



(10) 授权公告号 CN 115398283 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 03

(21) 申请号 202180026567.4

(22) 申请日 2021.03.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115398283 A

(43) 申请公布日 2022.11.25

(30) 优先权数据
2020-065845 2020.04.01 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.09.30

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/011127 2021.03.18

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/200228 JA 2021.10.07

(73) 专利权人 富士胶片株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 三户部史岳 筱田克己 齐藤之人
渡野亮子

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002
专利代理师 周欣

(51) Int.Cl.
G02B 5/18 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 110249256 A, 2019.09.17
JP 2015105990 A, 2015.06.08
WO 2019189586 A1, 2019.10.03

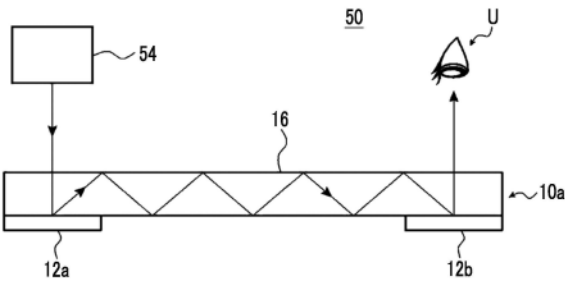
审查员 王瑶

权利要求书1页 说明书27页 附图12页

(54) 发明名称
导光元件

(57) 摘要

本发明提供一种可获得高的衍射效率的入射角度范围广的导光元件。导光元件具有导光板及配置于导光板的主表面的衍射元件,衍射元件具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成,并且具有来自于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,导光板的折射率为1.70以上,将导光板的折射率设为 n_d ,将液晶层的折射率设为 n_k 时,满足 $n_k - n_d \geq 0$ 。



1.一种导光元件,其具有:

导光板;及

衍射元件,配置于所述导光板的主表面,

所述衍射元件具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成,并且具有源自所述液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,

所述导光板的折射率为1.70以上,

将所述导光板的折射率设为 n_d ,将所述液晶层的折射率设为 n_k 时,

满足 $0.1 > n_k - n_d \geq 0$,

所述液晶层为将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层,

所述胆甾醇型液晶层为螺旋节距在膜厚方向上发生变化的节距梯度层,

在所述液晶层中,在所述液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的主表面上,将所述液晶化合物的光学轴的朝向旋转 180° 的长度设为1个周期 Λ ,将所述节距梯度层的一个面侧的螺旋节距设为P1,另一面侧的螺旋节距设为P2时,满足 $P1 < \Lambda < P2$,

所述液晶层包含所述光学轴相对于所述液晶层的主表面倾斜的所述液晶化合物,且具有所述光学轴相对于所述液晶层的主表面的倾斜角在厚度方向上不同的区域。

2.根据权利要求1所述的导光元件,其中,

所述衍射元件为使光入射到所述导光板内的入射衍射元件。

导光元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种传播光的导光元件。

背景技术

[0002] 近年来,如专利文献1中所记载的那样,在实际观察到的场景中叠加显示虚拟的影像及各种信息等的AR (Augmented Reality (增强现实)) 玻璃被实用化。AR玻璃也称为智能玻璃、头戴式显示器 (HMD (Head Mounted Display)) 及AR眼镜等。

[0003] 如专利文献1所示,作为一例,AR玻璃将由显示器 (光学引擎) 显示的影像入射到导光板的其中一端而传播,并从另一端射出,从而在使用人员实际观察到的场景中叠加显示虚拟的影像。

[0004] 在AR玻璃中,使用在导光板的表面配置有衍射元件的导光元件,引导来自显示器的光 (投影光)。具体而言,使用衍射元件使来自显示器的光 (投影光) 衍射 (折射) 并入射到导光板的其中一个端部。由此,以一定角度向导光板导入光,并且使光在导光板内全反射而传播。在导光板传播的光在导光板的另一个端部被射出衍射元件衍射,并从导光板射出到由使用人员观察的位置上。

[0005] 在使用这种导光元件的AR玻璃中,需要作为显示图像的区域视角 (FOV (Field of View)) 宽。

[0006] 相对于此,可以考虑通过提高导光板的折射率,增大与空气的折射率差,增大在导光板内光全反射的条件 (角度) 来扩大FOV。

[0007] 作为导光元件所具有的衍射元件,提出了一种液晶衍射元件,所述液晶衍射元件具有将液晶化合物以光学轴的朝向沿面内的一个方向连续旋转的同时发生变化的取向图案取向而成的液晶层 (专利文献2)。

[0008] 这种液晶衍射元件与具有表面浮雕结构的衍射元件等相比衍射效率高。

[0009] 以往技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:US2016/0231568A1

[0012] 专利文献2:国际公开第2020/022504号

发明内容

[0013] 发明要解决的技术课题

[0014] 根据本发明人等的研究,可知在具有液晶衍射元件的导光元件中,若提高导光板的折射率,则存在无法获得高的衍射效率的入射角度。

[0015] 通常,在液晶衍射元件中,任意的入射角度的衍射效率能够用光学轴的朝向沿面内的一个方向连续旋转的同时发生变化的取向图案的1个周期 Λ 及膜厚d来控制,进而液晶层为胆甾醇型取向时用螺旋节距P来控制。

[0016] 然而,可知当导光板的折射率高时,存在仅以1个周期 Λ 、膜厚d及螺旋节距P无法

提高衍射效率的入射角度。

[0017] 本发明的课题在于解决这种现有技术的问题点,并提供一种可获得高的衍射效率的入射角度范围广的导光元件。

[0018] 用于解决技术课题的手段

[0019] 为了解决该课题,本发明具有以下结构。

[0020] [1]一种导光元件,其具有:

[0021] 导光板;及

[0022] 衍射元件,配置于导光板的主表面,

[0023] 衍射元件具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成,并且具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,

[0024] 导光板的折射率为1.70以上,

[0025] 将导光板的折射率设为 n_d ,将液晶层的折射率设为 n_k 时,

[0026] 满足 $n_k - n_d \geq 0$ 。

[0027] [2]根据[1]所述的导光元件,其中,

[0028] 液晶层为将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层。

[0029] [3]根据[1]或[2]所述的导光元件,其中,

[0030] 胆甾醇型液晶层为螺旋节距在膜厚方向上发生变化的节距梯度层。

[0031] [4]根据[3]所述的导光元件,其中,

[0032] 在液晶层中,在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主表面上,将液晶化合物的光学轴的朝向旋转 180° 的长度设为1个周期 Λ ,将节距梯度层的一个面侧的螺旋节距设为 $P1$,另一面侧的螺旋节距设为 $P2$ 时,满足 $P1 < \Lambda < P2$ 。

[0033] [5]根据[1]至[4]中任一项所述的导光元件,其中,

[0034] 导光板的折射率 n_d 和液晶层的折射率 n_k 满足 $0.1 > n_k - n_d \geq 0$ 。

[0035] [6]根据[1]至[5]中任一项所述的导光元件,其中,

[0036] 衍射元件为使光入射到导光板内的入射衍射元件。

[0037] 发明效果

[0038] 根据本发明,能够提供一种可获得高的衍射效率的入射角度范围广的导光元件。

附图说明

[0039] 图1是概念性地示出使用本发明的导光元件的图像显示装置的一例的图。

[0040] 图2是用于说明导光板的折射率与入射角度范围及FOV的关系的图。

[0041] 图3是用于说明导光板的折射率与入射角度范围及FOV的关系的图。

[0042] 图4是表示入射角度与衍射效率的关系的曲线图。

[0043] 图5是表示入射角度与衍射效率的关系的曲线图。

[0044] 图6是概念性地示出使用本发明的导光元件的图像显示装置的另一例的图。

[0045] 图7是概念性地示出用作衍射元件的胆甾醇型液晶层的平面图。

[0046] 图8是图7所示的胆甾醇型液晶层的概念图。

- [0047] 图9是概念性地示出图7所示的胆甾醇型液晶层的截面SEM图像的图。
- [0048] 图10是用于说明图7所示的胆甾醇型液晶层的作用的概念图。
- [0049] 图11是概念性地示出用作衍射元件的胆甾醇型液晶层的另一例的图。
- [0050] 图12是概念性地示出用作衍射元件的胆甾醇型液晶层的另一例的图。
- [0051] 图13是对取向膜进行曝光的曝光装置的一例的概念图。
- [0052] 图14是概念性地示出透射型液晶衍射元件所具有的液晶层的一例的图。
- [0053] 图15是图14所示的液晶层的平面图。
- [0054] 图16是用于说明图14所示的液晶层的作用的概念图。
- [0055] 图17是用于说明图14所示的液晶层的作用的概念图。
- [0056] 图18是概念性地示出液晶层的另一例的图。
- [0057] 图19是概念性地示出衍射效率的测定方法的图。

具体实施方式

- [0058] 以下,根据附图所示的优选实施例对本发明的导光元件进行详细说明。
- [0059] 在本说明书中,使用“~”显示的数值范围是指将记载于“~”前后的数值作为下限值及上限值而包含的范围。
- [0060] 在本说明书中,“(甲基)丙烯酸酯”以“丙烯酸酯及甲基丙烯酸酯中的一者或两者”的含义而使用。
- [0061] 在本说明书中,折射率是指波长550nm处的折射率。
- [0062] [导光元件]
- [0063] 本发明的导光元件为如下导光元件,其具有:
- [0064] 一种导光元件,其具有:
- [0065] 导光板;及
- [0066] 衍射元件,配置于导光板的主表面,
- [0067] 衍射元件具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成,并且具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,
- [0068] 导光板的折射率为1.70以上,
- [0069] 将导光板的折射率设为 n_d ,将液晶层的折射率设为 n_k 时,
- [0070] 满足 $n_k - n_d \geq 0$ 。
- [0071] 图1概念性地示出使用本发明的导光元件的图像显示装置的一例。
- [0072] 作为优选的一例,图1所示的图像显示装置50用作AR玻璃。另外,本发明的导光元件除了AR玻璃以外,也能够用于透明屏幕、照明装置(包括液晶显示器的背光等)及传感器等光学元件中。并且,本发明的图像显示装置也能够用于使用这些光学元件的图像显示装置中。
- [0073] 图1所示的图像显示装置50具有显示元件54及导光元件10a,所述导光元件10a具有导光板16及配置于导光板16的主表面的衍射元件12a及12b。
- [0074] 在图1所示的导光元件10a中,衍射元件12a及衍射元件12b配置于导光板16的主表面的面方向上的不同位置上。在图1所示的例子中,衍射元件12a配置于导光板16的图中左

侧的端部。并且,衍射元件12b配置于导光板16的图中右侧的端部。另外,主表面为片状物(板状物、膜等)的最大面。

[0075] 并且,在图像显示装置50中,显示元件54在导光板16的主表面的面方向上与衍射元件12a重叠的位置上和与导光板16的配置有衍射元件12a的一侧相反的一侧的面对置而配置。

[0076] 在图1所示的例子中,衍射元件12a及衍射元件12b是通过使光向与镜面反射不同的方向反射,而反射光并进行衍射的反射型衍射元件。衍射元件12a及衍射元件12b具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成,并且具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,从而这样衍射光。关于这一点将在后面进行详细叙述。

[0077] 在图像显示装置50中,由显示元件54显示的图像(与图像对应的光)从与主表面垂直的方向入射到导光板16上并入射到衍射元件12a上。入射到衍射元件12a上的光被衍射元件12a衍射并入射到导光板16上。此时,衍射元件12a以在导光板16内全反射的角度衍射光,并且以使被衍射的光的行进方向成为朝向衍射元件12b的方向的方式衍射光。在图1所示的例中,衍射元件12a使所入射的光朝向图1中的右方向衍射。

[0078] 被衍射元件12a衍射的光在导光板16内全反射而向另一端部侧传播,并入射到衍射元件12b上。衍射元件12b衍射所入射的光以使其偏离在导光板16内全反射的角度。在图1所示的例中,衍射元件12b使所入射的光朝向图1中的上侧衍射。即,如图1所示,衍射元件12b使所入射的光朝向与导光板的主表面大致垂直的方向衍射。

[0079] 被衍射元件12b衍射的光从导光板16射出,并朝向使用人员U射出。由此,图像显示装置50能够显示由显示元件54照射的图像。

[0080] 在此,在本发明中,导光板16的折射率为1.70以上。

[0081] 利用图2及图3,对导光板16的折射率与入射到导光板的光的入射角度的关系进行说明。图2所示的导光元件为导光板52b的折射率低的例子,图3所示的导光元件为导光板52的折射率高的例子。

[0082] 众所周知,光在导光板内全反射的角度取决于导光板的折射率与和空气的折射率的差。导光板的折射率低时,与空气的折射率差变小,因此如图2所示的例子那样,光在导光板52b内全反射的角度范围变窄。在此,例如,假设入射侧的衍射元件12a对从与导光板52b的主表面垂直的方向入射的光进行衍射,使其行进到全反射角度范围的中心的角度的,衍射元件12a将能够使入射的光在全反射角度范围内衍射的入射光的角度的范围设为入射角度范围时,导光板52b的折射率低的情况下,全反射角度范围窄,因此该入射角度范围也变窄。并且,如图2所示,若全反射角度范围窄,则由出射侧的衍射元件12b出射的光的角度范围也变窄,作为显示图像的区域视角(FOV(Field of View))变窄。

[0083] 相对于此,导光板的折射率高时,与空气的折射率差变大,因此如图3所示的例子那样,光在导光板52内全反射的角度范围变宽。因此,当导光板52的折射率高时,全反射角度范围宽,因此衍射元件12a能够使入射光在全反射角度范围内衍射的入射角度范围也变宽。并且,如图3所示,若全反射角度范围宽,则由出射侧的衍射元件12b出射的光的角度范围也变宽,作为显示图像的区域视角(FOV(Field of View))变宽。

[0084] 在此,进而在本发明中,将导光板的折射率设为 n_d ,将衍射元件所具有的液晶层的

折射率设为 n_k 时,满足 $n_k - n_d \geq 0$ 。即,液晶层(衍射元件)的折射率为导光板的折射率以上。

[0085] 根据本发明人等的研究,可知在具有使用液晶层的衍射元件(以下,也称为液晶衍射元件)的导光元件中,若提高导光板的折射率(设为1.70以上)时,存在无法获得高的衍射效率的入射角度。本发明人对这一点进行了各种研究的结果可知,衍射元件的液晶层的折射率(以下,也称为衍射元件的折射率)低于导光板的折射率时,在一部分的入射角度范围衍射效率变低。

[0086] 作为一例,图4中示出表示衍射元件的折射率低于导光板的折射率时的、入射角度范围与衍射效率的关系的曲线图。该曲线图是导光板的折射率为1.80且衍射元件的折射率为1.60时的例子。

[0087] 在图4所示的例子中,在由导光板的折射率确定的全反射角度范围内,能够使入射光折射的入射角度范围为约 $-24^\circ \sim 24^\circ$ (图4中由虚线表示)。关于入射角度,在导光板内朝向光行进的方向倾斜的用负值表示,在导光板内向与光行进的方向相反的方向倾斜的用正值表示(参考图2、图3)。

[0088] 然而,可知衍射元件的折射率低于导光板的折射率时,图4中,在用单点划线表示的角度范围(约 $10^\circ \sim 24^\circ$)内,衍射效率几乎为0%。

[0089] 相对于此,本发明人等进行了各种研究的结果可知,通过将衍射元件的折射率设为导光板的折射率以上,能够抑制衍射效率在一部分的入射角度范围内降低。

[0090] 作为一例,图5中示出表示衍射元件的折射率为导光板的折射率以上时的、入射角度范围与衍射效率的关系的曲线图。该曲线图是导光板的折射率为1.80且衍射元件的折射率为1.80时的例子。

[0091] 在图5所示的例子中,在由导光板的折射率确定的全反射角度范围内,能够使入射光折射的入射角度范围与图4的例子同样地为约 $-24^\circ \sim 24^\circ$ (图5中由虚线表示)。

[0092] 如图5所示,可知衍射元件的折射率为导光板的折射率以上时,衍射元件的折射率低于导光板的折射率时衍射效率几乎为0%的角度范围(约 $10^\circ \sim 24^\circ$ 、图5中由单点划线表示的范围)内,也可获得高的衍射效率。

