



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115605785 A

(43) 申请公布日 2023.01.13

(21) 申请号 202180035467.8

渡部淳 市桥光芳 小玉启祐

(22) 申请日 2021.05.18

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

(30) 优先权数据

专利代理师 周欣

2020-087866 2020.05.20 JP

2020-129051 2020.07.30 JP

2020-212620 2020.12.22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

G02B 5/18 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01)

2022.11.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/018693 2021.05.18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/235416 JA 2021.11.25

(71) 申请人 富士胶片株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 齐藤之人 佐藤宽 米本隆

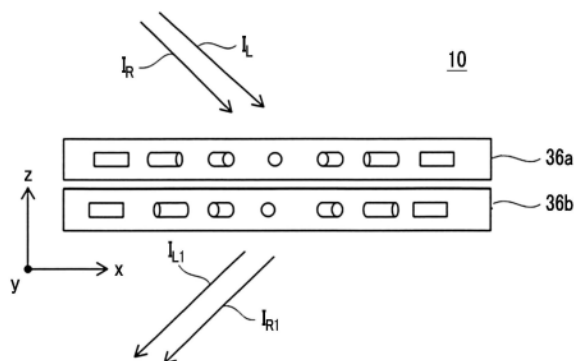
权利要求书1页 说明书41页 附图12页

(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方向衍射且具有高衍射效率的透射型液晶衍射元件。透射型液晶衍射元件具备分别具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的、第1光学各向异性层及第2光学各向异性层，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，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° 的长度作为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。



1. 一种透射型液晶衍射元件,其具备分别具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的、第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,

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,

若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° 的长度作为1个周期,则所述第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。

2. 根据权利要求1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光学各向异性层中,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。

3. 根据权利要求1或2所述的透射型液晶衍射元件,其中,

所述液晶化合物为棒状液晶化合物或圆盘状液晶化合物。

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,

所述第1光学各向异性层及所述第2光学各向异性层中的至少一个具有将使棒状液晶化合物以所述液晶取向图案取向的棒状液晶层和使圆盘状液晶化合物以所述液晶取向图案取向的圆盘状液晶层交替地层叠而成的结构。

5. 根据权利要求1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光学各向异性层中的至少一个是将在厚度方向上所述液晶化合物扭曲取向的液晶层多个层叠而成的,

各所述液晶层中的所述扭曲取向的扭曲角小于 360° ,

多个所述液晶层中,在层叠方向上,液晶化合物的扭曲方向是交替的。

6. 根据权利要求5所述的透射型液晶衍射元件,其中,

所述液晶层中的至少1个具有将使棒状液晶化合物以所述液晶取向图案取向的棒状液晶层和使圆盘状液晶化合物以所述液晶取向图案取向的圆盘状液晶层交替地层叠而成的结构。

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,其具有配置于所述第1光学各向异性层与所述第2光学各向异性层之间的相位差层。

8. 根据权利要求7所述的透射型液晶衍射元件,其中,

所述相位差层的 N_z 值为 $0.1 \sim 1.1$ 。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的透射型液晶衍射元件,其中,具有配置于所述第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中的至少一方的 $\lambda/4$ 板。

透射型液晶衍射元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使射入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,在许多光学器件或光学系统中被利用。

[0003] 作为这种衍射元件,提出了一种使用了液晶化合物的液晶衍射元件。

[0004] 例如,在专利文献1中记载了一种偏振光衍射光栅,其具备如下而成: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,使得在第1偏振光衍射光栅层的两面之间确定的第1厚度上第1偏振光衍射光栅层的分子各自的相对取向以第1扭曲角进行旋转;及第1偏振光衍射光栅层上的第2偏振光衍射光栅层,包括根据第1扭曲性和相反的第2扭曲性而扭曲的分子结构,使得在第2偏振光衍射光栅层的两面之间确定的第2厚度上第2偏振光衍射光栅层的分子各自的相对取向以第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] 在使用了液晶化合物的偏振光衍射元件中,根据偏振光而弯曲的方向不同。具体而言,射入到偏振光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,都无法使光向规定的方向衍射。

[0010] 本发明的课题在于提供一种能够使不同的偏振光向相同方向衍射的透射型液晶衍射元件。

[0011] 用于解决技术课题的手段

[0012] 为了解决该课题,本发明具有以下结构。

[0013] [1]一种透射型液晶衍射元件,其具备分别具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的、第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,

[0014] 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,

[0015] 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° 的长度作为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。

[0016] [2]根据[1]所述的透射型液晶衍射元件,其中,

[0017] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层中,在厚度方向上,液晶化合物扭曲取

向，

[0018] 扭曲取向的扭曲角小于 360° ，

[0019] 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。

[0020] [3]根据[1]或[2]所述的透射型液晶衍射元件，其中，

[0021] 液晶化合物为棒状液晶化合物或圆盘状液晶化合物。

[0022] [4]根据[1]至[3]中任一项所述的透射型液晶衍射元件，其中，

[0023] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层中的至少一个具有将使棒状液晶化合物以液晶取向图案取向的棒状液晶层和使圆盘状液晶化合物以液晶取向图案取向的圆盘状液晶层交替地层叠的结构。

[0024] [5]根据[1]所述的透射型液晶衍射元件，其中，

[0025] 第1光学各向异性层及第2光学各向异性层中的至少一个是层叠多个在厚度方向上液晶化合物扭曲取向的液晶层而成的，

[0026] 各液晶层中的扭曲取向的扭曲角小于 360° ，

[0027] 多个液晶层中，在层叠方向上，液晶化合物的扭曲方向是交替的。

[0028] [6]根据[5]所述的透射型液晶衍射元件，其中，

[0029] 液晶层中的至少1个具有将使棒状液晶化合物以液晶取向图案取向的棒状液晶层和使圆盘状液晶化合物以液晶取向图案取向的圆盘状液晶层交替地层叠的结构。

[0030] [7]根据[1]至[6]中任一项所述的透射型液晶衍射元件，其具有配置于第1光学各向异性层与第2光学各向异性层之间的相位差层。

[0031] [8]根据[7]所述的透射型液晶衍射元件，其中，

[0032] 相位差层的Nz值为 $0.1 \sim 1.1$ 。

[0033] [9]根据[1]至[8]中任一项所述的透射型液晶衍射元件，其具有配置于第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个的 $\lambda/4$ 板。

[0034] 发明效果

[0035] 根据本发明，能够提供一种能够使不同的偏振光向相同方向衍射且具有高衍射效率的透射型液晶衍射元件。

附图说明

[0036] 图1是概念性地表示本发明的透射型液晶衍射元件的一例的图。

[0037] 图2是概念性地表示图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。

[0038] 图3是图2所示的光学各向异性层的主视图。

[0039] 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。

[0040] 图5是用于说明光学各向异性层的作用的概念图。

[0041] 图6是用于说明光学各向异性层的作用的概念图。

[0042] 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。

- [0043] 图8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。
- [0044] 图9是概念性地表示图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。
- [0045] 图10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。
- [0046] 图11是概念性地表示本发明的透射型液晶衍射元件所具有的光学各向异性层的另一例的图。
- [0047] 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。
- [0048] 图13是概念性地表示图12所示的液晶衍射元件所具有的液晶层的另一例的图。
- [0049] 图14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。
- [0050] 图15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。
- [0051] 图16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。
- [0052] 图17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。
- [0053] 图18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。
- [0054] 图19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

[0055] 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。

[0056] 在本说明书中,使用“~”来表示的数值范围是指将“~”的前后所记载的数值作为下限值及上限值而包含的范围。

[0057] 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”的含义使用。

[0058] 在本说明书中,“相同”、“相等”等包括在技术领域通常容许的误差范围。

[0059] [透射型液晶衍射元件]

[0060] 本发明的液晶衍射元件具备具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的、第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,

[0061] 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,

[0062] 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° 的长度作为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。

[0063] 图1中概念性地示出本发明的透射型液晶衍射元件的一例。

[0064] 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,为了简化附图并清楚地示出透射型液晶衍射元件10的结构,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,如图2概念性所示,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的光学轴朝向相同方向的结构。

[0065] 如图1所示,在厚度方向上层叠有第1光学各向异性层36a和第2光学各向异性层36b。

[0066] 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着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。

[0067] 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,若在液晶取向图案中,将源自液晶化合物的光学轴的朝向在面内旋转 180° 的长度作为1个周期(以下,也称为液晶取向图案的1个周期),则依赖于该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。

[0068] 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。具有以上结构的本发明的透射型液晶衍射元件使从斜向射入到主表面的光透射并且衍射。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,本发明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。

[0069] (光学各向异性层)

[0070] 利用图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中,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。

[0071] 图2及图3所示的例子为光学各向异性层,该光学各向异性层是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着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变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中,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。

[0072] 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。

[0073] 另外,将第1光学各向异性层及第2光学各向异性层作为透射型液晶衍射元件层叠时,如图2所示的例子那样,光学各向异性层可以在层叠于支撑体30及取向膜32上的状态层层叠。或者,光学各向异性层例如可以在剥离了支撑体30的、仅层叠有取向膜32及光学各向异性层的状态层层叠。或者,光学各向异性层例如可以在剥离了支撑体30及取向膜32的、只有光学各向异性层的状态层层叠。

[0074] <支撑体>

[0075] 支撑体30支撑取向膜32及光学各向异性层36。

[0076] 关于支撑体30,只要能够支撑取向膜32、光学各向异性层36,则能够利用各种片状物(薄膜、板状物)。

[0077] 另外,支撑体30相对于衍射的光的射率优选为50%以上,更优选为70%以上,进一步优选为85%以上。

[0078] 对于支撑体30的厚度,并无特别限制,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。

[0079] 支撑体30的厚度优选 $1\sim 1000\mu\text{m}$,更优选 $3\sim 250\mu\text{m}$,进一步优选 $5\sim 150\mu\text{m}$ 。

[0080] 支撑体30可以是单层,也可以是多层。

[0081] 作为单层时的支撑体30,可例示包含玻璃、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、丙烯酸及聚烯烃等的支撑体30。作为多层时的支撑体30的例子,可例示包括前述单层的支撑体中的任一个等作为基板,并在该基板的表面上设置有其他层的支撑体等。

[0082] <取向膜>

[0083] 在支撑体30的表面形成取向膜32。

[0084] 取向膜32是用于在形成光学各向异性层36时将液晶化合物40取向为规定的液晶取向图案的取向膜。

[0085] 虽然将在后面进行叙述,但是在本发明中,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)的朝向沿着面内的一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。因此,形成取向膜32,以使光学各向异性层36能够形成该液晶取向图案。

[0086] 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”。

[0087] 取向膜32能够利用公知的各种膜。

[0088] 例如,可例示包含聚合物等有机化合物的摩擦处理膜、无机化合物的倾斜蒸镀膜、具有微槽的膜、以及累积通过朗缪尔-布洛杰特法由 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形成的LB(Langmuir-Blodgett:朗缪尔-布洛杰特)膜而得的膜等。

[0089] 基于摩擦处理的取向膜32能够通过用纸或布在恒定方向上对聚合物层的表面摩擦多次来形成。

[0090] 作为取向膜32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2005-97377号公报、日本特开2005-99228号公报及日本特开2005-128503号公报中所记载的用于形成取向膜32等的材料。

[0091] 在光学各向异性层中,取向膜32可优选利用对光取向性材料照射偏振光或非偏振光而作为取向膜32的、所谓的光取向膜。即,在光学各向异性层中,作为取向膜32,可优选利用在支撑体30上涂布光取向材料而形成的取向膜。

[0092] 关于偏振光的照射,能够相对于光取向膜从垂直方向或斜向进行,关于非偏振光的照射,能够相对于光取向膜从斜向进行。

[0093] 作为能够用于本发明的取向膜中所使用的光取向材料,例如,可例示日本特开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/或烯基取代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进行光二聚化的化合物、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。

[0094] 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。

[0095] 对于取向膜32的厚度,并无限制,只要根据取向膜32的形成材料,适当地设定可获得所需的取向功能的厚度即可。

[0096] 取向膜32的厚度优选 $0.01\sim 5\mu\text{m}$,更优选 $0.05\sim 2\mu\text{m}$ 。

[0097] 对于取向膜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,可例示如下方法:将取向膜32涂布于支撑体30的表面并使其干燥之后,利用激光束对取向膜32进行曝光,而形成取向图案。

[0098] 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。

[0099] 图4所示的曝光装置60具备:光源64,具备激光器62; $\lambda/2$ 板65,改变激光器62所射出的激光束M的偏振光方向;偏振光束分离器68,将激光器62所射出的激光束M分离成光线MA及MB这2个;反射镜70A及70B,分别配置于分离的2个光线MA及MB的光路上;以及 $\lambda/4$ 板72A及72B。

[0100] 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)转化为右旋圆偏振光 P_R , $\lambda/4$ 板72B将直线偏振光 P_0 (光线MB)转换为左旋圆偏振光 P_L 。

[0101] 将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和光线MB在取向膜32上交叉而干涉,并将其干涉光照射到取向膜32上进行曝光。

[0102] 由于此时的干涉,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改变。由此,可获得具有取向状态周期性地改变的取向图案的取向膜(以下,也称为图案取向膜)。

[0103] 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 ,能够在源自液晶化合物40的光学轴40A沿着一个方向连续旋转的取向图案中,调节光学轴40A旋转的一个方向上的、光学轴40A旋转 180° 的1个周期的长度。

[0104] 通过在具有这种取向状态周期性地改变的取向图案的取向膜32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沿着一个方向连续旋转的液晶取向图案的光学各向异性层36。

[0105] 并且,通过使 $\lambda/4$ 板72A及72B的光学轴分别旋转 90° ,能够使光学轴40A的旋转方向相反。

[0106] 如上所述,图案取向膜具有使液晶化合物取向的取向图案,以成为形成于图案取向膜上的光学各向异性层中的液晶化合物的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。若图案取向膜以沿着使液晶化合物取向的朝向的轴作为取向轴,则可以说图案取向膜具有取向轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的取向图案。图案取向膜的取向轴能够通过测定吸收各向异性来检测。例如,一边使直线偏振光旋转一边将其照射到图案取向膜上,测定透射图案取向膜的光的光量时,光量达到最大或最小的朝向沿着面内的一个方向逐渐改变而进行观测。

[0107] 另外,在本发明中,取向膜32作为优选的方式而设置,并不是必须的构成要件。

[0108] 例如,还能够设为如下结构: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,在支撑体30上形成取向图案,由此光学各向异性层具有源自液晶化合物40的光学轴40A的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。即,在本发明中,可以使支撑体30作为取向膜发挥作用。

[0109] <光学各向异性层>

[0110] 光学各向异性层36形成于取向膜32的表面。

[0111] 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着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的光学各向异性层。

[0112] 如图2中概念性所示,光学各向异性层36中,液晶化合物40在厚度方向上不以螺旋状进行扭曲旋转,而面方向的相同位置的液晶化合物40以其光学轴40A的朝向成为相同朝向的方式进行取向。

[0113] <<光学各向异性层的形成方法>>

[0114] 光学各向异性层能够通过将取向为源自液晶化合物的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的液晶相固定为层状而形成。

[0115] 关于固定有液晶相的结构,只要是成为液晶相且保持有液晶化合物的取向的结构即可,典型而言,优选将聚合性液晶化合物设为沿着液晶取向图案的取向状态之后,通过紫外线照射、加热等进行聚合、固化,而形成没有流动性的层,同时改变成不会因外磁场或外力而使取向形态产生变化的状态的结构。

[0116] 另外,在固定有液晶相的结构中,只要保持液晶相的光学的性质则足以,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,聚合性液晶化合物通过固化反应进行高分子量化,可以不显示液晶性。

[0117] 作为用于形成固定液晶相而成的光学各向异性层的材料,作为一例,可举出包含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。

[0118] 并且,用于形成光学各向异性层的液晶组合物还可以包含表面活性剂、聚合引发剂等。

[0119] --聚合性液晶化合物--

[0120] 聚合性液晶化合物可以是棒状液晶化合物,也可以是圆盘状液晶化合物。

[0121] 作为形成光学各向异性层的棒状聚合性液晶化合物的例子,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,可优选使用甲亚胺类、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苄腈类。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。

[0122] 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含不饱和聚合性基团、环氧基、及吡丙啶基,优选不饱和聚合性基团,更优选烯属不饱和聚合性基团。聚合性基团能够通过各种方法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。

[0123] 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,则能够降低取向温度。

[0124] 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。而且,作为前述高分子液晶化合物,能够使用将呈液晶的介晶基团导入到主链或侧链、或者主链及侧链这两者的位置上而得的高分子、将胆甾醇基导入到侧链而得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。

[0125] --圆盘状液晶化合物--

[0126] 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、日本特开2010-244038号公报中所记载的化合物。

[0127] 并且,相对于液晶组合物的固体成分质量(去除溶剂之后的质量),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%,进一步优选为85~90质量%。

[0128] --表面活性剂--

[0129] 在形成光学各向异性层时使用的液晶组合物可以包含表面活性剂。

[0130] 表面活性剂优选能够稳定地或快速地作为有助于液晶化合物的取向的取向控制剂发挥作用的化合物。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,可优选例示氟系表面活性剂。

[0131] 作为表面活性剂的具体例,可举出日本特开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。

[0132] 另外,表面活性剂可以单独使用1种,也可以并用2种以上。

[0133] 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。

[0134] 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%。

[0135] --聚合引发剂--

[0136] 在液晶组合物包含聚合性化合物的情况下,优选含有聚合引发剂。通过紫外线照射进行聚合反应的方式中,优选所使用的聚合引发剂为通过紫外线照射而能够引发聚合反应的光聚合引发剂。

[0137] 对于光聚合引发剂的例子,可举出 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)、偶姻醚(记载于美国专利第2448828号说明书)、 α -炔取

代芳香族偶姻化合物(记载于美国专利第2722512号说明书)、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)、三芳基咪唑二聚物和对氨基苯基酮的组合(记载于美国专利第3549367号说明书)、吡啶及吩嗪化合物(记载于日本特昭60-105667号公报、美国专利第4239850号说明书)、以及噁二唑化合物(记载于美国专利第4212970号说明书)等。

[0138] 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%。

[0139] --交联剂--

[0140] 为了提高固化后的膜强度及提高耐久性,液晶组合物可以任意含有交联剂。作为交联剂,能够优选使用通过紫外线、热量及湿气等进行固化的交联剂。

[0141] 作为交联剂,并无特别限制,能够根据目的适当地进行选择,例如,可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;缩水甘油(甲基)丙烯酸酯及乙二醇二缩水甘油醚等环氧化合物;2,2-双羟甲基丁醇-三[3-(1-吡丙啶基)丙酸酯]及4,4-双(亚乙基亚氨基羰基氨基)二苯基甲烷等吡丙啶化合物;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等。并且,能够根据交联剂的反应性来使用公知的催化剂,除了能够提高膜强度及耐久性,还能够提高生产率。它们可以单独使用1种,也可以同时使用2种以上。

