



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111492303 B

(45) 授权公告日 2022.11.29

(21) 申请号 201880082846.0

尤索·奥尔科宁 安蒂·松纳里

(22) 申请日 2018.12.11

(74) 专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111492303 A

专利代理人 王晖 吴莎

(43) 申请公布日 2020.08.04

(51) Int.CI.

G02B 27/01 (2006.01)

(30) 优先权数据

G02B 5/18 (2006.01)

20176161 2017.12.22 FI

G02B 27/42 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 6/00 (2006.01)

2020.06.19

G02B 27/10 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/FI2018/050905 2018.12.11

CN 104040410 A, 2014.09.10

(87) PCT国际申请的公布数据

TW 201734562 A, 2017.10.01

W02019/122508 EN 2019.06.27

CN 104254792 A, 2014.12.31

(73) 专利权人 迪斯帕列斯有限公司

CN 101589326 A, 2009.11.25

地址 芬兰埃思波

审查员 胡文波

(72) 发明人 卡西米尔·布卢姆斯泰特

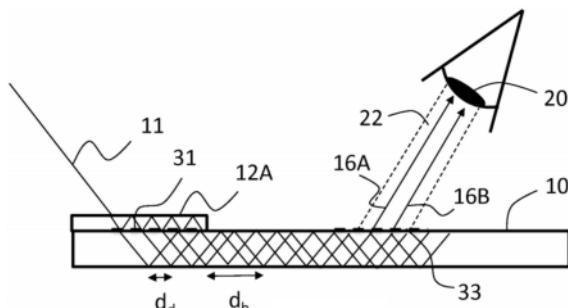
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

## (54) 发明名称

衍射波导元件和衍射波导显示器

## (57) 摘要

本发明涉及一种用于个人显示设备的衍射波导元件，该元件包括：在波导平面中延伸的显示波导；耦入衍射光学元件，该耦入衍射光学元件布置在显示波导上或布置在显示波导中，以用于将光线衍射地耦合到显示波导中；以及耦出衍射光学元件，该耦出衍射光学元件布置在显示波导上或布置在显示波导中，以用于将被衍射地耦合的光线耦出显示波导。另外，提供了一种光线倍增器元件，该光线倍增器元件在光学上处于耦出衍射光学元件的上游，该光线倍增器元件能够将入射到耦入光栅的光线分离成多条平行光线，这样的多条平行光线在它们进入耦出衍射光学元件之前在波导平面中在空间上移位。此外，本发明涉及波导显示设备。



1. 用于个人显示设备的衍射波导元件,所述元件包括:

- 在波导平面中延伸的显示波导(10),

- 耦入衍射光学元件(31),所述耦入衍射光学元件布置在所述显示波导(10)上或布置在所述显示波导中,以用于将光线衍射地耦合到所述显示波导(10)中,经耦合的光线在所述显示波导(10)中以传播跳跃长度进行传播,

- 耦出衍射光学元件(33),所述耦出衍射光学元件布置在所述显示波导(10)上或布置在所述显示波导中,以用于将被衍射地耦合的光线耦出所述显示波导(10),

- 光线倍增器元件,所述光线倍增器元件处于所述耦出衍射光学元件(33)的上游,所述光线倍增器元件能够将入射到所述耦入衍射光学元件(31)的光线分离成多条平行光线,所述多条平行光线在所述波导平面中、沿所述波导平面的至少一个维度在空间上移位,所述多条平行光线沿入射光线的传播方向的密度高于所述跳跃长度,

其特征在于下述中的恰好一种:

- 所述光线倍增器元件包括倍增器波导,所述倍增器波导具有的厚度小于所述显示波导(10)的厚度并且被布置在所述耦入衍射光学元件(31)的上游且与所述耦入衍射光学元件对准,以及

- 所述光线倍增器元件是所述显示波导中的具有两个衍射光栅(14A、14B)的区段,所述两个衍射光栅布置在所述显示波导的相对表面上并且处于通过所述耦入衍射光学元件(31)衍射到所述显示波导中的所述光的传播路径上;并且所述光线倍增器元件布置在所述耦入衍射光学元件(31)的下游,以对通过所述耦入衍射光学元件(31)耦入到所述显示波导(10)中的所述光线进行分离。

