



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104541100 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201380042496. 2

(22) 申请日 2013. 08. 07

(30) 优先权数据

13/572, 835 2012. 08. 13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 02. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/053895 2013. 08. 07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/028278 EN 2014. 02. 20

(71) 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 戴维·S·汤普森 杨朝晖

马修·S·斯泰

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 顾丽波 井杰

(51) Int. Cl.

F21V 8/00(2006. 01)

F21V 17/00(2006. 01)

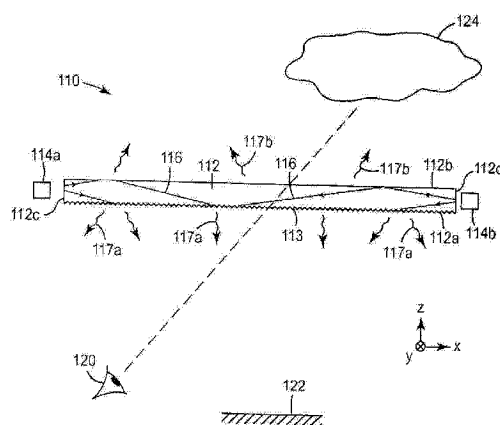
权利要求书2页 说明书41页 附图29页

(54) 发明名称

衍射照明设备

(57) 摘要

本发明公开了扩展区域照明装置,所述照明装置可用作例如照明设备,所述照明装置包括光导和所述光导的主表面上的衍射表面特征。所述衍射表面特征受到调控以从所述光导提取导模光。所述光导可与其它部件和特征结合,以提供独特且可用的照明装置,所述其它部件和特征诸如将导模光注入所述光导中的光源、通过所述光导作为非导模光投射光的光源、互连的支撑构件的框架(附接到多个这样的光导)和/或选择性地阻挡一些导模光到达所述衍射表面特征的图案化低折射率次表面层。本发明还公开了相关的光学装置和光学膜,所述光学膜具有可用于构造这样的装置和光导的衍射特征。



1. 一种照明设备,包括:

光导,所述光导具有相背对的主表面,所述主表面中的至少一个主表面中具有适于将导模光从所述光导中耦合出来的衍射表面特征;

第一光源,所述第一光源被构造成将光注入所述光导中;和

第二光源,所述第二光源被构造成通过所述光导作为非导模光投射光。

2. 根据权利要求1所述的照明设备,其中所述光导具有低光学失真,使得由所述第二光源投射的光实质上不被所述光导偏离。

3. 根据权利要求1所述的照明设备,其中所述相背对的主表面包括第一主表面和相背对的第二主表面,其中来自所述第二光源的所投射的光进入所述第一主表面并且离开所述第二主表面,并且其中所述衍射表面特征被构造成从所述第二主表面中耦合出来的导模光比从所述第一主表面中耦合出来的导模光更多。

4. 一种照明设备,包括:

框架,所述框架包括多个互连的支撑构件;

附接到所述框架的多个光导,所述光导中的每一个光导具有相背对的主表面,每个光导的所述主表面中的至少一个主表面中具有适于将导模光从所述光导中耦合出来的衍射表面特征;和

设置在所述支撑构件上和/或其中的多个光源,所述光源被分布为将光注入所有的所述光导中。

5. 根据权利要求4所述的照明设备,其中所述光导中的至少一些具有低光学失真,使得可通过这样的光导观察对象。

6. 根据权利要求4所述的照明设备,其中所述光导中的至少一些实质上共平面。

7. 根据权利要求6所述的照明设备,其中所有的所述光导实质上共平面。

8. 根据权利要求4所述的照明设备,其中所述光导中的至少一些被布置成螺旋形。

9. 根据权利要求4所述的照明设备,其中所述光导中的至少一些共同形成凹形。

10. 根据权利要求4所述的照明设备,其中所述光导共同形成封闭且中空的三维结构。

11. 根据权利要求4所述的照明设备,其中对于所述光导中的至少一些,所述衍射表面特征优先地将导模光从被称为输出主表面的所述相背对的主表面之一中耦合出来。

12. 根据权利要求11所述的照明设备,其中所述光导中的至少一些的所述输出主表面面向大致相同的方向。

13. 根据权利要求4所述的照明设备,其中所述多个光源包括实质上不同的第一输出颜色、第二输出颜色和第三输出颜色的光源,并且其中所述光源被分布成使得所述光导中的至少第一光导主要由所述第一输出颜色的光源照明,所述光导中的至少第二光导主要由所述第二输出颜色的光源照明,并且所述光导中的至少第三光导主要由所述第三输出颜色的光源照明。

14. 一种照明设备,包括:

多个光导,所述光导中的每一个光导具有相背对的主表面,每个光导的所述主表面中的至少一个主表面中具有适于将导模光从所述光导中耦合出来的衍射表面特征;和

多个光源,所述多个光源被构造成将光注入所述多个光导中;

其中所述光导中的至少一些被布置成螺旋形。

15. 一种照明设备,包括:

多个光导,所述光导中的每一个光导具有相背对的主表面,每个光导的所述主表面中的至少一个主表面中具有适于将导模光从所述光导中耦合出来的衍射表面特征;和

多个光源,所述多个光源被构造成将光注入所述多个光导中;

其中所述光导共同形成凹形。

16. 根据权利要求 15 所述的照明设备,其中所述凹形为开放的凹形。

17. 根据权利要求 15 所述的照明设备,其中所述凹形为具有开口端的管状形状。

18. 一种照明设备,包括:

多个光导,所述光导中的每一个光导具有相背对的主表面,每个光导的所述主表面中的至少一个主表面中具有适于将导模光从所述光导中耦合出来的衍射表面特征;和

多个光源,所述多个光源被构造成将光注入所述多个光导中;

其中所述光导共同形成封闭且中空的三维结构。

19. 一种照明设备,包括:

管形光导,所述光导具有第一主表面,在所述第一主表面上形成衍射表面特征,所述衍射表面特征适于将导模光从所述光导中耦合出来;和

第一光源,所述第一光源被构造成将光注入所述光导中。

20. 根据权利要求 19 所述的照明设备,其中所述管形光导是中空的并且具有两个开口端和接近所述开口端之一的环形侧表面。

21. 根据权利要求 20 所述的照明设备,其中所述第一光源被设置成将光注入所述环形侧表面中。

22. 根据权利要求 19 所述的照明设备,其中所述管形光导的形状为实质上的圆柱形。

23. 根据权利要求 19 所述的照明设备,其中所述管形光导的形状为实质上的锥形。

24. 一种光学装置,包括:

光导,所述光导具有相背对的主表面,所述主表面中的至少一个主表面中具有适于将导模光从所述光导中耦合出来的衍射表面特征;和

图案化低折射率次表面层,所述次表面层被构造成选择性地阻挡一些导模光到达所述衍射表面特征中的至少一些。

25. 根据权利要求 24 所述的装置,其中所述图案化低折射率次表面层包括第一层部分和第二层部分,所述第一层部分包含纳米空隙聚合物材料。

26. 根据权利要求 25 所述的装置,其中所述第二层部分包含所述纳米空隙聚合物材料和附加材料。

27. 根据权利要求 25 所述的装置,其中所述第二层部分包含非纳米空隙的聚合物材料。

28. 根据权利要求 24 所述的装置,其中所述图案化低折射率次表面层由一种或多种聚合物材料构成,所述聚合物材料均不为纳米空隙的。

29. 根据权利要求 24 所述的装置,还包括:

被设置成将光注入所述光导中的光源。

衍射照明设备

技术领域

[0001] 本发明一般涉及照明装置,就具体应用而言涉及并入光导和衍射元件以将导模光从光导中耦合出来的照明装置。本发明还涉及相关的制品、系统和方法。

背景技术

[0002] 已知的扩展区域照明装置使用光导将来自边缘安装的离散 CCFL 光源或 LED 光源的光分散在光导的扩展区域上。液晶显示器 (LCD) 中使用的侧光式背光源是这样的照明装置的主要示例。通常,重要的是使得这样的照明装置具有随着扩展区域输出表面上的位置的变化而均匀、或至少缓慢变化的颜色和亮度。通常,还重要的是使得这样的照明装置发出实质上白色的光,使得液晶面板的滤波作用可产生范围从蓝色到红色的全彩像素和图片。

[0003] 为了从光导中提取出导模光,侧光式背光源常常将光导的主表面构造成具有漫射涂料或其它散射材料的印刷图案,或具有例如由一系列沟槽或棱镜所提供的结构化表面,该沟槽或棱镜的小平面被设计成通过折射或反射来改变光的方向。在主表面上使用衍射沟槽或棱镜来将导模光从光导中提取出来并不是普遍的,因为衍射具有强大的波长依赖性,这种强大的波长依赖性可容易产生高度着色的外观,并且高度着色的外观在大多数的最终用途应用中是不合格的。

发明内容

[0004] 我们已开发出一系列新型扩展区域照明装置,这些扩展区域照明装置使用光导的主表面上的衍射表面特征来从扩展的光导提取光。衍射表面特征与导模光进行交互,以将导模光从光导中耦合出来。

[0005] 光导可与其它部件和特征结合,以提供独特且可用的照明装置,所述其它部件和特征诸如将导模光注入光导中的光源、通过光导作为非导模光投射光的光源、互连的支撑构件的框架(附接到多个这样的光导)和/或选择性地阻挡一些导模光到达衍射表面特征的图案化低折射率次表面层。本发明还公开了相关的光学装置和光学膜,所述光学膜可用于构造这样的装置和光导的具有衍射特征。

[0006] 照明装置可用作在办公场所或其它生活或工作环境中提供一般照明或装饰性照明的照明设备。另选地,照明装置可用于其它应用,诸如安全应用。用于这些装置的衍射表面特征可针对通过光导传播的非导模光提供低光学失真,以允许通过该光导观察对象。

[0007] 我们在本文特别描述了诸如包括光导、第一光源和第二光源的照明设备的照明装置。光导具有相背对的主表面,并且主表面中的至少一个中具有适于将导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征。第一光源被构造成将光注入光导中。第二光源被构造成通过光导作为非导模光投射光。

[0008] 光导可具有低光学失真,使得通过第二光源投射的光实质上不被光导偏离。光导的相背对的主表面可以包括与第二主表面相背对的第一主表面,并且来自第二光源的所投射的光可以进入第一主表面并离开第二主表面,并且衍射表面特征可被构造成从所述第二

表面耦合出来的导模光比从第一主表面中耦合出来的导模光更多。

[0009] 我们还公开了诸如包括框架、多个光导和多个光源的照明设备的照明装置。框架包括多个互连的支撑构件,并且多个光导附接到该框架。光导中的每一个光导具有相背对的主表面,并且每个光导的主表面中的至少一个中具有适于将导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征。将多个光源设置在支撑构件上和/或其中,并且将光源分布成将光注入所有光导中。

[0010] 光导中的至少一些可以具有低光学失真,使得可以通过这样的光导来观察对象。此外,光导中的至少一些或所有光导可实质上共平面。在一些情况下,光导中的至少一些可被布置成螺旋形,或可被布置成共同形成凹形。在一些情况下,光导可共同形成封闭且中空的三维结构。

[0011] 对于光导中的至少一些,衍射表面特征可将导模光优先地从相背对的主表面之一中耦合出来,称为输出主表面。这样的光导的输出主表面可面向大致相同的方向,例如,这样的光导的表面法向矢量可具有正标量积。

[0012] 所述多个光源可以包括实质上不同的第一输出颜色、第二输出颜色和第三输出颜色(诸如红色、绿色和蓝色)的光源,并且该光源可被分布成使得光导中的至少第一光导主要由第一输出颜色的光源照明,光导中的至少第二光导主要由第二输出颜色的光源照明,并且光导中的至少第三光导主要由第三输出颜色的光源照明。

[0013] 我们还公开了诸如包括管形光导和被构造成将光注入光导中的第一光源的照明设备的照明装置。光导具有在其上形成衍射表面特征的第一主表面,所述衍射表面特征适于将导模光从光导中耦合出来。管形光导可为中空的并且可具有两个开口端和接近开口端之一的环形侧表面。第一光源可被设置成将光注入环形侧表面中。管形光导的形状可为实质上的圆柱形的,或者实质上的锥形的。

[0014] 我们还公开了包括光导和图案化低折射率次表面层的光学装置。光导具有相背对的主表面,并且主表面中的至少一个中具有适于将导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征。图案化低折射率次表面层被构造成选择性地阻挡一些导模光到达衍射表面特征中的至少一些。图案化低折射率次表面层可以包括第一层部分和第二层部分,并且第一层部分可以包含纳米空隙聚合物材料,并且第二层部分可以包含相同的纳米空隙聚合物材料和附加材料。另选地,第二层部分可以由非纳米空隙的聚合物材料构成。此外,图案化低折射率次表面层可以由一种或多种聚合物材料构成,这些材料都不是纳米空隙的。光学装置可以包括被设置成将光注入光导中的光源。

[0015] 还讨论了相关的方法、系统、和制品。

[0016] 本专利申请的这些和其它方面从下文的具体实施方式中将是显而易见的。然而,在任何情况下都不应将上述发明内容理解为是对要求保护的主题的限制,要求保护的主体仅由所附权利要求书限定,并且在审查期间可以进行修改。

附图说明

[0017] 图1为利用光导的主表面上的衍射表面特征的照明装置的示意性侧视图或剖面图;

[0018] 图2为光导的示意性侧视图或剖面图,其中离散光源将光注入到光导中并且衍射

表面特征将导模光从光导中耦合出来；

[0019] 图 3 为使用线性衍射表面特征从光导提取的光的集成光功率密度的强度对极角的曲线图；

[0020] 图 4 为可用于从光导进行光提取的复制型衍射表面的显微图；

[0021] 图 5 为使用如图 4 所示衍射表面结构的照明装置的随着极角和方位角的变化所测量的强度的锥光图；

[0022] 图 5a 为针对图 5 的锥光图沿着特定观察平面所测量的亮度对极角的曲线图；

[0023] 图 6 为具有不对称或闪耀式衍射表面结构的光导的示意性侧视图或剖面图；

[0024] 图 7 为针对图 6 的表面结构计算的提取效率的曲线图；

[0025] 图 8 为包括呈叠堆或分层布置的多个光导的照明装置的示意性侧视图或剖面图；

[0026] 图 9 为照明装置的示意性透视图，该照明装置包括设置在光导的相背对的主表面上并且针对不同颜色的光源调控的不同衍射表面特征；

[0027] 图 10 和图 11 为具有衍射表面特征的光导的示意性侧视图或剖面图，所述衍射表面特征包括不同间距的表面特征组；

[0028] 图 12 为具有成型为螺旋的衍射表面结构的光导的示意性前视图或平面图；

[0029] 图 12a 为图 12 的光导的细部图；

[0030] 图 13 为照明装置的一部分的示意性前视图、平面图或剖面图，该照明装置包括光导、被设置成将光注入光导中的离散光源以及支撑结构；

[0031] 图 14 为具有相等曲率的衍射表面结构的扁平饼状光导的示意性前视图或平面图；

[0032] 图 15a 和图 15b 为照明装置的示意性侧视图或剖面图，当由普通使用者观察时，该照明装置具有彩色外观，但在所关注的远程基准表面处提供实质上白光照明；

[0033] 图 16 为照明装置的示意性侧视图或剖面图，其中根据光源选择三种不同类型的衍射表面特征的相对宽度或面积，所述光源的光谱强度分布具有高的蓝色含量；

[0034] 图 17 为类似于图 16 的照明装置的示意性侧视图或剖面图，但其中使用光谱强度分布不具有异常高的蓝色含量的光源，并因此调节三种不同类型的衍射表面特征的相对宽度或面积；

[0035] 图 17a 为红色、绿色和蓝色 LED 的集合的输出光谱的示意图。

[0036] 图 18 和图 19 为具有图案化印刷的另外的光导的示意性侧视图或剖面图，这些光导还具有图案化低折射率次表面层；

[0037] 图 18a 为示例性图案化低折射率次表面层的示意性横截面视图；

[0038] 图 20 为照明装置的示意性侧视图或剖面图，该照明装置将通过衍射表面特征从光导中提取的光与通过光导作为非导模光投射的光组合；

[0039] 图 20a 为类似于图 20 的照明装置的示意性侧视图或剖面图，但其中通过光导投射的非导模光为由反射光提供的间接照明；

[0040] 图 21 为照明装置的示意性前视图或平面图，该照明装置包括一组扁平饼状光导和离散光源；

[0041] 图 22 和图 23 为照明装置的示意性前视图或平面图，该照明装置包括三角形光导组；

[0042] 图 24 和图 25 示出了照明装置的细部图,其中多个光导附接到互连的支撑构件的框架,所述支撑构件包括将光注入光导中的多个光源;

[0043] 图 26 至图 30 为更多照明装置的示意性前视图或平面图,它们各自包括连接在一起的多个光导;

[0044] 图 31 为照明装置的示意性侧视图或剖面图,其中多个光导被布置成实质上共平面的;

[0045] 图 32 和图 33 为照明装置的示意性侧视图或剖面图,其中多个光导未被布置成共平面的,而是被布置成共同形成凹形;

[0046] 图 34 为示意性透视图,对于包括多个光导的照明装置,该图用于示出光导可被布置成螺旋形;

[0047] 图 35 至图 38 为照明装置的示意性透视图,其中多个光导被布置成共同形成封闭且中空三维结构;

[0048] 图 39a 至图 39c 为可用于本发明所公开的照明装置的不平坦光导的示意性透视图;

[0049] 图 39d 和图 39e 为另外为管形并且可用于本发明所公开的照明装置的不平坦光导的示意性透视图;

[0050] 图 40 为照明装置的示意性透视图,该照明装置包括彼此接近悬挂的多个光导;

[0051] 图 41a 为使用具有弯曲衍射表面结构的圆形光导构造的照明装置的照片,该照明装置是在环境光线打开并且照明装置的离散光源关闭的情况下从倾斜视角拍摄的;

[0052] 图 41b 为图 41a 的照明装置的照片,但在环境光线关闭并且照明装置的离散光源打开的情况下以稍微更倾斜的视角拍摄,并且其中识别并标记了在照明装置的表面上选定的小区域或点;

[0053] 图 41c 为图 41b 的选定点的 CIE 色度坐标的曲线图;

[0054] 图 42a 为用于测量通过图 41b 的照明装置照明的基准表面的光学特性的设置的示意图;

[0055] 图 42b 为针对代表基准表面的三个不同位置的照明测量部分的选定点测量的 CIE 色度坐标的曲线图。

[0056] 图 43 为类似于用于形成照明装置的图案化低折射率次表面层的无规梯度点图案的照片(具有放大的示意性插图);

[0057] 图 44a 为照明装置的照片,该照明装置具有矩形光导、弯曲衍射表面特征以及图案化低折射率次表面层(类似于图 43 所示);

[0058] 图 44b 为图 44a 的照明装置在倾斜视角下的照片;并且

[0059] 图 45 为构造并测试的另一个照明装置的照片。

[0060] 在这些附图中,类似的参考标号指示类似的元件。

具体实施方式

[0061] 如上所述,我们已经发现,可以通过组合扩展区域光导与其它部件或特征来制备适于例如用作一般照明应用或装饰性照明应用的照明设备的独特照明装置,其中光导包括形成于其主表面上的衍射表面特征以将导模光从光导中耦合出来。其它部件和特征可以包

括下列中的一者或多者：将导模光注入光导中的离散光源和 / 或扩展光源；通过光导作为非导模光投射光的光源；选择性地阻挡一些导模光到达衍射表面特征的图案化低折射率次表面层；具有形成于其上的衍射表面特征的其他光导；互连的支撑构件的框架，其可以附接到多个这样的光导并且可以包括将光注入光导中的光源；光导的不同形状，包括弯曲形状和其它不平坦形状以及中空管状。

[0062] 在一些情况下，来自光导的耦合出来的光可以表现出表观形状随观察位置而改变的带或带图案。对于至少一些观察位置，带可以具有三维外观。

[0063] 在一些情况下，可以包括图案化的透光层，其光学地接触一些衍射表面特征，但不与其它衍射表面特征光学接触。图案化层可以限定标记，并且对于通过光导观察对象，衍射特征可以提供低失真，使得当导模光不在光导内传播时，标记对于使用者而言不是显而易见的。

[0064] 在一些情况下，衍射表面特征可以在主表面的非重叠区域中包括不同间距的衍射特征，所述衍射特征受到调控以在不同的方向上从光导提取不同颜色的导模光。衍射特征可以提取光使得普通使用者在光导的不同区域观察到实质上不同的颜色，从而提供彩色外观。尽管如此，衍射特征还可以提取光使得照明装置以颜色实质上均匀（如果需要，实质上白色）的照明光对设置在距光导中间距离处的基准表面进行照明。

[0065] 图 1 以示意性侧视图或剖面图示出了示例性照明装置 110。照明装置 110 包括扩展区域光导 112 和离散光源 114a、114b。可以任何所需构型安装照明装置 110，但在这种情况下，示出为物理地安装在使用者 120 的上方，例如在房间或建筑的顶篷上或附近。如果需要，装置 110 可被设计成对诸如桌面或地面的表面 122 上提供实质上均匀的白光照明。然而，当使用者 120 直接观察装置 110 时，使用者可以在装置 110 的整个发射区域内看到实质上不同颜色的图案。不同颜色的图案至少部分是因为：通过衍射表面特征以不同的角度（或更精确地讲，以不同的角度分布）从光导提取不同波长或颜色的导模光。

[0066] 当直接观察装置 110 时，使用者还可以在该装置的发射区域中看到一个或多个具有三维外观的带。给定带是从离散光源之一发射的光与光导的一个或两个主表面上的衍射表面特征的交互作用的结果。另选地，给定带可以是由沿着光导的侧表面延伸的不均匀反射结构中的高或低反射率局部区域反射或吸收的光的交互作用的结果。这样的带的细节在与本文同一日提交的共同转让的美国专利申请 13/572,805（代理人案卷号 69596US002）“Diffraction Lighting Devices With 3-Dimensional Appearance（具有三维外观的衍射照明装置）”中有所描述。

[0067] 在一些情况下，使用者还可以在装置的发射区域中看到由衍射表面特征的图案化印刷形成的标记或其它空间图案。图案化印刷在光导的至少一个主表面上提供与一些衍射表面特征光学接触的第二透光介质。相同主表面上的其它衍射表面特征与不同的第一透光介质光学接触。这样的标记的细节在与本文同一日提交的共同转让的美国专利申请 13/572,813（代理人案卷号 69809US002）“Lighting Devices With Patterned Printing of Diffraction Extraction Features（具有衍射提取特征的图案化印刷的照明装置）”中有所描述。

[0068] 除装置发射区域中的不同颜色的图案、标记和带之外，使用者 120 还可以通过光导 112 观察到具有很少或不具有光学失真的对象，诸如对象 124。由这样的对象发出或反射

的光能够通过光导作为非导模光传播,其中只有少量的光被衍射表面特征偏转。

[0069] 光导 112 沿着两个平面内方向(在图 1 中示出为笛卡尔坐标系统的 x 轴和 y 轴)延伸,使得光导具有相背对的主表面 112a、112b 以及侧表面 112c、112d。衍射表面特征 113 设置在光导 112 的主表面中的至少一个上,诸如如图所示的表面 112a、或在其它实施例中的表面 112b、或表面 112a 和 112b 两者。在任何情况下,衍射表面特征都受到调控以通过衍射将导模光从光导中耦合出来。导模光在图中示出为光 116,并且从光导发出的耦合出来的光示出为光 117a、117b。光 117a 在使用者 120 或表面 122 的大致方向上穿过表面 112a,并且光 117b 在远离使用者 120 或表面 122 的大致方向上穿过表面 112b。在一些情况下,可以安装照明装置 110 使得光 117b 对房间提供间接照明,例如通过从顶篷或从另一个反射构件反射而将光 117b 重新导向回到房间中。

[0070] 就这一点而言,可以将反射膜或层施加到表面 112b 的全部或一部分,或者可以将其定位在表面 112b 附近,以便重新导向光 117b 使其从表面 112a 射出。反射膜可以漫反射地、镜面反射地或半镜面反射地反射光,并且可以随波长的变化而均匀或非均匀地反射光,并且其可以随偏振的变化而均匀或非均匀地反射垂直入射光。反射膜可以例如为或包括:白色涂料或任何其它颜色的涂料;高反射率镜膜,例如具有诸如铝、银、镍等的金属涂层的膜,或诸如 3M™ Vikuiti™ ESR 的非金属镜膜;多层光学膜,其具有有机(例如,聚合物的)或无机组分光学层,该光学层的层厚度分布受到调控,从而以垂直入射角或另一个所需的入射角在可见光谱中的一些或全部上反射光;具有漫射涂层的 ESR 膜;具有光滑表面的白色反射器;具有拉丝金属表面的反射器,包括具有金属涂层的膜,该膜的表面是粗糙的,以提供半镜面反射性或漫反射性;具有结构化表面的反射器;微空腔化的 PET 膜; 3M™ Light Enhancement Film(3M™ 增亮膜);和/或反射偏振膜,包括但不限于 Vikuiti™ Diffuse Reflective Polarizer Film(Vikuiti™ 漫反射偏振膜,简称 DRPF)、Vikuiti™ Dual Brightness Enhancement Film(Vikuiti™ 双倍增亮膜,简称 DBEF)、Vikuifi™ Dual Brightness Enhancement Film II(Vikuiti™ 双倍增亮膜 II,简称 DBEF II),以及多层光学膜,该多层光学膜对于不同偏振态的垂直入射光具有不同的反射率,但对于这样的垂直入射光在可见光谱中的一些或全部上的平均反射率为大于 50%。还可参见以下专利中公开的光学膜:US 2008/0037127(Weber),“Wide Angle Mirror System(广角反射镜系统)”;US 2010/0165660(Weber 等人),“Backlight and Display System Using Same(背光源和使用背光源的显示系统)”;US 2010/0238686(Weber 等人),“Recycling Backlights With Semi-Specular Components(具有半镜面部件的循环背光源)”;US 2011/0222295(Weber 等人),“Multilayer Optical Film with Output Confinement in Both Polar and Azimuthal Directions and Related Constructions(在极方向和方位角两个方向具有输出禁闭的多层光学膜以及相关构造)”;US 2011/0279997(Weber 等人),“Reflective Film Combinations with Output Confinement in Both Polar and Azimuthal Directions and Related Constructions(在极方向和方位角方向均具有输出限制的反射膜组合以及相关构造)”;WO 2008/144644(Weber 等人),“Semi-Specular Components in Hollow Cavity Light Recycling Backlights(在中空腔体光循环背光源中的半镜面部件)”;以及 WO 2008/144656(Weber 等人),“Light Recycling Hollow Cavity Type Display Backlight(光循环中空腔体型显示器背光源)”。

[0071] 光导 112 可以是物理地厚的或薄的,但其优选地足够厚以支撑大量导模,并且此外,足够厚以有效耦合到离散光源的发射区域。光导的物理厚度可以为例如在 0.2 至 20mm 或 2 至 10mm 的范围内。厚度可以是恒定且均匀的,或者厚度可以根据位置而改变,如就锥形或楔形光导而言。如果是锥形的,则光导可以仅在一个平面内方向(例如, x 轴或 y 轴)上为锥形的,或者其可以在两个主要的平面内方向上均为锥形的。

[0072] 忽略与例如衍射表面特征相关联的小振幅表面可变性,光导可以是大致平坦的或平面的。然而,在一些情况下,光导可以是不平坦的,包括简单弯曲的,即仅沿着一个主要的平面内方向弯曲,或者复杂弯曲的,即沿着两个主要的平面内方向弯曲。光导可以是完全平坦的,完全不平坦的,或者在一些区域平坦而在其它区域不平坦。对于沿着特定的平面内方向不平坦的光导,沿着该方向的横截面轮廓可以例如为简单的弧,或者更复杂的不直的轮廓。在一些情况下,光导可以极大地偏离平坦结构,例如,光导可以为实心或中空截顶的空心锥的形式,其中光注入可以根据需要发生在截顶锥的较大端部或较小端部处。

[0073] 不论光导 112 是否平坦,光导均可以具有外边界或边缘,当在平面图中观察到光导时,其形状为弯曲的或分段平坦的(多边形),或分段平坦和弯曲的组合。弯曲形状的例子为具有连续弧的形状,诸如圆形、卵形和椭圆形,以及具有不连续或波状弧的形状,诸如正弦曲线或正弦曲线状轮廓。分段平坦形状的例子为三角形、四边形(例如,正方形、矩形、菱形、平行四边形、梯形)、五边形、六边形、八角形等。分段平坦形状可以为来自离散光源的光注入提供直的或平坦的侧表面或边缘,而弯曲形状为光注入提供弯曲的侧表面。

[0074] 光导通常为相对刚性和自支撑的,使得其在自重作用下不会实质上弯曲或变形,但也可以使用柔性光导,并且如果需要,可以使用例如支撑结构或框架使其保持在适当的位置。光导可以具有一体的构造,或者其可以由彼此附接并且无显著的居间气隙的多个部件制成,例如,使用透明光学粘合剂附接到较厚板的平坦平滑主表面的薄的表面结构化的膜。

[0075] 光导可以由任何合适的低损耗透光材料(诸如玻璃、塑料或它们的组合)制成。期望低损耗(例如,在可见波长下低吸收和低散射)的材料,使得导模光可以从一个侧表面完全横穿光导传播,其吸收/散射损耗与由于通过衍射表面特征耦合出这种光而造成的损耗相比较小。示例性材料包括合适的:玻璃;丙烯酸类树脂;聚碳酸酯;聚氨酯;环烯烃聚合物/共聚物,包括由肯塔基州路易斯维尔的瑞翁化学有限合伙公司(Zeon Chemicals L.P., Louisville, Kentucky)销售的 Zeonex™材料和 Zeonor™材料;有机硅和弹性体;以及压敏粘合剂(PSA)和其它粘合剂,包括有机硅粘合剂、3M™ VHB™可适形的丙烯酸系泡沫卷带以及 3M™ OCA™光学透明粘合剂。

[0076] 装置 110 还包括一个或多个离散光源 114a、114b,所述光源优选地安装在光导 112 的边缘或侧表面处。光源为离散的并且尺寸相对于光导的平面内维度(长度或宽度)较小。然而,离散或尺寸受限的光源无需使用,并且如果需要可用非离散的光源替代,非离散的光源包括其发射区域相对于光导的侧表面的对应维度为长和/或宽的光源。光源 114a、114b 优选地为固态光源,诸如发光二极管(LED),但也可以使用其它合适的光源。

[0077] 就这一点而言,“发光二极管”或“LED”是指发射光的二极管,无论该光是可见的、紫外的、或红外的,但在大多数实际实施例,所发射的光将在可见光谱范围(例如,从约 400 到 700nm)内具有峰值波长。术语 LED 包括作为“LED”(不论是常规型还是超辐射型)

销售的非相干的封闭或封装的半导体器件、以及相干半导体器件（例如激光二极管，包括（但不限于）垂直腔面发射激光器（VCSEL））。“LED 晶粒”是最基本形式的 LED，即采用半导体加工方法制成的单个部件或芯片形式的 LED。例如，LED 晶粒可由一种或多种 III 族元素的组合和一种或多种 V 族元素的组合形成（III-V 半导体）。部件或芯片可包括适用于施加电力以使装置通电的电触点。例子包括引线结合、卷带式自动接合（TAB）或倒装芯片结合技术。部件或芯片的各个层和其它功能元件通常以晶片级形成，然后可以将加工好的晶片切成单个元件，以生产大量的 LED 晶粒。LED 晶粒可被构造用于表面安装、芯片直接贴装或其它已知的安装构型。一些封装的 LED 通过在 LED 晶粒和相关联的反射杯之上形成聚合物封壳而制成。一些封装 LED 还包括一种或多种荧光体材料，这些荧光体材料受激于紫外或短波长可见 LED 晶粒，并以可见光谱范围内的一个或多个波长发荧光。出于本申请的目的，“LED”还应被认为是包括有机发光二极管，常常称为 OLED。

[0078] 将由诸如源 114a、114b 的源发射的光注入到光导中，以提供导模光，即，主要为通过全内反射（TIR）限制在光导中的光，忽略任何衍射表面特征的影响。由每个单独的源发射的光为可见的，并且可为宽带（例如，白色）或窄带（例如着色的，诸如红色、黄色、绿色、蓝色）。如果使用着色的窄带源，那么可将不同颜色组合以在表面 122 上提供总体白光照明，或颜色可为均匀的、或彼此不同的但以提供表面 122 上的装饰性着色（非白色）照明的方式来组合。

[0079] 衍射表面特征 113 设置在光导的至少一个主表面上。这些表面特征或结构可暴露于空气，或利用有形材料诸如低（或高）折射率材料来平坦化，或是以图案化布置进行以上两者（一些被暴露于空气，一些被平坦化）。如在本文中其它地方所讨论的，将衍射表面特征设定尺寸并以其它方式构造用于通过衍射将导模光从光导中耦合出来，使得不同波长被不同地耦合出来，例如，以不同量、不同方向以及不同角度分布耦合出来。可对衍射表面特征进行调控，使得来自边缘安装的光源的光距光导的两个主表面 112a、112b 实质上相等地进行发射，或替代地使得光优先地从主表面之一诸如表面 112a 进行发射，这个表面随后可被指定为光导输出表面。在后一种情况下，可将装置安装在特定的取向上，以便有效地照明房间、工作空间或其它表面。

[0080] 尽管衍射表面特征将导模光从光导中耦合出来，但光导和衍射表面特征优选被调控成使得非导模光，例如源自光导后方的源或对象并入射在光导的主表面之一上的光具有最小程度的偏离（无论通过衍射或折射），使得可通过光导观察低失真的对象。低失真可提供美观和实用益处两者。在图 1 中，失真足够低，使得使用者 120 可以通过光导 112 观察和识别对象 124。对象 124 可为既不产生光也不是照明装置 110 的一部分的顶篷或另一个相邻结构。另选地，对象 124 可以产生光并且可以是照明装置 110 的一部分，例如，其可以是另一个具有其自身的衍射表面特征的侧光式光导，或者其可以是更常规的光源，诸如不具有衍射表面特征但连接至光导 112 并被安装使得其发射的光的大部分或至少一些通过光导 112 导向的聚光灯或灯泡。通过另外的光源提供的照明可以是直接的或间接的，如下面结合图 20 和图 20a 所示。此外，对象 124 可以是或包括设置在装置 110 附近或附接到装置的图形膜。

[0081] 衍射表面特征 113 可以存在于实质上整个主表面 112a 或仅表面的一部分上。如果衍射表面特征仅覆盖表面的某些部分，则来自边缘安装的光源的光可以仅从那些部分中