[0093] 如上所述,在液晶衍射元件中,任意的入射角度的衍射效率能够用光学轴的朝向沿面内的一个方向连续旋转的同时发生变化的取向图案的1个周期 Λ 及膜厚 d 来控制,进而液晶层为胆甾醇型取向时用螺旋节距 P 来控制。然而,可知当导光板的折射率高时,存在仅以1个周期 Λ 、膜厚 d 及螺旋节距 P 无法提高衍射效率的入射角度。

[0094] 相对于此,本发明的导光元件中,将导光板的折射率设为 n_d ,将衍射元件的折射率设为 n_k 时,满足 $n_k - n_d \geq 0$,从而能够扩大可获得高的衍射效率的入射角度范围。

[0095] 在此,从衍射效率的观点考虑,导光板的折射率 n_d 和衍射元件的折射率 n_k 优选满足 $0.1 > n_k - n_d \geq 0$,更优选满足 $0.05 > n_k - n_d \geq 0$ 。

[0096] 并且,从视角(FOV)、衍射效率等的观点考虑,导光板的折射率优选为1.7~2.3,更优选为1.9~2.3。

[0097] 在此,在图1所示的例子中,导光元件10a构成为具有反射型衍射元件12a及衍射元件12b,但并不限于此。

[0098] 图6中概念性地示出使用本发明的导光元件的图像显示装置的另一例。

[0099] 图6所示的图像显示装置50b具有显示元件54及导光元件10b,所述导光元件10b具

有导光板16及配置于导光板16的主表面的衍射元件11a及11b。

[0100] 在图6所示的导光元件10b中,衍射元件11a及衍射元件11b配置于导光板16的主表面的面方向上的不同位置上。在图6所示的例子中,衍射元件11a配置于导光板16的图中左侧的端部。并且,衍射元件11b配置于导光板16的图中右侧的端部。

[0101] 并且,在图像显示装置50b中,显示元件54在导光板16的主表面的面方向上与衍射元件11a重叠的位置上和导光板16的配置有衍射元件11a的一侧的面对置而配置。

[0102] 在图6所示的例中,衍射元件11a及衍射元件11b为使光透射的同时进行衍射的透射型衍射元件。衍射元件11a及衍射元件11b具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的液晶组合物而形成,并且具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,从而这样衍射光。关于这一点将在后面进行详细叙述。

[0103] 在图像显示装置50b中,由显示元件54显示的图像(与图像对应的光)在导光板16上从与主表面垂直的方向入射到衍射元件11a。入射到衍射元件11a上的光被衍射元件11a衍射并入射到导光板16上。此时,衍射元件11a以在导光板16内全反射的角度衍射光,并且以使被衍射的光的行进方向成为朝向衍射元件11b的方向的方式衍射光。在图6所示的例中,衍射元件11a使所入射的光朝向图6中的右方向衍射。

[0104] 被衍射元件11a衍射的光在导光板16内全反射而向另一端部侧传播,并入射到衍射元件11b上。衍射元件11b衍射所入射的光以使其偏离在导光板16内全反射的角度。在图6所示的例中,衍射元件11b使所入射的光朝向图6中的上侧衍射。即,如图6所示,衍射元件11b使所入射的光朝向与导光板的主表面大致垂直的方向衍射。

[0105] 被衍射元件11b衍射的光从导光板16射出,并朝向使用人员U射出。由此,图像显示装置50能够显示由显示元件54照射的图像。

[0106] 这样,即使在具有透射型衍射元件的导光元件中,通过将导光板16的折射率设为1.70以上,能够扩大全反射角度范围并扩大视角(FOV),并且,通过将衍射元件的折射率设为导光板的折射率以上,能够扩大可获得高的衍射效率的入射角度范围。

[0107] 在上述说明中,对衍射元件与导光板的折射率差和入射角度范围及衍射效率的关系进行了说明。即,若入射侧的衍射元件的折射率为导光板的折射率以上,则可获得上述效果。然而,本发明并不限于此,出射侧的衍射元件的折射率可以为导光板的折射率以上。通过将出射侧的衍射元件的折射率设为导光板的折射率以上,在出射侧的衍射元件中,能够扩大可获得高的衍射效率的角度范围,并扩大视角(FOV)。

[0108] 以下,对各构成要件进行说明。

[0109] [显示元件]

[0110] 显示元件54显示由使用人员U观察的图像(影像),并将图像照射到入射衍射元件上。因此,显示元件54配置成所照射的图像入射到入射衍射元件上。

[0111] 在图像显示装置中,显示元件54并无限制,能够利用各种AR玻璃等中所使用的公知的显示元件(显示装置、投影仪)。作为显示元件54,作为一例,可以例示出具有显示器和投影透镜的显示元件。

[0112] 在图像显示装置中,显示器并无限制,例如能够利用各种AR玻璃等中所使用的公知的显示器。

[0113] 作为显示器,作为一例,可以例示出液晶显示器(包括LCOS:Liquid Crystal On Silicon(硅基液晶)等)、有机电致发光显示器及使用了DLP(Digital Light Processing:数字光处理)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems:微机电系统)反射镜的扫面方式显示器等。

[0114] 另外,在图像显示装置为显示多色图像的结构的情况下,显示器可以使用显示多色图像的显示器。

[0115] 在图像显示装置中所使用的显示元件54中,投影透镜也为AR玻璃等中所使用的公知的投影透镜(准直透镜)。

[0116] 其中,在图像显示装置中,基于显示元件54的显示图像即由显示元件54照射的光并无限制,但是优选为无偏振光(自然光)或圆偏振光。

[0117] 在显示元件54照射圆偏振光时,在显示器照射无偏振光的图像的情况下,显示元件54例如优选具有由直线起偏器和 $\lambda/4$ 板形成的圆偏振片。并且,在显示器照射直线偏振光的图像的情况下,显示元件54例如优选具有 $\lambda/4$ 板。

[0118] 另外,由显示元件54照射的光可以为其他偏振光(例如,直线偏振光等)。

[0119] [导光板]

[0120] 在导光元件10a中,除了导光板16的折射率1.70以上以外,导光板16为反射入射到内部的光并引导(传播)的公知的导光板。

[0121] 导光板16并无限制,能够利用各种AR玻璃及液晶显示器的背光单元等中所使用的公知的导光板。

[0122] 作为折射率为1.70以上的导光板16的材料,可以举出重燧石系玻璃、含有Ba、La、Nb等的玻璃、聚合物系导光板等。

[0123] 导光板16的折射率的上限并无特别限制,通常为2.1以下。

[0124] [衍射元件]

[0125] 例示液晶衍射元件,其中,入射侧的衍射元件及出射侧的衍射元件具有液晶层,所述液晶层使用包含液晶化合物的组合物而形成,并且具有源自液晶化合物的光学轴的朝向沿面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案,并且,作为液晶衍射元件,也优选具有将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层。

[0126] (反射型液晶衍射元件)

[0127] 使用图7~图9对液晶衍射元件的一例进行说明。

[0128] 图7是显示液晶衍射元件12所具有的液晶层34的主表面的面内的液晶化合物的取向状态的示意图。并且,图8是显示与主表面垂直的截面上的液晶相的状态的截面示意图。在以下,将液晶层34的主表面设为X-Y面且将与该X-Y面垂直的截面设为X-Z面而进行说明。即,图7对应于液晶层34的X-Y面的示意图,图8对应于液晶层34的X-Z面的示意图。

[0129] 图7~图8所示的液晶层为液晶化合物被胆甾醇型取向的胆甾醇型液晶层的例。并且,图7~图8所示的液晶层为液晶化合物是棒状液晶化合物时的例。胆甾醇型液晶层反射选择反射波长的其中一个圆偏振光而使其他波长区域的光及另一个圆偏振光透射。因此,具有胆甾醇型液晶层的液晶衍射元件为反射型液晶衍射元件。

[0130] 在图8所示的例中,液晶衍射元件12具有支撑体30、取向膜32及液晶层34。

[0131] 另外,图8所示的例的液晶衍射元件12具有支撑体30、取向膜32及液晶层34,但是

本发明并不限制于此。液晶衍射元件12例如可以为贴合于导光板16上之后剥离了支撑体30而仅具有取向膜32及液晶层34的液晶衍射元件。或者,液晶衍射元件例如可以为贴合于导光板16上之后剥离了支撑体30及取向膜32而仅具有液晶层34的液晶衍射元件。

[0132] <支撑体>

[0133] 支撑体30支撑取向膜32及液晶层34。

[0134] 只要能够支撑取向膜32及液晶层34,则支撑体30能够利用各种片状物(膜、板状物)。

[0135] 另外,支撑体30优选相对于对应的光的透射率为50%以上,更优选为70%以上,进一步优选为85%以上。

[0136] 支撑体30的厚度并无限制,只要根据液晶衍射元件的用途及支撑体30的形成材料等适当设定能够保持取向膜32及液晶层34的厚度即可。

[0137] 支撑体30的厚度优选为1~2000 μm ,更优选为3~500 μm ,进一步优选为5~250 μm 。

[0138] 支撑体30可以为单层,也可以为多层。

[0139] 作为单层时的支撑体30,可以例示出由玻璃、三乙酰纤维素(TAC)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚碳酸酯、聚氯乙烯、丙烯酸及聚烯烃等形成的支撑体30。作为多层时的支撑体30的例,可以例示出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其他层的支撑体等。

[0140] <取向膜>

[0141] 在液晶衍射元件12中,在支撑体30的表面上形成取向膜32。

[0142] 取向膜32为在形成液晶层34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。

[0143] 如后述,液晶层34具有源自液晶化合物40的光学轴40A(参考图7)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形成为液晶层34能够形成该液晶取向图案。

[0144] 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”。

[0145] 取向膜32能够利用公知的各种取向膜。

[0146] 例如,可以例示出由聚合物等有机化合物形成的摩擦处理膜、无机化合物的倾斜蒸镀膜、具有微槽的膜以及使 ω -二十三烷酸、双十八烷基甲基氯化铵及硬脂酸甲酯等有机化合物的基于朗缪尔-布洛杰特法的LB(Langmuir-Blodgett:朗缪尔-布洛杰特)膜累积而成的膜等。

[0147] 基于摩擦处理的取向膜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。

[0148] 作为取向膜32中所使用的材料,优选为聚酰亚胺、聚乙烯醇、日本特开平9-152509号公报中所记载的具有聚合性基团的聚合物、日本特开2005-097377号公报、日本特开2005-099228号公报及日本特开2005-128503号公报中所记载的取向膜32等的形成中所使用的材料。

[0149] 在液晶衍射元件12中,取向膜32优选利用向光取向性的原材料照射偏振光或非偏振光而形成取向膜32的所谓的光取向膜。即,在液晶衍射元件中,作为取向膜,优选利用在支撑体30上涂布光取向材料而形成的光取向膜32。

[0150] 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。

[0151] 作为能够用于本发明的取向膜中所使用的光取向材料,例如可以例示出日本特开2006-285197号公报、日本特开2007-076839号公报、日本特开2007-138138号公报、日本特开2007-094071号公报、日本特开2007-121721号公报、日本特开2007-140465号公报、日本特开2007-156439号公报、日本特开2007-133184号公报、日本特开2009-109831号公报、日本专利第3883848号公报及日本专利第4151746号公报中所记载的偶氮化合物、日本特开2002-229039号公报中所记载的芳香族酯化合物、日本特开2002-265541号公报及日本特开2002-317013号公报中所记载的具有光取向性单元的马来酰亚胺和/或经烯基取代的纳迪克酰亚胺化合物、日本专利第4205195号及日本专利第4205198号中所记载的光交联性硅烷衍生物、日本特表2003-520878号公报、日本特表2004-529220号公报及日本专利第4162850号中所记载的光交联性聚酰亚胺、光交联性聚酰胺及光交联性聚酯以及日本特开平9-118717号公报、日本特表平10-506420号公报、日本特表2003-505561号公报、国际公开第2010/150748号、日本特开2013-177561号公报及日本特开2014-012823号公报中所记载的能够光二聚化的化合物、尤其肉桂酸酯化合物、查耳酮化合物及香豆素化合物等作为优选例。

[0152] 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。

[0153] 取向膜32的厚度并无限制,只要根据取向膜32的形成材料适当设定可以获得所需要的取向功能的厚度即可。

[0154] 取向膜32的厚度优选为 $0.01 \sim 5\mu\text{m}$,更优选为 $0.05 \sim 2\mu\text{m}$ 。

[0155] 取向膜32的形成方法并无限制,能够利用各种与取向膜32的形成材料对应的公知的方法。作为一例,可以例示出将取向膜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。

[0156] 在图13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。

[0157] 图13所示的曝光装置60具备:具备了激光器62的光源64;改变由激光器62射出的激光束M的偏振方向的 $\lambda/2$ 板65;将由激光器62射出的激光束M分离成光线MA及MB这2个的偏振光束分离器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 $\lambda/4$ 板72A及72B。

[0158] 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 。

[0159] 具有形成取向图案之前的取向膜32的支撑体30配置于曝光部,使2个光线MA及光线MB在取向膜32上交叉并使其干涉,将其干涉光照射到取向膜32上来进行曝光。

[0160] 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)。

[0161] 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° 的一

个周期的长度。

[0162] 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上形成胆甾醇型液晶层,如后述,能够形成具有源自液晶化合物40的光学轴40A沿一个方向连续旋转的液晶取向图案的液晶层34。

[0163] 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。

[0164] 如上所述,图案取向膜具有取向图案,所述取向图案使液晶化合物取向,以成为形成于图案取向膜上的液晶层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定吸收各向异性检测。例如,在使直线偏振光旋转的同时照射到图案取向膜上并测定了透射图案取向膜的光的光量时,光量成为最大或最小的朝向沿面内的一个方向逐渐变化而被观察。

[0165] 另外,取向膜32以优选的方式设置,并不是必须的构成要件。

[0166] 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进行加工的方法等在支撑体30上形成取向图案,从而也能够设为液晶层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,也可以使支撑体30作为取向膜而发挥作用。

[0167] <液晶层>

[0168] 在液晶衍射元件12中,在取向膜32的表面上形成液晶层34。

[0169] 如上所述,液晶层34为将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层,并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胆甾醇型液晶层。

[0170] 如图8中概念性所示,与将通常的胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层相同地,液晶层34具有液晶化合物40以螺旋状回转并堆叠而成的螺旋结构,将液晶化合物40以螺旋状旋转(360° 旋转)一次并堆叠而成的结构设为螺旋1节距,以螺旋状回转的液晶化合物40具有多个节距层叠而成的结构。

[0171] 众所周知,将胆甾醇型液晶相固定而成的胆甾醇型液晶层具有波长选择反射性。

[0172] 如在后面进行详细叙述,胆甾醇型液晶层的选择性的反射波长区域取决于上述螺旋1节距的长度(图9所示的节距P)。

[0173] 因此,具有这种液晶层的衍射元件具有波长选择性,并衍射规定波长的光。因此,关于由衍射元件反射(衍射)的光的波长,只要调整液晶层的螺旋节距P来适当设定液晶层的选择性的反射波长区域即可。

[0174] 如图7所示,在液晶层34的X-Y面上,液晶化合物40沿X-Y面内的彼此平行的多个排列轴D排列,并且在各排列轴D上,液晶化合物40的光学轴40A的朝向向沿排列轴D的面内的一个方向连续旋转的同时发生变化。其中,为了说明,设为排列轴D朝向X方向。并且,在Y方向上,光学轴40A的朝向相等的液晶化合物40以等间隔取向。

[0175] 另外,“液晶化合物40的光学轴40A的朝向向沿排列轴D的面内的一个方向连续旋转的同时发生变化”是指液晶化合物40的光学轴40A与排列轴D所形成的角度根据排列轴D

方向的位置而不同,光学轴40A与排列轴D所形成的角度沿排列轴D从 θ 逐渐变化至 $\theta+180^\circ$ 或 $\theta-180^\circ$ 。即,如图7所示,沿排列轴D排列的多个液晶化合物40的光学轴40A沿排列轴D各旋转规定角度的同时发生变化。

[0176] 另外,在排列轴D方向彼此相邻的液晶化合物40的光学轴40A的角度之差优选为 45° 以下,更优选为 15° 以下,进一步优选为更小的角度。

[0177] 并且,在本说明书中,在液晶化合物40为棒状液晶化合物的情况下,液晶化合物40的光学轴40A是指棒状液晶化合物的分子长轴。另一方面,在液晶化合物40为圆盘状液晶化合物的情况下,液晶化合物40的光学轴40A是指与相对于圆盘状液晶化合物的圆盘面的法线方向平行的轴。