2. 根据权利要求1所述的元件,其中,所述光线倍增器元件适于使入射光线在所述跳跃长度内倍增成至少两倍的移位光束。

3. 根据权利要求1所述的元件,其中,所述光线倍增器元件适于将入射到所述耦入衍射光学元件(31)的每条光线分离成在两个维度上的多条平行光线。

4. 根据权利要求1所述的元件,其中,所述光线倍增器元件被配置成仅分离大于所述入射光线的预定入射角的光线。

5. 根据权利要求1所述的元件,其中,所述光线倍增器元件被配置成:对于所述入射光线的至少两种不同的入射角,相应地提供至少两种不同的倍增因数。

6. 一种衍射波导显示器,包括:

- 根据权利要求1所述的衍射波导元件,

- 图像投射器,所述图像投射器适于将多条激光光线投射到所述耦入衍射光学元件(31)上,所述光线在所述光线倍增器元件中在空间上倍增。

7. 根据权利要求6所述的显示器,其中,所述图像投射器为激光投射器。

8. 根据权利要求7所述的衍射波导显示器,其中,所述激光投射器包括微机电反射镜,所述微机电反射镜用于将所述多条激光光线以不同的角度提供到所述耦入衍射光学元件(31)上。

## 衍射波导元件和衍射波导显示器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及衍射波导。这样的波导可以用在个人显示设备，诸如头戴式显示器 (HMD) 和平视式显示器 (HUD) 中。

### 背景技术

[0002] 波导是许多现代个人显示设备中关键的图像形成元件。可以使用衍射光栅将待显示的图像耦入和耦出波导，以及在波导内对待显式的图像进行修改。例如，可以提供：耦入光栅，用于将来自投射器的图像耦合到波导中；出射光瞳扩展器光栅，用于将广场扩展到波导的一个或多个面内维度上；以及耦出光栅，其将波导的图像耦合至用户的眼睛。

[0003] 与衍射波导元件有关的一个问题是将其耦出的图像的条带化。这是因为在波导中经由全内反射行进的光束可能具有比观看者的眼瞳的直径长的反弹 (bounce, 弹跳、反射) 周期，即，跳跃长度。在这种情况下，像素可能被衍射到瞳孔旁，并且因此对于用户不可见。特别是在大的入射角（相对于波导的法线）的情况下和在使用激光投射器进行图像形成时，这种效应尤其明显，原因在于每个图像像素仅由窄光束组成。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是解决上述问题，并且提供防止或减少条带化并有助于提供更完整的图像的解决方案。

[0005] 本发明是基于下述思想的：提供一种结合波导的耦入衍射光学元件的、能够将入射光线分离成在波导中传播的彼此移位的多条平行光线的光线倍增器元件。倍增器可以被设计成使得在所有入射角下都有至少一条光线，优选地多条光线，出射到观看者的瞳孔，由此防止了条带化。光线倍增器元件可以适于将入射光线分离到一个维度上或两个维度上。

[0006] 具体地，本发明由本发明的实施方式中所述的内容表征。

[0007] 根据第一方面，本发明提供一种用于个人显示设备的衍射波导元件，该元件包括：在波导平面中延伸的显示波导；耦入衍射光学元件，该耦入衍射光学元件布置在显示波导上或布置在显示波导中，以用于将光线衍射地耦合到显示波导中；以及耦出衍射光学元件，该耦出衍射光学元件布置在显示波导上或布置在显示波导中，以用于将被衍射地耦合的光线耦出显示波导。另外，提供了一种光线倍增器元件，该光线倍增器元件在光学上处于耦出衍射光学元件的上游，该光线倍增器元件能够将入射到耦入光栅的光线分离成多条平行光线，这样的多条平行光线在它们进入耦出衍射光学元件之前在波导平面中在空间上移位。光线倍增器元件可以设置在耦入衍射光学元件的上游或下游。

[0008] 具体地，在显示波导中，在入射光线的传播方向上，多条平行光线——即包括初始光线和经倍增光线——的密度高于入射光线的跳跃长度。这确保了产生光场的真实光线致密化。

[0009] 根据第二方面，本发明提供一种衍射波导显示器，包括：上述类型的衍射波导元件；以及图像投射器，其适于将多条激光光线投射到所述耦入衍射光学元件上，光线在光线

倍增器元件中在空间上倍增。由图像投射器发出的初始单光束作为平行的多光线束从耦出光栅出射。

[0010] 具体地,在光线倍增器元件中发生的处于各特定角度的经倍增光线的空间移位与光线在显示波导中的跳跃长度不同,使得发生光线的附加空间散布。在典型的实施方案中,在波导中该移位小于跳跃长度。

