



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110221430 A

(43)申请公布日 2019. 09. 10

(21)申请号 201810175802.4

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 蒋晶

地址 100872 北京市海淀区中关村大街59号中国人民大学商学院明德楼1021室

(72)发明人 黄正宇

(74)专利代理机构 北京志霖律师事务所 11575
代理人 吴艳

(51)Int.Cl.

G02B 27/01(2006.01)

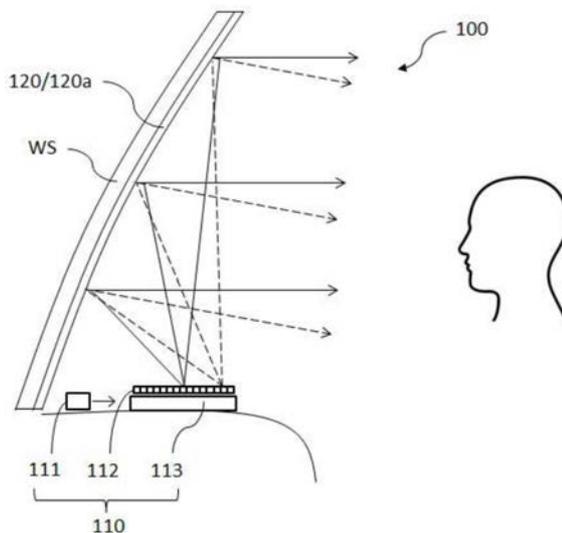
权利要求书4页 说明书17页 附图21页

(54)发明名称

HUD系统和多屏拼接式衍射显示系统

(57)摘要

本申请公开了一种HUD系统,其包括光学引擎和衍射投影屏,光学引擎用于在其显示表面上输出目标图像,该光学引擎包括相干光源、图像调制器和光扩散器件,光扩散器件用于对光进行扩散,使得显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的;衍射投影屏包括衍射光学器件,用于通过对来自光学引擎的光进行衍射而对所述目标图像形成虚像,显示表面上的每一个像素发出的光束在衍射投影屏上的投射区域与多个其它像素发出的光束在所述衍射投影屏上的投射区域至少部分地重叠。本申请还公开一种多屏拼接式衍射显示系统。



1. 一种HUD系统,包括:

光学引擎,用于在其显示表面上输出目标图像,该光学引擎包括相干光源、对相干光源发出的光进行调制以获得对应于所述目标图像的光空间分布的图像调制器和光扩散器件,所述光扩散器件设置在从所述相干光源至显示表面的光路上,用于对光进行扩散,使得所述显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的;和

衍射投影屏,包括衍射光学器件,用于通过对来自所述光学引擎的光进行衍射而对所述目标图像形成虚像,所述显示表面上的每一个像素发出的光束在所述衍射投影屏上的投射区域与多个其它像素发出的光束在所述衍射投影屏上的投射区域至少部分地重叠。

2. 如权利要求1所述的HUD系统,其中,所述相干光源为激光光源。

3. 如权利要求1所述的HUD系统,其中,所述显示表面上的每一个像素发出的光束在所述衍射投影屏上的投射区域基本上覆盖整个衍射投影屏。

4. 如权利要求1所述的HUD系统,其中,所述衍射投影屏对来自所述显示表面的每一个像素的光衍射形成平行或近似平行的成像光束,并且对应于不同像素的成像光束的投射方向互不相同。

5. 如权利要求4所述的HUD系统,其中,所述衍射光学器件包括全息膜、CGH、HOE或DOE中的至少一种。

6. 如权利要求5所述的HUD系统,其中,所述衍射光学器件包括用于不同波长的单层或多层结构。

7. 如权利要求1所述的HUD系统,其中,所述图像调制器包括空间光调制器,所述光扩散器件包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述空间光调制器上游的扩散器,所述显示表面形成在所述空间光调制器上。

8. 如权利要求7所述的HUD系统,其中,所述图像调制器为LCD,所述相干光源和所述扩散器构成该LCD的背光组件。

9. 如权利要求1所述的HUD系统,其中,所述图像调制器包括空间光调制器,所述光扩散器件包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述空间光调制器下游的扩散屏,所述显示表面形成在所述扩散屏上。

10. 如权利要求9所述的HUD系统,其中,所述光学引擎还包括设置在所述相干光源和图像调制器之间的扩束装置,用于将来自相干光源的光扩束以照明所述图像调制器的整个入射表面。

11. 如权利要求10所述的HUD系统,其中,所述扩束装置还对来自相干光源的光进行准直,得到基本上准直的光束,以照明所述图像调制器。

12. 如权利要求7、9或11所述的HUD系统,其中,所述图像调制器为LCD、LCOS或DMD。

13. 如权利要求1所述的HUD系统,其中,所述图像调制器包括扫描振镜,所述光扩散器件包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述扫描振镜下游的扩散屏,所述显示表面形成在所述扩散屏上。

14. 如权利要求1-13中任一项所述的HUD系统,其中,所述光扩散器件包括散射元件、微反射镜阵列、微透镜阵列、微透镜阵列、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

15. 如权利要求1-13中任一项所述的HUD系统,其中,所述光扩散器件进一步构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述

衍射投影屏投射。

16. 如权利要求15所述的HUD系统,其中,所述光扩散器件发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该光扩散器件的方向。

17. 如权利要求15所述的HUD系统,其中,所述光扩散器件包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH和DOE中的至少一者。

18. 如权利要求1-13中任一项所述的HUD系统,其中,所述光学引擎还包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述光扩散器件下游的定向投射器件,该定向投射器件构造成限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角以及/或者改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。

19. 如权利要求18所述的HUD系统,其中,所述定向投射器件发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该定向投射器件的方向。

20. 如权利要求18所述的HUD系统,其中,所述定向投射器件沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器上游,并且所述显示表面形成在所述图像调制器上;或者

所述定向投射器件沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器下游,并且所述显示表面形成在所述定向投射器件上。

21. 如权利要求18所述的HUD系统,其中,所述定向投射器件包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

22. 一种多屏拼接式衍射显示系统,包括:

第一光学引擎和第二光学引擎,分别具有用于输出目标图像的显示表面,每个光学引擎包括激光光源、对激光光源发出的光进行调制以获得对应于所述目标图像的光空间分布的图像调制器和光扩散器件,所述光扩散器件设置在从所述激光光源至显示表面的光路上,用于对光进行扩散,使得所述显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的;和

第一衍射投影屏和第二衍射投影屏,它们彼此相邻且各自包括衍射光学器件,分别用于对第一光学引擎和第二光学引擎输出的目标图像形成虚像,所述第一衍射投影屏的第一边缘与第二衍射投影屏的第二边缘彼此相对且邻近,第一光学引擎和第二光学引擎的所述显示表面上的每一个像素发出的光束在对应的衍射投影屏上的投射区域与同一显示表面上的多个其它像素发出的光束在同一衍射投影屏上的投射区域至少部分地重叠,

其中,第一光学引擎的图像调制器的包含其第一侧边缘的一边缘部分和第二光学引擎的图像调制器的包含其第二侧边缘的一边缘部分用于显示相同的内容,并且所述两个边缘部分中彼此对应的像素经第一衍射投影屏和第二衍射投影屏分别衍射形成的成像光束彼此平行。

23. 如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,第一衍射投影屏和第二衍射投影屏对来自对应的显示表面的每一个像素的光衍射形成平行或近似平行的成像光束,并且对应于不同像素的成像光束的投射方向互不相同。

24. 如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述显示表面上的每一个像素发出的光束在对应的衍射投影屏上的投射区域基本上覆盖整个衍射投影屏。

25. 如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎和第二光

学引擎的图像调制器的所述边缘部分在分别垂直于所述第一侧边缘和第二侧边缘的方向上具有预定宽度,该预定宽度对应于所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的宽度。

26.如权利要求25所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎的图像调制器的所述第一侧边缘处的像素发出的光经过第一衍射投影屏的第一边缘处的衍射形成的光线经过所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的第一边界,而所述第二光学引擎的图像调制器的所述第二侧边缘处的像素发出的光经过第二衍射投影屏的第二边缘处的衍射形成的光线经过所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的、与所述第一边界相反的第二边界。

27.如权利要求25所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎和第二光学引擎布置为使得它们的图像调制器的所述第一侧边缘和第二侧边缘彼此相对。

28.如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎和第二光学引擎的所述图像调制器集成为一体。

29.如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎和第二光学引擎共用所述激光光源和/或光扩散器件。

30.如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎和第二光学引擎布置为彼此空间上远离。

31.如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,该显示系统为HUD系统。

32.如权利要求22所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一衍射投影屏和第二衍射投影屏之间的间隙的宽度小于或等于2mm(人的平均瞳孔直径下限),优选所述第一衍射投影屏和第二衍射投影屏是无缝拼接的。

33.如权利要求32所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述图像调制器为DMD或基于MEMS的扫描振镜。

34.如权利要求33所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述光扩散器件为从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器下游的扩散屏,所述显示表面形成在该扩散屏上,并且所述扩散屏构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向对应的衍射投影屏投射。

35.如权利要求22-34中任一项所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述第一光学引擎将其输出的目标图像仅投射到第一衍射投影屏上,第二光学引擎将其输出的目标图像仅投射到第二衍射投影屏上。

36.如权利要求22-33中任一项所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述光扩散器件包括散射元件、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

37.如权利要求22-33中任一项所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述光扩散器件进一步构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。

38.如权利要求37所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述光扩散器件发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该光扩散器件的方向。

39.如权利要求37所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述光扩散器件包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH和DOE中的至少一者。

40.如权利要求22-33中任一项所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述光学引擎

还包括沿着从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述光扩散器件下游的定向投射器件,该定向投射器件构造成限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角以及/或者改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。

41.如权利要求40所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述定向投射器件发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该定向投射器件的方向。

42.如权利要求40所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述定向投射器件沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器上游,并且所述显示表面形成在所述图像调制器上;或者

所述定向投射器件沿着从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器下游,并且所述显示表面形成在所述定向投射器件上。

43.如权利要求40所述的多屏拼接式衍射显示系统,其中,所述定向投射器件包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

HUD系统和多屏拼接式衍射显示系统

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及衍射显示系统,具体而言,涉及基于衍射的HUD系统以及特别适合作为HUD系统的多屏拼接式衍射显示系统。

背景技术

[0002] 车辆在高速行驶时,驾驶员的视线需要始终保持观察前方区域。当需要观察仪表盘上的信息时,驾驶员的注意力会从前方区域短暂地转移到车辆仪表盘上。如果此时前方出现异常情况,驾驶员可能来不及采取有效应对措施,从而导致事故的发生。因此,需要驾驶员同时观察到路况信息和驾驶信息。为了解决这个问题,人们把抬头显示器(HUD, Head Up Display)引入到汽车当中。

[0003] 车载抬头显示器将驾驶最需要的车速、油量、导航地图等重要信息投射入人眼,投影图像位于驾驶员前方的适宜位置上,从而使驾驶员始终保持抬头的姿态,避免了因低头观看仪表盘上显示信息而引起的安全隐患,减少了引起交通事故的可能性,也缓解了交替观察车内和车外不同远近的景物信息而引起的眼部疲劳。车载抬头显示器可以使驾驶员更安全、更快速地获取所需要的驾驶信息,对提高车辆安全性能有着重要的意义。

[0004] 传统的车载抬头显示器为了保障基本的驾驶者视野、以及保障驾驶者头部左右移动时的显示视窗,则需要基于光学透镜、棱镜等光学器件进行其内部的准直光路、折返光路的设计。这些光学器件与光路的存在,使得车载抬头显示器的体积大、造价昂贵,而且嵌入汽车仪表板这样空间紧凑的布局中时非常困难。例如美国专利US6359737中所描述的,由传统的投影仪向汽车前挡风玻璃成像。但是这需要投影仪加装光学部件,来适应不同车型中前挡风玻璃的不同的曲率。因此,当前的嵌入式车载抬头显示器,都是在体积、造价、以及光学效果中做出妥协,使得商业化成为可能,但是同样存在驾驶者视野偏小、视窗偏小的问题。如美国专利US6359737中所描述的车载抬头显示器,其体积达到10立升,而且视野只有5度角。

[0005] 所以,汽车工业的发展,需要体积小、布局紧凑、低成本,同时在光学性能上具有大视野显示、大显示视窗的车载抬头显示器的出现。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于衍射的HUD系统以及特别适合作为HUD系统的多屏拼接式衍射显示系统,其至少部分地解决了现有技术中存在的上述问题。

[0007] 根据本发明的一个方面,提供了一种HUD系统,其包括光学引擎和衍射投影屏。光学引擎用于在其显示表面上输出目标图像,该光学引擎包括相干光源、对相干光源发出的光进行调制以获得对应于所述目标图像的光空间分布的图像调制器和光扩散器件,所述光扩散器件设置在从所述相干光源至显示表面的光路上,用于对光进行扩散,使得所述显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的。衍射投影屏包括衍射光学器件,用于通过对来自所述光学引擎的光进行衍射而对所述目标图像形成虚像,所述显示表面上的每一个像素

发出的光束在所述衍射投影屏上的投射区域与多个其它像素发出的光束在所述衍射投影屏上的投射区域至少部分地重叠。

[0008] 所述相干光源优选为激光光源。

[0009] 所述显示表面上的每一个像素发出的光束可以在所述衍射投影屏上的投射区域基本上覆盖整个衍射投影屏。

[0010] 所述衍射投影屏可以对来自所述显示表面的每一个像素的光衍射形成平行或近似平行的成像光束,并且对应于不同像素的成像光束的投射方向互不相同。

[0011] 所述衍射光学器件可以包括全息膜、CGH (Computer-Generated Hologram, 计算机生成全息图)、HOE (Holographic Optical Element, 全息光学元件) 或DOE (Diffractive Optical Element, 衍射光学元件) 中的至少一种。所述衍射光学器件可以包括用于不同波长的单层或多层结构。

[0012] 在一些实施例中,所述图像调制器包括空间光调制器,所述光扩散器件包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述空间光调制器上游的扩散器,所述显示表面形成在所述空间光调制器上。

[0013] 在一些实施例中,所述图像调制器为LCD,所述相干光源和所述扩散器构成该LCD的背光组件。

[0014] 在一些实施例中,所述图像调制器包括空间光调制器,所述光扩散器件包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述空间光调制器下游的扩散屏,所述显示表面形成在所述扩散屏上。

[0015] 在一些实施例中,所述光学引擎还包括设置在所述相干光源和图像调制器之间的扩束装置,用于将来自相干光源的光扩束以照明所述图像调制器的整个入射表面。优选地,所述扩束装置还对来自相干光源的光进行准直,得到基本上准直的光束,以照明所述图像调制器。

[0016] 所述图像调制器可以为LCD、LCOS或DMD。

[0017] 在一些实施例中,所述图像调制器包括扫描振镜,所述光扩散器件包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述扫描振镜下游的扩散屏,所述显示表面形成在所述扩散屏上。

[0018] 在一些实施例中,所述光扩散器件包括散射元件、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

[0019] 在一些实施例中,所述光扩散器件可以进一步构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。例如,所述光扩散器件可以构造为使得发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该光扩散器件的方向。这样的光扩散器件可以包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH和DOE中的至少一者。

[0020] 在一些实施例中,所述光学引擎还包括沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述光扩散器件下游的定向投射器件,该定向投射器件构造成限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角以及/或者改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。在一些有利的实施例中,所述定向投射器件发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该定向投射器件的

方向。

[0021] 所述定向投射器件可以沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器上游,并且所述显示表面形成在所述图像调制器上;或者所述定向投射器件可以沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器下游,并且所述显示表面形成在所述定向投射器件上。

[0022] 所述定向投射器件可以包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

[0023] 根据本发明的另一个方面,提供了一种多屏拼接式衍射显示系统,其包括第一光学引擎和第二光学引擎、以及第一衍射投影屏和第二衍射投影屏。第一光学引擎和第二光学引擎分别具有用于输出目标图像的显示表面,每个光学引擎包括激光光源、对激光光源发出的光进行调制以获得对应于所述目标图像的光空间分布的图像调制器和光扩散器件,所述光扩散器件设置在从所述激光光源至显示表面的光路上,用于对光进行扩散,使得所述显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的。第一衍射投影屏和第二衍射投影屏彼此相邻且各自包括衍射光学器件,分别用于对第一光学引擎和第二光学引擎输出的目标图像形成虚像,所述第一衍射投影屏的第一边缘与第二衍射投影屏的第二边缘彼此相对且邻近,第一光学引擎和第二光学引擎的所述显示表面上的每一个像素发出的光束在对应的衍射投影屏上的投射区域与同一显示表面上的多个其它像素发出的光束在同一衍射投影屏上的投射区域至少部分地重叠。其中,第一光学引擎的图像调制器的包含其第一侧边缘的一边缘部分和第二光学引擎的图像调制器的包含其第二侧边缘的一边缘部分用于显示相同的内容,并且所述两个边缘部分中彼此对应的像素经第一衍射投影屏和第二衍射投影屏分别衍射形成的成像光束彼此平行。

[0024] 第一衍射投影屏和第二衍射投影屏可以对来自对应的显示表面的每一个像素的光衍射形成平行或近似平行的成像光束,并且对应于不同像素的成像光束的投射方向互不相同。

[0025] 所述显示表面上的每一个像素发出的光束在对应的衍射投影屏上的投射区域可以基本上覆盖整个衍射投影屏。

[0026] 在一些实施例中,所述第一光学引擎和第二光学引擎的图像调制器的所述边缘部分在分别垂直于所述第一侧边缘和第二侧边缘的方向上具有预定宽度,该预定宽度对应于所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的宽度。

