



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112602008 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 20

(21) 申请号 201980055172.X	(73) 专利权人 伊英克公司
(22) 申请日 2019.09.10	地址 美国马萨诸塞州
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 112602008 A	(72) 发明人 S·J·特尔弗 S·布尔 J·L·朱玛 G·G·哈里斯 K·拉达瓦茨 A·萨顿
(43) 申请公布日 2021.04.02	(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理 有限公司 11280
(30) 优先权数据 62/733785 2018.09.20 US 62/809939 2019.02.25 US	专利代理师 王勇
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2021.02.22	(51) Int.Cl. G02B 30/36 (2020.01)
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/US2019/050320 2019.09.10	(56) 对比文件 US 2015117055 A1,2015.04.30
(87) PCT国际申请的公布数据 W02020/060797 EN 2020.03.26	审查员 邵娜

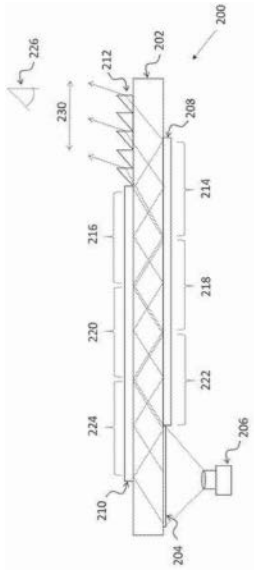
权利要求书2页 说明书11页 附图18页

(54) 发明名称

三维显示设备

(57) 摘要

公开了一种用于三维显示的设备,包括:波导,具有一对相对的面,所述相对的面被配置为沿着波导的长度传播辐射;辐射源,与波导光学地耦合;至少一个棱镜元件,具有与所述波导的一个面光学地耦合的面;以及图像调制材料层,其光学地耦合到波导的一个面。图像调制材料可以光学地耦合到波导的一个面的区域,该区域的至少一部分位于棱镜元件的一个面的周边之外。



1. 一种用于三维显示的设备,包括:

波导,具有一对相对的面,所述相对的面被配置为在所述面之间沿着所述波导的长度传播辐射;

辐射源,与所述波导光学地耦合,并且被配置成将所述辐射传输到所述波导的面的一部分;

至少一个透光棱镜元件,具有与所述波导的至少一个面光学地耦合的面,所述透光棱镜元件的面具有周边;以及

图像调制材料层,其光学地耦合到所述波导的至少一个面的区域,所述区域的至少一部分位于所述透光棱镜元件的面的周边的外部;

其中,传播通过所述波导的辐射通过所述透光棱镜元件离开所述设备以形成三维显示,以及

其中,与所述辐射源光学地耦合的所述波导的面的一部分位于所述透光棱镜元件的面的周边的外部。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述波导的至少一个面的光学地耦合到所述图像调制材料层的整个区域在所述透光棱镜元件的所述面的周边的外部并且与之相邻。

3. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述辐射源是发射显示器。

4. 根据权利要求1所述的设备,包括多个棱镜元件,所述多个棱镜元件形成光学地耦合到所述波导的至少一个面的面阵列,所述透光棱镜元件的面阵列形成所述周边。

5. 根据权利要求1所述的设备,其中,图像调制材料层包括多个独立调制的区域。

6. 根据权利要求1所述的设备,包括第一图像调制材料层和第二图像调制材料层,所述第一图像调制材料层光学地耦合到所述波导的相对面之一,以及所述第二图像调制材料层光学地耦合到所述波导的另一相对面。

7. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述图像调制材料包括荧光材料。

8. 根据权利要求1所述的设备,其中,图像调制材料包括液晶材料。

9. 根据权利要求1所述的设备,其中,图像调制材料包括多个带电粒子和悬浮流体,并且所述带电粒子在电场的影响下移动通过所述悬浮流体。

10. 根据权利要求1所述的设备,其中,图像调制介质包括电致变色材料。

11. 一种用于三维显示的设备,包括:

波导,具有一对相对的面,所述相对的面被配置为在所述面之间沿着所述波导的长度传播辐射;

辐射源,与所述波导光学地耦合,并且被配置成将所述辐射传输到所述波导的面的一部分;

至少一个透光棱镜元件,具有与所述波导的至少一个面光学地耦合的面;以及

图像调制材料层,其光学地耦合到所述波导的至少一个面,

其中所述波导在所述图像调制材料层与所述至少一个透光棱镜元件之间,以及

其中,传播通过所述波导的辐射通过所述透光棱镜元件离开所述设备以形成三维显示。

12. 根据权利要求11所述的设备,其中,所述辐射源是发射显示器。

13. 根据权利要求11所述的设备,包括多个透光棱镜元件,所述多个透光棱镜元件形成

光学地耦合到所述波导的至少一个面的面阵列。

14. 根据权利要求11所述的设备, 其中, 所述图像调制材料层包括多个独立调制的区域。

15. 根据权利要求11所述的设备, 还包括第二图像调制材料层, 其光学地耦合到所述波导的与所述至少一个透光棱镜元件相同的面。

16. 根据权利要求15所述的设备, 其中, 所述第二图像调制材料层包括多个独立调制的区域。

17. 根据权利要求11所述的设备, 还包括光学地耦合到所述图像调制材料层的第二波导, 其中, 所述图像调制材料层在所述波导和所述第二波导之间。

18. 根据权利要求11所述的设备, 其中, 所述图像调制材料包括荧光材料。

19. 根据权利要求11所述的设备, 其中, 所述图像调制材料包括液晶材料。

20. 根据权利要求11所述的设备, 其中, 所述图像调制材料包括多个带电粒子和悬浮流体, 并且所述带电粒子在电场的影响下移动通过所述悬浮流体。

21. 根据权利要求11所述的设备, 其中, 所述图像调制材料包括电致变色材料。

三维显示设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年9月20日提交的序列号为62/733,785的美国临时专利申请和于2019年2月25日提交的序列号为62/809,939的美国临时专利申请的权益和优先权,其全部内容通过引用包含于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及三维显示器;更具体地,利用在波导中传播的光的调制的显示器。

背景技术

[0004] 使用二维图像来显示三维物体具有各种缺点。例如,许多人很难从一组二维图像中预见到三维物体的最终外观,并且可能很难从二维图像中了解物体的相对位置或视线的尴尬。因此,以使图像的各个分量之间的空间关系显而易见的方式来在图像内显示三维物体是有用的。

[0005] 已知许多类型的三维显示器,但是它们都有局限性。结果,提供具有真实视差的体积图像的三维显示器是积极研究的主题。这样的显示器(有时称为“光场”显示器)不需要观察者配戴特殊的眼镜,并且提供的信息比更常规的立体三维显示器中可获得的信息要多得多。

[0006] 可用于提供这种体积显示器的一种技术使用在波导中传播的光的调制,例如使用例如在美国专利No.5,812,186中所述的液晶(LCD)技术。然而,液晶材料可能引入光调制的角度依赖性,这会限制这种三维显示器的性能。

[0007] 美国专利申请No.20170160556描述了使用电泳或电润湿技术来阻止波导中的全内反射从而提供三维图像的一部分。如其中所描述的,可以使用包括多个波导的堆叠来提供完整的图像。

[0008] 可以通过仅利用单个波导来简化这种三维显示器的设计。对于某些应用,使用单个波导的三维显示器可能是有利的,因为这种设计允许较低的制造成本和更紧凑的显示器。使用单个波导的三维显示器的现有技术示例在图1中示出,并且在上述美国专利No.5,812,186中进行了描述。参考图1(从该专利复制),可以通过首先使光传播通过波导到片段37然后传播到经由由图像调制材料39制成的开关光学地耦合至片段37的棱镜38来三维地显示波导35的片段36中的 (x, z') 二维图像。图像调制材料39允许光在所选择的平面中从波导中逸出,并且可以选择的每个平面对应于三维图像的y坐标的不同值。

[0009] 图1所示的显示器的缺点在于,该显示器提供具有水平视差而不是垂直视差的三维图像,这在某些应用中可能是期望的。另外,由于显示器扫描图像的三个维度中的两个,因此图像调制材料39的切换速率必须非常高(在当前的现有技术中不切实际地很高)。最后,由于图像是通过时分复用产生的,因此不可能提供非透明图像(即,其中前景中的物体阻挡了它们后面的物体的视图的图像),如同在正常的三维场景中发生一样。

[0010] 因此,需要利用单个波导的改进的三维显示器。

发明内容

[0011] 在一个方面,一种用于三维显示的设备,包括:波导,具有一对相对的面,所述相对的面被配置为在所述面之间沿着波导的长度传播辐射;辐射源,与波导光学地耦合,并且被配置成将辐射传输到波导;至少一个棱镜元件,具有与所述波导的至少一个面光学地耦合的面,所述棱镜元件的面具有周边;以及图像调制材料层,其光学地耦合到波导的至少一个面的区域,所述区域的至少一部分位于棱镜元件的面的周边的外部。

[0012] 在另一方面,一种用于三维显示的设备,包括:波导,具有一对相对的面,所述相对的面被配置为在所述面之间沿着波导的长度传播辐射;辐射源,与波导光学地耦合,并且被配置成将辐射传输到波导;至少一个棱镜元件,具有与所述波导的至少一个面光学地耦合的面;以及图像调制材料层,其光学地耦合到波导的至少一个面,其中所述波导在所述图像调制材料层与所述至少一个棱镜元件之间。

[0013] 根据以下描述,本发明的这些和其他方面将是显而易见的。

附图说明

[0014] 图仅通过示例而非限制的方式描绘了根据本概念的一个或多个实施方式。图未按比例绘制。在图中,相似的附图标记指代相同或相似的元件。

[0015] 图1是用于三维显示的波导装置的示意性截面侧视图。

[0016] 图2A是根据本发明的实施例的用于三维显示的波导装置的示意性截面侧视图。

[0017] 图2B是单个波导装置的一部分的示意性截面侧视图。

[0018] 图2C也是单个波导装置的一部分的示意性截面侧视图。

[0019] 图3A是根据本发明的优选实施例的波导装置的一部分的示意性截面侧视图。

[0020] 图3B是图3A所示的实施例的放大图,其包括微囊化的电泳介质。

[0021] 图3C是图3A所示的实施例的放大图,其包括另一种微囊化的电泳介质。

[0022] 图3D是图3A所示的实施例的间隔件和波导的放大图。

[0023] 图4A是可以结合在本发明的另一实施例中的棱镜阵列的示意性侧视图。

[0024] 图4B是示出了可在本发明的实施例中包括的波导内传播的光的示意性截面侧视图。

[0025] 图5A是根据本发明的另一个实施例的三维显示器的示意性截面侧视图。

[0026] 图5B是图5A的截面侧视图的一部分的放大图。

[0027] 图6是根据本发明的实施例的包括多个波导元件的三维显示器的示意性截面侧视图。

[0028] 图7A是根据本发明的实施例的包括多个波导元件的第一三维显示器的示意性截面侧视图。

[0029] 图7B是根据本发明的另一实施例的包括多个波导元件的第二三维显示器的示意性截面侧视图。

[0030] 图7C是根据本发明的另一实施例的包括多个波导元件的第三三维显示器的示意性截面侧视图。

[0031] 图8是根据本发明的另一实施例的包括多个波导元件的第四三维显示器的示意性俯视图。

[0032] 图9是根据本发明的实施例的用于三维显示的另一波导装置的示意性截面侧视图。

具体实施方式

[0033] 在以下详细描述中,通过示例的方式阐述了许多具体细节,以提供对相关教导的透彻理解。然而,对于本领域技术人员而言显而易见的是,可以在没有这种细节的情况下实践本教导。

