



1. 一种光学系统,具备:

导光构件,将形成从显示元件输出的图像的图像光作为虚像引导至用户的视野区域,  
所述导光构件具备:

板状的主体部;

耦合区域,形成于所述主体部,使所述图像光入射到所述主体部内,使得所述图像光在  
所述主体部内传播;和

复制区域,形成于所述主体部,具有作为表面浮雕型的衍射光栅的衍射构造区域,所述  
衍射构造区域在所述第1传播方向上,将在与所述主体部的厚度方向交叉的第1传播方向上  
传播的图像光,分割为在与所述第1传播方向交叉的第2传播方向上传播的多个图像光,

所述衍射构造区域包含第1衍射构造、和在所述第1传播方向上相对于所述第1衍射构造  
而位于与所述耦合区域相反的一侧的第2衍射构造,

所述第1衍射构造的光栅高度比所述第2衍射构造的光栅高度高,

所述第1衍射构造的光栅宽度比所述第2衍射构造的光栅宽度宽。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,

所述衍射构造区域满足以下关系:

$$0.3 < H_a/T < 1.2,$$

$$0.7 < W_a/T < 1.0,$$

$$1.2 < H_a/H_b < 10.0,$$

T是所述衍射构造区域的光栅周期,

$H_a$ 是所述第1衍射构造的光栅高度,

$W_a$ 是所述第1衍射构造的光栅宽度,

$H_b$ 是所述第2衍射构造的光栅高度。

3. 根据权利要求1或者2所述的光学系统,其中,

所述第1衍射构造具有以下衍射效率特性:对沿所述第1传播方向传播的光之中相对于  
所述主体部的界面的入射角度成为最大的光的衍射效率,比对沿所述第1传播方向传播的  
光之中相对于所述主体部的界面的入射角度成为最小的光的衍射效率大。

4. 根据权利要求3所述的光学系统,其中,

所述第2衍射构造具有以下衍射效率特性:对沿所述第1传播方向传播的光之中相对于  
所述主体部的界面的入射角度成为最大的光的衍射效率,为对沿所述第1传播方向传播的  
光之中相对于所述主体部的界面的入射角度成为最小的光的衍射效率以上。

5. 根据权利要求1~4的任一项所述的光学系统,其中,

所述衍射构造区域还包含第3衍射构造,

所述第3衍射构造在所述第1传播方向上相对于所述第2衍射构造而位于与所述第1衍  
射构造相反的一侧,

所述衍射构造区域满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者,

$H_a$ 是所述第1衍射构造的光栅高度,

$H_b$ 是所述第2衍射构造的光栅高度,

$H_c$ 是所述第3衍射构造的光栅高度。

6. 根据权利要求5所述的光学系统,其中,

- 所述衍射构造区域满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系的至少一者，  
 $W_a$ 是所述第1衍射构造的光栅宽度，  
 $W_b$ 是所述第2衍射构造的光栅宽度，  
 $W_c$ 是所述第3衍射构造的光栅宽度。
7. 根据权利要求5或者6所述的光学系统，其中，  
所述第3衍射构造具有以下衍射效率特性：对沿所述第1传播方向传播的光之中相对于所述主体部的界面的入射角度成为最大的光的衍射效率，比对沿所述第1传播方向传播的光之中相对于所述主体部的界面的入射角度成为最小的光的衍射效率小。
8. 根据权利要求1~7的任一项所述的光学系统，其中，  
所述衍射构造区域由相对于所述主体部的厚度方向的凹凸部构成，所述凹凸部被排列为在包含所述第1传播方向的分量的周期方向上具有周期性，  
所述第1衍射构造中的所述凹凸部的中心轴相对于所述主体部的厚度方向倾斜。
9. 根据权利要求8所述的光学系统，其中，  
所述第1衍射构造中的所述凹凸部具有以下形状：在所述主体部的厚度方向上，随着从所述主体部的内侧朝向外侧，所述周期方向上的所述凹凸部间的距离变大。
10. 根据权利要求8或者9所述的光学系统，其中，  
所述第2衍射构造中的所述凹凸部的中心轴相对于所述主体部的厚度方向倾斜。
11. 根据权利要求10所述的光学系统，其中，  
将所述第1衍射构造中的所述凹凸部的中心轴的相对于所述主体部的厚度方向的倾斜角度设为 $\theta_a$ ，将所述第2衍射构造中的所述凹凸部的中心轴的相对于所述主体部的厚度方向的倾斜角度设为 $\theta_b$ ，则满足 $0.9 < \theta_a / \theta_b < 1.1$ 的关系。
12. 根据权利要求8~11的任一项所述的光学系统，其中，  
所述衍射构造区域还包含第3衍射构造，  
所述第3衍射构造在所述第1传播方向上相对于所述第2衍射构造而位于与所述第1衍射构造相反的一侧，  
所述衍射构造区域满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者，  
 $H_c$ 是所述第3衍射构造的光栅高度，  
所述第3衍射构造中的所述凹凸部的中心轴相对于所述主体部的厚度方向倾斜。
13. 根据权利要求12所述的光学系统，其中，  
将所述第1衍射构造中的所述凹凸部的中心轴的相对于所述主体部的厚度方向的倾斜角度设为 $\theta_a$ ，将所述第3衍射构造中的所述凹凸部的中心轴的相对于所述主体部的厚度方向的倾斜角度设为 $\theta_c$ ，则满足 $0.9 < \theta_a / \theta_c < 1.1$ 的关系。
14. 根据权利要求1~13的任一项所述的光学系统，其中，  
所述复制区域具有射出构造，所述射出构造通过所述耦合区域来使入射到所述主体部内的所述图像光从所述主体部朝向所述视野区域射出。
15. 根据权利要求1~14的任一项所述的光学系统，其中，  
将与所述复制区域的所述第1传播方向对应的所述视野区域的尺寸设为 $V_1$ ，将所述复制区域的所述第1传播方向的尺寸设为 $E_1$ ，则满足 $1.0 < E_1 / V_1 < 5.0$ 的关系。
16. 根据权利要求1~15的任一项所述的光学系统，其中，

所述衍射构造区域具有所述第1传播方向上的所述耦合区域侧的第1端、和与所述第1传播方向上的所述耦合区域相反的一侧的第2端，

所述第1衍射构造至少位于在所述第1传播方向上从所述衍射构造区域的所述第1端占据所述衍射构造区域的1/4的区域内。

17. 根据权利要求16所述的光学系统, 其中,

所述第2衍射构造至少位于在所述第1传播方向上从所述衍射构造区域的所述第1端占据所述衍射构造区域的1/2的区域内。

18. 根据权利要求16或者17所述的光学系统, 其中,

所述衍射构造区域还包含第3衍射构造,

所述第3衍射构造至少在所述第1传播方向上相对于所述第2衍射构造而位于与所述第1衍射构造相反的一侧, 并且位于在所述第1传播方向上从所述衍射构造区域的所述第2端占据所述衍射构造区域的1/4的区域内,

所述衍射构造区域满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者,

$H_a$ 是所述第1衍射构造的光栅高度,

$H_b$ 是所述第2衍射构造的光栅高度,

$H_c$ 是所述第3衍射构造的光栅高度。

19. 根据权利要求1~18的任一项所述的光学系统, 其中,

所述光学系统还具备: 投射光学系统, 使所述图像光作为大致准直光入射到所述导光构件的所述耦合区域。

20. 一种图像显示装置, 具备;

权利要求1~19的任一项所述的光学系统; 和

所述显示元件。

## 光学系统以及图像显示装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及光学系统以及图像显示装置。

### 背景技术

[0002] 专利文献1公开了将数字或者虚拟图像提示给视觉辨认者的观察光学组件 (VOA) , 作为图像显示装置。VOA具备投影仪和视觉辨认者佩戴的目镜。目镜包含多个目镜层。各目镜层包含平面导波、耦合光栅、正交光瞳扩展区域以及出射光瞳扩展区域。投影仪将图像光向目镜的耦合光栅照射。耦合光栅使来自投影仪的图像光耦合到平面导波, 并朝向正交光瞳扩展区域传播。平面导波通过全反射将图像光在水平方向上传播。正交光瞳扩展区域包含对来自耦合光栅的图像光进行复制并朝向出射光瞳扩展区域的衍射要素。出射光瞳扩展区域包含使在平面导波内传播的图像光的一部分朝向视觉辨认者的眼睛射出的衍射要素。

[0003] 在先技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:美国专利申请公开第2019-137777号说明书

### 发明内容

[0006] -发明要解决的课题-

[0007] 专利文献1公开了为了降低因位置而射出的光的量减少的现象, 在衍射构造中, 通过作为位置的函数而对衍射要素的高度或者深度进行变更, 使光的均匀性提升。

[0008] 然而, 由于在图像光中具有发散, 因此图像光在导波内全反射的同时在传播的角度(传播角)中存在偏差。由于图像光之中传播角成为最大的光和图像光之中传播角成为最小的光即使针对相同的衍射光栅也能够表现出不同的行为, 因此为了提升来自投影仪等显示元件的图像光的利用效率, 需要考虑传播角的偏差。然而, 在专利文献1中, 没有考虑这样的传播角的偏差。

[0009] 本公开提供一种能够对来自显示元件的图像光的利用效率进行提升的光学系统以及图像显示装置。

[0010] -用于解决课题的手段-

[0011] 本公开的一方式所涉及的光学系统具备: 导光构件, 将形成从显示元件输出的图像的图像光作为虚像引导至用户的视野区域。导光构件具备: 板状的主体部; 耦合区域, 形成于主体部, 使图像光入射到主体部内, 使得图像光在主体部内传播; 和复制区域, 形成于主体部, 具有作为表面浮雕型的衍射光栅的衍射构造区域, 该衍射构造区域在第1传播方向上将在与主体部的厚度方向交叉的第1传播方向上传播的图像光, 分割为在与第1传播方向交叉的第2传播方向上传播的多个图像光。衍射构造区域包含第1衍射构造、和在第1传播方向上相对于第1衍射构造而位于与耦合区域相反的一侧的第2衍射构造。所述第1衍射构造的光栅高度比所述第2衍射构造的光栅高度高。所述第1衍射构造的光栅宽度比所述第2衍射构造的光栅宽度宽。

- [0012] 本公开的一方式所涉及的图像显示装置具备上述的光学系统和显示元件。
- [0013] -发明效果-
- [0014] 本公开的方式能够提升来自显示元件的图像光的利用效率。

### 附图说明

- [0015] 图1是一实施方式的图像显示装置的结构例的概略立体图。
- [0016] 图2是图1的图像显示装置的导光构件的俯视图。
- [0017] 图3是图1的图像显示装置的导光构件的局部剖视图。
- [0018] 图4是图3的复制区域的第1衍射构造的衍射效率特性的图表。
- [0019] 图5是图3的复制区域的第2衍射构造的衍射效率特性的图表。
- [0020] 图6是图3的复制区域的第3衍射构造的衍射效率特性的图表。
- [0021] 图7是利用图1的图像显示装置的导光构件的光的传播的一个例子的说明图。
- [0022] 图8是变形例1中的导光构件的局部剖视图。
- [0023] 图9是变形例2中的导光构件的局部说明图。
- [0024] 图10是变形例3中的导光构件的局部说明图。
- [0025] 图11是变形例4中的导光构件的局部说明图。
- [0026] 图12是变形例5中的导光构件的俯视图。

### 具体实施方式

[0027] 以下,适当参照附图来对实施方式详细地进行说明。但是,有时省略非必要的详细的说明。例如,有时省略已知事项的详细说明、针对实质上相同的结构的重复说明。这是为了避免以下的说明变得不必要地冗长,使本领域技术人员容易理解。此外,发明者(们)为了使本领域技术人员充分理解本公开而提供附图以及以下的说明,并不旨在由此限定权利要求书所记载的主题。

[0028] 上下左右等位置关系只要没有特别说明,就是基于附图所示的位置关系的说明。在以下的实施方式中进行说明的各图是示意性图,各图中的各结构要素的大小以及厚度各自的比未必反映实际的尺寸比。另外,各要素的尺寸比率并不限于附图所图示的比率。

[0029] 在本公开中,关于光“朝向○○方向”以及“向○○方向传播”等表现是指形成图像的光作为整体而朝向○○方向,形成图像的光中包含的光线也可以相对于○○方向倾斜。例如,“朝向○○方向的光”既可以是该光的主光线朝向○○方向,也可以是光的副光线相对于○○方向倾斜。

[0030] [1.实施方式]

[0031] [1.1结构]

[0032] 图1是图像显示装置1的结构例的概略图。图像显示装置1例如装配在用户的头部,是对图像(影像)进行显示的头戴式显示器(HMD)。如图1所示,图像显示装置1具备显示元件2和光学系统3。

[0033] 显示元件2为了显示图像(影像),输出形成图像的图像光L1。在此,为了简单起见,图1将图像光L1描绘为具有指向性的光,但是实际上作为具有与视角相当的角度而入射到光学系统3。显示元件2的光轴是图像光L1的光轴。图像光L1的光轴例如是从显示元件2

的中心输出的光的光轴。作为显示元件2的例子,可列举液晶显示器、有机EL显示器、扫描型MEMS反射镜、LCOS(Liquid Crystal On Silicon:硅基液晶)、DMD(Digital Mirror Device:数字微镜器件)、微LED等已知的显示器。

[0034] 光学系统3将显示元件2输出的图像光L1引导至针对用户的眼睛而设定的视野区域8。在视野区域8中,用户能够用自己的眼睛不间断地对显示元件2形成的图像进行视觉辨认。特别地,在本实施方式中,光学系统3通过光瞳扩展的作用,将视野区域8扩大。也就是说,光学系统3通过对图像光L1的光瞳进行复制来扩大视野区域8。在本实施方式中,视野区域8用矩形状的平面规定。

[0035] 如图1所示,光学系统3具备导光构件4和投射光学系统7。

[0036] 导光构件4将形成从显示元件2输出的图像的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域8。

[0037] 如图1所示,导光构件4具备主体部40、耦合区域5和复制区域6。

[0038] 主体部40由在可见光区域内透明的材料形成。主体部40为板状。在本实施方式中,主体部40为矩形的板状。主体部40具有主体部40的厚度方向的第一面40a以及第二面40b。如图1所示,主体部40朝向显示元件2侧配置第一面40a,朝向视野区域8侧配置第二面40b。

