



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102576114 B

(45)授权公告日 2016.10.26

(21)申请号 201080048094.X

(22)申请日 2010.10.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102576114 A

(43)申请公布日 2012.07.11

(30)优先权数据
61/254,692 2009.10.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.04.24

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2010/053655 2010.10.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02011/050226 EN 2011.04.28

(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 刘涛
蒂莫西·J·内维特

(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 陈源 张天舒

(51)Int.Cl.
G02B 5/30(2006.01)
G02F 1/1335(2006.01)

(56)对比文件
US 5882774 A, 1999.03.16, 全文.
US 3610729 A, 1971.10.05, 全文.
JP 特开2002-296424 A, 2002.10.09, 全文.
CN 101432641 A, 2009.05.13, 全文.
CN 1502048 A, 2004.06.02, 全文.
WO 2009/123949 A1, 2009.10.08, 全文.

审查员 杜乃锋

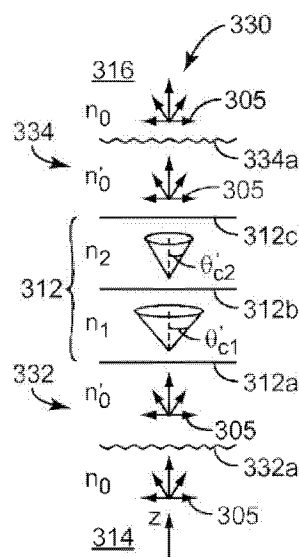
权利要求书2页 说明书31页 附图16页

(54)发明名称

在选定入射平面内具有角度限制的浸入型
反射偏振片

(57)摘要

本发明提供了一种膜构造(330),所述膜构造包括可浸入超低折射率介质(332,334)中的宽谱带反射偏振膜(312)。所述反射偏振膜通过透光轴和阻光轴来表征,并且其对于所述透光状态偏振的白光的反射率随入射角的增大而增加,从而选择性地在入射平面中得到压缩或狭窄视锥。在一些实施例中,所述压缩视锥相关的所述入射平面与所述透光轴平行。在其他实施例中,它与所述阻光轴平行。



1. 一种膜构造,其包括:

被配置为随包括可见波长的延伸波长区域的角度和偏振的变化而选择性地透射和反射光的多个微层,所述微层限定第一偏振的垂直入射可见光的透光轴以及第二偏振的垂直入射可见光的阻光轴,所述微层还具有以下特性:(a)随倾斜角度增加,第一入射平面内入射的所述第一偏振的第一光的反射率增加,从而在压缩的视锥内透射所述第一光,以及(b)第二入射平面内入射的所述第一偏振的第二光在倾斜角度下的反射率不显著增加,从而在宽视锥内透射所述第二光,所述第二入射平面与所述第一入射平面正交;以及

具有从1.1至1.3范围内的超低折射率的光厚低折射率层,所述光厚低折射率层连接至所述微层,以限制所述微层中具有比对应于所述超低折射率的倾斜角度更大的倾斜角度的光的传播,或将此类具有比对应于所述超低折射率的倾斜角度更大的倾斜角度的传播光重新导向回所述微层。

2. 根据权利要求1所述的膜构造,其中所述第一光为p偏振可见光,并且所述第二光为s偏振可见光。

3. 根据权利要求1所述的膜构造,其中所述第一光为s偏振可见光,并且所述第二光为p偏振可见光。

4. 根据权利要求1所述的膜构造,还包括线性棱镜膜。

5. 根据权利要求4所述的膜构造,其中所述棱镜膜的每个棱镜均沿着棱镜轴线延伸,并且其中所述棱镜轴线与所述第一入射平面平行。

6. 根据权利要求4所述的膜构造,其中所述棱镜膜的每个棱镜均沿着棱镜轴线延伸,并且其中所述棱镜轴线与所述第二入射平面平行。

7. 一种膜构造,其包括:

被配置为随包括可见波长的延伸波长区域的角度和偏振的变化而选择性地透射和反射光的多个微层,所述微层限定第一偏振的垂直入射可见光的透光轴以及第二偏振的垂直入射可见光的阻光轴,所述微层还具有以下特性:(a)所述第一偏振的s偏振光的反射率随倾斜角度增加而增加,从而在压缩的视锥内透射包含所述阻光轴的第一平面内入射的所述第一偏振的可见光,以及(b)所述第一偏振的p偏振光在倾斜角度下的反射率不显著增加,从而在宽视锥内透射包含所述透光轴的第二平面内入射的所述第一偏振的可见光,所述第二平面与所述第一平面正交;以及

具有从1.1至1.3范围内的超低折射率的光厚低折射率层,所述光厚低折射率层连接至所述微层,以限制所述微层中具有比对应于所述超低折射率的倾斜角度更大的倾斜角度的光的传播,或将此类具有比对应于所述超低折射率的倾斜角度更大的倾斜角度的传播光重新导向回所述微层。

8. 根据权利要求7所述的膜构造,其还包括:

棱镜增亮膜,所述棱镜增亮膜被设置为接收来自所述光厚低折射率层的光,或将光透射至所述光厚低折射率层,所述棱镜增亮膜适于为所述第二平面内入射的光提供压缩视锥。

9. 根据权利要求7所述的膜构造,其还包括:

增亮膜,所述增亮膜被设置为接收来自所述光厚低折射率层的光,或将光透射至所述光厚低折射率层,所述增亮膜具有限定细长棱镜的结构化表面,每个棱镜沿着与所述第一

平面平行的棱镜轴线延伸。

10. 一种膜构造,其包括:

多层光学膜,所述多层光学膜被配置为作为以下器件工作:

针对以倾斜角度在第一平面内入射的可见光的反射镜;以及

针对垂直入射的可见光和以倾斜角度在第二平面内入射的可见光的反射偏振片,所述第二平面与所述第一平面正交;以及

附接到所述多层光学膜的具有从1.1至1.3范围内的超低折射率的光厚低折射率层。

11. 根据权利要求10所述的膜构造,其还包括:

棱镜增亮膜,所述棱镜增亮膜被设置为接收来自所述光厚低折射率层的光,或将光透射至所述光厚低折射率层,所述棱镜增亮膜适于为所述第二平面内入射的光提供压缩视锥。

12. 根据权利要求10所述的膜构造,其还包括:

增亮膜,所述增亮膜被设置为接收来自所述光厚低折射率层的光,或将光透射至所述光厚低折射率层,所述增亮膜具有限定细长棱镜的结构化表面,每个棱镜沿着与所述第一平面平行的棱镜轴线延伸。

在选定入射平面内具有角度限制的浸入型反射偏振片

技术领域

[0001] 本发明整体涉及光学膜,其反射和透射特性在很大程度上由通过该膜内的微层之间的界面所反射的光的相长干涉和相消干涉所确定,并且特定应用于此类膜与其他部件的组合,如适用于显示系统的部件。本发明还涉及相关的制品、系统和方法。

背景技术

[0002] 由多个微层构成的反射偏振片为人们所知已经有一段时间了,其面内折射率被选择为提供沿着面内阻光轴的相邻微层之间的显著折射率失配和沿着面内透光轴的相邻微层之间的显著折射率匹配,并且具有足够多的层以确保对于沿着阻光轴偏振的垂直入射光有高反射率,同时对于沿透光轴偏振的垂直入射光保持低反射率和高透射率。参见例如美国专利No.3,610,729(Rogers)、No.4,446,305(Rogers等人)和No.5,486,949(Schrenk等人)。

[0003] 近来,3M公司的研究人员已经指出此类膜沿垂直于膜的方向(即z轴)的层对层折射率特性的重要性,并且已表明这些特性如何对膜在斜入射角下的反射率和透射率起重要作用。参见例如美国专利5,882,774(Jonza等人)。除了别的以外,Jonza等人教导了:如何调整相邻微层之间的z轴折射率失配(简称为z折射率失配或 Δn_z)以便于构造布鲁斯特角(p偏振光在界面处的反射率变为零的角度)非常大或不存在的多层叠堆。这又便于构造这样的多层反射镜和偏振片:其对p偏振光的界面反射率随着入射角增加而缓慢减小,或者与入射角无关,或者随着入射角偏离法向而增大。因此,可以获得在宽带宽对s偏振光和p偏振光均具有高反射率的多层膜(对于反射镜以任何入射方向,对于偏振片以选定的方向)。

发明内容

[0004] 我们开发出这样的光学膜:其能够对垂直入射光呈现类反射偏振片特性,对斜入射光呈现类高反射率镜特性。可针对宽带光提供这些特性,如延伸到可见光谱上的可见光。此外,即使膜在层合构造中使用也会有利地呈现这些特性,其中膜无空气间隙地接合至另一个或另外多个光学部件,使得该膜“浸入”折射率大于1的材料内并且光可在超临界角(即比空气临界角倾斜度更高的角)下透过膜传播。此类构造的一个部件优选为光厚“超低折射率”(ULI)层。ULI层可在可见波长内可具有例如从1.1至1.3或从1.15至1.25范围内的折射率。该构造可以包括其他光学部件,例如扩散片、光导装置和/或显示面板,或它们的元件。

[0005] 此类光学膜和层合构造可根据需要用于显示器中,以选择性地透射沿轴向或近轴方向传播且具有透光状态偏振的宽带光,同时大面积地大量反射在高倾斜角下传播的透光状态宽带光,并反射以任何角度传播的具有阻光状态偏振的宽带光。使透光状态的透射光局限于与轴向或近轴方向相对应的传播角度的相对较窄或压缩锥形可有利地用于增强显示器的轴向亮度和对比率,在以下情况下尤为如此:在回收腔或系统中使用膜或层合物,使得反射光(无论是透光状态还是阻光状态)的至少一些可由另一个部件反射并转换为透光

状态的轴向或近轴向光时。

[0006] 对于显示器制造商和供应商来说,将一种或多种光学膜与其他显示器部件合并并在层合构造内在许多方面可能是有利的,如加速和简化制备过程、降低库存以及降低成本。然而,消除通常与光学膜主表面接触的空气层并将该空气层更换为光学膜“浸入”其中的其他光学介质可能会在设计方面提出挑战。斯涅尔定律对于抑制光在超临界角下透过膜的传播不再起作用。超低折射率(ULI)涂层或其他光厚层可接近空气间隙,但此类层仍有效地允许光在超临界角范围内传播。

[0007] 本专利申请因此特别公开了包括多个微层和光厚低折射率层的膜构造。多个微层可配置成随包括可见波长的延伸波长区域范围内的角度和偏振的变化而选择性地透射和反射光,所述微层限定第一偏振的垂直入射可见光的透光轴以及第二偏振的垂直入射可见光的阻光轴。另外,微层优选通过倾斜角下的增加反射率来表征,从而在压缩视锥中透射第一偏振的可见光。光厚低折射率层优选具有超低折射率,如从1.1至1.3或从1.15至1.25,并以某种方式连接到微层从而限制高度倾斜光在微层中的传播(如这样的情况,其中低折射率层设置在微层和高度倾斜光的源极之间),或将此类高度倾斜传播光重新导向回微层(如这样的情况,其中微层设置在低折射率层和高度倾斜光的源极之间)。

[0008] 另外,本专利申请公开了膜构造,该膜构造包括多层光学膜和附接到该多层光学膜的光厚低折射率层。光学膜优选地被配置为基本上作为可见光在垂直入射角度的反射偏振片以及基本上作为可见光在倾斜角度的反射镜工作。光厚低折射率层对于可见波长优选通过超低折射率来表征,如,从1.1至1.3或从1.15至1.25范围内的折射率。

[0009] 本专利申请还公开了一种膜构造,其包括可浸入超低折射率介质中的宽谱带反射偏振膜。反射偏振膜通过透光轴和阻光轴来表征,并且其对于透光状态偏振的白光的反射率随入射角的增大而增加,从而选择性地在入射平面中得到压缩或狭窄视锥。在一些实施例中,压缩视锥的相关入射平面与透光轴平行。在其他实施例中,它与阻光轴平行。

[0010] 本文还讨论了相关方法、系统和制品。

[0011] 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受权利要求书保护的题目的限制,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

[0012] 图1为显示系统的示意性侧视图;

[0013] 图2为图1的系统的示意性侧视图,该系统已通过添加本文所公开的层合物和/或膜进行了修改。

[0014] 图3a-c为在其中涂敷了其他层的简化分层膜的一系列示意性侧视图,演示了在给定光学介质中浸入膜的概念;

[0015] 图4为给定层中光传播的角范围或锥形的透视图,示出了将该层浸入除空气之外的介质时锥形的拓宽;

[0016] 图5为多层光学膜的一部分的示意性透视图;

[0017] 图6为反射偏振膜的示意透视图;

[0018] 图7a为方向半球的透视图,其中半球上的任何点均表示膜内光传播的方向,通过

极角 θ 和方位角 Φ 来表征;

[0019] 图7b为图7a的方向半球的透视图,对于具有透光状态偏振的光,以简化方式示出了本文所公开的双轴准直多层反射偏振膜的透射特性;

[0020] 图7c为与图7b类似的透视图,但对于具有透光状态偏振的光,以简化方式示出了单轴准直多层反射偏振膜的透射特性;

[0021] 图8a为浸入超低折射率介质中的多层反射偏振膜的所计算内部反射率的曲线图,该反射率随超低折射率介质的入射角变化而变化;

[0022] 图8b为图8a的膜右侧谱带边缘的计算波长的曲线图,该计算波长随阻光状态偏振光和透光状态偏振光,以及每种情况下的s偏振分量和p偏振分量在超低折射率介质中的入射角的变化而变化;

[0023] 图9为某些多层光学膜沿两个正交方向的层对层折射率差值的曲线图;

[0024] 图10和图11为浸入超低折射率介质中的附加多层反射偏振膜的所计算内部反射率的曲线图,该内部反射率随此类介质中入射角的变化而变化;

[0025] 图12和13为整合了本文所公开的至少一个光厚超低折射率层和多层反射偏振膜的层合构造的示意性侧视图;

[0026] 图14为图13的层合构造的示意性正视图或俯视图;

[0027] 图15为包括显示面板和多层反射偏振膜的层合构造的示意性侧视图;

[0028] 图16-18为包括显示面板、多层反射偏振膜以及光厚超低折射率层的层合构造的示意性侧视图;

[0029] 图19为包括光导装置、多层反射偏振膜以及光厚超低折射率层的层合构造的示意性侧视图;

[0030] 图20为膜实例的透射率对波长的曲线图;

[0031] 图21为组合的显示面板/背光源层合物的示意性侧视图;

[0032] 图22a-d为各种层合物实施例的对比度和亮度的图;

[0033] 图23-25为各种膜实例的透射率或反射率对波长的曲线图;

[0034] 图26a为带有空气间隙的背光源构造的示意性侧视图;

[0035] 图26b为随图26a背光源的角度而变化的亮度曲线图;

[0036] 图27a为层合背光源构造的示意性侧视图;以及

[0037] 图27b为随图27a背光源的角度而变化的亮度曲线图。

[0038] 在这些附图中,相同的附图标号指示类似的元件。

具体实施方式

[0039] 适用于显示器、背光源、发光体等的大多数光学膜具有光学透射和反射特性,其随着光的入射角的变化而变化。例如特别为特定介质(通常为空气)中特定范围的入射角和/或出射角设计了多层光学膜,其包括多个足够薄的微层,以使得从多个微层界面反射一些光以发生相长干涉或相消干涉,从而得到所需的反射或透射特性。相似地,也特别为空气中特定范围的入射角和/或出射角设计了表面结构化膜,例如棱镜增亮膜。对于空气中的给定入射角而言,此类光学膜的传播角和出射角通过熟知的方程式(例如用于折射的斯涅耳定律)或其他方程式(例如用于衍射光栅的那些方程式)确定。

[0040] 用于液晶显示器(LCD)应用中的许多光学膜被设计用于空气中,即光在一系列入射角下从空气照射膜的第一主表面,并且光在一系列出射角下脱离膜的第二主表面进入空气中,并且入射角或出射角中的一者或两者均在空气中涵盖 0° 至 90° 的范围。此类膜可说成“光学浸入”空气中。即使肉眼难以观察到任何空气层,事实也可能如此。例如,如果将一种光学膜放在另一种光学膜上,在肉眼看起来两种膜可能在其整个主表面上基本接触。然而,此类膜通常只在有限数量的点处相互接触,并且基本上在膜的主表面之间维持光厚空气间隙,即,厚度显著大于所关注光波长的空气间隙。

[0041] 降低LCD显示器和其他产品成本和/或设计改进(例如减小的产品厚度)的市场力量可形成这样一种期望,即辨识和消除不必要的部件以及将各个部件组合为一个或多个封装组。就光学膜而言,这种期望可导致这样一种尝试:将光学膜固定或附连到一种或多种其他膜或系统部件上以形成层合构造,其中层合物的元件之间基本上不存在空气间隙。

[0042] 图1示出了包括显示组件112和背光源114的典型显示系统110的示意性侧视图,该显示系统位于笛卡尔x-y-z坐标系背景内以便于参考。如果系统110为LCD,则显示组件112可包括夹在正面和背面吸收型偏振片之间的液晶(LC)显示面板,所述LC显示面板还包括玻璃面板平板,在该玻璃面板平板之间设置有液晶材料,该液晶材料具有电极结构阵列和色彩过滤器格栅以形成各个可寻址图形元件(像素)。控制器116通过连接116a连接到显示组件112以适当驱动电极结构,从而生成观察者118可察觉到的合适图像。背光源114的类型可为“侧光式”,这种情况下在其观察区域外沿背光源的一个或多个边缘或边界布置一个或多个LED、冷阴极荧光灯管(CCFL)或其他合适的光源120a、120b。或者,背光源的类型可为“直接照明式”,这种情况下可在扩散板或其他合适元件后的观察区域中布置一个或多个此类光源120c、120d、120e。在任何情况下,背光源114都会对应于显示组件112的观察区域在大型输出区域114a提供光。背光源提供的光通常为白光,即它包括红色、绿色和蓝色光谱分量(或光谱分量的其他合适混合)的适当平衡,以使得光在观察者看来至少为标称白色。

[0043] 显示系统110通常也在显示组件112和背光源114之间或系统内的其他位置包括一种或多种光学膜或其他部件。根据显示系统的类型,此类部件可以包括例如一个或多个偏振片(包括如吸收型偏振片和/或反射偏振片)、扩散片(包括如扩散板、增益扩散片、体积扩散片和/或表面扩散片)和/或棱镜增亮膜(包括如3M公司(St. Paul, Minnesota, USA)所提供的多种Vikuiti™BEF产品中的任何一种)。此类膜通常用于通过以下方法来增强显示系统的效率和/或亮度:反射远离显示组件的“不可用光”(即不会有助于所需系统输出的光,不管是因为它属于将被显示组件112中的后部吸收型偏振片所吸收的偏振还是因为它在不合适的角度下传播),然后通过例如漫射、镜面或半镜面反射器将该反射光的一部分作为“可用光”(即可有助于系统输出的光)重新导向回显示组件。光的此类反射和重新导向在显示系统中提供至少一定程度的光循环利用,该光循环利用一般通过箭头122a、122b指示。

[0044] 通常布置在显示组件112和背光源114之间或设置在其他位置的膜和部件可在没有空气间隙的上述层合构造中备用。此类层合构造在图2的显示系统210中总体示出。除了层合构造之外,系统210可与图1的系统110大体上相同,包括其上述多种置换,并且类似的附图标号用于指示类似的元件,为了简便起见,未提供进一步的说明。然而,图2的显示系统将一种或多种光学膜无空气间隙地接合至其他膜或部件,从而得到所示的一种或多种层合物212a、212b、212c。在该图中,层合物212a无空气间隙地附接到显示组件112(或其部件),

层合物212c无空气间隙地附接到背光源114(或其部件)。在一些情况下,可提供这样的层合物212b,其将一种或多种光学膜附接到其他膜或部件,并且两者间不带空气间隙,但可通过空气间隙将其与显示组件和背光源间隔开。

[0045] 根据要包括在层合物中的光学膜类型,消除空气界面或空气间隙可能会带来光学膜操作问题,也可能不会带来这样的问题。在以下情况下膜可继续按其在层合之前(即消除空气间隙之前)的方式工作:在光进入过程中或者光进入一个主表面之后并退出膜的另一个主表面之前,要接合的每个膜或部件不大量散射或以其他方式重新导向光。然而,当光透过不平坦表面或透过与膜不平行的表面进入膜时,膜可能不会正常工作。此情况的一个实例为涂敷到Vikuiti™DBEF多层反射偏振膜上的BEF棱镜。BEF棱镜膜和DBEF膜均设计用于空气中,但当通过利用如光学粘合剂光学连接两种膜的平坦表面来消除空气间隙时,不会发生功能缺失。另一个实例为层合至吸收型偏振膜的Vikuiti™DBEF膜。在上述两个实例中,消除空气间隙不会对透过受影响的膜传播的光的角分布产生显著影响。换句话说,可以说层合构造中的各种光学膜均光学浸入空气中,即使其主表面可能与空气不接触亦如此。下面结合图3a-c对此进行了进一步说明。

[0046] 在其他情况下,层合物中提供至少一种生成高度倾斜光的膜或部件,并且与此类高度倾斜光结合消除空气间隙会产生以下影响:导致“超临界”光透过所关注的光学膜传播,并以某种方式退出层合物,从而降低系统性能。所谓“超临界”光是指以某一角度透过膜传播的光,与使用平坦、平滑空气/膜界面从空气照明所达到的角度相比,该角度倾斜度更高。这样,当膜光学浸入空气中时,从空气照射膜主表面的光的最大入射角为90度。此类掠入射光以临界角 θ_c 折射到膜内,该临界角取决于膜的折射率。临界角通常为最倾斜的角,光将以该角度在膜内传播。对于允许超临界光透过光学膜传播并最终从层合构造射出的层合构造,可以说光学膜光学浸入折射率比空气高的介质中。下面结合图3c对此进行了进一步说明。在本专利申请的上下文中,除非另外指明,否则描述为“光学浸入”的膜或部件被假定为光学浸入折射率大于空气的介质中。

[0047] 例如使用折射率接近1.5的常规光学粘合剂将BEF棱镜膜层合至背光源的扩散板或LCD面板时,可出现此种情况。在上述两种情况下,BEF膜的入射角和出射角均会受到层合粘合剂折射率的很大影响,该折射率与空气折射率显著不同。当使用常规光学粘合剂将扩散片层合至反射偏振片的一侧,然后将其另一侧层合至LCD面板时,也可能出现这种情况。在这种情况下,光学粘合剂将扩散片内生成的高度倾斜光作为超临界光透射到反射偏振片内,其可进一步透射到LCD面板内。由于反射偏振片和LCD面板通常均未设计成可适应此类高度倾斜光,因此这可导致偏振片和LCD面板内的大量内部散射光引起的性能降低,继而又可导致更低的显示器对比度和亮度。即使重新设计反射偏振膜来处理较大范围内的入射角,例如通过显著拓宽已经较宽的多层叠堆反射偏振片的反射谱带(如,通过增加微层数量并延伸表征微层的厚度梯度的上限),此类经重新设计的膜仍将继续通过较大范围的角透射光的透光轴偏振,并且举出的问题仍不会得到解决。

[0048] 为了使与层合构造中超临界光传播的相关问题减至最少,期望利用某材料层,从光学设计观点来看,该材料层尽可能密切类似于空气间隙,如,对于光厚光路的光具有高度透射性并且其折射率接近1.0的材料层。换句话说,需要这样一种装置,该装置可采用表面对表面模式物理附连透射光学部件,同时仍将入射角和出射角限制为相当于空气的那些角

