



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114026468 B

(45) 授权公告日 2025. 01. 28

(21) 申请号 202080045388.0

(22) 申请日 2020.02.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114026468 A

(43) 申请公布日 2022.02.08

(30) 优先权数据
2019-115048 2019.06.21 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.12.21

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/005519 2020.02.13

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/255482 JA 2020.12.24

(73) 专利权人 日立乐金光科技株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 峰邑浩行

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
专利代理师 曾贤伟 金成哲

(51) Int. Cl.
G02B 5/18 (2006.01)
G02B 27/02 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 107870428 A, 2018.04.03
CN 109239920 A, 2019.01.18
CN 109863446 A, 2019.06.07
JP 2011209376 A, 2011.10.20
WO 2018206847 A1, 2018.11.15
WO 2018231754 A1, 2018.12.20

审查员 刘倩

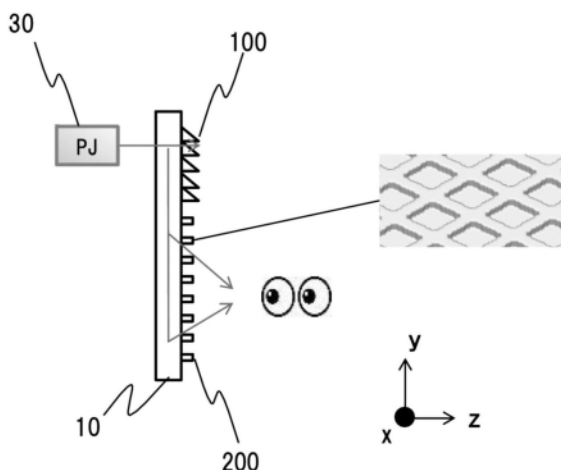
权利要求书2页 说明书12页 附图12页

(54) 发明名称

导光板及其制造方法、导光板模块以及图像显示装置

(57) 摘要

本发明实现导光板的塑料化,并实现安全且轻量的导光板。导光板具备基板、将射入的光衍射的入射衍射光栅、以及将在入射衍射光栅衍射的光从基板射出的射出衍射光栅。射出衍射光栅由形成于基板面的凹凸图案形成,该凹凸图案由第一平行的直线组和与第一平行的直线组相交的第二平行的直线组构成,第一平行的直线组的间距和第二平行的直线组的间距相等。而且,特征在于,作为第一平行的直线组和第二平行的直线组的间距P与凹凸图案的宽度W的关系,W/P为0.15以上且0.85以下。



1. 一种导光板,其特征在于,具备:
基板;
入射衍射光栅,其将射入的光衍射;以及
射出衍射光栅,其将在上述入射衍射光栅衍射的光从上述基板射出,
上述射出衍射光栅由形成于上述基板面的凹凸图案形成,
该凹凸图案由第一平行的直线组和与上述第一平行的直线组相交的第二平行的直线组构成,上述第一平行的直线组的间距和第二平行的直线组的间距相等,
作为上述第一平行的直线组和第二平行的直线组的间距P与上述凹凸图案的宽度W的关系,W/P为0.15以上且0.85以下,
上述射出衍射光栅具有夹角为120度的两个波矢量,
通过注射成型技术形成上述凹凸图案,使上述凹凸图案的纵横比为1以下。
2. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述基板利用由高分子化合物构成的材料形成。
3. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述凹凸图案的纵横比为0.25以上且1.0以下。
4. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述第一平行的直线组和第二平行的直线组的间距P与上述入射衍射光栅的间距相等。
5. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述入射衍射光栅是使射入的光反射衍射并在上述基板的内部传播的反射型的衍射光栅,且形成于上述基板的与上述射出衍射光栅相同的面。
6. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述W/P为0.3以上且0.7以下。
7. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
就上述射出衍射光栅而言,上述第一平行的直线组和第二平行的直线组的间距P与上述凹凸图案的宽度W的关系根据上述射出衍射光栅与上述入射衍射光栅的位置关系变化。
8. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述射出衍射光栅包括上述W/P为0.4以上且0.6以下的部分。
9. 根据权利要求1所述的导光板,其特征在于,
上述射出衍射光栅使从上述入射衍射光栅在上述基板内传播来的光向与上述凹凸图案垂直的方向以衍射效率 η_1 衍射,并且向与上述基板垂直的方向以衍射效率 η_{11} 衍射,而且,衍射效率的关系为 $\eta_{11} < \eta_1$ 。
10. 根据权利要求9所述的导光板,其特征在于,
 η_{11} 为 $(\eta_1)^2$ 的0.8~1.2倍。
11. 一种导光板模块,其特征在于,
层叠多个权利要求1所述的导光板而构成。
12. 根据权利要求11所述的导光板模块,其特征在于,
在上述导光板的基板的与上述入射衍射光栅及上述射出衍射光栅相同的面具备对位标记。

13. 根据权利要求11所述的导光板模块,其特征在于,
在上述导光板的基板的面上具有间隙保持图案,该间隙保持图案与导光板的面积比较,具有0.1%~5.0%的占有面积。
14. 一种图像显示装置,其具备权利要求12所述的导光板模块和向上述导光板模块照射映像光的投影仪,
其特征在于,
上述映像光射入上述入射衍射光栅。
15. 根据权利要求14所述的图像显示装置,其特征在于,
上述基板利用由高分子化合物构成的材料形成,
上述凹凸图案的纵横比为1以下。
16. 根据权利要求14所述的图像显示装置,其特征在于,
上述导光板模块向与配置有上述投影仪的侧相反的侧射出上述映像光。
17. 一种导光板的制造方法,该导光板为权利要求1所述的导光板,
其特征在于,具备:
准备利用由高分子化合物构成的材料形成的上述基板的步骤;以及
利用印模在上述基板形成上述入射衍射光栅和上述射出衍射光栅的步骤。

导光板及其制造方法、导光板模块以及图像显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种组合了导光板和衍射元件的小型、轻量且能够进行增强现实等图像显示的技术。

背景技术

[0002] 在增强现实的图像显示装置中,用户不仅能看到投影的映像,也能够同时看到周围。投影的映像可以与用户所认识的现实世界重叠。作为这些显示器之外的用途,可举出电视游戏及如眼镜这样的可穿戴设备等。用户通过佩戴半透明的导光板和投影仪(光源)成为一体的眼镜或护目镜状的图像显示装置,能够与现实世界重叠地视觉确认从投影仪供给的图像。

[0003] 这样的图像显示装置之一记载于“专利文献1”~“专利文献3”。这些专利文献中,导光板由形成于玻璃制的基板的多个凹凸形状的衍射光栅构成。从投影仪射出的光线通过入射用的衍射光栅一边与导光板结合进行全反射,一边在导光板内部传播。光线进一步通过另一衍射光栅转换成复制的多个光线,并且在导光板内进行全反射传播,最终从导光板射出。射出的光线的一部分经由用户的瞳孔在视网膜成像,被识别为与现实世界的图像重叠的增强现实图像。

[0004] 在这样的使用了凹凸型的衍射光栅的导光板中,从投影仪射出的光线的波矢量 K 在导光板中折射,根据斯涅耳定律,波矢量为 K_0 。而且,通过入射用的衍射光栅转换成能够在导光板内部进行全反射传播的波矢量 K_1 。通过设于导光板的另一个或多个衍射光栅,受到衍射作用,以 K_2 、 K_3 、 \dots 的方式波矢量每当重复衍射时变化。如果将最终射出导光板的光线的波矢量设为 K' ,则 $|K'| = |K|$,在投影仪隔着导光板位于与眼睛相反的侧的情况下, $K' = K$ 。另一方面,在投影仪隔着导光板位于与眼睛相反的侧的情况下,关于波矢量,导光板为与反射镜相同的作用,如果沿 z 方向取导光板的法线矢量,比较波矢量的 x 、 y 、 z 分量,则能够表达成 $K_x' = K_x$ 、 $K_y' = K_y$ 、 $K_z' = -K_z$ 。

[0005] 导光板的功能为:将从投影仪射出的光线复制成多个,并且进行导波,使射出的多个光线被用户识别为与原始的图像等效的图像信息。此时,复制的光线组具有与具有从投影仪射出的映像信息的光线等效的波矢量,并且具有空间上的扩展。复制的光线组中的一部分进入瞳孔,通过与外界的信息一起在视网膜成像而被视觉确认,能够给用户提供了外界的信息的增强现实的信息。

[0006] 具有映像信息的光线根据其波长不同而波矢量的大小不同。凹凸型的衍射光栅具有恒定的波矢量,依次根据入射的光线的波长不同,衍射出的波矢量 K_1 不同,以不同的角度在导光板内传播。构成导光板的玻璃基板的折射率相对于波长大致恒定,一边全反射一边导光的条件的范围根据入射的光线的波长不同而不同。因此,为了使用户识别广视角的图像,需要针对每一波长重叠多张不同的导光板。一般而言,导光板的数量认为与R、G、B分别对应的张数或者设为 ± 1 张的两张~四张左右是适当的。

[0007] “专利文献1”所记载的图像显示装置是用于在二维内放大输入光的图像显示装

置,具备三个直线状衍射光栅。一个是入射用的衍射光栅,另外两个射出用的衍射光栅代表性地,在导光板的表面和背面互相重叠配置,实现复制用和射出用的衍射光栅的功能。另外,在“专利文献1”中记载了如下例子:通过圆柱状的光子晶体型的周期构造,对射出用的衍射光栅进行一面的形成。

[0008] “专利文献2”记载的图像显示装置为了解决通过“专利文献1”中的光子晶体投影出的像在视野中央部亮度高的问题而由多个直线状的侧面构成的技术。

[0009] 在“专利文献3”、“专利文献4”记载的图像显示装置中,兼任入射衍射光栅、偏转用衍射光栅以及射出衍射光栅的三个衍射光栅在导光板内没有区域重叠地配置。在“专利文献3”中,为了提高入射衍射光栅的衍射效率,公开了悬垂的三角形状的衍射光栅。

[0010] 在“专利文献5”和“专利文献6”中公开了使用入射用和射出用的两个反射型体积型全息图作为形成于导光板的衍射光栅的技术。其中,体积型全息图在空间内多重地形成与多个波长对应的衍射光栅,与上面的凹凸型衍射光栅不同,将多个波长的光线以相同角度衍射。因此,能够通过一张导光板使用户识别RGB图像。另一方面,在上面的凹凸型衍射光栅中由于将光线在导光板内在二维方向上复制而可以实现广视角,与之相对,它们仅提供一维复制的功能,因此存在视角相对狭窄的特征。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献1:日本特表2017—528739号公报

