

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04N 9/31 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02811493.0

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 100469149C

[22] 申请日 2002.6.10 [21] 申请号 02811493.0

[30] 优先权

[32] 2001.6.11 [33] US [31] 09/878,559

[32] 2002.5.29 [33] US [31] 10/159,694

[86] 国际申请 PCT/US2002/018513 2002.6.10

[87] 国际公布 WO2002/102087 英 2002.12.19

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.8

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 马家颖 D·J·W·阿斯托恩

C·L·布鲁昭尼

S·K·埃克哈德特

[56] 参考文献

JP7-294918A 1995.11.10

JP8-2947203A 1996.11.12

JP8-334620A 1996.12.17

CN1281998A 2001.1.31

JP11-249076A 1999.9.17

JP7-113904A 1995.5.2

审查员 王 峥

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 张民华

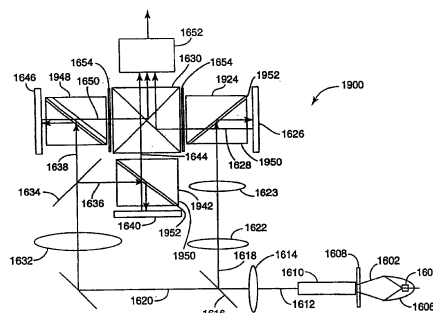
权利要求书 4 页 说明书 25 页 附图 17 页

[54] 发明名称

具有低象散的投影系统

[57] 摘要

一种采用反射的 LCD 成像器单元的 LCD 投影系统一般使用一个或多个偏振分光镜，来分离从一个或多个对应的成像器反射的入射到成像器上的光线。偏振分光镜引入象散到从成像器发出的图像光线中。根据本发明，偏振分光镜适于减小这种象散现象。



1. 一种光学器件包括：

一具有一多层膜的偏振分光镜，一第一光路限定成通过用于第一偏振状态的光的偏振分光镜；

至少一个成像器，它设置来将光线反射回到偏振分光镜，被至少一个成像器接受的部分光线偏振转动，偏振转动的光线沿一第二光路从成像器传播并通过偏振分光镜；以及

一象散补偿元件，它设置在第二光路上，以补偿由多层薄膜造成的在偏振转动光线中的象散；

偏振分光镜包括一多层的偏振敏感、具有相当低折射率的反射薄膜，以及一具有相当高折射率的在所述偏振敏感反射薄膜的各侧上的盖。

2. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，还包括一产生光线的光源，以及光线调节装置，以便在到达偏振分光镜之前调节光线。

3. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，还包括一从至少一成像器投射图像光线的投影透镜系统。

4. 如权利要求 3 所述的器件，其特征在于，象散补偿元件减小象散到小于投影透镜系统的景深的一值。

5. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，还包括一控制器，它连接到至少一个成像器，以控制强加在入射到至少一个成像器上的光线上的图像。

6. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，偏振分光镜是一笛卡尔偏振分光镜，它具有一限定偏振固定轴线的结构定向，所述器件还包括具有等于或小于 2.5 的 f 值的成像器照明装置，所述器件具有在可见光范围内在投射色带上至少 100:1 的动态范围。

7. 如权利要求 6 所述的器件，其特征在于，多层偏振敏感的反射薄膜位于 x - y 平面内，而厚度在 z 方向上，薄膜具有一基本上与 x 向折射率和 y 向折射率中的一个折射率相匹配的 z 向折射率。

8. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，象散补偿元件包括一高折射率材料板，其折射率高于在高折射率材料板的至少一侧上的材料的折射率。

9. 如权利要求 8 所述的器件, 其特征在于, 高折射率材料板的折射率高于盖的折射率, 高折射率材料板设置在偏振敏感反射薄膜与诸盖中的一个盖之间。

10. 如权利要求 1 所述的器件, 其特征在于, 象散补偿元件包括一设置在偏振敏感反射薄膜与诸盖中的一个盖之间的偏振分光镜内的楔形元件。

11. 如权利要求 10 所述的器件, 其特征在于, 楔形元件的折射率低于盖的折射率。

12. 如权利要求 10 所述的器件, 其特征在于, 楔形元件是将其中一个盖附连到偏振敏感的反射薄膜上的一楔形粘结剂层。

13. 如权利要求 1 所述的器件, 其特征在于, 还包括一彩色分离棱镜, 它设置成沿第一光路从偏振分光镜接受光输出, 其中, 至少一个成像器包括设置在彩色分离棱镜的对应的彩色输出面附近的多个成像器。

14. 如权利要求 13 所述的器件, 其特征在于, 彩色分离棱镜包括至少第一和第二彩色分离元件, 第一彩色分离元件比至少第二彩色分离元件更靠近偏振分光镜, 第一和第二彩色分离元件被间隙层分离, 间隙层材料的折射率低于彩色分离元件的折射率, 选择间隙层的厚度以减小在偏振分光镜内引起的象散。