[0011] 本发明提供了显著的益处。光线倍增器使在波导中传播的光线的反弹密度增加,并因而使在耦出光栅处每单位面积的耦出光线的数量增大。这增加了至少有一条光线出射到观看者的眼瞳的概率,或者完全确保了至少有一条光线出射到观看者的眼瞳。因此,防止了条带化或者至少减少了条带化,并且看到了完整且更为均匀的(无条带的)图像。

[0012] 本发明改善了显示器的性能,特别是改善了具有高入射角的、先前易于出现条带化的显示器的性能。

[0013] 应该注意的是,本发明不同于常规的出射光瞳扩展器(EPE)光栅,使得多条平行光线沿入射光的传播方向的密度高于跳跃长度。根据现有技术的EPE不能使光场在初始传播方向上致密化,而是仅能在横向方向上致密化。

[0014] 可以在对整体波导设计的改变很小或没有改变的情况下用相对简单的光线倍增器元件来实现本发明。投射器不需要任何更改。

[0015] 在一些实施方案中,光线倍增器元件包括厚度小于所述显示波导的平面倍增器波导。倍增器波导可以被定位成使得其与耦入衍射光学元件直接相互作用,以便在至少一个维度上引起光线倍增。可以提供例如附加的光栅或微反射镜布置,以在其他维度上引起倍增。在一些实施方案中,倍增器波导布置在显示波导的表面上或布置在显示波导的表面下方,与耦入衍射光学元件对准。因此,可以在不增加波导的覆盖区的情况下实现倍增。

[0016] 在一些实施方案中,光线倍增器元件包括适于执行或促进对入射光线的分离的一个或多个微反射镜元件或衍射光栅。

[0017] 在一些实施方案中,倍增器元件是显示波导中的具有两个衍射光栅的区段,上述两个衍射光栅布置在显示波导的相对表面上并且处于在通过所述耦入衍射光学元件衍射到波导中的光的传播路径上。衍射光栅或更一般地说是衍射光学元件使入射其中的光线产生所需的移位。

[0018] 在一些实施方案中,光线倍增器元件被配置成仅分离大于入射光线的预定入射角的光线。同样,光线倍增器元件可以被配置成:对于入射光线的至少两种不同的入射角,相应地提供至少两种不同的倍增因数。

[0019] 在典型的实施方案中,波导元件是激光照明的元件,其中具有特定入射角的每个单条光线对应于用户看到的图像的单个像素。因此,图像投射器是激光束投射器,诸如扫描束投射器。

[0020] 接下来,参考附图更详细地讨论本发明的实施方案及其优点。

## 附图说明

[0021] 图1A和图1B分别示出了具有未出射到观看者的瞳孔的入射光线和出射到观看者的瞳孔的入射光线的常规波导的截面侧视图。

[0022] 图2A-C示出了根据本发明实施方案的具有三种不同类型的光线倍增器元件的波

导的截面侧视图。

[0023] 图3示出了根据本发明的一种实施方案的波导的俯视图。

## 具体实施方式

[0024] 定义

[0025] 本文的衍射光学元件是指包含规则或不规则特征的光栅和其他光学结构,上述规则或不规则特征的至少一个尺寸为大约可见光波长,即通常小于 $1\mu\text{m}$ ,并因而引起光的显著衍射。示例包括线光栅(一维光栅)和二维光栅。光栅可以是单区光栅(在整个光栅区域具有相同的微结构和光学响应)或多区光栅(即包含具有不同的微结构和光学响应的区域)。

[0026] “跳跃长度”是在波导中经由全内反射传播的光在波导的同一表面上的两个连续的反弹点之间的距离。

[0027] 所选实施方案的描述

[0028] 例如,当增强现实(AR)波导被激光照射时,需要本文讨论的光束倍增器。为了使由这样的波导所产生的图像在观察者的眼睛看来是不间断的,必须使与每个FOV角对应的至少一个激光束始终照射眼瞳。通常,人眼的瞳孔具有超过2mm的直径,这意味着在耦出区域处,光束彼此之间被分离开的距离不应超过此距离,以确保在所有情况下图像均是不间断的。然而,在普通的波导结构中,出射光瞳扩展后的光束间距离可能高达5mm,并且因此,光束必须被附加地细分(至EPE功能)。该附加的细分是本光线倍增器的目的。

