(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118103744 A
(43)申请公布日 2024.05.28

(21)申请号 202280068981.6
(22)申请日 2022.10.14
(30)优先权数据
2021-169597 2021.10.15 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.04.12
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/038355 2022.10.14
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/063414 JA 2023.04.20
(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 加茂诚 关口惠
矢内雄二郎
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 陈建全
(51)Int.Cl.
G02B 6/27(2006.01)
G02B 5/18(2006.01)
G02B 5/30(2006.01)
G02B 6/02(2006.01)
G02B 6/28(2006.01)
G02F 1/13(2006.01)
H04J 14/00(2006.01)

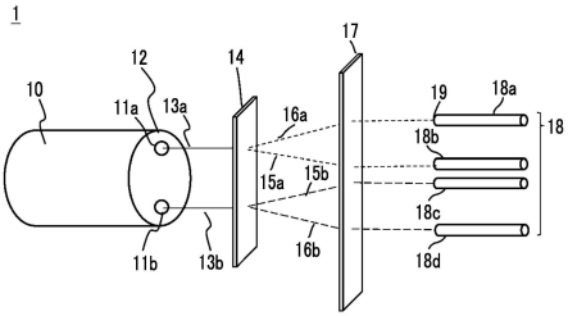
权利要求书1页 说明书19页 附图7页

(54)发明名称

光耦合系统及光通信器件

(57)摘要

本发明的课题在于提供一种结构简单化、小型化的光耦合系统及使用该光耦合系统的光通信器件。通过与多芯光纤的光入射出射面相对的偏振光束控制元件和位于偏振光束控制元件的多芯光纤的出射面的相反侧且与被耦合器件相对的偏振选择性衍射元件的组合,利用将多芯光纤和被耦合器件耦合的光耦合系统来解决课题。



CN 118103744 A

1.一种光耦合系统,其包括:偏振光束控制元件,其与多芯光纤的光入射出射面相对;偏振选择性衍射元件,其位于所述偏振光束控制元件的所述多芯光纤的出射面的相反侧;及多个被耦合器件,其具有与所述偏振选择性衍射元件相对的入射出射面。

2.根据权利要求1所述的光耦合系统,其中,

所述偏振光束控制元件是包括光学各向异性层的液晶衍射元件,所述光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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。

3.根据权利要求1或2所述的光耦合系统,其中,

所述偏振选择性衍射元件是包括光学各向异性层的液晶衍射元件,所述光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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。

4.一种光通信器件,其包括权利要求1或2所述的光耦合系统。

5.一种光通信器件,其包括权利要求3所述的光耦合系统。

光耦合系统及光通信器件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光耦合系统及使用该光耦合,系统的光通信器件。

背景技术

[0002] 为了应对近年来传输容量的急剧增加以及每根光纤的传输容量极限,进行了多芯光纤的研究。

[0003] 多芯光纤顾名思义具有多个纤芯。因此,在与诸如信号的收发器等器件耦合时,将每个纤芯耦合到单芯光纤,然后将每个单芯光纤与各器件连接(例如参考专利文献1和专利文献2)。

[0004] 以往技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利公开2013-205761号公报

[0007] 专利文献2:日本专利公开2014-219428号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的技术课题

[0009] 专利文献1的扇出模块是将与多芯光纤的各纤芯连接的单芯光纤分别引出的模块,没有设想组装在收发器等器件内的情况。并且,专利文献2的连接装置(多芯光纤的耦合结构)组合了多个透镜及反射镜,因此结构复杂。

[0010] 因此,本发明的课题在于提供一种能够组装在器件内且结构简单的光耦合系统。

[0011] 并且,本发明的课题还在于提供一种使用该光耦合系统的光通信器件。

[0012] 用于解决技术课题的手段

[0013] 本发明人等发现了通过以下结构能够解决上述课题。

[0014] [1]一种光耦合系统,其包括:偏振光束控制元件,其与多芯光纤的光入射出射面相对;偏振选择性衍射元件,其位于偏振光束控制元件的多芯光纤的出射面的相反侧;及多个被耦合器件,其具有与偏振选择性衍射元件相对的光入射出射面。

[0015] [2]根据[1]所述的光耦合系统,其中,偏振光束控制元件是包括光学各向异性层的液晶衍射元件,该光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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。

[0016] [3]根据[1]或[2]所述的光耦合系统,其中,偏振选择性衍射元件是包括光学各向异性层的液晶衍射元件,该光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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。

[0017] [4]一种光通信器件,其包括[1]至[3]中任一项所述的光耦合系统。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本发明,能够提供一种能够组装在器件内且结构简单的光耦合系统。

[0020] 并且,根据本发明,能够提供一种使用该光耦合系统的支持多芯光纤的光通信器

件。

附图说明

[0021] 图1是本发明的光耦合系统的一例的概念图。

[0022] 图2是本发明的光耦合系统中使用的液晶衍射元件的一例的概念图。

[0023] 图3是本发明的光耦合系统中使用的液晶衍射元件的另一例的概念图。

[0024] 图4是图2和图3所示的液晶衍射元件的平面的概念图。

[0025] 图5是用于说明图2和图3所示的液晶衍射元件的作用的概念图。

[0026] 图6是用于说明图2和图3所示的液晶衍射元件的作用的概念图。

[0027] 图7是对图2和图3所示的液晶衍射元件的取向膜进行曝光的曝光装置的一例的概念图。

[0028] 图8是本发明的光耦合系统中使用的液晶衍射元件的另一例的概念图。

[0029] 图9是对图8所示的液晶衍射元件的取向膜进行曝光的曝光装置的一例的概念图。

[0030] 图10是本发明的光耦合系统的另一例的概念图。

[0031] 图11是本发明的光耦合系统的另一例的概念图。

具体实施方式

[0032] 以下,对本发明进行详细说明。

[0033] 可以根据本发明的代表性实施方式来说明以下记载的构成要件,但本发明并不限于这种实施方式。

[0034] 另外,在本说明书中,用“~”表示的数值范围是指将记载于“~”的前后的数值作为下限值和上限值而包含的范围。

[0035] ＜光耦合系统＞

[0036] 在本发明的光耦合系统的一个优选方式中,包括:其偏振光束控制元件,与多芯光纤的光入射出射面相对;偏振选择性衍射元件,其位于偏振光束控制元件的多芯光纤的出射面的相反侧;及多个被耦合器件,其具有与偏振选择性衍射元件相对的入射出射面。

[0037] 图1是本发明的光耦合系统的一例的概念图。

[0038] 图示例的光耦合系统1具有多芯光纤10、偏振光束控制元件14、偏振选择性衍射元件17及四个被耦合器件18(被耦合器件18a～被耦合器件18d)。

[0039] 另外,在图1所示的例子中,多芯光纤10和偏振光束控制元件14彼此分离,但本发明并不限于此。即,在本发明的光耦合系统中,多芯光纤10和偏振光束控制元件14可以彼此接触。

[0040] 图示例的多芯光纤10包括包层内的纤芯11a和纤芯11b这两个纤芯。

[0041] 另外,在图示例中,为了清楚地示出多芯光纤10的结构,例示了具有配置在直线上的两个纤芯11a和纤芯11b的多芯光纤10。但是,在本发明中,多芯光纤可以利用公知的各种光纤,因此,包层内的纤芯的配置可以采用公知的配置。

[0042] 作为纤芯配置的例子,例如可以举出包括4芯型、6芯型、7芯型、8芯型及其以上的纤芯的配置。作为一例,可以采用日本特开2017-75061号公报、日本特开2015-212791号公报、日本特开2014-126575号公报、日本特开2012-215695号公报、日本特开2011-170336号

公报及日本特开平10-104443号公报等中记载的纤芯的配置。

[0043] 多芯光纤10具有光入射出射面12。

[0044] 光入射出射面12是指,在光入射到多芯光纤侧的情况下为光的入射面,相反在使光从多芯光纤射出的情况下为光的出射面,与多芯光纤的长度方向正交的截面一致。

[0045] 为了提高光的耦合效率,多芯光纤10可以根据需要在光入射出射面进行防反射涂层或研磨处理。

[0046] 以下,以在光耦合系统1中光从多芯光纤10向被耦合器件18行进的模式为例,进行图1的说明。

[0047] 在该模式中,分别从多芯光纤10的光入射出射面12的纤芯11a出射光束13a(信号光),从纤芯11b射出光束13b(信号光)。

[0048] 从多芯光纤10的光入射出射面12的纤芯11a射出的光束13a和从纤芯11b射出的光束13b入射到偏振光束控制元件14。

[0049] 若光束13a和光束13b入射到偏振光束控制元件14,则偏振光束控制元件14根据其偏振选择性将入射的光束在空间上分离为第1偏振状态的光束15a和光束15b、以及处于与第1偏振状态正交的关系的第2偏振状态的光束16a和光束16b。在图示例中,从一个纤芯11a射出的光束13a通过偏振光束控制元件14在空间上被分离为第1偏振状态的光束15a和第2偏振状态的光束16a。并且,从另一个纤芯11b射出的光束13b通过偏振光束控制元件14在空间上被分离为第1偏振状态的光束15b和第2偏振状态的光束16b。

[0050] 作为这种偏振光束控制元件14,例如可以使用偏振选择性的衍射元件和偏振选择性的几何相位全息元件等。

[0051] 例如,作为使入射的光分离为作为第1偏振状态的左旋圆偏振光和作为处于与第1偏振状态正交的关系的第2偏振状态的右旋圆偏振光的元件,可以使用日本特表2016-519327号公报中公开的几何相位全息元件。作为几何相位全息元件的一例,例示了后述的液晶衍射元件。

[0052] 在空间上分离的光束15a和光束16a以及光束15b和光束16b入射到偏振选择性衍射元件17而控制光路,多个(图示例中为四个)被耦合器件18中的每一个耦合到对应的被耦合器件18的光入射出射面19(入射)。

[0053] 具体而言,分离了光束13a的两个光束中,光束15a透射了偏振选择性衍射元件17后的光束耦合到被耦合器件18b,光束16a透射了偏振选择性衍射元件17后的光束耦合到被耦合器件18a。另一方面,分离了光束13b的两个光束中,光束15b透射了偏振选择性衍射元件17后的光束耦合到被耦合器件18c,光束16b透射了偏振选择性衍射元件17后的光束耦合到被耦合器件18d。

[0054] 在图1中,偏振选择性衍射元件17控制光路,使得四条光束的光路彼此平行。但是,在本发明的光耦合系统中,也可以根据多个被耦合器件18的配置构成偏振选择性衍射元件17,从而在任意的位置和方向上控制光束的光路。

[0055] 作为这样的偏振选择性衍射元件17,可以利用公知的衍射元件,例如可以例示日本特表2010-525394号公报中记载的液晶衍射元件。该液晶衍射元件具有后述的结构,并且可以通过后述的制作方法来制作。

[0056] 这里,如后所述,在使用上述液晶衍射元件作为偏振选择性衍射元件17的情况下,

透射了偏振选择性衍射元件17的光束的偏振状态转换为处于正交关系的偏振状态。即,例如,右旋圆偏振光被转换为左旋圆偏振光,左旋圆偏振光被转换为右旋圆偏振光。

[0057] 并且作为一例,作为偏振光束控制元件14,假设使用了上述的将多芯光纤10的纤芯射出的光束分离为第1偏振状态的光束和与第1偏振状态正交的关系的第2偏振状态的光束的液晶衍射元件。

[0058] 在这种情况下,若从纤芯11a射出的光束13a入射到偏振光束控制元件14,则如上所述,光束13a被分离为第1偏振状态的光束15a和第2偏振状态的光束16a。