15. 如权利要求 14 所述的器件, 其特征在于, 第一彩色分离元件由被一第二间隙层分离的两个部分组成, 第二间隙层定位成在一不被第一彩色分离元件分离的光线通过第一彩色分离元件的一光路之外, 选择第二间隙层的厚度以减小对由第一光线分离元件分离的波长范围内的光在偏振分光镜内引起的象散。

16. 如权利要求 15 所述的器件, 其特征在于, 第二间隙层是一空气间隙。

17. 如权利要求 13 所述的器件, 其特征在于, 还包括一设置在彩色分离棱镜与偏振分光镜之间的楔形棱镜、一在楔形棱镜与彩色分离棱镜之间的第三间隙层, 选择其厚度以减小在偏振分光镜内引起的象散。

18. 如权利要求 17 所述的器件, 其特征在于, 选择第三间隙层的厚度以基本上纠正在偏振分光镜内引起的象散。

19. 如权利要求 17 所述的器件, 其特征在于, 彩色分离棱镜包括一第一彩色分离元件和至少一第二彩色分离元件, 第一彩色分离元件比至少第二彩色分离元件更靠近楔形棱镜, 第一和第二彩色分离元件被第一间隙层分离, 选择第一和第三间隙层的厚度以基本上纠正在偏振分光镜内引起的象散。

20. 如权利要求 13 所述的器件，其特征在于，彩色分离棱镜将光线分离成在近似垂直于偏振分光镜的反射平面的一平面内的不同的颜色。

21. 如权利要求 13 所述的器件，其特征在于，彩色分离棱镜将光线分离成在近似平行于偏振分光镜的反射平面的一平面内的不同的颜色。

22. 如权利要求 13 所述的器件，其特征在于，彩色分离棱镜包括至少第一和第二彩色分离元件，第一彩色分离元件比至少第二彩色分离元件更靠近偏振分光镜，一板设置在第一与第二彩色分离元件之间，该板由一折射率高于第一和第二彩色分离元件中至少一个的折射率的第一材料形成。

23. 如权利要求 22 所述的器件，其特征在于，选择第一材料的板的厚度以减小在偏振分光镜内引起的象散。

24. 如权利要求 22 所述的器件，其特征在于，第一彩色分离元件由被一第二材料的板分离的两个部分组成，第二材料不同于第一彩色分离元件的材料，第二材料的板定位成在一不被第一彩色分离元件分离的光线通过的一光路之外。

25. 如权利要求 24 所述的器件，其特征在于，选择第二材料板的宽度以减小对于在被第一光线分离元件分离的波长范围内的光线在偏振分光镜内引起的象散。

26. 如权利要求 24 所述的器件，其特征在于，第二材料与第一材料相同。

27. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，还包括一将光线分离成至少两个色带的彩色分离元件和组合在至少两个色带内的光线的 x -立方体，至少一对应的反射的偏振分光镜和一设置在彩色分离元件与用于至少两个色带中的每个的 x -立方体组合器之间的对应的成像器， x -立方体组合器包括象散减小板，板材料的折射率不同于形成 x -立方体的 x -立方体棱镜的折射率。

28. 如权利要求 27 所述的器件，其特征在于，象散减小板由折射率低于 x -立方体棱镜的折射率的材料形成。

29. 如权利要求 1 所述的器件，其特征在于，至少一个成像器包括两个成像器，并还包括一设置在偏振分光镜与两个成像器之间的二向色分光镜，该二向色分光镜包括具有对角底线并由第一折射率的材料形成的第一和第二棱镜，一在第一与第二棱镜对角底线之间的二向色薄膜，以及一设置在二向色薄膜与第一棱镜的底线之间、折射率高于第一折射率的第一层，以及一设置在二向色薄膜与第二棱镜的底线之间、折射率高于第一折射率的第二层。

30. 如权利要求 1 所述的器件, 其特征在于, 象散补偿元件包括一在第二光路上的第一薄膜, 第一薄膜设置在第一与第二盖之间, 第一和第二盖的折射率高于第一薄膜的折射率。

31. 如权利要求 30 所述的器件, 其特征在于, 第一薄膜相对于第二光路的转动轴线垂直于在偏振分光镜内的偏振敏感反射薄膜的转动轴线。

32. 如权利要求 30 所述的器件, 其特征在于, 第一薄膜是一多层的偏振敏感的反射薄膜。

33. 如权利要求 1 所述的器件, 其特征在于, 所述偏振分光镜包括象散补偿元件。

34. 一种偏振分光镜包括:

一设置在两个盖之间的多层偏振敏感膜, 一象散补偿元件设置在所述两个盖的相对的外表面之间, 以减小由偏振膜引入的象散现象。

35. 如权利要求 34 所述的分光镜, 其特征在于, 对偏振敏感的多层薄膜是一多层的聚合物、对偏振敏感的薄膜。

36. 如权利要求 34 所述的分光镜, 其特征在于, 象散补偿元件设置在诸盖之间。

37. 如权利要求 34 所述的分光镜, 其特征在于, 盖由一折射率高于多层薄膜的折射率的材料形成。

38. 如权利要求 34 所述的偏振分光镜, 其特征在于, 象散补偿元件是一设置在诸盖之间、且材料的折射率高于第一和第二盖的折射率的板。

39. 如权利要求 34 所述的偏振分光镜, 其特征在于, 象散补偿元件是一其材料的折射率小于第一和第二盖的折射率的楔。

40. 如权利要求 34 所述的偏振分光镜, 其特征在于, 盖是玻璃棱镜。

41. 如权利要求 34 所述的偏振分光镜, 其特征在于, 将多层偏振敏感的薄膜做成对在红、绿或蓝投射色带中一个的偏振灵敏度最优化。

具有低象散的投影系统

发明领域

本发明一般涉及用来显示信息的系统，具体来说，涉及反射的投影系统。

背景技术

光学成像系统通常包括一透射的或反射的成像器，也称之为光阀或光阀阵列，它将一图像强加在光束上。透射光阀通常是透明的而允许光通过。另一方面，反射光阀只反射输入光束的有选择的部分以形成一图像。反射光阀具有重要的优点，如控制线路可放置在反射表面的后面，且当基底材料不再受其不透明性的限制时，更先进的集成线路技术变得可被应用。通过采用反射的液晶微显示器作为成像器，新的可能会便宜和紧凑的液晶显示器（LCD）投影器结构将变成可能。

许多反射式 LCD 成像器转动入射光线的偏振。换句话说，偏振光或者被成像器反射，使其偏振状态基本上不修改地变为最暗的状态，或者，赋予一偏振转动的角度，以提供一要求的灰色级谱。一 90° 转动在这些系统中提供最亮的状态。因此，一偏振光束通常用作反射式 LCD 成像器的输入光束。一理想的紧凑结构包括一在偏振分光镜（PBS）与成像器之间的折叠的光路，其中，照明光束和从成像器反射出来的投射的图像享有在 PBS 与成像器之间的同样的物理空间。PBS 从偏振转动的图像光线中分离出进入的光线。可使用单一的成像器来形成一单色图像或彩色图像。多成像器通常用来形成一彩色图像，其中，照明光线分裂成多个不同颜色的光束。一图像被强加在各个个别的光束上，然后，它们又组合起来形成一全色图像。

要求利用尽可能多的由光源产生的光线。在诸如弧光灯的光源产生广角的光线的情形下，利用低 f 值的光学器件可让更多的光线通过成像器系统。一称之为“偏振级联”并与传统的 PBS 有关的问题，将一下限放置在传统光学成像系统的照明光学装置的 f 值上。一用于投影系统的传统的 PBS，有时称之为 MacNeille 偏光器，它使用一以布鲁斯特角放置的堆叠的无机的绝缘薄膜。具有 s 偏振的光线被反射，而处于 p 偏振状态的光线透射通过偏振器。然而，使

用这些偏振器难于达到广角的特性，由于对于一对材料的布鲁斯特角的条件仅在一个入射角严格地得到满足。由于入射角从布鲁斯特偏转，所以形成一光谱的不均匀的泄漏。随着在薄膜堆叠上的入射角变得比布鲁斯特角更加法向，该泄漏尤其变得严重。此外，对与使用 p 和 s 偏振相关的折叠光路投影器形成鲜明对比的缺点。

由于投影系统内的光线通常以锥形投射，所以，大部分光线不是以布鲁斯特角完全地入射在偏振器上，导致光束的消偏振(depolarization)。消偏振量随着系统 f 值的减小而增加，并在其后的从彩色选择膜的反射中放大，例如，可在彩色分离棱镜中发现这种现象。可以认识到，消偏振级联(depolarization cascade)的问题有效地限制了投影系统的 f 值，由此，限制光通过效率(light throughput efficiency)。

发明概要

仍然存在着对一种光学成像系统的需求，该光学成像系统包括真正广角的快速光学元件，该元件可允许以低的光学象差观看或显示高对比度的图像元件光学元件。

一般来说，本发明涉及一种在投影系统中减小象散的装置，尤其是适于在 LCD 投影系统中减小象散现象。具体来说，本发明基于一成像核心(imaging core)，它包括在偏振分光镜中的象散的减小。根据本发明，提供一种光学器件包括：一具有一多层膜的偏振分光镜，一第一光路限定成通过用于第一偏振状态的光的偏振分光镜；至少一个成像器，它设置来将光线反射回到偏振分光镜，被至少一个成像器接受的部分光线偏振转动，偏振转动的光线沿一第二光路从成像器传播并通过偏振分光镜；以及，一象散补偿元件，它设置在第二光路上，以补偿由多层薄膜造成的在偏振转动光线中的象散，偏振分光镜包括一多层的偏振敏感、具有相当低折射率的反射薄膜，以及一具有相当高折射率的在所述偏振敏感反射薄膜的各侧上的盖。

