



(10) 申请公布号 CN 117916645 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 19

(21) 申请号 202280059327.9

(22) 申请日 2022.08.24

(30) 优先权数据

20215929 2021.09.03 FI

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.02.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FI2022/050548 2022.08.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/031507 EN 2023.03.09

(71) 申请人 迪斯帕列斯有限公司

地址 芬兰埃斯波

(72) 发明人 蒂莫·哈西宁 尤索·奥科宁

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 11250

专利代理师 卜劲鸿

(51) Int.Cl.

G02B 27/00 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01)

G02B 27/01 (2006.01)

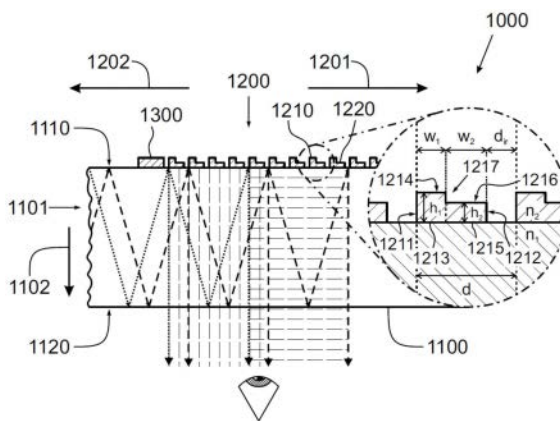
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

显示结构和显示装置

(57) 摘要

本发明公开一种显示结构(1000)和一种显示装置。所述显示结构(1000)包括:波导(1100),所述波导包括第一面(1110)和第二面(1120);和耦出光栅(1200),其布置在所述第一面(1110)上且被配置为经由所述第二面(1120)耦合出光(1101)。所述耦出光栅(1200)包括初级凸脊(1210),所述初级凸脊包括面向次级横向方向(1202)的第一端(1211)、从所述第一端(1211)朝向与所述次级横向方向(1202)相反的初级横向方向(1201)延伸的第一凸脊部分(1213)、面向所述次级横向方向(1201)的第二端(1212)、以及从所述第二端(1212)朝向所述次级横向方向(1202)延伸的第二凸脊部分(1215)。所述第一凸脊部分(1213)具有第一高度 h_1 ,且所述第二凸脊部分(1215)具有小于所述第一高度 h_1 的第二高度 h_2 。



1. 一种显示结构(1000), 其包括:

波导(1100), 所述波导包括第一面(1110)和第二面(1120), 用于通过全内反射将光(1101)限制在所述波导(1100)中, 所述第二面(1120)相对于所述第一面(1110)朝向厚度方向(1102)布置; 和

衍射耦出光栅(1200), 其布置在所述第一面(1110)上, 所述耦出光栅(1200)被配置为经由所述第二面(1120)将光(1101)耦合出所述波导(1100);

其中所述耦出光栅(1200)包括初级凸脊(1210)和平行于所述初级凸脊(1210)的次级凸脊(1220), 所述次级凸脊(1220)相对于所述初级凸脊(1210)朝向初级横向方向(1201)布置;

所述初级凸脊(1210)包括面向与所述初级横向方向(1201)相反的次级横向方向(1202)的第一端(1211)、从所述第一端(1211)朝向所述初级横向方向(1201)延伸的第一凸脊部分(1213)、面向所述初级横向方向(1201)的第二端(1212)、以及从所述第二端(1212)朝向所述次级横向方向(1202)延伸的第二凸脊部分(1215); 且

所述第一凸脊部分(1213)具有沿着所述厚度方向(1102)测量的第一高度 h_1 , 所述第二凸脊部分(1215)具有沿着所述厚度方向(1102)测量的小于所述第一高度 h_1 的第二高度 h_2 , 且所述第二高度 h_2 与所述第一高度 h_1 之间的高度比 r_h 大于或等于0.45。

2. 根据权利要求1所述的显示结构(1000), 其中所述第二高度 h_2 与所述第一高度 h_1 之间的所述高度比 r_h 大于或等于0.5、或者大于或等于0.55、或者大于或等于0.6, 并且/或者所述高度比 r_h 小于或等于0.9、或者小于或等于0.85、或者小于或等于0.8、或者小于或等于0.75。

3. 根据权利要求1或2所述的显示结构(1000), 其中所述显示结构(1000)包括设置在所述第一面(1110)上的涂层(1300), 且所述耦出光栅(1200)形成于所述涂层(1300)中。

4. 根据权利要求3所述的显示结构(1000), 其中所述波导(1100)包括在可见光波长 λ_{vis} 下具有第一折射率 n_1 的第一材料, 且所述涂层(1300)包括在所述可见光波长 λ_{vis} 下具有高于所述第一折射率 n_1 的第二折射率 n_2 的第二材料。

5. 根据权利要求4所述的显示结构(1000), 其中在所述可见光波长 λ_{vis} 下的所述第二折射率 n_2 与所述第一折射率 n_1 之间的折射率差 Δn 大于或等于0.3、或者大于或等于0.4、或者大于或等于0.5、或者大于或等于0.6、或者大于或等于0.7。

6. 根据权利要求4或5所述的显示结构(1000), 其中所述可见光波长 λ_{vis} 选自由450nm、460nm、470nm、480nm、490nm、500nm、510nm、520nm、530nm、540nm、550nm、560nm、570nm、580nm、590nm、600nm、610nm、620nm、630nm、640nm和650nm组成的群组。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的显示结构(1000), 其中所述耦出光栅(1200)具有周期距离 d 以及沿着所述初级横向方向(1201)测量的在所述初级凸脊(1210)与所述次级凸脊(1220)之间的凸脊间距离 d_{if} , 且所述凸脊间距离 d_{if} 与所述周期距离 d 之间的距离比 r_d 小于或等于0.25、或者小于或等于0.2、或者小于或等于0.15、或者小于或等于0.1。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的显示结构(1000), 其中所述第一凸脊部分(1213)与所述第二凸脊部分(1215)相邻, 且所述初级凸脊(1210)包括布置在所述第一凸脊部分(1213)与所述第二凸脊部分(1215)之间的台阶结构(1217)。

