(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117280258 A
(43)申请公布日 2023.12.22

(21)申请号 202280033817.1
(22)申请日 2022.05.12
(30)优先权数据
2021-082774 2021.05.14 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.11.08
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/020065 2022.05.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/239835 JA 2022.11.17
(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
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 周欣
(51)Int.Cl.
G02B 5/30(2006.01)

权利要求书2页 说明书30页 附图5页

(54)发明名称

光学元件、图像显示装置、头戴式显示器、传感装置及眼睛追踪装置

(57)摘要

本发明提供一种抑制旁瓣的产生且反射率高的光学元件。本发明的光学元件,包括:反射层对,其为反射圆偏振光的旋转方向相同并且反射波长带的至少一部分重复的2个反射层的组合;及相位差层,配置在反射层对的反射层之间,反射层包括将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层,胆甾醇型液晶层具有光轴的方向沿着面内的至少一个方向连续旋转的同时变化的液晶取向图案,当从反射层的一个表面朝向另一表面侧,将相当于反射层总厚度的10%的位置设为X,相当于反射层总厚度的90%的位置设为Y,从一个表面到X的区域设为第1区域,从X到Y的区域设为第2区域,从Y到另一表面的区域设为第3区域时,第1区域和第3区域中的双折射的至少一个小于第2区域中的双折射。

CN 117280258 A

1.一种光学元件,至少包括1组:

反射层对,其为反射的圆偏振光的旋转方向相同并且反射波长带的至少一部分重复的2个反射层的组合;及

相位差层,配置在所述反射层对的所述反射层之间,

所述反射层包括将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层,

所述胆甾醇型液晶层具有源自液晶化合物的光轴的方向沿着面内的至少一个方向连续旋转的同时产生变化的液晶取向图案,

从所述反射层的一个表面朝向另一表面侧,将相当于所述反射层的总螺旋节距数的10%的深度位置设为深度位置X,将相当于所述反射层的总螺旋节距数的90%的深度位置设为深度位置Y,将从所述一个表面到所述深度位置X的区域设为第1区域,将从所述深度位置X到所述深度位置Y的区域设为第2区域,将从所述深度位置Y到所述另一表面的区域设为第3区域时,所述第1区域和所述第3区域中的双折射的至少一个小于所述第2区域中的双折射。

2.根据权利要求1所述的光学元件,其中,

所述反射层包括多个所述胆甾醇型液晶层,

所述2个反射层中的一个反射层所包括的多个所述胆甾醇型液晶层所具有的所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光轴的旋转方向均为相同的方向,

所述2个反射层中的另一个反射层所包括的多个所述胆甾醇型液晶层所具有的所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光轴的旋转方向均为相同的方向。

3.根据权利要求1或2所述的光学元件,其中,

所述2个反射层中的一个反射层所包括的所述胆甾醇型液晶层所具有的所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光轴的旋转方向和所述2个反射层中的另一个反射层所包括的所述胆甾醇型液晶层所具有的所述液晶取向图案中的源自所述液晶化合物的光轴的旋转方向为相同的方向。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的光学元件,其中,

在所述胆甾醇型液晶层中的所述液晶取向图案中,将源自所述液晶化合物的光轴的方向连续旋转的同时变化的所述一个方向上的源自所述液晶化合物的光轴的方向旋转180°的长度设为1周期时,

所述2个反射层中的一个反射层所包括的所述胆甾醇型液晶层中的所述液晶取向图案中的所述1周期的长度和所述2个反射层中的另一个反射层所包括的所述胆甾醇型液晶层中的所述液晶取向图案中的所述1周期的长度相同。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的光学元件,其中,

所述胆甾醇型液晶层的至少1层在面内具有所述液晶取向图案中的所述1周期的长度不同的区域。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的光学元件,其中,

所述胆甾醇型液晶层的至少1层具有所述液晶取向图案中的所述1周期的长度沿所述一个方向逐渐变化的区域。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的光学元件,其中,

所述反射层包括由含有不同的液晶化合物的组合物所形成的多个所述胆甾醇型液晶

层，

从位于所述反射层的膜厚的中心位置的所述胆甾醇型液晶层朝向所述反射层的至少一个表面侧，所述胆甾醇型液晶层的双折射逐渐变小。

8.根据权利要求7所述的光学元件，其中，

在所述反射层中，双折射最小的所述胆甾醇型液晶层的螺旋节距数为双折射最大的所述胆甾醇型液晶层的螺旋节距数的一半以下。

9.根据权利要求1至8中任一项所述的光学元件，其中，

在通过扫描电子显微镜观察的所述胆甾醇型液晶层的截面中，

至少具有1层胆甾醇型液晶层，所述胆甾醇型液晶层中，源自胆甾醇型液晶相的亮部和暗部相对于所述胆甾醇型液晶层的主表面倾斜，进而，当从所述胆甾醇型液晶层的主表面的法线方向和相对于法线倾斜的方向测定面内延迟时，在慢轴面内和快轴面内的任一个中，面内延迟成为最小的方向从所述法线方向倾斜。

10.根据权利要求9所述的光学元件，其中，具有随着所述液晶取向图案中的所述1周期的长度变短，所述暗部的平均倾斜角沿所述一个方向逐渐变化的区域。

11.根据权利要求9所述的光学元件，其中，具有随着所述液晶取向图案中的所述1周期的长度变短，所述暗部的平均倾斜角变大的区域。

12.根据权利要求1至11中任一项所述的光学元件，其中，

所述相位差层在所述反射层的反射波长带的波长处具有λ/2相位差功能。

13.根据权利要求1至12中任一项所述的光学元件，其中，包括多个所述反射层对，

在不同的所述反射层对之间，构成所述反射层对的反射层的选择反射中心波长彼此不同。

14.根据权利要求1至13中任一项所述的光学元件，其中，包括多个所述反射层对，

在不同的所述反射层对之间，构成所述反射层对的反射层所包括的所述胆甾醇型液晶层中的选择反射中心波长的长度的排列与所述1周期的长度的排列一致。

15.一种图像显示装置，其包括：

权利要求1至14中任一项所述的光学元件；及

图像显示面板。

16.一种头戴式显示器，其包括权利要求15所述的图像显示装置。

17.一种传感装置，其包括权利要求1至14中任一项所述的光学元件。

18.一种眼睛追踪装置，其包括权利要求1至14中任一项所述的光学元件。

光学元件、图像显示装置、头戴式显示器、传感装置及眼睛追踪装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学元件、图像显示装置、头戴式显示器、传感装置及眼睛追踪装置。

背景技术

[0002] 将胆甾醇型液晶相固定而成的层(以后,称为“胆甾醇型液晶层”),作为在特定的波长区域选择性地反射右旋圆偏振光及左旋圆偏振光中的任一个的层而广为人知。已知有通过精细地控制该胆甾醇型液晶层的取向状态,使反射光的反射方向不是镜面反射而是斜向反射的光学元件(例如,专利文献1)。

[0003] 以往技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:国际公开第2016/194961号

发明内容

[0006] 发明要解决的技术课题

[0007] 这种光学元件要求选择性更高的反射特性,特别是抑制旁瓣的产生。另外,如图1所示,旁瓣是指反射波长带B的外侧附近的波长处反射率比较大的部分S。当产生这种旁瓣时,会反射本来不应该反射的波长的光,因此不优选。

[0008] 本发明鉴于上述实际情况,其课题在于提供一种反射率高的光学元件。

[0009] 并且,本发明的课题在于还提供一种图像显示装置、头戴式显示器、传感装置及眼睛追踪装置。

[0010] 用于解决技术课题的手段

[0011] 本发明人等发现了通过以下结构能够解决上述课题。

[0012] [1]一种光学元件,至少包括1组:

[0013] 反射层对,其为反射的圆偏振光的旋转方向相同并且反射波长带的至少一部分重复的2个反射层的组合;及相位差层,配置在反射层对的反射层之间,

[0014] 反射层包括将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层,

[0015] 胆甾醇型液晶层具有源自液晶化合物的光轴的方向沿着面内的至少一个方向连续旋转的同时产生变化的液晶取向图案,

[0016] 从反射层的一个表面朝向另一表面侧,将相当于反射层的总螺旋节距数的10%的深度位置设为深度位置X,相当于反射层的总螺旋节距数的90%的深度位置设为深度位置Y,从一个表面到深度位置X的区域设为第1区域,从深度位置X到深度位置Y的区域设为第2区域,从深度位置Y到另一表面的区域设为第3区域时,第1区域和第3区域中的双折射的至少一个小于第2区域中的双折射。

[0017] [2]根据[1]所述的光学元件,其中,

[0018] 反射层包括多个胆甾醇型液晶层，

[0019] 2个反射层中的一个反射层所包括的多个胆甾醇型液晶层所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向均为相同的方向，

[0020] 2个反射层中的另一个反射层所包括的多个胆甾醇型液晶层所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向均为相同的方向。

[0021] [3]根据[1]或[2]所述的光学元件，其中，

[0022] 2个反射层中的一个反射层所包括的胆甾醇型液晶层所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向和2个反射层中的另一个反射层所包括的胆甾醇型液晶层所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向为相同的方向。

[0023] [4]根据[1]至[3]中任一项所述的光学元件，其中，

[0024] 在胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案中，将源自液晶化合物的光轴的方向连续旋转的同时产生变化的一个方向上的源自液晶化合物的光轴的方向旋转180°的长度设为1周期时，

[0025] 2个反射层中的一个反射层所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案中的1周期的长度和2个反射层中的另一个反射层所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案中的1周期的长度相同。

[0026] [5]根据[1]至[4]中任一项所述的光学元件，其中，

[0027] 胆甾醇型液晶层的至少1层在面内具有液晶取向图案中的1周期的长度不同的区域。

[0028] [6]根据[1]至[5]中任一项所述的光学元件，其中，

[0029] 胆甾醇型液晶层的至少1层具有液晶取向图案中的1周期的长度沿一个方向逐渐变化的区域。

[0030] [7]根据[1]至[6]中任一项所述的光学元件，其中，

[0031] 反射层包括由含有不同的液晶化合物的组合物所形成的多个胆甾醇型液晶层，

[0032] 从位于反射层的膜厚的中心位置的胆甾醇型液晶层朝向反射层的至少一个表面侧，胆甾醇型液晶层的双折射逐渐变小。

[0033] [8]根据[7]所述的光学元件，其中，

[0034] 在反射层中，双折射最小的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数为双折射最大的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数的一半以下。

[0035] [9]根据[1]至[8]中任一项所述的光学元件，其中，

[0036] 在通过扫描电子显微镜观察的胆甾醇型液晶层的截面中，

[0037] 至少具有1层胆甾醇型液晶层，所述胆甾醇型液晶层中，源自胆甾醇型液晶相的亮部和暗部相对于胆甾醇型液晶层的主表面倾斜，进而当从胆甾醇型液晶层的主表面的法线方向和相对于法线倾斜的方向测定面内延迟时，在慢轴面内和快轴面内的任一个中，面内延迟成为最小的方向从法线方向倾斜。

[0038] [10]根据[9]所述的光学元件，其具有：随着液晶取向图案中的1周期的长度变短，暗部的平均倾斜角沿一个方向逐渐变化的区域。

[0039] [11]根据[9]所述的光学元件，其具有：随着液晶取向图案中的1周期的长度变短，暗部的平均倾斜角变大的区域。

[0040] [12]根据[1]至[11]中任一项所述的光学元件,其中,

[0041] 相位差层在反射层的反射波长带的波长处具有λ/2相位差功能。

[0042] [13]根据[1]至[12]中任一项所述的光学元件,其包括多个反射层对,

[0043] 在不同的反射层对之间,构成反射层对的反射层的选择反射中心波长彼此不同。

[0044] [14]根据[1]至[13]中任一项所述的光学元件,其包括多个反射层对,

[0045] 在不同的反射层对之间,构成反射层对的反射层所包括的胆甾醇型液晶层中的选择反射中心波长的长度的排列与1周期的长度的排列一致。

[0046] [15]一种图像显示装置,其包括:

[0047] [1]至[14]中任一项所述的光学元件;及

[0048] 图像显示面板。

[0049] [16]一种头戴式显示器,其包括[15]所述的图像显示装置。

[0050] [17]一种传感装置,其包括[1]至[14]中任一项所述的光学元件。

[0051] [18]一种眼睛追踪装置,其包括[1]至[14]中任一项所述的光学元件。

[0052] 发明效果

[0053] 根据本发明,提供一种可以抑制旁瓣的产生且反射率高的光学元件。

[0054] 并且,根据本发明,还可以提供一种图像显示装置、头戴式显示器、传感装置及眼睛追踪装置。

附图说明

[0055] 图1是表示胆甾醇型液晶层的一般的反射率特性的图表。

[0056] 图2是光学元件的一例的侧视图。

[0057] 图3是第1胆甾醇型液晶层的剖视图。

[0058] 图4是图3所示的第1胆甾醇型液晶层的平面图。

[0059] 图5是用于说明必要条件X的第1反射层的剖视图。

[0060] 图6是胆甾醇型液晶层的另一例的平面图。

[0061] 图7是胆甾醇型液晶层的另一实施方式的剖视图。

[0062] 图8是胆甾醇型液晶层的另一实施方式的剖视图。

[0063] 图9是曝光取向膜的曝光装置的一例的概念图。

[0064] 图10是图像显示装置的一例的概念图。

具体实施方式

[0065] 以下,对本发明进行详细说明。

[0066] 有时根据本发明的代表性实施方式对以下所记载的构成必要条件进行说明,但本发明并不限于这种实施方式。

[0067] 在本说明书中,使用“~”表示的数值范围是指将记载于“~”的前后的数值作为下限值及上限值而包括的范围。

[0068] 并且,在本说明书中,各成分可以使用单独1种与各成分对应的物质,也可以并用2种以上。其中,对于各成分,同时使用2种以上的物质的情况下,对于其成分的含量,只要没有特别说明,则表示同时使用的物质的总含量。

[0069] 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。

[0070] 本说明书中,可见光为电磁波中以肉眼观察的波长的光,表示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。

