



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101432641 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 12

(21) 申请号 200780010809. 0

(22) 申请日 2007. 03. 28

(30) 优先权数据

60/744, 112 2006. 03. 31 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 09. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/065366 2007. 03. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02007/115040 EN 2007. 10. 11

(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

(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 何胜勇

(51) Int. Cl.

G02B 5/08 (2006. 01)

G02B 5/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1133705 B1, 2004. 08. 04, 全文.

CN 1432827 A, 2003. 07. 30, 全文.

CN 1360681 A, 2002. 07. 24, 全文.

EP 0735952 B1, 2000. 03. 22, 全文.

CN 1745320 A, 2006. 03. 08, 全文.

审查员 朱雅琛

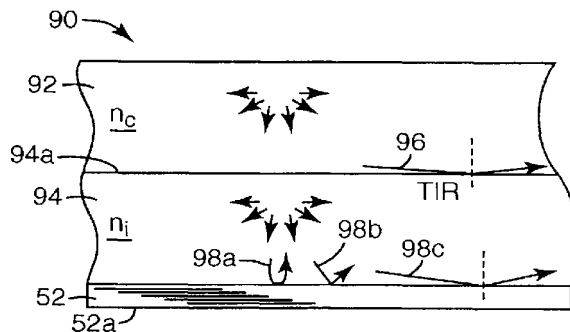
权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图 8 页

(54) 发明名称

广角反射镜系统

(57) 摘要

一种包括宽带薄膜干涉叠堆的复合反射镜系统, 薄膜干涉叠堆具有多个微层以及光学厚层, 光学厚层的折射率大于空气的折射率但小于叠堆的最小折射率。反射镜系统能够为在叠堆和光学厚层中以超临界角传播的光提供高反射率, 同时避免例如由于与支承结构相接触而在反射镜背面存在污垢或诸如吸收材料等其它干扰物而导致的反射率降低。



1. 一种反射镜系统,包括:

薄膜叠堆,其包括多个微层,所述微层大致垂直于基准轴线,并且具有选定的折射率和厚度以充分反射在所关注的波长范围和所关注的微层角度范围内的光;

与所述微层耦合的光学厚层,所述光学厚层的折射率 n_i 大于空气的折射率但小于所述微层的折射率;以及

将光射入到所述光学厚层和所述微层中的结构,所述光包括在所述光学厚层中相对于所述基准轴线以大致 90° 的角度传播的光;其中,

所述所关注的微层角度范围延伸至在与所述多个微层之一相对应的参考介质中测得的角度 $\theta_{\max}$, $\theta_{\max}$ 是当所述薄膜叠堆在所关注的波长范围内提供足够的反射率时,在所述参考介质中测得的最大的光传播角,选择折射率 n_i ,使得在所述光学厚层中相对于所述基准轴线以 90° 的角度传播的光以大约为 $\theta_{\max}$ 的角度折射进入所述多个微层的所述参考介质。

2. 根据权利要求 1 所述的反射镜系统,其中所述结构包括分散在所述光学厚层中的散射体。

3. 根据权利要求 1 所述的反射镜系统,其中所述结构包括所述光学厚层的不光滑表面。

4. 根据权利要求 1 所述的反射镜系统,其中,选择所述微层的折射率以消除在相邻微层之间的界面上的布鲁斯特角。

5. 根据权利要求 1 所述的反射镜系统,其中所述光学厚层为在显示器中使用的光导装置。

6. 根据权利要求 1 所述的反射镜系统,其中所述微层的反射带充分远地延伸到近红外区域,因而虽然在反射镜的背面区域反射率局部降低,但是所述反射镜系统在观察者看来均匀地反射可见光。

7. 根据权利要求 6 所述的反射镜系统,其中所述微层的垂直入射反射带从 400nm 延伸到至少 1600nm。

广角反射镜系统

技术领域

[0001] 本发明涉及反射镜系统以及利用薄膜干涉叠堆的反射镜系统。

背景技术

[0002] 许多光学产品和装置因需要高反射率的反射镜而使用薄膜干涉叠堆。能够经济地制成这些叠堆,并且能够将这些叠堆设计为在所需波段内(例如在人类可见的波长谱或指定光源的输出光谱或指定检测器的敏感光谱范围内)提供高反射率。所述叠堆也能够对一定角度范围内的入射光提供反射。在具体的波长或者甚至在所关注的整个波长范围内,对于垂直入射的光和对于中等入射角的光,通常能够获得极好的反射率。这一性能通常非常适合预期的最终用途的应用场合。

[0003] 然而,如果应用或系统在极端的入射角处也要求高的反射率,那么这种叠堆可能无法提供那样的性能。在这样的极端角度下,干涉叠堆对具体波长的反射率可能由于如下两个因素而降低:(1) 光的 p 偏振分量在叠堆的相邻微层之间的每个介质/介质界面上的反射率随入射角的增大而减小,当角度增加至布鲁斯特角时反射率减小至最小值零;(2) 从几何的观点来看,由叠堆内的相邻界面所产生的光的子波之间的光程差而产生的相移变得非常接近 $\pi/2$ 弧度,从而使得即使在存在众多微层的累积效应和扩展厚度梯度的情况下,相长干涉也不足以产生可接受的反射。因素(2)可以以不同的方式表达:随着入射角的增大,叠堆的反射带朝着更短的光波长移动,并且在极端的入射角处该反射带移动得如此之远,以至于该反射带不再覆盖所关注的整个波长范围,或者甚至于如此之远,以至于该反射带不再覆盖所关注的整个波长范围的任何部分。关于因素(1),美国专利 5,882,774(Jonza 等人)和期刊论文“Giant Birefringent Optics(高双折射光学)”Weber 等人、Science 287,2365(2000 年 3 月 31 日)提出如何能够通过利用叠堆内的至少一些双折射微层和通过选择相邻微层的折射率来解决该问题,以减少、消除、或者甚至逆转该 p 偏振光的反射率随入射角增大而降低的普遍现象(表现在各向同性的微层中)。例如,这些参考文献提出如何能够通过适当选择折射率来消除布鲁斯特角。然而,这种方法并不能解决因素(2)。在许多情况下,仅仅通过增加更多的层来扩展反射带不能够解决因素(2)。

发明内容

[0004] 申请人已经确定,为了避免因素(1)和(2)不当地降低反射率,需要一种能够反射更宽的入射角范围内的光的反射镜系统。例如在多层干涉叠堆与前表面漫射结构(诸如包含漫射微粒或其它漫射元件的前表面涂层)结合的情况下,这种反射镜系统可能是可取的。该漫射元件可以在多层叠堆中将光散射到所有方向,包括由于因素(1)和/或因素(2)而会传播至多层叠堆的后主表面或背面的极端入射角的光线。如果背面为平的、光滑的、洁净的并且暴露于空气,这些光通过全内反射(TIR)朝向多层叠堆的前表面反射,从而保持了该反射镜系统的高反射率。另一方面,如果该背面被划伤或与吸收材料(例如支撑构件、紧固件、油脂、油墨或污垢)接触,则这些光被吸收,从而降低了系统的反射率。例如,在对

多层干涉叠堆的前表面涂布光漫射层的反射镜系统中,将一片双面粘合剂带施加于多层干涉叠堆的背面,能够导致在该反射镜系统前看到灰色的或(换句话讲)黑暗的区域,该区域在尺寸与形状方面对应于粘合剂带与叠堆的接触区域。如果该粘合剂带与吸收性更强的吸收材料(诸如不透明的塑料支撑体或吸收性的油墨)接触或被替换为吸收性更强的吸收材料,那么从前方观察者的视角来看,该区域甚至变得更暗。

[0005] 由于因素(2)和反射镜背面全内反射的局部损耗的综合因素,当基于多层干涉叠堆的复合反射镜表现出局部降低的背面反射率时,形成了在前方可见的黑暗区域。漫射元件使被散射的一些光以足够大的入射角进入反射镜,从而使得所关注的波长的光不被充分反射(例如,由于在入射角较大时镜面反射带的移动)。相反地,这种光到达反射镜的背面并且穿过局部的反射率较小的区域射出反射镜。同时,到达反射镜背面的相邻区域(保持平坦、光滑、洁净并且暴露于空气)的光经历全内反射。这些相邻区域的不同反射率产生在从反射镜前方观察时可以看见的黑暗区域。

[0006] 因此,对反射镜系统存在这样的需求:能够反射入射角范围更广的光。对反射镜系统还存在这样的需求:尽管在反射镜背面区域存在反射率局部减小的情况,反射镜系统也能够均匀地反射从前方入射的光。这些需求并不仅限于可见光波长的反射镜;对其它所关注的波长范围而言,这些需求也存在。

[0007] 因此,除其它内容以外,本发明公开了一种复合反射镜系统,该复合反射镜系统包括形成薄膜干涉叠堆或形成多个叠堆的多个微层。这些微层具有选定的折射率和厚度,以反射在所关注的波长范围内并在所关注的角度范围内的光,所述角度在与所述微层之一相对应的参考介质中测得。所关注的角度范围在本文中被称作所关注的微层角度范围。该系统还包括与所述微层耦合的光学厚层。该光学厚层具有中间折射率,该中间折射率大于空气的折射率,但小于所述微层的折射率。该反射镜系统还包括这样的元件:使“超临界传播角”的光射入该反射镜系统,例如进入光学厚层并且由此进入所述微层,或者在光学厚层之内而由此进入所述微层。超临界传播角的概念将在下面进一步讨论,但是一般来讲指在任何非空气介质层(诸如光学厚层或微层)中的如下传播角:该角度比通过使光从空气中穿过与所述层平行的平坦表面射入所述层而可能获得的传播角更加倾斜。所述光学厚层用于将所关注的波长范围内的射入光限制在所关注的微层角度范围以内,或使在所关注的波长范围内并且在所关注的微层角度范围之外的射入光在该光学厚层的内置界面发生全内反射。通过薄膜干涉叠堆、具有中间折射率的光学厚层和用于射入超临界传播角的光的元件的组合,本发明所公开的这些反射镜系统通常不但能够为垂直入射的光而且能为以极端入射角传播的光(包括超临界入射角)提供高反射率。

[0008] 本发明还公开了一种反射镜系统,该反射镜系统包括多个微层、与所述微层耦合的光学厚层、以及将光(包括在所述光学厚层中以大致 90° 的角度传播的光)射入所述光学厚层和所述微层中的结构。所述微层大致垂直于基准轴线,并且具有选定的折射率和厚度以充分地反射在所关注的波长范围和所关注的微层角度范围之内的光。所述光学厚层的折射率大于空气的折射率,但小于所述微层的折射率。所关注的角度范围延伸到在与所述微层之一对应的参考介质中测得的角 θ_{amax} ,并且参考介质中的 θ_{amax} 与该光学厚层中的大致 90° 度传播角对应。

[0009] 本发明还公开了一种反射镜系统,该反射镜系统包括:多个微层,其折射率和厚度

使所关注的波长范围和所关注的微层角度范围之内的光发生反射；与所述微层耦合的光学厚层，所述光学厚层的折射率大于空气的折射率，但小于微层的折射率；以及在所述光学厚层之内或与所述光学厚层耦合的一个或多个漫射元件，其中微层的反射带充分延伸到近红外区，因而尽管在反射镜背面区域反射率局部地减小，在观察者看来，该反射镜系统也均匀地反射可见光。

[0010] 本发明的这些方面以及其它方面在下面的详细描述中将显而易见。然而，在任何情况下以上内容都不应理解为是对受权利要求书保护的主题的限制，该主题仅受所附权利要求书的限定，在专利申请过程中可以对其进行修正。

附图说明

[0011] 整个说明书以附图为参照，其中类似的附图标记表示类似的元件，并且其中：

[0012] 图 1 为光从空气倾斜入射到薄膜干涉叠堆上的示意性剖视图，其中叠堆具有材料“a”和材料“b”的交替层叠的微层；

[0013] 图 2a-2c 为角度图，示出了在图 1 所示的不同介质中传播的光的可能的传播角范围：图 2a 为光在空气介质中的情况，图 2b 为光在叠堆的“a”微层中的情况，图 2c 为光在叠堆的“b”微层中的情况；