[0039] 图2是从显示元件2侧观察的导光构件4的俯视图。如图2所示,耦合区域5和复制区域6形成在导光构件4的主体部40的第一面40a。

[0040] 耦合区域5使图像光L1入射到主体部40内,使得图像光L1在主体部40内传播。在本实施方式中,耦合区域5使图像光L1入射到主体部40内,使得图像光L1在主体部40内、在与主体部40的厚度方向正交的第一方向D1(图2的左方向)上传播。在本实施方式中,耦合区域5被使用于显示元件2和导光构件4的耦合(coupling)。耦合区域5使图像光L1入射到主体部40内,使得图像光L1在全反射条件下在主体部40内传播。这里所说的“耦合(coupling)”,是指在全反射条件下在导光构件4的主体部40内传播的状态。

[0041] 耦合区域5通过具有针对图像光L1的衍射作用的衍射构造体而构成。耦合区域5的衍射构造体例如是透射型的表面浮雕型的衍射光栅,周期性地形成凹凸。耦合区域5的衍射构造体例如可以包含在第二方向D2(图2的下方向)上延伸并且在第一方向D1上以给定间隔排列的多个凹部或者凸部,该第二方向D2与主体部40的厚度方向正交且与第一方向D1交叉。在本公开中,“衍射构造”也能够称为是多个凹部或者凸部周期性地排列的“周期构造”。但是,“衍射构造”根据制造上的制约其他的状况,除了“周期构造”以外,有时包含不完全的周期构造。在本实施方式中,第二方向D2也与第一方向D1正交。耦合区域5通过衍射作用,使图像光L1以相对于第一面40a以及第二面40b全反射的条件入射到主体部40内。通过耦合区域5,图像光L1在主体部40内被第一面40a以及第二面40b全反射,从而向第一方向D1前进。

[0042] 耦合区域5的大小被设定为经过了投射光学系统7的来自显示元件2的图像光L1的一部分或者全部入射到耦合区域5。在本实施方式中,如图2所示,耦合区域5是四边形状。

[0043] 复制区域6通过对从耦合区域5入射到导光构件4的主体部40内的图像光L1进行分割,从而对图像光L1的光瞳进行复制并扩展。在本实施方式中,复制区域6通过将耦合区域5入射到导光构件4的主体部40内的图像光L1,分割为沿第三方向D3前进的多个图像光L3并向视野区域8射出,从而对图像光L1的光瞳进行复制并扩展。第三方向D3是从导光构件4朝向视野区域8的方向。在本实施方式中,第三方向D3分别与第一方向D1以及第二方向D2正交。在

本实施方式中,多个图像光L3相互平行。“多个图像光L3相互平行”并不限于严格的意义上多个图像光L3相互平行,也包含多个图像光L3相互大致平行。即使多个图像光L3在严格的意义上相互不平行,但只要多个图像光L3的朝向一致为光学设计上认为多个图像光L3平行的程度即可。通过多个图像光L3相互平行,能够提升在视野区域8中图像光的光瞳的配置的均匀性,由此,视野区域8中的图像光的光瞳的遗漏被降低。

[0044] 图2的复制区域6包含第1衍射构造区域61和第2衍射构造区域62。

[0045] 第1衍射构造区域61被配置为在第1方向D1上与耦合区域5并排。第1衍射构造区域61是表面浮雕型的衍射光栅,周期性地形成凹凸。第1衍射构造区域61是反射型的衍射光栅。第1衍射构造区域61构成为在第1传播方向上,将在与主体部40的厚度方向交叉的第1传播方向上传播的图像光L1分割为在与第1传播方向交叉的第2传播方向上传播的多个图像光L2。在第1衍射构造区域61中,第1方向D1是第1传播方向,第2方向D2是第2传播方向。第1衍射构造区域61通过对在导光构件4的主体部40内传播的图像光L1进行分割,从而使在第1方向D1上排列的多个图像光L2朝向第2衍射构造区域62。这样,第1衍射构造区域61在第1方向D1上进行图像光L1的光瞳的扩展。也就是说,如图2所示,第1衍射构造区域61通过将图像光L1分割为朝向第2衍射构造区域62的平行的多个图像光L2,从而将投射光学系统7所投射的图像光L1的光瞳在第1方向D1上进行复制并扩展。

[0046] 第1衍射构造区域61的大小被设定为,来自耦合区域5的全部图像光L1入射到第1衍射构造区域61。在本实施方式中,如图2所示,第1衍射构造区域61为四边形状。

[0047] 图2的第1衍射构造区域61包含第1衍射构造611、第2衍射构造612和第3衍射构造613。第2衍射构造612在第1方向D1上相对于第1衍射构造611而位于与耦合区域5相反的一侧。第3衍射构造613在第1方向D1上相对于第2衍射构造612而位于与第1衍射构造611相反的一侧。换言之,第1衍射构造611、第2衍射构造612和第3衍射构造613在第1方向D1上以该顺序排列。

[0048] 如图2所示,第1衍射构造区域61具有第1方向D1上的耦合区域5侧的第1端61a、和与第1方向D1上的耦合区域5相反的一侧的第2端61b。第1衍射构造611至少位于在第1方向D1上从第1衍射构造区域61的第1端61a占据第1衍射构造区域61的1/4的区域R11内。第2衍射构造612至少位于在第1方向D1上从第1衍射构造区域61的第1端61a占据第1衍射构造区域61的1/2的区域R12内。第3衍射构造613至少在第1方向D1上相对于第2衍射构造612而位于与第1衍射构造611相反的一侧,并且位于在第1方向D1上从第1衍射构造区域61的第2端61b占据第1衍射构造区域61的1/4的区域R13内。作为一个例子,在第1衍射构造区域61中,也可区域R11被第1衍射构造611占据,区域R13被第3衍射构造613占据,区域R11与区域R13之间被第2衍射构造612占据。

[0049] 图3是图像显示装置1的导光构件4的局部剖视图。更详细地,图3是导光构件4中的包含第1衍射构造区域61在内的部位的、包含第1衍射构造区域61的周期方向和主体部40的厚度方向的平面处的剖视图。

[0050] 如图3所示,第1衍射构造区域61由相对于主体部40的厚度方向的凹凸部构成,该凹凸部被排列为在周期方向上具有周期性,也就是说,由第1衍射构造611的凹凸部611a、第2衍射构造612的凹凸部612a以及第3衍射构造613的凹凸部613a构成。在图3中,凹凸部611a、612a、613a是从主体部40突出的凸部。周期方向是凹凸部排列为具有周期性的方向。

周期方向包含第1传播方向(在第1衍射构造区域61的情况下为第1方向D1)的分量。为了使在第1方向D1上传播的图像光L1转换为在第2方向D2上传播的图像光L2,周期方向被设定为相对于第1方向D1倾斜的方向。周期方向是第1衍射构造区域61的波数矢量的方向。作为一个例子,第1衍射构造区域61的周期方向是在与主体部40的厚度方向正交的面内相对于第1方向D1倾斜了45度的方向。在该情况下,凹凸部611a、612a、613a沿着在与主体部40的厚度方向正交的面内相对于第1方向D1倾斜了45度的方向延伸。由此,在第1方向D1上传播的图像光L1被转换为在第2方向D2上传播的图像光L2。周期方向并不限定于在与主体部40的厚度方向正交的面内相对于第1方向D1倾斜了45度的方向。例如,与主体部40的厚度方向正交的面内的相对于第1方向D1的周期方向的角度可以是20度~70度。

[0051] 在第1衍射构造区域61中,光栅周期是固定的。也就是说,第1衍射构造611、第2衍射构造612以及第3衍射构造613具有相同的光栅周期。光栅周期是周期方向上的相邻的两个凹凸部的相同位置之间的距离。第1衍射构造611的光栅周期是周期方向上的相邻的两个凹凸部611a的相同位置之间的距离。第2衍射构造612的光栅周期是周期方向上的相邻的两个凹凸部612a的相同位置之间的距离。第3衍射构造613的光栅周期是周期方向上的相邻的两个凹凸部613a的相同位置之间的距离。作为周期方向上的相邻的凹凸部的相同位置之间的距离的例子,可列举周期方向上的相邻的凹凸部的前端间的距离、周期方向上的相邻的凹凸部的中心间的距离、周期方向上的相邻的凹凸部的后端间的距离。

[0052] 如上述那样,第1衍射构造611、第2衍射构造612以及第3衍射构造613具有相同的光栅周期,但是由于光栅高度和光栅宽度的至少一者不同,因此具有不同的衍射效率特性。在此,光栅高度是凹凸部(凹凸部611a、612a、613a)的高度。光栅宽度是凹凸部(凹凸部611a、612a、613a)的宽度。凹凸部的宽度与其说是凹凸部的前端侧(图3的上端侧)的宽度,不如说是凹凸部的基端侧(主体部40侧,图3的下端侧)的宽度。

[0053] 接下来,参照图3来对本实施方式中的第1衍射构造611、第2衍射构造612以及第3衍射构造613的光栅高度以及光栅宽度进行说明。

[0054] 如图3所示,将第1衍射构造区域61的光栅高度(凹凸部611a的高度)设为 $H_a$ ,将第2衍射构造612的光栅高度(凹凸部612a的高度)设为 $H_b$ ,则光栅高度 $H_a$ 以及光栅高度 $H_b$ 满足 $H_a > H_b$ 的关系。即,第1衍射构造611的光栅高度 $H_a$ 比第2衍射构造612的光栅高度 $H_b$ 高。将第1衍射构造区域61的光栅宽度(凹凸部611a的宽度)设为 $W_a$ ,将第2衍射构造612的光栅宽度(凹凸部612a的宽度)设为 $W_b$ ,则光栅宽度 $W_a$ 以及光栅宽度 $W_b$ 满足 $W_a > W_b$ 的关系。即,第1衍射构造611的光栅宽度 $W_a$ 比第2衍射构造612的光栅宽度 $W_b$ 宽。

[0055] 总结以上,则第1衍射构造区域61满足下述的数学式(1)、(2)。由此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0056] [数学式1]

[0057]  $H_a > H_b$  (1)

[0058] [数学式2]

[0059]  $W_a > W_b$  (2)

[0060] 进一步地,如图3所示,可以将第1衍射构造区域61的光栅周期设为 $T$ ,将第1衍射构造611的光栅高度(凹凸部611a的高度)设为 $H_a$ ,则光栅周期 $T$ 以及光栅高度 $H_a$ 满足 $0.3 < H_a/T$ 以及 $T < 1.2$ 的关系。将第1衍射构造611的光栅宽度(凹凸部611a的宽度)设为 $W_a$ ,则光栅周期 $T$ 以

及光栅宽度 $W_a$ 满足 $0.7 < W_a/T < 1.0$ 的关系。将第2衍射构造612的光栅高度(凹凸部612a的高度)设为 $H_b$ ,则光栅高度 $H_a$ 以及光栅高度 $H_b$ 满足 $1.2 < H_a/H_b < 10.0$ 的关系。

[0061] 总结以上,则第1衍射构造区域61满足下述的数学式(3)~(5)。

[0062] [数学式3]

$$[0063] \quad 0.3 < \frac{H_a}{T} < 1.2 \quad (3)$$

[0064] [数学式4]

$$[0065] \quad 0.7 < \frac{W_a}{T} < 1.0 \quad (4)$$

[0066] [数学式5]

$$[0067] \quad 1.2 < \frac{H_a}{H_b} < 10.0 \quad (5)$$

[0068] 通过第1衍射构造区域61至少满足上式(1)、(2),从而第1衍射构造区域61的第1衍射构造611能够具有图4所示的衍射效率特性。第1衍射构造区域61除了上式(1)、(2)以外,还优选满足上式(3)~(5)。图4是复制区域6的第1衍射构造区域61的第1衍射构造611的衍射效率特性的图表。在图4中,横轴为传播角 $[\circ]$ ,纵轴为衍射效率。传播角是在第1方向D1上传播的图像光L1的相对于主体部40的界面(第1面40a或者第2面40b)的入射角度。根据图4,第1衍射构造611具有传播角越大则衍射效率越大的衍射效率特性。换言之,第1衍射构造611具有传播角越小则衍射效率越小的衍射效率特性。在图4中, $\phi_{\max}$ 是传播角的最大值, $\phi_{\min}$ 是传播角的最小值。 $E_{a1}$ 是传播角为 $\phi_{\max}$ 时的衍射效率, $E_{a2}$ 是传播角为 $\phi_{\min}$ 时的衍射效率。也就是说,将对沿第1方向D1传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光的衍射效率设为 $E_{a1}$ ,将对沿第1方向D1传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光的衍射效率设为 $E_{a2}$ ,则第1衍射构造611具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。

[0069] 通过第1衍射构造区域61满足上式(1)、(2),从而第1衍射构造区域61的第2衍射构造612能够具有图5所示的衍射效率特性。第1衍射构造区域61除了上式(1)、(2)以外,还优选满足上式(3)~(5)。图5是复制区域6的第1衍射构造区域61的第2衍射构造612的衍射效率特性的图表。在图5中,横轴为传播角 $[\circ]$ ,纵轴为衍射效率。根据图5,第2衍射构造612具有相对于传播角而衍射效率向上凸的抛物线状地变化的衍射效率特性。在图5中, $\phi_{\max}$ 是传播角的最大值, $\phi_{\min}$ 是传播角的最小值。 $E_{b1}$ 是传播角为 $\phi_{\max}$ 时的衍射效率, $E_{b2}$ 是传播角为 $\phi_{\min}$ 时的衍射效率。也就是说,将对沿第1方向D1传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光的衍射效率设为 $E_{b1}$ ,将对沿第1方向D1传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光的衍射效率设为 $E_{b2}$ ,则第2衍射构造612具有满足 $E_{b1} \geq E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。特别地,在图5中,衍射效率 $E_{b1}$ 、 $E_{b2}$ 满足 $E_{b1} = E_{b2}$ 的关系。

[0070] 将第3衍射构造613的光栅高度设为 $H_c$ ,则光栅高度 $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ 满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系。将第3衍射构造613的光栅宽度设为 $W_c$ ,则光栅宽度 $W_a$ 、 $W_b$ 、 $W_c$ 满足 $W_c < W_a$ 的

