



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102265088 B

(45) 授权公告日 2015.02.18

(21) 申请号 200980152080.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009.11.17

G02F 1/1335(2006.01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

61/116,295 2008.11.19 US

CN 101173994 A, 2008.05.07, 全文.

US 3829680 A, 1974.08.13, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 2007/091230 A1, 2007.04.26, 说明书

2011.06.22

第 [0046]-[0051] 段、第 [0121]-[0134] 段、第 [0196] 段、附图 1-4, 15.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/064770 2009.11.17

审查员 赵洪涛

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/059614 EN 2010.05.27

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 迈克尔·F·韦伯

蒂莫西·J·内维特

约翰·A·惠特利

(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 顾红霞 彭会

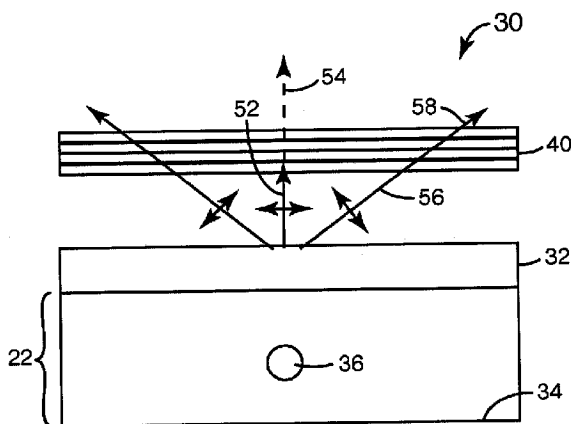
权利要求书1页 说明书28页 附图16页

(54) 发明名称

用于照明设备和其他照明系统中的光管理的布鲁斯特角膜

(57) 摘要

本发明公开了多层光学膜,该多层光学膜对所有偏振态在垂直入射角度均表现出高反射率,但优先透射在一个或两个正交的入射平面内的大角度光线。本发明公开了对称构造和非对称构造。所述膜可用于直接照明式背光源和除直接照明式背光源之外的照明系统,例如侧光式背光源,以及非背光源照明系统,例如旨在用于一般照明而无需任何图形组件的系统,诸如照明设备和工作灯之类。



1. 一种照明系统,包括:

光源;以及

多层光学膜,其设置成反射所述光源发出的一些光并透射所述光源发出的其他光,所述多层光学膜具有与第一面内轴线相关的第一内布鲁斯特角和与正交于所述第一面内轴线的第二面内轴线相关的第二内布鲁斯特角,所述第二内布鲁斯特角不同于所述第一内布鲁斯特角。

2. 根据权利要求1所述的照明系统,其中所述照明系统包括照明设备。

3. 根据权利要求2所述的照明系统,其中所述照明设备包括刚性透光面板。

4. 根据权利要求3所述的照明系统,其中所述多层光学膜附接到所述刚性透光面板。

5. 根据权利要求4所述的照明系统,其中所述多层光学膜层合到所述刚性透光面板上,且在所述多层光学膜层与所述刚性透光面板之间基本上没有间隙。

6. 根据权利要求1所述的照明系统,其中所述照明系统包括背光源。

7. 根据权利要求6所述的照明系统,其中所述背光源为侧光式背光源。

8. 根据权利要求1所述的照明系统,其中所述第一面内轴线为强轴,所述第二面内轴线为弱轴,并且其中所述多层光学膜反射在扩展波长段内平行于所述强轴偏振的垂直入射光的至少75%、80%、85%或90%,并且所述多层光学膜反射在所述扩展波长段内平行于所述弱轴偏振的垂直入射光的至少50%、60%、70%或80%。

9. 根据权利要求8所述的照明系统,其中对于在包含所述强轴的第一平面内入射的p偏振光,所述多层光学膜具有随入射角变化的第一反射率减小,并且对于在包含所述弱轴的第二平面内入射的p偏振光,所述多层光学膜具有随入射角变化的第二反射率减小,并且其中所述第二反射率减小强于所述第一反射率减小。

10. 根据权利要求9所述的照明系统,其中所述第二反射率减小在相对于垂直入射倾斜的特定倾角 θ oblique下减小至少50%、60%、70%或80%。

11. 根据权利要求9所述的照明系统,其中所述第一反射率减小在相对于垂直入射倾斜的特定倾角 θ oblique下减小至少40%或50%。

12. 根据权利要求1所述的照明系统,还包括连接到所述多层光学膜的结构化表面层。

13. 根据权利要求12所述的照明系统,其中所述结构化表面层包括棱镜膜。

14. 根据权利要求12所述的照明系统,其中所述结构化表面层将所述多层光学膜的宽角度蝠翼透射特性转化为较窄角度的蝠翼透射特性。

15. 根据权利要求12所述的照明系统,其中所述结构化表面包括二维结构。

16. 一种照明系统,包括:

光源;以及

多层光学膜,其设置成反射所述光源发出的一些光并透射所述光源发出的其他光,所述多层光学膜具有与两个正交的面内轴线中的每一个面内轴线相关的内布鲁斯特角,所述内布鲁斯特角中的至少一者与小于90度的空气中的入射角相对应。

17. 根据权利要求16所述的照明系统,还包括设置成与所述多层光学膜形成光循环腔的后反射器,所述后反射器的传播率 $T < 0$ 。

18. 根据权利要求16所述的照明系统,还包括设置成与所述多层光学膜形成光循环腔的后反射器,所述光循环腔的腔体传播率 $CT < 0.25$ 。

用于照明设备和其他照明系统中的光管理的布鲁斯特角膜

技术领域

[0001] 本发明涉及多层光学膜,该多层光学膜的反射特性很大程度上取决于该膜内微层之间的界面的相长干涉和相消干涉,本发明还涉及可以使用此类膜的照明系统以及相关方法、系统和制品。该照明系统可包括背光源,例如液晶显示器(LCD)装置和类似显示器中使用的背光源,包括但不限于直接照明式或侧光式类型。另外,还特别包括除了显示器中所用背光源之外的照明系统,例如,旨在用于照明而无需任何图形组件的照明系统(包括照明设备、工作灯等)。

背景技术

[0002] 最近几年,面向公众的显示装置在数量和种类上都取得了巨大的增长。计算机(无论台式机、膝上型计算机或笔记本计算机)、个人数字助理(PDA)、手机和超薄液晶电视机只不过是其中的几个例子。这些器件中的某些可使用平常的环境光来观看显示器,但多数包括使显示器可见的背光源。

[0003] 许多这种背光源都可归结为“侧光式”或“直接照明式”两种类型。这两类背光源的区别在于光源相对于背光源输出表面的布局,其中输出表面限定显示器件的可视区域。在侧光式背光源中,光源沿着背光源构造的边界被设置,位于与输出表面对应的范围或区域之外。光源通常将光发射到光导装置中,该光导装置具有与输出表面接近的长度和宽度维度,并且光被从其中提取以照亮输出表面。在直接照明式背光源中,光源阵列被设置在输出表面的正后方,并且漫射器被设置在光源的前面,从而得到更加均匀的光输出。某些直接照明式背光源另外整合边缘安装式的光源,因此能够以直接照明式和侧光式两种方式工作。

发明内容

[0004] 在一个实施例中,光学组件包括具有内布鲁斯特角的反射器以及具有正交的反射轴和透射轴的反射型偏振器。

[0005] 在另一个实施例中,直接照明式背光源组件包括:一个或多个灯;反射器,其具有内布鲁斯特角,其中反射器的主表面面向一个或多个灯中的至少一个;以及光重定向层。

[0006] 在本发明的又一个实施例中,光学组件包括:一个或多个灯;显示面板;以及反射器,其具有内布鲁斯特角。反射器为至少三层的多层干涉膜,其中这些层中的至少一层是双折射的,并且x方向上的折射率(n_x)小于z方向上的折射率(n_z),其中x方向是面内方向。反射器位于灯和显示面板之间。

[0007] 在另一个实施例中,光学组件包括具有平滑侧的背光源反射器,该背光源反射器具有在空气中小于90度的内布鲁斯特角,其中膜内部对某种偏振态的内部反射率在某一角度下为零。背光源反射器在垂直入射角度处的反射率为50%或更大。

[0008] 本发明公开了多层光学膜,该多层光学膜对所有偏振态在垂直入射角度均表现出高反射率,但优先透射在一个或两个正交的入射平面内的大角度光线。本发明公开了对称构造和非对称构造。该膜可用于直接照明式背光源和除直接照明式背光源之外的照明系统

(例如侧光式背光源)以及非背光源照明系统(例如,旨在用于一般照明而无需任何图形组件的系统,诸如照明设备和工作灯之类)。

[0009] 本专利申请的这些方面和其他方面通过下文的具体描述将显而易见。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,该主题仅受所附权利要求书的限定,并且在审查期间可以进行修改。

附图说明

[0010] 在整篇说明书中都参考了附图,其中相同的附图标记表示相同的元件。

[0011] 图 1 为结合液晶显示器的直接照明式背光源的分解透视图。

[0012] 图 2 为直接照明式背光源组件的第一实施例的示意性剖视图。

[0013] 图 3 为直接照明式背光源的一个实施例的平面图。

[0014] 图 4 为利用例如 LED 的紧凑型光源的直接照明式背光源实施例的平面图。

[0015] 图 5 为示出在背光源的输出表面的至少一部分上的亮度相对于位置的理想化曲线图。

[0016] 图 6 示出了形成单个界面的两层叠堆膜,其中标注有表示如何标示不同折射率的符号。

[0017] 图 7 为表示多层构造中各种折射率的情况以及它们如何增大或消除该构造的内布鲁斯特角的示意图。

[0018] 图 8 为表示多层构造中各种折射率的情况以及它们如何减小或消除该构造的内布鲁斯特角的另一个示意图。

[0019] 图 9 为若干多层双折射反射器的反射率相对于角度的曲线图,这些多层双折射反射器具有从空气入射的光可达到的内布鲁斯特角。

[0020] 图 10 和图 11 分别为在光学组件的一个实施例中使用的具有盘形部分的反射器的顶视图和侧视图。

[0021] 图 12 为直接照明式背光源组件的另一个实施例的剖视图。

[0022] 图 13 为直接照明式背光源组件的另一个实施例的剖视图。

[0023] 图 14 为直接照明式背光源组件的又一个实施例的剖视图。

[0024] 图 15 为 sPS/PMMA 反射器的一个界面对 s 偏振光和 p 偏振光的反射率相对于角度的曲线图。

[0025] 图 16 为 sPS/PMMA 反射器的另一个实施例的空气界面的反射率相对于角度的曲线图。

[0026] 图 17 为直接照明式背光源组件的另一个实施例的剖视图。

[0027] 图 18 为反射器的实施例的示意图。

[0028] 图 19 为图 18 的 sPS/有机硅反射器实施例的空气界面的反射率相对于角度的曲线图。

[0029] 图 20 为图 18 的 sPS/有机硅聚酰胺反射器的反射率随角度变化的曲线图。

[0030] 图 21 为反射器的实施例的示意图。

[0031] 图 22 为图 21 的反射器的强轴的示意图。

[0032] 图 23 为图 21 的反射器的强轴的反射率随角度变化的曲线图。

- [0033] 图 24 为图 21 的反射器的弱轴的示意图。
- [0034] 图 25 为图 21 的反射器的弱轴的反射率随角度变化的曲线图。
- [0035] 图 26 为反射器的另一个实施例的强轴的示意图。
- [0036] 图 27 为图 26 的反射器的强轴的反射率随角度变化的曲线图。
- [0037] 图 28 为强轴在图 26 中示出的实施例的弱轴的示意图。
- [0038] 图 29 为图 28 的反射器的弱轴的反射率随角度变化的曲线图。
- [0039] 图 30 为对于三种不同背光源构造,相对于与光源相关的横向位置标绘的相对强度测量的曲线图。
- [0040] 图 31 为反射器的优选反射光谱和透射光谱的曲线图。
- [0041] 图 32 为背光源一个实施例的一部分的示意性剖视图,该背光源包括漫反射前反射器和漫反射后反射器。
- [0042] 图 33 为背光源一个实施例的一部分的示意性剖视图,该背光源包括镜面反射前反射器和半镜面后反射器。
- [0043] 图 34 为在正交平面内具有不同输出发散度或准直度的照明设备的透视图。

具体实施方式

[0044] 本发明适用于与直接照明式背光源使用的光学组件,与在较大入射角处的光的透射率相比,这些光学组件在垂直入射角度处呈现较低的透射率。在实施过程中,这意味着与离光源较远的其中强度较低但具有较高百分比的透射率的区域相比,百分比较低的光透射穿过靠近光源的强度最高的区域中的光学组件。该净效应为在整个直接照明式背光源输出表面上的透射光强度的匀化。因此,观察者不太可能察觉到在直接照明式背光源上的光源正上方的较亮区域。这种类型的光学组件在直接照明式显示器件(例如,包括大面积 LCD 电视机或台式机显示器的 LCD 显示器件)的环境下尤其可用。

[0045] 如果反射器具有内布鲁斯特角,则反射器可提供所需的透射特性使光的输出变平,从而反射器对 p 偏振光的反射率随入射角的增大而减小,如将在本文中更详细说明的。可仔细选择反射器的材料和结构,以使得反射器在垂直入射角度处和接近垂直入射角度的反射率具有合适的高数值,但在较大入射角度处的光线更有可能被透射。因此,只有相当小部分的由直接照明式背光源的光源发射的光将穿过光源正上方的区域中的显示器。较高比例的光在并非光源正上方的显示器的区域处穿过。

[0046] 以下描述直接照明式背光源的一般结构。图 1 示出了光学组件 20 的分解透视图,其包括与例如液晶显示(LCD)面板的显示面板 12 结合的直接照明式背光源 10。背光源 10 和显示面板 12 都以简化的框图示出,但读者应该明白,每一个方框都包含其他细节。背光源 10 包括框架 14 和延伸的输出表面 16。工作时,整个输出表面 16 被设置在该输出表面后方的框架 14 内的光源照亮。当被照亮时,背光源 10 让多位观察者 18a 和 18b 能够看到显示面板 12 所显示的图像或图形。这些图像或图形由通常数千或数百万个独立的图像元素(像素)构成的阵列产生,像素阵列几乎完全充满了显示面板 12 的横向尺寸(长度和宽度)。在大多数实施例中,背光源 14 发出白光,像素阵列被组织成多个多色像素组(例如,红/绿/蓝(RGB)像素、红/绿/蓝/白(RGBW)像素等),以使得使显示的图像为多色的。然而,在一些情况下,可能有利的是提供单色显示。在这些情况下,背光源 10 可包括滤光器

或主要发射一种可见波长或颜色的特定光源。

[0047] 或者,光源可为被相继供电的多个单色发光器件的源,例如红色 LED、绿色 LED 和蓝色 LED。

[0048] 图 1 中的背光源 10 被图示为包括设置在输出表面 16 后方的三个伸长的光源,如光源区 20a、光源区 20b、和光源区 20c 所指出的那样。在光源区之间或者说是光源区之外的输出表面 16 的区域在本文中被称作间隙区。因此,输出表面 16 可看作是由光源区和间隙区的互补组构成。光源区和间隙区的存在是以下事实的结果:即使光源是延伸的,但它们在投影面积(平面图)方面均单独地和总共地比背光源的输出表面小得多。在大多数实施例中,为了得到显示器的最佳图像品质,期望的是构造背光源 10 使得输出表面 16 上的亮度尽可能均匀。在这些情况下,光源区中的亮度应该与间隙区中的亮度基本相同。

[0049] 图 2 为能够实现这种均匀性的直接照明式背光源 30 的示意性剖视图。背光源 30 包括前反射型偏振器 32、后反射器 34 和灯 36。反射型偏振器 32 和后反射器 34 形成光循环腔 22,在该光循环腔内光可以经历连续反射。反射型偏振器透射第一偏振态的光,并且反射与第一偏振态正交的第二偏振态的光,其中,这两种偏振态基本上沿着正交(90度)的面内方向发生平面偏振。胆甾型反射型偏振器当与四分之一波延迟器结合时可执行该功能,并且可用于本发明,得自 3M 公司的线栅反射型偏振器和例如 DRPF(漫反射型偏振膜)产品的漫反射型偏振器亦如此。

[0050] 通常,本发明适用任何反射型偏振器,只要这些反射型偏振器反射其偏振平面与一个轴平行的光,并且透射其偏振平面与正交轴平行的光。反射 s 偏振光并且基本上透射 p 偏振光的常规的平面多层膜不是用于该偏振器的选择。相反,如以下所讨论的,这类膜可用作反射器 40。这两者的正确组合可用于在具有线性部分的光源(例如荧光灯)的背光源中提供均匀的空间强度。

[0051] 图 2 还包括具有内布鲁斯特角的反射器 40,例如各向同性的层状结构。术语“内布鲁斯特角”指的是在对反射器而言为内部的界面处、而不是在与系统中的空气或其他组分的界面处的布鲁斯特角。反射型偏振器 32 的一个用途在于,向反射器 40 发送在垂直于线光源的入射平面内主要为 p 偏振的光。反射器 40 对 p 偏振光的反射率随入射角增大而减小。在利用吸收型偏振器的显示器中该反射型偏振器还可用于将光预偏振。例如,多层双折射偏振器(例如以 Vikuiti 品牌得自 3M 公司的双倍增亮膜(DBEF)产品)可在垂直于光源轴的平面内将 p 偏振光发送到反射器。如果这两个组件的损耗小,则可改变设置的次序,使得反射器 40 的位置和反射型偏振器 32 的位置可以互换,而不会发生功能损失。

[0052] 在小入射角处,反射器 40 对 p 偏振光的反射率较高,使得只有小入射角的一小部分光全程通过反射器 40。例如,图 2 中的光线 52 垂直于反射器 40 的表面,因而其入射角为零度。因此,入射光 52 只有一小部分作为光线 54 从反射器射出。在较大入射角处,反射器 40 对 p 偏振光的反射率较小,使得较大一部分光全程通过反射器 40。例如,光线 56 以较大入射角入射到该反射器上,使得较大一部分光作为光线 58 从该反射器射出。

[0053] 在本发明的大多数实施例中,反射型偏振器 32 不具有内布鲁斯特角,尽管在其他实施例中,该反射型偏振器的确具有内布鲁斯特角。如果反射型偏振器 32 是多层双折射反射型偏振器,则它可以具有沿着透光轴的内布鲁斯特角,为基本上透射的,甚至在垂直入射角度处也如此。它甚至可以具有沿着阻塞(反射)轴的内布鲁斯特角,前提条件是对于 s

偏振光和 p 偏振光来说,其在所有入射角度处基本上反射与该轴平行的光。在一些实施例中,反射型偏振器在与该反射型偏振器阻光轴平行的入射平面内不具有内布鲁斯特角。

[0054] 另外可以将本发明的光学组件构造成不具有反射型偏振器。例如,构造有全向点光源(例如为 LED)的背光源可能不需要对反射器 40 的 p 偏振光的定向源,因为对于光发射来说没有定向方位。图 17 提供了这种光学组件的实例。图 17 示出了背光源 3300,其包括光腔体 3302、具有内布鲁斯特角的反射器 3304、漫射器 3306 和光学光定向膜 3307。光腔体 3302 包括漫射镜 3308,以及多个点光源、螺线形光源或线光源 3310。虽然可以在不使用反射型偏振器的情况下构造均匀的背光源,但反射型偏振器对于在利用吸收型偏振器的显示器中预偏振和循环利用偏振光仍是可取的。还存在不需要偏振光的显示器,例如背光源牌。

[0055] 直接照明式背光源的实例和特性

[0056] 如以上所讨论的,图 2 的背光源构造有助于通过使背光源整个表面上的输出更均匀来隐藏直接照明式背光源中的灯。本文将进一步描述有助于隐藏灯的其他背光源构造。但首先将讨论更多普通类型的直接照明式背光源,包括使用线光源、螺线形光源和点光源的背光源。图 1 中的直接照明式背光源示出了三个光源 20a 至 20c。在一个实施例中,这些光源是三个单独不连续的线型灯,其常常已知为线光源。现在转到图 3,其示出了另一个示例性背光源 21 的平面图,其中,光源 23a 至 23c 是较大的螺线形灯 24 的一些部分。

[0057] 图 4 示出了可供选择的背光源 26 的平面图,其包括紧凑型或小面积的光源 28 的阵列。这些光源可以是(例如)LED 光源。基于 LED 的光源实例在下面共同转让的专利申请中有所描述:在 2004 年 10 月 29 日提交的美国专利申请公布 US 2004/0150997 A1(Ouder Kirk 等人)、美国专利申请公布 US 2005/0001537 A1(West 等人)和序列号为 No. 10/977582 的美国专利申请“Polarized LED”(偏光 LED)。

