

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 27/01 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200380107707.2

[43] 公开日 2006 年 2 月 8 日

[11] 公开号 CN 1732404A

[22] 申请日 2003.12.24

[21] 申请号 200380107707.2

[30] 优先权

[32] 2002.12.31 [33] US [31] 10/335,458

[86] 国际申请 PCT/US2003/041265 2003.12.24

[87] 国际公布 WO2005/017600 英 2005.2.24

[85] 进入国家阶段日期 2005.6.27

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 M·F·维伯 A·J·乌德柯克

J·A·惠特利

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 钱慰民

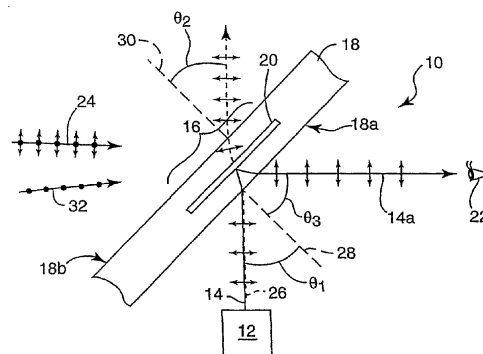
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 5 页

[54] 发明名称

带偏振光源与广角 P 偏振反射偏振镜的平视显示器

[57] 摘要

平视显示器包括投影系统与窗，窗的靶区设一反射偏振镜，把来自投影系统的光反射到观看区。来自投影系统的光经 p 偏振以锐角撞击暴露的窗表面，减少或消除了重像。该锐角与暴露窗表面的布儒斯特角精密匹配。反射偏振镜有一多层堆，各层的折射率选择成以在包含该锐角的宽角范围内，对 p 偏振光的反射比对 s 偏振光的反射强得多。该反射偏振镜还能反射红外光，以减少驾驶室内的太阳辐射热。



1. 一种向观看位置显示信息的系统，其特征在于，包括：

具有靶区和在靶区的至少第一暴露窗表面的窗构件，第一暴露窗表面有一

5 与之关联的第一法向轴线；

沿照明轴线向靶区发射偏振光的显示源，照明轴线与第一法向轴线成锐角 θ_i ，发射的光基本上 p 偏振，并包括至少一个有关的可见光波长；和

位于靠近靶区的反射偏振镜，把至少一部分来自显示源的 p 偏振光朝观看位置反射；

10 其中在入射角包括角 θ_i 的角范围内，在至少一个有关可见光波长下，反射偏振镜对 p 偏振光比对 s 偏振光具有更高的反射率。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述窗构件包括第二暴露窗表面，所述反射偏振镜位于第一与第二暴露窗表面之间。

3. 如权利要求 2 所述的系统，其特征在于，所述窗构件包括至少两个窗层，
15 所述反射偏振镜位于至少两个窗层之间。

4. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述角范围至少为 20 度。

5. 如权利要求 4 所述的系统，其特征在于，所述角范围至少为 40 度。

6. 如权利要求 4 所述的系统，其特征在于，所述角范围至少为 60 度。

7. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，在角范围内，所述反射偏振镜
20 在至少一个有关可见光波长下，对在垂直于反射偏振镜的第一平面内入射的 p 偏振光具有至少约 20% 的反射率。

8. 如权利要求 7 所述的系统，其特征在于，在角范围内，所述反射偏振镜在至少一个有关可见光波长下，对在第一平面内入射的 p 偏振光具有至少约 40% 的反射率。

9. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，在角范围内，所述反射偏振镜
25 在至少一个有关可见光波长下，对在垂直于反射偏振镜的第一平面内入射的 s 偏振光具有小于约 10% 的反射率。

10. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于，在角范围内，所述反射偏振镜在至少一个有关可见光波长下，对在第一平面内入射的 s 偏振光具有小于约 5% 的
30 反射率。

11. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，在至少一个有关可见光波长下，

所述第一暴露窗表面具有与之关联的布儒斯特角 θ_b ， θ_i 与 θ_b 相差小于约10度。

12. 如权利要求11所述的系统，其特征在于， θ_i 与 θ_b 相差小于约5度。

13. 如权利要求1所述的系统，其特征在于，所述反射偏振镜选自z匹配型反射偏振镜、负z失配型反射偏振镜和离轴偏振镜。

5 14. 如权利要求1所述的系统，其特征在于，所述反射偏振镜对正入射光大于约700纳米的波长包括至少一个反射带。

15. 一种向观看位置显示信息的系统，其特征在于，包括：

具有靶区和在靶区的至少第一暴露窗表面的窗构件，第一暴露窗表面有一与之关联的第一法向轴线；

10 沿照明轴线向靶区发射偏振光的显示源，照明轴线与第一法向轴线成锐角 θ_i ，发射的光基本上p偏振，并包括至少一个有关的可见光波长；和

位于靠近靶区的反射偏振镜，把至少一部分来自显示源的p偏振光朝观看位置反射；

其中第一法向轴线与照明轴线形成第一平面，而在包括照明轴线的角范围内，在第一平面内入射光的至少一个有关可见光波长下，所述反射偏振镜对s偏振光基本上透明，对p偏振光基本上反射。

15 16. 如权利要求15所述的系统，其特征在于，在至少一个有关可见光波长下，所述第一暴露窗表面具有与之关联的布儒斯特角 θ_b ， θ_i 与 θ_b 相差小于约5度。

17. 如权利要求15所述的系统，其特征在于，所述宽角范围至少20度。

20 18. 如权利要求15所述的系统，其特征在于，在至少一个有关可见光波长下和宽角范围内，所述反射偏振镜对p偏振光的反射率至少为约40%，对s偏振光的反射率小于约5%。

19. 一种向观看位置显示信息的系统，其特征在于，包括：

25 具有靶区和在靶区的至少第一暴露窗表面及相对单一暴露窗表面的第二暴露窗表面的窗构件，第一暴露窗表面具有与之关联的第一法向轴线；

沿照明轴线向靶区发射偏振光的显示源，照明轴线与第一法向轴线构成锐角 θ_i ，发射的光基本上p偏振并包括至少一个有关的可见光波长；和

位于靠近靶区的反射偏振镜，把至少一部分来自显示源的p偏振光朝观看位置反射；

30 其中反射偏振镜位于第一与第二暴露窗表面之间，对于在至少一个有关可见光波长下沿照明轴线入射的光，反射偏振镜反射比s偏振光更多的p偏振光。

20. 如权利要求 19 所述的系统，其特征在于，在至少一个有关可见光波长下，所述第一暴露窗表面具有与之关联的布儒斯特角 θ_b ，而 θ_i 与 θ_b 相差小于约 5 度。

21. 如权利要求 19 所述的系统，其特征在于，对于在至少一个有关可见光波长下沿照明轴线入射的光，所述反射偏振镜对 p 偏振光的反射率至少为约 40%，对 s 偏振光的反射率小于约 5%。

22. 如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，在至少一个有关可见光波长下在至少 20 度的角范围内入射的光，所述反射偏振镜对 p 偏振光的反射率至少为约 40%，对 s 偏振光的反射率小于约 5%，而所述角范围包括照明轴线。

