



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112782922 B

(45) 授权公告日 2022.08.30

(21) 申请号 202011177490.4

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2020.10.29

G03B 21/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 黄慧

申请公布号 CN 112782922 A

(43) 申请公布日 2021.05.11

(30) 优先权数据

2019-199702 2019.11.01 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 奥村治

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限

公司 11127

专利代理人 李庆泽 邓毅

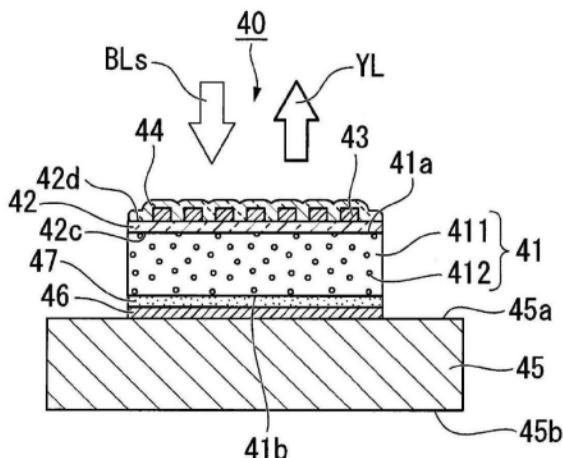
权利要求书1页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

波长转换元件、光源装置和投影仪

(57) 摘要

波长转换元件、光源装置和投影仪。本发明提供波长转换效率较高、且能以较高指向性取出特定波长的光的波长转换元件。本发明的波长转换元件具有：波长转换层，其具有第1面和第2面，将具有第1波段的第1光转换为具有第2波段的第2光，从第1面射出第2光；透明部件，其具有第3面和第4面，第3面与波长转换层的第1面相对地设置；以及多个纳米天线，它们设置在透明部件的第4面，波长转换层包含光散射体，多个纳米天线使具有第2波段中的特定波段的第3光选择性地向第4面的法线方向出射。



1.一种波长转换元件,其具有:

波长转换层,其具有第1面和第2面,将具有第1波段的第1光转换为具有与所述第1波段不同的第2波段的第2光,从所述第1面射出所述第2光;

透明部件,其具有第3面和第4面,所述第3面与所述波长转换层的所述第1面相对地设置;以及

多个纳米天线,它们设置在所述透明部件的所述第4面,

所述波长转换层包含光散射体,

所述多个纳米天线使具有所述第2波段中的特定波段的第3光选择性地向所述第4面的法线方向射出,

所述透明部件由具有与所述波长转换层的折射率相等的折射率、或比所述波长转换层的折射率大的折射率的材料构成。

2.根据权利要求1所述的波长转换元件,其中,

所述波长转换元件还具有保护层,所述保护层以覆盖所述多个纳米天线的方式设置在所述透明部件的所述第4面,至少具有对于所述第2光的透光性。

3.根据权利要求2所述的波长转换元件,其中,

所述保护层的折射率与所述透明部件的折射率不同。

4.根据权利要求1至3中的任意一项所述的波长转换元件,其中,

所述第1光从所述第1面入射到所述波长转换层,

所述波长转换元件还具有反射层,所述反射层被设置为与所述波长转换层的所述第2面相对,至少反射所述第2光。

5.根据权利要求1至3中的任意一项所述的波长转换元件,其中,

所述第1光从所述第2面入射到所述波长转换层,

所述波长转换元件还具有分色层,所述分色层被设置为与所述波长转换层的所述第2面相对,使所述第1光透射,使所述第2光反射。

6.根据权利要求1所述的波长转换元件,其中,

所述第3光的峰值波长不同于所述第2光的峰值波长。

7.根据权利要求6所述的波长转换元件,其中,

所述第1光是蓝色波段的光,

所述第2光的峰值波长位于绿色波段,所述第3光的峰值波长位于红色波段。

8.一种光源装置,其具有:

权利要求1至7中的任意一项所述的波长转换元件;以及

向所述波长转换元件射出由所述第1光构成的激励光的光源。

9.一种投影仪,其具有:

权利要求8所述的光源装置;

光调制装置,其根据图像信息对来自所述光源装置的光进行调制;以及

投射光学装置,其投射由所述光调制装置调制后的光。

## 波长转换元件、光源装置和投影仪

### 技术领域

[0001] 本发明涉及波长转换元件、光源装置和投影仪。

### 背景技术

[0002] 作为用于投影仪的光源装置,提出了利用在向荧光体照射激励光时从荧光体发出的荧光的光源装置。在下述的专利文献1中,公开了一种波长转换装置,其具备:波长转换体,其对入射光的波长进行转换而生成波长转换光;和天线阵列,其形成于波长转换体上,具有以波长转换体内的波长转换光的光学波长程度的周期配置的多个天线。

[0003] 专利文献1:日本特开2018-13688号公报

### 发明内容

[0004] 发明要解决的课题

[0005] 在专利文献1中记载了如下内容:在向天线阵列照射光时,相邻的各个天线的局域表面等离子共振利用光衍射而发生谐振,电场强度增大,由此,波长转换光的取出效率提高,并且得到窄角的配光分布。在专利文献1的波长转换装置中,由于从波长转换体射出后的未进行波长转换透射光也维持激光所具有的窄角的配光分布,所以,推测波长转换体不具有光散射性。但是,在波长转换体不具有光散射性的结构中,存在这样的问题:激励光不能被荧光体充分吸收,难以实现高的波长转换效率。

[0006] 用于解决课题的手段

[0007] 为了解决上述课题,本发明的一个方式的波长转换元件具备:波长转换层,其具有第1面和第2面,将具有第1波段的第1光转换为具有与所述第1波段不同的第2波段的第2光,从所述第1面射出所述第2光;透明部件,其具有第3面和第4面,所述第3面与所述波长转换层的所述第1面相对地设置;以及多个纳米天线,它们设置在所述透明部件的所述第4面,所述波长转换层包含光散射体,所述多个纳米天线使具有所述第2波段中的特定波段的第3光选择性地向所述第4面的法线方向射出。

[0008] 本发明的一个方式的波长转换元件还具有保护层,所述保护层以覆盖所述多个纳米天线的方式设置在所述透明部件的所述第4面,至少具有对于所述第2光的透光性。

[0009] 在本发明的一个方式的波长转换元件中,所述保护层的折射率与所述透明部件的折射率不同。

[0010] 本发明的一个方式的波长转换元件在所述第1光从所述第1面入射到所述波长转换层的结构中,所述波长转换元件还具有反射层,所述反射层被设置为与所述波长转换层的所述第2面相对,至少反射所述第2光。

[0011] 本发明的一个方式的波长转换元件在所述第1光从所述第2面入射到所述波长转换层的结构中,所述波长转换元件还具有分色层,所述分色层被设置为与所述波长转换层的所述第2面相对,使所述第1光透射,使所述第2光反射。

[0012] 在本发明的一个方式的波长转换元件中,所述第3光的峰值波长不同于所述第2光

的峰值波长。

[0013] 在本发明的一个方式的波长转换元件中,所述第1光是蓝色波段的光,所述第2光的峰值波长位于绿色波段,所述第3光的峰值波长位于红色波段。

[0014] 本发明的一个方式的光源装置具备:本发明的一个方式的波长转换元件;以及向所述波长转换元件射出由所述第1光构成的激励光的光源。

[0015] 本发明的一个方式的投影仪具备:本发明的一个方式的光源装置;光调制装置,其根据图像信息对来自所述光源装置的光进行调制;以及投射光学装置,其投射由所述光调制装置调制后的光。

