



(10) 申请公布号 CN 118235067 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 21

(21) 申请号 202280075234.5

(22) 申请日 2022.11.17

(30) 优先权数据

2021-187851 2021.11.18 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.05.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/042692 2022.11.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/090392 JA 2023.05.25

(71) 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本

(72) 发明人 久永和也 齐藤之人 矢内雄二郎

(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 陈建全

(51) Int.Cl.

G02B 5/18 (2006.01)

B32B 7/023 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01)

G02F 1/13 (2006.01)

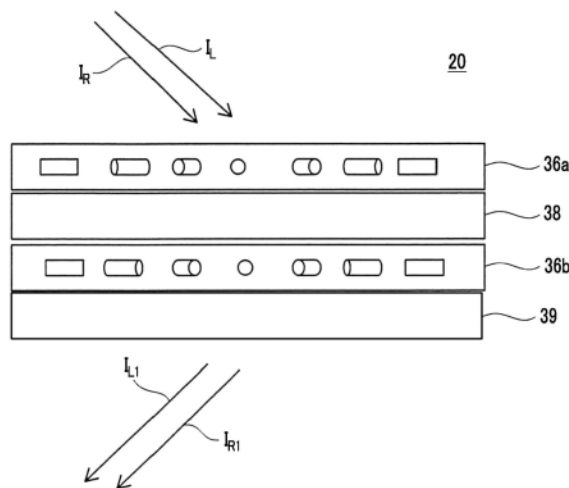
权利要求书2页 说明书29页 附图10页

(54) 发明名称

透射型液晶衍射元件

(57) 摘要

本发明提供一种能够使不同的偏振光向相同的方向衍射,进而能够维持入射时的偏振状态的透射型液晶衍射元件。该透射型液晶衍射元件具有:第1光学各向异性层和第2光学各向异性层,分别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;及两个相位差层,分别配置于第2光学各向异性层的与第1光学各向异性层相反的一侧及第1光学各向异性层与第2光学各向异性层之间,其中,第1光学各向异性层与第2光学各向异性层在液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,并且第1光学各向异性层与第2光学各向异性层的液晶取向图案的1个周期相同,相位差层为正C板或者0板,正C板满足下述式(1)。

$$0.12 \leq |R_{th}(\lambda)/\lambda| \leq 0.66 \quad (1)$$


1. 一种透射型液晶衍射元件,其具有:

第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,分别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,及

两个相位差层,分别配置于所述第2光学各向异性层的与所述第1光学各向异性层相反的一侧及所述第1光学各向异性层与所述第2光学各向异性层之间,

所述第1光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与所述第2光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,

当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,所述第1光学各向异性层的所述液晶取向图案的1个周期与所述第2光学各向异性层的所述液晶取向图案的1个周期相同,

所述相位差层为正C板或者0板,

所述正C板满足下述式(1),

$$0.12 \leq |\text{Rth}(\lambda)/\lambda| \leq 0.66 \quad (1)$$

式中, λ 表示入射光的波长(nm), $\text{Rth}(\lambda)$ 表示在波长 λ nm下的所述相位差层的厚度方向的延迟(nm)。

2. 一种透射型液晶衍射元件,其具有:

第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,分别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,及

两个相位差层,分别配置于所述第2光学各向异性层的与所述第1光学各向异性层相反的一侧及所述第1光学各向异性层与所述第2光学各向异性层之间,

所述第1光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与所述第2光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,

当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,所述第1光学各向异性层的所述液晶取向图案的1个周期 Λ_1 与所述第2光学各向异性层的所述液晶取向图案的1个周期 Λ_2 满足 $\Lambda_1/\Lambda_2=0.2 \sim 5$,

所述相位差层为正C板或者0板,

所述正C板满足下述式(1),

$$0.12 \leq |\text{Rth}(\lambda)/\lambda| \leq 0.66 \quad (1)$$

式中, λ 表示入射光的波长(nm), $\text{Rth}(\lambda)$ 表示在波长 λ nm下的所述相位差层的厚度方向的延迟(nm)。

3. 根据权利要求1或2所述的透射型液晶衍射元件,其中,

所述第1光学各向异性层及所述第2光学各向异性层在厚度方向上,所述液晶化合物扭曲取向,

所述扭曲取向的扭曲角小于 360° ,

所述第1光学各向异性层中的所述液晶化合物的扭曲方向与所述第2光学各向异性层中的所述液晶化合物的扭曲方向相反。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其中,

所述液晶化合物为棒状液晶化合物。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其中,

所述棒状液晶化合物的折射率差 Δn 为 $0.2 \sim 1$ 。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的透射型液晶衍射元件, 其中, 在所述两个相位差层中, 入射侧的相位差层为0板, 射出侧的相位差层为正C板。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的透射型液晶衍射元件, 其具有:

$\lambda/4$ 板, 配置于所述第1光学各向异性层的与所述第2光学各向异性层相反的一侧及相位差层的与所述第1光学各向异性层相反的一侧中的至少一侧, 所述相位差层配置于所述第2光学各向异性层的与所述第1光学各向异性层相反的一侧。

透射型液晶衍射元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使入射的光衍射的透射型液晶衍射元件。

背景技术

[0002] 衍射元件作为使光弯曲来控制光的行进方向的光学元件,用于许多光学器件或者光学系统中。

[0003] 作为这种衍射元件,提出了一种使用液晶化合物而成的液晶衍射元件。

[0004] 例如,在专利文献1中记载了一种偏振光衍射光栅,其具备第1偏振光衍射光栅层和第2偏振光衍射光栅层而成,所述第1偏振光衍射光栅层包括根据第1扭曲性而扭曲的分子结构,使得第1偏振光衍射光栅层的分子各自的相对取向在第1偏振光衍射光栅层的两面之间确定的第1厚度上以第1扭曲角进行旋转,所述第2偏振光衍射光栅层位于第1偏振光衍射光栅层上且包括根据与第1扭曲性相反的第2扭曲性扭曲的分子结构,使得第2偏振光衍射光栅层的分子各自的相对取向在第2偏振光衍射光栅层的两面之间确定的第2厚度上以第2扭曲角进行旋转。

[0005] 以往技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2014-089476号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的技术课题

[0009] 在使用液晶化合物而成的偏振衍射元件中,根据偏振光而弯曲的方向不同。具体而言,入射到偏振衍射元件的右旋圆偏振光和左旋圆偏振光向相反的方向弯曲并分离。因此,无论偏振光如何,均无法使光向规定的方向衍射。

[0010] 并且,特别是,在偏振光从斜侧入射的情况下,存在如下问题:通过使用液晶化合物而成的偏振衍射元件而被弯曲的光成为与入射时不同的偏振状态。

[0011] 本发明的课题在于提供一种能够使不同的偏振光向相同的方向衍射,进而能够维持入射时的偏振状态的透射型液晶衍射元件。

[0012] 用于解决技术课题的手段

[0013] 为了解决该课题,本发明具有以下结构。

[0014] (1)一种透射型液晶衍射元件,其具有:

[0015] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,分别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;及

[0016] 两个相位差层,分别配置于第2光学各向异性层的与第1光学各向异性层相反的一侧及第1光学各向异性层与第2光学各向异性层之间,

[0017] 第1光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与第2光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,

[0018] 当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,第1光学各向异性层的液晶取向图案的1个周期与第2光学各向异性层的液晶取向图案的1个周期相同,

[0019] 相位差层为正C板或者0板,

[0020] 正C板满足下述式(1)。

[0021] $0.12 \leq |R_{th}(\lambda)/\lambda| \leq 0.66$ (1)

[0022] (式中, λ 表示入射光的波长(nm), $R_{th}(\lambda)$ 表示在波长 λ nm下的相位差层的厚度方向的延迟(nm)。

[0023] (2)一种透射型液晶衍射元件,其具有:

[0024] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,分别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;及

[0025] 两个相位差层,分别配置于所述第2光学各向异性层的与所述第1光学各向异性层相反的一侧及所述第1光学各向异性层与所述第2光学各向异性层之间,

[0026] 所述第1光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与所述第2光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,当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,所述第1光学各向异性层的所述液晶取向图案的1个周期 Λ_1 与所述第2光学各向异性层的所述液晶取向图案的1个周期 Λ_2 满足 $\Lambda_1/\Lambda_2=0.2 \sim 5$,

[0027] 所述相位差层为正C板或者0板,

[0028] 所述正C板满足下述式(1)。

[0029] $0.12 \leq |R_{th}(\lambda)/\lambda| \leq 0.66$ (1)

[0030] 式中, λ 表示入射光的波长(nm), $R_{th}(\lambda)$ 表示在波长 λ nm下的所述相位差层的厚度方向的延迟(nm)。

[0031] (3)根据(1)或(2)所述的透射型液晶衍射元件,其中,

[0032] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层在厚度方向上,液晶化合物扭曲取向,

[0033] 扭曲取向的扭曲角小于 360° ,

[0034] 第1光学各向异性层中的液晶化合物的扭曲方向与第2光学各向异性层中的液晶化合物的扭曲方向相反。

[0035] (4)根据(1)至(3)中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其中,

[0036] 液晶化合物为棒状液晶化合物。

[0037] (5)根据(1)至(4)中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其中,

[0038] 棒状液晶化合物的折射率差 Δn 为 $0.2 \sim 1$ 。

[0039] (6)根据(1)至(5)中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其中,

[0040] 在两个相位差层中,入射侧的相位差层为0板,射出侧的相位差层为正C板。

[0041] (7)根据(1)至(6)中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其具有:

[0042] $\lambda/4$ 板,配置于第1光学各向异性层的与第2光学各向异性层的相反的一侧及相位差层的与第1光学各向异性层的相反的一侧中的至少一侧,该相位差层与第2光学各向异性层的与所述第1光学各向异性层相反的一侧相邻。

[0043] 发明效果

[0044] 根据本发明,能够提供一种能够使不同的偏振光向相同的方向衍射,进而维持入射时的偏振状态且具有高衍射效率的透射型液晶衍射元件。

附图说明

[0045] 图1是概念性地示出透射型液晶衍射元件的一例的图。

[0046] 图2是概念性地示出图1所示的透射型液晶衍射元件所具有的光学各向异性层的图。

[0047] 图3是图2所示的光学各向异性层的主视图。

[0048] 图4是对图2所示的光学各向异性层的取向膜进行曝光的曝光装置的一例的概念图。

[0049] 图5是用于说明光学各向异性层的作用的概念图。

[0050] 图6是用于说明光学各向异性层的作用的概念图。

[0051] 图7是用于说明图1所示的透射型液晶衍射元件的作用的概念图。

[0052] 图8是概念性地示出透射型液晶衍射元件的另一例的图。

[0053] 图9是概念性地示出图8所示的透射型液晶衍射元件所具有的光学各向异性层的图。

[0054] 图10是概念性地示出本发明的透射型液晶衍射元件的一例的图。

[0055] 图11是概念性地表示透射型液晶衍射元件的另一例的图。

[0056] 图12是概念性地表示本发明的透射型液晶衍射元件的另一例的图。

具体实施方式

[0057] 以下,根据附图所示的优选实施例,对本发明的透射型液晶衍射元件详细地进行说明。

[0058] 在本说明书中,使用“~”表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括的范围。

[0059] 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任一个或两者”的含义来使用。

[0060] 在本说明书中,“相同”、“相等”等包括技术领域通常允许的误差范围。

[0061] [透射型液晶衍射元件]

[0062] 本发明的液晶衍射元件具有:

[0063] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,分别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;及

[0064] 相位差层,配置于第2光学各向异性层的与第1光学各向异性层相反的一侧及第1光学各向异性层与第2光学各向异性层之间,

[0065] 若将第1光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与第2光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,并且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,则第1光学各向异性层的液晶取向图案的1个周期与第2光学各向异性层的液晶取向图案的1个周期相同,

[0066] 相位差层为正C板或者0板,

[0067] 正C板满足下述式(1)。

$$[0068] \quad 0.12 \leq |R_{th}(\lambda) / \lambda| \leq 0.66 \quad (1)$$

[0069] (式中, λ 表示入射光的波长(nm), $R_{th}(\lambda)$ 表示在波长 λ nm下的相位差层的厚度方向的延迟(nm)。

[0070] 首先,对具有2个光学各向异性层的透射型液晶衍射元件进行说明。

[0071] 图1中概念性地示出透射型液晶衍射元件的一例。

[0072] 图1所示的透射型液晶衍射元件10具有在厚度方向上层叠的第1光学各向异性层36a和第2光学各向异性层36b。另外,在图1中,为了简化附图并明确地示出透射型液晶衍射元件10的结构,对于第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b,仅概念性地示出表面的液晶化合物40(液晶化合物的分子)。然而,如在图2中概念性地示出,第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b具有在厚度方向上层叠有液晶化合物40的结构,并且具有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的结构。

[0073] 如图1所示,第1光学各向异性层36a和第2光学各向异性层36b在厚度方向上层叠。

[0074] 第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b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。

[0075] 第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b通过具有上述液晶取向图案而能够使透射的光衍射。关于此时的衍射角度,若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(以下,也称为液晶取向图案的1个周期),则取决于该1个周期的长度。因此,通过调节液晶取向图案的1个周期,能够调节衍射角度。

[0076] 在此,在本发明中,第1光学各向异性层36a的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与第2光学各向异性层36b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反。并且,第1光学各向异性层36a的液晶取向图案的1个周期与第2光学各向异性层36b的液晶取向图案的1个周期相同。具有以上结构的透射型液晶衍射元件使从倾斜方向入射到主表面的光透射并且使其衍射。此时,能够使右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射。即,图1所示的透射型液晶衍射元件能够使不同的偏振光向相同方向衍射,从而能够实现具有高衍射效率的透射型液晶衍射元件。对于这种作用,将在后面进行详细叙述。

[0077] (光学各向异性层)

[0078] 使用图2及图3对第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b进行说明。另外,第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,除此以外,具有相同的结构,因此在无需区分第1光学各向异性层36a和第2光学各向异性层36b的情况下,一并作为光学各向异性层36进行说明。

[0079] 图2及图3所示的例子为固定使液晶化合物取向的液晶相而成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旋转的同时发生变化的液晶取向图案的光学各向异性层。图2及图3所示的例子中的光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与图1的第1光学各向异性层36a相同。

[0080] 在图2所示的例子中,光学各向异性层36层叠于在支撑体30上层叠的取向膜32上。

[0081] 另外,在第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b层叠为透射型液晶衍射元件时,如图2所示的例子那样,光学各向异性层36可以以层叠于支撑体30及取向膜32上的状态来层叠。或者,光学各向异性层36也可以例如在剥离了支撑体30之后,仅层叠有取向膜