[0029] 为了首先说明本发明背后的问题,图1A示出了具有耦入光栅31和耦出光栅33的平面波导10。入射光线11A被耦入光栅31衍射到波导10中,在该波导中入射光线经由全内反射传播。入射光线11A相对于波导的法线的入射角相对较大,由此衍射角也较大并且跳跃长度(反弹周期) $d_A$ 也较长。由于周期长,在耦出光栅33的区域处离开波导的光线15A、15B错过了观看者的眼睛的瞳孔20。为了使呈特定角度的光线可见,针对该角度光线应在视线区22内出射。

[0030] 图1B示出了经修改的情形,其中入射光线11B的入射角较小,从而也使衍射角较小且跳跃长度 $d_B$ 较短。现在,一条出射光线16遇到(meet,相交、会合)瞳孔20。即使眼睛移动,出射光线15A、16、15B中的至少一者将总是遇到瞳孔20。

[0031] 通常来说,本光束倍增器元件可以是单独于显示元件的主波导的部件或者其可以被集成为波导功能的一部分。其可以在利用光栅的组合并且/或者控制波导厚度的情况下被实现。下面讨论非限制性实施例。

[0032] 在一些实施方案中,光束倍增器元件设置在耦入光栅的上游,利用厚度小于主显示波导的厚度的附加波导。

[0033] 据此,图2A示出了一实施方案,其中在波导10上设置有光线倍增器元件12A。本文的元件12A包括倍增器波导,该倍增器波导比主波导10薄且比主波导的面积小。耦入光栅位于倍增器元件的下游,处于倍增器波导和显示波导10之间。入射光线11在倍增器波导内部以较短的反弹周期进行反弹,并且每次在耦入光栅31处反弹时,一部分光被衍射到显示波导10中。因此,光线被倍增并且至少一条光线,在此为两条光线16A、16B,出射到眼瞳20。

[0034] 图2B示出了一实施方案,其中光线倍增器元件12B由两个薄的倍增/倍增器波导31A、31B和其间的中间DOE 31C形成。当入射光11进入倍增器元件12B时,薄的部分相互作

用,使得当光线逸入主波导10中以在主波导内朝向耦出光栅33传播时,光线的量被倍增。在此实施例中,四条光线16A-D入射到(hit,击中)眼睛的瞳孔20。

[0035] 在一些实施方案中,提供了具有不同厚度的两个或更多个薄层。在另外的实施方案中,在至少一个对层之间提供了零级光栅(具有仅第零衍射级的光栅)。

[0036] 在一些实施方案中,光在堆叠的薄层中传播到不同的方向,这也提供了有效的光束倍增器配置。

[0037] 图2C示出了一实施方案,其中光线倍增器元件12C包括布置在显示波导10的相反表面上的两个倍增器光栅14A、14B。光栅适于将光线衍射成处于较小的角度,同样其结果是一个或多条光束16A、16B出射到眼瞳20。当初始的耦入光线入射到波导10的第一侧(此处为底侧)上的第一倍增器光栅14A时,该耦入光线的第一部分经由全内反射“正常地”继续行进,而该耦入光线的第二部分通过反射性衍射被引导朝向波导10的第二侧(此处为上侧)上的第二倍增器光栅14A。从那一刻起,第二光线再次被反射性地衍射,并以与第一光线相同的传播角度但相对于第一光线移位的方式继续行进。因此,两条光线都“适配于”眼瞳视域管状区22。

[0038] 在一种实施方案中,倍增器光栅14A、14B彼此相似,即具有相同的光栅周期和定向(或更一般地说,光栅矢量)。

[0039] 在图2C的实施例中,倍增因数为2,但是通过扩展光线倍增器元件12C的宽度,即扩展其中的倍增器光栅14A、14B的宽度,可以实现大于2的倍增因数。

[0040] 在图2C的实施例中,为简单起见,仅在一个维度上示出了光线倍增。然而,通过使用多区光栅和/或二维周期性光栅,可以在两个维度上实现倍增。

[0041] 在一种实施方案中,用基本执行相同光学功能的某些光学元件代替倍增器光栅14A、14B。例如,利用部分透射的反射镜布置,可以实现保持相同角度的分束效果。

[0042] 在一些实施方案中,在耦出光栅的区域处,在较厚的主波导层的顶部上将倍增器元件设置为薄波导层。随着光从主波导泄漏到薄波导中,其跳跃长度会缩短。较短的跳跃长度缩短了由位于薄层的顶部上的耦出光栅/DOE耦出的出射光线的距离。

