

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04N 9/31

G02B 27/14



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99814945.4

[45] 授权公告日 2005 年 9 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1218585C

[22] 申请日 1999. 12. 22 [21] 申请号 99814945.4

[30] 优先权

[32] 1998. 12. 22 [33] GB [31] 9828328.6

[32] 1999. 4. 16 [33] GB [31] 9908777.7

[86] 国际申请 PCT/GB1999/004369 1999. 12. 22

[87] 国际公布 WO2000/038432 英 2000. 6. 29

[85] 进入国家阶段日期 2001. 6. 22

[71] 专利权人 瓦智能 BVI 有限公司

地址 英属维尔京群岛托尔托拉岛

共同专利权人 特伦斯·莱斯莉·约翰逊

[72] 发明人 郭海成 刘 旭

审查员 赵博华

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

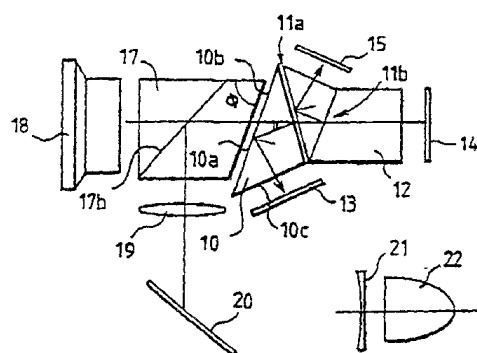
代理人 潘培坤 陈 红

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 5 页

[54] 发明名称 用于全色图像显示器的投影系统

[57] 摘要

本发明涉及一种用于全色图像显示器的投影系统，具有紧凑偏振非灵敏棱镜部件及反射光阀。该系统包括三个被涂敷的棱镜组成的棱镜部件和一个特殊形状的非立方的光束分束器，实施例中为梯形。棱镜部件的角度被优化设计，以使用最小的偏振非灵敏性实现最佳的色分离和色重组。该部件形成反射 LCD 投影机的紧凑而特别有效的光学系统布局。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于全色图像显示器的投影系统，包括：
- 一个用于发射白光束的光源（22）和一个直射和准直该白光束的照明
- 5 光学系统（19，21）；
- 一个具有非立方形的偏振光束分束器（17），反射输入光的特定偏振；
- 一个三色棱镜部件（10，11，12），用于从该白光束中分离三基色并把分离的光分别直射到三个光阀（13，14，15），反射偏振调制光的每个光阀产生相应的彩色图像信号；
- 10 所述的三色棱镜部件（10，11，12），用于重组反射光束；
- 所述的偏振光束分束器（17），用于根据反射光阀（13，14，15）给予的偏振变化，把光束直接射回到光源（22）或者射到屏幕上；
- 一个投影透镜系统，把光影射到屏幕上形成全色图像；
- 其特征在于所述的偏振光束分束器（17）包括一个直角棱镜和一个
- 15 梯形棱镜，在它们之间具有偏振涂层；梯形棱镜（12）的锐角是 $74\pm 5^\circ$ ，其选来配合所述直角棱镜（10）的表面（10a）；并且所述的三色棱镜部件（10，11，12）包括三个棱镜，其中两个是三角形棱镜，第三个是梯形棱镜，具有在棱镜之间的表面上涂敷的分色涂层。
2. 按照权利要求1的系统，其特征在于所述三角形棱镜（10，11）
- 20 的角度分别是 $32\pm 5^\circ$ ， $48\pm 5^\circ$ 和 $100\pm 5^\circ$ 。
3. 按照权利要求1的系统，其特征在于两个分色涂层包括相同的入射角。
4. 按照权利要求3的系统，其特征在于入射角是 $16\pm 5^\circ$ 。
5. 按照权利要求3或4的系统，其特征在于在三色棱镜部件（10，
- 25 11，12）的一个表面上的分色涂层是一个边缘滤色片，对兰色具有高反

射率，而透射其余颜色。

6. 按照权利要求 3 或 4 的系统，其特征在于在三色棱镜部件（10，11，12）的一个表面上的分色涂层是一个边缘滤色片，对红色具有高反射率，而透射其余颜色。

5 7. 按照权利要求 5 的系统，其特征在于分色涂层的反射光谱具有在 s-和 p-偏振之间少于 5nm 的光谱移位。

8. 按照权利要求 6 的系统，其特征在于分色涂层的反射光谱具有在 s-和 p-偏振之间少于 5nm 的光谱移位。

9. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于反射光阀（13，14，15）包
10 括液晶光阀。

10. 按照权利要求 9 的系统，其特征在于液晶光阀（13，14，15）是硅基板有源矩阵驱动液晶单元。

11. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于偏振光束分束器（17）的透射光反射 s-偏振光。

15 12. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于偏振光束的透射光反射 p-偏振光。

13. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于光源（22）沿着三色棱镜部件（10，11，12）的主轴进入偏振光束分束器（17）。

14. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于光源（22）垂直于三色棱
20 镜部件（10，11，12）的主轴进入偏振光束分束器（17）。

15. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于在三色棱镜部件的三角棱镜之间具有一个气隙。

16. 按照权利要求 1 的系统，其特征在于在所述的偏振光束分束器（17）和三色棱镜部件（10，11，12）之间具有一个气隙。

用于全色图像显示器的投影系统

5 本发明涉及一种用于反射式光阀全彩色显示器的光学系统,尤其涉及一种紧凑而高光效的三色棱镜部件(TPA)和一种偏振光束分束器(PBS)。该 TPA 和 PBS 的组合被放在物镜和 LCD 之间或放在其它类型的反射光阀之间以形成一个紧凑的投影系统。