32及光学各向异性层36的状态下层叠。或者,光学各向异性层36也可以例如在剥离了支撑体30及取向膜32之后,仅有光学各向异性层36的状态下层叠。

[0082] <支撑体>

[0083] 支撑体30支撑取向膜32及光学各向异性层36。

[0084] 只要能够支撑取向膜32及光学各向异性层36,则支撑体30能够利用各种片状物(薄膜、板状物)。

[0085] 另外,支撑体30相对于衍射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。

[0086] 支撑体30的厚度并无限制,只要根据透射型液晶衍射元件的用途及支撑体30的形成材料等,适当地设定能够保持取向膜32、光学各向异性层36的厚度即可。

[0087] 支撑体30的厚度优选1~1000 μm ,更优选3~250 μm ,进一步优选5~150 μm 。

[0088] 支撑体30可以为单层,也可以为多层。

[0089] 作为单层的情况下的支撑体30,可以例示由玻璃、三乙酰纤维素(TAC)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚碳酸酯、聚氯乙烯、丙烯酸及聚烯烃等构成的支撑体30。作为多层的情况下的支撑体30的例子,可以例示包括前述单层的支撑体中的任一个等作为基板,并且在该基板的表面上设置有其他层的支撑体等。

[0090] <取向膜>

[0091] 在支撑体30的表面形成有取向膜32。

[0092] 取向膜32为在形成光学各向异性层36时用于将液晶化合物40取向为规定的液晶取向图案的取向膜。

[0093] 留待后述,但在本发明中,光学各向异性层36具有源自液晶化合物40的光学轴40A(参考图3)的朝向沿面内的一个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32形成为使光学各向异性层36能够形成该液晶取向图案。

[0094] 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”。

[0095] 取向膜32能够利用公知的各种取向膜。

[0096] 例如,可以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)膜累积而成的膜等。

[0097] 通过摩擦处理形成的取向膜32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。

[0098] 作为取向膜32中使用的材料,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2005-97377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32等的形成中使用的材料。

[0099] 在光学各向异性层36中,取向膜32优选利用向光取向性的材料照射偏振光或非偏振光而形成取向膜32的所谓的光取向膜。即,在光学各向异性层36中,作为取向膜32,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。

[0100] 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。

[0101] 作为能够用于本发明的取向膜中使用的光取向材料,例如,可以例示日本特开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、特别是肉桂酸酯化合物、查耳酮化合物及香豆素化合物等作为优选例。

[0102] 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、光交联性聚酯、肉桂酸酯化合物及查耳酮化合物。

[0103] 取向膜32的厚度并无限制,只要根据取向膜32的形成材料适当地设定可以获得所需要的取向功能的厚度即可。

[0104] 取向膜32的厚度优选 $0.01 \sim 5\mu\text{m}$,更优选 $0.05 \sim 2\mu\text{m}$ 。

[0105] 取向膜32的形成方法并无限制,能够利用各种与取向膜32的形成材料相对应的公知的方法。作为一例,可以例示将取向膜32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32而形成取向图案的方法。

[0106] 图4中概念性地示出对取向膜32进行曝光而形成取向图案的曝光装置的一例。

[0107] 图4所示的曝光装置60具备:设置有激光器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 $\lambda/2$ 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个光线的偏振光束分离器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 $\lambda/4$ 片72A及72B。

[0108] 另外,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 。

[0109] 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,在取向膜32上使2个光线MA及光线MB交叉并使其干涉,然后将该干涉光照射到取向膜32上进行曝光。

[0110] 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,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)。

[0111] 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。

[0112] 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取向膜32上形成光学各向异性层36,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36。

[0113] 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。

[0114] 如上所述,图案取向膜具有如下取向图案:使液晶化合物取向,以成为形成于图案取向膜上的光学各向异性层36中的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取向的朝向的轴设为取向轴,则可以说图案取向膜具有取向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。图案取向膜的取向轴能够通过测量吸收各向异性来检测。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量了透射图案取向膜的光的光量时,观察到光量成为最大或最小的朝向沿面内的一个方向逐渐变化。

[0115] 另外,在本发明中,取向膜32以优选方式设置,并不是必须的构成要件。

[0116] 例如,能够通过对支撑体30进行摩擦处理的方法、用激光束等对支撑体30进行加工的方法等来在支撑体30上形成取向图案,从而也能够设为光学各向异性层36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。即,在本发明中,也可以使支撑体30作为取向膜而发挥作用。

[0117] <光学各向异性层>

[0118] 光学各向异性层36形成于取向膜32的表面上。

[0119] 如上所述,光学各向异性层36为固定使液晶化合物取向的液晶相而成的光学各向异性层,且为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的光学各向异性层。

[0120] 如在图2中概念性地示出,在光学各向异性层36中,液晶化合物40在厚度方向上并非以螺旋状扭曲及旋转,并且位于面方向的相同位置的液晶化合物40被取向为该光学轴40A的朝向成为相同的朝向。

[0121] <<光学各向异性层的形成方法>>

[0122] 光学各向异性层能够以层状固定液晶相来形成,该液晶相取向为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。

[0123] 将液晶相固定而成的结构只要是保持呈液晶相的液晶化合物的取向的结构即可,典型地优选如下结构:在将聚合性液晶化合物设为沿液晶取向图案的取向状态的基础上,通过紫外线照射、加热等进行聚合、固化而形成不具有流动性的层,同时改变成不会因外场或外力而使取向形态发生变化的状态。

[0124] 另外,在将液晶相固定而成的结构中,只要保持液晶相的光学性质即可,在光学各向异性层中,液晶化合物40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。

[0125] 作为在固定液晶相而成的光学各向异性层的形成中所使用的材料,作为一例,可以举出含有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。

[0126] 并且,光学各向异性层的形成中所使用的液晶组合物还可以含有表面活性剂、聚合引发剂等。

[0127] --聚合性液晶化合物--

[0128] 聚合性液晶化合物优选为棒状液晶化合物。棒状液晶化合物的特征在于,在层叠

后述的液晶层时,无需进行电晕处理等表面处理,生产率优异。

[0129] 作为形成光学各向异性层的棒状的聚合性液晶化合物的例子,可以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等。不仅能够使用低分子液晶化合物,还能够使用高分子液晶化合物。

[0130] 聚合性液晶化合物通过将聚合性基团导入到液晶化合物而获得。在聚合性基团的例子中包括不饱和聚合性基团、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1~6个,更优选1~3个。

[0131] 聚合性液晶化合物的例子包括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95/22586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号公报及日本特开2001-328973号公报等中所记载的化合物。可以并用2种以上的聚合性液晶化合物。若并用2种以上的聚合性液晶化合物,则能够使取向温度下降。

[0132] 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。此外,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。

[0133] 并且,相对于液晶组合物的固体成分质量(除溶剂以外的质量),液晶组合物中的聚合性液晶化合物的添加量优选为75~99.9质量%,更优选为80~99质量%,特别优选为85~90质量%。

[0134] --表面活性剂--

[0135] 形成光学各向异性层时所使用的液晶组合物可以含有表面活性剂。

[0136] 表面活性剂优选为能够作为取向控制剂发挥作用的化合物,所述取向控制剂有助于液晶化合物稳定或快速地取向。作为表面活性剂,例如,可以举出硅酮系表面活性剂及氟系表面活性剂,可以优选例示氟系表面活性剂。

[0137] 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]至[0090]段中所记载的化合物、日本特开2012-203237号公报的[0031]至[0034]段中所记载的化合物、日本特开2005-99248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]至[0078]段及[0082]至[0085]段中所例示的化合物以及日本特开2007-272185号公报的[0018]至[0043]段等中所记载的氟(甲基)丙烯酸酯系聚合物等。

[0138] 另外,表面活性剂可以单独使用1种,也可以并用2种以上。

[0139] 作为氟系表面活性剂,优选日本特开2014-119605号公报的[0082]~[0090]段中

所记载的化合物。

[0140] 相对于液晶化合物的总质量,液晶组合物中的表面活性剂的添加量优选0.01~10质量%,更优选0.01~5质量%,进一步优选0.02~1质量%。

[0141] --聚合引发剂--

[0142] 在液晶组合物含有聚合性化合物的情况下,优选含有聚合引发剂。在通过紫外线照射进行聚合反应的方式中,所使用的聚合引发剂优选为能够通过紫外线照射来引发聚合反应的光聚合引发剂。

[0143] 在光聚合引发剂的例子中,可以举出 α -羰基化合物(记载于美国专利第2367661号、美国专利第2367670号的各说明书中)、偶姻醚(记载于美国专利第2448828号说明书中)、 α -烃取代芳香族偶姻化合物(记载于美国专利第2722512号说明书中)、多核醌化合物(记载于美国专利第3046127号、美国专利第2951758号的各说明书中)、三芳基咪唑二聚体和对氨基苯基酮的组合(记载于美国专利第3549367号说明书中)、吡啶及吩嗪化合物(记载于日本特开昭60-105667号公报、美国专利第4239850号说明书中)以及噁二唑化合物(记载于美国专利第4212970号说明书中)等。

[0144] 相对于液晶化合物的含量,液晶组合物中的光聚合引发剂的含量优选为0.1~20质量%,进一步优选为0.5~12质量%。

[0145] --交联剂--

[0146] 为了提高固化后的膜强度且提高耐久性,液晶组合物可以任意含有交联剂。作为交联剂,能够优选使用利用紫外线、热及湿气等固化的交联剂。

[0147] 作为交联剂并无特别限制,能够根据目的适当地选择,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-吡啶基)丙酸酯]及4,4-双(亚乙基亚氨基羰基氨基)二苯基甲烷等吡啶化合物;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等。并且,能够根据交联剂的反应性使用公知的催化剂,除了能够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,也可以并用2种以上。

[0148] 相对于液晶组合物的固体成分质量,交联剂的含量优选3~20质量%,更优选5~15质量%。只要交联剂的含量在上述范围内,则容易获得提高交联密度的效果,从而进一步提高液晶相的稳定性。

[0149] --其他添加剂--

[0150] 在不降低光学性能等的范围内,根据需要,在液晶组合物中能够进一步添加聚合抑制剂、抗氧化剂、紫外线吸收剂、光稳定剂、色材及金属氧化物微粒等。

[0151] 液晶组合物优选在形成光学各向异性层时用作液体。

[0152] 液晶组合物可以含有溶剂。溶剂并无限制,能够根据目的适当地选择,但优选有机溶剂。

[0153] 有机溶剂并无限制,能够根据目的适当地选择,例如,可以举出酮类、卤代烷类、酰胺类、亚砷类、杂环化合物、烃类、酯类及醚类等。这些可以单独使用1种,也可以并用2种以上。在这些之中,考虑到对环境的负担时,优选酮类。

[0154] 当形成光学各向异性层时,优选在光学各向异性层的形成面上涂布液晶组合物,并将液晶化合物取向为以规定的液晶取向图案取向的液晶相状态之后,使液晶化合物固化以形成光学各向异性层。

[0155] 即,在取向膜32上形成光学各向异性层的情况下,优选在取向膜32上涂布液晶组合物,并将液晶化合物取向为规定的液晶取向图案之后,使液晶化合物固化以形成固定液晶相而成的光学各向异性层。

[0156] 关于液晶组合物的涂布,能够利用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均匀地涂布于片状物上的所有公知的方法。

[0157] 根据需要,对所涂布的液晶组合物进行干燥和/或加热,然后使其固化以形成光学各向异性层。在该干燥和/或加热工序中,液晶组合物中的液晶化合物取向为规定的液晶取向图案即可。在进行加热的情况下,加热温度优选200℃以下,更优选130℃以下。

[0158] 根据需要,对所取向的液晶化合物进一步进行聚合。聚合可以为热聚合及利用光照射的光聚合中的任一种,但优选光聚合。光照射优选使用紫外线。照射能量优选 $20\text{mJ}/\text{cm}^2 \sim 50\text{J}/\text{cm}^2$,更优选 $50\text{mJ}/\text{cm}^2 \sim 1500\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。为了促进光聚合反应,也可以在加热条件下或氮环境下实施光照射。所照射的紫外线的波长优选250~430nm。

[0159] 所聚合的液晶组合物可以根据需要进行活化处理以进一步层叠取向液晶层。活化处理能够采用电晕处理或等离子体处理。由此,能够改善涂布液晶之前的表面状态的润湿性,并且具有改善液晶分子的水平取向的取向性。电晕处理中的放电量优选为 $10 \sim 500\text{W}/\text{m}^2/\text{分钟}$ 。作为制造装置,能够优选地利用日本再公开专利W014/054437号公报中所记载的装置。例如,能够使用利用Kasuga electric works Ltd.制造的电晕处理机的常压空气中的放电方式。等离子体处理例如能够使用利用Sekisui Chemical Co.,Ltd.制造的等离子体放电电极在常压空气中或氮气、氩气等惰性气体气氛中放电的方式。

[0160] 光学各向异性层的厚度并无限制,只要根据光学各向异性层的用途、光学各向异性层所需的光的反射率及光学各向异性层的形成材料等,适当地设定可获得所需的光的反射率的厚度即可。

[0161] <<光学各向异性层的液晶取向图案>>

[0162] 如上所述,光学各向异性层具有源自液晶化合物40的光学轴40A的朝向在光学各向异性层的面内在一个方向上连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0163] 另外,源自液晶化合物40的光学轴40A是在液晶化合物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。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”。

[0164] 图3中概念性地示出光学各向异性层36的俯视图。

[0165] 另外,俯视图是指在图2中从上方观察光学各向异性层的图,即为从厚度方向(=各层(膜)的层叠方向)观察光学各向异性层的图。

[0166] 并且,在图3中,为了便于理解光学各向异性层(光学各向异性层36)的结构,液晶化合物40仅示出取向膜32的表面的液晶化合物40。

[0167] 如图3所示,在取向膜32的表面上,构成光学各向异性层36的液晶化合物40具有如下液晶取向图案:根据在下层的取向膜32上所形成的取向图案,在光学各向异性层的面内,

光学轴40A的朝向沿箭头D(以下,称为排列轴D)所示的规定的一个方向连续旋转的同时发生变化。在图示例中,具有液晶化合物40的光学轴40A沿排列轴D方向以顺时针方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0168] 构成光学各向异性层36的液晶化合物40呈在排列轴D及与该一个方向(排列轴D方向)正交的方向上二维排列的状态。

[0169] 在以下说明中,为了方便起见,将与排列轴D方向正交的方向设为Y方向。即,箭头Y方向是液晶化合物40的光学轴40A的朝向在光学各向异性层的面内与连续旋转的同时发生变化的一个方向正交的方向。因此,在图1、图2及后述的图5、图6中,Y方向成为与纸面正交的方向。

[0170] 液晶化合物40的光学轴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 $\theta+180^\circ$ 或者 $\theta-180^\circ$ 。