23. 一种适用于 HUD 系统的元件，其特征在于，包括：

10 具有靶区和在靶区至少第一暴露窗表面的窗构件，第一暴露窗表面有一与之关联的第一法向轴线和布儒斯特角 θ_b 和

靠近靶区的反射偏振镜；

其中在至少一个有关可见光波长下，对于第一入射方向与第一法向轴线成角 θ_i 的光，反射偏振镜对 p 偏振光比对 s 偏振光具有更高的反射率。

15 24. 如权利要求 23 所述的元件，其特征在于，所述窗构件还具有与第一暴露窗表面相对的第二暴露窗表面，所述反射偏振镜位于第一与第二暴露窗表面之间。

25. 如权利要求 24 所述的元件，其特征在于，所述窗构件包括至少两个窗层，所述反射偏振镜位于该至少两个窗层之间。

26. 如权利要求 23 所述的元件，其特征在于，所述反射偏振镜选自 z 匹配型
20 反射偏振镜、负 z 失配型反射偏振镜和离轴偏振镜。

27. 如权利要求 23 所述的元件，其特征在于，在至少一个有关可见光波长下，对于角范围至少 20 度的光（角范围包括第一入射方向），所述反射偏振镜对 p 偏振光比对 s 偏振光具有更高的反射率。

带偏振光源与广角 P 偏振
反射偏振镜的平视显示器

5

发明领域

本发明涉及一种用户在观看显示信息的同时能大体看到其它信息源的投影显示器,显示信息可从视窗、目镜元件或用户还能通过其观看其它信息源的部分映出。

这里使用的术语“平视显示器”(HUD)指应用于飞机、轮船或陆上运输工具
10 (包括汽车、卡车与摩托车等机动车)等车辆的视窗内或防护镜或安全帽护目镜等更小规模系统或者其它各种场合里的此类显示系统。

背景

已知有各种 HUD 系统。通常,投影系统组合一分镜(分反射镜与分窗),作
15 为形成能被用户观察的投影图像的最后光学元件,同时用户可通过该分镜看其它景像。分镜是影响显示可用性的重要元件。一般,分镜的反射率必须足以反射来自投影仪的光,但也必须透明得足以通过它舒适地观看。

分镜一般置于防风罩、坐舱罩或其它透明基板上,这里通常称为窗。或者,
有时把裸露的窗表面用作自身的分镜。在任一场合中,分镜反射与窗内外表面之一
20 或二者的反射相结合,会产生重像即“叠影”问题。当窗增厚而且穿过窗的视线变得更不透明时,该问题更明显。对于典型的系统,窗厚度在约 1mm 和以上时,叠影更明显。

一种解决方法是对窗的内外表面加楔,使从一个表面反射离开的(S 偏振为主的)光在角度上与从分镜或相对表面反射离开的光分开。然而,对防风罩加楔会增加成本和制造复杂性,而且能对实用设备实现的楔角极为有限。
25

图 1 示出美国专利 No. 5,999,314 (Asakura 等人)揭示的另一已知的 HUD 系统。系统 S 包括与外侧玻璃板 1A 的内侧表面接合的偏振方向变化层 2,它与内侧面玻璃板 1B 和中间膜 4(聚乙烯醇缩丁醛等)一起形成层压玻璃 5,用于汽车前面的防风罩玻璃 W。来自显示器 6 的光穿过偏振器 7 而被 p 偏振(在入射平面内偏振)。
30 在板 1B 内侧表面形成由 TiO_2 构成的布儒斯特调角膜 3。来自显示器 6 的 p 偏振光以布儒斯特调角膜 3 的布儒斯特角($\theta=63^\circ$)入射层压玻璃 5,由于 p 偏振光以布

儒斯特角入射，故在板 1B 内侧表面不作反射。于是光射入层压玻璃 5 后达到偏振方向变化层 2, P 波变成 S 波。得出的 s 偏振光接着在板 1A 外侧表面部分反射（约 20%），而反射的 s 偏振光在再次通过层 2 时再转换成 p 偏振光，于是通过膜 3 被司机眼睛可看到。该文献还讨论了在板 1A 外侧表面形成选用的反射膜 9（由铝、金、银或铜构成的薄膜），以进一步提高反射率。该文献指出，通过消除来自显示器 6 的光从板内侧表面 1B 反射离开，并从图中可见的其它界面提供可以忽略的反射，就不会形成双像。

图 1 系统的一个问题在于其对外窗表面反射的依赖性，水、冰、脏物等会严重畸变或损害像质。另一问题是依赖于偏振方向变化层：该层在大的入射角下正常工作，但在整个可见光谱内难以如此，一般实现不了。

其它已知 HUD 系统向观看者投射其它类型的偏振光，诸如 s 偏振光或圆形偏振光。此类系统一般遇到这样的情况：导向观看者的部分或全部图像光在水平面内偏振这正是被普通偏振太阳镜拒绝的偏振分量。故若使用这类太阳镜，就更难见到投影图像。

因此，本领域要求可减少或消除叠影的改进的 HUD 系统。

发明内容

在简要内容中，本说明书揭示包括窗构件、显示源与反射偏振镜的 HUD 系统。窗构件有一靶区和在靶区的至少一个第一暴露窗表面，第一法向轴与该暴露窗表面相关联。自身包括一个或多个偏振器（包含例如输出偏振器）的显示源，沿照明轴向靶区发射 p 偏振光，照明轴与第一法向轴成锐角 θ_1 。反射偏振镜接近靶区，把来自显示源的至少一部分 p 偏振光向观察位置反射。显然，在包括角 θ_1 的角度范围内，反射偏振镜对 p 偏振光的反射率高于对 s 偏振光的反射率。在诸较佳实施例中，该角度范围至少为 20°，更希望至少为 40°、60°以上。

期望反射偏振镜对某些斜入射光的 s 偏振分量基本上呈透明，而且对 p 偏振分量至少部分反射。例如，在角度范围内，对 p 偏振光的反射率至少为 20%，更佳为 40%，而对 S 偏振光的反射率则小于 10%，更佳小于 5%。

再者，偏振器的入射光包括部分或全部电磁波谱的可见部分，还可包括红外波长。或者，可将反射偏振镜配置成使 s 与 p 偏振光以近正入射与斜射角在红外区强反射，这样可额外排斥太阳辐射。

下面更具体地提出附加和/或其它特征。

附图简介

整个说明书都参照诸附图，图中用同样的标号表示同样的元件，其中：

图 1 是原有技术显示系统的部分剖视图；

5 图 2 是本文所述 HUD 系统的部分剖视图；

图 3 示出撞击部分反射器的各种斜射光线；

图 4a~b 是薄得足以用作分镜的单一金属涂层的简化理想曲线，表示分别在 x-z 平面和 y-z 平面内反射率与入射角（空气中）的定性特性；

10 图 5a~b 是类似于图 4a~b 的多层反射偏振镜的曲线，其中对于诸交替层而言， Δn_x 很大， Δn_y 几乎为零， Δn_z 很大且与 Δn_x 同极性；

图 6a~b 是类似于图 5a~b 的多层反射偏振镜的曲线，其中对诸交替层而言， Δn_x 很大， Δn_y 几乎为零，而 Δn_z 为零或相比 Δn_x 为极小；

图 7a~b 是类似于图 6a~b 的多层反射偏振镜的曲线，其中对诸交替层而言， Δn_x 很大， Δn_y 几乎为零，而 Δn_z 很大但与 Δn_x 反极性；

15 图 8a~b 是类似于图 7a~b 的多层反射偏振镜的曲线，其中对诸交替层而言， Δn_x 和 Δn_y 几乎都为零，但 Δn_z 很大；

图 9 是对宽带反射偏振镜一个正入射线性偏振分量计算的透射率与波长曲线；

图 10 是能产生图 9 曲线的多层薄膜堆的层厚度分布曲线；

20 图 11 是对另一宽带反射偏振镜一个正入射线性偏振分量计算的透射率与波长曲线；和

图 12 是能产生图 11 曲线的多层厚膜堆的层厚度分布曲线。

示例实施例的详述

示例 HUD 系统 10 的部分示意图示于图 2。总之，投影系统 12 把光 14 传向窗 25 18 的靶区 16，于是位于靶区 16 附近的反射偏振镜 20 将至少部分投影光朝预定的观看者 22 反射。同时，反射偏振镜 20 和窗 18 发射来自外部环境的至少部分光 24，让观看者 22 观看。