[0027] 在一些实施例中,所述第一光学引擎的图像调制器的所述第一侧边缘处的像素发出的光经过第一衍射投影屏的第一边缘处的衍射形成的光线经过所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的第一边界,而所述第二光学引擎的图像调制器的所述第二侧边缘处的像素发出的光经过第二衍射投影屏的第二边缘处的衍射形成的光线经过所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的、与所述第一边界相反的第二边界。

[0028] 所述第一光学引擎和第二光学引擎可以布置为使得它们的图像调制器的所述第一侧边缘和第二侧边缘彼此相对。

[0029] 所述第一光学引擎和第二光学引擎的图像调制器可以集成为一体。

[0030] 所述第一光学引擎和第二光学引擎可以共用所述激光光源和/或光扩散器件。

[0031] 所述第一光学引擎和第二光学引擎也可以布置为彼此空间上远离。

[0032] 在一些实施例中,所述多屏拼接式衍射显示系统构造为HUD系统。

[0033] 优选地,所述第一衍射投影屏和第二衍射投影屏之间的间隙的宽度小于或等于2mm(人的平均瞳孔直径下限),优选所述第一衍射投影屏和第二衍射投影屏是无缝拼接的。

[0034] 在一些实施例中,所述图像调制器可以为DMD或基于MEMS的扫描振镜。在这样的实施例中,所述光扩散器件可以为从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器下游的扩散屏,所述显示表面形成在该扩散屏上,并且所述扩散屏构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向对应的衍射投影屏投射。

[0035] 在一些有利的实施例中,所述第一光学引擎将其输出的目标图像仅投射到第一衍射投影屏上,第二光学引擎将其输出的目标图像仅投射到第二衍射投影屏上。

[0036] 所述光扩散器件可以包括散射元件、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

[0037] 在一些有利的实施例中,所述光扩散器件进一步构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。例如,所述光扩散器件可以构造为使得其发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该光扩散器件的方向。这样的光扩散器件可以包括例如光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH和DOE中的至少一者。

[0038] 在一些有利的实施例中,所述光学引擎还包括沿着从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述光扩散器件下游的定向投射器件,该定向投射器件构造成限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角以及/或者改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。例如,所述定向投射器件可以构造为使得其发出的对应于各像素的光束的中心光线偏离垂直于该定向投射器件的方向。

[0039] 所述定向投射器件可以沿着从所述相干光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器上游,并且所述显示表面形成在所述图像调制器上;或者所述定向投射器件可以沿着从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述图像调制器下游,并且所述显示表面形成在所述定向投射器件上。

[0040] 所述定向投射器件可以包括光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

附图说明

[0041] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0042] 图1为根据本发明第一实施例的HUD系统的示意图,该系统中LCD用作图像调制器,且在相干光源和图像调制器之间设置有扩散器;

[0043] 图2示意性地示出扩散器对图像调制器上各像素发光光束的影响;

[0044] 图3示意性地示出可用于图1所示HUD系统的衍射投影屏的衍射光学器件的示例性形成方法;

[0045] 图4示出可用于图1所示HUD系统的衍射投影屏的衍射光学器件,该衍射光学器件

具有分别用于不同波长的多层结构；

[0046] 图5A至图5D示意性地示出可用于图1所示HUD系统的扩散器的不同示例；

[0047] 图6为根据本发明第一实施例的一变型例的HUD系统的示意图，其中在光学扩散器件下游设置有定向投射器件；

[0048] 图7A、图7B和图7C示意性地示出了可用于根据本发明实施例的显示系统的定向投射器件的多个示例；

[0049] 图8示出了集成在光扩散器件表面上的定向投射器件的示例；

[0050] 图9A、图9B、图9C和图9D示意性地示出了可用于根据本发明实施例的显示系统的定向投射器件的另外多个示例；

[0051] 图10为根据本发明第一实施例另一变型例的HUD系统的示意图；

[0052] 图11示出了图10所示HUD系统中图像调制器、光扩散器件和定向投射器件的示意性放大图；

[0053] 图12为根据本发明第二实施例的HUD系统的示意图，该系统中LCD用作图像调制器，并且在图像调制器的下游设置有扩散屏；

[0054] 图13为根据本发明第二实施例的一变型例的HUD系统的示意图；

[0055] 图14示意性地示出图13所示HUD系统的光路中光的空间角分布的变化情况；

[0056] 图15为根据本发明第二实施例另一变型例的HUD系统的示意图；

[0057] 图16为根据本发明第三实施例的HUD系统的示意图；

[0058] 图17示出了图16所示HUD系统的另一可能的布置方式；

[0059] 图18A和图18B示意性地示出了可用于图16和图17所示HUD系统的光扩散器件的示例，图18C示意性地示出了可用于图16和图17所示HUD系统的光扩散器件和定向投射器件的组合的示例；

[0060] 图19为根据本发明第四实施例的HUD系统的示意图；

[0061] 图20为根据本发明第四实施例的一变型例的HUD系统的示意图；

[0062] 图21为根据本发明第五实施例的HUD系统的示意图；

[0063] 图22为根据本发明第五实施例的一变型例的HUD系统的示意图；

[0064] 图23A和图23B示意性地示出了可用于图21和图22所示HUD系统的光扩散器件的示例；

[0065] 图24为根据本发明第六实施例的HUD系统的示意图；

[0066] 图25为根据本发明第七实施例的HUD系统的示意图；

[0067] 图26为根据本发明第七实施例的一变型例的HUD系统的示意图；

[0068] 图27示意性地示出了一衍射显示系统，其包括例如根据本发明第一至第七实施例的多个显示子系统；

[0069] 图28A至图28F图解了包括两个独立的显示子系统的多屏衍射显示系统的成像问题；

[0070] 图29为根据本发明第八实施例的多屏拼接式衍射显示系统的示意图；以及

[0071] 图30A至图30D示意性地图解了根据本发明第八实施例的多屏拼接式衍射显示系统的成像。

具体实施方式

[0072] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与发明相关的部分。

[0073] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0074] 第一实施例

[0075] 图1为根据本发明第一实施例的HUD系统100的示意图。如图1所示,根据本发明第一实施例的HUD系统100包括光学引擎110和衍射投影屏120。

[0076] 光学引擎110用于在其显示表面(显示表面根据光学引擎的构造的不同而可能位于不同的器件表面上)上输出目标图像,该光学引擎110包括但不限于:相干光源111、图像调制器112和光扩散器件113。图像调制器112对相干光源111发出的光进行调制以获得对应于目标图像的光空间分布(包括对应于每个像素的空间位置的、光的波长和光强的分布)。光扩散器件113设置在从相干光源111至显示表面的光路上,用于对光进行扩散,使得显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的(形成球面波或近似球面波)。

[0077] 如图所示,光学引擎例如可以安装或集成在汽车仪表台的顶部或其他位置。

[0078] 衍射投影屏120其包括衍射光学器件120a,用于通过对来自光学引擎的光进行衍射而对目标图像形成虚像。其中光学引擎110的显示表面上的每一个像素发出的光束在衍射投影屏120上的投射区域与多个其它像素发出的光束在衍射投影屏120上的投射区域至少部分地重叠。在一些示例中,从每一个像素发出的光束在衍射投影屏120上的投射区域也可以基本上覆盖整个衍射投影屏。

[0079] 衍射投影屏120通常可以设置在例如车辆或飞行器的挡风玻璃(图中以标号“WS”标示)上。例如,衍射投影屏120的衍射光学器件120a可以直接形成在挡风玻璃WS上,也可以独立形成之后贴附到挡风玻璃表面上或者例如夹在挡风玻璃WS的可能的不止一个层之间。在另一些情形下,衍射投影屏120也可以形成为单独提供并安装的构件,例如其本身也可以包括基体以承载衍射光学器件120a。应该理解的是,以上介绍仅仅是示例性的,而非限制性的。

[0080] 为了形成目标图像的位于远处的、放大的虚像以便于HUD系统的使用者观看图像,衍射投影屏120可以对来自光学引擎110的显示表面的每一个像素的光衍射形成平行或近似平行的成像光束,并且对应于不同像素的成像光束的投射方向互不相同。这样,来自光学引擎的对应于每一个像素的光束经过使用者的眼球E的作用,可以在视网膜上形成一个对应的像点,并且不同像素在人眼的视网膜的不同位置形成像点,从而使得使用者能够观察到位于或近似位于无穷远处的放大的虚像。

[0081] 根据本发明实施例,图像调制器可以采用空间光调制器。例如在根据本发明第一实施例的HUD系统100中,如图1所示,采用LCD作为图像调制器112。作为图像调制器的LCD 112调制经过其各个像素的光的光强,经过LCD 112调制之后光在LCD 112的光出射面上具有对应于目标图像的光的空间分布。在根据本实施例的HUD系统100中,显示表面形成在LCD 112的光出射表面上。

[0082] 相干光源110优选为激光光源,也可以为例如带有窄带滤波器的白光光源。考虑到HUD系统在例如白天和黑夜的不同环境光线条件的使用,相干光源110也可以形成为能够在不止一种光源之间切换。此外,相干光源110可以提供单色的相干光,也可以提供多色的相干光,例如红绿蓝三原色光。

[0083] 根据本实施例,光扩散器件113可以为设置在相干光源111和图像调制器112之间的光路中的扩散器。在一些示例中,相干光源111和扩散器113可以构成该LCD 112的背光组件,如图1所示。来自相干光源111的光进入扩散器113并经过扩散器113对光的扩散作用,从扩散器113的正对着LCD 112的表面上的各点出射的光具有发散的空间角分布。LCD 112基本上不改变光的方向,因此,从LCD 112的每一个像素出射的光束保持了扩散器113的出射光的发散的空间角分布(见图2)。该发散的空间角分布使得从光学引擎110的显示表面上的每一个像素发出的光束在衍射投影屏120上的投射区域与多个其它像素发出的光束在衍射投影屏120上的投射区域至少部分地重叠。例如在一些示例中,扩散器113的光出射表面的各点可以近似形成朗伯光源。当然,本发明并不限于形成朗伯光源的情况。

[0084] 用于本发明的衍射光学器件可以包括全息膜、计算机生成的全息图(Computer-Generated Holograms,CGH)、全息光学元件(Holographic Optical Elements,HOE)或衍射光学元件(Diffractive Optical Elements,DOE)中的至少一种。

[0085] 以全息膜作为衍射光学器件为例,图3示意性地示出用于反射型衍射投影屏的衍射光学器件的示例性的形成方法。如图3所示,为了得到反射型衍射光学器件120a,可以通过从光敏胶层的不同两侧分别照射参考光RB和物光IB,其中参考光RB为来自点光源O的球面波,而物光IB为平面波,曝光后形成带有全息图的全息膜或用于制作全息膜的干板(干板可以作为模具以压印生产全息膜)。为了获得更加好的显示效果,也可以采用移动/多个参考光的光源点O的方式进行曝光。此外,全息图也可以由计算机生成,通过电子束/刻蚀加工成母板,进而通过压印生产带有全息图的衍射光学器件。

[0086] 图4示出可用于根据本发明实施例的衍射投影屏的衍射光学器件,该衍射光学器件具有分别用于不同波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 的多个衍射层120a1、120a2、120a3,它们构造为使得从同一点A发出的球面波经由衍射层120a1、120a2、120a3分别得到的成像光束彼此平行或者基本上彼此平行。然而,图4所示仅为示例,衍射光学器件也可以具有用于不同波长的单层结构,或者包括用于单个波长的层结构与用于两个以上波长的层结构的组合。

[0087] 尽管以上结合第一实施例介绍了衍射投影屏以及其所包含的衍射光学器件,但是应该理解上述内容对于本发明的其他实施例也是适用的,以下不再赘述。

[0088] 图5A至图5D示意性地示出可用于根据本发明第一实施例的HUD系统的扩散器的不同示例。图5A示出导光板形式的扩散器113A,其中相干光源的光例如从侧面进入扩散器,然后经过扩散器内部的折射、反射和/或衍射作用,从例如光出射面(图中所示上表面)的各点出射具有发散的空间角分布的光。在一些示例中,所述各点可以形成朗伯光源,但是本发明并不限于此。图5B示出的扩散器113B与图5A所示扩散器113A类似,不同之处在于在扩散器113B的光出射面上仅在预定的点阵位置上出射光,所述点阵优选对应于图像调制器(例如LCD)上的像素点阵。该点阵例如可以利用光阑阵列或光阑阵列与微透镜阵列的组合来实现,然而本发明并不限于此具体形式。图5C所示扩散器113C类似于图5B所示扩散器113B,不同之处仅在于来自光源的光的入射位置不同,例如可以从与光出射表面相反的面入射。另

外,扩散器也可以形成为是反射型的。例如如图5D所示,扩散器113D对入射的光进行反射,从而在反射表面上形成具有发散的空间角分布的光。这种类型的扩散器113D与LCD结合时,需要与LCD的背面相隔一定距离,以便来自相干光源的光照射到扩散器113D上。扩散器113D例如可以由微反射镜阵列(微凸面镜阵列和/或微凹面镜阵列)、或其与光阑的组合构成。显然,上述扩散器也可以由例如DOE、HOE、CGH或它们与其他结构的组合来形成。

[0089] 以上结合图5的描述仅为示例性的,而非限制性的。根据本发明实施例,光扩散器件可以包括散射元件、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、DOE、HOE、CGH或它们的组合。

[0090] 第一实施例的变型例

[0091] 接下来参照图6至图11介绍根据本发明第一实施例的变型例的HUD系统100A、100B。在根据本发明第一实施例的变型例的HUD系统100A、100B中,沿着从所述相干光源至显示表面的光路在光学扩散器件113下游设置了定向投射器件115,该定向投射器件115构造限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角以及/或者改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。

[0092] 图6为根据本发明第一实施例的一变型例的HUD系统100A的示意图。如图6所示,在HUD系统100A中,在光学扩散器件113与图像调制器112(在第一实施例中为LCD)之间设置了定向投射器件115。这种情况下,光学引擎110的显示表面形成在图像调制器112上。

[0093] 图7A、图7B和图7C示意性地示出了可用于根据本发明实施例的显示系统的定向投射器件的多个示例。如图7所示,定向投射器件可以构造为限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角,使得光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向衍射投影屏投射。

[0094] 如图7A、图7B和图7C所示,定向投射器件15A、15B和15C接收来自光扩散器件13的发散的光,并限制光的发散角至角度 α ,从而实现定向投射。图7A示出的示例中,定向投射器件15A由微透镜阵列构成;图7B示出的示例中,定向投射器件15B由微透镜阵列与光阑阵列的组合构成;图7C示出的示例中,定向投射器件15C由例如HOE、CGH、DOE等衍射器件构成。应该理解,图7仅仅是示例性的,可用于本发明的定向投射器件15并不限于上述构造,而可以包括例如光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

[0095] 尽管图7示出的定向投射器件15形成为与光扩散器件13分立的器件,但是它们也可以集成在一起。例如,如图8所示,定向投射器件15可以集成在光扩散器件13表面上。此时,也可以认为两者构成了新型的光扩散器件13',该光扩散器件13'不仅能够提供光扩散的功能,还具有光定向投射的功能,即:使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。

[0096] 图9A、图9B、图9C和图9D示意性地示出了可用于根据本发明实施例的显示系统的定向投射器件的另外多个示例。如图9所示,定向投射器件可以构造为限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角并且改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。这种类型的定向投射器件的采用特别有助于例如更加灵活地选择光学引擎的安装位置。

[0097] 如图9A、图9B、图9C和图9D所示,定向投射器件15' A、15' B、15' C和15' D,接收来自光扩散器件13的发散的光,限制光的发散角至角度 α 并改变对应于每个像素的光束的中心光线的方向,使之偏离垂直于定向投射器件的方向而集中地朝向衍射投影屏投射,从而实现定向投射。图9A示出的示例中,定向投射器件15' A由微透镜阵列构成;图9B示出的示例中,定向投射器件15' B由微透镜阵列与光阑阵列的组合构成;在图9C示出的示例中,定向投射器件15' C由微反射镜阵列构成;在图9D示出的示例中,定向投射器件15' D由例如HOE、CGH、DOE等衍射器件构成。应该理解,图9仅仅是示例性的,可用于本发明的定向投射器件15' 并不限于上述构造,而可以包括例如光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH、DOE或它们的组合。

[0098] 类似于图8所示的情况,定向投射器件15' 也可以与光扩散器件13集成在一起。

[0099] 仅作为示例,图6还示出了光学引擎110A中的相干光源111可以包括多个激光器(例如红绿蓝三色激光器),并且在优选的示例中,光学引擎110A还可以包括激光合束器,用于将所述多个激光器发出的激光合束并传送至光扩散器件113。

[0100] 图10示出根据本发明第一实施例另一变型例的HUD系统100B。如图10所示,定向投射器件115也可以设置于图像调制器112下游的光路中。这种情况下,光学引擎110的显示表面形成在定向投射器件115上。

[0101] 图11为图10所示HUD系统100B中图像调制器112、光扩散器件113和定向投射器件115的示意性放大图。如图11所示,图像调制器112、光扩散器件113和定向投射器件115可以构造为彼此层叠的结构。

[0102] 尽管没有示出,但是应该理解,图10所示的HUD系统100B中的定向投射器件可以采用如图7和图9所示的定向投射器件15、15' 或者具有任何其它构造的合适的定向投射器件。

[0103] 不仅如此,对于根据本发明其它实施例或其变型例的HUD系统所采用的定向投射器件也可采用如图7和图9所示的定向投射器件15、15' 或者具有任何其它构造的合适的定向投射器件。对此以下不再赘述。

[0104] 第二实施例及其变型例

[0105] 图12为根据本发明第二实施例的HUD系统200的示意图。根据本发明第二实施例的HUD系统200与根据本发明第一实施例的HUD系统在结构上基本上相同,也是采用LCD作为图像调制器,不同之处主要在于在HUD系统200中光扩散器件采用的是位于图像调制器下游的扩散屏213。