 常规的投影显示器主要采用透射光阀,比如有源矩阵 LCD 板。另一方面,反射式光阀提供了许多优点,比如高孔径比、高光效和优良的投影图像质量。基于反射液晶光阀(LCLV)的大规模投影系统已经被成功地制造和推广应用。近来,结晶硅可用于反射式 CMOS 液晶光阀,它们具有在芯片上集成整个 CMOS 电路的附加优点以及大批量生产的经济规模。对于这种新型的光阀,需要更紧凑的光学系统。

15 在一个反射投影系统中,首先由两个分色滤色片(通常具有第一兰色滤色片和第二红色滤色片)把准直过的光源分成三基色,随后这些光束沿不同的光路被射到相应的光阀上,接着用两个分色滤色片重新组合具有变化了的偏振的反射光束。这些滤色片可以是同一组分色滤色片或是不同组分色滤色片。使用一个 PBS 把反射光与入射光分离开,最后再投影到屏
20 幕上。美国专利 US 4, 687, 301 公开了一个这种彩色分离-重组的光学部件,浸于分度匹配液中的分色滤色片既用于色分离又用于色重组。兰滤色片上的入射角为 24° , 而红滤色片上的入射角为 12° 。

 美国专利 US 4,969,730 描述了一种公知的 3-棱镜部件作为彩色分离棱镜,这种棱镜既被用作一个色分离器又被用作一个色重组器。它与美国
25 专利 US 4,687,301 披露的发明的原理相同,但更容易制造。兰色滤色片

和红色滤色片被涂敷在棱镜的表面上，入射角都为 30° 。也使用一个 PBS 把入射光束与偏振调制的反射光束分离开。

美国专利 US 5,644,432 描述了一种投影系统，它的色分离器和重组器由相同的 3-棱镜部件组成。使用一个 PBS 分离入射光束和反射光束，在这种情况下，在兰色滤色片中没有气隙，3 棱镜就能彼此粘合在一起。兰色和红色分色滤色片具有较大的入射角 30° ，以便为投影透镜保留一个较短的后工作距离。

一个全彩色反射式 LCLV 投影的光学系统必须具有如下特征：（1）大的输出光通量，这意味着大系统中光的不变性，或者使用 LCLV 系统的稳定性，（2）利用双偏振，（3）独立偏振的高效色分离和色重组，和（4）投影透镜的负焦距紧凑且很小。现有技术中所公开的彩色分离重组棱镜系统都不符合这些要求。因此，本发明的一个目的是提供一种对分色涂层具有小入射角的彩色分离重组棱镜。

目前，液晶（LCD）投影显示器主要是基于把透射 LCD 光阀作为图像产生器。这种类型的 LCD 投影机的缺点在于 LCD 板的孔径比（AR）很小，由于光阀分辨率的增加使得它变得更小。例如，对于 SVGA 显示器，AR 大约为 0.67，和对于 XGA LCD 板，AR 大约为 0.5。除低光效之外，低 AR 还需要黑色基底来隐藏产生像素的晶体管。因此，需要去像素化，从而增加了光系统设计的复杂性。在此类型的透射投影机中，使用不同的滤色片组把输入光分成三基色并在穿过 LCD 光阀后重组它们，色重组器通常使用 X-立方。

反射式硅 CMOS 液晶光阀能克服透射 LCD 板中的低 AR 的缺点，在不考虑分辨率的情况下，以 CMOS LCD 为基础的硅的 AR 可高达 92%。这是因为晶体管可以隐藏在像素上的反射镜的下面。因此，投影图像的光效和质量能被大大地提高。

毫无疑问,反射式光阀的投影光学系统比透射式光阀的投影光学系统更为复杂。一种考虑是光路中的 s 和 p 偏振的变化。

此外,一个全色投影机可以是一种采用一个反射 LCD 板的时序类型,或者同时带有全部 3 基色的 3-板型,以后将涉及到这种应用。这样的投影机通常需要一个把输入的白光源(典型的,一个弧光灯)分成基色的光学子系统和在由反射光阀调制后把 3 基色重组起来的另一个子系统。色分离器

5 和色重组器可以是同样的光学零件或者可以是物理上的不同光学零件。对于一个紧凑式投影系统,后者更为可取。

有几种基于彩色投影机的反射光阀的光学部件设计。反射光阀的基本元件是一个偏振光束分束器(PBS),它反射 s-偏振光而透射 p-偏振光。在最直接的设计中,3 PBS 可以用于 3 基色板。色分离和色重组可以在类似于透射投影机的分离滤色片组中进行,图 1 表示基本的设置。使用分色反射器反射红色光和兰色光。R.G.B 光通道被送到 3 个 PBS 和 3 个光阀。然后,调制过的图像反射光被送到色重组 X-棱镜以便投影。由于 X-棱镜

10 中的反射涂层最适合于 s-偏振光运作,所以对于红光和兰光通道需要半波板来转动来自反射 LCD 的 p-偏振光,这种系统相当复杂。

按照本发明的第一方面,提供一种用于全色图像显示器的投影系统,包括:一个用于发射白光束的光源和一个直射和准直该白光束的照明光学系统;一个具有非立方形的偏振光束分束器,反射输入光的特定偏振;一个三色棱镜部件,用于从该白光束中分离三基色并把分离的光分别直射到三个光阀,反射偏振调制光的每个光阀产生相应的彩色图像信号;所述的三色棱镜部件,用于重组反射光束;所述的偏振光束分束器,用于根据反射光阀给予的偏振变化,把光束直接射回到光源或者射到屏幕上;一个投影透镜系统,把光影射到屏幕上形成全色图像;