## 附图说明

[0016] 图1是第1实施方式的投影仪的概要结构图。

[0017] 图2是第1实施方式的照明装置的概要结构图。

[0018] 图3是第1实施方式的波长转换元件的俯视图。

[0019] 图4是沿着图3的IV-IV线的波长转换元件的剖视图。

[0020] 图5是示出荧光体层的厚度与波长转换效率及荧光的渗出量的关系的曲线图。

[0021] 图6是示出激励光和荧光的光谱的图。

[0022] 图7是第2实施方式的照明装置的概要结构图。

[0023] 图8是第2实施方式的波长转换元件的剖视图。

## 标号说明

[0025] 1投影仪;4R、4G、4B光调制装置;6投射光学装置;11第1光源装置(光源装置);20光源装置;21阵列光源(光源);40、60波长转换元件;41、65波长转换层;41a、65a第1面;41b、65b第2面;42透明部件;42c第3面;42d第4面;43纳米天线;44保护层;46反射层;63分色层;412光散射体。

## 具体实施方式

[0026] [第1实施方式]

[0027] 以下,使用图1~图6说明本发明的第1实施方式。

[0028] 另外,在以下的各图中,为了易于观察各结构要素,有时根据结构要素而使尺寸的比例尺不同来示出。

[0029] 对本实施方式的投影仪的一例进行说明。

[0030] 图1是示出本实施方式的投影仪的概要结构的图。

[0031] 如图1所示,本实施方式的投影仪1是在屏幕SCR上显示彩色影像的投射型图像显示装置。投影仪1具备照明装置2、色分离光学系统3、光调制装置4R、光调制装置4G、光调制装置4B、合成光学系统5和投射光学装置6。关于照明装置2的结构,在后面进行说明。

[0032] 色分离光学系统3具备第1分色镜7a、第2分色镜7b、反射镜8a、反射镜8b、反射镜8c、中继透镜9a和中继透镜9b。色分离光学系统3将从照明装置2射出的白色的照明光WL分离为红色光LR、绿色光LG和蓝色光LB,将红色光LR导向光调制装置4R,将绿色光LG导向光调制装置4G,将蓝色光LB导向光调制装置4B。

[0033] 场透镜10R配置于色分离光学系统3与光调制装置4R之间,使入射的红色光LR大致

平行化而朝向光调制装置4R射出。场透镜10G配置于色分离光学系统3与光调制装置4G之间，使入射的绿色光LG大致平行化而朝向光调制装置4G射出。场透镜10B配置于色分离光学系统3与光调制装置4B之间，使入射的蓝色光LB大致平行化而朝向光调制装置4B射出。

[0034] 第1分色镜7a使红色光成分透过，使绿色光成分和蓝色光成分反射。第2分色镜7b使绿色光成分反射，使蓝色光成分透过。反射镜8a反射红色光成分。反射镜8b及反射镜8c使蓝色光成分反射。

[0035] 透过了第1分色镜7a的红色光LR被反射镜8a反射，透过场透镜10R而入射到红色光用光调制装置4R的图像形成区域。被第1分色镜7a反射的绿色光LG被第2分色镜7b进一步反射，透过场透镜10G而入射到绿色光用的光调制装置4G的图像形成区域。透过了第2分色镜7b的蓝色光LB经过中继透镜9a、入射侧的反射镜8b、中继透镜9b、出射侧的反射镜8c及场透镜10B而入射到蓝色光用的光调制装置4B的图像形成区域。

[0036] 光调制装置4R、光调制装置4G以及光调制装置4B分别根据图像信息对入射的各色光进行调制，形成图像光。光调制装置4R、光调制装置4G以及光调制装置4B分别由液晶光阀构成。虽然省略了图示，但是在光调制装置4R、光调制装置4G及光调制装置4B的光入射侧分别配置有入射侧偏振板。在光调制装置4R、光调制装置4G以及光调制装置4B的光出射侧分别配置有出射侧偏振板。

[0037] 合成光学系统5对从光调制装置4R、光调制装置4G及光调制装置4B射出的各图像光进行合成而形成全彩色的图像光。合成光学系统5由将4个直角棱镜粘合而得到的俯视呈大致正方形的十字分色棱镜构成。在使直角棱镜彼此贴合后的大致X字状的界面形成有电介质多层膜。

[0038] 从合成光学系统5射出的图像光被投射光学装置6放大投射，在屏幕SCR上形成图像。即，投射光学装置6投射由光调制装置4R、光调制装置4G以及光调制装置4B调制后的光。投射光学装置6由单个或多个投射透镜构成。

[0039] 对本实施方式的照明装置2的一例进行说明。

[0040] 图2是示出照明装置2的概要结构的图。

[0041] 如图2所示，照明装置2具备光源装置20、积分器光学系统31、偏振转换元件32和重叠透镜33。积分器光学系统31和重叠透镜33构成重叠光学系统。

[0042] 光源装置20具备阵列光源21、准直光学系统22、无焦光学系统23、第1相位差板28a、偏振分离元件25、第1会聚光学系统26、波长转换元件40、第2相位差板28b、第2会聚光学系统29和扩散反射元件30。

[0043] 阵列光源21、准直光学系统22、无焦光学系统23、第1相位差板28a、偏振分离元件25、第2相位差板28b、第2会聚光学系统29及扩散反射元件30在光轴ax1上依次排列配置。波长转换元件40、第1会聚光学系统26、偏振分离元件25、积分器光学系统31、偏振转换元件32以及重叠透镜33在照明光轴ax2上依次排列配置。光轴ax1和照明光轴ax2位于同一面内且相互正交。另外，照明光轴ax2是沿着从照明装置2射出的照明光WL的主光线的轴。

[0044] 阵列光源21具备多个半导体激光器211作为固体光源。多个半导体激光器211在与光轴ax1正交的面内排列配置为阵列状。半导体激光器211射出具有第1波段的蓝色光BL(第1光)，具体而言，例如射出具有450~460nm波段且峰值波长为455nm的光。阵列光源21射出由多个光BL构成的光束。本实施方式的阵列光源21对应于权利要求书中的“光源”。

[0045] 从阵列光源21射出的光BL入射到准直光学系统22。准直光学系统22将从阵列光源21射出的光BL转换为平行光。准直光学系统22由排列配置成阵列状的多个准直透镜22a构成。多个准直透镜22a各自与多个半导体激光器211各自对应地配置。

[0046] 通过准直光学系统22的光BL入射到无焦光学系统23。无焦光学系统23调整由多个光BL构成的光束的粗细(直径)。无焦光学系统23例如由凸透镜23a和凹透镜23b构成。

[0047] 通过了无焦光学系统23的光BL入射至第1相位差板28a。第1相位差板28a例如是可以以光轴ax1为中心进行旋转的1/2波长板。从半导体激光器211射出的光BL是线偏振光。通过适当地设定第1相位差板28a的旋转角度,能够将透过第1相位差板28a的光BL转换为以预定比率包含相对于偏振分离元件25的S偏振成分与P偏振成分的光。另外,通过使第1相位差板28a进行旋转,能够使S偏振成分与P偏振成分的比率变化。

[0048] 通过透过第1相位差板28a而生成的包含S偏振成分与P偏振成分的光BL1入射至偏振分离元件25。偏振分离元件25例如由具有波长选择性的偏振分束器构成。偏振分离元件25配置成相对于光轴ax1及照明光轴ax2成45°的角度。

[0049] 偏振分离元件25具有将入射的光BL1分离成相对于偏振分离元件25的S偏振成分的光BLs和P偏振成分的光BLp的偏振分离功能。具体地,偏振分离元件25反射S偏振成分的光BLs并透射P偏振成分的光BLp。进而,偏振分离元件25除了偏振分离功能之外,还具有使具有与蓝色光BL的波段不同的波段的黄色光成分与其偏振状态无关地透射的色分离功能。

