



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114879410 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 05

(21) 申请号 202210704846.8

(22) 申请日 2018.07.19

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114879410 A

(43) 申请公布日 2022.08.09

(30) 优先权数据
62/534,226 2017.07.19 US(62) 分案原申请数据
201880046716.1 2018.07.19(73) 专利权人 鲁姆斯有限公司
地址 以色列耐斯茨奥纳市

(72) 发明人 埃拉德·沙林 尤查·丹齐格

(74) 专利代理机构 深圳紫藤知识产权代理有限公司 44570

专利代理师 吕姝娟

(51) Int.Cl.
G02F 1/13357 (2006.01)
G02F 1/1362 (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01)(56) 对比文件
CN 106154641 A, 2016.11.23
US 2008278812 A1, 2008.11.13
CN 205982819 U, 2017.02.22
TW 201531755 A, 2015.08.16

审查员 陈宝鑫

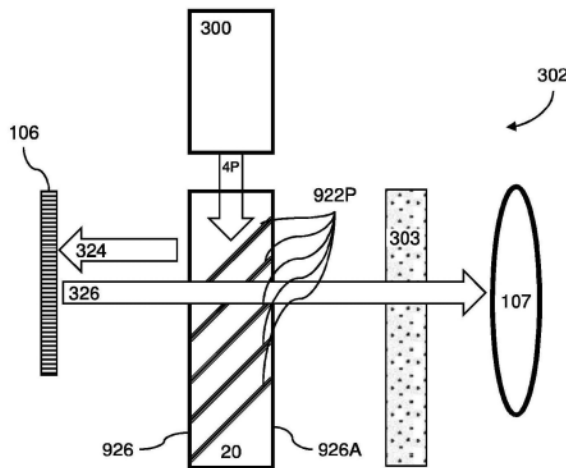
权利要求书1页 说明书11页 附图10页

(54) 发明名称

光学系统

(57) 摘要

一种光学系统,用于一图像光提供器的均匀光学照明,包括:一照明源被配置成从有效源孔径输出光;一前照式反射的空间光调制器(SLM)被布署以调制入射在SLM上的光及输出对应于图像的调制反射光,SLM在二维上大于有效源孔径;一光导布置包括第一及第二光导区域,第一光导区域接收来自照明源的光及在光于至少一维度上扩展以在第二光导区域内传播时引导光,第二光导区域具有一对相互平行的外表面以通过内反射引导光,其中一个外表面与SLM呈面对关系;一耦出布置与第二光导区域相关联,并且被配置以将在第二光导区域内传播的光朝向所述SLM逐渐耦出;及一输出偏振器被布署以选择性透射从SLM反射的图像照明,所述图像照明穿过所述一对相互平行的外表面。



1. 一种光学系统,其特征在于:包括:

(a) 一照明源,被配置成从一有效源孔径输出光;

(b) 一前照式反射的空间光调制器,被布署以调制入射在所述空间光调制器上的光及输出对应于一图像的调制反射光,所述空间光调制器在二维上大于所述有效源孔径;

(c) 一光导布置,包括一第一光导区域及一第二光导区域,所述第一光导区域是一个二维波导,所述第二光导区域具有一对外表面,所述第一光导区域接收来自所述照明源的光及引导所述光,同时所述光在至少一个维度上扩展以在所述第二光导区域内传播,所述第二光导区域具有的一对相互平行的外表面通过内反射引导所述光,其中一个所述外表面与所述空间光调制器呈面对关系;

(d) 一耦出布置,与所述第二光导区域相关联并且被配置以将在所述第二光导区域内传播的所述光朝向所述空间光调制器逐渐耦出,所述耦出布置包括一系列的多个选择性反射表面,所述系列的多个选择性反射表面与所述第二光导区域相关联且被取向倾斜于所述一对外表面,每一个所述选择性反射表面反射一第一种偏振的光的一部分且透射所述第一种偏振的光的一剩余部分及透射一第二种偏振的光;

(e) 一输出偏振器,被布署以选择性透射从所述空间光调制器反射的图像照明,所述图像照明穿过所述一对相互平行的外表面;及

(f) 一进行准直的投影光学器件;

其中所述输出偏振器被布署在所述光导布置与所述投影光学器件之间。

2. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:还包括:一偏振调节器,被布署以在所述光进入所述第二光导区域前进行调节。

3. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:所述第一光导区域具有一对相互平行的主要外表面,以及与所述第一光导区域相关联的一系列的多个选择性反射表面,所述系列的多个选择性反射表面将所述光朝向所述第二光导区域偏转。

4. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:所述第一光导区域具有朝向所述第二光导区域发散的一对表面。

5. 如权利要求1所述的光学系统,其特征在于:所述第一光导区域具有一第一对相互平行的外表面和一第二对相互平行的外表面,以及所述第二对相互平行的外表面垂直于所述第一对相互平行的外表面,用于引导来自所述照明源的光。

光学系统

[0001] 本申请为申请号201880046716.1(PCT申请号为PCT/IL2018/050798)、申请日2018年07月19日、发明名称“通过光导光学元件的硅基液晶照明器”的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明通常涉及光学照明(optical illumination),特别是涉及一种图像光提供器的均匀照明(uniform illumination of an image light provider)。

背景技术

[0003] 参考图1,这示出用于照明器的一架构的一传统实现方案。一光源2L产生一非偏振的、均匀照明的输入光束(an unpolarized,uniformly illuminated input beam)4L。所述非偏振的输入光束4L被一偏振器(polarizer)103偏振化,以产生一偏振的、均匀照明的输入光束4P,被假定为被偏振化的S-pol(S偏振,S-polarization)。所述偏振化的输入光束4P被输入到一偏振分束器(PBS)104,并且作为被一偏振选择型的反射器105反射到所述硅基液晶(LCOS)矩阵106上的光线124。所述LCOS矩阵106被从所述LCOS的前方照明,藉由改变所述照明器的偏振度,在空间上将所述被反射的光调制为一图像,并将所述光反射为一图像的光线126。所述LCOS将来自所述光线124的S-pol的被反射光的偏振度旋转至在光线126中的白色像素的P-pol(P偏振,P-polarization),而黑色像素的偏振度不变(保持为S-pol)。来自在光线126中具有P偏振的数个白色像素的光穿过所述偏振选择型的反射器105,而来自在光线126中具有S偏振的数个黑色像素的光不穿过所述偏振选择型的反射器105。所述P-pol光线126然后朝向投影光学器件(toward projecting optics)107(通常是投影系统,被示意性地描绘为透镜)传播。所述投影光学系统107进行准直(collimation)及其他功能,如同特定应用所必需的。

发明内容

[0004] 根据本实施例的教导,提供一种光学系统,包括:一光导,具有:相互平行的一第一个外部的表面及一第二个外部的表面;及一第一反射面序列,所述第一反射面序列的至少一部分为:数个平行、部分反射及偏振选择性的表面;具有处在相对于所述第一个外部的表面及所述第二个外部的表面的一倾斜角度;及位在所述第一个外部的表面与所述第二个外部的表面之间;以及一前照式反射偏振旋转的图像调制器:被布署以空间地调制从所述第一个外部的表面被耦出的光;输出对应于一图像而被反射的光;及被布署使得所述被反射的光从所述第一个外部的表面通过所述第一反射面序列穿越所述光导到所述第二个外部的表面。

[0005] 在一个可选的实施例中,所述数个反射面中的每一个反射一第一种偏振的光的至少一部分并透射所述第一种偏振的光的一剩余部分,且透射一第二种偏振的光。

[0006] 在另一个可选的实施例中,所述第一种偏振的反射率从在所述第一反射面序列中的一个反射面到随后的另一个反射面有所增加。

[0007] 在另一个可选的实施例中,所述第一种偏振的光从所述第一个外部的表面被耦出,且所述被反射的光为所述第二种偏振的光。

[0008] 在另一个可选的实施例中,所述第一反射面序列扩展被耦入所述光导的光,使得所述光被均匀地耦出所述第一个外部的表面。

[0009] 在另一个可选的实施例中,该图像调制器是一硅基液晶(LCOS)阵列。

[0010] 在另一个可选的实施例中,所述反射面以至少部分地使用选自由下列组成的群组中的一技术所建构:多层涂层(multi-layer coatings)、一介电涂层(dielectric coating)及一线栅(wire-grid)。