20

其中所述的偏振光束分束器包括一个直角棱镜和一个梯形棱镜,在它

25

们之间具有偏振涂层；梯形棱镜的锐角是 $74\pm 5^\circ$ ，其选来配合所述直角棱镜的表面；并且所述的三色棱镜部件包括三个棱镜，其中两个是三角形棱镜，第三个是梯形棱镜，具有在棱镜之间的表面上涂敷的分色涂层。

- 按照本发明的第二方面，提供一种非立方结构的偏振光束分束器，在
- 5 分色涂层或滤色片上的入射角能够保持很小值。

分束器可以是梯形结构。

按照本发明的第三方面，提供一种用于全色投影显示器装置，包括一个用作色分离器和色重组器的棱镜部件和多个反射光阀。

棱镜部件可以是三色的。

- 10 如下的计算说明能够提供一个光学子系统的发明，该光学子系统在分色涂层上的光束入射角被保持得尽可能的小。这归因于偏振分离现象，一个用于形成分色滤色片的介质多层光学涂层总是包括周期性堆叠的高折

射率层 (H) 和低反射率层 (L)。对于 $n_H d_H = n_L d_L = \lambda/4$, 反射光由下式给出:

$$\frac{\Delta\lambda_r}{\lambda} = \frac{4}{\pi} \sin^{-1} \left| \frac{\eta_H - \eta_L}{\eta_H + \eta_L} \right| \quad (1)$$

其中 $\Delta\lambda_r$ 使反射光的带宽, η_H 和 η_L 分别是 H 层和 L 层的有效导纳。 η_H 和 η_L 是入射角和光的偏振状态的函数。对于 s-偏振, $\eta_s = \eta_i \cos\theta_i$, 对于 p-偏振 $\eta_p = \frac{\eta_i}{\cos\theta_i}$ 。这里 i=H 或 L, θ_i 是在每个薄膜中的折射角。 θ_i 和入射角 θ 之间的关系由通常的关系式 $\eta_p \sin\theta = \eta_i \sin\theta_i$ 给出。

以下将通过举例和参照附图, 描述实施本发明的一个棱镜部件和非偏振光束分束器。

图 1 以曲线方式表示分色涂层在偏振上的灵敏度, 如 (a), (b) 和 (c) 所示, 反射光谱随入射角改变而变化;

图 2 是一个典型的投影系统的示意图;

图 3 是色分离/重组部件详图;

图 4 表示非立方偏振光束分束器。

图 5 是使用常规结构的反射彩色投影机的光学系统;

图 6 是采用一个三色棱镜部件的反射彩色投影显示的光学系统;

图 7 是入射角为 (a) 16° , (b) 30° , (c) 45° 时, 计算出的红色和兰色边缘反射涂层的反射光谱。实线: p-偏振光。虚线: s-偏振光; 和

图 8 在一起的新的三色棱镜部件和新的非立方 PBS。

薄膜的有效导纳 η 随入射角 θ 的变化而变化, 当入射角增加时 s-偏振光和 p-偏振光反射光谱之间的差别会越来越大。因此, 大入射角将引起 s-偏振光和 p-偏振光的光谱反射频带间很大的分离。图 1 同时表示了红色边缘滤色片和兰色边缘滤色片的反射光谱, 在对红, 绿, 兰 3 基色进行分离时, 这些涂层用作一个梯形棱镜部件。在计算中, 分别使用入射

角为 16° (a), 30° (b), 45° (c)(图 1)。实线针对 p-偏振光而虚线针对 s-偏振光。假设涂层是在空气和玻璃 ($n_g=1.5163$) 之间。

图 1 清楚地表示, 当入射角增加时, s-偏振光和 p-偏振光的反射光谱变得越来越不相同, 这是很不理想的, 因为反射光阀要偏振调制运行。根据偏振变化引起的反射率的变化意味着损失投影屏幕上的反射的信号和改变了彩色坐标以及损失色彩逼真度。 45° 的曲线(c)对应于 X-立方色分离器或重组器的情况。它清楚地表明, X-立方不能同时当成一个色分离器和色重组器。另一方面, 如图 1 所示, 16° (a) 的入射角是可接受的, 这是本发明中所实现的入射角。

图 2 表示本发明的优选实施例。这是一个使用反射光阀的投影系统, 三个光阀 13, 14, 15 分别用于三基色红, 绿和兰。首先, 光源 22 被光源自己的反射器和透镜组合 19、21 准直。一个冷光镜 20 用于滤出不需要的红外线辐射, 否则将引起光阀过热。光束随后进入非立方, 此实施例中是梯形的 PBS 17。该 PBS 的 17b 内表面上的涂层使 p-偏振光透射而使 s-偏振光反射。然后, p-偏振的反射光进入梯形棱镜部件 10, 11, 12。

图 3 表示包含三个棱镜的梯形棱镜部件的详图。棱镜 10 不具有先前通常的与光轴垂直的入射表面, 而是与光轴呈 $90^\circ - \phi_{10}$ 的角度。这使表面 10b 上的入射角很小。

