



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96195045.5

[45] 授权公告日 2003 年 8 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1119674C

[22] 申请日 1996.6.20 [21] 申请号 96195045.5

[30] 优先权

[32] 1995.6.26 [33] US [31] 08/494,379

[86] 国际申请 PCT/US96/10715 1996.6.20

[87] 国际公布 WO97/01778 英 1997.1.16

[85] 进入国家阶段日期 1997.12.26

[71] 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·乌德柯克

劳伦斯·R·吉尔伯特

理查德·R·达伦

迈克尔·F·韦伯

审查员 崔尚科

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

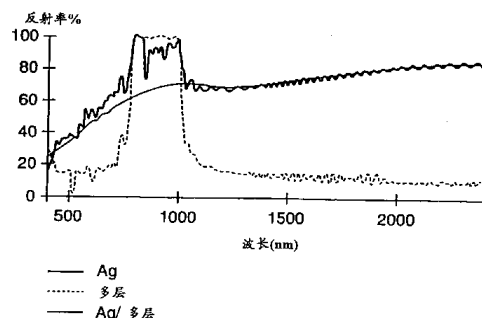
代理人 孙敬国

权利要求书 2 页 说明书 38 页 附图 27 页

[54] 发明名称 透明的多层装置及包含该装置的产品

[57] 摘要

透明多层装置，它反射在光谱红外线区域中的光，同时透射在光谱可见区域中的光，它包括多层聚合物薄膜和透明导体。多层聚合物薄膜最好包括其平均厚度不超过 0.5 微米的半结晶萘二甲酸聚酯层和其平均厚度不超过 0.5 微米的第二聚合物层。半结晶萘二甲酸聚酯层最好具有正应力光系数。透明导体包括至少一个包含金属或金属化合物的层，其中从由金属氧化物、金属合金和它们的组合物组成的组中选出所述金属。银和氧化铟锡是特别优先的透明导体。可将透明多层装置加到玻璃或塑料底材(诸如，在建筑物中的外部窗户、或在汽车、卡车或飞机中的挡风玻璃或窗户)的表面上。



1. 一种透明多层装置，它反射在光谱红外线区域中的光并透射在光谱可见区域中的光，其特征在于，包括：

包括多层的聚合物薄膜，其中至少第一层包含第一聚合物材料，而且至少第二层包含第二聚合物材料，其中沿着三根互相垂直的轴中的第一根轴，在所述第一和所述第二聚合物材料的折射率之间的差小于约 0.05，其中沿三根互相垂直的轴中的第二根轴，所述第一和所述第二聚合物材料的折射率之间的差至少约 0.05，而且其中所述三根互相垂直的轴中的第一根轴与所述薄膜平面正交；和

透明导体，它具有至少一个含有金属或金属化合物的层；

所述透明导体与所述聚合物薄膜结合，以提供具有比聚合物薄膜或透明导体更宽的反射率的透明多层装置。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，至少沿着一个方向的所述薄膜尺寸是该方向未伸展尺寸的至少两倍。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，从包含银、金、铜、铝、掺杂和不掺杂的二氧化锡、氧化锌、和氧化铟锡的组中选出所述金属。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，所述透明导体包括至少一个含有银或银合金的层。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，所述透明导体包括至少一个含有氧化铟锡的层。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，包含金属或金属化合物的所述层包括层叠在所述多层聚合物薄膜上的金属化聚合物或玻璃板。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，所述第一聚合物材料是半结晶聚酯。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，所述装置是反射镜。

-
9. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，所述装置是偏振器。
10. 一种包括如权利要求 1 或 2 所述的装置的制品，其特征在于，把所述制品加到玻璃或塑料基板的表面上。
11. 如权利要求 10 所述的制品，其特征在于，所述基板是建筑物的外部窗户或汽车、卡车或飞机的挡风玻璃或窗户。
12. 如权利要求 11 所述的制品，其特征在于，所述透明导体紧挨着所述窗户的内部表面，而且所述薄膜面对所述房屋或汽车的内部。

透明的多层装置及包含该装置的制品

发明背景

本发明涉及有用的光薄膜，例如，用作偏振器或反射镜、或两者兼之，它们与透明导体相结合以在光谱的红外线区域中提供良好的反射性，同时透射可见光。

已知基于多个聚合物层的光发射装置。这种装置的例子包括由交替的聚合物层制成的偏振器，其中各层有不同的折射率。已知，运用薄形金属层(诸如，银、或象氧化铟锡的简并半导体)可提供在远红外线光谱中十分有效的导电性。已把这种金属层与非导电层相结合以提供有效的可见光透射。

发明概述

这里所述的双折射光学薄膜的光性能和设计根据使得多层叠层具有这样的结构，其中对于聚合物层界面，Brewster 角(在该角，p 偏振光的反射比趋于零)非常大或者根本不存在。这使得多层反射镜和偏振器，(其 p 偏振光的反射率随着入射角而缓慢变小)具有这样的结构，即与入射角无关、或者随着入射光偏离法线的角度而增加。结果，可以获得具有高反射率(在反射镜情况下对于任何入射方向的 s 和 p 偏振光，而在偏振器情况下对于所选方向)的在较宽带宽内的多层薄膜。将这些多层薄膜与透明导体层(诸如银)相结合，以提供比多层聚合物薄膜或透明导体本身都要宽广的反射率，同时多层薄膜提供良好的近红外线反射，而透明导体提供良好的远红外线反射。

简而言之，本发明包括多层聚合物薄膜，其中层的平均厚度不超过 0.5 微米。更精确地说，在本发明的一个方面，多层聚合物薄膜包括双折射聚合物的层，特别是结晶、半结晶或液晶聚合物(诸如，萘二羧酸聚酯，例如聚 2,6-萘二甲酸乙二醇酯 (“PEN”)或由乙二醇、萘二甲酸和诸如对苯二甲酸酯之类的其它一些酸生成的共聚物 (“coPEN”))的层，其平均厚度不超过 0.5 微米，而且最好具有正应力光系数(即，一旦拉伸，沿着拉伸方向的折射率增加)；和所选第二聚合物层(例如聚对苯二甲酸乙二醇酯 (“PET”)或一种 coPEN)，其平均厚度不超过 0.5 微米。

最好在至少沿着一个方向拉伸这种多层聚合物薄膜之后所述萘二甲酸聚酯层具有与至少一个面内轴相关的比第二聚合物层更高的折射率。可将本发明的薄膜用于制备多层薄膜，它在至少 100nm 宽的带宽内具有至少 50% 的平均反射率。

本发明的另一方面包括多层聚合物薄膜，它包括双折射聚合物、特别是结晶、半结晶或液晶聚合物层(例如，诸如 PET 聚合物的聚酯)，其平均厚度不超过 0.5 微米；和所选第二聚合物层(例如，聚酯或聚苯乙烯)，其平均厚度不超过 0.5 微米；其中，至少沿着一个方向把所述薄膜拉伸成该方向未拉伸尺寸的至少两倍。可用本发明的薄膜制备至少在 100nm 宽的带宽内具有平均反射率至少为 50% 的多层薄膜。

将在本发明中用到的多层聚合物薄膜与透明导体相结合，所述多层聚合物薄膜至少包括一个包含金属或金属化合物的层，可从包含半导体金属氧化物、金属合金和它们的组合物的组中选出所述金属化合物。较佳的透明导体包括银、金、铝、铜和铟锡氧化物，而银和铟锡氧化物是最佳的。可用传统的方法(诸如，汽相淀积、阴极溅射等)将透明导体淀积在多层聚合物薄膜上，或者它可以是分开的涂金属的聚合物或层叠在多层聚合物薄膜上的玻璃板(诸如用适当的透明粘合剂)。控制淀积在多层聚合物薄膜上或与之相结合的透明导体层的厚度，以获得所需的反射率，实际厚度取决于具体金属、金属合金或所用的金属氧化物的导电率。所得的透明多层装置最好能反射在光谱红外线区域中的大多数光而呈透明，同时仍然足够透射在光谱可见区域中的光而呈透明，并具有小于 0.5 的色度系数。

附图说明

图 1a 和 1b 为本发明偏振器的图解表示。

图 2 示出形成单个界面的两层薄膜叠层。

图 3-8 示出在实施例 1-4 中给出的多层反射镜的光学性能。

图 9-11 示出在实施例 5-7 中给出的多层偏振器的光学性能。

图 12 示出在实施例 8 中给出的多层反射镜的光学性能。

图 13 示出在实施例 9 中给出的多层偏振器的光学性能。

图 14 示出样板银薄膜、样板多层聚合物薄膜和覆盖有银层的样板多层聚合物薄膜的预测光学性能。

图 15 示出实施例 10 的透明多层装置的光学性能。

图 16 示出本发明的 PEN 和 coPEN 层的折射率特性的曲线图。

图 17 是根据如图 16 所示的折射率的 50 层 PEN/coPEN 薄膜叠层的传输率的计算机模拟数据的曲线图。

图 18 是等双轴拉伸 300 层 PEN/coPET 反射镜的传输率的计算机模拟数据的曲线图。

图 19 是本发明的 51 层 I.R.偏振器的被测传输率的曲线图，其中第一级峰值接近 1,300nm。

图 20 是本发明层叠在一起的八个 51 层偏振器的被测传输率的曲线图。

图 21 是本发明的 204 层偏振器的被测传输率的曲线图。

图 22 是本发明层叠在一起的两个 204 层偏振器的被测传输率的曲线图。

图 23 和 24 示出在折射率为 1.60 的媒质中单轴双折射系统的反射率-角度的曲线图。

图 25 示出在折射率为 1.0 的媒质中单轴双折射系统的反射率-角度的曲线图。

图 26、27 和 28 示出在单轴双折射系统的面内折射率和 z 折射率之间的各种关系。

图 29 示出对于两个不同双轴双折射系统的偏轴(off-axis)反射率-波长。

图 30 示出把 y 折射率差引入具有较大 z 折射率差的双轴双折射薄膜中的效果。

图 31 示出把 y 折射率差引入具有较小 z 折射率差的双轴双折射薄膜中的效果。

图 32 示出总结来自图 30 和 31 信息的等值线。

附图说明

参照附图进一步描述本发明。

如图 1a 和 1b 所示的本发明包括多层聚合物薄膜 10，这里还提到具有至少两种材料 12 和 14 的交替层的多层叠层。较佳的是，至少一种材料具有应力感生双折射性能，从而可由拉伸过程影响材料的折射率(n)。图 1a 示出在拉伸过程之前的典型的多层叠层，其中两种材料具有相同折射率。光线 13 在折射率上经历极小的变化，而通过该叠层。在图 1b 中，拉伸相同叠层，从而在拉伸方向或其

它方向增加材料 12 的折射率。在两层之间的每处边界的折射率之差引起一部分光线 15 被反射。通过使多层叠层在双轴至单轴方向的范围内拉伸,产生一种适合于不同取向平面偏振入射光的一系率反射率的薄膜。于是,可使多层叠层如同反射偏振器或反射镜一样有用。如果沿着双轴拉伸,那么可以沿着直交的轴非对称地拉伸或者沿着直交轴对称地拉伸薄板,以获得所需的偏振及反射性能。

在待批并共同签署的美国专利申请第 08/402,041 号(在 1995 年 3 月 10 日申请)中详尽描述多层叠层的光性能和设计根据,该专利所透露的内容在此纳为参考。简要地说,该申请描述多层叠层(反射镜和偏振器)的结构,其 Brewster 角(反射比趋于零的角度)非常大或者对于聚合物层界面而言根本不存在。这使多层反射镜和偏振器可具有这样的结构,即其 p 偏振光的反射率随着入射角而缓慢变小而与入射角无关,或者随着入射光偏离法线的角度而增加。结果,可以获得多层叠层,它具有对于 s 和 p 偏振光的高反射率的高反射率(在较宽的带宽范围和较宽的入射角范围内)。

图 2 示出多层叠层的两层,而且示出每层的三维反射率。每层的反射率是:对于层 102 是 n_{lx} 、 n_{ly} 和 n_{lz} ,而对于层 104 是 n_{2x} 、 n_{2y} 和 n_{2z} 。在每个薄膜层中的折射率互相之间的关系以及它们与在薄膜叠层中的其它层的折射率之间的关系确定了在光从方位角方向以任何入射角入射的情况下多层叠层的发射情况。可以采用在美国专利申请序号第 08/402,041 号所描述的原理和设计根据来建造用于形形色色不同环境和应用的具有所需光效应的多层叠层。可以巧妙地处理和调整在多层叠层中各层的折射率以制出具有所需光性能的装置。运用这里所述的原理可以设计并制造许多有用的装置(诸如,具有较广范围性能特征的反射镜和偏振器)。

再参照图 1,多层叠层 10 可以包括几十、几百或几千层,而且可由任何数量的不同材料制成每一层。选择用于具体层材料的特性取决于所需的叠层的光性能。叠层可以包括象在叠层中的各层的材料那么多种的材料。为了便于制造,较佳的光薄膜叠层只包括少数几种不同的材料。为了使光吸收最小,较佳的多层叠层保证最可能被叠层强烈吸收的波长是被叠层反射的第一波长。对于最清晰的光材料(它包括大多数聚合物),吸收朝着可见光谱的蓝色端增加。于是,较佳的是,设计或“调谐”多层叠层,使“蓝色”层在多层叠层的入射侧。

在材料之间,或具有不同物理性能的化学等性的材料之间的边界,可以陡变

或渐变。除了一些用解析法的简单情况之外，对于后一种类型的具有连续变化折射率的成层媒质的解析通常作为对具有陡变边界但相邻两层之间的性能只有很小变化的更大数量的更薄的均匀层的解析来处理。

较佳多层叠层包括低/高折射率的薄膜层对，其中每个低/高折射率的薄膜层对具有它要反射的光带的中心波长的 $1/2$ 的组合的光厚度。这种薄膜的叠层通常被称为四分之一波叠层。较佳的是，层具有 $1/4$ 波长厚度，有不同的层来反射不同的波长范围。每一层不一定要有非常精确的 $1/4$ 波长厚。首要的要求是相邻的高折射率薄膜对要具有 0.5 波长的全部光厚度。

如上所述，在本发明中所用到的多层聚合物薄膜包括由任何数量的不同材料(它包括具有不同物理性能的化学等性材料)制成的层，其平均厚度不超过 0.5 微米。较佳的是，多层聚合物薄膜包括结晶层、半结晶层、或液晶聚合物层(诸如，具有正应力光系数的聚对苯二甲酸酯，即，在拉伸时，其沿着拉伸方向的折射率增加)，和选中的第二聚合物层。在沿着至少一个方向拉伸这种多层聚合物薄膜之后，聚对苯二甲酸酯层最好具有与至少一个面内轴相关的比第二聚合物层更高的折射率。特别是，例如，较佳半结晶聚对苯二甲酸酯包括聚 2,6-聚对苯二甲酸乙二醇酯(“PEN”)或由乙二醇、聚对苯二甲酸、和诸如对苯二甲酸酯之类的其它一些酸产生的共聚物(“coPEN”)。特别是，例如，所选的较佳第二聚合物包括例如聚对苯二甲酸乙二醇酯(“PET”)或 coPEN。

多层聚合物薄膜可以交替地包括双折射聚合物层(特别是结晶的、半结晶的或液晶材料，例如，诸如 PET 之类的半结晶聚酯)，和第二所选聚合物层(其中层的平均厚度不超过 0.5 微米)，而且薄膜至少要沿着一个方向拉伸至该方向未拉伸尺寸的至少两倍。

当在本发明中用到的多层聚合物薄膜包括结晶的聚对苯二甲酸酯，它最好具有与不同面内轴有关的折射率差为至少是 0.05 ，最好是大约 0.20 。PEN 是较佳的材料，因为它在拉伸后具有高的正应力光系数和永久双折射，而且当偏振平面与拉伸方向平行时，具有 550nm 波长的偏振入射光的折射率从大约 1.64 最高增加至大约 1.9 。通过增加分子取向，可以增加双折射(折射率的差)。虽然，上面把 PEN 作为用于双折射层的较佳聚合物来特别讨论，聚对苯二甲酸丁二醇酯以及其它结晶的聚对苯二甲酸酯也是适当的材料。

用于形成多层叠层的各种聚合物最好具有类似的熔体粘度，以获得均匀多层

复合挤压。当运用两个不同的聚合物，这两个聚合物最好具有在剪切速率下 η 因子(它一般有利于复合挤压)内的熔体粘度。本发明所选的较佳聚合物层互相之间还具有良好的粘附性，同时在多层薄片又保持为离散层。在本发明中用到的聚合物的玻璃化温度是可相容的，因而在拉伸期间不会发生逆效应(诸如一组聚合物层裂开)。对于主要在一个偏振中反射的反射镜，所选的较佳聚合物层保持折射率中的等方性，而且基本上与如图 1a 所示的横轴(即，与拉伸方向直交而与薄膜平面平行的轴)相关的其它层的折射率相匹配。偏振器主要透射其偏振平面沿着这个方向的光，而反射其偏振平面沿着取向方向的光(如图 1b 所示)。

为了形成反射镜，定位两个单轴拉伸过的偏振薄片，使它们各自的定向轴旋转 90° ，或者将薄片 10(图 1b)双轴拉伸。在后一种情况下，在由 PEN 制成的层组成的薄片的平面中两种折射率增加，而且应选择具有尽可能低的折射率的聚合物以反射两个偏振平面的光。双轴拉伸多层薄片将导致在邻接层与两轴平行的平面中的折射率之间的差别。在拉伸后，邻接层的与横轴相关的折射率之间的差应小于 0.1，最好小于 0.05。

在反射镜的情况下，对于每个偏振和入射平面光的所需平均透射率一般取决于对于反射镜的预计用途。对于在可见光谱中大小为 100nm 的带宽内的窄带反射镜，理想的是，在正入射处沿着每个拉伸方向的平均透射率小于大约 30%，较好的是小于大约 20%，最好小于大约 10%。例如，对于部分反射镜，在正入射处沿着每个拉伸方向理想平均透射率的范围从大约 10%到大约 50%之间，而且可以覆盖的带宽范围从 100nm 到 450nm 之间，这取决于具体应用。对于在可见光谱中 380-750nm 带宽内的高效反射镜，理想的是，在正入射处沿着每个拉伸方向的平均透射率小于大约 10%，较佳的是小于大约 5%，最好是小于大约 2%，甚至小于大约 1%。此外，对于某种应用，非对称反射镜可能是较理想的。在那种情况下，理想的是，在可见光谱中 380-750nm 的带宽内，或者在可见光谱和进入近红外线区域内(例如，带宽为 380-850nm)，沿着一个拉伸方向的平均透射率小于例如大约 50%，而沿着其它拉伸方向的平均透射率小于例如大约 20%。

如果需要，可将本发明的两个或更多个薄片用在组合件中以增加反射率、光带宽(或者两者兼而有之)，或者由两个偏振器形成反射镜。如果在薄片内的层对的光厚度基本上相等，那么组合件将以较高一些的效率反射，与各别薄片反射性的带宽和光谱范围(即，“带”)基本上相同。如果在薄片内层对的光厚度基本上

不相等,那么组合件在比各别薄片更宽的带宽内反射。把反射镜薄片与偏振器薄片相结合的组合件有利于增加全反射度,同时仍偏振经透射的光。另一方面,可以非对称地双轴拉伸单个薄片以制成具有所选反射性能和偏振性能的薄膜。

在双轴拉伸镜应用中用到的所选的较佳聚合物是以对苯二甲酸、间苯二甲酸、癸二酸、壬二酸、或环己烷二羧酸为基础的,以获得最低可能的折射率,同时又保持对由例如 PEN 制成的层的粘附性。不要求所选的聚合物是共聚多脂或共聚碳酸酯。较佳的是,所选的聚合物具有小于大约 1.65 的折射率,较好的是小于大约 1.55 的折射率。

可将多层反射偏振器设计成使其偏振平面与一根轴平行使入射角范围广泛的光具有较高的反射率,而同时使其偏振平面与另一根轴平行使入射角范围广泛的光具有较低的反射率和较高的透射率。通过控制每个薄膜的三维折射率 n_x 、 n_y 和 n_z , 可以获得所需的偏振器性能。

对于许多应用,理想的反射偏振器对于所有的入射角都具有沿着一根轴(所谓的衰减轴)的较高反射比,和沿着其它轴(所谓的透射轴)的零反射比。对于偏振器的透射轴,一般理想的是,使得在所关心的带宽以所关心的角度范围内沿着透射轴方向偏振的光的透射率最大。理想的是,对于在 100nm 带宽内的窄带偏振器,在正入射处的平均透射率至少大约为 50%,较佳的是至少大约为 70%,而更佳的是至少大约为 90%。理想的是,对于在 100nm 带宽内的窄带偏振器,对于 p 偏振光的沿着偏离法线 60 度(沿着透射轴测量)方向的平均透射率至少大约为 50%,较佳的是至少大约为 70%,而更佳的是至少大约为 80%。

对于在透射轴中的在可见光谱的大多数范围内(400-700nm, 带宽为 300nm)的偏振器,理想的是,在正入射处的平均透射率至少大约为 50%,较佳的是至少大约为 70%,更佳的是至少大约为 85%,最佳的是至少大约为 90%。对于在 400nm-700nm 范围内的偏振器,理想的是,沿着偏离法线 60 度(沿着透射轴测量)方向的平均透射率至少大约为 50%,较佳的是至少大约为 70%,更佳的是至少大约为 80%,最佳的是至少大约为 90%。

对于某些应用,较佳的是有在离位角处的透射轴中的高反射率。对于沿着透射轴偏振的光,沿着偏离法线至少 20 度方向的平均反射率应大于 20%。

用于本发明偏振器的所选的较佳聚合物是苯二甲酸或它的酯类(诸如苯二甲酸二甲酯,其范围从 20 摩尔百分比到 80 摩尔百分比)和间苯二甲酸或对苯二甲酸

或它们的酯如对苯二甲酸酯(其范围从 20 摩尔百分比到 80 摩尔百分比)与乙二醇的反应产物的共聚多酯。在本发明范围内的其它共聚多酯具有以上讨论过的性能,并具有与横轴相关的大约从 1.59 到 1.69 的折射率。

材料选择和处理

用上述在美国专利申请序号第 08/402,041 号中所描述的设计根据,熟悉该技术的一般人员容易地理解到,当在所选的条件下进行处理时,可以运用多种材料形成根据本发明的多层反射镜或偏振器以得到所需的折射率关系。可用许多方法获得所需 折射率关系,包括在薄膜形成期间或在其形成之后的拉伸(例如在有机聚合物的情况下),挤压(例如,在液晶材料的情况下),或涂布。此外,较佳的是,两种材料要有类似的流变性能(例如,熔体粘度),从而它们可以复合。

通常,通过选择结晶、半结晶或液晶材料作为第一材料,最好是聚合物,可以获得适当的组合。接着,第二种材料可以是结晶、半结晶或无定形材料。应理解,在聚合物技术中,一般认为聚合物通常是不完全结晶的,因而在本发明的说明书中,结晶或半结晶聚合物是指不是无定形的聚合物,而且包括那些通常被称为结晶、部分结晶、半结晶等的材料中的任何一种。第二种材料可以具有双折射,与第一种材料相反或一致。或者,第二种材料可以不具有双折射。

合适的材料的具体例子包括聚萘二甲酸乙二醇酯(polyethylene naphthalate, PEN)及其异构体(如 2,6-、1,4-、1,5-、2,7-和 2,3-PEN)、聚对苯二甲酸亚烷基酯(如:聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯和聚对苯二甲酸 1,4-环己烷二甲醇酯)、聚酰亚胺类(如聚丙烯酰亚胺)、聚醚酰亚胺(polyetherimides)、无规立构的聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸酯(如聚甲基丙烯酸异丁酯、聚甲基丙烯酸丙酯、聚甲基丙烯酸乙酯和聚甲基丙烯酸甲酯)、聚丙烯酸酯(如聚丙烯酸丁酯和聚丙烯酸甲酯)、间同立构的聚苯乙烯(sPS)、间同立构的聚 α -甲基苯乙烯、间同立构的聚二氯苯乙烯、任何一种这类聚苯乙烯的共聚物和共混物、纤维素衍生物(如:乙基纤维素、乙酸纤维素、丙酸纤维素、乙酸丁酸纤维素和硝酸纤维素)、聚亚烷基聚合物(如聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯、聚异丁烯和聚(4-甲基)戊烯)、含氟聚合物(如:全氟烷氧基树脂、聚四氟乙烯、含氟乙烯-丙烯共聚物、聚偏氟乙烯和聚三氟氯乙烯)、含氯聚合物(如:聚偏氯乙烯和聚氯乙烯)、聚砜、聚醚砜、聚丙烯腈、聚酰胺、硅氧烷树脂、环氧树脂、聚乙酸乙烯酯(polyvinylacetate)、聚醚

