



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117480430 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 30

(21) 申请号 202280040994.2

(22) 申请日 2022.04.11

(30) 优先权数据

2021-096825 2021.06.09 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.12.07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/017535 2022.04.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/259757 JA 2022.12.15

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 葛原聪 南和博

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

专利代理师 王亚爱

(51) Int.Cl.

G02B 27/02 (2006.01)

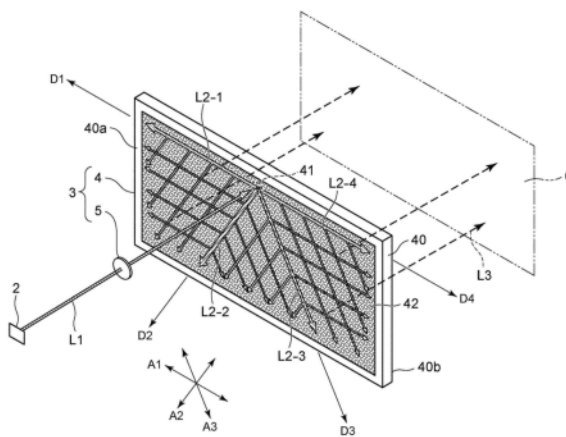
权利要求书3页 说明书22页 附图17页

(54) 发明名称

光学系统以及图像显示装置

(57) 摘要

提供一种能够提高图像光的利用效率的光学系统和图像显示装置。光学系统(3)具备将图像光(L1)引导至用户的视野区域(6)的导光构件(4),导光构件(4)具有板状的主体部(40)和形成于主体部(40)的耦合区域(41)以及出射区域(42),耦合区域(41)使图像光(L1)在主体部(40)内传播,出射区域(42)从主体部(40)向视野区域(6)出射在主体部(40)内传播的图像光(L1),耦合区域(41)和出射区域(42)中的至少一方包含周期构造体,该周期构造体由相对于主体部(40)的厚度方向的凹凸部构成,该凹凸部排列为在与主体部(40)的厚度方向正交的给定面内相互交叉的三个给定方向(A1、A2、A3)具有周期性,凹凸部的中心轴相对于主体部(40)的厚度方向倾斜。



1. 一种光学系统，

具备导光构件，所述导光构件将从显示元件输出的形成图像的图像光作为虚像引导至用户的视野区域，

所述导光构件具有板状的主体部和形成于所述主体部的耦合区域以及出射区域，

所述耦合区域使从所述显示元件入射的所述图像光在所述主体部内传播，

所述出射区域从所述主体部向所述视野区域出射在所述主体部内传播的所述图像光，

所述耦合区域和所述出射区域中的至少一方包含周期构造体，所述周期构造体由相对于所述主体部的厚度方向的凹凸部构成，所述凹凸部排列为在与所述主体部的厚度方向正交的给定面内相互交叉的三个给定方向具有周期性，

所述凹凸部的中心轴相对于所述主体部的厚度方向倾斜。

2. 根据权利要求1所述的光学系统，其中，

所述凹凸部相对于所述主体部的厚度方向的倾斜角度大于20度且小于65度。

3. 根据权利要求1或者2所述的光学系统，其中，

所述耦合区域包含所述周期构造体。

4. 根据权利要求3所述的光学系统，其中，

所述耦合区域将从所述显示元件入射的所述图像光在包含分别与所述三个给定方向平行的第一、第二以及第三分支方向的多个分支方向上分支并在所述主体部内传播。

5. 根据权利要求4所述的光学系统，其中，

所述耦合区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴在包含所述第二分支方向和所述主体部的厚度方向的平面以及包含所述第三分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部的厚度方向倾斜。

6. 根据权利要求5所述的光学系统，其中，

所述耦合区域位于在所述主体部中所述图像光入射的面侧，

所述耦合区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴，

在包含所述第二分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部中所述图像光入射的面所朝向的方向，向与所述第二分支方向相反的方向倾斜，并且，

所述耦合区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴，

在包含所述第三分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部中所述图像光入射的面所朝向的方向，向与所述第三分支方向相反的方向倾斜。

7. 根据权利要求5所述的光学系统，其中，

所述耦合区域位于在所述主体部中所述图像光出射的面侧，

所述耦合区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴，

在包含所述第二分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部中所述图像光出射的面所朝向的方向，向所述第二分支方向倾斜，并且，

所述耦合区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴，

在包含所述第三分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部中所述图像光出射的面所朝向的方向，向所述第三分支方向倾斜。

8. 根据权利要求5~7中的任一项所述的光学系统，其中，

所述凹凸部的尺寸相对于所述耦合区域的所述周期构造体的所述凹凸部的配置的周

期的比,在所述给定面内与所述第一分支方向正交的方向比在所述给定面内与所述第二分支方向正交的方向以及在所述给定面内与所述第三分支方向正交的方向大。

9. 根据权利要求4~8中的任一项所述的光学系统,其中,

若将所述周期构造体的所述第一、第二以及第三分支方向各自的波数矢量设为 k_1 、 k_2 、 k_3 ,将所述波数矢量的绝对值 $|k_1|$ 、 $|k_2|$ 、 $|k_3|$ 的最大值设为 $|k_m|$,则满足 $|k_1 - k_2 + k_3| < |k_m|/5$ 。

10. 根据权利要求9所述的光学系统,其中,

所述多个分支方向还包含第四分支方向,

若将所述周期构造体的所述第四分支方向上的波数矢量设为 k_4 ,则 $k_4 = -k_1$ 。

11. 根据权利要求9或者10所述的光学系统,其中,

k_1 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值相互相等。

12. 根据权利要求9或者10所述的光学系统,其中,

k_1 、 k_2 以及 k_3 中的两个绝对值互相相等。

13. 根据权利要求9或者10所述的光学系统,其中,

k_1 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值相互不同。

14. 根据权利要求1~13中的任一项所述的光学系统,其中,

所述出射区域包含所述周期构造体。

15. 根据权利要求14所述的光学系统,其中,

所述出射区域将来自所述耦合区域的所述图像光向包含分别与所述三个给定方向平行的第一、第二以及第三分支方向的多个分支方向分支并在所述主体部内传播,将在所述主体部内沿着所述多个分支方向传播的所述图像光从所述主体部向所述视野区域出射。

16. 根据权利要求15所述的光学系统,其中,

所述出射区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴在包含所述第一分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部的厚度方向倾斜。

17. 根据权利要求15所述的光学系统,其中,

所述出射区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴在包含所述第二分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部的厚度方向倾斜。

18. 根据权利要求15所述的光学系统,其中,

所述出射区域的所述周期构造体的所述凹凸部的中心轴在包含所述第三分支方向和所述主体部的厚度方向的平面中相对于所述主体部的厚度方向倾斜。

19. 根据权利要求14~18中的任一项所述的光学系统,其中,

在所述出射区域的所述周期构造体中,越远离所述耦合区域,向从所述导光构件朝向所述视野区域的方向的衍射效率越大。

20. 根据权利要求14~19中的任一项所述的光学系统,其中,

在所述出射区域的所述周期构造体中,越远离所述耦合区域,所述凹凸部的中心轴相对于所述主体部的厚度方向的倾斜角度越小。

21. 根据权利要求1~20中的任一项所述的光学系统,其中,

所述耦合区域以及所述出射区域包含所述周期构造体,

所述耦合区域的所述周期构造体与所述出射区域的所述周期构造体在所述三个给定

方向上分别周期相等。

22. 根据权利要求1~21中的任一项所述的光学系统,其中,所述凹凸部在所述给定面内排列成六角形栅格状。

23. 根据权利要求1~22中的任一项所述的光学系统,其中,所述导光构件通过将所述耦合区域入射到所述导光构件内的所述图像光分割为在所述三个给定方向的各个方向上分别相互平行的多个图像光并向所述视野区域出射,从而复制并扩展所述图像光的光瞳。

24. 根据权利要求1~23中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,所述投射光学系统使所述图像光作为大致准直光而入射到所述导光构件的所述耦合区域。

25. 一种图像显示装置,具备:

权利要求1~24中的任一项所述的光学系统;以及
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公开了具备用于在两个方向上扩展出射光瞳的波导(导光构件)的光学元件(光学系统)。光学元件具备三个衍射光学元件(DOE)。第一DOE使来自显示元件的光耦合到波导的内部。第二DOE使出射光瞳在第一方向上沿着第一坐标轴扩展。第三DOE使出射光瞳在第二方向上沿着第二坐标轴扩展,使光出射到波导的外部。

[0003] 专利文献2公开了在表面具备入射衍射光学元件(in-coupling diffractive optic)和出射衍射光学元件(out-coupling diffractive optic)的波导。出射衍射光学元件通过具备光栅矢量不同的列交替地排列的衍射阵列,具有不与入射衍射光学元件的光栅矢量平行的多个光栅矢量。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:美国专利第10429645号说明书

[0007] 专利文献2:美国专利申请公开第2020/0209630号说明书

发明内容

[0008] -发明所要解决的课题-

[0009] 专利文献1、2所记载的技术例如被利用于头戴式显示器。在头戴式显示器中,希望提高形成来自显示元件的图像的光(图像光)的利用效率。

[0010] 本公开提供一种能够提高来自显示元件的图像光的利用效率的光学系统以及图像显示装置。

[0011] -用于解决课题的手段-

[0012] 本公开的一方式所涉及的光学系统具备将从显示元件输出的形成图像的图像光作为虚像引导至用户的视野区域的导光构件。导光构件具有板状的主体部和形成于主体部的耦合区域以及出射区域。耦合区域使从显示元件入射的图像光在主体部内传播。出射区域从主体部向视野区域出射在主体部内传播的图像光。耦合区域和出射区域中的至少一方包含周期构造体,该周期构造体由相对于主体部的厚度方向的凹凸部构成,该凹凸部排列为在与主体部的厚度方向正交的给定面内相互交叉的三个给定方向具有周期性。凹凸部的中心轴相对于主体部的厚度方向倾斜。

[0013] 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。

[0014] -发明效果-

[0015] 根据本公开的方式,能够提高来自显示元件的图像光的利用效率。

附图说明

- [0016] 图1是具备一实施方式所涉及的光学系统的图像显示装置的结构例的示意图。
- [0017] 图2是图1的光学系统的导光构件的结构例的示意俯视图。
- [0018] 图3是图1的光学系统的导光构件的结构例的示意侧视图。
- [0019] 图4是图2的导光构件的周期构造体的结构例的俯视图。
- [0020] 图5是图2的导光构件的周期构造体的结构例的剖视图。
- [0021] 图6是图2的导光构件的周期构造体的比较例的俯视图。
- [0022] 图7是表示图4的周期构造体中的光的衍射效率的仿真的结果的图。
- [0023] 图8是表示图6的周期构造体中的光的衍射效率的仿真的结果的图。
- [0024] 图9是图2的导光构件的周期构造体的波数矢量的说明图。
- [0025] 图10是图2的导光构件的周期构造体的波数矢量的说明图。
- [0026] 图11是图2的导光构件的周期构造体的波数矢量的说明图。
- [0027] 图12是表示图2的导光构件的光的强度的仿真的结果的图。
- [0028] 图13是变形例1的导光构件的耦合区域的结构例的俯视图。
- [0029] 图14是表示图13的周期构造体中的光的衍射效率的仿真的结果的图。
- [0030] 图15是变形例2的导光构件的耦合区域的结构例的剖视图。
- [0031] 图16是变形例3的导光构件的耦合区域的结构例的剖视图。
- [0032] 图17是变形例4的导光构件的结构例的俯视图。
- [0033] 图18是变形例5的导光构件的结构例的俯视图。
- [0034] 图19是变形例6的光学系统的结构例的说明图。
- [0035] 图20是变形例6的光学系统的其他结构例的说明图。
- [0036] 图21是图20的光学系统的导光构件的周期构造体的波数矢量的一例的说明图。
- [0037] 图22是变形例6的周期构造体的其他结构例的说明图。
- [0038] 图23是图22的周期构造体的波数矢量的一例的说明图。
- [0039] 图24是变形例7的导光构件的周期构造体的结构例的说明图。
- [0040] 图25是变形例7的导光构件的周期构造体的其他结构例的说明图。
- [0041] 图26是变形例7的导光构件的周期构造体的另一结构例的说明图。

具体实施方式

[0042] 以下,适当参照附图对实施方式进行详细地说明。其中,有时省略必要以上的详细的说明。例如,有时省略已经熟知的事项的详细说明、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不必要地变得冗余,使本领域技术人员容易理解。另外,发明人(等)为了使本领域技术人员充分地理解本公开而提供附图以及以下的说明,并非意图通过它们来限定权利要求书所记载的主题。

[0043] [1.实施方式]

[0044] [1.1概要]

[0045] 图1是一实施方式的图像显示装置1的结构例的示意图。图像显示装置1例如是装配于用户的头部并显示图像(影像)的头戴式显示器(HMD)。在本公开中,关于光,“朝向○○方向”以及“向○○方向传播”等表现意味着相当于图像的中心的或者形成图像的光作为

整体朝向○○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”只要该光的主光线朝向○○方向即可,光的副光线也可以相对于○○方向倾斜。

[0046] 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。显示元件2输出形成图像的图像光L1。光学系统3具备导光构件4和投射光学系统5。导光构件4将从显示元件2输出的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域6。导光构件4具有板状的主体部40和形成于主体部40的耦合区域41以及出射区域42。耦合区域41使从显示元件2入射的图像光L1在主体部40内传播。出射区域42将在主体部40内传播的图像光L1从主体部40出射到视野区域6。在此,为了简单,图1将图像光L1描绘为具有指向性的光,但实际上作为具有相当于视野角的角度入射至导光构件4。

[0047] 图2是导光构件4的结构例的示意俯视图,图3是导光构件4的结构例的示意侧面图。在图3中,为了容易理解地表示图像显示装置1的光瞳扩展的功能,代替显示元件2以及投射光学系统5而图示光瞳L10。

[0048] 如图2所示,在导光构件4中,耦合区域41和出射区域42包含周期构造体。

[0049] 图4是耦合区域41的周期构造体的结构例的俯视图,图5是耦合区域41的周期构造体的结构例的剖视图。如图4所示,周期构造体由凹凸部41a构成,该凹凸部41a排列为在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。在图5中,示出了在图像光L1a入射到耦合区域41时,受到周期构造体的衍射作用而在主体部40内传播的图像光L2a的举动。如图5所示,凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图5中的上下方向)T倾斜。

[0050] 这样,在导光构件4中,耦合区域41以及出射区域42分别包含周期构造体,周期构造体在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。因此,在导光构件4中,耦合区域41将图像光L1向包含分别与三个给定方向A1、A2、A3平行的第一、第二、第三以及第四分支方向D1、D2、D3、D4的多个分支方向分支并在主体部40内传播,出射区域42将在主体部40内在多个分支方向上传播的图像光L2-1~L2-4从主体部40向视野区域6出射。这样,导光构件4将图像光L1向多个分支方向分支而分割为相互平行的多个图像光L3并向视野区域6出射,由此复制图像光L1的光瞳并进行扩展。在周期构造体中,通过凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T倾斜,能够进行与主体部40的厚度方向T正交的给定面内的光的衍射效率的控制。例如,通过调整使凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T倾斜的方向以及角度,能够减少在不需要光的衍射的方向上传播的光的量,增加在需要光的衍射的方向上传播的光的量。由此,能够将来自显示元件2的图像光L1高效地引导至视野区域6。因此,能够提高来自显示元件的图像光的利用效率。

[0051] [1.2详细内容]

[0052] 以下,参照图1~图12对本实施方式的图像显示装置1更详细地进行说明。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。

[0053] 显示元件2为了显示图像(影像)而输出形成图像的图像光L1。图像光L1包含从显示元件2的各点输出的光线。显示元件2的各点例如对应于显示元件2的各像素。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,可以举出液晶显示器、有机EL显示器、扫描型MEMS反射镜等已知的显

示器。

[0054] 如图1所示,光学系统3将显示元件2输出的图像光L1引导至对用户的眼睛设定的视野区域6。在视野区域6中,用户能够以自身的眼睛不间断地视觉辨认显示元件2形成的图像。特别是,在本实施方式中,光学系统3通过光瞳扩展的作用来扩展视野区域6。

[0055] 如图1所示,光学系统3具备导光构件4和投射光学系统5。

[0056] 导光构件4将从显示元件2输出的形成图像的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域6。导光构件4具有板状的主体部40和形成于主体部40的耦合区域41以及出射区域42。