度。最近已经开发出了具有良好机械完整性和低雾度的超低折射率膜。此类膜可涂敷到几乎任何光学膜上,以便接近空气间隙,然后可应用任何常规光学粘合剂将被涂敷膜与系统内的另一个部件接合在一起。合适的超低折射率材料在例如以下美国专利申请中有所描述:提交于2009年4月15日并具有序列号61/169466的“Optical Film”(光学膜)(代理人案卷号No.65062US002);提交于2009年4月15日并具有序列号61/169521的“Optical Construction and Display System Incorporating Same”(光学构造和采用该光学构造的显示系统)(代理人案卷号No.65354US002);提交于2009年4月15日并具有序列号61/169532的“Retroreflecting Optical Construction”(回射光学构造)(代理人案卷号No.65355US002);提交于2009年4月15日并具有序列号61/169549的“Optical Film for Preventing Optical Coupling”(用于抑制光学耦合的光学膜)(代理人案卷号No.65356US002);提交于2009年4月15日并具有序列号61/169555的“Backlight and Display System Incorporating Same”(背光源和采用该背光源的显示系统)(代理人案卷号No.65357US002);提交于2009年4月15日并具有序列号61/169427的“Process and Apparatus for Coating with Reduced Defects”(具有减少缺陷的涂层的处理和设备)(代理人案卷号No.65185US002);提交于2009年4月15日并具有序列号61/169429的“Process and Apparatus for A Nanovoided Article”(用于中空纳米制品的处理和设备)(代理人案卷号No.65046US002);以及提交于2009年10月22日并具有序列号61/254,243的“Optical Construction and Method of Making the Same”(光学构造及其制备方法)(代理人案卷号No.65619US002),上述专利申请全文以引用的方式并入本文。超低折射率材料也可使用凝胶型热解法二氧化硅制备。超低折射率材料在可见波长内可具有例如从1.1至1.3或从1.15至1.25范围内的折射率。如下面进一步所述,超低折射率材料还可呈现出折射率中的梯度。例如,该材料的形式可以是包含粘结剂和多个粒子的梯度膜或层,其中粘结剂与多个粒子的重量比不小于约1:2。梯度光学膜还可包括具有局部体积分率的多个互连空隙,其中多个互连空隙的局部体积分率沿着膜的厚度方向变化,从而得到沿着此类厚度方向变化的膜内的局部折射率。参考了美国专利申请No.XX/XXX,XXX,“GRADIENT LOW INDEX ARTICLE AND METHOD”(梯度低折射率制品和方法)(代理人案卷号No.65716US002),以及美国专利申请No.XX/XXX,XXX,“PROCESS FOR GRADIENT NANOVOIDED ARTICLE”(梯度中空纳米制品的处理)(代理人案卷号No.65766US002),两者皆随同本专利申请于同一天提交并以引用的方式并入本文。

[0049] 此类超低折射率材料可用于层合物中,该层合物包括角敏光学膜,从而可将此类膜以机械和光学方式耦合到其他膜或部件,同时将超临界光传播的有害效应降到最小。然而,即使当在层合构造中使用一种或多种此类超低折射率材料层时,超临界光传播的效应仍可在系统性能中起重要作用,并且实际上可显著降低系统性能,除非适当处理多层光学膜和/或其他角敏光学膜的设计方面。

[0050] 对用于支持超临界光传播的层合物中的多层反射偏振膜具体设计考虑事项进行讨论之前,我们参见图3a-c以示出将膜光学浸入除空气之外的介质中的概念。

[0051] 图3a-c为在其中涂敷了其他层的简化分层膜的一系列示意性侧视图,演示了在光学介质中浸入膜的概念。在图3a中,基础膜构造310基本由分层膜312组成,该分层膜两侧均暴露于折射率为 n_0 的介质,该介质被假定为空气($n_0=1.0$)。为方便讨论, n_0 以及这些图3a-c

中示出的其他折射率被假定为具有各向同性。此外,膜312示出为仅具有两层:常规低折射率光学材料的第一层,例如折射率 n_1 为约1.5或更高的聚合物;以及常规较高折射率光学材料的第二层,折射率 n_2 也为约1.5或更高的其他聚合物,但 n_2 基本上大于 n_1 。膜312具有第一主表面312a、将第一层和第二层分开的表面或界面312b、以及第二主表面312c。表面312a暴露于厚空气层314,而表面312c暴露于另一个厚空气层316。

[0052] 仍然参见图3a,光从下方,即从空气层314,入射在膜312上。入射光大体上沿着示出的z轴行进,其可与膜312的厚度维度垂直,但入射光包括可能的最宽范围内的光线传播方向,包括被导向为与z轴平行的光线、被导向为与z轴成适度倾斜角的光线、以及被导向为与z轴成极端倾斜角的光线,后者事实上与z轴垂直,使得它们以掠入射照射表面312a。这一可能的入射角最宽范围以5向箭头符号305表示。在一些情况下,与符号305相关的光分布可为准朗伯曲线,而在其他情况下它可具有差异非常大的分布。在任何情况下,符号305的光分布均包括在半球上沿可能路径的所有方向(或2立体角度)行进的一定量的光。现在跟随该入射光的传输路线从空气层314穿过膜312到达相对空气层316。在此过程中,我们集中于多个界面处的折射,并且为简单起见而忽略反射。

[0053] 表面312a、312b、312c均被假定为是平坦而光滑的,并且与z轴垂直。这样,当来自空气层314的入射光照射在主表面312a上时,根据斯涅耳定律,即 $n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1$,该入射光会折射到膜312的第一层内。由于入射光包含入射角在 $\theta_0 = 0$ 至 $\theta_0 \approx 90$ 度范围内变化的光线,因此折射的光将包含折射角(或传播角)在 $\theta_1 = 0$ 至 $\theta_1 = \theta_{c1}$ 范围内变化的折射光线,其中 θ_{c1} 为第一层材料的临界角,即 $\theta_{c1} = \arcsin(1/n_1)$,因为 $\sin(90) = 1$ 并且 $n_0 = 1$ 。第一层中所有折射光线的集合由半角为 θ_{c1} 的锥形表示。

[0054] 折射光通常沿着z轴前进并遇到表面或界面312b,此时光进入第二层时会发生第二折射,所述第二层的折射率为 n_2 。第二折射再次遵从斯涅耳定律,并在一系列传播方向或角度 θ_2 范围内在第二层内生成折射光,其中 θ_2 在从 $\theta_2 = 0$ 至 $\theta_2 = \theta_{c2}$ 范围内变化。角度 θ_{c2} 为第二层材料的临界角,即 $\theta_{c2} = \arcsin(1/n_2)$ 。第二层中所有折射光线的集合由半角为 θ_{c2} 的锥形表示。由于折射率 n_2 被假定为大于折射率 n_1 ,因此角度 θ_{c2} 显示为小于 θ_{c1} 。

[0055] 第二层中的折射光进一步前进,直至遇到主表面312c为止。这时,当光从第二层进入空气层316时,会发生另一折射。再次根据斯涅耳定律,第二层中光的传播角 θ_2 范围由进入空气层316的传播角范围内的折射改变,所述传播角在0至基本90度的范围内,再次由符号305指示。因此,在穿过膜312的过程中,来自空气的半球状入射光在膜的不同材料层中被转换为光的锥形分布,然后在另一空气层中恢复为半球状传播光。材料层中锥形分布的半角与各自材料的临界角相等。

[0056] 现在参见图3b,我们看到的是另一个膜构造320的示意性侧视图。膜构造320包括图3a的双层膜312,但在膜312的每一侧添加了一层超低折射率材料,其具有折射率 n_0' ,以生成构造320。折射率 n_0' 大于空气折射率,但显著小于低折射率 n_1 。折射率为 n_0' 的材料的第一层322涂敷到膜312的表面312a,折射率为 n_0' 的材料的第二层324涂敷到膜312的表面312c。与层322、324结合的初始膜312现在形成新的膜,该膜具有暴露于空气的平坦、平滑主表面322a、324a,表面322a、324a与表面312a-c平行。

[0057] 仍然参见图3b,光从下方,即从空气层314,入射在构造320上。如图3a中,入射光大体上沿着z轴行进,但随着光线跨越入射角的可能最广范围,再次由5向箭头符号305表示。

我们跟随该入射光的传输路线从空气层314穿过构造320的不同层进入相对的空气层316。

[0058] 当来自空气层314的入射光照射在主表面322a时,根据斯涅耳定律,其会折射到超低折射率材料层322中,即 $n_0 \sin \theta_0 = n_0' \sin \theta_0'$ 。由于入射光包含入射角在 $\theta_0 = 0$ 至 $\theta_0 \approx 90^\circ$ 度范围内变化的光线,因此折射光包含折射角(或传播角)在 $\theta_0' = 0$ 至 $\theta_0' = \theta_{c0}$ 范围内变化的折射光线,其中 θ_{c0} 为超低折射率材料的临界角,即 $\theta_{c0} = \arcsin(1/n_0')$ 。层322中所有折射光线的集合由半角为 θ_{c0} 的锥形表示。

[0059] 此折射光随后前进穿过构造320的其余部分。在此过程中,每个不同层中表示传播方向范围的角度锥形由斯涅耳定律确定。可采用直截了当的方式很容易地推断出光从层322前进到层324时,传播方向锥形的半角在 θ_{c0} 至 θ_{c1} 至 θ_{c2} 至 θ_{c0} 之间变化,如图3b所示。从层324折射入空气层316的光再次被折射入传播角305的可能最广范围。

[0060] 将图3a和3b进行比较,发现向膜312中添加层322、324对改变膜312内部的传播方向范围没有任何影响。对于膜312的两个层中的每一个而言,传播锥形的半角均保持相同。值得注意的是,不管用于层322、324的折射率为何,此结果都将相同。因此,尽管膜312和空气之间存在层322、324,我们还是将膜312表征为仍光学浸入空气中。

[0061] 现在参见图3c,此处我们具有与构造330基本相同的膜构造330,不同的是层322、324被层332、334替代。层332、334具有与层322、324相同的超低折射率。然而,图3b的平坦、平滑主表面322a、324a被粗糙主表面332a、334a替代,这会形成显著扩散效应。因此,从空气层314照射在主表面332a的半球状分布入射光线在层332中以所有传播角(参见符号305)折射和扩散,而不会如同图3b中的情形一样局限于半角 θ_{c0} 的锥形。层332中传播角的此扩展范围通过斯涅耳定律在界面312a处形成膜312第一层中的传播方向锥形,其半角 θ_{c1}' 显著大于图3b中的对应半角 θ_{c1} 。具体地讲, $\theta_{c1}' = \arcsin(n_0'/n_1)$ 。当此光进入膜312的第二层时,其会在表面312b处折射以在第二层中生成传播方向锥形,该锥形还相对于图3b中的对应锥形进行扩展。半角 θ_{c2}' 按照 $\theta_{c2}' = \arcsin(n_0'/n_2)$ 进行计算。根据斯涅耳定律,此光在表面312c处以所有角折射到超低折射率层334,并且此光又借助粗糙主表面334a以所有角折射和扩散到空气层316内。

[0062] 将图3c与图3a和图3b进行比较,发现与构造320、310相比,在构造330中光能够以更倾斜的角度在膜312的层中传播。由于光能够从超低折射率层332以所有角度照射在膜312上,并且由于以任何此类角度进入膜312的光能够通过层334、316离开膜,因此图3c中的膜312可以说成是光学浸入折射率为 n_0' 的超低折射率材料中。

[0063] 图4为给定层中光传播的角范围或锥形的透视图,示出了将该层光学浸入除空气之外的介质中时锥形的拓宽。因此,锥形410的半角为层材料的临界角 θ_c 。这是当层光学浸入空气中时可能的光传播方向范围。如果层光学浸入折射率大于空气的介质中,则光传播方向的范围扩展至较宽锥形412,半角为 θ_c' 。这两个锥形(或立体角度)之间的差值在图4中由微分角 θ_{gap} 表示。传播方向位于该间隙中的光表示这样的光,可能不会针对它设计层或层所属的膜以进行处理。

[0064] 现在将我们的注意力转向多层光学膜,其可用于本发明所公开的具有一个或多个光厚超低折射率层的层合构造中,以使得该多层光学膜可认为是光学浸入超低折射率材料中。一般来讲,我们首先概括描述多层光学膜的功能,并在稍后描述特定设计特性,其允许多层光学膜用作具有倾斜角反射或准直特性的光学浸入型反射偏振片。

[0065] 图5仅示出多层光学膜500的两层,该光学膜通常将包括几十或几百个以一个或多个邻接组排列的此类层。膜500包括单独的微层502、504。这些微层具有不同的折射率特性,以使得一些光在相邻微层间的界面处被反射。微层很薄,足以使多个界面处反射的光产生相长干涉或相消干涉,以使膜具有所期望的反射或透射特性。对于设计成在紫外线波长、可见波长或近红外波长反射光的光学膜,每个微层的光学厚度(即,物理厚度乘以折射率)通常小于约 $1\mu\text{m}$ 。然而,也可以包括更厚的层,例如膜外部表面的表层,或设置在膜内用以将微层组分开的保护边界层。

[0066] 多层光学膜500的反射和透射特性取决于各个微层的折射率、微层总数以及微层的厚度。每个微层(至少在膜的局部位置)可以通过面内折射率 n_x 、 n_y 和与膜的厚度轴相关的折射率 n_z 加以表征。这些折射率分别表示所讨论的材料对于沿相互正交的x轴、y轴和z轴偏振的光的折射率(参见图5)。

[0067] 在实践中,通过审慎的材料选择和加工条件来控制折射率。膜500的制作方法是:将通常有几十或几百层的交替层叠的两种聚合物A和B共挤出,然后可任选地将该多层挤出物通过一个或多个倍增用模具,接着对挤出物进行拉伸或者以其他方式对挤出物进行取向,以形成最终的膜。所得膜通常由几十或几百个单独的微层组成,调整微层的厚度和折射率,从而在所期望的光谱区域(如可见光区或近红外光区)形成一个或多个反射带。为了通过适当数量的层来获得高的反射率,相邻微层针对沿x轴偏振的光的折射率差值(Δn_x)可为例如至少0.05。如果希望对两个正交偏振状态的光具有高的反射率,那么相邻微层对于沿y轴偏振的光也具有例如至少0.05的折射率差值(Δn_y)。

[0068] 如果需要,还可以调整针对沿z轴偏振的光的相邻微层间的折射率差值(Δn_z),以便得到斜入射光的p偏振分量的期望反射特性。为了方便解释,在多层光学膜的任何关注的点处,x轴都可认为是在膜的平面内取向,使得面内 Δn 的量级为最大。因此, Δn_y 的量级可以等于或小于(但不大于) Δn_x 的量级。此外,在计算差值 Δn_x 、 Δn_y 、 Δn_z 时,对开始材料层的选择由 Δn_x 为非负值这样的要求来确定。换言之,形成界面的两层之间的折射率差值为 $\Delta n_j = n_{1j} - n_{2j}$,其中 $j = x, y$ 或 z 并且其中选择层标号1,2,以使得 $n_{1x} \geq n_{2x}$,即 $\Delta n_x \geq 0$ 。

[0069] 为了保持对以倾斜角度入射的p偏振光的近轴向反射率,各微层之间的z轴折射率失配 Δn_z 可以控制为显著小于面内折射率最大差值 Δn_x ,使得 $\Delta n_z \leq 0.5 * \Delta n_x$ 。或者, $\Delta n_z \leq 0.25 * \Delta n_x$ 。量级为零或几乎为零的z轴折射率失配产生了微层之间的这样的界面:取决于入射角,该界面对p偏振光的反射率为常数或几乎为常数。此外,z轴折射率失配 Δn_z 可以控制为与面内折射率差值 Δn_x 相比具有相反的极性,即, $\Delta n_z < 0$ 。此条件会产生这样的界面,该界面对p偏振光的反射率随入射角的增加而增大,如同对s偏振光的情形一样。

[0070] 如果给定多层膜中所有微层的厚度被设计为相同厚度,则膜将会在狭窄的波长带内提供高反射率。如果该波长带位于可见光谱中的某个位置,那么此类膜看起来将高度着色,并且色彩将随角度的变化而变化。在显示器应用背景中,通常会避免呈现显著色彩的膜,但在一些情况下,给定光学膜引入少量色彩以校正系统中其他位置的色彩不平衡也许会有助益。多层膜可通过以下方式在例如整个可见光谱内提供宽谱带反射率和透射率:对微层(或更精确地,光学重复单元,其通常对应相邻微层对)进行调整以具有光学厚度范围。通常,微层沿着z轴或膜的厚度方向排列,在膜或组的一侧排列一个最薄的光学重复单元,在另一侧排列一个最厚的光学重复单元,其中最薄光学重复单元反射反射谱带中的最短波

长,最长光学重复单元反射最长波长。在美国专利6,157,490(Wheatley等人)中对多层光学膜中的厚度梯度进行了进一步讨论,包括调整厚度梯度从而得到锐化谱带边缘。

[0071] 本发明所公开的多层膜有利地具有有足够带宽的反射谱带,使得它们在超低折射率(ULI)介质内以大多数角度反射可见光谱大部分区域内的波长的光。适用于多个显示器和发光体的可见光谱对一些系统延伸至约630nm,对其他系统延伸至650nm,并对一些最高色域系统延伸至高达670nm。由于任何ULI/聚合物界面处接近90度的高菲涅耳反射率,在这些最高角度下将不会透射很多光。因此,在ULI中, $\theta=75^\circ$ 度时膜对p偏振光的透光轴右侧谱带边缘(RBE)有利地高于约650nm。因此对于折射率为1.2的ULI,膜透光轴的最小RBE在垂直入射角度时有利地为至少950nm。对于LCD显示器中的改进对比度和色彩平衡,这些膜对p偏振光的透光轴RBE在垂直入射角度时有利地高于1000nm或高于1050nm或高达1100nm。如果ULI的折射率为1.15,则对p偏振光的透光轴RBE在垂直入射角度时有利地大于至少约900nm,并且更有利地大于950nm或甚至1000nm。对于高于1.15或1.2的ULI折射率,膜的右侧谱带边缘有利地成比例升高。

[0072] 多层光学膜可使用任何合适的技术制备。通常,制备涉及以下过程:将聚合物材料加热至其熔化或玻璃化转变温度之上,将熔融聚合物供给到多层供料头内,使用一个或多个膜倍增器可任选地倍增层,通过膜挤出模头传送熔化材料,将离开模头的挤出物浇铸到浇铸轮上,并沿着一个或两个膜方向拉伸或以其他方式对浇铸膜进行取向。参见例如美国专利No.5,882,774(Jonza等人)和No.6,783,349(Neavin等人)。在一些实施例中,可以不使用层倍增器制备膜。尽管层倍增器极大地简化了生成大量光学层的过程,但倍增器可能会使各个所得的层组产生对于各层组而言不相同的畸变。因此,对于各层组而言,任何对供料头中所产生层的层厚度分布的调整均不相同,即,不能同时对所有层组进行优化以产生无光谱畸变的均匀平滑的光谱。从而,对于低透射和反射色彩,使用通过倍增器制备的多层组膜可能难以形成最佳分布。如果在供料头中直接生成的单一层组中的层数目不能提供足够的反射率,则可以将两个或更多个此类膜附接到一起来增加反射率。在PCT专利公开WO 2008/144656(Weber等人)中对层厚度控制进行了进一步讨论,以对低色彩膜提供光滑光谱反射率和透射率。

[0073] 用于多层光学膜制备的材料通常为聚合物材料,该材料至少在可见和几乎可见波长以及对膜内的典型光路距离吸收率非常低。因此,多层膜对给定光线的反射百分比R和透射百分比T通常基本互补,即, $R+T \approx 100\%$,通常精确性在约1%内。因此,除非另外指明,否则本文所公开的具有高反射率的多层光学膜可被假定为具有低透射率,并且反之亦然,同时本文所公开的具有低反射率的多层光学膜可被假定为具有高透射率,并且反之亦然,并且所报告的反射率或透射率值可被假定为也通过关系 $R+T \approx 100\%$ 各自对反射率或透射率做出报告。

[0074] 考虑光学膜透射和反射特性时要牢记的另一个问题为,是否要将膜最外侧正面和背面主表面处的表面反射贡献考虑在内。此类表面反射在垂直入射角度下可能相对较少,如,总反射率为约10%,但在高度倾斜角下可大很多,并且可在s和p偏振分量之间有很大差异。就本专利申请而言,本发明所公开的光学膜优选但未必旨在结合到层合构造内,在这种情况下,膜外部主表面的至少一者并且可能两者将与除空气之外的光学材料接触。因此,除非另外指明,否则本文所报告的反射和透射特性不包括在膜最外侧正面和背面主表面处的

表面反射贡献。此类值有时称为“内部反射”和“内部透射”以将其与“外部反射”和“外部透射”区分开,后者确实包括前表面和背表面反射率的贡献。然而,除非另外指明,否则即使本文不使用术语“内部”,本文所讨论的反射和透射特性也应该被假定为内部反射和内部透射值。

[0075] 不管处理的是计算机建模光学膜还是特性在实验室中测量的实际膜,内部反射和透射特征均可容易地确定。就建模膜的反射率和透射率的计算值而言,通过省略计算来自所计算值的那些表面反射率易于实现这一点。反射光谱及其所有特征,例如任何角度下的反射率以及用于双折射多层膜的谱带边缘,均可使用Berremen和Scheffer的Phys.Rev.Lett.25,577(1970)中的 4×4 叠堆码进行计算。在由Azzam和Bashara编写、Elsevier Science,Holland出版的著作“Ellipsometry and Polarized Light”(椭圆光度法和偏振光)中对该方法进行了说明。

[0076] 就反射率或透射率的测量值而言,可通过以下方法实现内部反射和透射特性:在空气对膜进行测量,并减去仅表示表面反射率的计算值或测量值。例如,给定具有比微层厚得多的平滑透光表面层的多层膜,该表面层的折射率可以测量。一旦表面层的折射率已知,就可通过使用本领域所熟知的数学公式从测量的总反射率中减去表面反射率。在空气中,在垂直入射角度(0度)以及较高角度(例如60度)下该方法效果很好。在空气或在实例的较高折射率(例如折射率1.2)介质中90度下的相同膜的反射率可通过以下方法直接测量:将折射率已知的玻璃棱镜光学耦合至膜的两侧,并在适当的角度下测量反射率,其可使用斯涅耳定律轻松确定。折射率为约1.5至1.7的玻璃棱镜适用于这些测量。此类玻璃棱镜和这些聚合物膜之间的界面反射率在接近45度的角处很小,但如果有必要更准确地测量多层光学膜的内部反射率,则可很容易地对其进行计算。

[0077] 准确测量膜的透射而不是反射通常更加容易,特别是在非零度角处。由于在所关注的膜中光的吸收率相对很小(对于垂直入射光通常小于1%),因此可以只测量透射率值 T 并假定 $R=1-T$ 。如果吸收率大于约若干百分比,则可在垂直入射角度下通过单独测量 R 和 T 进行测量。然后可以容易地估算更高角度下的吸光度,此时反射率可计算为 $R=1-A-T$,其中 R 、 A 和 T 通常以百分比表示并且 $1=100\%$ 。

[0078] 本文所公开的多层光学膜对垂直入射光呈现偏振特性,对高度倾斜光呈现多种反射和透射特性。这些特性的讨论需要参考引用以下各种术语来表示的参数:“透光”偏振(以及“透光”轴、“透光”平面等)、“阻光”偏振(以及“阻光”轴、“阻光”平面等)、 s 偏振以及 p 偏振。为清楚起见以及为帮助读者避免混淆这些术语,现在将提供这些术语的详细讨论。