[0043] 还可以提供类似或不同种类的光线倍增器元件的层叠(cascade,级联、串联)以增加倍增因数。

[0044] 在典型的实施方案中,倍增器元件能够针对大的入射角光束——即处于显示元件的FOV极限角度的光束——提供至少4,特别是至少9,诸如4-100的倍增因数。特别地,倍增元件可以被配置成针对显示设备的FOV内的所有角度为每个直径为2mm的瞳孔区域提供至少9条光束。

[0045] 图3示出了本发明的波导10的俯视图。在此,光线倍增器元件12与耦入光栅31对准,以便将初始光束11复现成附加光束11',该附加光束在两个维度上移位并向同一方向传播。光束11、11'行进到出射光瞳扩展器(EPE)光栅32,以在一个维度或两个维度上增加出射光瞳。光线从EPE光栅32朝着耦出光栅33继续行进,从那起对应于初始光束11和经复现光束11'的且跨整个耦出光栅33延伸的经耦出光束16、16'彼此平行出射。因此,保持了图像的完整性,即相对像素位置,并且改善了图像的均匀性。虚线圆19示出了初始光瞳尺寸,即本文中的耦入光栅31的面积,其在耦出光栅33上被复现若干次。

[0046] 在该实施例中,示出的倍增因数是 $2 \times 2$ ,即4,但是从上述实施例可以理解,也可以

实现其他对称或非对称倍增因数。

[0047] 为了清楚起见,示意的实施例仅示出了针对仅一个入射角的光线倍增效应。然而,在满足耦入光栅和光线倍增元件的更大角度范围内,可以看到相同的效应。通过使光线倍增器元件相对于图像投射器适当地定位并设计其尺寸,可以控制角度范围,甚至可以针对不同的角度提供不同的倍增因数。

[0048] 在一些实施方案中,用于至少一些大的入射角的倍增因数被配置成比用于至少一些小的入射角的倍增因数大(对于小入射角而言,跳跃长度固有地较短且问题相对较少)。

[0049] 本发明的实施方案可以用于处于不同形式的各种个人显示设备,增强现实(AR)、虚拟现实(VR)和混合现实(MR)设备,如近眼显示器(NED)和其他头戴式显示器(HMD)以及平视式显示器(HUD)。