的光导射出。

[0082] 下文进一步描述了衍射表面特征的其它方面。在一些情况下,衍射表面特征和光源可以受到调控以产生照明装置,其中装置的普通使用者在光导的不同区域观察到实质上不同的颜色,以用于彩色美学外观,同时在垂直于光导的光轴设置并且设置在距光导中间距离 D 处的所关注的基准表面处提供实质上均匀的颜色(例如均匀的白色)的照明。距离 D 可以光导的特征平面内维度 L 表示。例如, D 可为至少 $2 \times L$ 但不超过 $50 \times L$,并且 L 可以是光导的最大、最小或平均平面内维度。除此之外或作为另外一种选择,距离 D 可以为至少 0.2 米但不超过 15 米。

[0083] 实质上均匀的颜色可以为实质上白色,或者其可以为另一种所需的颜色。“实质上白色”的光可以指 CIE x, y 色度图上的边界由以下 12 个色点限定的区域:(0.305, 0.265)、(0.29, 0.340)、(0.330, 0.382)、(0.375, 0.415)、(0.425, 0.440)、(0.470, 0.450)、(0.530, 0.450)、(0.530, 0.380)、(0.470, 0.375)、(0.425, 0.360)、(0.375, 0.335)、(0.340, 0.305)。光导的不同区域中的实质上不同的颜色可以包括在 CIE x, y 色度图上彼此分离超过第一色差的至少两种颜色。第一色差可以为 0.12 或 0.15 或 0.2。基准表面上的照明可以具有最大值 $I_{\max}$,并且实质上均匀的颜色可以在基准表面的测量部分上表征,在该测量部分上照明提供至少 $I_{\max}/e$ 的照度,其中 e 为等于自然对数函数的底数的数学常数。对于实质上均匀的颜色,在测量部分内没有在 CIE x, y 色度图上彼此分离超过第二色差的两个点,其中第二色差为 0.08 或 0.07 或 0.06。甚至可以在被设置成将光注入光导中的每一个光导光源发出实质上白光的情况下提供彩色外观。受到调控以用具有彩色外观的光导提供均匀颜色的照明的照明装置的其它细节在与本文同一日提交的共同转让的美国专利申请序列号 13/572,823(代理人案卷号 69810US002)“Colorful Diffractive Luminaires Providing White Light Illumination(提供白光照明的彩色衍射照明装置)”中有所描述。

[0084] 在一些情况下,衍射表面特征中的至少一些在平面图中可以任选地为不直的,并且在光导内传播的光可以与衍射表面特征进行交互,以产生与不直的衍射表面特征相交的至少一个带。带可以是亮带,或者在一些情况下为暗带。带的外观(例如形状)根据观察者 120 相对于照明装置 110 的观察位置而改变。不直的衍射特征的形状可以是例如弯曲的或分段的,或者可以具有波状或不相交的形状,包括曲线和/或线段。然而,在一些情况下,在光导的主表面中的一者或两者上的衍射表面特征中的一些或全部在平面图中可以是直的。当使用离散光源和/或离散吸收器时,还可以用直的衍射表面特征来生成亮带和/或暗带,但这样的带的形状可能不随观察位置而改变曲率。

[0085] 照明装置 110 和本文所公开的其它照明装置可作用于一般照明目的等的照明设备或类似照明装置。可以任何所需位置和取向将照明设备安装在例如房间的顶篷上、内或附近,或者房间的墙壁上、内或附近,或者安装在柱、梁或其它支撑结构上。照明设备可以平行于顶篷、或平行于墙壁、或相对于顶篷或墙壁以倾斜或中间角度取向。

[0086] 在图 2 中,我们看到光导 212 的示意图,该光导 212 具有光源(诸如将光注入光导中的离散光源 214)以及将导模光 216 从光导中耦合出来以提供耦合出来的光 217a、217b 的衍射表面特征 213。可与上述光导 112 相同或类似的光导 212 具有在其上提供衍射表面特征 213 的第一主表面 212a,与第一主表面相背对的第二主表面 212b,以及来自光源 214 的光可通过其进入光导的侧表面 212c。光源 214 可以包括有源元件 214a(诸如将电转化为

可见光的一个或多个 LED 晶粒) 以及有助于将被误导的光中的一些从元件 214a 导向至光导 212 的侧表面 212c 中的一个或多个反射构件 214b。来自光源 214 的导模光 216 通过全内反射 (TIR) 沿着光导 212 并在其内在一定的角度 α 范围内传播, 可相对于光导的局部平面 (在这种情况下为 x-y 平面) 测量所述角度 α 。耦合出来的光 217a、217b 可至少部分地通过在给定光线 217c 的传播方向与垂直于光导的局部平面的轴 217d (在这种情况下为 z 轴) 之间的极角 θ 进行测量或表征。图 2 还示出了入射光束 218a, 其通过主表面 212b 入射到并进入光导 212, 通过光导 212 作为非导模光传播, 并且通过主表面 212a 作为透射光束 218b 离开光导。透射光束 218b 优选地通过衍射表面特征 213 最小程度地偏离, 使得可以通过光导 212 观察具有低失真的对象。

[0087] 我们现在将对衍射表面特征 213 的相关设计特征进行详细说明, 这些设计特征允许它们提供上述功能特性中的一些。通常, 衍射表面特征 213 为具有充分限定的沿循平面图中的预定路径的面的沟槽或脊/棱镜。出于图 2 的目的, 为简单起见, 我们将假设衍射特征 213 沿循彼此平行并与 y 轴平行的直线路径。这个假设不像看起来那样是限制性的, 因为直的线性特征可近似于衍射表面特征的沿循平面图中的弯曲路径诸如同心圆或螺旋形弧的一个很小部分或区段。为简单起见, 我们还假设衍射特征 213 具有均匀的中心至中心的间距, 简称为“间距”, 其在图 2 中标记为“p”。该假设也不像看起来那样是限制性的, 因为均匀间隔的衍射特征 213 可近似于衍射表面特征的非常小的部分或区段, 其间距 p 根据位置而改变。还假设衍射表面特征 213 具有如图 2 所示的深度 (沟槽) 或高度 (棱镜) “h”。

[0088] 具有假设的线性构型和恒定间距的衍射表面特征 213 可称为单间距 (或周期性) 一维 (1D) 衍射光栅。单间距 1D 光栅直接耦合到光导 212 并形成光导 212 的主表面 212a, 我们假设该主表面具有折射率 n 并且浸入空气或真空中。来自光源 214 的光波长为 λ 的光通过侧表面 212c 注入或发射到光导 212 中, 并且主要通过 TIR 在光导内并沿着光导作为导模光 216 传播。当这样的光入射在衍射表面特征 213 上并与其进行交互时, 一小部分 (η) 导模光 216 作为耦合出来的光 217a、217b 被提取。当满足以下条件时, 耦合出来的光或提取光 217a、217b 沿着正交于光导表面的方向 (例如在图 2 中具有极角 $\theta = 0$) 传播:

$$[0089] \quad m \times (\lambda / n) = d \times \cos(\alpha)。(1)$$

[0090] 在该公式中: α 是指导模光入射在光栅表面上的角度, 该角度是相对于实质上如图 2 所示表面的平面来测量的; m 为衍射级; n 为光导 212 的折射率; λ 为光的波长; 并且 d 为光栅间距, 其在图 2 中标记为“p”。例如, 对于轴向 ($\alpha = 0$ 度) 发射到具有折射率 $n = 1.5$ 的丙烯酸类树脂光导中 $\lambda = 530\text{nm}$ 的绿光, 光栅间距 d (或 p) 应等于 353nm , 并且只有第一衍射级 ($m = 1$) 是可能的。对于 α 和 λ 的其它值, 提取方向将通常不再正交于光导表面。

[0091] 对于单间距的 1D 衍射光栅, 在此可以使用计算机模拟来示出所提取或耦合出来的光随着光源波长变化的角度分布特性。为了完全表征角度分布, 应当考虑极角 (在图 2 中, 角度 θ) 和方位角 (在 x-y 平面中相对于 x-y 平面中的固定方向或轴线来测量的角度) 两者。出于模拟目的, 为简单起见, 我们假设: 光源 214 和光导 212 (包括衍射表面特征 213) 沿着平行于 y 轴的轴线无限延伸; 间距 d (或 p) 为 353nm ; 并且光源 214 针对在入射在侧表面 212c 上之前由光源 214 发射在空气中的光而在 x-z 平面中具有朗伯曲线分布, 即, 强度与 α 的余弦成比例。在用这些假设运行模拟之后, 根据 3 个不同的光波长 λ 的极角 θ

计算总的集成光功率密度,并将结果绘于图 3 中。在该图中,曲线 310、312、314 分别示出 450nm(蓝光)、530nm(绿光)和 620nm(红光)的光波长 λ 的集成光功率密度。

[0092] 除其它之外,图 3 的模拟结果还展示出使用衍射表面特征进行的光提取的波长依赖性。虽然曲线 310、312、314 在一定程度上重叠,但它们的峰值强度在彼此相差超过 10 度的极角处出现,其中红光峰值和蓝光峰值相隔几乎 30 度。在该具体例子中,绿光的峰值在靠近 $\theta = 0$ (即,沿着几乎与光导的光轴一致的方向)处出现。我们可以通过增大间距 p 使红光的峰值与光轴一致,并且我们可以通过减小间距 p 使蓝光的峰值与光轴一致。

[0093] 除模拟之外,我们还制造了单间距 1D 衍射光栅以显示其作为用于光导的光提取器的实用性。首先,使用聚焦离子束 (FIB) 形成金刚石车削机 (DTM) 的金刚石顶端,从而形成夹角为 45 度的 V 形金刚石顶端。然后使用该金刚石顶端围绕铜辊的周长切割对称等距间隔的 V 形沟槽,以制备衍射光栅母模工具。然后使用浇铸和固化复制工艺将光栅图案从母模工具转印到膜基板。由于低的双折射和折射率值 ($n = 1.5$),具有 3 密耳 (约 76 微米) 厚度的三醋酸酯纤维素 (TAC) 膜被用作基膜或基板,这与典型光导材料的折射率良好地匹配。将该基膜施加到母模工具,两者之间具有薄的丙烯酸酯树脂涂层。丙烯酸树脂组合物包括丙烯酸酯单体 (可购自科宁公司 (Cognis) 的 75 重量%的 PHOTOMER 6210 和可购自奥德里奇化学公司 (Aldrich Chemical Co.) 的 25 重量%的 1,6-己二醇二丙烯酸酯) 以及光引发剂 (1 重量%的 Darocur 1173, 汽巴特殊化学品公司 (Ciba Specialty Chemicals)) 使用来自水银蒸气灯 (“D”形灯泡) 的紫外光来将微复制型树脂浇铸并且后固化在基膜上。将浇铸辊温度设定为 130° F (54°C),并将辊隙压力设定为 20 至 25psi (约 138,000 至 172,000 帕斯卡)。

[0094] 图 4 示出了所得的衍射光栅膜的结构化或沟槽状表面的显微照片。该图中的衍射表面特征的间距为约 400 纳米,并且沟槽的深度 (或棱镜的高度) 为约 500 纳米。

[0095] 随后,使用一层光学透明粘合剂 (来自明尼苏达州圣保罗市的 3M 公司 (3M Company, St. Paul, Minnesota) 的 3M™ Optically Clear Adhesive 8172 (3M™ 光学透明粘合剂 8172)) 将该膜层合到干净、平坦、且矩形的 2mm 厚的丙烯酸类树脂板,使得衍射光栅背向丙烯酸类树脂板并暴露于空气,并且使得在衍射光栅膜的基膜和该膜所粘附的丙烯酸类树脂板的平坦的主表面之间不存在显著气隙。因此,层合构造形成具有单间距的 1D 衍射光栅的光导,该 1D 衍射光栅用作光导的一个主表面上的衍射表面特征。光导包括平行于衍射表面特征的沟槽方向延伸的平坦的、直的侧表面,其类似于图 2 的构型。光源使用发橙色的 LED (可购自欧司朗光电半导体公司 (OSRAM Opto Semiconductors GmbH)) 的线性阵列进行构造,每个 LED 具有约 590nm 的中心波长和约 20nm 的半极大处全宽度 (FWHM) 带宽。单独 LED 的离散特性通过将漫射器板 (型号 DR-50, 来自纽约州鲍德温市的阿斯特拉产品公司 (Astra Products Inc., Baldwin, New York)) 放置在 LED 前方,即,在 LED 与光导的侧表面之间而掩蔽,以提供在空间上更均匀的照明。因此,光源近似于发射在 590nm 波长下大致单色的光的线性光源。

[0096] 将光源通电,并且使用锥光相机系统来测量随着极角和方位角的变化,通过衍射表面特征发射的所耦合出来的光的强度。所测量的锥光强度分布在图 5 中示出。在该图中,光源的延长方向以及沟槽方向对应于 0 度和 180 度的方位角值。在图 5a 中,将在正交基准平面中,即,在对应于图 5 中的 90 度和 270 度的方位角值的平面中的所测量的强度或

亮度绘制为极角 θ 的函数。读者可能注意到图 5a 中的曲线相对于图 3 中的曲线 310、312、314 的形状的类似性。读者参考图 5 还可注意到,光由呈狭窄月牙形分布的 1D 衍射光栅来提取,该 1D 衍射光栅并不位于平面中,但其方位角随着极角的变化而偏移。

[0097] 结合图 4、图 5 和图 5a 所述的扩展区域照明装置的其它方面包括:从光导的两个主表面(参见例如图 2 的表面 212a、212b)相等地提取或耦合出来的光,这是衍射表面特征的对称设计(即,形成线性衍射光栅的对称 V 形沟槽)的结果;如果将单色光源替换为白色光源和 / 或多色光源,则由于衍射现象将出现角向颜色分离(参见例如图 3);装置中不需要漫射部件(尽管在图 5 和图 5a 的实施例中,光源中包括了一个漫射部件以掩蔽 LED 光源的离散性质),这是因为以下事实:依赖于 TIR 以允许导模光沿波导传播以及依赖于衍射以将光从光导提取或耦合出来;并且所耦合出来的光的月牙形分布通过相对狭窄的光提取角度来表征。

[0098] 优先可通过光导的一个主表面而非另一个主表面来提取或耦合出来导模光,其方式为改变衍射表面特征的形状,具体地,使得单独特征(例如,棱镜)的形状不对称。我们结合图 6 和图 7 对此进行证实。在图 6 中,照明装置 610 包括光导 612,其具有第一主表面 612a 和相背对的第二主表面 612b。第一主表面 612a 包括小平面形式的衍射表面特征 613,其形成具有高度“h”和间距“p”的直角棱镜结构。装置 610 还包括光源 614,该光源设置在光导 612 的侧表面的近侧,以将光作为导模光(从图 6 的视角来观察这种光大致从左到右传播)注入到光导中。执行装置 610 的计算机模拟。在模拟中,为简单起见,假设衍射表面特征 613 的棱镜结构是等距间隔的,并且沿着平行于 y 轴的轴线线性延伸。还假设光源平行于 y 轴线性延伸,并且假设光源在平行于光导的平面的第一基准平面(参见图 2 中的 x-y 平面)中以朗伯曲线分布将波长 λ 的偏振光发射到空气中,该光随后被折射在光导的侧表面处。模拟仅假设在垂直于第一基准平面的第二基准平面(参见图 2 中的 x-z 平面)中的光的一个传播角度, $\alpha = 5$ 度,如图 2 中所参考的。假设光导的折射率为 1.5。初始选择光学波长 λ 和光栅间距 p,使得针对第一级衍射 ($m = 1$),正交于光导表面来提取所耦合出来的光,从而得出 $\lambda \approx 520\text{nm}$ 并且 $p \approx 350\text{nm}$ 。那么,光栅高度 h 在 50 到 500nm 的范围内变化,而间距 p 在 350nm 处保持恒定。对于与光栅高度的特定值相关联的每个实施例,以下量由计算机模拟软件计算得出:

[0099] • 从第一主表面 612a 提取的横向磁性(TM)偏振光的提取效率,在此称为 TM 顶部提取效率;

[0100] • 从第一主表面 612a 提取的横向电性(TE)偏振光的提取效率,在此称为 TE 顶部提取效率;

[0101] • 从第二主表面 612b 提取的横向磁性(TM)偏振光的提取效率,在此称为 TM 底部提取效率;以及

[0102] • 从第二主表面 612b 提取的横向电性(TE)偏振光的提取效率,在此称为 TE 底部提取效率。

[0103] 就这一点而言,“提取效率”是指针对单个交互作用从指定的主表面(612a 或 612b)提取的指定光(TM 或 TE)的量除以紧接在光束与提取表面的交互作用之前在光导内传播的这种指定光的量(表示为百分比)。

[0104] 所计算的量绘于图 7 中,其中曲线 710 为 TM-底部提取效率,曲线 712 为 TE-底部

提取效率,曲线 714 为 TM- 顶部提取效率,并且曲线 716 为 TE- 顶部提取效率。这些结果展示,可优先地通过光导的一个主表面来提取导模光,其方式是使得单独衍射特征(例如棱镜)的形状不对称。这些结果还展示,优先地从一个主表面提取光的程度取决于衍射特征的特定形状的细节。就直角棱镜特征而言,可以通过选择近似等于间距 p 的高度 h 来使优先提取最大化。

[0105] 可以调控衍射表面特征,使得从光导的一个主表面发射的光(例如图 2 中的耦合出来的光 217a)与从光导的相背对的主表面发射的光(例如图 2 中的耦合出来的光 217b)相同或类似。从相背对的表面发射的光相对于所耦合出来的光的颜色、强度、和/或颜色和/或强度的角度分布可以是相同的。在一个方法中,衍射表面特征可以设置在两个相背对的主表面上,并且这些衍射表面特征可以相对于设置在相背对的主表面之间并且与它们等距的参考平面为彼此的镜像,使得照明装置相对于该参考平面具有镜像对称。在另选的实施例中,可以调控衍射表面特征,使得从光导的一个主表面发射的光与从光导的相背对的主表面发射的光实质上不同。从相背对的表面发射的光相对于所耦合出来的光的颜色、强度、和/或颜色和/或强度的角度分布可以是不同的。例如,观察者可感知到一种颜色的光从一个主表面发射,而实质上不同颜色的光从相背对的主表面发射。在水平安装的照明装置中,可将白色光源与适当调控的衍射表面特征一起使用,使得具有相对冷的色温(带蓝色的色调)的白光被向上引导朝向顶篷,并且具有相对更暖的色温(带红色的色调)的白光被向下引导朝向地板,或反之亦然。

[0106] 在不期望不同颜色的光由于衍射而角度分离的应用中,可使用若干设计方法来克服颜色分离问题。在图 8 所示的一种方法中,两个或更多个光导可堆叠在一起。在图 9 所示的另一种方法中,不同的衍射表面特征被设置在给定光导的相背对的主表面上,并且针对不同着色的光源进行调控。在图 10 和图 11 所示的又一种方法中,光导的给定主表面上的衍射表面特征可包括具有不同间距的多组表面特征。应当注意,尽管这些方法是结合处理颜色分离问题而呈现的,但它们还可用于其它目的(包括仍然发生颜色分离的实用和/或美观目的),或在仅采用具有给定期望的(非白色的)颜色的光源的单体实施例中实施使用。还需注意,尽管单独描述了各种方法,但这些方法中的任何两种或更多种可组合在一起并且用在单个实施例中。

[0107] 然后转到图 8,我们看到包括呈叠堆或分层布置的多个光导 812、832、852 的照明装置 810 的示意图。每个光导具有一对相背对的主表面,即,光导 812 具有主表面 812a、812b,光导 832 具有主表面 832a、832b,并且光导 852 具有主表面 852a、852b。每个光导的至少一个主表面优选地包括衍射表面特征,例如,主表面 812a 可以包括衍射表面特征 813,主表面 832a 可以包括衍射表面特征 833,并且主表面 852a 可以包括衍射表面特征 853。装置 810 还包括光源 814a、814b、834a、834b、854a、854b,它们如图所示被布置成例如通过光导的相应侧表面将光注入相应光导中,从而在光导中提供导模光。优选地,光导中的每一个光导(包括它们的衍射表面特征)具有低光学失真,使得非导模光可相对不受干扰地穿过光导。这样,通过衍射表面特征 833 从光导 832 提取的光可穿过光导 812 以到达使用者 820 和/或表面 822,并且通过衍射表面特征 853 从光导 852 提取的光可穿过光导 812 和光导 832 两者以到达使用者 820 和/或表面 822。表面 822 可被设置成与光导的光轴相交,并且可以垂直于这样的光轴并且设置在距光导距离 D 处,该距离 D 为光导的特征横向维度 L (例

如直径或长度)的至少 10 倍。特征横向维度 L 可以是光导的最大平面内维度(卡尺测量值)。另选地,最小平面内维度(卡尺测量值)或最小值与最大值的平均值可用于特性维度 L。优选地, D 为至少 $2 \times L$ 但不超过 $50 \times L$ 。作为另外一种选择或除此之外, D 可以绝对单位表示。优选地, D 为至少 0.2 米但不超过 15 米。使用者 820 还可以通过光导 812、832、852 的叠堆观察具有很少或没有光学失真的对象,诸如对象 824,其可与上述对象 124 相同或类似。

[0108] 如果希望克服颜色分离问题,则装置 810 中的各种光导、光源和衍射表面特征可被调控,以向使用者 820 和 / 或表面 822 提供不同颜色的耦合出来的光,使得所有这些光的总和提供实质上白光照明。例如,光源 854a、854b 可以发出红光并且衍射表面特征 853 可以最佳地沿着装置的光轴(例如平行于 z 轴的轴)提取这样的光,并且光源 834a、834b 可以发出绿光并且衍射表面特征 833 可以最佳地沿着相同的光轴提取该绿光,并且光源 814a、814b 可以发出蓝光并且衍射表面特征 813 可以最佳地沿着相同的光轴提取该蓝光。当然,所述顺序的红光、绿光和蓝光仅仅是例子,并且读者将理解,可以设想多个另选的组合。此外,虽然以图 8 的叠堆示出三个光导,但也可以使用其它数量的光导,包括两个、四个或更多个。叠堆内每个层的组成部件可以全部具有相同或类似的设计,例如,相同的光导维度和特征,相同的衍射表面特征的维度和特征,以及相同的 LED 的数量、颜色和布置。另选地,每个层的组成部件可以在这些方面中的任何一项不同于其它层的对应部件。类似于照明装置 110,装置 810 可以对表面 822 提供实质上均匀的颜色照明(该均匀的颜色可以是实质上白色或不同的颜色,例如非白色),同时当使用者 820 直接观察装置 810 时,提供彩色外观。另外,使用者可以观察装置 810 的发射区域中的空间图案,诸如标记,所述图案或标记可源于叠堆内的层中的任何一个或一些或全部,和 / 或观察在装置 810 的发射区域中的一个或多个具有三维外观的带,所述带可源于叠堆内的层中的任何一个或一些或全部。

[0109] 通过将光导附接到互连的支撑构件的框架(例如,完全或部分围绕光导中的每一个光导的环或类似结构),图 8 的光导 812、832、852 可以彼此机械连接。下文进一步描述了互连的支撑构件的框架。

[0110] 转到图 9,我们看到包括光导 912 和光源 914a、914b 的照明装置 910 的示意图,所述光源被设置成将光注入光导的不同(例如正交的)侧表面中。光导 912 具有一对相背对的主表面 912a、912b。在装置 910 中,每个主表面具有其自身的衍射表面特征:表面 912a 具有衍射表面特征 913a,并且表面 912b 具有衍射表面特征 913b。衍射表面特征仅示意性地示于图中,但表明,特征 913a 大致平行于一个平面内轴(例如 y 轴)延伸,并且特征 913b 大致平行于正交的平面内轴(例如 x 轴)延伸。光源同样被定位和构造成大致沿着正交的平面内方向注入光,其中光源 914a 被设置成大致沿着 x 轴注入光并且光源 914b 被设置成大致沿着 y 轴注入光。本文使用术语“大致”,因为光源不一定为(并且在许多情况下不为)准直的,而是在 x-y 平面内以角度的分布发出光。另外,虽然光源 914a、914b 各自示为离散的点光源,诸如单个 LED 发射器,但作为另外一种选择,它们可以各自为这样的离散光源的沿着光导的相应侧表面延伸的线性阵列,或者为线性或棒形扩展光源。然而,来自光源 914a 的光主要沿着平面内 x 轴传播,使得其与衍射表面特征 913a 进行强效交互而与衍射表面特征 913b 进行弱效交互,并且来自光源 914b 的光主要沿着平面内 y 轴传播,使得其与结构 913a 进行强效交互而与结构 913b 进行弱效交互。

[0111] 如果需要,这种使用几何形状或方向性使光源选择性地耦合到光导上的不同相应衍射表面特征可用于解决颜色分离问题。例如,光源的发射光谱可实质上互补,例如,光源 914a 可以发出蓝光而光源 914b 可以发出黄光,在这种情况下衍射表面特征 913a 可被构造沿着给定方向诸如照明装置 910 的光轴(例如正向 z 轴)提取蓝光,而衍射表面特征 913b 可被构造沿着相同方向提取黄光,从而沿着光轴提供实质上白光照明。在蓝光或黄光与相反颜色的衍射表面特征(光提取光栅)之间几乎没有进行交互,因为如上所述,用于蓝光提取的沟槽大致沿着黄光的光路延伸,用于黄光提取的沟槽大致沿着蓝光的光路延伸。因此在相同光导中独立地引导和提取不同颜色的光束。耦合出来的蓝光和黄光的组合视觉效果对观察者或使用者而言产生白光的感觉。然而,在这个例子中,白光的色彩再现指数(CRI)可能相对低,因为光导 912 仅组合了两种颜色。

[0112] 图 9 所示的方法可扩展到许多其它实施例,包括使用其它颜色的光源的实施例,其它颜色包括不同互补色的组合,以及不互补的颜色,还包括可能相同的颜色(例如光源 914a 和 914b 两者均发出绿光或这两个光源均发出红光)。另外,诸如装置 910 的照明装置可以与类似或不同设计的其它照明装置组合,例如以如结合图 8 所述的叠堆布置。在这种情况下,每个光导可被构造发出两种不同颜色的组合,并且如果需要,可以选择从叠堆共同发出的颜色,以产生具有较高 CRI 的白光。

[0113] 可用于解决颜色分离问题的另一个方法是在图 10 和图 11 中大致示出的方法。在这些图中,示出了光导 1012、1112,其中给定主表面上的衍射表面特征包括不同间距的表面特征组或分组。多个不同的间距可通常用于提供来自光导的提取光的不同波长的期望分布,假设这样的波长的光通过一个或多个光源(未示出)注入光导中。

[0114] 如他处所述,本文所公开的光导可具有多种不同的构造,包括一体的构造、或分层构造,在分层构造中两个或更多个部件彼此附接而不具有显著的居间气隙。就这一点而言,光导 1012、1112 显示具有分层构造,但如果需要,它们可易于修改以具有一体的构造。相反地,在其它图中示出为为一体的光导可易于修改以具有分层构造。参考图 10,光导 1012 包括相对厚的板或其它基板 1011a,由载体膜 1011b 制成的膜附接到该板或其它基板 1011a,在该载体膜上已浇铸和固化棱镜层 1011c。基板 1011a、载体膜 1011b 和棱镜层 1011c 优选地具有相同或类似的折射率,并且优选地全部对可见光高度透射,很少或没有散射或吸收,但在一些情况下,受控量的吸收和/或散射可以是合格的或甚至期望的。参考图 11,光导 1112 可以具有类似于光导 1012 的构造,并因此可以包括相对厚的板或其它基板 1111a,由载体膜 1111b 构成的膜附接到该板或其它基板 1111a,在该载体膜上已浇铸和固化棱镜层 1111c。

[0115] 可通过任何合适的技术来完成棱镜的或表面结构化的膜到板或其它基板的用以提供分层光导的附接。例如,可以使用合适的粘合剂(诸如透光压敏粘结剂)实现附接。还可以使用注塑工艺(包括插入注塑工艺)实现附接。例如,当将可固化的树脂浇铸并固化在诸如载体膜的合适基板上时,化学键也可用于附接。另选地,就一体的构造而言,可以通过例如压印或模塑(包括例如注塑工艺)在一体的基板(诸如膜或板)的至少一个表面上形成衍射表面特征。压塑、挤出复制以及直接切割为可用于形成衍射表面特征的其它技术。无论衍射特征是否形成于膜、板或其它基板的表面上,都可以使用现在已知或以后开发的任何合适的技术制造衍射表面特征。可用于制备合适的衍射表面特征的其它方法在以下专利

中的一者或多者中有所描述:WO 2011/088161(Wolk 等人)、US 2012/0098421(Thompson)和 US 2012/0099323(Thompson)。

[0116] 光导 1012、1112 具有相应的第一主表面 1012a、1112a, 和与第一表面相背对的相应的第二主表面 1012b、1112b, 以及侧表面(未示出)。类似于本文所述的其它光导, 第一主表面 1012a、1112a 被构造成分别具有衍射表面特征 1013、1113。表面特征可称为沟槽或棱镜。沟槽/棱镜显示为在横截面中具有不对称的 90 度锯齿轮廓, 但根据需要也可以使用其它轮廓, 包括其它不对称轮廓和对称(例如 V 形)轮廓。在平面图中, 沟槽/棱镜可沿循直的、弯曲的或这两种(例如, 在一些地方是直的而在其它地方是弯曲的)路径。显著地, 衍射表面特征 1013、1113 被布置成多个组或分组, 任何给定分组中的棱镜或沟槽具有均匀的间距, 但相邻分组具有不同的间距。在一些情况下, 分组可被布置成在光导的表面上重复的图案, 最小重复组的分组在此被称为分组的“集合”。例如, 光导 1012(图 10) 具有衍射表面特征 1013, 其被分成沟槽或棱镜分组 1030、1031 和 1032, 这些分组被布置成限定集合 1040 的重复序列。分组 1030、1031、1032 的每个中的棱镜或沟槽具有均匀的间距, 但分组 1030 中的间距小于分组 1031 中的间距, 分组 1031 中的间距继而小于分组 1032 中的间距。光导 1112(图 11) 具有衍射表面特征 1113, 其被分成沟槽或棱镜分组 1130、1131、1132、1133、1134 以及 1135。这些分组也可被布置成限定集合 1140 的重复序列。分组 1130、1131、1132、1133、1134 以及 1135 的每个中的棱镜或沟槽具有均匀的间距, 但当间距从分组 1130 移动至分组 1135 时, 间距逐渐增大。应当注意, 虽然在图 10 和图 11 所示的各种分组中使用了不同的间距, 但优选地间距中的每个在适用于通过衍射原理将一些可见的导模光从光导中耦合出来的范围内。

[0117] 当在平面图中观察光导时, 分组的宽度(平面内横向维度)和分组的集合的宽度可以足够小, 使得它们对于普通观察者而言在视觉上无法感知。另选地, 分组的宽度和/或分组的集合的宽度可以足够大, 使得它们对于普通观察者而言可作为标记或美学图案而被感知。

[0118] 诸如图 10 和图 11 所示的那些多间距提取设计可用于颜色混合。一般来讲, 可使用至少两个不同的分组(通过两个不同的间距来表征), 但是在许多情况下, 期望至少三个不同的分组(通过三个不同的间距 p_1 、 p_2 、 p_3 来表征)。对间距维度的选择是随着光导的折射率(n)而变化, 并且随着我们期望从具有给定分组的光导提取的光的波长(λ)而变化。在示例性情况下, 我们可选择 $p_1 = \lambda_1/n$, 其中 λ_1 是在 400 到 600nm 的范围内, 并且 $p_2 = \lambda_2/n$, 其中 λ_2 是在 500 到 700nm 的范围内, 并且 $p_3 = \lambda_3/n$, 其中 λ_3 是在 600 到 900nm 的范围内。在由丙烯酸类树脂($n \approx 1.49$)或类似材料制成的光导的情况下, 这些条件对应于在约 268 到 403nm 的范围内的间距 p_1 、在约 336 到 370nm 的范围内的间距 p_2 、以及在约 403 到 604nm 的范围内的间距 p_3 。在光导内传播的多色光(诸如白光)与多个间距分组进行交互, 使得不同颜色的光针对每个给定分组以不同的角度衍射(从波导耦合出来或提取), 对于不同的分组, 针对任何给定颜色的提取角度也是不同的。因此, 可将各种颜色的光混合或组合, 以为在距光导一个合适距离处的使用者或设置在该处的对象提供具有实质上的颜色均匀度的照明, 例如, 实质上白色的光。

[0119] 在示例性实施例中, 照明装置可利用具有不同光谱输出的多个光源, 并且可以使用控制器来独立控制不同光源, 以主动或动态地控制照明装置所发射的光的感知颜色。这

种主动控制可用于调节或以其它方式改变输出光的色温、相关色温和 / 或色彩再现指数 (CRI)。出于这个目的,发射红色、绿色和蓝色的 LED (RGB) 与发射红色、绿色、蓝色和白色的 LED (RGBW) 的组件或组合具有特定益处。另外,结合有多间距式提取设计的光导同样具有特定益处。优选地,多间距式设计针对每个窄带发射光源结合有给定间距的至少一个衍射特征分组,例如,其间距针对红光进行调控的一个或多个分组、其间距针对绿光进行调控的一个或多个分组、其间距针对蓝光进行调控的一个或多个分组、等等。应当注意,单独的窄带颜色并不限于红色、绿色和蓝色,并且发射其它非白色(诸如黄色或琥珀色)的光源也可用于扩展本发明所公开的照明装置的色域。

[0120] 多间距式光栅设计以及本发明所公开的其它衍射表面特征设计的相关设计参数是有效提取效率。提取效率以上已讨论,在此将不再重复。“有效”提取效率是指在单个交互作用时从指定的主表面(612a 或 612b)提取的指定光的量除以紧接在与提取表面的交互作用之前在光导内传播的这种指定光的量的百分比。可对给定间距的衍射表面特征(沟槽或棱镜)的有效提取效率进行评估并将其与其它间距的有效提取效率进行比较。一般来讲,在给定系统参数的情况下,给定间距的有效提取效率:是具有该间距的衍射特征的平面图区域覆盖范围(例如,对于图 10 中的最小间距,表面上的三个分组 1030 的平面图区域的总和)的线性函数(即,与该平面图区覆盖面积成正比);并且还取决于其它因素,包括衍射特征间距和衍射特征(沟槽 / 棱镜)横截面轮廓形状。为了获得实质上的颜色均匀度,期望确保针对不同间距的有效提取效率可彼此相当,例如,任何两个不同间距的有效提取效率的比率优选处于从约 0.3 到 3 的范围内。