[0057] 主体部40在可视光区域由透明的材料形成,具有厚度方向T的第一面40a以及第二面40b。在本实施方式中,主体部40为矩形的板状。如图1所示,主体部40被配置为使第一面40a朝向显示元件2侧、使第二面40b朝向视野区域6侧。在本实施方式中,第一面40a包含在主体部40中图像光L1入射的面。在本实施方式中,第二面40b包含在主体部40中图像光L1出射的面。

[0058] 耦合区域41使从显示元件2入射的图像光L1在主体部40内传播。耦合区域41是在导光构件4中来自显示元件2的图像光L1入射的区域。耦合区域41用于显示元件2与导光构件4的耦合(coupling, 偶联)。耦合区域41使来自外部的光(图像光L1)入射至导光构件4内,以使得来自外部的光在全反射条件下在导光构件4的主体部40内传播(参照图3)。在此所说的“耦合”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。

[0059] 耦合区域41形成于主体部40的第一面40a。换句话说,耦合区域41位于主体部40中图像光L1入射的面(第一面40a)侧。耦合区域41在主体部40的第一面40a的给定的矩形区域内,在矩形区域的宽度方向的一端位于矩形区域的长度方向的中央。如图2所示,耦合区域41是在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性的衍射光栅。在本实施方式中,三个给定方向A1、A2、A3相互不正交。耦合区域41形成于主体部40中成为显示元件2侧的面(图像光L1入射的面)的第一面40a,因此是透射型的衍射光栅。在图2中,给定方向A1与主体部40的长度方向对应。以图2的逆时针方向为基准,给定方向A2相对于给定方向A1以给定角度(例如60度)交叉,给定方向A3相对于给定方向A1以给定角度(例如120度)交叉。

[0060] 更详细而言,耦合区域41包含周期构造体,周期构造体由相对于主体部40的厚度方向T的凹凸部41a构成,所述凹凸部41a排列为在给定面内在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。如图4所示,凹凸部41a排列为满足以下的条件(1)~(3)。条件(1)是“在给定的方向A1上,在与给定方向A1正交的方向X1上排列的凹凸部41a的列以固定间隔排列的”。通过满足条件(1),周期构造体作为使光在给定的方向A1上衍射的衍射光栅发挥作用。条件(2)是“在给定的方向A2上,在与给定方向A2正交的方向X2上排列的凹凸部41a的列以固定间隔排列的”。通过满足条件(2),周期构造体作为使光在给定的方向A2上衍射的衍射光栅发挥作用。条件(3)是“在给定的方向A3上,在与给定方向A3正交的方向X3上排列的凹凸部41a的列以固定间隔排列的”。通过满足条件(3),周期构造体作为使光在给定的方向A3上衍射的衍射光栅发挥作用。在本实施方式中,凹凸部41a以六角形栅格状排列,由此,满足条件(1)~(3)。在本实施方式中,凹凸部41a在俯视时为正六边形的突起。

[0061] 这样,耦合区域41在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。由此,耦合区域41将从显

示元件2入射的图像光L1向多个分支方向分支而在主体部40内传播。多个分支方向包含分别与三个给定方向A1、A2、A3平行的第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3。第一分支方向D1与第三分支方向D3之间的角度比第一分支方向D1与第二分支方向D2之间的角度大。多个分支方向还包含第四分支方向D4。第四分支方向D4是与第一分支方向D1相反的方向。第一分支方向D1与第四分支方向D4之间的角度比第一分支方向D1与第三分支方向D3之间的角度大。具体而言,第一分支方向D1与第二分支方向D2之间的角度为60度,第一分支方向D1与第三分支方向D3之间的角度为120度,第一分支方向D1与第四分支方向D4之间的角度为180度。在此的角度将从图像光L1入射到导光构件4的方向观察导光构件4的情况的逆时针方向设为正方向。

[0062] 耦合区域41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进行全反射的条件入射至导光构件4的主体部40内。

[0063] 通过耦合区域41,图像光L1在导光构件4的主体部40内被第一面40a以及第二面40b全反射,从而进入多个分支方向D1~D4。这样,耦合区域41将图像光L1分支为在主体部40内向多个分支方向D1~D4传播的图像光L2-1~L2-4。换言之,如图2所示,耦合区域41将图像光L1分支为在主体部40内向多个分支方向D1~D4传播的图像光L2-1~L2-4。

[0064] 在实施方式中,由于耦合区域41在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性,因此多个分支方向还能够包含第五以及第六分支方向。第五以及第六分支方向分别是与第二以及第三分支方向D2、D3相反的方向。在导光构件4的结构上,在第五以及第六分支方向上传播的图像光的大部分不从出射区域42向视野区域6出射,因此变得浪费。因此,在导光构件4中,通过减少在如第五以及第六分支方向那样的不需要光的衍射的方向上传播的光的量,增加在如第一~第四分支方向那样的需要光的衍射的方向上传播的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0065] 从这样的观点出发,在本实施方式中,如图5所示,凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图5中的上下方向)T倾斜。中心轴C1是通过俯视时的凹凸部41a的中心的轴。中心轴C1的方向决定包含主体部40的厚度方向的任意的面中的凹凸部41a相对于主体部40的斜率。在耦合区域41中,通过使凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T倾斜,能够进行与主体部40的厚度方向T正交的给定面内的光的衍射效率的控制。在图5中,凹凸部41a的中心轴C1在与给定方向A1正交的方向X1上倾斜。由此,凹凸部41a的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面以及包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。在图5中,凹凸部41a的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1入射的面(第一面40a)所朝向的方向(图5中的上方向)向与第二分支方向D2相反的方向倾斜,并且在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1入射的面(第一面40a)所朝向的方向(图5中的上方向)向与第三分支方向D3相反的方向倾斜。换句话说,凹凸部41a的中心轴C1倾斜为从主体部40的第一面40a朝向与第二分支方向D2以及第三分支方向D3相反的一侧。由此,如图5所示,耦合区域41容易使照射到凹凸部41a的图像光L1a作为朝向第二分支方向D2或者第三分支方向D3的图像光L2a在主体部40内传播。换句话说,能够减少图像光L1a向与第二分支方向D2或者第三分支方向D3的相反一侧的衍射,将图像光L1a高效地传播到用户的视野区域6。在此,图5的凹凸部41a的侧面倾斜

为平行,但并不局限于此,也可以具有光栅宽度从第一面40a逐渐变小的锥形构造、台阶状(多级)的构造。

[0066] 图6是耦合区域41的周期构造体的比较例的俯视图。在图6的比较例中,凹凸部41a的中心轴相对于主体部40的厚度方向不倾斜。为了确认具备图4所示的凹凸部41a的周期构造体与具备图6所示的凹凸部41a的周期构造体的差异,进行了光的衍射效率的仿真。图7是表示图4的周期构造体中的光的衍射效率的仿真的结果的图,图8是表示图6的周期构造体中的光的衍射效率的仿真的结果的图。在图7、8中,效率F0表示图像L1入射到周期构造体时的0次的衍射效率。效率F1~F6分别表示图像L1入射到周期构造体时的向第一~第六分布方向D1~D6传播的衍射效率。在图7、图8的仿真中,涂黑越浓意味着效率F0~6越大,涂黑越淡意味着效率F0~F6越小。从图8可知,在具备图6所示的凹凸部41a的周期构造体中,效率F1~F6均等。另一方面,从图7可知,在具备图4所示的凹凸部41a的周期构造体中,效率F5、F6减少,效率F2、F3增加。因此,通过采用具备图4所示的凹凸部41a的周期构造体,与具备图6所示的凹凸部41a的周期构造体相比,能够减少在如第五以及第六分支方向那样的不需要光的衍射的方向上传播的光的量,增加在如第二以及第三分支方向那样的需要光的衍射的方向上传播的光的量。由此,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0067] 凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图5中的上下方向)T的倾斜角度 θ 例如设定为大于20度且小于65度。

[0068] 出射区域42将在主体部40内传播的图像光L1从主体部40出射到视野区域6。出射区域42从主体部40向视野区域6出射在主体部40内向多个分支方向D1~D4传播的多个图像光L2-1~L2-4。更详细而言,出射区域42使来自耦合区域41的图像光L2沿着其分支方向传播,将图像光L2的一部分从导光构件4出射到视野区域6。

[0069] 出射区域42形成于主体部40的第一面40a。特别是,出射区域42在主体部40的第一面40a的给定的矩形区域内设置于除了耦合区域41以外的部分。如图2所示,出射区域42是在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性的衍射光栅。出射区域42形成于在主体部40中成为与视野区域6相反一侧的面(图像光L1入射的面)的第一面40a,因此是反射型的衍射光栅。在本实施方式中,出射区域42是与耦合区域41相同的构造。因此,在三个给定方向A1、A2、A3的各方向上,耦合区域41以及出射区域42的周期是恒定的,相互相等。

[0070] 这样,出射区域42在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。因此,出射区域42使来自耦合区域41的图像光L2的一部分向与该分支方向不同的分支方向分支。作为一例,图2示出从自耦合区域41向第一分支方向D1行进的图像光L2-1分支出向第二分支方向D2行进的多个图像光L2-2的情形。作为一例,图2示出从自耦合区域41向第二分支方向D2行进的图像光L2-2分支出向第一以及第三分支方向D1、D3行进的多个图像光L2-1、L2-3的情形。作为一例,图2示出从自耦合区域41向第三分支方向D3行进的图像光L2-3分支出向第二以及第四分支方向D2、D4行进的多个图像光L2-2、L2-4的情形。作为一例,图2示出从自耦合区域41向第四分支方向D4行进的图像光L2-4分支出在第三分支方向D3行进的多个图像光L2-3的情形。

[0071] 这样,图像光L1通过耦合区域41以及出射区域42分支为在主体部40内分别向多个分支方向D1~D4行进的多个图像光L2-1~L2-4,在与主体部40的厚度方向正交的给定面内

扩展。分别向多个分支方向D1~D4行进的多图像光L2-1~L2-4分别被分支为相互平行的多个图像光L3(参照图3)并从主体部40朝向视野区域6出射。

[0072] 出射区域42是与耦合区域41相同的构造,因此如图5所示,凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图5中的上下方向)T倾斜。由此,与具备图6所示的凹凸部41a的周期构造体相比,能够减少在如第五以及第六分支方向那样的不需要光的衍射的方向上传播的光的量,增加在如第二以及第三分支方向那样的需要光的衍射的方向上传播的光的量。由此,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0073] 在本实施方式中,耦合区域41以及出射区域42双方是在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性的周期构造体。因此,在主体部40的第一面40a的给定的矩形区域内形成的周期构造体中的一部分作为耦合区域41发挥功能,剩余的部分作为出射区域42发挥功能。

[0074] 在导光构件4中,耦合区域41以及出射区域42的周期构造体的多个分支方向各自的波数矢量如以下那样设定。即,将耦合区域41以及出射区域42的周期构造体的第一、第二、第三以及第四分支方向D1、D2、D3、D4各自的波数矢量设为 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 。在本实施方式中,第 n (n 为3以上的整数)分支方向被设定为第一分支方向与第 n 分支方向之间的角度比第一分支方向与第 $n-1$ 分支方向之间的角度大。在此的角度将从图像光L1入射到导光构件4的方向观察导光构件4时的逆时针方向设为正方向。波数矢量的分量例如基于将给定方向A1设为 x 轴的方向、将在给定面内与给定方向A1正交的方向设为 y 轴的 x - y 平面来设定。在该情况下,可以将耦合区域41的中心作为 x - y 平面的原点。

[0075] 在光学系统3中,若将耦合区域41以及出射区域42的周期构造体的第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3各自的波数矢量设为 k_1 、 k_2 、 k_3 ,将第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3各自的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 的绝对值中的最大值设为 k_m ,则优选波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1-k_2+k_3| < k_m/5$ 。 $|k_1-k_2+k_3|$ 是由 $k_1-k_2+k_3$ 表示的合成矢量的绝对值。在这种情况下,能够减小到达用户的视野区域6的图像光L3的色差。由此,能够实现图像质量的提高。更优选的是,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1-k_2+k_3| < k_m/10$ 。在这种情况下,即使图像光L1的波段具有 $\pm 2\text{nm}$ 左右的宽度,也能够将用户识别的色差减小一成左右,实现图像质量的进一步提高。更优选的是,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1-k_2+k_3| < |k_m|/50$ 。在这种情况下,即使图像光L1的波段具有 $\pm 10\text{nm}$ 左右的宽度,也能够将用户识别的色差减小一成左右,实现图像质量的进一步提高。更优选的是,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1-k_2+k_3| = 0$ 。在这种情况下,由于入射到耦合区域41的图像光L1的角度与从出射区域42向视野区域6出射的图像光L3的角度一致,所以能够保存图像光L1的角度。因此,能够实现图像质量的提高。

[0076] 在本实施方式中,如图9所示,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1-k_2+k_3| = 0$ 。 $|k_1-k_2+k_3| = 0$ 没有严格的意义,也可以是 $k_1-k_2+k_3$ 可视为0的范围。如图10所示,波数矢量 k_2 、 k_3 、 k_4 满足 $|k_4+k_2-k_3| = 0$ 。 $|k_4+k_2-k_3|$ 是由 $k_4+k_2-k_3$ 表示的合成矢量的绝对值。 $|k_4+k_2-k_3| = 0$ 没有严格的意义,也可以是 $|k_4+k_2-k_3|$ 可视为0的范围。如图11所示,波数矢量 k_1 、 k_4 满足 $|k_1+k_4| = 0$ 。 $|k_1+k_4|$ 是由 k_1+k_4 表示的合成矢量的绝对值。 $|k_1+k_4| = 0$ 没有严格的意义,也可以是 $|k_1+k_4|$ 可视为0的范围。在本实施方式中,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 以及 k_4 各自的绝对值相互相等。此外,波数矢量 k_4 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值相互相等。由此,在图像光L1沿着主体部40的厚度方向T入射到耦合区域41的情况下,能够将图像光L1的光瞳L10等间隔地配置于视野

区域6。特别是,如图3所示,在图像光L1沿着主体部40的厚度方向T入射到耦合区域41的情况下,能够配置图像光L1的光瞳L10以使得视野区域6的空白变小。

[0077] 如图3所示,以上所述的导光构件4将从耦合区域41入射到主体部40内的图像光L1分割为在主体部40内向多个分支方向传播的多个图像光L2,进而将在多个分支方向上传播的多个图像光L2分割为相互平行的多个图像光L3并向视野区域6出射,由此复制图像光L1的光瞳L10并扩展。

[0078] 投射光学系统5投射从显示元件2输出的形成图像的图像光L1。由此,投射光学系统5使来自显示元件2的图像光L1入射至导光构件4。如图1以及图2所示,投射光学系统5位于显示元件2与导光构件4的耦合区域41之间。投射光学系统5例如使来自显示元件2的图像光L1准直而入射到耦合区域41。投射光学系统5使图像光L1作为大致准直光而入射到耦合区域41。投射光学系统5例如是双凸透镜。

[0079] [1.3仿真]

[0080] 为了确认以上所述的导光构件4对光瞳的扩展的效果,进行了导光构件4的耦合区域41以及出射区域42的周期构造体中的光强度的分布的仿真。图12表示导光构件4的光的强度的仿真的结果。图12表示在导光构件4的出射区域42上以给定间隔设定的多个部分的光的强度的分布。在图12中用白色虚线的圆表示的部分相当于耦合区域41。在此,为了易于理解光瞳的扩展的效果,设定图像光L1的光瞳L10的大小以使得被复制的光瞳不重叠。从图12可知,在出射区域42的大致整体分布光。因此,能够确认通过耦合区域41以及出射区域42在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互不正交地交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性,能够复制并扩展图像光L1的光瞳L10。

[0081] [1.4效果等]

[0082] 以上所述的光学系统3具备将从显示元件2输出的形成图像的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域6的导光构件4。导光构件4具有板状的主体部40、形成于主体部40的耦合区域41以及出射区域42。耦合区域41使从显示元件2入射的图像光L1在主体部40内传播。出射区域42将在主体部40内传播的图像光L1从主体部40出射到视野区域6。耦合区域41和出射区域42包含周期构造体,该周期构造体由相对于主体部40的厚度方向T的凹凸部41a构成,所述凹凸部41a排列为在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向T倾斜。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0083] 此外,在光学系统3中,凹凸部41a相对于主体部40的厚度方向T的倾斜角度 θ 大于20度且小于65度。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0084] 此外,在光学系统3中,耦合区域41将从显示元件2入射的图像光L1向包含分别与三个给定方向A1、A2、A3平行的第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3在内的多个分支方向分支并在主体部40内传播。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0085] 此外,在光学系统3中,若将周期构造体的第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3各自的波数矢量设为 k_1 、 k_2 、 k_3 ,将第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3各自的波数矢量的绝对值中的最大值设为 k_m ,则波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 优选满足 $|k_1 - k_2 + k_3| < k_m/5$ 。在这种情况下,能够减小到达用户的视野区域6的图像光L3的色差。由此,能够实现图像质量的提高。更优选的是,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1 - k_2 + k_3| < k_m/10$ 。在这种情况下,即使图像光L1的

