



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116339048 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 27

(21) 申请号 202211599940.8

(22) 申请日 2022.12.14

(30) 优先权数据

2021-207919 2021.12.22 JP

(71) 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 山田文香

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

专利代理师 方冬梅 徐丹

(51) Int.Cl.

G03B 21/14 (2006.01)

G03B 21/20 (2006.01)

G02F 1/01 (2006.01)

G02B 26/06 (2006.01)

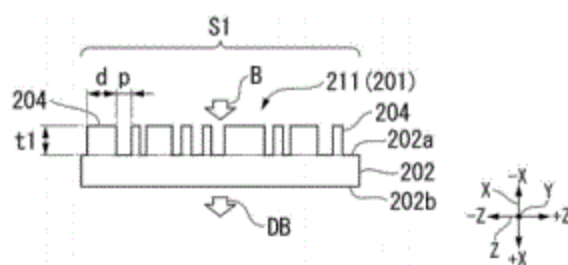
权利要求书2页 说明书34页 附图14页

(54) 发明名称

投影仪

(57) 摘要

本发明提供投影仪,该投影仪降低斑点噪声且小型。本发明的投影仪具有:光源,其射出激光;超构表面元件,其对从光源射出的激光的相位进行调制;以及光调制元件,其对从超构表面元件射出且相位被调制后的激光进行调制而生成投射光。



1. 一种投影仪,其具有:
光源;
超构表面元件,其对从所述光源射出的光的相位进行调制;以及
光调制元件,其对从所述超构表面元件射出且所述相位被调制后的光进行调制而生成图像光。
2. 根据权利要求1所述的投影仪,其中,
所述超构表面元件配置在与所述光调制元件的图像形成区域共轭的位置。
3. 根据权利要求1或2所述的投影仪,其中,
在所述超构表面元件中具有:
基材,其具有第1基准面;以及
微细构造体,其配置于所述第1基准面,所述微细构造体具有沿着所述第1基准面的方向上的宽度和与所述第1基准面交叉的方向上的高度,
所述高度和所述宽度中的至少一方是根据通过所述微细构造体的所述光的相位调制量来设定的。
4. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,
所述基材具有与所述第1基准面平行的第2基准面,
所述超构表面元件具有配置于所述第2基准面的反射膜。
5. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,
在所述超构表面元件中,
所述基材具有与所述第1基准面平行的第2基准面,
所述超构表面元件具有配置于所述第2基准面的微细构造体,所述微细构造体具有沿着所述第2基准面的方向上的宽度和与所述第2基准面交叉的方向上的高度,
所述高度和所述宽度中的至少一方是根据通过所述微细构造体的所述光的相位调制量来设定的。
6. 根据权利要求4所述的投影仪,其中,
配置于所述第1基准面的所述微细构造体和配置于所述第2基准面的所述微细构造体在与所述第1基准面和所述第2基准面平行的方向上相互对齐。
7. 根据权利要求1或2所述的投影仪,其中,
所述超构表面元件具有第1超构表面部和第2超构表面部,
所述第1超构表面部和第2超构表面部各自具有:
基材,其具有第1基准面;以及
微细构造体,其配置于所述第1基准面,所述微细构造体具有沿着所述第1基准面的方向上的宽度和与所述第1基准面交叉的方向上的高度,
所述高度和所述宽度中的至少一方是根据通过所述微细构造体的所述光的相位调制量来设定的。
8. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,
所述高度和所述宽度中的至少一方被决定为使得通过所述微细构造体的所述光的相位调制量处于 $0\sim 2\pi$ 的范围内。
9. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,

所述高度和所述宽度中的至少一方被决定为使得通过所述微细构造体的所述光随机地被相位调制,并且通过所述微细构造体使具有与所述光所具有的第1波长不同的第2波长的光会聚。

10. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,

所述高度和所述宽度中的至少一方被决定为使得通过所述微细构造体的所述光随机地被相位调制,并且通过所述微细构造体使具有与所述光所具有的第1波长不同的第2波长的光在射出时的光强度比入射时降低。

11. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,

所述超构表面元件沿着所述第1基准面的径向划分为多个区域,

通过在所述径向上相邻的2个区域中的所述径向的外侧的第1区域的所述基准面上配置的所述微细构造体的所述光的最大相位调制量小于通过在所述2个区域中的所述径向的内侧的第2区域的所述基准面上配置的所述微细构造体的所述光的最大相位调制量。

12. 根据权利要求11所述的投影仪,其中,

在所述径向的最内侧的所述区域的所述第1基准面上配置的所述微细构造体的所述高度和所述宽度中的至少一方被决定为使得通过所述微细构造体的所述光的相位调制量处于 $0 \sim 2\pi$ 的范围内。

13. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,

所述微细构造体由因温度变化而收缩或膨胀的材料构成。

14. 根据权利要求3所述的投影仪,其中,

所述微细构造体由因温度变化而相变为非晶状态或晶体状态的材料构成。

投影仪

技术领域

[0001] 本发明涉及投影仪。

背景技术

[0002] 近年来,作为投影仪等图像显示装置的光源,使用具有高亮度、长寿并且窄放射角等优点的半导体激光器(Laser Diode;LD)。在使用LD作为光源的情况下,能够得到上述的优点,另一方面,由于相干性比现有的白色光源等的相干性高的影响而导致被投射和散射到图像显示装置的屏幕上的激光在观察者的视网膜上发生干涉,产生斑点噪声(speckle noise)。

[0003] 例如在专利文献1中公开了具有射出相干光的光源的装置。专利文献1所公开的装置还具有:投影光学单元,其将来自光源的光投影到屏幕上;图像形成装置,其对相干光进行调制而形成图像;以及相位调制部,其对相干光的相位进行调制。图像形成装置和相位调制部配置在光源与投影光学单元之间。相位调制部例如具有驱动部分,该驱动部分使由于透过了高折射率部分和低折射率部分后的相干光在屏幕上发生干涉而形成的干涉条纹比人眼能够视觉确认得快地变化。

[0004] 专利文献1:日本特开2011-059265号公报

[0005] 上述专利文献1所公开的装置的相位调制部的一个方式具有圆筒形的主体和与主体的中心连接的旋转轴。圆筒形的主体由低折射率材料构成,分散配置于该主体的侧面的粒子由具有比低折射率材料高的折射率的高折射率材料构成。然而,在为了降低屏幕上的斑点噪声而将上述相位调制部以主体的轴芯和旋转轴横切相干光的光路的方式配置在光源与投影光学单元之间的情况下,需要至少比主体的底面的直径大的设置空间,有可能导致装置整体的大型化。

发明内容

[0006] 为了解决上述课题,本发明的一个方式的投影仪具有:光源;超构表面(metasurface)元件,其对从光源射出的光的相位进行调制;以及光调制元件,其对从超构表面元件射出并且相位被调制后的光进行调制而生成图像光。

附图说明

[0007] 图1是第1实施方式的投影仪的概略结构图。

[0008] 图2是第1实施方式的光源模块的概略结构图。

[0009] 图3A是图2所示的光源模块的超构表面元件的侧视图。

[0010] 图3B是图3A所示的超构表面元件的平面图。

[0011] 图4A是图3A所示的超构表面元件的第1变形例的侧视图。

[0012] 图4B是图4A所示的超构表面元件的平面图。

[0013] 图5是图3A所示的超构表面元件的第2变形例的侧视图。

- [0014] 图6是图3A所示的超构表面元件的第3变形例的侧视图。
- [0015] 图7是能够应用于图2所示的光源模块中的第2实施方式的超构表面元件的侧视图。
- [0016] 图8A是图7所示的超构表面元件的第1变形例的侧视图。
- [0017] 图8B是图8A所示的超构表面元件的平面图。
- [0018] 图9是图7所示的超构表面元件的第2变形例的侧视图。
- [0019] 图10是图7所示的超构表面元件的第3变形例的侧视图。
- [0020] 图11是能够应用于图2所示的光源模块中的第3实施方式的超构表面元件的侧视图。
- [0021] 图12是图11所示的超构表面元件的第2变形例的侧视图。
- [0022] 图13是图11所示的超构表面元件的第3变形例的侧视图。
- [0023] 图14是第4实施方式的投影仪的概略结构图。
- [0024] 图15是第4实施方式的光源模块的概略结构图。
- [0025] 图16是示出能够应用于图15所示的光源模块中的第4实施方式的超构表面元件的结构以及蓝色激光入射到该超构表面元件时的蓝色激光的行为的侧视图。
- [0026] 图17是示出黄色光入射到图16所示的超构表面元件时的黄色光的行为的侧视图。
- [0027] 图18是示出图16所示的超构表面元件的微细构造体的宽度与相位之间的关系性的一例的图。
- [0028] 图19是示出图16所示的超构表面元件的相位分布的一例的图。
- [0029] 图20是第5实施方式的光源模块的概略结构图。
- [0030] 图21是示出能够应用于图20所示的光源模块中的第5实施方式的超构表面元件的结构以及蓝色激光入射到该超构表面元件时的蓝色激光的行为的侧视图。
- [0031] 图22是入射到图21所示的超构表面元件的蓝色激光的光谱分布的示意图。
- [0032] 图23是从图21所示的超构表面元件射出的蓝色激光的光谱分布的示意图。
- [0033] 图24是第6实施方式的超构表面元件的侧视图。
- [0034] 标号说明
- [0035] 12:LD光源(光源);211、212、213、214、216、217、218、219、251、261、281、291:超构表面元件;211A:超构表面元件(第1超构表面部);211B:超构表面元件(第2超构表面部);221、223、224:复合型超构表面元件(超构表面元件);1R:第1光源模块;1G:第2光源模块;1B、1B1:第3光源模块;1W、1W1:白色光源模块;95B、95G、95R:光调制元件;100、102:投影仪。

具体实施方式

- [0036] [第1实施方式]
- [0037] 以下,使用图1至图8B对本发明的第1实施方式进行说明。
- [0038] (投影仪)
- [0039] 图1是第1实施方式的投影仪100的概略结构图。另外,在以下的各附图中,为了易于观察各构成要素,有时根据构成要素而改变尺寸的比例尺。
- [0040] 如图1所示,投影仪100是向屏幕SCR投射图像的投射型图像显示装置。投影仪100具有3个光源模块(即红色用的第1光源模块1R、绿色用的第2光源模块1G、蓝色用的第3光源

模块1B)、十字分光棱镜3以及投射光学系统(投射装置)4。

[0041] 第1光源模块1R射出红色的图像光LR。第2光源模块1G射出绿色的图像光LG。第3光源模块1B射出蓝色的图像光LB。第1光源模块1R、1G、1B根据要由投影仪100显示的对象图像中的与各个光学系统对应的像素的信息而形成红色、绿色、蓝色各自的图像光LR、LG、LB。

[0042] 从第1光源模块1R、第2光源模块1G、第3光源模块1B射出的图像光LR、LG、LB入射到十字分光棱镜3。十字分光棱镜3将图像光LR、LG、LB合成并向投射光学系统4引导。投射光学系统4将由第1光源模块1R、1G、1B形成的图像放大,并向屏幕SCR投射。投射光学系统4由1个或多个投射透镜构成。

[0043] 十字分光棱镜3是将4个直角棱镜贴合而形成的,该十字分光棱镜3具有反射红色光的电介质多层膜和反射蓝色光的电介质多层膜。通过上述的电介质多层膜而将3个颜色的图像光LR、LG、LB合成,形成了表示彩色图像的光LL。

[0044] 以下,将与从十字分光棱镜3射出的光LL的光轴平行的方向称为Z方向,将Z方向的光LL的行进方向的前侧称为+Z侧,将Z方向的与+Z侧相反的一侧称为-Z侧。并且,将与Z方向垂直的一个方向称为X方向,将X方向的相对的一侧称为+X侧,将X方向的相对的另一侧称为-X侧。并且,将与X方向和Z方向双方垂直的方向称为Y方向,将Y方向的相对的一侧称为+Y侧,将Y方向的相对的另一侧称为-Y侧。

[0045] 沿Y方向观察时,十字分光棱镜3的直角棱镜彼此的界面形成为十字状。在随着从-Z侧向+Z侧前进而从-X侧向+X侧移动的界面上配置有反射蓝色的图像光LB并且使绿色的图像光LG和红色的图像光LR透过的电介质多层膜。在随着从-Z侧向+Z侧前进而从+X侧向-X侧移动的界面上配置有反射红色的图像光LR并且使绿色的图像光LG和蓝色的图像光LB透过的电介质多层膜。

[0046] 第3光源模块1B与十字分光棱镜3的-X侧的平行于Z方向的侧面3b在X方向上对置配置,并配置在比十字分光棱镜3靠-X侧的位置。从第3光源模块1B射出的图像光LB从-X侧与X方向平行地向十字分光棱镜3的侧面3b入射。

[0047] 第1光源模块1R与十字分光棱镜3的+X侧的平行于Z方向的侧面3r在X方向上对置配置,并配置在比十字分光棱镜3靠+X侧的位置。从第1光源模块1R射出的图像光LR从+X侧与X方向平行地向十字分光棱镜3的侧面3r入射。

[0048] 第2光源模块1G与十字分光棱镜3的-Z侧的平行于X方向的侧面3g在Z方向上对置配置,并配置在比十字分光棱镜3靠-Z侧的位置。从第2光源模块1G射出的图像光LG从-Z侧与Z方向平行地向十字分光棱镜3的侧面3g入射。

[0049] 投射光学系统4与十字分光棱镜3的+Z侧的平行于X方向的侧面3m在Z方向上对置配置,并配置在比十字分光棱镜3靠+Z侧的位置。屏幕SCR与十字分光棱镜3的侧面3m在Z方向上对置配置,并配置在比投射光学系统4更靠+Z侧的规定的规定的位置。由十字分光棱镜3合成而得到的光LL沿Z方向朝向+Z侧射出,并由投射光学系统4投射到屏幕SCR上。在屏幕SCR上显示被放大的图像。

[0050] 第1光源模块1R、1G、1B射出的光的颜色即图像光LR、LG、LB的波段互不相同,但第1光源模块1R、1G、1B具有彼此相同的结构。以下,以第1光源模块1R、1G、1B中的第3光源模块1B为例而对第3光源模块1B的结构进行详细说明。

[0051] (光源模块)

[0052] 图2是第1实施方式的第3光源模块1B的概略结构图。如图2所示,第3光源模块1B具有光源部10、会聚透镜21、扩散元件30、拾取光学系统40、去斑(despeckle)元件201、第1透镜阵列50、第2透镜阵列60、偏振光转换元件70、重叠透镜81、82、场镜90B以及光调制元件95B。在第3光源模块1B中,上述的各构成要素沿X方向从-X侧朝向+X侧按记载顺序而配置。另外,虽然在本实施方式中,光源模块具有光源部10、会聚透镜21、扩散元件30、拾取光学系统40、去斑元件201、第1透镜阵列50、第2透镜阵列60、偏振光转换元件70、重叠透镜81、82、场镜90B以及光调制元件95B,但不限于此,只要投影仪100具有光源部10、会聚透镜21、扩散元件30、拾取光学系统40、去斑元件201、第1透镜阵列50、第2透镜阵列60、偏振光转换元件70、重叠透镜81、82、场镜90B以及光调制元件95B即可。

[0053] 光源部10具有基板(基材)11、多个LD光源(光源)12以及多个微透镜14。基板11具有与包含Y方向和Z方向的YZ平面平行地延伸的板面,在X方向上具有规定的厚度。多个LD光源12相互隔开间隔地配置于基板11的+X侧的板面上。LD光源12射出具有蓝色波段的蓝色激光(光)B。蓝色波段只要是可见波段中的蓝色的图像光LB所需的波段即可,例如是400nm~470nm的范围内的波段。LD光源12的数量不限于特定的数量,可以根据对图像光LB要求的光量和从1个LD光源射出的蓝色激光B的光量而适当决定。

[0054] 在各个LD光源12的+X侧配置有2个微透镜14。2个微透镜14对从LD光源12沿着X方向朝向+X侧射出的蓝色激光B进行准直,使其沿着X方向进一步向+X侧射出。另外,与各个LD光源12对应配置的微透镜14的数量也可以是1个,也可以是3个以上,可以适当设定。

[0055] 光源部10通过多个LD光源12和多个微透镜14,将由多个光束构成的蓝色激光B沿着X方向准直而向+X侧射出。

[0056] 会聚透镜21在X方向上配置于光源部10的+X侧的多个微透镜14隔开规定的间隔而配置在比这些微透镜14靠+X侧的位置。会聚透镜21使从光源部10射出的由多个光束构成的蓝色激光B汇集而向+X侧射出,并且使其会聚于扩散元件30的规定的部位。会聚透镜21例如由双凸透镜构成。

[0057] 扩散元件30在X方向上与会聚透镜21隔开规定的间隔而配置在比会聚透镜21靠+X侧的位置。扩散元件30具有扩散板31和马达32。扩散板31形成为圆盘形状,具有与YZ平面平行地延伸的板面。在扩散板31的至少一个板面上形成有能够使以会聚状态入射的蓝色激光B扩散的微细构造。马达32使扩散板31以旋转轴线RX为中心在YZ平面内旋转。旋转轴线RX位于比蓝色激光B的光轴AX1靠-Z侧的位置。

[0058] 从会聚透镜21射出的蓝色激光B会聚在以旋转轴线RX为中心旋转的扩散板31的比旋转轴线RX靠+Z侧的板面上,被扩散板31的微细构造扩散。扩散后的蓝色激光B沿着X方向朝向比扩散板31靠+X侧的位置射出。

[0059] 拾取光学系统40在X方向上配置于扩散元件30的扩散板31隔开规定的间隔而配置在比扩散板31靠+X侧的位置。拾取光学系统40例如具有第1透镜41和第2透镜42。第1透镜41和第2透镜42沿着X方向依次排列配置。第2透镜42配置在比第1透镜41靠+X侧的位置。第1透镜41和第2透镜42分别由例如双凸透镜构成。拾取光学系统40所具有的透镜的数量不限于特定的数量,可以考虑对图像光LB要求的光束直径而适当决定。拾取光学系统40将被扩散元件30扩散后的蓝色激光B的光束直径放大并沿着X方向朝向+X侧射出。

[0060] 去斑元件201在X方向上配置于拾取光学系统40隔着规定的间隔而配置在比拾取光学

系统40的第2透镜42靠+X侧的位置。去斑元件201的+X侧与第1透镜阵列50相邻。去斑元件201由超构表面元件211构成。后文对超构表面元件211进行说明。

[0061] 第1透镜阵列50具有多个微透镜51,该多个微透镜51用于将从去斑元件201射出的蓝色激光DB在YZ平面上分割为多个部分光束。多个微透镜51在YZ平面内沿Y方向和Z方向分别排列。第1透镜阵列50将被分割为了多个部分光束的蓝色激光DB沿着X方向朝向+X侧射出。

[0062] 第2透镜阵列60具有与第1透镜阵列50的多个微透镜51对应配置的多个微透镜61。第2透镜阵列60与重叠透镜81、82一同使第2透镜阵列60的各个微透镜61的像成像于光调制元件95B的图像形成区域的附近。多个微透镜61在与光轴AX1垂直的YZ平面上呈矩阵状排列。第2透镜阵列60将被分割为了多个部分光束的蓝色激光DB沿着X方向朝向+X侧射出。

[0063] 偏振光转换元件70将由第1透镜阵列50分割出的各部分光束转换为与光调制元件95B的特性相应的规定的直线偏振光。偏振光转换元件70具有偏振光分离层、反射层以及相位差板。偏振光转换元件70的偏振光分离层使从第2透镜阵列60入射的蓝色激光DB所包含的偏振光成分中的一方的直线偏振光成分透过,并且将另一方的直线偏振光成分反射为平行于与光轴AX1垂直的YZ平面。偏振光转换元件70的反射层将被偏振光分离层反射的另一方的直线偏振光成分向与光轴AX1平行的X方向反射。偏振转换元件70的相位差板将被反射层反射后的另一方的直线偏振光成分转换为一方的直线偏振光成分,将转换后的一方的直线偏振光成分沿着X方向朝向+X侧射出。

