[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
G02F 1/133

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94194568.5

[45]授权公告日 2002 年 5 月 8 日

[11]授权公告号 CN 1084483C

[22]申请日 1994.12.20 [24]颁证日 2002.5.8
[21]申请号 94194568.5
[30]优先权
[32]1993.12.21 [33]US [31]08/172,596
[86]国际申请 PCT/US94/14325 1994.12.20
[87]国际公布 WO95/17699 英 1995.6.29
[85]进入国家阶段日期 1996.6.20
[73]专利权人 美国 3M 公司
地址 美国明尼苏达州
[72]发明人 安德鲁.J.乌德柯卡 迈克.F.韦伯
雅姆.M.约萨萨 卡尔.A.斯托弗
桑福德.Jr.科布 戴维.L.沃特曼
奥利斯特.Jr 本森
审查员 焦丽宁

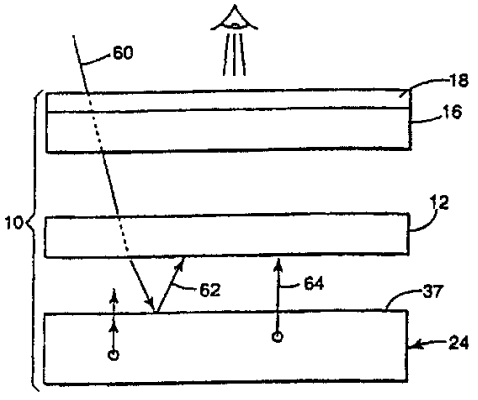
[74]专利代理机构 上海专利商标事务所
代理人 陈 亮

权利要求书 6 页 说明书 31 页 附图页数 25 页

[54]发明名称 反射式偏振显示器

[57]摘要

本发明叙述了一种多层反射偏振器(12)。该偏振器单元置于光 腔(24)和液晶显示模件(16)之间,形成光学显示器。反射偏振器将一 些光反射到光腔(24)中,在光腔中光被随机化,并可以经经精确偏 振,从显示器中射出。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1、一种光学显示器，包括：

一显示模件(15，16，17，142，143，147)；

一光腔(24，140)，设置成照明该显示模件，该光腔(24，140)适合于使射到光腔内的表面上光线的偏振取向随机化；和

一反射偏振器(12，116)，位于显示模件和光腔(24，140)之间，该反射偏振器(12，116)适合于将来自光腔(24，140)的具有一偏振取向的光线(42)射向显示模件，将具有不同偏振取向的光(40)反射到光腔(24，140)；

其中反射偏振器(12，116)包含至少两种不同材料的多层叠层交替层(102，104)，其中在不同材料层之间沿第一面内方向(25，124)内的折射率差大于在不同材料之间沿第二面内方向(22，122)的折射率差。

2、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射到光腔(24，140)的不同偏振中至少部分光被光腔(24，140)转换成第一偏振取向。

3、如权利要求 2 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)把至少部分转换的光透射显示模件(15，16，17，142，143，147)。

4、如权利要求 1 所述的学光显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对垂直入射到的具有第一偏振取向光的膜的光至少有 80%的平均透射率。

5、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对垂直入射到具有第一偏振取向光的膜的光至少有 85%的平均透射率。

6、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对与法线成 60° 入射到具有第一偏振取向光的膜的光至少有 60%的平均透射率。

7、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏

振器(12，116)对与法线成 60° 入射到具有第一偏振取向光的膜的光至少有 80%的平均透射率。

8、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对与法线成 60° 入射到具有第二偏振取向光的膜的光至少有 90%的平均透射率。

9、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对与法线成 60° 入射到具有第一偏振取向光的膜的光至少有 95%的平均透射率。

10、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对垂直入射到具有第二偏振取向光的膜的光至少有 60%的平均透射率。

11、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对垂直入射到具有第二偏振取向光的膜的光至少有 80%的平均透射率。

12、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对垂直入射到具有第二偏振取向光的膜的光至少有 90%的平均透射率。

13、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)对垂直入射到具有第二偏振取向光的膜的光至少有 95%的平均透射率。

14、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，第一种材料是萘二羧酸聚酯。

15、如权利要求 14 所述的光学显示器，其特征在于，第一种材料是聚萘二羧酸乙二醇酯。

16、如权利要求 15 所述的光学显示器，其特征在于，第二种材料是含萘二羧酸和对苯二甲酸单元的共聚酯。

17、如权利要求 15 所述的光学显示器，其特征在于，第二种材料是聚苯乙烯。

18、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)是平面型的。

19、如权利要求 1 所述的光学显示器，多层叠层沿第一面内

方向被取向。

20、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)具有低离角颜色。

21、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，进一步包括一二向色性偏振器(18)，设置成使显示模件视侧(15，16，17，142，143，147)抗反射。

22、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)的透射轴与二向色性偏振器的透射轴有效对准。

23、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，光腔(24，140)包含具有漫反射面的场致荧光片。

24、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，显示器还包括合适的第一条纹面材料(113，218)，适合于反射在与轴形成第一组预定角度之内进入第一条纹面材料(113，218)的光，折射在与轴形成第二组预定角度之内的进入第二条纹面材料(113，218)的光，所以在第二组角度内大部分光形成的输出光楔比与其相关输入光楔更窄，第二组角度的角度大于第一组角度的角度。

25、如权利要求 24 所述的光学显示器，其特征在于，光腔(24，140)把具有不同偏振取向的的反射光中至少一部分转换成第一偏振取向，多层反射偏振器(12，116)把已被转换成第一偏振取向的至少部分光透射到显示模件(15，16，17，142，143，147)。

26、如权利要求 25 所述的光学显示器，其特征在于，光腔((24，140)将在第一组预选定角度之内的至少一些反射光转换到第二组预选定角度，条纹面材料把已转换到第二组预选角度的至少部分光射向显示模件(15，16，17，142，143，147)。

27、如权利要求 24 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)具有一光滑面和一条纹面。

28、如权利要求 27 所述的光学显示器，其特征在于，条纹面朝向显示模件(15，16，17，142，143，147)。

29、如权利要求 27 所述的光学显示器，其特征在于，条纹面包含多个三角棱镜(224)。

30、如权利要求 29 所述的光学显示器，其特征在于，这些

多个三角棱镜(224)限定了取向轴。

31、权利要求 30 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹表面材料(113，218)的取向轴与反射偏振器(12，116)的第一面内方向对准。

32、如权利要求 29 所述的光学显示器，其特征在于，三角棱镜(224)是各向同性三角棱镜。

33、如权利要求 29 所述的光学显示器，其特征在于，三角棱镜(224)包括 70 度到 110 度范围的角。

34、如权利要求 33 所述的光学显示器，其特征在于，三角棱镜(224)包括约 90 度的角。

35、如权利要求 34 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)位于反射偏振器(12，116)与显示模件(15，16，17，142，143，147)之间。

36、如权利要求 35 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)的条纹面朝向显示模件(15，16，17，142，143，147)。

37、如权利要求 24 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)位于反射偏振器(12，116)与光腔(24，140)之间。

38、如权利要求 37 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)的条纹面朝向显示模件(15，16，17，142，143，147)。

39、如权利要求 24 所述的光学显示器，其特征在于，在反射偏振器(12，116)和第一条纹面材料(113，218)之间有一空气间隙(171，181)。

40、如权利要求 24 所述的光学显示器，其特征在于，反射偏振器(12，116)和第一条纹面材料形成单一结构(110)。

41、如权利要求 24 所述的光学显示器，其特征在于，还包括第二条纹表面材料(182)。

42、如权利要求 41 所述的光学显示器，其特征在于，第二条纹材料，适合于使在与轴形成第三组预选定角度内进入第二条

纹表材料(182)的光反射，使与轴形成第四组预选定角度内使进入第二条纹面材料(182)的光折射，因此，在第四组角度内的大部分光形成的输出光楔窄于其相关输入光楔，第四组角度内的角大于第三组角度内的角。

43、如权利要求 41 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(182)还包括光滑面和条纹面，其中第二条纹面材料(182)的条纹表面限定相关的取向轴。

44、如权利要求 43 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)具有一光滑面和一条纹面，其中第一条纹面材料(113，218)的条纹面限定相关的取向轴；

其中，第一条纹面材料(113，218)的取向轴相对于第二条纹面材料(182)的取向轴而设置，以两维控制由第一和第二条纹面材料所发射的光。

45、如权利要求 44 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)取向轴对第二条纹面材料的取向轴角度大于零度。

46、如权利要求 45 所述的光学显示器，其特征在于，该角度约为 90 度。

47、如权利要求 45 所述的光学显示器，其特征在于，该角度大于 90 度。

48、如权利要求 44 所述的光学显示器，其特征在于，第一条纹面材料(113，218)条纹面设置面向第二条纹面材料(182)的光滑面。

49、如权利要求 48 所述的光学显示器，其特征在于，第一和第二条纹面材料的条纹表面都朝向显示模件(15，16，17，142，143，147)。

50、如权利要求 44 所述的光学显示器，其特征在于，第一和第二条纹面材料位于反射偏振器(12，116)和光腔(24，140)之间。

51、如权利要求 50 所述的光学显示器，其特征在于，第一和第二条纹面材料位于反射偏振器(12，116)和显示模件(15，16，

17，142，143，147)之间。

52、如权利要求 44 所述的光学显示器，其特征在于，第一和第二条纹面材料位于反射偏振器(12，116)和光腔(24、140)之间。

53、如权利要求 1 所述的光学显示器，其特征在于，所述反射偏振器还包括：

一种条纹面材料，适合于把来自光腔(24，140)的在第一组预选定角度内的光反射到光腔(24，140)，并适合于入把来自光腔(24，140)的具有第二组预选定角度内的光射到显示模件(15，16，17，142，143，147)上；

其中，光腔(24，140)把具有不同偏振取向的反射光中的至少一些光转换成第一偏振取向；而且，多层反射偏振器(12，116)把被转换成第一偏振取向中的至少一些光透射到显示模件(15，16，17，142，143，147)上；

而且，光腔(24，140)把在第一组预选定角度内的反射光中的至少一些光转换成第二组预选定角度，条纹面材料把转换成第二组预选定角度的光中的至少一些光射向显示模件(15，16，17，142，143，147)。

说　明　书

反射式偏振显示器

技术领域

本发明是一种改进型光学显示器。

背景技术

光学显示器被广泛地用于便携式计算机，手持式计算器，数字式手表等。常见的液晶(LC)显示器是此种光学显示器的一个普通例子。传统的液晶显示器在一对吸收偏振片之间安装液晶和电极矩阵。在这种液晶显示器中，液晶部份靠施加电场来改变其光学状态。该过程产生以偏振光显示信息“像素”(“pixel”)所必需的对比度。

因此，传统液晶显示器包括前偏振片和后偏振片。一般，这类偏振片采用二向性染料，该染料对一种偏振取向光的吸收比与其对垂直的偏振取向光的吸收更强。通常，前偏振片透射轴与后偏振片的透射轴“相交”。交角可从零度直至九十度角变化。液晶，前偏振片和后偏振片共同组成液晶显示片组件。

液晶显示器可依据照明源分类。“反射”式显示器是用“前部”进入显示器的环境光来照明。一般在液晶显示器组件“后面”放置擦亮的铝反射器，这种反射表面将光返回到液晶显示器组件而维持入射到反射表面上的光的偏振取向。

在环境光线强度不是以观看的应用场合下，通常用“背光”组件来替代擦亮铝表面。典型的背光组件包括光腔(optical cavity)和灯，或者产生光的其它结构。这种在环境光及背光条件下可视的显示被称为“传输反射”(“transflective”)。传输反射式显示的一个问题是典型背光不能象传统擦亮的铝表面一样有效反射。而且，背光对光线偏振作用有随机性，进一步降低了提供给照明液晶显示器的光量。因此，在环境光线下观察时，背光补加

到液晶显示器使显示亮度更弱。

为此，需要一种在环境照明和背光照明条件下均能够有足够亮度和对比度的显示器。

发明内容

本发明光学的显示器包括三个基本单元。第一单元是反射式偏振片。该反射式偏振片位于液晶显示器组合件和光腔之间，这两者分别构成第二和第三单元。

附图概述

这些图描述了本发明代表性和说明性的实例。同一引用的数字在整个若干张图中表示相同结构。

图 1 是本发明光学显示器剖面图；

图 2 是本发明作为例证的光学显示器剖面图；

图 3 是本发明作为例证的光学显示器剖面图；

图 4 是本发明反射式偏振片的放大剖面图；

图 5 是反射式偏振片性能曲线图；

图 6 是本发明亮度提高的光学显示器示意图；

图 7 是亮度增强器的工作说明示意图；

图 8 是亮度增强器的工作曲线图；

图 9 是作为例证的光学显示器的剖面图；

图 10 是作为作证的光学显示器的剖面图；

图 11 是作为例证的光学显示器剖面图；

图 12 是试验结果曲线图；

图 13 是作为例证的光学显示器剖面图；

图 14 是亮度增强反射式偏振片的剖面图；

图 15 示出了形成单一界面的两层“叠层”膜；

图 16 和 17 是在介质系数内为 1.60 的单轴双折射系统的反射率比角度的曲线；

图 18 是在介质系数为 10 的单轴双折射系统的反射率比角度的曲线；

图 19，20 和 21 是单轴双折射系统在面内(in-plane)折射率和 Z-折射率之间的各种关系；

图 22 显示出两种不同单轴双折射系统的离轴反射率比波长关系；

图 23 示出了在双轴双折射膜中引入 Y-折射率差的效果；

图 24 示出了在双轴双折射膜中引入 Z-折射率差的效果；

图 25 是将图 18 和 19 的信息相加得到的等值曲面图；

图 26～31 示出了在镜面实施例中得到的多层镜面的光学性能；和图 32～35 示出了在偏振片实施例中给出的多层镜面光学性能。

本发明的实施例

图 1 是包括三个主要部件的作为例证的光学显示器 10 的示意图。这些部件包括图示成液晶显示组件 16 的偏振显示模件，反射偏振器 12 和光腔 24。

该图中所示的液晶显示组件 16 是由反射偏振器 12 和光腔 24 提供的偏振光照明。

由光线 60 描述的入射到显示器 10 上的环境光线穿过液晶显示器模件 16 和反射偏振器 12，射到光腔 27 的漫反射面 37 上。光线 62 表示光线被漫反射面 37 反射到反射偏振器 12。

光线 64 表示从光腔 24 内部射出的光。该光线也射向反射偏振器 12，而且穿过漫反射面 37。光线 62 和光线 64 表示两种偏振状态(a， b)。

图 2 是有三层液晶显示器组件 15 的光学显示器 11 的示意图，该组件包括前偏振片 18，液晶 20 和后偏振片 23。在这实施例中，光腔 24 是边缘照明背光(edge lit backliyht)，它包括反射灯外壳 32 内的灯 30。来自灯 30 的光线耦合到光导 34，该光线在光导 34 上传播，直至它遇到漫反射结构，如光点 36。将这些断续排列的光点调整到得到灯光，并使这光线射向液晶显示模件 15 上。进入光腔 24 的环境光线可以射到光点上，或者也可能穿过光点之间间隙区域从光导中逸出。该漫反射层 39 位于光导 34 之下，以便

截断和反射这些光线。一般来讲，可用光束 38 说明从光腔 24 出射的所有光线。这些光束入射至反射偏振器 12 上，该偏振片透过称为“ a ”的第一偏振反向的光线，有效地反射具有正交偏振取向（b）的光线。因此，反射偏振器 12 透过光束 42 表示的一定数量光线，大量剩余光线按光束 40 所示的形式反射。优选的反射偏振器材料是高效率的，所以在反射偏振器 12 内的吸收所引起的总衰减很低(1%数量级)。这部分损失光可用光束 44 表示。被反射偏振器 12 反射的偏振状态（b）的光线再进入光腔 24，该光射到漫反射结构，如光点 36，或射到漫反射层 39。漫反射面起到把光腔 24 反射出的光的偏振状态打乱的作用。路径 38 描述了这种再循环和打乱(随机)过程。这种光腔 24 并不是一种理想反射器，光束 46 表示出由于散射和吸收在光腔中引起的光损耗。这种衰减也是较低的(20%数量级)。由光腔 24 和反射偏振器 12 相结合实现多重再循环，形成了将状态（b）光转换成状态（a）光的有效机制，最终传输给观看者。

这种过程有效性取决于本发明披露的反射偏振器表现出的低吸收率多个漫反射面的高反射率和打乱特性。图 2 中，用光点 36 表示的断续层以及漫反射连续层 39 可由氧化钛颜料组成。值得一提的是，漫反射面 37(如图 1 所示)可由透明表面结构聚碳酸酯组成。将这种材料以图 2 所示的结构置于光导 34 之上，使入射光随机化。特殊的和最优化结构随完成的光学显示器的特定用途而变化。

一般来讲，这种系统的增益取决于反射偏振器 12 和光腔 24 的效率。符合入射光偏振随机化要求的高反射光腔 24 以及衰减很低的反射偏振器 12，是最佳化的性能。

图 3 是包括前偏振片 18 和液晶 20 的双层液晶显示器组件 17 为例证的光学显示器 14 示意图。该实施方案中，光腔 24 包括场致发光板 21。这种传统场致发光板 21 涂上磷材料 19，当电子撞击时产生光，而且当入射光照射时也产生漫反射。通常，场致发光显示器是“粒状的”，这是因为磷涂层的效率有变化。然而，由反射偏振器 12 返回的光线具有使光辐射“均匀化”倾向，改善

了由光学显示器 14 显现出的亮度的总体匀称性。在所示的光学显示器 14 中，液晶显示组件 17 不存在偏振片。在这种光学显示器 14 中，反射偏振器 12 起到图 2 上光学显示器 11 所示的后偏振片 23 通常相关的功能。

图 4 是反射偏振器 12 的部分透视图。该图包括描述反射偏振器 12 所指定的 X，Y 和 Z 方向的坐标系统 13。

所示的反射偏振器 12 是由两种不同的聚合材料的交替层(ABABA…)组成。这些交替层在全部附图和说明中被称为材料“A”和材料“B”。这两种材料挤压在一起，所得到的多层(ABABA…)材料沿一个轴(X 轴)拉伸(5：1)，沿另一轴(Y)无明显拉伸(1：1)。X 轴指“拉伸”方向，Y 轴指“横向”方向。

(B)材料的名义折射率(举例来讲 n =1.64)基本上不随拉伸过程而改变。

(A)材料具有受拉伸过程改变折射率的特性。举例来讲，(A)材料的单轴拉伸薄片具有与拉伸方向相关的折射率(如 n =1.88)，而与横方向相关的折射率为不同的折射率(如 n =1.64)。按照定义，与面内轴相关的折射率(与膜表面相平行的轴)是面偏振入射光的有效折射率，这种入射光偏振面平行于轴。

因此，拉伸后，多层层叠(ABABA…)材料在与拉伸方向有关的层与层之间出现较大的折射率差(delta n =1.88－1.64=0.24)。而在横方向上，层与层之间的有关折射率基本上相同(delta n=1.64－1.64=0.0)。这些光学特性引起多层层叠物起反射偏振器的作用，与轴 22 完全相同取向的入射光的偏振光透过。该轴定义为透射轴 22，如图 4 所示。从反射偏振器 12 出射的光线被认定为具有第一偏振取向(a)的光。

不穿过反射偏振器 12 的光具有与第一种取向(a)不同的偏振取向(b)。呈现出这种偏振取向(b)的光会遇到导致这种光反射的折射率差。这被定义为图 4 中轴 25 所示的所谓“吸光”轴。这样一来，反射偏振器 12 通过具有选择性偏振(a)的光。

实施例

优选“A”层是晶状萘二羧酸聚酯，如聚萘二酸乙二醇酯(PEN)，优选“B”层是萘二羧酸和对苯二酸或异钛酸的共聚酯(CoPEN)。采用乙二醇作二醇，在标准聚酯树脂釜中，可合成出 PEN 和 70% 萘二酸酯 / 30%对苯二酸酯共聚物(CoPEN)。在 51 槽给料块中挤压 PEN 和 CoPEN，再在双层合叠倍增器中连续挤压，可制成令人满意的 204 层偏振片。该倍增器将引出给料块的挤压材料分成两条半宽度流体，再在彼此顶部堆列半宽度流体。此种倍增器在该技术领域中是熟知的。在约 295℃下进行挤压。PEN 特性粘度是 0.50 d l/g，CoPEN 特性粘度是 0.60dl/g。PEN 材料挤压速率 22.5lb/hr，CoPEN
挤压速率 16.5lb/hr。铸网厚度约 0.0038 英寸，纵向单轴拉伸为 5：1，在拉伸过程中，侧面的气温保持在 140℃。除外皮层之外，对于设定波长 550 n m时，设计出所有一对层为 1 / 2 波长的光学厚度。

采用粘合剂，手工层叠如上所述的双片 204 层偏振片。粘合剂折射率最好与各向同性 CoPEN 层的折射率匹配。

反射偏振器 12 的光学性能部分取决于各层的光学厚度。厚膜和薄膜结构均有用。倘若层面出现多种波长的光长(light long)的光路，则反射偏振器 12 的光学性质是固有宽带。如果层面光学厚度低于光波长，则可利用相长干涉，以改进选定波长的反射偏振器 12 的光学性能。

实施例中所述的制造步骤可加工均匀薄层，其光学厚度低于可见光谱区的光波长。如果薄层组(A，B)的光学厚度增加到入射光波长的一半(A＋B=lambda/2)，则会发生相长干涉。这种半波长条件导致在设定波长处的狭谱带相长干涉。用层压或者其它组合成多重狭谱带堆列，可达到宽带光学性能。举例来讲，把具有相同厚度的第一组 37 薄层(A＋B=lambda/2)层压到具有不同厚度的第二组 35(A＋B=lambda prime/2)。为了清晰起见，图 4 中仅表示少量薄层，一般可以把数百层(ABAB…)相互层叠起来，达到有效宽带响应。最好将反射偏振器设计成在有价值的所有角度和波长上反射光。

尽管探讨了作为例子的多层结构的反射偏振器仅包含两种材料的交替薄层，应当理解，反射偏振器 12 可取许多形式。举例来讲，可将附加类型薄层包纳入多层结构之中。而且在极限情况下，反射偏振器可包含一对的层(AB)，其中之一被拉伸。而且，可将二向色性偏振片直接粘合到反射偏振器 12。

光腔 24 另一重要性质是，与光腔相关的偏振随机化过程也改变了入射光的方向。一般来讲，大量光线退出光腔离轴。因此，在反射偏振器中此种光线路程超过接近正常光线的光程长度。这种效应使该系统光学性能最佳。实施例中所述的反射偏振器 12 能使宽带透射成为适应离轴射线所要求的更长波长。图 5 表出的轨迹 31 说明在宽范围波长上的透射率超过 80%。轨迹 33 表示在大部分可见光谱区的有效宽带反射率。最佳反射率轨迹可扩展到红外区，并从约 400 n m扩展到 800 n m。