[0059] 另一方面,若从纤芯11b射出的光束13b入射到偏振光束控制元件14,则如上所述,光束13b被分离为第1偏振状态的光束15b和第2偏振状态的光束16b。

[0060] 分离了光束13a的第1偏振状态的光束15a和第2偏振状态的光束16a接着入射到偏振选择性衍射元件17。

[0061] 第1偏振状态的光束15a通过透射偏振选择性衍射元件17来控制光路,并且转换为第2偏振状态的光束,耦合到被耦合器件18b。另一方面,第2偏振状态的光束16a通过透射偏振选择性衍射元件17来控制光路,并且转换为第1偏振状态的光束,耦合到被耦合器件18a。

[0062] 并且,分离了光束13b的第1偏振状态的光束15b和第2偏振状态的光束16b也同样地入射到偏振选择性衍射元件17。

[0063] 第1偏振状态的光束15b通过透射偏振选择性衍射元件17来控制光路,并且转换为第2偏振状态的光束,耦合到被耦合器件18c。另一方面,第2偏振状态的光束16b通过透射偏振选择性衍射元件17来控制光路,并且转换为第1偏振状态的光束,耦合到被耦合器件18d。

[0064] 被耦合器件18没有限制,只要是能够接收光的器件,则可以利用公知的各种器件。

[0065] 具体而言,作为被耦合器件18,可例示单芯光纤、光接收器、光子芯片及光电二极管等。也可以根据需要对被耦合器件18的光入射出射面实施光学研磨处理或防反射涂层等。

[0066] 以上的例子是光从多芯光纤10侧向多个被耦合器件18侧行进的模式。

[0067] 在本发明的光耦合系统1中,与上述模式相反,也可以是光从多个被耦合器件18侧向多芯光纤10侧行进的模式。

[0068] 在该模式中,从四个(多个)被耦合器件18的各自的光入射出射面19射出的各光束通过偏振选择性衍射元件17控制光路,入射到偏振光束控制元件14。入射到偏振光束控制元件14的四条光束通过偏振光束控制元件14耦合而成为两条光束。

[0069] 从偏振光束控制元件14射出的两条光束中,其中一条光束耦合(入射)到多芯光纤10的纤芯11a,另一条光束耦合(入射)到多芯光纤10的纤芯11b。

[0070] 在该模式中,从被耦合器件18射出的光束的光路成为与光从多芯光纤10侧向多个被耦合器件18侧行进的模式相反的光路。

[0071] 作为一例,与之前同样地,设为使用了上述液晶衍射元件作为偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17。并且,设为被耦合器件18a射出第1偏振状态的光束,被耦合器件18b射出处于与第1偏振状态正交的关系的第2偏振状态的光束。

[0072] 从被耦合器件18a射出的第1偏振状态的光束及从被耦合器件18b射出的第2偏振状态的光束通过偏振选择性衍射元件17在相互接近的方向上控制光路,入射到偏振光束控制元件14的相同位置。

[0073] 这里,从被耦合器件18a射出的第1偏振状态的光束透射偏振选择性衍射元件17而转换为第2偏振状态的光束。并且,从被耦合器件18b射出的第2偏振状态的光束透射偏振选择性衍射元件17而转换为第1偏振状态的光束。

[0074] 通过偏振选择性衍射元件17控制光路而入射到偏振光束控制元件14的相同位置的第1偏振状态的光束和第2偏振状态的光束通过偏振光束控制元件14进行衍射而成为一条光束。

[0075] 该无偏振光的光束耦合到多芯光纤10的纤芯11a。

[0076] 另外,从被耦合器件18d和被耦合器件18c射出的第1偏振状态和第2偏振状态的光束也同样地通过偏振选择性衍射元件17控制光路,并且转换偏振状态,入射到偏振光束控制元件14的相同位置。

[0077] 入射到偏振光束控制元件14的两条光束通过偏振光束控制元件14进行衍射而形成一条光束,耦合到多芯光纤10的纤芯11b。

[0078] 该模式的情况下的被耦合器件18也没有限制,只要是能够射出光的器件,则可以利用公知的各种器件。

[0079] 作为与该模式对应的被耦合器件,例如可以举出单芯光纤、光发送器、光源及光子芯片等。

[0080] 以上,关于图1所示的光耦合系统1,分别说明了光束从多芯光纤10侧向被耦合器件18侧行进的模式和光束从被耦合器件18侧向多芯光纤10侧行进的模式。

[0081] 这里,本发明的光耦合系统可以构成为仅在这两种模式中的任一模式中发挥作用,并且也可以构成为使这两种模式同时发挥作用。

[0082] 上述优选方式与专利文献1所示的包含长引出单模光纤的光耦合系统以及专利文献2所示的将棱镜、透镜及反射镜等光学元件复杂地组合而成的光耦合系统不同,结构简单,而且被耦合器件的选择自由度高,容易组装到各种器件内部。

[0083] 这在诸如光通信系统等具有光耦合系统的装置中,在安装上极为有利。

[0084] ＜液晶衍射元件＞

[0085] 如上所述,在本发明的光耦合系统中,作为偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17,优选利用液晶衍射元件。

[0086] 作为可以在本发明的光耦合系统中使用的液晶衍射元件,可以利用包括光学功能层的液晶衍射元件,该光学功能层具有源自液晶化合物的光轴在面内发生变化的液晶取向图案。作为这种液晶衍射元件,例如可以例示日本特表2017-522601号公报的图2所示的透射型液晶衍射元件以及该公报的图4所示的反射型液晶衍射元件。

[0087] 这种液晶衍射元件是液晶化合物(包含介晶的化合物)以规定的取向状态固定的薄片状的元件。另外,根据需要,液晶衍射元件还可以组合相位差层、棱镜层及微透镜层。

[0088] 使用这种液晶衍射元件的本发明的光耦合系统与专利文献1和专利文献2等所示的组合了以往公知的透镜、棱镜及反射镜等而成的光耦合系统相比,能够用薄片状的元件代替这些功能。其结果,能够将本发明的光耦合系统进一步简单化、小型化。这在诸如光通信系统等具有光耦合系统的装置中,在安装上极为有利。

[0089] 具有在面内发生变化的液晶取向图案的液晶衍射元件(光学功能层)可以通过将液晶化合物以规定的取向状态固定而得到。

[0090] 取向状态的固定可以利用电场和磁场等,也可以利用液晶化合物的相变、交联及聚合等。

[0091] 在将电场和磁场等利用于取向状态的固定的情况下,可以通过控制施加的电场或磁场来调节接通/断开的切换以及各光束的空间分离。在将液晶化合物的相变、交联及聚合等利用于取向状态的固定的情况下,作为液晶化合物,可以使用显示液晶性的各种化合物,但从能够长期维持稳定的光学特性的观点出发,优选使用聚合性液晶化合物。特别优选地,本发明中使用的液晶衍射元件是将含有聚合性液晶化合物的组合物设为规定的取向状态后,通过聚合或交联将取向状态固定而成的元件。这些元件可以通过日本特表2017-522601号公报以及国际公开第2019/189852号等中记载的方法来制作。

[0092] 图2示出液晶衍射元件的概念图,该液晶衍射元件具有液晶化合物的光轴在面内发生变化的液晶取向图案且将取向状态固定而成。

[0093] 图2所示的液晶衍射元件104在支撑体20(透明基材20)上具有取向膜24,在取向膜24上设置有作为光学功能层的光学各向异性层26。光学各向异性层26包含液晶化合物30,其取向状态在横切光学各向异性层26的任意的面内发生变化的光轴(图2中的棒的长轴方向)上被固定。

[0094] 如后详细描述,这样取向固定的液晶化合物30的排列在光学各向异性层26内形成折射率各向异性的分布,对来自多芯光纤10的纤芯11a和纤芯11b的信号光103(光束13a和光束13b)显示偏振选择性的衍射作用,将入射的信号光103在空间上分离为作为-1级光的信号光105和作为1级光的信号光107。

[0095] 图2的液晶衍射元件104典型地是将入射的信号光103分别分离为旋转方向不同的两个圆偏振光的光学功能层,但在入射的信号光103为正交的直线偏振光的复用模式的情况下,通过增加未图示的入射侧λ/4波长板和出射侧λ/4波长板,能够分别在空间上分离并取出被复用的两个直线偏振光成分。关于这一点,后述的图3所示的例子也相同。

[0096] 通过日本特开2004-341024号公报中记载的琼斯法(R.C.Jones,J.Opt.Soc.Am.31,488,1941),可以分析怎样的液晶化合物30的取向状态在怎样的偏振状态下对-1级光和1级光(或者也可以利用0级光)如何进行空间分离。

[0097] 图3概念性地示出透射型液晶衍射元件的另一例。

[0098] 作为一例,图3所示的液晶衍射元件104也同样具有支撑体20、取向膜24及光学各向异性层26。

[0099] 这里,图2所示的液晶衍射元件与图3所示的液晶衍射元件在厚度方向的液晶的层叠状态(取向状态)不同。即,图2所示的液晶衍射元件104的光学各向异性层26中,液晶化合物30在厚度方向上层叠排列。相对于此,图3所示的液晶衍射元件104的光学各向异性层26中,液晶化合物30相对于厚度方向倾斜地层叠排列。

[0100] 在图2和图3所示的液晶衍射元件104中,光学各向异性层26使用包含液晶化合物30的组合物而形成,它们都具有在面内方向上源自液晶化合物30的光轴的方向朝向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,液晶取向图案在厚度方向上也旋转的同时发生变化。

[0101] 另外,在本发明的光耦合系统中,液晶衍射元件的层结构不限于图2和图3所示的结构。

[0102] 例如,液晶衍射元件也可以由从图2和图3所示的液晶衍射元件104剥离了支撑体20的取向膜24和光学各向异性层26构成。或者,液晶衍射元件也可以仅由从图2和图3所示的液晶衍射元件104剥离了支撑体20和取向膜24的光学各向异性层26构成。而且,在这些方式中,也可以在光学各向异性层26上粘贴其他基材等片状物。

[0103] 即,本发明的光耦合系统中使用的具有光学各向异性层的透射型液晶衍射元件只要具有光学各向异性层,则可以利用各种层结构,该光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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。

[0104] 以下,液晶衍射元件104的构成要件进行说明。

[0105] (支撑体)

[0106] 在液晶衍射元件104中,支撑体20支撑取向膜24和光学各向异性层26。

[0107] 只要能够支撑取向膜24和光学各向异性层26,则支撑体20可以利用各种片状物(膜、板状物)。

[0108] 作为支撑体20,优选为透明支撑体,可以举出聚甲基丙烯酸甲酯等的聚丙烯酸系树脂薄膜、三乙酸纤维素等纤维素系树脂薄膜、环烯烃聚合物系薄膜(例如,商品名称“ARTON”,JSR公司制,商品名称“ZEONOR”,Zeon Corporation制)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚碳酸酯及聚氯乙烯等。支撑体并不限于挠性薄膜,可以是玻璃基板等非挠性基板。

[0109] 支撑体20的厚度没有限制,只要根据液晶衍射元件104的用途和支撑体20的形成材料等适当设定能够保持取向膜和光学各向异性层的厚度即可。

[0110] 支撑体20的厚度优选为1～1000μm,更优选为3～250μm,进一步优选为5～150μm。

[0111] (取向膜)