波段具有 $\pm 2\text{nm}$ 左右的宽度,也能够将用户识别的色差减小一成左右,实现图像质量的进一步提高。更优选的是,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1 - k_2 + k_3| < k_m/50$ 。在这种情况下,即使图像光L1的波段具有 $\pm 10\text{nm}$ 左右的宽度,也能够将用户识别的色差减小一成左右,实现图像质量的进一步提高。更优选的是,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1 - k_2 + k_3| = 0$ 。在这种情况下,由于入射到耦合区域41的图像光L1的角度与从出射区域42向视野区域6出射的图像光L3的角度一致,所以能够保存图像光L1的角度。因此,能够实现图像质量的提高。

[0086] 此外,在光学系统3中,多个分支方向还包含第四分支方向D4。若将周期构造体的第四分支方向D4上的波数矢量设为 k_4 ,则 $k_4 = -k_1$ 。根据该结构,能够扩展视野区域6。

[0087] 此外,在光学系统3中, k_1 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值相互相等。根据该结构,能够将图像光L1的光瞳L10等间隔地配置于视野区域6。

[0088] 此外,在光学系统3中,耦合区域41的周期构造体的凹凸部41a的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面以及包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。根据该结构,能够增加向第二分支方向D2以及第三分支方向D3衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另外,耦合区域41的周期构造体的凹凸部41a的全部不需要具有在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面以及包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜的中心轴C1。

[0089] 此外,在光学系统3中,耦合区域41位于主体部40中图像光L1入射的面(第一面40a)侧。耦合区域41的周期构造体的凹凸部41a的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1所入射的面(第一面40a)所朝向的方向向与第二分支方向D2相反的方向倾斜,并且,在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1所入射的面(第一面40a)所朝向的方向而向与第三分支方向D3相反的方向倾斜。根据该结构,能够增加向第二分支方向D2以及第三分支方向D3衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0090] 此外,在光学系统3中,耦合区域41的周期构造体和出射区域42的周期构造体在三个给定方向A1、A2、A3上分别周期相等。换句话说,耦合区域41的给定方向A1上的周期与出射区域42的给定方向A1上的周期相等,耦合区域41的给定方向A2上的周期与出射区域42的给定方向A2上的周期相等,耦合区域41的给定方向A3上的周期与出射区域42的给定方向A3上的周期相等。在这种情况下,耦合区域41的给定方向A1、A2、A3各自的周期可以互不相同,出射区域42的给定方向A1、A2、A3各自的周期可以互不相同。根据该结构,能够简化导光构件4的结构。

[0091] 此外,在光学系统3中,出射区域42将来自耦合区域41的图像光L1向包含与三个给定方向A1、A2、A3分别平行的第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3的多个分支方向分支并在主体部40内传播,将在主体部40内向多个分支方向传播的图像光L1从主体部40向视野区域6出射。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0092] 此外,在光学系统3中,凹凸部41a在给定面内排列成六角形栅格状。根据该结构,能够实现导光构件4的小型化。

[0093] 此外,在光学系统3中,导光构件4将从耦合区域41入射到导光构件4内的图像光L1分割为在三个给定方向A1、A2、A3的各个方向上相互平行的多个图像光L1并向视野区域6出

射,由此复制图像光L1的光瞳并进行扩展。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0094] 此外,光学系统3还具备使图像光L1作为大致准直光而入射到导光构件4的耦合区域41的投射光学系统5。根据该结构,能够实现图像光L1的利用效率的提高。

[0095] 以上所述的图像显示装置1具备光学系统3和显示元件2。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0096] [2.变形例]

[0097] 本公开的实施方式并不局限于上述实施方式。上述实施方式只要能够实现本公开的课题,则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。以下说明的变形例能够适当组合而应用。

[0098] [2.1变形例1]

[0099] 图13是变形例1的导光构件4A的耦合区域41A的结构例的俯视图。在图13的耦合区域41A中,凹凸部41aa在俯视时为六边形状,但在如上述实施方式那样的俯视时不是正六边形状。

[0100] 在图13中,周期P1、P2、P3表示与给定方向A1、A2、A3正交的方向X1、X2、X3上的凹凸部41aa的配置的周期(光栅周期)。特别是,周期P1、P2、P3是与给定方向A1、A2、A3正交的方向X1、X2、X3上的凹凸部41aa的中心轴C1之间的距离。尺寸W1、W2、W3表示与给定方向A1、A2、A3正交的方向X1、X2、X3上的凹凸部41aa的尺寸(光栅宽度)。将凹凸部41aa的尺寸W1、W2、W3相对于凹凸部41aa的配置的周期P1、P2、P3的比设为比R1(=W1/P1)、R2(=W2/P2)、R3(=W3/P3)。在各出射部44中,通过适当设定比R1、R2、R3,能够调整向各分支方向的衍射效率。

[0101] 在图13中,周期P1、P2、P3相互相等,但尺寸W1比尺寸W2、W3大。尺寸W2、W3相互相等。因此,比R1(=W1/P1)比比R2(=W2/P2)、R3(=W3/P3)大,比R2、R3相互相等。换句话说,凹凸部41aa的尺寸相对于凹凸部41aa的配置的周期之比,在给定面内与第一分支方向D1正交的方向比在给定面内与第二分支方向D2正交的方向以及在给定面内与第三分支方向D3正交的方向大。根据该结构,能够增加在与第一分支方向D1平行的方向上传播的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。在此,在图13中,周期P1、P2、P3相互相等,但并不局限于此,周期P1、P2、P3也可以是相互不同的周期,以使得视野区域6中的图像光L1的光瞳L10成为适当的间隔。

[0102] 为了确认该情况,对具备图13所示的凹凸部41aa的周期构造体进行了光的衍射效率的仿真。图14是表示图13的周期构造体中的光的衍射效率的仿真的结果的图。在图13中,效率F0表示图像L1入射到周期构造体时的0次的衍射效率。效率F1~F6分别表示在图像L1入射到周期构造体时的向第一~第六分布方向D1~D6传播的图像光到达的衍射效率的图14的仿真中,涂黑越浓意味着效率F0~6越大,涂黑越淡意味着效率F0~F6越小。从图7与图14的比较可知,在具备图13所示的凹凸部41aa的周期构造体中,效率F2、F3减少,效率F1、F4增加。因此,通过采用具备图13所示的凹凸部41aa的周期构造体,与具备图4所示的凹凸部41aa的周期构造体相比,能够减少在第二以及第三分支方向D2、D3上传播的光的量,增加在与第一分布方向D1平行的方向(换句话说,第一以及第四分支方向D1、D4)上传播的光的量。由此,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率,并且提高到达用户的视野区域6的光量的均匀性。

[0103] 如上所述,在光学系统3中,凹凸部41aa的尺寸相对于凹凸部41aa的配置的周期之比,在给定面内与第一分支方向D1正交的方向比在给定面内与第二分支方向D2正交的方向以及在给定面内与第三分支方向D3正交的方向大。根据该结构,能够增加在与第一分支方向D1平行的方向上衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率,并且提高到达用户的视野区域6的光量的均匀性。

[0104] [2.2变形例2]

[0105] 图15是表示变形例2的导光构件4B的耦合区域41B的结构例的示意图。图15的耦合区域41B形成于主体部40的第二面40b。换句话说,耦合区域41B位于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)侧。耦合区域41B是在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性的衍射光栅。耦合区域41B形成于在主体部40中成为视野区域6侧的面(图像光L1出射的面)的第二面40b,因此是反射型的衍射光栅。

[0106] 在图15的耦合区域41B中,凹凸部41ab的中心轴C1也相对于主体部40的厚度方向(图15中的上下方向)T倾斜。在耦合区域41B中,通过使凹凸部41ab相对于主体部40的厚度方向T倾斜,能够进行与主体部40的厚度方向T正交的给定面内的光的衍射效率的控制。凹凸部41ab的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图15中的上下方向)T的倾斜角度 θ 例如设定为大于20度且小于65度。

[0107] 在图15中,凹凸部41ab在与给定方向A1正交的方向X1上倾斜。由此,凹凸部41ab在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面以及包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。在图15中,凹凸部41ab的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向(T)的平面中相对于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)所朝向的方向(图15中的下方向)向第二分支方向D2倾斜,并且,在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)所朝向的方向(图15中的下方向)向第三分支方向D3倾斜。换句话说,凹凸部41ab的中心轴C1从主体部40的第二面40b朝向第二分支方向D2以及第三分支方向D3地倾斜。由此,如图15所示,耦合区域41B容易使照到凹凸部41ab的图像光L1b作为朝向第二分支方向D2或者第三分支方向D3的图像光L2b在主体部40内传播。换句话说,能够减少图像光L1b向第二分支方向D2或者第三分支方向D3的相反一侧的衍射,将图像光L1b高效地传播到用户的视野区域6。在此,图15的凹凸部41ab的侧面成为平行地倾斜,但并不局限于此,也可以具有光栅宽度从第二面40b逐渐变小的锥形结构、台阶状(多级)的构造。

[0108] 如上所述,耦合区域41B位于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)侧。耦合区域41B的周期构造体的凹凸部41ab的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)所朝向的方向而向第二分支方向D2倾斜,并且在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)所朝向的方向而向第三分支方向D3倾斜。根据该结构,能够增加向第二分支方向D2以及第三分支方向D3衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0109] [2.3变形例3]

[0110] 图16是表示变形例3的导光构件4C的耦合区域41C的结构例的示意图。图16的耦合区域41C形成于主体部40C的第一面40a以及第二面40b。换句话说,耦合区域41C位于主体部

40C中图像光L1入射的面(第一面40a)侧以及主体部40C中图像光L1出射的面(第二面40b)侧。更详细而言,耦合区域41C包含由在主体部40C中位于图像光L1入射的面(第一面40a)侧的凹凸部41a构成的周期构造体、和在主体部40C中位于图像光L1出射的面(第二面40b)的凹凸部41ab构成的周期构造体。耦合区域41C是在与主体部40C的厚度方向T正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性的衍射光栅。耦合区域41C包含透射型的衍射光栅和反射型的衍射光栅。

[0111] 在图16的耦合区域41C中,凹凸部41a、41ab的中心轴C1也相对于主体部40C的厚度方向(图15中的上下方向)T倾斜。在耦合区域41C中,通过使凹凸部41a、41ab的中心轴C1相对于主体部40C的厚度方向T倾斜,能够进行与主体部40的厚度方向T正交的给定面内的光的衍射效率的控制。在图16中,凹凸部41a、41ab在与给定方向A1正交的方向X1上倾斜。由此,凹凸部41a、41ab在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面以及包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。

[0112] 特别是,在图16中,位于第一面40a的凹凸部41a的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1入射的面(第一面40a)所朝向的方向与第二分支方向D2相反的方向倾斜,并且在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1入射的面(第一面40a)所朝向的方向而向与第三分支方向D3相反的方向倾斜。换句话说,位于第一面40a的凹凸部41a从主体部40的第一面40a朝向与第二分支方向D2以及第三分支方向D3相反的方向地倾斜。由此,如图16所示,耦合区域41C容易使照射到位于第一面40a的凹凸部41a的图像光L1a作为朝向第二分支方向D2或者第三分支方向D3的图像光L2a在主体部40内传播。换句话说,能够减少图像光L1a向与第二分支方向D2或者第三分支方向D3相反一侧的衍射。凹凸部41a的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图16中的上下方向)T的倾斜角度 θ 例如设定为大于20度且小于65度。

[0113] 此外,在图16中,位于第二面40b的凹凸部41ab的中心轴C1在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)所朝向的方向向第二分支方向D2倾斜,并且,在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40中图像光L1出射的面(第二面40b)所朝向的方向而向第三分支方向D3倾斜。换句话说,位于第二面40b的凹凸部41ab从主体部40的第二面40b朝向第二分支方向D2以及第三分支方向D3地倾斜。由此,如图16所示,耦合区域41C容易使照射到位于第二面40b的凹凸部41ab的图像光L1b作为朝向第二分支方向D2或者第三分支方向D3的图像光L2b在主体部40内传播。换句话说,能够减少图像光L1b向与第二分支方向D2或者第三分支方向D3相反一侧的衍射。凹凸部41ab的中心轴C1相对于主体部40的厚度方向(图16中的上下方向)T的倾斜角度 θ 例如设定为大于20度且小于65度。

[0114] 如上所述,耦合区域41C可以形成于主体部40C的第一面40a以及第二面40b,由此,能够减少图像光L1穿过导光构件4C的可能性,实现图像光L1的利用效率的提高。

[0115] [2.4变形例4]

[0116] 图17是表示变形例4的导光构件4D的结构例的示意图。图17的导光构件4D具有耦合区域41D和出射区域42D。

[0117] 耦合区域41D是在与主体部40D的厚度方向(与图17的纸面垂直的方向)正交的给

定面内的给定方向A1具有周期性的衍射光栅。耦合区域41D形成于主体部40D的第一面40a。耦合区域41D的衍射光栅例如可以包含在给定面内沿着与给定方向A1正交的方向延伸并沿着给定方向A1以给定间隔排列的多个凹部或者凸部。耦合区域41D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进行全反射的条件入射到导光构件4D的主体部40D内。通过耦合区域41D,图像光L1被转换为在导光构件4D内(换句话说主体部40D内)被第一面40a以及第二面40b全反射而向与给定方向A1平行的第一分支方向D1前进的图像项L2-1。

[0118] 出射区域42D包含由凹凸部41ad构成的周期构造体,该凹凸部41ad排列为在与主体部40D的厚度方向正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。出射区域42D形成于主体部40D的第一面40a。出射区域42D在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性,因此使来自耦合区域41D的图像光L2-1的一部分向与该分支方向不同的分支方向分支。作为一个例子,图17示出从自耦合区域41D向第一分支方向D1行进的图像光L2-1分支出向第二分支方向D2行进的多个图像光L2-2以及向第三分支方向D3行进的多个图像光L2-3的情形。此外,作为一例,图17示出从在第二分支方向D2以及第三分支方向D3上行进的图像光L2-2、L2-3分支出在第一分支方向D1行进的多个图像光L2-1的情形。

[0119] 这样,图像光L2-1通过出射区域42D分支为在主体部40D内向多个分支方向行进的图像光L2-1~L2-3,在与主体部40D的厚度方向正交的给定面内扩展。分别向多个分支方向D1~D3行进的多个图像光L2-1~L2-3分别被分支为相互平行的多个图像光并从主体部40D朝向视野区域6出射。

[0120] 以上所述的光学系统3具备将从显示元件2输出的形成图像的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域6的导光构件4D。导光构件4D具有板状的主体部40D、形成于主体部40D的耦合区域41D以及出射区域42D。耦合区域41D使从显示元件2入射的图像光L1在主体部40D内传播。出射区域42D将在主体部40D内传播的图像光L1从主体部40D向视野区域6出射。出射区域42D包含由凹凸部41ad构成的周期构造体,该凹凸部41ad排列为在与主体部40D的厚度方向正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。凹凸部41ad的中心轴相对于主体部40D的厚度方向倾斜。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0121] [2.5变形例5]

[0122] 图18表示变形例5的导光构件4E的结构例的示意图。图18的导光构件4E具有耦合区域41、多个出射区域42-1~42-3和多个传播区域43-1~43-4。

[0123] 耦合区域41形成于主体部40的第一面40a。耦合区域41在主体部40的第一面40a的给定的矩形区域内,在矩形区域的宽度方向的一端位于矩形区域的长度方向的中央。耦合区域41是与上述实施方式相同的构造,如图4所示,包含由在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性地排列的凹凸部41a构成的周期构造体。由此,耦合区域41将从显示元件2入射的图像光L1向多个分支方向分支而在主体部40内传播。多个分支方向包含分别与三个给定方向A1、A2、A3平行的第一、第二以及第三分支方向D1、D2、D3。多个分支方向还包含第四分支方向D4。第四分支方向D4是与第一分支方向D1相反的方向。耦合区域41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进行全反射的条件入射至导光构件4E的主体部40内。

[0124] 多个出射区域42-1~42-3和多个传播区域43-1~43-4形成于主体部40的第一面

40a。多个传播区域43-1~43-4分别从耦合区域41向第一~第四分支方向D1~D4延伸。出射区域42-1位于传播区域43-1、43-2之间。出射区域42-2位于传播区域43-2、43-3之间。出射区域42-3位于传播区域43-3、43-4之间。