[0014] 图 3 为反射率与波长对应关系的曲线图，绘出的几条理想化曲线代表了各向同性的薄膜叠堆在垂直入射和几个倾斜输入角处的反射带；

[0015] 图 4 示出了平均反射率与不同反射镜系统构造中叠堆的“a”微层中的传播角（ θ_a ）的对应关系的理想化曲线图，其中反射率为所关注的波长（或在波长范围内取平均值）的光的反射率，并且为所有偏振态的平均值；

[0016] 图 5 为具有薄膜叠堆的反射镜系统的示意性侧视图，所述薄膜叠堆耦合到能够使光以超临界角射入叠堆的结构；

[0017] 图 6-8 示出了反射镜系统，该系统具有能够将光以超临界角射入叠堆的可供选择的结构；

[0018] 图 9 为广角反射镜系统的示意性剖视图，该系统包括薄膜叠堆和具有中间折射率的光学厚层，该光学厚层限制光在叠堆之内的传播角，并且也导致以超出叠堆处理能力的极端入射角传播的光在光学厚层的结合界面上被全内反射；

[0019] 图 9a-9c 为角度图，示出在图 9 所示的各种介质中传播的光的传播角的范围：图 9a 为光在射入层（“c”）中，图 9b 为光在中间折射率的光学厚层（“i”）中，图 9c 为光在叠堆的折射率最低的“a”微层中；

[0020] 图 10 为另一种广角反射镜系统的示意性剖视图，图 10a-10c 为角度图，示出在图 10 所示的不同介质中传播的光的传播角的范围；

[0021] 图 11 为另一种广角反射镜系统的示意性剖视图，图 11a-11b 为角度图，示出在图 11 所示的各种介质中传播的光的传播角的范围；以及

[0022] 图 12-16 是示出实例中讨论的各种反射镜系统的光谱透射率或反射率的曲线图。

具体实施方式

[0023] 在本具体实施方式部分中，术语“空气”可以指在标准温度和压力下、或在其它温

度或压力下的地球大气,甚至可以指真空。本文忽略了这些介质之间的折射率的微小差别,并且假定空气的折射率基本为 1.0。在本具体实施方式部分中,还使用了如下的术语:

[0024] $n_{\min}$ - 在所关注的波长或波长范围内叠堆中的任意微层沿任意轴线的最小折射率。

[0025] a、b- 在薄膜叠堆中使用的光学材料或由这种光学材料构成的微层,其中 a 沿至少一条轴线具有折射率 $n_{\min}$, b 沿至少一条轴线具有大于 $n_{\min}$ 的折射率;b 材料通常也具有叠堆中的最大折射率(沿任意轴线)。这并不意味着薄膜叠堆仅仅限于两种不同类型的微层;该叠堆也可以包括除“a”和“b”之外的其它光学材料。

[0026] i- 另一种光学材料,或由这种材料构成的层或其它主体,具有在空气折射率($n = 1$)和叠堆的最小折射率($n = n_{\min}$)之间的中间折射率 n_i 。

[0027] c- 另一种光学材料,或由这种材料构成的层或其它主体,其沿任意轴线的折射率大于 n_i ,并且通常显著大于 n_i 和 $n_{\min}$ 。在一些情况下,“c”材料可以为“a”材料或“b”材料。

[0028] n_x - 给定材料或层 x ($x = a, b, c$ 或 i) 在所关注的波长或波长范围内的折射率。如果该材料为双折射的,则 n_x 可以为沿特定轴线(例如,沿 x 轴、 y 轴或 z 轴)的折射率,或者可以为沿着给定方向传播的特定偏振态光(例如, s 偏振光或 p 偏振光,或者左旋圆偏振光或右旋圆偏振光)的有效折射率。

[0029] 所关注的波长范围-通常为可见光或近可见光(例如,400nm-700nm 波长)、近红外光(例如,700nm-1000nm、700nm-1400nm 或 700nm-5000nm,选择这些范围中的一种有时取决于所采用的检测器或传输介质),或同时包括可见光和近红外光。也可以使用其它范围作为所关注的波长范围。例如,如果反射镜系统要在具有窄带发射器(诸如 LED 或激光器)的系统中使用,则所关注的波长范围可以相对较窄(例如,100nm、50nm、10nm 或更小)。如果该反射镜系统要在照明系统(诸如用于液晶显示装置或其它显示器中的背光源)中使用,则所关注的波长范围可以较宽(例如,400nm-800nm、400nm-900nm、400nm-1000nm、400nm-1200nm、400nm-1400nm、400nm-1600nm 或 400nm-1700nm);出于以下更详细地说明的原因,这些范围延伸到可见光以外。

[0030] θ_x - 在介质 x 中传播的光线的角度,在介质 x 中相对于与介质 x 垂直或与介质 x 的表面垂直的轴测得。

[0031] θ_{xc} - 介质 x 的临界角,即当光线以掠射角(90°)折射进入相邻的空气介质时在介质 x 中测得的入射角。注意,第二个下标“c”表示“临界”,并且不应该与可能作为第一个下标出现的光学材料“c”相混淆。

[0032] θ_{xlim} - 介质 x 的与临界角类似的极限角,但其中相邻介质不为空气。因而, θ_{xlim} 为当光以掠射角(90°)折射进入相邻的非空气介质时在介质 x 中测得的入射角。

[0033] $\theta_{\max}$ - 当薄膜叠堆在所关注的波长范围内提供足够的反射率时,在介质“a”中测得的最大的光传播角。该角度是如下多个因数的函数:例如,预期应用中的所需反射率或目标反射率,以及诸如微层的总数、微层叠堆的厚度梯度、微层之间的折射率差等叠堆设计的详细情况。

[0034] 现在参照图 1,我们在示意性剖视图中看到,薄膜干涉叠堆 10 浸入折射率 $n_0 = 1$ 的空气介质中。出于参考的目的,还示出了笛卡尔坐标系 $x-y-z$ 。具体波长的光 12 以角度 θ_0 入射到叠堆上,与该叠堆相互作用,从而产生反射光束 12a 和透射光束 12b。

[0035] 该叠堆通常包括数十、数百或数千个微层 14a、14b,这些微层分别由布置在诸如四

分之一波叠堆等干涉叠堆中的光学材料 a、b 构成。光学材料 a、b 可以为已知可用于干涉叠堆中的任何合适的材料,该材料既可以是无机的(诸如 TiO_2 、 SiO_2 、CaF 或其它常规材料),也可以是有机的,例如聚合物(聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、丙烯酸树脂和其它常规材料)。该叠堆可以为全无机的、全有机的或有机/无机混合的构造。为了便于说明,一开始我们讨论微层为各向同性的情况,但是可以容易地将结果引伸至双折射微层。可以在如下的对称反射系统中利用双折射微层:该系统大致同等地反射垂直入射的任何偏振态的光;或者可以在如下的不对称系统中使用双折射微层:该系统对垂直入射的一个偏振态的光具有高反射率,而对垂直入射的正交偏振态的光具有较低的反射率。

[0036] 微层的光学厚度(物理厚度乘以折射率)为光的波长的一小部分。微层布置为重复的图案,该重复的图案被称为光学重复单元(ORU),例如在 ORU 中 ORU 的光学厚度为所关注的波长范围内的光的波长的一半。这些薄层使光的相长干涉或相消干涉成为可能,以便使叠堆获得与波长相关的反射和透射特性。叠堆 10 的 ORU 为一对 ab 层,但是也可能有其它已知的布置方式,例如在美国专利 No. 5, 103, 337(Schrenk 等人)、3, 247, 392(Thelen)、5, 360, 659(Arends 等人)和 7, 019, 905(Weber)中讨论的布置方式。如果需要,可以将厚度梯度结合到叠堆中以扩宽反射带,在所述厚度梯度中,ORU 的光学厚度沿叠堆的厚度尺寸改变。叠堆 10 不需要在其整个区域上为平坦的或平面的,而是可以成形、模制或凸印为所需的非平面形状。然而,如同图 1 所示的叠堆的一部分,可以认为微层至少局部地以大致平行于局部 x-y 坐标平面的方式设置或延伸。因而,该局部的 z 轴垂直于微层,并且垂直于相邻微层之间的每个界面。

[0037] 为了简化说明,在图 1 中仅仅示出了入射光 12 的折射部分,但是读者应该理解到,在微层的界面上也产生了反射光的子波,并且这些子波的相干叠加形成了反射光束 12a。当入射光 12 遇到叠堆 10 时,光束发生折射并且光束的角度从空气中的入射角 θ_0 变为微层 14a 中的折射角 θ_a 。从这里开始,当光进入微层 14b 时,光束进一步朝向表面法线(平行于 z 轴)偏转,并获得传播角 θ_b 。在交替的 a、b 层内经历更多次折射后,光作为透射光束 12b 射出,也可以将该光束理解为透射通过叠堆 10 的所有子波的相干叠加。

[0038] 现在我们来考虑改变入射光方向的效果。如果对入射光的方向没有限制,例如,如果我们在空气中从所有方向照明该叠堆,则入射角 θ_0 的范围为 0 至 90° , 或 0 至 $\pi/2$ 弧度。微层中的光传播角也会改变,但是由于折射率不同,光传播角的范围不会形成 $\pi/2$ 的半角。相反地,光传播角的范围形成 θ_{ac} (对于层 14a)和 θ_{bc} (对于层 14b)的半角。这在图 2a-2c 的角度图中以图示方式示出。在图 2a 中,弧 20 的半角为 $\pi/2$,该弧表示空气介质中的所有传播方向。这些传播方向实际上在三维中形成了半球,而图 2a 示出了该半球在 y-z 平面上的部分。如图 2b 所示,经过折射,该空气中的入射角范围转变为光学材料 a 中的较窄的入射角范围。在图 2b 中,以临界角 θ_{ac} 为半角的实线弧 22a 表示射入光在层 14a 中的所有传播方向。临界角 θ_{ac} 可以通过 $\sin^{-1}(1/n_a)$ 来计算。虚线弧 22b 表示大于 θ_{ac} 的传播角 θ_a ,本文称为超临界传播角。因此,超临界传播方向或超临界传播角通常是指在任何非空气介质层(诸如光学厚层或微层)中的如下传播角:这些角比通过使光穿过与上述层平行的平坦平面从空气射入这种层中而可能获得的传播角更加倾斜。由于这正好是图 1 所示的情况-光从空气中以所有角度穿过平行于微层 14a 的平坦表面射入所讨论的叠堆 10

中 - 没有光以这些超临界角在微层 14a 中传播, 因此以虚线而非实线表示弧 22b。

[0039] 除了光在折射率较大的微层 14b 中传播以外, 图 2c 所示的角度图与图 2b 所示的角度图是相似的。以临界角 θ_{bc} 为半角 (等于 $\sin^{-1}(1/n_b)$) 的实线弧 24a 表示层 14b 中的射入光的所有传播方向。虚线弧 24b 表示大于 θ_{bc} 的传播角, 即微层 14b 中的超临界角。在使用图 1 所示的空气射入布置方式的情况下, 没有光以这些超临界角传播。

[0040] 图 3 示出了薄膜叠堆 (诸如图 1 所示的叠堆 10) 的理想化反射率特性曲线图。曲线 30 示出了垂直入射 (即 $\theta_o = \theta_a = \theta_b = 0$) 时叠堆的反射率。薄膜设计领域的普通技术人员能够容易地选择折射率合适的交替层叠的材料、整个叠堆中的微层厚度分布以及微层的总数, 以提供具有如下所示特性的叠堆: 反射带在整个可见光区域 31 延伸, 并且延伸至近红外区域, 具有陡峭的左带边缘和右带边缘, 并且至少在整个可见光区域 (并且在一些应用中, 为在整个近红外区域) 具有至少为 70%、80% 或 90% 或更高的高平均反射率。例如参考由 3M 公司出售的 Vikuiti™ 增强的镜面反射器 (ESR) 薄膜, 该薄膜利用了双折射多层叠堆。还参考了可通过以下方法制成的改性薄膜: 如以下实例中所述, 将诸如 Vikuiti™ ESR 薄膜等双折射多层叠堆层合至反射带进一步延伸到红外区域的薄膜叠堆上。