[0142] 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%。若交联剂的含量在上述范围内,则容易获得交联密度提高的效果,液晶相的稳定性进一步提高。

[0143] --其他添加剂--

[0144] 在液晶组合物中,能够根据需要在不会降低光学性能等的范围内进一步添加阻聚剂、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。

[0145] 在形成光学各向异性层时,液晶组合物优选以液体的形式使用。

[0146] 液晶组合物可以包含溶剂。对于溶剂,并无限制,能够根据目的适当地进行选择,但是优选有机溶剂。

[0147] 对于有机溶剂,并无限制,能够根据目的适当地进行选择,例如,可举出酮类、卤代烷类、酰胺类、亚砷类、杂环化合物、烃类、酯类及醚类等。它们可以单独使用1种,也可以同时使用2种以上。它们中,在考虑对环境的负荷的情况下,优选酮类。

[0148] 优选在形成光学各向异性层时,在光学各向异性层的形成面涂布液晶组合物,将液晶化合物取向成取向为规定的液晶取向图案的液晶相的状态之后,使液晶化合物固化,而作为光学各向异性层。

[0149] 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涂布液晶组合物,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,形成固定液晶相而成的光学各向异性层。

[0150] 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、棒涂及喷涂等能够在片状物均匀地涂布液体的公知的方法全部。

[0151] 根据需要,对所涂布的液晶组合物进行干燥和/或加热,然后进行固化,而形成光

学各向异性层。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。

[0152] 根据需要,取向的液晶化合物进一步聚合。聚合可以是热聚合及利用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 $20\text{mJ}/\text{cm}^2 \sim 50\text{J}/\text{cm}^2$,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,可以在加热条件下或氮气氛下实施光照射。照射的紫外线的波长优选250~430nm。

[0153] 根据需要,可以进一步对经聚合的液晶组合物进行活化处理,以将液晶层进行层叠取向。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的效果。电晕处理中的放电量优选为 $10 \sim 500\text{W}/\text{m}^2/\text{min}$ 。作为制造装置,能够优选利用再公表专利W014/054437号公报中所记载的装置。例如,能够使用基于KASUGA DENKI, Inc.制造的电晕处理机的常压空气中的放电方式。对于等离子体处理,例如能够使用通过Sekisui Chemical Co., Ltd.制造的等离子体放电机电在常压空气中或氮气、氩气等非活性气体气氛中进行放电的方式。

[0154] 对于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。

[0155] <<光学各向异性层的液晶取向图案>>

[0156] 如前所述,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沿着一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。

[0157] 另外,源自液晶化合物40的光学轴40A是指在液晶化合物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沿着棒状的长轴方向。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”。

[0158] 图3中概念性地示出光学各向异性层36的俯视图。

[0159] 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。

[0160] 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仅表示取向膜32的表面的液晶化合物40。

[0161] 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具有液晶取向图案,该液晶取向图案根据形成于下层的取向膜32上的取向图案,在光学各向异性层的面内,沿着箭头D(以下,称为排列轴D)所表示的规定的方向,光学轴40A的朝向一边连续旋转一边改变。在图示例中,液晶化合物40的光学轴40A具有沿着排列轴D方向,在顺时针方向上一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。

[0162] 构成光学各向异性层36的液晶化合物40成为在排列轴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。

[0163] 在以下说明中,为了方便,将与排列轴D方向正交的方向作为Y方向。即,箭头Y方向是指,与液晶化合物40的光学轴40A的朝向在光学各向异性层的面内一边连续旋转一边改变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。

[0164] 具体而言,液晶化合物40的光学轴40A的朝向沿着排列轴D方向(规定的一个方向)一边连续旋转一边改变是指,沿着排列轴D方向排列的液晶化合物40的光学轴40A与排列轴D方向所形成的角度根据排列轴D方向的位置而不同,沿着排列轴D方向,光学轴40A与排列轴D方向所形成的角度从 θ 依次变到 $\theta+180^\circ$ 或 $\theta-180^\circ$ 。

[0165] 另外,在排列轴D方向上相互相邻的液晶化合物40的光学轴40A的角度差优选为 45° 以下,更优选为 15° 以下,进一步优选为更小的角度。

[0166] 并且,在本发明中,液晶化合物向在排列轴D方向上相互相邻的液晶化合物40的光学轴40A所形成的角度变小的朝向旋转。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沿着排列轴D的箭头方向向右(顺时针)旋转。

[0167] 另一方面,形成光学各向异性层36的液晶化合物40中,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,光学轴40A的朝向相等。

[0168] 换句话说,形成光学各向异性层36的液晶化合物40中,在Y方向上,液晶化合物40的光学轴40A与排列轴D方向所形成的角度相等。

[0169] 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)所形成的角度相等。将在Y方向上配置有该光学轴40A与排列轴D方向所形成的角度相等的液晶化合物40的区域设为区域R。

[0170] 此时,各区域R中的面内延迟(Re)的值优选实质上为半波长即 $\lambda/2$ 。这是将右旋圆偏振光转换为左旋圆偏振光,且将左旋圆偏振光转换为右旋圆偏振光的条件。它们的面内延迟根据伴随区域R的折射率各向异性的折射率差 Δn 与光学各向异性层的厚度的乘积来计算。在此,光学各向异性层中的伴随区域R的折射率各向异性的折射率差是指,根据区域R的面内的慢轴方向的折射率和与慢轴方向正交的的方向的折射率之差定义的折射率差。即,伴随区域R的折射率各向异性的折射率差 Δn 与光学轴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的折射率之差相等。即,折射率差 Δn 与液晶化合物40的折射率差相等。

[0171] 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连续旋转而改变的排列轴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 。

[0172] 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 ”。

[0173] 光学各向异性层36的液晶取向图案中,在排列轴D方向即光学轴40A的朝向连续旋转而改变的一个方向上重复该1个周期 Λ 。

[0174] 若圆偏振光射入到这种光学各向异性层36,则光被折射,并且圆偏振光的方向被转换。

[0175] 在图5及图6中概念性地示出该作用。另外,光学各向异性层36中,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 $\lambda/2$ 。

[0176] 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 射入到光学各向异性层

36, 则入射光 L_1 通过穿过光学各向异性层36而赋予 180° 的相位差, 透射光 L_2 被转换为右旋圆偏振光。

[0177] 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。如上所述, 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方向倾斜了恒定的角度的、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。

[0178] 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 射入到光学各向异性层36, 则入射光 L_4 通过穿过光学各向异性层36而赋予 180° 的相位差, 转换为左旋圆偏振光的透射光 L_5 。

[0179] 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。如上所述, 入射光 L_4 被转换为相对于入射方向向与排列轴D方向相反的方向倾斜了恒定的角度的、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。

[0180] 如前所述, 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 的折射的角度。具体而言, 光学各向异性层36中, 液晶取向图案的1个周期 Λ 越短, 则穿过相互相邻的液晶化合物40的光彼此越强烈地干涉, 因此能够使透射光 L_2 及 L_5 大幅折射。

[0181] 并且, 通过将沿着排列轴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, 能够使透射光的折射方向成为相反的方向。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, 但是通过将该旋转方向设为逆时针, 能够使透射光的折射方向成为相反的方向。具体而言, 在图5及图6中, 在朝向排列轴D方向的光学轴40A的旋转方向为逆时针的情况下, 从图中上侧射入到光学各向异性层36的左旋圆偏振光通过穿过光学各向异性层36而透射光被转换为右旋圆偏振光, 并且被衍射以向图中左下方向行进。并且, 从图中上侧射入到光学各向异性层36的右旋圆偏振光通过穿过光学各向异性层36而透射光被转换为左旋圆偏振光, 并且被衍射以向图中右下方向行进。

[0182] (透射型液晶衍射元件的作用)

[0183] 接着, 利用图7, 对具有层叠有2层具有这种液晶取向图案的光学各向异性层的结构的本发明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, 分开示出第1光学各向异性层36a和第2光学各向异性层36b。

[0184] 如前所述, 本发明的透射型液晶衍射元件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), 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)。

[0185] 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。

[0186] 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。

[0187] 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侧射入到这种结构的透射型液晶衍射元件的情况为例进行说明。

[0188] 如图7所示,右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 相对于第1光学各向异性层36a的主表面从斜向射入。在图示例中,右旋圆偏振光 I_R 及左旋圆偏振光 I_L 沿着排列轴D,以相同的入射角度射入到第1光学各向异性层36a,使得从图7中左上方向向右下方向行进。

[0189] 如前所述,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 沿着排列轴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使射入的右旋圆偏振光 I_R 相对于射入的右旋圆偏振光 I_R 的行进方向沿着排列轴D向图7中左下方向行进的方向衍射。并且,如前所述,衍射的光被转换为左旋圆偏振光 I_{L1} 。

[0190] 另一方面,对于左旋圆偏振光 I_L ,第1光学各向异性层36a欲使射入的左旋圆偏振光 I_L 相对于射入的左旋圆偏振光 I_L 的行进方向沿着排列轴D向图7中右方向衍射。然而,具有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,因此射入的左旋圆偏振光 I_L 几乎不被衍射,而左旋圆偏振光 I_L 原样向图中右下方向透射第1光学各向异性层36a。

[0191] 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 射入到第2光学各向异性层36b。如前所述,第2光学各向异性层36b中,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使射入的圆偏振光向与第1光学各向异性层36a相反的方向衍射。即,使左旋圆偏振光沿着排列轴D向左方向衍射。

[0192] 如图7所示,左旋圆偏振光 I_{L1} 相对于第2光学各向异性层36b,以从右上方向向左下方向行进的方式射入。在此,对于左旋圆偏振光 I_{L1} ,第2光学各向异性层36b欲使射入的左旋圆偏振光 I_{L1} 相对于射入的左旋圆偏振光 I_{L1} 的行进方向沿着排列轴D向图7中左方向衍射。然而,具有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,因此射入的左旋圆偏振光 I_{L1} 几乎不被衍射,而左旋圆偏振光 I_{L1} 原样向左下方向透射第2光学各向异性层36b。

[0193] 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 相对于射入的左旋圆偏振光 I_L 的行进方向,沿着排列轴D向图7中左下方向行进的方向衍射。并且,如前所述,衍射的光被转换为右旋圆偏振光 I_{R1} 。

[0194] 因此,如图7所示,从斜向射入到第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} ,向相同方向衍射而射出。

[0195] 如前所述,使用了液晶化合物的偏振光衍射元件中,根据偏振光而弯曲的方向不同,因此在以往的偏振光衍射元件中,射入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,都无法使光向规定的方向衍射。

[0196] 相对于此,如上所述,本发明的透射型液晶衍射元件能够使从斜向射入的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射而射出。

[0197] 在此,为了发挥使从斜向射入的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射的作用,相对于透射型液晶衍射元件的光的入射角优选 $10^\circ \sim 80^\circ$,更优选 $20^\circ \sim 70^\circ$,进一步优选 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。

[0198] 并且,为了发挥使从斜向射入的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光向相同方向衍射的作用,基于第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b各自的衍射角度优选 $50^{\circ}\sim 130^{\circ}$,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形成的角度。

[0199] 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 和 Λ_2 只要根据欲衍射的角度等适当地设定即可。 Λ_1 与 Λ_2 之比优选大致为0.2~5左右。欲使衍射光与衍射光栅面所形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。

[0200] 并且,为了发挥本发明的效果,使入射光以大角度衍射,为了将0次光和1次光以角度进行分离而利用衍射效率的差异,0次光与1次光的角度差优选大。在此,“0次光”表示不在衍射光栅衍射而原样不改变方向的光,“1次光”表示入射光在衍射光栅向+1次或-1次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次光与1次光的角度差过大,则脱离1次光的衍射条件。与光的衍射角相对应的波长 λ 和液晶图案间距 Λ 之比即 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。

[0201] 并且,透射型液晶衍射元件不限于仅具有第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b的结构。如前所述,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可以是与支撑体30及取向膜32层叠的状态,也可是与取向膜32层叠的状态。

[0202] 在此,在相对于透射型液晶衍射元件10的光的入射角与出射角相等的情况下,如图2所示的例子那样,第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b分别优选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。换句话说,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方向。即,第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b分别优选在厚度方向上液晶化合物40未扭曲取向。在相对于透射型液晶衍射元件10的光的入射角与出射角相等的情况下,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未扭曲取向的结构而能够提高衍射效率。

[0203] 另一方面,在相对于透射型液晶衍射元件10的光的入射角与出射角不同的情况下,如图8所示的例子那样,第1光学各向异性层37a及第2光学各向异性层37b分别优选在厚度方向上液晶化合物扭曲取向。第1光学各向异性层37a及第2光学各向异性层37b中的扭曲取向中,厚度方向上的扭曲角小于 360° 。即,扭曲取向至不进行胆甾醇型取向的程度。

[0204] 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从图中上侧向下侧逆时针扭曲。

[0205] 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中,液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反,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。

[0206] 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中,在厚度方向上,液晶化合物扭曲取向,除此以外,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,具有在光学各向异性层37的面内,沿着排列轴D,光学轴40A的朝向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案。

[0207] 图9所示的光学各向异性层37具有液晶化合物40在厚度方向上回转并层叠而成的扭曲结构,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的合计旋转角小于 360° 。

[0208] 如上所述,光学各向异性层37具有在面内沿着排列轴D光学轴40A的朝向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案,并且若液晶化合物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,在厚度方向上连结朝向相同方向的液晶化合物40的线段(图8中为 H_1 及 H_2 所表示的线段)成为相对于光学各向异性层37的主表面倾斜的结构。通过适当地调整相对于该线段 H_1 及 H_2 的光的入射角及出射角,能够提高相对于透射型液晶衍射元件10的光的入射角与出射角不同时的衍射效率。具体而言,线段 H_1 及 H_2 优选平行,并且光的入射角及出射角优选为相对于线段 H_1 及 H_2 大致中间的角度。

[0209] 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,扭曲角相等。

[0210] 如上所述,为了将光学各向异性层设为在厚度方向上液晶化合物扭曲取向的结构,只要在用于形成光学各向异性层的液晶组合物中含有手性试剂即可。

[0211] --手性试剂(光学活性化合物)--

[0212] 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。关于手性试剂,根据化合物而诱导的螺旋的扭曲方向及螺旋扭转力(Helical twisting power:HTP)不同,因此只要根据目的进行选择即可。

[0213] 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委员会编辑,1989年记载)、异山梨醇及异甘露糖醇衍生物等。

[0214] 手性试剂通常包含不对称碳原子,但是不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子中包含联萘、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,通过聚合性手性试剂和聚合性液晶化合物的聚合反应,能够形成具有从聚合性液晶化合物衍生的重复单元和从手性试剂衍生的重复单元的聚合物。该方式中,聚合性手性试剂所具有的聚合性基团优选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不饱和聚合性基团、环氧基或吡丙啶基,更优选不饱和聚合性基团,进一步优选烯属不饱和聚合性基团。

[0215] 并且,手性试剂可以是液晶化合物。

[0216] 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相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。

[0217] 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%。

[0218] 并且,透射型液晶衍射元件可以具有其他层。例如,如图10所示的例子那样,可以在第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间具有相位差层38。

[0219] 如前所述,光学各向异性层36将射入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,在由第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的作用而使衍射效率下降。

[0220] 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之间具有相位差层38的结构,能够对从第1光学各向异性层36a射出的椭圆偏振光赋予相位差而成为圆偏振光,由此,可准确地获得第2光学各向异性层36b的作用,能够提高衍射效率。

[0221] 另外,即使是在第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间设置相位差层的情况下,仅通过光在第1光学各向异性层36a与第2光学各向异性层36b之间行进时穿过相位差层38内,不会对衍射造成影响,因此也能够获得与图7所示的例子相同的衍射作用。

[0222] 作为相位差层,只要能够对从第1光学各向异性层36a射出的椭圆偏振光赋予相位差即可,能够适当地利用C板及A板。

[0223] 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的结构等,以能够将从第1光学各向异性层36a射出的椭圆偏振光转换为圆偏振光的方式适当地设定即可。作为其指标,能够使用 $N_z = R_{th}/R_e + 0.5$ 。在此, R_{th} 为厚度方向的延迟, R_e 为面内方向的延迟。 N_z 优选0.1~1.1,更优选0.8~0.2,进一步优选0.7~0.3。

[0224] 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,但是并不限于此。在光学各向异性层中,液晶化合物的光学轴可以向光学各向异性层的主表面倾斜。

[0225] 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仅沿着排列轴D方向连续旋转。

[0226] 然而,本发明并不限制于此,只要在光学各向异性层中,液晶化合物40的光学轴40A沿着一个方向连续旋转,则能够利用各种结构。

[0227] 在此,优选第1光学各向异性层及第2光学各向异性层中的至少一个具有将使棒状液晶化合物以液晶取向图案取向的棒状液晶层和使圆盘状液晶化合物以液晶取向图案取向的圆盘状液晶层交替地层叠的结构。更优选第1光学各向异性层及第2光学各向异性层这两者具有交替地层叠有棒状液晶层和圆盘状液晶层的结构。

[0228] 图11是概念性地表示本发明的透射型液晶衍射元件所具有的光学各向异性层的

另一例的图。

[0229] 图11所示的光学各向异性层36c交替地具有共计4层使用棒状液晶化合物40c形成的液晶层(以下,称为棒状液晶层)42和使用圆盘状液晶化合物40d形成的液晶层(以下,称为圆盘状液晶层)44。另外,在图11中,为了简化附图而明确地示出光学各向异性层36c的结构,棒状液晶层42及圆盘状液晶层44仅概念性地示出表面的液晶化合物。然而,棒状液晶层42及圆盘状液晶层44具有在厚度方向上层叠有液晶化合物的结构,并且具有在厚度方向上层叠的液晶化合物的光学轴朝向相同方向的结构。

[0230] 棒状液晶层42为如下层,即,与图2及图3所示的例子同样地,使棒状液晶化合物40c以其光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案取向的层。并且,圆盘状液晶层44为如下层,即,与图2及图3所示的例子同样地,使圆盘状液晶化合物40d以其光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案取向的层。另外,如前所述,棒状液晶化合物40c的光学轴的方向沿着长轴方向。另一方面,圆盘状液晶化合物40d的光学轴的方向沿着与圆盘面垂直的方向。因此,在圆盘状液晶层44中,圆盘状液晶化合物40d以圆盘面与圆盘状液晶层44的界面垂直的方式取向。

[0231] 在1个光学各向异性层36c中,各棒状液晶层42及圆盘状液晶层44中,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。因此,在图11所示的例子中,两层棒状液晶层42和两层圆盘状液晶层44作为1个光学各向异性层36c,发挥上述的光学各向异性层36的作用。