[0014] 专利文献2:WO 2018/178626号公报

[0015] 专利文献3:US2016/0231566A1

[0016] 专利文献4:美国专利申请第6580529号公报

[0017] 专利文献5:日本特开2007—94175号公报

[0018] 专利文献6:日本特开2013—200467号公报

发明内容

[0019] 发明所要解决的课题

[0020] 在有利于实现广视角的“专利文献1”~“专利文献4”记载的导光板(图像显示元件)及使用其的图像显示装置中,通过将导光板塑料化,与现有的玻璃制比较,能够提供实现相对于飞散的安全性的提高和轻量化的新的导光板。在本说明书中,“塑料”是指由高分子化合物构成的材料,是不包含玻璃而包含树脂、聚碳酸酯、丙烯酸酯树脂、光固化树脂等的概念。

[0021] 以下,在本发明中,作为导光板,限定为具有凹凸型衍射光栅的导光板而进行说明。另外,为了容易理解,省略基于眼睛的透镜作用而引起的图像的反转和将投影到视网膜的映像在大脑中处理使之再反转而识别的效果,对于从相对于导光板配置于与眼睛相同的侧的映像光源投影到前方的屏幕的投影像,讨论像素位置与亮度的关系。实际上视觉确认的像与之上下反转。

[0022] 在“专利文献1”中,关于导光板的基板材料,如其图15A、图15B所示地,公开了对光栅使用设于玻璃板的表面的玻璃材料的技术。关于衍射光栅,公开了通过蚀刻加工导波路(=玻璃板)表面而形成的技术。

[0023] 在“专利文献1”的图3示出了其导光板的立体图。另外,在“专利文献1”中公开了使用光子晶体将两个射出格栅形成于一面的技术。“专利文献1”的图16示出了形成于“专利文献1”的光子晶体的圆柱的配置。光子晶体的圆柱的配置周期为了构成光子带隙而需要为波长以下。专利文献1的圆柱构造的折射率比基板高。但是,如后述地,在通过注射成型法等将圆柱状的光子晶体形成于导光板表面的情况下,圆柱的折射率与导波路(或者基板)相等。在该情况下,如果圆柱的直径与高度的比即纵横比不大到2左右以上,则投影像的亮度不足。

[0024] “专利文献2”所记载的改善了投影像中央部为高亮度的光子晶体为了解决由不是圆柱状而是直线状的光子晶体投影出的像在视野中央部亮度高的问题,由多个直线状的侧面构成。“专利文献2”的图4示出了光子晶体的形状。在“专利文献2”中,如其第1页第34行、第2页第8行所述地,改善中央部的条纹状的高亮度部分。在“专利文献2”中未用图等明确地公开成为课题的中央部的条纹状的高亮度部分。

[0025] “专利文献3”的图5C公开的入射衍射光栅具有悬垂的三角形状的截面,能够将从图中上方向(空气侧)射入的映像光线高效地耦合于带剖面线的导光板的内部。

[0026] 具有映像信息的光线通过设于导光板内的入射衍射光栅以具有能够在导光板内进行全反射导光的波数的方式耦合,并在导光板内传播。与射出衍射光栅交叉的光线的一部分衍射,且具有与原始的映像光线等效的波数地从导光板出射。向用户提供的映像信息具有与原始的映像信息的像素位置相应的行进角信息,即波数。一个像素的映像信息为了从导光板射出并到达用户的瞳孔,需要从由行进角、导光板与用户的瞳孔之间的距离、以及用户的瞳孔的大小决定的导光板内的特定的位置射出。如上所述,在导光板内,光线被复制并在空间上扩展而射出,因此在空间上的扩展越大,被用户视觉确认的光线就越少,视觉确认的亮度就越变小。另一方面,根据原始的映像信息的像素位置的不同,被用户视觉确认的射出位置变化,因此在使用了导光板的图像显示装置中,不可不免地,亮度根据像素位置不同而变化。

[0027] 在现有技术中,适于在导光板的制作中利用直接蚀刻玻璃基板的方法、或者适于高纵横比的图案形成的纳米压印法等。在“专利文献2”和以其为基础的“专利文献3”的光子晶体中,需要使底面的直径等代表性的长度与其高度的比、即纵横比为2左右以上。

[0028] 作为光盘介质的制法存在实际成果的通过注射成型技术等形成的表面凹凸图案的纵横比不会超过1,因此,在为2以上的纵横比时,图案转印的精度降低,难以应用。这是由熔融的聚碳酸酯树脂、丙烯酸酯树脂、聚烯烃树脂等粘性高、树脂不能高精度地进入以纳米周期构成的高纵横比的凹凸这一本质性的制造方法的限制而引起的问题。

[0029] 另外,在利用如“专利文献3”记载的悬垂的衍射光栅的情况下,在注射成型技术等中,母模(印模)和导光板不能剥离,因此不能应用。

[0030] 因此,本发明的目的在于实现导光板的塑料化,并实现安全且轻量的导光板。

[0031] 用于解决课题的方案

[0032] 本发明的优选的一方案为导光板,其具备:基板;入射衍射光栅,其将射入的光衍射;以及射出衍射光栅,其将在入射衍射光栅衍射的光从基板射出。射出衍射光栅由形成于基板面的凹凸图案形成,该凹凸图案由第一平行的直线组和与第一平行的直线组相交的第二平行的直线组构成,第一平行的直线组的间距和第二平行的直线组的间距相等。而且,特

征在于,作为第一平行的直线组和第二平行的直线组的间距P与凹凸图案的宽度W的关系,W/P为0.15以上且0.85以下。

[0033] 本发明的其它优选的一方案是层叠多个上述导光板而构成的导光板模块。

[0034] 本发明的其它优选的一方案是一种图像显示装置,其具备上述导光板模块和向导光板模块照射映像光的投影仪,其中,映像光射入入射衍射光栅。

[0035] 本发明的其它优选的一方案是上述导光板的制造方法,其具备:准备利用由高分子化合物构成的材料形成的基板的步骤;以及利用印模在基板形成入射衍射光栅和射出衍射光栅的步骤。

[0036] 本发明的其它优选的一方案是一种导光板,其具备:基板;入射衍射光栅,其将射入的光衍射;以及射出衍射光栅,其射出光。射出衍射光栅由形成于基板面的直线状的凹凸图案形成,使从入射衍射光栅在基板内传播来的光向与直线状的凹凸图案垂直的方向以衍射效率 η_1 衍射,并且向与基板垂直的方向以衍射效率 η_{11} 衍射,而且,衍射效率的关系为 $\eta_{11} < \eta_1$ 。

[0037] 发明效果

[0038] 根据本发明,能够实现导光板的塑料化,并实现安全且轻量的导光板。

附图说明

[0039] 图1是表示射出衍射光栅的相位函数的例子的概念图。

[0040] 图2是网型衍射光栅的示意图。

[0041] 图3是表示射出圆的定义的概念图。

[0042] 图4A是在导光板内部传播的向图像的中心的光线的强度分布的映像图。

[0043] 图4B是在导光板内部传播的向图像的端部的光线的强度分布的映像图。

[0044] 图5是表示实施例的导光板的俯视示意图。

[0045] 图6是表示实施例的导光板的侧视示意图。

[0046] 图7A是表示光子晶体衍射光栅的投影像的说明图。

[0047] 图7B是表示网型衍射光栅的投影像的说明图。

[0048] 图8是表示在网型射出衍射光栅中使图案宽度变化的情况的投影像的图表。

[0049] 图9是表示亮度不均指标与图案的纵横比的关系的曲线图。

[0050] 图10A是表示透射型的入射衍射光栅的衍射光线的映像图。

[0051] 图10B是表示反射型的入射衍射光栅的衍射光线的映像图。

[0052] 图11A是表示图案宽度与衍射效率的关系的曲线图。

[0053] 图11B是表示图案宽度与纵横比的关系的曲线图。

[0054] 图11C是表示占空比的定义的概念图。

[0055] 图12是改善亮度不均的导光板的实施例侧视图。

[0056] 图13A是投影仪和瞳孔配置于导光板的相同侧的例子的示意图。

[0057] 图13B是投影仪和瞳孔配置于导光板的相反侧的例子的示意图。

[0058] 图14A是对实施例的导光板未变形的情况的投影像进行说明的示意图。

[0059] 图14B是表示实施例的导光板变形的情况下的对投影像的影响的示意图。

[0060] 图15A是抑制变形的导光板的实施例侧视图。

- [0061] 图15B是抑制变形的导光板的实施例俯视图。
- [0062] 图15C是抑制变形的导光板模块的实施例侧视图。
- [0063] 图16是表示实施例的图像显示装置的结构示意图。

具体实施方式

[0064] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。但是,本发明不被以下所述的实施方式的记载内容限定解释。本领域技术人员容易理解,在不脱离本发明的思想或主旨的范围内可以变更其具体结构。

[0065] 在以下说明的发明的结构中,对相同部分或具有同样的功能的部分在不同的附图间共通地使用相同的符号,有时省略重复的说明。

[0066] 在相同或者具有同样的功能的要素具有多个的情况下,有时对相同的符号标注不同的下标进行说明。但是,在不需区别多个要素的情况下,有时省略下标进行说明。

[0067] 本说明书等中的“第一”、“第二”、“第三”等表述是为了识别构成要素而标注的,不一定限定数量、顺序或者其内容。另外,用于构成要素的识别的编号用于每一上下文,在一个上下文中使用号码在其它上下文不一定表示相同的结构。另外,不妨碍通过某号码识别的构成要素兼具通过其它号码识别的构成要素的功能。

[0068] 为了容易理解发明,在附图等中示出的各结构的位置、大小、形状、范围等有时不表示实际的位置、大小、形状、范围等。因此,本发明不一定限定于附图等所公开的位置、大小、形状、范围等。

[0069] 在本说明书中引用的刊物、专利以及专利申请原样地构成本说明书的说明的一部分。

[0070] 除非特别在上下文中明确说明,否则在本说明书中以单数形式表示的构成要素包括复数形式。

[0071] 在以下说明的实施例中,提供二维的网状的图案作为射出衍射光栅。由此,通过将转印至导光板的表面的凹凸图案的纵横比设为1以下,能够提供使用了注射成型法等具有实际成果的塑料成型技术的导光板。

[0072] 光子晶体或衍射光栅通过表面凹凸相对于入射光在空间上影响相位调制。相位调制的大小与表面构造和空气的折射率的差及表面凹凸的高度成比例地变大。

[0073] 图1示意性地表示射出衍射光栅的波数。具有相对于Y轴具有 $\pm 60^\circ$ 的方位角的波数 K_1 、 K_2 的衍射光栅的相位函数分别由(a)、(b)表示,分别具有正弦波状的相位分布。相位调制量标准化为1。若将它们合成,则得到(c),可以说,光子晶体是将其近似成支柱等,并由高折射率的材料形成于导光板的表面。