[0106] 具体而言,如图12所示,HUD系统200包括光学引擎210和衍射投影屏220。光学引擎210包括相干光源211、作为图像调制器的LCD 212和位于LCD 212下游的光路中的扩散屏213。在图示示例中,光学引擎210可选地还包括扩束装置214,用于对来自相干光源211的光进行扩束,以便对LCD 212的整个表面进行照明。优选地,该扩束装置214还对光进行准直。从LCD 212的各个像素出射的具有良好方向性的光照射到扩散屏213上,经过扩散屏213的扩散作用,形成对应于每一个像素的具有发散的空间角分布的光(球面波或近似球面波)。此时,光学引擎210的显示表面形成在扩散屏213的光出射表面上。

[0107] 尽管图12所示示例中,扩散屏213是透射型的,但是其也可以是反射型的。此外,扩散屏可以具有与以上结合图5介绍的扩散器类似的构造,不同之处在于,扩散屏构造为不改变图像调制器已经调制形成的对应于目标图像的光空间分布,换句话说,扩散屏对各个像

素的光产生独立的扩散作用,在扩散过程中基本上不会使不同像素的光产生混合。作为示例,扩散屏例如可以由薄的毛玻璃片构成,或者例如可以由微透镜阵列构成。本领域技术人员根据上述说明可以理解,根据本发明实施例,光扩散器件(包括扩散器和扩散屏)可以包括散射元件、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、DOE、HOE、CGH或它们的组合。对于以下将介绍的本发明的其他实施例,以上关于扩散屏的说明也是适用的,下文中不再赘述。

[0108] 图13为根据本发明第二实施例的一变型例的HUD系统的示意图。类似于根据本发明第一实施例的变型例的HUD系统,根据本发明第二实施例的变型例的HUD系统200A中也增加设置了定向投射器件215,其设置在扩散屏213的下游。图14示意性地示出图13所示HUD系统的光路中依次经过图像调制器12、扩散屏13和定向投射器件15之后对应于每个像素的光的空间角分布的变化情况。在图14所示示例中,经过图像调制器12的光保持了良好的方向性,如图像调制器12左侧的单个箭头所指示的,对应于一个像素的光束具有基本上一致的方向;经过扩散屏13的光具有发散的空间角分布;而经过定向投射器件15的光,空间角分布的发散角被限制到较小的角度,并且光束的中心光线的方向被改变,从而实现定向投射。在图13和图14所示示例中,该定向投射器件215构造为限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角并且改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。这样的定向投射器件215可以采用例如参照图9所介绍的定向投射器件。

[0109] 根据光学引擎210与衍射投影屏220的相对位置关系,在另一些示例中,HUD系统200A也可以采用仅限制光束的发散角的定向投射器件215,例如参照图7所介绍的定向投射器件15。

[0110] 在优选示例中,如图13所示,HUD系统200A的光学引擎210A还可以包括扩束准直装置214',其扩展来自相干光源211的光束直径并对光束实现准直,以便更好地照射作为图像调制器的LCD 212。

[0111] 图15示出了根据本发明第二实施例另一变型例的HUD系统200B,其中,扩散屏213'本身构造成限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角,使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。扩散屏213'还可以进一步构造为改变从其发出的对应于各像素的光束的中心光线的方向,使之例如偏离垂直于该光扩散器件的方向。这样的扩散屏213'可以由例如微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH和DOE中的一者或多者构成。

[0112] 根据本发明实施例的HUD系统还可以采用LCD以外的形式的图像调制器来实现,下面将介绍采用不同图像调制器的根据本发明实施例的HUD系统。

[0113] 第三实施例

[0114] 图16为根据本发明第三实施例的HUD系统300的示意图。根据本发明第三实施例的HUD系统300与根据本发明第一实施例的HUD系统在结构上基本上相同,也是采用沿着光路设置在相干光源与图像调制器之间的扩散器作为光扩散器件,不同之处主要在于在HUD系统300中图像调制器采用的是LCOS。

[0115] 如图16所示,HUD系统300包括光学引擎310和衍射投影屏320,其中光学引擎310包括相干光源311、用作图像调制器的LCOS312和设置在相干光源311与LCOS 312之间的光路中的作为光扩散器件的扩散器313。由于LCOS是反射型器件,因此光学引擎310还可以包括

用于整合光路的光学器件,例如图中所示的偏振分光棱镜(PBS)314。衍射投影屏320可以采用与以上结合第一实施例所介绍的衍射投影屏,在此不再赘述。

[0116] 相干光源311发出的光进入扩散器313(图示的从侧边照射进入扩散器313的方式仅为示例性的,而非限制性的),经过扩散器313的扩散作用,从扩散器313的光出射表面出射具有发散的空间角分布的光,这些光经由例如PBS的反射照射到LCOS的表面上并经由LCOS的调制,形成对应于目标图像的光空间分布。在HUD系统300中,光学引擎310的显示表面形成在LCOS的光出射表面上。光学引擎310的显示表面上对应于各个像素发出的具有发散的空间角分布的光投射向衍射投影屏320,并经由衍射投影屏320的衍射作用形成目标图像的放大的虚像。

[0117] 图17示出了图16所示HUD系统的另一可能的布置方式。如图所示,可以通过调整光学引擎310A相对于衍射投影屏320的“姿态”来实现向衍射投影屏的投射。

[0118] 图16和图17所示HUD系统中的扩散器313可以采用例如图18A和图18B所示能够提供例如近似朗伯光源的类型的扩散器313A,也可以采用如图18B所示的能够提供具有有限缩的发散角的“定向”光源的扩散器313B。这样的扩散器313B可以包括例如光阑阵列、微反射镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列、光栅、HOE、CGH和DOE中的至少一者。另外,类似于以上结合第一实施例的变型例所讨论的,扩散器313还可以与具有有限缩光束的发散角的定向投射器件315一起使用。在根据本发明第三实施例的HUD系统中,定向投射器件315优选设置在扩散器313与LCOS 312之间。

[0119] 第四实施例及其变型例

[0120] 图19示出了根据本发明第四实施例的HUD系统的示意图。根据本发明第四实施例的HUD系统400与根据本发明第三实施例的HUD系统在结构上基本上相同,也是采用LCOS作为图像调制器,不同之处主要在于在HUD系统400中光扩散器件采用的是设置在LCOS的下游的扩散屏。

[0121] 具体而言,如图19所示,HUD系统400包括光学引擎410和衍射投影屏420,其中光学引擎410包括相干光源411、用作图像调制器的LCOS 412和设置在LCOS 412下游的光路中的、作为光扩散器件的扩散屏413。由于LCOS是反射型器件,因此光学引擎410还可以包括用于整合光路的光学器件,例如偏振分光棱镜(PBS)414。

[0122] 相干光源411发出的光进入PBS 414,经其反射后照射到LCOS412的表面上。为了更好地照明LCOS的整个表面,可以在相干光源411与LCOS 412之间设置例如扩束装置(例如图20中所示的扩束装置414A),该扩束装置优选具有准直的功能。经由LCOS 412调制,形成对应于目标图像的光空间分布。LCOS基本上不改变经过其的光的方向,因此扩散屏413接收到来自LCOS 412调制形成的具有对应于目标图像的空间分布的光,并将对应于每一个像素的光扩散成具有发散的空间角分布的光。在HUD系统400中,光学引擎410的显示表面形成在扩散屏413的光出射表面上。光学引擎410的显示表面上对应于各个像素发出的具有发散的空间角分布的光投射向衍射投影屏420,并经由衍射投影屏420的衍射作用形成目标图像的放大的虚像。

[0123] 扩散屏413可以采用结合根据本发明第二实施例的HUD系统200所介绍的扩散屏,在此不再赘述。

[0124] 图20示出了根据本发明第四实施例的一变型例的HUD系统400A。与图19所示HUD系

统400相比,HUD系统400A中进一步结合了定向投射器件415,该定向投射器件415设置在扩散屏413的下游。定向投射器件415可以采用例如与根据本发明第一实施例的变型例的HUD系统中所采用的相同的或类似的定向投射器件。

[0125] 第五实施例及其变型例

[0126] 图21为根据本发明第五实施例的HUD系统500的示意图。根据本发明第五实施例的HUD系统500与根据本发明第一实施例的HUD系统在结构上基本上相同,也是采用沿着光路设置在相干光源与图像调制器之间的扩散器作为光扩散器件,不同之处主要在于在HUD系统500中图像调制器采用的是数字微镜器件(Digital Micromirror Device,DMD)。

[0127] 如图21所示,HUD系统500包括光学引擎510和衍射投影屏520。光学引擎510包括相干光源511、用作图像调制器的DMD 512和设置在相干光源511与DMD 512之间的扩散器513。在一些示例中,扩散器513可以形成为导光板形式,其例如从侧面或背面接收来自相干光源511的光。在另一示例中,光学引擎510还可以可选地包括位于相干光源511与扩散器513之间的扩束装置(图中未示出),用于对来自相干光源511的光进行扩束,优选还进行准直,以更好地照射扩散器513。衍射投影屏520可以采用与以上结合第一实施例所介绍的衍射投影屏,在此不再赘述。

[0128] 相干光源511发出的光进入扩散器513,经过扩散器513的扩散作用,从扩散器513的光出射表面出射具有发散的空间角分布的光。这些光照射到DMD 512的表面上并经由DMD 512的调制,形成对应于目标图像的光空间分布。在HUD系统500中,光学引擎510的显示表面形成在DMD 512的光出射表面上。光学引擎510的显示表面上对应于各个像素发出的具有发散的空间角分布的光投射向衍射投影屏520,并经由衍射投影屏520的衍射作用形成目标图像的放大的虚像。

[0129] 图22示出了根据本发明第五实施例的一变型例的HUD系统500A。HUD系统500A与图21所示的HUD系统500在结构上基本上相同,不同之处主要在于HUD系统500中进一步结合了定向投射器件515,该定向投射器件515设置在扩散器513与DMD 512之间。在图示示例中,定向投射器件515由光阑构成,然而应该理解其也可以为其它形式。此外,对比图21和图22所示HUD系统,可以看到光学引擎可以安装在不同的位置,例如,图21中显示光学引擎510可以安装在例如汽车的天花板上,图22中则显示出光学引擎510A可以安装在挡风玻璃WS下方的位置,例如汽车仪表台的顶部。

[0130] 图23A和图23B示意性地示出了可用于图21和图22所示HUD系统的光扩散器件(可以用作扩散器也可以用作扩散屏)的示例。图23A示出了例如由光栅构成的光扩散器件513A;图23B示出了由例如微反射镜阵列构成的光扩散器件513B。当然,图23所示仅仅是示例性的,而非限制性的。

[0131] 第六实施例

[0132] 图24示出了根据本发明第六实施例的HUD系统600。根据本发明第六实施例的HUD系统600与根据本发明第五实施例的HUD系统在结构上基本上相同,也是采用DMD作为图像调制器,不同之处主要在于在HUD系统600中光扩散器件采用的是设置在DMD下游的扩散屏。

[0133] 如图24所示,HUD系统600包括光学引擎610和衍射投影屏620,其中光学引擎610包括相干光源611、用作图像调制器的DMD612和设置在DMD 612下游的光路中的、作为光扩散器件的扩散屏613。可选地,在相干光源611与DMD 612之间可以设置扩束装置614,用于更好

地照明DMD的整个表面。扩束装置614优选还具有准直功能。

[0134] 相干光源611发出的光经由例如扩束装置614扩束和准直之后照射到DMD 612的表面上。经由DMD 612调制,形成对应于目标图像的光空间分布。DMD基本上不改变经过其的光的方向,因此扩散屏613接收到DMD 612调制形成的具有对应于目标图像的空间分布的光,并将对应于每一个像素的光扩散成具有发散的空间角分布的光。图中附图标记612a表示的是DMD 612中用于吸收不用于成像的反射光的吸光板。在HUD系统600中,光学引擎610的显示表面形成在扩散屏613的光出射表面上。光学引擎610的显示表面上对应于各个像素发出的具有发散的空间角分布的光投射向衍射投影屏620,并经由衍射投影屏620的衍射作用形成目标图像的放大的虚像。

[0135] 应该理解,扩散屏613可以采用结合根据本发明第二实施例的HUD系统200所介绍的扩散屏;此外,根据本发明第六实施例的HUD系统中还可以进一步结合设置在扩散屏下游的定向投射器件,类似于之前的实施例和变型例中所讨论的。

[0136] 第七实施例及其变型例

[0137] 以上结合附图描述的根据本发明第一至第六实施例的HUD系统中均采用了空间光调制器(Spatial Light Modulator, SLM)作为图像调制器,然而本发明并不限于采用SLM的情况,例如以下将结合图25和图26描述根据本发明第七实施例及其变型例的HUD系统,其中图像调制器包括扫描振镜。

[0138] 图25为根据本发明第七实施例的HUD系统的示意图。根据本实施例的HUD系统中图像调制器包括扫描振镜,并且采用设置在扫描振镜下游光路中的扩散屏作为光扩散器件。

[0139] 如图25所示,HUD系统700包括光学引擎710和衍射投影屏720,其中光学引擎710沿着光路依次包括相干光源711、扫描振镜712和扩散屏713。根据本实施例,图像调制器包括扫描振镜713,同时还可以包括结合在例如相干光源711中的光源调制器(图中未示出),该光源调制器按照时序调制相干光源711输出的光,例如包括光的强度以及/或者光的波长(颜色)。

[0140] 从相干光源711输出的、例如按照时序经过光强/颜色调制的光照射到扫描振镜712上,扫描振镜712对应于光源调制的所述时序以不同的角度将其反射,从而形成对应于目标图像的光空间分布。从扫描振镜712输出的、具有对应于目标图像的光空间分布的光照射到扩散屏713上,扩散屏713将对应于每个像素的光扩散成具有发散的空间角分布的光。在HUD系统700中,光学引擎710的显示表面形成在扩散屏713的光出射表面上。光学引擎710的显示表面上对应于各个像素发出的具有发散的空间角分布的光投射向衍射投影屏720,并经由衍射投影屏720的衍射作用形成目标图像的放大的虚像。

[0141] 图26示出了根据本发明第七实施例的一变型例的HUD系统700A。HUD系统700A与图25所示HUD系统700的结构基本上相同,不同之处主要在于,前者采用了反射型扩散屏513,而后者采用了透射型扩散屏513A。

[0142] 以上结合附图介绍了根据本发明实施例的HUD系统。尽管图中所示以及以上所讨论的HUD系统中,衍射投影屏均为反射型的,但是本发明并不限于此,根据HUD系统的使用环境,根据需要也可以采用透射型衍射投影屏。

[0143] 根据本发明的另一个方面,还提供了多屏拼接式衍射显示系统,该衍射显示系统基于了与根据本发明实施例的HUD系统相同的单屏显示原理和构造,同时能够实现不同屏

幕之间图像的连接。该多屏拼接式衍射显示系统特别适合于用作HUD系统,但是也可以应用于其它各种场合。为便于理解,以下以HUD系统为例参照图27至图30介绍根据本发明第八实施例的多屏拼接式衍射显示系统。

[0144] 第八实施例

[0145] 首先,将结合图27和图28介绍包括多个HUD系统的多屏系统以及其可能存在的问题。

[0146] 图27示意性地示出了一衍射显示系统DDS,其包括例如根据本发明第一至第七实施例的HUD系统构成的多个子显示系统A、B、C、D。子显示系统A、B、C、D各自包括光学引擎A10、B10、C10、D10和对应的衍射投影屏A20、B20、C20、D20。

[0147] 各个所述光学引擎A10、B10、C10、D10分别具有用于输出目标图像的显示表面,每个光学引擎包括激光光源、对激光光源发出的光进行调制以获得对应于所述目标图像的光空间分布的图像调制器和光扩散器件,所述光扩散器件设置在从所述激光光源至显示表面的光路上,用于对光进行扩散,使得所述显示表面上的每一个像素发出的光束是发散的。

[0148] 各个衍射投影屏A20、B20、C20、D20彼此相邻且各自包括衍射光学器件,分别用于对第一光学引擎和第二光学引擎输出的目标图像形成虚像第一光学引擎和第二光学引擎的所述显示表面上的每一个像素发出的光束在对应的衍射投影屏上的投射区域与同一显示表面上的多个其它像素发出的光束在同一衍射投影屏上的投射区域至少部分地重叠。

[0149] 图28A至图28F以其中两个子显示系统A、B为例,图解了当图27所示的衍射显示系统DDS包括两个独立的显示子系统时可能存在的成像问题。

[0150] 如图28所示,为了形成目标图像的位于远处的、放大的虚像以便于使用者观看图像,衍射投影屏A20、B20各自可以对来自对应的光学引擎A10、B10的显示表面(图中示出为图像调制器的表面)A12、B12的每一个像素的光衍射形成平行或近似平行的成像光束,并且使得对应于不同像素的成像光束的投射方向互不相同。如图28A和图28B所示,来自显示表面A12一端的像素 X_1 (实际在垂直于图面的方向上,显示表面上可以具有一列多个像素,在本文中仅以一个像素为代表来进行讨论)的光束投射到衍射投影屏A20上之后形成平行或近似平行的成像光束,来自显示表面A12的与所述一端相反的另一端的像素 X_i 的光束投射到衍射投影屏A20上之后形成另一平行或近似平行的成像光束,两束平行光束具有不同的角度,从而通过观察者的眼睛E可以看到虚像 IMG_i 和 IMG_i 。类似地,如图28C和图28D所示,来自显示表面B12一端的像素 X_{i+1} 的光束投射到衍射投影屏B20上之后形成平行或近似平行的成像光束,来自显示表面B12的与所述一端相反的另一端的像素 X_N 的光束投射到衍射投影屏B20上之后形成另一平行或近似平行的成像光束,两束平行光束具有不同的角度,从而通过观察者的眼睛E可以看到虚像 IMG_{i+1} 和 IMG_N 。