[0034] 现在参考图2A,以截面图示出了根据本发明的第一实施例的用于三维显示的设备200。设备200包括具有两个相对的平面的透光波导202。波导202可以例如由玻璃或聚合物材料制成。设备200可以进一步包括辐射源206,该辐射源206光学地耦合到波导202的面的一部分。该辐射源优选地是可见光的形式,并且在某些实施例中,该源可以是例如使用液晶或有机发光二极管(OLED)技术或投影仪的像素化的发射显示器,如图2A所示。可替代地,可以使用非像素化的光源。光可以直接(即,通过折射率近似等于或高于波导的折射率的透明介质)或间接耦合到波导中。在后一种情况下,光源可以通过一层(例如)空气与波导分离,并且与波导光学接触的光散射、折射或衍射光学元件(如图2A中的元件204所示)可以调整从光源到波导的光的耦合。

[0035] 当波导外部的介质的折射率小于制成波导的材料折射率,并且相对于波导平面的法线的光的入射角大于临界角 $\theta_c = \sin^{-1}(n_1/n_2)$ 时,如图所示的在波导202中传播的光线仍然被全内反射捕获,其中 n_1 和 n_2 分别是波导外部的介质和波导本身的介质的折射率。

[0036] 在整个说明书和权利要求书中在此使用的“图像调制材料”是指一种材料,该材料(1)可以影响光传播通过波导的能力(例如,通过改变波导的包层的折射率和/或通过吸收光)和/或(2)可以允许光耦合到波导(例如,光散射、折射或荧光材料)中。图像调制材料可以具有一种或两种性质。例如,图像调制材料可以包括具有比波导更高的折射率的光散射材料,并且因此可以改变波导的包层的有效折射率并且还散射光。再次参考图2A,可以将包含图像调制材料的图像调制层组件208和210光学地耦合到波导的相对面。在本发明的一些实施例中,图像调制层可以仅耦合到波导的一个面(即,可以不存在层组件208和210之一)。

[0037] 在优选实施例中,图像调制材料是电光材料,更优选地是双稳态电光材料。在整个说明书和权利要求书中,术语“电光”在本文中使用来指具有第一和第二状态的材料,该第一和第二状态的至少一个光学性质不同,通过向所述材料施加电场使该材料从其第一状态改变到第二状态。尽管光学性质通常是人眼可感知的颜色,但它可以是另一种光学性质,例如光透射、反射、发光,或者在可见光范围之外的电磁波长的反射率的变化意义上的伪色。在说明书和权利要求书中,术语“双稳态的”和“双稳定性”在本文中用于指某些电光材料,其在利用有限持续时间的寻址脉冲驱动以呈现其第一或第二显示状态之后,在该寻址脉冲终止后,该状态将持续的时间是用于改变该显示元件的状态所需的寻址脉冲的最小持续时间的至少几倍(例如至少4倍)。

[0038] 一种类型的电光材料是电致变色介质,例如采用纳米致变色(nanochromic)薄膜形式的电致变色介质,该薄膜包括至少部分由半导体金属氧化物形成的电极和附着到电极的能够反向颜色改变的多个染料分子;参见例如O'Regan,B.等,Nature 1991,353,737;以

及Wood, D., Information Display, 18(3), 24 (2002年3月)。还参见Bach, U.等, Adv. Mater., 2002, 14(11), 845。这种类型的纳米致变色薄膜例如在美国专利No. 6,301,038; 6,870,657; 和6,950,220中也有描述。这种类型的介质也通常是双稳态的。

[0039] 另一种类型的电光材料是例如由飞利浦开发的电润湿介质,其在Hayes, R.A.等人的“Video-Speed Electronic Paper Based on Electrowetting”, Nature, 425, 383-385 (2003)中描述。在美国专利No. 7,420,549中示出这样的电润湿显示器可被制造成双稳态的。

[0040] 多年来一直是密集研究和开发的主题的另一种类型的电光材料是基于粒子的电泳介质,其中多个带电粒子在电场的影响下移动通过流体。流体是液体,但是电泳介质可以使用气态流体来产生;参见例如Kitamura, T.等, “Electronic toner movement for electronic paper-like display”, IDW Japan, 2001, Paper HCS 1-1, 和Yamaguchi, Y.等, “Toner display using insulative particles charged triboelectrically”, IDW Japan, 2001, Paper AMD4-4)。也参见美国专利No. 7,321,459和7,236,291。

[0041] 被转让给麻省理工学院(MIT)、伊英克公司、伊英克加利福尼亚有限责任公司和相关公司或以它们的名义的许多专利和申请描述了用于封装的和微单元电泳和其他电光介质的各种技术。封装的电泳介质包括许多小囊体,每一个小囊体本身包括内相以及包围内相的囊壁,其中所述内相含有在流体介质中的可电泳移动的粒子。典型地,这些囊体本身保持在聚合粘结剂中以形成位于两个电极之间的连贯层。可替代地,带电粒子和流体可以保持在形成于载体介质(通常是聚合物薄膜)内的多个密封腔(通常称为微单元)内。在这些专利和申请中描述的技术包括:

[0042] (a) 电泳粒子、流体和流体添加剂;参见例如美国专利No. 7,002,728和7,679,814;

[0043] (b) 囊体、粘结剂和封装工艺;参见例如美国专利No. 6,922,276和7,411,719;

[0044] (c) 微单元结构、壁材料和形成微单元的方法;参见例如美国专利No. 7,072,095和9,279,906;

[0045] (d) 用于填充和密封微单元的方法;参见例如美国专利No. 7,144,942和7,715,088;

[0046] (e) 包含电光材料的薄膜和子组件;参见例如美国专利No. 6,982,178和7,839,564;

[0047] (f) 用于显示器中的背板、粘合剂层和其他辅助层以及方法;参见例如美国专利No. 7,116,318和7,535,624;

[0048] (g) 颜色形成和颜色调节;参见例如美国专利No. 7,075,502和7,839,564;以及

[0049] (h) 用于驱动显示器的方法;参见例如美国专利No. 7,012,600和7,453,445。

[0050] 许多前述专利和申请认识到在封装的电泳介质中围绕离散的微囊体的壁可以由连续相替代,由此产生所谓的聚合物分散型的电泳介质,其中电泳介质包括多个离散的电泳流体的液滴和聚合物材料的连续相,并且在这种聚合物分散型的电泳显示器内的离散的电泳流体的液滴可以被认为囊体或微囊体,即使没有离散的囊体薄膜与每个单独的液滴相关联;参见例如前述的美国专利No. 6,866,760。因此,为了本申请的目的,这样的聚合物分散型的电泳介质被认为是封装的电泳介质的子类。

[0051] 封装的电泳介质通常不受传统电泳装置的聚集和沉降故障模式的困扰并提供更

多的有益效果,例如在多种柔性和刚性基板上印刷或涂布介质的能力。使用词“印刷”意于包括印刷和涂布的所有形式,包括但不限于:诸如修补模具涂布、狭缝或挤压涂布、滑动或层叠涂布、幕式涂布的预先计量式涂布;诸如罗拉刮刀涂布、正向和反向辊式涂布的辊式涂布;凹面涂布;浸渍涂布;喷涂;弯月面涂布;旋转涂布;刷涂;气刀涂布;丝网印刷工艺;静电印刷工艺;热印刷工艺;喷墨印刷工艺;电泳沉积(参见美国专利No.7,339,715);以及其他类似技术。

[0052] 在本发明的显示器中也可以使用其他类型的电光介质。

[0053] 再次参考图2A,图像调制层组件208和210可以包括分段或有源矩阵电泳显示器。电光显示器通常包括电光材料层和设置在电光材料的相对侧上的至少两个其他层,这两个层之一是电极层。在大多数这样的显示器中,两个层都是电极层,并且电极层中的一个或两个是透光的和/或被图案化以限定显示器的像素。例如,一个电极层可以被图案化为细长的行电极,而另一层可以被图案化为与行电极成直角延伸的细长的列电极,像素由行电极和列电极的交叉点限定。可替代地,并且更通常地,一个电极层具有单个连续电极的形式,而另一电极层被图案化成像素电极的矩阵,每个像素电极限定显示器的一个像素。因此,在本发明的一些实施例中,可以通过在折射率低于波导的折射率的溶剂中具有相对较高折射率的颜料的电泳运动来提供对波导的相对表面的反射特性的调制,诸如图2B中所示的调制。

[0054] 在图2B中,光学透明的波导202被透明的导电层244覆盖。跨越层244与承载可单独寻址的电极的阵列的层246(通常称为“背板”,尽管在图2B中示出为最上层)之间的间隙的是电泳流体层210。电泳流体包括折射率低于波导202的折射率的悬浮流体254和折射率高于该悬浮流体254的折射率并优选地高于波导202的折射率的带电粒子256。粒子256可以带正电或带负电,并且可以吸收和/或散射可见波长的光。

[0055] 当在透明电极244和背板电极之一之间提供电压差时,取决于粒子的电荷和电压差的极性,粒子在产生的电场中移动,从而被吸引到透明电极244或从透明电极244排斥。在图2B中,粒子被示出为在由背板电极248寻址的区域中被吸引到透明电极244,并且在由背板电极250寻址的区域中被其排斥。在波导中传播的光(在图2B中由光线258示出)在由电极250寻址的区域内被完全内部反射,因为在该区域中,与波导相邻的电泳介质的折射率低于波导的折射率,并且假定光线258足够浅,以使其相对于波导和电泳介质之间的界面的法线的入射角大于全内反射的临界角。

[0056] 然而,在由电极248寻址的区域中,在与透明导电层244相邻的电泳流体中存在可移动粒子导致全内反射被阻止,并且光进入电泳流体,在该处被移动粒子吸收或散射。该吸收和/或散射提供了一个图像点,该图像点对于观察到波导的端部的观察者226来说是可见的,观察者226由于波导平面内的反射和波导/空气界面处的折射将其感知为位于波导平面下方,在图2B中的点270所示位置处。因为光被折叠通过波导,所以观察者226除了在已经使全内反射被阻止的区域之外无法看到背板246或电泳流体层210。

[0057] 在图2B中,仅在波导的一个面上调制全内反射。在图2A中,在两个面上调制全内反射,这增加了显示器的深度分辨率。

[0058] 根据本发明的实施例制造的显示器可以在一定范围的视角内实现期望的光学效果,现在将更详细地描述其极限。参考图2C, θ 将用于表示波导内部的光线和垂直轴(垂直于电极-流体界面)之间的角度,以及“视角” Φ 表示空气中的光线和水平轴之间的角度。如果

n_2 是波导的折射率,并且 n_1 是电泳分散体的悬浮流体的折射率,并且空气的折射率假定为1,则这两个角度在波导/空气界面处由斯涅尔定律(等式1)相关联:

$$[0059] \quad \sin(\Phi) = n_2 \cos(\theta) \quad (1)$$

[0060] 如上所述,高角度极限是由悬浮流体和波导之间的折射率比值引起的。因为 θ 的最小值由 $\sin^{-1}(n_1/n_2)$ 给出,所以最大显示角度 $\Phi_{\max}$ 由等式2给出:

$$[0061] \quad \Phi_{\max} = \sin^{-1}(n_2 \cos(\sin^{-1}(n_1/n_2))) = \sin^{-1}(\sqrt{n_2^2 - n_1^2}) \quad (2)$$