[0041] 随着入射角从 0° 开始增大, 开始产生与上述因素 (1) 和 (2) 相关的两种效应。首先, p 偏振光 (在入射面内偏振) 与 s 偏振光 (垂直于入射面偏振) 在微层之间界面的反射率不相同, 导致垂直入射反射带分离为 p 偏振光的第一反射带 32a 和 s 偏振光的独立的第二反射带 32b。当在薄膜叠堆中仅仅使用各向同性材料时, p 偏振光的反射带的峰值反射率随着入射角的增大而单调减小, 直到达到布鲁斯特角为止, 此时 p 偏振光的反射率变为零。其次, 由于与因素 (2) 相关的上述相移效应, 反射带 32a、32b 均向更短的波长移动。如 p 偏振光的第一反射带 34a 和 s 偏振光的第二反射带 34b 所示, 随着入射角的进一步增大, 反射带继续向更短的波长移动。应该注意, 虽然 p 偏振光的峰值反射率随着入射角接近布鲁斯特角而减小, 但是 s 偏振光的峰值反射率随着入射角的增大而增大。

[0042] 关于因素 (1), 美国专利 5,882,774 (Jonza 等人) 示出了如何能够减少、消除或逆转 p 偏振光的反射率随入射角增大而减小的现象。简而言之, 在薄膜叠堆中使用双折射材料, 从而将相邻微层之间沿 z 轴的折射率失配控制为较小值 (例如, 二分之一或四分之一或更小) 或零, 或者控制为与沿面内 (x 或 y) 轴线的折射率失配符号相反。量级为零或几乎为零的 z 轴折射率失配产生了位于微层之间的这样的界面: 作为入射角的函数, 该界面对 p 偏振光的反射率为常数或几乎为常数。极性与面内折射率差相反的 z 轴折射率失配产生了这样的界面: 该界面对 p 偏振光的反射率随着入射角的增大而增大, 这与 s 偏振光的情况相同。使用这样的原理, 可以容易地制成对 s 偏振光和 p 偏振光均保持高峰值反射率的薄膜叠堆。

[0043] 然而, 如上所述, 对所有偏振光保持高反射率界面几乎不能或完全不能阻止反射带随着入射角的增大而越来越向更短波长移动, 即因素 (2) 的现象。实际上, 使用双折射材料来增大或消除布鲁斯特角可能会加速波长随角度的移动。最终, 在某些角度, 反射带不再覆盖所关注的波长范围, 并且在该光谱范围中的反射率下降到可接受的水平或目标以下。这个角度称为 θ_{amax} 。它是在叠堆介质 a 中评价或测得的。

[0044] 从设计的观点来看, 通过以下方法能将 θ_{amax} 增加为更大的角度: 在薄膜叠堆设计中增加更多的微层, 并且将层厚度分布延伸为包括光学厚度更大的层。但是为了合理的高

目标反射率值,任何有限数量的微层都不能使 θ_{amax} 达到 90° 。

[0045] 在一些情况下,将多层叠堆的相邻微层之间的 z 轴折射率失配调整为仅将对应界面的布鲁斯特角增大为更接近 90° (相对于仅具有各向同性微层的多层叠堆) 就已足够,而不需将 z 轴折射率失配调整为完全消除布鲁斯特角。例如,在介质“a”中测得的布鲁斯特角大于 θ_{amax} 就可以是足够的。

[0046] 还应该指出的是,即使对于利用 z 轴折射率匹配技术来获得界面间 p 偏振反射率高的薄膜叠堆,大入射角时的 s 反射带和 p 反射带也具有不同的形状并具有不同的带宽,这是由于它们的左带边缘和右带边缘并不随入射角的变化而移动相同的量。对于接近 90° 的超临界角 θ_a , s 和 p 反射带之间的差异最为明显。通常, p 偏振反射带比 s 偏振反射带窄,并且随着 θ_a 增大, p 反射带的右带边缘将先于 s 反射带移过整个所关注的给定波长。换句话说讲,即使将该叠堆设计为对 p 偏振光有高的界面间反射率,随着 θ_a 增大,通常也会由于 p 偏振光的反射带移动到更短的波长而使反射率在所关注的波长或波长范围处发生第一主要下降,但是处在这种角度的 s 偏振光可以在所关注的波长或波长范围处保持高反射率值。

[0047] 在一个建模实例中,评价了具有 550 个微层的双折射四分之一波薄膜叠堆。“a”层沿 x 轴、 y 轴、 z 轴的折射率分别为 1.49、1.49 和 1.49—代表聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 光学材料在 633nm 处的折射率。这些折射率产生约 42° 的临界角 θ_{ac} 。“b”层沿 x 轴、 y 轴、 z 轴的折射率分别为 1.75、1.75 和 1.49—代表取向的聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 光学材料在 633nm 处的折射率。该模型也考虑了 PMMA 和 PEN 材料的实际散射。在叠堆具有合适的层厚度梯度的情况下,可以使该叠堆的垂直入射反射带从约 400nm 延伸至约 1600nm。对于 0 至约 65° 的传播角 θ_a , 反射带在可见光区域保持约 99% 的平均反射率。当传播角超过约 65° 时, p 反射带的移动造成平均反射率急剧下降。因而,对于 99% 的目标平均反射率, θ_{amax} 为约 65° 。

[0048] 图 4 示出平均反射率随着介质“a”中的传播角 θ_a 而变化的情况的理想视图,并且包括了据信对于具体类型的叠堆来说精确的定性特征。假定反射率是对所有偏振态和在所关注的波长范围内的平均值。曲线 40 描绘了相邻微层之间的 z 轴折射率充分匹配的双折射叠堆的反射率 (与上述 550 层的叠堆相似)。曲线 42 描绘了完全各向同性的叠堆的反射率,该叠堆类似地具有大量微层和相似的垂直入射反射带。曲线 40、42 在垂直入射和中等值 θ_a 处具有高反射率。此外,在超临界角 $\theta_{\text{amax}(2)}$ 附近,两条曲线均急剧下降。在该角度 $\theta_{\text{amax}(2)}$ 附近,反射带移动到较短的波长,导致反射带从所关注的波长范围中移出。曲线 40 因具有良好的倾斜角 p 偏振反射率而在 $0 \leq \theta_a \leq \theta_{\text{amax}(2)}$ 的范围内保持相对高的反射率。相反,曲线 42 的反射率在该范围内下降,并由于布鲁斯特角效应而在角度 $\theta_{\text{amax}(1)}$ 处降至目标平均反射率 41 之下。曲线 40 与目标反射率 41 在角度 $\theta_{\text{amax}(2)}$ 处相交。应该注意,如果不改变该薄膜叠堆的设计的情况下将目标平均反射率 41 选择为较高,则 $\theta_{\text{amax}(1)}$ 和 $\theta_{\text{amax}(2)}$ 将移动到较小的角度,而如果将目标平均反射率 41 选择为较低,则 $\theta_{\text{amax}(1)}$ 和 $\theta_{\text{amax}(2)}$ 将移动到较大的角度。对该目标平均反射率的选择强烈依赖于反射镜的预期应用,但是目标平均反射率的典型值包括 90%、95%、96%、97%、98% 和 99%。

[0049] 现在我们参照图 5-8, 讨论能够用于使超临界传播的光射入叠堆的各种结构,以及在设计者仅仅使用常规的薄膜叠堆来实现反射功能的情况下可能出现的问题。诸如棱镜、

光导装置、漫射颗粒（例如散射体）或者粗糙化或微结构化的表面之类的结构通常不是为了使超临界光射入到叠堆的单一目的而提供。相反地，所述超临界光的射入是该结构在预期的最终用途的应用中执行功能的结果。

[0050] 在图 5 中，由折射率为 n_c 的光学材料“c”制成的棱镜 50 光耦合到薄膜叠堆 52（优选地与薄膜叠堆 52 紧密地光学接触），而该叠堆 52 包括由光学材料“a”和“b”构成的微层。光学材料 c 可以与材料 a 或 b 相同，但是 n_c 不小于叠堆中微层的最小折射率 $n_{\min}$ 。棱镜 50 在物理上可大可小，可以沿与附图垂直的轴线线性地延伸，或者可为锥形，并且可以为相似或相异棱镜阵列中的一个棱镜。棱镜表面不必须为平坦的或规则的，并且可以使用任意合适的棱镜角。例如，可以使用均由 3M 公司出售的 Vikuiti™ 增亮薄膜（BEF）系列产品或 3M™Scotchlite™ 反射材料系列产品中的任何棱镜几何形状。

[0051] 薄膜叠堆 52 可以与前述薄膜叠堆 10 相似。薄膜叠堆 52 优选地包括数十、数百或数千个微层，这些微层可以布置在单个的叠堆或薄膜包中，或者布置在由光学厚保护性分界面（PBL）间隔开的多个薄膜叠堆或薄膜包中。选定微层的数量、以及它们的厚度和折射率以在所关注的波长范围和传播角 θ_a 范围（该传播角范围包括超临界角并延伸至最大角度 $\theta_{\max}$ ，其中 $0 \leq \theta_{ac} \leq \theta_{\max} \leq 90^\circ$ ）内提供比目标平均反射率更高的平均反射率。叠堆 52 在其外主表面上还可以包括光学厚表层。在这点上，如果层的光学厚度接近或大于所关注的波长范围的平均波长，则可以称该层为光学厚层。优选的是，该光学厚度至少为该平均波长的 10 倍、50 倍、或 100 倍。还应注意，如果任何表层或 PBL 的所有折射率都不小于叠堆中微层的最小折射率 $n_{\min}$ ，那么可以认为该表层或 PBL 是薄膜叠堆的一部分。通常，任何表层或 PBL 是由用于微层的材料 a、b 中的一种构成的。薄膜叠堆 52 可以完全为聚合物，并且可以通过共挤出工艺和同样优选的拉伸工艺来制成，以在微层中引入适量的双折射，来提高上述的界面间 p 偏振反射率。作为另外一种选择，薄膜叠堆 52 可以包括或限于无机材料，并且可以通过真空蒸镀技术来制成。参考美国专利 6,590,707 (Weber) 所提出的双折射薄膜叠堆，该叠堆可以利用无机材料并且形成双折射。如果分别制造薄膜叠堆 52 与棱镜 50，则可以使用光学粘合剂或其它合适材料的光学薄层或厚层将薄膜叠堆 52 层合至棱镜 50。

[0052] 来自光源 54（发射所关注的波长范围内的光）的光在棱镜 50 的相对于薄膜叠堆 52 充分倾斜的棱镜表面 56 上射入棱镜。该光折射到棱镜 50 中，然后到达叠堆 52。棱镜表面 56 的倾斜和棱镜的折射率 n_c 使得光能够以大于临界角 θ_{ac} 的角度，即以超临界角在叠堆 52 内传播。如上所述，叠堆 52 良好地反射所关注的光：这些光以在 $\theta_a = 0$ 和 $\theta_a = \theta_{\max}$ 之间的角度（包括一些 $\theta_{ac} \leq \theta_a \leq \theta_{\max}$ 的超临界角）传播。然而，叠堆 52 并不良好地反射以 $\theta_a > \theta_{\max}$ 的其它超临界角传播的光，本文称这些角为极端传播角或极端入射角。如图 5 所示，这些光传播通过整个叠堆 52，直到达到该叠堆的外主表面 52a 为止。如果表面 52a 为平坦的、光滑的、洁净的并且暴露于空气中，则这些光将在表面 52a 处经历全内反射（TIR），并且如同以小于极端入射角（ $0 \leq \theta_a \leq \theta_{\max}$ ）传播的其它光的反射一样，将向回传播穿过叠堆 52 并进入棱镜 50。然而，表面 52a（或其一部分）可能为有油脂的、脏的、有划痕的，或与例如安装托架、支撑构件、基底、涂层等其它材料接触。在图 5 中以干扰物 58 示意性地绘出了表面 52a 上的这些干扰物，这些干扰物表示表面 52a 上的反射率局部降低的区域。因此，无论干扰物 58 位于哪个位置，处于极端传播角的光将通过表面 52a 离开叠堆