9. 根据权利要求8所述的显示结构(1000), 其中所述第一凸脊部分(1213)具有沿着所

述初级横向方向(1201)测量的第一宽度 w_1 ,且所述第二凸脊部分(1215)具有沿着所述初级横向方向(1201)测量的大于所述第一宽度 w_1 的第二宽度 w_2 。

10.根据权利要求9所述的显示结构(1000),其中所述第二宽度 w_2 与所述第一宽度 w_1 之间的宽度比 r_w 大于或等于1.1、或者大于或等于1.2、或者大于或等于1.3、或者大于或等于1.4,并且/或者所述宽度比 r_w 小于或等于3、或者小于或等于2.8、或者小于或等于2.6、或者小于或等于2.5、或者小于或等于2.4。

11.根据权利要求1至7中任一项所述的显示结构(2000),其中所述第一凸脊部分(2213)包括从所述第一端(2211)延伸的横向的第一外表面(2214),所述第二凸脊部分(2215)包括从所述第二端(2212)延伸的横向的第二外表面(2216),且所述初级凸脊(2210)包括从所述第一凸脊部分(2213)延伸到所述第二凸脊部分(2215)的中间凸脊部分(2218),并且所述中间凸脊部分(2218)包括连接所述第一外表面(2214)和所述第二外表面(2216)的倾斜的中间外表面(2219)。

12.根据前述权利要求中任一项所述的显示结构(1000),其中所述耦出光栅(1200)被配置成通过沿着至少所述初级横向方向(1201)的瞳孔复制来执行出瞳扩展。

13.根据前述权利要求中任一项所述的显示结构(1000),其中所述耦出光栅(1200)被配置为将经由所述第一面(1110)从所述波导(1100)耦合出的光(1101)降至最低。

14.一种显示装置(3000),所述显示装置包括根据前述权利要求中任一项所述的显示结构(3200)。

15.根据权利要求14所述的显示装置(3000),所述显示装置被实现为透视显示装置。

16.根据权利要求14或15所述的显示装置(3000),所述显示装置被实现为头戴式显示装置。

显示结构和显示装置

技术领域

[0001] 本公开涉及显示装置。特定来说,本公开涉及具有衍射耦出光栅的基于波导的显示装置以及其结构。

背景技术

[0002] 基于波导的显示装置的耦出光栅通常将光从波导中向外朝向和远离用户的眼睛耦合。在许多应用中,例如,在头戴式透视显示装置(例如,智能眼镜)中,由于包含能效、信息安全和美观在内的各种原因,远离用户眼睛(即,朝向世界侧)的光耦合可能是不希望的。

[0003] 常规地,通过使用布置在耦出光栅下方或上方的各种薄膜叠层来减少不同耦出光栅朝向世界侧的光的耦出。尽管这类方法可以为显示装置提供可接受的耦出效率特性,但是由常规解决方案表现出的光泄漏可能是过量的,特别是在TM偏振输入光的情况下。

[0004] 鉴于上述情况,可能希望开发出与基于波导的显示装置的耦出光栅相关的新解决方案。

发明内容

[0005] 提供概述是为了以简化的形式介绍一些概念,将在下面的详细描述中进一步描述这些概念。此概述不旨在识别所要求保护的主题的关键特征或基本特征,也不旨在用于限制所要求保护的主题的范围。

[0006] 根据第一方面,提供一种显示结构。所述显示结构包括波导,所述波导包括第一面和第二面,用于通过全内反射将光限制在所述波导中。所述第二面相对于所述第一面朝向厚度方向布置。所述显示结构还包括布置在所述第一面上的衍射耦出光栅。所述耦出光栅被配置为经由所述第二面将光耦合出所述波导。所述耦出光栅包括初级凸脊和平行于所述初级凸脊的次级凸脊。所述次级凸脊相对于所述初级凸脊朝向初级横向方向布置。所述初级凸脊包括面向与所述初级横向方向相反的次级横向方向的第一端、从所述第一端朝向所述初级横向方向延伸的第一凸脊部分、面向所述初级横向方向的第二端、以及从所述第二端朝向所述次级横向方向延伸的第二凸脊部分。所述第一凸脊部分具有沿着所述厚度方向测量的第一高度,且所述第二凸脊部分具有沿着所述厚度方向测量的小于所述第一高度的第二高度。

[0007] 根据第二方面,提供了一种包括根据第一方面的显示结构的显示装置。

附图说明

[0008] 从下面参考附图阅读的详细描述中可以更好地理解本公开,在附图中:

[0009] 图1示出显示结构的横截面视图,

[0010] 图2描绘另一显示结构的横截面视图,和

[0011] 图3说明显示装置。

[0012] 除非有相反的具体说明,否则前述附图中的任一附图可能都不按比例绘制,这使

得所述附图中的任何元件相对于所述附图中的其他元件可能以不准确的比例绘制,以便强调所述附图的实施例的某些结构方面。

[0013] 此外,前述附图中的任何两个附图的实施例中的对应元件可以在所述两个附图中彼此不成比例,以便强调所述两个附图的实施例的某些结构方面。

具体实施方式

[0014] 图1描绘根据实施例的显示结构1000的部分横截面视图和显示结构1000的一部分的放大视图。

[0015] 在本说明书中,“显示装置”可以指用于图像和/或数据的视觉呈现的可操作输出装置,例如电子装置。显示装置通常可以包括对于图像和/或数据的视觉呈现所必需或有益的任何部分或元件,例如功率单元;光学引擎;组合器光学单元,例如基于波导的组合器光学单元;眼睛跟踪单元;头部跟踪单元;手势感测单元;和/或深度映射单元。显示装置可为或可不为便携式显示装置,例如头戴式显示装置和/或透视显示装置。

[0016] 在本文中,“头戴式显示装置”可以指被配置为戴在头上、作为头饰件的一部分和/或戴在眼睛上或眼睛上方的显示装置。

[0017] 此外,“透视显示装置”或“透明显示装置”可以指允许其用户看到在显示装置上展示的图像和/或数据并且透视显示装置的显示装置。

[0018] 在本公开中,“显示结构”可以指可操作显示装置的至少部分。另外或替代地,显示结构可以指适合在显示装置中使用的结构。

[0019] 在图1的实施例中,显示结构1000包括波导1100。

[0020] 在本公开中,“波导”可以指光波导。另外或替代地,波导可以指二维波导,其中光可以沿着所述波导的厚度方向被限制。

[0021] 图1的实施例的波导1100包括第一面1110和第二面1120,用于通过全内反射将光1101限制在波导1100中。第二面与第一面1110相对并相对于所述第一面朝向厚度方向1102布置。