根据本发明，提供一种偏振分光镜包括：一设置在两个盖之间的多层偏振敏感膜，一象散补偿元件设置在所述两个盖的相对的外表面之间，以减小由偏振膜引入的象散现象。

本发明的一个特定的实施例涉及一具有产生光线的光源的投影系统。一成像核心包括至少一第一反射成像器和一第一偏振分光镜，以在从光源接受的光线上强加上图像。第一偏振分光镜适于减小从反射成像器中反射的图像光线中的象散。一投影透镜系统从成像核心投射出象散减小的图像光线。

本发明的另一个实施例涉及一具有发光装置和成像核心装置的投影系统，所述成像核心装置将一图像强加在从发光装置接受的光线上。该成像核心装置包括至少第一成像器装置和用于偏振模式分光(polarization mode beamsplitting)的第一偏振分光镜装置。分光装置中的至少一个适于减小图像光线中的象散现象。一投影透镜单元从成像核心装置投射出象散减小的图像光线。

本发明的另一个实施例涉及一具有一设置在盖之间的多层偏振敏感膜的偏振分光镜。一象散减小元件设置在盖的相对的外表面之间，以减小由偏振膜引入的象散现象。

本发明的另一个实施例涉及一具有产生光线的光源的投影系统。一成像核心包括至少一第一反射成像器和一第一偏振分光镜，以在从光源接受的光线上强加上图像。第一偏振分光镜包括一设置在盖之间的多层偏振膜和减小象散元件，以减小由偏振膜引入的象散现象。一投影透镜系统投射从成像核心接受的图像光线。

以上本发明的概述并不意图描述各个举例的实施例或本发明的每个实施方法。下面的附图和详细的描述将具体地举例这些实施例。

附图简要说明

结合附图考虑下面对本发明的各种实施例的详细的描述，可以更完全地理解本发明，在诸附图中：

图 1 示意地示出一基于一单个反射成像器的投影单元的实施例；

图 2 示意地示出另一基于多个反射成像器的投影单元的实施例；

图 3A 和 3B 示出彩色棱镜相对于一偏振分光镜的不同的定向；

图 4 示意地示出根据本发明的一投影系统的一实施例；

图 5 示意地示出根据本发明的一投影系统的另一实施例；

图 6 示意地示出根据本发明的一彩色棱镜的一实施例；

图 7 示意地示出根据本发明的一彩色棱镜的另一实施例；

图 8 示意地示出根据本发明的一彩色棱镜的另一实施例；

图 9 示意地示出根据本发明的一具有一 x 立方彩色组合器的投射引擎 (projection engine) 的一实施例；

图 10A 和 10B 示出根据本发明的实施例，x 立方彩色组合器相对于偏振分光镜的不同的定向；

图 11 示意地示出根据本发明的一偏振分光镜的一实施例；

图 12 示意地示出根据本发明的一投射引擎的另一实施例；

图 13 示意地示出根据本发明的两个成像器投射引擎的一实施例；

图 14 示意地示出根据本发明的另一实施例的偏振分光镜的一实施例；

图 15 示意地示出根据本发明的一包含一楔形元件的偏振分光镜的一实施例；

图 16 示意地示出根据本发明的一实施例，采用至少一个减小象散的偏振分光镜的投影系统；

图 17 表示一对比图表，绘出对于用于本发明实施例中的多层薄膜偏振器的波长的对比；

图 18 示意地示出一两个成像器的投影系统，它采用根据本发明的一实施例的减小象散的偏振分光镜；以及

图 19 示意地示出另一投影系统，它采用根据本发明的一实施例的减小象散的偏振分光镜。

尽管本发明须服从各种改型和变体的形式，但其具体的细节已通过实例在附图中示出，并将在下面作详细的描述。然而，应该理解的是，本发明并不把本发明局限于所述的具体的实施例。相反，本发明涵盖落入由附后的权利要求书所定义的本发明的精神和范围内的所有的改型、等价物和变体。

具体实施方式

本发明适用于光学成像器，且特别适用于产生高质量、低象差、投射图像的低 f 值光学成像器系统。

这里采用的术语“光学成像器系统”是指包括为观看者产生一可观看的图像的各种光学系统，例如，它可用于正投和背投系统、投影显示器、头戴显示器、虚拟观察器、加盖显示器、光学计算系统、光学相关系统以及其它光学观察和显示系统。

