(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106030375 B
(45)授权公告日 2019.10.18

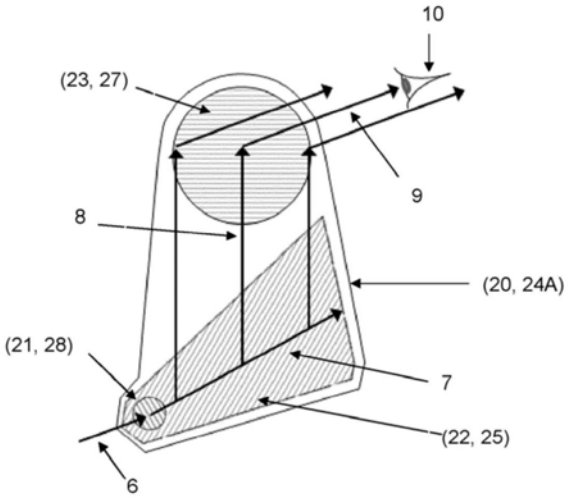
(21)申请号 201480075900.0
(22)申请日 2014.12.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106030375 A
(43)申请公布日 2016.10.12
(30)优先权数据
13275323.7 2013.12.19 EP
1322488.6 2013.12.19 GB
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.18
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/077597 2014.12.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/091277 EN 2015.06.25
(73)专利权人 BAE系统公共有限公司
地址 英国伦敦
(72)发明人 M·D·西蒙德斯 A·R·弗恩斯
(74)专利代理机构 北京三幸商标专利事务所（普通合伙）11216
代理人 刘淼
(51)Int.Cl.
G02B 27/00(2006.01)
G02B 5/18(2006.01)
F21V 8/00(2006.01)
G02B 27/42(2006.01)
G02B 6/124(2006.01)
(56)对比文件
GB 2500631 A,2013.10.02,
EP 2241926 A1,2010.10.20,
GB 2500631 A,2013.10.02,
EP 2241926 A1,2010.10.20,
CN 101589326 A,2009.11.25,
审查员 赵芳
权利要求书1页 说明书11页 附图12页

(54)发明名称

波导的改进

(57)摘要

本发明涉及一种用于显示装置的波导，包括：用于引导待显示光的平面光波导部(20)；输入衍射光栅(21)，沿用于引导通过的光波导部来衍射所接收的光(7)；中间衍射光栅(22)，用于从输入衍射光栅接收所衍射的光并且通过衍射(8)在第一维度展开所接收的光；和输出衍射光栅(23)，用于接收所展开的光并通过衍射输出从上述光波导部接收的展开的光(10)用于显示。所述输入衍射光栅定位成以便全部位于所述中间光栅的地理区域内，并且所述输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在各自不同的方向进行取向。



CN 106030375 B

1.一种用于显示装置的波导,其包括:

平面光波导部,用于引导待显示的光;

输入衍射光栅,布置成用于接收光并且沿用于引导通过的光波导部来衍射所接收的光;

中间衍射光栅,经由光波导部光学耦合到输入衍射光栅并布置为从所述输入衍射光栅接收所衍射的光,并且通过衍射而在第一维度展开所接收的光;和

输出衍射光栅,经由光波导部光学耦合到所述中间衍射光栅并布置为接收所展开的光且通过衍射输出来自光波导部的所接收的展开的光用于显示,

其中,所述输入衍射光栅定位成以便完全位于中间衍射光栅的地理区域内或者以便于其表观位置完全位于中间衍射光栅的地理区域内,并且其中所述输入衍射光栅和所述中间衍射光栅的光栅矢量在各自不同的方向进行取向。

2.根据权利要求1所述的波导,其中,所述中间衍射光栅的材料覆盖光波导部在其一侧的表面,经由该表面所述所接收的光通过全内反射从输入衍射光栅被引导到中间衍射光栅。

3.根据权利要求1所述的波导,其中,所述中间衍射光栅的材料与至少输入衍射光栅的材料是连续的。

4.根据权利要求1所述的波导,其中,所述中间衍射光栅的材料与输出衍射光栅的材料是连续的。

5.根据权利要求1所述的波导,其中,所述中间衍射光栅是形成在波导表面中的表面凸纹光栅。

6.根据权利要求1所述的波导,其中,所述输入衍射光栅和输出衍射光栅各自都是形成在波导表面中的凸纹光栅。

7.根据权利要求2所述的波导,其中,所述中间衍射光栅包括方波光栅结构。

8.根据权利要求3所述的波导,其中,所述输入光栅或/和输出光栅包括闪耀光栅结构。

9.根据权利要求1所述的波导,包括在所述中间衍射光栅上的涂层,该涂层的折射率与所述中间衍射光栅的材料的折射率不同。

10.根据权利要求1所述的波导,包括在所述输入或/和输出衍射光栅上的涂层,该涂层的折射率与所述输入或/和输出衍射光栅的材料的折射率不同。

11.根据权利要求1所述的波导,其中,所述输出衍射光栅布置为从所述中间衍射光栅接收所展开的光并且在垂直于所述第一维度的第二维度展开所接收的光。

12.一种显示装置,包括根据前述任一项权利要求所述的波导。

波导的改进

技术领域

[0001] 本发明涉及一种波导(例如,但不限于用于显示器的光学波导) 以及一种显示装置。特别地,本发明涉及一种显示装置,其中载像光入射到波导中,被展开以形成可见图像并且被从波导释放以供查看。

背景技术

[0002] 这种类型的现有技术的显示装置可以包括板状波导,其包含被布置成执行各自的三个连续功能之一的三个独立的衍射光栅。第一光栅用作沿板状波导的方向衍射所接收的光的光输入区域。第二光栅用于在第一维度展开来自第一光栅的光,以及第三光栅用于接收所展开的光,并进一步在正交于第一维度的第二维度展开所述光并且从波导输出结果。为了使第二衍射光栅能够在所需的方向中衍射所接收的光,该方向能够使该衍射的光到达第三衍射光栅,还需要使来自第一光栅的所述光相对于第二光栅的光栅线的方向以适当的方向被第二光栅接收。在第一(输入)光栅和第二光栅的光栅线的方向之间的光栅的错位会导致从第二光栅输出的光相对于第三(输出)光栅的光栅线的方向的错位。

[0003] 这具有降低从第三(输出)光栅输出的载像光中可再现图像的质量的整体效果。

[0004] 为了尝试减少第一和第二衍射光栅之间错位的光栅线的可能性,一些现有技术的方法包括:将第一和第二光栅压制或冲压为具有光栅线贯穿的一个共同方向的一个整体光栅结构的不同部分。这可以是从一个共同的单个光栅压模冲压的两个分开的光栅区域的形式 (例如图 1A) 或者从一个压模冲压的一个光栅图案的两个分开区域的形式 (例如图 1B) 。

[0005] 然而,在这两种情况下,为了使第二光栅或光栅区域可以从第一光栅或光栅区域以适当的角度接收输入光,该适当的角度为入射到第二光栅的光栅线用于向前衍射到第三 (输出) 光栅的方向的角度,从第一光栅或光栅区域发出的光必须通过朝向第二光栅或光栅区域被反射返回而被重新取向。为了实现这些目的,沿着部分的板状波导的边缘必须提供高度反射面。

[0006] 如果要使用的话,必须以非常高的光学标准制造反射面。需要将反射板边缘抛光到非常平的表面。这是很难实现的并且制备这样的波导是昂贵的。

[0007] 本发明的目的是解决这些问题。

发明内容

[0008] 在第一方面,本发明提供一种用于显示设备的波导,其包括:平面光波导部,用于引导待显示的光;输入衍射光栅,布置成用于接收光并沿用于引导通过的所述光波导部来衍射所接收的光;中间衍射光栅,经由光波导部光学耦合到输入衍射光栅,并布置为用于从所述输入衍射光栅接收所衍射的光,并通过衍射而在第一维度展开所接收的光;输出衍射光栅,经由光波导部光学耦合到所述中间衍射光栅,并布置为用于接收所展开的光并通过衍射输出来自光波导部的所接收的展开的光用于显示;其中所述输入衍射光栅定位成完全

位于中间光栅的所述地理区域或覆盖区域内，并且其中所述输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在各自不同的方向进行取向。例如，如果各自的光栅矢量基本上不在波导部的平面上，则输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在光波导部平面上的投影可以在各自不同的方向进行取向。

[0009] 输入衍射光栅可以与中间衍射光栅基本上在同一平面或共面，使得输入衍射光栅的物理位置完全在中间衍射光栅的地理区域或覆盖区域内。

[0010] 输入衍射光栅可被定位成邻近所述中间衍射光栅(例如平行于，但在平面外)，使得输入衍射光栅的表观位置是完全位于中间衍射光栅的地理区域或覆盖区域内。输入衍射光栅完全在中间衍射光栅的地理区域或覆盖区域内的位置可以是物理的/实际的位置，或者可以是表观位置。输入光栅在地理区域或覆盖区域内的表观位置可以通过定位输入光栅合适地邻近于中间衍射光栅来实现从而使得一表面——在该表面上形成中间光栅，并且该表面由中间衍射光栅的外边界/周边包围——沿整个输入光栅延伸，它本身就是在单独的表面上形成的。一个例子是，在光波导部的一个平坦表面上形成中间衍射光栅，并且在波导部的相对的平坦表面上中间光栅的覆盖区域内形成输入衍射光栅，在投影到后一个平坦表面上时(例如，通过波导部可见)。