[0178] 在液晶层34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一个周期的长度 Λ 。

[0179] 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一个周期的长度 Λ 。具体而言,如图7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一个周期的长度 Λ 。在以下说明中,也将该一个周期的长度 Λ 称为“一个周期 Λ ”。

[0180] 液晶层34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一个周期 Λ 。

[0181] 另一方面,形成液晶层34的液晶化合物40在与排列轴D方向正交的方向(在图7中为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的朝向相等。

[0182] 换言之,形成液晶层34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方向所形成的角度相等。

[0183] 若用SEM(扫描型电子显微镜)观察图8所示的液晶层34的X-Z面,则观察到如图9所示的亮部42和暗部44交替排列的排列方向相对于主表面(X-Y面)以规定角度倾斜的条纹图案。在这种SEM截面上,相邻的亮部42至亮部42或暗部44至暗部44的、亮部42或暗部44所形成的线在法线方向上的间隔与 $1/2$ 节距大致一致。即,如在图9中由P表示,2个亮部42和2个暗部44与螺旋1节距量(螺旋的卷数1次量)即节距P大致一致。如图11所示,在液晶化合物的倾斜与亮部及暗部的倾斜一致的情况下,螺旋节距与图9所示的明暗线的节距P大致一致。并且,如图8所示,液晶化合物的倾斜与亮部及暗部的倾斜不一致时,螺旋节距与图9所示的明暗线的节距P有若干偏差,但是在以下说明中,不区分螺旋节距和明暗线的节距而进行说明。

[0184] 以下,对基于液晶层的衍射的作用进行说明。

[0185] 在以往的胆甾醇型液晶层中,源自胆甾醇型液晶相的螺旋轴与主表面(X-Y面)垂直,其反射面为与主表面(X-Y面)平行的面。并且,液晶化合物的光学轴相对于主表面(X-Y面)不倾斜。换言之,光学轴与主表面(X-Y面)平行。因此,若用SEM观察以往的胆甾醇型液晶层的X-Z面,则亮部和暗部交替排列的排列方向与主表面(X-Y面)垂直。

[0186] 胆甾醇型液晶相为镜面反射性,因此例如在光从法线方向入射到胆甾醇型液晶层上的情况下,光在法线方向上被反射。

[0187] 相对于此,液晶层34使所入射的光相对于镜面反射向排列轴D方向倾斜而反射。液

晶层34为在面内具有光学轴40A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的液晶取向图案的层。以下,参考图10进行说明。

[0188] 作为一例,液晶层34设为选择性地反射红色光的右旋圆偏振光 R_R 的胆甾醇型液晶层。因此,若光入射到液晶层34上,则液晶层34仅反射红色光的右旋圆偏振光 R_R 而使除此以外的光透射。

[0189] 其中,在液晶层34中,液晶化合物40的光学轴40A沿排列轴D方向(一个方向)旋转的同时发生变化。形成于液晶层34上的液晶取向图案为沿排列轴D方向周期性的图案。因此,如图10中概念性所示,入射到液晶层34上的红色光的右旋圆偏振光 R_R 向与液晶取向图案的周期对应的方向反射(衍射),被反射的红色光的右旋圆偏振光 R_R 向相对于XY面(胆甾醇型液晶层的主表面)向排列轴D方向倾斜的方向反射(衍射)。

[0190] 作为该结果,在将液晶层34适用于导光元件等中的情况下,能够用作如下衍射元件:能够以在导光板内全反射的角度反射(衍射)从与导光板的主表面垂直的方向所入射的光,并且能够将在导光板内全反射并被引导的光向与导光板的主表面垂直的方向反射(衍射)。

[0191] 在液晶层34中,通过适当设定作为光学轴40A旋转的一个方向的排列轴D方向,能够调节光的反射方向(衍射角度)。

[0192] 并且,在反射相同波长且相同的回转方向的圆偏振光的情况下,通过使朝向排列轴D方向的液晶化合物40的光学轴40A的旋转方向反转,能够使圆偏振光的反射方向反转。

[0193] 例如,在图7及图8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且某个圆偏振光向排列轴D方向倾斜而反射,但是通过将其设为逆时针方向,某个圆偏振光向与排列轴D方向相反的方向倾斜而反射。

[0194] 而且,在具有相同的液晶取向图案的液晶层中,根据液晶化合物40的螺旋的回转方向即反射的圆偏振光的回转方向而反射方向反转。

[0195] 例如,在螺旋的回转方向为右扭转的情况下,选择性地反射右旋圆偏振光,并且通过具有光学轴40A沿排列轴D方向向顺时针方向旋转的液晶取向图案而使右旋圆偏振光向排列轴D方向倾斜而反射。

[0196] 并且,例如在螺旋的回转方向为左扭转的情况下,选择性地反射左旋圆偏振光,具有光学轴40A沿排列轴D方向向顺时针方向旋转的液晶取向图案的液晶层使左旋圆偏振光向与排列轴D方向相反的方向倾斜而反射。

[0197] 在液晶层中,在液晶化合物的液晶取向图案中,液晶化合物的光学轴旋转 180° 的长度为衍射结构的一个周期 Λ ,液晶化合物的光学轴旋转的同时发生变化的一个方向(排列轴D方向)为衍射结构的周期方向。

[0198] 在具有液晶取向图案的液晶层中,一个周期 Λ 越短,反射光相对于入射光的角度越大。即,一个周期 Λ 越短,越能够使反射光相对于入射光大幅度倾斜而反射。因此,关于各衍射元件所具有的液晶层中的液晶取向图案的一个周期,只要根据各衍射元件的衍射角度、配置等适当设定即可。

[0199] 这些衍射元件的衍射结构的周期(一个周期 Λ)优选为 $0.1 \sim 10\mu\text{m}$,更优选为 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$,进一步优选为 $0.1 \sim 0.8\mu\text{m}$,从在导光板16内以全反射传播的观点考虑,进一步优选为入射光的波长 λ 以下。

[0200] 并且,衍射相同波长的光的入射衍射元件的液晶层及射出衍射元件的液晶层的胆甾醇型液晶相的螺旋扭转的旋转方向相同。

[0201] 其中,在图8所示的例中,设为在液晶层34的X-Z面上,液晶化合物40使其光学轴40A相对于主表面(X-Y面)平行取向的结构,但是并不限于此。例如,如图11所示,也可以为在液晶层34的X-Z面上,液晶化合物40使其光学轴40A相对于主表面(X-Y面)倾斜取向的结构。

[0202] 并且,在图11所示的例中,在液晶层34的X-Z面上,液晶化合物40相对于主表面(X-Y面)的倾斜角度(倾斜角)在厚度方向(Z方向)上相同,但是并不限于此。在液晶层34中,可以具有液晶化合物40的倾斜角在厚度方向上不同的区域。

[0203] 例如,图12所示的例为如下结构:在液晶层的、取向膜32侧的界面上,液晶化合物40的光学轴40A与主表面平行(预倾角为0),并且液晶化合物40的倾斜角随着从取向膜32侧的界面沿厚度方向分开而变大,之后使液晶化合物以规定的倾斜角取向直至另一个界面(空气界面)侧。

[0204] 这样,在液晶层中,可以为在上下界面的其中一个界面上液晶化合物的光学轴具有预倾角的结构,也可以为在两个界面上具有预倾角的结构。并且,在两个界面上,预倾角也可以不同。

[0205] 这样,通过使液晶化合物具有倾斜角(倾斜),在衍射光时有效的液晶化合物的双折射率变高,能够提高衍射效率。

[0206] 液晶化合物40的光学轴40A与主表面(X-Y面)所形成的平均角度(平均倾斜角)优选为 $5 \sim 80^\circ$,更优选为 $10 \sim 50^\circ$ 。另外,关于平均倾斜角,能够通过用偏振光显微镜观察液晶层34的X-Z面来测定。其中,在液晶层34的X-Z面上,液晶化合物40优选使其光学轴40A相对于主表面(X-Y面)向相同的方向倾斜取向。

[0207] 另外,上述倾斜角为如下值:在用偏振光显微镜观察胆甾醇型液晶层截面时,在任意5处以上的位置上测定液晶化合物40的光学轴40A与主表面所形成的角度,并将其算术平均而获得的值。

[0208] 垂直入射到衍射元件(液晶层)上的光在液晶层内沿倾斜方向施加弯曲力并倾斜行进。若光在液晶层内行进,则产生与原本设定成相对于垂直入射可以获得所期望的衍射角的衍射周期等条件的偏离,因此产生衍射损耗。

[0209] 在使液晶化合物倾斜的情况下,与不倾斜的情况相比,存在相对于光所衍射的方位产生更高的双折射率的方位。在该方向上有效的异常光折射率变大,因此作为异常光折射率与寻常光折射率之差的双折射率变高。

[0210] 通过根据目标衍射的方位来设定倾斜角的方位,能够抑制与该方位中的原本的衍射条件的偏离,作为结果,认为在使用具有倾斜角的液晶化合物的情况下,能够获得更高的衍射效率。

[0211] 并且,倾斜角优选根据液晶层的界面的处理来控制。在支撑体侧的界面上,通过对取向膜进行预倾斜处理,能够控制液晶化合物的倾斜角。例如,在形成取向膜时对取向膜从正面曝光紫外线之后从斜侧进行曝光,从而能够在形成于取向膜上的液晶层中的液晶化合物中产生预倾角。在这种情况下,相对于第2次的照射方向向可以观察到液晶化合物的单轴侧的方向进行预倾斜。但是,与第2次的照射方向垂直的方向的方位上的液晶化合物不进行

预倾斜,因此在面内存在进行预倾斜的区域及不进行预倾斜的区域。这是因为,在使光向目标方位衍射时,在其方向上最有助于提高双折射,因此适合提高衍射效率。

[0212] 而且,也能够向液晶层中或取向膜加入促进预倾角的添加剂。在这种情况下,作为进一步提高衍射效率的因子,能够利用添加剂。

[0213] 该添加剂也能够用于控制空气侧的界面的预倾角。

[0214] 在此,液晶层34优选为螺旋节距P在膜厚方向上发生变化的节距梯度层。具体而言,优选在液晶层34中,从液晶层34的一个主表面朝向另一主表面侧,螺旋节距以逐渐增大(或减小)的方式变化。液晶层34能够通过改变螺旋节距P来使选择反射波长宽频带化。

[0215] 并且,当液晶层34为节距梯度层时,液晶层34中,1个周期 Λ 、节距梯度层的一个面侧的螺旋节距P1及另一面侧的螺旋节距P2优选满足 $P1 < \Lambda < P2$ 。

[0216] 由此,能够提高相对于从倾斜方向入射的光的衍射效率。

[0217] 其中,在用SEM观察的液晶层的截面上,源自胆甾醇型液晶相的亮部及暗部相对于主表面倾斜。在液晶层中,优选在从法线方向及相对于法线倾斜的方向测定面内延迟 R_e 时,在慢轴面内及快轴面内中的任一个中,面内延迟 R_e 最小的方向从法线方向倾斜。具体而言,优选面内延迟 R_e 最小的方向与法线所形成的测定角的绝对值为 5° 以上。换言之,优选液晶层的液晶化合物相对于主表面倾斜,并且倾斜方向与液晶层的亮部及暗部大致一致。另外,法线方向为与主表面正交的方向。

[0218] 通过使液晶层具有这种结构,与液晶化合物和主表面平行的液晶层相比,能够以高衍射效率衍射圆偏振光。

[0219] 在液晶层的液晶化合物相对于主表面倾斜,并且倾斜方向与亮部及暗部大致一致的结构中,对应于反射面的亮部及暗部与液晶化合物的光学轴一致。因此,相对于光的反射(衍射)的液晶化合物的作用变大,能够提高衍射效率。其结果,能够更加提高反射光相对于入射光的光量。

[0220] 在液晶层的快轴面或慢轴面上,液晶层的光学轴倾斜角的绝对值优选为 5° 以上,更优选为 15° 以上,进一步优选为 20° 以上。

[0221] 通过将光学轴倾斜角的绝对值设为 15° 以上,更优选使液晶化合物的方向与亮部及暗部一致,从能够提高衍射效率的观点而言较为优选。

[0222] 在此,在本发明中,构成衍射元件的液晶层的折射率为导光板的折射率以上。

[0223] 液晶层的折射率的调整方法并无特别限制,例如可以举出使用折射率高的液晶化合物的方法及液晶层中添加折射率高的纳米粒子的方法。

[0224] 为了液晶化合物的高折射率化,例如,使液晶化合物的吸收的长波长化和/或摩尔吸光系数变大、以及使液晶化合物的结构成为刚性链等是有效的。更具体而言,例如有将选自包括芳香族环、氟原子以外的卤原子、硫原子、脂环式基、双键基及三键基的组中的至少一种导入到液晶化合物的方法。

[0225] 并且,作为上述折射率高的纳米粒子,例如可以举出氧化锆、氧化钛等。

[0226] 作为液晶层的折射率的测定方法,例如,能够通过如下方法来测定:将形成液晶层的液晶组合物涂布于单独准备的带取向膜的支撑体上,会用反射分光膜厚计FE-3000(Otsuka Electronics Co.,Ltd.制)等测定使液晶化合物的指向矢在基材上呈水平地取向

后照射紫外线并固定化而得的液晶固定化层(固化层)而求出面内平均折射率。或者,能够直接使用阿贝折射率计或椭圆偏振光谱仪来测定胆甾醇型液晶层。

[0227] 另外,在衍射元件包含支撑体等的情况下,优选将折射率高的液晶层与导光板接触地配置。或者,优选使用由折射率高的材料构成的支撑体。

[0228] <<液晶层的形成方法>>

[0229] 液晶层能够将液晶化合物取向为规定的取向状态而成的液晶相固定成层状而形成。例如,在胆甾醇型液晶层的情况下,能够将胆甾醇型液晶相固定成层状而形成。

[0230] 将液晶相固定而成的结构只要为保持成为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规定的液晶相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。

[0231] 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,在液晶层中,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。

[0232] 作为液晶层的形成中所使用的材料,作为一例,可以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。

[0233] 并且,液晶层的形成中所使用的液晶组合物可以进一步包含表面活性剂及手性试剂。

[0234] --聚合性液晶化合物--

[0235] 聚合性液晶化合物可以为棒状液晶化合物,也可以为圆盘状液晶化合物。

[0236] 作为棒状聚合性液晶化合物的例,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,而且也能够使用高分子液晶化合物。

[0237] 关于聚合性液晶化合物,通过将聚合性基团导入到液晶化合物而获得。在聚合性基团的例中,包含不饱和聚合性基团、环氧基及吡丙啶基,优选为不饱和聚合性基团,更优选为烯键式不饱和聚合性基团。能够通过各种方法将聚合性基团导入到液晶化合物的分子中。聚合性液晶化合物所具有的聚合性基团的个数优选为1~6个、更优选为1~3个。

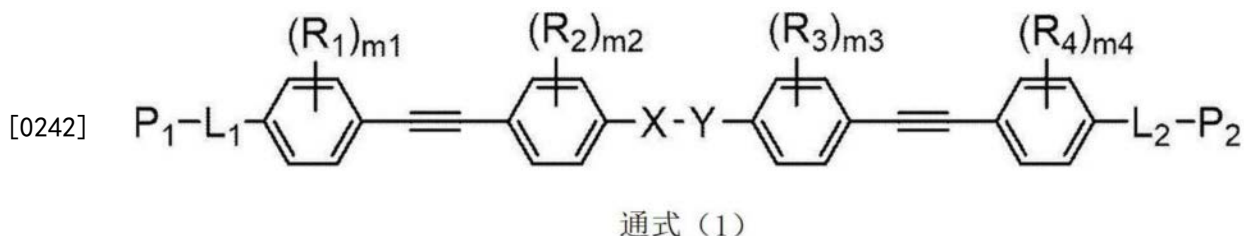
[0238] 聚合性液晶化合物的例包含Makromol.Chem.,190卷、2255页(1989年)、Advanced Materials 5卷、107页(1993年)、美国专利第4683327号说明书、美国专利第5622648号说明书、美国专利第5770107号说明书、国际公开第95/22586号、国际公开第95/24455号、国际公开第97/00600号、国际公开第98/23580号、国际公开第98/52905号、日本特开平1-272551号公报、日本特开平6-16616号公报、日本特开平7-110469号公报、日本特开平11-80081号公报及日本特开2001-328973号公报等中所记载的化合物。可以同时使用2种以上的聚合性液晶化合物。若同时使用2种以上的聚合性液晶化合物,则能够降低取向温度。

