



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 217639765 U

(45) 授权公告日 2022. 10. 21

(21) 申请号 202221664088.3

(22) 申请日 2022.06.30

(73) 专利权人 深圳迈塔兰斯科技有限公司
地址 518101 广东省深圳市宝安区新安街
道上合社区33区大宝路83号美生慧谷
科技园秋谷8栋6楼

(72) 发明人 郝成龙 谭凤泽 朱瑞 朱健

(74) 专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事
务所(普通合伙) 44285
专利代理师 夏欢

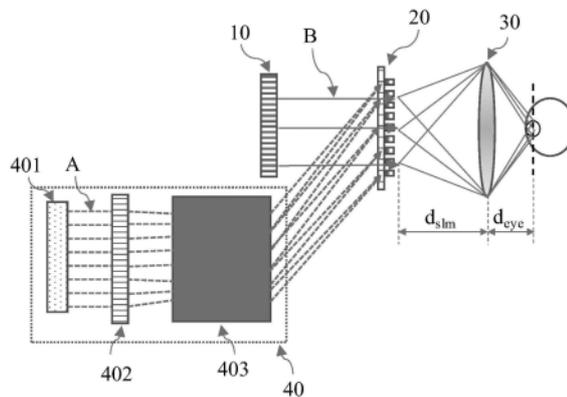
(51) Int. Cl.
G02B 27/01 (2006.01)

权利要求书3页 说明书11页 附图6页

(54) 实用新型名称
一种全息近眼显示投影系统

(57) 摘要

本实用新型提供了一种全息近眼显示投影系统,包括:投影光源、基于超表面的空间光调制器、投影透镜和光控模组;空间光调制器包括基底和多个由相变材料制成的纳米结构;投影光源用于发出可见光波段的投影光线;空间光调制器用于对射入的投影光线进行调制;投影透镜用于会聚投影光线;光控模组用于生成多个非可见光波段的可控的光焦点,空间光调制器的至少部分纳米结构与光焦点位置对应。通过本实用新型实施例提供的全息近眼显示投影系统,能够减小空间光调制器的周期,从而能够扩大空间光调制器的视场角,实现广角投影。且只需要增设光控模组即可,对投影系统的体积影响较小,有利于实现小型化和轻量化。



1. 一种全息近眼显示投影系统,其特征在于,包括:投影光源(10)、基于超表面的空间光调制器(20)、投影透镜(30)和光控模组(40);所述空间光调制器(20)包括基底(201)和多个由相变材料制成的纳米结构(202),所述纳米结构(202)周期排列在所述基底(201)的一侧;

所述投影光源(10)用于发出可见光波段的投影光线;

所述空间光调制器(20)位于所述投影光源(10)的出光侧,用于对射入的所述投影光线进行调制,并出射调制后的投影光线;

所述投影透镜(30)位于所述空间光调制器(20)的出光侧,用于会聚所述空间光调制器(20)出射的投影光线;

所述光控模组(40)用于生成多个非可见光波段的可控的光焦点,所述空间光调制器(20)位于多个所述光焦点形成的光焦面处,且至少部分所述纳米结构(202)与所述光焦点位置对应;所述光控模组(40)与所述投影光线的光路不重叠。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述光控模组(40)包括:控制光源(401)、波前调制器(402)和光学聚焦装置(403);

所述控制光源(401)用于发出非可见光波段的控制光线;

所述波前调制器(402)位于所述控制光源(401)的出光侧,用于对射入的控制光线进行波前调制,并向所述光学聚焦装置(403)出射波前调制后的控制光线;

所述光学聚焦装置(403)用于对所述波前调制后的控制光线进行聚焦,形成多个光焦点。

3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述波前调制器(402)位于所述光学聚焦装置(403)的入瞳位置。

4. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述光学聚焦装置(403)的数值孔径大于预设阈值;

在所述光学聚焦装置(403)的数值孔径为所述预设阈值的情况下,所述光学聚焦装置(403)在所述空间光调制器(20)上所形成的所述光焦点的尺寸不大于所述纳米结构(202)的周期。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述预设阈值大于或等于0.6。

6. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述光学聚焦装置(403)的波像差小于 0.3λ , λ 表示所述控制光线的波长。

7. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述光学聚焦装置(403)包括:组合透镜;

所述组合透镜由多个透镜组成;或者,由至少一个透镜和至少一个超透镜组成;或者,由多个超透镜组成。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述基底(201)在可见光波段透明。

9. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述空间光调制器(20)还包括金属反射层(203);

所述金属反射层(203)位于所述纳米结构(202)与所述基底(201)之间,且所述金属反射层(203)靠近所述纳米结构(202)的一侧为反光侧。

10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,所述光控模组(40)位于所述金属反射层(203)远离所述纳米结构(202)的一侧。

11. 根据权利要求8-10任意一项所述的系统,其特征在于,所述空间光调制器(20)还包括多个光热转换结构(204);

多个光热转换结构(204)位于所述基底(201)靠近所述纳米结构(202)的一侧,且所述光热转换结构(204)与所述纳米结构(202)的位置一一对应;

所述光热转换结构(204)用于将所述光焦点的光能转换为热能。

12. 根据权利要求8-10任意一项所述的系统,其特征在于,所述空间光调制器(20)还包括介质匹配层(205);

所述介质匹配层(205)位于所述纳米结构(202)与所述基底(201)之间,并抵接所述纳米结构(202)。

13. 根据权利要求8-10任意一项所述的系统,其特征在于,所述空间光调制器(20)还包括填充材料(206),所述填充材料(206)在可见光波段透明;

所述填充材料(206)填充在所述纳米结构(202)之间,且所述填充材料(206)的折射率与所述纳米结构(202)的折射率之间的差值不小于0.5。

14. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述投影光线包括第一波段的第一光线、第二波段的第二光线和第三波段的第三光线;所述第一波段、所述第二波段、所述第三波段为可见光波段内不同的波段;

所述投影光源(10)用于分时发出所述第一光线、所述第二光线、所述第三光线。

15. 根据权利要求14所述的系统,其特征在于,所述投影光源(10)包括第一单色光源(101)、第二单色光源(102)、第三单色光源(103)、第一分光镜(104)和第二分光镜(105);

所述第一单色光源(101)用于发出所述第一光线,所述第二单色光源(102)用于发出所述第二光线,所述第三单色光源(103)用于发出所述第三光线;

所述第一分光镜(104)位于所述第一单色光源(101)的出光侧,用于将所述第一单色光源(101)发出的所述第一光线调整为与所述第三光线的出射方向相同;

所述第二分光镜(105)位于所述第二单色光源(102)的出光侧,用于将所述第二单色光源(102)发出的所述第二光线调整为与所述第三光线的出射方向相同。

16. 根据权利要求15所述的系统,其特征在于,所述第一分光镜(104)和所述第二分光镜(105)均为二向色镜;

所述第一分光镜(104)和所述第二分光镜(105)均位于所述投影光源(10)的主光轴上,且所述第一分光镜(104)比所述第二分光镜(105)更靠近所述投影光源(10)的出光侧;

所述第一分光镜(104)被配置为反射所述第一波段的光线、并透射所述第二波段和所述第三波段的光线;

所述第二分光镜(105)被配置为反射所述第二波段的光线、并透射所述第三波段的光线;

所述第一波段、所述第二波段、所述第三波段对应的波长依次增大或依次减小。

17. 根据权利要求15所述的系统,其特征在于,所述投影光源(10)还包括第三分光镜(106);