[0071] 并且,并不限定于此,在可见光中,420～490nm的波长区域的光为蓝色光,495～570nm的波长区域的光为绿色光,620～750nm的波长区域的光为红色光。

[0072] 在本说明书中,胆甾醇型液晶层和各区域等的双折射表示波长550nm处的双折射。

[0073] 在本说明书中,反射波长带是指源自胆甾醇型液晶层而选择性地反射的圆偏振光的波长范围。

[0074] 作为本发明的光学元件的特征点,可举出反射层在膜厚度方向上具有双折射不同的区域,并且使用反射相同圆偏振光的2个反射层和相位差层。由于反射层在膜厚方向上具有双折射不同的区域,因此反射光相互干涉而两者相互减弱,结果旁瓣减少。并且,在反射相同圆偏振光的2个反射层之间配置相位差层,将入射到光学元件上的另一圆偏振光转换为反射圆偏振光进行反射,从而提高反射率。

[0075] 图2中示出概念性地示出本发明的光学元件的一例的侧面图。

[0076] 光学元件10包括第1反射层12、相位差层16以及第2反射层14。第1反射层12包括第1胆甾醇型液晶层20、第2胆甾醇型液晶层22及第3胆甾醇型液晶层24这3个胆甾醇型液晶层。第2反射层14包括第4胆甾醇型液晶层30、第5胆甾醇型液晶层32及第6胆甾醇型液晶层34这3个胆甾醇型液晶层。

[0077] 如在后面详细叙述,第1反射层12反射的圆偏振光的旋转方向和第2反射层14反射的圆偏振光的旋转方向是相同的方向。并且,第1反射层12的反射波长带与第2反射层14的反射波长带重复。即,第1反射层12和第2反射层构成反射层对,该反射层对是所反射圆偏振光的旋转方向相同并且反射波长带的至少一部分重复的2个反射层的组合。

[0078] 并且,光学元件10还在构成反射层对的第1反射层12和第2反射层14之间具有相位差层16。

[0079] 如在后面详细叙述,相位差层16作为在第1反射层12和第2反射层14的反射波长带的波长具有λ/2相位差功能的λ/2板发挥作用。相位差层16通过具有λ/2相位差功能,使未被第1反射层12和第2反射层14反射的转向方向的圆偏振光转换为第1反射层12和第2反射层14反射的旋转方向的圆偏振光。

[0080] 第1反射层12和第2反射层14中所含有的胆甾醇型液晶层(第1胆甾醇型液晶层20～第6胆甾醇型液晶层34)相当于固定胆甾醇型液晶相而成的层。

[0081] 另外,图2中,对第1反射层12和第2反射层14中分别包括3层胆甾醇型液晶层的方式进行了叙述,但本发明并不限于该方式,只要满足后叙的反射层的预定深度区域中的双折射,各反射层中所包括的胆甾醇型液晶层可以是1层,也可以是多层。

[0082] 第1反射层12和第2反射层14通过各自所包括的胆甾醇型液晶层,能够反射规定波长的光(例如,可见光。更具体而言,蓝色光、绿色光即红色光等。)。

[0083] ＜相位差层的说明＞

[0084] 如图2所示,相位差层16配置于第1反射层12与第2反射层14之间。

[0085] 如在后面详细叙述,相位差层16优选作为在第1反射层12和第2反射层14的反射波

长带的波长中具有大致λ/2相位差功能的λ/2板发挥作用。作为λ/2板,是指特定波长λnm处的面内延迟Re(λ)满足Re(λ)＝λ/2的板。本发明的光学元件中,相对于第1反射层12和第2反射层14的反射波长带的波长λ具有λ/2相位差功能即可。

[0086] 相位差层16通过具有λ/2相位差功能,使未被第1反射层12和第2反射层14反射的转向方向的圆偏振光转换为第1反射层12和第2反射层14反射的旋转方向的圆偏振光。

[0087] 由此,例如,当无偏振光从第1反射层12侧入射到光学元件10上时,第1反射层12反射一个旋转方向的圆偏振光成分(例如,右旋圆偏振光),透射另一个旋转方向的圆偏振光成分(例如,左旋圆偏振光)。透射第1反射层12的圆偏振光(左旋圆偏振光)通过相位差层16变换为相反的旋转方向的圆偏振光(右旋圆偏振光)。透射相位差层16的圆偏振光(右旋圆偏振光)入射到第2反射层14。由于第2反射层14反射与第1反射层12相同的转向方向的圆偏振光(右旋圆偏振光),因此透射相位差层16,入射到第2反射层14的圆偏振光(右旋圆偏振光)通过第2反射层14反射。通过第2反射层14反射的圆偏振光(右旋圆偏振光)入射到相位差层16。入射到相位差层16的圆偏振光(右旋圆偏振光)通过相位差层16变换为相反的旋转方向的圆偏振光(左旋圆偏振光)。透射相位差层16的圆偏振光(左旋圆偏振光)透射第1反射层12并作为反射光从光学元件10射出。由此,光学元件10能够同时反射入射的右旋圆偏振光和左旋圆偏振光,反射特性更优异。

[0088] 作为相位差层16,只要在第1反射层12和第2反射层14的反射波长带的波长下具有大致λ/2的相位差功能,则并没有特别限定,可以使用各种公知的相位差层。

[0089] 作为一例,可以例示使聚合性液晶化合物聚合而成的λ/2板、由聚合物膜组成的λ/2板、层叠2片聚合物薄膜的λ/2板、作为相位差层具有λ/2的相位差的λ/2板以及通过结构双折射表现出λ/2相位差的λ/2板等。

[0090] 并且,相位差层16除了λ/2板(所谓的A板)以外,还可以具有C板。作为C板,可以为正C板、负C板中的任一个。

[0091] 通过相位差层16具有C板,能够调整为对相对于相位差层16的主表面从倾斜方向入射的光也发挥λ/2相位差功能。

[0092] ＜反射层和胆甾醇型液晶层的说明＞

[0093] 为了说明胆甾醇型液晶层,图3中示出了第1胆甾醇型液晶层20的剖视图。图4中示出了图3所示的第1胆甾醇型液晶层20的平面图。另外,平面图是从上方观察第1胆甾醇型液晶层20的图。并且,图3是图4中的A线-A线的剖视图。

[0094] 在图3中,X方向和Z方向表示在观察面上相互正交的2个坐标轴的朝向。Z方向与第1胆甾醇型液晶层20的厚度方向平行。

[0095] 在图4中,X方向和Y方向表示在观察面上相互正交的2个坐标轴的朝向。

[0096] 如图3中概念性所示,与将通常的胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层相同地,第1胆甾醇型液晶20具有液晶化合物LC以沿着厚度方向的螺旋轴旋转而堆叠的螺旋结构,图3中简略示出,将液晶化合物LC以螺旋状旋转(360°旋转)1次并堆叠而成的结构设为螺旋1节距,以螺旋状回转的液晶化合物LC具有多个节距层叠而成的结构。关于这一点,对于第2胆甾醇型液晶层22～第6胆甾醇型液晶层34也相同。

[0097] 并且,在第1胆甾醇型液晶层20～第3胆甾醇型液晶层24及第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层34中,液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向为相同

的方向。

[0098] 第1胆甾醇型液晶层20～第6胆甾醇型液晶层34具有波长选择反射性。

[0099] 已知胆甾醇型液晶相在特定的波长下显示选择反射性。选择反射的中心波长λ(选择反射中心波长λ)取决于胆甾醇型液晶相中的螺旋结构的节距P(螺旋节距),并遵循甾醇型液晶相的平均折射率n与λ＝n×P的关系。因此,通过调节该螺旋结构的节距而能够调节选择反射中心波长。胆甾醇型液晶相的螺旋节距依赖于形成胆甾醇型液晶相时与液晶化合物同时使用的手性试剂的种类或其添加浓度,因此通过对它们进行调节,能够得到所期望的节距。另外,胆甾醇型液晶相的螺旋结构的节距P(螺旋节距)是胆甾醇型液晶相的螺旋结构的螺旋周期。

[0100] 另外,关于节距的调节,FUJIFILM研究报告No.50(2005年)p.60-63中具有详细的记载。关于螺旋的旋向及节距的测定法,能够使用“液晶化学实验入门”日本液晶学会编西格玛出版2007年出版、46页及“液晶便览”液晶便览编辑委员会丸善196页中所记载的方法。

[0101] 另外,在本说明书中,选择反射中心波长(例如,反射层的选择中心反射波长、胆甾醇型液晶层的选择中心反射波长)是指,在将成为对象的物质(部件)中的透射率的极小值设为Tmin(%)的情况下,表示下述式所表示的半值透射率:T1/2(%)的2个波长的平均值。

[0102] 求出半值透射率的式:T1/2＝100-(100-Tmin)÷2

[0103] 胆甾醇型液晶相在特定的波长下对左右中的任一个圆偏振光显示选择反射性。反射光为右旋圆偏振光或者为左旋圆偏振光取决于胆甾醇型液晶相的螺旋的扭曲方向(旋向)。基于胆甾醇型液晶相的圆偏振光的选择反射中,胆甾醇型液晶相的螺旋的扭曲方向为右方向时反射右旋圆偏振光,螺旋的扭曲方向为左方向时反射左旋圆偏振光。

[0104] 因此,图3所示的第1胆甾醇型液晶层20中,胆甾醇型液晶层为右扭曲的固定胆甾醇型液晶相而成的层。

[0105] 另外,胆甾醇型液晶相的回转的方向能够通过形成胆甾醇型液晶层的液晶化合物的种类和/或所添加的手性试剂的种类来调节。

[0106] 并且,表示选择反射的反射波长带(圆偏振反射带)的半峰宽度Δλ(nm)依赖于胆甾醇型液晶层的双折射Δn与螺旋的节距P,并且遵循Δλ＝Δn×P的关系。因此,反射波长带的宽度的控制能够通过调整Δn来进行。Δn能够根据形成胆甾醇型液晶层的液晶化合物的种类及其混合比率以及取向固定时的温度来调节。

[0107] 反射波长带的半峰宽度根据光学元件10的用途调节,优选为10～500nm,更优选为20～300nm,进一步优选为30～150nm。

[0108] 当光学元件中所包括的反射层包括多个胆甾醇型液晶层时,在各反射层中,表示最大反射中心波长的胆甾醇型液晶层与表示最小的选择反射中心波长的胆甾醇型液晶层之间的选择反射中心波长之差的绝对值,从进一步抑制旁瓣的产生的观点考虑,优选为50nm以下,更优选为25nm以下。下限并无特别限制,但是可以举出0。

[0109] 如图3和图4所示,第1胆甾醇型液晶层20具有形成胆甾醇型液晶相的源自液晶化合物LC的光轴20A的朝向在胆甾醇型液晶层的面内沿一个方向连续旋转的同时产生变化的液晶取向图案。关于这一点,对于第2胆甾醇型液晶层22～第6胆甾醇型液晶层34也相同。

[0110] 另外,源自液晶化合物LC的光轴20A为在液晶化合物LC中折射率最高的轴。例如,液晶化合物LC为棒状液晶化合物的情况下,光轴20A沿着棒形状长轴方向。在以下的说明

中,也将源自液晶化合物LC的光轴20A称为“液晶化合物LC的光轴20A”或“光轴20A”。

[0111] 如图4所示,构成第1胆甾醇型液晶层20的液晶化合物LC成为在X方向和与X方向正交的方向(Y方向)正交的方向上二维配置的状态。

[0112] 形成第1胆甾醇型液晶层20的液晶化合物LC具有在面内方向上光轴20A的朝向沿着X方向连续旋转的同时产生变化的液晶取向图案。图示例中,具有液晶化合物LC的光轴20A沿着空心箭头以顺时针方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0113] 液晶化合物LC的光轴20A的朝向在空心箭头方向(规定的一个方向)连续旋转的同时产生变化,具体而言,是指沿着空心箭头方向排列的液晶化合物LC的光轴20A与空心箭头方向所成的角度根据空心箭头方向的位置而不同,沿着空心箭头方向,光轴20A与空心箭头方向所成的角度依次从θ到θ+180°或者θ-180°为止产生变化。

[0114] 另外,在空心箭头方向彼此相邻的液晶化合物LC的光轴20A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。

[0115] 另一方面,形成第1胆甾醇型液晶层20的液晶化合物LC中,在与箭头X方向正交的Y方向,即与光轴20A连续旋转的一个方向正交的Y方向上与光轴20A的朝向相等。

[0116] 换句话说,形成第1胆甾醇型液晶层20的液晶化合物LC中,在Y方向上,液晶化合物LC的光轴20A与X方向所成的角度相等。

[0117] 本发明的光学元件10中,这种液晶化合物LC的液晶取向图案中,在面内光轴20A连续旋转而发生变化的X方向上,将液晶化合物LC的光轴20A旋转180°的长度(距离)设为液晶取向图案中的1周期的长度Λ。

[0118] 即,将相对于X方向的角度相等的2个液晶化合物LC的X方向的中心之间的距离设为1周期的长度Λ。具体而言,如图4所示,将X方向与光轴20A的方向一致的2个液晶化合物LC的X方向的中心之间的距离设为1周期的长度Λ。

[0119] 在以下的说明中,也将该1周期的长度Λ称为“1周期Λ”。

[0120] 胆甾醇型液晶层的液晶取向图案在X方向即光轴20A的朝向连续旋转而发生变化的一个方向上重复该1周期Λ。

[0121] 第1胆甾醇型液晶层20为在面内具有沿着X方向(规定的一个方向)光轴20A连续旋转的同时产生变化的液晶取向图案。

[0122] 固定胆甾醇型液晶相而成的胆甾醇型液晶层通常对所入射的光(圆偏振光)进行镜面反射。

[0123] 相对于此,具有上述液晶取向图案的第1胆甾醇型液晶层20使所入射的光相对于镜面反射向在X方向上具有角度的方向反射。具体而言,如图3所示,第1胆甾醇型液晶层20不是将从法线方向入射的光向法线方向反射,而是相对于法线方向倾斜反射。从法线方向入射的光是指,即从正面入射的光,相对于主表面垂直入射的光。主表面是指,片状物的最大表面。