[0022] 在本公开中,波导的“面”可以指所述波导的表面的从某个观察方向可见或面向某个观察方向的部分。另外或替代地,波导的面可以指适于或被配置为通过全内反射将光限制在所述波导中的表面。

[0023] 在图1的实施例中,显示结构1000还包括布置在第一面1110上的衍射耦出光栅1200。

[0024] 在本说明书中,“衍射光栅”可以指其操作基于可见光衍射的光栅。通常,衍射光栅可以包括一或多个结构特征,其至少一个尺寸具有可见光波长的数量级,例如,有至少一个尺寸小于一微米。通常,衍射光栅可以实施为单区衍射光栅或实施为多区衍射光栅。衍射光栅通常可以至少实施为表面浮雕衍射光栅或体全息衍射光栅,且它们可以被配置为用作透射型衍射光栅和/或反射型衍射光栅。自然地,“衍射耦出光栅”则可以指被配置为将光耦合出波导的衍射光栅。通常,衍射耦出光栅可以进一步被配置为通过瞳孔复制来执行出瞳扩展。

[0025] 在本文中,“出瞳扩展”可以指如下过程:以受控方式在波导内分布光,以便扩展所述波导的发生光的耦出的部分。此外,“瞳孔复制”可以指出瞳扩展过程,其中在成像系统中

形成多个出瞳子瞳孔。

[0026] 耦出光栅1200被配置为经由第二面1120将光1101耦合出波导1100。因此,耦出光栅1200被配置为用作反射型衍射光栅。

[0027] 图1的实施例的耦出光栅1200包括初级凸脊1210和平行于初级凸脊1210的次级凸脊1220。在图1中,初级凸脊1210和次级凸脊1220中的每一个垂直于绘图的平面纵向延伸,且次级凸脊1220相对于初级凸脊1210朝向初级横向方向1201布置。

[0028] 如图1的插图所描绘,初级凸脊1210包括面向与初级横向方向1201相反的次级横向方向1202的第一端1211和从第一端1211朝向初级横向方向1201延伸的第一凸脊部分1213。初级凸脊1210还包括面向初级横向方向1201的第二端1212和从第二端1212朝向次级横向方向1202延伸的第二凸脊部分1215。

[0029] 在图1的实施例中,第一凸脊部分1213具有沿厚度方向1102测量的第一高度(h_1),且第二凸脊部分1215具有沿厚度方向1102测量的小于 h_1 的第二高度(h_2)。通常,具有第一高度的第一凸脊部分和具有小于第一高度的第二高度的第二凸脊部分可以能够增加朝向用户眼睛的光的耦出效率和/或增加朝向用户眼睛的耦出效率与朝向世界侧的耦出效率的比率。对于TE和TM偏振输入光,朝向用户眼睛的光的耦出效率可能是相当大的。与常规解决方案相比,可以观察到这类耦出效率的增加,尤其是对于TM偏振输入光。

[0030] 在本文中,凸脊部分的“高度”可以指所述凸脊部分沿着波导的厚度方向的跨度的量度。当耦出光栅包括初级凸脊和次级凸脊时,所述耦出光栅可以包括所述初级凸脊与所述次级凸脊之间的间隙,且所述初级凸脊的凸脊部分的高度可以从所述间隙的最低点到所述凸脊部分的最高点进行测量。

[0031] 在图1的实施例中,耦出光栅1200被具体地配置为耦合出光1101,所述光通过全内反射被限制在波导1100中并且朝向初级横向方向1201导引。在其他实施例中,耦出光栅可被或可不被配置为经由波导的第二面将朝向初级横向方向导引的光耦合出波导。例如,在一些实施例中,耦出光栅可以被配置为耦合朝向任何合适方向(例如垂直于厚度方向的方向)导引的光,并与初级横向方向形成锐角,例如小于或等于 45° 、小于或等于 30° 、小于或等于 20° 、小于或等于 15° 、小于或等于 10° 或小于或等于 5° 的角度。

[0032] 图1的实施例的耦出光栅1200被配置为通过沿着初级横向方向1201的瞳孔复制来执行出瞳扩展。在其他实施例中,耦出光栅可被或可不被配置为通过沿着至少一个初级横向方向(即沿着初级横向方向)且任选地沿着一或多个垂直于厚度方向的其他方向的瞳孔复制来执行出瞳扩展。

[0033] 在图1的实施例中, h_2 与 h_1 之间的高度比(r_h)可约为0.7。在其他实施例中,可以使用任何合适的高度比,例如,大于或等于0.45、或者大于或等于0.5、或者大于或等于0.55、或者大于或等于0.6且/或小于或等于0.9、或者小于或等于0.85、或者小于或等于0.8或小于或等于0.75的高度比。

[0034] 在图1的实施例中, h_1 可约为65nm。在其他实施例中,第一凸脊部分可以具有任何合适的第一高度,例如,大于或等于40nm、或者大于或等于45nm、或者大于或等于50nm且/或小于或等于200nm、或者小于或等于180nm或小于或等于160nm的第一高度。

[0035] 在图1的实施例中, h_2 可约为45nm。在其他实施例中,第一凸脊部分可以具有任何合适的第二高度,例如,大于或等于20nm、或者大于或等于25nm、或者大于或等于30nm且/或

小于或等于150nm、或者小于或等于140nm或小于或等于120nm的第二高度。

[0036] 图1的实施例的显示结构1000包括设置在第一面1110上的涂层1300,且耦出光栅1200形成于涂层1300中。通常,形成于涂层中的耦出光栅可以促进显示结构的制造且/或促进调谐耦出光栅的衍射效率,而不会更改波导的折射率。在其他实施例中,显示结构可包括或可不包括设置在波导的第一面上的涂层。在实施例中,其中显示结构包括设置在波导的第一面上的涂层,耦出光栅可或可不形成在所述涂层中。在一些实施例中,耦出光栅可以至少部分地(即部分或全部)形成到波导中。

