



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116235085 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 06

(21) 申请号 202180054227.2

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2021.09.01

专利代理师 周欣

(30) 优先权数据

2020-147543 2020.09.02 JP

2020-177548 2020.10.22 JP

(51) Int.Cl.

G02B 5/30 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.03.02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/032179 2021.09.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/050321 JA 2022.03.10

(71) 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 佐藤宽 齐藤之人 米本隆

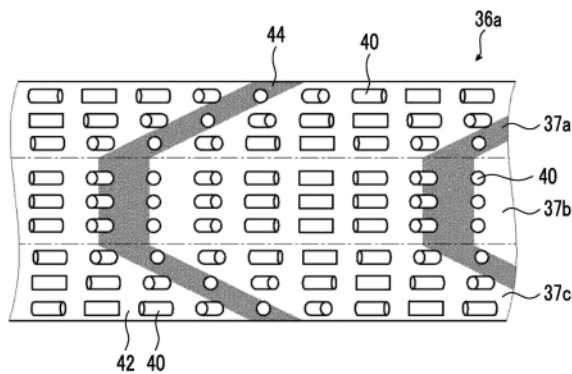
权利要求书2页 说明书56页 附图13页

(54) 发明名称

液晶衍射元件、光学元件、图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器

(57) 摘要

本发明的课题在于提供一种衍射效率的波长依赖性小且波长相同时以相同角度进行衍射的液晶衍射元件及使用该液晶衍射元件的光学元件、以及使用该光学元件的图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器。所述液晶衍射元件具备包含液晶化合物的光学各向异性层，光学各向异性层具有液晶化合物的光学轴的朝向沿一个方向连续旋转的液晶取向图案，在使用扫描型电子显微镜观察剖面的图像中，具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部和暗部，暗部具有2处以上的角度的拐点，进而，在厚度方向上具有暗部的倾斜方向不同的区域，从而解决问题。



1. 一种液晶衍射元件,其具备使用包含液晶化合物的液晶组合物形成的光学各向异性层,

所述光学各向异性层具有源自所述液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,

所述光学各向异性层在用扫描型电子显微镜观察沿所述一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部及暗部,并且,所述暗部具有2处以上的角度的拐点,进而,在厚度方向上具有所述暗部的倾斜方向不同的区域。

2. 根据权利要求1所述的液晶衍射元件,其中,

在将所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,所述1个周期的长度是恒定的。

3. 根据权利要求1所述的液晶衍射元件,其中,

在将所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,所述1个周期的长度沿一个方向逐渐变化。

4. 根据权利要求1或3所述的液晶衍射元件,其中,

所述液晶取向图案为同心圆状图案,所述同心圆状图案以从内侧向外侧的同心圆状具有源自所述液晶化合物的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的一个方向。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

所述暗部具有奇数处倾斜方向折回的所述拐点。

6. 根据权利要求5所述的液晶衍射元件,其中,

所述暗部具有1处倾斜方向折回的所述拐点。

7. 根据权利要求5所述的液晶衍射元件,其中,

所述暗部具有3处倾斜方向折回的所述拐点。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

所述光学各向异性层在用扫描型电子显微镜观察沿所述一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,所述暗部的形状相对于所述光学各向异性层的厚度方向的中心线对称。

9. 根据权利要求1至7中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

所述光学各向异性层在用扫描型电子显微镜观察沿所述一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,所述暗部的形状相对于所述光学各向异性层的厚度方向的中心线不对称。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

伴随所述光学各向异性层的折射率各向异性而产生的折射率差 Δn_{550} 为0.2以上。

11. 根据权利要求1至9中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

在将所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,在面内具有所述1个周期的长度为 $1.0\mu\text{m}$ 以下的区域。

12. 一种光学元件,其具有权利要求1至11中任一项所述的液晶衍射元件和圆偏振片。

13. 根据权利要求12所述的光学元件,其中,

所述圆偏振片由相位差片和起偏器组成,所述光学元件中依次配置有所述液晶衍射元件、所述相位差片及所述起偏器。

14. 一种光学元件,其依次具有权利要求1至11中任一项所述的液晶衍射元件、氧化硅层及支撑体。

15. 一种光学元件,其具有至少一个以上的权利要求1至11中任一项所述的液晶衍射元件或权利要求12至14中任一项所述的光学元件,还具有至少一个以上的相位调制元件。

16. 一种图像显示单元,其具有权利要求1至11中任一项所述的液晶衍射元件或权利要求12至15中任一项所述的光学元件。

17. 一种头戴式显示器,其具有权利要求16所述的图像显示单元。

18. 一种光束转向器,其具有权利要求1至11中任一项所述的液晶衍射元件或权利要求12至15中任一项所述的光学元件。

19. 一种传感器,其具有权利要求1至11中任一项所述的液晶衍射元件或权利要求12至15中任一项所述的光学元件。

液晶衍射元件、光学元件、图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种衍射并透射入射光的液晶衍射元件及使用该液晶衍射元件的光学元件、以及使用该光学元件的图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器。

背景技术

[0002] 已知有衍射并透射入射光的液晶衍射元件。

[0003] 作为这种液晶衍射元件,已知有具有使用包含液晶化合物的液晶组合物形成的光学各向异性层的液晶衍射元件。

[0004] 例如,在专利文献1中记载了一种液晶衍射元件(偏振光衍射光栅),其具有基板;第1偏振光衍射光栅层,为基板上的第1偏振光衍射光栅层,包括在限定于第1偏振光衍射光栅层的两面之间的第1厚度上根据第1扭转性扭转的分子结构;及第2偏振光衍射光栅层,为第1偏振光衍射光栅层上的第2偏振光衍射光栅层,包括在限定于第2偏振光衍射光栅层的两面之间的第2厚度上根据与第1扭转性相反的第2扭转性扭转的分子结构。

[0005] 在专利文献1中记载了该偏振光衍射光栅层能够通过以规定的取向图案对液晶化合物进行取向来衍射光。

[0006] 如专利文献1中所记载的具有液晶化合物的取向图案的液晶衍射元件能够使入射的光以与波长相对应的角度衍射。并且,在液晶化合物的取向图案恒定的情况下,如果是相同波长的光,则无论入射位置如何都能够以一定的角度来衍射光。

[0007] 具有液晶化合物的取向图案的液晶衍射元件利用这种特性,能够用于各种用途。

[0008] 例如,在实际观看的光景上重叠显示虚拟的影像及各种信息等的AR (Augmented Reality (增强现实))眼镜中,需要将图像显示装置显示的图像以能够全反射的角度入射到导光板。

[0009] 作为用于将光入射到该导光板的入射元件,通过使用专利文献1中所记载的具有液晶化合物的取向图案的液晶衍射元件,能够衍射入射光(影像),并以能够全反射的角度入射到导光板。并且,通过在导光板的另一端也使用液晶衍射元件,能够衍射在导光板内导光而来的光并射出光,使用户视觉辨认到影像。

[0010] 并且,如上所述,专利文献1中所记载的具有液晶化合物的取向图案的液晶衍射元件能够以与波长相对应的衍射角度来衍射入射光,并且当液晶化合物的取向图案恒定时,如果是相同波长,则面内的衍射角度相等。

[0011] 因此,该液晶衍射元件也能够适宜地用作将入射光分光到多个波长区域而进行拍摄的高光谱相机中的分光元件。

[0012] 并且,通过在面内改变液晶化合物的取向图案,能够根据光的入射位置来改变衍射角度,例如,能够用作表达透镜功能的元件。

[0013] 例如,有如下头戴式显示器,其具有为了体验不会使现实世界的外光通过的所谓的沉浸式虚拟现实(VR),使用户佩戴而将图像引导到用户的眼睛的图像显示单元。在这种

头戴式显示器所使用的图像显示单元中,需要从图像显示装置射出的光在使用者的眼镜的位置聚光的透镜。

[0014] 作为VR用头戴式显示器的透镜元件,通过在面内使液晶化合物的取向图案变化,使用具有透镜功能的液晶衍射元件,衍射入射光(影像),将从图像显示装置射出的光聚光在用户的眼睛的位置,从而能够使用户视觉辨认到影像。

[0015] 并且,成型玻璃、塑料等的折射透镜由于用作透镜的材料的折射率的波长分散性,由透镜折射的光的行进方向根据波长而变化,因此产生色分裂(色差)。具体而言,短波长的一方被透镜折射的角度大,长波长的一方折射的角度变小。另一方面,在面内改变液晶化合物的取向图案,具有透镜功能的液晶衍射元件具有衍射角度在短波长处小,在长波长处变大的特征。因此,通过在折射透镜和面内改变液晶化合物的取向图案,组合具有透镜功能的液晶衍射元件,从而能够改善折射透镜的色分裂。

[0016] 以往技术文献

[0017] 专利文献

[0018] 专利文献1:日本特表2010-525394号公报

发明内容

[0019] 发明要解决的技术课题

[0020] AR眼镜中的向导光板的入射元件及高光谱相机中的分光元件例如一同对应于可见光的整个波长区域等、宽波长区域的光,并衍射各波长的光。

[0021] 因此,对这些光学元件要求衍射效率的波长依赖性小,即,无论波长如何都能够以相同的衍射效率来衍射光。

[0022] 然而,包括专利文献1中所记载的液晶衍射元件在内,具有以往的液晶化合物的取向图案的液晶衍射元件的衍射效率的波长依赖性不够小。

[0023] 并且,VR用头戴式显示器中的透镜元件及通过与折射透镜组合而改善色分裂的透镜元件例如对应于可见光的整个波长区域等、宽波长区域的光,并衍射各波长的光。

[0024] 因此,对这些光学元件要求衍射效率的波长依赖性小,即,无论波长如何都能够以相同的衍射效率来衍射光。

[0025] 然而,包括专利文献1中所记载的液晶衍射元件在内,具有以往的液晶化合物的取向图案的液晶衍射元件的衍射效率的波长依赖性不够小。

[0026] 本发明的目的在于解决这种以往技术的问题点,并提供一种衍射效率的波长依赖性小的液晶衍射元件及使用该液晶衍射元件的光学元件、以及使用该光学元件的图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器。

[0027] 用于解决技术课题的手段

[0028] 为了解决该课题,本发明具有以下结构。

[0029] [1]一种液晶衍射元件,其具备使用包含液晶化合物的液晶组合物形成的光学各向异性层,

[0030] 光学各向异性层具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,并且

[0031] 光学各向异性层在用扫描型电子显微镜观察沿一个方向在厚度方向上切断而得

的剖面的剖面图像中,具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部及暗部,并且,暗部具有2处以上的角度的拐点,进而,在厚度方上具有暗部的倾斜方向不同的区域。

[0032] [2]根据[1]所述的液晶衍射元件,其中,

[0033] 在将液晶取向图案中的源自液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,1个周期的长度是恒定的。

[0034] [3]根据[1]所述的液晶衍射元件,其中,

[0035] 在将液晶取向图案中的源自液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,1个周期的长度沿一个方向逐渐变化。

[0036] [4]根据[1]或[3]所述的液晶衍射元件,其中,

[0037] 液晶取向图案为同心圆状图案,所述同心圆状图案以从内侧向外侧的同心圆状具有源自液晶化合物的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的一个方向。

[0038] [5]根据[1]至[4]中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

[0039] 暗部具有奇数处倾斜方向折回的拐点。

[0040] [6]根据[5]所述的液晶衍射元件,其中,

[0041] 暗部具有1处倾斜方向折回的拐点。

[0042] [7]根据[5]所述的液晶衍射元件,其中,

[0043] 暗部具有3处倾斜方向折回的拐点。

[0044] [8]根据[1]至[7]中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

[0045] 光学各向异性层在用扫描型电子显微镜观察沿一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,暗部的形状相对于光学各向异性层的厚度方向的中心线对称。

[0046] [9]根据[1]至[7]中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

[0047] 光学各向异性层在用扫描型电子显微镜观察沿一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,暗部的形状相对于光学各向异性层的厚度方向的中心线不对称。

[0048] [10]根据[1]至[9]中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

[0049] 伴随光学各向异性层的折射率各向异性而产生的折射率差 Δn_{550} 为0.2以上。

[0050] [11]根据[1]至[9]中任一项所述的液晶衍射元件,其中,

[0051] 在将液晶取向图案中的源自液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,在面内具有1个周期的长度为 $1.0\mu\text{m}$ 以下的区域。

[0052] [12]一种光学元件,其具[1]至[11]中任一项所述的液晶衍射元件和圆偏振片。

[0053] [13]根据[12]所述的光学元件,其中,

[0054] 圆偏振片由相位差片和起偏器组成,所述光学元件中依次配置有液晶衍射元件、相位差片及起偏器。

[0055] [14]一种光学元件,其依次具有[1]至[11]中任一项所述的液晶衍射元件、氧化硅层及支撑体。

[0056] [15]一种光学元件,其具有至少一个以上的[1]至[11]中任一项所述的液晶衍射元件或[12]至[14]中任一项所述的光学元件,并具有至少一个以上的相位调制元件。

[0057] [16]一种图像显示单元,其具有[1]至[11]中任一项所述的液晶衍射元件或[12]至[15]中任一项所述的光学元件。

[0058] [17]一种头戴式显示器,其具有[16]所述的图像显示单元。

[0059] [18]一种光束转向器,其具有[1]至[11]中任一项所述的液晶衍射元件或[12]至[15]中任一项所述的光学元件。

[0060] [19]一种传感器,其具有[1]至[11]中任一项所述的液晶衍射元件或[12]至[15]中任一项所述的光学元件。

[0061] 发明效果

[0062] 根据本发明,能够提供一种衍射效率的波长依赖性小的液晶衍射元件及使用该液晶衍射元件的光学元件、以及使用该光学元件的图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器。

附图说明

[0063] 图1是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的一例的图。

[0064] 图2是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0065] 图3是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0066] 图4是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0067] 图5是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0068] 图6是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0069] 图7是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0070] 图8是光学各向异性层的平面图的局部放大图。

[0071] 图9是放大表示光学各向异性层的一部分区域的剖面图。

[0072] 图10是概念性地表示对取向膜进行曝光的曝光装置的一例的图。

[0073] 图11是用于说明光学各向异性层的作用的概念图。

[0074] 图12是用于说明光学各向异性层的作用的概念图。

[0075] 图13是概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例的图。

[0076] 图14是概念性地表示对取向膜进行曝光的曝光装置的一例的图。

具体实施方式

[0077] 以下,根据附图所示的优选实施例,对本发明的液晶衍射元件、光学元件、图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器进行详细说明。

[0078] 在本说明书中,使用“~”显示的数值范围是指将记载于“~”前后的数值作为下限值及上限值而包含的范围。

[0079] 在本说明书中,“(甲基)丙烯酸酯”以“丙烯酸酯及甲基丙烯酸酯中的一者或两者”的含义而使用。

[0080] 在本说明书中,可见光为电磁波中以肉眼观察的波长的光,并且显示380~780nm的波长区域的光。非可见光为小于380nm的波长区域及超过780nm的波长区域的光。

[0081] [液晶衍射元件]

[0082] 图1中概念性地表示本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的一例。

[0083] 在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层是使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成的,并且具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续转换的液晶取向图案。

[0084] 并且,光学各向异性层在用扫描型电子显微镜(SEM(Scanning Electron Microscope))观察沿光学轴的朝向连续变化的方向在厚度方向上切断的剖面的剖面图像中,具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部和暗部,并且,暗部(亮部)具有2处以上的角度变化的拐点(角度的拐点)。此外,光学各向异性层在厚度方向上具有暗部(亮部)的倾斜方向不同的区域。

[0085] 用SEM观察剖面的图像中的亮部及暗部(明线及暗线)是从具有液晶取向图案的液晶相观察而得的。

[0086] 图1所示的光学各向异性层36a作为液晶化合物40使用棒状液晶化合物。因此,光学轴的方向与液晶化合物40的长边方向一致。

[0087] 光学各向异性层36具有源自液晶化合物40的光学轴朝向一个方向连续旋转的同时发生变化的规定的液晶取向图案。

[0088] 并且,光学各向异性层36a中,将源自液晶化合物40的光学轴的朝向向一个方向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,液晶取向图案中的1个周期的长度是恒定的。

[0089] 具有这种液晶取向图案的光学各向异性层36a作为液晶衍射元件发挥作用,该液晶衍射元件使入射的光根据光学轴旋转 180° 的1个周期及入射光的波长进行衍射(折射)并透射。作为该光学各向异性层36a的衍射元件的作用在后面进行叙述。

[0090] 光学各向异性层36a在用SEM观察沿光学轴旋转的一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,观察到源自液晶相的、交替具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部42和暗部44的条纹图案。另外,在图1中,将该亮部42和暗部44与光学各向异性层36a的剖面重叠显示。在以下说明中,将用SEM观察沿光学轴旋转的一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像也简称为『剖面SEM图像』。

[0091] 图示例的光学各向异性层36a在剖面SEM图像中,暗部44具有2处角度变化的拐点。即,也可以说光学各向异性层36a根据暗部44的拐点在厚度方向上具有区域37a、区域37b及区域37c这3个区域。

[0092] 如图1所示,光学各向异性层36a具有在厚度方向的任何位置中,在面内方向上,源自液晶化合物40的光学轴朝向图中左方向顺时针旋转的液晶取向图案。

[0093] 并且,在液晶取向图案中,作为光学轴朝向一个方向旋转 180° 的长度的1个周期在面内方向的任何区域都是恒定的。

[0094] 并且,如图1所示,液晶化合物40在厚度方向的下侧区域37c中,以在厚度方向上从图中上侧朝向下侧顺时针(右向旋转)扭转为螺旋状的方式扭转取向。

[0095] 在厚度方向的正中间的区域37b中,液晶化合物40没有在厚度方向上扭转,在厚度方向上层叠的液晶化合物40的光学轴朝向相同的方向。即,存在于面内方向的相同位置的液晶化合物40的光学轴朝向相同的方向。

[0096] 在厚度方向的上侧区域37a中,液晶化合物40以在厚度方向上从图中上侧朝向下侧逆时针(左向旋转)扭转为螺旋状的方式扭转取向。

[0097] 即,图1所示的光学各向异性层36a中,区域37a、区域37b及区域37c的厚度方向上的液晶化合物40的扭转的状态分别不同。

[0098] 在具有源自液晶化合物的光学轴朝向一个方向连续旋转的液晶取向图案的光学各向异性层中,观察到光学各向异性层36a的剖面SEM图像中的亮部42及暗部44以连接相同

朝向的液晶化合物40。

[0099] 作为一例,在图1中,示出观察到暗部44以连接光学轴朝向与纸面正交的方向的液晶化合物40。

[0100] 在厚度方向的最下部区域37c中,暗部44向图中左上方倾斜。在正中间区域37b中,暗部44沿厚度方向延伸。在最上部区域37a中,暗部44向图中右上方倾斜。

[0101] 即,图1所示的光学各向异性层36a具有暗部44的角度变化的2个角度的拐点。并且,在最上部区域37a中,暗部44以朝向右上方的方式倾斜,在最下部区域37b中,暗部44以朝向左上方的方式倾斜。即,在区域37a及区域37c中,暗部44的倾斜方向不同。

[0102] 此外,图1所示的光学各向异性层36a中,暗部44具有1处倾斜方向向相反方向折回的拐点。

[0103] 具体而言,光学各向异性层36a的暗部44中,区域37a中的倾斜方向与区域37b中的倾斜方向是相反方向。因此,位于区域37a及区域37b的界面的拐点是倾斜方向向相反方向折回的拐点。即,光学各向异性层36a具有1处倾斜方向向相反方向折回的拐点。

[0104] 并且,作为一例,光学各向异性层36a中,区域37a及区域37c的厚度相等,并且,如上所述,液晶化合物40的厚度方向的扭转状态分别不同。因此,如图1所示,剖面SEM图像中的亮部42及暗部44大致呈C字状。

[0105] 因此,光学各向异性层36a中,暗部44(亮部42)的形状相对于厚度方向的中心线对称。

[0106] 本发明的液晶衍射元件在这种光学各向异性层36a,即,剖面SEM图像中,具有从一个表面延伸至另一个表面的亮部42及暗部44,暗部44具有2个以上的角度的拐点,并且,在厚度方向上,具有倾斜方向不同的区域,由此能够减小衍射效率的波长依赖性,无论波长如何都能够以相同的衍射效率衍射光。

[0107] 如上所述,包括具有源自液晶化合物的光学轴的朝向向至少一个方向连续旋转的液晶取向图案的光学各向异性层的液晶衍射元件例如在整个可见光区域等、宽波长范围,能够根据波长以不同的衍射角度衍射入射光。

[0108] 然而,根据本发明人等的研究,具有以往的液晶取向图案的液晶衍射元件在剖面SEM图像中具有相对于表面(主表面)倾斜的暗部,但是不具有角度变化的拐点,或者如专利文献1所示,仅具有1处拐点。因此,以往的液晶衍射元件例如红色光及绿色光的衍射效率高,但是蓝色光的衍射效率比其他2色低等、衍射效率的波长依赖性大。

[0109] 相对于此,本发明的液晶衍射元件中,在剖面SEM图像中观察到的暗部44具有2处以上的角度的拐点,并且,在厚度方向上具有倾斜方向不同的区域。因此,本发明的液晶衍射元件的衍射效率的波长依赖性小,无论波长如何都能够以相同的衍射效率衍射光。并且,这种本发明的液晶衍射元件无论波长如何都能够以高的衍射效率来衍射光。

[0110] 并且,如后述,本发明的液晶衍射元件的液晶取向图案中,光学轴旋转 180° 的1个周期的长度可以是恒定的。在1个周期的长度恒定的情况下,本发明的液晶衍射元件无论面内的光的入射位置如何,只要波长相同,则能够以相同的角度衍射(折射)光。因此,本发明的液晶衍射元件优选用于AR眼镜中的向导光板的光入射元件及高光谱相机中的分光元件等、要求无论入射位置如何,相同波长的光都以相同的角度衍射光的各种光学装置。

[0111] 另外,关于这种作用效果,具有以下所示的光学各向异性层的本发明的液晶衍射

元件也相同。

[0112] 图1所示的光学各向异性层36a在厚度方向上具有3个区域,暗部44具有2处拐点,此外具有1处倾斜方向折回的拐点。

[0113] 然而,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层不限于该结构。

[0114] 即,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层具有上述液晶取向图案,并且液晶取向图案的1个周期恒定,此外,在剖面SEM图像中,由于液晶层而具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部42及暗部44,并且,暗部44具有2处以上的角度的拐点,此外,在厚度方向上,具有倾斜方向不同的区域,则能够利用各种结构。

[0115] 图2中示出本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层的另一例。

[0116] 图2所示的光学各向异性层36b具有源自液晶化合物的光学轴朝向一个方向连续旋转的同时发生变化的规定的液晶取向图案。因此,光学各向异性层36b也在剖面SEM图像中观察到来自液晶层且交替具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部42和暗部44的条纹图案。

[0117] 图2也与图1同样地将该亮部42和暗部44与光学各向异性层36a的剖面重叠显示。

[0118] 图2所示的光学各向异性层36b中,在剖面SEM图像中观察到的暗部44具有3处角度变化的拐点。

[0119] 即,可以说光学各向异性层36b根据暗部44的拐点在厚度方向上从上起具有区域37d、区域37e、区域37f及区域37g这4个区域。

[0120] 图2的光学各向异性层36b也具有在厚度方向的任何位置中,在面内方向上,源自液晶化合物40的光学轴朝向图中左方向顺时针旋转的液晶取向图案。

[0121] 并且,在液晶取向图案中,作为光学轴朝向一个方向旋转 180° 的长度的1个周期在面内方向的任何区域都是恒定的。

[0122] 在图2所示的光学各向异性层36b中,厚度方向的最下部区域37g中,液晶化合物40以在厚度方向上从图中上侧朝向下侧顺时针扭转为螺旋状的方式扭转取向。

[0123] 从下部开始第2个区域37f中,液晶化合物40以在厚度方向上从图中上侧朝向下侧逆时针扭转为螺旋状的方式扭转取向。

[0124] 从下部开始第3个区域37e中,液晶化合物40以在厚度方向上从图中上侧朝向下侧顺时针扭转为螺旋状的方式扭转取向。

[0125] 此外,在最上部区域37d中,液晶化合物40以在厚度方向上从图中上侧朝向下侧逆时针扭转为螺旋状的方式扭转取向。

[0126] 即,图2所示的光学各向异性层36b中,液晶取向图案在厚度方向的整个区域是均匀的,但是液晶化合物40的厚度方向的螺旋状扭转的状态在区域37d和区域37f相同,在区域37e和区域37g相同。并且,图2所示的光学各向异性层36b中,液晶化合物40的厚度方向的螺旋状扭转的状态在区域37d和区域37e之间相反。

[0127] 如上所述,在具有源自液晶化合物的光学轴朝向一个方向连续旋转的液晶取向图案的光学各向异性层中,观察到光学各向异性层36a的剖面SEM图像中的亮部42及暗部44以连接相同取向的液晶化合物40。