[0124] 另外,基于液晶化合物LC的光轴20A朝向一个方向(X方向)连续旋转的胆甾醇型液晶层的光的反射角度中,角度根据所反射的光的波长而不同。具体而言,光的波长越长,相对于入射光的反射光的角度变得越大。

[0125] 并且,基于液晶化合物LC的光轴20A朝向一个方向(X方向)连续旋转的胆甾醇型液晶层的光的反射角度在X方向上根据光轴20A旋转180°的液晶取向图案的1周期的长度Λ,

即1周期Λ而不同。具体而言,1周期Λ越短,相对于入射光的反射光的角度变得越大。

[0126] 另外,上述1周期Λ并没有特别限定,可以根据光学元件10的用途等适当设定。例如,优选为50μm以下,更优选为10μm以下。考虑到液晶取向图案的精度等,优选为0.1μm以上。

[0127] 如上所述,光学元件10所中包括的胆甾醇型液晶层(第1胆甾醇型液晶层20～第6胆甾醇型液晶层34)具有上述的液晶取向图案。

[0128] 其中,第1反射层12中所包括的第1胆甾醇型液晶层20～第3胆甾醇型液晶层24分别具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向相同。

[0129] 其中,第2反射层14中所包括的第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层34分别具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向相同。

[0130] 即,当构成反射层对的各反射层包括多个胆甾醇型液晶层时,优选各反射层所包括的多个胆甾醇型液晶层所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向均为相同的方向。

[0131] 并且,如上所述,第1反射层12反射的圆偏振光的旋转方向和被第2反射层14反射的圆偏振光的旋转方向为相同的方向。

[0132] 并且,光学元件10中,第1反射层12所包括的胆甾醇型液晶层(第1胆甾醇型液晶层20～第3胆甾醇型液晶层24)所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向和第2反射层14所包括的胆甾醇型液晶层(第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层34)所具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向为相同的方向。即,第2反射层14中所包括的第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层36具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向与图4所示的例相同。

[0133] 第1反射层12反射的圆偏振光的旋转方向与第2反射层14反射的圆偏振光的旋转方向相同,并且第1反射层12所包括的胆甾醇型液晶层具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向与第2反射层14所包括的胆甾醇型液晶层具有的液晶取向图案中的源自液晶化合物的光轴的旋转方向为相同的方向,由此可以将第1反射层12对圆偏振光的反射方向与第2反射层14对圆偏振光的反射方向设为相同的方向。

[0134] 光学元件10中,第1反射层12的反射波长带与第2反射层14的反射波长带重复。如上所述,第1反射层12反射的圆偏振光的旋转方向与第2反射层14反射的圆偏振光的旋转方向相同,第1反射层12和第2反射层14之间具有相位差层16,因此如上所述,当第1反射层12和第2反射层14的反射波长带重复时,可以同时反射规定波长的右旋圆偏振光和左旋圆偏振光,反射特性更优异。

[0135] 各反射层的反射波长带的至少一部分是否重复可以通过测定反射光的波长分布来确认。

[0136] 可以通过调整反射层(第1反射层和第2反射层)中分别包括的胆甾醇型液晶层的反射特性来控制反射层(第1反射层和第2反射层)的反射波长带的宽度和位置。

[0137] 另外,第1反射层的反射波长带和第2反射层的反射波长带不限于完全重复的方式,只要构成反射层对的2个反射层(第1反射层和第2反射层)的反射波长带至少一部分重复即可。在这种情况下,相位差层16只要在2个反射层的反射波长带重复的波长区域的波长处具有大致λ/2相位差功能即可。

[0138] 从光学元件的反射光量的观点考虑,优选构成反射层对的2个反射层(第1反射层和第2反射层)的反射波长带的重复区域较宽。具体而言,构成反射层对的2个反射层(第1反射层和第2反射层)的选择反射中心波长彼此之差优选为50nm以下,更优选为25nm以下。其中,进一步优选构成反射层对的2个反射层(第1反射层和第2反射层)的选择反射中心波长彼此一致。

[0139] 并且,第1反射层12中所包括的第1胆甾醇型液晶层20～第3胆甾醇型液晶层24分别具有的液晶取向图案的1周期Λ的长度相同。

[0140] 并且,第2反射层14中所包括的第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层34分别具有的液晶取向图案的1周期Λ的长度相同。

[0141] 当构成反射层对的各反射层包括多个胆甾醇型液晶层时,优选各反射层所包括的多个胆甾醇型液晶层所具有的液晶取向图案的1周期Λ的长度相同。

[0142] 并且,第1反射层12所包括的胆甾醇型液晶层(第1胆甾醇型液晶层20～第3胆甾醇型液晶层24)中的液晶取向图案的1周期Λ的长度和第2反射层14所包括的胆甾醇型液晶层(第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层34)中的液晶取向图案的1周期Λ的长度相同。

[0143] 优选构成反射层对的一个反射层所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案中的1周期Λ的长度和2个反射层中的另一个反射层所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案中的1周期Λ的长度相同。

[0144] 另外,在本发明中,液晶取向图案中的1周期Λ的长度相同表示1周期Λ的长度之差为30%以下。作为上述差值的计算方法,将2个比较的1周期Λ分别设为1周期Λx和1周期Λy时,1周期Λx更大时,通过式:{(1周期Λx-1周期Λy)/(1周期Λx)}×100算出。并且,如果1周期Λx和1周期Λy为相同的值时,差为0%。

[0145] 如上所述,优选各反射层所包括的胆甾醇型液晶层彼此中液晶取向图案的1周期Λ的长度之差小。如上所述,1周期Λ越短,相对于入射光的反射角度变得越大。因此,1周期Λ的长度差越小,可以使基于反射相同转向方向的光的胆甾醇型液晶层的光的反射方向更接近。

[0146] 第1反射层12中所包括的胆甾醇型液晶层(第1胆甾醇型液晶层20～第3胆甾醇型液晶层24)中液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向均相同。在这种方式的情况下,可以使基于第1反射层12中所包括的胆甾醇型液晶层的光的反射方向一致。

[0147] 并且,第2反射层14中所包括的胆甾醇型液晶层(第4胆甾醇型液晶层30～第6胆甾醇型液晶层34)中液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向均相同。在这种方式的情况下,可以使基于第2反射层14中包括的胆甾醇型液晶层的光的反射方向一致。

[0148] 即,当构成反射层对的各反射层包括多个胆甾醇型液晶层时,优选各反射层所包括的多个胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向均相同。

[0149] 另外,本发明中,2个胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向相同是指2个胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合液晶的光轴连续变化的方向彼此所成的角度优选为10°以内,更优选为1°以内,进一步优选为0.5°以内。

[0150] 本发明并不限于上述方式,第1反射层中包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向可以不同。例如,第1反射层中所包括的胆甾醇型液

晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向彼此所成的角度可以为20°。

[0151] 并且,第2反射层中所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向可以不同。

[0152] 第1反射层12中第2胆甾醇型液晶层22的双折射可以大于第1胆甾醇型液晶层20和第3胆甾醇型液晶层24的双折射。另外,第1胆甾醇型液晶层20和第3胆甾醇型液晶层24表示相同的双折射。

[0153] 并且,第2反射层14中的第5胆甾醇型液晶层32的双折射可以大于第4胆甾醇型液晶层30和第6胆甾醇型液晶层34的双折射。另外,第4胆甾醇型液晶层30和第6胆甾醇型液晶层34表示相同的双折射。

[0154] 另外,本发明的光学元件中,并不限定于上述方式,只要满足后述的条件X,其构成就没有特别限定。

[0155] 作为调整各胆甾醇型液晶层的双折射的方法,可举出调整用于形成胆甾醇型液晶层的液晶化合物的双折射的方法。例如,作为用于形成第2胆甾型液晶层22的液晶化合物,可举出选择双折射比用于形成第1胆甾醇型液晶层20和第3胆甾醇型液晶层24的液晶化合物大的液晶化合物的方法。

[0156] 即,反射层优选包括使用含有不同种类的液晶化合物的组合物形成的多个胆甾醇型液晶层。

[0157] 在本发明的光学元件中,优选如光学元件10中的第1反射层12和第2反射层14那样,从位于反射层的膜厚的中心位置的胆甾醇型液晶层(相当于第2胆甾醇型液晶层22和第5胆甾醇型液晶层32),朝向反射层的至少一个表面侧,胆甾醇型液晶层的双折射逐渐变小。通过采用上述方式,进一步抑制了旁瓣的产生。

[0158] 光学元件所包括的各反射层中的胆甾醇型液晶层的厚度并没有特别限制,只要满足后述的条件X,其结构并没有特别限制,但如图2所示,优选在反射层中的胆甾醇型液晶层中,位于反射层的膜厚的中心位置的胆甾醇型液晶层(第2胆甾醇型液晶层22和第5胆甾醇型液晶层32)的膜厚最厚。

[0159] 并且,本发明的光学元件中,优选在反射层中,双折射最小的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数为双折射最大的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数的一半以下。通过采用上述方式,进一步抑制了旁瓣的产生。其中,双折射最小的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数更优选为双折射最大的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数的1/2.5以下,优选为1/10以上。

[0160] 其中,从提高反射率的观点考虑,双折射最大的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数优选为6以上,更优选为8以上,进一步优选为10以上。

[0161] 并且,从进一步抑制旁瓣的产生的观点考虑,双折射最小的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数优选为5.0以下,更优选为3.0以下。下限并无特别限制,但可以为1.0以上。

[0162] (必要条件X的说明)

[0163] 光学元件10中所包括的第1反射层12和第2反射层14均满足以下必要条件X。

[0164] 必要条件X:从反射层的一个表面朝向另一表面侧,将相当于反射层的总螺旋节距的10%的深度位置设为深度位置X,从一个表面相当于反射层的总螺旋节距的90%的深度位置设为深度位置Y,从一个表面到深度位置X的区域设为第1区域,从深度位置X到深度位置Y的区域设为第2区域,从深度位置Y到另一表面的区域设为第3区域时,第1区域和第3区

域中的双折射的至少一个小于第2区域中的双折射。

[0165] 以下,关于上述必要条件X,将第1反射层12作为代表例使用图6进行说明。

[0166] 图5是仅表示光学元件10中的第1反射层12的剖视图。

[0167] 首先,如图5所示的空心箭头所示,从第1反射层12的一个表面120朝向另一表面122侧,将相当于第1反射层12的总螺旋节距数的10%的深度位置设为深度位置X。从第1反射层12的一个表面120到深度位置X的区域设为第1区域R1。另外,第1反射层12的总螺旋节距数是指第1反射层12中所包括的胆甾醇型液晶层的螺旋节距数的合计。例如,在图2所示的光学元件10中,表示第1反射层12中所包括的第1胆甾醇型液晶层20的螺旋节距数、第2胆甾醇型液晶层22的螺旋节距数以及第3胆甾醇型液晶层的总螺旋节距数的合计。另外,作为一例,当第1反射层12的总螺旋节距数为19时,上述深度位置X表示从第1反射层的一个表面侧朝向另一表面侧,相当于螺旋节距数成为1.9的位置的深度位置。

[0168] 接着,从第1反射层12的一个表面120朝向另一表面122侧,将相当于第1反射层12的总螺旋节距数的90%的深度位置设为深度位置Y。将从深度位置X到深度位置X的区域设为第2区域R2。另外,作为一例,当第1反射层12的总螺旋节距数为19时,上述深度位置Y表示从第1反射层的一个表面侧朝向另一表面侧,相当于螺旋节距数成为17.1的位置的深度位置。

[0169] 此外,将从深度位置Y到另一表面122的区域设为第3区域R3。

[0170] 在第1反射层12中,第1区域R1和第3区域R3中的双折射均小于第2区域R2中的双折射。因此,第1反射层12满足必要条件X。

[0171] 上述中,仅对第1反射层12进行了说明,但第2反射层14也满足上述必要条件X。

[0172] 通过光学元件中所包括的反射层满足必要条件X,抑制了旁瓣的产生。

[0173] 第1区域和第3区域的双折射并没有特别限制,从进一步抑制旁瓣的产生的观点考虑,将第2区域的双折射作为基准(1)时,双折射优选为0.01～0.8,更优选为0.01～0.7,进一步优选为0.05～0.5。

[0174] 作为上述各区域的双折射(Δn)的测定方法,可举出通过切割反射层的截面并分析偏振光来求出双折射(Δn)的方法。通过使用作为一般的偏振光分析法的旋转检测光子法和旋转相位子法的显微镜测定,在由胆甾醇型液晶引起的周期性出现的液晶化合物与切片的截面平行的区域中,通过分析上述测定值,可以求出Δn×d和光轴。此外,可以通过单独测定切片的厚度d来计算双折射(Δn)。

[0175] 将各区域的总厚度均等分为10等份时的10等份的各区域的中心厚度位置中实施这种测定,求出所得的10等份的各区域的双折射的算数平均值,作为各区域的双折射(Δn)。

[0176] 作为形成满足上述必要条件X的反射层的方法,可以举出如上述图2所示的光学元件10那样,从位于反射层的膜厚的中心位置的胆甾醇型液晶层朝向反射层的至少一个表面侧,调整胆甾醇型液晶层的双折射逐渐变小的方法。例如,上述图2所示,通过将螺旋节距的长度相同的第1胆甾醇型液晶层20、第2胆甾醇型液晶层22及第3胆甾醇型液晶层24的厚度分别调整为反射层的总厚度的10%、80%及10%,能够形成满足上述必要条件X的反射层。

[0177] (其他液晶取向图案的例子)

[0178] 图2所示的光学元件10中,所包括的胆甾醇型液晶层的液晶取向图案中的液晶化

合物的光轴仅沿着X方向连续而旋转。

[0179] 但是,本发明并不限定于此,在胆甾醇型液晶层中,只要液晶化合物的光轴沿着一个方向连续而旋转,则能够利用各种结构。

[0180] 作为一例,如图6的平面图中概念性地所示那样例示有胆甾醇型液晶层40,所述胆甾醇型液晶层40中,液晶取向图案为以从内侧朝向外侧的放射状具有液晶化合物LC的光轴的方向连续旋转的同时产生变化的一个方向的放射状图案。