第一分色涂层涂在棱镜 10 的表面 10b 上, 该涂层用来反射一个基色。在一个实施例中, 反射兰色。在另一个实施例中, 能反射红色。重要的是被反射的色光照射在表面 10a 上的角度应大于棱镜内部全内反射光的临界角, 全内反射光然后从表面 10c 出去, 或多或少垂直的入射在反射光阀 13 上。来自光阀 13 的反射光被偏振调制, 这个反射光经过相同的光路且照射在 PBS 的表面涂层 17b 上。基于光阀 13 的作用, 它也将被反射回到光源或透射并被投影在屏幕上。这样, 通过偏振调制光阀将在屏幕上产生

一个图象。

在表面 10b 上，透射光进入棱镜 11 并照射在表面 11b 上。该表面涂有一种颜色分量的分色滤色片，通常红色被反射并被指向气隙 11a。气隙上光的入射角能引起全内反射，全内反射光被送到光阀 15，出射表面 11c 几乎与光束垂直。反射光阀将调制光束的偏振，该调制光将在反射和回扫原始光束路径上照射在 PBS 的表面 17b 上。而且，基于光阀的作用，该光束也将被反射或透射用于投影。

光的最后的色分量通常是绿色，将通过棱镜 12 被透射，并指向光阀 14。来自光阀 14 的反射光将追踪回到主光轴。与其它分量相同，基于光阀 14 的偏振调制，该反射光将在屏幕上形成一个图像。

空气/玻璃 10a,10c,11a,11c 和棱镜 12 的出射表面都用 AR 涂层涂敷，表面 11a 和 10a 上的 AR 涂层是特殊的宽带 AR 涂层，必须考虑到由分色涂层和全内反射所引起的相位改变。此外，在棱镜 10 和棱镜 11 之间，和在棱镜 10 与 PBS 17 之间也有气隙，这些气隙对于全内部反射是需要的。另外，在另一个实施例中，各种色分量的反射可以使用特殊的涂层而没有这些气隙。

三个棱镜的角度非常重要，使它们的入射角最小，并且可以实现全内部反射。因此，让两个分色涂层（10b 和 11b）的入射角相同并表示为 θ 。可以容易地表示为：

$$\theta > \frac{1}{3}(\sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) + NA) \quad (2)$$

其中 n 是棱镜的折射率， NA 是投影系统的数值孔径。因此，如果棱镜的折射率是 1.52，系统的 F 数是 3.5，则由公式 (2)，每个可以具有 16° 的 θ 。这是可能的最小角度。如果让一个分色滤色片具有不同的入射角，则可以获得另一个值。

由这些公式得到的棱镜部件的其他角度是：

$\phi_2 = 32^\circ, \phi_3 = 74^\circ$ 。此外，对于棱镜 10 中的全内反射来说， ϕ_1 应该满足

$$\phi_1 + \theta > \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) + NA \quad (3)$$

如果一个取 ϕ_1 为 32° ，则棱镜 10 和棱镜 11 将是相同的角度。这样，制造生产这种棱镜部件将较为容易。

- 5 棱镜的尺寸将由反射光阀的大小和棱镜部件内部三色光束的路径长度来确定。必须指出，入射角还取决于棱镜的折射率，如果使用折射率较高的棱镜，还可以降低分色涂层的入射角。

在这个实施例中，两个分色涂层具有相同的入射角，这对于实现大规模生产是有用的。然而，这不是必要条件。图 2 清楚地表明，在反射光谱
10 上的偏振效应是很小的。而且，小的入射角也减少了反射率对入射角（可接受的角度）变化的依赖性。一个较大的可接受的分色涂层的角度意味着这种棱镜结构能提高整个光学系统的数值孔径。

图 4 表示一个非立方偏振光束分束器。该 PBS 17 与其它常规 PBS 一样，由一个直角棱镜构成，并且另一部分有一个特殊的角度 $\phi = 73^\circ$ ，这
15 是为了与棱镜 10 的表面 10a 相匹配，两个表面 10a 和 17a 都用 AR 涂层涂敷。表面 17b 涂有宽带 AR 涂层。在此优选实施例中，PBS 17 的材料使用 BK7 玻璃，以便使 PBS 具有低张力、短波长下的高透明度，以及具有高的偏振效率。

因此，使用参照附图所描述的本发明，提供了一种用于使用反射光阀
20 的全色投影显示器的光学子系统。该子系统包括一个非立方偏振光束分束器和一个梯形棱镜部件，对于 3 基色，此部件可作为一个色分离器和一个色重组器。梯形棱镜部件包含两个分色边缘滤色片涂层，用于把分离的所谓的红，绿和兰色三基色的入射光分别分成三个相应的光通道。这两个分色涂层被保持在棱镜部件内部，并且在小的入射角和低的偏振依赖性方面

达到最佳。

同样的三色棱镜部件用于色重组，3色光通道通过反射光阀被偏振调制。尽管带有不同的偏振，但光束基本上回扫原始的光路并经过相同的分色滤色片，分色滤色片是偏振非灵敏的。

- 5 为了保持在梯形棱镜部件的分色滤色片上的入射角很小，提供一个非立方偏振光束分束器（PBS）。通过让 PBS 具有一个梯形，可以把分色滤色片上的入射角维持为很小。

- 另外，对于使用反射光阀的紧凑式彩色投影机，必须使用同一组光涂层来完成色分离和色重组。被称为菲利普斯（Philips）棱镜是完成此任务的一种通用的光学部件，这种梯形棱镜部件（TPA）与仅仅一个形成紧凑彩色反射投影机的核心的 PBS 一起运作，该系统表示于图 6 上。
- 10