[0239] 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,作为上述高分子液晶化合物,能够使用将呈现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。

[0240] 作为液晶化合物,优选为由通式(1)表示的化合物。

[0241] [化学式1]



[0243] 通式(1)中,

[0244] P_1 及 P_2 分别独立地表示聚合性基团。

[0245] 聚合性基团的种类并无特别限制,可以举出公知的聚合性基团,从反应性的观点考虑,优选为能够进行加成聚合反应的官能团,更优选为聚合性烯属不饱和基团或环聚合性基团。作为聚合性基团,例如可以举出(甲基)丙烯酰氧基、乙烯基、马来酰亚胺、乙酰基、苯乙烯基、烯丙基、环氧基、氧杂环丁烷基及包含这些基团的基团等。另外,上述各基团中的氢原子可以被卤素原子等其他取代基取代。

[0246] L_1 及 L_2 分别独立地表示单键或2价的连接基。

[0247] 作为上述2价的连接基,例如可以举出醚基(-O-)、羰基(-CO-)、酯基(-COO-)、硫醚基(-S-)、 $-SO_2-$ 、 $-NR-$ (R表示氢原子或烷基)、2价的烃基(例如,亚烷基等饱和烃基、亚烯基(例:-CH=CH-)、亚炔基(例:-C≡C-)及亚芳基)、以及将它们组合而成的基团。

[0248] 上述2价的连接基中的与通式(1)中的苯环基直接键合的原子优选为碳原子,上述碳原子优选为 sp^3 碳原子(仅具有单键的碳原子)。

[0249] 作为上述2价的连接基,优选为可以具有取代基的碳原子数1~20的2价的烃基。上述2价的烃基中的1个以上的亚甲基可以分别独立地被-O-或-C(=O)-取代。1个亚甲基可以被-O-取代,与此相邻的亚甲基被-C(=O)-取代,从而形成酯基。

[0250] 作为上述2价的烃基可以具有的取代基,例如优选为氟原子。

[0251] 上述2价的烃基的碳原子数为1~20,优选为1~10,更优选为1~5。

[0252] 上述2价的烃基可以为直链状也可以为支链状,可以具有环状结构。

[0253] 其中,优选 L_1 表示由式(A)表示的基团, L_2 表示由式(B)表示的基团。

[0254] 式(A)*- Z_1 - Sp_1 -**

[0255] 式(B)*- Z_2 - Sp_2 -**

[0256] Z_1 及 Z_2 分别独立地表示-C(R_{za})(R_{zb})-。

[0257] R_{za} 及 R_{zb} 分别独立地表示氢原子或取代基,优选为氢原子。

[0258] Sp_1 及 Sp_2 分别独立地表示可以具有氟原子的碳原子数1~19的2价的烃基或单键。上述2价的烃基中的1个以上的亚甲基可以分别独立地被-O-或-C(=O)-取代。1个亚甲基可以被-O-取代,与此相邻的亚甲基被-C(=O)-取代,从而形成酯基。

[0259] 上述2价的烃基可以为直链状也可以为支链状,可以具有环状结构。

[0260] *表示与分别与 L_1 或 L_2 直接键合的苯环基的键合位置,**分别表示与 P_1 或 P_2 的键合

位置。

[0261] X表示 $-C(R_{xa})(R_{xb})-$ 、 R_{xa} 及 R_{xb} 分别独立地表示氢原子或取代基。

[0262] R_{xa} 及 R_{xb} 优选为氢原子。

[0263] Y表示 $-C(R_{ya})(R_{yb})-$ 、 $-O-$ 、 $-NR_{yn}-$ 或 $-S-$ 、 R_{ya} 及 R_{yb} 分别独立地表示氢原子或取代基。 R_{yn} 表示氢原子或碳原子数1~6的烷基(可以为直链状或支链状,可以具有环状结构。并且,可以进一步具有取代基)。

[0264] 其中,Y优选为 $-C(R_{ya})(R_{yb})-$ 或 $-O-$,从能够进一步抑制化合物的着色的观点考虑,更优选为 $-C(R_{ya})(R_{yb})-$ 。

[0265] $R_1 \sim R_4$ 分别独立地表示取代基。

[0266] 作为上述取代基,优选分别独立地为碳原子数1~20(优选碳原子数1~10、更优选碳原子数2~5)的烷基、碳原子数1~20的烷氧基、碳原子数1~20的烷酰基、碳原子数1~20的烷酰氧基、碳原子数1~20(优选碳原子数2~6)的烷氧基羰基、碳原子数1~20的烷基氨基、碳原子数1~20的烷基氨基羰基、碳原子数1~20的烷酰基氨基、氰基、硝基、卤原子或具有聚合性基团的基团。

[0267] 在上述取代基可以为直链状或支链状的情况下,上述取代基可以为直链状或支链状。并且,在可能的情况下,可以具有环状结构。

[0268] 上述烷基及上述取代基的烷基部分(例如,上述烷氧基中的 $-O-$ 以外的部分)中的1个以上的亚甲基可以分别独立地被 $-O-$ 或 $-C(=O)-$ 取代。

[0269] 并且,上述取代基在可能的情况下可以进一步具有取代基(优选为氟原子)。例如,上述烷基也优选成为氟烷基(例如,三氟甲基等碳原子数1~10的全氟烷基)。并且,例如,上述取代基的烷基部分也优选具有氟原子。

[0270] 其中,从化合物的液晶性及溶解性优异的观点考虑,作为取代基,优选为上述烷基、上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基,更优选为碳原子数为2以上的烷基、氟甲基(优选为三氟甲基)、上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基,进一步优选为上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基,尤其优选为上述烷氧基羰基。

[0271] $m_1 \sim m_4$ 分别独立地表示0~4的整数。在由于 $m_1 \sim m_4$ 为2以上而分别存在多个对应的 $R_1 \sim R_4$ 时,存在多个的 $R_1 \sim R_4$ 可以分别相同,也可以不同。

[0272] 从化合物的液晶性及溶解性优异的观点考虑, $m_1 \sim m_4$ 中的至少一个优选表示1以上的整数。其中,优选 m_3 表示1以上的整数。

[0273] 其中, $m_1 \sim m_4$ 中的至少一个表示1以上的整数,与表示1以上的整数的 $m_1 \sim m_4$ 中的至少一个对应的 $R_1 \sim R_4$ 中的至少一个优选为上述烷基、上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基,更优选为碳原子数为2以上的烷基、氟甲基(优选为三氟甲基)、上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基,进一步优选为上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基,尤其优选为上述烷氧基羰基。尤其, m_3 表示1以上的整数, R_3 中的至少一个优选为上述烷基、上述烷氧基羰基或上述烷基氨基羰基。

[0274] “与表示1以上的整数的 $m_1 \sim m_4$ 中的至少一个对应的 $R_1 \sim R_4$ 中的至少一个为上述烷基等”例如可以举出如下方式: m_1 表示1以上的整数,当 $m_2 \sim m_4$ 为0时,与 m_1 对应的 R_1 为上述基团。并且,作为另一例,可以举出如下方式:当 $m_1 \sim m_2$ 表示1以上的整数, $m_3 \sim m_4$ 为0时,与 m_1 对应的 R_1 及与 m_2 对应的 R_2 中的至少一个为上述基团。

[0275] --圆盘状液晶化合物--

[0276] 作为圆盘状液晶化合物,例如能够优选使用日本特开2007-108732号公报或日本特开2010-244038号公报中所记载的圆盘状液晶化合物。

[0277] 并且,液晶组合物中的聚合性液晶化合物的添加量相对于液晶组合物的固体成分质量(去除了溶剂的质量)优选为75~99.9质量%,更优选为80~99质量%,进一步优选为85~90质量%。

[0278] --表面活性剂--

[0279] 形成液晶层时所使用的液晶组合物可以含有表面活性剂。

[0280] 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稳定或快速地取向胆甾醇型液晶相。作为表面活性剂,例如可以举出硅氧烷系表面活性剂及氟系表面活性剂,可以优选例示出氟系表面活性剂。

[0281] 作为表面活性剂的具体例,可以举出日本特开2014-119605号公报的[0082]~[0090]段中所记载的化合物、日本特开2012-203237号公报的[0031]~[0034]段中所记载的化合物、日本特开2005-099248号公报的[0092]及[0093]段中所例示的化合物、日本特开2002-129162号公报的[0076]~[0078]段及[0082]~[0085]段中所例示的化合物以及日本特开2007-272185号公报的[0018]~[0043]段等中所记载的氟(甲基)丙烯酸酯类聚合物等。

[0282] 另外,表面活性剂可以单独使用1种,也可以同时使用2种以上。

[0283] 作为氟系表面活性剂,优选为日本特开2014-119605号公报的[0082]~[0090]段中所记载的化合物。

[0284] 液晶组合物中的表面活性剂的添加量相对于液晶化合物的总质量优选为0.01~10质量%,更优选为0.01~5质量%,进一步优选为0.02~1质量%。

[0285] --手性试剂(光学活性化合物)--

[0286] 手性试剂具有诱导胆甾醇型液晶相的螺旋结构的作用。由于通过化合物诱导的螺旋的扭转方向或螺旋节距不同,因此手性试剂只要根据目的选择即可。

[0287] 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。

[0288] 手性试剂通常包含不对称碳原子,但是不包含不对称碳原子的轴向不对称化合物或表面不对称化合物也能够用作手性试剂。在轴向不对称化合物或表面不对称化合物的例中,包含联萘、螺烯、对二甲苯二聚体及它们的衍生物。手性试剂也可以具有聚合性基团。在手性试剂和液晶化合物均具有聚合性基团的情况下,能够通过聚合性手性试剂与聚合性液晶化合物的聚合反应而形成具有从聚合性液晶化合物衍生的重复单元及从手性试剂衍生的重复单元的聚合物。在该方式中,聚合性手性试剂所具有的聚合性基团优选为与聚合性液晶化合物所具有的聚合性基团相同的基团。因此,手性试剂的聚合性基团也优选为不饱和聚合性基团、环氧基或吡丙啶基,更优选为不饱和聚合性基团,进一步优选为烯键式不饱和聚合性基团。

[0289] 并且,手性试剂也可以为液晶化合物。

[0290] 在手性试剂具有光异构化基的情况下,优选能够在涂布、取向之后通过活化光线等的光掩模照射而形成与发光波长对应的所期望的反射波长的图案。作为光异构化基,优选为显示光变色性的化合物的异构化部位、偶氮基、氧化偶氮基或肉桂酰基。作为具体的化合物,能够使用日本特开2002-080478号公报、日本特开2002-080851号公报、日本特开2002-179668号公报、日本特开2002-179669号公报、日本特开2002-179670号公报、日本特开2002-179681号公报、日本特开2002-179682号公报、日本特开2002-338575号公报、日本特开2002-338668号公报、日本特开2003-313189号公报及日本特开2003-313292号公报等中所记载的化合物。

[0291] 液晶组合物中的手性试剂的含量相对于液晶化合物的含有摩尔量优选为0.01~200摩尔%,更优选为1~30摩尔%。

[0292] --聚合引发剂--

[0293] 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。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通过紫外线照射而能够引发聚合反应的光聚合引发剂。

[0294] 在光聚合引发剂的例中,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 -羟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)、三芳基咪唑二聚物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。

[0295] 液晶组合物中的光聚合引发剂的含量相对于液晶化合物的含量优选为0.1~20质量%,进一步优选为0.5~12质量%。

[0296] --交联剂--

[0297] 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,能够优选使用通过紫外线、热及湿气等固化的交联剂。

[0298] 作为交联剂,并无特别限制,能够根据目的适当选择,例如可以举出三羟甲基丙烷三(甲基)丙烯酸酯及季戊四醇三(甲基)丙烯酸酯等多官能丙烯酸酯化合物;(甲基)丙烯酸缩水甘油酯及乙二醇二缩水甘油醚等环氧化合物;2,2-双羟基甲基丁醇-三[3-(1-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使用公知的催化剂,除了提高膜强度及耐久性以外,还能够提高生产率。这些可以单独使用1种,也可以同时使用2种以上。

[0299] 交联剂的含量相对于液晶组合物的固体成分质量优选为3~20质量%,更优选为5~15质量%。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,从而更加提高液晶相的稳定性。

[0300] --其他添加剂--

[0301] 在液晶组合物中,根据需要在不降低光学性能等的范围内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、色料及金属氧化物微粒等。

[0302] 在形成液晶层时,液晶组合物优选用作液体。

[0303] 液晶组合物可以包含溶剂。溶剂并无限制,能够根据目的适当选择,但是优选为有机溶剂。

[0304] 有机溶剂并无限制,能够根据目的适当选择,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,也可以同时使用2种以上。在这些之中,在考虑对环境的负担的情况下,优选为酮类。

[0305] 在形成液晶层时,优选将液晶组合物涂布于液晶层的形成面上,将液晶化合物取向为所期望的液晶相的状态之后,将液晶化合物固化而形成液晶层。

[0306] 即,在取向膜32上形成胆甾醇型液晶层的情况下,优选将液晶组合物涂布于取向膜32上,将液晶化合物取向为胆甾醇型液晶相的状态之后,将液晶化合物固化而形成将胆甾醇型液晶相固定而成的液晶层。

[0307] 关于液晶组合物的涂布,能够利用所有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公知的方法。

[0308] 所涂布的液晶组合物根据需要进行干燥和/或加热,之后使其固化而形成液晶层。在该干燥和/或加热的工序中,只要液晶组合物中的液晶化合物取向为胆甾醇型液晶相即可。在进行加热的情况下,加热温度优选为200℃以下,更优选为130℃以下。

[0309] 所取向的液晶化合物根据需要进行进一步进行聚合。聚合可以为热聚合及基于光照射的光聚合中的任一个,但是优选为光聚合。光照射优选使用紫外线。照射能量优选为20mJ/cm²~50J/cm²,更优选为50~1500mJ/cm²。为了促进光聚合反应,也可以在加热条件下或在氮气环境下实施光照射。所照射的紫外线的波长优选为250~430nm。

[0310] 液晶层的厚度并无限制,只要根据衍射元件的用途、液晶层中所要求的光的反射率及液晶层的形成材料等适当设定可以获得所需要的光的反射率的厚度即可。

[0311] (透射型液晶衍射元件)

[0312] 在以上的例中,使用液晶化合物被胆甾醇型取向的液晶层作为液晶衍射元件,但是本发明中所使用的液晶衍射元件只要具有源自液晶化合物40的光学轴40A沿面内的至少一个方向连续旋转的液晶取向图案,则能够利用各种液晶衍射元件。

[0313] 在本发明中,也能够利用具有沿面内的至少一个方向连续旋转的液晶取向图案且液晶化合物在厚度方向上没有形成胆甾醇型液晶相的液晶衍射元件。另外,在液晶衍射元件中,可以具有沿厚度方向扭转旋转至液晶化合物不会成为胆甾醇型液晶相的程度的结构。

[0314] 在图14及图15中例示出透射型液晶衍射元件,并对该一例进行说明。

[0315] 图14及图15所示的液晶衍射元件具有支撑体30、取向膜32及液晶层36。

[0316] 与液晶层34相同地,图15所示的液晶衍射元件的液晶层36也具有液晶化合物40的光学轴40A沿排列轴D方向连续旋转的液晶取向图案。另外,与上述图7相同地,图15也仅示出取向膜32的表面的液晶化合物。

[0317] 在图14所示的液晶衍射元件中,形成液晶层36的液晶化合物40没有沿厚度方向以螺旋状扭转旋转,光学轴40A位于面方向上的相同位置上。关于这种液晶层,在形成上述液晶层时,不向液晶组合物添加手性试剂就能够形成。

[0318] 如上所述,液晶层36具有源自液晶化合物40的光学轴40A的朝向在面内沿排列轴D方向即由箭头D显示的一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0319] 另一方面,在形成液晶层36的液晶化合物40中,光学轴40A的朝向相等的液晶化合物40在与排列轴D方向正交的Y方向即与光学轴40A连续旋转的一个方向正交的Y方向上以等间隔排列。