[0121] 当我们结合图 4、图 5 和图 5a 来观察时,用于将光注入到具有单间距式线性衍射光栅的光导中的单色朗伯光源使得产生所耦合出来的光的月牙形的分布,其以相对狭窄的光提取角来表征。如果期望所耦合出来的光的角更进一步变窄,那么可将光源重新构造成具有合适的透镜、反射镜或其它部件,以发射准直的或几乎准直的光而非朗伯光。相反,如果期望所耦合出来的光的角变宽,那么可将光源重新构造成在比朗伯曲线分布更广的角度范围内发射光。微结构化的光学膜可与光源诸如 LED 或激光组合以调控注入到光导中的光的角展度,从而还影响所耦合出来的光的角展度。合适的微结构化光学膜在 PCT 专利公布 WO 2012/075352 (Thompson 等人) 和 WO 2012/075384 (Thompson 等人) 中有所描述。可被称为均匀卷带的这些光学膜直接被施加到光导的边缘或侧表面,并且包括朝外面向光源以增强光到光导中的耦合的折射结构。另选地,折射结构可例如通过注塑、压印或直接机加工而直接结合到光导的侧表面或注入边缘中。当设置在 LED 源和光导的侧表面之间时,这些光学膜或折射结构可使注入到光导中的光的角展度加宽,并且可与本文所公开的任一实施例中光源中的一个、一些或所有一起使用。带有定制设计的复制型结构的光学膜还可与相干激光器一起使用,以提供用于注入到光导中的光的明确限定的矩形角度分布(即,在角的指定锥上具有近似恒定强度、以及在指定锥外具有零或接近零的强度的光分布)。

[0122] 所耦合出来的光的角展度还可通过适当选择衍射特征分组的物理宽度(平面内横向维度)进行调控,其中物理宽度正交于棱镜 / 或沟槽的延长方向进行测量。每个分组的物理宽度影响与该分组进行交互的所有颜色的光,并且整个所提取的光是所有分组的平均效应。小的物理宽度趋于使所耦合出来的光的角宽度加宽,而大的物理宽度趋于使所耦合出来的光的角宽度变窄。然而,可通过物理宽度调节而实现的角度加宽或变窄的量在一

定程度上是有限的,因为太小的物理宽度可能引起过量的光分散,使得衍射表面特征产生高度的失真或散射,并且使得光导看上去像是漫射的而非衍射的。

[0123] 用于产生更有角度地分散(为了在远侧表面处的更好的空间均匀度)的照明的另一种技术是使用沿不同的平面内方向(例如,对应于图 5 的锥光图中的不同方位角)取向的衍射表面特征的图案。不同地取向的衍射特征优选还与大致沿不同的平面内方向发射光的对应光源组合,这些平面内方向随着对应的射特征进行调控以获得最大提取效率。各种取向的衍射特征与各种取向的光源的组合可产生以多种方位角的方向发射的所耦合出来的光,从而导致照明更有角度地分散并且在空间上更均匀。在示例性实施例中,可以使用至少三个不同的衍射特征取向,其对应于以 120 度的方位角彼此分开的平面内轴线。

[0124] 不同取向的衍射表面特征还可通过使用连续弯曲的沟槽或棱镜来实现,例如,圆形、卵形或椭圆形形状(在平面图中)、或这样的形状的部分(例如,弧形,包括一系列互连的弧,诸如正弦的或以其它方式成波状的形状)的沟槽或棱镜。就此而言,被描述为具有线性衍射表面特征的本文所公开的实施例可另选地采用弯曲的衍射特征。线性或弯曲的衍射表面特征在与离散光源和/或不均一反射结构组合时可用于产生呈亮带或暗带的形式的视觉特征。诸如这样的带在大多数扩展光源应用中是高度不可取的,但在一些情况下可用于提供具有美观三维外观的照明装置。

[0125] 图 12 示出了可用作本文所公开的照明装置中的部件的示例性光导 1212。光导 1212 具有相背对的主表面和围绕光导的周边以窄圆环形式连续延伸的侧表面 1212c。衍射表面特征 1213 设置在主表面之一上。在该实施例中,衍射特征 1213 形成紧密缠绕的螺旋,其实质上填充光导的一个主表面。因此衍射特征 1213 在平面图中在其实质上整个长度上全部为弯曲的,并且曲率根据距光导 1212 和衍射特征 1213 的几何中心(该中心在图 12 中标记为“C”)的径向距离而单调地改变。光导 1212 和衍射表面特征 1213 的一部分示于图 12a 的示意性放大图中。衍射特征的间距(相邻沟槽或棱镜之间的径向距离)可以是均匀或不均匀的,如本文他处所述。在另选的实施例中,紧密缠绕的螺旋可替换为同心圆或其它类似形状。在其它另选的实施例中,光导 1212 的圆形形状和衍射表面特征 1213 的实质上的圆形形状可变为其它弯曲形状,诸如椭圆形或卵形。此外,衍射表面特征可另选地设置在光导 1212 的两个主表面上,或仅设置在主表面的一个或两个的一部分上。

[0126] 现在转到图 13,示出了可沿着光导的弯曲侧表面安装离散光源的方式的示例性布置。照明装置 1310 包括光导 1312,被设置成将光注入光导中 1312 中的弯曲侧表面的离散光源 1314a、1314b,以及支撑结构 1302,诸如安装环。此处未示出但在本文他处描述的衍射表面特征设置在光导 1312 的主表面上,以将导模光从光导中提取出来。光源 1314a、1314b 可以是或包括 LED 或类似的小面积光源。将光源安装在支撑结构 1302 的孔或狭槽中。如果需要,支撑结构 1302 可由金属或其它反射材料制成,以沿着光导 1312 的侧表面提供扩展反射器。另选地,可以将薄反射膜 1304 插入支撑结构与侧表面之间。在其它实施例中,支撑结构 1302 可由吸收(或其它低反射率)材料制成,和/或可将膜 1304 制成吸收性的或具有低反射率。光源不一定安装在光导的侧表面处以便提供导模光。例如,光源可以通过光导的主表面的外部(例如环形)部分而非通过侧表面注入光,并且在这种情况下,侧表面可为斜面的或成角度的(例如 45 度),使得通过主表面进入的来自光源的光向侧面反射,从而提供导模光。

[0127] 支撑结构 1302 可以是互连的支撑构件的框架的一部分,所述支撑构件共同附接到光导 1312 和如本文所公开的一个或多个其它光导,以提供具有多个光导的照明装置。

[0128] 图 14 示出了可用于本发明所公开的光源的另一个光导 1412。假设光导 1412 为平坦的,位于 x-y 平面内,具有扇形或饼块状的相背对的主表面。主表面的边界是侧表面 1412c1、1412c2、1412c3。侧表面 1412c1 为弯曲的,例如像圆形的弧,并且侧表面 1412c2 和 1412c3 为平坦的。侧表面 1412c2、1412c3 在中心点 C 处相交,该中心点可以是弯曲侧表面 1412c1 的曲率中心。衍射表面特征 1413 设置在光导 1412 的一个或两个主表面上。假设衍射特征 1413 全部具有相同的曲率,而非同心的,该曲率可等于弯曲侧表面 1412c1 的曲率。此外,衍射表面特征 1413 被布置成不同间距的分组。这些分组包括:分组 a1 和 a2,其间距被构造以预定角度(例如正交于光导的表面)提取红导模光;分组 b1 和 b2,其间距被构造以相同或不同的预定角度提取绿导模光;以及分组 c1 和 c2,其间距被构造以相同或不同的预定角度提取蓝导模光。因此分组被布置成分组的两个集合。

[0129] 在示例性实施例中,分组 a1、a2 占据光导的第一总面积,分组 b1、b2 占据光导的第二总面积,并且分组 c1、c2 占据光导的第三总面积,并且第一总面积、第二总面积和第三总面积具有与一个或多个光源的光谱强度分布相关的相对比例。例如,第一总面积可以大于第二总面积,第二总面积继而可以大于第三总面积,使得在特定方向(例如沿着光轴(参见图 14 中的 z 轴))上从光导 1412 提取的所有红光、绿光和蓝光的组合在远离光导 1412 的所关注的基准表面处提供实质上白光照明。光导 1412 的最大横向维度为从中心点 C 至侧表面 1412c1 的径向距离。所关注的基准表面可以垂直于光轴,并且沿着光轴与光导 1412 分离中间长度的距离 D。距离 D 可以光导的第一主表面的特征横向维度 L 表示,诸如从点 C 至表面 1412c1 的径向距离。另选地,最小平面内维度(卡尺测量值)或最小值与最大值的平均值可用于特性维度 L。优选地,D 为至少 $2 \times L$ 但不超过 $50 \times L$ 。作为另外一种选择或除此之外,D 可以绝对单位表示。优选地,D 为至少 0.2 米但不超过 15 米。

[0130] 读者将会知道,可以根据本文的其它教导内容对光导 1412 进行许多修改。例如,可以使用其它间距构型用于衍射表面特征,包括整个光导上的恒定间距,以及其它数量的分组类型和/或其它数量的分组集合。另外,可将衍射表面特征 1413 全部制成同心的,例如在中心点 C 处具有曲率中心,而非恒定曲率的。

[0131] 图 15a 和图 15b 为照明装置 1510 的示意图,该照明装置在被普通使用者 1520 观察时具有大致彩色外观,但其在所关注的远程基准表面 1522 处提供实质上均匀的颜色照明,并且所述颜色可以是实质上白色。装置 1510 包括光导 1512,该光导具有对称轴或光轴 1501,在这种情况下对称轴或光轴平行于 z 轴,因为光导 1512 平行于 x-y 平面延伸。光导具有特征横向(平面内)维度 L。光导 1512 可以与本文所述的其它光导相同或类似。将由光源 1514 表示的一个或多个光源设置成将光注入光导 1512 中。光源 1514 优选地在整个可见波长光谱内发光,至少例如在光谱的红色、绿色和蓝色区域内发光。这种光进入光导并且在光导内沿着光导作为导模光传播。

[0132] 图 15a 中未示出但如本文他处所述的多个衍射表面特征设置在光导 1512 的至少一个主表面上。衍射表面特征通过衍射机制将导模光从光导 1512 中耦合出来,使得在光导的主表面上的任何给定点处以不同的角度从光导提取或耦合出不同波长的光。由于衍射效应,装置的普通使用者 1520,诸如由装置 1510 照明的房间的居住者,在光导的不同区域中

观察到实质上不同的颜色。例如,如图所示,使用者 1520 可以在光导的位置或区域 A 处感知蓝色的光,在光导的位置或区域 B 处感知绿色的光,并且在光导的位置或区域 C 处感知红色的光。一般来讲,感知的颜色及其在整个光导输出上的空间分布根据观察方向和观察位置而改变。使用者可以在广泛的观察方向和多个观察位置观察这样的颜色,包括相对靠近光导 1512 的位置和远离该光导的位置。观察位置可以例如与光导 1512 分开最大至约维度 L 的 50 倍,或仅仅 L 的 2 倍。观察位置还可以或者作为另外一种选择与光导分开最大至 15 米或仅仅 0.2 米。然而,在至少一个观察几何位置处,使用者在光导的不同区域中观察到实质上不同的颜色。“实质上不同”的颜色可以 CIE 色度图量化,如本文他处引用的共同待审的美国专利申请(代理人案卷号 69810US002)所述。

[0133] 可以结合照明装置 1510 的其它元件,诸如光源 1514 的输出光谱来调控衍射表面特征,使得光导 1512 用颜色在空间上实质上均匀的光并且在示例性实施例中还为实质上白色的光对远离光导设置的所关注的基准表面进行照明。在图 15b 中,这种所关注的基准表面 1522 示出为替换在相同远程观察或照明位置处的使用者 1520。该位置显示为偏离光轴 1501,但其可以另选地与光轴对齐或位于光轴上。实质上均匀的颜色照明可以限定在表面 1522 的测量部分上,通过表面 1522 上的光的照度限定的测量部分高于给定阈值,例如,等于或大于表面 1522 上的最大照度(“ I_{max} ”)除以数学常数“e”。在该测量部分内,可以参照 CIE 色度图来说颜色是“实质上均匀的”。这样的均匀的颜色照明可以维持在基准表面 1522 的整个测量部分上。

[0134] 为了实现诸如这样的结果,衍射表面特征包括不同间距的衍射表面特征。例如,可以包括具有第一间距的第一衍射表面特征的一个或多个第一分组、具有不同于第一间距的第二间距的第二衍射表面特征的一个或多个第二分组,以及具有不同于第一间距和第二间距的第三间距的第三衍射表面特征的一个或多个第三分组。可以调控第一间距、第二间距和第三间距,以分别沿着所需的观察方向(例如,平行于光轴 1501)提取蓝光、绿光和红光。第一分组、第二分组和第三分组可被布置成光导 1512 的主表面上的重复组或集合。第一分组可以占据光导的第一总面积,第二分组可以占据光导的第二总面积,并且第三分组可以占据光导的第三总面积,并且第一总面积、第二总面积和第三总面积的相对比例可以与用于光注入的光源 1514 的光谱强度分布相关。第一衍射表面特征、第二衍射表面特征和第三衍射表面特征可以包括在平面图内沿着多个平面内方向延伸的表面特征。例如,这样的表面特征在平面图中的形状可以为实质上的圆形或至少弯曲的。

[0135] 图 16 和图 17 示意性地示出了调控不同类型的衍射表面特征的总面积,使得它们的相对值与将光注入光导中的光源的光谱强度分布相关的概念。在图 16 中,照明装置 1610 包括光导 1612 和被设置成将光注入光导中的一个或多个光源,所有这些光源均通过单个光源 1614 示意性地表示。光导 1612 具有第一主表面 1612a 和相背对的第二主表面 1612b,并且主表面中的至少一个具有衍射表面特征 1613。衍射表面特征 1613 由三种不同类型的衍射表面特征组成,这三种类型在沟槽或棱镜间距方面不同。第一衍射表面特征位于区域 1630 内,并且假设具有被调控成沿着特定方向(例如平行于光导的光轴)从光导 1612 提取蓝光的第一间距和其它设计特征。在图 16 中,光导 1612 的光轴平行于 z 轴。第二衍射表面特征和第三衍射表面特征分别位于区域 1631 和 1632 内,并且假设具有被调控成沿着相同的特定方向从光导 1612 提取绿光和红光的相应的第二间距和第三间距。假设区域 1630、

1631、1632 在平面图中分别占据表面 1612a 的第一总面积、第二总面积和第三总面积,则总面积与图中所示区域的长度(或宽度)成比例。为简单起见,图 16 示出了分成衍射表面特征的单个分组的第一衍射表面特征、第二衍射表面特征和第三衍射表面特征中的每个,不同分组彼此邻接但不重叠。在另选的实施例中,不同类型的衍射表面特征中的每个可根据需要被分成具有均匀或不均匀宽度的许多分组,同时保持由相应类型的衍射特征占据的总面积,并且不同类型的衍射特征的分组可例如以环状重复不重叠方式散布在主表面上。

[0136] 假设光源 1614 在足够的可见光谱内发光,使得其本体输出为实质上白色的(但在一些情况下,本体输出可以不为实质上白色的,然而具有宽带性质,使得使用者可在光导的不同区域观察到实质上不同的颜色),但光谱含量不一定均匀或根据波长平稳改变。事实上,我们假设光源 1614 在可见光谱内以实质上不均匀的方式发光,如通过光谱强度分布 1614a 示意性地示出。假设分布 1614a 在光谱的蓝色区域相对于绿色区域和红色区域具有峰值或过量的光输出。该峰值可以用一些使用蓝色 LED 晶粒来激发黄色荧光粉的 LED 产品产生。无论什么原因,区域 1630、1631、1632 受到调控以通过使第一总面积实质上小于第二总面积或第三总面积来补偿蓝色峰值。区域 1630 的较小总面积导致沿着特定方向(诸如光轴)提取的蓝光相比于绿光或红光更少。这样,所提取的沿着特定方向发射的光不表现出存在于由光源 1614 发射的光和导模光中的相同蓝色峰值。这允许照明装置 1610 用颜色实质上均匀的光照明远离光导设置的所关注的基准表面。可以在由超过给定阈值(例如 $I_{\max}/e$) 的光的照度限定的基准表面的测量部分上维持实质上均匀的颜色。

[0137] 提供图 17,与图 16 形成对比。在图 17 中,照明装置 1710 包括具有主表面 1712a、1712b 的光导 1712、衍射表面特征 1713 以及被设置成将光注入光导中的光源 1714。衍射表面特征 1713 由三种不同类型的不同间距的衍射表面特征组成:区域 1730 中的第一衍射表面特征、区域 1731 中的第二衍射表面特征以及区域 1732 中的第三衍射表面特征。照明装置 1710 的这些不同部件可以与照明装置 1610 的对应部件实质上相同(例如,第一衍射表面特征、第二衍射表面特征和第三衍射表面特征具有不同的第一间距、第二间距和第三间距,这些间距被设计成分别沿着相同的特定方向诸如光轴提取蓝光、绿光和红光),不同的是光源 1714 的光谱强度分布 1714a 关于可见光谱的红色、绿色和蓝色区域的分布比分布 1614a 更均匀。通过重新调节第一总面积、第二总面积和第三总面积来补偿光源的光谱输出的这种差值。因此,第一总面积不再实质上小于第二总面积或第三总面积。在照明装置 1710 中,第一总面积、第二总面积和第三总面积更接近于彼此相等。这样,照明装置 1710 能够用实质上白色且均匀的光照明远离光导设置的所关注的基准表面,类似于由照明装置 1610 提供的照明。

[0138] 在图 16 和图 17 的另一个变型中,用于照明装置的光源可选自离散的发红光、绿光和蓝光的 LED。通过选择适当数量的这三种 LED 类型中的每一种,可将这三种颜色以期望比例注入光导中,然后可因此调控不同衍射表面特征的第一总面积、第二总面积和第三总面积,以便提供实质上白光照明。图 17a 为红色、绿色和蓝色 LED 的集合的输出光谱的示意图,其中这三种颜色带中的每一种的强度约相等。在这种情况下,可将第一总面积、第二总面积和第三总面积调控为约相等。

[0139] 也可以使本发明所公开照明装置包括与衍射表面特征协同作用的其它设计元件,该装置一般包括扩展光导和设置在该光导的至少一个主表面上的用以提取导模光的衍射

表面特征。一个这样的设计元件是光导内的图案化低折射率次表面层。该图案化低折射率次表面层可以与光学接触衍射表面特征的上述图案化层的图案化相同、类似或不同的方式来图案化。但与这样的其它图案化层或膜不同,次表面层设置在光导的包含衍射表面特征的主表面的下方(但通常与其接近)。因此将次表面层设置在光导的内部其相背对的主表面之间,并且光导具有非一体的构造。次表面层用于选择性地阻挡一些导模光到达衍射表面特征。这是通过以下方式完成:调控次表面层以便具有由比光导本体更低的折射率表征的第一层部分,使得在光导本体中传播的导模光中的一些通过全内反射(TIR)在第一部分处反射并防止其到达衍射表面特征。第一层部分位于光导的第一区域内而非其第二区域内,第一区域和第二区域共面并且在一些情况下互补。第一区域和第二区域可限定规则的、不规则的、随机的或半随机的图案,或可具有任何期望的设计。

[0140] 在一些情况下,次表面层相对于第一区域和第二区域是部分地连续。例如,纳米空隙聚合物材料可存在于第一层部分中(在第一区域中),并且次表面层还可包括其中也存在相同纳米空隙聚合物材料的第二层部分,第二层部分位于第二区域中。随后,纳米空隙聚合物材料可从任何给定的第一层部分连续延伸至与这样的第一层部分相邻的任何或所有第二层部分。纳米空隙聚合物材料可提供次表面层的折射率实质上低于光导本体的第一部分。例如,第一部分的折射率在可见波长下可为小于1.4、或小于1.3、或小于1.2。纳米空隙聚合物材料可具有从约10%到约60%、或从约20%到约60%、或从约30%到约60%、或从约40%到约60%的范围内的空隙体积。次表面层的第二层部分可由纳米空隙聚合物材料和附加材料构成。

[0141] 附加材料可占据空隙体积的至少一部分(并且在一些情况下,可实质上完全填充互连的纳米空隙,使得余留极少或不余留空隙体积),并且优选地具有以下效果:使得第二层部分的折射率相对于其中实质上不存在附加材料的第一层部分改变至少约0.03,例如从约0.03到约0.5、从约0.05到约0.5、或从约0.05到约0.25。在一些情况下,附加材料可为与用于形成纳米空隙聚合物材料的粘结剂相同的材料。关于具有连续的纳米空隙聚合物材料构造的合适次表面层的另外信息可见于以下共同转让的美国专利申请,其中次表面层被称为折射率可变的光提取层:美国专利申请61/446,740(代理人案卷号66858US002),“Front-Lit Reflective Display Device and Method of Front-Lighting Reflective Display(前光反射显示装置和前照明反射显示的方法)”,提交于2011年2月25日;美国专利申请61/446,642(代理人案卷号67310US002),“Variable Index Light Extraction Layer and Method of Illuminating With Same(折射率可变的光提取层和利用其来照明的方法)”,提交于2011年2月25日;美国专利申请61/446,712(代理人案卷号67313US002),“Illumination Article and Device for Front-Lighting Reflective Scattering Element(用于前光照反射散射元件的照明制品和装置)”,提交于2011年2月25日;以及美国专利申请61/485,881(代理人案卷号67575US002),“Back-Lit Transmissive Display Having Variable Index Light Extraction Layer(具有折射率可变的光提取层的背光透射式显示器)”,提交于2011年5月13日。

[0142] 在一些情况下,次表面层相对于第一区域和第二区域是不连续的。例如,第一层部分(在第一区域中)可印刷有相对低折射率的第一材料,并且第二区域可由相对高折射率例如具有实质上匹配或超过光导本体的折射率的折射率的材料来填充。在此,不同于上述

部分连续的次表面层的是,第二区域中的第二材料相对于第一区域中的第一材料可能并不具有共同的结构或组合物,并且次表面层可基本上由第一层部分组成。

[0143] 结合这样的次表面层的示例性实施例示意性地示于图 18 和图 19 中。在图 18 中,光导 1812 包括相背对的第一主表面 1812a 和第二主表面 1812b,并且衍射表面特征 1813 形成于第一主表面 1812 上。任选的图案化的透光层 1821 (包括至少部分 1821a) 设置在主表面 1812a 的顶部。光导 1812、衍射表面特征 1813 和图案化层 1821 可以与本文他处所述的对应元件相同或类似。衍射表面特征 1813 可以由具有在载体膜上浇铸并固化的棱镜层的微复制型光学模 1811c 提供。光导 1812 的主要部分或本体可以由板或其它相对厚的基板 1811a 提供,微复制型光学模 1811c 通过次表面膜 1811b 直接附接到该基板。在图 18 的实施例中,次表面膜 1811b 包括载体膜,在该载体膜上设置了图案化低折射率次表面层 1803。次表面层 1803 包括第一区域 1840 中的第一层部分 1803a 和第二区域 1830 中的第二层部分 1803b。还可以在微复制型光学模 1811c 与次表面膜 1811b 之间,以及次表面膜 1811b 与基板 1811a 之间提供粘合剂层(未示出),以实现可靠且稳健而无显著气隙的附接。这样的粘合剂层和第二层部分 1803b 以及载体膜和棱镜层全部优选地具有相对高的折射率,该折射率匹配、实质上匹配或超过基板 1811a 的折射率,使得这些部件支持导模光沿着光导 1812 在表面 1812a、1812b 之间传播。

[0144] 次表面层 1803 的第一层部分 1803a 包含合适的纳米空隙聚合物材料,其具有实质上低于光导 1812 的其它部件的折射率的第一折射率。纳米空隙聚合物材料可以是或包含本文他处所述的超低折射率 (ULI) 材料中的任一种。优选地,实质上所有每个第一层部分 1803a 均包含纳米空隙聚合物材料。另外,在每个第一层部分 1803a 内折射率优选地在空间上相对均匀,例如,在每个层部分的整个连续横向平面上折射率可以改变不超过 ± 0.02 。第一部分 1803a 的折射率可以为小于 1.4、或小于 1.3、或小于 1.2。纳米空隙聚合物材料的空隙体积可以为在约 10 至约 60%、或约 20 至约 60%、或约 30 至约 60%、或约 40 至约 60% 的范围内。

[0145] 第二区域 1830 中的第二层部分 1803b 包含用于第一层部分 1803a 的相同纳米空隙聚合物材料,但第二部分 1803b 还包含附加材料。附加材料(其可以渗透纳米空隙材料的空隙体积中的一些或实质上全部)导致第二部分 1803b 的第二折射率与第一折射率相差至少约 0.03,例如约 0.03 至约 0.5、约 0.05 至约 0.5、或约 0.05 至约 0.25。在每个第二层部分 1803b 内折射率优选地在空间上相对均匀,例如,在每个层部分的整个连续横向平面上折射率可以改变不超过 ± 0.02 。

[0146] 由于第一区域 1840 的较低折射率,遇到第一层部分 1803a 的导模光(有时也称为超临界光)在到达具有衍射表面特征 1813 的主表面 1812a 之前,通过 TIR 朝主表面 1812b 反射回去。即,第一层部分 1803a 使导模光中的一些偏转或阻挡其到达第一区域 1840 中的衍射表面特征并与其进行交互。这在图 18 中通过导模光线 1816b 示出。另一方面,第二层部分 1803b 的折射率与聚合物、载体膜和基板 1811a 的折射率实质上匹配(或超过),从而导致遇到第二层部分 1803b 的导模光继续实质上不受干扰地传播到第一主表面 1812a,在此将光中的至少一些通过衍射表面特征 1813 提取或耦出到周围介质中,如上文详细所述。这在图 18 中通过导模光线 1816a 示出。次表面层 1803 因此以图案方式选择性地使导模光中的一些在光导 1812 内偏转,使得其不与衍射表面特征 1813 进行交互。

[0147] 图 18a 示出了图案化低折射率次表面层 1803 的示例性实施例的示意性横截面。层 1803 包括第一区域 1840 中的第一层部分,这样的区域两者中的层部分包含纳米空隙聚合物材料。在一些实施例中,纳米空隙聚合物材料包括多个互连的纳米空隙,如例如 WO 2010/120422(Kolb 等人)和 WO 2010/120468(Kolb 等人)中所述。多个互连的纳米空隙为分散在粘结剂中的纳米空隙网,其中纳米空隙中的至少一些经由中空隧道或中空隧道状通道彼此连接在一起。这样的纳米空隙聚合物材料中的纳米空隙或孔可延伸到该材料的一个或多个表面。

[0148] 次表面层 1803 还包括第二区域 1830 中的设置在第一区域 1840 之间的第二层部分。第二区域包含纳米空隙聚合物材料和附加材料。此附加材料可以占据纳米空隙聚合物材料的空隙体积的至少一部分。图 18a 中的虚线用于指示第一区域和第二区域的一般位置,然而,这些虚线并不旨在描述所述区域之间的任何种类的边界。

[0149] 在一些实施例中,将密封层设置在图案化低折射率次表面层上以便使渗透到后者内的污染物降至最低。例如,可以将密封层设置在图案化低折射率次表面层上,使得该密封层位于图案化低折射率次表面层与粘合剂层之间。又如,可以将密封层设置在图案化低折射率次表面层上,使得该密封层位于图案化低折射率次表面层与光导的基板或其它组成层之间,并且该密封层的折射率可大约等于或大于基板或其它层的折射率。合适的密封层在上述共同转让的美国专利申请中有所描述。

[0150] 在图 19 中,光导 1912 包括相背对的第一主表面 1912a 和第二主表面 1912b,并且衍射表面特征 1913 形成于第一主表面 1912 上。任选的图案化的透光层 1921(包括至少部分 1921a)设置于主表面 1912a 的顶部。光导 1912、衍射表面特征 1913 和图案化层 1921 可以与本文他处所述的对应元件相同或类似。衍射表面特征 1913 可以由棱镜层 1911c 提供,该棱镜层被浇铸和固化、微复制、压印、蚀刻或以其它方式形成于高折射率的树脂层 1911b 上。可以继而将树脂层 1911b 施加于板或其它相对厚的基板 1911a 上,该基板可以包括光导 1912 的绝大部分或本体。然而,在将树脂层 1911b 施加到基板 1911a 并固化之前,将图案化低折射率次表面层 1903 以图案方式施加到基板 1911a。次表面层 1903 包括第一区域 1940 中的第一层部分 1903a,但次表面层 1903 不被施加到第二区域 1930 中的基板 1911a 或者被施加到该基板并随后从其移除。因此,在施加树脂层 1911b 时,树脂层填充第二区域 1930 中的空间。如果需要,根据制造的细节,构造中还可以包括粘合剂层(未示出)和载体膜(未示出)。任何这样的粘合剂层和载体膜以及树脂层 1911b 和棱镜层 1911c 全部优选地具有相对高的折射率,该折射率匹配、实质上匹配或超过基板 1911a 的折射率,使得这些部件支持导模光沿着光导 1912 在表面 1912a、1912b 之间传播。

[0151] 次表面层 1903 的第一层部分 1903a 由低折射率材料构成,该低折射率材料具有实质上低于光导 1912 的其它部件的折射率的第一折射率。在一些情况下,低折射率材料可以为或包括诸如结合图 18 和图 18a 所述的那些纳米空隙材料,例如 ULI 材料。在其它情况下,低折射率材料可以是非纳米空隙的光学材料,例如包含至少一种氟化单体、至少一种氟化低聚物、至少一种氟化聚合物或这样的氟化材料的任何组合的可紫外固化的树脂。优选地,第一部分 1903a 的折射率为小于 1.47、或小于 1.43、或小于 1.4、或小于 1.3、或小于 1.2。

[0152] 高折射率树脂层 1911b 可以由任何合适的聚合物或其它具有适当高折射率的透光材料构成,使得大量的导模光可以从基板 1911a 传播到棱镜层 1911c。

[0153] 由于第一区域 1940 的较低折射率,遇到第一层部分 1903a 的导模光或超临界光在到达具有衍射表面特征 1913 的主表面 1912a 之前,通过 TIR 朝主表面 1912b 反射回去。即,第一层部分 1903a 阻挡导模光中的一些到达第一区域 1940 中的衍射表面特征并与其进行交互。这在图 19 中通过导模光线 1916b 示出。另一方面,树脂层 1911b 的折射率与聚合物、载体膜和基板 1911a 的折射率实质上匹配(或超过),从而导致遇到第二区域 1930 的导模光继续实质上不受干扰地传播到第一主表面 1912a,在该第一主表面中光的至少一些通过衍射表面特征 1713 被提取或耦出到周围介质中,如上文详细所述。这在图 19 中通过导模光线 1916a 示出。

[0154] 通过图案化低折射率次表面层(例如,层 1803、1903)提供的图案可与通过图案化的透光层(例如,层 1821 和 1921)提供的图案紧密相关、松散相关、或完全不相关。在一些情况下,次表面图案可以是设计成将均匀的光或照度递送到光导的主表面上的衍射表面特征的梯度图案。在这样的情况下,衍射表面特征上的印刷图案(如果存在)可以具有任何所需的形状或图像,并且两种图案之间不需要任何种类的对准。通常,在这种情况下,两种图案将至少部分地重叠。在其它情况下,次表面图案可呈特定图像(例如,标记)的形式,无论实心图像印刷还是呈图像形状的抖动印刷皆可。在这些情况下,衍射表面特征上的印刷图案(如果存在)可与次表面图案对准,但并不需要这种对准。例如,在一些情况下,出于美观或艺术的目的,可通过两种图案提供并不特定对齐或对准的明显不同图像。可使用通常将至少部分地重叠的这样的图案来形成照明方案中的引人注目级别的对比度,以为该照明装置提供独特的外观。然而,在一些情况下,可使用两个图案的对齐或对准来放大图案的前景区域和背景区域的视觉效果或对比度,其方式是例如,通过选择性地将更多的光递送到衍射表面特征的印刷区域并阻止光到达衍射表面特征的非印刷区域,或反之亦然。就此而言,可使得图案在空间上互补,并且彼此对准,使得次表面图案实质上仅将光递送至衍射表面特征的非印刷区域,这还导致图像的对比度增强。在其它情况下,两种图案可为彼此相同或类似的,但在对准时以受控的量偏移,以提供遮蔽效应,诸如用于计算机展示软件中常用的显示文本的遮蔽效应。

[0155] 除可作用于照明工作空间、生活区域等的照明设备之外,诸如图 18 和图 19 中示出和描述的那些照明装置以及本文所公开的其它照明装置(具体地讲,仅包括一个光导的那些),可替代性地用作被照明的安全特征,其中由印刷层提供的图案根据需要提供实质上可以为隐蔽和/或明显的标记。在一些安全应用中,该装置可作为真实性的指示器结合到或应用于例如产品、封装、或文档中,因为视觉特征难以复制或伪造。这样的安全应用可以包括:各种类型的卡,包括身份卡、社保卡、健康卡、保险卡、业务名片、会员卡、选民登记卡、电话卡、储值卡、礼品卡、过境卡、移民卡以及金融交易卡(包括信用卡和借记卡);徽章;护照;驾驶证;车辆牌照;枪支许可证及其它许可证;事件通行证;广告促销;产品标签,包括吊牌;产品封装;标记;图表;地图以及其它安全制品和文件。

[0156] 在一些情况下,诸如在卡中,在卡的边缘处或附近的构型中可包括一个或多个微型光源诸如 LED,以提供导模光。在其它情况下,诸如就护照或其它安全文档而言,以及就卡而言,光源可不包括在制品本身中,但该制品可被构造成与阅读器或类似测试装置一起使用,该阅读器或类似测试装置包含适于耦合至卡或文档的边缘(或其它表面)以将光注入到构成光导的一个或多个透光层中的一个或多个合适光源,或该制品可被构造成与自然光

源一起使用。例如,光导可为相对厚和刚性的,如就透明透光的金融交易卡而言;或是相对更薄和柔性的,如就例如用于护照的聚合物片材而言。

[0157] 可以用作照明设备以提供一般用途或装饰性照明的实施例

[0158] 在将要开始该具体实施方式的描述中,我们发现可以通过将扩展区域光导与其它部件或特征组合来制备独特的照明装置。一个这种其它部件或特征为被构造通过光导作为非导模光投射光的一个或多个光源。图 20 中示出了利用该组合的照明装置。在该图中,照明装置 2010 可与图 1 的照明装置 110 相同或类似,其中对象 124 为聚光灯、电灯泡、LED 或其它光源,所述光源(在一些情况下)可不具有衍射表面特征,但被安装使得其发射的光的大部分或至少一些作为非导模光导向通过光导。照明装置 2010 因此包括离散光源 2014a、2014b 以及扩展区域光导 2012,该扩展区域光导包括相背对的主表面 2012a、2012b、侧表面以及设置在主表面 2012a 上的衍射表面特征 2013,该衍射表面特征将导模光 2016 以大致朝向所关注的基准表面 2022 传播的发射光 2017a,以及以大致远离基准表面 2022 传播的发射光 2017b 从光导中耦合出来。光源 2014a、2014b、光导 2012 和衍射表面特征 2013 可与照明装置 110 的对应元件相同或类似。