[0064] 重叠透镜81在X方向上与偏振光转换元件70隔开规定的间隔而配置在比偏振光转换元件70靠+X侧的位置。重叠透镜82在X方向上与重叠透镜81隔开规定的间隔而配置在比重叠透镜81靠+X侧的位置。重叠透镜81、82使从偏振光转换元件70射出的一方的直线偏振光成分的各部分光束会聚,使它们在光调制元件95B的图像形成区域的附近重叠。第1透镜阵列50、第2透镜阵列60以及重叠透镜81、82构成使蓝色激光B或光LL的面内光强度分布在投影仪100的图像形成区域中均匀的积分器光学系统。

[0065] 场镜90B在X方向上与重叠透镜82隔开规定的间隔而配置在比重叠透镜82靠+X侧的位置。场镜90B使从重叠透镜82射出的蓝色激光DB的YZ平面上的外周部的行进方向一致,将一致后的蓝色激光DB沿着X方向朝向+X侧射出。场镜90B抑制入射的蓝色激光DB的减光、清晰度降低。

[0066] 光调制元件95B在X方向上与场镜90B隔开规定的间隔而配置在比场镜90B靠+X侧的位置。光调制元件95B例如由液晶光阀构成。液晶光阀具有液晶层和能量传递层。液晶层例如使用向列相液晶、近晶相液晶。能量传递层由导光体、光吸收膜构成。能量传递层的种类根据基于蓝色激光DB的写入方式来选择。光调制元件95B根据图像信息对从场镜90B入射的蓝色激光DB进行调制而形成蓝色的图像光LB,将图像光LB沿着X方向朝向+X侧射出。

[0067] 从光调制元件95B射出的图像光LB在图1所示的投影仪100中从侧面3b入射到十字分色棱镜3。

[0068] 如图1和图2所示,在投影仪100的蓝色的图像光LB的光路上,在光LL投射时形成图像的屏幕SCR所配置的位置与光调制元件95B的图像形成区域的位置PS4相互共轭。并且,如图2所示,在第3光源模块1B中,光调制元件95B的图像形成区域的位置PS4与第1透镜阵列50和去斑元件201所配置的位置PS3相互共轭。因此,蓝色激光B在位置PS3处被去斑,由此在入

射到位置PS4的光调制元件95B的蓝色激光DB中高度地体现了该去斑的效果。并且,在位置PS4,由已被去斑的蓝色激光DB形成图像光LB,因此有效地对参照图1所说明的向屏幕SCR投射的光LL进行了去斑对策。

[0069] 图1所示的第1光源模块1R具有射出红色激光的未图示的LD光源来代替第3光源模块1B的射出蓝色激光B的LD光源12。第1光源模块1R具有与第3光源模块1B的LD光源12以外的构成要素相同的构成要素。但是,在第1光源模块1R中,红色激光是从LD光源沿着X方向朝向-X侧射出的。在第1光源模块1R中,沿着X方向从+X侧朝向-X侧,保持着第3光源模块1B中的各个对应的构成要素彼此的相对位置关系而依次配置有:具有射出红色激光的LD光源的光源部、红色激光用的会聚透镜、扩散元件、拾取光学系统、去斑元件、第1透镜阵列、第2透镜阵列、偏振光转换元件、重叠透镜、场镜以及光调制元件。

[0070] 图1所示的第2光源模块1G具有射出绿色激光的未图示的LD光源来代替第3光源模块1B的射出蓝色激光B的LD光源12。第2光源模块1G具有与第3光源模块1B的LD光源12以外的构成要素相同的构成要素。但是,在第2光源模块1G中,绿色激光是从LD光源沿着Z方向朝向+Z侧射出的。在第2光源模块1G中,沿着Z方向从-Z侧朝向+Z侧,保持着第3光源模块1B中的各个对应的构成要素彼此的相对位置关系而依次配置有:具有射出绿色激光的LD光源的光源部、绿色激光用的会聚透镜、扩散元件、拾取光学系统、去斑元件、第1透镜阵列、第2透镜阵列、偏振光转换元件、重叠透镜、场镜以及光调制元件。

[0071] (去斑元件)

[0072] 图3A是从Y方向观察第1实施方式的超构表面元件211的侧视图。图3B是从X方向观察超构表面元件211的平面图。如图3A和图3B所示,超构表面元件211具有基板(基材)202和多个微细构造体204。

[0073] 基板202可以与从拾取光学系统40入射的蓝色激光B的光束形状相匹配地具有圆盘形状等。基板202具有-X侧即蓝色激光B的入射侧的板面202a和+X侧即蓝色激光B的射出侧的板面202b。基板202在YZ平面上的大小至少比从拾取光学系统40向+X侧分离了规定的间隔的位置处的蓝色激光B的光束直径大,优选比该蓝色激光B的光束直径稍大。基板202由至少使蓝色激光B透过并且对蓝色激光B不具备吸收特性或对蓝色激光B具备极低的吸收特性的材料形成。基板202的材料例如与后述的微细构造体204的材料相同,但也可以是例如石英或光学玻璃等。

[0074] 微细构造体204设置于基板202的板面(第1基准面)202a。微细构造体204具有沿板面202a平行的方向上的宽度d和与板面202a垂直的X方向(与基准面交叉的方向)上的高度t1。超构表面元件211具有多个微细构造体204。多个微细构造体204的宽度d和高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p可以彼此同等,也可以彼此不同,如后述那样随机设定。

[0075] 另外,在超构表面元件211中,只要至少配置有1个以上的微细构造体204就能够产生微细构造体204中的蓝色激光B的共振现象。因此,超构表面元件211中设置的微细构造体204的总数是根据考虑了对蓝色激光B要求的去斑量及相位调制量 ϕ_B 的、微细构造体204的宽度d和高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p而适当决定的。另外,在图3A及以后的示出超构表面元件的概略结构的各图中,以配置于基板202的多个微细构造体中的仅一部分被适当放大的状态进行例示。

[0076] 如图2所示,超构表面元件211在YZ平面的超构表面元件211的区域内的每个位置,

随机地对从LD光源12射出并被拾取光学系统40放大后的蓝色激光B的相位进行调制。YZ平面的超构表面元件211的区域是指图3A和图3B中示出的区域S1。由此,由超构表面元件211构成的去斑元件201随机地对入射的蓝色激光B的相位进行调制,将相位调制后的蓝色激光DB向第1透镜阵列50射出。即,超构表面元件211作为随机相位调制元件而发挥功能。

[0077] 图3A和图3B所示的超构表面元件211的微细构造体204的宽度d和高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p例如是基于根据蓝色激光B的峰值波长而将1个微细构造体204的高度t1设定为规定的值时的宽度d与相位调制量 ϕ_B 的关系性来设定的。微细构造体204的高度t1是决定蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 的范围的参数。在超构表面元件211中,配置有多个微细构造体204的区域S1中的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 的范围设定为 $0 \sim 2\pi$ 。即,在超构表面元件211中,多个微细构造体204的高度t1被统一为规定的值,该规定的值是根据蓝色激光B的峰值波长而决定的,并且使相位调制量 ϕ_B 最大能够成为 2π 。高度t1的规定的值为数百nm左右,例如为500nm以下,优选为200nm以下。关于高度t1的规定的值,优选为,不过度地超过能够在用于制造超构表面元件211的装置中高精度且低成品率地对微细构造体204的材料进行制造和加工的尺寸,考虑该尺寸来设定高度t1的规定的值。

[0078] 在多个微细构造体204的高度t1为上述的规定的值的条件下,改变宽度d时的透过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 是通过数值计算来计算的。具体而言,当宽度d从0增加时,相位调制量 ϕ_B 从0非线性且连续地增大至 2π 附近。在相位调制量 ϕ_B 达到 2π 附近之后,当宽度d进一步增加时,相位调制量 ϕ_B 暂且先不连续地急剧减小到0附近,然后从0附近再次非线性且连续地增大到 2π 附近,反复进行上述的不连续的急剧减小和连续的增大。

[0079] 在超构表面元件211中,各个微细构造体204的宽度d被设定为使得相邻的微细构造体204的相位调制量 ϕ_B 至少互不相同,并且相邻的微细构造体204彼此的相位调制量 ϕ_B 之差在区域S1内随机地变化。

[0080] 微细构造体204彼此之间的间隔p被适当设定为使得例如在区域S1内提取了相互接近地相邻的2个微细构造体204以及与此2个微细构造体204中的一个微细构造体204最接近且与另一个微细构造体204不同的再一个微细构造体204、总计3个微细构造体204时,这些微细构造体204的YZ平面上的中心之间或重心之间的间隔互不相同。通过这样设定,能够对入射到超构表面元件211的区域S1内的蓝色激光B进行随机性高的相位调制。

[0081] 通过对多个微细构造体204各自的宽度d和微细构造体204彼此之间的间隔p进行调整,能够高精度且自如地调整由多个微细构造体204进行的相位调制的随机性、随机程度。

[0082] 从-X侧入射到超构表面元件211的蓝色激光B被限制于像上述那样设定了宽度d和高度t1的各个微细构造体204中,因该光限制(light trapping)而引起共振。从多个微细构造体204射出的蓝色激光DB在区域S1内产生随机的相位调制量 ϕ_B 。

[0083] 微细构造体204的材料优选为至少对蓝色激光B具有高折射率并且吸收少。通过微细构造体204的材料对蓝色激光B具有高折射率,能够提高能够针对固定的高度t1所取得的相位调制量 ϕ_B ,微细构造体204的设计的自由度提高。作为微细构造体204的材料,例如具有比石英、光学玻璃等高的折射率、并且对可见波段的光的吸收少的氧化钛(TiO_2)、氮化硅(SiN)等是优选的。

[0084] 关于蓝色激光B入射到像上述那样设定了微细构造体204的宽度d和高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p的超构表面元件211时的行为,由于微细构造体204的尺寸与蓝色激光B的峰值波长同等或比峰值波长小,因此使用时域有限差分法(Finite Difference Time Domain Method;FDTD法)等电磁波分析来进行分析。换言之,在超构表面元件211的设计评价中使用FDTD法等电磁波分析。

[0085] 超构表面元件211例如通过反应性离子蚀刻(Reactive Ion Etching:RIE)、聚焦离子束(Focused Ion Beam:FIB)、纳米压印光刻等方法来制作。

[0086] 由超构表面元件211构成的去斑元件201的+X侧的端面、即超构表面元件211的基板202的板面202b优选为与图2所示的第1透镜阵列50的-X侧的表面抵接。另外,基板202的板面202b也可以与第1透镜阵列50的-X侧的表面在X方向上隔开微小的间隔而配置。微小的间隔是指能够视为去斑元件201的+X侧的端面和第1透镜阵列50的-X侧的表面都在X方向上配置于后述的位置PS3的程度的短间隔。

[0087] 以上所说明的第1实施方式的第3光源模块1B具有LD光源12、超构表面元件211以及光调制元件95B。LD光源12射出蓝色激光B。超构表面元件211构成进行蓝色激光B的去斑对策的去斑元件201,对从LD光源12射出的蓝色激光B的相位进行调制。光调制元件95B对从超构表面元件211射出且相位被调制后的蓝色激光DB进行调制而生成图像光LB。

[0088] 在第1实施方式的第3光源模块1B中,去斑元件201由超构表面元件211构成,因此与现有的扩散板等用于进行去斑对策的元件相比,能够将去斑元件201构成为超薄型且小型。

[0089] 在第1实施方式的第3光源模块1B中,超构表面元件211配置在与光调制元件95B的图像形成区域共轭的位置PS3。光调制元件95B的图像形成区域在X方向上的位置PS4是在蓝色的图像光LB以及3色的图像光LR、LG、LB合成而得到的光LL的光路上与屏幕SCR共轭的位置。

[0090] 根据第1实施方式的第3光源模块1B,由超构表面元件211构成的去斑元件201配置于位置PS3,蓝色激光B在位置PS3被去斑,因此与去斑元件201配置于在X方向上不与位置PS3共轭的位置的情况相比,能够最好地发挥光调制元件95B的图像形成区域中的蓝色激光DB的去斑效果。

[0091] 在第1实施方式的第3光源模块1B中,超构表面元件211具有基板202和至少1个的微细构造体204。基板202具有-X侧的板面202a作为在X方向上设置超构表面元件211的基准。微细构造体204配置于基板202的板面202a。微细构造体204具有沿着板面202a平行的Z方向上的宽度(规定的宽度)d和与板面202a垂直的X方向上的高度(规定的高度)t1。多个微细构造体204的高度t1根据蓝色激光B的峰值波长而设定为规定的高度t1。多个微细构造体204的宽度d根据对在入射到微细构造体204、受到光限制效果而共振之后从微细构造体204射出的蓝色激光DB所要求的相位调制量 ϕ_B 来设定。本说明书及权利要求书中所记载的“通过微细构造体的激光”是指像上述那样在入射到微细构造体204、受到光限制效果而共振之后从微细构造体204射出的蓝色激光DB。

[0092] 根据第1实施方式的第3光源模块1B,微细构造体204的宽度d、高度t1设定为与蓝色激光B的峰值波长或波段为相同程度的量级的尺寸,因此能够将超构表面元件211和去斑元件201构成为超薄型且小型。

[0093] 在第1实施方式的第3光源模块1B中,超构表面元件211的微细构造体204的高度 t_1 和宽度 d 中的至少一方根据通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 来设定。

[0094] 入射到超构表面元件211的蓝色激光B被限制于微细构造体204中,在X方向上引起被称为法布里-珀罗共振的共振。根据第1实施方式的第3光源模块1B,通过调整微细构造体204的宽度 d 、高度 t_1 ,能够改变蓝色激光B的共振条件,能够高精度且自如地调整蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 。并且,当超构表面元件211在区域S1内具有多个微细构造体204的情况下,通过对一部分或局部的微细构造体204的宽度 d 、高度 t_1 以及一部分或局部的微细构造体204彼此之间的间隔 p 进行调整,能够显现出与区域S1内的一部分或局部的周围不同的相位调制量 ϕ_B 。

[0095] 另外,在超构表面元件211中,微细构造体204的高度 t_1 和宽度 d 中的至少一方根据通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 来设定。即,在上述第1实施方式的变形例中,也可以是,多个微细构造体204的高度 t_1 根据对通过微细构造体204的蓝色激光B所要求的相位调制量 ϕ_B 来设定。并且,多个微细构造体204的宽度 d 根据蓝色激光B的峰值波长而设定为规定的宽度。而且,也可以是,针对每个微细构造体204根据蓝色激光B的峰值波长和通过微细构造体204的相位调制量 ϕ_B 来设定多个微细构造体204的高度 t_1 和宽度 d 双方。

[0096] 在第1实施方式的第3光源模块1B中,超构表面元件211具有多个微细构造体204。即使是在基板202设置有1个微细构造体204的情况,也会像上述那样产生蓝色激光B的光限制效果和法布里-珀罗共振,但在基板202上设置有多个微细构造体204的情况下,各个微细构造体204中的法布里-珀罗共振与在与YZ平面平行的方向上多个微细构造体204彼此之间的共振耦合而产生以导模共振为首的多个共振效果。因此,通过调整各个微细构造体204的宽度 d 、高度 t_1 ,能够容易且自如地控制蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B ,并且通过调整多个微细构造体204彼此之间的间隔 p 、相对配置,能够控制蓝色激光B的导模共振的条件,能够得到不受YZ平面上的连续性、规则性的影响而表现出期望的相位调制功能的超构表面元件211。并且,即使在投影仪100中的设置空间有限的状况下,通过对多个微细构造体204中的一部分或局部的微细构造体204的宽度 d 、高度 t_1 、间隔 p 进行调整,也能够与例如蓝色激光B在YZ平面上的光强度分布、第3光源模块1B的各构成要素的配置以及蓝色激光B的光路等相匹配且自如地设定区域S1内的相位调制量 ϕ_B 的分布。

[0097] 在第1实施方式的第3光源模块1B中,在遍及超构表面元件211的基板202的板面202a整体的区域S1中,微细构造体204的高度 t_1 被设定为使得从微细构造体204射出的蓝色激光B的相位调制量为 $0 \sim 2\pi$ 。

[0098] 根据第1实施方式的第3光源模块1B,考虑到对于蓝色激光B而言 2π 以上的相位调制量 ϕ_B 与 $0 \sim 2\pi$ 中的某个相位调制量 ϕ_B 为相同相位,能够在超构表面元件211的区域S1中设定所需最小限度的相位调制量 ϕ_B ,抑制超构表面元件211的微细构造体204的高度 t_1 。微细构造体204的高度 t_1 越高,越容易产生微细构造体204的柱状形状或锥形形状、高度的偏差、误差,难以以遵从设计的形状制造超构表面元件211。如上所述,微细构造体204的高度 t_1 被适度地抑制,从而能够提高超构表面元件211和去斑元件201的设计的自由度,并且使超构表面元件211的制造变得容易,并且能够降低制造时的误差,实现进一步的薄型化和小型化。

[0099] 第1实施方式的投影仪100具有上述的第3光源模块1B和投射光学系统4。投射光学系统4在对来自第3光源模块1B的图像光LR、LG、LB进行合成之后,将作为合成光的光LL沿着Z方向朝向+Z侧放大并向配置于Z方向的规定的位置的屏幕SCR投射。

[0100] 根据第1实施方式的投影仪100,在第3光源模块1B中配置有由超构表面元件211构成的超薄型且小型的去斑元件201,因此能够抑制第3光源模块1B的大型化,并且有效地对向屏幕SCR投射的光LL进行去斑对策。特别是在实现投影仪100的小型化和轻量化的情况下,在第3光源模块1B以及具有与第3光源模块1B相同的构成要素的第2光源模块1G、1R的各光源模块中,能够配置去斑元件的空间极其有限。即使在这样的情况下,只要是由超构表面元件211构成的去斑元件201,就能够容易地配置在第3光源模块1B、1G、1R各自的使去斑效果出色地发挥的位置PS3或其他期望的位置。

[0101] <第1变形例>

[0102] 接下来,使用图4A和图4B对第1实施方式的超构表面元件211的第1变形例进行说明。在以下的各变形例的超构表面元件中,对于与对应的实施方式的超构表面元件共通的结构,标注与该共通的结构相同的附图标号并省略其说明。

[0103] 图4A是从Y方向观察第1实施方式的超构表面元件211的第1变形例的超构表面元件212的侧视图。图4B是从X方向观察超构表面元件212的平面图。

[0104] 如图4A和图4B所示,超构表面元件212具有在第1实施方式中所说明的基板(基材)202和多个微细构造体204。但是,在超构表面元件212中,从板面202a的中心、即沿X方向观察时的基板202的中心起在径向上划分为多个区域。图4A和图4B所示的超构表面元件212从板面202a的中心起沿径向划分为3个区域S1、S2、S3。在多个区域S1、S2、S3中分别形成有多个微细构造体204。

[0105] 通过包含板面202a的中心的区域S1的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 的范围设定为 $0 \sim 2\pi$ 。即,配置于区域S1中的多个微小构造体204的高度 t_1 被统一为规定的值,该规定的值是根据蓝色激光B的峰值波长而决定的,并且使相位调制量 ϕ_B 最大能够成为 2π 。