关系和 $W_c < W_b$ 的关系。

[0071] 总结以上,则第1衍射构造区域61满足下述的数学式(6)~(9)。

[0072] [数学式6]

[0073]  $H_a < H_c$  (6)

[0074] [数学式7]

[0075]  $H_b < H_c$  (7)

[0076] [数学式8]

[0077]  $W_c < W_a$  (8)

[0078] [数学式9]

[0079]  $W_c < W_b$  (9)

[0080] 通过第1衍射构造区域61满足上式(1)~(9),从而第1衍射构造区域61的第3衍射构造613能够具有图6所示的衍射效率特性。图6是复制区域6的第1衍射构造区域61的第3衍射构造613的衍射效率特性的图表。在图6中,横轴为传播角 $[\circ]$ ,纵轴为衍射效率。根据图6,第3衍射构造613具有传播角越大则衍射效率越小的衍射效率特性。换言之,第3衍射构造613具有传播角越小则衍射效率越大的衍射效率特性。在图6中, $\varphi_{cmax}$ 是传播角的最大值, $\varphi_{cmin}$ 是传播角的最小值。 $E_{c1}$ 是传播角为 $\varphi_{cmax}$ 时的衍射效率, $E_{c2}$ 是传播角为 $\varphi_{cmin}$ 时的衍射效率。也就是说,将对沿第1方向D1传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光的衍射效率设为 $E_{c1}$ ,将对沿第1方向D1传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光的衍射效率设为 $E_{c2}$ ,则第3衍射构造613具有满足 $E_{c1} < E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。

[0081] 在本实施方式中,作为一个例子, $T = 320\text{nm}$ , $H_a = 200\text{nm}$ , $W_a = 300\text{nm}$ , $H_b = 100\text{nm}$ , $W_b = 160\text{nm}$ , $H_c = 250\text{nm}$ , $W_c = 180\text{nm}$ 。也就是说, $H_a > H_b$ ,满足数学式(1)。 $W_a > W_b$ ,满足数学式(2)。 $H_a/T = 0.625$ ,满足数学式(3)。 $W_a/T = 0.9375$ ,满足数学式(4)。 $H_a/H_b = 2$ ,满足数学式(5)。上述的数值满足数学式(6)~(9)是明确的。

[0082] 在本实施方式中,如图3所示,第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。中心轴C1是在凹凸部611a的宽度 $W_a$ 设为固定的情况下,在包含第1衍射构造区域61的周期方向和主体部40的厚度方向T1的平面通过凹凸部611a的中心的轴。在本实施方式中,凹凸部611a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度与凹凸部611a的耦合区域5侧的面(图3中的左面)相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度相等。

[0083] 在第1衍射构造区域61中,凹凸部611a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T1倾斜,从而能够控制与主体部40的厚度方向T1正交的给定面内的光的衍射效率。例如,通过调整使凹凸部611a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T1倾斜的朝向以及角度,从而能够减少向不需要光的衍射的方向传播的光的量,并且增加向需要光的衍射的方向传播的光的量。由此,能够将来自显示元件2的图像光L1有效地引导至视野区域8。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0084] 在本实施方式中,如图3所示,第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。中心轴C2是在凹凸部612a的宽度 $W_b$ 设为固定的情况下,在包

含第1衍射构造区域61的周期方向和主体部40的厚度方向的平面通过凹凸部612a的中心的轴。在本实施方式中,凹凸部612a的中心轴C2相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度与凹凸部612a的耦合区域5侧的面(图3中的左面)相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度相等。

[0085] 在第1衍射构造区域61中,凹凸部612a的中心轴C2相对于主体部40的厚度方向T1倾斜,从而能够控制与主体部40的厚度方向T1正交的给定面内的光的衍射效率。例如,通过调整使凹凸部612a的中心轴C2相对于主体部40的厚度方向T1倾斜的朝向以及角度,从而能够减少向不需要光的衍射的方向传播的光的量,并且增加向需要光的衍射的方向传播的光的量。由此,能够将来自显示元件2的图像光L1有效地引导至视野区域8。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0086] 在此,如果考虑第1衍射构造611以及第2衍射构造612各自的衍射效率特性,则第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度、和第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度可以满足以下的关系。也就是说,将第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_a$ ,将第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_b$ ,则倾斜角度 $\theta_a$ 、 $\theta_b$ 满足 $0.9 < \theta_a / \theta_b < 1.1$ 的关系。作为一个例子, $\theta_a$ 例如被设定为大于20度且小于65度。

[0087] 在本实施方式中,如图3所示,第3衍射构造613中的凹凸部613a的中心轴C3相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。中心轴C3是在凹凸部613a的宽度 $W_c$ 设为固定的情况下,在包含第1衍射构造区域61的周期方向和主体部40的厚度方向的平面通过凹凸部613a的中心的轴。在本实施方式中,凹凸部613a的中心轴C3相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度与凹凸部613a的耦合区域5侧的面(图3中的左面)相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度相等。

[0088] 在第1衍射构造区域61中,凹凸部613a的中心轴C3相对于主体部40的厚度方向T1倾斜,从而能够控制与主体部40的厚度方向T1正交的给定面内的光的衍射效率。例如,通过调整使凹凸部613a的中心轴C3相对于主体部40的厚度方向T1倾斜的朝向以及角度,从而能够减少向不需要光的衍射的方向传播的光的量,并且增加向需要光的衍射的方向传播的光的量。由此,能够将来自显示元件2的图像光L1有效地引导至视野区域8。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0089] 在此,如果考虑第1衍射构造611以及第3衍射构造613各自的衍射效率特性,则第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度、和第3衍射构造613中的凹凸部612a的中心轴C2的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度可以满足以下的关系。也就是说,将第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_a$ ,将第3衍射构造613中的凹凸部613a的中心轴C3的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_c$ ,则倾斜角度 $\theta_a$ 、 $\theta_c$ 满足 $0.9 < \theta_a / \theta_c < 1.1$ 的关系。

[0090] 在本实施方式中,如图3所示,第1衍射构造611中的凹凸部611a具有以下形状:在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,第1衍射构造区域61的周期方向上的凹凸部611a间的距离变大。凹凸部611a是所谓的楔状。换言之,凹凸部611a间的空间

611b在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,第1衍射构造区域61的周期方向上的尺寸变大。也就是说,位于凹凸部611a的基端侧(图3中的下端侧)的凹凸部611a间的距离G11比位于凹凸部611a的前端侧(图3中的上端侧)的凹凸部611a间的距离G12短。

[0091] 在本实施方式中,如图3所示,第2衍射构造612中的凹凸部612a具有以下形状:在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,第1衍射构造区域61的周期方向上的凹凸部612a间的距离变大。凹凸部612a是所谓的楔状。换言之,凹凸部612a间的空间612b在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,第1衍射构造区域61的周期方向上的尺寸变大。也就是说,位于凹凸部612a的基端侧(图3中的下端侧)的凹凸部612a间的距离G21,比位于凹凸部612a的前端侧(图3中的上端侧)的凹凸部612a间的距离G22短。

[0092] 在本实施方式中,如图3所示,第3衍射构造613中的凹凸部613a具有以下形状:在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,第1衍射构造区域61的周期方向上的凹凸部613a间的距离变大。凹凸部613a是所谓的楔状。换言之,凹凸部613a间的空间613b在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,第1衍射构造区域61的周期方向上的尺寸变大。也就是说,位于凹凸部613a的基端侧(图3中的下端侧)的凹凸部613a间的距离G31,比位于凹凸部613a的前端侧(图3中的上端侧)的凹凸部613a间的距离G32短。

[0093] 第2衍射构造区域62被配置为在第2方向D2上与第1衍射构造区域61并排。第2衍射构造区域62是表面浮雕型的衍射光栅,周期性地形成凹凸。第2衍射构造区域62是透射型的衍射光栅。第2衍射构造区域62构成为在第1传播方向上,将在与主体部40的厚度方向交叉的第1传播方向上传播的图像光L2分割为在与第1传播方向交叉的第2传播方向上传播的多个图像光L3。在第2衍射构造区域62中,第2方向D2是第1传播方向,第3方向D3(图1的光L3的方向)是第2传播方向。第2衍射构造区域62通过对在导光构件4的主体部40内传播的图像光L2进行分割,从而使在第2方向D2上排列的多个图像光L3朝向视野区域8。这样,第2衍射构造区域62在第2方向D2上进行图像光L1的光瞳的扩展。也就是说,如图1所示,第2衍射构造区域62通过将图像光L2分割为朝向视野区域8的平行的多个图像光L3,从而将投射光学系统7所投射的图像光L1的光瞳在第2方向D2上进行复制并扩展。第2衍射构造区域62用作通过耦合区域5来使入射到主体部40内的图像光L1从主体部40朝向视野区域8射出的射出构造。

[0094] 第2衍射构造区域62的大小被设定为来自第1衍射构造区域61的光L2全部向第2衍射构造区域62入射。在本实施方式中,如图2所示,第2衍射构造区域62为四边形状。第2衍射构造区域62例如可以包含在第1方向D1上延伸并且在第2方向D2上以给定间隔排列的多个凹部或者凸部。

[0095] 投射光学系统7对图像光L1进行投射,该图像光L1形成从显示元件2输出的图像。由此,投射光学系统7使来自显示元件2的图像光L1入射到导光构件4。如图1所示,投射光学系统7位于显示元件2与导光构件4的耦合区域5之间。投射光学系统7例如对来自显示元件2的图像光L1进行准直并使其入射到耦合区域5。投射光学系统7使图像光L1作为大致准直光向耦合区域5入射。投射光学系统7例如是双凸透镜。

[0096] [1.2作用]

[0097] 接下来,对本实施方式的图像显示装置1的导光构件4、特别是复制区域6的作用进行说明。图7是图像显示装置1的导光构件4所进行的光的传播的一个例子的说明图。

[0098] 来自显示元件2的图像光L1入射到导光构件4的耦合区域5,耦合区域5使图像光L1朝向复制区域6。如图7所示,图像光L1包含与虚像的中心对应的主光线L11、和随着从投射光学系统7朝向耦合区域5而接近主光线L11的多个副光线L12、L13。在图7中,为了彼此区别主光线L11、副光线L12以及副光线L13,以实线的箭头表示主光线L11,以点线的箭头表示副光线L12,以虚线的箭头表示副光线L13。在图7中,副光线L12与图像光L1之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光对应。在图7中,副光线L13与图像光L1之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光对应。

[0099] 图像光L1的主光线L11以及副光线L12、L13通过在导光构件4的主体部40内被第1面40a以及第2面40b全反射,从而沿第1方向D1前进,到达复制区域6的第1衍射构造区域61。在第1衍射构造区域61中,第1衍射构造611、第2衍射构造612以及第3衍射构造613在第1方向D1上以该顺序排列。

[0100] 主光线L11以及副光线L12、L13最先到达第1衍射构造611。主光线L11以及副光线L12、L13的一部分通过第1衍射构造611而朝向第2衍射构造区域62侧,通过第2衍射构造区域62,作为射出光L11a、L12a、L13a被取出。在主光线L11以及副光线L12、L13中未被第1衍射构造611衍射的剩余部分到达第2衍射构造612。主光线L11以及副光线L12、L13的一部分通过第2衍射构造612而朝向第2衍射构造区域62侧,通过第2衍射构造区域62,作为射出光L11b、L12b、L13b被取出。在主光线L11以及副光线L12、L13中未被第2衍射构造612衍射的剩余部分到达第3衍射构造613。主光线L11以及副光线L12、L13的一部分通过第3衍射构造613而朝向第2衍射构造区域62侧,通过第2衍射构造区域62,作为射出光L11c、L12c、L13c被取出。

[0101] 在图7中,用对应的箭头的线的粗细来概略地示出射出光L11a~L11c、L12a~L12c、L13a~L13c的光量。

[0102] 在图7中,射出光L13a由于未到达视野区域8,因此浪费。在本实施方式中,如图4所示,第1衍射构造611具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,在主光线L11以及副光线L12、L13中,副光线L13比副光线L12更难以衍射。也就是说,副光线L13比副光线L12更难以朝向第2衍射构造区域62侧,其结果,难以通过第2衍射构造区域62从主体部40取出到外部。也就是说,第1衍射构造611能够减少在第1方向D1上未到达视野区域8的射出光L13a的量。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另一方面,副光线L12比副光线L13更易于朝向第2衍射构造区域62侧,其结果,易于通过第2衍射构造区域62从主体部40取出到外部。也就是说,第1衍射构造611能够增加在第1方向D1上到达视野区域8的射出光L12a的量。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另外,由此,能够降低副光线L12未被第1衍射构造区域61衍射而穿过的量。

[0103] 在图7中,射出光L11b、L12b、L13b由于到达视野区域8,因此不会浪费。在本实施方式中,如图5所示,第2衍射构造612具有满足 $E_{b1} = E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,第2衍射构造612能够降低第1方向D1上的射出光L11b、L12b、L13b的光量的偏差。进一步地,副光线L13从主体部40取出的量在第1衍射构造611中受到限制,但是在第2衍射构造612中,能够

补偿在第1衍射构造611中所限制的量,由此,能够降低副光线L13未被第1衍射构造区域61衍射而穿过的量。另外,能够降低副光线L12未被第1衍射构造区域61衍射而穿过的量。

[0104] 在本实施方式中,如图6所示,第3衍射构造613具有满足 $E_{c1} < E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,在主光线L11以及副光线L12、L13中,副光线L13比副光线L12更易于衍射。也就是说,副光线L13比副光线L12更易于朝向第2衍射构造区域62侧,其结果,易于通过第2衍射构造区域62从主体部40取出到外部。副光线L13从主体部40取出的量在第1衍射构造611中受到限制,但是在第3衍射构造613中,也能够补偿在第1衍射构造611中所限制的量,由此,能够降低副光线L13穿过第1衍射构造区域61的量。其结果,能够增加在第1方向D1上到达视野区域8的射出光L13c的量。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。在第3衍射构造613中,副光线L12比副光线L13更难以衍射,但是在到达第3衍射构造613之前,副光线L13被第1衍射构造611以及第2衍射构造612衍射,因此影响较少。