所述第三分光镜(106)位于所述第三单色光源(103)的出光侧,用于调整所述第三单色光源(103)发出的所述第三光线的出射方向。

18. 根据权利要求15所述的系统,其特征在于,所述第一单色光源(101)、所述第二单色

光源(102)、所述第三单色光源(103)为窄带激光器或窄带发光二极管。

19. 根据权利要求14所述的系统,其特征在于,所述投影光源(10)包括第四单色光源(111)、第五单色光源(112)和荧光转盘(113);

所述第四单色光源(111)和所述第五单色光源(112)均用于发出所述第一光线;

所述荧光转盘(113)位于所述第四单色光源(111)的出光侧,用于将所述第四单色光源(111)发出的第一光线转换为所述第二光线和所述第三光线,并射出;所述第五单色光源(112)发出的第一光线被射出;

其中,所述第一波段的波长小于所述第二波段和所述第三波段的波长。

20. 根据权利要求19所述的系统,其特征在于,所述投影光源(10)还包括第四分光镜(114)和第五分光镜(115);

所述第四分光镜(114)和所述第五分光镜(115)均位于所述荧光转盘(113)的出光侧;

所述第四分光镜(114)用于将所述荧光转盘(113)转换出射的第二光线调整为与所述第五单色光源(112)发出的第一光线的出射方向相同;

所述第五分光镜(115)用于将所述荧光转盘(113)转换出射的第三光线调整为与所述第五单色光源(112)发出的第一光线的出射方向相同。

21. 根据权利要求14-20任意一项所述的系统,其特征在于,所述投影光源(10)还包括扩束器(11);

所述扩束器(11)位于所述投影光源(10)的出光侧,用于对出射的投影光线进行扩束。

22. 根据权利要求14-20任意一项所述的系统,其特征在于,所述第一波段、所述第二波段、所述第三波段分别为红光波段、绿光波段、蓝光波段中的一个。

23. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述非可见光波段为红外波段。

一种全息近眼显示投影系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及近眼显示技术领域,具体而言,涉及一种全息近眼显示投影系统。

背景技术

[0002] 全息近眼显示投影方式没有调焦冲突,故不会导致使用者的视觉疲劳与眩晕,但是此种方式由于需要投影计算全息图像,故需要空间光调制器(Spatial Light Modulator,SLM)。由于现阶段的空间光调制器的像元尺寸一般在 $3\mu\text{m}$ 到 $12\mu\text{m}$ 之间,其最大的全衍射角仅为 $10.5^\circ@550\text{nm}$,远不到沉浸式近眼投影 90° 以上的要求。

[0003] 为了解决全息近眼投影视场角较小的问题,可以使用中继系统(4f系统)将空间光调制器缩小M倍,从而提高视场角;但4f系统对透镜的焦距有要求,导致整体结构较厚,增加了系统尺寸。或者,也可使用球面波照射SLM,也可以提高视场角,但球面波照射需要复杂的光学元器件,同样极大地增加了系统的尺寸。

实用新型内容

[0004] 为解决上述问题,本实用新型实施例的目的在于提供一种全息近眼显示投影系统。

[0005] 本实用新型实施例提供了一种全息近眼显示投影系统,包括:投影光源、基于超表面的空间光调制器、投影透镜和光控模组;所述空间光调制器包括基底和多个由相变材料制成的纳米结构,所述纳米结构周期排列在所述基底的一侧;

[0006] 所述投影光源用于发出可见光波段的投影光线;

[0007] 所述空间光调制器位于所述投影光源的出光侧,用于对射入的所述投影光线进行调制,并出射调制后的投影光线;

[0008] 所述投影透镜位于所述空间光调制器的出光侧,用于会聚所述空间光调制器出射的投影光线;

[0009] 所述光控模组用于生成多个非可见光波段的可控的光焦点,所述空间光调制器位于多个所述光焦点形成的光焦面处,且至少部分所述纳米结构与所述光焦点位置对应;所述光控模组与所述投影光线的光路不重叠。

[0010] 在一种可能的实现方式中,所述光控模组包括:控制光源、波前调制器和光学聚焦装置;

[0011] 所述控制光源用于发出非可见光波段的控制光线;

[0012] 所述波前调制器位于所述控制光源的出光侧,用于对射入的控制光线进行波前调制,并向所述光学聚焦装置出射波前调制后的控制光线;

[0013] 所述光学聚焦装置用于对所述波前调制后的控制光线进行聚焦,形成多个光焦点。

[0014] 在一种可能的实现方式中,所述波前调制器位于所述光学聚焦装置的入瞳位置。

[0015] 在一种可能的实现方式中,所述光学聚焦装置的数值孔径大于预设阈值;

[0016] 在所述光学聚焦装置的数值孔径为所述预设阈值的情况下,所述光学聚焦装置在所述空间光调制器上所形成的所述光焦点的尺寸不大于所述纳米结构的周期。

[0017] 在一种可能的实现方式中,所述预设阈值大于或等于0.6。

[0018] 在一种可能的实现方式中,所述光学聚焦装置的波像差小于 0.3λ , λ 表示所述控制光线的波长。

[0019] 在一种可能的实现方式中,所述光学聚焦装置包括:组合透镜;

[0020] 所述组合透镜由多个透镜组成;或者,由至少一个透镜和至少一个超透镜组成;或者,由多个超透镜组成。

[0021] 在一种可能的实现方式中,所述基底在可见光波段透明。

[0022] 在一种可能的实现方式中,所述空间光调制器还包括金属反射层;

[0023] 所述金属反射层位于所述纳米结构与所述基底之间,且所述金属反射层靠近所述纳米结构的一侧为反光侧。

[0024] 在一种可能的实现方式中,所述光控模组位于所述金属反射层远离所述纳米结构的一侧。

[0025] 在一种可能的实现方式中,所述空间光调制器还包括多个光热转换结构;

[0026] 多个光热转换结构位于所述基底靠近所述纳米结构的一侧,且所述光热转换结构与所述纳米结构的位置一一对应;

[0027] 所述光热转换结构用于将所述光焦点的光能转换为热能。

[0028] 在一种可能的实现方式中,所述空间光调制器还包括介质匹配层;

[0029] 所述介质匹配层位于所述纳米结构与所述基底之间,并抵接所述纳米结构。

[0030] 在一种可能的实现方式中,所述空间光调制器还包括填充材料,所述填充材料在可见光波段透明;

[0031] 所述填充材料填充在所述纳米结构之间,且所述填充材料的折射率与所述纳米结构的折射率之间的差值不小于0.5。

[0032] 在一种可能的实现方式中,所述投影光线包括第一波段的第一光线、第二波段的第二光线和第三波段的第三光线;所述第一波段、所述第二波段、所述第三波段为可见光波段内不同的波段;

[0033] 所述投影光源用于分时发出所述第一光线、所述第二光线、所述第三光线。

[0034] 在一种可能的实现方式中,所述投影光源包括第一单色光源、第二单色光源、第三单色光源、第一分光镜和第二分光镜;

[0035] 所述第一单色光源用于发出所述第一光线,所述第二单色光源用于发出所述第二光线,所述第三单色光源用于发出所述第三光线;

[0036] 所述第一分光镜位于所述第一单色光源的出光侧,用于将所述第一单色光源发出的所述第一光线调整为与所述第三光线的出射方向相同;

[0037] 所述第二分光镜位于所述第二单色光源的出光侧,用于将所述第二单色光源发出的所述第二光线调整为与所述第三光线的出射方向相同。

[0038] 在一种可能的实现方式中,所述第一分光镜和所述第二分光镜均为二向色镜;