52,并且降低该位置处的反射率。从叠堆中透射或泄漏的光在附图中标为 59。

[0053] 在图 6 中,用光导装置 60 代替棱镜 50,并且光源 54 包括帮助光穿过光导装置 60 的侧表面 60a 更有效地射入光导装置 60 的反射器 54a。该光导装置如上所述地由光学材料“c”制成,并且也如上所述地光耦合到薄膜叠堆 52。该光导装置可以具有任何所需的尺寸或形状,并且可以具有均匀的或逐渐减小的厚度。该光导装置可以(例如)适用于移动电话、膝上型计算机、电视机或其它应用中的液晶显示器(LCD)的背光源。提取特征 62 设置在光导装置的前表面之上或在光导装置之上或之内的其它位置上,已知这样将光从该光导装置导向液晶面板或其它待照明的部件。

[0054] 因为光穿过侧表面 60a 射入到光导装置 60 中,因此光能够以大入射角在光导装置和叠堆 52 中传播。如上所述,叠堆良好地反射在所关注的波长范围内的以角度 $0 \leq \theta_a \leq \theta_{amax}$ 传播的任何光,但是不能良好地反射处于极端传播角的光。在叠堆的外主表面 52a 上的局部干扰物 58 导致这种光 59 穿过表面 52a 离开叠堆 52,从而也减小该位置的反射率。

[0055] 在图 7 中,用光学部件 70 替换光导装置 60,该光学部件包括分散在折射率为 n_c 的基质材料中的漫射颗粒 72。只要颗粒 72 基本上散射光,就可以具有任何所需的类型或构造,无论是在构成、尺寸、分布还是其它方面。光学部件 70 可以为相对薄或厚的层,或为更复杂的结构。例如,光学部件 70 可以为表层。光学部件 70 也可以为粘合剂层,诸如压敏粘合剂或其它粘合剂。来自光源 54 的光可以从空气介质进入光学部件 70,但是由于颗粒 72,光在光学部件 70 中基本上沿着所有方向散射和传播。然后,该光以所有角度入射到叠堆 52 上。该叠堆良好地反射在所关注的波长范围内的以角度 $0 \leq \theta_a \leq \theta_{amax}$ 传播的任何光,但是并不良好地处于反射极端传播角的光。在该叠堆的外主表面 52a 上的局部干扰物 58 使得光穿过表面 52a 离开叠堆 52,从而减小该位置的反射率。

[0056] 在图 8 中,用光学部件 80 替换光学部件 70,光学部件 80 具有纹理化的、粗糙化的、微结构化的、或以其它方式不光滑的表面 80a。表面 80a 可以如同无光面一样仅仅是粗糙化的,或者可以使用精密几何图案来进行微复制,或者可以包括形成衍射元件(诸如全息)的微面。光学部件 80 由折射率为 n_c 的光学材料“c”构成。不光滑表面 80a 折射、衍射或以其它方式散射来自光源 54 的光(该光源可以位于空气介质中),从而使得光在光学部件 80 中以大入射角传播。叠堆 52 光耦合到光学部件 80,并且光从光学部件 80 以所有角度或者至少一部分超临界角达到该叠堆。该叠堆良好地反射在所关注的波长范围内的以 $0 \leq \theta_a \leq \theta_{amax}$ 的角度传播的任何光,但是并不良好地反射极端传播角的光。在该叠堆的外主表面 52a 上的局部干扰物 58 使得光 59 穿过表面 52a 离开叠堆 52,从而减小该位置的反射率。

[0057] 读者应该理解到,图 5-8 所示的使超临界传播的光射入叠堆的结构仅仅是示例性的,而并不应该认为是限制性的。此外,这些结构可以以任何方式组合,诸如在棱镜中结合漫射颗粒或在光导装置上结合不光滑表面。

[0058] 为了提供这样的反射镜系统,即在叠堆的外表面或反射镜系统的其它外表面上的局部干扰物处不损失光的情况下,能够反射极端传播角的光的反射镜系统,图 9-11 引入了由光学材料“i”构成的光学厚层 94,光学材料“i”具有处于空气折射率和叠堆的微层的最小折射率 n_{min} 之间的中间折射率 n_i 。根据薄膜堆叠的材料选择,示例的低折射率材料包括

无机材料,诸如氟化镁、氟化钙、二氧化硅、溶胶凝胶,以及有机薄膜形成材料,诸如含氟聚合物和硅树脂。气凝胶材料尤其适用,这是因为它们能够达到极低的约为 1.2 或更低,或甚至为约 1.1 或更低的有效折射率。气凝胶是通过由溶剂填充的胶态二氧化硅结构单元构成的凝胶进行高温高压临界点干燥而制成的。所得材料为欠密的多微孔介质。根据多层叠堆中的微层的折射率,在一些情况下可以在光学厚层中使用较高折射率的材料,例如,折射率约为 1.5 或更小、1.4 或更小,或者 1.3 或更小的材料。该光学厚层的厚度优选地为至少约 1 微米,或者至少约 2 微米,以避免产生受抑全内反射现象。

[0059] 在图 9 中,反射镜系统 90 包括上述薄膜叠堆 52,以及光学材料“c”的第一层 92 和光学材料“i”的光学厚层 94。第一层 92 可以为光学部件 50、60、70 或 80 的任何一种或它们的组合。第一层 92 可以是光学厚的、光学薄的、微观的、宏观的、有机的(例如聚合物的)或无机的。在使用上述的任意机构的情况下,光在层 92 中以超临界传播角传播,并且在示例性实施例中覆盖所有传播角。图 9a 示出了在层 92 中传播的光的角度图,其中完整的半圆弧 100 表示在材料 c 中以所有的入射角 θ_c 传播的光。图 9a 还示出了材料 c 的临界角 θ_{cc} 和极限角 θ_{clim} 。在材料 c 中以极限角 θ_{clim} 传播的光以掠射的方式折射到层 94 的折射率较低的材料“i”中。因此,在层 92 中以大于 θ_{clim} 的角度传播的光在层 92 与层 94 接触的内置表面 94a 处发生全内反射。该光在图 9 中以光线 96 示出。在层 92 中传播的其它光折射进入层 94,并且在层 94 中在整个角度范围内传播,如图 9b 的半圆弧 102 所示。应该注意,在层 94 中传播的光包括以大于介质“i”的临界角 θ_{ic} 的角度传播的光。

[0060] 优选地,与叠堆 52 的设计相关地选择层 94 的折射率 n_i ,使得在介质“i”中以掠射角 $\theta_i = 90^\circ$ 传播的光以角度 $\theta_a \approx \theta_{amax}$ 折射进入叠堆的介质“a”。该条件保证了在介质“i”中以超临界角以及甚至以极端角度传播的光以能够被叠堆良好地反射(平均反射率为目标平均反射率或更高,并在所关注的波长范围内)的适当角度折射进入材料“a”层。同样地,任何在材料“a”中以 $\theta_a > \theta_{amax}$ 的角度传播并且遇到与材料“i”的界面的光将在该界面发生全内反射。

[0061] 在选择材料“i”后,在所关注的波长范围内的从层 94 入射到叠堆 52 上的所有光被该叠堆反射,基本上没有光达到外主表面 52a。图 9c 以弧线 104a ($0 \leq \theta_a \leq \theta_{amax}$) 示出在该叠堆的材料“a”的微层中传播的光,弧线 104b 表示没有光以更大的角度传播。图 9 示出了入射角逐渐增大的被叠堆 52 反射的光 98a、98b、98c。一些来自层 92 的光在层 94 的内置表面发生全内反射,并且来自层 92 的剩余光由叠堆 52 反射,而不允许任何光达到表面 52a。因而,与图 5-8 所示的反射镜系统不同,图 9 所示的反射镜系统 90 对其外表面(即表面 52a)上的任何干扰物都不敏感。然而,反射镜系统 90 能够通过叠堆 52 与光学厚层 94 的组合,至少以目标平均反射率反射所有角度的光。因此,反射镜系统 90 在所关注的波长范围提供“无漏光反射镜”。

[0062] 图 10 示出了与系统 90 相似的反射镜系统 110,但是叠堆 52 的位置改变为置于层 92 和 94 之间。此处,同样,光在层 92 中以超临界传播角传播,并且在示例性实施例中覆盖所有的传播角。图 10a 示出了在层 92 中传播的光的角度图,其中完整的半圆弧 114 表示在材料 c 中以所有的入射角 θ_c (包括大于 θ_{cc} 的超临界角)传播的光。然后该光遇到叠堆 52,该叠堆 52 包括材料“a”和“b”的微层。垂直入射的光 112a 和一些倾斜入射的光 112b 照常由叠堆 52 反射,这是因为两种光以在 0 至 θ_{amax} 范围内的角度 θ_a 折射到光学材料“a”

中。然而,剩余光以极端传播角折射进入材料“a”,并且没有被该叠堆良好地反射。参见图 10b,其中弧线 116 描绘在材料“a”中以所有入射角 θ_a (包括大于 θ_{amax} 的角) 传播的光。

[0063] 幸运地,层 94 具有合适的折射率 n_i ,使其可以在内置表面 94a 上将极端传播的光,诸如光 112c 全内反射。这种光向回传播,穿过叠堆 52 并进入层 92。从上方入射到层 94 上的所有光在表面 94a 上反射,并且图 10c 中的弧线 118 表示没有光在层 94 中传播。布置在层 94 的下主表面上的任何干扰物 58 都将不会影响反射镜系统 110 的反射率,这是因为层 94 具有足够的厚度来避免在该层中产生任何倏逝波隧道效应。因此,反射镜系统 110 也在所关注的波长范围上提供“无漏光反射镜”。

[0064] 图 11 示出了与图 9 所示的系统 90 相似的反射镜系统 120,但是其中移除了层 92,并且将使光以超临界角射入的任何结构结合到具有中间折射率材料“i”的光学厚层 94 中。因此,通过使用本发明所公开的任何技术将光射入到层 94 中,从而使得光在材料“i”中以所有角度 θ_i 传播。这在图 11a 中以弧线 124 来表示。由于上述对材料“i”及其折射率 n_i 的选择,所有这些光以 $0 \leq \theta_a \leq \theta_{amax}$ 的角度范围全部折射进入材料“a”的微层,从而确保叠堆 52 良好地反射所有这些光,不论是垂直入射的 (122a) 或是斜入射的 (122b, 122c)。图 11b 中的弧线 126a 示出以从垂直入射到超临界范围内的角度传播的光,而弧线 126b 示出没有光以超过 $\theta_a = \theta_{amax}$ 的角度传播。

[0065] 如同反射镜系统 90 一样,没有光到达反射镜系统 120 的背侧外表面 52a,因此在该外表面上存在或布置的任何干扰物将不会影响反射镜系统 120 的反射率。同时,反射镜系统 120 反射宽入射角范围的光。反射镜系统 120 在所关注的波长范围内提供“无漏光反射镜”。