[0105] [1.3效果等]

[0106] 以上叙述的光学系统3具备:导光构件4,将形成从显示元件2输出的图像的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域8。导光构件4具备:板状的主体部40;耦合区域5,形成于主体部40,使图像光L1入射到主体部40内,使得图像光L1在主体部40内传播;和复制区域6,形成于主体部40,具有作为表面浮雕型的衍射光栅的第1衍射构造区域61,该第1衍射构造区域61在第1传播方向上,将在与主体部40的厚度方向T1交叉的第1传播方向(第1方向D1)上传播的图像光L1分割为在与第1传播方向交叉的第2传播方向(第2方向D2)上传播的多个图像光L2。第1衍射构造区域61包含第1衍射构造611、和在第1传播方向上相对于第1衍射构造611而位于与耦合区域5相反的一侧的第2衍射构造612。第1衍射构造611的光栅高度比第2衍射构造612的光栅高度高。第1衍射构造611的光栅宽度比第2衍射构造612的光栅宽度宽。该结构能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0107] 在光学系统3中,衍射构造区域61满足 $0.3 < H_a/T < 1.2$ 、 $0.7 < W_a/T < 1.0$ 且 $1.2 < H_a/H_b < 10.0$ 的关系。T是第1衍射构造区域61的光栅周期。 $H_a$ 是第1衍射构造611的光栅高度。 $W_a$ 是第1衍射构造611的光栅宽度。 $H_b$ 是第2衍射构造612的光栅高度。该结构能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0108] 在光学系统3中,第1衍射构造611具有以下衍射效率特性:对沿第1传播方向传播的光(图像光L1)之中相对于主体部40的界面的入射角度成为最大的光(副光线L12)的衍射效率,比对沿第1传播方向传播的光(图像光L1)之中相对于主体部40的界面的入射角度成为最小的光(副光线L13)的衍射效率大。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0109] 在光学系统3中,第2衍射构造612具有以下衍射效率特性:对沿第1传播方向传播的光(图像光L1)之中相对于主体部40的界面的入射角度成为最大的光(副光线L12)的衍射效率,为对沿第1传播方向传播的光(图像光L1)之中相对于主体部40的界面的入射角度成为最小的光(副光线L13)的衍射效率以上。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0110] 在光学系统3中,第1衍射构造区域61还包含第3衍射构造613。第3衍射构造613在第1传播方向上相对于第2衍射构造612而位于与第1衍射构造611相反的一侧。第1衍射构造区域61满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系这两方。 $H_a$ 是第1衍射构造611的光栅高度。 $H_b$ 是

第2衍射构造612的光栅高度。 $H_c$ 是第3衍射构造613的光栅高度。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0111] 在光学系统3中,第1衍射构造区域61满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系这两方。 $W_c$ 是第3衍射构造613的光栅宽度。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0112] 在光学系统3中,第3衍射构造613具有以下衍射效率特性:对沿第1传播方向传播的光(图像光L1)之中相对于主体部40的界面的入射角度成为最大的光(副光线L12)的衍射效率,比对沿第1传播方向传播的光(图像光L1)之中相对于主体部40的界面的入射角度成为最小的光(副光线L13)的衍射效率小。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0113] 在光学系统3中,第1衍射构造区域61由相对于主体部40的厚度方向T1的凹凸部611a、612a、613a构成,该凹凸部611a、612a、613a被排列为在包含第1传播方向的分量的周期方向上具有周期性。第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0114] 在光学系统3中,第1衍射构造611中的凹凸部611a具有以下形状:在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧,周期方向上的凹凸部611a间的距离变大。该结构能够使导光构件4的制造容易化。

[0115] 在光学系统3中,第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0116] 在光学系统3中,将第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_a$ ,将第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_b$ ,则满足 $0.9 < \theta_a / \theta_b < 1.1$ 的关系。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0117] 在光学系统3中,第3衍射构造613中的凹凸部613a的中心轴C3相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0118] 在光学系统3中,将第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_a$ ,将第3衍射构造613中的凹凸部613a的中心轴C3的相对于主体部40的厚度方向T1的倾斜角度设为 $\theta_c$ ,则满足 $0.9 < \theta_a / \theta_c < 1.1$ 的关系。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0119] 在光学系统3中,复制区域6具有射出构造(第2衍射构造区域62),该射出构造通过耦合区域5来使入射到主体部40内的图像光L1从主体部40朝向视野区域8射出。由于该结构不需要独立于复制区域6而设置射出构造,因此能够将导光构件4小型化。

[0120] 在光学系统3中,第1衍射构造区域61具有第1传播方向上的耦合区域5侧的第1端61a、和与第1传播方向上的耦合区域5相反的一侧的第2端61b。第1衍射构造611至少位于在第1传播方向上从第1衍射构造区域61的第1端61a占据第1衍射构造区域61的1/4的区域R11内。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0121] 在光学系统3中,第2衍射构造612至少位于在第1传播方向上从第1衍射构造区域61的第1端61a占据第1衍射构造区域61的1/2的区域R12内。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0122] 在光学系统3中,第3衍射构造613至少在第1传播方向上相对于第2衍射构造612而位于与第1衍射构造611相反的一侧,并且位于在第1传播方向上从第1衍射构造区域61的第2端61b占据第1衍射构造区域61的1/4的区域R13内。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0123] 光学系统3还具备投射光学系统7,该投射光学系统7使图像光L1作为大致准直光入射到导光构件4的耦合区域5。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0124] 以上叙述的图像显示装置1具备光学系统3和显示元件2。该结构能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0125] [2.变形例]

[0126] 本公开的实施方式并不限于上述实施方式。上述实施方式只要能够达成本公开的课题,就能够根据设计等进行各种变更。以下,列举上述实施方式的变形例。以下所说明的变形例能够适当组合来应用。

[0127] [2.1变形例1]

[0128] 图8是变形例1中的导光构件4A的局部剖视图。更详细地,图8是导光构件4A中的包含复制区域6A的第1衍射构造区域61A在内的部位的剖视图。

[0129] 图8的第1衍射构造区域61A与图3的第1衍射构造区域61同样地,包含第1衍射构造611、第2衍射构造612和第3衍射构造613。图8的第1衍射构造区域61A的凹凸部的形状以及尺寸、也就是第1衍射构造611的凹凸部611a、第2衍射构造612的凹凸部612a以及第3衍射构造613的凹凸部613a的形状以及尺寸与图3的第1衍射构造区域61不同。

[0130] 在本变形例中, $T=320\text{nm}$ , $H_a=100\text{nm}$ , $W_a=250\text{nm}$ , $H_b=60\text{nm}$ , $W_b=160\text{nm}$ , $H_c=200\text{nm}$ , $W_c=160\text{nm}$ 。

[0131]  $H_a>H_b$ ,满足数学式(1)。 $W_a>W_b$ ,满足数学式(2)。 $H_a/T=0.31$ ,满足数学式(3)。 $W_a/T=0.78$ ,满足数学式(4)。 $H_a/H_b=1.67$ ,满足数学式(5)。上述的数值满足数学式(6)~(9)是明确的。

[0132] 因此,在图8的第1衍射构造区域61A中,第1衍射构造611能够具有满足 $E_{a1}>E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。第2衍射构造612能够具有满足 $E_{b1}\geq E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。第3衍射构造613能够具有满足 $E_{c1}<E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,图8的导光构件4A能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0133] [2.2变形例2]

[0134] 图9是变形例2中的导光构件4B的局部剖视图。更详细地,图9是导光构件4B中的包含复制区域6B的第1衍射构造区域61B在内的部位的剖视图。

[0135] 图9的第1衍射构造区域61B与图3的第1衍射构造区域61同样地,包含第1衍射构造611、第2衍射构造612和第3衍射构造613。图9的第1衍射构造区域61B的凹凸部的形状以及尺寸、也就是第1衍射构造611的凹凸部611a、第2衍射构造612的凹凸部612a以及第3衍射构造613的凹凸部613a的形状以及尺寸与图3的第1衍射构造区域61以及图8的第1衍射构造区域61A不同。

[0136] 在本变形例中, $T=320\text{nm}$ , $H_a=180\text{nm}$ , $W_a=280\text{nm}$ , $H_b=80\text{nm}$ , $W_b=180\text{nm}$ , $H_c=150\text{nm}$ , $W_c=180\text{nm}$ 。

[0137]  $H_a > H_b$ , 满足数学式(1)。 $W_a > W_b$ , 满足数学式(2)。 $H_a/T = 0.56$ , 满足数学式(3)。 $W_a/T = 0.88$ , 满足数学式(4)。 $H_a/H_b = 2.25$ , 满足数学式(5)。另一方面, 光栅高度 $H_a$ 、 $H_c$ 不满足数学式(6), 但是光栅高度 $H_b$ 、 $H_c$ 满足数学式(7)。光栅宽度 $W_a$ 、 $W_c$ 满足数学式(8), 但是光栅宽度 $W_b$ 、 $W_c$ 不满足数学式(9)。

[0138] 通过图9的第1衍射构造区域61B满足上式(1)~(5), 从而第1衍射构造611能够具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。第2衍射构造612能够具有满足 $E_{b1} \geq E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。因此, 图9的导光构件4B能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0139] 在本变形例中, 光栅高度 $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ 不满足 $H_a < H_c$ 的关系, 但是满足 $H_b < H_c$ 的关系。在此, 光栅高度 $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ 也可以满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者, 但是优选满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系这两方。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0140] 在本变形例中, 光栅宽度 $W_a$ 、 $W_b$ 、 $W_c$ 满足 $W_c < W_a$ 的关系, 但是不满足 $W_c < W_b$ 的关系。在此, 光栅宽度 $W_a$ 、 $W_b$ 、 $W_c$ 也可以满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系的至少一者, 但是优选满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系这两方。该结构能够进一步提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0141] [2.3变形例3]

[0142] 图10是变形例3中的导光构件4C的局部剖视图。更详细地, 图9是导光构件4C中的包含复制区域6C的第1衍射构造区域61C在内的部位的剖视图。

[0143] 图10的第1衍射构造区域61C与图3的第1衍射构造区域61同样地, 包含第1衍射构造611、第2衍射构造612和第3衍射构造613。

[0144] 在图10的第1衍射构造区域61C中, 第1衍射构造611中的凹凸部611a并不具有周期方向上的凹凸部611a间的距离, 在主体部40的厚度方向T1上随着从主体部40的内侧朝向外侧而变大的形状, 周期方向上的凹凸部611a间的距离是固定的。也就是说, 位于凹凸部611a的基端侧(图10中的下端侧)的凹凸部611a间的距离G11与位于凹凸部611a的前端侧(图10中的上端侧)的凹凸部611a间的距离G12相等。

[0145] 在图10的第1衍射构造区域61C中, 第2衍射构造612中的凹凸部612a并不具有周期方向上的凹凸部612a间的距离, 在主体部40的厚度方向T1上随着从主体部40的内侧朝向外侧而变大的形状, 周期方向上的凹凸部612a间的距离是固定的。也就是说, 位于凹凸部612a的基端侧(图10中的下端侧)的凹凸部612a间的距离G21与位于凹凸部612a的前端侧(图10中的上端侧)的凹凸部612a间的距离G22相等。

[0146] 在图10的第1衍射构造区域61C中, 第3衍射构造613中的凹凸部613a并不具有周期方向上的凹凸部613a间的距离, 在主体部40的厚度方向T1上随着从主体部40的内侧朝向外侧而变大的形状, 周期方向上的凹凸部613a间的距离是固定的。也就是说, 位于凹凸部613a的基端侧(图10中的下端侧)的凹凸部613a间的距离G31与位于凹凸部613a的前端侧(图10中的上端侧)的凹凸部613a间的距离G32相等。

[0147] 在本变形例中, 作为一个例子,  $T = 320\text{nm}$ ,  $H_a = 200\text{nm}$ ,  $W_a = 300\text{nm}$ ,  $H_b = 100\text{nm}$ ,  $W_b = 160\text{nm}$ ,  $H_c = 250\text{nm}$ ,  $W_c = 180\text{nm}$ 。也就是说,  $H_a > H_b$ , 满足数学式(1)。 $W_a > W_b$ , 满足数学式(2)。 $H_a/T = 0.625$ , 满足数学式(3)。 $W_a/T = 0.9375$ , 满足数学式(4)。 $H_a/H_b = 2$ , 满足数学式(5)。上述的数值满足数学式(6)~(9)是明确的。

[0148] 因此,在图10的第1衍射构造区域61C中,第1衍射构造611能够具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。第2衍射构造612能够具有满足 $E_{b1} \geq E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。第3衍射构造613能够具有满足 $E_{c1} < E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,图10的导光构件4C能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0149] 根据本变形例,第1衍射构造611中的凹凸部611a也可以未必具有以下形状:周期方向上的凹凸部611a间的距离,在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧而变大。

[0150] 根据本变形例,第2衍射构造612中的凹凸部612a也可以未必具有以下形状:周期方向上的凹凸部612a间的距离,在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧而变大。

[0151] 根据本变形例,第3衍射构造613中的凹凸部613a也可以未必具有以下形状:周期方向上的凹凸部613a间的距离,在主体部40的厚度方向T1上,随着从主体部40的内侧朝向外侧而变大。

[0152] [2.4变形例4]

[0153] 图11是变形例4中的导光构件4D的局部剖视图。更详细地,图11是导光构件4D的包含复制区域6D的第1衍射构造区域61D在内的部位的剖视图。

[0154] 图11的第1衍射构造区域61D与图3的第1衍射构造区域61同样地,包含第1衍射构造611、第2衍射构造612和第3衍射构造613。

[0155] 在图11的第1衍射构造区域61D中,第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T1不倾斜而平行。

[0156] 在图11的第1衍射构造区域61D中,第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2相对于主体部40的厚度方向T1不倾斜而平行。

[0157] 在图11的第1衍射构造区域61D中,第3衍射构造613中的凹凸部613a的中心轴C3相对于主体部40的厚度方向T1不倾斜而平行。

[0158] 在本变形例中,作为一个例子, $T=320\text{nm}$ , $H_a=200\text{nm}$ , $W_a=300\text{nm}$ , $H_b=100\text{nm}$ , $W_b=160\text{nm}$ , $H_c=250\text{nm}$ , $W_c=180\text{nm}$ 。也就是说, $H_a > H_b$ ,满足数学式(1)。 $W_a > W_b$ ,满足数学式(2)。 $H_a/T=0.625$ ,满足数学式(3)。 $W_a/T=0.9375$ ,满足数学式(4)。 $H_a/H_b=2$ ,满足数学式(5)。上述的数值满足数学式(6)~(9)是明确的。