在另一实施方案中，可利用亮度增强膜提高显示器表现出的亮度。图 6 表示具有三种基本单元的光学显示器 164。这些单元是光学显示器模件 142、亮度增强反射偏振器 110 和光腔 140。完整的光学显示器 164 一般在观看者 146 所视的平面图为平面矩形，截面较薄，三个基本组件彼此十分靠近。

使用时，显示模件 142 是由亮度增强反射偏振器 110 和光腔 140 处理过的光束照明。这两个组件一起使偏振光进入有一角度的图示的视区 136。该光线通过显示器模件 142 进入观看者 146。这种显示器模件 142 一般以像素显示信息。通过一个像素的偏移光透射通过电控制液晶材料双折射来调制。这就调制了光线偏振状态，影响到形成显示模件 142 一部分的第二偏振层的相对吸收。

图中表示出两种照明源。第一种是由光线 162 表示的室光。该光线穿过显示模件 142 和亮度增强反射偏振器 110，入射到光腔 140。光腔反射光线 165 表示的光。第二光源可以是光线 163 表示的在光腔内产生的。如果光腔 40 是背光，则主要照明源是在光腔 140 内产生，这种光学显示被称为“背亮”(bcecklit)。如若主要照明源是由光线 162 和光线 165 表示的室光，则将光学显示称为“反射”或“被动显示”。如果在室光和光腔产生的光下观看到

这种显示，这种显示称为“传输反射”。本发明用于这种显示类型的每一种方式。

不管光线来源如何，亮度增强反射偏振器 110 和光腔 140 一起共同使光线“再循环”，以致于最大数量光线被适当地偏振，进入视区 136。

一般来讲，亮度增强反射偏振器 110 包括两个单元。第一个是反射偏振器 116，将特定偏振光透入到视区 136。第二单元是光学结构层 113，它限定了视区 136 边界。

光腔 140 除了与亮度增强反射偏振器 110 相互作用之外，还起着几种功能，重要参数是对入射光的高反射值以及光腔 140 改变入射光方向和偏振的能力。常规的光腔满足这些要求。

对任何光学系统来讲，反射率、损耗和透射率之和一定等于 100%光。吸收成为此种损耗的主要原因。在本发明中，亮度增强反射偏振器 110 对某些光线的吸收很低，反射率很高。因此，不能直接进入视区 136 的光线被有效地传递到光腔 140，在该光腔中改变这种光线，并且从具有适当特性的光腔中射出，对视区 136 的光线有贡献。

关于光学显示器 164，系统总增益取决于光腔 140 反射率和亮度增强反射偏振器 110 反射率的乘积。低吸收光腔，并且这光腔具有高反射率的后表面，再配这光腔能改变来自亮度增强反射偏振器 110 入射光的方向及偏振状态，则该发明最为有效。应当注意，为了这些目的，这种光腔可用诸如丙烯酸类衍生物的透明介电材料填充。

尽管优选的结构表面 112 起着几何光学的功能，但众所周知，可将衍射或全息光学单元设计成有效模份成由几何光学呈现出的光发射性质。因而，可将术语结构性表面 112 理解成将光线限定于较狭视区 136 的几何和衍射光学系统。

图 7 是起着本发明亮度增强器作用的条纹面 N 材料的放大图。如前所述，条纹面材料 218 具有光滑面 220 和条纹表面 222。在较佳实施方案中，条纹面 222 包括多个三角棱镜。在较佳实施方案中，此类棱镜是完全等边棱镜，棱镜峰角范围从 70 度到 110 度，

这对本发明起到不同程度的效果。条纹面材料 218 可以是折射率大于空气折射率的任何一种透明材料，但是一般来讲，折射率较高的材料的效果更佳。聚碳酸酯折射率为 1.586，已经证实这种材料很有效。为了叙述本发明，设定条纹面 222 的棱镜角为 90 度，设定条纹面材料 218 是聚碳酸酯。但可改用其它的条纹性表面材料。增指出过，对称立方角薄片会产生优良的效果。

图 8 说明了条纹面材料 218 的作用。图 8 的曲线图具有两条轴 226 和 228。这些轴表示光线与垂直于光滑面 220 所形成的角度。具体地说，轴 226 表示光线方向投射到平行于条纹面 222 上的线性延伸的结构的平面时，光线所形成的角度。同样，轴 228 表示，当光线方向投射到垂直于条纹面 222 上的线性延伸的结构的平面时，光线与垂直于光滑面 220 所形成的角度。因此，在图 8 曲线图的原点标记为零度，用它来表示垂直射到光滑面 220 的光线。可见，图 8 划分成区域 230，232 和 234。落到区域 230 的角度的光线进入条纹面材料 218，但是被条纹面 222 全部内反射，以致于第二次穿过光滑面 220 再进入光腔。以落到区域 232 和 234 的角度射到光滑面 220 的光线将穿过，但是与法线不同角度而折射。由表示聚碳酸酯性能的图 8 可知，以小于 94 度的角度垂直射到光滑面 220 的任何光线将被反射。

再回到图 7，该图表示出四条典型的光线。第一条光线 236 以掠射角接近光滑面 220，即对法线角度接近 90 度。如果光线 236 射到条纹面材料 218，光线与垂直于表面 220 所形成角度是 89.9 度，则光线被折射，以致于当它穿越条纹面材料 218 时，就与法线形成 39.1 度的角。一旦到达条纹面 222 时，就再次被折射。由于条纹面 222 上的结构，它将被折射，以致于再度与条纹面 222 的法线形成更小角度。在该实施例中，形成 35.6 度角。

光线 238 以更接近于截止角(cut off angle)的角度接近光滑面 220。当光线通过光滑面 220 时，它也被折射，但折射程度更低些。若光线 238 以与光滑面 220 法线成 10 度的角度接近光滑面 220 时，它从与光滑面 220 法线形成 37.7 度的角度的条纹面 222 射出，但是它在那条法线另一侧。

光线 240 以低于截止角的角度接近，它被条纹面 222 完全内反射两次，再返回到光腔内。

最后，光线 242 以类似于光线 238 角度接近于光滑面 220，但是从位置上讲，它完全被条纹面上的一条棱镜完全内反射，但是它不被第二条反射。因此，光线以与光滑面 220 的法线更大的角度射出。由于此种反射仅发生于这么一种关系，该光线以形成到射到的一边的较大入射的方向传输。这种棱镜对此光线提供很小截面。除此以外，许多这些光线再进入下一棱镜，再返回到显示器 210。

图 7 中未列出第 5 种光线。这是一组被光滑面 220 反射的光线，并不射到条纹面材料 218。此类光线只不过与那些被反射回光腔中的其它光线合在一起。由这种探讨可知，没有条纹面材料 218 的光线将以对显示轴较大角度从显示器射出，在把显示轴当作光滑面 220 的法线时，该光线再指向接近该轴的方向。少量光以与该轴成大角度射出。因此，我们可以讲，以此预定角度大的入射角，通过光滑面 220 进入条纹面材料 218 的光线射到比输入光楔更窄的输出光楔，以比预定角度小的入射角，通过光滑面 220 进入条纹面的大部分光线将会反射回光腔。

反射回光腔的光射向漫反射器。被反射的光返回到条纹表面材料 218，一般来讲，它与第一次形成的角相比有差别。再重复这种过程，更多光线再射向更小光楔。本发明关键之处在于，条纹面材料 218 必须能以第一预定组角度反射落在表面的光，并能穿过，但不是折射，光线按第二预定角度射到表面，其中第二组角度中的角度大于第一组角度中的角度，第二组角度的光线折射到比输入光楔更窄的输出光楔。在这种描述中，第一组和第二组角度是相对于垂直于显示表面，即液晶的显示轴。

图 9 表示不存在亮度增强反射偏振器 110 的部分光学显示器 164 的示意图，使之可与无亮度增强反射偏振器 110 的性能对比。一般来讲，用光束 148 描述从光腔 140 单元区域发出的光线，这种光线随机偏振，存在光学状态（a），（b）、（c）和（d）。大致上这种光的一半是状态（b）和（d）光，这些光被形成部分显示模

件 42 的二向色性吸收偏振片 150 吸收，剩余部分光为状态（a）和（c），这些光通过二向色性吸收偏振片 150。用光束 152 描述从显示模件42射出的光，这部分光包括(a)和（c）状态光。虽然状态（a）的光射向观看者 146，但状态（c）的光不是。二向色性吸收偏振片 150 吸收剩余的具有（b）和（d）状态的光。因此，实际上，由光腔 140 提供的仅约四分之一光对观看者 146 所观看的显示亮度有贡献。

亮度增强器能更有效利用由光腔 140 所提供的光线。如用光束 154 描述的同样单位数量的光射向亮度增强反射偏振器 110，大约四分之一的光((a)状态光)在第一次穿过时穿过亮度增强反射偏振器 110。这种光有正确的偏振，与二向色性吸收偏振片 150 透射轴一致，用光束 161 描述这种光。然而，剩余的具有（b），（c）和（d）状态的光被亮度增强反射偏振器 110 反射回光腔中。这种光的某些部分被光腔 140 按照方向和偏振，随机化成（a）状态。因而，如光束 157 所表示的以状态（a）、（b）、（c）和（d）从光腔射出。然后再循环的状态（a）加到光束 160 表示的原始透射光上。因此，光束 160 和光束 161 表示的总光量由于“再循环”而增加。因为，仅与二向色性吸收偏振片 150(状态（a））正确匹配的偏振光才能穿过亮度增强反射偏振器 110，所以如光束 163 表示的从显示器将发射出更多的光射向观看者 146。此外，因为状态（b）和（d）光被亮度增强反射偏振器 110 所反射，被二向色性吸收偏振片 150 吸收的光很少。其结果是，光束 163 表示的从显示器发射的光量比光束 152 表示的光量还高 70%。

图 10 示出了光学显示器 170。光学显示模件 142 包括液晶矩阵 147，它置于前偏振片 149 和后偏振片 150 之间。在该实施方案中，光学条纹层用缝隙 171 与反射偏振器 116 隔开。缝隙 171 对不要的（a）状态光反射。在显示器 170 中，光腔 140 是背光型，它包括在灯反射器 173 中的灯 172。来自灯 172 的光进入光导 174，并且传输直到遇到诸如光点 176 的漫反射表面。尽管要求这些光点不连续排列，以便有效地从光导 174 中取得光，但断续表面可能不足于完全使光再循环。因而，最好在不连续表面之下放置连

续的漫反射表面 175，以便有助于再循环过程。

图 11 示出了光学显示器 179，其中光学条纹层 113 和条纹面 112 是独立单元，靠近但并是直接加到反射偏振器 116。这两组单元加上缝隙 181，构成亮度增强反射偏振器 110。使用时，光腔 140 提供显示用光，还起着对从亮度增强反射偏振器 110 返回的光的偏振和方向进行取向的作用。光室 140 包括场致发光板 139，它的磷涂层起着漫反射表面 137 的作用。该实施方案的亮度增强反射偏振器 110 和图 10 偏振片之间一个差别是，以超过临界角 134 的角度接近条纹面 112 的光线。不管其偏振状态如何，通过全内射返回到光腔 134 内。另一个差别是，由光学条纹层 113 透射出的光以接近直角方式穿过反射偏振器。再一个差异涉及到在光学模件中有一个前偏振器而没有后偏振器。在这些实施方案中，背光是主光源，不需要在靠近亮度增强反射偏振器并置一个吸收偏振片，就可达到适当的对比度。

图 12 示出了用标准场致荧光产生的背光的亮度增强反射偏振器材料样品的试验结果。在使入射光的方向和偏振取向随机化方面，场致荧光产生的背光满足对光腔提出的上述要求。为了提供比较的基础，曲线 162 示出仅有二向色性偏振器而无亮度增强反射偏振器时供显示的光透射。曲线 164 表示光强度对显示的 Y-Z 平面的光线角分布，该显示器包括结构中带有反射偏振器的亮度增强反射偏振器，和作为贴近层的条纹面如同图 12 所示及前面所述的。曲线 164 示出了把轴上(on－axis)亮度单独与二向色性偏振片相比增加了约 60%。而且，在 60 度离轴处观看亮度约降低 50%。

在另一个实施例中，采用标准背光，在沿垂直于观看面的显示器上测得在二向色性偏振片上亮度增加 100%，该显示器是有带有反射偏振器的亮度增强反射偏振器和作为贴近层的条纹面，如图 4 所示及上述的描述。反射偏振器单独使亮度提高 30%，而条纹面也提高亮度 70%，因此对于轴上观看时的总亮度增加 100%。

在这两个实施例之间亮度增加的差异主要是由于用了不同光腔。图 12 的曲线是用场致荧光产生的背光得到的，而后实施例取

标准背光。每种类型光腔的反射和衰减影响可以达到的总亮度的增加。

采用图 13 所示的另一种优选显示结构，可二维控制从亮度增强反射偏振器射出的光线。有两种光学条纹层 113 和 182，每一层分别有条纹面 112 和 184，彼此之间前后紧连，并靠近反射偏振器 116。这三个单元构成亮度增强反射偏振器 110。尽管在图 13 中，这两个光学条纹层置于反射偏振器 116 之下，但应理解为，反射偏振器 116 也可以置于光学条纹层 112 及 182 之间，或者置于其下，这不脱离发明范围。将条纹面 112 和 184 的取向轴相交，以达到两维控制。这些轴可以 90 度角取向，或者以大于 90 度的其它角度取向，这取决于显示应用及相关偏振要求。

实施中，第一个条纹层在 Y，Z 平面产生约 70 度视区，在 X，Z 平面产生 110 度视区。第一光学条纹层 182 逸出的光成为第二光学条纹层 113 的光源，它的条纹面 112 的向轴与光学条纹层 182 的条纹面 184 的取向轴不同。如若两种光学条纹层 113 和 184 的轴以 90 度取向，举例来讲，光学条纹层 182 对 X、Z 平面的 110 度角之内的光起作用，再把 X、Z 平面的视角压缩至低于 70 角的更狭范围，因而进一步增强亮度。

图 14 是单独表示的亮度增强反射偏振器 110 的示意性透视图。为了便于表述本发明结构，该图并不按比例画出。图 14 之中包括限定 X，Y 和 Z 方向的座标系统 118，在本发明描述提到这些方向。

由图 14 可知，亮度增强反射偏振器 110 包括具有条纹面 112 的光学条纹层 113。图 14 中，这种光学条纹层 113 被复制于浇铸在反射偏振器 116 之上的聚合物层上。可用各种将两片膜结合在一起的众所周知技术形成图 14 中所示的单元结构，如热层压或浇铸，以及让条纹面材料在反射偏振器上老化，如美国专利 5，175，030 所述，其中反射偏振器在该过程之中起着基片的作用。为此，可将反射偏振器和亮度增强器是单元的说法理解为，这些单元彼此之间粘合。

在图 14 中所示的优选的作为例证的条纹面 112 是棱镜阵列，

用棱镜 114 表示。每个棱镜具有沿 X 方向延伸的峰脊。在 YZ 平面中，每个棱镜 114 截面是等边三角形；每个棱镜顶角为 120。尽管棱镜阵列是较佳的，且可以改变成特殊的棱镜几何结构和顶角 120，以便满足应用的特殊要求。图 14 所示的棱镜阵列，在要求将逸出光学显示器的光线局限到图 6 所示的较狭视区 136 内时，尤其有用。然而，凡要求其它视角时，光学条纹层 113 可取其它形式。尽管优选的条纹面 112 起着几何光学的作用，但众所周知，可设计成衍射或全息光学单元，以便有效地模仿由几何光学显示出的光线发射性质。因此，应该将术语条纹面 112 理解为描述将光线限制于较狭视区 136(图 6)的几何学和衍射光学系统。一般而言，由于棱镜阵列的固有偏振特性，当棱镜轴平行于反射偏振器被拉伸的方向时，将达到最优化性能。

多层叠压的光学性能

下面将用更一般化说法来描述上述图 4 中所示的多层叠层的光学性能。多层叠层可以包含数百层或数千层，每层可由任何多种不同的材料组成。决定特定叠层所选用材料的特征取决于叠层所要求光学特性。

叠层可包含如同叠层内的层一样多的多种材料。为了便于加工，优选光学薄膜叠层仅包含几种不同材料。为了说明起见，目前的探讨将描述包括两种材料的多层叠层。

材料或者具有不同物理性质但化学上相同的材料之间的边界可以是突变的或渐变的。除了分析解释某些简单情况之外，通常将对具有指数连续改变的后一种类型的分层解介质的分析看作具有突变的边界的大量较薄的均匀层，但在相邻层之间的性质仅有微小变化。

从任何方位角方向出发，由膜叠层的每一膜层的折射率决定了任意入射角的反射特征。倘若我们假设，膜叠层的所有层受到相同加工条件，则我们仅需了解两组叠层的单个界面，就可理解全部叠层特性与角度关系。

因此，为使讨论简化起见，将叙述单个界面的光学性能。然而，应该理解，按照本发明所述的原理，实际多层叠压可由数百

层或数千层组成。为了叙述单个界面的光学性能，如图 15 所示的界面，对包括 Z-轴和一条面内光轴的入射面来讲，画出反射率对 S 和 P 的偏振片的入射角关系。

图 15 示出了构成单界面的两种材料膜层，这两层浸于折射率 n\-o 的各向同性介质之中。为了简化说明起见，本讨论针对正交多层双折射系统，两种材料光轴对准，一条光轴(Z)垂直于膜平面，另外光轴沿 X 轴和 Y 轴。然而，应当理解到，光轴不必正交，非正交系统完全归属于本发明精神及范畴之内。而且还应理解到，光轴也不必与膜轴对准，这也属于本发明延伸范畴之内。

计算任意厚度任意叠层膜光学的基本数学积木块是众所周知的单一膜界面的 Fresnel 反射和传输系数。Fresnel 系数预测任意入射角时特定界面的反射率大小，对 S 和 P 偏振光有各自公式。

介电界面的反射率随入射角函数变化，对各向同性材料来讲，P 和 S 偏振光的反射率有明显不同。P 偏振光的最低反射率是由于所谓的 Brewster 效应引起的，反射达到零时的角度被称为 Brewster 角。

在任何入射角时的任意膜叠层的反射性能是由所包含的全部膜的介电张量(dlelectrlc tersor)所决定。1987 年，由 North-Holland 出版的“Ellipsometry and Polavized Light”(椭圆对称和偏振光)(作者 R. M. A. Azzam 和 N. M. Bashara)列出该题目的一般性理论论述。其结果从通用的众所周知的 Maxwell 方程直接得到。

将分别由方程 1 和 2 得到的 P 和偏振光的反射系数绝对值求平方，计算出系统的单界面的反射率。方程 1 和 2 对于两组轴对准的单轴正交系统有效。

$$1)r_{PP}=\frac{n2x*n2o\sqrt{(nlx^2-no^2\sin^2\theta}-nlx*nlo\sqrt{(nz^2-no^2\sin^2\theta)}}{n2x*n2o\sqrt{nlx^2-no^2\sin^2\theta}+nlx*nlo\sqrt{(n2x^2-no^2\sin^2\theta)}}$$

$$2)r_{ss}=\frac{\sqrt{(nlo^2-no^2\sin^2\theta}-\sqrt{(n2o^2-no^2\sin^2\theta}}{\sqrt{(nlo^2-no^2\sin^2\theta}+\sqrt{(n2o^2-no^2\sin^2\theta}}$$

其中 θ 是在各向同性介质中测得的。

在单轴双折射系统中，n1x=n1y=n1o，n2x=n2y=n2o。

在双轴双折射系统中，仅当光偏振面平行于由图 15 所限定的

x-Z 或 y—Z 平面，方程 1 和 2 才有效。因此，在双轴系丝中，就 x —Z 平面的入射光，方程 1 中 n1o=n1x, n2o=n2x(对 P 偏振光)，方程 2 中 n1o=n1y, n2o=n2y(对 S 偏振光)。对于 y-Z 平面的入射光，方程 1 中 n1o=n1y, n2o=n2y(对 P 偏振光方程 2 中，n1o=n1x, n2o=n2x(对 S 偏振光)。

方程 1 和 2 表示，反射率取决于叠层的每种材料在 x, y 和 z 方向上的折射率。各向同性材料的所有三种折射率都相同，因此 nx=ny=nz。nx, ny 和 nZ 之间的相互关系决定了材料光学特性。三种折射率之间不同关系导致材料的三类常见种类：各向同性、单轴双折射和双轴双折射。

将单轴双折射材料限定于下述材料：其一个方向的折射率不同于其它两个方向的折射率。就现在讨论而言，描述单轴双折射系统约定为 n x = n y≠nz 条件。x 和 y 轴限定于面内轴，各自的折射率 nx 和 ny 是指面内折射率。

得到单轴双折射系统的一种方法是双轴拉伸聚合物多层叠层(即沿两维拉伸)。多层叠层的双轴拉伸导致平行于两轴的平面的连接层的折射率之间的差异，因而两个偏振面的光反射。

单轴双折射材料可能具有或者正向或者负向单轴双折射。当 Z-折射率高于面内折射率(n z ＞ n x 和 n y)时，产生正向单轴双折射。当 Z—折射率低于面内折射率(n z ＜ n x 和 n y)，产生负向单轴双折射。

双轴双折射材料限定于下述材料：所有三轴的折射率不相同，即 n x ≠ n y ≠ n z 。而且， n x 和 n y 折射率是指面内折射率。在一个方向上拉伸多层叠层可产生双轴双折射系统。换言之，单轴拉伸叠层。就本发明讨论来讲，将 x 轴方向作为双轴双折射叠层的拉伸方向。

<u>单轴双折射系统(反射镜)</u>

下面讨论单轴双折射系统光学特性。如上所述，单轴双折射材料的一般条件是 n x = n y ≠ n z 。因此，如果图 15 中每层 102 和 104 是单轴双折射，则 n 1 x = n 1 y 和 n 2 x = n 2y。为现在讨论起见，设定层 102 面内折射率大于层 104 面内折射率，因此 x 和 y

方向的n1＞n2。为了引入不同程度的正或负双折射，通过改变n1z和n2z值来调节单轴双折射多层系统的光学性能。

可用上述方程1来确定如图15所示的由双层组成的单轴双折射系统的单界面反射率。对S偏振光来讲，简单地显示方程2成等于各向同性膜简单情况方程(n z=n y=n z)，因此我们仅需验定方程1。为了说明起见，设定膜折射率为特殊值，尽管其值很普通。令n1x=n1y=1.75，n12=变量，n2x=n2y=1.50，及n2z=变量。为了解释本系统中各种可能的Brewster角，周围各向同性介质n0=1.60。