[0128] 因此,在图2所示的光学各向异性层36b中,区域37d与区域37f的暗部44的倾斜方向一致,区域37e与区域37g的暗部44的倾斜方向一致。

[0129] 具体而言,在厚度方向的最下部区域37g中,暗部44向图中左上方倾斜。从下部开始第2个区域37f中,暗部44向图中右上方倾斜。在从下部开始第3个区域37e中,暗部44与最下部的区域37g同样地以朝向图中左上方的方式倾斜。此外,在最上部的区域37d中,暗部44与从下部开始第2个区域37f同样地以朝向图中右上方的方式倾斜。

[0130] 即,图2所示的光学各向异性层36b具有3处暗部44的角度变化的暗部的角度的拐点。

[0131] 在此,在光学各向异性层36b中,在与厚度方向相邻的区域即区域37g和区域37f中,暗部的倾斜方向不同。并且,在与厚度方向相邻的区域即区域37f和区域37e中,暗部的倾斜方向也不同。此外,在与厚度方向相邻的区域即区域37e和区域37d中,暗部的倾斜方向也不同。即,在图2所示的光学各向异性层36d中,暗部44中,暗部的角度变化的3处拐点全部为倾斜方向折回的拐点。

[0132] 并且,区域37d和区域37g及区域37e和区域37f作为一例厚度相同。

[0133] 因此,在图2所示的光学各向异性层36b中,剖面SEM图像中的亮部42及暗部44呈大致W字状。因此,光学各向异性层36b中,暗部44的形状相对于厚度方向的中心线对称。

[0134] 并且,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层的结构除了上述例子以外还具有上述液晶取向图案,并且液晶取向图案的1个周期恒定,此外,具有由于在剖面SEM图像中观察到的液晶相而从一个表面(主表面)延伸到另一个表面的亮部42及暗部44,暗部44具有2处以上的角度的拐点,并且,若在厚度方向上,具有倾斜方向不同的区域,则能够利用各种结构。

[0135] 另外,在以下所示的例子中,仅图示光学各向异性层的剖面SEM图像中的亮部42及暗部44。然而,在任一例子中,如放大表示在各图中由虚线包围的部分那样,光学各向异性层的各区域具有光学轴朝向一个方向连续旋转的上述液晶取向图案。并且,在液晶取向图案中,源自液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期是恒定的。

[0136] 并且,在以下所示的光学各向异性层中,在暗部44相对于光学各向异性层的表面(主表面)倾斜的区域中,液晶化合物40在厚度方向上扭转取向。另外,主表面为片状物(板状物、膜、层)中的最大面。

[0137] 作为一例,例示如图3中概念性表示的、根据暗部44的拐点,在厚度方向上具有4个区域的光学各向异性层。

[0138] 在本例中,在最下部区域,暗部44朝向图中左上方倾斜。在从下部第2个区域中,暗部44相对于表面以大于最下部的区域的角度朝向图中左上方倾斜。在从下部第3个区域,暗部44朝向图中右上方倾斜。此外,在最上部区域中,暗部44相对于表面以小于从下部第3个区域的角度朝向图中右上方倾斜。

[0139] 即,图3所示的光学各向异性层具有3处暗部44的角度变化的拐点,并且,在从下部第2个区域和从下部第3个区域之间的界面具有1处暗部倾斜方向折回的拐点。

[0140] 图3所示的光学各向异性层在最下部的区域和最上部的区域及从下部第2个区域和从下部第3个区域的厚度相等。此外,最下部的区域和最上部的区域的倾斜方向不同,但是光学各向异性层的表面与暗部44所成的角度(角度的绝对值)相等。同样,从下部起第2个区域和从下部起第3个区域的倾斜方向不同,但是光学各向异性层的表面与暗部44所成的角度相等。

[0141] 即,图3所示的光学各向异性层也是剖面SEM图像中的亮部42及暗部44呈大致C字状。因此,图3所示的光学各向异性层中,暗部44的形状相对于厚度方向的中心线对称。

[0142] 另外,相对于光学各向异性层的表面的暗部44的角度能够根据后述光学轴朝向面内的一个方向旋转 180° 的长度即1个周期的长度及在厚度方向上扭转取向的液晶化合物40的扭转的大小来调节。

[0143] 作为另一例,例示图4中概念性表示的根据暗部44的拐点,在厚度方向上具有5个区域的光学各向异性层。

[0144] 在本例中,在最下部区域,暗部44朝向图中左上方倾斜。在从下部第2个区域中,暗部44相对于表面以大于最下部的区域的角度朝向图中左上方倾斜。在从下部起第3个区域即厚度方向的中央的区域中,暗部44向光学各向异性层的厚度方向延伸。在从下部第4个区域,暗部44朝向图中右上方倾斜。此外,在最上部区域中,暗部44相对于表面以小于从下部第4个区域的角度朝向图中右上方倾斜。

[0145] 即,图4所示的光学各向异性层具有4处暗部44的角度变化的拐点。

[0146] 并且,最下部区域及从下部起第2个区域与从下部起第4个区域和最上部区域中,暗部44的倾斜方向相反。因此,位于从下部起第2个区域与从下起第4个区域的界面的拐点是倾斜方向向相反方向折回的拐点。即,图3所示的光学各向异性层具有1处倾斜方向向相反方向折回的拐点。

[0147] 图4所示的光学各向异性层在最下部的区域和最上部的区域及从下部起第2个区域和从上部起第2个区域的厚度相等。

[0148] 该光学各向异性层中,最下部的区域和最上部的区域的倾斜方向不同,但是光学各向异性层的表面与暗部44所成的角度相等。同样,从下部起第2个区域和从下部起第4个区域的倾斜方向不同,但是光学各向异性层的表面与暗部44所成的角度相等。此外,位于正中间的从下部起第3个区域中,暗部44向光学各向异性层的厚度方向延伸。

[0149] 即,图4所示的光学各向异性层也是剖面SEM图像中的亮部42及暗部44呈大致C字状。因此,图4所示的光学各向异性层中,暗部44的形状相对于厚度方向的中心线对称。

[0150] 此外,本发明的液晶衍射元件的光学各向异性层如在图5中例示具有图3及图4所示的大致C字状的暗部44的结构并概念性地表示,通过缩短厚度方向的区域的间隔,即,厚度方向的拐点的间隔,也能够采用暗部44连续变化的结构。

[0151] 在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层的暗部44所具有的拐点的数并无限制,可以具有2处以上。

[0152] 并且,暗部44的倾斜方向折回的拐点的数也没有限制。然而,如图1~5所示,在能够使暗部44的形状相对于厚度方向的中心线对称等方面,倾斜方向折回的拐点的数优选为奇数,更优选为1处或3处。此外,倾斜方向折回的拐点的数量也能够优选使用5处以上。

[0153] 以上说明的光学各向异性层中,暗部44的形状均相对于厚度方向的中心线对称。然而,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层中的暗部44的形状可以相对于厚度方向的中心线不对称。

[0154] 作为一例,例示图6中概念性表示的光学各向异性层。

[0155] 图6所示的光学各向异性层根据暗部44的拐点具有3个区域。

[0156] 在本例中,在最下部区域,暗部44朝向图中左上方倾斜。在从下部第2个区域中,暗

部44相对于表面以大于最下部的区域的角度朝向图中左上方倾斜。此外,在最上部区域,暗部44朝向图中右上方倾斜。

[0157] 即,图6所示的光学各向异性层的暗部44具有3处拐点。并且,在从下部起第2个区域与最上部区域的界面具有1处暗部44的倾斜方向折回的拐点。

[0158] 在此,暗部44相对于光学各向异性层的表面的倾斜角在3个区域均不同,倾斜方向存在差异,但是相对于光学各向异性层的表面的角度(角度的绝对值)从下部朝向上部逐渐变大。即,在图6所示的光学各向异性层中,暗部44的形状相对于厚度方向的中心线不对称。

[0159] 上述图1~5所示的、暗部44的形状相对于厚度方向的中心线对称的结构在衍射效率的波长依赖性更小的方面是有利的。

[0160] 相对于此,暗部44的形状相对于厚度方向的中心线不对称的结构、其中,如图6所示,倾斜角相对于光学各向异性层的表面依次变大的结构在衍射角度(折射角度)大的情况下也能够提高衍射效率的方面是有利的。在本例中,暗部44的倾斜角是倾斜角的绝对值。

[0161] 在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层的剖面SEM图像中的暗部44的倾斜角没有限制。

[0162] 另外,在本发明中,暗部44的平均倾斜角是连接暗部44的与一个表面的接点和与另一个表面的接点而成的线与光学各向异性层的表面的垂线所成的角度。因此,如图1~图5所示的、暗部44的形状相对于厚度方向的中心线对称时,暗部44的平均倾斜角大致为 0° 。

[0163] 以上光学各向异性层均使用棒状液晶化合物作为液晶化合物,但是本发明并不限于此,也能够使用圆盘状液晶化合物。

[0164] 另外,在圆盘状液晶化合物的情况下,源自液晶化合物的光学轴被定义为与圆盘面垂直的轴,所谓快轴。

[0165] 并且,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层如图7中概念性地表示,可以组合使用棒状液晶化合物和圆盘状液晶化合物。通过组合棒状液晶化合物和圆盘状液晶化合物,能够对于以不同的角度入射的光,以高的衍射效率衍射光。另外,棒状液晶化合物与圆盘状液晶化合物的组合不限于图7中概念性地显示的结构,能够以各种结构使用。例如,在图2、图3、图4、图5及图6中,可以将棒状液晶化合物组合为棒状液晶化合物和圆盘状液晶化合物。并且,例如,在图7及上述组合中,也可以是将棒状液晶化合物和圆盘状液晶化合物在厚度方向上进一步细分化而层叠的结构。

[0166] 包括具有这种液晶取向图案及暗部44(亮部42)的光学各向异性层的本发明的液晶衍射元件作为一例具有支撑体、形成于支撑体的表面的取向膜及形成于取向膜的表面的光学各向异性层。

[0167] 图9中示出将包括光学各向异性层36a(区域37c)的液晶衍射元件的微小区域放大而成的概念图。另外,图8是图9所示的光学各向异性层36a的平面图。

[0168] 图9所示的液晶衍射元件如上所述具有支撑体30、取向膜32及光学各向异性层36a。然而,本发明的液晶衍射元件并不限于此,能够利用各种层结构。例如,本发明的液晶衍射元件可以由从图9所示的液晶衍射元件剥离支撑体30而成的、取向膜32和光学各向异性层36a组成。并且,本发明的液晶衍射元件可以仅由从图9所示的液晶衍射元件剥离支撑体30及取向膜32而成的光学各向异性层36a组成。并且,本发明的液晶衍射元件可以由支撑体30和光学各向异性层36a组成。此外,本发明的液晶衍射元件除了这些结构以外还可以具

有保护层(硬涂层)及防反射层等其他层。

[0169] 并且,本发明的液晶衍射元件具备使用包含液晶化合物的液晶组合物形成的光学各向异性层,光学各向异性层具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,

[0170] 在将源自液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度设为1个周期时,液晶取向图案中的1个周期的长度沿一个方向逐渐变化,

[0171] 光学各向异性层可以为如下液晶衍射元件:在用扫描型电子显微镜观察沿一个方向在厚度方向上切断而得的剖面的剖面图像中,具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部及暗部,暗部具有2个以上的角度的拐点,在厚度方向上具有暗部的倾斜方向不同的区域。

[0172] 在图13所示的例子中,液晶层36的液晶取向图案为同心圆状图案,所述同心圆状图案以从内侧朝向外侧的同心圆状具有液晶化合物40的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的一个方向(箭头 $A_1 \sim A_3$)。所谓同心圆状图案是将光学轴朝向相同方向的液晶化合物连接而成的线为圆形、且圆形的线段成为同心圆状的图案。换言之,图13所示的光学各向异性层36a的液晶取向图案是液晶化合物40的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的一个方向从液晶层36的中心呈放射状设置的液晶取向图案。

[0173] 在图13所示的光学各向异性层36a中,液晶化合物40的光学轴(省略图示)为液晶化合物40的长边方向。

[0174] 在光学各向异性层36a中,液晶化合物40的光学轴的朝向沿从光学各向异性层36a的中心朝向外侧的多个方向、例如,由箭头 A_1 表示的方向、由箭头 A_2 表示的方向、由箭头 A_3 表示的方向……连续旋转的同时发生变化。箭头 A_1 、箭头 A_2 及箭头 A_3 为后述排列轴。

[0175] 液晶衍射元件所具有的光学各向异性层36a具有液晶取向图案的1个周期 Λ 在面内不同的区域。在此,所谓液晶取向图案的1个周期 Λ 是指在液晶取向图案的在面内光学轴的朝向连续旋转而变化的一个方向上,液晶化合物40的光学轴旋转 180° 的长度(距离)。

[0176] 具体而言,例如,在图13中的沿箭头 A_1 的方向中,具有如下结构:在液晶化合物40的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的方向上,随着从中心朝向外侧,1个周期 Λ 逐渐变短。即,在图13中,外侧附近的1个周期比中心部附近的1个周期短。

[0177] 另外,在本发明中,1个周期 Λ 逐渐变化是指1个周期 Λ 连续变化以及1个周期 Λ 阶段性变化。

[0178] 在后面进行详细说明,基于液晶衍射元件的衍射角度依赖于液晶取向图案的1个周期 Λ ,1个周期 Λ 越小,衍射角度越大。

[0179] 如果光学各向异性层36a具有液晶取向图案从光学各向异性层36a的中心以放射状设置液晶化合物40的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的一个方向,并在各方向上,随着从中心朝向外侧,液晶取向图案的1个周期 Λ 逐渐变短的结构,则入射到具有该液晶取向图案的光学各向异性层36a的圆偏振光在液晶化合物40的光学轴的朝向不同的各局部区域中分别弯曲(衍射)。此时,各衍射角度根据圆偏振光入射的区域中的1个周期而不同。具有同心圆状的液晶取向图案,即,光学轴连续旋转并呈放射状发生变化的液晶取向图案的光学各向异性层36a能够根据液晶化合物40的光学轴的旋转方向及入射的圆偏振光的方向将入射光作为会聚光而透射。

[0180] 即,通过将光学各向异性层36a的液晶取向图案设为同心圆状,液晶衍射元件10a

例如作为凸透镜而表达功能。

[0181] 在此,在本发明中,如图1所示,光学各向异性层36a在SEM图像中具有从一个表面延伸到另一个表面的亮部42及暗部44,暗部44具有2个以上的角度的拐点,在厚度方向上具有暗部44的倾斜方向不同的区域。

[0182] 在图1所示的例子中,光学各向异性层36a具有亮部42及暗部44的条纹图案,1个暗部44分别在厚度方向的2处,相对于表面的倾斜角度改变。即,各暗部44分别具有2个拐点。并且,在任一暗部44中,图中上侧的区域中的倾斜方向与图中下侧的区域中的倾斜方向彼此相反。即,各暗部44具有倾斜方向不同的区域。

[0183] 并且,图9所示的液晶衍射元件具有支撑体30,但是也可以不设置支撑体30。

[0184] 例如,本发明的光学元件也可以根据上述结构,剥离支撑体30而仅由取向膜及液晶层构成本发明的光学元件或取向膜也剥离而仅由液晶层构成本发明的光学元件。

[0185] 即,液晶衍射元件只要是液晶层具有、源自液晶化合物的光学轴的朝向向一个方向旋转的液晶取向图案的元件,则能够利用各种层结构。

[0186] 如上所述,本发明的液晶衍射元件中,在剖面SEM图像中观察到的暗部44具有2处以上的角度的拐点,并且,在厚度方向上具有倾斜方向不同的区域。因此,本发明的液晶衍射元件的衍射效率的波长依赖性小,无论波长如何都能够以相同的衍射效率衍射光。并且,这种本发明的液晶衍射元件无论波长如何都能够以高的衍射效率来衍射光。

[0187] 并且,本发明的液晶衍射元件的液晶取向图案中,光学轴旋转 180° 的1个周期的长度可以在面内改变。在1个周期的长度在面内改变的情况下,本发明的液晶衍射元件根据面内的光的入射位置,以不同的角度衍射(折射)波长相同的光。因此,本发明的液晶衍射元件也能够用于要求VR用头戴式显示器中的透镜元件及通过与折射透镜组合来改善色分裂的透镜元件等、无论入射位置如何都以不同角度衍射相同波长的光的各种光学装置。

[0188] <<支撑体>>

[0189] 支撑体30支撑取向膜32、以及光学各向异性层36a。

[0190] 只要能够支撑取向膜及光学各向异性层,则支撑体30能够利用各种片状物(膜、板状物)。

[0191] 作为支撑体30,优选为透明支撑体,可以举出聚甲基丙烯酸甲酯等的聚丙烯酸系树脂薄膜、三乙酸纤维素等纤维素系树脂薄膜、环烯烃聚合物系薄膜(例如,商品名称“ARTON”、JSR公司制、商品名称“ZEONOR”、Zeon Corporation制)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚碳酸酯及聚氯乙烯等。支撑体并不限于挠性薄膜,可以为玻璃基板等非挠性基板。

[0192] 并且,支撑体30可以为多层。作为多层支撑体,可以例示出包括上述支撑体中的一个等作为基板,并且在该基板的表面上设置其他层的支撑体等。

[0193] 支撑体30的厚度并无限制,只要根据液晶衍射元件的用途及支撑体30的形成材料等适当设定能够保持取向膜及光学各向异性层的厚度即可。

[0194] 支撑体30的厚度优选为 $1\sim 1000\mu\text{m}$,更优选为 $3\sim 250\mu\text{m}$,进一步优选为 $5\sim 150\mu\text{m}$ 。

[0195] <<取向膜>>

[0196] 在支撑体30的表面形成有取向膜32。

[0197] 取向膜32为在形成光学各向异性层36a时用于将液晶化合物40取向为上述规定的液晶取向图案的取向膜。

[0198] 如上所述,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层具有源自液晶化合物40的光学轴40A(参考图8)的朝向沿面内的一个方向(后述箭头X方向)连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。因此,取向膜形成为使光学各向异性层能够形成该液晶取向图案。

[0199] 并且,在液晶取向图案中的、光学轴30A的朝向连续地旋转的同时发生变化的一个方向上,将光学轴30A的朝向旋转 180° 的长度设为1个周期 Λ (光学轴的旋转周期)。

[0200] 在以下说明中,也将“光学轴40A的朝向旋转”简称为“光学轴40A旋转”。

[0201] 取向膜能够利用公知的各种取向膜。

[0202] 例如,可以例示出由聚合物等有机化合物形成的摩擦处理膜、无机化合物的倾斜蒸镀膜、具有微槽的膜以及使 ω -二十三烷酸、双十八烷基甲基氯化铵及硬脂酸甲酯等有机化合物的基于朗缪尔-布洛杰特法的LB(Langmuir-Blodgett:朗缪尔-布洛杰特)膜累积而成的膜等。

[0203] 基于摩擦处理的取向膜能够通过用纸或布向规定方向摩擦多次聚合物层的表面而形成。作为取向膜中所使用的材料,优选例示聚酰亚胺、聚乙烯醇、日本特开平9-152509号公报中所记载的具有聚合性基团的聚合物、日本特开2005-97377号公报、日本特开2005-99228号公报及日本特开2005-128503号公报中所记载的取向膜等的形成中所使用的材料。

[0204] 在本发明的液晶衍射元件中,取向膜优选利用向光取向性的原材料照射偏振光或非偏振光而形成取向膜的所谓的光取向膜。即,在本发明的液晶衍射元件中,作为取向膜,优选利用在支撑体30上涂布光取向材料而形成的光取向膜。

[0205] 关于偏振光的照射,能够从相对于光取向膜的垂直方向或倾斜方向进行,关于非偏振光的照射,能够从相对于光取向膜的倾斜方向进行。

[0206] 作为能够用于本发明的光取向膜中所使用的光取向材料,例如可以例示出日本特开2006-285197号公报、日本特开2007-76839号公报、日本特开2007-138138号公报、日本特开2007-94071号公报、日本特开2007-121721号公报、日本特开2007-140465号公报、日本特开2007-156439号公报、日本特开2007-133184号公报、日本特开2009-109831号公报、日本专利第3883848号公报及日本专利第4151746号公报中所记载的偶氮化合物、日本特开2002-229039号公报中所记载的芳香族酯化合物、日本特开2002-265541号公报及日本特开2002-317013号公报中所记载的具有光取向性单元的马来酰亚胺和/或经烯基取代的纳迪克酰亚胺化合物、日本专利第4205195号及日本专利第4205198号中所记载的光交联性硅烷衍生物、日本特表2003-520878号公报、日本特表2004-529220号公报及日本专利第4162850号中所记载的光交联性聚酰亚胺、光交联性聚酰胺及光交联性酯以及日本特开平9-118717号公报、日本特表平10-506420号公报、日本特表2003-505561号公报、国际公开第2010/150748号、日本特开2013-177561号公报及日本特开2014-12823号公报中所记载的能够光二聚化的化合物、尤其肉桂酸酯化合物、查耳酮化合物及香豆素化合物等作为优选例。

[0207] 其中,优选利用偶氮化合物、光交联性聚酰亚胺、光交联性聚酰胺、光交联性酯、肉桂酸酯化合物及查耳酮化合物。

[0208] 取向膜的厚度并无限制,只要根据取向膜的形成材料适当设定可以获得所需要的取向功能的厚度即可。

[0209] 取向膜的厚度优选为 $0.01\sim 5\mu\text{m}$,更优选为 $0.05\sim 2\mu\text{m}$ 。

[0210] 取向膜的形成方法并无限制,能够利用各种与取向膜的形成材料对应的公知的方

法。作为一例,可以例示出将取向膜涂布于支撑体30的表面上并使其干燥之后,通过激光束曝光取向膜而形成取向图案的方法。

[0211] 在图10中概念性地示出对取向膜进行曝光而形成上述取向图案的曝光装置的一例。

[0212] 图10所示的曝光装置60具备:具备了激光器62的光源64;改变由激光器62射出的激光束M的偏振方向的 $\lambda/2$ 板65;将由激光器62射出的激光束M分离成光线MA及MB这2个的光束分离器68;分别配置于所分离的2个光线MA及MB的光路上的反射镜70A及70B;及 $\lambda/4$ 板72A及72B。

[0213] 另外,虽然省略图示,但是光源64射出直线偏振光 P_0 。 $\lambda/4$ 板72A将直线偏振光 P_0 (光线MA)转换成右旋圆偏振光 P_R , $\lambda/4$ 板72B将直线偏振光 P_0 (光线MB)转换成左旋圆偏振光 P_L 。

[0214] 具有形成取向图案之前的取向膜32的支撑体30配置于曝光部,使2个光线MA及光线MB在取向膜32上交叉并使其干涉,将其干涉光照射到取向膜32上来进行曝光。

[0215] 通过此时的干涉,照射到取向膜32上的光的偏振状态以干涉条纹状周期性地发生变化。由此,在取向膜32中,可获得取向状态周期性地发生变化的取向图案。即,可以获得具有取向状态周期性地发生变化的取向图案的取向膜(以下,也称为图案取向膜)。

[0216] 在曝光装置60中,通过改变2个光线MA及MB的交叉角 α ,能够调节取向图案的周期。即,在曝光装置60中,通过调节交叉角 α ,在源自液晶化合物40的光学轴40A沿一个方向连续旋转的取向图案中,能够调节将光学轴40A所旋转的一个方向上的光学轴40A旋转 180° 的1个周期的长度(1个周期 Λ)。

[0217] 通过在具有这种取向状态周期性地发生变化的取向图案的图案取向膜上形成光学各向异性层,如后述,能够形成具有源自液晶化合物40的光学轴40A沿一个方向连续旋转的液晶取向图案的光学各向异性层36a。

[0218] 并且,能够通过将 $\lambda/4$ 板72A及72B的光学轴分别旋转 90° 来使光学轴40A的旋转方向反转。

[0219] 如上所述,图案取向膜具有取向图案,所述取向图案使液晶化合物40取向,以成为形成于图案取向膜上的光学各向异性层中的源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。若将图案取向膜沿使液晶化合物40取向的朝向的轴设为排列轴,则可以说图案取向膜具有排列轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的取向图案。图案取向膜的排列轴能够通过测定吸收各向异性检测。例如,在使直线偏振光旋转的同时照射到图案取向膜上并测定了透射图案取向膜的光的光量时,光量成为最大或最小的朝向沿面内的一个方向逐渐变化而被观察。

[0220] 另外,在本发明的液晶衍射元件中,取向膜以优选的方式设置,并不是必须的构成要件。

[0221] 例如,能够通过对于支撑体30进行摩擦处理的方法、用激光束等对支撑体30进行加工的方法等在支撑体30上形成取向图案,从而也能够设为光学各向异性层36a等具有源自液晶化合物40的光学轴40A的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案的结构。