[0159] 光导 2012 及其衍射表面特征 2013 被设计成使得光导 2012 为非导模光提供很少或没有光学失真。在照明装置 2010 中,非导模光 2027a 由光源 2024 提供,该光源可以是或包括聚光灯、电灯泡、LED 或其它合适的光源。光 2027a 穿过光导 2012 以提供透射光 2027b,该透射光由于低失真可以不被光导 2012 实质上偏离。光源 2024 在图中示出为包括有源元件 2024a(诸如将电转化为可见光的一个或多个 LED 晶粒)以及一个或多个反射构件 2024b,该反射构件有助于将来自元件 2024a 的光中的一些导向成大致更靠近光源 2024 的光轴 2021。可以安装光源 2024 使得光轴 2021 相对于光导 2012 的光轴 2001 偏离所需的量,如图所示,或者相反,可以安装光源 2024 使得光轴 2021、2001 实质上一致、或实质上平行但彼此间隔开。

[0160] 可以选择 (1) 光源 2014a、2014b、光导 2012 和衍射表面特征 2013 与 (2) 光源 2024 的相对方面和特征,使得这两个子系统提供的光组合,以提供所需的总体功能性,例如对普通使用者提供所需的外观和 / 或在基准表面 2022 提供所需的照明。在一些情况下,可能需要构造衍射表面特征 2013,使得主要在与由光源 2024 发射的光相同或类似的方向上导向通过特征 2013 耦合出来的导模光。例如,就图 20 而言,来自光源 2024 的投射光进入主表面 2012b 并离开主表面 2012a;因此,衍射表面特征可被构造从主表面 2012a(参见光 2017a) 耦合出来的导模光比从主表面 2012b(参见光 2017b) 中耦合出来的导模光更多。这样,例如,照明装置 2012 可被制成将光更有效地递送至基准表面 2022。

[0161] 还可以考虑两个子系统的波长或颜色相关的方面。在一些情况下,可能有利的是构造子系统,使得由光源 2024 递送的光 2027b 具有与由光源、光导和衍射表面特征递送的光 2017a 实质上相同或类似的颜色(实质上白色或非白色)。在其它情况下,对于光 2027b 可能有利的是具有与光 2017a 实质上不同的颜色。此外,期望基准表面 2022 处的总体照明具有某些特征,诸如在一些情况下,具有实质上均匀的颜色,和 / 或具有指定的颜色,诸如实质上白色或非白色。

[0162] 应当注意,虽然图 20 仅示出了通过光导投射非导模光的一个光源 2024,但可以设想另选的实施例,其中提供多个光源(例如 2、3、4 或更多个)以通过光导在例如不同的方

向上投射这种光。还应当注意,在一些情况下,附加光源可以具有与光源 2014a、2014b、光导 2012 和衍射表面特征 2013 所包含的子系统相同或类似的设计,在这种情况下,总体照明装置可以与图 8 的

[0163] 照明装置相同或类似。照明装置 2010 还可以包括本文所公开的其它特征,例如,其可以表现出具有随观察位置而改变的三维外观或形状的带或带图案,并且其可以包括光学接触一些而非其它衍射表面特征以限定标记的图案化透光层,并且其可以在光导内包括图案化低折射率次表面层,并且衍射表面特征可以在主表面的非重叠区域内包括不同间距的衍射特征,该衍射特征被调控成在不同的方向上从光导提取不同颜色的导模光,从而向普通使用者提供彩色外观。

[0164] 图 20a 示出了照明装置 2010a,该照明装置可以与图 20 的照明装置 2010 相同或类似,不同的是光源 2024 被替换为另选的光源 2034,该光源 2034 使用反射光或间接照明通过光导 2012 投射非导模光。与图 20 中的元件相同或类似的图 20a 中的元件具有相同的参考编号,并且不需要进一步说明。移除光源 2024 并替换为光源 2034。光源 2034 包括光源 2034a,光源 2034a 可以是 LED 或其它合适的光源,并且安装于支撑构件 2035 上。光源 2034a 可以具有相同或类似的发射特性,或者相反它们可以具有实质上不同的发射特性。支撑构件 2035 可以用作光源 2034a 以及光源 2014a、2014b 的散热器。光源 2034 还包括定制形成的反射器 2034b。反射器 2034b 可以是或包括模塑或热成型的光学主体,其可以是或包括热成型多层光学膜或其它合适的反射层。如果使用多层光学膜,则该膜可被调控成广泛地在实质上整个可见光谱上反射光,或者其可以选择性地反射一些可见波长并选择性地透射其它可见波长,反射和透射可根据来自光源 2034a 的光的入射角而改变。在任何情况下,反射器 2034b 实质上将从光源 2034a 入射的光反射成反射光 2037a,然后该光 2037a 作为非导模光穿过光导 2012 以提供透射光 2037b。透射光 2037b 由于低失真可以不被光导 2012 实质上偏离。光源 2034a 和反射器 2034b 示出为相对于光导 2012 的光轴 2001 对称设置,但还可以设想另选的布置方式,其中光源 2034a 和 / 或反射器 2034b 不对称设置。

[0165] 照明装置包括在将要开始的该具体实施方式中讨论的另一个部件或特征、具有在其上形成的衍射表面特征的其它光导以及互连的支撑构件的框架,该支撑构件可以附接到多个这样的光导并且可以包括将光注入光导中的光源。使用这样的组合的照明装置示于图 21 至图 38 中。

[0166] 在图 21 中,照明装置 2110 包括一组扁平扇形或饼状光导 2112 以及离散光源 2114,光导 2112 适于与相同或类似设计的光导组合在一起,以提供具有甚至更大扩展发射区域的照明装置。光导 2112 中的每个包括形成于其至少一个主表面上以将导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征(图 21 中未示出),如本文他处详细描述。光导 2112 可以如图所示的交替拼接布置方式彼此附连,因此所得的光导组沿着 y 方向延伸。在该布置方式中,相邻光导 2112 的直侧表面彼此附连。各种光导 2112 可以全部具有相同的标称设计特征,例如衍射表面特征的相同间距构型,或者相反可以使用具有不同设计的光导。光导 2112 中的一个、一些或全部可以与图 14 的光导 1412 相同或类似。

[0167] 装置 2110 还包括沿着光导 2112 的弯曲侧表面分布以将光注入其中的多个离散光源 2114。在另选的实施例中,光源可以是长而延伸的,而非离散的。光源 2114 可以全部具有标称的相同设计,例如,标称的相同输出光谱(颜色)、输出功率以及物理维度。例如,光

源 2114 可以全部发出实质上白光。另选地,多个光源中的两个或更多个的设计可以实质上不同,例如,它们可以具有不同的输出光谱(例如一个可以发出红光,另一个可以发出绿光,另一个可以发出蓝光,另一个可以发出白光,等等)或不同的输出功率。如果将三种不同分组类型的衍射表面特征用于每个光导 2112,例如图 14 所示的红色、绿色和蓝色分组类型,则每个光导 2112 的光源 2114 可以包括或基本上由以下部分组成:一个或多个红色光源、一个或多个绿色光源以及一个或多个蓝色光源。

[0168] 在一些情况下,光导 2112 可以诸如通过合适的粘合剂膜或层直接彼此附连。在其它情况下,它们可以通过互连的支撑构件的框架彼此连接。下文结合图 24 和图 25 更详细地描述这样的框架。光源 2114 可以结合到框架内。在一些情况下,可以将一个或多个支撑构件设置在相邻光导之间,例如,在光导 2112 的平坦侧表面对接的接合处。在这种情况下,可以重新定位光源 2114 中的一些或全部,使得它们设置在相邻的光导对之间的支撑构件之上或之中,类似于下文图 24 中示出的布置方式。

[0169] 光导 2112 可以是实质上共面的,例如,在制造公差内平行于 x - y 平面取向,或者它们可以是非共面的。如果是非共面的,则它们可被布置成如下文结合图 32 和图 33 所述的凹形,或布置成其它形状。不管是平面的或是非共面的,每个光导 2112 的衍射表面特征可被构造成优先地将导模光从相背对的主表面(称为光导的输出主表面)之一耦合出来,并且光导 2112 中的一些或全部的输出主表面可以面向大致相同的方向。例如,如果光导是共面的,则输出主表面可以具有全部平行于 z 轴并且全部指向相同方向($+z$ 方向或 $-z$ 方向)的表面法向矢量,使得对于光导组内的两个光导的一些或所有可能组合,表面法向矢量的标量积为正的。如果光导是不共面的,则输出主表面的表面法向矢量可以指向不平行的方向,但可以全部具有沿着特定方向(诸如 $+z$ 方向或 $-z$ 方向)的矢量分量,再次使得对于光导组内的两个光导的一些或所有可能组合,表面法向矢量的标量积为正的。

[0170] 图 22 示出了照明装置 2210,其可以具有如上结合照明装置 2110 所述的相同或类似的特征。然而,装置 2210 使用三角形光导 2212,而非扇形或饼形光导。另外,光导 2212 中的每个包括形成于其至少一个主表面上以将导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征(图 22 中未示出)。光导 2212 可以如图所示的交替拼接布置方式彼此附连,因此所得的光导组沿着 y 方向延伸。在该布置方式中,相邻光导 2212 的长侧表面彼此附连。各种光导 2212 可以全部具有相同的标称设计特征,例如衍射表面特征的相同间距构型,或者相反可以使用具有不同设计的光导。衍射表面特征在平面图中可以是弯曲的或直的,并且相对于给定光导的侧表面可以具有任何所需的方向。

[0171] 装置 2210 还包括多个光源(未示出),这些光源可以沿着由光导 2212 的集合形成的形状外部的侧表面(大致在 2212-1 处示出)和/或沿着总体形状内部的侧表面(大致在 2212-2 处示出)设置。光源可以是如上结合照明装置 2110 所描述的。

[0172] 光导 2212 可以直接或通过如上结合照明装置 2110 所述的互连的支撑构件的框架彼此附连。这样的支撑构件可以包括光源并且可以设置在外侧表面处(大致在 2212-1 处示出)和/或内部侧表面处(大致在 2212-2 处示出)。

[0173] 光导 2212 可以是实质上共面的或非共面的,并且如果是非共面的,则它们可被布置成凹形或其它形状。不管是平面的或是非共面的,每个光导 2212 的衍射表面特征可被构造成优先地将导模光从相背对的主表面(称为光导的输出主表面)之一耦合出来,并且光

导 2212 中的一些或全部的输出主表面可以面向如结合照明装置 2110 所述的大致相同的方向。

[0174] 图 23 示出了照明装置 2310, 其可以具有如上结合照明装置 2210 所述的相同或类似的特征。类似于装置 2210, 装置 2310 使用三角形光导 2312。另外, 光导 2312 中的每个包括形成于其至少一个主表面上以将导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征 (图 22 中未示出)。光导 2312 可以如图所示的复杂拼接布置方式彼此附连, 因此所得的光导组产生所需的总体形状。各种光导 2312 可以全部具有相同的标称设计特征, 例如衍射表面特征的相同间距构型, 或者相反可以使用具有不同设计的光导。衍射表面特征在平面图中可以是弯曲的或直的, 并且相对于给定光导的侧表面可以具有任何所需的方向。

[0175] 装置 2310 还包括多个光源 (未示出), 这些光源可以沿着由光导 2312 的集合形成的形状外部的侧表面 (大致在 2312-1 处示出) 和 / 或沿着总体形状内部的侧表面 (大致在 2312-2 处示出) 设置。光源可以是如上结合照明装置 2210 所描述的。

[0176] 光导 2312 可以直接或通过如上结合照明装置 2210 所述的互连的支撑构件的框架彼此附连。这样的支撑构件可以包括光源并且可以设置在外部侧表面处 (大致在 2312-1 处示出) 和 / 或内部侧表面处 (大致在 2312-2 处示出)。

[0177] 光导 2312 可以是实质上共面的或非共面的, 并且如果是非共面的, 则它们可被布置成凹形或其它形状。不管是平面的或是非共面的, 每个光导 2312 的衍射表面特征可被构造造成优先地将导模光从相背对的主表面 (称为光导的输出主表面) 之一耦合出来, 并且光导 2312 中的一些或全部的输出主表面可以面向如结合照明装置 2210 所述的大致相同的方向。

[0178] 在图 24 和图 25 中, 示出了照明装置的细部图, 其中多个光导附接到互连的支撑构件的框架, 支撑构件包括将光注入光导中的多个光源。光导在其一个或两个主表面上包括衍射表面特征, 以将导模光从光导中耦合出来, 如本文所公开的。这些图中示出的单个光导的形状为三角形, 但读者应当理解, 可易于重新构造框架, 以适应几乎任何形状或构造的光导。

[0179] 图 24 示出了照明装置 2410 的一部分, 该照明装置 2410 包括光导 2412、如本文所述在光导的至少一个主表面上的衍射表面特征 (未示出), 以及被设置成将光注入光导中的光源 2414。照明装置 2410 可以实质上类似于例如图 22 和图 23 的照明装置。光源 2414 被设置在支撑构件 2413a、2413b、2413c 之中或之上, 支撑构件彼此互连以形成框架 2413。光导附接到框架 2413, 并且框架支撑光导 2412 并以其所需的相对位置将它们保持在适当的位置。

[0180] 在图 24 的构型中, 沿着由光导的集合形成的形状内部的侧表面 (例如, 如在图 22 中在 2212-2 处并且在图 23 中在 2312-2 处大致所示) 提供支撑构件。这可以与图 25 中的沿着由光导形成的形状外部的侧表面提供的支撑构件 2513a、2513b、2513c 形成对比。因此, 在图 25 中, 照明装置 2510 的一部分包括光导 2512、如本文所述在光导的至少一个主表面上的衍射表面特征 (未示出), 以及被设置成将光注入光导中的光源 2514。照明装置 2510 可以实质上类似于例如图 22 和图 23 的照明装置。光源 2514 被设置在支撑构件 2513a、2513b、2513c 之中或之上, 支撑构件彼此互连以形成框架 2513。光导附接到框架 2513, 并且框架支撑光导 2512 并以其所需的相对位置将它们保持在适当的位置。

[0181] 在一些情况下,如本文所公开的照明装置可以使用框架,该框架具有仅设置在光导组的内部侧表面处的支撑构件,如图 24 所示。在其它情况下,如本文所公开的照明装置可以使用框架,该框架具有仅设置在光导的外部侧表面处的支撑构件,如图 25 所示。在其它情况下,如本文所公开的照明装置可以使用框架,该框架具有设置在光导的内部侧表面处的一个或多个支撑构件,与设置在光导的外部侧表面处的一个或多个支撑构件结合。设置在内部侧表面处的支撑构件在沿着支撑构件的长度的至少一些点处连接至多于一个光导;例如,支撑构件 2413a 连接至设置在支撑构件 2413a 的相对侧面上的两个光导 2412。相比之下,设置在外侧表面处的支撑构件在沿着支撑构件的长度的任何给定点处仅连接至光导中的一个;例如,在沿着支撑构件 2513b 的任何给定点处,支撑构件仅连接至一个光导。

[0182] 可以通过任何已知技术实现给定光导到给定支撑构件的附接,包括通过使用合适的粘合剂层或材料,和 / 或机械连接,诸如压力配合接合或舌槽式接合。

[0183] 图 24 和图 25 的支撑构件可以由任何合适的材料制成,并且具有任何合适的构造构型。例如,支撑构件可以由合适的金属、塑料或其它合适的材料制成。支撑构件可以是中空的或实心的,并且可以具有任何合适的横截面形状,包括矩形、正方形、圆形、椭圆形,或另一种所需形状,该形状可以沿着给定支撑构件的长度恒定或变化。由于光源设置在支撑构件中的至少一些之中或之上,因此对于支撑构件有利的是成形为适应光源以及电线或其它电气连接,这些电气连接可以将光源连接至能够使光源通电的一个或多个电源。为了防止光源过热并且允许增大驱动电流,希望支撑构件具有相对高的热导率,使得可引导热远离光源,以防止过热。

[0184] 图 26 至图 30 示出了包括多个光导的另外的照明装置。在这些图中,为简单起见,仅示出具有其相应平面图尺寸、形状和相对构型的光导,但应当理解,假设也存在如本文所公开的光源和衍射表面特征以及任选的支撑框架。光源可以设置在光导集合的内部侧表面和 / 或外部侧表面上,如图 24 和图 25 所示。光导可以是实质上共面的,或者它们可以是非共面的,如下文进一步描述。不管是平面的或是非共面的,每个光导的衍射表面特征可被构造造成优先地将导模光从一个主表面(称为光导的输出主表面)中耦合出来,并且光导中的一些或全部的输出主表面可以面向大致相同的方向,如上所述。

[0185] 在图 26 中,照明装置 2610 由四个具有相同或类似正方形或菱形的光导 2612 构成。光导 2612 集合到一起,并且可以例如使用合适的框架彼此附接,以形成同样为正方形或菱形的总体形状。在图 27 中,照明装置 2710 由七个具有相同或类似六边形的光导 2712 构成。光导 2710 集合到一起,并且可以例如使用合适的框架彼此附接,以形成总体蜂窝形状。在图 28 中,照明装置 2810 由四个具有相同或类似八边形的光导 2812a 以及一个正方形或菱形中心光导 2812b 构成。光导 2812b 填充由其它光导形成的间隙。在另选的实施例中,可以省略光导 2812b,并且间隙可以保持为开放的且未被占据的。在图 29 中,照明装置 2910 由四个具有相同或类似细长矩形的光导 2912 构成。光导 2912 被布置成在照明装置 2910 的中心部分形成大量间隙。在另选的实施例中,可以添加一个或多个光导,以部分或完全填充中间间隙。在图 30 中,照明装置 3010 由 10 个具有相同或类似五边形的光导 3012 构成。光导 3012 被布置成在照明装置 3010 的中心部分形成大量间隙。在另选的实施例中,可以添加一个或多个光导,以部分或完全填充中间间隙。

[0186] 结合图 21 至图 30 示出和描述的照明装置还可以包括本文所公开的其它特征。例如,这些照明装置中的任何一个中的光导的每个可以包括:具有随观察位置而改变的三维外观或形状的带或带图案;光学接触一些而非其它衍射表面特征以限定标记的图案化透光层;光导内的图案化低折射率次表面层;并且衍射表面特征可以包括主表面的非重叠区域中的不同间距的衍射特征,所述衍射特征被调控成在不同方向上从光导提取不同颜色的导模光,从而向普通使用者提供彩色外观。

[0187] 此外,如上文已述,采用多个光导的照明装置中的任何一个可以具有被布置成实质上共面的光导,或者它们可以被布置成非共面的。此外,一些光导可以是实质上共面的,而相同照明装置内的其它光导可以是非共面的。图 31 示意性地示出了实质上共面的光导,图 32 至图 38 示意性地示出了非共面光导。在图 32 和图 33 中,光导被布置成共同形成开放的凹形。在图 35 至图 38 中,光导被布置成共同形成封闭且中空三维凹型结构。为简单起见,这些图中未示出光源、衍射表面特征等,但根据本文的教导内容假设它们存在。

[0188] 在图 31 中,照明装置 3110 包括三个被布置成实质上共面、平行于 x - y 平面的光导 3112。虽然示出了三个光导,但可以使用其它数量的光导,包括仅两个光导以及四个、五个或更多个光导。光导可以彼此连接,例如以形成刚性或稳定的总体结构,并且如果是这样,可以使用如上所述互连的支撑构件(诸如支撑构件 3113)的框架来形成这样的连接。光导的衍射表面特征可被构造成优先地将导模光从主表面(其被称为输出主表面)中耦合出来,并且光导中的一些或全部的输出主表面可以根据需要面向大致相同的方向,例如 $+z$ 方向或 $-z$ 方向。在这样的构型中,当装置用作照明设备以在该表面处提供照明时,装置可更有效地将光导向至所关注的基准表面上,诸如桌面或其它所关注的表面。

[0189] 在图 32 中,照明装置 3210 包括三个被布置成非共面的光导 3212。光导 3212 共同形成开放的凹形。虽然示出了三个光导,但可以使用其它数量的光导,包括仅两个光导以及四个、五个或更多个光导。(图 33 中示出了两个光导的情况,其中照明装置 3310 包括通过任选的支撑构件 3313 彼此连接以形成另一个开放凹形的光导 3312。)光导可以彼此连接,例如以形成刚性或稳定的总体结构,并且如果是这样,可以使用如上所述互连的支撑构件(诸如支撑构件 3213)的框架来形成这样的连接。可以选择所用光导的数量及其相应尺寸和形状,以及光源的颜色和衍射表面特征的设计细节,并且使其与合适的框架组合,使得照明装置具有装饰性蒂凡尼灯的外观。

[0190] 光导的衍射表面特征可被构造成优先地将导模光从主表面(其被称为输出主表面)中耦合出来,并且光导中的一些或全部的输出主表面可以如上所述面向大致相同的方向,例如,对于光导组内的两个光导的一些或所有可能组合,表面法向矢量的标量积可为正的。可以根据需要将输出主表面取向为相对于凹形大致向内(例如,在图 32 和图 33 中大致在 $-z$ 方向上)、或大致向外(例如,在图 32 和图 33 中大致在 $+z$ 方向上)来引导光。

[0191] 在图 32 的另选实施例中,光导可被构造成使得它们共同形成管状结构。例如,可以旋转图 32 中的两个外部光导 3212,使得它们的自由端彼此连接,从而形成具有三角形横截面形状的管状(圆柱形)结构。类似地,可以将四个光导连接在一起,以共同形成具有正方形或矩形横截面形状的管状结构,可以连接五个光导以提供五边形管状结构,可以连接六个光导以提供六边形管状结构,等等。

[0192] 图 34 示意性地示出了照明装置中的多个光导的另一种非共面构造。在该图中,照

明装置 3410 具有多个被布置成形成三维螺旋或螺旋形的光导 3412。一般而言,光导 3412 在图中示出为小的细长主体,这些细长主体可以表示相应光导的质心和取向。然而,由细长主体表示的光导 3412 可以具有多种形状和尺寸。例如,图 26 的光导 2612、图 27 的光导 2712、图 28 的光导 2812a、图 29 的光导 2912 以及图 30 的光导 3012 可以全部被布置成如由图 34 的光导 3412 大致示出的螺旋形。在一些情况下,构成螺旋形的单个光导可以全部具有相同或类似的形状和尺寸(例如,全部矩形、或全部五边形、或全部六边形、或全部八边形等),并且在其它情况下,单个光导可以具有不同的形状和/或尺寸。光导优选地彼此连接,例如通过如结合图 24 和图 25 所述的互连的支撑构件的框架。

[0193] 在其它情况下,照明装置中的非共面光导可被布置成形成封闭且中空的三维结构。这样的照明装置的非限制性例子示于图 35 至图 38 中。另外,为简单起见,这些图未示出光源、衍射表面特征和任选的框架,但根据本文的教导内容假设它们存在。鉴于这些照明装置是封闭且中空的,在至少一些情况下希望利用衍射表面特征,该衍射表面特征被构造或优先地将导模光从主表面(其被称为输出主表面)中耦合出来,并且输出主表面的表面法向矢量指向大致远离封闭结构内部的方向,使得优先地从照明装置向外引导光。

[0194] 在图 35 中,光源 3510 由例如用互连的支撑构件的框架连接在一起的 6 个大致正方形的的光导 3512 组成,以形成立方体。在图 36 中,光源 3610 由连接在一起的 12 个大致五边形的的光导 3612 组成,以形成十二面体。在图 37 中,光源 3710 由连接在一起的 20 个大致三角形的光导 3712 组成,以形成二十面体。在图 38 中,光源 3810 由排列和连接在一起的六边形光导 3812a 和五边形光导 3812b 的组合组成,以形成足球形结构。读者应当理解,可以形成多种封闭中空的三维结构,并且不限于例如称为柏拉图立体的形状。

[0195] 在前述图中,对于仅具有一个光导的照明装置和具有多个光导的照明装置两者而言,光导通常示出为平坦的。这样做是为了简单起见,但不需要对本发明所公开的照明装置进行限制。相反,本文的照明装置可以使用一个或多个不平坦的光导。不平坦的光导的一些例子在图 39a 至图 39c 中分别示出为光导 3912a、3912b 和 3912c。不平坦的光导可以与光导 3912c 一样以弧的形式弯曲,或者其可以具有与光导 3912a、3912b 一样的波浪形状。图 39a 至图 39c 的光导示出为在 y - z 平面而非 x - z 平面内弯曲,但另选的光导可以在两个正交平面(例如 y - z 平面和 x - z 平面)内弯曲。图 39a 至图 39c 的光导示出为弯曲的,但另选的不平坦的光导可以是分段的(例如,分段平坦但在一个或多个位置弯曲)而非弯曲的,或既分段又弯曲。不管给定光导是否是平坦的、不平坦的、简单弯曲的、复杂弯曲的、分段的等等,光导通常仍具有相背对的主表面以及一个或多个侧表面,光通过所述侧表面注入,以提供如本文所述的导模光。

[0196] 在一些情况下,用于本发明所公开的照明装置的不平坦的光导可以“围绕其自身卷绕”(形象地说)以形成管,诸如圆柱体或圆锥。图 39d 和图 39e 提供了这样的不平坦管状光导的例子。在图 39d 中,光导 3912d 为直圆柱体形式,其具有一个面向外的主表面、面向内的相背对的主表面以及两个开口端。在开口端中的每个处为环形侧表面,可以通过该环形侧表面注入光,以提供导模光。在另选的实施例中,圆柱体可以在 y - z 平面内具有非圆形横截面形状,例如,其横截面可以具有椭圆形或多边形。在图 39e 中,光导 3912e 为截顶锥的形式,其具有一个面向外的主表面、面向内的相背对的主表面以及两个开口端。类似于圆柱形光导 3912d,环形侧表面设置在光导 3912e 的开口端中的每个处。可以将一个或多个

光源设置在光导的一个或两个环形侧表面处,以将光注入管状光导中。

[0197] 在一些情况下,本发明所公开的照明装置可以使用彼此不能直接连接的多个光导。图 40 中示出了一个这样的实施例。此处,照明装置 4010 利用多个彼此接近设置的光导 4012。光导中的每一个光导至少与一个或多个将光注入光导中的光源以及将所得的导模光从光导中耦合出来的衍射表面特征一起提供。可以根据需要调控各种光导 4012 的方向性、亮度(发光输出)和颜色,以在所关注的基准表面处提供所需的照明,以及向普通使用者提供所需的外观。光导 4012 中的一些或全部可以具有相同的尺寸、形状和构造,并且光导 4012 中的一些或全部可以具有实质上不同的尺寸、形状和/或构造。光导 4012 可以全部从单个支撑轮毂悬吊下来或以其它方式连接至单个支撑轮毂,诸如适于附连到顶篷的板。

[0198] 可以对本发明所公开的实施例进行本发明范围内的许多修改。例如,由于光导可以制成具有低光学失真,所以本发明所公开的装置可以发挥照明装置(诸如照明设备)和窗口的双重功能。当将光注入光导中的光源被“打开”或通电时,装置可以主要或专有地用作照明装置。当光源被“关闭”或断电时,装置可以主要或专有地用作窗口。如果适当地安装在住宅、建筑物、工厂或类似结构的顶篷或屋顶中,则该装置可以用作天窗以允许自然日光进入该结构。装置可以类似地安装(例如水平地或倾斜地)在汽车、卡车、轮船、飞机或其它移动的陆、海、空交通工具的顶篷或顶部中,以用作遮阳篷或天窗,装置还具有能够通过使光源通电来提供照明(例如在夜里)的功能。除安装于顶篷或屋顶中之外,本发明所公开的装置还可适当地安装(例如竖直地)在诸如住宅、建筑物等的固定结构或诸如汽车、轮船等的移动交通工具的壁或面板中,以用作窗口,可通过该窗口感知对象和/或自然日光可穿过该窗口。因此,例如,图 1 中的对象 124、图 8 中的对象 824、图 20 中的光源 2024 以及图 20a 中的光源 2034 可以为(或可以补充)太阳、月亮或其它自然光源。

[0199] 此外,可以调控本发明所公开的照明装置中的任何一个或全部(包括仅具有一个光导的那些和具有多个光导的那些),以通过适当选择光源和衍射表面特征来在所关注的基准表面处提供所需颜色和所需均匀颜色的照明,所述基准表面相对于照明装置适当设置,如本文他处所述。因此,如果需要,可以选择光导及其相应光源以及衍射表面特征,以在基准表面处提供实质上均匀的颜色照明,该颜色可以是实质上白色或非白色。

[0200] 此外,本发明所公开的照明装置中的任何一个和全部(包括下文权利要求中每个限定的那些)可以包括或表现出、或易于修改为或适于包括或表现出本文所公开的多个特征中的一个、一些或全部,包括但不限于:具有随观察几何位置而改变的三维外观或形状的带或带图案;光学接触一些而非其它衍射表面特征以限定标记的图案化透光层;次表面,光导内的图案化低折射率次表面层;主表面的非重叠区域中的不同间距的衍射特征;光导可以具有低光学失真,使得它们在“关闭”状态下可以用作窗口;在直接观察光导时其可以具有彩色外观,但可对所关注的基准表面提供实质上均匀的颜色照明。

[0201] 实例 1

[0202] 制备和评价适于用作照明设备的照明装置。该装置的设计类似于图 12、图 12a 和图 13 的设计。该装置结合有带有呈螺旋图案的衍射表面特征的圆形光导,这些衍射表面特征被布置成具有不同沟槽或棱镜间距的六个分组类型的重复图案。安装环被用于使得三十六个等距间隔的 LED 围绕光导的弯曲的侧表面定位,以将光注入到光导中。现将给出

另外的构造细节。

[0203] 使用精密金刚石车削机来将螺旋形沟槽图案切割到圆柱形工具的铜表面中,该螺旋形沟槽图案在复制之后变为照明装置中的衍射表面特征。将金刚石成型为使得沟槽的横截面具有类似于图 6 的锯齿(不对称的)轮廓,其中高度对间距的比率(参见图 6)为约 1 : 1。在切割过程中,螺旋的沟槽间距在六个具体值(315nm、345nm、375nm、410nm、445nm 和 485nm)之间循环,从而产生沟槽分组,该沟槽分组形成彼此邻接但彼此不重叠的嵌套式环形区域。每个环形区域为恒定间距的沟槽分组,并且每组六个相邻的环形区域形成沟槽分组的重复组或集合。螺旋图案的最大直径为约 8 英寸(约 20 厘米)。选择环形区域的径向维度或宽度,使得所有六个间距值的总面积相同。即,整个沟槽状图案的面积为约 $314\text{cm}^2 (\pi r^2)$,其中 $r \approx 10\text{cm}$,并且具有 315nm 间距的沟槽的总面积为约 $314/6 \approx 52\text{cm}^2$,并且具有其它五个间距中的每个的沟槽的总面积也为约 52cm^2 。在径向测量时环形区域相对窄,该维度的最大值为约 150 微米。

[0204] 然后使用浇铸和固化技术将所得的铜工具的沟槽状表面复制到薄的柔性透光膜(参见例如图 11 中的层 1111b 和 1111c)中。这通过以下来完成:用有机膦酸剥离层(一般为本领域技术人员已知)涂覆铜工具的沟槽状表面,以及使用厚度为约 5 密耳(约 125 微米)的透明的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)载体膜来对带涂层的精密工具浇铸丙烯酸树脂组合物。丙烯酸酯树脂组合物包含丙烯酸酯单体(可购自科宁公司(Cognis)的 75 重量%的 PHOTOMER 6210 和购自奥德里奇化学公司(Aldrich Chemical Co.)的 25 重量%的 1,6-己二醇二丙烯酸酯)以及光引发剂(1 重量%的 Darocur 1173,购自汽巴特殊化学品公司(Ciba Specialty Chemicals))。然后使用紫外光固化树脂组合物。这得到了微复制型光学膜,该光学膜为约 125 微米厚并且具有来自精密铜工具的呈螺旋形沟槽图案的负像或反转型式(负像复制品)的形式的衍射表面特征。PET 载体膜的折射率为约 1.49 并且经固化的丙烯酸酯树脂的折射率为约 1.5。当以垂直于微复制型光学膜的表面的角度来观察时,该光学膜具有带有略微蓝色调的透明外观。可通过膜来观察低失真的对象。

[0205] 切掉螺旋图案周围的多余材料,使得微复制型膜的形状为圆形。将该膜直接附接到厚度为 3mm 的透明透光圆形丙烯酸类树脂板的一个主表面,该板还具有约 20cm 的直径。使用 1 密耳(大约 25 微米)厚的光学透明的压敏粘结剂(Vikuity™ OCA 8171,购自 3M 公司(3M Company))完成附接,其中膜的微复制型表面背向板并且暴露于空气中,并且膜与板之间实质上无气隙。板和膜的组合导致光导在其(仅)一个主表面上具有用于光提取的衍射表面特征,光导的直径为约 20cm,厚度为约 3mm。

[0206] 使用一串 36 个标称相同的 LED(产品代码 NCSL119T-H1,购自日亚化学(Nichia))以将光注入光导中,每个 LED 出发散分布的白光(“暖白光”)。将 LED 安装于环形遮光板中,使得它们围绕光导的圆形侧表面以 10 度的增量等距间隔地分布,每个 LED 指向光导的中心并且设置在紧邻侧表面处,以将光直接注入光导中。为了提高效率,将高反射率镜膜(3M™ Vikuity™ ESR)的条带层合到每两个相邻 LED 之间的安装环的内表面上,镜膜条带也紧邻光导的圆形侧表面。

[0207] 将这样构造的照明装置连接至电源并从房间的顶篷悬吊下来。图 41a 为电源关闭并且环境室内灯打开时的照明装置的照片。该照片的观察方向略微倾斜,即,不在照明装置的沿着其对称轴或光轴的正下方,而是在相对于该轴成适当的角度。应当注意,可以通过光

导观察顶篷的细节,并且很少或没有显著失真。还可以通过光导看到用于悬挂照明装置并将其连接至电源的电线。在该“关闭”状态中,光导略带蓝色调,类似于微复制型膜本身的色调。