[0074] 如图1(c)所示, K_1+K_2 的相位调制量的最大值为2,如果以孤立的圆柱等对其进行近似,则判断与图1(a)、图1(b)的单一的正弦波衍射光栅比较,需要2倍的高度(纵横比)。

[0075] 图2是本实施例的网状的射出衍射光栅的示意图。与图1(c)比较,由于不是正弦波构造,因此,当进行傅里叶变换时,具有高次的波数分量,但在用作导光板的情况下,通过适当地选择周期,能够使二次以上的波数分量相对于入射光不能衍射(波数为虚数)。而且,网状的衍射光栅将 $\pm 60^\circ$ 的矩形衍射光栅重合,与圆柱等比较,不具有基本波 K_1 、 K_2 的方向以外的波数分量,因此衍射效率能够提高。

[0076] 关于本实施例的入射衍射光栅,通过设为反射型衍射光栅,而不是如“专利文献3”公开那样的透射型衍射光栅,能够通过利用相对于折射偏转作用大的反射来实现低纵横比化。

[0077] 由此,能够提供缩小了纵横比的二维的射出衍射光栅,能够通过注射成型法等塑料成型技术实现,能够提供安全且轻量的导光板。本发明意在通过塑料成型技术的应用来制作导光板,因此关于纵横比,考虑到凹凸图案的树脂的转印性而进行说明。在将凹凸图案的周期设为 p ,将凸部的宽度设为 w ,将高度设为 h 时,树脂的转印性由向凹凸中的宽度窄的一方的树脂的转印而决定。因此,纵横比由 $h/\min(w, p-w)$ 定义。在此, $\min(w, p-w)$ 表示选择 w 和 $p-w$ 中较小的一方。参照后述的图11C。

[0078] 在以下的实施例中,通过将 Z 轴设为光轴方向,将 XY 面设为导光板的表面的坐标系进行说明。另外,如果将用户的瞳孔近似成圆形,则与像素位置相应地被用户视觉确认的导光板内的射出位置也为圆形。以下,将其称为射出圆。

[0079] 图3是用于对射出圆进行说明的示意图。在此,示出了作为用于形成图像的光源的投影仪300和用户的瞳孔400相对于导光板10配置于相反侧的情况。设定入射衍射光栅100的波矢量朝向 y 方向,图3中的箭头表示 $x-z$ 面内的光线。在入射衍射光栅100不具有 x 方向的波矢量分量的情况下,从投影仪300照射的直线传播的光线301向图中的右侧的方向前进。另一方面,为了使用户将该光线识别为投影像,需要相同角度的光线通过图中示出为被视觉确认的光线302的路径到达用户的瞳孔400。射出圆303是位于射出衍射光栅200上且在被视觉确认的光线的方向上与用户的瞳孔400平行移动的假想圆。仅从射出衍射光栅200上的射出圆303射出的光线302被用户识别为投影像,除此以外的光线不会被识别。

[0080] 图4A及图4B是使用后述的模拟方法算出的在导光板内部传播的光线的强度分布。图中,入射衍射光栅配置于上侧,在其下方配置有相当于用户的眼睛的瞳孔(Pupil)。

[0081] 图4A是向图像的中心的光线的强度分布,表示像素位置为投影的像的中央的情况。图中的射出圆(Output circle)表示到达瞳孔的光线在射出衍射光栅上最后衍射的区域。从入射衍射光栅朝向 y 方向的直线上的亮度高的区域表示在入射衍射光栅衍射并在导光板内部传播的主要的光线组(以下称为主光线组)。如图所示,具有根据主光线组的传播,强度逐渐衰减的特性。向主光线组的周边扩展的亮度低的光线组是通过射出衍射光栅衍射且在 $x-y$ 面内行进方向偏转的光线组。在该条件下,投影的光线处于 z 轴方向,因此判断在 $x-y$ 面内,射出圆和瞳孔一致。因此,到达瞳孔而被识别为图像的光线是强度高的主光线组的一部分。

[0082] 图4B是向图像的端部的光线的强度分布,是投影像的右上角的像素位置的情况。如图所示,主光线组从入射衍射光栅朝向右下方向行进。瞳孔的位置恒定,但射出圆由于是朝向瞳孔向右上行进的光线组的射出位置,因此在 $x-y$ 面内相对于瞳孔向左下移动。在该情况下,射出圆处于从主光线组分离的位置,因此到达瞳孔而被识别为图像的光线组的亮度比上面的情况低。以上是使用导光板投影像时的产生亮度不均的理由的主因。

[0083] 图5示意性地示出了实施例的导光板的构造俯视图和波数。在导光板10形成有具有单一的光栅间距的入射衍射光栅100和射出衍射光栅200。

[0084] 如果将光栅间距设为 P ,则衍射光栅的波矢量的大小由 $K=2\pi/P$ 表示。如果由将光轴方向设为 z 轴的坐标系表示,则入射衍射光栅100的波矢量为 $K_1=(0, -K, 0)$ 。射出衍射光

栅200具有夹角为120度的两个波矢量,它们为 $K_2 = (+K/\sqrt{3}, K/2, 0)$ 、 $K_3 = (-K/\sqrt{3}, K/2, 0)$ 。可知,如果将向导光板10射入的光线的波矢量设为 $k^i = (k_x^i, k_y^i, k_z^i)$,将射出的光线的波矢量设为 $k^o = (k_x^o, k_y^o, k_z^o)$,使 K_1 、 K_2 、 K_3 依次作用于 k^i ,则如下地成为 $k^o = k^i$,射出与入射光线相同的波矢量的光线,即具有相同的映像信息的光线。

$$[0085] \quad k^o = k^i$$

$$[0086] \quad k_x^o = k_x^i + 0 + (K/\sqrt{3}) - (K/\sqrt{3}) = k_x^i$$

$$[0087] \quad k_y^o = k_y^i + K - (K/2) - (K/2) = k_y^i$$

$$[0088] \quad k_z^o = k_z^i$$

$$[0089] \quad \dots (1)$$

[0090] 考虑通过衍射将衍射光栅的波矢量与光线的波矢量相加,在通过N次衍射而光线从导光板射出的情况下,以下的关系成立。

[0091] [数1]

$$[0092] \quad \sum_{i=1}^N m_i K_i = 0$$

..... (2)

[0093] m_i 及 K_i 是第i次交叉点的衍射次数及衍射光栅的波矢量。

[0094] 上式的左边表示因衍射而引起的波矢量的变化,在其不为零的情况下,光线在导光板表面全反射,在空间上扩展,并且传播。(式1)和(式2)表示由导光板带来的入射瞳孔的放大功能。

[0095] 射出衍射光栅200由形成于基板的表面的二维的凹凸图案构成。通过光线与射出衍射光栅的交叉而产生的衍射为 K_2 、 K_3 以及 K_2+K_3 这三种。第一个和第二个衍射 K_2 和 K_3 为由通常的衍射光栅而引起的一次衍射,根据对称性,衍射效率 η_1 相等。根据(式2),映像光线通过两次衍射从导光板射出,并且伴随着射出点沿x方向的移动,因此,衍射效率的积 $\eta_1 \times \eta_1 = (\eta_1)^2$ 是主要决定视野周边的亮度的参数。

[0096] 另一方面,通过射出衍射光栅的交叉而产生的衍射 K_2+K_3 为二维的一次衍射,映像光线通过一次衍射射出导光板,因此,衍射效率 η_{11} 是主要决定视野中央的亮度的参数。在此,如下定义投影像的亮度的指标、及中央和周边的亮度不均的指标。

$$[0097] \quad \text{Brightness factor } B = (\eta_1)^2 \dots (3)$$

$$[0098] \quad \text{Uneven brightness factor } U = \eta_{11} / (\eta_1)^2 \dots (4)$$

[0099] 接下来,对用于实施例的图像显示元件的解析的模拟方法简单地进行叙述。1962年由G.H.Spencer等提倡的光线追踪法[G.H.Spencer and M.B.T.K.Murty, "General Ray-Tracing Procedure", J.Opt.Soc.Am.52, p.672 (1962).]为通过着眼于光的粒子性并追踪路径而计算在某点观测的像等的方法,以计算机图形学领域为中心大力持续进行改良[16-18]。基于光线追踪法的蒙特卡罗光线追踪法[I.Powell "Ray Tracing through systems containing holographic optical elements", Appl.Opt.31, pp.2259-2264 (1992).]为通过随机处理因衍射或反射等而引起的路径的分离来防止运算量的指数增长的方法,适于反

复衍射和全反射传播的导光板的模拟。在蒙特卡罗光线追踪法中,能够忠实地再现反射或折射,但关于衍射,必须进行合适的模型的研发。

[0100] 在面向头戴式显示器的导光板中,对应于遍及整个可见光区域的波长范围(约400-700nm)和与投影映像的视角 40° 对应的入射角范围对应的衍射模型必不可少,市售的运算量变得巨大。在此,鉴于被视觉确认的光线为全部光线的一部分,使用如下算法:通过预先停止导波至不被视觉确认的区域的光线的计算的算法,将运算量削减到1/1000以下。基于衍射光栅的衍射效率的角度及波长依存性采用预先将基于FDTD(Finite Differential Time Domain)法的计算结果表格化而进行参照的方式。

[0101] 实施例1

[0102] 图6是表示本实施例的图像显示元件的结构侧视图。在图中的导光板10形成有入射衍射光栅100和射出衍射光栅200。入射衍射光栅100由沿x方向为直线状的光栅构成,图案的周期为P。射出衍射光栅200为图案周期同样为P的直线状光栅,各光栅与x轴的夹角为 θ_0 。作为射出衍射光栅200,形成有如图2所示的直线状光栅交叉的网型的衍射光栅。 θ_0 例如为60度,但也可以根据导光板的尺寸、大小而调整。在以下的实施例中,以 $\theta_0=60$ 度进行说明。图案的周期P例如为 $0.3\sim 0.6\mu\text{m}$,但也可以根据光源的波长、用途而变更。

[0103] 进行纵横比同为0.8的情况下的专利文献1的光子晶体的衍射光栅和本实施例的网型衍射光栅的投影像的比较。模拟条件设为:图案间距 $P=420\text{nm}$,图案高度 $=80\text{nm}$,光线的波长 $=550\text{nm}$,导光板的厚度 $=1.0\text{mm}$,导光板的折射率 $=1.58$ 。投影像的视角为40度。

[0104] 在图6的实施例中,从实现低纵横比的观点来看,使用反射型的衍射光栅作为入射衍射光栅100。从工艺方面的理由来看,射出衍射光栅200形成于导光板10的与入射衍射光栅100相同侧的面。

[0105] 图7A是“专利文献1”所记载的支柱型的光子晶体的衍射光栅的映像图和其投影像的模拟结果。图7B是本实施例的网型衍射光栅的映像图和其投影像的模拟结果。衍射光栅的纵横比均为1以下。在此,将支柱的高度设为h,将支柱的直径设为d,由h/d规定支柱型的光子晶体的纵横比。