[0079] 对于传统的偏振膜,可以认为光是在两个正交平面内偏振,其中光的电矢量(其横向于光的传播方向)位于特定偏振平面内。此外,可以将给定偏振态的光线分解为两个不同的偏振分量: p 偏振光和 s 偏振光。 P 偏振光为在光线入射平面和给定表面内偏振的光,其中入射平面为包含局部表面法向矢量和光线传播方向或矢量的平面。

[0080] 例如,图6示出了光线610,该光线以入射角 θ 入射到标准偏振片602上,从而形成入射平面612。偏振片602包括平行于 y 轴的透光轴604和平行于 x 轴的阻光轴606。光线610的入射平面612平行于阻光轴606。光线610具有位于入射平面612内的 p 偏振分量和与入射平面612正交的 s 偏振分量。 p 偏振光线610具有平行于偏振片602的阻光轴606的矢量分量,因此将基本上被偏振片反射,而 s 偏振光线610平行于偏振片602的透光轴604并且将由偏振片至

少部分地透射。

[0081] 此外,图6示出了在入射平面622内入射到偏振片602上的光线620,其具有平行于偏振片602的透光轴604的矢量分量。因此,光线620的p偏振光平行于偏振片602的透光轴604,而光线620的s偏振光平行于偏振片602的阻光轴606。因此,假设偏振片602为理想偏振片,其对于在阻光轴上偏振的光在所有入射光角度下反射率为100%,并且对于在透光轴上偏振的光在所有入射光角度下反射率为0%,则偏振片透射s偏振光线610和p偏振光线620,而反射p偏振光线610和s偏振光线620。换言之讲,偏振片602将透射p和s偏振光的组合。如本文进一步所述的那样,p偏振光和s偏振光的透射和反射量将取决于偏振片的特性。

[0082] 我们在下面对以下内容进行了更全面地说明:如何调整多层光学膜中的相邻微层之间的折射率关系以生成适于用作光学浸入型反射偏振片的光学膜,所述膜对于“透光”偏振态的斜入射光还有利地呈现出反射率的显著增加。对于斜入射光的显著反射率增加可以设计成仅在一个入射平面或两个正交入射平面内进行,并且在其中任一种情况下均可在循环利用系统中使用以帮助将光局限或“准直”在较窄视锥(由于在至少一个入射平面内,或在两个正交入射平面内的一些实施例中,具有离轴高反射率和低透射率)内,从而在显示系统中得到增加的亮度和/或对比度,或以便使来自发光体的光准直。读者应该理解,结合本发明所公开的反射偏振膜使用时,术语“准直”会广义地使用,同时应该理解,膜在示例性实施例中与至少部分地循环利用偏振膜所反射的一些光的其他反射膜或漫射膜或元件结合。因此,当偏振膜对于垂直入射光具有高透射率而对于高度倾斜光具有低很多的透射率(更高反射率)时,反射的倾斜光的至少一些可沿倾斜度更低的方向被系统中的另一个光学元件再次反射回偏振膜,使得现在更可能被偏振膜透射。从这个意义上讲,初始高度倾斜光被偏振膜透射时会“转变”为低倾斜度的光,并且偏振膜可以说成使照射到其上的光“准直”。

[0083] 本文提供了图7a-c,以示出本发明所公开层合物中使用的浸入型多层反射偏振片的一些期望的透射和反射特性。

[0084] 在图7a中,示出了方向半球的透视图。半球上的任何点均表示光传播的一个方向,通过极角 θ 和方位角 Φ 来表征。 z 轴垂直于膜的平面。为了图7a-c的目的,角度 θ 、 Φ 被假定为在光厚超低折射率(ULI)材料中进行测量(因此有时称为 $\theta_{\text{low index}}$ 和 $\Phi_{\text{low index}}$),而无论将该ULI材料层相对于其反射和透射特性为我们所关注的多层光学膜放置在何处。例如,ULI层可以与多层光学膜相邻并设置在多层光学膜和光源之间。或者,ULI层可以与多层光学膜相邻但设置在其相对侧。或者,在层合构造中可以通过一个或多个其他膜或部件将ULI层与多层光学膜分开,但两者间没有显著空气间隙。

[0085] 本发明所公开的多层光学膜至少对于低入射角(即,垂直或接近垂直入射角, $\theta \approx 0$)的光优选呈现显著偏振特性。因此,对于垂直入射光,膜优选地限定在可见波长范围内具有低反射率和高透射率的透光轴(如,沿着面内 y 轴),以及在可见波长内具有非常高反射率和非常低透射率的阻光轴(如,沿着面内 x 轴)。优选地,基本上在 θ 和 Φ 的所有组合内,即半球所表示的所有方向,“阻光”偏振的光均会被“阻挡”,即,通过非常高反射率和非常低透射率来表征。因此,参照图6的几何形状,其中606为阻光轴,本发明所公开的反射偏振膜对于入射到平面622内的s偏振光以及入射到平面612内的p偏振光、对于在ULI材料中测量的高达约90度的角 θ 以及对于基本所有可见波长优选地保持高反射率。

[0086] 本发明所公开的偏振膜对于“透光”偏振的光优选呈现出更复杂有趣的特性,如图

7b和7c中以理想化定性方式所示的那样,这会针对“透光”偏振重新生成图7a的方向半球,并在其上叠加本发明所公开的不同膜的透射和反射特性。在每种情况下,对于垂直和接近垂直入射角度,膜均会提供相对高的光透射率。与垂直/接近垂直入射角度的阻光状态光透射率相比,此透射率被认为“较高”,并且通常为至少50%并在一些情况下远大于该值,甚至接近100%,但在一些情况下其也可显著小于50%并仍远高于阻光状态的透射率。具有后一特性的膜在例如损耗最小的非常高效的循环利用系统中可能有用。

[0087] 除了对于透光状态的垂直入射光具有“高”透射率,膜还有利地对于以高度倾斜角 θ 入射的透光状态的光具有低得多的透射率(和较高反射率),至少对于一些范围内的方位角 Φ 如此。随角度增加而增加的反射率有效地压缩视锥或穿过膜的光传播锥形。从“高”到“低”的透射率的过渡通常是渐进的,因此示出中间反射率的区域以将高透射率区域和低透射率区域分开。与垂直入射角度的透光状态光透射率相比,倾斜角的“低”透射率被认为“较低”。通过对以极端入射角(如,超临界入射角)行进的透光状态光提供减小的透射率和增加的反射率,可以避免以大于设计角度的角度透过膜传播的光相关问题,如,与图4中示出的间隙相关的角度。特别是在显示和照明应用中,会在基本整个可见光谱内相对均匀地优选保持增加的反射率,从而不将显著色彩引入系统中。由于多层膜反射谱带的特性波长随入射角偏移,这又会对膜的反射谱带的右侧谱带边缘的定位提出某些要求。

[0088] 如下面将进一步讨论的那样,可调整多层偏振膜,使得透光偏振态光的高透射率区域和低透射率区域对方位角 Φ 相对不敏感,如图7b所示,或它们可强烈地依赖于 Φ ,如图7c所示。出于显而易见的原因,图7b的方位角不敏感特性可以说是对“双轴准直”多层反射偏振膜的表征,而图7c的极大不同方位角特性可以说是对“单轴准直”多层反射偏振膜的表征。这些类别之间的区别可取决于膜所针对的应用,并且在给定应用中不同方位角方向之间的差值大小被认为很重要。为了方便接下来的讨论,可以简单地将双轴准直偏振膜表征为随两个正交入射平面(例如x-z平面和y-z平面)的极角 θ 的变化呈现透射率的类似下降,同时将单轴准直偏振膜表征为在一个入射平面中呈现透射率的显著下降,而在正交入射平面中呈现透射率极小下降或无下降。值得注意的是,就单轴准直偏振膜而言,呈现透射率显著下降的入射平面可以与膜的透光轴或阻光轴平行。当透射率降低的表面与透光轴平行时,膜可称为p偏振准直膜,因为透光状态光的p偏振分量会随入射角的增加而越来越多地被反射,并且当平面与阻光轴平行时,膜可称为s偏振准直膜,因为透光状态光的s偏振分量会随入射角的增加而越来越多地被反射。

[0089] 根据系统特征和要求以及设计约束,对于某些系统而言,利用双轴准直偏振膜比单轴准直膜可能更有益处,而对于其他系统事实可能相反。在本文的别处提供了此类设计考虑事项的进一步讨论。尽管本专利申请提供与单轴以及双轴准直偏振膜相关的教导内容,但涉及双轴准直膜的进一步信息和实例可见于美国专利申请No. XX/XXX,XXX, “Immersed Reflective Polarizer With High Off-Axis Reflectivity”(具有高离轴反射率的浸入型反射偏振片)(代理人档案号No. 65809US002),该专利申请随同本专利申请于同一天提交并以引用的方式并入本文。

[0090] 除了提供足够的离轴反射率以确保以相对于图4的“间隙”的超临界角传播的光不会过度降低系统性能以外,第二项设计挑战是需要空气中以甚至更低的角度,如从约45至90度,反射并循环利用光线的很大一部分。在一些LCD电视中,通过微透镜阵列膜朝着法

向重定向该角度范围。在至少一个入射平面内,本文所公开的反射偏振片中的至少一些可提供这种适度至高角度倾斜光的基本反射率,并且可接近一个或两个微透镜膜的性能。

[0091] 我们发现,上述透射和反射特性可在适当设计的实际多层膜中实现,如具有适当的微层数并具有可使用现有聚合物材料和处理技术实现的折射率关系。一些本发明所公开的实施例,例如确认可构造具有约500层的微层反射偏振片,该偏振片可反射图4所示间隙中的光的最多约90%,同时仍在垂直入射角度提供高透射率值。

[0092] 多层光学膜的光学特性涉及有限数量的参数,其可被视为是“主要”的,例如膜中的微层数及其在膜内的一个或多个相干层组内的分布、各种微层的厚度和层厚度分布、以及层的折射率。在本专利申请中,我们不仅提供可如何选择这些主要参数以制备适于在层合构造中用作浸入型膜的多层反射偏振膜的实例,还辨识某些次要膜参数,以及涉及此类参数的关系,这在评估此类构造中多层膜的适用性时可能很重要。这些次要膜参数可以包括以下一者或多者:

[0093] 针对给定入射角 θ 下的四种偏振情况中的任何一种限定膜的内部反射率,即,入射到透光平面的p偏振光的反射率($RP_{pass}(\theta)$);入射到透光平面的s偏振光的反射率($RS_{block}(\theta)$);入射到阻光平面的p偏振光的反射率($RP_{block}(\theta)$);以及入射到阻光平面的s偏振光的反射率($RS_{pass}(\theta)$),其中透光平面为包含膜的透光轴和垂直轴的平面,阻光平面为包含膜的阻光轴和垂直轴的平面,并且角度 θ 可为在空气中测量的角度(θ_{air})或在超低折射率材料中测量的角度($\theta_{low\ index}$)。

[0094] 对于给定入射角 θ 的四种偏振情况的任何一种限定膜的内部透射率,即,入射到透光平面的p偏振光的透射率($TP_{pass}(\theta)$);入射到透光平面的s偏振光的透射率($TS_{block}(\theta)$);入射到阻光平面的p偏振光的透射率($TP_{block}(\theta)$);以及入射到阻光平面的s偏振光的透射率($TS_{pass}(\theta)$)。

[0095] 我们对上述参数中的某些参数的平均值进行定义。例如

[0096] $R_{pass}(\theta)$ 为 $RP_{pass}(\theta)$ 和 $RS_{pass}(\theta)$ 的平均值;以及

[0097] $T_{pass}(\theta)$ 为 $TP_{pass}(\theta)$ 和 $TS_{pass}(\theta)$ 的平均值。

[0098] 在特定条件下我们对上述参数中的任何一个进行定义。例如:

[0099] %T00为膜对于透光偏振光在垂直入射角度下的内部透射率,其也与 $T_{pass}(0)$ 、 $TS_{pass}(0)$ 和 $TP_{pass}(0)$ 相等;

[0100] %T_block为膜对于阻光偏振光在垂直入射角度下的内部透射率,其也与 $T_{block}(0)$ 、 $TS_{block}(0)$ 和 $TP_{block}(0)$ 相等;

[0101] %TA60S为膜对于入射到阻光平面内的s偏振光,在空气中测量的60度入射角下的内部透射率,其也与 $TS_{pass}(\theta_{air}=60)$ 相等;

[0102] %TA60P为膜对于入射到透光平面内的p偏振光,在空气中测量的60度入射角下的内部透射率,其也与 $TP_{pass}(\theta_{air}=60)$ 相等;

[0103] %TA60为%TA60S和%TA60P的平均值;

[0104] %TA90S为膜对于入射到阻光平面内的s偏振光,在空气中测量的90度入射角下的内部透射率,其也与 $TS_{pass}(\theta_{air}=90)$ 相等;

[0105] %TA90P为膜对于入射到透光平面内的p偏振光,在空气中测量的90度入射角下的内部透射率,其也与 $TP_{pass}(\theta_{air}=90)$ 相等;

[0106] %TA90为%TA90S和%TA90P的平均值;

[0107] %TU90S为膜对于入射到阻光平面内的s偏振光,在超低折射率材料中测量的90度入射角下的内部透射率,其也与TSpass($\theta_{\text{low index}}=90$)相等;

[0108] %TU90P为膜对于入射到透光平面内的p偏振光,在超低折射率材料中测量的90度入射角下的内部透射率,其也与TPpass($\theta_{\text{low index}}=90$)相等;并且

[0109] %TU90为%TU90S和%TU90P的平均值。

[0110] 反射谱带的长波长谱带边缘的位置有时也称为红色谱带边缘(RBE)或右侧谱带边缘,属于指定入射角下的反射谱带。就垂直入射角度下具有显著透光偏振反射率的偏振片而言,透光偏振光的垂直入射角度下的反射谱带不同于阻光状态光的垂直入射角度下的反射谱带。在这种情况下,除非另外指明,否则RBE是指对于阻光偏振光的反射谱带的长波长边界,如,内部反射率下降至其谱带内平均值的90%的波长。

[0111] 如上所述,可制备反射型偏振片,使其也可对于透光轴以倾斜角度大量反射。可调整高角下的透光轴反射率,使得其对于s偏振光、p偏振光或对于两者均较大。这两个分量从正交方向入射,但两者均具有与包含膜透光轴的平面平行的电场矢量。如果期望p偏振透光轴的光、而不是s偏振透光轴的光具有高反射率,那么可使用具有大z折射率差值和小y折射率差值的膜。如果期望s偏振透光轴的光、而不是p偏振透光轴的光具有高反射率,那么可使用具有大y折射率差值和小z折射率差值的膜。值得注意的是,为了对阻光偏振态的光提供高反射率,x折射率差值应该显著大于y折射率差值。

[0112] 重新参考图5,考虑这样一种情况,其中膜已拉伸或取向,使得第一材料(微层502)具有双折射性,第二材料(微层504)具有各向同性,其折射率为 n_2 ,并且另外 $\Delta n_x > \Delta n_y > 0 > \Delta n_z$,即 Δn_z 为负值。在这种情况下,第一材料呈现叠堆中的最高(n_{1x})和最低(n_{1z})折射率,但为方便起见,我们仍将偶尔参考第一材料作为高折射率材料以及第二材料作为低折射率材料(不要与超低折射率材料混淆)。为了针对透光轴s偏振光呈现高离轴反射率,低折射率层的折射率 n_2 应显著低于高折射率材料的 n_{1y} 。为了针对p偏振光提供高折射率,相同低折射率材料的折射率 n_2 应显著高于高折射率材料的 n_{1z} 。通过改变 n_2 使这些值的其中一个值最大化将使另一个值最小化,因此很显然为了使s偏振光和p偏振光均以倾斜角最大化和几乎相等地反射,双折射层的y-z折射率差值($n_{1y}-n_{1z}$)应最大化。另外还有一项约束,即 n_{1x} 要显著大于 n_{1y} 以便阻光轴反射的光比透光轴多得多。

[0113] 对于透光轴的p偏振光和s偏振光均具有很强反射性的膜需要大的 Δy 和 Δz 折射率差值。大部分多层双折射反射偏振片仅通过拉幅机取向,即仅沿x方向取向。然而,这会针对y折射率生成有限范围的值。也可通过沿y方向对膜取向来增加y折射率。可采用同时双轴拉伸法或通过顺序拉伸法来完成。下面给出了两种情况的实例。

[0114] 在结合图9提供关于非对称膜处理考虑事项及其如何影响微层折射率的进一步说明之前,我们对能够提供双轴准直的具体多层偏振膜实例进行了描述。

[0115] 光学膜1.1:双轴准直膜,550个微层(建模)

[0116] 可通过使用高双折射率、大量微层或两者来增大倾斜角反射率。这是两种方法均使用的实例。使用下表中列出的折射率,其表示适当单轴取向的90/10coPEN(材料1)和coPET(材料2),并进一步假定550个微层的单个叠堆两侧的coPET材料(各向同性折射率为1.555)表层,所述微层具有为了平坦光谱而优化的连续层厚度分布并提供垂直入射角度下

400nm处的左侧谱带边缘(LBE)和垂直入射角度下1150nm处的右侧谱带边缘(RBE),可大大增加单轴取向膜的角反射率。

[0117]

	nx	ny	nz
材料1	1.830	1.620	1.505
材料2	1.555	1.555	1.555
差值	0.275	0.065	-0.05

[0118] 在图8a中绘出了计算的(内部)反射率与入射角的曲线,其中假定入射角位于折射率为1.2的ULI介质中。在该附图中,曲线810表示RSblock(θ)和RPblock(θ)这两者,曲线812表示RSpass(θ),曲线814表示RPpass(θ)。值得注意的是,s偏振和p偏振光的透光状态反射率在最高角度下均增加至几乎0.9。对于大多数角度而言,即使对于s偏振光,这些反射率值也将控制系统构造中的表面和界面反射。图8b绘出了随折射率为1.2的ULI材料的入射角而变化的透光偏振和阻光偏振的右侧谱带边缘(RBE)的位置,其中曲线820示出了阻光状态和s偏振光的RBE位置,曲线822示出了阻光状态和p偏振光的RBE位置,曲线824示出了透光状态和p偏振光的RBE位置,并且曲线826示出了透光状态和p偏振光的RBE位置。

[0119] 聚合物和处理的选择还会影响膜产品的成本和制备产率。因此,使用不同的低折射率材料或以不同方式处理偏振片可能是有利的。例如,制备光学膜1.1的550层偏振片所需的挤出设备可能费用较高并难以设计。可能优选的是层合或共挤压使用下述可供选择的方法制备的两种275层膜。

[0120] 存在若干针对多层光学膜微层的折射率参数,它们会影响任何给定入射角的反射率,我们在图9中对此信息进行了汇总。s偏振光的反射率随值 $\Delta ny = n_{1y} - n_{2y}$ 的增加而增加,所述值 Δny 沿着横坐标向右侧增加。p偏振光的反射率取决于 Δny ,但在很大程度上也取决于 $\Delta nz = n_{2z} - n_{1z}$,所述值 Δnz 沿着图9的纵轴增加。对于受约束的单轴取向膜而言,高折射率层的最大y-z双折射率会确定可在交替的层之间实现的最大值 Δny 和 Δnz 。对于coPEN高折射率层而言,由于受约束单轴取向PEN的最高y折射率为约 $n = 1.62$,最低z折射率为约 $n = 1.50$,因此此限制为约 $\Delta n = 0.12$ 。可通过在相对低温或高拉伸比下或两者同时具备的情况下最大化PEN元素并取向浇铸料片来实现此双折射,这在聚合物膜制备领域中是众所周知的。

[0121] 可得自3M公司的一些多层光学膜反射偏振片产品,即VikuitiTMDBEF-q膜和VikuitiTMAPF膜,其折射率差值 Δny 和 Δnz 的值在图9的图线上分别以附图标号910、912标记。对于单轴取向多层而言,在该图中沿着对角虚线920具有折射率差值的膜会出现倾斜入射s偏振和p偏振光的反射率最大值。膜1.1,其对于s偏振光和p偏振光具有相等反射率,会在点($\Delta ny = 0.065$, $\Delta nz = 0.05$)处落在这条线上。在曲线图的右下角,由于 Δny 很大,因此s偏振光的准直可能性极大,但由于 Δnz 为零,因此p偏振光的准直可能性为零,并且p偏振光的反射率不会随入射角而变化。在曲线图的左上角,p偏振光的反射率很大,而s偏振光的反射率为零。在接近点(Δny , Δnz) = (0.04, 0.8)的位置,p偏振光的反射率最大。在偏振片构造中使用具有最大双折射率的coPEN膜时,低折射率层的折射率值中的变化会使光线沿着虚线920的设计空间移动。虚线920左侧和下方的所有折射率集对于给定入射角下的光具有较低反射率。虚线上方和右侧的所有折射率集将在相同的入射角下提供较大反射率。点

916表示光学膜3.4。

[0122] 增加折射率差值 Δn_y 和 Δn_z , 并因此增加倾斜光的反射率, 可使用上述相同材料集, 通过沿纵向(MD)或y方向对膜另外取向来实现。该处理将自然降低沿x方向的折射率, 因此会限制该方法。然而, 这允许在图9中虚线920的上方和右侧空间内操作。例如, 点918表示反射偏振膜, 其制备方法是沿MD方向对膜进行取向并进行后续热定型。此类膜在本文称为光学膜1.2并在下面有进一步说明。点914表示按照光学膜1.2的说明制备的膜, 但未沿MD或y方向对膜进行取向。

[0123] 通常, 上述处理称为非对称双轴取向。利用该处理, 可增加coPEN的y折射率。在z折射率为1.5时 n_y 增加至约1.75的限度内, n_x 降低至约1.75, 此时膜成为对称反射镜。在折射率 n_{ly} 的某个中间值处, 即使对于较低层数, 例如275层, 膜仍将为有效偏振片并且对于透光轴光的反射率将很大。然后可根据需要层合两种或更多种此类膜, 如下面的实例所示。

[0124] 光学膜1.2: 双轴准直膜, 275个微层(建模)

[0125] 高温热定型后, 可以共挤压90/10coPEN和PETg交替的层的多层材料叠堆, 并沿y方向以大约3:1以及沿x方向以5:1对其进行取向, 以获得下表所示用于交替微层的折射率特性。

[0126]

	n_x	n_y	n_z
材料1	1.80	1.675	1.50
材料2	1.595	1.595	1.595
差值	0.205	0.08	-0.095

[0127] 如果所得的非对称取向多层光学膜被假定为具有275个微层的单个层组, 并且层组的两侧均有各向同性PETg表层, 所述微层具有为了平坦光谱而优化的连续层厚度分布并提供垂直入射角度下400nm处的左侧谱带边缘(LBE)和垂直入射角度下1150nm处的右侧谱带边缘(RBE), 则会制备反射偏振膜, 其计算反射率特性在图10中示出。在该附图中, 曲线1010表示 $RS_{block}(\theta)$, 曲线1012表示 $RP_{block}(\theta)$, 曲线1014表示 $RP_{pass}(\theta)$, 并且曲线1016表示 $RS_{pass}(\theta)$ 。线1018表示折射率为1.2的ULI介质中的入射角, 其对应于90度的空气中的入射角。