投影系统 12 是一投影可见光束或图像的普通系统，包括诸已知的元件，诸如 LCD、电致发光面板、白炽或荧光源、CRT、LED 与透镜、准直镜、反射镜和/或偏振镜。发射光基本上为单色、多色、窄带和宽带，但较佳地重迭至少一部分约 400~700nm 的（可见）光谱。重要的是，射向靶区 16 的光 14 基本上在图示平面内线性

的偏振。应该理解，系统 12 在有限的角锥体内发光，但为便于图示，只绘出一条光线 14。再者，系统 12 可包括斜镜等机构或位移装置，以便改变发射光的角度和/或位置，适合处于不同位置或高度的观看者。

光 14 沿照明轴 26 运行并撞击窗 18 的第一暴露的主表面 18a。如前所述，窗 18 包括任一种各种各样的透明构件，可以是单一的或层压的、平坦或弯曲的（单一或复合的曲率）、水透明或染色的，具有聚焦特性（如在防护镜或其它眼罩的场合中），可由任一普通的玻璃和/或塑料构成。为实现廉价与轻量，窗包括一片玻璃或其它有平面平行表面的透明材料。如图所示，偏振光 14 撞击表面 18a，与在入射点垂直于表面 18a 的轴 28 成一锐角 θ_i 。法向轴 28 和照明轴 26 限定的入射平面与图示平面一致，光 14 在该入射平面的偏振，故定为“p 偏振”光。已知玻璃与塑料等普通光学材料在空气中呈现布儒斯特角，它与具体光学材料的折射率有关，对于一般窗材料，为 55~60°。严格地说，由于色散， θ_b 与光波长有关，但这种影响一般极小，在大多数情况下，在可见光谱内可将 θ_b 视为常数。对于以布儒斯特角入射的光，任何 p 偏振分量的反射率都为零，但任何 S 偏振分量（其电场矢量垂直于入射平面）的反射率甚至比其在接近正入射时的反射率更大。以接近 θ_b 角入射的 p 偏振光经历非零，但反射率极低。因此，使入射角 θ_i 保持等于或接近 θ_b ，并保证光 14 很少或没有 S 偏振分量，则在表面 18a 不产生投影光 14 的明显反射，从而避免在表面 18a 形成“重迭”图像。 θ_i 能与 θ_b 偏离并仍保持“不明显反射”的度数，取决于许多系统变量与要求，一般能偏离至少若干弧度。在有些场合中，偏离大于 5 度甚至 10 度可以接受，因与近正入射尤其是小于 θ_b 的角度的反射率相比，这些角度的 p 偏振反射率仍要小得多。注意，在投影系统 12 以未经准直、靶区 16 被扩展和表面 18a 不平坦的情况下，与 θ_b 的一些角偏差是无法避免的。

根据反射偏振镜 20 的特征，有些光从系统 12 向前传播到窗 18 的第二暴露主表面 18b。对有些实施例，表面 18b 将基本上平行于表面 18a，局部法向轴 30 平行于法向轴 28，而且表面 18b 的布儒斯特角与表面 18a 的布儒斯特角相同，但这些条件一般不被满足。若满足或接受满足了这些条件，则光 14 将以与 θ_i 一样的出射角 θ_2 从窗 18 出射而再次经历不明显的反射，因为实际上不存在 s 偏振光，并以或接近布儒斯特角传播，故避免了“重迭”图像。

有些实施例希望或必须在表面 18a 和/或 18b 上设置防反膜。大入射角（空气中至少为 40 度）的 p 偏振光比这些角的 s 偏振光更容易制作此光膜。另外，希望的话，还可在暴露的窗表面设置如 Asakura 等人在美国专利 5,999,314 所述的布

儒斯特角调节膜，以便适当调节 θ_s 而保持表面 18a、18b 低的反射率。但对许多实施例而言，完全可不设防反膜和布儒斯特角调节膜。

理想的 HUD 系统应对来自成像系统的光提供明显的反射率，同时对来自外部环境的光提供高透射性。为此，HUD 系统 10 配用了反射偏振镜 20。偏振镜 20 基本上能完全透射一种偏振光（s 偏振），并对另一种偏振（p 偏振）提供选择性的反射与透射。偏振镜 20 较佳地包括多层交替材料堆，诸如美国专利 No. 5, 882, 774 (Jonza 等人) 所述。通过适当的层厚度选择，可把偏振专用反射特性做成波长专用，使偏振镜对所选波长以外的所有波长实际上都透明，只对 p 偏振光反射。所选波长可以是单窄带、多窄带或宽带。通过控制层间折射率差和偏振镜总层数，可对所选波长带实现任何合适的反射率。偏振镜 20 可用数十种上百种共挤压聚合物层制作，这些聚合物层在可见光和近红外波长中基本上不吸收，因而偏振镜的反射率与透射率之和为 100%。

出于本申请的目的，除非另有所指，与偏振膜有关的反射率和透射率不计及可能出现在偏振膜最外表面的任何菲涅耳反射。因此，在空气中对偏振膜样品的测量，由于这种菲涅耳反射，一般将得出较高的反射率和较低的透射率，除非例如在膜的外表面设置防反膜。

适当控制堆内邻层的所谓 Z 折射率差（即沿垂直于偏振镜平面的轴线的折射率差），能消除偏振镜的布儒斯特角，高效地反射 p 偏振光。这种反射在宽的角范围内也有效，使同样的偏振膜适用于各种入射角 θ_i 不同的 HUD 系统，而且/或者提供更大的设计灵活性。例如，偏振镜 20 无须平行于表面 18a 或 18b，使光 14a 的出射角 θ_s （从轴线 28 测得）不同于入射角 θ_i 。

虽然反射偏振镜一般只遍布一小部分窗（该部分一般对应于靶区 16），但在有些实施例中，该反射偏振镜能以连续条的形式延伸穿过整个窗 18，或甚至与窗 18 完全共同扩张。对于机动车辆，该条能沿防风罩的上、下或中部水平延伸。根据窗大小和应用，靶区同样只遍布小部分、一条或整个窗。

HUD 系统 10 的一个好处是与偏振型太阳镜相容。对于许多机动车应用，来自外部环境的眩光易于沿水平轴偏振。图 2 用标号 32 代表眩光。与之相比，来自投影系统被偏振镜 20 朝观看者 22 反射的光部分 14a，则沿位于垂直平面的轴线偏振。普通偏振型太阳镜有选择地发射垂直偏振光而阻断水平偏振光，因而阻断了眩光 32，但发射 HUD 反射的光 14a。注意，太阳镜还阻断所需外部环境光 24 的水平偏振分量。反射偏振镜 20 在此情况下不得反射所有可见的 p 偏振光，因为带太阳镜

的观看者 22 应能通过靶区 16 看到极少量所需的外部环境光 24。

现在转看图 3, 图示的部分反射镜 40 或其局部平坦部分位于 x - y - z 笛卡儿坐标系的 x - y 平面内。以下讨论将用该参照系统描述某些部分反射镜相对于 HUD 系统 10 其它反射镜的特性和优点。图示光线斜撞在反射镜上, 有些光线位 x - z 平面, 另一些光线位于 y - z 平面, 这些平面内的光都具有 s 和 p 两种偏振分量。在部分反射镜 40 为偏振镜时, y 轴定为通过轴, x 轴定为阻断或反射轴。入射角 θ 在入射光线空气方向与 z 轴之间为锐角, 与部分反射镜 40 正交。

图 4~8 用于比较, 图中曲线表示 S 和 p 偏振光作为某些部分反射镜的入射角函数的通用定性反射率特性, 并非取自真实的或甚至计算的数据, 但用于比较已足够精确了。如上所述, 曲线假定光波长在期望的谱带内。