[0232] 通过将光学各向异性层设为交替地层叠有棒状液晶层42和圆盘状液晶层44的结构,能够使光学各向异性层的厚度方向延迟 R_{th} 接近零。由此,光从斜向射入到光学各向异性层时的面内延迟 R_e 的变化变小。因此,能够提高衍射效率等衍射性能的入射角依赖性。

[0233] 并且,衍射光在产生衍射的层的厚度方向的各位置产生,因此优选在产生衍射的层的厚度方向的任何位置 R_{th} 都接近零,优选在产生衍射的层的厚度方向的各位置抵消 R_{th} 。由此,优选交替地层叠的棒状液晶层及圆盘状液晶层的相邻层的 R_{th} 为正负的关系,并且各层的 R_{th} 的绝对值为10~200nm左右。

[0234] 通过具有这种光学各向异性层,能够进一步提高透射型液晶衍射元件的衍射效率。

[0235] 在此,各棒状液晶层42及圆盘状液晶层44的厚度分别优选0.1 μm ~5 μm ,更优选0.1 μm ~2 μm ,进一步优选0.1 μm ~0.5 μm 。并且,优选将棒状液晶层42和圆盘状液晶层44加在一起的厚度相对于射入的光的波长不过大。

[0236] 另外,在图11所示的例子中,设为具有两层棒状液晶层42和两层圆盘状液晶层44的结构,但是并不限于此,也可以是具有各1层棒状液晶层42及圆盘状液晶层44的结构,或者也可以分别具有3层以上的棒状液晶层42及圆盘状液晶层44。

[0237] 通过将棒状液晶层42及圆盘状液晶层44分别层叠多层,并且棒状液晶层42及圆盘状液晶层44的延迟 $\Delta n \times d$ (Δn 为液晶化合物的折射率差, d 为液晶层的厚度)的大小一致,能够使光学各向异性层的厚度方向延迟 R_{th} 更接近零,因此优选。

[0238] 并且,通过改变棒状液晶层和圆盘状液晶层的 Δn 及厚度 d 的值,能够精密地控制光学各向异性层的 R_{th} 的值。在本结构中为 $R_{th} = ((n_e + n_o) / 2 - n_o) \times d = (n_e - n_o) / 2 \times d$,但是由于棒状液晶层为 $n_e > n_o$,因此成为 $R_{th} > 0$,由于圆盘状液晶层为 $n_e < n_o$,因此成为 $R_{th} < 0$ 。

0。在本发明中,能够交替地层叠棒状液晶层和圆盘状液晶层且还能够改变其比例,因此能够在全部为棒状液晶层的情况及全部为圆盘状液晶层的情况之间精密地控制 R_{th} 的值。

[0239] 如图11所示,优选棒状液晶化合物40c在光学轴(指向矢)与棒状液晶层42的界面平行的状态下取向,圆盘状液晶化合物40d在使圆盘面与圆盘状液晶层44的界面垂直取向的状态下取向。如此,在面内,在连续保持慢轴的厚度方向的变化状态下,厚度方向的折射率由圆盘状液晶化合物和棒状液晶化合物平均化,由此厚度方向延迟 R_{th} 接近零,入射角依赖性进一步提高。

[0240] 并且,本发明的透射型液晶衍射元件优选,第1光学各向异性层及第2光学各向异性层中的至少一个是层叠多个在厚度方向上液晶化合物扭曲取向的液晶层而成的,各液晶层中的扭曲角小于 360° ,多个液晶层中,在层叠方向上,液晶化合物的扭曲方向是交替的。

[0241] 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。

[0242] 图12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。

[0243] 与图3所示的例子同样地,第1光学各向异性层37a的液晶层46a及液晶层46b为具有液晶化合物40的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的层。并且,液晶层46a及液晶层46b中,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。

[0244] 在此,液晶层46a及液晶层46b中,在厚度方向上液晶化合物40扭曲取向,但是液晶层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。

[0245] 在图12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向下方顺时针旋转的方向。

[0246] 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。

[0247] 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的光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案的层。并且,液晶层48a及液晶层48b中,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。

[0248] 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。

[0249] 在此,液晶层48a及液晶层48b中,在厚度方向上液晶化合物40扭曲取向,但是液晶层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。

[0250] 在图12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向下方顺时针旋转的方向。

[0251] 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。

[0252] 如上所述,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,衍射效率的角度依赖性及波长依赖性得到提高。此时,各液晶层的扭转角(厚度方向的总扭曲角)和延迟 $\Delta n \times d$ 依赖于液晶化合物的折射率差 Δn 而最佳值改变。因此,只要根据各液晶层将扭转角最佳化即可。扭转角优选 $30 \sim 180^\circ$ 。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。

[0253] 并且,若液晶化合物的 Δn 大,则角度依赖性及波长依赖性得到进一步改善,因此优选。

[0254] 并且,在图12所示的例子中,将光学各向异性层设为层叠有扭曲方向不同的液晶层的双层结构,但是并不限于此。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在厚度方向上液晶化合物未扭曲的液晶层。由此,衍射效率的角度依赖性及波长依赖性进一步提高。

[0255] 扭曲取向的液晶层之间的非扭曲取向的液晶层优选,液晶化合物的光学轴的方向在面内的各位置与相邻的扭曲取向的液晶层的界面中的液晶化合物的光学轴的方向连续连结(朝向相同)。如上所述,在相邻的液晶层之间液晶化合物的光学轴的朝向连续连结的结构,能够通过在下层的液晶层上层叠涂布上层的液晶层来制作。

[0256] 在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,在提高某一角度下的衍射性能的情况下,各液晶层的厚度方向上的每单位长度的扭曲角也可以不同。

[0257] 各液晶层的厚度优选 $0.1 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$,更优选 $0.1 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$,进一步优选 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ 。

[0258] 与前述同样地,优选交替地层叠的棒状液晶层及圆盘状液晶层的相邻层的 R_{th} 为正负的关系,并且各层的 R_{th} 的绝对值为 $10 \sim 200 \text{nm}$ 左右。

[0259] 在此,如图12所示,在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的情况下,优选液晶层中的至少1个具有交替地层叠有使棒状液晶化合物以液晶取向图案取向的棒状液晶层和使圆盘状液晶化合物以液晶取向图案取向的圆盘状液晶层的结构。

[0260] 图13是概念性地表示本发明的透射型液晶衍射元件的光学各向异性层所具有的液晶层的另一例的图。

[0261] 图13所示的液晶层47交替地具有共计4层使用棒状液晶化合物40c形成的棒状液晶层42b和使用圆盘状液晶化合物40d形成的圆盘状液晶层44b。另外,在图13中,为了简化附图而明确地示出液晶层47的结构,棒状液晶层42b及圆盘状液晶层44b仅概念性地示出表面的液晶化合物。然而,棒状液晶层42b及圆盘状液晶层44b具有在厚度方向上层叠液晶化合物而成的结构。

[0262] 棒状液晶层42b为如下层,即,与图3所示的例子同样地,使棒状液晶化合物40c以其光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案取向的层。并且,圆盘状液晶层44b为如下层,即,与图3所示的例子同样地,使圆盘状液晶化合物40d以其光学轴的朝向沿着面内的至少一个方向一边连续旋转一边改变的液晶取向图案取向的层。

[0263] 在1个液晶层47中,各棒状液晶层42b及圆盘状液晶层44b中,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。

[0264] 在此,在图13所示的例子中,从图中下侧的棒状液晶层42b朝向图中上侧的圆盘状液晶层44b,层内的液晶化合物的长度方向在厚度方向上一体地扭曲取向。由此,两层棒状液晶层42b和两层圆盘状液晶层44b作为1个液晶层47,发挥与图12所示的液晶层相同的作用。另外,圆盘状液晶层44b中的液晶化合物的长度方向是指、将圆盘状液晶化合物投影到圆盘状液晶层的表面(界面)的形狀的长度方向。

[0265] 如上所述,在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的情况下,通过将液晶层中的至少1个设为层叠有棒状液晶层和圆盘状液晶层的结构,能够进一步提高衍射效率等衍射性能的入射角依赖性。

[0266] 棒状液晶层42b及圆盘状液晶层44b的厚度等与上述棒状液晶层42及圆盘状液晶层44相同。

[0267] 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个的 $\lambda/4$ 板。

[0268] 图14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。

[0269] 图14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2光学各向异性层36b及第2 $\lambda/4$ 板50。即,图14所示的透射型液晶衍射元件具有用 $\lambda/4$ 板50夹着第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b的结构。

[0270] 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。

[0271] 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,射入到 $\lambda/4$ 板的圆偏振光被转换为直线偏振光,并且,射入到 $\lambda/4$ 板的直线偏振光被转换为圆偏振光。 $\lambda/4$ 板50以其慢轴相对于源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位(排列轴D方向)成为45度或-45度的方式配置。

[0272] 因此,在图14所示的例子中,能够使射入到透射型液晶衍射元件的振动方向相互正交的直线偏振光向相同方向弯曲。

[0273] 具体而言,考虑s偏振光及p偏振光从相同方向射入到透射型液晶衍射元件的例子。首先,若s偏振光及p偏振光射入到透射型液晶衍射元件,则通过第1 $\lambda/4$ 板50分别转换为右旋圆偏振光及左旋圆偏振光。经转换的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光依次穿过第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b。此时,与图1的透射型液晶衍射元件同样地,穿过了第2光学各向异性层36b的光以左旋圆偏振光及右旋圆偏振光的状态向相同方向弯曲。弯曲的左旋圆偏振光及右旋圆偏振光射入到第2 $\lambda/4$ 板50,并转换为s偏振光及p偏振光。此时,s偏振光及p偏振光向相同方向射出。

[0274] 如上所述,通过透射型液晶衍射元件设为具有 $\lambda/4$ 板的结构,不混合振动方向相互正交的直线偏振光,而能够向相同方向弯曲。

[0275] 另外,在图14所示的例子中,设为具有夹着第1光学各向异性层36a及第2光学各向异性层36b的2个 $\lambda/4$ 板50的结构,但是并不限于此。例如,通过透射型液晶衍射元件设为仅具有第1光学各向异性层36a侧的第1 $\lambda/4$ 板50的结构,能够使射入的右旋圆偏振光及左旋圆偏振光作为振动方向相互正交的直线偏振光向相同方向弯曲。并且,通过透射型液晶衍射元件设为仅具有第2光学各向异性层36b侧的第2 $\lambda/4$ 板50的结构,能够将射入的振动方向

相互正交的直线偏振光转换为右旋圆偏振光及左旋圆偏振光,并向相同方向弯曲。

[0276] 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,例如可举出美国专利申请公开2015/0277006号中所记载的板等。

[0277] 例如,作为 $\lambda/4$ 板26为单层结构的方式,具体而言,可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,可举出层叠 $\lambda/4$ 板和 $\lambda/2$ 波长板而成的宽频带 $\lambda/4$ 板。

[0278] $\lambda/4$ 板的厚度并无特别限制,但是优选 $1\sim 500\mu\text{m}$,更优选 $1\sim 50\mu\text{m}$,进一步优选 $1\sim 5\mu\text{m}$ 。

[0279] 本发明中所使用的 $\lambda/4$ 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。

[0280] 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 $\lambda/4$ 板是指厚度方向的迟带接近零的板。这种广视角 $\lambda/4$ 板例如能够通过正A板和正C板的层叠来实现。

[0281] 图15及图16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。

[0282] 在图15及图16中,第1液晶层及第2液晶层均连续层叠有右扭曲层及左扭曲层,右扭曲层及左扭曲层的膜厚不同,右扭曲层及左扭曲层的扭曲角的绝对值不同。如此,能够扩大可获得高衍射效率的波长范围。此时,在基于SEM的第1光学各向异性层的截面像中,观察相对于第1光学各向异性层的下界面将向斜向左右方向延伸的2条线的长度和角度不同的左右不对称的“V”字横放的形状的明暗线。同样地,在第2光学各向异性层中,也观察将“V”字横放的形状的明暗线。对于该明暗线,以在厚度方向上层叠有以厚度方向上的扭曲方向左右不同的方式液晶化合物取向的2个液晶层的结构,并且通过右扭曲层和左扭曲层的厚度及扭曲角的绝对值不同来观察。

[0283] 图15的透射型液晶衍射元件可以通过以相同的方式制作第1液晶层及第2液晶层,并使第1液晶层及第2液晶层上下反转而层叠来制作。另一方面,图16的透射型液晶衍射元件可以通过以右扭曲层与左扭曲层左右对称的方式制作第1液晶层及第2液晶层,并进行层叠来制作。

[0284] 图15是如下重叠方式,即,第1液晶层及第2液晶层中的相同方向的扭曲层对置,成为横向的、分别左右不对称的“V”字尖锐的方向相同。图16是如下重叠方式,即,第1液晶层及第2液晶层中的不同方向的扭曲层对置,成为横向的、分别左右不对称的“V”字尖锐的方向相反。无论设为哪种重叠方式,都能够扩大可获得高衍射效率的波长范围。

[0285] 以上,对本发明的透射型液晶衍射元件详细地进行了说明,但是本发明并不限定于上述例,在不脱离本发明的主旨的范围内,当然可以进行各种改进、变更。

[0286] 实施例

[0287] 以下,列举实施例来对本发明的特征进行进一步具体的说明。以下的实施例中所示的材料、试剂、使用量、物质量、比例、处理内容及处理步骤等在不脱离本发明的主旨的范围内能够进行适当的变更。因此,本发明的范围不应被以下所示的具体例进行限定性解释。

[0288] [实施例1]

[0289] <透射型液晶衍射元件的制作>

[0290] (取向膜的形成)

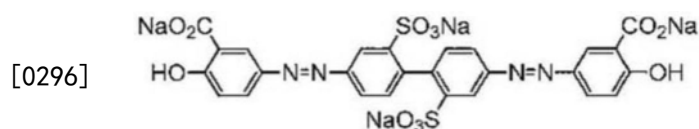
[0291] 作为支撑体准备了玻璃基板。通过旋涂将下述取向膜形成用涂布液涂布于支撑体上。将形成有该取向膜形成用涂布液的涂膜的支撑体在60℃的热板上干燥60秒钟,从而形成了取向膜P-2。

[0292] 取向膜形成用涂布液

	•下述光取向用材料	1.00 质量份
	•水	16.00 质量份
[0293]	•丁氧基乙醇	42.00 质量份
	•丙二醇单甲醚	42.00 质量份

[0294] 光取向用原材料

[0295] [化学式1]



[0297] (取向膜的曝光)

[0298] 通过对所获得的取向膜P-2照射 (50mJ/cm², 使用超高压汞灯) 偏振光紫外线, 进行了取向膜P-2的曝光。

[0299] 使用图4所示的曝光装置对取向膜进行曝光, 形成了具有取向图案的取向膜P-2。在曝光装置中, 作为激光器使用了射出波长 (325nm) 的激光束的激光器。将基于干涉光的曝光量设为300mJ/cm²。另外, 以由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) 成为1.05μm的方式, 调节了2个光的交叉角 (交叉角α)。

[0300] (第1光学各向异性层的形成)

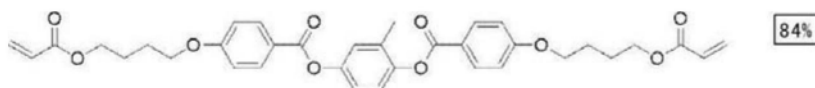
[0301] 作为形成液晶层的液晶组合物, 制备了下述组合物B-1。

[0302] 组合物B-1

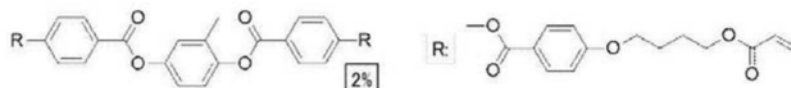
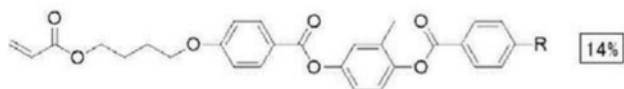
	•棒状液晶化合物 L-1	100.00 质量份
[0303]	•聚合引发剂 (BASF 制造, Irgacure (注册商标) 907)	3.00 质量份
	•光敏剂 (Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造, KAYACURE DETX-S)	1.00 质量份
[0304]	•流平剂 T-1	0.08 质量份
	•甲基乙基酮	2000.00 质量份

[0305] 棒状液晶化合物L-1 (以右侧所示的质量比包含下述结构)

[0306] [化学式2]



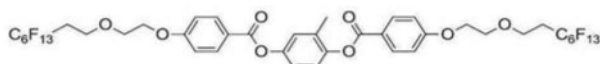
[0307]



[0308] 流平剂T-1

[0309] [化学式3]

[0310]



[0311] 第1光学各向异性层通过将组合物B-1在取向膜P-2上涂布多层而形成。重复进行了如下：首先在取向膜上涂布、加热、冷却第1层的组合物B-1之后进行紫外线固化而制作液晶固定化层之后，对于第2层以后，重叠涂布于该液晶固定化层上而进行涂布，同样地进行加热、冷却之后进行紫外线固化。

[0312] 首先，对于第1层，在取向膜P-2上涂布下述组合物B-1，将涂膜在热板上加热至80℃，然后，在80℃下，在氮气氛下使用高压汞灯以300mJ/cm²的照射量对涂膜照射波长为365nm的紫外线，由此将液晶化合物的取向固定化。

[0313] 对于第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、冷却之后进行紫外线固化而制作了液晶固定化层。如此，反复进行重叠涂布直至总厚度达到所期望的膜厚为止，形成了第1光学各向异性层。

[0314] 另外，对于液晶组合物B-1的固化层的折射率差 Δn ，测定并求出液晶固定化层的延迟 $Re(\lambda)$ 及膜厚，该液晶固定化层通过将液晶组合物B-1涂布于单独准备的延迟测定用带取向膜的支撑体上，并以液晶化合物的指向矢与基材呈水平的方式使其取向之后进行紫外线照射并固定化而获得。能够通过将延迟 $Re(\lambda)$ 除以膜厚来计算 Δn_λ 。延迟 $Re(\lambda)$ 使用Axometrix公司的Axoscan在目标波长下进行测定，膜厚使用SEM来测定。在 $Re(\lambda)$ 的标记中， λ 为入射光的波长。以下，将入射光的波长 λ 设为1550nm。

[0315] 对于第1光学各向异性层，通过偏振光显微镜确认了最终液晶的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = Re(1550)$ 成为775nm，并且周期性取向。并且，第1光学各向异性层的厚度方向的扭曲角为0°。并且，在基于SEM的截面像中，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）垂直的明暗线。对于该明暗线，通过在厚度方向上层叠向相同朝向取向的液晶化合物而成的结构来观察。