-酰胺、含离子键的树脂、高弹体(如: 聚丁二烯、聚异戊二烯和氯丁橡胶)以及聚氨酯。共聚物也是合适的, 如: PEN 的共聚物(如: 2,6-、1,4-、1,5-、2,7-和/或 2,3-萘二甲酸或其酯与以下物质的共聚物: (a) 对苯二甲酸或其酯; (b) 间苯二甲酸或其酯; (c) 邻苯二甲酸或其酯; (d) 烷烃二醇类; (e) 环烷烃二醇类(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))、聚对苯二甲酸亚烷基酯的共聚物(如对苯二甲酸或其酯与以下物质的共聚物: (a) 萘二甲酸或其酯; (b) 间苯二甲酸或其酯; (c) 邻苯二甲酸或其酯; (d) 烷烃二醇; (e) 环烷烃二醇(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))以及苯乙烯共聚物(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 1,2-乙二醇。另外, 各层可以包括两种或多种上述聚合物或共聚物的共混物(如: SPS 和无规立构的聚苯乙烯的共混物)。所述的 coPEN 也可以是丸粒的共混物, 其中, 至少一种组分是以萘二甲酸为基的聚合物, 其它组分为其它聚酯或聚碳酸酯, 如 PET、PEN 或 coPEN。

PEN 是较佳的材料, 因为在拉伸之后它具有较高正应力光系数和永久双折射, 同时当偏振平面与拉伸方向平行时 550nm 波长的经偏振入射光的折射率从大约 1.64 增加至最高大约 1.9。图 16 示出由 PEN 和 70-萘二甲酸酯/30-对苯二甲酸酯共聚多酯(coPEN)(5:1 拉伸比率)显示的与不同面内轴相关的折射率之间的差。在图 16 中, 在下曲线上的数据表示 PEN 和 coPEN 在横向方向的折射率, 而上曲线表示 PEN 在拉伸方向的折射率。PEN 显示在可见光谱中折射率从 0.25 到 0.40 之间的差。通过增加分子取向, 可以增加双折射(在折射率之间的差)。从大约 155 °C 直至 230 °C 的温度内(这取决于应用的收缩要求), PEN 是热稳定的。虽然, 以上把 PEN 作为双折射层的较佳聚合物进行了具体讨论, 但是聚萘二甲酸丁二醇酯以及其它结晶的萘二甲酸聚酯也是合适的材料。结晶的萘二甲酸聚酯应显示与不同面内轴相关的折射率之间的差(至少 0.05, 较佳的是大于 0.20)。

只要基本上不损害在拉伸方向的高折射率, 就可将少数的共聚单体代入萘二甲酸共聚多酯中。折射率的下降(因而减少反射率)可用下列各方面的优点加以平衡: 粘附在所选聚合物层上、降低压出的温度、更好地匹配熔体粘度、更好地匹配对于拉伸的玻璃化温度。适当的单体包括那些基于间苯二甲酸、壬二酸、己二酸、癸二酸、联苯甲酸、对苯二甲酸、2,7-萘二甲酸、2,6-萘二甲酸或环己烷二羧酸。

本发明的 PEN/所选聚合物树脂最好基于类似的熔体粘度,从而获得均匀多层复合挤压。两种聚合物最好在典型的剪切速率下有在因子 5 之内的熔体粘度。

本发明的 PEN 和较佳的所选聚合物层显示互相之间良好的粘附性,同时又在多层薄片内保持离散层。

本发明聚合物的玻璃化温度是相容的,因而不会发生诸如在拉伸过程中一组聚合物层裂开的不利影响。相容意味着所选聚合物的玻璃化温度低于 PEN 层的玻璃化温度。第二聚合物层的玻璃化温度可以稍稍高于 PEN 层的玻璃化温度,但不能大于 40 °C。

特别是,在偏振器情况下,层的较佳组合包括 PEN/coPEN、聚对苯二盐酸乙二醇酯(PET)/coPEN、PEN/sPS、PET/sPS、PEN/Estar 和 PET/Estar,其中“coPEN”指的是共聚合物或基于萘二甲酸的共聚物或共混物(如上所述),而“Estar”是聚对苯二甲酸环己烷二甲醇酯,从 Eastman Chemical Co. 可得

特别是,在反射镜的情况下,层的较佳组合包括 PET/Ecdel、PEN/Ecdel、PEN/sPS、PEN/THV、PEN/coPET 和 PET/sPS,其中“coPET”指的是基于对苯二甲酸的共聚物或共混物(如上所述),而“Ecdel”是热塑性聚酯(从 Eastman Chemical Co. 可得),而“THV”是含氟聚合物(从 3M Co. 可得)。

较佳的是,层具有 1/4 波长厚,把不同的层组设计成反射不同波长范围。每一层的厚度不一定是精确地 1/4 波长。首要的要求是邻近的低-高折射率的薄膜对具有 0.5 波长的总光厚度。具有折射率差别的 PEN/coPEN 层的 50 层叠层的带宽(如图 16 所示)大约为 50nm,其中层的厚度选为 550nm 波长的 1/4。该 50 层叠层在这个波长范围内提供大约 99% 平均反射率,而没有可测得的吸收。图 17 示出显示小于 1% 透射率(99% 反射率)的计算机模拟曲线。图 17-22 包括以透射百分率为表征的数据。应该理解,由于本发明的薄膜没有可测得的吸收,所以可用下列关系式近似地表示反射百分率:

$$100 - (\text{透射百分率}) = (\text{反射百分率})$$

所选的较佳聚合物层 14 保持折射率的各向异性,而且基本上与如图 1a 所示的横轴相关的 PEN 层的折射率相匹配。偏振器主要透射其偏振平面沿着这个方向的光,而反射其偏振平面沿着取向方向的光(如图 1b 所示)。

装置中所选定的层数以选用最少的层而能获得所需的光性能为准(那是由于薄膜的厚度、弹性和经济原因)。在偏振器和反射镜的两种情况下,层的数量最好

小于大约 10,000，较佳的是小于大约 5,000，更佳的是小于大约 2,000。

如上所述，用于制备多层装置的处理条件会影响在各种折射率中获得所需关系的能力（因而影响多层装置的光性能）。在可以通过拉伸而取向的有机聚合物的情况下，一般通过复合挤压各个聚合物以形成多层薄膜，然后通过所选温度下拉伸使薄膜取向，接着在所选温度下进行热定形。另一方面，可以同时进行挤压和取向。在偏振器的情况下，薄膜基本上沿着一个方向（单轴取向）被拉伸，而在反射镜的情况下，薄膜基本上沿着两个方向（双轴取向）被拉伸。

不让薄膜沿着交叉拉伸方向作尺寸松弛（从交叉拉伸中的自然减小（等于拉伸比率的平方根）到被制约（即，在交叉拉伸尺寸上基本没有变化）。薄膜可以沿着轴向拉伸（在长度方向用取向器，和/或在宽度方面用拉幅机）。

选择拉伸前温度、拉伸温度、拉伸速率、拉伸比率、热定形温度、热定形时间、热定形弛豫、和交叉弛豫，以提供具有所需折射率关系的多层装置。这些变量是互相依赖的；于是，例如，如果与（例如）相对较低拉伸温度耦合，就可以应用相对较低拉伸速率。对熟悉该技术的一般人员来说，如何选择这些变量的适当组合来获得所需的多层装置是显而易见的。总之，较佳的是，沿着拉伸方向的拉伸比率的范围从大约 1:2 到大约 1:10（更佳的是从大约 1:3 到大约 1:7），而沿着与拉伸方向正交的方向的拉伸比率的范围从大约 1:0.2 到大约 1:10（更佳的是从大约 1:0.2 到大约 1:7）。

运用下列技术可以制备适当的多层装置：诸如，用于双折射聚酰亚胺的旋转涂布（例如，在 Boese 等人, J. Polym. Sci.: Part B, 30:1321(1992)中所述），和用于晶状有机复合物的真空沉积（例如，在 Zang 等人, Appl. Phys. Letter, 59:823(1991)中所述）。

通过在热空气中拉伸单片材料，可对经挤压的薄膜进行取向。作为经济的生产方法，使用连续的标准长度取向器、拉幅炉，或两者兼有，可实现拉伸。标准聚合物薄膜生产的规模和流水线速度可以充分加以利用，从而使得制造成本基本上低于与市面上有售的偏振器相关的成本。

把两个或多个薄片层叠在一起是有利的，可提高反射率或扩展带宽，或由两个偏振器形成反射镜。无定形共聚多脂作为层叠材料十分有用（VITEL 牌 3000 和 3300，来自 Akron、Ohio 的 Goodyear Tire and Rubber Co.，已尝试把它作为材料）。层叠材料的选择面很广，而以叠层 10 的粘附、光清晰度和空气的挤出作

为主要指导原则)。

值得的是，把一种或多种无机或有机助剂(诸如，抗氧化剂、挤压助剂、热稳定剂、紫外线吸收剂、成核剂、表面突出形成剂等)以标准量加入一层或多层，只要这种加入基本上不影响本发明的性能。

多层叠层的光性能和设计根据

下面，详细描述如图 1a 和 1b 所示的多层叠层 10 的光性能。

下面所述的多层叠层的光性能和设计根据使多层叠层具有这样的结构，即，Brewster 角(在该角度反射比为零)非常大或根本不存在。这使得多层反射镜和偏振器具有这样的结构，即，它们对于 p 偏振光的反射率随着入射角而缓慢减小、与入射角无关、或随着入射光偏离法线的角度而增加。结果，多层叠层对较宽带宽范围内的 s 和 p 偏振光具有较高反射率，且可在较宽的角度范围达到此点。

对于在预计带宽内的多层叠层(在偏振器的情况下，对于在消光轴平面内偏振的光，或在反射镜的情况下对于两种偏振)，理想的是，在正入射处的平均透射率小于大约 50%(反射率为 0.5)。(应理解，为了本应用的目的，所有给出的透射率或反射值包括前表面和后表面反射)。其它多层叠层显示较低平均透射率和/或较大预计带宽，和/或偏离法线的较广范围的入射角。如果要把预计带宽只集中在一种颜色(诸如，红色、绿色或蓝色，每种颜色具有对于 100nm 的有效带宽)周围，那么理想的是，多层叠层的平均透射率小于 50%。较佳的是，在 100nm 带宽内的多层叠层具有小于 10%的平均透射率。其它较佳的多层叠层的典型实例在 200nm 带宽内具有小于 30%的平均透射率。另一个较佳实施例，在可见光带宽(400-700nm)内的多层叠层显示小于 10%的平均透射率。最佳的是，在 380 到 740nm 的带宽内的多层叠层显示小于 10%的平均透射率。甚至在可见光应用中扩展带宽也是十分有用的，从而用角度调节光谱偏移，和多层叠层及整个薄膜测径器的变化。

多层叠层 10 可以包括几十、几百或几千层，而用多种不同材料中的任何一种可以制成每一层。确定对于具体叠层材料的选择的特性取决于叠层的所需光性能。

叠层可以包括与在叠层中的各种层一样多的材料。为了方便生产，较佳的光薄膜叠层只包括几种不同的材料。为了说明起见，这里讨论包括两种材料的多层叠层。

在材料之间的边界，或具有不同物理性能而化学上等性的材料可以是陡变或渐变。除了一些用解析法的简单情况之外，对于后一种类型的具有不断变化折射率的成层媒质的解析通常被看作是对具有陡变边界的更大数量的更薄均匀层的解析，其中所述均匀层在邻近层之间的性能变化很小。

几种参数可以影响在任一多层叠层中可实现的最大反射率。这些参数包括基本叠层设计、光吸收、层厚度控制和在叠层中层的折射率之间的关系。对于高反射率和/或尖锐的频带边，基本叠层设计应运用标准薄膜光设计加入光干扰效果。这一般包括运用光薄层(这意味着，层的光厚度范围从所关心的波长的 0.1 倍到它的 1.0 倍。高反射率多层薄膜的基本组合块是低/高折射率的薄膜对，其中每个低/高折射率层对的组合光厚度为要反射的带宽的 $1/2$ 中心波长。这些薄膜的叠层通常是指四分之一波叠层。

为了使光吸收最小，较佳的多层叠层保证叠层吸收最强烈的波长是由叠层反射的第一波长。对于最清晰的光材料(它包括极大多数聚合物)，吸收朝着可见光谱的蓝色端增加。于是，较佳的是，设计或“调谐”多层叠层，从而“蓝色”层在多层叠层的人射侧。

一种交替的高低折射率厚膜的叠层结构(通常被称为“玻片堆”)没有经调谐的波长，也没有带宽限制，而且在叠层中的任一具体层内无选择地反射任何波长。通过这种结构，由于蓝光高度渗入叠层引起蓝色反射率，结果比起较佳的四分之一波叠层设计中的结构它具有更高吸收率。任意增加玻片堆中层的数量一般不会给出高反射率，甚至引起零吸收率。此外，由于可能发生的经增加的吸收率，使得任意增加在任何叠层中的层的数量不会给出所需的反射率。

在每个薄膜层中折射率之间的相互关系，以及它们与在薄膜叠层中其它层的折射率之间的关系决定在任何入射角(沿着方位角方向)情况下多层叠层的反射比性能。假设由相同材料制成的所有层具有相同的折射率，那么可以分析两个分量的四分之一叠层的单个界面以理解整个叠层作为入射角函数的性能。

为了论述的简便起见，描述单个界面的光性能。应理解，根据这里所述的原理，可用几十、几百或几千层形成实际的多层叠层。为了描述单个界面的光性能(如图 2 所示)，绘图表示作为入射平面(它包括 z 轴和一个面内光轴)内的 s 和 p 偏振光的入射角函数的反射率。

图 2 示出形成单个界面的两种材料薄膜层，其中两种材料都处于折射率为 n_0

的各向异性媒质中。为了论述的简便起见，本说明直接针对直交的叠层双折射系统，其中校直了两种材料的光轴，而且一根光轴(z)与薄膜平面垂直，而其它光轴沿着 x 轴和 y 轴。应理解，光轴不必是直交的，而且非直交系统恰好在本发明的构思及范围内。还应理解，也不必校直光轴和薄膜轴同时落在本发明的预计范围内。

介电界面的反射率随着入射角变化而变化，而且对于各向异性材料来说，p 和 s 偏振光的反射率不同。由于所谓的 Brewster 效应，使得 p 偏振光的反射率最小(反射比趋于零的入射角被称为 Brewster 角)。

在任何入射角的情况下，由所包括的所有薄膜的介电张量决定任何薄膜叠层的反射比性能。在 R.M.A. Azzam 和 N.M. Bashara 所著的“偏振测量术和偏振光”(由 North-Holland, 1987 年出版)中给出了这一主题的一般理论上的论述。

通过使 p 和 s 偏振光的反射系数的绝对值平方自乘，计算系统的单个界面的反射率(分别由下列等式给出)。等式 1 和 2 对于单轴直交系统是有效的，同时校直两种分量的轴。

$$1) \quad r_{pp} = \frac{n_{2z} * n_{2o} \sqrt{(n_{1z}^2 - n_o \sin^2 \theta)} - n_{1z} * \sqrt{(n_{2z}^2 - n_o \sin^2 \theta)}}{n_{2z} * n_{2o} \sqrt{(n_{1z}^2 - n_o \sin^2 \theta)} + n_{1z} * n_{1o} \sqrt{(n_{2z}^2 - n_o \sin^2 \theta)}}$$

$$2) \quad r_{ss} = \frac{\sqrt{(n_{1o}^2 - n_o \sin^2 \theta)} - \sqrt{(n_{2o}^2 - n_o \sin^2 \theta)}}{\sqrt{(n_{1o}^2 - n_o \sin^2 \theta)} + \sqrt{(n_{2o}^2 - n_o \sin^2 \theta)}}$$

其中，在各向异性媒质中测量 θ 。

在单轴双折射系统中 $n_{1x}=n_{1y}=n_{1o}$ ，和 $n_{2x}=n_{2y}=n_{2o}$ 。

对于双轴双折射系统，等式 1 和 2 只对于其偏振平面与 x-z 或 y-z 平面平行的光有效，如图 2 所示。因此，对于双轴系统，对于射入 x-z 平面内的光，在等式 1 中(对于 p 偏振光) $n_{1o}=n_{1x}$ 和 $n_{2o}=n_{2x}$ ，而在等式 2 中(对于 s 偏振光)， $n_{1o}=n_{1y}$ 和 $n_{2o}=n_{2y}$ 。对于入射在 y-z 平面内的光，在等式 1 中(对于 p 偏振光) $n_{1o}=n_{1y}$ 和 $n_{2o}=n_{2y}$ ，而在等式 2 中(对于 s 偏振光) $n_{1o}=n_{1x}$ 和 $n_{2o}=n_{2x}$ 。

等式 1 和 2 示出反射率取决于在叠层中每种材料沿着 x、y(面内)和 z 方向的折射率。在各向异性材料中，所有三维折射率都相等，于是 $n_x=n_y=n_z$ 。在 n_x 、 n_y 和 n_z 之间的关系决定材料的光特性。在三维折射率之间的不同关系一般导致

三种材料：各向异性、单轴双折射和双轴双折射材料。只有当分别考虑 x 和 y 方向，等式 1 和 2 才描述只沿着 x 或 y 轴的双轴双折射情况。

单轴双折射材料是这样的材料，即其中在一个方向的折射率与在其它两个方向的折射率不同。为了目前的讨论起见，用于描述单轴双折射系统的准则是在 $n_x=n_y \neq n_z$ 的条件下的准则。 x 和 y 轴是面内轴，而且它们各自的折射率(n_x 和 n_y)被称为面内折射率。

建立单轴双折射系统的一种方法是双轴拉伸(例如，沿着两个方向拉伸)多层叠层，其中拉伸过程影响叠层中的至少一种材料的折射率(例如，折射率或增加或减小)。多层叠层双轴拉伸可能导致在其平面与两个轴平行的邻接层的折射率之间的差，结果在两个偏振平面内反射光。

单轴双折射材料可以具有正或负单轴双折射。当 z 折射率大于面内折射率($n_z > n_x$ 和 n_y)时发生正单轴双折射。当 z 折射率小于面内折射率($n_z < n_x$ 和 n_y)时发生负单轴双折射。

双轴双折射材料是这种材料，其中在三根轴中的折射率不同(例如， $n_x \neq n_y \neq n_z$)。通过沿着一个方向拉伸多层叠层，可以形成双轴双折射系统。换句话说，单轴拉伸叠层。为了讨论起见， x 方向指的是双轴双折射叠层的拉伸方向。

反射镜

为了制成反射镜，定位两个单轴拉伸偏振薄片 10，同时它们各自的取向轴旋转 90° ，或者双轴拉伸薄片 10。在后一种情况下，在薄片平面中的两种 PEN 折射率增加，而且所选的聚合物应具有尽可能低的折射率以反射两个偏振平面的光。双轴拉伸多层薄片将导致在与两个轴平行的平面中邻接层的折射率之间的差，从而导致在偏振方向的两个平面内光的反射。双轴拉伸 PEN 使与那些伸长的轴相关的折射率从 1.64 只增加到 1.75(与 1.9 的单轴值相比)。因此，较佳的是，为了制成具有 99%反射率(而且没有可察觉的彩虹色)的介电反射镜，低折射率 coPET 是所选择的优选聚合物。光建模表示具有大约 1.55 折射率是可能的。设计用来用六个重叠四分之一波叠层覆盖可见光谱的 300 层薄膜(层厚度可标准相差 5%)具有如图 18 所示的性能。更高度对称的拉伸提供相对更加对称的反射性能和相对更小的偏振性能。

如果需要的话，可在组合物中运用本发明的两个或更多个薄片，以增加反射

率、光带宽，或两者兼有。如果在薄片内的层对的光厚度基本上相等，那么组合物以更高的效率、与单个薄片基本上相同的带宽和反射率的光谱范围(即，“带”)进行反射。如果在薄片内的层对的光厚度基本上不相等，那么组合物在比单个薄片更宽的带宽内进行反射。把反射镜薄片与偏振器薄片相结合的组合物在增加总反射度方面十分有用，同时又能偏振透射的光。或者，可以非对称地双轴拉伸单个薄片以产生具有所选透射和偏振性能的薄膜。

供双轴拉伸反射镜所使用的较佳所选聚合物是以对苯二甲酸、间苯二甲酸、癸二酸、壬二酸或环己烷二羧酸为基础的，以获得最低折射率，同时保持对 PEN 层的粘附性。还可以采用少量的萘二甲酸以提高对 PEN 的粘附性。可从使用前面所提到的任何一种二醇组分。较佳的是，所选的聚合物具有小于 1.65 的折射率，而且更佳的是具有小于 1.55 的折射率。

不要求所选聚合物是共聚多酯或共聚碳酸酯。可以采用从(诸如乙烯基萘、苯乙烯、乙烯、顺丁烯二酸酐、丙烯酸酯、异丁烯酸酯等单体制成的乙烯基聚合物。除聚酯和聚碳酸酯之外的缩合聚合物也是十分有用的，例子包括：聚砜、聚酰胺、聚氨酯、polyamic acid、聚酰亚胺。萘基和卤素(诸如氯、溴和碘)有利于把所选聚合物的折射率增加到所需的水平(1.59 到 1.69)，以基本上与偏振器横轴相关的 PEN 的折射率匹配。丙烯酸酯基和氟对于减小反射镜的折射率方面特别有用。

现在讨论单轴双折射系统的光性能和设计根据。如上所述，单轴双折射材料的一般条件是 $n_x=n_y \neq n_z$ 。于是，如果在图 2 中的 102 和 104 每一层是单轴双折射，那么 $n_{1x}=n_{1y}$ 和 $n_{2x}=n_{2y}$ 。为了说明起见，假设层 102 具有比层 104 大的面内折射率，且于是沿着 x 和 y 两个方向 $n_1 > n_2$ 。通过改变 n_{1z} 和 n_{2z} 的值以引入不同水平的正或负双折射，可以调节单轴双折射多层系统的光学性质。可以直接测量在不同折射率之间的关系，或者通过对于所得薄膜的光谱进行上述分析，可以间接地观察到它们之间的一般关系。

在反射镜的情况下，对于每个偏振和入射平面光的所需平均透射率一般取决于对于反射镜的预计用途。对于在可见光谱中跨 100nm 带宽内的窄带反射镜，理想的是，在正入射处沿着每个拉伸方向的平均透射率小于 30%，较好的是小于 20%，最好小于 10%。例如，对于部分反射镜，在正入射处沿着每个拉伸方向理想平均透射率的范围从 10%到 50%之间，而且可以覆盖的带宽范围从 100nm 到

450nm 之间, 这取决于具体应用。对于在可见光谱(400-700nm)内的高效反射镜, 理想的是, 在正入射处沿着每个拉伸方向的平均透射率小于 10%, 较佳的是小于 5%, 最好是小于 2%, 甚至小于 1%。此外, 对于某种应用, 非对称反射镜可能是较理想的。在那种情况下, 理想的是, 在可见光谱的 400-700nm 带宽内, 或者在可见光谱和进入近红外线区域内(例如, 带宽为 400-850nm), 沿着一个拉伸方向的平均透射率小于大约 50%, 而沿着其它拉伸方向的平均透射率小于大约 20%。

可将上述等式 1 用于决定在由两层(诸如, 如图 2 所示的那两层)构成的单轴双折射系统中单个界面的反射率。对于 s 偏振光, 等式 2 与在各向异性薄膜情况下的等式 2 等同, 因此只需检查等式 1。为了说明起见, 赋予薄膜折射率一些特定值(虽然一般)。令 $n_{1x}=n_{1y}=1.75$, n_{1z} =可变, $n_{2x}=n_{2y}=1.50$, n_{2z} =可变。为了显示在这个系统中的各种可能的 Brewster 角, 对于周围的各向异性媒质, $n_o=1.60$ 。