[0011] 优选地，中间衍射光栅的材料覆盖光波导部在其一侧的表面的所有那些部分，经由那些表面所述所接收的光通过全内反射从输入衍射光栅引导至中间衍射光栅。

[0012] 中间衍射光栅的材料优选与至少输入衍射光栅的材料连续。

[0013] 中间衍射光栅的材料可以是与输出衍射光栅的材料连续。

[0014] 中间衍射光栅可以是形成在波导表面中的表面凸纹光栅。输入衍射光栅和输出衍射光栅的每一个都可以是形成在波导的表面中的凸纹光栅。

[0015] 中间衍射光栅可以包括方波光栅结构。输入光栅或/和输出光栅可以包括闪耀光栅结构。

[0016] 波导可以包括在中间衍射光栅上的涂层。该涂层的折射率可以与中间衍射光栅的材料的折射率不同。

[0017] 波导可以包括在输入或/和输出的衍射光栅上的涂层，其折射率可与输入或/ 和输出的衍射光栅的材料的折射率不同。

[0018] 输出衍射光栅优选地被布置为从中间衍射光栅接收所展开的光，并在垂直于第一维度的第二维度展开所接收的光。

[0019] 本发明可以提供一种包括上述波导的显示装置。

[0020] 在第二方面，本发明提供一种制造用于显示装置的波导的方法，该波导包括：输入衍射光栅，用于接收光并沿着波导衍射所接收的光；中间衍射光栅，用于从输入衍射光栅接收所衍射的光，并通过衍射而在第一维度展开所接收的光；以及输出衍射光栅，用于接收并通过衍射输出来自光波导的展开的光，所述方法包括：提供平面光波导部；在光波导部上沉积流体材料，该材料能固化以形成光学透明的固体；在流体材料上压印限定了输入衍射光栅区域、中间衍射光栅区域和输出衍射光栅区域的印记，其中中间衍射光栅区域的流体材料与至少输入衍射光栅区域的流体材料连续；固化所压印的流体材料以使所述印记凝固；其中输入衍射光栅完全地被定位在中间光栅的地理区域或覆盖区域内，并且其中输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在各自不同的方向进行取向。例如，如果各自的光栅矢量

基本上不在波导部的平面上，则输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在光波导部的平面上的投影优选地在各自不同的方向进行取向。

[0021] 输入衍射光栅可以与中间衍射光栅基本上在同一平面或共面，使得输入衍射光栅的物理位置完全地位于中间衍射光栅的地理区域或覆盖区域内。

[0022] 优选地，固化的材料覆盖了光波导部在其一侧的表面的所有那些部分，经由那些表面所述所接收的光通过全内反射从输入衍射光栅引导至中间衍射光栅。

[0023] 压印可以包括在平面波导相同一侧的流体材料上压印输入光栅和中间衍射光栅两者。

[0024] 压印可以包括在平面波导相同一侧的流体材料上压印输入光栅和围绕所述输入光栅作为衍射区域的中间衍射光栅两者。

[0025] 中间衍射光栅区域的流体材料与输出衍射光栅区域的流体材料可以是连续的。

[0026] 压印可以包括在平面波导的相同一侧的流体材料上压印输入光栅、中间衍射和输出衍射光栅中的每一个。

[0027] 压印可以包括在流体材料上同时压印输入光栅、中间衍射和输出衍射光栅中的每一个。

[0028] 固化可以包括对每个输入光栅和中间衍射或附加的输出衍射光栅同时固化流体材料。

[0029] 压印可以包括压印中间衍射光栅使其具有方波光栅结构。

[0030] 压印可以包括压印输入光栅或/和输出光栅使其具有闪耀光栅结构。

[0031] 该方法可包括在中间衍射光栅上施加涂层，该涂层的折射率与中间衍射光栅的材料的折射率不同。

[0032] 该方法可包括在输入或/和输出衍射光栅上施加涂层，该涂层的折射率与输入或/ 和输出衍射光栅的材料的折射率不同。

[0033] 输出衍射光栅优选地被布置为从中间衍射光栅接收所展开的光，并在垂直于第一维度的第二维度展开所接收的光。

[0034] 在第三方面，本发明可以提供一种用于显示装置的波导的制造方法，该波导包括：输入衍射光栅，用于接收光并沿着波导衍射所接收的光；中间衍射光栅，用于从输入衍射光栅接收所衍射的光并且通过衍射而在第一维度展开所接收的光；以及输出衍射光栅，用于接收并通过衍射输出来自光波导的展开的光，所述方法包括：提供平面光波导部；在光波导部的相对两平坦表面上沉积流体材料，该材料能固化以形成光学透明的固体；在流体材料上压印限定了输入衍射光栅、中间衍射光栅和输出衍射光栅的印记；固化所压印的流体材料以使印记凝固；其中输入衍射光栅被定位成邻近中间光栅以便完全位于中间光栅的地理区域或覆盖区域内，并且其中输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在各自不同的方向上进行取向。例如，如果各自的光栅矢量基本上不在波导部的平面上，输入衍射光栅和中间衍射光栅的光栅矢量在光波导部的平面上的投影优选地在各自不同的方向进行取向。

[0035] 输入衍射光栅可以定位成邻近于中间衍射光栅与其平行，但在其平面之外，使得输入衍射光栅的表观位置是完全地位于中间衍射光栅的地理区域或覆盖区域内。输入衍射光栅完全在中间衍射光栅的地理区域或覆盖区域内的位置可以是表观位置。输入光栅在地理区域或覆盖区域内的表观位置可以通过定位输入光栅合适地邻近于中间衍射光栅来实

现，使得一表面——在该表面上形成中间光栅，并且该表面由中间衍射光栅的外边界/周边包围——沿整个输入光栅延伸，其自身形成在单独的表面上。一个例子是，在光波导部的一个平坦表面上形成中间衍射光栅，并且在波导部的相对的平坦表面上中间光栅的覆盖区域内形成输入衍射光栅，在投影到后一平坦表面上时(例如，通过波导部可见)。

[0036] 流体材料优选沉积在平面波导部的两个相对的侧面的每一侧上，并且压印优选包括在平面波导的一侧在流体材料上压印中间衍射光栅作为围绕基本上非衍射的输入窗区域的衍射区域，并且在平面波导的相对一侧的流体材料上压印输入光栅，使得输入光栅通过输入窗区域可见。

[0037] 优选的是，固化的材料覆盖了光波导部在其一侧的表面的所有那些部分，经由那些部分所述所接收的光通过全内反射从输入衍射光栅引导至中间衍射光栅。

[0038] 中间衍射光栅区域的流体材料与输出衍射光栅区域的流体材料可以是连续的。

[0039] 压印可以包括在平面波导的相同一侧的流体材料上压印中间衍射光栅和输出衍射光栅中的每一个。

[0040] 固化可以包括在平面波导的一侧上同时固化每个中间衍射光栅和输出衍射光栅的流体材料，并且随后在平面波导的相对一侧施加流体材料。

[0041] 压印可以包括随后在平面波导的相对一侧的流体材料上压印输入光栅。

[0042] 该方法可包括对压印到流体材料中的输入衍射光栅相对于凝固的中间衍射光栅和凝固的输出衍射光栅的取向进行调整，并随后将所压印的输入衍射光栅以选定的取向进行固化。

[0043] 压印可以包括压印中间衍射光栅使其具有方波光栅结构。

[0044] 压印可以包括压印输入光栅或/和输出光栅使其具有闪耀光栅结构。

[0045] 该方法可以包括在中间衍射光栅上施加涂层，该涂层的折射率与中间衍射光栅的材料的折射率不同。

[0046] 该方法可以包括在输入或/和输出衍射光栅上施加涂层，该涂层的折射率与输入或 / 和输出衍射光栅的材料的折射率不同。

[0047] 输出衍射光栅优选地被布置为从中间衍射光栅接收所展开的光，并在垂直于第一维度的第二维度展开所接收的光。

[0048] 波导部折射率的周期性扰动或变化或者在其上的表面波纹可以限定衍射光栅，并且通过增加或减少光栅脉冲(光栅矢量$\vec{K}$)的整数(m)倍，这样具有沿光栅表面改变入射光波$\vec{k}_i$的脉冲(波矢量表面分量$\vec{k}_m$)的效果：

[0049] $$\vec{k}_m = \vec{k}_i + m\vec{K}$$

[0050] 其中，$\vec{K} = \frac{2\pi}{d}\hat{d}$和d是在单位矢量方向$\hat{d}$上的光栅周期，其在光栅平面中且在光栅的周期性的方向上 (例如，垂直于直的光栅线 / 槽的方向) 。