图16表示从各向同性介质到双折射层对P一偏振入射光的反射比率与角度曲线，该情况时n1z数值对大于或等于n2z(n1z≥n2z)。图16中所示曲线为下述Z一折射率数值：a)n1z=1.75，n2z=1.50；b)n1z=1.75,n2z=1.57；c)n1z=1.70,n2z=1.60；d)n1z=1.65,n2z=1.60；e)n1z=1.61,n2z=1.60；f)n1z=1.60=n2z。当n1z接近于n2z时，反射率为零的Brewster角增加，曲线a一e与角度相关性强。然而，当n1z=n2z(曲线f)，角度与反射率没有关联。换言之，曲线f的反射率对所有入射角是相同的。在该点，方程1简化成与角度无关的形式：(n2o－n1o)/(n2o＋n1o)。当n1z=n2z，不存在Brewster效应，且对于所有入射角具有恒定不变的反射率。

图17示出了反射率对入射角的曲线，其中n1z的数值于或等于n2z。光线从各向同性介质入射到双折射层。在这些情况下，反射率随入射角单调增加。对S一偏振光能观察到此现象。图17中的曲线表示s偏振光的一种情况。曲线b一e表示p偏振光对不同n z数值的情况，其次序如下：b)n1z=1.50,n2z=1.60;c)n1z=1.55,n2z=1.60;d)n1z=1.59,n2z=1.60;和e)n1z=1.60=n2z。而且，当n1z=n2z(曲线e)时，不存在brewster效应，对所有入射角具有相同反射率。

图18示出了与图16和图17相同的情况，但是对入射介质(空气)的折射率no=1.0。图18中曲线是在折射率n2x=n2y=1.50，n2z=1.60的正向单轴材料的单界面处，以及n1x=n1y=1.75的负向

单轴材料的界面处的 P 偏振光，并且 n1z 数值次序从上到下为：a)1.50；b)1.55；c)1.59；d)1.60；f)1.61；g)1.65；h)1.70;和 i)1.75。而且，如图 16 和 17 中所示，当 n1z 和 n2z 值匹配时(曲线 d)，角度与反射率无关联。

图 16，17 和 18 表示，当一种膜 Z 轴折射率等于另一种膜 Z 轴折射率时，从一种类型性能跨越到另一种类型性能。这适用于一正向和负向单轴双折射和各向同性材料的几种结合情况。在其它场合下，Brewster 角偏移到更大或更小角度。

图 19，20 和 21 表示在面内折射率和 Z一轴折射率之间光学可能的相互关系。垂直轴表示折射率相对值，水平轴用于只将各种条件分隔开。每张图从左侧开始有两片各向同性膜，其中 Z一折射率等于面内折射率。当向右移动时，面内折射率保持常数，各种 Z 轴折射率增加或降低，说明正向或负向双折射的相对量。

图 19 说明有关图 16，17 和 18 的上述情况。材料一的面内折射率大于材料二的面内折射率，材料一具有负双折射(n1z 小于面内折射率)，材料二具有正双折射(n2z 大于面内折射率)。Brewster 角消失并且对于所有入射角的反射率相同的这一点是在两种 Z 轴折射率相等处。该点相应于图 16 中曲线 f、图 17 中曲线 e 或图 18 中曲线 d。

图 16 中，材料一的面内折射率大于材料二的面内折射率，但材料一具有正双折射，材料二具有负双折射。在这种情况下，Brewster 最低值可移至更低角度值。

对于两种膜之一是各向同性的极限情况下，图 19 和 20 都有效。这两种情况是材料一为各向同性并且材料二为正双折射，或者材料二为各向同性并且材料二为负双折射。处于 Brewster 效应不存在的点是在双折射材料 Z一轴折射率等于各向同性膜折射率处。

另一种情况是两种膜为相同类型，即均为负双折射或者均为正双折射。图 21 表示贰种膜具有负双折射。而且，应该理解到，两种正双折射层情况类似于图 21 中所示的两种负双折射层情况。如同前，仅当一种 Z 轴折射率等于或超过另一种膜折射率时，消

除了 Brewster 最低值。

还发生一种情况：两种材料面内折射率相等，但 Z 轴折射率不同。在这种情况下，即图 19—21 所示的一组所有三种情况，任意角的 S—偏振光不发生反射，对 P 偏振光的反射率随入射角增加而单调性增加。这种类型的成品随入射角增加，增加了 P 偏振光的反射率，并且对 S 偏振光是透明的。这种成品被称作为“P—偏振器”。

该领域熟知者易于认识到，可以应用上述的单轴双折射系统性能的原理，产生不同环境下的所希望的光学效应。可以控制多层叠层中薄层的折射率，经过修正，得到所需光学性质的器件(装置)。用各种面内和 Z 轴折射率，可产生许多负和正单轴双折射系统，采用此外所述原理可以设计和加工许多有用的装置。

双轴双折射系统(偏振器)

再次参照图 15，现在叙述两组正交双轴双折射系统。而且，这种系统可具有许多层，但通过研究一个界面处的光学性能，可以理解叠层的光学性能。

可以把双轴双折射系统设计成对于所有入射角而言使与一条轴平行的偏振面上的光具有高反射率，并且在所有入射角情况下，同时使与另一条轴平行的偏振面上的光具有低反射率。因此，双轴双折射系统作为一种偏振器，透射一种偏振光，反射另一种偏振光。控制每种膜的三种折射率 n x， n y 和 n z，可以得到所要求的偏振器性能。

上述 PEN / CoPEN 多层反射偏振器是双轴双折射系统的一个实施例。然而，应该理解到，一般来讲，用于制作多层叠层的材料并不需要是聚合物。此处所述的基本原理范围内的任何材料可用于加工多层叠层。

再参照图 15，为了解释起见，我们设定，膜折射率为下述数值： n1x=1.88， n1y=1.64， n1z=变量， n2x=1.65， n2y=变量， n2z=变量。将 X 方向称作消光方向，将 Y 方向称作透射方向。

可用方程 1 预测两种重要的情况下光线的双轴双折射系统的

性能，即入射面或者是拉伸方向或者是非拉伸方向。该偏振片在一个偏振方向为反射镜，在另一方向为窗口。在拉伸方向，有几百层的多层叠层内的高折射率差 1.88－1.65=0.23，使得对 S 偏振光产生很高反射率，对 P 偏振光来讲，不同角度的反射率取决于 n1z / n2z 折射率差。

在大多数应用中，理想反射偏振器在所有入射角时沿一条轴有高反射，沿另一条轴具有零反射。如果沿透透射轴发生一些反射，而且对不同波长反射率不同，就降低了偏振片的效率，将颜色引入透过的光中。两种效应均不希望发生。这是由高 Z 折射率不匹配引起的，即使面内 Y 折射率是匹配的。因此所产生的系统对 p 有高反射率，对 s 偏振光是高度透明的。这种情况就是上述分析反射镜的“ p 偏振器”的情况。

图 22 示出了对于 800 层 PEN / CoPEN 叠层，偏振光在 70° 时的反射率(以 log [1－R] 作图)，入射光平面在非拉伸方向内。反射率以可见光区(400－700mm)波长为函数作图。曲线 a 在 550 nm的相关折射率为 n1y =1.64， n1z =1.52， n2y =1.64 和 n2z =1.63。典型叠层设计对于四分之一波长对是简单线性厚度梯度，其中每一对比前一对厚 0.3%。将所有层选定为具有高斯分布和 5%标准偏差的随意厚度误差。

曲线 a 表示沿透射轴(Y 轴)在可见光区上有高的离轴反射率，不同波长具有不同反射率。由于谱图对层厚误差和空间不均性很敏感，如膜厚度，这造成很不均称并且表现出“多色”的双轴双折射体系统。尽管某些应用要求深度颜色，它要求控制离轴颜色并对于要求表现出均匀浅色的一类应用使颜色降至最低，如液晶显示器或其它类型显示器。

如果将叠层设计成提供对所有可见光波长具有相同反射率，就可得到均匀中性本色反射。然而，这就要求几乎准确地控制厚度。相反，在非拉伸面内折射率(n1y 和 n2y)中引入折射率误匹配，产生 Brewster 条件的偏离轴，可以减少离轴反射部及离轴颜色，同时保持 s 偏振反射率为最低值。

图 23 是降低沿着双轴双折射系统透射轴的离轴反射比时，引

入 y 折射率不匹配的效果。当 n 1 z =1.52 和 n 2 z =1.63(△nz=0.11)时，对 p 偏振光给出下述条件： a) n 1 y = n 2 y =1.64; b) n 1 y =1.64， n 2 y =1.62; c) n 1 y =1.64， n 2 y =1.66。曲线 a 示出了面内折射率 n1y 和 n2y 相等情况下的反射率。曲线 a 在零度时的反射最低，但在 20° 后陡然上升。对曲线 b， n 1 y ＞ n 2 y，反射率迅速上升。曲线 C 的 n 1 y ＜ n 2 y，在 38° 时反射最小，但随后突然上升。如曲线 d 所示对于 n 1 y ≠ n 2 y 的 s 偏振光，也会同样发生相当数量的反射。图 23 的曲线 a — d 说明，为了使 Brewster 降低到最小，y 轴折射率不匹配(n 1 y — n 2 y)符号与 Z 轴不匹配(n 1 z — n 2 z)符号应当相同。在 n 1 y = n 2 y 情况下，s 偏振光的反射比在所有角度都为零。

通过降低层之间 Z 轴折射率差，可再降低离轴反射率。如果 n 1 z 等于 n 2 z，图 18 说明，当在垂线上射入射，消光轴仍具有很高离角反射率，沿着非拉伸轴的任意角，不发生反射，因为两种折射率是一致的(如， n 1 y = n 2 y 和 n 1 z = n 2 z)。

在某些聚合物体系中，两种 y 折射率和两种 Z 折射率不可能精确匹配。如果 Z 轴折射率在偏振器结构中不匹配，对面内折射率 n 1 y 和 n 2 y 可以要求轻度不匹配。图 24 画出另一实施例，假定 n 1 z =1.56 和 n 2 z =1.60(△ n z =0.04)， y 轴折射率如下：1) n 1 y =1.64, n 2 y =1.65； b) n 1 y =1.64， n 2 y =1.63。曲线 C 是任何情况下的 s 偏振光。y 折射率不匹配符号与 Z 轴折射率不匹配符号相同的曲线 a 的离角反射率最低。

图 24 中曲线 a 条件的 75° 入射角时，800 层计算得到的叠层膜的离轴反射性画在图 22 中曲线 b 。对此图 22 中曲线 b 和曲线 a 说明，存在极少离轴反射率，因此，出现很浅可视色，这就是曲线 b 所示情况。在 550 n m处曲线 b 的相对折射率为 n 1 y =1.64， n 1 z =1.56， n 2 y =1.65 和 n 2 z =1.60。

图 25 表示方程 1 等值图，它总结了图 15 有关 p 偏振光讨论中的离轴反射率。非拉伸方向涉及的四种独立折射率被减小到两种折射率不匹配值△ n z 和△ n y 。该图是从 0° 到 75° 按 15° 增量的各种入射角四条曲线的平均。反射率范围从等值线 a 的 0.4

×10\+\{−4\}到等值线 j 的 4.0×10\+\{−4\}，恒定增量是 0.4×10\+\{−4\}。这些曲线说明，沿着一条轴的不匹配的折射率所引起的高反射比，如何可用沿另一条轴不匹配来补偿。

因此，通过减少双轴双折射系统的层之间的的 Z 轴折射率不匹配性，和/或通过引入 y 轴折射率不匹配性，以产生 Brewster 效应，可以使沿着多层反射偏振器的透射轴和离轴反射率，以及离轴颜色最小。

还应当指出，利用此处所述的原理，也可以设计出在狭波范围内起作用的狭谱带偏振器。可以制成产生红、绿、蓝、蓝青、绛红，或者黄色的偏振器。

材料选择和加工

随着确立起上述设计思路，一个普通技术员容易理解到，可以采用品种繁多材料，在各种选定条件下加工，得到所要求的折射率相关性，制成本发明的多层反射镜或偏振片。一般来讲，全部要求是，一种材料与第二种材料对比，在选定方向上具有不同折射率。可用多种方式达到这种差异，包括在成膜期或成膜后拉伸(如在有机聚合物情况下)，挤压(如，在液晶材料情况下)，或者涂层。此外，两种材料最好具有类似流变性(如熔融粘度)，以致可将其共挤压。

一般而言，通过选择可达到适当组合，如选择晶体或半晶体有机聚合物作为第一种材料，以及有机聚合物作为第二种材料。反过来，第二种材料可以是晶体，半晶体，或无定形物，或者它的双折射性与第一种材料相反。

适宜的聚合物的具体例子包括聚萘二酸乙二醇酯(PEN)以及它的异构体(如 2,6−，1,4−，1,5−，2,7−2,3−PEN)，聚亚烷基对苯二酸酯类(如聚对苯二甲酸乙二醇酯，聚对苯二甲酸丁二醇酯，聚−1，4−环己基二亚甲基萘二酸酯)，聚酰亚胺(如聚丙烯酸亚酰胺)，聚醚亚酰胺，无规聚苯乙烯，聚碳酸酯，聚甲基丙烯酸酯(如聚异丁基甲基丙烯酸酯，聚丙基甲基丙烯酸酯，聚乙基甲基丙烯酸酯，和聚甲基甲基丙烯酸酯)，聚丙烯酸酯(如聚丁基丙烯酸酯和聚甲基丙烯酸酯)，纤维素衍生物(如乙基纤维素，纤维

素醋酸酯，纤维素丙酸酯，纤维素醋酸酯丁酸酯，和纤维素硝酸酯)，聚烯烃聚合物(如聚乙烯，聚丙烯，聚丁烯，聚异丁烯，和聚(4－甲基)戊烯)，氟代聚合物(如聚四氟烷氧树脂，聚四氟乙烯，氟代乙烯丙烯共聚物，聚偏二氟乙烯，聚氯三氟乙烯)，氯代聚合物(如聚偏二氯乙烯和聚氯乙烯)，聚砜，聚醚砜，聚丙烯腈，聚酰胺，硅酮树脂，环氧树脂，聚醋酸乙烯酯，聚醚－酰胺，离子键树脂，弹性体(如聚丁二烯，聚戊烯和氯丁二烯树胶)和聚氨基甲酸酯。还有一些合适的共聚物，如 PEN(如 2，6－，1,4－，1,5－2,7－和／或 2，3－萘二甲酸，或者这类酯的共聚物)，与下述形成共聚物；(a)对苯二酸或它的酯；(b)间苯二酸或它的酯；(c)苯二酸或它的酯，(d)烷烃二元醇；(e)环烷烃二元醇(如环己烷二甲醇)；(f)烷烃二羧酸；和／或(g)环烷烃二羧酸(如环己烷二羧酸)，聚亚烷基对苯二酸酯与下述化合物的共聚物(如对苯二酸或者它的酯共聚物)(a)萘二羧酸或其酯类；(b)间苯二酸或其酯类；(c)苯二酸或其酯类；(d)烷烃二元醇；(e)环烷烃二元醇(如环己烷二甲醇)；(f)烷烃二羧酸；和／或(g)环烷烃二羧酸(如环己烷二羧酸)，和苯乙烯共聚物(如苯乙烯－丁二烯共聚物和苯乙烯－丙烯腈共聚物)，4，4′－联苯甲酸和乙二醇。此外，每个独立层可包括两种或多种上述聚合物或共聚物的共混物(如 SPS 和无规聚乙烯共混物)。

偏振器情况下，特别优选的组合层包括 PEN／CoPEN，聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)／Co－PEN，PEN／SPS，PET／SPS，PEN／Eastair,和 PET/Eastair,其中“Co－PEN”指依据萘二羧酸的共聚物或共混物(如上所述)，Eastair 是聚环己烷二亚甲基对苯二甲酸酯，商品来自 Fastman Chemical 公司。

反射镜情况下,特别优选的组合层包括PET／Ecdel, PEN/Ecdel, Pen/sps,PEN/THV, PEN/Co-PET,和 PET/SPS,其中“CO-PET”指依据苯二甲酸的共聚物或共混物(如上所述)，Ecdel 是热塑性聚酯，商品来自 Eastman Chemical 公司，THV 是氟聚合物，商品来自 3M 公司。

从经济原因考虑，选择装置中的层数采用最低数目层来达到

所要求光学性质。在偏振器和反射镜情况下，层数最好少于 10000，更好是层数少于 5000，及(甚至更好是)低于 2000。

如上所述，制备多层装置所采用的加工条件将影响达到各种折射率(也就是多层装置光学性质)之间所要求的相互关系的能力。在可采用拉伸来取向的有机聚合物中，通常采取下述步骤制造装置：共挤压各个聚合物以形成多层膜，然后在选定的温度下拉伸使膜取向，接着在选定温度下热定形。另外一种方式是，可同时进行挤压和取向步骤。在偏振器情况下，基本上在一个方向上拉伸膜(单轴取向)，而在反射镜的情况下，主要在两个方向上拉伸膜(双轴取向)。

由于交叉拉伸(等崐于拉伸率的平方根)的自然减小受到约束(即，在交叉拉伸量上基本上无变化)，膜的大小可以在交叉拉伸方向上缩短。正如在长度取向一样，该膜可在机器方向上可用拉幅机对宽拉伸，或者对角拉伸。

选择拉伸前温度、拉伸温度、拉伸速率、拉伸比、热定形温度、热定形时间、热定形弛豫和交替拉伸弛豫，就可得到所要求折射率关系的多层装置。这些变量相互有关；因此，举例来讲，如果配上较低拉伸温度，可用较低拉伸速率。显然，该技术领域的熟练人员知道如何选择适当的这几种变量组合来制成所需的多层装置。然而，一般而言，在偏振器情况下，优选拉伸比为 1：2—10(更合适的是 1：3—7)。在反射镜情况下，较好的是沿一条轴拉伸率在 1：2—10 的范围内(更好是 1：2—8，最好是 1：3—7)，沿另一条轴拉伸率在 1：—0.5—10 的范围(更好是 1：1—7；最好是 1：3—6)。

采用如纺涂(如 Boese 等报道，J. Polym. Sci., Part B30：1321(1992))，技术也可制作合适的多层装置，后一技术对于晶体聚合有机物和无机材料特别有用。

现在通过下述实施例叙述本发明。在实施例中，由于光吸收可忽略不计，分射等于 1 减透射(R=1—T)。

反射镜实施例

PET：Ecdel, 601

在一条顺序平膜生产线上通过共挤压过程加工成含 601 层的共挤压膜。用一挤压机以每小时 75 磅速率传送特性粘度为 0.6dl/g 的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)(60%重量苯酚/40%重量二氯苯)，用另一挤压机以每小时 65 磅速率传送 Ecdel 9966(Eastman Chemical 提供的热塑弹性体)。PET 在皮层上。采用给料块方法(如美国专利号 3，801，429 所述)产生 151 层，该层穿过两个倍增器生产 601 层挤压物。美国专利号 3，565，985 叙述了典型的共挤压倍增器。网膜在长度上拉伸，拉伸比约 3.6，网膜温度约 210° F。接着把膜预热至约 235° F 约 50 秒钟，在横向方向上拉伸，拉伸比约 40，速率约每秒 6%。在设定成 400° F 的热定型烘箱中，再将该膜缩短约最大宽度的 5%。完成的膜厚度是 2.5 密尔。

所产生的浇铸网膜的空气侧构造是粗糙的，它提供如图 26 所示的透射。在 60° 角度的 p 偏振光的透射的百分比(曲线 b)类似于垂直入射的值(曲线 a)(波长偏移)。

为比较起见，用 Mearl 公司制成的膜，假设这种膜是各向同性材料(见图 27)，该膜在 60° 角时对 p 偏振光有明显衰减(曲线 b，对于垂线入射时的曲线 a，两者相比)。

PET:Ecdel, 151

在一条顺序平膜制造线上通过共挤压过程加工成含 601 层的共挤压模。用一挤压机以每小时 75 磅速率传送特性粘度为 0.6gl/g 的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)(60%重量苯酚/40%重量二氯苯)，用另一挤压机以每小时 65 磅速率传送 Ecdel 9966(Eastman Chemical 提供的热塑弹性体)。PET 在皮层上。采用给料块方法产生 151 层。从长度上拉伸网膜，拉伸比约 3.5，网膜温度约 210° F。接着对膜预热至约 215° F 约 12 秒钟，在横向方向上拉伸，拉伸比约 4.0，速率约每秒 25%。在 400° F 的热定形烘箱中约 6 秒钟内使膜缩短约最大宽度的 5%。完成的膜厚度约 0.6 密尔。

图 28 表示该膜透射性。60° 角 p 偏振光的透射百分比(曲线 b)类似于带有波长位移的垂直入射的值(曲线 a)，在相同挤压条件下，减慢网速度，制成红外反射膜，厚度约 0.8 密尔。图 29 表示了这种透射(垂直入射的曲线 a，60 度角的曲线 b)。

PEN:Ecdel, 225

在一次操作中，用挤压铸网，得到含 225 层的共挤压膜，然后在实验室的膜拉伸装置中对该膜进行取向。用一挤压机以每小时 18 磅速率传送特性粘度为 0.5 d l / g 的聚萘二酸乙二醇酯(PEN)(60%重量苯酚 / 60%重量二氯苯)，用另一挤压机以每小时 17 磅速率传送 Ecdel 9966(Eastman Chemical 提供的热塑弹性体)。PEN 在皮层上。用给料块方法产生 57 层，它穿过两个倍增器，产生 225 层挤压物。浇铸网膜厚度 12 密尔，宽 12 。然后利用实验室拉伸装置对网膜进行双轴取向，该拉伸装置采用缩放仪(pantograph)抓住膜的方形截面，同时以均匀速率在两个方向上拉伸膜。将 7.46 c m 的方形网膜在约 100℃时装载于拉伸机，60 秒钟内加热至 130℃。接着以 100% / 秒拉伸(以原始尺寸为基础)，直至样品拉伸至约 3.5×3.5。拉伸后立即用室温空气吹扫样品，冷却拉伸样品。

图 30 示出了这种多层膜的光学响应(垂直入射的曲线 a，60 度的曲线 b)。注意，60° 角度的偏振光的透射百分比类似于垂直入射的透射百分比(带有一些波长位移)。

PEN:THV 500, 449

在一次操作中，挤压浇铸网，得到含有 449 层的共挤压膜，随后在实验室拉伸装置中对该膜进行取向。用一挤压机以每小时 56 磅速率传送特性粘度为 0.53 d l / g 的聚萘二甲酸乙二醇酯(60%重量苯酚 / 60%重量二氯苯)，用另一挤压机以每小时 11 磅速率传送 THV500(Minnesota Mining and Manufacturing 公司提供的氟聚合物)。PEN 在皮层上，在两皮层中有 50%PEN。用给料块方法制成 57 层，它通过三个培增器，制成 449 层挤压物。浇铸网膜厚度为 20 密尔，宽度为 12。利用一种实验室拉伸装置再对网膜进行双轴取，该装置利用一缩放机抓住方形截面膜，同时在两个方向上以均匀速率拉伸。将 7.46 c m的方形网膜在约 100℃下装载于拉伸机上，在 60 秒内加热至 140℃。开始以 10% / 秒拉伸(以原始尺寸为基础)，直至样品拉伸至约 3.5×3.5。拉伸后立即用室温空气对样品吹扫，冷却拉伸的样品。