[0208] 图 41b 为相同照明装置在相对于图 41a 的角度一定程度地更倾斜的视角下,而且电源(并且因此全部 36 个 LED)打开并且环境室内灯关闭时的照片。在光导的不同区域处可以看到可变的色调,颜色在图 41b 的灰度照片上不可见。还可在光导的输出区域上看到亮带,36 个通电光源中的每个对应一个带,并且这些带在图 41b 中清晰可见。可以看到带形成具有三维外观的图案。当在其它观察方向观察时,亮带的形状改变,并且可以在整个光导上以事实上任何观察方向看见可变色调。在照片中在光导的输出区域上在相邻亮带之间标识三个小区域或点 4110b、4112b、4114b。根据已知的 CIE 色度(x,y)坐标测量在这些点中的每个处的颜色。无量纲的 CIE(x,y)颜色坐标不应与空间(x,y)坐标(例如,如在本文多个图中示出的笛卡尔 x-y-z 坐标系中的坐标)混淆。使用被构造为色度计(PR-650 型 SpectraScan™,购自加利福尼亚州查特斯沃斯的光学研究公司(Photo Research Inc., Chatsworth, California))的相机完成颜色的测量。在视觉上,区域 4110b 具有暗红色,并且在图 41c 的 CIE 颜色坐标标度上标绘为点 4110c。区域 4112b 具有橙色或棕色,并且在图 41c 的标度上标绘为点 4112c。区域 4114b 具有蓝色,并且在图 41c 的标度上标绘为点 4114c。在点 4112c 和 4114c 之间的 CIE 色差为 0.25。

[0209] 实例 1 的照明装置及其扩展区域光导以及衍射表面特征具有将 LED 光源转化成具有显著更低亮度的扩展区域光源的效应,使得可以直接观察照明装置而不会伤害眼睛,所述 LED 光源在用眼睛直接观察时看起来为非常明亮的点光源。衍射表面特征不仅发挥将导模光从光导中提取出来的功能目的,而且在直接观察照明装置时通过添加引人注目的颜色和三维带图案来提高照明装置的美学吸引力(例如图 41b)。然而,我们已经发现,使用者在直接观察照明装置时看见的美学颜色和带不一定减损照明装置为远离照明装置的对象和表面提供实质上均匀的白光照明能力。

[0210] 使用图 42a 中示出的设置来测试由实例 1 照明装置对基准表面产生的远程照明。在该设置中,项 4210 表示从顶篷悬吊下来的实例 1 照明装置。照明装置 4210 具有穿过盘形光导的中心并且垂直于光导的光轴或对称轴 4201。在该图中,光轴 4201 平行于笛卡尔坐标系的 z 轴。平坦的基准表面 4212 平行于 x-y 平面延伸,并且设置在距照明装置 4210 2.3 米的距离 D 处,如沿着光轴 4201 所测量的。2.3 米的距离 D 相当于光导的 20cm 特征横向维度 L(在这种情况下,由于光导的圆形形状,最大、最小和平均横向维度彼此相等)乘以系数 10.1。用对可见光具有 98%反射率的白色漫反射膜(产品代码 DLR80,购自杜邦公司(E. I. duPont de Nemours and Company))覆盖平坦表面 4212。然后如图所示定位相机 4216,使其相对于光轴 4201 以约 30 度的角度取向,以获得如仅被实例 1 照明装置 4210 照明的白色漫反射表面的彩色图像。使用上述 PR-650 相机作为相机 4216。

[0211] 由于实例 1 照明装置的圆形对称,对基准表面 4212 提供的照明也为实质上的圆形对称的。这允许我们通过测量单行小区域或点的颜色(在图中共同标记为 4214)来有效地评价基准表面的整个(圆形)测量部分上的照明的颜色。(虽然图中示出了 8 个区域或点 4214,但总共使用 7 个点来进行此处记录的测量。)使用 PR-650 相机测量在这些小区域中的每个处的颜色。小区域沿着 x 轴,从与光轴 4201 对齐的第一区域 4214a 到最后区域 4214i

等距间隔分布。最大照度 $I_{\max}$ 大约出现在居中的第一区域 4214a 处,并且照度在距中心点或区域 4214a 约 1.85 米的距离(半径)处下降到 $I_{\max}/e$ 。第一区域 4214a 到最后区域 4214i 的距离为 183cm,即约 1.85 米。因此,颜色测量值明显表示在对应于照度阈值 $I_{\max}/e$ 的 3.7 米直径测量部分中存在颜色可变性。在视觉上,被照明的平坦表面 4212 看起来为标称白色,并且在测量部分上具有良好的空间颜色均匀度。

[0212] 所测量的区域 4214 的 CIE 颜色坐标绘制于图 42b 的 CIE 颜色坐标标度上。所测量的颜色限定曲线 4223,该曲线具有一个对应于在区域 4214a 处的颜色的端值,以及对应于在区域 4214i 处的颜色的相对端值。相机 4216 因此测得照明装置 4210 的 $I_{\max}/e$ 测量部分内的非零的颜色可变性。然而,颜色可变性相对小:曲线 4223 的端值之间的 CIE 色差为 0.053。因此整个 $I_{\max}/e$ 测量部分中的总体颜色可变性为小于 0.08、0.07 和 0.06。此外,曲线 4223 上的所有测量点均保持接近于普朗克轨迹,并且在色谱的实质上白色区域内。

[0213] 然后以如上所述实质上相同的方式针对该实例 1 进行另外的测量,不同的是基准表面 4212 定位在距照明装置 4210 1 米而非 2.3 米的距离 D 处。这将 $I_{\max}/e$ 测量部分的直径从 3.7 米减小到 1.83 米。通过相机 4216 沿着单行小的等距间隔的区域或点 4214 再次获得颜色测量值,第一这样的区域与光轴 4201 对齐,并且具有最大照度 $I_{\max}$,并且最后的这样的区域设置在距第一区域 91.4cm 的距离处,并且具有约 $I_{\max}/e$ 的照度。因此,颜色测量值明显表示在对应于照度阈值 $I_{\max}/e$ 的 1.83 米直径测量部分中存在颜色可变性。在视觉上,被照明的平坦表面 4212 看起来为标称白色,并且 $I_{\max}/e$ 测量部分内的空间颜色均匀度大致与在 2.3 米的距离 D 处所测量的空间颜色均匀度一样好。

[0214] 对于 $D = 1$ 米的情况,所测量的区域 4214 的 CIE 颜色坐标也标绘在图 42b 的 CIE 颜色坐标标度上。所测量的颜色限定曲线 4222,该曲线具有一个对应于在第一区域 4214a 处的颜色的端值,以及对应于在最后区域 4214i 处的颜色的相对端值。对于设置在该距离 $D = 1$ 米处的基准表面,相机 4216 因此测得照明装置 4210 的 $I_{\max}/e$ 测量部分内的非零的颜色可变性。然而,颜色可变性再次相对小:曲线 4222 的端值之间的 CIE 色差为 0.059。因此整个 $I_{\max}/e$ 测量部分中的总体颜色可变性为小于 0.08、0.07 和 0.06。此外,曲线 4223 上的所有测量点均保持接近于普朗克轨迹,并且在色谱的实质上白色区域内。

[0215] 然后以如上所述实质上相同的方式针对该实例 1 进行另外的测量,不同的是基准表面 4212 定位在距照明装置 4210 0.5 米而非 1 或 2.3 米的距离 D 处。这将 $I_{\max}/e$ 测量部分的直径减小到 0.91 米。通过相机 4216 沿着单行小的等距间隔的区域或点 4214 再次获得颜色测量值,第一这样的区域与光轴 4201 对齐,并且具有最大照度 $I_{\max}$,并且最后的这样的区域设置在距第一区域 45.7cm 的距离处,并且具有约 $I_{\max}/e$ 的照度。因此,颜色测量值明显表示在对应于照度阈值 $I_{\max}/e$ 的 0.91 米直径测量部分中存在颜色可变性。在视觉上,被照明的平坦表面 4212 看起来为标称白色,并且 $I_{\max}/e$ 测量部分内的空间颜色均匀度不如在 2.3 米和 1 米距离 D 处所测量的空间颜色均匀度那样小。

[0216] 对于 $D = 0.5$ 米的情况,所测量的区域 4214 的 CIE 颜色坐标也标绘在图 42b 的 CIE 颜色坐标标度上。所测量的颜色限定曲线 4221,该曲线具有一个对应于在第一区域 4214a 处的颜色的端值,以及对应于在最后区域 4214i 处的颜色的相对端值。对于设置在该距离 $D = 0.5$ 米处的基准表面,相机 4216 因此测得照明装置 4210 的 $I_{\max}/e$ 测量部分内的非零的颜色可变性。颜色可变性由曲线 4221 的端值之间的 CIE 色差表征,等于约 0.078。因此

整个 $I_{\max}/e$ 测量部分中的总体颜色可变性为小于 0.08。此外,曲线 4223 上的所有测量点均保持接近于普朗克轨迹,并且在色谱的实质上白色区域内。

[0217] 实例 2

[0218] 将另一个光源与实例 1 的照明装置组合,以提供修改的照明装置。另外的光源为常规的闪光灯,该闪光灯可定位在光导后面并且是有所指的,以便通过光导将来自闪光灯的光作为非导模光投射到所关注的基准表面上。光导的失真低,使得来自闪光灯的光实质上不被光导偏离。可控制修改的照明装置,使得将光注入光导中的 LED 光源可被“打开”,而闪光灯被“关闭”,或反之亦然,或者 LED 光源和闪光灯均可被“打开”,以将组合照明提供到所关注的基准表面上。

[0219] 实例 3

[0220] 制备和评价适于用作照明设备的另一个照明装置。该装置包括具有衍射表面特征的矩形光导。衍射表面特征为实例 1 所述螺旋形沟槽图案的一部分,这部分截取自螺旋图案的中心矩形区域。沿着矩形光导的短边缘之一安装光源模块,该光源模块包含一行 18 个等距间隔的单个离散光源,这些光源为标称相同的 LED,它们各自发出发散分布的白光。光导还包括无规梯度点图案形式的图案化低折射率次表面层。现在将给出构造的其它细节。

[0221] 在 1 升广口琥珀色瓶中混合有以下成分:5.70g 脂族尿烷低聚物(产品代码 CN 9893,购自宾夕法尼亚州埃克斯顿的沙多玛公司(Sartomer Company, Exton, Pennsylvania)) 和 22.40g 季戊四醇三丙烯酸酯(产品代码 SR 444,也得自沙多玛公司(Sartomer Company))。将该瓶盖上盖子并且摇动 2 小时以溶解 CN9893,从而产生澄清批料。在 2000mL 聚乙烯瓶中将该溶液(称为树脂预混物)与 482.84g 硅烷处理的(产品代码 Silquest™ A-174,购自西弗吉尼亚州弗兰德利的迈图高新材料公司(Momentive Performance Materials, Friendly, West Virginia)) 胶体二氧化硅(产品代码 NALCO 2327,购自伊利诺伊州内珀维尔的纳尔科化学公司(Nalco Chemical Co., Naperville, Illinois)) 混合。通过在两个瓶之间反复地转移批料来混合这些组分,最终将批料置于 2000mL 聚乙烯瓶中。向该瓶中添加 5.84g 第一光引发剂(产品代码 IRGACURE™ 184,购自纽约州柏油村的汽巴特殊化学品公司(Ciba Specialty Chemicals Corp., Tarrytown, New York) 和 1.12g 第二光引发剂(产品代码 IRGACURE™ 819,也购自汽巴特殊化学品公司(Ciba Specialty Chemicals Corp.))。将该溶液摇动 30 分钟以溶解光引发剂。所得批料为半透明的、低粘度的分散体。然后用乙酸乙酯和丙二醇甲醚(以 DOWANOL PM 购自陶氏化学公司(Dow Chemical)) 的 50/50 共混物将该批料稀释至约 17.7 固体重量%,从而生成涂料制剂。

[0222] 使用狭缝模以 3.1 米/分钟的线速度将涂料制剂涂覆到 50 微米厚的 PET 膜(MELINEX 617,购自杜邦公司(DuPont)) 上。湿涂层厚度为大约 8.1 微米。在惰性室($< 50\text{ppm } O_2$) 中,将湿涂层以相同的线速度利用 395nm 和 850mJ/cm² 剂量下的 UV 辐射来进行部分的在线固化。通过购自科锐公司(Cree, Inc.) 的 UV-LED 提供 UV 辐射。然后将部分固化的涂层样品在 70℃ 下的 9 米烘箱中并且在氮气吹扫的大气环境下进行干燥,最后利用 236 瓦特/厘米² 的 Fusion H 灯泡(购自辐深紫外线系统公司(Fusion UV Systems, Inc.)) 进行固化。所得的纳米空隙聚合物层的厚度为 1.3 微米。如利用马里兰州哥伦比亚镇的毕克-加德纳公司的 Haze Gard Plus(BYK gardner Haze Gard Plus, Columbia, MD)

器械测得,透射率为 96.4%,雾度为 1.33%,并且清晰度为 99.7%。如利用新泽西州彭宁顿市的麦特康公司 (Meticon Corporation, Pennington, NJ) 的 Meticon 棱镜耦合器在 589nm 下测得,纳米空隙层的折射率为介于 1.20 和 1.22 之间。

[0223] 利用间接凹版印刷方法以 UV 可固化透明油墨 (UV OP1005 GP 清涂料,购自堪萨斯州肖尼市的丽色达公司 (Nazdar, Shawnee, KS)) 来印刷仍设置在 50 微米 PET 载体膜上的纳米空隙聚合物层。将柔性版印刷工具制成具有无规 100 微米梯度点图案,点的密度在面内 x 方向上变化并且在正交的面内 y 方向上相对恒定。梯度图案类似于图 43 的照片所示的图案。凹版辊 (锥形且每平方微米为 9 立方微米) 被评价为给定大约 9.65 微米的湿涂层。在 10 米 / 分钟的速率下完成印刷,印刷之后,在氮气吹扫的大气环境下利用 236 瓦特 / 厘米²的 Fusion H 灯泡 (购自福深紫外线系统公司 (Fusion UV Systems, Inc.)) 进行高强度 UV 固化。所得的印刷层由以下部分组成:具有纳米空隙聚合物材料的第一区域,该第一区域具有第一折射率;以及第二区域,其具有相同的纳米空隙聚合物材料,但其中纳米空隙填充有或部分地填充有固化透明油墨,该第二区域具有大于第一区域的折射率的第二折射率。由在 50 微米 PET 载体膜顶部的该点印刷纳米空隙层组成的光学膜是实质上透明的,并且在通过膜观察时,可以看见低失真的对象。使用毕克 - 加德纳公司的 Haze Gard Plus (BYK Gardner Haze Gard Plus) 器械来测量该光学膜在结合到光导之前的光学特性。在膜的无规梯度点图案具有低密度的一侧或一端获得的测量值为:96.6%透射率、3.56%雾度和 95.6%清晰度。在膜的无规梯度点图案具有高密度的相对侧或端获得的测量值为:95.8%透射率、6.82%雾度和 89.9%清晰度。应当注意,此处记录的透射率测定值并未针对在膜的外表面处的菲涅耳反射进行校正。固化油墨的折射率经测定为大约 1.525,如在平坦固化样品上利用 Meticon 棱镜耦合器测得 (用于测量折射率的光的波长为 589nm)。

[0224] 然后与矩形丙烯酸类树脂板、上述实例 1 中描述的微复制型光学膜的矩形块或一部分 (具有螺旋多间距衍射表面特征) 以及离散光源的线性阵列一起使用该点印刷光学膜来制备照明装置。使用点印刷光学膜的点印刷纳米空隙层作为图案化低折射率次表面层,以在空间上控制导模光与弯曲衍射表面特征的交互作用。从如实例 1 所述的微复制型光学膜切出矩形部分或块,矩形块的中心实质上与螺旋沟槽图案的中心一致。矩形块的平面内主维度 (长度) 为约 6 英寸 (约 150mm),并且平面内次维度 (宽度) 为约 4 英寸 (约 100mm)。获得平面内主维度 (长度) 为约 6 英寸 (约 150mm)、平面内次维度 (宽度) 为约 4 英寸 (约 100mm) 并且厚度为 3mm 的矩形丙烯酸类树脂 (PMMA) 板。使用压敏粘结剂 (3M 光学透明粘合剂 8171 (3M Optically clear adhesive 8171)) 将一块上述点印刷光学膜附接到丙烯酸类树脂板的主表面之一。使用另一层 3M 光学透明粘合剂 8171 (3M Optically clear adhesive 8171) 将微复制型光学膜的矩形块附接到点印刷光学膜的相对侧,使得微复制型表面 (衍射表面特征) 背向丙烯酸类树脂板并且暴露于空气,并使得点印刷纳米空隙层被埋入或夹在微复制型膜与丙烯酸类树脂板之间,并且膜片与板之间实质上无气隙,点印刷纳米空隙层因此形成图案化低折射率次表面层。膜和板的组合导致光导在其 (仅) 一个主表面上具有衍射表面特征,光导的平面内维度为约 6 英寸和 4 英寸 (约 150mm 和 100mm) 并且厚度为约 3mm。

[0225] 然后将如此构造的光导置于照明测试固定装置中,该测试固定装置包含具有 18 个等距间隔的离散光源的光源模块,光源为标称相同的 LED (产品代码 NCSL119T-H1,购自

日亚化学公司 (Nichia)), 每个 LED 发出发散分布的白光 (“暖白光”)。沿着光导的短侧安装光源模块。用电源使光源通电, 并从多个观察几何位置拍摄照明装置的照片。将一条黑色电工胶带设置在 LED 阵列的一侧上, 以阻挡从 LED 在侧向方向上发出的杂散光到达相机。图 44a 示出了当从实质上垂直于光导表面的位置观察时的照明装置的照片。在这个角度, 光源在该图的右侧。图 44b 示出了当以倾斜于光导平面的角度观察时的相同照明装置的照片。由于梯度图案化低折射率次表面层, 因此在观察光导时, 照明装置表现出均匀显现的亮度分布, 并且还在位于距光导大约沿着光轴 1 米处的漫射表面上提供颜色实质上均匀的照明。在观察几何位置中的每个中可以清晰看见与离散光源相关联的亮带, 并且观察到带的形状和曲率随观察几何位置而改变。在光导的不同区域处还可以看见可变的色调, 但该颜色在图的灰度照片上是不可见的。

[0226] 实例 4

[0227] 制备和评价适于用作照明设备的另一个照明装置。该装置包括具有衍射表面特征的圆形光导。衍射表面特征填充了 36 个三角形区域, 它们具有均匀的尺寸并且被拼接以实质上填充光导的圆形区域。三角形区域中的每个中的衍射表面特征为直的并且彼此平行, 并且具有单个间距, 但使用三种不同间距的三种不同的三角形类型。使用安装环以围绕光导的弯曲侧表面定位 36 个等距间隔的 LED, 从而将光注入光导中。通过衍射表面特征上的图案化印刷形成美国地图形状的标记。现在将给出构造的其它细节。

[0228] 使用精密金刚石车削机在圆柱形工具的铜表面中切出线性沟槽。将金刚石成型为使得沟槽的横截面具有类似于图 6 的锯齿 (不对称的) 轮廓, 其中高度对间距的比率 (参见图 6) 为约 1 : 1。在切割过程中, 沟槽间距保持在约 310nm 的恒定值, 从而产生第一单间距一维衍射光栅工具。然后利用不同的沟槽间距在另一个铜表面重复该工序, 现在间距保持在约 345nm 的恒定值, 从而产生第二单间距一维衍射光栅工具。利用第三沟槽间距在另一个铜表面再一次重复该工序, 第三间距保持在约 410nm 的恒定值, 从而产生第三单间距一维衍射光栅工具。

[0229] 利用浇铸和固化技术将所得的三个铜工具的沟槽状表面复制到三个对应的薄的柔性透光膜中 (参见例如图 11 中的层 1111b 和 1111c)。这通过以下来完成: 用有机膦酸剥离层 (一般为本领域技术人员已知) 涂覆每个铜工具的沟槽状表面, 以及使用厚度为约 5 密耳 (约 125 微米) 的透明的聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 载体膜来对带涂层的精密工具浇铸丙烯酸树脂组合物。丙烯酸酯树脂组合物包含丙烯酸酯单体 (可购自科宁公司 (Cognis) 的 75 重量%的 PHOTOMER 6210 和购自奥德里奇化学公司 (Aldrich Chemical Co.) 的 25 重量%的 1,6-己二醇二丙烯酸酯) 以及光引发剂 (1 重量%的 Darocur 1173, 购自汽巴特殊化学品公司 (Ciba Specialty Chemicals))。然后使用紫外光固化树脂组合物。这形成了三个微复制型光学膜, 每个约 125 微米厚并且具有衍射表面特征, 所述衍射表面特征分别为第一精密铜工具、第二精密铜工具和第三精密铜工具的线性沟槽图案的负像或反转型式 (负像复制品) 形式。PET 载体膜的折射率为约 1.49 并且经固化的丙烯酸酯树脂的折射率为约 1.5。在以垂直于膜表面的角度观察时, 微复制型光学膜中的每个具有略带蓝色调的透明外观。可通过具有低失真的每个膜观察对象。

[0230] 然后将微复制型光学膜物理切割成三角形块, 从第一光学膜、第二光学膜和第三光学膜中的每个获得 12 个这样的块。将这些块实质上相等地成型为具有两条长边和一条

短边的等腰三角形,长边的长度各自为约 100mm,短边的长度为约 17mm。这些块全部从其相应光学膜切割,使得衍射表面特征完全填充三角形块的一个主表面,并且衍射表面特征的单个沟槽或棱镜全部平行于三角形的短边。

[0231] 然后将光学膜的全部 36 个三角形块直接附接到厚度为 3mm 的透明透光圆形丙烯酸类树脂板的一个主表面,该板的直径为约 20cm。为了附接,将三角形块以平铺布置方式紧挨着彼此铺设,其中相邻块的长边彼此邻接,并且块的侧边形成近似圆形的三十六边形并且实质上与丙烯酸类树脂板的圆形外侧表面一致。另外以重复连续的 1、2、3、1、2、3、... 方式布置膜片,使得第一膜的任何给定片沿着一条长边邻接第二膜的片,并且沿着另一条长边邻接第三膜的片。利用 1 密耳(大约 25 微米)厚的光学透明的压敏粘结剂(Vikuiti™ OCA 8171,购自 3M 公司(3M Company))完成片与板的附接,其中每个膜片的微复制型表面背向板并暴露于空气中,并且在每个膜片与板之间实质上无气隙。板与 36 个膜片的组合导致光导在其(仅)一个主表面上具有用于光提取的衍射表面特征,光导的直径为约 20cm,厚度为约 3mm。

[0232] 然后获得带衬里的光学透明的压敏粘结剂(PSA)的片材并利用可固化油墨以美国地图图案印刷。在油墨固化之后,通过抵靠包含衍射表面特征的微复制型光学膜片的表面挤压并印刷片材,将所得的印刷片材接合到光导。对应于地图图像的背景区域的 PSA 层的未涂覆有固化油墨的部分流入并填充衍射表面特征之间的空间,使得在折射率为约 1.475 的 PSA 层与折射率为约 1.5 的衍射表面特征之间形成光学接触。由于存在玻璃状固化油墨,因此对应于地图图像的前景区域的 PSA 层的涂覆有固化油墨的部分不流入衍射表面特征或不与其光学接触。在那些区域中,在固化油墨与衍射表面特征之间留下极薄的气阱或空气层,使得衍射表面特征与空气光学接触。光导(板和光学膜片)与印刷片材的组合导致光导在其(仅)一个主表面上具有用于光提取的衍射表面特征,并且具有图案化的印刷形成标记(美国地图图像),光导的直径为约 20cm,厚度为约 3mm。

[0233] 使用一串 36 个标称相同的 LED(产品代码 NCSL119T-H1,购自日亚化学(Nichia))以将光注入光导中,每个 LED 发出发散分布的白光(“暖白光”)。将 LED 安装于环形遮光板中,使得它们围绕光导的圆形侧表面以 10 度的增量等距间隔地分布,每个 LED 指向光导的中心并且设置在紧邻侧表面处,以将光直接注入光导中。为了提高效率,将高反射率镜膜(3M™ Vikuiti™ ESR)的条带层合到每两个相邻 LED 之间的安装环的内表面上,镜膜条带也紧邻光导的圆形侧表面。

[0234] 在实验室环境下,将如此构造的照明装置连接至电源并且设置在桌面侧面。在电源关闭并且具有环境室内灯的情况下,可通过光导看见整个房间内的对象,并且很少或没有显著失真。此外,在这种“关闭”状态下,光导略带蓝色调,类似于微复制型膜本身的色调,并且不能轻易感知美国地图的印刷图像。图 45 为该实例 2 的照明装置在电源(并因此所有 36 个 LED)打开并且环境室内灯关闭时的照片。图案化印刷的美国地图清晰可见,并且在印刷区域与剩余区域之间的对比度较高。在光导的不同区域处还可以看见可变的色调,其中不同的三角形区域具有不同的颜色(具体地讲在地图图像的背景区域),这些颜色在图 45 中是可识别的,即使由于照片的灰度格式颜色本身不可见。在照片中还可以看见直的径向边界特征,该特征相对明亮并且由在单个三角形块的边缘处的光散射导致。除这些明亮的边界特征外,在光导的输出区域上的一些位置处还可以看见叠加于印刷图案上的另外

较模糊的径向带,这些较模糊的带与通电光源中的特定光源相关联。从图 45 的观察几何位置来看,较模糊的带全部是相对直的(径向),具有很小或不具有曲率,但它们的形状以与实例 1 的亮带变化相同的方式根据视角以三维方式变化。还可以事实上任何观察方向在整个光导上看见可变的色调。

[0235] 本专利申请的教导内容可与下述共同转让的专利申请中的任何一者或全部的教导内容联合使用,所述专利申请以引用方式并入本文并且与本专利申请同一天提交:美国专利申请 13/572,805(代理人案卷号 69596US002),“Diffractional Lighting Devices With 3-Dimensional Appearance”;美国专利申请 13/572,813(代理人案卷号 69809US002),“Lighting Devices With Patterned Printing of Diffractional Extraction Features”;以及美国专利申请 13/572,823(代理人案卷号 69810US002),“Colorful Diffractional Luminaires Providing White Light Illumination”。

[0236] 除非另外指明,否则本说明书和权利要求书中用来表示数量、特性量度等的所有数值都应当理解为由术语“约”修饰。因此,除非有相反的指示,否则本说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值,这些近似值可根据本领域内的技术人员利用本专利申请的教导内容想要获得的所需特性而改变。并不旨在将等同原则的应用限制在权利要求书范围内,至少应该根据所记录的有效数位的数目并通过应用惯常的四舍五入法来解释每个数值参数。虽然给出本发明宽范围的数值范围和参数是近似值,但就本文所述具体例子中列出的任何数值来说,其记录尽可能合理地精确。然而,任何数值可适当地含有与测试或测量限制相关的误差。

[0237] 在不脱离本发明的实质和范围的前提下对本发明进行的各种修改和更改,对本领域内的技术人员来说将是显而易见的,并且应当理解,本发明不限于本文示出的示例性实施例。除非另外指出,否则读者应该假设一个所公开的实施例的特征也可以应用于所有其它所公开的实施例。还应当理解,本文引用的所有美国专利、专利申请公开案和其它专利和非专利文档均在不与上述公开内容相抵触的情况下以引用方式并入。