[0050] 从偏振分离元件25射出的S偏振的光BLs入射到第1会聚光学系统26。第1聚光光学系统26使光BLs朝向波长转换元件40会聚。第1会聚光学系统26由第1透镜26a和第2透镜26b构成。第1透镜26a及第2透镜26b分别由凸透镜构成。从第1会聚光学系统26射出的光BLs以会聚的状态入射到波长转换元件40。

[0051] 波长转换元件40将具有作为第1波段的蓝色波段的光BLs转换为具有作为与第1波段不同的第2波段的黄色波段的荧光YL(第2光)。在本实施方式中,作为波长转换元件40,例如使用不能通过电动机等进行旋转的固定型波长转换元件。关于波长转换元件40的结构,在后面详细说明。

[0052] 由波长转换元件40生成的黄色的荧光YL在被第1会聚光学系统26平行化后,入射到偏振分离元件25。荧光YL是非偏振光。如上所述,偏振分离元件25具有与偏振状态无关地透射黄色光成分的特性,所以,荧光YL透过偏振分离元件25。

[0053] 另一方面,从偏振分离元件25射出的P偏振的光线BLp入射至第2相位差板28b。第2相位差板28b由配置于偏振分离元件25与扩散反射元件30之间的光路中的1/4波长板构成。因此,从偏振分离元件25射出的P偏振的光线BLp在被第2相位差板28b转换为例如右旋圆偏振的蓝色光BLc1之后,入射至第2会聚光学系统29。

[0054] 第2会聚光学系统29由第1透镜29a和第2透镜29b构成。第1透镜29a及第2透镜29b分别由凸透镜构成。第2会聚光学系统29使蓝色光BLc1以会聚的状态入射到扩散反射元件30。

[0055] 扩散反射元件30配置在从偏振分离元件25射出的光BLp的光路上,使从第2会聚光学系统29射出的蓝色光BLc1朝向偏振分离元件25扩散反射。作为扩散反射元件30,优选使蓝色光BLc1进行朗伯特反射,并且不扰乱蓝色光BLc1的偏振状态。

[0056] 以下,将由扩散反射元件30扩散反射的光称为蓝色光BLc2。在本实施方式中,通过

蓝色光BLc1进行扩散反射而得到大致均匀的照度分布的蓝色光BLc2。例如,右旋圆偏振的蓝色光BLc1被扩散反射元件30扩散反射,变成左旋圆偏振的蓝色光BLc2。

[0057] 蓝色光BLc2在通过第2会聚光学系统29转换成平行光后,再次入射至第2相位差板28b。左旋圆偏振的蓝色光BLc2通过第2相位差板28b转换为S偏振的蓝色光BLs1。S偏振的蓝色光BLs1被偏振分离元件25反射,朝向积分器光学系统31行进。

[0058] 这样,蓝色光BLs1与透过了偏振分离元件25的荧光YL合成,用作照明光WL。即,蓝色光BLs1和荧光YL从偏振分离元件25朝彼此相同的方向射出,产生合成蓝色光BLs1和黄色荧光YL而得的白色的照明光WL。

[0059] 照明光WL朝向积分器光学系统31射出。积分器光学系统31由第1透镜阵列311和第2透镜阵列312构成。第1透镜阵列311具有多个透镜311a排列为阵列状的结构。第2透镜阵列312具有多个透镜312a排列为阵列状的结构。

[0060] 透过了积分器光学系统31的照明光WL进入偏振转换元件32。偏振转换元件32具有偏振分离膜和相位差板。偏振转换元件32将包含无偏振的荧光YL的照明光WL转换为入射到光调制装置4R、光调制装置4G以及光调制装置4B的线偏振光。

[0061] 透过了偏振转换元件32的照明光WL入射到重叠透镜33。重叠透镜33与积分器光学系统31协作,使作为被照明区域的光调制装置4R、光调制装置4G以及光调制装置4B的图像形成区域中的照明光WL的照度分布均匀化。照明装置2以这种方式生成照明光WL。

[0062] 以下,对本实施方式的波长转换元件40进行说明。

[0063] 图3是波长转换元件40的俯视图。图4是沿着图3的IV-IV线的波长转换元件40的剖视图。

[0064] 如图3和图4所示,波长转换元件40具备波长转换层41、透明部件42、多个纳米天线43、保护层44、基板45、反射层46和接合层47。

[0065] 如图4所示,波长转换层41具有第1面41a以及与第1面41a不同的第2面41b,第1面41a入射激励光BLs并且出射荧光YL。即,本实施方式的波长转换元件40是所谓的反射型波长转换元件,其使激励光BLs从波长转换层41的一个面入射,并出射荧光YL。如图3所示,从与第1面41a正交的方向观察,波长转换层41具有矩形形状。以下,将从与第1面41a正交的方向观察波长转换元件40的情况称为俯视。此外,将入射到波长转换层41并激励荧光体的蓝色波段的光BLs称为激励光BLs。

[0066] 波长转换层41包括将激励光BLs转换为具有与激励光BLs的第1波段不同的第2波段的荧光YL(第2光)的陶瓷荧光体。第2波段例如为490~750nm,荧光YL为包含绿色光成分和红色光成分的黄色光。另外,波长转换层41也可以包含单晶荧光体。

[0067] 波长转换层41包括块状的无机荧光体411、分散在无机荧光体411的内部的多个光散射体412。多个光散射体412的折射率与无机荧光体411的折射率不同。波长转换层41包括分散在无机荧光体411的内部的多个光散射体412,由此,具有使在内部传播的光散射的特性。波长转换层41的厚度例如优选为10μm以上且100μm以下。

[0068] 作为无机荧光体411,例如可以使用含有作为活化剂的铈的钇铝石榴石( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ : $\text{Ce}^{3+}$ (YAG))系荧光体、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $\text{Ca}_x(\text{Si}, \text{Al})_{12}(0, \text{N})_{16}:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体等发出黄色光的荧光体。或者,作为发出黄色光的无机荧光体411,也可以使用混合了绿色荧光体和红色荧光体的荧光体。此时,作为绿色荧光体,能够使用 $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 系荧光体、 $\text{Y}_3\text{O}_4$ :

$\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $(\text{Ba}, \text{Sr})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $\text{Ba}_3\text{Si}_6\text{O}_{12}\text{N}_2:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $(\text{Si}, \text{Al})_6(\text{O}, \text{N})_8:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体等。作为红色荧光体，能够使用 $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $\text{Ca}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $(\text{Ba}, \text{Sr})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $\text{Ba}_3\text{Si}_6\text{O}_{12}\text{N}_2:\text{Eu}^{2+}$ 系荧光体、 $\text{KSiF}_6:\text{Mn}^{4+}$ 系荧光体、 $\text{KTiF}_6:\text{Mn}^{4+}$ 系荧光体等。

[0069] 作为光散射体412，可以使用气孔。例如，在使用YAG烧结体作为无机荧光体411的情况下，通过在烧结YAG时调整烧结温度，能够使气孔残留在YAG的晶界附近。这样，可以制造在无机荧光体411的内部分散有多个光散射体412的波长转换层。气孔即空气的折射率为1.0，所以，在使用气孔作为光散射体412的情况下，与使用其他低折射率材料的情况相比，无机荧光体411与光散射体412的折射率差变大，因此，作为光散射体412是合适的。但是，光散射体412也可以不一定是气孔，只要是具有与无机荧光体的折射率不同的折射率的粒子即可。