[0106] 如图所示,可知,在纵横比为1以下的情况下,在图7A的光子晶体中,投影像的中央部的亮度高,视觉确认性差。与其比较,本实施例的网型衍射光栅利用低纵横比的图案能够获得良好的投影像。原因在于,在图7A的光子晶体中,主要决定视野中央部的投影像的亮度的衍射效率 η_{11} 比主要决定周边的投影像的亮度的衍射效率的积 $(\eta_1)^2$ 大。

[0107] 图8表示在本实施例的网型射出衍射光栅中使图案的宽度(Line width)改变的情况下的投影像(Projected image)的模拟计算结果。图案的间距(Line pitch)和高度(Line height)相同。同时公布图案的映像(Pattern)。

[0108] 如图所示,在图案宽度为40nm的情况下, $\eta_{11}/(\eta_1)^2$ 小于1,投影像的中央部暗。另一方面,在图案宽度为200nm的情况下, $\eta_{11}/(\eta_1)^2$ 大于1,投影像的中央部亮。而且,在图案宽度为100nm的情况下, $\eta_{11}/(\eta_1)^2$ 接近1,投影像的亮度分布接近均匀。

[0109] 根据以上,可判断,在本实施例的网型衍射光栅中,通过适当地设定图案宽度,能够控制投影像的亮度分布。如果使用“ $(\eta_{11}/(\eta_1)^2)-1$ 的绝对值”作为亮度不均指标,则该值越小,表示亮度不均越小,因此直观上较方便。

[0110] 图9是表示亮度不均指标亮度 $|\eta_{11}/(\eta_1)^2-1|$ 与图案的纵横比的关系的模拟结果。计

算条件设为与上述相同,使图案宽度变化,从而使纵横比变化。如图所示,可判断,本实施例的网型衍射光栅在纵横比为1以下、优选纵横比为0.25以上且1.0以下能够将亮度不均最小化。由此,如果将本实施例的网型衍射光栅用作射出衍射光栅,则能够通过注射成型法等提供轻量、低价的塑料制导光板。

[0111] 根据以上的研究,本实施例的射出衍射光栅使从入射衍射光栅全反射传播来的映像光线主要向与衍射光栅的直线图案垂直的方向以衍射效率 η_1 衍射,使一部分直接向用户的瞳孔的方向(与导光板大致垂直方向)以衍射效率 η_{11} 射出衍射。此时,为了减少用户的视野的亮度不均,期望缩小 $|\eta_{11}/(\eta_1)^2-1|$ 。即, η_{11} 与 $(\eta_1)^2$ 大致相等。例如,使 η_{11} 为 $(\eta_1)^2$ 的0.8~1.2倍。另外,为了使视野中央不过于明亮,期望 $\eta_{11}<\eta_1$,进一步地,更期望 $\eta_{11}\ll\eta_1$ 。

[0112] 接下来,对入射衍射光栅进行叙述。

[0113] 图10A是与“专利文献3”相同的透射型的衍射光栅的模拟结果。就透射型衍射光栅而言,入射的光透射衍射,在导光板(基板)内部传播。入射衍射光栅的位置形成于导光板的靠近光源的面。

[0114] 映像光线1000是从左射入的结构,图的右半部分表示基板(Sub)。在透射型的衍射光栅中,在因闪耀面而引起的折射和因周期结构而引起的衍射相位调谐的条件下获得最大的衍射效率。如图所示,为了实现该目的,需要凹凸图案的高度较大,需要图案的角度为70度~80度,图案的高度除以周期的纵横比为10以上。在注射成型等一般的塑料成型法中,如果纵横比超过1,则产生转印性的恶化等问题,量产时的成品率降低。可以判断,在此所示的透射型的衍射光栅不适于作为本实施例的入射衍射光栅。

[0115] 图10B是反射型的衍射光栅的模拟结果。在反射型的衍射光栅中,入射的光反射衍射,即,向光源侧反射并在导光板(基板)的内部传播。入射衍射光栅的位置形成于导光板的远离光源的面。

[0116] 映像光线同样为从左射入的结构,图的左半部分表示基板(Sub)。在反射型的衍射光栅中,在因闪耀面而引起的反射和因周期结构而引起的衍射相位调谐的条件下获得最大的衍射效率。如图所示,可以判断,与透射型比较,通过低的纵横比的凹凸图案可满足该条件。此时的凹凸图案的高度约为250nm,纵横比约为0.57。在上述的试制元件中,能够良好地转印图案高度为374nm的三角形状的凹凸图案。可以说,本实施例的导光板优选使用反射型衍射光栅。

[0117] 图11A及图11B是表示图案的占空比与衍射效率及纵横比的关系的模拟结果。如图11C所示,如果将衍射光栅的图案的间距设为 p ,将图案的宽度设为 w ,则占空比由 w/p 表示。在此,设定为:图案间距 $P=460\text{nm}$,图案高度 $=70\text{nm}$,光线的波长 $=550\text{nm}$,导光板的厚度 $=1.0\text{mm}$,导光板的折射率 $=1.58$ 。投影像的视角为40度。

[0118] 图11A表示一次衍射效率 η_1 与 w/p 的关系。如图所示,可以判断一次衍射效率 η_1 具有如下特性:在 $w/p=0.5$ 时成为最大值,约为4.2%,随着 w/p 接近0或1而降低。可以说,在获得0.6%左右的衍射效率的情况下,需要本实施例的网型衍射光栅的 w/p 处于0.15以上且0.85以下的范围内。另外,可以说, w/p 在0.3以上且0.7以下的范围内时,效率高, w/p 在0.4以上且0.6以下的范围内时,效率最高。

[0119] 图11B表示图案的纵横比。固定为图案高度 $=70\text{nm}$,因此,若 w/p 接近1或0,则纵横比增加。如果将使图案的纵横比为1以下作为注射成型法等适应的基准,则可以说,需要

本实施例的网型衍射光栅的 w/p 处于 $0.15 \sim 0.85$ 的范围内。另外,纵横比最小且制造最容易的情况为 $w/p=0.5$ 。

[0120] 综上所述,可以说,原理上,在 $w/p=0.5$,即 $w=p-w$ 时,衍射光栅的衍射效率最大,且图案的纵横比最小。

[0121] 图12是表示进一步减轻亮度不均的本实施例的导光板的示意图。图中,10表示导光板,100表示入射衍射光栅,200表示射出衍射光栅。如图所示,通过使射出衍射光栅的凹凸图案的占空比根据相距入射衍射光栅100的距离变化,能够对衍射效率赋予分布。由此,能够进一步改善投影像的亮度不均。作为具体例,如图11A所示,射出衍射光栅200的靠近入射衍射光栅100的部分设为衍射效率低的占空比 0.2 左右。另外,射出衍射光栅200的远离入射衍射光栅100的部分设为衍射效率高的占空比 0.5 左右。

[0122] 以上,如果使用本实施例的网型衍射光栅,则能够通过注射成型法等塑料成型技术提供导光板。

[0123] 实施例2

[0124] 另一方面,与现有的玻璃导光板比较,塑料导光板的机械强度(杨氏模量)小,因此,环境温度或气压引起的变形增大。以下表示针对该课题的本实施例的解决方案。

[0125] 图13A及图13B是表示两张导光板的相对倾斜的影响的示意图。在图13A及图13B中,导光板10由对应波长分别不同的导光板11和12构成。另外,300表示映像投影用的投影仪,400表示用户的瞳孔,500表示投影的映像光线。

[0126] 在该例中,基于图10B的见解,入射衍射光栅采用了反射型的衍射光栅。因此,入射衍射光栅100形成于导光板10的远离投影仪300的面(图中的右表面)。就射出衍射光栅200而言,为了工艺的方便,由于形成于与入射衍射光栅100相同的面更能够提高精度,因此同样地形成于远离投影仪300的面。

[0127] 图13A是投影仪300和用户的瞳孔400相对于导光板10配置于相同侧的情况。如图所示,导光板10最终反射映像光线500使其到达用户。因此,与导光板11比较,如果导光板12倾斜,则根据投影的光线的波长,被视觉确认的像素位置移动,画质降低。视力为 1.0 的用户的光线角度的分辨率为 $1/60$ 度,因此如果以此为基准,则需要两张导光板的相对倾斜比 $1/60$ 度充分小,特别是在塑料导光板中,难以作为头戴式显示器安装。

[0128] 图13B是投影仪300和用户的瞳孔400相对于导光板10配置于相反侧的情况。如图所示,导光板10最终使映像光线500透射而到达用户。由于入射光和射出光的角度基本相同,因此,即使存在导光板11与12的相对倾斜,原理上也不会产生因波长而引起的投影像的移动。因此,在将本实施例的塑料制导光板安装于头戴式显示器的情况下,期望使投影仪光源相对于导光板处于与用户相反的侧(透射型)。实际上,在导光板内部进行全反射导光的光线角度条件受影响,因此备注了期望导光板11与12的相对倾斜被抑制在 3 度左右以下。

[0129] 与13A比较,图13B中投影仪与用户的眼睛的位置的关系相对于导光板颠倒。该影响能够通过通过对投影的映像进行反转处理来对应。

[0130] 实施例3

[0131] 以下示出成为考虑塑料导光板的变形的其它解决方案的实施例。图14A及图14B是表示在将2片导光板保持于保持框架等的情况下由于环境温度或气压等导光板弯曲的示意图。

[0132] 如图14A所示,示出了为了机械强度和定位而将两张导光板11及12保持于框架15的情况。从机械精度的观点来看,认为两张导光板的间隔适于为 $100\mu\text{m}$ 左右。为了防止垃圾等侵入导光板之间或结露,使框架15具有适当的气密性。

[0133] 图14B示意性地示出了如下情况的情形:由于气压或环境温度的变化而产生应力,强度比玻璃小的塑料导光板变形。与上面的情况同样地,根据波长(颜色)不同,用户视觉确认的位置产生偏移,因此投影像劣化。

[0134] 图15A、图15B、图15C是表示改善因环境条件而引起的挠曲的本实施例的导光板的示意图。

[0135] 图15A示出了一张导光板,在导光板10的表面形成有入射衍射光栅100和射出衍射光栅200,在背面形成有柱状的间隙保持图案1501。

[0136] 图15B表示间隙保持图案1501的xy面内的配置。例如,在导光板10将尺寸设为一边为40mm的矩形的情况下,间隙保持图案1501能够形成为直径为 $10\mu\text{m}$,高度为 $10\mu\text{m}$,间隔为 $200\mu\text{m}$ 。在如注射成型法这样的塑料成型法中,通过将决定表面图案的两张印模装入模具,能够容易地进行两面成型。