[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。与第1光学各向异性层同样地，通过偏振光显微镜确认了最终液晶的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = Re(1550)$ 成为775nm，并且周期性取向。并且，第2光学各向异性层的厚度方向的扭曲角为0°。并且，在基于SEM的截面像中，观察到相对于第2光学各向异性层的下界面（与玻璃基板的界面）垂直的明暗线。

[0318] 将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时,以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转,并且面内一个方向的旋转方向的朝向(排列轴D)呈平行的方式,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转180度并进行了贴合。如此,制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件(弯曲衍射元件)。

[0319] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即为 $\Lambda=1.05\mu\text{m}$ 。

[0320] [实施例2]

[0321] 在实施例1的第1光学各向异性层的形成中,将组合物B-1变更为下述组合物B-2,在第2光学各向异性层的形成中,将组合物B-1变更为下述组合物B-3,以与实施例1相同的方式制作了透射型液晶衍射元件。

[0322] 组合物B-2

[0323]

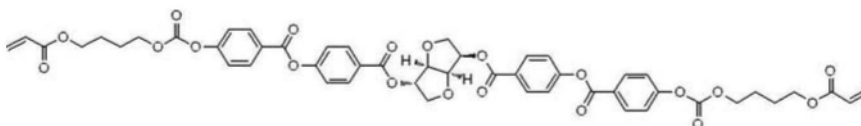
-
- 棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
 - 手性试剂 Ch-A 0.14 质量份
 - 聚合引发剂 (BASF 制造, Irgacure (注册商标) 907) 3.00 质量份

[0324] •光敏剂 (Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造, KAYACURE DETX-S) 1.00 质量份

- 流平剂 T-1 0.08 质量份
 - 甲基乙基酮 2000.00 质量份
-

[0325] 手性试剂Ch-A[化学式4]

[0326]



[0327] 组合物B-3

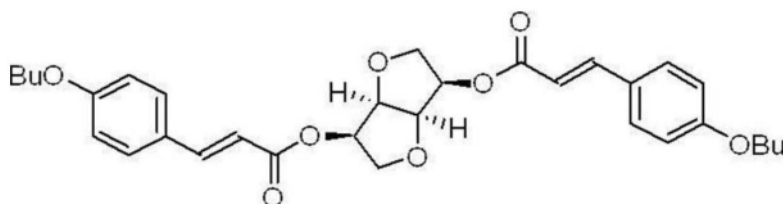
- 棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
- 手性试剂 Ch-B 0.24 质量份
- 聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
3.00 质量份

[0328]

- 光敏剂（Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造，KAYACURE DETX-S）
1.00 质量份
- 流平剂 T-1 0.08 质量份
- 甲基乙基酮 2000.00 质量份

[0329] 手性试剂Ch-B[化学式5]

[0330]



[0331] 对于第1光学各向异性层,通过偏振光显微镜确认了最终液晶的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为775nm,并且周期性取向。并且,第1光学各向异性层的厚度方向的扭曲角为 120° (右扭曲)。并且,在基于SEM的截面像中,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)倾斜的明暗线。

[0332] 对于第2光学各向异性层,通过偏振光显微镜确认了最终液晶的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为775nm,并且周期性取向。并且,第2光学各向异性层的厚度方向的扭曲角为 -120° (左扭曲)。并且,在基于SEM的截面像中,观察到相对于第2光学各向异性层的下界面(与玻璃基板的界面)倾斜的明暗线。此时的倾斜角度的绝对值与第1光学各向异性层的角度相同,斜向相反。

[0333] 以与实施例1相同的方式,将该第2光学各向异性层转印到第1光学各向异性层,以使液晶取向图案中的光学轴的旋转方向相反。此时,第1光学各向异性层的倾斜的明暗线与第2光学各向异性层的倾斜的明暗线呈平行。

[0334] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 $\lambda 1550\text{nm}$ 的光为1.48,即为 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0335] [实施例3]

[0336] 在第1光学各向异性层与第2光学各向异性层之间配置了折射率各向异性为正的C板,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。

[0337] 正C板通过使棒状液晶化合物L-1垂直取向并进行紫外线固化而形成。此时,正C板的厚度方向的延迟 (R_{th}) 为 -390nm 。用粘合剂将正C板贴合于第1光学各向异性层。

[0338] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 $\lambda 1550\text{nm}$ 的光为1.48,即为 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0339] [比较例1]

[0340] 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。

[0341] [评价]

[0342] 在所制作的透射型液晶衍射元件中,方位角为源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位(排列轴D方向),并且以来自透射型液晶衍射元件的主表面的法线方向的入射角 θ_i 射入波长为1550nm的激光束,在射入了光的方位方向上,用功率计测定了向与光的入射方向相反的方向折射的折射光的出射角度 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出射角度 θ_p 和强度(衍射效率)。将射入的激光束设为无偏振光。强度(衍射效率)的标准如下。

[0343] • S:强度(衍射效率)为95%以上

[0344] • A:强度(衍射效率)为92%以上

[0345] • B:强度(衍射效率)为90%以上

[0346] • C:强度(衍射效率)为80%以上

[0347] • D:强度(衍射效率)为50%以上

[0348] • E:强度(衍射效率)小于50%

[0349] 将结果示于下述表1中。

[0350] [表1]

[0351]		θ_i ($^{\circ}$)	θ_o ($^{\circ}$)	θ_p ($^{\circ}$)	评价	
					θ_o 下的强度	θ_p 下的强度
	实施例 1	47.6	-47.6	47.6	A	未观察到
	实施例 2	35	-64.5	35	A	未观察到
	实施例 3	47.6	-47.6	47.6	S	未观察到
比较例 1	47.6	-47.6	47.6	E	E	

[0352] 根据表1可知,本发明的实施例能够使入射光的角度大幅弯曲。并且,未观测到向与光的入射方向相同的方向(角度 θ_p)折射的折射光,而向与光的入射方向相反的方向(角度 θ_o)折射的折射光的强度(衍射效率)为50%以上,因此可知能够使入射光的右旋圆偏振光成分和左旋圆偏振光成分这两者向相同朝向(角度 θ_o)衍射。

[0353] [实施例4]

[0354] 使取向膜的形成及取向膜的曝光与实施例1相同,以下述方式形成了第1光学各向异性层及第2光学各向异性层。

[0355] (液晶组合物的制备)

[0356] 作为形成液晶层的液晶组合物,制备了下述组合物C-1、C-2、D-1、D-2。另外,符号C表示液晶化合物的主要成分为棒状化合物,且D表示液晶化合物的主要成分为圆盘状化合物,并且,1表示右扭曲,且2表示左扭曲。即,组合物C-1为以棒状液晶化合物作为主要成分且向右扭曲的液晶组合物,组合物C-2为以棒状液晶化合物作为主要成分且向左扭曲的液晶组合物,组合物D-1为以圆盘状液晶化合物作为主要成分且向右扭曲的液晶组合物,组合物D-2为以圆盘状液晶化合物作为主要成分且向左扭曲的液晶组合物。

[0357] 组合物C-1

-
- [0358] •棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
•手性试剂 Ch-A 0.058 质量份
•聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
3.00 质量份
•光敏剂（Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造，KAYACURE DETX-S）
1.00 质量份
•流平剂 T-1 0.08 质量份
•甲基乙基酮 2000.00 质量份
-

[0359] 组合物C-2

- 棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
•手性试剂 Ch-B 0.099 质量份
•聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
3.00 质量份
[0360] •光敏剂（Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造，KAYACURE DETX-S）
1.00 质量份
•流平剂 T-1 0.08 质量份
•甲基乙基酮 2000.00 质量份
-

[0361] 组合物D-1

- 圆盘状液晶化合物 L-2 80.00 质量份
[0362] •圆盘状液晶化合物 L-3 20.00 质量份
•聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
5.00 质量份
•Megafac F444（DIC Corporation 制造） 0.50 质量份
[0363] •手性试剂 Ch-2 0.033 质量份
•甲基乙基酮 300.00 质量份
-

[0364] 组合物D-2

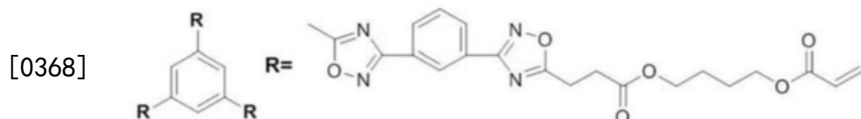
- 圆盘状液晶化合物 L-2 80.00 质量份
- 圆盘状液晶化合物 L-3 20.00 质量份
- 聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）

[0365] 5.00 质量份

- Megafac F444（DIC Corporation 制造） 0.50 质量份
- 手性试剂 Ch-3 0.033 质量份
- 甲基乙基酮 300.00 质量份

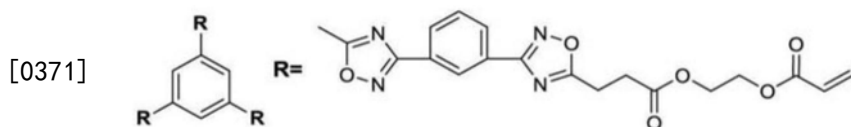
[0366] 圆盘状液晶化合物L-2

[0367] [化学式6]



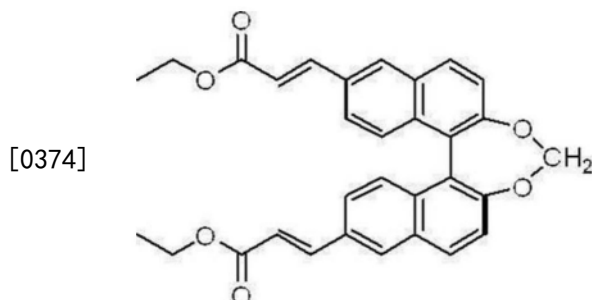
[0369] 圆盘状液晶化合物L-3

[0370] [化学式7]



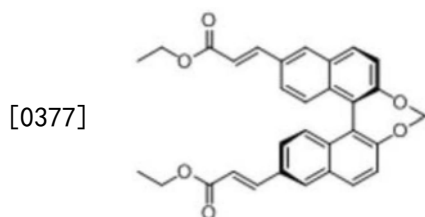
[0372] 手性试剂Ch-2

[0373] [化学式8]



[0375] 手性试剂Ch-3

[0376] [化学式9]



[0378] （第1光学各向异性层的形成）

[0379] 第1光学各向异性层通过将组合物C-1在取向膜P-2上涂布多层，并在其上将组合物C-2涂布多层而形成。重复进行如下而形成了液晶层C-1：首先在取向膜上涂布、加热、冷

却第1层的组合物C-1之后进行紫外线固化而制作液晶固定化层之后,对于第2层以后,重叠涂布于该液晶固定化层上而进行涂布,同样地进行加热、冷却之后进行紫外线固化。从涂布到紫外线固化的工序与实施例1相同。此时,将每次重叠涂布时的涂布厚度以液晶层C-1的厚度成为约 $0.4\mu\text{m}$ 左右的方式设定而获得了良好的取向状态。由此,液晶层C-1的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为 930nm 。

[0380] 在其上,将组合物C-2以相同的方式涂布多层,形成了液晶层C-2。由此,液晶层C-2的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为 930nm 。由此,制作了液晶层C-1和液晶层C-2重叠而成的结构的第1光学各向异性层。通过显微镜确认的结果,确认为周期性取向。并且,第1光学各向异性层的液晶层C-1部分的厚度方向的扭曲角为 60° ,液晶层C-2部分的厚度方向的扭曲角为 -60° 。并且,在基于SEM的截面像中,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)将“V”字横放的形状的明暗线。对于该明暗线,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而成的结构来观察。

[0381] (第2光学各向异性层的形成和透射型液晶衍射元件的制作)

[0382] 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。将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时,以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转,并且面内一个方向的旋转方向的朝向(排列轴D)呈平行的方式,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转 180° 并进行了贴合。如此,制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件(参考图17)。

[0383] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 $\lambda 1550\text{nm}$ 的光为 1.48 ,即为 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0384] [实施例5]

[0385] 使取向膜的形成及取向膜的曝光与实施例1相同,以下述方式形成了第1光学各向异性层及第2光学各向异性层。

[0386] (第1光学各向异性层的形成)

[0387] 第1光学各向异性层通过将组合物C-1和组合物D-1在取向膜P-2上交替地涂布多层,并在其上将组合物C-2和组合物D-2交替地涂布多层而形成。首先在取向膜上涂布、加热、冷却第1层的组合物C-1之后进行紫外线固化而制作棒状液晶层C-1之后,对于第2层,在该棒状液晶层C-1上重叠涂布组合物D-1而进行涂布,同样地进行加热、冷却之后进行紫外线固化,而形成了圆盘状液晶层D-1。然后,交替地重复形成了棒状液晶层C-1和圆盘状液晶层D-1。从涂布到紫外线固化的工序与实施例1相同。此时,将每次重叠涂布时的涂布厚度以液晶层的厚度成为约 $0.4\mu\text{m}$ 左右的方式设定而获得了良好的取向状态。并且,棒状液晶层C-1的液晶化合物的取向方向(棒状液晶化合物的长轴方向)与圆盘状液晶层D-1的液晶化合物的取向方向(圆盘状液晶化合物的长侧的方向)在层叠涂布时平行地取向,因此厚度方向的迟带成为抵消的光学特性。如此,层叠有多个棒状液晶层C-1和圆盘状液晶层D-1的液晶层整体的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为 930nm 。此时的 Δn_{1550} 为面内方向的双折射率。

[0388] 在其上将组合物C-2和组合物D-2交替地涂布了多层。如此,形成了交替地具有多个棒状液晶层C-2和圆盘状液晶层D-2的液晶层。液晶层整体的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为 930nm 。如此,制作了层叠有棒状液晶层C-1和圆盘状液晶层D-1的液晶层上重叠

有交替地层第有棒状液晶层C-2和圆盘状液晶层D-2的液晶层的第1光学各向异性层。通过显微镜确认的结果,确认为周期性取向。并且,第1光学各向异性层的交替地层叠有棒状液晶层C-1及圆盘状液晶层D-1的液晶层部分的厚度方向的扭曲角为 60° ,交替地层叠有棒状液晶层C-2及圆盘状液晶层D-2的液晶层部分的厚度方向的扭曲角为 -60° 。

[0389] 并且,在基于SEM的截面像中,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)将“V”字横放的形状的明暗线。对于该明暗线,通过在厚度方向上层叠在正负不同的厚度方向的扭曲方向上取向的液晶化合物而成的结构来观察。

[0390] (第2光学各向异性层的形成和透射型液晶衍射元件的制作)

[0391] 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。将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时,以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转,并且面内一个方向的旋转方向的朝向(排列轴D)呈平行的方式,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转 180° 并进行了贴合。如此,制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件(参考图18)。

[0392] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 $\lambda 1550\text{nm}$ 的光为1.48,即为 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0393] [实施例6]

[0394] 用粘结材料在实施例5的透射型液晶衍射元件的两侧贴合 $\lambda/4$ 板,作为实施例6的透射型液晶衍射元件(参考图19)。两侧的 $\lambda/4$ 板的慢轴以方位角相对于源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位(排列轴D方向)分别成为 45° 、 -45° 的方式进行了贴合。另外, $\lambda/4$ 板通过W013/137464的实施例中所记载的方法来制作,并设为层叠正型A板和正型C板的结构。此时的面内迟带的 $\text{Re}(1550)$ 设为 388nm ,厚度方向的迟带的 $\text{Rth}(1550)$ 设为 0nm 。

[0395] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 $\lambda 1550\text{nm}$ 的光为1.48,即为 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0396] [实施例7]

[0397] 以下述方式形成实施例6的透射型液晶衍射元件中的第1光学各向异性层及第2光学各向异性层,除此以外,以与实施例6相同的方式,制作了实施例7的透射型液晶衍射元件。

[0398] (液晶组合物的制备)

[0399] 作为形成液晶层的液晶组合物,制备了下述组合物C-3、C-4、D-3、D-4。另外,符号C表示液晶化合物的主要成分为棒状化合物,且D表示液晶化合物的主要成分为圆盘状化合物,并且,3表示右扭曲,且4表示左扭曲。即,组合物C-3为以棒状液晶化合物作为主要成分且向右扭曲的液晶组合物,组合物C-4为以棒状液晶化合物作为主要成分且向左扭曲的液晶组合物,组合物D-3为以圆盘状液晶化合物作为主要成分且向右扭曲的液晶组合物,组合物D-4为以圆盘状液晶化合物作为主要成分且向左扭曲的液晶组合物。

[0400] 组合物C-3

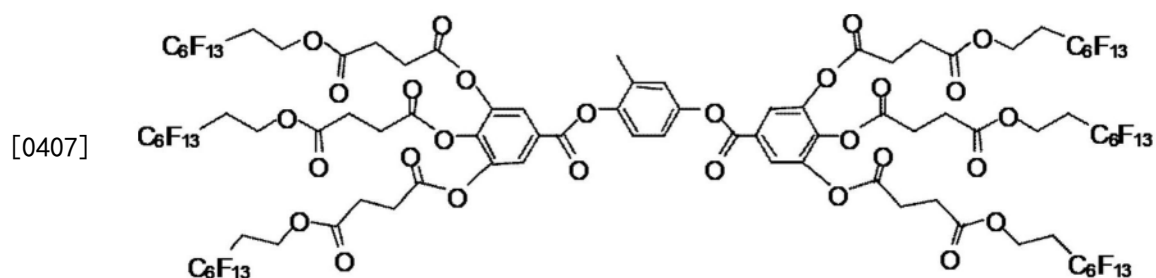
-
- 棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
- 手性试剂 Ch-2 0.0338 质量份
- 聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
- [0401] 1.25 质量份
- 流平剂 T-1 0.32 质量份
- 流平剂 T-2 0.04 质量份
- 甲基乙基酮 2000.00 质量份
-

[0402] 组合物C-4

- 棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
- [0403] •手性试剂 Ch-3 0.0325 质量份
- 聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
- 1.25 质量份
- 流平剂 T-1 0.32 质量份
- [0404] •流平剂 T-2 0.04 质量份
- 甲基乙基酮 2000.00 质量份
-

[0405] 流平剂T-2

[0406] [化学式10]



[0408] 组合物D-3

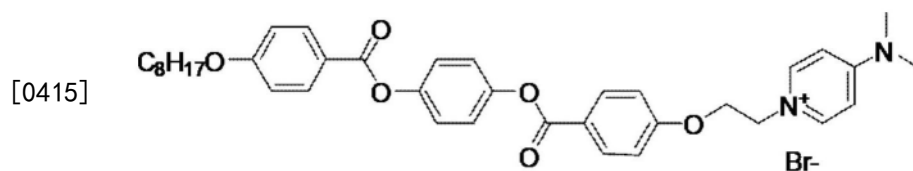
	•圆盘状液晶化合物 L-2	80.00 质量份
	•圆盘状液晶化合物 L-3	20.00 质量份
	•取向助剂 J-1	0.05 质量份
	•手性试剂 Ch-2	0.0305 质量份
[0409]	•取向助剂 J-2	5.00 质量份
	•聚合引发剂 I-1	3.00 质量份
	•流平剂 T-3	0.10 质量份
	•流平剂 T-4	0.10 质量份
	•甲基乙基酮	300.00 质量份