[0128] 光学膜1.3: 双轴准直膜, 275个微层 $\times$ 2组

[0129] 如果将光学膜1.2的其中两个层合在一起, 以制备总共具有550个层(但布置在两个相关层组内, 其由低折射率微层中所用材料的光厚层相互隔开)的光学膜1.3, 则会生成图11所示的计算反射率。在该附图中, 曲线1110表示 $RS_{block}(\theta)$, 曲线1112表示 $RP_{block}(\theta)$, 曲线1114表示 $RP_{pass}(\theta)$, 并且曲线1116表示 $RS_{pass}(\theta)$ 。线1118表示折射率为1.2的ULI介质中的入射角, 其对应于90度的空气中的入射角。

[0130] 在已经对若干双轴准直多层反射偏振膜进行了描述, 并在对额外的单轴和双轴准直反射偏振膜进行描述之前, 现在将注意力转向可在其中使用膜的一些层合构造。尽管对光学显示器的应用做了一些强调, 例如背光源和LC面板, 但读者应当理解, 还可以想到本发明所公开的膜和层合物的其他应用。在许多情况下, 层合构造包括至少四个元件: 本发明所公开的单轴或双轴准直多层反射偏振膜、ULI材料的光厚层、用于将超临界光引入多层膜内的层或其他机构、以及用于将超临界光的一部分引出系统的层或机构。后者可为具有表面

结构的任何层或具有内部散射和吸收元件的厚层,例如LCD电视面板。

[0131] 图12示出了包括LC面板1212的层合构造1210的示意性侧视图。构造1210还包括如本文所公开的反射偏振多层光学膜1214中的任何一个、ULI材料的光厚膜或层1216以及扩散层1218。来自背光源的光从下方入射到构造1210,其穿过多种层以便为观察者照明显示器。

[0132] 浸入型反射偏振片1214的循环利用倾斜透光轴光增加照明系统的同轴照明增益,同时减少系统的倾斜角度输出。扩散层1218可为具有基本反射的重型扩散片,例如用于50%T、60%T或70%T扩散板的替代装置,或其可为微结构化表面,例如棱镜、含珠或小透镜阵列。也可在反射偏振片1214和LCD玻璃面板1212之间添加额外的扩散层。例如当反射型偏振片具有一些不可取的色彩时,可能需要此类额外扩散层。或者,额外扩散片可为微结构形式,其有助于使反射偏振片透射的光进一步准直。如果扩散片采用微结构化表面的形式,则ULI应设置在LCD面板1212和微结构化表面之间。或者为了更高效率,可以在该界面处插入第二ULI层,同时使第一ULI层保持在图12中示出的位置。

[0133] 图13为另一个层合构造1310的示意性侧视图,该构造整合了本文所公开的至少一个光厚超低折射率层1316和多层反射偏振膜1314,以形成侧光式或直接照明式背光源或其一部分。层1312为扩散层,其可为半镜面以有助于隐藏反射偏振片中存在的色彩,或者其可为或包括结构化表面,如线性棱镜表面,该结构化表面会扩散光并且还有助于使反射偏振片透射的光准直。层1318可为或包括扩散板,其设置在直接照明式背光源构造中的LCD阵列或其他合适光源(未示出)上方。或者,层1318可为或包括固态光导装置,这种情况下LED 1320或其他合适光源可通过一个或多个侧面或端面将超临界角度光引入系统内。这在图14的正视图或俯视图中有更清晰地示出,其中元件1410表示层合物1310或它的层1318,并且区域1412a-d示出了可设置光源以用于将光引入光导装置内的可能位置。如果光源布置在区域1412b、1412d中的一者或两者处,则沿着与x轴(注意,附图中的x-y-z轴出于参考目的)而不是y轴平行的轴的超临界光传播相关问题可能更严重。相似地,如果光源布置在区域1412a、1412c中的一者或两者处,则沿着与y轴而不是x轴平行的轴的超临界光传播相关问题可能更严重。

[0134] 图15-18示出了多种不同层合构造,其包括显示面板和本发明所公开的反射偏振膜。

[0135] 在图15中,层合构造1510包括显示面板1512,例如LC显示面板、光厚光学粘合剂层1514、本文所公开的多层反射偏振膜1516以及扩散层1518,例如施加到偏振膜1516上的含珠增益扩散片等。在本实施例中,粘合剂层1514可由常规粘合剂材料而非ULI材料构成,所述常规粘合剂材料具有约1.5的折射率。因此,构造1510其内可能不包括ULI层,以及在示出的元件之间不存在空气间隙。此类非ULI实施例在下面有进一步讨论。构造1510可以与合适的背光源组合,该背光源可定位成从下方对构造1510和面板1512进行照明。

[0136] 在图16中,示出了与图15的构造1510类似的层合构造1610,其中为类似的元件提供类似的附图标号。在图16的实施例中,多层反射偏振膜1616和常规光学粘合剂层1514之间提供了光厚ULI层1612。根据ULI层1612是否布置在层合物内(如,可将其重新定位成位于反射偏振片1616和扩散层1618之间),它可起到限制反射偏振片中高度倾斜光传播的作用,或起到将此类高度倾斜传播光重新导向回反射偏振片中的作用,以达到比层1514的常规光

学粘合剂材料大得多的程度。因此,反射偏振膜1616的反射谱带的带宽可制备成显著小于图15中偏振膜1516的带宽。

[0137] 在图17中,层合构造1710设有一些额外的扩散或准直元件。在这种情况下,提供层1709,其包括棱镜表面结构化的膜,例如线性棱镜BEF膜。在层1709中,棱镜设置在膜基底上,其中棱镜的点紧邻或接触粘合剂层1514。棱镜和粘合剂层之间的空间用ULI材料填充。从而层1709的ULI材料使棱镜平面化。层1711为另一个常规光学粘合剂层。层1712为光厚ULI层。层1716为如本文所公开的多层反射偏振膜。层1718为扩散层,例如含珠增益扩散片。

[0138] 在图18中,除了已讨论的其他元件之外,层合构造1810还包括光厚ULI层1812、如本文所公开的多层反射偏振膜1816以及体积扩散层1818,排列方式如图所示。

[0139] 图16-18为包括显示面板、多层反射偏振膜以及光厚超低折射率层的层合构造的示意性侧视图;

[0140] 在对若干不同显示面板上的层合构造进行描述之后,我们转向图19以获得示例性的光导装置上的层合构造1910。在本实施例中,将棱镜结构1912,例如BEF棱镜膜中使用的那些,施加到如本文所公开的多层反射偏振膜1914。在这种情况下,棱镜暴露于空气中并会透射已穿过偏振膜1914通常向上朝向显示面板或观察者行进的光。此类光来源于光源1930a、1930b,它们在固态光导装置1924边缘处的侧光式构造中示出。光导装置1924设有常规提取器1926的图案。从光导装置1924的底部漏出的光被白色后反射器1928反射。压敏粘合剂层1922将光导装置1924粘结到上方的其他部件上,包括分级折射率ULI层1920、高雾度ULI层1918(其也可作为体积扩散片)以及低雾度ULI层1916。

[0141] 进一步的实施例

[0142] 光学膜3.4:单轴准直膜(s偏振),275个微层(制备)

[0143] 将低折射率和高折射率聚合物交替的多层构造的浇铸料片挤出到冷却的浇铸轮上,以用于在膜生产线上进行在线拉幅机取向。使用送料区块方法(参见如美国专利6,783,349(Neavin等人)),低折射率和高折射率聚合物层交替的反射偏振片通过以下过程制备:共挤出低折射率和高折射率聚合物材料交替的275层的浇铸料片,并随后对浇铸料片取向,首先是在长度取向机(L0)中,然后在拉幅机中进行。利用90/10coPEN(10%聚对苯二甲酸乙二醇酯)制备高折射率层。利用Ecde1聚合物FN007(可得自Eastman Chemicals)制备低折射率层。在共挤出过程中从熔融装置组件中转移高折射率材料的15%以形成保护边界层(275层挤出物的每一侧各占7.5%)。按某比率将PETg 14285(可得自Eastman Chemicals)的表层紧接挤出模头施加到熔融流,从而得到在膜每一侧的约8微米厚的成品表层。膜高折射率层的目标折射率为 $n_x=1.82$ 、 $n_y=1.62$ 、 $n_z=1.51$ 。在633nm处Ecde1的折射率为约1.505,PETg的折射率为约1.564。

[0144] 对各层组中低折射率和高折射率材料的相对挤出速率进行调整,以使得成品膜中的相邻材料层将各自具有大约相同的光学厚度。调整低折射率和高折射率材料的挤出速率,以使得两组层对调节为对于最薄层从约400nm反射的阻光轴均具有四分之一波长的光学厚度,并且厚度以幂律分布单一地增加以对于膜的最厚层反射约950nm光。调整挤出浇铸轮的速度,以使得所得的反射谱带跨越该波长范围。选择幂律分布的形状,以使得所得的光谱在光谱的大部分范围内是相对平坦的。使用US 6,783,349(Neavin等人)中概述的轴向杆技术对光谱形状进行微调。在最终取向膜中,表层各自为约6微米厚。成品膜总厚度为约45

微米厚。

[0145] 在标准膜制备拉幅机中对浇铸料片进行取向。在约144℃下的拉幅机中对浇铸料片预加热20秒。接着在144℃下以约50%/秒的初始速率拉伸膜。x方向的总体拉伸总比率为约5.5:1。然后在227℃下对膜热定型20秒,同时拉长宽度的约1%。

[0146] 所得膜的阻光(曲线2016)、透光(曲线2012)、s-pol 60(曲线2014)以及p-pol 60(曲线2010)光谱在图20中绘出。下表中列出了绘出的各反射谱带内的长波长谱带边缘(红色谱带边缘或RBE)和平均透射率。对于该光学膜3.4的 $T_{s-pol}(\theta=60degAir)/T_{pass}(0)$ 比率为0.29。

[0147] 表:光学膜3.4特性

[0148]

	RBE(nm)	谱带内的%T平均值	内部%T	T60/Tpass
阻光	970	1.4	1.4	
Tpass(0)	870	37.6	39.1	
T60s-pol	725	10.8	11.3	0.29
T60p-pol	700	39.4	39.8	1.02

[0149] 将光学膜3.4布置在具有ULI层的层合形式显示设备中并对其进行测试。这称为构造1.1,现在将对其进行描述。光学膜3.4(或者在本文称为光学膜4.4)也被布置在其他类型的显示设备中,其结果将在下面进一步描述。

[0150] 构造1.1:层合的LCD面板/空气导向装置

[0151] 光学膜3.4被层合至三星LCD电视面板上。(双轴准直反射偏振膜也层合至该面板并进行测试,其结果在美国专利申请No.XX/XXX,XXX(代理人档案号No.65809US002)“IMMERSED REFLECTIVE POLARIZER WITH HIGH OFF-AXIS REFLECTIVITY”(具有高离轴反射率的浸入型反射偏振片)中进行了讨论,该专利申请随同本专利申请于同一天提交。)面板得自三星商用电视机(型号:LN32B360C5D),对角线尺寸为32"。在实验中,面板后面的200mm×400mm背光源仅照亮32"面板的一部分。

[0152] 图21中示出了该背光源2210的示意性侧视图。在该附图中,尺寸(以毫米为单位)在括号中提供。参见器件2134,具有白色LED和抛物线状反射器的光引擎被附接到中空腔体的左侧。除非另外指明,否则光引擎的内部和腔体将带有ESR(可得自3M公司)衬里。中空腔体2132深17mm,宽200mm并且长400mm。在金属芯印刷电路板(MCPCB)上以9.8mm的间距沿着左侧边缘(200mm边缘)将20个冷白色Rebel LED(可得自Philips Lumileds Lighting Company, San Jose, California, USA)布置在线性阵列上,随后将这些LED附接到挤出的铝散热器以用于热管理。

[0153] 随视角变化的背光源中心的亮度、轴向亮度(以尼特为单位)、半亮度角以及对比度是使用Autronic Conoscope Conostage 3(可得自Autronic-Melchers GmbH, Karlsruhe, Germany)测量的。

[0154] 在实验实例中,对反射偏振片进行布置使得其阻光轴与背光源的400mm边缘平行。按照图21中的示意图将反射偏振膜层合至电视面板。在该附图中,器件2112为LC面板,2114为光学粘合剂,2116为被测试的多层光学膜,2118为光学粘合剂,2120为PET层,2122为ULI材料层,2124为光学粘合剂,2126为聚碳酸酯膜,以及2128为小珠涂层,与含珠增益扩散片

膜类似。

[0155] 作为使用非浸入型膜系统对电视性能进行比较的对照样品,电视亮度和对比度首先是使用该背光源在该三星电视面板上进行测量,但在面板和膜叠堆之间存在空隙。为具有刚度,膜叠堆被层合至图21中示出的面板2112所在位置的透光聚碳酸酯薄板中。然后将电视面板设置在透光聚碳酸酯薄板上方大约1mm处。对于0至360度的所有方位角的最多80度的所有极角通过Autronics仪器获得电视亮度和对比度。可通过绘出沿着偏振膜的两个长轴(阻光轴和透光轴)离开电视的光的亮度和对比度来汇总该数据。反射偏振片的透光轴当然与电视面板的相邻吸收型偏振片上的透光轴平行。

[0156] 大体上只有透光轴p偏振光在透光轴和垂直轴的入射平面内进入电视,因此该数据绘制为对于p偏振光的亮度和对比度。相似地,只有透光轴s偏振光在阻光轴和垂直轴的入射平面内进入电视,因此该数据将绘制为对于s偏振光的亮度和对比度。如下面示出的数据所指示的那样,电视亮度和对比度在很大程度上受反射偏振片对于随着偏振片带宽角度和值而变化的s和p偏振光的透射特性的影响。带宽用针对长波长谱带边缘或红色谱带边缘(RBE)列出的值表示。

[0157] 用于对照样品的反射偏振膜为光学膜3.4,其称为s偏振准直膜。电视对于表示s偏振(曲线2210、2216)和p偏振(曲线2212、2218)光的两个长轴的亮度和对比度,分别在图22a和22b中绘出。亮度单位仅仅是相对的,并将用于对本文所述的多种样品进行比较。半亮度视角可定义为这样的极角,在该极角下亮度下降至在轴向(0度)所测的亮度值的二分之一。对于阻光轴和透光轴而言,该视角通常不同。

[0158] 对比度数据为“开启”或“白色”状态下的电视亮度除以“关闭”或“黑暗”状态下的面板亮度的比率。已知的是,由于LCD面板内多种像素元件对进入电视面板的高角光的散射,使得这种光可降低电视面板的对比度。以垂直入射角度进入的光的光散射通常是最低的。因此,希望限制在高角度下进入LCD面板的光的量。消除扩散片和电视面板之间的空气间隙时,光可能采用比从空气中可进入的角度更大的角度射入面板内,从而严重降低面板对比度。与超低折射率膜层结合的本文所述膜,被设计为减少以这些极端角度进入面板的光的量。

[0159] 通过将膜叠堆层合至电视面板(如图21所示)而浸入设计用于空气中的光学膜3.4时,亮度和对比度均会显著降低。这一点可从图22c(亮度)和22d(对比度)中绘出的测量结果明显看出来。在这些附图中,曲线2220表示具有ULI的s偏振,曲线2222表示具有ULI的p偏振,曲线2224表示不具有ULI的p偏振,曲线2226表示不具有ULI的s偏振,曲线2230表示具有ULI的p偏振,曲线2232表示具有ULI的s偏振,曲线2234表示不具有ULI的p偏振,以及曲线2236表示不具有ULI的s偏振。另外要注意的是,当膜不涂敷有低折射率层时,额外的亮度和对比度显著下降。然而,低折射率层无法通过TIR机构阻挡所有高角度光。在折射率为1.2的层中以56.4度至90的角度传播的光无法从空气进入,但不会通过低折射率层被TIR阻挡。如果反射偏振片设计为对于透光轴光在这些角度具有高反射率,则该角度范围(即之前参考的“间隙”范围)内的光可被该反射偏振片大量反射。

[0160] 所获得结果的进一步讨论和分析可见于上文举出的共同待审的美国专利申请代理人档案号No.65809US002中。

[0161] 以下额外光学膜也被制备或建模,其中一些在显示器相关的层合构造中进行测

试。

[0162] 光学膜4.1:单轴准直膜(p偏振),275个微层×2组(建模)

[0163] 使用折射率为 $n_{x1}=1.82$ 、 $n_{y1}=1.623$ 、 $n_{z1}=1.505$ 和 $n_2=1.595$ (引用的所有折射率值均是指633nm的波长)的两种聚合物材料的多层叠堆被设计成在高角度下大量反射p偏振透光轴光。为这些材料交替的275层的多层膜建模四种主要偏振态(即阻光轴和透光轴的s偏振和p偏振)的反射率,该多层膜随后层合至层总数为550个四分之一波长厚光学层的第二相同膜。图23中绘出了在折射率为1.2的介质中0和90度之间的所有角度的内部反射率,且阻光轴反射谱带在垂直入射角度下从400nm延伸至1100nm。在该附图中,曲线2310表示 $RS_{block}(\theta)$,曲线2312表示 $RP_{block}(\theta)$,曲线2314表示 $RP_{pass}(\theta)$,并且曲线2316表示 $RS_{pass}(\theta)$ 。线2318表示折射率为1.2的ULI介质中的入射角,其对应于90度的空气中的入射角。

[0164] 假设 $\%R \approx 100 - \%T$,在折射率为1.2的介质中p偏振光的内部透射率为:垂直入射角度下92%,43度下68%,46度下63%,以及90度下13%。在垂直入射角度下阻光轴透射率为5%。折射率为1.2的介质中43和46度的角度对应于空气中大约55和60度的角度。

[0165] p偏振透光轴光的较高反射率可通过针对低折射率层使用稍低折射率聚合物而实现,如通过使折射率从1.595降至1.58。这样会降低z轴折射率差值,但由于p偏振光的反射率取决于 Δn_z 和 Δn_y 两者,因此在这种情况下p偏振光的反射率实际上会增加。这种变化还会增加阻光轴的折射率差值,同时导致 T_{block} 降低。然而,将会反射更多s偏振光。因此,低折射率材料折射率的选择取决于p偏振光和s偏振光反射率两者的所需的量。

[0166] 光学膜4.2:单轴准直膜(p偏振),275个微层×2组(制备)

[0167] 使用送料区块方法(参见如US 6,783,349(Neavin等人)),通过以下过程制备低折射率和高折射率聚合物层交替的反射偏振片:共挤出低折射率和高折射率聚合物材料交替的两个类似275层组,并随后将两个层组接合在一起。对于各个275层组而言,利用90/10coPEN(包含90%聚萘二甲酸乙二醇酯重复单元和10%聚对苯二甲酸乙二醇酯重复单元的共聚酯)制备高折射率层。低折射率层通过在挤出机中混合一种混合物而制成,该混合物包含55重量%的PETg GN071(可得自Eastman Chemicals)和45重量%的90/10coPEN。在共挤出过程中从熔融装置组件中转移低折射率材料的15%以形成保护边界层(275层挤出物的每一侧各占7.5%)。按总熔融流24%的比率将100%PETG GN071的表层紧接挤出模头施加到熔融流,其中膜的每一侧各占12%。

[0168] 在标准膜制备拉幅机中对浇铸料片进行取向。在约157℃下的拉幅机中对浇铸料片预加热18秒。接着在154℃下以约60%/秒的初始速率拉伸膜4.5秒,然后以约15%/秒的速率拉伸18秒。x方向的总体拉伸总比率为约5.5:1。然后在227℃下对膜热定型18秒,同时拉长宽度的约1%。

[0169] 对各层组中低折射率和高折射率材料的相对挤出速率进行调整,以使得成品膜中的相邻材料层将各自具有大约相同的光学厚度。列出的材料、浇铸速度和取向条件旨在产生约 $n_{x1}=1.82$ 、 $n_{y1}=1.62$ 、 $n_{z1}=1.505$ 和 $n_2=1.595$ 的一组折射率,并且低折射率和高折射率层对于调谐为对于最薄层从约425nm反射的阻光轴均具有四分之一波长的光学厚度,并且厚度以幂律分布单调递增以对于各层组的最厚层反射约1150nm光。调整挤出浇铸轮的速度,以使得所得的反射谱带跨越该波长范围。选择幂律分布的形状,以使得所得的光谱对

于各层组在光谱的大部分范围内是相对平坦的。使用US 6,783,349(Neavin等人)中概述的轴向杆技术对光谱形状进行微调。在最终取向膜中,表层各自为约11微米厚。成品膜的总厚度为约90微米厚。

[0170] 图24中绘出了空气中垂直入射角度下阻光轴(参见曲线2410)和透光轴(参见曲线2412)以及空气中60度下p偏振光的透光轴(参见曲线2414)的所测量光谱。从425至1150nm的阻光平均透射率(Tblock)为6%。透光轴透射率在垂直入射角度下从400nm至1080nm为84%,并且在60度下从400至875nm为63%。

[0171] 阻光轴、透光轴和60度p偏振透光轴的右侧谱带边缘为大约1150nm、1080nm和875nm。

[0172] 表:光学膜4.2特性

[0173]

	RBE(nm)	谱带内的%T平均值	内部%T	T60/Tpass
阻光0度	1150	6.2	6.3	
Tpass(0)度	1080	84	92.2	
T60p-pol	875	63	63.7	0.69

[0174] 这些值与光学膜4.1的内部透射率值的计算值十分接近。图23中绘出的数据表明,内部Tblock为5%并且0和60度p偏振光的内部透光轴透射率分别为92%和63%。

[0175] 在层合构造3.2中对该光学膜4.2进行测试,下面有进一步描述,其中膜4.2被层合以形成单一光线。

[0176] 光学膜4.3:单轴准直膜(s偏振),275个微层(建模)

[0177] 使用折射率为 $n_{x1}=1.82$ 、 $n_{y1}=1.623$ 、 $n_{lz}=1.505$ 和 $n_2=1.505$ (引用的所有折射率值均是指633nm的波长)的两种聚合物材料的多层叠堆被设计成在高角度下大量反射s偏振透光轴光。通过使用较大的 $\Delta n_y=1.623-1.505$ 来实现这一点。为275个交替层的多层膜建模四种主要偏振态(即阻光轴和透光轴的s偏振和p偏振)的反射率。图25中绘出了在折射率为1.2的介质中0和90度之间的所有角度的内部反射率,且阻光轴反射谱带在垂直入射角度下从400nm延伸至950nm。在该附图中,曲线2510表示RSblock(θ)和RPblock(θ),曲线2512表示RSpass(θ),并且曲线2514表示RPpass(θ)。线2516表示折射率为1.2的ULI介质中的入射角,其对应于90度的空气中的入射角。垂直入射角度的透光轴透射率为约35%。s偏振透光轴光的反射率随角度迅速增加,而透光轴p偏振光的反射率大体上不随角度变化。

[0178] 光学膜4.4:单轴准直膜(s偏振),275个微层(制备)

[0179] 光学膜4.4为光学膜3.4的另一个名称,后者已在上文进行了描述。

[0180] 将光学膜4.4布置在层合形式的多种额外显示设备中并进行测试,其中大多数设备包括ULI层。这些额外的构造称为构造2.1至2.5,现在将对其进行描述。

[0181] 构造2.1:平板上的膜,与面板间隔开(空气间隙)

[0182] 在该构造中,利用光学粘合剂将反射偏振膜层合至丙烯酸类树脂板,并将该组合布置在LC显示面板和背光源之间,并且在该组合、LC面板和背光源之间存在空气间隙。LC显示面板得自三星商用电视机(型号LE-40M91B),对角尺寸为40英寸,并包括正面和背面吸收型偏振片。当然对层合构造进行取向,以使得反射偏振膜的透光轴与显示面板的后部吸收型偏振片的透光轴平行。背光源具有30英寸的对角尺寸。因此,背光源(穿过构造)仅照亮40