[0171] 另外,在排列轴D方向上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。

[0172] 并且,在本发明中,设为液晶化合物朝向在排列轴D方向上彼此相邻的液晶化合物40的光学轴40A所成的角度变小的方向进行旋转。因此,在图2及图3所示的光学各向异性层中,液晶化合物40的光学轴40A沿排列轴D的箭头方向向右(顺时针方向)旋转。

[0173] 另一方面,形成光学各向异性层36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)上与光学轴40A的朝向相同。

[0174] 换言之,形成光学各向异性层36的液晶化合物40在Y方向上,液晶化合物40的光学轴40A与排列轴D方向所成的角度相等。

[0175] 在光学各向异性层36中,在Y方向上排列的液晶化合物40中,光学轴40A与排列轴D方向(液晶化合物40的光学轴的朝向旋转的一个方向)所成的角度相等。将该光学轴40A与排列轴D方向所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。

[0176] 此时,各个区域R中的面内延迟(Re)的值优选为实质上为半波长即 $\lambda/2$ 。这是右旋圆偏振光转换为左旋圆偏振光、左旋圆偏振光转换为右旋圆偏振光的条件。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。在此,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是通过区域R的面内的慢轴方向的折射率和与慢轴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的面内与光学轴40A垂直的方向的液晶化合物40的折射率之差。即,折射率差 Δn 等于液晶化合物40的折射率差。

[0177] 在光学各向异性层36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连续旋转而发生变化的排列轴D方向上,将液晶化合物40的光学轴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 。

[0178] 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3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 ”。

[0179] 光学各向异性层36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 。

[0180] 若圆偏振光入射到这种光学各向异性层36上,则光被折射,并且圆偏振光的方向被转换。

[0181] 在图5及图6中概念性地示出该作用。另外,在光学各向异性层36中,设为液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度的乘积的值为 $\lambda/2$ 。

[0182] 如图5所示,在光学各向异性层36的液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度的乘积的值为 $\lambda/2$ 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36上,则入射光 L_1 通过光学各向异性层36而被赋予 180° 的相位差,从而透射光 L_2 被转换为右旋圆偏振光。

[0183] 并且,形成于光学各向异性层36上的液晶取向图案在排列轴D方向上是周期性图案,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。如此,左旋圆偏振光的入射光 L_1 被转换为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 。在图5所示的例子中,透射光 L_2 被衍射,以向右下方向行进。

[0184] 另一方面,如图6所示,在光学各向异性层36的液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度的乘积的值为 $\lambda/2$ 时,若右旋圆偏振光的入射光 L_4 入射到光学各向异性层36上,则入射光 L_4 通过光学各向异性层36而被赋予 180° 的相位差,从而被转换为左旋圆偏振光的透射光 L_5 。

[0185] 并且,形成于光学各向异性层36上的液晶取向图案在排列轴D方向上是周期性图案,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的箭头方向相反的方向行进。如此,入射光 L_4 被转换为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 。在图6所示的例子中,透射光 L_5 被衍射,以向左下方向行进。

[0186] 如上所述,光学各向异性层36能够根据所形成的液晶取向图案的1个周期 Λ 的长度来调节透射光 L_2 及 L_5 的折射角度。具体而言,关于光学各向异性层36,液晶取向图案的1个周期 Λ 越短,通过了相互相邻的液晶化合物40的光彼此的干涉越强,因此能够使透射光 L_2 及 L_5 折射得更大。

[0187] 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,能够将透射光的折射的方向设为相反的方向。即,在图5及图6所示的例子中,朝向排列轴D方向的光学轴40A的旋转方向为顺时针方向,但通过将该旋转方向设为逆时针方向,能够将透射光的折射的方向设为相反的方向。具体而言,在图5及图6中,当朝向排列轴D方向的光学轴40A的旋转方向为逆时针方向时,从图中上侧入射到光学各向异性层36的左旋圆偏振光通过光学各向异性层36而将透射光转换为右旋圆偏振光,并且使其被衍射为向图中左下方向行进。并且,从图中上侧入射到光学各向异性层36的右旋圆偏振光通过光学各向异性层36而将透射光转换为左旋圆偏振光,并且使其被衍射为向图中右下方向行进。

[0188] (透射型液晶衍射元件的作用)

[0189] 接着,利用图7对具有层叠有两层具有这种液晶取向图案的光学各向异性层的结构的透射型液晶衍射元件的作用进行说明。另外,在图7中,为了说明,将第1光学各向异性

层36a和第2光学各向异性层36b分开而示出。

[0190] 如上所述,在具有图1所示的结构透射型液晶衍射元件中,层叠有具有液晶取向图案的第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,各光学各向异性层的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反。在图7中,第1光学各向异性层36a的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向为顺时针(右旋转),第2光学各向异性层36b中的光学轴的旋转方向为逆时针(左旋转)。

[0191] 并且,第1光学各向异性层36a中的液晶取向图案的排列轴D的方向与第2光学各向异性层36b中的液晶取向图案的排列轴D的方向一致。在图7所示的例子中,排列轴D的方向为图中左方向。

[0192] 并且,第1光学各向异性层36a中的液晶取向图案的1个周期 Λ 的长度与第2光学各向异性层36b中的液晶取向图案的1个周期 Λ 的长度相同。

[0193] 以右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 从第1光学各向异性层36a侧入射到这种结构的透射型液晶衍射元件的情况为例进行说明。

[0194] 如图7所示,右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 从倾斜方向入射到第1光学各向异性层36a的主表面上。在图示例中,右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 沿排列轴D从图7中左上方向向右下方向行进的方式以相同的入射角入射到第1光学各向异性层36a。

[0195] 如上所述,光学各向异性层使右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 沿排列轴D向相反的方向衍射。在图7所示的例子中,第1光学各向异性层36a使入射的右旋圆偏振光 I_R 相对于入射的右旋圆偏振光 I_R 的行进方向沿排列轴D向图7中左下方向行进的方向衍射。并且,如上所述,被衍射的光被转换为左旋圆偏振光 I_{L1} 。

[0196] 另一方面,对于左旋圆偏振光 I_L ,第1光学各向异性层36a欲使入射的左旋圆偏振光 I_L 相对于入射的左旋圆偏振光 I_L 的行进方向沿排列轴D向图7中右方向衍射。然而,由于存在基于光学各向异性层的衍射效率的角度依赖性,向该方向的衍射的衍射效率变低,因此入射的左旋圆偏振光 I_L 几乎不被衍射,而保持为左旋圆偏振光 I_L 的状态向图中右下方向透射第1光学各向异性层36a。

[0197] 透射了第1光学各向异性层36a的左旋圆偏振光 I_{L1} 及左旋圆偏振光 I_L 入射到第2光学各向异性层36b。如上所述,第2光学各向异性层36b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层36a相反。因此,第2光学各向异性层36b使入射的圆偏振光向与第1光学各向异性层36a相反的方向衍射。即,使左旋圆偏振光沿排列轴D向左方向衍射。

[0198] 如图7所示,左旋圆偏振光 I_{L1} 以从右上方向向左下方向行进的方式入射到第2光学各向异性层36b。在此,对于左旋圆偏振光 I_{L1} ,第2光学各向异性层36b欲使入射的左旋圆偏振光 I_{L1} 相对于入射的左旋圆偏振光 I_{L1} 的行进方向沿排列轴D向图7中左方向衍射。然而,由于存在基于光学各向异性层的衍射效率的角度依赖性,向该方向的衍射的衍射效率变低,因此入射的左旋圆偏振光 I_{L1} 几乎不被衍射,而保持为左旋圆偏振光 I_{L1} 的状态向左下方向透射第2光学各向异性层36b。

[0199] 另一方面,第2光学各向异性层36b使从左上方向向右下方向行进的左旋圆偏振光 I_L 相对于入射的左旋圆偏振光 I_L 的行进方向沿排列轴D向图7中左下方向行进的方向衍射。并且,如上所述,被衍射的光被转换为右旋圆偏振光 I_{R1} 。

[0200] 因此,如图7所示,从倾斜方向入射到第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性

层36b的右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 成为左旋圆偏振光 I_{L1} 及右旋圆偏振光 I_{R1} ,向相同方向衍射并射出。

[0201] 如上所述,使用液晶化合物而成的偏振衍射元件由于通过偏振光而弯曲的方向不同,因此在以往的偏振衍射元件中,入射的右旋圆偏振光和左旋圆偏振光向相反的方向弯曲并分离,无论偏振光如何,均无法使光向规定的方向衍射。

[0202] 相对于此,如上所述,具有图1所示的结构的透射型液晶衍射元件能够使从倾斜方向入射的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射而射出。

[0203] 在此,为了发挥使从倾斜方向入射的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射的作用,光相对于透射型液晶衍射元件的入射角优选 $10^\circ \sim 80^\circ$,更优选 $20^\circ \sim 70^\circ$,进一步优选 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。

[0204] 并且,为了发挥使从倾斜方向入射的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射的作用,由第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b各自产生的衍射角优选 $50^\circ \sim 130^\circ$,更优选 $60^\circ \sim 120^\circ$,进一步优选 $70^\circ \sim 110^\circ$ 。在此,衍射角表示入射光与衍射光所成的角度。

[0205] 若将第1光学各向异性层36a的液晶取向图案的1个周期的长度设为 Λ_1 、将第2光学各向异性层36b的液晶取向图案的1个周期的长度设为 Λ_2 ,则 Λ_1 与 Λ_2 只要根据欲衍射的角度等适当设定即可。 Λ_1 与 Λ_2 之比优选为大致0.2~5左右。当欲使衍射光与衍射光栅面所成的角度与入射角一致时,只要将 Λ_1 与 Λ_2 之比设定为1即可。

[0206] 并且,为了发挥本发明的效果,使入射光以大的角度衍射,以角度分离0阶光和1阶光并利用衍射效率的差异,因此优选0阶光与1阶光的角度差大。在此,“0阶光”表示未被衍射光栅衍射而保持原方向的光,“1阶光”表示入射光被衍射光栅向+1阶或-1阶的衍射条件的方向衍射而改变了方向的光。另一方面,若使0阶光与1阶光的角度差变得过大,则会偏离1阶光的衍射条件。对应于光的衍射角的波长 λ 与液晶图案节距 Λ 之比 λ/Λ 优选在0.1~1.9的范围内,更优选在0.2~1.8的范围内,进一步优选在0.3~1.7的范围内。

[0207] 并且,透射型液晶衍射元件并不限于仅具有第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b的结构。如上所述,透射型液晶衍射元件的第1光学各向异性层36a和/或第2光学各向异性层36b可以为与支撑体30及取向膜32层叠的状态,也可以为与取向膜32层叠的状态。

[0208] 在此,在光相对于透射型液晶衍射元件10的入射角与射出角相等的情况下,如图2所示的例子那样,优选第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b分别具有在厚度方向上层叠的液晶化合物40的光学轴朝向相同方向的结构。换言之,存在于面方向的相同位置的液晶化合物40的光学轴优选朝向相同的方向。即,优选第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b分别在厚度方向上液晶化合物40未扭曲取向。在光相对于透射型液晶衍射元件10的入射角与射出角相等的情况下,通过将第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b分别设为液晶化合物40未扭曲取向的结构,能够提高衍射效率。

[0209] 另一方面,在光相对于透射型液晶衍射元件10的入射角与射出角不同时,如图8所示的例子那样,优选第1光学各向异性层37a及第2光学各向异性层37b各自的液晶化合物在厚度方向上扭曲取向。第1光学各向异性层37a及第2光学各向异性层37b中的扭曲取向在厚度方向上的扭曲角小于 360° 。即,以不会发生胆甾醇型取向的程度扭曲取向。

[0210] 并且,第1光学各向异性层37a中的液晶化合物40的扭曲方向与第2光学各向异性层37b中的液晶化合物40的扭曲方向相反。在图8所示的例子中,在第1光学各向异性层37a中,液晶化合物40从图中上侧朝向下侧顺时针扭曲。另一方面,在第2光学各向异性层37b中,液晶化合物40从图中上侧朝向下侧逆时针扭曲。

[0211] 并且,与图1的例子同样地,第1光学各向异性层37a的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与第2光学各向异性层37b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反。另外,第1光学各向异性层37a和第2光学各向异性层37b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,且在厚度方向上扭曲取向的液晶化合物的扭曲方向相反,除此以外,具有相同的结构,因此在无需区分第1光学各向异性层37a和第2光学各向异性层37b的情况下,一并作为光学各向异性层37进行说明。

[0212] 图9中示出概念性地表示光学各向异性层37的图。图9所示的光学各向异性层37在厚度方向上,除了液晶化合物扭曲取向以外,具有与图2所示的光学各向异性层36相同的结构。即,若从厚度方向观察图9所示的光学各向异性层37,则与图3所示的例子同样地,在光学各向异性层37的面内,具有光学轴40A的朝向沿排列轴D连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0213] 图9所示的光学各向异性层37具有液晶化合物40在厚度方向上回转而层叠的扭曲结构,并且从存在于光学各向异性层37的一个主表面侧的液晶化合物40到存在于另一个主表面侧的液晶化合物40为止的合计旋转角小于 360° 。

[0214] 如此,若光学各向异性层37在面内具有光学轴40A的朝向沿排列轴D连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,并且液晶化合物40在厚度方向上具有扭曲结构,则在与排列轴D平行的截面中,将朝向相同方向的液晶化合物40在厚度方向上连接的线段(在图8中,由 H_1 及 H_2 表示的线段)成为相对于光学各向异性层37的主表面倾斜的结构。通过适当地调整光相对于该线段 H_1 及 H_2 的入射角及射出角,能够提高光相对于透射型液晶衍射元件10的入射角和射出角不同的情况下的衍射效率。具体而言,线段 H_1 及 H_2 优选平行,并且光的入射角及射出角优选相对于线段 H_1 及 H_2 大致为中间角度。

[0215] 在此,从衍射效率的观点出发,优选使线段 H_1 与线段 H_2 平行。因此,优选第1光学各向异性层37a中的液晶化合物40的扭曲方向与第2光学各向异性层37b中的液晶化合物40的扭曲方向相反且扭曲角相等。

[0216] 如此,为了将光学各向异性层设为液晶化合物在厚度方向上扭曲取向的结构,只要在用于形成光学各向异性层的液晶组合中含有手性试剂即可。

[0217] --手性试剂(光学活性化合物)--

[0218] 手性试剂(光学活性化合物)具有诱导液晶相的螺旋结构的功能。手性试剂由于通过化合物诱导的螺旋的扭曲方向及螺旋扭转力(Helical twisting power:HTP)不同,因此根据目的选择即可。