[0011] 在另一个可选的实施例中,所述数个反射面的一主轴的取向决定所述数个反射面的反射率。

[0012] 在另一个可选的实施例中,所述数个反射面中的每一个的反射率取决于所述反射面的一光入射角度(angle light impinges)。

[0013] 在另一个可选的实施例中,所述第一反射面序列被配置成产生从所述第一个外部的表面的被耦出的光,所述第一反射面序列具有的一恒定数量的反射面,所述恒定数量的反射面在朝向所述第一个外部的表面的光被耦出的一观察名义点(nominal point of observation)的一视线中相交迭。

[0014] 在另一个可选的实施例中,还包括:一第二反射面序列,所述第二反射面序列的至少一部分为:数个平行、部分反射及偏振选择性的表面;具有处在相对于所述第一个外部的表面及所述第二个外部的表面的一倾斜角度;及位在所述第一个外部的表面与所述第二个外部的表面之间;其中所述第一反射面序列中的反射面与所述第二反射面序列中的数个反射面相对于彼此是非平行的。

[0015] 在另一个可选的实施例中,所述反射面序列中的每一个反射面横跨一覆盖区域,所述横跨作为所述反射面序列中的每一个反射面被布署所越过的一区域,并且其中所述第一反射面序列与所述第二反射面序列两者的所述覆盖区域是至少部分交迭的。

附图说明

[0016] 所述实施例在此仅藉由举例的方式,参考附图被描述,其中:

[0017] 图1是用于照明器的一架构的传统实现方案。

[0018] 图2是被配置用于当前实施例的一示例性光导光学元件(LOE)903的一侧视图。

[0019] 图3A及图3B是用于光学照明器302的一示例性紧凑型系统的相应前视及侧视的多个草图。

[0020] 图3C是源光学器件300的一第一示例性实施例300C的一草图。

[0021] 图3D是源光学器件300的一第二示例性实施例300D的一草图。

[0022] 图4A是具有均匀角度响应的多个反射面的一侧视的一草图。

[0023] 图4B是具有不同角度响应的多个反射面的一侧视的一草图。

[0024] 图5A是以图解说明具备多个非交迭的反射面的一光导在图像均匀性上变化的影响的一示意图。

[0025] 图5B是以图解说明具备多个交迭的反射面的一光导在图像均匀性上变化的影响的一示意图。

- [0026] 图5C是三重反射面的一草图。
- [0027] 图6是所述光导20的一角度空间配置的一草图。
- [0028] 图7是图6具备被改善的能量萃取的一角度空间配置的一草图。
- [0029] 图8是对于图7的配置所设计的涂层的一性能图表。
- [0030] 图9是包括所述第二示例性实施例300D的锥形(或柱面透镜)扩展的一配置的一角度分布草图。
- [0031] 图10A是用于光学照明器302A的一第一种可选的结构的一草图。
- [0032] 图10B及图10C是用于光学照明器302B的一第二种可选的配置的各别的侧视及前视的多个草图。
- [0033] 图11A及图11B是在多个光导10及20中的多个内部的反射面的反射过程。

具体实施方式

[0034] 具体实施方式-图2至图11B

[0035] 参考附图及所附描述可以更好地理解根据本实施例的系统的原理及操作。本发明是一种用于光学照明的系统。与诸多传统实施方式相比,所述系统以更小(紧凑)的配置促进图像光提供者的均匀照明。

[0036] 一种用于一图像光提供器的均匀光学照射器的系统,所述图像光提供器采用比诸多传统实施方式更小(紧凑)的一配置,所述系统包括:一光导,具有:相互平行的一第一个外部的表面及一第二个外部的表面;及一第一反射面序列,所述第一反射面序列的至少一部分为:数个平行、部分反射及偏振选择性的表面;具有处在相对于所述第一个外部的表面及所述第二个外部的表面的一倾斜角度;及位在所述第一个外部的表面与所述第二个外部的表面之间;以及一前照式反射偏振旋转的图像调制器:被布署以空间地调制从所述第一个外部的表面被耦出的光;输出对应于一图像而被反射的光;及被布署使得所述被反射的光从所述第一个外部的表面通过所述第一反射面序列穿越所述光导到该第二个外部的表面。

[0037] 基础技术:

[0038] 参考图2,这示出被配置用于当前实施例的一示例性的光导光学元件(LOE) 903的一侧视图。一准直光源(collimated light source) 2C发出一准直的输入光束(collimated input beam) 4C。在本文件的上下文中,诸多光源也被称为“投影仪(projectors)”。诸多光源可以是诸多雷射或传输单个或数个波长的一LED。所述光具有数个角传播方向,这些传播方向围绕所述透射轴被取向,诸如在一光导中。为了简化当前图式,通常仅有了清楚起见的所述传播的中心方向被描绘。通常仅有一条光线被描绘,所述传入光线、所述输入光束(例如所述准直的输入光束4C),也称为“光束(beam)”或“传入光线(incoming ray)”。通常,在此藉由一光束表示一图像的任何一处,应当注意的是,所述光束是所述图像的一样本光束,所述图像通常由处于诸多略微不同角度的数个光束形成,每个角度对应于所述图像的一点或像素。除了特别被称为所述图像的一尽头(extremity)处以外,所例示的诸多光束通常是所述图像的一质心(centroid)。也就是说,所述光对应于一图像,并且所述中心光线是来自所述图像的一中心或所述图像的一中心像素的一中心光线。

[0039] 一第一个反射表面916由所述准直的输入光束4C所照射。一第一区域954靠近所述

准直的输入光束4C,其中一图像照明器被耦合进入一光导920。所述反射表面916至少部分地反射来自所述准直光源2C的所述准直的输入光束4C的所述入射光,使得所述光藉由内反射,通常是全内反射(TIR),被捕获在所述光导920内部。所述光导920通常是一透明基板,并且也称为一“平面基板(planar substrate)”、“透光基板(light-transmitting substrate)”及“波导(waveguide)”。所述光导920包括至少两个(主要的、外部的)表面,通常彼此平行(相互平行),在当前图式中被示为第一个(后方的、主要的)表面926及一前方的(第二个、主要的)表面926A。注意的是,关于所述主要的表面(926、926A)的“前(front)”及“后(back)”的指定方式是为了便于参考。耦入到所述光导920可以来自各种表面,诸如前、后、侧边或任何其他被期望的耦入几何形状。

[0040] 所述准直的输入光束4C在所述基板的一近端(图式的右侧)进入所述光导基板。光透过所述光导920及一个或数个反射面,一般至少为数个反射面,并且通常是几个反射面,朝向所述光导920的一远端(图式的左侧)传播。所述光导920通常藉由所述多个外表面的内反射来引导在所述基板中传播的光。

[0041] 在可选地反射离开所述基板920的所述内表面以后,所述被捕获的波到达一组选择性反射的表面(反射面)922,所述选择性反射的表面(反射面)922将所述光从所述基板耦出到一观察者的眼睛10。在当前的示例性图式中,被捕获的光线藉由在所述点944处的两个其它部分反射表面922从所述基板920逐渐被耦出。

[0042] 内部的、部分反射的多个表面,诸如所述组选择性反射的表面922,在本文件的上下文中通常被称为“反射面(facets)”。对于诸如增强实境的诸多应用,所述反射面是部分反射的,允许来自现实世界的光经由所述前方的表面926A进入,穿越包括诸多反射面的所述基板,经由所述后方的表面926离开所述基板到所述观察者的眼睛10。示例性的光线942示出所述准直的输入光束4C从反射表面916部分反射的光,并且示例性的光线941示出所述准直的输入光束4C部分透射穿过反射表面916的光。

[0043] 所述内部的部分反射的表面922通常与所述光导920的所述伸长方向成一倾斜角度(即,非平行,既不平行也不垂直)至少部分穿越所述光导920。部分反射可以藉由各种技术被实现,包括但不限于光的一透射百分比或偏振的使用。

[0044] 所述光导920可选地具有一第二对外表面(在当前图式的侧视中未被示出),所述第二对外表面彼此平行并且不平行于所述第一对外表面。在一些实施方案中,所述第二对外表面垂直于所述第一对外表面。通常地,所述多个反射面中的每一个相对于所述第二对外表面处于一倾斜角度。在其他情况下,在不需要来自所述光导的诸多周围表面的诸多反射的情况下,那些周围表面通常保持未抛光及/或涂覆有吸光(譬如黑色)材料,以最小化非期望的诸多反射。

[0045] 第一实施例:

[0046] 参考图3A及图3B,这示出用于光学照明器302的一示例性紧凑系统的各别的前视及侧视的多个草图。常规的PBS 104由一光导(波导)偏振分光器(WGPS)代替,诸如一光导20(类似于上述的LOE 903)。源光学器件300将具有均匀照明的偏振的光4P提供进入所述光导20。源光学器件300具有一出口宽度300W,并且光导20具有所述均匀照明的偏振的光4P的一输入宽度20W。所述光导20的所述侧面21(第二对外表面)可以涂覆有一反射涂层,以防止能量从侧面逸失。虽然所述准直的输入光束4C在上面被描述为被LOE903所使用,但是进入所

述光导20的均匀照明的偏振的光4P优选地不是确切准直的,而是在一被决定的角度范围内照射的一角度扩展性。

[0047] 随着光(均匀偏振的光4P)沿所述光导20传播时,所述光被一系列偏振选择性的多个反射面922P部分反射。所述偏振选择性的部分反射的多个反射面922P类似于上述的一组选择性反射的表面(反射面)922,具有基于偏振的选择性反射。这些偏振选择性的多个反射面922P将光324的一第一种偏振(例如S-pol)反射并将光326的一第二种正交的偏振(例如P-pol)透射。

[0048] 当前实施例的一创新特征是所述多个反射面是偏振选择性的并且是部分反射的。此特征可以在所述光导20的生产过程中被实现。对于一般示例性的生产方法,参见美国专利第6,829,095号(2004年12月7日被授予并且被转让给LUMUS有限公司)。产生所述偏振选择性部分反射的多个反射面的优选方法是在所述光导的多个板之间使用一介电涂层或线栅。可以预见的是,其他实现部分反射偏振选择性的诸多方法可以被开发,并且可以被实现用于当前实施例。在使用一线栅的情况下,藉由控制所述线栅的参数,诸如诸多线的导电性,可以使得所述线栅偏振器仅为部分反射偏振(平行于诸多线)。例如:较低传导性的线可被用于较低的反射。导电率可以藉由线材、厚度及间距被控制。控制反射率的另一种选择是旋转或“扭曲(twist)”所述线栅。一技术的组合,诸如将一介电材料与一线栅相结合,控制在所述线栅上的光强度,并且因而控制所述反射率。偏振选择性涂层的附加资讯及诸多示例性图表可以在例如美国专利第7,643,214号(2010年1月5日被授予并且被让与给LUMUS有限公司)中被找到。

[0049] 所述第一种偏振的光324经由所述第一个外部的表面926从所述光导20朝向例如所述LCOS 106的一前照式反射偏振旋转图像调制器输出。为了简化当前描述,使用一LCOS的具体实施方案将被描述。所述第一种偏振的光324入射在所述LCOS 106上。优选地,所述第一种偏振的光324以在适当的中心角周围的一光锥(cone of light)照亮每个像素。优选地,所述光导20应略微远离所述LCOS 106,以防止可观察到的不均匀性。所述入射的第一种偏振的光324藉由所述LCOS 106的偏振旋转进行空间地调制,并且朝向所述光导20而被反射。例如:所述第一种偏振的光324被反射并旋转为所述(正交的)第二种偏振的光326。由于所述偏振选择性的反射面922P被设计为对所述第二种偏振的光326是透明的,所以所述第二种偏振的光326经由所述偏振选择性的多个反射面922P从所述第一个外部的表面926穿过(穿越)所述光导20,并且从所述第二个外部的表面926A朝向所述投影光学器件107射出。为了滤除被散射的光,可以在所述光导20与所述投影光学器件107之间布署一可选的偏振器303。在当前示例中,所述偏振器303是处于P-pol取向并且过滤任何S-pol偏振的光。

[0050] 参考图3C,这示出源光学器件300的一第一示例性实施例300C的一草图。所述非偏振的光源2U发射(不一定是均匀的)非偏振的光4U,所述非偏振的光4U被垂直引入一2D(二维)光导9。随着所述光在所述2D光导9中传播及反射,所述光的照明变成更具均匀性的光4L1。一可选的漫射器(未示出)可以被放置在所述光导20前方,例如:沿着或者作为所述2D光导9的诸多外表面的一部分,以改善在所述光导9的所述输出宽度上的进一步的光均匀性。可选地,可以将一小型PBS引入所述2D光导9。所述小型PBS可被用于传递S偏振的光,同时输出P偏振的光,然后藉由1/2波片被旋转为S-pol并与所述被通过的S偏振平行结合,从而避免50%的功率损失。替代地,对2D光导9而言,在本技术领域用于产生均匀性的光4L1

的其他实施方案是已知的。

[0051] 所述均匀性的光4L1然后进入一第一个光导10,所述第一个光导10具有内部部分反射的多个反射面12(类似于上述具有选择性反射的多个反射面922的LOE 903)。这些反射面处于一角度以将所述内部传播的光反射出第一个光导10,作为朝向所述光导20的具有均匀照明的光4L。

[0052] 可选地且优选地,从所述第一个光导10被反射出的具有均匀照明的光4L然后穿过可选的偏振管理器314。偏振管理器314的多个构件可包括一偏振器(类似于如上所述的偏振器103)及1/2波片。一纯偏振是优选的,以使得在所述光导20中的光散射最小化并且从所述LCOS 106获得一高对比度的图像。一偏振器的取向优选为沿着由所述多个反射面12耦出的最大强度的一方向(最可能是S偏振)。由于通常诸多涂层(在该多个反射面12上)及/或诸多线栅比P偏振还高许多的效率反射S偏振,因此大部分所述均匀性的光4L1的所述S-pol分量将被反射作为均匀照明的光4L。如果由所述第一个光导10发射的偏振取向(并且如果被使用则由该偏振器过滤)与在所述光的传播路径中的下一阶段的所述最佳偏振不交迭,则需要一波片(wave-plate)。在一典型的情况下,来自所述第一个光导10的所述S-pol在反射后被取向为P-pol,因此需要一1/2波片以再次获得S-pol取向。

[0053] 所述偏振管理器314是可选的,这取决于入射在所述LCOS 106上的所述第一种偏振的光324的纯度(对于良好的图像对比度,单一偏振是优选的)。所述偏振管理器314应该优选为尽可能薄,而不破坏在所述第一个光导10中的所述TIR。一种替代方案是藉由低折射率胶(例如: $n \sim 1.3$)将所述偏振管理器314黏合在所述第一个光导10与所述光导20之间。

[0054] 随着所述光导20不进行成像,在所述光导20中的光传播可以沿着所述光导20的一轴对应于所述反射面序列的一方向被注入。在这种情况下,可以在所述光导10及20的所述外部的多个反射面上使用一低折射率胶(例如, $n=1.3$)。所述胶可以存在于所述2D光导9与所述第一个光导10之间、所述光导20与所述投影光学器件107(例如棱镜)之间,以及所述光导20与所述LCOS106之间。这样的话,将是没有气隙的。

[0055] 参考图3D,这示出源光学器件300的一第二示例性实施例300D的一草图。所述光源2U发射非偏振的光4U,所述非偏振的光4U被垂直地引入所述2D光导9。随着所述光在所述2D光导9中传播及反射,所述光的照明变成更均匀的光4L1。所述均匀性的光4L1然后进入一锥形非成像光导326,所述锥形非成像光导326将内部传播的光从锥形非成像光导326侧向扩展为具有朝向(可选的偏振管理器314及)所述光导20的均匀照明的光4L。

[0056] 在上述两个示例性实施例中,具有均匀照明的所述偏振的光4P从所述源光学器件(300C、300D)被输出并进入所述光导20。

[0057] 可选地,在将光(所述具有均匀照明的偏振的光4P)注入所述光导20之前,具有不正确角度分布的光被过滤,亦即,不与所述期望的图像交迭的光。因此,仅将与图像交迭的角度分布被注入所述光导20。此技术减少所述散射及对对比度降低。

[0058] 所述诸多光导(所述光导20、所述第一个光导10)可以是基于金属涂层、介电涂层或全内反射(TIR),以在内部反射传播的光。在所述第一个光导10与光导20之间的面优选为角度选择透射率,优选基于TIR。

[0059] 孔径管理器及/或部分反射器、基于波导的反射、涂层管理及2D扩展的所述组合是用于光学照明器302的所述紧凑系统的诸多特征,比诸如基于诸多偏振分束器的诸多传统

实施方式更加紧凑。一更为紧凑的系统允许降低成本、重量以及可能更多用于成像/投影光学器件107的空间。

[0060] 替代实施例:

[0061] 参考图4A,这示出具有均匀角度响应的多个反射面的一侧视的一草图。藉由配置在所述光导20中的多个反射面的角反射率,可以改善所述LCOS106的照明。所述光导20包括一系列反射面922A(类似于上述反射面组922)。所述LCOS 106的几个示例性的像素434被示出。具有均匀照明的偏振的光4P进入所述光导20作为角度分布器430。所述多个反射面922A具有均匀的角度响应,因此,所述反射的像素434都看到相同的照明角锥432并且将反射相同的照明角锥432。当前配置改善用于远心光学器件的照明,例如:如果投影光学器件107是远心的(telecentric)。

[0062] 参考图4B,这示出具有不同角度响应的多个反射面的一侧视的一草图。对于一非远心的光学配置,多个反射面922N(类似于上述反射面组922)可以采用不同的角度反射率被建构,从而产生不同的多个照明角锥440。在此示例性配置中,在区段922N1中的多个反射面将以多个更大的角度(相对于一顶点,其中每个顶点垂直于所述光导20的相同的一个外表面)反射光并且可透射到所有其他的角度。在多个区段922N2、922N1及922N3中的多个反射面全部都以一相同的角展度(angular spread)反射,但每个区段的所述角展度相对于(置中的)不同的角展度。

[0063] 作为参考的是,在远心照明中,所述多个主光线在图像及/或物体空间中被准直并且平行于所述光轴。当所述被准直的光线照射一物体表面时,所述被准直的光线保持被准直的。相比之下,来自一标准背光的光线相互扩散并相互干扰。在此文件的上下文中,远心照明描述光锥,其中一光锥垂直地会聚在每个像素上。在非远心照明中,每个不同的像素由相对于所述像素的不同地倾斜的一光锥照射。准直被用于描述从一像素被反射的发散光线(主要是锥形分布)并使所有反射的光线在特定方向上平行的光学器件。不同的像素是“被准直(collimated)”到不同的方向。

[0064] 均匀照明:

[0065] 为了有助于在所述LCOS 106上获得均匀照明,所述S偏振(一第一种偏振)的反射率应该优选地沿着所述光导增加,亦即,随着光沿着所述光导20传播,反射率从所述反射面922P的序列中的一个反射面到一随后的反射面有所增加。在所述传播路径中的第一个反射面应被设计成具有相对低的反射率,并且最后一个反射面具有相对高的所述(第一种)S偏振的反射率。由所述LCOS反射的P偏振的光(一第二种偏振)的所述透射率对于每个反射面而言应该是最大的。也就是说,所述多个反射面应尽可能透明至P偏振。在以下的描述中,通常使用S-pol反射率及P-pol透射率,并且为了简单起见,将假设为一远心照明(telecentric illumination)。

[0066] 一第一个要求是所述LCOS 106的照明应该优选是均匀的,以便实现(被反射的光326的)均匀的图像强度。一第二个要求是对于离开瞳孔的近眼显示器光学器件(投影光学器件107)也应该均匀地被照明以便进行最佳观察。这两个要求意味着所述LCOS 106像素(像素434)应该均匀地被照明并且所述照明角锥432的角度应该是均匀的。换句话说,优选为,100%的全空间照明及跨光学系统的数值孔径的均匀角度照明。

[0067] 如果来自所述源光学器件300的耦合完全填充所述光导20的所述入口,则可以实

现所述LOE的光导20的均匀照明。因此,所述源光学器件300的所述出口宽度300W应该优选地等于所述光导20的输入宽度20W或比所述光导20的输入宽度20W更宽。此外,所述源光学器件300也应该优选地被均匀照明,这可以例如藉由使用诸多漫射器及所述初始的2D光导9的适当长度而被实现。

[0068] 在所述光导20内进入及传播的光中可能存在一些不均匀性,并且可能由所述反射面922P本身引入一些均匀性。为了减少及处理这种不均匀性,具有内部的部分反射的反射面12的所述第一个光导10及具有所述偏振选择的反射面922P序列的光导20优选地处于一交迭配置。

[0069] 参考图5A,这示出具有非交迭的反射面的一光导(诸如光导920)的一示意图,以示出对图像均匀性变化的影响。被感知到的不均匀性的一来源涉及不同视场中的内部的反射面的角度交迭。在此以图解说明的所述光导的区域中,所述光导包含多个内部的反射面(其中两个被描绘为最后一个反射面2515及第一个反射面2517)。大部分所述被耦出的光从单个内部的反射面被反射。然而,在所述多个反射面的所述边缘处,在轴外角度处存在不均匀性。对于指向左方的所述FOV区域(标记为实心箭头),一传统间隙区2520(通常也称为一“底部区(underlapping area)”,“黑线(black line)”区或“暗条(dark strip)”区)将不会反映任何光,因为在所述角度处,在由所述最后一个反射面2515反射的光与所述第一反射面2517之间存在有效间隙,导致在被感知的一暗条带。另一方面,向右被耦出的光(标记为虚线箭头)具有一传统的明亮区2525(通常也称为“部分交迭(partially overlapping)”区,或“明暗度强(intense)”区),其中存在交迭的区域,从2515及2517被反射的光,使得所述光导将反射几乎是两倍的光量。因此,在当前图式中的所述不均匀性将在所述FOV及眼睛位置的不同区域中的所述延伸孔径上的所述中值图像强度(median image intensity)大约在200%与0%之间变化。

[0070] 参考图5B,这示出具有交迭反射面的光导的示意图,以示出对图像均匀性变化的影响。如当前图式所图解说明的,在所述反射面之间被引入实质的交迭。在这种情况下,在相邻的反射面之间的所述间隔减半,导致所述FOV的大多数部分在大多数眼睛位置处经由来自两个反射面的交迭反射而接收来自图像的照射。在此示例性情况下,单个中间的反射面2535被配置在最后一个反射面2515与第一个反射面2517之间。在所述图像的角度尽头及所述多个反射面的尽头处附近,仍然存在对所述图像的某些区域有贡献的多个交迭的反射面的数量变化,如由下方露出(underlapping)区2540及明亮(bright)区2545所示,所述下方露出区2540仅由一个反射面(中间反射面2535)起源而成,所述明亮区2545由三个相邻反射面(2517、2535及2515)贡献而成。因此,所述输出不均匀性将在中值反射率的50%与150%之间变化。

[0071] 来自反射面2517的第一个半部的光(从右方传播的光)将耦出作为被减少的能量(射线/输出的光束2546),因为在此位置处与下一个反射面2535没有交迭,即只有一个反射面将光反射给所述观察者。在反射面2515的最后一个半部发生相同的减小的功率(射线/输出的光束2547)。在这些区域中,所述反射率将是中值反射率的50%。

[0072] 参考图5C,这示出三重反射面(三重反射面交越、三重交迭)的一草图。与其他示例类似,一光导(所述光导20)包括在所述多个第一个表面(26、26A)之间交迭的多个内部的反射面922T,所述反射面922T以双重线条被示出。一实线箭头示出穿过三个反射面的一名义

上的光线(nominal ray),然后从所述基板向外耦合(以箭号向外耦合的光线38B)。如在类似的图式中,虚线被用于示出所述多个反射面922T的对齐情况。在此示例中,多重的(特别是两个)第一个部分反射面及多重的(两个)最后一个部分反射面被示出。

[0073] 在当前实施例中,在一交迭配置中的多个反射面的配置管理,具体地优化所述交迭,以获得将光反射到所述观察者上的一恒定数量的反射面(多于一个),换言之,至少二反射面将光反射而朝向一观察者的一FOV,可以减少来自所述光导的光被输出的不均匀性。

[0074] 参考图6,这示出由第一示例性实施例300C(图3C)所馈送的所述光导20(图3A、图3B)的一角度空间配置的一草图。从所述光导20提取光的效率取决于所述多个反射面922P的诸多角度及诸多涂层参数。用于当前情况的诸多示例性参数是基于BK7玻璃及MY-130胶,但是其他光学材料可以被使用。

[0075] 所述第一个光导10的临界角60(表示为圆圈)在由 $n=1.3$ 的保护涂层包围的一BK7玻璃光导内是59度。四个圆圈表示所述光导20的四个外部反射面的所述临界角60。所述非偏振的光源2U及所述2D光导9产生均匀的照明分布,因此我们可以简单地假设在多个临界角62之间的角度区域被均匀照射。假设所述投影光学器件107的矩形孔径为 $f/2$,则所述所需图像的光的半角发散度为14度,如照明64所示。这种所需的照射角度分布沿着所述第一个光导10传播,直到被所述反射面12以45度反射到所述光导20上,如由所需的照明66所示。当所述所需的照明66沿所述第一个光导10传播时,所需的照明66被所述反射面922P以45度被反射出所述光导20并被反射到所述LCOS 106上,如由照明68所示。