[0151] 考虑到显示系统的设计视窗EB的大小,为了满足眼睛E在设计视窗EB中的任何位置都能观察到所述虚像,所以对于各个子显示系统,来自其显示表面的任一像素的光束经过衍射投影屏衍射之后形成的成像光束希望是充满整个设计视窗EB的。为此,作为边界情形,如图28所示,对应于显示表面A12和B12的边缘像素 X_1 、 X_i 、 X_{i+1} 、 X_N 的成像光束的一个边缘经过设计视窗的对应的一个边界。

[0152] 子显示系统A和B分别可以形成连续的虚像,然而将两者结合在一起时它们显示的图像之间是不连续的。为了解释这一情况,图28E将图28A至图28D所示成像光线叠加在一

起。可以看到,即使子显示系统A和B的显示表面A12和B12显示的是可以连续的图像,即像素 X_i 、 X_{i+1} 显示的是一副连续图像中的紧邻的两个像素的内容,由于为了满足设计视窗的要求,所获得的虚像 IMG_i 和 IMG_{i+1} 相对于眼睛E具有较大的视角差 τ (参见图28F),因此使用者观察到的子显示系统A和B所显示的图像不是连续的。上述视角差 τ 近似等于设计视窗EB相对于衍射投影屏A20、B20的彼此邻近的边缘的张角 τ' 。因此,当希望获得越大的设计视窗时,上述图像的不连续情况就越突出。

[0153] 为了能够提高显示的质量,有时候会通过以更加精密复杂的方法来构造衍射投影屏的衍射光学器件(例如全息膜或DOE、HOE等等),然而这样的衍射光学器件的制造的困难会随着衍射光学器件的尺寸的增加而显著增大。或者,换个角度来说,当单个的衍射投影屏的尺寸显著增大时,很可能显示的质量也随着降低了。

[0154] 考虑以上问题,根据本发明第八实施例提出了一种多屏拼接式衍射显示系统,其包括至少两个子显示系统,这两个子显示系统的衍射投影屏彼此相邻,并且通过两个子显示系统显示的图像对于观察者来说是连续的。

[0155] 图29示出了根据本发明第八实施例的多屏拼接式衍射显示系统的一个示例,显示系统DDS100,其包括多个子显示系统A、B、C、D,并且子显示系统A、B、C、D各自包括光学引擎A110、B110、C110、D110和对应的衍射投影屏A120、B120、C120、D120。

[0156] 多屏拼接式衍射显示系统DDS100具有与如上结合图27介绍的显示系统DDS基本相同的结构,不同之处主要在于:在系统DDS100中,子显示系统的光学引擎中的图像调制器A112、B112、C112、D112各自具有包含其一条侧边缘的边缘部分a、b、c、d,并且将要相互拼接的两个子显示系统中的两个所述边缘部分,例如边缘部分a与边缘部分b(或者边缘部分c和边缘部分d),用于显示相同的内容;并且两个边缘部分a和b中彼此对应的像素经相应的衍射投影屏分别衍射形成的成像光束彼此平行。

[0157] 接下来将参照图30以子显示系统A和B为例更加详细地介绍多屏拼接式衍射显示系统DDS100的成像。

[0158] 如图30A所示,图像调制器A112在其右侧边缘(对应于像素 X_M 的位置)处具有跨越若干像素的边缘部分a,图像调制器B112在其左侧边缘(对应于像素 X_L 的位置)处具有跨越若干像素的边缘部分b,边缘部分a和边缘部分b用于显示相同的内容,换句话说,它们用作相同的像素 $X_L \sim X_M$ 。

[0159] 根据本实施例,如图30A和图30B所示,边缘部分a和边缘部分b中彼此对应的像素 X_L 分别经衍射投影屏A120和衍射投影屏B120衍射形成的成像光束(图30A中实线所示光束和虚线所示光束)彼此平行。类似地,边缘部分a和边缘部分b中彼此对应的像素 X_M 分别经衍射投影屏A120和衍射投影屏B120衍射形成的成像光束(图30B中点划线所示光束和点线所示光束)彼此平行。当然,对于边缘部分a和b中的位于像素 X_L 和 X_M 之间的其它像素来说也满足上述成像光束平行的要求,如图30C所示。这样就能使得两个子显示系统所显示的图像是彼此连续的。

[0160] 此外,考虑到设计视窗EB,对边缘部分a和b的宽度(或者说它们所跨越的像素 $X_L \sim X_M$ 的范围)提出了进一步的要求。继续参照图30A和图30B,图像调制器A112的边缘部分a中像素 X_M 发出的光经过衍射投影屏A120的第一边缘 e_A 处的衍射形成的光线经过所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗EB的第一边界(参见图30A),而图像调制器B112的边缘部分b的像

素 X_L 发出的光经过衍射投影屏B120的第二边缘 e_B 处的衍射形成的光线经过所述多屏拼接式衍射显示系统的设计视窗的、与所述第一边界相反的第二边界。图30D中叠加了图30A和图30B所示的成像光线,从图30D中可以更加清楚地看到,对于子显示系统A,从图像调制器A112的像素 X_L 向像素 X_M ,像素对应的成像光束从设计视窗EB中逐渐退出,而对于子显示系统B,从图像调制器B112的像素 X_L 向像素 X_M ,像素对应的成像光束逐渐进入设计视窗EB,且正好与子显示系统A中的对应像素的成像光束一起充满或几乎充满整个设计视窗EB。参见图30C,视窗中未被充满的部分基本上由衍射投影屏A120的第一边缘 e_A 和衍射投影屏B120的第二边缘 e_B 之间的间隙 d 决定。因此,在优选的实施例中,间隙 d 的宽度小于或等于2mm(人的平均瞳孔直径下限),更优选的是两个衍射投影屏是无缝拼接的(例如参见图29中所示衍射投影屏C120和D120),即间隙 $d=0$ 。

[0161] 可以看到,此时,图像调制器A112和B112的边缘部分a和b在垂直于它们所包含的图像调制器的侧边缘的方向上所具有的预定宽度对应于(或者说至少部分地决定了)多屏拼接式衍射显示系统的实际获得的视窗的宽度。通常实际获得的视窗宽度希望是不小于设计视窗EB的宽度。在一些实施例中,在设计视窗EB的宽度确定的情况下,可以选择图像调制器的边缘部分的所述预定宽度,使之对应于设计视窗EB的宽度。

[0162] 现在返回参照图29。以上已经结合图30介绍了子显示系统A和B通过图像调制器中的所述用于显示相同内容的边缘部分实现的“拼接”。类似地,如图29所示,子显示系统C和D也可以通过在其图像调制器中设置用于显示相同内容的边缘部分c和d并使之满足以上参照图30所介绍的其它条件之后实现“拼接”。

[0163] 在一些示例中,两个“拼接”的子显示系统的光学引擎可以布置为使得它们的图像调制器的边缘部分所包含的侧边缘彼此相对,例如子显示系统A和B中的情况。

[0164] 在一些示例中,如图29所示子显示系统B、C、D,两个以上子显示系统的光学引擎的图像调制器可以集成为一体,特别是在结合使用了根据本发明实施例所提出的定向投射器件的情况下。

[0165] 在一些示例中,两个以上子显示系统的光学引擎可以共用所述激光光源和/或光扩散器件。

[0166] 在一些示例中,两个“拼接”的子显示系统的光学引擎可以布置为空间上彼此远离,例如图29所示光学引擎A110和B110。

[0167] 优选地,各个子显示系统的光学引擎仅将其输出的目标图像投射到对应的衍射投影屏上。在一些优选示例中,子显示系统的光学引擎中的光扩散器件可以进一步构造成使得从其发出的对应于各像素的光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。在一些优选示例中,光学引擎中可以进一步包括沿着从所述激光光源至显示表面的光路设置在所述光扩散器件下游的定向投射器件,该定向投射器件构造成限制从其发出的对应于各像素的光束的发散角以及/或者改变所述光束的中心光线的方向,使得所述光束具有特定的空间角分布,从而光能量被集中地朝向所述衍射投影屏投射。简单地说,根据本发明实施例的多屏拼接式衍射显示系统中的一个或多个子显示系统可以具有如以上结合本发明第一至第七实施例及其变型例所介绍的构造,包括具有其中的光扩散器件和定向投射器件。不同的是,多屏拼接式衍射显示系统及其子显示系统并不限于是HUD系统。

[0168] 此外,应该理解的是,尽管图中示出了显示系统DDS100包括四个子显示系统,但是本发明并不限于此,根据本发明实施例的多屏拼接式衍射显示系统可以包括更多或更少数量的子显示系统。

[0169] 以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解,本申请中所涉及的发明范围,并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案,同时也应涵盖在不脱离所述发明构思的情况下,由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中公开的(但不限于)具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