[0106] 区域S2与区域S1在径向上相邻,并且比区域S1靠径向外侧。通过区域S2的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 的范围设定为 $0 \sim \pi$ 。在超构表面元件212中,配置于区域S2中的多个微细构造体204的高度 t_2 被统一为与高度 t_1 同等。配置于区域S2中的多个微细构造体204的宽度 d 被适当调整为使得通过区域S2的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 最大为 π 。

[0107] 区域S3与区域S2在径向上相邻,并且比区域S2靠径向外侧。通过区域S3的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 的范围设定为 $0 \sim (\pi/2)$ 。在超构表面元件212中,配置于区域S3中的多个微细构造体204的高度 t_3 被统一为与高度 t_1 同等。配置于区域S3中的多个微细构造体204的宽度 d 被适当调整为使得通过区域S3的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 最大为 $(\pi/2)$ 。

[0108] 如上所述,第1实施方式的第1变形例的超构表面元件212具有基板202和至少1个的微细构造体204。在第1变形例的超构表面元件212中,多个微细构造体204的高度 $t_1 \sim t_3$ 和宽度 d 中的至少一方根据通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 来设定。根据第1变形例的超构表面元件212,与超构表面元件211同样地,超构表面元件212由具有与蓝色激光B的波段为相同程度的尺寸的基板202和微细构造体204构成,因此能够实现超薄型且小型的去斑元件201。并且,根据第1变形例的超构表面元件212,通过调整微细构造体204的宽度 d 、高度 t_1 ,能够高精细且自如地调整蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 。

[0109] 第1实施方式的第1变形例的超构表面元件212沿着基板202的板面202a的径向划分为多个区域S1、S2、S3。通过配置于沿板面202a的径向相邻的2个区域S1、S2中的径向外侧的区域(第1区域)S2的板面202a上的微细构造体204的蓝色激光B的最大相位调制量为 π ,小于通过配置于区域(2个区域中的径向内侧的第2区域)S1的板面202a上的微细构造体204的蓝色激光B的最大相位调制量 2π 。通过配置于沿板面202a的径向相邻的2个区域S2、S3中的径向外侧的区域(第1区域)S3的板面202a上的微细构造体204的蓝色激光B的最大相位调制量为 $(\pi/2)$,小于通过配置于区域(2个区域中的径向内侧的第2区域)S2的板面202a上的微细构造体204的蓝色激光B的最大相位调制量 π 。即,通过板面202a的最靠中心侧的区域S1的蓝色激光B的相位调制量为 $0\sim 2\pi$ 。通过比区域S1靠外侧的区域S2的蓝色激光B的相位调制量为 $0\sim \pi$ 。通过比区域S2靠外侧的区域S3的蓝色激光B的相位调制量为 $0\sim (\pi/2)$ 。

[0110] 在第1变形例的超构表面元件212中,随着向基板202的板面202a的径向外侧的区域前进,通过区域的蓝色激光B的最大相位调制量减小,因此从区域内的微细构造体204向+X侧射出的蓝色激光DB在YZ平面上的扩散角减小。根据第1变形例的超构表面元件212,能够将通过板面202a的径向外侧的区域的多个微细构造体204向+X侧射出的蓝色激光DB的扩散角抑制得比板面202a的径向内侧的区域小。由此,能够减少向YZ平面中的比超构表面元件212靠外侧的位置、即第3光源模块1B的处理对象区域外泄漏的蓝色激光DB,提高蓝色激光DB的利用效率。

[0111] 另外,在第1变形例的超构表面元件212中,为了使各区域S1、S2、S3的针对蓝色激光B的最大相位调制量互不相同,对在各区域S1、S2、S3中形成的多个微细构造体204的宽度d进行了调整,但只要对高度 $t1\sim t3$ 和宽度d中的至少一方进行调整即可。即,也可以通过对在超构表面元件212的各区域S1、S2、S3中形成的多个微细构造体204的高度 $t1$ 、 $t2$ 、 $t3$ 进行调整而依次降低针对通过各区域S1、S2、S3的蓝色激光B的最大相位调制量。并且,也可以通过对在超构表面元件212的各区域S1、S2、S3中形成的多个微细构造体204的高度 $t1$ 、 $t2$ 、 $t3$ 和宽度d双方进行调整而依次降低针对通过各区域S1、S2、S3的蓝色激光B的最大相位调制量。关于调整超构表面元件212中平面视图时所划分的各区域的微细构造体204的高度 $t1$ 、 $t2$ 、 $t3$ 和宽度d中的哪一方或双方,可以考虑能够在超构表面元件212的制造方法、制造装置中以良好的成品率且高精度地实现期望的尺寸的最小尺寸而适当选择。

[0112] 另外,在第1变形例的超构表面元件212中,沿着基板202的板面202a的径向划分为3个区域S1~S3,但区域的划分数量不限于3个。即,在第1变形例的超构表面元件212中,只要使对通过径向外侧的区域的蓝色激光B所附加的最大相位调制量小于对通过相邻的内侧区域的蓝色激光B所附加的最大相位调制量即可,区域的划分数量也可以为4个以上或2个。

[0113] 另外,在第1变形例的超构表面元件212中,作为进一步的变形例,也可以是,随着从基板202的板面202a的径向的中心或规定的位置向外缘前进,从微细构造体204射出的蓝色激光DB的最大相位调制量减小。即使是这样的结构,也能够减少向第3光源模块1B的处理对象区域外泄漏的蓝色激光DB,提高蓝色激光DB的利用效率。

[0114] 另外,在第1变形例的超构表面元件212中,对通过3个区域S1~S3的蓝色激光B所附加的最大相位调制量为 2π 、 π 、 $(\pi/2)$,但例如也可以是 2π 、 $(4\pi/3)$ 、 $(2\pi/3)$ 、或者 π 、 $(\pi/2)$ 、 $(\pi/4)$ 等。即,在第1变形例的超构表面元件212中,只要像上述那样维持对通过径向外侧的

区域的蓝色激光B所附加的最大相位调制量小于对通过相邻的内侧区域的蓝色激光B所附加的最大相位调制量的大小关系即可,各区域中的最大相位调制量能够适当调整。

[0115] 另外,在第1变形例的超构表面元件212中,关于沿着基板202的板面202a的径向划分出的多个区域的直径尺寸的比率,可以考虑要使从各区域的微细构造体204射出的蓝色激光DB的扩散角减小的量以及基板202的YZ平面上的大小即基板202的直径等而适当调整。要想提高超构表面元件212的去斑性能并且提高蓝色激光DB的利用效率,对从径向内侧的区域射出的蓝色激光B所附加的最大相位调制量越大越好,被附加了与径向外侧的区域相比相对大的该最大相位调制量的区域越大越好。作为一例,在上述的第1变形例的超构表面元件212中,区域S1的范围设定为从板面202a的中心到直径的50%以上且70%以下的位置,区域S2的范围设定为从区域S1的外缘到板面202a的直径的80%以上且90%以下的位置。

[0116] <第2变形例>

[0117] 接下来,使用图5对第1实施方式的超构表面元件211的第2变形例进行说明。

[0118] 图5是从Y方向观察第1实施方式的超构表面元件211的第2变形例的超构表面元件213的侧视图。如图5所示,超构表面元件213具有在第1实施方式中所说明的基板(基材)202和多个微细构造体204。但是,在超构表面元件213中,在板面202b的径向外侧的位置设置有振子402。通过振子402工作,超构表面元件213沿着与YZ平面平行的方向线性地振动,在X方向上几乎不振动。

[0119] 振子402例如由微型马达、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems:微机电系统)、压电元件等构成。此外,关于振子402的种类,只要能够像上述那样使超构表面元件213在与YZ平面平行的方向上振动即可,没有特别限定。

[0120] 如上所述,第1实施方式的第2变形例的超构表面元件213具有基板202和至少1个的微细构造体204。在第2变形例的超构表面元件213中,多个微细构造体204的高度 t_1 和宽度 d 中的至少一方根据通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 来设定。根据第2变形例的超构表面元件213,与超构表面元件211同样地,超构表面元件213由具有与蓝色激光B的波段为相同程度的尺寸的基板202和微细构造体204构成,因此能够实现超薄型且小型的去斑元件201。并且,根据第2变形例的超构表面元件213,通过调整微细构造体204的宽度 d 、高度 t_1 ,能够高精细且自如地调整蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 。

[0121] 第1实施方式的第2变形例的超构表面元件213还具有振子402,该振子402使彼此一体地形成的基板202和多个微细构造体204在与板面(第1基准面)202a平行的方向、即与YZ平面平行的方向上振动。在第1实施方式的第2变形例的超构表面元件213中,通过振子402工作,微细构造体204在YZ平面内的位置发生变化,因此针对入射的蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。由此,由微细构造体204构成的相位调制的空间分布随时间变化,蓝色激光DB的斑点噪声在时间上重叠。根据第2变形例的超构表面元件213,使用振子402而使针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化,与第1实施方式的超构表面元件211相比,能够提高蓝色激光DB的去斑效果。

[0122] 另外,关于振子402的形状及在超构表面元件213中的配置,只要不妨碍沿着X方向行进的蓝色激光B、DB,就能够适当变更。例如,在振子402由使蓝色激光B、DB透过的材料形成的情况下,振子402也可以配置于板面202b的径向的中心附近。

[0123] 另外,在第2变形例的超构表面元件213中,作为进一步的变形例,也可以是,超构

表面元件213能够在与YZ平面平行的方向上以板面202a、202b的中心为基准旋转。由旋转马达等构成的振子402由使蓝色激光B、DB透过的材料形成,在如第1实施方式中所说明的那样基板202比入射的蓝色激光B的光束直径稍大的情况下,振子402也可以配置于基板202的板面202b的中心部。在由旋转马达等构成的振子402由使蓝色激光B、DB难以透过的材料形成的情况下,例如也可以是,将基板202的半径扩大为入射的蓝色激光B的光束直径左右,将振子402设置于板面202a、202b的中央部,将振子402配置在比蓝色激光B、DB的光轴AX1靠±Y侧且±Z侧的位置。蓝色激光B从-X侧入射到以振子402为中心与YZ平面平行地旋转的超构表面元件213的与蓝色激光B的光路重叠的区域。使用这样的旋转振动的超构表面元件213,能够与第2变形例的上述的线性振动的超构表面元件213同样地使针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化,与第1实施方式的超构表面元件211相比,能够提高蓝色激光DB的去斑效果。此外,只要能够像上述那样使由多个微细构造体204形成的相位调制的空间分布随时间变化,就能够任意地选择振动方向和振动图案。

[0124] 另外,在第2变形例的超构表面元件213中,也可以与第1变形例同样地,在从X方向观察时沿径向划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0125] <第3变形例>

[0126] 接下来,使用图6对第1实施方式的超构表面元件211的第3变形例进行说明。

[0127] 图6是从Y方向观察第1实施方式的超构表面元件211的第3变形例的超构表面元件214的侧视图。如图6所示,超构表面元件214具有在第1实施方式中所说明的基板(基材)202和多个微细构造体204。但是,在超构表面元件214中,在板面202b的径向外侧的位置设置有加热器404。

[0128] 超构表面元件214的多个微细构造体204由使蓝色激光B透过、并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。作为因温度变化而收缩或膨胀的材料,可以举出热膨胀性高的光学树脂、例如聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等。作为因温度变化而像上述那样进行相变的微细构造体204的材料,例如可以举出在硫化物系锗(Ge)-锑(Sb)-碲(Te)光相变材料(GST)中加有硒(Se)的相变材料(GSST)等。当GSST被加热时,GSST的原子构造从非晶而成为原子的随机纠缠,转变为比加热前有序的晶体构造,发生相变。通过GSST发生相变,蓝色激光B透过微细构造体204的光路改变,给GSST的屈光力带来影响。另一方面,通过GSST发生相变,对微细构造体204针对蓝色激光B的透明性的影响很小。微细构造体204的体积变化或相变相对于温度变化是可逆的。

[0129] 基板202由能够使蓝色激光B透过并且至少能够将来自加热器404的热传递给多个微细构造体204的具有导热性的材料形成。基板202的材料也可以是与使蓝色激光B透过并且因温度变化而收缩或膨胀或者因温度变化而发生相变的微细构造体204相同的材料。

[0130] 在超构表面元件214中,加热器404工作,至少多个的微细构造体204的温度在能够使微细构造体204的材料收缩或膨胀的范围内发生变化,由此各个微细构造体204的大小、即微细构造体204的宽度d、高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p根据温度而发生变化,针对蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 发生变化。或者,加热器404工作,至少多个的微细构造体204的温度在非晶状态与晶体状态的可相变的范围内发生变化,由此各个微细构造体204的屈光力以及针对蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 发生变化。

[0131] 如上所述,第1实施方式的第3变形例的超构表面元件214具有基板202和至少1个的微细构造体204。在第3变形例的超构表面元件214中,多个微细构造体204的高度 t_1 和宽度 d 中的至少一方根据针对通过微细构造体204的蓝色激光B初始设定的相位调制量 ϕ_B 来设定。根据第3变形例的超构表面元件214,与超构表面元件211同样地,超构表面元件214由具有与蓝色激光B的波段为相同程度的尺寸的基板202和微细构造体204构成,因此能够实现超薄型且小型的去斑元件201。

[0132] 在第1实施方式的第3变形例的超构表面元件214中,微细构造体204由因温度变化而收缩或膨胀的材料构成。在这样构成的超构表面元件214中,通过加热器404工作或停止,微细构造体204的宽度 d 和高度 t_1 发生变化,因此能够使针对入射的蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。

[0133] 另外,在第1实施方式的第3变形例的超构表面元件214中,微细构造体204也可以由因温度变化而相变为非晶状态或结晶状态的材料构成。在这样构成的超构表面元件214中,通过加热器404工作或停止,微细构造体204在非晶状态和晶体状态下发生相变,微细构造体204的屈光力发生变化,因此能够使针对入射的蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。

[0134] 在第1实施方式的第3变形例的超构表面元件214中,如上所述,由微细构造体204构成的相位调制的空间分布随时间变化,蓝色激光DB的斑点噪声在时间上重叠。根据第3变形例的超构表面元件214,通过使用了加热器404的温度控制而使通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 随时间变化,使多个微细构造体204针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化,因此与第1实施方式的超构表面元件211相比,能够提高针对蓝色激光B的相位调制图案的随机性和蓝色激光DB的去斑效果。

[0135] 另外,在第3变形例的超构表面元件214中,也可以与第1变形例同样地,在从X方向观察时在径向上划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0136] 另外,第3变形例的超构表面元件214也可以与第2变形例同样地还具有振子402,该振子402使彼此一体地形成的基板202和多个微细构造体204在与YZ平面平行的方向上振动。

[0137] 另外,在第1实施方式的超构表面元件211、第1实施方式的第1变形例至第3变形例的超构表面元件212、213、214中,微细构造体204仅设置于基板202的板面202a,但微细构造体204只要设置于基板202的板面202a、202b中的任意一个板面即可,例如也可以仅设置于板面202b。在该情况下,在第2变形例中所说明的振子402和在第3变形例中所说明的加热器404例如可以设置于板面202a。

[0138] [第2实施方式]

[0139] 接下来,使用图7对本发明的第2实施方式进行说明。

[0140] 在以下的第2实施方式及以后的各实施方式的光源模块和超构表面元件中,对于与上位的实施方式的光源模块和超构表面元件共通的结构,标注与该共通的结构相同的标号并省略其说明。主要对第2实施方式及以后的各实施方式的光源模块中的与上位的实施方式的光源模块不同的内容进行说明。

[0141] 虽然未图示,但第2实施方式的第3光源模块1B在图2所示的第3光源模块1B中代替

第1实施方式的超构表面元件211而具有图7所示的超构表面元件216作为去斑元件201。图7是从Y方向观察第2实施方式的超构表面元件216的侧视图。

[0142] 如图7所示,超构表面元件216具有基板202和多个微细构造体204。但是,在第1实施方式的超构表面元件211中,多个微细构造体204仅设置于基板202的板面202a,与此相对,在第2实施方式的超构表面元件216中,多个微细构造体204设置于基板202的板面202a、202b。板面202a、202b相互平行,并与Z方向平行。即,超构表面元件216是在超构表面元件211的基板202的+X侧的板面(第2基准面)202b上设置有多个微细构造体204的元件。超构表面元件216除了像上述那样在板面202b上设置有多个微细构造体204之外,具有与超构表面元件211相同的结构。

[0143] 设置于基板202的板面202b上的微细构造体204具有沿着板面202b平行的方向上的宽度d和与板面202b垂直的X方向(与基准面交叉的方向)上的高度t1。在板面202b上配置有多个微细构造体204。设置于板面202b的多个微细构造体204在Z方向上隔开期望的间隔p而配置。

[0144] 在超构表面元件216中,设置于基板202的板面202b上的多个微细构造体204分别与设置于基板202的板面202a上的多个微细构造体204各自在YZ平面上对齐。其中,YZ平面是指技术方案中的“与第1基准面和第2基准面平行的方向”。

[0145] 如上所述,第2实施方式的超构表面元件216具有基板202和至少1个的微细构造体204。在第2实施方式的超构表面元件216中,多个微细构造体204的高度t1和宽度d中的至少一方根据针对通过微细构造体204的蓝色激光B初始设定的相位调制量 ϕ_B 来设定。根据第2实施方式的超构表面元件216,与第1实施方式的超构表面元件211同样地,超构表面元件216由具有与蓝色激光B的波段为相同程度的尺寸的基板202和微细构造体204构成,因此能够实现超薄型且小型的去斑元件201。

[0146] 在第2实施方式的超构表面元件216中,基板(基材)202具有与板面202a平行的板面202b。超构表面元件216还具有除了配置于板面202a之外还配置于板面202b上的微细构造体204。配置于板面202b的微细构造体204具有沿着YZ平面的方向上的宽度d和与板面202b交叉的X方向上的高度t1。在配置于板面202b的微细构造体204中也是,高度t1和宽度d中的至少一方根据针对通过微细构造体204的蓝色激光B所要求的相位调制量 ϕ_B 来设定。

[0147] 在第2实施方式的超构表面元件216中,配置于基板202的板面202a上的多个微细构造体204分别和配置于板面202b上的多个微细构造体204各自沿着与板面202a、202b平行的YZ平面相互对齐。根据第2实施方式的超构表面元件216,与仅在基板202的板面202a上形成有微细构造体204的结构相比,能够扩大依赖于高度t1的相位调制量 ϕ_B 的范围。例如,在配置于板面202a的微细构造体204的高度t1与配置于板面202b的微细构造体204的高度t1相等的情况下,在超构表面元件216中,能够实现由超构表面元件211的多个微细构造体204实现的相位调制量 ϕ_B 的2倍的相位调制量($2 \times \phi_B$)。

[0148] 第2实施方式的超构表面元件216的多个微细构造体204如在第1实施方式中所说明的那样,通过RIE、EIB、纳米压印光刻等方法来制作,高度t1越高,制作难度越高。即,当制作高度t1高的构造时,容易出现原本在从平行于YZ平面的方向观察时形成为矩形形状的微细构造体204的形状成为锥形形状、或者高度t1的偏差等尺寸误差。然而,根据第2实施方式的超构表面元件216,能够将分别形成于基板202的板面202a或者板面202b上的微细构造体

204的高度 t_1 抑制得比对超构表面元件216所要求的相位调制量 ϕ_B 低,最低能够抑制至对超构表面元件216所要求的相位调制量 ϕ_B 的一半量($\phi_B/2$)。由此,能够使第2实施方式的超构表面元件216的制作难度比起第1实施方式的超构表面元件211的制作难度有所下降。换言之,在分别形成于基板202的板面202a或者板面202b上的微细构造体204的高度 t_1 为接近RIE、EIB、纳米压印光刻等方法的制作极限的尺寸的情况下,能够使在第2实施方式的超构表面元件216中高精度地实现的相位调制量 ϕ_B 比在第1实施方式的超构表面元件211中高精度地实现的相位调制量 ϕ_B 增加。