[0410] 组合物D-4

	•圆盘状液晶化合物 L-2	80.00 质量份
[0411]	•圆盘状液晶化合物 L-3	20.00 质量份
	•取向助剂 J-1	0.05 质量份
	•手性试剂 Ch-3	0.0280 质量份
	•取向助剂 J-2	5.00 质量份
	•聚合引发剂 I-1	3.00 质量份
[0412]	•流平剂 T-3	0.10 质量份
	•流平剂 T-4	0.10 质量份
	•甲基乙基酮	300.00 质量份

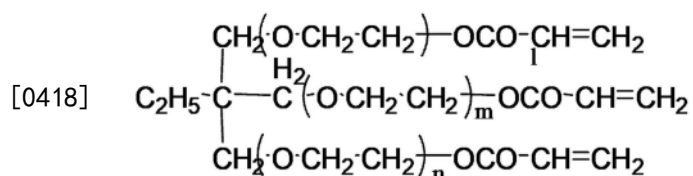
[0413] 取向助剂J-1

[0414] [化学式11]



[0416] 取向助剂J-2

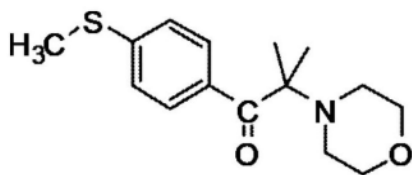
[0417] [化学式12]



[0419] 聚合引发剂I-1

[0420] [化学式13]

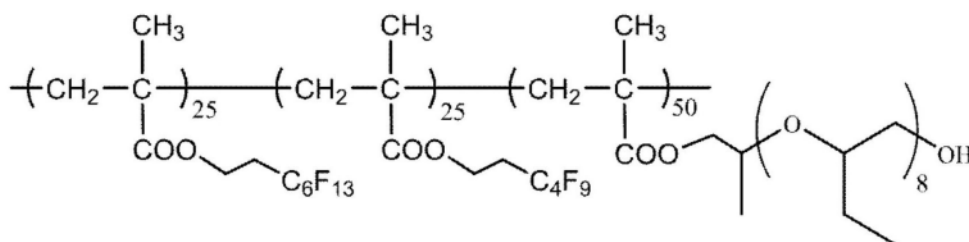
[0421]



[0422] 流平剂T-3

[0423] [化学式14]

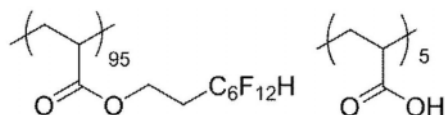
[0424]



[0425] 流平剂T-4

[0426] [化学式15]

[0427]



[0428] (第1光学各向异性层的形成)

[0429] 第1光学各向异性层通过将组合物C-3和组合物D-3在取向膜P-2上交替地涂布多层,并在其上将组合物C-4和组合物D-4交替地涂布多层而形成。首先,在取向膜上涂布第1层的组合物C-3,在80℃下进行加热并冷却之后,以800mJ/cm²进行紫外线固化而制作棒状液晶层C-3之后,在其表面以75W/m²/min进行电晕处理,对于第2层,在该棒状液晶层C-3上重叠涂布组合物D-3而进行涂布,在110℃下进行加热并冷却之后,以800mJ/cm²进行紫外线固化,而形成了圆盘状液晶层D-3。然后,在其表面以75W/m²/min进行电晕处理,进而在120℃下进行了热处理。然后,交替地重复形成了棒状液晶层C-3和圆盘状液晶层D-3。此时,将每次重叠涂布时的涂布厚度以液晶层的厚度成为约0.1μm左右的方式设定而获得了良好的取向状态。并且,棒状液晶层C-3的液晶化合物的取向方向(棒状液晶化合物的长轴方向)与圆盘状液晶层D-3的液晶化合物的取向方向(圆盘状液晶化合物的长侧的方向)在层叠涂布时平行地取向,因此厚度方向的迟带成为抵消的光学特性。如此,层叠有多个棒状液晶层C-3和圆盘状液晶层D-3的液晶层整体的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为930nm。此时的 Δn_{1550} 为面内方向的双折射率。

[0430] 在其上将组合物C-4和组合物D-4交替地涂布了多层。如此,形成了交替地具有多个棒状液晶层C-4和圆盘状液晶层D-4的液晶层。液晶层整体的 $\Delta n_{1550} \times \text{厚度} = \text{Re}(1550)$ 成为930nm。如此,制作了交替地层叠有棒状液晶层C-3和圆盘状液晶层D-3的液晶层上重叠有交替地层叠有棒状液晶层C-4和圆盘状液晶层D-4的液晶层的第1光学各向异性层。通过显微镜确认的结果,确认为周期性取向。并且,第1光学各向异性层的交替地层叠有棒状液晶层C-3及圆盘状液晶层D-3的液晶层部分的厚度方向的扭曲角为60°,交替地层叠有棒状液晶层C-4及圆盘状液晶层D-4的液晶层部分的厚度方向的扭曲角为-60°。

[0431] 并且,在基于SEM的截面像中,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)将“V”字横放的形状的明暗线。对于该明暗线,通过在厚度方向上层叠在正负不同的厚度方向的扭曲方向上取向的液晶化合物而成的结构来观察。

[0432] (第2光学各向异性层的形成和透射型液晶衍射元件的制作)

[0433] 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。将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时,以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转,并且面内一个方向的旋转方向的朝向(排列轴D)呈平行的方式,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转180度并进行了贴合。如此,制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件。

[0434] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即为 $\Lambda=1.05\mu\text{m}$ 。

[0435] [实施例8]

[0436] 实施例7的透射型液晶衍射元件的制作中,进行下述等离子体处理来代替电晕处理,除此以外,以与实施例7相同的方式,制作了透射型液晶衍射元件。关于等离子体处理,使用Harrick Plasma公司制造的Plasma Cleaner PDC-32G,在输出MED及减压的条件下,对试样表面进行了10秒钟的等离子体处理。如此,制作了透射型液晶衍射元件。

[0437] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 1550nm的光为1.48,即为 $\Lambda=1.05\mu\text{m}$ 。

[0438] [评价]

[0439] 在所制作的透射型液晶衍射元件中,方位角为源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位(排列轴D方向),并且以来自透射型液晶衍射元件的主表面的法线方向的入射角 θ_i 射入波长为1550nm的激光束,在射入了光的方位方向上,用功率计测定了向与光的入射方向相反的方向折射的折射光的出射角度 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出射角度 θ_p 和强度(衍射效率)。另外,在实施例11及实施例12中,激光束分别射入了右旋圆偏振光及左旋圆偏振光。并且,在实施例13中,分别射入了S偏振光及P偏振光。并且,将右旋圆偏振光的强度和左旋圆偏振光的强度的平均值或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。标准如下述。

[0440] • SS:强度(衍射效率)为97%以上

[0441] • S:强度(衍射效率)为95%以上

[0442] • A:强度(衍射效率)为92%以上

[0443] • B:强度(衍射效率)为90%以上

[0444] • C:强度(衍射效率)为80%以上

[0445] • D:强度(衍射效率)为50%以上

[0446] • E:强度(衍射效率)小于50%

[0447] 并且,以下述标准对偏振光保持特性进行了评价。

[0448] • A:右旋圆偏振光和左旋圆偏振光、或者S偏振光和P偏振光不混合而被衍射。

[0449] • B:右旋圆偏振光和左旋圆偏振光、或者S偏振光和P偏振光几乎不混合而被衍射。

[0450] • C:右旋圆偏振光和左旋圆偏振光、或者S偏振光和P偏振光混合而被衍射。

[0451] 将结果示于下述表2中。

[0452] [表2]

[0453]

	θ_i (°)	θ_o (°)	θ_p (°)	评价		
				θ_o 下的强度	θ_p 下的强度	偏振光保持特性
实施例 4	47.6	-47.6	47.6	A	未观察到	B
	42.6	-53	42.6	A	未观察到	B
	52.6	-43	52.6	A	未观察到	B
实施例 5	47.6	-47.6	47.6	A	未观察到	A
	42.6	-53	42.6	S	未观察到	A
	52.6	-43	52.6	S	未观察到	A
实施例 6	47.6	-47.6	47.6	S	未观察到	A
	42.6	-53	42.6	S	未观察到	A
	52.6	-43	52.6	S	未观察到	A
实施例 7	47.6	-47.6	47.6	SS	未观察到	A
	42.6	-53	42.6	SS	未观察到	A
	52.6	-43	52.6	SS	未观察到	A
实施例 8	47.6	-47.6	47.6	SS	未观察到	A
	42.6	-53	42.6	SS	未观察到	A
	52.6	-43	52.6	SS	未观察到	A

[0454] 根据表2可知,本发明的实施例中,即使入射光的入射角从中心发生变动(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(角度 θ_p)折射的折射光,而能够使入射光的所有偏振光成分(右旋圆偏振光和左旋圆偏振光、或者S偏振光和P偏振光)向相同朝向(角度 θ_o)衍射。并且,能够在保持入射光的偏振状态的状态下衍射。即,实施例4和实施例5中,在入射偏振光为右旋圆偏振光时衍射光成为左旋圆偏振光,在入射偏振光为左旋圆偏振光时衍射光成为右旋圆偏振光,各自不混合而能够衍射。同样地,实施例6中,在入射偏振光为S偏振光时衍射光成为S偏振光,在入射偏振光为P偏振光时衍射光成为P偏振光,各自不混合而能够衍射。尤其,实施例5和实施例6以其效果高的程度实现。

[0455] [实施例71]

[0456] 基于实施例7,制作下述实施例并进行了评价,以确认入射光的波长改变时的本发明的效果。以与实施例7相同的方式,制作透射型液晶衍射元件,如下述表那样改变入射光的波长并进行了评价。

[0457] [表3]

[0458]

	θ_i (°)	θ_o (°)	θ_p (°)	评价		
				θ_o 下的强度	θ_p 下的强度	偏振光保持特性
1520nm	47.6	-45.2	47.6	SS	未观察到	A
	42.6	-50.4	42.6	SS	未观察到	A
	52.6	-40.8	52.6	SS	未观察到	A
1550nm	47.6	-47.6	47.6	SS	未观察到	A
	42.6	-53	42.6	SS	未观察到	A
	52.6	-43	52.6	SS	未观察到	A
1580nm	47.6	-50.1	47.6	SS	未观察到	A
	42.6	-55.9	42.6	SS	未观察到	A
	52.6	-45.3	52.6	SS	未观察到	A

[0459] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 1520nm的光为1.45,相对于入射波长 λ

1550nm的光为1.48,且相对于入射波长 λ 1580nm的光为1.5,即为 $\Lambda = 1.05\mu\text{m}$ 。

[0460] 根据表3的结果可知,本发明的实施例中,即使入射光的波长改变(1520~1580nm),也能够以高衍射效率使入射光的所有偏振光成分大幅弯曲,并在保持入射光的偏振状态的状态下衍射。并且可知,根据入射光的波长而出射角不同,因此作为高效率且具有高偏振光保持特性的分光元件发挥作用。

[0461] [实施例72]

[0462] 基于实施例7,制作下述实施例并进行了评价,以确认入射光的波长改变时的本发明的效果。实施例7中,设定为 $\Lambda = 0.887\mu\text{m}$,并且将层叠有多个棒状液晶层C-3和圆盘状液晶层D-3的液晶层整体的 $\Delta n_{1310} \times \text{厚度} = \text{Re}(1310)$ 设定为786nm,将层叠有多个棒状液晶层C-4和圆盘状液晶层D-4的液晶层整体的 $\Delta n_{1310} \times \text{厚度} = \text{Re}(1310)$ 设定为786nm。并且,调整了各层的手性试剂的浓度,以使交替地层叠有棒状液晶层C-3及圆盘状液晶层D-3的液晶层部分的厚度方向的扭曲角成为 60° ,交替地层叠有棒状液晶层C-4及圆盘状液晶层D-4的液晶层部分的厚度方向的扭曲角成为 -60° 。如此,制作透射型液晶衍射元件,如下述表那样改变入射光的波长并进行了评价。

[0463] [表4]

	θ_i ($^{\circ}$)	θ_o ($^{\circ}$)	θ_p ($^{\circ}$)	评价			
				θ_o 下的强度	θ_p 下的强度	偏振光保持特性	
[0464]	1285nm	47.6	-45.3	47.6	SS	未观察到	A
		42.6	-50.5	42.6	SS	未观察到	A
		52.6	-40.9	52.6	SS	未观察到	A
	1310nm	47.6	-47.6	47.6	SS	未观察到	A
		42.6	-53	42.6	SS	未观察到	A
		52.6	-43	52.6	SS	未观察到	A
	1335nm	47.6	-50.1	47.6	SS	未观察到	A
		42.6	-55.9	42.6	SS	未观察到	A
		52.6	-45.3	52.6	SS	未观察到	A

[0465] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 1285nm的光为1.45,相对于入射波长 λ 1310nm的光为1.48,且相对于入射波长 λ 1335nm的光为1.51,即为 $\Lambda = 0.887\mu\text{m}$ 。

[0466] 根据表4可知,本发明的实施例中,即使入射光的波长改变(1285~1335nm),也能够以高衍射效率使入射光的所有偏振光成分大幅弯曲,并在保持入射光的偏振状态的状态下衍射。并且可知,根据入射光的波长而出射角不同,因此作为高效率且具有高偏振光保持特性的分光元件发挥作用。

[0467] [实施例9]

[0468] 以与实施例1相同的方式形成取向膜,并以由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)成为 $1.0\mu\text{m}$ 的方式,调节了2个光的交叉角(交叉角 α),除此以外,以相同的方式进行了取向膜的曝光。以下述方式形成了第1光学各向异性层及第2光学各向异性层。

[0469] (第1光学各向异性层的形成)

[0470] 作为形成液晶层的液晶组合物,在实施例1的第1光学各向异性层形成(组合物B-1)中,调整了膜厚,除此以外,以相同的方式形成了第1光学各向异性层。

[0471] 对于第1光学各向异性层,通过偏振光显微镜确认了最终液晶的 $\Delta n_{550} \times \text{厚度} = \text{Re}$

(550) 成为280nm,并且周期性取向。并且,第1光学各向异性层的厚度方向的扭曲角为0°。并且,在基于SEM的截面像中,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)垂直的明暗线。

[0472] 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。将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时,以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转,并且面内一个方向的旋转方向的朝向(排列轴D)呈平行的方式,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转180度并进行了贴合。如此,制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件。

[0473] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 450nm的光为0.45,相对于入射波长 λ 532nm的光为0.53,且相对于入射波长 λ 650nm的光为0.65,即为 $\Lambda = 1.0\mu\text{m}$ 。

[0474] [比较例2]

[0475] 制作了仅具有实施例9的第1光学各向异性层的透射型液晶衍射元件。

[0476] [评价]

[0477] 在所制作的透射型液晶衍射元件中,方位角为源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位(排列轴D方向),并且以来自透射型液晶衍射元件的主表面的法线方向的入射角 θ_i 射入波长为450nm、532nm、650nm的激光束,在射入了光的方位方向上,用功率计测定了向与光的入射方向相反的方向折射的折射光的出射角度 θ_o 和强度(衍射效率)、以及向与光的入射方向相同的方向射出的光的出射角度 θ_p 和强度(衍射效率)。射入的激光束分别射入右旋圆偏振光和左旋圆偏振光,并将其平均值作为强度(衍射效率)。强度(衍射效率)的标准如下。另外,对于强度(衍射效率)的评价,使用波长450nm、532nm、650nm下的折射光的强度(衍射效率)的平均值来进行。

[0478] • S:强度(衍射效率)为80%以上

[0479] • A:强度(衍射效率)为75%以上

[0480] • B:强度(衍射效率)为70%以上

[0481] • C:强度(衍射效率)为60%以上

[0482] • D:强度(衍射效率)为50%以上

[0483] • E:强度(衍射效率)小于50%

[0484] 将结果示于下述表5中。

[0485] [表5]

	波长 (nm)	θ_i (°)	θ_o (°)	θ_p (°)	评价
					θ_o 下的强度
[0486] 实施例 9	450	16	-10	16	S
	532	16	-15	16	
	650	16	-22	16	
比较例 2	450	16	-10	16	E
	532	16	-15	16	
	650	16	-22	16	

[0487] 根据表5可知,本发明的实施例中,相对于不同波长的入射光,获得高的光强度(衍射效率)。并且,使入射光的所有偏振光成分(右旋圆偏振光和左旋圆偏振光)向相同朝向

(角度 θ_o)衍射,获得了高衍射效率。而且,相对于波长450nm、532nm、650nm,出射角度 θ_p 以不同的出射角度弯曲光。即,可知本发明的实施例作为具有高衍射效率的分光元件发挥作用。

[0488] [实施例10]

[0489] 以与实施例9相同的方式形成取向膜,并进行了取向膜的曝光。以下述方式形成了第1光学各向异性层及第2光学各向异性层。

[0490] (第1光学各向异性层的形成)

[0491] 第1光学各向异性层通过将下述组合物B-4在取向膜P-2上涂布多层而形成。加热、冷却、紫外线固化的制作条件与实施例1相同。通过形成该多个层,基于组合物B-4的液晶层的 $\Delta n_{600} \times \text{厚度} = \text{Re}(600)$ 成为214nm,扭曲角成为90度。而且,在基于该组合物B-4的液晶层上,将下述组合物B-5涂布了多层。通过形成该多个层,基于组合物B-5的液晶层的 $\Delta n_{600} \times \text{厚度} = \text{Re}(600)$ 成为305nm,并且扭曲角成为-33度。如此,形成了第1光学各向异性层。在基于SE M的截面像中,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)将向斜向左右延伸的两条线的长度和角度不同的“V”字横放的形状的明暗线。对于该明暗线,以在厚度方向上层叠在右左不同的厚度方向的扭曲方向上取向的液晶化合物而成的结构,并且通过右扭曲层和左扭曲层的厚度及扭曲角绝对值不同来观察。

[0492] 组合物B-4

[0493]

-
- | | |
|---------------------------------------|------------|
| •棒状液晶化合物 L-1 | 100.00 质量份 |
| •手性试剂 Ch-A | 0.38 质量份 |
| •聚合引发剂 (BASF 制造, Irgacure (注册商标) 907) | 3.00 质量份 |

[0494]

- | | |
|--|-------------|
| •光敏剂 (Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造, KAYACURE DETX-S) | 1.00 质量份 |
| •流平剂 T-1 | 0.08 质量份 |
| •甲基乙基酮 | 2000.00 质量份 |
-