[0037] 图1的实施例的波导1100包括在可见光波长(λ_{vis})下具有第一折射率(n_1)的第一材料,且涂层1300包括在 λ_{vis} 下具有高于 n_1 的第二折射率(n_2)的第二材料。通常,包括具有高于所述第一折射率的第二折射率的第二材料的涂层可以能够降低第一凸脊部分的第一高度和第二凸脊部分的第二高度,这又可以促进显示结构的制造,和/或增加朝向用户眼睛的耦出效率与朝向世界侧的耦出效率的比率。在其他实施例中,其中波导包括、基本上由或由在可见光波长下具有第一折射率的第一材料组成,涂层可以或可以不包括、基本上由或由在所述可见光波长下具有高于所述第一折射率的第二折射率的第二材料组成。

[0038] 在图1的实施例中,在 λ_{vis} 下的 n_2 与 n_1 之间的折射率差(Δn)可约为0.7。通常,较高的折射率差可以进一步增加朝向用户眼睛的光的耦出效率和/或增加朝向用户眼睛的耦出效率与朝向世界侧的耦出效率的比率。在其他实施例中,可以使用第二折射率与第一折射率之间的任何合适的折射率差。例如,在一些实施例中,可以使用大于或等于0.3、或者大于或等于0.4、或者大于或等于0.5、或者大于或等于0.6或大于或等于0.7的折射率差。

[0039] 在图1的实施例中,在 λ_{vis} 下的 n_1 可约为2,而在 λ_{vis} 下的 n_2 可约为2.7。在其他实施例中,可以使用任何合适的折射率。例如,在一些实施例中,在 λ_{vis} 下的 n_1 可大于或等于1.5或大于或等于1.6且/或小于或等于2.1或小于或等于2.0。在这类实施例中, n_2 可以例如大于或等于2.2、或者大于或等于2.3且/或小于或等于3、或者小于或等于2.8。

[0040] 在图1的的实施例的情况下, n_1 、 n_2 和 Δn 的值可被视为在500nm的 λ_{vis} 下。在其他实施例中, n_1 、 n_2 和 Δn 的值可被视为在任何合适的可见光波长下,即从380nm到760nm的光谱范围内的任何波长。例如,在一些实施例中,相关的可见波波长可以选自由450nm、460nm、470nm、480nm、490nm、500nm、510nm、520nm、530nm、540nm、550nm、560nm、570nm、580nm、590nm、600nm、610nm、620nm、630nm、640nm和650nm组成的群组。

[0041] 图1实施例的波导1100的第一材料可为例如高折射率玻璃,且涂层1300的第二材料可为例如二氧化钛(TiO_2)。在其他实施例中,任何合适的材料(例如无机材料,例如玻璃、氧化物材料和/或氮化物材料;或有机聚合物)可用作第一材料和/或第二材料。

[0042] 在图1的实施例中,耦出光栅1200具有周期距离(d)以及沿着初级横向方向1201测量的在初级凸脊1210与次级凸脊1220之间的凸脊间距离(d_{ir})。耦出光栅1200可以具有 d_{ir} 与 d 之间的约为0.1的距离比(r_d)。通常,较低的距离比可以增加朝向用户眼睛的光的耦出效率和/或增加朝向用户眼睛的耦出效率与朝向世界侧的耦出效率的比率。在其他实施例中,可以使用任何合适的距离比,例如小于或等于0.25、或者小于或等于0.2、或者小于或等于0.15或小于或等于0.1的距离比。

[0043] 在图1的实施例的情况下, d 可约为340nm。在其他实施例中,可以使用任何合适的周期距离,例如,大于或等于300、或者大于或等于310、或者大于或等于320、或者大于或等

于325且/或小于或等于470、或者小于或等于460、或者小于或等于450或小于或等于440的周期距离。

[0044] 在图1的实施例的情况下, d_{ir} 可约为30nm。在其他实施例中, 可以使用任何合适的凸脊间距离, 例如, 大于或等于15nm、或者大于或等于20nm、或者大于或等于25nm、或者大于或等于30nm且/或小于或等于100nm、或者小于或等于80nm、或者小于或等于60nm或小于或等于50nm的凸脊间距离。

[0045] 图1的实施例的第一凸脊部分1213与第二凸脊部分1215相邻, 且初级凸脊1210包括布置在第一凸脊部分1213与第二凸脊部分1215之间的台阶结构1217。因此, 图1的实施例的耦出光栅1200被实施为三层级(即两台阶)台阶式衍射光栅。通常, 在显示结构中使用台阶式衍射光栅(例如三层级台阶式衍射光栅)可以促进所述显示结构的制造。在其他实施例中, 初级凸脊的第一凸脊部分可与或可不与所述初级凸脊的第二凸脊部分相邻, 且所述初级凸脊可或可不包括布置在所述第一凸脊部分和所述第二凸脊部分之间的台阶结构。

[0046] 在图1的实施例中, 第一凸脊部分1213包括从第一端1211延伸的横向第一外表面1214, 且第二凸脊部分1215包括从第二端壁延伸的横向第二外表面1216。在其他实施例中, 第一凸脊部分可包括或可不包括这类横向第一外表面, 且/或第二凸脊部分可包括或可不包括这类横向第二外表面。

[0047] 在图1的实施例中, 第一凸脊部分1213具有沿着初级横向方向1201测量的第一宽度(w_1), 且第二凸脊部分1215具有沿着初级横向方向1201测量的小于 w_1 的第二宽度(w_2)。在其他实施例中, 其中第一凸脊部分与第二凸脊部分相邻, 第二凸脊部分的第二宽度可或可不大于第一凸脊部分的第一宽度。在一些实施例中, 第二凸脊部分的第二宽度可小于或等于第一凸脊部分的第一宽度。

[0048] 在图1的实施例中, w_2 与 w_1 之间的宽度比(r_w)可约为1.4。在其他实施例中, 其中第一凸脊部分与第二凸脊部分相邻, 可以使用任何合适的宽度比。在其他实施例中, 其中第二凸脊部分的第二宽度大于第一凸脊部分的第一宽度, 例如, 可以使用大于或等于1.1、或者大于或等于1.2、或者大于或等于1.3、或者大于或等于1.4且/或小于或等于3、或者小于或等于2.8、或者小于或等于2.6、或者小于或等于2.5或小于或等于2.4的宽度比。