[0149] 另外,作为第2实施方式的超构表面元件216的其他方式,也可以是,配置于基板202的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体与配置于板面202b上的多个微细构造体204中的各微细构造体沿着YZ平面相互错开。配置于基板202的板面202b上的多个微细构造体204相对于配置于基板202的板面202a上的多个微细构造体204的错位量例如比间隔 p 的最大值短并且比多个微细构造体204的间隔 p 的平均值短。该错位量被适当调整为沿着X方向观察时配置于基板202的板面202a、202b上的微细构造体204彼此之间的间隔 p 不会消失的程度,优选设定为由多个微细构造体204实现的相位调制图案的随机性不会降低的程度。

[0150] 另外,在第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216中,在基板202的板面202a、202b上分别配置有多个微细构造体204,但只要在基板202的板面202a、202b上分别配置有至少1个的微细构造体204即可,也可以配置1个微细构造体204。

[0151] <第1变形例>

[0152] 作为第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第1变形例,可以举出图8A和图8B所示的超构表面元件217。图8A是从Y方向观察第1变形例的超构表面元件217的侧视图。图8B是从X方向观察超构表面元件217的平面图。如图8A和图8B所示,在超构表面元件217中,沿着基板202的板面202a、202b的径向划分为多个区域S1、S2、S3。通过板面202a、202b的最靠中心侧的区域S1的蓝色激光B的相位调制量例如为 $0 \sim 2\pi$ 。通过板面202a、202b的比区域S1靠外侧的区域S2的蓝色激光B的相位调制量例如为 $0 \sim \pi$ 。通过板面202a、202b的比区域S2靠外侧的区域S3的蓝色激光B的相位调制量例如为 $0 \sim (\pi/2)$ 。

[0153] 根据第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第1变形例的超构表面元件217,与第1实施方式的第1变形例同样地,在从X方向即图2所示的光轴AX1观察时,在径向上划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。因此,能够将通过板面202a、202b的径向外侧的区域的多个微细构造体204向+X侧射出的蓝色激光DB的扩散角抑制得比板面202a的径向内侧的区域小。由此,能够减少向YZ平面中的比超构表面元件217靠外侧的位置、即第3光源模块1B的处理对象区域外泄漏的蓝色激光DB,提高蓝色激光DB的利用效率。

[0154] <第2变形例>

[0155] 作为第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第2变形例,可以举出图9所示的超构表面元件218。图9是从Y方向观察第2变形例的超构表面元件218的侧视图。如图9所示,在超构表面元件218中,在基板202的侧面202c设置有振子402。通过振子402工作,超构表面元件218在沿着与YZ平面平行的方向的任意方向上振动,在X方向上几乎不振动。此外,振子402也可以在不会妨碍蓝色激光B的范围内设置于基板202的任意位置,例如

配置于基板202的侧面202d。

[0156] 在第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第2变形例的超构表面元件218中,与第1实施方式的第2变形例同样地,通过振子402工作,微细构造体204在YZ平面内的位置发生变化,因此针对入射的蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。由此,由微细构造体204构成的相位调制的空间分布随时间变化,蓝色激光DB的斑点噪声在时间上重叠。根据第2变形例的超构表面元件218,使用振子402而使针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化,与第2实施方式的超构表面元件216相比,能够提高蓝色激光DB的去斑效果。

[0157] 另外,在第2变形例的超构表面元件218中,也可以与第1变形例同样地,在从X方向观察时在径向上划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0158] <第3变形例>

[0159] 作为第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第3变形例,可以举出图10所示的超构表面元件219。图10是从Y方向观察第3变形例的超构表面元件219的侧视图。如图10所示,在超构表面元件219中,在基板202的侧面202c、202d设置有加热器404。超构表面元件219的多个微细构造体204由使蓝色激光B透过并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。微细构造体204的体积变化或相变相对于温度变化是可逆的。

[0160] 在第2实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第3变形例的超构表面元件219中,与第1实施方式的第3变形例同样地,加热器404工作,至少多个的微细构造体204的温度在能够使微细构造体204的材料收缩或膨胀的范围内变化,由此分别配置于基板202的板面202a、202b上的各个微细构造体204的大小、即微细构造体204的宽度d、高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p根据温度而变化,针对蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 发生变化。或者,加热器404工作,配置于基板202的板面202a、202b上的多个微细构造体204的温度在非晶状态与晶体状态的可相变的范围内变化,由此配置于板面202a、202b上的各个微细构造体204的屈光力以及针对蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 发生变化。根据第3变形例的超构表面元件219,通过使用加热器404的温度控制而使通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 随时间变化,使多个微细构造体204针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。根据第3变形例的超构表面元件219,与第2实施方式的超构表面元件216相比,能够提高针对蓝色激光B的相位调制图案的随机性和蓝色激光DB的去斑效果。

[0161] 另外,在第3变形例的超构表面元件219中,也可以与第1变形例同样地,在从X方向观察时在径向上划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0162] 另外,第3变形例的超构表面元件219也可以与第2变形例同样地还具有振子402,该振子402使彼此一体地形成的基板202和分别配置于基板202的板面202a、202b上的多个微细构造体204在与YZ平面平行的方向上振动。

[0163] [第3实施方式]

[0164] 接下来,使用图11对本发明的第3实施方式进行说明。

[0165] 虽然未图示,但第3实施方式的第3光源模块1B在图2所示的第3光源模块1B中代替第1实施方式的超构表面元件211而具有图11所示的复合型超构表面元件221作为去斑元件

201。图11是从Y方向观察第3实施方式的复合型超构表面元件221的侧视图。

[0166] 如图11所示,复合型超构表面元件(超构表面元件)221具有超构表面元件(第1超构表面部)211A和超构表面元件(第2超构表面部)211B。超构表面元件211A、211B分别与第1实施方式的超构表面元件211同样地具有基板202和设置于基板的板面202a上的多个微细构造体204。在复合型超构表面元件221中,超构表面元件211A的基材202的板面202b和超构表面元件211B的基材202的板面202b在X方向上隔着间隙而相互对置。在复合型超构表面元件221中,设置于超构表面元件211A的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体与设置于超构表面元件211B的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体在YZ平面上对齐。

[0167] 如上所述,第3实施方式的复合型超构表面元件221具有超构表面元件211A、211B。超构表面元件211A、211B各自至少具有:基板(基材)202,其具有板面202a;以及多个微细构造体204,该多个微细构造体204配置于板面202a。多个微细构造体204各自具有沿着YZ方向的方向上的宽度d和与板面202a垂直的X方向上的高度t1。另外,在图11中,省略了宽度d和高度t1的标记。超构表面元件211A、211B各自的多个微细构造体204的高度t1和宽度d中的至少一方根据通过多个微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 来设定。根据第3实施方式的复合型超构表面元件221,与第1实施方式的超构表面元件211同样地,复合型超构表面元件221由具有与蓝色激光B的波段为相同程度的尺寸的基板202和微细构造体204构成,因此与现有的扩散板等相比,能够实现超薄型且小型的去斑元件201。

[0168] 在第3实施方式的复合型超构表面元件221中,超构表面元件211A、211B以使超构表面元件211A、211B各自的基板202的板面202b彼此相互对置的方式在X方向上隔开微小的间隙而配置。在第3实施方式的复合型超构表面元件221中,配置于基板202的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体与配置于板面202b上的多个微细构造体204中的各微细构造体沿着与板面202a、202b平行的YZ平面相互对齐。根据第3实施方式的复合型超构表面元件221,与第2实施方式的超构表面元件216同样地,与在基材202的板面202a上形成有微细构造体204的单体的超构表面元件211相比,能够扩大依赖于高度t1的相位调制量 ϕ_B 的范围。

[0169] 第3实施方式的复合型超构表面元件221的多个微细构造体204如在第1实施方式中所说明的那样,通过RIE、EIB、纳米压印光刻等方法来制作,高度t1越高,制作难度越高。即使在像制作第2实施方式的超构表面元件216时那样难以进行基板202的板面202a、202b上的加工、即基板202的双面加工的情况下,根据第3实施方式的复合型超构表面元件221,与单体的超构表面元件211相比,也能够扩大依赖于高度t1的相位调制量 ϕ_B 的范围。由此,能够将第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211A、211B的制作难度降低为与第1实施方式的超构表面元件211的制作难度同等。

[0170] 在第3实施方式的复合型超构表面元件221中,在形成于超构表面元件211A、211B各自的基板202的板面202a或板面202b上的微细构造体204的高度t1为接近RIE、EIB、纳米压印光刻等方法的制作极限的尺寸的情况下,能够使在第2实施方式的超构表面元件216中高精度地实现的相位调制量 ϕ_B 比在第1实施方式的超构表面元件211中高精度地实现的相位调制量 ϕ_B 增加。

[0171] 另外,作为第3实施方式的复合型超构表面元件221的其他方式,也可以是,配置于

超构表面元件211A的基板202的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体与配置于超构表面元件211B的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体沿着YZ平面相互错开。在超构表面元件211B中设置的多个微细构造体204相对于在超构表面元件211A中设置的多个微细构造体204的错位量与第2实施方式同样地被适当调整为沿着X方向观察时在超构表面元件211A、211B中设置的微细构造体204彼此之间的间隔不会消失的程度,优选设定为由多个微细构造体204实现的相位调制图案的随机性不会降低的程度。

[0172] 另外,在第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221中,在超构表面元件211A、211B的基板202的板面202a上分别配置有多个微细构造体204,但只要在基板202的板面202a上分别配置有至少1个的微细构造体204即可,也可以配置1个微细构造体204。

[0173] <第1变形例>

[0174] 在第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221的第1变形例中,虽然未图示,但也可以是,沿着超构表面元件211A、211B中的至少一个元件的基板202的板面202a的径向划分为多个区域。在复合型超构表面元件221的第1变形例中,从X方向即图2所示的光轴AX1观察时,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0175] 在第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221的第1变形例中,能够将通过板面202a的径向外侧的区域的多个微小构造体204向+X侧射出的蓝色激光DB的扩散角抑制得比板面202a的径向内侧的区域小。根据复合型超构表面元件221的第1变形例,能够减少向YZ平面中的比复合型超构表面元件221靠外侧的位置、即具有复合型超构表面元件221的第3光源模块1B的处理对象区域外泄漏的蓝色激光DB,能够提高蓝色激光DB的利用效率。

[0176] <第2变形例>

[0177] 作为第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221的第2变形例,可以举出图12所示的复合型超构表面元件223。图12是从Y方向观察第2变形例的复合型超构表面元件223的侧视图。在第2变形例的复合型超构表面元件223中,在超构表面元件213的基板202的侧面202c设置有振子402。即,如图12所示,在第2变形例的复合型超构表面元件223中,在X方向上,超构表面元件211的基材202的板面202b与超构表面元件213的基材202的板面202b在X方向上隔开间隙而相互对置。

[0178] 在复合型超构表面元件223中,设置于超构表面元件211的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体与设置于超构表面元件213的板面202a上的多个微细构造体204中的各微细构造体在YZ平面上对齐。通过振子402工作,超构表面元件213在沿着与YZ平面平行的方向的任意方向上振动,在X方向上几乎不振动。此外,振子402也可以在不妨碍蓝色激光B的范围内设置于基板202的任意位置,例如配置于基板202的侧面202d。

[0179] 在第3实施方式及上述的其他方式的超构表面元件216的第2变形例的复合型超构表面元件223中,与第2实施方式的第2变形例同样地,通过振子402工作,超构表面元件213的微细构造体204在YZ平面内的位置发生变化,因此针对入射的蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。由此,由超构表面元件213的微细构造体204构成的相位调制的空间分布随时间变化,蓝色激光DB的斑点噪声在时间上重叠。根据第2变形例的复合型超构表面元件223,

使用振子402而使针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化,与第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221相比,能够提高蓝色激光DB的去斑效果。

[0180] 另外,在第2变形例的复合型超构表面元件223中,在第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211A、211B中的至少一个元件的基板202的侧面202c设置有振子402。即,也可以是,除了第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件213之外,也在超构表面元件211的基板202的侧面202c设置有振子402。也可以是,在第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211、213中的仅超构表面元件211的基板202的侧面202c设置有振子402。

[0181] 另外,也可以是,在第2变形例的复合型超构表面元件223的超构表面元件211、213中的至少一个元件中,与第1变形例同样地,在从X方向观察时在径向上划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0182] <第3变形例>

[0183] 作为第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221的第3变形例,可以举出图13所示的复合型超构表面元件224。图13是从Y方向观察第3变形例的复合型超构表面元件224的侧视图。在复合型超构表面元件224中,在第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211A、211B中的超构表面元件211B的基板202的侧面202c、202d设置有加热器404。并且,在第3变形例的复合型超构表面元件224中,设置于第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211B的基板202的板面202a上的多个微细构造体204由使蓝色激光B透过并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。微细构造体204的体积变化或相变相对于温度变化是可逆的。即,如图13所示,在第3变形例的复合型超构表面元件224中,在X方向上,超构表面元件211A的基板202的板面202b与超构表面元件214的基板202的板面202b在X方向上隔开间隙而相互对置。

[0184] 在第3实施方式及上述的其他方式的复合型超构表面元件221的第3变形例的复合型超构表面元件224中,与第2实施方式的第3变形例同样地,加热器404工作,超构表面元件214的至少多个的微细构造体204的温度在能够使微细构造体204的材料收缩或膨胀的范围内变化,由此配置于超构表面元件214的基板202的板面202a上的各个微细构造体204的大小、即微细构造体204的宽度d、高度t1以及微细构造体204彼此之间的间隔p根据温度而变化,针对蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 发生变化。或者,加热器404工作,配置于超构表面元件214的基板202的板面202a上的多个微细构造体204的温度在非晶状态与晶体状态的可相变的范围内变化,由此配置于超构表面元件214的板面202a上的各个微细构造体204的屈光力以及针对蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 发生变化。根据第3变形例的复合型超构表面元件224,通过使用加热器404的温度控制,使通过超构表面元件214的微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 随时间变化,使超构表面元件214的多个微细构造体204针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。根据第3变形例的复合型超构表面元件224,与第3实施方式的复合型超构表面元件221相比,能够提高针对蓝色激光B的相位调制图案的随机性和蓝色激光DB的去斑效果。

[0185] 另外,在第3变形例的复合型超构表面元件224中,在第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211A、211B中的至少一个元件的基板202的侧面202c、202d设置

有加热器404,至少一个元件的多个微细构造体204由使蓝色激光B透过并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。即,也可以是,除了第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211B之外,也在超构表面元件211A的基板202的侧面202c设置有加热器404,超构表面元件211A的多个微细构造体204由使蓝色激光B透过并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。也可以是,在第3实施方式的复合型超构表面元件221的超构表面元件211A、211B中的仅超构表面元件211A的基板202的侧面202c设置有加热器404,超构表面元件211A的多个微细构造体204由使蓝色激光B透过并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者是相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。

[0186] 另外,也可以是,在第3变形例的复合型超构表面元件224的超构表面元件211、214中的至少一个元件中,与第1变形例同样地,在从X方向观察时在径向上划分为多个区域,越是径向外侧的区域,针对通过各区域的蓝色激光B的最大相位调制量越低。

[0187] 另外,也可以是,在第3变形例的复合型超构表面元件224的超构表面元件211、214中的至少一个元件中,与第2变形例同样地,还具有振子402,该振子402使超构表面元件214的彼此一体地形成的基板202以及配置于基板202的板面202a上的多个微细构造体204在与YZ平面平行的方向上振动。

[0188] 而且,在第3实施方式及第1变形例的复合型超构表面元件221、第3实施方式的第2变形例的复合型超构表面元件223以及第3实施方式的第3变形例的复合型超构表面元件224中,也可以是,在X方向上相互对置的各超构表面元件211A、211、211与各超构表面元件211B、213、214通过未图示的粘接剂而相互粘接。

[0189] 在第3实施方式及第1变形例的复合型超构表面元件221、第3实施方式的第2变形例的复合型超构表面元件223以及第3实施方式的第3变形例的复合型超构表面元件224中,能够使在X方向上相互对置的各超构表面元件211A、211、211和各超构表面元件211B、213、214的厚度即X方向的大小收敛为波长量级的尺寸,实现超薄型化。因此,能够将各超构表面元件211A、211、211和各超构表面元件211B、213、214集中配置在实质上与位置PS4共轭的位置PS3。

[0190] [第4实施方式]

[0191] 接下来,使用图14至图17对本发明的第4实施方式进行说明。

[0192] (投影仪)

[0193] 图14是第4实施方式的投影仪102的概略结构图。投影仪102与第1实施方式的投影仪100同样地是向屏幕SCR投射图像的投射型图像显示装置。如图14所示,投影仪102具有白色用的白色光源模块1W、场镜90B、90G、90R、分色镜110、114、反射镜112、116、118、中继透镜132、134、光调制元件95B、95G、95R、十字分色棱镜3以及投射光学系统(投射装置)4。

[0194] 白色光源模块1W射出白色光(光)DW,该白色光(光)DW是由包含红色光和绿色光的黄色光YY以及蓝色激光DB合成的。后文对白色光源模块1W的结构进行叙述。

[0195] 通过分色镜110、114、反射镜112、116、118以及中继透镜132、134而将从白色光源模块1W射出的白色光DW分离为红色光、绿色光以及蓝色光,并将分离出的红色光、绿色光以及蓝色光分别向各光调制元件95B、95G、95R引导。

[0196] 分色镜110使沿着光轴AX1从-X侧入射的白色光DW中的蓝色光BB通过,将绿色光GG和红色光RR、即黄色光反射。包含于白色光DW中的蓝色光BB、绿色光GG、红色光RR分别从白色光源模块1W以被进行了去斑对策后的状态射出。反射镜112将入射的绿色光GG和红色光RR大致全部反射。分色镜114将入射的绿色光GG和红色光RR中的绿色光GG反射,使红色光RR通过。反射镜116、118分别将入射的红色光RR大致全部反射。

[0197] 场镜90B、90G、90R分别在蓝色光BB、绿色光GG、红色光RR各自的光路上与十字分色棱镜3的侧面3b、3g、3r对置,并且配置在比十字分色棱镜3的各侧面3b、3g、3r靠-X侧、-Z侧、+X侧的位置。光调制元件95B、95G、95R分别在蓝色光BB、绿色光GG、红色光RR各自的光路上配置于各场镜90B、90G、90R与十字分色棱镜3之间。

[0198] 场镜90B、90G、90R在白色光DW的光路上与后述的白色光源模块1W的重叠透镜82隔规定的间隔而配置在比重叠透镜82靠白色光DW的行进方向的前侧的位置。场镜90B、90G、90R使从重叠透镜82射出的白色光DW所包含的蓝色光BB、绿色光GG、红色光RR的YZ平面上的外周部的行进方向一致,并将一致后的蓝色光BB、绿色光GG、红色光RR沿着X方向朝向+X侧射出。场镜90B、90G、90R抑制入射的白色光DW减光、清晰度降低。

[0199] 透过了分色镜110后的蓝色光BB透场镜90B,入射到光调制元件95B的图像形成区域。被分色镜110反射后的绿色光GG被反射镜112、分色镜114依次反射,透场镜90G,入射到光调制元件95G的图像形成区域。被分色镜110反射后的红色光RR被反射镜112反射,透过分色镜114,然后被反射镜116、118依次反射,透场镜90R,入射到光调制元件95R的图像形成区域。