[0137] 图15C是表示组合了两张导光板11、12的情况的示意图。如图所示,两张导光板隔着间隙保持图案1501接近配置。接合部1502能够使用超声波、激光束、热处理等塑料接合法接合。也可以使用粘接剂。通过采用这样的结构,两张导光板的间隔能够保持为间隙保持图案1501的高度。

[0138] 因周期边界条件而引起的变形模拟的结果,可以判断,图14B所示的导光板的挠曲缩减到1/100以下。为了一边保持投影像的品质,一边实现挠曲的缩减,间隙保持图案1501的占有面积与导光板的面积比较,期望为0.1~5.0%左右。

[0139] 对此处使用的印模进行备注。入射衍射光栅及射出衍射光栅的印模例如能够使用如下Ni印模:在使用缩小曝光法、EB描画法对Si晶圆进行了构图的Si母模使用Ni电铸技术转印图案。另外,间隙保持图案用的印模能够同样地使用在使用i线等密合曝光法对Si晶圆进行了构图的Si母模使用Ni电铸技术转印图案而得到的Ni印模。它们也可以在无尘室内在一个Si晶圆上改变位置形成,通过机械切削切出制作出的Ni印模来使用。由此,Ni印模的厚度相同,因此容易提高成型精度。此时,进一步优选对用于确定两张导光板的相对位置的基准标记、用于切出Ni印模的基准标记等标记1503与衍射光栅同时进行构图。

[0140] 实施例4

[0141] 图16是表示本实施例的图像显示装置的结构示意图。从图中的投影仪300射出的具有图像信息的光通过B、G、R各导光板11、12、13的作用到达用户的瞳孔400,实现增强现实。B、G、R各导光板11、12、13是组合了图6所示的本实施例的导光板的导光板,形成的衍射光栅的间距和深度根据各颜色进行了最优化。

[0142] 图16中,本实施例的图像显示装置由导光板10、投影仪300、以及未图示的显示图像控制部构成。在此,导光板10对应于彩色显示,将R、G、B各个导光板11、12、13一体化。另外,作为图像形成单元,例如能够使用由反射型或透射型的空间光调制器、光源以及透镜构成的图像形成装置、基于有机及无机EL(Electro Luminescence)元件阵列和透镜的图像形成装置、基于发光二极管阵列和透镜的图像形成装置、组合了光源、半导体MEMS反射镜阵列以及透镜的图像形成装置等广为人知的图像形成装置。

[0143] 另外,也能够使用通过MEMS技术或PZT等使LED或激光光源和光纤的前端进行共振运动的装置。其中,最常见的是由反射型或透射型的空间光调制器、光源以及透镜构成的图像形成装置。在此,作为空间光调制装置,能够举出LCOS(Liquid Crystal On Silicon)等透射型或反射型的液晶显示装置、数字微镜器件(DMD),作为光源,能够将白色光源进行RGB分离而使用,也能够使用各色对应的LED或激光。

[0144] 进一步地,反射型空间光调制装置能够采用由液晶显示装置及偏振分束器构成的结构,该偏振分束器将来自光源的光的一部分反射并引导至液晶显示装置,且使被液晶显示装置反射的光的一部分通过并引导至使用了透镜的准直光学系统。作为构成光源的发光元件,能够举出红色发光元件、绿色发光元件、蓝色发光元件、白色发光元件。像素的数量只要基于图像显示装置要求的规格决定即可,作为像素的数量的具体值,除了上面所示的 1280×720 之外,还能够例示 320×240 、 432×240 、 640×480 、 1024×768 、 1920×1080 。

[0145] 在本实施例的图像显示装置中,以使从投影仪300射出的包含映像信息的光线照射至导光板11、12、13的各入射衍射光栅的方式定位,并与导光板10一体化而形成。

[0146] 另外,未图示的显示图像控制部控制投影仪300的动作实现向用户的瞳孔400适当地提供图像信息的功能。

[0147] 在以上说明的实施例中,在具有表面凹凸型的衍射光栅的导光板(图像显示元件)中,至少使用网型的衍射光栅作为射出衍射光栅,且利用注射成型法等由与导波路相同的折射率的材料一体成型,由此,能够实现导光板的塑料化,实现安全、轻量的导光板。即,通过使用网型衍射光栅,能够通过注射成型法以纵横比为1以下的表面凹凸制作具有良好的性能的导光板,能够实现导光板的由塑料化带来的安全性的提高和轻量化。

[0148] 在本实施例中示出了向用户提高图像信息的情况,但本实施例的图像显示装置除此之外还能够具备用于获取用户或外界的信息的触摸传感器、温度传感器、加速度传感器等各种传感器、用于计测用户的眼睛的动作用的眼动追踪机构。