[0058] 直接照明式背光源的常见类型是线光源、螺线形光源或点光源。直接照明式背光源中的灯位于背光源输出表面的正后方,而不是沿着背光源构造的外边界。直接照明式背光源是产生或引起光子的场所,(例如,灯)基本上位于显示区投影面积内。例如,直接照明式背光源 10 包括显示区,例如图 2 中的显示区 16。灯 36 位于显示区 16 的投影面积内。相似地,灯 36 位于反射器 40 的主表面的投影面积内。直接照明式背光源的另一种描述是,一种其中显示区的投影面积显著大于灯或光源的投影面积的背光源。与直接照明式背光源相比,侧光式背光源通常构造为具有不位于显示区投影面积内的灯。相反,在侧光式背光源中,灯沿着显示区的边缘延伸并且延伸到侧边。

[0059] 直接照明式背光源的均匀输出光与未改进的输出光

[0060] 图 5 为背光源沿某路径的亮度的理想化图线,该路径在整个背光源输出表面的全部或一部分上延伸。选择该路径,以使其包括光源正上方的输出表面区域(即光源区 64)以及没有位于任何光源正上方的输出表面区域(即间隙区 66)。对于曲线 60 而言,该装置中不存在反射器 40 来选择性地反射光。因此,光源区 64 变成相对暗的间隙区 66 之间的相对亮点。

[0061] 曲线 62 示出了根据本发明采取步骤以使在整个背光源表面上的光强度相等的背光源的理想输出,其中所述步骤例如在装置中包括具有布鲁斯特角的反射器 40。在这种情况下,以小入射角透射穿过反射型偏振器 32 的光大部分被反射器 40 反射,而只有一小部分

被透射。在该特殊情况下,朝显示器前方透射穿过反射型偏振器的光被反射器 40 反射和透射,而所反射和透射的量使得光源区 64 的亮度基本上匹配间隙区 66 的亮度。这样,在高亮度直接照明式背光源中就可实现高度均匀的照度。由于实际系统很少能够实现完全的均匀度,因此可调节器件的特性,以使全部或一部分背光源输出表面上方的亮度波动最小化。

[0062] 具有内布鲁斯特角的反射器实例

[0063] 术语“反射器”指的是反射率为至少约 30% 的结构。在多种实施例中,反射器的反射率将为至少约 50%、80% 或 90%。除非另有说明,否则所有反射率值指的是垂直入射角度下的反射率。

[0064] 对于在具有不同折射率的两个区域之间的平面边界上入射的光,布鲁斯特角为这样的入射角:对于电场矢量在由传播方向和表面法线限定的平面内的光而言,其在该入射角下的反射率为零。换句话说讲,对于在具有不同折射率的两个区域之间的平面边界上入射的光,布鲁斯特角为这样的入射角:在该入射角下的 p 偏振光的反射率为零。对于从折射率为 n_1 的第一各向同性介质至折射率为 n_2 的第二各向同性介质的传播,布鲁斯特角被定义为 $\arctan(n_2/n_1)$ 。当在某光学结构内的两个不同折射率的相邻部分之间存在界面时,该光学结构可能存在内布鲁斯特角。包含交替的低折射率和高折射率材料的干涉膜可具有内布鲁斯特角。然而,具有多个层的光学组件不是必需具有内布鲁斯特角。例如,如果在多层镜中的交替的层中的一个或两个均为双折射的,并且这些层的 z 折射率具有相对于面内折射率的特定差值,则将不存在布鲁斯特角。或者,采用另一组相对的 n_z 差值,布鲁斯特角的值会急剧减小。为有助于说明这种行为,图 6 中示出了形成界面的两个双折射材料层,并且用符号标示了第一材料 68 和第二材料 69 的折射率。各材料层一般可具有沿着 x 方向、y 方向和 z 方向不同的折射率,如图 6 中所示。

[0065] 对于 y-z 平面内偏振的光,在两个电介质材料层的界面处的布鲁斯特角 θ_B 被定义为:

$$[0066] \quad \sin^2 \theta_B = \frac{n_{2z}^2 n_{1z}^2 (n_{1y}^2 - n_{2y}^2)}{n_0^2 (n_{1z}^2 n_{1y}^2 - n_{2z}^2 n_{2y}^2)}$$

[0067] 对于在 x-z 平面内入射的光,等式中 n_y 的值被 n_x 的值替代。 n_x 、 n_y 和 n_z 的相对值会显著影响内布鲁斯特角的值和内布鲁斯特角的存在性。虽然存在可能性的闭联集,但一般影响分成可用图 7 和 8 的示意图概括的两个主要类别。图 7 示出了将内布鲁斯特角的值增加至超过用各向同性材料可获得的价值或消除了内布鲁斯特角的光学材料组合。这组条件为:第一材料 68 和第二材料 69 之间的 n_z 差值小于对于给定入射平面的面内折射率的差值。线 83 和 84 分别表示第一材料和第二材料的 n_x 或 n_y 值,其中, n_{1x} 和 n_{2x} 之间的差值被示出为保持恒定,并且 n_{1y} 和 n_{2y} 之间的差值被示出为保持恒定。线 85 和 86 表示 n_{1z} 和 n_{2z} 的值,表明随着 n_{1z} 和 n_{2z} 之间差值的减小,内布鲁斯特角增大。在 n_z 差值消失的线 85 和 86 之间交叉处的线 88 处,布鲁斯特角也消失。超过该点的增大的 Δn_z 与 Δn_{xy} 相比具有相反符号,并且与对 s 偏振光的反射率相似,对 p 偏振光的反射率此时随入射角而增大。材料中的一种或两种均可作为双折射的,但保持相同的关系,而与哪个材料是双折射的无关。

[0068] 图 8 示出了本发明的优选光学材料组合,其允许在入射角处可将相当大部分的 p 偏振光从空气透射到平表面的反射器的构造。采用正确的折射率集,这些反射器可以表现

出增强的布鲁斯特效应,使得从空气入射到平面界面上的光可以达到布鲁斯特角。对于大多数由各向同性的材料制备的多层反射器来说,这是不可能的。然而,正确选择双折射材料可使第一材料层 68 和第二材料层 69(图 6)之间的 n_z 差值比相同层的面内折射率差值大。

[0069] $\Delta n_z = (n_{1z} - n_{2z}) > (n_{1x} - n_{2x})$ 或 $(n_{1z} - \Delta n_z) > (n_{1y} - n_{2y})$

[0070] 与图 7 类似,图 8 示出了线 83 和 84,其分别表示第一材料和第二材料的 n_x 或 n_y 值,其中, n_{1x} 和 n_{2x} 之间的差值被示出为保持恒定,并且 n_{1y} 和 n_{2y} 之间的差值被示出为保持恒定。线 87 和线 88 表示 n_{1z} 和 n_{2z} 的值,表明随着 n_{1z} 和 n_{2z} 之间的差值增大至超过 n_{xy} 值之间的差值,内布鲁斯特角减小。

[0071] 如图 9 所示, Δn_z 相对于 Δn_x 的值越大,在这个界面上入射在 xz 平面内的 p 偏振光的布鲁斯特角的值越小,本文还将对此进一步描述。绘出了图 9: n_x 和 n_y 为恒定值而 Δn_z 为增大值。

[0072] 对于这些构造中的任意构造,只有多层叠堆中相当大一部分层中存在布鲁斯特角时,布鲁斯特角的存在才是有用的。如果向多层叠堆添加额外的功能化涂层或第三材料或第四材料层,则这些材料可以根据它们所接触的材料产生不同布鲁斯特角值。与第一材料和第二材料的界面数量相比,如果这类材料具有相对少的界面,则这类界面对本发明的性能将不产生显著影响。凡是多层叠堆主要包括第一材料和第二材料层的,但一些层在第一材料和第二材料的组合方面为轻微的变型形式,则对整体叠堆的影响可以为较大的布鲁斯特角最小值,但是整体效果与只有这两种材料时的效果类似。

[0073] 具有内布鲁斯特角的多层反射器的所需性能是:在垂直入射角度处具有相对高的反射率,并且在倾斜的入射角处具有较低的反射率(较高的透射率)。

[0074] 通常,凡是相邻交替的层之间的 Δn_z 与 Δn_x 或 Δn_y 的符号相同的任何多层反射器都将具有内布鲁斯特角,并且可用于本发明。通常,沿着 x 轴和 y 轴的面内折射率不需要相等。凡是在 x 方向和 y 方向具有相等折射率的单轴情况、凡是 $n_x \neq n_y \neq n_z$ 的双轴情况、以及凡是 $n_x \neq n_y = n_z$ 的单轴情况之间存在闭联集。

[0075] 具有多个内布鲁斯特角的材料界面

[0076] 双折射多层反射器可采用取向的(伸长的)双折射聚合物材料制备。通过使用在 x 方向和 y 方向的不同拉伸比,可制备非对称反射器,其各自方向的内布鲁斯特角具有非常不同的值。图 21 中示出了一组示意性的折射率。根据图 8 中提供的信息,就图 21 的膜而言对于在 $x-z$ 或 $y-z$ 平面内的入射光将存在布鲁斯特角。对于在 $x-z$ 或 $y-z$ 平面内的入射光, z 折射率当然相同,但由于 $\Delta n_z / \Delta n_y$ 比率大于 $\Delta n_z / \Delta n_x$ 比率,在 $y-z$ 平面出现的内布鲁斯特角的角度比 $x-z$ 平面的小。对于 $x-z$ 平面和 $y-z$ 平面之间的方位角,存在内布鲁斯特角的闭联集。因此,仅采用两种材料制备的多层反射器沿着不同的面内方向可具有不同的布鲁斯特角。关于光源的有效隐藏,沿着所有的面内方向,在垂直入射角度下的相对高的反射率可以是所需的。在一些实施例中,沿任一轴的反射率都大于约 50%。以下给出采用具体材料的实例。

[0077] 如果这种非对称反射器的反射率对于一个轴比对另一个轴高得多,则在偏振来自背光源的光以及得到从背光源输出的空间上更均匀的光方面,反射器可执行反射型偏振器的功能。通常,如果提供的是偏振循环、或“增益”,则“透光”轴的透射比率应当接近或大于“阻光轴”的透射率的至少两倍。

[0078] 重新参考图 2, 对于采用线光源或接近线性阵列的点光源照亮的系统, 该非对称反射器的“阻光轴”优选地与该线性方向对齐。

[0079] 本发明的反射器主要透射倾斜的光线, 并且在一些实施例中使用光重定向层(例如漫射器、棱镜膜或、珠状的“增益漫射器”膜等等), 从而得到相对于显示器和观察者的垂直入射角度的光, 如本文还将进一步讨论。如果反射器还用作预偏振器或偏振循环膜, 则光重定向层基本上不应当将由反射器透射的光去偏振。如果漫射器或光转向膜基本上去偏振该光, 则在反射器和显示面板之间可以添加单独的反射型偏振器。

[0080] 本文将进一步讨论的反射器 40 的结构存在许多可能性。例如, 在一个实施例中, 反射器 40 是各向同性的材料的多层叠堆。以下描述反射器 40 的另外的示例性构造。

[0081] 反射器为双折射层状结构

[0082] 双折射层状结构在例如美国专利 No. 5, 882, 774 中有所描述。通常, 优选的多层反射器 40 为这样的多层反射器, 其中 z 轴折射率差值大于 x 轴折射率差值和 / 或 y 轴折射率差值。

[0083] 对于用作反射器的双轴双折射层状结构的某些实施例, 沿着至少一个面内轴的反射率为至少约 50% 或至少约 60%。

[0084] 当考虑布鲁斯特角时, 另一个重要的问题是光学结构的内布鲁斯特角在空气中是否可达到。图 9 示出面内折射率为 1.57 和 1.41 的双折射层和各向同性层的多层叠堆在空气中的模拟反射率。 n_{1z} 值的范围从图线 a 的 1.41 至图线 f 的 1.7。因此, Δn_z 值的范围从图线 a 的 0 至图线 f 的 0.29。采用具有这些面内折射率的两种材料的约 400 个交替的层, 可以实现垂直入射角度下从 400nm 至 800nm 的 90% 的反射率。图 9 中示出的反射率值不包括表面反射, 即, 在计算中不包括来自空气 - 聚合物界面的贡献。与 Δn_x 相比, Δn_z 越大, 布鲁斯特角越小。图线 d 代表内布鲁斯特角为约 78° 并且 $n_{1z} = 1.62$ 的构造, 其易于通过使用作为高折射率材料的 sPS 和有机硅聚草酰胺来实现。有机硅聚草酰胺的使用在 2005 年 12 月 23 日提交的共同待审且共同拥有的美国专利申请 No. 60/753, 857 中有所描述。通过减小 n_{2z} 相对于 n_{2x} 的值, 即通过为低折射率层使用具有合适符号的双折射材料, 当然也可减小布鲁斯特角。

[0085] 反射器具有盘形间隙

[0086] 在图 10 和图 11 所示的一个示例性实施例中, 反射器 70 是在各向同性介质 74 中包括(例如)各向同性小板块或盘 72 形式的间隙的不连续相材料。有间隙的材料的特点是空气中的布鲁斯特角可低至约 50 度。通过在挤出或模制期间使用发泡剂(本领域熟知的工艺), 可在聚合物膜中产生间隙。

[0087] 优选地, 材料是各向同性的, 并且间隙具有约 3 : 1 或更大的直径 (D) 与厚度 (t) 纵横比。纵横比更优选地为约 10 : 1 或更大。在其他实施例中, 间隙区可以具有椭圆形外形。为了在具有不连续相或分散相的连续介质中实现布鲁斯特角效应, 分散相粒子或间隙尺寸比光的波长大多得多并且优选地具有大约平的表面, 比如接近平盘形状的扁球。

[0088] 例如, 在一个实施例中, 采用发泡 PMMA (聚甲基丙烯酸甲酯) 制备各向同性的有间隙的材料。参见(例如)在 Journal of Cellular Plastics (泡沫塑料期刊) 2004 年 3 月第 40 卷第 2 期第 111-130 (20) 页上由 R. Gendron 和 P. Moulinie 所著的“Foaming Polymethyl methacrylate with an Equilibrium Mixture of Carbon Dioxide and Isopropanol”(采

用二氧化碳和异丙醇的平衡混合物进行聚甲基丙烯酸甲酯的发泡)。环状烯烃是带有间隙以制备各向同性的空气/聚合物镜的另一类各向同性的聚合物。另外,环状烯烃通常可以以比 PMMA 高的拉伸比率被拉伸,从而在间隙中得到较高纵横比。

[0089] 在示例性实施例中,盘形部分的折射率比围绕材料的折射率低。在另一个实施例中,盘形部分的折射率比围绕材料的折射率高。

[0090] 已经讨论了具有内布鲁斯特角的反射器的多个不同构造,并且下面将作进一步描述。另外,重要的是要注意,不同的反射器构造可以用于不同的背光源构造,例如本文进一步所讨论的具有各种光提取层的背光源构造。在一些实施例中,反射器采用各向同性膜层制备,并且在其他实施例中,采用专门定制的双折射层制备。以下描述其他反射器构造。

[0091] 反射器为 PEN 和 PMMA 层

[0092] 在一个示例性实施例中,反射器 92 为多层结构,其包括 PEN(聚萘二甲酸乙二醇酯)和 PMMA 的 530 个各向同性的层。单个层的厚度范围从约 500nm 至 2000nm。

[0093] 反射器为 PEN/HTV 层

[0094] 在一个实施例中,反射器为具有层的层状结构,这些层为交替的取向 PEN 和 THV(作为 3M 的 Dyneon™ THV Fluorothermo 塑性材料的四氟乙烯、六氟丙烯和偏二氟乙烯的聚合物出售)。在一个实施例中,取向的 PEN 层的 $n_x = n_y = 1.75$ 并且 $n_z = 1.49$,而 THV 层的 $n = 1.35$ 。在其他实施例中,反射器为取向的 PET/THV 反射镜。在一个实例中,取向的 PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)层的 $n_x = n_y = 1.65$ 并且 $n_z = 1.49$ 。这些类型的反射器当浸在丙烯酸类树脂 ($n = 1.49$) 中时分别具有 54 度和 51 度的内布鲁斯特角(在入射介质中测得)。PEN/THV 构成的反射器可以被制备成在垂直入射角度处的反射率为约 99%。然而在空气中,对于 PEN/THV, p 偏振反射率将随角度从在垂直入射角度处的 99%降低到在 90 度处的 90%,对于 PET/THV 则从 99%降低到 80%。优选地, PEN/THV 型构造与光注入和/或提取组件联合使用。

[0095] 反射器为 sPS 和 PMMA 层

[0096] 在另一个示例性实施例中,多层反射器可采用间规立构聚苯乙烯 (sPS) 和 PMMA 的交替的层制备。sPS 材料可为双轴取向的,以实现大约 1.57 的面内 (x-y) 折射率(取决于波长),而厚度方向折射率或 z 折射率为大约 1.62。除非另外指明,否则所有的折射率指的是在波长 633nm 处的值。一旦多层反射器膜取向,PMMA 就将以约 1.49 的折射率保持基本上各向同性。图 15 示出该 sPS 和 PMMA 的单个界面对 s 偏振光和 p 偏振光的反射率与角度的相关性,其相对于在空气中对该多层反射器膜的入射角标绘。曲线 130 示出 p 偏振光的反射率,曲线 132 示出 s 偏振光的反射率。多层 sPS/PMMA 反射器可被设计成在垂直入射角度处具有从约 10%至 90%的任何所需的量的反射率。随着入射角增大,p 偏振光的反射率将成比例地降低。sPS/PMMA 反射器的另一个示例性实施例在垂直入射角度处具有约 80%的反射率。

[0097] 当这些材料构成的多层膜与阻挡 s 偏振光(其 E 场方向平行于线光源)的反射型偏振器结合使用时,只有 p 偏振光将在垂直于线光源的平面内入射该膜。这样,在该平面内透射的总光量将随入射角增大,在内布鲁斯特角处达到最大值,在这种情况下,在空气中的内布鲁斯特角为约 74 度,如曲线 130 接近零反射率处所示。

[0098] 图 16 用曲线图表示具有与上文结合图 15 讨论的相同的折射率的多层四分之一波

sPS/PMMA 叠堆对 s 偏振光和 p 偏振光的反射率的角度相关性模型。曲线 160 示出包括两个空气界面的膜叠堆对 p 偏振光的反射率,曲线 162 示出其对 s 偏振光的反射率,曲线 164 表示只是将空气界面移除的叠堆对 p 偏振光的反射率。曲线 160 和 164 之间的差异显示出表面反射的效果,与膜叠堆的内界面相比,其通常具有不同的布鲁斯特角度值和反射幅度。图 16 的曲线 164 的最小值示出当光从空气中入射时布鲁斯特角为约 74 度。曲线 160 的最小值示出内界面和空气界面的组合的布鲁斯特角。

[0099] sPS/PMMA 多层反射器实施例的小折射率差值需要使用大量的层来实现在可见光谱上的高反射率。需要约 1500 层来实现图 16 中所示的在垂直入射角度处的 87% 的建模反射率。

[0100] 反射器为 sPS 和有机硅聚酰胺层

[0101] 如果使用有机硅聚酰胺作为低折射率材料,则可以较少的层来实现较高的反射率。图 18 示出了具有 sPS 和有机硅聚酰胺层并可实现合格的反射率的反射器结构的一个实例,其中各向同性层的折射率为 1.41,交替层的 z 折射率为 1.62 并且面内折射率为 1.57。使用约 1000 层,可以制备垂直入射角度下在约 400 纳米至 850 纳米的范围内反射率为约 99.5% 的反射器。图 19 示出这种反射镜的反射率相对于角度的关系曲线。曲线 180 示出在空气中膜叠堆对 p 偏振光的反射率,曲线 184 表示没有空气界面的叠堆对 p 偏振光的反射率。也可以仅使用几百层来制备合格的反射镜。

[0102] 与采用全部均各向同性的层制备的反射器相比,使用在空气中可达到布鲁斯特角的反射器可提供改进的灯泡隐藏,同时保持高效率的背光源。因为这类反射器可被制备成在垂直入射角度处具有高达或超过 99% 的反射率,并且在空气中小于 90 度的角度处仍然具有大致零反射率,所以这样是可以的。组装了这些反射器的背光源的多个实施例不包括用于从这种反射器注入或提取光的微结构。在许多实施例中,仍然存在漫射器或光转向膜,以便向显示器提供所需的光的角分布。例如,将随机化漫射器设置在反射器上方,或将 BEF 片与可选的具有优化的漫射水平的漫射片一起设置在反射器上方。