[0200] 光调制元件95B、95G、95R分别由液晶面板构成,该液晶面板根据图像信息分别对入射的蓝色光BB、绿色光GG、红色光RR进行调制而形成图像。液晶面板的动作模式可以是TN模式、VA模式、横向电场模式等中的任意模式,不限于特定的模式。光调制元件95R、95G、95B各自具有配置于光入射面侧的入射侧偏振光板(省略图示)和配置于光射出面侧的射出侧偏振光板(省略图示)。光调制元件95B、95G、95R分别生成蓝色的图像光LB、绿色的图像光LG、红色的图像光LR中的各图像光。

[0201] 从光调制元件95B射出的图像光LB从-X侧与X方向平行地向十字分色棱镜3的侧面3b入射。从光调制元件95G射出的图像光LG从-Z侧与Z方向平行地向十字分色棱镜3的侧面3g入射。从光调制元件95R射出的图像光LR从+X侧与X方向平行地向十字分色棱镜3的侧面3r入射。十字分色棱镜3对从光调制元件95B、95G、95R分别射出的图像光进行合成而形成彩色图像。

[0202] 由十字分色棱镜3合成而得到的光LL与第1实施方式的投影仪100同样地沿着Z方向朝向+Z侧射出,并由投射光学系统4投射到屏幕SCR上。在屏幕SCR上显示被放大的图像。

[0203] (光源模块)

[0204] 图15是第4实施方式的白色光源模块1W的概略结构图。如图15所示,白色光源模块1W具有光源部10、会聚透镜21、荧光旋转元件130、拾取光学系统40、去斑会聚元件205、207、第2透镜阵列60、偏振光转换元件70以及重叠透镜81、82。在白色光源模块1W中,上述的各构成要素沿着X方向从-X侧向+X侧按记载顺序而配置。

[0205] 由会聚透镜21会聚后的蓝色激光B入射到荧光旋转元件130。荧光旋转元件130具有圆板131、荧光体层135、分色膜140以及马达32。圆板131在YZ平面上延伸,具有沿着X方向

观察时呈圆形形状的板面131a、131b。圆板131构成为能够借助设置于+X侧的板面131b上的马达32而以通过板面131b的中心的旋转轴线RX为中心旋转。圆板131由至少使蓝色激光B透过的材料形成。作为圆板131的材料,例如,可以举出石英、水晶、蓝宝石、光学玻璃、透明树脂等。

[0206] 另外,也可以是,在X方向上在会聚透镜21与荧光旋转元件130之间配置有未图示的扩散元件。该扩散元件可以在与YZ平面平行的面内形成得比蓝色激光B的光束直径大,由与在第1实施方式中所说明的扩散元件30相同的扩散板构成。

[0207] 荧光体层135在X方向上隔着分色膜140而配置于圆板131的板面131b上。荧光体层135设置于在板面131a的径向上与光轴AX1重叠的区域,并且设置于板面131b的周向整体。透过了圆板131和分色膜140后的蓝色激光B入射到荧光体层135。

[0208] 荧光体层135以入射的蓝色激光B中的至少一部分的蓝色激光B作为激发光而生成黄色光YY。黄色光YY在可见波段中具有与蓝色波段不同的黄色波段(第2波段),包含绿色光和红色光。荧光体层135例如由包含作为YAG系荧光体的一的 $(Y,Gd)_3(Al,Ga)_5O_{12}:Ce$ 的层构成。分色膜140在X方向上设置在圆板131与荧光体层135之间,使蓝色激光B透过,反射黄色光YY。

[0209] 从-X侧入射到荧光体层135的蓝色激光B的剩余的至少一部分的蓝色激光(第1波段的光中的一部分)B透过荧光体层135。入射到荧光体层135的蓝色激光B的其他部分的蓝色激光B向后方散射,向-X侧射出。由荧光体层135生成并向-X侧射出的黄色光YY被分色膜140反射,穿过荧光体层135,沿着光轴AX1向+X侧行进。透过了荧光体层135后的蓝色激光B以及通过荧光体层135的波长转换功能而生成的黄色光YY沿着光轴AX1从荧光体层135向+X侧射出。

[0210] 去斑会聚元件205、207在X方向上与拾取光学系统40隔开规定的间隔而配置在比拾取光学系统40的第2透镜42靠+X侧的位置。去斑会聚元件205、207在光轴AX1上配置于位置PS3,该位置PS3与光调制元件95B、95G、95R各自的图像形成区域的位置PS4共轭。

[0211] 去斑会聚元件205、207具有多个超构表面元件231、232,该多个超构表面元件231、232用于将从拾取光学系统40射出的蓝色激光DB和黄色光YY在YZ平面上分割为多个部分光束。超构表面元件231针对入射的蓝色激光B作为去斑元件而发挥作用,针对入射的黄色光YY与第1实施方式中所说明的微透镜51同样地作为会聚透镜而发挥作用。超构表面元件232仅对入射的蓝色激光B与微透镜51同样地作为会聚透镜而发挥作用。因此,通过了去斑会聚元件205、207后的蓝色激光B和黄色光YY被实施了去斑对策,并且在YZ平面上被分割为多个部分光束。后文对超构表面元件231、232进行说明。

[0212] 多个超构表面元件231、232分别在YZ平面内沿Y方向和Z方向分别排列。去斑会聚元件205、207将被分割为了多个部分光束的蓝色激光DB和黄色光DY沿着X方向朝向+X侧射出。

[0213] 第2透镜阵列60的多个微透镜61与去斑会聚元件205、207的多个超构表面元件231、232对应地配置。第2透镜阵列60与重叠透镜81、82一同使去斑会聚元件205、207的多个超构表面元件231、232的像成像于光调制元件95B、95G、95R各自的图像形成区域的附近。

[0214] 偏振转换元件70将由去斑会聚元件205、207分割出的各部分光束转换为与光调制元件95B、95G、95R各自的特性相应的规定的直线偏振光。去斑会聚元件205、207、第2透镜阵

列60以及重叠透镜81、82构成使蓝色激光B和黄色光YY或者光LL的面内光强度分布在投影仪102的图像形成区域中均匀的积分器光学系统。

[0215] 从白色光源模块1W射出的白色光LW在图14所示的投影仪102中从侧面3b向十字分色棱镜3入射。

[0216] 如图14和图15所示,在投影仪102中,通过在位置PS3对蓝色激光B进行去斑,在入射到位置PS4的光调制元件95B的蓝色光BB中很好地体现了该去斑的效果。并且,在位置PS4,由已被去斑的蓝色光BB、非相干光的绿色光GG、红色光RR形成了图像光LB、LG、LR,因此有效地对参照图14所说明的向屏幕SCR投射的光LL进行了去斑对策。

[0217] (去斑会聚元件)

[0218] 如图15所示,去斑会聚元件205具有在YZ平面上沿Y方向和Z方向排列的多个超构表面元件251。超构表面元件251在YZ平面上的大小及总数与要将从-X侧入射的蓝色激光B和黄色光YY像上述那样在YZ平面上分割为多个部分光束时的部分光束的光束直径及分割数量对应,与第2透镜阵列60的微透镜61在YZ平面上的大小及在YZ平面上排列的总数相等。

[0219] 图16是示出蓝色激光B入射到第4实施方式的超构表面元件251时的情形的侧视图。图17是示出黄色光YY入射到超构表面元件251时的情形的侧视图。如图16和图17所示,超构表面元件251具有:基板(基材)202,其具有与YZ平面平行的板面202a、202b;以及多个微细构造体206,该多个微细构造体206设置于板面202b。

[0220] 微细构造体206具有沿着板面202b平行的方向上的宽度d2和与板面202b垂直的X方向(与基准面交叉的方向)上的高度t4。超构表面元件251具有多个微细构造体206。多个微细构造体206的宽度d2、高度t4以及微细构造体206彼此之间的间隔p2可以彼此同等,也可以互不相同。

[0221] 超构表面元件251在YZ平面的超构表面元件251的区域内的每个位置,随机地对由拾取光学系统40放大和大致准直后的蓝色激光B的相位进行调制。如图16所示,向超构表面元件251入射的蓝色激光B的等相位面 WF_{B1} 与YZ平面平行地分布。并且,多个等相位面 WF_{B1} 沿X方向等间隔地分布。在图16中,例示了沿X方向分布的多个等相位面 WF_{B1} 中的1个等相位面 WF_{B1} 。在通过了超构表面元件251后的蓝色激光DB中,产生等相位面 WF_{B1} 在YZ平面上较短地被分断并且还在X方向上被分散而得到的多个等相位面 WF_{B2} 。通过这样的多个等相位面 WF_{B2} ,产生具有随机相位分布的蓝色激光DB。由此,由超构表面元件251构成的去斑会聚元件205随机地对入射的蓝色激光B的相位进行调制,并将相位调制后的蓝色激光DB向去斑会聚元件207射出。

[0222] 另一方面,超构表面元件251使被拾取光学系统40放大和大致准直后的黄色光YY的相位向+X侧的焦点F收敛。如图17所示,向超构表面元件251入射的黄色光YY的等相位面 WF_{Y1} 与蓝色激光B的等相位面 WF_{B1} 同样地与YZ平面平行地分布。并且,多个等相位面 WF_{Y1} 沿X方向等间隔地分布。在图17中,例示了沿X方向分布的多个等相位面 WF_{Y1} 中的1个等相位面 WF_{Y1} 。在通过了超构表面元件251后的黄色光YY中,以等相位面 WF_{Y1} 朝向焦点F收敛的方式产生相对于YZ平面弯曲的等相位面 WF_{Y2} ,其中,该焦点F位于在X方向朝向+X侧与基板202的+X侧的板面202b分离了规定的焦距的位置。并且,多个等相位面 WF_{Y2} 沿以焦点F为中心的径向等间隔地分布。通过这样的多个等相位面 WF_{Y2} ,产生会聚于焦点F的黄色光YY。由此,由超构表面元件251构成的去斑会聚元件205使入射的黄色光YY的相位朝向焦点F收敛,使黄色光

YY一边向焦点F会聚,一边通过去斑会聚元件207而向第2透镜阵列60的微透镜61射出。

[0223] 超构表面元件251的黄色光YY的焦点F在YZ平面内配置在与该超构表面元件251对应的微透镜61的区域内。从-X侧向超构表面元件251入射的蓝色激光B和黄色光YY被限制于像上述那样分别设定了宽度d2、高度t4以及间隔p2的微细构造体206中,因该光限制而引起共振。在从多个微细构造体206射出并被去斑后的蓝色激光DB和会聚状态的黄色光YY中,在YZ平面内的超构表面元件251所占的区域内产生随机的相位调制量 ϕ_B 和在该区域内使黄色光YY成像的相位调制量 ϕ_Y 。

[0224] 超构表面元件251的微细构造体206的宽度d2和高度t4以及微细构造体204彼此之间的间隔p2被设定为:实现对应于蓝色激光B的峰值波长、并且通过微细构造体206的蓝色激光B如上述那样随机地被相位调制的优选的相位调制量 ϕ_B ,同时实现对应于黄色光YY的峰值波长、并且使通过微细构造体206的黄色光YY如上述那样会聚于焦点F的优选的相位调制量 ϕ_Y 。

[0225] 去斑会聚元件207具有在YZ平面上沿Y方向和Z方向排列的多个超构表面元件261。超构表面元件261在YZ平面上的大小及总数与将从-X侧入射的蓝色激光DB像上述那样在YZ平面上分割为多个部分光束时的部分光束的光束直径及分割数量对应,与第2透镜阵列60的微透镜61在YZ平面上的大小及在YZ平面上排列的总数同等。

[0226] 虽然未图示,但超构表面元件261与超构表面元件251同样地具有:基板(基材)202,其具有与YZ平面平行的板面202a、202b;以及多个微细构造体206,该多个微细构造体206设置于板面202b。

[0227] 但是,超构表面元件261使从超构表面元件251射出并被去斑后的蓝色激光B的相位向+X侧的焦点F收敛。另一方面,超构表面元件261不影响从超构表面元件251射出并向焦点F会聚的会聚状态的黄色光YY的相位。

[0228] 从-X侧向超构表面元件261入射的蓝色激光DB和黄色光YY被限制于像上述那样分别设定了宽度d2、高度t4以及间隔p2的微细构造体206中,因该光限制而引起共振。从多个微细构造体206射出的会聚状态的蓝色激光在YZ平面内的超构表面元件261所占的区域内产生使蓝色激光DB成像的相位调制量 ϕ_B 。

[0229] 超构表面元件261的微细构造体206的宽度d2和高度t4以及微细构造体204彼此之间的间隔p2被设定为:使得实现使通过微细构造体206的蓝色激光DB向焦点F会聚的优选的相位调制量 ϕ_B ,同时实现不对通过微细构造体206的黄色光YY进行相位调制的状况。

[0230] 另外,关于超构表面元件251、261的微细构造体206的宽度d2、高度t4以及间隔p2各自规定的值,优选为,不过度地超过能够在基于RIE、FIB、纳米压印光刻等方法的超构表面元件251、261的制造所使用的装置中高精度且低成品率地对微细构造体206的材料进行制作和加工的尺寸,考虑该尺寸来设定。

[0231] 在超构表面元件251、261中,微细构造体206的材料优选为至少除了蓝色激光B之外也对黄色光YY具有高折射率,并且吸收少。通过微细构造体206的材料对蓝色激光B和黄色光YY具有高折射率,能够提高能够针对固定的高度t4所取得的相位调制量 ϕ_B 、 ϕ_Y ,微细构造体206的设计的自由度提高。作为微细构造体206的材料,例如优选为对可见波段的光吸收少的 TiO_2 、 SiN 等。

[0232] 关于蓝色激光B和黄色光YY入射到像上述那样设定了微细构造体206的宽度d2和

高度 t_4 以及微细构造体206彼此之间的间隔 p_2 的各超构表面元件251、261时的行为,使用FDTD法等电磁波分析来进行分析。特别是,在超构表面元件251、261中,使作为波段互不相同的2个光的蓝色激光B和黄色光YY实现完全不同的功能,因此用于确认是否如期望那样兼顾了各功能的设计评价在使白色光源模块1W和投影仪102良好地动作的方面很重要。

[0233] 这里,对以实现会聚功能的超构表面元件251的构造为基础的设计方针进行说明。当设黄色光YY的中心波长为 λ ,X方向上的基板202的板面202b规定的焦距为 f ,超构表面元件251以在与YZ平面平行的面内的中心为原点而取得Y方向上的坐标值 y 和Z方向上的坐标值 z 时,对超构表面元件251所要求的相位分布 $\phi(y, z, \lambda)$ 用以下所示的式(1)来表示。

$$[0234] \quad \phi(y, z, \lambda) = C(\lambda) - \frac{2\pi}{\lambda} \left(\sqrt{y^2 + z^2 + f^2} - f \right) \quad \cdots (1)$$

[0235] 式(1)中的 $C(\lambda)$ 根据波长 λ 而变化,是由超构表面元件251的开口区域决定的常数。之后,基于式(1),对微细构造体206的宽度 d_2 和高度 t_4 以及多个微细构造体206彼此之间的间隔 p_2 进行调整。具体而言,使微细构造体206的宽度 d_2 、高度 t_4 以及间隔 p_2 的图案中的任意1个参数在规定的范围内变化,使用基于FDTD等电磁波分析的仿真来计算与从微细构造体206射出的黄色光YY的相位之间的关系。

[0236] 图18是示出通过基于FDTD的仿真来求取微细构造体206的宽度 d_2 与从微细构造体206射出的光的相位 ϕ 之间的关系的图。在本仿真中,将波长 λ 设为550nm,将焦距 f 设定为250 μm 。另外,虽然未图示,但在本仿真的构造模型中,在相当于X方向的方向、即与入射的光的光轴平行的方向上,相对于超构表面元件251,将受光器虚拟地配置在与光源相同的一侧。即,在本仿真中,入射的光在高度 t_4 的微细构造体206中在与光轴平行的方向上往返,被赋予了在高度 t_4 下能够实现的相位调制量 ϕ 的大致2倍的相位调制量 ϕ' 。并且,图18的图的纵轴是通过以 2π 进行了标准化的标准化相位 $(\phi'/2\pi)$ 来表示的。

[0237] 如图18所示,当微细构造体206的宽度 d_2 增加时,相位调制量 ϕ' 从0非线性且连续地增大到 2π 附近的最大值。在相位调制量 ϕ' 达到最大值之后,在宽度 d_2 进一步增加时,相位调制量 ϕ' 暂且先不连续地急剧减小到0附近,再从0附近非线性且连续地增大到最大值,反复进行这样的不连续的急剧减小和连续的增大。相位调制量 ϕ' 的最大值随着宽度 d_2 增加而减小。

[0238] 接着,根据包含图18所例示的计算结果在内的仿真结果来决定能够取得式(1)的相位分布 $\phi(y, z, \lambda)$ 的多个微细构造体206各自的宽度 d_2 、高度 t_4 以及微细构造体206彼此之间的间隔 p_2 。图19示出针对超构表面元件251的构造模型所算出的相位分布 $\phi(y, z, \lambda)$ 的一例。在这样计算出相位分布 $\phi(y, z, \lambda)$ 之后,同样地使用基于FDTD的仿真来计算从超构表面元件251的构造模型射出的光的波面形状以及焦点F处的光强度分布,其中,该焦点F虚拟地配置在从构造模型沿光轴方向前进了焦距 f 后的位置。验证计算出的结果,使多个微细构造体206各自的宽度 d_2 、高度 t_4 以及微细构造体206彼此之间的间隔 p_2 分别最优化。

[0239] 以上所说明的第4实施方式的超构表面元件251、261具有基板202以及配置于基板202的板面202b上的至少1个的微细构造体206。在第4实施方式的超构表面元件251、261中,与第1实施方式的超构表面元件211共通的内容实现与超构表面元件211同样的作用效果。

[0240] 另外,在第4实施方式的超构表面元件251中,微细构造体206的高度 t_4 和宽度 d_2 中的至少一方被决定为:使得通过微细构造体206的蓝色激光(光)B随机地被相位调制,并且

使通过微细构造体206的黄色光YY由于使基于朗伯发光的宽放射角缩窄的透镜功能而会聚。黄色光YY相对于蓝色激光B具有与蓝色激光B所具有的蓝色的波长不同的绿色及红色的波长,是技术方案中的“具有与第1波长不同的第2波长的光”的一例。在第4实施方式的超构表面元件261中,微细构造体206的高度 t_4 和宽度 d_2 中的至少一方被决定为:使得不对通过微细构造体206的黄色光(光)YY赋予相位调制,另一方面,使通过微细构造体206的蓝色激光DB会聚。蓝色激光B相对于黄色光YY具有与黄色光YY所具有的红色及绿色的波长不同的蓝色的波长,是技术方案中的“具有与第1波长不同的第2波长的光”的一例。第4实施方式的超构表面元件261将被去斑并且会聚的蓝色激光DB和黄色光DY朝向第2透镜阵列60的微透镜61射出。

[0241] 根据第4实施方式的超构表面元件251、261,能够通过具有对于具有互不相同的波长的蓝色激光B及黄色光YY而言共通的绝对尺寸的微细构造体206,根据微细构造体206的高度 t_4 和宽度 d_2 中的至少一方而取得互不相同的相位调制量 ϕ_B 、 ϕ_Y 。根据第4实施方式的各超构表面元件251、261,通过利用上述的特性,能够通过1个元件而针对具有互不相同的波长的蓝色激光B和黄色光YY中的一方的光表现出去斑功能,针对另一方的光表现出会聚功能。另外,在由第4实施方式的超构表面元件251、261分别实现的透镜功能中,如上所述,通过微细构造体206中的光限制效果和共振现象而使黄色光YY或蓝色激光DB会聚,因此与折射透镜不同,几乎不产生色像差。