[0125] 传播区域43-1从耦合区域41沿着第一分支方向D1延伸,使来自耦合区域41的图像光L2-1向第一分支方向D1传播,并且使图像光L2-1的一部分朝向出射区域42-1。传播区域43-1例如是在给定方向A2具有周期性的反射型的衍射光栅。传播区域43-2从耦合区域41向第二分支方向D2延伸,使来自耦合区域41的图像光L2-2向第二分支方向D2传播,并且使图像光L2-2的一部分朝向出射区域42-1、42-2。传播区域43-2例如是在给定方向A1、A3具有周期性的反射型的衍射光栅。传播区域43-3从耦合区域41向第三分支方向D3延伸,使来自耦合区域41的图像光L2-3向第三分支方向D3传播,并且使图像光L2-3的一部分朝向出射区域42-2、42-3。传播区域43-3例如是在给定方向A2、A4具有周期性的反射型的衍射光栅。传播区域43-4从耦合区域41向第四分支方向D4延伸,使来自耦合区域41的图像光L2-4向第四分支方向D4传播,并且使图像光L2-4的一部分朝向出射区域42-3。传播区域43-4例如是在给定方向A4具有周期性的反射型的衍射光栅。

[0126] 出射区域42-1使来自传播区域43-1的各图像光L2-2向第二分支方向D2传播,将各图像光L2-2的一部分从导光构件4E的主体部40向视野区域6出射,使来自传播区域43-2的各图像光L2-1向第一分支方向D1传播,将各图像光L2-1的一部分从导光构件4E的主体部40向视野区域6出射。出射区域42-1例如是在给定方向A1、A2具有周期性的反射型的衍射光栅。出射区域42-2使来自传播区域43-2的各图像光L2-3向第三分支方向D3传播,使各图像光L2-3的一部分从导光构件4E的主体部40向视野区域6出射,使来自传播区域43-3的各图像光L2-2向第二分支方向D2传播,将各图像光L2-2的一部分从导光构件4E的主体部40向视野区域6出射。出射区域42-2例如是在给定方向A2、A3具有周期性的反射型的衍射光栅。出射区域42-3使来自传播区域43-3的各图像光L2-4向第四分支方向D4传播,使各图像光L2-4的一部分从导光构件4E的主体部40向视野区域6出射,使来自传播区域43-4的各图像光L2-3向第三分支方向D3传播,将各图像光L2-3的一部分从导光构件4E的主体部40向视野区域6出射。出射区域42-3例如是在给定方向A3、A4具有周期性的反射型的衍射光栅。

[0127] 这样,图像光L1通过耦合区域41A分支为在主体部40内向多个分支方向行进的图像光L2-1~L2-4,在与主体部40的厚度方向正交的给定面内扩展。在第一分支方向D1上行进的多个图像光L2-1、在第二分支方向D2上行进的多个图像光L2-2、在第三分支方向D3上行进的多个图像光L2-3、以及在第四分支方向D4上行进的多个图像光L2-4从主体部40朝向视野区域6出射。

[0128] 以上所述的光学系统3具备将从显示元件2输出的形成图像的图像光L1作为虚像引导至用户的视野区域6的导光构件4E。导光构件4E具有板状的主体部40、形成于主体部40的耦合区域41以及出射区域42-1~42-3。耦合区域41使从显示元件2入射的图像光L1在主体部40内传播。出射区域42-1~42-3将在主体部40内传播的图像光L1从主体部40出射到视野区域6。耦合区域41包含由凹凸部41a构成的周期构造体,该凹凸部41a排列为在与主体部40的厚度方向正交的给定面内相互不正交地交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。凹凸部41a相对于主体部40的厚度方向倾斜。根据该结构,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。

[0129] [2.6变形例6]

[0130] 图19是表示变形例6的导光构件4F的结构例的示意图。在图19中,为了容易理解地表示图像显示装置的光瞳扩展的功能,代替显示元件2以及投射光学系统5而图示光瞳L10。在图19中,导光构件4F配置为图像光L1沿着相对于主体部40的厚度方向倾斜的方向入射到耦合区域41F。在该情况下,导光构件4F也将耦合区域41F入射到主体部40内的图像光L1分割为在主体部40内向多个分支方向传播的多个图像光L2,进一步将在多个分支方向上传播的多个图像光L2分割为相互平行的多个图像光L3并向视野区域6出射,由此复制图像光L1的光瞳L10并扩展。

[0131] 根据图像光L1入射到耦合区域41F的角度,在导光构件4F中传播的角度变大,在视野区域6中,有时图像光L1的光瞳L10产生空白。在这样的情况下,通过适当设定周期构造体的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ,能够防止在视野区域6中的图像光L1的光瞳L10产生空白。

[0132] 图20是表示变形例6的导光构件4F的其他结构例的示意图。在图20中,为了容易理解地表示图像显示装置的光瞳扩展的功能,代替显示元件2以及投射光学系统5而图示光瞳L10。在图20中,导光构件4F也被配置为图像光L1沿着相对于主体部40的厚度方向倾斜的方向入射到耦合区域41F。在图20中,通过适当设定耦合区域41F以及出射区域42F的周期构造体的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 ,防止在视野区域6中的图像光L1的光瞳L10产生空白。图21是图20的耦合区域41F以及出射区域42F的周期构造体的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 的一例的说明图。在图21中,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1 - k_2 + k_3| = 0$ 的关系,并且,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 中的两个绝对值相互相等。在图21中,波数矢量 k_2 、 k_3 的绝对值相互相等。波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 构成等腰三角形。波数矢量 k_1 的绝对值大于波数矢量 k_2 、 k_3 的绝对值。例如,波数矢量 k_1 、 k_2 间的角度为55度,波数矢量 k_1 、 k_3 之间的角度为125度。在这种情况下,波数矢量 k_3 、 k_4 间的角度为55度。与此相对,在上述实施方式中,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 各自的绝对值相互相等,波数矢量 k_1 、 k_2 间的角度为60度,波数矢量 k_1 、 k_3 间的角度为120度。在这种情况下,波数矢量 k_3 、 k_4 间的角度为60度。根据图21的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 ,与上述实施方式相比,在与主体部40的厚度方向正交的面内,能够在与作为波数矢量 k_1 的方向的第一分支方向D1正交的方向上,使图像光L1的光瞳L10的间隔变窄(参照图20)。

[0133] 在图21中,波数矢量 k_2 、 k_3 的绝对值相互相等,波数矢量 k_1 的绝对值比波数矢量 k_2 、 k_3 的绝对值大。由此,即使设定图像光L1入射到耦合区域41F的角度以使得在导光构件4F中传播的角度变大的情况下,也能够防止在视野区域6中的图像光L1的光瞳L10产生空白。此外,波数矢量 k_1 的绝对值也可以比波数矢量 k_2 、 k_3 的绝对值小。由此,即使设定图像光L1入射到耦合区域41F的角度以使得在导光构件4F中传播的角度变小的情况下,也能够将视野区域6中的图像光L1的光瞳L10调整为适当的间隔。此外,波数矢量 k_2 、 k_3 的绝对值不需要相互相等,只要波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 中的两个绝对值相互相等即可。

[0134] 图22是变形例6的导光构件4F的其他结构例的周期构造体的结构例的说明图。图22表示耦合区域41F的周期构造体。在导光构件4F中,耦合区域41F的周期构造体和出射区域42F的周期构造体是相同的结构。图22的耦合区域41F包含衍射光栅,该衍射光栅由相对于主体部40的厚度方向的凹凸部41af构成,该凹凸部41af排列为在给定面内在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。在图22中,凹凸部41af在俯视时为四边形(在图中为平行四边形)的突起。图22的凹凸部41af满足上述的条件(1)“在给定方向A1上,在与给定方向A1正交的

方向X1上排列的凹凸部41af的列以固定间隔排列”,条件(2)“在给定方向A2上,在与给定方向A2正交的方向X2上排列的凹凸部41af的列以固定间隔排列”,以及条件(3)“在给定方向A3上,在与给定方向A3正交的方向X3上排列的凹凸部41af的列以固定间隔排列”。另外,在图22中,凹凸部41af相对于主体部40的厚度方向不倾斜,但这是为了易于理解附图,实际上凹凸部41af相对于主体部40的厚度方向倾斜。

[0135] 图23是图22的周期构造体的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 的一例的说明图。在图23中,波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 满足 $|k_1 - k_2 + k_3| = 0$ 的关系,但波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 各自的绝对值相互不同。例如,波数矢量 k_3 的绝对值大于波数矢量 k_1 、 k_2 的绝对值,波数矢量 k_1 的绝对值大于波数矢量 k_2 的绝对值。例如,波数矢量 k_1 、 k_2 间的角度为65度,波数矢量 k_1 、 k_3 间的角度为125度。在这种情况下,波数矢量 k_3 、 k_4 间的角度为55度。根据图23的波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 ,即使在使图像光L1相对于导光构件4F的厚度方向以任意的方向倾斜地入射的情况下,也能够将视野区域6中的图像光L1的光瞳L10调整为适当的间隔。如上所述,通过考虑视野区域6中的图像光L1的光瞳L10的配置来适当设定波数矢量 k_1 、 k_2 、 k_3 的绝对值的关系,能够将视野区域6中的图像光L1的光瞳L10调整为适当的间隔。

[0136] 如上所述,在导光构件4F中, k_1 、 k_2 以及 k_3 中的两个绝对值可以相互相等。根据该结构,能够调整视野区域6中的图像光L1的光瞳L10的配置。此外,在导光构件4F中, k_1 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值也可以相互不同。根据该结构,也能够调整视野区域6中的图像光L1的光瞳L10的配置。

[0137] [2.7变形例7]

[0138] 图24~图26是变形例7的导光构件4G的耦合区域41的结构例的说明图。在图24~图26中,耦合区域41包含由凹凸部41ag构成的周期构造体,该凹凸部41ag在给定面内排列为在三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。另外,在图24~图26中,凹凸部41ag相对于主体部40的厚度方向不倾斜,但这是为了易于理解附图,实际上凹凸部41ag相对于主体部40的厚度方向倾斜。

[0139] 在图24中,凹凸部41ag在俯视时为正圆形的突起。在图25中,凹凸部41ag在俯视时为三角形(图中为正三角形)的突起。在图26中,凹凸部41ag在俯视时为三角形(在图中为平行四边形)的突起。

[0140] 图24~图26的凹凸部41ag分别满足上述的条件(1)“在给定方向A1上,在与给定方向A1正交的方向X1上排列的凹凸部41ag的列以固定间隔排列”,条件(2)“在给定方向A2上,在与给定方向A2正交的方向X2上排列的凹凸部41ag的列以固定间隔排列”,以及条件(3)“在给定方向A3上,在与给定方向A3正交的方向X3上排列的凹凸部41ag的列以固定间隔排列”。

[0141] 这样,凹凸部41ag只要满足上述的条件(1)~(3),则凹凸部41ag的形状就没有特别限定。凹凸部41ag可以是在主体部40的厚度方向上突出的突起(凸部),也可以是在主体部40的厚度方向上凹陷的凹部。凹凸部41ag在俯视时也可以是圆形、多边形、其他形状。凹凸部41ag可以随着远离主体部40而俯视时的尺寸变化。例如,凹凸部41a可以随着远离主体部40而俯视时的尺寸逐渐或者阶段性地变小。凹凸部41ag只要能够构成周期构造体,则可以是突起(凸部)、凹部或者凸部与凹部的组合中的任意一种。凹凸部41ag的中心轴例如可以是突起的中心轴或者凹部的中心轴。此外,若满足上述的条件(1)~(3),则给定方向A1、

给定方向A2和给定方向A3的凹凸部41ag的间隔也可以不同。这些点在上述的凹凸部41a、41aa、41ab、41ad中也同样。

[0142] [2.8其他变形例]

[0143] 在一个变形例中,投射光学系统5可以构成为具备多个光学元件。多个光学元件例如可以包含组合了负弯月透镜和双凸透镜的接合透镜和组合了正弯月透镜和负弯月透镜的接合透镜。投射光学系统5只要能够使来自显示元件2的图像光L1以期望的光学特性入射到导光构件4即可,没有特别限定。此外,根据情况,也可以省略投射光学系统5。

[0144] 在上述实施方式中,投射光学系统5和导光构件4的耦合区域41排列在一条直线上,但投射光学系统5和导光构件4的耦合区域41未必需要排列在一条直线上。换句话说,向投射光学系统5和导光构件4的耦合区域41的图像光L1的光路不一定是直线。例如,也可以使来自投射光学系统5的图像光L1由反射板反射而入射到导光构件4的耦合区域41。在这种情况下,图像光L1向投射光学系统5与导光构件4的耦合区域41的光路不是直线状,例如为L字状。

[0145] 在一个变形例中,耦合区域41以及出射区域42的一方例如也可以包含通过折射率的周期调制来产生衍射作用的体积全息元件(全息衍射光栅)。体积全息元件例如具有折射率互不相同的部位交替地排列的构造。

[0146] 从上述的实施方式、变形例4以及变形例5可知,在光学系统3中,耦合区域和出射区域中的至少一方可以包含由凹凸部构成的周期构造体,该凹凸部排列为在与主体部的厚度方向正交的给定面内相互交叉的三个给定方向A1、A2、A3具有周期性。在周期构造体中,凹凸部的中心轴相对于主体部的厚度方向倾斜。

[0147] 在一个变形例中,在耦合区域41和出射区域42中,周期构造体的凹凸部41a的中心轴C1的方向可以不同。例如,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a的中心轴C1可以在包含第一分支方向D1和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。由此,能够增加在第一分支方向D1上衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另外,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a的全部不需要具有在包含第一分支方向D1和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜的中心轴C1。例如,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a的中心轴C1可以在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。由此,能够增加向第二分支方向D2衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另外,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a的全部无需在包含第二分支方向D2和主体部40的厚度方向T的平面上具有相对于主体部40的厚度方向T倾斜的中心轴C1。例如,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a的中心轴C1可以在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜。由此,能够增加向第三分支方向D3衍射的光的量,能够提高来自显示元件2的图像光L1的利用效率。另外,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a的全部不需要具有在包含第三分支方向D3和主体部40的厚度方向T的平面中相对于主体部40的厚度方向T倾斜的中心轴C1。此外,出射区域42的周期构造体可以包含中心轴C1的倾斜方向不同的凹凸部41a。例如,出射区域42的周期构造体的凹凸部41a可以包含在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内中心轴C1的方向不同的凹凸部41a。凹凸部41a的中心轴C1的方向可以根据出射区域42中的凹凸部41a的场所而被适当选择,以使得来自耦合区域41的

图像光L1在主体部40内均匀地扩展而出射。

[0148] 在一个变形例中,出射区域42的周期构造体可以包含越远离耦合区域41则向朝向视野区域6的方向的衍射效率越大的部分。根据该结构,能够实现视野区域6中的光的强度分布的均匀化。换句话说,越接近耦合区域41,图像光L2的强度越高,因此越远离耦合区域41,越增大朝向视野区域6的方向的衍射效率,使靠近耦合区域41的场所处的光的强度降低,并且使远离耦合区域41的场所处的光的强度增加。这样,能够实现视野区域6中的光的强度分布的均匀化。作为调整朝向视野区域6的方向的衍射效率的方法,可以列举调整凹凸部41a的高度。

[0149] 在一个变形例中,出射区域42的周期构造体也可以越远离耦合区域41,凹凸部41a相对于主体部40的厚度方向T的倾斜角度越小。根据该结构,能够实现视野区域6中的光的强度分布的均匀化。越靠近耦合区域41,图像光L2的强度越高,因此,例如,越远离耦合区域41,倾斜角度越小,使靠近耦合区域41的场所的光的强度降低,并且使远离耦合区域41的场所的光的强度增加。这样,能够实现视野区域6中的光的强度分布的均匀化。

[0150] 在上述的实施方式中,三个给定方向A1、A2、A3是在与主体部40的厚度方向T正交的给定面内相互不正交地交叉的方向,但没有特别限定。例如,三个给定方向A1、A2、A3中的至少两个可以正交。三个给定方向A1、A2、A3可以根据光学系统3的用途等适当选择。

[0151] [3.方式]