[0062] 通过所渲染的三维图像的预期分辨率来设置低视角极限 $\Phi_{\min}$ 。使得 d 表示单个波导的厚度(垂直分辨率),以及 w 表示操作员希望解析的最佳水平特征的尺寸(即背板电极的长度或宽度),如图2C所示。如果光线足够浅以使得 $\tan(\theta) > w/2d$,则取决于光线进入波导的点,它可能跳过整个电极,导致图像无法完全显示。因此,极限角 $\Phi_{\min}$ 由等式3给出:

$$[0063] \quad \Phi_{\min} = \sin^{-1}(n_2 \cos(\tan^{-1}(w/2d))) = \sin^{-1}(n_2 / \sqrt{1 + (w/2d)^2}) \quad (3)$$

[0064] 注意, w 是基于逐个图像而不是逐个装置定义的。对于许多应用,通过以相同的模式驱动附近的电极,降低其有效分辨率,即使在远低于 $\Phi_{\min}$ 的角度下,也可以使图像大部分可见。

[0065] 期望地, $\Phi_{\max}$ 尽可能大并且 $\Phi_{\min}$ 尽可能小。这可以通过最大化波导的折射率,最小化悬浮流体的折射率,最小化波导的厚度以及最大化水平图像分辨率的粗糙度来实现。

[0066] 在本发明的优选实施例中,透明导电层设置在透明中间基板上,该透明中间基板使用折射率等于或高于波导的折射率的光学透明粘合剂结合到波导。该方法是优选的,因为仅中间基板的区域的电调制部分需要结合到波导。该区域的未调制部分(例如,边缘密封件的区域)通过一层空气与波导保持分离,因此观察到显示器的边缘的观察者不能看到。通常,在本发明的该实施例中,仅打算由显示器的观察者看到的电泳单元的那些区域光学地耦合到波导。

[0067] 例如,图3A示出了根据本发明的一个优选实施例的波导模块300。波导302通过光学透明的粘合剂304耦合到中间基板306。在中间基板306的相对侧上是透明导电层308,其可选地设置有保护性聚合物层310。电泳流体312包含在由中间基板306(及其相关联的表面涂层)和背板316限定的空腔内。该空腔的宽度由可选的间隔件314保持,该间隔件例如可以是珠、线或网。空腔的边缘用聚合物材料318密封,该聚合物材料318可选地并且优选地可以是与用于将中间基板306结合到波导302的光学透明粘合剂相同的光学透明粘合剂。将中间基板306结合到波导302的光学透明的粘合剂层304优选地不延伸直到边缘密封件318(即,图3A中所示的距离 $d1 > 0$)。如果需要,背板或中间基板都可以延伸到边缘密封件之外(如图3A中的距离 $d2$ 和 $d3$ 所示)。

[0068] 图3A还提供了间隔件330,该间隔件330被结合并光学地耦合到波导并且邻接观察表面。可选地,该结合通过一层光学透明的粘合剂332实现。间隔件330和粘合剂层332的组合厚度至少与光学透明的粘合剂304、中间基板306、层308和310、电泳流体312和背板316的组合厚度相同。

[0069] 如上所述,电泳流体312被包含在空腔内而没有进一步的分隔。然而,如图3B和3C所示,也可以将电泳流体合并的微囊体或微单元内。电泳流体的分隔限制了电泳流体的重力沉降,并且在将波导定向在垂直平面中的情况下特别有利。

[0070] 图3B示出了图3A的非分隔单元的替代结构的未按比例的大图,其中电泳流体

312被包含在微囊体336内。微囊体被直接涂覆在透明的导电层308上,并使用常规的导电粘合剂层338层压到背板316。优选地,将微囊体涂覆到透明导电层308上,而无需额外的聚合物粘结剂,以使囊体之间的任何间隙(在图3B中示出为340)填充有空气而不是聚合物材料。如果使用聚合物粘结剂,则其折射率应低于波导的折射率,并且优选地等于或低于电泳粒子的悬浮流体的折射率。这样,在微囊体涂层中不存在电泳流体的区域中,全内反射不会被破坏。

[0071] 图3C示出了图3A的非分隔单元的替代结构的未按比例的放大图,其中电泳流体312包含在微单元内。微单元的壁由元件342指示。微单元优选地由折射率低,即等于或低于电泳粒子的悬浮流体的折射率的聚合物材料制成,并且壁应通过低折射率的材料附接到透明导电层308。微单元由可选层344密封,并通过粘合剂层346层压至背板316。

[0072] 如图3D所示,间隔件330和相关联的粘合剂层332的尺寸优选地布置成避免将间隔件的背面暴露给观察者。间隔件应足够长,以使其背面在最小视角下不能直接观察,但同时,它应该足够短以使背面在最大视角下不能反射观察。如果所需的高度 h 足够薄(一个近似值,但有用的比较值为 $d * \Phi_{\min} / \Phi_{\max}$),则可以使用正确的尺寸值 l 来同时满足这些约束条件;如果不是这样,则后壁的可见性对可实现的视角范围施加了额外的约束。

[0073] 再次参考图2A,显示器200提供三维图像,其中 x 维度由光源206(当其被像素化时)以及图像调制区域208和210中与横截面图的平面正交延伸的像素行提供。 y 维度由在光源206(当其被像素化时)以及图像调制区域208和210中在图2A中的L/R方向上延伸的像素提供。 z 维度在图2A的实施例中划分为七个平面。光源图像206提供距观察者226最远的平面。按照与观察者的感知距离的顺序(最远的首先列出),其他六个平面由图像调制区域208和210的独立调制的区域224、222、220、218、216和214提供。

[0074] 离开波导的光可以透射通过光学地耦合到波导的一面的一个或多个棱镜元件212。在图2A中示为长度230的观察窗口取决于视角以及波导及其包层的厚度和折射率。可能优选的是将观察窗口的尺寸调整为尽可能接近垂直于波导平面的视角。

[0075] 如图2A所示,三维显示器与诸如图1所示的先前显示器的不同之处在于,根据本发明的各个实施例制造的显示器在棱镜元件和波导之间通常没有任何开关材料。换句话说,在棱镜元件的覆盖区之外的区域中,即在由耦合到波导的棱镜元件的面的周边界定的区域之外的区域中,可以将图像调制材料施加到波导的相对面中的一者或两者。

[0076] 根据本发明的各个实施例制造的装置可以包括单个棱镜元件或可替代地,棱镜元件的阵列。一种优选的棱镜几何形状是具有非对称设计的棱镜元件的阵列,如图4A所示。这样的棱镜阵列例如可以作为“光转向膜”获得,其中一个例子是可以从英国牛津郡的Film Optics Ltd.获得的29度光转向膜。棱镜元件401以截面图示出,并且在棱镜膜片的整个宽度上延伸。然而,可以使用使光从波导中逸出而不损失图像内容的任何光学元件。例如,可以采用衍射或全息元件。

[0077] 棱镜元件(如果使用的话)优选地布置在厚度约为10-500微米的透明中间基板403上,该基板光学地耦合至波导的相对面之一。再次参考图4A,阵列内的棱镜元件401优选地具有大约25至大约1000微米的间距409,优选的间距在大约50至大约200微米的范围内。每个棱镜元件可以包括靠近辐射源(例如,图2A中的源206)的第一角度405和相对于辐射源在远侧的第二角度407。角度405优选地在大约20度至大约45度的范围内,而角度407大于角度

405并且优选地在大约60度至大约90度的范围内。较大的角度405值可能会导致离开波导的光发生折射,从而使其更接近垂直于波导的平面,从而可以自然角度观察显示器。可替代地,角度405可以在大约45度至大约60度的范围内,但是在这种情况下,可能需要另一个光学元件来使光朝向观察者弯曲。

[0078] 注意,各图中所示的显示器的定向是水平的,但是在某些应用中,可能优选地将显示器垂直对准。

[0079] 在根据本发明的各种实施例制造的装置中使用的波导厚度可以小于或等于显示器的观察窗口的宽度的大约一半。如前所述,棱镜元件和波导之间的区域通常没有任何图像调制材料。这两个特征的组合提供了一种显示器,其中可以显示具有水平和垂直视差的三维图像,如图4B所示。

[0080] 图4B示出了位于位置410和412的观察者如何感知源自图像点406和408的光。位于位置410的观察者将看到图像点406直接出现在图像点408的后面(并被它们遮挡),如图中所绘制的在波导402中传播并通过棱镜元件404出射的光线所示。粗体光线旨在示出来自两个图像点的光的组合。然而,在位置412处的观察者将能够看到两个图像点,如虚线光线所示。较远的图像点406将出现在较近的图像点408的左侧(如所绘制的)。因此,通过在位置410和412之间移动,观察者将感知到这两个点之间的“高度视差”。注意,替代术语“垂直视差”严格地仅适用于波导本身是垂直的情况。“方位视差”(可替代地称为“水平视差”)将由在垂直于图中纸面的方向上分离的图像点提供。

[0081] 现在将更详细地描述本发明的一些特别优选的实施例。以下将第一优选实施例称为“电泳光散射”或“ELS”显示器。ELS显示器的工作原理如图5A和5B所示。在本发明的该实施例中,如图5A所示,仅在波导的一个面上提供图像调制层,该面可以是如图所示的承载棱镜输出耦合元件510的面或相对的面。波导502光学地耦合到图像调制区域508和可选区域504,光可以通过图像调制区域508和可选区域504例如通过光散射耦合到波导中。在图中被示为投影仪的光源506通过透明波导照射图像调制区域508和光耦合区域504。注意,如上所述,可以使用替代光源代替投影仪,例如诸如液晶或OLED显示器的平面发光显示器。

[0082] 显示器的详细操作在图5B中示出,其是如图5A中的虚线矩形所示的显示器的横截面部分的放大视图(未按比例)。

[0083] 如图5B所示,波导502通过层(或多个层)505光学地耦合到透明电极507。层505可以包括结合到波导502的光学透明的粘合剂层以及在光学透明的粘合剂层与透明电极507之间的透明基板(例如,聚(对苯二甲酸乙二酯)的聚碳酸酯薄膜)。电极507可以覆盖显示器的图像调制区域的整个区域(即,可以对应于常规电泳显示器中的公共电极)或可以被像素化。空腔516将透明电极507与承载像素电极509和511的基板512分离。空腔516填充有电泳组合物,该电泳组合物包括含有电泳移动粒子514的流体(例如,低折射率的气体或溶剂)。电泳组合物还可包含添加剂,例如本领域公知的聚合物或表面活性剂。如果使用溶剂,则其折射率低于波导502、透明电极507和层505的折射率。在波导的与电泳组合物的相对面上是光源506,其通过折射率比波导低的介质518与波导502分离。方便地,层518是空气层。如上所述,光源506可以被像素化并且提供可以是彩色或单色的图像。例如,光源506可以是提供聚焦在电泳层上的图像的投影仪。可替代地,光源506可以是非像素化的并且提供均匀的照明。