克服消偏振级联问题的一种方法是使用一广角的笛卡儿偏振分光镜(PBS)，1999年5月17日提交的美国专利申请 09/312,917 介绍该偏振分光镜，本文援引该专利以供参考。一笛卡儿 PBS 是这样一种 PBS，其中，分离光束的偏振是根据 PBS 膜的不变的、通常为正交的主轴线定位的。相反，对于非笛卡儿 PBS，分离光束的偏振基本上取决于在 PBS 上的光束的入射角。

笛卡儿 PBS 的一实例是多层反射偏振分光镜(MRPB)薄膜，它由交替层的

各向同性和双折射材料形成。如果薄膜的平面考虑为 x - y 平面，且沿 z 方向测量薄膜的厚度，则 z 方向折射率是双折射材料对于具有平行于 z 方向的电矢量的光线的折射率。同样地， x 方向折射率是双折射材料对于具有平行于 x 方向的电矢量的光线的折射率， y 方向折射率是双折射材料对于具有平行于 y 方向的电矢量的光线的折射率。双折射材料的 x 方向折射率基本上与各向同性材料的折射率相同，而双折射材料的 y 方向折射率不同于各向同性材料的 y 方向折射率。如果正确地选择层的厚度，则薄膜反射沿 y 方向偏振的可见光，并透射沿 x 方向偏振的光线。

一 MRPB 薄膜的实例是一匹配的 z 折射率偏振器 (MZIP) 薄膜，其中，双折射材料的 z 方向折射率基本上与双折射材料的 x 方向折射率或 y 方向折射率相同。MZIP 薄膜已在美国专利 5,882,774 和 5,962,114 中作了介绍，本文已援引该两专利以供参考。如美国专利申请 09/878,575 中所述，具有增加寿命的改进型 MZIP 薄膜采用 PET/COPET-PCTG 作为交替层。

一采用一成像器的系统 110 的实施例示于图 1 中，并包括一光源 112，例如，一弧光灯 114，该弧光灯带有一反射器 116 以沿向前方向引导光线 118。光源 112 也可以是固态光源，例如，发光二极管或激光光源。系统 110 还包括一笛卡儿 PBS 120。例如，一线栅格偏振器 (wire grid polarizer) 或一 MRPB 薄膜。沿平行于 x 轴线方向偏振的 y 偏振光由画圈的 x 表示。沿平行于 x 轴线方向偏振的 x 偏振光由表示偏振矢量的实心箭头表示。实线表示入射光线，而虚线表示从改变偏振状态的成像器 126 返回的光线。由光源 112 提供的光线在照明 PBS120 之前受光学调节装置 122 的控制。光学调节装置 122 将由光源 112 发出的光的特征改变到投影系统要求的特征。例如，光学调节装置 122 可变化光的发散性、光的偏振状态以及光谱。例如，光学调节装置 122 可包括一个或多个透镜、一个偏振转换器、一个预偏振器和/或一个去除不希望的紫外线或红外线的过滤镜。在某些实施例中，光学调节装置 122 可具有一低的 f 值，例如，等于或小于 2.5，以便利用从光源 112 发出的大部分的光。

光的 y 偏振分量由 PBS120 反射到反射式成像器 126 上。成像器 126 的液晶模式可以是近晶的、向列的或某些其它合适型的反射式成像器。如果成像器是近晶的，则成像器 126 可以是一铁电液晶显示器 (FLCD)。成像器 126 反射和

调制具有 x 偏振的图像光束。反射的 x 偏振光透射通过 PBS120，并由投影透镜系统 128 投射，该系统的设计通常考虑到透镜系统 128 与成像器之间的所有的分量，对各个特定光学系统进行优化。一控制器 152 连接到成像器 126 上，以便控制成像器 126 的操作。通常，控制器 152 致动成像器 126 的不同的像素，以形成一反射光线中的图像。

一投影系统 200 的另一实施例示于图 2 中。该系统利用一光源，例如一具有弧形反射器 213 的弧光灯 211，它引导光线朝向照明装置 215。在所示的实施例中，光学调节装置 215 包括一准直透镜 217、一第一透镜阵列 219、一第二透镜阵列 221 以及一聚光透镜 227。在第二透镜阵列 221 与聚光透镜 227 之间，光学调节装置 215 可包括一光学偏振转换器 223，例如是 Geffkcken 型设计的转换器。根据偏振转换器 223 的转换效率，可较佳地包括随从偏振转换器 223 的一任意的预偏振器 (pre-polarizer) 225。成对的透镜阵列 219 和 221 接受来自准直透镜 217 的名义上被准直的光。偏振转换器 223 和预偏振器 225 偏振入射在要求偏振状态的 PBS250 上的光线。将可以认识到的是：照明装置可包括多于或少于对此特定实施例所描述的元件光学元件。