[0049] 在图1的实施例的情况下, w_1 可约为130nm。在其他实施例中, 其中第一凸脊部分与第二凸脊部分相邻, 第一凸脊部分可以具有任何合适的第一宽度, 例如, 大于或等于80nm、或者大于或等于100nm、或者大于或等于120nm且/或小于或等于300nm、或者小于或等于280nm或小于或等于260nm的第一宽度。

[0050] 在图1的实施例中, w_2 可约为180nm。在其他实施例中, 其中第一凸脊部分与第二凸脊部分相邻, 第二凸脊部分可以具有任何合适的第二宽度, 例如, 大于或等于100nm、或者大于或等于120nm、或者大于或等于140nm且/或小于或等于300nm、或者小于或等于280nm或小于或等于260nm的第二宽度。

[0051] 在图1的实施例中, 耦出光栅1200被配置为将经由第一面1110从波导1100耦合出的光1101降至最低。特定来说, r_h 、 h_1 、 h_2 、 r_w 、 w_1 、 w_2 、 r_d 、 d 和 d_{ir} 中的每一个经选择以将从波导1100朝向世界侧耦合出的光1101降至最低。在其他实施例中, 耦出光栅可被或可不被配置为经由第一面从波导耦合出的光降至最低。在实施例中, 其中耦出光栅被配置为将经由第一面从波导耦合出的光降至最低, 高度比、第一高度、第二高度、宽度比、第一宽度、第二宽

度、距离比、周期距离和凸脊间距离中的一或多个可经选择以将经由所述第一面从所述波导耦合出的光降至最低。

[0052] 图1的实施例的显示结构1000可以至少部分地使用纳米压印光刻形成。在其他实施例中,可以使用任何合适的制造方法,例如纳米压印光刻和/或灰度电子束光刻。

[0053] 在图1的实施例中,耦出光栅1200包括横截面形状与初级凸脊1210的横截面形状相同的多个凸脊。特定来说,次级凸脊1220的形状与初级凸脊1210的形状相同。在其他实施例中,耦出光栅可或可不包括横截面形状与所述耦出光栅的初级凸脊的横截面形状相同的多个(即两个或更多个、三个或更多个、四个或更多个等)凸脊。在实施例中,其中耦出光栅包括横截面形状与所述耦出光栅的初级凸脊的横截面形状相同的多个凸脊,第二凸脊可或可不具有与所述初级凸脊的形状相同的形状。

[0054] 图2描绘根据实施例的显示结构2000。图2的实施例可以根据参考和/或结合图1公开的任何实施例。另外或替代地,尽管在图2中没有明确示出,但图2的实施例或其任何部分通常可以包括图1的实施例的从图2中省略的任何特征和/或元件。

[0055] 类似于图1的实施例的显示结构1000,图2的实施例的显示结构2000包括衍射耦出光栅2200,所述衍射耦出光栅布置在波导1100的第一面1110上且被配置为经由波导1100的第二面1120将光1101耦合出波导1100。然而,耦出光栅2200的初级凸脊2210和次级凸脊2220的横截面形状不同于图1的实施例的耦出光栅1200的初级凸脊1210和次级凸脊1220的横截面形状。

[0056] 以类似于图1的实施例的初级凸脊1210的方式,图2的实施例的初级凸脊2210包括面向与初级横向方向1201相反的次级横向方向1202的第一端2211、从第一端2211朝向初级横向方向1201延伸的第一脊部分2213、面向初级横向方向1201的第二端2212以及从第二端2212朝向次级横向方向1202延伸的第二脊部分2215。第一凸脊部分2213具有沿着厚度方向1102测量的第一高度(h_1)。第二凸脊部分2215具有沿着厚度方向1102测量的小于 h_1 的第二高度(h_2)。

[0057] 与图1的实施例相反,第一凸脊部分2213包括从第一端2211延伸的横向的第一外表面2214,第二凸脊部分2215包括从第二端2212延伸的横向的第二外表面2216,且初级凸脊2210包括从第一凸脊部分2213延伸到第二凸脊部分2215的中间凸脊部分2218,并且所述中间凸脊部分2218包括连接第一外表面2214和第二外表面2216的倾斜的中间外表面2219。通常,这类中间凸脊部分可以进一步增加朝向用户眼睛的光的耦出效率和/或增加朝向用户眼睛的耦出效率与朝向世界侧的耦出效率的比率。

[0058] 在图2的实施例中, h_2 与 h_1 之间的 r_h 可约为0.6。例如, h_1 可约为90nm,而 h_2 可约为55nm。

[0059] 图2的实施例的耦出光栅2200可以具有 d_{ir} 与 d 之间的约为0.1的 r_d 。例如, d 可约为370nm,且 d_{ir} 可约为40nm。

[0060] 在图2的实施例中, w_2 与 w_1 之间的 r_w 可约为0.9。在其他实施例中,其中初级凸脊包括中间凸脊部分,所述中间凸脊部分包括倾斜的中间外表面,可以使用任何合适的宽度比,例如,大于或等于0.8、或者大于或等于0.9、或者大于或等于1.0、或者大于或等于1.1和/或小于或等于2、或者小于或等于1.8、或者小于或等于1.6或小于或等于1.4的宽度比。

[0061] 在图2的实施例的情况下, w_1 可约为110nm。在其他实施例中,其中初级凸脊包括中

间凸脊部分,所述中间凸脊部分包括倾斜的中间外表面,第一凸脊部分可以具有任何合适的第一宽度,例如,大于或等于60nm、或者大于或等于80nm、或者大于或等于100nm且/或小于或等于300nm、或者小于或等于280nm或小于或等于260nm的第一宽度。

[0062] 在图2的实施例中, w_2 可约为100nm。在其他实施例中,其中初级凸脊包括中间凸脊部分,所述中间凸脊部分包括倾斜的中间外表面,第二凸脊部分可以具有任何合适的第二宽度,例如,大于或等于60nm、或者大于或等于80nm、或者大于或等于100nm且/或小于或等于300nm、或者小于或等于280nm或小于或等于260nm的第二宽度。

[0063] 在图2的实施例中,中间凸脊部分2218具有沿着初级横向方向1201测量的大于 w_1 和 w_2 中的任一个的第三宽度(w_3)。在其他实施例中,其中初级凸脊包括中间凸脊部分,所述中间凸脊部分包括倾斜的中间外表面,所述中间凸脊部分可或可不具有大于 w_1 和/或 w_2 的第三宽度。在一些实施例中,中间脊部可以具有小于或等于 w_1 和/或 w_2 的第三宽度。