[0070] 透明部件42具有第3面42c和第4面42d，第3面42c被设置成与波长转换层41的第一面41a相对。透明部件42优选由具有与波长转换层41的折射率相等的折射率或者比波长转换层41的折射率大的折射率的材料构成。在波长转换层41由YAG构成的情况下，YAG的折射率为1.82，所以，例如折射率为1.77的蓝宝石玻璃、折射率为1.85的光学玻璃N-SF57(Schott公司制)等。另外，透明部件42的“透明”的意思是在部件的内部不具有光散射体，不具有光散射性。

[0071] 透明部件42的厚度只要在荧光YL的波长以上即可。因此，透明部件42可以不由玻璃等板材构成，可以由形成在波长转换层41的第一面41a上的薄膜构成。作为薄膜，能够使用折射率为2.03的氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、折射率为2.12的二氧化铪( $\text{HfO}_2$ )、折射率为2.14的五氧化钽( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )、折射率为2.44的氧化钛( $\text{TiO}_2$ )等材料。

[0072] 多个纳米天线43设置在透明部件42的第4面42d上。多个纳米天线43选择性地使具有荧光YL的第2波段即黄色波段中的特定波段例如红色波段的光(第3光)朝向第4面42d的法线方向射出。另外，在本实施方式中，将上述特定波段设定为红色波段，但也可以设定为荧光YL的第2波段中的任意波段。以下，将第4面42d的法线方向简称为法线方向。

[0073] 多个纳米天线43分别由以银(Ag)、铝(Al)、硅(Si)等材料形成的柱状体构成。从法线方向观察时，例如，柱状体具有圆、多边形等平面形状。形成各纳米天线43的平面形状的圆或多边形的直径例如为150nm。各纳米天线43的高度例如为150nm。因此，多个纳米天线43能够通过对例如厚度为150nm的银、铝等金属或者硅等半导体的薄膜进行构图而形成。另外，纳米天线43的形状也可以不一定是柱状体，例如也可以是圆锥、棱锥、圆台、棱台等。另外，纳米天线43也可以由上述所示的材料的合金或层叠体构成。

[0074] 如图3所示，在俯视图中，多个纳米天线43排列成具有规定间距P的三角格子状。相邻的2个纳米天线43的最佳间距P由与纳米天线43相邻的透明部件42的折射率和要沿法线方向衍射的光的波长决定。如果将希望沿法线方向衍射的光的波长设定为例如610nm，则在由蓝宝石玻璃构成透明部件42的情况下，纳米天线43的最佳间距P为400nm。在由光学玻璃N-SF57构成透明部件42的情况下，纳米天线43的最佳间距P为380nm。在由 $\text{HfO}_2$ 或 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 构成透明部件42的情况下，纳米天线43的最佳间距P为330nm。在由 $\text{TiO}_2$ 构成透明部件42的情况下，纳米天线43的最佳间距P为290nm。另外，多个纳米天线43的排列不一定是三角格子状，例如也可以是正方格子状等，只要是具有一定间距的排列即可。

[0075] 保护层44以覆盖多个纳米天线43的方式设置在透明部件42的第4面42d上。保护层44对于激励光BLs和荧光YL具有透光性。保护层44的折射率优选与透明部件42的折射率大致相等。因此，保护层44可以使用与透明部件42相同的材料，例如 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ 等材料。另外，保护层44根据需要设置即可，也可以不设置。

[0076] 基板45具有第1面45a和第2面45b，第1面45a被设置成隔着后述的反射层46以及接合层47与波长转换层41的第2面41b相对。基板45例如优选由铜(Cu)、铝(Al)等具有较高的导热率的金属构成。另外，也可以在基板45的第2面45b上设置散热器等散热部件。

[0077] 反射层46在基板45的第1面45a上与波长转换层41的第2面41b相对地设置。反射层46至少反射荧光YL。反射层46例如由银(Ag)、铝(Al)等反射率较高的金属或者电介质多层膜构成。在图4的例子中，反射层46仅设置在基板45的第1面45a中的波长转换层41的形成区域，但也可以设置在包含波长转换层41的形成区域以外的区域的、基板45的第1面45a的整个面上。

[0078] 接合层47设置在波长转换层41与反射层46之间，将波长转换层41与反射层46接合。接合层47例如由硅酮树脂等树脂材料、银膏等金属材料构成。

[0079] 以下，说明本实施方式的波长转换元件40的作用。

[0080] 在本实施方式的波长转换装置40中，波长转换层41包括光散射体412，所以，入射到波长转换层41的激励光BLs被光散射体412在波长转换层41中多次散射。由此，几乎所有的激励光BLs的波长被转换为荧光YL。如果该荧光YL以引起被称为瑞利异常(Rayleigh anomaly)的向面内的光衍射的角度入射到纳米天线43，则荧光YL通过向面内的光衍射，一边激励构成各个纳米天线43的金属粒子的局域表面等离子，一边进行传播。由此，发生大的电场增强。这样增强的电场以在法线方向上具有较强指向性的方式发射由纳米天线43的间距P决定的特定波长的光。也存在从纳米天线43向基板45侧发射的荧光YL，但该荧光YL被反射层46反射，再次向纳米天线43传播。

[0081] 本发明人研究了能够对几乎所有的激励光BLs进行波长转换的波长转换层41的条件进行了如下研究。

[0082] 图5示出波长转换层41的厚度和波长转换层41内的光散射体412的混入量对波长转换效率产生的影响。在图5中，横轴表示波长转换层41的厚度( $\mu\text{m}$ )，左侧的纵轴表示波长转换效率(%)，右侧的纵轴表示从波长转换层41射出的荧光YL的渗出量( $\mu\text{m}$ )。使用气孔作为光散射体412，光散射体412的混入量用光散射体412的体积相对于波长转换层41的总体积的比例表示，按照0.2%、0.4%、0.8%、1.6%这4种变化。荧光YL的渗出是这样的现象：荧光YL被光散射体412散射，从而在横向(与波长转换层41的厚度方向交叉的方向)上传播，其结果是，以比激励光BLs的入射区域向外侧扩展的方式发射荧光YL。

[0083] 如图5所示，根据光散射体412的混入量而稍微有些不同，但如果波长转换层41的厚度至少为10 $\mu\text{m}$ ，则可以得到40%以上左右的波长转换效率，如果波长转换层41的厚度为50 $\mu\text{m}$ 以上，则可以得到60%左右的稳定的波长转换效率。相反，当波长转换层41的厚度小于10 $\mu\text{m}$ 时，波长转换效率急剧下降。相反，当波长转换层41的厚度大于50 $\mu\text{m}$ 时，波长转换效率几乎没有提高，荧光YL的渗出量反而逐渐增加。如果荧光YL的渗出量变大，则波长转换层41的发光面积变大，其结果是，光学扩展量增大，将波长转换元件40应用于例如投影仪时的投射效率降低。根据其结果，波长转换层41的厚度优选为10 $\mu\text{m}$ 以上且50 $\mu\text{m}$ 以下。

[0084] 如上所述,根据本实施方式的波长转换元件40,在使峰值波长为455nm的蓝色激励光BLs照射至波长转换层41时,可以取出相当于激励光BLs的光量的大约60%的光作为荧光YL。在上述专利文献1的波长转换元件的情况下,由于波长转换层不具有光散射性,所以,入射的激励光可能不能被荧光体充分吸收。与此相对,在本实施方式的波长转换元件40的情况下,波长转换层41包括多个光散射体412,所以,激励光BLs在波长转换层41内多次散射,激励光BLs的实际光路长度变长,从而激励光BLs被荧光体充分吸收。由此,根据本实施方式的波长转换元件40,与专利文献1的波长转换元件相比,可以提高波长转换效率。

[0085] 进而,在本实施方式的情况下,波长转换元件40具备多个纳米天线43,所以,能够在法线方向上以较高的指向性取出荧光YL的波段中的特定波长的光。

[0086] 图6是示出在本实施方式的波长转换元件40中、激励光BLs的光谱和从法线方向测定的荧光YL的光谱的图。在图6中,横轴是波长(nm),纵轴是光量(a.u.)。