[0181] 图6所示的胆甾醇型液晶层40中,液晶化合物LC的光轴(省略图示)为液晶化合物LC的长度方向。

[0182] 在胆甾醇型液晶层40中,液晶化合物LC的光轴的方向沿着从胆甾醇型液晶层40的中心朝向外侧的多个方向,例如用箭头A_1表示的方向、用箭头A_2表示的方向、用箭头A_3表示的方向……连续旋转的同时产生变化。

[0183] 并且,作为优选的方式,可举出如图6所示那样,从胆甾醇型液晶层40的中心以放射状在相同的方向上旋转的同时发生变化的方式。图6中所示的方式为逆时针的取向。图6中的箭头A1、A2及A3的各箭头中,光轴的旋转方向随着从中心朝向外侧而成为逆时针。

[0184] 这种具有光轴以放射状连续旋转而发生变化的液晶取向图案的胆甾醇型液晶层40中,能够根据液晶化合物LC的光轴的旋转方向及所反射的圆偏振的方向将入射光作为发散光或聚焦光而反射。

[0185] 即,通过将胆甾醇型液晶层的液晶取向图案设为放射状,本发明的光学元件例如作为凹面镜或凸面镜而发挥作用。

[0186] 在上述方式中,对朝向光轴连续旋转的1方向,1周期Λ恒定的方式进行了说明,但本发明不限于该方式,根据光学元件的用途,胆甾醇型液晶层也可以在光轴连续旋转的1方向上具有一部分1周期Λ不同的区域。即,胆甾醇型液晶层的至少1层可以在面内具有液晶取向图案中的1周期的长度不同的区域。

[0187] 并且,在本发明的光学元件中,根据光学元件的用途,也可以在朝向光轴连续旋转的1方向使1周期Λ逐渐变化。即,胆甾醇型液晶层可以具有液晶取向图案中的1周期的长度沿一方向逐渐变化的区域。

[0188] (液晶化合物LC-的取向例)

[0189] 在图3所示的例中,胆甾醇型液晶层的X-Z面中,液晶化合物LC构成为相对于主表面(X-Y面)其光轴平行地取向,但是本发明并不限于该方式。例如,如图7所示,也可以为在胆甾醇型液晶层42的X-Z面上,使液晶化合物LC的光轴相对于主表面(X-Y面)倾斜取向的结构。

[0190] 并且,在图7所示的例中,在胆甾醇型液晶层42的X-Z面上,液晶化合物LC相对于主表面(X-Y面)的倾斜角度(倾斜角)在厚度方向(Z方向)上相同,但是本发明并不限定于该方式。在胆甾醇型液晶层中,可以具有液晶化合物LC的倾斜角在厚度方向上不同的区域。

[0191] 例如,图8所示的例中,构成为,胆甾醇型液晶层44的一表面上液晶化合物LC的光轴与主表面平行(预倾角为0°),随着从一表面在厚度方向上分开,液晶化合物LC的倾斜角变大,之后液晶化合物以规定的倾斜角取向直至另一表面侧。

[0192] 这样,在胆甾醇型液晶层中,可以为在上下界面的其中一个界面上液晶化合物LC的光轴具有预倾角的结构,也可以为在两个界面上具有预倾角的结构。并且,两个界面上,

预倾角也可以不同。

[0193] 如图3所示,若用SEM(Scanning Electron Microscope(扫描型电子显微镜))观察具有源自液晶化合物的光轴的方向连续旋转而变化的液晶取向图案的胆甾醇型液晶层的X-Z面,则观察到明部及暗部交替地排列的排列方向以规定角度相对于主表面(X-Y面)倾斜的条纹图案。即,在通过SEM观察本发明的光学元件中所包括的胆甾醇型液晶层的截面上,源自胆甾醇型液晶相的明部及暗部相对于主表面倾斜。

[0194] 其中,在胆甾醇型液晶层中,优选在从法线方向及相对于法线倾斜的方向测定面内延迟Re时,在慢轴面内及快轴面内中的任一个中,面内延迟Re最小的方向从法线方向倾斜。具体而言,优选面内延迟Re成为最小的方向与法线所成的测定角的绝对值为5°以上。换句话说,优选胆甾醇型液晶层的液晶化合物相对于主表面倾斜,并且倾斜方向与胆甾醇型液晶层的亮部及暗部大致一致。另外,法线方向为相对于主表面正交的方向。

[0195] 通过使胆甾醇型液晶层具有这种结构,与液晶化合物LC和主表面平行的液晶层相比,能够以高衍射效率衍射圆偏振光。

[0196] 在胆甾醇型液晶层的液晶化合物相对于主表面倾斜,并且倾斜方向与明部及暗部大致一致的结构中,对应于反射面的明部及暗部与液晶化合物的光轴一致。因此,相对于光的反射(衍射)的液晶化合物的作用变大,能够提高衍射效率。其结果,能够更提高相对于入射光的反射光的光量。

[0197] 并且,本发明的光学元件中所包括的胆甾醇型液晶层可以具有暗部的平均倾斜角沿着一方向逐渐变化的区域。具有上述那样的区域的胆甾醇型液晶层通过液晶取向图案中的1周期的长度沿一方向逐渐变化而得。

[0198] 在上述区域中,暗部的平均倾斜角可以逐渐变大,也可以逐渐变小。

[0199] 另外,暗部的平均倾斜角逐渐变化是指平均倾斜角连续变化以及平均倾斜角阶段性变化。

[0200] 并且,本发明的光学元件中,根据光学元件的用途,可以具有随着液晶取向图案中的1周期的长度变短,暗部的平均倾斜角变大的区域。

[0201] (具有多个反射层对的结构)

[0202] 上述图2所示的光学元件10至少包括1组:反射层对,其为反射圆偏振光的旋转方向相同并且选择性的反射波长带的至少一部分重复的2个反射层(第1反射层和第2反射层)的组合;及相位差层,配置在反射层对的反射层之间。

[0203] 本发明并不限于上述方式,并以包括多个上述反射层对。包括多个反射层对时,优选在不同的反射层对之间,构成反射层对的反射层的选择反射中心波长彼此不同。并且,在包括多个反射层对的情况下,优选在各反射层对的反射层之间具有相位差层。只要各相位差层对应的反射层对的反射层的反射波长带的波长处具有λ/2相位差功能即可。

[0204] 并且,优选在不同的反射层对之间,构成反射层对的反射层所包括的胆甾醇型液晶层中的选择反射中心波长的长度的排列与1周期的长度的排列一致。

[0205] 在图2所示的光学元件10中,对各反射层包括3层胆甾醇型液晶层的方式进行了说明,但本发明不限于上述方式,只要是满足上述必要条件X的反射层,1~2层或4层以上的胆甾醇型液晶层可以包括各反射层。

[0206] <胆甾醇型液晶层和反射层的形成方法>

[0207] 反射层为包括胆甾醇型液晶层的层。

[0208] 胆甾醇型液晶层能够将胆甾醇型液晶相固定成层状而形成。

[0209] 固定胆甾醇型液晶相而成的结构为只要保持成为胆甾醇型液晶相的液晶化合物的取向的结构即可。固定胆甾醇型液晶相而成的结构典型地优选如下结构:将聚合性液晶化合物设为胆甾醇型液晶相的取向状态基础上,通过紫外线照射或加热进行聚合、固化,形成不具有流动性的层,同时改变成不会因外场或外力使取向形态产生变化的状态。

[0210] 另外,固定胆甾醇型液晶相而成的结构中,只要保持胆甾醇型液晶相的光学的性质就很充分,胆甾醇型液晶层中,液晶化合物可以不显示液晶性。例如,聚合性液晶化合物可以通过固化反应进行高分子量化而失去液晶性。

[0211] 作为固定胆甾醇型液晶相而成的胆甾醇型液晶层的形成中所使用的材料,作为一例,可举出包括液晶化合物的液晶组合物。液晶化合物优选为聚合性液晶化合物。

[0212] 并且,胆甾醇型液晶层的形成中所使用的液晶组合物还可以包括表面活性剂及手性试剂。

[0213] --聚合性液晶化合物--

[0214] 聚合性液晶化合物可以为棒状液晶化合物,也可以为圆盘状液晶化合物。

[0215] 作为形成胆甾醇型液晶相的棒状聚合性液晶化合物,可举出棒状向列相液晶化合物。作为棒状向列相液晶化合物,优选为甲亚胺类、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。

[0216] 通过将聚合性基团导入到液晶化合物而得到聚合性液晶化合物。作为聚合性基团,可举出不饱和聚合性基团、环氧基及氮丙啶基,优选不饱和聚合性基团,更优选烯属不饱和聚合性基团。能够以各种方法将聚合性基团导入到液晶化合物的分子中。聚合性液晶化合物所具有的聚合性基团的个数优选为1~6个,更优选为1~3个。

[0217] 聚合性液晶化合物的例包括Makromol.Chem.,190卷、2255页(1989年)、Advanced Materials 5卷、107页(1993年)、美国专利第4683327号说明书、美国专利第5622648号说明书、美国专利第5770107号说明书、国际公开第95/022586号、国际公开第95/024455号、国际公开第97/000600号、国际公开第98/023580号、国际公开第98/052905号、日本特开平1-272551号公报、日本特开平6-016616号公报、日本特开平7-110469号公报、日本特开平11-080081号公报及日本特开2001-328973号公报等中所记载的化合物。可以同时使用2种以上的聚合性液晶化合物。若同时使用2种以上的聚合性液晶化合物,则能够降低取向温度。

[0218] 并且,作为除了上述以外的聚合性液晶化合物,能够使用如日本特开昭57-165480号公报中所公开的具有胆甾醇相的环式有机聚硅氧烷化合物等。另外,作为上述高分子液晶化合物,能够使用将显示液晶的介晶基团导入到主链、侧链或者主链及侧链这两个位置的高分子、将胆甾醇基团导入到侧链的高分子胆甾醇型液晶、如日本特开平9-133810号公报中所公开的液晶性高分子及如日本特开平11-293252号公报中所公开的液晶性高分子等。

[0219] --圆盘状液晶化合物--

[0220] 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号公报等中所记载的圆盘状液晶化合物。

[0221] 并且,液晶组合物中的聚合性液晶化合物的含量相对于液晶组合物的固体成分质量(去除了溶剂的质量)优选为75～99.9质量%,更优选为80～99质量%,进一步优选为85～90质量%。

[0222] --表面活性剂--

[0223] 形成胆甾醇型液晶层时所使用的液晶组合物可以包括表面活性剂。

[0224] 表面活性剂优选作为取向控制剂发挥作用的化合物,该化合物有助于稳定或快速地形成平面取向的胆甾醇型液晶相。作为表面活性剂,例如,可举出硅酮系表面活性剂及氟系表面活性剂,优选氟系表面活性剂。

[0225] 作为表面活性剂的具体例,可以举出日本特开2014-119605号公报的[0082]～[0090]段中所记载的化合物、日本特开2012-203237号公报的[0031]～[0034]段中所记载的化合物、日本特开2005-099248号公报的[0092]及[0093]段中所例示的化合物、日本特开2002-129162号公报的[0076]～[0078]段及[0082]～[0085]段中所例示的化合物以及日本特开2007-272185号公报的[0018]～[0043]段等中所记载的氟(甲基)丙烯酸酯类聚合物等。

[0226]

[0227] 另外,表面活性剂可以单独使用1种,也可以同时使用2种以上。

[0228] 作为氟系表面活性剂,优选日本特开2014-119605号公报的[0082]至[0090]段中所记载的化合物。

[0229] 液晶组合物中的表面活性剂的含量相对于液晶化合物的总质量,优选为0.01～10质量%,更优选为0.01～5质量%,进一步优选为0.02～1质量%。

[0230] --手性试剂(光学活性化合物)--

[0231] 手性试剂(手性试剂)具有诱导胆甾醇型液晶相的螺旋结构的功能。由于通过化合物诱导的螺旋的扭曲方向或螺旋节距不同,因此手性试剂根据目的选择即可。

[0232] 作为手性试剂并无特别限制,能够使用公知的化合物(例如,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中所记载)、异山梨醇及异甘露糖醇衍生物等。

[0233] 手性试剂通常包括不对称碳原子,但是不包括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。轴向不对称化合物或表面不对称化合物的例中包括联萘、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。手性试剂与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,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、环氧基或吖丙啶基,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。

[0234] 并且,手性试剂也可以为液晶化合物。

[0235] 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。

[0236] 液晶组合物中的手性试剂的含量相对于液晶化合物的含有摩尔量，优选为0.01～200摩尔％，更优选为1～30摩尔％。

[0237] --聚合引发剂--

[0238] 当液晶组合物包括聚合性化合物时，液晶组合物优选包括聚合引发剂。在通过紫外线照射进行聚合反应的方式中，作为所使用的聚合引发剂，优选为能够通过紫外线照射引发聚合反应的光聚合引发剂。

[0239] 光聚合引发剂的例中可举出α-羰基化合物(美国专利第2367661号、美国专利第2367670号的各说明书中记载)、偶姻醚(美国专利第2448828号说明书中记载)、α-烃取代芳香族偶姻化合物(美国专利第2722512号说明书中记载)、多核醌化合物(美国专利第3046127号、美国专利第2951758号的各说明书中记载)、三芳基咪唑二聚物与对氨基苯基酮的组合(美国专利第3549367号说明书中记载)、吖啶及吩嗪化合物(日本特开昭60-105667号公报、美国专利第4239850号说明书中记载)以及噁二唑化合物(美国专利第4212970号说明书中记载)等。