[0222] 作为取向膜32的曝光装置,并不限定于如图10所示的例子。图14中示出对取向膜32进行曝光的曝光装置的另一例。图14所示的曝光装置是在取向膜中形成如图13所示的同

心圆状的取向图案的曝光装置的一例。

[0223] 曝光装置80具有具备激光器82的光源84、将来自激光器82的激光束M分割为S偏振MS和P偏振MP的偏振光束分离器86、配置于P偏振MP的光路的反射镜90A及配置于S偏振MS的光路的反射镜90B、配置于S偏振MS的光路的透镜92、偏振光束分离器94、及 $\lambda/4$ 板96。

[0224] 由偏振光束分离器86分割的P偏振MP被反射镜90A反射,并入射到偏振光束分离器94。另一方面,被偏振光束分离器86分割的S偏振MS被反射镜90B反射,被透镜92会聚而入射到偏振光束分离器94。

[0225] P偏振MP及S偏振MS被偏振光束分离器94合波,通过 $\lambda/4$ 板96成为与偏振方向相对应的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光,并入射到支撑体30上的取向膜32。

[0226] 在此,通过右旋圆偏振光和左旋圆偏振光的干涉,照射到取向膜上的光的偏振状态以干涉条纹状周期性地发生变化。由于左旋圆偏振光与右旋圆偏振光的交叉角随着从同心圆的内侧朝向外侧而发生变化,因此可获得节距从内侧朝向外侧发生变化的曝光图案。由此,在取向膜中,可获得取向状态周期性地发生变化的同心圆状取向图案。

[0227] 在该曝光装置80中,液晶化合物40的光学轴沿一个方向连续旋转 180° 的液晶取向图案的1个周期 Λ 能够通过改变透镜92的折射力(透镜92的F值)透镜92的焦点距离及透镜92与取向膜32的距离等来控制。

[0228] 并且,通过调节透镜92的折射力(透镜92的F值),在光学轴连续旋转的一个方向上能够改变液晶取向图案的1个周期的长度 Λ 。

[0229] 具体而言,通过使其与平行光干涉的、由透镜92扩展的光的扩展角,能够在光学轴连续旋转的一个方向上改变液晶取向图案的1个周期的长度 Λ 。更具体而言,若减弱透镜92的折射力,则接近平行光,因此液晶取向图案的1个周期的长度 Λ 从内侧朝向外侧逐渐缩短,F值变大。相反,增强透镜92的折射力时,液晶取向图案的1个周期的长度 Λ 从内侧朝向外侧突然变短,F值变小。

[0230] 另外,例如在欲对透射光设置光量分布时等,根据液晶衍射元件的用途,也能够利用不使1个周期 Λ 朝向排列轴D方向逐渐变更而在排列轴D方向上局部具有1个周期 Λ 不同的区域的结构。例如,作为局部改变1个周期 Λ 的方法,能够利用任意改变聚光的激光束的偏振方向的同时对光取向膜进行扫描曝光来图案化的方法等。

[0231] 并且,用于取向膜的曝光的激光的波长能够根据使用的取向膜的种类等来适当地设定。例如,能够优选使用深紫外~可见光~红外的波长的激光。作为一例,能够使用波长266nm、325nm、355nm、370nm、385nm、405nm及460nm等波长的激光,但是并不限定于上述,能够根据取向膜的种类等使用各种波长的激光。

[0232] 在取向膜上设置光学各向异性层之后,可以将光学各向异性层从取向膜剥离·转印。转印也能够根据光学各向异性层的贴合面实施多次。能够根据目的自由选择剥离·转印方法,但是,例如在具有粘结层的基材上转印一次之后,再转印到想转印的物体上,通过剥离所述基材,能够使光学各向异性层的取向膜侧的界面成为想转印的物体侧。并且,在将光学各向异性层的与取向膜相反的一侧的面设为想要转印的物体侧的情况下,也可以通过粘结剂贴合光学各向异性层和想要转印的物体之后,可以从取向膜剥离光学各向异性层。

[0233] 当从取向膜剥离光学各向异性层时,为了减少光学各向异性层、取向膜的损伤(裂纹、裂缝等),优选调节剥离角度和速度等。

[0234] 并且,取向膜可以在取向性没有问题的范围内重复使用。在取向膜上设置光学各向异性层之前,能够用有机溶剂等清洗取向膜。

[0235] <<光学各向异性层>>

[0236] 在取向膜32的表面形成光学各向异性层36a。

[0237] 另外,在图8中,光学各向异性层36a仅示出取向膜的表面的液晶化合物40(液晶化合物分子),以简化附图并清楚地示出光学各向异性层36a的结构。然而,如在图9中例示并概念性地示出光学各向异性层36a,光学各向异性层36a具有以与使用含有通常的液晶化合物的组合物而形成的光学各向异性层相同的方式层叠取向的液晶化合物40而成的结构。

[0238] 并且,如上所述,光学各向异性层36a从下方根据暗部44的拐点具有区域37c、区域37b及区域37a这3个区域,但是在图9中,为了简化附图,仅示出最下部(支撑体30侧)的区域37c。

[0239] 如上所述,在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层36a使用包含液晶化合物的组合物而形成。

[0240] 在将面内延迟的值设定为 $\lambda/2$ 时,光学各向异性层具有作为一般的 $\lambda/2$ 板的功能,即,对入射到光学各向异性层的光中所包含的彼此正交的2个直线偏振光成分赋予半波长即 180° 的相位差的功能。

[0241] 在此,由于液晶化合物在面内方向上旋转并取向,因此光学各向异性层使入射的圆偏振光向光学轴的朝向连续地旋转的方向折射(衍射)而透射。此时,衍射的方向根据入射的圆偏振光的旋转方向而不同。

[0242] 即,光学各向异性层透射圆偏振光且衍射该透射光。

[0243] 并且,光学各向异性层将透射的圆偏振光的旋转方向改变为相反方向。

[0244] 光学各向异性层36a在光学各向异性层的面内具有源自液晶化合物的光学轴的朝向由箭头D(以下,也简称为排列轴D)表示的一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。在图8所示的例子中,排列轴D的方向设为X方向,将与排列轴D的方向正交的方向设为Y方向。

[0245] 另外,源自液晶化合物40的光学轴40A为在液晶化合物40中折射率最高的轴,所谓的慢轴。例如,在液晶化合物40为棒状液晶化合物的情况下,光学轴40A沿棒形状的长轴方向。

[0246] 在以下说明中,也将源自液晶化合物40的光学轴40A称为“液晶化合物40的光学轴40A”或“光学轴40A”。

[0247] 在光学各向异性层中,液晶化合物40分别在光学各向异性层36a中向与箭头X方向和与该箭头X方向正交的Y方向平行的面内二维取向。另外,在图1~图6中,Y方向成为与纸面垂直的方向。

[0248] 图8中概念性地表示光学各向异性层36a的平面图。

[0249] 平面图在图9中是从上方观察液晶衍射元件的图,即,从厚度方向(=各层(膜)的层叠方向)观察液晶衍射元件的图。换言之,是从与表面正交的方向观察光学各向异性层36a的图。

[0250] 并且,在图8中,液晶化合物40仅示出取向膜32的表面的液晶化合物40,以清楚地示出本发明的液晶衍射元件的结构。然而,如图9所示,光学各向异性层36a在厚度方向上具

有从该取向膜32的表面的液晶化合物40层叠液晶化合物40而成的结构。

[0251] 另外,在图8中,以光学各向异性层36a的面内的一部分为代表例进行说明,但是在光学各向异性层的面内的各位置中,基本上具有相同的结构及作用效果。

[0252] 光学各向异性层36a具有光学轴40A的朝向在光学各向异性层36a的面内沿排列轴D方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0253] 光学轴40A的朝向沿排列轴D方向(规定的一个方向)连续旋转的同时发生变化具体而言是指,沿排列轴D方向排列的液晶化合物40的光学轴40A与排列轴D方向所成的角度根据排列轴D方向的位置而不同,沿排列轴D方向,光学轴40A与排列轴D方向所成的角度从 θ 依次变化至 $\theta+180^\circ$ 或 $\theta-180^\circ$ 。

[0254] 另外,在排列轴D方向彼此相邻的液晶化合物40的光学轴40A的角度之差优选为 45° 以下,更优选为 15° 以下,进一步优选为更小的角度。

[0255] 另一方面,在形成光学各向异性层36a的液晶化合物40中,光学轴40A的朝向相等的液晶化合物40在与排列轴D方向正交的Y方向即与光学轴40A连续旋转的一个方向正交的Y方向上以等间隔排列。

[0256] 换言之,在形成光学各向异性层36a的液晶化合物40中,在Y方向上排列的液晶化合物40彼此之间,光学轴40A的朝向与排列轴D方向所形成的角度相等。

[0257] 本发明的液晶衍射元件中,在这种液晶化合物40的液晶取向图案中,在面内光学轴40A的朝向连续旋转而发生变化的排列轴D方向上,将光学轴40A旋转 180° 的长度(距离)设为液晶取向图案中的1个周期的长度 Λ 。换言之,液晶取向图案中的1个周期的长度由光学轴40A和排列轴D方向所成的角度达到 θ 至 $\theta+180^\circ$ 为止的距离来定义。液晶取向图案中的1个周期的长度是衍射元件的周期结构中的1个周期的长度。

[0258] 即,将相对于排列轴D方向的角度相等的2个液晶化合物40的排列轴D方向的中心之间的距离设为1个周期的长度 Λ 。具体而言,如图8所示,将排列轴D方向与光学轴40A的方向一致的2个液晶化合物40的排列轴D方向的中心之间的距离设为1个周期的长度 Λ 。在以下说明中,也将该1个周期的长度 Λ 称为“1个周期 Λ ”。

[0259] 在本发明的液晶衍射元件中,光学各向异性层的液晶取向图案在排列轴D方向即光学轴40A的朝向连续旋转而发生变化的一个方向上重复该1个周期 Λ 。

[0260] 如上所述,在光学各向异性层中,在Y方向上排列的液晶化合物中,光学轴40A与排列轴D方向(液晶化合物40的光学轴的朝向所旋转的一个方向)所形成的角度相等。将该光学轴40A与排列轴D方向所形成的角度相等的液晶化合物40配置于Y方向上的区域设为区域R。

[0261] 在这种情况下,优选各自的区域R中的面内延迟(Re)的值为半波长即 $\lambda/2$ 。关于这些面内延迟,通过区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差 Δn 与光学各向异性层的厚度之积来计算。其中,光学各向异性层中的区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差为通过区域R的面内的慢轴的方向的折射率与和慢轴的方向正交的方向的折射率之差来定义的折射率差。即,区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差 Δn 等于光学轴40A的方向的液晶化合物40的折射率与在区域R的面内和光学轴40A垂直的方向的液晶化合物40的折射率之差。即,上述折射率差 Δn 等于液晶化合物的折射率差。

[0262] 若圆偏振光入射到这种光学各向异性层36a上,则光被衍射(折射),并且圆偏振光

的方向被转换。

[0263] 通过在图11及图12中例示光学各向异性层36a并概念性地表示。另外,在图11及图12中,光学各向异性层36a仅示出取向膜的表面的液晶化合物40(液晶化合物分子),以简化附图并清楚地示出液晶衍射元件的结构。

[0264] 并且,光学各向异性层36a设为液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度之积的值为 $\lambda/2$ 。

[0265] 如图11所示,在光学各向异性层36a的液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度之积的值为 $\lambda/2$ 的情况下,若作为左旋圆偏振光的入射光 L_1 入射到光学各向异性层36a上,则入射光 L_1 穿过光学各向异性层36a,被赋予 180° 的相位差,从而透射光 L_2 转换成右旋圆偏振光。

[0266] 并且,形成于光学各向异性层36a上的液晶取向图案为沿排列轴D方向周期性的图案,因此透射光 L_2 向与入射光 L_1 的行进方向不同的方向行进。这样,左旋圆偏振光的入射光 L_1 转换成相对于入射方向向排列轴D方向仅倾斜规定角度的右旋圆偏振光的透射光 L_2 。

[0267] 另一方面,如图12所示,在光学各向异性层36a的液晶化合物的折射率差与光学各向异性层36a的厚度之积的值为 $\lambda/2$ 时,若右旋圆偏振光的入射光 L_4 入射到光学各向异性层36a上,则入射光 L_4 通过光学各向异性层36a,被赋予 180° 的相位差,从而转换成左旋圆偏振光的透射光 L_5 。

[0268] 并且,形成于光学各向异性层36a上的液晶取向图案为沿排列轴D方向周期性的图案,因此透射光 L_5 向与入射光 L_4 的行进方向不同的方向行进。此时,透射光 L_5 向与透射光 L_2 不同的方向即相对于入射方向与排列轴D方向相反的方向行进。这样,入射光 L_4 转换成相对于入射方向向与排列轴D方向相反的方向仅倾斜规定角度的左旋圆偏振光的透射光 L_5 。

[0269] 光学各向异性层36a通过改变所形成的液晶取向图案的1个周期 Λ ,能够调节透射光 L_2 及 L_5 的衍射(折射)的角度。具体而言,光学各向异性层36a是液晶取向图案的1个周期 Λ 越短,通过了彼此相邻的液晶化合物40的光彼此的干涉越强,因此能够较大地衍射透射光 L_2 及 L_5 。

[0270] 并且,通过将沿排列轴D方向旋转的液晶化合物40的光学轴40A的旋转方向设为相反的方向,能够将透射光的衍射的方向设为相反的方向。即,在图11~图12所示的例中,朝向排列轴D方向的光学轴40A的旋转方向为顺时针方向,但是通过将该旋转方向设为逆时针方向,能够将透射光的衍射的方向设为相反的方向。

[0271] 在此,基于光学各向异性层36a的衍射的角度(折射角度)根据入射的光的波长而不同。具体而言,越是长波长的光,衍射越大。即,如果是红色光、绿色光及蓝色光,则红色光的衍射最大,绿色光的衍射次之,蓝色光的衍射最小。

[0272] 另外,在本发明中,光学各向异性层36a的液晶取向图案中的1个周期 Λ 是均匀的。因此,相同波长的光以相同的角度来衍射。

[0273] 如上所述,相对于光学各向异性层的表面的暗部44的角度能够根据液晶化合物的光学轴朝向面内的一个方向旋转 180° 的长度即1个周期的长度及在厚度方向上扭转取向的液晶化合物40的扭转的大小来调节。

[0274] 1个周期 Λ 越短及厚度方向的扭转越小,对光学各向异性层的表面的暗部44的角度越大。即,1个周期越短及厚度方向的扭转越小,越成为暗部44相对于光学各向异性层的

表面立起的状态。

[0275] 如上所述,液晶取向图案的1个周期 Λ 越短,入射光的衍射角度越变大。

[0276] 并且,暗部44的倾斜方向,例如朝向图中右上方的倾斜方向和朝向图中左上方的倾斜方向能够根据朝向面内的一个方向的光学轴40A的旋转方向(顺时针或逆时针)及液晶化合物40的厚度方向的扭转方向(顺时针或逆时针)来选择。

[0277] 在光学各向异性层36a中,多个区域R的面内延迟的值优选为半波长,但是优选相对于波长为550nm的入射光的光学各向异性层36a的多个区域R的面内延迟 $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ 在下述式(1)所规定的范围内。在此, Δn_{550} 是入射光的波长为550nm时的、区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差,d为光学各向异性层36a的厚度。

[0278] $200\text{nm} \leq \Delta n_{550} \times d \leq 350\text{nm} \cdots \cdots (1)$

[0279] 即,如果光学各向异性层36a的多个区域R的面内延迟 $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ 满足式(1),则能够将入射到光学各向异性层36a的光的足够量的圆偏振光成分转换为沿相对于排列轴D方向向正方向或反方向倾斜的方向行进的圆偏振光。面内延迟 $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ 更优选为 $225\text{nm} \leq \Delta n_{550} \times d \leq 340\text{nm}$,进一步优选为 $250\text{nm} \leq \Delta n_{550} \times d \leq 330\text{nm}$ 。

[0280] 上述式(1)是相对于波长550nm的入射光的范围,相对于波长为 λnm 的入射光的光学各向异性层的多个区域R的面内延迟 $Re(\lambda) = \Delta n_{\lambda} \times d$ 优选在下述式(1-2)所规定的范围内,能够适当地设定。

[0281] $0.7 \times (\lambda/2) \text{nm} \leq \Delta n_{\lambda} \times d \leq 1.3 \times (\lambda/2) \text{nm} \cdots \cdots (1-2)$

[0282] 并且,光学各向异性层36a中的、多个区域R的面内延迟的值还能够在上述式(1)的范围外使用。具体而言,通过设为 $\Delta n_{550} \times d < 200\text{nm}$ 或 $350\text{nm} < \Delta n_{550} \times d$,能够分为沿与入射光的行进方向相同的方向行进的光和沿与入射光的行进方向不同的方向行进的光。当 $\Delta n_{550} \times d$ 接近0nm或550nm时,沿与入射光的行进方向相同的方向行进的光的成分增加,沿与入射光的行进方向不同的方向行进的光的成分减少。

[0283] 此外,相对于波长为450nm的入射光的光学各向异性层36a的区域R的各面内延迟 $Re(450) = \Delta n_{450} \times d$ 、相对于波长为550nm的入射光的光学各向异性层36a的区域R的各面内延迟 $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ 优选满足下述式(2)。在此, Δn_{450} 是入射光的波长为450nm时的、区域R的折射率各向异性引起的折射率差。

[0284] $(\Delta n_{450} \times d) / (\Delta n_{550} \times d) < 1.0 \cdots \cdots (2)$

[0285] 式(2)表示光学各向异性层36a中所包含的液晶化合物40具有逆分散性。即,通过满足式(2),光学各向异性层36a能够对应于宽频带的波长的入射光。

[0286] 光学各向异性层由包含棒状液晶化合物或圆盘状液晶化合物的液晶组合物的固化层构成,并具有棒状液晶化合物的光学轴或圆盘状液晶化合物的光学轴如上述取向的液晶取向图案。

[0287] 光学各向异性层在支撑体30上形成具有上述取向图案的取向膜32,在该取向膜上涂布液晶组合物并使其固化来形成。

[0288] 并且,光学各向异性层所具有的、液晶化合物的光学轴在光学各向异性层的厚度方向上螺旋状扭转并旋转的结构能够通过向液晶组合物中添加使液晶化合物在厚度方向上螺旋取向的手性试剂而形成。

[0289] 此外,为了设为使光学各向异性层具有暗部44具有2个以上的拐点且在厚度方向

上暗部44的倾斜方向不同的区域的结构,只要在厚度方向的每个区域形成不同结构的光学各向异性层即可。

[0290] 例如,在形成图1所示的光学各向异性层36a的情况下,首先,在形成于支撑体30上的具有取向图案的取向膜32上涂布包含在厚度方向上引起右扭转的手性试剂的液晶组合物,通过加热等使液晶化合物40在厚度方向上螺旋取向之后,使液晶组合物固化而形成区域37c。

[0291] 形成于取向膜32的取向图案是源自液晶化合物40的光学轴40A朝向面内的一个方向(排列轴D)连续旋转的取向图案。因此,区域37c中,成为如下状态:在面内方向上源自液晶化合物40的光学轴40A朝向一个方向连续旋转,并且,在厚度方向上,液晶化合物40从厚度方向的上方朝向下方以顺时针扭转取向。

[0292] 粘接,除了在形成的区域37c上不含手性试剂以外,涂布与区域37c相同的液晶组合物,使液晶组合物固化而形成区域37b。

[0293] 当通过涂布法在液晶层上形成液晶层时,面内的液晶化合物的取向图案沿袭下层液晶层的取向图案。因此,区域37b在面内方向上与区域37c相同,源自液晶化合物40的光学轴40A朝向一个方向连续旋转,并且,在厚度方向上不扭转而取向,液晶化合物40的光学轴40A的方向一致的状态。

[0294] 此外,在形成的区域37b上除了使用在厚度方向上引起左扭转的手性试剂以外涂布与区域37c相同的液晶组合物,通过加热等使液晶化合物40向厚度方向扭转取向之后,使液晶组合物固化而形成区域37a。

[0295] 如上所述,通过涂布法形成的液晶层沿袭下层的取向图案。因此,区域37a在面内方向上与区域37b等相同,成为光学轴40A朝向一个方向连续旋转,并且,在厚度方向上,液晶化合物40从厚度方向的上方朝向下方以逆时针扭转取向。

[0296] 由此,能够形成如图1所示的、具有暗部44的倾斜方向朝向左上方向区域37c、暗部44沿厚度方向延伸的区域37b及暗部44的倾斜方向朝向左上方向区域37a的光学各向异性层36a。

[0297] 在厚度方向上扭转取向的液晶化合物的扭转取向的大小能够根据添加到液晶组合物中的手性试剂的种类及手性试剂的添加量来调节。

[0298] 并且,厚度方向的液晶化合物的扭转方向(右扭转/左扭转)也能够通过选择添加到液晶组合物中的手性试剂的种类来选择。

[0299] 并且,如图1所示,示出本发明的光学各向异性层在光学各向异性层的界面处源自液晶化合物的光学轴相对于光学各向异性层的界面不倾斜的例子,但是本发明的光学各向异性层中,源自液晶化合物的光学轴可以倾斜。例如,如W02019/189586A1中所记载,源自液晶化合物的光学轴相对于光学各向异性层的界面可以具有预倾角。并且,如W02020/122127A1中所记载,源自液晶化合物的光学轴从光学各向异性层的一个界面朝向另一界面在厚度方向上可以改变倾斜角。通过使源自液晶化合物的光学轴相对于光学各向异性层的界面倾斜,能够调节光学各向异性层的相位差,并且能够适当地进行调节以获得高的衍射效率。

[0300] 并且,本发明的光学各向异性层中,光学各向异性层的膜厚可以在面内变化。尤其,在液晶取向图案中的1个周期的长度在面内变化的液晶衍射元件中,通过在面内改变光

学各向异性层的膜厚,能够适当地进行调节以相对于入射位置不同的光获得高的衍射效率。

[0301] 并且,在液晶取向图案中的1个周期的长度在面内变化的液晶衍射元件中,由图1的例子表示的、光学各向异性层的区域37a、区域37b及区域37c在中心部分和外侧部分,各区域的厚度可以相同,也可以不同。不限于上述例子,本发明的液晶衍射元件可以使光学各向异性层的各区域的厚度在面内相同,也可以发生变化。光学各向异性层的各区域的厚度能够根据所期望的性能来适当地设定。

[0302] 另外,作为所谓的 $\lambda/2$ 板发挥功能的是光学各向异性层,但是本发明包括一体具备支撑体及取向膜的层叠体作为 $\lambda/2$ 板发挥功能的方式。

[0303] 并且,用于形成光学各向异性层的液晶组合物含有棒状液晶化合物或圆盘状液晶化合物,进而可以含有流平剂、取向控制剂、聚合引发剂及取向助剂等其他成分。

[0304] 在本发明中,光学各向异性层的厚度并无限制,根据液晶取向图案的1个周期 Λ 、所要求的衍射的角度及衍射效率等,适当地设定可获得目标光学特性的厚度即可。

[0305] 并且,与暗部44的拐点对应的各区域的厚度可以均匀,也可以不均匀,只要根据所要求的衍射的角度等适当地设定即可。

[0306] -棒状液晶化合物-

[0307] 作为棒状液晶化合物,优选使用甲亚胺类、氧化偶氮类、氰基联苯类、氰基苯酯类、苯甲酸酯类、环己烷羧酸苯酯类、氰基苯基环己烷类、氰基取代苯基嘧啶类、烷氧基取代苯基嘧啶类、苯基二噁烷类、二苯乙炔类及链烯基环己基苯甲腈类。不仅能够使用如上低分子液晶性分子,还能够使用高分子液晶性分子。

[0308] 更优选将棒状液晶化合物通过聚合来固定取向,作为聚合性棒状液晶化合物,能够使用Makromol.Chem.,190卷、2255页(1989年)、Advanced Materials 5卷、107页(1993年)、美国专利4683327号说明书、美国专利5622648号说明书、美国专利5770107号说明书、国际公开第95/22586号、国际公开第95/24455号、国际公开第97/00600号、国际公开第98/23580号、国际公开第98/52905号、日本特开平1-272551号公报、日本特开平6-16616号公报、日本特开平7-110469号公报、日本特开平11-80081号公报及日本专利申请2001-64627号公报等中所记载的化合物。此外,作为棒状液晶化合物,例如还能够优选使用日本特表平11-513019号公报及日本特开2007-279688号公报中所记载的化合物。

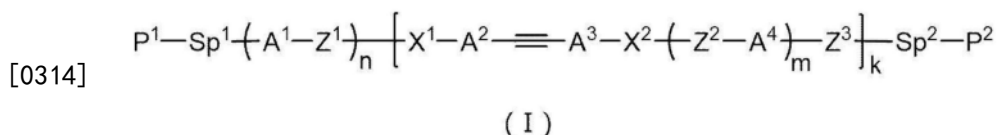
[0309] -圆盘状液晶化合物-

[0310] 作为圆盘状液晶化合物,例如能够优选使用日本特开2007-108732号公报及日本特开2010-244038号公报中所记载的圆盘状液晶化合物。

[0311] 另外,在对光学各向异性层使用圆盘状液晶化合物时,在光学各向异性层中,液晶化合物40在厚度方向上升,源自液晶化合物的光学轴40A被定义为与圆盘面垂直的轴,所谓的快轴。