图 23 示出在 n_{1z} 数值上大于或等于 n_{2z} ($n_{1z} \geq n_{2z}$)的情况下, 对于从各向异性媒质入射到双折射层的 p 偏振光的反射率-入射角曲线图。图 23 所示的是下列 z 折射率值的曲线: a) $n_{1z}=1.75$, $n_{2z}=1.50$; b) $n_{1z}=1.75$, $n_{2z}=1.57$; c) $n_{1z}=1.70$, $n_{2z}=1.60$; d) $n_{1z}=1.65$, $n_{2z}=1.60$; e) $n_{1z}=1.61$, $n_{2z}=1.60$; 和 f) $n_{1z}=1.60=n_{2z}$ 。当 n_{1z} 接近于 n_{2z} 时, Brewster 角(此处, 反射率趋于零)增加。曲线 a-e 是强烈依赖于入射角的。然而, 当 $n_{1z}=n_{2z}$ (曲线 f)时, 反射率不再依赖于入射角。换句话说, 对于所有入射角, 曲线 f 的反射率为恒定值。在这点上, 等式 1 化为与入射角无关形式: $(n_{2o}-n_{1o})/(n_{2o}+n_{1o})$ 。当 $n_{1z}=n_{2z}$ 时, 不存在 Brewster 效应, 而且对于所有入射角, 反射率都恒定。

图 24 示出在 n_{1z} 数值上小于或等于 n_{2z} 的情况下反射率-入射角的曲线。光从各向异性媒质入射到双折射层。对于这种情况, 反射率随着入射角单调递增。图 24 中的曲线示出 s 偏振光的单个情况。曲线 b-e 以下列顺序示出不同 n_z 值的 p 偏振光的情况: b) $n_{1z}=1.50$, $n_{2z}=1.60$; c) $n_{1z}=1.55$, $n_{2z}=1.60$; d) $n_{1z}=1.59$, $n_{2z}=1.60$; 和 e) $n_{1z}=1.60=n_{2z}$ 。再次, 当 $n_{1z}=n_{2z}$ (曲线 e)时, 不存在 Brewster 效应, 而且对于所有入射角, 反射率都恒定。

图 25 示出与图 23 和 24 相同的情况, 除了入射媒质的折射率 $n_o=1.0$ (空气)。图 25 的曲线是关于在正单轴材料(折射率 $n_{2x}=n_{2y}=1.50$, $n_{2z}=1.60$) 和负单轴双折

射材料(其中 $n_{lx}=n_{ly}=1.75$, 而 n_{lz} 的值从上到下依次为: 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 的单个界面处的 p 偏振光。再次, 如图 23 和 24 所示, 当 n_{lz} 和 n_{2z} 的值匹配时(曲线 d), 反射率不依赖于入射角。

图 23、24 和 25 示出当一个薄膜的 z 轴折射率等于另一个薄膜的 z 轴折射率时, 发生从一种性能到另一种性能的跨越。这对于负和正单轴双折射和各向异性材料的几种组合都成立。发生了其它情况, 其中 Brewster 角变成较大角或较小角。

图 26、27 和 28 示出在面内折射率和 z 轴折射率之间的各种可能的关系。垂直轴表示折射率的相关值, 而水平轴用于区分各种条件。每个图从左面两个各向异性薄膜(其中 z 轴折射率等于面内折射率)开始。当向右移动时, 面内折射率保持恒定, 而表示相关量的正或负双折射的各种 z 轴折射率增加或减小。

图 26 示出参照图 23、24 和 25 所述的情况。材料 1 的面内折射率大于材料 2 的面内折射率、材料 1 具有负双折射(n_{lz} 小于面内折射率)、和材料 2 具有正双折射(n_{2z} 大于面内折射率)。Brewster 角消失而且对于所有入射角反射率恒定的那一点是两个 z 轴折射率相等的那一点。该点与图 23 的曲线 f、图 24 的曲线 e 或图 25 的曲线 d 相对应,

在图 27 中, 材料 1 具有比材料 2 高的面内折射率, 但是材料 1 具有正双折射而材料 2 具有负双折射。在这种情况下, Brewster 角的最小值只能移向较低的角值。

图 26 和 27 对于两个薄膜中的一个各向异性的限制情况是有效的。两种情况是材料 1 是各向异性的, 而材料 2 具有正双折射, 或者材料 2 是各向异性的而材料 1 具有负双折射。不存在 Brewster 效应的点是双折射材料的 z 轴折射率等于各向异性薄膜的折射率的那一点。

另一种情况是两个薄膜是同一类型的, 即, 两个负双折射或两个正双折射。图 28 示出两个薄膜具有负双折射的情况。然而, 应理解, 两个正双折射层的情况类似于两个负双折射层的情况。如前所述, 只有当一个薄膜的 z 轴折射率等于或超过另一个薄膜的折射率时, Brewster 最小值才被消除。

还有一种情况, 其中两种材料的面内折射率相等, 但 z 轴折射率不同。在这种情况下(它是如图 26-28 所示的所有情况的子集), 对于任何入射角的 p 偏振光不发生反射, 而且 p 偏振光的反射率随着入射角的增加而单调递增。这种产品具有随着入射角的增加而递增的 p 偏振光的反射率, 而 s 偏振光可穿透它。

可运用描述单轴双折射系统性能的上述原理和设计根据来制成对于各种环境 and 应用具有所需光效应的多层叠层。可以巧妙地处理和调整在多层叠层中各层的折射率以制成具有所需光性能的装置。可以产生具有各种面内和 z 轴折射率的许多正、负单轴双折射，而且运用这里所述的原理可以设计并制造许多有用的装置。

偏振器

本发明的反射偏振器在光学元件(诸如，验眼透镜、反射镜和窗)中十分有用。偏振器的特性在于类似反射镜的外观(认为外观类似太阳镜是很时髦的)。此外，PEN 是良好的紫外线滤波器，它有效地吸收紫外线直至可见光谱的边缘。作为红外线薄片偏振器，本发明的反射偏振器是十分有用的。

对于偏振器，最好通过沿着单个方向拉伸来给薄片取向，而且 PEN 层的折射率，在偏振平面与取向的方向及横向的方向平行时，在入射光线之间显示很大的差异。对于其偏振平面与面内轴(与薄膜表面平行的轴)平行的平面偏振入射光，与该轴相关的折射率是有效折射率。取向方向意指薄膜在被拉伸时的方向。横向方向意指在薄膜平面内与薄膜的取向方向正交的方向。

对于偏振器，PEN/所选聚合物层至少具有一根这样的轴，即，与该轴相关的折射率基本上相等。对与该轴(它一般是横轴)相关折射率的匹配，可导致在那个偏振平面内没有光反射。所选聚合物层还可显示与拉伸方向相关的折射率的减小。所选聚合物的负双折射有利于增加与取向轴相关的邻接层折射率之间的差，而其偏振平面与横向方向平行的反射光仍然是可忽略的。在拉伸之后，邻接层的与横轴相关的折射率之间的差应小于 0.05，而且最好是小于 0.02。另一种可能性是所选聚合物显示由拉伸引起的一些正双折射，但可以在热处理中使其松弛以与 PEN 层的横轴的折射率匹配。热处理的温度不应高到使在 PEN 层中的双折射松弛的程度。

用于本发明的偏振器的较佳所选聚合物是萘二甲酸或它的酯(诸如，萘二甲酸二甲酯，从 20 摩尔百分比到 80 摩尔百分比的范围内)和间苯二甲酸或对苯二甲酸或它们的酯(诸如对苯二甲酸二甲酯，从 20 摩尔百分比到 80 摩尔百分比的范围内)与乙二醇反应后的反应产物的共聚多酯。在本发明范围内的其它共聚多酯具有上述性能并具有与横轴相关的大约 1.59 到 1.69 的折射率。当然，共聚多酯必须是

可与 PEN 复合挤压的。其它适当的共聚多酯是以间苯二甲酸、壬二酸、己二酸、癸二酸、联苯甲酸、对苯二甲酸、2,7-萘二甲酸、2,6-萘二甲酸或环己烷二羧酸为基础的。在共聚多酯中其它适当的变化包括二乙醇、丙二醇、丁二醇、新戊二醇、聚乙二醇、1,4-丁二醇、二甘醇、环己烷二甲醇、4-羟基联苯酚、丙二醇、双酚 A、和 1,8-二羟基联苯、或 1,3-双(2-羟乙氧基)苯作为二醇反应物。在制备有用的共聚多酯中，引入单体的折射率的平均值乃是一种好的指导思想。此外，作为在本发明中所选的聚合物，共聚碳酸酯是十分有用的，它具有与 PEN 的玻璃化温度相容的玻璃化温度，而且具有与横轴相关的折射率(大约 1.59 到 1.69)。通过在挤压系统中两个或更多个聚合物的酯交换作用而形成，共聚多酯或共聚碳酸酯是通向所选的有前途的聚合物的另一条可行的途径。

参照图 2，现描述两个分量直交双折射系统和影响所得光性能的设计根据。此外，系统可以具有许多层，但是通过检查在一个界面处的光性能，可以理解叠层的光性能。

可将双轴双折射系统设计成对于其偏振平面与一根轴平行并具有极广范围入射角的光能给出高反射率，而同时对于其偏振平面与另一根轴平行并具有极广范围入射角的光具有低反射率和高透射率。结果，双轴双折射系统作为偏振器，它透射一个偏振的光并反射另一个偏振的光。通过控制每个薄膜的三维折射率， n_x 、 n_y 和 n_z ，可获得所需的光性能。此外，可以直接测量折射率，或通过对于所得薄膜的光谱进行分析可以间接观察折射率。

再参照图 2，为了说明起见，赋予薄膜折射率以下列值： $n_{1x}=1.88$ ， $n_{1y}=1.64$ ， $n_{1z}=\text{可变}$ ， $n_{2x}=1.65$ ， $n_{2y}=\text{可变}$ ，和 $n_{2z}=\text{可变}$ 。x 方向被称为衰减方向，而 y 方向被称为透射方向。

在两种重要的情况下(其中，光的入射平面或者沿着拉伸方向(xz 平面)或者沿着非拉伸(yz 平面)方向)，可将等式 1 用于示出双轴双折射系统的角度性能。偏振器是沿着一个偏振方向的反射镜和沿着另一个方向的窗。在沿着拉伸方向，在具有几百层的多层叠层中 $1.88-1.65=0.23$ 的较大折射率差异为 s 偏振光提供较高反射率。对于 p 偏振光，在各个角度下的反射比依赖于 n_{1z}/n_{2z} 的折射率差异。

在许多应用中，对于所有入射角，理想的反射偏振器具有沿着一根轴(所谓的衰减轴)的较高反射比和沿着另一根轴(所谓的透射轴)的零反射比。对于偏振器的透射轴，一般理想的是，使在所关心的带宽内及所关心的入射角范围内，沿着

透射轴方向偏振的光的反射率最大。对于在 100nm 带宽内的窄带偏振器，理想的是，在正入射处的平均透射率至少为 50%，较佳的是至少 70%，而更佳的是至少 90%。对于在 100nm 带宽内的窄带偏振器，理想的是，对于偏离法线 60 度的 p 偏振光(沿着透射轴测量)的平均透射率至少 50%，较佳的是至少 70%，而更佳的是至少 80%。

对于在透射轴中的在可见光谱(400-700nm，带宽为 300nm)内的偏振器，理想的是，在正入射处的平均透射率至少为 70%，更佳的是至少 85%，最佳的是至少 90%。对于在 400-700nm 带宽内的偏振器，理想的是，偏离法线 60 度(沿着透射轴测量)的平均透射率至少为 50%，较佳的是至少 70%，更佳的是至少 80%，最佳的是至少 90%。

对于某一种应用，较佳的是，在离位角处的透射轴中有高反射率。在偏离法线至少 20 度处，沿着透射轴偏振的光的平均反射率应大于 20%。

如果沿着透射轴发生一些反射率，就会减小在离位角处的偏振器的效率。如果对于不同波长而言沿着透射轴的反射率不同，那么可将颜色引入经透射的光。测量颜色的一种方法是确定在所选的角度或超过所关心的波长范围的角度处透射比的均方根(RMS)值。%RMS 颜色， C_{RMS} ，可根据下式确定：

$$C_{RMS} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} ((T - \bar{T})^2)^{1/2} d\lambda}{\bar{T}}$$

其中， λ_1 到 λ_2 的范围是所关心的波长范围，或所关心的带宽， T 是沿着透射轴的透射比，而 $\bar{T}$ 是在所关心的波长范围内沿着透射轴的平均透射比。

对于值得用低色偏振器的应用场合，在偏离法线至少 30 度的入射角(较佳的是至少 45 度，最佳的是至少偏离法线 60 度)，%RMS 颜色应小于 10%，较佳的是小于 8%，更佳的是小于 3.5%，最佳的是小于 2.1%。

较佳的是，反射偏振器在所关心的带宽内，把用于具体应用的沿着透射轴的所需 %RMS 颜色与沿着衰减轴的所需数量的反射率相结合。例如，对于具有大约 100nm 带宽的窄带偏振器，理想的是，在正入射处沿着衰减轴的平均反射率小于 50%，较佳的是小于 30%，更佳的是小于 10%，最佳的是小于 3%。对于具有在

可见光谱中的带宽(400-700nm, 或 300nm 带宽)的偏振器, 理想的是, 在正入射处沿着衰减轴的平均反射率小于 40%, 更为理想的是小于 25 %, 较佳的是小于 15 %, 更佳的是小于 5 %, 最佳的是小于 3%。

即使面内 y 折射率互相匹配, 但对于其偏振平面与透射轴平行的光, 可由较大 z 折射率误匹配引起在离位角处的反射率。于是, 产生的系统对于 p 偏振光具有较大反射率, 而且 s 偏振光可穿透它。在上面对于反射镜情况的分析中, 把这种情况称为“ p 偏振器”。

对于单轴拉伸偏振器, 性能取决于三个方向(x 、 y 和 z)的交替层折射率之间的关系。如上所述, 理想的是, 对于高效偏振器, 理想的是, 使 y 和 z 折射率差异最小。引入 y 折射率误匹配可补偿 z 折射率误匹配。无论有意添加还是自然发生, 任何折射率误匹配都会引起一些反射率。于是, 重要的因素是使 x 折射率差异大于 y 和 z 折射率差异。由于反射率作为沿着拉伸和非拉伸方向的折射率差异的函数而迅速增加, 应使 $\Delta n_y/\Delta n_x$ 之比和 $\Delta n_z/\Delta n_x$ 之比最小以获得沿着一根轴具有高度衰减并有所关心带宽和极广入射角范围的偏振器, 同时保持沿着直交轴的较高反射率。小于 0.05、0.1 或 0.25 的比率都是可接受的。理想的是, $\Delta n_z/\Delta n_x$ 之比为零, 但是小于 0.25 或 0.5 的比率也产生可利用的偏振器。

图 29 示出对于其入射平面沿着非拉伸方向的 p 偏振光及对于 800 个多层叠层的 PEN/coPEN 的在 75° 处的反射率(由 $-\text{Log}[1-R]$ 表示)。在可见光谱 (400-700nm) 内的反射率是波长的函数。550nm 的曲线 a 的相关折射率是 $n_{1y}=1.64$, $n_{1z}=1.52$, $n_{2y}=1.64$ 和 $n_{2z}=1.63$ 。模型叠层设计是对于四分之一波对的线性厚度坡度, 其中每对厚度赋予 $dn=do+do(0.003)n$ 。所有层都分配有随机厚度误差(高斯分布和 5%标准偏差)。

曲线 a 示出沿着透射轴(y 轴)的在可见光谱内的高离轴反射率, 并示出不同的波长具有不同的反射率级。这是因为较大的 z 轴误匹配($\Delta n_z=0.11$)。由于光谱对于层厚度误差和空间非均匀性十分敏感(诸如, 薄膜测径器), 所以这赋予双轴双折射系统以非常不均匀和“彩色的”外观。虽然对于某种应用而言高程度的颜色是十分理想的, 但理想的是, 控制离轴颜色的程度, 而且对于那些要求一致、低颜色外观的应用(诸如, 液晶显示器或其它类型的显示器)应使所述离轴颜色程度最小。

通过把折射率误匹配引入产生 Brewster 条件离轴的非拉伸面内折射率(n_{1y}

和 n_{2y}), 可使离轴反射率和离轴颜色最小, 同时把 s 偏振反射率保持在最小值。

图 30 示出引入 y 轴误匹配以减小沿着双轴双折射系统的透射轴的离轴反射率的效果。当 $n_{1z}=1.52$ 和 $n_{2z}=1.63(\Delta n_z=0.11)$, 对于 p 偏振光设有下列条件: a) $n_{1y}=n_{2y}=1.64$; b) $n_{1y}=1.64, n_{2y}=1.62$; c) $n_{1y}=1.64, n_{2y}=1.66$ 。曲线 a 示出其中面内折射率 n_{1y} 等于 n_{2y} 的反射比。曲线 a 在 0° 有一极小反射比, 但在 20° 后陡升。对于曲线 b, $n_{1y}>n_{2y}$, 而且反射率迅速增加。曲线 c(其中 $n_{1y}<n_{2y}$) 在 38° 处具有最小的反射比, 但是此后便急剧上升。对于 s 偏振光, 对于 $n_{1y}\neq n_{2y}$ 也发生显著的反射, 如曲线 d 所示。图 30 的曲线 a-d 表示, 要存在 Brewster 最小值, y 轴误匹配($n_{1y}-n_{2y}$)的符合应与 z 轴误匹配($n_{1z}-n_{2z}$)的符合相同。对于 $n_{1y} = n_{2y}$ 的情况, 对于所有人射角 s 偏振光的反射率都为零。

通过减小在层之间的 z 轴折射率差, 可以大大减小离轴反射率。如果 n_{1z} 与 n_{2z} 相等, 那么图 25 表示, 当处于正入射时衰减轴仍然具有较高反射率偏离角, 而且由于使两种折射率匹配(即, $n_{1y}=n_{2y}$ 和 $n_{1z}=n_{2z}$), 所以对于任何入射角沿着非拉伸轴不发生反射。

在某些多层系统中, 两个 y 折射率和两个 z 折射率的精确匹配是不可能的。如果在偏振器结构中 z 轴折射率不匹配, 那么对于面内折射率 n_{1y} 和 n_{2y} 引入轻微的误匹配是十分理想的。通过把附加成分混入一种或两种材料层中以增加或减小各自的 y 折射率, 可以做到这些。可以把第二树脂混入形成高度双折射层的聚合物或混入形成所选聚合物层的聚合物, 以减缓在法角和离位角处沿着透射轴的反射, 或减缓偏振器对于在衰减轴偏振的光的衰减。第二, 经混合的树脂通过在取向后改善结晶度和聚合物层的折射率, 可以实现上述过程。

图 31 示出另一个实例, 假设 $n_{1z}=1.56$ 和 $n_{2z}=1.60(\Delta n_z=0.04)$, y 折射率为 a) $n_{1y}=1.64, n_{2y}=1.65$; b) $n_{1y}=1.64, n_{2y}=1.63$ 。曲线 c 代表两种情况中任何一种情况下的 s 偏振光。曲线 a(其中, y 折射率误匹配的符合与 z 折射率误匹配的相同)导致最低的偏离角反射率。

图 29 曲线 b 示出在图 31 曲线 a 的条件下, 在 75° 入射角处 800 层薄膜叠层的经计算的偏离角反射比。在曲线 b 所示的条件下, 把曲线 b 与图 29 的曲线 a 作比较可见, 存在更少的离轴反射率, 因而有更低的可见颜色及更佳的一致性。在 550nm 处曲线 b 的相关折射率是 $n_{1y}=1.64, n_{1z}=1.56, n_{2y}=1.65$ 和 $n_{2z}=1.60$ 。

图 32 示出等式 1 的等值线, 它归纳参照图 2 所讨论的 p 偏振光的离轴反射

率。把包括在非拉伸方向中的四个独立折射率减少到两个折射率误匹配, Δn_z 和 Δn_y 。该曲线是 6 根曲线(分别在从 0° 到 75° , 以 15° 度递增的各个入射角处)的平均曲线。反射率范围从 0.4×10^{-4} (对于等值线 a)到 4.0×10^{-4} (对于等值线 j)(以 0.4×10^{-4} 的恒定增量)。这些曲线表示由沿着另一根轴的误匹配可以使由沿着一根光轴的折射率误匹配引起的反射率偏移多高。

然后, 通过减小在双轴拉伸系统的层之间的 z 轴误匹配, 和/或通过引入 y 轴误匹配以产生 Brewster 效应, 沿着多层反射偏振器的透射轴可以使离轴反射率和离轴颜色最小。

应注意, 运用这里所述的原理, 还可以设计在较窄的波长范围内运作的窄带偏振器。例如, 还可将这些用于制作在红、绿、青、红紫、或黄色带内的偏振器。

理想的反射偏振器应透射一个偏振的所有光, 并反射另一个偏振的所有光。除非在两侧用清晰的光粘合剂将两面层叠在玻璃或另一个薄膜上, 否则在空气/反射偏振器界面处的表面反射减小所需偏振光的透射率。于是, 在某些情况下, 它有利于把减反射(AR)涂层加在反射偏振器上。最好把 AR 涂层设计成对于在空气中的 PEN 基偏振器使薄膜的反射率(1.64)减小, 因为那是沿着非拉伸(y)方向的所有的层的反射率。因为拉伸方向的交替折射率叠层具有非常高的反射系数, 而与有无表面反射无关, 所以相同的涂层对于拉伸方向没有本质作用。可以采用在现有技术中已知的任何 AR 涂层, 如果它不使被覆盖的多层薄膜过热或损坏的话。示例涂层是低折射率材料的四分之一波长厚的涂层, 理想的是, 它具有接近于 1.64 的平方根(对于 PEN 基材料)的折射率。

透明导体

把上述多层聚合物薄膜与透明导体相结合, 以提供具有比多层聚合物薄膜或单个透明导体更宽的反射率的透明多层装置。特别是, 多层聚合物薄膜提供非常接近于红外线的反射(从大约 750nm 直到 2500nm), 但其高于 2500nm 的反射率急剧下降。另一方面, 透明导体提供远红外线的反射(高于 2500nm), 而在 750nm 到 2500nm 区域中, 透明导体在光谱的红外线区域附近的反射率一般不如多层聚合物薄膜的反射率。可以设计或“调谐”本发明的透明多层装置, 以提供所需的红外线反射, 同时保持透射足够的光而呈透明。

在本发明中十分有用的透明导体是反射在光谱的远红外线区域中光的导

体,特别是,它包括那些对于来自可见光(在大约 380nm 和大约 750nm 之间)的有效地划分出的红外线光(高于 750nm)有效的导体。换句话说,透明导体通过在波长区域中(人的眼睛对其十分敏感)的光,同时排斥红外线区域的光。由于需要两种高可见光透射率和低近红外线透射率,所以反射边沿必须高于 750nm(这在人眼睛的敏感范围之外)。适当的透明导体是导电材料,它在远红外线光谱中进行反射,而且包括金属、合金和半导体金属氧化物材料。较佳的金属包括银、金、铜和铝。可用其它金属(诸如,镍、钠、铬、锡和钛),但通常它们在从可见光中划分出红外线方面并不那样有效。由于银可以非常薄的薄膜形式加以采用,而且在光学上,它在整个可见光区域中都具有相对较高透射比,同时拥有反射比可见光波长更长的光的能力,所以银最佳。较佳的半导体金属氧化物包括掺杂和不掺杂的二氧化锡(SnO_2)、氧化锌(ZnO)和铟锡氧化物(ITO),其中后者最佳。较佳的合金包括银合金、不锈钢、和铬镍铁合金。由于上述原因,银合金(特别是那些包括至少 30wt.%银的银合金)也是最佳的,但是它具有附加优点,即,改进的耐久性诸如,除了银之外还包括小于 50wt.%金和/或至少 20wt.%铜的银合金。透明导体还包括单个金属层或多个层,每一层还包括一种或多种金属、合金和金属氧化物。

以所得的多层装置是透明的为条件,用熟悉该技术的普通人员所熟知的传统的涂层技术,可以把透明导体施于多层聚合物。那些已知的处理包括高温分解、粉末涂层、汽相淀积、阴极溅射、离子镀等。由于可以获得的结构和厚度的一致性,所以通常阴极溅射和汽相淀积是较佳的。另一方面,透明导体可以是分开的金属化的聚合物或玻璃薄片,它用适当的粘合剂(最好是热融粘合剂(诸如 VITEL 3300 粘合剂,购自 Shell Chemical Company, 4040Embassy Parkway、Akron、Ohio44333),或者压敏粘合剂(诸如,来自 3M Company, St. Paul,MN 55144 的 90、10 IOA/AA 和 95/5 IOA/丙烯酸胺丙烯酸型 PSAs)层叠在多层聚合物薄膜上。