[0152] 由上述实施方式以及变形例可知,本公开包含下述的方式。以下,为了明示与实施方式的对立关系,用带括号标注附图标记。

[0153] 第一方式是光学系统(3),具备将从显示元件(2)输出的形成图像的图像光(L1)作为虚像引导至用户的视野区域(6)的导光构件(4;4D;4E;4F)。所述导光构件(4;4D;4E;4F)具有板状的主体部(40)和形成于所述主体部(40)的耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G)以及出射区域(42;42D;42F)。所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G)使从所述显示元件(2)入射的所述图像光(L1)在所述主体部(40)内传播。所述出射区域(42;42D;42F)从所述主体部(40)向所述视野区域(6)出射在所述主体部(40)内传播的所述图像光(L1)。所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G)和所述出射区域(42;42D;42F)中的至少一方包含周期构造体,所述周期构造体由相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)的凹凸部(41a;41aa;41ab;41ad;41ag)构成,所述凹凸部排列为在与所述主体部(40)的厚度方向(T)正交的给定面内相互交叉的三个给定方向(A1、A2、A3)具有周期性。所述凹凸部(41a;41aa;41ab;41ad;41ag)的中心轴(C1)相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)倾斜。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0154] 第二方式是基于第一方式的光学系统(3)。在第二方式中,所述凹凸部(41a;41aa;41ab;41ad;41ag)相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)的倾斜角度(θ)大于20度且小于65度。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0155] 第三方式是基于第一或者第二方式的光学系统(3)。在第三方式中,所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41F;41G)包含所述周期构造体。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0156] 第四方式是基于第三方式的光学系统(3)。在第四方式中,所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41F;41G)将从所述显示元件(2)入射的所述图像光(L1)在包含分别与所述三个给

定方向 (A1、A2、A3) 平行的第一、第二以及第三分支方向 (D1、D2、D3) 的多个分支方向上分支并在所述主体部 (40) 内传播。根据该方式, 能够提高来自显示元件 (2) 的图像光 (L1) 的利用效率。

[0157] 第五方式是基于第四方式的光学系统 (3)。在第五方式中, 所述耦合区域 (41; 41A; 41B; 41C; 41D; 41F; 41G) 的所述周期构造体的所述凹凸部 (41a; 41aa; 41ab; 41ad; 41ag) 的中心轴 (C1) 在包含所述第二分支方向 (D2) 和所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 的平面以及包含所述第三分支方向 (D3) 和所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 的平面中相对于所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 倾斜。根据该方式, 能够增加在第二分支方向 (D2) 以及第三分支方向 (D3) 衍射的光的量, 能够提高来自显示元件 (2) 的图像光 (L1) 的利用效率。

[0158] 第六方式是基于第五方式的光学系统 (3)。在第六方式中, 所述耦合区域 (41; 41A; 41C; 41D; 41F; 41G) 在所述主体部 (40) 中位于所述图像光 (L1) 入射的面 (40a) 侧。所述耦合区域 (41; 41A; 41C; 41D; 41F; 41G) 的所述周期构造体的所述凹凸部 (41a; 41aa; 41ad; 41ag) 的中心轴 (C1), 在包含所述第二分支方向 (D2) 和所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 的平面中相对于所述主体部 (40) 中所述图像光 (L1) 入射的面 (40a) 所朝向的方向, 向与第二分支方向 (D2) 相反的方向倾斜, 并且, 在包含所述第三分支方向 (D3) 和所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 的平面中相对于所述主体部 (40) 中所述图像光 (L1) 入射的面 (40a) 所朝向的方向, 向与第三分支方向 (D3) 相反的方向倾斜。根据该方式, 能够增加在第二分支方向 (D2) 以及第三分支方向 (D3) 衍射的光的量, 能够提高来自显示元件 (2) 的图像光 (L1) 的利用效率。

[0159] 第七方式是基于第五方式的光学系统 (3)。在第七方式中, 所述耦合区域 (41B; 41C) 在所述主体部 (40) 中位于所述图像光 (L1) 出射的面 (40b) 侧。所述耦合区域 (41B; 41C) 的所述周期构造体的所述凹凸部 (41ab) 的中心轴 (C1), 在包含所述第二分支方向 (D2) 和所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 的平面中相对于所述主体部 (40) 中所述图像光 (L1) 出射的面 (40b) 所朝向的方向, 向第二分支方向 (D2) 倾斜, 并且, 在包含所述第三分支方向 (D3) 和所述主体部 (40) 的厚度方向 (T) 的平面中相对于所述主体部 (40) 中所述图像光 (L1) 出射的面 (40b) 所朝向的方向, 向第三分支方向 (D3) 倾斜。根据该方式, 能够增加在第二分支方向 (D2) 以及第三分支方向 (D3) 衍射的光的量, 能够提高来自显示元件 (2) 的图像光 (L1) 的利用效率。

[0160] 第八方式是基于第五~第七方式中的任一方式的光学系统 (3)。在第八方式中, 所述凹凸部 (41aa) 的尺寸相对于所述凹凸部 (41aa) 的配置的周期的比, 在所述给定面内与所述第一分支方向 (D1) 正交的方向比在所述给定面内与所述第二分支方向 (D2) 正交的方向以及在所述给定面内与所述第三分支方向 (D3) 正交的方向大。根据该方式, 能够增加在与第一分支方向 (D1) 平行的方向衍射的光的量, 能够提高来自显示元件 (2) 的图像光 (L1) 的利用效率, 并且提高到达用户的视野区域6的光量的均匀性。

[0161] 第九方式是基于第四~第八方式中的任一方式的光学系统 (3)。在第九方式中, 若将所述周期构造体的所述第一、第二以及第三分支方向 (D1、D2、D3) 各自的波数矢量设为 k_1 、 k_2 、 k_3 , 将所述第一、第二以及第三分支方向 (D1、D2、D3) 各自的波数矢量的绝对值中的最大值设为 $|k_m|$, 则所述波数矢量 k_1 、 k_2 以及 k_3 满足 $|k_1 - k_2 + k_3| < |k_m|/5$ 。根据该结构, 能够实现图像质量的提高。

[0162] 第十方式是基于第九方式的光学系统(3)。在第十方式中,所述多个分支方向还包含第四分支方向(D4)。若将所述周期构造体的所述第四分支方向(D4)上的波数矢量设为 k_4 ,则 $k_4 = -k_1$ 。根据该方式,能够扩展视野区域(6)。

[0163] 第十一方式是基于第九或者第十方式的光学系统(3)。在第十一方式中, k_1 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值相互相等。根据该方式,能够将图像光(L1)的光瞳(L10)等间隔地配置于视野区域(6)。

[0164] 第十二方式是基于第九或者第十方式的光学系统(3)。在第十二方式中, k_1 、 k_2 以及 k_3 中的两个绝对值相互相等。根据该方式,能够调整视野区域(6)中的图像光(L1)的光瞳(L10)的配置。

[0165] 第十三方式是基于第九或者第十方式的光学系统(3)。在第十三方式中, k_1 、 k_2 以及 k_3 各自的绝对值相互不同。根据该方式,能够调整视野区域(6)中的图像光(L1)的光瞳(L10)的配置。

[0166] 第十四方式是基于第一~第十三方式中的任一方式的光学系统(3)。在第十四方式中,所述出射区域(42;42D;42F)包含所述周期构造体。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0167] 第十五方式是基于第十四方式的光学系统(3)。在第十五方式中,所述出射区域(42;42D;42F)将来自所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G)的所述图像光(L1)向包含分别与所述三个给定方向(A1、A2、A3)平行的第一、第二以及第三分支方向(D1、D2、D3)的多个分支方向分支并在所述主体部(40)内传播,将在所述主体部(40)内沿着所述多个分支方向传播的所述图像光(L1)从所述主体部(40)向所述视野区域(6)出射。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0168] 第十六方式是基于第十五方式的光学系统(3)。在第十六方式中,所述出射区域(42;42D;42F)的所述周期构造体的所述凹凸部(41a,41aa,41ab,41ad,41ag)的中心轴(C1)在包含所述第一分支方向(D1)和所述主体部(40)的厚度方向(T)的平面中相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)倾斜。根据该方式,能够增加在第一分支方向(D1)衍射的光的量,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0169] 第十七方式是基于第十五方式的光学系统(3)。在第十七方式中,所述出射区域(42;42D;42F)的所述周期构造体的所述凹凸部(41a,41aa,41ab,41ad,41ag)的中心轴(C1)在包含所述第二分支方向(D2)和所述主体部(40)的厚度方向(T)的平面中相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)倾斜。根据该方式,能够增加在第二分支方向(D2)衍射的光的量,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0170] 第十八方式是基于第十五方式的光学系统(3)。在第十八方式中,所述出射区域(42;42D;42F)的所述周期构造体的所述凹凸部(41a,41aa,41ab,41ad,41ag)的中心轴(C1)在包含所述第三分支方向(D3)和所述主体部(40)的厚度方向(T)的平面中相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)倾斜。根据该方式,能够增加在第三分支方向(D3)衍射的光的量,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0171] 第十九方式是基于第十四~第十八方式中的任一方式的光学系统(3)。在第十九方式中,在所述出射区域(42;42D;42F)的所述周期构造体中,越远离所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G),向从所述导光构件(4;4D;4E;4F)朝向所述视野区域(6)的方

向的衍射效率越大。根据该方式,能够实现视野区域(6)中的光的强度分布的均匀化。

[0172] 第二十二方式是基于第十四~第十九方式中的任一方式的光学系统(3)。在第二十二方式中,在所述出射区域(42;42D)的所述周期构造体中,越远离所述耦合区域(41),所述凹凸部(41a)的中心轴(C1)相对于所述主体部(40)的厚度方向(T)的倾斜角度(θ)越小。根据该方式,能够实现视野区域(6)中的光的强度分布的均匀化。

[0173] 第二十三方式是基于第一~第二十二方式中的任一方式的光学系统(3)。在第二十三方式中,所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41F;41G)以及所述出射区域(42;42D;42F)包含所述周期构造体。所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41F;41G)的所述周期构造体与所述出射区域(42;42D;42F)的所述周期构造体在所述三个给定方向(A1、A2、A3)上分别周期相等。根据该方式,能够简化导光构件(4;4F)的结构。

[0174] 第二十四方式是基于第一~第二十三方式中的任一方式的光学系统(3)。在第二十四方式中,所述凹凸部(41a;41aa;41ab;41ad;41ag)在所述给定面内排列成六角形栅格状。根据该方式,能够实现导光构件(4;4D;4E;4F)的小型化。

[0175] 第二十五方式是基于第一~第二十四方式中的任一方式的光学系统(3)。在第二十五方式中,所述导光构件(4;4D;4E;4F)通过将所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G)入射到所述导光构件(4;4D;4E)内的所述图像光(L1)分割为在所述三个给定方向(A1、A2、A3)上分别相互平行的多个图像光(L1)并向所述视野区域(6)出射,由此复制并扩展所述图像光(L1)的光瞳。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0176] 第二十六方式是基于第一~第二十五方式中的任一方式的光学系统(3)。在第二十六方式中,所述光学系统(3)还具备投射光学系统(5),该投射光学系统(5)使所述图像光(L1)作为大致准直光而入射到所述导光构件(4;4D;4E;4F)的所述耦合区域(41;41A;41B;41C;41D;41F;41G)。根据该方式,能够实现图像光(L1)的利用效率的提高。

[0177] 第二十七方式为图像显示装置(1),具备第一~第二十六方式中的任一方式的光学系统(3)和所述显示元件(2)。根据该方式,能够提高来自显示元件(2)的图像光(L1)的利用效率。

[0178] 如上所述,作为本公开中的技术的例示,说明了实施方式。因此,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记载的结构要素中,不仅是为了解决课题所必须的结构要素,为了例示上述技术,也可以包含为了解决课题而不是必须的结构要素。因此,不应以这些不是必须的结构要素记载在附图、详细的说明中而立即认定不是必须的结构要素是必须的。此外,上述的实施方式用于例示本公开中的技术,因此能够在专利请求范围或者其均等的范围内进行各种变更、置换、附加、省略等。

[0179] 工业上的可利用性

[0180] 本公开能够应用于光学系统以及图像显示装置。具体而言,本公开能够应用于用于将来自显示元件的光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。

[0181] -附图标记说明-

[0182] 1 图像显示装置
[0183] 2 显示元件

[0184]	3	光学系统
[0185]	4、4D、4E、4F	导光构件
[0186]	40、40C、40D	主体部
[0187]	41、41A、41B、41C、41D、41F、41G	耦合区域
[0188]	41a、41aa、41ab、41ad、41ag	凹凸部
[0189]	42、42D、42F	出射区域
[0190]	42-1、42-2、42-3	出射区域
[0191]	5	投射光学系统
[0192]	6	视野区域
[0193]	A1、A2、A3	给定方向
[0194]	C1	中心轴
[0195]	θ	倾斜角度
[0196]	D1	第一分支方向(分支方向)
[0197]	D2	第二分支方向(分支方向)
[0198]	D3	第三分支方向(分支方向)
[0199]	D4	第四分支方向(分支方向)
[0200]	L1、L2、L3	图像光
[0201]	L10	光瞳
[0202]	T	厚度方向。