[0240] 液晶组合物中的光聚合引发剂的含量相对于液晶化合物的含量优选为0.1～20质量％，更优选为0.5～12质量％。

[0241] --交联剂--

[0242] 为了提高固化后的膜强度并提高耐久性，液晶组合物可以含有交联剂。作为交联剂，能够优选使用通过紫外线、热及湿气等固化的交联剂。

[0243] 作为交联剂，并无特别限制，能够根据目的适当选择，例如可以举出三羟甲基丙烷三(甲基)丙烯酸酯及季戊四醇三(甲基)丙烯酸酯等多官能丙烯酸酯化合物；(甲基)丙烯酸缩水甘油酯及乙二醇二缩水甘油醚等环氧化合物；2,2-双羟基甲基丁醇-三[3-(1-吖丙啶基)丙酸酯]及4,4-双(亚乙基亚氨基羰基氨基)二苯基甲烷等吖丙啶化合物；六亚甲基二异氰酸酯及缩二脲型异氰酸酯等异氰酸酯化合物；在侧链上具有噁唑啉基的聚噁唑啉化合物；以及乙烯基三甲氧基硅烷、N-(2-氨基乙基)3-氨基丙基三甲氧基硅烷等烷氧基硅烷化合物。并且，能够根据交联剂的反应性使用公知的催化剂，除了提高膜强度及耐久性以外，还能够提高生产率。这些可以单独使用1种，也可以同时使用2种以上。

[0244] 交联剂的含量相对于液晶组合物的固体成分质量，优选为3～20质量％，更优选为5～15质量％。

[0245] --其他添加剂--

[0246] 液晶组合物中根据需要在不降低光学性能等的范围内还能够添加聚合抑制剂、抗氧化剂、紫外线吸收剂、光稳定剂、色料及金属氧化物微粒等。

[0247] 在形成胆甾醇型液晶层时，液晶组合物优选用作液体。

[0248] 液晶组合物可以包括溶剂。溶剂并无特别限制，能够根据目的适当选择，优选为有

机溶剂。

[0249] 作为有机溶剂,例如可以举出酮类、卤代烷类、酰胺类、亚砜类、杂环化合物、烃类、酯类及醚类。这些可以单独使用1种,也可以同时使用2种以上。

[0250] 形成胆甾醇型液晶层时,优选将液晶组合物涂布于胆甾醇型液晶层的形成面,将液晶化合物取向为胆甾醇型液晶相的状态之后,固化液晶化合物来形成胆甾醇型液晶层。

[0251] 即,在取向膜上形成胆甾醇型液晶层的情况下,优选将液晶组合物涂布于取向膜,将液晶化合物取向为胆甾醇型液晶相的状态之后,固化液晶化合物,形成固定胆甾醇型液晶相而成的胆甾醇型液晶层。

[0252] 液晶组合物的涂布能够利用所有的喷墨及滚动印刷等印刷法以及旋涂、棒涂及喷雾涂布等能够将液体同样地涂布于片状物的公知的方法。

[0253] 所涂布的液晶组合物根据需要进行干燥和/或加热,之后使其固化来形成胆甾醇型液晶层。在该干燥和/或加热的工序中,只要液晶组合物中的液晶化合物取向为胆甾醇型液晶相即可。在进行加热的情况下,加热温度优选为200℃以下,更优选为130℃以下。

[0254] 所取向的液晶化合物根据需要进而进行聚合。聚合可以为基于热聚合及光照射的光聚合中的任一种,但是优选光聚合。光照射优选使用紫外线。照射能量优选为20mJ/cm^2~50J/cm^2,更优选为50~1500mJ/cm^2。为了促进光聚合反应,也可以在加热条件下或氮气环境下实施光照射。所照射的紫外线的波长优选为250~430nm。

[0255] 胆甾醇型液晶层的厚度并无限制,根据光学元件的用途、胆甾醇型液晶层中所要求的光的反射率及胆甾醇型液晶层的形成材料等,适当设定可得到必要的光的反射率的厚度即可。

[0256] 光学元件中所包括的反射层的形成方法并没有特别限制,可举出通过上述方法形成胆甾醇型液晶层之后,通过上述方法在形成的胆甾醇型液晶层上进一步形成胆甾醇型液晶层,依次形成胆甾醇型液晶层的方法。

[0257] <其他部件>

[0258] 本发明的光学元件可以包括反射层以外的其他部件。

[0259] (支撑体)

[0260] 光学元件可以包括支撑体。

[0261] 支撑体只要能够支撑反射层和后述的取向膜,则能够利用各种片状物(膜、板状物)。

[0262] 另外,支撑体相对于对应的光(例如,波长550nm的光)的透射率优选为50%以上,更优选为70%以上,进一步优选为85%以上。

[0263] 支撑体的厚度并无特别限制,根据光学元件的用途及支撑体的形成材料等适当设定能够保持取向膜及胆甾醇型液晶层的厚度即可。

[0264] 支撑体的厚度优选为1~1000μm,更优选为3~250μm,进一步优选为5~150μm。

[0265] 支撑体可以为单层,也可以为多层。

[0266] 作为单层时的支撑体,可例示由玻璃、三乙酰纤维素(TAC)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚碳酸酯、聚氯乙烯、丙烯酸及聚烯烃等构成的支撑体。作为多层时的支撑体例,可例示包括前述单层的支撑体中的任一种等作为基板,并且在该基板的表面设置有其他层的支撑体等。

[0267] (取向膜)

[0268] 光学元件可以包括取向膜。

[0269] 胆甾醇型液晶层优选形成于取向膜上。另外,该取向膜是用于形成上述液晶取向图案的取向膜。

[0270] 取向膜能够利用公知的各种取向膜。

[0271] 例如,可例示由聚合物等有机化合物构成的摩擦处理膜、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)膜累计的膜等。

[0272] 基于摩擦处理的取向膜能够通过在规定方向上通过纸或布数次摩擦聚合物层的表面来形成。

[0273] 作为取向膜中所使用的材料,优选聚酰亚胺、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2005-097377号公报、日本特开2005-099228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。

[0274] 本发明的光学元件中,取向膜优选利用对光取向性的原材料照射偏振或非偏振而成为取向膜的所谓的光取向膜。即,本发明的光学元件中,作为取向膜,优选利用在支撑体上涂布光取向材料而形成的光取向膜。

[0275] 能够从垂直方向或倾斜方向对光取向膜进行偏振光的照射,且能够从倾斜方向对光取向膜进行非偏振光的照射。

[0276] 作为能够用于本发明的光取向膜中所使用的光取向材料,例如作为优选的例,可例示日本特开2006-285197号公报、日本特开2007-076839号公报、日本特开2007-138138号公报、日本特开2007-094071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聚酯以及日本特开平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。

[0277] 其中,可优选利用偶氮化合物、光交联性聚酰亚胺、光交联性聚酰胺、光交联性聚酯、肉桂酸酯化合物及查耳酮化合物。

[0278] 取向膜的厚度并无限制,根据取向膜的形成材料适当设定可得到所需的取向功能的厚度即可。

[0279] 取向膜的厚度优选为0.01～5μm,更优选为0.05～2μm。

[0280] 取向膜的形成方法并无限制,与取向膜的形成材料相对应的公知的方法能够利用各种。作为一例,可例示将取向膜涂布于支撑体的表面使其干燥之后,通过激光束曝光取向

膜,从而形成取向图案的方法。

[0281] 图9中概念性地示出曝光取向膜来形成取向图案的曝光装置的一例。

[0282] 图9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λ/2片65;将由激光器62射出的激光束M分离成光线MA及MB这2个的偏振光束分离器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λ/4片72A及72B。另外,虽省略图示,光源64射出直线偏振光P_0。λ/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,λ/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。

[0283] 在此所使用的λ/4板72A及72B为与所照射的光的波长对应的λ/4板即可。曝光装置60照射激光束M,因此例如只要激光束M的中心波长为325nm,则使用对325nm的波长的光发挥作用的λ/4板即可。

[0284] 具有形成取向图案之前的取向膜80的支撑体82配置于曝光部,使2个光线MA及光线MB在取向膜80上相交使其干涉,将其干涉光照射到取向膜80使其曝光。

[0285] 通过此时的干涉,照射到取向膜80的光的偏振状态成为以干涉条纹状周期性地产生变化的状态。由此,取向膜80中,可得到取向状态周期性地产生变化的取向图案。

[0286] 曝光装置60中,能够通过使2个光线MA及MB的交叉角α产生变化,调节取向图案的周期。即,曝光装置60中,通过调节交叉角α,源自液晶化合物LC的光轴朝向一个方向连续旋转的取向图案中,能够调节将光轴所旋转的1方向上的光轴旋转180°的1周期的长度。

[0287] 通过在具有这种取向状态周期性地产生变化的取向图案的取向膜上形成胆甾醇型液晶层,能够形成上述的具有源自液晶化合物LC的光轴朝向一个方向连续旋转的液晶取向图案的胆甾醇型液晶层。并且,能够通过分别将λ/4板72A及72B的光轴旋转90°,使光轴的旋转方向反转。

[0288] (贴合层)

[0289] 本发明的光学元件可以具有贴合层。

[0290] 贴合层只要为对成为贴合的对象的物体彼此进行贴合的层,就能够利用由公知的各种材料构成的层。作为贴合层,可以为贴合时具有流动性并且之后成为固体的由粘结剂构成的层,也可以为贴合时为凝胶状(橡胶状)的柔软的固体并且之后凝胶状的状态没有变化的由粘合剂构成的层,还可以为由具有粘结剂与粘合剂这两个特征的材料构成的层。因此,贴合层为用于通过光学透明粘结剂(OCA(Optical Clear Adhesive))、光学透明双面胶带及紫外线固化型树脂等光学装置及光学元件等贴合片状物的公知的层即可。

[0291] 另外,在本发明的光学元件中,可以通过用框架或夹具等保持各层而不使用贴合层来形成本发明的光学元件。

[0292] ＜用途＞

[0293] 本发明的光学元件可以适用于各种用途。

[0294] 本发明的光学元件能够应用于图像显示装置。更具体地,可举出包括本发明的光学元件和图像显示面板的图像显示装置。

[0295] 图像显示装置的结构并没有特别限制,但可举出还包括导光板的方式。

[0296] 更具体地,图10所示的图像显示装置90具有光学元件10A、导光板92及图像显示面板94。光学元件10A贴合到导光板92的主表面上的一端部,光学元件10A贴合到另一端部。在这种结构中,从图像显示面板94射出的光被一个光学元件10A反射,反射的光在导光板92内

被全反射并被导光。在导光板92内被导光的光通过另一个光学元件10A以偏离全反射条件的角度反射,射出到用户U侧。即,光学元件10A用作入射衍射元件和出射衍射元件。

[0297] 图像显示面板94并没有特别限制,但能够利用各种AR玻璃等中所使用的公知的显示元件(显示装置、投影仪)。

[0298] 作为显示元件,可例示液晶显示器(包括LCOS:Liquid Crystal On Silicon,硅基液晶等)、有机电致发光显示器、使用DLP(Digital Light Processing,数字光处理)及MEMS(Micro Electro Mechanical Systems:微机电系统)反射镜的扫面方式显示器等。

[0299] 另外,显示元件可以为显示单色图像(Monochrome image)的显示器,可以为显示二色图像的显示器,也可以为显示彩色图像的显示器。

[0300] 投影透镜还可以是用于AR(Augmented Reality(增强现实))眼镜等的公知的投影透镜(聚光透镜)。

[0301] 上述图像显示装置优选用作头戴式显示器。

[0302] 并且,除了上述用途以外,本发明的光学元件还可以应用于例如传感器和眼睛追踪装置等。

[0303] 实施例

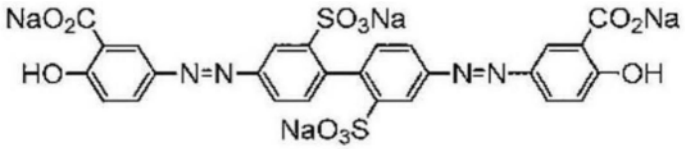
[0304] 以下列举实施例及比较例,对本发明的特征进行更具体的说明。以下实施例所示的材料、使用量、比例、处理内容及处理工序等,只要不脱离本发明的主旨便能够适当地变更。然而,本发明的范围不应被以下所示的具体例限定性地解释。

[0305] [原料]

[0306] 为制备胆甾醇型液晶层形成用的液晶组合物,使用以下原料。

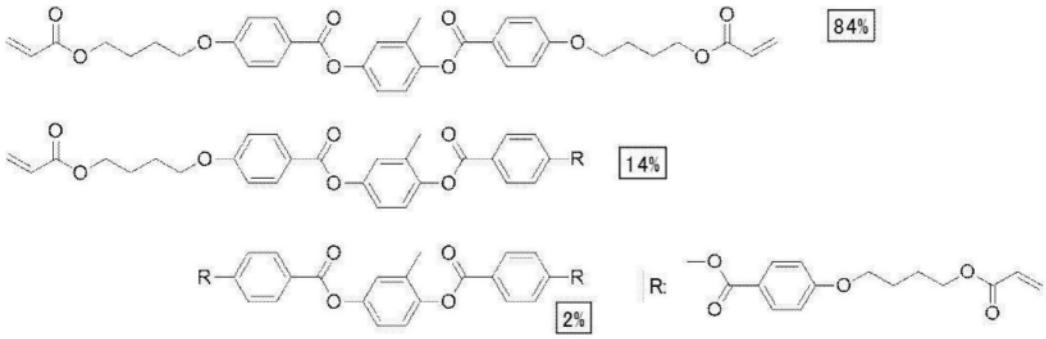
[0307] 光取向用原材料A

[0308] [化学式1]

[0309] 

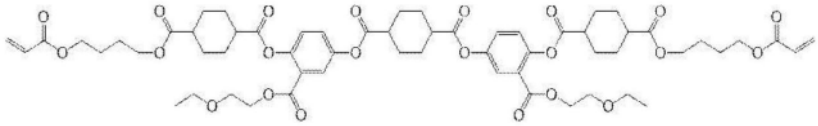
[0310] 液晶化合物L-1

[0311] [化学式2]

[0312] 

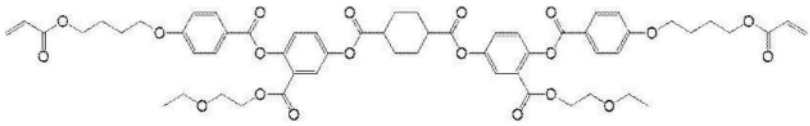
[0313] 液晶化合物L-2

[0314] [化学式3]

[0315] 