[0242] 在第4实施方式的超构表面元件251、261中,使用如下的多个微细构造体206,该多个微细构造体206针对蓝色激光B或黄色光YY产生导模共振等多个共振模式,该多个共振模式是X方向上的法布里-珀罗共振和因微细构造体206的周期构造所导致的衍射引起的与YZ平面平行的方向上的共振相互耦合而得到的。因此,相对于微细构造体206的高度 t_4 和宽度 d_2 中的至少一方,相位调制量 ϕ_B 、 ϕ_Y 非连续且随机地变化,而不是相位调制量 ϕ_B 、 ϕ_Y 在与YZ平面平行的方向上连续地变化。因此,根据第4实施方式的各超构表面元件251、261,能够容易地设计超薄且小型、并且在互不相同的波长下具有互不相同的光学功能的元件。

[0243] 根据第4实施方式的投影仪102,在白色光源模块1W中配置有由超构表面元件251、261构成的超薄型且小型的去斑会聚元件205、207,因此能够抑制白色光源模块1W的大型化,并且能够有效地对向屏幕SCR投射的光LL进行去斑对策。特别是在实现投影仪102的小型化及轻量化的情况下,在白色光源模块1W中,能够配置去斑会聚元件的空间极其有限。即使在这样的情况下,只要是由多个超构表面元件251、261构成的去斑会聚元件205、207,就能够容易地配置在白色光源模块1W的使去斑效果出色地发挥的位置PS3或其他期望的位置。

[0244] 另外,在第4实施方式的上述的超构表面元件251、261中,超构表面元件251的多个微细构造体206在与YZ平面平行的方向上与超构表面元件261的多个微细构造体206对齐。但是,也可以是,超构表面元件251的多个微细构造体206在与YZ平面平行的方向上与超构表面元件261的多个微细构造体206错开。错位量可以被适当调整为如下的程度:在沿着X方向观察时,设置于超构表面元件251、261的微细构造体204彼此之间的间隔不会消失,不会影响蓝色激光B和黄色光YY在YZ平面上向多个部分光束的分割,错位量优选设定为由多个微细构造体204实现的相位调制图案的随机性不会降低的程度。

[0245] 另外,在第4实施方式的超构表面元件251、261中,微细构造体206仅设置于基板

202的板面202b,但例如也可以仅设置于板面202a。也可以是,超构表面元件251的微细构造体206仅设置于基板202的板面202a、202b中的一个板面,超构表面元件261的微细构造体206仅设置于基板202的板面202a、202b中的另一个板面。

[0246] <第1变形例、第2变形例>

[0247] 虽然未图示,但在第4实施方式的超构表面元件251、261中,也可以与第3实施方式的第2变形例同样地,在超构表面元件251、261中的至少一个元件的基板202的任意位置设置有振子402。

[0248] 另外,虽然未图示,但在第4实施方式的超构表面元件251、261中,也可以与第3实施方式的第3变形例同样地,超构表面元件251、261中的至少一个元件的微细构造体204由使蓝色激光B和黄色光YY透过、并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。

[0249] 在上述的第4实施方式的变形例的超构表面元件251、261中,能够使通过微细构造体204的蓝色激光B的相位调制量 ϕ_B 随时间变化,使针对蓝色激光B的相位调制图案随时间变化。因此,根据第4实施方式的变形例的超构表面元件251、261,能够提高针对蓝色激光B和黄色光YY的相位调制图案的随机性和去斑效果。

[0250] 另外,由超构表面元件251构成的去斑会聚元件205的+X侧的端面优选为与由超构表面元件261构成的去斑会聚元件207的-X侧的端面抵接。另外,去斑会聚元件205、207彼此也可以在X方向上隔开微小的间隔而配置。微小的间隔是指能够视为去斑会聚元件205的+X侧的端面和去斑会聚元件207的-X侧的端面都在X方向上配置于后述的位置PS3的程度的短间隔。

[0251] 在第4实施方式及各变形例中,能够使超构表面元件251、261的厚度即X方向的大小收敛为波长量级的尺寸而实现超薄型化,因此能够将各超构表面元件251、261集中配置于实质上与位置PS4共轭的位置PS3。作为其他变形例,可以举出如下的结构:将3个以上的超构表面元件以使厚度方向与X方向平行的状态排列配置,各个超构表面元件在互不相同的波长下具有互不相同的光学功能。即使是这样的结构,也能够将多个超构表面元件集中且容易地配置于实质上在光路上与光调制元件的图像形成区域的位置共轭的位置。例如,也可以是,排列配置有3个超构表面元件,第1个超构表面元件使蓝色光会聚并且对黄色光进行去斑,第2个超构表面元件对蓝色光和红色光进行去斑并且使绿色光会聚,第3个超构表面元件对蓝色光和绿色光进行去斑并且使红色光会聚。

[0252] [第5实施方式]

[0253] 接下来,使用图20至图22对本发明的第5实施方式进行说明。

[0254] 虽然未图示,但第5实施方式的投影仪102是将第4实施方式的投影仪102的白色光源模块1W替换为图20所示的白色光源模块1W1而得到的。

[0255] (光源模块)

[0256] 图20是第5实施方式的白色光源模块1W1的概略结构图。如图20所示,白色光源模块1W1具有光源部10、会聚透镜21、荧光旋转元件130、拾取光学系统40、去斑会聚元件205、207、去斑波长滤波器210、第2透镜阵列60、偏振转换元件70以及重叠透镜81、82。在白色光源模块1W1中,上述的各构成要素沿着X方向从-X侧向+X侧按记载顺序而配置。

[0257] 去斑波长滤波器210在去斑会聚元件207的+X侧与去斑会聚元件207相邻配置。从

去斑会聚元件207在X方向上向+X侧射出的蓝色激光DB和黄色光DY入射到去斑波长滤波器210。

[0258] 去斑波长滤波器210具有超构表面元件281。超构表面元件281对从去斑会聚元件207射出的蓝色激光DB的强度进行抑制,对蓝色激光DB和黄色光DY合波而成的白色光LW的光谱分布进行调整。即,超构表面元件281针对入射的蓝色激光DB作为波长滤波器而发挥作用,不作用于入射的黄色光DY。后文对超构表面元件281的结构进行说明。

[0259] 去斑波长滤波器210将光强度减小后的蓝色激光DB和去斑后的黄色光DY沿着X方向朝向+X侧射出而向第2透镜阵列60入射。

[0260] (去斑波长滤波器)

[0261] 图21是示出蓝色激光DB入射到第5实施方式的超构表面元件281时的情形的侧视图。如图21所示,超构表面元件281具有:基板(基材)202,其具有与YZ平面平行的板面202a、202b;以及多个微细构造体208,该多个微细构造体208设置于板面202b。

[0262] 微细构造体208具有沿着板面202b平行的方向上的宽度d3和与板面202b垂直的X方向(与基准面交叉的方向)上的高度t5。多个微细构造体208的宽度d3和高度t5以及微细构造体208彼此之间的间隔p3可以彼此同等,也可以互不相同。

[0263] 超构表面元件281在YZ平面的超构表面元件281的区域内的每个位置,随机地对被去斑会聚元件205去斑并被去斑会聚元件207会聚的蓝色激光DB的相位进行调制,并且使蓝色激光DB的透射光强度降低。入射到超构表面元件281的蓝色激光DB相应于多个微细构造体208且比起微细构造体204、206更强地共振。通过该共振所产生的强烈的光限制效果,比起超构表面元件211、超构表面元件251、261,蓝色激光DB的透射光强度更低。

[0264] 如图21所示,在假定了入射到超构表面元件281的蓝色激光DB的等相位面 WF_{B3} 与YZ平面平行地分布,并且多个等相位面 WF_{B3} 沿X方向等间隔地分布的情况下,透过超构表面元件281后的蓝色激光DB的各个等相位面 WF_{B4} 产生从等相位面 WF_{B3} 较短地被分断并且还在X方向上分散而得到的多个等相位面 WF_{B4} 。由这样的多个等相位面 WF_{B4} 构成的蓝色激光DB的光强度降低。由此,由超构表面元件281构成的去斑波长滤波器210一边随机地对入射的蓝色激光DB的相位进行调制,一边降低蓝色激光DB的透射光强度,朝向图20所示的第2透镜阵列60沿X方向朝向+X侧射出。

[0265] 超构表面元件281的微细构造体208的宽度d3和高度t5以及微细构造体204彼此之间的间隔p3实现如下的优选的相位调制量 ϕ_B :对应于蓝色激光B的峰值波长、并且通过微细构造体208的蓝色激光B像上述那样随机地被相位调制,同时蓝色激光DB的光限制效果提高、透射光强度降低。并且,超构表面元件281的微细构造体208的宽度d3和高度t5以及微细构造体204彼此之间的间隔p3被设定为对应于黄色光YY的峰值波长、并且不影响通过微细构造体208的黄色光YY。

[0266] 图22是入射到超构表面元件281的蓝色激光DB和黄色光DY的光谱分布的示意图。图23是从超构表面元件281射出的蓝色激光DB和黄色光DY的光谱分布的示意图。如图22和图23所示,从超构表面元件281射出的光中的具有蓝色的波长 λ_B 作为峰值波长的蓝色激光DB的光谱分布的峰值由于微细构造体208中的比起黄色光YY对蓝色激光DB而言极其强烈的共振现象而降低。另一方面,具有包含绿色的波长 λ_G 和红色的波长 λ_R 的黄色的波长 λ_Y 的波段的黄色光DY的光谱分布由于微细构造体208中的针对黄色光DY的共振现象而整体稍微减

少,但维持为与入射时大致同等。

[0267] 另外,关于超构表面元件281的微细构造体208的宽度d3、高度t5以及间隔p3各自的规定的值,优选为,不过度地超过能够在基于RIE、FIB、纳米压印光刻等方法的超构表面元件281的制造所使用的装置中高精度且低成品率地对微细构造体208的材料进行制作和加工的尺寸,考虑该尺寸来设定。

[0268] 在超构表面元件281中,微细构造体208的材料优选为至少对蓝色激光DB和黄色光DY具有高折射率并且吸收少的材料。通过微细构造体208的材料对蓝色激光DB和黄色光DY具有高折射率,能够提高能够针对固定的高度t5所取得的相位调制量 ϕ_B 、 ϕ_Y ,微细构造体208的设计自由度提高。作为微细构造体208的材料,例如对可见波段的光吸收少的 TiO_2 、SiN等是优选的。

[0269] 在超构表面元件281中,与第4实施方式同样地,使作为互不相同的波段的2个光的蓝色激光DB和黄色光DY实现完全不同的功能。因此,关于蓝色激光B和黄色光YY分别入射到像上述那样设定了微细构造体208的宽度d3和高度t5以及微细构造体208彼此之间的间隔p3的各超构表面元件281时的行为,使用FDTD法等电磁波分析来进行分析。

[0270] 以上所说明的第5实施方式的超构表面元件281具有基板202以及配置于基板202的板面202b上的至少1个的微细构造体208。在第5实施方式的超构表面元件281中,与第1实施方式的超构表面元件211共通的内容实现与超构表面元件211同样的作用效果。

[0271] 另外,在第5实施方式的超构表面元件281中,微细构造体208的高度t5和宽度d3被决定为使得通过微细构造体208的黄色光(光)DY不被相位调制,通过微细构造体208的蓝色激光DB在射出时的光强度比入射时降低。蓝色激光DB具有与黄色光DY所具有的蓝色和红色的波长不同的蓝色的波长,是技术方案中的“具有与第1波长不同的第2波长的光”的一例。第5实施方式的超构表面元件281将被去斑并被会聚、同时光强度降低的蓝色激光DB和会聚的黄色光DY朝向第2透镜阵列60的微透镜61射出。

[0272] 根据第5实施方式的超构表面元件281,能够通过具有对于具有互不相同的波长的蓝色激光DB及黄色光DY而言共通的绝对尺寸的微细构造体206,根据微细构造体206的高度t5和宽度d3中的至少一方而取得互不相同的相位调制量 ϕ_B 、 ϕ_Y 。并且,根据第5实施方式的超构表面元件281,能够得到与微细构造体206的高度t5和宽度d3中的至少一方相应的由蓝色激光DB的共振现象所引起的光强度的衰减量。根据第5实施方式的各超构表面元件281,通过利用上述的特性,能够通过1个元件而针对具有互不相同的波长的蓝色激光DB和黄色光DY中的一方的光表现出去斑功能,使蓝色激光DB和黄色光DY中的另一方的光在射出时的光强度比入射时降低,针对另一方的光表现出一些去斑功能。

[0273] 在第5实施方式的超构表面元件281中,例如能够通过1个元件而实现如下的波长滤波器的功能:例如使具有蓝色的波长 λ_B 的蓝色激光DB那样的特定的波段的光的透射光强度(光强度)降低,并且使作为具有其他波段的光的例如黄色光DY的透射光强度几乎不降低。因此,能够抑制由于荧光原理而产生的黄色光YY所引起的光强度比黄色光DY高的蓝色激光DB的光强度,调整蓝色激光DB与黄色光DY的平衡以及白色光LW的颜色平衡。根据第5实施方式的超构表面元件281,能够容易地设计超薄型且小型、并且在互不相同的波长下具有互不相同的光学功能的元件。

[0274] 根据第5实施方式的投影仪102,在白色光源模块1W1中配置有由超构表面元件281

构成的超薄型且小型的去斑波长滤波器210,因此能够抑制白色光源模块1W1的大型化,并且有效地对向屏幕SCR投射的光LL进行去斑对策。特别是在实现投影仪102的小型化和轻量化的情况下,在白色光源模块1W1中,能够配置去斑会聚元件205、206的空间极其有限。在这样的情况下,只要是由多个超构表面元件251、261、281构成的去斑元件、会聚元件以及波长滤波器,就能够容易地配置在白色光源模块1W1的使去斑效果出色地发挥的位置PS3或其他期望的位置。

[0275] 另外,在第5实施方式的超构表面元件281中,微细构造体208仅设置于基板202的板面202b,但例如也可以仅设置于板面202a。

[0276] <第1变形例、第2变形例>

[0277] 虽然未图示,但在第5实施方式的超构表面元件281中,也可以与第3实施方式的第2变形例同样地,在基板202的任意位置设置有振子402。

[0278] 另外,虽然未图示,但在第5实施方式的超构表面元件281中,也可以与第3实施方式的第3变形例同样地,超构表面元件281的微细构造体208由使蓝色激光B和黄色光YY透过、并且因温度变化而收缩或膨胀从而体积发生变化的材料或者相变为非晶或晶体中的任意状态的材料形成。

[0279] 在上述第5实施方式的变形例的超构表面元件281中,能够使通过微细构造体208的蓝色激光DB的相位调制量 ϕ_B 随时间变化,使针对蓝色光DB的相位调制图案随时间变化。因此,根据第5实施方式的变形例的超构表面元件281,能够提高针对蓝色光DB的相位调制图案的随机性和去斑效果。

[0280] 另外,能够将第5实施方式及各变形例的超构表面元件251、261、281的厚度即X方向的大小收敛为波长量级的尺寸而实现超薄型化,因此能够将各超构表面元件251、261、281集中配置于实质上与位置PS4共轭的位置PS3。第5实施方式及各变形例的超构表面元件251、261、281相当于在第4实施方式中所说明的排列配置有3个以上的超构表面元件的结构例。

[0281] 另外,第5实施方式的变形例的超构表面元件281例如也可以配置于第1实施方式的第3光源模块1B、1G、1R中的、从光源部10射出的光以比其他光源模块高的光强度射出的任意1个或2个光源模块的去斑元件201的-X侧,并且配置为与去斑元件201相邻。例如,通过将超构表面元件281构成的去斑波长滤波器210配置于蓝色用的第3光源模块1B的去斑元件201的-X侧并且配置为与去斑元件201相邻,能够使从第3光源模块1B射出的蓝色激光DB的光强度比从第2光源模块1G、1R分别射出的绿色激光和红色激光低。

[0282] [第6实施方式]

[0283] 接下来,使用图24对本发明的第6实施方式进行说明。

[0284] 虽然未图示,但第6实施方式的投影仪100是将第1实施方式的投影仪100的第3光源模块1B置换为接下来要说明的第3光源模块1B1而得到的。

[0285] 虽未图示,但第6实施方式的第3光源模块1B1具有光源部10、会聚透镜21、扩散元件30、拾取光学系统40、去斑元件209、反射镜、第1透镜阵列50、第2透镜阵列60、偏振光转换元件70、重叠透镜81、82、场镜90B以及光调制元件95B。但是,在第6实施方式的第3光源模块1B1中,从拾取光学系统40射出的蓝色激光B在入射到第1透镜阵列50之前被准直。去斑元件209和第1透镜阵列50在蓝色激光B、DB的光路上相互分离而配置。从光源部10到去斑元件

209的光轴AX1沿着Z方向。即,蓝色激光B、DB的光路在去斑元件209与第1透镜阵列50之间从Z方向转折为X方向。

[0286] 第1实施方式的去斑元件201由透射型的超构表面元件211构成,与此相对,第6实施方式的去斑元件209由反射型的超构表面元件291构成。接下来,对超构表面元件291进行说明。

[0287] (去斑元件)

[0288] 图24是第6实施方式的超构表面元件291的侧视图。如图24所示,超构表面元件291具有:基板(基材)202,其具有与包含X方向和Y方向的XY平面平行的板面202a、202b;多个微细构造体204,该多个微细构造体204设置于板面202a;以及反射膜220,其设置于板面202b。在超构表面元件291中,板面202a、202b与XY平面平行,除了在板面202b上设置有反射膜220之外具有与超构表面元件211相同的结构,与超构表面元件211同样地设计。

[0289] 反射膜220构成为至少能够反射蓝色激光B,例如通过由铝(Al)等形成的金属反射膜或者根据蓝色激光B的峰值波长所设计的电介质多层膜而构成。

[0290] 以上所说明的第6实施方式的超构表面元件291具有基板202以及配置于基板202的板面202b上的至少1个的微细构造体204。在第6实施方式的超构表面元件291中,与第1实施方式的超构表面元件211共通的内容实现与超构表面元件211同样的作用效果。

[0291] 另外,在第6实施方式的超构表面元件291中,在基板202的与板面202a为相反侧的板面(与基准面为相反侧的表面)202b上设置有反射膜220。由此,沿着Z方向从+Z侧入射到超构表面元件291的蓝色激光B依次通过微细构造体204和基板202而被去斑,然后被反射膜220反射,依次通过基板202和微细构造体204而进一步被去斑。因此,根据第6实施方式的超构表面元件291,与超构表面元件211那样在基材202的板面202b上不形成反射膜220的结构相比,能够扩大依赖于高度 t_1 的相位调制量 ϕ_B 的范围。即,能够实现由超构表面元件291的多个微细构造体204实现的相位调制量 ϕ_B 的2倍的相位调制量($2 \times \phi_B$)。

[0292] 根据第6实施方式的超构表面元件291,能够将在基板202的板面202a上形成的微细构造体204的高度 t_1 抑制得比对超构表面元件291要求的相位调制量 ϕ_B 低,具体而言,抑制至对超构表面元件291要求的相位调制量 ϕ_B 的一半量($\phi_B/2$)。由此,能够使第6实施方式的超构表面元件291的制作难度比起第1实施方式的超构表面元件211的制作难度下降。

[0293] 以上,对本发明的优选的实施方式进行了详细叙述,但本发明不限于该特定的实施方式,能够在权利要求书所记载的本发明的主旨的范围内进行各种变形、变更。并且,多个实施方式的构成要素能够适当组合。

[0294] 例如,包含上述的各实施方式及其变形例的超构表面的本发明的超构表面元件在光源模块中可以适当配置于使得在形成图像光的光调制元件的图像形成区域中有效地表现出去斑效果的位置、或者可以根据超构表面元件所实现的功能而适当配置于适当的位置。例如,仅具有对蓝色激光B进行去斑的功能的本发明的超构表面元件也可以在上述的第3光源模块1B、白色光源模块1W的光源部10附近的区域且在光源部10中配置在比蓝色激光B的行进方向的前侧的微透镜14更靠前侧的位置PS1、或者配置在与蓝色激光B的光路上的第2透镜阵列60大致同等的位置PS2。