[0051] 如果光栅位于xy平面且周期是沿着x轴，并且入射光线位于垂直于槽的平面中，在反射中的等式采用所谓的光栅等式的形式：

[0052] $$\sin\theta_m = \sin\theta_i + m\frac{\lambda}{d}$$

[0053] 其中λ是光的波长。

附图说明

[0054] 现在将参照附图对本发明的示例性实施例进行更加详细地说明，其中：

[0055] 图 1A 和图 1B 各自示出了根据现有技术的板状波导；

[0056] 图 2A ～图 2F 示意性地示出了用于制造根据图 1 的板状波导的方法；

[0057] 图 3 示出了根据本发明的一个实施例的板状波导；

[0058] 图 4 示出了根据本发明的另一实施例的板状波导的两个相对的平面侧；

[0059] 图 5 示意性示出了根据本发明的一个实施例的光输入到板状波导的相互作用，并且从其中输出；

[0060] 图 6 示意性示出了在图 1 的现有技术的板状波导中的输入光的导向与在图 4 和图 5 所示的根据本发明实施例的板状波导之间的比较；

[0061] 图 7 示意性示出了在图 1 的现有技术的板状波导中的输入光的导向与在图 4 和图 5 所示的根据本发明实施例的板状波导之间的进一步比较；

[0062] 图 8 和图 9 示意性地示出了在图 1 的现有技术的板状波导中的输入光的导向与在图 4 所示的根据本发明实施例的板状波导之间的比较；

[0063] 图 10A ～图 10D 示意性地示出了用于制造根据图 4 中的本发明的板状波导的过程；和

[0064] 图 11A ～图 11I 示意性地示出了用于制造根据图 5 中的本发明的板状波导的过程。

具体实施方式

[0065] 在附图中，相同的附图标记指代相同的结构。

[0066] 图 1A 示出了现有技术的用于显示装置的波导。波导包括：板状光波导 1 ，用于通过全内反射在平板的两个相对平行且平坦的表面之间内部导向光。

[0067] 将待显示的载像光经由输入衍射光栅 2 输入到平板，输入衍射光栅 2 被布置成接收所述载像光 6 并且沿着板状光波导衍射所接收的光 7 ，该光波导用于在整个光学耦合到输入衍射光栅的中间衍射光栅 4 上引导。所述中间光栅 4 被布置为在第一维度 7 中通过衍射而展开所接收的光和经由板状光波导将所展开的光 8 导向到光学耦合到中间衍射光栅的输出衍射光栅 5 。

[0068] 输出光栅被布置为从中间衍射光栅接收所展开的光并且将所接收的展开的光 8 通过衍射从板状光波导输出用于显示给用户10 。

[0069] 输入衍射光栅 2 通过板状波导的由反射涂层 3 涂覆的反射边缘部分与中间衍射光栅光学耦合。因此，输入光 6 朝向反射边缘衍射，并通过全内反射在板状波导内被导向到反射涂层 / 边缘 3 。在反射边缘发生反射后，被导向的输入光随后被导向到中间衍射光栅 4 。

[0070] 反射边缘的存在使波导的制造复杂并且使制造波导相对昂贵、难以制造并且一旦生产就容易产生制造误差。图 1B 示意性地示出了图 1A 的现有技术装置的一个现有技术的变型，其中输入衍射光栅 2 被构造为连续光栅区域，其与中间光栅区域一体地形成并

接合而连接到中间衍射光栅。图 1B 的装置的形成和操作在其它方面与图 1A 的装置的形成和操作相同，并且光线 (6 、7 、8 和 9) 在图 1B 中示出来说明此点。

[0071] 但应该指出的是，输入衍射光栅的光栅线 (图 1A) 或输入衍射光栅区域 (图 1B) 基本上平行于中间衍射光栅的光栅线或光栅区域(它们的光栅矢量是相同的) ，并且因此需要使用反射边缘 3 对输入光 7 进行重新取向到相对于中间光栅的光栅线适当的方向。

[0072] 现有技术的装置的两个实施例 (图 1A 和图 1B) 的输入光栅和中间光栅 (或光栅区域) 的共同取向的光栅线 (光栅矢量) 通过使用单一的光栅压模轴承来生产，这类凸纹中的共同取向的光栅线 / 槽如现在图 1A 的装置的相关描述。但应注意的是，这样的制造方法也同样适用于图 1B 的设备。在这两种情况下，输入光栅和中间光栅部分的光栅矢量在波导基板的平坦表面上的投影基本上平行，只是因为这些矢量是相同的。

[0073] 图 2A ～图 2F 示意性地示出了所述的制造过程。过程从在平板波导基板 1 上沉积可固化以形成光学透明固体的流体固化胶水 11 开始 (图 2A) 。固化胶水的三个单独的、离散的和隔离的沉积物沉积在基板上将要形成通过波导基板光学地相互耦合的三个独立的衍射光栅的区域的位置。接下来，(图 2B) 将光栅压模 12 引入到该过程中。光栅压模在一个表面上承载三个表面凸纹图案 (13 、14 、15) ，其中的每一个凸纹代表三个独立的表面凸纹衍射光栅中相对应的一个。光栅压模的每个表面凸纹图案相对于被设计成用于压印的光栅是负片的、或反向的形式。用于输入光栅的光栅线的凸纹图案 13 基本上平行于用于中间光栅的光栅线的凸纹图案 14 。

[0074] 光栅压模在流体固化胶水的三个离散的沉积物上压印，一致地在与各自的三个独立和离散的衍射光栅之一对应的那三个沉积物上形成印记。三个衍射光栅限定为：由光栅压模的第一表面凸纹图案 13 限定的输入衍射光栅区域、由光栅压模的第二表面凸纹图案 14 限定的中间衍射光栅区域以及由光栅压模的第三表面凸纹图案 15 限定的输出衍射光栅区域。

[0075] 当然，如上所述，相同的基本步骤应用于制造图 1B 的装置，其变化在于，光栅压模包括两个分开的表面凸纹图案，其中一个图案对应于合并的输入光栅结构和中间光栅结构，而另一个图案对应于输出光栅结构。此外，只需要两个流体固化胶水的离散沉积物，一个用于合并的光栅，另一个用于输出光栅。

[0076] 在接下来的制造步骤中 (图 2C) ，固化胶水 11 仍然为流体形式并且光栅压模在其上压印以限定出三个光栅，将多个不同颜色的光输入到压印有第一表面凸纹 (输入) 衍射光栅图案的固化胶水沉积物。这样的输入光由输入光栅图案朝向波导基板的反射边缘3(见图 1) 部衍射到波导基板 1 ，并由此通过第二表面凸纹图案 14 到达形成在流体固化胶水的第二沉积物上的中间衍射光栅图案，然后由此通过光栅压模 12 的第三表面凸纹图案 15 压印在流体固化胶水的第三沉积物上的第三 (输出) 衍射光栅图案。在第三 (输出) 光栅图案上，多色光从波导基板 1 输出。可以观察到在不同颜色的光的输出方向之间的任何角度的错位。这样的错位会由于波导基板的反射边缘 3 和由光栅压模的第一表面凸纹光栅图案 13 压印的输入衍射光栅图案和由光栅压模压印的中间衍射光栅图案 14 之间的错位而导致，因为那两个图案的光栅槽基本上是平行的。实际上，来自前者的输入光的入射角必须精确对准，使得光与随后的衍射光栅最佳地耦合。

[0077] 为了调节这种错位，接下来的制造步骤（图 2D）需要相对于波导基板（和它的反射边缘 3）小心地旋转光栅压模以在固化胶水沉积物中重新对准流体衍射光栅的压印。当角度对准时，如果观察到不同颜色的输出光束，则可检测到最佳对准。

[0078] 当观察到最佳对准时，通过使用紫外线（UV）辐射照射，流体固化胶水随后固化（图 2E）。这使压印的流体固化胶水凝固，以凝固输入、中间和输出衍射光栅的印记。

[0079] 将所得到的波导 1 与波导压模 12（图 2F）分开，并在表面凸纹上包括：输入衍射光栅 2 用以接收光，并沿波导将所接收的光朝向反射边缘 3 衍射；中间衍射光栅 4 用以接收来自反射边缘 3 的衍射的光并且用以通过衍射在第一维度展开所接收的光；以及输出衍射光栅 5 用以接收并通过衍射输出来自光波导的展开的光。

[0080] 这种现有技术的制造过程是费时、困难且容易出错的。

[0081] 本发明的两个实施例分别提供了用于显示装置的波导，解决了制造和产品中的这些问题。

[0082] 参照图 3 和图 4，各实施例包括用于引导待显示光的板状光波导基板（20、24）。该基板承载输入衍射光栅（21、28），输入衍射光栅（21，28）被布置在表面上以接收载像光并沿光波导直接朝向中间光栅 25 衍射所接收的光，以在波导内引导所述光。

[0083] 中间衍射光栅（22、25）形成在波导的表面上并且经由光波导与输入衍射光栅（20、24）光学耦合。它被设置成直接接收来自输入衍射光栅的衍射光，并通过衍射而在第一维度上展开所接收的光。输入光栅的光栅线 / 槽不与中间光栅的光栅线 / 槽平行，使得两个光栅的光栅矢量具有不同的取向，正如它们在波导基板的平坦表面上各自的投影。在本实施例中，光栅矢量位于平行于波导结构的平面，并因此，它们各自的投影等于它们矢量本身。输入光栅位于中间光栅的地理区域或覆盖区域内。通过位于所述中间光栅的地理区域 / 覆盖区域内，这意味着输入光栅的实际位置可以限定在中间光栅的边界内（例如图 3）或者输入光栅的表观位置可以限定在中间光栅的边界内（例如图 4）。