[0320] 换言之,在形成液晶层36的液晶化合物40中,在Y方向上排列的液晶化合物40彼此之间,光学轴40A的朝向与排列轴D方向所形成的角度相等。

[0321] 在液晶层36中,在Y方向上排列的液晶化合物中,光学轴40A与排列轴D方向(液晶化合物40的光学轴的朝向所旋转的一个方向)所形成的角度相等。将该光学轴40A与排列轴D方向所形成的角度相等的液晶化合物40配置于Y方向上的区域设为区域R。

[0322] 在这种情况下,优选各自的区域R中的面内延迟(Re)的值为半波长即 $\lambda/2$ 。关于这些面内延迟,通过区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差 Δn 与光学各向异性层的厚度之积来计算。其中,光学各向异性层中的区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差为通过区域R的面内的慢轴的方向的折射率与和慢轴的方向正交的方向的折射率之差来定义的折射率差。即,区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差 Δn 等于光学轴40A的方向的液晶化合物40的折射率与在区域R的面内和光学轴40A垂直的方向的液晶化合物40的折射率之差。即,折射率差 Δn 等于液晶化合物40的折射率差。

[0323] 若圆偏振光入射到这种液晶层36上,则光被折射,并且圆偏振光的方向被转换。

[0324] 在图16及图17中概念性地示出该作用。另外,液晶层36设为液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度之积的值为 $\lambda/2$ 。

[0325] 如图16所示,在液晶层36的液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度之积的值为 $\lambda/2$ 的情况下,若作为左旋圆偏振光的入射光 L_1 入射到液晶层36上,则入射光 L_1 通过穿过液晶层36来赋予 180° 的相位差,透射光 L_2 转换成右旋圆偏振光。

[0326] 并且,形成于液晶层36上的液晶取向图案为沿排列轴D方向周期性的图案,因此透射光 L_2 向与入射光 L_1 的行进方向不同的方向行进。这样,左旋圆偏振光的入射光 L_1 转换成相对于入射方向向排列轴D方向仅倾斜规定角度的右旋圆偏振光的透射光 L_2 。

[0327] 另一方面,如图17所示,在液晶层36的液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度之积的值为 $\lambda/2$ 时,若右旋圆偏振光的入射光 L_4 入射到液晶层36上,则入射光 L_4 通过穿过液晶层36来赋予 180° 的相位差,从而转换成左旋圆偏振光的透射光 L_5 。

[0328] 并且,形成于液晶层36上的液晶取向图案为沿排列轴D方向周期性的图案,因此透射光 L_5 向与入射光 L_4 的行进方向不同的方向行进。此时,透射光 L_5 向与透射光 L_2 不同的方向即相对于入射方向与箭头X方向相反的方向行进。这样,入射光 L_4 转换成相对于入射方向向与排列轴D方向相反的方向仅倾斜规定角度的左旋圆偏振光的透射光 L_5 。

[0329] 与液晶层34相同地,液晶层36也通过改变所形成的液晶取向图案的一个周期 Λ ,能够调节透射光 L_2 及 L_5 的折射的角度。具体而言,液晶层36也是液晶取向图案的一个周期 Λ 越短,穿过了彼此相邻的液晶化合物40的光彼此的干涉越强,因此能够使透射光 L_2 及 L_5 折射得更大。

[0330] 并且,通过将沿排列轴D1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14~图17所示的例中,

朝向排列轴D方向的光学轴40A的旋转方向为顺时针方向,但是通过将该旋转方向设为逆时针方向,能够将透射光的折射的方向设为相反的方向。

[0331] 另外,从衍射效率的观点考虑,即使在使用这种透射衍射入射光的液晶衍射元件的情况下,也优选使用具有液晶化合物扭转而旋转(扭转角小于 360°)的区域的液晶衍射元件。尤其,在以在导光板内全反射的角度衍射光的情况下,从衍射效率的观点考虑,能够优选使用具有液晶化合物扭转而旋转的区域的液晶衍射元件。并且,关于层叠使用液晶化合物扭转而旋转的角度不同的液晶衍射元件或层叠使用液晶化合物扭转而旋转的方向不同的液晶衍射元件,从衍射效率的观点考虑较为优选。

[0332] 并且,也能够将这种具有液晶化合物没有被胆甾醇型取向而扭转并旋转(扭转角小于 360°)的区域的液晶衍射元件用作反射型衍射元件。在这种液晶衍射元件中,被衍射的光被液晶衍射元件的界面反射而从光的入射侧射出而使光反射的同时进行衍射,因此也能够作为反射型衍射元件而发挥作用。

[0333] 在此,图14所示的液晶层36示出了液晶化合物的光学轴与液晶层的主表面平行的结构,但并不限于此。

[0334] 例如,如图18所示的液晶层36b那样,在前述液晶层中,液晶化合物的光学轴可以向液晶层的主表面倾斜。这种液晶层在具有来自于液晶化合物的光学轴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的一点上与前述液晶层36相同。即,液晶层36b的平面图与图15相同。

[0335] 在本发明的导光元件中,作为各衍射元件,可以组合使用不同种类的衍射元件。例如,可以使用透射型液晶衍射元件作为入射侧的衍射元件,并且可以使用反射型液晶衍射元件作为出射侧的衍射元件。

[0336] 为了改善视觉辨认,本发明的导光元件也可以使用扩大射出光瞳的衍射光学方法。

[0337] 具体而言,能够使用利用多个衍射要件(衍射元件)的光学的方法即具备内耦合、中间及外耦合衍射要件的衍射光学方法。本方法详细记载于日本特表2008-546020号公报中。

[0338] 以上,对本发明的导光元件进行了详细说明,但是本发明并不限于上述例,在不脱离本发明的宗旨的范围内,当然可以进行各种改善或变更。

[0339] 实施例

[0340] 以下举出实施例对本发明的特征进行更具体的说明。以下实施例所示的材料、试剂、使用量、物质量、比例、处理内容及处理步骤等,只要不脱离本发明的主旨,则能够适当变更。因此,本发明的范围不应被以下所示的具体例做限定性解释。

[0341] [实施例1]

[0342] <衍射元件的制作>

[0343] (取向膜的形成)

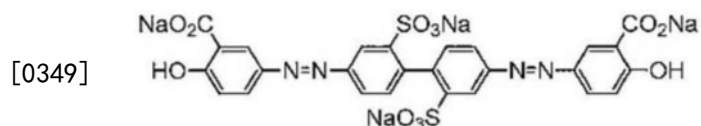
[0344] 作为支撑体,准备了玻璃基板。使用旋涂机以2500rpm将下述取向膜形成用涂布液涂布于支撑体上30秒钟。将形成有该取向膜形成用涂布液的涂膜的支撑体在 60°C 的热板上干燥60秒钟,从而形成了取向膜。

[0345] 取向膜形成用涂布液

	下述光取向用原材料	1.00质量份
	水	16.00质量份
[0346]	丁氧基乙醇	42.00质量份
	丙二醇单甲醚	42.00质量份

[0347] -光取向用原材料-

[0348] [化学式1]



[0350] (取向膜的曝光)

[0351] 使用图13所示的曝光装置对取向膜进行曝光,从而形成了具有取向图案的取向膜P-1。

[0352] 在曝光装置中,使用射出波长(325nm)的激光束的装置作为激光器。将基于干涉光的曝光量设为 $320\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。以通过2个激光束的干涉形成的取向图案的1个周期(光学轴旋转 180° 的长度)成为 $0.410\mu\text{m}$ 的方式,将2个光的交叉角(交叉角 α)调节为 51.3° 。

[0353] (胆甾醇型液晶层的形成)

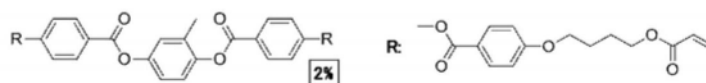
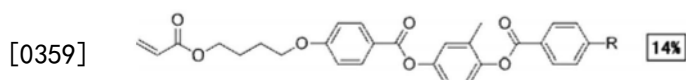
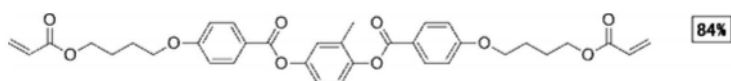
[0354] 作为形成胆甾醇型液晶层的液晶组合物,制备了下述液晶组合物LC-1。

[0355] 液晶组合物LC-1

	液晶化合物L-1	40.0质量份
	液晶化合物L-2	60.0质量份
	聚合引发剂(BASF公司制、Irgacure907)	
		3.0质量份
[0356]	光敏剂(Nippon Kayaku Co.,Ltd. 社制、KAYACURE DETX-S)	
		1.0质量份
	手性试剂Ch-1	5.7质量份
	甲基乙基酮	164.6质量份

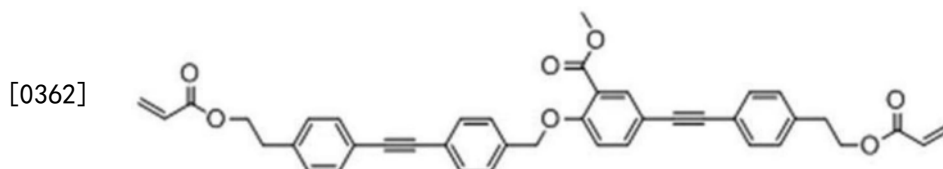
[0357] 液晶化合物L-1

[0358] [化学式2]



[0360] 液晶化合物L-2

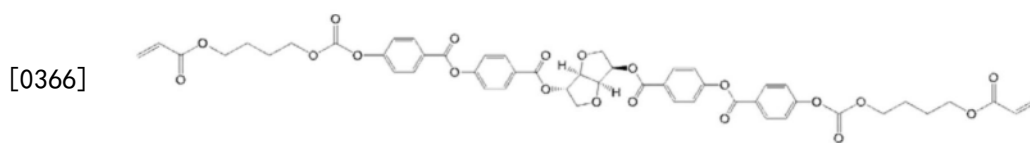
[0361] [化学式3]



[0363] 将液晶化合物L-1和液晶化合物L-2以40:60的比例进行混合而得的液晶化合物的 Δn 通过如下方法来测定:将混合而成的液晶化合物注入到楔形单元,并对此照射波长552nm的激光束,测定透射光的折射角。液晶化合物L-1的 Δn 为0.23。

[0364] 手性试剂Ch-1

[0365] [化学式4]



[0367] 该手性试剂Ch-1是使液晶化合物呈右旋螺旋状旋转的手性试剂。因此,胆甾醇型液晶层选择性地反射右圆偏振光。

[0368] 使用旋涂法以800rpm将上述液晶组合物LC-1涂布于取向膜P-1上10秒钟。在热板上在80℃下加热了液晶组合物LC-1的涂膜3分钟(180sec)。之后,在80℃下氮气环境气体下使用高压汞灯以300mJ/cm²的照射量将波长365nm的紫外线照射到涂膜,由此固化液晶组合物LC-1而使液晶化合物的取向固定化,形成了胆甾醇型液晶层。由此,制作了具有支撑体、取向膜及胆甾醇型液晶层的如图12所示的液晶衍射元件。

[0369] 用偏振光显微镜确认了胆甾醇型液晶层成为如图7所示的周期性取向表面的情况。

[0370] 向沿着光学轴的旋转方向的方向切削液晶衍射元件,通过SEM观察截面。通过分析SEM图像,测定了胆甾醇型液晶层的液晶取向图案中的1个周期 Λ 及螺旋1节距的长度节距P1、P2。P1是相对于胆甾醇型液晶层内的膜厚方向为玻璃基板侧的测定值,P2是相对于胆甾醇型液晶层内的膜厚方向为空气界面侧的测定值。将测定结果示于下述表1。

[0371] [衍射元件的面内平均折射率的测定]

[0372] 将液晶组合物LC-1涂布于单独准备的带取向膜的支撑体上,会用反射分光膜厚计FE-3000(Otsuka Electronics Co.,Ltd.制)测定使液晶化合物的指向失在基材上呈水平地取向后照射紫外线并固定化而得的液晶固定化层(固化层)而求出面内平均折射率。

[0373] [实施例2]

[0374] 将液晶组合物的组成、涂布工序及曝光工序中的条件如表1所示那样变更,与实施例1同样地制作了液晶衍射元件。

[0375] 在实施例2中,在用于使液晶组合物固化的第2曝光工序之前,作为第1曝光工序,使用高压汞灯,通过300nm的长通滤波器及350nm的短通滤波器在100℃下进行了液晶组合物的曝光。第1曝光工序以使在波长315nm处测定的光的照射量达到4mJ/cm²的方式进行。

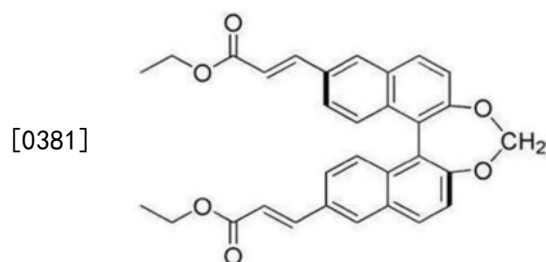
[0376] 在实施例2中制作的液晶衍射元件具有节距梯度层。

[0377] [实施例3~4、比较例1]

[0378] 将液晶组合物的组成、涂布工序及曝光工序中的条件如表1所示那样变更,除此以外与实施例2同样地制作液晶衍射元件,并进行了相同的测定。

[0379] 手性试剂Ch-2

[0380] [化学式5]



[0382] [评价]

[0383] (衍射效率的测定)

[0384] 通过以下方法来测定了将制作的液晶衍射元件配置于具有高的折射率的导光板时的、规定的入射角度范围内衍射效率。

[0385] 如图19所示,将制作的液晶衍射元件D配置于道威棱镜80。道威棱镜80使用斜面角度为45°棱镜。并且,道威棱镜的折射率设为1.70。

[0386] 在道威棱镜80中,使波长552nm的激光透射直线起偏器82及λ/4板84以成为右圆偏振光,对液晶衍射元件D的表面在表1中所记载的导光的角度范围内一边改变角度一边入射。

[0387] 使用测定器86(NewPort Co.,Ltd.制、功率计1918-C)测定衍射光Ld和0次透射光L₀的强度,并由Ld/(Ld+L₀)×100(%)的式求出了衍射效率。根据以下基准评价了所求出的衍射效率。将结果示于表1。

[0388] • AA:在导光的入射角度范围内,最低的衍射效率的值大于80%且100%以下时

[0389] • A:在导光的入射角度范围内,最低的衍射效率的值大于50%且80%以下时

[0390] • B:在导光的入射角度范围内,最低的衍射效率的值大于10%且50%以下时

[0391] • C:在导光的入射角度范围内,最低的衍射效率的值大于0%且10%以下时

[0392] [表1]

[0393]

		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	比较例 1
组合物	液晶化合物 [质量份]	L-1 40	-	L-1 40	L-1 40	L-1 100
	液晶化合物 [质量份]	L-2 60	L-2 100	L-2 60	L-2 60	-
	聚合引发剂 [质量份]	Irgacure907 3	KAYACURE DETX-S 1	KAYACURE DETX-S 1	KAYACURE DETX-S 1	KAYACURE DETX-S 1
	光敏剂 [质量份]	KAYACURE DETX-S 1	-	-	-	-
	手性试剂 [质量份]	Ch-1 5.7	Ch-2 6.0	Ch-2 5.8	Ch-2 5.2	Ch-2 4.0
	溶剂 [质量份]	MEK 164.6	MEK 160.5	MEK 160.3	MEK 159.3	MEK 157.5
第 1 曝光工序	温度[°C]	-	100	100	100	100
	照射量 [mJ/cm ²]	-	4	4	4	4
	环境（气氛）	-	氮气	氮气	氮气	氮气
第 2 曝光工序	温度[°C]	80	100	100	100	100
	照射量 [mJ/cm ²]	300	1000	1000	1000	1000
	环境（气氛）	氮气	氮气	氮气	氮气	氮气
导光板	折射率	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
衍射元件	折射率	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6
	螺旋节距 P1[nm]	380	290	250	290	290
	螺旋节距 P2[nm]	380	440	400	440	440
	1 个周期 Λ [nm]	410	410	410	410	410
导光的入射角度范围		-20°~21°	-20°~21°	-20°~21°	-20°~21°	-20°~21°
评价	衍射效率	B	A	B	AA	C