[0103] 在本发明的其他实施例中,除非反射器被浸渍,否则使用各向同性多层反射器,但反射率也没有如随角度那样地快速降低。可通过向反射器施加结构化表面来实现浸渍操作。“增益漫射器”或其他珠状或棱柱结构与表面的层合可以实现这个效果。

[0104] 具有两个布鲁斯特角的非对称反射器

[0105] 在合适的多层叠堆的非对称拉伸的情况下,反射器的一个面内轴与其正交的面内轴相比可具有小得多的布鲁斯特角。这样,反射器的至少一个轴在空气中可具有接近 60 度的内布鲁斯特角。该值接近空气 / 聚合物布鲁斯特角。这是重要的,因为在大角度处,表面反射决定了穿过膜的透光率。这些非对称反射器可提高背光源的效率,同时还提供了相同或更好的灯泡隐藏特性。

[0106] 本文中所述的背光源构造可使用的具有内布鲁斯特角的反射器的一个实例,采用负双折射聚合物层和低折射率的各向同性的聚合物或低折射率的正双折射聚合物的交替层的叠堆来制备。负双折射聚合物被定义为:拉伸方向的折射率减小、而正交方向的折射率中的一个或两个同时增大的聚合物。正双折射聚合物被定义为:拉伸方向的折射率增大、而正交方向的折射率中的一个或两个同时减小的聚合物。

[0107] 该聚合物叠堆仅在一个方向取向,或者通常具有任何非对称拉伸,从而形成非对

称反射器。当在背光源中使用时,该反射器可以与漫射器并任选地与标准反射型偏振器组合,以帮助隐藏明亮的点光源。

[0108] 利用不对称取向,一条轴线可具有高反射率,并可用较大折射率差值材料使另一条轴线具有低至 60 度的空气中的内布鲁斯特角。当与标准多层反射型偏振器和漫射器组合时,可以有效地遮盖明亮光源。

[0109] 反射器为对称双轴取向的 sPS/ 有机硅聚酰胺层

[0110] 具有内布鲁斯特角的反射器的一个实施例是对称双轴取向的 sPS/ 有机硅聚酰胺反射器。有机硅聚酰胺的折射率为 1.41,其大大低于 PMMA 的折射率,并且可在所用层的数量可管理的情况下为反射器提供高反射率。该实施例的两种材料的折射率与图 18 所示相同。各向同性层的折射率为 1.41,交替的双折射层的 z 折射率为 1.62 并且面内折射率为 1.57。在这种情况下,两个拉伸方向的折射率相同。如所建模的,图 20 示出具有 400 层叠堆的该反射器叠堆(其反射 400nm 至 850nm 的光)随角度变化的反射率。曲线 2000 示出该多层叠堆及其空气界面对 p 偏振光的反射率,曲线 2004 表示仅移除表面-空气界面反射的该叠堆对 p 偏振光的反射率。p 偏振光的峰值反射率在零度处为约 90%。布鲁斯特角为在约 85 度处,并且表面反射使对 p 偏振光的总反射率的最小值变为约 70 度并具有约 15% 的最小反射率。

[0111] 单轴取向的 sPS/ 有机硅聚酰胺层

[0112] 具有两个布鲁斯特角的非对称反射器的一个实施例为单轴取向的 sPS/ 有机硅聚酰胺层叠堆。在一个实例中,该实施例的叠堆具有约 210 个层对,并且其对沿着非拉伸轴或强轴偏振的零度光的反射率为 99%。当 sPS 和 SPA 的叠堆以标准拉幅方式被单轴取向时,可得到图 21 所示的叠堆折射率集。

[0113] 该反射器设计的反射率具有弱轴和强轴。图 22 中所示的强轴具有 0.21 的折射率差值。图 24 中所示的弱轴仅具有 0.10 的折射率差值。图 23 中相对于空气中的角度标绘出强轴的反射率。曲线 2300 示出了具有两个空气界面的叠堆对 p 偏振光的反射率。曲线 2304 表示没有空气界面的膜叠堆对 p 偏振光的反射率。

[0114] 图 25 中相对于空气中的角度标绘出弱轴的反射率。曲线 2500 示出了具有两个空气界面的膜叠堆对 p 偏振光的反射率。曲线 2502 示出其对 s 偏振光的反射率,曲线 2504 表示没有空气界面的叠堆对 p 偏振光的反射率。

[0115] 这两个轴都具有内布鲁斯特角,但如图 23 和图 25 所示,这两个布鲁斯特角非常不同。该膜叠堆的强轴的内布鲁斯特角大于 90 度,而弱轴的内布鲁斯特角为约 60 度。应该注意的是,内层界面的布鲁斯特角与空气界面的布鲁斯特角大约相同。当与例如 DBEF 或 APF(高级偏振膜(Advanced Polarizer Film),例如 3M 公司以 Vikuiti™ 品牌出售的 APF-ND)的反射型偏振器以及光转向膜联合使用并与之正确对齐时,如在本发明的实施例中所发生的,可以明显地隐藏灯泡。

[0116] 反射器为 sPS/THV 层

[0117] 具有两个布鲁斯特角的反射器的一个实施例与图 21 的实施例类似,但折射率为 1.41 的有机硅聚酰胺被替代成折射率为 1.35 的 THV。只需少得多的层(约 120 个层对)即可实现相同的效果。为了使该效果最大化,可采用从接近均匀双轴到真实单轴拉伸的任意不对称方式将这些实例的膜叠堆取向。

[0118] 与图 21 的实施例类似,该反射器设计的反射率具有弱轴和强轴。图 26 中所示的强轴具有 0.27 的折射率差值。图 28 中所示的弱轴具有 0.16 的面内折射率差值。图 27 中相对于空气中的角度标绘出强轴的反射率。曲线 2700 示出具有两个空气界面的叠堆对 p 偏振光的反射率,曲线 2704 表示该叠堆独自对 p 偏振光的反射率。

[0119] 图 29 中相对于空气中的角度标绘出弱轴的反射率。曲线 2900 示出叠堆加空气界面对 p 偏振光的反射率,曲线 2902 示出其对 s 偏振光的反射率,曲线 2904 表示没有空气界面的叠堆对 p 偏振光的反射率。应该注意的是,在这种情况下,有空气界面的曲线 2900 和没有空气界面的曲线 2904 的最小值相似。

[0120] 这两个轴都具有内布鲁斯特角,但如图 27 和图 29 所示,两个布鲁斯特角非常不同。该膜叠堆的强轴的内布鲁斯特角大于 90 度,而弱轴的内布鲁斯特角为约 65 度。当与例如 DBEF 或 APF 的反射型偏振器和漫射器结合使用并与其正确对齐时,如在本发明的实施例中所发生的,可以明显地隐藏灯泡。

[0121] 本发明可用的多层反射器的其他优选材料组合使用以下材料中的一种作为高折射率层:coPEN、PET 的共聚物、和 PENg(高折射率无定形 PEN)。术语 coPEN 包括 PET 或聚萘二甲酸乙二醇酯的任何共聚酯。可作为较低折射率材料的可用的材料实例包括 PMMA、有机硅聚草酰胺和 THV。

[0122] 具有光注入层和 / 或提取层的背光源实施例

[0123] 具有固体界面的反射器大多数通常具有一般不能从空气对于平面平行界面达到的布鲁斯特角。因此,与入射到反射器的很大一部分光在布鲁斯特角处过去的行为状况相比,该反射器具有较低的总透射率。加入结构化表面或漫射器允许以非常大的角度注入和提取反射器中传播的光,从而可以达到本来不可达到的布鲁斯特角。图 12 说明背光源 90 的一个实施例。背光源 90 在许多方面类似于图 2 的背光源 30,包括具有反射型偏振器 32 的光腔体 22、灯 36 和后反射器 34。背光源 90 还包括反射器 92 和光重定向层 94。光重定向层 94 能够根据入射光的透射来更改光的分布。层 94 在本文中也可以被称作注入层。

[0124] 另外,即使不需要提取层,在一些实施例中,例如图 2 所示的用空气界面而不用注入层进行工作的系统还可以得益于光重定向层。尽管图 2 的现有组件(光源、反射器 40 和偏振器 32)能够向 LCD 面板提供均匀强度的光,但在一些实施例中,光被导出到侧边而不是转向观察者。在一些实施例中,光重定向层为漫射器。漫射器可以将离开反射器 40 的光的方向随机化。作为另外一种选择,可以使用图 14 的棱镜膜。两者都不必被层合,即,空气间隙也可以工作或较好地工作。

[0125] 可以充当光重定向层的结构实例包括漫射器、空间漫射器、和表面结构(例如棱镜),如增亮膜。当光重定向层 94 为图 12 所示的棱镜结构时,棱镜凹槽 96 与灯 36 的轴线平行对齐。可使用的棱镜结构的一个实例是 3M 公司出售的光学照明膜(Optical Lighting Film)。

[0126] 漫射器还可具有其他重要功能。它不仅使光的方向随机化,而且还应当透射大部分入射光。通常,能够使光的方向随机化的漫射器还将把大部分光反射回背光源中。这种漫射器的反射率随入射角而增大,即,其在垂直入射角度处为最低。当与反射器 40 的透射率随入射角而增大的相反效果结合时,该效果使得在整个背光源表面的强度均匀。

[0127] 与垂直入射角度的光线相比,如本文所讨论的具有内布鲁斯特角的反射器 92 旨

在优先地透射角度大的光线。然而,大多数显示器件需要光最终被垂直转向显示表面,以使得对于显示器正前方的观察者而言,显示亮度为最高。为提取在接近布鲁斯特角处透射的光,在图 12 所示的实施例中,反射器 92 的出射侧上包括了第二光重定向层 98。层 98 也可被称作提取层或提取器。在一个实施例中,背光源 90 包括充当光注入层的光重定向层 94 和充当光提取层的光重定向层 98 两者。在其他实施例中,背光源 90 仅包括两个光重定向层 94、98 中的一个。

[0128] 以上作为光重定向层 94 的实例描述的结构也可充当光重定向层 98。在一个优选实施例中,光重定向层 98 为 3M 公司出售的 CG 3536 Scotch Cal 漫射膜。“增益漫射器”或其他珠状或棱柱结构与表面的层合也可用作光重定向层 94 和 / 或光重定向层 98。

[0129] 图 12 的结构中所使用的偏振器 32 的一个实例为与 PETG(乙二醇化聚酯)共挤出的单轴取向的 90/10coPEN(聚萘二甲酸乙二醇酯的共聚物)的 275 层膜。在另一个实施例中,使用漫反射型偏振器作为偏振器。

[0130] 具有在空气中可达到的内布鲁斯特角而没有采取结构化的层或漫射注入层的反射器的优点在于,需要的组件更少,因此成本可能更低。可通过在如上所述的多层构造中使用具有负应力光学系数的聚合物制备这些反射器。

[0131] 棱镜膜作为重定向层

[0132] 图 13 示出了能够将背光源的出射光重定向到靠近法线的另一个背光源实施例。背光源 100 包括设置在反射器 102 的与光腔体 22 相对侧上的微结构化棱镜膜 101,其具有背向反射器的棱镜结构 103。可选的粘合剂层 104 将棱镜膜 101 粘结到反射器 102。与已经讨论的其他背光源实施例相似,光腔体 22 包括反射型偏振器 32、灯 36 和后反射器 34。在一个实施例中,棱镜膜 101 具有层合到独立式反射器结构 102 的平面侧 105。作为另外一种选择,当反射器为多层涂覆型膜时,反射器 102 被涂覆到棱镜膜 101 的平面侧 105。

[0133] 在图 14 所示的可供选择的实施例中,背光源 110 包括微结构化棱镜膜 111,其棱镜结构 113 面向反射器 112。可选的粘合剂层 114 将微结构化棱镜膜 111 粘结到反射器 112。与已经讨论的其他背光源实施例类似,背光源 110 还包括光腔体 22(其具有反射型偏振器 32)、灯 36 和后反射器 34。

[0134] 实验结果

[0135] 现在描述实例 1 和 2 的实验结果。构建图 12 所示背光源结构 90 并将其作为实例 1 进行测试,该结构具有作为光提取层 98 的漫射器,例如得自 3M 公司的 CG 3536 Scotch Cal 漫射膜。实例 1 包括棱镜层作为光注入层 94。为了构造实例 1 以进行测试,将反射型偏振器 32 层合到丙烯酸类树脂板。该丙烯酸类树脂板被设置在背光源 22 内的荧光灯上方,使反射型偏振器的透光轴正交于灯 36 的轴线设置。将具有底部棱镜注入层 94 和顶部提取层 98 的各向同性的反射器 92 设置在该板的顶部,在棱镜表面处留有空气间隙。用透明的粘合剂将棱镜层 94 和提取层 98 层合到各向同性的反射器 92 的相对侧。实例 1 的各向同性的反射器 92 为具有 530 层的多层 PEN/PMMA 叠堆。各个层的厚度范围从约 500 纳米至约 2000 纳米。测得该反射器在 630 纳米处的折射率为 1.64 和 1.49。

[0136] 实例 2 与实例 1 相同,不同的是实例 2 的光提取层 94 为 10 密耳厚的漫射器,具有约 3 微米的粒径。采用 BYK Gardner Hazegard Plus(T.M.) 仪器来测量漫射器的雾度、清晰度和透射率,测得值分别为 98% 的雾度值、5% 的清晰度和 92% 的透射率。

[0137] 测量随在整个灯箱表面上的位置而变化的相对光强度。尺寸为 10cm×26.5cm 的灯箱衬以 ESR 反射镜膜,该反射镜膜为以 Vikuiti™ 品牌得自 3M 公司的多层聚合物增强型镜面反射器 (Enhanced Specular Reflector, ESR) 膜。灯为延灯箱长度布置的荧光灯,距各侧壁 5cm 居中设置。灯保持在距离灯箱底部约 8mm 的高度。偏振器和其他膜设置在距离灯箱底部约 16mm 处。实例 1 的偏振器 32 为与 PETG 共挤出的单轴取向的 90/10 coPEN 的 275 层膜。

[0138] 通过测量装有明视过滤器的硅光电检测器的短路电流测量了与位置有关的相对强度。在图 30 中实例 1 的这些强度测量值标绘为曲线 181,实例 2 的标绘为曲线 182。图 30 还绘制了比较实例 A 的空间透射的强度,其为两侧都层合了漫射器的 3mm 厚的丙烯酸类树脂板,具体为得自 3M 公司的 aCG 3536 Scotch Cal 漫射膜。比较实例 A 中用简单的漫射膜看到的大中心强度峰实际上通过使用实例 1 和实例 2 的结构来消除。

[0139] 应该注意的是,对于实例 1 和实例 2 两者,在灯箱表面上方的总强度略低于对照实例 A。反射型偏振器仅透射约 50% 的入射光线,但反射腔体能够对最终要被透射的光的被反射的部分进行大量循环利用和转化。对于实例 2,提取器为偏振保持型漫射器,并且背光源的输出被部分地偏振,其最高强度的偏振与灯泡轴正交,其也是丙烯酸类板上的反射型偏振器的透光轴方向。通过将该轴与 LCD 面板底部吸收型偏振器的透光轴对齐,可有利地使用该效果,以增加显示器的亮度。

[0140] 图 31 示出图 12 的 PEN/PMMA 反射器 92 的反射光谱 190 和透射光谱 192。反射器的理想反射光谱 194 和透射光谱 196 的一个实例相当平坦地分布在各颜色波段。反射率的最佳水平取决于背光源的反射效率,并可以实验方式确定。在某些实施例中,该反射器优选地具有很少或基本上没有光的吸收,在这种情况下,透射光谱将被定义为 $T = 1 - R$ 。在一个实例中,在约 70% 的反射率处,反射光谱 194 为相当平坦的,而在约 30% 的透射率处,透射光谱 196 为相当平坦的。

[0141] 使用漫射器作为光重定向层可掩盖由于随波长变化的不均匀反射率而造成的颜色问题。然而,优选使用具有随波长变化的均匀透射率的反射器。可按如下方法制备这类反射器。

[0142] 光谱控制

[0143] 当在彩色显示器中使用这些宽带局部反射器时,对这些宽带局部反射器中的颜色控制是重要的。通过反射光谱的形状来控制颜色。美国专利 No. 5, 126, 880 和 No. 5, 568, 316 提出使用薄层和非常厚的层的组合来减少多层干涉反射器的虹色。如果在某些角度处(如在垂直入射角度处)需要高反射率,则采用该方法需要大量的层,并且这样导致非常厚的膜。

[0144] 一种替代方法是全部或大部分使用四分之一波膜堆。在这种情况下,控制光谱需要控制膜堆内的层厚分布。如果层为聚合物层,则由于和无机膜相比聚合物膜可达到的折射率差值相对较小,因此宽带光谱(例如,在空气中较大的角度范围内反射可见光所需要的光谱)需要大量的层。层数多(多于约 250 层)的聚合物型多层光学膜常规地已经使用层倍增器来制备,即,聚合物型多层光学膜已经由送料区块中的单组狭槽产生的层产生的多组层构造而成。该方法在美国专利 No. 6, 738, 349 中有所略述。

[0145] 倍增器大大简化了大量光学层的创建,但它们使每一组所得的层的变形对于每一

组来说是不同的。因此,对送料区块中产生的层的层厚分布方面的任何调整对于每一组来说是不同的,这意味着不可同时优化所有组来产生没有光谱峰的均匀平滑的光谱。如果在送料区块中直接产生的多个层不提供足够的反射率,则可层合两个或更多个这样的膜来增大反射率。因此,产生低色彩、或受控色谱的方法如下:

[0146] 1) 使用轴棒加热器控制共挤出的聚合物层的层厚度值,如美国专利No. 6, 783, 349中所教导的。

[0147] 2) 送料区块的设计使得叠堆中所有层在层形成过程中直接受轴棒加热器区的控制,即不使用层倍增器。

[0148] 3) 在制造过程中来自层厚度测量工具(例如,原子力显微镜(AFM)、透射电子显微镜、或扫描电子显微镜)的及时层厚分布反馈。

[0149] 4) 光学建模以生成所需层厚分布。

[0150] 5) 根据所测层剖面图与所需层剖面图之间的差异进行重复轴杆调节。

[0151] 尽管通常不如AFM准确,但也可以通过光谱求积分(对波长谱积分来求得 $-\text{Log}(1-R)$)来快速估算层分布。这是根据这样的普遍原理得出,即反射器的光谱形状可以由层厚分布的导数获得,前提条件是层厚分布相对于层数目单调递增或单调递减。

[0152] 利用后腔体进行循环利用

[0153] 通常也需要光的横向(空间)分布均匀。这可采用包含至少一个使循环的光随机化的漫射元件的反射型背光源腔体来实现。也可以利用多个光源及其在背光源内的间距来提高背光源发出的光的均匀度。图17以背光源3300示出了这些概念,该光源包括光腔体3302、具有内布鲁斯特角的反射器3304、漫射器3306和光学光定向膜3307。光腔体3302包括漫射镜3308,以及多个点光源、螺线形光源或线光源3310。

[0154] 反射型偏振器的选择

[0155] 如本文所讨论的,本发明的光学组件的一些实施例不包括反射型偏振器。对于的确包括反射型偏振器的实施例,该组件存在许多选择。如本文更详细讨论的,某些反射型偏振器具有内布鲁斯特角,而其他的则没有。所使用的反射型偏振器可具有正交的反射轴和透射轴。

[0156] 反射型偏振器可为或包括(例如)得自3M公司的Vikuiti牌的任意双倍增亮膜(DBEF)产品或任意的漫反射偏振膜(DRPF)产品、或任意的APF产品、或一个或多个胆甾型偏振膜。线栅偏振器(例如美国专利6, 243, 199(Hansen等人)和美国专利公布2003/0227678(Lines等人)中所述的那些)也是适合的反射型偏振器。单轴取向的光谱反射型多层光学偏振膜在美国专利5, 882, 774(Jonza等人)、5, 612, 820(Schrenk等人)和W002/096621 A2(Merrill等人)中有所描述。具有连续相/分散相构造的漫反射型偏振器在(例如)5, 825, 543(Ouderkirk等人)中有所描述。在一些情况下,例如采用得自3M公司的3M™ Vikuiti™ 双倍增亮膜-漫射(Dual Brightness Enhancement Film-Diffuse, DBEF-D),反射型偏振器也漫射地透射光。已知的胆甾型反射型偏振器是本发明所公开的背光源实施例中适用的另一个类型的反射型偏振器。在拟与背光源30一起使用的显示面板12包括靠近背光源设置的其自身的后偏振器的情况下(例如对于大多数LCD显示器),为获得最大效率和照度,希望构造拟与显示面板后偏振器对齐的前反射型偏振器32,或反之亦然。LCD显示面板的后偏振器通常是吸收型偏振器,并且通常设置在像素化的液晶显示器