可以选择透明导体的厚度(将它用于多层聚合物薄膜以形成本发明的透明多层装置)以提供所需的反射率。总之,金属层越薄,透射可见光谱中的光越多。然而,由于当金属层的厚度减小时它的导电性也减小,所以当金属层的厚度减小时在远红外线光谱中反射的光量也减小。相应地,通过调节任何具体金属、合金或半导体金属氧化物的金属层的厚度,透明导体可以平衡对于在可见光谱中光的透射和对于在远红外线光谱中光的反射。此外,通过测量金属层的导电性可以监测

淀积在多层聚合物薄膜上的金属层的厚度。

在本发明中用作透明导体的金属和合金所具有的导电性范围大约在 0.02mhos/sq.到大约 1.0mhos/sq.之间,最好是在大约 0.05mhos/sq.到 1.0mhos/sq.之间,可使用的厚度范围从大约 10nm 到大约 40nm,最好是大约从 12nm 到 30nm。较佳的半导体金属氧化层具有的导电性范围大约在 0.0001mhos/sq.到大约 0.1mhos/sq.之间,最好是在大约 0.001mhos/sq.到大约 0.1mhos/sq.之间,可使用的厚度范围从大约 20nm 到大约 200nm,最好从大约 80nm 到大约 120nm。当透明导体是层叠在多层聚合物薄膜上的金属化聚合物或玻璃片时,在该片上的金属或合金涂层的厚度最好从大约 10nm 到大约 40nm,而在该片上的金属氧化物涂层的厚度最好从大约 20nm 到大约 200nm。

虽然薄形透明导体(诸如银)可以足够薄以具有高度可见透射率,但是与由本发明中用到的多层聚合物薄膜可获得的在近红外线区域中的反射率相比,它们在近红外线区域中的反射率并不理想。相反,上述多层聚合物薄膜在近红外线区域中具有高度的可见光透射率和相对较好的反射性,而在远红外线区域中的反射率相对较低至很差。多层聚合物薄膜一般也能提供比透明导体更加剧烈的在可见光和红外线光之间的跃迁。然后,多层聚合物薄膜与透明导体相结合以形成本发明的透明多层装置提供了在整个红外线区域中更佳的反射率,同时透射可见光。此外,可将抗反射涂层(那些熟悉该技术的人员所熟知的)覆盖在透明导体上以增加可见光的透射率。例如,这包括抗反射涂层(它包括金属、绝缘材料、金属叠层,其中控制各层的厚度以提供所需的可见透射率。然而,本发明并不需要这种抗反射涂层来获得在可见光谱中光的所需透射率。

然而,由于如那些熟悉该技术的人员所知的那样,超过大约 1000nm 光谱的泛音和第三级效果会增加在可见光谱中的反射,所以在红外线区域中的这种反射率的带宽也依赖于在可见范围内所需的透射率级。充分避免对于可见光透射率的不良影响的一种方法是如上所述控制在多层聚合物薄膜中单层的厚度以把在近红外线光谱中的反射带限制在预先选择的范围内(诸如,在 750nm 和大约 1000nm 之间),其中太阳光谱比远红外线光谱更加强烈。在这个实例中,保持了在可见光谱中所需的透射率,而透明导体和多层聚合物薄膜的结合物则反射所需光量,其中多层薄膜控制着在近红外线光谱(从大约 750nm 到大约 1000nm)中的反射,而透明导体控制着在红外线光谱(大于大约 1000nm)中的反射。在现有技术中已知有

获得这种效果的另一种方法,例如,参见 Alfred Thelen,“具有宽透射比带的多层滤波器” J.Opt.Soc.Am.53(11),1963,p.1266,和 Philip Baumeister,“具有受遏更高级反射峰值的多层反射” 应用光学, 31(10),1992,p.1568。

本发明的透明多层装置大半是无色的,并具有适当的色度系数。色度系数是与简单的玻璃板相比的进入窗的太阳能的量,而且可如下面实施例 10 中所要描述的那样测量它。特别是,当多层聚合薄膜与透明银涂层结合时,它的色度系数比覆盖在 PET 衬底上的银涂层的色度系数低。虽然与银涂层结合的多层聚合物薄膜的外观和可见透射率与覆盖在 PET 薄膜上的银涂层的类似,但是本发明透明多层装置的经增加的红外线反射既减低透射率又增加太阳反射,从而导致与银覆盖的 PET 薄膜有关的更低的色度系数。本发明的透明多层装置最好具有小于 0.5 的色度系数。

图 14 示出与具有 13nm 厚度的模拟银薄膜以及与不具有透明导体的模拟多层聚合物薄膜相比,本发明的模拟透明多层装置的预测光性能。模拟多层聚合物薄膜(单个薄膜和与银薄膜结合的薄膜)包括 PET 和 Ecdel 的 603 个交替层,其中 201 层的四分之一波光厚度为 800nm, 201 层的为 875nm, 而 201 层的为 950nm。如图 14 所示,在大约 750nm 和大约 1050nm 之间,这种多层聚合物薄膜提供近 100%反射率,而大于约 1050nm,银层单独可提供所需的反射率。此外,这种透明多层装置具有大约 0.36 的色度系数,比起单个银金属层(0.45)或单个多层聚合物薄膜(0.72)的色度系数来,这是一个很大的进步。

通过把透射的光限制在可见波长内并阻止红外线区域内的光,本发明的透明多层装置有助于减小在夏季所需的冷却和在冬季所需的加热。因此,通过把这种装置直接加在玻璃的表面或塑料衬底上(诸如,在建筑物中的外部窗户或汽车、卡车或飞机中的窗),便可运用这种装置。这对于层叠玻璃和塑料物也是适合的,其中至少把一个透明多层装置插在玻璃对或塑料板之间。对于熟悉该技术的一般人员,其它的用途也是显而易见的,其中需要防止红外线辐射,同时仍然获得在光谱的可见区域中光的充足的透明度,诸如,在冷却的显示箱中把本发明的透明多层装置施于门的窗户上。

当把本发明的透明多层装置施于房屋或汽车的窗户上以反射太阳热量(诸如在夏季),最好是透明导体紧挨着窗的内表面,而且多层聚合物薄膜面对房屋或汽车的内部。如现有技术已知的,可用抗磨损涂层覆盖多层聚合物薄膜的外表面,

同时用层压粘合剂(例如, 在 Shell Chemical Company in Akron, Ohio 中有售的 VITEL3300 热熔粘合剂)或压敏粘合剂(诸如, 来自 3M Company, St. Paul, MN 的 90/10 IOA/AA 或 95/5 IOA/丙烯酸胺丙烯酸型 PSAs)可将减小可见光反射的彩色薄膜施于透明导体的外表面上。当希望在寒冷的季节中, 把辐射热从房间的后面反射到房间内, 最好把透明导体放在面对房间或汽车里面的位置, 而且最好用聚烯烃薄膜(诸如, 例如, 聚丙烯薄膜)覆盖它, 以保持远红外线区域中的反射比。那些熟悉该技术的人员熟知这种结构。如果把本发明的透明多层装置放在这种窗户的外部, 就要考虑装置的耐久性。因此, 可把保护性的 UV 稳定的聚酯或丙烯酸型薄膜层直接层叠在透明导体上以避免金属层暴露在环境中。

本发明的透明多层装置具有理想的光性能, 其中它们反射在光谱的红外线区域中的所需光量, 同时透射在透明光谱的可见区域中的足够的光。然而, 它们控制通过装置的太阳能量, 而不大大减小人可感受到的光强度。最好的是, 通过装置可至少透射在光谱的可见区域中的大约 20% 到大约 80% 的光, 而至少反射在红外线区域中的大约 30% 的光, 更佳的是至少反射 80% 的光, 最好的是至少反射在红外线区域中的 95% 的光。

为了更完整更清楚地描述本发明, 从而使熟悉该技术的人员能够更好地理解如何实践本发明, 用下列实施例的方法描述本发明。在实施例中, 由于光吸收是忽略不计的, 反射等于 1 减去透射率($R=1-T$)。实施例用于说明本发明, 而不是以任何方式限制所揭示的发明权利要求书。

实施例 1(PET:Ecdel,601,反射镜)

通过复合挤压法, 在连序的平面薄膜制造流水线上制得包括 601 层的复合挤压薄膜。由一个挤压机以每小时 75 磅的速率传输具有特性粘度为 0.6dl/g(60 wt.% 苯酚/40wt.% 对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET), 而由另一个挤压机以每小时 65 磅的速率传输热塑料高弹体(购自 Eastman Chemical, 商品名为 “Ecdel 9966”)。PET 是在表面层上。用送料机构(feedblock)方法(诸如, 在美国专利第 3,801,429 号中所述)来生成 151 层, 后者通过两个倍增器而产生 601 层的压出物。美国专利第 3,565,985 号示例描述了复合挤压倍增器。将网膜沿长度方向定向至拉引比达到约 3.6, 而网膜的温度大约是 210°F。随后, 大约在 50 秒内把薄膜预热到大约 235 °F, 并沿着横向方向以大约每秒 6% 的速率使其拉引比接近约 4.0。

然后，在设定于 400 °F 的热炉中松弛薄膜的最大宽度的 5%。成品薄膜的厚度是 2.5mil。

所产生的网膜在空气那侧的质地很粗糙，并提供如图 3 所示的透射率。沿着非拉伸方向以 60° 入射角偏振的 p 偏振光的 % 透射率(曲线 b)与在正入射处的值(曲线 a)相似(有波长偏移)。

为了比较起见，由 Mearl Corporation 制造的据推测系由相关的各向异性材料制成的薄膜(见图 4)示出 p 偏振光在 60° 入射角处反射率的显著损耗(曲线 b，与正入射的曲线 a 相比)。

实施例 2(PET:Ecdel,151,反射镜)

通过复合挤压法，在连序的平面薄膜制造流水线上制得包括 151 层的复合挤压薄膜。由一个挤压机以每小时 75 磅的速率传输具有特性粘度为 0.6dl/g(60 wt 苯酚/40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)，而由另一个挤压机以每小时 65 磅的速率传输热塑料高弹体(购自 Eastman Chemical，商品名为“Ecdel 9966”)。PET 是在表面层上。用送料机构方法生成 151 层。将网膜沿长度方向定向至拉引比达到约 3.6，而网膜的温度大约是 210°F。随后，大约在 12 秒内把薄膜预热到大约 215°F，并沿着横向方向以大约每秒 25% 的速率使其拉引比接近于大约 4.0。然后，在大约 6 秒内，在设定为 400 °F 的热炉中松弛薄膜的最大宽度的 5%。成品薄膜的厚度是 0.6mil。

图 5 示出这种薄膜的透射率。通过波长偏移，沿着非拉伸方向以 60° 入射角偏振的 p 偏振光的 % 透射率(曲线 b)与在正入射处的值(曲线 a)相似。在相同的挤压条件下，放慢网膜速度以形成厚度大约为 0.8mil 的红外线反射薄膜。图 6 示出透射率(在正入射处的曲线 a，在 60 度入射角处的曲线 b)。

实施例 3(PEN:Ecdel,225,反射镜)

在一个操作中通过挤压铸网膜，形成包括 225 层的复合挤压薄膜，随后在实验室薄膜拉伸装置中使薄膜取向。由一个挤压机以每小时 18 磅的速率传输具有特性粘度为 0.5dl/g(60 wt.%苯酚/40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)，而由另一个挤压机以每小时 17 磅的速率传输热塑料高弹体(购自 Eastman Chemical，商品名为“Ecdel 9966”)。PET 是在表面层上。用送料机构方法来生

成 57 层, 后者通过两个倍增器而产生 225 层压出物。网膜的厚度为 12mil, 宽度为 12 英寸。随后, 运用实验室拉伸装置(它运用缩放仪抓住薄膜的正方形部分, 同时沿着两种方向以一致的速度拉伸它)双轴取向网膜。在大约 100 °C 下, 把边长为 7.46cm 的正方形网膜放置在拉伸器内, 并在 60 秒内把它加热到 130 °C。然后, 以 100%/sec(基于原始尺寸) 开始拉伸, 直至样品拉伸到大约 3.5×3.5。在拉伸样品后, 通过用室温空气吹在它上面, 即刻冷却它。

图 7 示出这种多层薄膜的光学反应(在正入射处的曲线 a, 在 60 度处的曲线 b)。注意, 沿着非拉伸方向以 60° 入射角偏振的 p 偏振光的 %透射率(取向 b)与在正入射处的值(曲线 a)(有些波长偏移)相似。

实施例 4(PEN:THV 500,449,反射镜)

在一个操作中通过挤压铸网膜, 形成包括 449 层的复合挤压薄膜, 然后在实验室薄膜拉伸装置中使薄膜取向。由一个挤压机以每小时 56 磅的速率传输具有特性粘度为 0.53dl/g(60 wt.%苯酚/40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET), 而由另一个挤压机以每小时 11 磅的速率传输含氟聚合物(Minnesota Mining and Manufacturing Company 有售, 商品名“THV500”)。PET 是在表面层上, 而且 50%的 PEN 在两个表面层上。用送料机构方法来生成 57 层, 后者通过两个倍增机产生 225 层压出物。铸网膜的厚度为 20mil, 宽度为 12 英寸。随后, 运用实验室拉伸装置(它运用缩放仪抓住薄膜的正方形部分, 同时沿着两种方向以一致的速度拉伸它)双轴取向网膜。在大约 100 °C 下, 把边长为 7.46cm 的正方形网膜放置在拉伸器内, 并在 60 秒内把它加热到 140 °C。然后, 以 10%/sec(基于原始尺寸) 开始拉伸, 直至样品拉伸到大约为 3.5×3.5。在拉伸样品后, 通过用室温空气吹在它上面, 即刻冷却它。

图 8 示出这种多层薄膜的透射率。再次, 曲线 a 示出在正入射处的反应, 而曲线 b 示出 p 偏振光沿着非拉伸方向在 60° 入射角处的反应。

实施例 5(PEN:coPEN,601--高颜色偏振器)

通过挤压网膜, 两天后在与所有其它实施例中所述不同的拉幅机上取向薄膜, 生产包括 601 层的复合挤压薄膜。由一个挤压机以每小时 75 磅的速率传输具有特性粘度为 0.5dl/g(60 wt.%苯酚/40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯

(PET), 而由另一个挤压机以每小时 65 磅的速率传输具有特性粘度为 0.55dl/g(60 wt.% 苯酚/40wt.% 对二氯苯)的 coPEN(70mol% 2,6NDC[萘二甲酸二甲酯]和 30mol% DMT[对苯二甲酸二甲酯])。用送料机构方法生成 151 层, 并设法将它制成梯度分布的层, 光层的厚度比是 1.22(PEN):1.22(coPEN)。把 PEN 的表面层复合挤压在光叠层的外面, 而全部厚度大约为复合挤压层的 8%。光叠层通过两个倍增器, 生成 601 层压出物。U.S.专利 3565985 叙述了类似的挤压多层物。所有拉伸均在拉幅机中完成。在大约 20 秒内, 把薄膜预热到 280°F, 并沿着横向方向以大约每秒 6 % 的速率使它接近于大约 4.4 的拉引比。在设定为 460 °F 的热炉中松弛薄膜的最大宽度的 2%。成品薄膜的厚度是 1.8mil。

图 9 示出薄膜的透射率。曲线 a 示出沿着非拉伸方向在正入射处的偏振的光的透射率, 曲线 b 示出沿着非拉伸方向在 60° 入射角处偏振的 p 偏振光的透射率, 而曲线 c 示出沿着拉伸方向在正入射处偏振的光的透射率。注意, p 偏振光在正入射和 60° 入射角处不一致的透射率。曲线 a 在 400-700nm 内的平均透射率是 84.1%, 而曲线 b 在 400-700nm 内的平均透射率是 68.2%。曲线 c 的平均透射率是 9.1%。曲线 a 的 %RMS 颜色为 1.4 % 和曲线 b 的 %RMS 颜色是 11.2%。

实施例 6(PEN:coPEN,601,偏振器)

通过复合挤压处理, 在连序的平面薄膜制造流水线上形成包括 601 层的复合挤压薄膜。由一个挤压机以每小时 75 磅的速率传输具有特性粘度为 0.54dl/g(60 wt.% 苯酚加上 40wt.% 对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET), 而由另一个挤压机以每小时 65 磅的速率传输 coPEN。coPEN 是带有二乙醇的共聚物(70mol% 2,6 萘二甲酸二甲酯、15% 间苯二甲酸二甲酯和 15% 对苯二甲酸二甲酯)。用送料机构方法生成 151 层。把送料机构设计成能产生梯度分布的层, 而光层的厚度比是 1.22(PEN):1.22(coPEN)。把 PEN 的表面层复合挤压在光叠层的外面, 而全部厚度大约为复合挤压层的 8%。由两个连序的倍增器来增加光叠层。倍增器的标称放大比分别是 1.2 和 1.27。随后, 大约在 40 秒内, 把薄膜预热到 310°F, 并沿着横向方向以大约每秒 6 % 的速率使它接近于大约 5.0 的拉引比。成品薄膜的厚度是 2mil。

图 10 示出这种多层薄膜的透射率。曲线 a 示出沿着非拉伸方向在正入射处偏振的光的反射率, 曲线 b 示出沿着非拉伸方向在 60° 入射角处偏振的 p 偏振光

的透射率，而曲线 c 示出沿着拉伸方向在正入射处偏振的光的透射率。注意，p 偏振光在正入射和 60° 入射角处非常高的透射率(80-100%)。同样注意，如曲线 c 所示，在可见区域(400-700nm)内沿着拉伸方向偏振的光的非常高的衰减。在 500 和 650nm 之间衰减接近于 100%。

实施例 7(PEN:sPS,481,偏振器)

由具有特性粘度为 0.56dl/g(60 wt.%苯酚加上 40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)(Eastman Chemicals 有售)和间规聚苯乙烯(sPS)均聚物(重均分子量=200,000 道尔顿，来自 Dow Corporation 的样品)形成 481 层多层薄膜。PEN 在外层上，并以每小时 26 磅挤压 PEN，而以每小时 23 磅挤压 sPS。运用送料机构法制成 61 层，61 层中的每一层厚度大致相同。在送料机构之后，运用三个(2x)倍增器。在最后一个倍增器之后，以 22 磅每小时的总速率，添加含同样 PEN 的厚度均等的表面层。通过 12'' 宽平模，把网膜的厚度挤压成大约为 0.011 英寸(0.276mm)。挤压温度是 290°C 。

在周围条件下，储存这种网膜达 9 天，然后在拉幅机上单轴取向。在大约 25 秒内，把薄膜预热到大约 320°F (160°C)，并沿着横向方向以大约 28%每秒的速率使它接近于大约 6:1 的拉引比。不让其在拉伸方向松弛。成品薄膜的厚度大约为 0.0018 英寸(0.046mm)。

图 11 示出包括 481 层的这种 PEN:sPS 反射偏振器的光性能。曲线 a 示出沿着非拉伸方向在正入射处偏振的光的透射率，曲线 b 示出沿着非拉伸方向在 60° 入射角处偏振的 p 偏振光的透射率，而曲线 c 示出沿着拉伸方向在正入射处偏振的光的透射率。注意，p 偏振光在正入射和 60° 入射角处非常高的透射率。曲线 a 在 400-700nm 内的平均透射率是 86.2%，曲线 b 在 400-700nm 内的平均透射率是 79.7%。同样注意，如曲线 c 所示，在可见区域(400-700nm)内沿着拉伸方向偏振的光的非常高的衰减。对于曲线 c，在 400 和 700nm 之间，薄膜具有 1.6%的平均透射率。曲线 a 的 %RMS 颜色是 3.2%，而曲线 b 的 %RMS 颜色是 18.2%。

实施例 8(PET:Ecdel,601,反射镜)

通过复合挤压处理，在连序的平面薄膜制造流水线上形成包括 601 层的复合挤压薄膜。以 75 磅每小时的速率把具有特性粘度为 0.6dl/g(60 wt.%苯酚加上

40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)传输到送料机构,而以 60 磅每小时的速率传输热塑料高弹体(在 Eastman Chemical 有售,品名是“ECDEL9967”)。PET 是在表面层上。用送料机构方法生成 151 层,后者通过两个倍增器生成 601 层的压出物。两个倍增器的标称放大比是 1.2(接近送料机构):1.27。以 24 磅每小时的总流量,把两个表面层对称地添加在最后一个倍增器和模子之间。表面层包括 PET,而且用把 PET 施于送料机构的相同挤压器挤压它。将网膜沿长度方向拉伸,至位引比达到约 3.3,而网膜的温度大约为 205°F。随后,大约在 35 秒内,把薄膜预热到 205°F,并沿着横向方向以大约 9%每秒的速率使它接近于大约 3.3 的拉引比。在设定为 450 °F 的热炉中松弛薄膜的最大宽度的 3%。成品薄膜的厚度大约是 0.0027 英寸。

薄膜所提供的光性能如图 12 所示。曲线 a 示出透射率,而曲线 b 示出反射率。曲线 b 的光反射率是 91.5%。

实施例 9(PEN:PCTG,481,偏振器)

通过在一次操作中挤压铸网膜,形成包括 481 层的复合挤压薄膜,然后在实验室薄膜拉伸装置中取向薄膜。利用送料机构法,用 61 层送料机构和 3 个(2x)倍增器。把厚表面层添加在最后一个倍增器和模子之间。由一个挤压机以 25.0 磅每小时的速率把具有特性粘度为 0.47dl/g(60 wt.%苯酚/40wt.%对二氯苯)的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)传输到送料机构。由另一个挤压机以 25.0 磅每小时的速率传输乙二醇改性的聚亚乙基二甲基环己烷对苯二甲酸酯(Eastman Chemical 有售,品名为“PCTG5445”)。PEN 在表面层上。以 25 磅每小时的速度添加来自上述挤压器的另一个 PEN 流作为表面层。铸网膜的厚度为 0.007 英寸,宽度为 12 英寸。随后,运用实验室拉伸装置(它运用缩放仪抓住薄膜部分,同时沿着一个方向以均匀的速度拉伸它)单轴取向网膜,同时沿着另一个方向任意让它松弛。放置在缩放仪的夹具之间的网膜样品大约是 5.40cm(无约束的方向)宽,长度是 7.45cm。大约在 100 °C 下把网膜放置在拉伸器中,并在 45 秒内把它加热到 135 °C。然后,以 20%/sec(基于原始尺寸)开始拉伸,直至样品拉伸到大约 6:1(基于夹具-夹具测量)。在拉伸样品后,通过用室温空气吹在它上面,即刻冷却它。在样品的中央,测得薄膜的松弛因子为 2.0。

图 13 示出这种多层薄膜的透射率,其中曲线 a 示出沿着非拉伸方向在正入

射处偏振的光的透射率，曲线 b 示出沿着非拉伸方向在 60° 入射角处偏振的 p 偏振光的透射率，而曲线 c 示出沿着拉伸方向在正入射处偏振的光的透射率。

实施例 10(PET:Ecdel,150,Ag)

通过复合挤压处理在连序的平面薄膜制造流水线上形成包括 151 层的复合挤压薄膜。由一个挤压机以每小时 75 磅的速率把具有特性粘度为 0.6dl/g (60 wt.% 苯酚/40wt.% 对二氯苯) 的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET) 传输到送料机构，而由另一个挤压机以每小时 65 磅的速度传输热塑料高弹体(Eastman Chemical 有售，商品名“Ecdel 9966”)。用送料机构法以 20ft/min 的铸造轮子速度制成 151 层。表面层是 PET 且比内部层要厚，而表面层的厚度占薄膜厚度的 8%。将网膜沿长度方向取向，至拉引比达到大约 3.5，同时网膜温度大约为 210°F 。随后，大约在 12 秒内把薄膜预热到大约 215°F ，并沿着横向方向以大约 25% 每秒的速率使它接近于大约 4.0 的拉引比。然后，在设定为 400°F 的热炉中，在 6 秒内松弛薄膜的最大宽度的 5%。成品薄膜的厚度是 0.6mil。