[0064] 在图2的实施例中, w_3 可约为120nm。在其他实施例中,其中初级凸脊包括中间凸脊部分,所述中间凸脊部分包括倾斜的中间外表面,中间凸脊部分可以具有任何合适的第三宽度,例如,大于或等于60nm、或者大于或等于80nm、或者大于或等于100nm且/或小于或等于300nm、或者小于或等于280nm或小于或等于260nm的第三宽度。

[0065] 上文,主要讨论显示结构的结构和材料相关特征。在下文中,更多的重点将放在与显示装置相关的特征上。上文所说的关于实施方式、定义、细节和优点的内容在必要时适用于下文讨论的显示装置方面。反之亦然。

[0066] 图3描绘根据实施例的显示装置3000。图3的实施例可以根据参考和/或结合图1和2中的任一图公开的任何实施例。另外或替代地,尽管在图3中没有明确示出,但图3的实施例或其任何部分通常可以包括图1和2的实施例的从图3中省略的任何特征和/或元件。

[0067] 在图3的实施例中,显示装置3000被实施为透视头戴式显示装置,更具体地,被实施为包括透视显示器的眼镜。在其他实施例中,显示装置可以任何合适的方式实施,例如,实施为透视显示装置和/或实施为头戴式显示装置。

[0068] 在图3的实施例中,显示装置3000包括框架3100和根据第一方面的由框架3100支撑的显示结构3200。在其他实施例中,显示装置可或可不包括这类框架。

[0069] 在图3的实施例中,显示结构3200包括波导3210、用于将光3201耦合到波导3210中的耦入光栅3220、配置为从耦入光栅3220接收光3201的中间瞳孔扩展结构3230、以及配置为从中间瞳孔扩展结构3230接收光3201的反射型耦出光栅3240。在其他实施例中,显示结构可或可不包括这类耦入光栅和/或这类中间瞳孔扩展结构。

[0070] 如图5所示,显示装置3000还包括光学引擎3250,所述光学引擎被配置为将光3201引导到波导3210中以便通过全内反射在波导3210中传播。在其他实施例中,显示装置可或可不包括这类光学引擎。

[0071] 在下文中,将讨论数个实例。

[0072] 在第一实例中,第一示例显示结构、第一参考显示结构和第二参考显示结构被设计和优化为用于在提供15°的视场(FOV)的显示装置中在约520nm的 λ_{vis} 下的单色照明。在对这三种显示结构进行优化之后,计算并比较它们的耦出效率特性。

[0073] 第一示例显示结构包括波导、耦入光栅和衍射三层级台阶式耦出光栅。参考显示结构与示例显示结构几乎相同。然而,第一参考显示结构和第二参考显示结构分别设置有

二元耦出光栅和倾斜的耦出光栅,而不是台阶式耦出光栅。这些耦出光栅中的每一个都被配置为用于通过沿着初级横向方向的瞳孔复制的一维出瞳扩展,并且在没有中间瞳孔扩展结构的情况下直接从耦入光栅接收光。

[0074] 根据结果,眼睛与世界的耦出效率比(r_{nc}^{e2w})对于TE偏振输入光,在整个FOV中约为1.6,对于TM偏振输入光,在整个FOV中为从1.6到1.7。对于第二参考显示结构, r_{nc}^{e2w} 在TE偏振的情况下范围为自17至23,在TM偏振的情况下范围为自3至30。

[0075] 在第一示例显示结构的情况下, r_{nc}^{e2w} 在TE偏振的情况下范围为自30至110,在TM偏振的情况下范围为自25至110。因此,第一示例显示结构展示分别比第一参考显示结构和第二参考显示结构高出大约两个数量级和一个数量级的 r_{nc}^{e2w} 。

[0076] 此外,结果表明第一参考显示结构的眼侧耦出效率(η_{nc}^e)对于TE偏振输入光,在整个FOV中为3.2%至4.5%,对于TM偏振输入光,在整个FOV中为1.6%至2.3%,而第二参考显示结构的 η_{nc}^e 在TE偏振的情况下,范围为4.9%至6.4%,且在TM偏振的情况下,范围为0.4%至0.9%。

[0077] 在第一示例显示结构的情况下, η_{nc}^e 在TE偏振的情况下范围为自4.4%至4.6%,在TM偏振的情况下范围为自3.5%至6.8%。因此,第一示例显示结构展示在TM偏振的情况下明显高于第一参考显示结构和第二参考显示结构的 η_{nc}^e 。

[0078] 在第二实例中,第二示例显示结构被设计和优化为用于在提供15°的视场(FOV)的显示装置中在约520nm的 λ_{vis} 下的单色照明。在对第二示例显示结构进行优化之后,计算其耦出效率特性,并与第一实例的第一参考显示结构和第二参考显示结构的耦出效率特性进行比较。

[0079] 第二示例显示结构包括与第一示例显示结构相同的波导和耦入光栅。然而,第二示例显示结构包括设置有凸脊的衍射耦出光栅,其中中间凸脊部分包括倾斜的中间外表面,所述中间外表面从包括横向第一外表面的第一凸脊部分延伸到包括横向第二外表面的第二凸脊部分,所述中间外表面将第一外表面与第二外表面连接。换句话说,第二示例显示结构的耦出光栅的凸脊具有与图2的实施例的耦出光栅2200的凸脊相似的形状。

[0080] 根据结果,第二示例显示结构的 r_{nc}^{e2w} 在TE偏振的情况下范围为30至100,且在TM偏振的情况下范围为30至65。因此,第二示例显示结构展示分别比第一参考显示结构和第二参考显示结构高出大约两个数量级和一个数量级的 r_{nc}^{e2w} 。

[0081] 此外,结果表明第二示例显示结构的 η_{nc}^e 在TE偏振的情况下为3.8%至4%,在TM偏振的情况下为4.2%至8.3%。因此,第二示例显示结构展示在TM偏振的情况下明显高于第一参考显示结构和第二参考显示结构的 η_{nc}^e 。