[0066] 在上述讨论中我们描述了多种结构,这些结构能够执行使光以超临界传播角射入材料“i”的光学厚层中以及射入薄膜干涉叠堆的微层中的特定功能。这些结构的其中一种为微小的光散射颗粒。当为了向给定的应用提供漫射 (即光散射) 而采用这些散射体时,可以按需要调整多种因素,以控制复合反射镜特性。例如,可以改变颗粒的尺寸、折射率、浓度和分布,也可以改变这些颗粒所在的层 (例如,表层、粘合剂层或其它层) 的厚度。本发明所公开的另一种结构是成形的表面,使该表面成形以便限定通过在表面上的折射来散射或偏转光的凸起和 / 或凹陷。(这种表面可以是这样的层的一部分;可以层合到薄膜叠堆,或可以直接凸印到例如位于薄膜叠堆的前表面上的表层或涂层中。) 在这种情况下,也可以使用多种因素来控制复合反射镜的特征,例如折射率、形状、尺寸、以及所述凸起 / 凹陷元件的表面覆盖率和其它表面形貌特性。无论是结构化的表面、散射颗粒、或此二者,这些构造的结构细节均可进行特别处理以产生所需的光散射或偏转的量。例如,散射可以足够强,以提供大致的朗伯分布,或者散射可以较弱。同样,根据预期应用,可以调整构造的细节以产生在优选的角度或角度范围内的散射。

[0067] 以上描述使得多种具有广角度反射率的反射镜系统的制造成为可能。一种这样的反射镜系统涉及这样的漫反射镜:当浸入到任意折射率的介质中时,在所有的入射角下进行极强的反射。虽然反射镜背侧区域的反射率局部降低,但是这种反射镜系统能够均匀地反射光。

[0068] 在下面示出的实例中将描述示例性实施例,除非另外指明,其中的份数和百分比均按重量计。

[0069] 实例 1

[0070] 通过使用光学粘合剂将由取向的 PEN 和 PMMA 制成的两个多层反射镜层合在一起, 来制成反射带扩展的反射镜薄膜叠堆。第一个反射镜根据美国专利 6,783,349 (Neavin 等人) 所描述的方法由 530 层 PEN/PMMA (使用倍增器和两包各 265 层的材料形成) 制成, 以提供可见及近红外反射镜, 所述反射镜对于垂直入射的非偏振光具有从约 400nm 延伸至约 1000nm 的反射带。第二个反射镜以相似的方式制成, 但是第二个反射镜仅包括一包 265 层 PEN/PMMA, 形成反射带在从约 1000nm 至 1700nm 的范围内的红外反射镜。每个反射镜在合适条件下进行双轴拉伸, 以使 PEN 材料成为 (在 633nm 处测得的) 具有大小为约 1.75 的大致等同的面内折射率和大小为约 1.49 的 z 轴折射率的双折射材料, 而 PMMA 材料保持为折射率为约 1.49 的大致各向同性的材料。所述光学粘合剂为 3M™ Optically Clear Laminating Adhesive 8141 (光学透明的层合粘合剂 8141), 这是一种可得自明尼苏达州圣保罗 3M 公司的 1.0 密耳 (25 微米) 厚的丙烯酸压敏粘合剂 (633nm 处的折射率大约为 1.4742)。所得的宽带层合反射镜薄膜叠堆对于垂直入射光具有约 400nm 至 1700nm 的反射带。对于倾斜入射, 该层合叠堆对于在 PMMA 材料 (这里称为材料 “a”) 中所测得的传播角 θ_a 在 0° 至约 65° 的范围内的光保持高反射率。随着 θ_a 超过约 65° , p 偏振光的带边缘开始从近红外波长移动到可见光波长, 导致反射镜系统的反射率急剧下降。随着 θ_a 的增大, 反射率从可见光光谱的长波长端 (约 700nm) 开始急剧下降, 并继而越过整个可见光光谱直至更短的波长处。图 12 所示的曲线 A 为对于该层合反射镜当光在空气中垂直入射时 (这时 $\theta_a = 0$) 所测得的光谱透射率曲线, 而曲线 B 为 p 偏振光在空气中以 60° 入射 (这时 $\theta_a \approx 35.5^\circ$) 时的透射率曲线。可以根据该坐标图利用关系式 $R+T \approx 100\%$ 来确定反射率的值, 其中 R 为给定波长的透射率百分比, 而 T 为给定波长的反射率百分比。

[0071] 该层合反射镜装置的所关注的波长范围为可见波长区域, 为大约 400–700nm。所关注的微层角度的范围 (在该范围上提供足够的平均反射率) 是 θ_a 为约 0 至 65° , 上限约 65° 对应于 θ_{amax} 。

[0072] 以如下方式制成含氟聚合物漫射层。含氟聚合物树脂 THV-500™ (明尼苏达州圣保罗的 Dyneon LLC) 为使用标准薄膜制备装置所挤出和浇注而成的 2 密耳 (约 0.05mm) 厚的薄膜。该薄膜包括以重量计约 2% 的二氧化钛粉末, 该粉末为通常用于白色涂料中的那种类型的粉末。将该粉末混合到单独的 THV 母料中, 粉末的重量百分比为约 35%。然后将母料树脂小球混合到透光的 THV 树脂中, 以使得粉末的最终重量百分比为约 2%。该 THV 含氟聚合物的折射率为约 1.35, 该折射率低于反射镜层合物中 PEN 和 PMMA 微层的折射率, 而高于空气的折射率。使用关系式 $n_a \times \sin \theta_{amax} = n_i \times \sin \theta_{imax}$, 根据 θ_{amax} 的精确值、THV 含氟聚合物的精确折射率值 n_i 、PMMA 材料的精确折射率值 n_a , 由上述折射率可得到与 PMMA 材料中的 θ_{amax} 对应的、大约为 90° 的 THV 含氟聚合物材料中的传播角 θ_{imax} 。参数 θ_{imax} 为在介质 “i” 中测得的最大的光传播角, 薄膜叠堆在所关注的波长范围为介质 “i” 提供足够的反射率。根据斯涅尔定律 (Snell's law) 该参数与 θ_{amax} 相关联。 $\theta_{imax} \approx 90^\circ$ 的意义在于这对应于在 THV 材料中沿着几乎平行于 THV 层平面的方向传播的光, 而这意味着在 THV 材料中以任何角度或以所有可能的倾斜角传播的光将被反射镜层合物充分地反射。

[0073] 使用与层合两个多层反射镜所用的光学粘合剂相同的光学粘合剂将所得的散射薄膜层合到反射镜层合物的前表面。结果是得到具有漫反射特性和宽带 (复合) 干涉叠

堆的反射镜系统。通过在后一多层反射镜的露出的背面的有限区域或区段上施加得自 Sanford™ 永久性标记 (permanentmarker) 的黑色油墨, 来在反射镜系统的背面产生反射率降低的局部区域。

[0074] 然后测量反射率。除非另有说明, 测量反射率使用的是 Lambda19 分光光度计、积分球和用于做参照的 NIST 校准的朗伯白光漫反射器。使被测的每个波长的光垂直地入射到给定样本的有限部分上, 并且使用积分球收集被该样本反射的所有这些光 (在半球立体角的范围内, 因而同时包括镜面反射光和漫反射光), 以计算反射率百分比。

[0075] 在图 13 中, 曲线 A 绘出了以这种方法测得的该宽带反射镜薄膜叠堆自身的反射率, 即仅有所述两个层合的多层反射镜, 而无前漫射层, 并且不在反射镜薄膜的背面施加黑色油墨。曲线 B 为包括宽带反射镜和含氟聚合物散射层的整个反射镜系统的反射率曲线。曲线 B 是在对应背面未施加黑色油墨的反射镜系统的前表面的位置上测得的。曲线 C 与曲线 B 相似, 但前者是在用上述黑色油墨完全涂覆对应背面之后的整个反射镜系统的前表面测得的。如图 13 所示, 曲线 A、B、C 均在整个可见光光谱范围内表现出高反射率。向曲线 B 的反射镜系统添加的黑色背衬层并没有显著降低可见光光谱反射率。

[0076] 当观察者从前方观察该单独的宽带反射镜薄膜叠堆时 (图 13 中的曲线 A), 该反射镜是发亮的并且提供镜面反射。当观察者从前方观察仅涂覆有含氟聚合物散射层的反射镜区域 (图 13 中的曲线 B) 以及涂覆有含氟聚合物散射层和黑色背衬的反射镜区域 (图 13 中的曲线 C) 时, 所述的两类反射镜区域均提供漫反射。从前方看, 不能辨别曲线 B 和曲线 C 所表示的反射镜区域, 而需要翻转反射镜系统来查看黑色背衬的位置。

[0077] 比较例 1

[0078] 构造与实例 1 相似的反射镜系统, 但是省略了第二多层反射镜 (其垂直入射反射带从约 1000nm 延伸至 1700nm)。也就是说, 仅使用第一反射镜, 该反射镜由 530 层 PEN/PMMA 制成并且具有从约 400nm 延伸至约 1000nm 的垂直入射反射带。将实例 1 的漫射薄膜施加到该第一多层反射镜的前表面上, 并且将实例 1 的黑色油墨施加到第一多层反射镜的背面的一部分上。使用相同的方法测量反射率。

[0079] 与实例 1 的反射镜层合物相比, 由于单独的第一反射镜的反射带的光谱宽度变窄, 该比较例 1 的 θ_{amax} 的值明显小于实例 1 的值 65° , 并且漫射薄膜对应的 θ_{imax} 明显小于 90° 。这意味着在漫射薄膜中倾斜传播的光的相当大一部分将不会被比较例 1 的多层反射镜充分反射。

[0080] 图 14 所示的曲线 A 绘出了第一多层反射镜自身的反射率。曲线 B 绘出了如下的反射镜系统的反射率: 该反射镜系统由第一多层反射镜叠堆和施加在反射镜系统的前表面上的含氟聚合物漫射层构成, 并且不在反射镜系统的背面施加黑色油墨。曲线 C 与曲线 B 相似, 但是在曲线 C 中的反射镜系统的背面包括黑色油墨层。如图 14 所示, 将黑色背衬层添加到漫反射镜系统上会导致可见光光谱反射率显著下降。

[0081] 当观察者观察时, 曲线 A 对应的反射镜是发亮的, 会形成镜面反射, 并且看起来像实例 1 的未涂覆的宽带反射镜薄膜叠堆 (图 13 中的曲线 A)。曲线 B 和曲线 C 对应的反射镜区域提供漫反射。当从前方观察时, 曲线 C 对应的区域显然比曲线 B 对应的区域暗, 而不需要将反射镜翻转以辨别这两个区域。

[0082] 比较例 2

[0083] 构造与实例 1 相似的反射镜系统,但是其中 THV 基漫射薄膜由不同的漫射薄膜所取代。在该比较例 2 中,通过在实例 1 的宽带反射镜薄膜叠堆的前表面施加可从明尼苏达州圣保罗 3M 公司商购获得的白色 3M™Scotchcal™3635-70 漫射薄膜 (3M™Scotchcal™3635-70Diffuser Film) 层而制成另一种替代的反射镜系统。该漫射薄膜包括分散在聚氯乙烯 (各向同性的折射率为 1.54) 基质中的二氧化钛颗粒,并且具有约 60% 的透光率。该 Scotchcal™ 产品也包括与聚氯乙烯漫射层接触的透光的压敏粘合剂层。该粘合剂层用于将聚氯乙烯漫射薄膜粘合至所述宽带反射镜薄膜叠堆的前表面。包括粘合剂层和扩散层的 Scotchcal™ 产品的厚度为约 3 密耳 (约 75 微米)。

[0084] 通过将漫射层的折射率从约 1.35 增加至 1.54,严格地说,比较例 2 的漫射介质不再是“中间的”,这是因为该漫射介质的反射率超过了多层反射器中 PMMA 微层的反射率。此外,该折射率的增加将极限值 θ_{imax} 从实例 1 的大约 90° 值减小至约 61° 。这又意味着在漫射薄膜中倾斜传播的光的相当大部分将不会被比较例 2 中的多层反射镜充分地反射。