[0295] 另外,包含上述的各实施方式及其变形例的超构表面的本发明的超构表面元件不限于应用于投影仪,只要具有供在观察者的视网膜上成像的屏幕上的图像形成的图像形成

区域,就能够应用于所有的图像处理装置。

[0296] 本发明的方式的投影仪也可以具有以下的结构。

[0297] 本发明的一个方式的投影仪具有:光源;超构表面元件,其对从光源射出的光的相位进行调制;以及光调制元件,其对从超构表面元件射出并且上述相位被调制后的光进行调制而生成图像光。

[0298] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,超构表面元件配置在与光调制元件的图像形成区域共轭的位置。

[0299] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,超构表面元件具有:基材,其具有第1基准面;以及微细构造体,其配置于第1基准面,该微细构造体具有沿着第1基准面的方向上的宽度和与基准面交叉的方向上的高度,高度和宽度中的至少一方根据通过微细构造体的光的相位调制量来设定。

[0300] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,基材具有与第1基准面平行的第2基准面,超构表面元件具有配置于第2基准面的反射膜。

[0301] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,基材具有与第1基准面平行的第2基准面,超构表面元件具有配置于第2基准面的微细构造体,该微细构造体具有沿着第2基准面的方向上的宽度和与基准面交叉的方向上的高度,高度和宽度中的至少一方根据通过微细构造体的光的相位调制量来设定。

[0302] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,配置于第1基准面的微细构造体和配置于第2基准面的微细构造体在与第1基准面和第2基准面平行的方向上相互对齐。

[0303] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,超构表面元件具有第1超构表面部和第2超构表面部,第1超构表面部和第2超构表面部各自具有:基材,其具有第1基准面;以及微细构造体,其配置于第1基准面,该微细构造体具有沿着第1基准面的方向上的宽度和与基准面交叉的方向上的高度,高度和宽度中的至少一方根据通过微细构造体的光的相位调制量来设定。

[0304] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,高度和宽度中的至少一方被决定为使得通过微细构造体的光的相位调制量处于 $0\sim 2\pi$ 的范围内。

[0305] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,高度和宽度中的至少一方被决定为使得通过微细构造体的光随机地被相位调制,并且通过微细构造体使具有与光所具有第1波长不同的第2波长的光会聚。

[0306] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,高度和宽度中的至少一方被决定为使得通过微细构造体的光随机地被相位调制,并且通过微细构造体使具有与光所具有的第1波长不同的第2波长的光在射出时的光强度比入射时降低。

[0307] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,超构表面元件沿着基准面的径向划分为多个区域,通过配置于在径向上相邻的2个区域中的径向外侧的第1区域的基准面上的微细构造体的光的最大相位调制量小于通过配置于2个区域中的径向内侧的第2区域的基准面上的微细构造体的光的最大相位调制量。

[0308] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,配置于基准面的径向最内侧的区域的基准面上的微细构造体的高度和宽度中的至少一方被决定为使得通过微细构造体的光的相位调制量处于 $0\sim 2\pi$ 的范围内。

[0309] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,微细构造体由因温度变化而收缩或膨胀的材料构成。