[0495] 组合物B-5

-
- 棒状液晶化合物 L-1 100.00 质量份
 - 手性试剂 Ch-B 0.166 质量份
 - 聚合引发剂（BASF 制造，Irgacure（注册商标）907）
 3.00 质量份

[0496]

- 光敏剂（Nippon Kayaku Co.,Ltd.制造，KAYACURE DETX-S）
 1.00 质量份
 - 流平剂 T-1 0.08 质量份
 - 甲基乙基酮 2000.00 质量份
-

[0497] （第2光学各向异性层的形成和透射型液晶衍射元件的制作）

[0498] 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。将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时，以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转，并且面内一个方向的旋转方向的朝向（排列轴D）呈平行的方式，使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转180度并进行了贴合。如此，制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件。

[0499] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 450nm的光为0.45，相对于入射波长 λ 532nm的光为0.53，相对于入射波长 λ 650nm的光为0.65，且相对于入射波长 λ 980nm的光为0.98，即为 $\Lambda=1.0\mu\text{m}$ 。

[0500] [评价]

[0501] 在所制作的透射型液晶衍射元件中，方位角为源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位（排列轴D方向），并且以来自透射型液晶衍射元件的主表面的法线方向的入射角 θ_i 射入波长为450nm、532nm、650nm、980nm的激光束，在射入了光的方位方向上，用功率计测定了向与光的入射方向相反的方向折射的折射光的出射角度 θ_o 和强度（衍射效率）、以及向与光的入射方向相同的方向射出的光的出射角度 θ_p 和强度（衍射效率）。射入的激光束分别射入右旋圆偏振光和左旋圆偏振光，并将其平均值作为强度（衍射效率）。强度（衍射效率）的标准如下。另外，对于强度（衍射效率）的评价，使用波长450nm、532nm、650nm、980nm下的折射光的强度（衍射效率）的平均值来进行。

[0502] • S:强度（衍射效率）为70%以上

[0503] • A:强度（衍射效率）为65%以上

[0504] • B:强度（衍射效率）为60%以上

[0505] • C:强度（衍射效率）为50%以上

[0506] • D:强度（衍射效率）为40%以上

[0507] • E:强度（衍射效率）小于40%

[0508] 将结果示于下述表6中。

[0509] [表6]

	波长 (nm)	θ_i (°)	θ_o (°)	θ_p (°)	评价
					θ_o 下的强度
[0510]	实施例 10	450	16	-10	16
		532	16	-15	16
		650	16	-22	16
		980	16	-45	16

[0511] 根据表6可知,本发明的实施例中,相对于不同波长的入射光,获得高的光强度(衍射效率)。并且,使入射光的所有偏振光成分(右旋圆偏振光和左旋圆偏振光)向相同朝向(角度 θ_o)衍射,获得了高衍射效率。由此可知,作为相对于波长450nm、532nm、650nm、980nm从可见光到红外线具有高衍射效率的分光元件发挥作用。

[0512] [实施例11]

[0513] 实施例10中,以取向图案的1个周期 Λ 成为2.375 μm 的方式,调节了2个光的交叉角(交叉角 α),除此以外,以相同的方式进行了取向膜的曝光。

[0514] 并且,将组合物B-4的手性试剂Ch-A设为0.16质量份的组合物作为组合物B-6。并且,将组合物B-5的手性试剂Ch-B设为0.07质量份的组合物作为组合物B-7。第1光学各向异性层通过将下述组合物B-6在取向膜P-2上涂布多层而形成。加热、冷却、紫外线固化的制作条件与实施例1相同。通过形成该多个层,基于组合物B-6的液晶层的 $\Delta n_{1400} \times \text{厚度} = \text{Re}(1400)$ 成为508nm,扭曲角成为90度。而且,在基于该组合物B-6的液晶层上,将下述组合物B-7涂布了多层。通过形成该多个层,基于组合物B-7的液晶层的 $\Delta n_{1400} \times \text{厚度} = \text{Re}(1400)$ 成为724nm,扭曲角成为-33度。如此,形成了第1光学各向异性层。在基于SEM的截面像中,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)将向斜向左右延伸的两条线的长度和角度不同的“V”字横放的形状的明暗线。对于该明暗线,以在厚度方向上层叠在右左不同的厚度方向的扭曲方向上取向的液晶化合物而成的结构,并且通过右扭曲层和左扭曲层的厚度及扭曲角绝对值不同来观察。

[0515] (第2光学各向异性层的形成和透射型液晶衍射元件的制作)

[0516] 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。将该第2光学各向异性层转印并以层叠于第1光学各向异性层上的方式用粘合剂进行了贴合。此时,以沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的源自液晶化合物的光学轴的旋转方向与第1光学各向异性层反转,并且面内一个方向的旋转方向的朝向(排列轴D)呈平行的方式,使第2光学各向异性层相对于与主表面垂直的轴旋转180度并进行了贴合。如此,制作了层叠有第1光学各向异性层和第2光学各向异性层的透射型液晶衍射元件。

[0517] 该衍射元件的 λ/Λ 的值相对于入射波长 λ 950nm的光为0.40,相对于入射波长 λ 1400nm的光为0.59,且相对于入射波长 λ 2500nm的光为1.05,即为 $\Lambda = 2.375\mu\text{m}$ 。

[0518] [评价]

[0519] 在所制作的透射型液晶衍射元件中,测定了如下:方位角为源自液晶化合物的光学轴沿着面内一个方向一边连续旋转一边改变的方位(排列轴D方向),并且以来自透射型液晶衍射元件的主表面的法线方向的入射角 θ_i 向与波长为950nm、1400nm、2500nm的光的入射方向相反的方向折射的折射光的出射角度 θ_o 和强度(衍射效率)、以及向与光的入射方向相同的方向射出的光的出射角度 θ_p 和强度(衍射效率)。将强度设为相对于右旋圆偏振光和左旋圆偏振光的入射光的衍射效率的平均值。强度(衍射效率)的标准如下。

- [0520] • S:强度(衍射效率)为60%以上
 [0521] • A:强度(衍射效率)为55%以上
 [0522] • B:强度(衍射效率)为50%以上
 [0523] • C:强度(衍射效率)为40%以上
 [0524] • D:强度(衍射效率)为30%以上
 [0525] • E:强度(衍射效率)小于30%

[0526] 将结果示于下述表7中。

[0527] [表7]

	波长 (nm)	θ_i (°)	θ_o (°)	θ_p (°)	评价
					θ_o 下的强度
[0528] 实施例 11	950	16	-7	16	S
	1400	16	-21	16	
	2500	16	-51	16	

[0529] 根据表7可知,本发明的实施例中,相对于不同波长的入射光,获得高的光强度(衍射效率)。并且,使入射光的所有偏振光成分(右旋圆偏振光和左旋圆偏振光)向相同朝向(角度 θ_o)衍射,获得了高衍射效率。由此可知,作为在波长950至2500nm的红外线下具有高衍射效率的分光元件发挥作用。

[0530] 根据以上结果,本发明的效果明确可知。

[0531] 产业上的可利用性

[0532] 在光通信等中,能够优选用于使光弯曲的各种用途。用于使光弯曲的用途的反射镜等反射部件在与反射面垂直的方向上,将该光的行进方向改变为相反的朝向,在与反射面平行的方向上不改变。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,而在与主表面平行的方向上,将光的行进方向改变为相反的朝向。因此,在本发明的透射型液晶衍射元件和反射部件中,若欲获得相同的光弯曲作用,则光射入的面的朝向相差90°。因此,在光通信等中,在因小型化薄型化等而限制设置空间的情况下,即使在难以配置反射部件的位置,有时也能够容易地配置本发明的透射型液晶衍射元件。

[0533] 并且,在高光谱相机等中,能够优选用于使光进行分光的各种用途。用于使光分光的用途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的波长范围的入射光进行分光,在高光谱相机等中,能够以高灵敏度检测光。

[0534] 符号说明

[0535] 10-透射型液晶衍射元件,30-支撑体,32-取向膜,36、37、36c-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-相位差层,40-液晶化合物,40c-棒状液晶化合物,40d-圆盘状液晶化合物,40A-光学轴,42、42b-棒状液晶层,44、44b-圆盘状液晶层,46a、46b、47、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。