[0312] 作为液晶化合物,为了获得高的衍射效率,能够优选使用折射率各向异性 Δn 高的液晶化合物。通过提高折射率各向异性,能够较高地维持入射角度改变时的衍射效率。作为折射率各向异性 Δn 高的液晶化合物,并无特别限定,能够优选使用W02019/182129A1中例示的化合物及由下述通式(I)表示的化合物。

[0313] [化学式1]



[0315] 通式(I)中,

[0316] P^1 及 P^2 分别独立地表示氢原子、-CN、-NCS或聚合性基团。

[0317] Sp^1 及 Sp^2 分别独立地表示单键或2价的连接基。其中, Sp^1 及 Sp^2 并不表示包含选自由芳香族烃环基、芳香族杂环基及脂肪族烃环基组成的组中的至少一个基团的2价的连接基。

[0318] Z^1 、 Z^2 及 Z^3 分别独立地表示单键、-O-、-S-、-CHR-、-CHRCHR-、-OCHR-、-CHRO-、-SO-、-SO₂-、-COO-、-OCO-、-CO-S-、-S-CO-、-O-CO-O-、-CO-NR-、-NR-CO-、-SCHR-、-CHRS-、-SO-CHR-、-CHR-SO-、-SO₂-CHR-、-CHR-SO₂-、-CF₂O-、-OCF₂-、-CF₂S-、-SCF₂-、-OCHRCHRO-、-SCHRCHRS-、-SO-CHRCHR-SO-、-SO₂-CHRCHR-SO₂-、-CH=CH-COO-、-CH=CH-OCO-、-COO-CH=CH-、-OCO-CH=CH-、-COO-CHRCHR-、-OCO-CHRCHR-、-CHRCHR-COO-、-CHRCHR-OCO-、-COO-CHR-、-OCO-CHR-、-CHR-COO-、-CHR-OCO-、-CR=CR-、-CR=N-、-N=CR-、-N=N-、-CR=N-N=CR-、-CF=CF-或 $C \equiv C$ 。R表示氢原子或碳原子数1~10的烷基。当R存在多个时,可以相同,也可以不同。当 Z^1 及 Z^2 存在多个时,分别可以相同,也可以不同。存在多个的 Z^3 可以相同,也可以不同。其中,连接于 Sp^2 的 Z^3 表示单键。

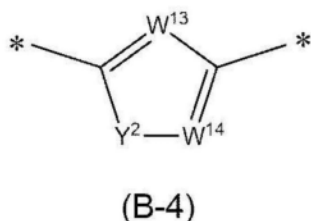
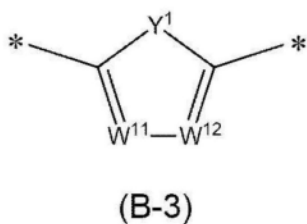
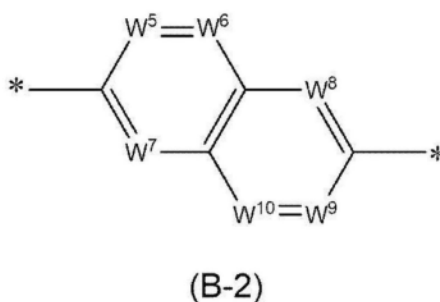
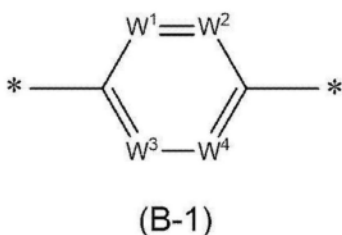
[0319] X^1 及 X^2 分别独立地表示单键或S-。存在多个的 X^1 及 X^2 分别可以相同,也可以不同。其中,存在多个的 X^1 及存在多个的 X^2 中,至少任一个表示-S-。

[0320] k表示2~4的整数。

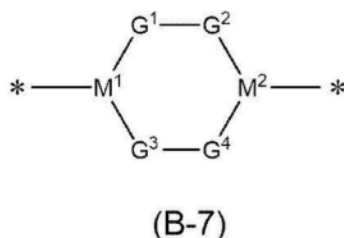
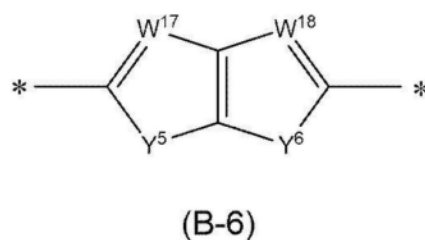
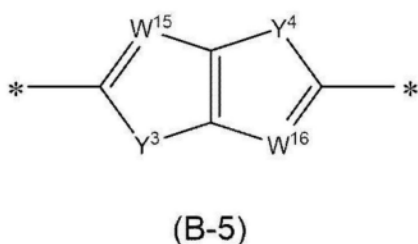
[0321] m及n分别独立地表示0~3的整数。存在多个的m可以相同,也可以不同。

[0322] A^1 、 A^2 、 A^3 及 A^4 分别独立地表示由下述通式(B-1)~(B-7)中的任一个表示的基团或将由下述通式(B-1)~(B-7)中的任一个表示的基团连接2个或3个而成的基团。存在多个的 A^2 及 A^3 分别可以相同,也可以不同。当 A^1 及 A^4 存在多个时,分别可以相同,也可以不同。

[0323] [化学式2]



[0324]



[0325] 通式 (B-1) ~ (B-7) 中,

[0326] $W^1 \sim W^{18}$ 分别独立地表示 CR^1 或 N , R^1 表示氢原子或下述取代基 L 。[0327] $Y^1 \sim Y^6$ 分别独立地表示 NR^2 、 O 或 S , R^2 表示氢原子或下述取代基 L 。[0328] $G^1 \sim G^4$ 分别独立地表示 CR^3R^4 、 NR^5 、 O 或 S , $R^3 \sim R^5$ 分别独立地表示氢原子或下述取代基 L 。[0329] M^1 及 M^2 分别独立地表示 CR^6 或 N , R^6 表示氢原子或下述取代基 L 。

[0330] * 表示键合位置。

[0331] 取代基 L 为碳原子数 1~10 的烷基、碳原子数 1~10 的烷氧基、碳原子数 1~10 的烷基氨基、碳原子数 1~10 的烷硫基、碳原子数 1~10 的烷酰基、碳原子数 1~10 的烷酰氧基、碳原子数 1~10 的烷酰氨基、碳原子数 1~10 的烷酰硫基、碳原子数 2~10 的烷氧基羰基、碳原子数 2~10 的烷基氨基羰基、碳原子数 2~10 的烷硫基羰基、羟基、氨基、巯基、羧基、磺基、酰

胺基、氰基、硝基、卤原子或聚合性基团。其中,在作为取代基L记载的上述基团具有 $-\text{CH}_2-$ 的情况下,将上述基团中所包含的 $-\text{CH}_2-$ 中的至少一个取代之 $-\text{O}-$ 、 $-\text{CO}-$ 、 $-\text{CH}=\text{CH}-$ 或 $-\text{C}\equiv\text{C}-$ 而成的基团也包括在取代基L中。并且,在作为取代基L记载的上述基团具有氢原子的情况下,将上述基团中所包含的氢原子中的至少一个取代之选自氟原子及聚合性基团组成的组中的至少一个而成的基团也包括在取代基L中。

[0332] 为了较高地维持入射角度变化时的衍射效率,液晶化合物的折射率各向异性 Δn_{550} 优选为0.15以上,更优选为0.2以上,进一步优选为0.25以上,最优选为0.3以上。

[0333] 并且,本发明的液晶衍射元件也可以在面内改变光学各向异性层的折射率各向异性 Δn 或平均折射率。通过在面内改变光学各向异性层的折射率各向异性 Δn 或平均折射率,对于入射位置不同的光,能够适当地调节衍射效率。

[0334] 一 手性试剂 —

[0335] 手性试剂(手性试剂)具有诱导使液晶化合物在厚度方向上扭转取向的螺旋结构的功能。由于通过化合物诱导的螺旋的扭转方向和/或扭转的程度(螺旋节距)不同,因此手性试剂只要根据目的选择即可。

[0336] 作为手性试剂,并无特别限制,能够使用公知的化合物(例如,记载于液晶器件手册、第3章4-3项、TN(Twisted Nematic,扭曲向列)、STN(Super Twisted Nematic,超扭曲向列)用手性试剂、199页、日本学术振兴会第142委员会编、1989中)、异山梨醇(具有异山梨醇结构的手性试剂)及异甘露糖醇衍生物等。

[0337] 并且,手性试剂通过光的照射生成逆异构化、二聚化以及异构化及二聚化等,降低螺旋扭转力(HTP:Helical Twisting Power)的手性试剂也能够优选利用。

[0338] 手性试剂通常包含不对称碳原子,但是不包含不对称碳原子的轴向不对称化合物或表面不对称化合物也能够用作手性试剂。在轴向不对称化合物或表面不对称化合物的例中,包含联萘、螺烯、对二甲苯二聚体及它们的衍生物。手性试剂也可以具有聚合性基团。在手性试剂和液晶化合物均具有聚合性基团的情况下,能够通过聚合性手性试剂与聚合性液晶化合物的聚合反应而形成具有从聚合性液晶化合物衍生的重复单元及从手性试剂衍生的重复单元的聚合物。在该方式中,聚合性手性试剂所具有的聚合性基团优选为与聚合性液晶化合物所具有的聚合性基团相同的基团。因此,手性试剂的聚合性基团也优选为不饱和聚合性基团、环氧基或吡丙啶基,更优选为不饱和聚合性基团,进一步优选为烯键式不饱和聚合性基团。

[0339] 并且,手性试剂也可以为液晶化合物。

[0340] 在手性试剂具有光异构化基的情况下,优选能够在涂布、取向之后通过活化光线等的光掩模照射而形成与发光波长对应的所期望的反射波长的图案。作为光异构化基,优选为显示光变色性的化合物的异构化部位、偶氮基、氧化偶氮基或肉桂酰基。作为具体的化合物,能够使用日本特开2002-080478号公报、日本特开2002-080851号公报、日本特开2002-179668号公报、日本特开2002-179669号公报、日本特开2002-179670号公报、日本特开2002-179681号公报、日本特开2002-179682号公报、日本特开2002-338575号公报、日本特开2002-338668号公报、日本特开2003-313189号公报及日本特开2003-313292号公报等中所记载的化合物。

[0341] 液晶组合物中的手性试剂的含量根据目标厚度方向的螺旋状扭转量,并根据手性

试剂的种类等适当地设定即可。

[0342] <液晶衍射元件的作用>

[0343] 如上所述,使用包含液晶化合物的组合物而形成的、具有光学轴40A的方向沿排列轴D方向旋转的液晶取向图案的光学各向异性层折射圆偏振光。

[0344] 在此,本发明的液晶衍射元件中,在剖面SEM图像中观察到的暗部44具有2处以上的角度的拐点,并且,在厚度方向上具有倾斜方向不同的区域。因此,本发明的液晶衍射元件的衍射效率的波长依赖性小,无论波长如何都能够以相同的衍射效率衍射光。即,例如,红色光、绿色光、蓝色光均能够以相同的衍射效率衍射光。而且,无论波长如何都能够以高的衍射效率衍射光,并且,衍射效率越高,衍射效率的波长依赖性越低。

[0345] 此外,在本发明的液晶衍射元件中,在液晶取向图案中,源自液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期是恒定的。因此,无论面内的光的入射位置如何,只要波长相同,则以相同角度衍射(折射)光。即,例如若为红色光,则无论向液晶衍射元件的入射位置如何都能够以相同的角度衍射光。

[0346] 并且,在图13等所示的例子中,光学各向异性层设为具有同心圆状的液晶取向图案的结构,该同心圆状液晶取向图案以从内侧向外侧的同心圆状具有源自液晶化合物的光学轴的朝向连续旋转的同时发生变化的一个方向,但并不限于此。

[0347] 例如,在一个方向上具有光学各向异性层的液晶取向图案的排列轴D,1个周期 Λ 沿该一个方向逐渐变化。

[0348] 并且,液晶取向图案不是从内侧朝向外侧对称的同心圆状,也可以是不对称的液晶取向图案。此时,液晶取向图案的中心可以与液晶衍射元件的中心不同。液晶取向图案并不限于上述结构,可以根据液晶衍射元件所要求的功能适当地设定。

[0349] 这种本发明的液晶衍射元件也能够优选使用与圆偏振片组合的方式。

[0350] 入射到本发明的液晶衍射元件的圆偏振光的一部分没有被衍射,有时透射液晶衍射元件(0次光)。未被液晶衍射元件衍射的圆偏振光根据用途可能会降低性能。相对于此,通过组合液晶衍射元件和圆偏振片,能够减少未被液晶衍射元件衍射而透射的光(0次光)。

[0351] 以下,对具有本发明的液晶衍射元件和圆偏振片的本发明的光学元件进行说明。另外,圆偏振片作为一例具有相位差片和直线偏振片,本发明的光学元件依次配置有液晶衍射元件、相位差片及直线偏振片。

[0352] 当向本发明的液晶衍射元件入射右旋圆偏振光时,入射的右旋圆偏振光被衍射而从液晶衍射元件射出。并且,右旋圆偏振光在衍射时被转换为左旋圆偏振光。被液晶衍射元件衍射的左旋圆偏振光(即,1次光)根据圆偏振片的相位差片(1/4波片)转换为直线偏振光。通过相位差片转换的直线偏振光透射直线偏振片后射出。

[0353] 在此,当一部分光未被液晶衍射元件衍射时,入射到液晶衍射元件的右旋圆偏振光的一部分未被衍射而透射液晶衍射元件。在没有圆偏振片的情况下,未被液晶衍射元件衍射的右旋圆偏振光直线前进。该直线前进的右旋圆偏振光根据用途变成不必要的光,并降低性能。

[0354] 相对于此,在具有本发明的液晶衍射元件和圆偏振片至本发明的光学元件中,未被液晶衍射元件衍射的右旋圆偏振光(即,0次光)转换为与入射到圆偏振片的相位差片而衍射的左旋圆偏振光(1次光)正交的方向的直线偏振光,并能够入射到直线偏振片并被吸

收。即,未被液晶衍射元件衍射的右旋圆偏振光被圆偏振片吸收。因此,能够透射基于左旋圆偏振光的所需的1次光,并能够减少未被衍射的右旋圆偏振光。因此,能够抑制通过不必要的光(0次光)来降低性能。

[0355] 在将本发明的液晶衍射元件与圆偏振片组合而成的本发明的光学元件中,可以在圆偏振片的下游组合使用其他光学元件。

[0356] 作为一例,可以在圆偏振片的下游配置相位差片。如上所述,圆偏振片依次配置相位差片和直线偏振片。具体而言,也能够优选使用将透射圆偏振片的直线偏振光通过配置于圆偏振片的下游的相位差片转换为圆偏振光、椭圆偏振光及偏振方向不同的直线偏振光等的结构。

[0357] 并且,代替相位差片,也可以使用消除至少一部分波长区域的光的偏振状态的消偏振层。作为消偏振层,例示高相位差膜及光散射层等。通过这样控制从圆偏振片射出的光的偏振状态,能够根据用途来调整偏振状态。另外,高相位差膜例如是面内相位差为3000nm以上的膜。

[0358] 作为另一例,可以在圆偏振片的下游配置使光偏转的光学元件。例如,通过在圆偏振片的下游配置透镜等使光偏转的光学元件,能够改变从圆偏振片射出的光的行进方向。通过这样控制从圆偏振片射出的光的偏转方向,能够根据用途来调整光的射出方向。

[0359] <偏振片>

[0360] 本发明中使用的直线偏振片只要是具有透射一个偏振方向的直线偏振光并吸收另一偏振方向的直线偏振光的功能的直线偏振片,则并无特别限定,能够利用以往公知的直线偏振片。直线偏振片可以为吸收型直线偏振片,也可以为反射型直线偏振片。

[0361] 作为吸收型直线偏振片,可使用作为吸收型起偏器的碘系起偏器、利用了二色性染料的染料系起偏器及多烯系起偏器等。碘系起偏器及染料系起偏器有涂布型起偏器和拉伸型起偏器,并且能够应用任一个。其中,优选通过在聚乙烯醇上吸附碘或二色性染料并对其进行拉伸而制作的起偏器。

[0362] 并且,作为在基材上形成有聚乙烯醇层的层叠薄膜的状态下实施拉伸及染色而得到起偏器的方法,能够举出日本专利第5048120号公报、日本专利第5143918号公报、日本专利第4691205号公报、日本专利第4751481号公报及日本专利第4751486号公报中所记载的方法。此外,也能够优选利用关于这些起偏器的公知的技术。

[0363] 作为吸收型起偏器,尤其优选为不进行拉伸而利用液晶的取向性而使二色性色素取向的起偏器。该起偏器具有如下许多优点:能够极其薄层化为厚度为0.1~5 μm 左右;如日本特开2019-194685号公报中所记载,弯曲时不易产生裂缝,热变形小,如日本专利6483486号公报中所记载,超过50%这样的透射率高的偏振片的耐久性也优异,以及加热成型性优异等。

[0364] 使二色性色素取向的起偏器利用这些优点,能够用于如下用途:要求高亮度的用途、小型轻量的用途、微细的光学系统用途、成型为具有曲面的部位的用途及柔性部位中的用途。并且,也能够剥离支撑体并转印起偏器而使用。

[0365] 但也优选在平视显示器等车载显示器光学系统、AR眼镜及VR眼镜等光学系统、LiDAR、面部认证系统、以及偏振成像仪等光学传感器等用途中,以抑制杂散光为目的组装吸收型起偏器。

[0366] 作为反射型直线偏振片,例如,如日本特开2011-053705号公报中所记载,能够使用将包含2种聚合物的层拉伸而成的薄膜及线栅起偏器等。从亮度的观点考虑,优选为将包含聚合物的层拉伸而成的薄膜。

[0367] 反射型直线偏振片也能够利用市售品。作为反射型直线偏振片的市售品,能够适当使用3M Company制的反射型起偏器(商品名称APF)及Asahi Kasei Corporation制线栅起偏器(商品名称WGF)等。或者,也可以使用将胆甾醇型液晶膜与 $\lambda/4$ 板组合而成的反射型直线偏振片。

[0368] 用于本发明的偏振片优选表面平滑。尤其,在将偏振片应用于透镜等的情况下,由于透镜的像放大效果,微小的表面凹凸有时会导致像的失真,因此期望表面没有凹凸。

[0369] 具体而言,偏振片的表面的平均算术粗糙度Ra优选为50nm以下,更进一步优选为30nm以下,进一步优选为10nm以下,尤其优选为5nm以下。并且,偏振片在其表面上,1平方毫米的范围内的表面凹凸的高低差优选为100nm以下,更优选为50nm以下,进一步优选为20nm以下。

[0370] 能够使用粗度计及干涉仪等来测定表面的凹凸及平均算术粗糙度。例如,能够使用Mitsubishi Chemical Systems, Inc.制的干涉仪“vertscan”来测定。

[0371] <相位差片>

[0372] 本发明中使用的相位差片是转换入射的偏振的相位的相位差片。相位差片根据是将入射的偏振光转换为接近直线偏振光,还是转换为接近圆偏振光来调节慢轴的方向来配置。具体而言,相位差片配置成慢轴相对于相邻配置的直线偏振片的吸收轴成为 $+45^\circ$ 或 -45° 。

[0373] 本发明中使用的相位差片可以由光学各向异性层1层构成的单层型,也可以是由分别具有多个不同的慢轴的2层以上的光学各向异性层的层叠构成的多层型。作为多层型相位差片的例子,可以举出国际公开第2013/137464公报、国际公开第2016/158300号、日本特开2014-209219号公报、日本特开2014-209220号公报、国际公开第2014/157079号、日本特开2019-215416号公报及国际公开第2019/160044号等,但并不限于此。

[0374] 从将直线偏振光转换为圆偏振光或将圆偏振光转换为直线偏振光的观点考虑,相位差片优选为 $\lambda/4$ 板。

[0375] 对 $\lambda/4$ 板并无限制,能够利用各种公知的具有 $\lambda/4$ 功能的板。作为 $\lambda/4$ 板的具体例,例如可以举出美国专利申请公开2015/0277006号说明书中所记载的 $\lambda/4$ 板等。

[0376] 例如,作为 $\lambda/4$ 板为单层结构的方式,具体而言,可以举出拉伸聚合物薄膜及支撑体上设置有具有 $\lambda/4$ 功能的光学各向异性层的相位差膜等。并且,作为 $\lambda/4$ 板为多层结构的方式,具体而言,可以举出将 $\lambda/4$ 板和 $\lambda/2$ 波片层叠而成的宽频带 $\lambda/4$ 板。

[0377] $\lambda/4$ 板的厚度并无特别限制,优选为 $1\sim 500\mu\text{m}$,更优选为 $1\sim 50\mu\text{m}$,进一步优选为 $1\sim 5\mu\text{m}$ 。

[0378] 用于本发明的相位差片优选具有逆波长分散性。通过具有逆波长分散性,相位差片上的相位变化变得理想,直线偏振光与圆偏振光之间的转换变得理想。

[0379] 在将本发明的液晶衍射元件与圆偏振片组合而成的方式中,可以在圆偏振片的下游组合使用其他光学元件。

[0380] 作为一例,可以在圆偏振片的下游配置相位差片。也能够优选使用将透射圆偏振

片(依次配置相位差片和直线偏振片)的直线偏振光通过配置于圆偏振片的下游的相位差片转换为圆偏振光及椭圆偏振光、偏振方向不同的直线偏振光的结构。并且,代替相位差片,也可以使用消除至少一部分波长区域的光的偏振状态的消偏振层。作为消偏振层,能够使用高相位差膜(面内相位差为3000nm以上)及光散射层等。通过这样控制从圆偏振片射出的光的偏振状态,能够根据用途来调整偏振状态。

[0381] 作为另一例,可以在圆偏振片的下游配置使光偏转的光学元件。例如,通过在圆偏振片的下游配置透镜等使光偏转的光学元件,能够改变从圆偏振片射出的光的行进方向。通过这样控制从圆偏振片射出的光的偏转方向,能够根据用途来调整光的射出方向。

[0382] <粘结层(粘合剂层)、粘结剂>

[0383] 光学膜可以包含用于粘结各层的粘结层。在本说明书中,“粘接”还包括“粘结”的概念使用。

[0384] 例如可以举出水溶性粘结剂、紫外线固化型粘结剂、乳剂型粘结剂、胶乳型粘结剂、胶粘粘结剂、复层粘结剂、膏状粘结剂、发泡型粘结剂、支撑膜粘结剂、热塑型粘结剂、热熔融型(热熔)粘结剂、热固化粘结剂、热活性粘结剂、热密封粘结剂、热固化型粘结剂、接触型粘结剂、压敏性粘结剂(即,粘合剂)、聚合型粘结剂、溶剂型粘结剂、溶剂活性粘结剂、陶瓷粘结剂等。具体而言,也可以举出硼化合物水溶液、日本特开2004-245925号公报中所示的、在分子内不包含芳香环的环氧化合物的固化性粘结剂、日本特开2008-174667号公报中所记载的将360~450nm的波长下的摩尔吸光系数为400以上的光聚合引发剂和紫外线固化性化合物作为必须成分的活性能量射线固化型粘结剂、日本特开2008-174667号公报中所记载的在(甲基)丙烯酸系化合物的合计量100质量份中含有(a)在分子中具有2个以上(甲基)丙烯酰基的(甲基)丙烯酸系化合物、(b)在分子中具有羟基且仅具有1个聚合性双键的(甲基)丙烯酸系化合物及(c)含有苯酚环氧乙烷改质丙烯酸酯或壬基苯酚环氧乙烷改质丙烯酸酯的活性能量射线固化型粘结剂等。根据需要,能够单独使用各种粘结剂,也能够混合使用。

[0385] 在层叠光学膜中,从减少不必要的反射的观点考虑,优选粘结层与相邻的层的折射率差小。具体而言,相邻的层的折射率差优选为0.05以下,更优选为0.01以下。作为粘结层的折射率的调节方法并无特别限制,能够使用添加氧化锆系、二氧化硅系、丙烯酸系、丙烯酸-苯乙烯系、三聚氰胺系等微粒子的方法、树脂折射率的调节及日本特开平11-223712号公报中所记载的方法等已知的方法。

[0386] 并且,在相邻的层在面内具有折射率的各向异性的情况下,优选在面内的所有方向上与相邻的层的折射率差为0.05以下。因此,粘结层可以在面内具有折射率各向异性。