图 31 示出了这种多层膜透射。而且，曲线 a 表示垂直入射时的响应，曲线 b 表示 60 度时的响应。

偏振器实施例

PEN:CoPEN, 449一浅色

在一次操作中，挤压浇铸膜，制成包含 449 层的共挤压膜，然而在实验室膜拉伸装置对膜取向。用挤压机以每小时 43 磅速率传送特性粘度为 0.56 d l / g 的聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)(60%重量苯酚 / 40%重量二氯苯)，用另一挤压机以每小时 25 磅速率传送特性粘度为 0.52 d l / 光腔的 CoPEN(70%摩尔 2，6NDC 和 32%摩尔 DMT)(60%重量苯酚 / 40%二氯苯中)。PEN 在皮层中，在两个皮层中有 40%PEN。用给料块方法产生 57 层，它通过三个倍增器，产生 449 层挤压物。浇铸网膜厚度为 10 密尔，宽度为 12 。利用实验室拉伸装置再单轴取向这个网膜，该装置采用缩放机抓住方形截面膜，在一个方向上拉伸，同时另一方向以均匀速率压制。将 7.46 c m方形网约在约 100℃时加峴载于拉伸机，于 60 秒内加热至 140℃。再以 10% / 秒拉伸(以原始尺寸为基础)，直至样品拉伸至约 5.5×1。拉伸后立即用室温空气吹扫样品，冷却拉伸的样品。

图 32 示出这种多层膜的透射。曲线 a 表示在垂直入射的 P 偏振光透射，曲线 b 表示 60° 入射的 SP 偏振光的透射。注意， p 偏振光在垂直和 60° 入射时的透射很高(85一100%)。在 60° 时对 p 偏振光的透射较高，这是因为空气 / PEN 界面具有接近 60° 的 Brewster 角，所以在 60° 入射时透射几乎为 100%。还要指出，曲线 C 表示出的可见光区(400 倾斜 700 n m) s 偏振光的消光很高。

PEN:C o PEN, 601一深色

同挤压网方式制成包含 601 层的共挤压膜，两天后，用不同于所有其它实施例的另外一种拉幅机对膜取向。用一个挤压机以每小时 75 磅速率传送特性粘度为 0.5 d l / g(60%重量苯酚 / 40%重量二氯苯)聚萘二酸乙二醇酯(PEN)，用另一挤压机以每小时 65 磅速率传送特性粘度 0.55 d l / g 的 C o PEN(70%摩尔 2，6NDC 和

30%摩尔 DMT)(60%重量苯酚 / 40%重量二氯苯)。PEN 在皮层上。采用送料块方法制成 151 层，让它通过两倍增器，得到 601 层挤压物。美国专利号 3，565，985 描述了类似的共挤压倍增器。所有拉伸在拉幅机上进行。膜于约 20 秒钟内预热至约 280° F，在横向方向上拉伸，拉伸比约 4.4，速率约每秒 6%。在 460° F 热定型烘箱中，使膜缩短其最大宽度的 2%。

图 33 示出了膜透射。曲线 a 表示垂直入射时 p 偏振光透射，曲线 b 表示 60° 入射时 p 偏振光的透射。垂直入射和 60° 入射时，p 偏振光非匀称透射。还要提一下，用曲线 c 表示的可见光区范围(400－700mm)的 s 偏振光非匀称消光。

PET:CoPEN，449

在一次操作中，挤压浇铸网制成含 449 层的共挤压膜，然后在实验室膜拉伸装置上取向该膜。用一挤压机以每小时 26 磅速率传送特性粘度为 0.60dl / g 的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)(60%重量苯酚 / 40%重量二氯苯)，用另一挤压机以每是 24 磅速率传送特性粘度为 0.53dl / g 的 CoPEN(70%摩尔 2，6NDC 和 30%摩尔 DMT)(60%重量苯酚 / 40%二氯苯)。PET 在皮层上。采用给料块方法制成 57 层，让它通过三个倍增器，制成 449 层挤压物。美国专利号 3，565，985 描述了类似的共挤压倍增器。浇网厚度为 7.5 密尔，宽度为 12 。用实验室拉伸装置再单轴取向网，该装置用一个缩放机夹住方形截面膜，沿一个方向拉伸，另一方向上以均匀速率压制。将 7.46cm的方形网膜在约 100℃时加载于拉伸机，在 60 秒内加热至 120。再开始以 10%秒拉伸(依据原始尺寸)，直至样品拉伸至约 5.0×1。拉伸后立即用室温空气对样品吹扫，冷却样品。完成的薄膜厚度约为 1.4 密尔。该膜具有足够粘性，在取向过程后不会脱离。

图 34 示出了这种多层膜透射。曲线 a 表示垂直入射时的 p 偏振光透射，曲线 b 表示 60° 角入射时的 p 偏振光透射，曲线 c 表示垂直入射时的 s 偏振光透射。在垂直和 60° 入射时 p 偏振光具有很高的透射性(80～100%)。

PEN:CoPEN，601

在顺序平膜制造线上通过共挤压过程制成包含 601 层的共挤压膜。用一挤压机以每小时 75 磅的速率传送特性粘度为 0.54 d l / g(60％苯酚 / 40％重量二氯苯)的聚萘岷二甲酸乙二醇酯(PEN)，用另一挤压机以每小时 65 磅速率传送 C o PEN。C o PEN 是 70％摩尔 2，6 萘二羧酸甲酯、15％间苯二甲酸二甲酯和 15％对苯二甲酸二甲酯与乙二醇的共聚物。用给料块方法制成 151 层。把给料块设计成产生层的梯度分布，PEN 的光学层厚度量是 1.22，C o PEN 为 1.22。共挤压的 PEN 皮层于光学叠层的外侧，占共压层总厚度的 8％。用两个顺序倍增器倍增光学叠层。培增器的标称倍增比分别为 1.2 和 1.22。接着于约 40 秒内将膜预热至 310° F，在横向方向上拉伸，拉伸比约 5.0，速率约每秒 6％。完成的膜厚约 2 密尔。

图 35 示出这种多层膜透射。曲线 a 表示垂直入射时 p 偏振光的透射，曲线 b 表示 60° 角入射时 p 偏振光透射，曲线 c 表示垂直入射时 s 偏振光的透射。垂直和 60° 角入射时， p 偏振光的透射很高(80～100％)。也要提一下，用曲线 c 表示的可见光区(400－700 n m) s 偏振光消光很高。在 500～650m m之间消光几乎 100％。

采用 57 层给料块的实施例时，将所有层设计成仅一种光学厚度(550 n m的 1 / 4)，但是挤压设备在整个叠层中会产生层厚度偏差，导致相当宽的光学响应。对于 151 层给料块的实施例，把给料块设计成层厚度分布以覆盖部分可见光谱区。然后用不对称倍增器，加宽层厚度分布，覆盖大部分可见光谱，这一点如美国专利号 5，094，788 和 5，094，793 所述。

上述有关多层膜光学性能的原理和实施例可应用于图 1－3，6，9－11 或 13 所示的任何显示结构。在图 1－3 所示的显示器中，反射偏振器于液晶显示板和光腔之间，可用深色偏振片。深色偏振片在大角度并不能均匀透射光，造成不均匀外观和“颜色”离轴。然而，对于要求高度平行光束的应用中，则深色反射偏振器的离轴性能不重要。

另一方面，在把漫反射器置于反射偏振器和液晶显示板之间

的应用中，要求大角度浅色偏振片。在这中结构中，漫反射器的作用是将从反射偏振器来的到漫射器上的光入射的方向随机化。如果反射偏振器是深色，则由反射偏振器产生的某些离轴颜色再度被漫反射器射到法线上。这是极其不希望的，因为这可能引起法线视角处不均匀的显示。因此，在将漫反射器置于反射偏振器和液晶显示板之间的显示器中，最好是浅色广角偏振器。

图 1～3 所示的显示器的浅色广角偏振器的另一优点是，不仅在垂直入射角上，而且在很高的离轴角上，均反射不要的偏振光。这就会使光再度随机化和再循环，使显示系统的亮度增益进一步提高。

对于图 9 和 10 所示的显示结构，亮度增强反射偏振器置于液晶显示板和光腔之间。在这些结构中，最好是浅色和广角反射偏振器。这是由于条纹面材料的光束转弯效应(beam turing effect)引起的。这种效应可以用图 7 描述。对于亮度增强反射偏振器，光线首先穿过反射偏振元件。因此，具有较大离轴角度的关系，诸如图 7 所示的光束 236 穿过反射偏振元件，再射到条纹面材料的 218 光滑面上。图 7 说明条纹面材料 218 起着光束转弯透镜作用，当光束从材料的条纹面侧逸出时，再次将光束 236 射向法线。因此，对于亮度增强反射偏振器来讲，最好用浅色广角反射偏振器，因为否则的话其它不要的色光将再次射向垂直观看的观看者的视角。采用广角浅色反射偏振器，可以在垂直视角时维持均匀显示。

从上述对图 23～25 的讨论，尤其是对图 24 的讨论来看，亮度增强反射偏振器可能是有益的，在远离法线的岷一些角度时，通过引入 Brewster 效应，降低了离轴颜色。如上所述，通过在多层反射偏振器的层与层之间引入 y 轴折射率不匹配，并降低层之间的 Z 轴折射率的不匹配，就可达到这一点。因此，通过引入 y 轴折射率不匹配和降低 Z 轴折射率不匹配(由于这种性能，再依据对图 23—25 的图示和描述，可以被调整)，将条纹面材料棱镜角度(赋于它各自光学性能，如在图 7 和 8 所示的 90° 条纹面材料)调整到所要求的能调整的离轴颜色性能，就可达到亮度增强反射

偏振器的任何要求组合。

在图 11 所示的显示结构中，反射偏振器置于条纹亮度增强膜和液晶显示板之间。在这种结构中，对反射偏振器的约束并不受深色或浅色所限制。这是由于条纹面材料的光束转变效应引起的。由于条纹面材料将光射向法线，在非常大的角度时并不透射光(举例来讲，参见图 8)，则没有必要要求浅色广角反射偏振器，因为这种反射偏振器在这种结构中并不会观察到任何广角度的光。在图 13 的显示器中这种效应更明显，该图中两块相交的条纹面材料置于这种反射偏振器之后。这造成入射在反射偏振器上的光两维对准。