[0082] 在上面讨论的第一实例和第二实例中,第一示例显示结构和第二示例显示结构以及第一参考显示结构和第二参考显示结构被设计和优化为用于TE偏振输入光和TM偏振输入光两者。自然地,在针对与TE偏振输入光和TM偏振输入光中的仅一者一起使用而优化的显示结构的情况下, r_{nc}^{e2w} 和 η_{nc}^e 的较高值可为可获得的。

[0083] 对于本领域技术人员来说,显而易见的是,随着技术的进步,本发明的基本思想可以各种方式实施。因此,本发明和其实施例不限于上述实例,相反,它们可以在权利要求的范围内变化。

[0084] 应理解,上述任何益处和优点可以涉及一个实施例,也可以涉及几个实施例。实施例不限于解决任何或所有所述问题的实施例,或者具有任何或所有所述益处和优点的实施例。

[0085] 术语“包括”在本说明书中用于指包括其后的特征或动作,但不排除一个或多个附加特征或动作的存在。还将理解,对“一个”项目的引用是指这些项目中的一个或多个。

[0086] 附图标记和符号

[0087] h_1 第一高度

[0088] h_2 第二高度

[0089] $r_h = h_2/h_1$ 高度比

[0090] d 周期距离

[0091] d_{ir} 凸脊间距离

[0092] $r_d = d_{ir}/d$ 距离比

[0093] w_1 第一宽度

[0094] w_2 第二宽度

[0095] w_3 第三宽度

[0096] $r_w = w_2/w_1$ 宽度比

[0097] n_1 第一折射率

[0098] n_2 第二折射率

[0099] λ_{vis} 可见光波长

[0100] $\Delta n = n_2 - n_1$ 折射率差

[0101] r_{oc}^{2w} 耦出效率比

[0102] η_{oc}^e 眼侧耦出效率

[0103] 1000 显示结构

1212 第二端

[0104] 1100 波导

1213 第一凸脊部分

[0105] 1101 光

1214 第一外表面

[0106] 1102 厚度方向

1215 第二凸脊部分

[0107] 1110 第一面

1216 第二外表面

[0108] 1120 第二面

1217 台阶结构

[0109] 1200 耦出光栅

1220 次级凸脊

[0110] 1201 初级横向方向

1300 涂层

[0111] 1202 次级横向方向

2000 显示结构

[0112] 1210 初级凸脊

2200 耦出光栅

[0113] 1211 第一端

2210 初级凸脊

[0114] 2211 第一端

[0115] 2212 第二端

- [0116] 2213 第一凸脊部分
- [0117] 2214 第一外表面
- [0118] 2215 第二凸脊部分
- [0119] 2216 第二外表面
- [0120] 2218 中间凸脊部分
- [0121] 2219 中间外表面
- [0122] 2220 次级凸脊
- [0123] 3000 显示装置
- [0124] 3100 框架
- [0125] 3200 显示结构
- [0126] 3201 光
- [0127] 3210 波导
- [0128] 3220 耦入光栅
- [0129] 3230 中间瞳孔扩张结构
- [0130] 3240 耦出光栅
- [0131] 3250 光学引擎。