[0084] 输出衍射光栅（23、27）经由光波导部与中间衍射光栅光学耦合，并被布置为接收所展开的光并通过衍射输出来自光波导的所接收的展开的光，用于显示。

[0085] 值得注意的是，没有如在现有技术的装置中使用专门的反射边缘，并且中间衍射光栅的材料（22、25）覆盖了光波导部在其一侧的表面的所有那些部分，经由那些部分，输入载像光通过全内反射从输入衍射光栅（21、28）引导到中间衍射光栅（22、25）。

[0086] 在图 3 的实施例中，中间衍射光栅 22 的材料与输入衍射光栅21 的材料是连续的。然而，在图 4 的实施例中，输入衍射光栅 28 的材料不与中间光栅 25 的材料连续。事实上，该替代实施例的中间光栅 25 和输出光栅 27 的每一个均形成在与板状波导基板的第二平面侧 24B 相对的第一平面侧 24A 上，在板状波导基板的第二平面侧 24B 上形成输入光栅 28。图 4 示出了承载这三个衍射光栅的第一和第二板侧（虚线箭头指向“穿过”波导板看到的光栅）。

[0087] 详细参照图 4，在波导基板的一个侧面 24A 上的中间衍射光栅包括作为衍射区域 25 围绕圆形和基本上非衍射的输入窗区域26。平面波导基板的相对侧 24B 承载定位在输入窗区域 26 范围中的输入光栅 28，使得通过输入窗区域可以看到输入光栅。输入窗区域可以包括与形成中间衍射光栅包围衍射区域 25 的材料相同的材料，并且是连续

的。在替代实施例中，输入窗区域可以通过不具有材料而裸露来限定，并且通过暴露并未覆盖 / 涂敷板状波导基板的区域而被露出。在任一情况下，输入衍射光栅 28 的表观位置位于中间光栅的边界内，通过输入窗 26 显现，并因此位于中间光栅的地理区域或覆盖区域内。当然，在图 3 的实施例中，输入衍射光栅 21 的实际位置是在中间光栅的边界内。在前一种情况下，输入光栅在具有中间光栅的平面外，而在后一种情况下，它在平面内。

[0088] 中间衍射光栅 (22 、25) 的材料也可以与这些实施例中的一个或每一个的输出衍射光栅 (23 、27) 的材料连续。输出衍射光栅可以与中间光栅和 / 或输入光栅形成在同一平面内，或者形成在一者 / 两者的平面外。这可以通过在波导基板的两个相对表面中的适当的一个表面上形成输出光栅来实现。

[0089] 中间衍射光栅 (22 、25) 是方波表面凸纹光栅，该方波表面凸纹光栅形成在沉积于板状波导基板 (20 、24) 表面上的已固化的固化胶水的表面上。同样地，输入衍射光栅 (21 、28) 和输出衍射光栅 (23 、27) 均是形成在沉积于板状波导基板表面上的已固化的固化胶水的表面上的闪耀表面凸纹光栅。

[0090] 电介质或金属涂层可以根据需要沉积在输入、中间和 / 或输出衍射光栅上。该涂层优选具有与所述的涂覆的衍射光栅形成的已固化的固化胶水材料的折射率不同的折射率 (例如大于) 。

[0091] 波导的这些实施例是用于包括上述波导的显示装置。实施例包括头盔平视显示器 (HUD) 、或者在运载工具 (例如，作战运载工具或其它运载工具的驾驶舱、客舱等) 中安装的 HUD 。

[0092] 图 5 示意性示出了图 3 或图 4 中任一实施例在使用中的波导。将待显示的载像光 6 于输入衍射光栅 (21 、28) 输入到板状波导 (20 、24A) ，在该输入衍射光栅处，它被衍射并通过其光栅线 / 槽 (或光栅矢量) 相对于中间光栅的光栅线 / 槽 (或光栅矢量) 的非平行选定的取向的特点沿板状光波导被引导直接朝向并跨越中间衍射光栅 (22 、25) 。中间光栅被设置为通过衍射在第一维度 7 展开所接收的光，并且通过其光栅线 / 槽 (或光栅矢量) 取向的特点经由板状光波导朝向输出衍射光栅 (23 、27) 引导所展开的光 8 ，用于输出 9 ，并由用户 10 观看。

[0093] 特别地，输出光栅被布置为接收来自中间光栅 (22 、25) 的展开的光 8 ，并通过衍射输出 9(来自板状光波导的所接收的展开的光) 以进行显示。输出光栅的光栅线 / 槽 (即，光栅矢量) 的取向与中间光栅的光栅线 / 槽 (光栅矢量) 的取向不同。

[0094] 图 5 示出了位于中间衍射光栅内并共同形成具有不同取向的光栅线 / 槽 / 矢量 (如图 3 所示) 或单独形成但通过波导的输入窗区域可见 (如图 4 所示) 的输入衍射光栅，作为有关适当的实施例。

[0095] 相比于图 1A 或图 1B 所示的现有技术的波导，图 6 ～图 9 示出了本发明的有利的方面。

[0096] 参照图 6 ，可以看出的是在本发明的实施例中在波导基板回避使用反射边缘 3 的需要，缩短了光从输入光栅到中间光栅的光路长度。因此，由输入衍射光栅支持的总视场角 (TFOV) 可以在本发明的实施例中通过具有相对较小宽度的中间衍射光栅而被容纳。因为中间衍射光栅的面积可以更小，这使得波导作为一个整体更短。

[0097] 而且，参照图 7 ，这种中间光栅在宽度 / 面积中的减小意味着在朝着输出光栅

(即朝着输出光栅“转向”) 的方向已由中间衍射光栅衍射的光需要在其朝向输出光栅的路径中沿着中间衍射光栅通过较少的区域。必须指出,作为转向的光通过全内反射 (TIR) 在板状波导基板相对的平坦表面之间被导向,来自承载中间光栅结构的基板表面的每次 TIR 通过在其中的衍射将导致光的一些损失。损失的光被横向引导到“转向”的光行进的方向,即,远离输出光栅。这样的光将不会到达输出光栅。中间光栅的这样的损耗相互作用越少,来自于最终显示输出所丢失的光就越少。因此,如在图 7 中示意性示出的与有更多损耗的现有技术的波导 1 的比较,本发明中减少的中间光栅面积降低了这种损失。

[0098] 图 8 和图 9 示出了本发明的优选实施例的进一步的优点,其中中间衍射光栅的材料覆盖光波导部在其一侧的表面的所有那些部分,经由那些表面接收的载像光通过全内反射从输入衍射光栅引导到中间衍射光栅。这发生在图 3 所示的实施例中,其中输入光栅和中间光栅在波导基板的同一侧是连续的 (在同一平面内) 。当输入光栅被与中间光栅连续的包括与中间光栅的材料相同的材料的输入窗 26 替换时,这种情况同样发生在图 4 所示的实施例中。在这种情况下输入光栅在板状波导基板的反向侧通过输入窗可见。

[0099] 图 8 示出了一个假想的比较波导 (左侧图像) 和根据本发明的一个实施例的波导 (右侧图像) 的输入光栅和中间光栅部分的并排比较。可以看出,在所述波导基板表面所产生的分离的和离散的输入和输出衍射光栅的效果是在波导基板内为所导向的光的路径呈现结构性边缘,在该边缘可发生光的散射。这导致光的损失而降低图像的亮度,并且导致具有随机散射光的载像光的污染,这降低了输出图像的对比度和分辨率。图 9 示出了图 8 的假想的波导的部分截面图的分解视图中的这种效果。

[0100] 根据本发明的一个方面的优选的实施例,因为中间衍射光栅的材料覆盖光波导部在其一侧的上表面的所有那些部分 (承载了中间光栅和以连续的材料方式的输入光栅的材料或输入窗的材料) ,所以没有通过全内反射将导向的光传递到中间光栅的这种散射边缘存在。虽然这样的技术优点已经参考图 8 左侧示出的假想的设备中示出,假想的设备的结构的缺点是图 1A 和图 1B 所示的现有技术的设备所共有的。

[0101] 图 10A ～图 10D 示意性地示出了制造过程,通过该过程可以制造图 3 的波导。该过程开始 (图 10A) 于在板状光波导基板 20 上沉积可固化以形成光学透明的固体的流体固化胶水 11 。固化胶水的两个分离的、离散的和隔离的沉积物被沉积在基板这样的位置,该位置旨在形成由波导基板彼此光耦合的两个独立的衍射光栅的区域。接下来,(图 10B) 将光栅压模 30 引入到过程中。光栅压模在一个表面上承载三个表面凸纹图案 (31 、32 、33) ,三个表面凸纹图案 (31 、32 、33) 的每一个代表三个表面凸纹衍射光栅中相应的一个。光栅压模的每个表面凸纹图案相对于被设计成用于压印的光栅是负片的、或反向的形式。

[0102] 光栅压模在流体固化胶水的两个分离的沉积物上压印,一致地在与三个衍射光栅中的一个对应的那两个沉积物上形成印记。三个衍射光栅限定为:由完全地在中间衍射光栅区域的地理区域或覆盖区域内形成的光栅压模的第一表面凸纹图案 31 限定的输入衍射光栅区域、由光栅压模的第二表面凸纹图案 32 限定的中间衍射光栅区域以及由光栅压模的第三表面凸纹图案 33 限定的独立的输出衍射光栅区域。输入光栅的光栅线 / 槽由光栅压模限定为不与中间光栅的光栅线 / 槽平行,以便朝向并横跨中间光栅的主体直接衍射输入光。