从 Airco373 阴极以 4.5 微米的氩溅射压力溅射至无支撑网膜上，使这种多层聚合物薄膜涂上银。把 300 瓦施于靶导致 519 伏电压和 0.60 安电流。运用 10 英尺/分钟的网膜速度，把银层涂在多层聚合物薄膜上(它在 550nm 处的透射级可达 53%，而它的导电率是 0.15mhos/sq)。

用与上述多层聚合物薄膜相同的方法，并用相同的条件，从 Airco 373 阴极溅射至无支撑网膜上而在 2mil 聚对苯二甲酸乙二醇酯(Minnesota Mining and Manufacturing Company 有售，产品号是第 597197P56 号)上涂上银。

通过测量银涂层过的多层聚合物薄膜和银涂层过的 PET 薄膜在 Perkin Elmer λ -9 中的光谱反射，得出它们的特性。在可见光谱内积分，用人眼的感觉功能放大被测的抽样透射光谱，并将它称为 T_{lum} 。根据 ASTM E903(“运用积分球对于材料的太阳吸收、反射比和透射比的标准测量”)，把被测的抽样反射(R_{AM2})和透射光谱(T_{AM2})对空气质量 2 太阳光谱积分。主波长是样品的表观色，根据 ASTM E308(“运用 CIE 系统对于计算物体颜色的标准测试方法”)，运用 Illuminant C 和 10° 观测仪，用 CIE 技术计算所述样品表观色。颜色纯度是颜色的饱和值，其中 0% 是白色，100% 是纯色。从银涂层多层聚合物薄膜的 R 和 T 光谱对空气质量 2 的积分可以计算色度系数，公式如下：

$$SC = \frac{T_{AM2}^f + fx(100 - T_{AM2}^f - R_{AM2}^f)}{T_{AM2}^g + fx(100 - T_{AM2}^g - R_{AM2}^g)}$$

其中， f 是被吸收的太阳能的内流部分。

下面表 1 示出光性能的结果。银涂层过的多层聚合物薄膜和银涂层过的 PET 的可见透射强度相类似，58% 对 57%。它们的透射颜色都是小于 10% 纯度的浅蓝。对于银涂层过的多层聚合物薄膜的较低太阳光透射率和较高太阳光反射率导致减小色度系数(对于银涂层过的 PET 从 0.50 减到 0.43)。这意味着本发明的银涂层过的多层聚合物薄膜提供热性能的显著差别，而在可见外观方面没有明显变化。

表 1

样品	T_{lum} (%)	T_{AM2} (%)	R_{AM2} (%)	色度系数	主波长 (nm)	颜色纯度 (%)
多层 光薄膜	86.1	74.6	25	0.81	599	1
Ag 涂层过的 多层光薄膜	58.4	38.2	54.8	0.43	474	8.1
Ag 涂层过的 PET	56.7	42.1	40.6	0.5	475	9.4

图 15 示出实施例 10 的银涂层过的多层聚合物薄膜的光性能。高于 1500nm 的高反射由银涂层引起，而在低于 1250nm 的光谱区域中的反射由多层聚合物薄膜引起。

实施例 11(PET: "Ecdel", 150, 银涂层过的薄膜, 品名为 "Scotchint")

通过根据实施例 1 的复合挤压处理，在连序平面薄膜制造流水线上形成包括 151 层的复合挤压薄膜，表面层复合挤压在光叠层的外部，其总厚度大约为复合

挤压层的 14%。

使用 95/5 IOA/丙烯酰胺丙烯酸型压敏粘合剂(3M Company, St. Paul, MN 有售, 品名为“Scotchint”薄膜), 把这种多层聚合物表面层叠在银涂层过的薄膜上(3M Company, St. Paul, MN 有售, 品名为“Scotchint”薄膜 IN50BR)。

制备的三种样品, 包括用 95/5 IOA/丙烯酰胺丙烯酸型 PSA 粘合到 1/4 英寸清晰玻璃上的多层 IR 薄膜; 用 95/5 IOA/丙烯酰胺丙烯酸型 PSA 粘合到 1/4 英寸清晰玻璃上的“Scotchint” IN50BR; 和用 95/5 IOA/丙烯酰胺丙烯酸型 PSA 粘合到 1/4 英寸清晰玻璃上的多层 IR 膜然后又将其加到“Scotchint” IN50BR 膜上而形成的多层 IR 薄膜/“Scotchint”薄膜叠层, 并测量这些样品在 Perkin Elmer λ -9 中的光谱反射(如实施例 10 所述), 以得出它们的特性。

下面表 II 示出光性能的结果。多层聚合物薄膜的可见透射强度比“Scotchint” IN50BR 薄膜要好, 75%对 50%, 而且多层薄膜/“Scotchint”叠层只是稍差些在 45%处, 但是叠层的 0.30 的色度系数分别与多层薄膜的 0.62 和“Scotchint”薄膜的 0.39 相比, 有显著进步。它们所透射的颜色都是小于 10%纯度的浅蓝色。

表 2

样品	T_{lum} (%)	T_{AM2} (%)	R_{AM2} (%)	色度系数	主波长 (nm)	颜色纯度 (%)
多层 薄膜	75	51	40	0.62	575	10.5
“Scotchint” IN50BR 薄膜	50	31	58	0.39	478	9.7
多层/ “Scotchint” 叠层	45	23	67	0.29	490	2.1

实施例 12(PET:Ecdel,150,镍涂层过的商品名为“Scotchint”的薄膜)

通过根据实施例 1 的复合挤压处理, 在连序平面薄膜制造流水线上形成包括 151 层的复合挤压薄膜, 表面层复合挤压在光叠层的外部, 其总厚度大约为复合挤压层的 14%。

运用 95/5 IOA/丙烯酸胺丙烯酸型压敏粘合剂(3M Company, St. Paul, MN 有售, 品名为“Scotchint”薄膜), 把这种多层聚合物表面层叠在镍涂层过的薄膜上(3M Company, St. Paul, MN 有售, 品名为“Scotchint”薄膜 RE50NEARL)。

制备两种样品, 包括运用 95/5 IOA/丙烯酸胺丙烯酸型 PSA 粘合到 1/4 英寸清晰玻璃上的“Scotchint”薄膜 RE50NEARL; 和运用 95/5 IOA/丙烯酸胺丙烯酸型 PSA 粘合到 1/4 英寸清晰玻璃上的多层 IR 膜, 然后又将其加到“Scotchint”薄膜 RE50NEARL 上所形成的多层 IR 薄膜/Scotchint®薄膜叠层, 把这些样品与粘合到 1/4 英寸清晰玻璃上的实施例 11 的多层 IR 薄膜样品相比较。测量这些样品在 Perkin Elmerλ-9 中的光谱反射以得出它们的特性(如实施例 10 所述)。

下面表 III 示出光性能的结果。多层聚合物薄膜的可见透射强度比“Scotchint”RE50NEARC 薄膜要好, 75%对 50%, 而且多层薄膜/“Scotchint”叠层只是稍差些在 44%处, 但是分别与多层薄膜的 0.62 和“Scotchint”薄膜的 0.64 相比, 叠层的 0.45 的色度系数有显著进步。

表 III

样品	T_{lum} (%)	T_{AM2} (%)	R_{AM2} (%)	色度系数	主波长 (nm)	颜色纯度 (%)
多层 薄膜	75	51	40	0.62	575	10.5
“Scotchint” RE50NEARC 薄膜	51	43	12	0.64	482	2.2
多层/“Scotchint” RE50NEARL 薄膜	44	28	33	0.45	570	9.5

根据上述说明, 本发明的其它改良和变化是可能的。例如, 可将 UV 吸收器

和其它改良试剂添加到在本发明中所用的多层聚合物薄膜的一层或多层中。然而，应理解，在上述具体实施例中可以进行变化，但如所附的权利要求书所定义的，它们落在本发明的范围内。