[0076] 为了使散射最小化,优选的是在所述反射面12及反射面922P上的涂层仅在所需的角度的具有S偏振的反射率。在此示例中,这应该是大约45度左右 ± 14 度。

[0077] 本发明的此配置的效率由照明角度分布(在由临界角62限定的角度区域内)与所述照明64的所述所需的角度的区域的比率决定。具有与所述所需的分布交迭的有限角度分布的所述2D光导9(包括可选的漫射器)可被可选地用于提高效率。

[0078] 参考图7,这示出图6具备被改善的能量萃取的一角度空间配置的一草图。所述轴及所述临界角与参考图6的情况所描述的相同。

[0079] 所述所需的光学照射角度的分布70具有与图6中相同的参数但偏离中心处。这样,此分布由所述第一个光导10的四个外部的反射面反射,以产生多个分布70、72、74及76。当四个分布沿该第一个光导10传播时,这四个分布投入能量(engage energy)。

[0080] 在此实施例中的所述反射面12处于37度,并且具有涂层,所述涂层是部分地反射在20至53度(相对于反射面顶点)之间的角度的S偏振。这些反射面12将多个分布70及72反射到所述光导20上以分别作为分布78及80。随着所述二分布沿所述光导20传播,此二分布(78、80)也交换能量。

[0081] 在所述光导20内的所述多个反射面922P(在所述示例中具有与在所述第一个光导10中相同的参数)部分地将分布78从所述光导20反射到所述LCOS106上作为分布82。

[0082] 在当前实施例中,所述多个反射面部分地反射所述光,并且与在所述光导内的其他分布连续耦合,使得更多能量能够被耦合到所需的分布。从当前图式中显而易见的是,70、72、74及76的组合分布有效地填充所述第一个光导10的所述多个临界角之间的所述照明角度分布。

[0083] 反射面(12、922P)及相应多个涂层的一组合可以被设计在所述光导(10、20)中,将

以大角度(相对于反射面的法线)传播的光转换为以一相对较浅的角度传播。所述设计的组合可以基于处于诸多高角度的反射及处于诸多低角度的多个反射面,优选地仅关于S偏振。与允许光以诸多高角度传播的实施方案相比,此设计的组合可以提高效率。

[0084] 参考图8,这示出用于图7的配置所设计的涂层性能的一图表。当前图表中的表现包括交迭的多个反射面。所述S偏振(朝向LCOS 106)的反射率 R_s 为10-15%,而P偏振(从LCOS 106朝向投影光学器件107)的透射率 T_p 则>95%。在大多数角度的光谱中,其他图像 T_s (74、76及80)的所述透射率是相对良好的>85%。 R_s 的反射率会导致能量损失成不可观察的方向。

[0085] 图8的所述涂层的设计是基于示例性多层折射构造。然而,较低成本(具有稍低性能)的单层可以被使用,包括具有不同折射率的胶。

[0086] 参考图9,这示出包括该第二示例性实施例300D的锥形(或柱面透镜)扩展的一配置的角度分布的一草图。在所述第二示例性实施例300D中描绘的配置描述来自所述2D光导9的光(使用所述锥形非成像光导326的所述非偏振的光4U)的一锥形1D扩展。这种膨胀也可被可选地通过圆柱状的多个透镜。通过保持所述光分布的集光率,以执行这些类型的扩展是常识。这样,所述照明宽度的空间扩展是伴随着在同一轴上的照明角度分布等效减小。

[0087] 在所述2D光导9中的所述角度照明分布(在所有临界角之间的照明)被描绘为区84。所述锥形转换被描绘为对细矩形86的一变换(从一个方向到另一个方向的旋转不是强制性的,并且是为了清楚起见)。

[0088] 所需的强度的分布88及90交换能量,并由多个反射面922P以相同于图7中的78及80的方式被耦合到92。这样,从所述光导9到所需的照明分布的光能转换效率被提高。

[0089] 参考图10A,这示出用于光学照明器302A的一第一种可选的架构的一草图。在所述第一个光导10与所述光导20之间的一倾斜角度可被用于优化在图8中所示涂层的所述角度参数。

[0090] 参考图10B及图10C,这示出用于可选的光学照明器302B的第二种可选的架构的分别为侧视及前视的多个草图。所述源光学器件300将均匀照明的光4L1(在这种情况下为偏振或非偏振)提供进入一交迭的光导20A,所述交迭的光导20A具有一第一组反射面922M及一第二组反射面922N。所述第一及第二组反射面的交越(交迭)取向引发在所述交迭的光导20A内的所述源孔径的侧向扩展,并且在透射光326的第二个正交的偏振同时投射光324的所述第一种偏振。

[0091] 参考图11A及图11B,这示出在多个光导10及20中的所述内部的多个反射面的所述反射过程。两种基本配置被描绘,并且不同之处在于诸多光束及诸多反射面的诸多相对角度。在此示意图中,所述光束a1、a2及b1被描绘为相同的向量(为了简单起见,称为光束b1),因为相同的几何考虑适用于从相应光导的侧视被观察到的每一个。多个光束a3、a4及b2也被描绘为相同的向量(参考将仅针对b2)。所述光束b1代表74、78、80或90。光束b2代表70、72、78或88。

[0092] 诸多光束(light beams) b2实际上是在相同方向上传播的诸多光束,如在图11A中的两个向量所示。在这种情况下,一个向量被外部的面反射成光束b1并且到达一内部的反射面40(对应于多个反射面922P),其中一个向量的一部分被反射为光束c1。另一个光束b2的向量由反射面直接反射为向量光束c2。所述多个向量光束c1及c2表示正常图像(normal

image) 及鬼影图像 (ghost image), 不一定按此顺序。在此配置中, 多个光束 b1 及 b2 从同一侧入射在所述反射面 40 上。

[0093] 图 11B 描述着与参考图 11A 描述的类似过程。但是, 在几何形状使得多个光束 b1 及 b2 从反射面 40 的多个相对侧入射在反射面 40 上。

[0094] 在两种情况下, 在 S-偏振及 P-偏振中的图像 c1 及 c2 的反射幅度由这些反射面 40 上的涂层决定。优选地, 一个反射是图像而另一个被抑制, 因为另一个图像对应于不想要的“鬼影 (ghost)”图像。在本发明的共同转让的美国专利第 7,391,573 号及第 7,457,040 号中详细描述用于控制入射光束的角度范围被反射以及入射光束的角度范围被传输的合适涂层。

[0095] 注意的是, 上述的诸多示例, 使用的数字及示例性计算有助于本实施例的描述。无意造成的印刷错误、数学错误及/或简化计算的使用不会减损本发明的实用性及基本优点。

[0096] 所附的诸多权利要求是在没有多重引用的情况下被起草的, 这仅仅是为了适应不允许这种多重引用的管辖区域中的形式要求。注意的是, 通过使诸多权利要求多重引用而暗示的所有可能的特征组合被明确设想, 并且应被认为是本发明的一部分。