[0103] 下一步（图 10C），流体固化胶水通过用紫外线 (UV) 辐射 45 在光栅压模于合适位置时照射而固化。这使所压印的流体固化胶水凝固，以凝固输入、中间和输出衍射光栅的印记。

[0104] 最后（图 10D），压模与所述波导基板分开，以显露在图 3 中所示的结构的波导，包括在波导板基板的同一个表面上形成的凝固的输入、中间和输出光栅。

[0105] 值得注意的是，这种过程避免了使用反射边缘的需要，因此，避免了在固化该固化胶水之前将衍射光栅与这样的边缘对准的需要。

[0106] 图 11A ～图 11I 示意性地示出了制造过程，通过该过程可以制造图 4 的波导。该过程开始（图 11A）于在板状光波导基板 24 上沉积可固化的以形成光学透明的固体的流体固化胶水 11 。将固化胶水的两个单独的、离散的和隔离的沉积物沉积在基板这样的位置，该位置旨在形成由波导基板彼此光耦合的两个独立的衍射光栅区域。

[0107] 接下来，将（图 11B）光栅压模 40 引入到过程中。光栅压模在一个表面上承载两个表面凸纹图案 (41 、42)，其中的每一个代表两个表面凸纹衍射光栅中相应的一个。光栅压模的每个表面凸纹图案相对于被设计成用于压印的光栅是负片的、或反向的形式。

[0108] 光栅压模在流体固化胶水的两个分立的沉积物上压印，一致地在与两个衍射光栅中的一个对应的那两个沉积物上形成印记。两个衍射光栅限定为：由光栅压模的第一表面凸纹图案 42 限定的中间衍射光栅区域、和由光栅压模的第二表面凸纹图案 41 限定的输出衍射光栅区域，非衍射输入窗区域 43 由位于用于中间光栅的第一表面凸纹图案完全包围的范围内的光栅压模限定。

[0109] 接下来（图 11C），流体固化胶水通过用紫外线 (UV) 辐射 45 在光栅压模 24 于合适位置时照射而固化。这使所压印的流体固化胶水凝固，以凝固输入窗、中间光栅和输出光栅的印记。

[0110] 在下一制造步骤（图 11D），光栅压模与所述波导基板分开，以显露形成在波导板基板的同一个表面上的凝固的输入窗 26 、中间光栅 27 和输出光栅。

[0111] 接下来（图 11E），流体固化胶水的沉积物然后进一步沉积在板状光波导基板的与已形成中间和输出光栅的侧面 24A 相对的一侧24B 上。流体固化胶水沉积在这样的位置，在此旨在形成输入衍射光栅并通过输入窗 26 对准且可视。引入输入光栅压模 44 ，其在一个表面上承载表示表面凸纹衍射光栅的表面凸纹图案 45 ，表面凸纹图案 45 相对于被设计成用于压印的光栅为负片的或反向的形式。输入光栅压模在流体固化胶水的离散的沉积物上压印。

[0112] 接下来（图 11F），当固化胶水仍然为流体形式时并且输入光栅压模 44 压印于其上以限定输入光栅，将多个不同颜色的光通过输入窗 26 输入到波导。这样的输入光由未固化的输入光栅图案衍射到波导基板 24 中朝向中间衍射光栅并从那里到输出衍射光栅。在输出光栅 27 处，多色光从波导基板 24 输出。可观察到不同颜色光的输出方向之间的任何角度的错位。这样的错位的产生是由于波导的输入光栅 44 的衍射光栅线 / 槽与中间衍射光栅的衍射光栅线 / 槽之间的错位。实际上，光从前者输出的角度必须精确地对准，使得光与随后的衍射光栅最佳地耦合。

[0113] 为了调节这种错位，接下来的制造过程（图 11G）要求输入光栅压模 44 相对

于波导基板（和它的其它光栅 25 、27）的小心的旋转，以与流体固化胶水沉积物内的流体输入衍射光栅压印的光栅线 / 槽的取向重新对准。当观察到不同颜色的输出光束的角度对准时，则会检测到最佳对准。值得注意的是，输入光栅线不与在最佳对准时的中间光栅的光栅线 / 槽平行。因此，各个光栅矢量具有不同的取向。

[0114] 当观察到最佳对准时，流体固化胶水随后通过用紫外线 (UV) 辐射 45 的照射而固化（图 11H）。如此固化了所压印的流体固化胶水以固化输入衍射光栅的印记。

[0115] 最后（图 11I），第二光栅压模 45 与波导基板分开以显露在图 4 中所示的波导结构，其包括形成在波导板状基板的同一个表面上的凝固的输入窗、中间光栅和输出光栅，以及形成在板状基板的另一侧并且通过输入窗可见的输入光栅。

[0116] 值得注意的是，这种过程避免了使用反射边缘的需要。

[0117] 在一个进一步的实施方案中，在板状光波导基板 24 上沉积流体固化胶水 11 的步骤（图 11A）可替代地包括以这样的方式沉积流体固化胶水，即，没有固化胶水沉积在中间光栅 25 的输入窗 26 的预定位置。其结果是，输入窗将完全不包括固化胶水，即，干净且未覆盖的光学基板表面区域由中间衍射光栅部包围，而不是如上所述的固化胶水的无槽 / 线的涂层。