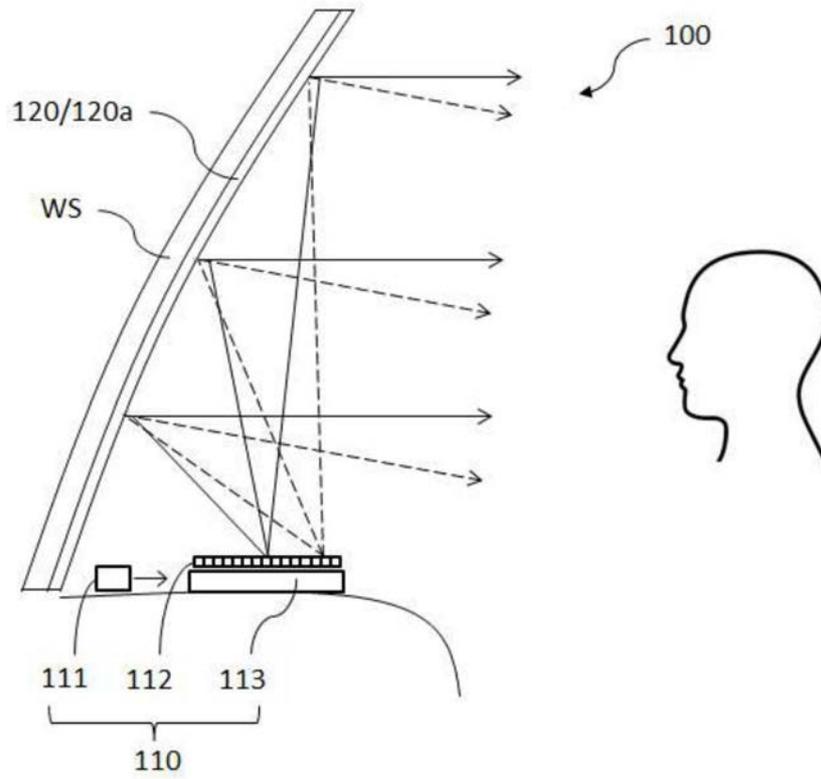


图1

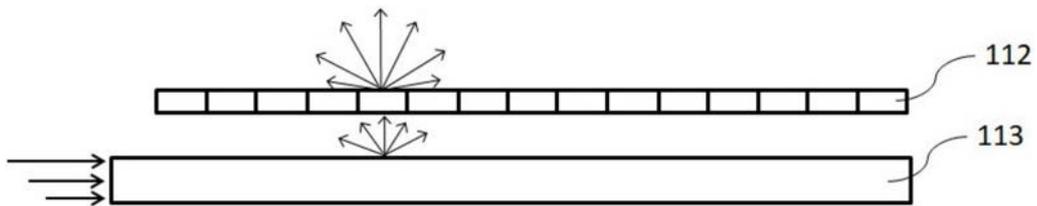


图2

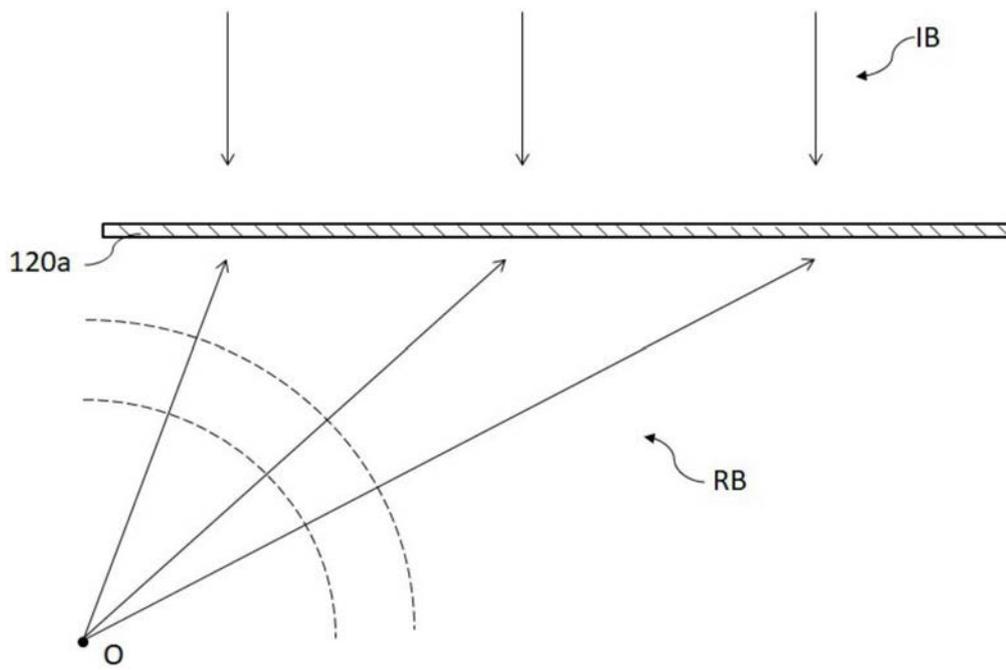


图3

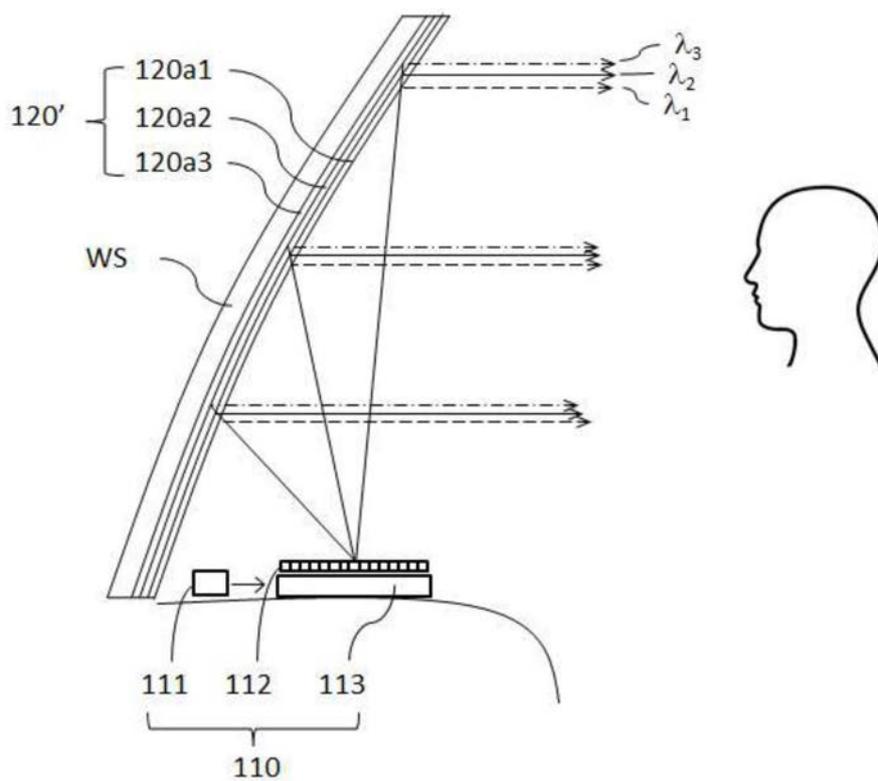


图4

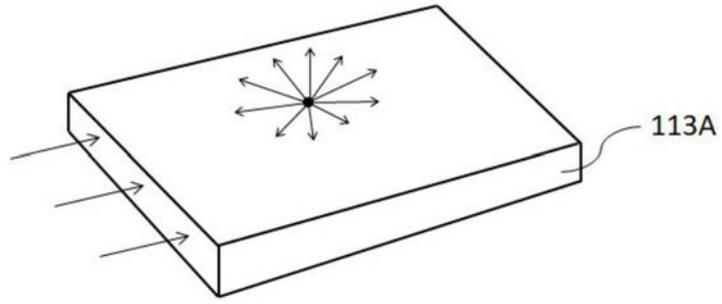


图5A

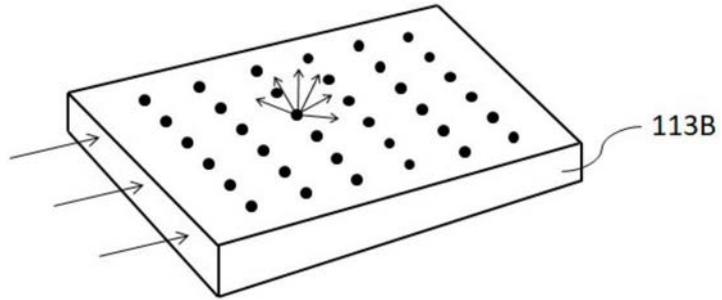


图5B

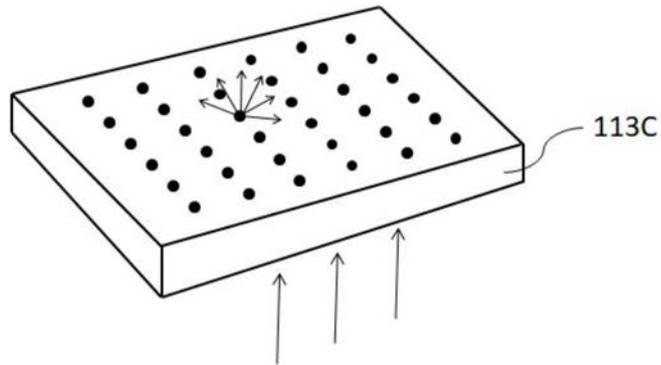


图5C

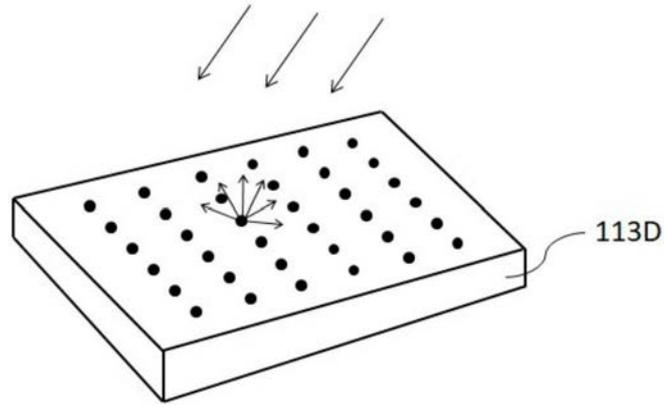


图5D

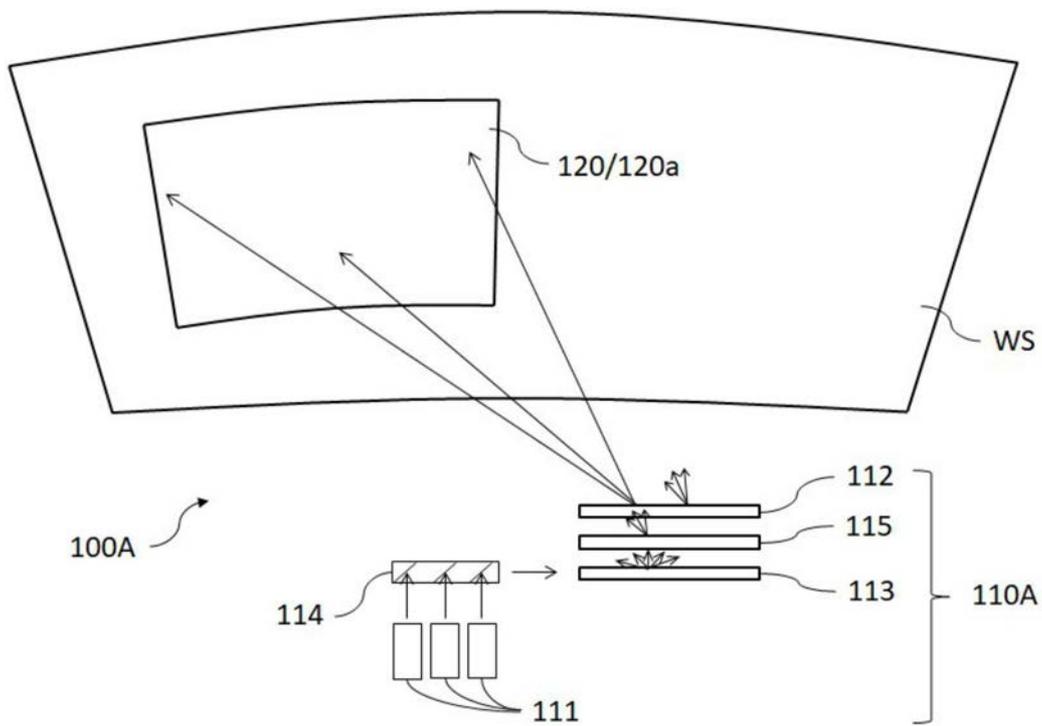


图6

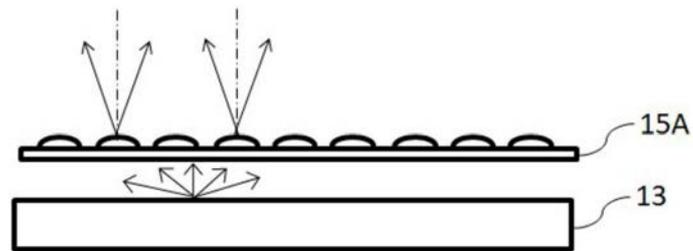


图7A

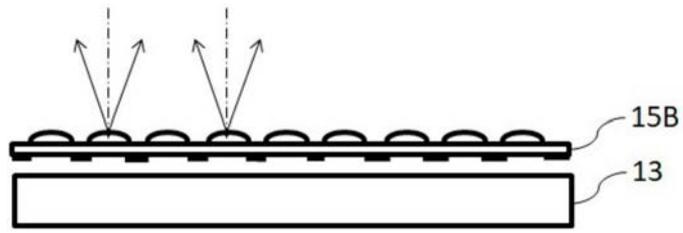


图7B

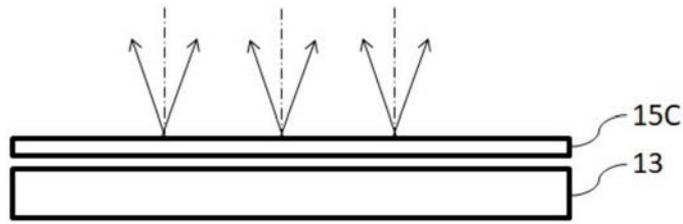


图7C



图8