[0050] 尽管这里没有详细讨论,但是波导或波导的各个层除了可以包括耦入光栅、出射光瞳扩展器光栅和耦出光栅之外,还可以包括其他衍射光学元件诸如光束重定向光栅。

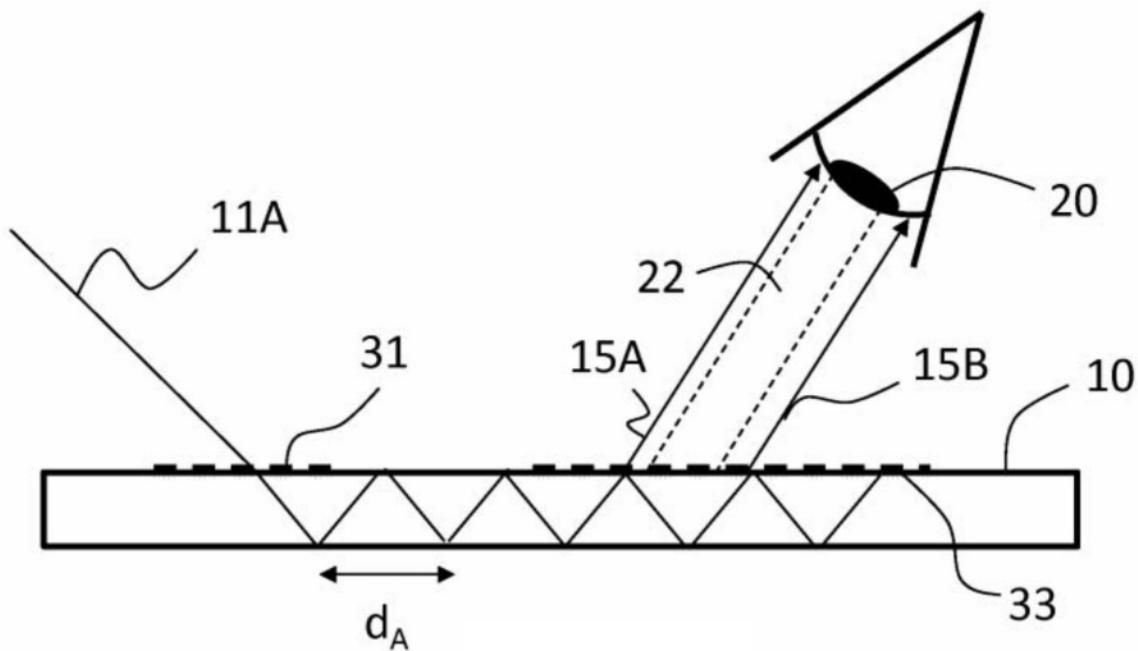