透镜阵列 219 和 221 以及聚光透镜 227 的形状使光线均匀，以便均匀地照明反射式成像器 226、228 和 230。PBS250 再次引导 y 偏振光朝向三个反射式成像器 226、228 和 230。PBS250 通常包括一诸如 MZIP 的 MRPB 薄膜 252，如图所示，它可自由直立地设置在诸板之间，或包围在棱镜 254 之间。板或棱镜 254 可由玻璃形成，并一起地可称之为用于 MRPB 薄膜 252 的盖。

在多成像器系统中，一彩色棱镜 236 将光线分离成与各成像器相关的分离的色带。对于所示的三成像器结构，彩色棱镜 236 通常将光线分离成主色带：红、绿和蓝。诸如物镜 238、240 和 242 的介入透镜 (intervening lens) 可插入在各成像器与彩色棱镜 236 之间，以进一步优化该系统的光学响应。根据特殊的图像信息，成像器 226、228 和 230 调制不同程度反射光线的偏振状态。然后，彩色棱镜再次组合红、绿和蓝图像，并将组合的图像光线传递到笛卡儿 PBS250，它通过基本上仅 x 偏振光来分析图像的偏振状态。Y 偏振光再次引导返回到光源 212。通过 PBS250 的光线被投影透镜系统 234 收集，此后可聚焦在观看屏（未示出）上。一光学后偏振器 (post-polarizer) 244 可插入在 PBS250

与投影透镜系统 234 之间。应该认识到：其它的光学结构也可和多个成像器一起使用。

在所示的实施例中，彩色棱镜 236 是一菲利普棱镜，它可由加利福尼亚州 Santa Rosa 市 Optical Coatings Laboratory 公司购得。为了清晰起见，彩色棱镜 236 表示为传统的定向，如图 3A 中立体图所示，第一和第二彩色选择表面的转动轴线 258 平行于笛卡儿 PBS250 的转动轴线 256。一转动轴线是这样一轴线，即，一表面绕该轴线转动，以从其真正的位置移动到垂直于光线传播方向的一位置。尽管该介于诸彩色选择表面的转动轴线 258 与 PBS 的转动轴线 256 之间相对定向，对于传统型的偏振器是必要的，但一笛卡儿 PBS250 也允许彩色棱镜 236 绕光束的主轴线 262 转动，这样，第一和第二成像器 226 与 230 互相垂直定向，且名义上从 PBS 发出的 s 偏振光相对于彩色棱镜 236 的彩色选择表面是 p 偏振的。转动结构示于图 3B 的立体图中，其中，彩色选择表面的转动轴线 258 垂直于 PBS250 的转动轴线 256。由 David J.W. Aastuen 和 Charles L. Bruzzzone 于 2000 年 12 月 22 日提交的题为“使用广角笛卡尔偏转分光镜和彩色分离和再组合棱镜的反射式 LCD 投影系统”的美国专利 09/746,933 描述了上述的转动结构，本文援引该专利以供参考。

在光学调节装置 215 具有 2.5 或小于 2.5 的 f 值的情形中，使用笛卡尔 PBS120 或 250 允许系统显示一在可见光范围内至少 100:1 的动态范围。此外，介于光学调节装置 215 与投影透镜系统 234 之间的元件可称之为—成像核心(imaging core)。该成像核心通常包括至少一个偏振分光镜和一个或多个成像器。如果采用一个以上成像器，则成像核心还可包括彩色分离和组合光学装置(color seperating and combining optics)，例如—彩色棱镜、二色分色镜、x-立方等。成像核心不包括除设置在彩色分离元件与成像器之间的光学物镜之外的透镜。成像核心可以是远心的，其中，入射在成像器上的光锥在成像器表面上是恒定的。远心的成像器核心通常不包括物镜。

笛卡尔 PBS 250 的一实施例是诸如包围在诸棱镜 254 之间的 MZIP 的 MRPB 薄膜 252。为了尽可能减小由高强度光束引起的热致应力造成的双折射性(birefringence)，棱镜 254 较佳地由具有低应力-光学系数(low stress-optic coefficient)的材料制成。为此目的，最合适的材料之一是牌号为 SF57 (Schott