[0159] 因此,在图11的第1衍射构造区域61D中,第1衍射构造611能够具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。第2衍射构造612能够具有满足 $E_{b1} \geq E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。第3衍射构造613能够具有满足 $E_{c1} < E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,图11的导光构件4D能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0160] 根据本变形例,第1衍射构造611中的凹凸部611a的中心轴C1也可以未必相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。

[0161] 根据本变形例,第2衍射构造612中的凹凸部612a的中心轴C2也可以未必相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。

[0162] 根据本变形例,第3衍射构造613中的凹凸部613a的中心轴C3也可以未必相对于主体部40的厚度方向T1倾斜。

[0163] [2.5变形例5]

[0164] 图12是变形例5中的导光构件4E的俯视图。如图12所示,耦合区域5和复制区域6E被形成于导光构件4的主体部40的第1面40a。

[0165] 图12的复制区域6E包含第1衍射构造区域61E和第2衍射构造区域62E。

[0166] 第1衍射构造区域61E被配置为在第1方向D1上与耦合区域5并排。第1衍射构造区域61E是表面浮雕型的衍射光栅,周期性地形成凹凸。第1衍射构造区域61E是反射型的衍射光栅。第1衍射构造区域61E构成为,在第1传播方向上将在与主体部40的厚度方向交叉的第1传播方向上传播的图像光L1分割为在与第1传播方向交叉的第2传播方向上传播的多个图像光L2。在第1衍射构造区域61E中,第1方向D1是第1传播方向,第2方向D2是第2传播方向。第1衍射构造区域61E通过对在导光构件4的主体部40内传播的图像光L1进行分割,从而使在第1方向D1上排列的多个图像光L2朝向第2衍射构造区域62E。这样,第1衍射构造区域61E在第1方向D1上进行图像光的光瞳的扩展。

[0167] 第1衍射构造区域61E与第1衍射构造区域61同样地,由相对于主体部40的厚度方向的凹凸部构成,该凹凸部被排列为在周期方向上具有周期性,但是与第1衍射构造区域61不同,不具有根据第1~第3衍射构造611~613那样的部位而不同的衍射构造。

[0168] 图12的第2衍射构造区域62E被配置为在第2方向D2上与第1衍射构造区域61E并排。第2衍射构造区域62E是表面浮雕型的衍射光栅,周期性地形成凹凸。第2衍射构造区域62E是透射型的衍射光栅。第2衍射构造区域62E构成为,在第1传播方向上将在与主体部40的厚度方向交叉的第1传播方向上传播的图像光L2,分割为在与第1传播方向交叉的第2传播方向上传播的多个图像光L3。在第2衍射构造区域62E中,第2方向D2是第1传播方向,第3方向D3是第2传播方向。第2衍射构造区域62E通过对在导光构件4E的主体部40内传播的图像光L2进行分割,从而使在第2方向D2上排列的多个图像光L3朝向视野区域8。这样,第2衍射构造区域62E在第2方向D2上进行图像光的光瞳的扩展。

[0169] 图12的第2衍射构造区域62E包含第1衍射构造621、第2衍射构造622和第3衍射构造623。第2衍射构造622在第1传播方向(第2方向D2)上相对于第1衍射构造621而位于与耦合区域5相反的一侧。第3衍射构造623在第1传播方向(第2方向D2)上相对于第2衍射构造622而位于与第1衍射构造621相反的一侧。换言之,第1衍射构造621、第2衍射构造622和第3衍射构造623在第1传播方向(第2方向D2)上以该顺序排列。

[0170] 如图12所示,第2衍射构造区域62E具有第1传播方向(第2方向D2)上的耦合区域5侧的第1端62a、和与第1传播方向(第2方向D2)上的耦合区域5相反的一侧的第2端62b。第1衍射构造621至少位于在第1传播方向上从第2衍射构造区域62E的第1端62a占据第2衍射构造区域62E的1/4的区域R21内。第2衍射构造622至少位于在第1传播方向上从第2衍射构造区域62E的第1端62a占据第2衍射构造区域62E的1/2的区域R22内。第3衍射构造623至少在第1传播方向上相对于第2衍射构造622而位于与第1衍射构造621相反的一侧,并且位于在第1传播方向上从第2衍射构造区域62E的第2端62b占据第2衍射构造区域62E的1/4的区域R23内。作为一个例子,在第2衍射构造区域62E中,可以区域R21被第1衍射构造621占据,区域R23被第3衍射构造623占据,区域R21与区域R23之间被第2衍射构造622占据。

[0171] 第2衍射构造区域62E由相对于主体部40的厚度方向的凹凸部构成,该凹凸部被排列为在周期方向上具有周期性,也就是说,由第1衍射构造621的凹凸部、第2衍射构造622的凹凸部以及第3衍射构造623的凹凸部构成。凹凸部是从主体部40突出的凸部。周期方向是

凹凸部排列为具有周期性的方向。周期方向包含第1传播方向(在第2衍射构造区域62E的情况下为第2方向D2)的分量。为了使在第2方向D2上传播的图像光L2转换为在第3方向D3上传播的图像光L3,周期方向被设定为第2方向D2。在该情况下,周期方向仅包含第2方向D2的分量。周期方向是第2衍射构造区域62的波数矢量的方向。凹凸部例如在第1方向D1上延伸并且在第2方向D2上以给定间隔排列。在第2衍射构造区域62中,光栅周期是固定的。也就是说,第1衍射构造621、第2衍射构造622以及第3衍射构造623具有相同的光栅周期。光栅周期是周期方向上的相邻的两个凹凸部的相同位置之间的距离。

[0172] 第2衍射构造区域62E的第1衍射构造621、第2衍射构造622以及第3衍射构造623具有相同的光栅周期,但是由于光栅高度和光栅宽度的至少一者不同,因此具有不同的衍射效率特性。第2衍射构造区域62E的第1衍射构造621、第2衍射构造622以及第3衍射构造623的光栅高度以及光栅宽度可以与上述实施方式中的第1衍射构造区域61的第1衍射构造621、第2衍射构造622以及第3衍射构造623的光栅高度以及光栅宽度同样地设定。

[0173] 也就是说,将第2衍射构造区域62E的光栅周期设为 $T$ ,将第1衍射构造621的光栅高度(凹凸部的高度)设为 $H_a$ ,则光栅周期 $T$ 以及光栅高度 $H_a$ 满足 $0.3 < H_a/T < 1.2$ 的关系。将第1衍射构造621的光栅宽度(凹凸部的宽度)设为 $W_a$ ,则光栅周期 $T$ 以及光栅宽度 $W_a$ 满足 $0.7 < W_a/T < 1.0$ 的关系。将第2衍射构造622的光栅高度(凹凸部的高度)设为 $H_b$ ,则光栅高度 $H_a$ 以及光栅高度 $H_b$ 满足 $1.2 < H_a/H_b < 10.0$ 的关系。由此,在第1衍射构造621中,将对沿第2方向D2传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光的衍射效率设为 $E_{a1}$ ,将对沿第2方向D2传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光的衍射效率设为 $E_{a2}$ ,则第1衍射构造621具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。在第2衍射构造622中,将对沿第2方向D2传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光的衍射效率设为 $E_{b1}$ ,将对沿第2方向D2传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光的衍射效率设为 $E_{b2}$ ,则第2衍射构造622具有满足 $E_{b1} \geq E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。在本变形例中, $E_{b1} = E_{b2}$ 。

[0174] 将第3衍射构造623的光栅高度设为 $H_c$ ,则光栅高度 $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ 满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系。将第3衍射构造623的光栅宽度设为 $W_c$ ,则光栅宽度 $W_a$ 、 $W_b$ 、 $W_c$ 满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系。由此,在第3衍射构造623中,将对沿第2方向D2传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最大的光的衍射效率设为 $E_{c1}$ ,将对沿第2方向D2传播的光之中相对于主体部40的界面的入射角度(传播角)成为最小的光的衍射效率设为 $E_{c2}$ ,则第3衍射构造623具有满足 $E_{c1} < E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。

[0175] 在以上叙述的第2衍射构造区域62E中,第1衍射构造621具有满足 $E_{a1} > E_{a2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,第1衍射构造621能够减少在第2方向D2上未到达视野区域8的射出光的量。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另一方面,第1衍射构造621能够增加在第2方向D2上到达视野区域8的射出光的量。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。第2衍射构造622具有满足 $E_{b1} = E_{b2}$ 的关系的衍射效率特性。因此,第2衍射构造622能够降低第2方向D2上的射出光L11b、L12b、L13b的光量的偏差。第3衍射构造623具有满足 $E_{c1} < E_{c2}$ 的关系的衍射效率特性。其结果,能够增加在第2方向D2上到达视野区域8的射出光的量。因此,能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。因此,第2衍射构造区域62E能够提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0176] [2.6其他的变形例]

[0177] 在一变形例中,导光构件4~4E未必需要配置为导光构件4~4E和视野区域8在一直线上排列。也就是说,从导光构件4~4E向视野区域8的光学路径未必是直线。例如,可以通过反射板、组合器、风挡等反射来自导光构件4~4E的光,并使其入射到视野区域8。在该情况下,从导光构件4~4E向视野区域8的光学路径不是直线状,例如为L字状。

[0178] 在一变形例中,导光构件4~4E的形状以及尺寸被设定为,即使从导光构件4~4E到视野区域8的光学路径的长度为300mm以上,用户也能够视觉辨认虚像。作为一个例子,将与复制区域6的第1传播方向(第1方向D1)对应的视野区域8的尺寸设为V1,将复制区域6的第1传播方向(第1方向D1)的尺寸设为E1,则满足 $1.0 < E1/V1 < 5.0$ 的关系。该结构也能够将光学系统3用于用户和光学系统3的距离相比HMD而比较远的平视显示器(HUD)等。

[0179] 在一变形例中,耦合区域5并不限定于表面浮雕型的衍射光栅,可以具有体积全息元件(全息衍射光栅)或者半反射镜。

[0180] 在一变形例中,复制区域6也可以是透射型或者反射型的任一种的表面浮雕型的衍射光栅。

[0181] 在一变形例中,表面浮雕型的衍射光栅并不限定为与导光构件4~4E相同材料,也可以由不同的材料形成。例如,导光构件4~4E的材料可以是玻璃,表面浮雕型的衍射光栅的材料可以是紫外线固化树脂。在该情况下,能够通过纳米压印技术来形成表面浮雕型的衍射光栅。这样,耦合区域5或者复制区域6未必需要与主体部40一体地形成,可以与主体部40分体地形成。

[0182] 在一变形例中,复制区域6可以具备第1衍射构造区域61~61D的任一者和第2衍射构造区域62E。由此,复制区域6能够减少在第1方向D1以及第2方向D2这两方上未到达视野区域8的射出光的量,提升来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0183] 在一变形例中,复制区域6~6E也可以不具有第1衍射构造区域61和第2衍射构造区域62这两方。在该情况下,复制区域6~6E仅在一个方向上对图像光L1的光瞳进行扩展。例如,第1衍射构造区域61~61E也可以构成为第2传播方向D2是从主体部40朝向视野区域8的方向。也就是说,第1衍射构造区域61~61E也可以规定通过耦合区域5来使入射到主体部40内的图像光L1从主体部40朝向视野区域8射出的射出构造。

[0184] 在一变形例中,第1衍射构造区域61~61E的凹凸部只要能够构成衍射光栅,就可以是突起(凸部)、凹部、或者凸部和凹部的组合的任一种。凹凸部的中心轴例如可以是突起的中心轴或者凹部的中心轴。这点在第2衍射构造区域62、62E中也同样。

[0185] 在一变形例中,投射光学系统7不是单个的光学元件,也可以作为多个光学元件而具备第1光学元件以及第2光学元件。第1光学元件例如是将负弯月形透镜和双凸透镜进行了组合的接合透镜,第2光学元件是将正弯月形透镜和负弯月形透镜进行了组合的接合透镜。此外,光学系统3也可以不具备投射光学系统7。

[0186] 在一变形例中,投射光学系统7和耦合区域5未必需要在一直线上排列。也就是说,从投射光学系统7向耦合区域5的图像光L1的光路未必是直线。例如,可以通过反射板反射来自投射光学系统7的图像光L1并使其入射到耦合区域5。在该情况下,从投射光学系统7向耦合区域5的图像光L1的光路不是直线状,例如为L字状。

[0187] 在一变形例中,图像显示装置1可以具备分别与图像光L1中包含的光的波长对应

的多个导光构件4~4E。由此,能够向用户提供彩色图像。

[0188] [3.方式]