[0118] 上述实施例是用于说明的目的，对于本领域技术人员而言将是显而易见的修改、变体和所有等同于此的方案包含在本发明如在权利要求所限定的范围内。

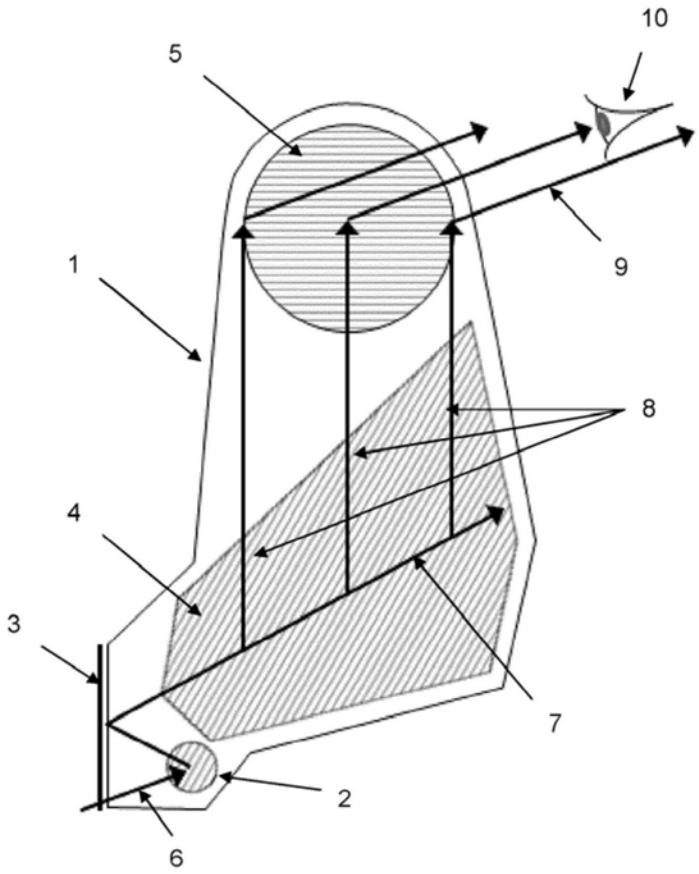


图1A

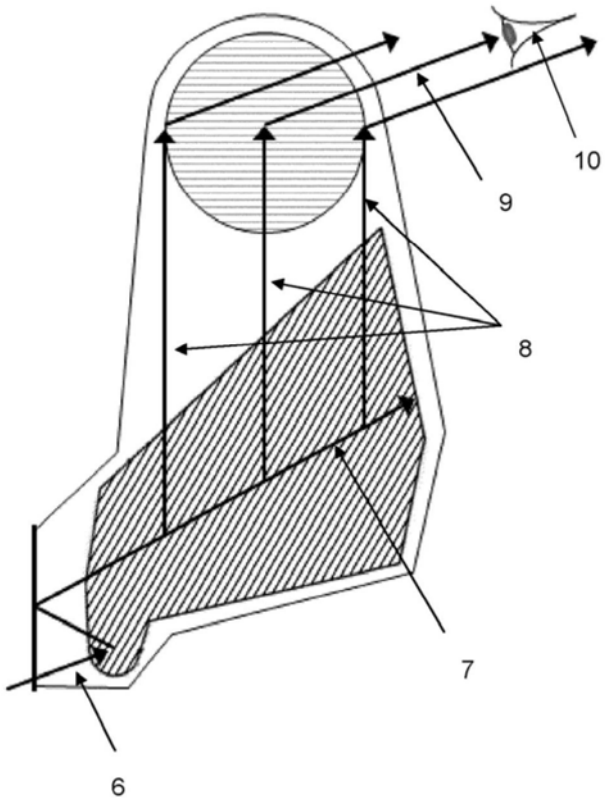


图1B

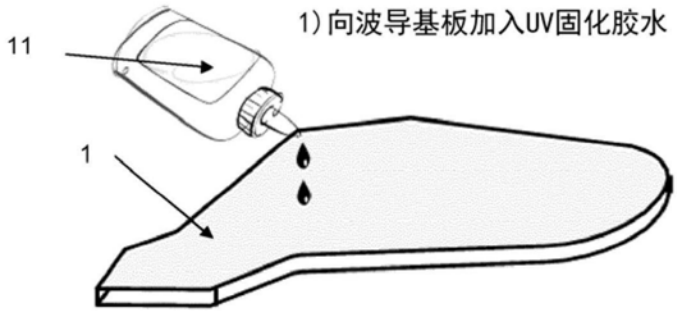


图2A

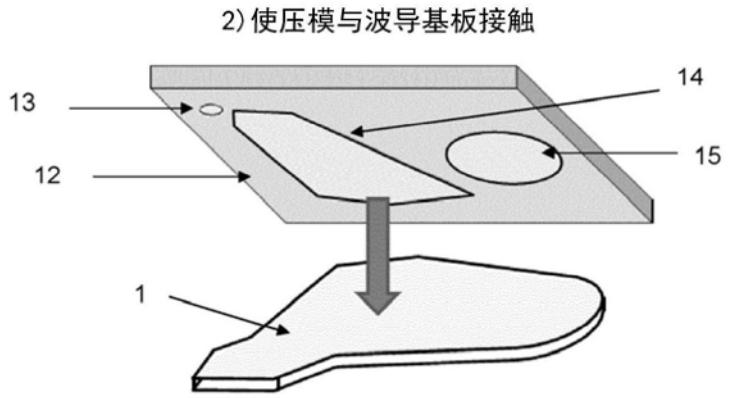

2)使压模与波导基板接触
13
14
15
12
1

图2B

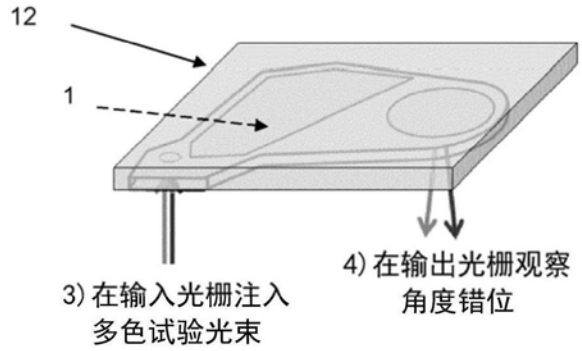

12
1
3)在输入光栅注入
多色试验光束
4)在输出光栅观察
角度错位

图2C

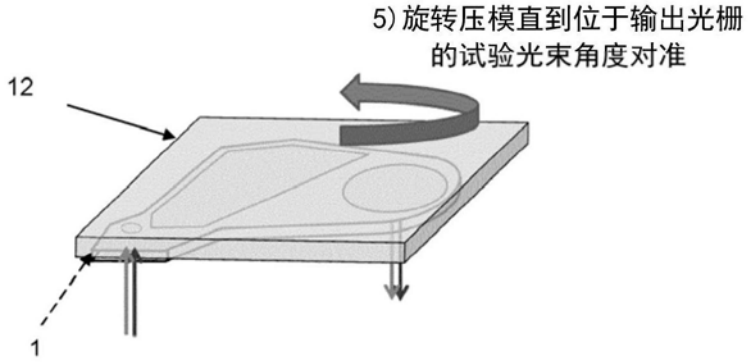

5)旋转压模直到位于输出光栅
的试验光束角度对准
12
1

图2D

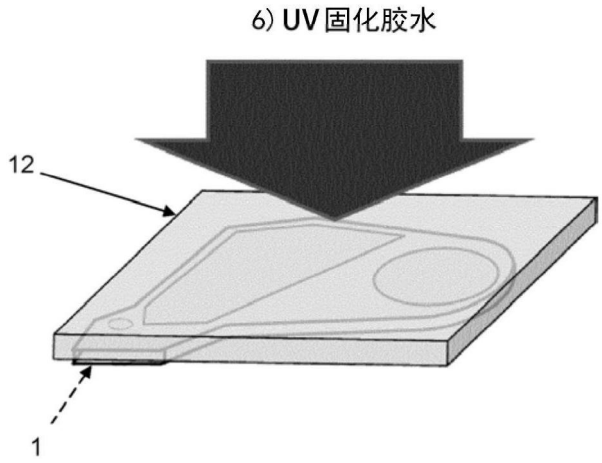