[0112] 在液晶衍射元件104中,在支撑体20的表面形成取向膜24。

[0113] 取向膜24是在形成液晶衍射元件104的光学各向异性层26时用于将液晶化合物30取向为规定的液晶取向图案的取向膜。

[0114] 另外,在图3等中,作为液晶化合物30,例示了棒状液晶化合物。

[0115] 如上所述,在图示例的透射型液晶衍射元件104中,光学各向异性层26具有源自液晶化合物30的光轴30A(参考图4)的方向沿着面内的一个方向(图中的箭头A方向)连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0116] 因此,液晶衍射元件104的取向膜形成为光学各向异性层26能够形成该液晶取向图案。

[0117] 另外,在本发明中,在液晶化合物30是棒状液晶化合物的情况下,液晶化合物30的光轴30A是指棒状液晶化合物的分子长轴。另一方面,在液晶化合物30是圆盘状液晶化合物的情况下,液晶化合物30的光轴30A是指与相对于圆盘状液晶化合物的圆盘面正交的方向平行的轴。

[0118] 在以下的说明中,也将“光轴30A的方向旋转”简称为“光轴30A旋转”。

[0119] 取向膜可以利用公知的各种取向膜。

[0120] 例如,可以例示由聚合物等有机化合物构成的摩擦处理膜、无机化合物的倾斜蒸镀膜、具有微槽的膜以及使ω-二十三烷酸、双十八烷基甲基氯化铵及硬脂酸甲酯等有机化合物的基于朗缪尔-布洛杰特法的LB(Langmuir-Blodgett:朗缪尔-布洛杰特)膜累积的膜等。

[0121] 基于摩擦处理的取向膜能够通过在规定方向上通过纸或布数次摩擦聚合物层的表面来形成。

[0122] 作为取向膜中使用的材料,优选例示聚酰亚胺、聚乙烯醇、日本特开平9-152509号公报中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号公报中记载的取向膜等的形成中使用的材料。

[0123] 在液晶衍射元件104中,取向膜优选利用向光取向性的原材料照射偏振光或非偏振光而形成取向膜的所谓的光取向膜。即,在液晶衍射元件104中,作为取向膜24,优选利用在支撑体20上涂布光取向材料而形成的光取向膜。

[0124] 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。

[0125] 作为能够用于本发明的光取向膜中使用的光取向材料,例如可以例示出日本特开2006-285197号公报、日本特开2007-76839号公报、日本特开2007-138138号公报、日本特开2007-94071号公报、日本特开2007-121721号公报、日本特开2007-140465号公报、日本特开2007-156439号公报、日本特开2007-133184号公报、日本特开2009-109831号公报、日本专利第3883848号公报及日本专利第4151746号公报中记载的偶氮化合物、日本特开2002-229039号公报中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号中记载的光交联性聚酰亚胺、光交联性聚酰胺及光交联性酯以及日本特开平9-118717号公报、日本特表平10-506420号公报、日本特表2003-505561号公报、国际公开第2010/150748号、日本特开2013-177561号公报及日本特开2014-12823号公报中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。

[0126] 其中,优选利用偶氮化合物、光交联性聚酰亚胺、光交联性聚酰胺、光交联性酯、肉桂酸酯化合物及查耳酮化合物。

[0127] 取向膜的厚度没有限制,根据取向膜的形成材料适当设定可以得到所需要的取向功能的厚度即可。

[0128] 取向膜的厚度优选为0.01～5μm,更优选为0.05～2μm。

[0129] 取向膜的形成方法没有限制,可以利用各种与取向膜的形成材料对应的公知的方法。作为一例,可例示将取向膜涂布于支撑体20的表面使其干燥之后,通过激光束曝光取向膜,从而形成取向图案的方法。

[0130] 图7概念性地示出对取向膜24进行曝光而形成上述取向图案的曝光装置的一例。

[0131] 图7所示的曝光装置60具备:具备激光器62的光源64;改变由激光器62射出的激光束M的偏振方向的λ/2板65;将由激光器62射出的激光束M分离为光线MA和MB这两个的偏振光束控制元件68;分别配置于所分离的两个光线MA和MB的光路上的反射镜70A和70B;及λ/4板72A和72B。

[0132] 另外,光源64射出直线偏振光P_0。λ/4板72A将直线偏振光P_0(光线MA)转换为右旋圆偏振光P_R,λ/4板72B将直线偏振光P_0(光线MB)转换为左旋圆偏振光P_L。

[0133] 具有形成取向图案之前的取向膜24的支撑体20配置于曝光部,在取向膜24上使两

个光线MA和光线MB交叉并使其干涉,将该干涉光照射到取向膜24来进行曝光。

[0134] 通过此时的干涉,照射到取向膜24的光的偏振状态以干涉条纹状周期性地发生变化。由此,可以得到具有取向状态周期性地发生变化的取向图案的取向膜。在以下的说明中,将具有这种取向图案的取向膜也称为“图案取向膜”。

[0135] 在曝光装置60中,通过使两个光线MA和MB的交叉角α发生变化,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30的光轴30A沿着一个方向连续旋转的取向图案中,能够调节将光轴30A旋转的一个方向上的光轴30A旋转180°的一个周期的长度(后述的一个周期Λ)。

[0136] 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24上形成光学各向异性层26,能够形成后述的具有源自液晶化合物30的光轴30A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26。

[0137] 并且,能够通过分别将λ/4板72A和72B的光轴旋转90°,使光轴30A的旋转方向反转。

[0138] 如上所述,图案取向膜具有如下取向图案,该取向图案使液晶化合物取向,以成为形成于图案取向膜上的光学各向异性层26的液晶化合物的光轴的方向沿着面内的至少一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0139] 若将图案取向膜沿着使液晶化合物取向的方向的轴设为取向轴,则可以说图案取向膜具有取向轴的方向沿着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。

[0140] 图案取向膜的取向轴能够通过测量吸收各向异性来检测。例如,在使直线偏振光旋转的同时照射到图案取向膜并测量了透射图案取向膜的光的光量时,观察到光量成为最大或最小的方向沿着面内的一个方向逐渐发生变化。

[0141] 另外,在液晶衍射元件104中,取向膜24以优选的方式设置,如上所述,并不是必须的构成要件。

[0142] 例如,通过对支撑体20进行摩擦处理的方法、用激光束等对支撑体20进行加工的方法等在支撑体20形成取向图案,从而也能够设为光学各向异性层26等具有源自液晶化合物30的光轴30A的方向沿着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。

[0143] (光学各向异性层)

[0144] 在图2和图3所示的液晶衍射元件104中,在取向膜24的表面形成光学各向异性层26。

[0145] 如上所述,在液晶衍射元件104中,光学各向异性层26使用包含液晶化合物的组合物而形成。

[0146] 在将面内延迟的值设定为λ/2时,光学各向异性层26具有作为一般的λ/2板的功能,即,对入射到光学各向异性层的光中包含的彼此正交的两个直线偏振光成分赋予半波长即180°的相位差的功能。

[0147] 光学各向异性层26具有在光学各向异性层的面内源自液晶化合物30的光轴30A的方向沿着一个方向(图4等的箭头A方向)连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0148] 另外,源自于液晶化合物30的光轴30A是指在液晶化合物30中折射率变得最高的轴、所谓的慢轴。例如,在液晶化合物30是棒状液晶化合物的情况下,光轴30A沿着棒形状的长轴方向。

[0149] 在以下的说明中,也将源自于液晶化合物30的光轴30A称为“液晶化合物30的光轴30A”或“光轴30A”。

[0150] 图4是表示光学各向异性层26的主表面的面内的液晶化合物30的取向状态的示意图。另外,主表面是指片状物(膜、板状物、层)的最大表面。

[0151] 如上所述,光学各向异性层26具有在面内光轴30A沿着箭头A所示的一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0152] 在光学各向异性层26中,液晶化合物30在平行于箭头A所示的一个方向和与该箭头A方向正交的Y方向的面内二维取向。另外,在后述的图5和图6中,Y方向为与纸面正交的方向。

[0153] 在以下的说明中,将“箭头A所示的一个方向”也简称为“箭头A方向”。

[0154] 另外,俯视图是指从厚度方向(=各层(膜)的层叠方向)观察光学各向异性层26的图。换言之,是从与主表面正交的方向观察光学各向异性层26的图。

[0155] 并且,在图4中,为了清楚地示出液晶衍射元件104的结构,液晶化合物30仅示出了取向膜24的表面的液晶化合物30。

[0156] 但是,如图2和图3所示,该光学各向异性层26也在厚度方向上具有从该取向膜的表面的液晶化合物30层叠液晶化合物30而成的结构。关于这一点,后述的图5和图6也相同。另外,关于厚度方向,图2所示的光学各向异性层26在厚度方向上层叠有液晶化合物30,图3所示的光学各向异性层26在相对于厚度方向倾斜的方向上层叠。

[0157] 光学各向异性层26具有在光学各向异性层26的面内源自液晶化合物30的光轴30A的方向沿着箭头A方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0158] 液晶化合物30的光轴30A的方向在箭头A方向(规定的一个方向)连续旋转的同时发生变化,具体而言,是指沿着箭头A方向排列的液晶化合物30的光轴30A与箭头A方向所成的角度根据箭头A方向的位置而不同,沿着箭头A方向光轴30A与箭头A方向所成的角度从θ到θ+180°或者θ-180°依次发生变化。

[0159] 另外,在箭头A方向彼此相邻的液晶化合物30的光轴30A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。

[0160] 另一方面,在形成光学各向异性层26的液晶化合物30中,光轴30A的方向相同的液晶化合物30在与箭头A方向正交的Y方向即与光轴30A连续旋转的一个方向正交的Y方向上以等间隔排列。

[0161] 换言之,在形成光学各向异性层26的液晶化合物30中,在Y方向上排列的液晶化合物30彼此之间,光轴30A的方向与箭头A方向所成的角度相等。

[0162] 在光轴30A朝向一个方向连续旋转的液晶取向图案中,将液晶化合物30的光轴30A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。

[0163] 即,如果是图2~图4所示的光学各向异性层26,则将在光轴30A的方向在面内连续旋转而发生变化的箭头A方向上液晶化合物30的光轴30A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。换言之,液晶取向图案中的一个周期的长度由液晶化合物30的光轴30A与箭头A方向所成的角度从θ成为θ+180°的距离来定义。

[0164] 即,将相对于箭头A方向的角度相等的两个液晶化合物30的箭头A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4所示,将箭头A方向与光轴30A的方向一致

的两个液晶化合物30的箭头A方向的中心之间的距离设为一个周期的长度Λ。

[0165] 在以下的说明中,也将该一个周期的长度Λ称为“一个周期Λ”。

[0166] 在液晶衍射元件104中,光学各向异性层26的液晶取向图案在箭头A方向即光轴30A的方向连续旋转而发生变化的一个方向上重复该一个周期Λ。并且,在液晶衍射元件104(光学各向异性层26)中,该一个周期Λ为衍射结构的周期(一个周期)。

[0167] 如上所述,在光学各向异性层26中,在与箭头A方向正交的Y方向上排列的液晶化合物中,光轴30A与箭头A方向即液晶化合物30的光轴的方向旋转的一个方向所成的角度相等。将该光轴30A与箭头A方向所成的角度相等的液晶化合物30配置于Y方向上的区域设为区域R。

[0168] 此时,各自的区域R中的面内延迟(Re)的值优选为半波长即λ/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。这里,光学各向异性层中的区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差是指通过区域R的面内的慢轴方向的折射率和与慢轴方向正交的方向的折射率之差来定义的折射率差。即,区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差Δn等于光轴30A的方向的液晶化合物30的折射率与在区域R的面内与光轴30A垂直的方向的液晶化合物30的折射率之差。即,上述折射率差Δn等于液晶化合物的折射率差。