[0087] 如图6所示,除了从荧光体生成的荧光YL的平缓的光谱之外,还在波长为610nm的部位产生尖锐的峰值。该峰值是通过基于纳米天线43的局域表面等离子激励而增强的电场所引起的光衍射的具有高指向性的光。在图6的情况下,荧光YL的峰值波长约为530nm,位于绿色波段。与此相对,由纳米天线43沿法线方向衍射的光的峰值波长约为610nm。这样,纳米天线43沿法线方向衍射的光的峰值波长与荧光YL的峰值波长不同。

[0088] 通常,YAG:Ce系荧光体具有这样的特性:荧光体产生的荧光中的红色光成分较少。因此,在将从YAG:Ce系荧光体得到的荧光用作投影仪等显示装置的照明光的情况下,难以得到良好的白平衡。因此,通过舍弃荧光中的例如40%左右的绿色光成分来确保白平衡,但在该方法中,由于舍弃了一部分光成分,因此,存在光利用效率低的问题。对于该问题,根据本实施方式的波长转换元件40,如图6所示,通过使红色光成分增强,可以减少舍弃绿色光成分的量,可以大幅度提高光利用效率。

[0089] 另外,在专利文献1的波长转换元件中,为了提高激励光的波长转换效率,可考虑在波长转换层中混入光散射体的方法。但是,在专利文献1的结构中,如果只是在波长转换层中混入光散射体,则在离纳米天线非常近的近处存在光散射体。在该结构中,光散射体对纳米天线的光衍射作用产生不良影响,其结果是,存在沿法线方向衍射的光的量降低的问题。

[0090] 与此相对,在本实施方式的波长转换元件40中,在分散有光散射体412的波长转换层41与纳米天线43之间夹设有透明部件42,所以,光散射体412对纳米天线43的影响被透明部件42缓和。其结果,纳米天线43能够充分发挥向法线方向的光衍射作用。由此,根据本实施方式的波长转换元件40,与在波长转换层和纳米天线之间不存在透明部件的情况相比,能够提高特定波长的光成分的增强效果。

[0091] 另外,在本实施方式的波长转换元件40中,多个纳米天线43被保护层44覆盖,所以,能够抑制纳米天线43的剥离或损伤。

[0092] 另外,在本实施方式中,保护层44的折射率与透明部件42的折射率相等,但也可以取代该结构,而使保护层44的折射率与透明部件42的折射率不同。即,也可以通过使保护层44和透明部件42的材料不同等方法,有意地使保护层44的折射率与透明部件42的折射率不同。

[0093] 根据保护层44的折射率与透明部件42的折射率不同的结构,能够扩大沿法线方向

衍射的光的波长宽度。例如,如果透明部件42的材料使用蓝宝石玻璃、保护层44的材料使用HfO<sub>2</sub>,则峰值波长为610nm的光和峰值波长为635nm的光分别沿法线方向进行衍射,取出的光的波长宽度变宽。在沿法线方向进行衍射的光的波长宽度较宽时,能够抑制对光调制装置4R、4G、4B进行照明时产生的各种干涉导致的色不均,并提高显色性。

[0094] 另外,在本实施方式的波长转换元件40中,黄色的荧光YL具有朗伯(Lambertian)配光分布,以宽的角度射出。对此,关于波长610nm的红色光,除了射出角度范围窄之外,还存在与射出角度对应的波长偏移。因此,如果将来自光源装置20的照明光直接用于投影仪的图像投射,则容易产生图像的颜色不均。对此,在本实施方式的照明装置2中,如图2所示,来自光源装置20的照明光WL通过积分器光学系统31,所以,照明光WL的照度在光调制装置4R、4G、4B的图像形成区域上被均匀化,缓和了图像的色不均。构成积分器光学系统31的透镜越精细地分割,则图像的色均匀性越高。

[0095] [第2实施方式]

[0096] 以下,使用图7及图8说明本发明的第2实施方式。

[0097] 第2实施方式的投影仪的基本结构与第1实施方式同样,照明装置及波长转换元件的结构与第1实施方式不同。因此,省略投影仪的整体说明。

[0098] 图7是本实施方式的照明装置的概要结构图。图8是本实施方式的波长转换元件的剖视图。

[0099] 在图7和图8中,对与在第1实施方式中使用的附图共同的结构要素标注相同的标号而省略说明。

[0100] 如图7所示,本实施方式的照明装置50具备第1光源装置11、第2光源装置12、分色镜13、积分器光学系统31、偏振转换元件32和重叠透镜33。在本实施方式的情况下,第1光源装置11对应于权利要求书的光源装置。

[0101] 第1光源装置11具备阵列光源21、准直光学系统22、第1扩散板51、第1会聚光学系统26、波长转换元件60、第1拾取光学系统27。第1扩散板51使从阵列光源21射出的激励光BL1扩散。在本实施方式中,第1扩散板51例如使用由光学玻璃构成的毛面玻璃板。关于波长转换元件60的结构,将在后面进行说明。

[0102] 第2光源装置12具有第2光源70、第2会聚光学系统71、第2扩散板72、第2拾取光学系统73。

[0103] 第2光源70具有与阵列光源21相同的结构。在本实施方式中,第2光源70具有射出蓝色光BL的半导体激光器、以及使从半导体激光器射出的蓝色光BL平行化的准直透镜。第2光源70至少各具有一个半导体激光器以及准直透镜即可,与阵列光源21相同,也可以各具有多个半导体激光器以及准直透镜。

[0104] 第2会聚光学系统71具备第1透镜71a和第2透镜71b。第2会聚光学系统71将从第2光源70射出的蓝色光BL会聚到第2扩散板72的附近。第1透镜71a和第2透镜71b分别由凸透镜构成。

[0105] 第2扩散板72将从第2会聚光学系统71射出的蓝色光BL扩散,转换为具有与在第1光源装置11中生成的荧光YL的配光分布类似的配光分布的蓝色光BL。作为第2扩散板72,例如使用由光学玻璃构成的毛面玻璃。

[0106] 第2拾取光学系统73包括第1透镜73a和第2透镜73b。第2拾取光学系统73使从第2

扩散板72射出的蓝色光BL大致平行化。第1透镜73a及第2透镜73b分别由凸透镜构成。

[0107] 在本实施方式中,来自第2光源装置12的蓝色光BL被分色镜13反射。分色镜13反射后的蓝色光BL与在从第1光源装置11射出之后透过分色镜13的黄色的荧光YL合成,成为白色的照明光WL。

[0108] 照明装置50的其他结构与第1实施方式大致相同。

[0109] 如图8所示,本实施方式的波长转换元件60具备波长转换层65、透明部件42、多个纳米天线43、保护层44、基板62、分色层63和接合层47。相对于第1实施方式的波长转换元件40为反射型波长转换元件,本实施方式的波长转换元件60为从波长转换层65的第2面65b入射激励光BL1、从波长转换层65的第1面65a射出荧光YL的波长转换元件即所谓的透射型波长转换元件。

[0110] 第1实施方式的基板45例如由铜、铝等不具有透光性的材料构成,与此相对,本实施方式的基板62例如由蓝宝石玻璃等玻璃、石英等具有透光性的材料构成。

[0111] 分色层63与波长转换层65的第2面65b相对地设置在基板62的第1面62a上。分色层63具有透射激励光BL1并反射荧光YL的特性。由此,激励光BL1透过分色层63而入射到波长转换层65,荧光YL中的向基板62侧行进的荧光YL被分色层63反射而向波长转换层65的第1面65a行进。分色层63例如由电介质多层膜构成。