[0394] 由表1可知,本发明的实施例与比较例相比,能够导光的入射角度范围内的衍射效率高。即,可知可获得高的衍射效率的入射角度范围广。

[0395] 并且,由实施例2与实施例4的比较可知,导光板的折射率 n_d 和液晶层的折射率 n_k 优选满足 $0.1 > n_k - n_d \geq 0$ 。

[0396] 并且,由实施例3与实施例4的比较可知,当液晶层为节距梯度层时,1个周期 Λ 、螺旋节距P1、螺旋节距P2优选满足 $P1 < \Lambda < P2$ 。

[0397] 根据以上结果,可以明确本发明的效果。

[0398] 产业上的可利用性

[0399] 能够优选用于AR玻璃等利用引导的各种光学装置。

[0400] 符号说明

[0401] 10a、10b-导光元件,11、12-衍射元件,16、116-导光板,30-支撑体,32-取向膜,34、36-液晶层,40-液晶化合物,40A-光学轴,42-亮部,44-暗部,50-图像显示装置,54-显示器,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,80-道威棱镜,82-直线起偏器,84- $\lambda/4$ 板,86-测定器, R_R -红色光的右旋圆偏振光,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 -交叉角,

U-使用人员,D-排列轴, Λ -一个周期,P-节距, L_1, L_4 -入射光, L_2, L_5 -出射光,L-激光,Lr-出射光。

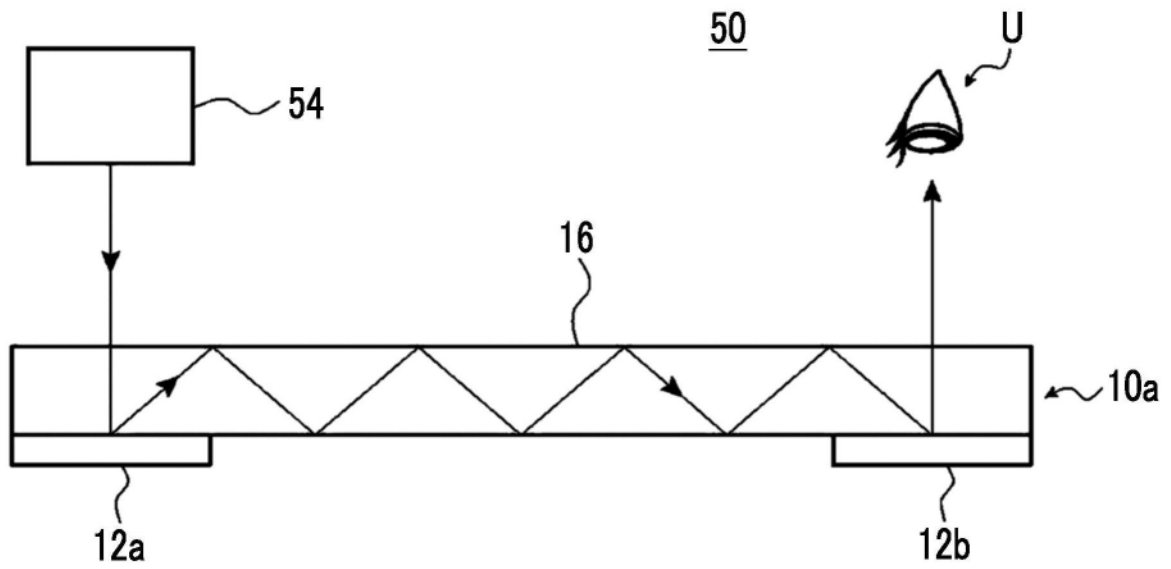


图1

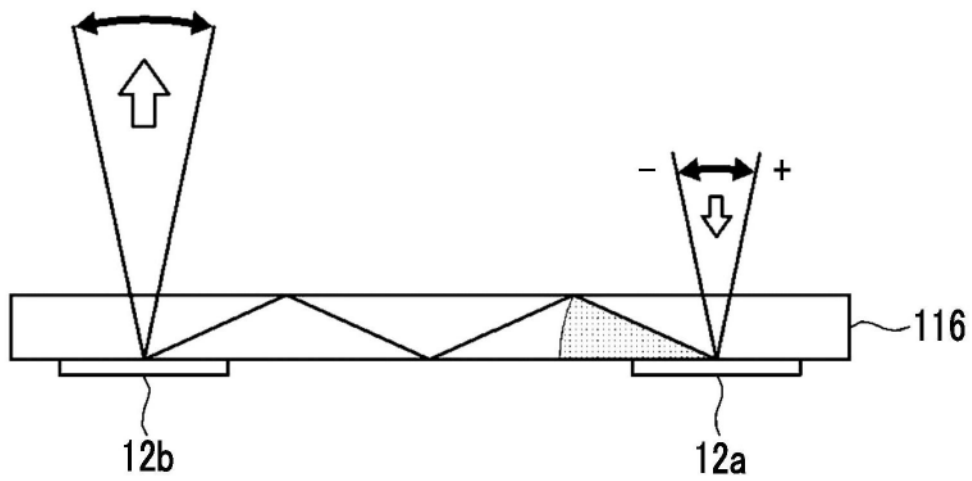


图2

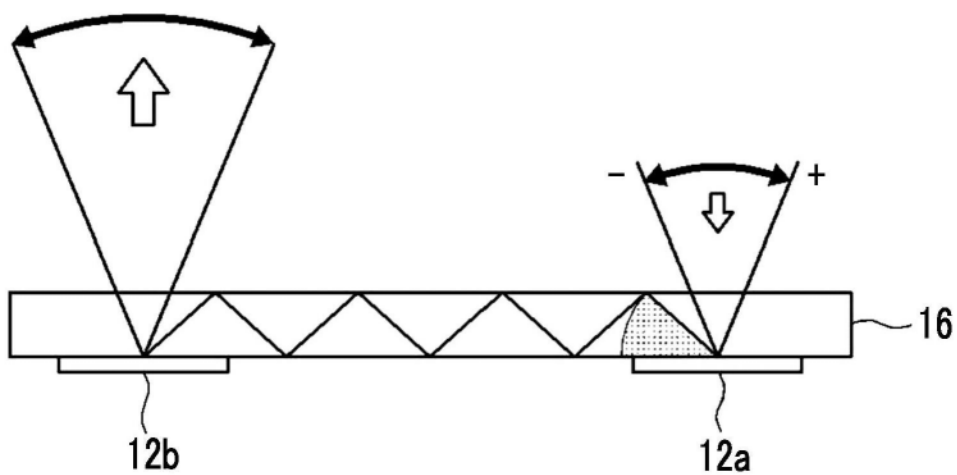


图3

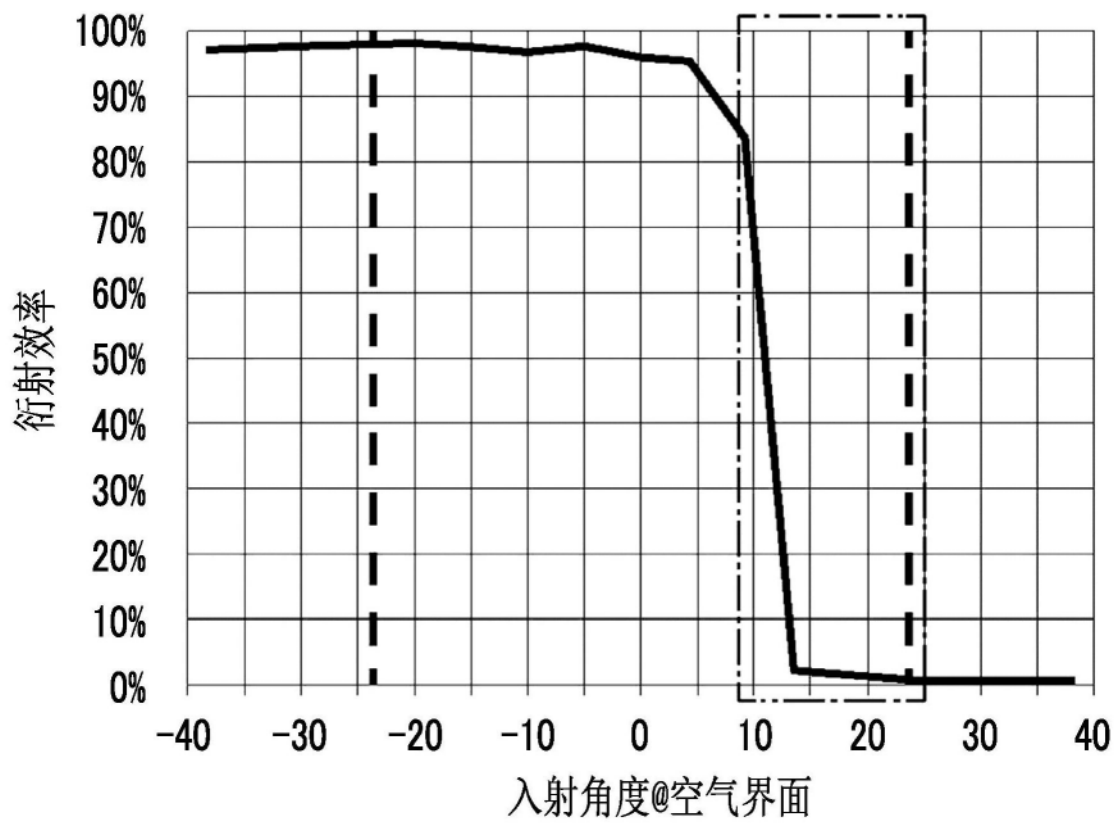


图4

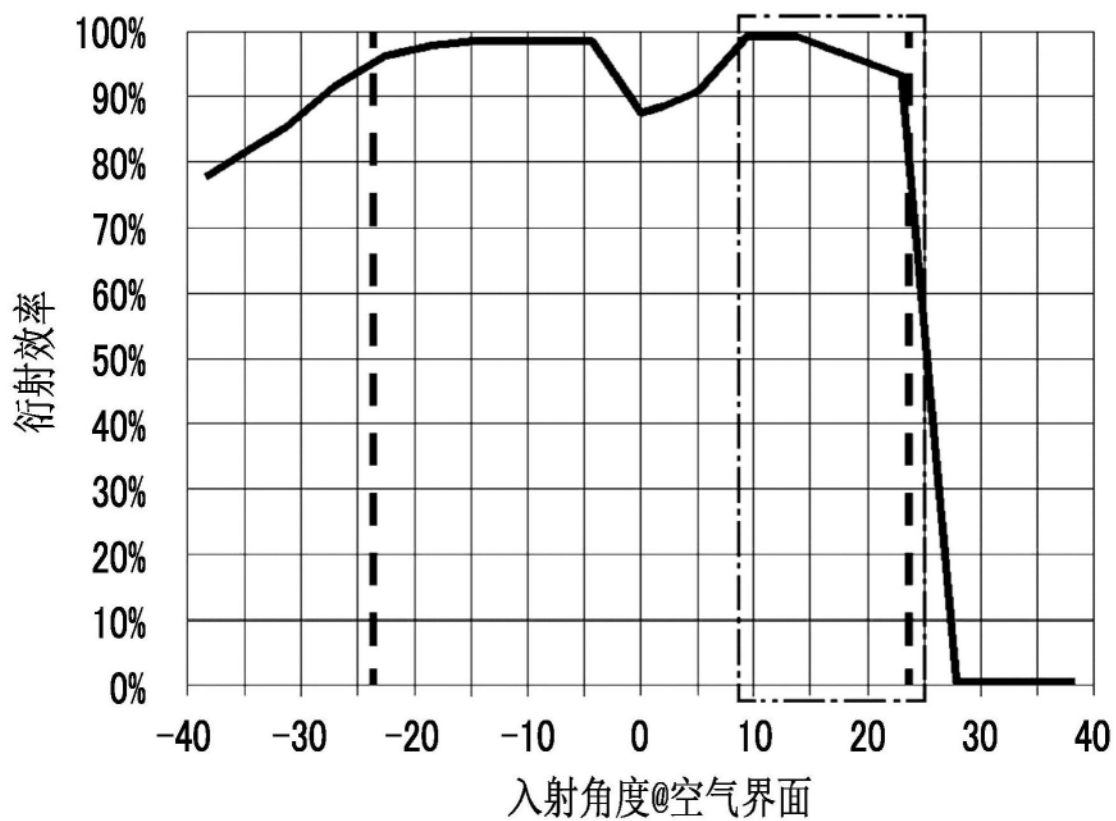


图5

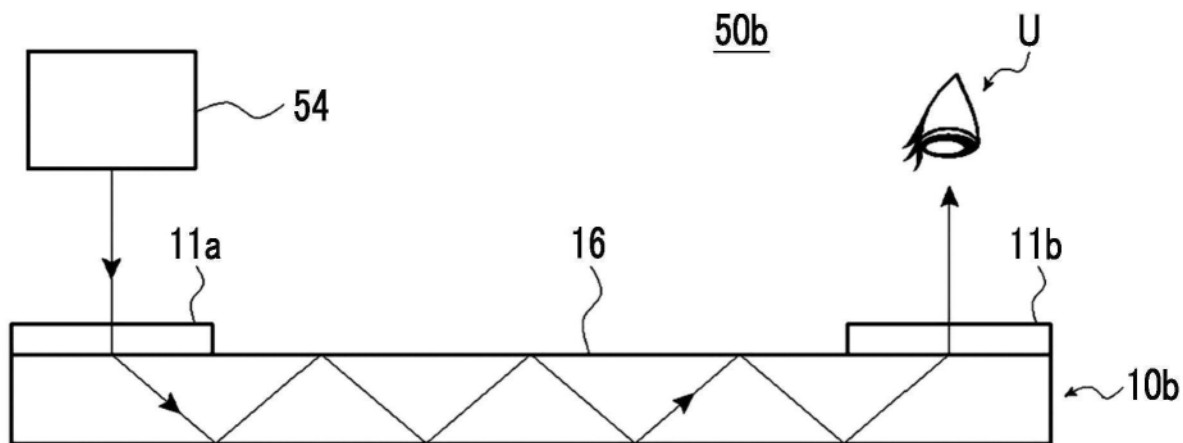


图6

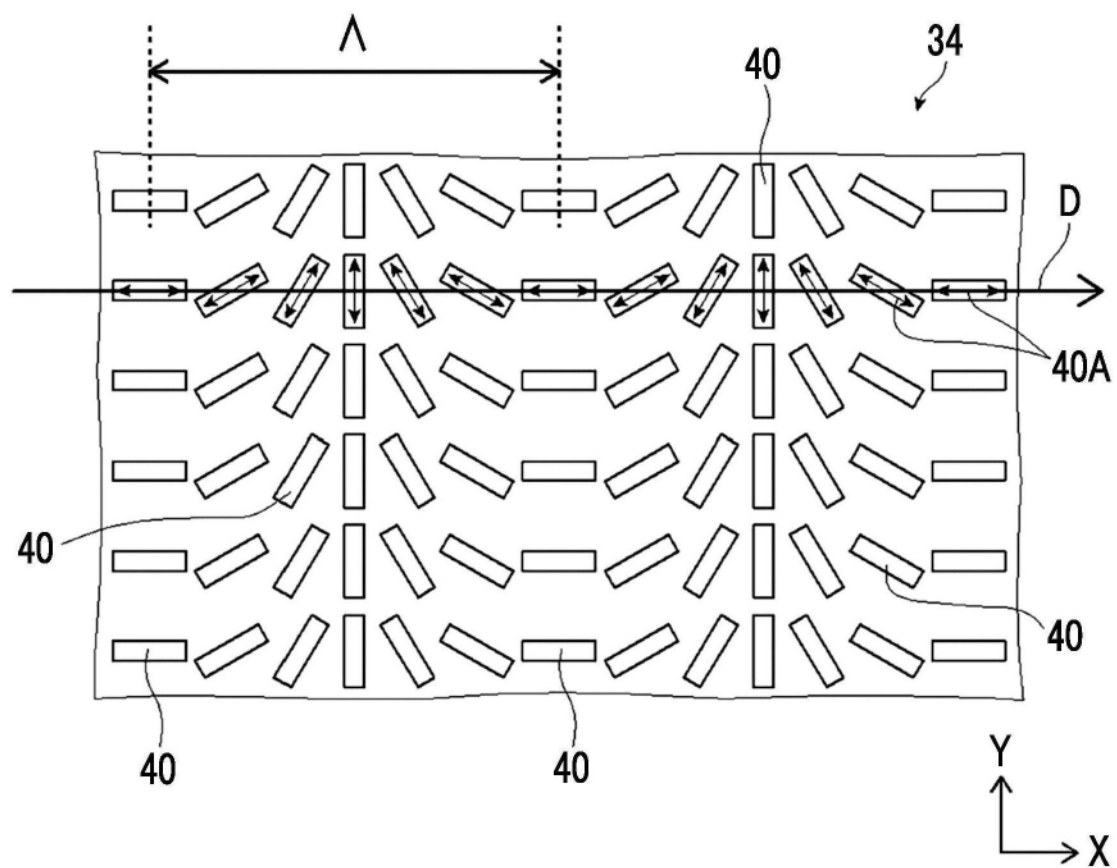


图7

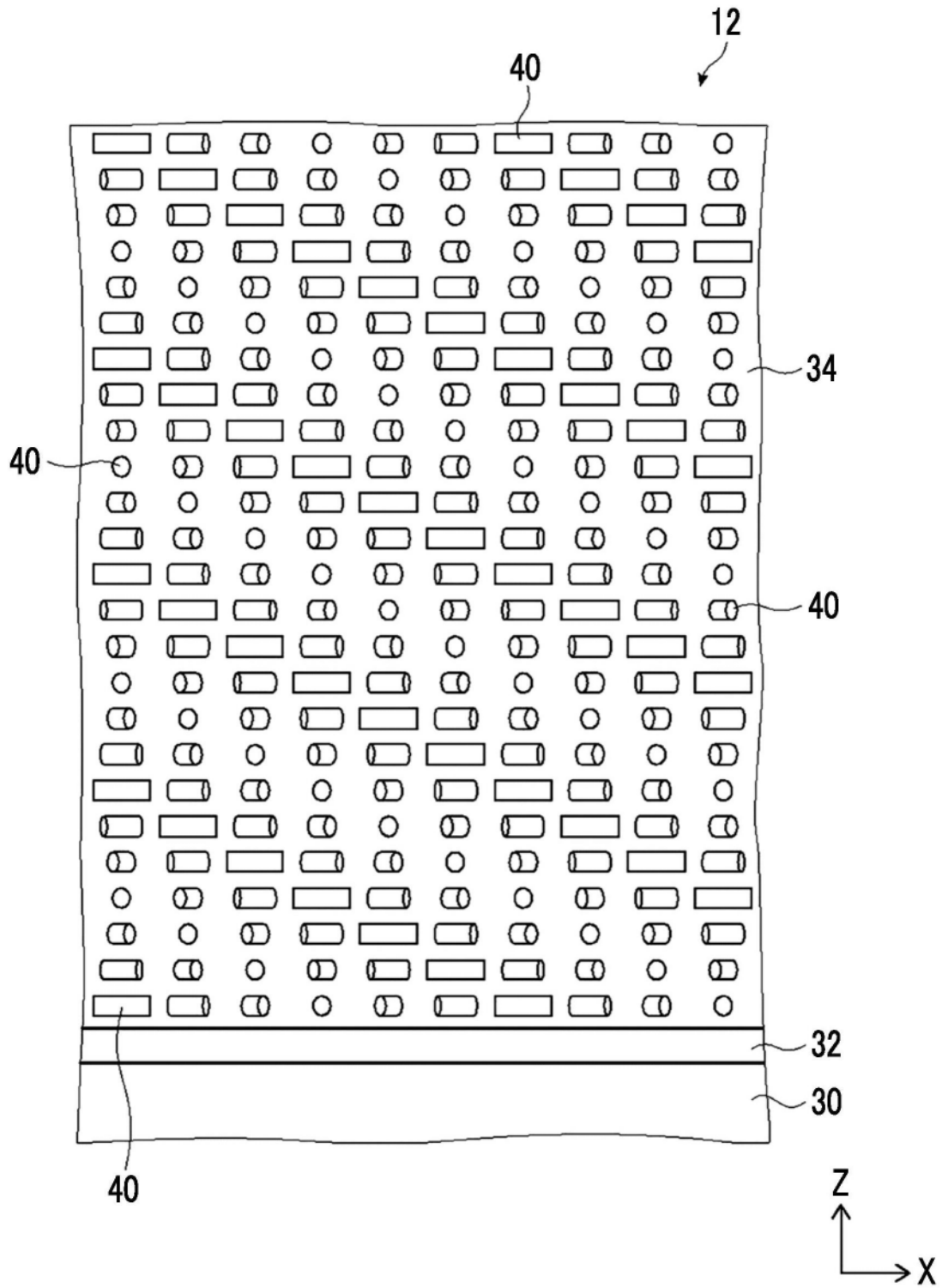