[0039] 所述第一分光镜和所述第二分光镜均位于所述投影光源的主光轴上,且所述第一分光镜比所述第二分光镜更靠近所述投影光源的出光侧;

[0040] 所述第一分光镜被配置为反射所述第一波段的光线、并透射所述第二波段和所述第三波段的光线；

[0041] 所述第二分光镜被配置为反射所述第二波段的光线、并透射所述第三波段的光线；

[0042] 所述第一波段、所述第二波段、所述第三波段对应的波长依次增大或依次减小。

[0043] 在一种可能的实现方式中，所述投影光源还包括第三分光镜；

[0044] 所述第三分光镜位于所述第三单色光源的出光侧，用于调整所述第三单色光源发出的所述第三光线的出射方向。

[0045] 在一种可能的实现方式中，所述第一单色光源、所述第二单色光源、所述第三单色光源为窄带激光器或窄带发光二极管。

[0046] 在一种可能的实现方式中，所述投影光源包括第四单色光源、第五单色光源和荧光转盘；

[0047] 所述第四单色光源和所述第五单色光源均用于发出所述第一光线；

[0048] 所述荧光转盘位于所述第四单色光源的出光侧，用于将所述第四单色光源发出的第一光线转换为所述第二光线和所述第三光线，并射出；所述第五单色光源发出的第一光线被射出；

[0049] 其中，所述第一波段的波长小于所述第二波段和所述第三波段的波长。

[0050] 在一种可能的实现方式中，所述投影光源还包括第四分光镜和第五分光镜；

[0051] 所述第四分光镜和所述第五分光镜均位于所述荧光转盘的出光侧；

[0052] 所述第四分光镜用于将所述荧光转盘转换出射的第二光线调整为与所述第五单色光源发出的第一光线的出射方向相同；

[0053] 所述第五分光镜用于将所述荧光转盘转换出射的第三光线调整为与所述第五单色光源发出的第一光线的出射方向相同。

[0054] 在一种可能的实现方式中，所述投影光源还包括扩束器；

[0055] 所述扩束器位于所述投影光源的出光侧，用于对出射的投影光线进行扩束。

[0056] 在一种可能的实现方式中，所述第一波段、所述第二波段、所述第三波段分别为红光波段、绿光波段、蓝光波段中的一个。

[0057] 在一种可能的实现方式中，所述非可见光波段为红外波段。

[0058] 本实用新型实施例提供的方案中，由相变材料制成的可调超表面作为空间光调制器，利用能够形成百纳米级光焦点的光控模组，实现对像素单元为百纳米级的空间光调制器的控制，减小了空间光调制器的周期，从而能够扩大空间光调制器的视场角，实现广角投影。且从整体尺寸的角度，该方案只需要增设光控模组即可，对投影系统的体积影响较小，有利于实现小型化和轻量化。

[0059] 为使本实用新型的上述目的、特征和优点能更明显易懂，下文特举较佳实施例，并配合所附附图，作详细说明如下。

附图说明

[0060] 为了更清楚地说明本实用新型实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅

是本实用新型的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0061] 图1示出了本实用新型实施例所提供的全息近眼显示投影系统的一种结构示意图;

[0062] 图2示出了本实用新型实施例所提供的全息近眼显示投影系统的另一种结构示意图;

[0063] 图3A示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第一结构示意图;

[0064] 图3B示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第二结构示意图;

[0065] 图4A示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第三结构示意图;

[0066] 图4B示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第四结构示意图;

[0067] 图5A示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第五结构示意图;

[0068] 图5B示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第六结构示意图;

[0069] 图6A示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第七结构示意图;

[0070] 图6B示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第八结构示意图;

[0071] 图7A示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第九结构示意图;

[0072] 图7B示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第十结构示意图;

[0073] 图8A示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第十一结构示意图;

[0074] 图8B示出了本实用新型实施例所提供的空间光调制器的第十二结构示意图;

[0075] 图9示出了本实用新型实施例所提供的投影光源的第一结构示意图;

[0076] 图10示出了本实用新型实施例所提供的投影光源的第二结构示意图;

[0077] 图11示出了本实用新型实施例所提供的投影光源的第三结构示意图。

[0078] 图标:

[0079] 10-投影光源、20-空间光调制器、30-投影透镜、40-光控模组、101-第一单色光源、102-第二单色光源、103-第三单色光源、104-第一分光镜、105-第二分光镜、106-第三分光镜、11-扩束器、111-第四单色光源、112-第五单色光源、113-荧光转盘、114-第四分光镜、115-第五分光镜、201-基底、202-纳米结构、203-金属反射层、204-光热转换结构、205-介质匹配层、206-填充材料、401-控制光源、402-波前调制器、403-光学聚焦装置。

具体实施方式

[0080] 在本实用新型的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本实用新型和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本实用新型的限制。

[0081] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本实用新型的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0082] 在本实用新型中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固

定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本实用新型中的具体含义。

[0083] 本实用新型实施例提供一种全息近眼显示投影系统,参见图1和图2所示,包括:投影光源10、基于超表面的空间光调制器20、投影透镜30和光控模组40;空间光调制器20包括基底201和多个由相变材料制成的纳米结构202,纳米结构202周期排列在基底201的一侧。

[0084] 其中,投影光源10用于发出可见光波段的投影光线;空间光调制器20位于投影光源10的出光侧,用于对射入的投影光线进行调制,并出射调制后的投影光线;投影透镜30位于空间光调制器20的出光侧,用于会聚空间光调制器20出射的投影光线。

[0085] 光控模组40用于生成多个非可见光波段的可控的光焦点,空间光调制器20位于多个光焦点形成的光焦面处,且至少部分纳米结构202与光焦点位置对应;光控模组40与投影光线的光路不重叠。

[0086] 本实用新型实施例中,投影光源10发出用于成像的投影光线,基于该投影光线成像后,使得用户可以光看到相应的像;为使人眼能够观看,该投影光线为可见光波段的光线;例如,该投影光线包括三原色光线(红光、绿光和蓝光)。空间光调制器20通过对该投影光线进行调制,可以加载需要显示的全息图,使得其所出射的投影光线具有深度信息、频谱信息等,在经过投影透镜30的会聚作用,从而可以生成所需的像,用户人眼即可观看到所成的像;图1以右侧的圆形图案表示人眼。其中,利用空间光调制器实现全息成像是现有的成熟技术,此处不做详述。

[0087] 本实用新型实施例中,空间光调制器20是基于超表面技术制作而成的,其包括基底以及位于该基底一侧的纳米结构;其中,该纳米结构是基于相变材料制作而成的。相变材料在激光等外加激励下会改变物质内部的晶格,可以大幅度地改变介电常数,相变材料的状态发生变化,从而能够实现相位可调。本实用新型实施例中,该全息近眼显示投影系统通过将可控的光线聚焦在相应的纳米结构202处,可以通过控制该光线激励该纳米结构202,实现对空间光调制器20的相位控制。具体地,该全息近眼显示投影系统利用可以发出可控光焦点的光控模组40实现改变纳米结构202的相位调制。

[0088] 本实用新型实施例中,光控模组40能够形成多个光焦点,空间光调制器20位于多个光焦点形成的光焦面处,且至少部分纳米结构202与光焦点位置对应,使得光焦点可以向纳米结构202提供激励,从而能够改变空间光调制器20中相变材料的纳米结构202的相变状态,进而改变纳米结构202的调制效果,从而可以按需实现调整。