[0084] 来自光源506的光传播穿过层518、波导502、层505和透明电极507到达电泳组合物,并在其中被粒子514散射。散射的光是否进入波导取决于粒子514的位置。在图5B中,一些粒子514被示出为与电极511相邻并且通过填充空腔516的流体与透明电极505(其光学地耦合到波导)分离。如上所述,由于该流体的折射率比波导本身或其他中间层的折射率低,散射的光将不会进入波导,而是会在通过波导502时被折射回光源506。另一方面,在电极509附近,散射光耦合到波导502中,因为粒子514和溶剂的组合比波导502或中间层505具有更高的折射率。因此,在电极509的区域中形成具有来自光源506的入射光的颜色的图像点。

[0085] 对于本领域技术人员将清楚的是,可以使用适当的电场的施加来将粒子514移动到空腔516的前部或后部。还将清楚的是,空腔516的间隙厚度可以由诸如壁、柱或珠之类的适当构件来维持,并且诸如微单元或微囊体之类的微隔室可以用于容纳电泳组合物。同样清楚的是,在电极507与电极509和511的平面之间可以包括未示出的其他层,例如导电粘合剂或其他层。

[0086] 可以形成全彩色图像,其中更靠近观察者的物体遮挡了离观察者更远的物体。在波导中传播的来自较远物体的光将在较近物体的位置处离开波导(因为在该位置,包层的折射率高于波导的折射率),并再次被粒子514散射。由于散射是各向同性的,因此只有一小部分散射光的角度可以在波导内沿观察者的方向传播。来自较远物体的光将被散射两次,而来自较近物体的传播的光将仅被散射一次,因此强度将大大提高。三维空间中图像点的位置由光散射粒子514相对于波导的位置确定。图像点的颜色将由光源506投射到光散射粒子上的图像确定。

[0087] 有可能的是,图像的最远平面(对应于图2A所示的光源206)可以由入射到波导的区域上的来自光源的光来提供,光散射表面已经永久地光学地耦合至波导,如上所述。

[0088] 显示器的第二优选实施例在下文中被称为“无源耦合”显示器,其中,图5A中的图像调制区域508包括在波导502上的包含荧光或光散射材料的一个或多个涂层。

[0089] 其中图像调制区域508包括光散射材料的实施例类似于前述的包括电泳散射显示器的实施例,除了不能动态改变光散射的程度。结果是可从本发明的无源散射显示器获得的对比度远低于在电泳有源实施例中可实现的对比度。在该实施例中,来自远侧图像点的光在其在波导中朝着观察者反射时被散射。为了避免遮挡远侧图像点,优选的是,无源散射的程度低。例如,来自光源506的入射光的少于10%,优选地少于约5%,应该在单次通过图像调制区域508中被散射。提供光散射效率的梯度也可能是优选的,从而使得图像调制区域508的离棱镜输出耦合元件510更远的区域比靠近输出耦合元件510的区域散射更多的光。例如,靠近输出耦合元件510的区域可以散射入射光的大约5%,而距离输出耦合元件510最远的点可以散射入射光的20%或更多。

[0090] 因此,在本发明的无源散射实施例中,与电泳有源实施例不同,难以通过近侧图像点提供远侧图像点的完全遮挡。

[0091] 其中将荧光材料结合到图像调制区域508中的本发明的实施例不遭受来自远侧图像点的光受到损害的问题。例如,来自光源506的入射在波导上的一种波长的光可以在稍长的波长处被吸收和重新发射(吸收和发射最大值之间的差称为“斯托克斯位移”)。理想情况下,斯托克斯位移应足够大,以使发射的光不被重新吸收。例如,来自光源506的蓝光可以被重新发射为在波导中传播的绿光,或者(使用不同的荧光材料)绿色入射光可以被重新发射

为红光。蓝光可能是由较短波长的蓝光或紫外光产生的。

[0092] 荧光材料在本领域中是众所周知的,并且可以有机的(例如,有机染料,例如荧光素或若丹明染料及其衍生物)或无机的(例如,量子点)。也可能的是,波导本身可以用荧光材料浸渍。

[0093] 如果要在本发明的无源荧光实施例中形成全彩色图像,则优选使用一个以上的波导。这是因为如果两种荧光材料都与同一波导光学接触,则由一种荧光材料发射的光可能被第二种荧光材料吸收。

[0094] 图6示出了一种布置,通过该布置,可以将各自配备有不同的荧光材料的三个不同的交错波导耦合在一起以形成合成的全彩色图像。在下波导606的端部区域中位于波导604、606的相对面之间的二向色性材料610将其中传播一种波长的光的波导606光学地耦合到波导604。二向色性材料610透射在波导606中传播的该波长的光,但反射在波导604中传播的该波长的光。类似地,波导604通过中间波导604的端部区域中位于波导604、602的相对面之间的另一二向色性材料608光学地耦合到波导602。二向色性材料608透射在波导604和606中传播的该波长的光,但是反射在波导602中传播的该波长的光。

[0095] 类似于图6的实施例,包括多个波导的显示器可以提供有间隔件,例如以上关于图3A和3D描述的那些。例如,在图7A中示出了形成完整的显示器700的根据本发明的实施例的波导部件702的组件。波导704通过光学透明层708耦合到第二基板、电泳组合物和像素电极阵列的组件(在图7A中共同示出为706)。仅组件706的电泳有源区域耦合至波导704;在其他地方,这两个元件被气隙710分离。对于本领域的普通技术人员显而易见的是,气隙710可以由折射率等于或低于电泳粒子的悬浮溶剂的折射率的任何材料代替。

[0096] 间隔件712通过层714光学地耦合到波导704。然而,间隔件712的顶部不光学地耦合到下一波导模块718,而是由折射率等于或低于电泳粒子的悬浮溶剂的折射率的层716分离。层716可以是气隙,或者是低折射率的固体或液体。如果波导模块718中的光在与层716的界面处进行镜面反射,则层716也可以是镜面层或多个层的组合。

[0097] 对于图7A所示的实施例,优选地将工作视角的范围上移或下移,并且这可以通过并入可以光学地耦合或可以不光学地耦合至波导的堆叠的附加光学元件来实现。在一个优选实施例中,该光学元件是棱镜,在图7A中示出为722。该棱镜被示出为通过层720光学地耦合到波导堆叠,这可以用诸如凝胶的可变形的透明材料来实现,以便消除波导组件的边缘中的任何光学不均匀性。如本领域中众所周知的,可以通过例如UV固化来使光学耦合材料720硬化。可替代地,如图7B所示,可以使用与波导堆叠偏移大的空气或一些其他折射率较低的材料728的棱镜722来实现视角平铺,这使得图像的表观位置向上和稍微向后偏移(后者的影响归因于光程长度的增加)。

[0098] 在一些实施例中,为了最小化间隔元件712的可见性,优选地如图7C所示对准各个波导元件。中间波导元件718被示为相对于底部波导元件702和顶部波导元件719偏移。中间元件718的波导部分的顶部边缘和顶部元件719的波导部分的底部边缘相对于观察面的法线来定义角度 Ψ ,以使得 $\Phi_{\min} \leq \Psi < \Phi_{\max}$ 。棱镜元件可以位于偏移波导元件的面和观察者之间,如图7B中的波导元件的非偏移堆叠所示。

[0099] 可选地,显示器的背面可以以与正面相同的方式配置。在这种情况下,观察者将能够从正面或背面看到三维渲染的物体。可替代地,显示器可以是背光的,具有可以是发射的

或反射的辅助二维显示器726(如图7A所示)。

[0100] 如上所述,每个波导子组件包括背板电极的可寻址像素阵列。可以使用用于寻址二维显示器的常规方法来实现一个平面中单个像素的寻址。每个像素可以从某个控制开关单独寻址,或者可替代地,像素阵列可以包括逻辑元件,例如薄膜晶体管,从而可以实现有源矩阵寻址。

[0101] 如图8所示,其是显示器的观察表面的横截面俯视图,甚至可以使用柔性有源矩阵背板804或利用柔性电路元件连接在一起的一组刚性有源矩阵背板,以使得整个显示器可以由单个控制器806寻址。如果元件804是柔性有源矩阵像素阵列,则从像素阵列的同一面寻址波导元件802。在一个优选的实施例中,如图8中所示,柔性背板以蛇形方式围绕成对的波导元件布置;间隙808将被制造得尽可能小。如果元件804是利用柔性电路元件连接的一组刚性背板,则不需要成对布置。

[0102] 图9示出了根据本发明的又一实施例的显示器,其中通过在波导902中提供展开部分,即,提供在输出耦合棱镜(或其他)元件904的区域中的楔形的波导,在“y”维度上扩展观察窗口。如图9所示,光在波导内相对于波导平面以角度 θ' 传播(这是与上述光的入射角的互余角),并且在楔形部分中,波导具有展开角 ϕ ,展开部分优选地设置在波导的与承载输出耦合元件904的一侧相对的一侧上。然而,在不存在展开部分的情况下,观察窗口具有长度 $2d/\tan\theta'$,其中d是波导的厚度,当提供展开部分时,该窗口的长度可以放大。对于给定角 ϕ ,放大的程度取决于角度 θ' 。优选的是, ϕ 在大约5-12度的范围内。

[0103] 尽管在此已经示出和描述了本发明的优选实施例,但是应当理解,这样的实施例仅通过示例的方式提供。在不脱离本发明的精神的情况下,本领域技术人员将想到许多变化、改变和替代。因此,意图是所附权利要求覆盖落入本发明的精神和范围内的所有这样的变化。

[0104] 上述专利和申请的所有内容均通过引用整体并入本文。

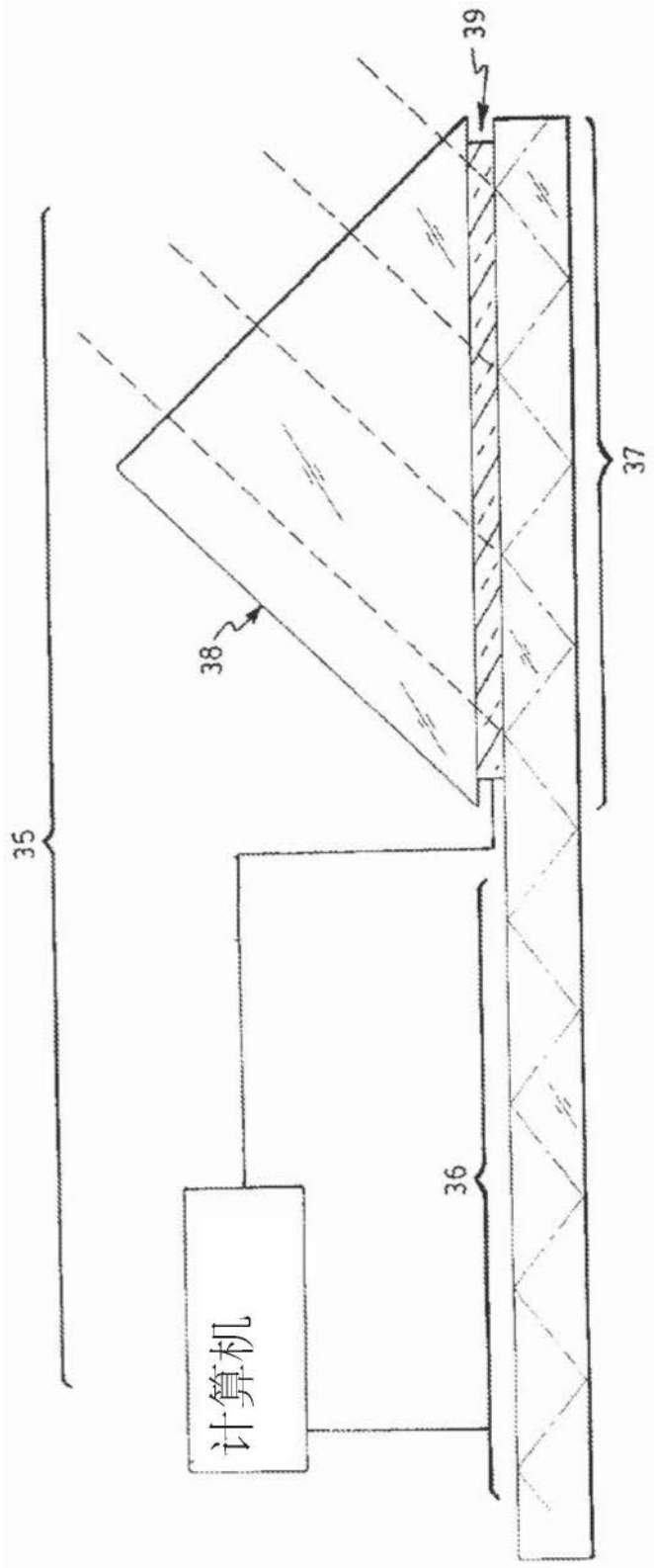


图1(现有技术)