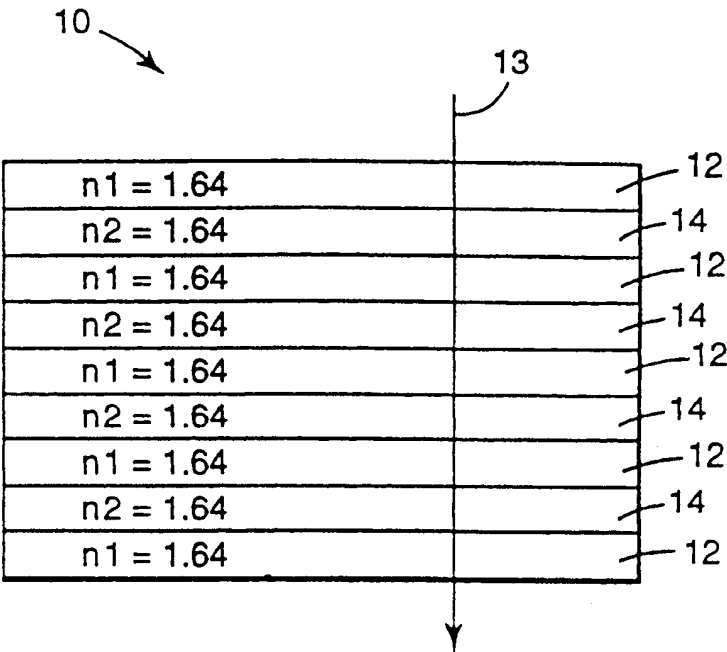


图 1a

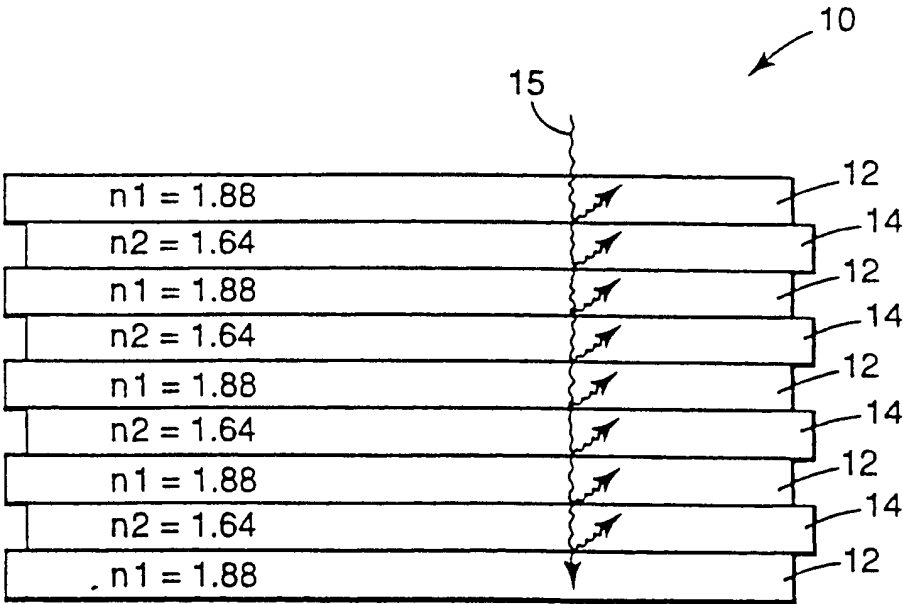


图 1b

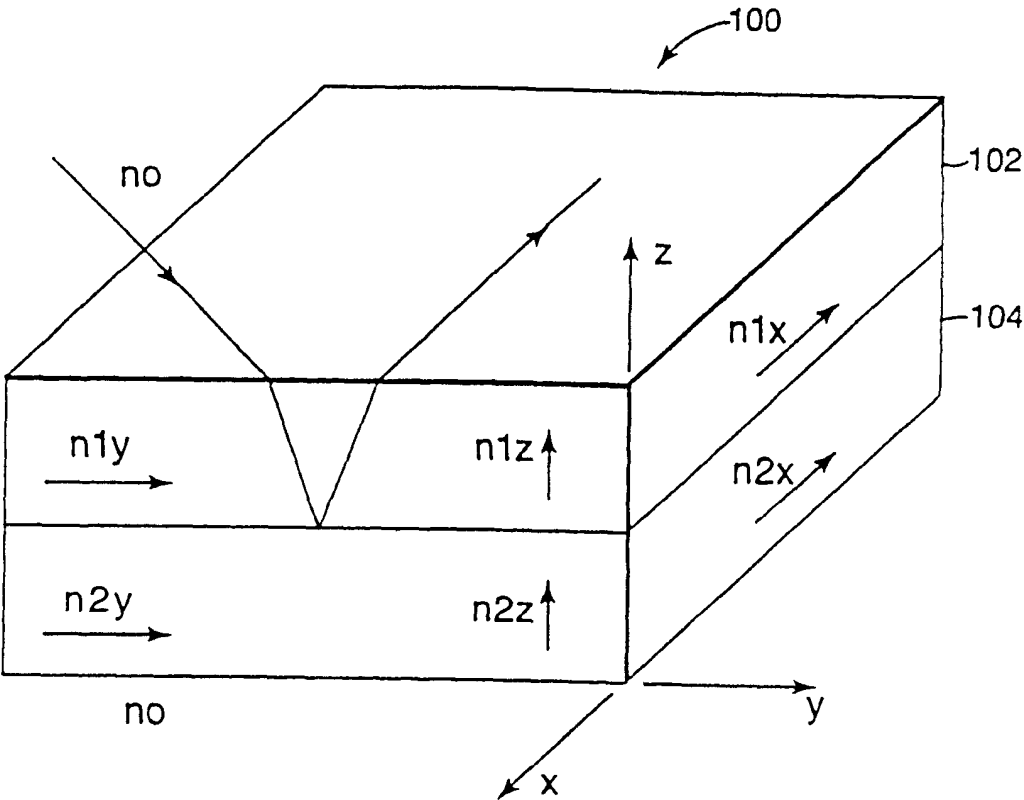


图 2

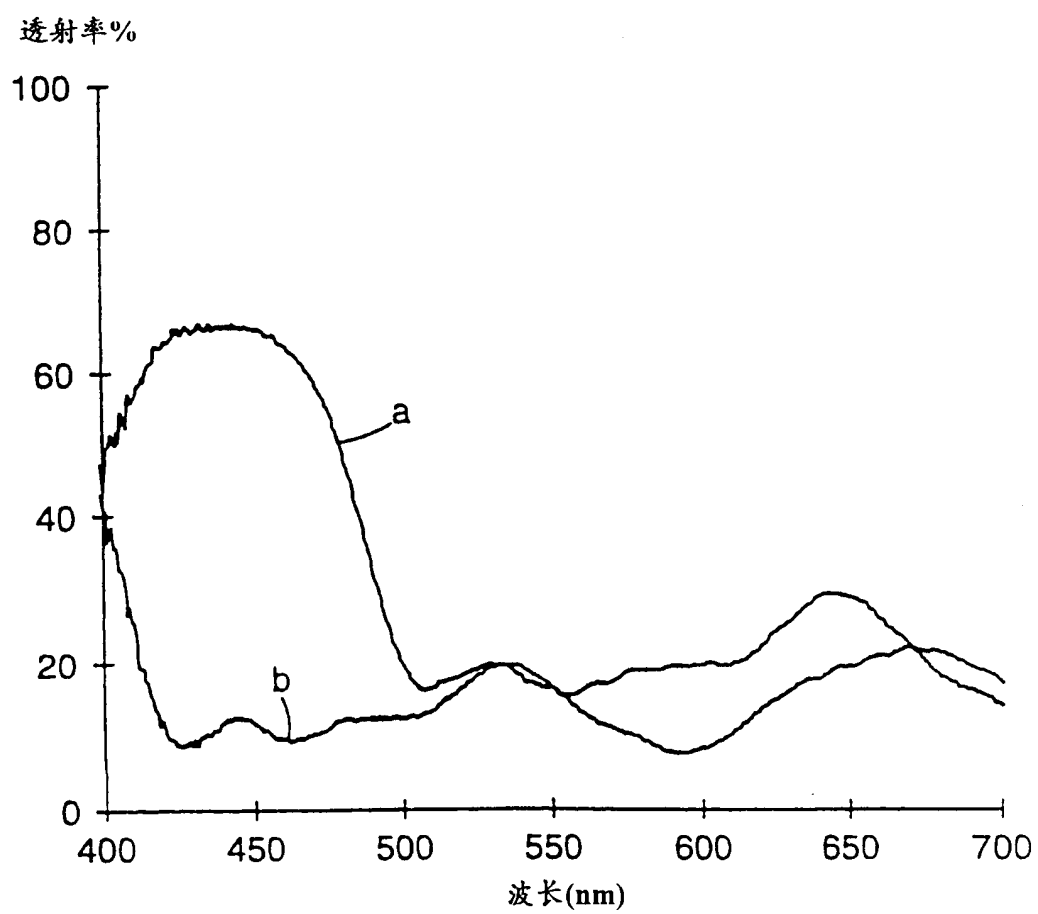


图 3

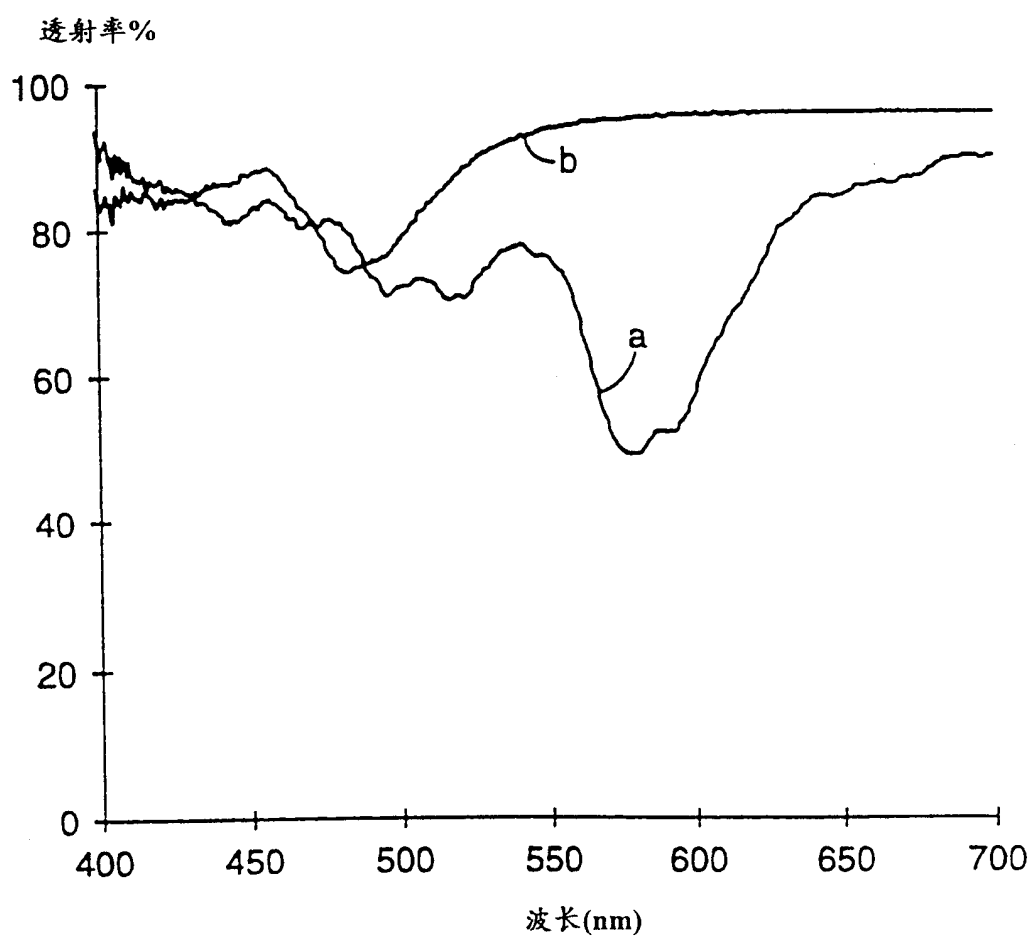


图 4

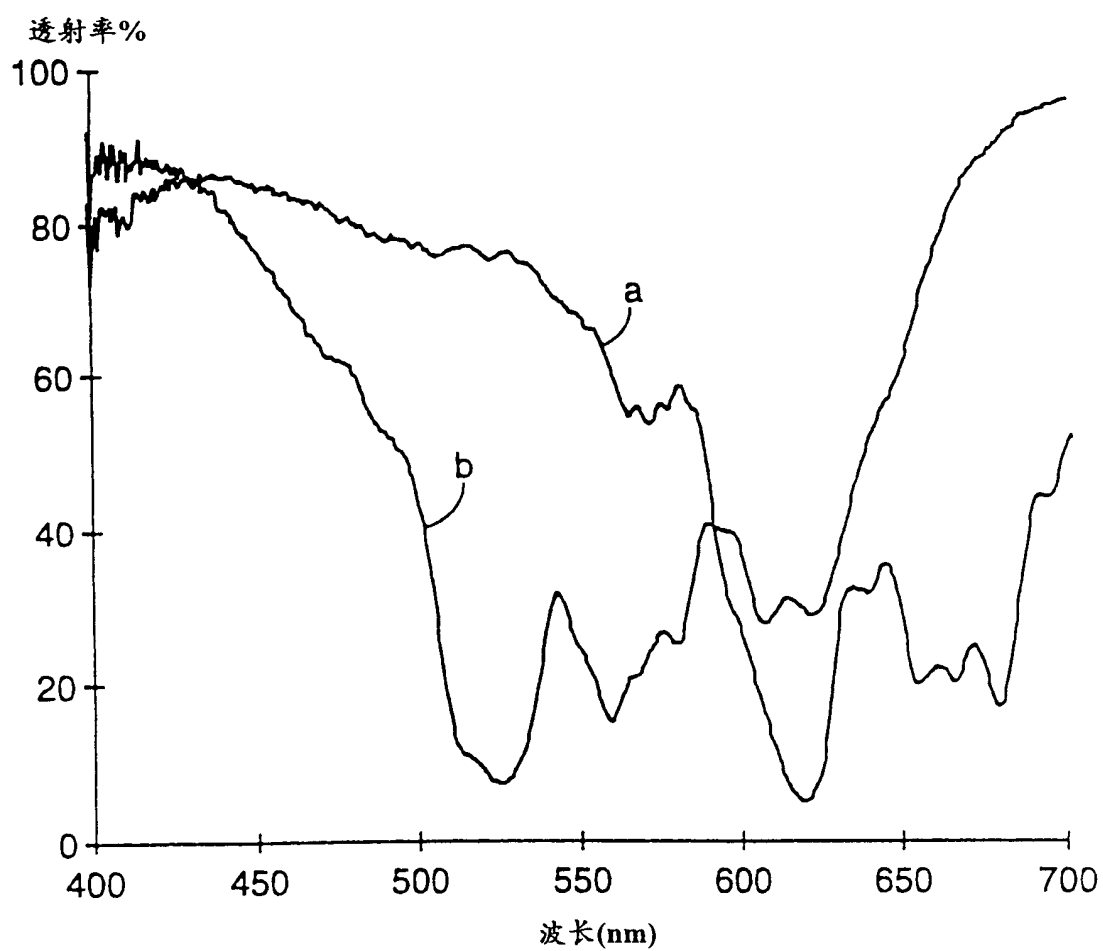


图 5

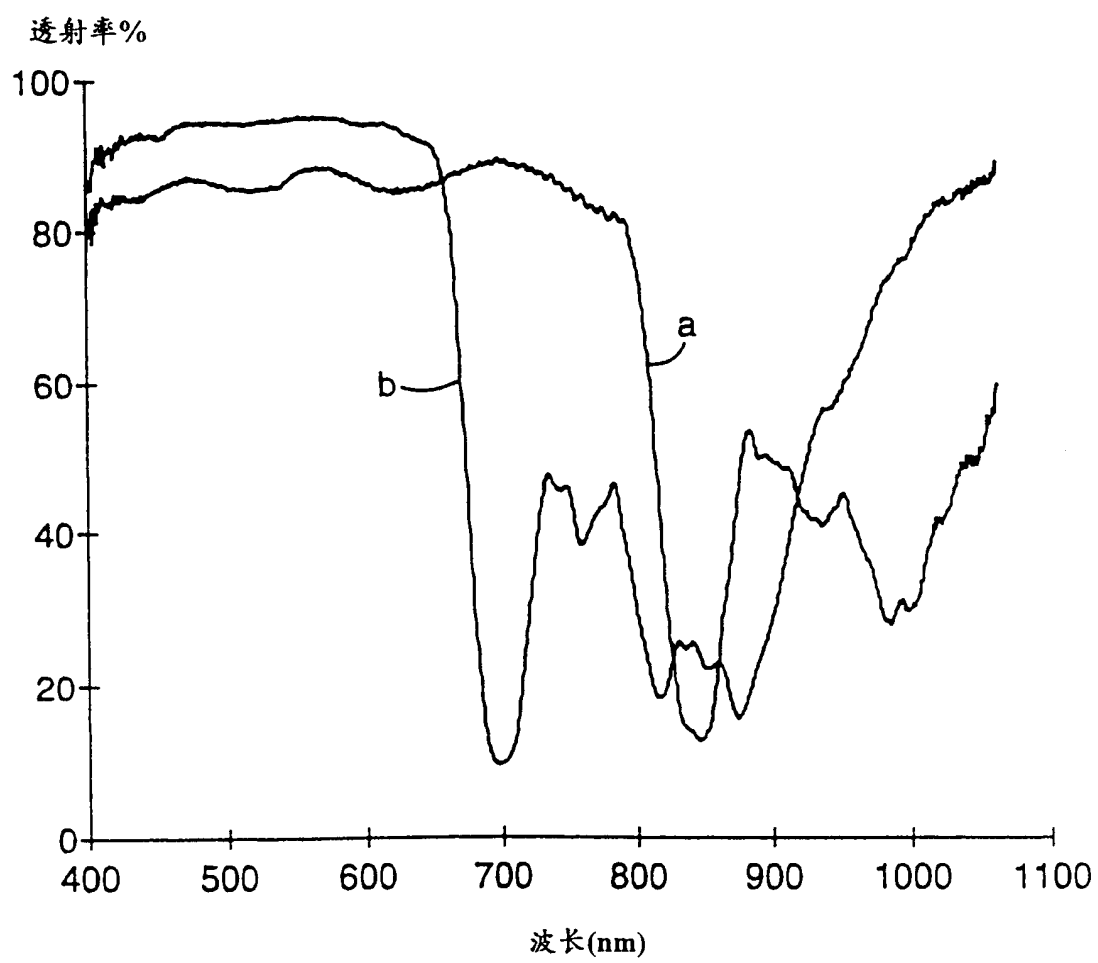


图 6

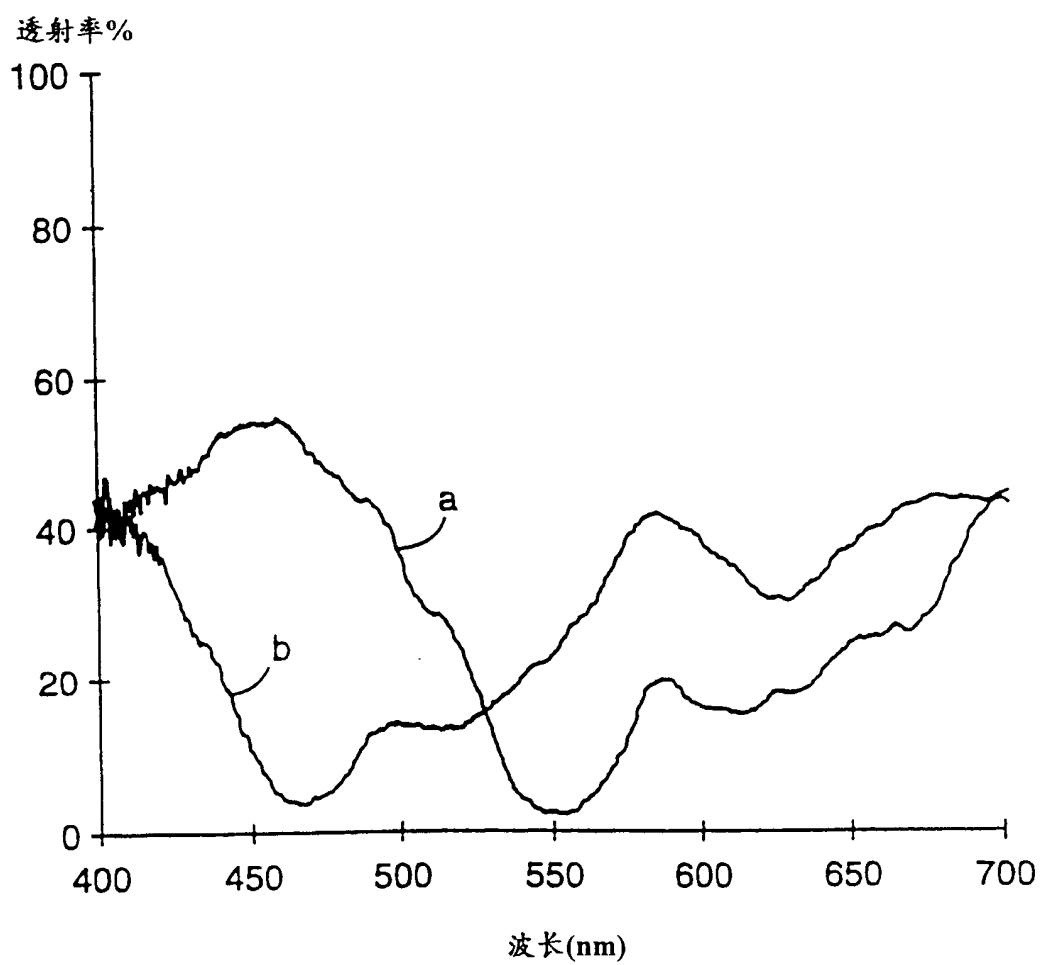


图 7

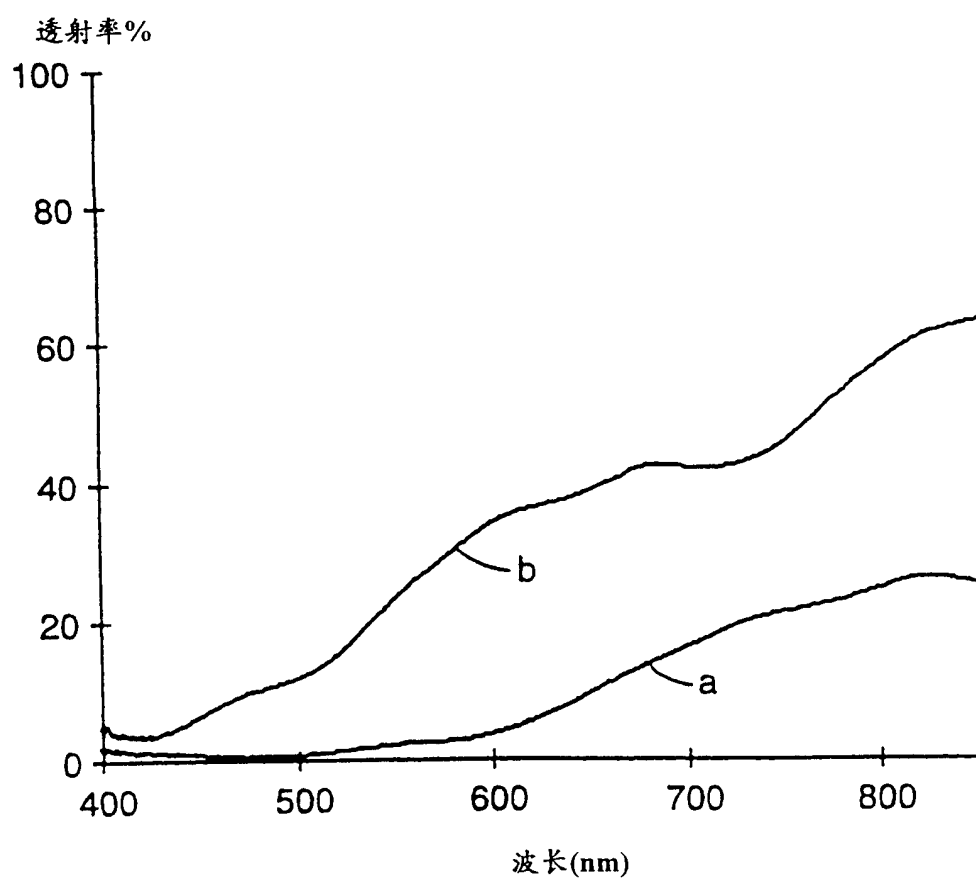


图 8

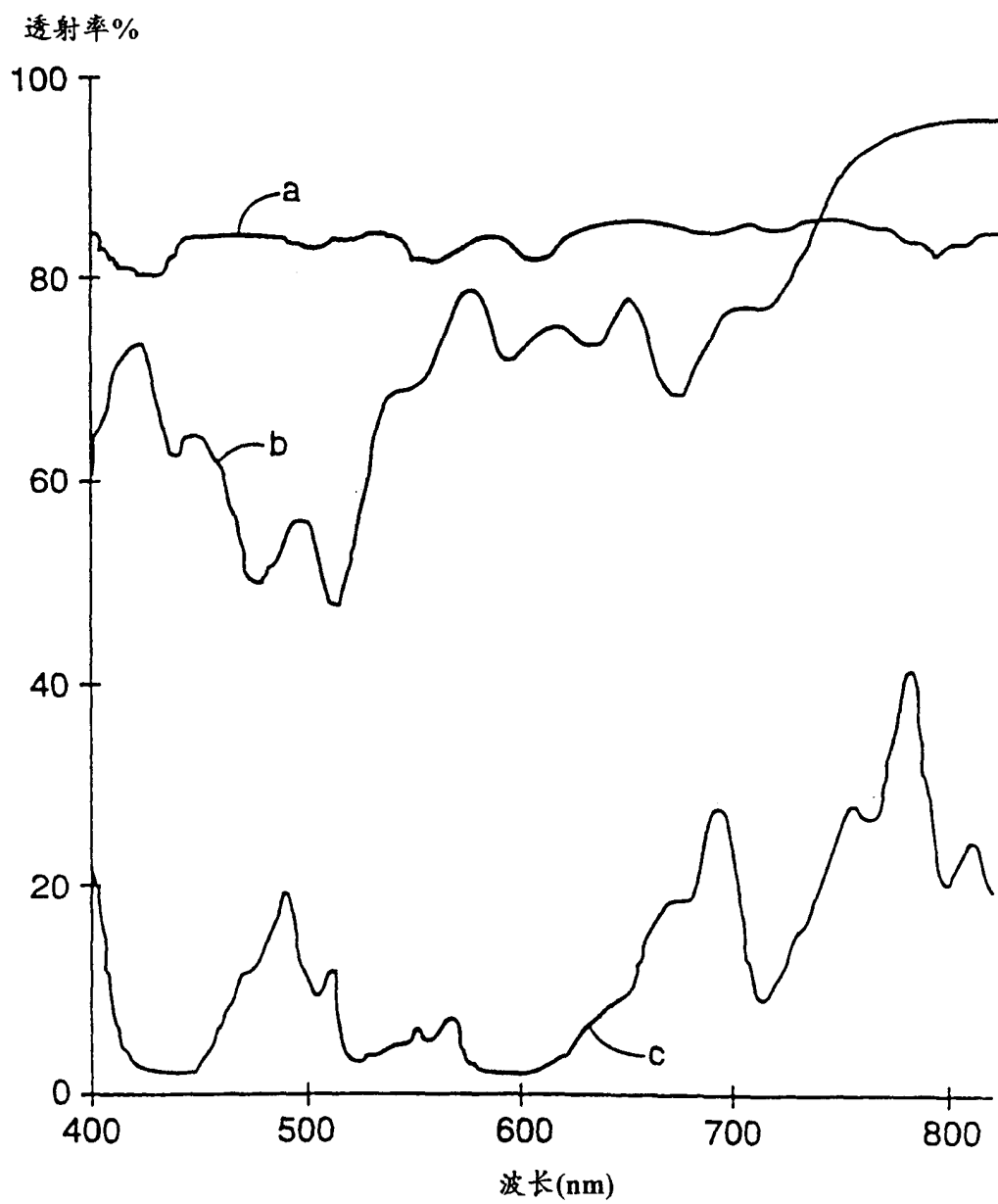


图 9

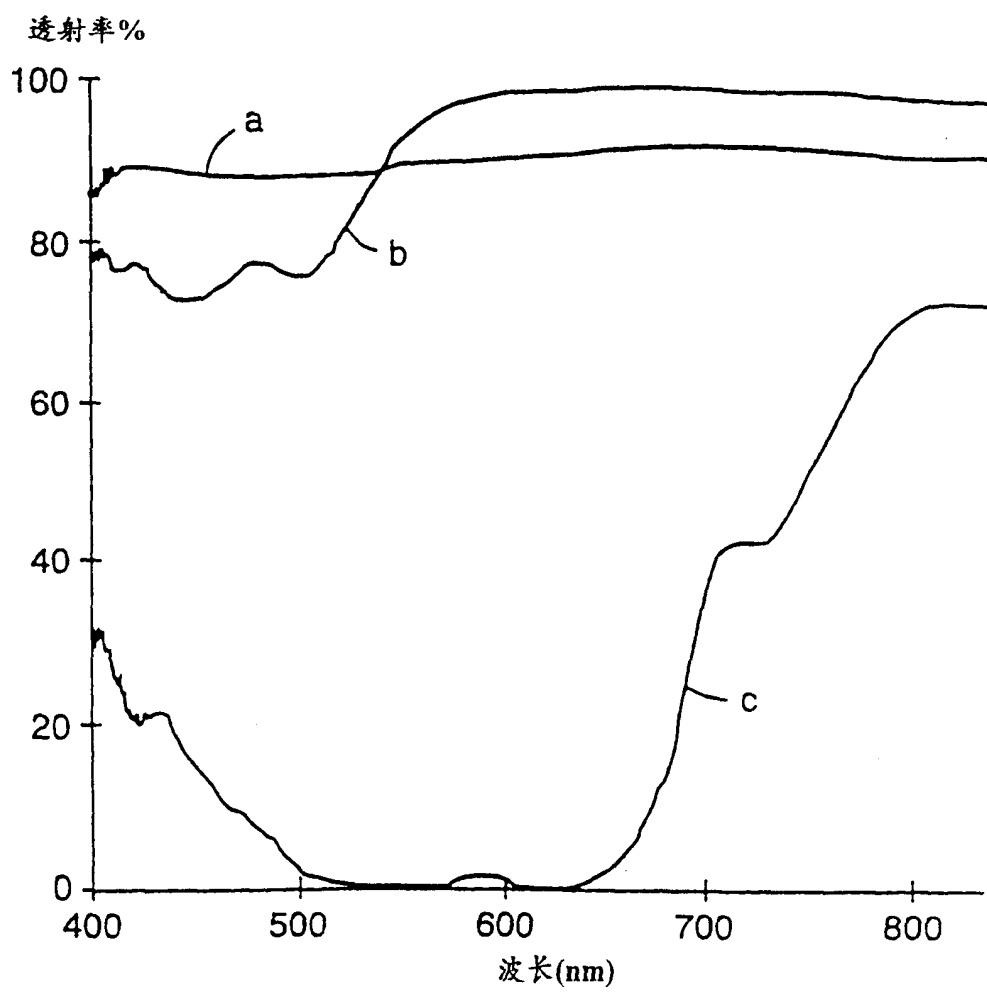


图 10