[0219] 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)、异山梨醇及异甘露糖醇衍生物等。

[0220] 手性试剂通常含有不对称碳原子,但不含不对称碳原子的轴手性化合物或平面手

性化合物也能够用作手性试剂。在轴手性化合物或平面手性化合物的例子中,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。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来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种类的基团。因此,手性试剂的聚合性基团也优选为不饱和聚合性基团、环氧基或氮丙啶基,更优选为不饱和聚合性基团,进一步优选为烯属不饱和聚合性基团。

[0221] 并且,手性试剂也可以为液晶化合物。

[0222] 在手性试剂具有光异构化基团的情况下,在涂布、取向之后通过活化光线等的光掩模照射能够形成与发光波长对应的所期望的扭曲取向,因此优选。作为光异构化基团,优选显示光致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2002-80478号公报、日本特开2002-80851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。

[0223] 相对于液晶化合物的含有摩尔量,液晶组合物中的手性试剂的含量优选0.01~200摩尔%,更优选1~30摩尔%。

[0224] 接着,对本发明的透射型液晶衍射元件进行说明。

[0225] 图10是表示本发明的透射型液晶衍射元件的一例的图。

[0226] 图10所示的透射型液晶衍射元件20除了第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b以外,还具有:第1相位差层38,配置于第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间;及第2相位差层39,配置于第2光学各向异性层36b的与第1光学各向异性层36a相反的一侧。

[0227] 即,透射型液晶衍射元件20依次具有第1光学各向异性层36a、第1相位差层38、第2光学各向异性层36b及第2相位差层39。

[0228] 如上所述,光学各向异性层36将入射的圆偏振光转换为回转方向为相反的朝向的圆偏振光。然而,有时不转换为完全相反的朝向的圆偏振光,而成为椭圆偏振光。在透射型液晶衍射元件中,在被第1光学各向异性层36a转换的光成为椭圆偏振光的情况下,有可能无法准确地获得第2光学各向异性层36b中的作用而导致衍射效率下降。

[0229] 并且,入射时的圆偏振光在从光学各向异性层36射出时成为椭圆偏振光的情况并不优选,因为例如在光通信用途中使用了透射型衍射元件时,噪声会增加。

[0230] 因此,通过设为在第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间及第2光学各向异性层36b的与第1光学各向异性层36a相反的一侧具有第1相位差层38及第2相位差层39的结构,能够对从第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b射出的椭圆偏振光赋予相位差而使其成为圆偏振光,由此,能够准确地获得在第2光学各向异性层36b中的作用,从而能够提高衍射效率,并且能够将从本发明的透射型液晶衍射元件射出的光的偏振状态维持为入射时的偏振状态。

[0231] 另外,即使在第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间设置有第1相位差层38的情况下,由于光在第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间行进时仅通过第1相位差层38内而不会对衍射产生影响,因此能够获得与图7所示的例子相同的衍射作用。

[0232] 作为第1相位差层38及第2相位差层39,只要能够对从第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b射出的椭圆偏振光赋予相位差即可,能够适当地利用C板或O板。以下,在无需区分第1相位差层38及第2相位差层39的情况下,将其统称为相位差层。

[0233] 作为C板,可以是正C板(以下,也称为正C板、+C板)也可以是负C板(以下,也称为负C板、-C板)。

[0234] 在此,正C板是指折射率 n_x 、 n_y 及 n_z 满足 $n_z > n_x \approx n_y$ 的光学部件。并且,负C板是指折射率 n_x 、 n_y 及 n_z 满足 $n_x \approx n_y > n_z$ 的光学部件。

[0235] O板是折射率椭圆体本身相对于主表面倾斜的板,例如,相对于 $N_x > N_y > N_z$ 以Y轴为旋转轴,从主表面的法线以某一角度倾斜的板。从法线方向观察时,基于XY平面的椭圆体截面上的慢轴成为Y轴方向。

[0236] 对于相位差层的厚度方向延迟,只要根据光的入射角、第1光学各向异性层36a的结构、第2光学各向异性层36b的结构等适当地设定即可,以使能够将第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b射出的椭圆偏振光转换为圆偏振光。作为其指标,能够使用 $|R_{th}(\lambda)/\lambda|$ 。在此, λ 为入射光的波长(nm), $R_{th}(\lambda)$ 表示相位差层的波长 λ 下的厚度方向的延迟(nm)。

[0237] $|R_{th}(\lambda)/\lambda|$ 优选为0.12以上且0.66以下,更优选为0.19以上且0.58以下,进一步优选为0.26以上且0.55以下。若将 $|R_{th}(\lambda)/\lambda|$ 调整在该范围内,则能够将第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b射出的椭圆偏振光转换为圆偏振光,从而能够提高衍射效率,并且能够将本发明的透射型液晶衍射元件射出的偏振状态维持为入射时的偏振状态。

[0238] 在相位差层中使用O板的情况下,从将从光学各向异性层射出的椭圆偏振光转换为圆偏振光以提高衍射效率的观点出发,优选液晶分子的长轴的倾斜方向与排列轴D平行。并且,从相同的观点出发,优选倾斜角度与入射光的入射角度一致。倾斜角度相对于入射角度优选在 $\pm 15^\circ$ 的范围内,更优选在 $\pm 10^\circ$ 的范围内,进一步优选在 $\pm 5^\circ$ 的范围内。能够通过选择在O板的制作中利用的取向膜的种类、添加剂的种类或其量、或者取向温度或取向时间等制造条件来调整。此时的倾斜角度表示液晶分子的长轴方向相对于相位差层的法线方向的倾斜度。

[0239] 第1相位差层38及第2相位差层39可以两者均为C板,也可以两者均为O板,也可以一者为C板而另一者为O板。优选为,配置于光入射侧即通过光纤的、被分光之前的光入射的一侧的相位差层为O板,配置于射出侧即按每个波长分光后的光射出的一侧的相位差层为C板。

[0240] 例如,如图10所示的例子那样,在光从第1光学各向异性层36a侧入射的情况下,优选为第1相位差层38为O板,第2相位差层39为C板。

[0241] 另外,在图10所示的例子中,第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b可以为如图2所示的在厚度方向上液晶化合物未扭曲取向的光学各向异性层,也可以为如图9

所示的在厚度方向上液晶化合物扭曲取向的光学各向异性层。

[0242] 在图10中,在第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b为液晶化合物在厚度方向上扭曲取向的光学各向异性层的情况下,与图8所示的例子同样地,优选为第1光学各向异性层中的液晶化合物的扭曲方向与第2光学各向异性层中的液晶化合物的扭曲方向相反。

[0243] 在此,图2所示的光学各向异性层36及图9所示的光学各向异性层37示出了液晶化合物的光学轴与光学各向异性层的主表面平行的结构,但并不限于此。在光学各向异性层中,液晶化合物的光学轴可以相对于光学各向异性层的主表面倾斜。

[0244] 并且,图3所示的光学各向异性层的液晶取向图案中的液晶化合物40的光学轴40A仅沿排列轴D方向连续旋转。

[0245] 然而,本发明并不限于此,只要在光学各向异性层中液晶化合物40的光学轴40A沿一个方向连续旋转,则能够利用各种结构。

[0246] 并且,本发明的透射型液晶衍射元件优选为,第1光学各向异性层及第2光学各向异性层中的至少一者由层叠多个(液晶化合物在厚度方向上扭曲取向的)液晶层而成,各液晶层中的扭曲角小于 360° ,多个液晶层在层叠方向上液晶化合物的扭曲方向交替。

[0247] 图11是概念性地表示透射型液晶衍射元件的另一例的图。

[0248] 图11所示的透射型液晶衍射元件具有:第1光学各向异性层37c,具有液晶层46a和液晶层46b;及第2光学各向异性层37d,具有液晶层48a和液晶层48b。

[0249] 与图3所示的例子同样地,第1光学各向异性层37c的液晶层46a及液晶层46b为具有液晶化合物40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的层。并且,液晶层46a及液晶层46b的液晶取向图案的1个周期相同,并且液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相同。

[0250] 在此,在液晶层46a及液晶层46b中,液晶化合物40在厚度方向上扭曲取向,但液晶层46a中的液晶化合物40的扭曲方向与液晶层46b中的液晶化合物40的扭曲方向相反。

[0251] 在图11所示的例子中,液晶层46a中的液晶化合物40的扭曲方向为从图中上方朝向下方逆时针旋转的方向。另一方面,液晶层46b中的液晶化合物40的扭曲方向为从图中上方朝向下方顺时针旋转的方向。

[0252] 即,第1光学各向异性层37c具有厚度方向上的液晶化合物40的扭曲方向不同的液晶层。

[0253] 同样地,与图3所示的例子同样地,第2光学各向异性层37d的液晶层48a及液晶层48b为具有液晶化合物40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的层。并且,液晶层48a及液晶层48b的液晶取向图案的1个周期相同,并且液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相同。

[0254] 并且,第2光学各向异性层37d的液晶层48a及液晶层48b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层37c的液晶层46a及液晶层46b的液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反。

[0255] 在此,在液晶层48a及液晶层48b中,液晶化合物40在厚度方向上扭曲取向,但液晶层48a中的液晶化合物40的扭曲方向与液晶层48b中的液晶化合物40的扭曲方向相反。

[0256] 在图11所示的例子中,液晶层48a中的液晶化合物40的扭曲方向为从图中上方向

朝向下方逆时针旋转的方向。另一方面,液晶层48b中的液晶化合物40的扭曲方向为从图中上方朝向下方顺时针旋转的方向。

[0257] 即,第2光学各向异性层37d具有厚度方向上的液晶化合物40的扭曲方向不同的液晶层。

[0258] 如此,通过设为光学各向异性层具有厚度方向上的液晶化合物40的扭曲方向不同的液晶层的结构,可以提高衍射效率的角度依赖性 & 波长依赖性。此时,各液晶层的扭曲角(厚度方向的总扭曲角)和延迟 $\Delta n \times d$ 的最佳值根据液晶化合物的折射率差 Δn 而变化。因此,只要根据各液晶层而优化扭曲角即可。扭曲角优选为 $30 \sim 180^\circ$ 。扭曲取向能够通过添加上述的通常使用的手性试剂来实现。

[0259] 并且,若液晶化合物的 Δn 大,则角度依赖性 & 波长依赖性进一步得到改善,进而能够使液晶层的膜厚变薄,因此能够减少层叠次数而提高生产率。 Δn 优选为 $0.2 \sim 1$,更优选为 $0.2 \sim 0.5$,进一步优选为 $0.2 \sim 0.4$ 。

[0260] 所述 Δn 能够通过取出液晶层并对其进行偏振分析来计算。通过使用作为通常的偏振分析法的旋转分析仪法(Rotating analyzer method)或旋转相位法的显微镜测量,能够求出 $\Delta n \times d$ 及光学轴。而且,通过另外测量液晶层的厚度 d ,能够计算 Δn 。

[0261] 在本发明的透射型液晶衍射元件中,第1光学各向异性层和第2光学各向异性层可以为图11所示的第1光学各向异性层37c及第2光学各向异性层37d。即,在图11中,本发明的透射型液晶衍射元件可以为如下结构:在第1光学各向异性层37c与第2光学各向异性层37d之间具有第1相位差层38,在第2光学各向异性层37d的与第1光学各向异性层37c相反的一侧具有第2相位差层39。

[0262] 并且,在图11所示的例子中,将光学各向异性层设为层叠扭曲方向不同的液晶层而成的两层结构,但并不限于此。光学各向异性层可以具有3层以上的扭曲方向不同的液晶层。或者,光学各向异性层可以在扭曲方向不同的两层液晶层之间具有液晶化合物在厚度方向上未扭曲的液晶层。由此,衍射效率的角度依赖性 & 波长依赖性进一步提高。

[0263] 在已扭曲取向的液晶层之间的非扭曲取向的液晶层中,优选液晶化合物的光学轴的方向在面内的各个位置与相邻的已扭曲取向的液晶层的界面处的液晶化合物的光学轴的方向连续连接(朝向相同的方向)。如此,通过在下层的液晶层上层叠涂布上层的液晶层,能够制作在相邻的液晶层之间液晶化合物的光学轴的朝向连续连接的结构。

[0264] 在光学各向异性层为具有在厚度方向上的液晶化合物40的扭曲方向不同的液晶层的结构的情况下,从衍射性能的对称性的观点出发,各液晶层的厚度方向上的每单位长度的扭曲角优选相同。另一方面,当提高某一角度下的衍射性能时,各液晶层的厚度方向上的每单位长度的扭曲角可以不同。

[0265] 并且,本发明的透射型液晶衍射元件优选具有配置于第1光学各向异性层的与第2光学各向异性层相反的一侧及第2光学各向异性层的与第1光学各向异性层相反的一侧中的至少一侧的 $\lambda/4$ 板。

[0266] 图12是概念性地表示本发明的透射型液晶衍射元件的另一例的图。

[0267] 图12所示的透射型液晶衍射元件依次具有第1 $\lambda/4$ 板50、第1光学各向异性层36a、第1相位差层38、第2光学各向异性层36b、第2相位差层39及第2 $\lambda/4$ 板50。

[0268] 另外,第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b具有与图1所示的第1光学

各向异性层36a及第2光学各向异性层36b相同的结构,因此省略其说明。

[0269] 第1 $\lambda/4$ 板50及第2 $\lambda/4$ 板50为以往公知的 $\lambda/4$ 板。众所周知,入射到 $\lambda/4$ 板的圆偏振光被转换为直线偏振光,并且,入射到 $\lambda/4$ 板的直线偏振光被转换为圆偏振光。 $\lambda/4$ 板50配置成其慢轴相对于源自液晶化合物的光学轴沿面内一个方向连续旋转的同时发生变化的方位(排列轴D方向)为45度或-45度。

[0270] 因此,在图12所示的例子中,能够使入射到透射型液晶衍射元件的振动方向彼此正交的直线偏振光向相同的方向弯曲。

[0271] 具体而言,考虑s偏振光及p偏振光从相同的方向入射到透射型液晶衍射元件的例子。首先,若s偏振光及p偏振光入射到透射型液晶衍射元件,则通过第1 $\lambda/4$ 板50分别被转换为右旋圆偏振光及左旋圆偏振光。转换后的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光依次通过第1光学各向异性层36a、第1相位差层38、第2光学各向异性层36b及第2相位差层39。此时,通过了第2相位差层39的光在左旋圆偏振光及右旋圆偏振光的状态下向相同的方向弯曲。弯曲后的左旋圆偏振光及右旋圆偏振光入射到第2 $\lambda/4$ 板50而被转换为s偏振光及p偏振光。此时,s偏振光及p偏振光向相同的方向射出。