[0089] 其中,为避免光控模组40遮挡投影光线,该光控模组40与投影光线的光路不重叠。如图1所示,该空间光调制器20为透射式的,光控模组40与空间光调制器20可以是离轴的,即二者不共轴,可以有效避免遮挡光控模组40投影光线。或者,如图2所示,该空间光调制器20也可以为反射式的,投影光源10与光控模组40分别位于空间光调制器20的两侧,使得二者的光路互不影响;此时,该光控模组40与空间光调制器20可以共轴。并且,为避免光焦点的光线投射至人眼,该光焦点的光线为非可见光波段的光线。

[0090] 最大衍射角 θ 的公式如下式(1)所示:

$$[0091] \quad \theta = 2 \left[\arcsin(\lambda/2p) \right] \frac{d_{slm}}{d_{eye}} \quad (1)$$

[0092] 其中, λ 表示投影光线的波长, p 为空间光调制器 20 上的周期。 d_{eye} 表示投影透镜 30 到其成像位置之间的距离, d_{slm} 表示空间光调制器 20 与投影透镜 30 之间的距离, d_{eye} 与 d_{slm} 的定义可参见图 1 和图 2 所示。

[0093] 本实用新型实施例中, 该空间光调制器 20 为光控式的超表面, 其像素单元尺寸很小; 而形成百纳米级别的光焦点是可行的, 因此可以将空间光调制器 20 的像素单元尺寸设计为百纳米级 (例如, 300nm), 光焦点能够控制空间光调制器 20 中像素单元的相变状态, 实现相位可调、可控。并且, 百纳米级的像素单元极大减小了传统空间光调制器的周期 p , 从而能够扩大空间光调制器 20 的视场角, 实现广角投影。

[0094] 本实用新型实施例提供的一种全息近眼显示投影系统, 由相变材料制成的可调超表面作为空间光调制器, 利用能够形成百纳米级光焦点的光控模组 40, 实现对像素单元为百纳米级的空间光调制器 20 的控制, 减小了空间光调制器 20 的周期, 从而能够扩大空间光调制器 20 的视场角, 实现广角投影。且从整体尺寸的角度, 该方案只需要增设光控模组 40 即可, 对投影系统的体积影响较小, 有利于实现小型化和轻量化。

[0095] 可选地, 参见图 1 和图 2 所示, 光控模组 40 包括: 控制光源 401、波前调制器 402 和光学聚焦装置 403; 控制光源 401 用于发出非可见光波段的控制光线; 波前调制器 402 位于控制光源 401 的出光侧, 用于对射入的控制光线进行波前调制, 并向光学聚焦装置 403 出射波前调制后的控制光线; 光学聚焦装置 403 用于对波前调制后的控制光线进行聚焦, 形成多个光焦点。

[0096] 本实用新型实施例中, 控制光源 401 发出用于生成光焦点的控制光线; 为避免控制光线投射至人眼, 该控制光线为非可见光波段的光线。可选地, 该控制光线为对人眼安全的红外光线。

[0097] 波前调制器 402 (也称为波前调控器) 可以改变光的相位 (例如通过双折射效应等实现), 从而能够改变并控制光的波前。如图 1 所示, 控制光源 401 发出的控制光线 A 射入波前调制器 402, 该波前调制器 402 能够调制该控制光线 A 的波前, 并将波前调制后的控制光线 A 发送至光学聚焦装置 403。可选地, 该控制光线 A 可以为平行光; 如图 1 所示, 该波前调制器 402 能够将平行光的波前调制为汇聚波波前。该波前调制器 402 可以为透射式的 (如图 1 所示), 也可以为反射式的, 本实施对此不做限定。例如, 该波前调制器 402 可以是液晶空间光调制器 (LCSLM)、数字微反射镜 (DMD) 等。

[0098] 光学聚焦装置 403 能够对波前调制后的控制光线 A 进行聚焦, 可以形成多个光焦点。具体地, 波前调制器位于光学聚焦装置 403 的入瞳位置, 光学聚焦装置 403 能够产生间隔距离为百纳米级别的多个光焦点, 不同的光焦点能够对应不同的纳米结构 202, 从而能够将控制光线 A 聚焦在不同的纳米结构 202 处, 实现对不同纳米结构 202 的独立控制, 使得空间光调制器 20 能够实现百纳米级像素的相变。

[0099] 本实用新型实施例中, 通过控制波前调制器 402 的调制效果, 可以实现在不同位置生成多个光焦点, 例如, 所生成的光焦点与空间光调制器 20 中的纳米结构 202 之间为一一对应关系; 并且, 通过波前调制器 402 可以控制在哪些纳米结构 202 处形成光焦点, 从而能够对每个纳米结构 202 实现光控, 能够调节纳米结构 202 的相位。

[0100] 本实用新型实施例中,采用具有晶态、非晶态的相变材料制作纳米结构202,从而可以在不改变空间光调制器20透反特性的情况下实现相位调制,即该空间光调制器20始终为反射式超表面或透射式超表面,以方便设置波前调制器402、光学聚焦装置403的位置,避免与投影光线B的光路重叠。在空间光调制器20为反射式超表面的情况下,可以将纳米结构202与波前调制器402等设置在该反射式的空间光调制器20的两侧,实现共轴。例如,该空间光调制器20包括金属反射层和多个纳米结构,该波前调制器402、光学聚焦装置403设置在金属反射层的一侧,多个纳米结构设置在该金属反射层的另一侧,且金属反射层的另一侧为反光侧,投影光线B可以从该金属反射层的另一侧射入该空间光调制器20。

[0101] 例如,参见图1所示,若该空间光调制器20为透射式超表面(如超透镜),该空间光调制器20能够对入射的投影光线B进行相位调制,并透射调制后的投影光线;该波前调制器402、光学聚焦装置403可以设置在该空间光调制器20的任意一侧,只需要保证与投影光线不存在重叠即可;在这种情况下,光学聚焦装置403与空间光调制器20不共轴,该光学聚焦装置403需要能够生成轴外多焦点,其为轴外多焦点聚焦装置。或者,参见图2所示,若空间光调制器20为反射式超表面,其能将入射的投影光线B进行反射;该波前调制器402、光学聚焦装置403可以设置在该空间光调制器20的另一侧,波前调制器402、光学聚焦装置403、空间光调制器20可以共轴,光学聚焦装置403为轴上多焦点聚焦装置。

[0102] 本实用新型实施例提供的中,利用波前调制器402和光学聚焦装置403,可以在空间光调制器20所在位置生成多个可控的光焦点,光焦点与相变材料制成的纳米结构202位置对应,从而可以实现对纳米结构202的独立光控,以光控的方式独立地改变纳米结构202的相变状态,从而可以控制像素级相变。采用光控的方式控制该空间光调制器20的相变状态,不需要布线,不受布线工艺的限制;并且,波前调制器402和光学聚焦装置403能够形成百纳米级的光焦点,可以减小空间光调制器20的像素大小,从而扩大视场角。例如,该空间光调制器20的像素单元尺寸能够小于或等于400nm。

[0103] 其中,相变材料在不同相变态下,具有不同的调制效果,该相变态具体包括晶态、非晶态等。例如,制作纳米结构202的相变材料可以为锗锑碲化物($\text{Ge}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$),碲化锗(Ge_xTe_y),碲化锑(Sb_xTe_y),银锑碲化物($\text{Ag}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$)等。例如,该相变材料为GST($\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$)。一般情况下,GST为非晶态;在向GST施加激光激励后,GST被加热,非晶态的GST会相变为晶态,实现非晶态→晶态的快速转换。并且,晶态的GST被激光加热超过熔点后,经急速冷却可再次转换为非晶态,整个冷却过程能够在10ns内急速完成,从而也可以实现晶态→非晶态的快速转换。本实用新型实施例中,若以GST制作纳米结构202,通过聚焦的控制光线A能够改变纳米结构202的温度,从而可以实现晶态↔非晶态之间地快速转换。