[0112] 本实施方式的波长转换元件60是透射型波长转换元件,所以,与第1实施方式不同,不具有通过利用反射层反射激励光而使激励光的实际光路长度成为波长转换层的厚度的2倍的效果。因此,本实施方式的波长转换层65需要具有第1实施方式的波长转换层41的厚度的大约2倍的厚度。因此,本实施方式的波长转换层65的厚度例如为20~100μm左右。但是,波长转换层65的结构与第1实施方式的波长转换层41的结构相同。

[0113] 波长转换元件60的其他结构与第1实施方式相同。

[0114] 在本实施方式中,也可以获得与第1实施方式相同的效果,例如可以实现波长转换效率较高且能够以较高的指向性取出荧光YL的波段中的特定波长的光的波长转换元件60,可以实现光利用效率较高且图像质量优良的投影仪。

[0115] 另外,本发明的技术范围并不限于上述实施方式,在不脱离本发明主旨的范围内能够施加各种变更。

[0116] 例如,在上述实施方式的波长转换装置中,为了抑制光从波长转换层的侧面泄漏,可以在波长转换层的侧面设置反射层。或者,也可以不在波长转换层的侧面设置反射层,而采用从波长转换层的侧面入射激励光的结构、从波长转换层的侧面射出荧光的结构等。

[0117] 此外,关于波长转换元件、光源装置及投影仪的各结构要素的形状、数量、配置、材料等的具体记载,并不限于上述实施方式,可以适当变更。在上述实施方式中,示出了将本发明的光源装置搭载于使用了液晶光阀的投影仪的例子,但不限于此。也可以将本发明的光源装置应用于使用了数字微镜器件作为光调制装置的投影仪。或者,也可以将本发明的光源装置应用于头戴式显示器、平视显示器等图像显示装置。或者,也可以将本发明的光源装置应用于使用了激光光源的其他图像显示装置例如大型的液晶电视机等。

[0118] 另外,在上述实施方式中,示出了将本发明的光源装置应用于投影仪的例子,但不限于此。本发明的光源装置可以应用于需要指向性较高且强度较高的白色光的照明装置,例如汽车的前照灯或聚光灯。