图1A

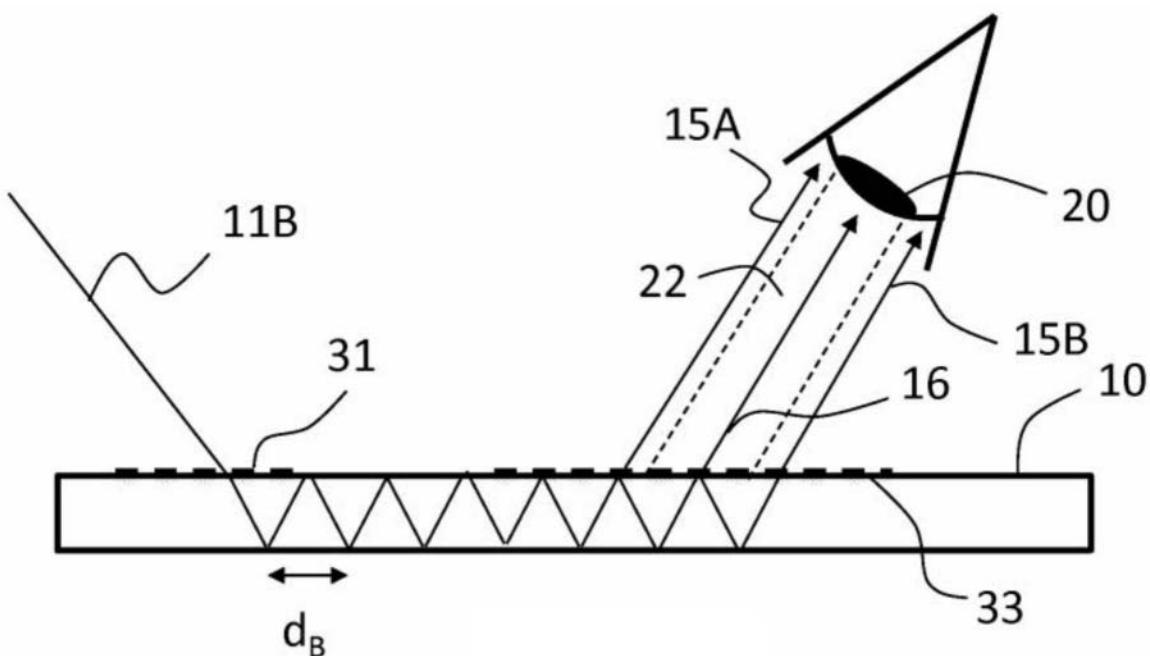


图1B

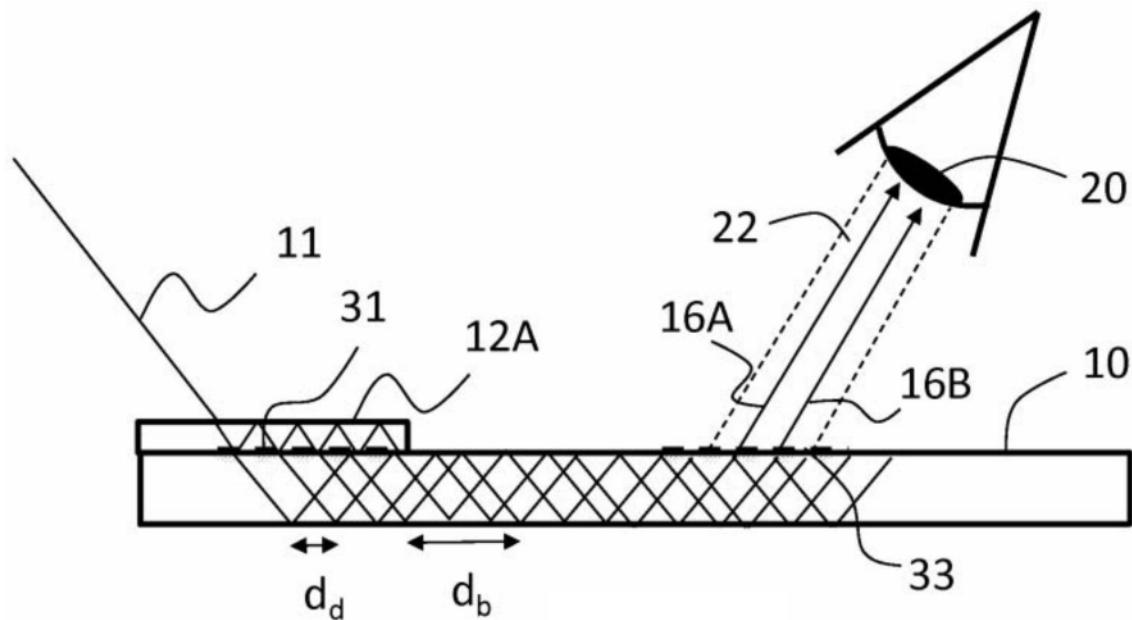


图2A