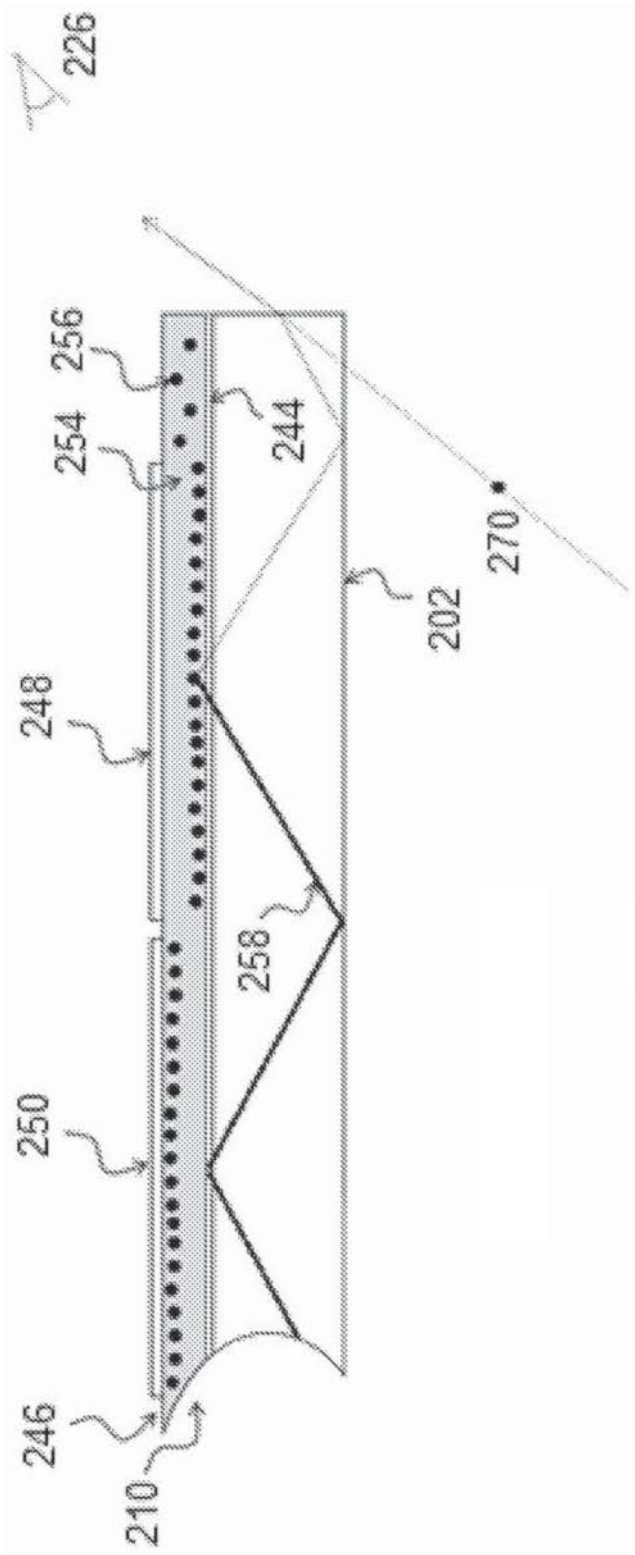


图2B

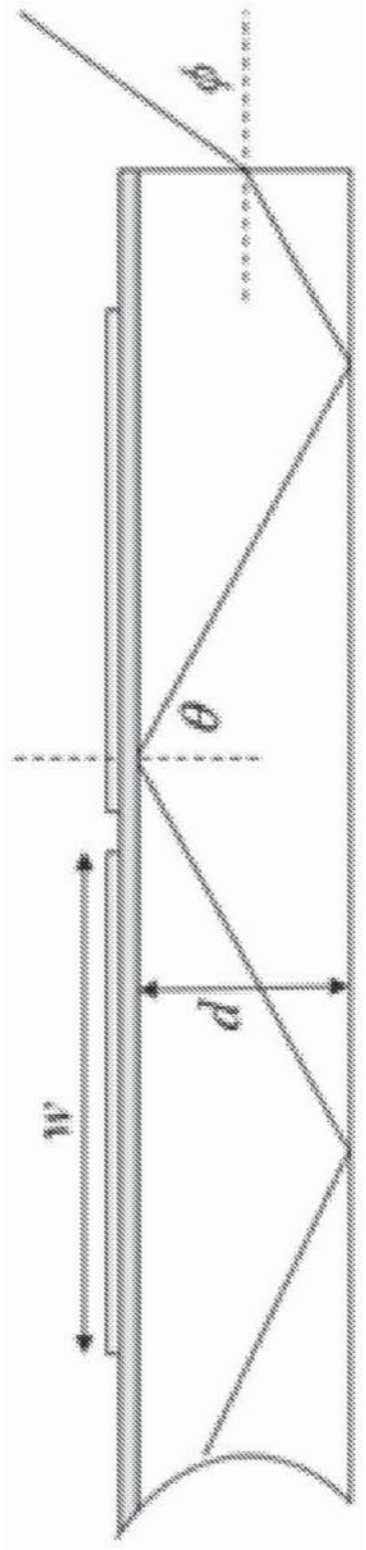


图2C

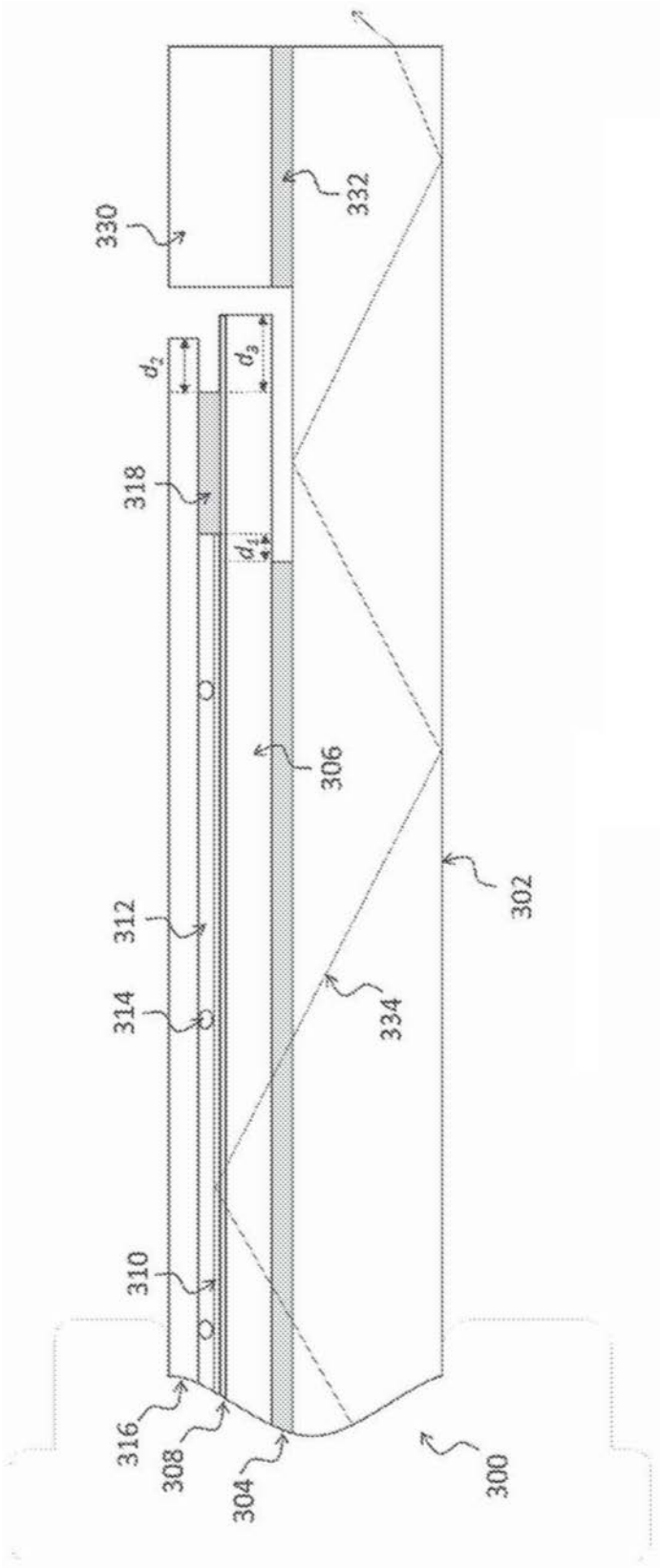


图3A

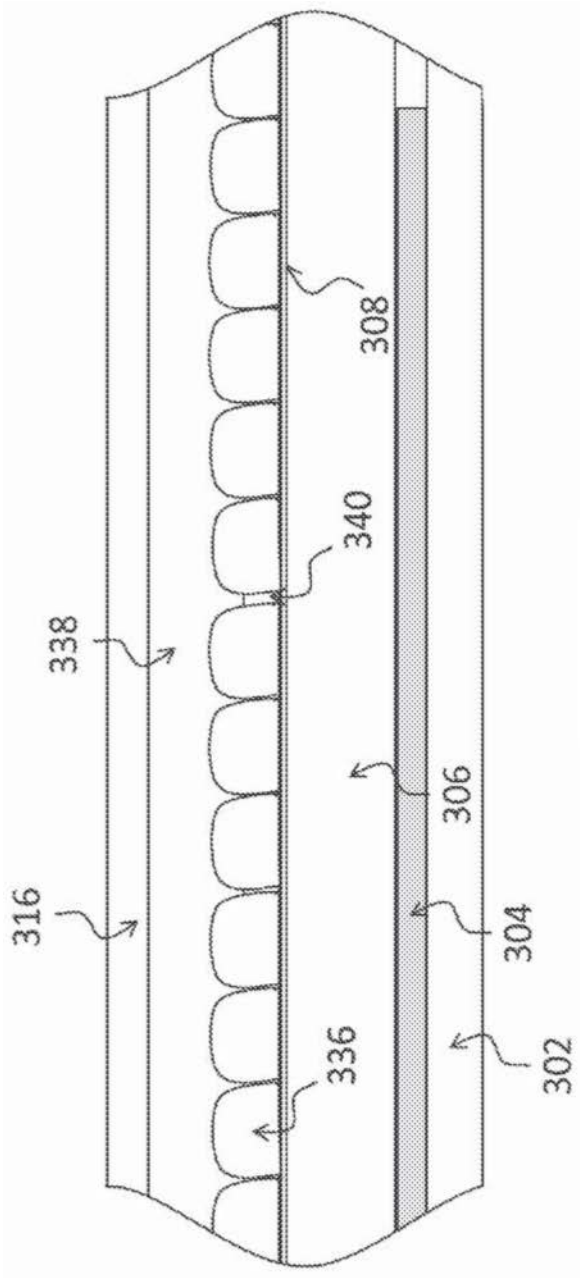


图3B