[0387] 在粘接的界面之间的折射率差大的情况下,通过在粘结层的厚度方向上对折射率进行分布来降低界面反射率。作为在厚度方向上对折射率进行分布的方法,可以举出设置多层粘结剂层的方法、混合设置多层的粘结剂层之间的界面的方法、控制粘结剂层内的原材料的不均匀状态而赋予折射率分布的方法等。

[0388] 并且,粘结层能够通过涂布、蒸镀、转印等任意方法设置在贴合的一个部件或两个部件上,从提高粘接强度的观点考虑,能够根据粘结剂的种类来实施加热处理及紫外线照射等后处理。能够任意调节粘结层的厚度,但是优选为20 μ 以下,进一步优选为0.1 μ 以下。作为形成0.1 μ 以下的粘结层的方法,可以举出在贴合面蒸镀氧化硅(SiO_x层)等陶瓷粘结剂的

方法。贴合部件的贴合面能够在贴合前实施等离子体处理、电晕处理、皂化处理等表面改性处理,以及能够赋予底漆层。并且,当存在多个贴合面时,能够针对每个贴合面调节粘结层的种类及厚度等。

[0389] <层叠体的切断>

[0390] 能够将制作的层叠体切断成规定尺寸。层叠体的切断方法并无限定,能够利用各种公知的方法,例如使用汤姆逊到等刀具进行物理切断的方法、照射激光进行切断的方法等。在使用激光的情况下,考虑到切断性和对材料的损伤,优选选择脉冲宽度(纳秒、皮秒、飞秒)、波长。并且,将层叠体加工成规定形状后,例如,可以进行端面的研磨加工。

[0391] 从改善切断时的加工性、抑制发尘等的观点考虑,也能够带有能够剥离的保护膜的状态下进行切断。并且,例如利用日本特开2004-141889所示的方法,观察液晶取向图案的同时进行切断,从而能够任意地确定切断位置。此时,为了容易看到液晶取向图案,也能够通过偏振片或相位差膜等进行观察。并且,在1个基板上设置多个光学元件的情况下,优选同时切断多个光学元件。

[0392] <其他处理>

[0393] 出于将层叠体高精度地设置于器件上,提高切断时的轴或切断位置的精度等的目的,能够根据需要赋予任意形状的标记。标记的种类能够任意选择,能够选择通过激光、喷墨方式等物理赋予的方法、局部改变液晶的取向状态的方法、赋予局部脱色或染色的区域的方法等。

[0394] 并且,出于保护液晶层的目的,能够根据需要设置保护层(阻气层、对水分等的阻隔层、紫外线吸收层、耐划伤性层等)。保护层也能够直接形成于液晶层上,也可以隔着粘合剂层或其他光学膜而设置。为了降低表面的反射率,可以设置防反射层(LR层、AR层、蛾眼层等)。各种保护层能够从公知的保护层中适当地选择。当设置阻气层时,优选为聚乙烯醇。聚乙烯醇也能够兼具作为起偏器的功能。并且,紫外线吸收层为含有紫外线吸收剂的层,作为紫外线吸收剂,从波长370nm以下的紫外线的吸收能优异且良好的显示性的观点考虑,优选使用波长400nm以上的可见光的吸收少的紫外线吸收剂。紫外线吸收剂可以仅使用1种,也可以并用2种以上。例如,可以举出日本特开2001-72782号公报或日本特表2002-543265号公报中所记载的紫外线吸收剂。作为紫外线吸收剂的具体例,例如可以举出氧基二苯甲酮系化合物、苯并三唑系化合物、水杨酸酯系化合物、二苯甲酮系化合物、氰基丙烯酸酯系化合物、镍络合物盐系化合物等。

[0395] <多个液晶衍射元件的组合>

[0396] 本发明的液晶衍射元件能够组合使用多个液晶衍射元件。

[0397] 例如,如Optics Express, Vol.28, No16/3 August 2020所公开,通过组合多个液晶衍射元件并改变入射到液晶衍射元件的偏振状态,能够对射出的光的聚光性/发散性进行多次切换。

[0398] 通过组合这种多个液晶衍射元件,能够在AR眼镜及VR眼镜等HMD中进行与中心凹对应的显示(Foveated display)。

[0399] <与相位调制元件的组合>

[0400] 本发明的液晶衍射元件也能够优选使用与相位调制元件组合的结构。

[0401] 例如,通过组合US10,379,419B1中所公开的能够用电压调制相位差的可切换的 $\lambda/$

2板 (Switchable Half Waveplate) 和本发明的液晶衍射元件 (用作Passive Element), 能够实现无论元件面内的光的入射位置如何都具有高的衍射效率的焦点可变透镜。并且, 通过组合多组相位调制元件与液晶衍射元件的组合, 能够增加多个可调节的焦点距离。

[0402] 通过将这种焦点可变透镜用于AR眼镜及VR眼镜, 能够任意地改变HMD的显示图像的焦点位置。

[0403] <与透镜的组合>

[0404] 本发明的液晶衍射元件也能够优选使用与其他透镜元件组合的结构。

[0405] 例如, 通过在SID 2020DIGEST, 40-4, pp579-582. 中所公开的菲涅耳透镜和液晶衍射元件的组合中使用本发明的液晶衍射元件, 能够与元件面内的光的入射位置无关地以高的衍射效率改善透镜的色差。作为组合透镜并无限制, 也能够优选使用与折射率透镜、US3, 443, 858及Optics Express, Vol.29, No4/15February 2021等中所公开的煎饼透镜 (Pancake lens) 的组合。

[0406] 通过在AR眼镜及VR眼镜等中使用组合这种透镜和液晶衍射元件的光学系统, 能够改善HMD的显示图像的色偏 (透镜的色差)。

[0407] <与导光板的组合>

[0408] 本发明的液晶衍射元件也能够优选使用与导光板组合的结构。

[0409] 例如, 在Proc.of SPIE Vol.11062, Digital Optical Technologies 2019, 110620J (16July 2019) 中所公开的导光板和透镜的组合中, 通过使用本发明的液晶衍射元件作为上述透镜, 能够改变从导光板射出的显示图像的焦点位置。

[0410] 通过这样与导光板组合, 能够调节AR眼镜及VR眼镜等HMD的显示图像的焦点位置。另外, 当用于AR眼镜时, 如Proc.of SPIE Vol.11062, Digital Optical Technologies 2019, 110620J (16July 2019) 中所公开, 通过使用本发明的液晶衍射元件作为夹着导光板而正/负不同的透镜, 能够无失真地观察实际的光景和从导光板输出的显示图像这两者。

[0411] <与图像显示装置的组合>

[0412] 本发明的液晶衍射元件也优选能够使用与图像显示装置的组合。

[0413] 例如, 通过组合如Crystals 2021, 11, 107中所公开的图像显示装置和液晶衍射元件 (用作Diffractive Deflection Film: 衍射偏转膜), 能够调节来自图像显示装置的射出光的亮度分布。

[0414] 这样, 通过制成与图像显示装置组合的图像显示单元, 能够适当地调节AR眼镜及VR眼镜等的HMD的亮度分布。

[0415] <与光束转向器的组合>

[0416] 本发明的液晶衍射元件也能够优选使用与光偏转元件 (光束转向器) 的组合。

[0417] 例如, 作为如W02019/189675中所公开的光偏向元件的衍射元件, 使用本发明的液晶衍射元件, 从而能够以高的衍射效率实现射出光的高偏转角化。

[0418] 这样, 通过与光偏向元件 (光束转向器) 组合, 能够适当地扩大LiDAR (Light Detection and Ranging: 光探测和测距) 等测距传感器的光的照射角度。

[0419] 以上, 对本发明的液晶衍射元件、光学元件、图像显示单元、头戴式显示器、光束转向器及传感器进行了详细说明, 但是本发明并不限于上述例, 在不脱离本发明的宗旨的范围内, 当然可以进行各种改善或变更。

[0420] 实施例

[0421] 以下举出实施例对本发明的特征进行更具体的说明。以下实施例所示的材料、试剂、使用量、物质量、比例、处理内容及处理步骤等，只要不脱离本发明的主旨，则能够适当变更。因此，本发明的范围不应被以下所示的具体例做限定性解释。

[0422] [比较例1]

[0423] <液晶衍射元件的制作>

[0424] (支撑体)

[0425] 作为支撑体，准备了玻璃基板。

[0426] (取向膜的形成)

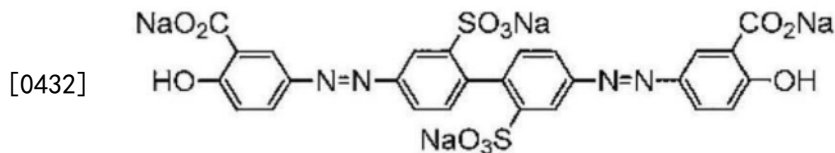
[0427] 通过旋涂将下述取向膜形成用涂布液涂布于支撑体上。将形成有该取向膜形成用涂布液的涂膜的支撑体在60℃的热板上干燥60秒钟，从而形成了取向膜。

[0428] 取向膜形成用涂布液

	光取向用原材料A	1.00质量份
	水	16.00质量份
[0429]	丁氧基乙醇	42.00质量份
	丙二醇单甲醚	42.00质量份

[0430] -光取向用原材料A-

[0431] [化学式3]



[0433] (取向膜的曝光)

[0434] 使用图10所示的曝光装置对取向膜进行曝光，从而形成了具有取向图案的取向膜P-1。

[0435] 在曝光装置中，使用射出波长(325nm)的激光束的装置作为激光器。将基于干涉光的曝光量设为1000mJ/cm²。

[0436] (光学各向异性层的形成)

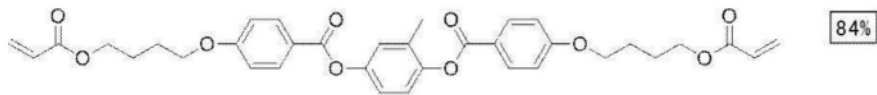
[0437] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物，制备了下述组合物A-1。

[0438] 组合物A-1

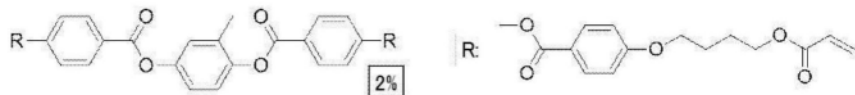
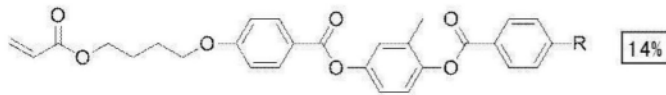
	液晶化合物L-1	100.00质量份
	手性试剂M-1	0.18质量份
[0439]	聚合引发剂 (BASF公司制、Irgacure OXE01)	1.00质量份
	流平剂T-1	0.08质量份
	甲基乙基酮	1050.00质量份

[0440] 液晶化合物L-1

[0441] [化学式4]



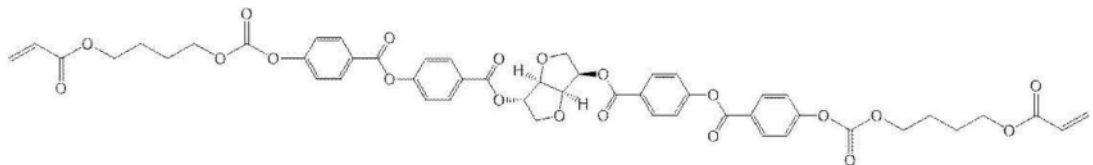
[0442]



[0443] 手性试剂M-1

[0444] [化学式5]

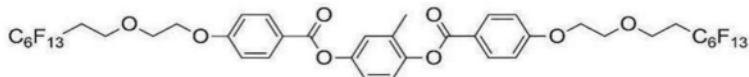
[0445]



[0446] 流平剂T-1

[0447] [化学式6]

[0448]



[0449] 光学各向异性层通过将组合物A-1多层涂布于取向膜P-1上而形成。多层涂布是指,首先,重复进行如下处理:在取向膜上涂布第1层组合物A-1,加热后进行紫外线固化而制作液晶固定化层之后,第2层以后重叠涂布于该液晶固定化层而进行涂布,并且同样地进行加热后进行紫外线固化。通过多层涂布形成,即使当光学各向异性层的总厚变厚时,取向膜的取向方向从光学各向异性层的下面向上面反映。

[0450] 首先,第1层中,在取向膜P-1上涂布下述组合物A-1,将涂膜在热板上加热至80℃,然后,在氮气环境下使用高压汞灯以300mJ/cm²的照射量对涂膜照射波长365nm的紫外线,从而将液晶化合物的取向固定化。

[0451] 第2层以后,重叠涂布于该液晶固定化层上,在与上述相同的条件下进行加热后进行紫外线固化,从而制作了液晶固定化层。这样,反复进行重叠涂布直至总厚达到所期望的膜厚位为止,形成光学各向异性层,从而制作了液晶衍射元件。

[0452] 液晶组合物A-1的固化层的双折射率 Δn 通过测定通过将液晶组合物A-1涂布于单独准备的延迟测定用带取向膜的支撑体上,液晶化合物的指向矢在基材上呈水平地取向后照射紫外线而使其固定化而获得的液晶固定化层(固化层)的延迟值及膜厚来求出。能够通过将延迟值除以膜厚来计算 Δn 。延迟值使用Axometrix公司制的Axoscan测定目标波长,膜厚使用SEM进行了测定。

[0453] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550)) 最终成为275nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 70° 。以下,除非另有说明,否则以相同的方式进行了“ $\Delta n_{550} \times d$ ”等的测定。

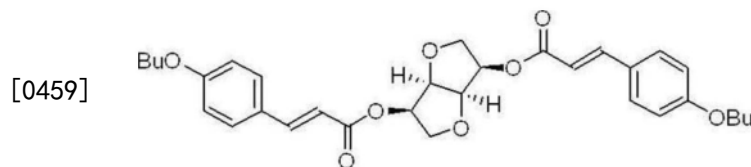
[0454] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,制备了下述组合物A-2。

[0455] 组合物A-2

液晶化合物L-1	100.00质量份
手性试剂H-1	0.32质量份
[0456] 聚合引发剂(BASF公司制、Irgacure OXE01)	1.00质量份
流平剂T-1	0.08质量份
甲基乙基酮	1050.00质量份

[0457] 手性试剂H-1

[0458] [化学式7]



[0460] 除了使用组合物A-2调节光学各向异性层的膜厚以外,以与第1光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0461] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550)) 最终成为275nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -70° 。

[0462] [实施例1]

[0463] <液晶衍射元件的制作>

[0464] (取向膜的形成)

[0465] 以与比较例1相同的方式在玻璃基板上形成取向膜,对取向膜进行曝光,从而形成了具有取向图案的取向膜P-1。

[0466] (光学各向异性层的形成)

[0467] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物,制备了下述组合物B-1。

[0468] 组合物B-1

液晶化合物L-1 100.00质量份

手性试剂M-1 0.36质量份

[0469] 聚合引发剂（BASF公司制、Irgacure OXE01） 1.00质量份

流平剂T-1 0.08质量份

甲基乙基酮 1050.00质量份

[0470] 除了使用组合物B-1调节光学各向异性层的膜厚以外,以与比较例1相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0471] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为160nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 80° 。

[0472] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,制备了下述组合物B-2。

[0473] 组合物B-2

液晶化合物L-1 100.00质量份

聚合引发剂（BASF公司制、Irgacure OXE01） 1.00质量份

[0474] 流平剂T-1 0.08质量份

甲基乙基酮 1050.00质量份

[0475] 除了使用组合物B-2调节光学各向异性层的膜厚以外,以与第1光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0476] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为330nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 0° 。

[0477] 作为形成第3光学各向异性层的液晶组合物,制备了下述组合物B-3。

[0478] 组合物B-3

	液晶化合物L-1	100.00质量份
	手性试剂H-1	0.63质量份
[0479]	聚合引发剂 (BASF公司制、Irgacure OXE01)	1.00质量份
	流平剂T-1	0.08质量份
	甲基乙基酮	1050.00质量份

[0480] 除了使用组合物B-3调节光学各向异性层的膜厚以外,以与第1光学各向异性层相同的方式形成了第3光学各向异性层。

[0481] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为160nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -80° 。

[0482] [实施例2]

[0483] <液晶衍射元件的制作>

[0484] (取向膜的形成)

[0485] 以与比较例1相同的方式在玻璃基板上形成取向膜,对取向膜进行曝光,从而形成了具有取向图案的取向膜P-1。

[0486] (光学各向异性层的形成)

[0487] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.34质量份来制备组合物C-1,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0488] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为190nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 87° 。

[0489] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-3中,将手性试剂H-1变更为0.12质量份来制备组合物C-2,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第3光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0490] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -14° 。

[0491] 作为形成第3光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.07质量份来制备组合物C-3,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第3光学各向异性层。

[0492] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶

化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 14° 。

[0493] 作为形成第4光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-3中,将手性试剂H-1变更为0.58质量份来制备组合物C-4,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第3光学各向异性层相同的方式形成了第4光学各向异性层。

[0494] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度}(\text{Re}(550))$ 最终成为 190nm ,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -87° 。

[0495] [实施例3]

[0496] <液晶衍射元件的制作>

[0497] (取向膜的形成)

[0498] 以与比较例1相同的方式在玻璃基板上形成取向膜,对取向膜进行曝光,从而形成了具有取向图案的取向膜P-1。

[0499] (光学各向异性层的形成)

[0500] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.40质量份来制备组合物D-1,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0501] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度}(\text{Re}(550))$ 最终成为 150nm ,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 83° 。

[0502] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.02质量份来制备组合物D-2,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0503] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度}(\text{Re}(550))$ 最终成为 335nm ,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 8° 。

[0504] 作为形成第3光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-3中,将手性试剂H-1变更为0.57质量份来制备组合物D-3,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第3光学各向异性层相同的方式形成了第3光学各向异性层。

[0505] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度}(\text{Re}(550))$ 最终成为 170nm ,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -78° 。

[0506] [比较例2]

[0507] <液晶衍射元件的制作>

[0508] 以与比较例1相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0509] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为275nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $10\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 70° 。

[0510] [比较例3]

[0511] <液晶衍射元件的制作>

[0512] 在比较例1的取向膜曝光中,通过改变图10所示的曝光装置中的、2个光线MA及MB的交叉角 α ,调节取向图案的周期,除此以外,以相同的方式制作了取向膜P-2。

[0513] (光学各向异性层的形成)

[0514] 以与比较例1相同的方式在取向膜P-2上形成了第1及第2光学各向异性层。

[0515] 在第1及第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为275nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在第1光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角在面内为 70° ,在第2光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -70° 。

[0516] [实施例4]

[0517] <液晶衍射元件的制作>

[0518] 以与比较例3相同的方式制作了取向膜P-2。

[0519] (光学各向异性层的形成)

[0520] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.52质量份来制备组合物E-1,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0521] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为160nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 115° 。

[0522] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.16质量份来制备组合物E-2,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0523] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为335nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 76° 。

[0524] 作为形成第3光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-3中,将手性试剂H-1变更为0.38质量份来制备组合物E-3,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第3光学各向异性层相同的方式形成了第3光学各向异性层。

[0525] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为160nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚

度方向的扭转角为 -48° 。

[0526] [实施例5]

[0527] <液晶衍射元件的制作>

[0528] 以与比较例3相同的方式制作了取向膜P-2。

[0529] (光学各向异性层的形成)

[0530] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物,在实施例2的组合物C-1中,将手性试剂M-1变更为0.44质量份来制备组合物F-1,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例2的第1光学各向异性层相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0531] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为190nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 115° 。

[0532] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,在实施例2的组合物C-1中,将手性试剂M-1变更为0.09质量份来制备组合物F-2,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例2的第1光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0533] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 18° 。

[0534] 作为形成第3光学各向异性层的液晶组合物,在实施例2的组合物C-3中,将手性试剂M-1变更为0.04质量份来制备组合物F-3,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例2的第3光学各向异性层相同的方式形成了第3光学各向异性层。

[0535] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 8° 。

[0536] 作为形成第4光学各向异性层的液晶组合物,在实施例2的组合物C-4中,将手性试剂H-1变更为1.99质量份来制备组合物F-4,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例2的第4光学各向异性层相同的方式形成了第4光学各向异性层。

[0537] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为190nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -237° 。

[0538] [实施例6]

[0539] <液晶衍射元件的制作>

[0540] 以与比较例3相同的方式制作了取向膜P-2。

[0541] (光学各向异性层的形成)

[0542] 作为形成第1光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.55质量份来制备组合物F-1,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与

实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0543] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 114° 。

[0544] 作为形成第2光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-1中,将手性试剂M-1变更为0.18质量份来制备组合物F-2,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第1光学各向异性层相同的方式形成了第2光学各向异性层。

[0545] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为335nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 85° 。

[0546] 作为形成第3光学各向异性层的液晶组合物,在实施例1的组合物B-3中,将手性试剂H-1变更为0.30质量份来制备组合物F-3,并调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例1的第3光学各向异性层相同的方式形成了第3光学各向异性层。

[0547] 在光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为170nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -41° 。

[0548] [评价]

[0549] <厚度方向角度的拐点及倾斜方向折回的拐点的的评价>

[0550] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点及暗部的倾斜方向折回的拐点的数进行了评价。

[0551] 将结果示于表1。

[0552] <衍射效率的评价>

[0553] 对从正面(相对于法线的角度 0° 的方向)向所制作的液晶衍射元件入射光时的、射出光的衍射效率进行了评价。

[0554] 具体而言,从光源照射在405nm、450nm、532nm及650nm处具有输出中心波长的激光束,使其垂直入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定射出光中、从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)、向其他方向射出的0次光及-1次光的光强度,并通过下述式计算出各波长中的衍射效率。另外,0次光是向与入射光相同的方向射出的光。并且,-1次光是将相对于0次光的1次光的衍射角度设为 θ 时向 $-\theta$ 方向衍射的光。

[0555] 衍射效率=1次光/(1次光+0次光+(-1次光))

[0556] 从波长405nm、450nm、532nm及650nm的各测定值求出衍射效率的平均值,并按照以下基准评价了衍射效率的波长依赖性。

[0557] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,向制作的液晶衍射元件入射光,并进行了评价。

[0558] A:衍射效率的平均值为95%以上

[0559] B:衍射效率的平均值为90%以上且小于95%

[0560] C:衍射效率的平均值小于90%

[0561] 将结果示于表1。

[0562] [表1]

		比较 例1	实施 例1	实施 例2	实施 例3	比较 例2	比较 例3	实施 例4	实施 例5	实施 例6
液晶取向 图案	1个周期 [μm]	10	10	10	10	10	1	1	1	1
第1光学 各向异性 层	Re (550) [nm]	275	160	190	150	275	275	160	190	150
	扭转角 [$^{\circ}$]	70	80	87	83	70	70	115	115	114
第2光学 各向异性 层	Re (550) [nm]	275	330	150	335	-	275	335	150	335
	扭转角 [$^{\circ}$]	-70	0	-14	8	-	-70	76	18	85
第3光学 各向异性 层	Re (550) [nm]	-	160	150	170	-	-	160	150	170
	扭转角 [$^{\circ}$]	-	-80	14	-78	-	-	-48	8	-41
第4光学 各向异性 层	Re (550) [nm]	-	-	190	-	-	-	-	190	-
	扭转角 [$^{\circ}$]	-	-	-87	-	-	-	-	-237	-
评价	角度的拐点	1	2	3	2	0	1	2	3	2
	倾斜方向折回的 拐点	1	1	3	1	0	1	1	1	1
	衍射角度 (532) [$^{\circ}$]	3	3	3	3	3	32	32	32	32
	衍射效率的波长 依赖性	C	A	A	A	C	C	A	A	A

[0564] [实施例7]

[0565] <液晶衍射元件的制作>

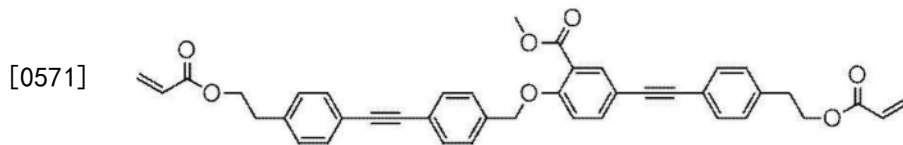
[0566] 以与比较例3相同的方式制作了取向膜P-2。

[0567] (光学各向异性层的形成)

[0568] 在实施例6中,将液晶化合物L-1变更为下述液晶化合物L-2,并适当变更手性试剂M-1、手性试剂H-1、流平剂T-1的添加量,调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例6相同的方式形成了第1至第3光学各向异性层。

[0569] 液晶化合物L-2

[0570] [化学式8]



[0572] 在第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 114° 。

[0573] 在第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度 (Re (550)) 最终成为335nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物

的厚度方向的扭转角为 85° 。

[0574] 在第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为170nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -41° 。

[0575] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0576] [实施例8]