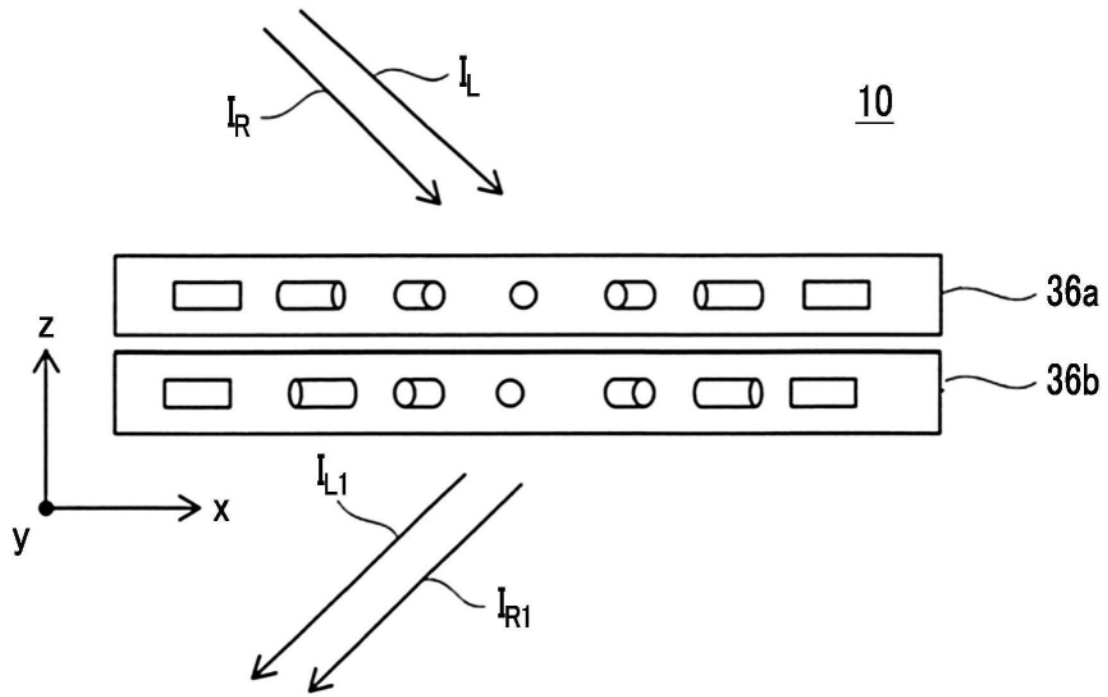


图1

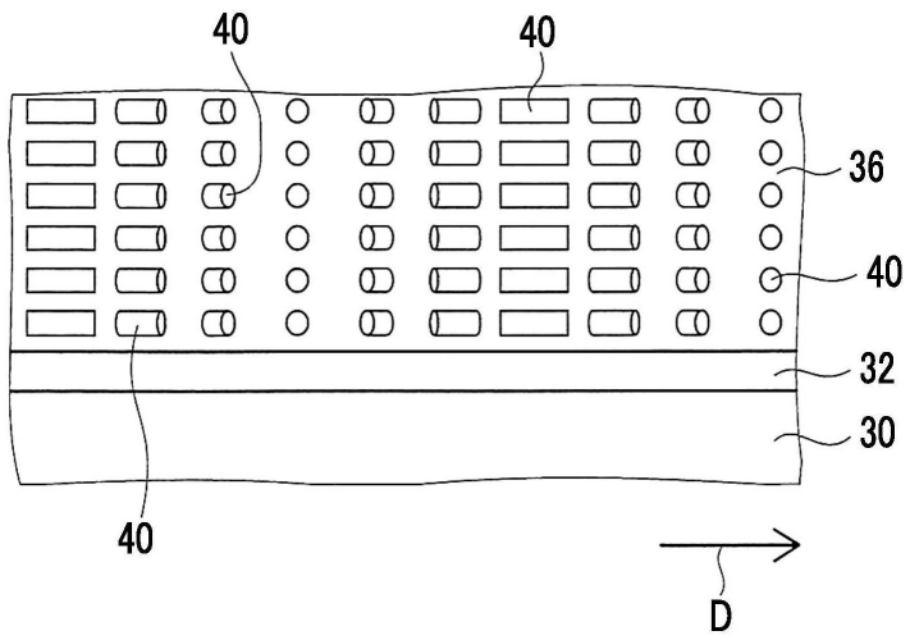


图2

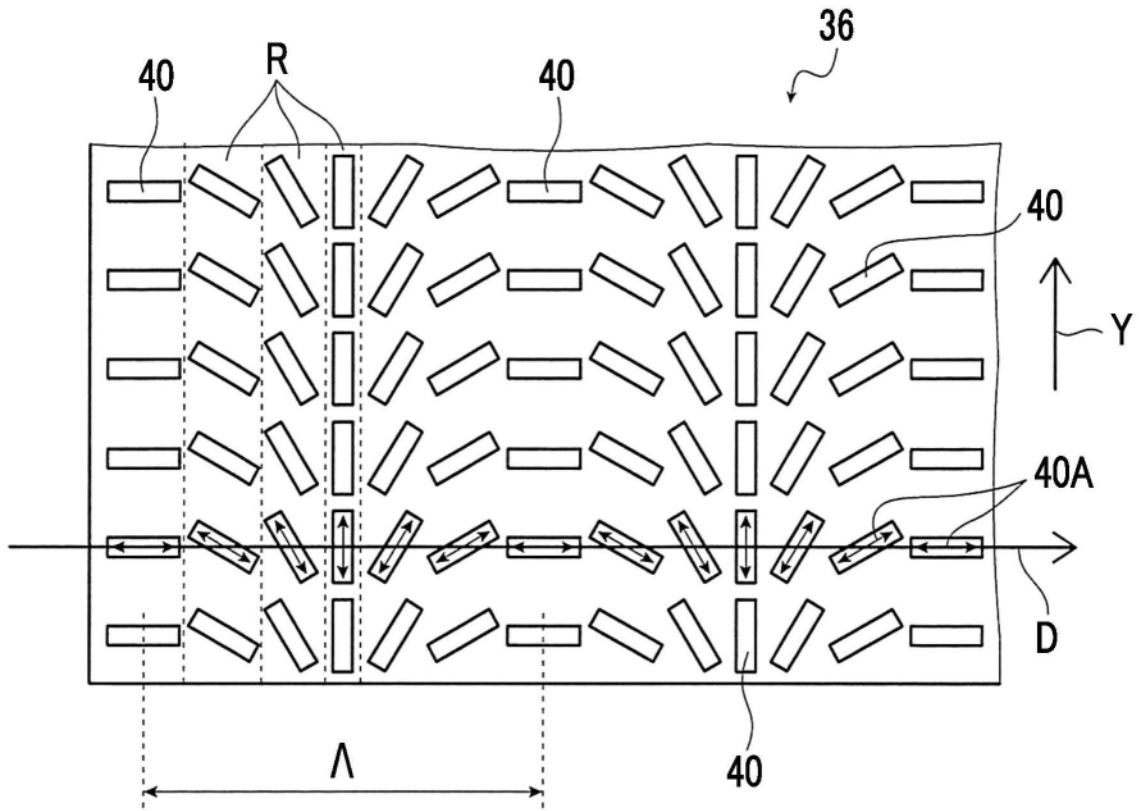


图3

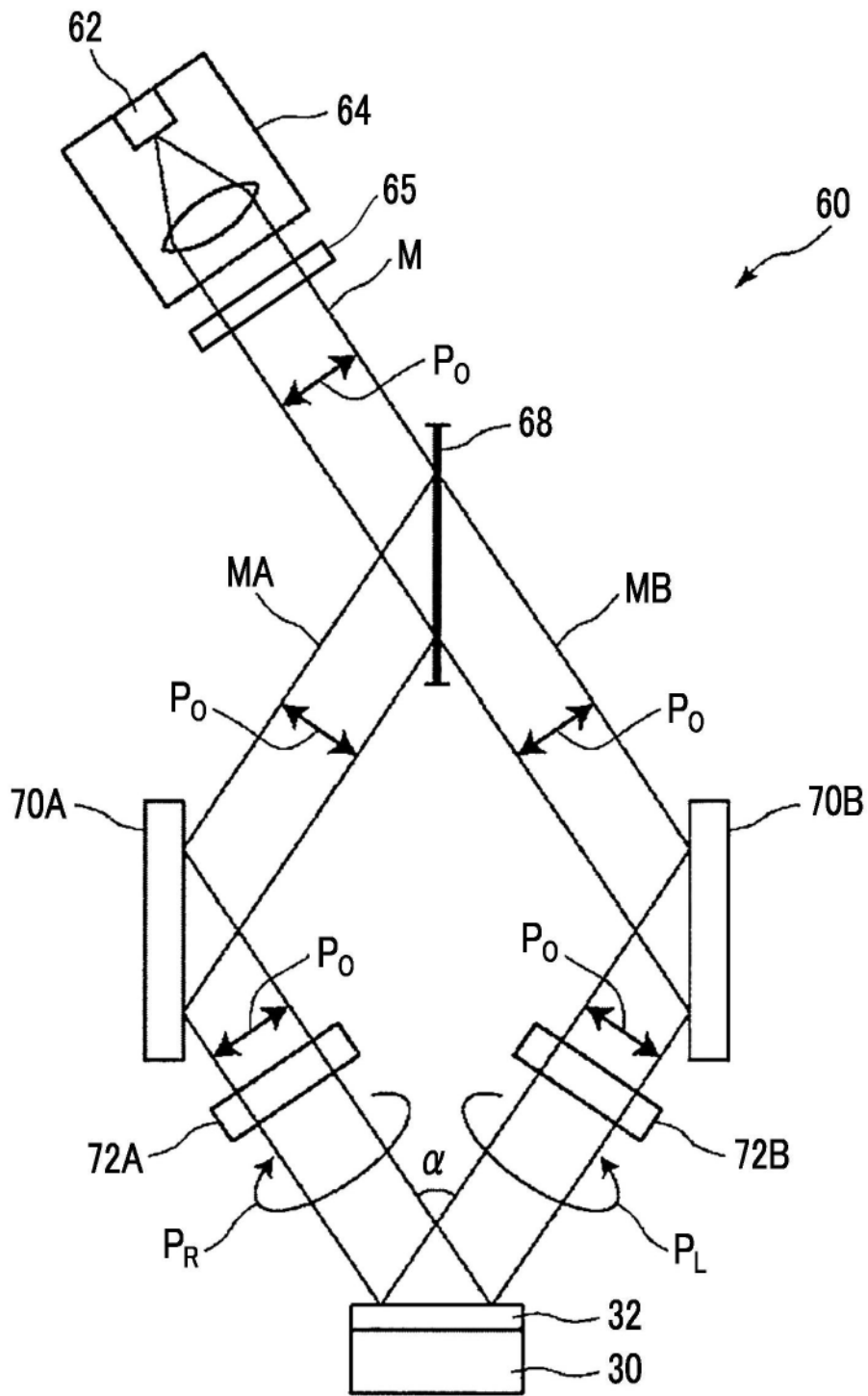


图4

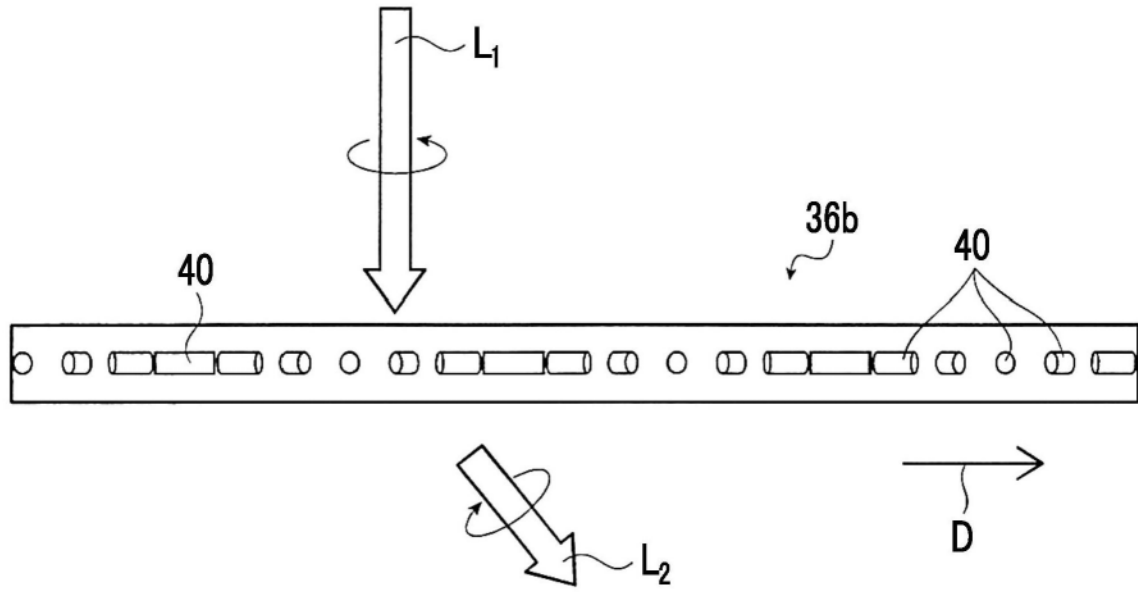


图5

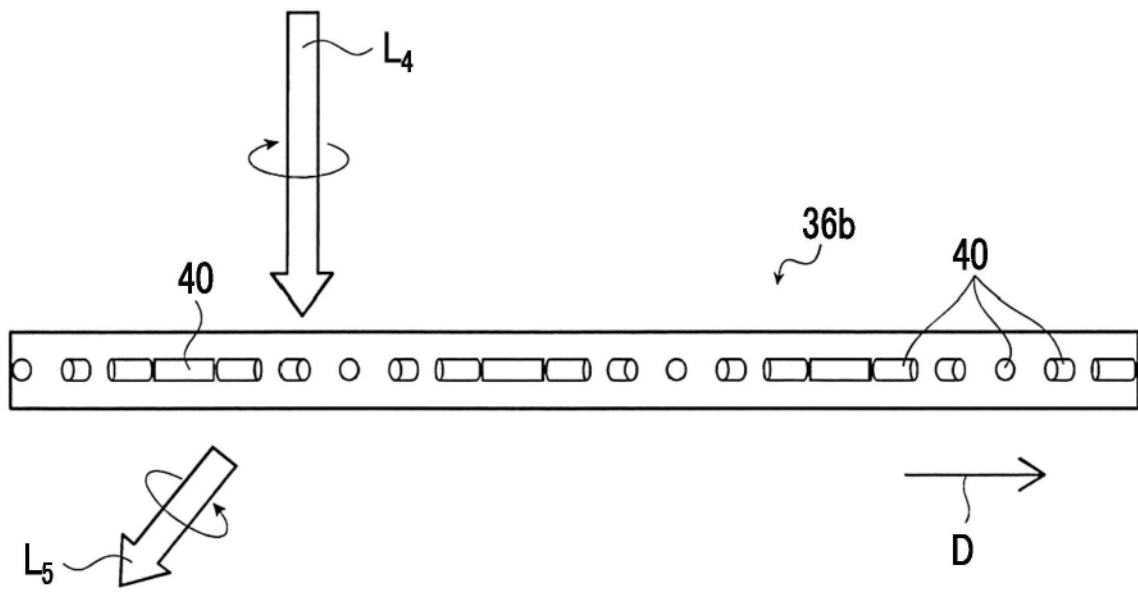


图6

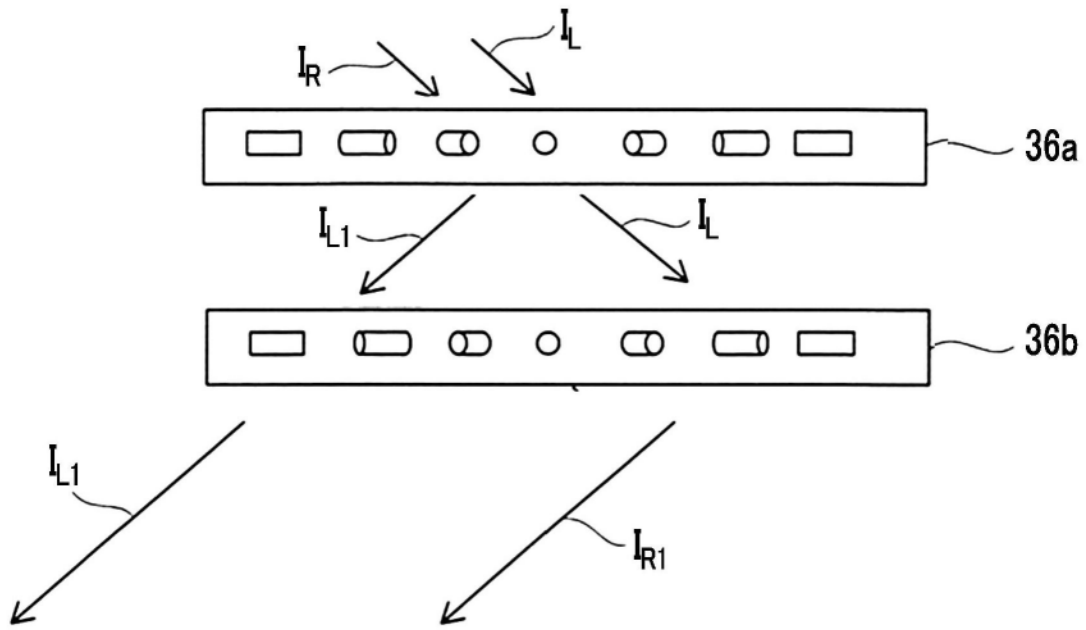


图7

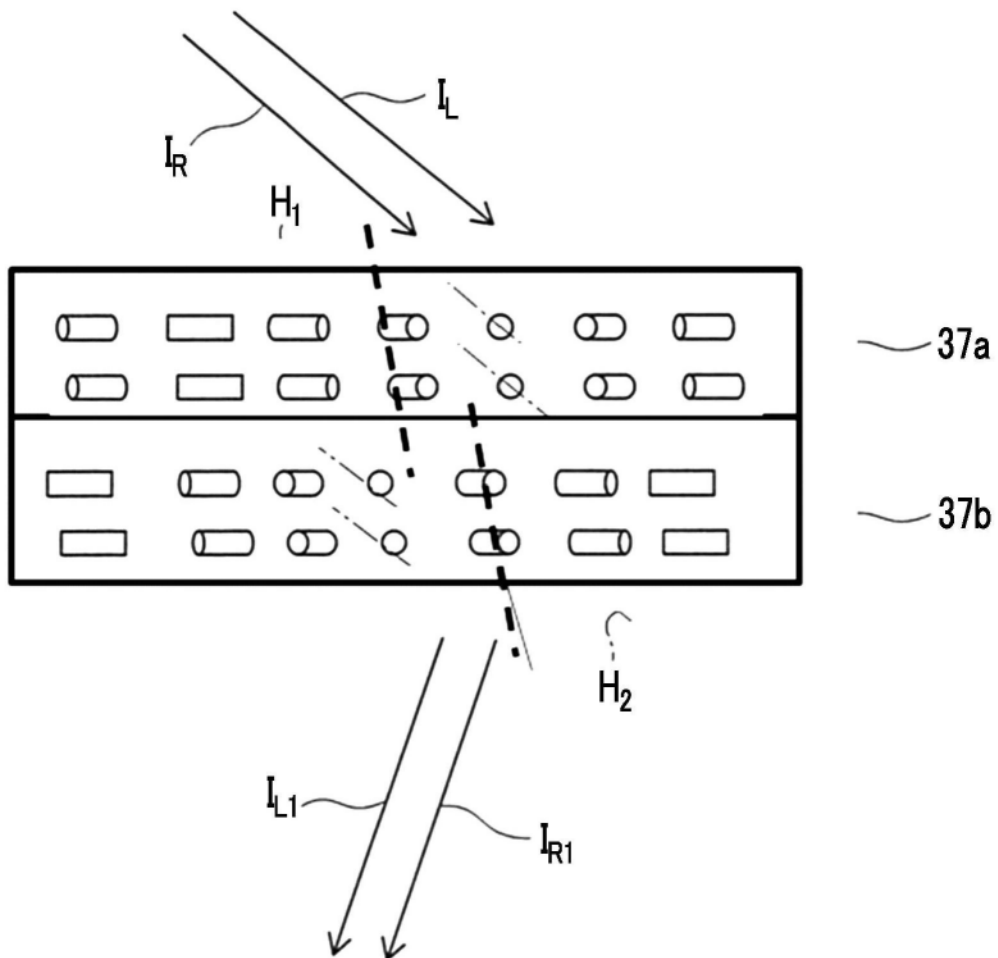


图8

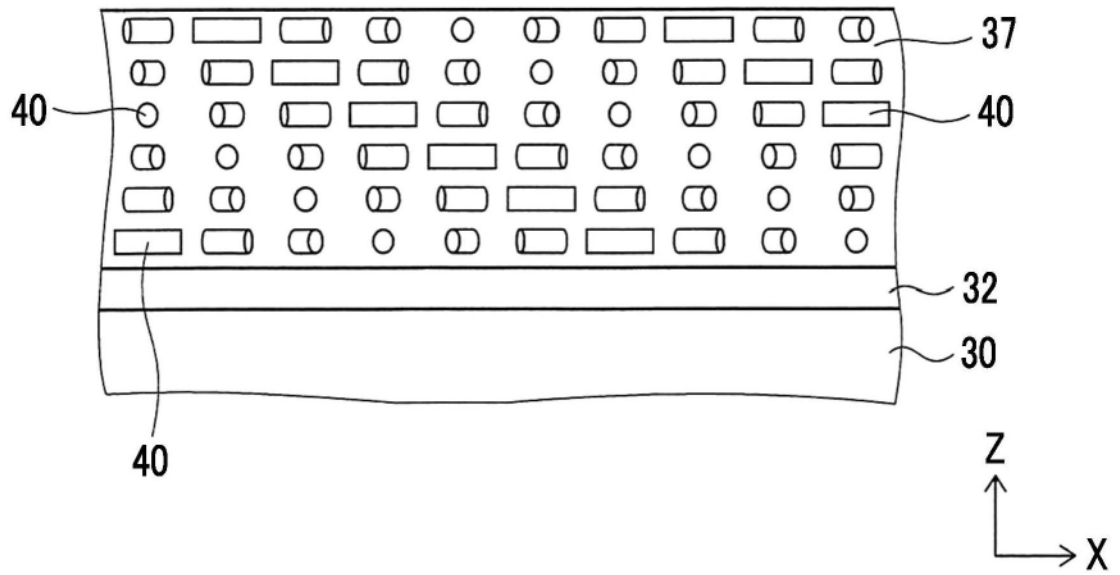


图9

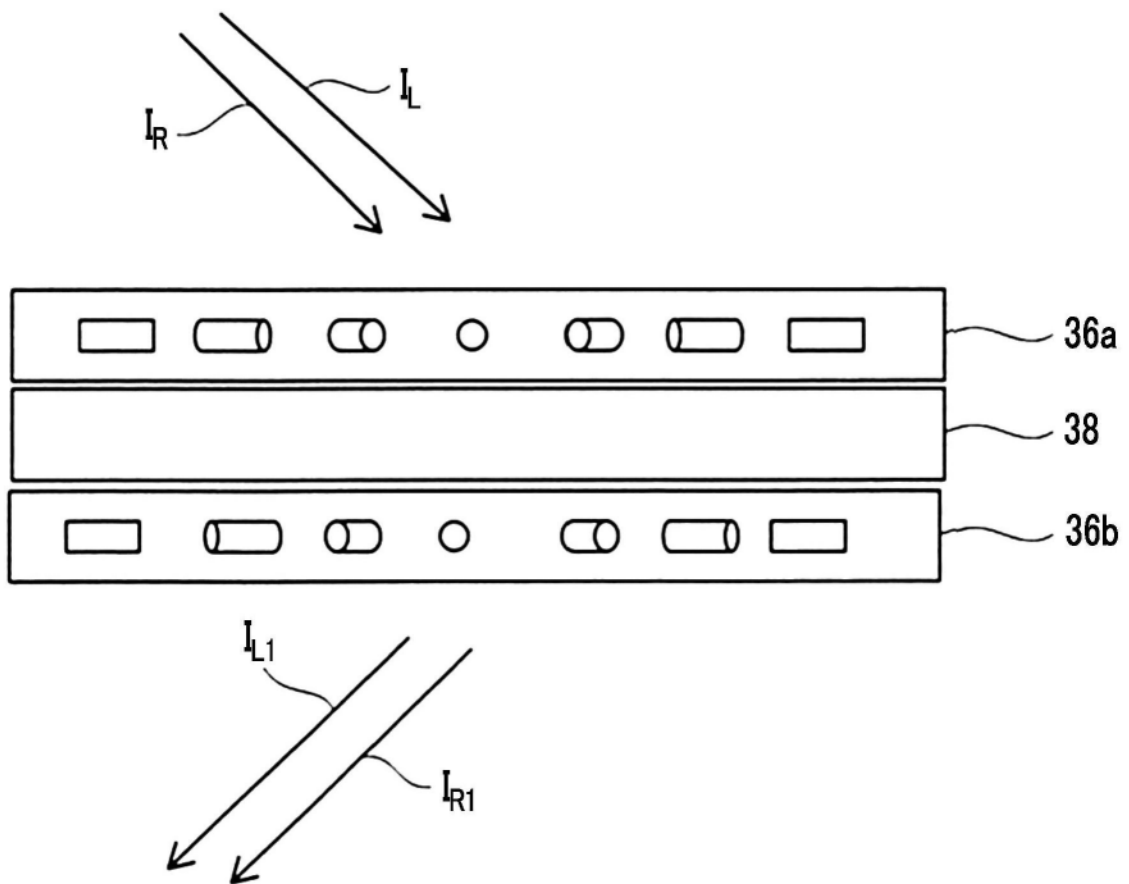