[0085] 图 15 中的曲线 A 绘出了反射镜薄膜叠堆自身的反射率,该曲线与图 12 所示的曲线 A 相同。曲线 B 绘出所述替代反射镜系统的反射率,该系统包括施加在宽带反射镜薄膜叠堆的前表面上的 Scotchcal™ 漫射层,而未将黑色油墨施加到对应的背面。曲线 C 与曲线 B 相似,但是其中黑色油墨已经被施加到与该反射镜系统的前测试区域对应的外露背面上。如图 15 所示,将黑色背衬层添加至曲线 B 所对应的反射镜上导致可见光光谱反射率显著下降。

[0086] 当观察者观察时,曲线 C 对应的区域显然比曲线 B 对应的区域暗 (程度超过比较例 1 的反射镜系统的对应区域 (曲线 C) 的情况),而不需要翻转反射镜以辨别这两个区域。

[0087] 比较例 3

[0088] 构造与比较例 2 相似的反射镜系统,但是其中省略了第二多层反射镜 (其垂直入射反射带从 1000nm 延伸至 1700nm)。也就是说,仅使用了第一反射镜,该反射镜由 530 层 PEN/PMMA 制成并且具有从约 400nm 延伸至约 1000nm 的垂直入射反射带。使用提供的透光压敏粘合剂层将比较例 2 的 Scotchcal™ 漫射层施加到第一多层反射镜的前表面上,并且将实例 1 的黑色油墨施加到该反射镜背面的选定区域。

[0089] 如同我们在比较例 1 中所讨论的那样,与实例 1 的 (层合的) 干涉叠堆相比,通过移除第二多层反射镜,我们缩窄了薄膜干涉叠堆反射带的光谱宽度。因此,此比较例 3 的 θ_{amax} 的值明显小于实例 1 的值 65° ,从而使值 θ_{imax} 减小至明显小于 90° 。与比较例 1 相关的另一个问题是我们也将漫射层的折射率从约 1.35 增加至 1.54,这进一步减小了 θ_{imax} 的值,使得在漫射薄膜中倾斜传播的光的更多部分不能被该多层反射镜充分地反射。

[0090] 图 16 所示的曲线 A 绘出了第一反射镜薄膜叠堆自身的反射率,该曲线与图 14 中的曲线 A 相同。曲线 B 绘出了在第一反射镜薄膜的前表面上施加了 Scotchcal™ 漫射层的反射镜系统的反射率。曲线 C 与曲线 B 相似,但是在曲线 C 中将黑色油墨施加至该反射镜系统的对应背面。如图 16 所示,将黑色油墨层添加至曲线 B 所对应的反射镜上导致可见光光谱反射率显著下降。

[0091] 当观察者观察时,曲线 C 的区域显然比曲线 B 的区域暗 (程度超过比较例 1 和比较例 2 的反射镜的对应区域的情况),而不需要翻转反射镜来辨别这两个区域。

[0092] 本发明所公开的反射镜系统的至少一些实施例能够提供以下的特征组合:(1) 高

的前表面反射率,包括与干涉反射器的微层中的超临界传播角对应的高度倾斜的光的反射率,甚至在如下情况下也是如此:(2) 反射镜系统的背面的一部分或全部与背面上的吸收材料或降低反射率的其它介质相接触。这些特征在如下应用中是有利的:要求在反射镜系统的背面附连其它部件,并且要求非常高和均匀的前表面反射率。例如,上述任何一种漫反射的反射镜系统都能够通过附连到反射镜系统的背面而整体固定到壁或者其它支撑结构上,而不需要使用会将该反射镜系统的前反射表面遮住的任何附连机构。此外,这能够在不降低该反射镜系统的前表面反射率(甚至在与背面的附连区域或点直接相对的区域)的前提下成功实现。

[0093] 一种可以受益于这种设计能力的应用或最终用途是标牌或显示器的背光源腔,包括但不限于液晶显示(LCD)器。背光源的结构壁,包括(例如)大的后表面和较小的侧面,能够由结构特性良好但是光学特性差的材料制成,诸如注塑塑料或弯曲金属片。然后,本文所述的至少前表面具有极佳的光学特性但结构特性可能不好(例如,刚度差)的漫反射镜系统,能够仅仅通过将结构部件附连到该反射镜系统的背面而固定到结构部件上,并且几乎不或完全不遮蔽前表面,而且与附连点相关的前表面反射率几乎没有或完全没有下降,从而使背光源腔的反射率实现最大化。

[0094] 除非另外指明,在说明书和权利要求书中使用的表示部件的尺寸、数量和物理特性的所有数字应当理解为由词语“约”来修饰。因此,除非有相反的指示,在上述说明书和所附权利要求书中所提出的数值参数为近似值,可根据本领域内的技术人员利用本文所公开的说明内容寻求获得的所需特性而变化。