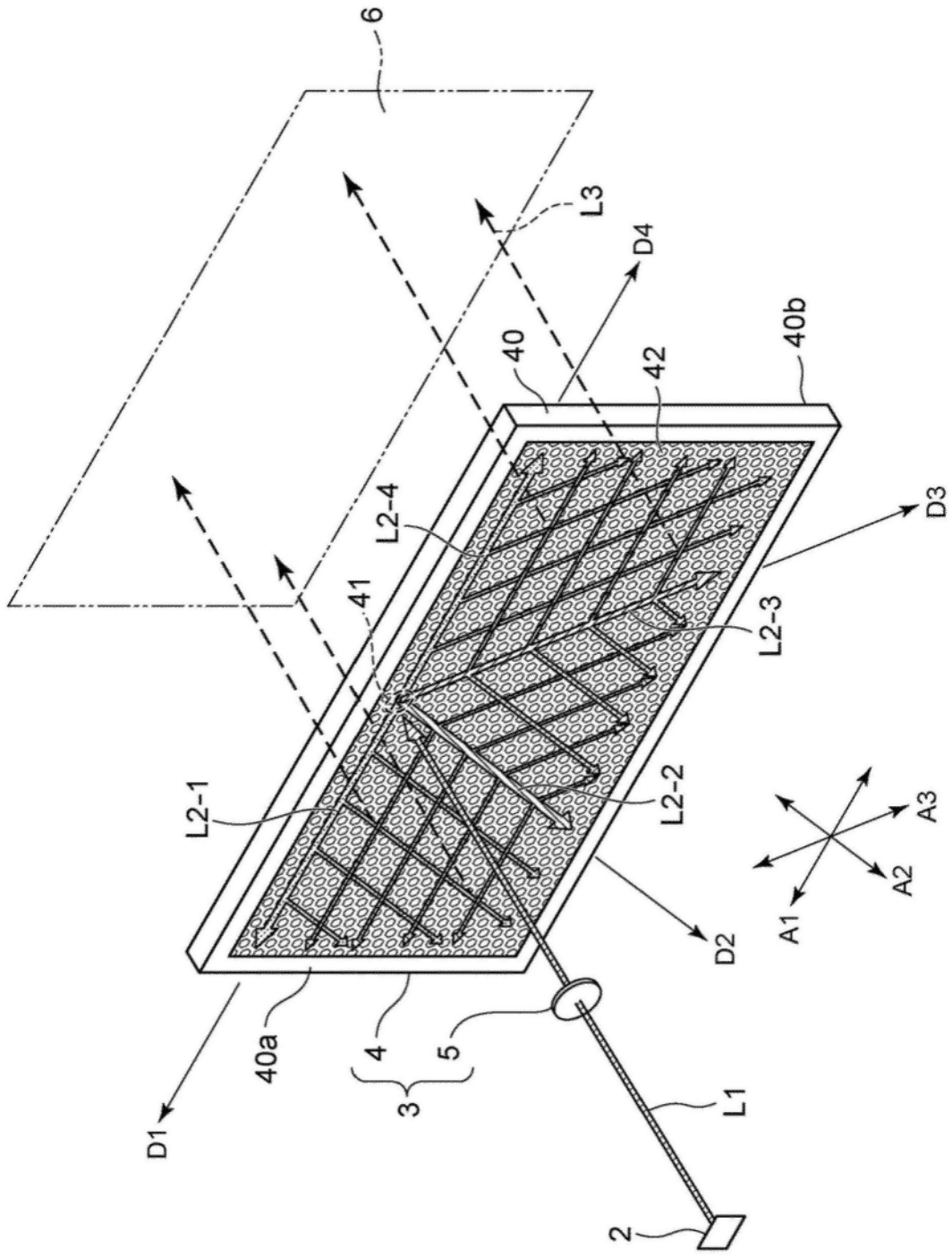


图1

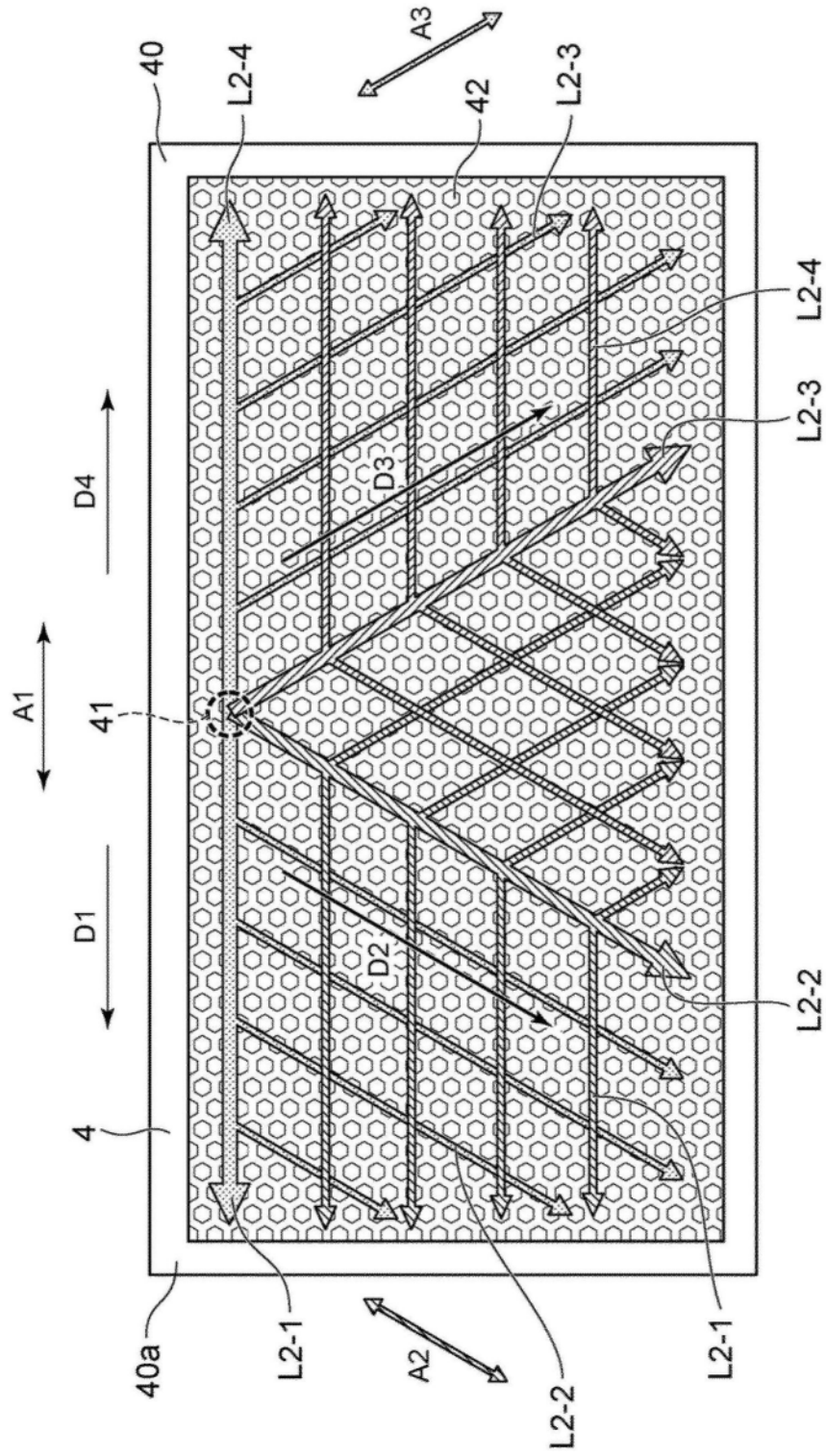


图2

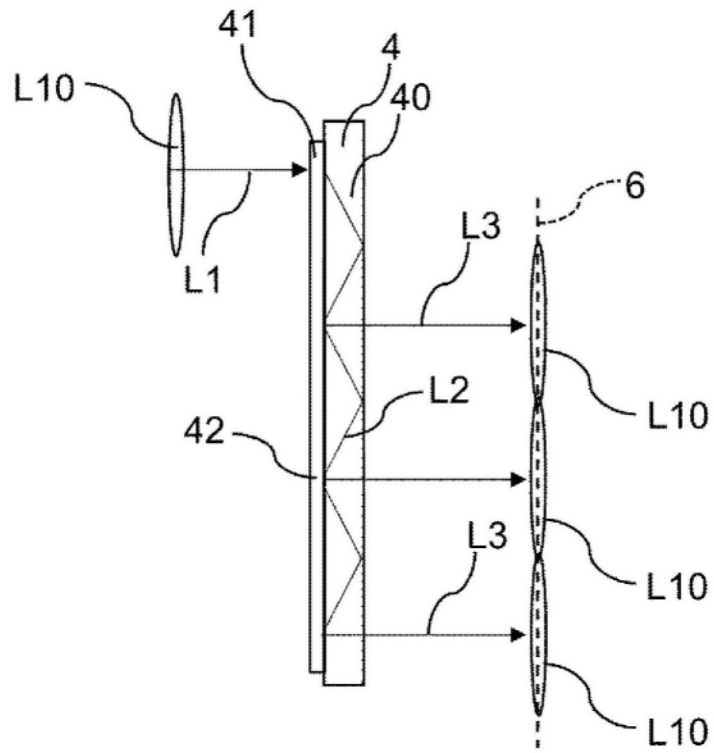


图3

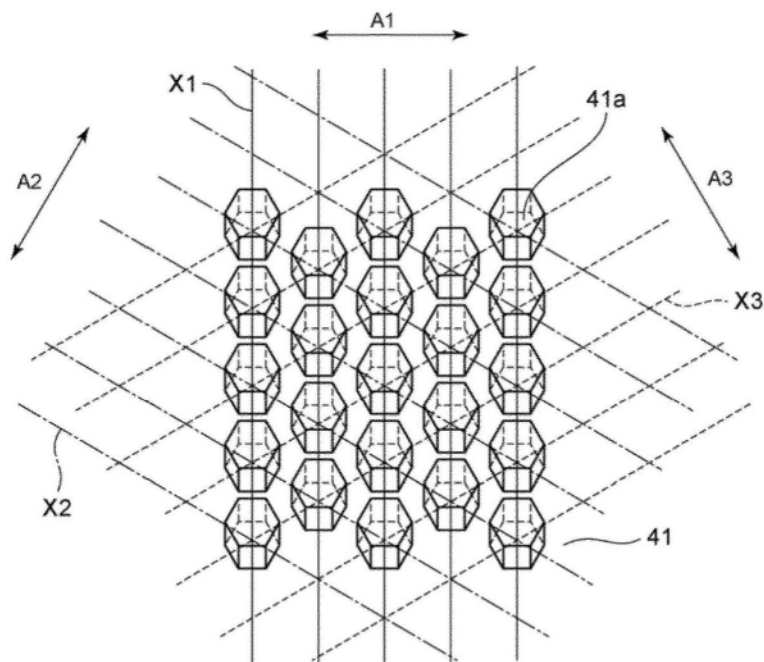


图4

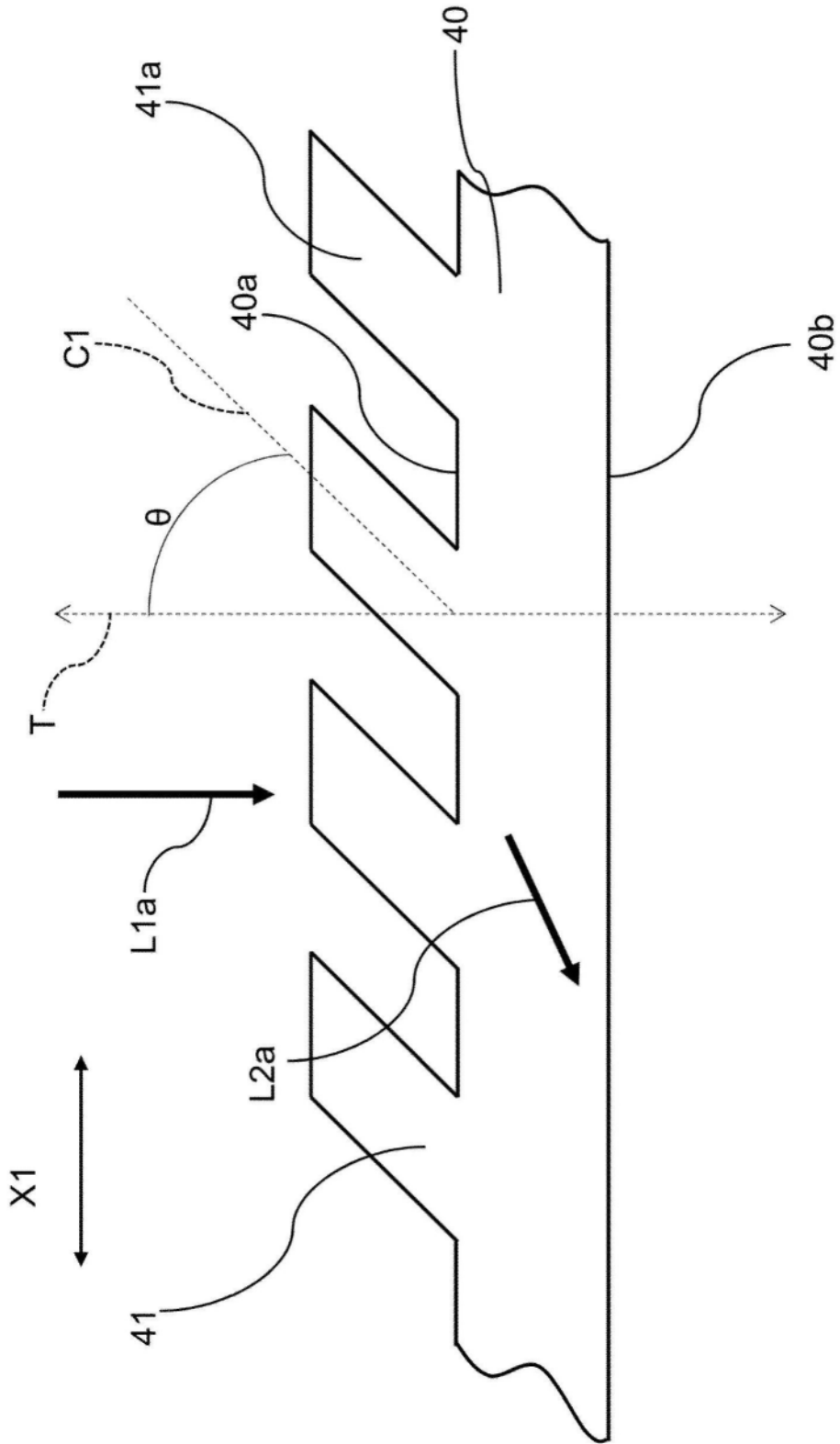


图5

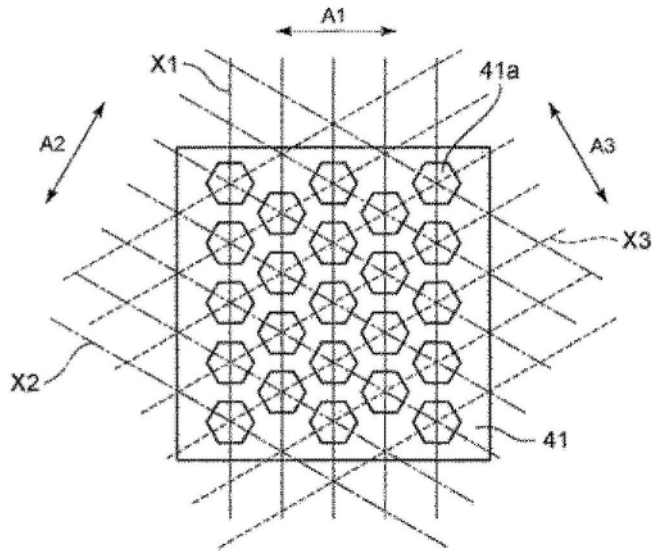


图6

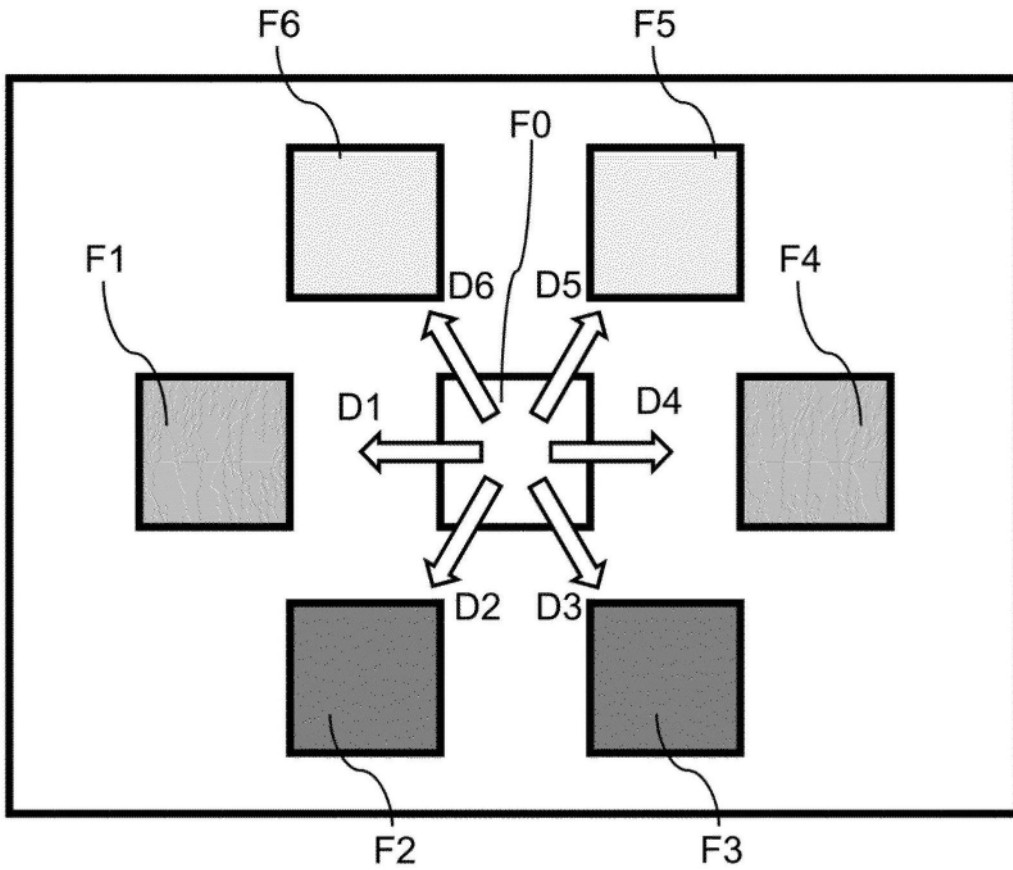


图7

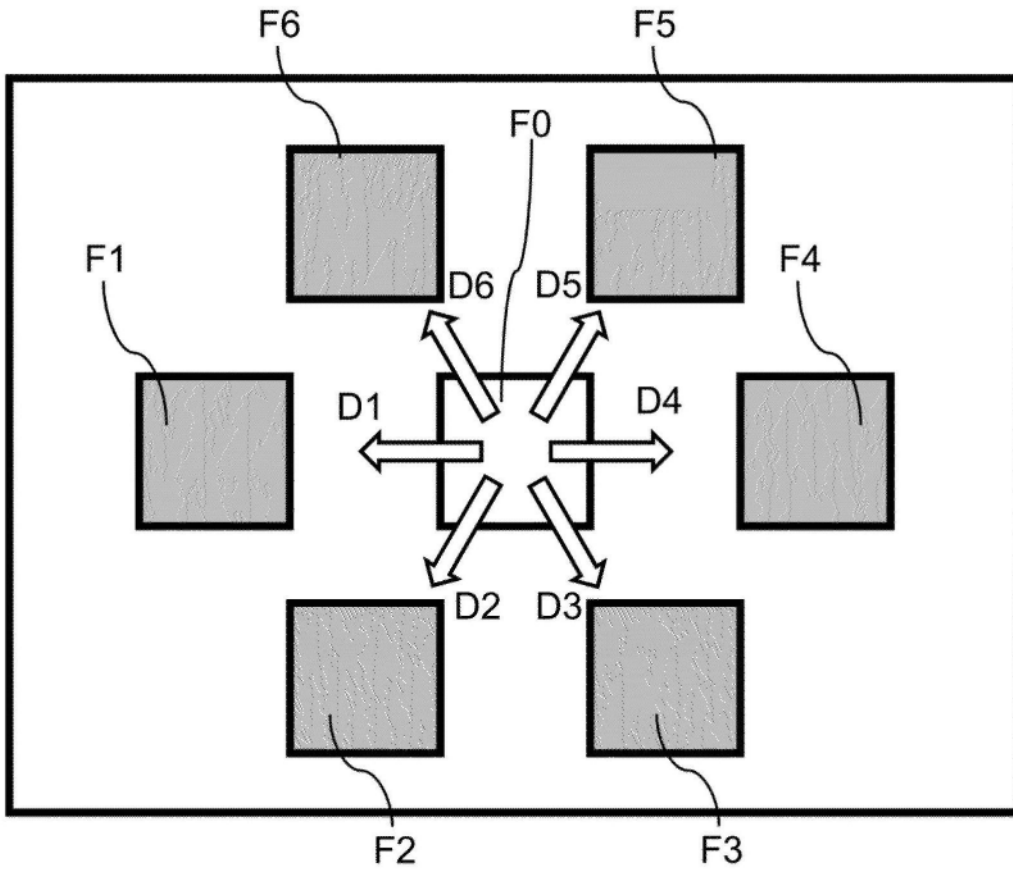


图8

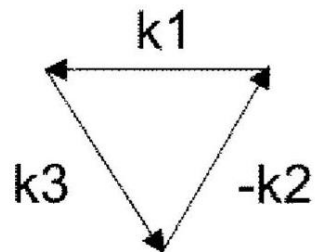