[0189] 如通过上述实施方式以及变形例明确的那样,本公开包含下述的方式。以下,为了明示与实施方式的对应关系,标注带括号的符号。

[0190] 第1方式是光学系统(3),该光学系统(3)具备:导光构件(4;4A;4B;4C;4D;4E),将形成从显示元件(2)输出的图像的图像光(L1)作为虚像引导至用户的视野区域(8)。所述导光构件(4;4A;4B;4C;4D;4E)具备:板状的主体部(40);耦合区域(5),形成于所述主体部(40),使所述图像光(L1)入射到所述主体部(40)内以使得所述图像光(L1)在所述主体部(40)内传播;和复制区域(6;6A;6B;6C;6D;6E),形成于所述主体部(40),具有作为表面浮雕型的衍射光栅的衍射构造区域(61),所述衍射构造区域(61)在所述第1传播方向(D1)上将在与所述主体部(40)的厚度方向(T1)交叉的第1传播方向(D1)上传播的图像光(L1),分割为在与所述第1传播方向(D1)交叉的第2传播方向(D2)上传播的多个图像光(L2)。所述衍射构造区域(61)包含第1衍射构造(611)、和在所述第1传播方向(D1)上相对于所述第1衍射构造(611)而位于与所述耦合区域(5)相反的一侧的第2衍射构造(612)。所述第1衍射构造(611)的光栅高度比所述第2衍射构造(612)的光栅高度高。所述第1衍射构造(611)的光栅宽度比所述第2衍射构造(612)的光栅宽度宽。该方式能够提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0191] 第2方式是基于第1方式的光学系统(3)。在第2方式中,所述衍射构造区域(61)满足以下关系: $0.3 < H_a/T < 1.2$ ,  $0.7 < W_a/T < 1.0$ ,  $1.2 < H_a/H_b < 10.0$ 。T是所述衍射构造区域(61)的光栅周期, $H_a$ 是所述第1衍射构造(611)的光栅高度, $W_a$ 是所述第1衍射构造(611)的光栅宽度, $H_b$ 是所述第2衍射构造(612)的光栅高度。该方式能够提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0192] 第3方式是基于第1或者第2方式的光学系统(3)。在第3方式中,所述第1衍射构造(611)具有以下衍射效率特性:对沿所述第1传播方向(D1)传播的光之中相对于所述主体部(40)的界面的入射角度成为最大的光(L12)的衍射效率,比对沿所述第1传播方向(D1)传播的光之中相对于所述主体部(40)的界面的入射角度成为最小的光(L13)的衍射效率大。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0193] 第4方式是基于第3方式的光学系统(3)。在第4方式中,所述第2衍射构造(612)具有以下衍射效率特性:对沿所述第1传播方向(D1)传播的光之中相对于所述主体部(40)的界面的入射角度成为最大的光(L12)的衍射效率,为对沿所述第1传播方向(D1)传播的光之中相对于所述主体部(40)的界面的入射角度成为最小的光(L13)的衍射效率以上。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0194] 第5方式是基于第1~第4方式的任一者的光学系统(3)。在第5方式中,所述衍射构造区域(61)还包含第3衍射构造(613)。所述第3衍射构造(613)在所述第1传播方向(D1)上相对于所述第2衍射构造(612)而位于与所述第1衍射构造(611)相反的一侧。所述衍射构造区域(61)满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者。 $H_c$ 是所述第3衍射构造(613)的光栅高度。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0195] 在第5方式中,所述衍射构造区域(61)可以满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系这两方。在该情况下,能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0196] 第6方式是基于第5方式的光学系统(3)。在第6方式中,所述衍射构造区域(61)满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系的至少一者。 $W_a$ 是所述第1衍射构造(611)的光栅宽度。 $W_b$ 是所述第2衍射构造(612)的光栅宽度。 $W_c$ 是所述第3衍射构造(613)的光栅宽度。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0197] 在第6方式中,所述衍射构造区域(61)可以满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系这两方。在该情况下,能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0198] 第7方式是基于第5或者第6方式的光学系统(3)。在第7方式中,所述第3衍射构造(613)具有以下衍射效率特性:对沿所述第1传播方向(D1)传播的光之中相对于所述主体部(40)的界面的入射角度成为最大的光(L12)的衍射效率,比对沿所述第1传播方向(D1)传播的光之中相对于所述主体部(40)的界面的入射角度成为最小的光(L13)的衍射效率小。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0199] 第8方式是基于第1~第7方式的任一者的光学系统(3)。在第8方式中,所述衍射构造区域(61)由相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)的凹凸部(611a、612a、613a)构成,所述凹凸部(611a、612a、613a)被排列为在包含所述第1传播方向(D1)的分量的周期方向上具有周期性。所述第1衍射构造(611)中的所述凹凸部(611a)的中心轴(C1)相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)倾斜。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0200] 第9方式是基于第8方式的光学系统(3)。在第9方式中,所述第1衍射构造(611)中的所述凹凸部(611a)具有以下形状:在所述主体部(40)的厚度方向(T1)上,随着从所述主体部(40)的内侧朝向外侧,所述周期方向上的所述凹凸部(611a)间的距离变大。该方式能够使导光构件(4)的制造容易化。

[0201] 第10方式是基于第8或者第9方式的光学系统(3)。在第10方式中,所述第2衍射构造(612)中的所述凹凸部(612a)的中心轴(C2)相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)倾斜。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0202] 第11方式是基于第10方式的光学系统(3)。在第11方式中,将所述第1衍射构造(611)中的所述凹凸部(611a)的中心轴(C1)的相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)的倾斜角度设为 $\theta_a$ ,将所述第2衍射构造(612)中的所述凹凸部(612a)的中心轴(C2)的相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)的倾斜角度设为 $\theta_b$ ,则满足 $0.9 < \theta_a / \theta_b < 1.1$ 的关系。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0203] 第12方式是基于第8~第11方式的任一者的光学系统(3)。在第12方式中,所述衍射构造区域(61)还包含第3衍射构造(613)。所述第3衍射构造(613)在所述第1传播方向(D1)上相对于所述第2衍射构造(612)而位于与所述第1衍射构造(611)相反的一侧。所述衍射构造区域(61)满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者。 $H_c$ 是所述第3衍射构造(613)的光栅高度。所述第3衍射构造(613)中的所述凹凸部(613a)的中心轴(C3)相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)倾斜。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0204] 在第12方式中,所述衍射构造区域(61)可以满足 $W_c < W_a$ 的关系和 $W_c < W_b$ 的关系的至少一者。 $W_a$ 是所述第1衍射构造(611)的光栅宽度。 $W_b$ 是所述第2衍射构造(612)的光栅宽度。 $W_c$ 是所述第3衍射构造(613)的光栅宽度。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图

像光(L1)的利用效率。

[0205] 第13方式是基于第12方式的光学系统(3)。在第13方式中,将所述第1衍射构造(611)中的所述凹凸部(611a)的中心轴(C1)的相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)的倾斜角度设为 $\theta_a$ ,将所述第3衍射构造(613)中的所述凹凸部(613a)的中心轴(C3)的相对于所述主体部(40)的厚度方向(T1)的倾斜角度设为 $\theta_c$ ,则满足 $0.9 < \theta_a / \theta_c < 1.1$ 的关系。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0206] 第14方式是基于第1~第13方式的任一者的光学系统(3)。在第14方式中,所述复制区域(6;6A;6B;6C;6D;6E)具有射出构造(62),所述射出构造(62)通过所述耦合区域(5)来使入射到所述主体部(40)内的所述图像光(L1)从所述主体部(40)朝向所述视野区域(8)射出。该方式由于不需要独立于复制区域(6;6A;6B;6C;6D;6E)地设置射出构造,因此能够将导光构件(4)小型化。

[0207] 第15方式是基于第1~第14方式的任一者的光学系统(3)。在第15方式中,将与所述复制区域(6;6A;6B;6C;6D;6E)的所述第1传播方向(D1)对应的所述视野区域(8)的尺寸设为V1,将所述复制区域(6;6A;6B;6C;6D;6E)的所述第1传播方向(D1)的尺寸设为E1,则满足 $1.0 < E1 / V1 < 5.0$ 的关系。该方式也能够将光学系统(3)用于用户和光学系统(3)的距离相比HMD而比较远的HUD等。

[0208] 第16方式是基于第1~第15方式的任一者的光学系统(3)。在第16方式中,所述衍射构造区域(61)具有所述第1传播方向(D1)上的所述耦合区域(5)侧的第1端(61a)、和与所述第1传播方向(D1)上的所述耦合区域(5)相反的一侧的第2端(61b)。所述第1衍射构造(611)位于在所述第1传播方向(D1)上从所述衍射构造区域(61、62)的所述第1端(61a)占据所述衍射构造区域(61、62)的1/4的区域(R11)内。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0209] 第17方式是基于第16方式的光学系统(3)。在第17方式中,所述第2衍射构造(612)位于在所述第1传播方向(D1)上从所述衍射构造区域(61)的所述第1端(61a)占据所述衍射构造区域(61)的1/2的区域(R12)内。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0210] 第18方式是基于第16或者第17方式的光学系统(3)。在第18方式中,所述衍射构造区域(61)还包含第3衍射构造(613)。所述第3衍射构造(613)在所述第1传播方向(D1)上相对于所述第2衍射构造(612)而位于与所述第1衍射构造(611)相反的一侧,并且位于在所述第1传播方向(D1)上从所述衍射构造区域(61)的所述第2端(61b)占据所述衍射构造区域(61)的1/4的区域(R13)内。所述衍射构造区域(61)满足 $H_a < H_c$ 的关系和 $H_b < H_c$ 的关系的至少一者。 $H_a$ 是所述第1衍射构造(611)的光栅高度。 $H_b$ 是所述第2衍射构造(612)的光栅高度。 $H_c$ 是所述第3衍射构造(613)的光栅高度。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0211] 第19方式是基于第1~第18方式的任一者的光学系统(3)。在第19方式中,所述光学系统(3)还具备:投射光学系统(7),使所述图像光(L1)作为大致准直光入射到所述导光构件(4;4A;4B;4C;4D;4E)的所述耦合区域(5)。该方式能够进一步提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0212] 第20方式是图像显示装置(1),具备基于第1~第19方式的任一者的光学系统(3)

和所述显示元件(2)。该方式能够提升来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0213] 上述的第2~第19方式不是必须的。

[0214] 如以上那样,作为本公开的技术的例示,对实施方式进行了说明。为此,提供了附图以及详细的说明。因此,在附图以及详细的说明中所记载的结构要素之中,不仅能够包含解决课题所必需的结构要素,还能够为了对上述技术进行例示而包含并非解决课题所必需的结构要素。因此,不应该根据这些并非必需的结构要素记载于附图、详细的说明中而立即认定为这些并非必需的结构要素是必需的。另外,由于上述的实施方式用于对本公开的技术进行例示,因此在权利要求书或者其均等的范围能够进行各种变更、置换、附加、省略等。

[0215] 产业上的可利用性

[0216] 本公开能够应用于光学系统以及图像显示装置。具体地,本公开能够应用于用于将来自显示元件的图像光作为虚像引导至用户的视野区域的光学系统以及具备该光学系统的图像显示装置中。

[0217] -符号说明-

[0218] 1 图像显示装置

[0219] 2 显示元件

[0220] 3 光学系统

[0221] 4、4A、4B、4C、4D、4E 导光构件

[0222] 40 主体部

[0223] 5 耦合区域

[0224] 6、6A、6B、6C、6D、6E 复制区域

[0225] 61 第1衍射构造区域(衍射构造区域)

[0226] 61a 第1端

[0227] 61b 第2端

[0228] R11、R12、R13 区域

[0229] 611 第1衍射构造

[0230] 611a 凹凸部

[0231] 612 第2衍射构造

[0232] 612a 凹凸部

[0233] 613 第3衍射构造

[0234] 613a 凹凸部

[0235] 62 第2衍射构造区域(衍射构造区域、射出构造)

[0236] 7 投射光学系统

[0237] 8 视野区域

[0238] L1、L2 图像光

[0239] D1 第1方向(第1传播方向)

[0240] D2 第2方向(第2传播方向)