玻璃)或 PBH55 (Ohara 玻璃) 销售的玻璃。SF57 和 PBH55 玻璃具有约为 1.85 的折射率。

MRPB 薄膜的折射率通常小于周围的棱镜 254 的折射率。例如, MZIP 薄膜的折射率近似为 1.56, 而其厚度通常大约为 125 μm 。在组装 PBS250 过程中, 使用约为 50 μm 厚、匹配的折射率约为 1.56 的胶, 将 MRPB 薄膜附连到棱镜面上。一特别适用于 MRPB 薄膜型的胶是由 Norland 公司制造的 Norland61。PBS 薄膜 252 和胶一起形成一入射板, 其折射率约为 1.56, 厚度为 225 μm , 与光线传播方向约成 45° 夹角。该在较高折射率的棱镜 254 内的相对低的折射率板将象散引入到图像光线 (image light) 中。象散对于已由成像器反射的光线是一问题。

一折射率为 n 的倾斜板在折射率为 n' 的介质中的象散由下式给出:

$$\frac{t}{\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 \theta}} \left[\frac{n^2 \cos^2 \theta}{n^2 - n'^2 \sin^2 \theta} \right] \quad (1)$$

其中 t 是板的厚度, θ 是光束中心光线与板之间的夹角。象散是由于光束通过的倾斜板材料的折射率不同于其周围的折射率, 而造成弧矢光束和切向光束的位移不同的结果。

由于色散现象的缘故, 值 n 和 n' 依赖于波长, 因此象散值也依赖于波长。通常包括聚酯状薄膜和共聚物以及 SF57 玻璃的 MZIP 薄膜的折射率的波长依赖性分别由表 I 和 II 给出。

表 I MZIP 折射率的波长依赖性

波长 (nm)	折射率
435.8	1.5745
480	1.5691
546.1	1.5634
589.6	1.5594
643.8	1.5562

表 II SF57 折射率的波长依赖性

波长 (nm)	折射率
435.8	1.8939

486.1	1.872
546	1.855
587.5	1.8466
656	1.8365

利用表达式 (1), 由 $225\mu\text{m}$ 厚薄膜在 SF57 玻璃棱镜中造成的象散, 对不同的颜色计算求得: 对红光(645nm)为 $169\mu\text{m}$, 对绿光(546nm)为 $181\mu\text{m}$, 对蓝光(480nm)为 $196\mu\text{m}$ 。在许多情形中, 对于绿光的象散可足以纠正, 同时减小蓝光和红光部分的象散。在各色带的象散小于投影透镜系统的景深的地方, 观察者将看到基本上无象散的图像。不必要求在所有波长上完全消除象散。当提供了一单一的象散值时, 可以假定它是波长为约为 546nm 的绿光的象散值。在其它的方法中, 可分离地纠正不同色带的象散。

由被相对高折射率的材料包围的相对低折射率的倾斜板引入的消除象散的第一方法在于: 传播光线通过一第二倾斜板, 该板的折射率低于其周围材料的, 并倾斜于垂直于第一板轴线的一转动轴线。第二倾斜板可由任何合适的固体、液体或气体材料形成。如果第二板在折射率和厚度上与第一板相同, 则它应与第一板相同的角度倾斜, 以便最大程度地减小象散。如果第二板不同于第一板, 则由第二板引入的象散的量级较佳地与由第一板引入的象散相同, 以便完全地消除象散。这要求选择板的角度和厚度以及第二板与其周围物之间的折射率的差。在下面讨论的设计中, 球差和慧差足够小, 以致在实际用途中可被忽略。然而, 在一光学系统中除了对象散进行补偿之外, 可要求对球差和慧差的补偿。由于引入象散的补偿可增加其它的色差, 所以, 最好局部地补偿象散, 以在色差中达到平衡。

由比其周围材料相对低的折射率的第一倾斜板引入的消除象散的第二方法在于: 引入一第二倾斜板, 该板的折射率高于周围材料的。第二倾斜板可由固体、液体或气体材料形成。第二倾斜板通常倾斜于平行于第一板的转动轴线的一转动轴线。这要求选择板的厚度、折射率和倾斜角, 以便提供对象散的补偿。下面将讨论使用该方法来消除象散的特定的实施例。

这里所讨论的减小象散的方法适用于具有大范围 f 值的投影系统, 并被认为是对于具有低 f 值的投影系统特别显示出优点。这里讨论的方法可用来减小象散或大致地纠正象散。在许多情形中, 象散不需完全地消除, 但只需减小到小于投影透镜系

统的景深的一值。景深通常随 f 值而增加，于是，象散的纠正对于低 f 值的投影系统变得越来越重要。术语“大致地纠正”是指将象散减小到小于正在使用的投影透镜系统的景深的一值。

尽管这里讨论的是涉及减小在 MRPB PBS 中发生的象散，但应该认识到，下面所讨论的减小象散的方法也适用于减小在一投影系统的其它元件中发生的象散。

可根据彩色棱镜的适配来引入象散的减小。再参照图 3A 和 3B，一般来说，当转动轴线 258 垂直于转动轴线 256 时，采用比其周围为相对低折射率的板来将象散纠正引入到彩色棱镜 236 中。相反，当彩色选择表面的转动轴线 258 平行于 PBS 的转动轴线 256 时，采用比其周围物体为相对高折射率的板来将象散纠正引入到彩色棱镜中。