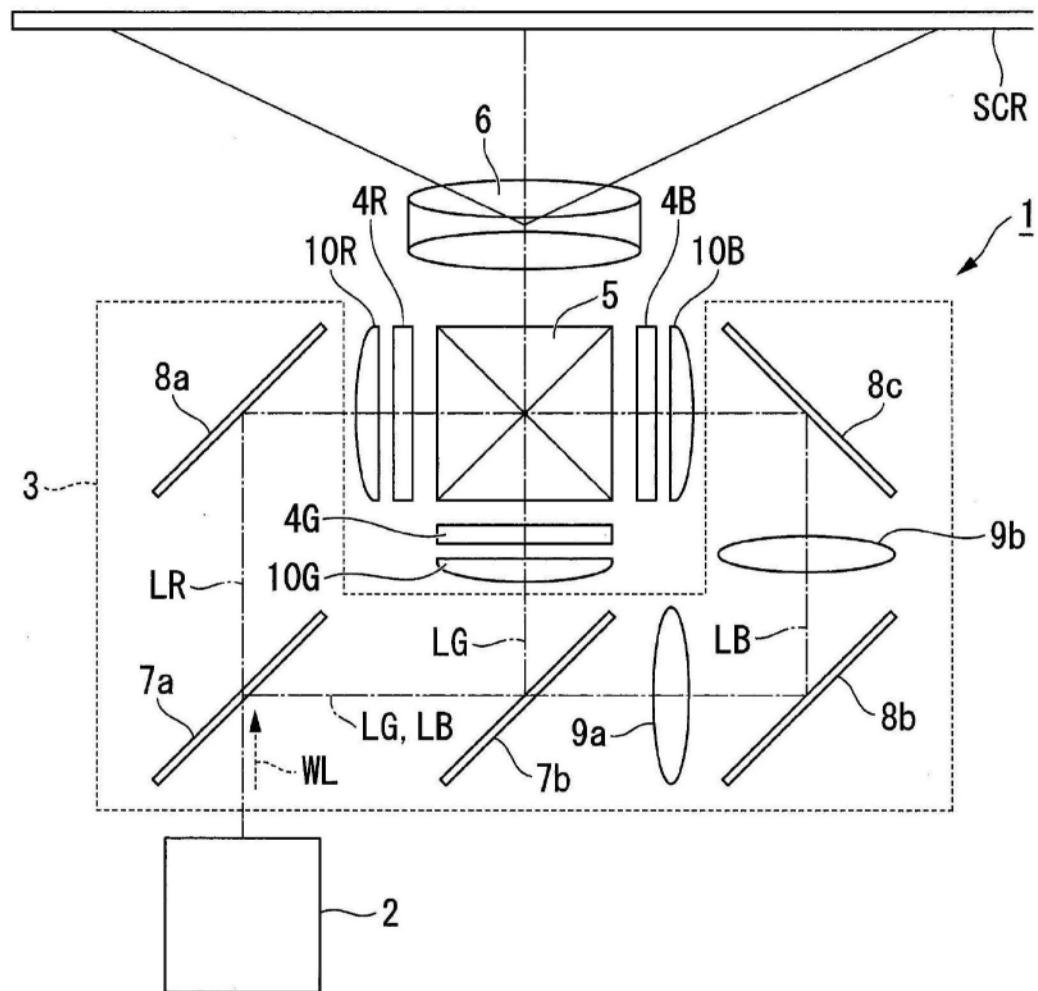


图1

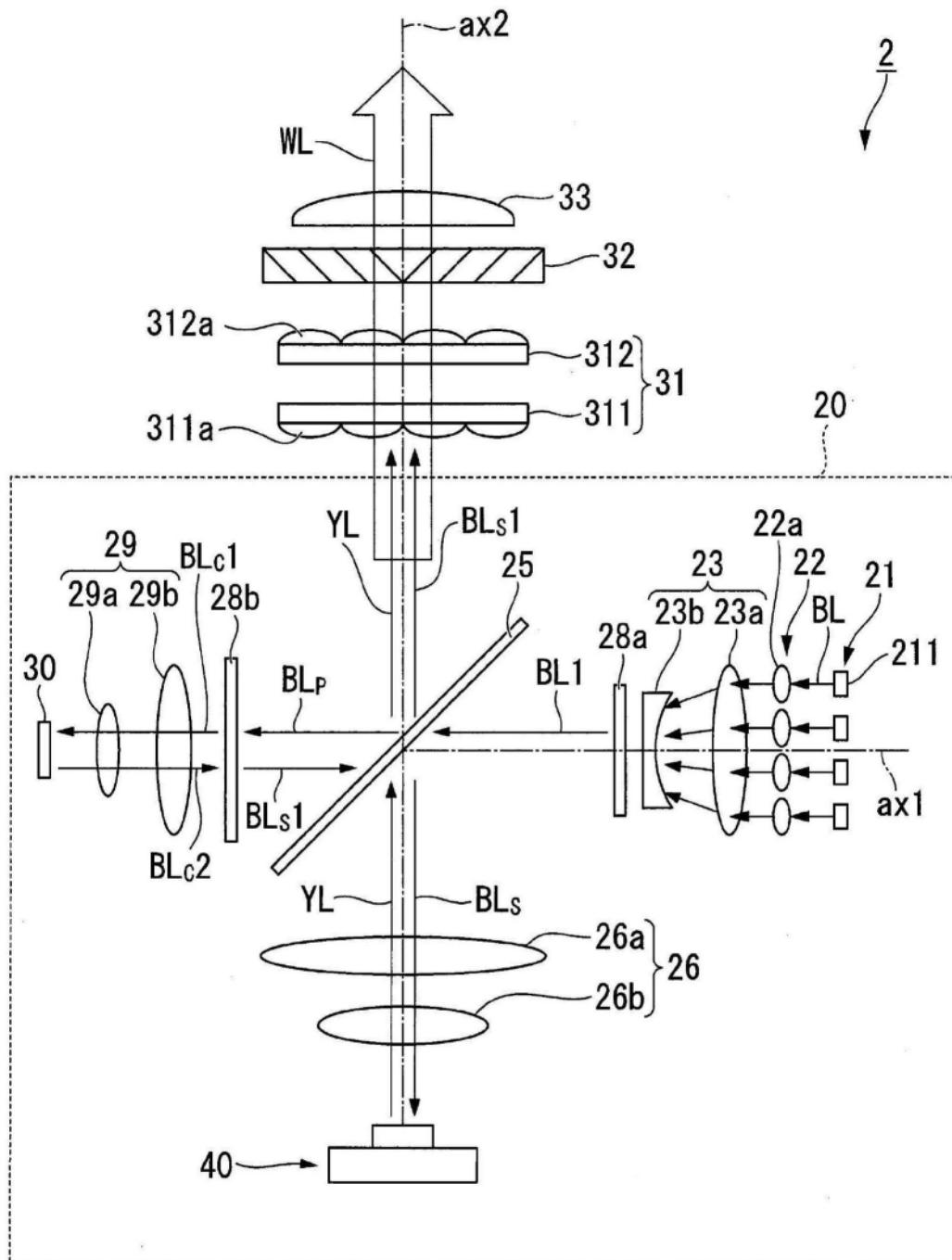


图2

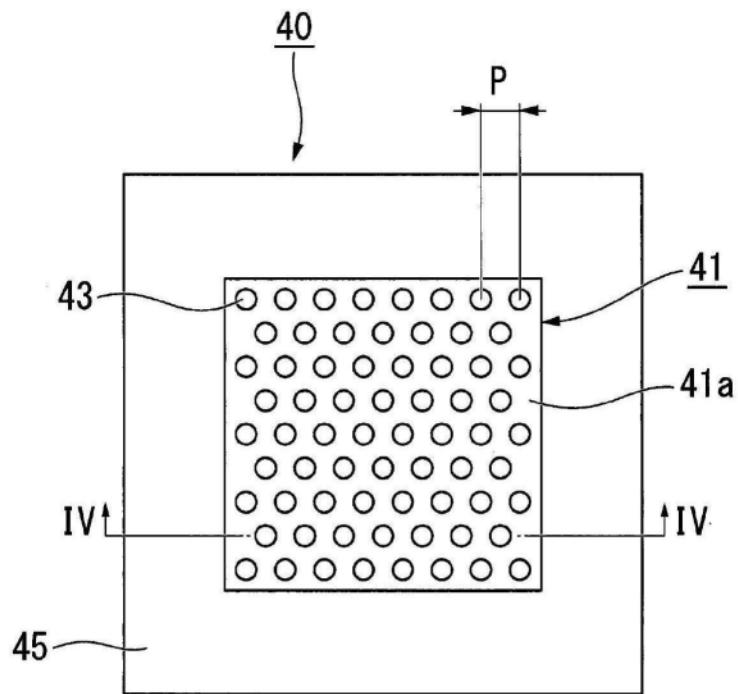


图3

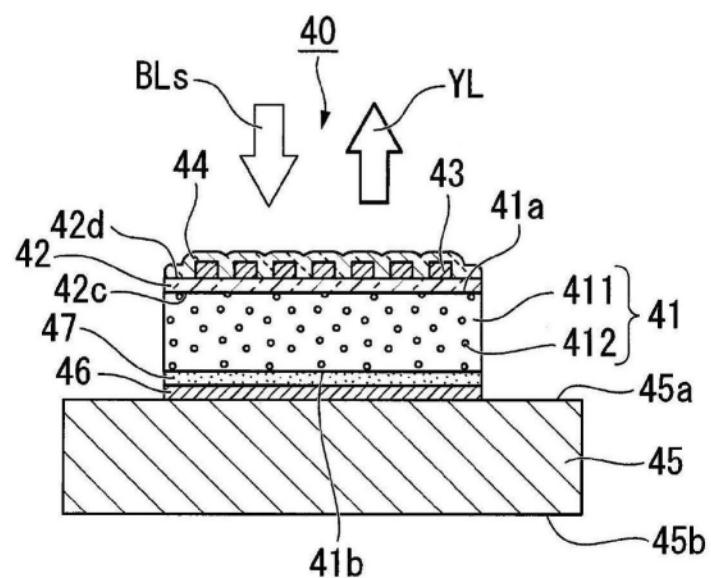


图4