英寸电视面板的一部分。

[0183] 构造2.2:膜层合至显示面板且不具有ULI

[0184] 该构造与构造2.1类似,不同的是反射偏振膜层合至LC显示面板而不是丙烯酸类树脂板。含珠增益扩散层涂敷到光学膜的另一主表面,得到与图15所示类似的构造。

[0185] 构造2.3:膜层合至具有ULI的显示面板

[0186] 该构造与构造2.2类似,不同的是在反射偏振膜和光学粘合剂之间涂敷了光厚ULI层,得到与图16所示类似的构造。

[0187] 构造2.4:膜层合至具有ULI的显示面板和棱镜膜

[0188] 该构造与构造2.3类似,不同的是层合构造中包括其棱镜通过第二ULI层而平面化的棱镜BEF膜,得到与图17所示类似的构造。BEF膜包括PET基底层,其双折射率很可能具有部分地改变层合构造内光的偏振态的作用,并有助于一定程度降低的亮度测量。

[0189] 构造2.5:膜层合至具有ULI的显示面板和体积扩散片

[0190] 该构造与构造2.3类似,不同的是体积扩散层替代了含珠扩散层,得到与图18所示类似的构造。体积扩散片的转移系数(转移系数 $= (F-B)/(F+B)$,其中F表示向前半球中的元件所散射的入射朗伯光的量,同时B表示向后半球中的元件所散射的入射朗伯光的量)为80%。

[0191] 使用光学膜4.4(3.4)测量构造2.1-2.5的每一个的轴向亮度、最大亮度、对比度和视角。在“水平”和“垂直”视平面中独立地测量视角。随着显示面板布置在用于电视观看的标准取向中,即与标准房间的墙壁平行,“水平”视平面被取向为与房间的地面平行(同时与显示面板的平面垂直),并且“垂直”视平面被垂直取向但与显示面板的平面和水平视平面两者垂直。因此,水平和垂直视平面的相交部分限定与显示面板垂直的轴向。在给定平面中测量的视角为面内方向之间的全角,在这一点亮度降至最大亮度的50%。

[0192] 测量的结果如下:

[0193]

	构造2.1	构造2.2	构造2.3	构造2.4	构造2.5
轴向亮度(尼特)	400	93	302	221	290
最大亮度(尼特)	410	100	312	260	313
对比度	740	146	555	700	540
水平视角(度)	70	60	63	50	62
垂直视角(度)	50	30	35	38	40

[0194] 在进一步的工作中,光学膜4.2被布置在涉及固态光导装置的显示器相关构造中。该额外构造称为构造3.2,其现在将与基线构造3.1一起进行描述。

[0195] 构造3.1:使用固态光导装置的侧光式背光源,基线(空气间隙)

[0196] 对用于构造3.1和3.2的实施例制备中的以下材料进行了详细地描述:反射偏振膜上的手动涂布棱镜的制备(包括Verde可聚合树脂组合物,以及MOF上的棱镜的制备);粘合剂(PSA);三层涂层(包括体积扩散片涂布溶液的制备、超低雾度低折射率涂布溶液的制备、低雾度低折射率涂布溶液的制备、涂布工序以及PET上的三层涂层的制备);光导板;白色后反射器;以及背光源。

[0197] 反射偏振膜上的手动涂布棱镜的制备。

[0198] “Verde树脂组合物为:75%(w/w)环氧丙烯酸酯,其作为CN120(可得自Sartomer(Exton,PA))出售,25%(w/w)2-苯氧乙基丙烯酸酯,其作为SR-339(可得自Sartomer(Exton,PA))出售,以及0.1%(pph)2,4,6-三甲基苯甲酰基-二苯基氧化膦,其作为Darocur®TP0出售,和0.25%(pph)2-羟基-2-甲基-1-苯基-1-丙酮,其作为Darocur®1173出售(两者均可得自Ciba Specialty Chemicals Inc.(Switzerland))。

[0199] 多层光学膜上棱镜的制备。使用Verde树脂组合物制备增亮膜。在热板上放上8"×11"的金属母板,并加热至150°F,该母板由标称间距间隔为50微米的90度棱镜线性行组成,与Vikuiti™BEF II90/50(可从3M Co.(St.Paul,MN)商购获得)上的棱镜几何图案类似。将约3克温热树脂涂敷到MOF上并紧贴微复制型工具放置,该工具被取向以使得线性棱镜与MOF的纵向大约平行。让MOF、可聚合Verde树脂和工具穿过设定在大约150°F的受热层合机,得到厚度均匀的样品。让含有膜和涂覆的可聚合树脂样品的工具以50fpm穿过包含两个设置在100%功率的600W/in D-灯泡的Fusion UV Systems,Inc.(Gaithersburg,MD)生产的处理器。粘合剂(PSA)。将0.1%双酰胺交联剂加入SK Dyne 2003K湿粘合剂中,该粘合剂可得自Soken Chemicals(Tokyo,Japan),并使用常规狭槽冲模将该混合物涂布到2密耳聚酯硅树脂剥离衬垫上(T50,可得自CP Films(St.Louis,MO))并且使溶剂干燥,从而留下1密耳厚的粘合剂涂层。第二剥离衬垫被层合至干燥粘合剂的表面:剥离程度有差异的2密耳聚酯硅树脂剥离衬垫(T10,也可得自CP Films)。

[0200] 三层涂层。

[0201] 体积扩散片涂布溶液的制备。制备体积扩散片涂布溶液(A)。首先,在超声下将144.8克甲醇、49.5克photomer 6010(Cytec Industries(Woodland Park,NJ))、22.0克SR833S和25.3克SR9003(Sartomer(Exton,PA))混合在一起直至得到均匀溶液为止。之后,在迅速搅拌下加入96.8克SX-350H(3.5微米聚苯乙烯小珠,可得自Soken Chemical&Engineering Co.,Ltd(Tokyo,Japan))。将乳状溶液搅拌过夜,并随后在迅速搅拌下将144.8克1-甲氧基-2-丙醇和2.48克Darocur®4265(Ciba Specialty Chemicals(High Point,NC))加入上述溶液中以形成均匀的体积扩散片溶液。

[0202] 超低雾度低折射率涂布溶液的制备。制备涂布溶液“B”。在配备有冷凝器和温度计的2升三颈烧瓶内,在迅速搅拌下将960克IPA-ST-up有机硅细长颗粒、19.2克去离子水和350克1-甲氧基-2-丙醇混合在一起。所述细长颗粒具有约9nm至约15nm的直径和约40nm至约100nm的长度。颗粒分散于15.2重量%的IPA中,并且将22.8克Silquest A174硅烷加入烧瓶。将所得的混合物搅拌30分钟。使混合物在81°C下保持16小时。接下来,将溶液冷却至室温,并使用旋转蒸发仪在40°C水浴下去除在溶液中的约950克溶剂,从而得到澄清的A-174改性的细长二氧化硅溶液,所述溶液具有分散于1-甲氧基-2-丙醇中的41.7重量%的A-174改性的细长二氧化硅。接下来,将200克澄清的A-174改性的细长二氧化硅溶液、83.4克SR 444、1.6克TEGO Rad 2250、0.4克Irgacure819、1.25克Irgacure 184和233克异丙醇混合在一起并进行搅拌,从而产生具有32.5重量%的固体的均匀涂布溶液C。

[0203] 低雾度低折射率涂布溶液的制备。制备涂布溶液“C”。首先,在快速搅拌下,在装有冷凝器和温度计的2升三颈烧瓶中,将360克Nalco 2327胶态二氧化硅颗粒(40重量%的固体,平均粒径为约20纳米)和300克1-甲氧基-2-丙醇混合在一起。接下来,加入22.15克Silquest A-174硅烷,并搅拌混合物10分钟。然后加入额外的400克1-甲氧基-2-丙醇,并且

使用加热套在85℃下对混合物加热6小时。将所得溶液冷却至室温,并且使用旋转蒸发仪在60℃水浴下去除水和1-甲氧基-2-丙醇溶剂中的大部分(约700克)。所得溶液为澄清的A-174改性的二氧化硅溶液,所述溶液具有分散于1-甲氧基-2-丙醇中的44重量%的A-174改性的20nm的二氧化硅。接下来,通过搅拌将120克A-174改性的二氧化硅溶液、17.6克CN2302、35.2克SR444、1.05克TEGO Rad 2250、0.264克Irgacure 819、0.81克Irgacure 184和156克异丙醇混合在一起以形成均匀的涂布溶液C。

[0204] 涂布工序。建立涂布工序D。首先,用注射器以10立方厘米/分钟的速率将涂布溶液抽吸到20.4cm(8英寸)宽的狭槽式涂布模具中。

[0205] 狭槽式涂布模具将20.4cm宽的涂层均匀地分布到以152厘米/分钟(10英尺/分钟)的速率移动的基底上。随后,通过使涂布的基底经过UVLED固化室而聚合涂层,所述固化室包括用以通过UV辐射的石英窗。所述UV-LED排灯包括160个UV-LED的矩形阵列,所述矩形阵列为8个顺维×20个横维(大约覆盖10.2cm×20.4cm的区域)。LED(可得自Cree, Inc. (Durham NC))在385nm的标称波长下工作,并通常在45伏、8安培下运行,得到0.212焦耳/平方厘米的UV-A剂量。通过TENMA 72-6910(42V10A)电源(可得自Tenma(Springboro OH))对UV-LED阵列供电并吹风制冷。这些UV-LED设置在距离基底大约2.5厘米的固化室石英窗口的上方。UV-LED固化室提供有流速为46.7升/分钟(100立方英尺/小时)的氮气流,从而在固化室中产生大约150ppm的氧气浓度。提供额外的氧气流以控制UVLED室中的总氧气含量。经UV-LED聚合之后,通过以10英尺/分钟的幅材速度将被涂布基底输送到150°F(66℃)的干燥烘箱中并保持1分钟,从而除去固化涂层中的溶剂。然后,使用配备H-灯泡的Fusion System Model I300P(可得自Fusion UV Systems, Gaithersburg MD)后固化干燥的涂层。向UV Fusion室中提供氮气流,使室中的氧气浓度达到约50ppm。

[0206] PET上的三层涂层的制备。首先按照涂布工序D将涂布溶液A涂布在带粘合底漆的2密耳PET膜(可得自DuPont Teijin Films)上,其中UV-LED关闭,并且流速为30立方厘米/分钟。通过将被涂布基底输送到150°F(66℃)的干燥烘箱中而除去固化涂层中的溶剂。然后,使用配备H-灯泡的Fusion System Model I300P(可得自Fusion UV Systems (Gaithersburg MD))在氮气氛和100%UV功率下工作,使干燥的涂层后固化。这会生成PET膜上的体积扩散片涂层。使用涂布方法D将涂布溶液C涂布在体积扩散片涂层的相对侧,其中UV-LED在9安培下,流速为12立方厘米/分钟,并且氧气含量被控制在2000ppm。经UV-LED聚合之后,使用配备H灯泡的Fusion System Model I300P(可得自Fusion UV Systems (Gaithersburg MD))在氮气氛和100%UV功率下工作,去除固化涂层中的溶剂并使其最终固化。这会生成梯度低折射率涂层,其中有效折射率在顶部表面为1.4并且在PET和低折射率涂层的交界处为1.21。使用D的相同方法将涂布溶液B涂布在体积扩散涂层的顶部,其中UV-LED在9安培下,流速为10立方厘米/分钟,并且氧气含量被控制在1000ppm。经UV-LED聚合之后,使用配备H灯泡的Fusion System Model I300P(可得自Fusion UV Systems (Gaithersburg MD))在氮气氛和100%UV功率下工作,去除固化涂层中的溶剂并使其最终固化。这会生成梯度低折射率涂层,其中折射率在顶部表面为1.26并且在体积扩散片和低折射率涂层的交界处为1.20。

[0207] 光导装置板(LGP)。LGP得自Coretronic Company(Hsinchu, Taiwan 300, R.O.C.), 型号为AUT1982T32。LGP由聚(甲基丙烯酸甲酯)制成,并且在底部表面有白色印刷网点,其

为6mm厚,385mm宽,以及306mm长。

[0208] 白色后反射器(WBR)。WBR得自Viewsonic 22英寸监视器(型号:VLED221wm),其可得自Viewsonic Company(Walnut,CA,USA)。

[0209] 背光源。拆开型号为VLED221wm的22"Viewsonic监视器以使背光源从面板分开。背光源的尺寸被设计为大约473mm宽×306mm长。它包含间距为6mm的一行78个LED,这些LED沿着背光源各个473mm边缘和作为后壁衬里的WBR布置。各边缘上仅63个LED用于实例中。构造3.2包括层合至LGP的多层反射偏振片,其中反射偏振片的透光轴与385mm长度平行。然后将偏振的LGP设置在WBR顶部的背光源内,以使得多层反射偏振片的透光轴与所述LED行平行。在实例中使用层合将ULI和棱镜涂布的MOF组合在一起。对于授权构造而言,三层涂层可直接涂布在MOF上,无需层合。在所有实例中,对MOF进行布置使得其透光轴与固态LGP的长边平行,其中安装了光引擎。

[0210] 利用上述背景信息,如图26a的示意性侧视图中所示,制备基线背光源构造(构造3.1),其带有空气间隙。该附图示出了背光源2610,其具有反射偏振膜2612、BEF膜2614、增益扩散片2616、光导装置板2618(在其背表面具有提取点2620)和白色后反射器2622。LED 2624a、2624b提供光导装置的侧光式照明。制备背光源,其示意性侧视图示于图1(a)中。背光源包括上述WBR(对于元件2622)、LGP(对于元件2618)、LED灯(元件2624a、2624b)、增益扩散片(对于元件2616)、BEF3-7T棱镜膜(对于元件2614)和DBEF-D400(对于反射偏振片2612)。63个LED被布置在LGP的每个边缘附近,并沿着LGP的宽度(385mm)有规则地排列。

[0211] 随视角变化的背光源中心的亮度、轴向亮度(以尼特为单位)、半亮度角是使用Autronic Conoscope Conostage 3(可得自Autronic-Melchers GmbH(Karlsruhe, Germany))测定的。在进行测定之前,将线性吸收型偏振片(图26a中未示出)设置在DBEF-D400的顶部,并且其透光轴平行于LGP的长边。随空气中的极角而变化的亮度是在水平平面(参见曲线2632)和垂直平面(参见曲线2630)中测定的,其在图26b中绘出。

[0212] 构造3.2:具有固态光导装置/膜/具有ULI的棱镜层合物的背光源

[0213] 如图27a的示意性侧视图中所示,制备层合背光源,其不带空气间隙,组装了单轴准直浸入型反射偏振膜(光学膜4.2)和光厚ULI层。该附图示出了层合背光源构造2710,其具有在多层反射偏振片2714(光学膜4.2)上形成的BEF棱镜2712、压敏粘合剂(PSA)层2716、2726、光厚ULI层2718、体积扩散片2720、具有三层涂层的PET层2722、具有z梯度的ULI层2724、其上具有提取点2730的光导装置板2728、白色后反射器2732以及侧光式光源2734a、2734b。这些部件的细节在上面有提供。对于光源2734a、2734b,63个LED被设置在LGP的每个边缘附近,并沿着LGP的宽度(385mm)有规则地排列。

[0214] 进行与结合构造3.2所述的那些类似的测量。图27b示出了随空气中的极角而变化的亮度,其是在水平平面(参见曲线2742)和垂直平面(参见曲线2740)中测定的。

[0215] 使用光学膜4.2的构造3.2展示了背光源应用中所需的若干重要功能:(1)输出光准直;(2)偏振输出。由于ULI(特别是邻近光导装置的z梯度ULI层)的固有雾度,显示器均匀度有轻微改变。在邻近边缘处提取到的光比既有系统更多,这可通过重新优化提取器设计而容易地进行补偿。因此,对显示器上的3个点进行测量,包括显示器顶部、中央和底部,以便在实施例之间进行公平比较。结果汇总在下表中。实例2一体偏振固态光导装置的平均亮度为既有系统的86.5%。可通过以下方式进一步改善性能:(1)精确棱镜涂布,而不是手动

涂布；(2)消除非增值部件，包括PSA和PET层；(3)降低ULI中的雾度；(4)使用高折射率树脂进行棱镜涂布；(5)进一步优化MOF。

[0216] 表：构造3.1(使用DBEF)和构造3.2(使用光学膜4.2)的比较

[0217]

	顶部	中央	底部	平均值	比率
构造3.1	2244.5	2487.1	2243.9	2325.2	100%
构造3.2	2083.1	2017.9	1931.9	2011.0	86.5%

[0218] 进一步分析和讨论

[0219] 如上所述，反射偏振片性能的若干参数相对于以下设备中的实用性可能很重要：LCD背光源，或任何其他偏振照明系统，其要求高角度下的强度降低和/或同轴强度增大。这些参数包括上述的%T block和%T00。就双轴准直浸入型反射偏振片而言，其中透光状态的s偏振和p偏振分量的透射率值在倾斜角下可能彼此相同，参数还可包括%TA60、%TA90和%TU90，其中每一个均为s和p偏振分量的平均值。

[0220] 由于在其中可应用这些透射率值的系统的需要，这些透射率值具有优选的值范围。此外，由于针对膜改变这些参数中的一者将改变其他参数中的一者或多者，因此必须有所取舍。这样做的一个原因是可得自任何材料的双折射率限制。诸如PEN和PET之类的聚合物会因聚合物晶粒以及半结晶聚合物膜中的一些分子链的取向而具有双折射率。生成晶体和分子顺序的这种处理通常称为膜的取向。聚合物膜可在x或y方向或两个方向均进行取向。任何方向的膜取向都会影响该方向以及其他两个方向的反射率。如果膜在x和y方向均高度取向，则z折射率将会减至最小。x折射率可增加至最大值，但要以y折射率降至最小值为代价。这些特性是已知的，但在此处重申以便讨论与上面所列五个参数的优化有关的权衡取舍。例如，对膜进行处理以便增加高折射率层的y折射率将降低%T00，但也会降低x折射率，从而增加%T block。对于第一级近似值，x、y和z折射率的总和为常数。通过在x或y方向或两个方向均进行最大取向，对于基于聚酯的系统，z折射率会减至最小，并且对于其他所谓的正双折射系统同样如此。取向中的非对称性，例如伴随y方向取向增加的x方向的降低，可能会使z折射率保留为大约常数。

[0221] 可能希望针对LCD背光源使%T block的值降至最小，以便通过LCD面板的吸收型偏振片中的吸收来降低具有阻光轴偏振的光损耗。然而，由于对于高折射率层%T block需要很大的 n_x 值，因此y折射率的值不应增加至如此大以至于 n_x 降低至使Tblock过大的值。通常，%T block在可见光谱的垂直入射角度下有利地小于15%或20%的平均值。%T block的值小于10%或小于5%更为理想。

[0222] 在示例性实施例中，使%T00足够高以使得大量透光轴光透射至最终使用，特别是循环利用系统无法有效地使被拒透光轴光线返回膜时。如果系统要求包括针对s偏振透光轴光的高反射率，则会要求在垂直入射角度有适度的内部反射率。只有当交替微层的y折射率中存在失配时才会反射s偏振光。这种失配，以及层数，还会确定%T00的值。反射大量s偏振光的任何膜还会以垂直入射角度反射大量光。因此旨在针对s偏振光进行强反射的膜可能需要至少20%，并且更典型地为30%或甚至50%或60%的垂直入射角度内部反射。背光源系统的效率越高，%T00的合格值可能会越低。因此，内部透射率%T00可在40%至高达80%的值范围内变化。

[0223] 有趣的是,在较大入射角下基本上仅为s偏振或p偏振光的一者提供高反射率的偏振反射器(所谓的单轴准直膜)与双轴准直膜相比有若干优势,特别是对于p偏振准直膜而言。双轴准直膜,其可在高角度下反射所有光的很大一部分,因此和单轴准直膜相比,通常会将更多光循环回背光源,导致光的更多吸收损耗。例如,将图10的反射对角度曲线与图23的相应曲线进行比较。双轴准直膜将反射s偏振和p偏振光两者的相当一部分。这需要折射率差值 Δn_y 的值相当大。该折射率差值也为确定给定层数的 $T_{pass}(0)$ 和带宽的值。

[0224] 因此,反射大量s偏振光的任何膜还会以垂直入射角度反射大量光。因此旨在针对s偏振光进行强反射的膜可能需要至少20%,并且更典型地为30%或甚至50%或60%的垂直入射角度内部反射。高度准直膜4.4(其光谱示于图20中)的透光轴内部透射率仅为39%,因此反射率为约61%。

[0225] p偏振准直膜依赖折射率差值 Δn_y 和 Δn_z 两者。因此,仅当s偏振光具有适度反射率或甚至没有反射率时,p偏振光才会具有相当大的反射率。p偏振反射器在垂直入射角度的反射率仅需在0%至30%范围内,例如约0、10、20或30%,具体取决于系统需要,例如s偏振光反射的所需量,以及循环利用照明系统或背光源的效率。在垂直入射角度的低反射率将提供半球反射率的较低总体值和半球高透射率。和对于s偏振光提供高反射率的膜相比,对于p偏振光提供高反射率的膜可因此具有总体更高透射性。和对于s偏振光和p偏振光两者提供高反射率的膜相比,这些膜又具有更高透射率。

[0226] 总体反射率和透射率通常称为半球反射率和透射率,其是指在半球中所有立体角范围内反射或透射的光的整体部分。在这种情况下,我们已经计算并显示了仅在膜的阻光轴和透光轴中入射的光的反射和透射的数据。对于任何给定的入射极角 θ ,透光轴偏振光在两个长轴之间的所有方位角 ϕ 处的反射率和透射率的值可通过熟知的加权公式 $R_s \cdot \cos^2 \phi + R_p \cdot \sin^2 \phi$ 来估算,其中 R_s 和 R_p 是指s偏振和p偏振值。

[0227] 正如别处所提到的,用于通过最少层数为宽带反射器生成最高反射率的最有效叠堆设计为具有从叠堆一个表面至另一个表面的四分之一波长厚度值中的连续梯度的叠堆设计。光学膜1.1以这种方式设计成具有550个连续梯度层。然而,成功产品的光学设计选择通常受制造成本(如材料和设备成本)的限制。光学膜1.3,其反射率在图11中示出,被设计成通过以下方法制备:层合或共挤出各有275层的两个单独制备的梯度叠堆。两个单独的反射器不相干地相对于彼此反射光,并且针对两个偏振片的非相干组合使用“玻片堆”方程式使反射率平均增加:

[0228] $R = \{R_1 + R_2 \cdot (1 - 2 \cdot R_1)\} / (1 - R_1 \cdot R_2)$ 。

[0229] 此类膜组合在增加%T00%而不是TA90或%TU90或%T block的反射率方面更加有效,如可通过比较图10和11所观察到的一样。

[0230] 单轴准直反射偏振片的轴线对齐的选择

[0231] 单轴准直反射性膜可与透镜状微结构化表面结合使用,以便在正交轴上提供准直,或帮助光沿着相同轴线准直。考虑光学膜4.2及其在图27a的构造3.2中的功能。在这种情况下透光轴与顶部表面上棱镜的长轴平行。膜对于透光轴光的反射率将产生光在y轴平面内退出的准直效应,而棱镜将产生光在x轴平面内退出的准直效应。这样,该构造将利用一体层合物沿着两个轴提供重要准直。