[0149] 生产上的可利用性

[0150] 能够用于各种图像显示装置。

[0151] 符号说明

[0152] 10—导光板,100—入射衍射光栅,200—射出衍射光栅,300—投影仪,400—用户的瞳孔,500—映像光线。

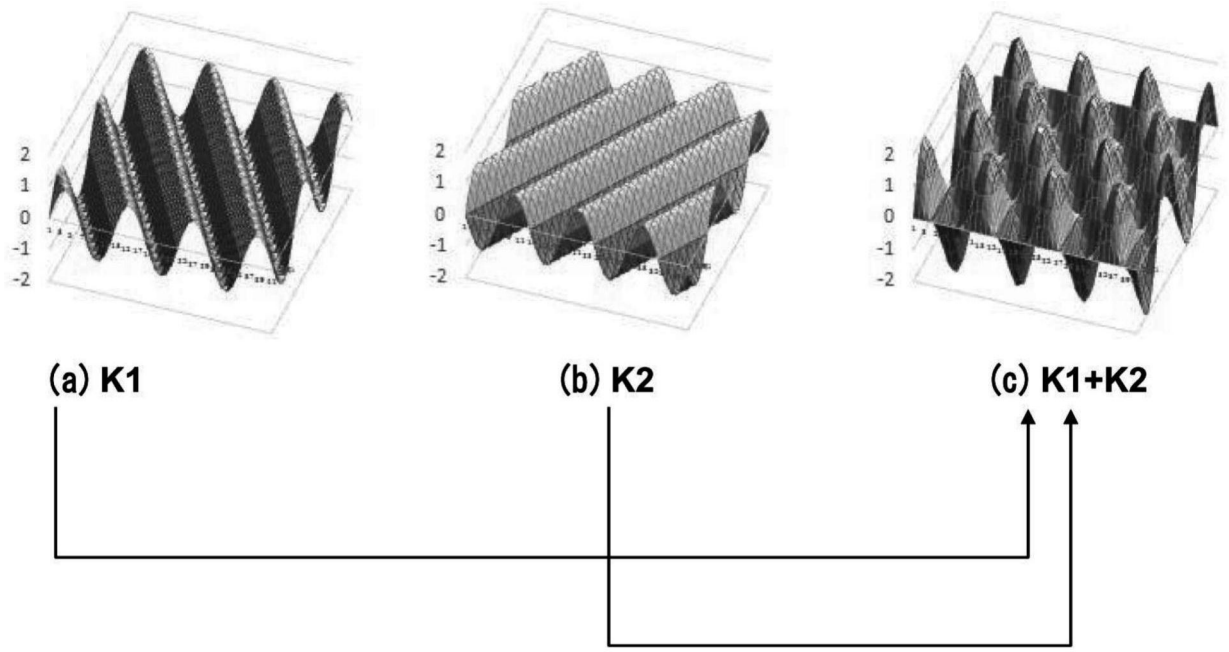


图1

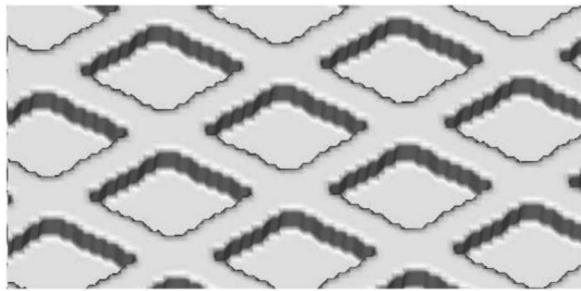


图2

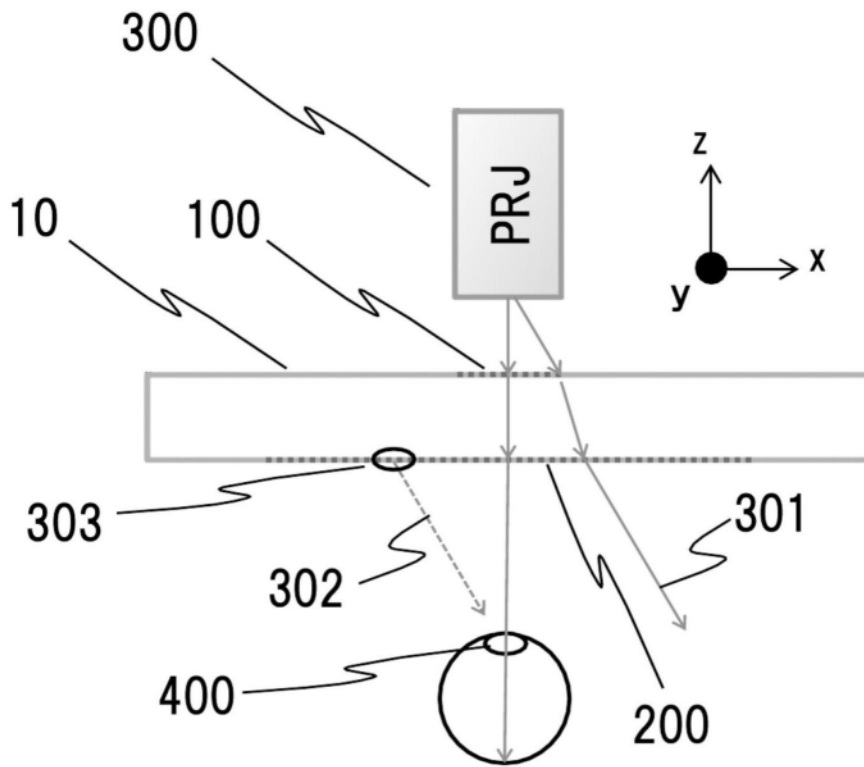


图3

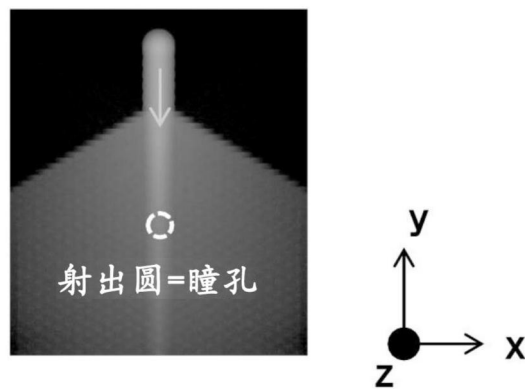


图4A

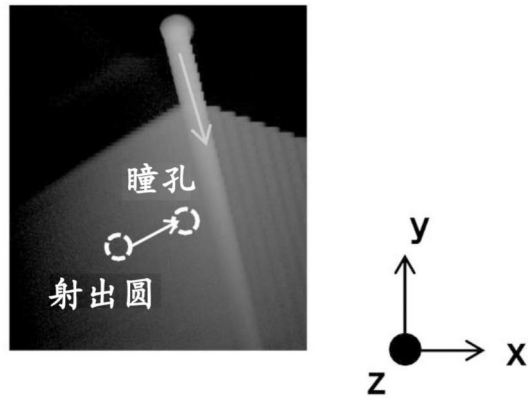


图4B

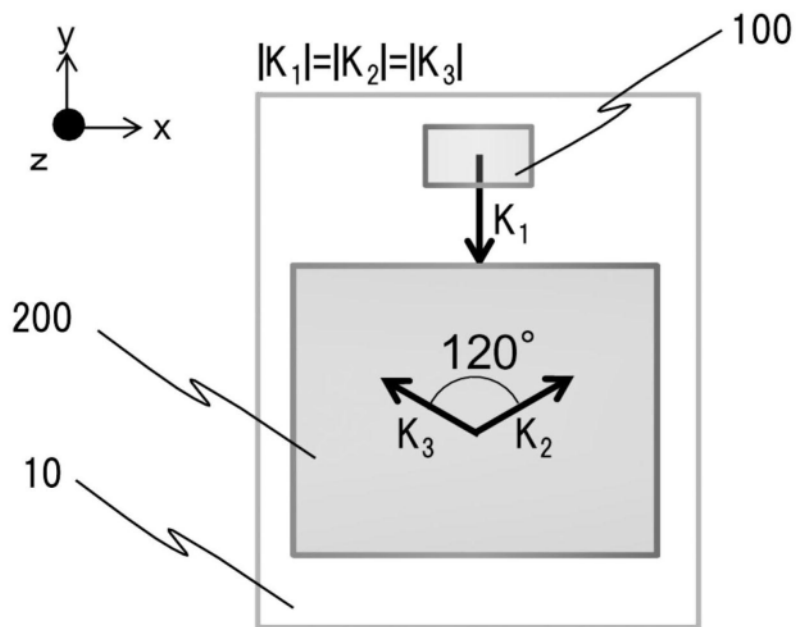


图5

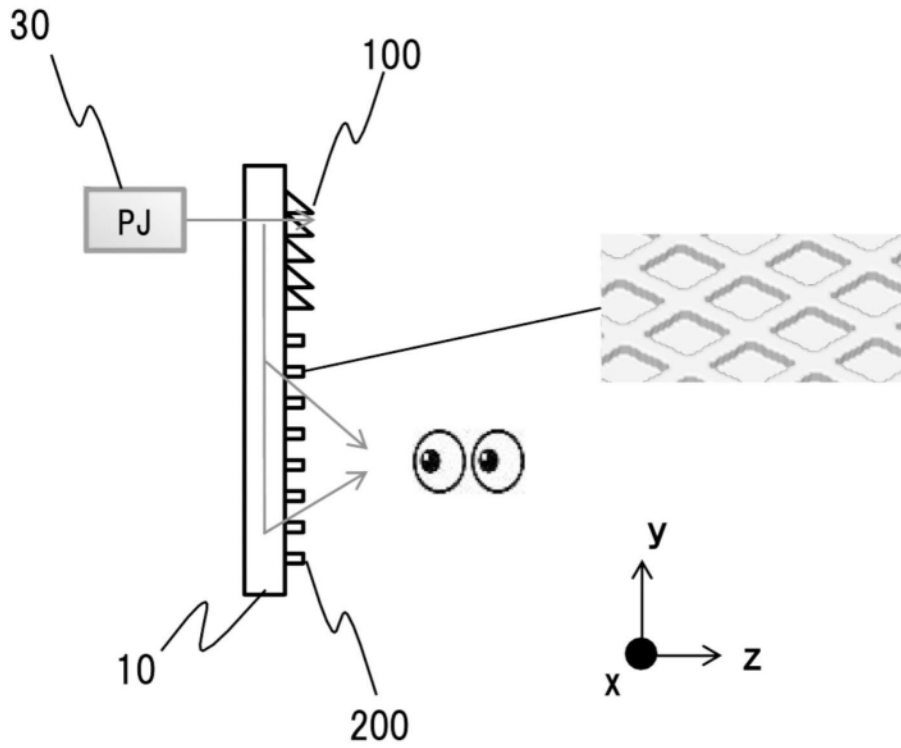


图6



图7A



图7B

纵横比	2.0	0.8	0.4
图案			
投影像 (模拟)			
图案间距(nm)	420	←	←
图案高度(nm)	80	←	←
图案宽度(nm)	40	100	200
η_{11}/η_1^2	0.29	0.86	4.3