已经根据所示例子叙述了本发明，可以对这些实施例作各种修改，但这并不脱离所附权利要求书所限定的本发明精神和范围。

说　明　书　附　图

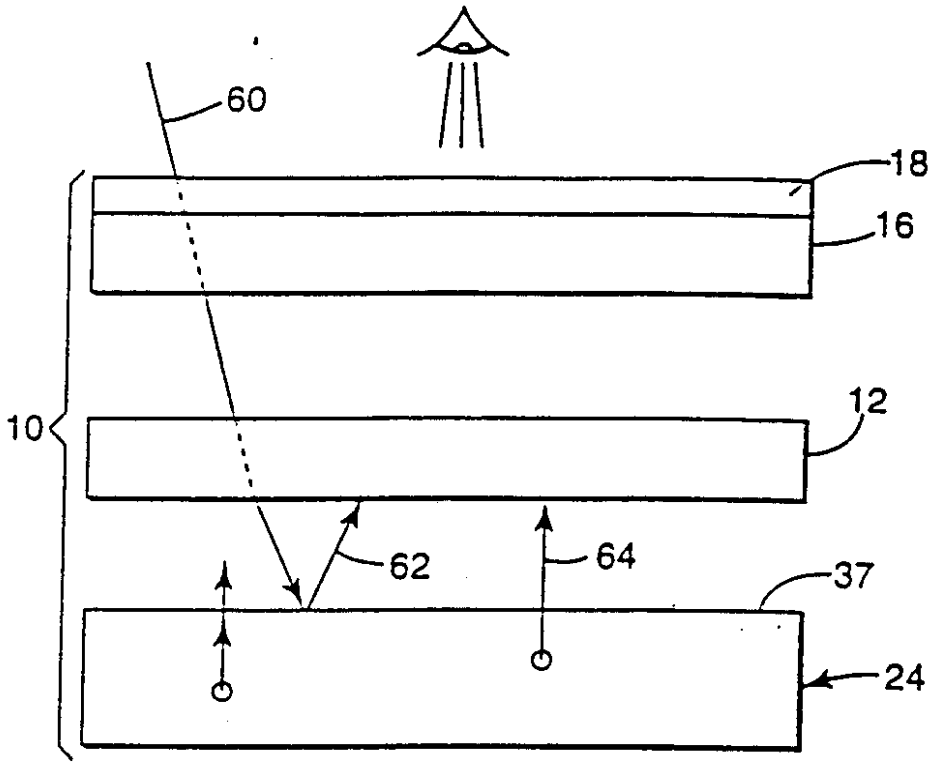

60
18
16
10
12
62
64
37
24

图　1

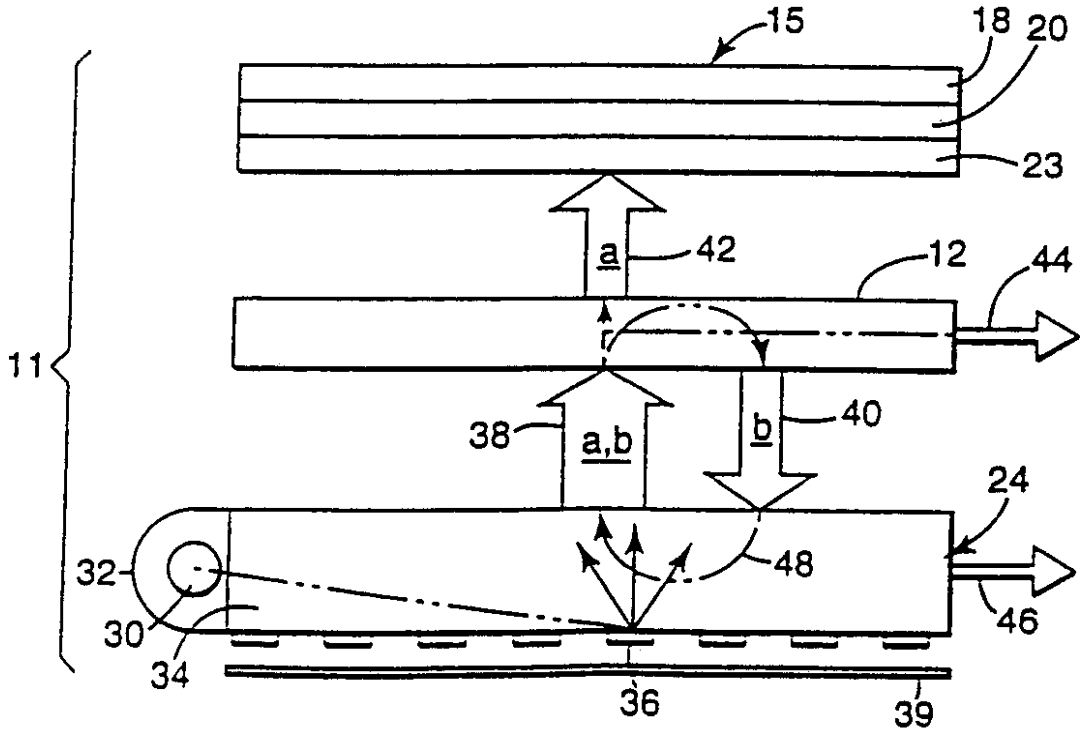

15
18
20
23
a
42
12
44
11
38
a,b
b
40
24
32
48
30
46
34
36
39

图　2

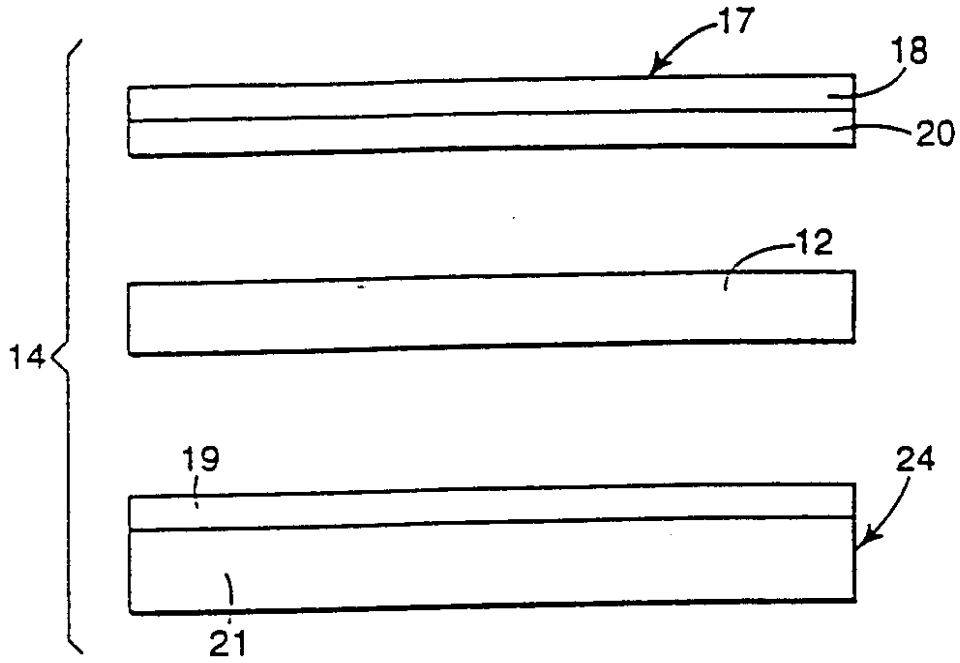


图 3

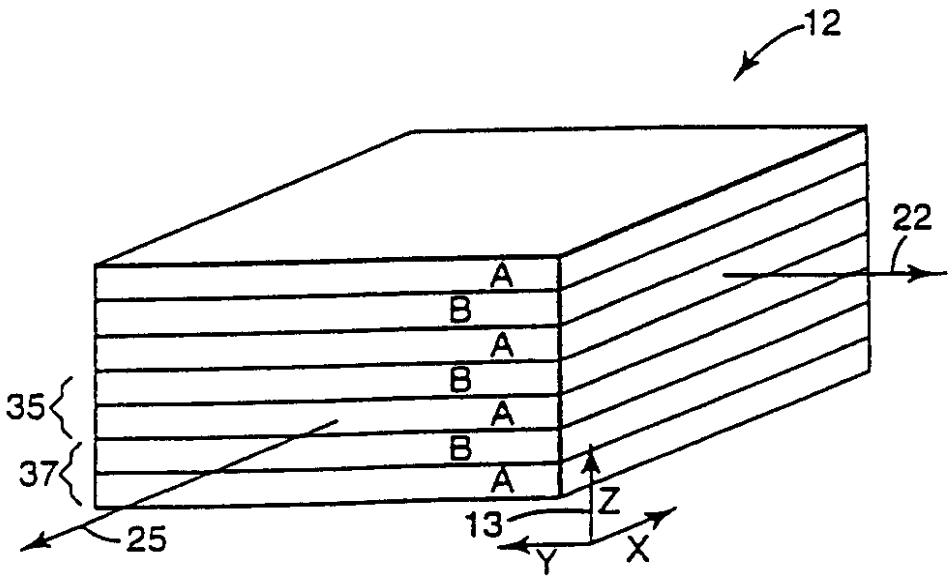


图 4

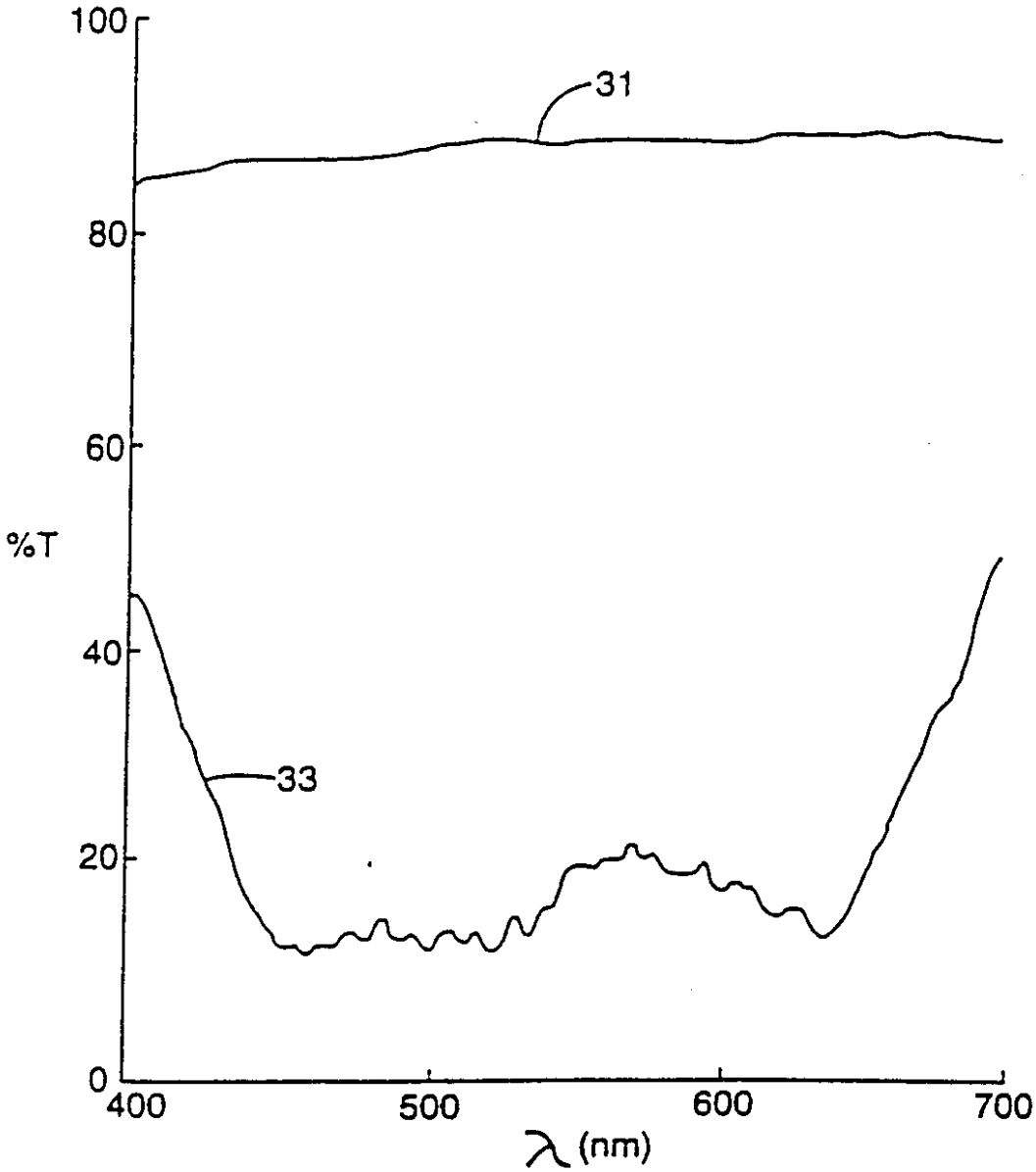


图 5

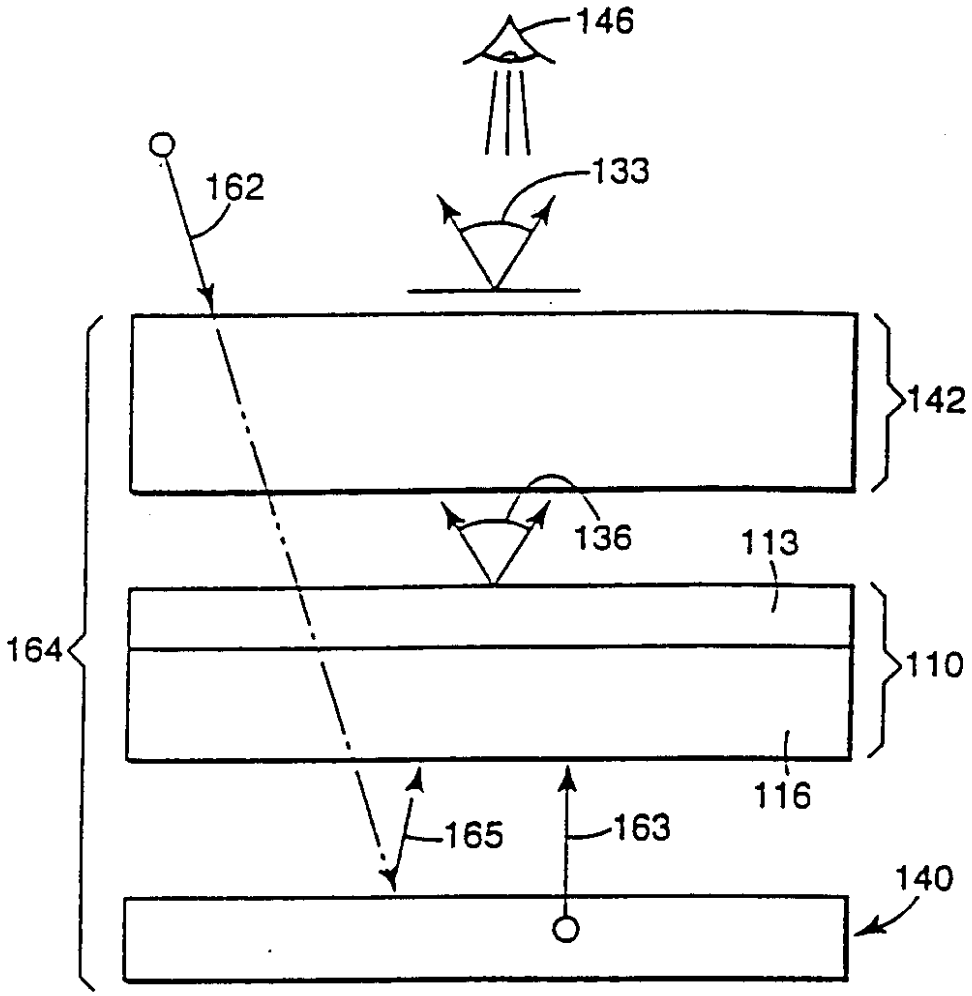

146
162
133
142
136
113
164
110
116
165
163
140

图 6

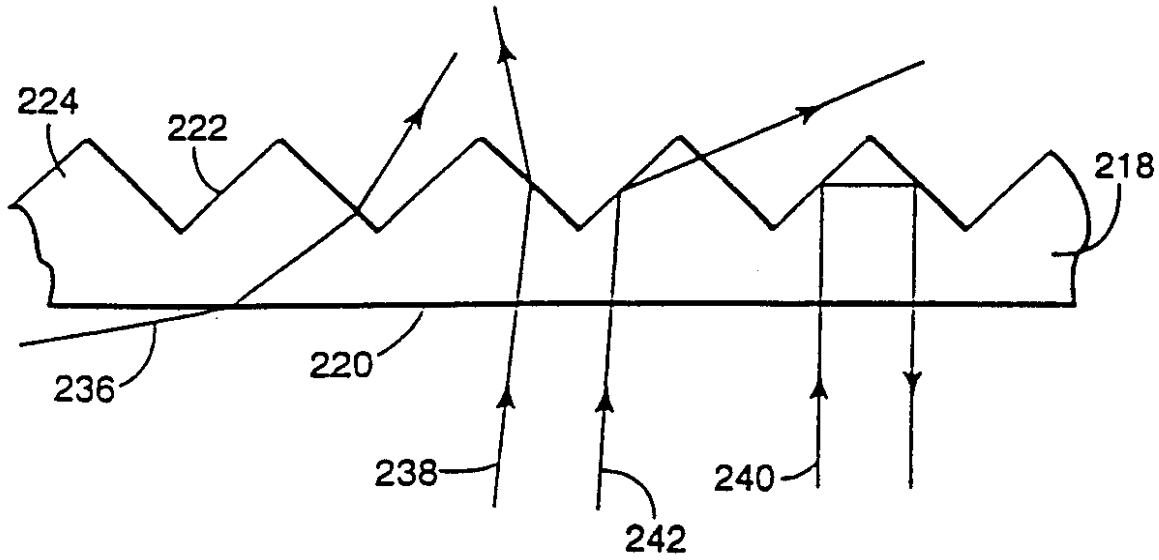

224
222
218
236
220
238
240
242

图 7

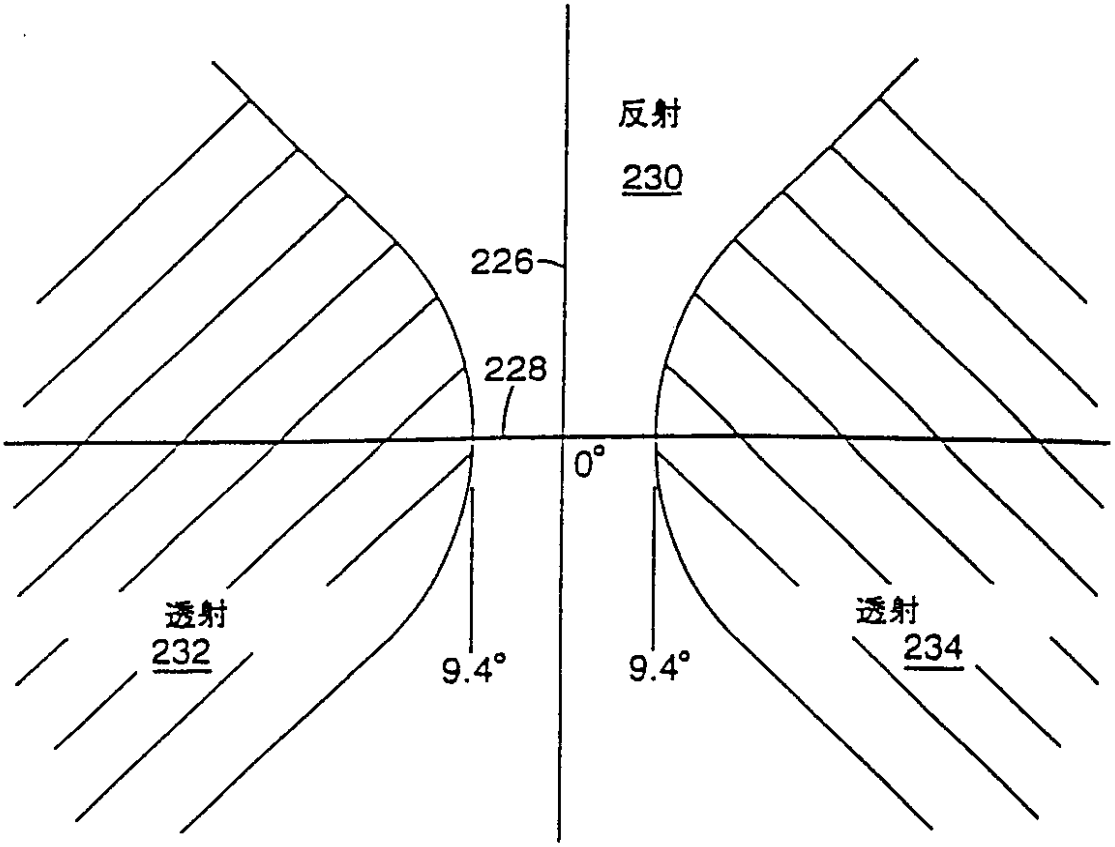

反射
230
226
228
0°
透射
232
9.4°
9.4°
透射
234

图 8

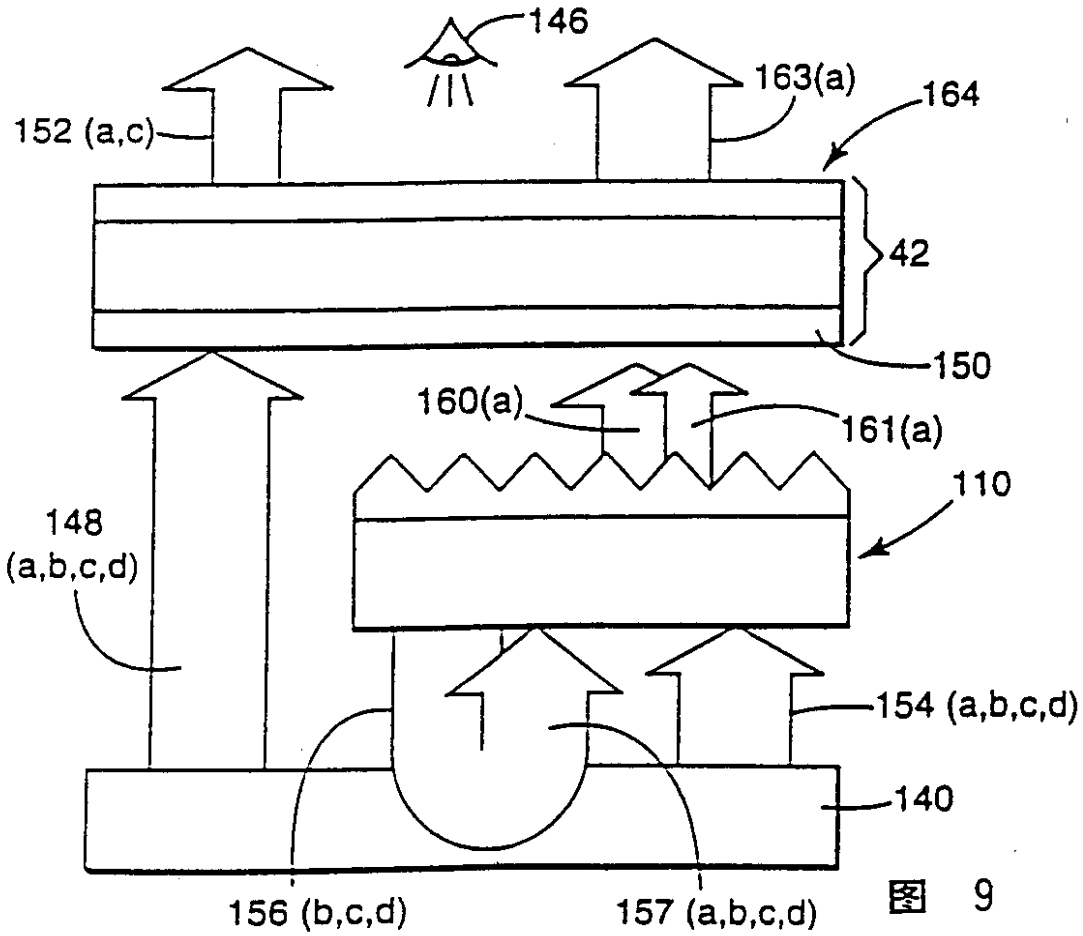

146
163(a)
164
152 (a,c)
42
150
160(a)
161(a)
110
148
(a,b,c,d)
154 (a,b,c,d)
140
156 (b,c,d)
157 (a,b,c,d)

图 9

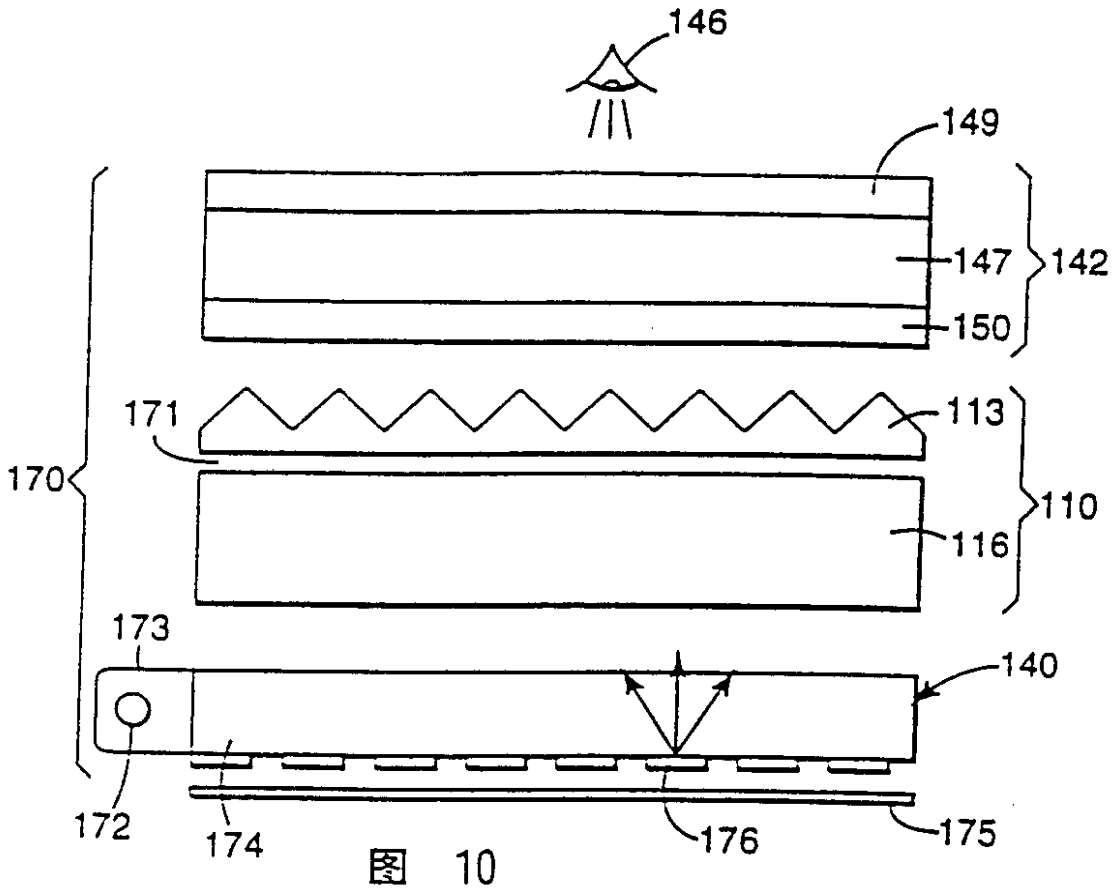

146
149
147
142
150
171
113
170
110
116
173
140
172
174
176
175

图 10

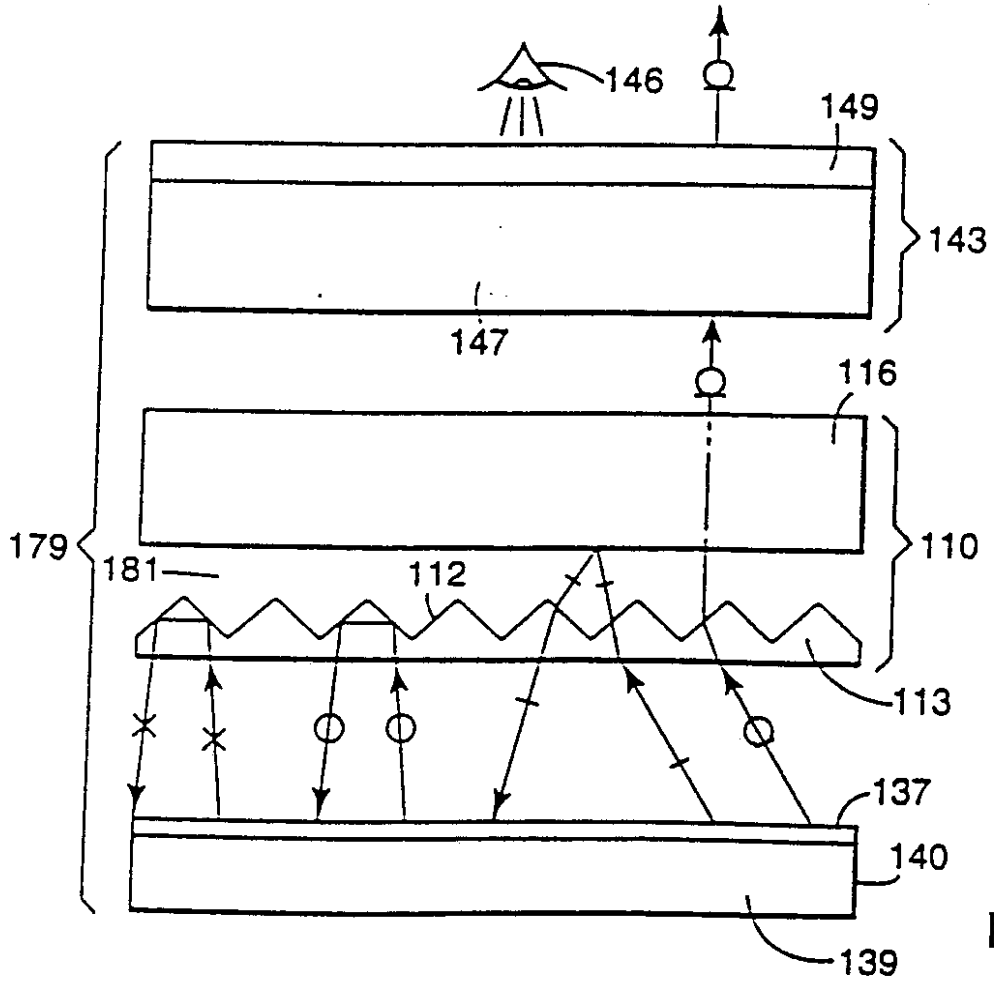

146
149
143
147
116
179
110
181
112
113
137
140
139

图 11

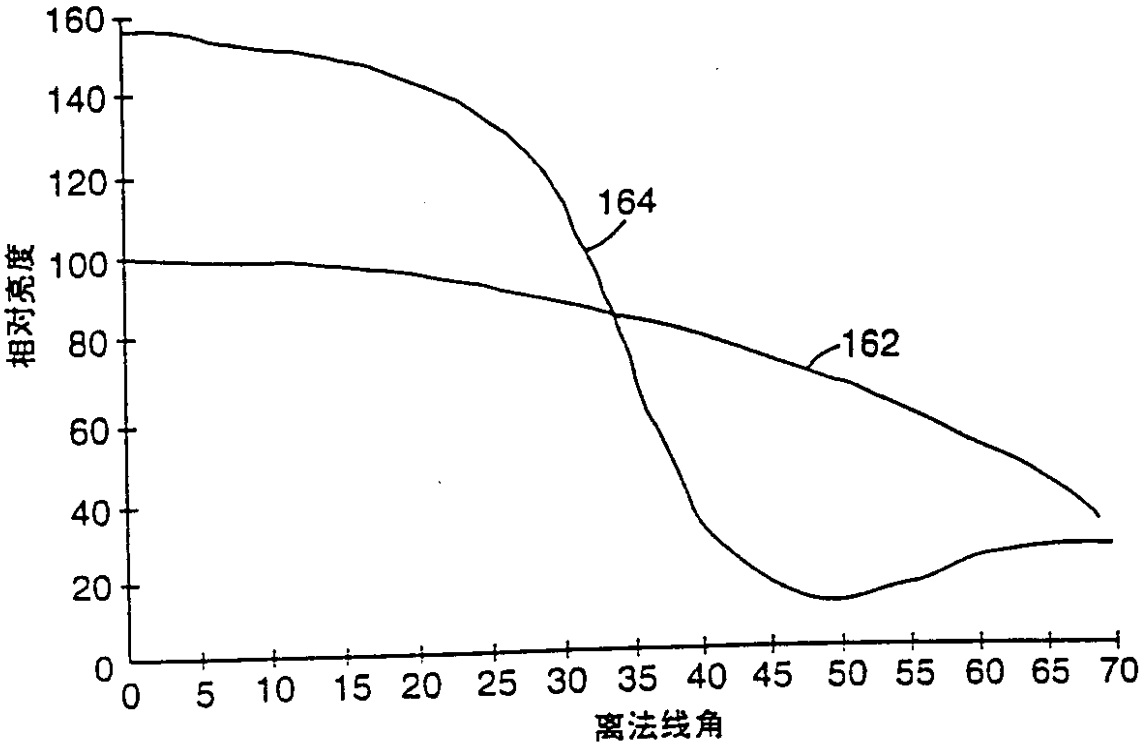

160
140
120
100
80
60
40
20
0
相对亮度
164
162
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
离法线角