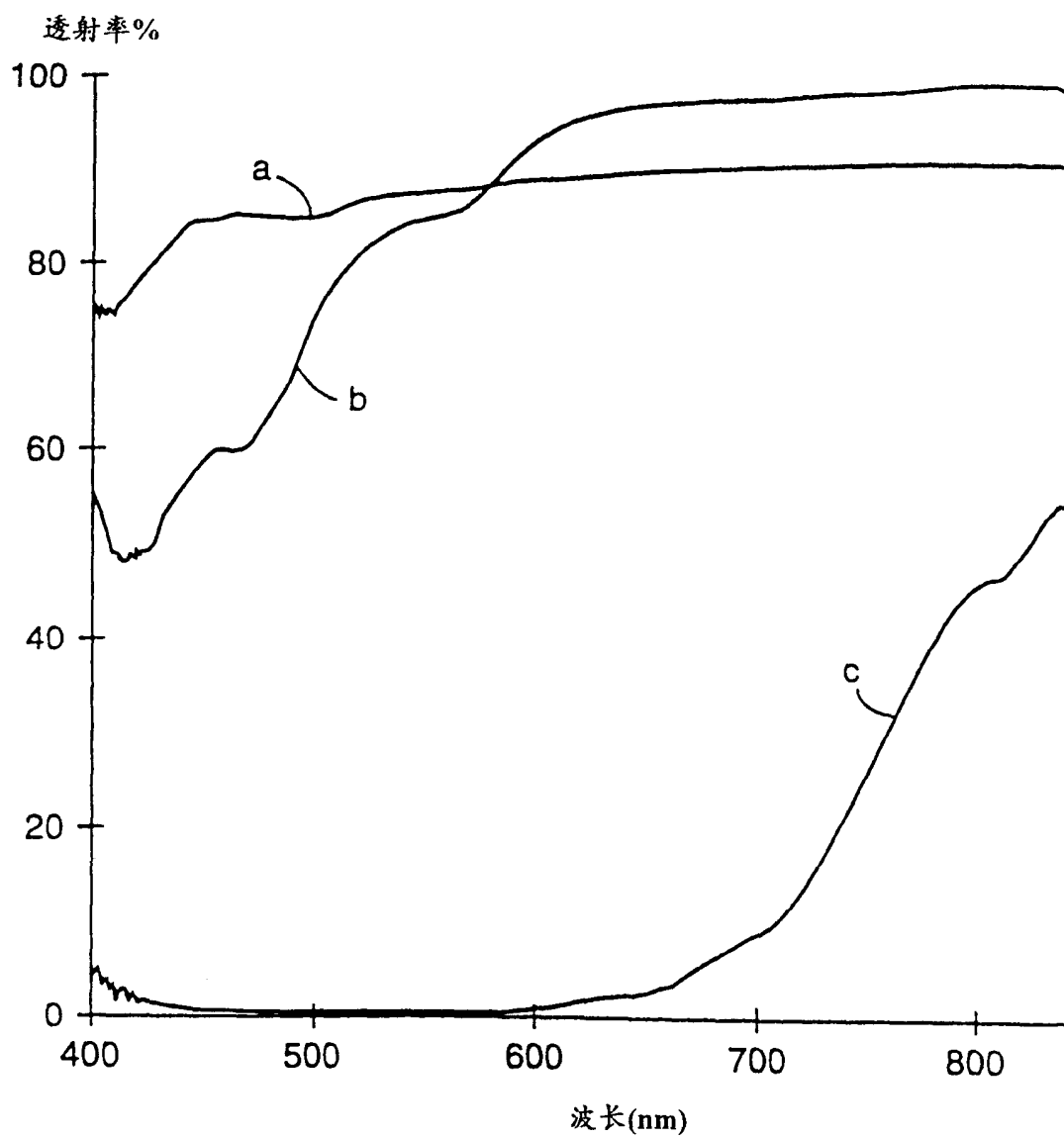


图 11

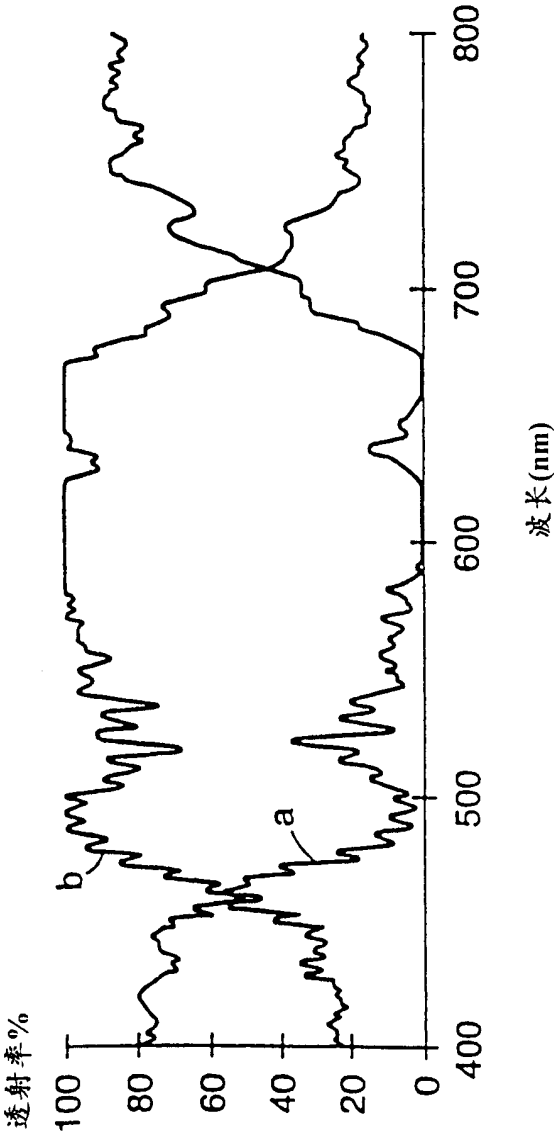


图 12

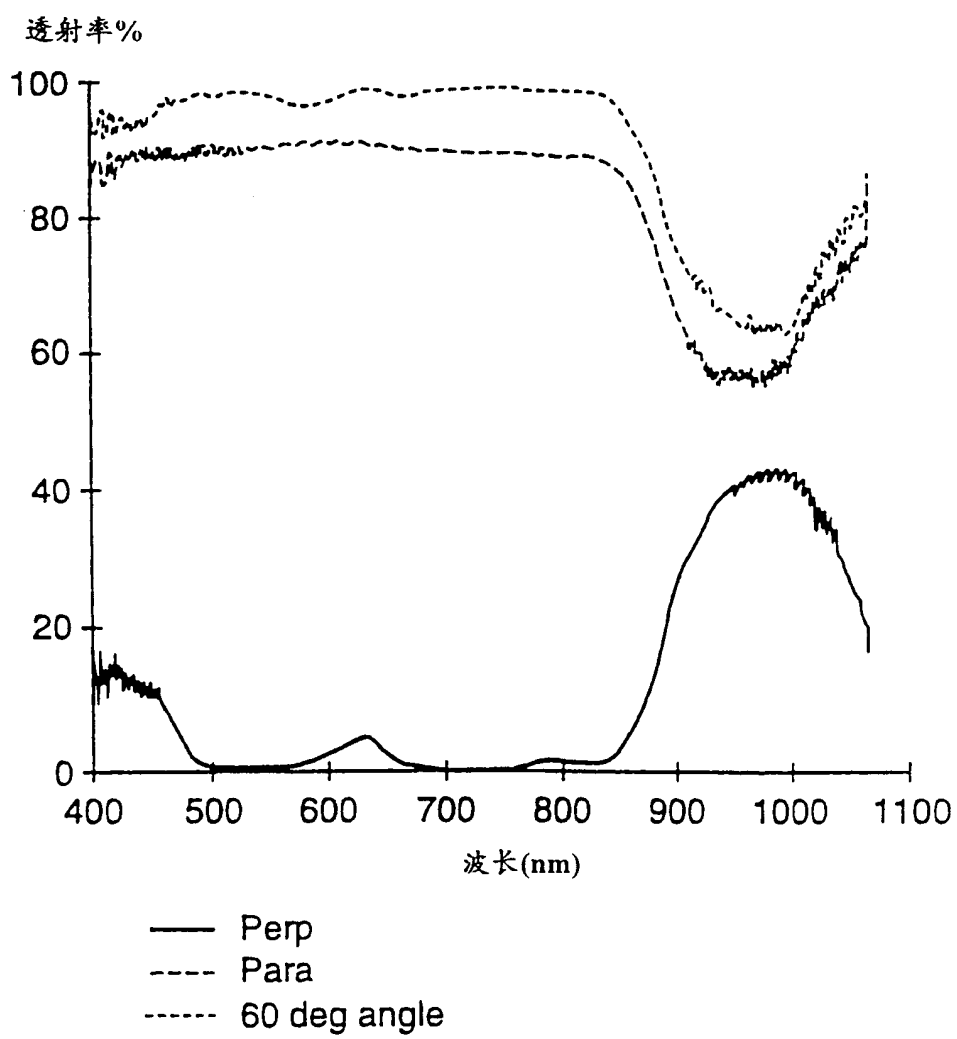


图 13

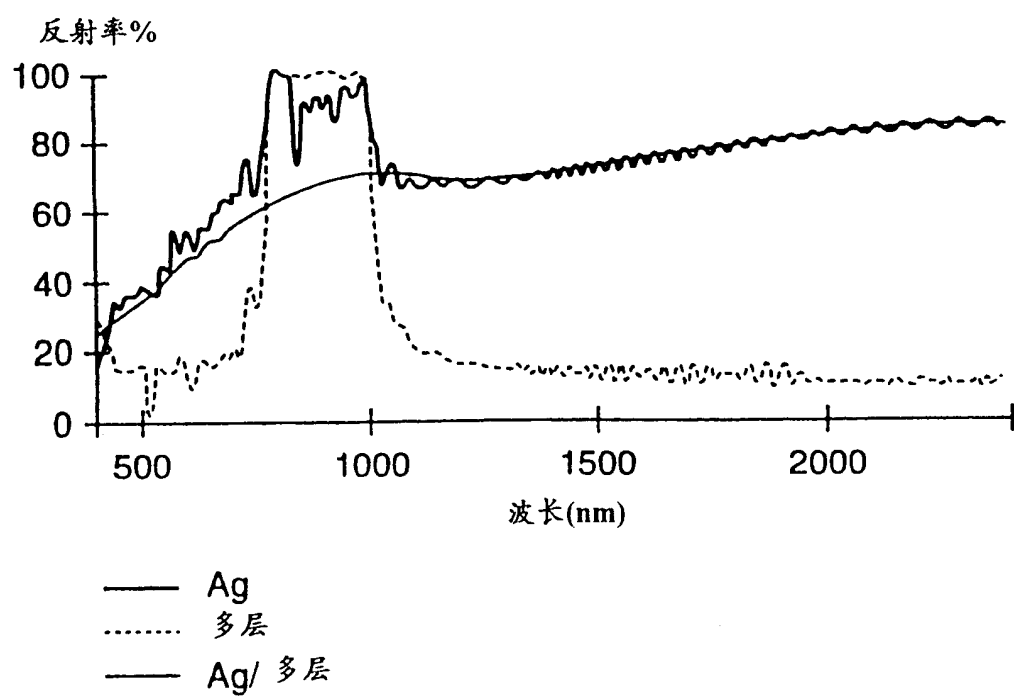


图 14

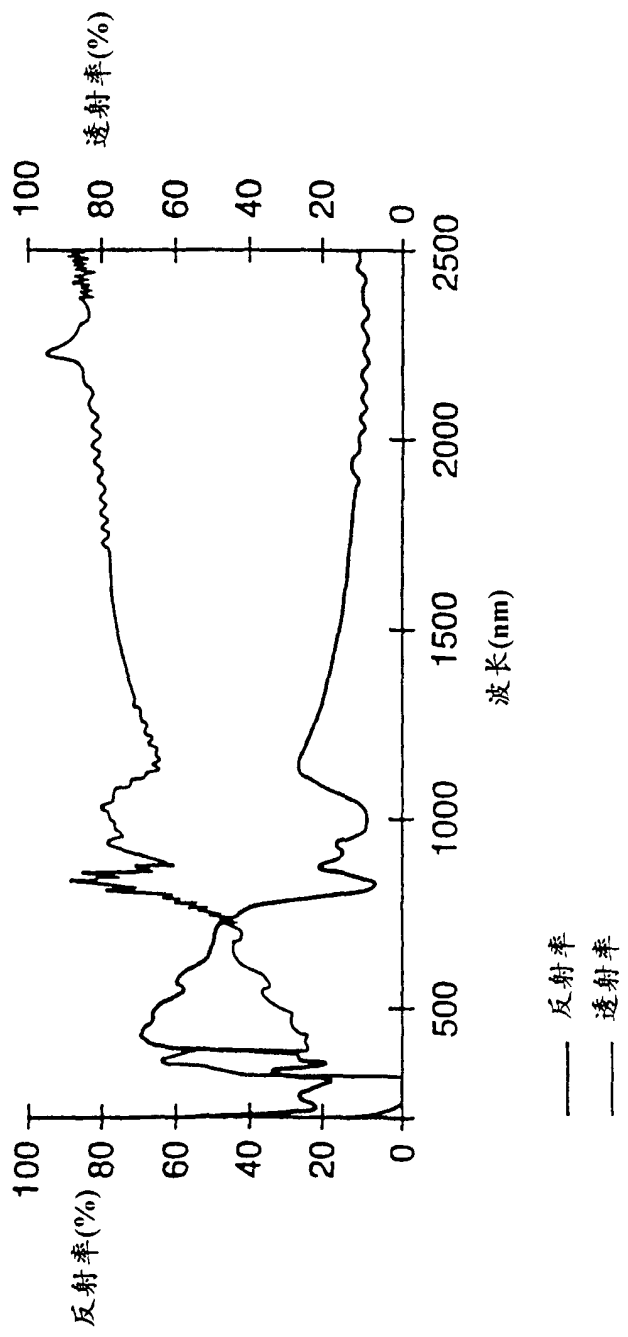


图 15

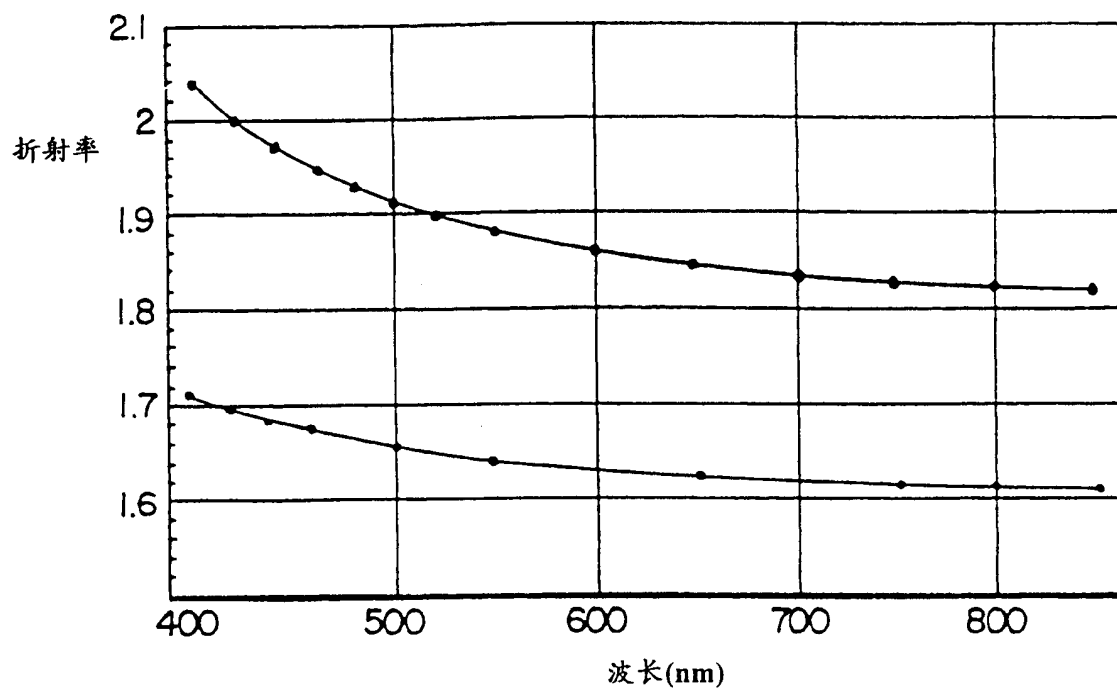


图 16

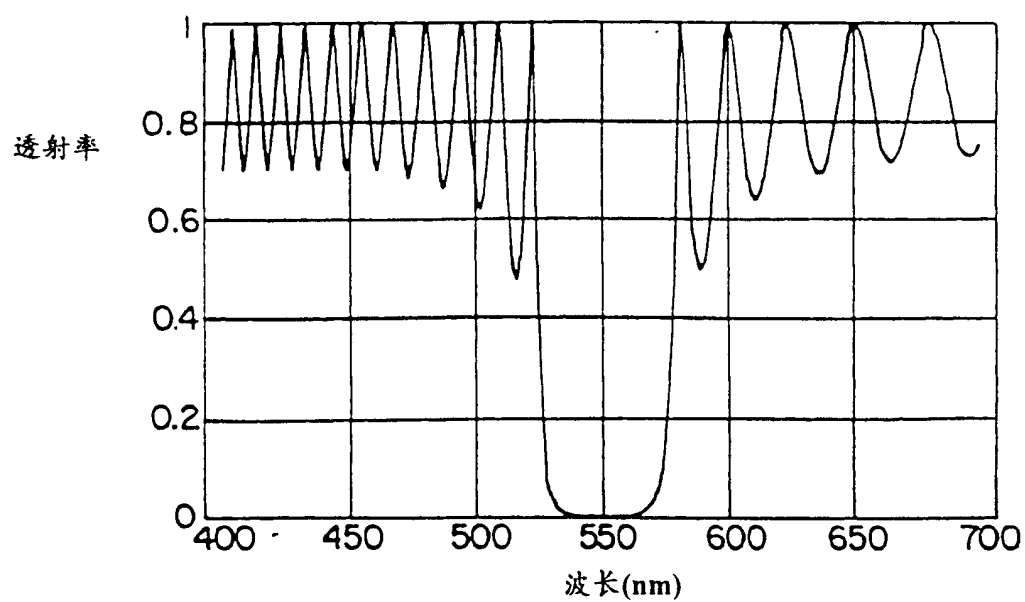


图 17

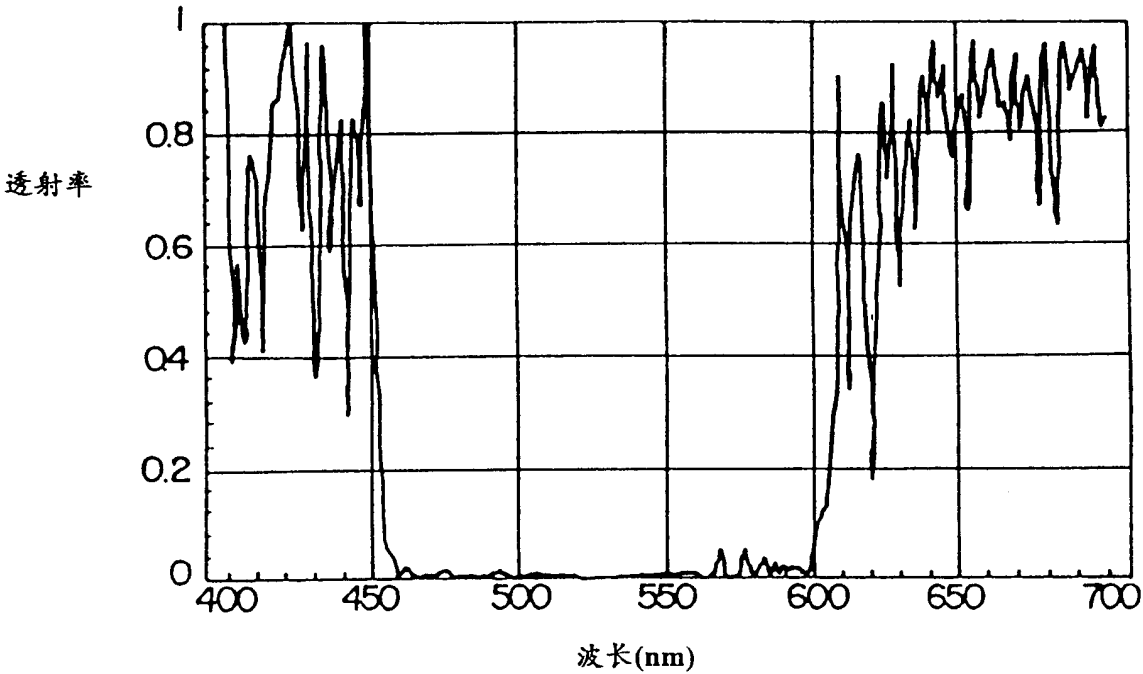


图 18

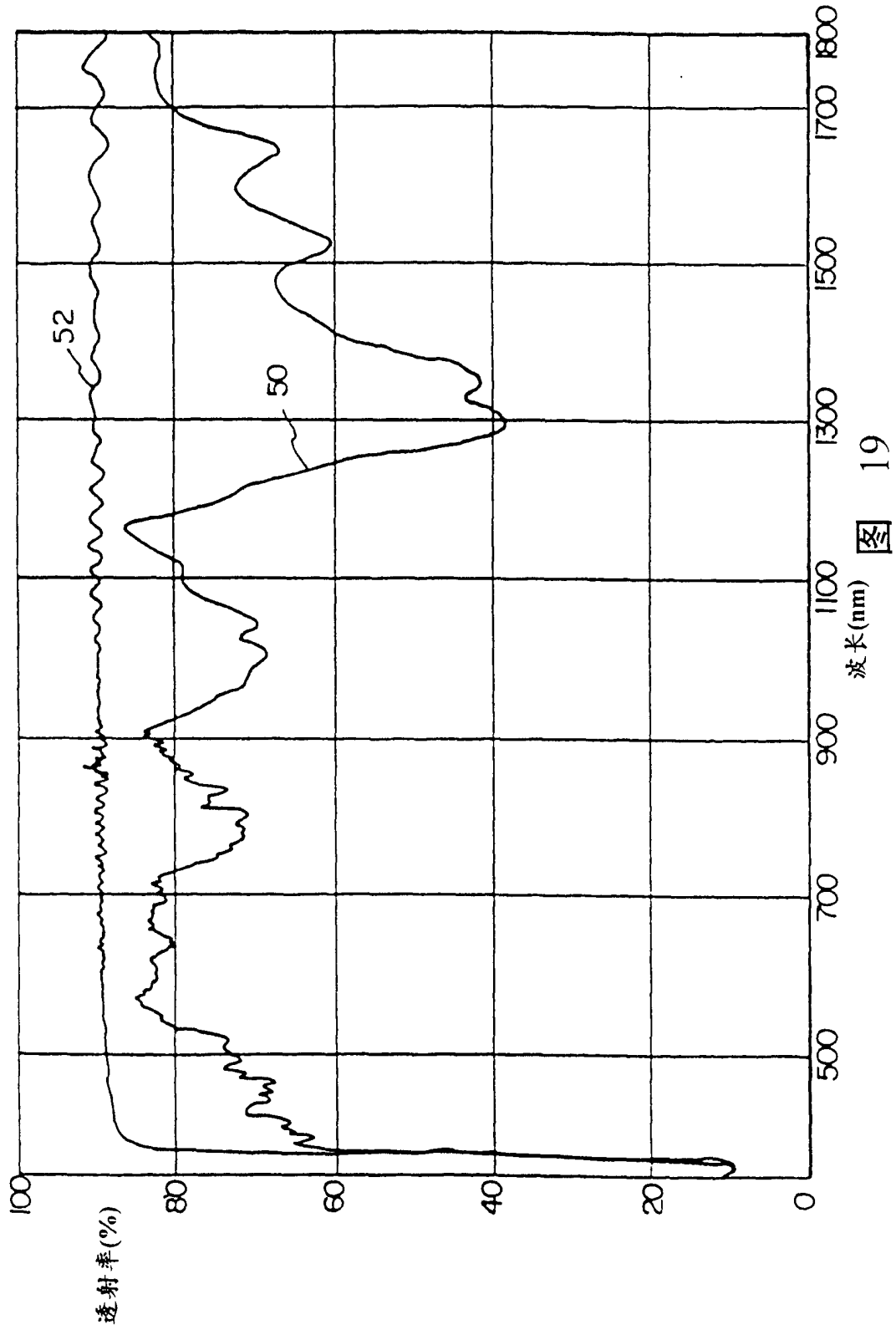


图 19

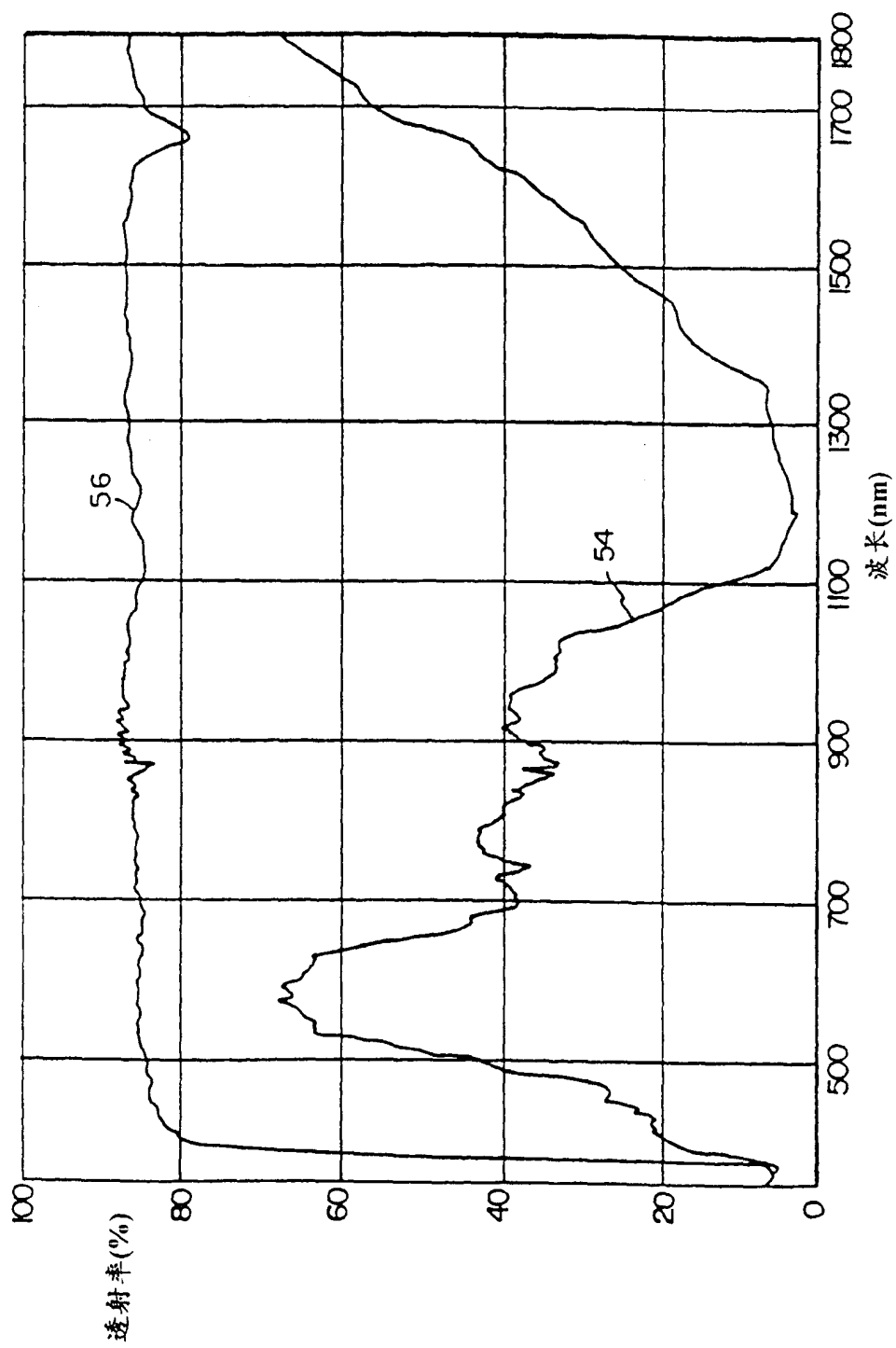


图 20

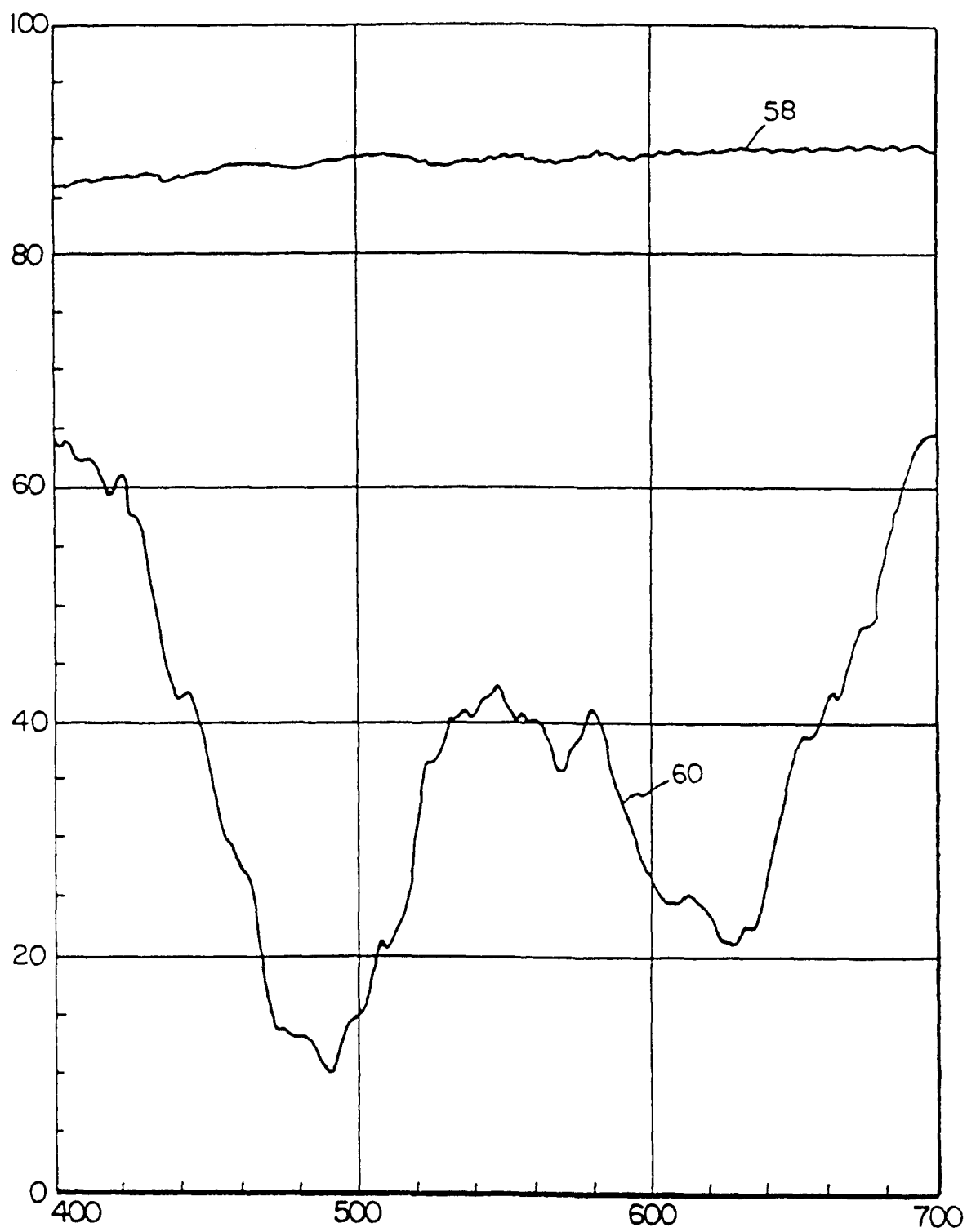


图 21