在图 4a 和 4b 中, 对分别入射 x - z 与 y - z 平面的光示出了简型半“镀银”镜的反射率特性。这种部分反射镜可用淀积至透明基片上的一薄层单一的银、铝、金或其它普通金属构成, 金属厚度可反射 50% 正入射光。注意, 正入射的透射将小于 50%, 因为金属一般吸收可见光。两图相同, 因为金属膜为各向同性。 θ 增大时, S 偏振光的反射率增大, p 偏振光的反射率先有点下降, 然后增大。在斜入射角宽广的角范围内, 包括玻璃与塑料典型的布儒斯特角, 尽管 p 偏振反射率很高, 但这种部分反射镜在 HUD 系统 10 中并不优化地工作, 因为它难以通过这种反射镜看到外部环境。主要原因在于, 在整个角范围内, S 偏振反射率的量级等于或高于 p 偏振反射率。减小金属层厚度可增强分镜透射而提高对外部环境的能见度, 但会降低投影图像亮度。

图 5a 和 5b 对分别入射 x - z 和 y - z 平面的光示出多层双折射反射偏振镜的反射率特性。多层堆内邻层间的折射率关系为:

$$\Delta n_x \approx \text{大}(+)$$

$$\Delta n_y \approx 0$$

$$\Delta n_z \approx \text{大}(+)$$

这被称为“Z 失配型”偏振镜。 Δn_x 与 Δn_z 的“+”号说明这些差值为同极性—— x 方向折射率 n_x 较高的层也具有较高的 z 方向折射率 n_z , 反之亦然。 Δn_x 的“大”表明对于堆中给定的层数, 折射率差足以将正入射光的一种偏振反射至少 20%, 更佳为 50% 或以上。对于已知的双折射聚合物堆, 这一般至少为 0.1 或 0.2。 Δn_y 的零表明, 对于堆中给定的层数, 折射率差小得对正入射光的正交偏振足以反射可予以忽略的量, 较佳的小于 10% 或 5%。对已知的双射聚合物堆, 这一般至多为

0.02 或 0.01。 Δn_z 的“大”表示为 Δn_x 的量级。

如图所示, z 失配偏振镜在 x - z 与 y - z 两平面内具有斜角的某一 p 偏振反射率。在 y - z 平面内, p 偏振反射率在宽角范围内很明显, 但不幸得很, s 偏振反射率在同一范围内也极大。在 x - z 平面内, 在宽角范围内, p 偏振反射率大于 s 偏振反射率, 但有的地方前者变零, 原因在于多层堆自身的布儒斯特角效应。再者, 在零反射率点附近, p 偏振反射率随入射角迅速地变化。 y - z 平面内的高 s 偏振反射率和 x - z 平面内的布儒斯特角效应与 p 偏振反射率的迅速扰动, 说明 z 失配偏振镜也不能作为 HUD 系统 10 里的部分反射镜而优化地工作。

对于分别入射 x - y 与 y - z 平面的光, 图 6a 和 6b 示出了一不同多层双折射反射偏振镜的反射率特性。该多层堆内邻层间的折射率关系为:

$$\Delta n_x \approx \text{大}$$

$$\Delta n_y \approx 0$$

$$\Delta n_z \approx 0$$

被称为“ z 匹配型”偏振镜。 Δn_x 的“大”和 Δn_y 的零与图 5a—b 一样。 Δn_z 的零说明折射率差的绝对值至少小于 Δn_x 的一半, 更佳地小于 Δn_x 的 1/4 或 1/10。

如图 6a 所示, 在宽的入射角范围内, 实际上在整个入射角范围内, 对 x - z 平面内的光的 p 偏振反射率相对恒定, 比 s 偏振反射率高得多。对于与 Δn_x 同极性的小 Δn_z 值, 增大 θ 使 p 偏振反射率略减小, 而对于与 Δn_x 相反极性的小 Δn_z 值, 增大 θ 使 p 偏振反射率略增大, 这一特征用虚线表示。 S 偏振反射率可忽略不计——在整个入射角范围内低于 10%与 5%。相比之下, 在整个入射角范围内, 入射 y - z 平面的光令随角度经受高而不断增大的 s 偏振反射率, 而 p 偏振反射率可忽略不计。显然, z 匹配型反射偏振镜完全适合在 HUD 系统 10 中用作部分反射镜。但如图 6a 与 6b 的差异所示, 为实现较佳性能, 偏振镜必须正确定向, 较佳的, x - z 平面与图 2 的平面相一致。在机动车应用中, 偏振镜的通过轴 (y 轴) 较佳为水平。

对于分别入射 x - z 与 y - z 平面的光, 图 7a 与 7b 示出一不同多层双折射反射偏振镜的反射率特性。该多层堆内邻层间的折射率关系为:

$$\Delta n_x \approx \text{大}(+)$$

$$\Delta n_y \approx 0$$

$$\Delta n_z \approx \text{大}(-)$$

这被称为“负 z 失配型”偏振镜。 Δn_x 的“大”和 Δn_y 的零与图 6a—b 中一样, Δn_x 的“大”表示其量级与 Δn_x 一样, “+”与“-”号说明 Δn_x 与 Δn_z 为反极性:

n_x 值较高的层具有较低的 n_z 值，反之亦然。

对于 y - z 平面内的光（与图 7b 和 5b 相比），负 z 失配型偏振镜的反射率特性与其它 z 失配型偏振镜一样，但对于 x - z 平面内的光， p 偏振反射率不只是维持，而是随角度增大，如图 7a 所示， s 偏振反射率则对所有入射角保持可被忽略。希望的话，为降低图 7a 的 p 偏振反射率曲线并增大或消除 p 偏振反射率达到饱和的角度，可减少堆的总层数和/或减小 Δn_x 的幅值。不管是否这样做，对 x - z 平面内的光而言，在一宽角范围内，实际上在所有入射角内，负 z 失配型反射偏振镜都提供高的 p 偏振反射率和可以忽略的 s 偏振反射率，使它总是适用 HUD 系统 10。但在某些场合中， p 偏振光随 θ 明显增加是不利的。

10 对分别入射 x - z 与 y - z 平面的光，图 8a 与 8b 示出又一多层双折射反射偏振镜的反射率特性。该多层堆内邻层间的折射率关系为：

$$\Delta n_x \approx 0$$

$$\Delta n_y \approx 0$$

$$\Delta n_z \approx \text{大}$$

15 这被称为“离轴型”偏振镜。 Δn_x 与 Δn_y 的零表示小得足以对任一偏振产生可以忽略的同轴 ($\theta=0$) 反射率量，如小于 10% 或 5%。 Δn_z 为“大”说明大得足以产生大量期望的离轴反射率。优选的 Δn_z 值为 0.1 或以上。可参考题为“具有大 E 轴折射率差的 P 偏振器” (P-Polarizer With Large E-axis Re-fractive Index Difference) 的共同转让的美国专利申请流水号 10/334,836 和题为“带有设计的色移的光偏振器” (Optical Polarizing Films With Designed Color Shifts) 的美国专利申请流水号 10/335,460。

首先注意，图 8a 与 8b 相同，因为离轴偏振镜在膜平面 (x - y 平面) 内基本上对称。此外，在宽角范围内，实际上对所有入射角， s 偏振反射率都可以忽略。在这方面，平面内标出的折射率并不精密地匹配，有少量 s 偏振反射率随 θ 增大。但要指出， p 偏振发射率随 θ 增大而迅速地增大。虚线表明，对于较大的 Δn_z 值（和/或堆内更多层），曲线能更快地随角度上升，对于较小的 Δn_z 值（和/或堆内更少层），曲线则更慢地随角度上升。当然，再减小可防止 p 偏振反射率总是达到饱和。在任何情况下，该离轴型偏振镜能在宽度范围内提供大量 p 偏振反射率和少量 s 偏振反射率。有利的是，这类偏振镜和至少是负 z 失配型偏振镜，以较大的入射角（更可能是 HUD 入射角 θ_i ）提供更高等级的 p 偏振反射率，而在近正入射时更透明。离轴型偏振镜在正入射时基本上透明。离轴型偏振镜特有的另一重要优点是能在