件的一侧上,显示面板前偏振器设置在其另一侧上。

[0157] 后反射器的选择

[0158] 为了提高照度和效率,还有利的是,后反射器不仅具有整体高反射率和低吸收率,而且其类型是根据反射来至少部分地转换入射光的偏振态。即,如果一个偏振态的光入射到后反射器上,则至少一部分被反射的光以与第一状态正交的另一个偏振态被偏振。

[0159] 许多漫射型反射器具有这种偏振-转换特征。一类合适的漫射型反射器是用作(例如)各种光测量测定仪器的白标准的那些,其由以压制的粉饼或瓷砖(例如硫酸钡或氧化镁)形式的白色无机化合物制成,但这些材料往往昂贵、坚硬、并且易碎。其他合适的偏振-转换漫射型反射器为:(1)取决于粒子、围绕基质、和由于拉伸产生的可选空气填充的间隙的折射率差值的微孔粒子填充的制品;(2)由烧结的聚四氟乙烯悬浮液等等制备的微孔材料;以及(3)结构化表面,例如涂覆有反射型材料(例如银)的表面漫射器。用于制备微孔偏振-转换漫反射型膜的另一种可用技术为热致相分离(TIPS)。该技术已经在微孔材料的制备中采用,其中热塑性聚合物和稀释剂通过液-液相分离法被分离,如(例如)在美国专利 4,247,498(Castro)和 4,867,881(Kinzer)中所述。合适的固-液相分离工艺在美国专利 4,539,256(Shipman)中有所描述。使用在微孔材料中结合的成核剂还被描述为在美国专利 4,726,989(Mrozinski)的固-液相分离法方面的改进。另外合适的漫反射型偏振-转换制品和膜公开于美国专利 5,976,686(Kaytor 等人)中。

[0160] 在一些实施例中,后反射器 34 可包括反射率非常高的镜面反射器,例如以 Vikuiti 品牌得自 3M 公司的多层聚合物型增强型镜面反射器(Enhanced Specular Reflector, ESR)膜,其可选地与四分之一波长膜或其他光学延迟膜结合。Alanod™ 牌阳极氧化铝片材等等是高反射率镜面材料的另一个实例。作为以上所讨论构造的替代形式,偏振转换还可采用高反射率镜面反射器与在后反射器和前反射型偏振器之间设置的空间漫射材料的组合来实现,其组合出于此应用的目的被视为偏振-转换后反射器。作为另外一种选择,可以将漫射材料或微结构化特征施加到镜面反射器的表面。

[0161] 当后反射器 34 为偏振转换类型时,由于最初被反射型偏振器 32 反射的光的偏振态不被该偏振器透射,其在被后反射器 34 反射之后可以至少部分地被转化为其偏振态可以通过反射型偏振器的光,因而对背光源的总体亮度和效率有贡献。

[0162] 在腔体内反射型偏振器 32 和后反射器 34 之间设置有光源 36。从观察者的角度看(并且在平面图中),光源设置在反射型偏振器 32 后面。光源的外部发射表面被示出具有基本上圆形的横截面(如常规的荧光灯管或灯泡的情况一样),但还可使用其他横截面形状。根据例如功率预算、整体亮度、热考虑事项、尺寸限制等等的设计标准,可根据需要来选择光源的数量、它们之间的间距、和它们相对于背光源的其他组件的布置。

[0163] 附加讨论

[0164] 至此,我们已经描述了包括布置成光学重复单元的多个微层的各种反射型多层光学膜。可以对微层的折射率加以选择,使得这些膜具有这样的内布鲁斯特角:其在与垂直入射相比的较大入射角下能大大减小反射率,并相应地大大增加透射率。换句话说,内布鲁斯特角使得膜可以相比于垂直入射光线优先透射大角度光线。这种优先的倾角度透射可以关于膜的法线或 z 轴旋转对称,或者可以是不对称的。在对称情况下,微层之间的界面可以具有在第一入射平面(如 x-z 平面)内的第一内布鲁斯特角和在第二入射平面(如 y-z 平

面)内的第二内布鲁斯特角,其中第一内布鲁斯特角和第二内布鲁斯特角基本相等。在不对称情况下,微层之间的界面可以具有在第一入射平面内的第一内布鲁斯特角,其角度明显不同于 $y-z$ 平面内的第二布鲁斯特角。

[0165] 对于至少一些偏振态和在从垂直入射角到高度倾斜的入射角(例如,50、60、70或80度)的较大入射角范围内,膜的这些反射和透射特性可以是宽带的,例如在可见光谱范围内延伸并在该范围内相对平坦。

[0166] 不论对称或不对称,多层光学膜可以反射至少75%、80%、85%或90%或以上的垂直入射非偏振光。在斜入射角下,p偏振光的反射率相对于垂直入射角显著降低。如果膜是不对称的,这种反射率的下降沿面内弱轴比沿面内强轴更剧烈。例如,对于包含弱轴的弱平面内的入射光,相对于垂直入射倾斜特定倾角 θ_{oblique} 下的反射率可降低50%、60%、70%或80%。对于包含强轴的强平面内的入射光,相对于垂直入射倾斜特定倾角 θ_{oblique} 下的反射率可降低40%或50%。

[0167] 膜可以由低损耗聚合物材料制成,使得反射率加透射率为约100%,或者 $R+T \approx 100\%$ (如至少99%)。除了上述聚合物材料之外,已经发现无规聚苯乙烯(aPS)与sPS的共混物可用于改进sPS的双折射。可以加入大量的aPS而不破坏sPS的双折射性。双折射率的减小与所添加的aPS的百分比大致成比例。利用这种方法,具有所选低折射率聚合物的多层sPS-aPS的布鲁斯特角和同轴反射率都可以在sPS单独能够达到的基础上加以改进。

[0168] 熟悉多层光学膜基本特性的读者应当知道,多层光学膜内一对给定的微层会随着光的入射角的变化而反射不同波长的光,对于本文所述多层光学膜同样如此。在一些情况下,利用该性质构造旨在随入射角变化而透射或反射不同波长的“色移”膜。然而,本文所述多层光学膜被设计成可在扩展波长段(例如从400nm至700nm的人眼可见的光谱)内大致均匀地反射和透射光,并且被设计成可在广泛的入射角范围内实现这个目的。通过为膜提供足够多的微层和适当的层厚梯度来提供宽且基本平坦的反射谱带,可以实现这个目的。反射谱带最好足够宽且足够平坦,以使得当其随入射角和偏振态变化时,在扩展波长段上保持相对平坦或均匀的光谱透射率和反射率。平坦的光谱特性确保白光被均匀反射或透射,以使得所看到的被反射或透射的光的颜色不会过度偏离光源的颜色。当所关注的扩展波长段为可见光谱时,假设多层光学膜具有暴露于空气中的平坦主表面,则为多层光学膜提供垂直入射角度下在400nm至900nm的平坦反射谱带常常足以确保在所有可用角度下400-700nm的均匀反射率。

[0169] 采用本发明所公开的多层光学膜的照明系统还可以包括设置为与多层膜形成光循环腔的后反射器,但读者应当知道,多层光学膜也可以用于不含后反射器和没有循环腔的照明系统中。然而,在包含后反射器的情况下,后反射器可以根据预期应用采取各种形式。就相对低成本的照明设备设计而言,后反射器可以为或包括施加到结构构件(例如一块金属片)上的简单白漆涂层。在一些更高要求的应用(例如LCD电视或类似显示器的背光源)中,对于任何偏振态的可见光,后反射器可具有至少90%、95%、98%、99%或以上的同轴平均反射率。这样的反射率值涵盖了反射到半球中的所有可见光,即这样的值同时包括镜面反射和漫反射。就这一点而言,后反射器可以主要是镜面反射器、漫反射器或镜面反射器与漫反射器的组合,无论其在空间上均匀分布或呈一定的图案。后反射器也可以为或

包括如下列专利中所述的半镜面反射器：提交于 2008 年 5 月 19 日的 PCT 专利申请公开 WO XXXX/XXXXXX “Recycling Backlights With Semi-Specular Components”（具有半镜面反射元件的循环背光源）（代理人案卷号 63032W0003），该专利以引用方式并入本文中。

[0170] 在一些情况下，后反射器可以由具有高反射率涂层的刚性金属基底制成，或者由层压到支撑基底上的高反射率膜制成。合适的高反射率材料包括得自 3M 公司的 Vikuiti™ 增强型镜面反射片（Enhanced Specular Reflector, ESR）多层聚合物膜；使用 0.4 密耳厚的丙烯酸异辛酯-丙烯酸压敏粘合剂将掺有硫酸钡的聚对苯二甲酸乙二醇酯膜（2 密耳厚）层压到 Vikuiti™ ESR 膜上所形成的膜，本文将这种膜称为“EDR II”膜；得自 Toray Industries, Inc. 的 E-60 系列 Lumirror™ 聚酯膜；多孔聚四氟乙烯（PTFE）膜（如得自 W. L. Gore & Associates, Inc. 的那些）；得自 Labsphere, Inc. 的 Spectralon™ 反射材料；得自 Alanod Aluminum-Veredlung GmbH & Co. 的 Miro™ 阳极氧化铝膜（包括 Miro™ 2 膜）；得自 Furukawa Electric Co., Ltd. 的 MCPET 高反射率泡沫片材；得自 Mitsui Chemicals, Inc. 的 White Refstar™ 膜和 MT 膜；以及如美国专利 5,976,686 (Kaytor 等人) 中所述采用热致相分离（“TIPS”）制备的一种或多种多孔聚丙烯膜。

[0171] 后反射器可基本上平坦和平滑，或可以具有与之相关的结构化表面，以增强光的散射或混合。这种结构化表面可被赋予 (a) 后反射器的表面或 (b) 涂敷到该表面的透明涂层。在前一种情况下，可以将高反射率膜层合到预先形成结构化表面的基底上，或者将高反射率膜层合到平坦基底（如金属薄片，这与得自 3M 公司的 Vikuiti™ 耐用增强型镜面反射片-金属（Durable Enhanced Specular Reflector-Metal, DESR-M）反射器类似）上，然后再如采用压印操作形成结构化表面。在后一种情况下，可以将具有结构化表面的透明膜层合到平坦反射面上，或可将透明膜施加到反射器上，然后可以在透明膜顶部形成结构化表面。

[0172] 对于包括直接照明式构型（即其中一个或多个光源设置在照明系统的输出或发光区域正后方的构型）的那些实施例，后反射器可以为上面安装有一个或多个光源的连续的一体式不间断层，或者可以在一些分离的层段中不连续地构成，或者在本来连续的层内包括光源可以丛中伸出的隔离的小孔而在该范围内不连续地构成例如，将反射材料带施加到其上装有几行光源的基底上，每条反射材料带都具有足以从一行光源延伸到另一行光源的宽度，并具有足以跨越背光源输出区域相对边界的长度尺寸。

[0173] 照明系统也可以包括设置成向循环腔内发光的一个或多个光源。这些光源可以发射所关注的扩展波长段（通常为可见光谱）内的光，或者可以例如从 LED 或激光器发出窄带紫外光、可见颜色光或红外光。例如，冷阴极荧光灯（CCFL）在其窄长发射区域上提供白光发射，那些发射区域也可工作以将入射到 CCFL 上的一些光散射（例如循环腔中会发生的那样）。CCFL 的典型光发射具有基本上朗伯型的角分布，这在一些超低损耗背光源设计中可能是低效或者说是不可取的。另外，尽管 CCFL 的发射表面一定程度上是漫反射的，但是其通常还具有在这类应用中可能过量的吸收损耗。另一方面，荧光光源在诸如吊顶照明设备或工作照明之类更高损耗系统中已经足够。

[0174] 发光二极管（LED）也适合作光源。LED 晶粒以近朗伯方式发射光，但由于其尺寸相对于 CCFL 而言小得多，所以 LED 光分布可易于改进，例如用整体密封剂透镜、反射器、或提取器将所得的封装 LED 制成前向发光体、侧向发光体、或其他非朗伯外形，这在一些应用

中可能是有利的。然而,LED 光源相对于 CCFL 的较小尺寸和较高强度也会使得更难以使用 LED 来产生空间均匀的背光源输出。在使用单个的彩色 LED(例如红/绿/蓝(RGB)LED 布置)来产生白光的情况下尤其如此,因为无法提供足够的这种光的侧向传播或混合会导致不可取的颜色带或区域。白光发射 LED(其中通过蓝光或紫外光发射 LED 晶粒来激发荧光粉,从而从近似于 LED 晶粒的小面积或小空间中发出强烈的白光)可以用于减少此类颜色不均匀。但白光 LED 目前无法提供与使用单个的彩色 LED 布置所能达到的相同的 LCD 色域宽度,因此白光 LED 不能满足所有最终用途应用的需要。

[0175] 作为另外一种选择,通过在利用本发明的膜进行定向控光或光混合的光循环腔内部或上面远离 LED 的位置加入荧光体,可以由蓝光 LED 或 UVLED 产生白光,或者通常可由更短波长的光源产生任何波长更长的光。该构造有时称为“远程荧光体”。

[0176] 无论使用何种光源,都可以将其设置在系统的扩展输出表面正后方(例如,位于多层光学膜正后方),或者可以沿输出表面边缘设置。前一种情况称为“直接照明式”系统,后一种情况为“侧光式”系统。在一些情况下,直接照明式系统也可以包括在装置周边处的一个或一些光源,或侧光式系统可以包括输出区域正后方的一个或一些光源。在这样的情况下,如果大部分光来自输出区域的正后方,则该系统可被认为是“直接照明式”,如果大部分光来自输出区域的周边,则该系统被认为是“侧光式”。直接照明式系统易受“穿透”现象的影响,在该现象中每个光源上方的输出区域内会出现亮点。侧光式系统通常包括固体光导,该光导将侧装光源发出的光传输或引导至输出区域的所有部分,并且该光导还具有将光导发出的光导向观察者的光提取特征。如果系统为液晶显示器(LCD)装置的背光源,则通常在膜和观察者之间会包括其他元件,例如,一个或多个偏振器(包括吸收型偏振器和反射型偏振器)、漫射器、棱镜膜(包括得自 3M 公司的任何增亮膜(Brightness Enhancement Film,BEF),并且包括可用的转向膜)、以及液晶面板。如果系统较简单,例如为吊顶照明设备或工作照明,则其他元件可包括漫射膜或面板,和/或其他刚性透光性面板,在该透光性面板上可以层合本发明所公开的多层光学膜,或者紧贴其设置本发明所公开的多层光学膜。

[0177] 如上所述,上述布鲁斯特角多层光学膜可以在各种照明系统中使用,而限于直接照明式 LCD 背光源。可以想到用于房间和空间照明、路灯、背光标牌和其他照明目的的照明设备。本文所描述的照明系统可以包括这里所列并在下文详述的若干关键部件:

[0178] 1) 一个或多个光源及其布置(上述许多实例);

[0179] 2) 主要由以下各项限定的光循环腔

[0180] (2a) 高效率后反射器,以及

[0181] (2b) 部分透射前反射器(例如,本文或以引用方式并入本文的内容所描述的膜之一);

[0182] 3) 位于前反射器和后反射器之间的一个或多个漫射元件(可为部件 2 的一部分或与之分开);以及

[0183] 4) 位于前反射器出口侧的光重定向层。

[0184] 循环腔边缘可以设计成前反射器或后反射器的一部分,具体取决于从边缘发出的所需光输出。

[0185] 循环腔和漫射元件的一个关键功能是为光重定向层的输入表面提供均匀或其他

设计的光通量。然后光重定向层即可为该系统发出的光提供所需的方向性。上述四种部件可具有多种属性,可以选择这些属性使其成为适当组合,以满足照明行业当前对于薄型大面积照明系统在均匀性和方向性方面的各种需求。下面更详细地讨论每个部件的相关方面。

[0186] 1. 光源

[0187] 光源可以布置在边缘(对于侧光式系统)或布置成上述直接照明式。光源的布置方式、由光源发出的光的方向性、以及布置方式与系统内的反射器和漫射器的角度性能的关系可以对照明系统的效率和均匀性产生很大影响。

[0188] 这些特性能否成功地整合到背光源中,部分取决于用于照明背光源的光源类型。例如,CCFL 在其长且窄的发射面积上提供白光发射,那些发射面积还能散射入射在 CCFL 上的一些光(如循环腔中会发生的那样)。然而,来自 CCFL 的典型发射具有基本上朗伯型的角分布,在给定背光源设计中,这可能是低效或换句话讲不理想的。另外,尽管具有一定程度的漫反射性,但 CCFL 的发射表面通常也具有吸收性损耗,在需要高度循环腔的情况下该吸收性损耗可能是显著的。LED 晶粒也以朗伯方式发射光,但是由于其尺寸相对于 CCFL 小很多,所以 LED 光分布容易修改,例如用整体密封剂透镜或反射器或提取器来修改,以使所得到的封装 LED 成为前向发射器、侧向发射器或其他非朗伯型分布。这样的非朗伯型分布可为本发明所公开的背光源提供重要的优点。然而,LED 光源相对于 CCFL 的较小尺寸和较高强度也可使其更难使用 LED 产生空间上均匀的背光源输出区域。这在使用各个颜色的 LED(例如红色/绿色/蓝色(RGB)的 LED 的排列)来产生白光的情况下是特别真实的,因为如果不能对这种光提供足够的侧向传播或混合,则可易于导致不期望的色带或区域。发白光的 LED(其中荧光体由发蓝光或紫外光的 LED 晶粒激发,以从接近 LED 晶粒的小面积或体积产生强白光)可用于减小这种颜色不均匀性,但白色 LED 目前无法提供像用各个颜色的 LED 排列所能实现的色域那样宽的 LCD 色域,因此对于所有终端应用而言,白色 LED 可能并非理想。基于荧光体的 LED 通常产生朗伯型定向输出。对于可用来优化系统性能的朗伯型、蝠翼型或侧发光分布有不带荧光体的 LED 可供使用。

[0189] 作为荧光体 LED 的替代形式,可以将荧光粉层涂覆或以其他方式附接到循环腔内或的其他元件上或前反射器出口侧。

[0190] 2. 光循环腔和漫射器

[0191] 高效的光循环腔旨在将射入循环腔内或在腔内循环的光的方向性和偏振方向有效地结合。这需要在前后反射器之间设置低损耗反射器和光重定向元件。在循环光学腔体内,大部分光在从前反射器射出之前会在基本上共延的前反射器和后反射器之间经过多次反射,前反射器是部分透射和部分反射的。

[0192] 前反射器具有足够高的反射率,足以让这样的可用光支持侧向传播或根据需要扩散光、并足以达到光线角度随机性以实现可接受的背光源输出空间均匀性,但是用以确保照明系统应用亮度的、进入适当的应用可用角度的足够高的透射是可接受的。将光循环腔中传播的光的总损耗保持在极低水平,例如通过设置基本上封闭的低吸收损耗的腔体(该腔体包括低损耗的前反射器和后反射器以及侧反射器)并通过将与光源相关的损耗保持在非常低的水平(例如通过确保所有光源的累积发射区域为背光源输出区域的一小部分)来实现。

[0193] 可能存在这样的情况, 鉴于生产成本或效率方面的原因, 会在直接照明式背光源中优选使用朗伯曲线发光 LED。由于类似的原因, 单独的光偏转装置可能不是优选的。利用本文所述膜仍然可以实现良好的均匀性和减少“穿通”。如果前反射器具有高度反射性, 例如在垂直入射角度具有小于约 10% 或小于 5% 的透射率, 则当从垂直入射角度观察系统时, 不易看到 LED。虽然本文所述膜在倾角角度可具有较高透射率, 但由给定点光源 (例如 LED) 发出的光的强度将降低 $1/R^2$, 其中 R 为从 LED 到前反射器上某点的距离。因此, 当在倾角角度观察时, 穿通在强度上按该距离因子而减小。当与膜的部分反射率 (甚至在倾角角度下) 组合时, 穿通甚至会进一步减小。此外, 当如下所述被合适的漫射元件散射时, 在垂直角度下受到排斥的光被分布成可进一步增加系统的均匀性。