[0169] 若圆偏振光入射到这种光学各向异性层26上,则光被折射(衍射),并且圆偏振光的方向被转换。

[0170] 在图5和图6中概念性地示出该作用。在光学各向异性层26中,设为液晶化合物的折射率差与光学各向异性层的厚度的乘积的值为λ/2。

[0171] 如图5所示,在光学各向异性层26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λ/2的情况下,若作为左旋圆偏振光的入射光L_1入射到光学各向异性层26上,则入射光L_1通过光学各向异性层26而被赋予180°的相位差,从而透射光L_2被转换为右旋圆偏振光。

[0172] 并且,入射光L_1在通过光学各向异性层26时,其绝对相位根据各液晶化合物30的光轴30A的方向而改变。此时,由于光轴30A的方向沿着箭头A方向旋转的同时发生变化,因此根据光轴30A的方向,入射光L_1的绝对相位的变化量不同。此外,由于形成在光学各向异性层26的液晶取向图案是在箭头A方向上的周期性图案,因此如图5所示,对通过了光学各向异性层26的入射光L_1赋予分别与光轴30A的方向对应的箭头A方向上的周期性绝对相位Q1。由此,形成向与箭头A方向相反的方向倾斜的等相位面E1。

[0173] 因此,透射光L_2以朝向与等相位面E1垂直的方向倾斜的方式被折射,并沿着与入射光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转换为相对于入射方向向箭头A方向仅倾斜规定角度的右旋圆偏振光的透射光L_2。

[0174] 另一方面,如图6概念性地所示,在光学各向异性层26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λ/2时,若右旋圆偏振光的入射光L_4入射到光学各向异性层26上,则入射光L_4通过光学各向异性层26而被赋予180°的相位差,从而被转换为左旋圆偏振光的透射光L_5。

[0175] 并且,入射光L_4在通过光学各向异性层26时,其绝对相位根据各液晶化合物30的光轴30A的方向而改变。此时,由于光轴30A的方向沿着箭头A方向旋转的同时发生变化,因

此根据光轴30A的方向,入射光L_4的绝对相位的变化量不同。此外,由于形成在光学各向异性层26的液晶取向图案是在箭头A方向上的周期性图案,因此如图6所示,通过了光学各向异性层26的入射光L_4被赋予分别与光轴30A的方向对应的箭头A方向上的周期性绝对相位Q2。

[0176] 这里,由于入射光L_4为右旋圆偏振光,因此与光轴30A的方向对应的箭头A方向的周期性绝对相位Q2与作为左旋圆偏振光的入射光L_1相反。其结果,在入射光L_4中形成与入射光L_1相反地向箭头A方向倾斜的等相位面E2。

[0177] 因此,入射光L_4以朝向与等相位面E2垂直的方向倾斜的方式被折射,并沿着与入射光L_4的行进方向不同的方向行进。这样,入射光L_4转换为相对于入射方向向与箭头A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。

[0178] 如上所述,包括具有这种液晶取向图案的光学各向异性层的液晶衍射元件优选用作本发明的光耦合系统中的偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17。

[0179] 例如,在图1所示的光耦合系统1中,设为从多芯光纤10的纤芯11a射出的光束是无偏振光。

[0180] 在这种情况下,如果光束13a入射到如上所述的作为液晶衍射元件的偏振光束控制元件14,则通过光学各向异性层26的作用,分离为右旋圆偏振光成分和左旋圆偏振光成分这两个光束15a和光束16a。并且,所分离的光束15a和光束16a分别沿着不同的方向(箭头A方向和与箭头A方向相反的方向)被分离并行进。

[0181] 此外,在光耦合系统1中,如果使由偏振光束控制元件14分离的两个光束15a和光束16a入射到如上所述的作为液晶衍射元件的偏振选择性衍射元件17,则通过光学各向异性层26的作用,根据各自的偏振状态来控制光路,从而能够耦合到被耦合器件18的光入射出射面19。

[0182] 根据需要,也可以以使源自相同纤芯11a的光束15a和光束16a耦合到同一被耦合器件的方式控制光路。

[0183] 在光学各向异性层26中,多个区域R的面内延迟的值优选为半波长,但优选相对于波长为550nm的入射光的光学各向异性层26的多个区域R的面内延迟$Re(550)=\Delta n_{550}\times d$在下述式(1)所规定的范围内。这里,$\Delta n_{550}$是入射光的波长为550nm时的区域R的折射率各向异性所伴随的折射率差,d是光学各向异性层26的厚度。

[0184] $200nm\leq\Delta n_{550}\times d\leq350nm\cdots\cdots(1)$

[0185] 另外,作为所谓的λ/2板发挥作用的是光学各向异性层26。但是,在本发明中,在具有支撑体20和取向膜24的情况下,包括一体地具备它们的层叠体作为λ/2板发挥作用的方式。

[0186] 光学各向异性层26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和L_5的折射的角度。具体而言,液晶取向图案的一个周期Λ越短,通过了彼此相邻的液晶化合物30的光彼此的干涉越强,因此能够使透射光L_2和L_5折射得更大。

[0187] 例如,在光从法线方向入射到光学各向异性层26的情况下,一个周期Λ越短,法线方向与透射光所成的角度越大。法线方向是指与表面正交的方向,在光学各向异性层26中是与主表面正交的方向。

[0188] 此外,通过将沿着箭头A方向旋转的液晶化合物30的光轴30A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。

[0189] 光学各向异性层26使用包含棒状液晶化合物或圆盘状液晶化合物的液晶组合物形成,并具有棒状液晶化合物的光轴或圆盘状液晶化合物的光轴如上述那样取向的液晶取向图案。

[0190] 在支撑体20上形成具有与上述液晶取向图案对应的取向图案的取向膜24,在取向膜24上涂布液晶组合物并使其固化,由此能够得到包括液晶组合物的固化层的光学各向异性层。

[0191] 另外,用于形成光学各向异性层26的液晶组合物含有棒状液晶化合物或圆盘状液晶化合物,进而可以含有流平剂、取向控制剂、表面活性剂、聚合引发剂、交联剂及取向助剂等其他成分。

[0192] 光学各向异性层26相对于入射光的波长优选为宽频带,优选使用双折射率为逆分散的液晶材料构成。

[0193] 并且,还优选通过对液晶组合物赋予扭转成分,使液晶化合物在厚度方向上扭转取向,进而层叠厚度方向的扭转方向相反的多层光学各向异性层,由此使光学各向异性层相对于入射光的波长实质上为宽频带。例如,在光学各向异性层26中,通过层叠扭转方向不同的2层的液晶来实现宽频带的图案化的λ/2板的方法示于日本特开2014-089476号公报等中,在本发明中可以优选使用。

[0194] -棒状液晶化合物-

[0195] 作为棒状液晶化合物,优选使用甲亚胺类、氧化偶氮类、氰基联苯类、氰基苯酯类、苯甲酸酯类、环己烷羧酸苯酯类、氰基苯基环己烷类、氰基取代苯基嘧啶类、烷氧基取代苯基嘧啶类、苯基二噁烷类、二苯乙炔类及链烯基环己基苄腈类。不仅可以使用如上所述的低分子液晶性分子,还可以使用高分子液晶性分子。

[0196] 在光学各向异性层26中,更优选将棒状液晶化合物通过聚合来固定取向,作为聚合性棒状液晶化合物,可以使用Makromol.Chem.,190卷、2255页(1989年)、Advanced Materials 5卷、107页(1993年)、美国专利4683327号说明书、美国专利5622648号说明书、美国专利5770107号说明书、国际公开第95/22586号、国际公开第95/24455号、国际公开第97/00600号、国际公开第98/23580号、国际公开第98/52905号、日本特开平1-272551号公报、日本特开平6-16616号公报、日本特开平7-110469号公报、日本特开平11-80081号公报及日本专利申请2001-64627号公报等中记载的化合物。而且,作为棒状液晶化合物,例如还可以优选使用日本特表平11-513019号公报及日本特开2007-279688号公报中记载的化合物。

[0197] -圆盘状液晶化合物-

[0198] 作为圆盘状液晶化合物,例如可以优选使用日本特开2007-108732号公报及日本特开2010-244038号公报中记载的圆盘状液晶化合物。

[0199] 另外,在光学各向异性层中使用了圆盘状液晶化合物的情况下,在光学各向异性层中,液晶化合物30在厚度方向上升,源自液晶化合物的光轴30A被定义为与圆盘面垂直的轴,所谓的快轴。

[0200] 上述光学各向异性层26均具有液晶化合物30的光轴30A朝向面内的一个方向(箭头A方向)连续旋转的液晶取向图案。

[0201] 相对于此,通过精密地设计液晶衍射元件中的液晶化合物的取向,可以制作空间上被分割的各信号光(光束)聚光或扩散(发散)那样的液晶衍射元件。

[0202] 图8概念性地示出其一例。

[0203] 在图8中,在光学各向异性层26中,液晶化合物30的光轴的方向沿着从光学各向异性层26的中心朝向外侧的多个方向(例如箭头A_1所示的方向、箭头A_2所示的方向、箭头A_3所示的方向、箭头A_4所示的方向……)连续旋转的同时发生变化。

[0204] 因此,在光学各向异性层26中,液晶化合物30的光轴的旋转方向在所有方向(一个方向)上都是相同的方向。在图示例中,在箭头A_1所示的方向、箭头A_2所示的方向、箭头A_3所示的方向及箭头A_4所示的方向的所有方向上,液晶化合物30的光轴的旋转方向为逆时针旋转。

[0205] 即,若将箭头A_1和箭头A_4视为一条直线,则在该直线上,液晶化合物30的光轴的旋转方向在光学各向异性层26的中心反转。作为一例,设为箭头A_1和箭头A_4所成的直线朝向图中右方向(箭头A_1方向)。在这种情况下,液晶化合物30的光轴最初从光学各向异性层26的外方向朝向中心顺时针旋转,旋转方向在光学各向异性层26的中心反转,然后从光学各向异性层26的中心朝向外方向逆时针旋转。

[0206] 如上所述,具有液晶化合物30的光轴朝向一个方向连续旋转的液晶取向图案的光学各向异性层26根据圆偏振光的旋转方向,将入射的圆偏振光向相反方向折射。

[0207] 并且,在具有液晶化合物30的光轴的方向朝向一个方向连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案的光学各向异性层(液晶衍射元件)中,透射的光的折射方向依赖于液晶化合物30的光轴的旋转方向。即,在该液晶取向图案中,在液晶化合物30的光轴的旋转方向相反的情况下,透射的光的折射方向相对于光轴旋转的一个方向成为相反方向。

[0208] 而且,一个周期Λ越短,基于光学各向异性层26的衍射角度越大。即,一个周期Λ越短,基于光学各向异性层26的光的折射越大。

[0209] 因此,具有这种同心圆状的液晶取向图案即光轴以放射状连续旋转而发生变化的液晶取向图案的光学各向异性层26可以根据液晶化合物30的光轴的旋转方向和入射的圆偏振光的旋转方向,使多个入射光(光束)会聚或扩散并透射。

[0210] 具有这种图8所示的同心圆状的液晶取向图案的光学各向异性层26也可以用作构成本发明的光耦合系统的偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17。

[0211] 对将包括具有该同心圆状的液晶取向图案的光学各向异性层26的液晶衍射元件用于图1所示的光耦合系统1的偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17的情况的一例进行说明。

[0212] 在本例子中,作为一例,设为构成成为偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17的液晶衍射元件的具有同心圆状的液晶取向图案的光学各向异性层26中,从中心朝向外方向(箭头A_1方向、箭头A_2方向……箭头A_n方向)的液晶化合物30的光轴的旋转方向均为顺时针(与图8相反)。