[0272] 如此,通过设为透射型液晶衍射元件具有 $\lambda/4$ 板的结构,能够不混合振动方向彼此正交的直线偏振光而向相同的方向弯曲。

[0273] 另外,在图12所示的例子中,设为具有夹着第1光学各向异性层36a、第1相位差层38、第2光学各向异性层36b及第2相位差层39的2个 $\lambda/4$ 板50的结构,但并不限于此。例如,通过设为透射型液晶衍射元件仅具有第1光学各向异性层36a侧的第1 $\lambda/4$ 板50的结构,能够将入射的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光作为振动方向彼此正交的直线偏振光而向相同的方向弯曲。并且,通过设为透射型液晶衍射元件仅具有第2光学各向异性层36b侧的第2 $\lambda/4$ 板50的结构,能够将入射的振动方向彼此正交的直线偏振光转换为右旋圆偏振光及左旋圆偏振光而向相同的方向弯曲。

[0274] 作为 $\lambda/4$ 板,并无限制,能够利用各种具有公知的 $\lambda/4$ 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号中所记载的 $\lambda/4$ 板等。

[0275] 例如,作为 $\lambda/4$ 板50为单层结构的方式,具体而言,可以举出拉伸聚合物薄膜及在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。

[0276] $\lambda/4$ 板的厚度并无特别限制,优选1~500 μm ,更优选1~50 μm ,进一步优选1~5 μm 。

[0277] 本发明中使用的 $\lambda/4$ 板优选具有逆波长分散性。通过 $\lambda/4$ 板具有逆波长分散性,能够提高波长依赖性。具有逆波长分散性的 $\lambda/4$ 板例如能够通过使用逆分散液晶材料制作来实现。

[0278] 并且,从提高入射角依赖性的观点出发, $\lambda/4$ 板优选为广视角 $\lambda/4$ 板。广视角 $\lambda/4$ 板是指厚度方向的延迟接近零的板。这种广视角 $\lambda/4$ 板例如能够通过正A板与正C板的层叠来实现。

[0279] 以上,对本发明的透射型液晶衍射元件详细地进行了说明,但本发明并不限于上述例,在不脱离本发明的主旨的范围内,当然可以进行各种改进或变更。

[0280] 实施例

[0281] 以下举出实施例,对本发明的特征进一步具体地进行说明。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,则能够适当地进行变更。因此,本发明的范围不应被以下所示的具体例做限定性地解释。

[0282] [实施例1]

[0283] <透射型液晶衍射元件的制作>

[0284] (取向膜的形成)

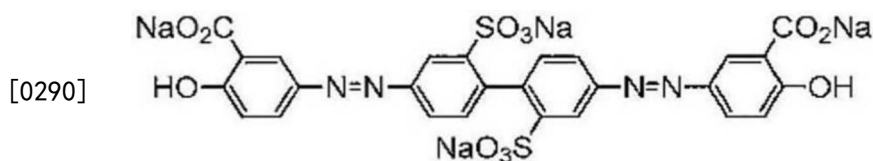
[0285] 作为支撑体准备了玻璃基板。通过旋涂将下述取向膜形成用涂布液涂布于支撑体上。将形成有该取向膜形成用涂布液的涂膜的支撑体在60℃的热板上干燥60秒钟,从而形成了取向膜P-1。

[0286] 取向膜形成用涂布液P-1

	· 下述光取向用材料	1.00质量份
	· 水	16.00质量份
[0287]	· 丁氧基乙醇	42.00质量份
	· 丙二醇单甲醚	42.00质量份

[0288] 光取向用材料

[0289] [化学式1]



[0291] (取向膜的曝光)

[0292] 通过对所获得的取向膜P-1照射偏振光紫外线(50mJ/cm²,使用超高压汞灯)而进行了取向膜P-1的曝光。

[0293] 使用图4所示的曝光装置对取向膜进行曝光,以形成了具有取向图案的取向膜P-1。在曝光装置中,使用了射出波长(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300mJ/cm²。另外,调节2个光的交叉角(交叉角 α),以使通过2个激光束的干涉形成的取向图案的1个周期 Λ (光学轴旋转180°的长度)达到1.05 μ m。

[0294] (第1光学各向异性层的形成)

[0295] 作为形成液晶层的液晶组合物,制备了下述组合物B-1、B-2。

[0296] 组合物B-1

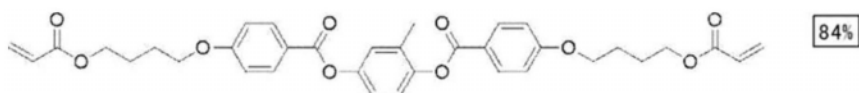
[0297]	· 棒状液晶化合物L-1	10.00质量份
	· 棒状液晶化合物L-2	90.00质量份

	·聚合引发剂（BASF公司制造，Irgacure OXE01）	1.00质量份
	·手性试剂C-1	0.08质量份
[0298]	·流平剂T-1	0.08质量份
	·甲基乙基酮	4000.00质量份

[0299] 组合物B-2

	·棒状液晶化合物L-1	10.00质量份
	·棒状液晶化合物L-2	90.00质量份
[0300]	·聚合引发剂（BASF公司制造，Irgacure OXE01）	1.00质量份
	·手性试剂C-2	0.10质量份
	·流平剂T-1	0.08质量份
	·甲基乙基酮	4000.00质量份

[0301] 棒状液晶化合物L-1 (以右侧所示的质量比含有下述结构) [化学式2]

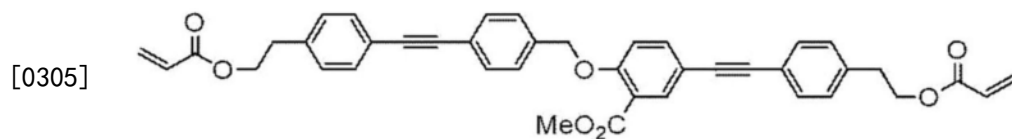


[0302] [14%]



[0303] 棒状液晶化合物L-2

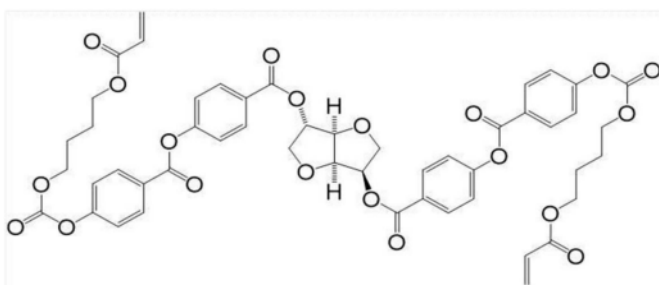
[0304] [化学式3]



[0306] 手性试剂C-1

[0307] [化学式4]

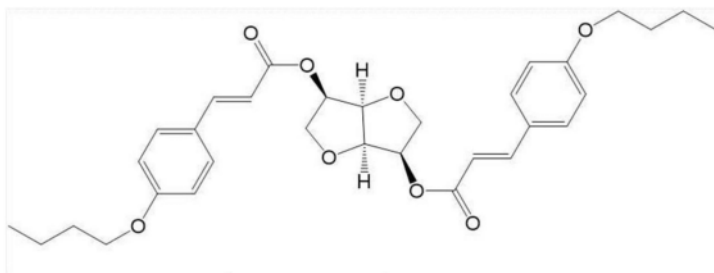
[0308]



[0309] 手性试剂C-2

[0310] [化学式5]

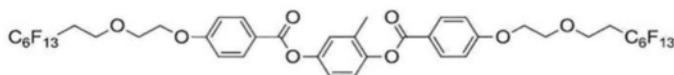
[0311]



流平剂T-1

[0312] [化学式6]

[0313]



[0314] 第1光学各向异性层通过在取向膜P-1上多层涂布组合物B-1,并在其上多层涂布组合物B-2而形成。首先,对于第1层,在取向膜P-1上涂布第1层的组合物B-1,并将涂膜在热板上加热至80℃,然后,在80℃下,在氮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,由此将液晶化合物的取向固定化。第2层以后,在该液晶固定化层上重叠涂布组合物来进行涂布,并同样地反复进行加热、冷却后进行紫外线固化来形成了液晶层B-1。此时,对于每次重叠涂布时的涂布厚度,使液晶层B-1的厚度达到约0.2μm左右,以获得良好的取向状态。由此,使液晶层B-1的 $\Delta n_{1550} \times \text{膜厚} d = \text{Re}(1550)$ 达到852nm。此时, $d = 4.1\mu\text{m}$, $\Delta n_{1550} = 0.21$ 。

[0315] 在其上,同样地多层涂布组合物B-2而形成了液晶层B-2。由此,使液晶层B-2的 $\Delta n_{1550} \times d = \text{Re}(1550)$ 达到852nm。此时, $d = 4.1\mu\text{m}$, $\Delta n_{1550} = 0.21$ 。由此,制作了具有液晶层B-1和液晶层B-2重叠的结构第1光学各向异性层。用显微镜确认的结果,确认到第1光学各向异性层周期性地取向。并且,第1光学各向异性层的液晶层B-1部分的厚度方向的扭曲角为70°,液晶层B-2部分的厚度方向的扭曲角为-70°。并且,在基于SEM的截面图像中,观察到相对于第1光学各向异性层的下界面(与玻璃基板的界面),横向呈V字形的形状的明暗线。该明暗线是通过在厚度方向上层叠在左右不同的厚度方向的扭曲方向上取向的液晶化合物的结构来观察到的。

[0316] (第2光学各向异性层的形成)

[0317] 以与第1光学各向异性层相同的方式形成光学各向异性层,并将其作为第2光学各向异性层。

[0318] (第1相位差层、第2相位差层的形成)

[0319] 使棒状液晶化合物L-1垂直取向并进行紫外线固化,由此形成了第1相位差层、第2相位差层。该相位差层为折射率各向异性为正的C板,厚度方向的延迟(Rth(1550))在第1相位差层和第2相位差层中均为-180nm。

[0320] (透射型液晶衍射元件的制作)

[0321] 首先,用粘合剂将第1相位差层贴合于第1光学各向异性层。接着,将第2光学各向异性层转印至第1相位差层上,并以在第1相位差层的未贴合有第1光学各向异性层的面层叠第2光学各向异性层的方式用粘合剂进行了贴合。此时,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转180度而进行贴合,以使沿面内的一个方向连续旋转的同时发生变化

的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向成为与第1光学各向异性层相反的旋转方向且源自液晶化合物的光学轴旋转的面内的一个方向的朝向(排列轴D)成为平行。

[0322] 而且,用粘合剂将第2相位差层贴合于第2光学各向异性层的未贴合有第1相位差层的面。

[0323] 最后,用粘合剂将 $\lambda/4$ 板贴合于第1光学各向异性层的未贴合有第1相位差层的面及第2相位差层的未贴合有第2光学各向异性层的面,从而制作了透射型液晶衍射元件。关于该衍射元件中的 λ/Λ 的值,相对于入射波长 $\lambda 1550\text{nm}$ 的光为1.48,即 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0324] 以两侧的 $\lambda/4$ 板的慢轴相对于源自液晶化合物的光学轴沿面内的一个方向连续旋转的同时发生变化的方位(排列轴D方向)分别为45度、-45度的方式贴合了两侧的 $\lambda/4$ 板。另外,通过W013/137464的实施例中所记载的方法来制作 $\lambda/4$ 板,并且将其设为层叠正型A板和正型C板的结构。此时的面内延迟设为 $\text{Re}(1550)$ 为388nm,厚度方向的延迟设为 $\text{Rth}(1550)$ 为0nm。

[0325] (实施例2~5)

[0326] 在实施例1中,适当地调整第1相位差层、第2相位差层的膜厚,以使 $\text{Rth}(1550)$ 成为所期望的值来形成,除此以外,以相同的方式制作了透射型液晶衍射元件。各相位差层的 $\text{Rth}(1550)$ 如表1所示。

[0327]

[表1]

	入射光波长λ (nm)	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6	参考例1	参考例2	比较例1
		1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550
第1光学 各向异性层	Δn	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21
	膜厚d (μm)	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1
	扭曲角 (°)	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70
	Δn*d (nm)	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852
	1个周期Λ (μm)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
第1 相位差层	折射率各向异性	正C板	正C板	正C板	正C板	正C板	O板	-	正C板	-
	Rth (λ) (nm)	-180	-300	-720	-900	-1020	-	-	-1320	-
	Rth/λ	0.12	0.19	0.46	0.58	0.66	-	-	0.85	-
	Δn	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	0.21/0.21	-
第2光学 各向异性层	膜厚d (μm)	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	4.1/4.1	-
	扭曲角 (°)	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	70/-70	-
	Δn*d (nm)	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	852/852	-
	1个周期Λ (μm)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	-
	折射率各向异性	正C板	正C板	正C板	正C板	正C板	正C板	-	正C板	-
第2 相位差层	Rth (λ) (nm)	-180	-300	-720	-900	-1020	-720	-	-1320	-
	Rth/λ	0.12	0.19	0.46	0.58	0.66	0.46	-	0.85	-

[0328] [实施例6]

[0329] 将第1光学各向异性层与第2光学各向异性层之间的第1相位差层替换为后述的0

板,除此以外,以与实施例3相同的方式制作了透射型液晶衍射元件。

[0330] <0板的制作>

[0331] (取向膜的形成)

[0332] 在乙酸纤维素膜的经皂化处理的表面上,用#14的线棒连续涂布了下述组成的取向膜涂布液P-2。用60℃的暖风干燥60秒,进而用100℃的暖风干燥120秒,以形成了取向膜P-2。对所形成的膜连续进行了摩擦处理。

[0333] 取向膜形成用涂布液P-2

	·下述改性聚乙烯醇	10质量份
	·水	371质量份
[0334]	·甲醇	119质量份
	·戊二醛	0.5质量份

[0335] (0板层的形成)

[0336] 在取向膜P-2上,用线棒连续涂布了含有下述组成的棒状液晶化合物L-3的组合物B-3。为了使涂布液的溶剂干燥以及棒状液晶化合物取向熟化,用90℃的暖风加热了60秒钟。接着,通过UV照射将液晶化合物的取向固定化,以形成了0板层。

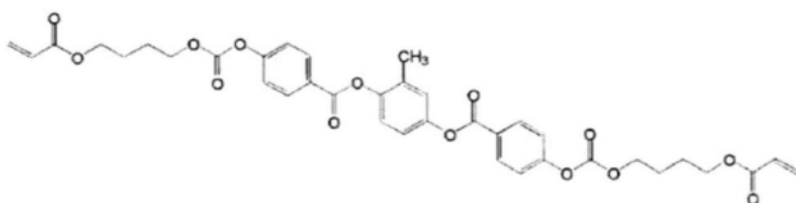
[0337] 组合物B-3

	·棒状液晶性化合物L-3	100质量份
	·光聚合引发剂	3质量份
	(日本特开2006-285187号公报中所记载的例示性化合物1)	
[0338]	·敏化剂(KAYACURE DETX、Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造)	1质量份
	·氟系聚合物(D)	0.1质量份
	·甲基乙基酮	172质量份