图9

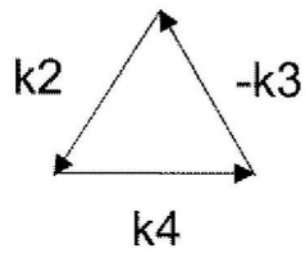


图10

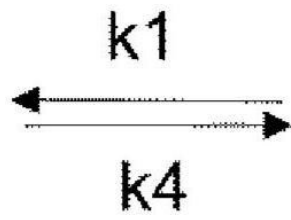


图11

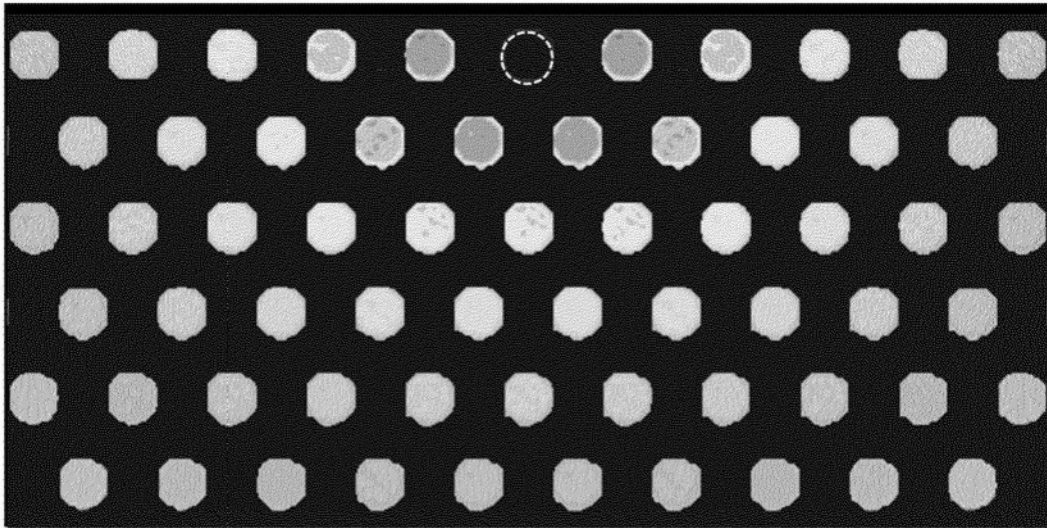


图12

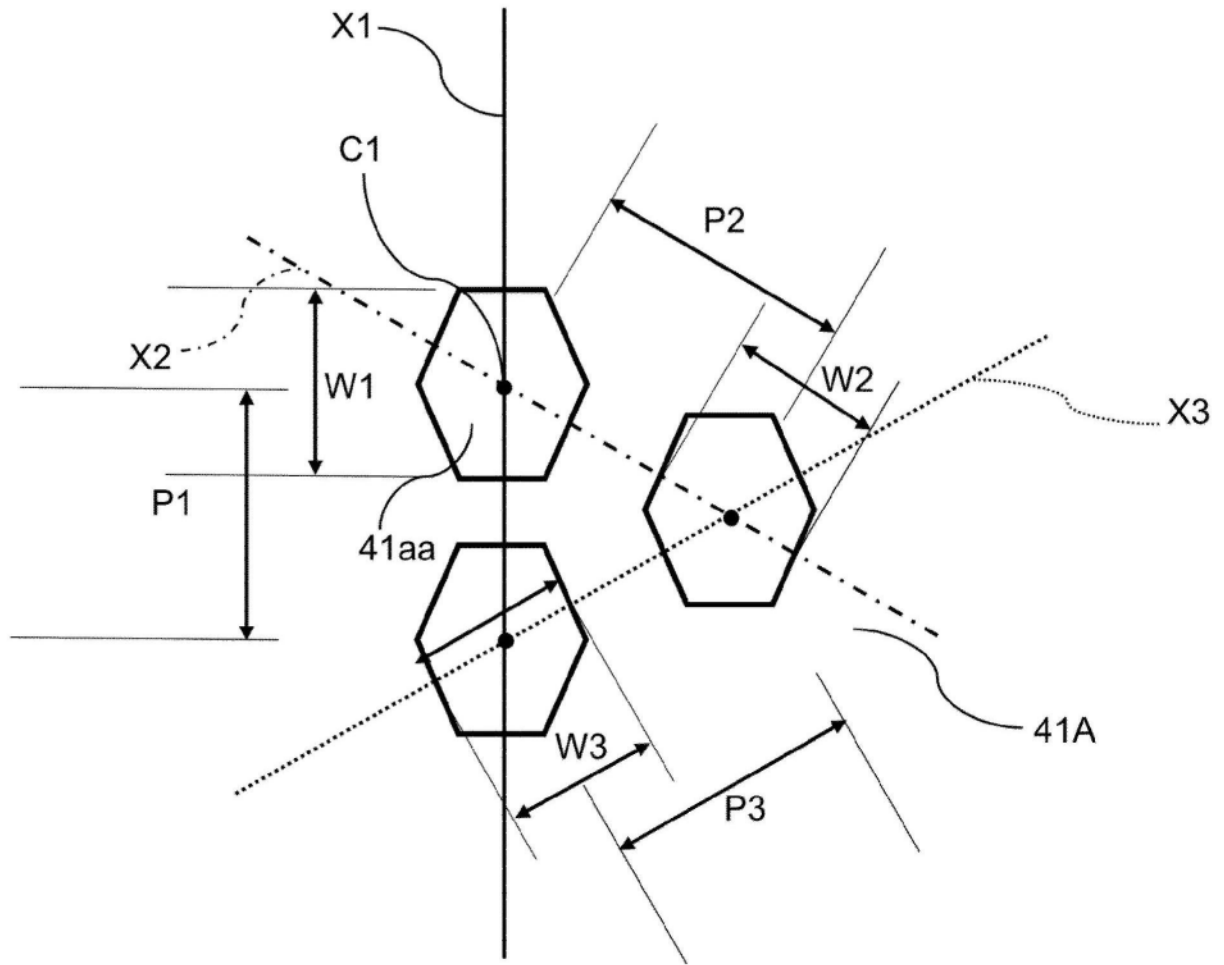


图13

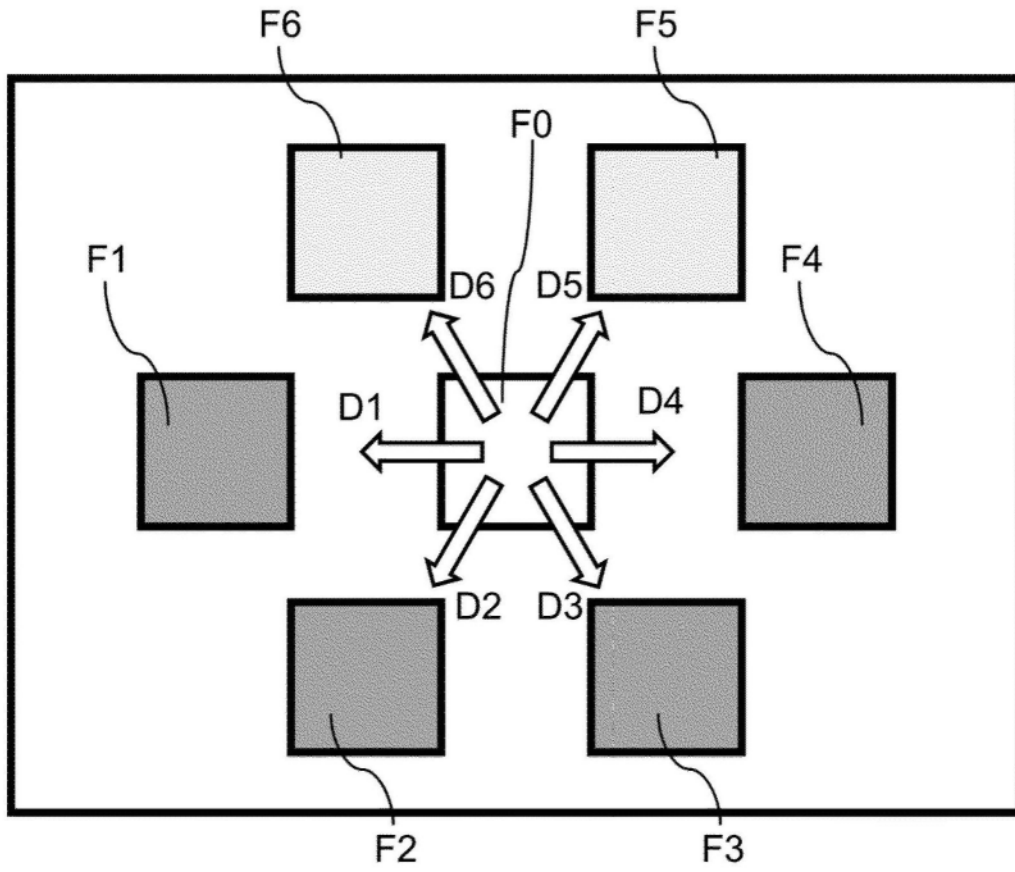


图14

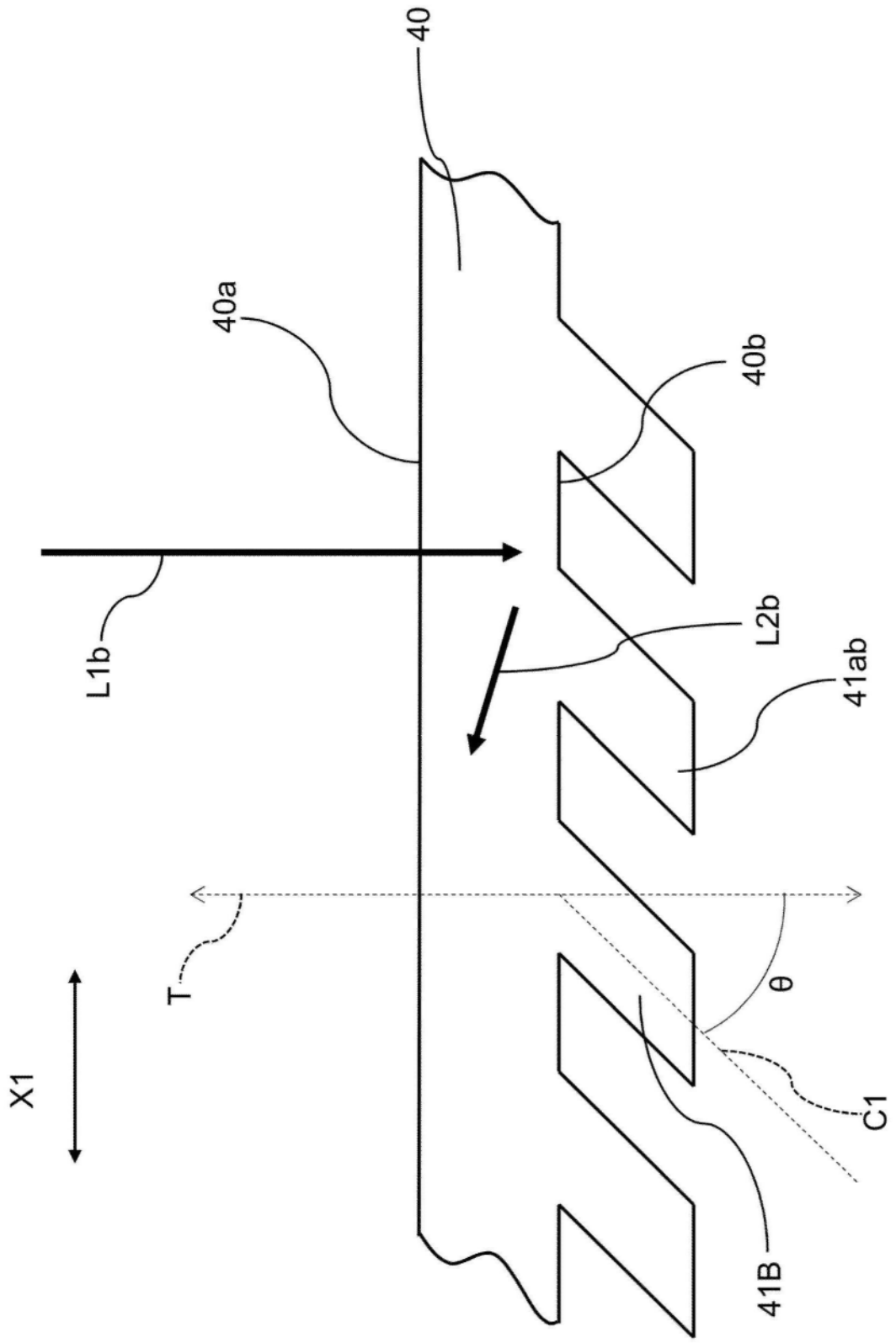


图15

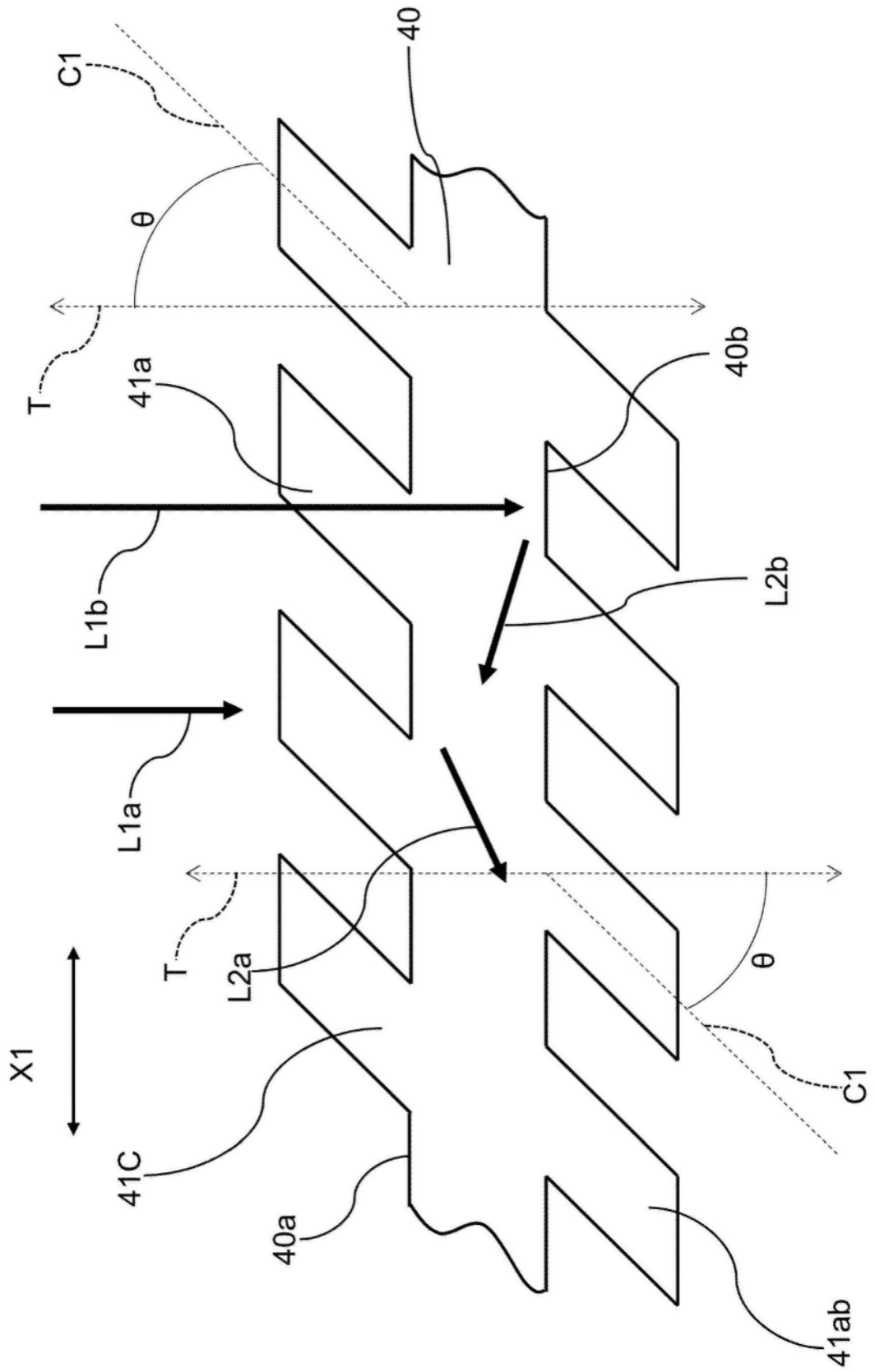


图16

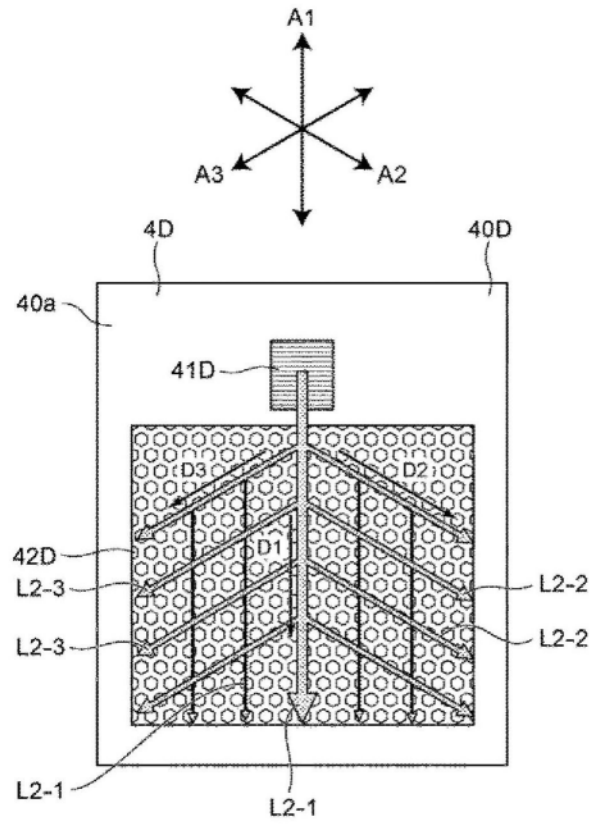


图17