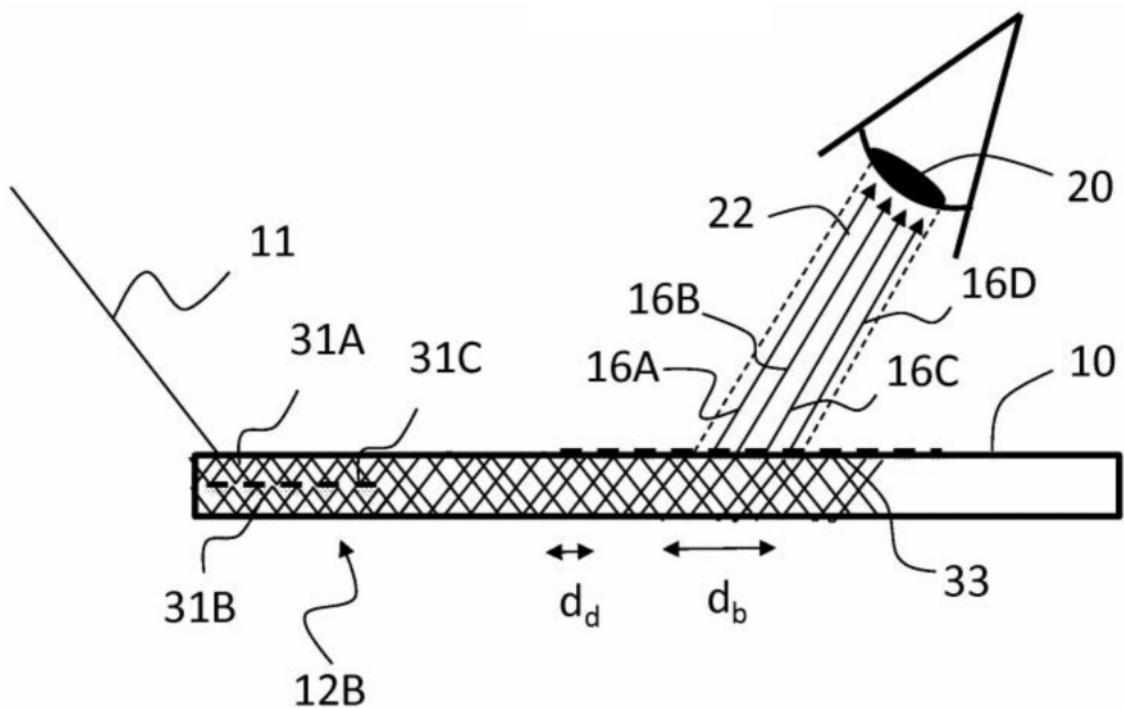


图2B

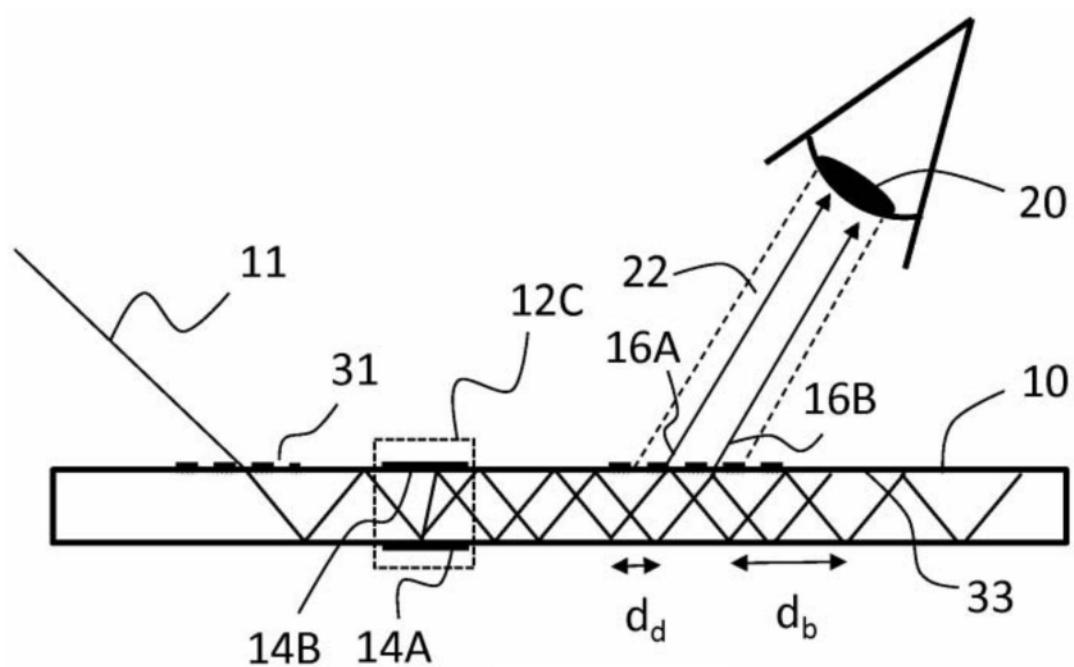


图2C

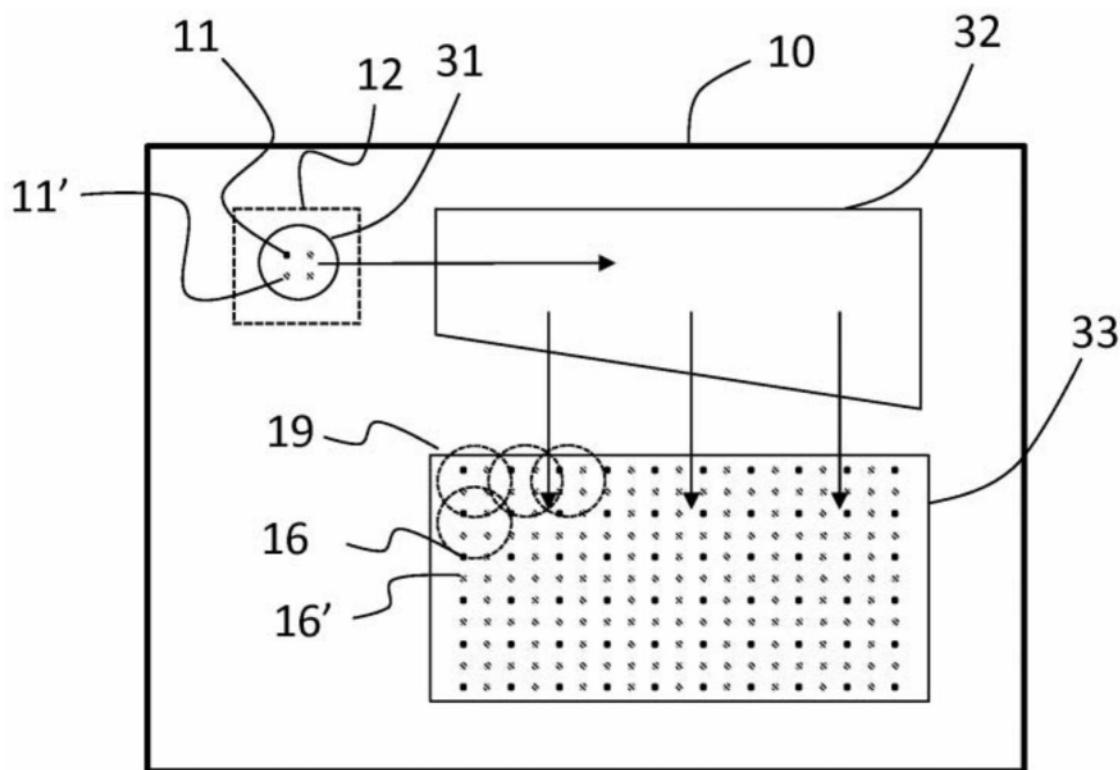


图3