图8

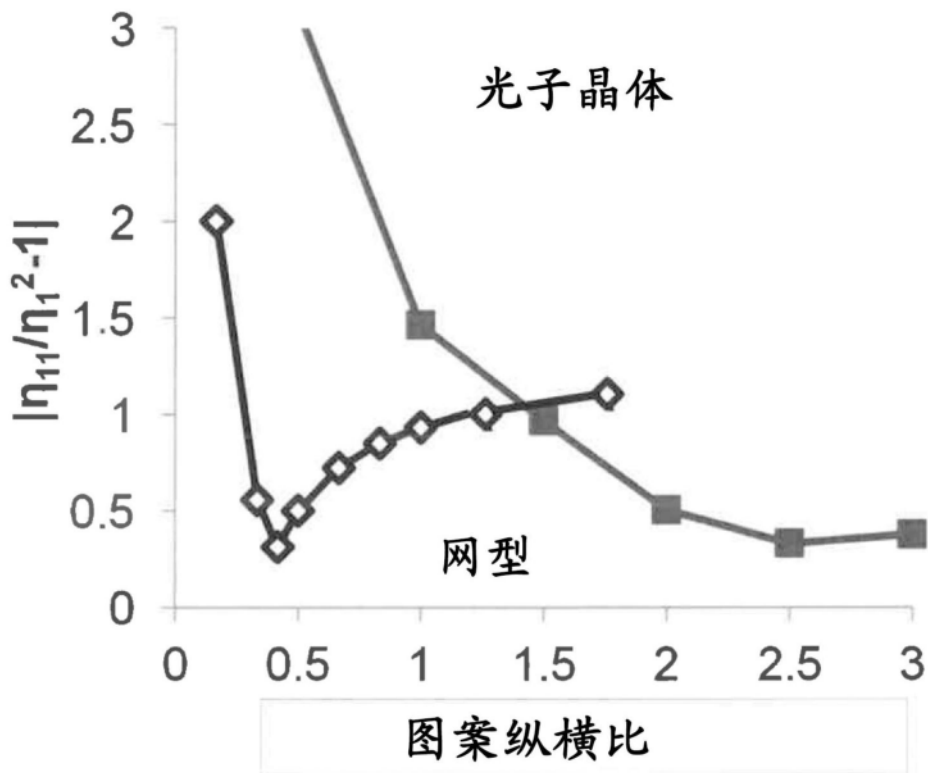


图9

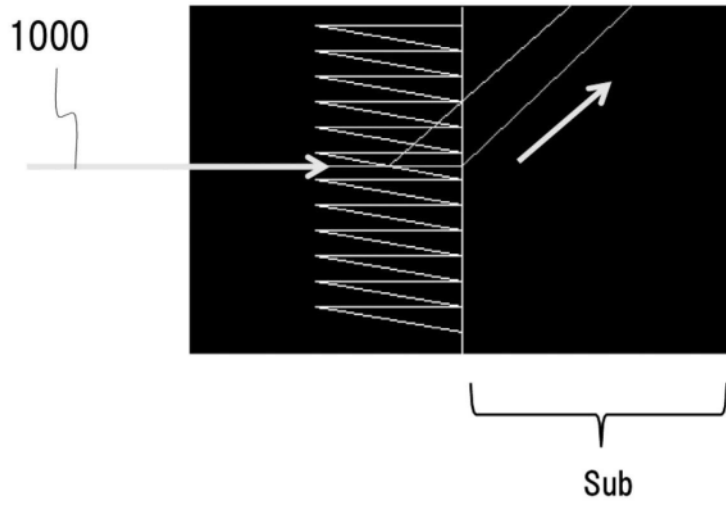


图10A

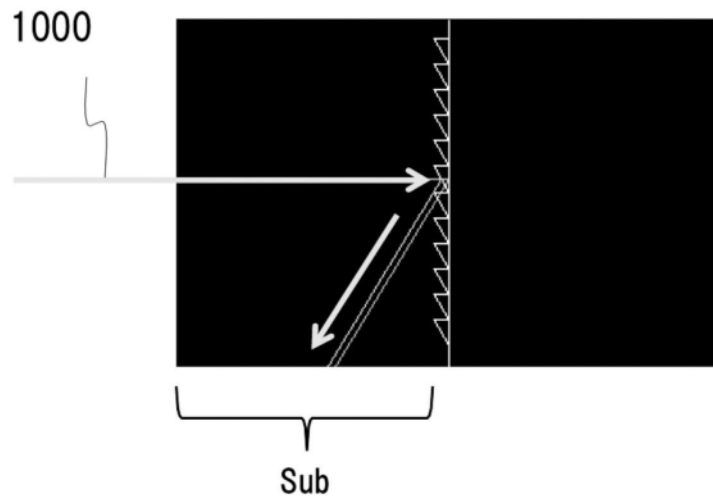


图10B

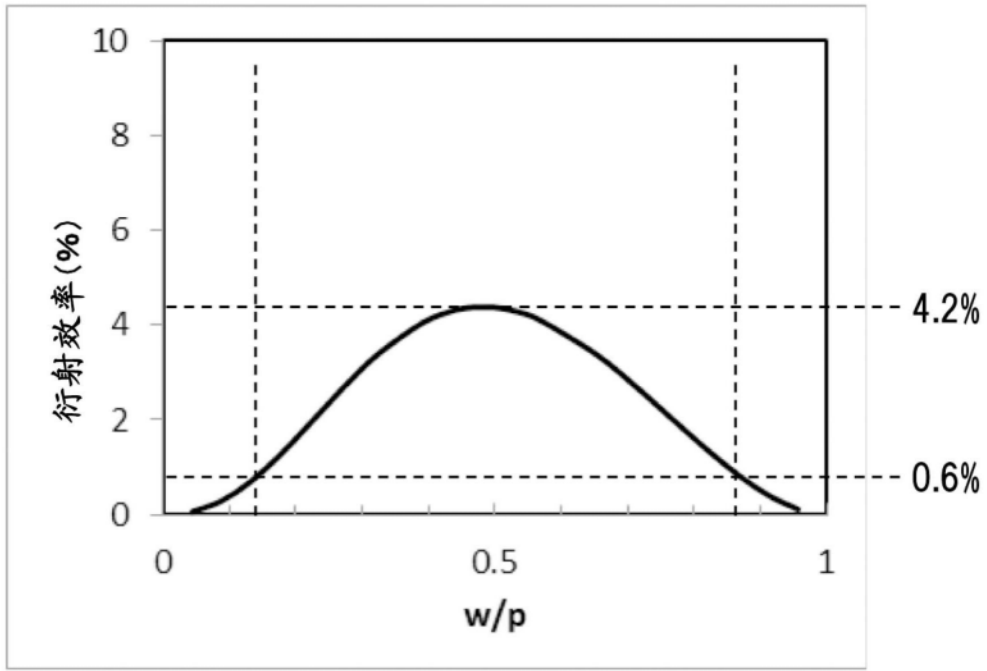


图11A

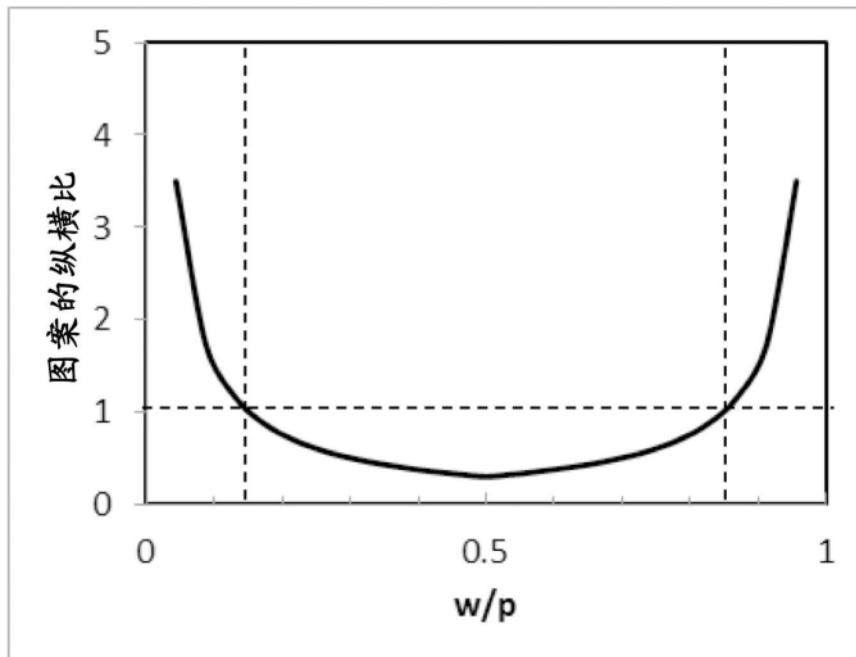


图11B

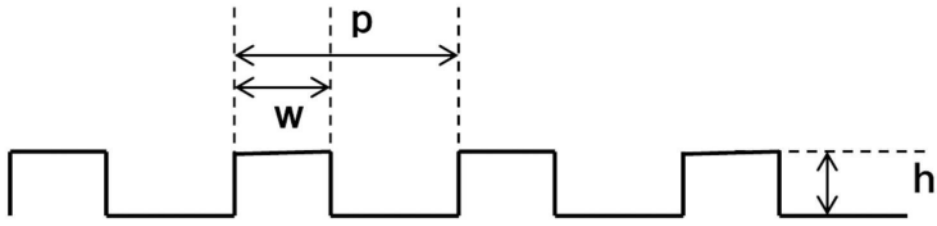


图11C

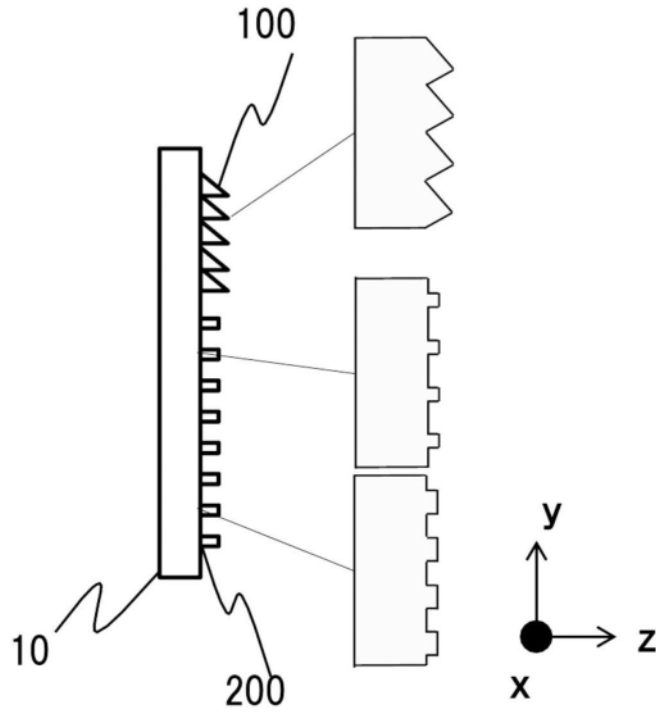


图12

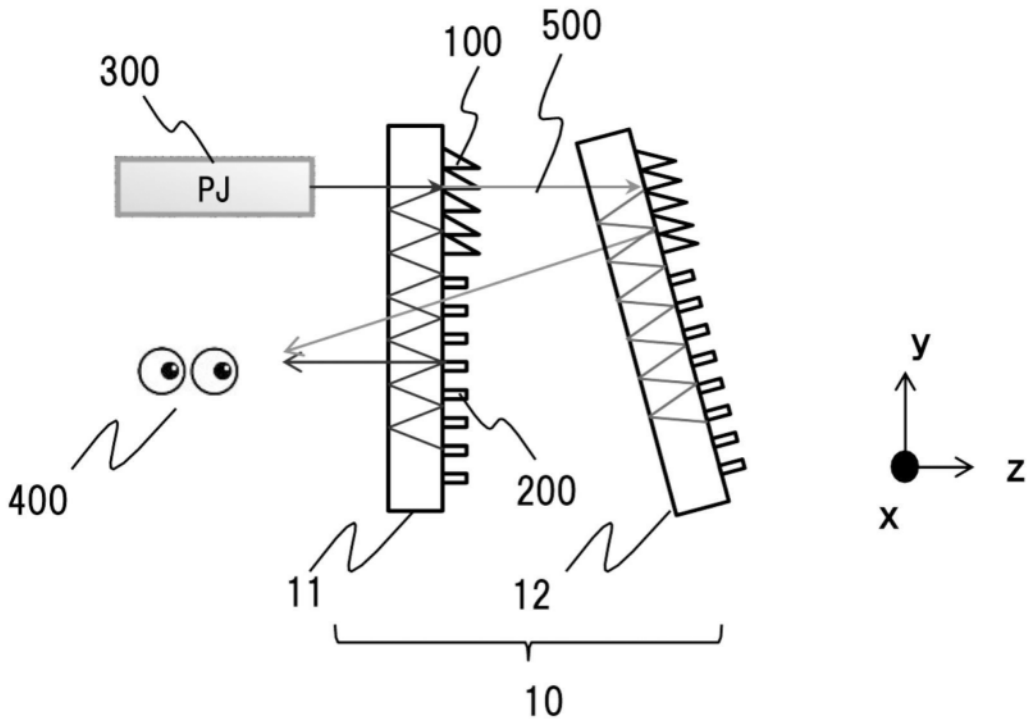