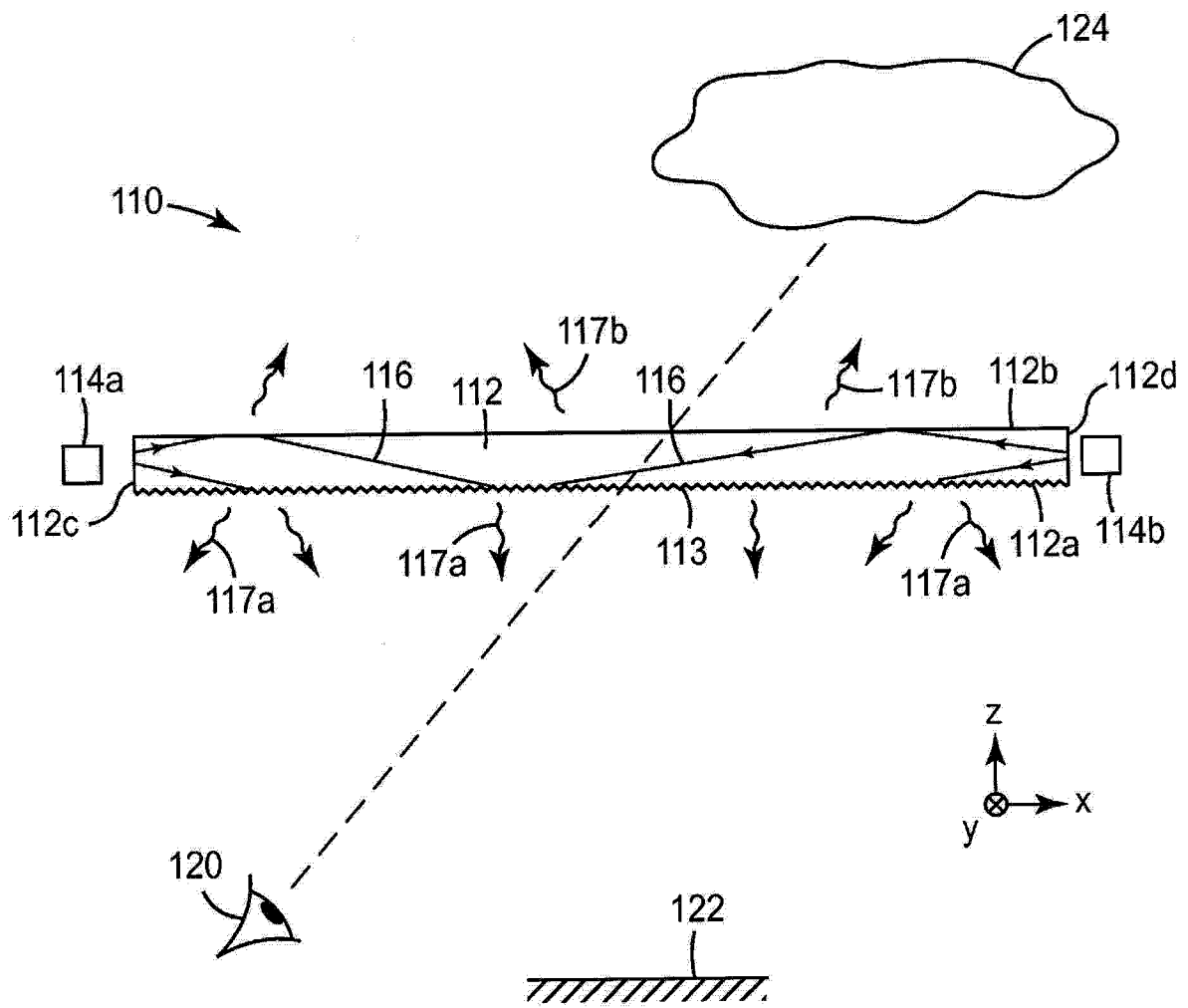


图 1

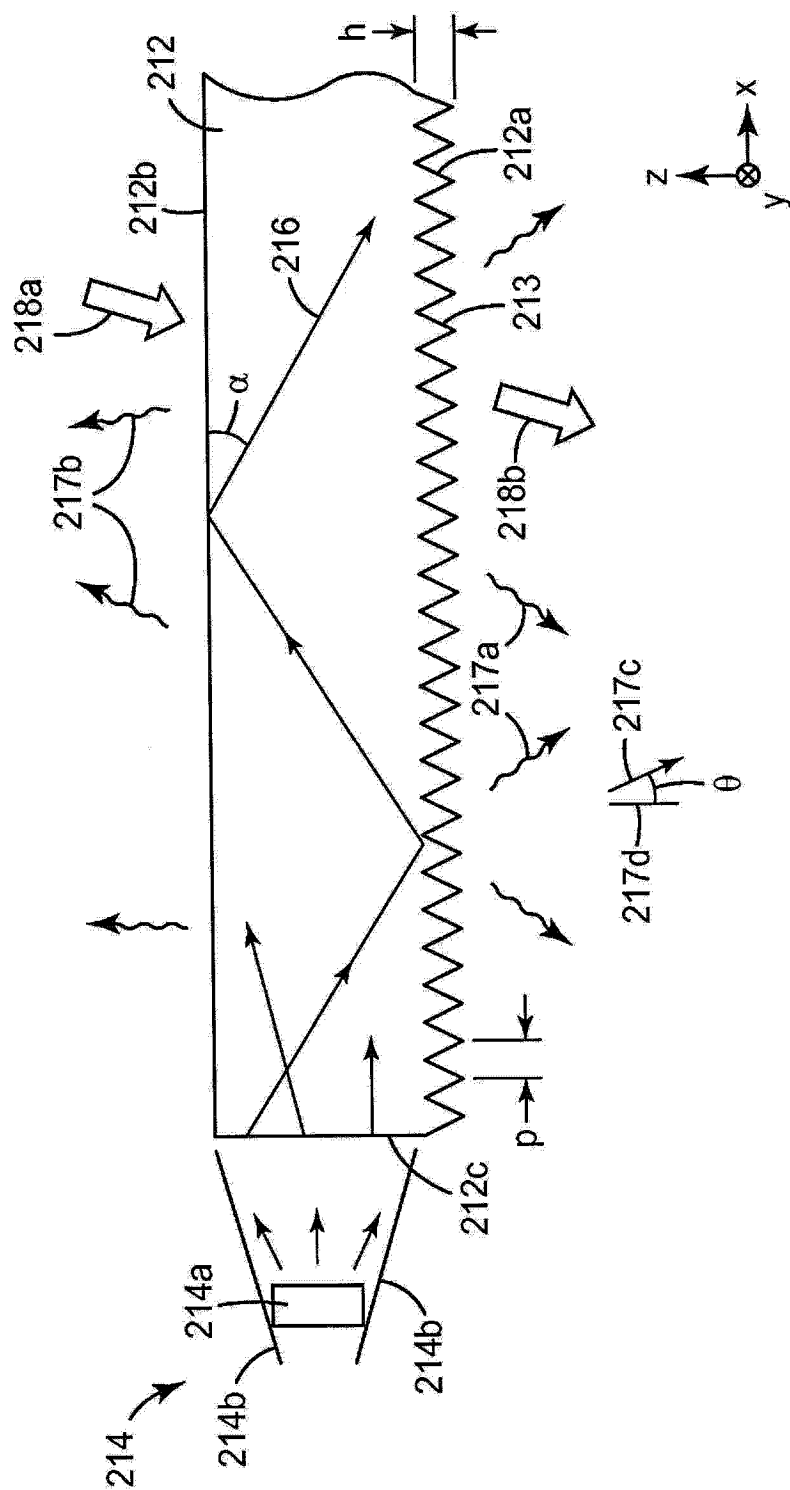


图 2

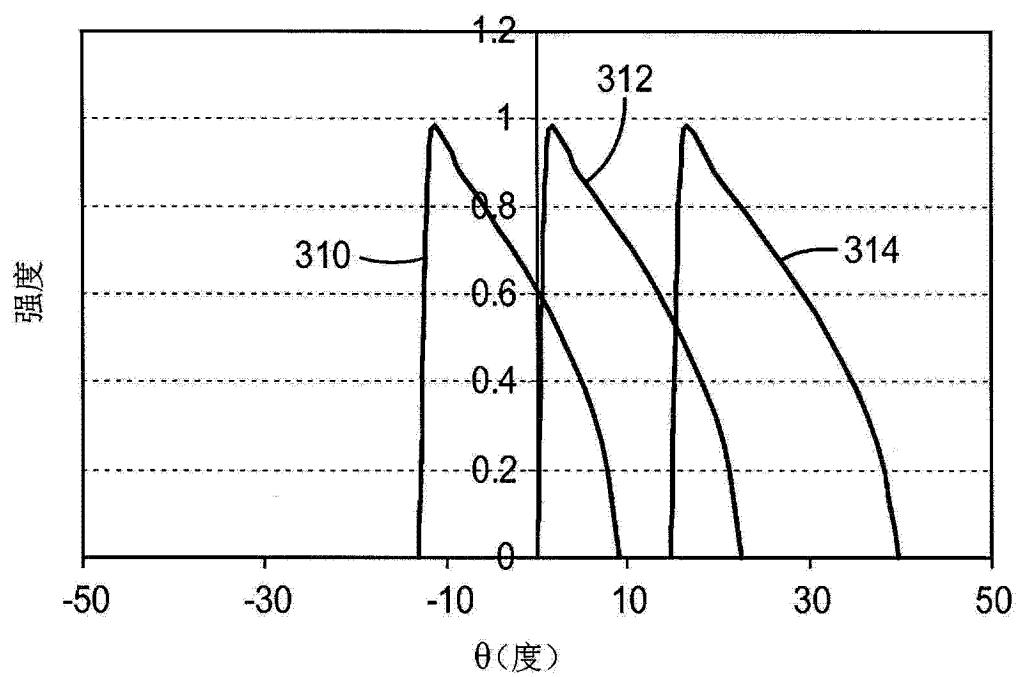


图 3

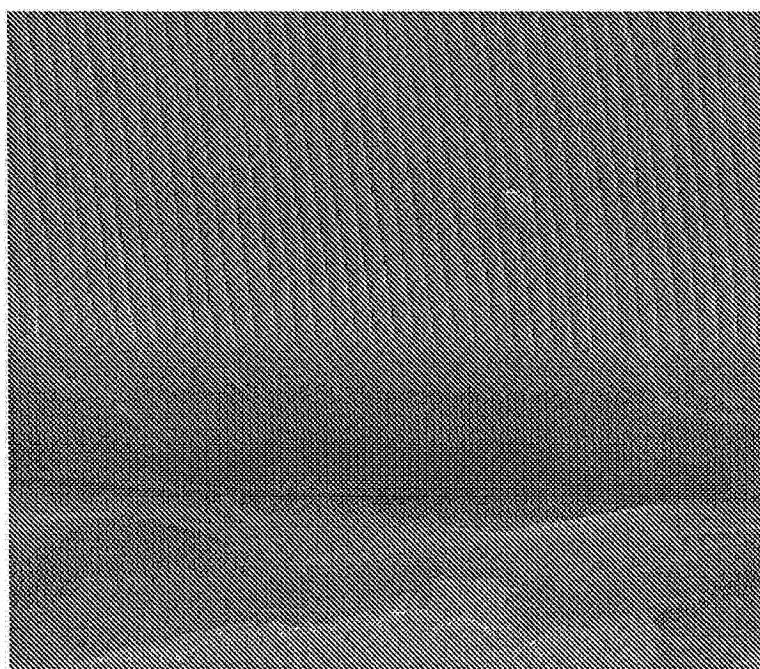


图 4

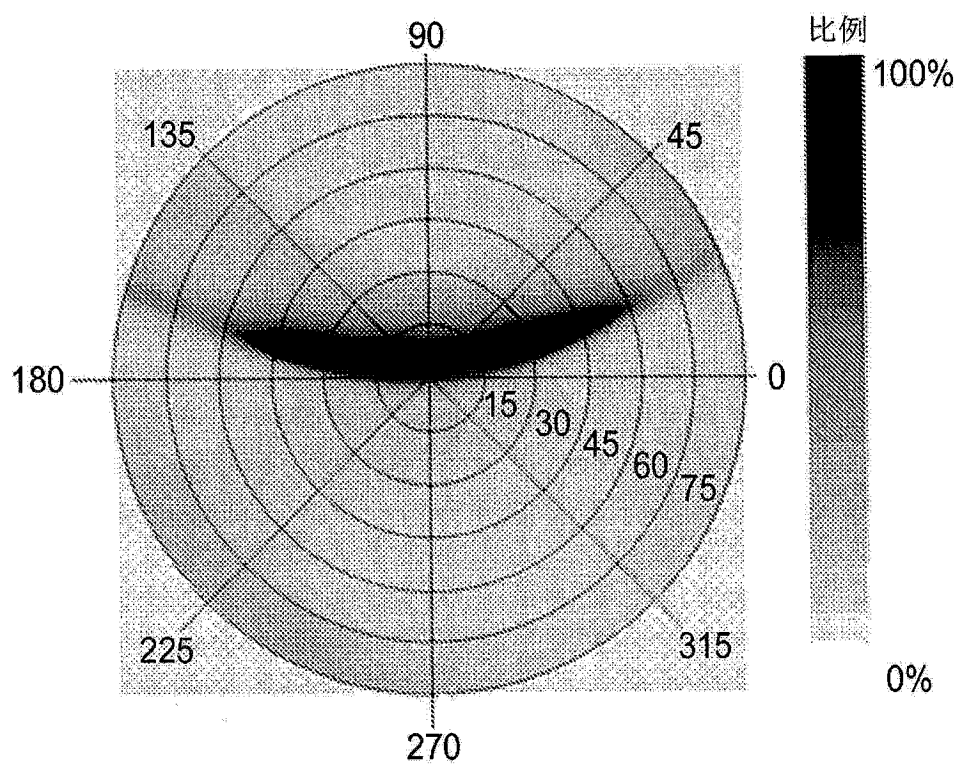


图 5

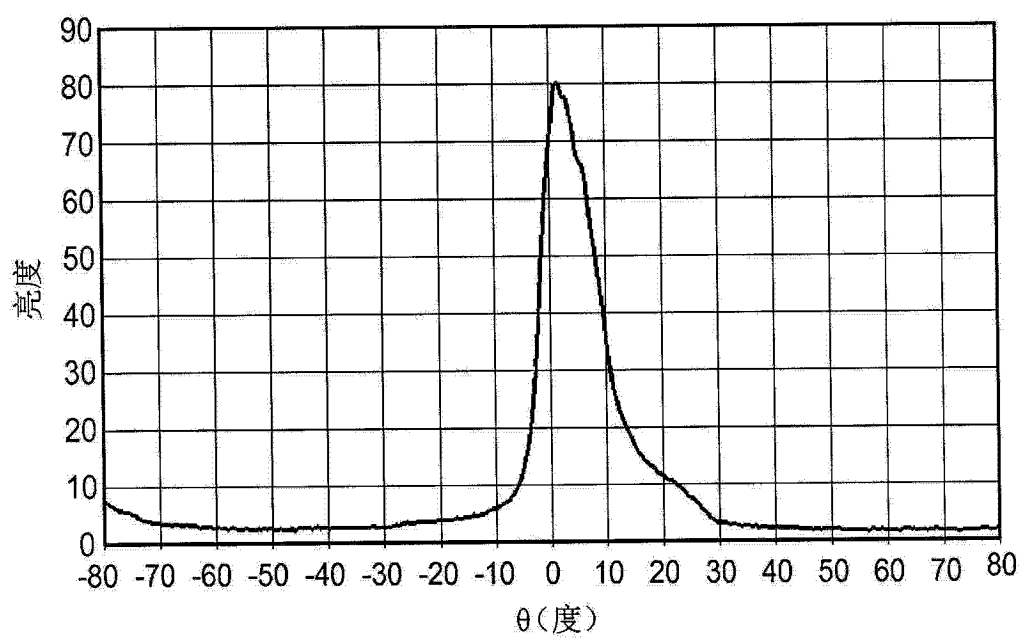


图 5a

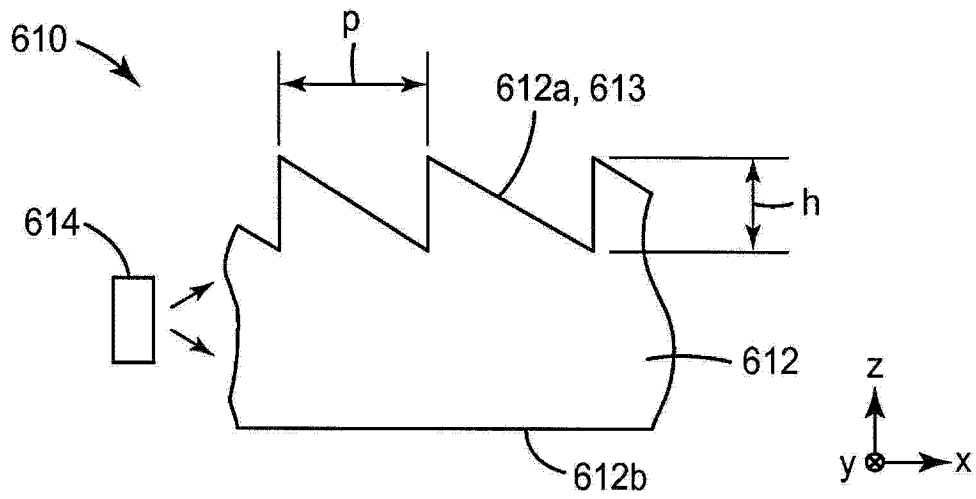


图 6

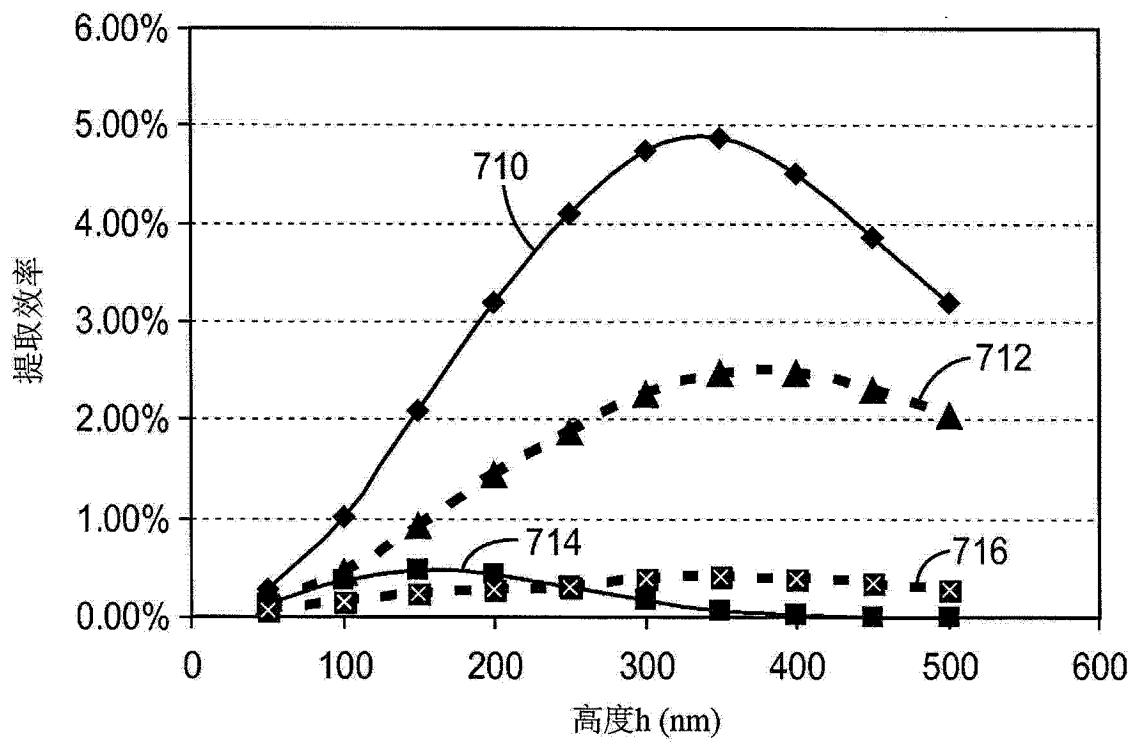


图 7

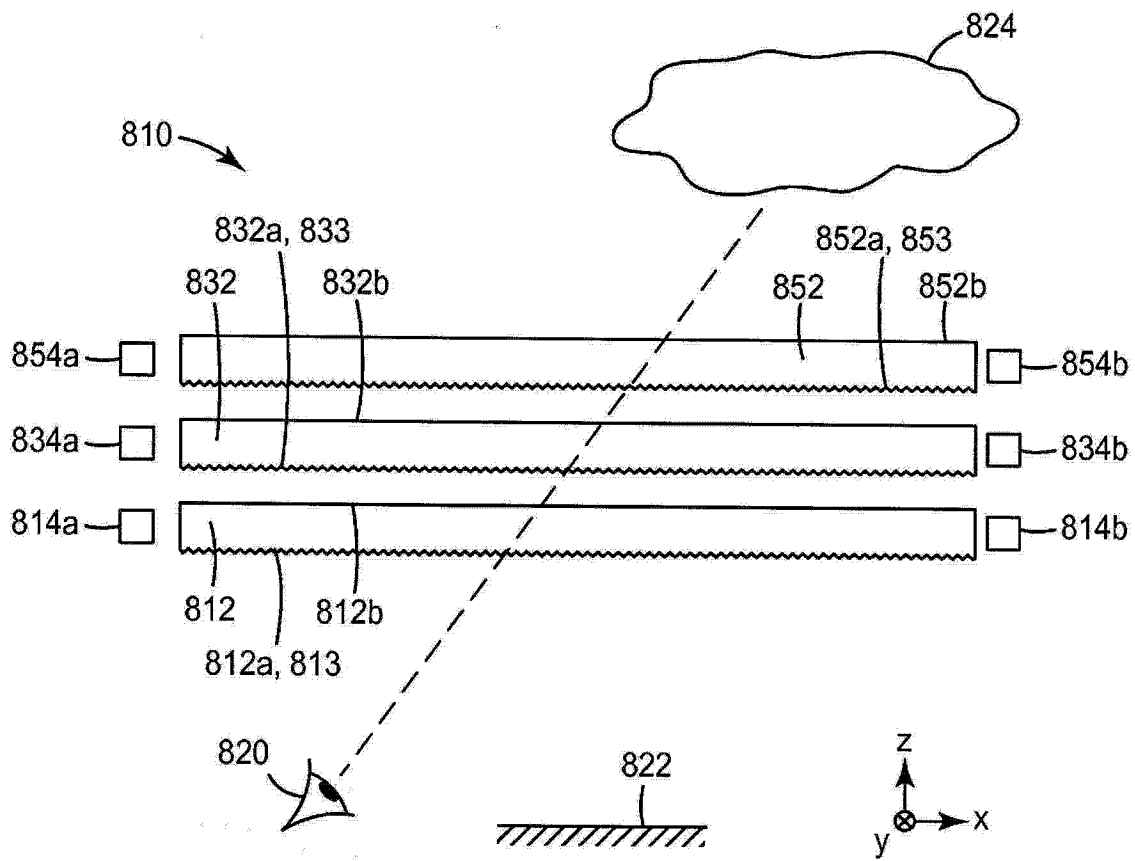


图 8

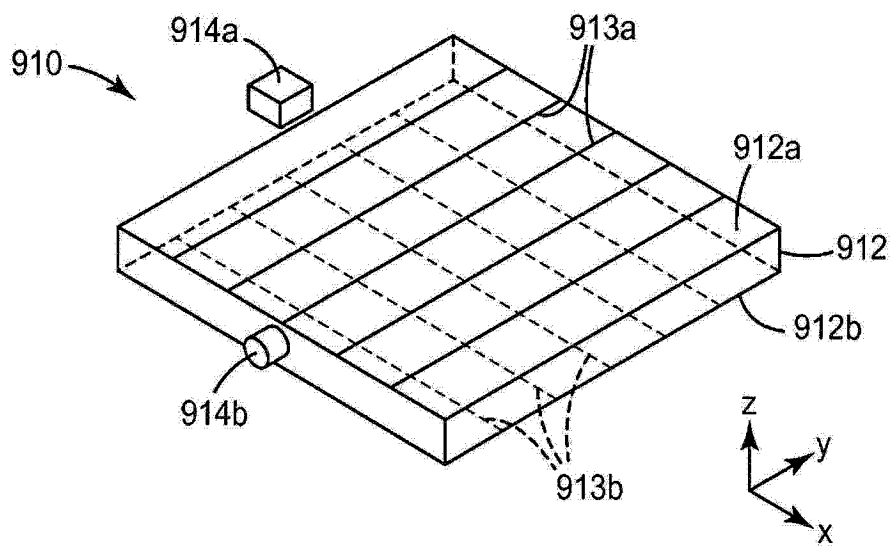


图 9

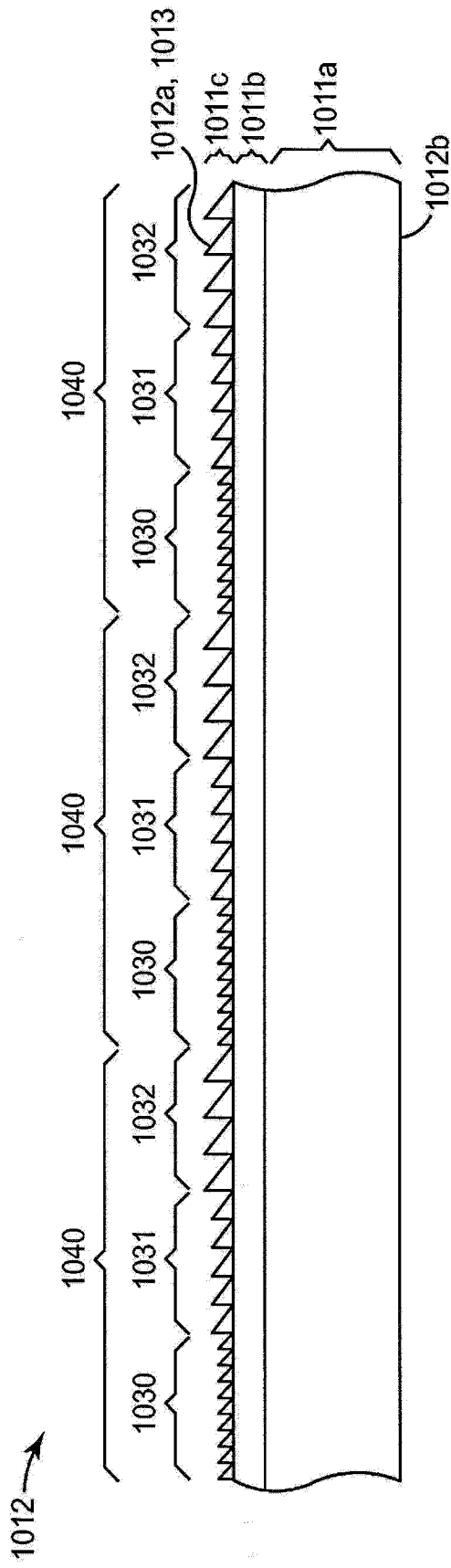


图 10

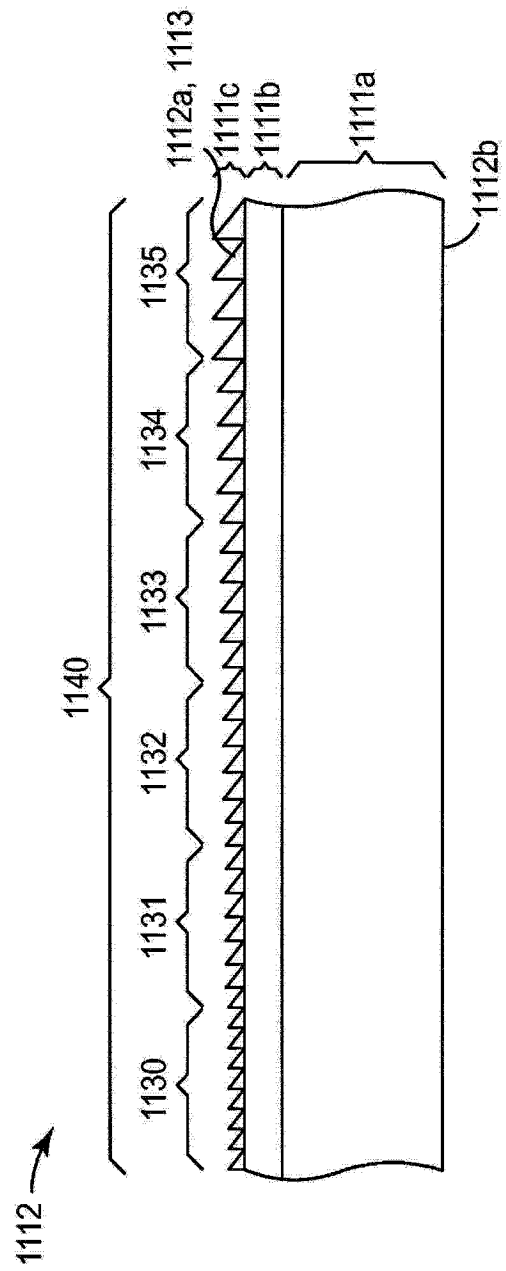


图 11

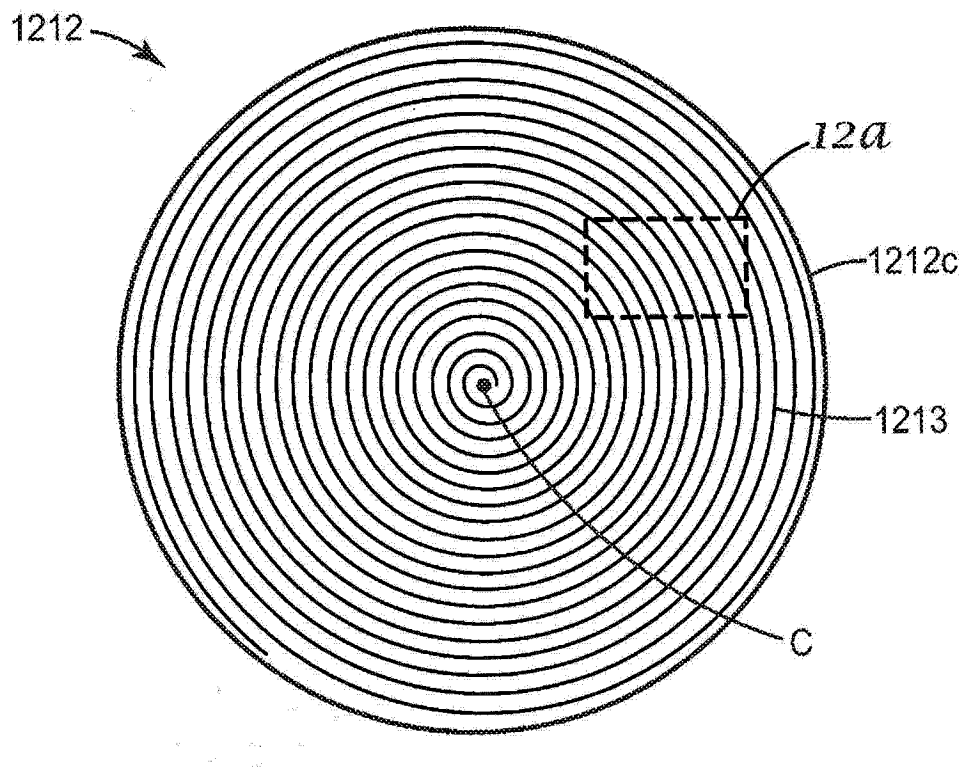


图 12

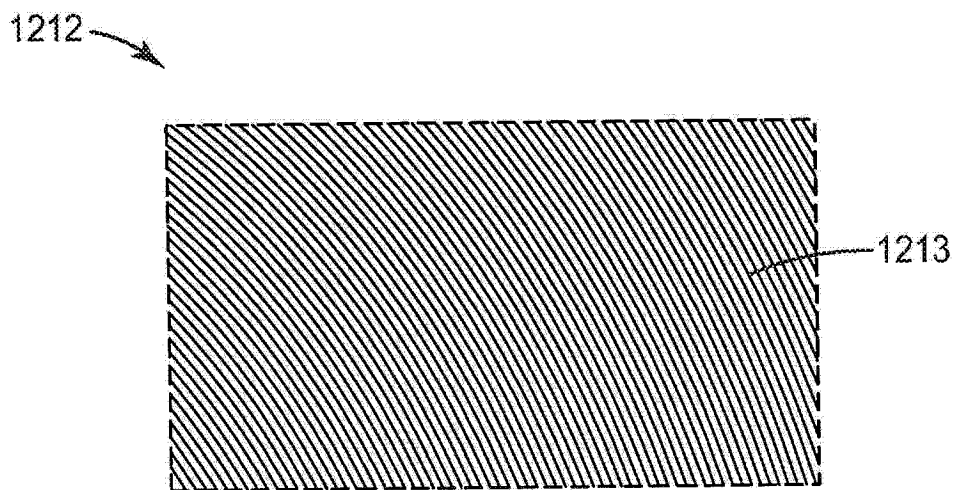


图 12a

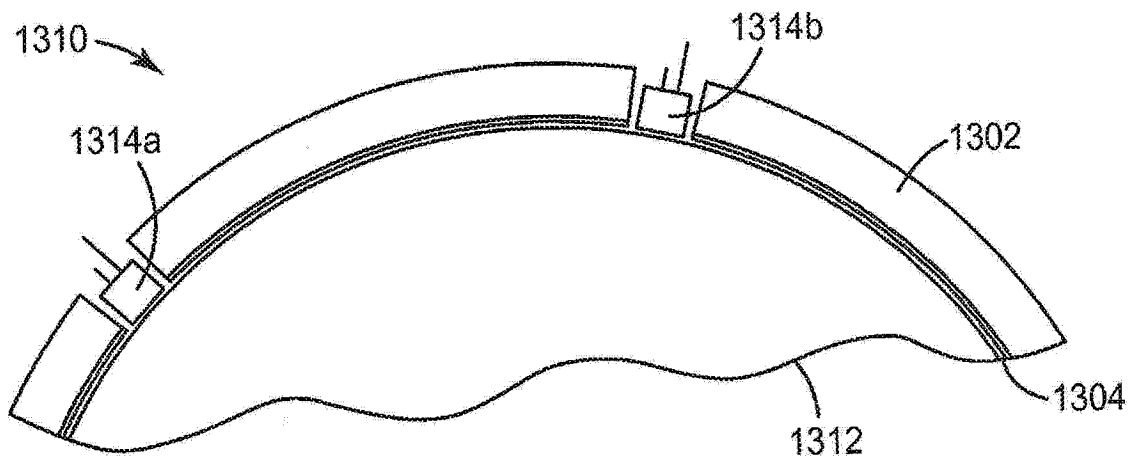


图 13

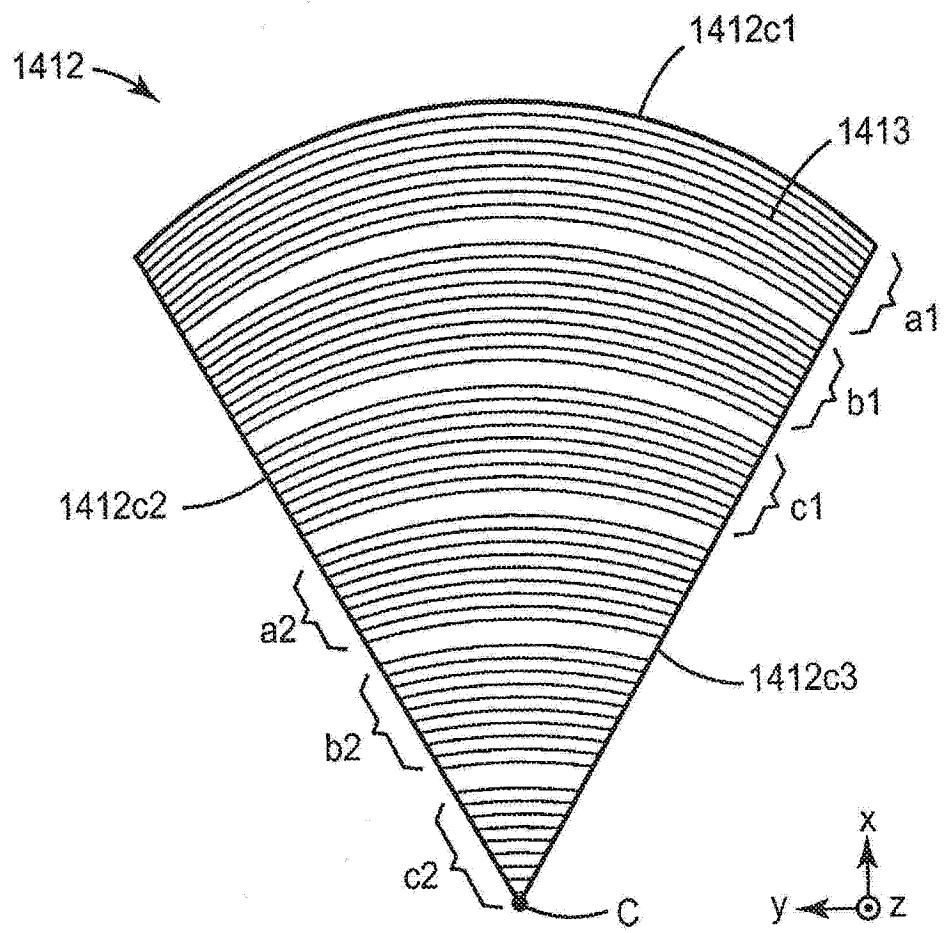


图 14

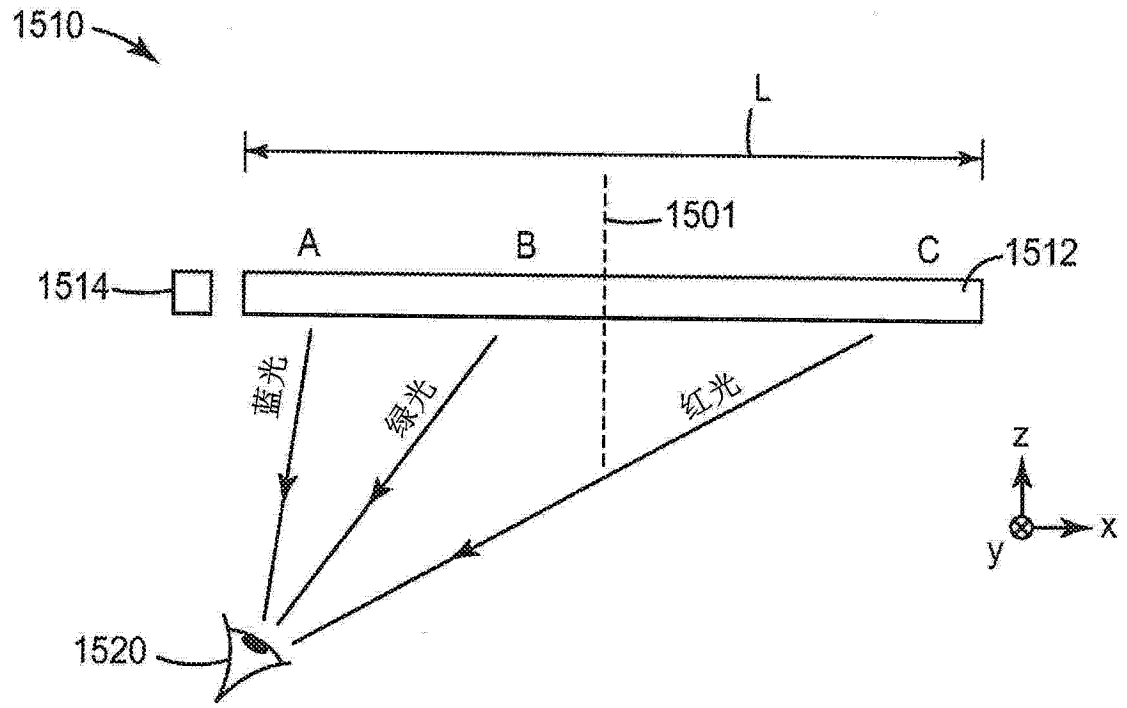


图 15a

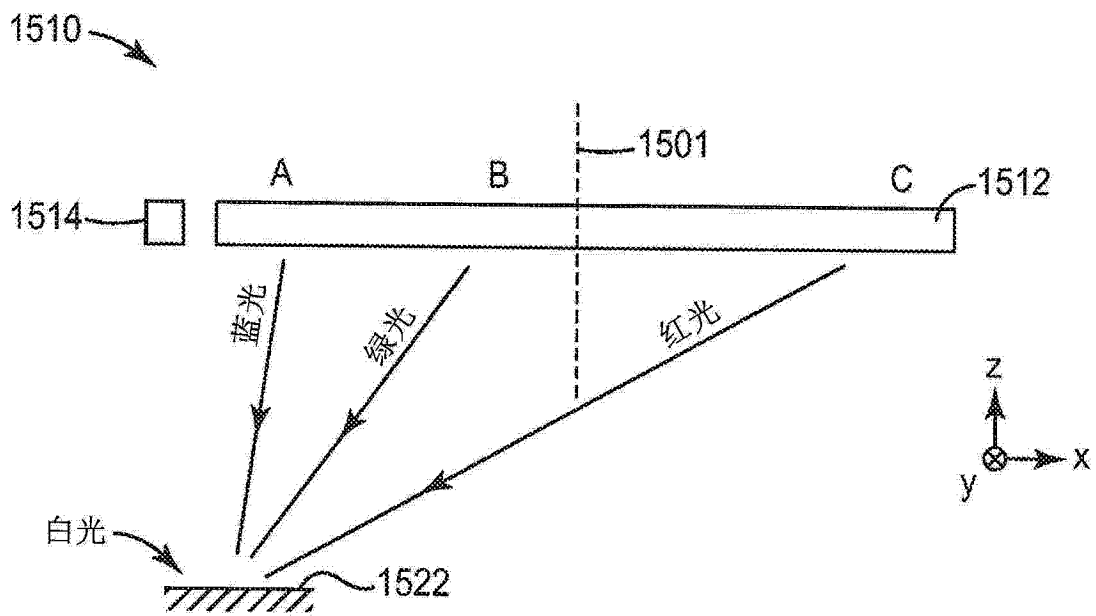


图 15b

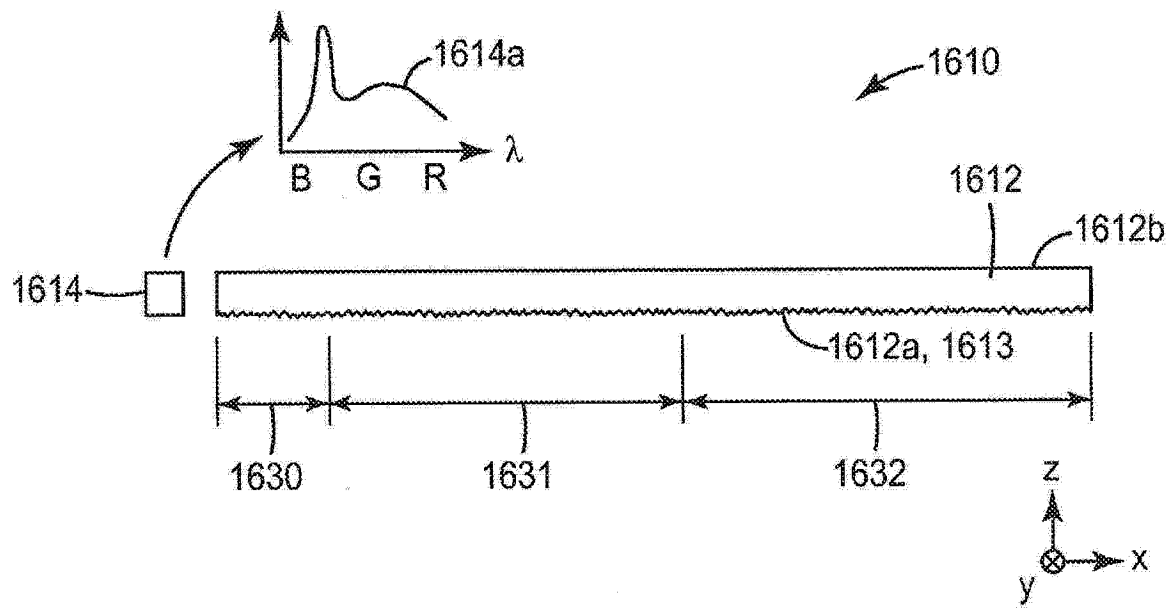


图 16

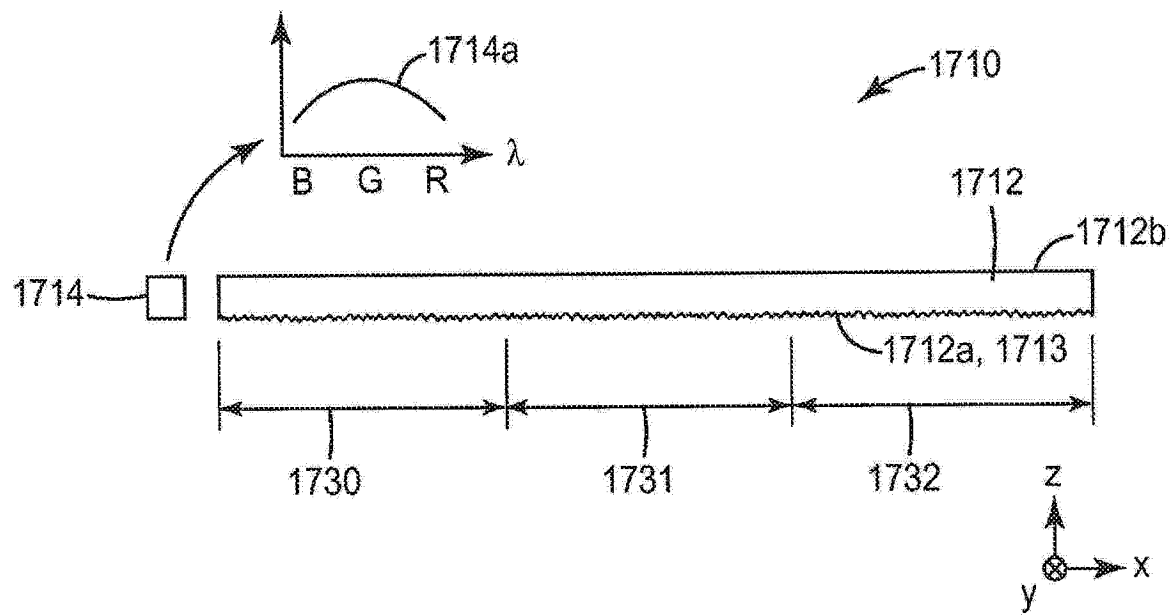