[0194] 3. 漫射元件

[0195] 循环光腔包括能够保持该腔镜面特性和漫射特性平衡的一个或多个构成部分, 这些部分具有足够的镜面反射性以支持所需程度的侧向光传播, 但也具有足够的漫射性以使腔内稳态光基本获得所需的角分布和空间分布。对于偏振照明系统, 腔体内的循环优选地包括相对于入射光偏振态将反射光偏振状态一定程度地随机化, 这样能够使不可用的偏振光转换为可用的偏振光。前后反射器与漫射元件的组合形成光导, 该光导控制光从各个光源向前反射器表面的传播。现在讨论控制该过程的机制。

[0196] 纯镜面反射器 (有时称为反射镜) 按照“入射角等于反射角”的光学定律工作。前后反射器均为纯镜面反射器的空心腔体设计在整个腔体上提供最大的侧向光传播, 因为循环的光线在腔体的侧向传播中不受阻碍。然而, 腔体中不会进行角混合, 因为不存在将以给定入射角传播的光转换为以其他入射角传播的光的机制。另一方面, 纯朗伯反射器可在所有方向等几率地重新引导光线。这可参见图 13 的空心腔体, 其中前反射器和后反射器均为纯朗伯反射器。初始发射的相同斜光线立刻被前反射器以所有方向散射, 散射光中的大多数被反射回腔体中, 但一些光线透射穿过前反射器。被反射的一些光“向前” (在图中看大致向右) 传播, 但也有等量的光“向后” (大致向左) 传播。我们所说的向前散射是指反射光的侧向或面内 (平行于所考虑散射表面的平面内) 传播分量。重复传播时, 此过程在若干反射之后使向前导向的光线分量大大减少。光束被快速分散, 产生相比镜面系统大大减少的侧向传播。

[0197] 半镜面反射器提供了镜面反射特性与漫射特性的平衡。在图 14 的空心腔体设计中, 前反射器为纯镜面反射器, 但后反射器为半镜面反射器。初始发射的相同斜光线的反射部分照射后反射器, 并以受控的量被显著向前散射。然后, 反射光锥被部分透射, 但大部分被 (镜面) 反射回后反射器, 同时所有的光在很大程度上仍以“向前”的方向传播。

[0198] 因此, 可见半镜面反射器提高了整个循环腔体内的侧向光传播, 同时仍提供光线方向和偏振态的足够混合。具有部分漫射性但又具有显著向前导向的元件的反射器将可以在整个更长的距离上传播更多的光, 使光线的全反射变少。可将半镜面反射器定性地描述为能提供显著多于逆散射的向前散射的反射器。半镜面漫射器可定义为不将绝大多数入射光的垂直方向分量反向的漫射器, 即光在向前 (z) 方向上基本上被透射, 而在 x 和 y 方向上在一定程度上被散射。关于半镜面的更定量的描述在提交于 2008 年 5 月 19 日的共同转让的 PCT 专利申请公开 No. WO XXXX/XXXX “Recycling Backlights With Semi-Specular Components” (具有半镜面反射元件的循环背光源) (代理人案卷号 63032W0003) 中给出。

[0199] 作为图 14 中双元件系统的替代形式,可以在循环腔体的前反射器和后反射器之间插入其他光学元件,并且这样的其他光学元件可被设计成可为腔体提供所需程度的半镜面特性。尽管通常有利的是使腔体中元件数目尽可能少,但通过满足前反射器或后反射器的最小损耗设计,有时可以使用第三元件来提供更高效率的腔体。

[0200] 可以通过若干手段实现光线在具有散射元件的腔体内的混合。这可以通过漫射元件(既可以是前反射器或后反射器的一体部分,也可以层合到前反射器或后反射器),或通过使用设置在前反射器和后反射器之间任何位置的单独漫射片来实现。也可以通过这些可选方式的任何组合来实现。如何选择取决于问题(例如光学损耗、元件成本、以及加工便利性)的相对重要性。漫射元件可以附接到前反射器或后反射器中任何一个或成为其一体部分,或可以在漫射片和反射器之间形成气隙。

[0201] 无论漫射器为任一反射器的一体部分,还是层合到任一反射器上,或作为单独元件设置于腔体中,对于完成一次从后反射器到前反射器并回到后反射器的往返行程的光线而言,总体所需的光学性能是一种控制角扩展函数的光学性能。半镜面反射器可具有镜面反射器和朗伯反射器两者的特性,或可为关于镜面反射方向的轮廓分明的高斯锥。作为另外一种选择,漫射器可具有显著的(例如回射性膜或涂层的)后向散射性质。应当记住,漫射元件也可以与反射器分离,存在若干可能的构造来形成漫射程度受控的后反射器:

[0202] (1) 在高反射率后漫反射器上的部分透射镜面反射器;

[0203] (2) 覆盖高反射率镜面后反射器的部分朗伯漫射器;

[0204] (3) 在高反射率镜面后反射器上的前向散射漫射器;

[0205] (4) 在镜面后反射器上的部分回射涂层;

[0206] (5) 波状高反射率镜面反射器;

[0207] (6) 漫反射器。

[0208] 对于每种构造,所列出的第一元件被配置成面向腔体内部。构造为(1)至(4)的第一元件在整个后反射器区域上可以是连续或不连续的。此外,第一元件可具有分级扩散性质,或可被印刷或涂覆分级的其他扩散图案。分级的扩散器为可选的,但可为理想的,以优化各种背光源系统的效率。术语“部分朗伯型”是指仅散射入射光中的一些的元件。被这种元件散射的那部分光被几乎均匀地以所有方向导向。在构造(1)中,部分镜面反射器为与用于前反射器的元件不同的元件。在这种情况下,部分反射器可为具有适度反射率的空间均一的膜,或它可为空间不均一的反射器,例如打孔的多层或金属反射器。可通过改变穿孔的尺寸和数量,或通过改变膜的基准反射率,或同时采用这两种方法来调整镜面反射程度。

[0209] 构造(5)可以通过对多层聚合物镜膜进行热压印来制备,或者通过对这样的膜进行物理起皱来制备。另外,任何具有这些形状的表面都可涂覆金属反射膜或增强金属反射膜。此外,可对(1)至(4)的半镜面构造进行起皱或压印处理,以优化它们的光传播特性。

[0210] 这些组合中的一些也可能适用于前(部分)反射器,例如,(2)、(3)、(4)和(5)中的漫射元件或具有本发明的任何前反射器的它们中的任何组合。同样,所列出的第一元件被布置用于循环腔体内。所有这三种构造的第一元件在部分反射器区域均可连续或不连续,并且第一元件的扩散性质可以具有梯度,或者可以被印刷或涂覆具有梯度的其他扩散图案。

[0211] 定量地讲,半镜面程度(给定反射器或其他元件的半镜面特性与朗伯特性与回射

特性之比) 可通过对向前和向后散射的光分量进行通量对比来表征, 这两个分量分别称为 F 和 B。前向散射通量和后向散射通量可通过在所有立体角上对反射强度进行积分 (或就透光元件而言, 对透射强度进行积分) 来获得。然后, 可通过“传播率” T 来表征半镜面程度, 通过下式给定:

$$[0212] \quad T = (F-B)/(F+B)。$$

[0213] 当从纯回射变为纯镜面反射时, T 在从 -1 至 1 的范围内。对于纯回射器, 所有光都被后向散射, 得到 $F = 0$ 和 $B = 1$ 。对于纯朗伯反射器, 前向散射通量和后向散射通量相等 ($F = B$), 因此 $T = 0$ 。对于纯镜面反射器, 没有后向散射 ($B = 0$), 因此 $T = F/F = 1$ 。具有实验测量值的实例在提交于 2008 年 5 月 19 日的共同转让的 PCT 专利申请公开 No. WOXXXX/XXXX “Recycling Backlights With Semi-Specular Components”(具有半镜面反射元件的循环背光源)(代理人案卷号 63032W0003) 中给出。任何实际反射元件或透射元件的传播率都是入射角的函数。这是符合逻辑的, 因为可以估计, 例如, 就几乎垂直入射的光线与掠入射的光线而言, 前向散射的光量是不同的。

[0214] 漫反射器可以用得自德国 autronic-MELCHERS GmbH 的 Autronics 锥光镜以反射模式来表征。将样品置于距离锥光镜透镜约 2mm 的焦点处。用该仪器以白色准直光并以所选入射角照射样品。样品反射的光被锥光镜透镜采集并成像到二维检测器阵列 (CCD 照相机) 上。利用校准文件将该图像转化为角分布函数。该仪器提供了各种半镜面反射器和漫反射器的角度反射性质的非常有用的比较。反射器的较大镜面分量会导致靠近镜面反射角的检测器饱和, 但该值可以在设置为较低灵敏度的设备上单独测量。

[0215] 对于光线在一个角度与反射器或扩散器发生单次相互作用的情况, 传播率是定义明确的。良好的循环腔体使用至少两个反射或扩散元件, 而且可能使用三个或更多此类元件, 使所有角度的光线产生多次相互作用。由于单次相互作用的传播率是入射角的函数, 因此对腔体总传播率的描述比对单个分量的描述更为复杂。“有效腔体传播率”(或者更好地描述为“腔体传播值”) 应为衡量腔体将注入光从注入点散播到腔体内的远端点并使光线足够随机化以使光线均匀地导向使用者的能力的量度。估测相对腔体传播值的简单方法可用于判断镜面元件、半镜面元件和朗伯元件的各种组合的相对利弊。出于该目的, 定义了各个元件的向前传播数 fT , 表示为

$$[0216] \quad fT = F/(F+B)$$

[0217] 其中如本文中所述定义和测量 F 和 B, 但是现在是对单次相互作用的所有角度取平均值。在从 10 度至 80 度的范围内, 以约 10 度的间隔进行测量就足以得出合适的平均值。F 和 B 是前散射光和后散射光的相对比率, 并且通过定义 $F+B = 1$, 简单地得到 $fT = F$, F 为前散射光的比率。那么, 腔体传播 CT 是腔体的前反射器和后反射器的 F 值的乘积:

$$[0218] \quad CT = F_{\text{front}} \times F_{\text{back}}$$

[0219] 例如, 如果前反射器为 $F_{\text{front}} = 1$ 的镜面反射器, 后反射器为 $F_{\text{back}} = 0.75$ 的半镜面反射器 (传播率 $T = 0.5$), 则腔体总传播值由 $CT = 1 \times 0.75 = 0.75$ 给出。

[0220] 对于大多数常见漫射器, T 在如上所述在 0 和 1 之间的范围内, fT 在从 0.5 至 1.0 的范围内。然而, 如果采用具有一定回射性质的材料作为漫射器, 则 T 可以为负数并且对于这样的材料可以在从 0 至 -1 的范围内, 而 F 将在从 0 至 0.5 的范围内。一个实例是回射玻璃微珠, 具有 90 度或接近 90 度的成角度小平面的棱镜结构也是这样的实例。

[0221] 又如,如果前反射器为朗伯反射器,使得 $F_{\text{front}} = 0.5 (T = 0)$,而后反射器是半镜面反射器,使得 $F_{\text{back}} = 0.75 (T = 0.5)$,则腔体总传播值为 $CT = 0.5 \times 0.75 = 0.375$ 。可以预料,与第一例的腔体相比,后一个腔体从注入点传播到给定距离的光要少得多。这个预测经本文描述的实验证实。

[0222] 对于一些应用,前反射器可以由若干元件堆叠而成,例如镜面或半镜面反射器然后是光重定向层或一个或多个可彼此层合或不层合的漫射器。前反射器和后反射器均可定义为按特定顺序组装的元件的集合。构成前反射器或后反射器的所有元件的总体传播性质可通过一次测量确定。单个元件(如膜)对一叠元件的传播性质的影响取决于元件在叠堆中的顺序和取向以及叠堆中其他元件的性质。由于至少这些原因,该叠堆可以作为整体测量。可以将前反射器的元件置于测量装置(例如,由 Autronics 和 Radiant Imaging(Duvall, Washington, USA) 制造的测量装置)内,使得腔体内表面面向测量光束。

[0223] 对半镜面反射器的上述 F 和 B 的测量在反射模式下进行,这意味着入射光束的一部分穿过漫射层两次或由漫射层反射一次。如果漫射器为设置在腔体内前反射器和后反射器之间某处的中间元件,则光线在传播过程中穿过该漫射器两次而完成一次前-后循环。因此,将中间元件的 F 和 B 值定义为以与将涂覆到反射镜上的漫射器相同的方式测得的值。该中间元件可以与前反射器或后反射器组合,并且中间元件与所选反射器的组合传播性质可以一起测量。如果大部分光注入腔体内中间元件的上方(或从下方穿过中间元件内的通孔),则中间元件可以与底部反射器组合。如果大部分光注入中间元件的下方,则中间元件可以与前反射器组合来测量传播。

[0224] 4. 光重定向层

[0225] 当本发明所公开的膜用作光腔内的前反射器时,光重定向层接纳来自腔体的光通量。入射到光重定向层上的光通量将具有以膜的最大透光率的极角 θ_0 和方位角 Φ_0 的预定值为中心的角分布。由 $\Delta\theta_e$ 和 $\Delta\Phi_e$ 给定的角度范围 $\Delta\theta$ 和 $\Delta\Phi$ 便于进行能将大部分光有效重定向而进入所需角度范围内的微结构设计。光重定向层可以为体漫射器以实现朗伯型输出或为棱镜或全息结构以实现特定角度控制。按 $\Delta\theta_e$ 和 $\Delta\Phi_e$ 而定的参数在与本发明同日提交的共同转让的美国专利申请 No. XX/XXXXXX “Reflective Film Combinations With Output Confinement in Both Polar and Azimuthal Directions and Related Constructions”(在极角和方位角方向具有输出限制的反射膜组合及相关构造)中更充分地进行讨论,该专利以引用方式并入本文中。

[0226] 可以在多层膜的入射光侧的相对侧上设置表面结构。这些多层膜被专门设计成在垂直入射角具有相对高的平均反射率(大约 90%或以上),因而可以被视为“反射镜”,但也被设计成在某些角度范围内(方位角和/或极角)透射大部分光。

[0227] 为了将光重定向到法向(这例如对于液晶显示器背光源是理想的),可以将某些结构化形式设置在光出射的反射镜表面上或上方。这些结构可以为棱镜,或者可以为球形或部分球形或其他规则或不规则的形状。也可以对这些结构的尺寸进行控制,以折射和/或衍射光。反射镜相对于入射到不同平面内的光的透射的方向对称度可以决定是将一维结构还是二维结构加入反射镜,以将透射光重新定向。一些反射镜基本上仅沿膜的一条轴线透射,也就是说,这些反射镜形成非常狭窄的定向光锥。这些“一维”反射镜可以更有效地利用一维(如线性)表面结构,其中线性结构被布置成与透射主平面成一角度,通常垂直于

该透射轴线。下面给出了一些示例。通常,在反射镜入射侧不需要表面结构,但为了改善膜反射率的一些方向行为,也可以添加该结构。其他反射镜可以在更宽的角度范围内透射,并且可以更好地利用二维结构来将光重新定向。

[0228] 此前,已将表面结构添加至反射镜以漫射或重新定向被反射的入射光。本文公开了可以添加该结构来将被透射的那部分光重新定向。这些膜与上述微结构可用于背光源中,以提供各种准直度的基本上随机的定向光。当光源高度随机或为朗伯型(为均匀化而常常要求的条件)时,离开背光源的光的角度范围难以压缩。本文所公开的布鲁斯特反射镜膜和其他元件可以有助于形成高度定向的光源。另外,这些反射镜可以有助于隐藏亮点或线光源。显示器的均匀度要求常常需要对光源的输出进行随机化。当直接照明式显示器背光源中使用非常明亮的点光源(例如LED)时,问题就更大。在这些制品中使用的反射镜的突出特征是:在反射镜的入射侧很少或不需要结构来产生这些定向效果,因为这些效果由平面双折射界面的光学器件产生。

[0229] 二维结构可以为随机或有序阵列。二维结构(例如微珠、球体、棱锥等的阵列)可以用于对称和非对称反射器上。该结构可以为用粘合剂涂覆的预成形结构,或者可以被压印(即通过固体表面层的热压印或通过浇铸并固化方法或通过挤出熔融涂布并压印来复制)。该结构可以为紧密堆积的或间隔开的。作为另外一种选择,可将包括此类表面结构的膜层合。

[0230] 该二维结构可以为修圆的和/或棱锥形的。尤其可用的结构为类似于飞机的“鼻锥”的修圆的圆锥结构。该结构缩小了出现在球形结构顶部的平坦区域。单个元件可以为旋转体或多面体。

[0231] 通过添加各种表面结构,可以将来自部分反射镜的出射表面的光线角度的输出分布压缩至更窄的角度范围。准直度取决于结构的形状,该形状大致通过表面的表面法向量的分布来表征。

[0232] 美国专利 3,829,680(Jones)所公开的用于形成蝠翼分布的结构可以结合本发明所公开的布鲁斯特镜使用,以改变其蝠翼分布。该结构将以近垂直入射角度入射到出射平面的一定范围的光线回射从而形成蝠翼分布。此类结构可以与本发明所公开的布鲁斯特镜很好地配合,因为该反射镜已经阻挡了大部分近法向光线,并且递送更多的更高角度的光线,这些光线随后被结构化表面弯曲成更靠近法线。这样,可以将布鲁斯特镜的最大输出角度(接近 60 或 70 度)重新定向成较小角度。此外,由于反射镜本身可以阻挡近法向光线,微结构不再需要是回射性的,并且可以从 Jones 所公开的结构修改而成,以增大更倾斜光线的折射角度。

[0233] 通常,诸如本文所述多层膜那样在有限的半球角度范围内选择性地透射光的光学元件可用于增强微结构化的光重定向层的性能。微结构在控制朗伯光源发出的光的方向性方面的用途有限。然而,本文所述膜仅透射朗伯分布的所选部分,使得可更有效地重定向该光的专用表面结构的设计成为可能。

[0234] 一种示例性微结构为具有这样的表面法线分布的结构:其可以将多层透射的高角度光线折射至更靠近法线的角度。与只有一个表面法线角度不同,棱镜面用一系列连续的表面法线表示。该结构既可以是具有弯曲面的棱镜的线性阵列,也可以是旋转对称结构(例如“鼻锥”结构),还可以是细长的三维结构。

[0235] 照明系统

[0236] 图 34 示出了示例性照明系统的示意图。利用上文概述的原理,可以构造具有设计准直光输出角度分布 2α 和 2β 的薄型大面积高效照明系统。角度 α 和 β 可以分别由基本膜特征输出角度 $\Delta\theta_e$ 和 $\Delta\phi_e$ 导出,并且可以使用标准光学设计和光线跟踪工具来设计光重定向层。光分布 2α 和 2β 被定义为光强度下降至中心值的 $1/e$ 处的角度范围。如果 2α 为 θ_e 和微结构确定的角度范围,则其可以大至 180 度或小至 20 度。中间值 30 度、45 度、60 度、90 度和 120 度也容易实现。如果 2β 为方位角范围 $\Delta\phi_e$ 和微结构确定的角度范围,则其可以大至 180 度或小至 45 度。中间值 60 度、90 度和 120 度也容易实现。多层膜和棱镜的主轴可以被取向为相对于照明设备或其他照明装置的边缘成任何角度。在图 34 中,主轴对齐仅仅是为了图示说明。照明系统不仅可以具有直线形状,还可以为任何形状。其轮廓可以非常薄,但也容易构造厚(深)的腔体。

[0237] 照明系统可以为侧光式、直接照明式或它们的组合。

[0238] 前反射器可以附接到光重定向层,或者可以将二者附接到诸如玻璃或刚性聚合物板的板上。该玻璃或板可以为另一系统的元件,该系统通常为要用照明系统照亮的系统。一个实例为 LCD 面板。

[0239] 灯泡隐藏和区域控制的直接照明式中空照明系统

[0240] 为了促进侧光式中空腔照明系统内的光传播,选择腔体传播率 CT 进而前后反射器的向前传播率 fT 以实现高的光传播值,以在腔体内较大距离上有效散播光,从而提高均匀性。然而,就 LCD 的直接照明分区背光源而言,需要限制从给定小面积光源(例如,从局部照明区域内的一个或多个 LED)散播的光的范围。然而,仍须通过某些手段在区域内产生均匀度,并且成本和易于制造均为主要考虑因素。由于后面的这两个原因,最好在系统内的各个区域之间不使用壁或其他反射性屏障的情况下限制来自给定局部光源的光。

[0241] 为了在开放系统内实现均匀度和有限的光散播,应同时使用若干部件。这些部件是:

[0242] (1) 前板上的角度选择部分透射反射器;

[0243] (2) 漫射元件;

[0244] (3) 前反射器和后反射器,它们共同产生低或负腔体传播率;