- PBS 首先把 p 或 s 偏振光发送进入 TPA，根据弧光灯和投影透镜的位置来选择 p 或 s 偏振光。TPA 中的第一两棱镜是 30°棱镜，它们的出口表面上的涂层被用来分离出兰色和红色。提供所示的气隙，以便能出现全内部反射，反射红和兰光束偏离光路。
- 15

三色光通道离开 TPA 并照射在反射式 LCD 光阀上。向列液晶的作用是控制反射光的偏振状态，已经对 LCD 板提议了许多光学模式，就一切情况而论，反射光被旋转偏振 90°，如果选择了像素，该光束回扫相同的光路作为入射光束，并通过 PBS。

- 20 因此，用于兰色和红色光的高反射率涂层必须对 s 和 p 偏振光起作用，这种要求的涂层设计是很困难的。众所周知，对于分色涂层不具有偏振依赖性是不可能的，除非入射角为零。由于需要红色和兰色光束的全内部反射，在兰色和红色滤色片表面上的入射角被限制到至少 30°。这样，常规 TPA 在它的反射光谱中具有很严重的偏振依赖性。这种所谓的 s-p 偏振分离在显示器中引起光效的严重损失和损失彩色逼真度。
- 25

图 7 表示了三个不同的入射角 16° 、 30° 和 45° 下计算的红色和兰色光涂层的反射光谱。红色和兰色的边缘滤色光谱被绘在同一图中，代表 3 色分离。实线针对 p-偏振光而虚线针对 s-偏振光。假设涂层被楔入在 $n_g = 1.5163$ 的玻璃之间，可以清楚地看出，当入射角增加，s-和 p-偏振光的光谱之间的分隔变得更大。

这种所谓的 s-p 偏振分离将导致损失反射光的强度，此外，还将引起被分离的和被重组的光的彩色坐标移位。

本发明的一个目的是寻求减少这种缺点。

对于光涂层的 s-p 偏振分离来自这样的事实，即 s-偏振光和 p-偏振光的比导纳不同，导纳是入射角和光偏振状态的函数。它们由下式给出

$$\eta_{is} = \eta_i \cos \theta \quad \text{对于 s-偏振} \quad (1)$$

$$\eta_{ip} = \frac{\eta_i}{\cos \theta} \quad \text{对于 p-偏振} \quad (2)$$

在等式 (1) 和 (2) 中，下标 i 表示堆叠涂层的第 i 层。

薄膜的有效导纳随光入射角的变化而变化。当入射角增大时，s 和 p 偏振光谱之间的差别变得越来越大。因此，入射角大的时候将导致 s-偏振光和 p-偏振光之间有较大的分离，图 7 中计算的光谱中，这是很明显的。

优化三色分离/重组棱镜的问题的关键是减小分色涂层上的入射角，该入射角受到兰色和红色光通道全内部反射要求的限制。因此提供一种三色分离/重组棱镜部件，其中在分色涂层上的入射角已经被减少到 16° 。

这种棱镜的设计如图 8 所示。与常规的立方形相比，主要的区别在于 PBS 具有非正交结构，这将放宽设计条件并使入射角变小。

在表面 BC 上应用兰色高反射率涂层，且在表面 CD 上使用红色高反射率涂层。两个分色涂层的入射角是相同的并表示为 θ 。现在，必须维持两个内部表面 (AB 和 BC) 上全内部反射的条件，而且，假设表面 AB 和 CD 是平行的，TPA 的各种角度之间的关系必须满足下列条件：

$$\theta = \phi \quad (3)$$

$$\phi_{12} \geq \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) + \sin^{-1} NA \quad (4)$$

$$\phi_{22} \geq \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) + \sin^{-1} NA \quad (5)$$

和

$$5 \quad \phi_3 = 90^\circ - \theta \quad (6)$$

因此

$$\theta > \frac{1}{3}(\sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) + \sin^{-1} NA) \quad (7)$$

在这些公式中， n 是棱镜材料的折射率， NA 是投影系统的数值孔径。因此，如果棱镜的折射率是 1.52，以及光学系统的 F 数是 4，则从公式 (7) 得到入射角 θ 的最小值是 16° 。此外，能看出 $\phi = 16^\circ$ 和 $\phi_3 = 74^\circ$ 。棱镜的大小当然取决于 LCD 光阀的大小。

这样，就提供了一种很简单的棱镜部件，其中两个分色涂层具有相同的入射角。棱镜 ABC 和 BCD 是相同的，这便于大规模生产制造。从图 7 可清楚地看出，该 TPA 具有小的和可接受的偏振效应。而且，小的入射角意味着在入射角上有较小的散射效应。因此，分色涂层可以具有大的可接受的角度或大的稳定性。总而言之，这种新颖的棱镜结构能大大改进整个光系统的数值孔径，同时保持优良的色分离特性。

为了进行比较，构成常规 TPA 和新型 TPA。提供的分色涂层特别适用于红色和兰色光分离。利用一个 PR650 分光计提取数据，比较时用于各种偏振和色涂层的反射率是标准化的。常规 TPA 的三个波峰对应于 TPA 的红色，绿色和兰色光通道的输出。

在光谱中 s 和 p -偏振有一个位移， p -偏振的反射被位移到兰色 10nm 之多。

对于新型 TPA，在测量反射光谱的 pf 的情况下，用 16° 入射角，发现仅有可忽略不计的 s-p 偏振分离，这个结果与图 7 中的数值结果值是很相符的。s-偏振光和 p-偏振光的光谱很尖且相同。对于图 6 所示的紧凑型彩色投影机来说，这种 TPA 应该是很有用的。