图 17

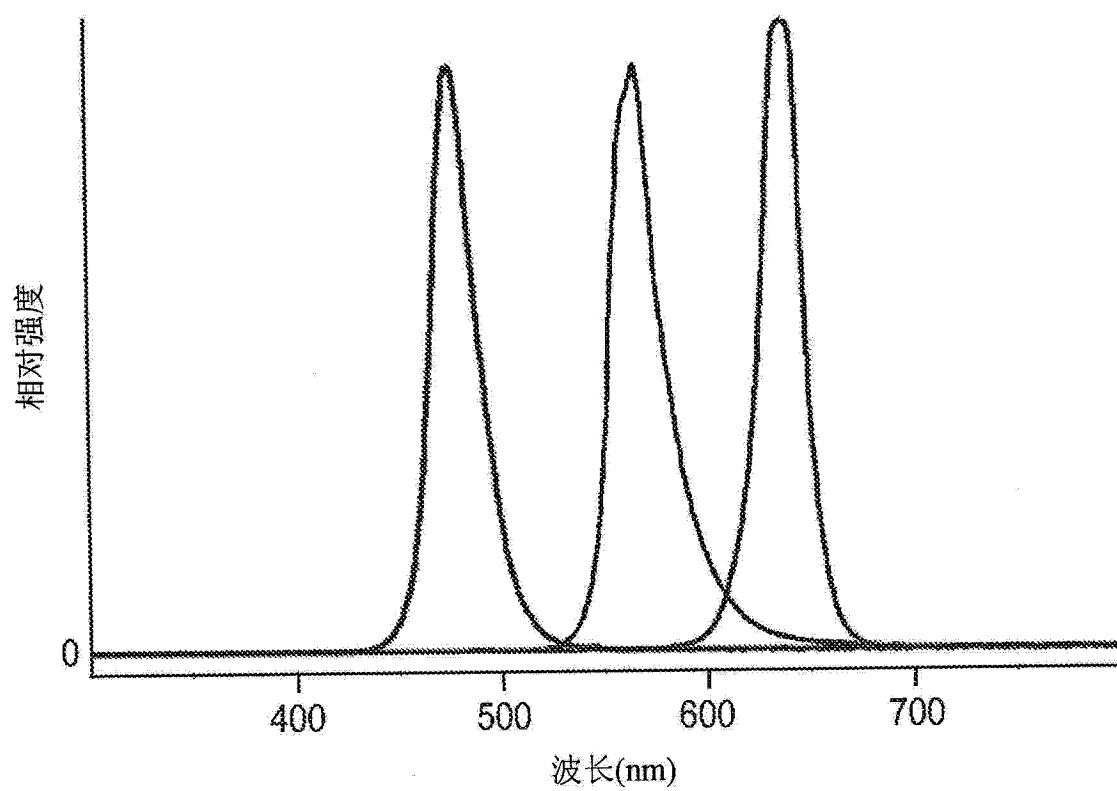


图 17a

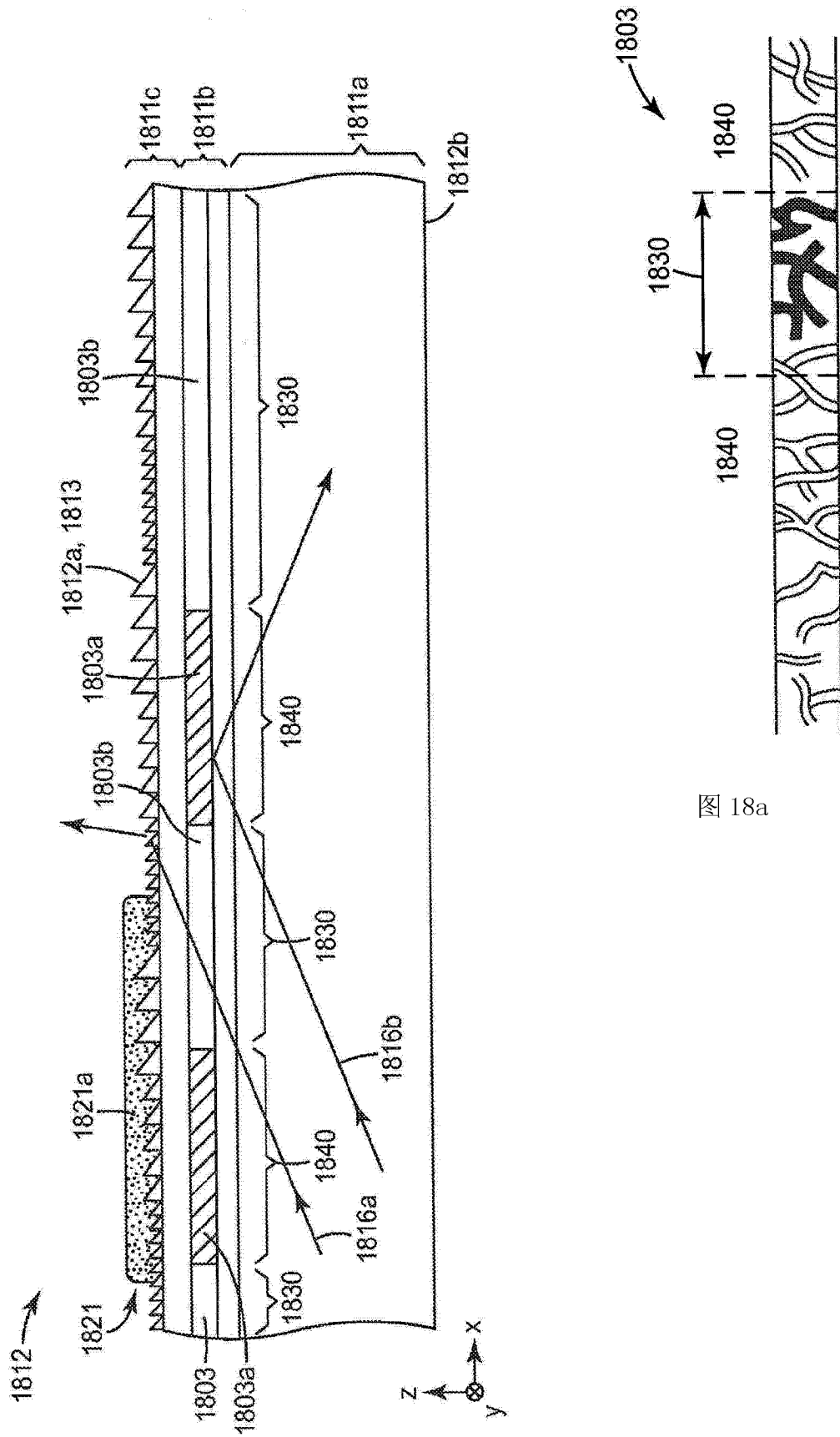


图 18a

图 18

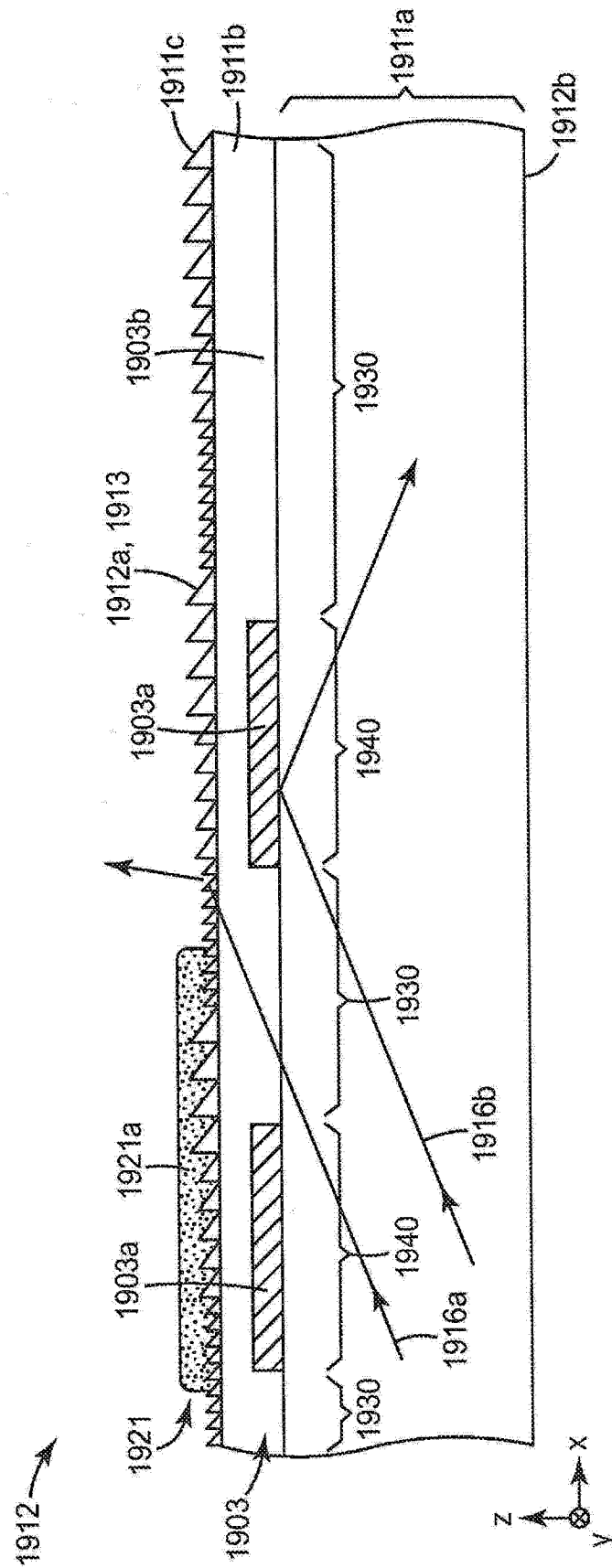


图 19

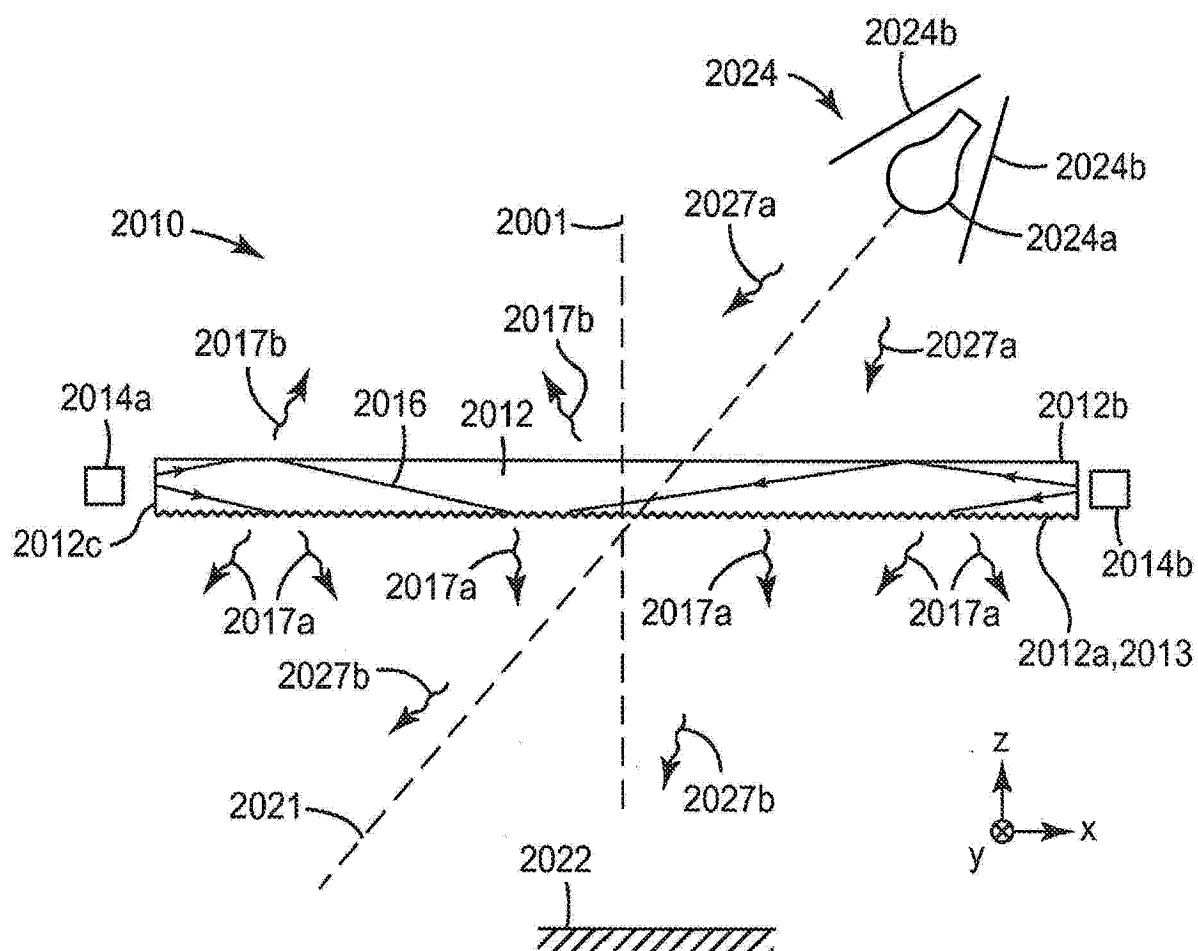


图 20

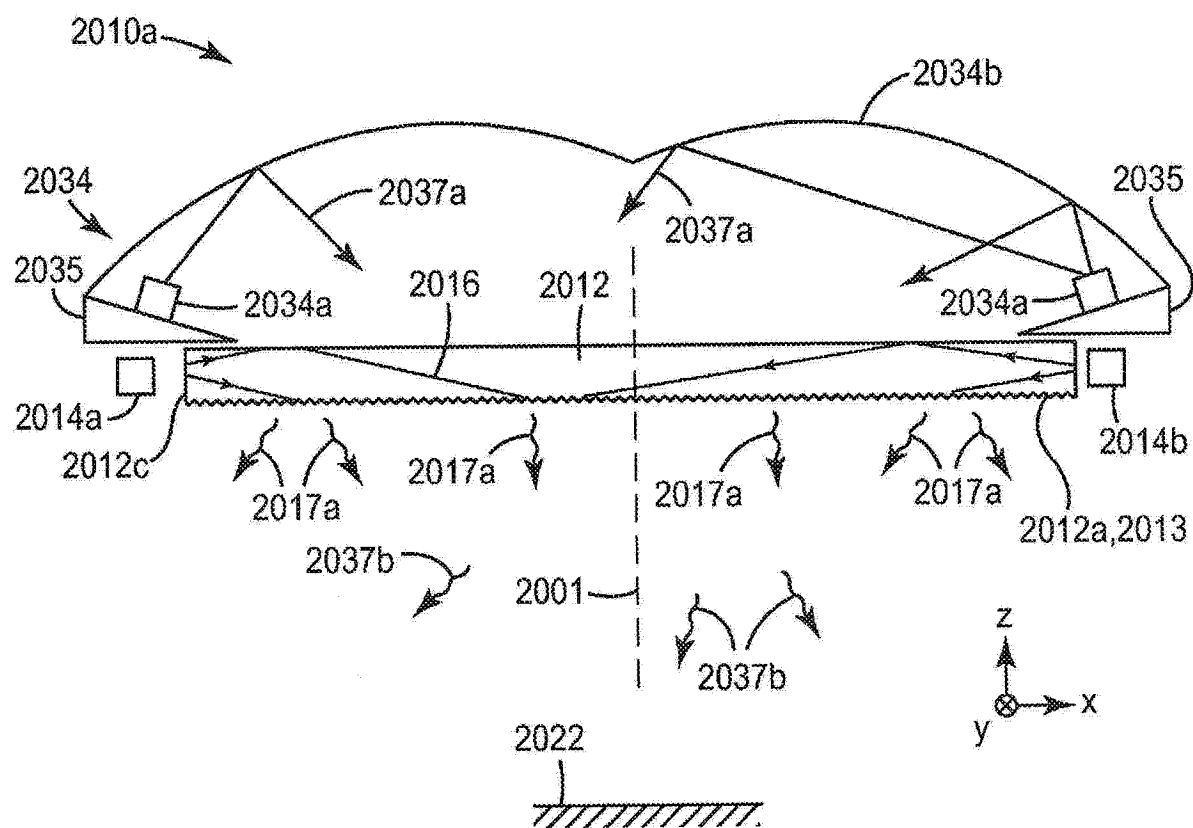


图 20a

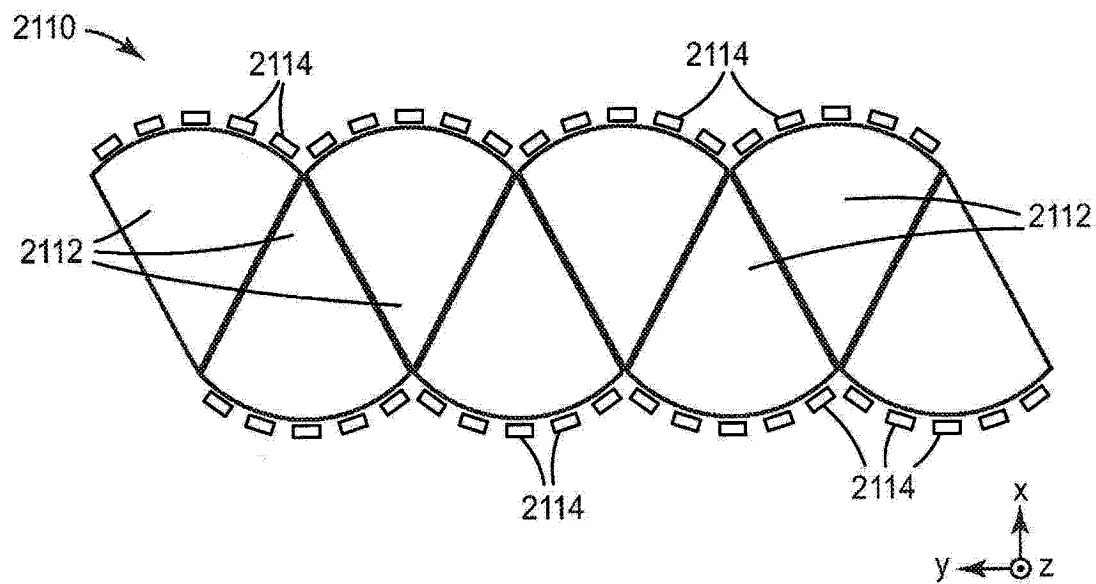


图 21

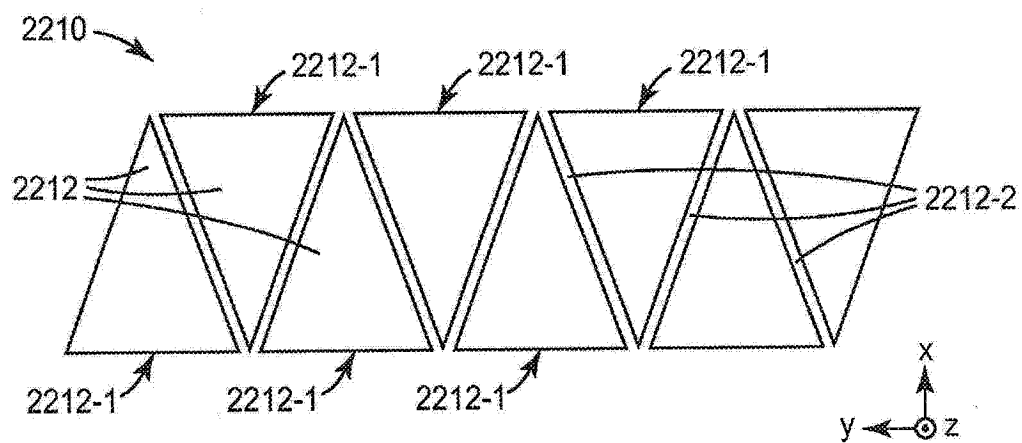


图 22

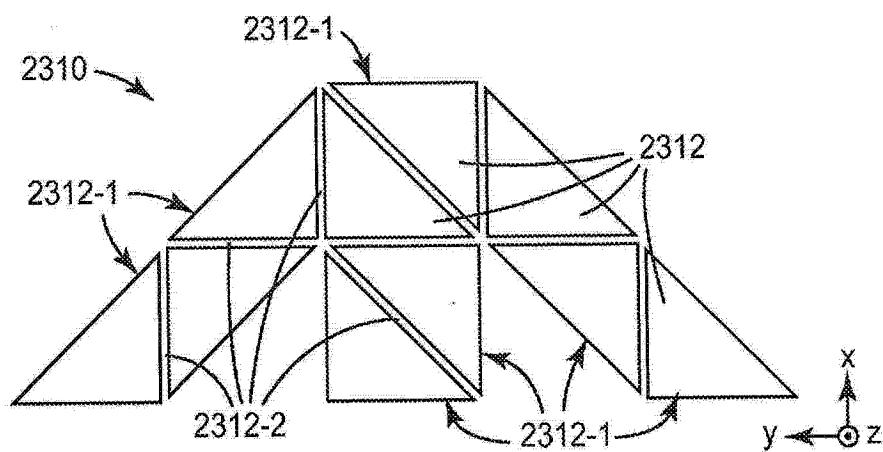


图 23

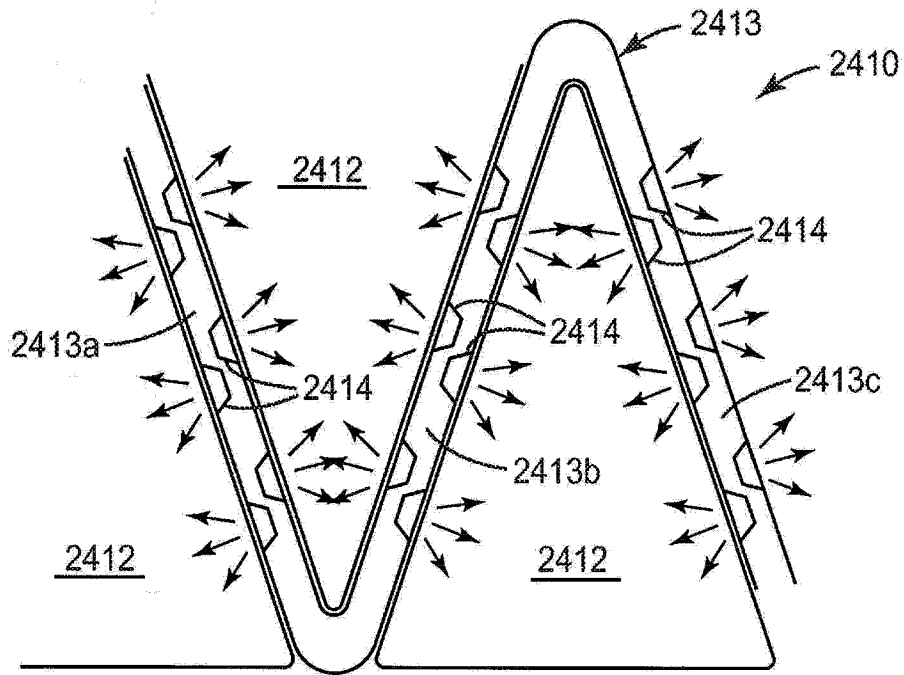


图 24

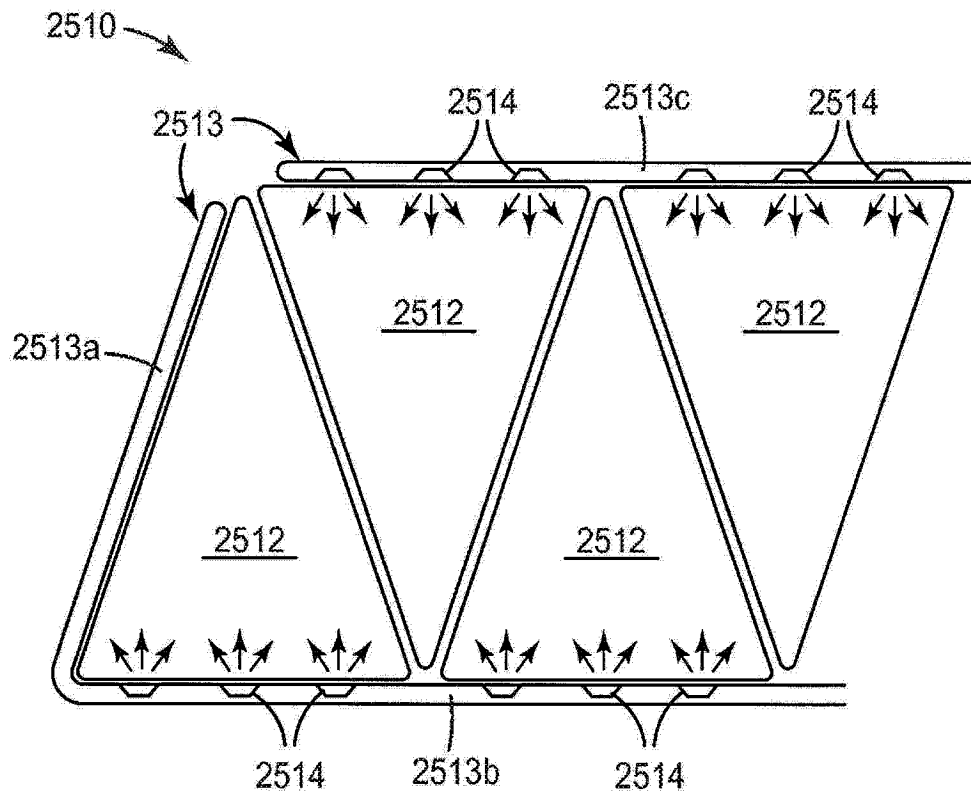


图 25

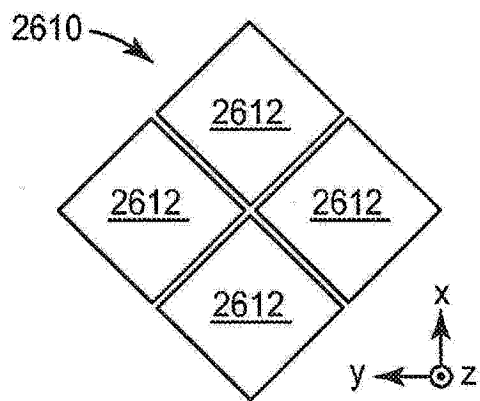


图 26

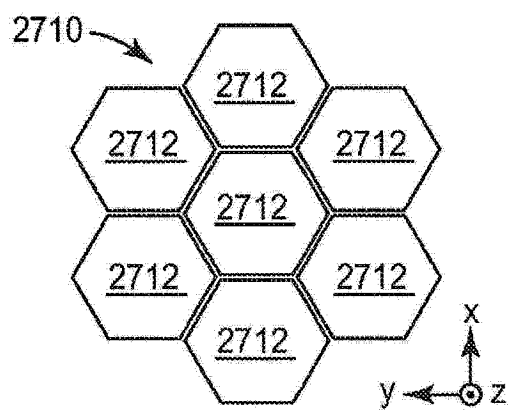


图 27

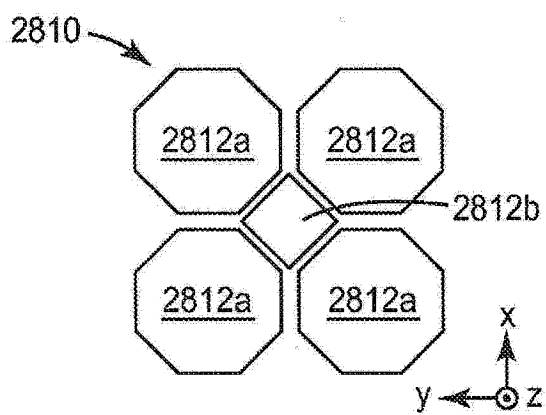


图 28

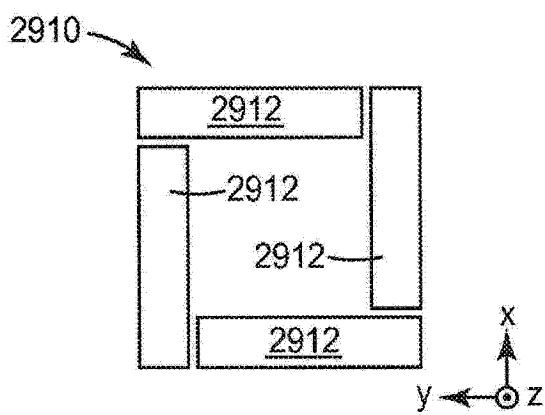


图 29

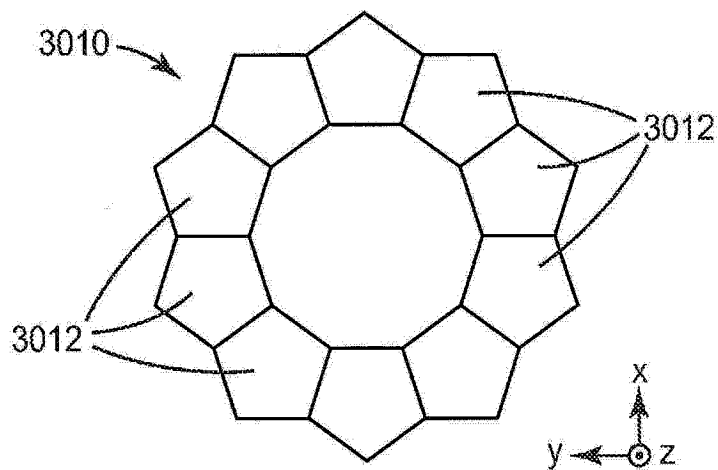


图 30

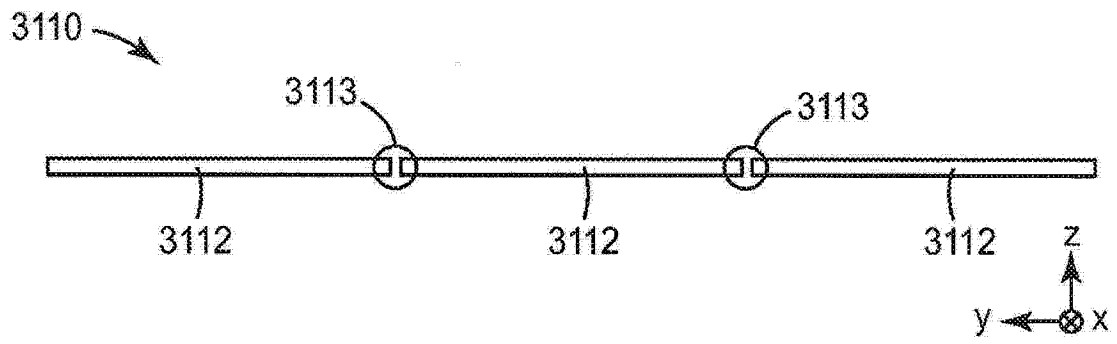


图 31

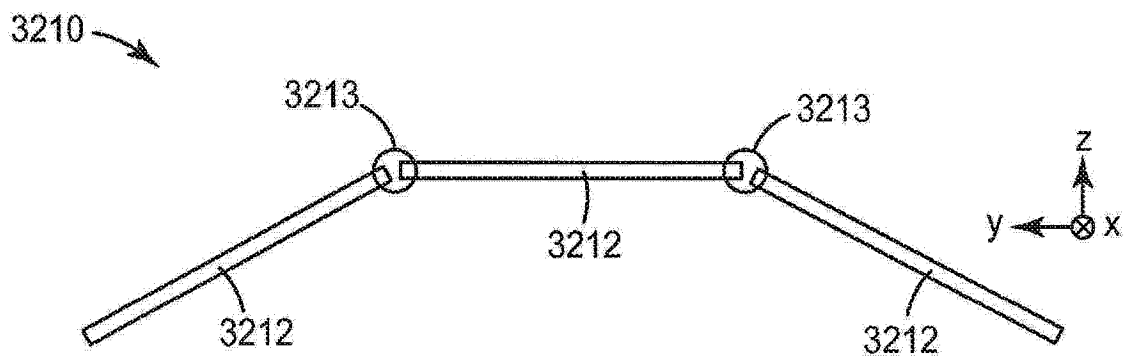


图 32

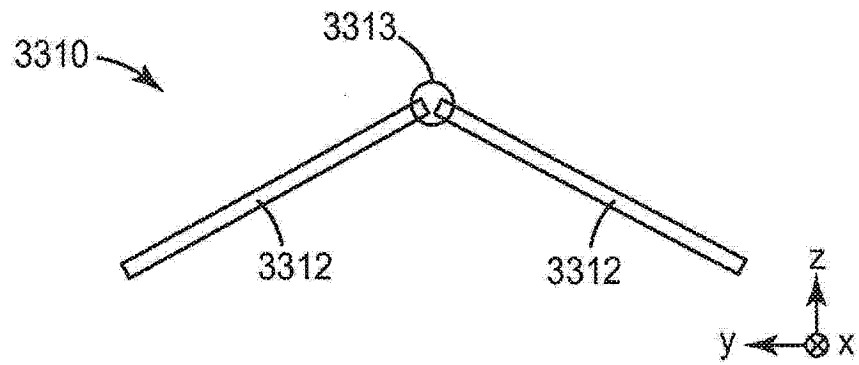


图 33

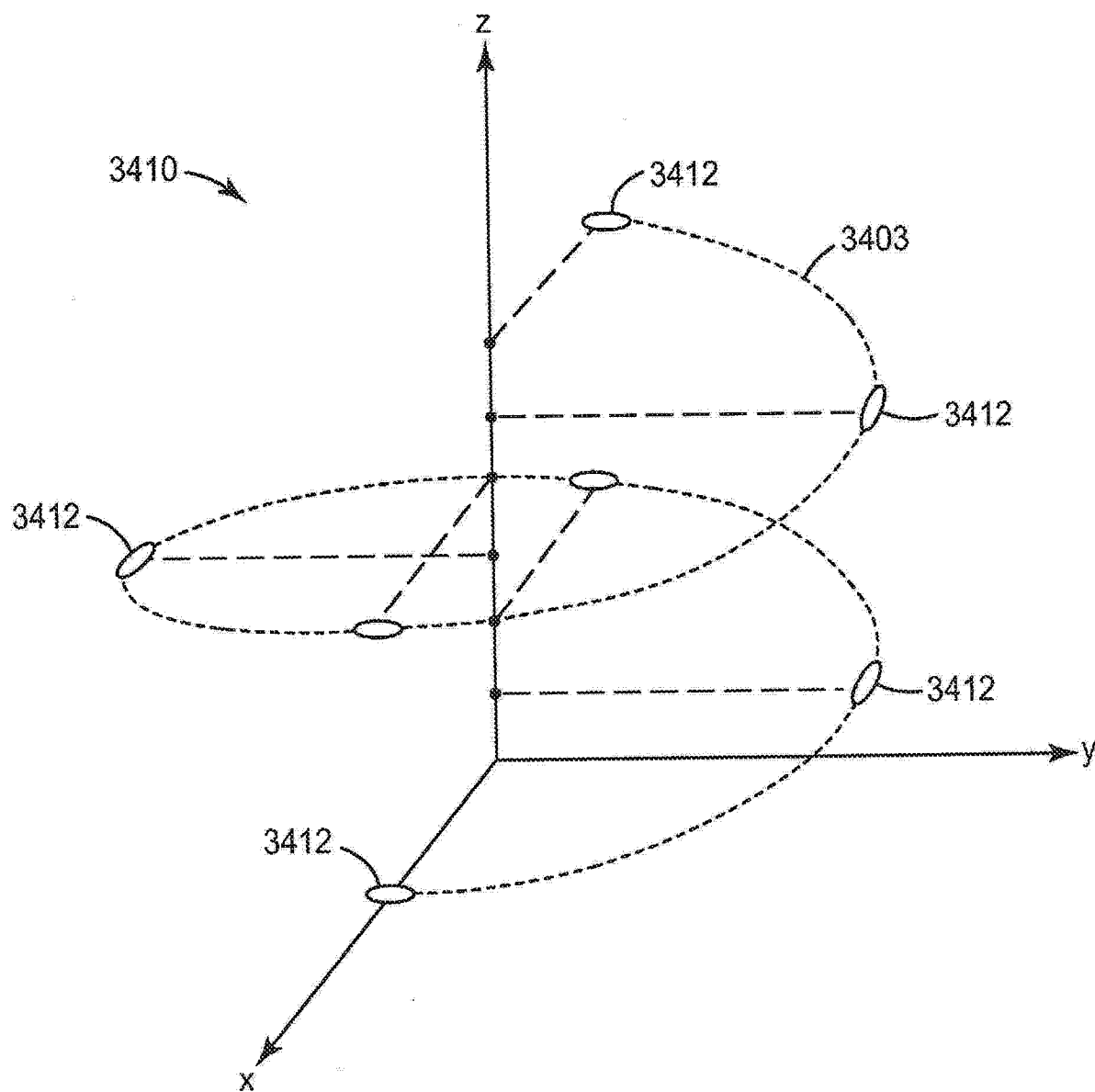