[0241] T1 厚度方向

[0242] C1、C2、C3 中心轴。

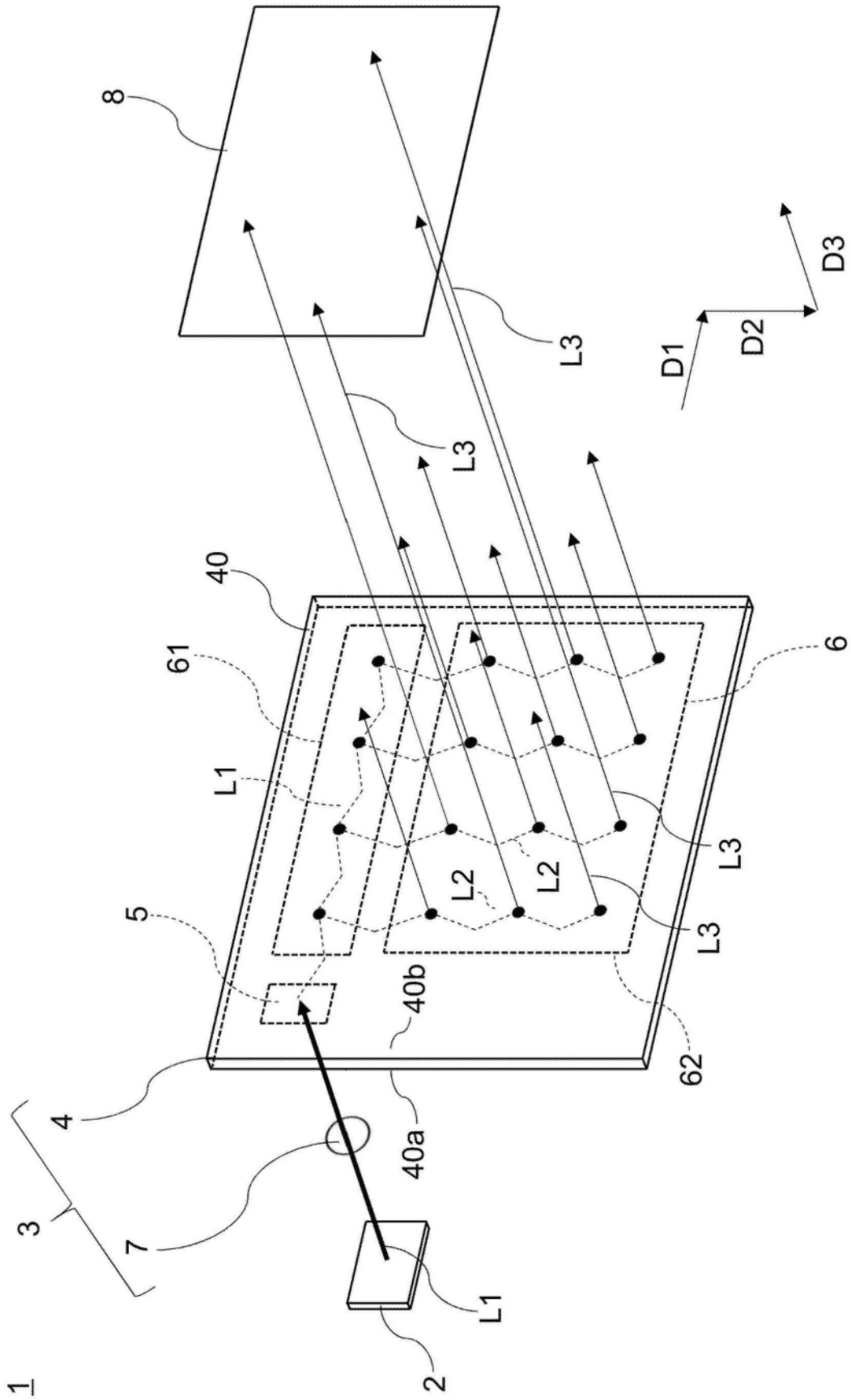


图1



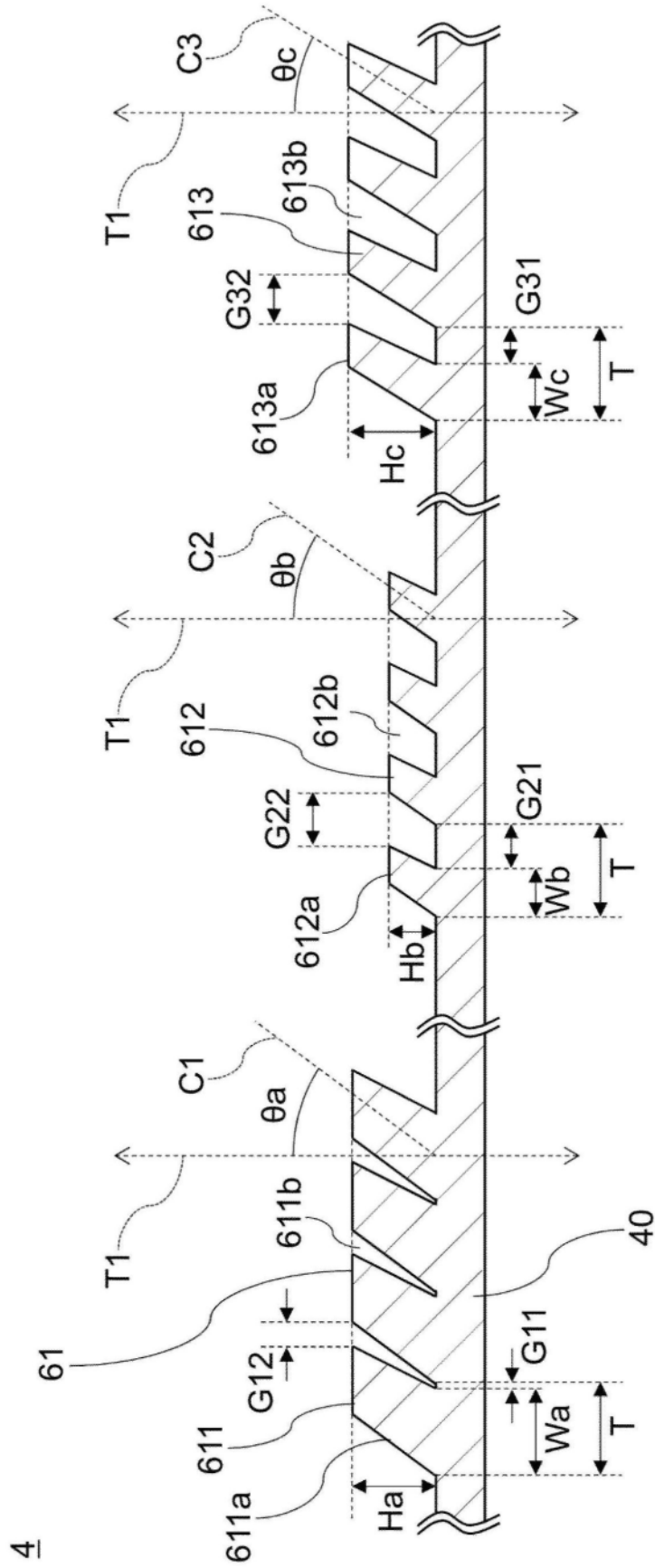


图3

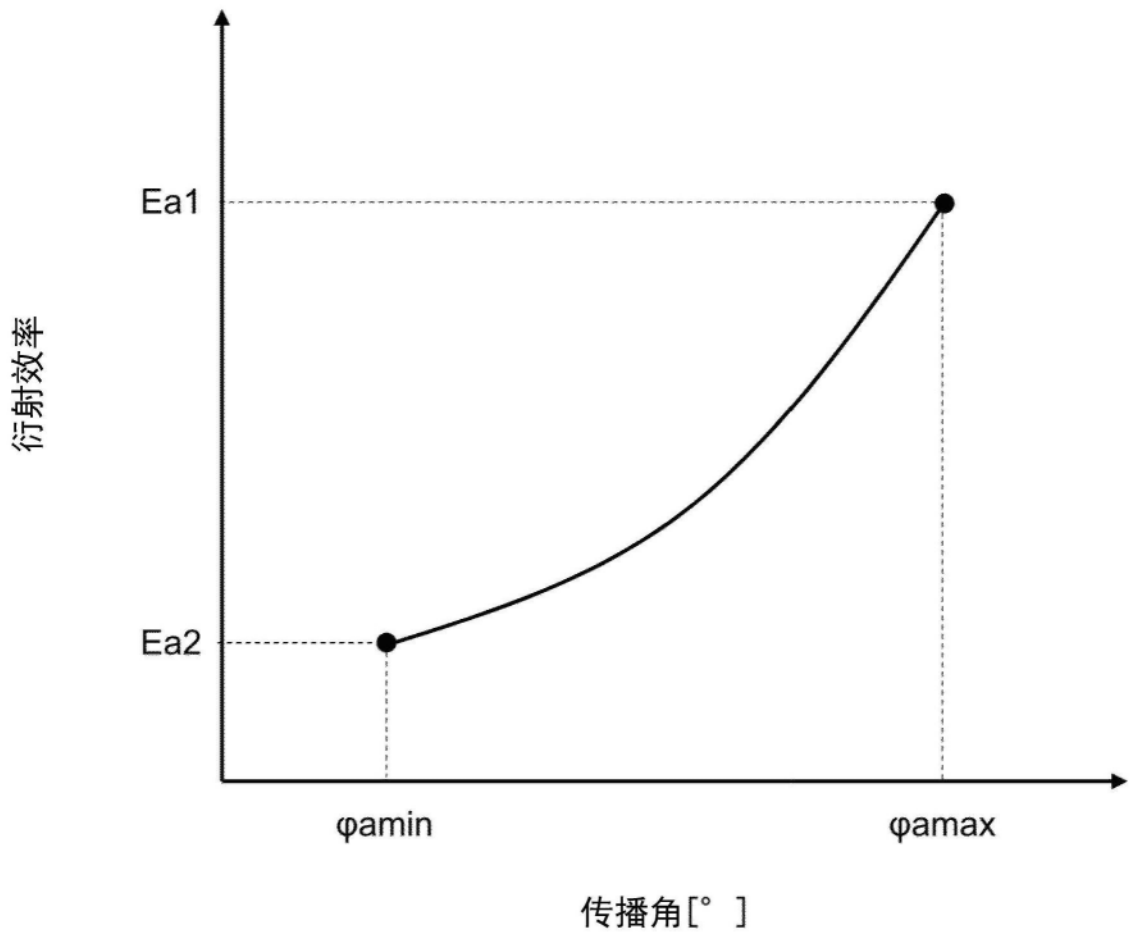


图4

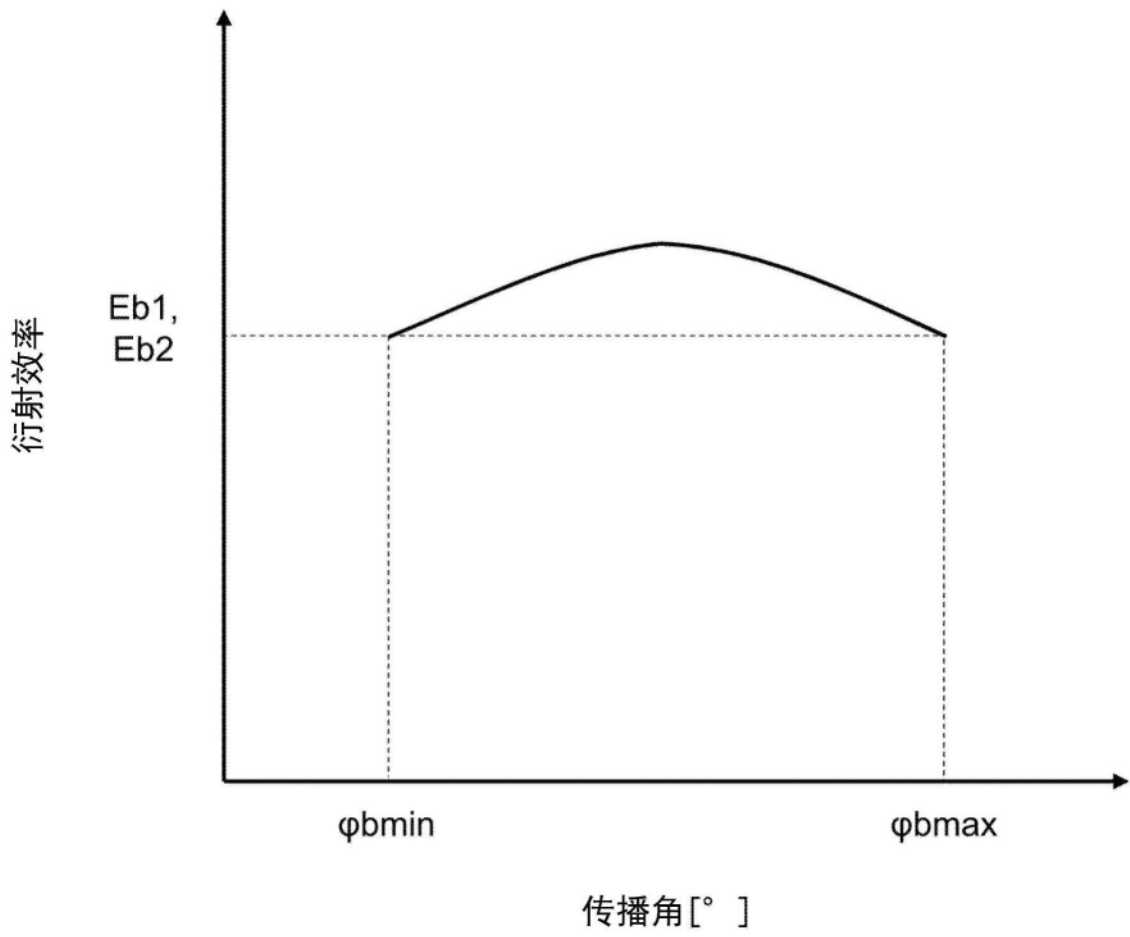


图5