HUD 系统内定位而与偏振镜取向无关，因为它在平面内对称。但如前所述，在有些场合中，p 偏振反射率随角度明显增大可能是不利的。

现在转向合适反射偏振镜的期望的谱特性。这些特性不仅受到多层堆交替层折射率的影响，还明显受到整个堆层厚度分布的影响，而且还随入射角变化。

- 5 可用各种反射偏振镜设计使 p 偏振光部分透射通过 HUD 系统的部分反射镜，其中的两种设计是：（1）只反射所选 p 偏振光可见波长的着色偏振镜，和（2）以中等反射率诸如 25%或 50%均匀反射所有 p 偏振光可见波长的宽带偏振镜。在第一类型中，带内反射率可选到 100%。应理解，这里讨论的反射带考虑了光源相对偏振镜的角位置所造成的任何谱移，即反射带是偏振镜在预定应用角度时的反射带，
- 10 不必正入射，除非另有规定。

- 一例第一类光谱特性是通过插入透射带而分开多样性反射带的反射偏振镜，例如把胆甾型或薄膜反射偏振镜设计成在可见光谱的红绿兰部分中反射三个较窄的波长带。众所周知，以各种组合方式添加红绿兰光，实际上可产生任一种谱色，这样不用反射整个可见光谱的偏振镜也能形成全色的 HUD。在 400~480nm、500~
- 15 570nm 和 600~700nm 之间的谱范围内，可在反射偏振镜中设置兰绿红反射带。为使透射效率最大，偏振镜只反射其中每一范围的窄部分，宽度（半最大值的全宽度）较佳为 50nm 或以下，更佳为 10~40nm，最佳为 10~30nm。对于能为具有高最大反射率值的窄反射带提供锐带缘的层厚度分布技术，可参照美国专利 Ni.6.157.490（Wheatley 等人）。若显示源以三个（或小于三个）窄带宽发光，则偏振镜在预
- 20 定入射角下的窄反射带重迭该源的发射波长。在有些实施例中，该偏振镜只能在可见光区设置一个或二个反射带。另外，在车辆应用中，偏振镜还可包括一个或多个红外反射带，可减少驾驶室内太阳光热量。

- 在应用第一类谱特性的另一例 HUD 系统中，反射偏振镜在正入射时的反射带基本上全部位于红外范围（包括近红外范围），但在以选择的入射角入射时，该带
- 25 移入可见光波长，通常为红波长。结果，该反射偏振镜在使用角度下反射红色（并发射青色，即红的补色）的 p 偏振光。除可适用于 HUD 外，这种反射偏振镜的另一优点在于，通过把至少一种偏振的红外辐射反射得远离观看者，可起到冷却作用。本例可用的反射偏振镜可以是胆甾型反射偏振镜和薄膜反射偏振镜，二者的特征是反射率谱随入射角 θ 增大而移向更短的波长。本例的显示源例如提供在偏移波长范围内的红光。红光反射率经修改，使足量红光透射窗的靶区，从而看到诸如交通信号
- 30 灯之类的外部红色物体。后者只在观看者也带偏振型太阳镜时涉及到，这种太阳

镜基本上阻断了所有正交偏振的（即水平偏振的）红光。

由于胆甾型偏振镜反射圆偏振光，故要用 1/4 波板将线性的 s 和 p 偏振光转换到圆形。控制膜的 x、y 和 z 的相对折射率值，可优化 1/4 波板的斜特性。

对于在任何照明条件下反射镜无显色作用的全色 HUD 系统，使用宽带反射偏振镜是有利的。调节反射率可满足窗的任何透射要求，且仍对投射光提供高反射率，例如有些机动车的前面防风罩至少要求 70%的平均透射比。这样，可将宽带反射偏振镜做成对图 9 所示的正入射的一种线性偏振具有透射谱，而正交线性偏振的透射比几乎为 100%。这种膜对非偏振光的平均透射比接近 75%。同时，由于较佳偏振镜的反射率与透射比之和基本上为 100%。故约 50%的偏振投影仪光指向观看者。具有这些谱特性的 z 匹配型薄膜偏振镜可以制成有 224 个独立层，层厚度分布示于图 10。诸点落在两条曲线上。下面的曲线针对第一交替材料（如对苯二甲酸乙二醇聚酯（PET），其折射率 n_x 高达 1.68；上面的曲线针对第二交替材料（如共聚多酯），其折射率 n_x 较低，为 1.54。所有层的 y 与 z 折射率均为 1.54。该例应用了分级的 1/4 波堆设计，多层堆里的光学重复单元基本上包括两个邻层，指定光学重复单元的总光学厚度为光学反射波长的一半。

还试用过其它已知的堆设计，如每个光学重复单元应用的层数超过二个。在一种此类设计中（Arends 等人在美国专利 No. 5, 360, 659 中揭示的），各光学重复单元有 6 层，其中安排了两种交替材料，相对光学厚度为 7-1-1-7-1-1。在美国专利 No. 5, 103, 337 (Schrenk 等人) 揭示的另一种设计中，各光学重复单元有 4 层，其中三种材料 A、B、C 的折射率为 $n_A > n_B > n_C$ ， $n_B = \sqrt{n_A n_C}$ 排成 ABCB，相对光学厚度分别为 1/3、1/6、1/3、1/6。还试用过混合膜设计，应用了 1/4 波结构、7-1-1-7-1-1 结构和 ABCB 结构中的一种以上。

实现宽带反射的另一方法是在多层光学堆里使用厚得多的层，例如像图 12 所示，使用 124 个较厚层的 z 匹配型偏振镜可得到图 11 所示的透射光谱。在图 12 中，下面的曲线针对 $n_x \approx 1.85$ 的第一交替材料（PEN），上面的曲线针对 $n_x \approx 1.565$ 的第二交替材料（购自伊斯特曼化学公司的 PETG），y 与 z 折射率都匹配于 1.565，在所有角度下对通过偏振得出无色的透射。这些折射率可用 PEN 实现，而 PEN 单轴定向，使膜沿非扩张方向收缩。注意，该膜对 p 偏振具有从 400nm 扩展到 1800nm 的 50%反射率，故反射所有太阳辐射的 25%。由于 z 折射率匹配，该反射率级别在 θ 增大时不变。