[0097] 应当理解的是, 以上描述仅仅旨在用作示例, 并且在所附诸多权利要求中限定的本发明的范围内, 许多其他实施例是可能的。

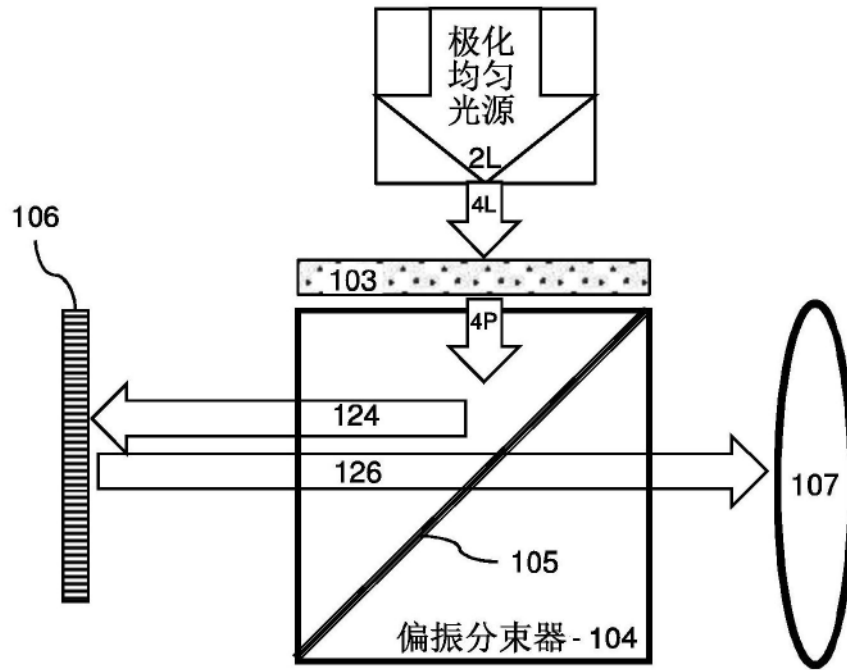


图1

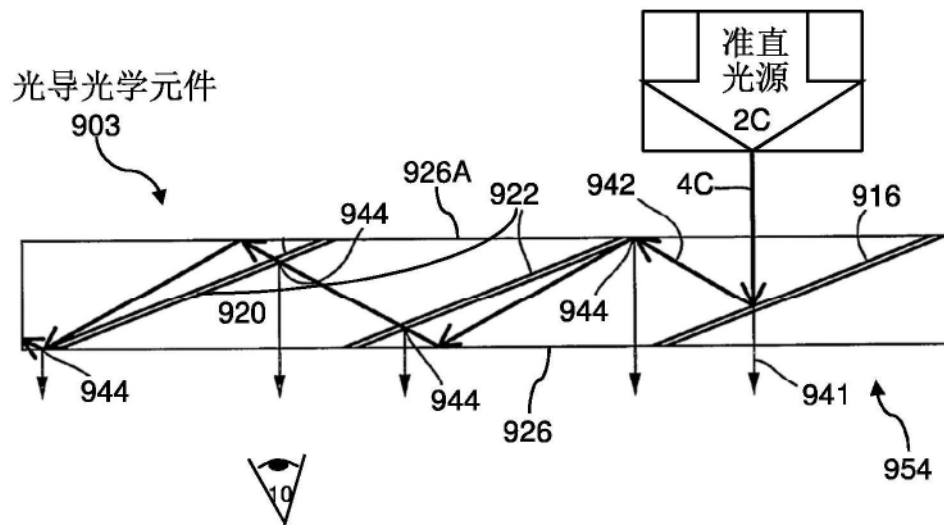


图2

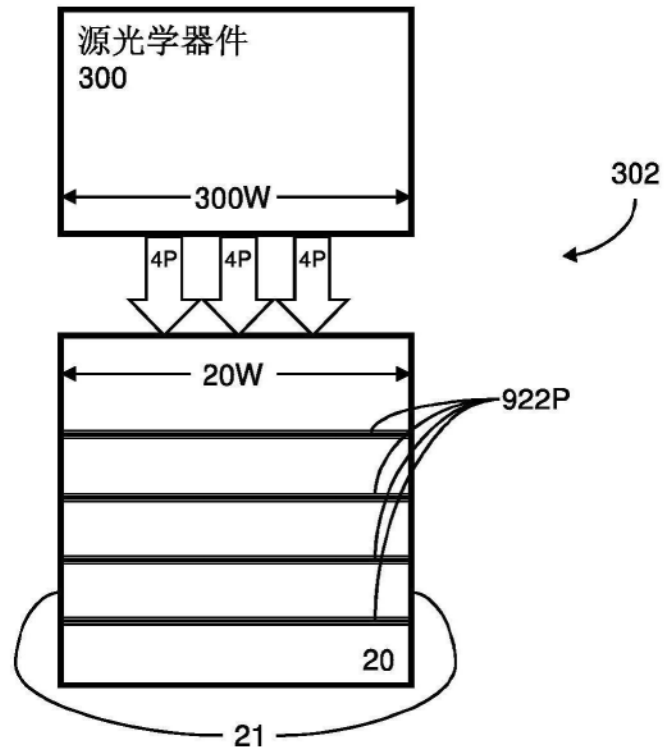


图3A

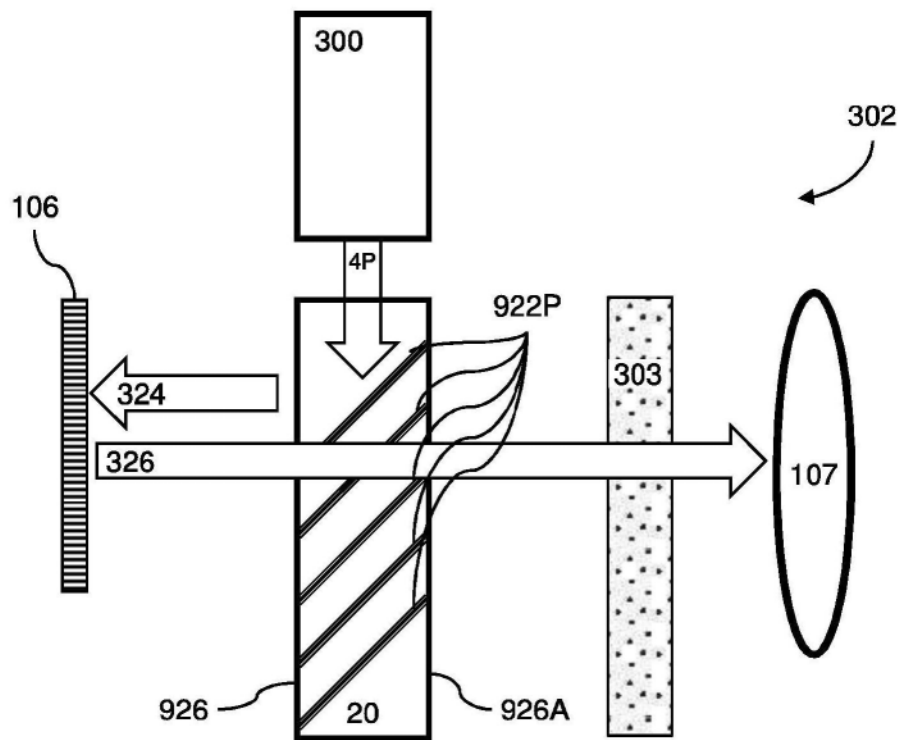


图3B

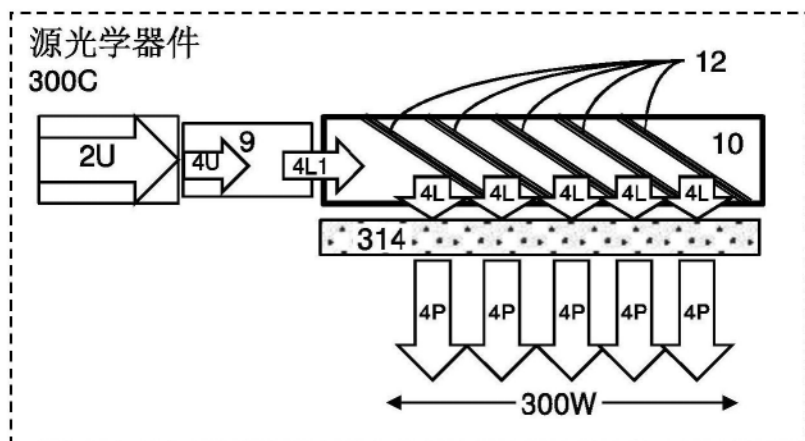


图3C

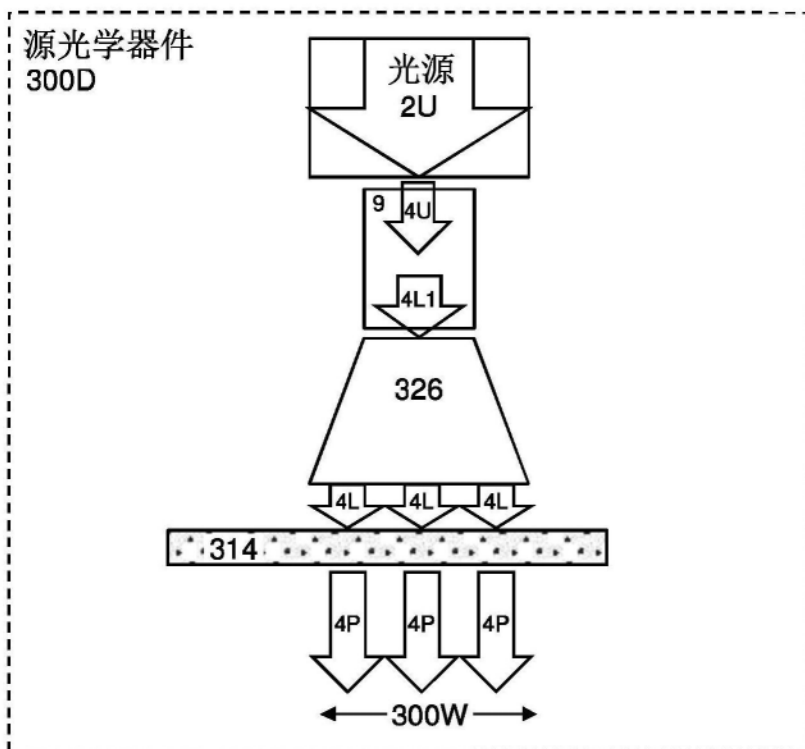