[0104] 可选地,该光学聚焦装置403的数值孔径大于预设阈值。在光学聚焦装置403的数值孔径为预设阈值的情况下,光学聚焦装置403在空间光调制器20上所形成的光焦点的尺寸不大于纳米结构202的周期。例如,改预设阈值大于或等于0.6。此外可选地,该光学聚焦装置403的波像差小于 0.3λ , λ 表示控制光线A的波长。

[0105] 本实用新型实施例中,该光学聚焦装置403是大数值孔径和/或小波相差的光学系统,以能够产生百纳米间隔的光焦点。大数值孔径和小波像差保证了光焦点较小,能量集中,更有利于像素级精准调控。

[0106] 可选地,该光学聚焦装置403包括:组合透镜;该组合透镜由多个透镜组成;或者,

由至少一个透镜和至少一个超透镜组成;或者,由多个超透镜组成。其中,该透镜为传统的折射透镜。例如,该光学聚焦装置403可以是显微物镜;显微物镜的像差矫正良好,符合系统要求,能够形成所需的光焦点。

[0107] 在上述任一实施例的基础上,该空间光调制器20的基底201在可见光波段透明,以能够形成透射式的空间光调制器20。其中,纳米结构202靠近基底201的一端与光焦点位置对应。该空间光调制器20的结构可参见图3A所示。

[0108] 本实用新型实施例中,该基底201为透明的,其至少能够透过投影光线B,以不影响投影光线B的成像。此外,若光控模组40和纳米结构202分别位于该基底201的两侧,则该基底201还需要在控制光线所在的非可见光波段透明,例如在红外波段透明,以使得控制光线A能够在纳米结构202靠近基底201的一端形成光焦点,从而利用光热转换效应对纳米结构202进行加热,进而改变纳米结构202的相变状态。

[0109] 可选地,参见图3B所示,该空间光调制器20还包括填充材料206,填充材料206在工作波段透明;填充材料206填充在纳米结构202之间,且填充材料206的折射率与纳米结构202的折射率之间的差值不小于0.5。本实用新型实施例中,填充在纳米结构202周围的填充材料206能够起到包括纳米结构202的作用,并且,该填充材料206的折射率与纳米结构202的折射率之间的差值大于或等于0.5,以避免填充材料206影响光线调制效果。其中,工作波段指的是投影光线B所在的波段,即可见光波段,填充材料206至少能够透过投影光线B。

[0110] 可选地,参见图4A所示,该空间光调制器20还包括多个光热转换结构204;多个光热转换结构204位于基底201靠近纳米结构202的一侧,且光热转换结构204与纳米结构202的位置一一对应;该光热转换结构204用于将光焦点的光能转换为热能。

[0111] 本实用新型实施例中,在纳米结构202的一侧设置位置对应的光热转换结构204,使得光焦点可以聚焦在该光热转换结构204处,该光热转换结构204能够快速地将光能转换为热能,从而可以提高相变速度和效率。例如,该光热转换结构204可以由光热敏材料制成。

[0112] 此外可选地,与上述图3B所示的结构相似,该空间光调制器20也可以包括填充材料206,具体可参见图4B所示,该填充材料206与图3B所示实施例中的填充材料206具有相同的作用,此处不做赘述。

[0113] 可选地,参见图5A所示,该空间光调制器20还包括介质匹配层205;该介质匹配层205位于纳米结构202与基底201之间,并抵接纳米结构202。

[0114] 本实用新型实施例中,该介质匹配层205的折射率与纳米结构202的折射率(或者,纳米结构202的等效折射率)之间的差值小于或等于预设阈值,例如,该预设阈值为1或者0.5等,使纳米结构202的折射率与介质匹配层205折射率相匹配,从而能够提高纳米结构202的透过率。例如,该介质匹配层205的厚度可以为30nm~1000nm。其中,该介质匹配层205在工作波段透明,例如能够透过投影光线B等。例如,该介质匹配层205的材料可以为石英玻璃。此外可选地,与上述图3B所示的结构相似,该空间光调制器20也可以包括填充材料206,具体可参见图5B所示。

[0115] 可选地,参见图6A所示,该空间光调制器20还包括金属反射层203;金属反射层203位于纳米结构202与基底201之间,且金属反射层203靠近纳米结构202的一侧为反光侧。

[0116] 本实用新型实施例中,该空间光调制器20可以为反射式超表面,其包括金属反射层203,且纳米结构202位于该金属反射层203的反光侧,使得空间光调制器20能够以反射入

射光的方式进行相位调制。例如,该金属反射层203可以为金、银、铜、铝或者其合金制作而成,其厚度可以为100nm~100 μ m,此外可选地,该空间光调制器20也可以包括填充材料206,具体可参见图6B所示。

[0117] 例如,在该空间光调制器20为反射式超表面的情况下,纳米结构202与光控模组40(例如,控制光源401、波前调制器402、光学聚焦装置403等)可以位于金属反射层203的两侧,即,光控模组40位于金属反射层203远离纳米结构202的一侧,使得光控模组40与空间光调制器20可以共轴,以能够方便地形成光焦点。

[0118] 可选地,参见图7A所示,该空间光调制器20还包括多个光热转换结构204;多个光热转换结构204位于基底201靠近纳米结构202的一侧,且光热转换结构204与纳米结构202的位置一一对应;该光热转换结构204用于将光焦点的光能转换为热能。

[0119] 本实用新型实施例中,在纳米结构202的一侧设置位置对应的光热转换结构204,使得光焦点可以聚焦在该光热转换结构204处,该光热转换结构204能够快速地将光能转换为热能,从而可以提高相变速度和效率。例如,该光热转换结构204设置在基底201与金属反射层203之间,以使得该可调超表面系统为共轴系统,控制光线A能够简单方便地射至该光热转换结构204处,并形成光焦点。此外可选地,该空间光调制器20也可以包括填充材料206,具体可参见图7B所示。

[0120] 可选地,参见图8A所示,该空间光调制器20还包括介质匹配层205;该介质匹配层205位于纳米结构202与基底201之间,并抵接纳米结构202。如图8A所示,该介质匹配层205可以位于纳米结构202与金属反射层203之间。

[0121] 本实用新型实施例中,该介质匹配层205的折射率与纳米结构202的折射率(或者,纳米结构202的等效折射率)之间的差值小于或等于预设阈值,例如,该预设阈值为1或者0.5等,使纳米结构202的折射率与介质匹配层205折射率相匹配,从而能够提高纳米结构202的透过率。例如,该介质匹配层205的厚度可以为30nm~1000nm。其中,该介质匹配层205在工作波段透明,例如能够透过投影光线B等。例如,该介质匹配层205的材料可以为石英玻璃。此外可选地,该空间光调制器20也可以包括填充材料206,具体可参见图8B所示。

[0122] 此外可选地,该投影光源10分时发出不同波段的光线,利用视觉停留效应实现成像。具体地,该投影光源10发出的投影光线包括第一波段的第一光线、第二波段的第二光线和第三波段的第三光线;第一波段、第二波段、第三波段为可见光波段内不同的波段。并且,投影光源10用于分时发出第一光线、第二光线、第三光线。