图2E

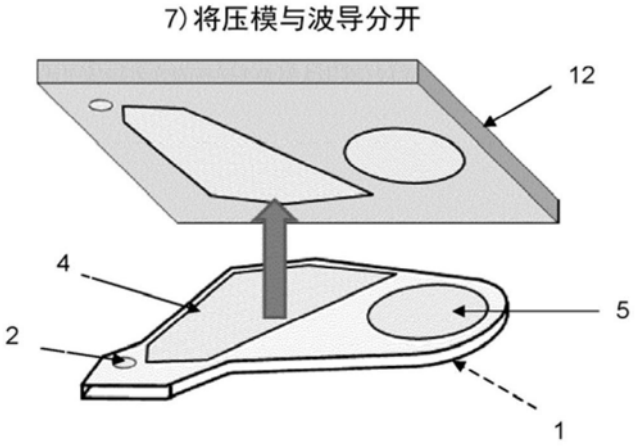


图2F

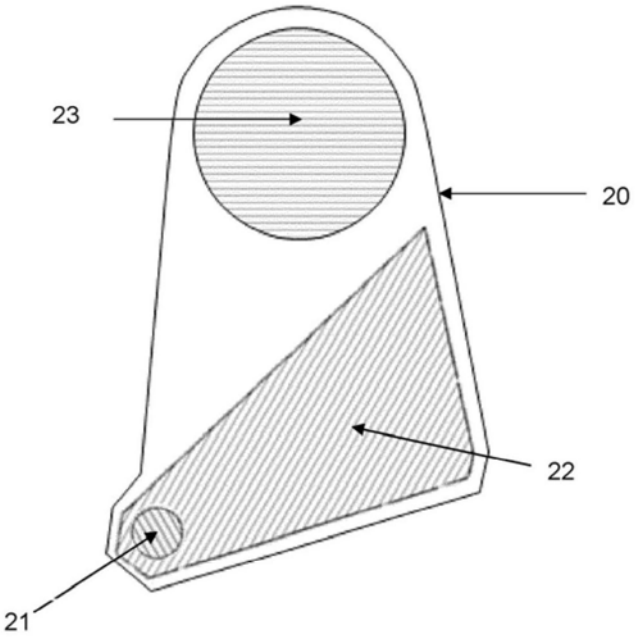


图3

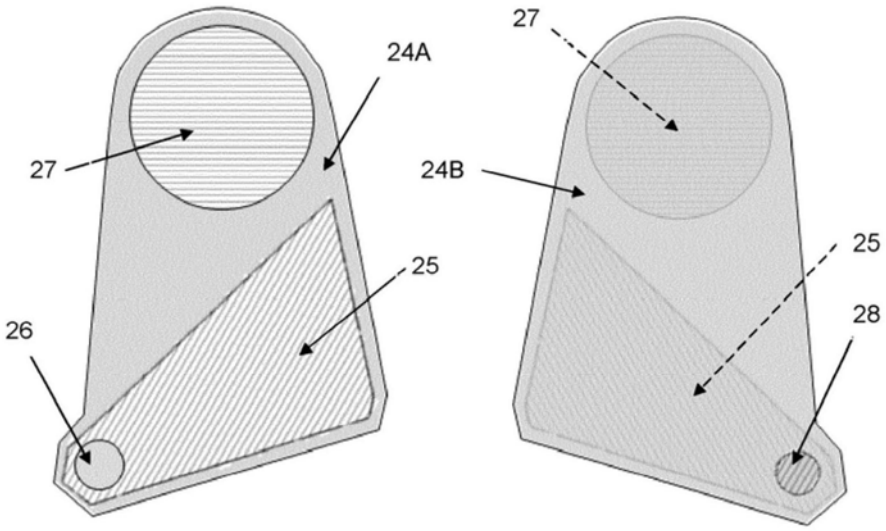


图4

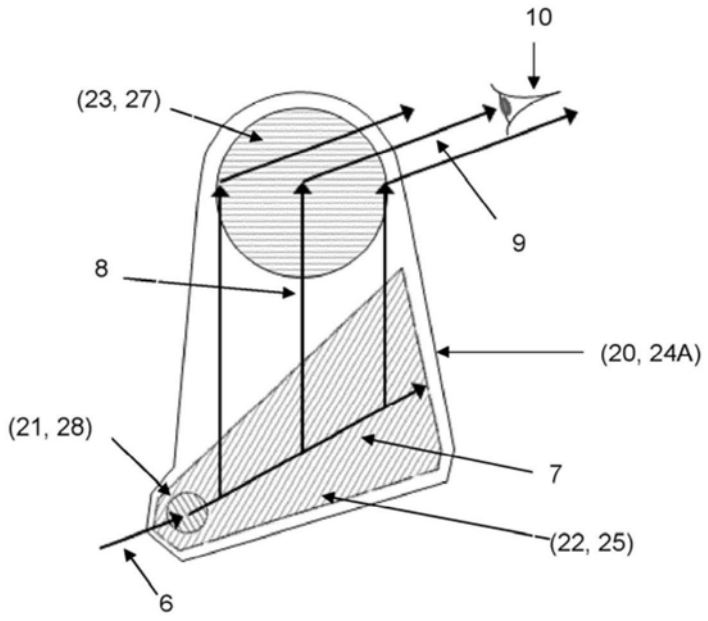


图5

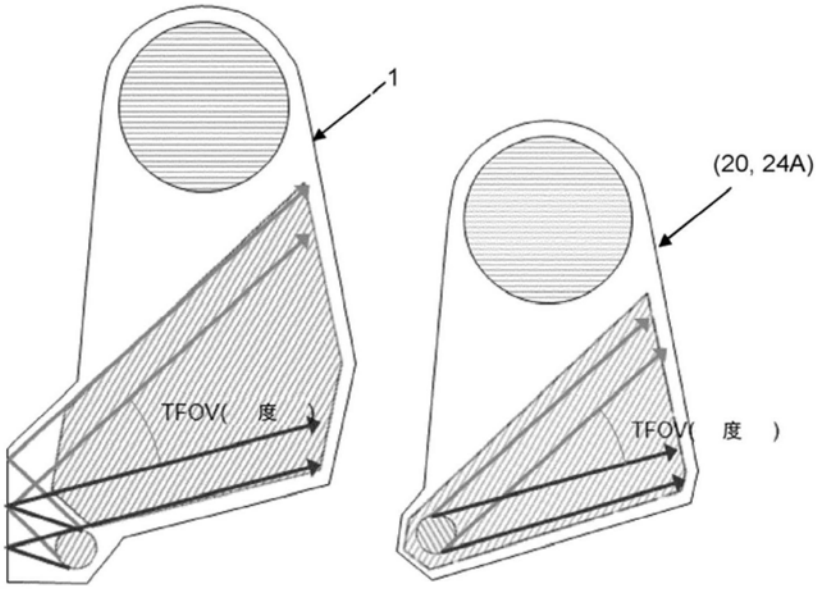


图6

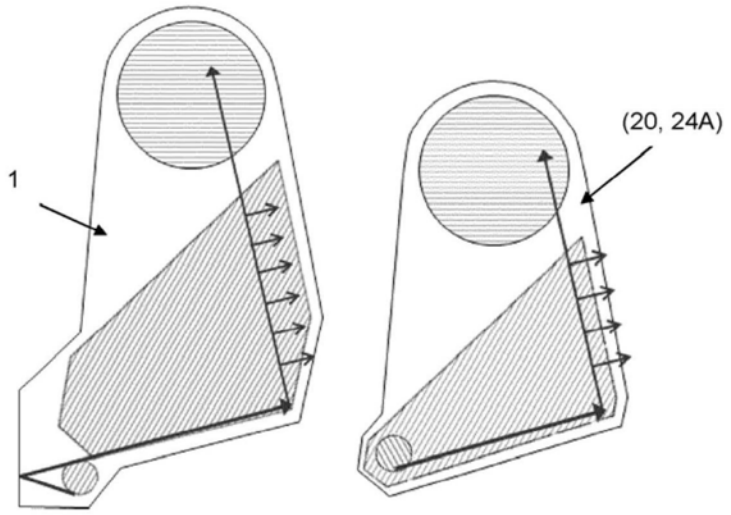


图7

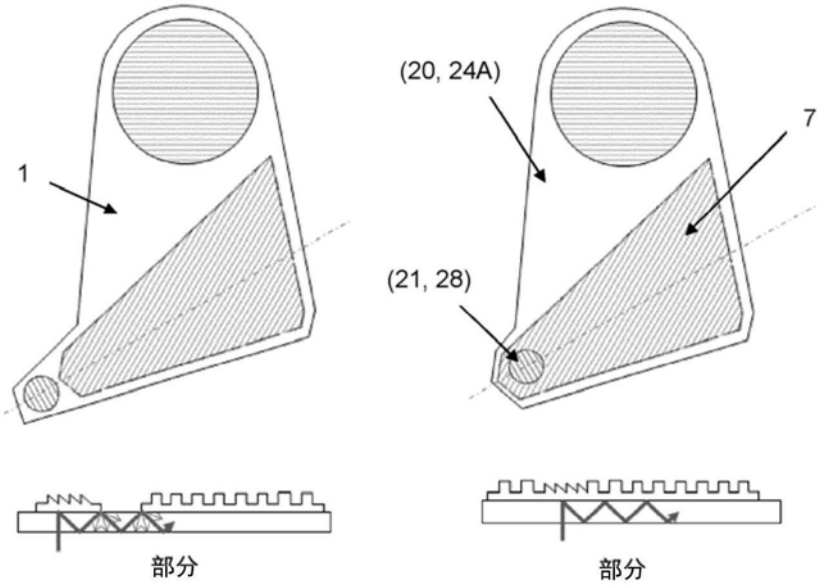


图8

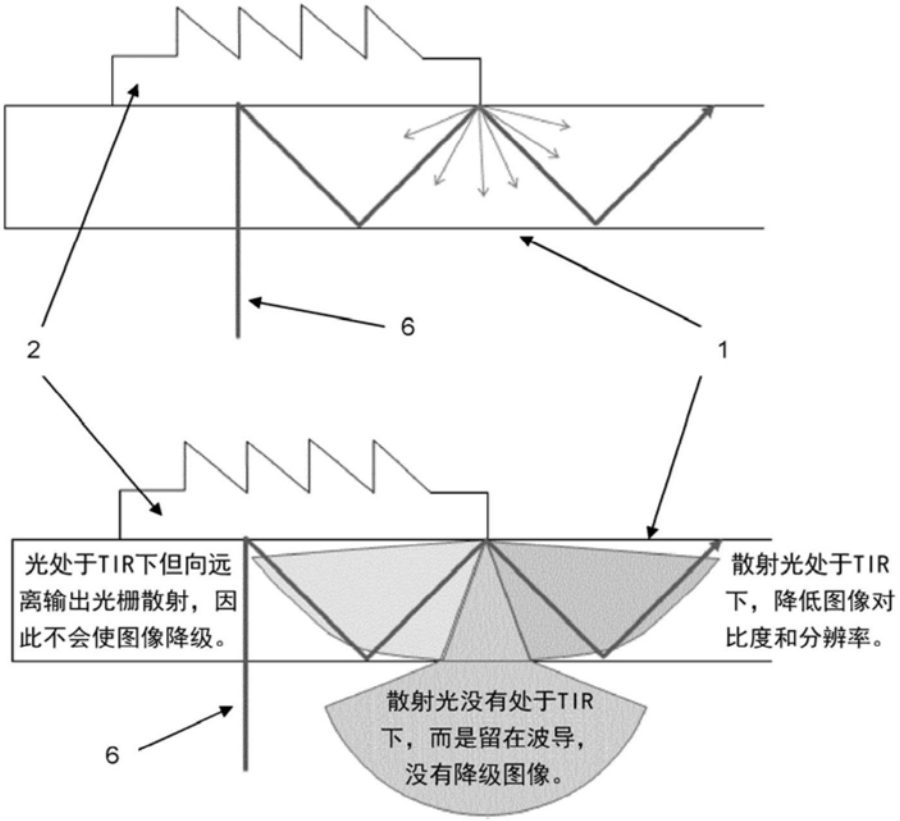

2
6
1
光处于TIR下但向远离输出光栅散射，因此不会使图像降级。
散射光处于TIR下，降低图像对比度和分辨率。
6
散射光没有处于TIR下，而是留在波导，没有降级图像。