图3D

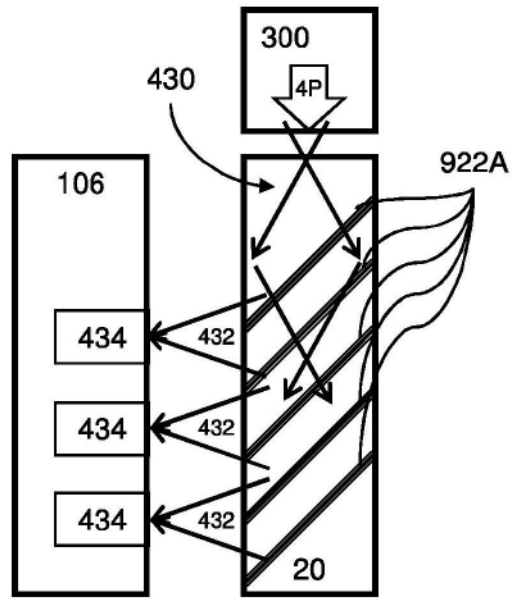


图4A

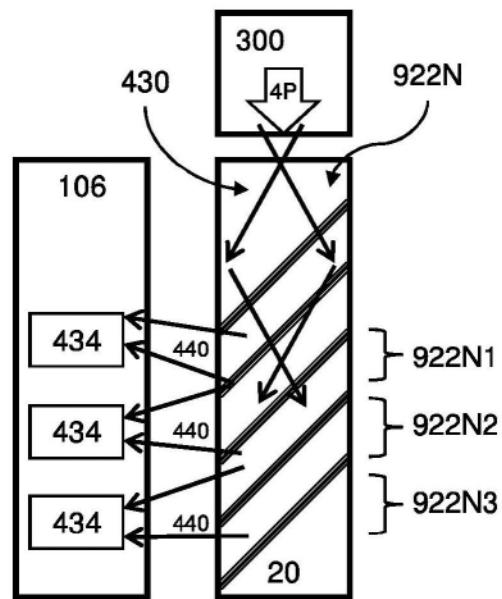


图4B

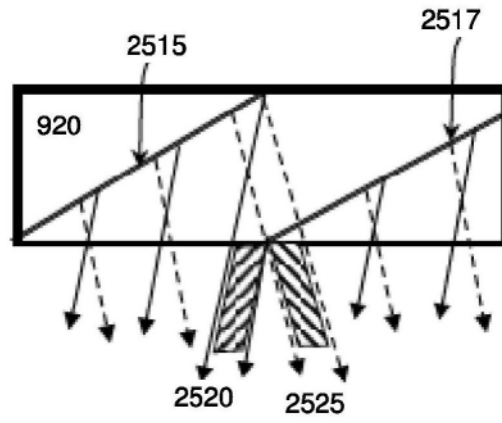


图5A

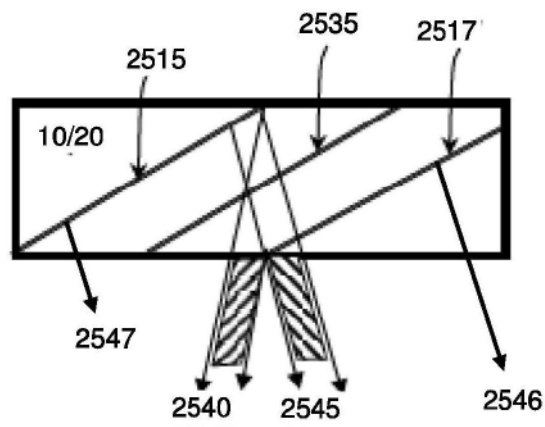


图5B

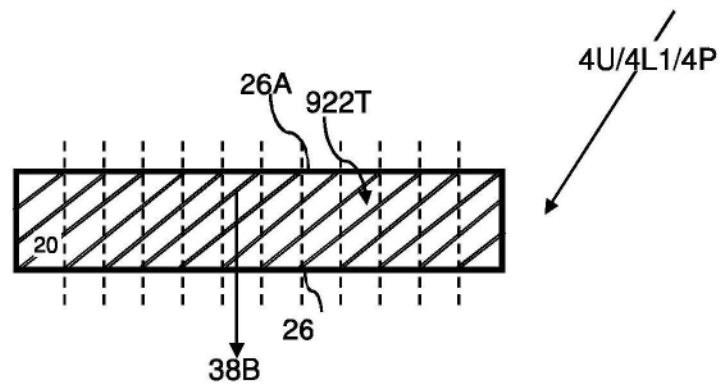


图5C

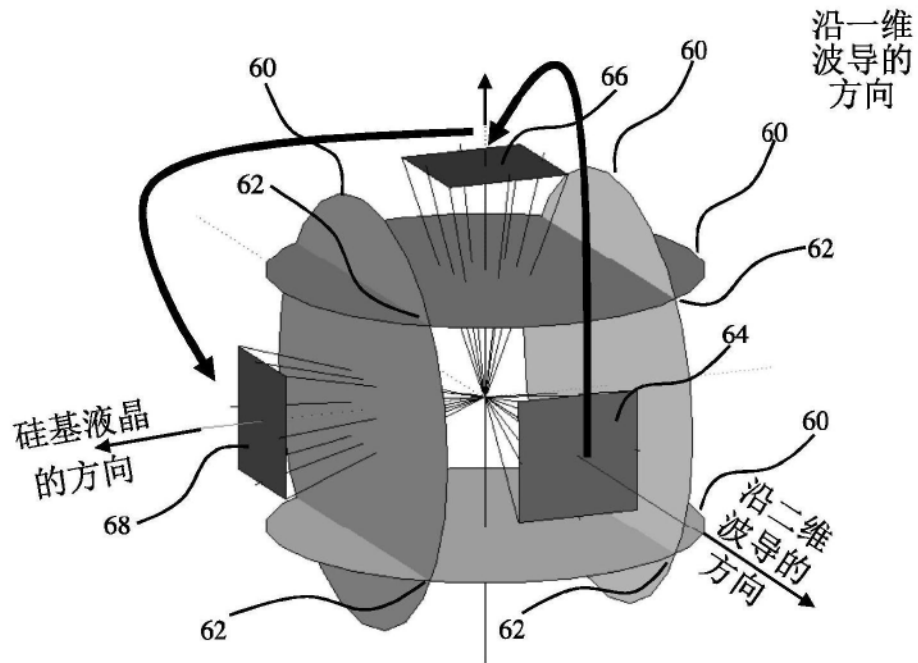


图6

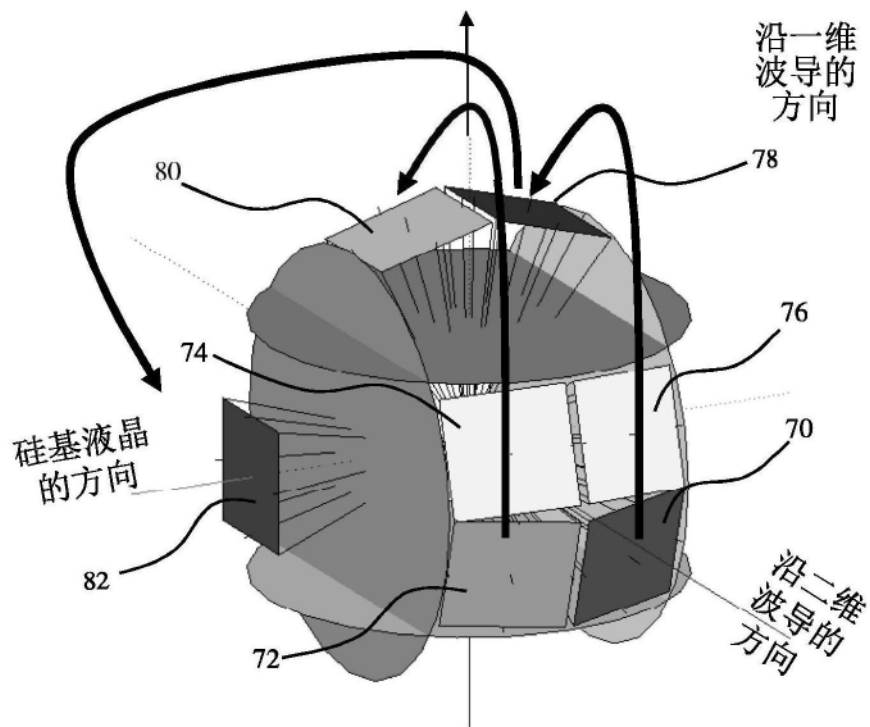