[0095] 不脱离本发明的各种修改和更改对于本领域内的技术人员都是显而易见的,并且应当理解到,本发明不局限于本文所阐述的示例性实施例。

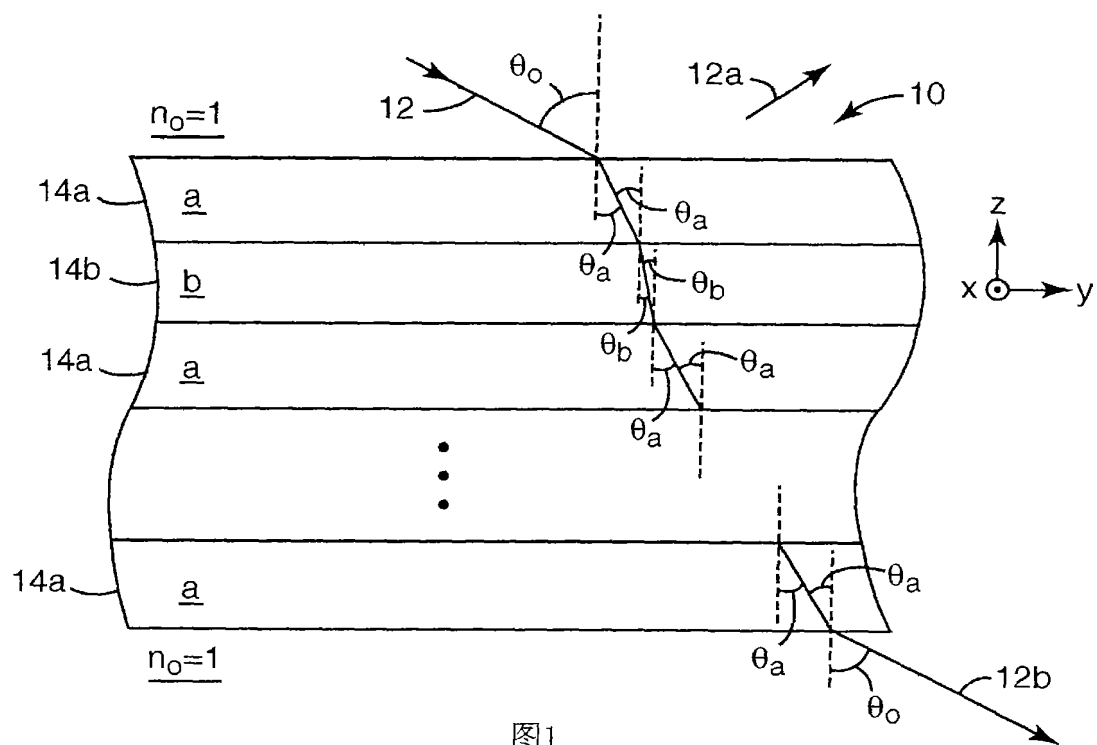


图1

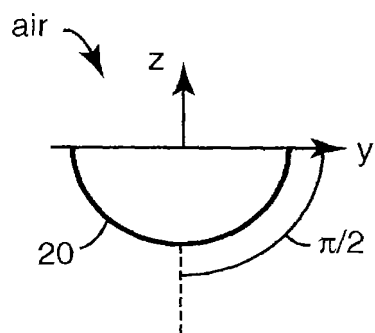


图2a

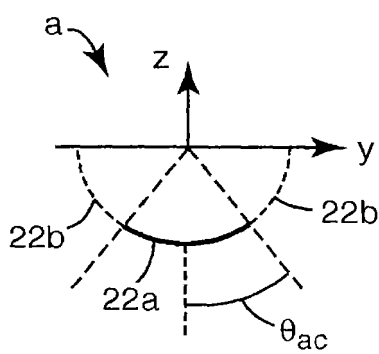


图2b

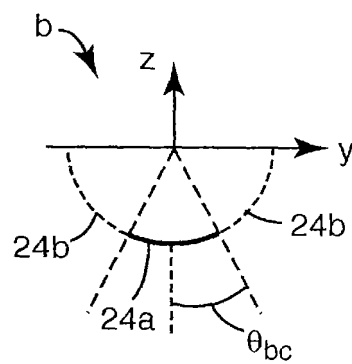


图2c

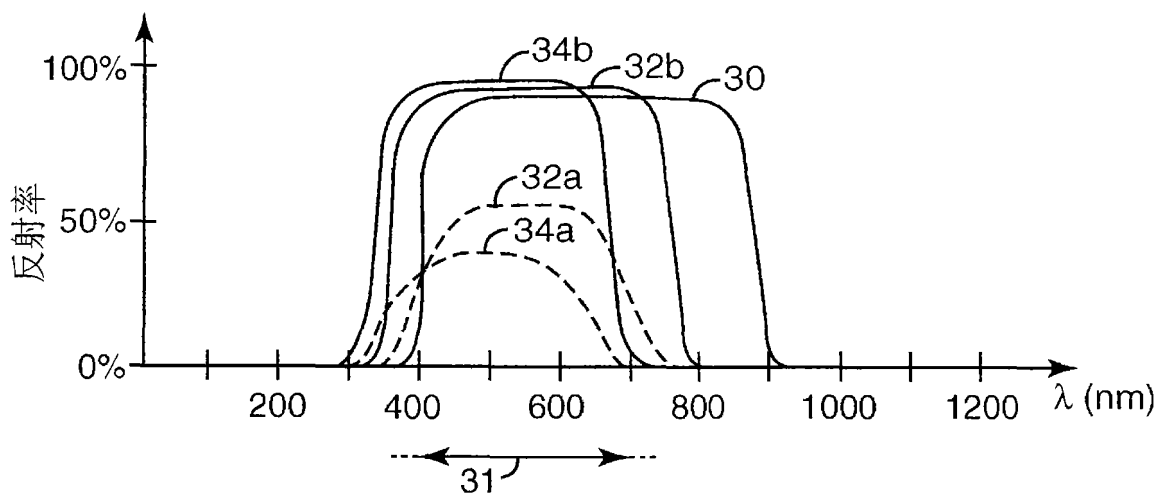


图 3

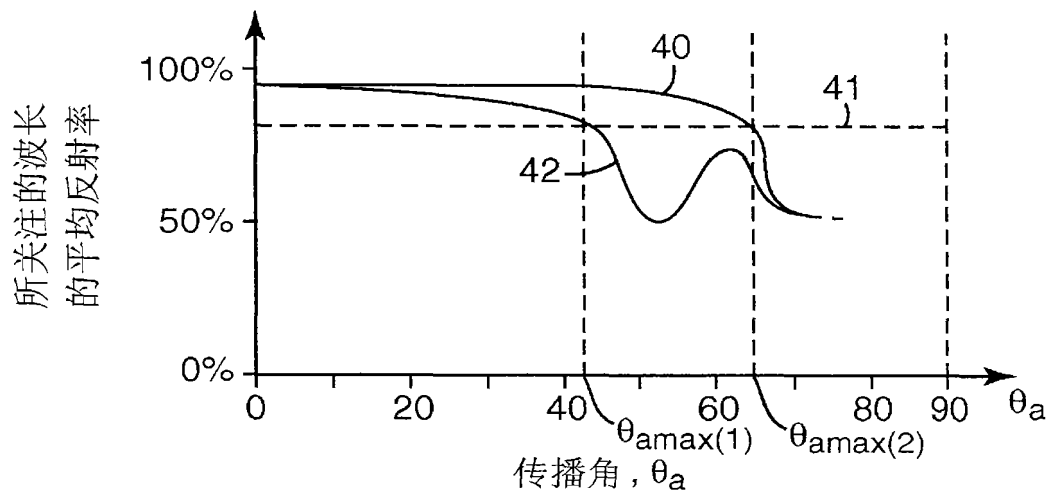


图 4

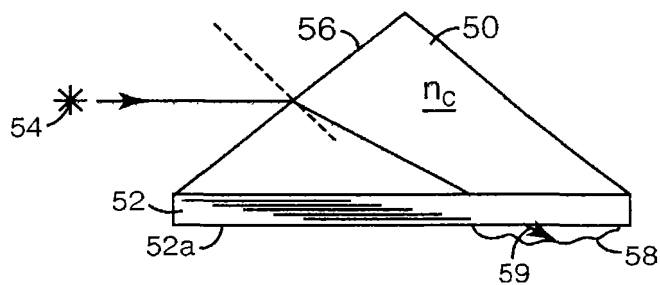


图 5

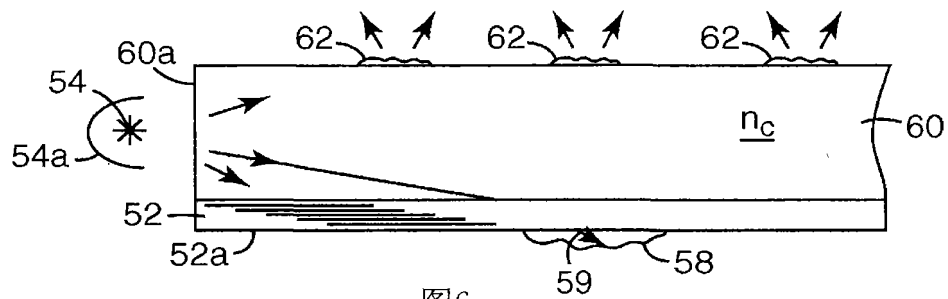


图6

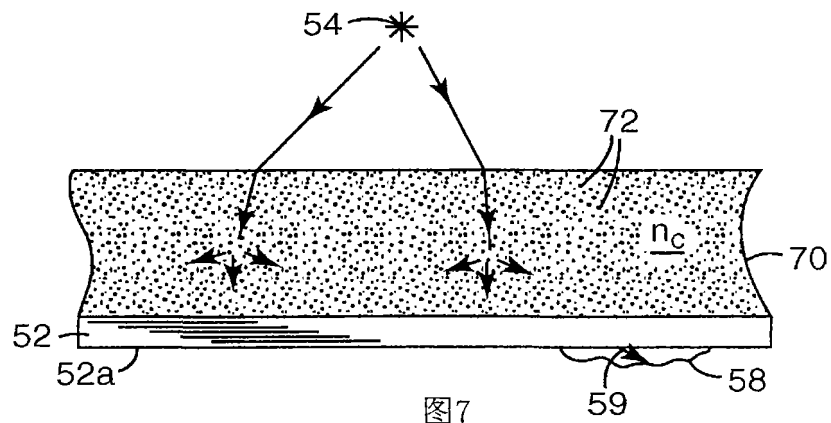


图7

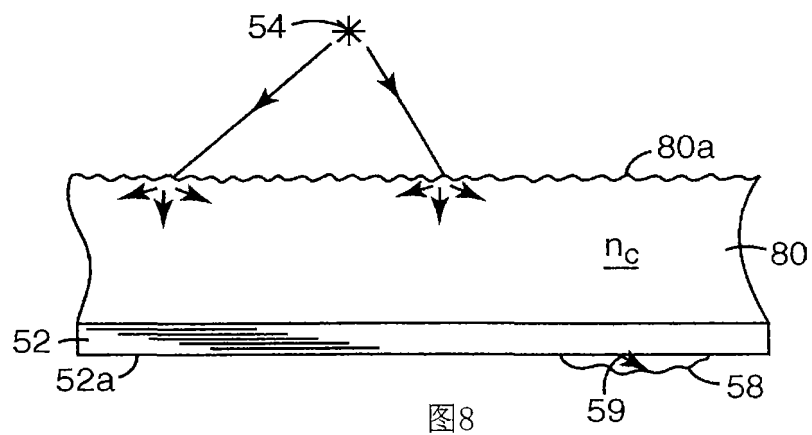


图8

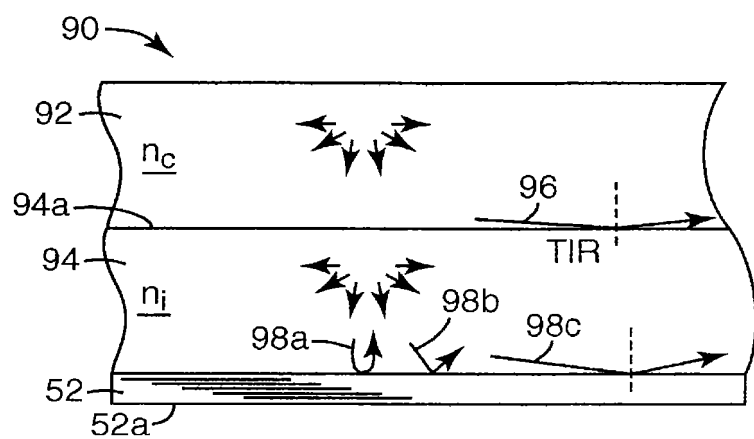


图 9

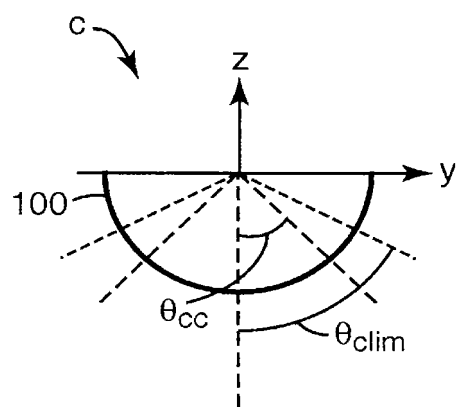


图 9a

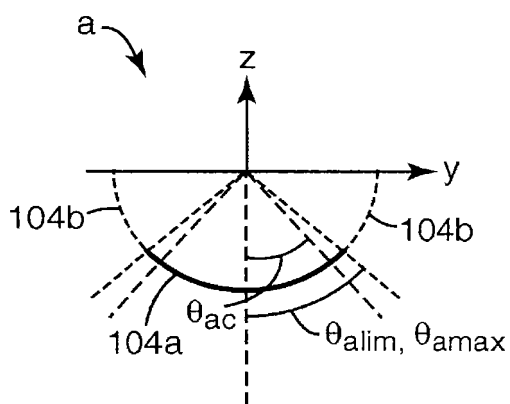