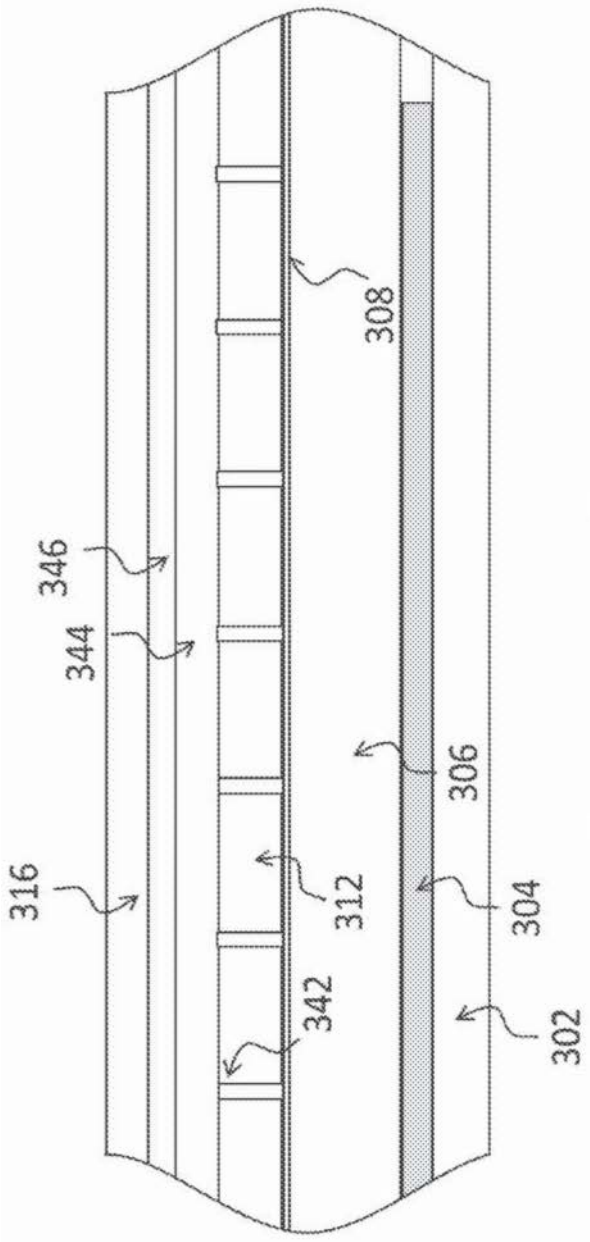


图3C

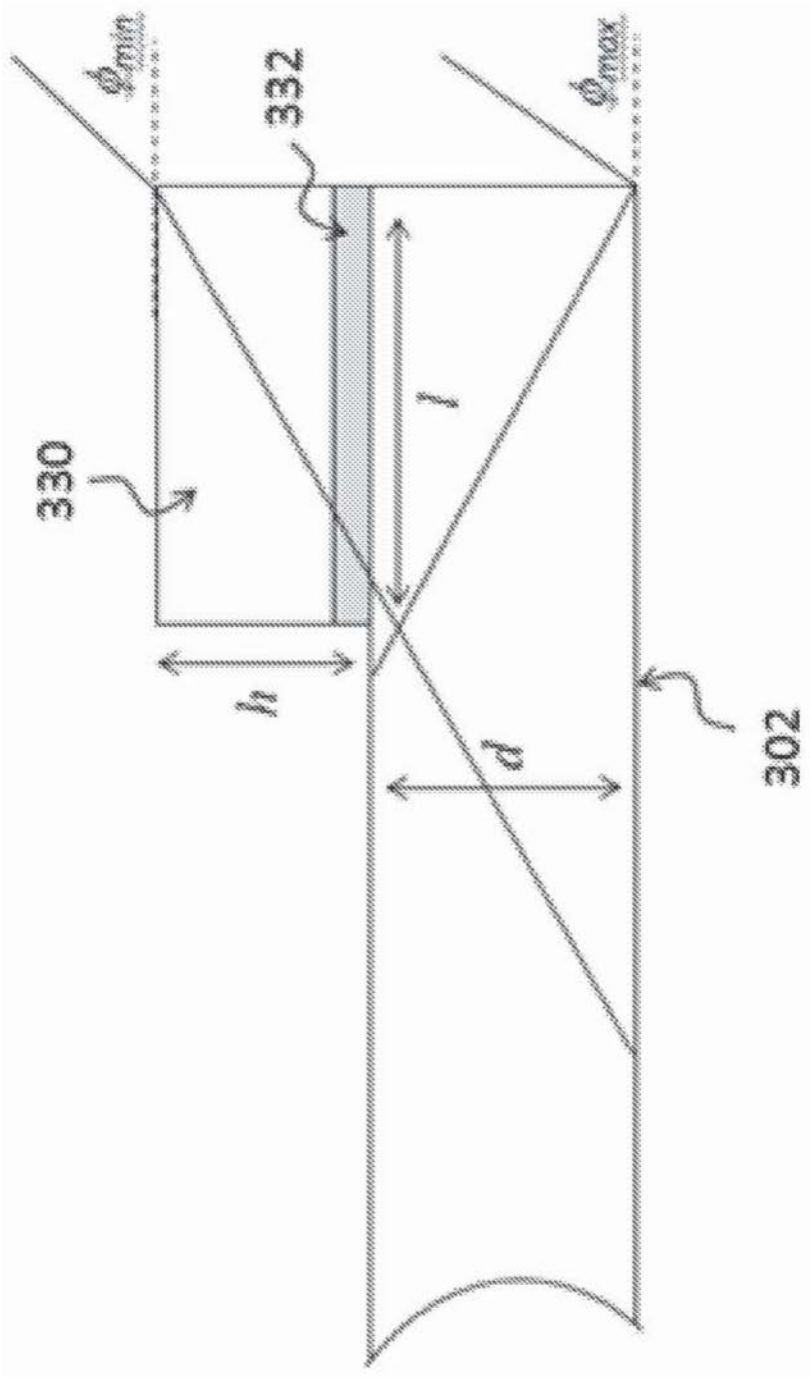


图3D

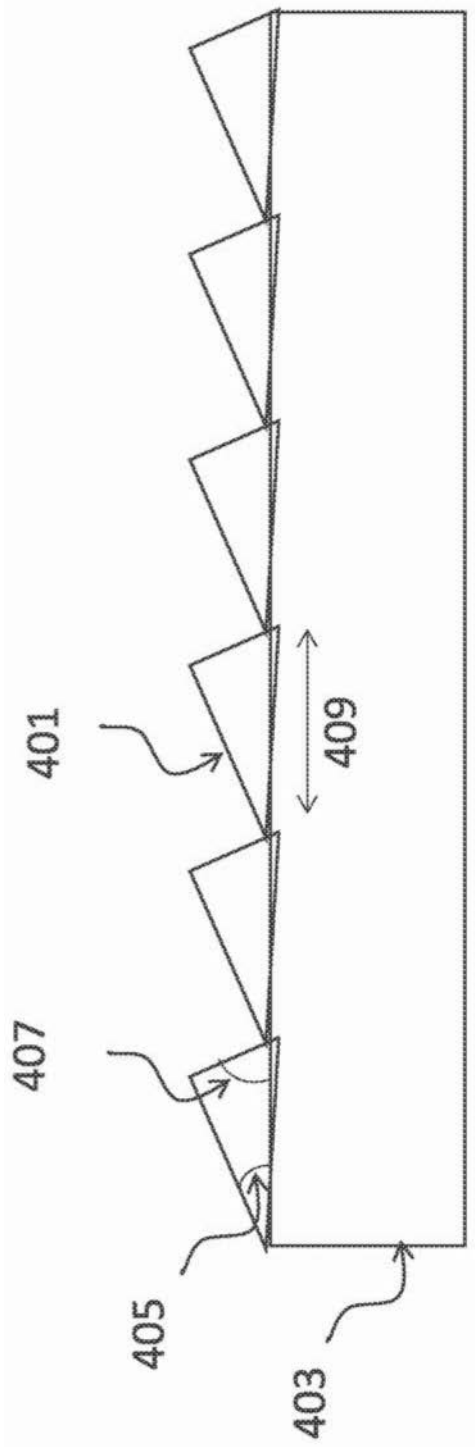


图4A

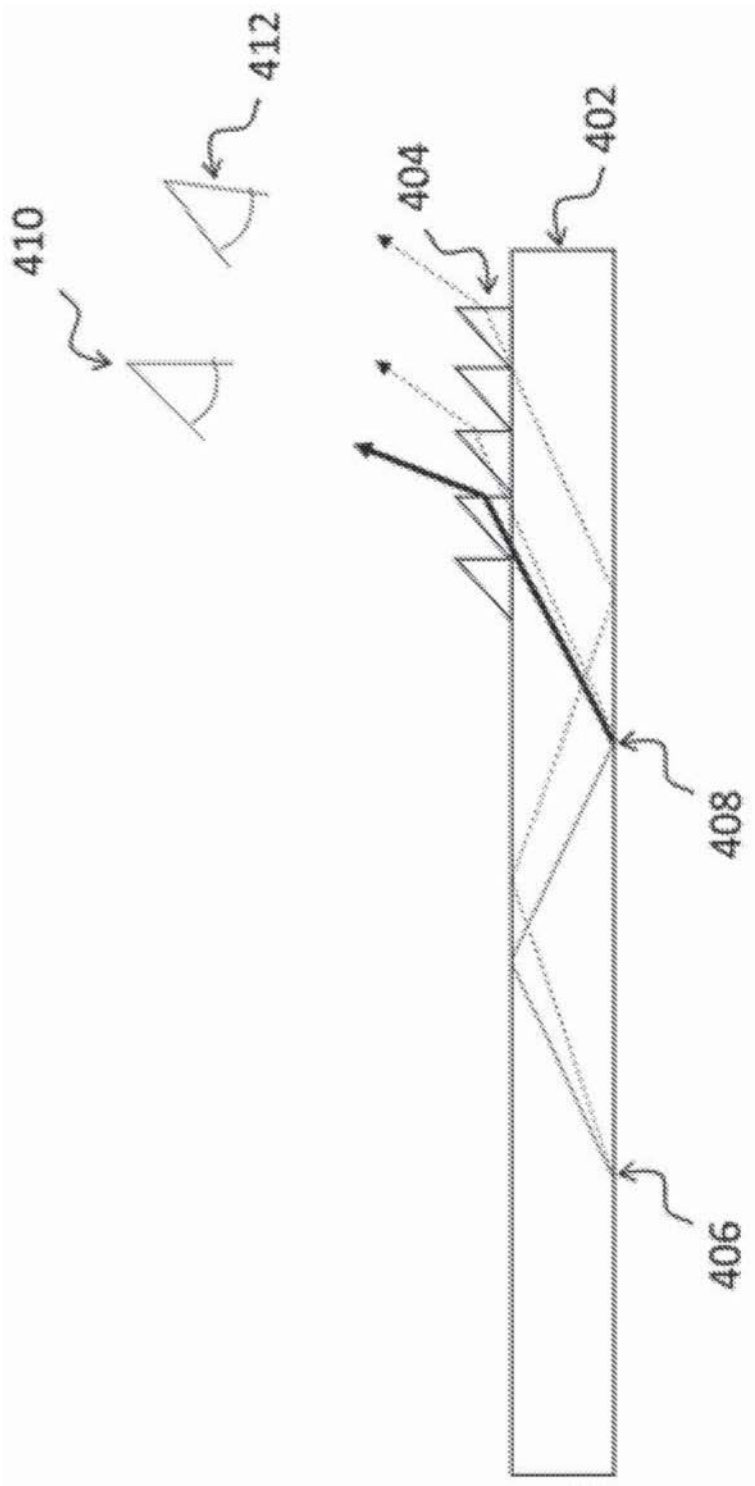