[0123] 本实用新型实施例中,投影光源10能够分时发出至少三种光线,即分时发出第一光线、第二光线、第三光线,每束光线的持续时间可由透明系统的刷新率决定。例如,对于刷新率为120Hz的投影系统,每束光的持续时间为2.78毫秒。再例如,对于刷新率60Hz的投影系统,每束光的持续时间不超过5.56毫秒。

[0124] 可选地,第一波段、第二波段、第三波段分别为红光波段、绿光波段、蓝光波段中的一个,即可以利用红绿蓝三原色光线实现投影成像;图9-图11分别以R、G、B表示红光、绿光和蓝光。

[0125] 可选地,参见图9所示,该投影光源10包括第一单色光源101、第二单色光源102、第三单色光源103、第一分光镜104和第二分光镜105;第一单色光源101用于发出第一光线,第二单色光源102用于发出第二光线,第三单色光源103用于发出第三光线。

[0126] 第一分光镜104位于第一单色光源101的出光侧,用于将第一单色光源101发出的第一光线调整为与第三光线的出射方向相同;图9中以从左向右作为该第三光线的出射方向。第二分光镜105位于第二单色光源102的出光侧,用于将第二单色光源102发出的第二光线调整为与第三光线的出射方向相同。

[0127] 本实用新型实施例中,该投影光源10包括能够分时工作的第一单色光源101、第二单色光源102和第三单色光源103,从而能够分时发出第一光线、第二光线、第三光线;其中,第一单色光源101发出的第一光线、第二单色光源102发出的第二光线分别经过第一分光镜104和第二分光镜105调整后,可以使得第一光线、第二光线、第三光线按照相同的出射方向出射,如图9所示,三种光线均从左向右射出,形成投影光线B。例如,第一光线、第二光线、第三光线共轴。

[0128] 可选地,如图10所示,该投影光源10还包括第三分光镜106;第三分光镜106位于第三单色光源103的出光侧,用于调整第三单色光源103发出的第三光线的出射方向。本实用新型实施例中,第一单色光源101、第二单色光源102、第三单色光源103可以并列设置,利用第一分光镜104、第二分光镜105、第三分光镜106调整光线的传播方向,使得三者可以同向地射出。

[0129] 可选地,第一分光镜104和第二分光镜105均为二向色镜。如图9和图10所示,第一分光镜104和第二分光镜105均位于投影光源10的主光轴上,且第一分光镜104比第二分光镜105更靠近投影光源10的出光侧。第一分光镜104被配置为反射第一波段的光线、并透射第二波段和第三波段的光线;第二分光镜105被配置为反射第二波段的光线、并透射第三波段的光线;其中,第一波段、第二波段、第三波段对应的波长依次增大或依次减小。

[0130] 本实用新型实施例中,第一波段、第二波段、第三波段对应的波长依次增大,例如,三种波段依次为蓝光波段、绿光波段、红光波段;或者,第一波段、第二波段、第三波段对应的波长依次较小,例如,如图9和图10所示,三种波段依次为红光波段、绿光波段、蓝光波段。依据这种方式设置,可以方便地选取合适的二向色镜。

[0131] 以图9和图10所示为例,第一单色光源101用于发出红色光线、第二单色光源102用于发出绿色光线、第三单色光源103用于发出蓝色光线。此时,该第一分光镜104只需要能够反射红色波段以及波长大于红色波段的光线、并透射波长小于红色波段的波段(包括绿色波段和蓝色波段)即可;类似地,该第二分光镜105只需要能够反射绿色波段以及波长大于绿色波段的光线、并透射波长小于绿色波段的波段(包括蓝色波段)即可。第三分光镜106可以为能够反射蓝色波段的二向色镜,也可以为普通的反光镜,本实施例对此不做限定。

[0132] 可选地,该第一单色光源101、第二单色光源102、第三单色光源103为窄带激光器或窄带发光二极管。其中,单色光源的带宽与中心波长的比值小于预设值(例如0.1、0.03等)即可认为该单色光源为窄带光源。

[0133] 此外可选地,参见图11所示,该投影光源10包括第四单色光源111、第五单色光源112和荧光转盘113。第四单色光源111和第五单色光源112均用于发出第一光线;所示荧光转盘113位于第四单色光源111的出光侧,用于将第四单色光源111发出的第一光线转换为第二光线和第三光线,并射出;第五单色光源112发出的第一光线被射出;其中,第一波段的波长小于第二波段和第三波段的波长。

[0134] 本实用新型实施例中,第一波段为三种波段中波长最小的波段;例如,对于RGB三

原色光线,该第一波段为蓝光波段。利用荧光转盘113能够激发更大波长光线的特点,基于该荧光转盘113生成更大波段的第二光线和第三光线。

[0135] 可选地,如图11所示,该投影光源10还包括第四分光镜114和第五分光镜115;第四分光镜114和第五分光镜115均位于荧光转盘113的出光侧。

[0136] 第四分光镜114用于将荧光转盘113转换出射的第二光线调整为与第五单色光源112发出的第一光线的出射方向相同;第五分光镜115用于将荧光转盘113转换出射的第三光线调整为与第五单色光源112发出的第一光线的出射方向相同。

[0137] 本实用新型实施例中,该第四分光镜114和第五分光镜115与上述实施例中的第一分光镜104和第二分光镜105类似,可以将转换后的第二光线、第三光线调整为与第五单色光源112发出的第一光线的出射方向相同。可选地,该第四分光镜114和第五分光镜115也可以是二向色镜,其工作原理与上述第一分光镜104和第二分光镜105的工作原理相同,此处不做赘述。

[0138] 此外可选地,如图9-图11所示,该投影光源10还包括扩束器11;扩束器11位于投影光源10的出光侧,用于对出射的投影光线进行扩束,从而能够将激光扩束为均匀且易于成像的投影光线B。

[0139] 以上所述,仅为本实用新型的具体实施方式,但本实用新型的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本实用新型揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换的技术方案,都应涵盖在本实用新型的保护范围之内。因此,本实用新型的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