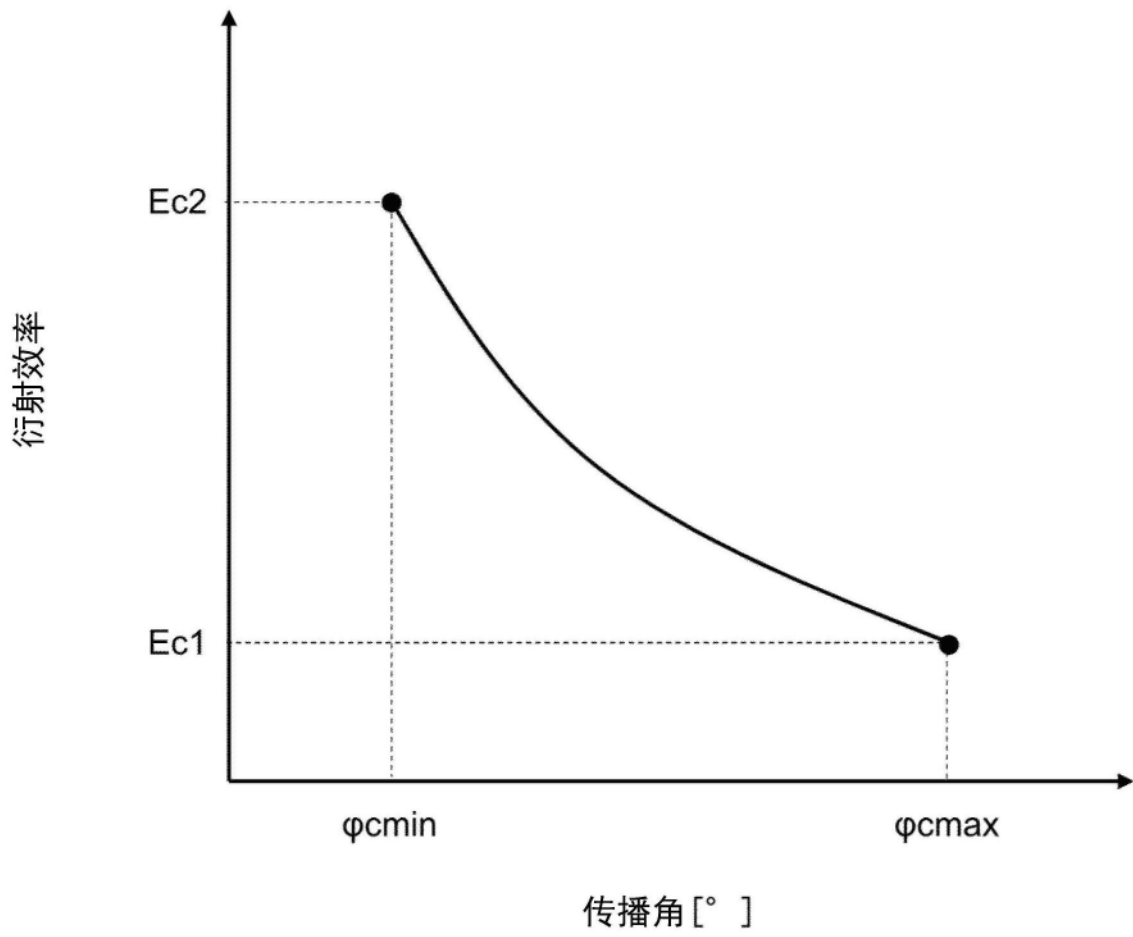


图6

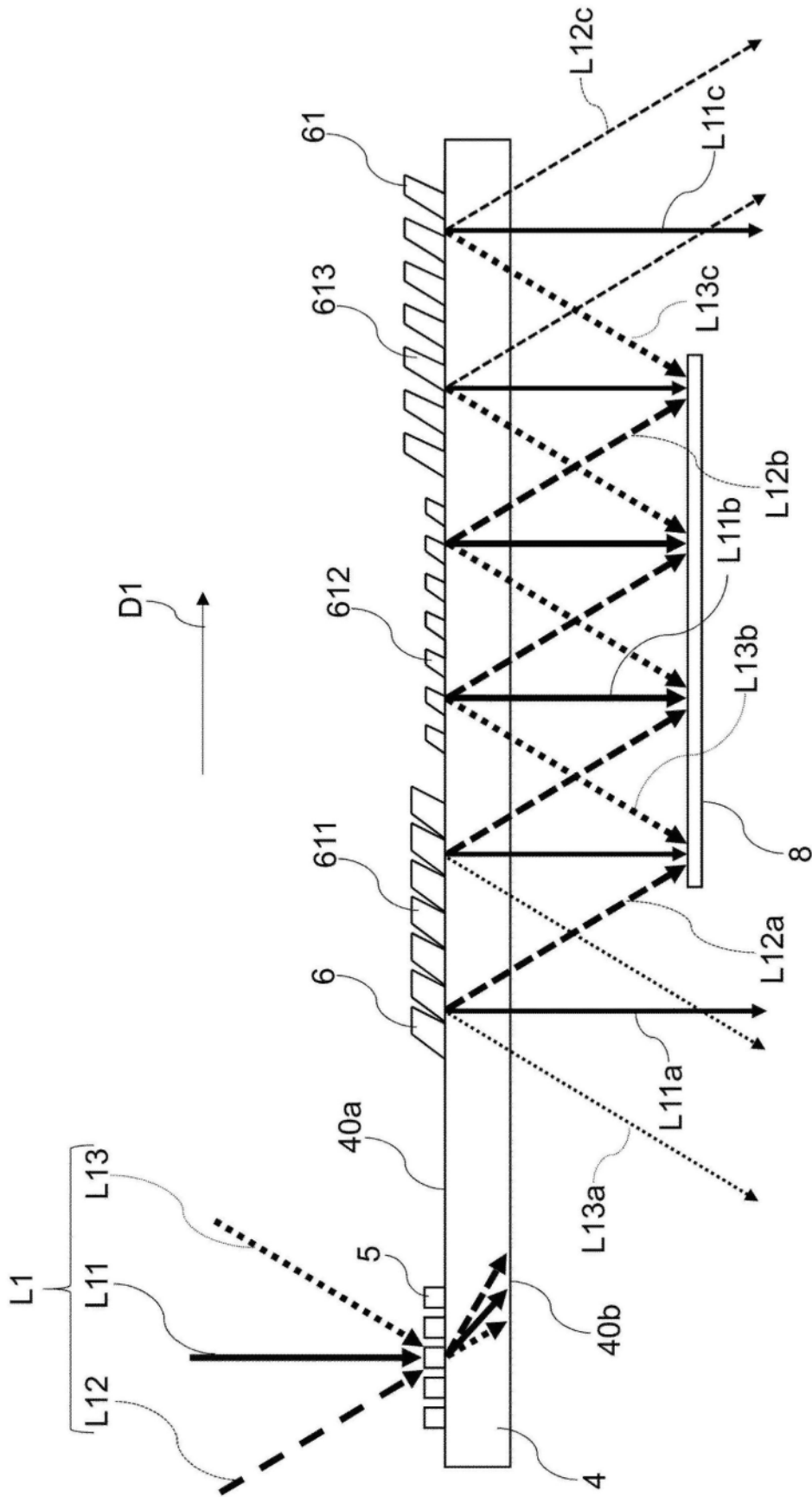


图7



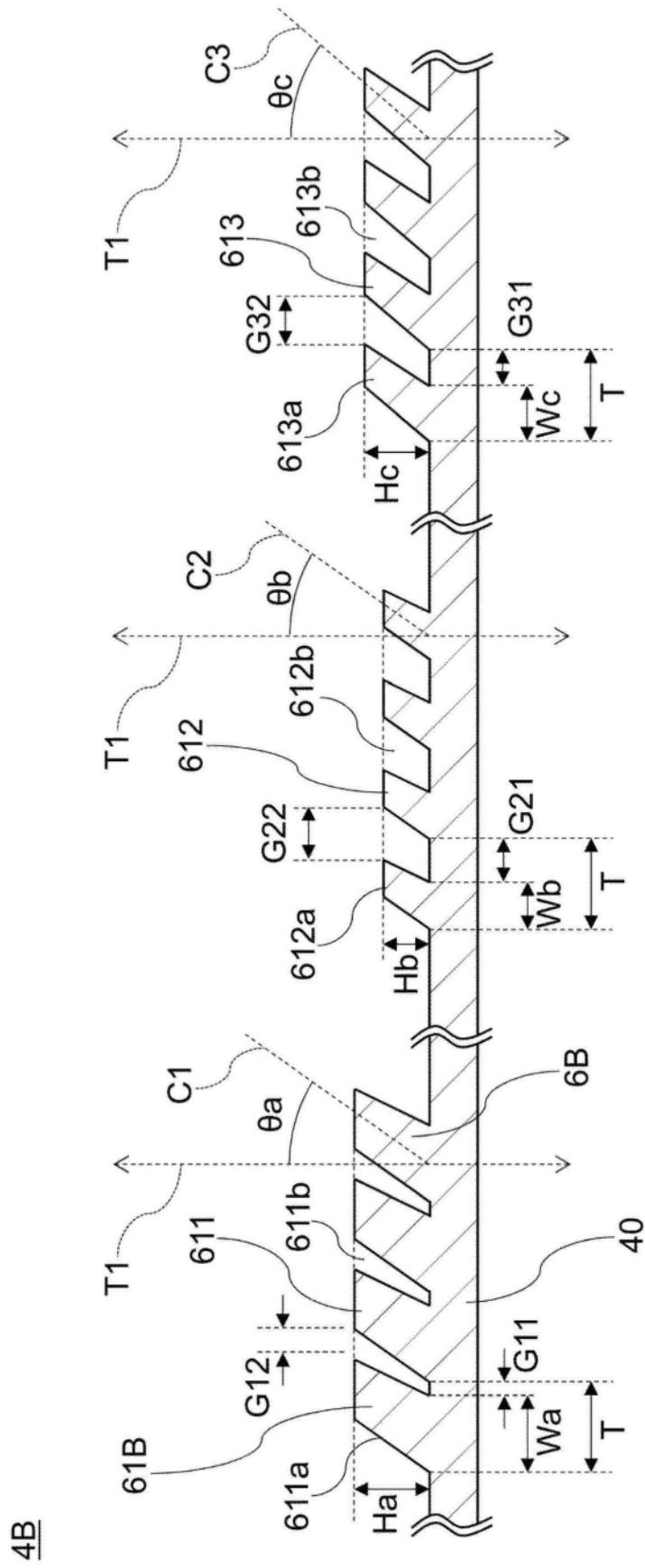


图9



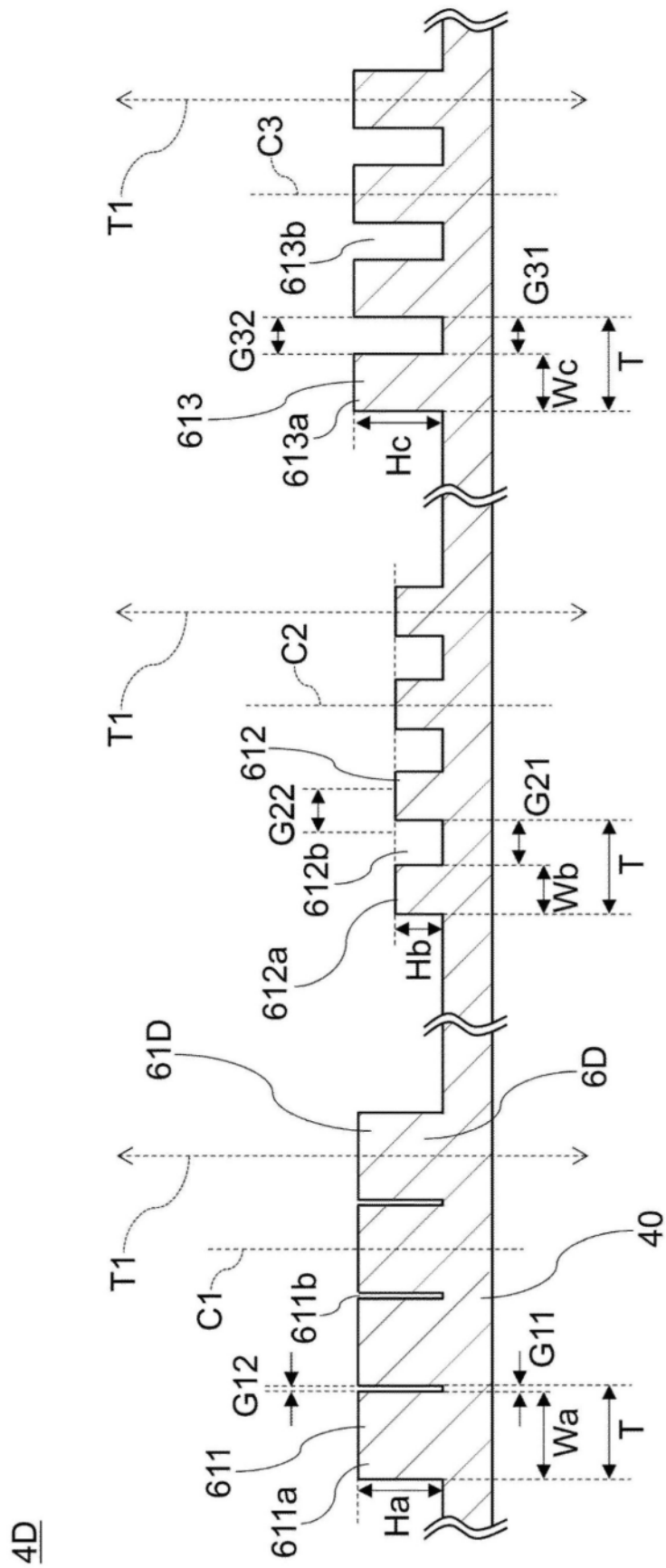


图11

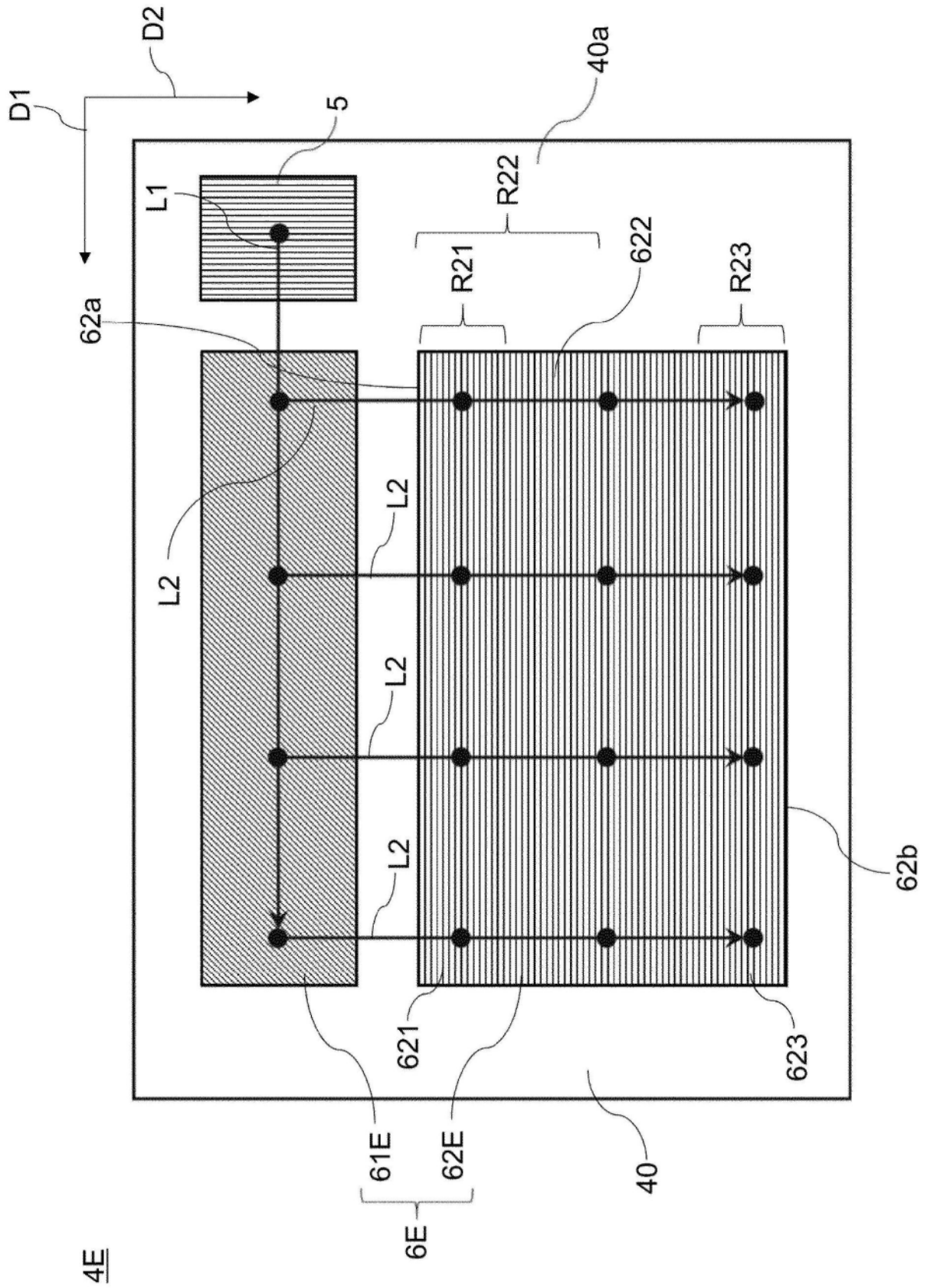


图12