本领域的技术人员将明白本发明的各种修正与替代方法而不违背本发明的范围与精神，而且应该理解，本发明并不限于这里所提出的诸示例性实施例。

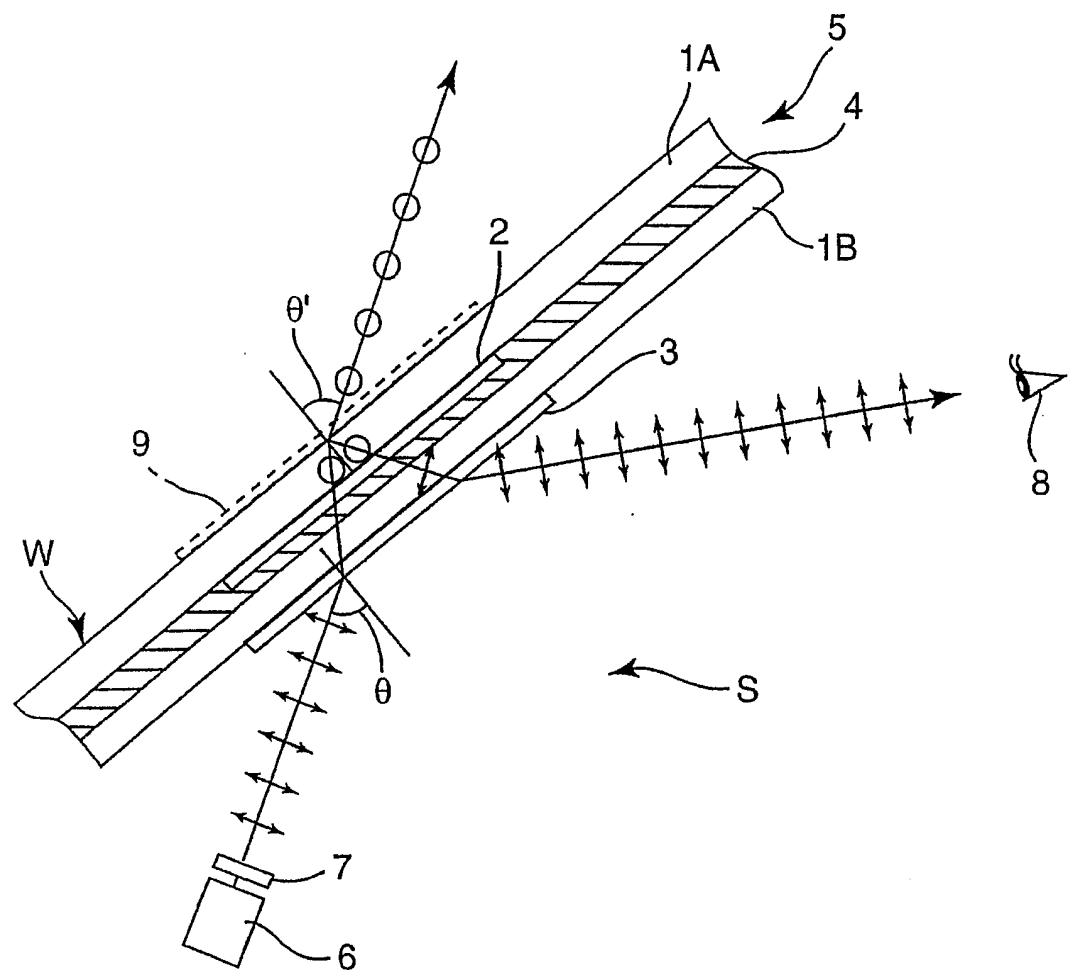


图 1
原有技术

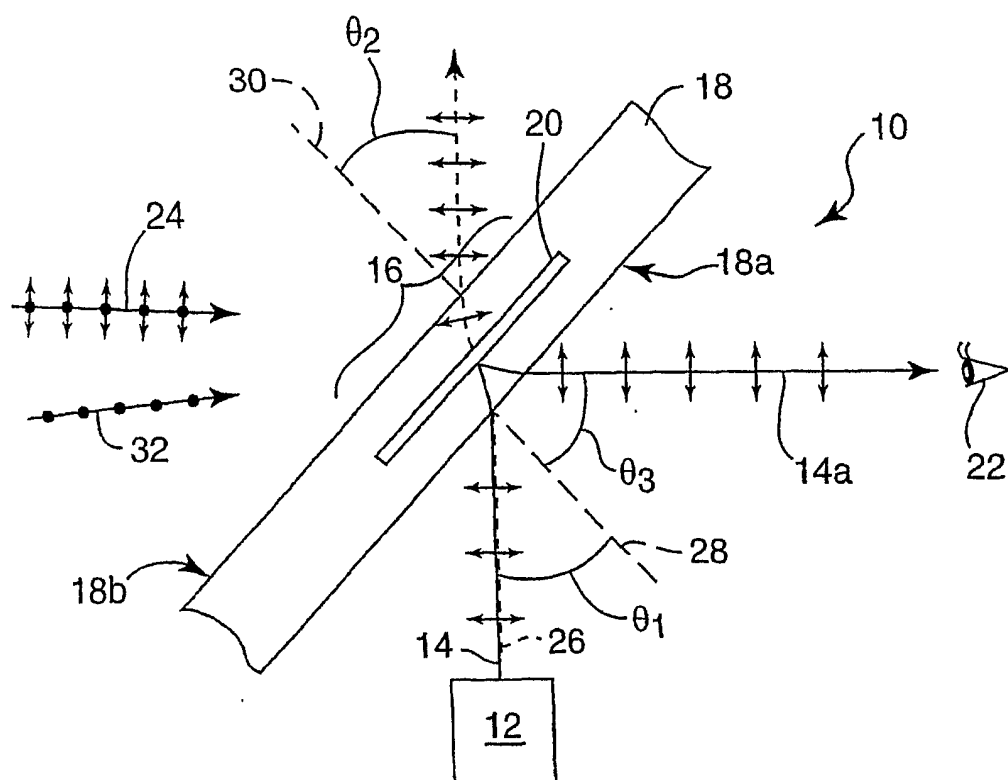


图 2

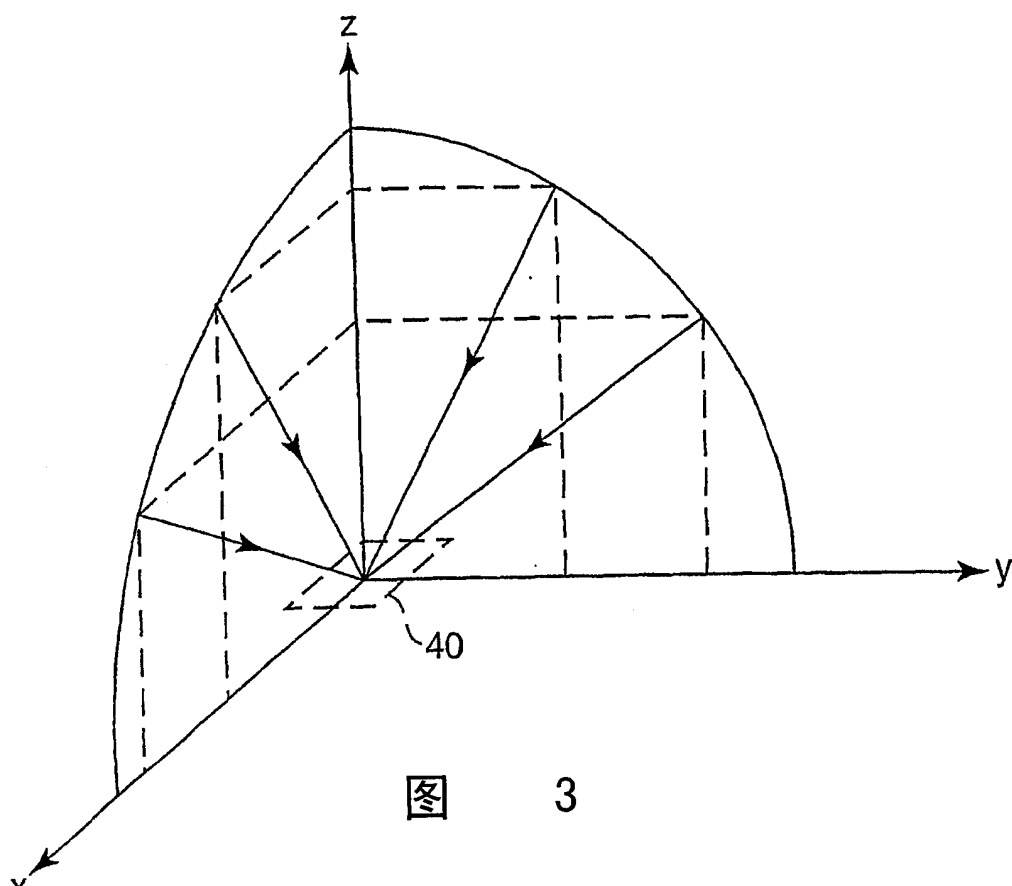


图 3

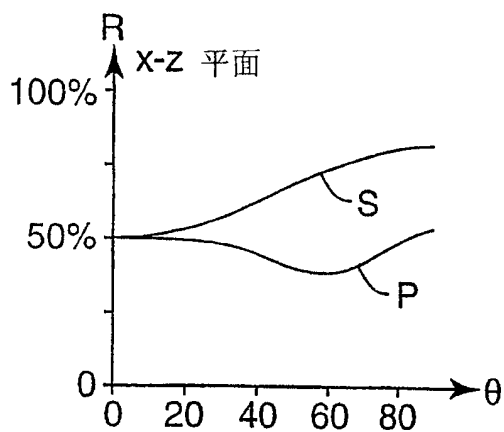


图 4a

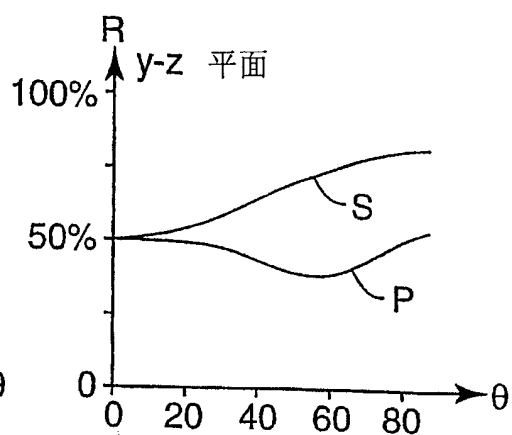