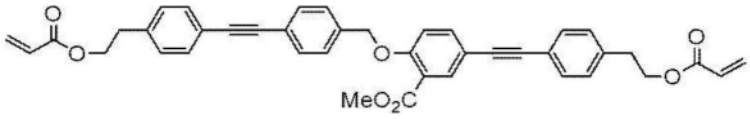
[0316] 液晶化合物L-3

[0317] [化学式4]

[0318] 

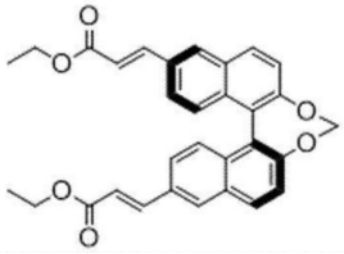
[0319] 液晶化合物L-4

[0320] [化学式5]

[0321] 

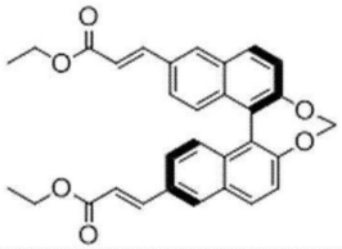
[0322] 手性试剂C-1

[0323] [化学式6]

[0324] 

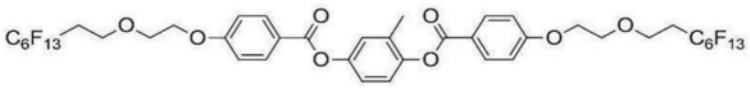
[0325] 手性试剂C-2

[0326] [化学式7]

[0327] 

[0328] 流平剂T-1

[0329] [化学式8]

[0330] 

[0331] [比较例1]

[0332] ＜反射层的制作＞

[0333] (支撑体)

[0334] 作为支撑体,准备了玻璃基板。

[0335] (取向膜的形成)

[0336] 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。

[0337] 取向膜形成用涂布液

[0338]

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

[0339] (取向膜的曝光)

[0340] 使用图9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。

[0341] 曝光装置中,作为激光器,使用射出波长(325nm)的激光束的装置。将基于干涉光的曝光量设为1000mJ/cm^2。另外,由2个激光束及其干涉形成的取向图案的1周期(光轴旋转180°的长度)通过改变2个光的交叉角(交叉角α)来控制。

[0342] (胆甾醇型液晶层的形成)

[0343] 作为形成胆甾醇型液晶层的液晶组合物,制备了下述组合物A-1。

[0344] 组合物A-1

[0345]

液晶化合物L-1	100.00质量份
手性试剂C-1	3.18质量份
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
环戊酮	900.00质量份

[0346] 首先,在取向膜P-1上涂布上述组合物A-1,将涂膜在热板上加热至80℃,之后在80℃下且在氮气环境下使用高压汞灯以300mJ/cm^{2}的照射量向涂膜照射波长365nm的紫外线,以使液晶化合物的取向固定化,从而形成了胆甾醇型液晶层。

[0347] 接着,在该胆甾醇型液晶层上重叠涂布组合物A-1,在与上述相同的条件下进行加热、冷却后进行紫外线固化。如此,重复反复涂布直至形成的胆甾醇型液晶层的总厚度成为所期望的膜厚为止,形成胆甾醇型液晶层,从而制作了反射层。

[0348] 用扫描型电子显微镜(SEM(Scanning Electron Microscope))确认了涂布层的截面的结果,相对于主表面的法线方向(厚度方向)的螺旋节距数为9节距。并且,明部和暗部相对于主表面倾斜。在此所述的明部及暗部为通过SEM观察胆甾醇型液晶层的截面时可见的源自胆甾醇型液晶相的明部及暗部。

[0349] 通过偏振光显微镜确认了胆甾醇型液晶层成为如图4所示的周期性取向表面。另外,通过SEM确认了胆甾醇型液晶层的截面,在胆甾醇型液晶层的液晶取向图案中,液晶化合物的光轴旋转180°的1周期Λ为0.7μm。

[0350] 使用紫外可见近红外分光光度计(“UV-3100”,SHIMADZU CORPORATION制造)测定

所制作的反射层的反射光谱。根据得到的反射光谱,反射中心波长为530nm。并且,胆甾醇型液晶层的Δn(550)为0.15。

[0351] [实施例1]

[0352] ＜第1反射层的制作＞

[0353] (取向膜的形成)

[0354] 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。

[0355] (第1胆甾醇型液晶层的形成)

[0356] 作为形成第1胆甾醇型液晶层的液晶组合物,在比较例1的组合物A-1中,将液晶化合物L-1改变为液晶化合物L-2和液晶化合物L-3,调整混合比例,并调整手性剂C-1的添加量,制备了组合物B-1。

[0357] 与比较例1同样地,在取向膜P-1上以成为所期望的膜厚的方式涂布上述组合物B-1,形成了第1胆甾醇型液晶层。

[0358] (第2胆甾醇型液晶层的形成)

[0359] 作为形成第2胆甾醇型液晶层的液晶组合物,制备了与比较例1的组合物A-1相同组成的组合物B-2。

[0360] 与比较例1同样地,在第1胆甾醇型液晶层上以成为所期望的膜厚的方式涂布上述组合物B-2,形成了第2胆甾醇型液晶层。

[0361] (第3胆甾醇型液晶层的形成)

[0362] 与比较例1同样地,在第2胆甾醇型液晶层上以成为所期望的膜厚的方式涂布上述组合物B-1,形成第3胆甾醇型液晶层,制作了第1反射层。

[0363] ＜相位差层的制作＞

[0364] 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,获得了具有光学各向异性层A的薄膜。

[0365] 光学各向异性层A为正A板(相位差片),控制正A板的厚度以使Re(530)成为265nm。

[0366] 通过与日本特开2015-200861号公报的0124段中所记载的正C板相同的方法制作了正C板(其中,以Rth(530)成为-139nm的方式,控制正C板的厚度)。

[0367] ＜第2反射层的制作＞

[0368] (取向膜的形成)

[0369] 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。

[0370] ＜第4～第6胆甾醇型液晶层的形成＞

[0371] 以与第1～第3胆甾醇型液晶层相同的方式形成第4～第6胆甾醇型液晶层,制作了第2反射层。

[0372] 使用粘结剂将正A板贴合到第1反射层的第3胆甾醇型液晶层侧。接着,使用粘结剂将正C板贴合到正A板上。

[0373] 将第2反射层转印到伪支撑体上,并经由粘合剂层,将第4胆甾醇型液晶层侧以相位差层、第3胆甾醇型液晶层侧的顺序配置的方式进行贴合,制作了光学元件。

[0374] 通过SEM确认从第1胆甾醇型液晶层到第6胆甾醇型液晶层的截面,结果,相对于主

表面的法线方向(厚度方向)的螺旋节距数,第1胆甾醇型液晶层为5节距,第2胆甾醇型液晶层9节距、第3胆甾醇型液晶层为5节距、第4胆甾醇型液晶层为5节距、第5胆甾醇型液晶层为9节距、第6胆甾醇型液晶层为5节距。并且,明部和暗部各层相对于主表面倾斜。各胆甾醇型液晶层的液晶取向图案中,液晶化合物的光轴旋转180°的1周期Λ均为0.7μm。

[0375] 制作的第1反射层和第2反射层的反射中心波长均为530nm。并且,胆甾醇型液晶层的双折射Δn(550)分别为,第1胆甾醇型液晶层为0.08、第2胆甾醇型液晶层为0.15、第3胆甾醇型液晶层为0.08、第4胆甾醇型液晶层为0.08、第5胆甾醇型液晶层为0.15、第6胆甾醇型液晶层为0.08。因此,各反射层满足必要条件X。

[0376] [实施例2～3]

[0377] 实施例1中,适当调整手性试剂C-1的添加量,将胆甾醇型液晶层涂布至所期望的膜厚,形成各胆甾醇型液晶层,除此以外,同样地形成反射层,制作了光学元件。各胆甾醇型液晶层的螺旋节距数和双折射Δn(550)如表1所示。

[0378] [实施例4～5]

[0379] 实施例1中,适当调整液晶化合物L-2和液晶化合物L-3的混合比例以及手性试剂C-1的添加量,将手性试剂液晶层涂布至所期望的厚度,形成各胆甾醇型液晶层,除此以外,同样地形成反射层,制作了光学元件。各胆甾醇型液晶层的螺旋节距数和双折射Δn(550)如表1所示。

[0380] [实施例6]

[0381] ＜第1反射层的制作＞

[0382] (第1胆甾醇型液晶层)

[0383] 将组合物B-1中使用的液晶化合物改变为液晶化合物L-1～液晶化合物L-4,调整这些的混合比例,进一步适当调整手性试剂C-1的添加量,得到了规定的组合物。接着,以与比较例1相同的方式,将所获得的组合物以成为期望的膜厚的方式涂布在取向膜P-1上,以成为后述的表3中记载的螺旋节距数的方式形成了规定的膜厚的第1胆甾醇型液晶层。

[0384] (第2胆甾醇型液晶层的形成)

[0385] 将组合物B-1中使用的液晶化合物改变为液晶化合物L-1～液晶化合物L-4,调整这些的混合比例,进一步适当调整手性试剂C-1的添加量,得到了规定的组合物。接着,以与比较例1相同的方式,将所获得的组合物以成为期望的膜厚的方式涂布在第1胆甾醇型液晶层上,以成为后述的表3中记载的螺旋节距数的方式形成了规定的膜厚的第2胆甾醇型液晶层。

[0386] (第3胆甾醇型液晶层的形成)

[0387] 得到与比较例1的组合物A-1相同的组合物。接着,以与比较例1相同的方式,将所获得的组合物以成为期望的膜厚的方式涂布在第2胆甾醇型液晶层上,以成为后述的表3中记载的螺旋节距数的方式形成了规定的膜厚的第3胆甾醇型液晶层。

[0388] (第4胆甾醇型液晶层的形成)

[0389] 将组合物B-1中使用的液晶化合物改变为液晶化合物L-1～液晶化合物L-4,调整这些的混合比例,进一步适当调整手性试剂C-1的添加量,得到了规定的组合物。接着,以与比较例1相同的方式,将所获得的组合物以成为期望的膜厚的方式涂布在第3胆甾醇型液晶层上,以成为后述的表3中记载的螺旋节距数的方式形成了规定的膜厚的第4胆甾醇型液晶

层。

[0390] (第5胆甾醇型液晶层的形成)

[0391] 将组合物B-1中使用的液晶化合物改变为液晶化合物L-1～液晶化合物L-4,调整这些的混合比例,进一步适当调整手性试剂C-1的添加量,得到了规定的组合物。接着,以与比较例1相同的方式,将所获得的组合物以成为期望的膜厚的方式涂布在第4胆甾醇型液晶层上,以成为后述的表3中记载的螺旋节距数的方式形成了规定的膜厚的第5胆甾醇型液晶层,制作了第1反射层。

[0392] ＜相位差层的制作＞

[0393] 以与实施例1相同的方式,在第5胆甾醇型液晶层上制作相位差层(A板和C板)。

[0394] ＜第2反射层的制作＞

[0395] (取向膜的形成)

[0396] 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。

[0397] (第6～第10胆甾醇型液晶层的形成)

[0398] 以与第1～第5胆甾醇型液晶层相同的方式形成第6～第10胆甾醇型液晶层,制作了第2反射层。

[0399] 将第2反射层转印到伪支撑体上,并经由粘合剂层,将第6胆甾醇型液晶层侧以相位差层、第5胆甾醇型液晶层侧的顺序配置的方式进行贴合,制作了光学元件。

[0400] 第1反射层的选择反射中心波长和第2反射层的选择反射中心波长均为530nm。各胆甾醇型液晶层的液晶取向图案中,液晶化合物的光轴旋转180°的1周期Λ均为0.7μm。

[0401] 并且,各胆甾醇型液晶层的双折射Δn(550)分别如表3所示。

[0402] [比较例2]

[0403] (取向膜的曝光)

[0404] 在比较例1的取向膜的曝光中,改变2个光的交叉角(交叉角α),使得液晶化合物的光轴旋转180°的1周期Λ成为1.3μm,除此以外,以相同的方式制作了取向膜P-3。

[0405] ＜反射层的制作＞

[0406] 在比较例1中,将手性试剂C-1的添加量调整为2.0质量份,改变胆甾醇型液晶层的膜厚,除此以外,以相同的方式制作了反射层。

[0407] 使用紫外可见近红外分光光度计(“UV-3100”,SHIMADZU CORPORATION制造)测定所制作的反射层的反射光谱。根据所得到的反射光谱,反射中心波长为980nm。并且,胆甾醇型液晶层的Δn(550)为0.15。

[0408] 并且,螺旋节距数为9节距。

[0409] [实施例7]

[0410] ＜反射层的制作＞

[0411] (取向膜的曝光)

[0412] 在实施例1的取向膜的曝光中,改变2个光的交叉角(交叉角α),使得液晶化合物的光轴旋转180°的1周期Λ成为1.3μm,除此以外,以相同的方式改变为取向膜P-1并制作了取向膜P-3。

[0413] (胆甾醇型液晶层的形成)

[0414] 组合物B-1中,适当调整手性试剂C-1的添加量,将所获得的组合物以成为期望的膜厚的方式涂布在第3胆甾醇型液晶层上,以成为后述的表2中记载的螺旋节距数的方式形成了规定的膜厚的各胆甾醇型液晶层,除此以外,以相同的方式制作了第1反射层和第2反射层。

[0415] ＜相位差层的制作＞

[0416] 通过改变实施例1的正A板的厚度和正C板的厚度,将A板的面内延迟Re和C板的厚度方向延迟Rth设定为表2所示的值,制作了相位差层。

[0417] 使用粘结剂将正A板贴合到第1反射层的第3胆甾醇型液晶层侧。接着,使用粘结剂将正C板贴合到正A板上。

[0418] 将第2反射层转印到伪支撑体上,并经由粘合剂层,将第4胆甾醇型液晶层侧以相位差层、第3胆甾醇型液晶层侧的顺序配置的方式进行贴合,制作了光学元件。各胆甾醇型液晶层的螺旋节距数和双折射Δn(550)如表2所示。

