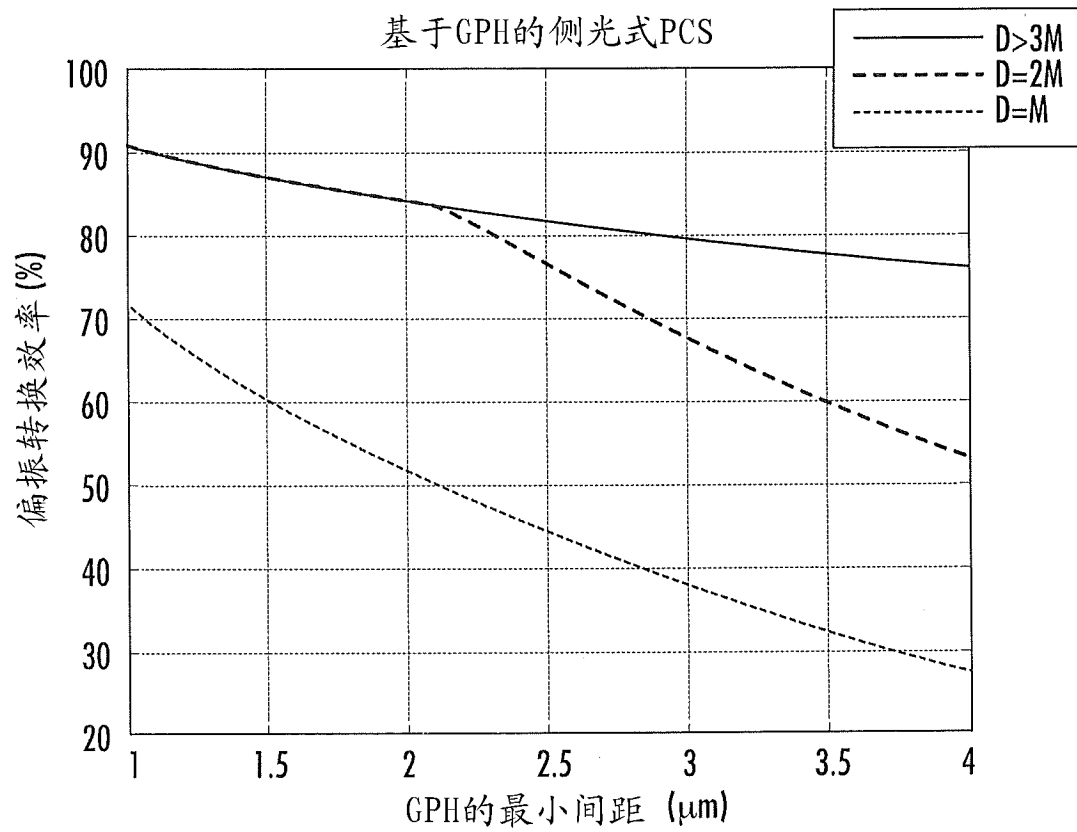
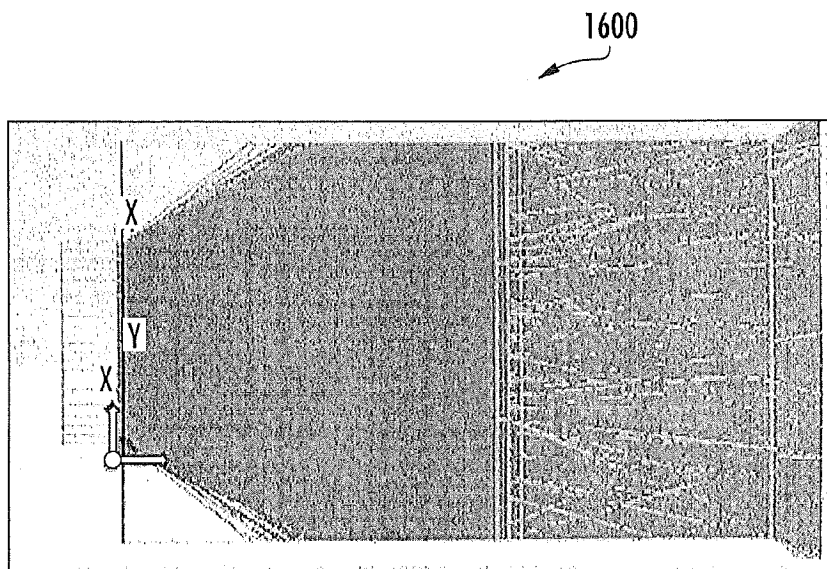