图4B

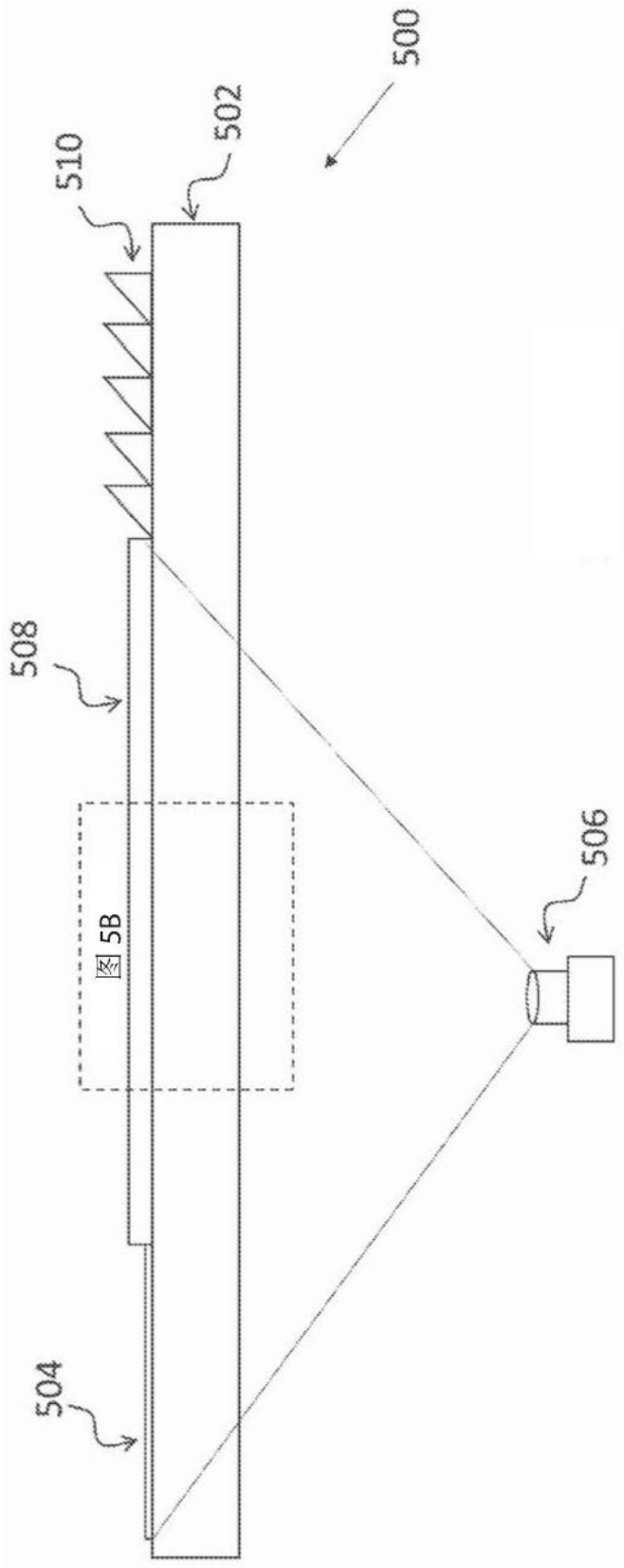


图5A

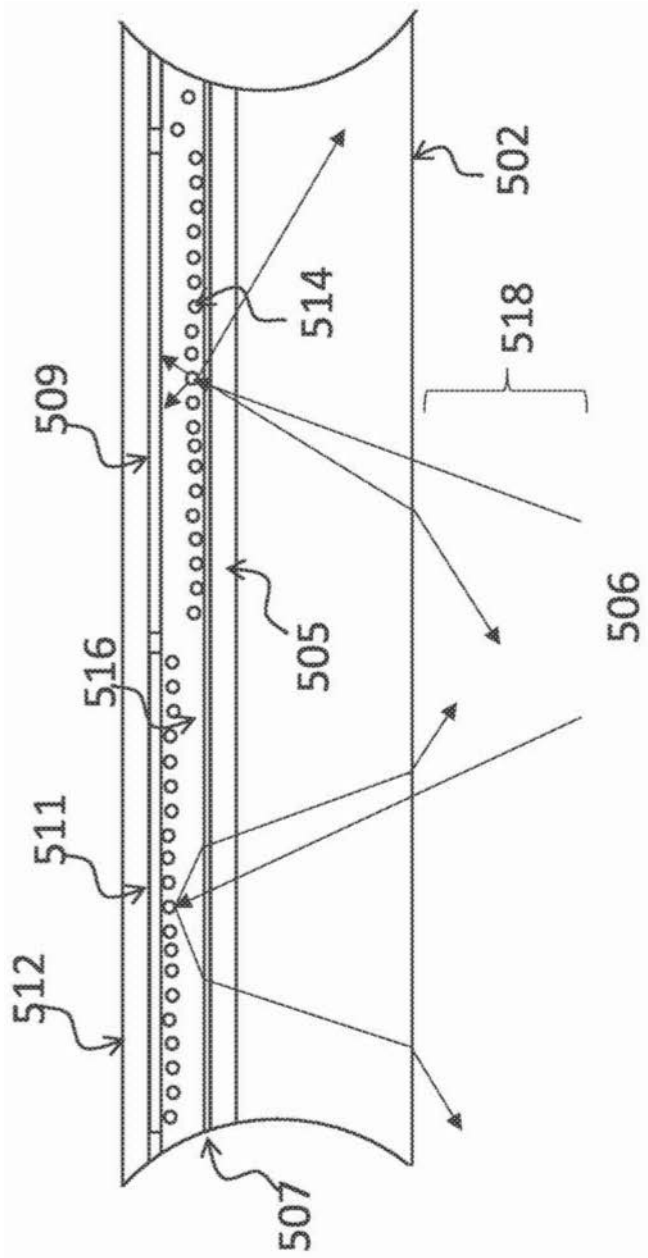


图5B

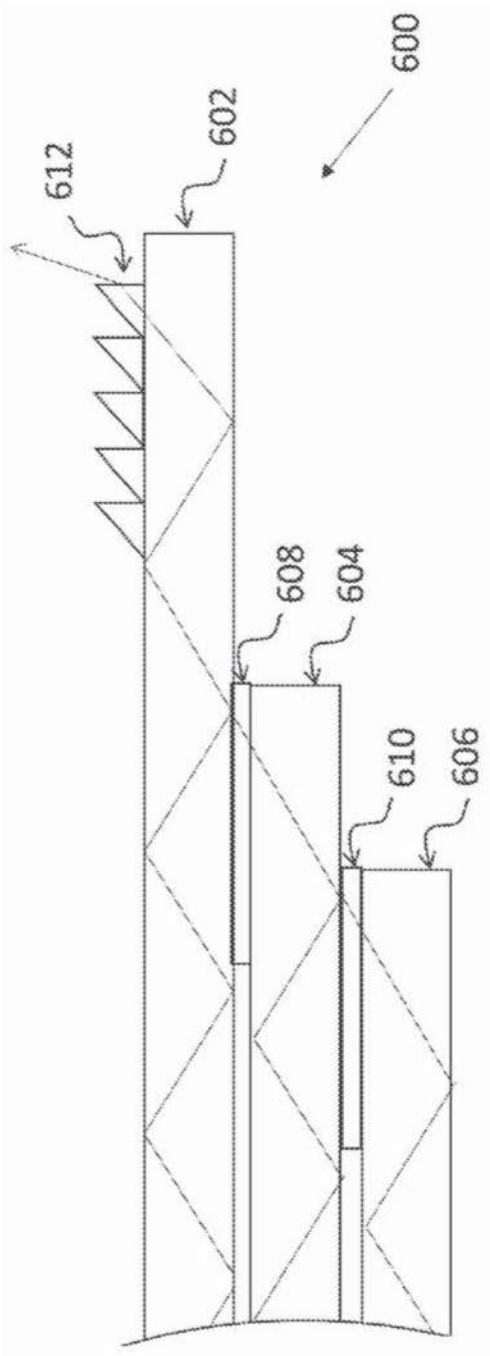


图6

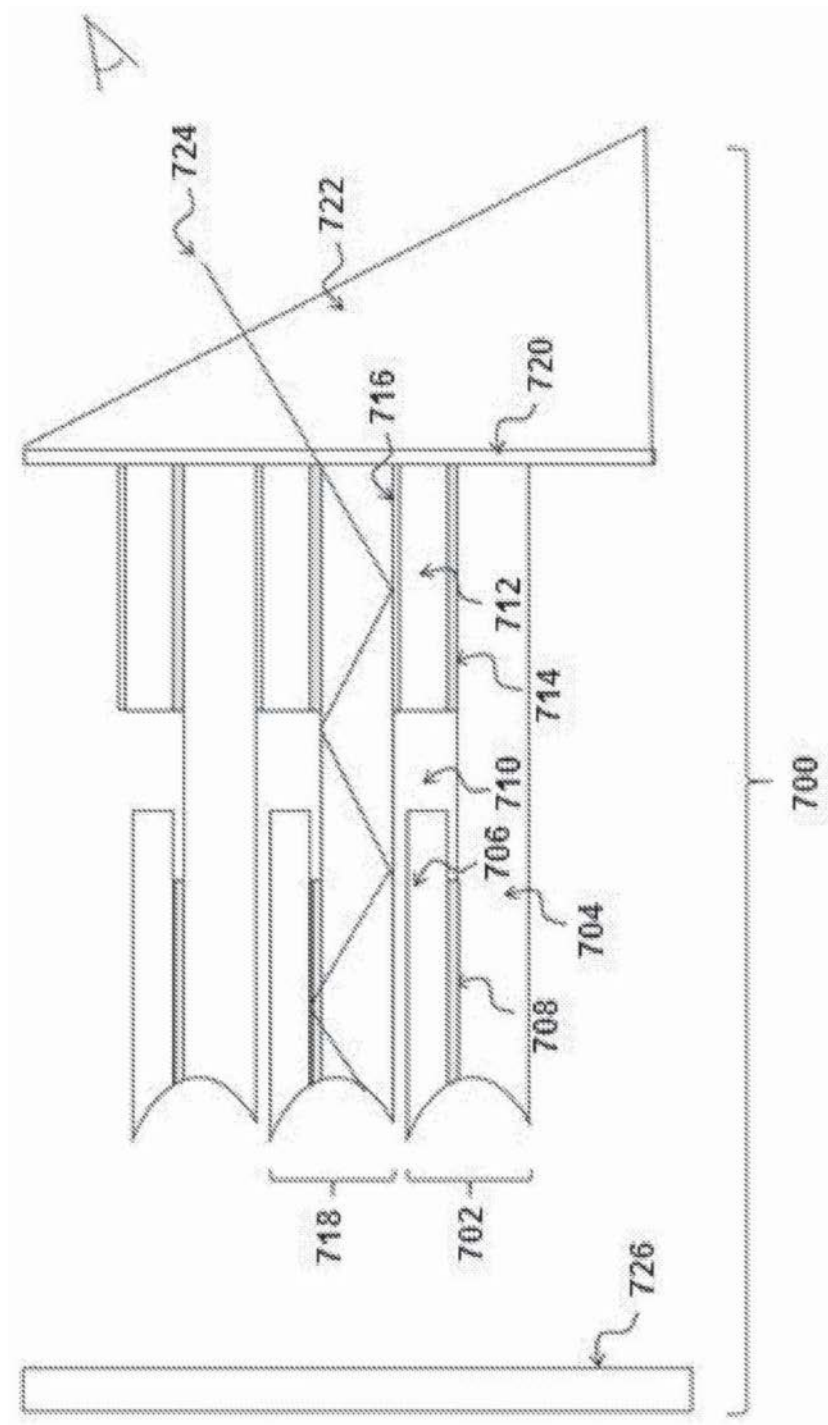