图9

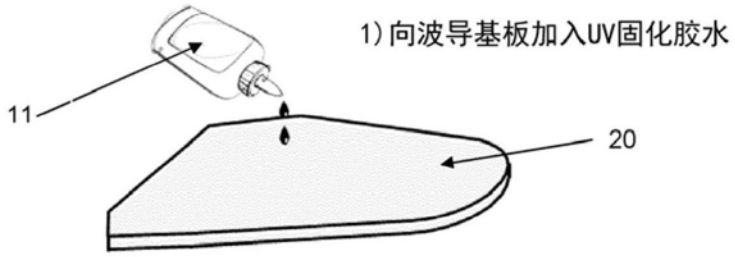

1)向波导基板加入UV固化胶水
11
20

图10A

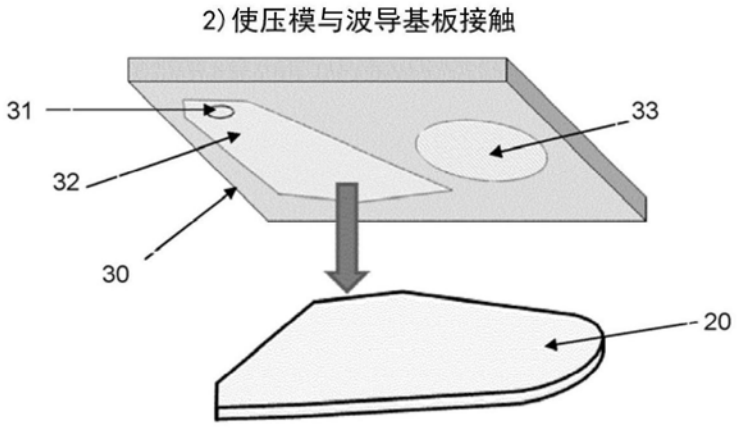


图10B

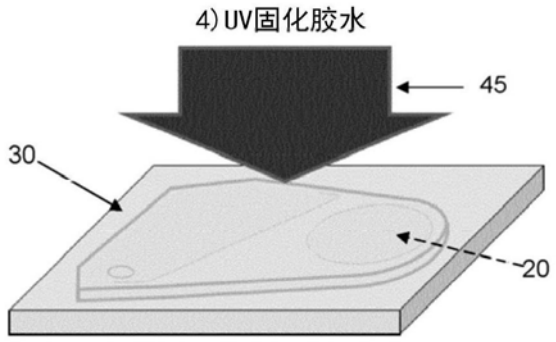


图10C

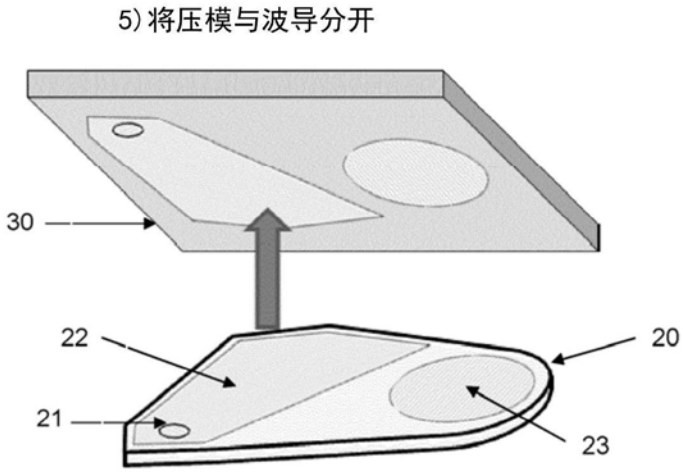


图10D

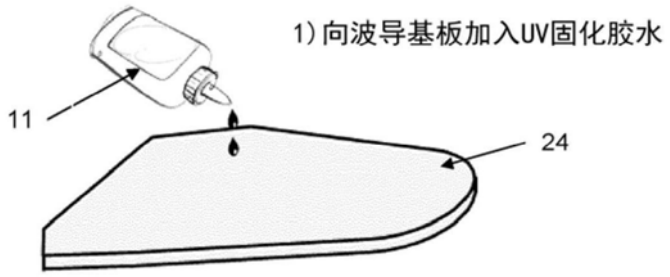


图11A

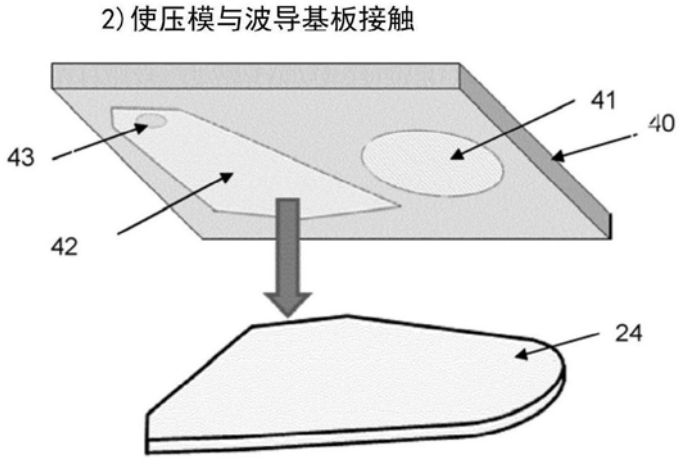


图11B

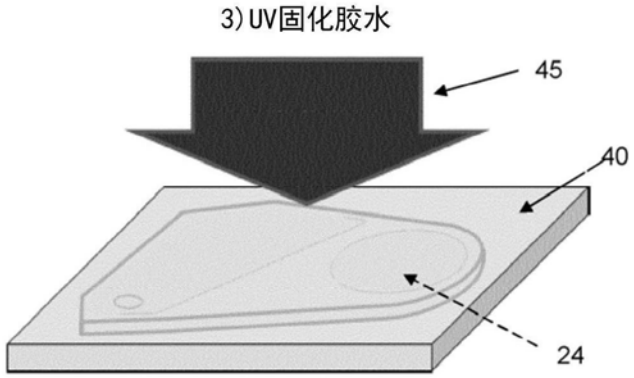


图11C

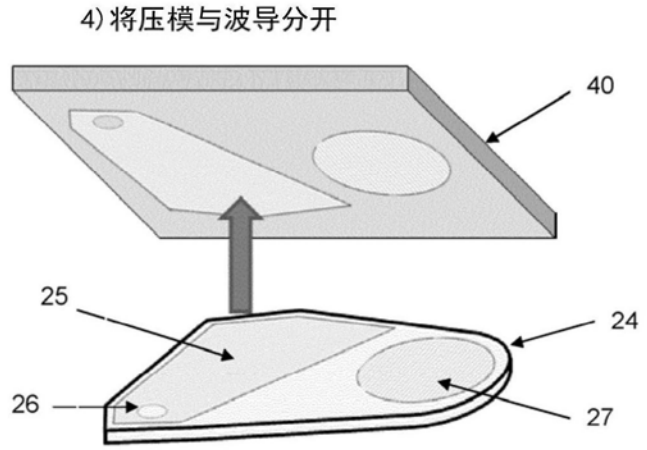


图11D

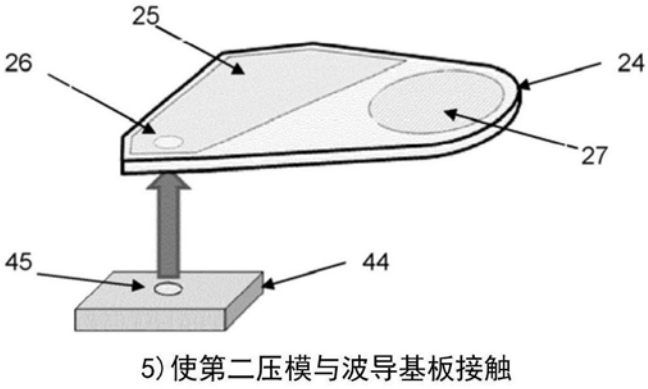


图11E

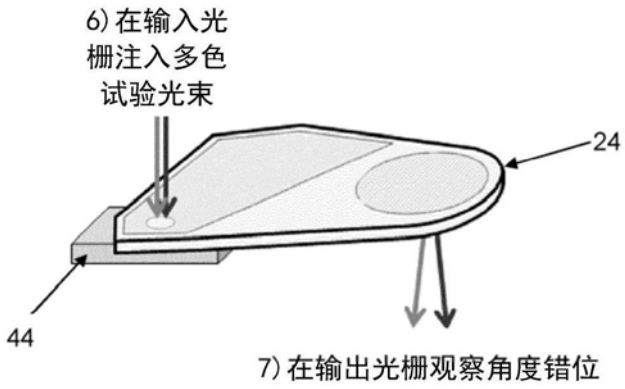
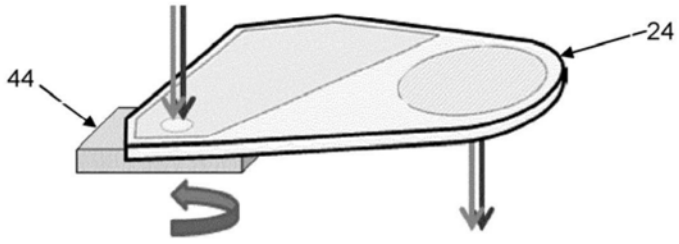


图11F



8)旋转压模直到位于输出光栅的试验光束角度对准

图11G

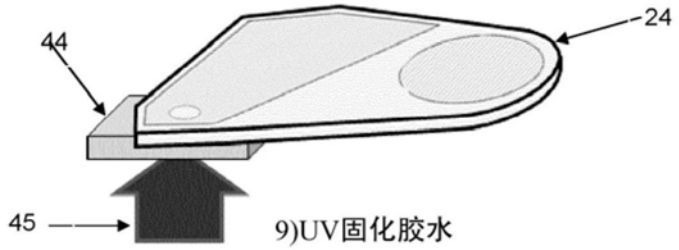
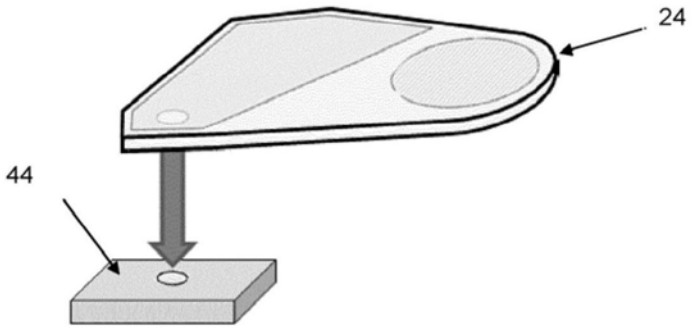


图11H



10)将压模与波导分开

图11I