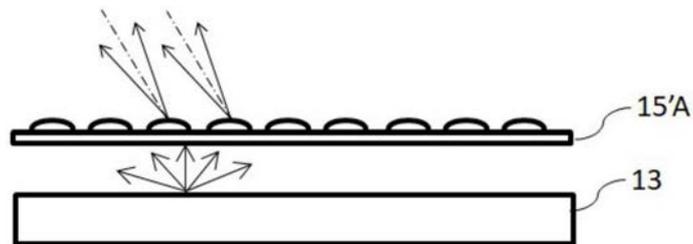


图9A

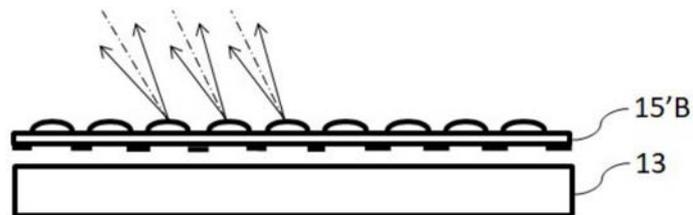


图9B

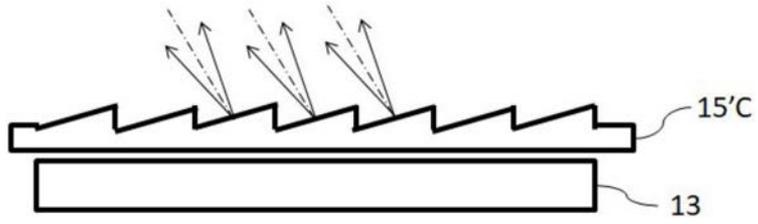


图9C

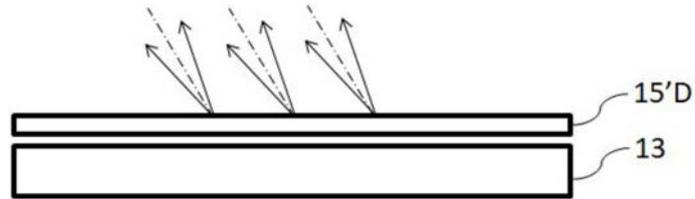


图9D

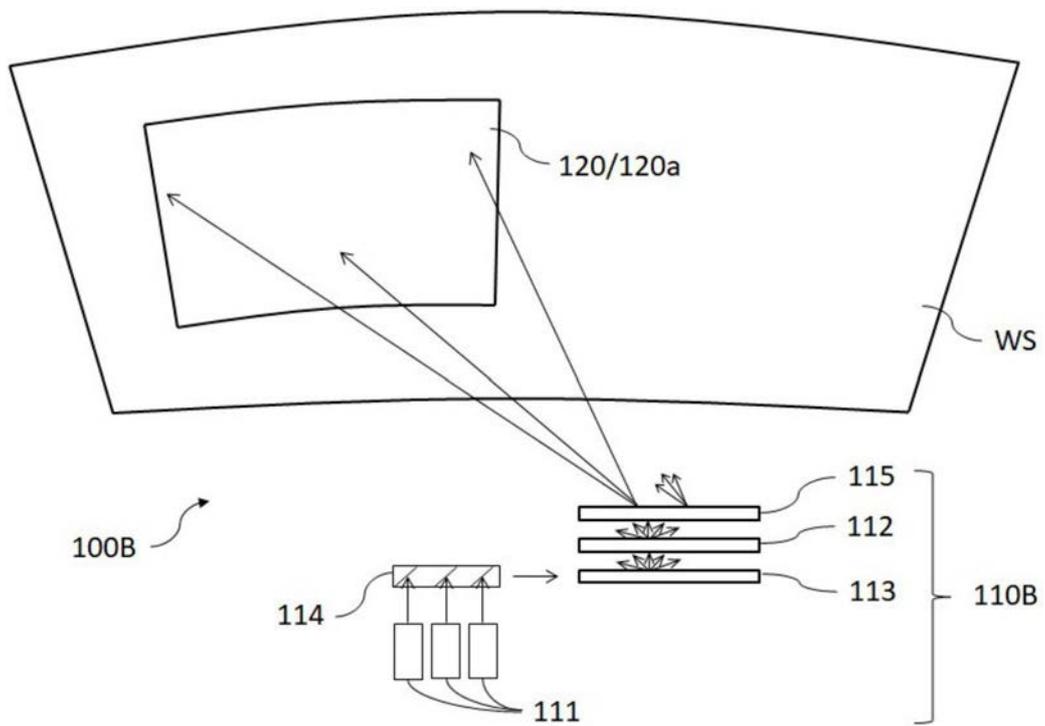


图10

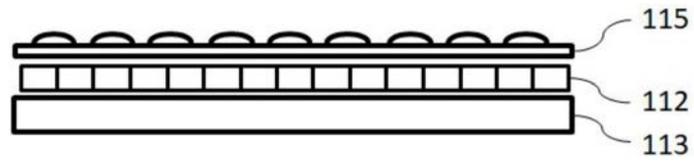


图11

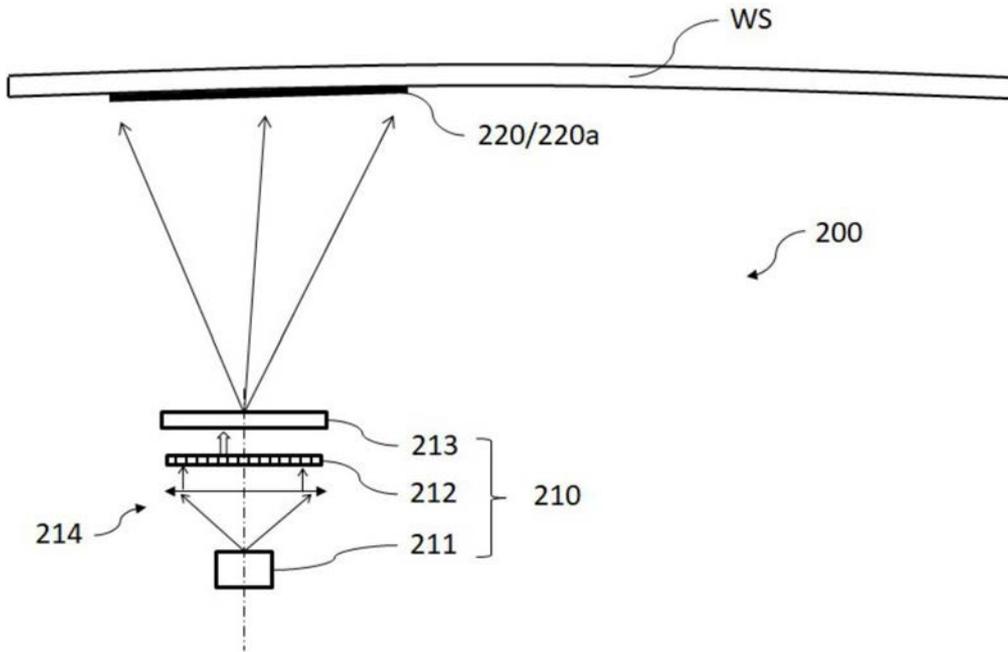


图12

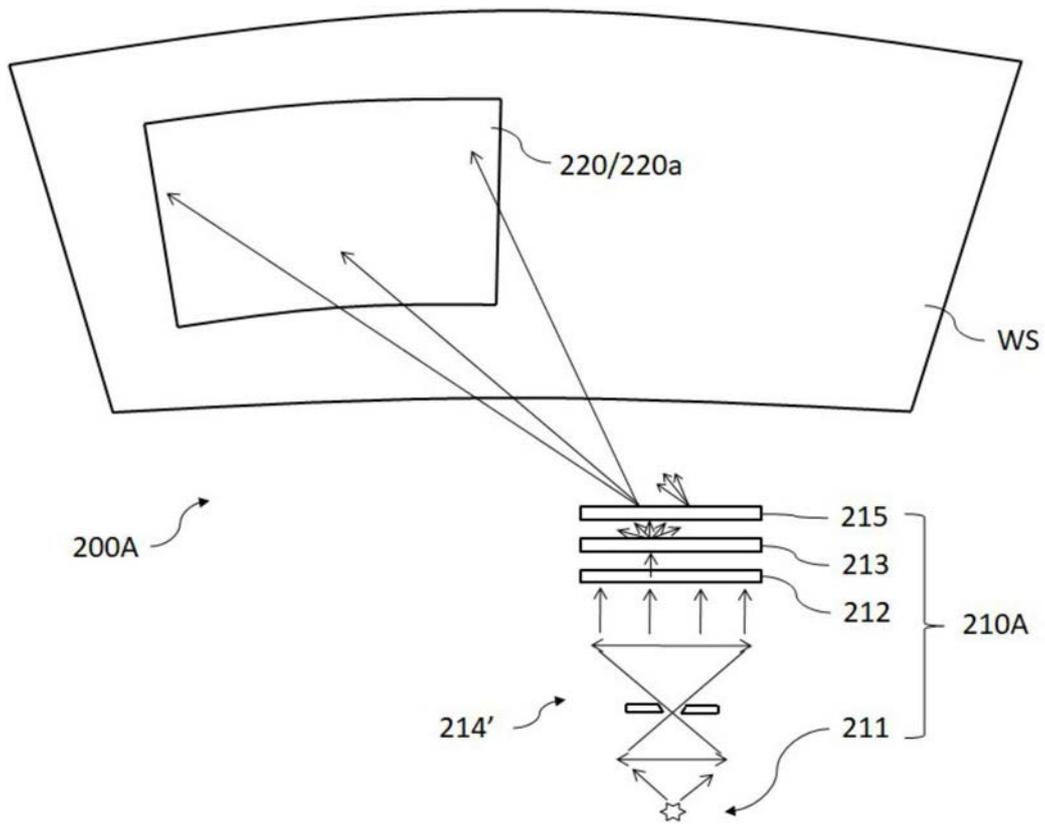


图13

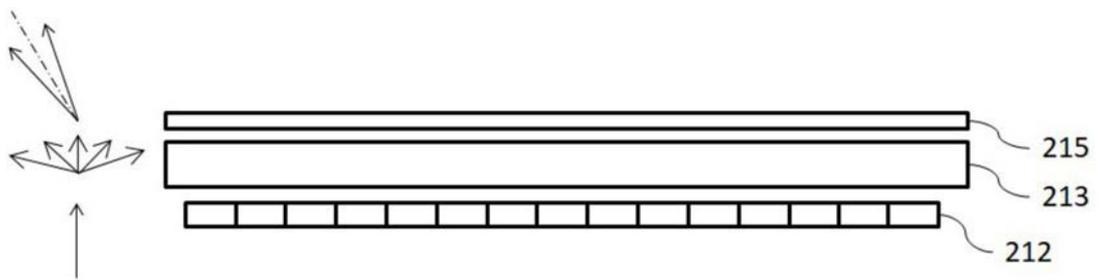


图14

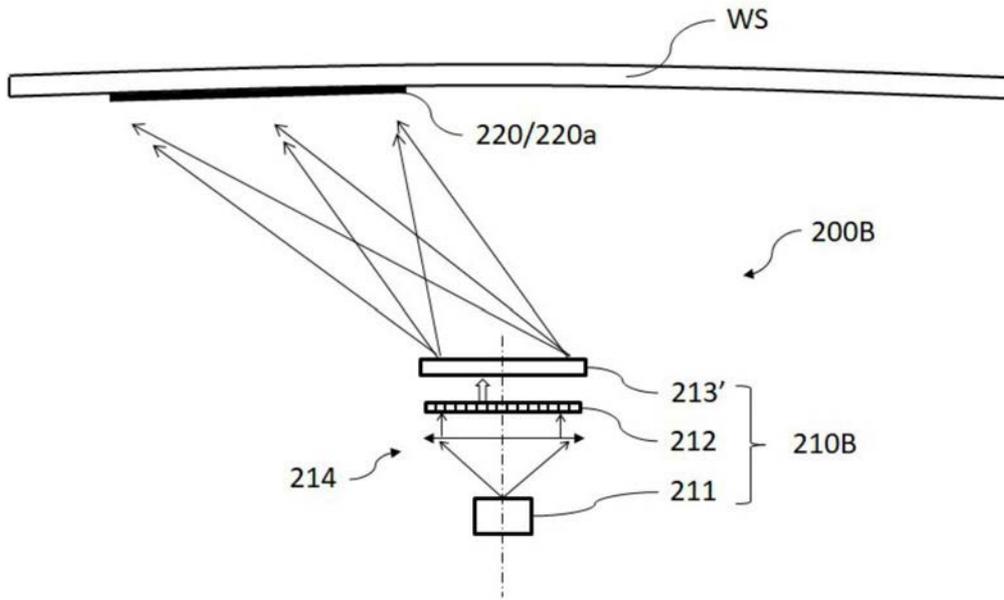


图15

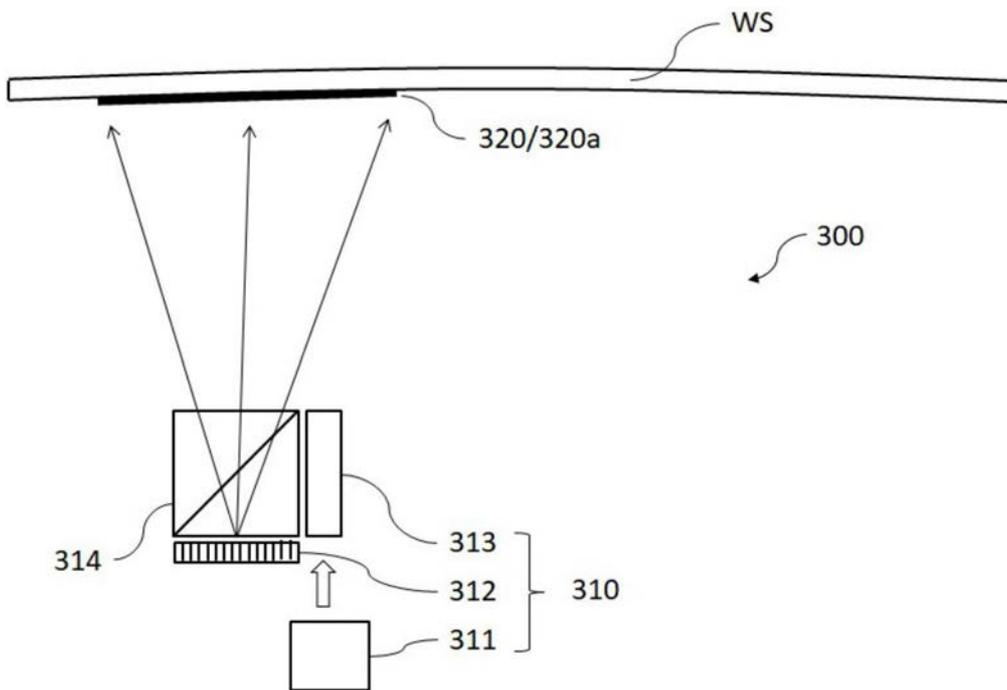


图16

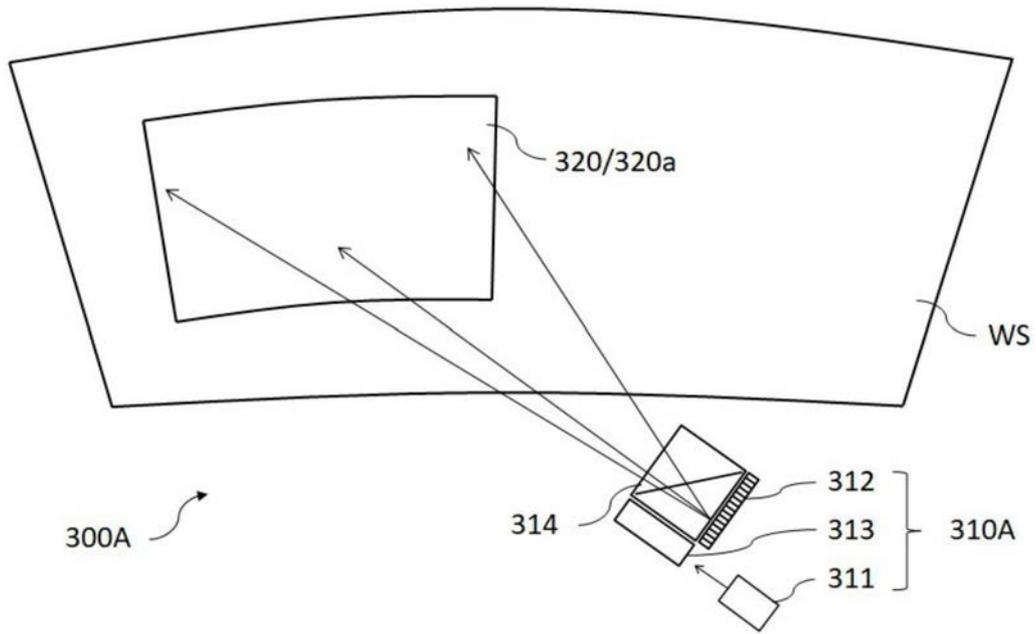


图17