[0213] 如图4～图6所示,在朝向箭头A方向的液晶化合物30的光轴的旋转方向为顺时针的情况下,光学各向异性层26如图5所示,将左旋圆偏振光(入射光L_1)向箭头A方向折射(衍射)而转换为右旋圆偏振光(透射光L_2)。并且,如图6所示,将右旋圆偏振光(入射光L_4)向与箭头A方向相反的方向折射而转换为左旋圆偏振光(透射光L_5)。

[0214] 因此,具有该同心圆状的液晶取向图案的光学各向异性层26(液晶衍射元件)向将左旋圆偏振光转换为右旋圆偏振光而扩散(发散)的方向折射,并向将右旋圆偏振光转换为左旋圆偏振光而聚光的方向折射。

[0215] 这里,在从多芯光纤10的纤芯射出的光束为无偏振光的情况下,如果从纤芯11a射出的光束13a入射到偏振光束控制元件14,则光束13a被分离,成为向不同方向行进的两条光束。具体而言,如图1所示,光束13a的右旋圆偏振光的成分转换为左旋圆偏振光(第1偏振状态)而作为光束15a向聚光的方向行进,光束13a的左旋圆偏振光的成分转换为右旋圆偏振光(第2偏振状态)而作为光束16a向扩散的方向行进。

[0216] 同样地,如果从纤芯11b射出的无偏振光的光束13b入射到偏振光束控制元件14,则光束13b被分离,成为向不同方向行进的两条光束。具体而言,如图1所示,光束13b的右旋圆偏振光的成分转换为左旋圆偏振光而作为光束15b向聚光的方向行进,光束13b的左旋圆偏振光的成分转换为右旋圆偏振光而作为光束16b向扩散的方向行进。

[0217] 光束13a被分离的左旋圆偏振光的光束15a和右旋圆偏振光的光束16a以及光束13b被分离的左旋圆偏振光的光束15b和右旋圆偏振光的光束16b接着入射到偏振选择性衍射元件17并改变光路。

[0218] 左旋圆偏振光的光束15a入射到偏振选择性衍射元件17,转换为右旋圆偏振光,向扩散的方向改变光路。从光束15a转换的光束耦合到被耦合器件18b。

[0219] 右旋圆偏振光的光束16a入射到偏振选择性衍射元件17,转换为左旋圆偏振光,向聚光的方向改变光路。从光束16a转换的光束耦合到被耦合器件18a。

[0220] 左旋圆偏振光的光束15b入射到偏振选择性衍射元件17,转换为右旋圆偏振光,向扩散的方向改变光路。从光束15b转换的光束耦合到被耦合器件18c。

[0221] 而且,右旋圆偏振光的光束16b入射到偏振选择性衍射元件17,转换为左旋圆偏振光,向聚光的方向改变光路。从光束16b转换的光束耦合到被耦合器件18d。

[0222] 如上所述,基于光学各向异性层26的衍射角度根据一个周期Λ而发生变化,一个周期Λ越短,该衍射角度越大。

[0223] 因此,通过适当设定构成偏振光束控制元件14的液晶衍射元件中的光学各向异性层26的一个周期,可以任意地调节分离光束13a而得到的光束15a和光束16a的行进方向以及分离光束13b而得到的光束15b和光束16b的行进方向。

[0224] 并且,通过适当设定构成偏振选择性衍射元件17的液晶衍射元件中的光学各向异性层26的一个周期,可以根据被耦合器件18的位置,任意地调节透射偏振选择性衍射元件17的光束的光路。例如,根据各光束的入射角度适当地调节光学各向异性层26的一个周期,从而如图1所示,可以使四条光束的光路平行。

[0225] 图9概念性地示出对取向膜24进行曝光,形成与图8所示的光轴以放射状连续旋转而发生变化的同心圆状的液晶取向图案对应的取向图案的曝光装置的一例。

[0226] 图9所示的曝光装置80具有:具备激光器82的光源84、将来自激光器82的激光束M分割为S偏振光MS和P偏振光MP的偏振光束控制元件86、配置于P偏振光MP的光路的反射镜90A和配置于S偏振光MS的光路的反射镜90B、配置于S偏振光MS的光路的透镜92、偏振光束控制元件94以及λ/4板96。

[0227] 由偏振光束控制元件86分割的P偏振光MP被反射镜90A反射,并入射到偏振光束控

制元件94。另一方面,被偏振光束控制元件86分割的S偏振光MS被反射镜90B反射,被透镜92聚光而入射到偏振光束控制元件94。

[0228] P偏振光MP和S偏振光MS被偏振光束控制元件94合波,通过λ/4板96成为与偏振方向对应的右旋圆偏振光和左旋圆偏振光,并入射到支撑体20上的取向膜24。

[0229] 这里,通过右旋圆偏振光与左旋圆偏振光的干涉,照射到取向膜24的光的偏振状态成为以干涉条纹状周期性地发生变化的状态。从同心圆的内侧朝向外侧,左旋圆偏振光与右旋圆偏振光的交叉角发生变化,因此可以得到节距从内侧朝向外侧发生变化的曝光图案。由此,在取向膜24中,可以得到取向状态周期性地发生变化的放射状(同心圆状)取向图案。

[0230] 在该曝光装置80中,液晶化合物30的光轴沿着一个方向连续旋转180°的液晶取向图案的一个周期Λ可以通过改变透镜92的折射力(透镜92的F值)透镜92的焦距及透镜92与取向膜24的距离等来控制。

[0231] 并且,通过调节透镜92的折射力(透镜92的F值),能够在光轴连续旋转的一个方向上改变液晶取向图案的一个周期的长度。

[0232] 具体而言,通过与平行光干涉的通过透镜92扩散的光的扩散角,能够在光轴连续旋转的一个方向上改变液晶取向图案的一个周期的长度。更具体而言,如果减弱透镜92的折射力,则接近平行光,因此液晶取向图案的一个周期的长度Λ从内侧朝向外侧逐渐变短,F值变大。相反,如果增强透镜92的折射力,则液晶取向图案的一个周期的长度Λ从内侧朝向外侧突然变短,F值变小。

[0233] 图10示出了在本发明的光耦合系统中,作为偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17,使用了如图4所示的具有光学各向异性层26的液晶衍射元件的一例,该光学各向异性层26具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向面内的一个方向(箭头A方向)连续旋转的同时发生变化的液晶取向图案。

[0234] 在本例子中,作为一例,设为构成偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17的光学各向异性层26的图4～6中的箭头A方向是图10中的朝向上方的方向。并且,液晶化合物30沿着箭头A方向顺时针旋转。

[0235] 如图5和图6所示,该光学各向异性层26将左旋圆偏振光向箭头A方向(图10的上方向)衍射(折射)而转换为右旋圆偏振光,将右旋圆偏振光向与箭头A方向相反的方向(图10的下方向)衍射而转换为左旋圆偏振光。

[0236] 与之前相同地,在从多芯光纤10的纤芯射出的光束为无偏振光的情况下,如果从纤芯11a射出的光束13a入射到偏振光束控制元件14,则光束13a被分离,成为向不同方向行进的两条光束。

[0237] 具体而言,如图10所示,光束13a的右旋圆偏振光的成分被转换为左旋圆偏振光(第1偏振状态),作为光束15a向图中下方(与箭头A方向相反的方向)衍射。另一方面,光束13a的左旋圆偏振光的成分被转换为右旋圆偏振光(第2偏振状态),作为光束16a向图中上方(箭头A方向)衍射。

[0238] 同样地,如果从纤芯11b射出的光束13b入射到偏振光束控制元件14,则光束13b被分离,成为向不同方向行进的两条光束。具体而言,如图10所示,光束13b的右旋圆偏振光的成分被转换为左旋圆偏振光,作为光束15b向图中下方(与箭头A方向相反的方向)衍射,光

束13b的左旋圆偏振光的成分被转换为右旋圆偏振光,作为光束16b向图中上方(箭头A方向)衍射。

[0239] 光束13a被分离的左旋圆偏振光的光束15a和右旋圆偏振光的光束16a以及光束13b被分离的左旋圆偏振光的光束15b和右旋圆偏振光的光束16b接着入射到偏振选择性衍射元件17并改变光路。

[0240] 左旋圆偏振光的光束15a入射到偏振选择性衍射元件17,转换为右旋圆偏振光,将光路改变为朝向图中上方(箭头A方向)的方向。从光束15a转换的光束耦合到被耦合器件18b。

[0241] 右旋圆偏振光的光束16a入射到偏振选择性衍射元件17,转换为左旋圆偏振光,将光路改变为朝向图中下方(与箭头A方向相反的方向)的方向。从光束16a转换的光束耦合到被耦合器件18a。

[0242] 左旋圆偏振光的光束15b入射到偏振选择性衍射元件17,转换为右旋圆偏振光,将光路改变为朝向图中上方(箭头A方向)的方向。从光束15b转换的光束耦合到被耦合器件18d。

[0243] 而且,右旋圆偏振光的光束16b入射到偏振选择性衍射元件17,转换为左旋圆偏振光,将光路改变为朝向图中下方(与箭头A方向相反的方向)的方向。从光束15a转换的光束耦合到被耦合器件18c。

[0244] 如上所述,基于光学各向异性层26的衍射角度根据一个周期Λ而发生变化,一个周期Λ越短,该衍射角度越大。

[0245] 因此,通过适当设定构成偏振光束控制元件14的液晶衍射元件中的光学各向异性层26的一个周期,可以任意地调节分离光束13a而得到的光束15a和光束16a的行进方向以及分离光束13b而得到的光束15b和光束16b的行进方向。

[0246] 并且,通过适当设定构成偏振选择性衍射元件17的液晶衍射元件中的光学各向异性层26的一个周期,可以根据被耦合器件18的位置,任意地调节透射偏振选择性衍射元件17的光束的光路。例如,根据各光束的入射角度适当地调节光学各向异性层26的一个周期,从而如图10所示,可以使四条光束的光路平行。

[0247] 作为本发明的光耦合系统的一个优选方式,偏振光束控制元件优选是如上所述的包括光学各向异性层的液晶衍射元件,该光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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,作为另一个优选方式,偏振选择性衍射元件优选是如上所述的包括光学各向异性层的液晶衍射元件,该光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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。

[0248] 作为特别优选的一个方式,偏振光束控制元件和偏振选择性衍射元件均优选是如上所述的包括光学各向异性层的液晶衍射元件,该光学各向异性层具有源自液晶化合物的光轴的方向朝向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,偏振选择性衍射元件可以形成为使从多芯光纤的各纤芯射出的各光束聚光,也可以形成为使来自被耦合器件的光束平行光化或聚光。

[0249] 在偏振光束控制元件是上述液晶衍射元件,且将衍射光的1级光和-1级光进行偏振分离而使用的情况下,进入之后的偏振选择性衍射元件的圆偏振光如同左旋圆偏振光和

右旋圆偏振光那样,圆偏振光的旋转方向不同。

[0250] 因此,构成对应的偏振选择性衍射元件的液晶衍射元件的光学各向异性层的光轴(面内慢轴)的旋转方向可以形成为与偏振光束控制元件相反(镜面对称),或者,如上述的例子那样,在偏振光束控制元件和偏振选择性衍射元件中,也可以使用光轴的旋转方向相同(平行对称)的液晶衍射元件。

[0251] 另一方面,在偏振光束控制元件是上述液晶衍射元件,且使用衍射光的1级光(或-1级光)和0级光的情况下,进入之后的偏振选择性衍射元件的圆偏振光在右或左旋圆偏振光中,圆偏振光的旋转方向相同。