[0310] 在本发明的一个方式的投影仪中,也可以是,微细构造体由因温度变化而相变为非晶状态或晶体状态的材料构成。

[0311] 0本发明的方式的投影仪也可以具有以下的结构。

[0312] 本发明的一个方式的投影仪具有投射光学系统,该投射光学系统将图像光放大而投射到规定的位置。

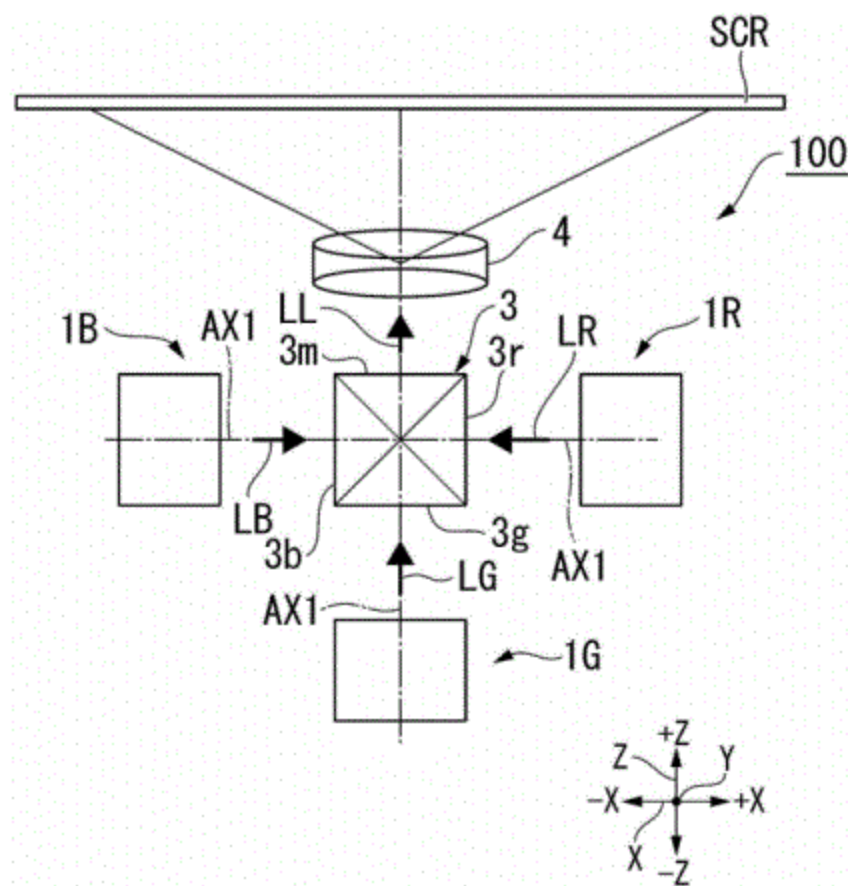


图1

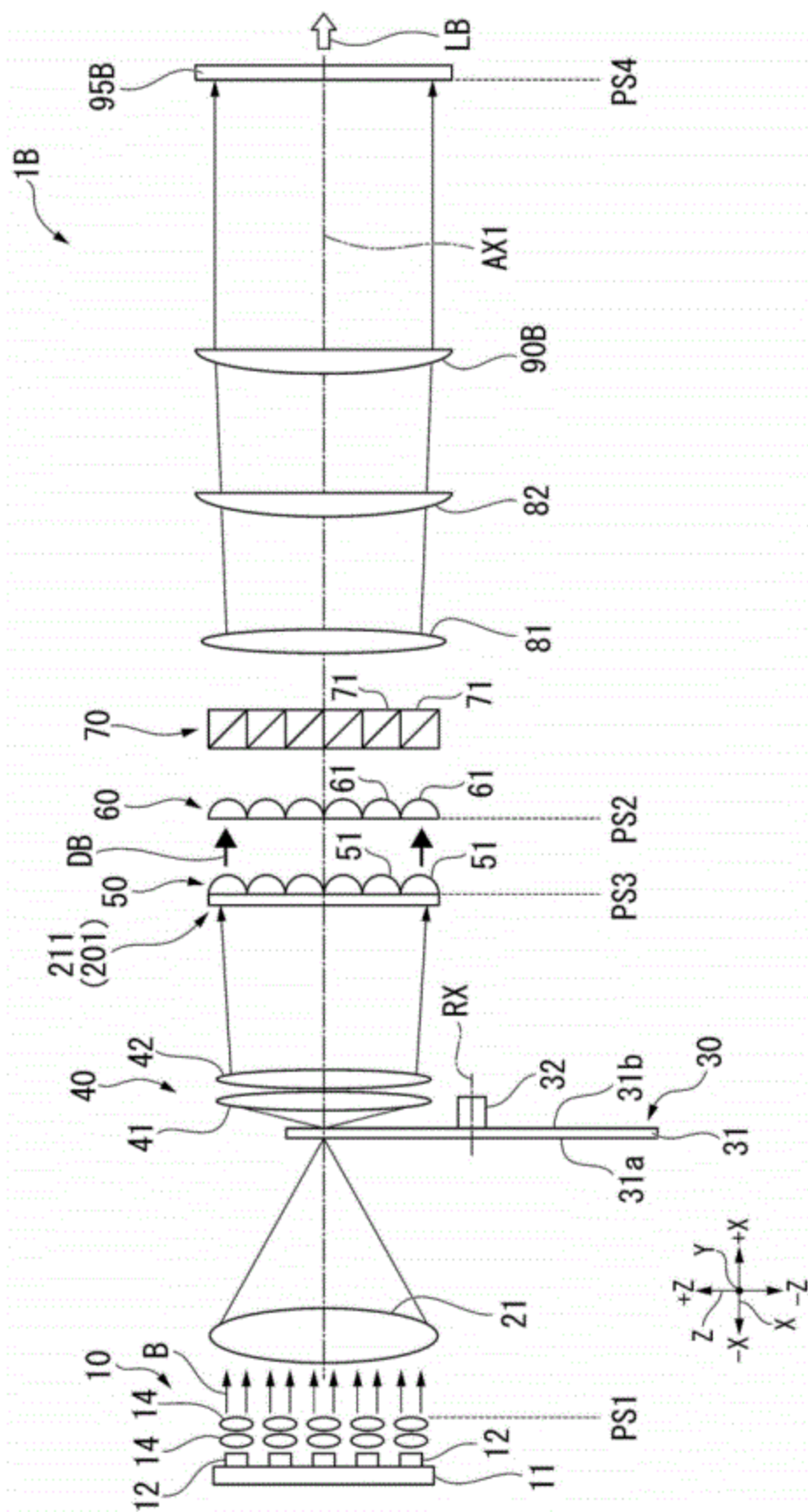


图2

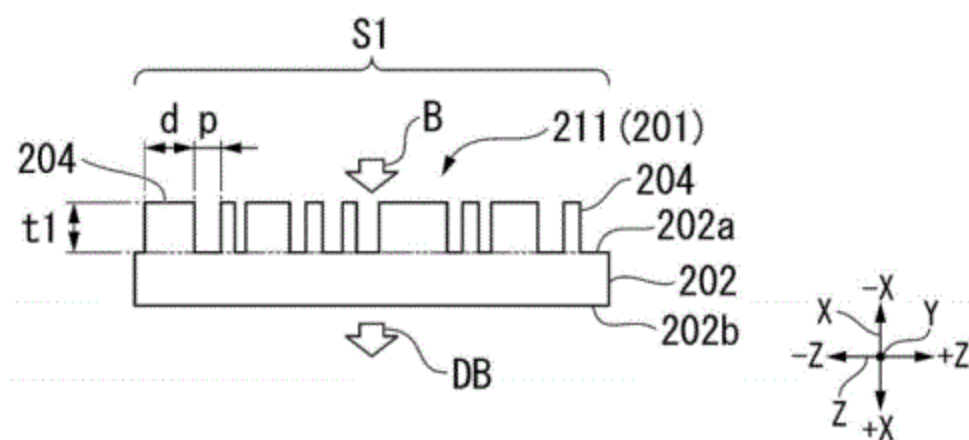


图3A

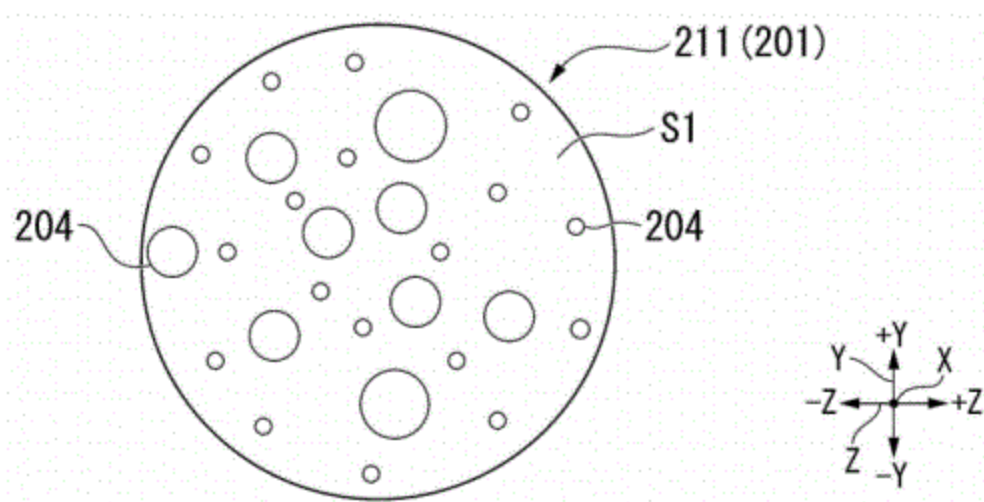


图3B

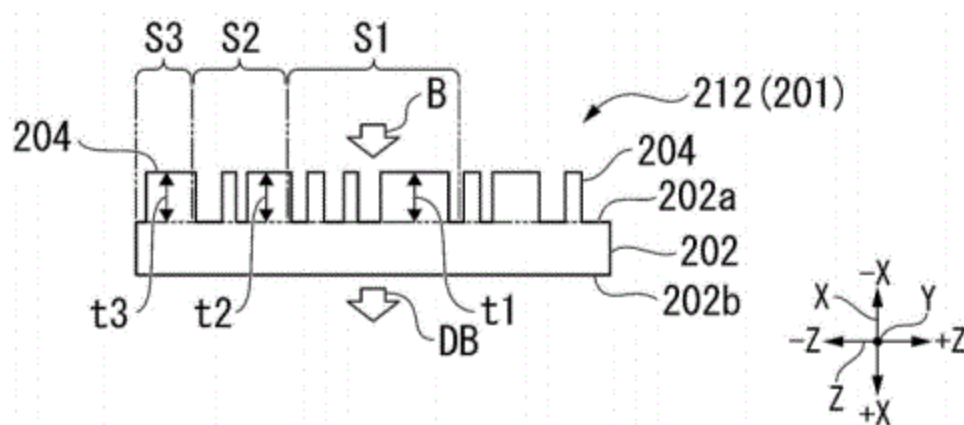


图4A

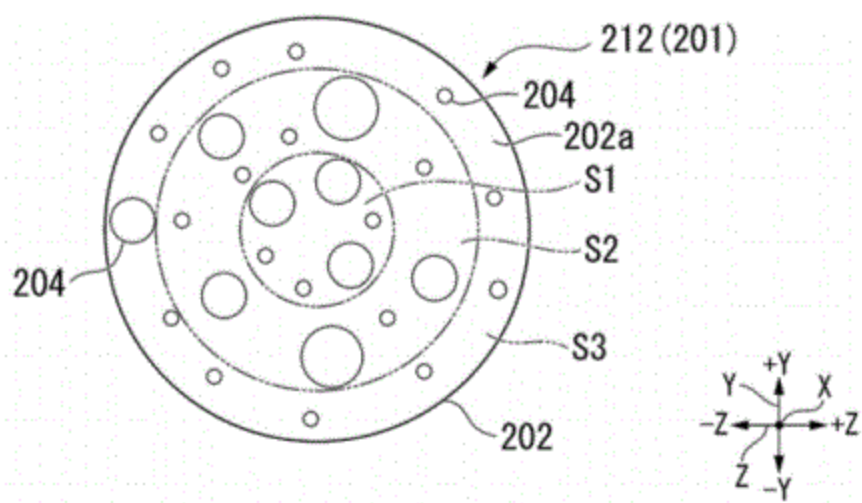


图4B

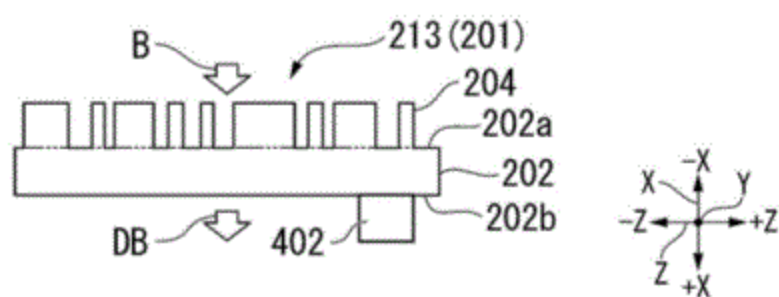


图5

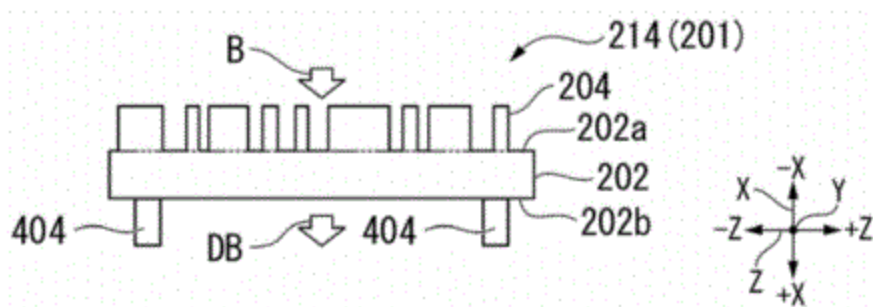


图6

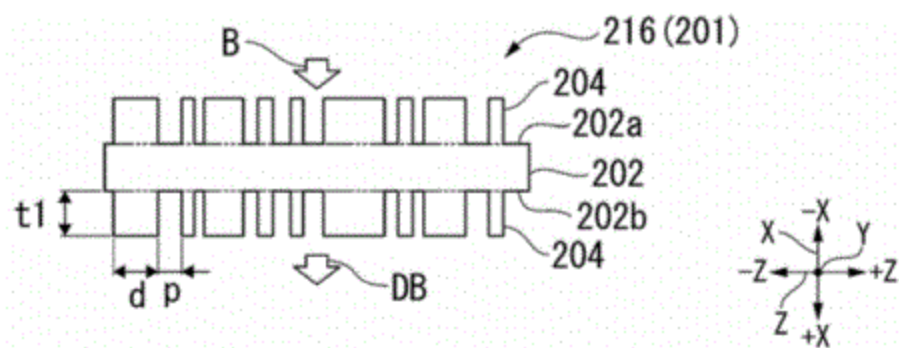


图7

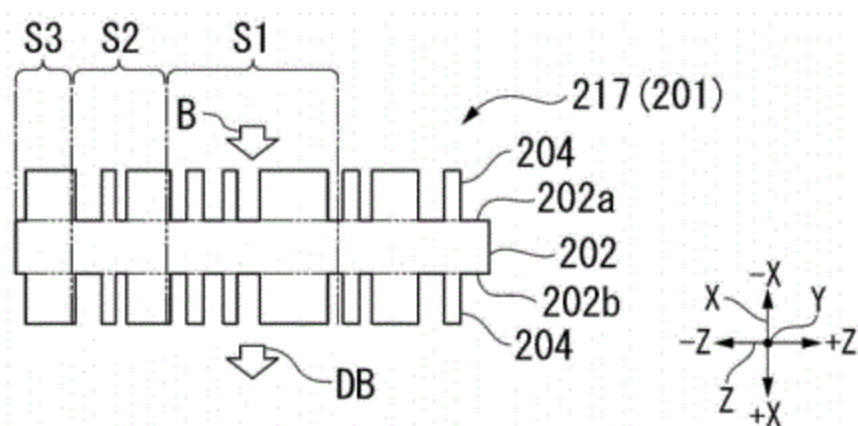


图8A

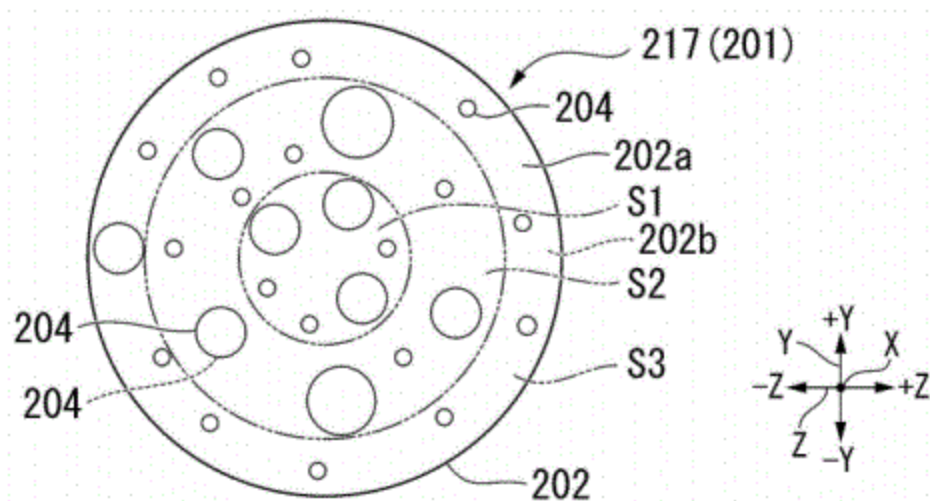


图8B

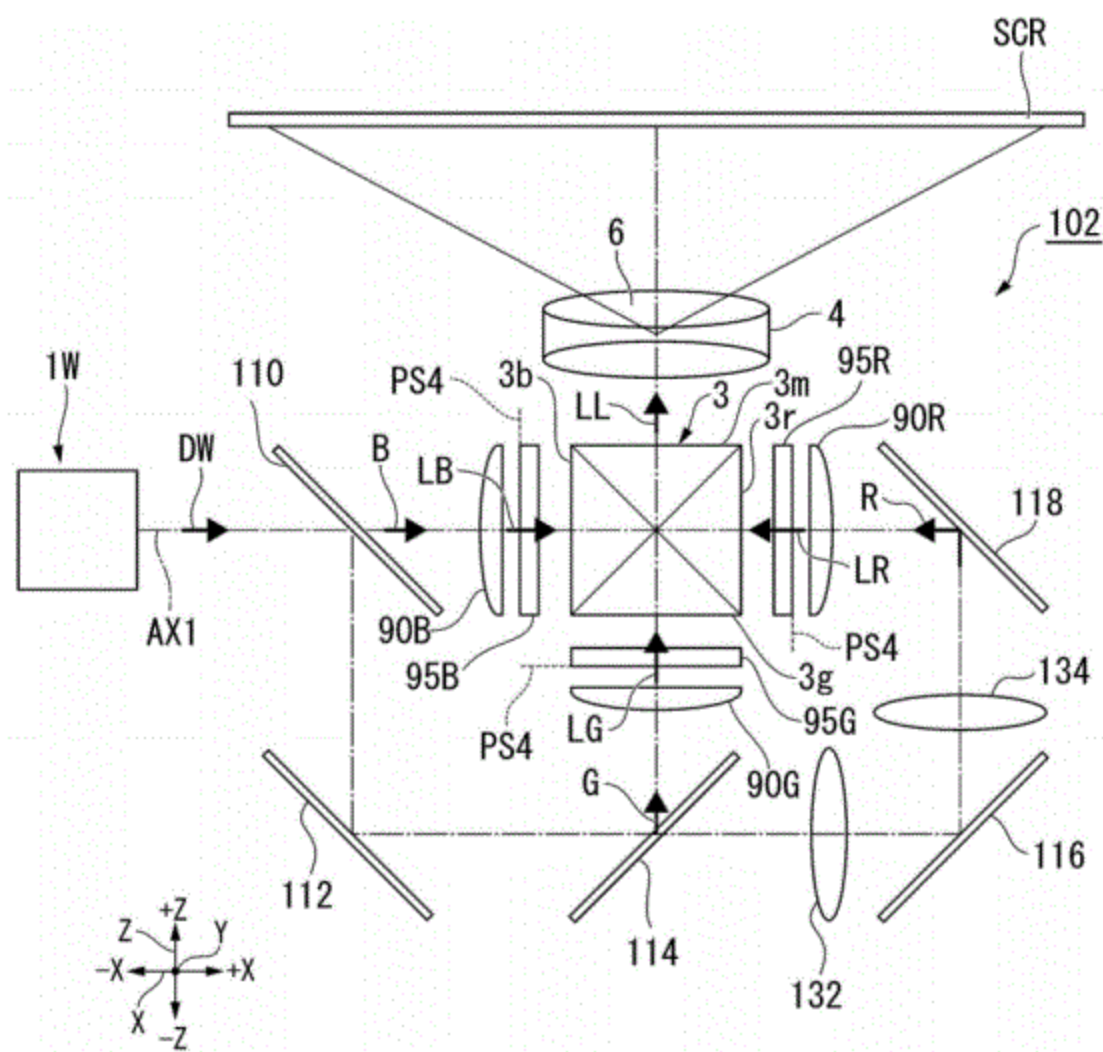


图14

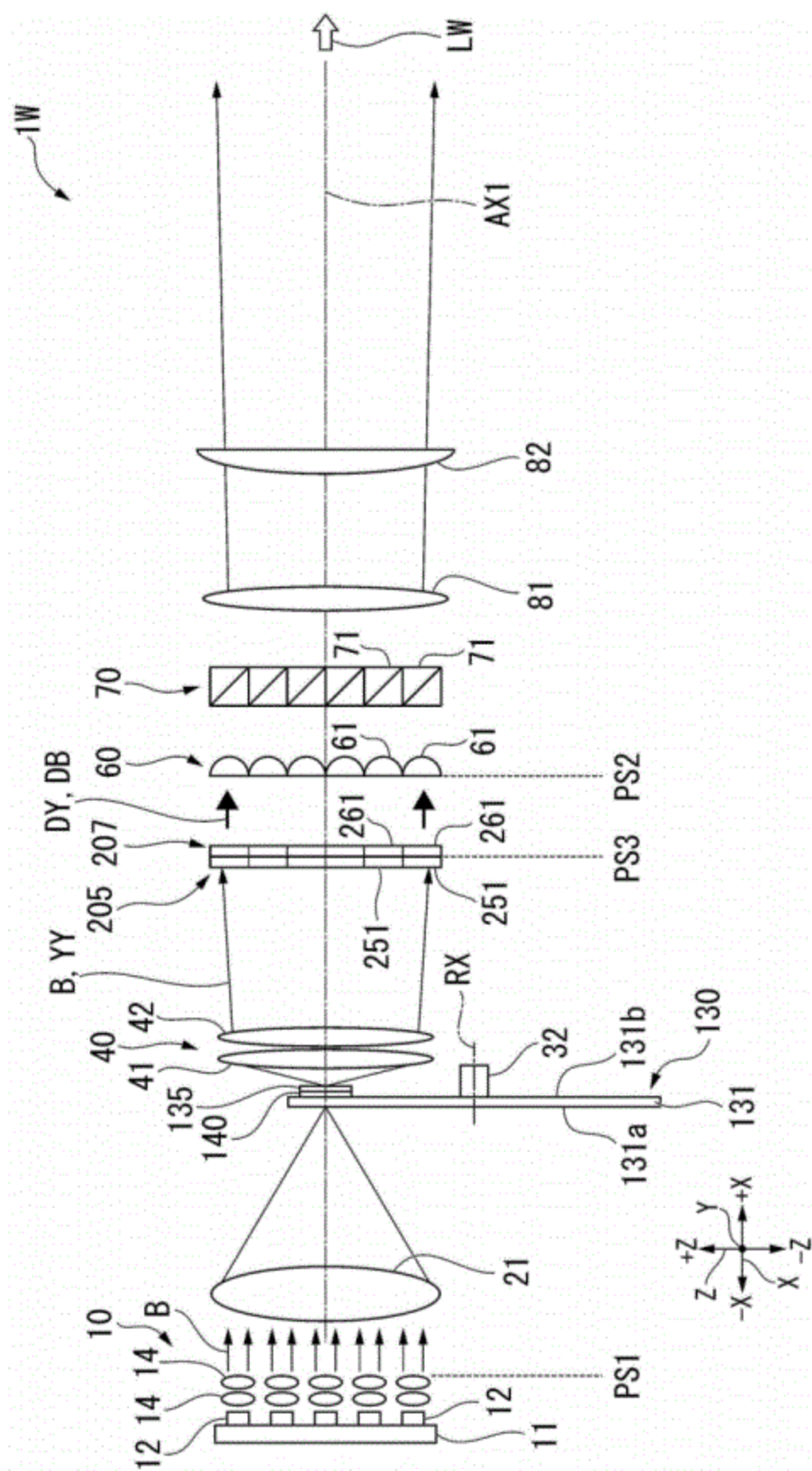


图15

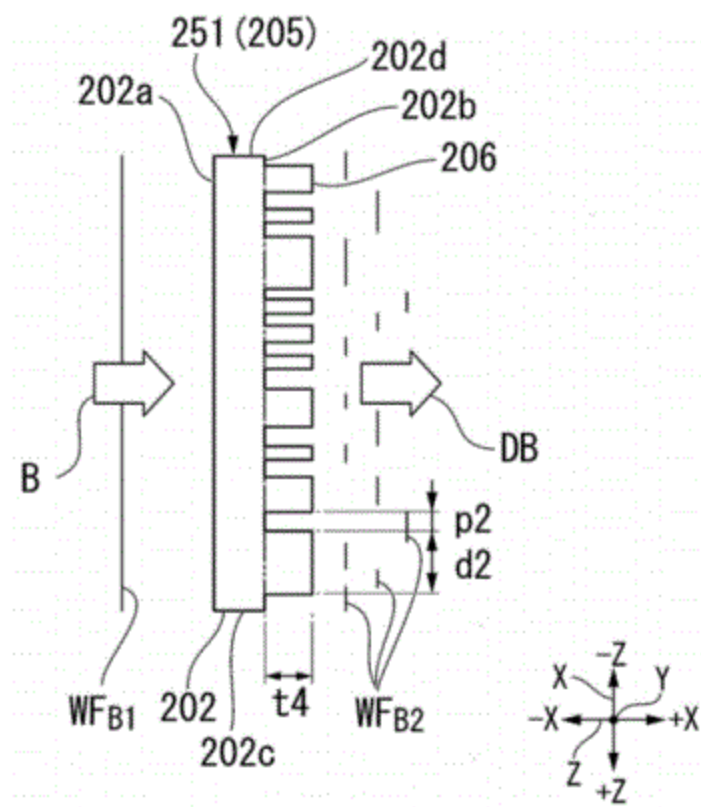


图16

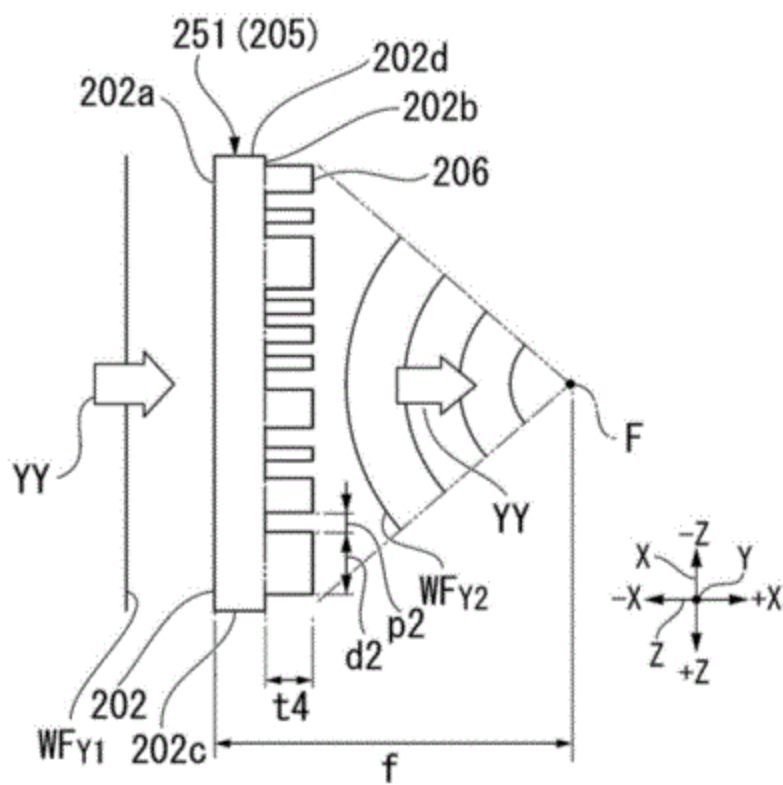


图17

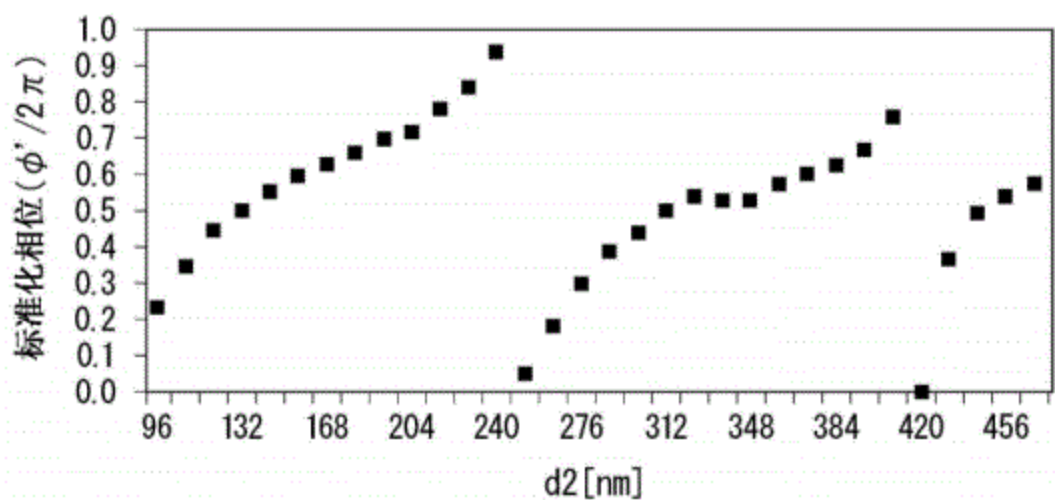


图18

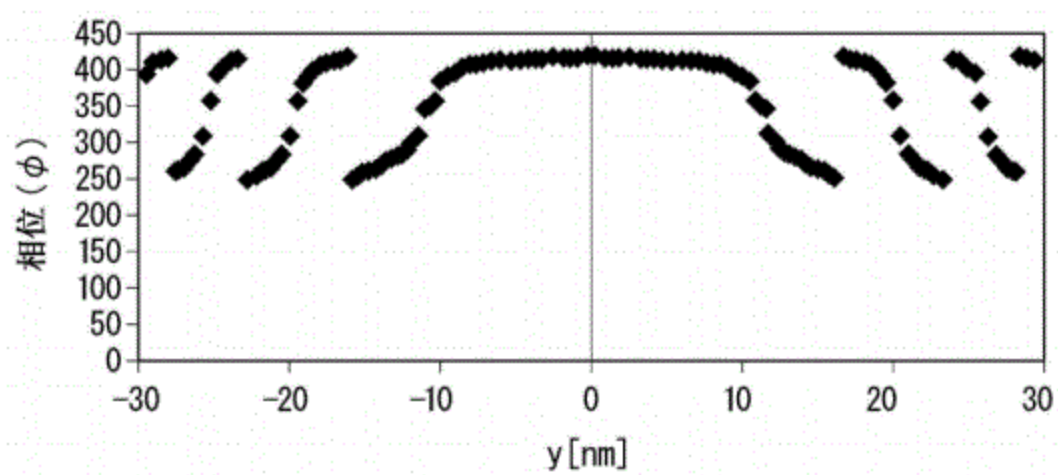


图19

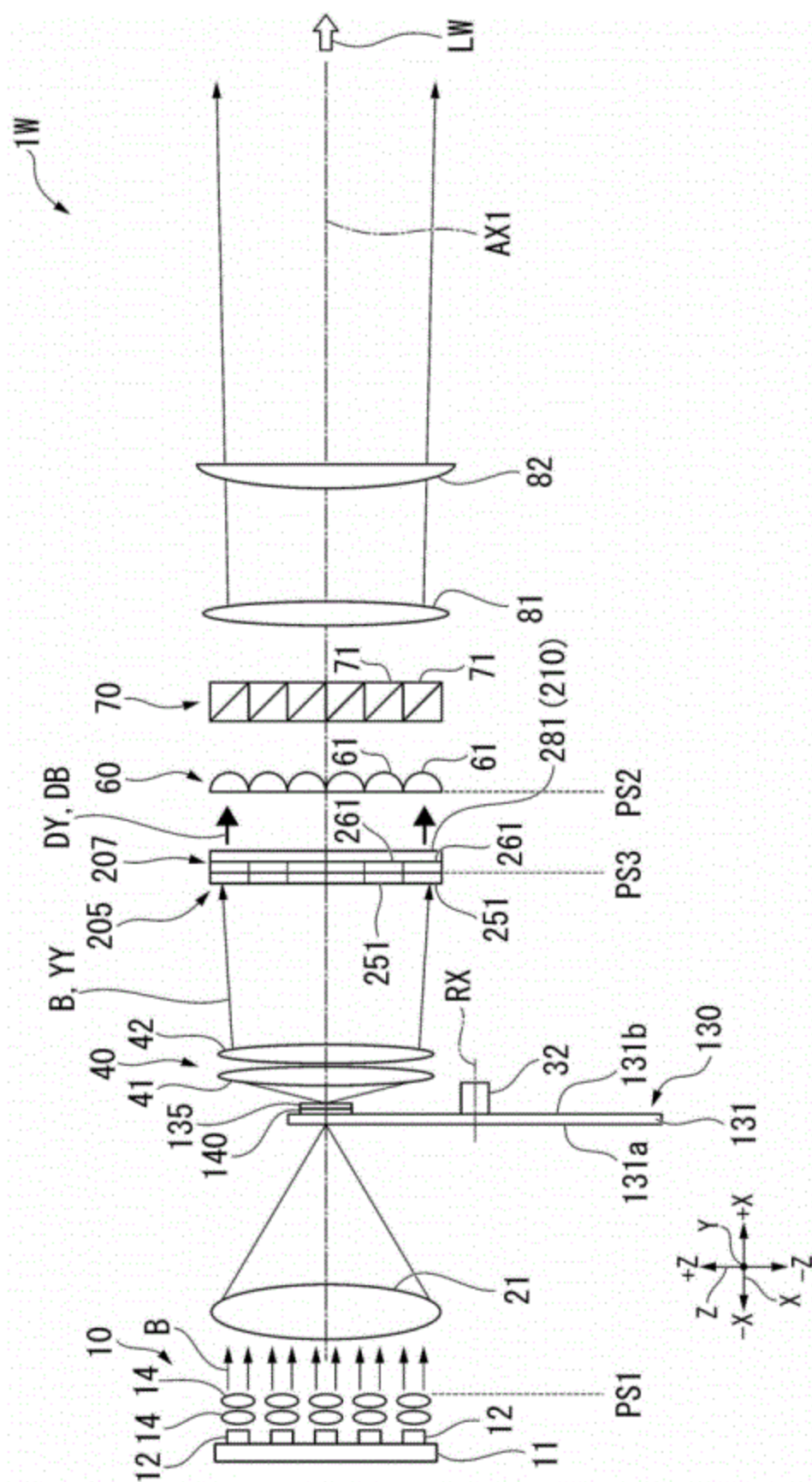


图20