[0577] <液晶衍射元件的制作>

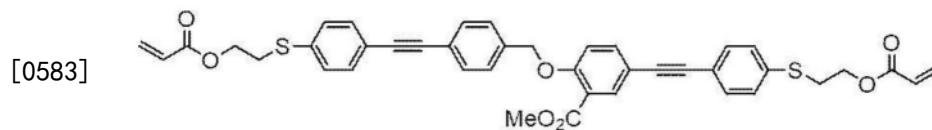
[0578] 以与比较例3相同的方式制作了取向膜P-2。

[0579] (光学各向异性层的形成)

[0580] 在实施例6中,将液晶化合物L-1变更为下述液晶化合物L-3,并适当变更手性试剂M-1、手性试剂H-1、流平剂T-1的添加量,将形成光学各向异性层时的涂膜的加热温度变更为 55°C ,调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例6相同的方式形成了第1至第3光学各向异性层。

[0581] 液晶化合物L-3

[0582] [化学式9]



[0584] 在第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 114° 。

[0585] 在第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为335nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 85° 。

[0586] 在第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为170nm,并且成为周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期为 $1\mu\text{m}$ 。并且,在该光学各向异性层中,液晶化合物的厚度方向的扭转角为 -41° 。

[0587] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0588] 另外,实施例6的液晶层(液晶化合物)的 Δn_{550} 为0.15、实施例7的液晶层的 Δn_{550} 为0.25、实施例8的液晶层的 Δn_{550} 为0.32。

[0589] <衍射效率的评价>

[0590] 对从正面(相对于法线的角度 0° 的方向)以 $\pm 40^\circ$ (10° 刻度)改变入射角度而向所制作的液晶衍射元件入射光时的、射出光的衍射效率进行了评价。

[0591] 具体而言,从光源照射在405nm、450nm、532nm及650nm处具有输出中心波长的激光束,使其垂直入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定射出光中、从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)、向其他方向射出的0次光及-1次光的光强度,并通过下述式计算出各波长中的衍射效率。另外,0次光是向与入射光相同的方向射出的光。并且,-1次光是将相对于0次光的1次光的衍射角度设为 θ 时向 $-\theta$ 方向衍射的光。

[0592] 衍射效率=1次光/(1次光+0次光+(-1次光))

[0593] 以不同的入射角度测定的从波长405nm、450nm、532nm及650nm的各测定值求出衍射效率的平均值,并评价了衍射效率的波长依赖性。

[0594] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,向制作的液晶衍射元件入射光,并进行了评价。

[0595] 评价的结果,针对实施例6,实施例7的衍射效率的平均值提高,实施例8的衍射效率的平均值进一步提高。

[0596] 由上可知,液晶衍射元件的液晶层的折射率差 Δn_{550} 越高,相对于不同入射角的光的利用效率越提高。

[0597] <圆偏振片的制作>

[0598] (相位差片的制作)

[0599] 通过与日本特开2019-215416号公报的0102段至0126段中所记载的正A板相同的方法,获得了纤维素酰化物薄膜、取向膜及具有光学各向异性层C的薄膜。

[0600] 光学各向异性层C为正A板(相位差片),控制正A板的厚度以使 $\text{Re}(550)$ 成为138nm。

[0601] 在直线偏振片(聚乙烯醇层型)上贴合经由粘合剂制作的相位差片,制作了圆偏振片。另外,配置成相位差片的慢轴和直线偏振片的吸收轴的相对角度成为 45° 。

[0602] <光学元件的制作>

[0603] 在实施例1~实施例8中制作的液晶衍射元件上贴合上述制作的圆偏振片并制作而了光学元件。另外,光学元件以液晶衍射元件、相位差片及直线偏振片的顺序配置而制作。

[0604] [评价]

[0605] 对从正面(相对于法线的角度为 0° 的方向)向所制作的光学元件入射光时的、射出光的光强度进行了评价。

[0606] 具体而言,从光源照射在405nm、450nm、532nm及650nm处具有输出中心波长的激光束,使其垂直入射到所制作的光学元件。用光检测器测定了射出光中,从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光的光强度。另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,从制作的光学元件的液晶衍射元件侧入射光,并进行了评价。

[0607] 确认了在实施例1~实施例6中制作的液晶衍射元件上贴合圆偏振片的光学元件中,相对于圆偏振片的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0608] [评价]

[0609] <衍射效率的评价>

[0610] 评价了从正面(相对于法线的角度 0° 的方向)以 $\pm 40^\circ$ (10° 刻度)改变入射角度而将光入射到使用实施例6~实施例8中制作的液晶衍射元件的光学元件时的射出光的光强度。

[0611] 具体而言,从光源照射分别在405nm、450nm、532nm、650nm处具有输出中心波长的激光束,使其入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定了射出光中,从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光(向与入射光相同的方向射出)的光强度。

[0612] 根据以不同的入射角度测定的波长405nm、450nm、532nm、650nm各自的测定值求出光强度相对于入射角的平均值。

[0613] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,从制作的光学元件的液晶衍射元件侧入射光,并进行了评价。

[0614] 确认了在实施例6~实施例8中制作的液晶衍射元件上贴合圆偏振片的光学元件中,相对于圆偏振片的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0615] 并且,评价的结果为,相对于实施例6,实施例7的光学元件的对比度比相对于入射角的平均值提高,实施例8的光学元件的对比度比相对于入射角的平均值进一步提高。

[0616] 由以上可知,即使在液晶衍射元件上贴合了圆偏振片的光学元件中,液晶层的折射率差 Δn_{550} 高的一方相对于不同的入射角的对比度比也会提高。

[0617] <圆偏振片的制作>

[0618] 在上述圆偏振片的制作中,除了将直线偏振片(聚乙烯醇层型)变更为如下制作的吸收型偏振片以外,以相同的方式制作了圆偏振片。

[0619] <光学元件的制作>

[0620] 在实施例1~实施例6中制作的液晶衍射元件上贴合使用如下制作的吸收型偏振片制作的圆偏振片,从而制作了光学元件。另外,光学元件以液晶衍射元件、相位差片及吸收型偏振片的顺序配置而制作。

[0621] [吸收型偏振片(直线偏振片)的制作]

[0622] <透明支撑体1的制作>

[0623] 用线棒将后述取向层形成用涂布液PA1连续涂布于纤维素酰化物薄膜(厚度 $40\mu\text{m}$ 的TAC基材;TG40 FUJIFILM Corporation制)上。通过用 140°C 的暖风将形成有涂膜的支撑体干燥120秒钟,接着,对涂膜进行偏振光紫外线照射($10\text{mJ}/\text{cm}^2$,使用超高压汞灯)来形成光取向层PA1,从而得到了带有光取向层的TAC薄膜。

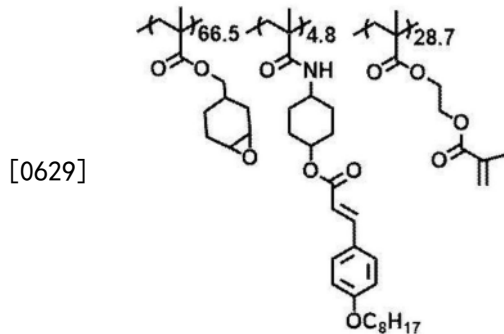
[0624] 光取向层的膜厚为 $0.3\mu\text{m}$ 。

[0625] 取向层形成用涂布液PA1

	下述聚合物PA-1	100.00质量份
	下述产酸剂PAG-1	5.00质量份
[0626]	下述产酸剂CPI-110TF	0.005质量份
	二甲苯	1220.00质量份
	甲基异丁基酮	122.00质量份

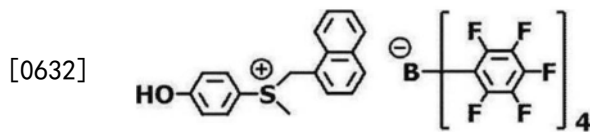
[0627] 聚合物PA-1

[0628] [化学式10]



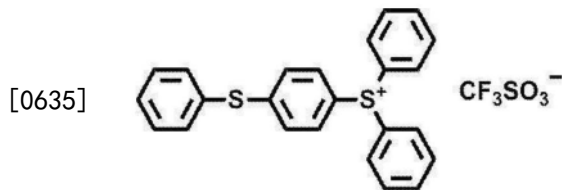
[0630] 产酸剂PAG-1

[0631] [化学式11]



[0633] 产酸剂CPI-110F

[0634] [化学式12]



[0636] <光吸收各向异性层P1的形成>

[0637] 在所获得的取向层PA1上用线棒连续涂布下述光吸收各向异性层形成用组合物P1,从而形成了涂布层P1。

[0638] 粘接,在140℃下将涂布层P1加热30秒钟,并将涂布层P1冷却至变为室温(23℃)。

[0639] 粘接,在90℃下加热60秒钟,并再次冷却至变为室温。

[0640] 然后,使用LED灯(中心波长365nm)在照度200mW/cm²的照射条件下照射紫外线2秒钟,从而在取向层PA1上制作了光吸收各向异性层P1。

[0641] 光吸收各向异性层的膜厚为1.6μm。

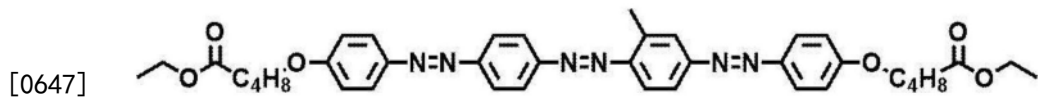
[0642] 将其作为层叠体1B。

[0643] 光吸收各向异性层形成用组合物P1

	下述二色性物质D-1	0.25质量份
	下述二色性物质D-2	0.36质量份
	下述二色性物质D-3	0.59质量份
	下述高分子液晶性化合物P-1	2.21质量份
	下述低分子液晶性化合物M-1	1.36质量份
[0644]	聚合引发剂 IRGACUREOXE-02 (BASF公司制)	0.200质量份
	下述表面活性剂F-1	0.026质量份
	环戊酮	46.00质量份
	四氢呋喃	46.00质量份
	苯醇	3.00质量份

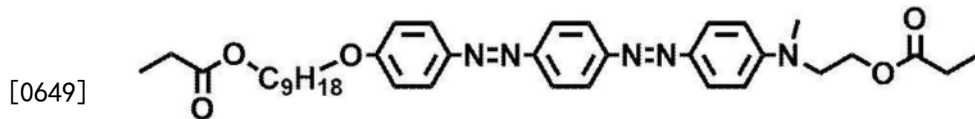
[0645] D-1

[0646] [化学式13]



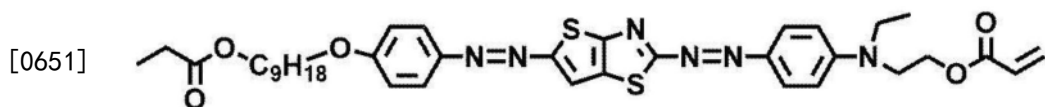
D-2

[0648] [化学式14]



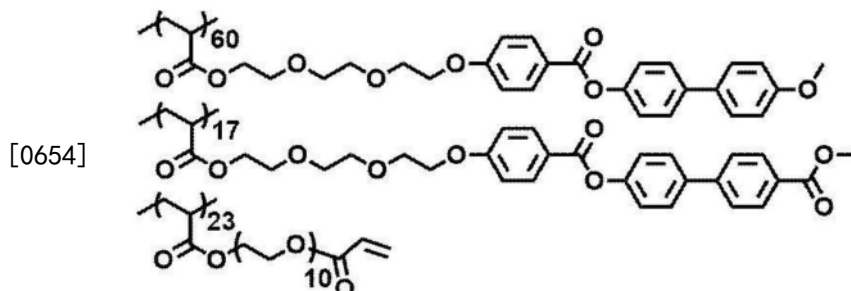
D-3

[0650] [化学式15]



[0652] 高分子液晶性化合物P-1

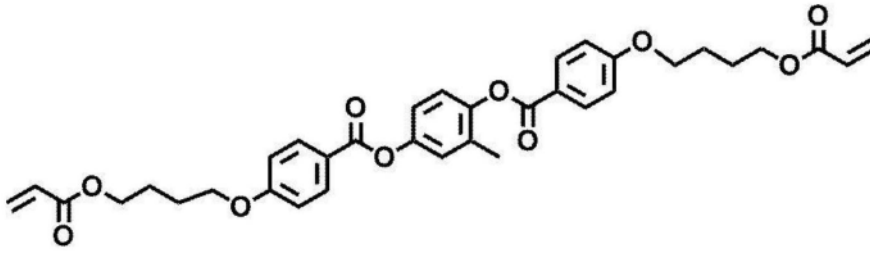
[0653] [化学式16]



[0655] 低分子液晶性化合物M-1

[0656] [化学式17]

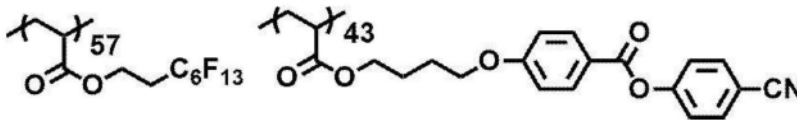
[0657]



[0658] 表面活性剂F-1

[0659] [化学式18]

[0660]



[0661] <UV粘结剂的制作>

[0662] 制备了下述UV粘结剂组合物。

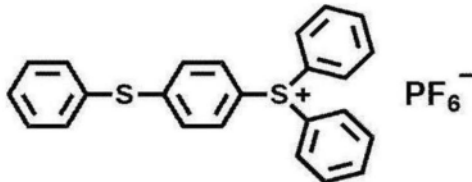
[0663] UV粘结剂组合物

	CEL2021P (Daicel Corporation.制)	70质量份
	1、4-丁二醇二缩水甘油醚	20质量份
[0664]	2-乙基己基缩水甘油醚	10质量份
	CPI-100P	2.25质量份

[0665] CPI-100P

[0666] [化学式19]

[0667]



[0668] <吸收型偏振片的制作>

[0669] 使用所制备的UV粘结剂,作为树脂基材S1将TECHNOLLOY S001G(甲基丙烯酸树脂50 μm 厚、 $\tan\delta$ 峰值温度128 $^{\circ}\text{C}$ 、SUMIKAACRYL CO.,LTD.)贴合于层叠体1B的光吸收各向异性层的表面。然后,仅剥离纤维素酰化物薄膜,制作了一次配置有树脂基材/粘结层/光吸收各向异性层/取向层的吸收型偏振片。UV粘结剂层的厚度为2 μm 。

[0670] 所获得的吸收型偏振片的平均算术粗糙度Ra为10nm以下。另一方面,直线偏振片(聚乙烯醇层型)的平均算术粗糙度Ra为20nm以上。

[0671] 由此,所制作的吸收型偏振片能够减少偏振膜的表面凹凸的光的偏转(折射或散射)。并且,当用于图像显示装置时,能够抑制所显示的图像的失真。

[0672] 另外,利用Mitsubishi Chemical Systems, Inc.制的干涉仪“vertscan”来测定了平均算术粗糙度Ra。

[0673] [评价]

[0674] 对从正面(相对于法线的角度为 0° 的方向)向所制作的光学元件入射光时的、射出光的光强度进行了评价。

[0675] 具体而言,从光源照射在405nm、450nm、532nm及650nm处具有输出中心波长的激光束,使其垂直入射到所制作的光学元件。用光检测器测定了射出光中,从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光的光强度。另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,从制作的光学元件的液晶衍射元件侧入射光,并进行了评价。

[0676] 确认了在实施例1~实施例6中制作的液晶衍射元件上贴合圆偏振片的光学元件中,相对于圆偏振片的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0677] [评价]

[0678] <衍射效率的评价>

[0679] 评价了从正面(相对于法线的角度 0° 的方向)以 $\pm 40^\circ$ (10° 刻度)改变入射角度而将光入射到使用实施例6~实施例8中制作的液晶衍射元件的光学元件时的射出光的光强度。

[0680] 具体而言,从光源照射分别在405nm、450nm、532nm、650nm处具有输出中心波长的激光束,使其入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定了射出光中,从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光(向与入射光相同的方向射出)的光强度。

[0681] 根据以不同的入射角度测定的波长405nm、450nm、532nm、650nm各自的测定值求出光强度相对于入射角的平均值。

[0682] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,从制作的光学元件的液晶衍射元件侧入射光,并进行了评价。

[0683] 确认了在实施例6~实施例8中制作的液晶衍射元件上贴合圆偏振片的光学元件中,相对于圆偏振片的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0684] 并且,评价的结果为,相对于实施例6,实施例7的光学元件的对比度比相对于入射角的平均值提高,实施例8的光学元件的对比度比相对于入射角的平均值进一步提高。

[0685] 由以上可知,即使在液晶衍射元件上贴合了圆偏振片的光学元件中,液晶层的折射率差 Δn_{550} 高的一方相对于不同的入射角的对比度比也会提高。

[0686] [比较例11]

[0687] <液晶衍射元件的制作>

[0688] (取向膜的曝光)

[0689] 使用图14所示的曝光装置对取向膜进行曝光,从而形成了具有同心圆状取向图案的取向膜PL-1。

[0690] 在曝光装置中,使用射出波长(325nm)的激光束的装置作为激光器。将基于干涉光的曝光量设为 $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。通过使用图14所示的曝光装置,使取向图案的1个周期从中心朝向外方向逐渐变短。

[0691] (光学各向异性层的形成)

[0692] 在比较例1中,除了使用上述制作的取向膜PL-1以外,以相同的方式形成了光学各向异性层。

[0693] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为275nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 70° 。

[0694] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为275nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -70° 。

[0695] 用SEM观察所制作的光学各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为1及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0696] [实施例11]

[0697] <液晶衍射元件的制作>

[0698] (取向膜的曝光)

[0699] 以与比较例11相同的方式形成了具有同心圆状的取向图案的取向膜PL-1。

[0700] (光学各向异性层的形成)

[0701] 在实施例1中,除了使用上述制作的取向膜PL-1以外,以相同的方式形成了光学各向异性层。

[0702] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为160nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 80° 。

[0703] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为330nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 0° 。

[0704] 第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为160nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约

2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -80° 。

[0705] 用SEM观察所制作的光学各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0706] [实施例12]

[0707] <液晶衍射元件的制作>

[0708] (光学各向异性层的形成)

[0709] 在实施例11中,将液晶化合物L-1变更为液晶化合物L-2,并适当变更手性试剂M-1、手性试剂H-1、流平剂T-1的添加量,调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,与实施例11相同的方式形成了第1至第3光学各向异性层。

[0710] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度 (Re (550))}$ 最终成为160nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 80° 。

[0711] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度 (Re (550))}$ 最终成为330nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 0° 。

[0712] 第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度 (Re (550))}$ 最终成为160nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -80° 。

[0713] 用SEM观察所制作的光学各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0714] [实施例13]

[0715] <液晶衍射元件的制作>

[0716] (光学各向异性层的形成)

[0717] 在实施例11中,将液晶化合物L-1变更为液晶化合物L-3,并适当变更手性试剂M-1、手性试剂H-1、流平剂T-1的添加量,将形成光学各向异性层时的涂膜的加热温度变更为 55°C ,调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,与实施例11相同的方式形成了第1至第3光

学各向异性层。

[0718] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为160nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 80° 。

[0719] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为330nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 0° 。

[0720] 第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为160nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -80° 。

[0721] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0722] 另外,实施例11的液晶层(液晶化合物)的 Δn_{550} 为0.15、实施例12的液晶层的 Δn_{550} 为0.25、实施例13的液晶层的 Δn_{550} 为0.32。

[0723] [实施例14]

[0724] <液晶衍射元件的制作>

[0725] (取向膜的曝光)

[0726] 以与比较例11相同的方式形成了具有同心圆状的取向图案的取向膜PL-1。

[0727] (光学各向异性层的形成)

[0728] 在实施例3中,除了使用上述制作的取向膜PL-1以外,以相同的方式形成了光学各向异性层。

[0729] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -83° 。

[0730] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为335nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光

学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 8° 。

[0731] 第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为170nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -78° 。

[0732] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0733] [实施例15]

[0734] <液晶衍射元件的制作>

[0735] (光学各向异性层的形成)

[0736] 在实施例14中,将液晶化合物L-1变更为液晶化合物L-2,并适当变更手性试剂M-1、手性试剂H-1、流平剂T-1的添加量,调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例14相同的方式形成了第1至第3光学各向异性层。

[0737] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -83° 。

[0738] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为335nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 8° 。

[0739] 第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为170nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -78° 。

[0740] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的

数量为1。

[0741] [实施例16]

[0742] <液晶衍射元件的制作>

[0743] (光学各向异性层的形成)

[0744] 在实施例14中,将液晶化合物L-1变更为液晶化合物L-3,并适当变更手性试剂M-1、手性试剂H-1、流平剂T-1的添加量,调节光学各向异性层的膜厚,除此以外,以与实施例14相同的方式形成了第1至第3光学各向异性层。

[0745] 第1光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为150nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -83° 。

[0746] 第2光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为335nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 8° 。

[0747] 第3光学各向异性层中,使用偏振显微镜确认了液晶的 $\Delta n_{550} \times$ 厚度(Re(550))最终成为170nm,并且成为如图13所示的同心圆状(放射状)的周期性取向表面。另外,在该光学各向异性层的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的1个周期中,距中心约2mm的距离的1个周期为 $10\mu\text{m}$,距中心25mm的距离的1个周期为 $1\mu\text{m}$,距中心30mm的距离的1个周期为 $0.6\mu\text{m}$,是朝向外方向周期变短的液晶取向图案。并且,光学各向异性层的厚度方向的扭转角为 -78° 。

[0748] 用SEM观察所制作的各向异性层的剖面的结果,观察到亮部及暗部的图案。在用SEM观察的剖面图像中,对暗部的角度的拐点的数量为2及暗部的倾斜方向折回的拐点的数量为1。

[0749] 另外,实施例14的液晶层(液晶化合物)的 Δn_{550} 为0.15、实施例15的液晶层的 Δn_{550} 为0.25、实施例16的液晶层的 Δn_{550} 为0.32。

[0750] [评价]

[0751] <衍射效率的评价>

[0752] 对从正面(相对于法线的角度 0° 的方向)向所制作的比较例11及实施例11~实施例16的液晶衍射元件入射光时的射出光的衍射效率进行了评价。

[0753] 具体而言,从光源照射分别在405nm、450nm、532nm、650nm处具有输出中心波长的激光束,使其垂直入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定射出光中从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光(向与入射光相同的方向射出)、-1次光(将相对于0次光的1次光的衍射角度设为 θ 时,向 $-\theta$ 方向衍射的光)的光强度,用下述式计算出各波长中的衍射效率。

[0754] 衍射效率=1次光/(1次光+0次光+(-1次光))

[0755] 从波长405nm、450nm、532nm、650nm各自的各测定值求出衍射效率的平均值,并评价了衍射效率的波长依赖性。

[0756] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,向制作的液晶衍射元件入射光,并进行了评价。

[0757] 并且,在制作的液晶衍射元件中的液晶取向图案的同心圆的中心部及同心圆的中心附近(1个周期为10 μ m)、端部附近(1个周期为1 μ m)及端部(1个周期为0.6 μ m)这3处进行了评价。

[0758] 相对于比较例11,在实施例11~实施例16中,在衍射效率的波长依赖性方面获得了高的衍射效率。

[0759] [评价]

[0760] <衍射效率的评价>

[0761] 评价了从正面(相对于法线的角度0°的方向)以 $\pm 40^\circ$ (10°刻度)改变入射角度而将光入射到比较例11、实施例11~实施例13及实施例14~实施例16中制作的液晶衍射元件时的射出光的衍射效率。

[0762] 具体而言,从光源照射分别在405nm、450nm、532nm、650nm处具有输出中心波长的激光束,使其入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定射出光中从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光(向与入射光相同的方向射出)、-1次光(将相对于0次光的1次光的衍射角度设为 θ 时,向 $-\theta$ 方向衍射的光)的光强度,用下述式计算出各波长中的衍射效率。

[0763] 衍射效率=1次光/(1次光+0次光+(-1次光))

[0764] 以不同的入射角度测定的从波长405nm、450nm、532nm及650nm的各测定值求出衍射效率的平均值,并评价了衍射效率的波长依赖性。

[0765] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,向制作的液晶衍射元件入射光,并进行了评价。

[0766] 并且,在制作的液晶衍射元件中的液晶取向图案的同心圆的中心部及同心圆的中心附近(1个周期为10 μ m)、端部附近(1个周期为1 μ m)及端部(1个周期为0.6 μ m)这3处进行了评价。

[0767] 评价的结果是相对于比较例11,实施例11~实施例16中获得了高的衍射效率的平均值。

[0768] 并且,评价的结果,针对实施例11,实施例12的衍射效率的平均值提高,实施例13的衍射效率的平均值进一步提高。

[0769] 并且,评价的结果,针对实施例14,实施例15的衍射效率的平均值提高,实施例16的衍射效率的平均值进一步提高。

[0770] 由上可知,液晶衍射元件的液晶层的折射率差 Δn_{550} 越高,相对于不同入射角的光的利用效率越高。

[0771] <圆偏振片的制作>

[0772] [吸收型偏振片(直线偏振片)的制作]