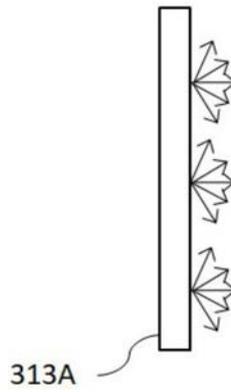


图18A

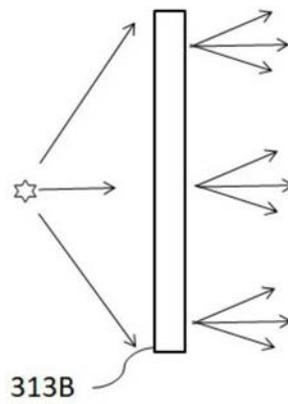


图18B

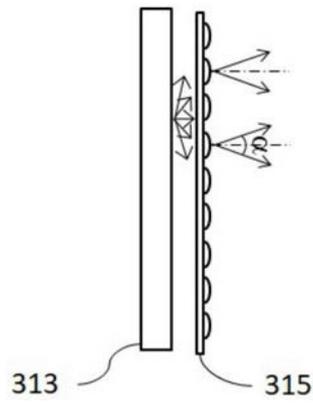


图18C

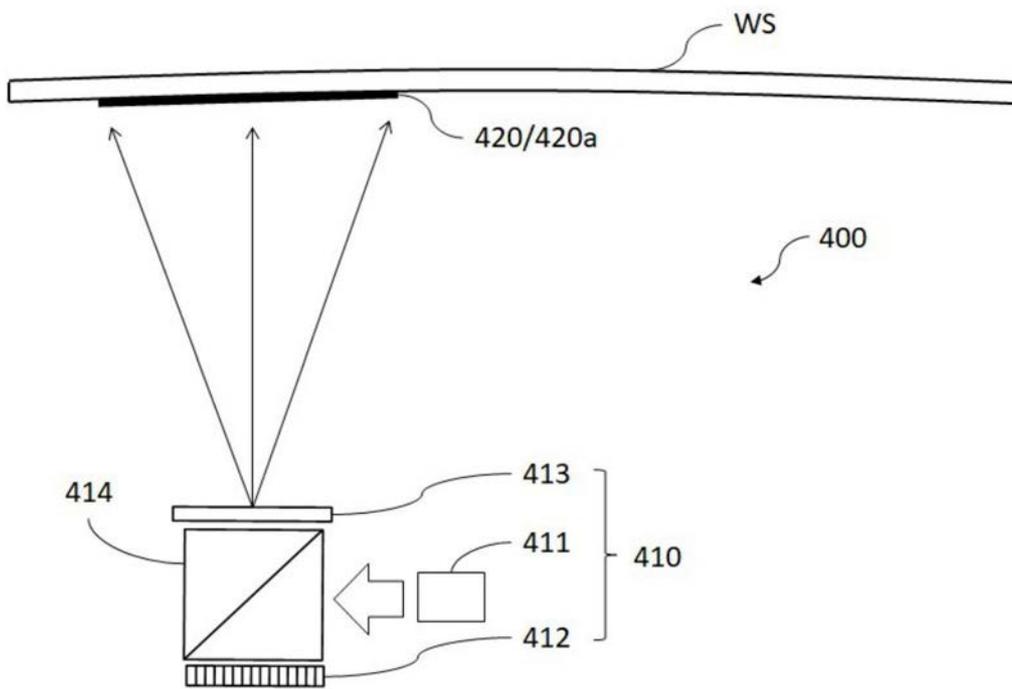


图19

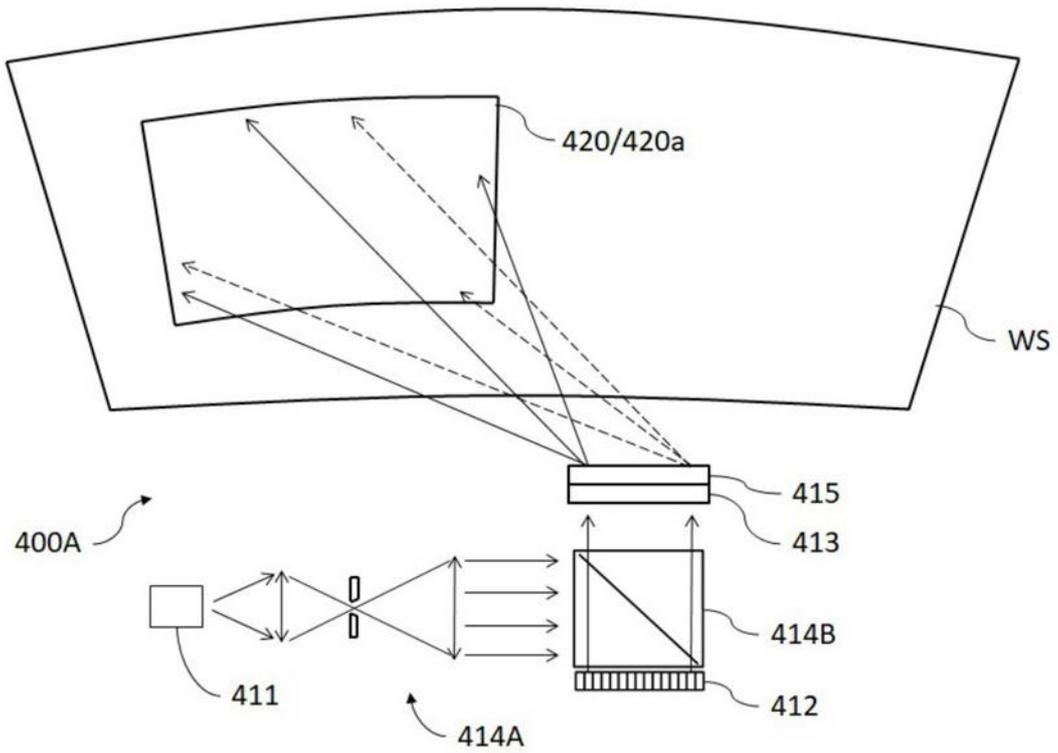


图20

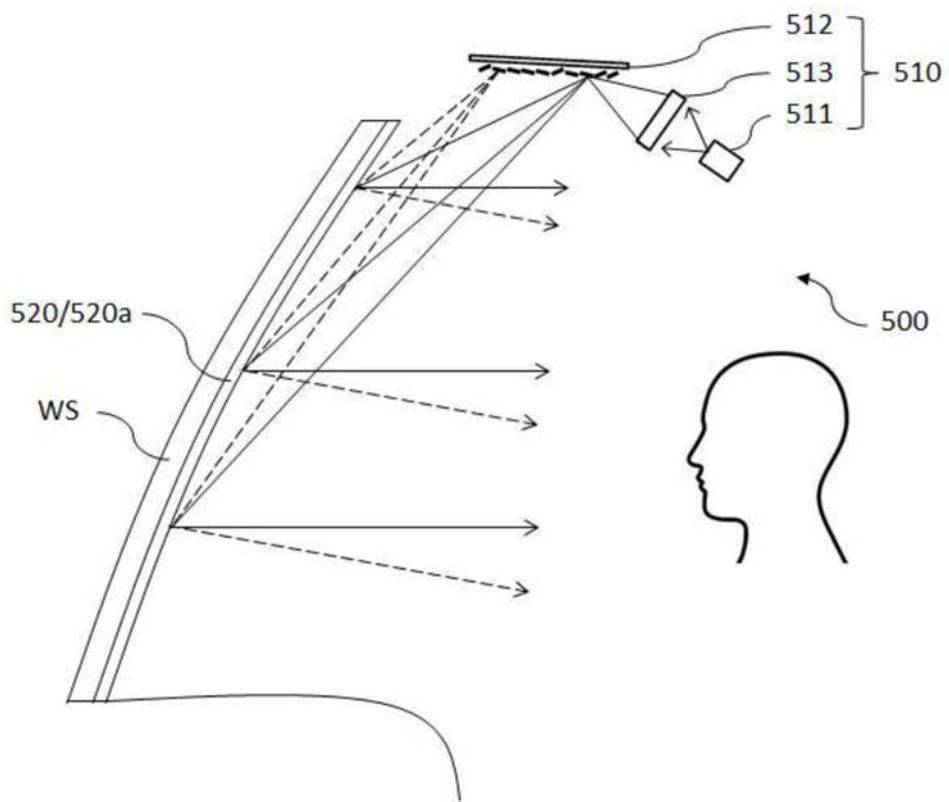


图21

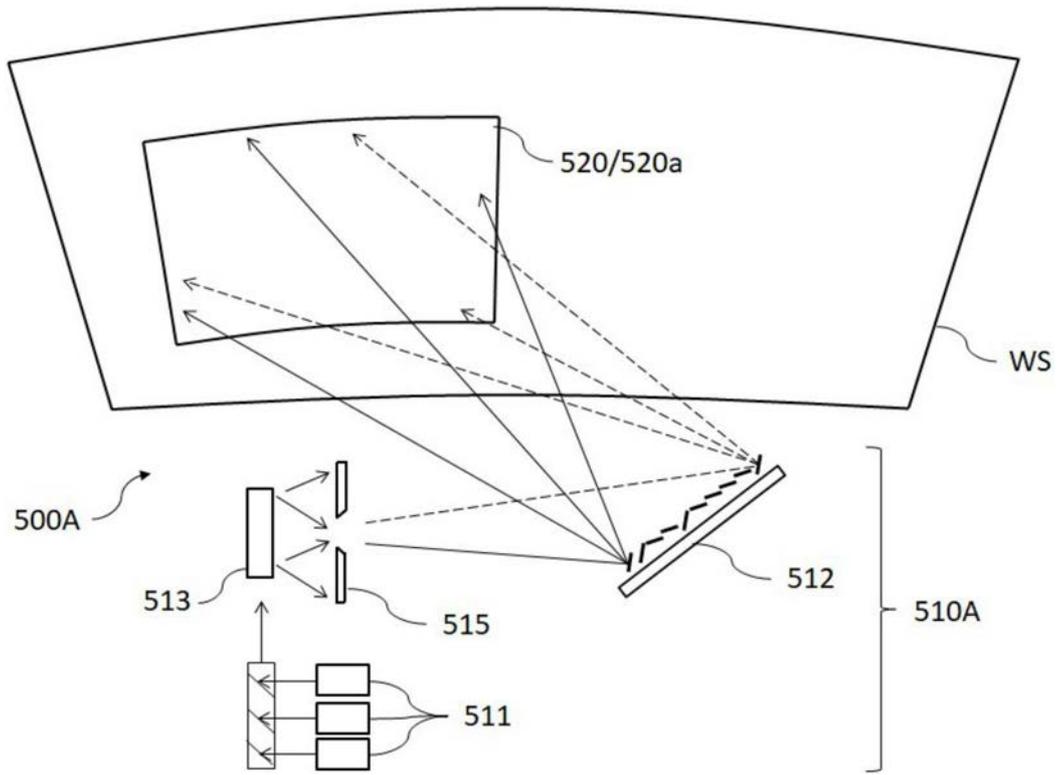


图22

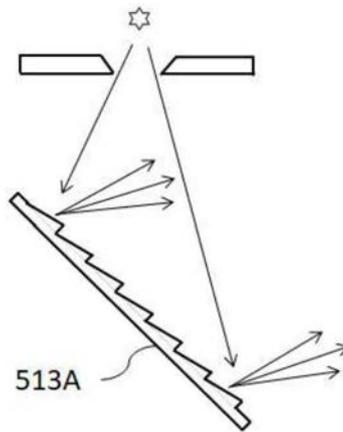


图23A

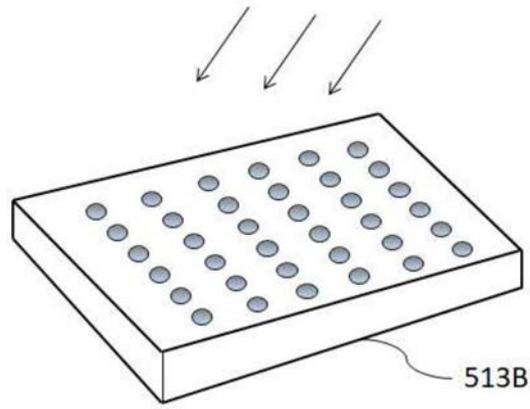


图23B

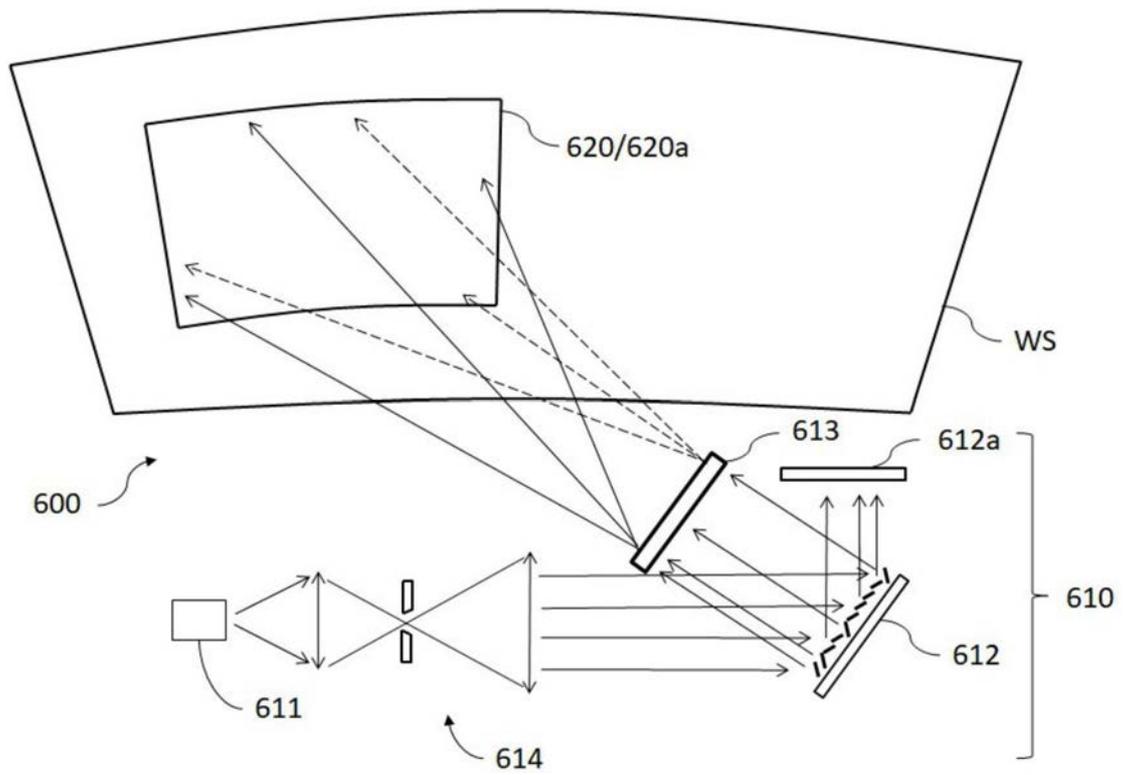


图24

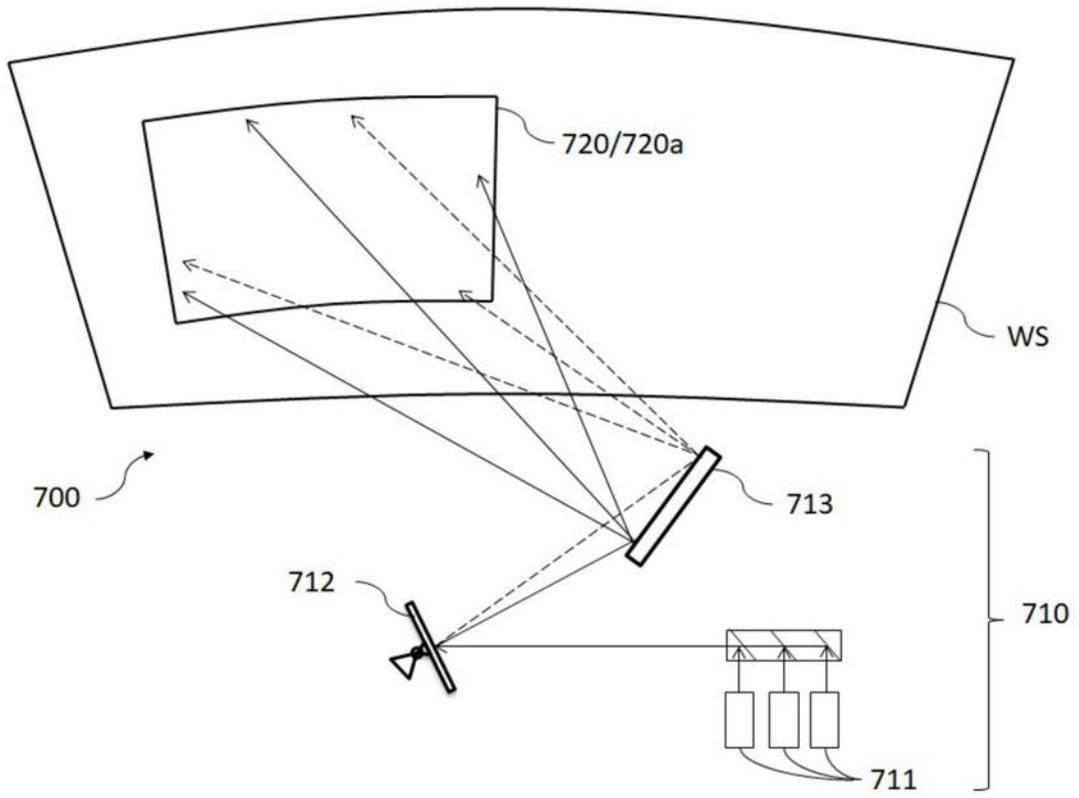


图25

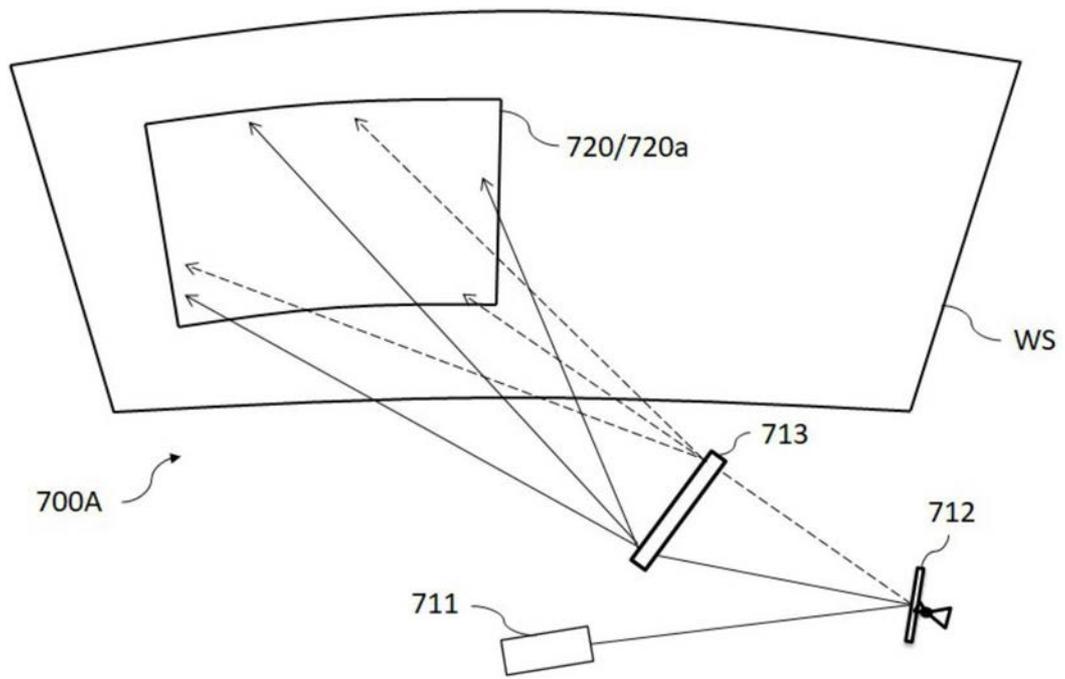


图26