图 9c

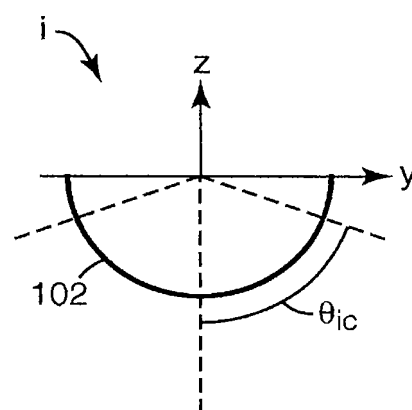


图 9b

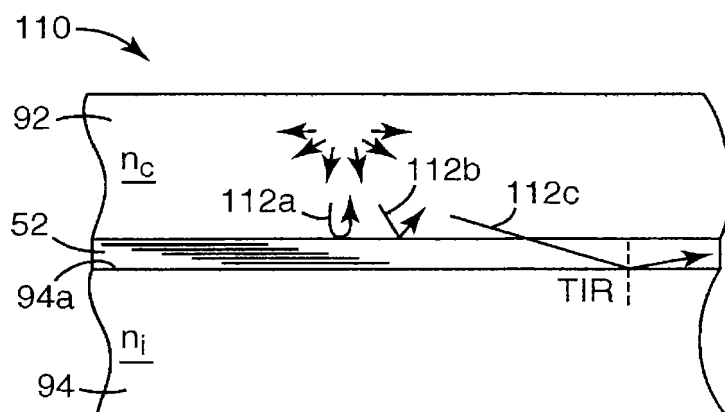


图 10

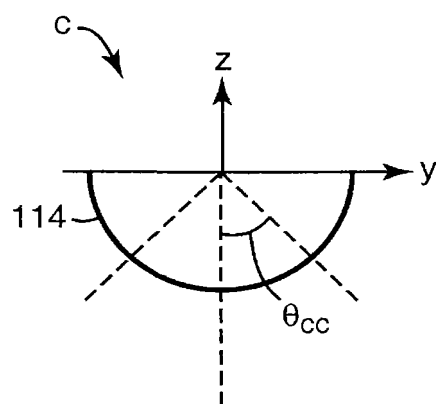


图 10a

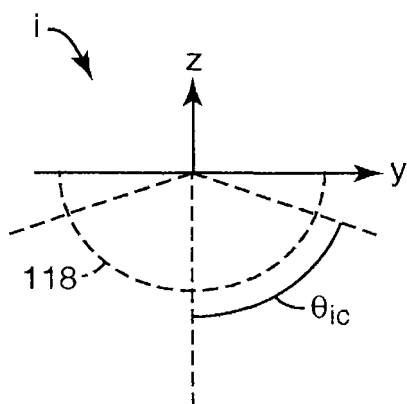


图 10c

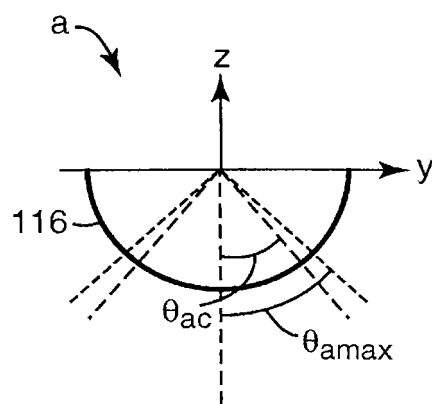


图 10b

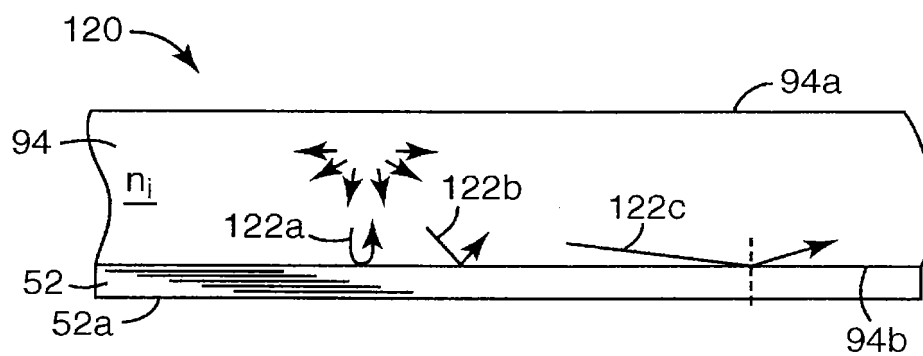


图 11

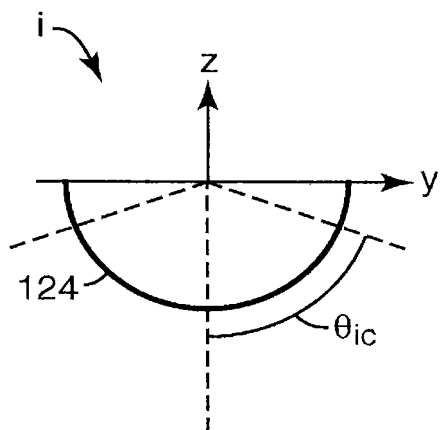


图 11a

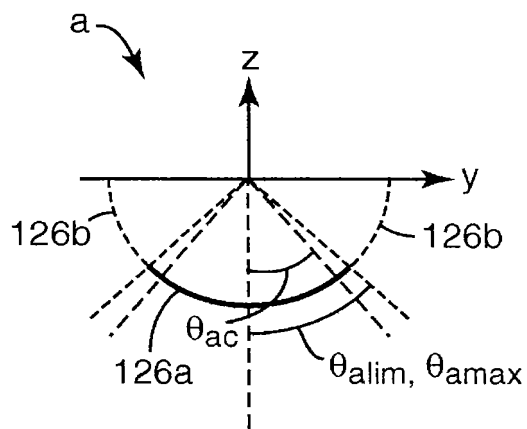


图 11b

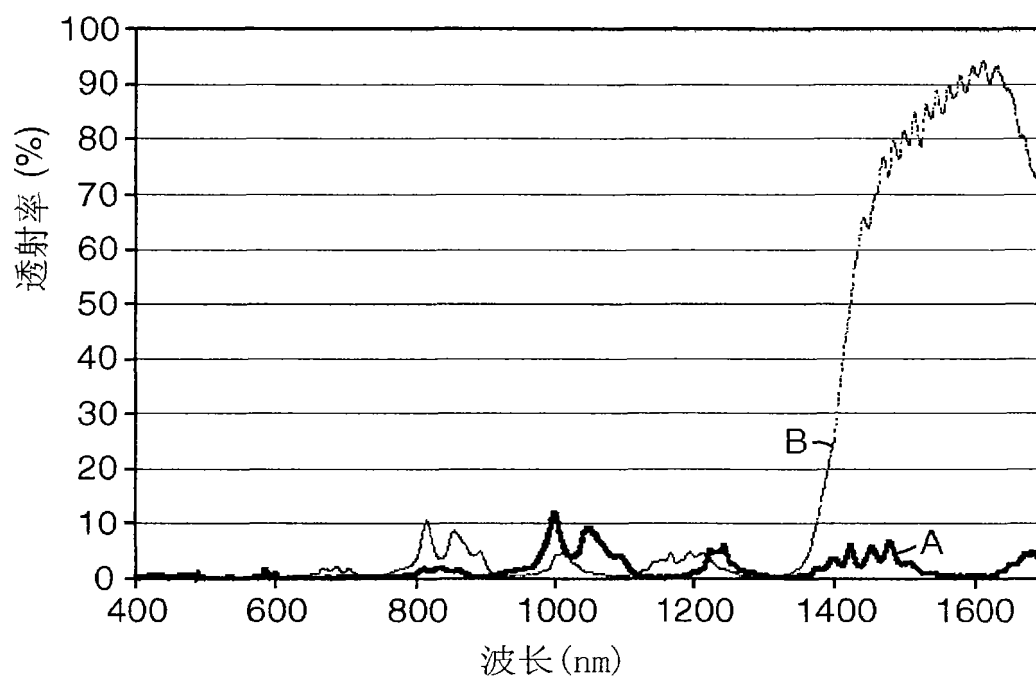


图 12

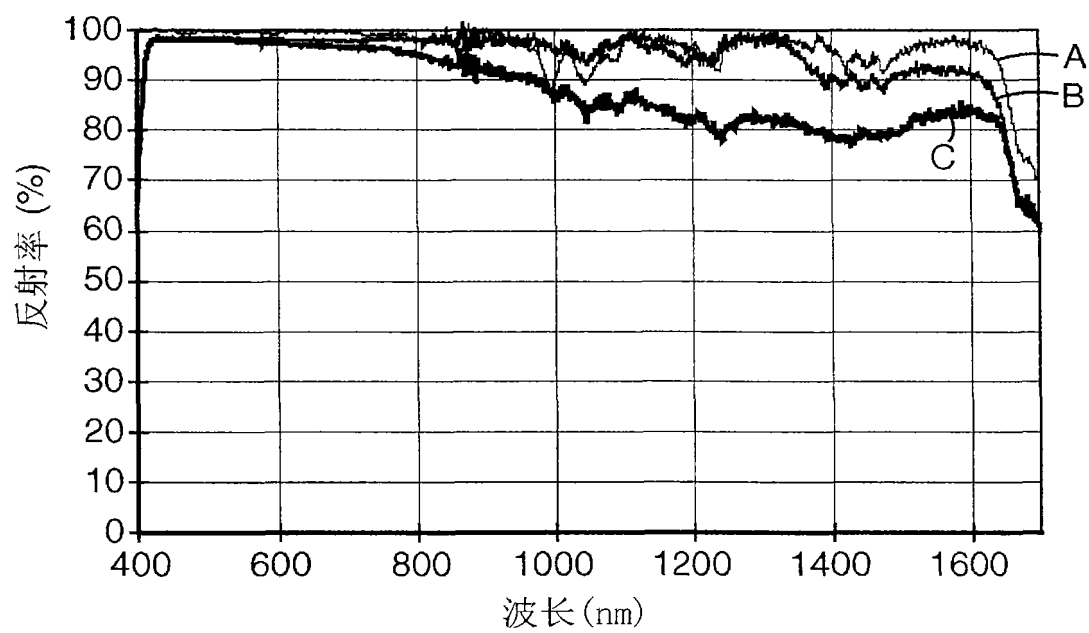


图 13

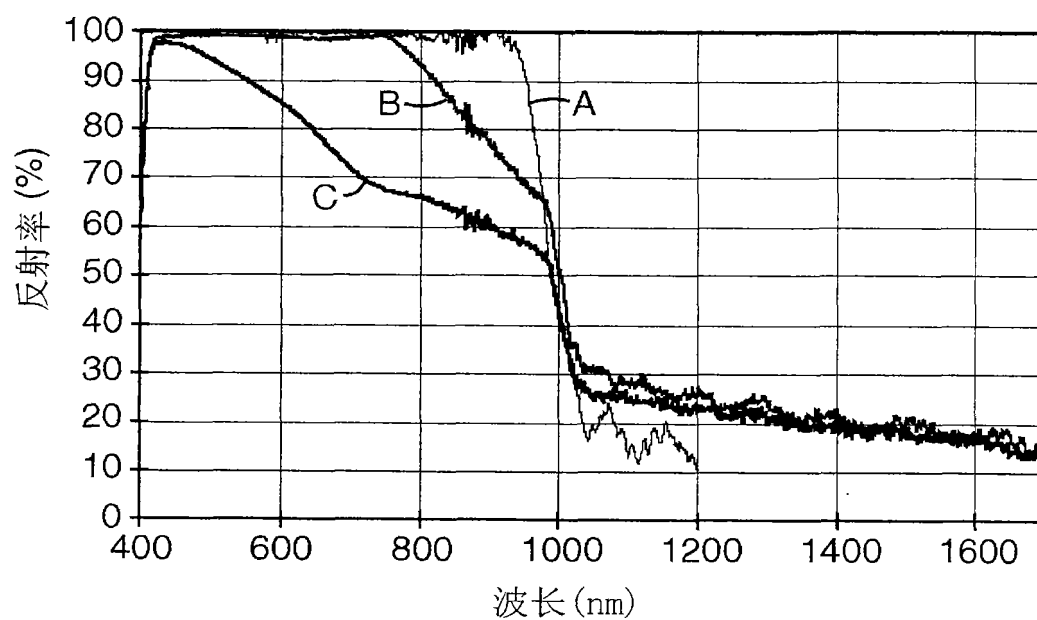


图 14

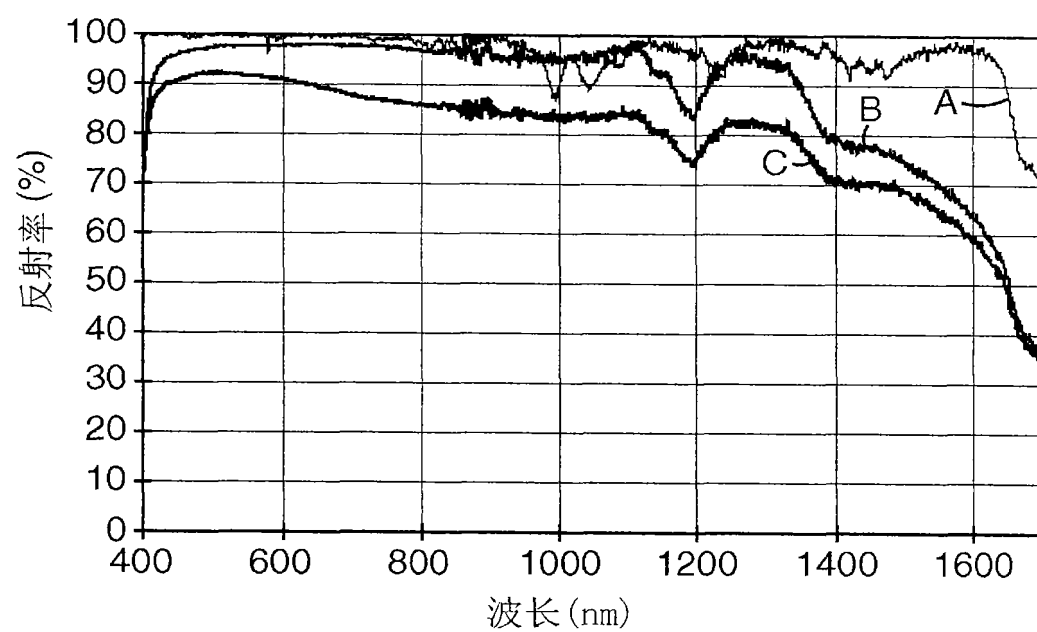


图 15

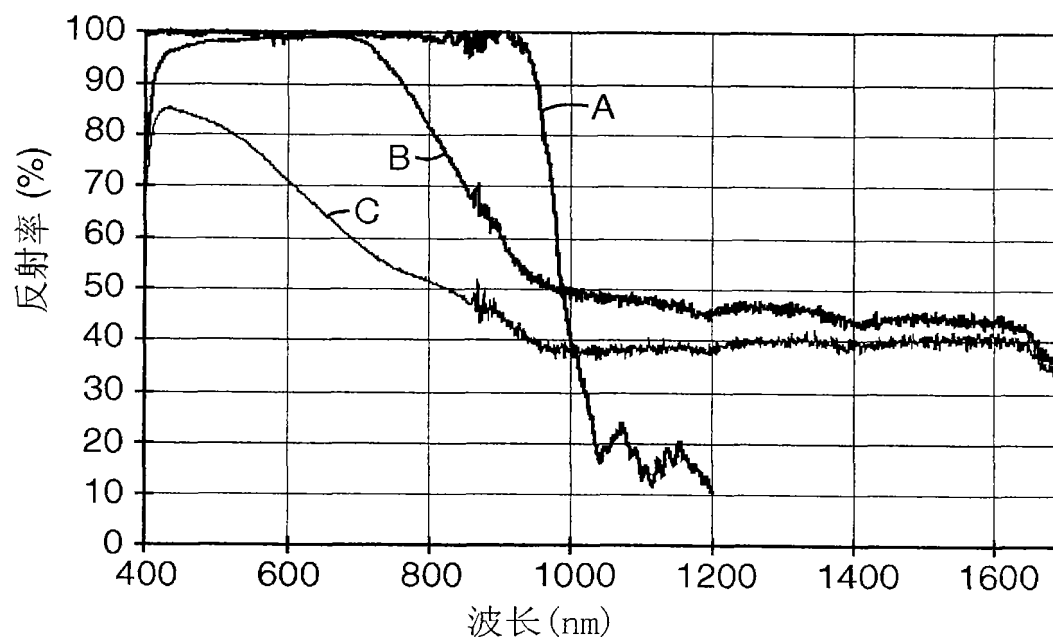


图 16