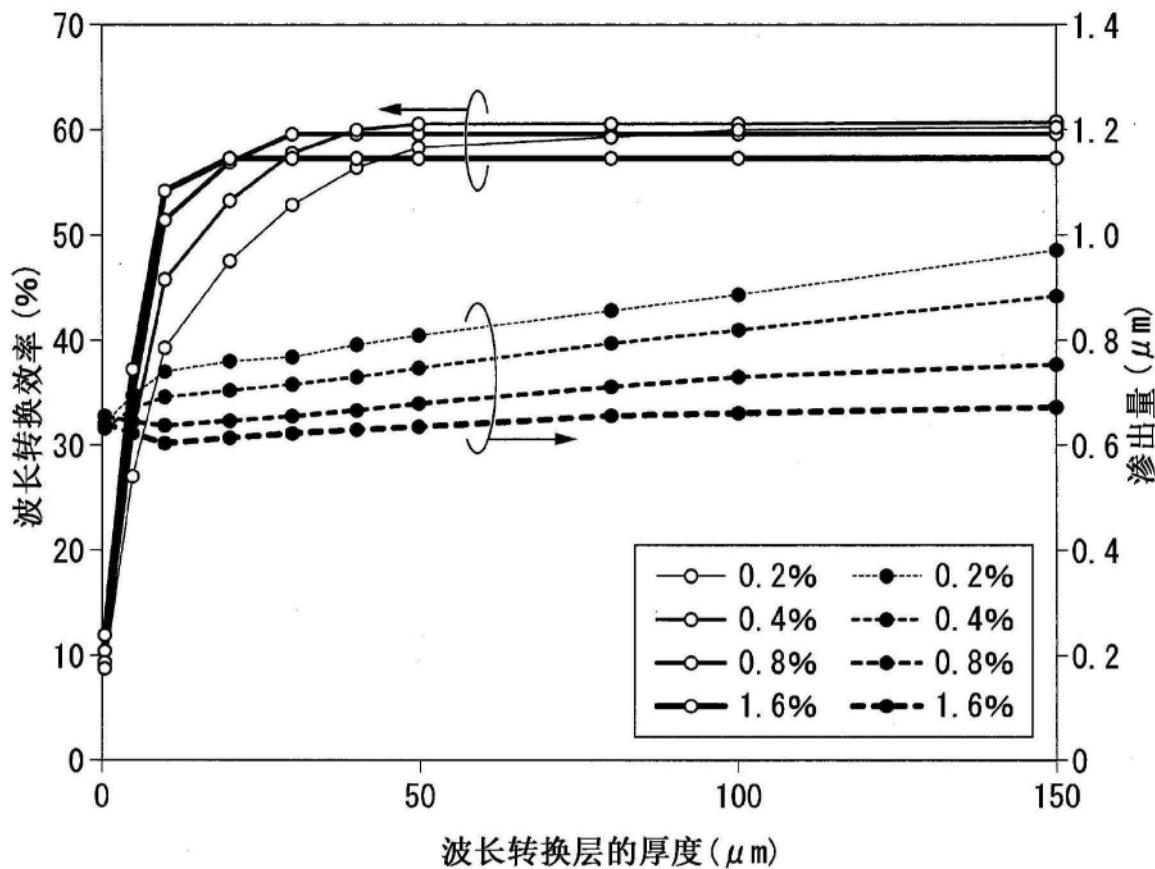


图5

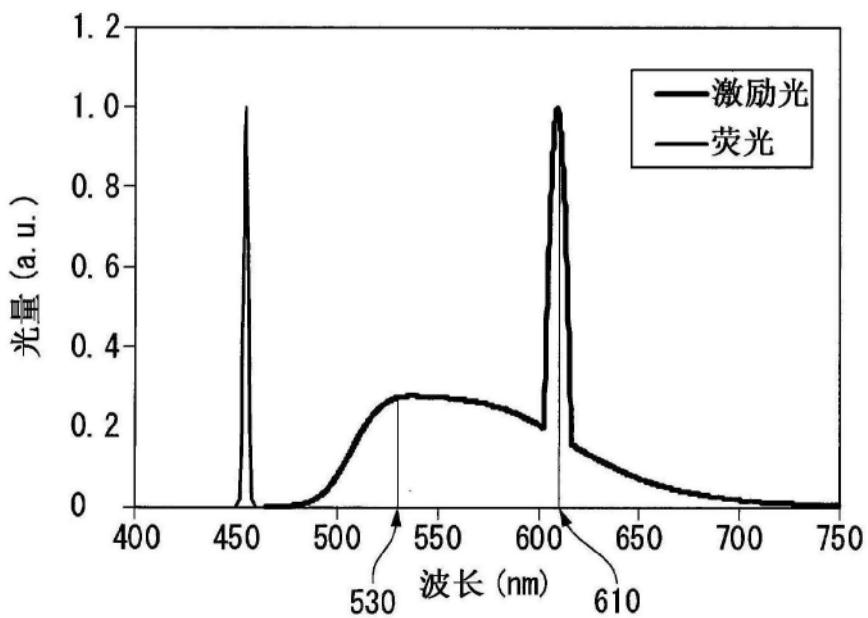


图6

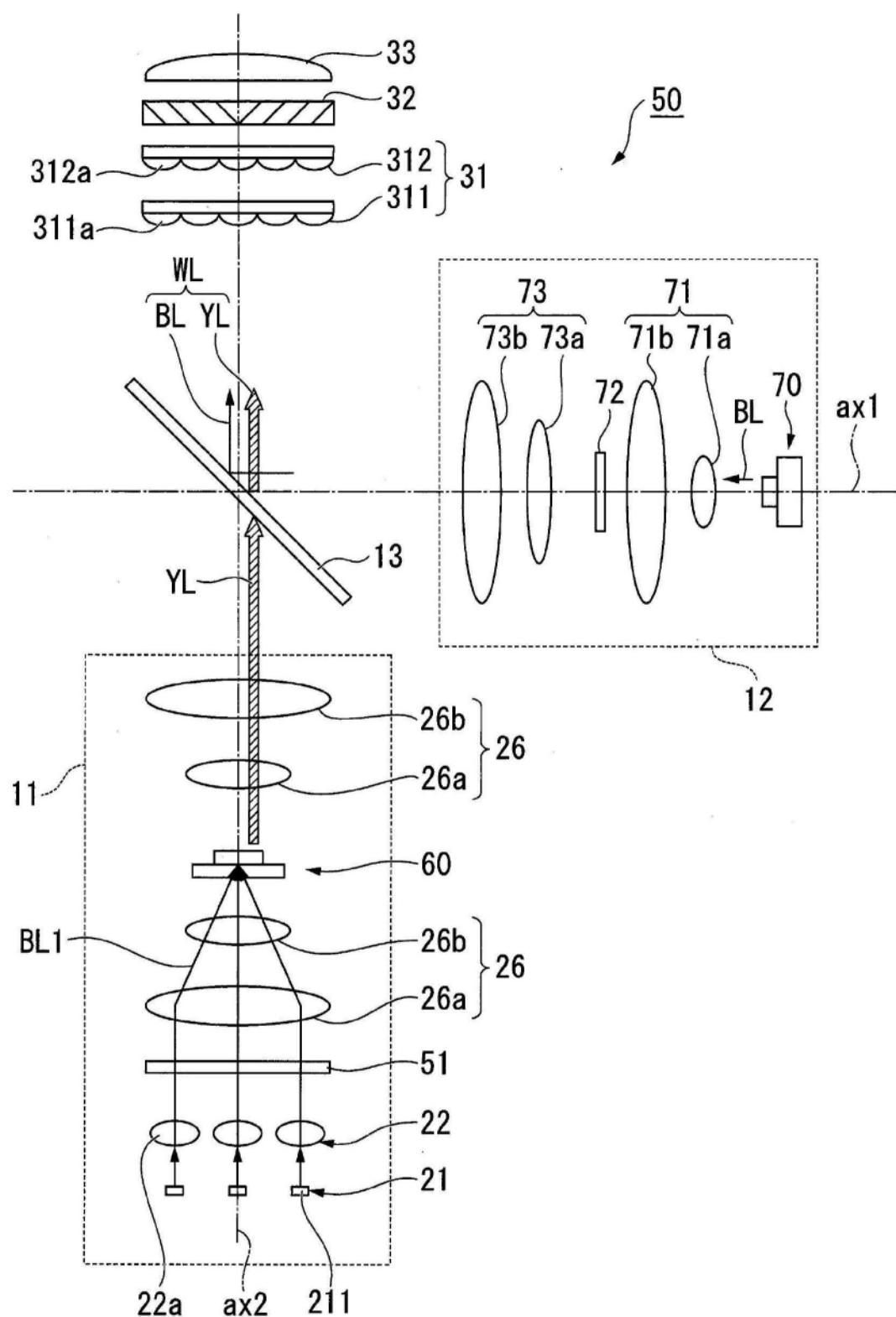


图7

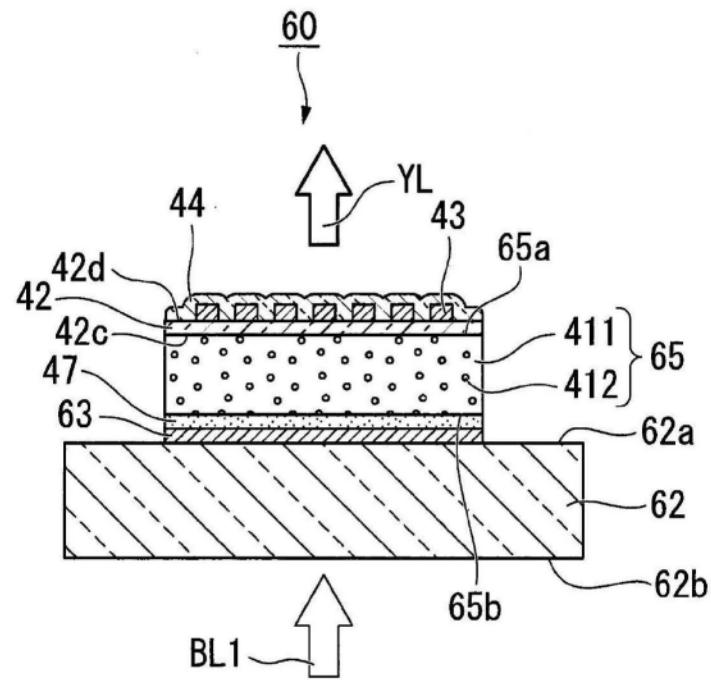


图8