[0773] 通过上述方法制作吸收型偏振片(直线偏振片)及相位差片,并制作了圆偏振片。

[0774] <光学元件的制作>

[0775] 在比较例11及实施例11~实施例16中制作的液晶衍射元件上贴合使用如上制作的吸收型偏振片制作的圆偏振片,从而制作了光学元件。另外,光学元件以液晶衍射元件、相位差片及吸收型偏振片的顺序配置而制作。

[0776] [评价]

[0777] 对从正面(相对于法线的角度为 0° 的方向)向比较例11及实施例11~实施例16中制作的光学元件入射光时的、射出光的光强度进行了评价。

[0778] 具体而言,从光源照射在405nm、450nm、532nm及650nm处具有输出中心波长的激光束,使其垂直入射到所制作的光学元件。用光检测器测定了射出光中,从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光(向与入射光相同的方向射出)的光强度。另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,从制作的光学元件的液晶衍射元件侧入射光,并进行了评价。

[0779] 确认了在实施例1~实施例7中制作的液晶衍射元件上贴合圆偏振片的光学元件中,相对于圆偏振片的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0780] [评价]

[0781] <入射角度依赖性的评价>

[0782] 评价了从正面(相对于法线的角度 0° 的方向)以 $\pm 40^\circ$ (10° 刻度)改变入射角度而将光入射到使用比较例11及实施例11~实施例16中制作的液晶衍射元件的光学元件时的射出光的光强度。

[0783] 具体而言,从光源照射分别在405nm、450nm、532nm及650nm处具有输出中心波长的激光束,使其入射到所制作的液晶衍射元件。用光检测器测定了射出光中,从液晶衍射元件向所期望的方向衍射的衍射光(1次光)和向其他方向射出的0次光(向与入射光相同的方向射出)的光强度。

[0784] 根据以不同的入射角度测定的波长405nm、450nm、532nm及650nm各自的测定值求出光强度相对于入射角的平均值。

[0785] 并且,在制作的液晶衍射元件中的液晶取向图案的同心圆的中心部及同心圆的中心附近(1个周期为 $10\mu\text{m}$)及端部附近(1个周期为 $1\mu\text{m}$)及端部(1个周期为 $0.6\mu\text{m}$)这3处进行了评价。

[0786] 另外,垂直入射到与激光束的波长对应的圆偏振片而设为圆偏振光之后,从制作的光学元件的液晶衍射元件侧入射光,并进行了评价。

[0787] 确认了在实施例11~实施例16中制作的液晶衍射元件上贴合圆偏振片的光学元件中,相对于圆偏振片的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0788] 并且,针对比较例11中制作的光学元件,实施例11~实施例16中制作的光学元件获得了高的对比度比。

[0789] 并且,评价的结果为,相对于实施例11,实施例12的对比度比相对于入射角的平均值提高,实施例13的对比度比相对于入射角的平均值进一步提高。

[0790] 并且,评价的结果为,相对于实施例14,实施例15的对比度比相对于入射角的平均

值提高,实施例16的对比度比相对于入射角的平均值进一步提高。

[0791] 由以上可知,即使在液晶衍射元件上贴合了圆偏振片的光学元件中,液晶层的折射率差 Δn_{550} 高的一方相对于不同的入射角的对比度比也会提高。

[0792] <支撑体的变更>

[0793] 使用以下所记载的方法,能够根据目的适当地变更液晶衍射元件的支撑体。并且,在以下所记载的方法中,能够使液晶衍射元件和变更后的支撑体之间的厚度变薄,例如对于粘合剂(厚度:数 μm ~数十 μm),能够使支撑体变更后的液晶衍射元件面内的厚度变得均匀。这样,即使在改变液晶衍射元件的支撑体的情况下,通过使面内的厚度变得均匀,也能够面内精密地控制从液晶衍射元件射出的光的方向。

[0794] 另外,作为一例,液晶衍射元件与新支撑体的层叠可以按照以下的顺序来进行。

[0795] (1) 在层叠的支撑体、取向膜及液晶衍射元件的液晶层侧贴合伪支撑体。在本例中,伪支撑体使用了FUJIMORI KOGYO CO.,LTD.制、MASTACK AS3-304。

[0796] (2) 接着,剥离从液晶衍射元件的制作阶段存在的支撑体及取向膜,使液晶衍射元件的取向膜侧的界面露出。

[0797] (3) 对该液晶衍射元件的取向膜侧的界面和新准备的支撑体的界面这两者形成氧化硅层(SiO_x 层)。氧化硅层的形成方法并无限制,但优选例示真空蒸镀。在本例中,氧化硅层的形成使用ULVAC, Inc.制的蒸镀装置(型号ULEYES)进行。蒸镀源使用了 SiO_2 粉体。氧化硅层的厚度并无限制,优选为50nm以下。在本例中,氧化硅膜的厚度为50nm以下。

[0798] (4) 接着,对所形成的氧化硅膜的两者实施等离子体处理,在120℃下贴合所形成的氧化硅层彼此后,剥离伪支撑体。

[0799] 通过上述(1)~(4)的工序,能够制作液晶衍射元件和新准备的支撑体层叠而成的衍射元件。并且,通过将支撑体改变为另一液晶衍射元件并重复(1)~(4)的工序,能够制作2层或3层以上的液晶衍射元件层叠而成的衍射元件。

[0800] 通过上述(1)~(4)的工序,将实施例1中制作的液晶衍射元件的支撑体变更为厚度0.3mm的玻璃基板。作为比较,使用厚度25 μm 的粘合剂,将实施例1中制作的液晶衍射元件的支撑体变更为厚度0.3mm的玻璃基板(通过粘合剂将液晶衍射元件贴合在玻璃基板上)。在上述(1)~(4)的工序中,制作的液晶衍射元件与通过粘合剂制作的液晶衍射元件相比,能够使液晶衍射元件面内的厚度变得均匀。

[0801] <层叠体的制作>

[0802] 同样地,能够制作液晶衍射元件和其他光学部件等的层叠体。

[0803] 作为一例,通过下述方法制作了液晶衍射元件、相位差片、偏振片的层叠体。

[0804] 在具有层叠的支撑体、取向膜及液晶层的液晶衍射元件的液晶层侧和贴合在液晶衍射元件上的相位差片的贴合面侧形成了氧化硅层(SiO_x 层)。氧化硅层的形成方法并无限制,但优选例示真空蒸镀。在本例中,氧化硅层的形成使用ULVAC, Inc.制的蒸镀装置(型号ULEYES)进行。蒸镀源使用了 SiO_2 粉体。氧化硅层的厚度并无限制,优选为50nm以下。在本例中,氧化硅膜的厚度为50nm以下。对所形成的氧化硅膜两者实施等离子体处理,在120℃下贴合了氧化硅层彼此。由此,形成了液晶衍射元件与相位差片的层叠体。同样地,在相位差片上贴合偏振片层,剥离上述支撑体、取向膜,从而制作了由液晶层(液晶衍射元件)/相位差片/偏振片组成的层叠体。

[0805] 另外,作为液晶衍射元件,使用了实施例1~实施例16中制作的液晶衍射元件。作为相位差片,使用了上述圆偏振片制作中使用的相位差片。作为偏振片,分别使用上述直线偏振片(聚乙烯醇层型)及吸收型偏振片制作了层叠体。

[0806] 确认了在液晶衍射元件、相位差片、偏振片的层叠体的光学元件中,相对于圆偏振片(相位差片和偏振片的层叠体)的贴合前,在任一波长下都能够大幅降低0次光的光强度,对比度比(1次光/0次光的光强度比)提高。

[0807] 根据以上结果,可以明确本发明的效果。

[0808] 符号说明

[0809] 30-支撑体,32-取向膜,36a、36b-光学各向异性层,37a~37g-区域,40-液晶化合物,40A-光学轴,42-亮部,44-暗部,60-曝光装置,62-激光器,64-光源,65- $\lambda/2$ 板,68-光束分离器,70A、70B、90A、90B-反射镜,72A、72B、96- $\lambda/4$ 板,86、94-偏振光束分离器,92-透镜, Λ -1个周期,D-排列轴,R-区域,M-激光束,MA、MB-光线,MP-P偏振,MS-S偏振, P_0 -直线偏振光, P_R -右旋圆偏振光, P_L -左旋圆偏振光, α -交叉角, L_1 、 L_4 -入射光, L_2 、 L_5 -透射光。