- 5 在概述中，我们已经指出，在设计利用反射 LCD 光阀的紧凑的彩色投影机的过程中最主要的限制是色分离器和色重组器的设计。通过对常规 TPA 进行修改，我们能够彻底解决 s-p 偏振分离的问题。

因此，使用本发明，能以一个单一的光学零件完成色分离和色重组，且具有高逼真度，在分色涂层上的入射角最好为大约 16° 。

- 10 上述的棱镜的优点在于，在反射光谱上使 s 和 p 偏振具有低的依赖性。因此它既能用于有偏振变化的色分离也能用于有偏振变化的色重组。三色棱镜部件可用于一种使用反射液晶光阀的紧凑型彩色投影机。

- 光的稳定性和光谱/偏振效应是光投影系统的两个主要特性，需要最佳地进行设计。这对于反射式或透射式投影机是现实的，对于反射投影机，
15 主要是光涂层限制系统的稳定性。三色棱镜上的偏振分离效应会大大降低光系统的性能，这里建议的光学系统提供了一种比现有技术更先进的系统，这种新的 TPA 应该主要应用于紧凑投影机，比如台式监视器和平面电视。

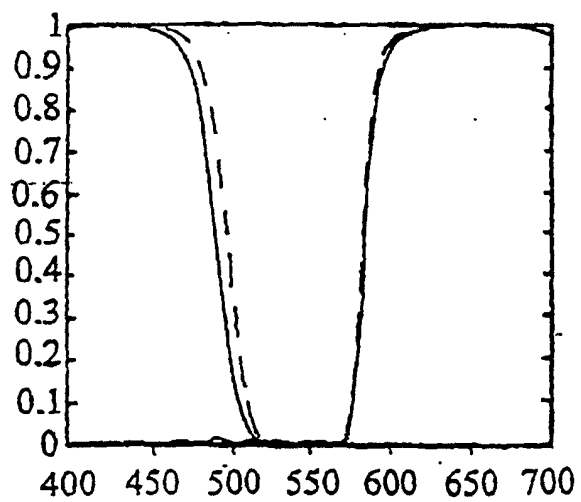


图1(a)

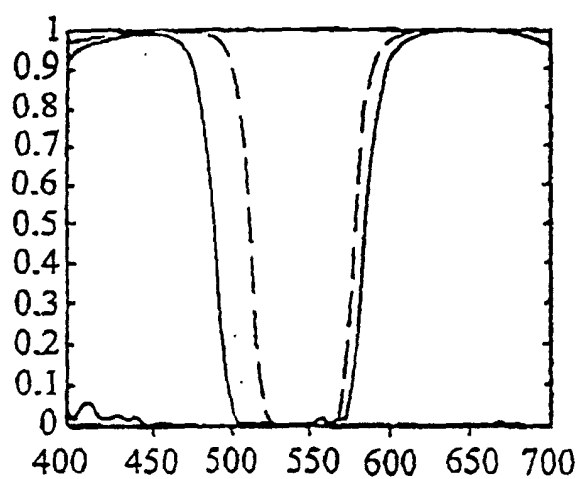


图1(b)

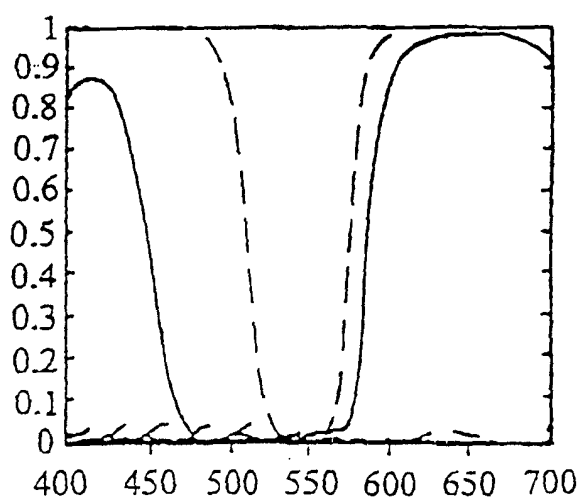


图1(c)