图7

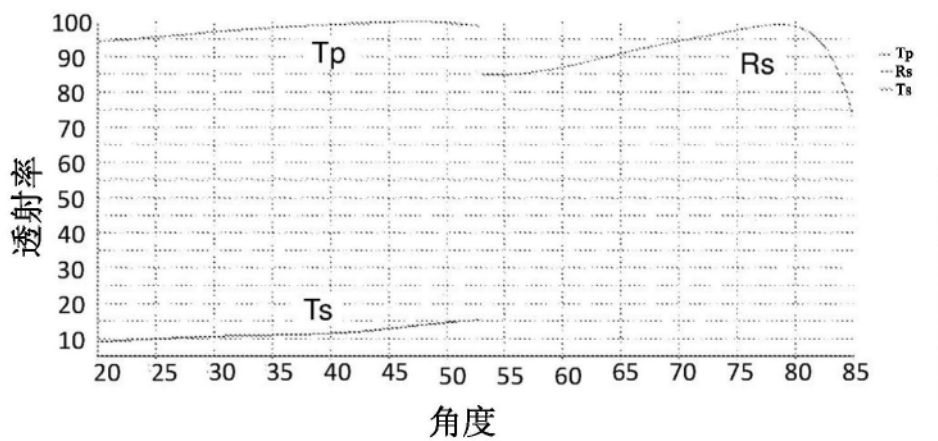


图8

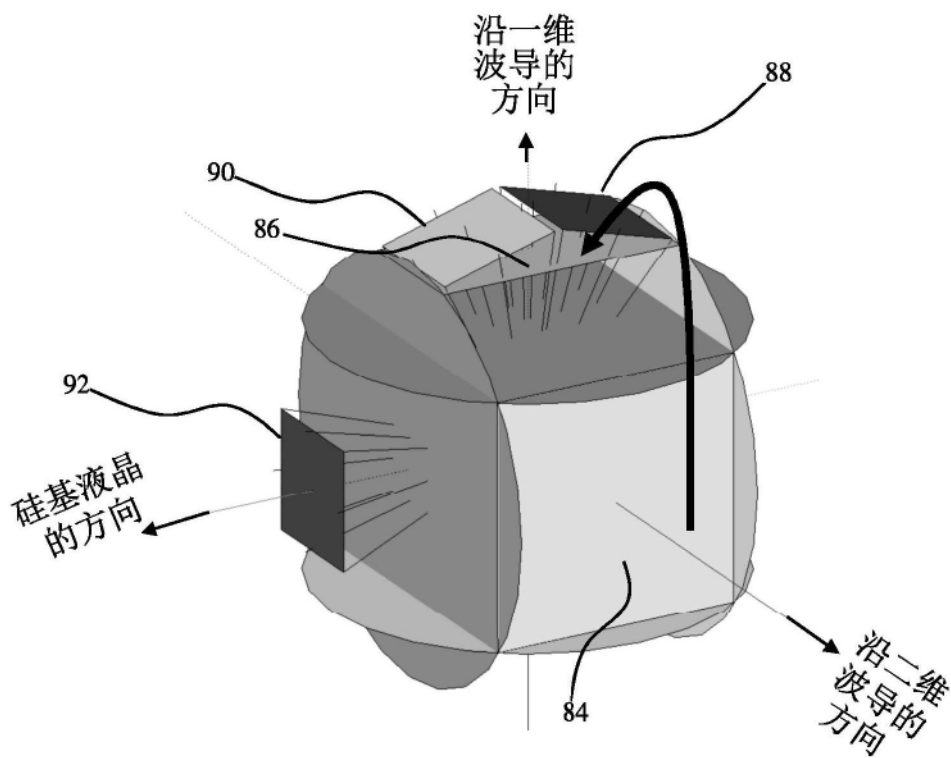


图9

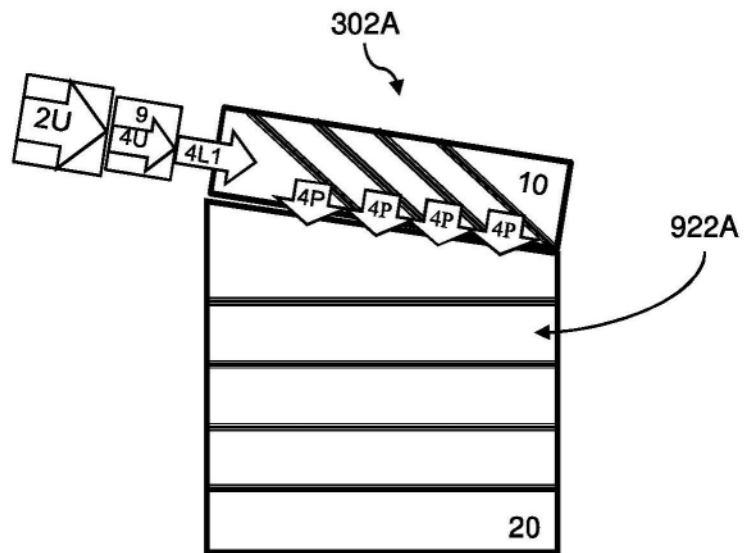


图10A

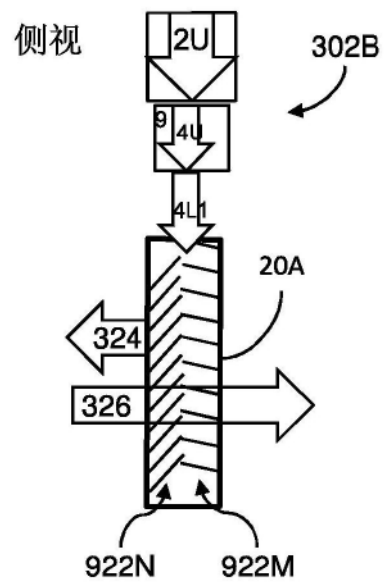


图10B

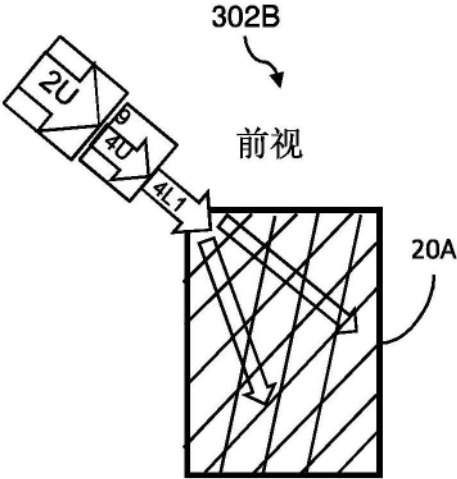


图10C

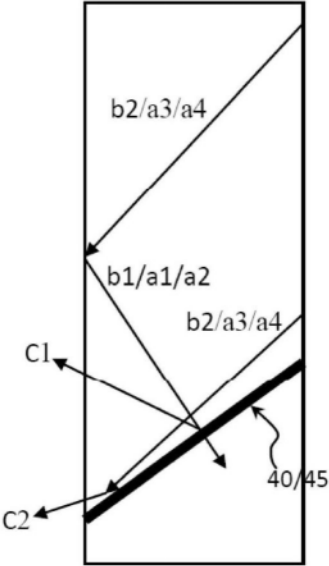


图11A

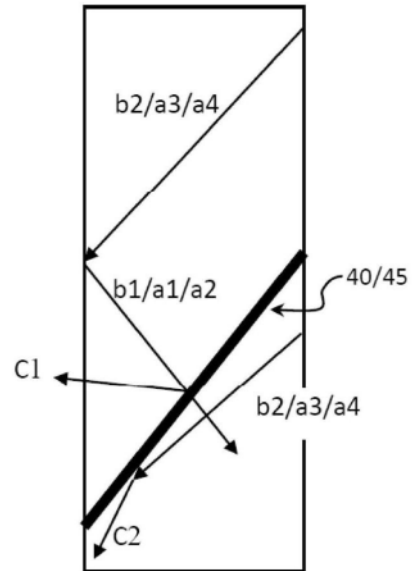


图11B