[0419] [实施例8～9]

[0420] 实施例7中,适当调整手性试剂C-1的添加量,以成为后述的表2记载的螺旋节距数的方式形成所期望的膜厚的各胆甾醇型液晶层,除此以外,以相同的方式制作了光学元件。各胆甾醇型液晶层的螺旋节距数和双折射Δn(550)如表2所示。

[0421] [实施例10～11]

[0422] ＜反射层的制作＞

[0423] 实施例7中,适当调整液晶化合物L-1、液晶化合物L-2和液晶化合物L-3的含量、以及手性试剂C-1的添加量,成为后述的表2记载的螺旋节距数的方式形成规定的膜厚的各胆甾醇型液晶层,除此以外,以相同的方式制作了光学元件。

[0424] [实施例12]

[0425] (取向膜的曝光)

[0426] 在实施例1的取向膜的曝光中,改变2个光的交叉角(交叉角α),除此以外,以相同的方式改变为取向膜P-1并制作了取向膜P-3。

[0427] ＜第1反射层的制作＞

[0428] 实施例6中,调整手性试剂C-1的添加量,以成为后述的表3记载的螺旋节距数的方式形成规定的膜厚的各胆甾醇型液晶层,除此以外,以相同的方式制作了光学元件。另外,将相位差层变更为实施例7中制作的相位差层。

[0429] ＜旁瓣产生、反射率评价＞

[0430] 使用紫外可见近红外分光光度计(“UV-3100”,SHIMADZU CORPORATION制造)测定所制作的光学元件的反射率。

[0431] 基于获得的反射光谱数据,如图1所示,决定反射波长带(选择反射带)的短波长侧的端部E1的波长和长波长侧的端部E2的波长。反射波长带的短波长侧的端部E1是指表示从反射波长带朝向短波长侧最初反射率成为5％以下的凹部的最低反射率的波长。选择波长带的长波长侧的端部E2是指表示从反射波长带朝向长波长侧最初反射率成为5％以下的凹部的最低反射率的波长。

[0432] 计算从端部E1的波长减去100nm的位置P1的波长,计算端部E1的波长到位置P1的波长之间的反射率的累计值V1。并且,计算从端部E2的波长加上100nm的位置P2的波长,计

算端部E2的波长到位置P2的波长之间的反射率的累计值V2。

[0433] 通过将所获得的累计值V1和V2相加来计算旁瓣的反射率。

[0434] 并且,对选择反射带的选择中心反射波长的反射率进行了评价。

[0435] 在表1～表3中,“选择中心反射波长(nm)”一栏表示光学元件的选择中心反射波长(nm)。

[0436] 表1～表3中,“液晶取向图案的1周期Λ(μm)”一栏表示各胆甾醇型液晶层的液晶取向图案的1周期Λ的值。

[0437] 在表1～表3中,“第1层”～“第10层”分别表示第1胆甾醇型液晶层～第10胆甾醇型液晶层。

[0438] 表1～表3中,“第1区域的双折射Δn(550)”、“第2区域的双折射Δn(550)”及“第3区域的双折射Δn(550)”表示由第1反射层和第2反射层的必要条件X定义的第1区域～第3区域的双折射Δn(550)(波长550nm处的双折射)。

[0439] [表1]

[0440]

		比较例1	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5
反射中心波长[nm]		530	530	530	530	530	530
取向图案的1周期Λ[μm]		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
双折射Δn(550)/第1反射层	第1层	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第2层	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	第3层	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
相位差层	A板Re[nm](波长)	-	265(530)	265(530)	265(530)	265(530)	265(530)
	C板Rth[nm](波长)	-	-140(530)	-140(530)	-140(530)	-140(530)	-140(530)
双折射Δn(550)/第2反射层	第4层	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第5层	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	第6层	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
螺旋节距数/第1反射层	第1层	9	5	2.5	7	5	5
	第2层	-	9	9	9	9	9
	第3层	-	5	2.5	7	5	5
螺旋节距数/第2反射层	第4层	-	5	2.5	7	5	5
	第5层	-	9	9	9	9	9
	第6层	-	5	2.5	7	5	5
第1反射层	第1区域的双折射Δn(550)	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第2区域的双折射Δn(550)	0.15	0.12	0.14	0.11	0.11	0.13
	第3区域的双折射Δn(550)	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
第2反射层	第1区域的双折射Δn(550)	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第2区域的双折射Δn(550)	0.15	0.12	0.14	0.11	0.11	0.13
	第3区域的双折射Δn(550)	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
反射中心波长的反射率		<50%	>80%	>80%	>80%	>80%	>80%

[0441] [表2]

[0442]

		比较例2	实施例7	实施例8	实施例9	实施例10	实施例11
反射中心波长[nm]		980	980	980	980	980	980
取向图案的1周期Λ[μm]		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
双折射Δn（550）/第1反射层	第1层	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第2层	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	第3层	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
相位差层	A板Re[nm]（波长）	-	490（980）	490（980）	490（980）	490（980）	490（980）
	C板Rth[nm]（波长）	-	-260（980）	-260（980）	-260（980）	-260（980）	-260（980）
双折射Δn（550）/第2反射层	第4层	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第5层	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	第6层	-	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
螺旋节距数/第1反射层	第1层	9	5	2.5	7	5	5
	第2层	-	9	9	9	9	9
	第3层	-	5	2.5	7	5	5
螺旋节距数/第2反射层	第4层	-	5	2.5	7	5	5
	第5层	-	9	9	9	9	9
	第6层	-	5	2.5	7	5	5
第1反射层	第1区域的双折射Δn（550）	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第2区域的双折射Δn（550）	0.15	0.12	0.14	0.11	0.11	0.13
	第3区域的双折射Δn（550）	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
第2反射层	第1区域的双折射Δn（550）	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
	第2区域的双折射Δn（550）	0.15	0.12	0.14	0.11	0.11	0.13
	第3区域的双折射Δn（550）	0.15	0.08	0.08	0.08	0.05	0.10
反射中心波长的反射率		<50%	>80%	>80%	>80%	>80%	>80%

[0443] [表3]

[0444]

		实施例6	实施例12
反射中心波长[nm]		530	980
取向图案的1周期Λ[μm]		0.7	1.3
双折射Δn（550）/第1反射层	第1层	0.05	0.05
	第2层	0.10	0.10
	第3层	0.15	0.15
	第4层	0.10	0.10
	第5层	0.05	0.05
相位差层	A板Re[nm]（波长）	265（530）	490（980）
	C板Rth[nm]（波长）	-140（530）	-260（980）
双折射Δn（550）/第2反射层	第6层	0.05	0.05
	第7层	0.10	0.10
	第8层	0.15	0.15
	第9层	0.10	0.10
	第10层	0.05	0.05
螺旋节距数/第1反射层	第1层	2.2	2.2
	第2层	2.8	2.8
	第3层	9	9
	第4层	2.8	2.8
	第5层	2.2	2.2
螺旋节距数/第2反射层	第6层	2.2	2.2
	第7层	2.8	2.8
	第8层	9	9
	第9层	2.8	2.8
	第10层	2.2	2.2
第1反射层	第1区域的双折射Δn（550）	0.05	0.05
	第2区域的双折射Δn（550）	0.13	0.13
	第3区域的双折射Δn（550）	0.05	0.05
第2反射层	第1区域的双折射Δn（550）	0.05	0.05
	第2区域的双折射Δn（550）	0.13	0.13
	第3区域的双折射Δn（550）	0.05	0.05
反射中心波长的反射率		>80%	>80%

[0445] 另外,实施例1～实施例6中,第1反射层和第2反射层的选择反射中心波长均为530nm。并且,第1反射层和第2反射层反射的圆偏振光的旋转方向相同。并且,相位差层在第1反射层和第2反射层的反射波长带的波长处具有λ/2相位差功能。并且,第1反射层和第2反射层中所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向均相同。

[0446] 并且,实施例7～实施例12中,第1反射层和第2反射层的选择反射中心波长均为980nm。并且,第1反射层和第2反射层反射的圆偏振光的旋转方向相同。并且,相位差层在第1反射层和第2反射层的反射波长带的波长处具有λ/2相位差功能。并且,第1反射层和第2反

射层中所包括的胆甾醇型液晶层中的液晶取向图案的液晶化合物的光轴连续变化的方向均相同。

[0447] 与比较例1相比,确认了实施例1～实施例6中降低旁瓣的反射率。并且,与实施例1～实施例5相比,实施例6的旁瓣的反射率的降低效果高。

[0448] 与比较例2相比,确认了实施例7～实施例12中降低旁瓣的反射率。并且,与实施例7～实施例11相比,实施例12的旁瓣的反射率的降低效果高。

[0449] 以上的结果表明本发明的效果明显。

[0450] 符号说明

[0451] 10-光学元件,12-第1反射层,14-第2反射层,20-第1胆甾醇型液晶层,22-第2胆甾醇型液晶层,24-第3胆甾醇型液晶层,30-第4胆甾醇型液晶层,32-第5胆甾醇型液晶层,34-第6胆甾醇型液晶层,40、42、44-胆甾醇型液晶层,60-曝光装置,62-激光器,64-光源,65-λ/2板,68-偏振光束分离器,70A、70B-反射镜,72A、72B-λ/4板,80-取向膜,82-支撑体,90-图像显示装置,92-导光板,94-图像显示面板。