图 4b

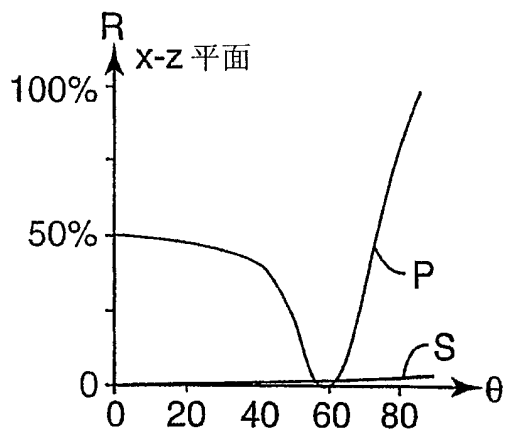


图 5a

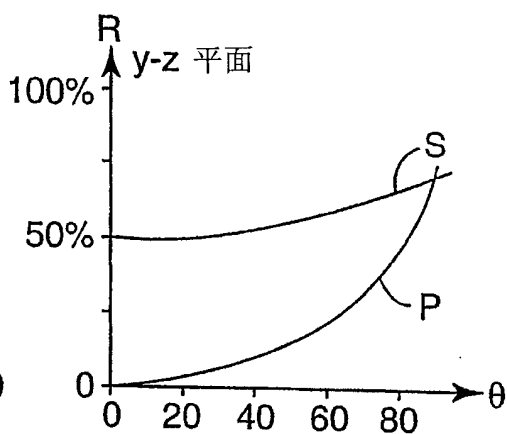


图 5b

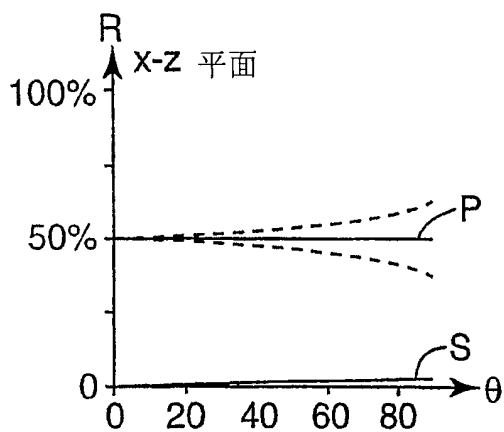


图 6a

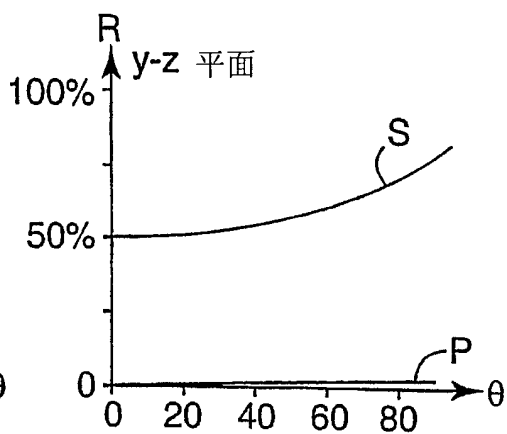


图 6b

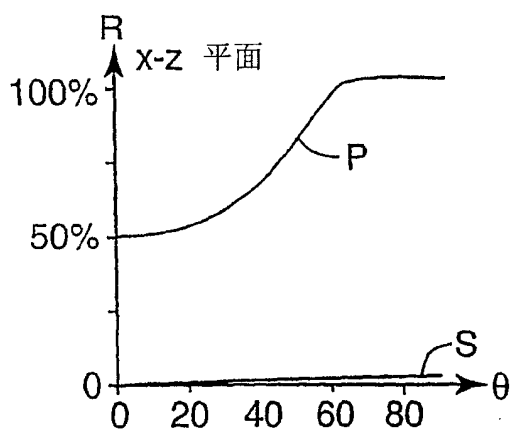


图 7a

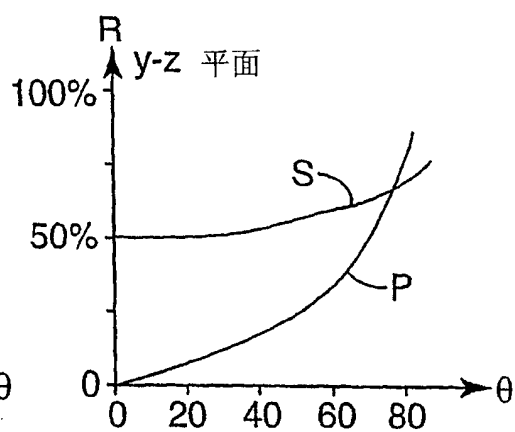