[0232] 然而,可通过其在其中使用的系统约束对齐的选择。构造3.2中膜的透光轴被约束

为基本与电视面板吸收型偏振片的透光轴平行。通常,棱镜膜也在该方向对齐。然而,如果系统设计者想要棱镜与吸收型偏振片的阻光轴平行,则光学膜4.2不能也在该方向对齐。然而,系统设计者可在这种情况下利用s偏振准直膜,因为s偏振透光轴光在膜的阻光轴平面内退出。反之,如果系统设计者期望使反射膜和棱镜膜在相同方向准直光,则相对于刚刚描述的情况s偏振和p偏振准直膜的使用将是相反的。概括地说,可通过选择使用s偏振或p偏振反射性膜选择准直的轴与偏振片透光轴平行或与该透光轴垂直。虽然双轴准直膜可在上述任一构造中工作,但可能导致具有较低亮度的较低效率系统。

[0233] 双轴准直膜最适于在照明设备或背光源中利用高效率反射器的高效率系统。反射性膜的反射率为95或更高在此类系统中是最适用的。膜中的厚光学层和薄光学层相对于回收腔的相对位置也可影响系统的效率。对于大量倾斜光进入光学膜的浸入型系统,如果首先反射在最高角度传播的光线,则多层膜中的吸收通常较少。换句话讲,在这种情况下,布置膜的侧面使得最厚层朝向回收腔可得到更有效的系统。

[0234] 单轴准直膜也可结合二维准直微结构使用,所述微结构例如为含珠增益扩散膜或微透镜阵列复制表面。

[0235] 器件1为膜构造,其包括:被配置为随包括可见波长的延伸波长区域的角度和偏振的变化而选择性地透射和反射光的多个微层,所述微层限定第一偏振的垂直入射可见光的透光轴以及第二偏振的垂直入射可见光的阻光轴,所述微层还具有以下特性:(a)以倾斜角度入射到第一入射平面内的第一偏振的第一光的反射率增加,从而在压缩的视锥内透射第一光,以及(b)入射到第二入射平面内的第一偏振的第二光在倾斜角度下的反射率不会显著增加,从而在宽视锥内透射第二光;以及具有超低折射率的光厚低折射率层连接至微层,以限制微层中高度倾斜光的传播,或将此类高度倾斜传播光重新导向回微层。

[0236] 器件2为器件1的膜构造,其中第一光为p偏振可见光,并且第二光为s偏振可见光。

[0237] 器件3为器件1的膜构造,其中第一光为s偏振可见光,并且第二光为p偏振可见光。

[0238] 器件4为器件1的膜构造,其还包括线性棱镜膜。

[0239] 器件5为器件4的膜构造,其中棱镜膜的各个棱镜均沿着棱镜轴线延伸,并且其中棱镜轴线基本上与第一入射平面平行。

[0240] 器件6为器件4的膜构造,其中棱镜膜的各个棱镜均沿着棱镜轴线延伸,并且其中棱镜轴线基本上与第二入射平面平行。

[0241] 器件7为膜构造,其包括:被配置为随包括可见波长的延伸波长区域的角度和偏振的变化而选择性地透射和反射光的多个微层,所述微层限定第一偏振的垂直入射可见光的透光轴以及第二偏振的垂直入射可见光的阻光轴,所述微层还具有以下特性:(a)第一偏振的s偏振光在倾斜角度下的反射率增加,从而在压缩的视锥内透射入射到包含阻光轴的第一平面内的第一偏振的可见光,以及(b)第一偏振的p偏振光在倾斜角度下的反射率不会显著增加,从而在宽视锥内透射入射到包含透光轴的第二平面内的第一偏振的可见光;以及具有超低折射率的光厚低折射率层连接至微层,以限制微层中高度倾斜光的传播,或将此类高度倾斜传播光重新导向回微层。

[0242] 器件8为膜构造,其包括多层光学膜,其被配置为基本上作为以下器件工作:以倾斜角度入射到第一入射平面内的可见光的反射镜;以及垂直入射的可见光和以倾斜角度入射到第二入射平面内的可见光的反射偏振片;以及附接到多层光学膜的具有超低折射率的

光厚低折射率层。

[0243] 器件9为根据器件7或8的膜构造,其还包括棱镜增亮膜,其被设置为接收来自光厚低折射率层的光,和/或将光透射至该光厚低折射率层,所述膜适于为入射到第二平面内的光提供压缩视锥。

[0244] 器件10为根据器件7或8的膜构造,其还包括增亮膜,其被设置为接收来自光厚低折射率层的光,和/或将光透射至该光厚低折射率层,所述膜具有限定细长棱镜的结构化表面,每个棱镜沿着基本上与第一平面平行的棱镜轴线延伸。

[0245] 除非另外指示,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,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。每一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内的应用,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。

[0246] 在不偏离本发明范围和精神的前提下,对本发明的各种修改和更改对于本领域的技术人员来说应是显而易见的,而且应该理解,本发明不仅限于本文所提供的示例性实施例。例如,除非另外指明,否则读者应当假设,一个本发明所公开的实施例的特征也可应用于所有其他公开的实施例。应该理解,所有本文引用的美国专利、专利申请公开和其他专利和非专利文档通过引用的方式并入,达到它们不与上述公开抵触的程度。