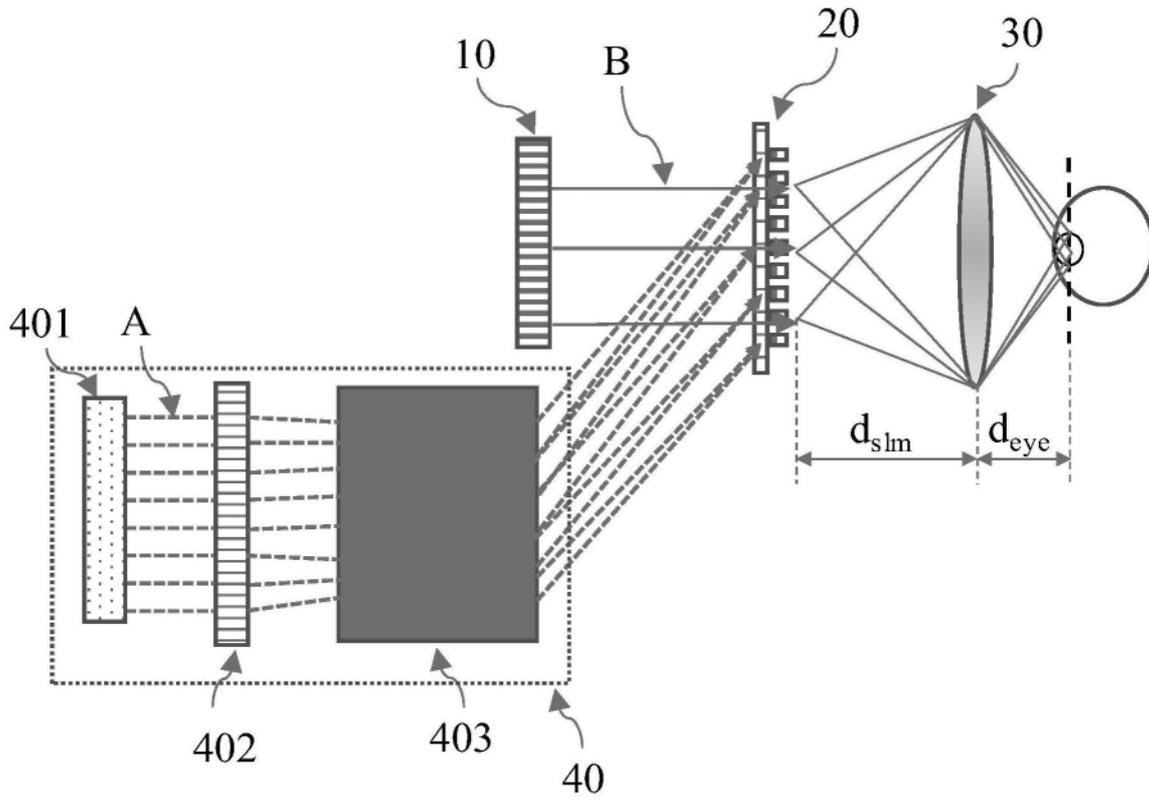


图1

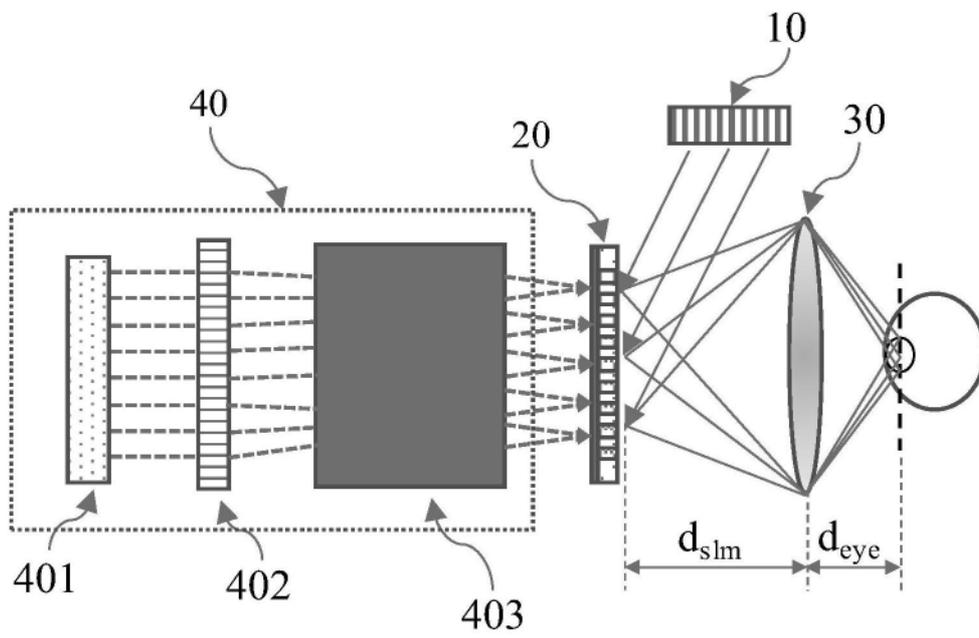


图2

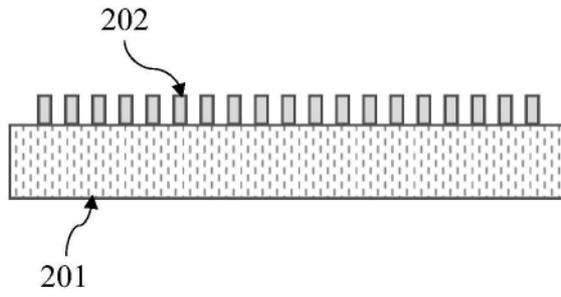


图3A

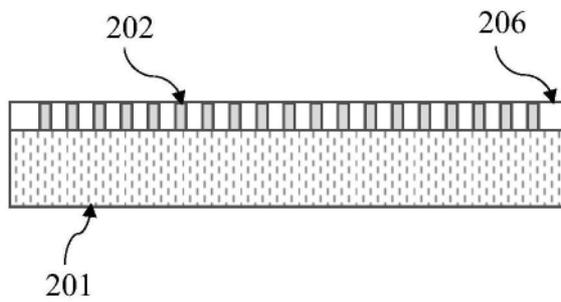


图3B

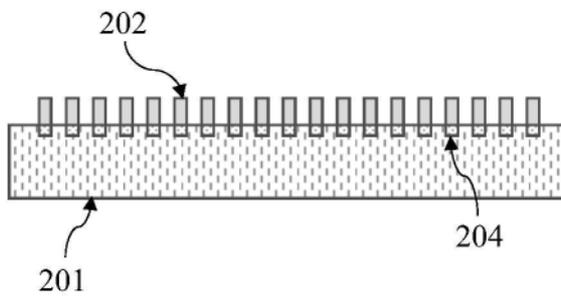


图4A

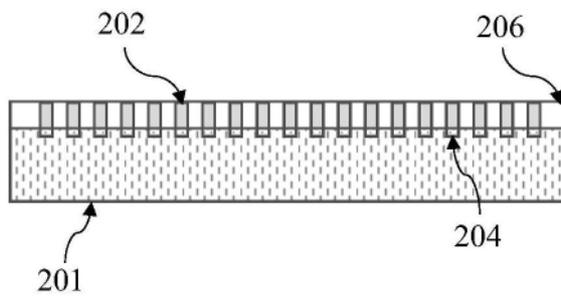


图4B

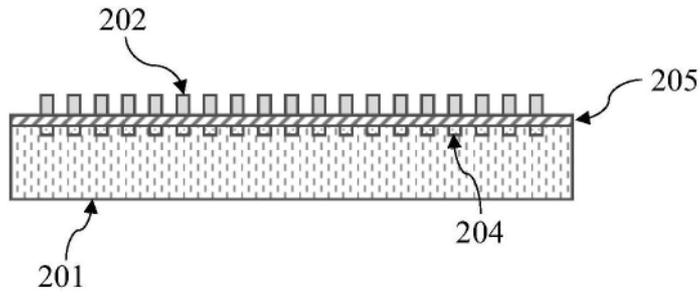


图5A

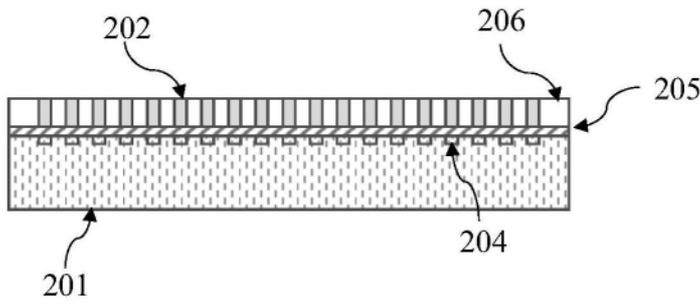


图5B

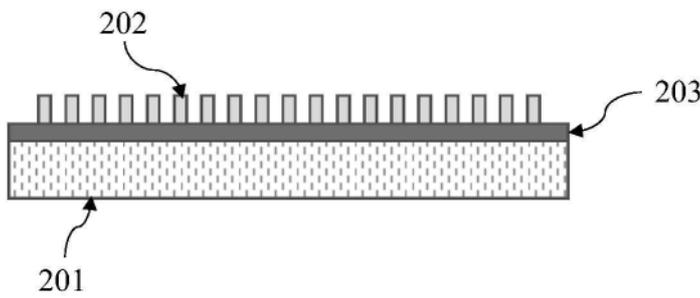