图 12

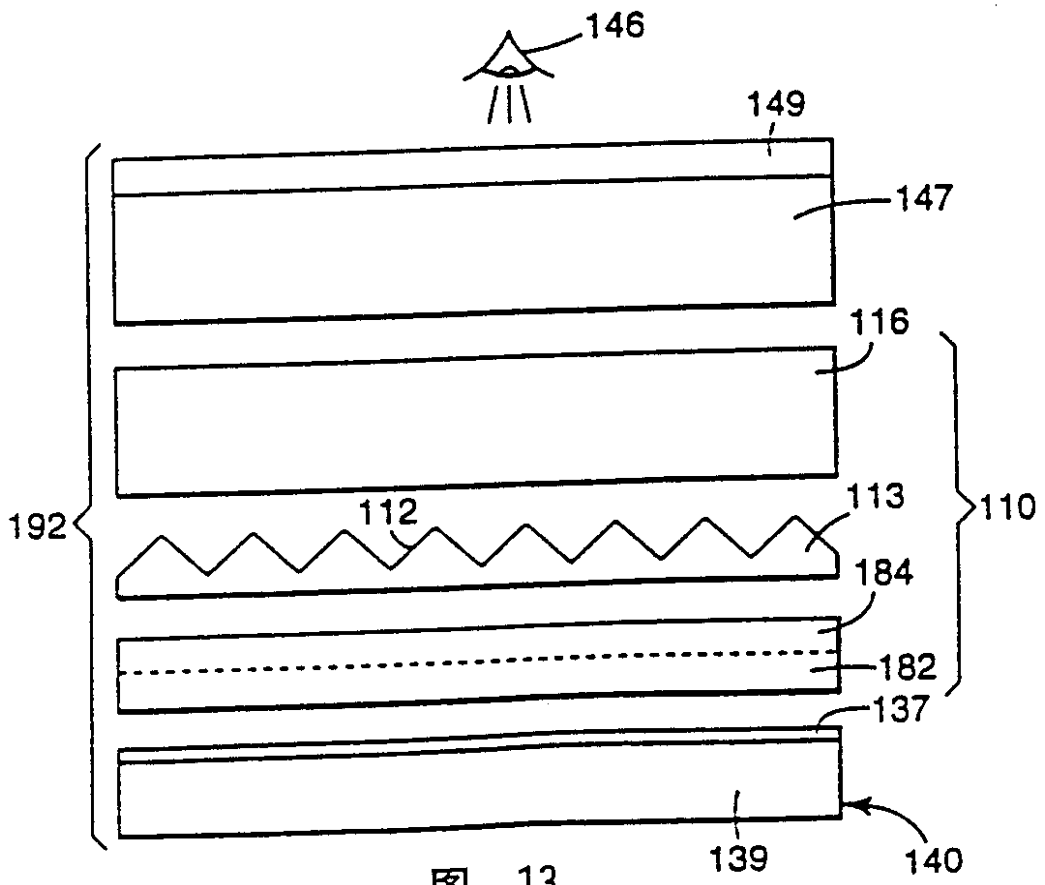

146
149
147
116
192
112
113
110
184
182
137
139
140

图 13

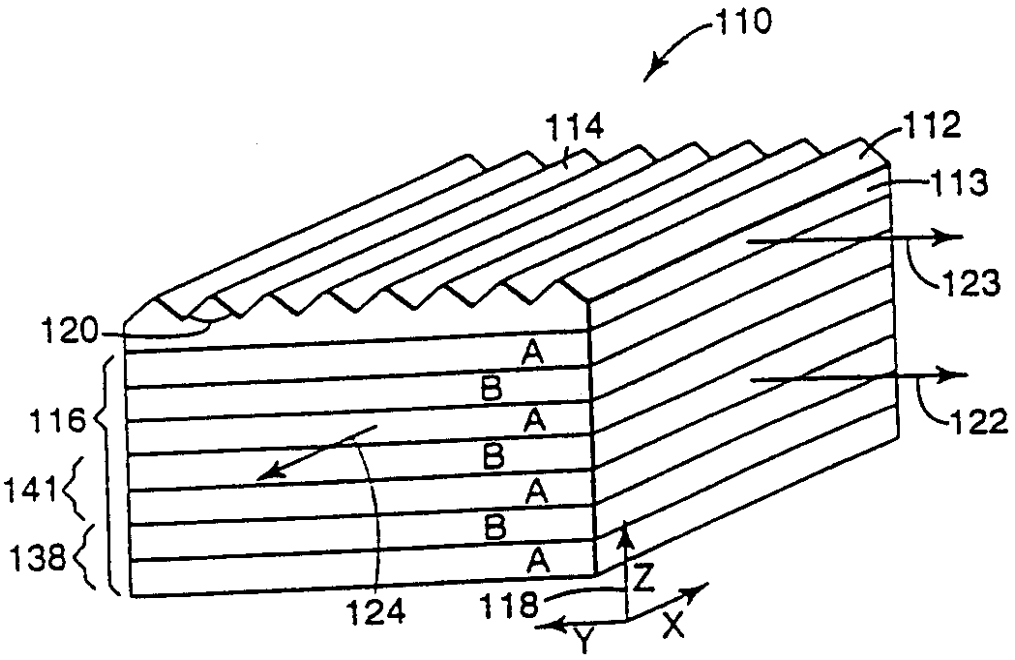


图 14

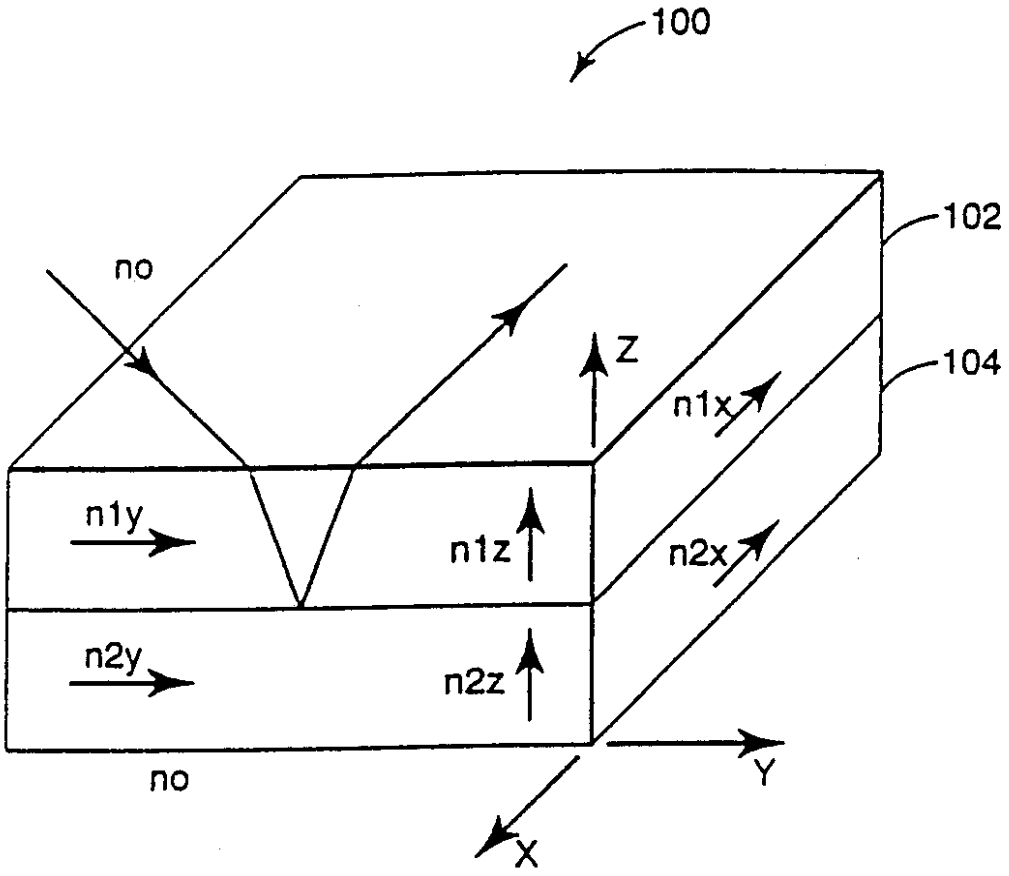


图 15

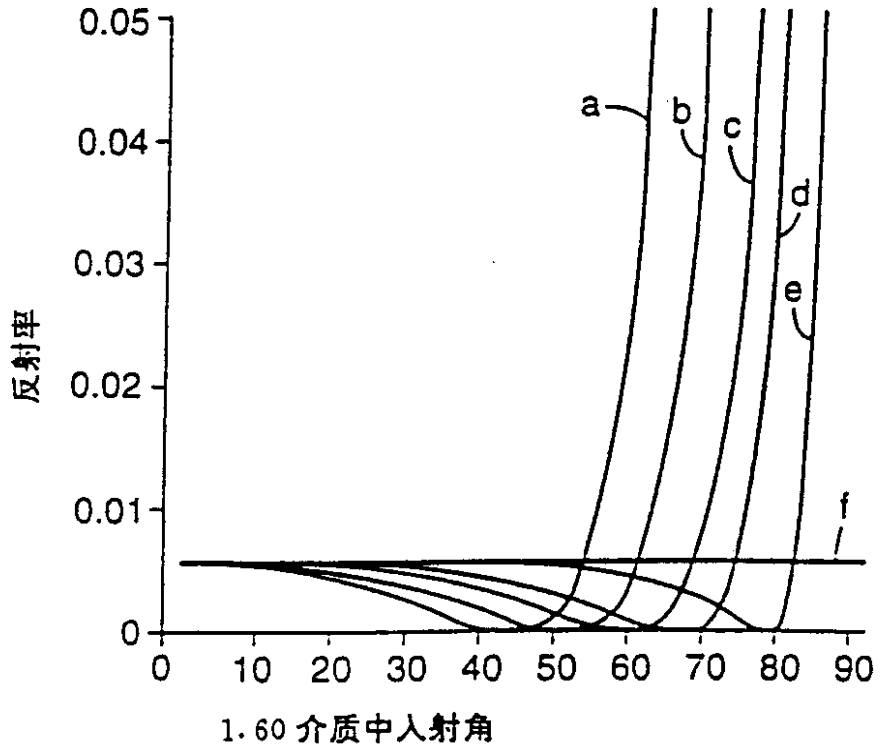

0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
反射率
a
b
c
d
e
f
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1.60 介质中入射角

图 16

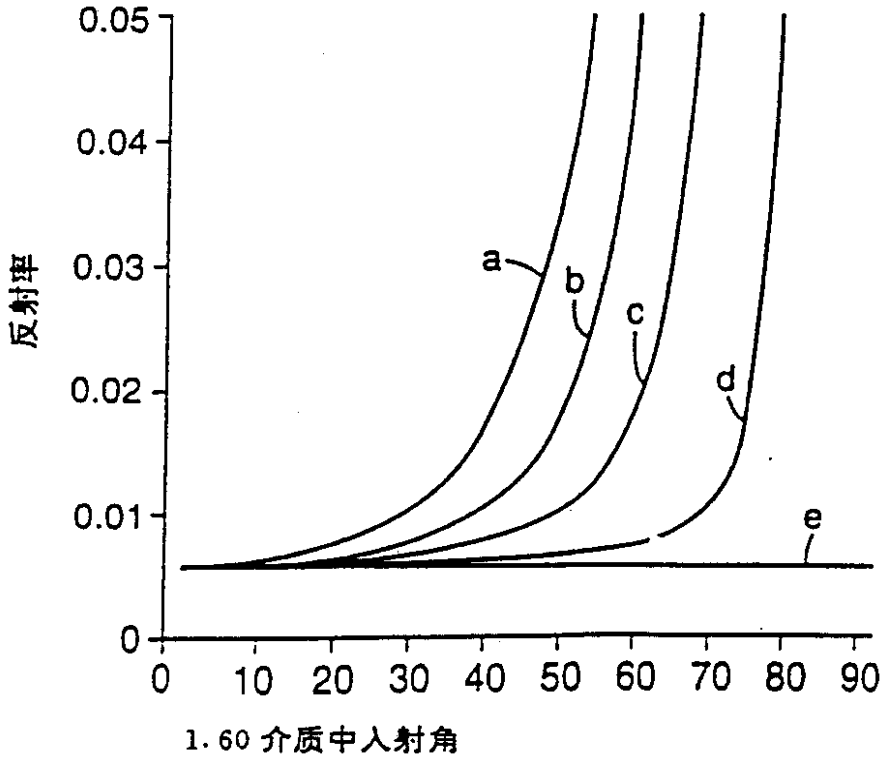

0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
反射率
a
b
c
d
e
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1.60 介质中入射角

图 17

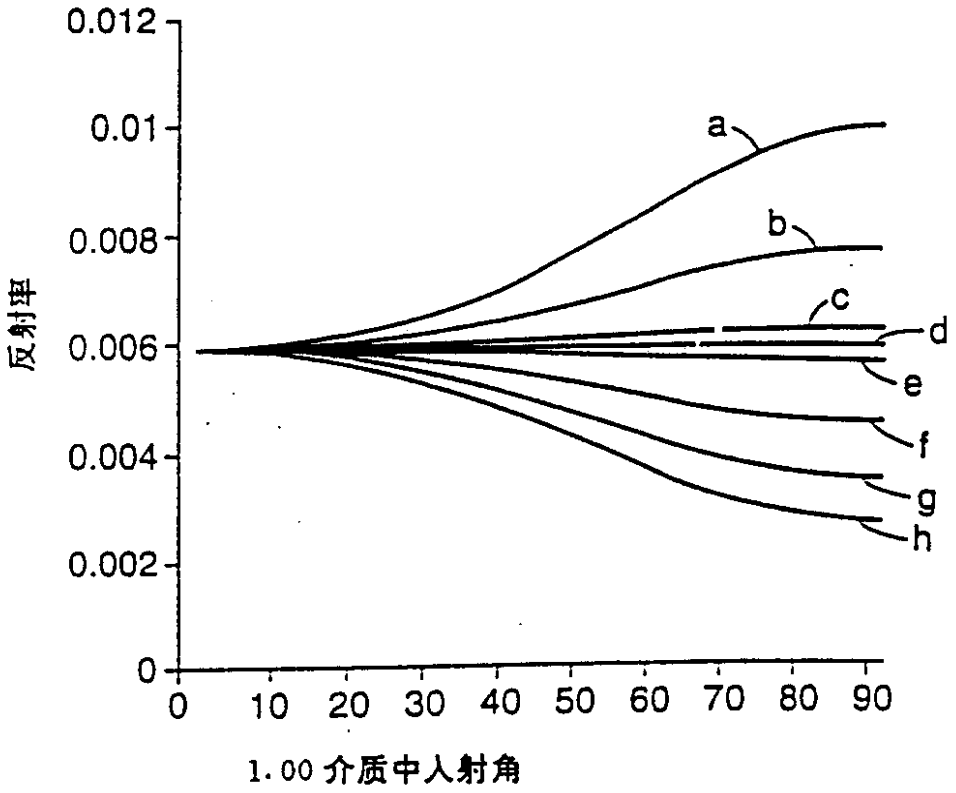

0.012
0.01
0.008
0.006
0.004
0.002
0
反射率
a
b
c
d
e
f
g
h
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1.00 介质中入射角

图 18

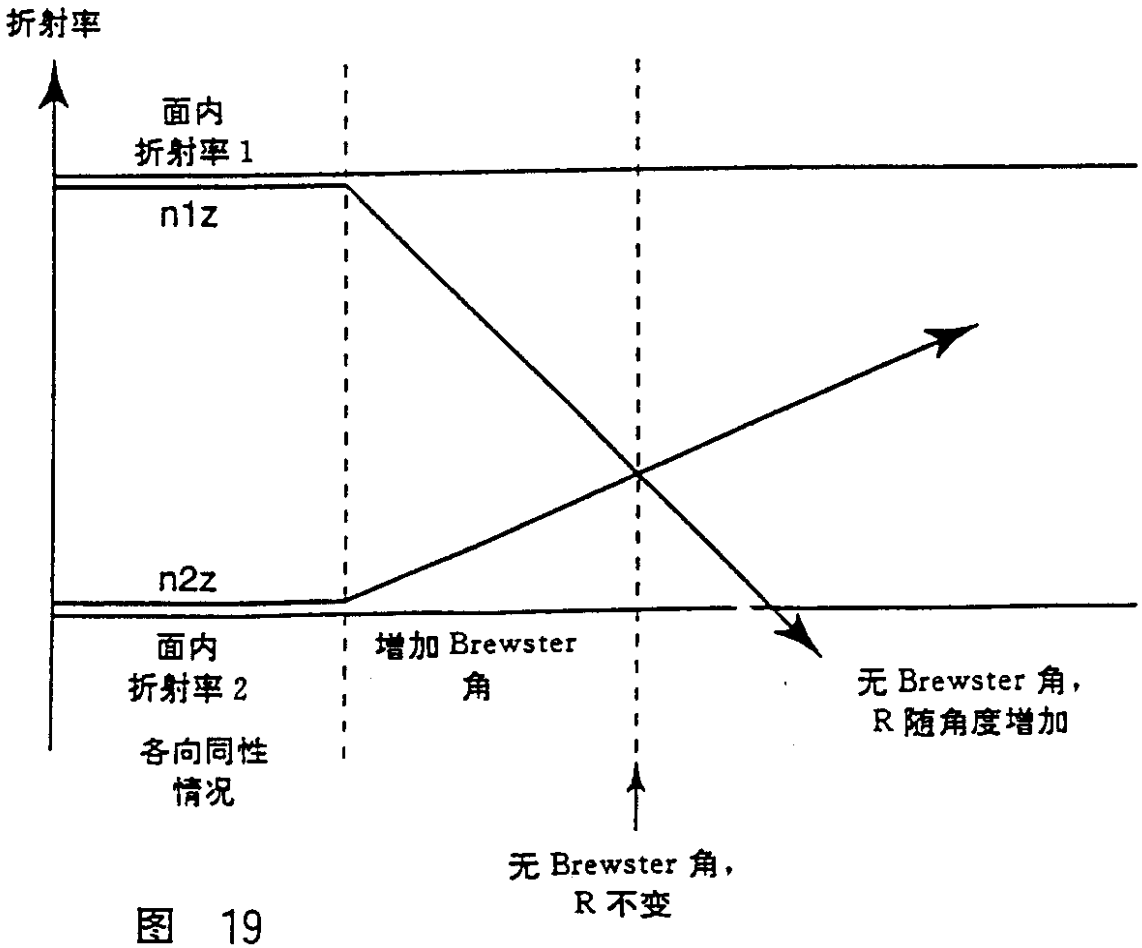

折射率
面内
折射率 1
n1z
n2z
面内
折射率 2
各向同性
情况
增加 Brewster
角
无 Brewster 角，
R 随角度增加
无 Brewster 角，
R 不变