[0245] (4) 局部光源,其发射图案经过选择,以补充前反射器的角度选择;以及

[0246] (5) 光重定向层。

[0247] 此外,前反射器和后反射器应具有高效率,以在高度循环腔体内提供低损耗。

[0248] 上文讨论了这些部件的一些细节。第一部件可以为本发明的角度选择反射器。对于小面积光源组成的二维(2D)阵列,如果需要在系统的两个面内方向上透射光,则可以选择在空气中沿两个正交的面内轴线均具有小于 90 度的布鲁斯特角的反射器。对于光源组成的一维阵列(例如,荧光灯,或例如 LED 组成的线性阵列),可以选择方位角选择反射器,同样,该反射器的至少一个轴线在空气中具有小于 90 度的布鲁斯特角。隐藏灯泡是直接照明式系统中的首要关注因素。为了降低或消除明亮的小面积光源的可见性(穿透),可以将前反射器选择成在垂直入射角度具有高反射率,并且随着入射角的增加,透射率逐渐增大。 R_{normal} 可以大于 80%、大于 90% 或大于 95%。如果小面积光源具有大大减少竖直发射光数量的改进的输出分布,则可以将顶部反射器选择成具有平坦或随入射角增加的反射率-角

度函数关系,前提条件是其总 T_{Hemi} 足够低以便于光大量循环。可使用 30%、20%、10%、甚至 5% 的 T_{Hemi} 以实现此目的。具有显著的布鲁斯特角最小反射的前反射器是有用的,即使该布鲁斯特角在空气中大于 90 度。然而,该布鲁斯特角最小反射率应为约 50% 或小于垂直入射角度的反射率。可以将第一部件层合到刚性板上,该刚性板可以为另一个系统(例如 LCD 面板)的一部分。

[0249] 上文结合腔体传播讨论了部件 (2) 和 (3)。腔体传播率越低,就需要越多的反射以将光散播到远离点光源。当具备显著的漫射机制时,这样的系统将通过光的多次反射实现混合,但光迟缓地存在于顶板上时该光的相当多部分会在局部几何结构内来回反射。然而,为了改进前反射器镜面性质而设置在前反射器上的任何涂层都不应严重影响其角度选择反射性质。作为另外一种选择,可以将具有所选传播率的光散射层隔着空气间隙地对着前反射器设置。如果后反射器具有高度回射性,以至于将所有光直接回射至光源,则可以理想地增加一些漫射来散播光,使得大部分光不返回其可能被吸收的光源。回射器与顶部镜面或半镜面反射器相组合以将光约束于某个区域的机能是:将光反复地从腔体内任何局部光源发送出去然后返回这些光源。对于诸如高折射率玻璃微珠之类的普通回射器,将发生大量漫射,从而因反复反射而在光源附近的区域内形成光的更均匀分布。

[0250] 漫反射器或传播率小于或等于 0.25 的单独的漫射器可用于这种应用。 T 小于 0.1 或小于 0 的漫射元件是可取的。 $CT < 0.5$ 的腔体传播值是可取的。为了增加光的约束,可以采用 $CT < 0.3$ 、甚至 < 0.2 的腔体传播值。

[0251] 第四部件(小面积光源)应具有经设计的发射图案,该图案可任选地经过选择以补充上述前板上的角度选择反射器的角度透射特性。该小面积光源不应具有会将大量光定向成平行于前反射器或后反射器的侧向发射图案。如此发射的光会传播较远距离并离开该局部区域。该光源可以任选地具有不对称方位角输出,例如,仅向一侧发射。

[0252] 为了提高均匀度,可以在单个 LED 的影响区域内存在一个或多个光源。根据系统的设计准则,可能希望相邻 LED 的影响区域之间有较小或较大程度的重叠。例如,较低重叠可使显示器的一部分变得很暗。这提供了使分区系统内的对比度和节能最大化的优点,但也会让系统易受单个 LED 故障的影响。一些系统有意具有重叠的影响区域可能是确实需要的,以便在仍然有用的节能和对比度水平与系统稳健性之间实现更有益的平衡。

[0253] 影响区域可以被看作局部光源(即单个 LED 或局部的 LED 灯簇)的光强度下降至区域中心处强度的 $1/e$ 的区域。(灯簇=安装在相同基片或散热器上并且彼此相隔几毫米的大量 LED。)局部光源的影响区域可以与最近的相邻区或第二近的相邻区重叠,甚至与第三近的相邻区重叠,具体取决于均匀度和所需区域大小。局部光源可以布置成线形、正方形、矩形、六边形或其他图案,包括随机阵列。

[0254] 期望有一个或多个光学传感器来检测背光源内特定点处的输出,并且通过反馈电路按照控制方案调节各个 LED 的输出。

[0255] 虽然优选空间上不变的解决方案,但可以使用空间上变化的解决方案,例如在每个光源正上方具有印刷的漫射或反射的圆点或饰片以有助于减少“穿通”。

[0256] 除非另外指示,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应当理解为由术语“约”来修饰。因此,除非有相反的指示,否则说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值,并且根据本领域内的技术人员利用本专利申请的教导内容

获得的所需特性而改变。每个数值参数并不旨在限制等同原则在权利要求书保护范围上的应用,至少应该根据所报告数值的有效数位和通过惯常的四舍五入法来解释每一个数值参数。虽然限定本发明大致范围的数值范围和参数是近似值,但就本文所述具体实例中的任何数值而言,都是按尽量合理的精确程度给出。然而,任何数值可以很好地包含与测试或测量限制相关的误差。

[0257] 在不脱离本发明的范围和精神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显而易见,并且应当理解,本发明不限于本文示出的示例性实施例。本文提及的所有美国专利、专利申请公布、及其他专利和非专利文献在它们与上述公开一致的程度上以引用方式并入。