[0339] 棒状液晶化合物L-3

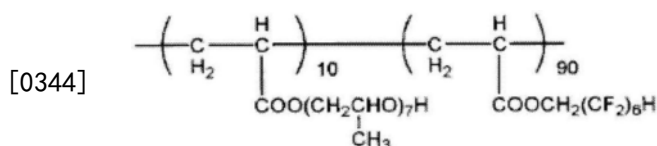
[0340] [化学式7]

[0341]



[0342] 氟系聚合物(D)

[0343] [化学式8]



[0345] 对通过相同的方法在玻璃基板上所形成的0板层的光学特性进行测量的结果,波长1550nm的延迟为720nm。并且,所计算的平均倾斜角为53°。在此,平均倾斜角表示液晶分子的长轴方向相对于相位差膜的法线方向的倾斜度。

[0346] 以0板层的液晶分子的倾斜方向(方位方向)与第1光学各向异性层的源自液晶化合物的光学轴所旋转的面内的一个方向的朝向(排列轴D)平行的方式进行了转印,并使用粘合剂将其层叠于第1光学各向异性层。除此以外,以与实施例1相同的方式制作了透射型液晶衍射元件。关于该衍射元件中的 λ/Λ 的值,相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0347] [参考例1]

[0348] 除了去除了第1相位差层和第2相位差层以外,以与实施例1相同的方式制作了透射型液晶衍射元件。关于该衍射元件中的 λ/Λ 的值,相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0349] [参考例2]

[0350] 在实施例1中,适当地调整第1相位差层、第2相位差层的膜厚,以使 $R_{th}(1550)$ 成为-1320nm来形成,除此以外,以相同的方式制作了透射型液晶衍射元件。关于该衍射元件中的 λ/Λ 的值,相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0351] [比较例1]

[0352] 制作了仅具有实施例1的第1光学各向异性层的透射型液晶衍射元件。关于该衍射元件中的 λ/Λ 的值,相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0353] [评价]

[0354] 对于所制作的透射型液晶衍射元件,在方位角为源自液晶化合物的光学轴沿面内一个方向连续旋转的同时发生变化的方位(排列轴D方向)且从透射型液晶衍射元件的主表面的法线方向的入射角 θ_i 入射波长1550nm的激光束,在入射了光的方位方向上,用功率计测量了向与光的入射方向相反的方向折射的折射光的射出角度 θ_o 和强度(衍射效率)以及向与光的入射方向相同的方向折射的折射光的射出角度 θ_p 和强度(衍射效率)。此时,入射光分别入射了S偏振光及P偏振光。并且,将S偏振光的强度和P偏振光的强度的平均值作为评价的强度值。基准如下所述。

[0355] • SS:强度(衍射效率)为97%以上

[0356] • S:强度(衍射效率)为95%以上且小于97%

[0357] • A:强度(衍射效率)为92%以上且小于95%

[0358] • B:强度(衍射效率)为90%以上且小于92%

[0359] • C:强度(衍射效率)为80%以上且小于90%

[0360] • D:强度(衍射效率)为50%以上且小于80%

[0361] • E:强度(衍射效率)小于50%

[0362] 并且,通过以下基准对偏振维持特性进行了评价。

[0363] • A:S偏振光和P偏振光不混合而衍射。

[0364] • B:S偏振光和P偏振光大致未混合而衍射。

[0365] • C:S偏振光和P偏振光混合而衍射。

[0366] 将结果示于下述表2中。

[0367] [表2]

[0368]

	θ_i (°)	θ_o (°)	θ_p (°)	评价		
				θ_o 下的强度	θ_p 下的强度	偏振维持特性
实施例1	47.6	-47.6	47.6	A	未观测到	B
	42.6	-53	42.6	A	未观测到	B
	52.6	-43	52.6	A	未观测到	B
实施例2	47.6	-47.6	47.6	A	未观测到	A
	42.6	-53	42.6	A	未观测到	A
	52.6	-43	52.6	A	未观测到	A
实施例3	47.6	-47.6	47.6	S	未观测到	A
	42.6	-53	42.6	S	未观测到	A
	52.6	-43	52.6	S	未观测到	A
实施例4	47.6	-47.6	47.6	A	未观测到	A
	42.6	-53	42.6	A	未观测到	A
	52.6	-43	52.6	A	未观测到	A
实施例5	47.6	-47.6	47.6	A	未观测到	B
	42.6	-53	42.6	A	未观测到	B
	52.6	-43	52.6	A	未观测到	B
实施例6	47.6	-47.6	47.6	SS	未观测到	A
	42.6	-53	42.6	SS	未观测到	A
	52.6	-43	52.6	SS	未观测到	A
参考例1	47.6	-47.6	47.6	A	未观测到	C
	42.6	-53	42.6	A	未观测到	C
	52.6	-43	52.6	A	未观测到	C
参考例2	47.6	-47.6	47.6	C	未观测到	C
	42.6	-53	42.6	C	未观测到	C
	52.6	-43	52.6	C	未观测到	C
比较例1	47.6	-47.6	47.6	E	E	C
	42.6	-53	42.6	E	E	C
	52.6	-43	52.6	E	E	C

[0369] 从表1可知,在本发明的实施例中,即使入射光的入射角从中心变动(42.6 ± 5 度),衍射效率也不会下降,能够使入射光的角度大幅弯曲。并且,可知,未观测到向与光的入射方向相同的方向(θ_p 的角度)折射的折射光,能够使入射光的所有偏振分量(右旋圆偏振光和左旋圆偏振光、或S偏振光和P偏振光)以相同的朝向(θ_o 的角度)衍射。并且,能够在维持入射光的偏振状态的情况下进行衍射。即,在实施例1~6中,当入射偏振光为S偏振光时,衍射光成为S偏振光,当入射偏振光为P偏振光时,衍射光成为P偏振光,分别不混合而能够衍射。

[0370] 产业上的可利用性

[0371] 在光通信等中,能够优选用于使光弯曲的各种应用中。在使光弯曲的应用中使用的反射镜等反射部件在与反射面垂直的方向上使光的行进方向改为相反方向,而在与反射面平行的方向上不改变方向。相对于此,本发明的透射型液晶衍射元件在与主表面垂直的方向上不改变光的行进方向,在与主表面平行的方向上使光的行进方向改为相反方向。因

此,在本发明的透射型液晶衍射元件和反射部件中,若要获得相同的光弯曲作用,则光所入射的面的朝向相差 90° 。因此,在光通信等中,当由于小型化、薄型化等而设置空间受限制时,有时也能够将本发明的透射型液晶衍射元件容易地配置于难以配置反射部件的位置。

[0372] 并且,在具有使多个波长的光入射的入射部和分为不同的波长的光的射出部的高光谱相机、使用光纤的通信用途等中,能够优选用于使光分光的各种应用中。使光分光的应用中使用的衍射元件等分光元件在宽的波长范围内使光弯曲,需要高衍射效率。本发明的透射型液晶衍射元件能够以高衍射效率对宽波长范围的入射光进行分光,从而在高光谱相机、使用光纤的通信用途等中,能够以高灵敏度检测光。

[0373] 符号说明

[0374] 10、20-透射型液晶衍射元件,30-支撑体,32-取向膜,36、37-光学各向异性层,36a、37a、37c-第1光学各向异性层,36b、37b、37d-第2光学各向异性层,38-第1相位差层,39-第2相位差层,40-液晶化合物,40A-光学轴,46a、46b、48a、48b-液晶层,50- $\lambda/4$ 板,60-曝光装置,62-激光器,64-光源,65- $\lambda/2$ 板,68-偏振光束分离器,70A、70B-反射镜,72A、72B- $\lambda/4$ 板, I_R 、 I_{R1} -右旋圆偏振光, I_L 、 I_{L1} -左旋圆偏振光,D-排列轴,R-区域, Λ -1个周期,M-激光束,MA、MB-光线, P_0 -直线偏振光, P_R -右旋圆偏振光, P_L -左旋圆偏振光, α -角度, L_1 、 L_2 、 L_4 、 L_5 -光。