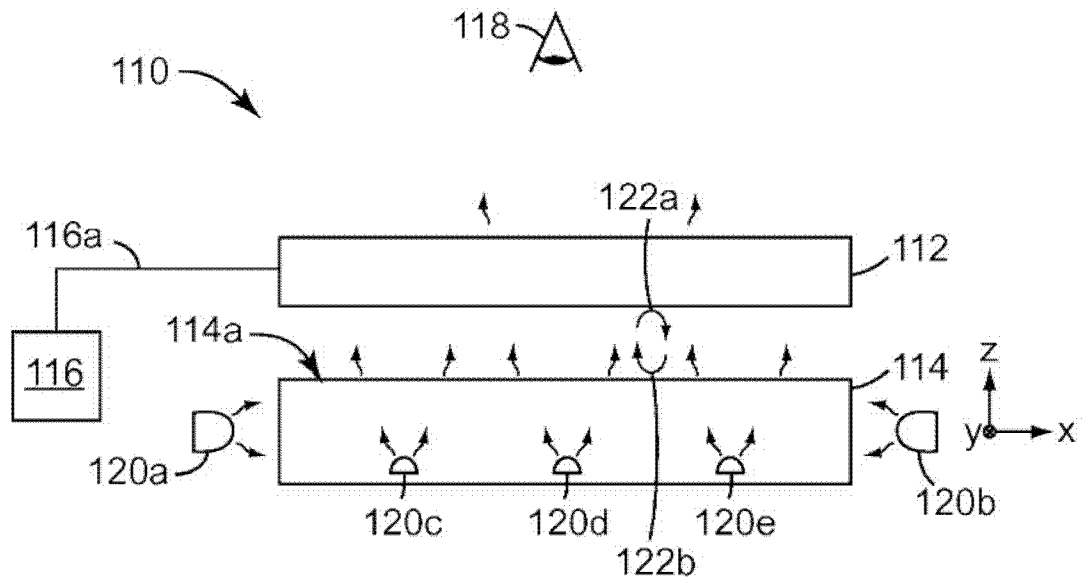


图1

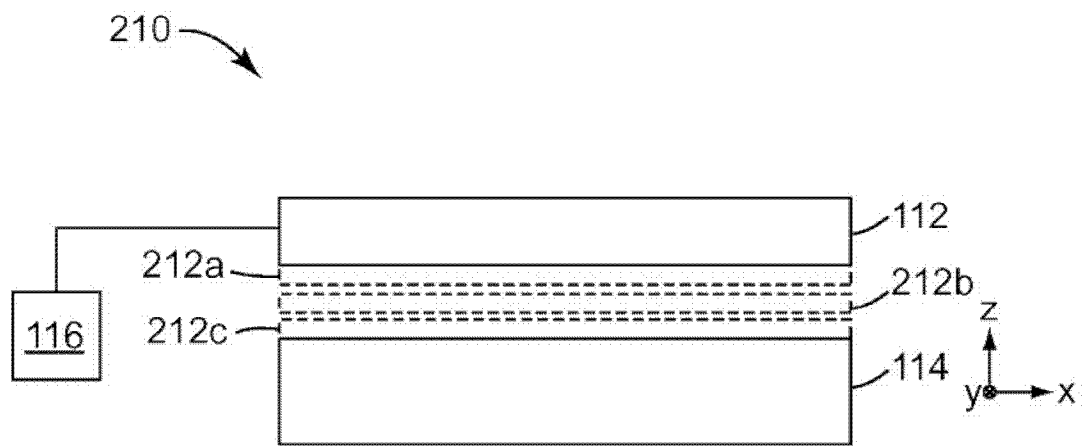


图2

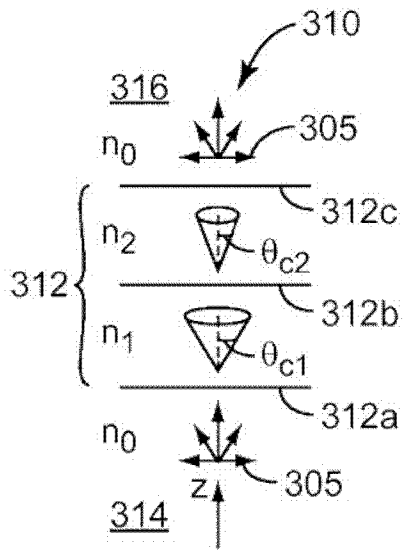


图3a

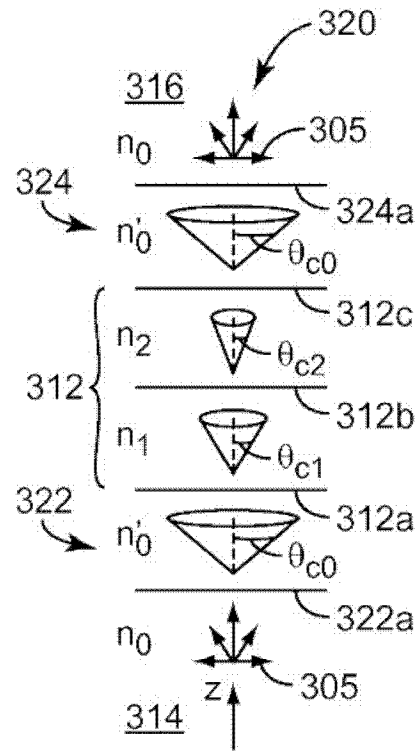


图3b

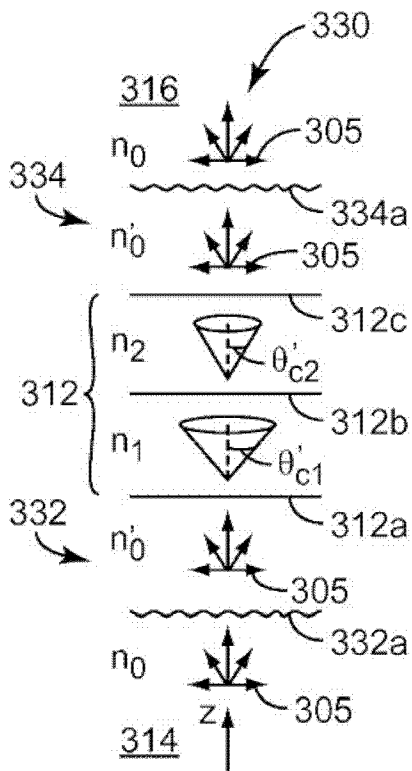


图3c

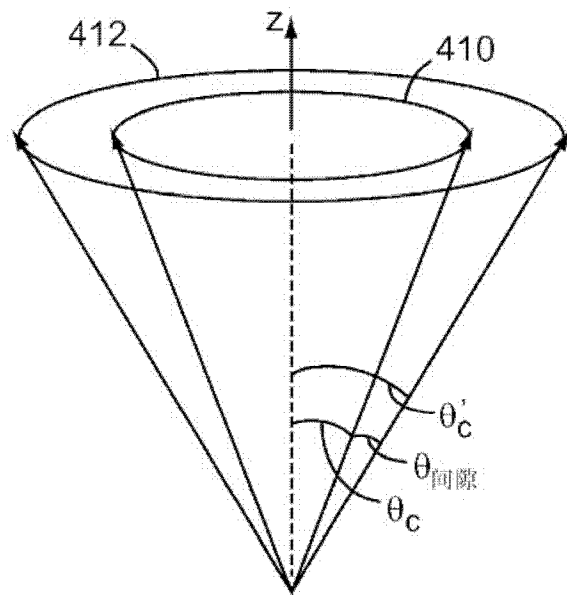


图4

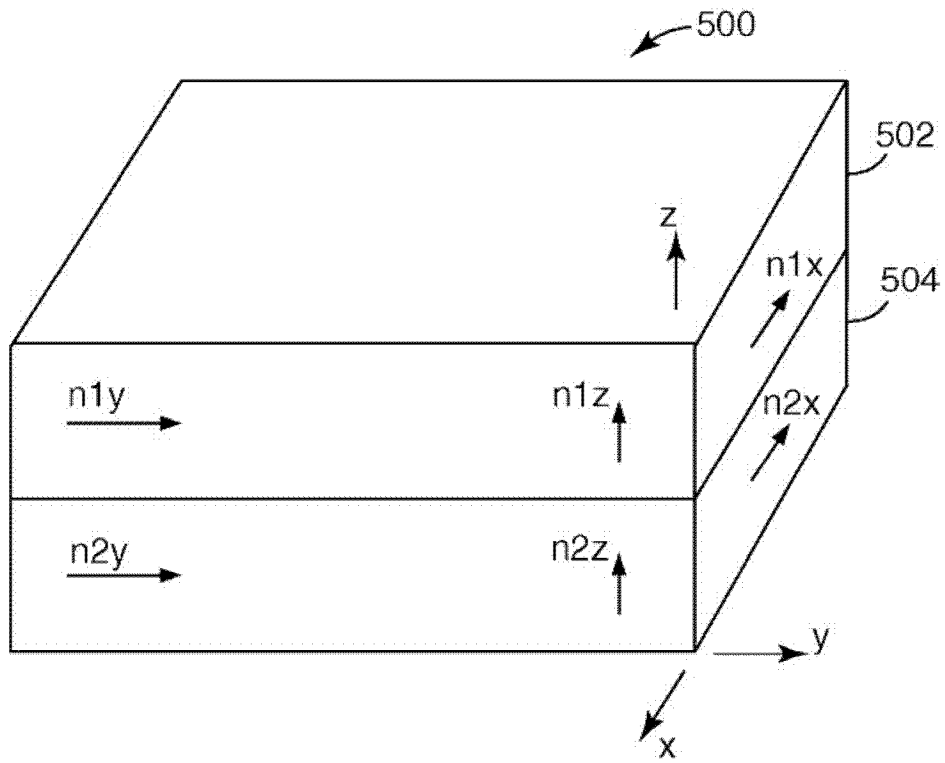


图5

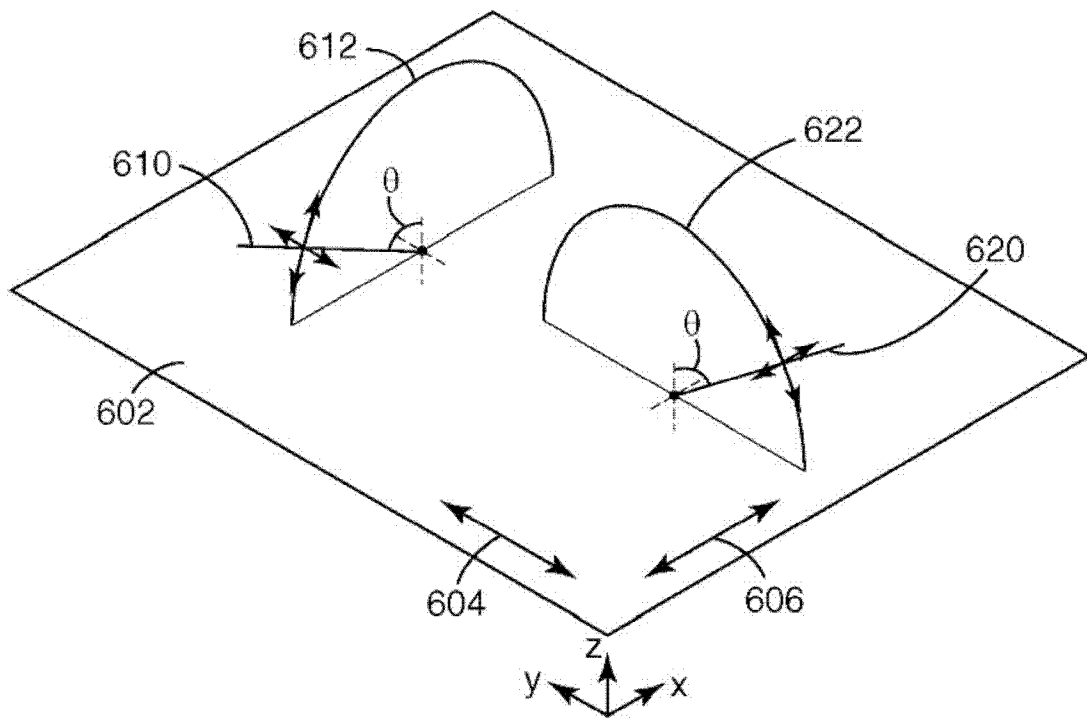


图6

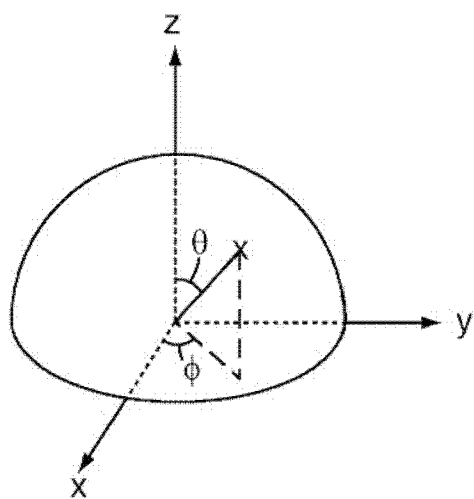


图7a

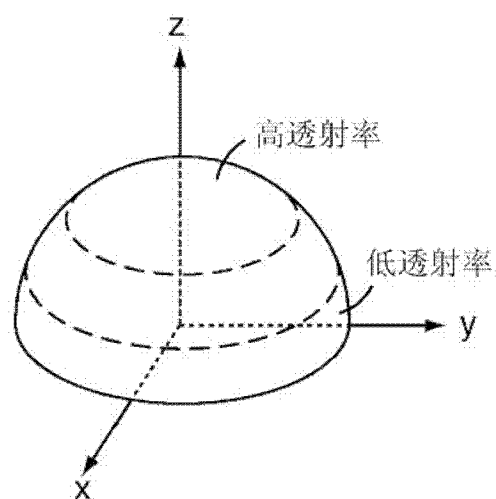


图7b

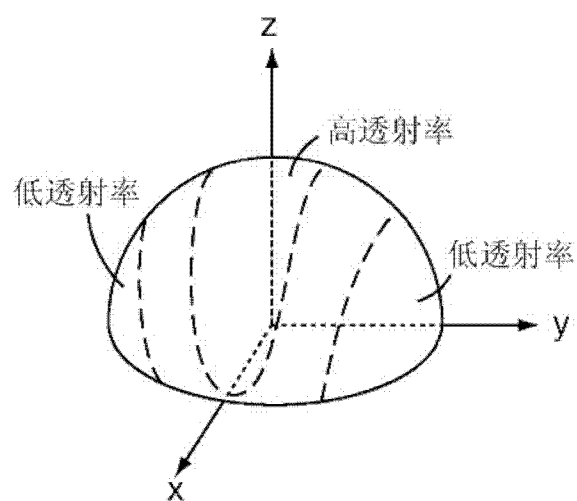


图7c

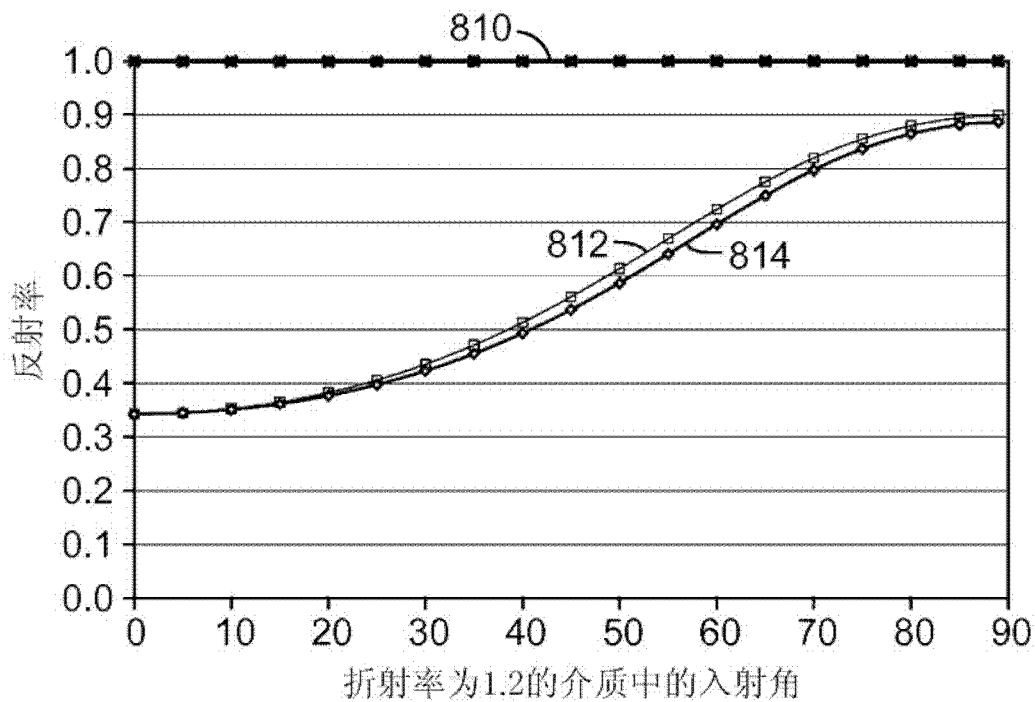


图8a

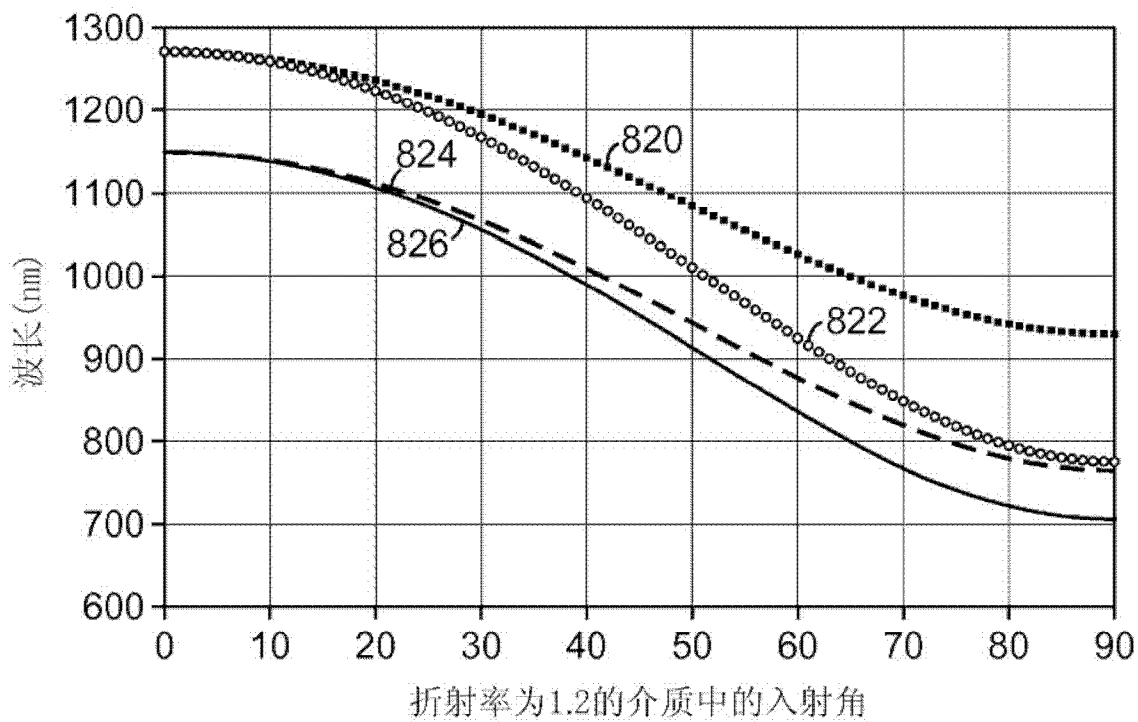


图8b

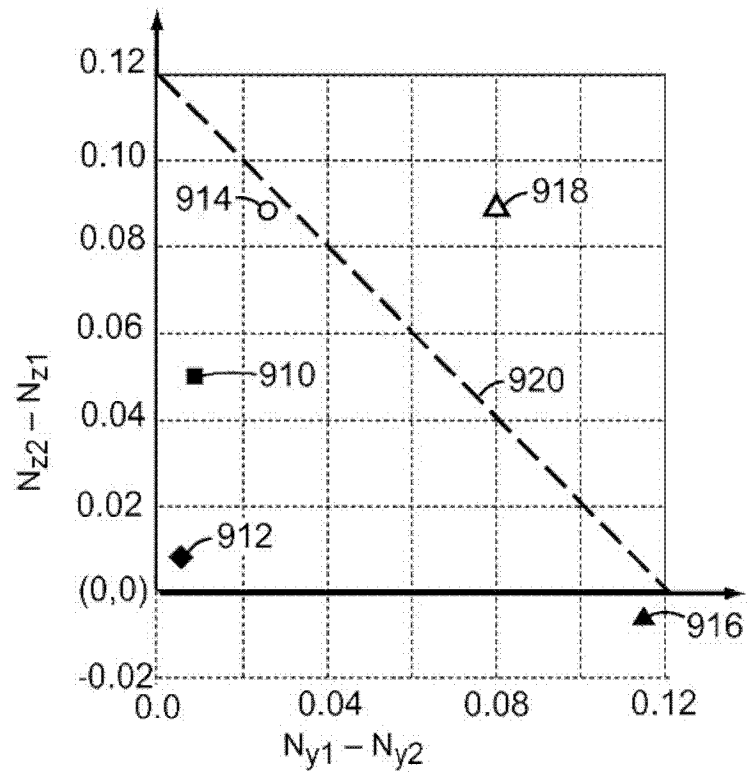


图9

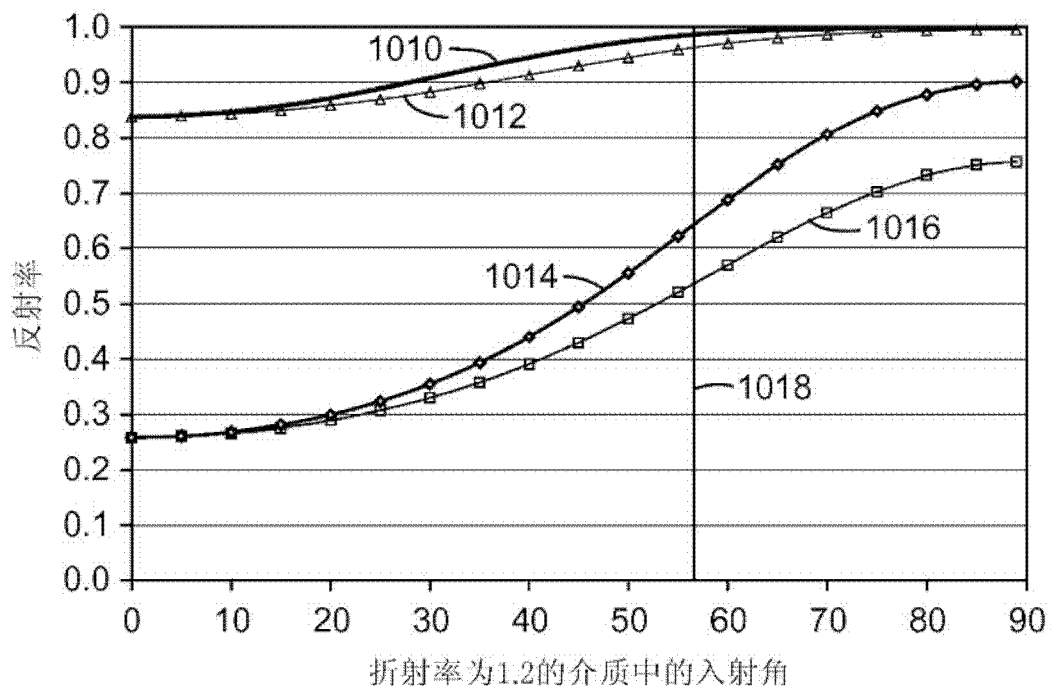


图10

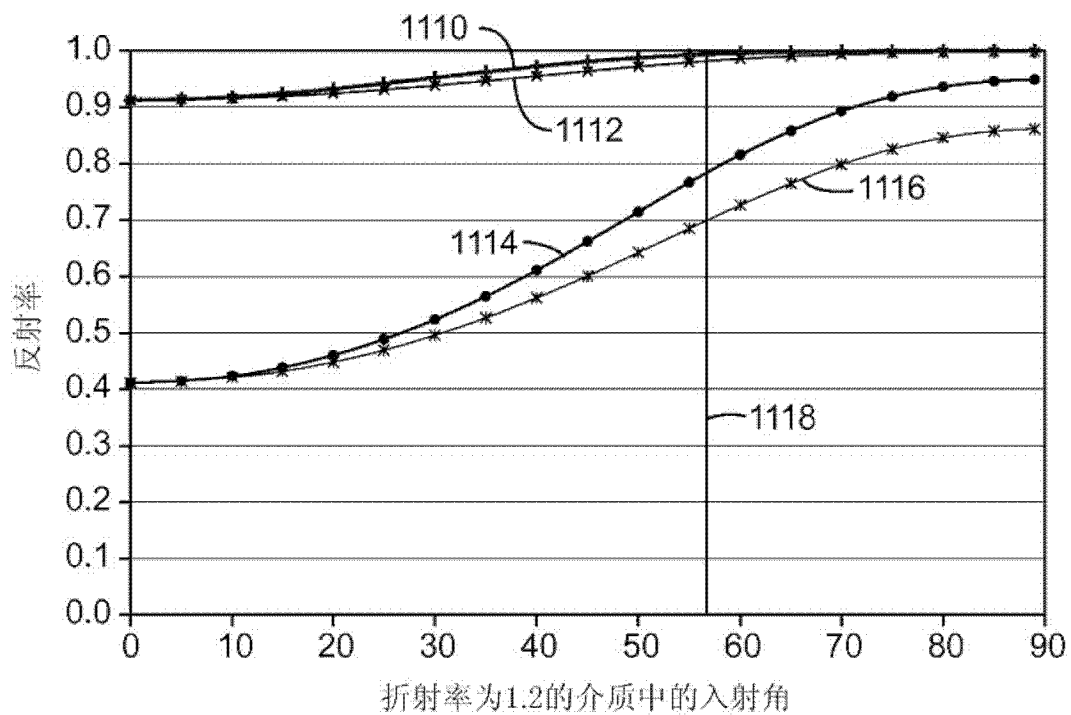


图11

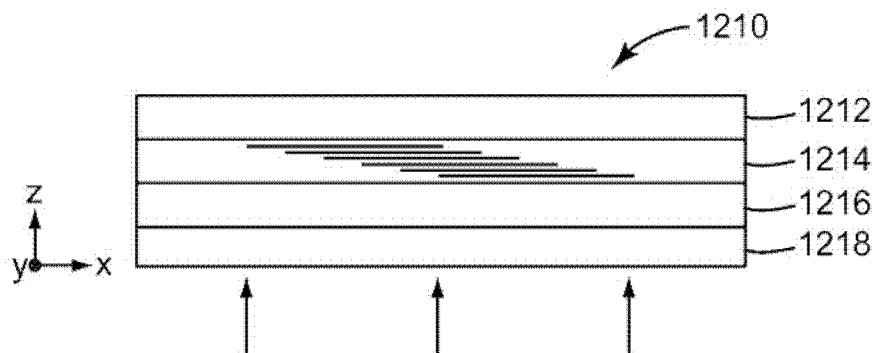


图12

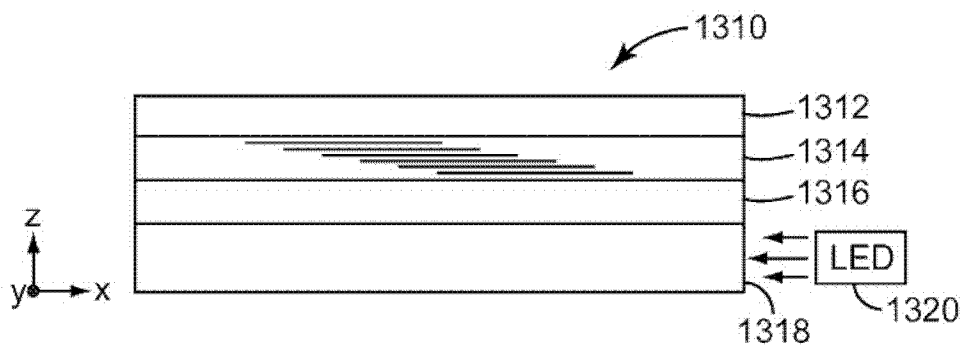


图13

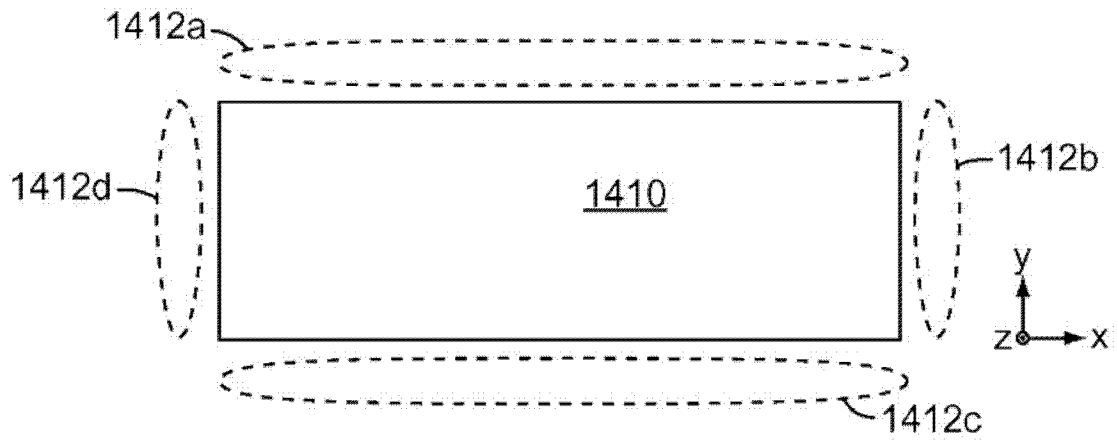