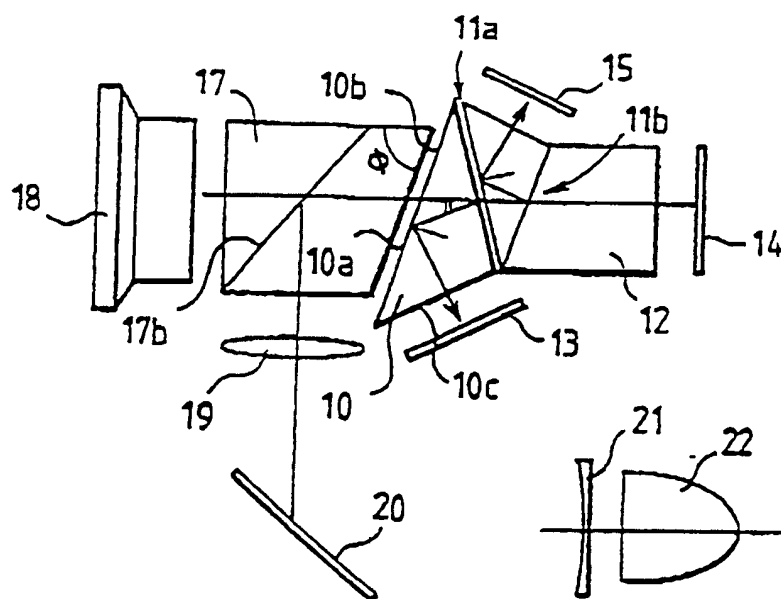


图2

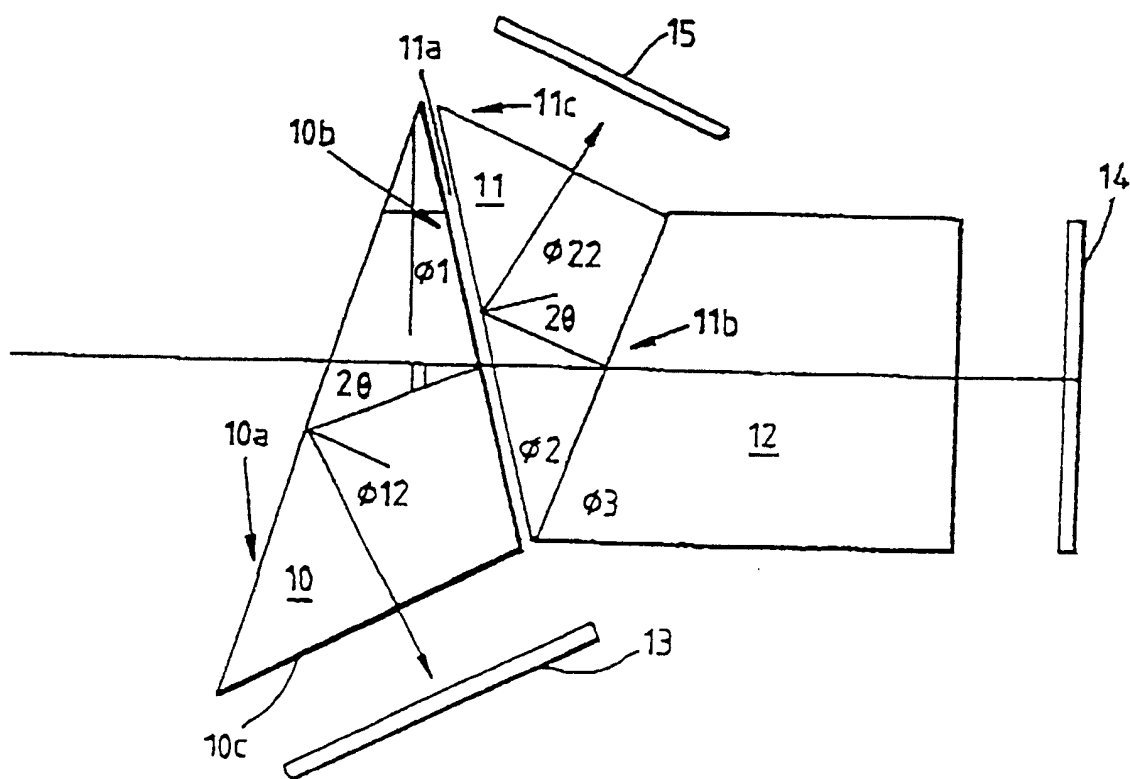


图3

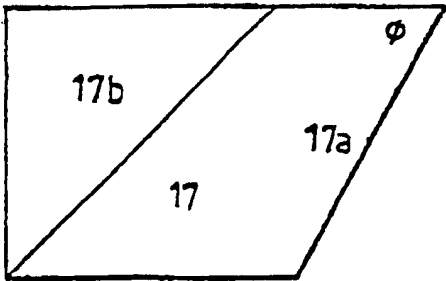


图4

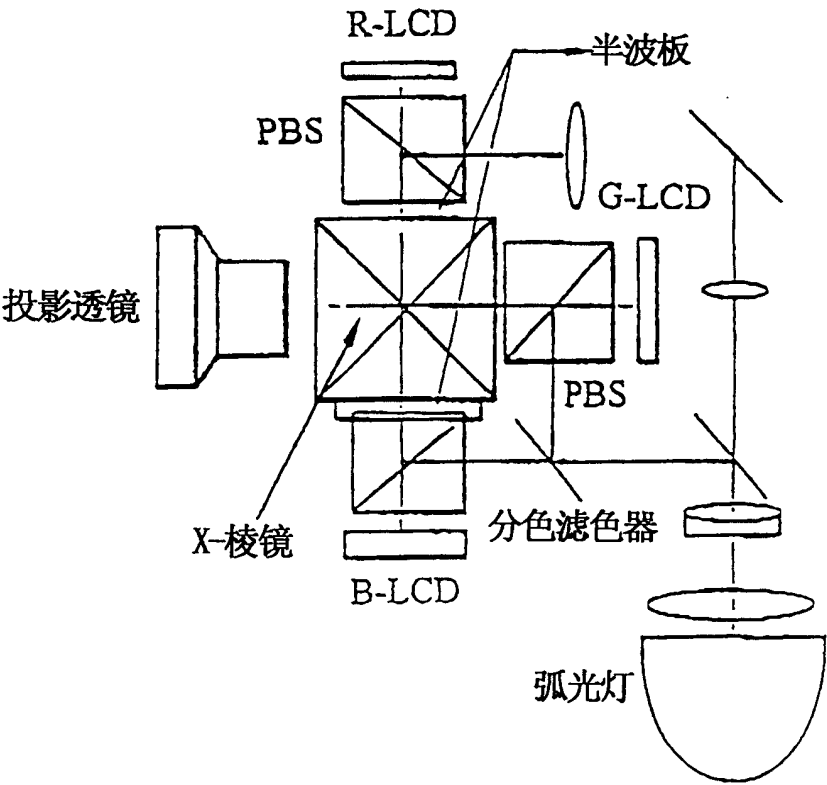