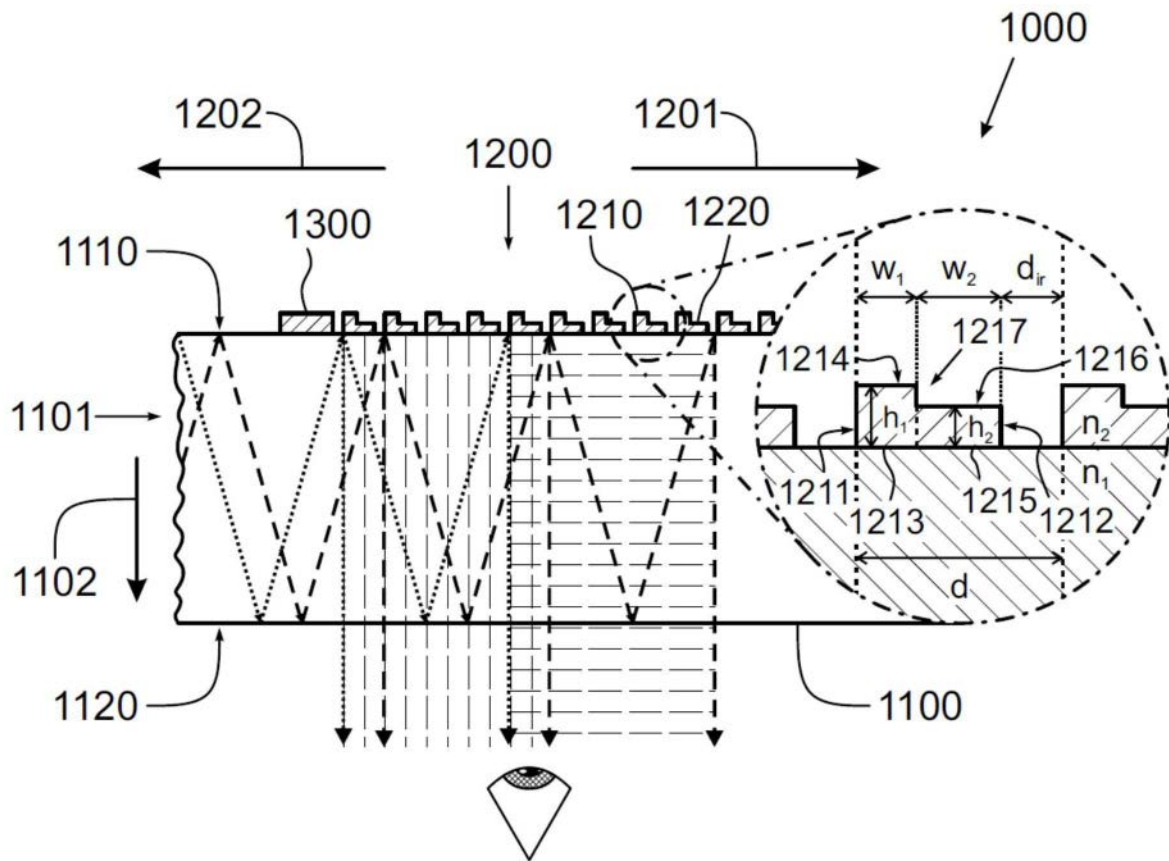


图1

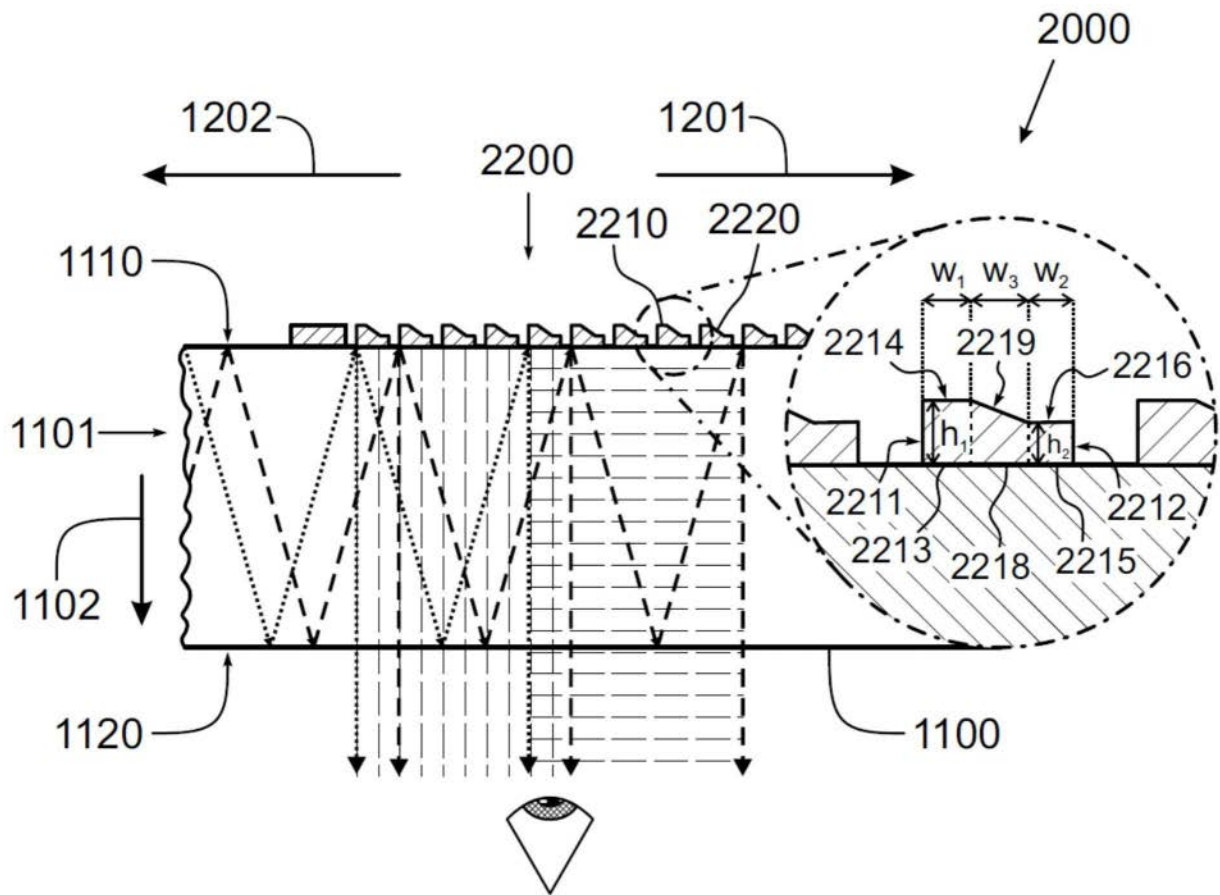


图2

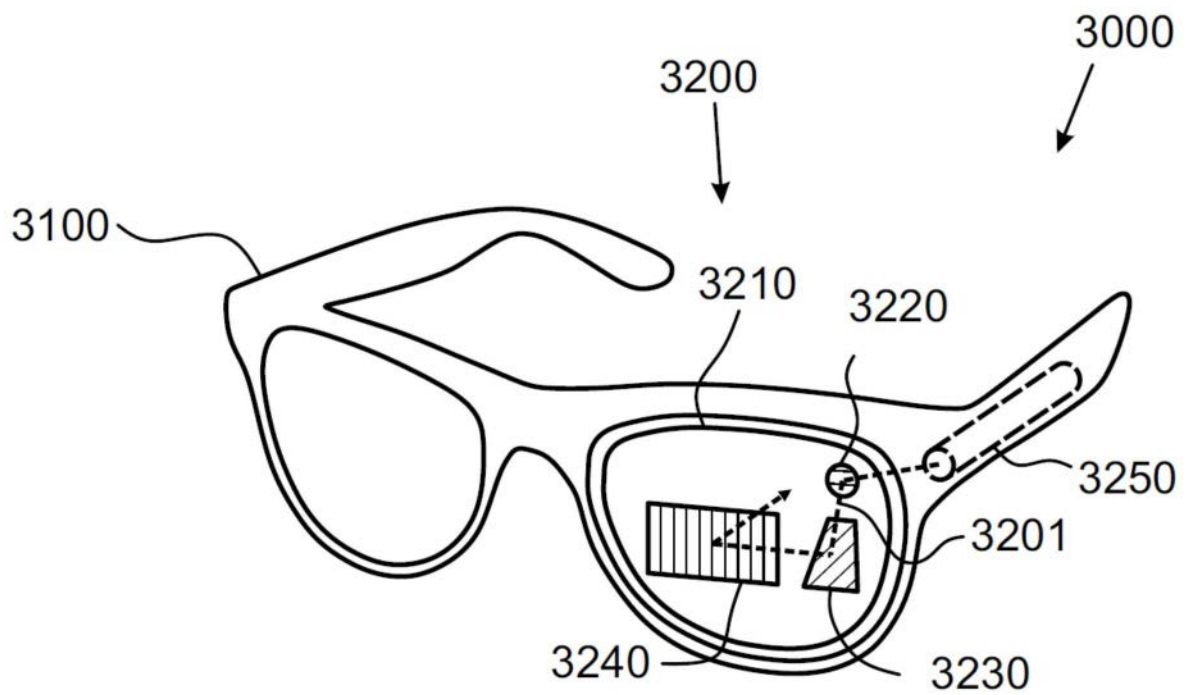


图3