图8

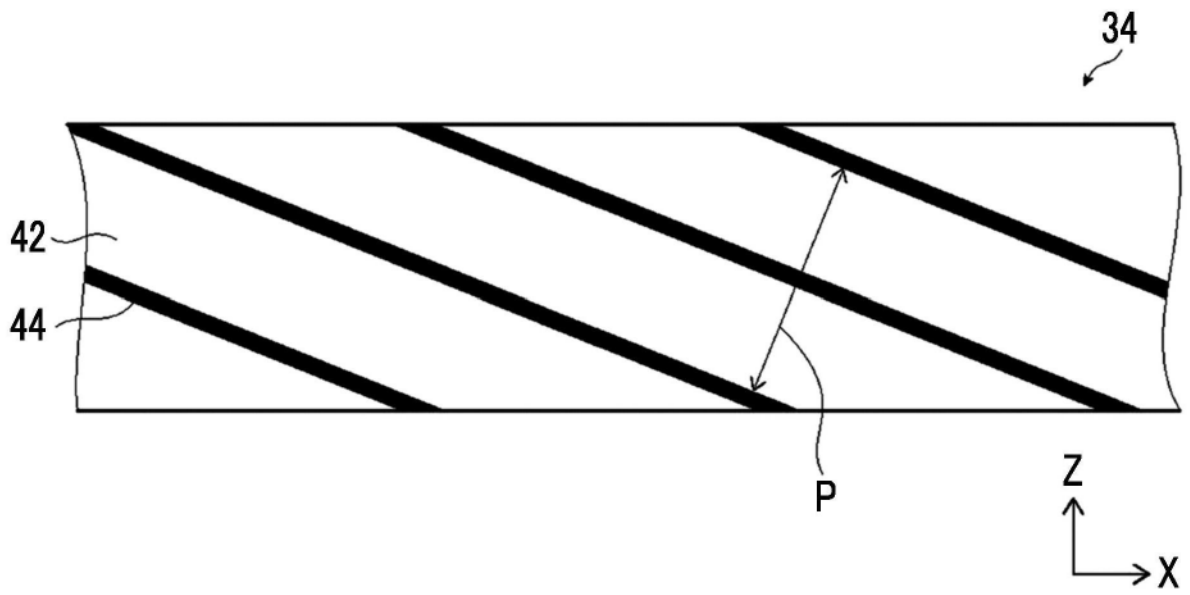


图9

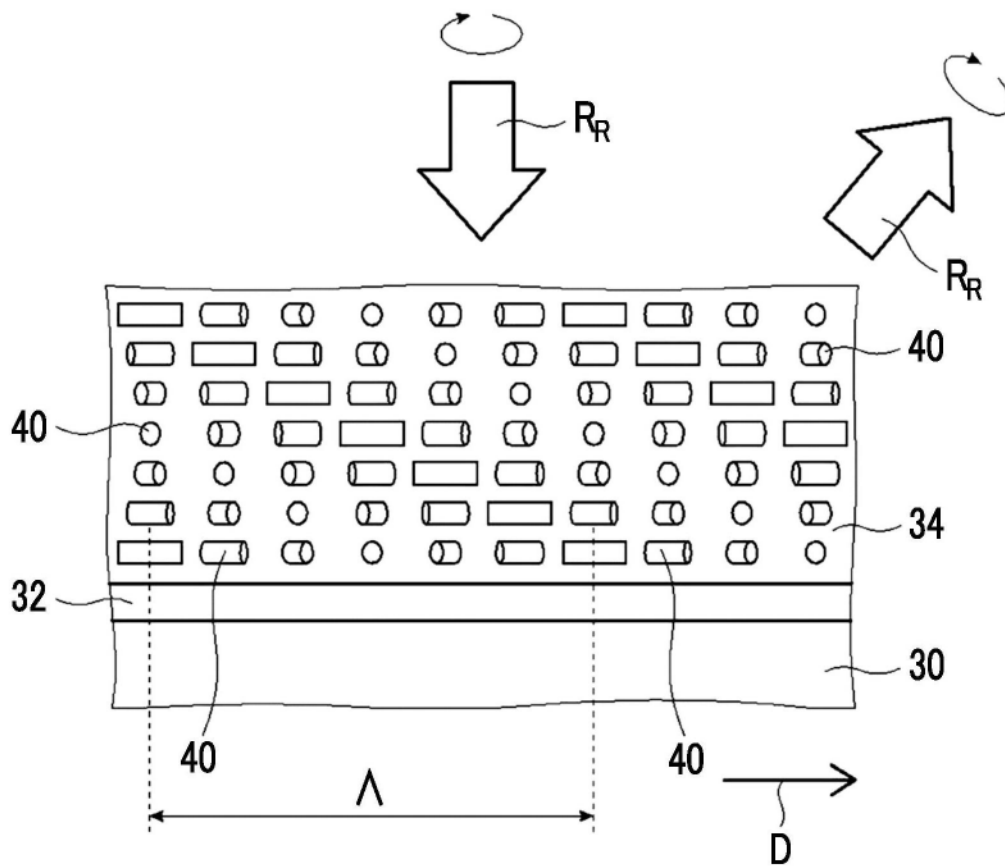


图10

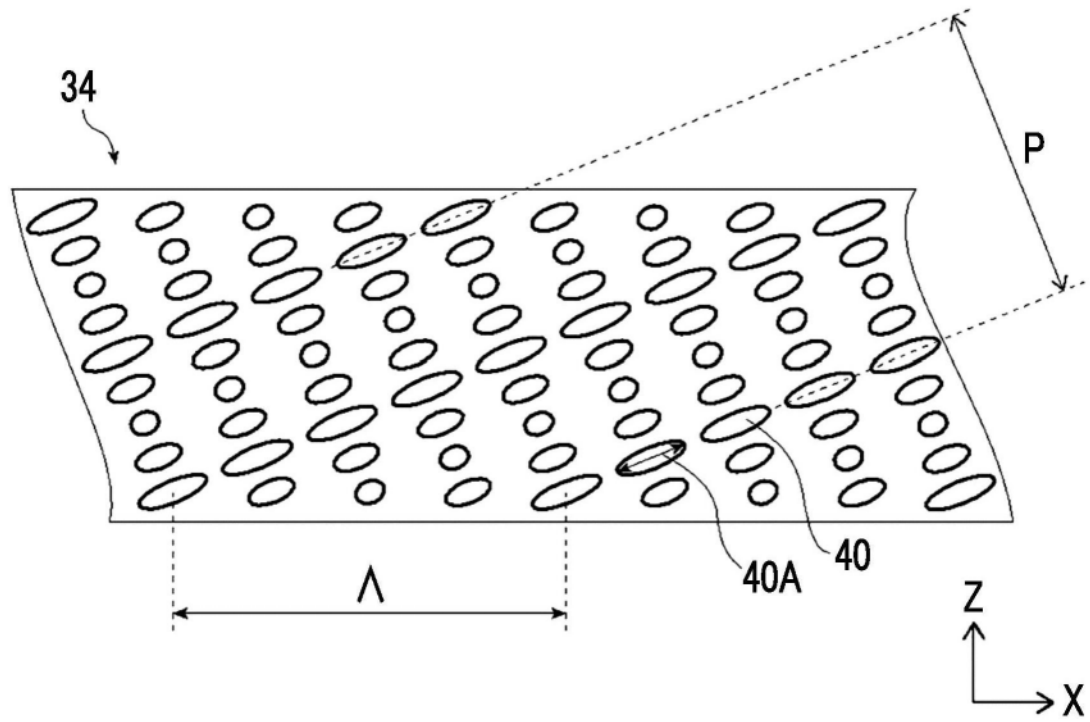


图11

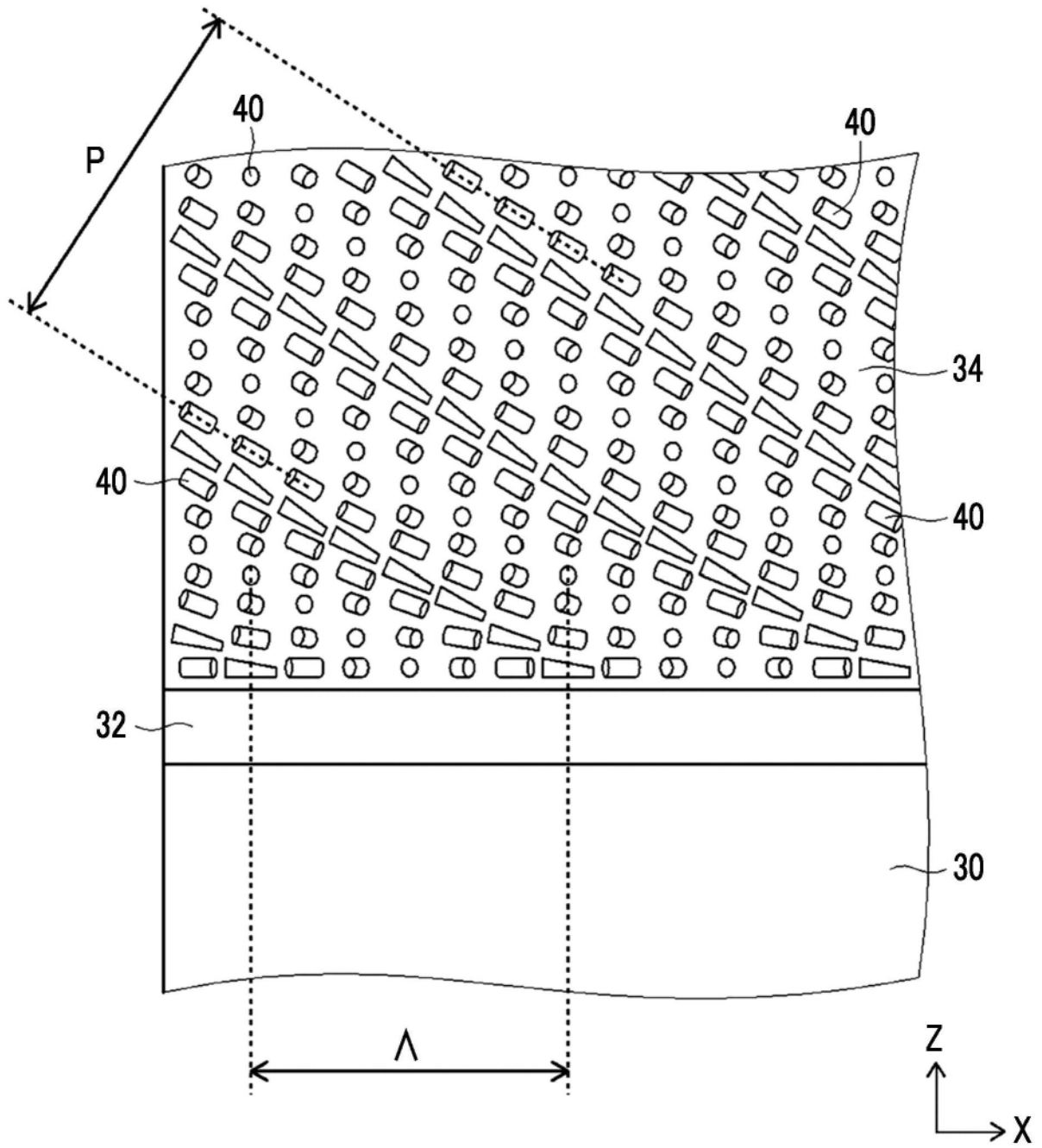


图12

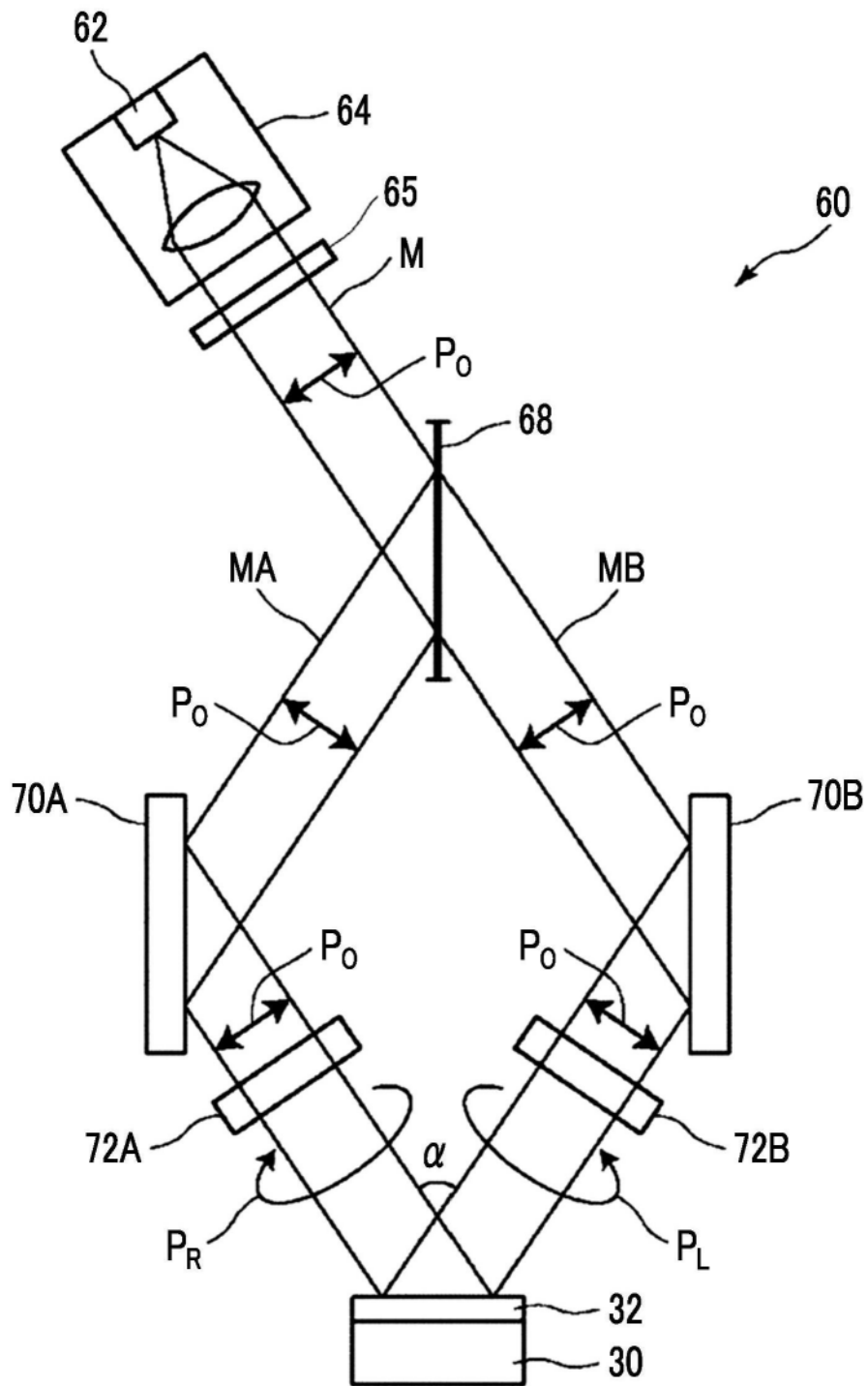


图13

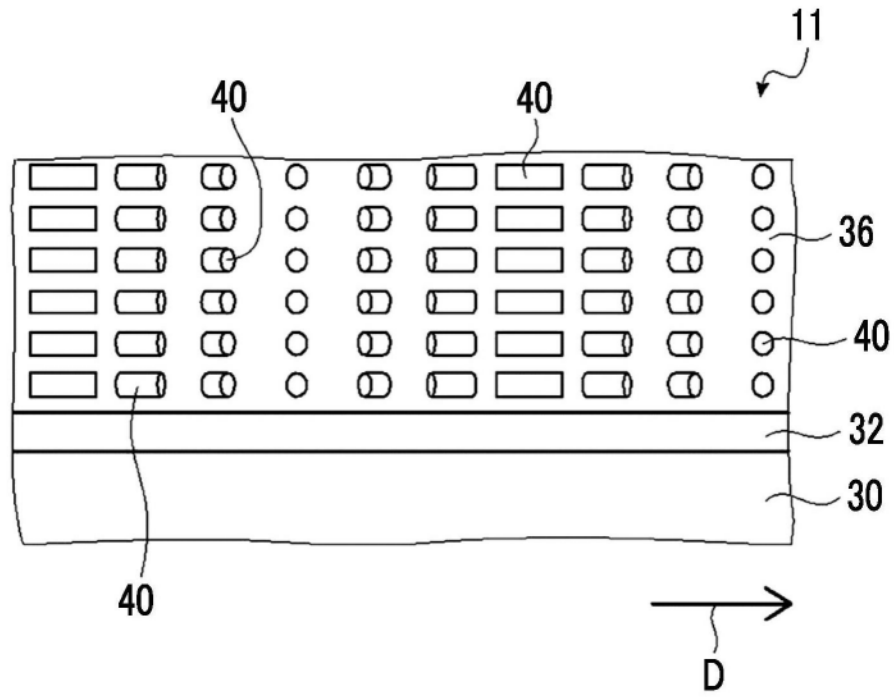


图14

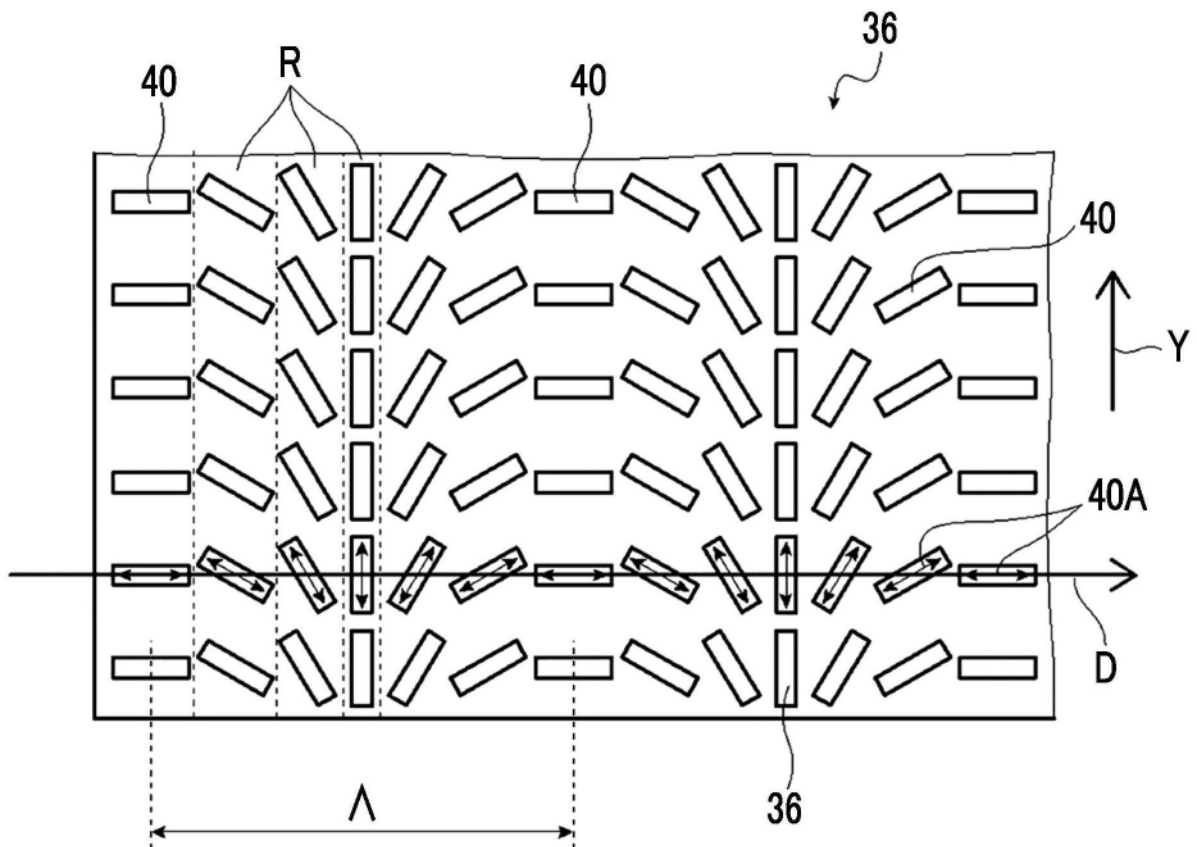


图15

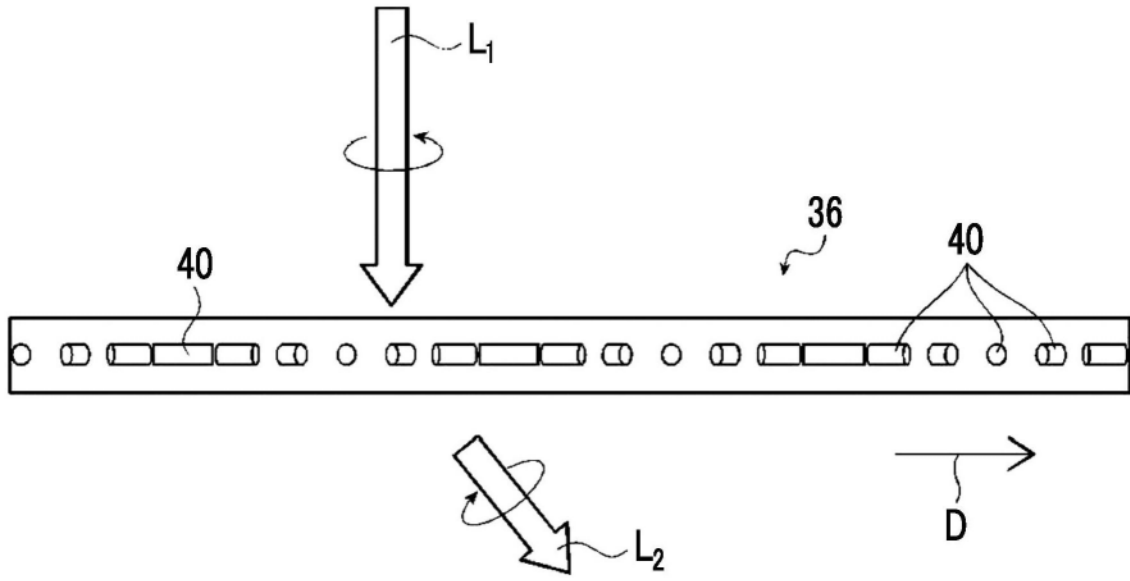


图16

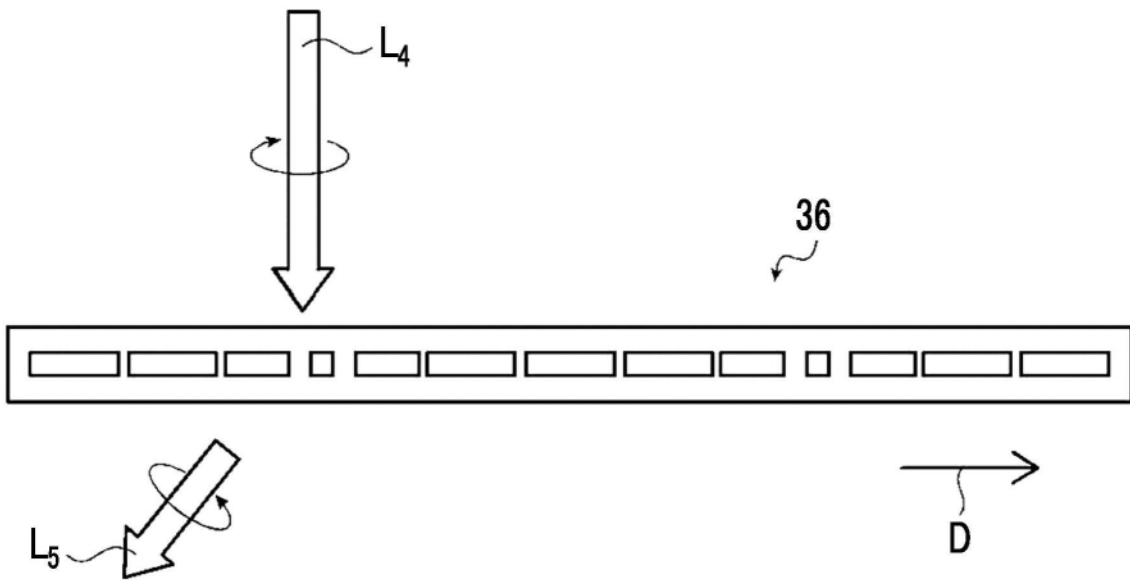


图17

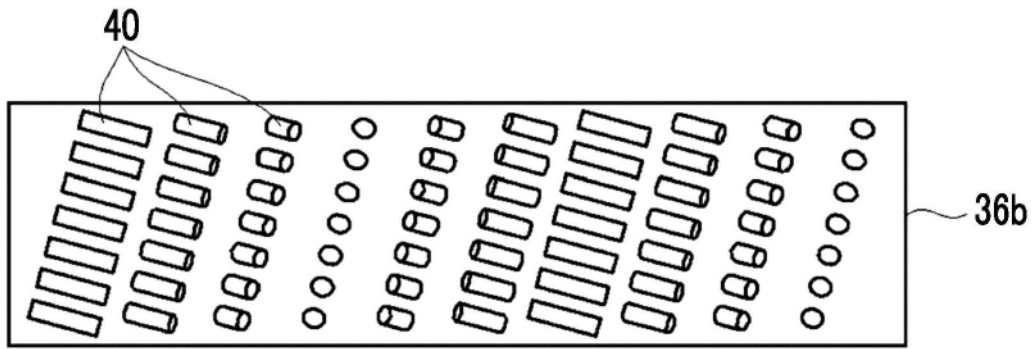


图18

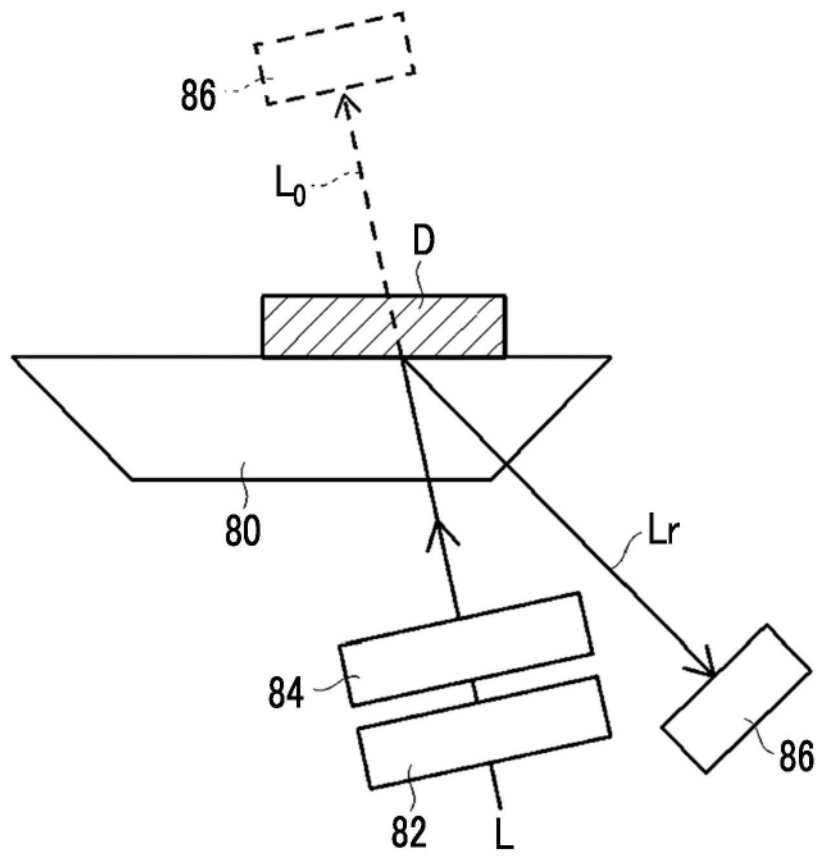


图19