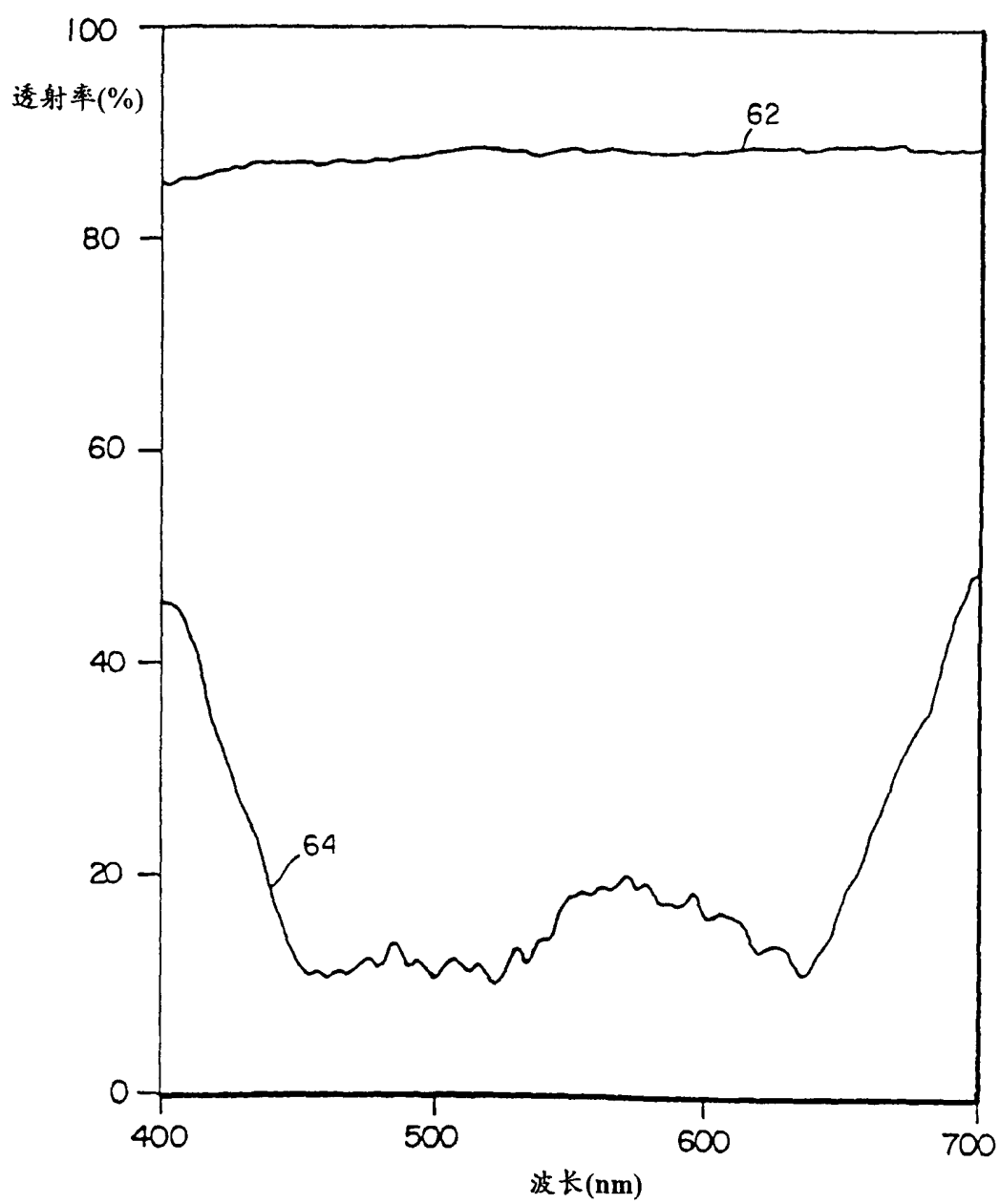


图 22

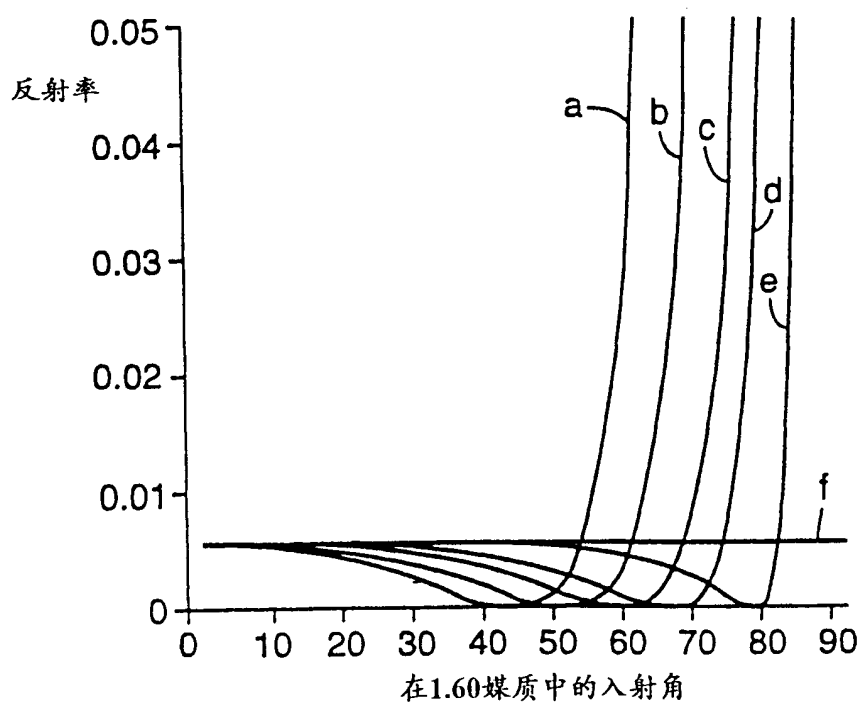


图 23

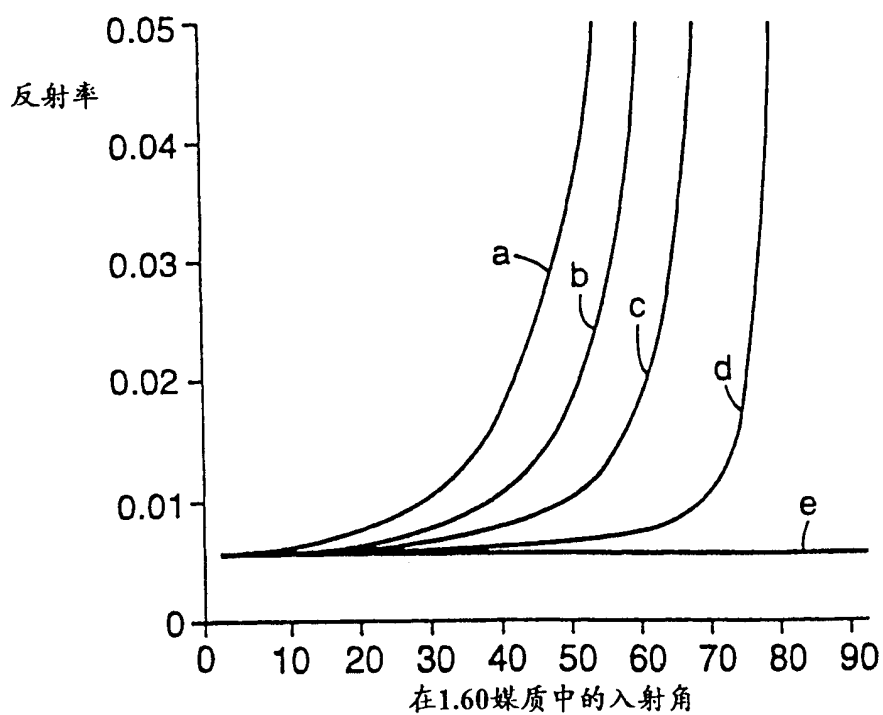


图 24

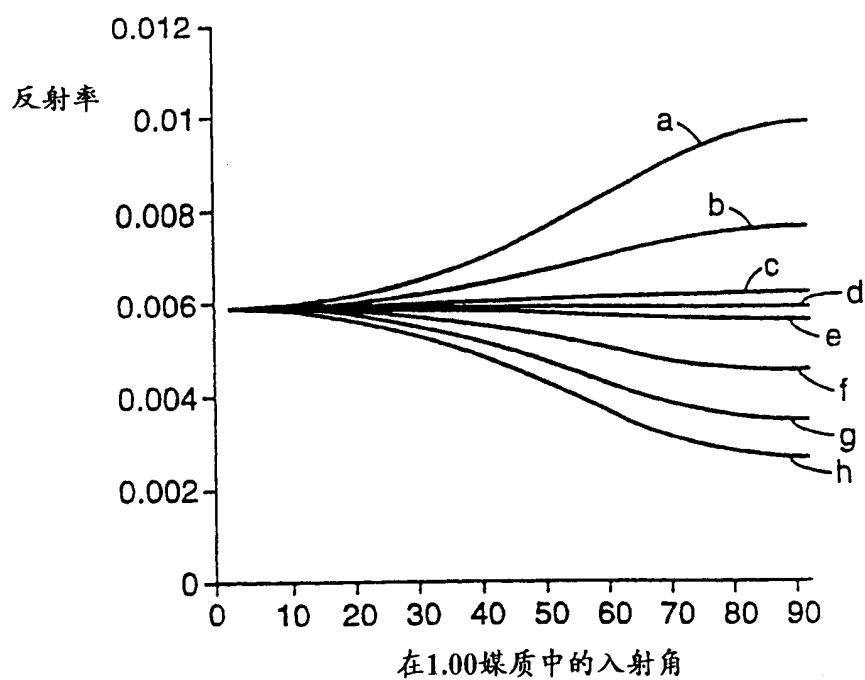


图 25

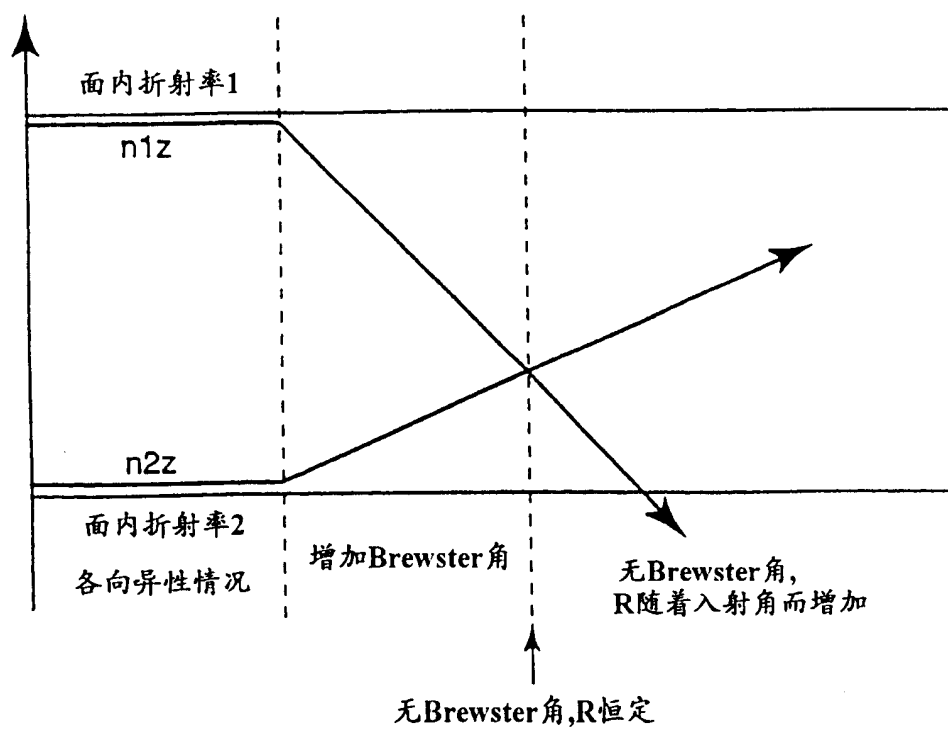


图 26

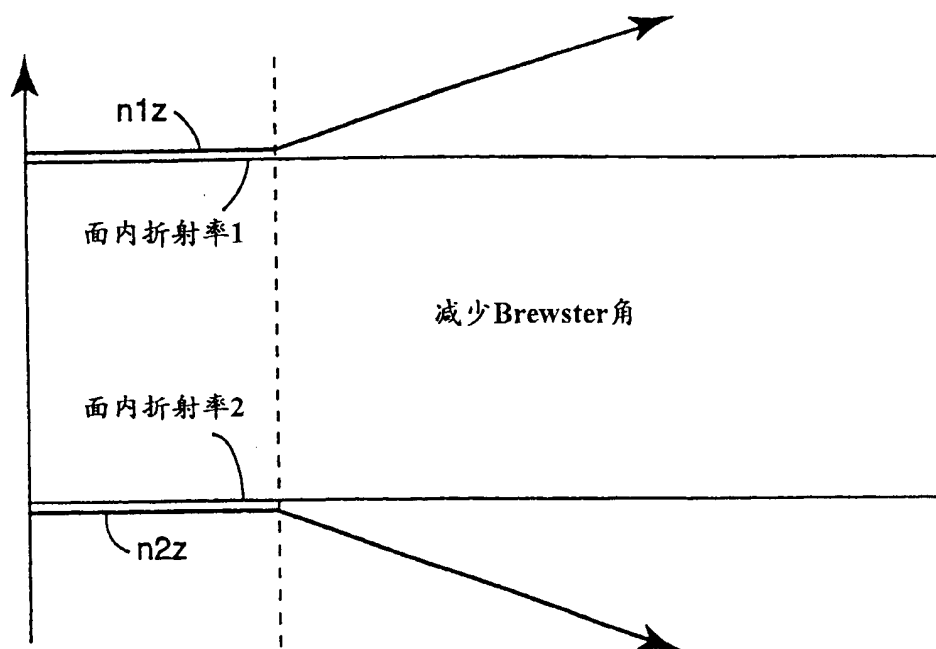


图 27

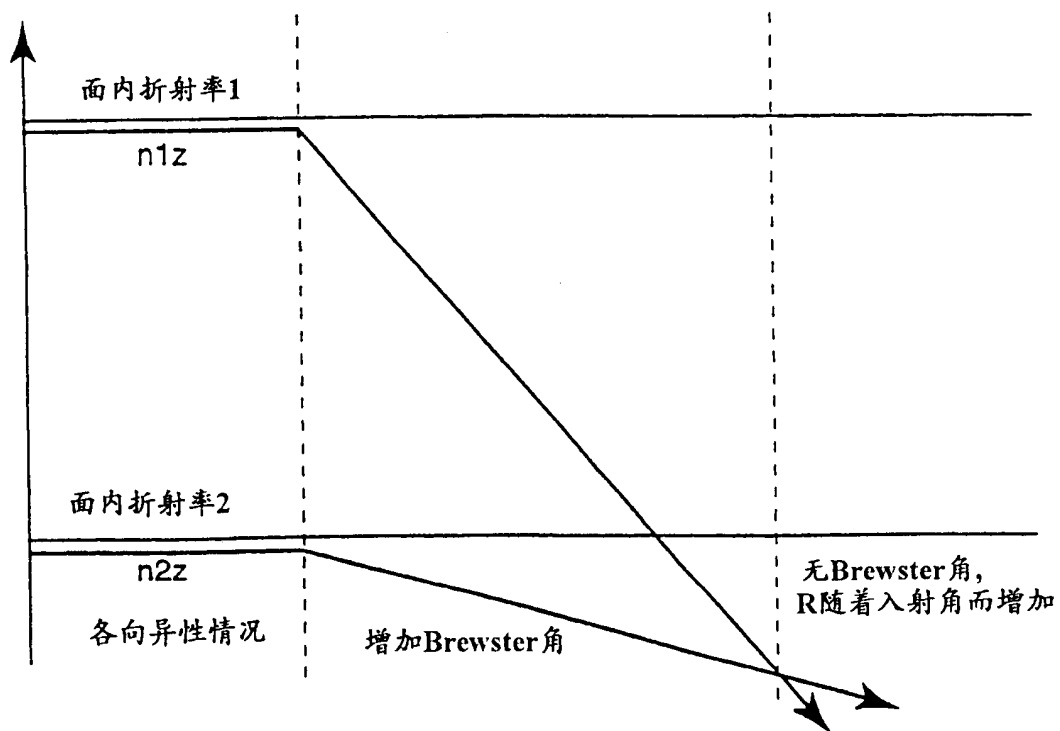


图 28

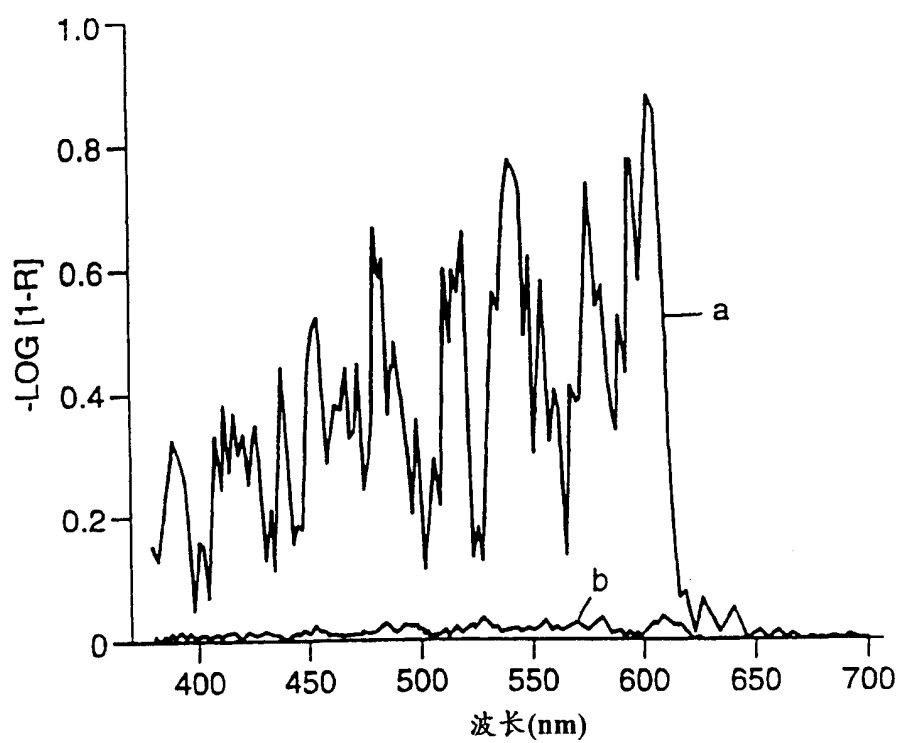


图 29

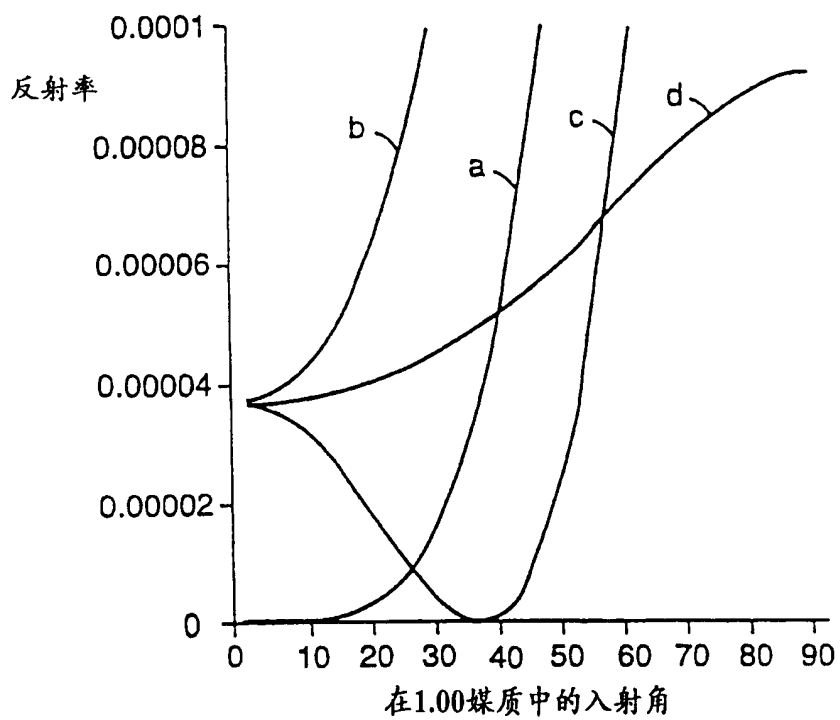


图 30

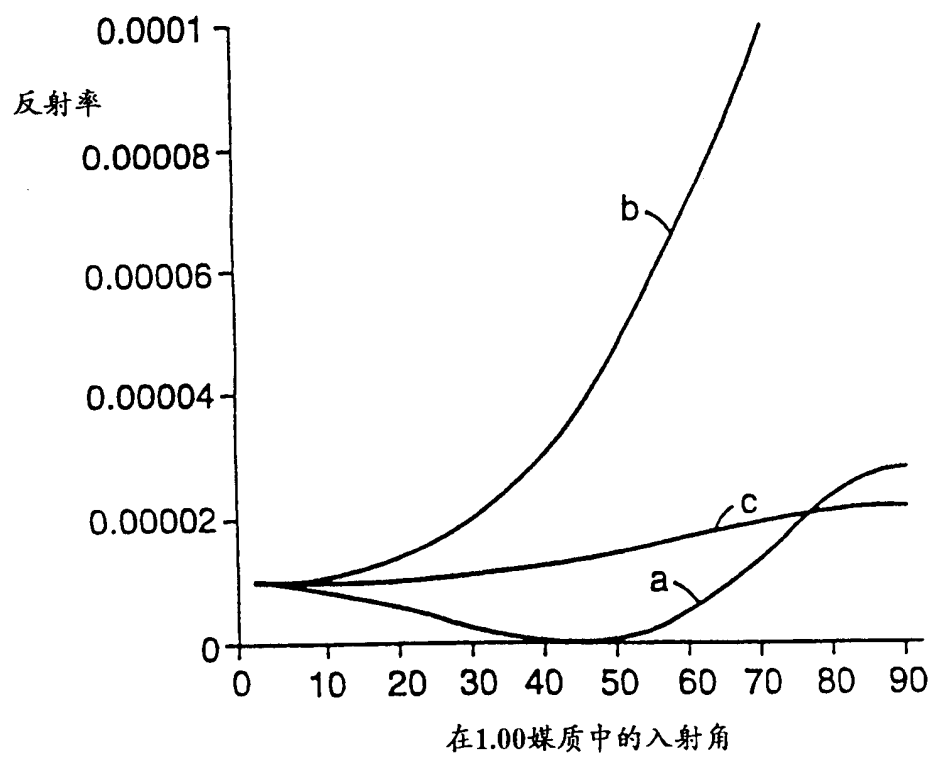


图 31

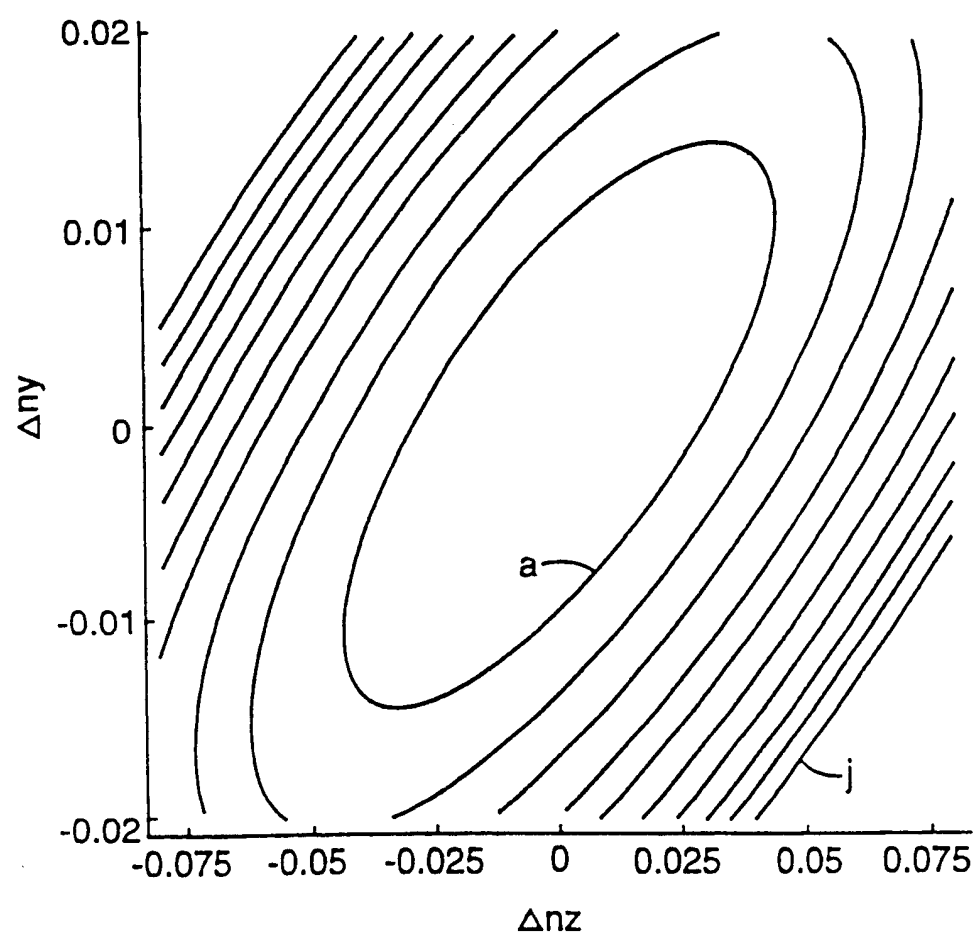


图 32