图14

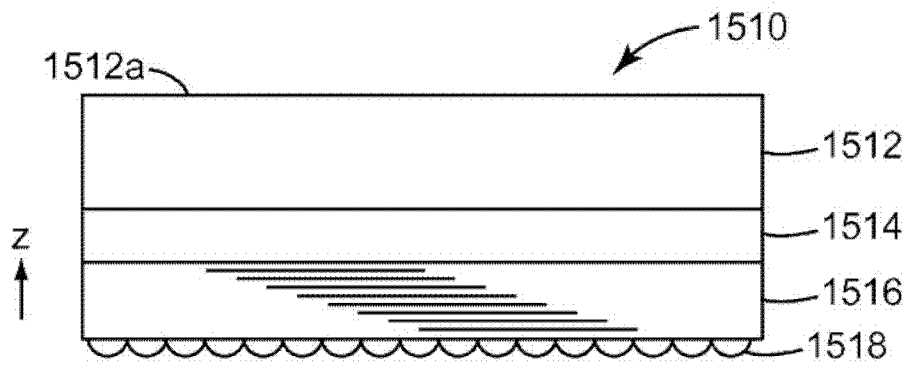


图15

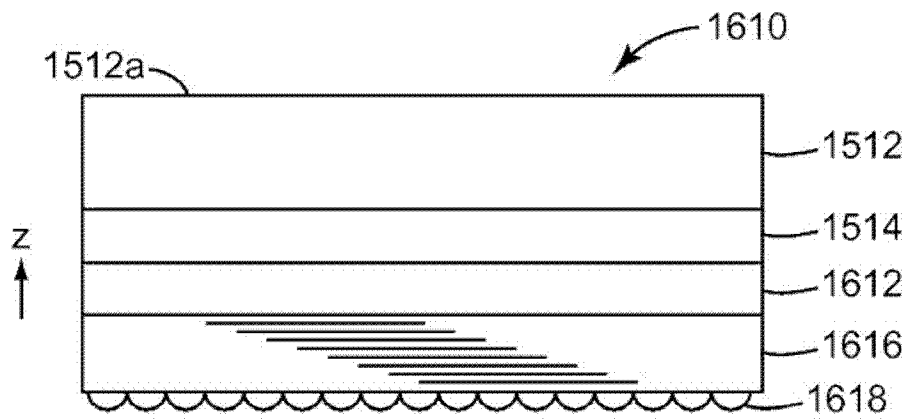


图16

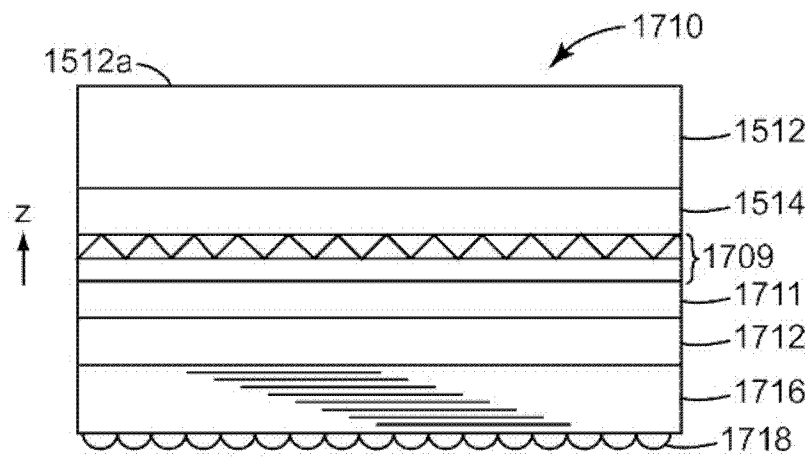


图17

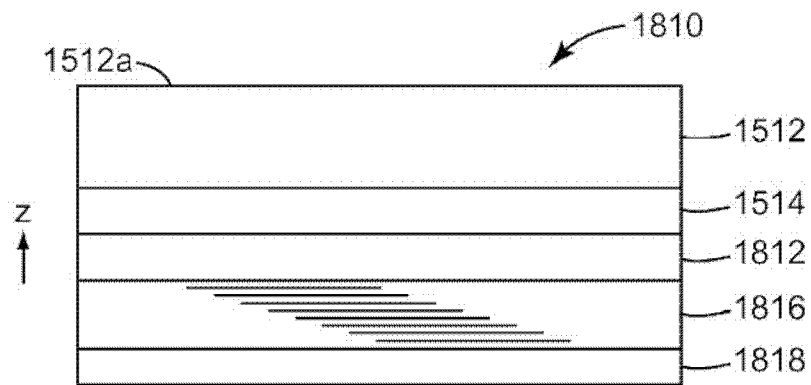


图18

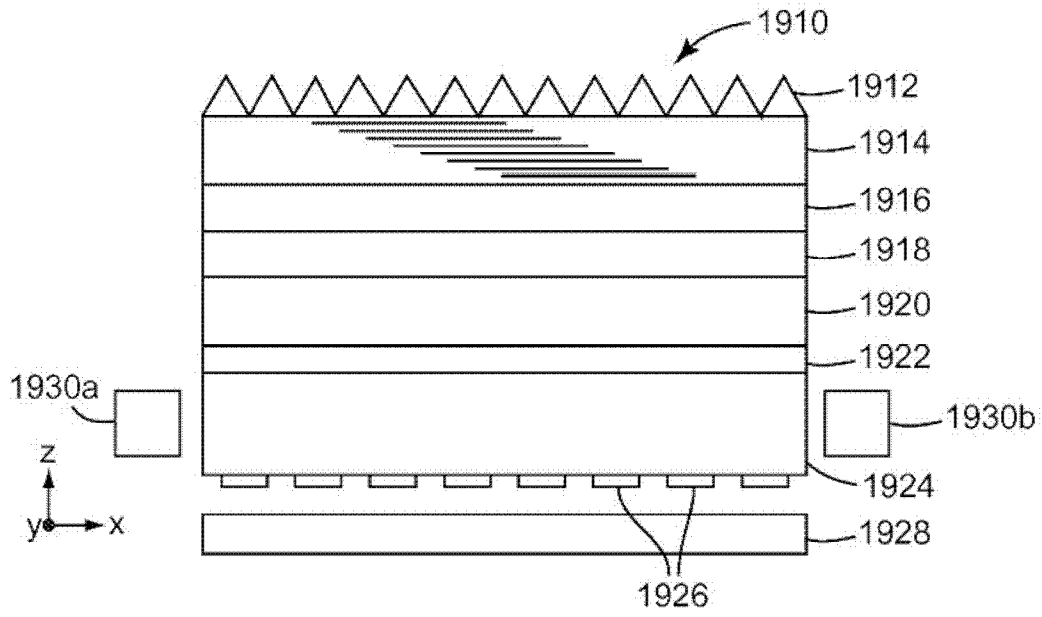


图19

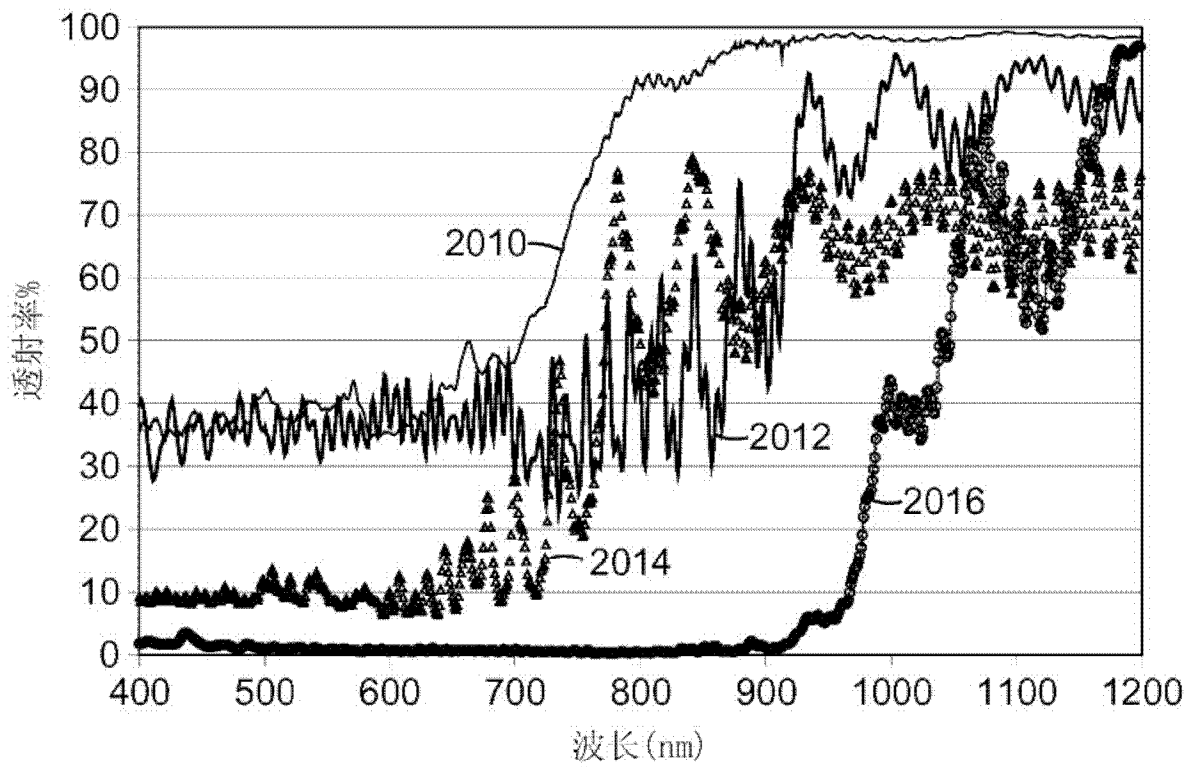


图20

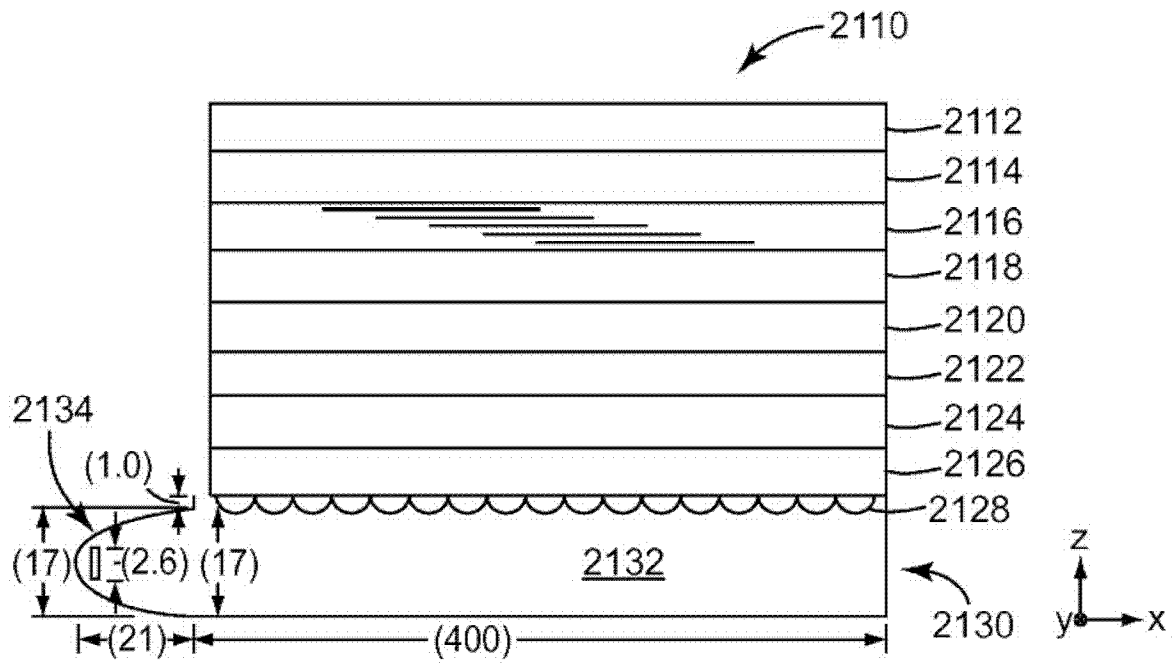


图21

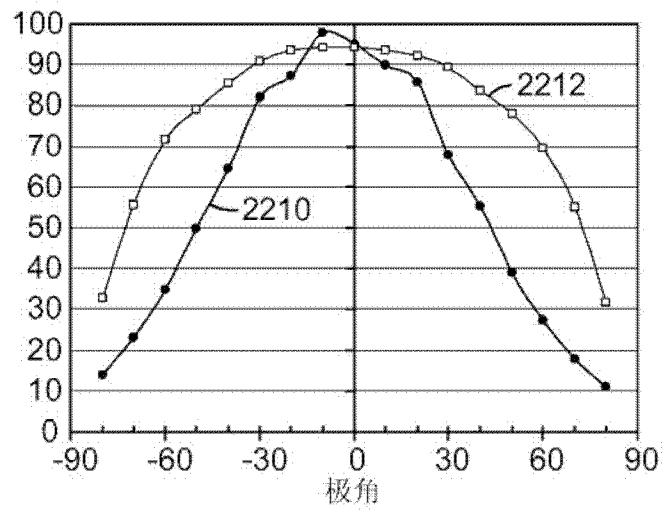


图22a

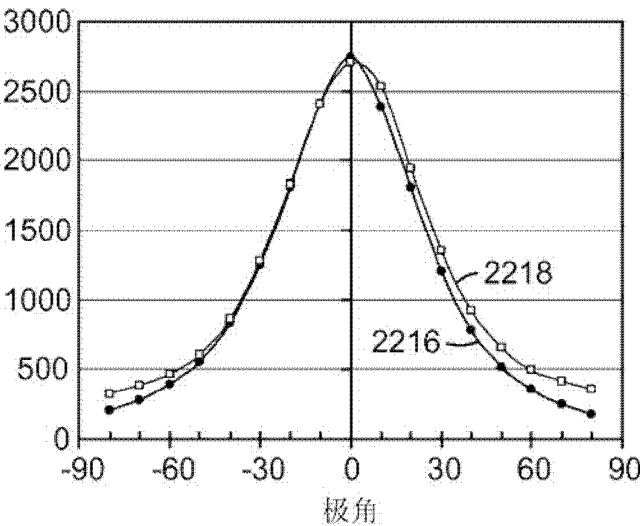


图22b

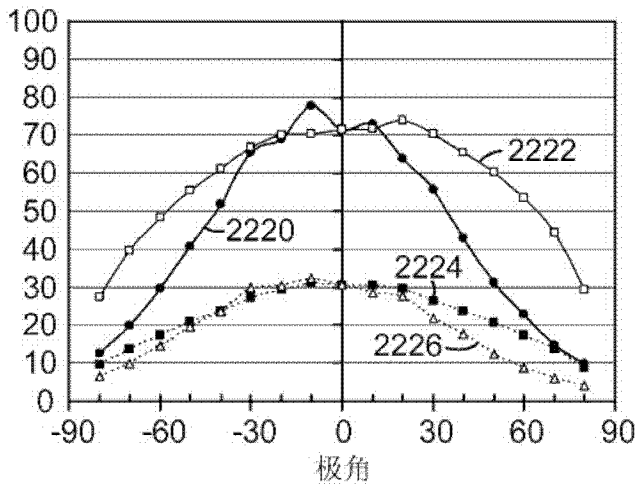


图22c

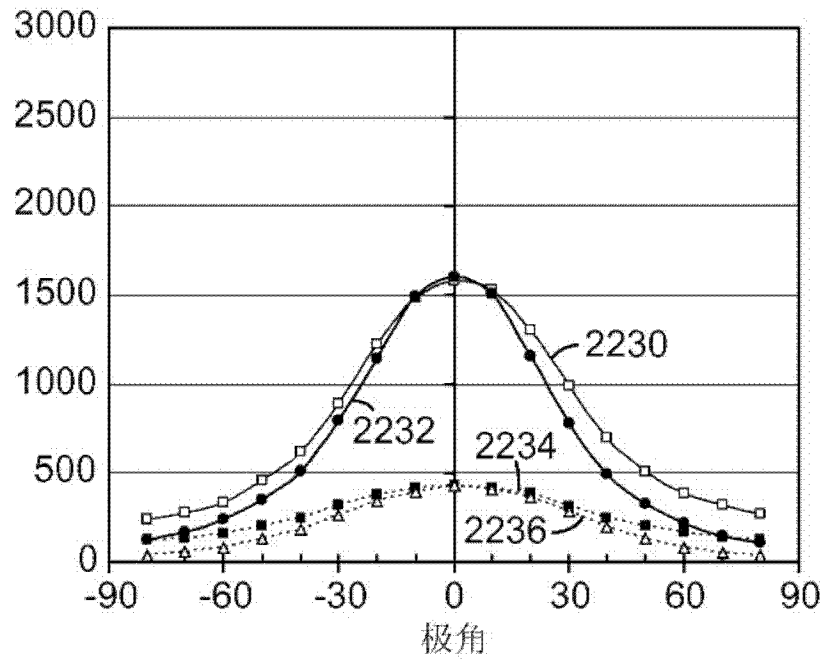


图22d

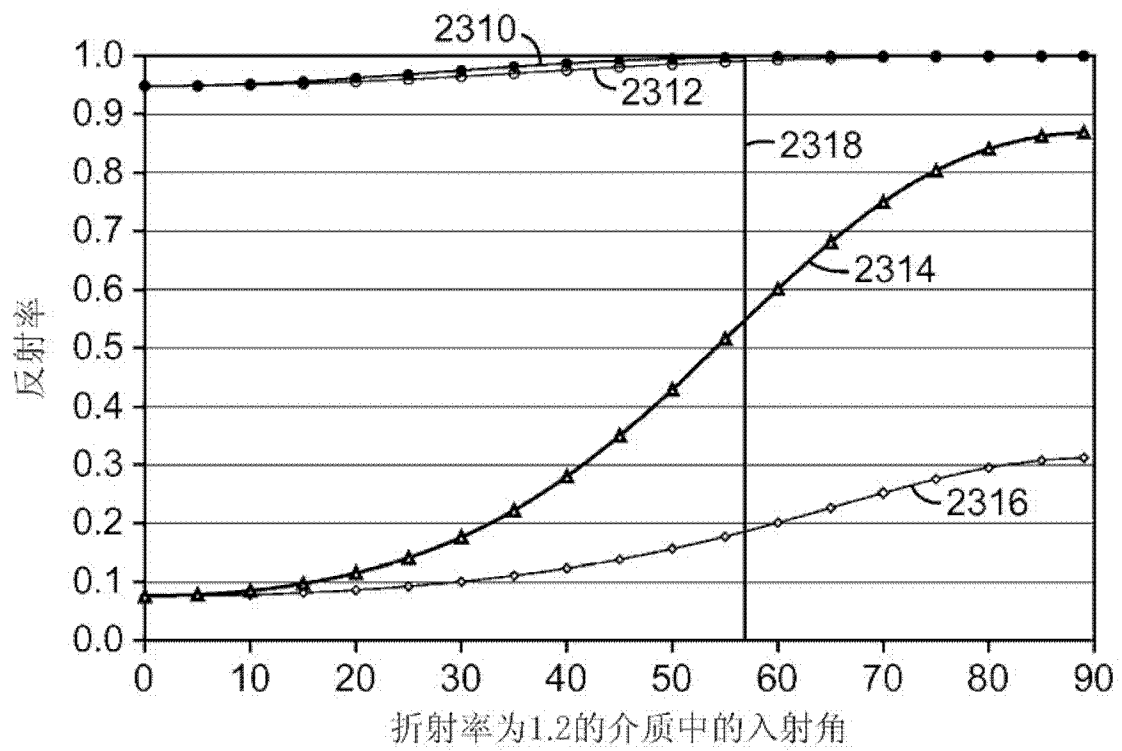


图23

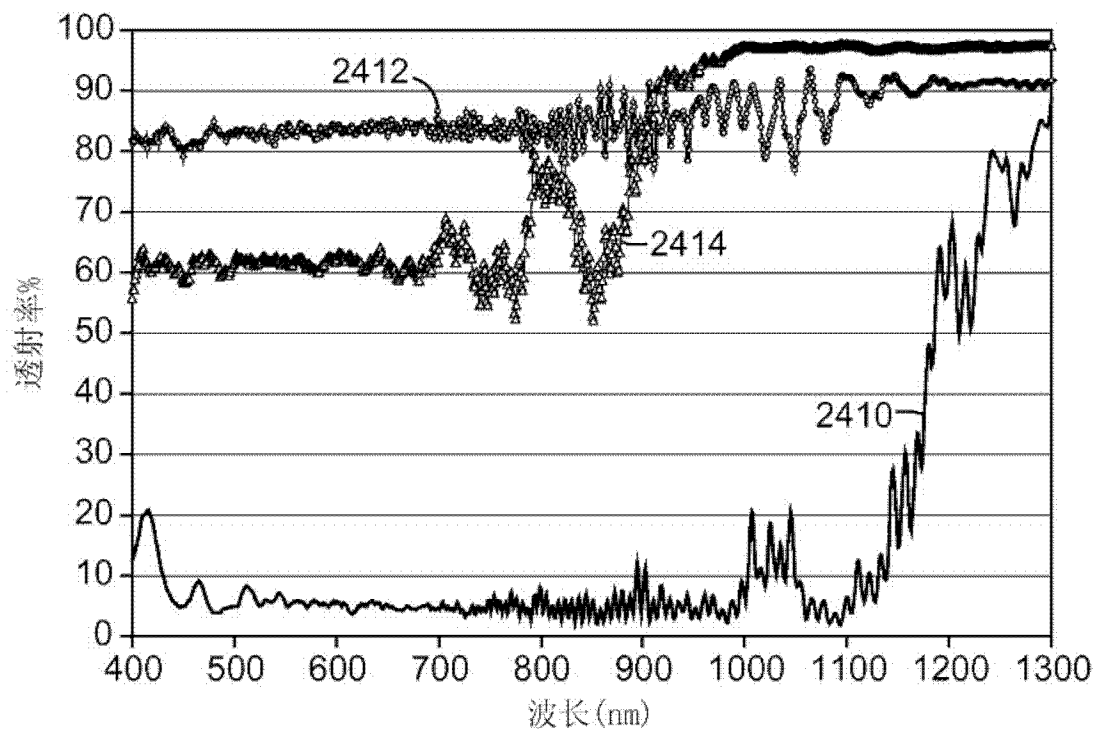


图24

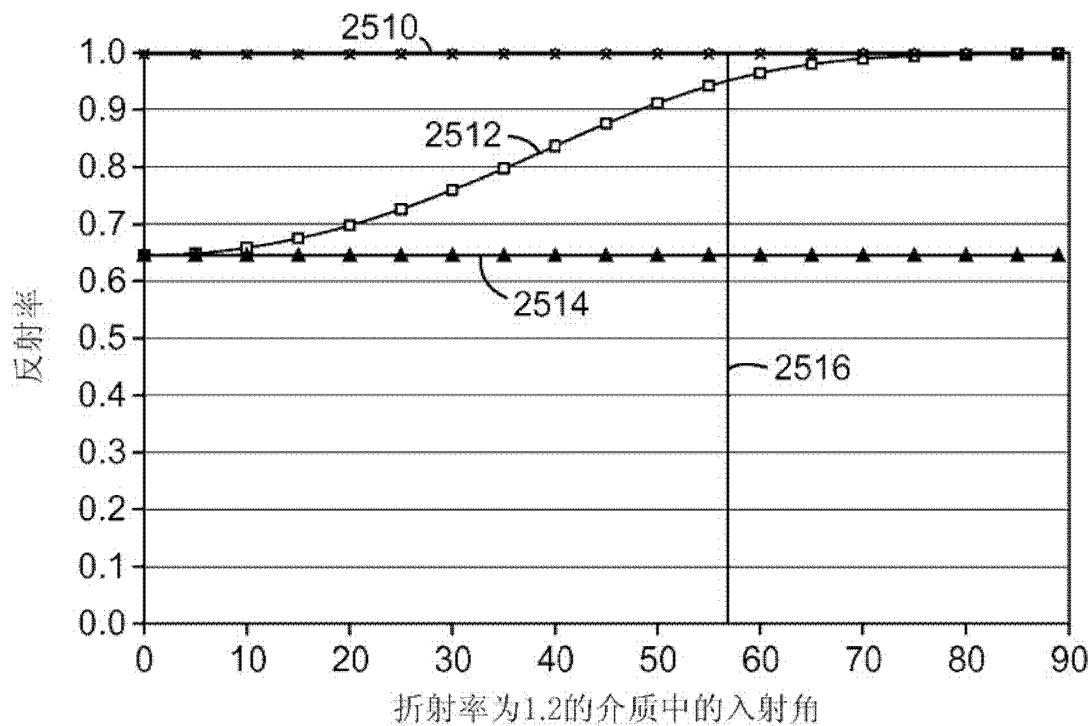


图25

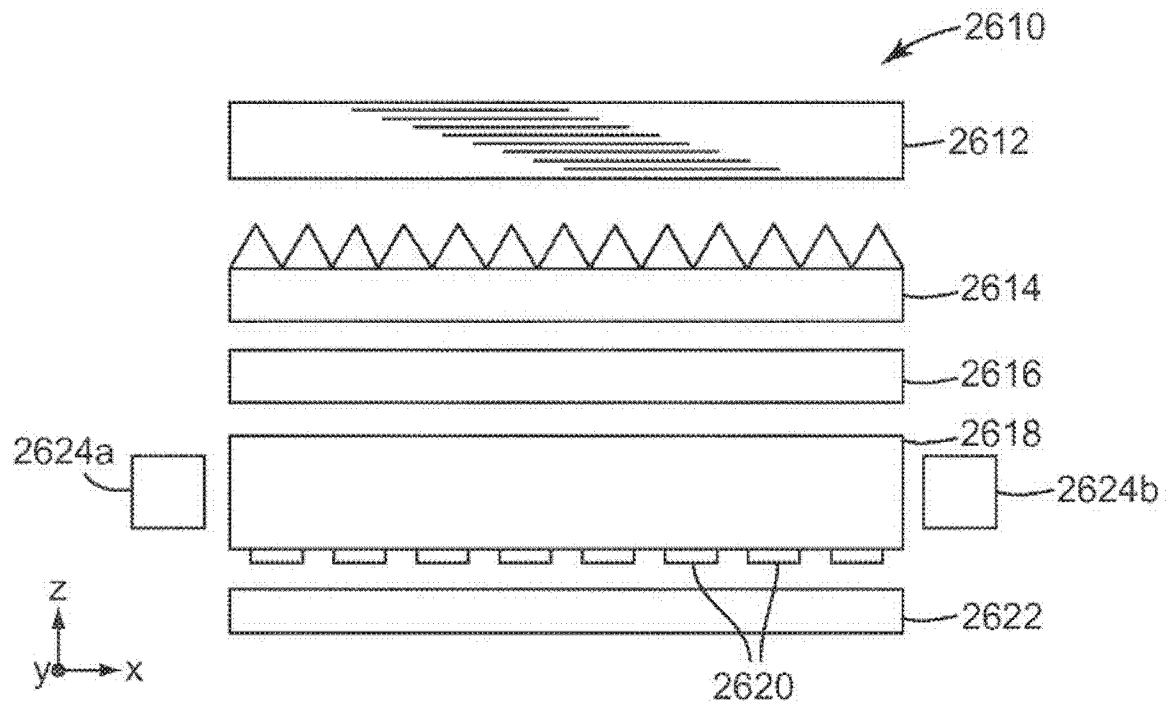


图26a

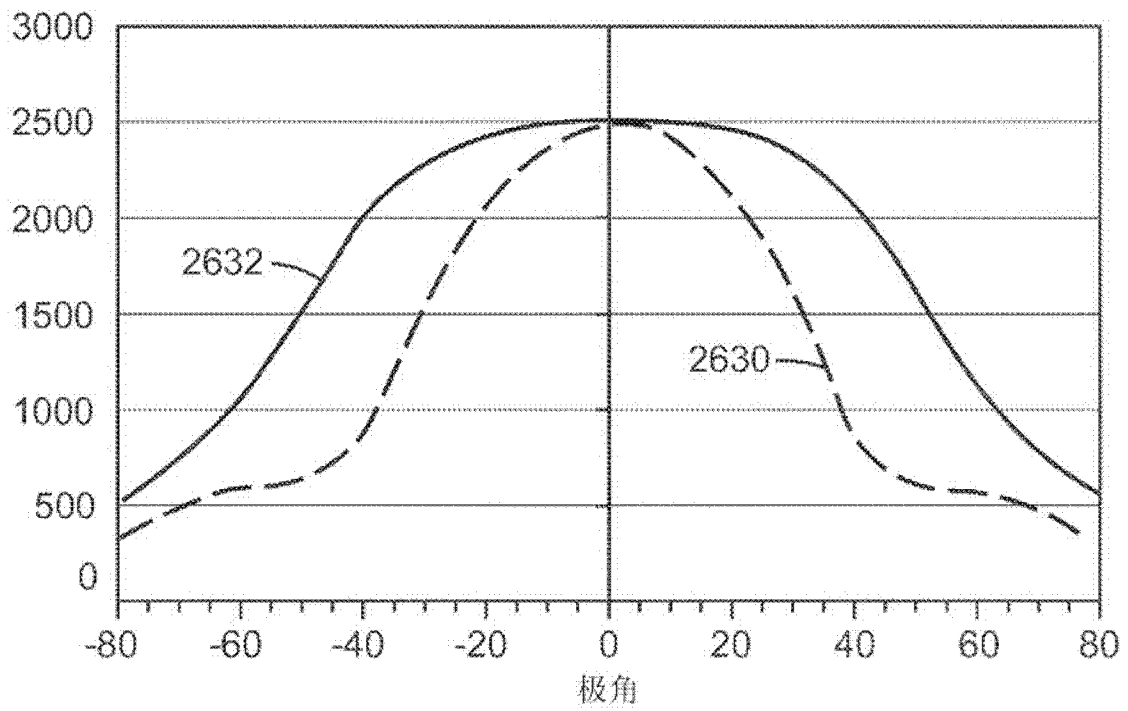


图26b

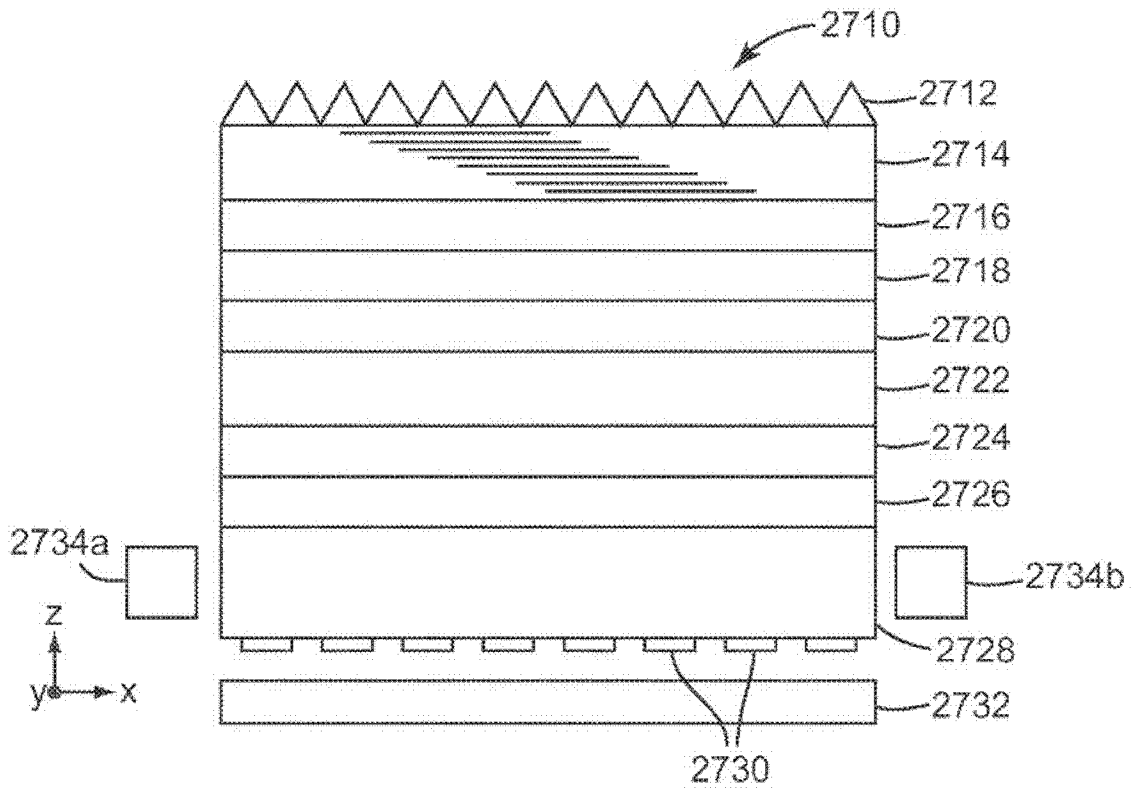


图27a

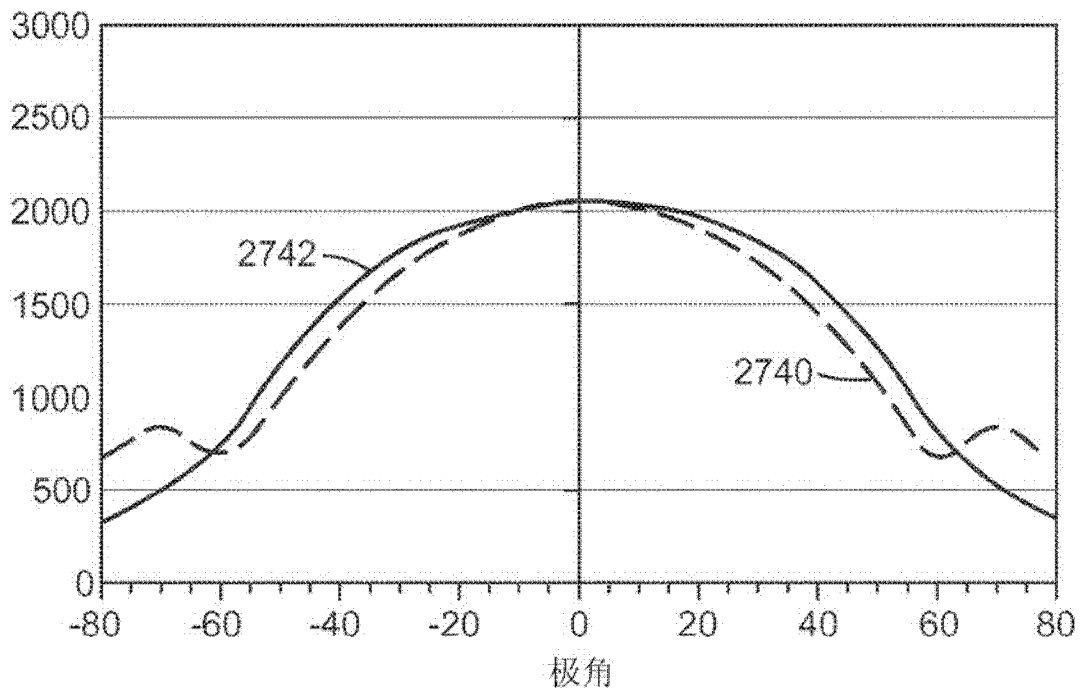


图27b