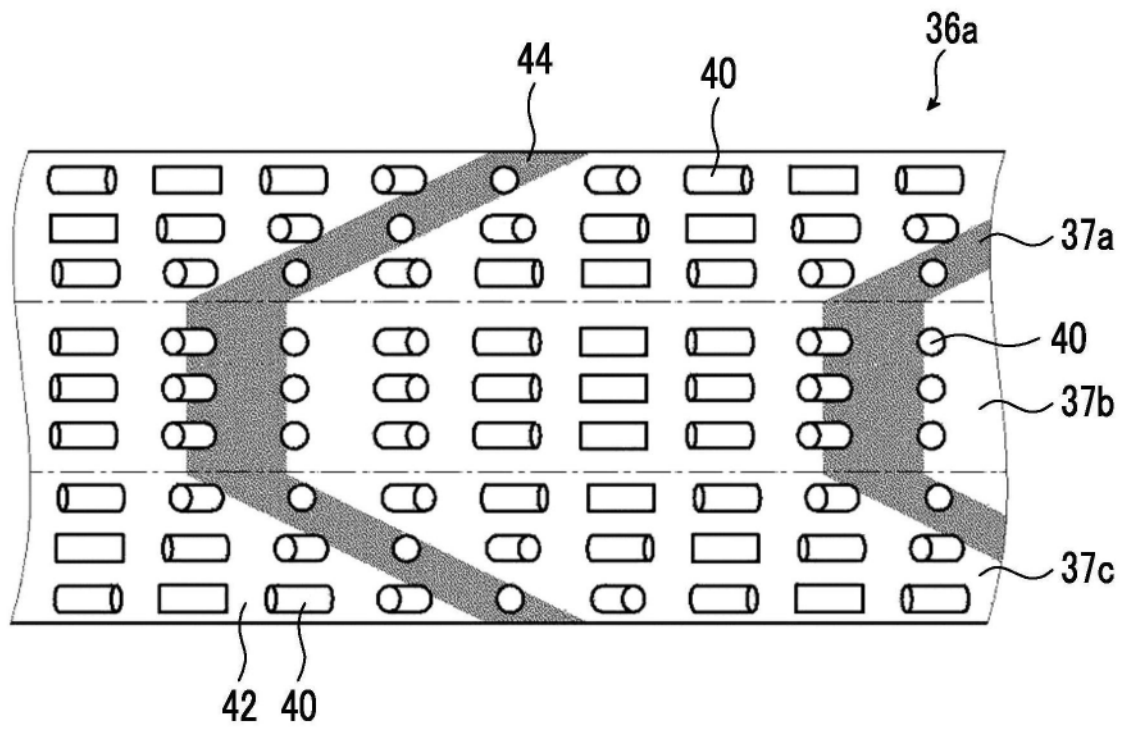


图1

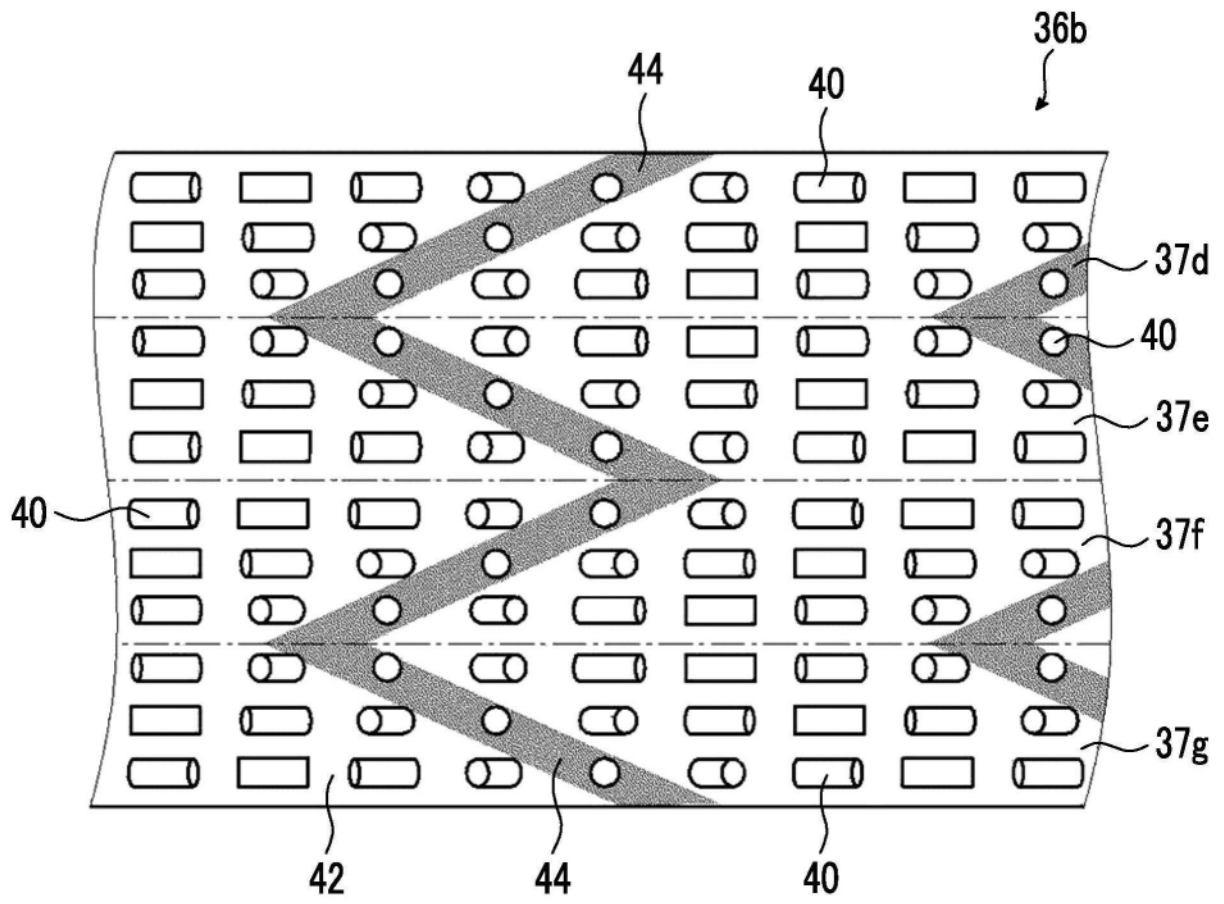


图2

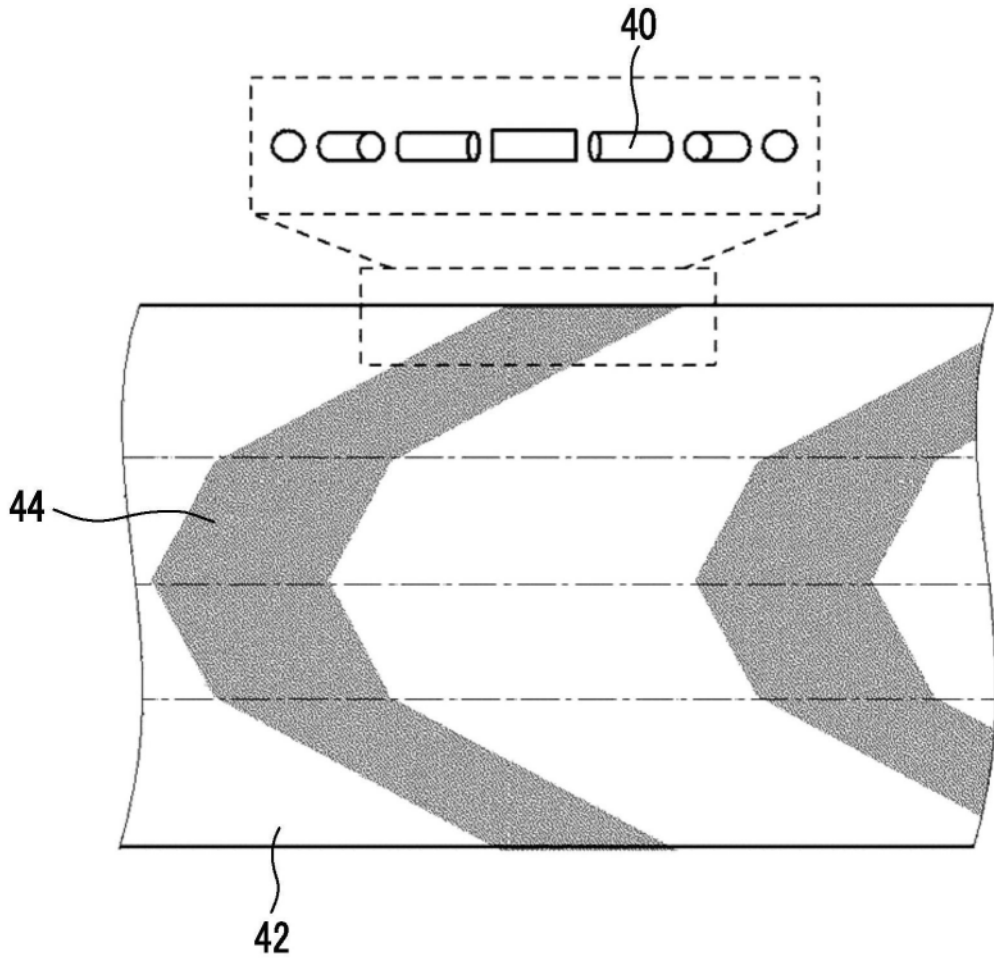


图3

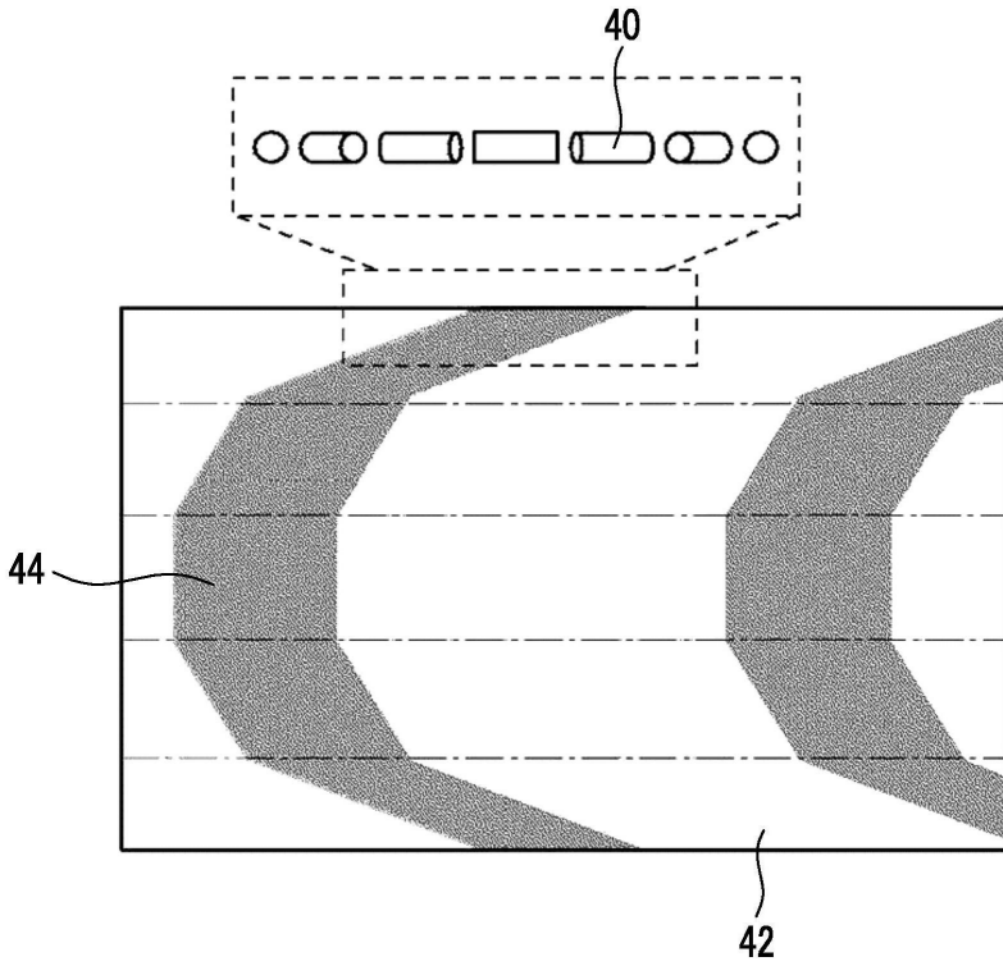


图4

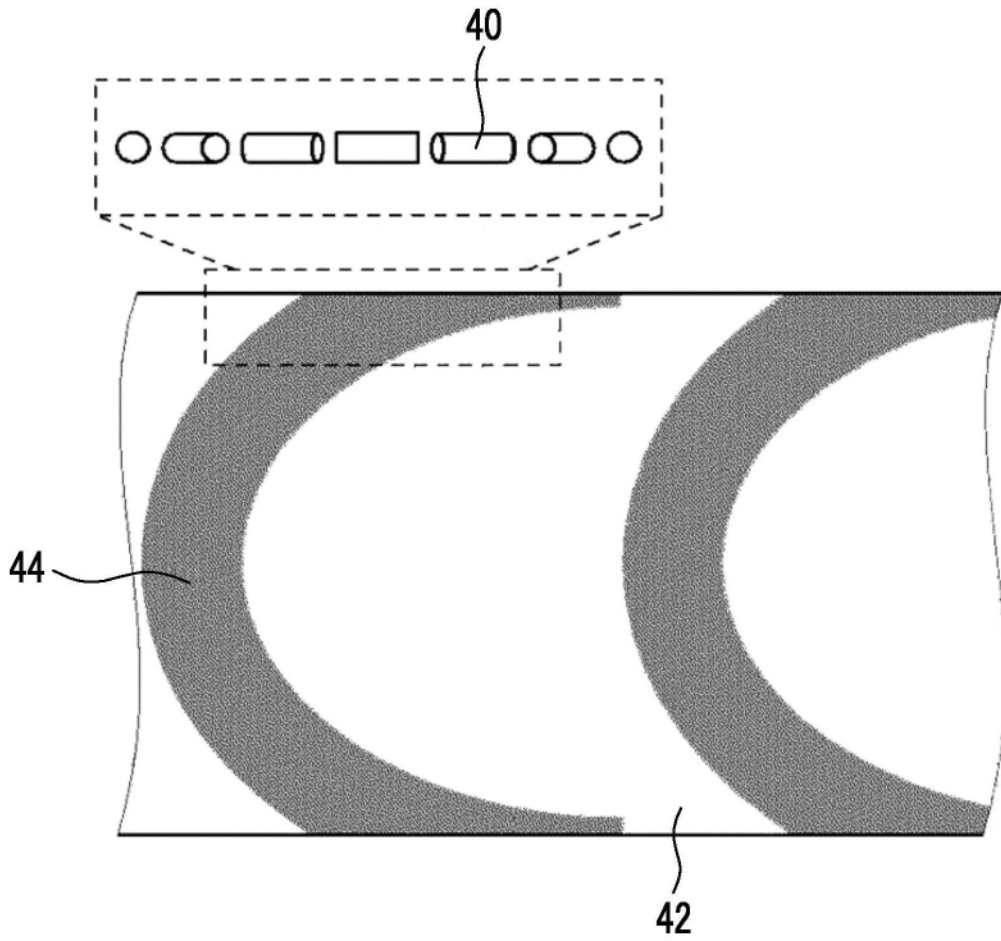


图5

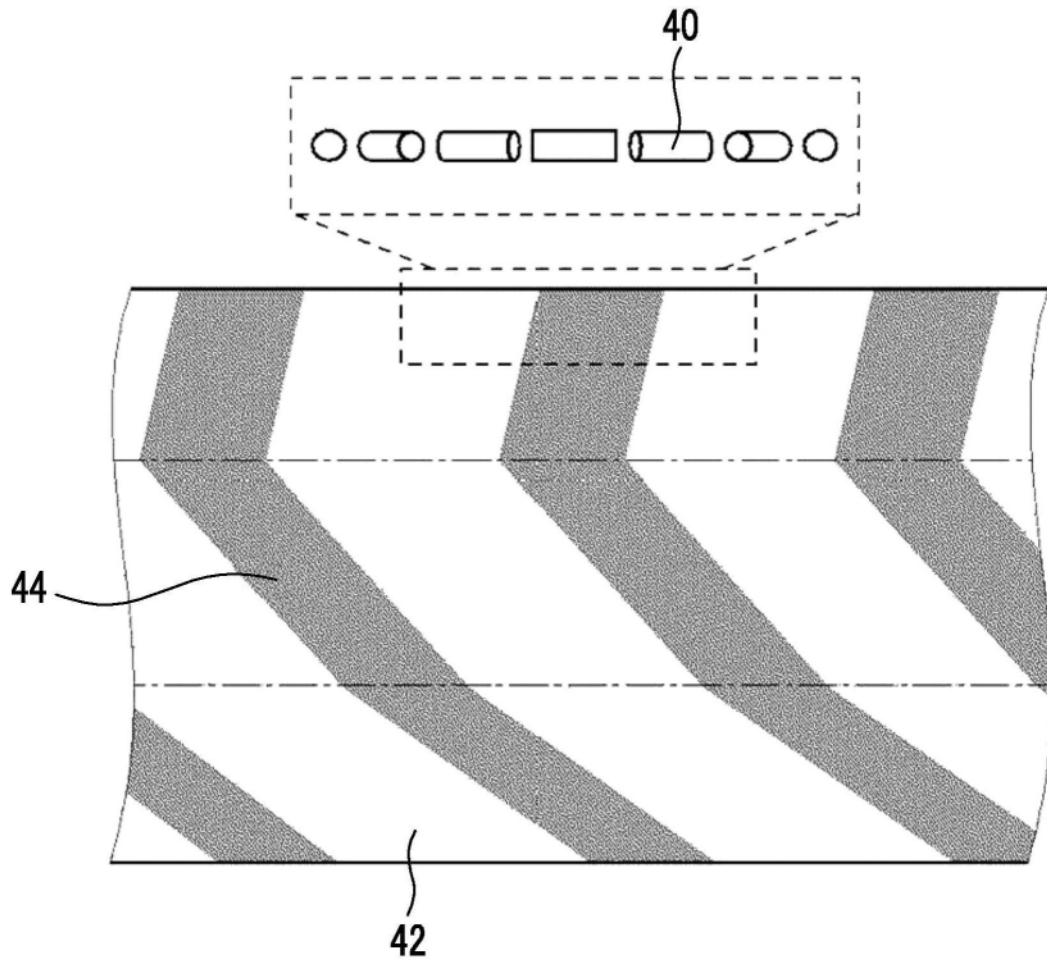


图6

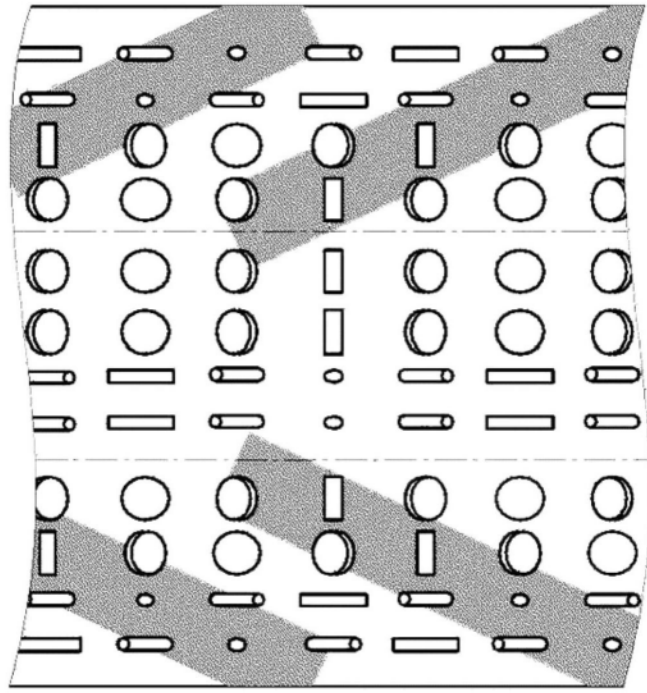


图7

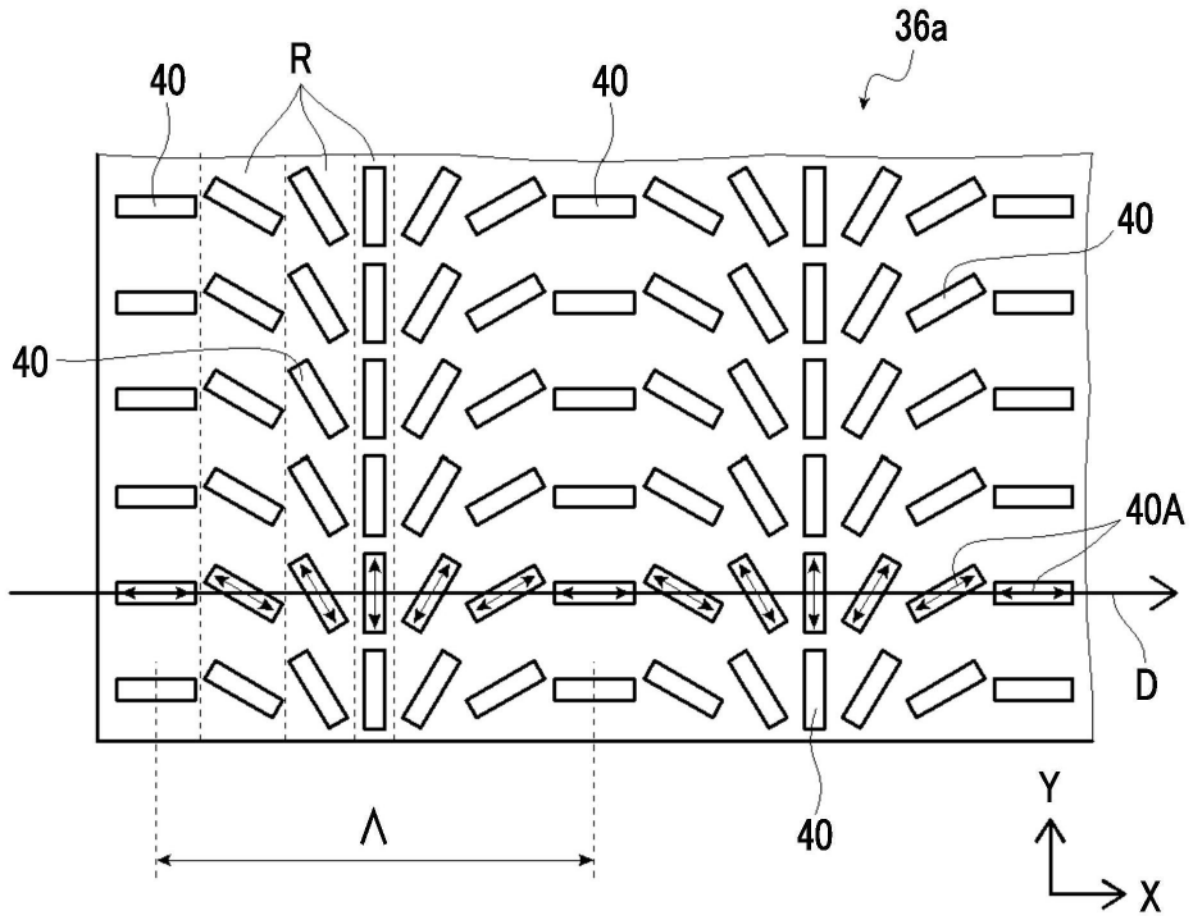


图8

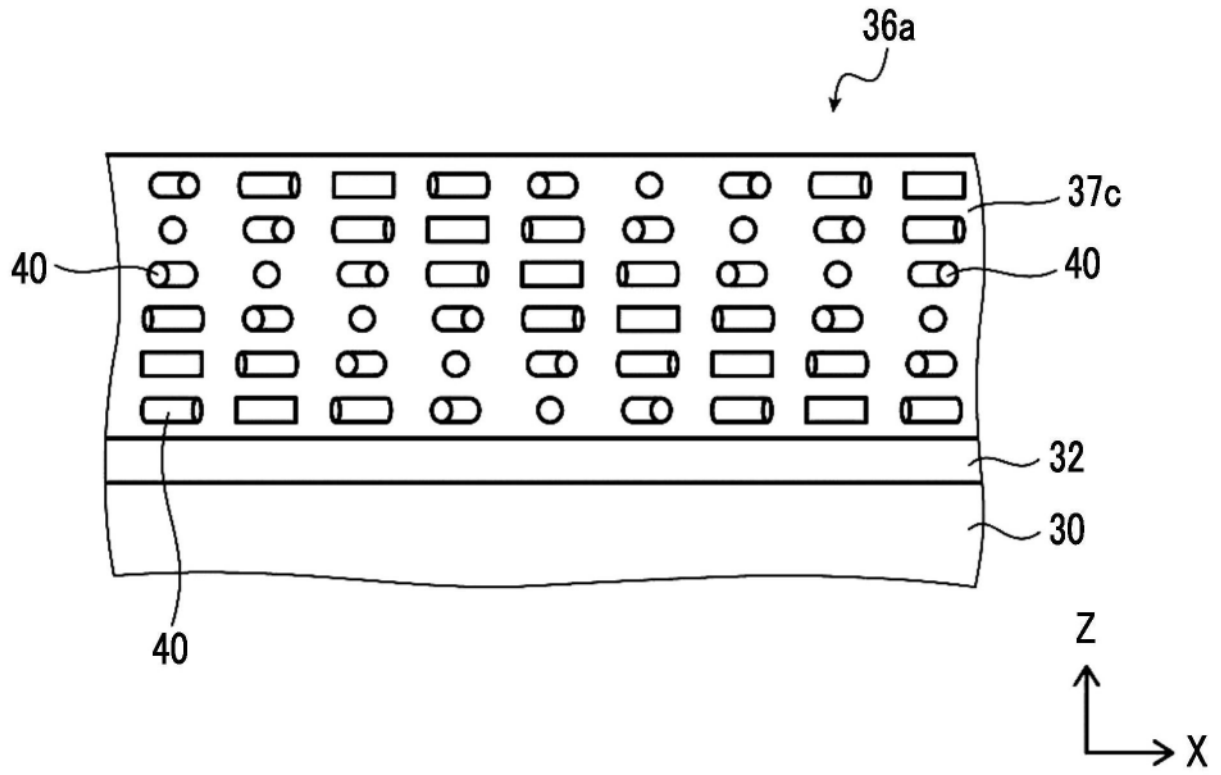


图9

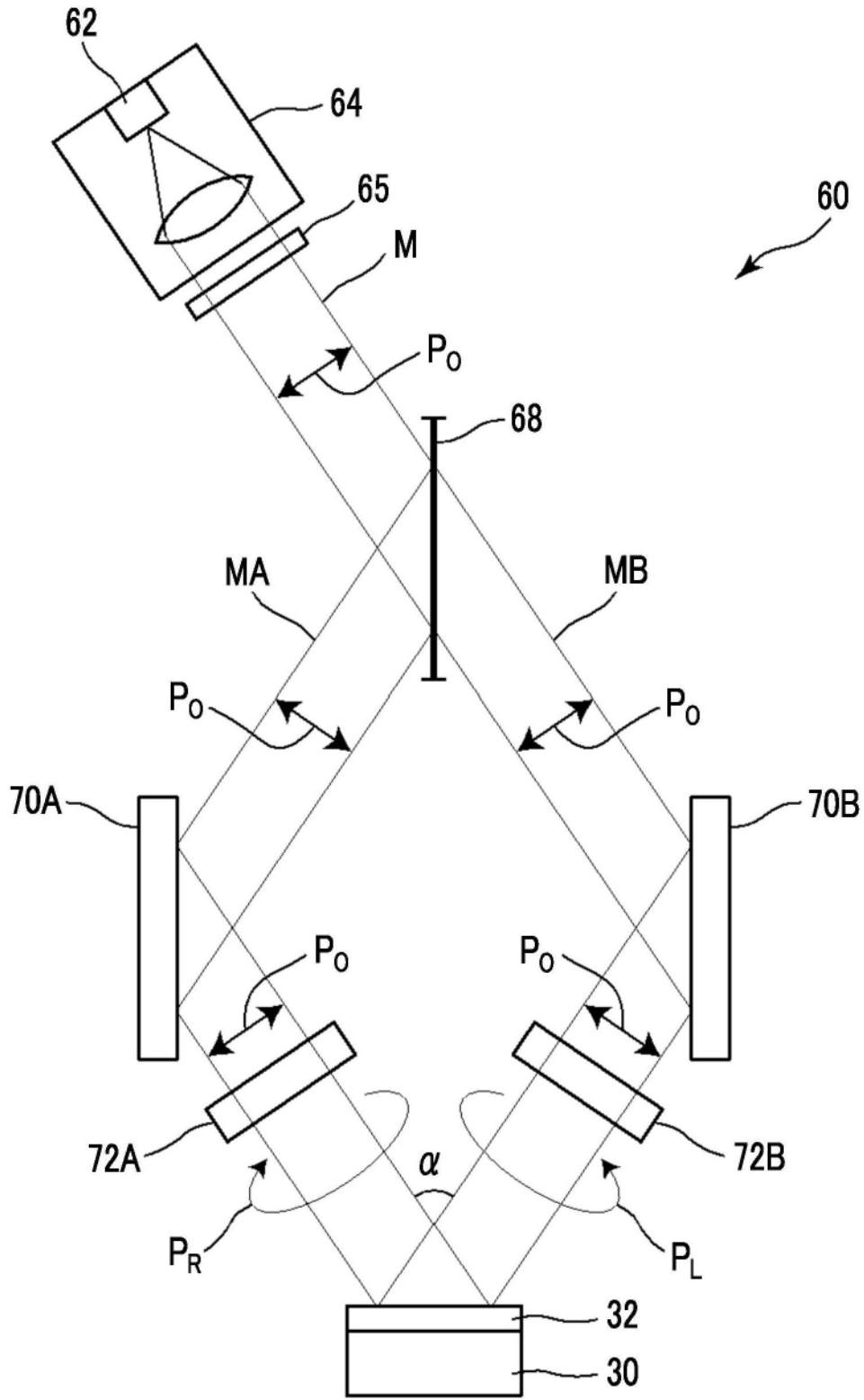


图10

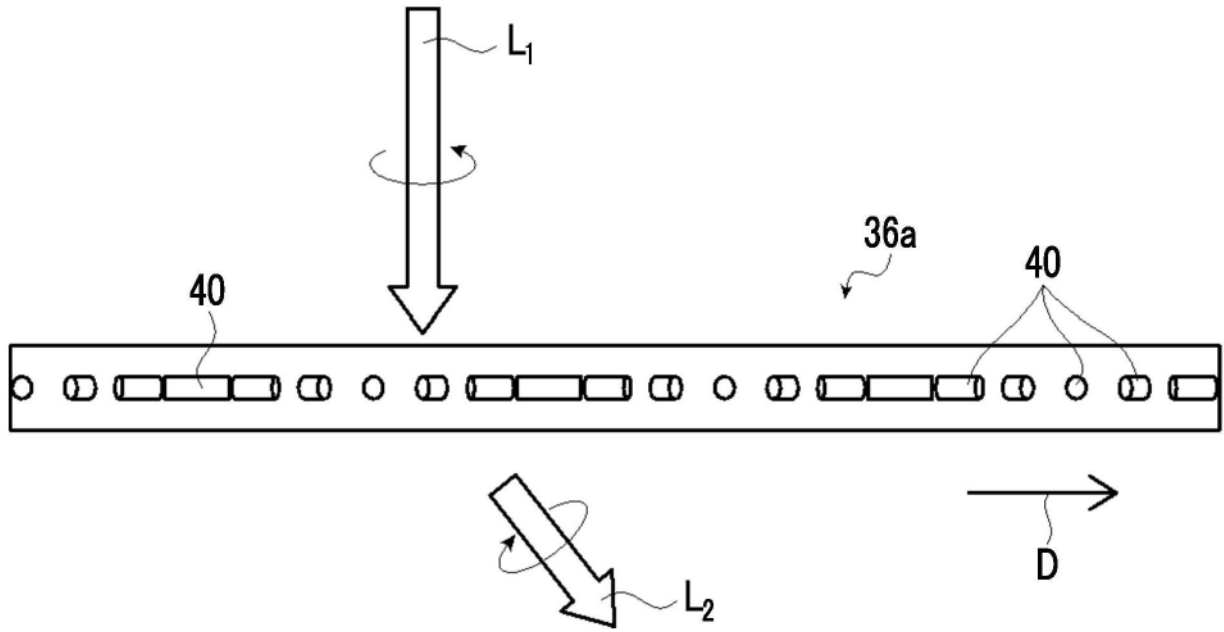


图11

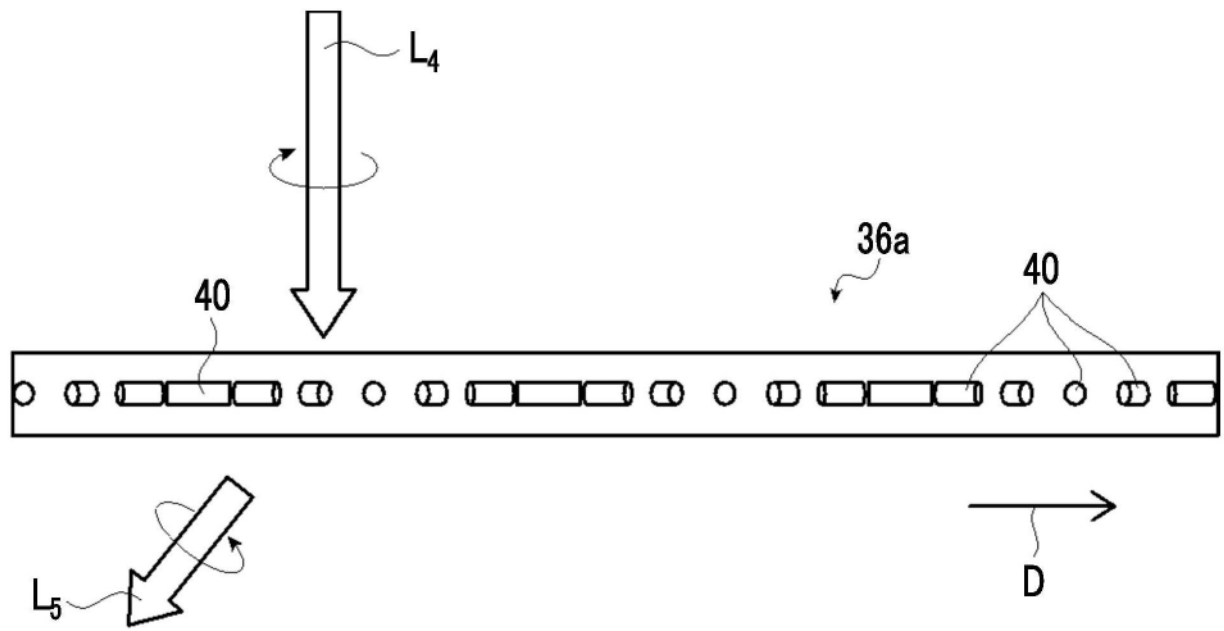


图12

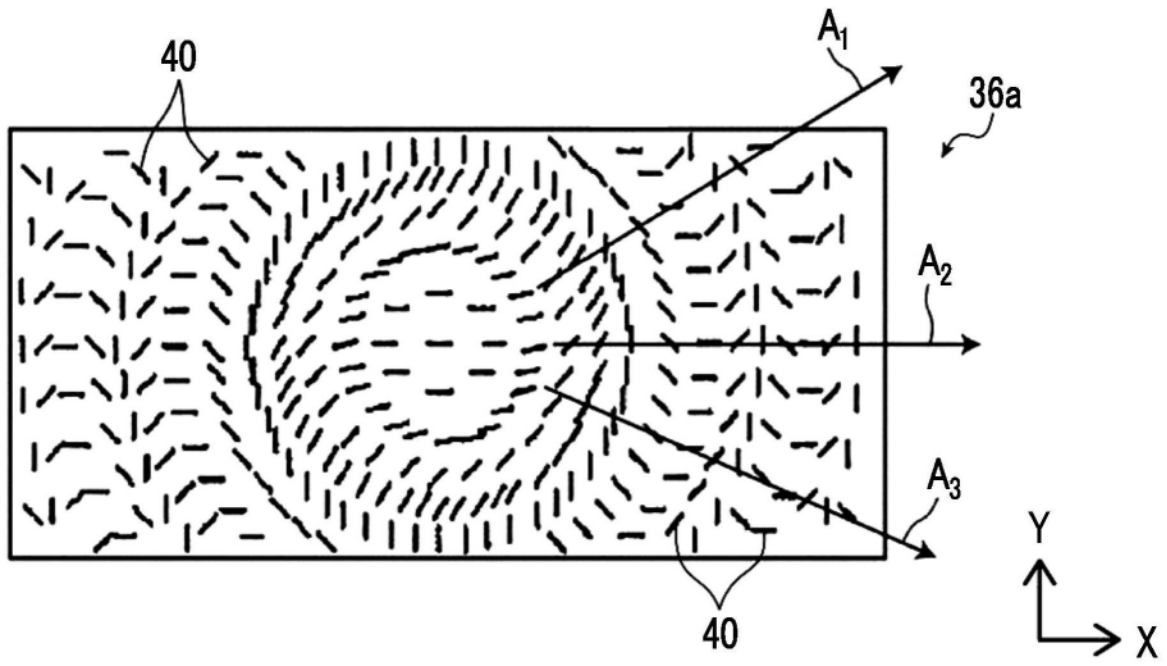


图13

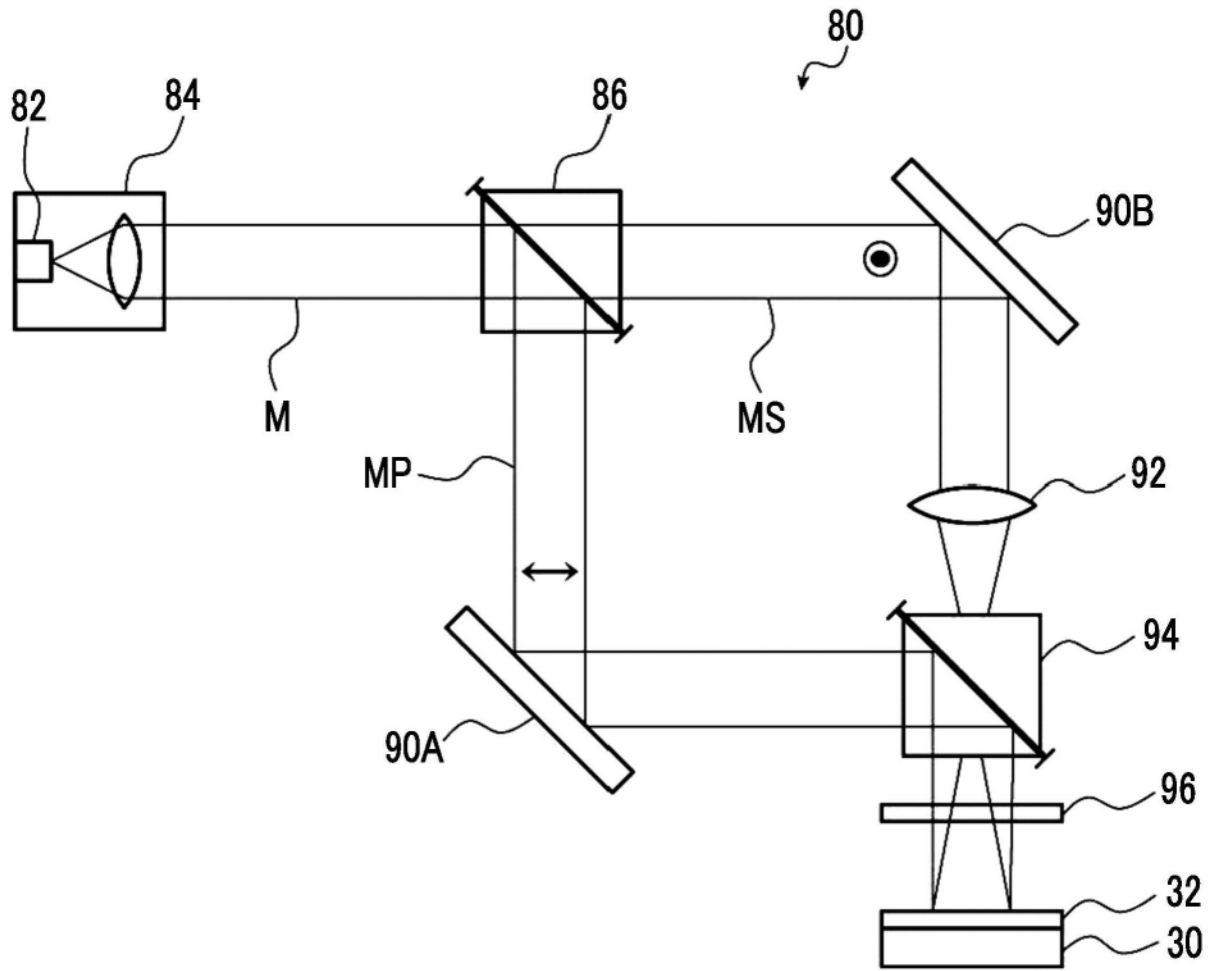


图14