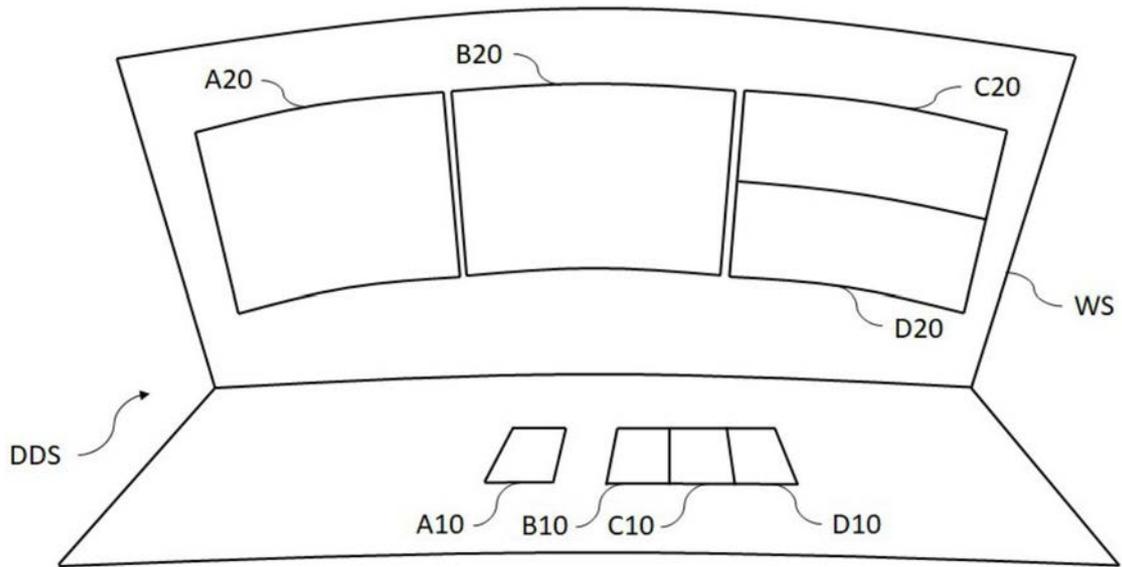


图27

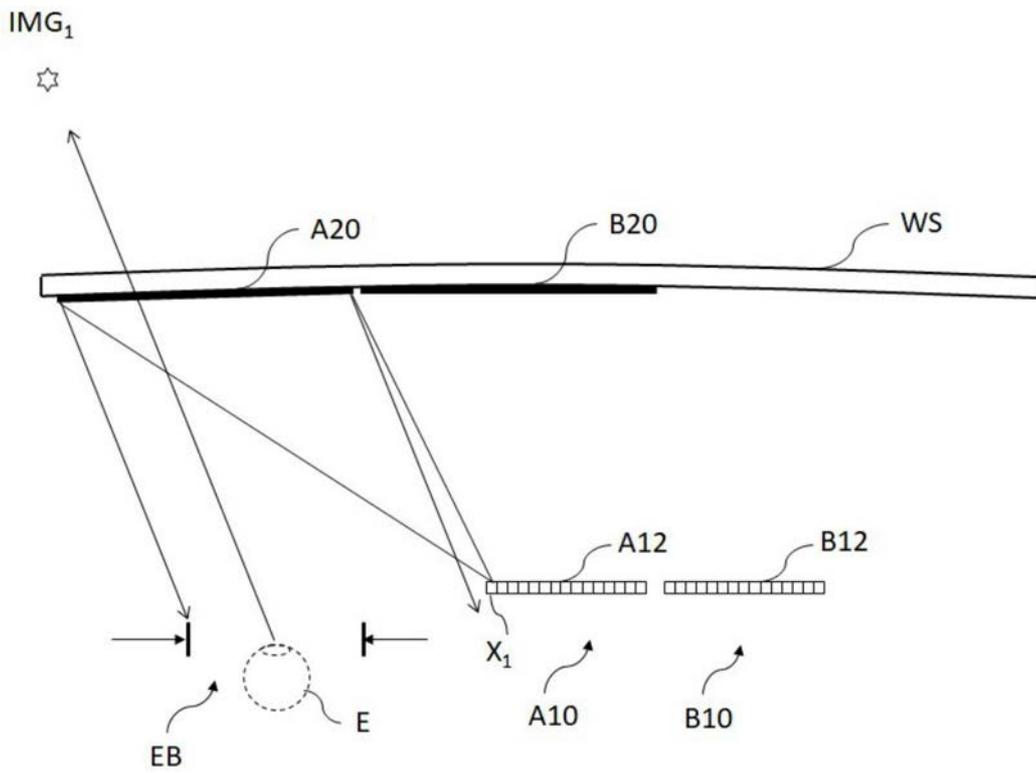


图28A

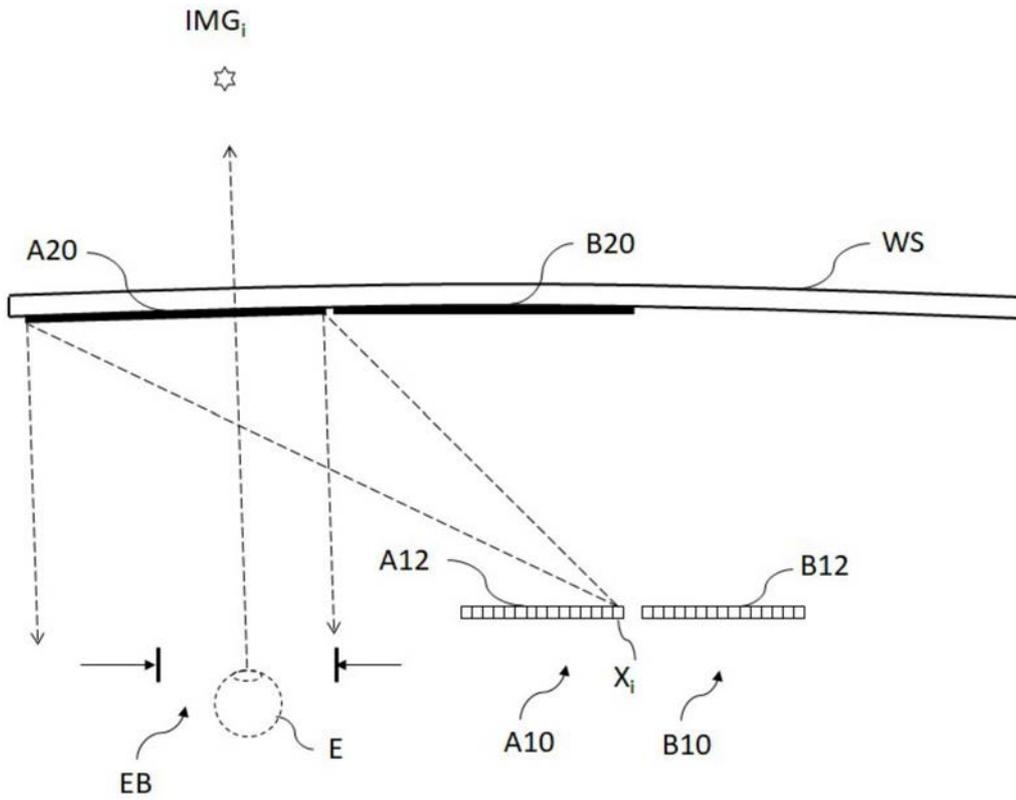


图28B

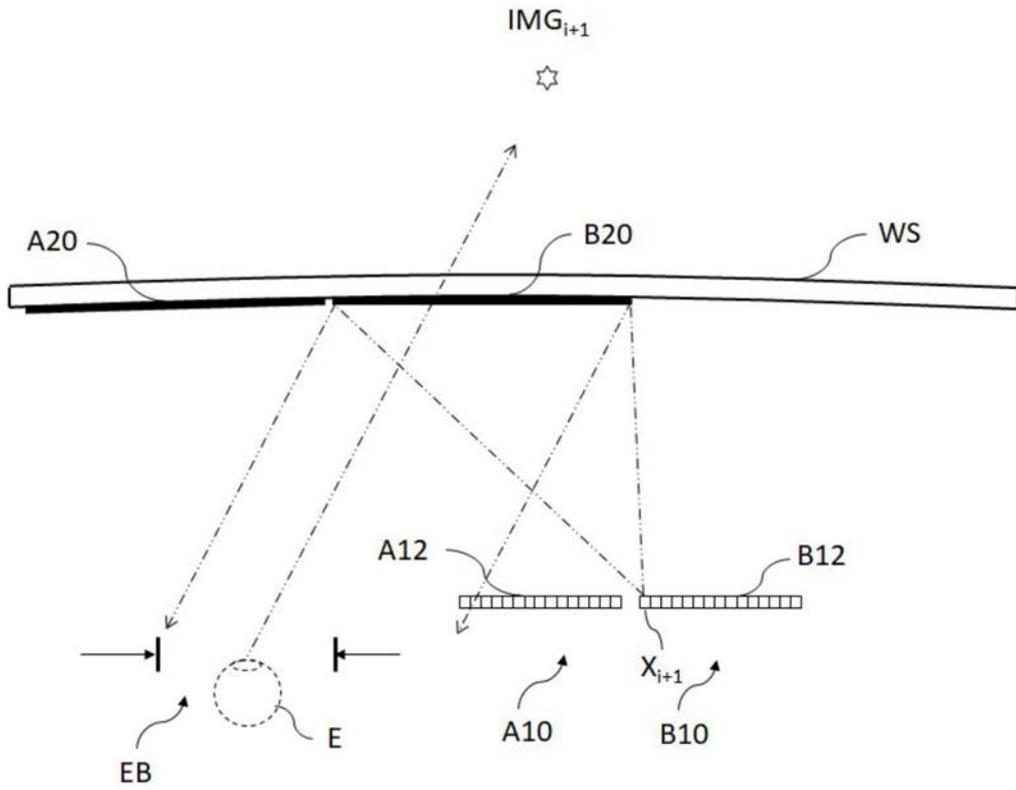


图28C

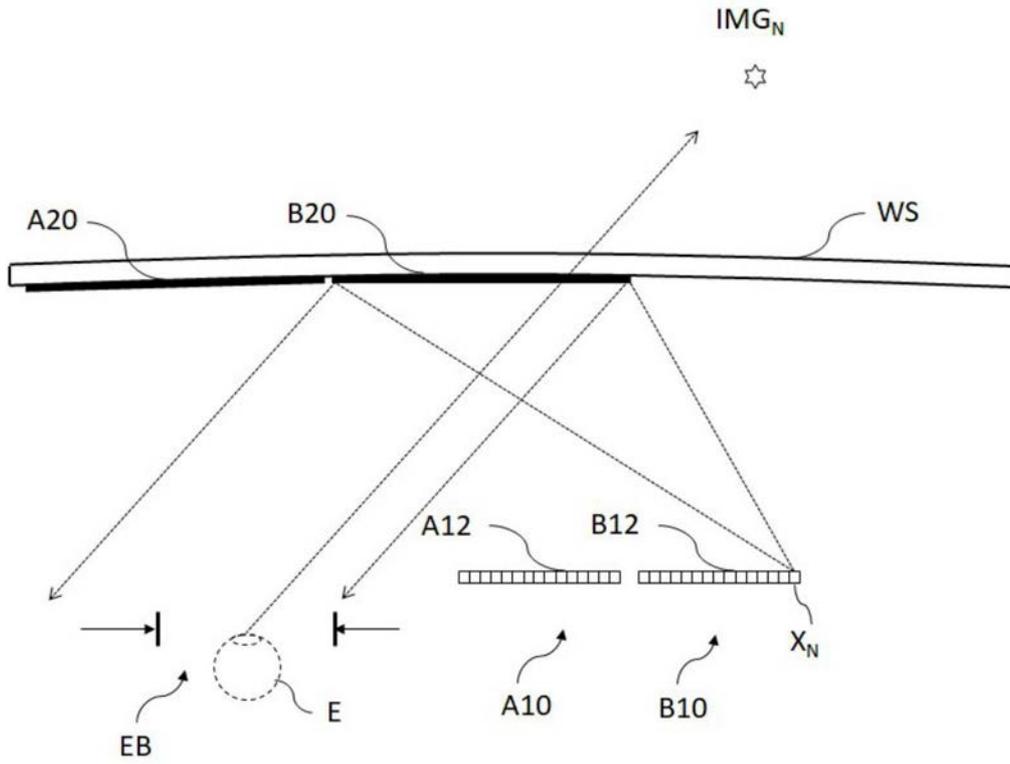


图28D

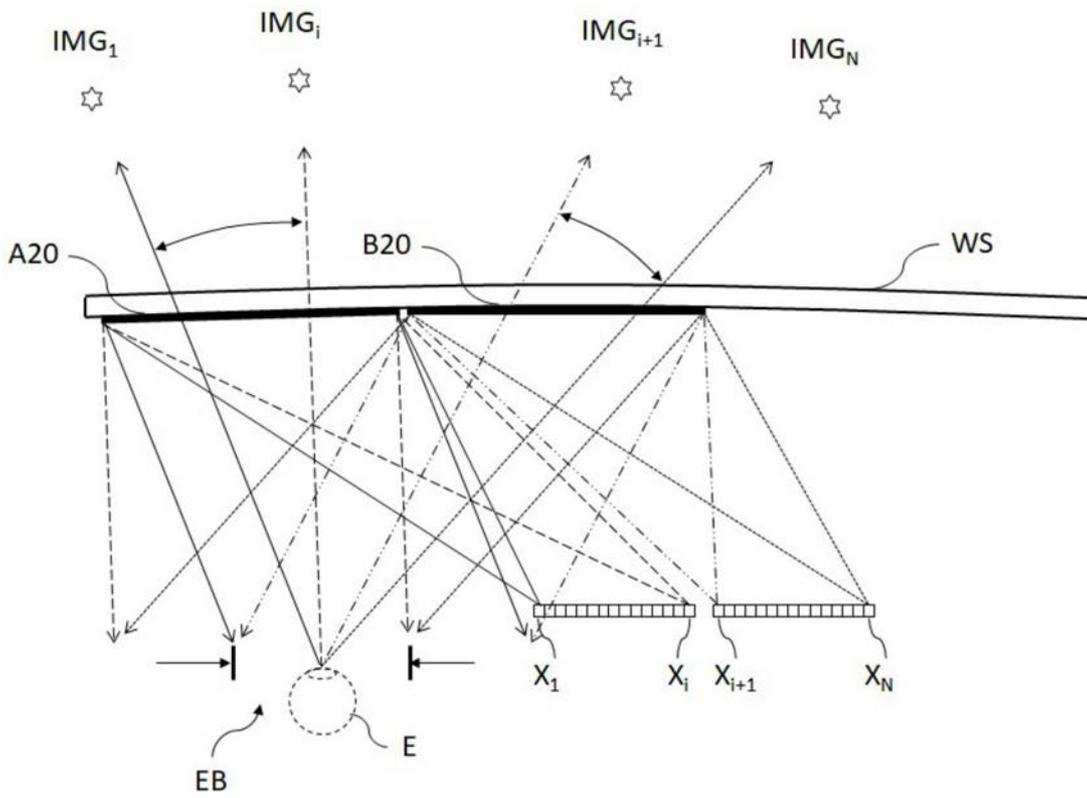


图28E

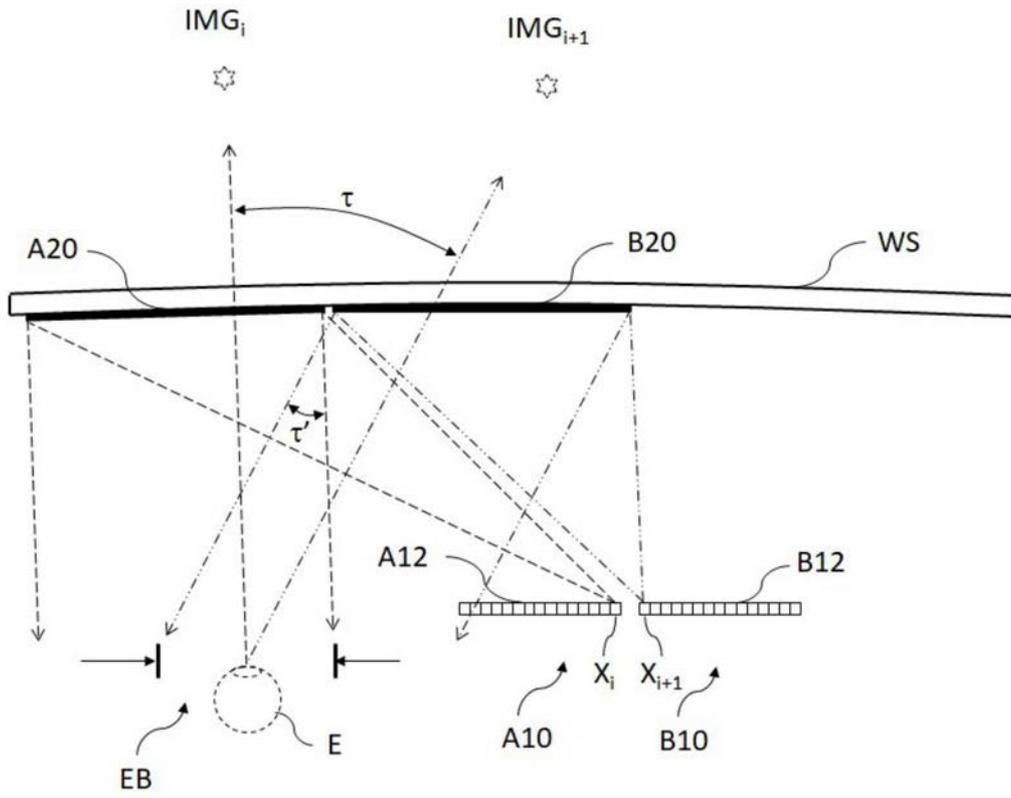


图28F

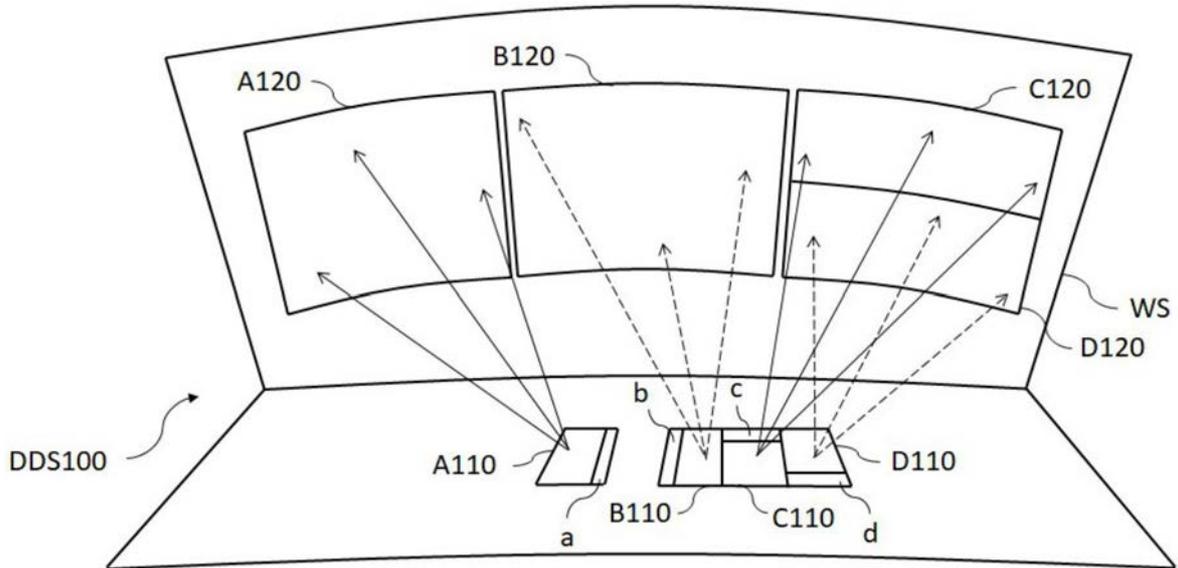


图29

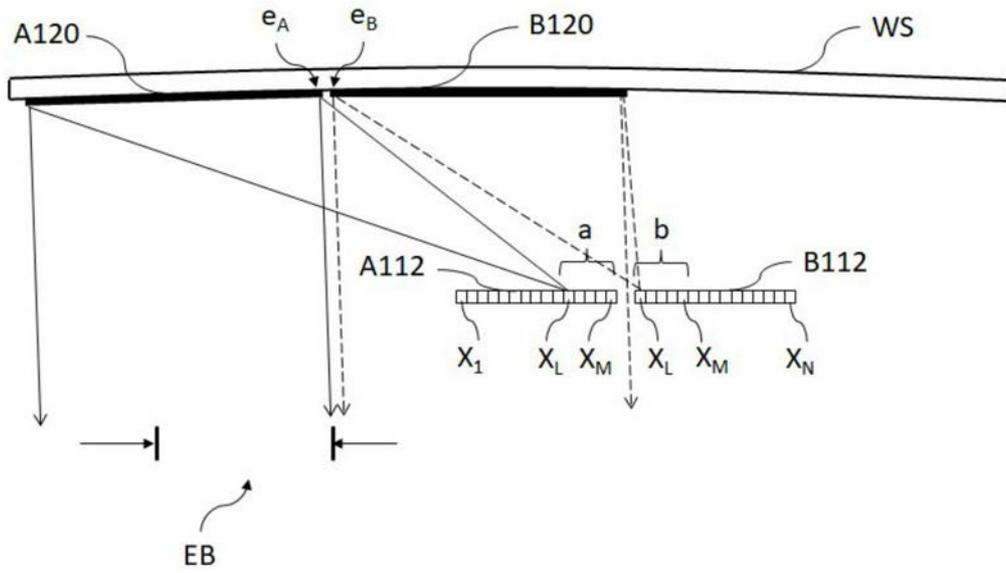


图30A

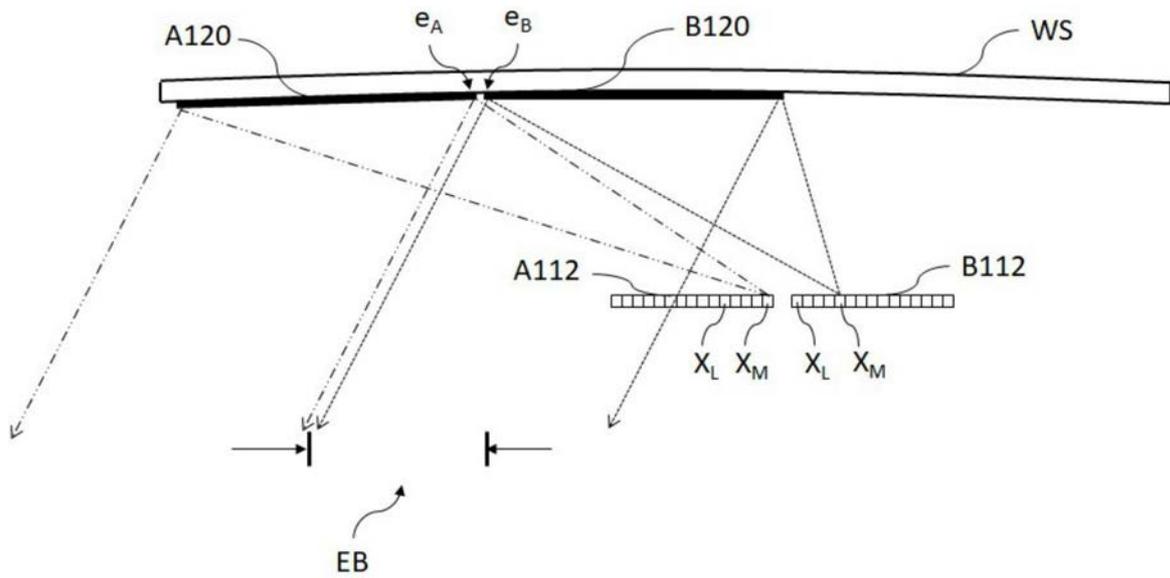


图30B

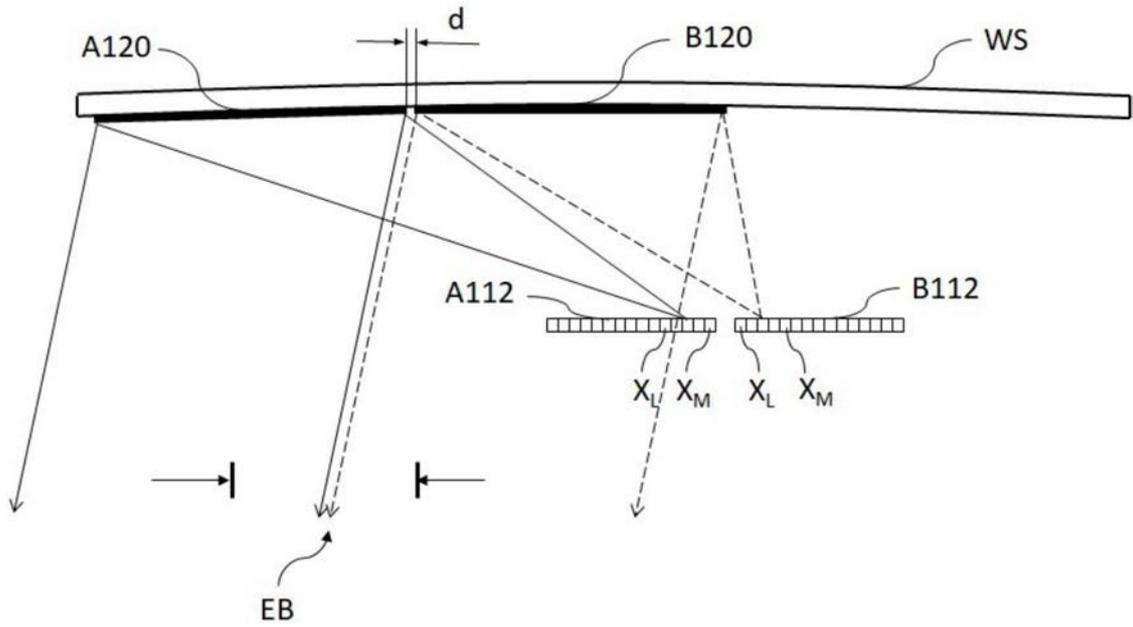


图30C

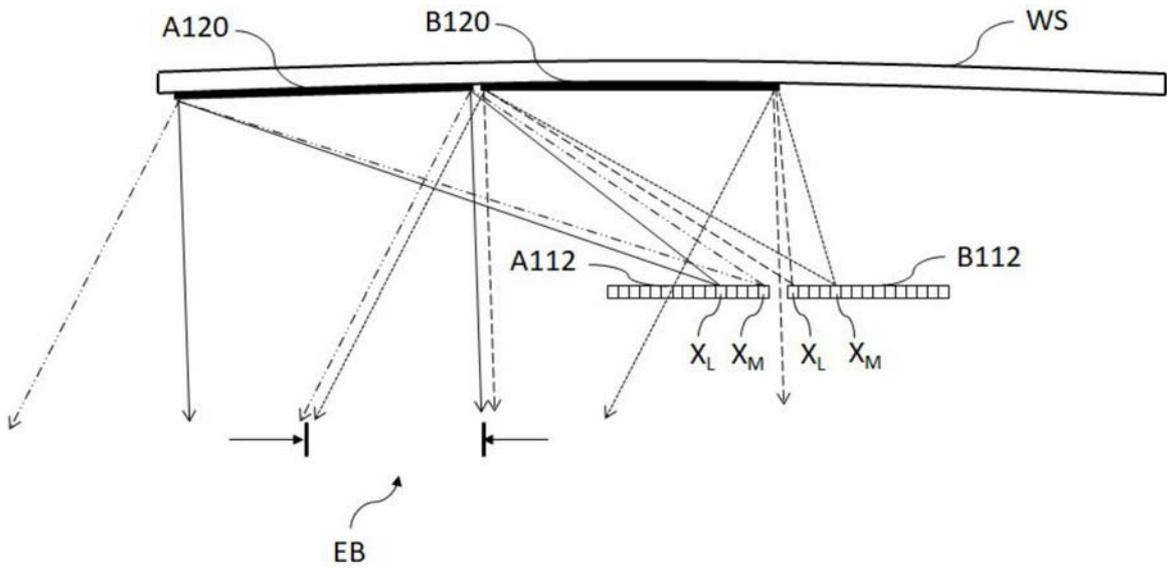


图30D