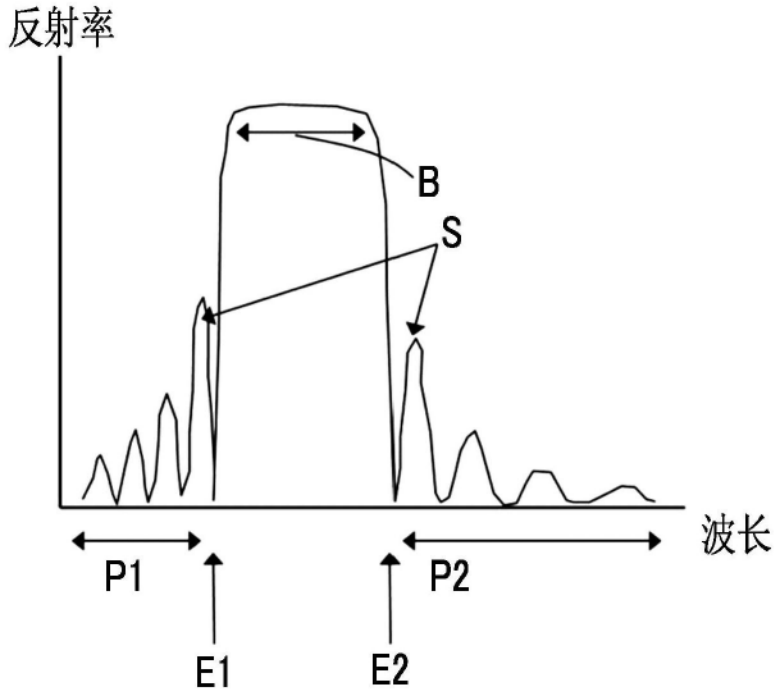


图1

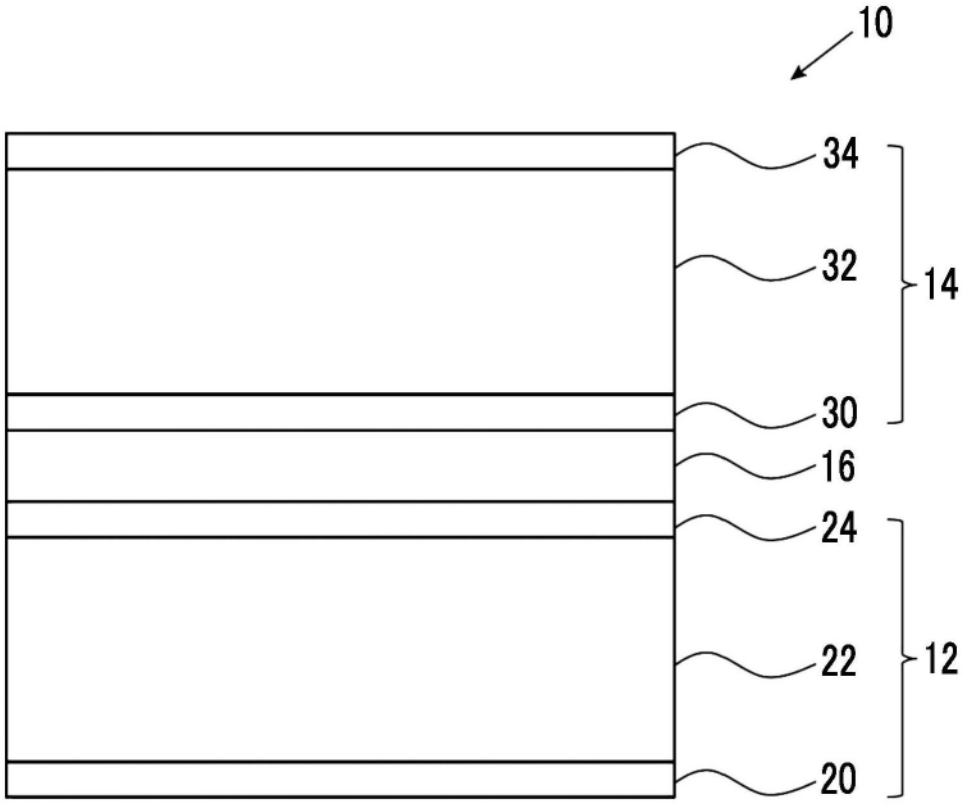


图2

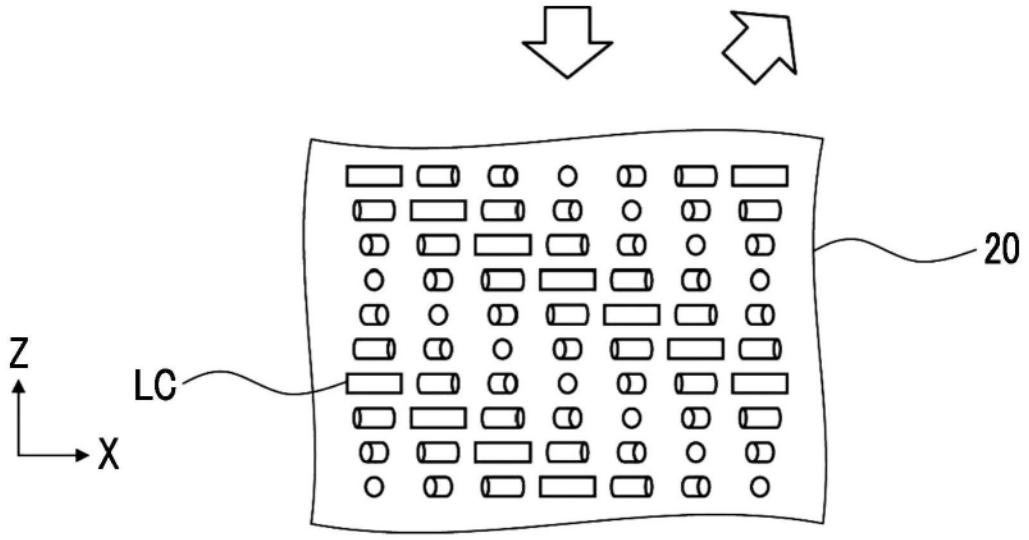


图3

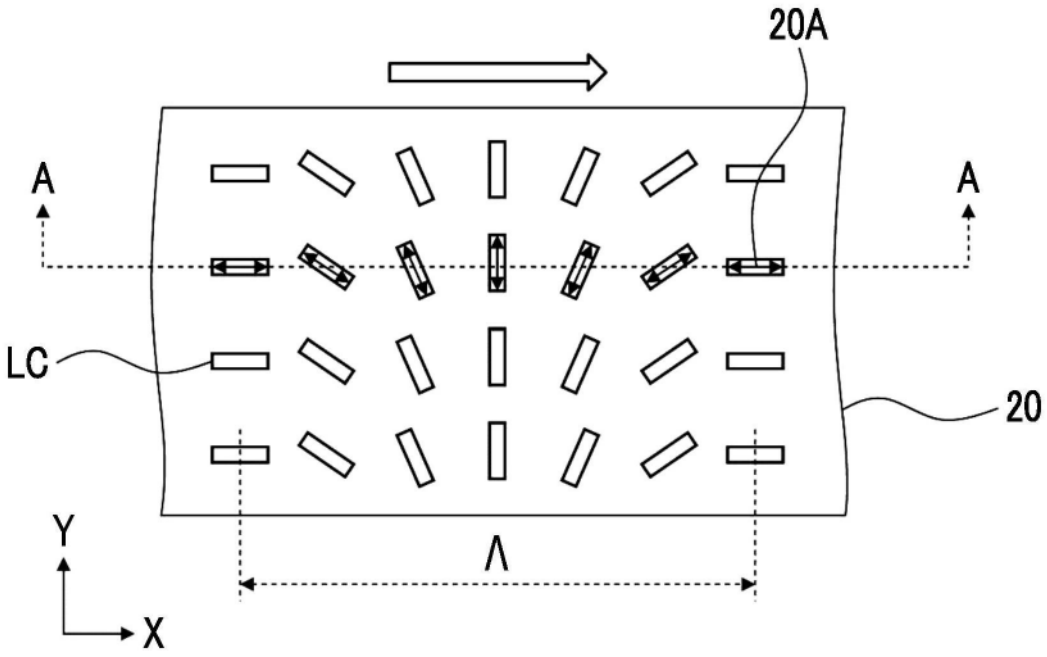


图4

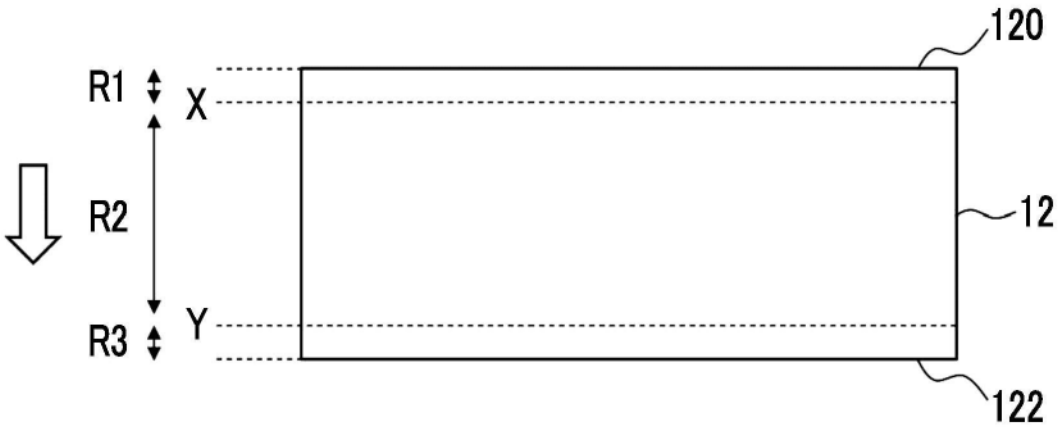


图5

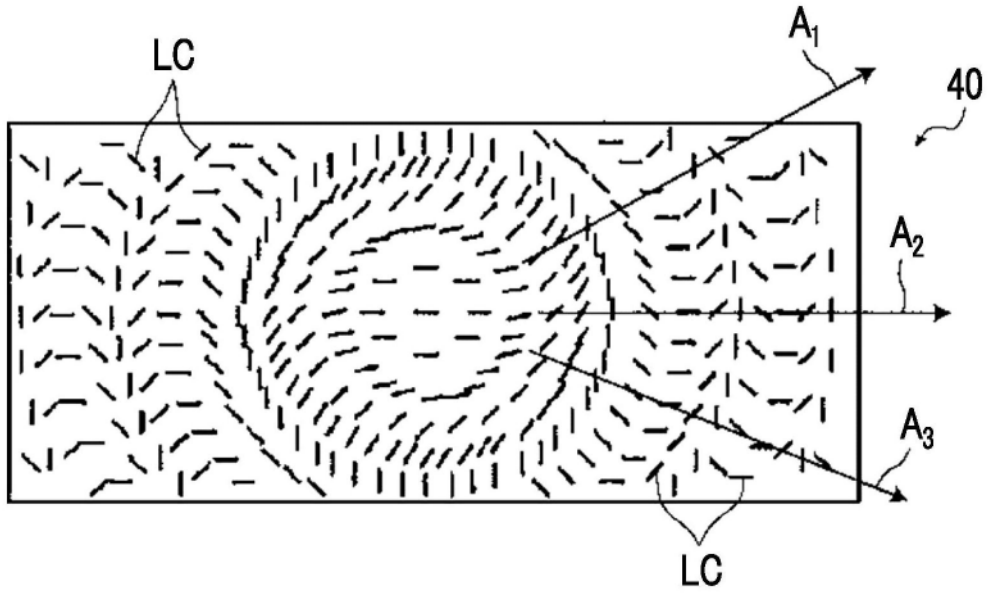


图6

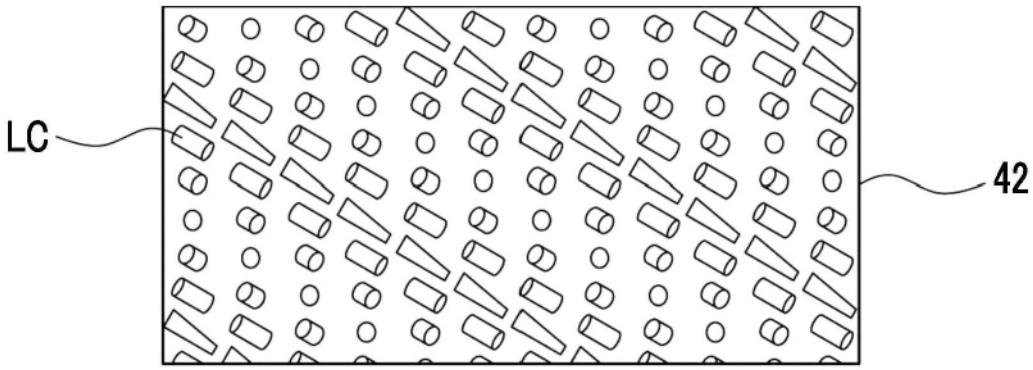


图7

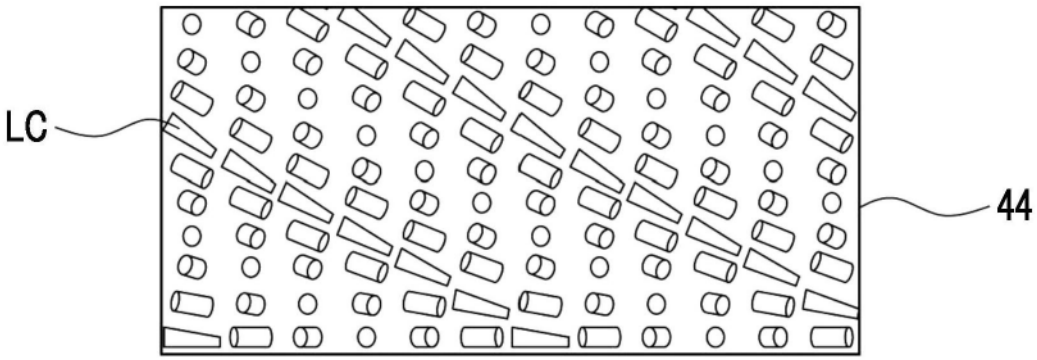

LC
44

图8

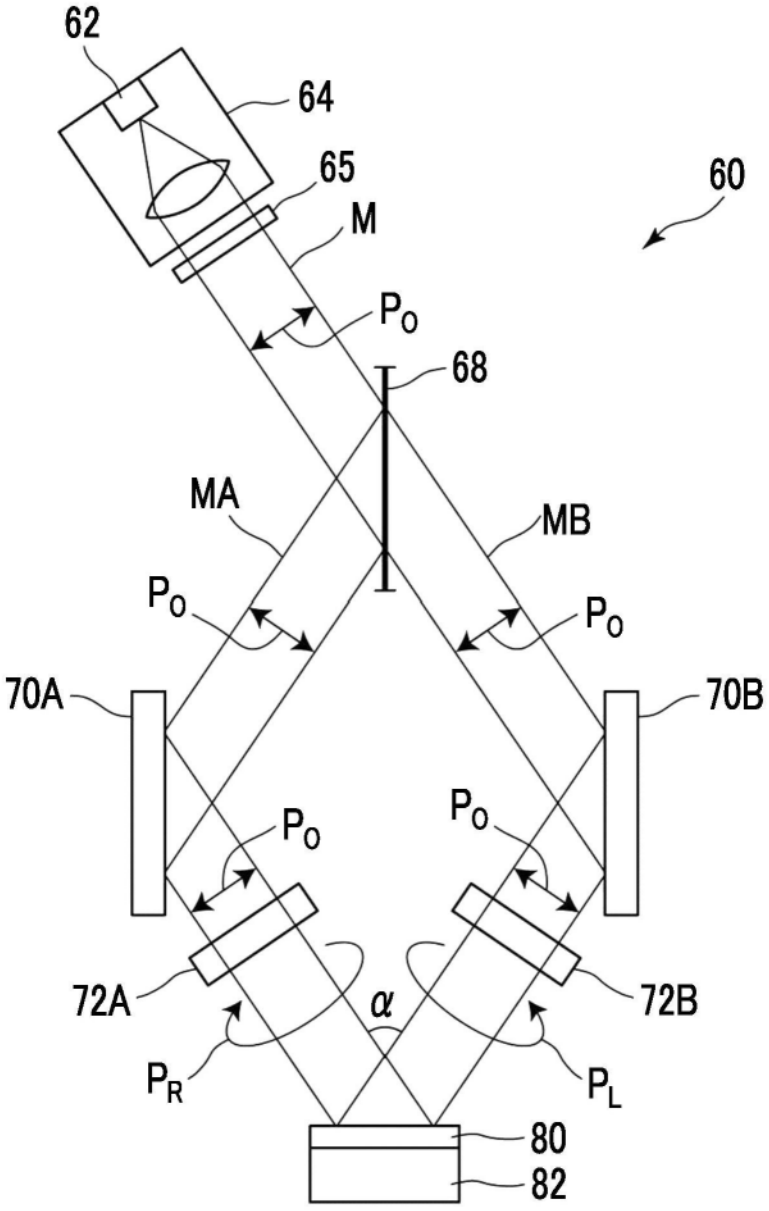

62
64
65
M
60
P_O
68
MA
MB
P_O
P_O
70A
70B
P_O
P_O
72A
α
72B
P_R
P_L
80
82

图9

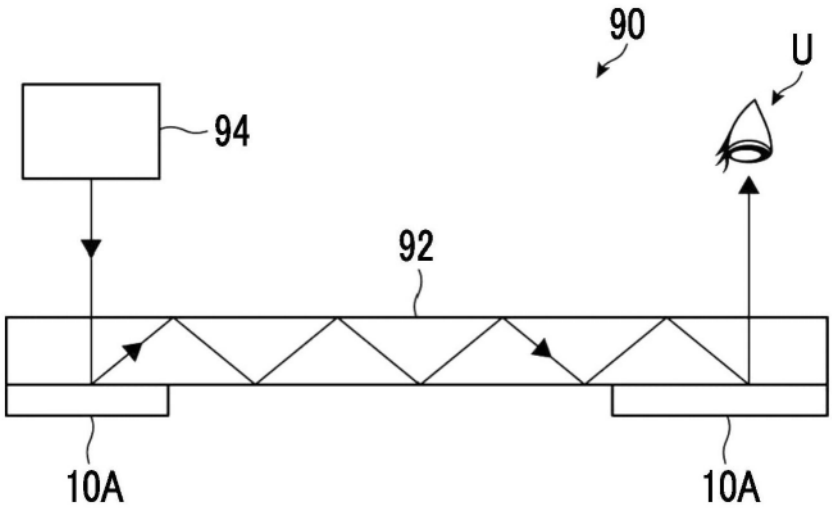


图10