图 19

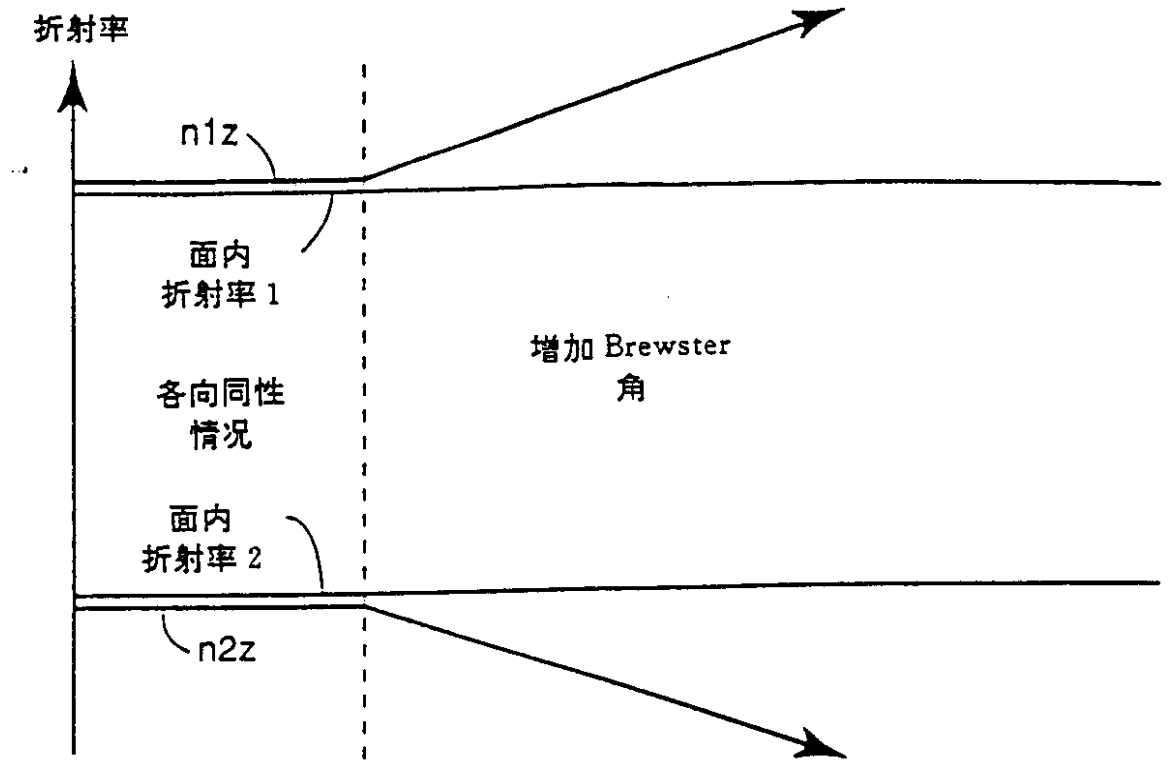

折射率
n1z
面内
折射率 1
增加 Brewster
角
各向同性
情况
面内
折射率 2
n2z

图 20

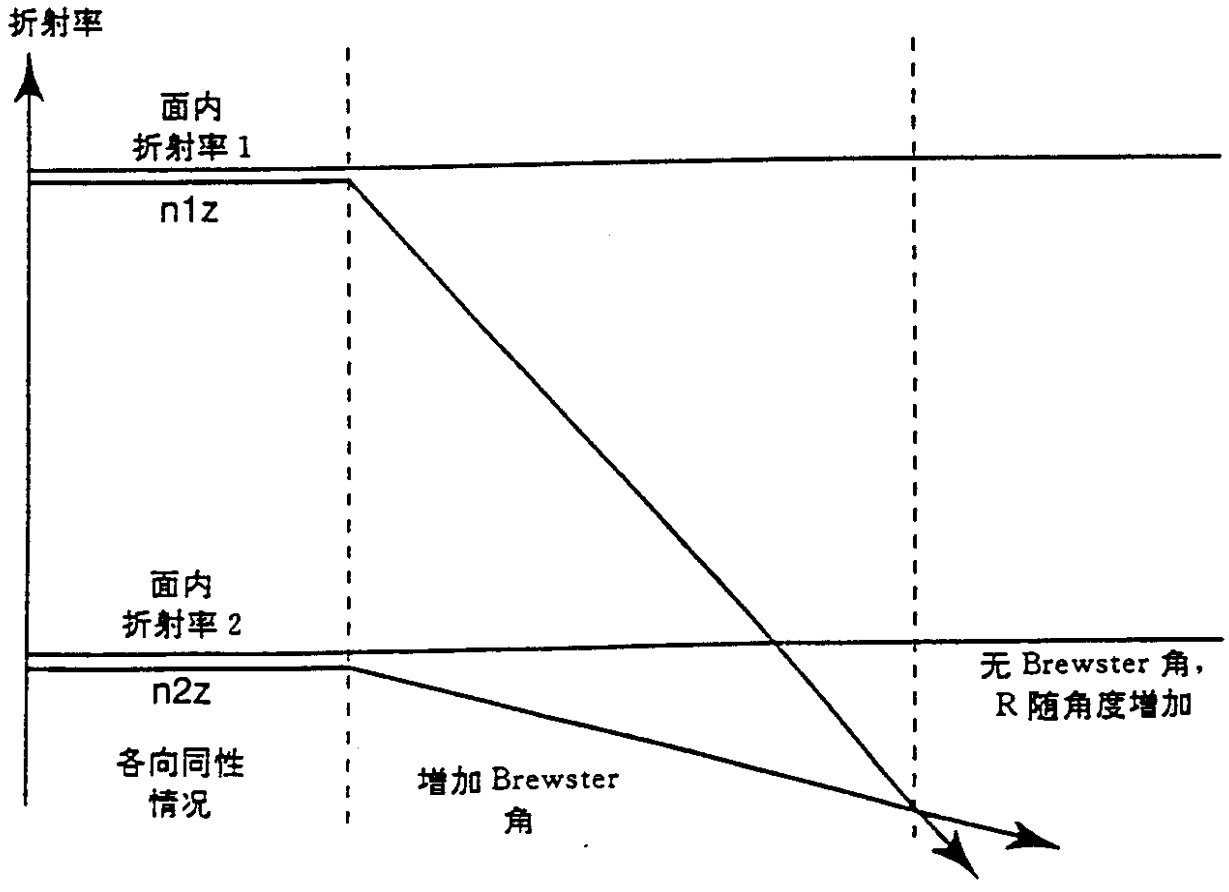

折射率
面内
折射率 1
n1z
面内
折射率 2
n2z
各向同性
情况
增加 Brewster
角
无 Brewster 角，
R 随角度增加

图 21

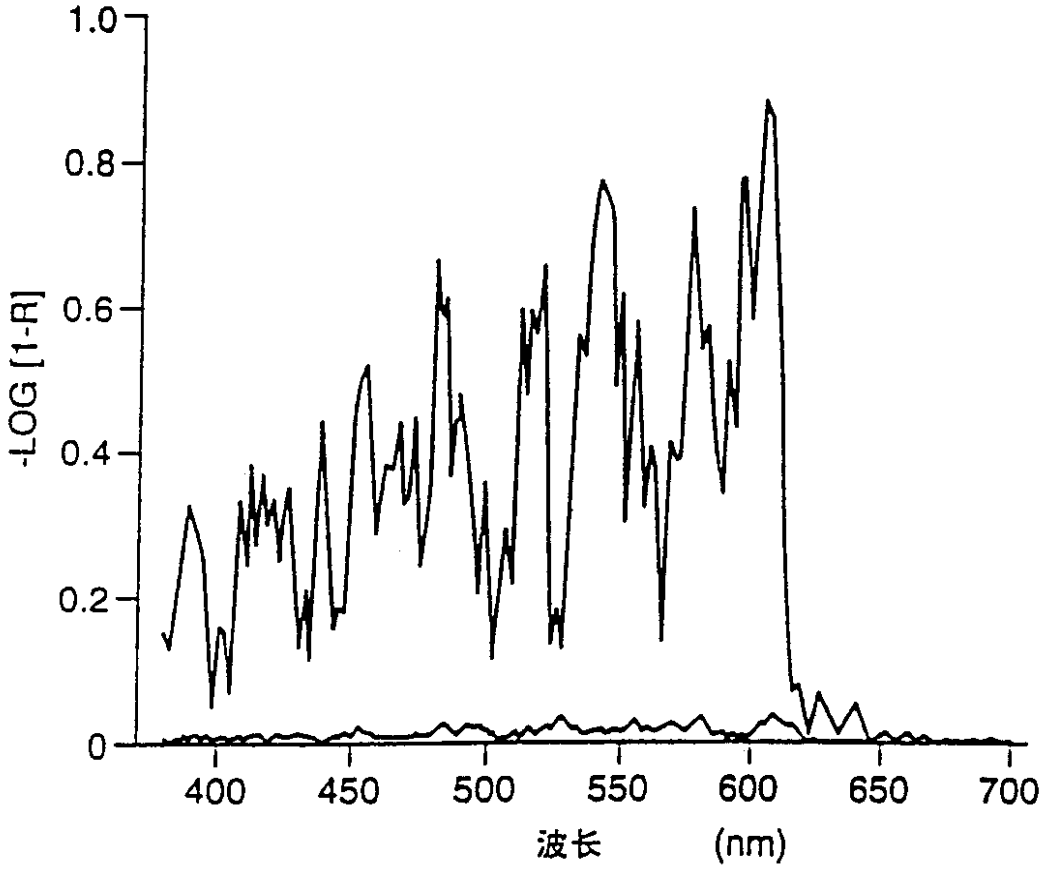

1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-LOG [1-R]
400
450
500
550
600
650
700
波长
(nm)

图 22

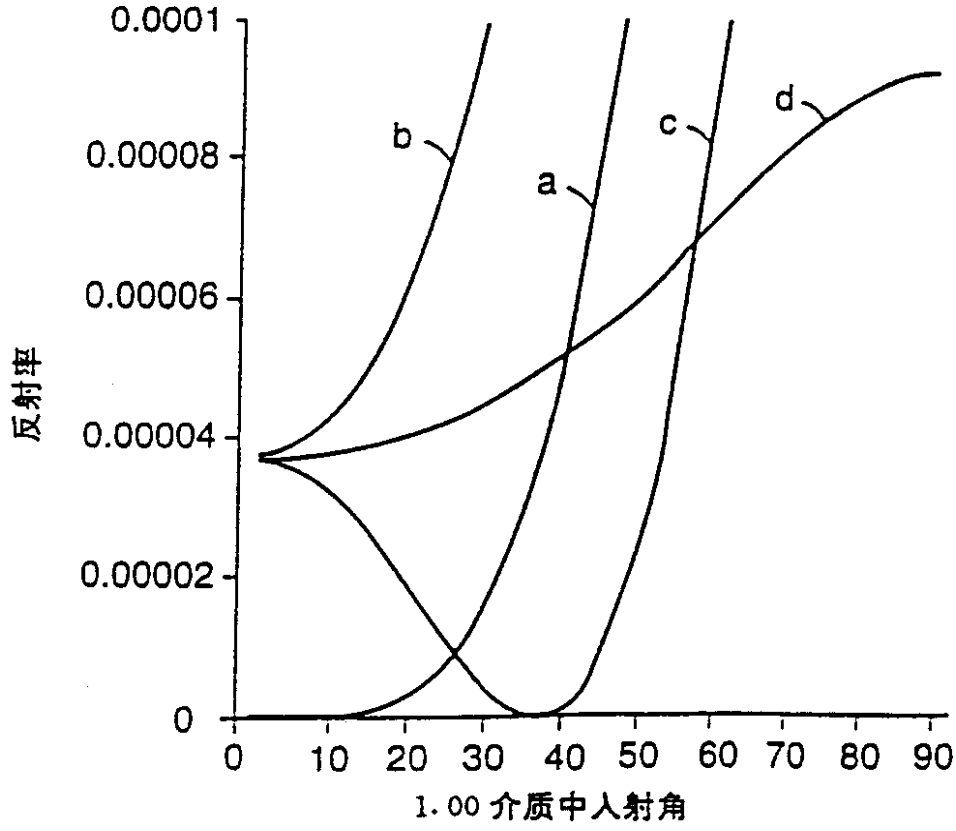

0.0001
0.00008
0.00006
0.00004
0.00002
0
反射率
b
a
c
d
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1.00 介质中入射角

图 23

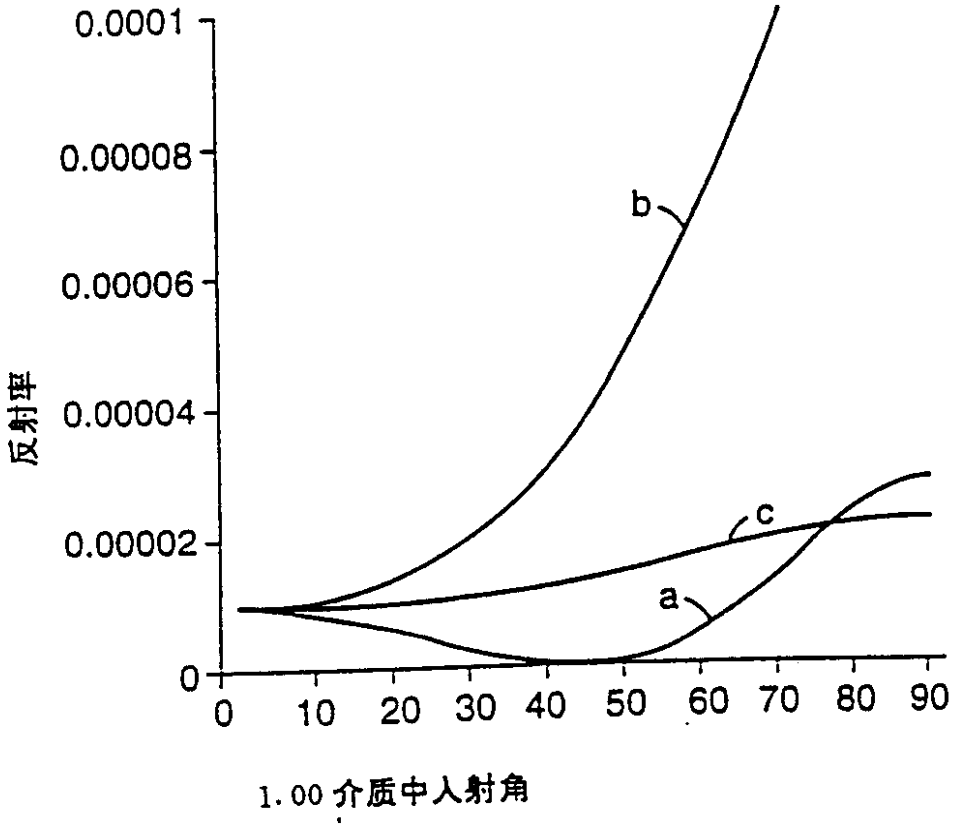

0.0001
0.00008
0.00006
0.00004
0.00002
0
反射率
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
b
c
a
1.00 介质中入射角