[0252] 因此,构成对应的偏振选择性衍射元件的液晶衍射元件的光学各向异性层的光轴(面内慢轴)优选形成为与偏振光束控制元件相同(平行对称)。

[0253] 在图1所示的光耦合系统1中,光束15a和光束16a是将从多芯光纤10的纤芯11a射出的光束13a分离的光束,是具有相同信号的光束。同样地,光束15b和光束16b是将从多芯光纤10的纤芯11b射出的光束13b分离的光束,是具有相同信号的光束。

[0254] 因此,在本发明的光耦合系统中,如图11中概念性地所示,例如可以是仅设置被耦合器件18a和被耦合器件18d,以便仅使用光路最大不同的光束16a和光束16b的结构。

[0255] 此时,可以通过在偏振光束控制元件14与偏振选择性衍射元件17之间配置吸收性的圆偏振光板的方法等,除去不需要的圆偏振光(在图示例中为左旋圆偏振光)。或者,光束15a和光束15b例如也可以在透射偏振选择性衍射元件17之后,被例如黑色板等的吸收板等吸收。

[0256] 并且,在本发明的光耦合系统中,偏振光束控制元件14和偏振选择性衍射元件17可以根据入射的光束,在面内具有液晶取向图案不同的多个光学各向异性层。

[0257] 液晶取向图案不同的光学各向异性层是指,例如光轴的旋转方向、光轴旋转的同时发生变化的方向(箭头A方向)以及液晶取向图案中的一个周期等的一个以上不同的光学各向异性层。

[0258] 例如,在图示例的光耦合系统1中,多芯光纤10具有两个纤芯11a和纤芯11b。与此相对应地,偏振光束控制元件14可以根据光束13a和光束13b的入射位置,在面内具有两个光学各向异性层,即具有与光束13a对应的液晶取向图案的光学各向异性层和具有与光束13b对应的液晶取向图案的光学各向异性层。

[0259] 并且,在图示例的光耦合系统1中,偏振选择性衍射元件17入射四条光束,控制各光束的光路,使其入射到与各光束对应的被耦合器件。

[0260] 与此相对应地,偏振选择性衍射元件17可以根据各光束的入射位置和对应的被耦合器件的位置,在面内包括具有彼此不同的液晶取向图案的四个光学各向异性层。或者,偏振选择性衍射元件17也可以以一个光学各向异性层与两条光束对应的方式,在面内包括具有彼此不同的液晶取向图案的两个光学各向异性层。或者,偏振选择性衍射元件17也可以在面内包括具有彼此不同的液晶取向图案的三个光学各向异性层,即,与一条光束对应的光学各向异性层、与一条光束对应的光学各向异性层以及与两条光束对应的光学各向异性层。

[0261] ＜光通信器件＞

[0262] 通过将以上所述的本发明的光耦合系统并入需要多芯光纤和各种器件的光学耦

合的光通信器件,能够构成本发明的光通信器件。这种本发明的光通信器件通过与处理运算装置连接来构成光通信系统,但是通过结构简单且小型,能够增加每个安装尺寸的通信容量,从而有助于通信基础设施的高容量化。

[0263] 并且,本发明的光耦合系统能够应用于由光电路构成运算电路的光计算机以及利用了该原理的量子计算机。本领域技术人员将充分理解通过本发明的光耦合系统可以简化结构并减小安装尺寸而获得的益处。

[0264] 符号说明

[0265] 1-光耦合系统,10-多芯光纤,11a、11b-纤芯,12-光入射出射面,13a、13b-光束,14-偏振光束控制元件,15a、15b、16a、16b-光束,17-偏振选择性衍射元件,18-被耦合器件,19-光入射出射面,20-支撑体,24-取向膜,26-光学各向异性层,30-液晶化合物,30A-光轴,60-曝光装置,62-激光器,64-光源,65-λ/2板,68-偏振光束控制元件,70A、70B-反射镜,72A、72B-λ/4板,80-曝光装置,82-激光器,84-光源,86、94-偏振光束控制元件,90A、90B-反射镜,92-透镜,96-λ/4板,103、105、107-信号光,104-液晶衍射元件,601-光学各向异性层,605-液晶化合物,610-透明基材,615-表面,L_1、L_4-入射光,L_2、L_5-透射光,Q1、Q2-绝对相位,E1、E2-等相位面,G_R-绿色光的右旋圆偏振光,M-激光束,MA、MB-光线,MS-S偏振光,MP-P偏振光,P_0-直线偏振光,P_R-右旋圆偏振光,P_L-左旋圆偏振光。