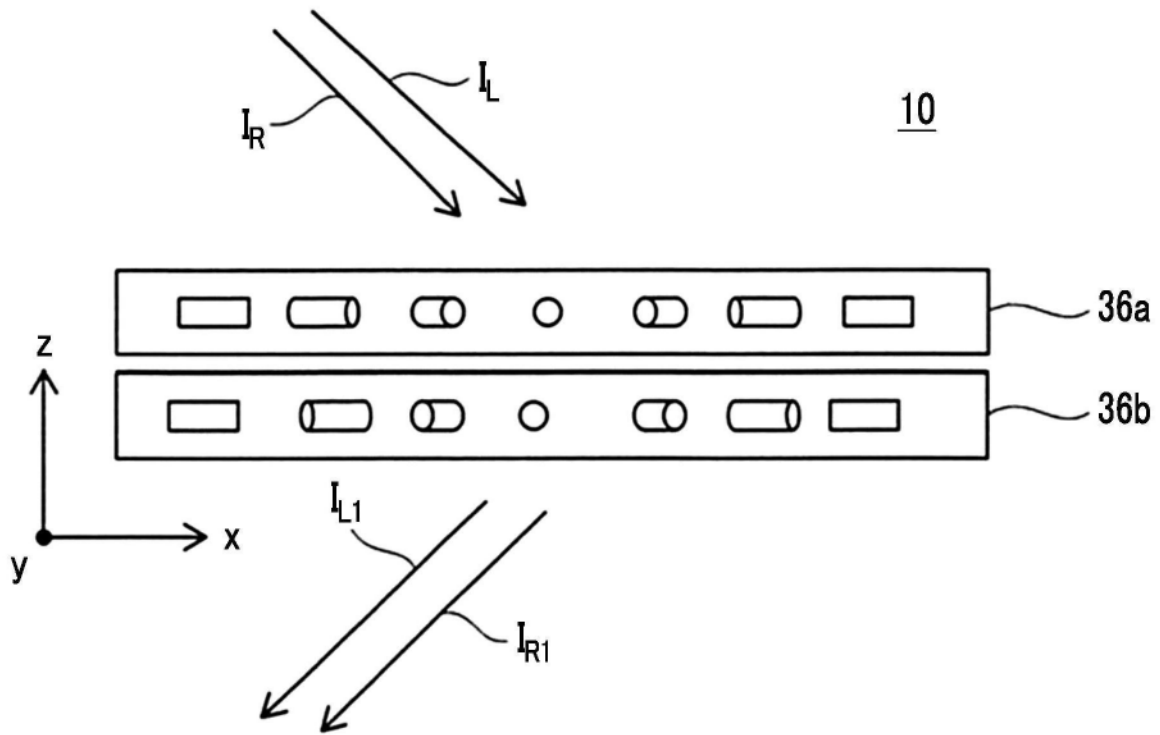


图1

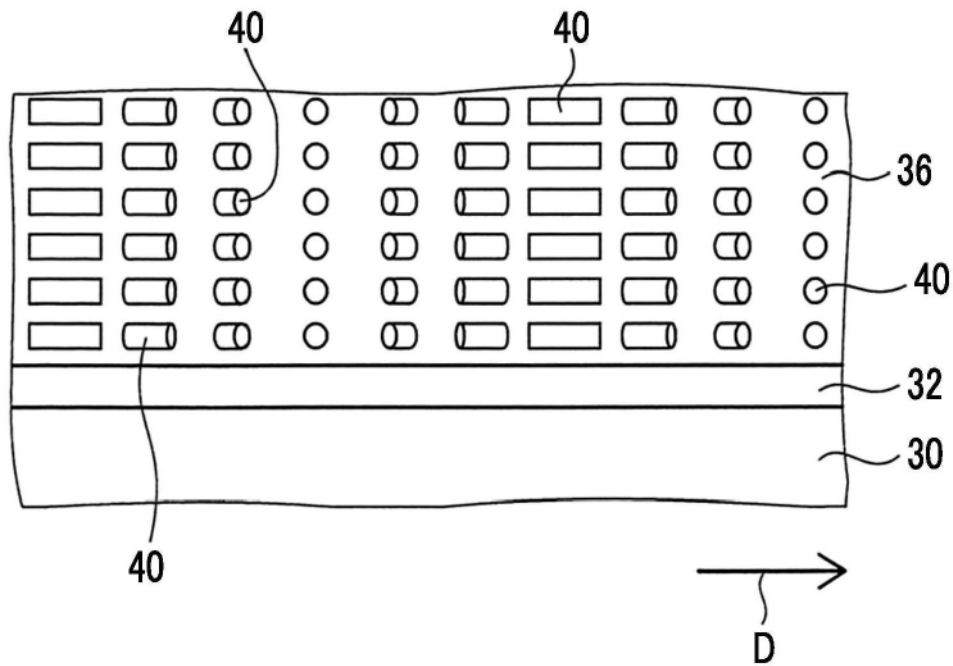


图2

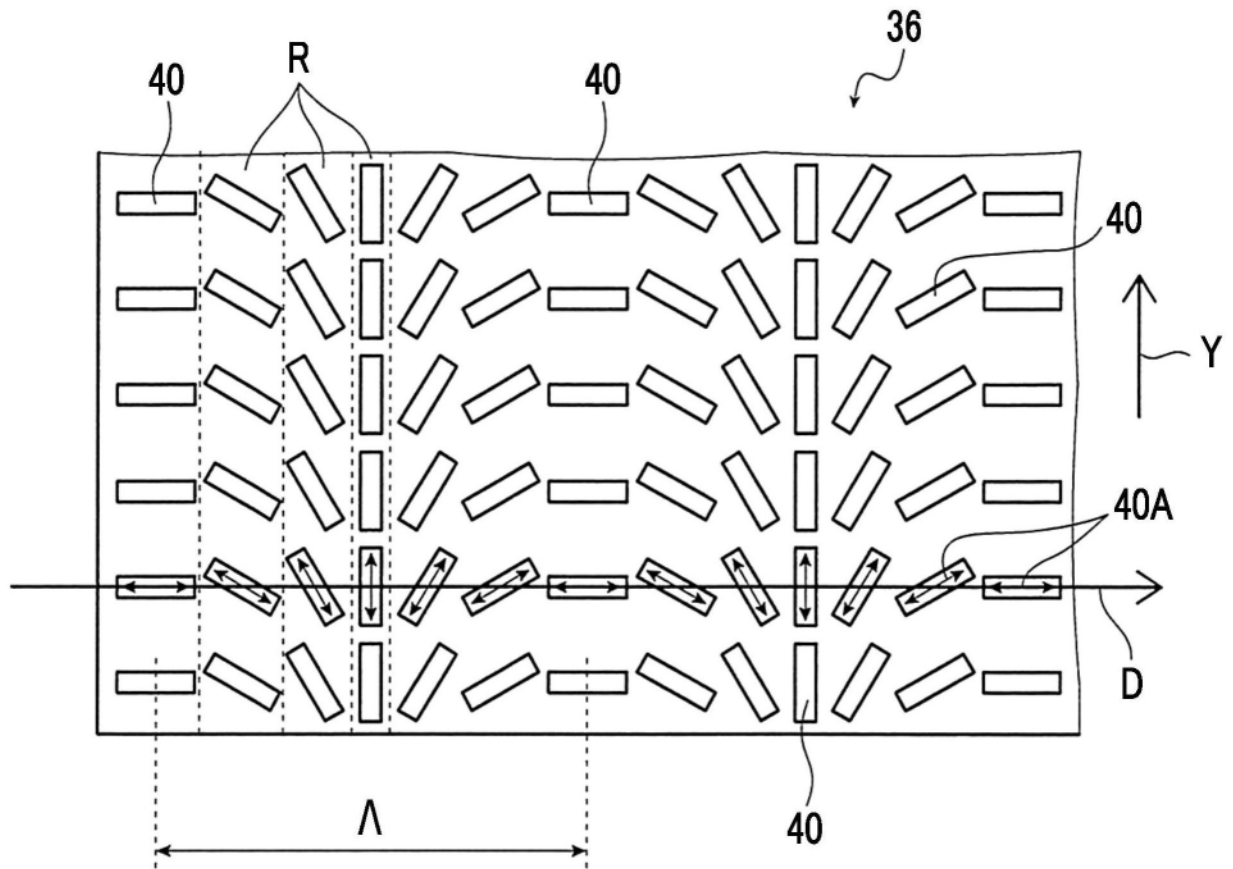


图3

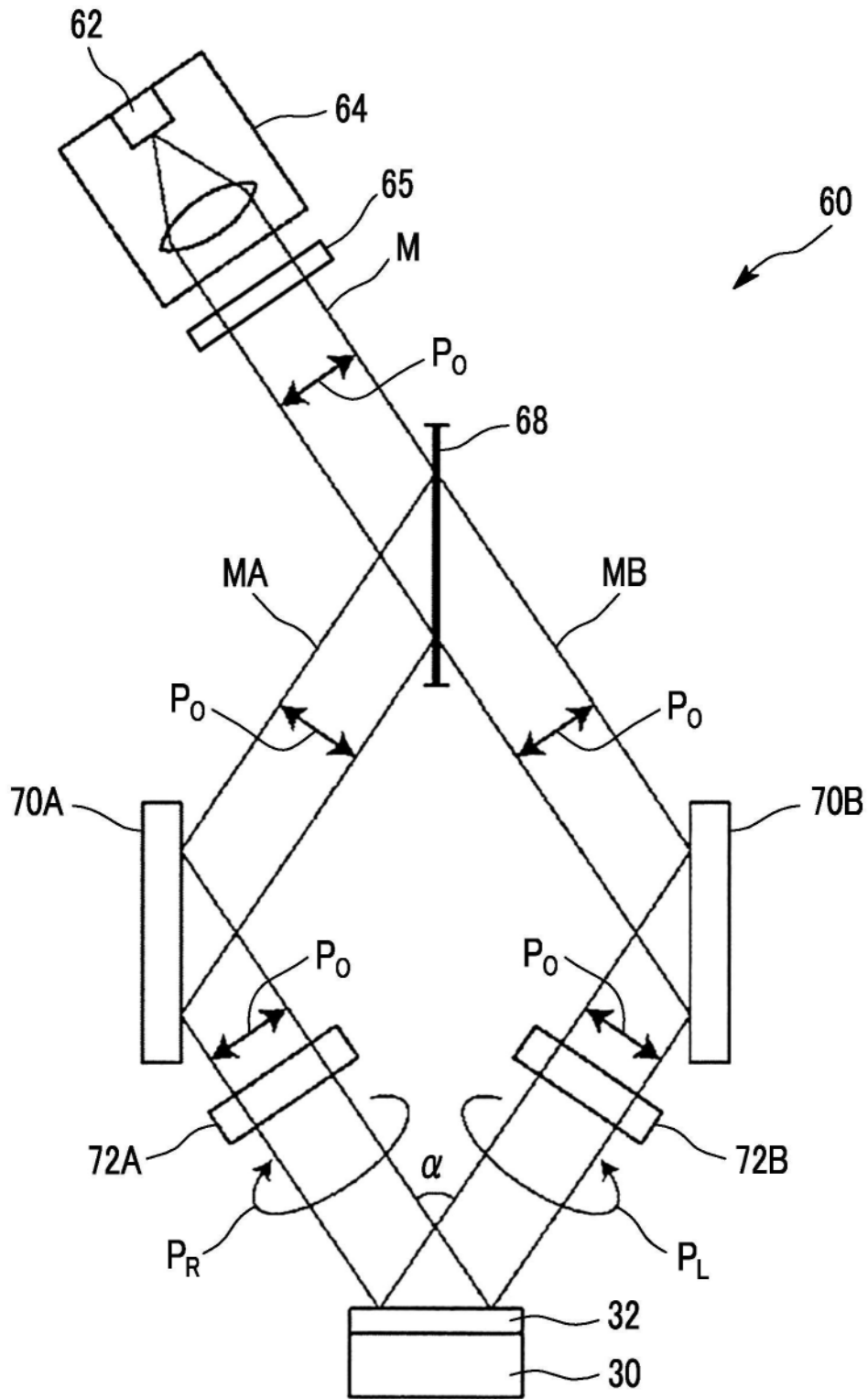


图4

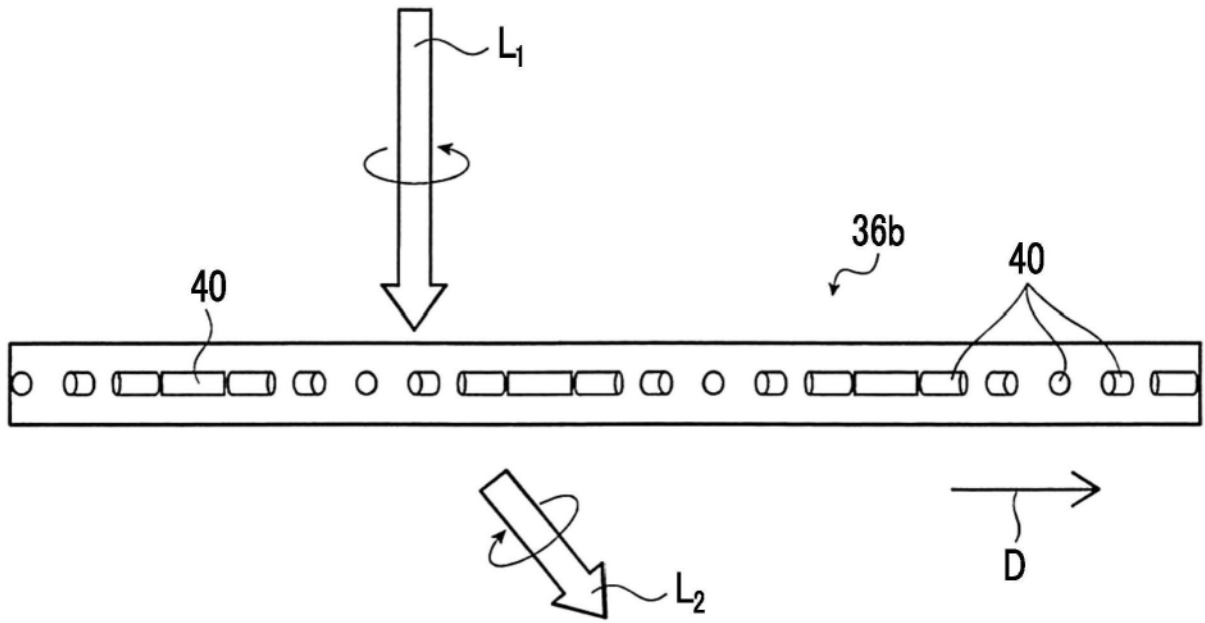


图5

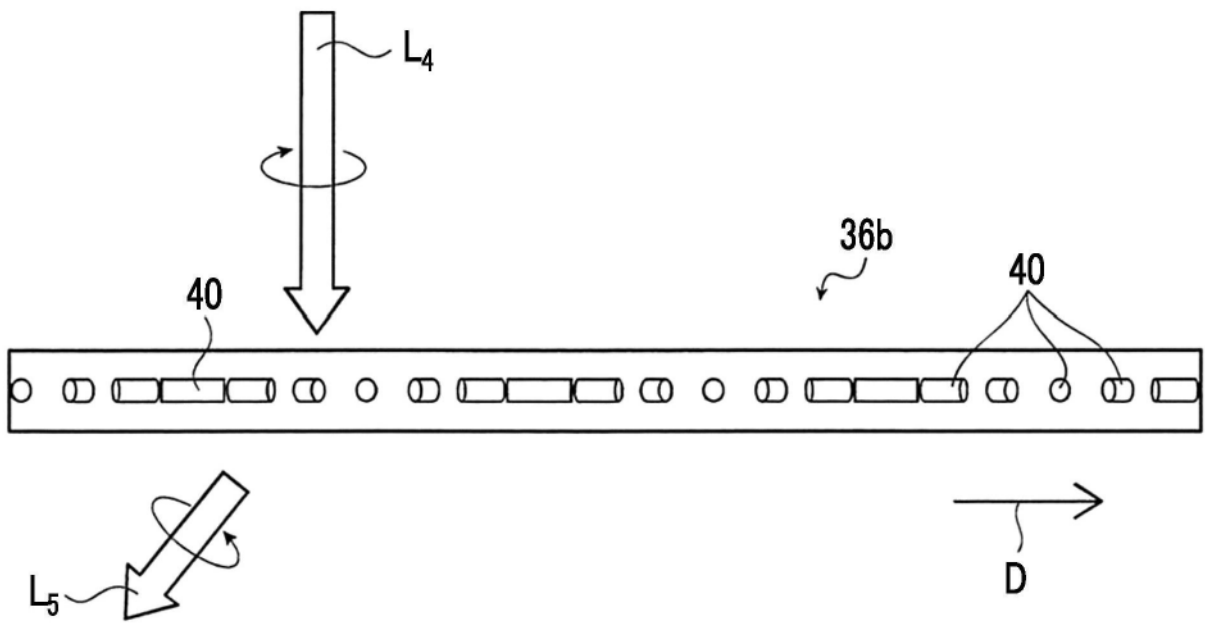


图6