图6A

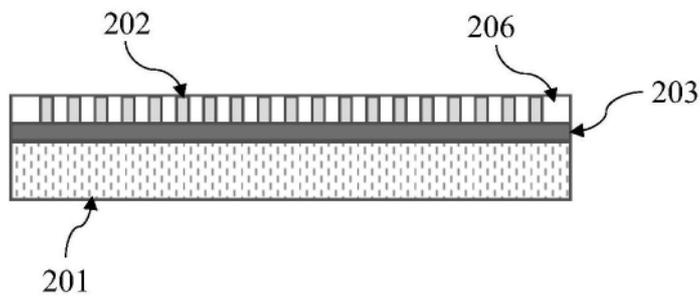


图6B

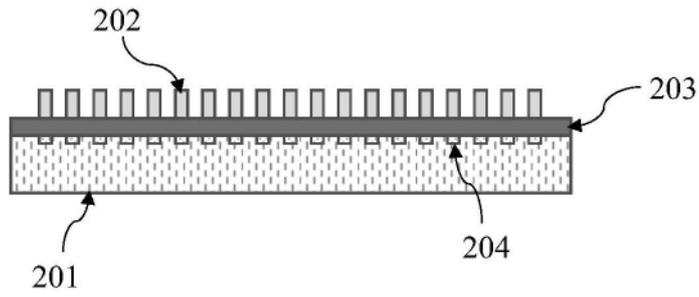


图7A

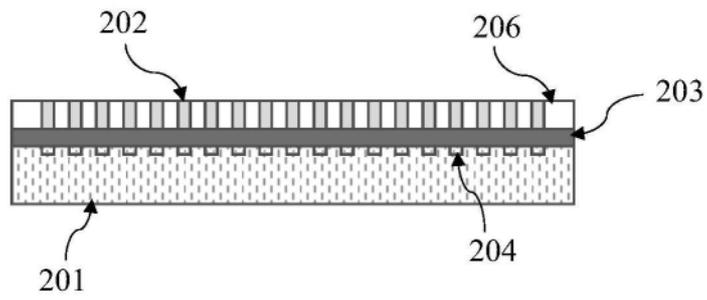


图7B

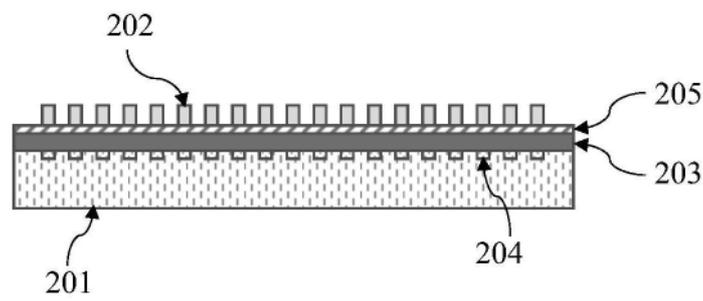


图8A

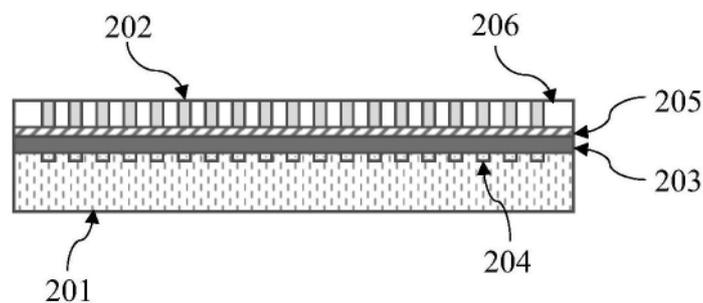


图8B

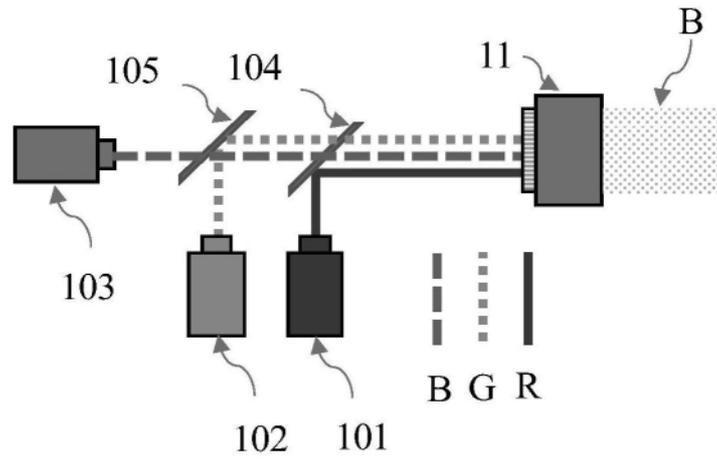


图9

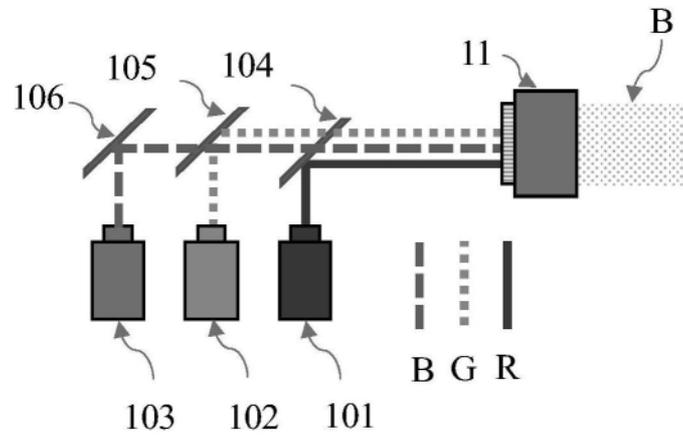


图10

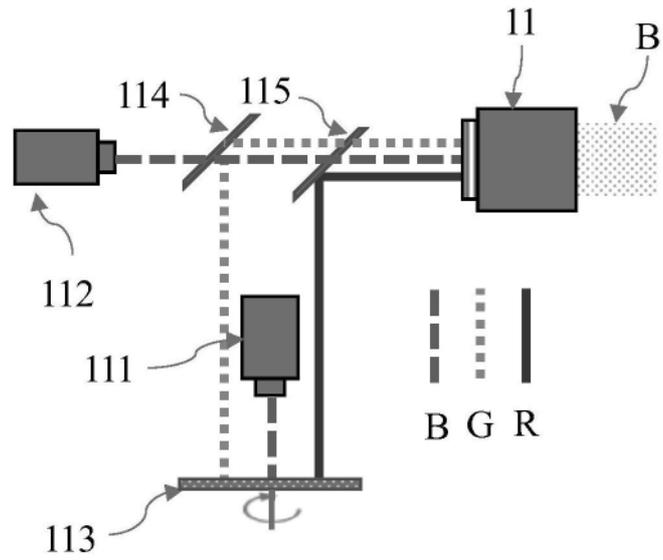


图11