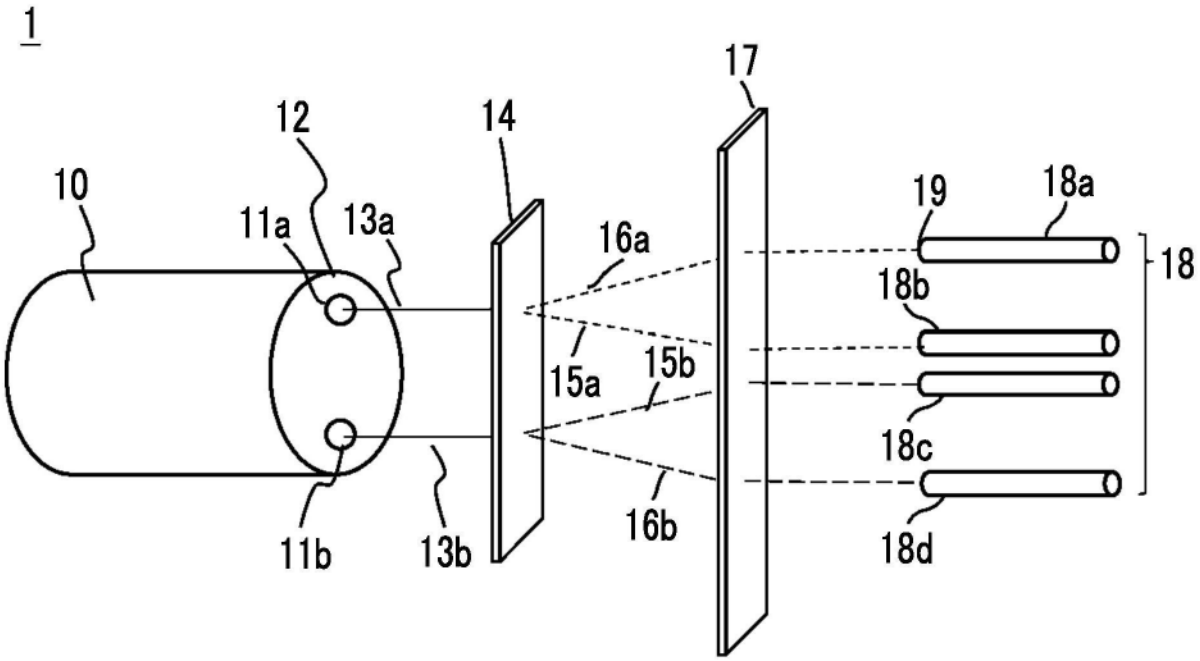

1
17
12
14
10
19
18a
11a
13a
16a
18
18b
15a
15b
18c
11b
13b
16b
18d

图1

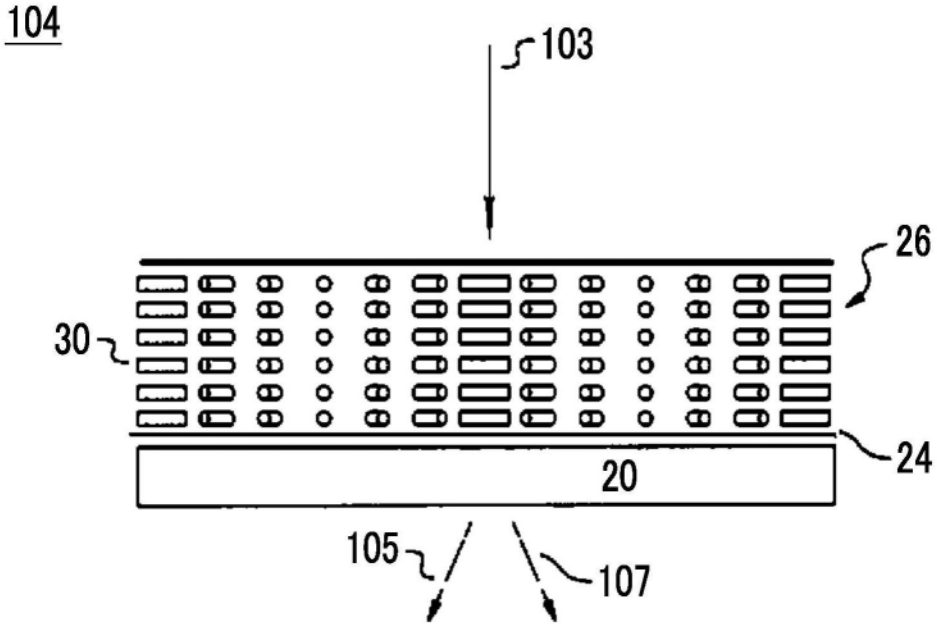

104
103
26
30
24
20
105
107

图2

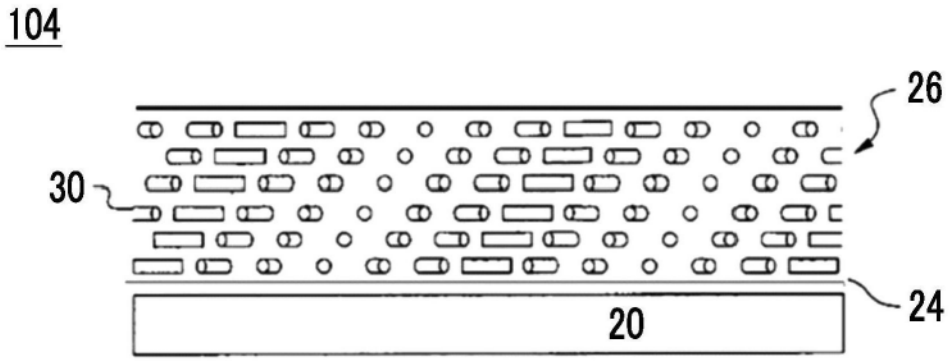


图3

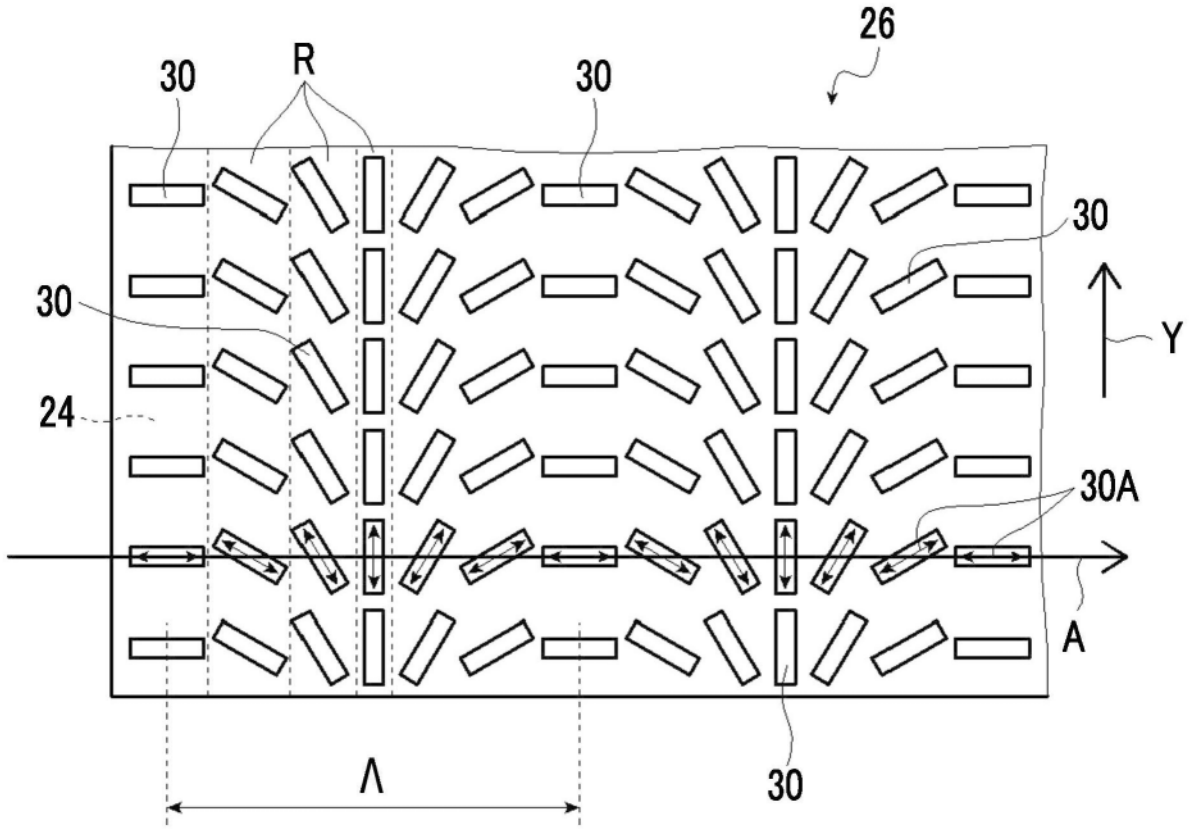


图4

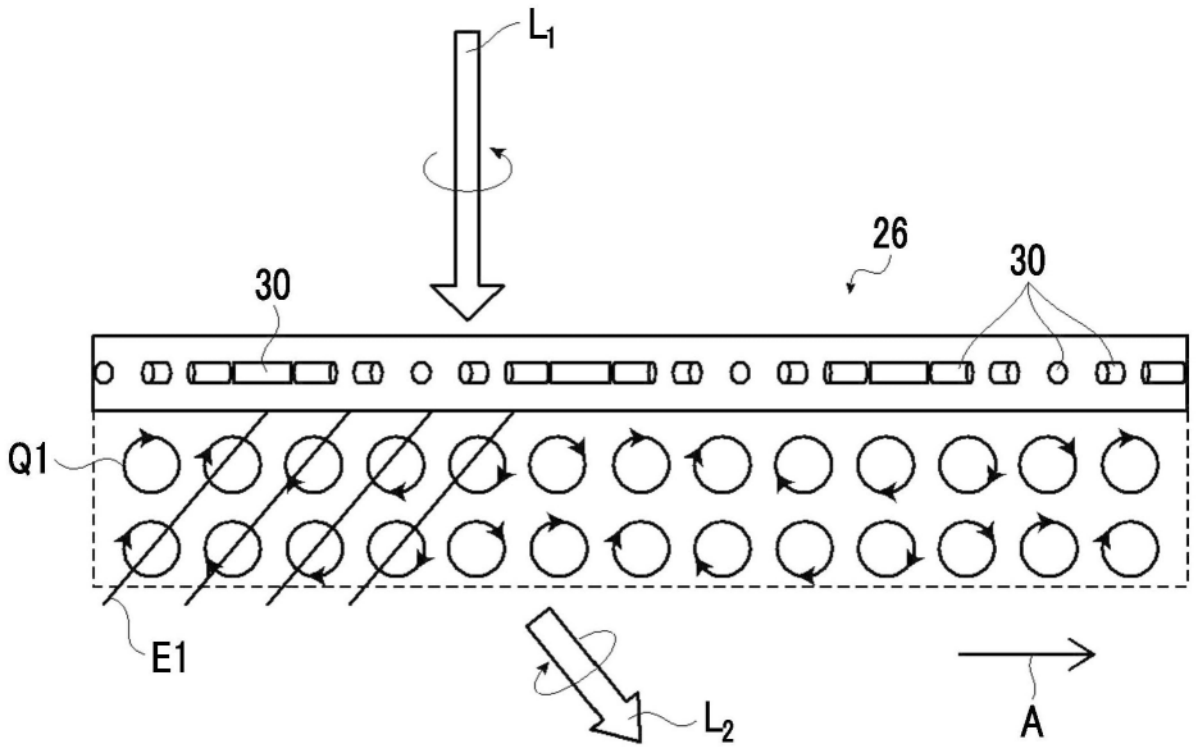


图5

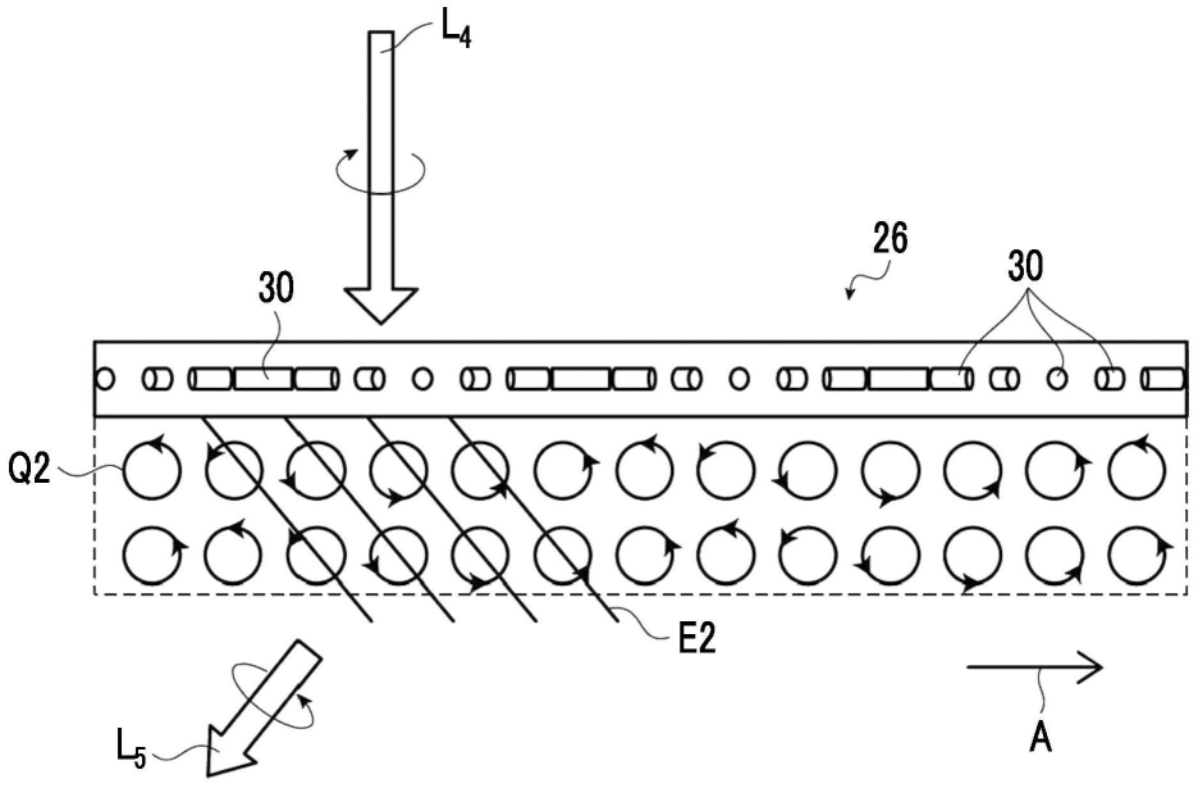