图5

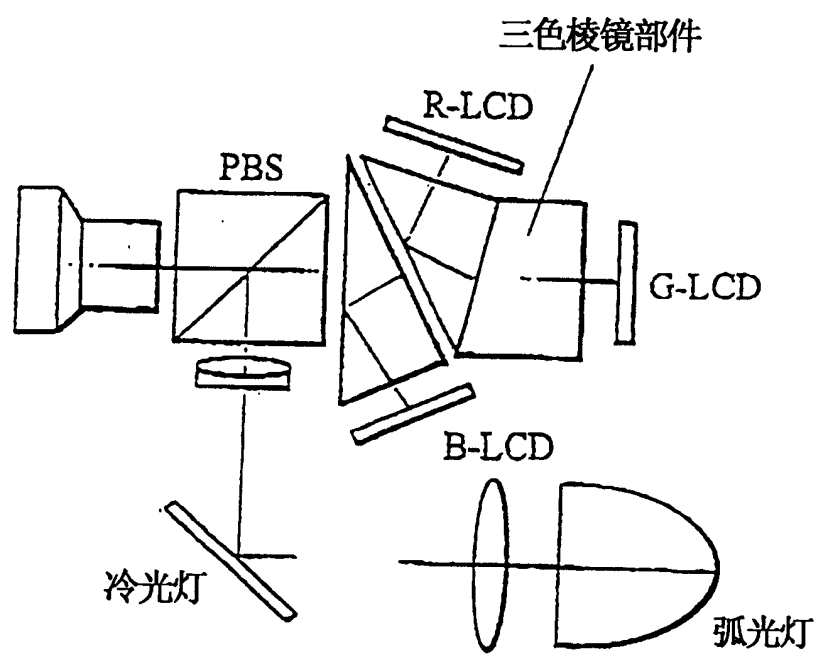


图6

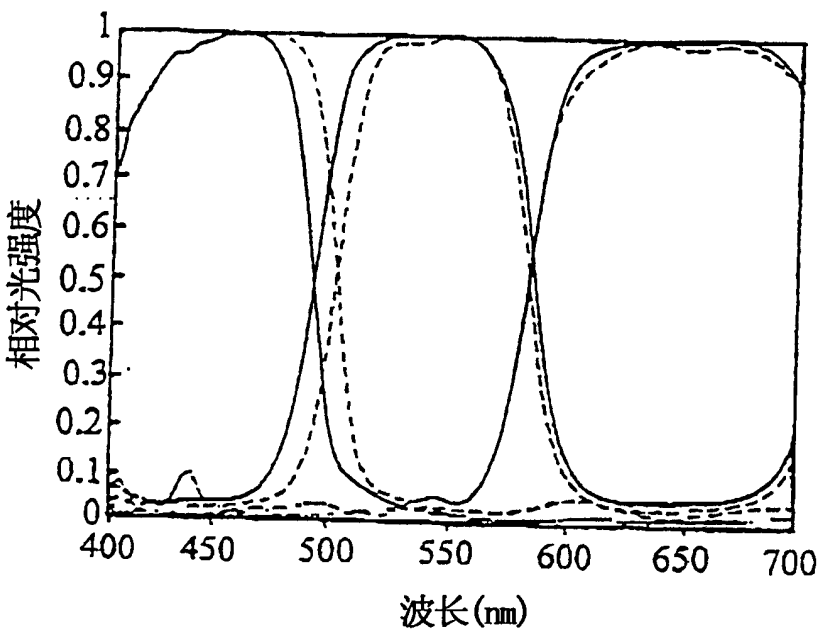


图7

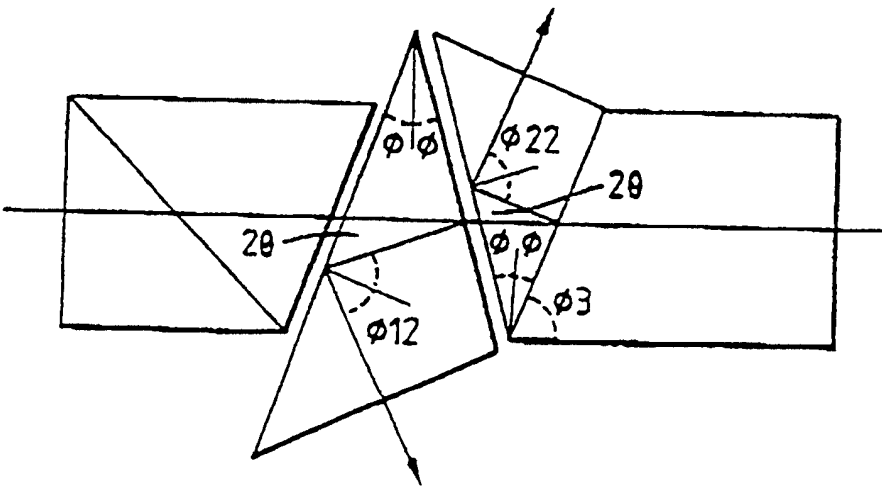


图8