图10

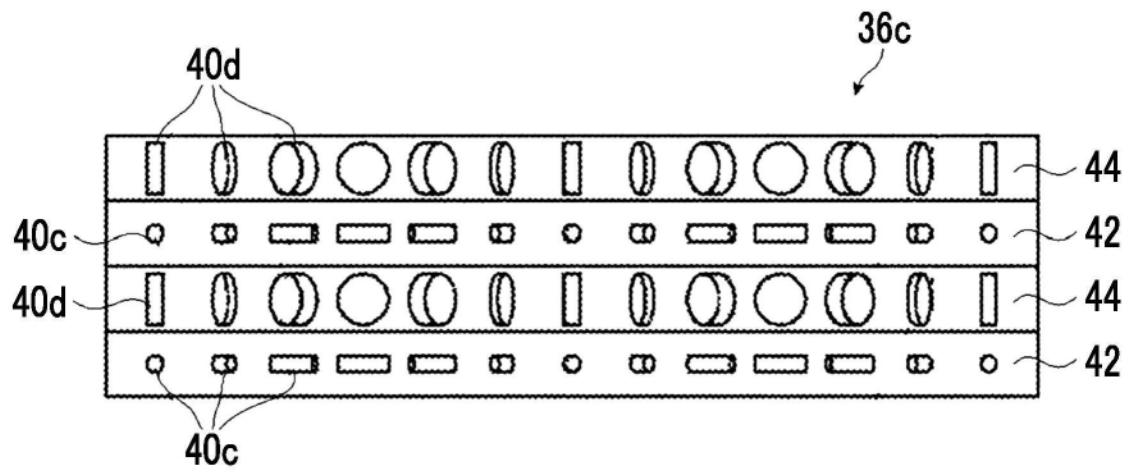


图11

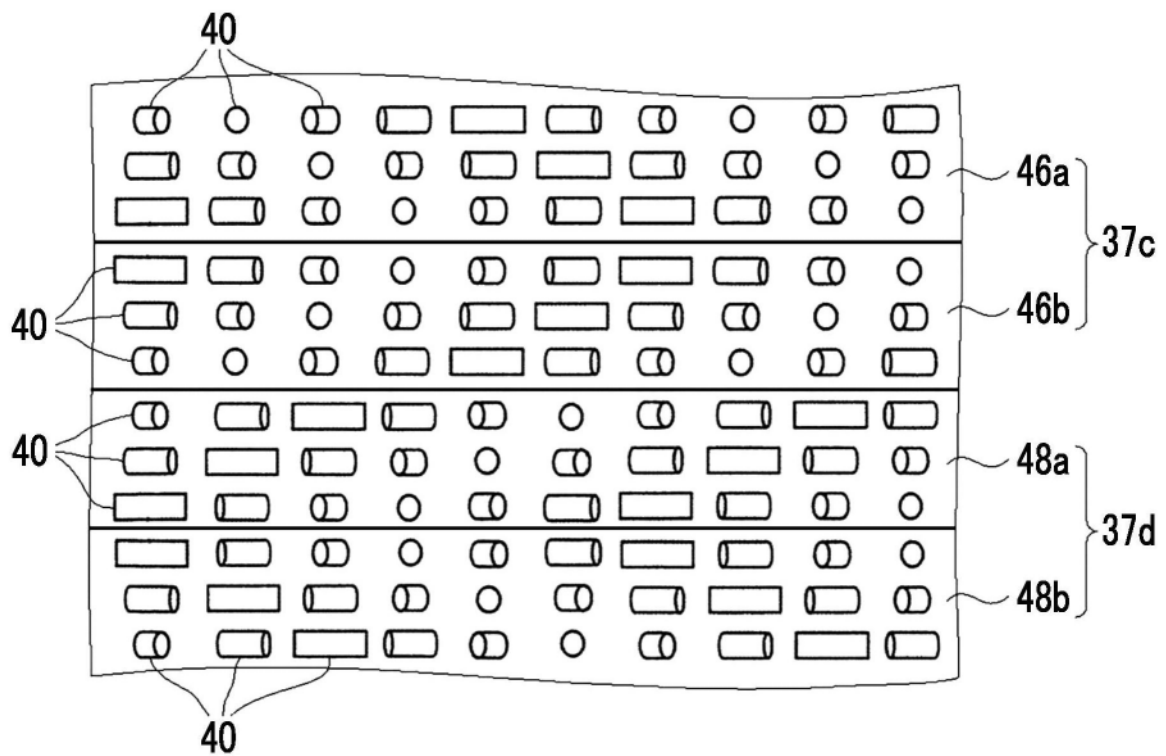


图12

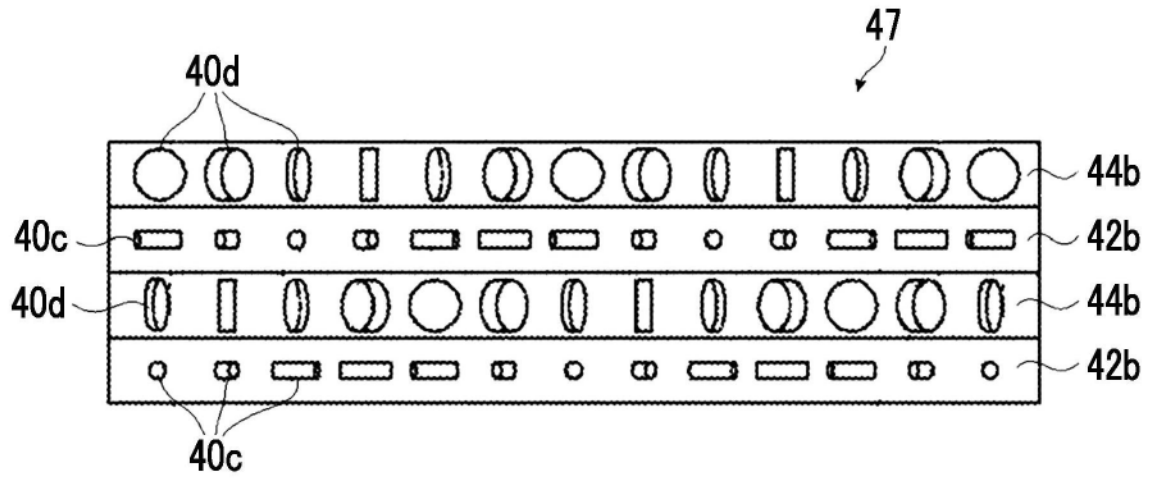


图13

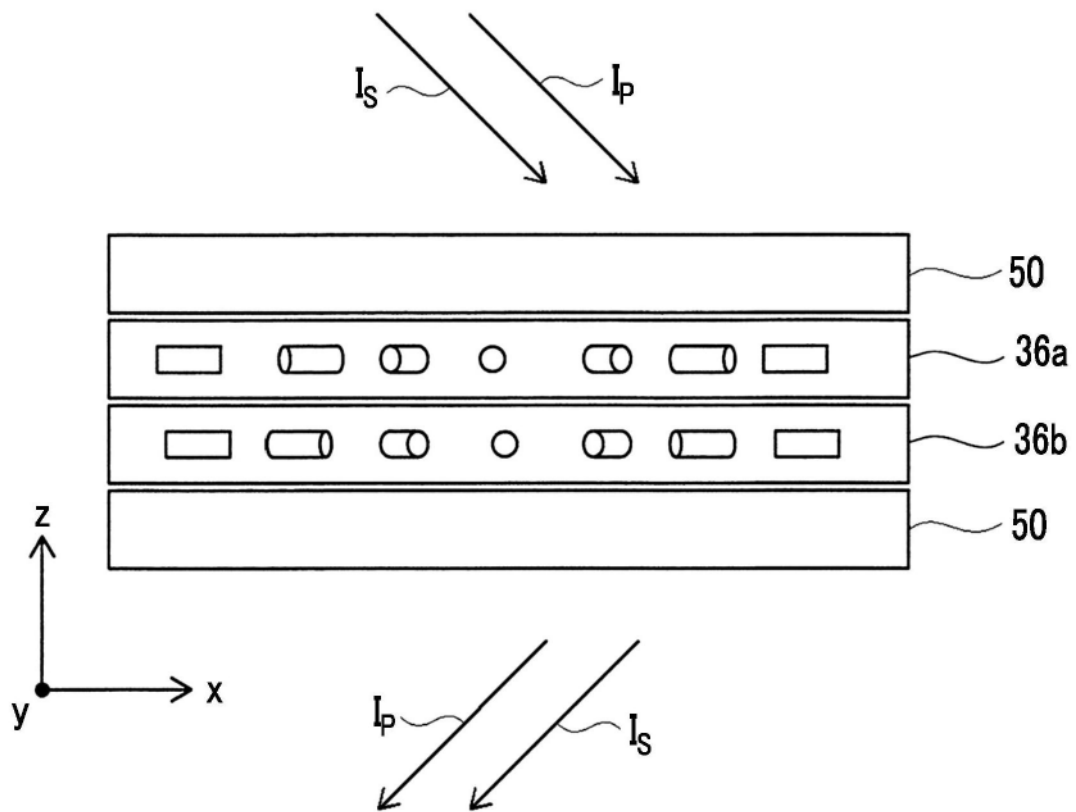


图14

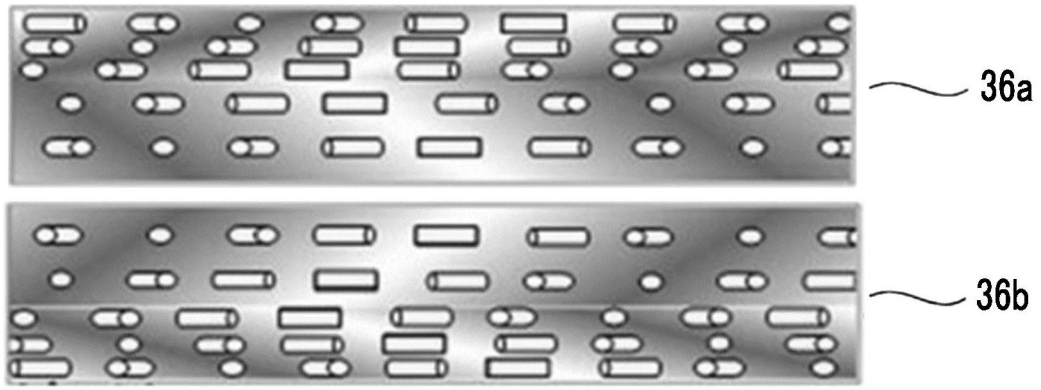


图15

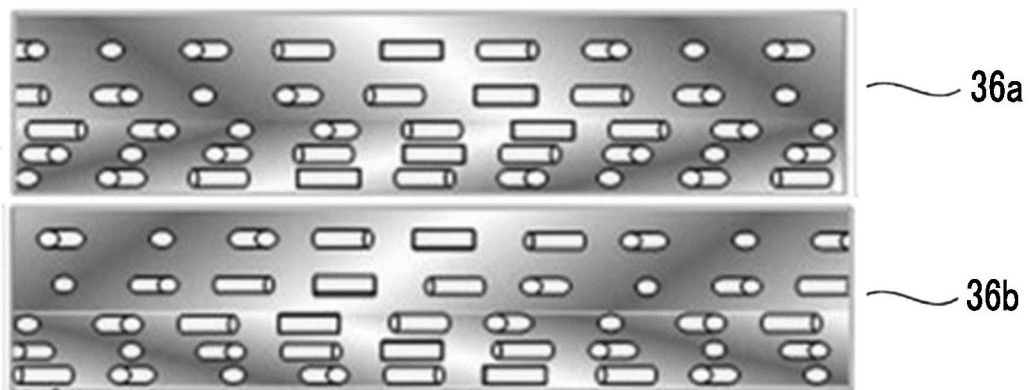


图16

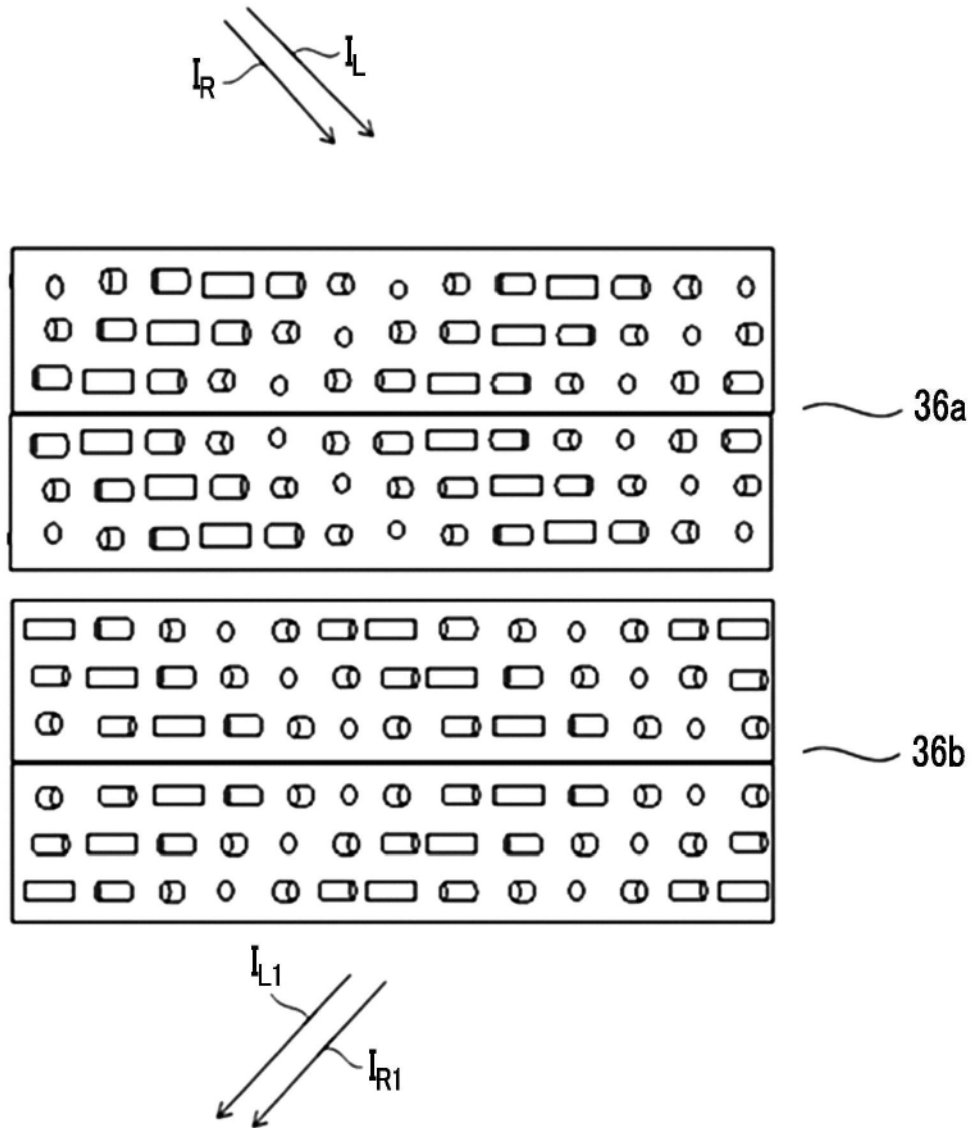


图17

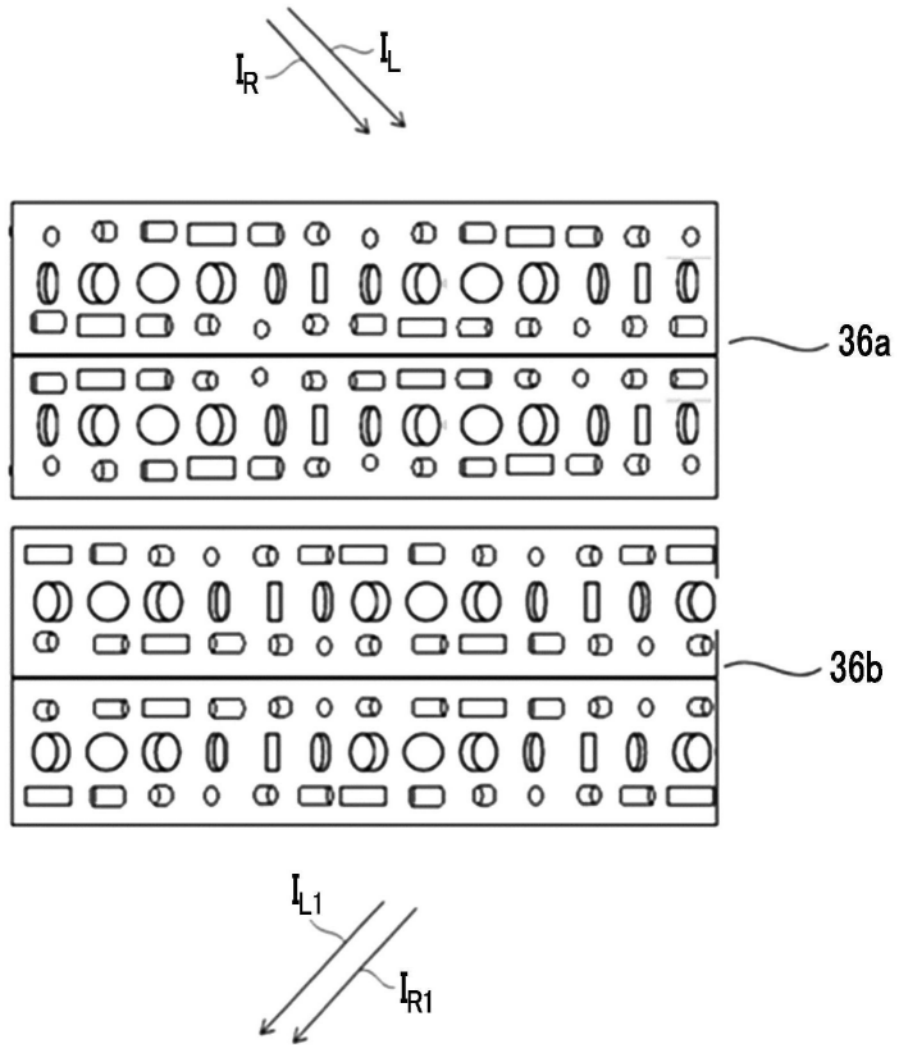


图18

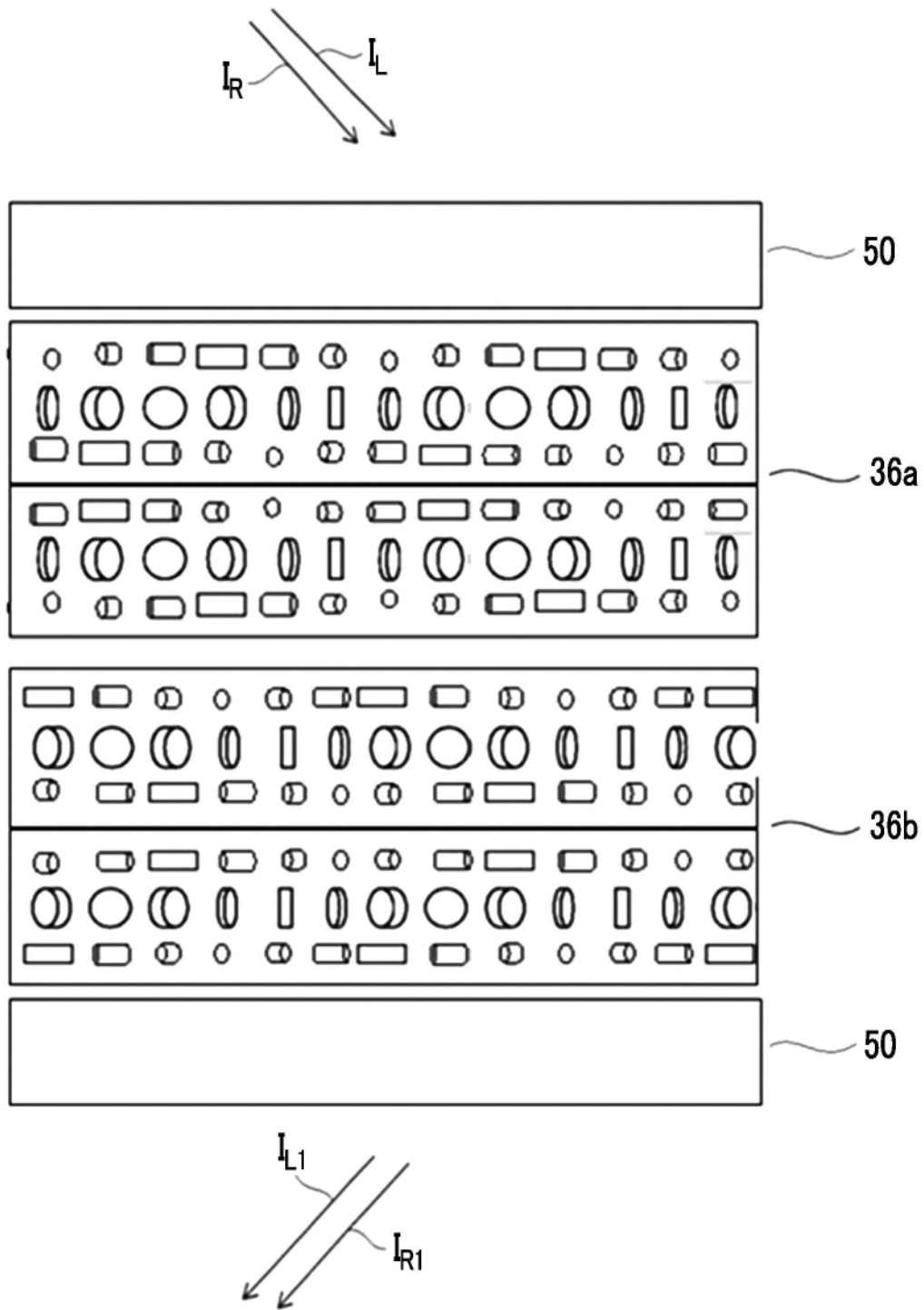


图19