图6

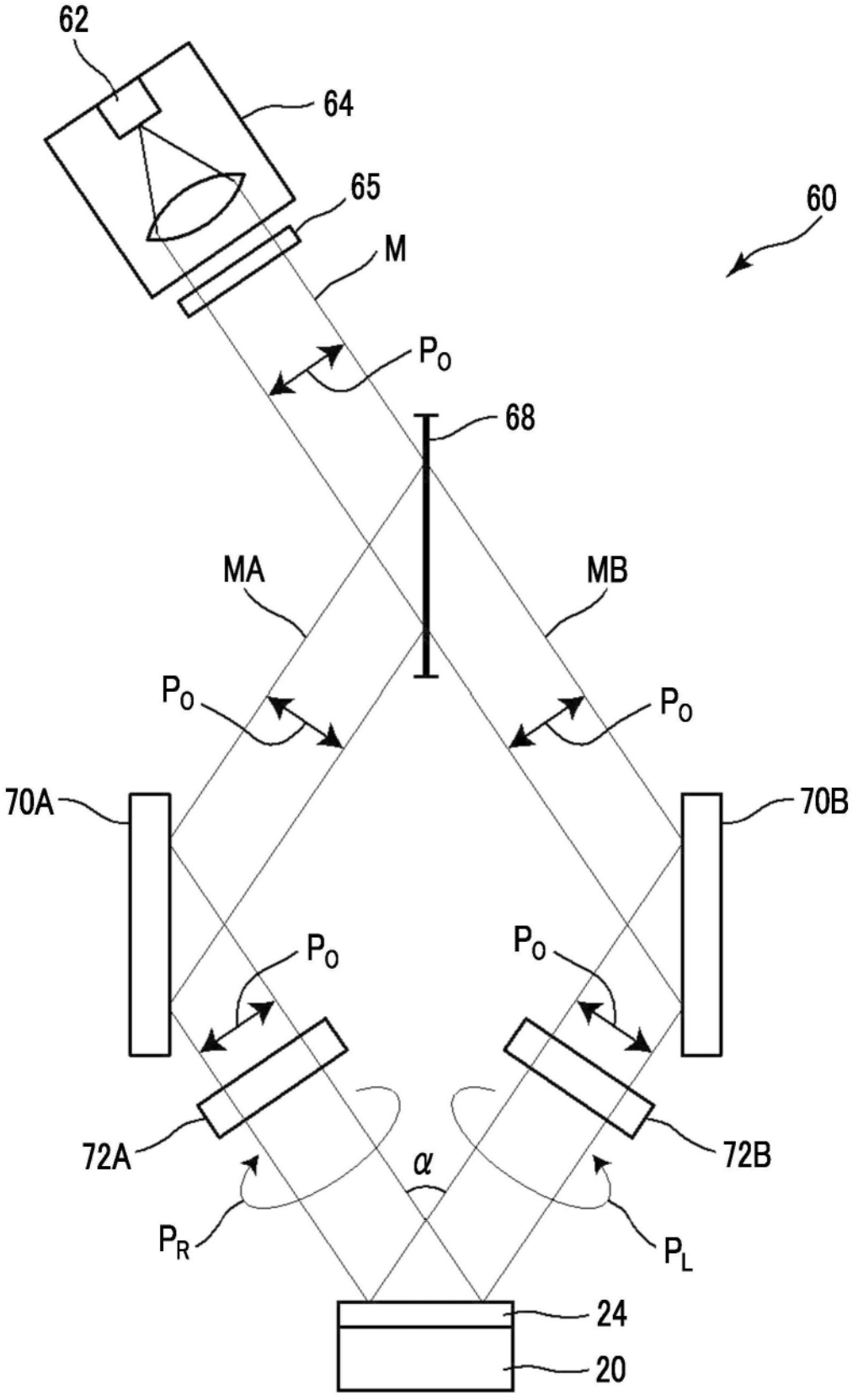


图7

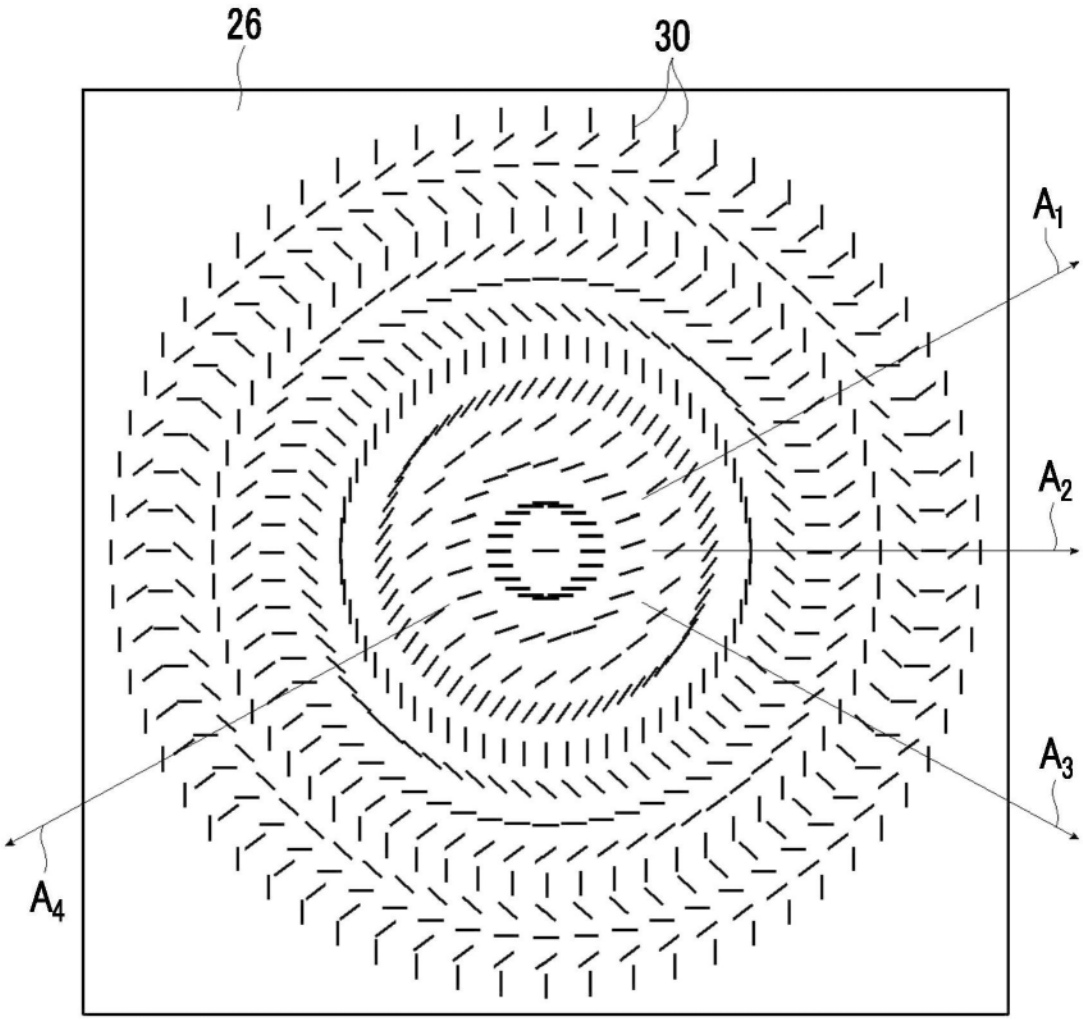


图8

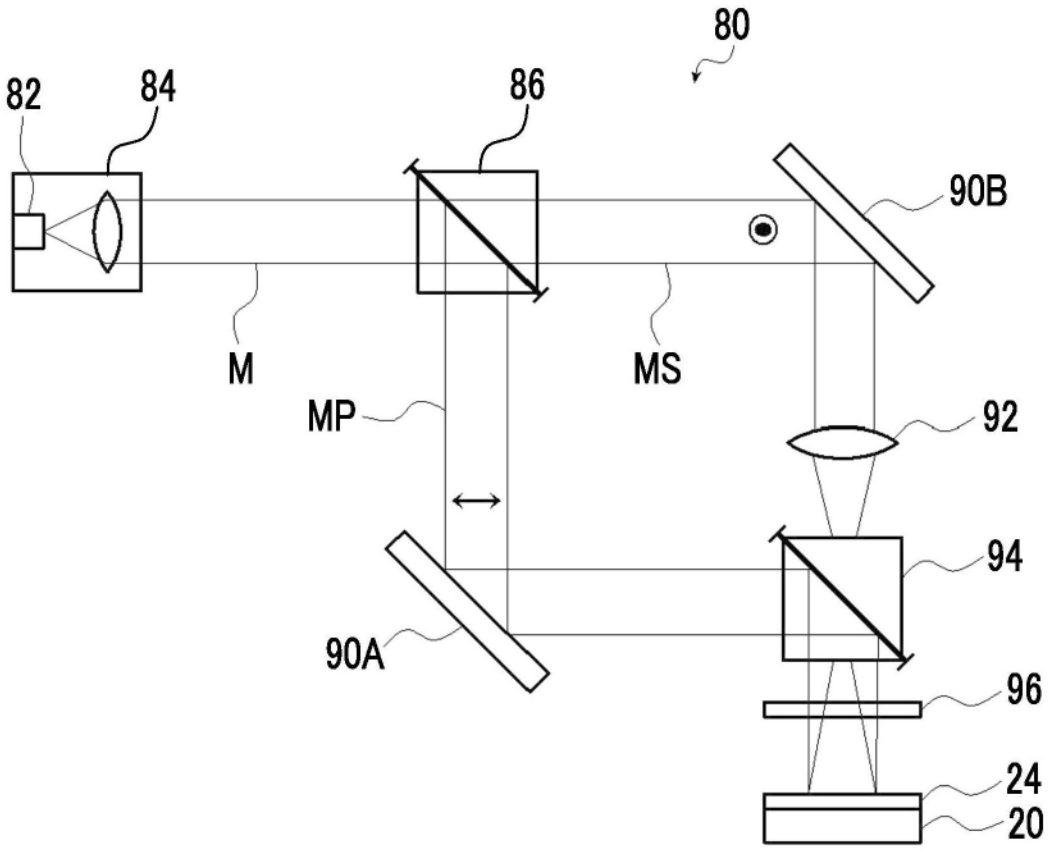

80
82
84
86
90B
M
MS
MP
92
94
90A
96
24
20

图9

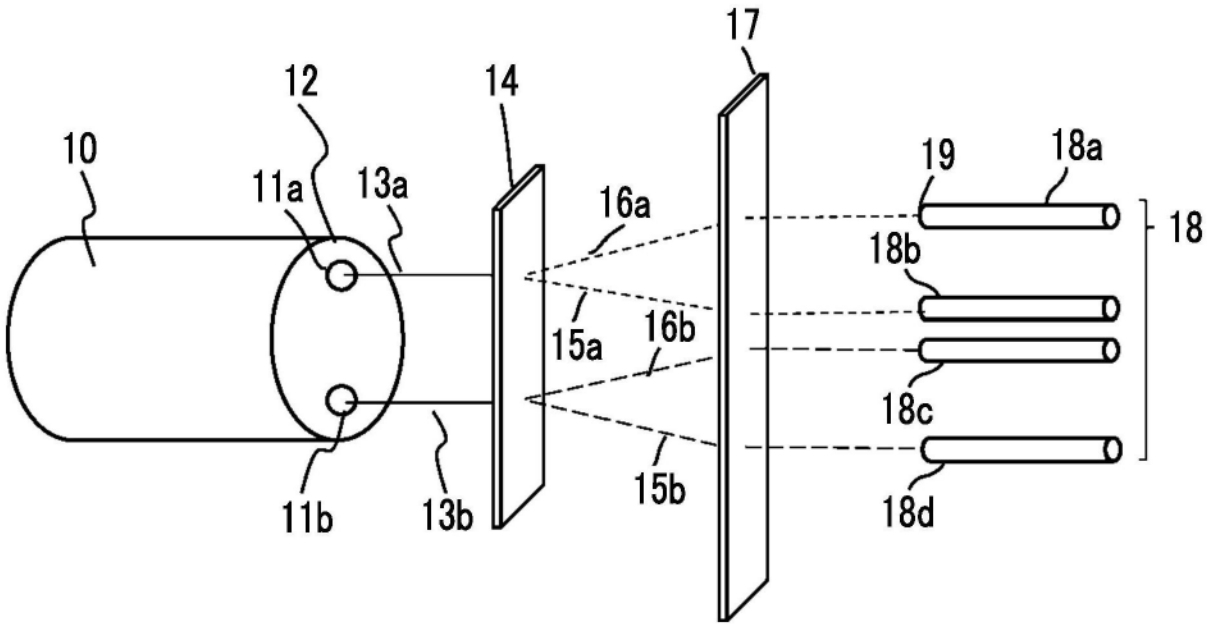

17
12
14
10
19
18a
11a
13a
16a
18
18b
15a
16b
18c
11b
13b
15b
18d

图10

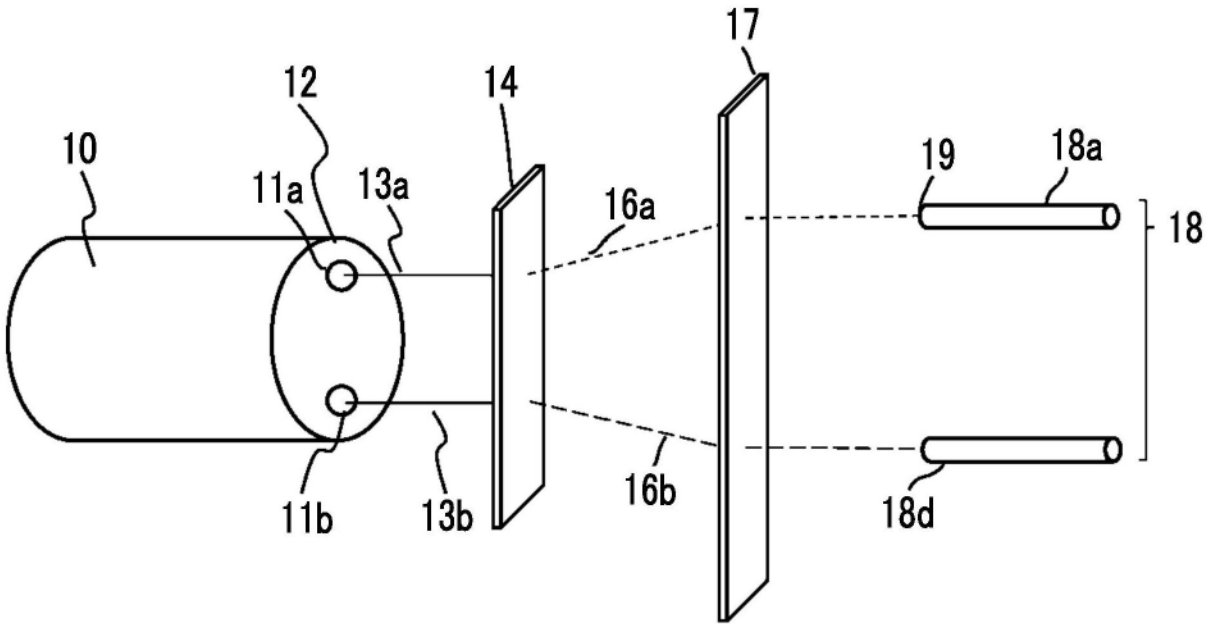


图11