图 15



针对出射通量的总辐照图
归一化为平均发射辐射 (GND和表面源)
出射块前表面

图 16A

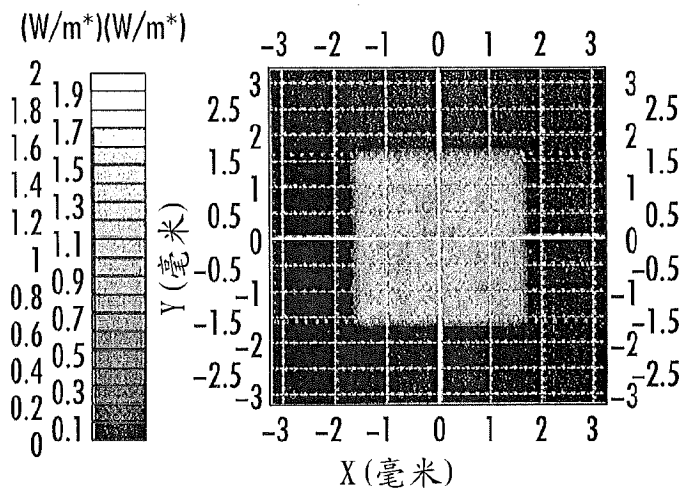


图 16B

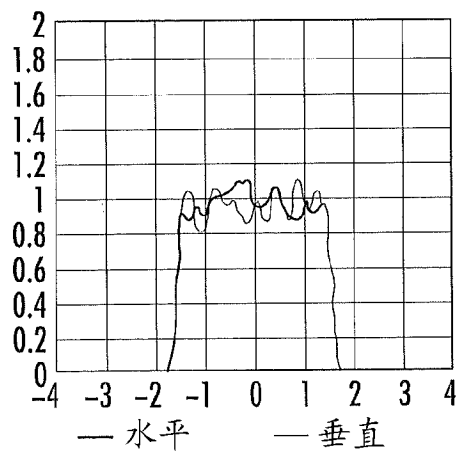
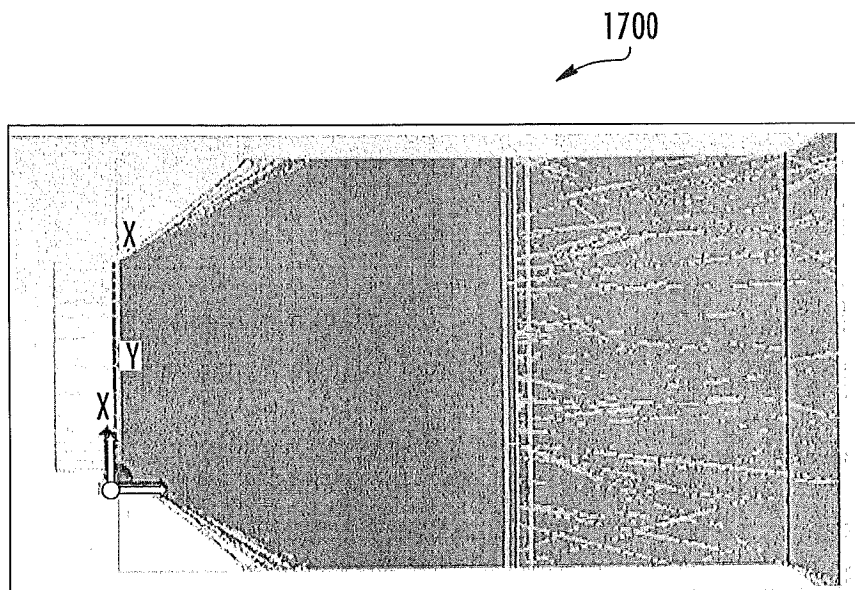


图 16C

— 水平 — 垂直



针对出射通量的总辐照图
归一化为平均发射辐射 (GND和表面源)
出射块后表面

图 17A

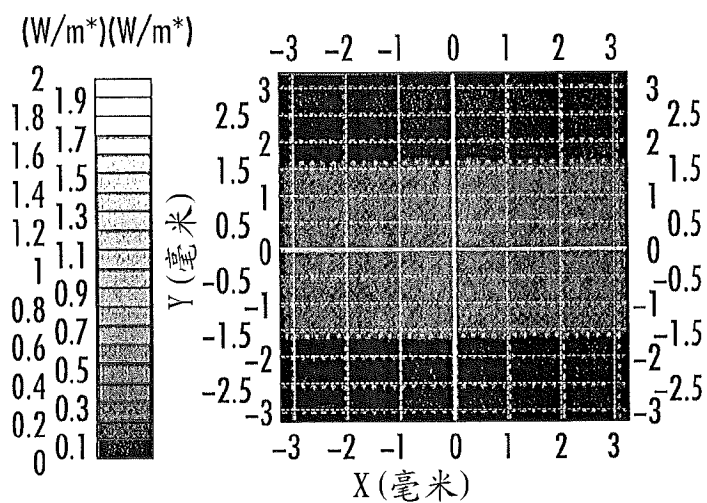


图 17B

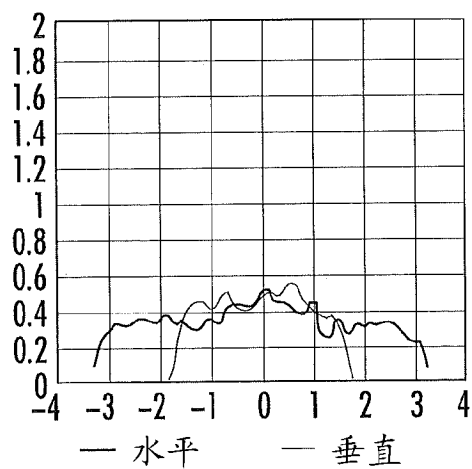


图 17C