图7A

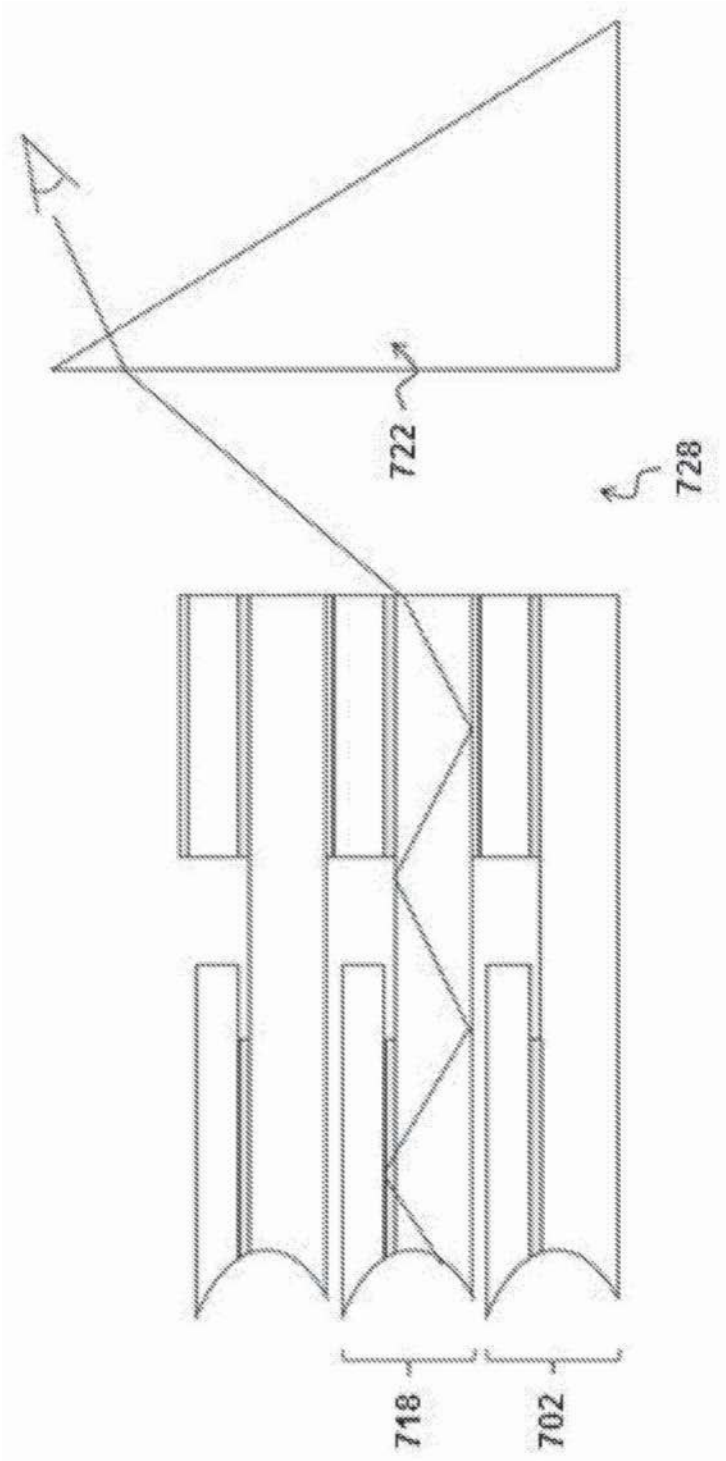


图7B

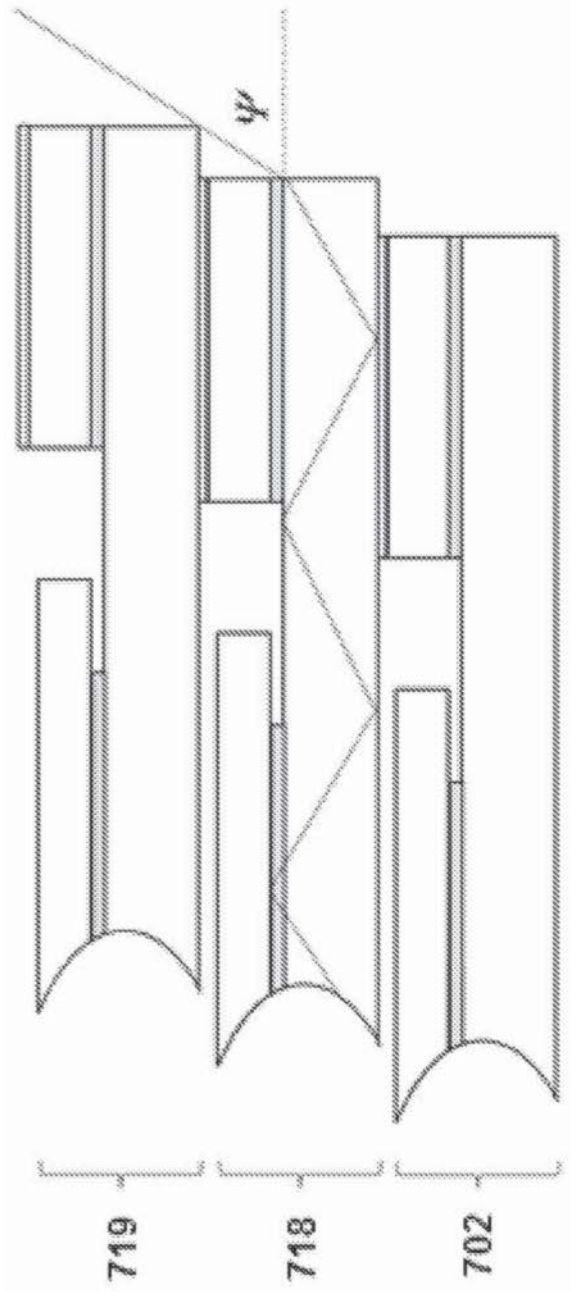


图7C

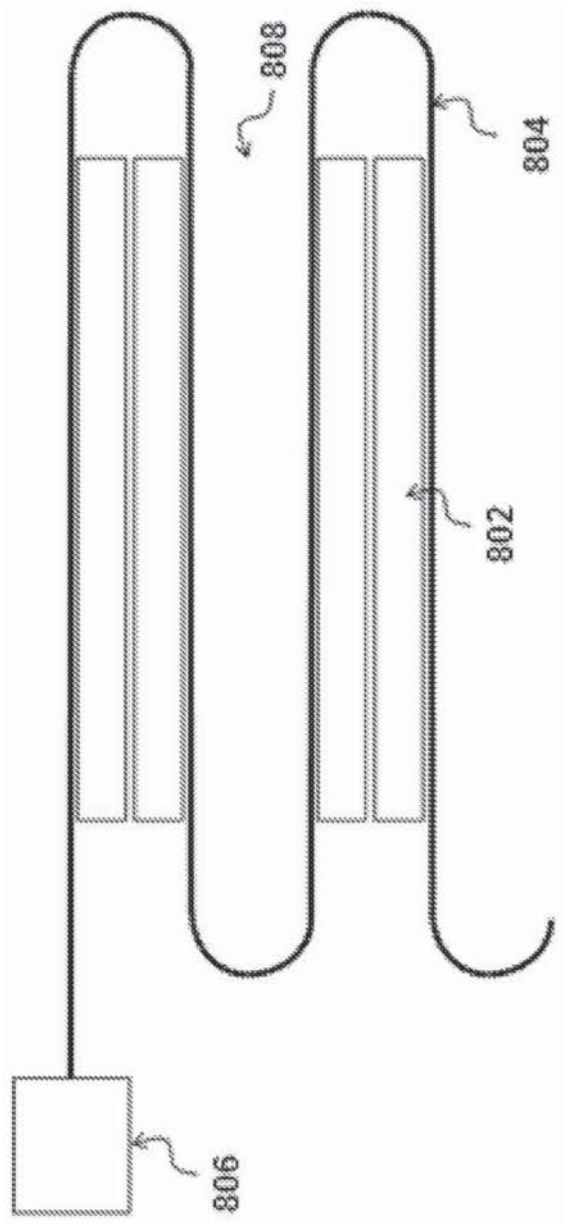


图8

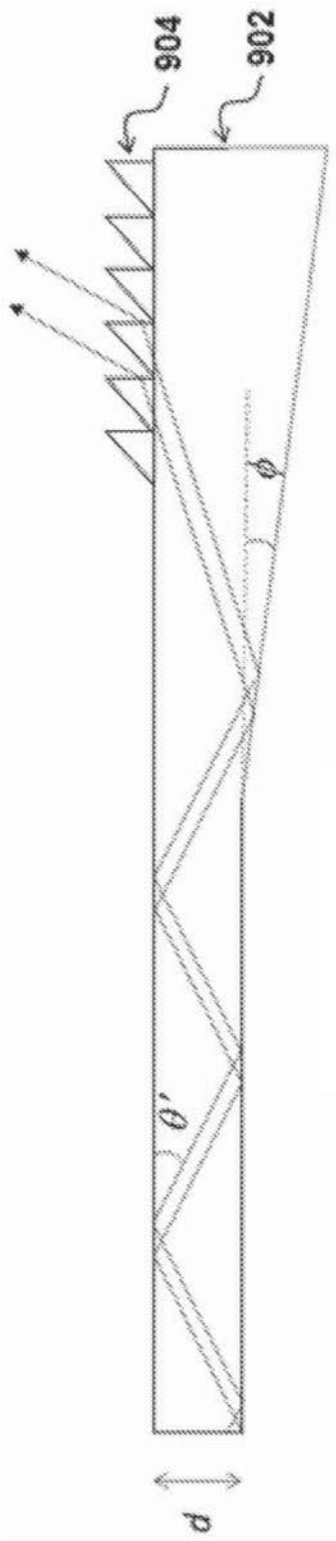


图9