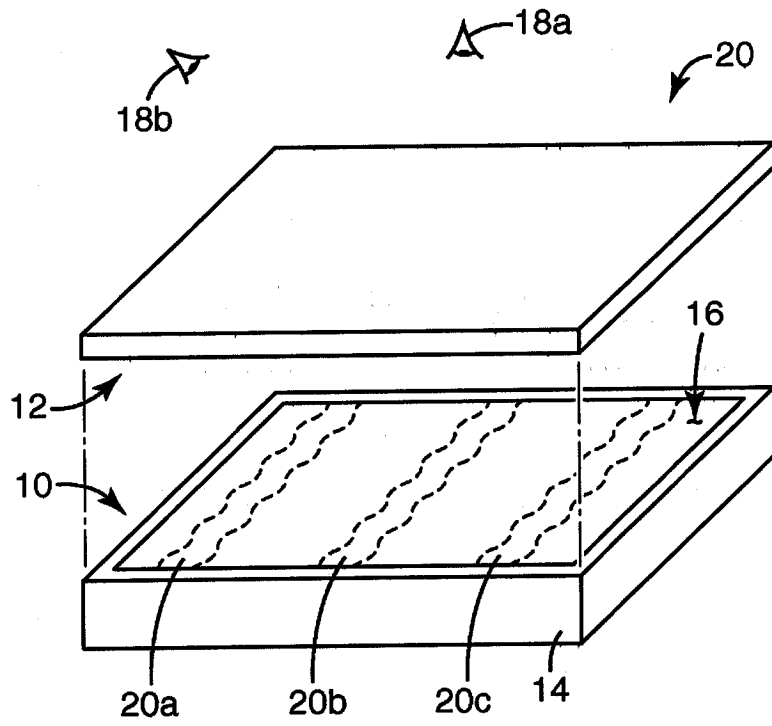


图 1

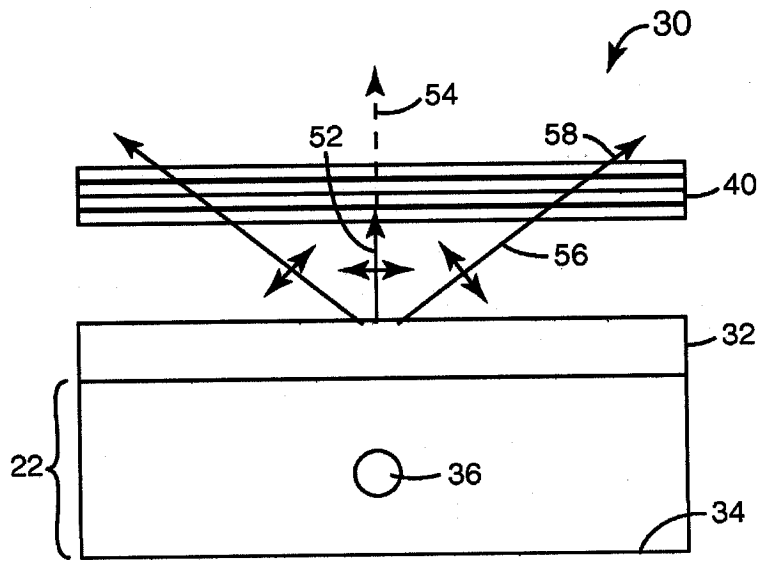


图 2

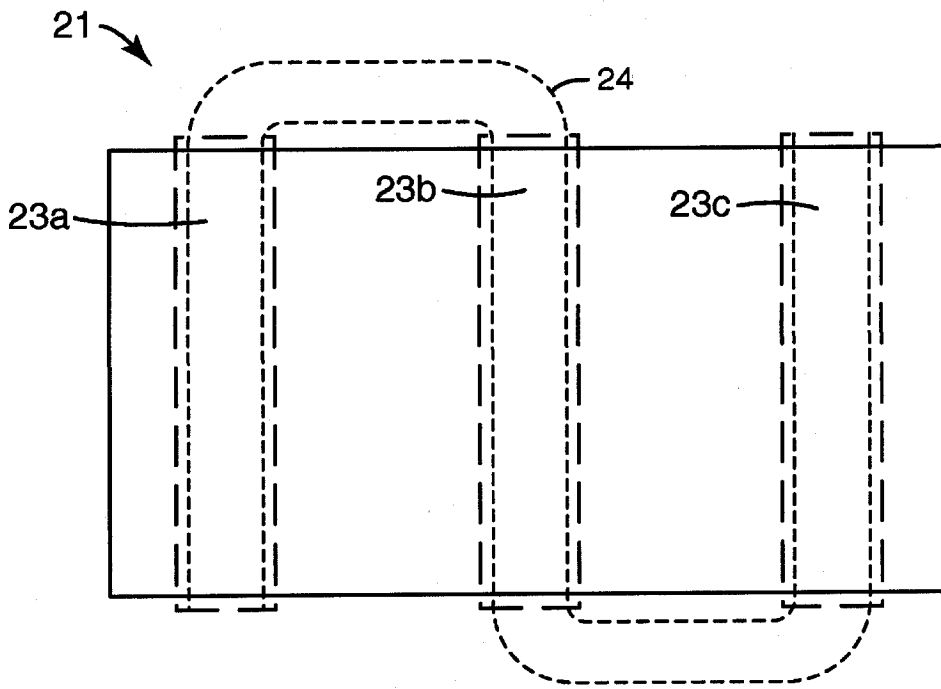


图 3

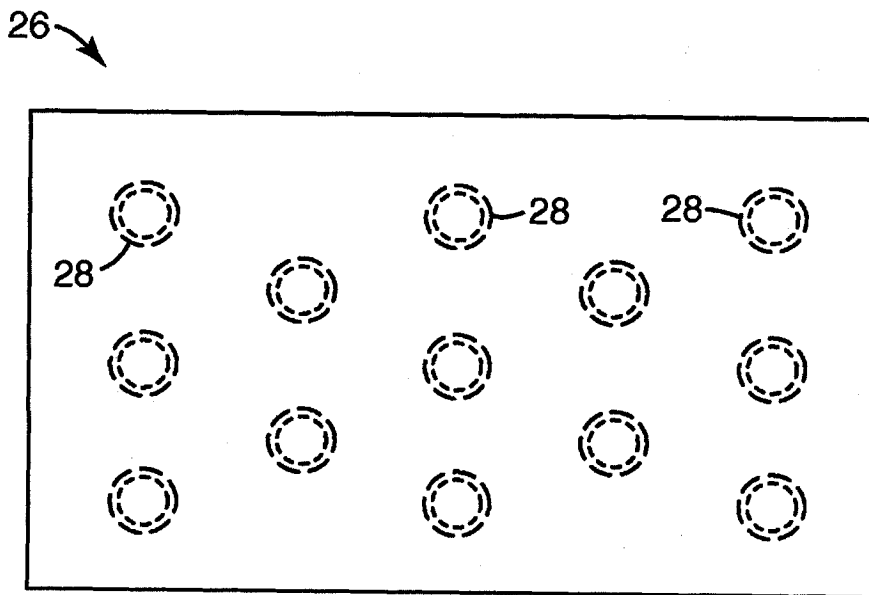


图 4

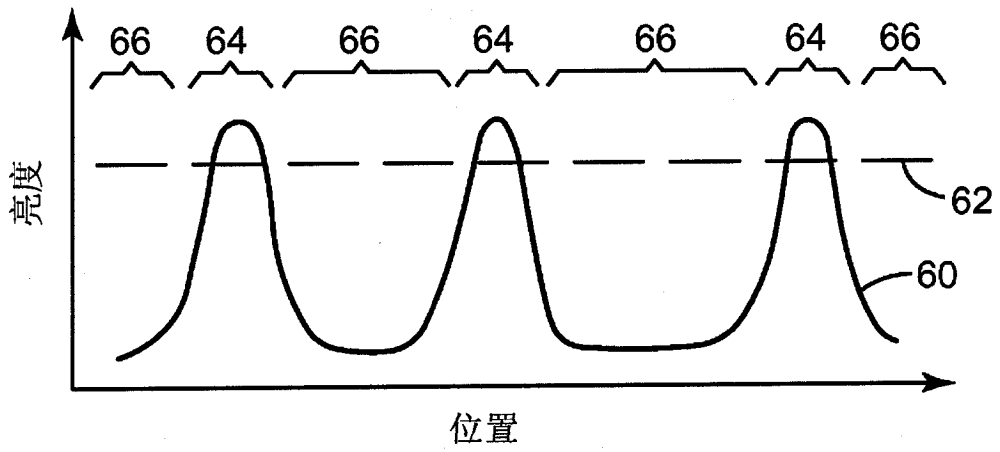


图 5

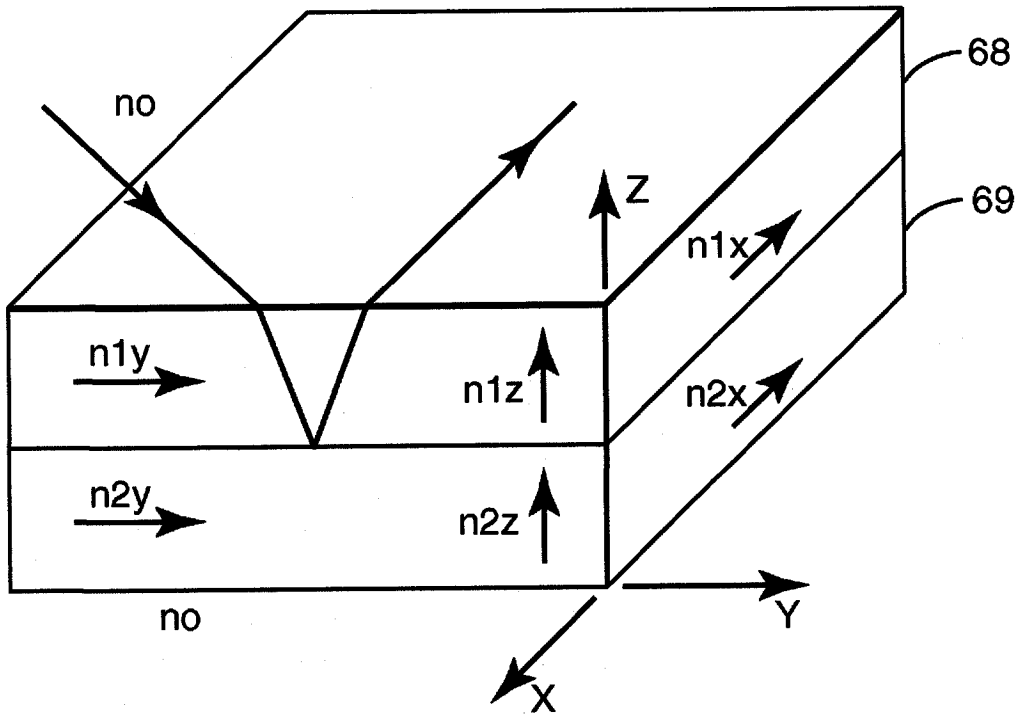


图 6

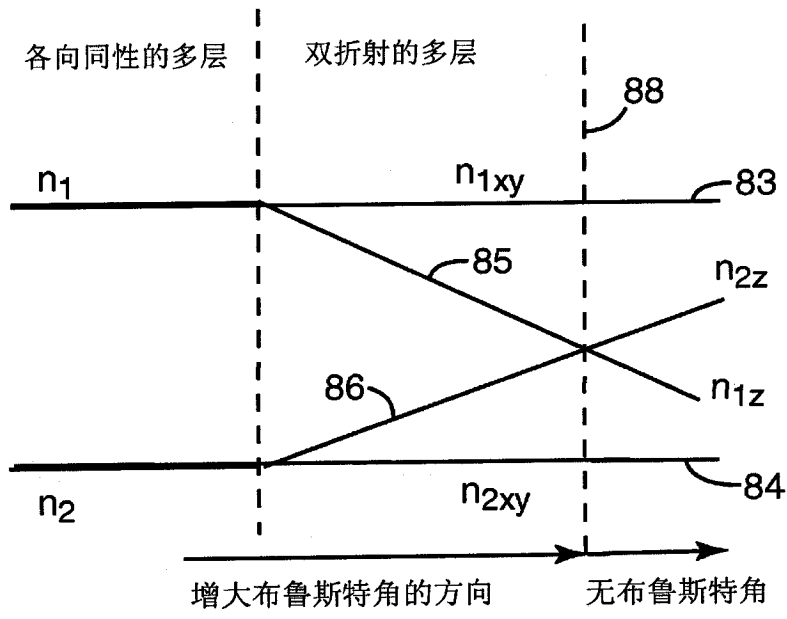


图 7

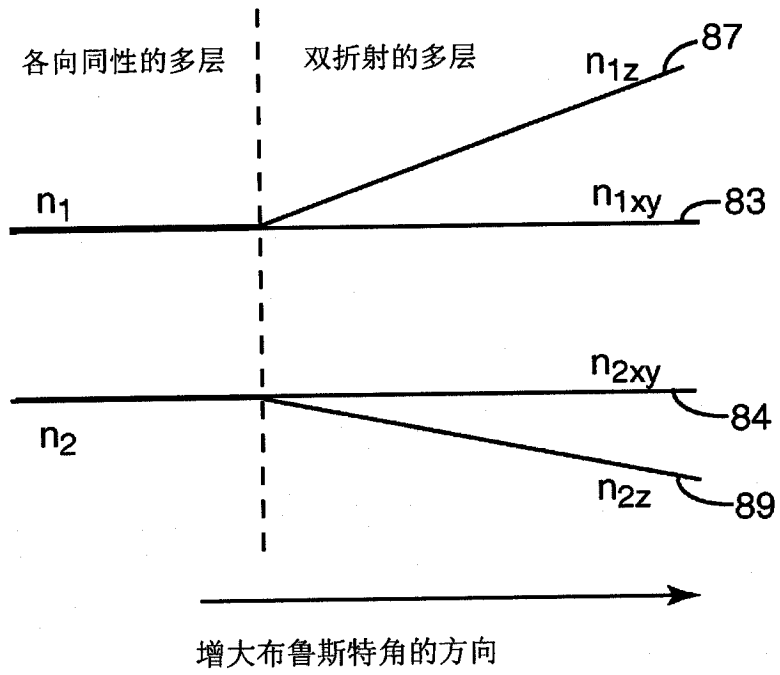


图 8

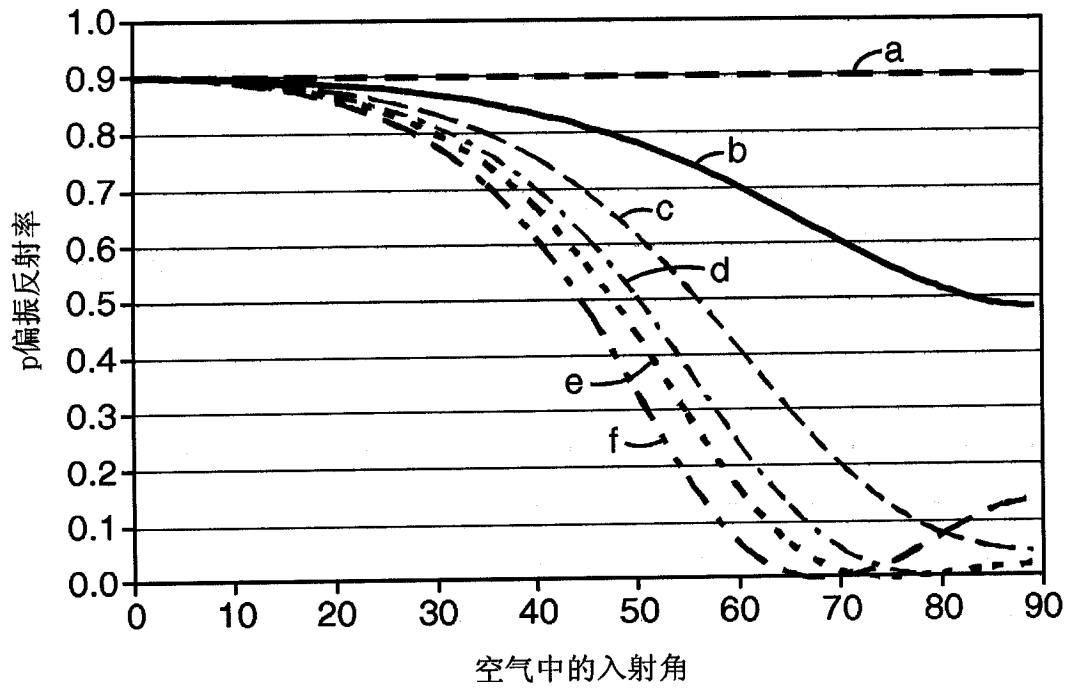


图 9

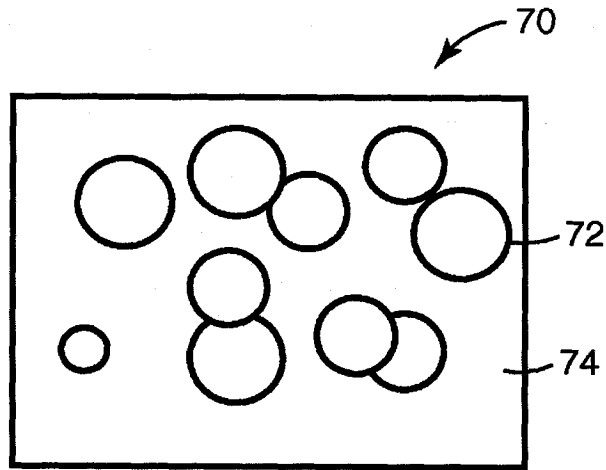


图 10

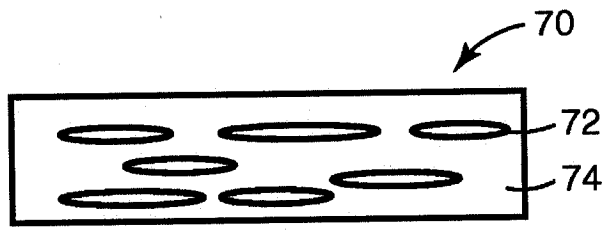


图 11

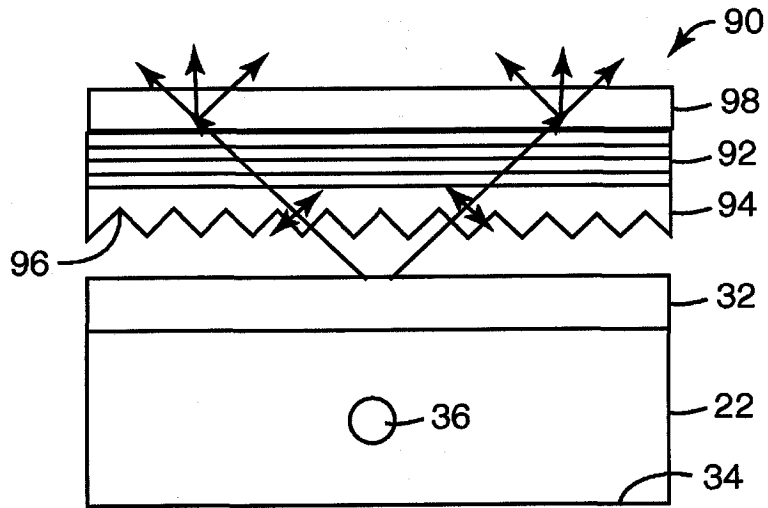


图 12

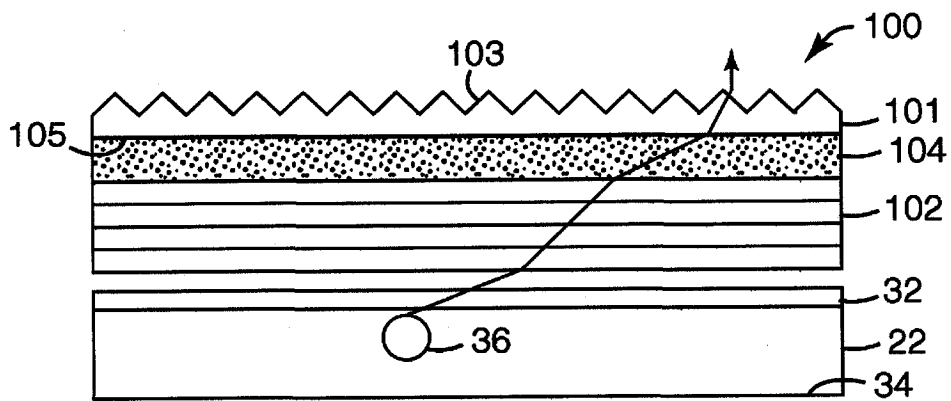


图 13

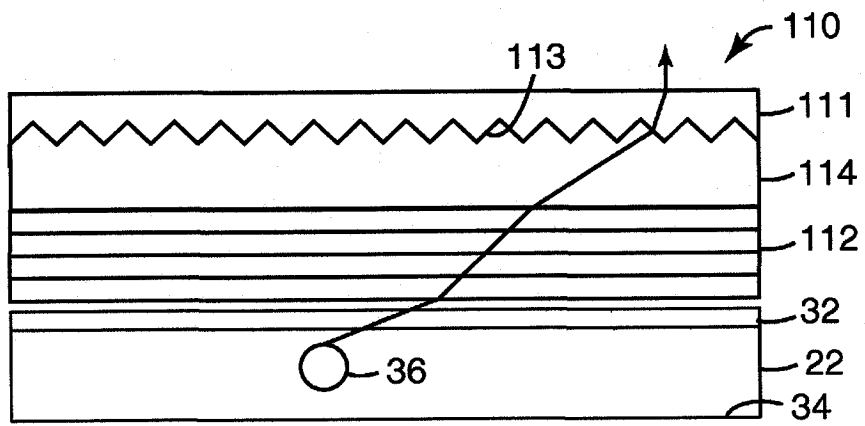


图 14

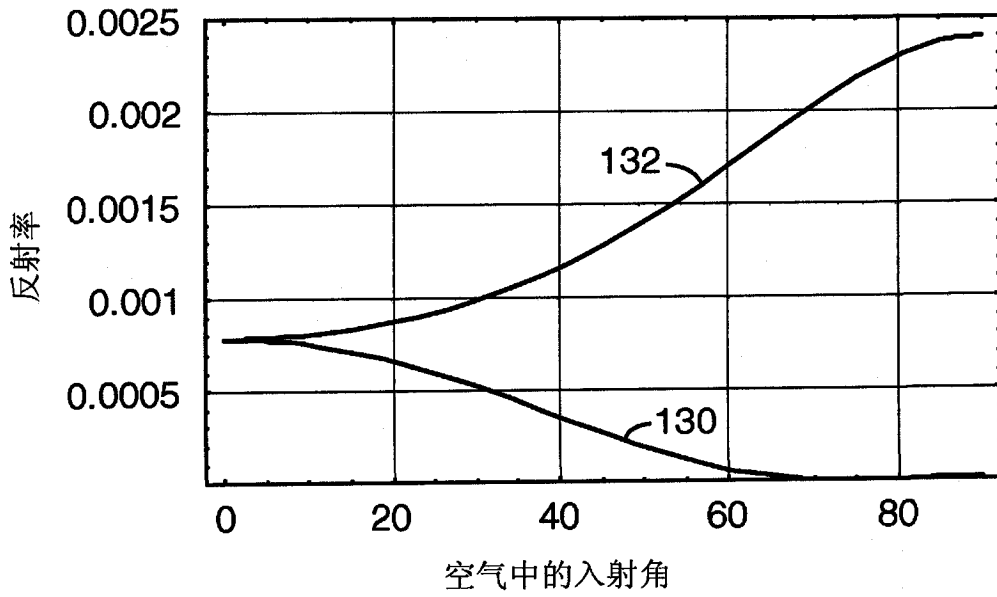


图 15

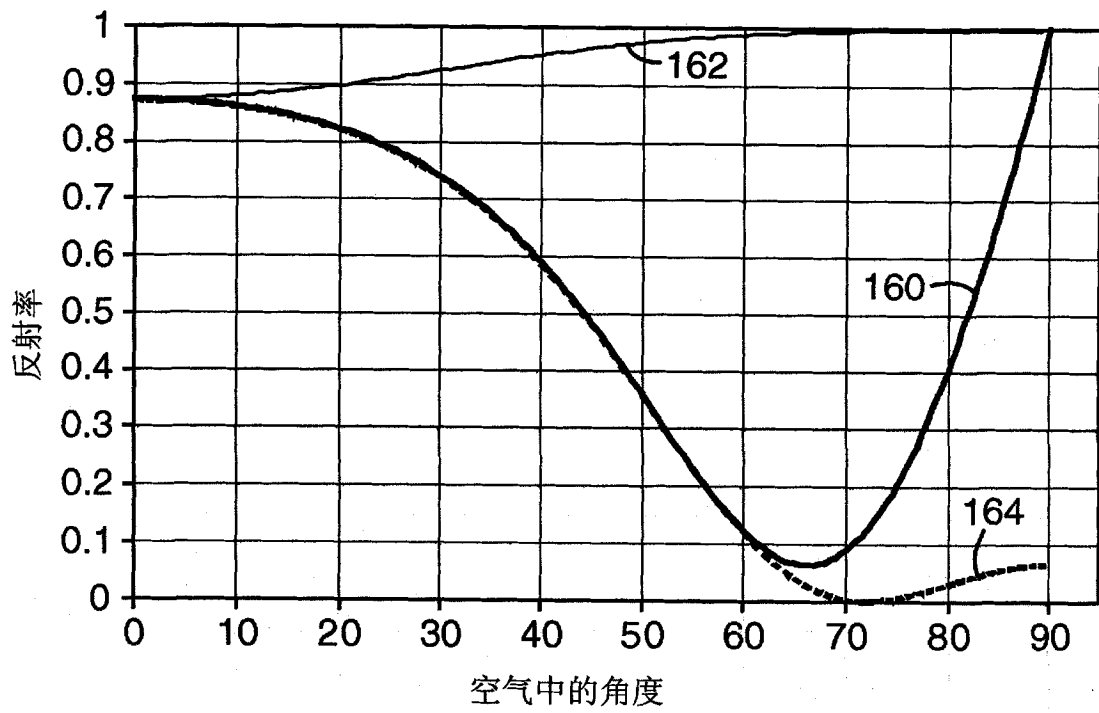


图 16

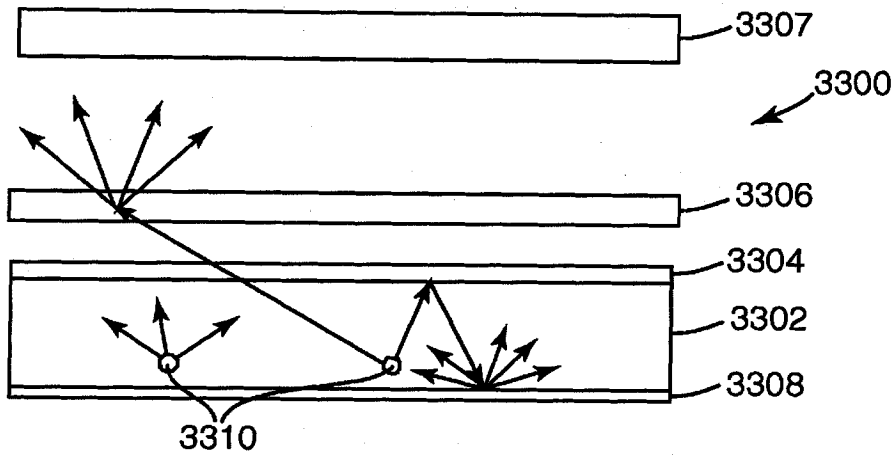


图 17