图13A

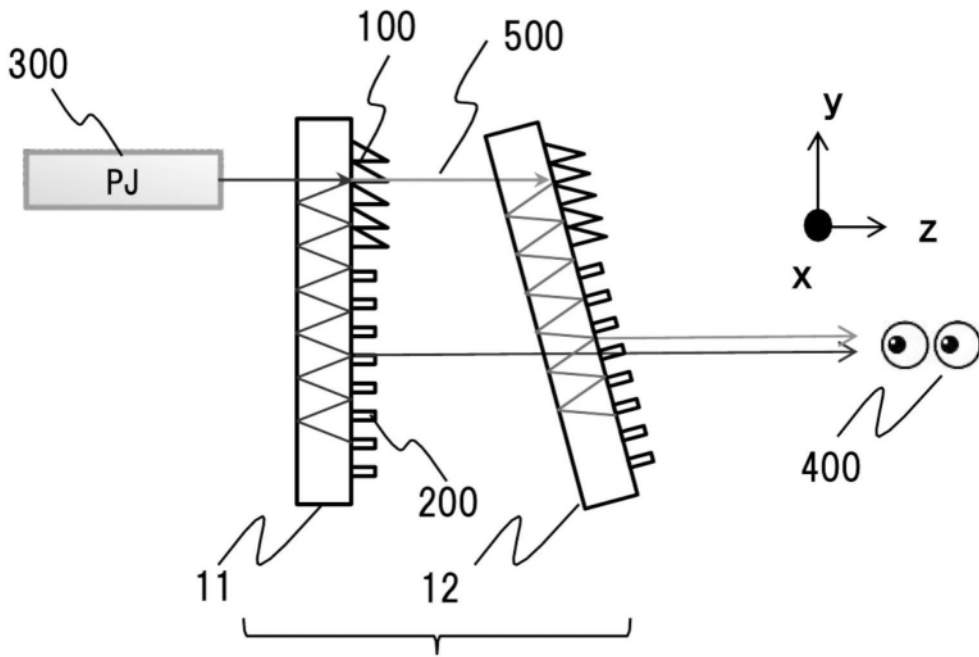


图13B

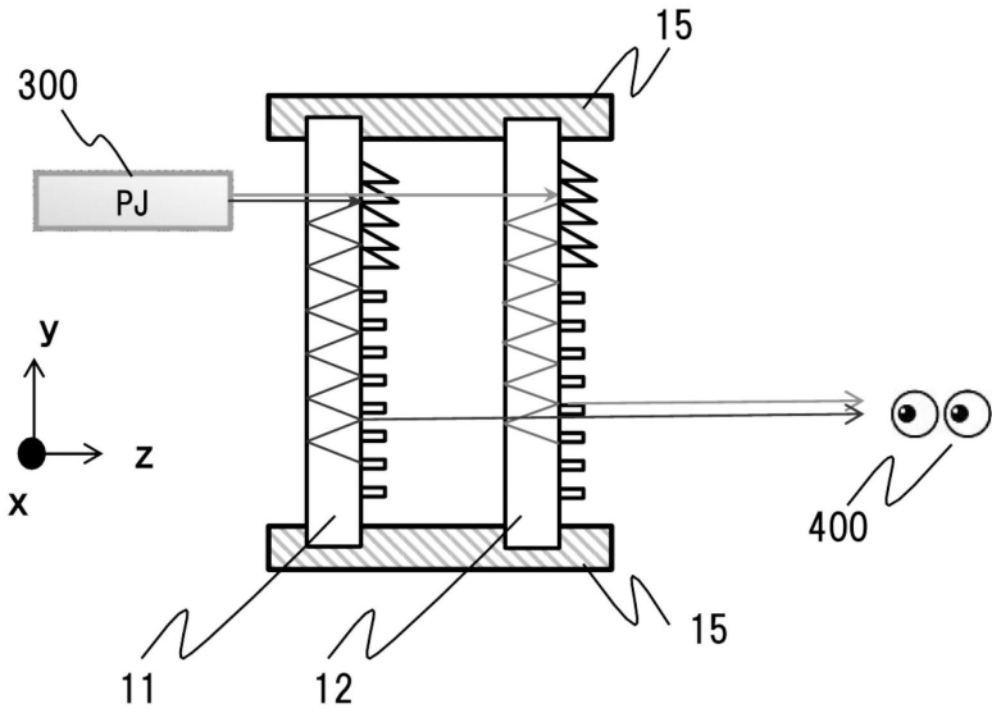


图14A

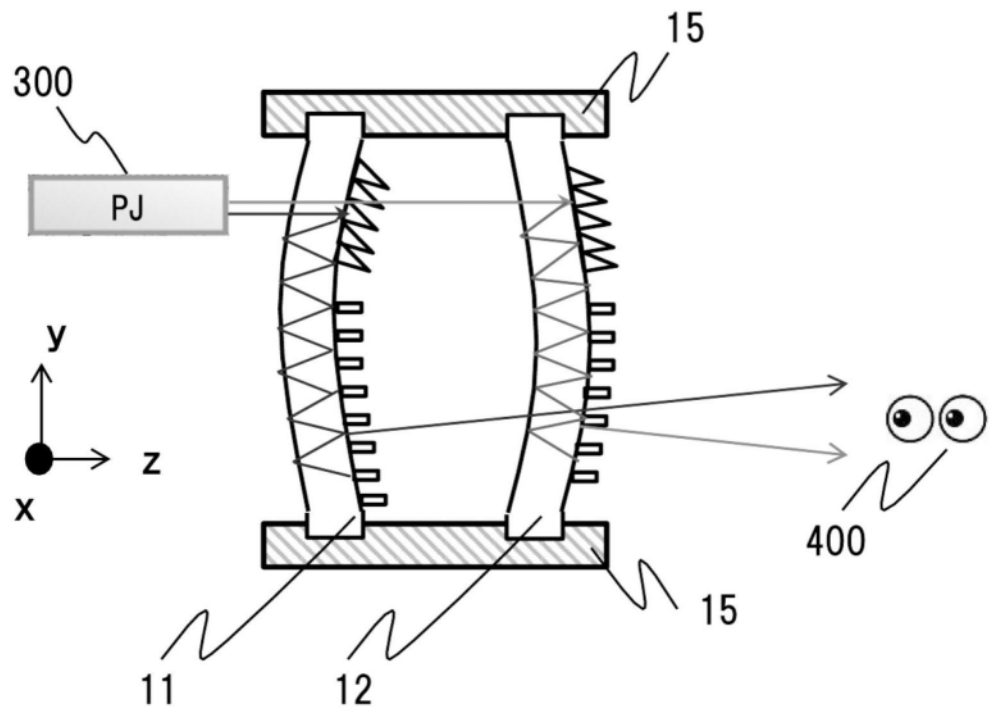


图14B

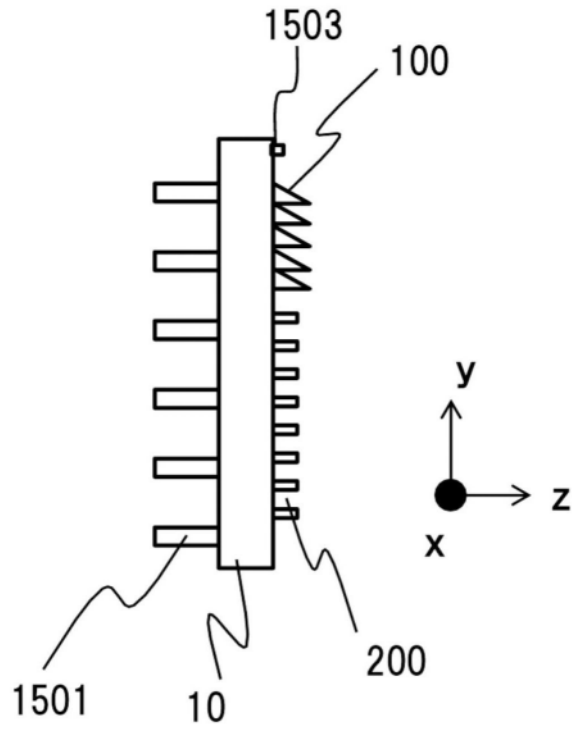


图15A

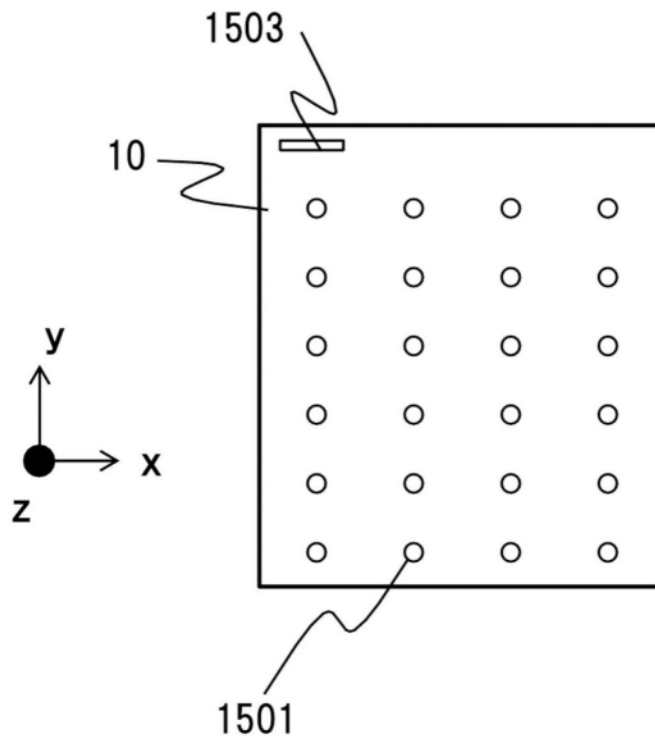


图15B

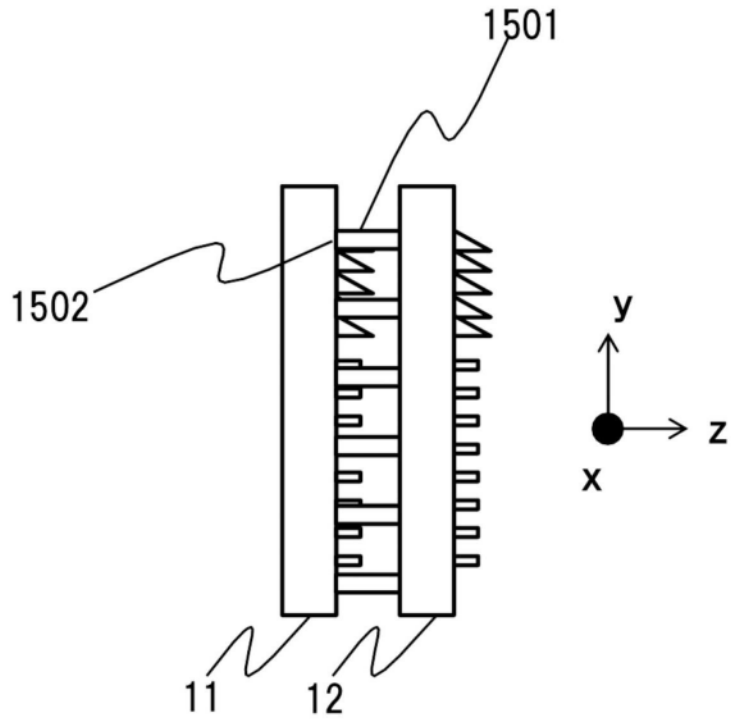


图15C

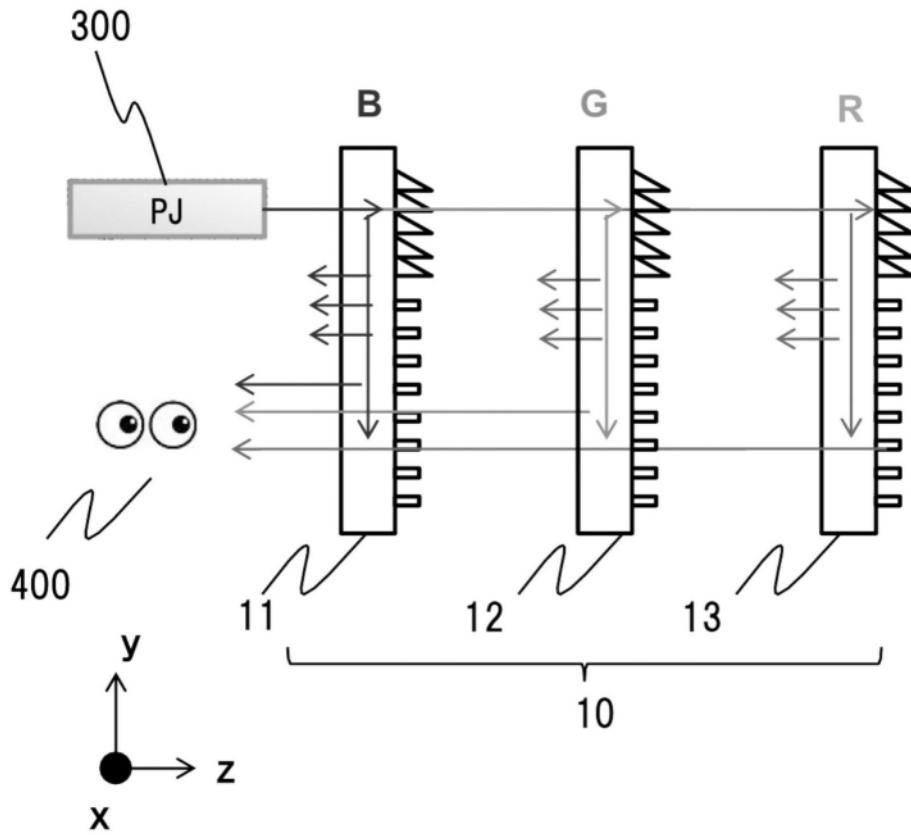


图16