图 34

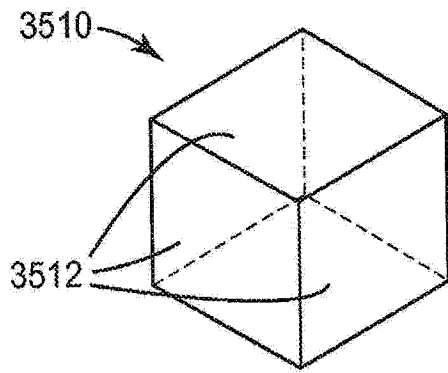


图 35

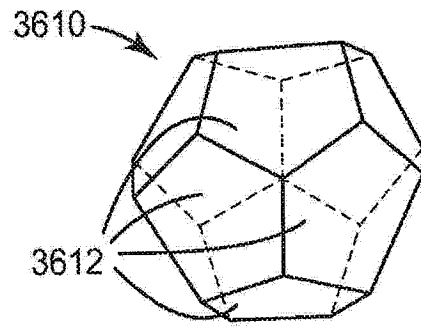


图 36

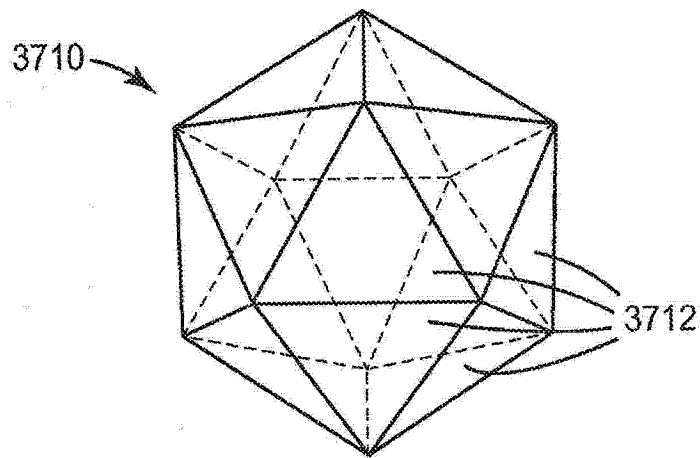


图 37

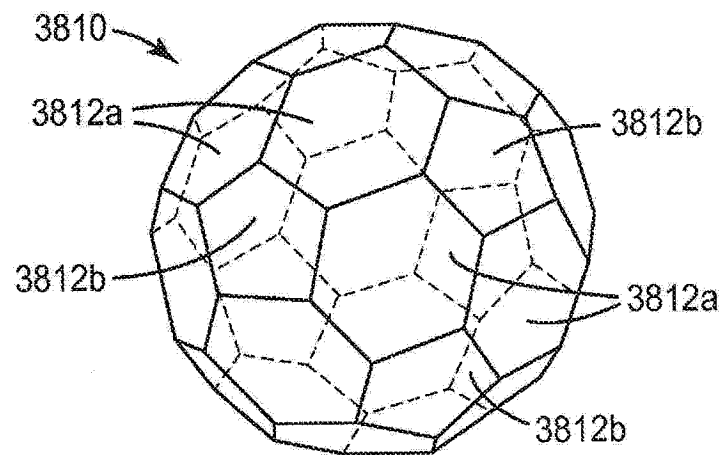


图 38

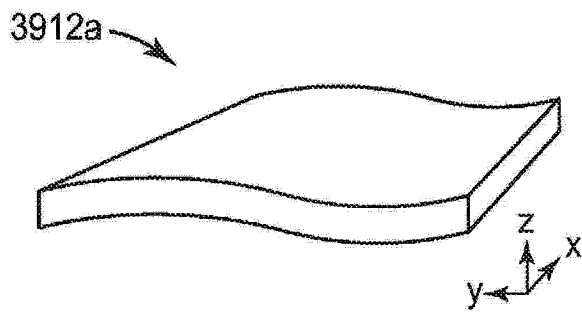


图 39a

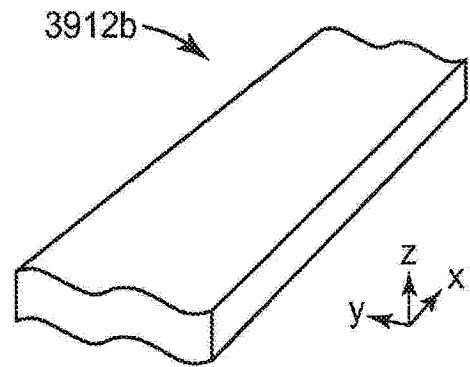


图 39b

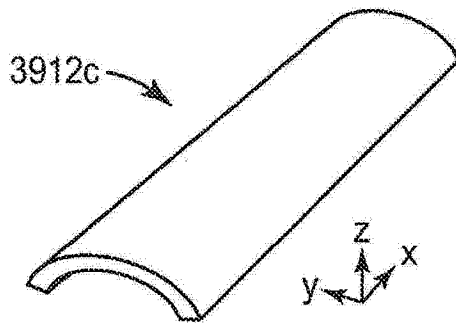


图 39c

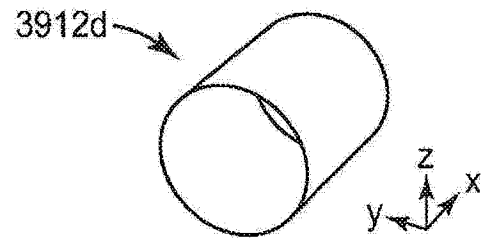


图 39d

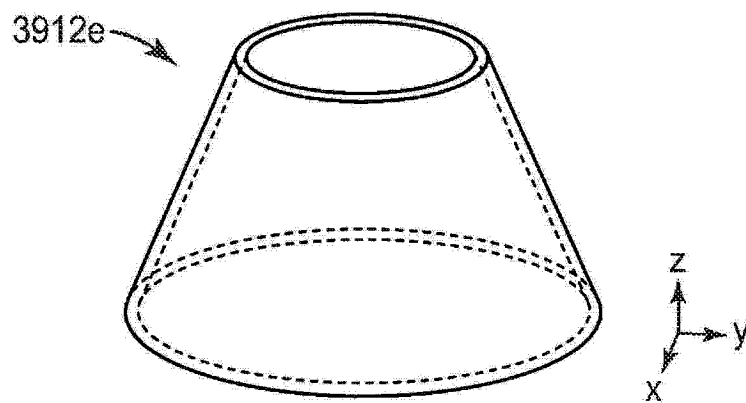


图 39e

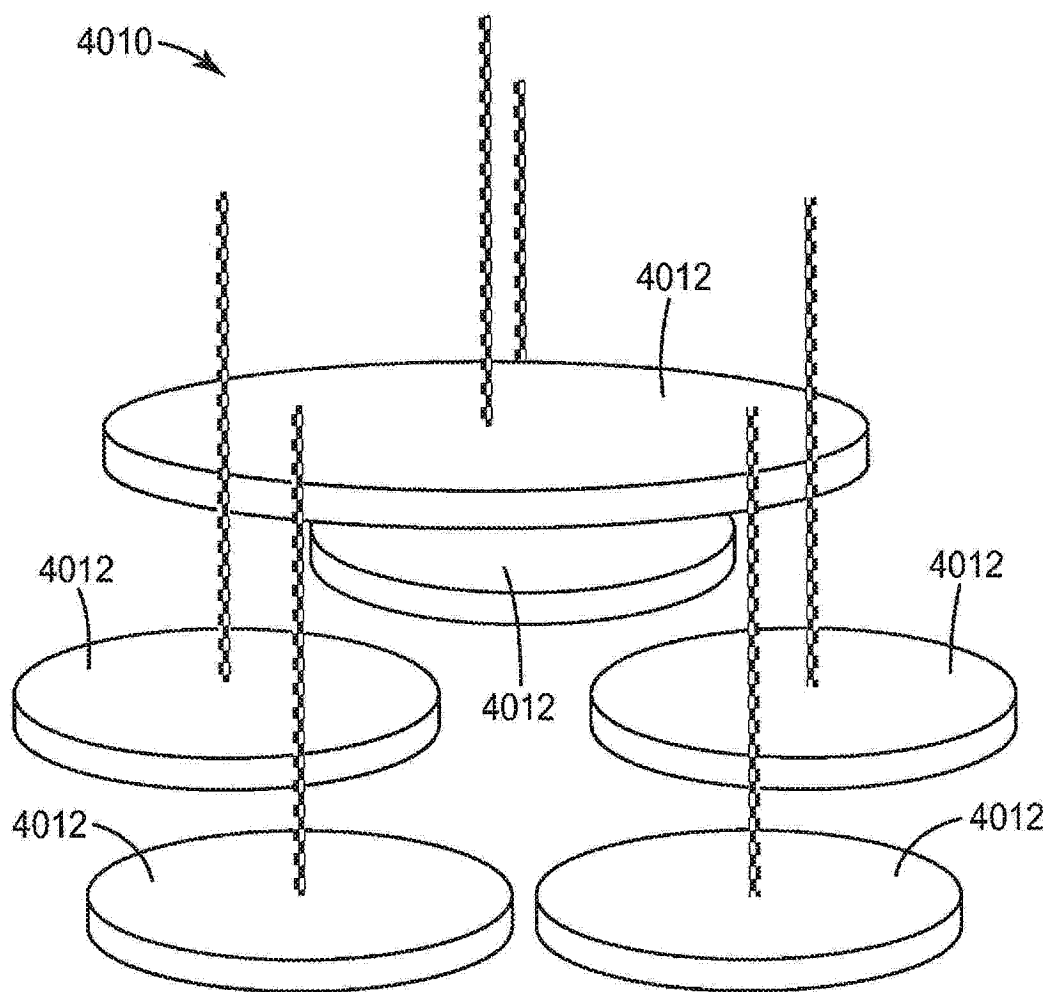


图 40

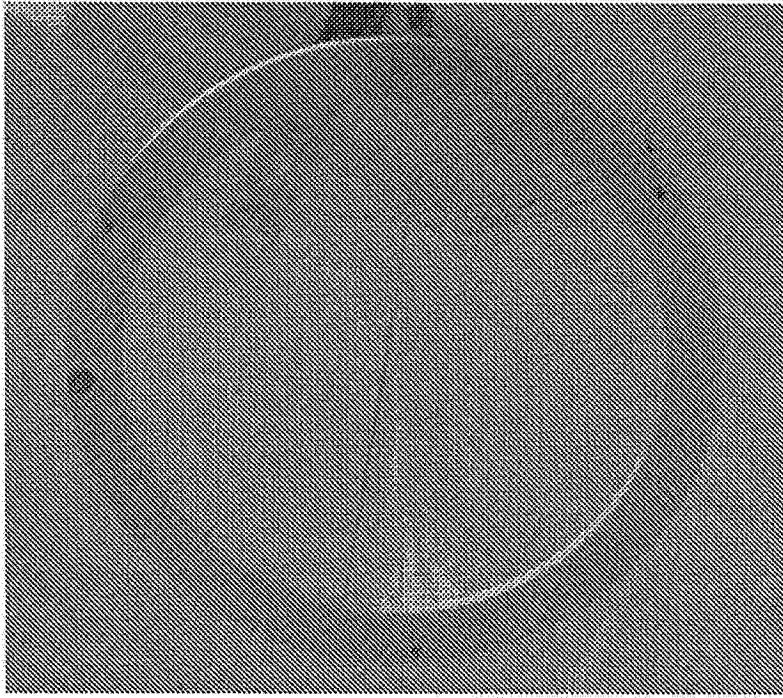


图 41a

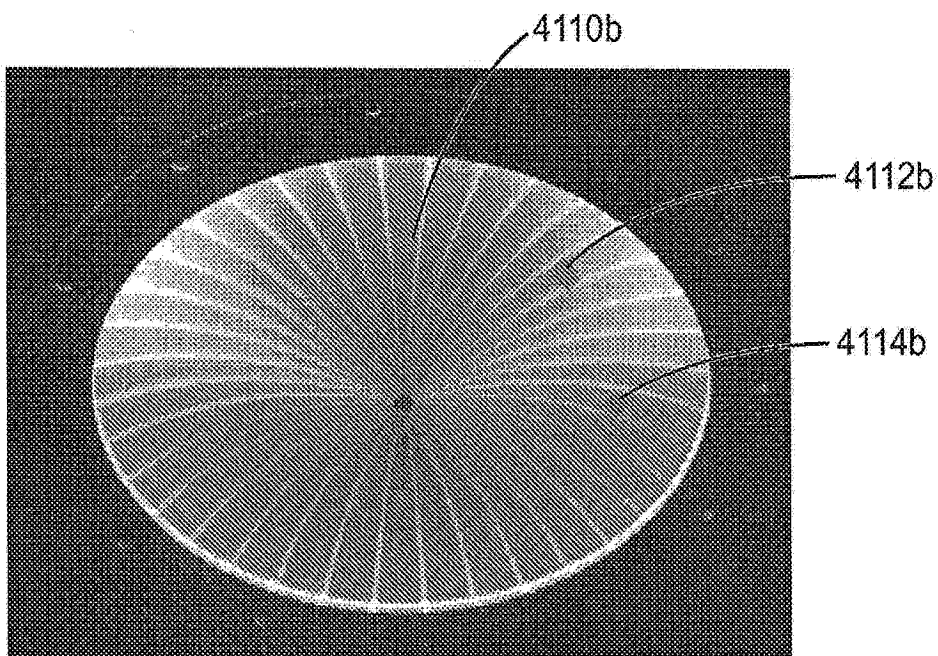


图 41b

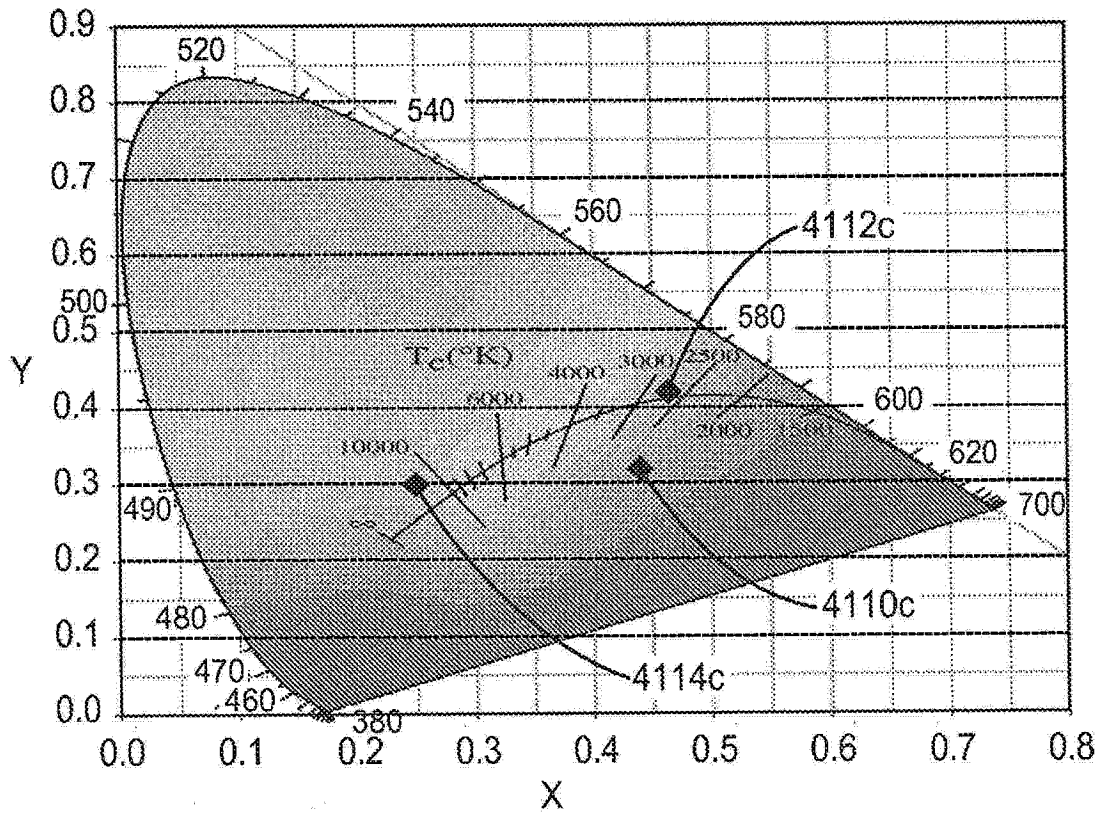


图 41c

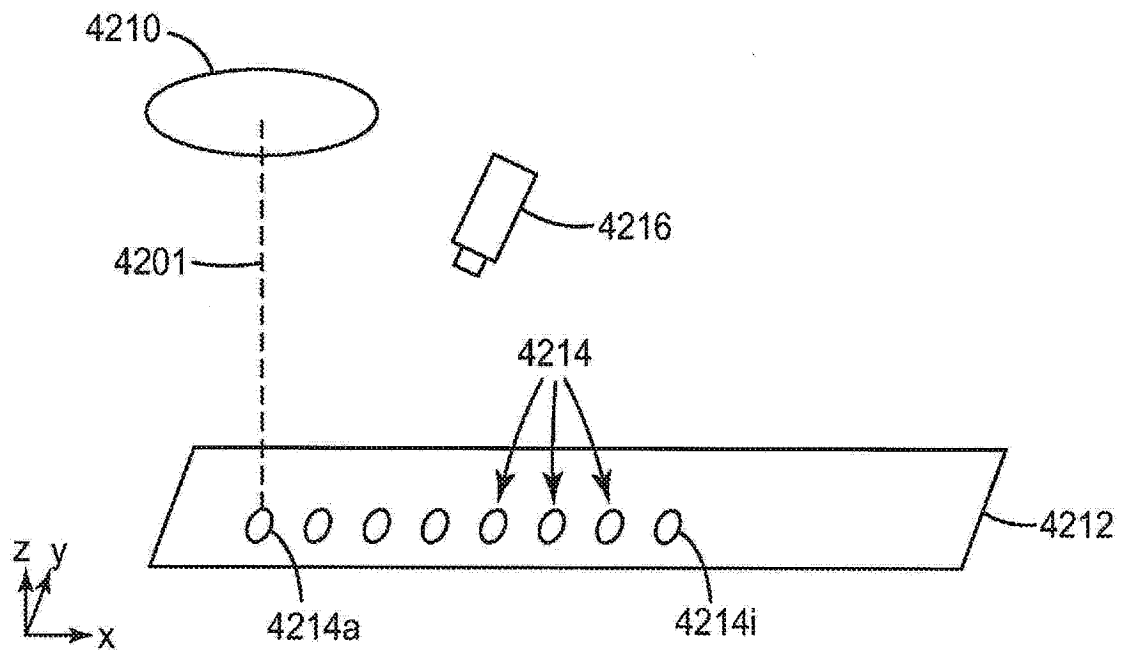


图 42a

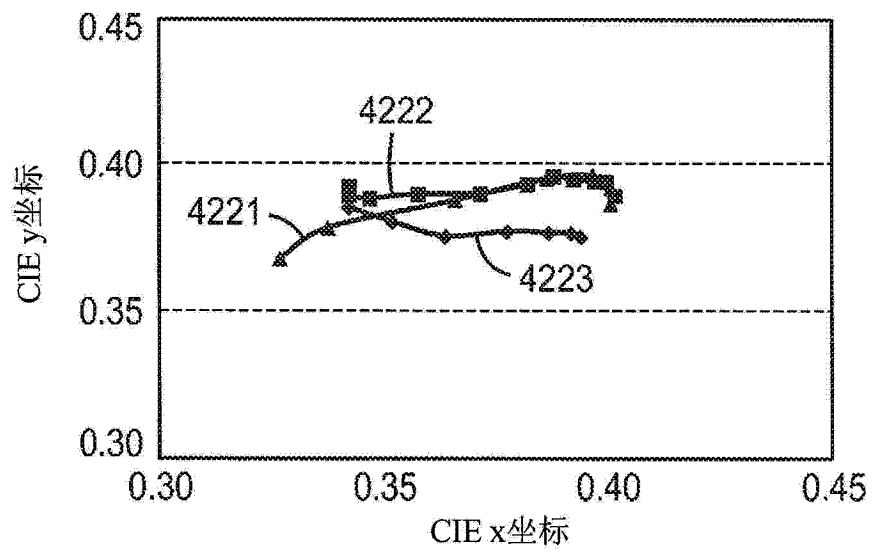


图 42b

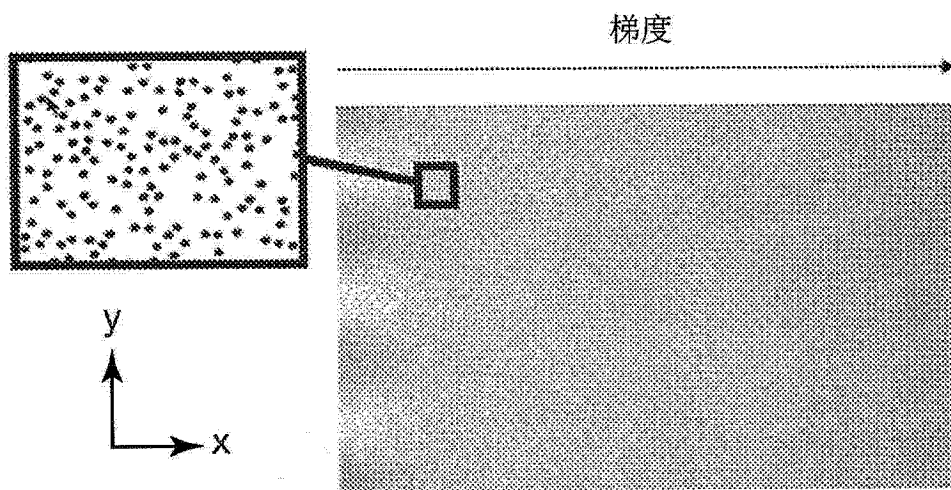


图 43

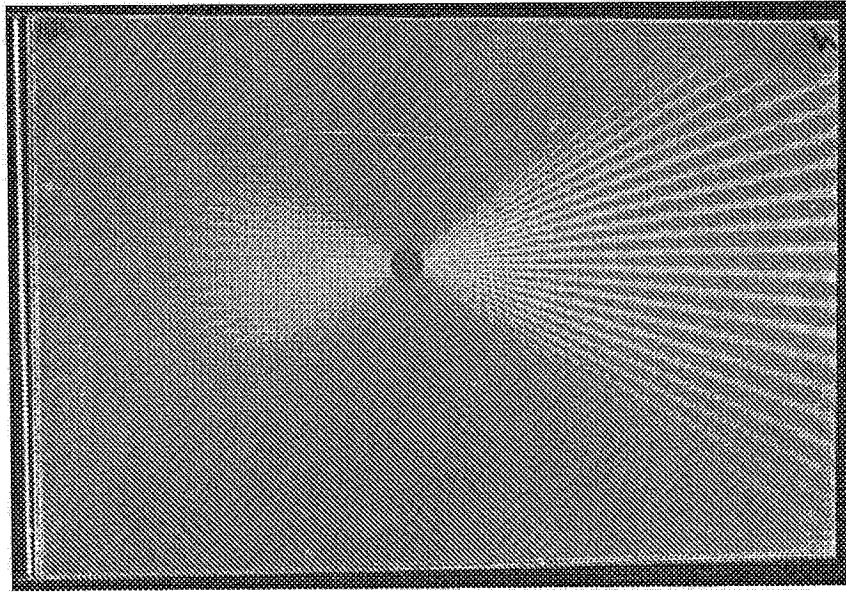


图 44a

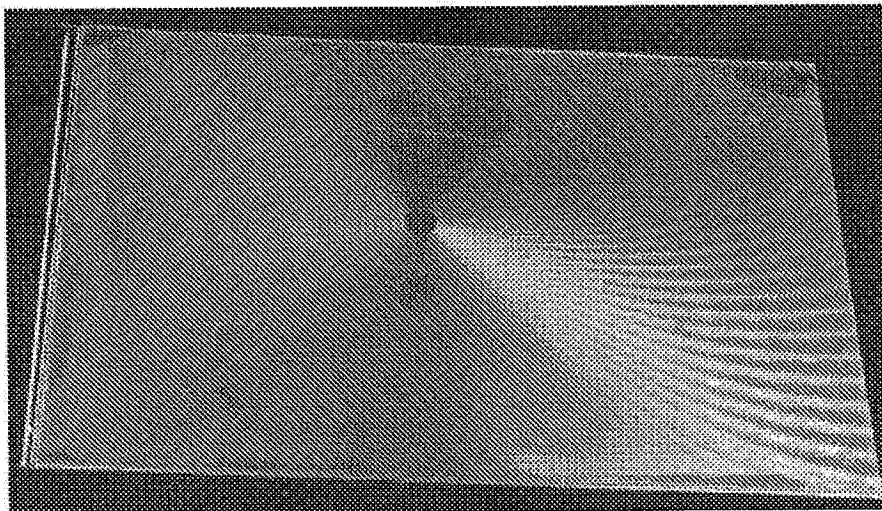


图 44b

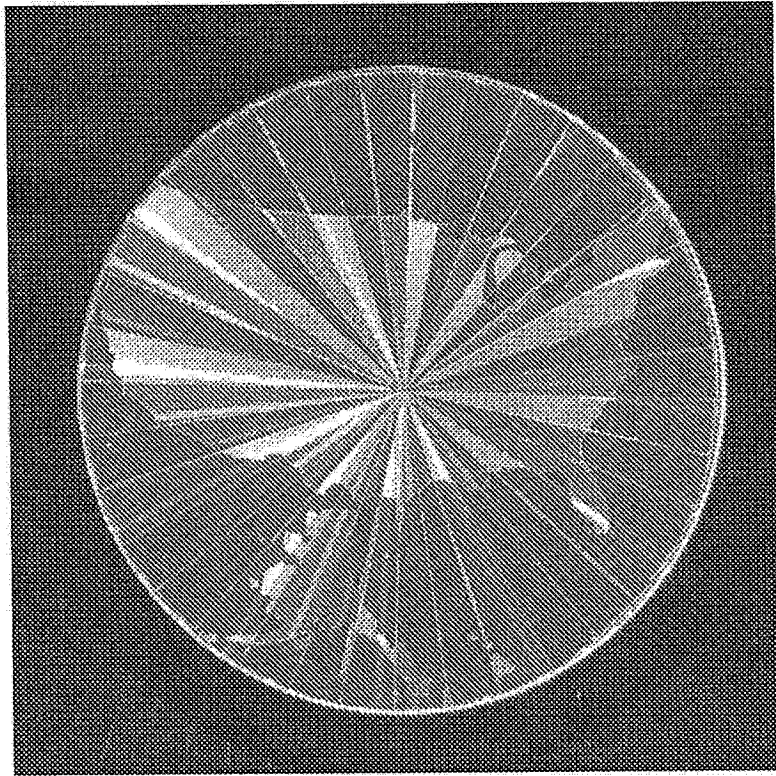


图 45