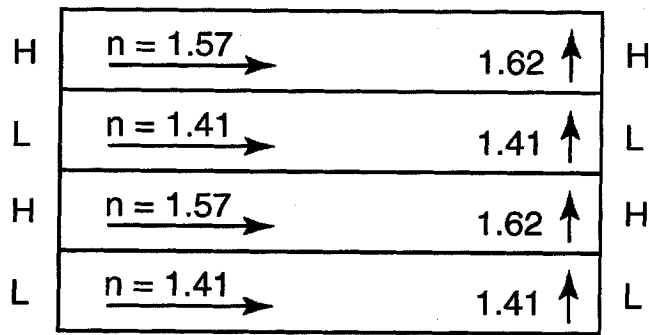


图 18

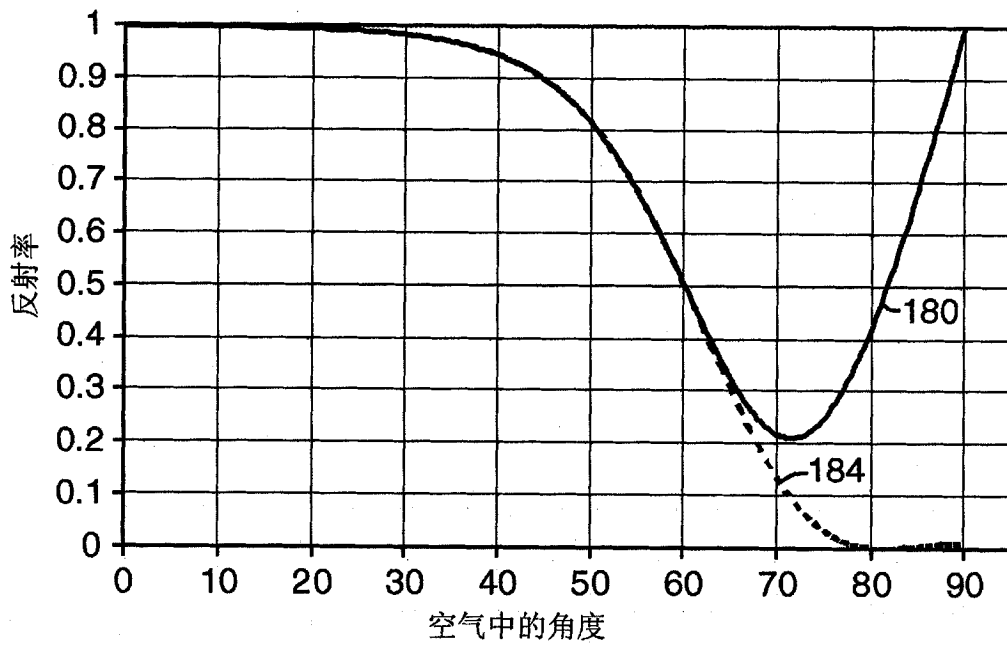


图 19

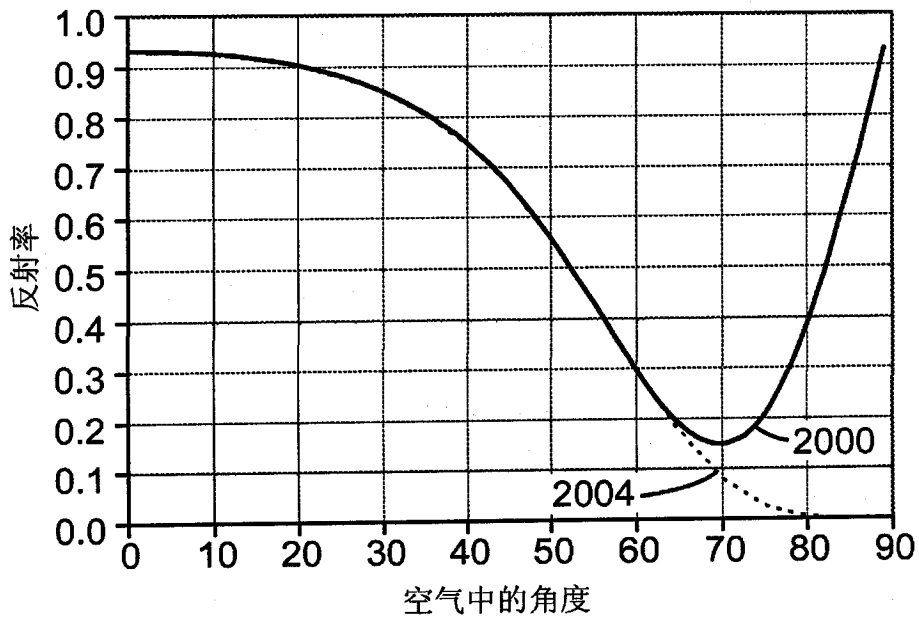


图 20

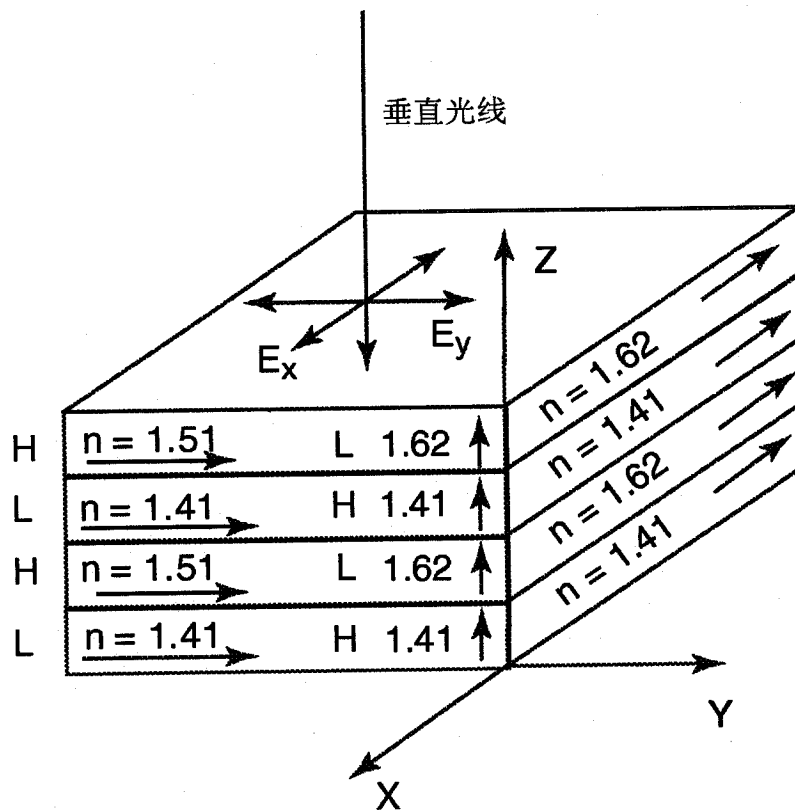


图 21

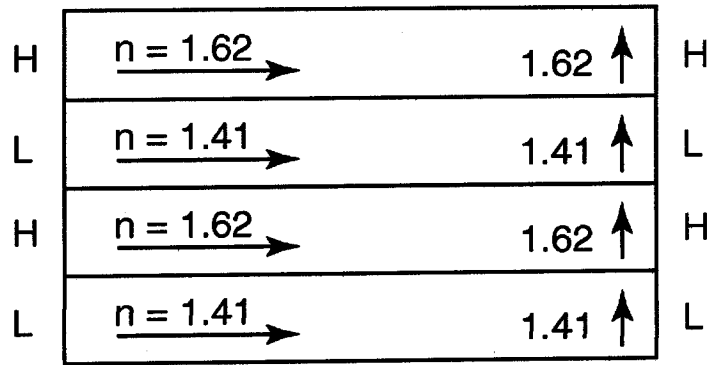


图 22

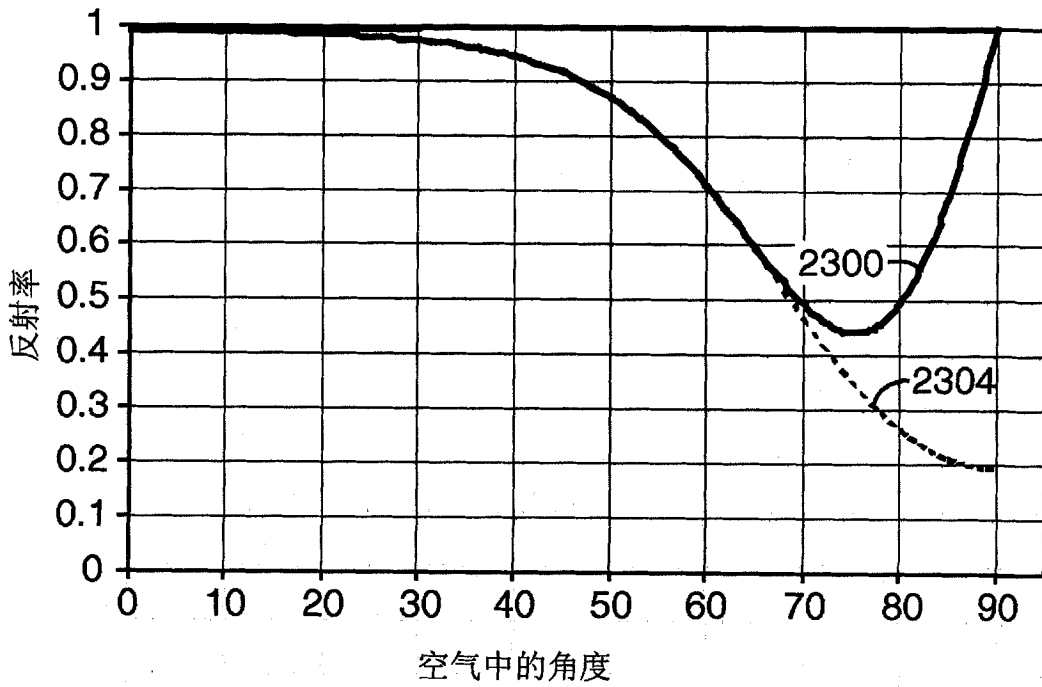


图 23

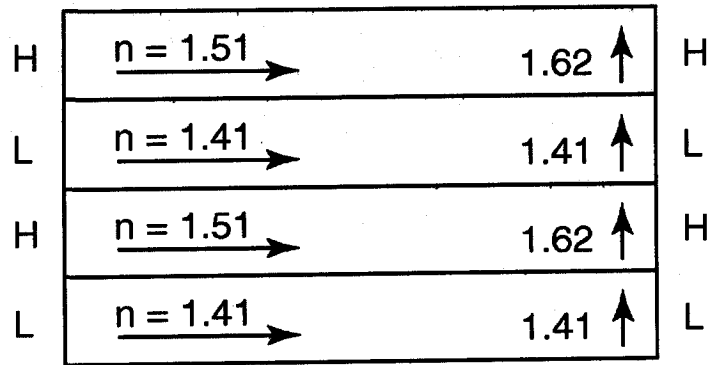


图 24

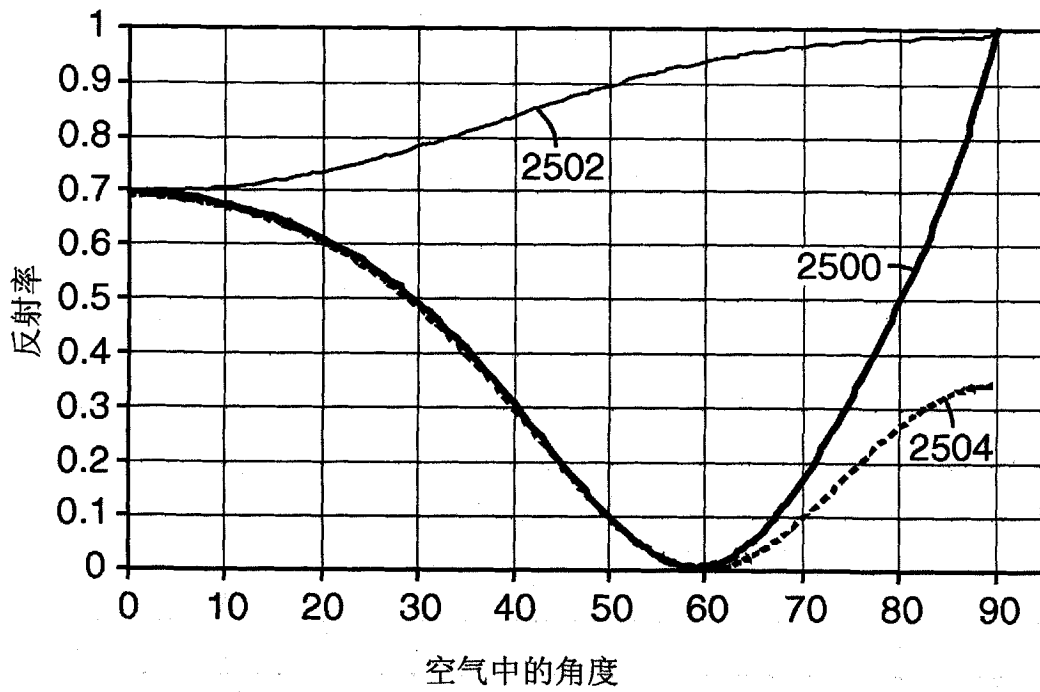


图 25

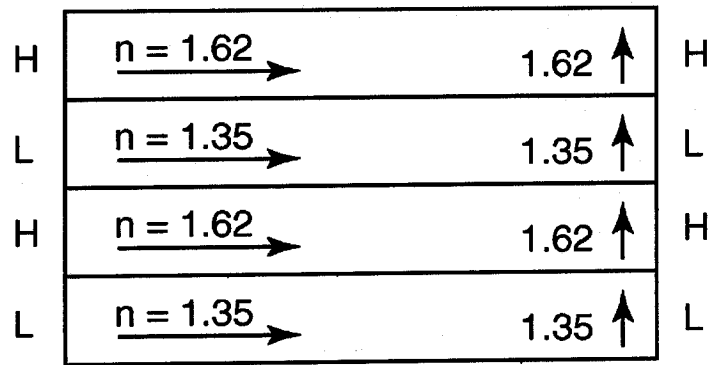


图 26

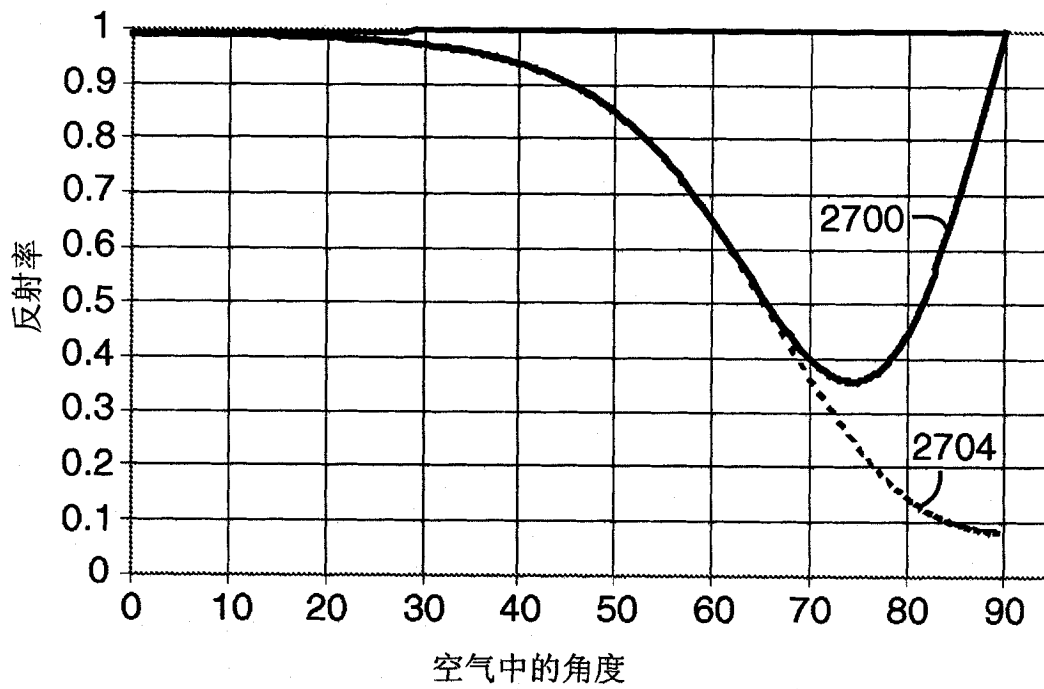


图 27

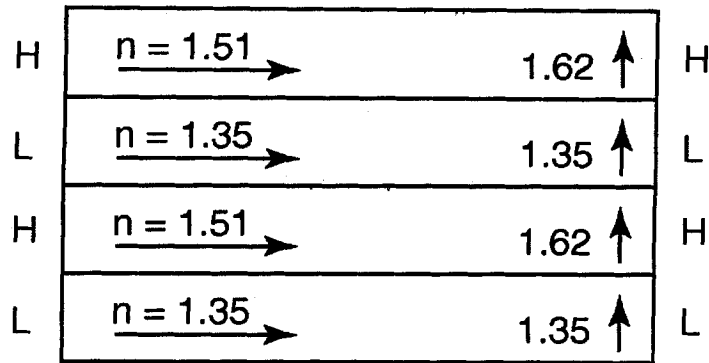


图 28

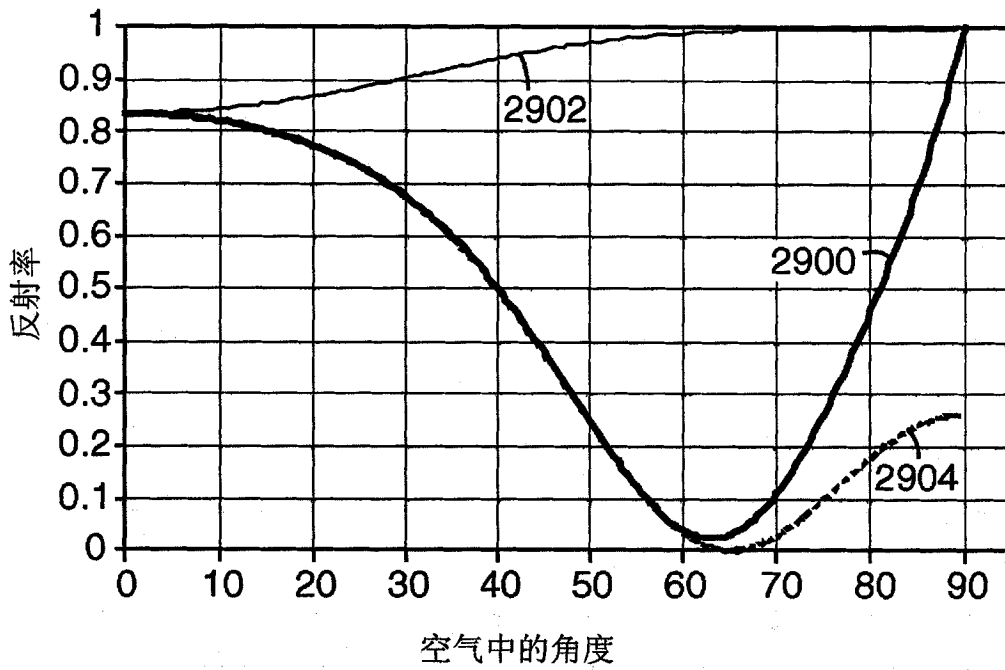


图 29

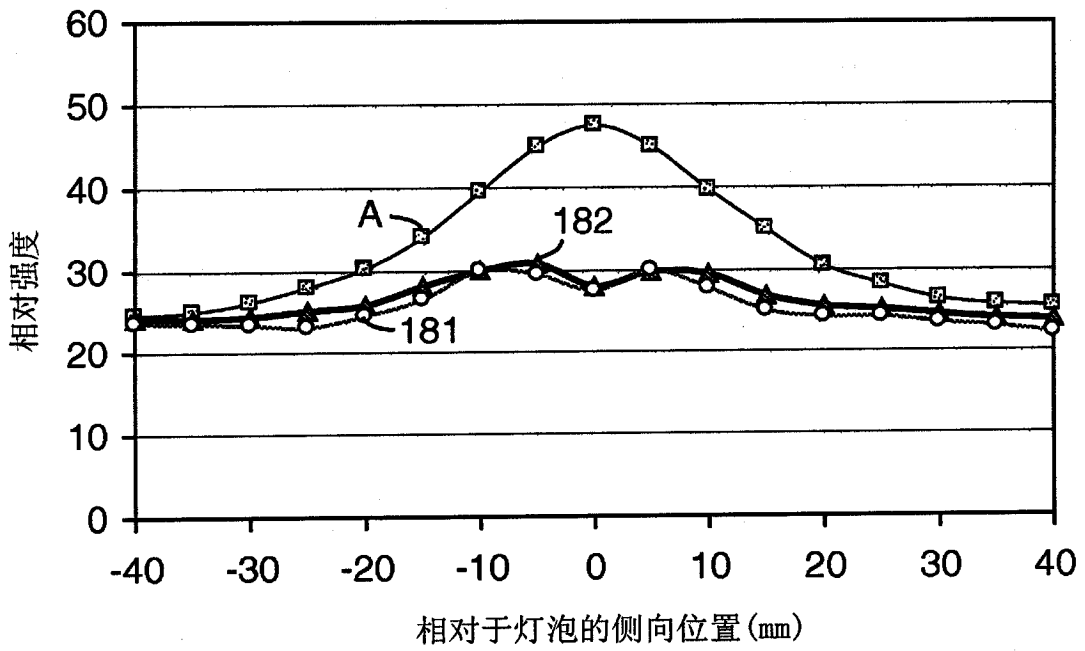


图 30

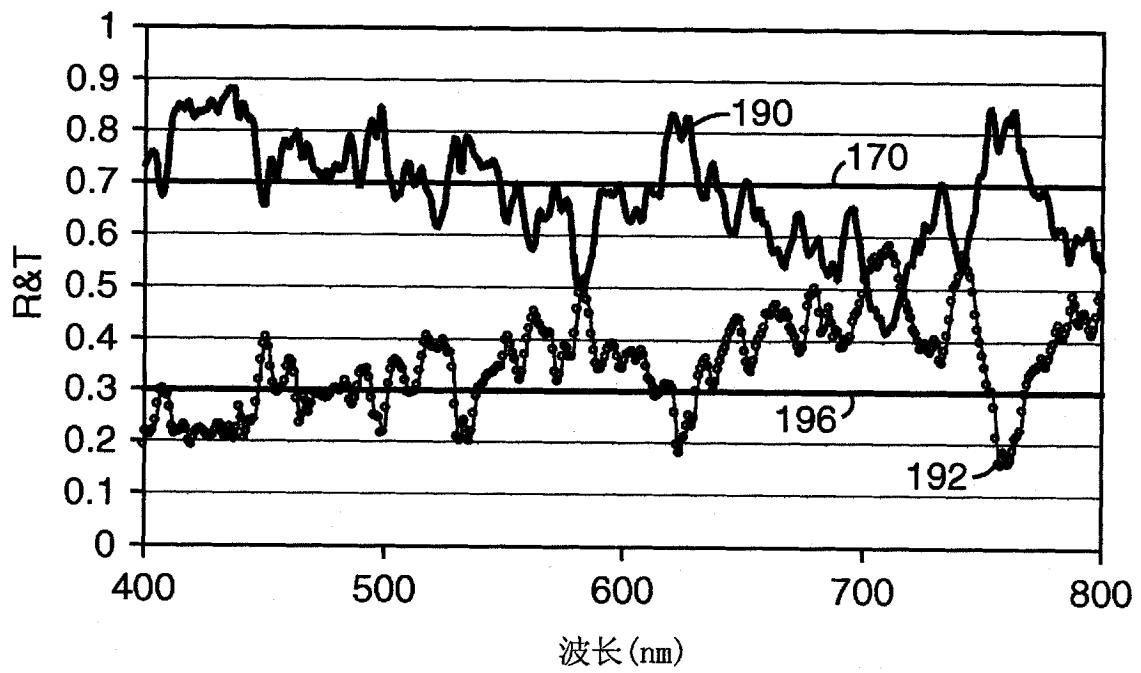


图 31

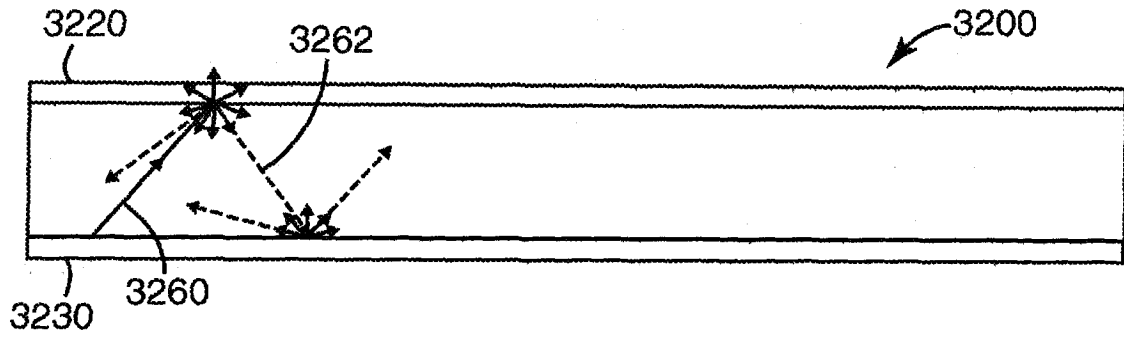


图 32

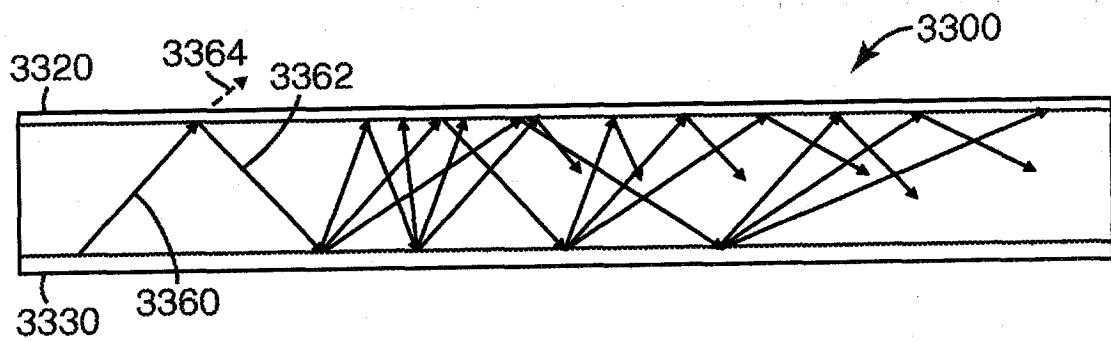


图 33

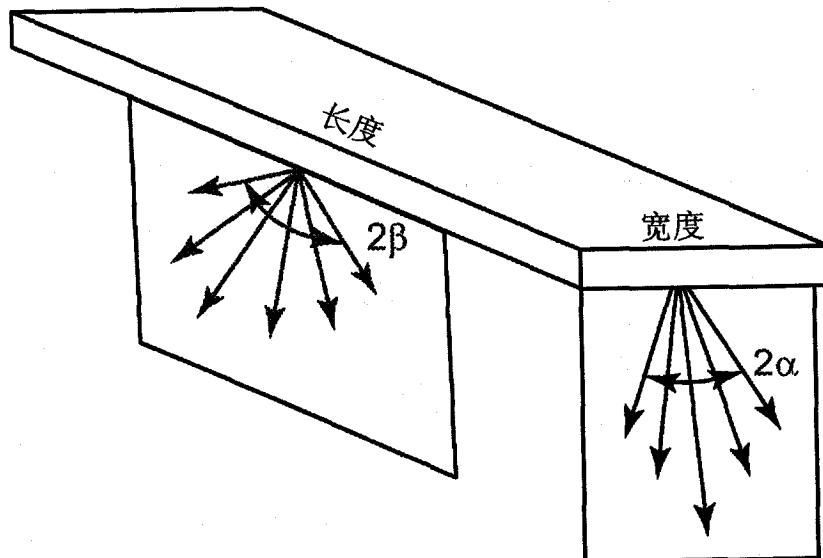


图 34