图 24

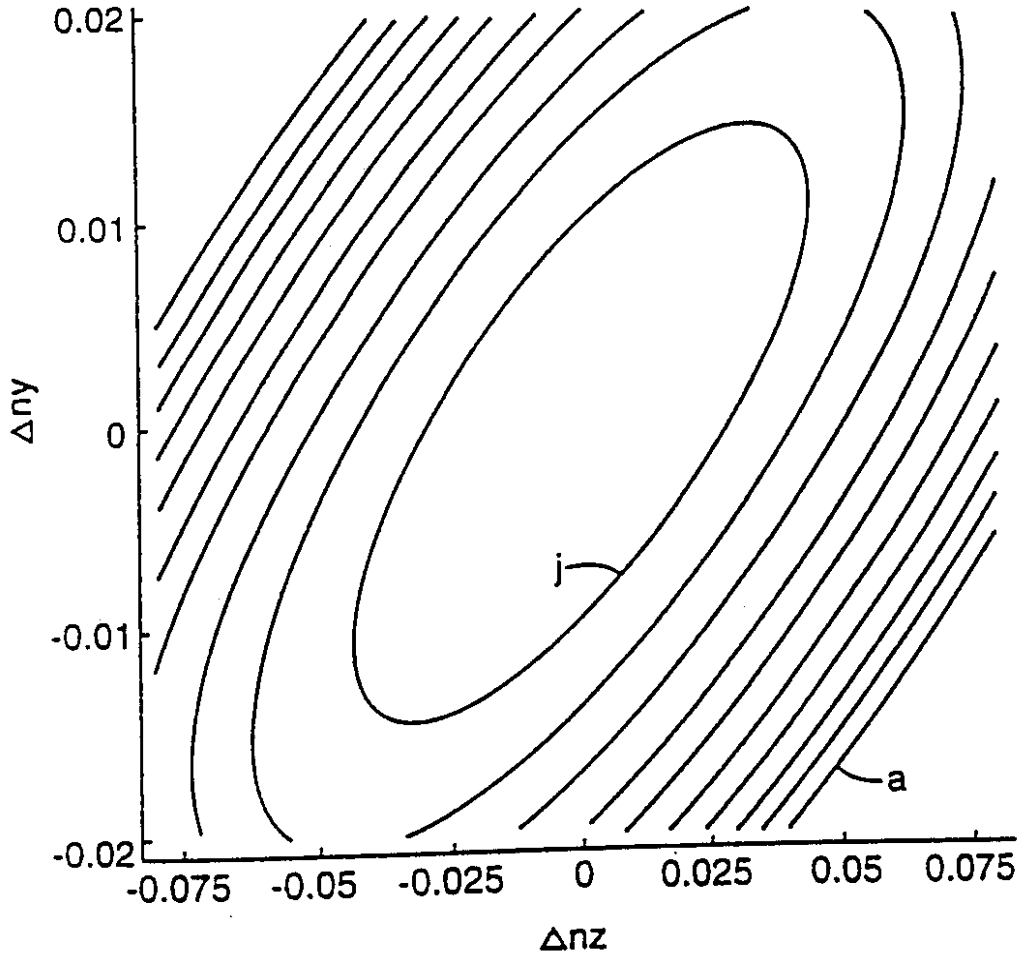


图 25

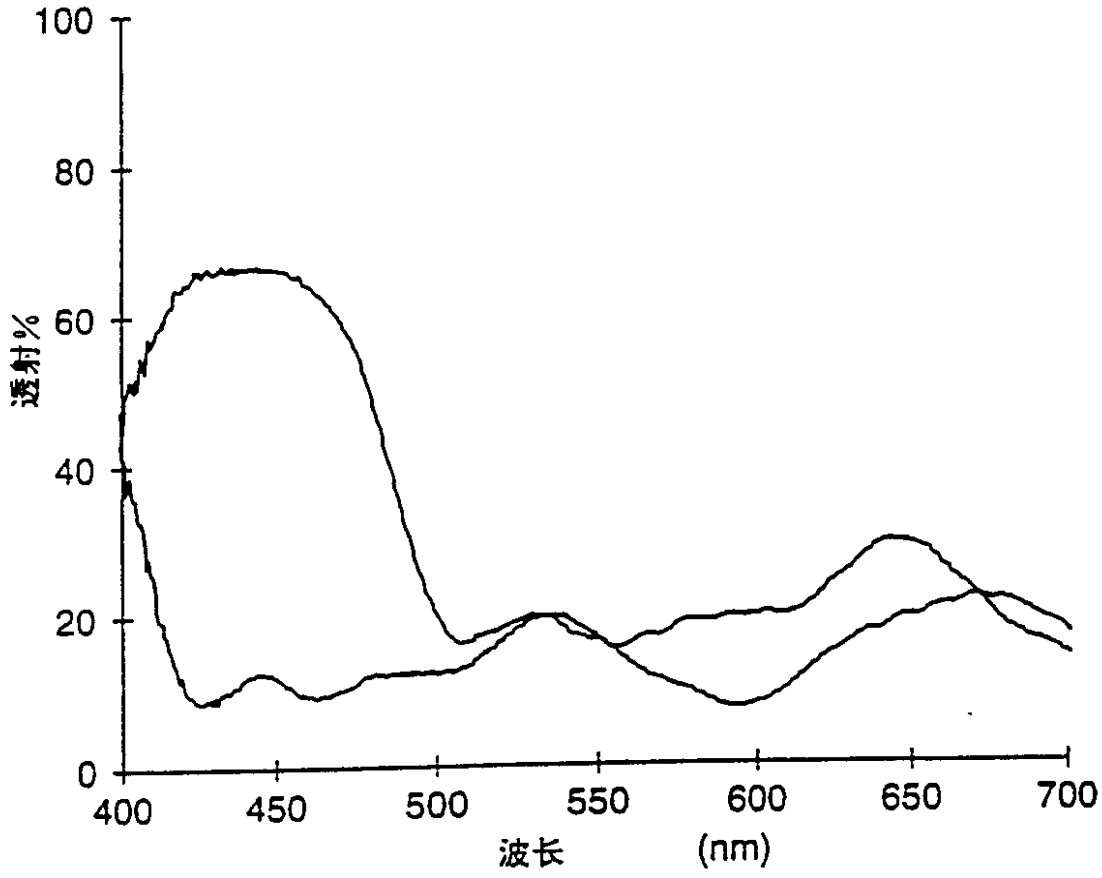


图 26

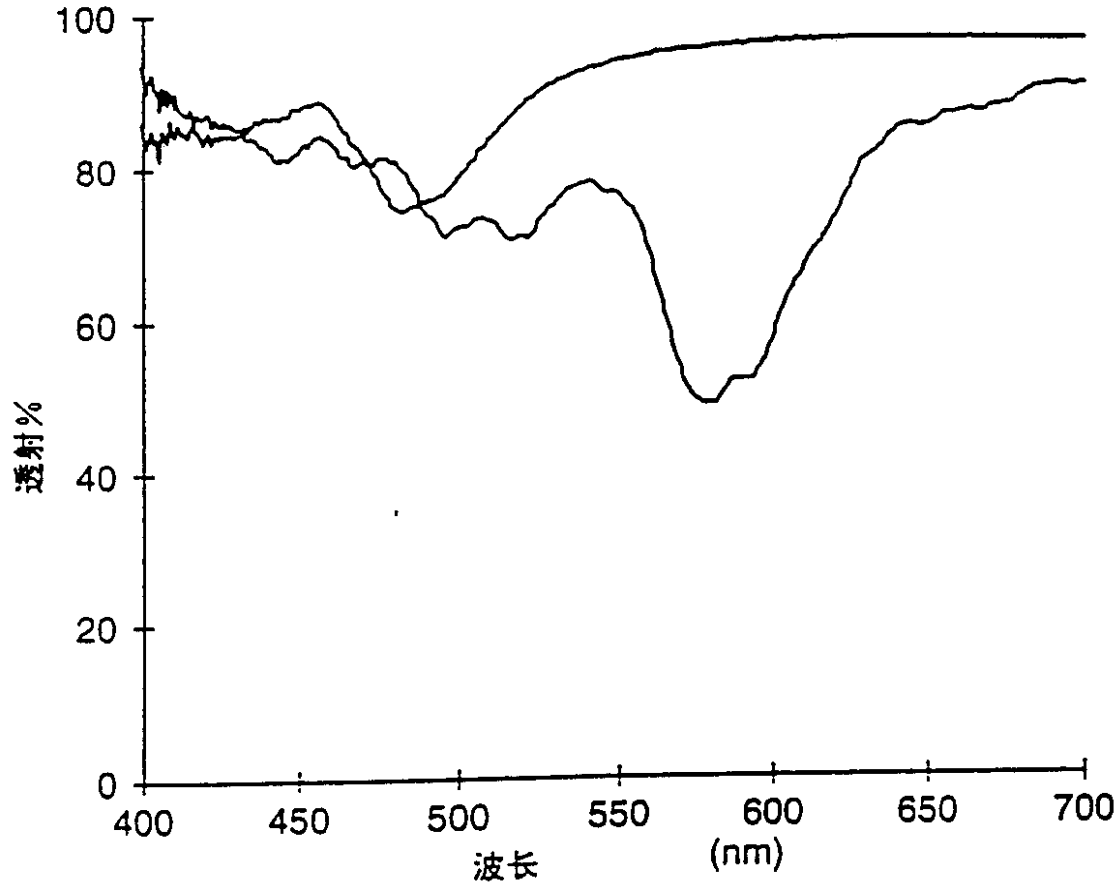


图 27

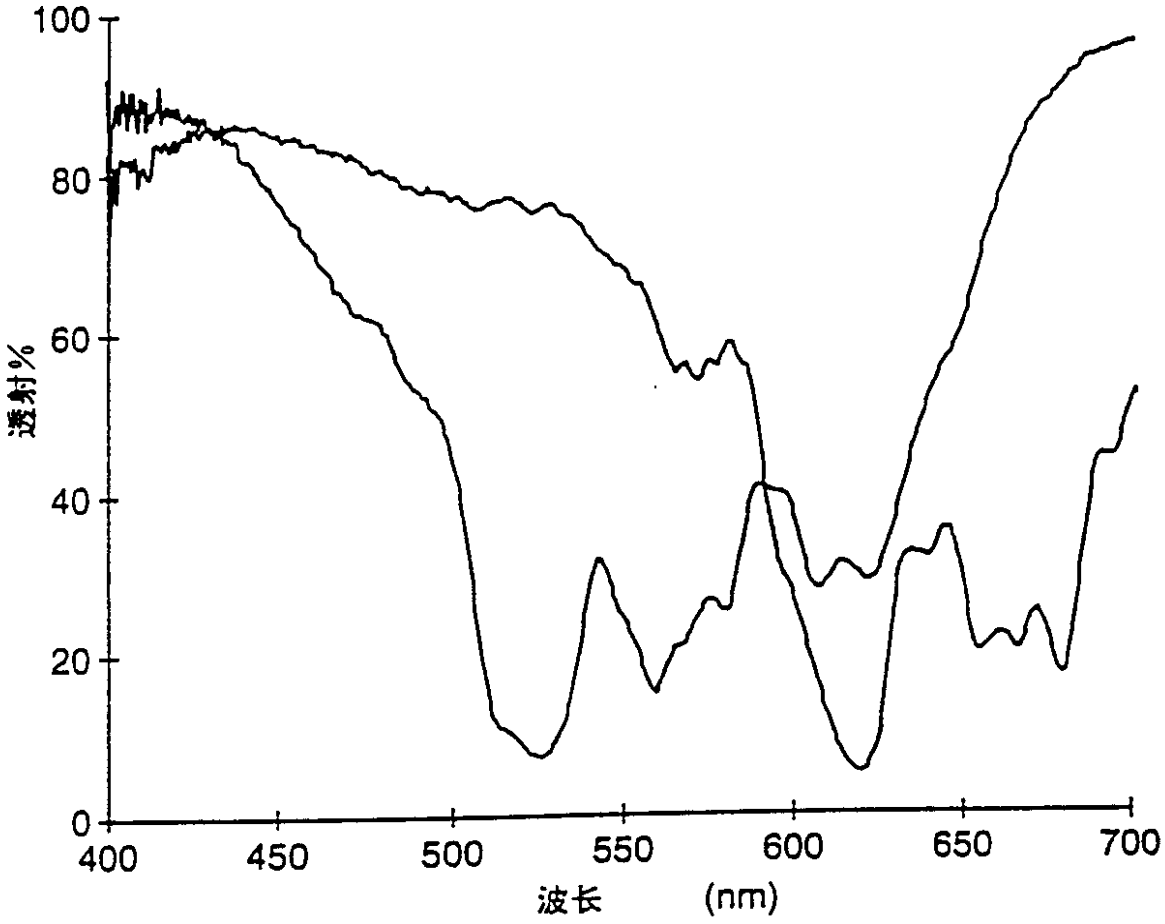


图 28

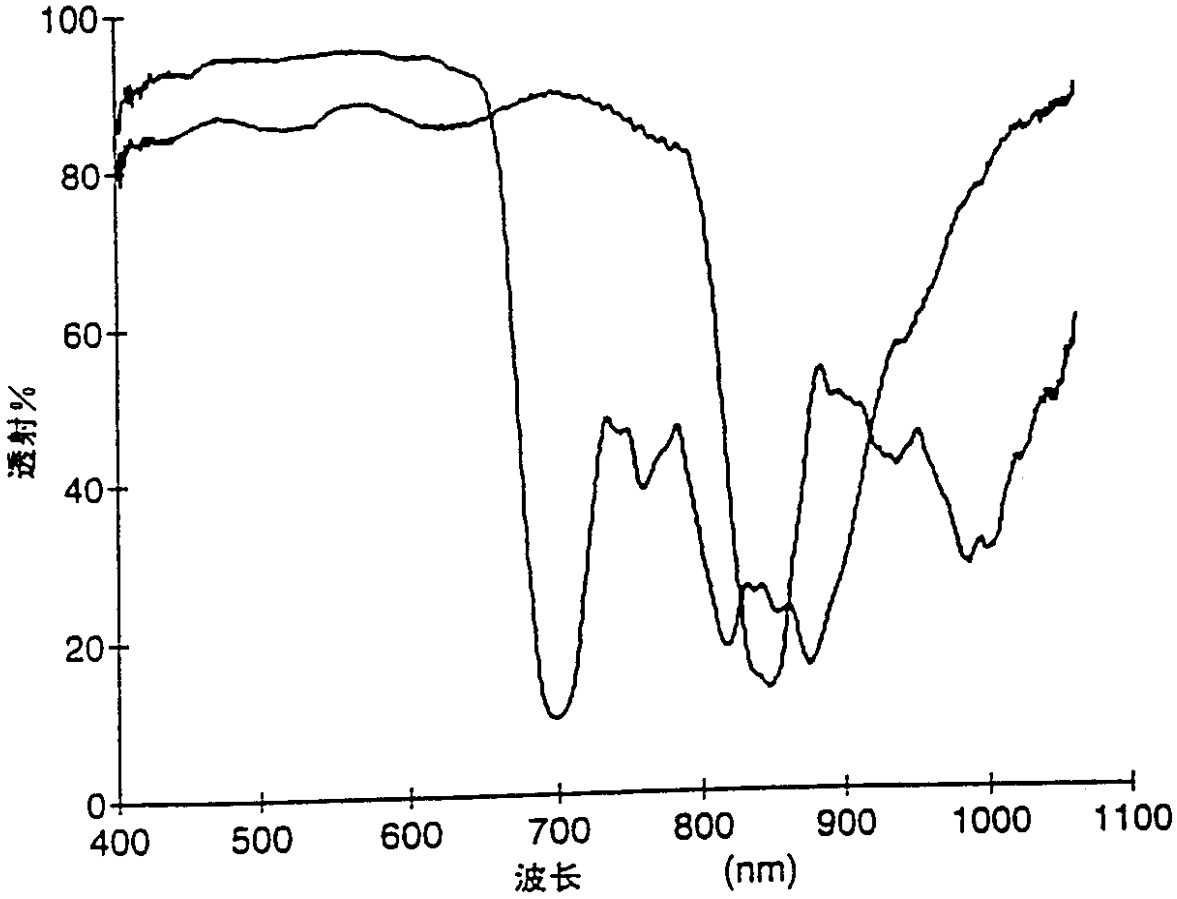


图 29

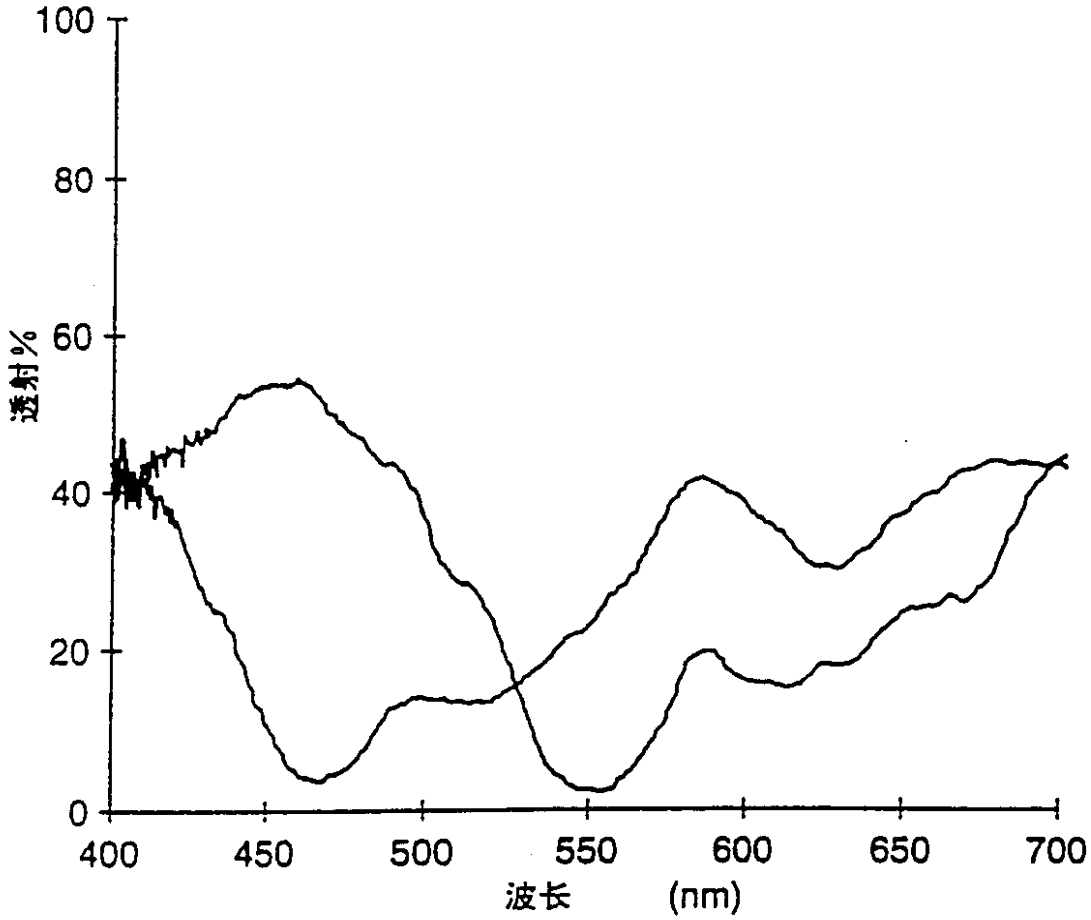


图 30

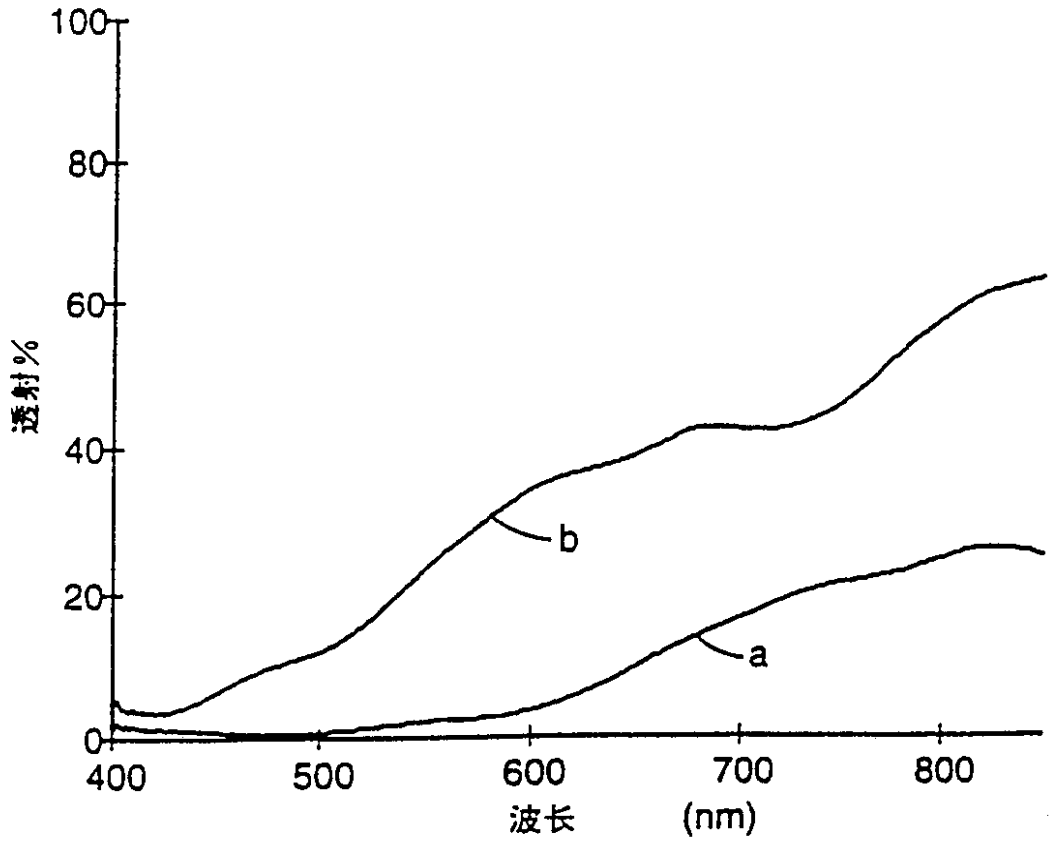


图 31

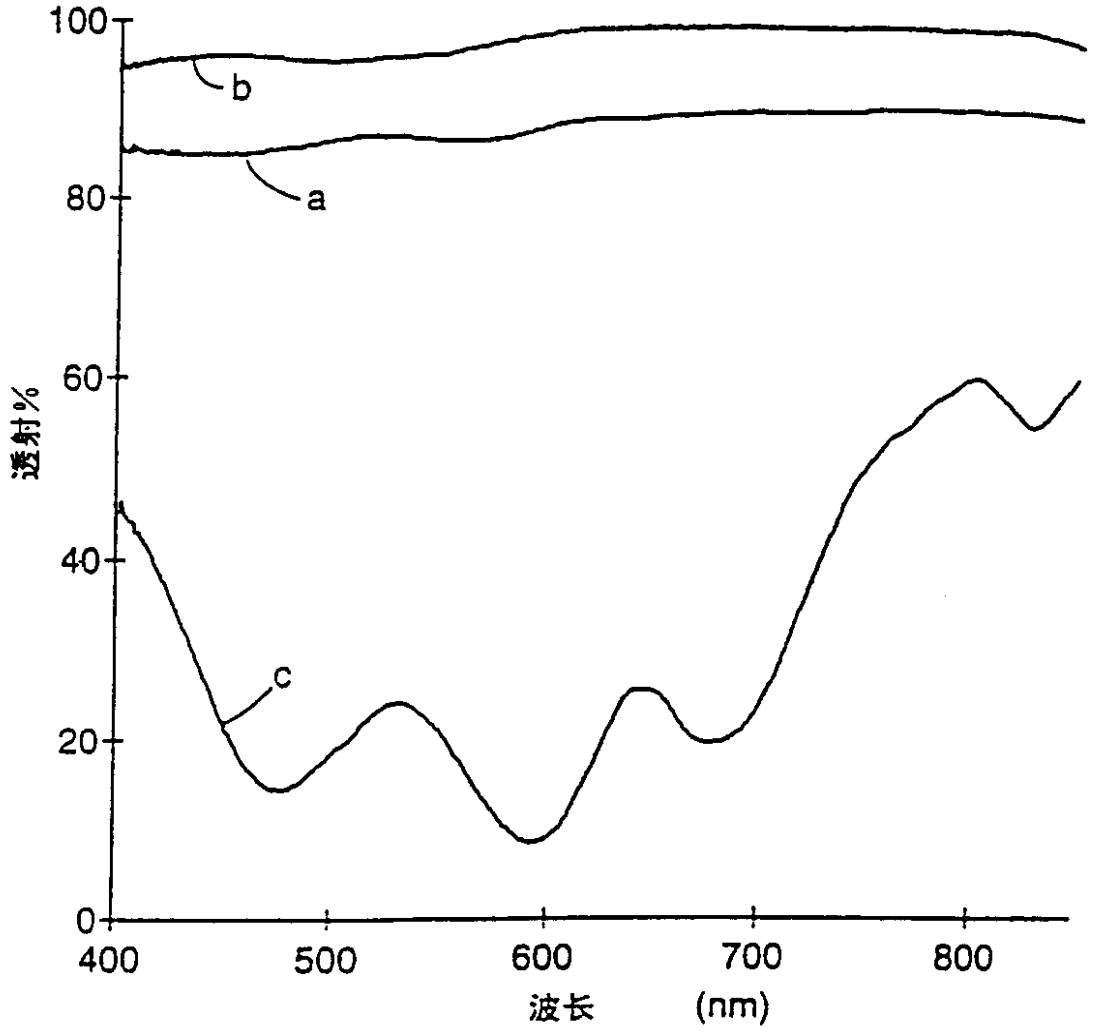


图 32

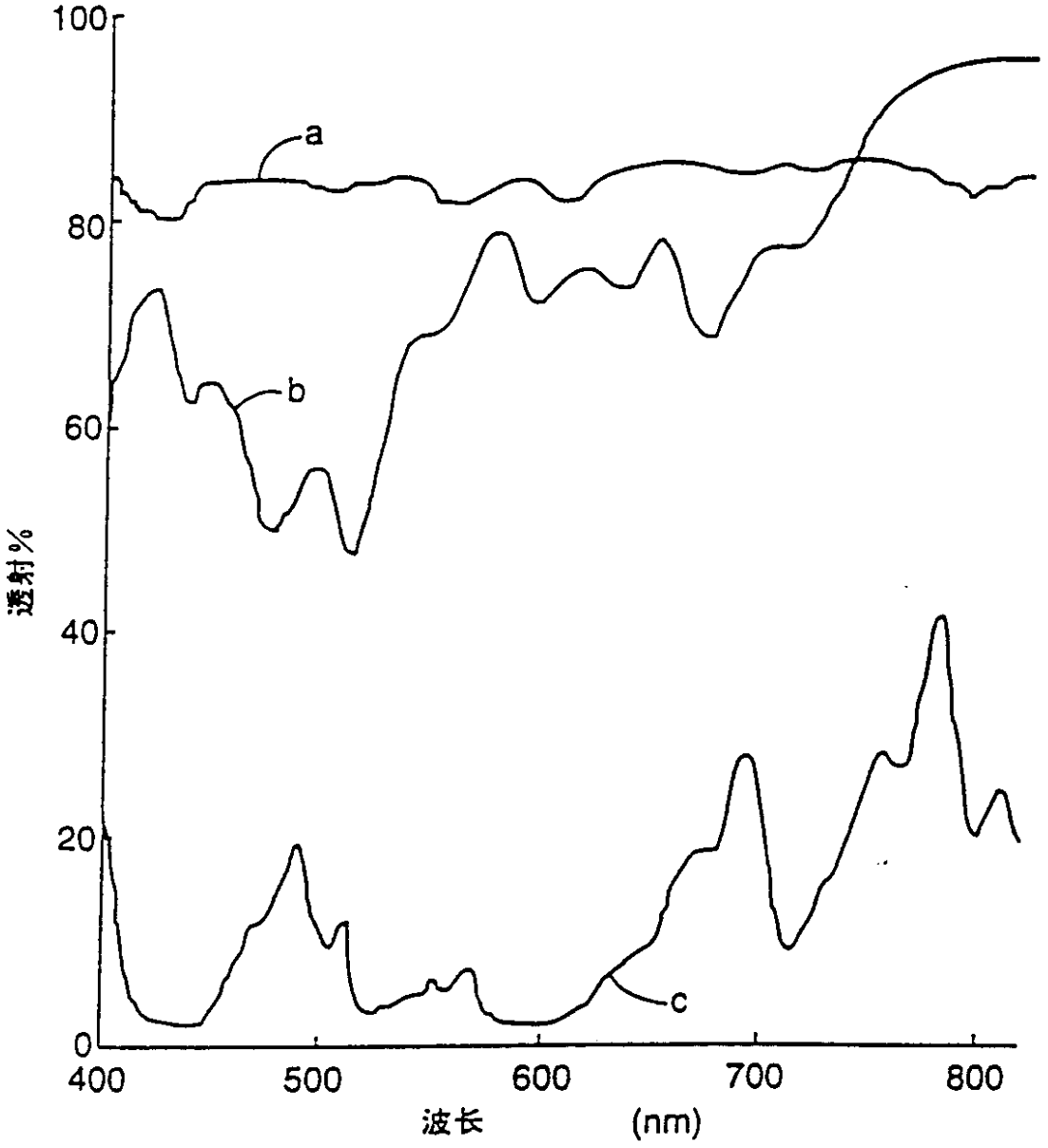


图 33

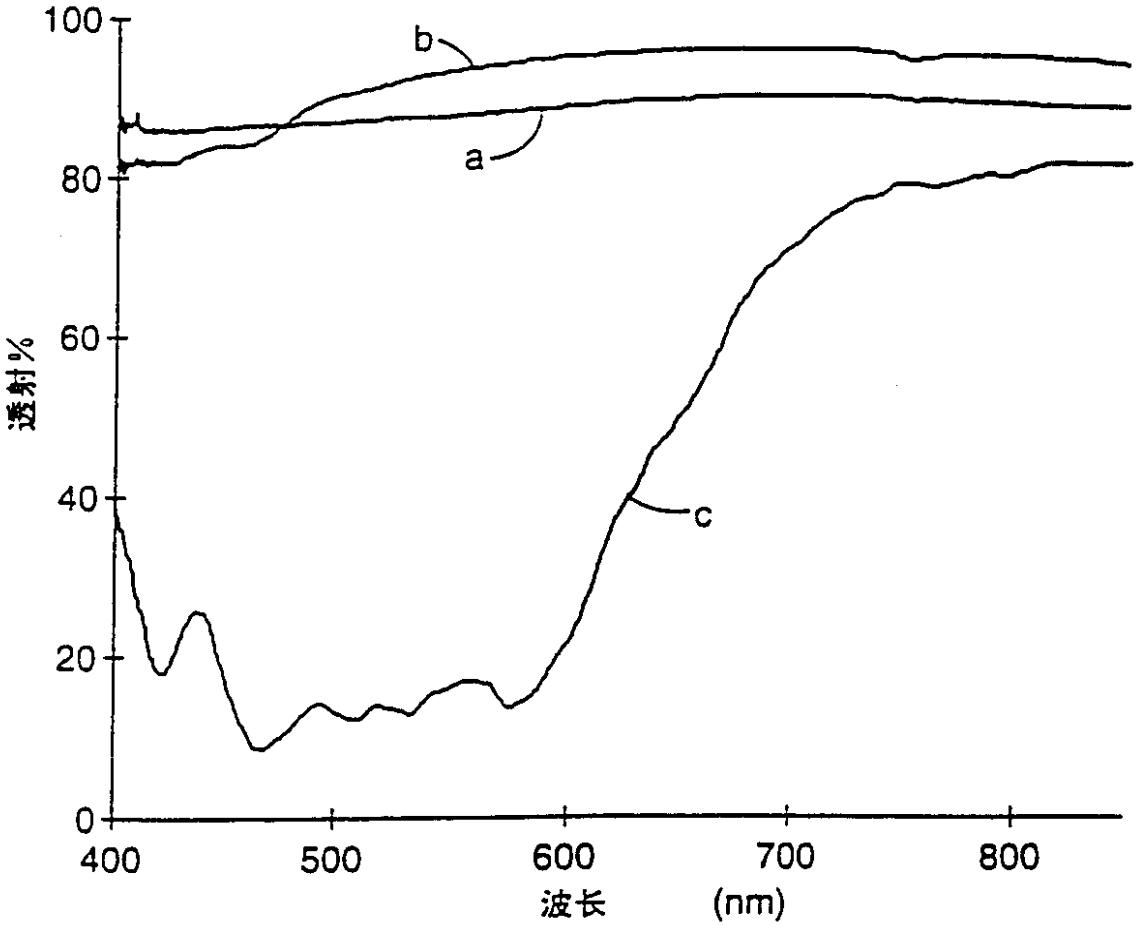


图 34

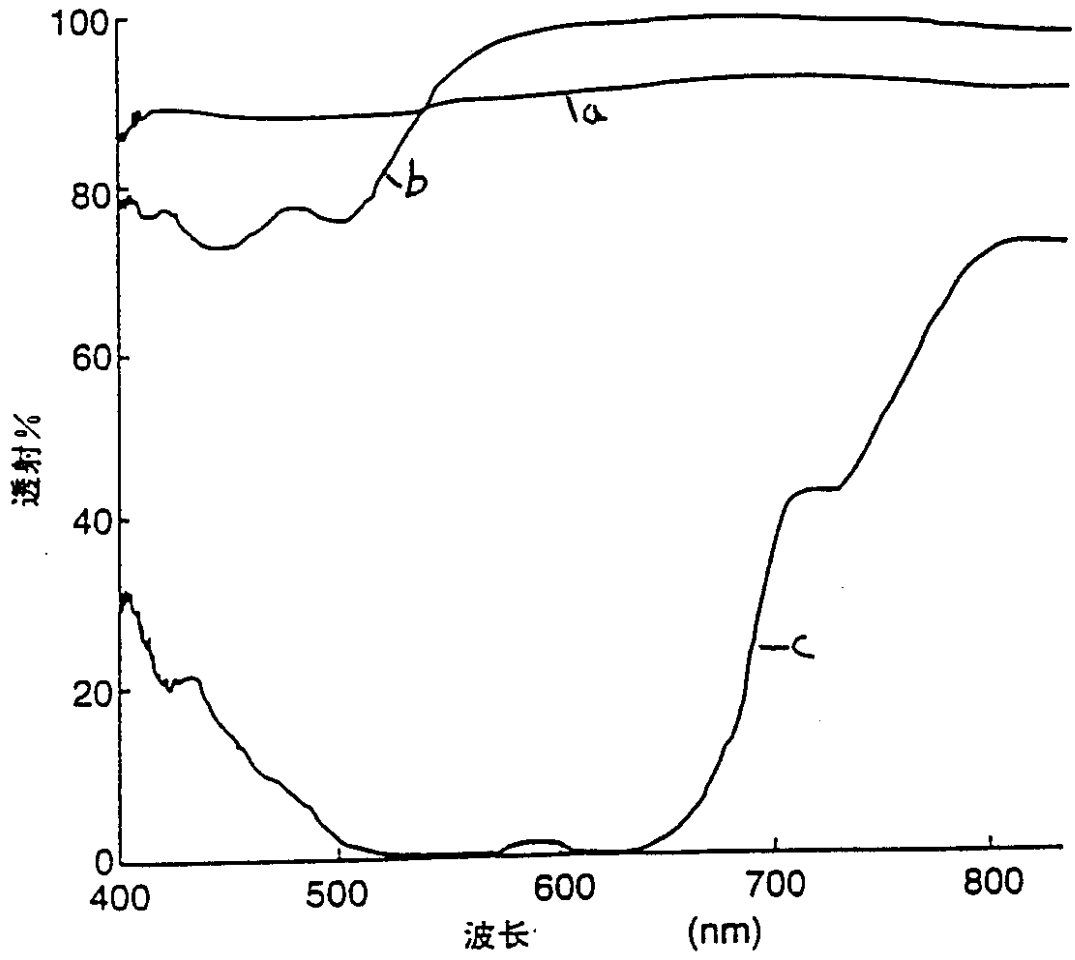


图 35