图 7b

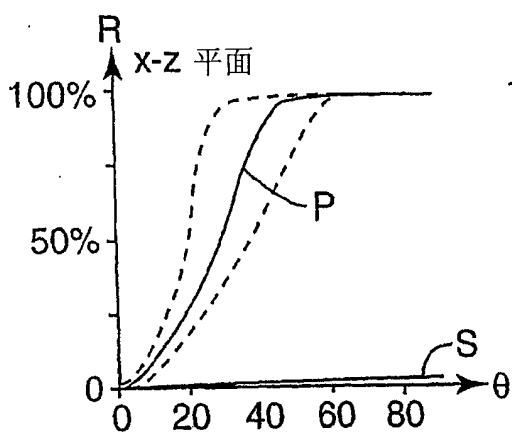


图 8a

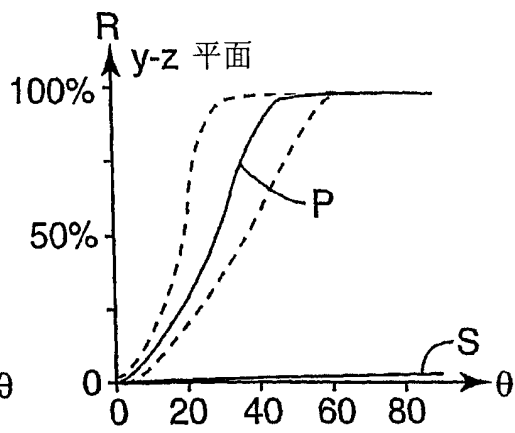


图 8b

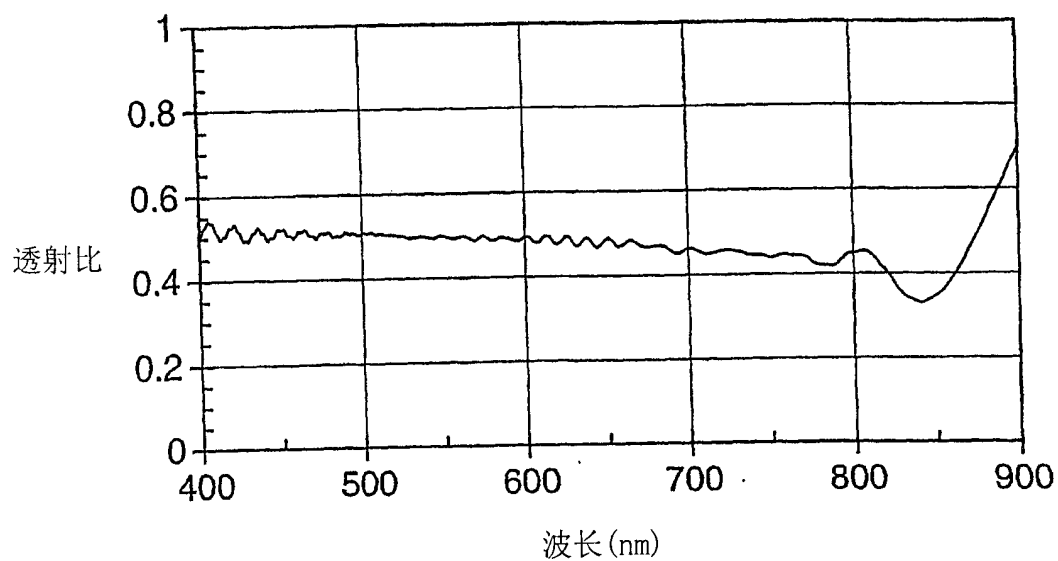


图 9

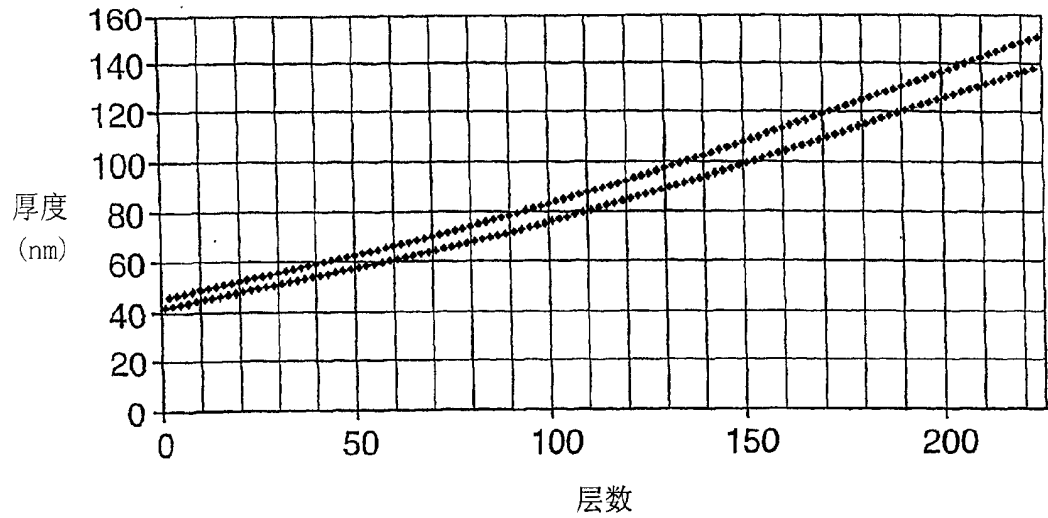


图 10

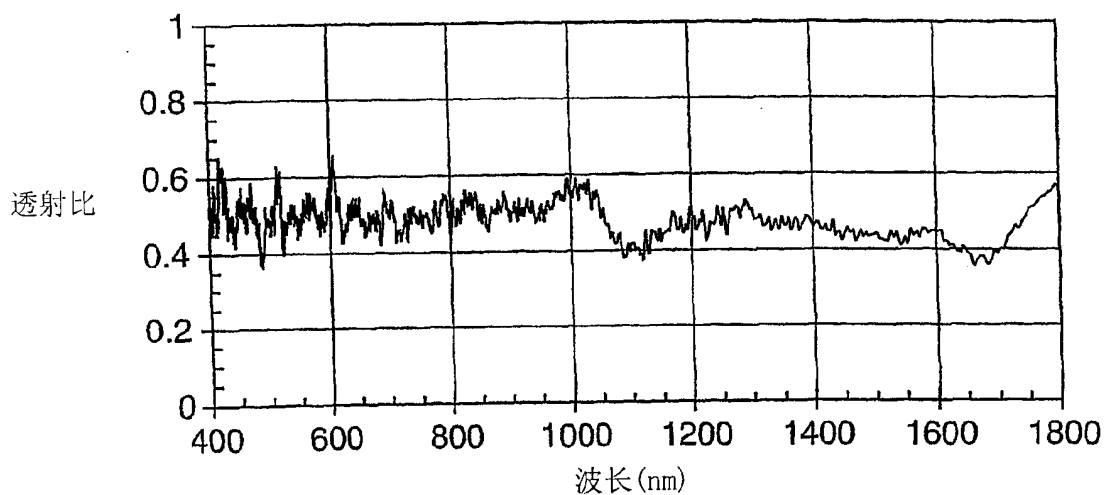


图 11

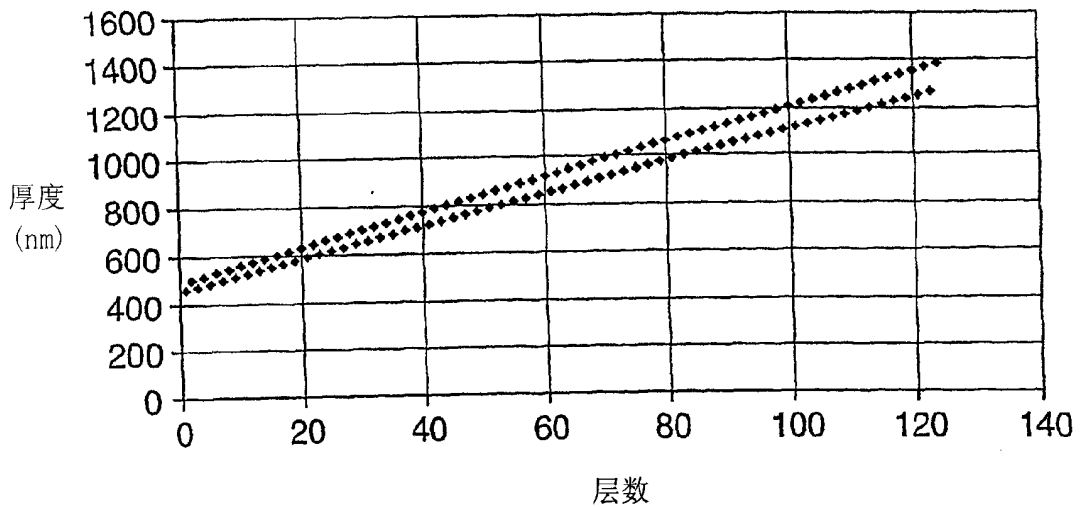


图 12