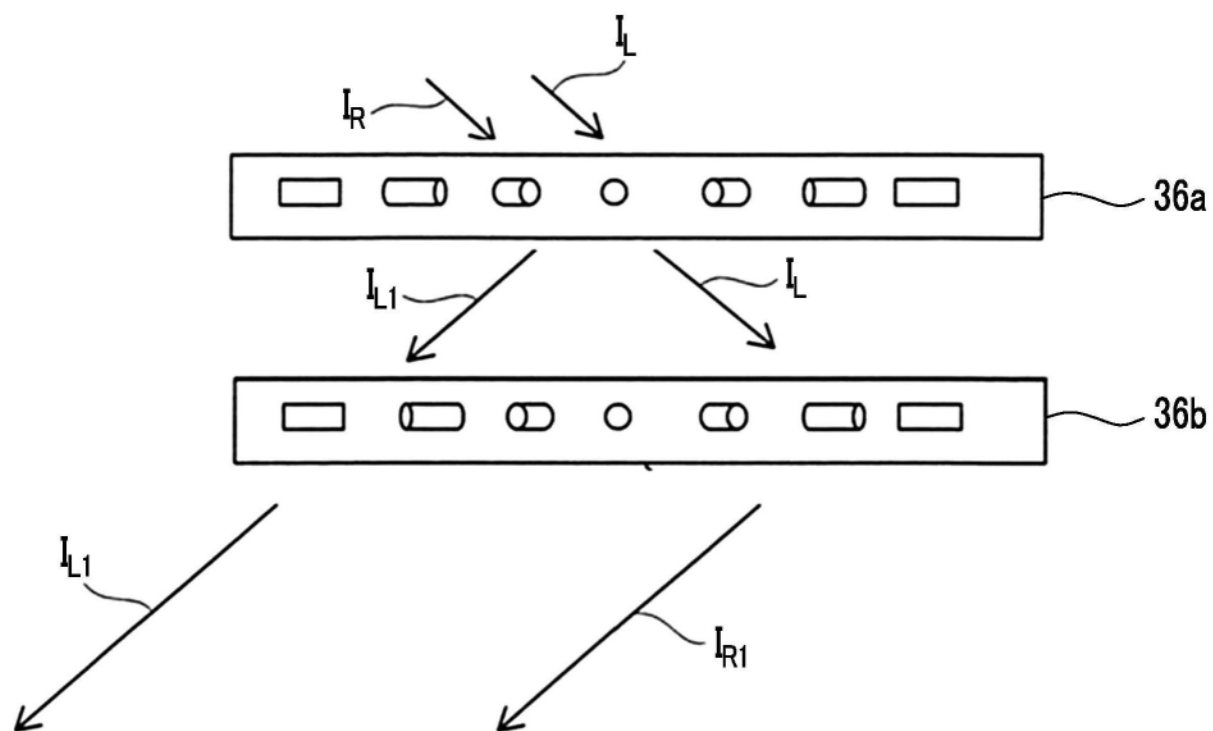


图7

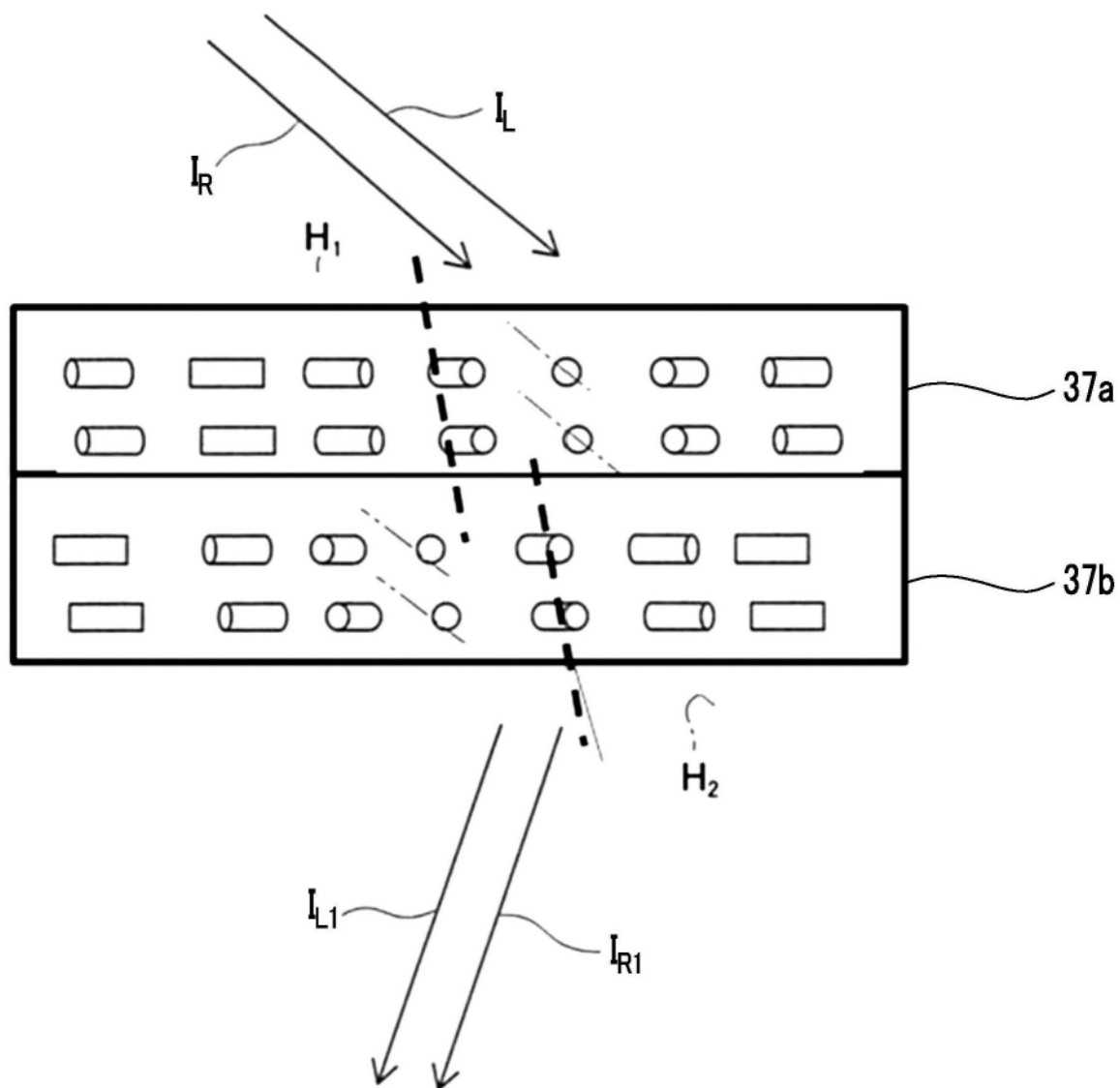


图8

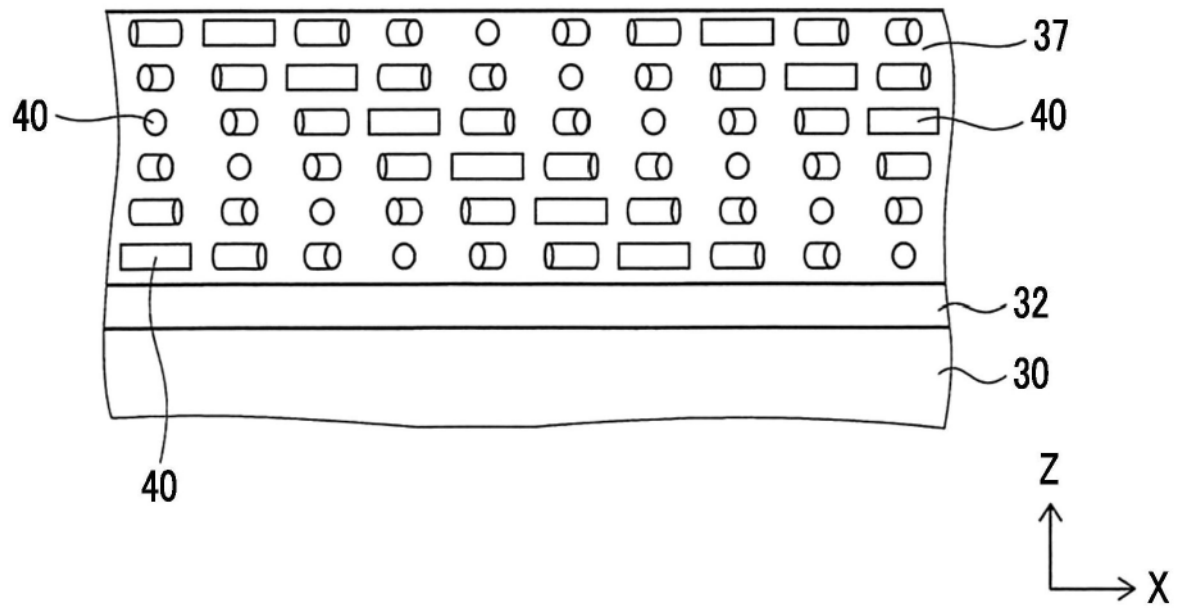


图9

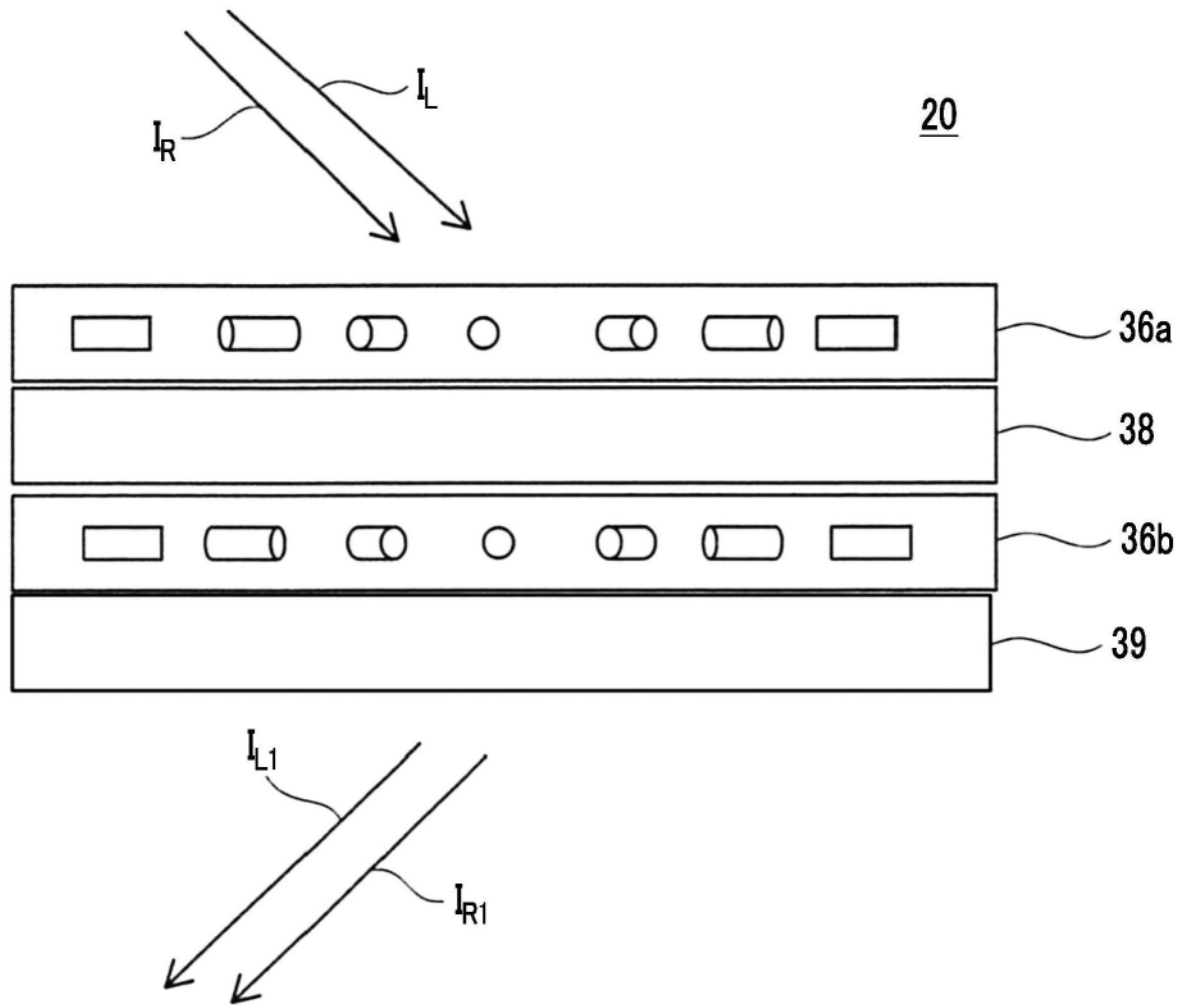


图10

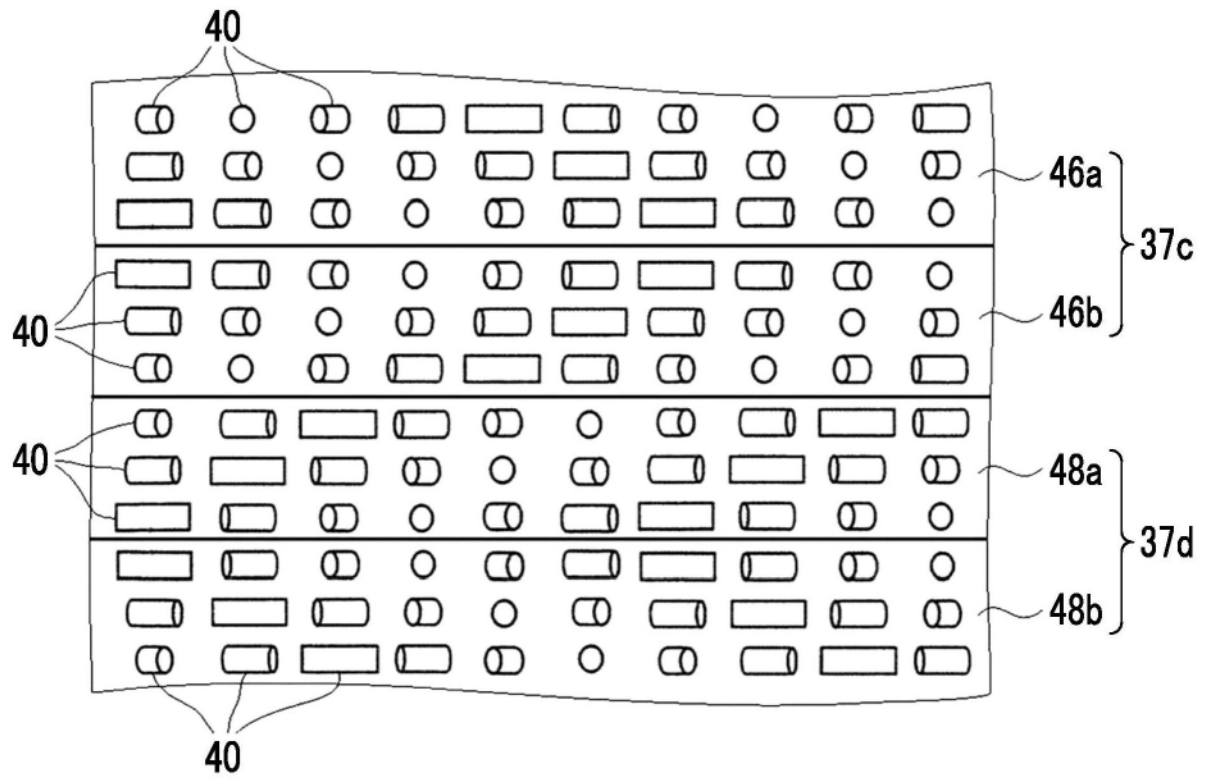


图11

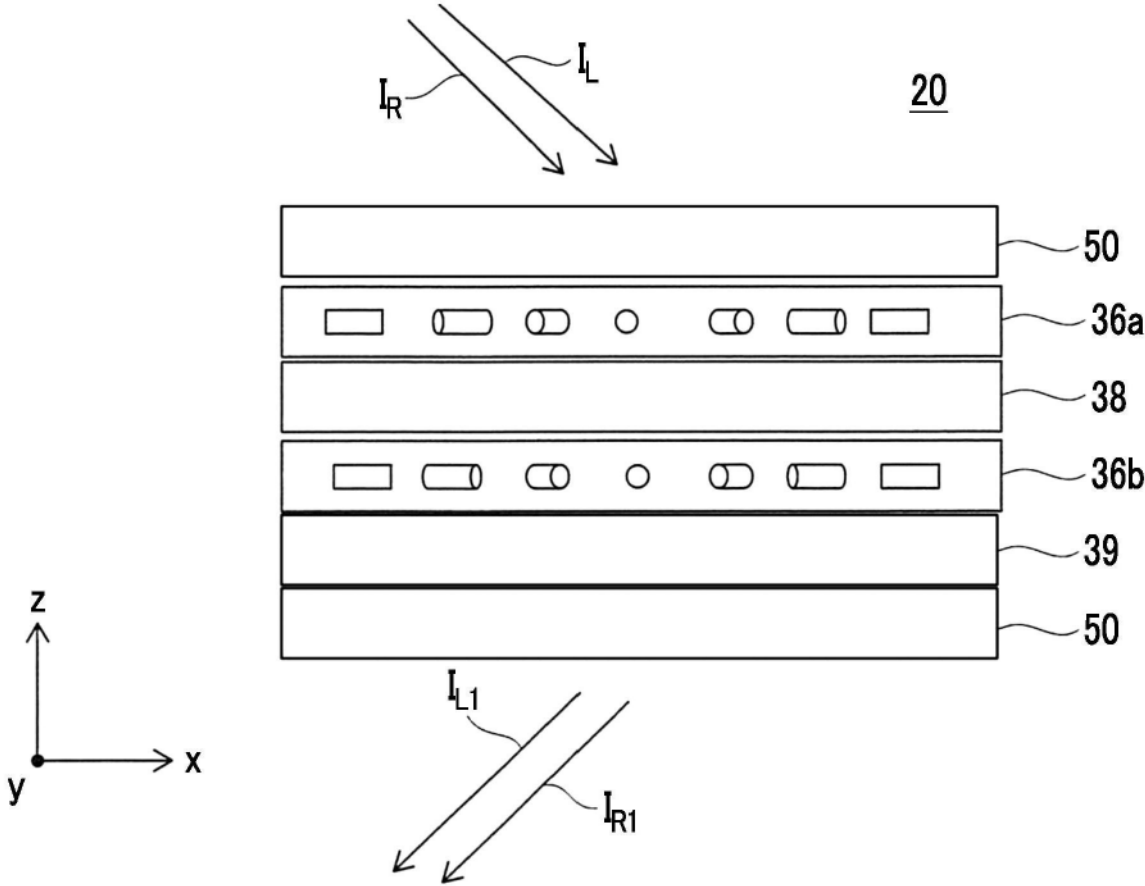


图12