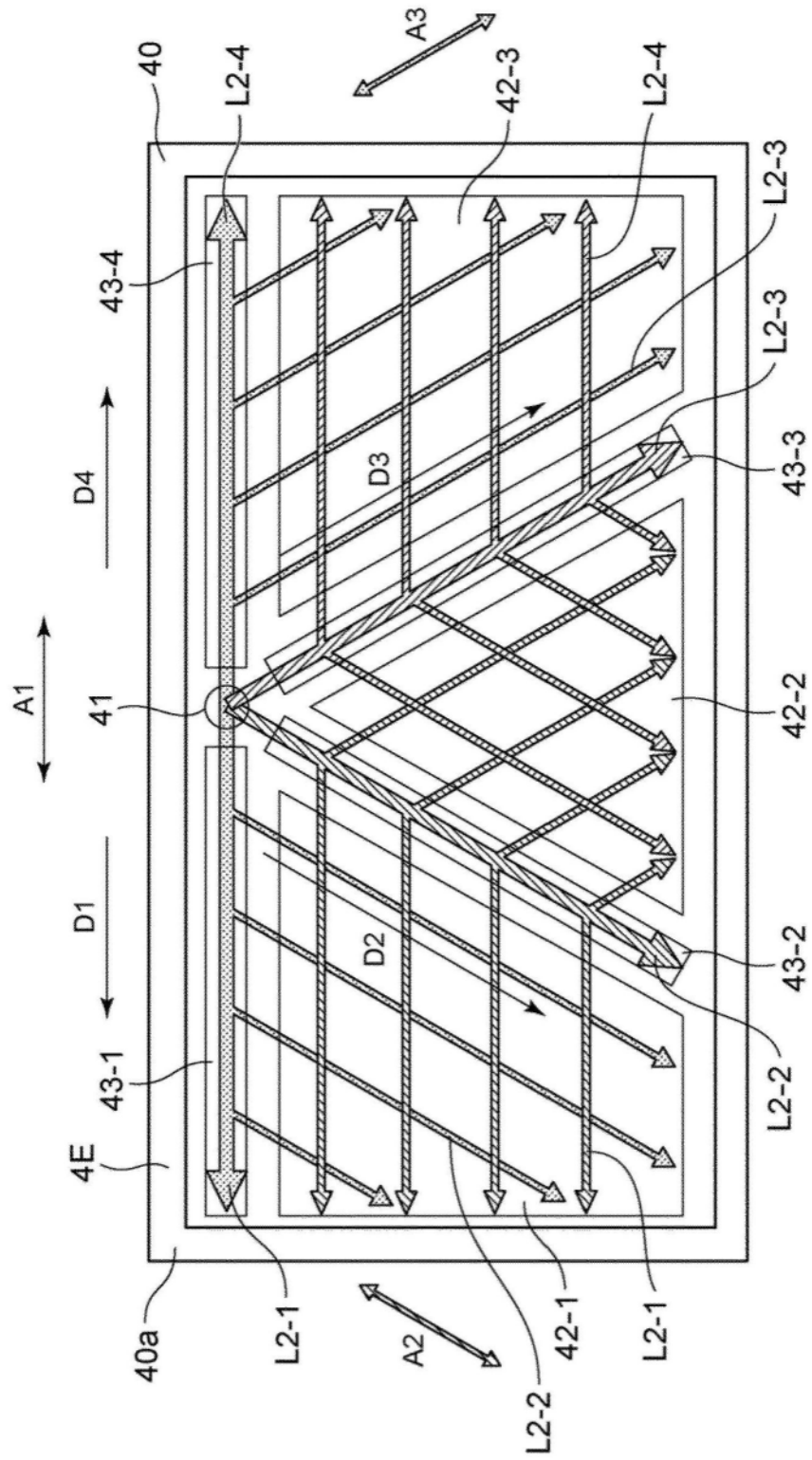


图18

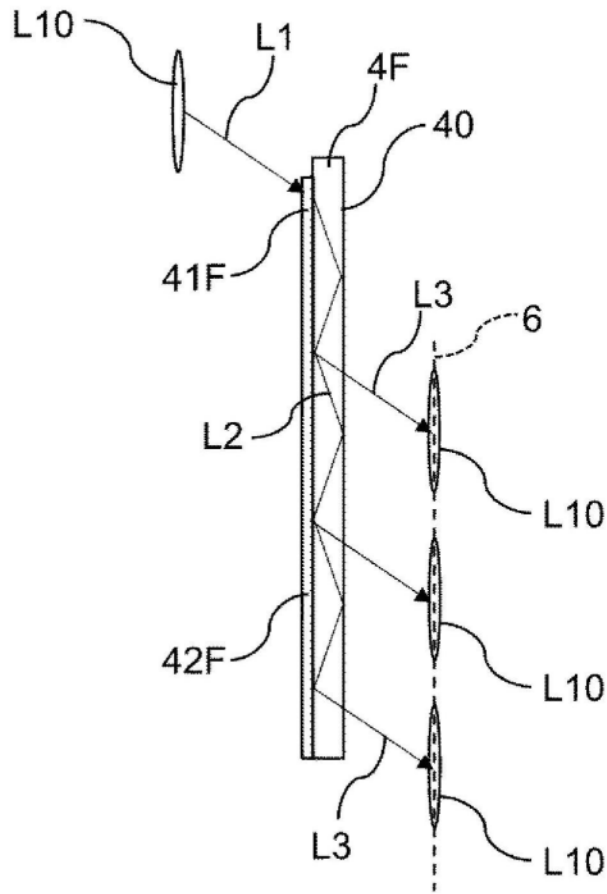


图19

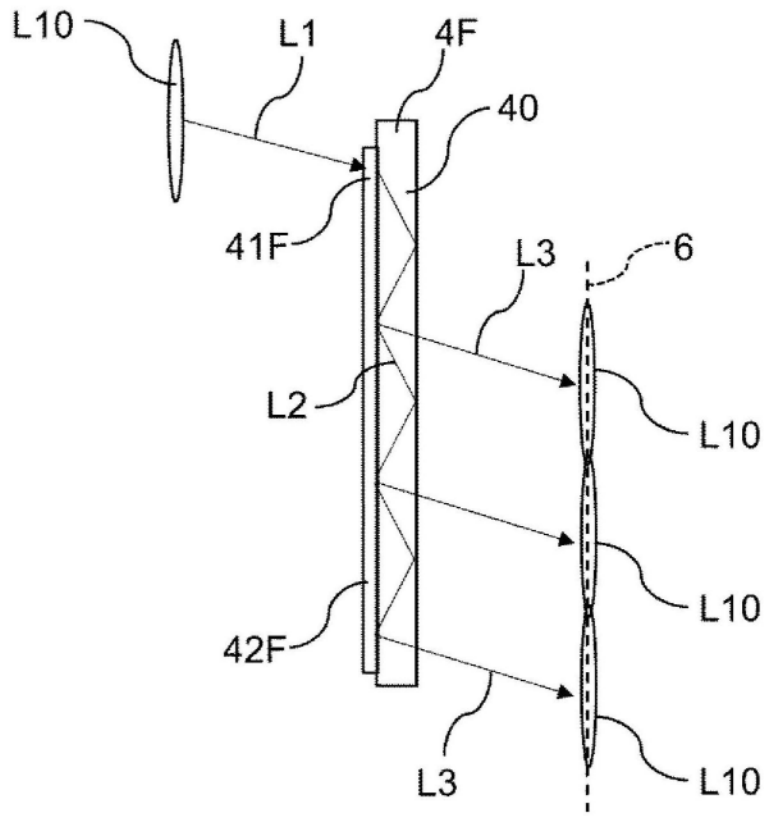


图20

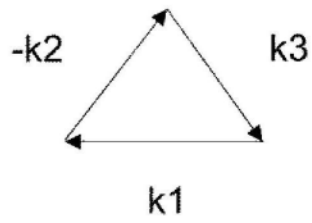


图21

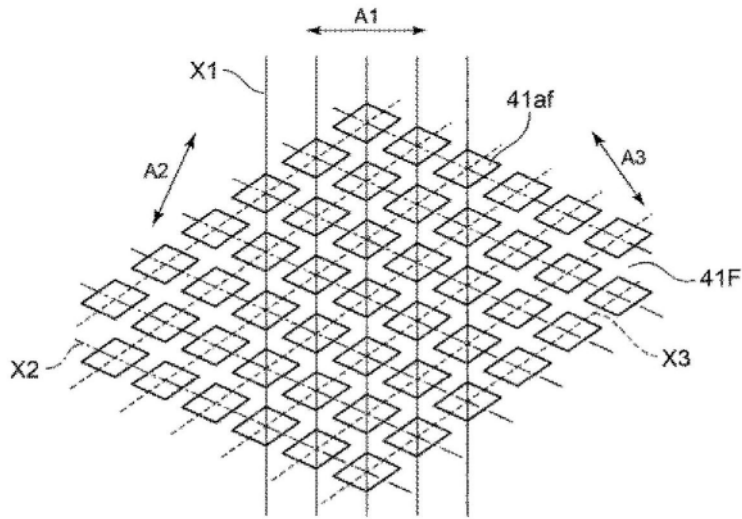


图22

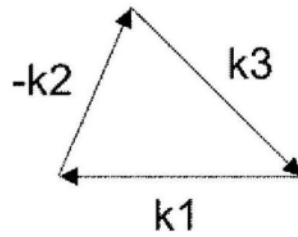


图23

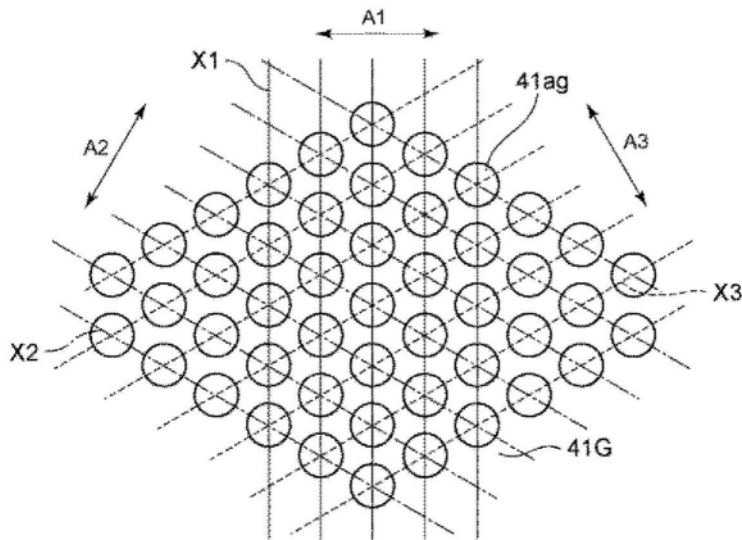


图24

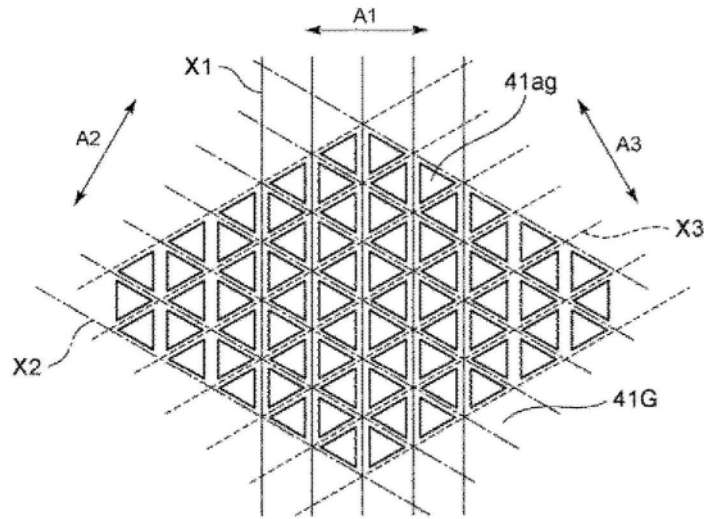


图25

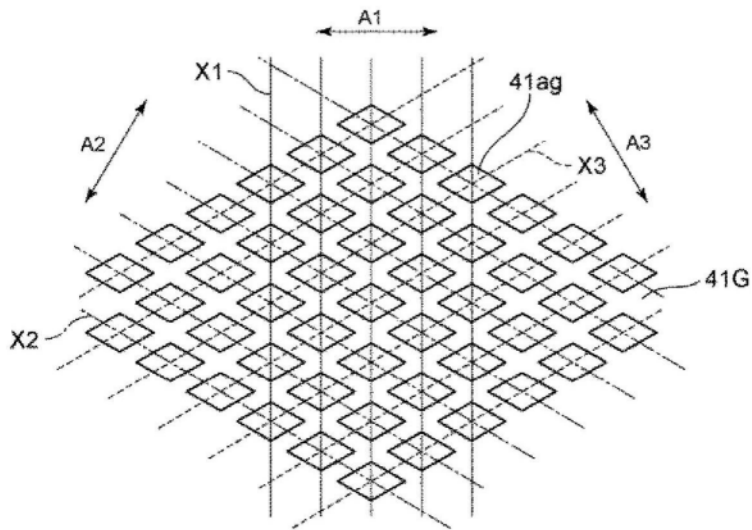


图26