首先我们讨论本发明的一特定的实施例，它使用具有一相当低折射率的第二倾斜板。可提供彩色棱镜 236 的不同的设计，其中几个设计包括用来将光分离成两个或多个色带的三个或四个棱镜。通常一个彩色棱镜 236 将光分离成其红、绿和蓝三个分量。在如图 4 所示的菲利普棱镜结构中，彩色棱镜 400 由三个棱镜 402、404 和 406 形成。进入第一棱镜 402 的光线 410 入射在第一过滤镜 412 上，它反射在第一色带中的光，并透射在第二和第三色带中的光。在第一色带 414 内的光线是在输入表面 416 处全内反射到第一棱镜，并由于在输入表面 416 与 PBS 450 之间存在一空气间隙 417，故引向第一成像器 426。

透射到第二棱镜 404 内的光线入射到第二过滤镜 418 上，它反射在第二色带内的光线 420，并透射在第三色带内的光线 424。被第二过滤镜 418 反射的光线 420 在间隙 422 处（通常是一空气间隙）在第一与第二棱镜 402 与 404 之间全内反射，并引向第二成像器 428。透射通过第二过滤镜 418 的光线 424 引导通过第三棱镜 406 到第三成像器 430。

通常地，第一色带是蓝的，第二色带是红的，和第三色带是绿的。然而，这并不需要一定这样的情形，不同的色带可以具有不同的颜色。

在第一与第二棱镜 402 和 404 之间的间隙 422 在传统上保持很小尺寸，通常在 $10\ \mu\text{m}$ 至 $25\ \mu\text{m}$ 范围内，对于第二色带它足以允许发生全内反射。然而，间隙 422 可在尺寸上加大，以提供象散补偿，并将在下面的实例中作进一步讨论。

实例 1

彩色棱镜 400 由低的双折射玻璃 PBH55 形成，它具有 1.85 的折射率。中心光线入射到空气间隙 422 上的角度是 21° 。第一色带是蓝的，第二色带是红的，和第三色带是绿的。彩色棱镜 400 位于相对于 PBS450 的转动位置内，这样，来自 PBS450 名义上经 s-偏振的光是在彩色棱镜 400 内的 p-偏振光。

调整空气间隙尺寸，以补偿 $181\mu\text{m}$ 的象散值。在调整前，PBS/彩色棱镜组件用于投影系统，它将一水平线和垂直线的图形投射到一屏幕上。可以聚焦在水平线上或垂直线上，但不同时聚焦在两根线上。例如，如果水平线聚焦在离投影透镜 178cm 的距离处，则垂直线聚焦在 105cm 处，焦距之比为 1.7:1。如果采用最佳的同时聚焦，则两组线变得非常模糊。

为了调整间隙 422，第一和第二棱镜 402 和 404 分离，然后，使用由加利福尼亚州 Palo Alto 市 Duke Scientific Corp 公司制造的单一大小微球体规格的标准珠子 (Monosized Microsphere Size Standard Beads) 作为间隔体，重新组合成 $100\mu\text{m}$ 的空气间隙 422。珠子的直径为 $100\mu\text{m}$ 。

在重新组合成 $100\mu\text{m}$ 间隙 422 之后，对于红光和绿光再次测量系统的象散。垂直线聚焦在 135cm 处，而水平线聚焦在 178cm 处，焦距之比为 1.32:1。此外，当焦点得到优化时，诸线定性的外形比间隙 422 为 $10\mu\text{m}$ 的情形得到显著地改进。

通过用 $140\mu\text{m}$ 间隔的珠子取代 $100\mu\text{m}$ 的间隔珠子（也由 Duke Scientific 公司制造），将间隙 422 调整到 $140\mu\text{m}$ 。当对象散测试时，难于量化垂直线和水平线的焦点之间的差。弧矢光线似乎聚焦在离投影器 160cm 和 170cm 之间，焦比小于 1.1:1。当重聚焦以提供最佳的全聚焦(overall focus)时，对于垂直线和水平线没有明显的模糊现象。

应该认识到：调整空气间隙 422 不影响第一色带内的光线 414 的象散。进行定性的试验来确定单独纠正红和绿象散是否导致一可接受的图像。兰、红和绿图像小心地对齐，可观察到不同对比度的图像。可以确定：模糊的蓝色只有通过小心地检查在暗的背景下的白线才可辨别出，但在亮的背景下不能注意到暗线。这就指出：减小蓝象散可以没有如减小绿和红象散那么重要。其中可能的原因在于，在人眼中的蓝色感受体的密度少于绿色和红色感受体的密度，于

是，蓝色图像的正常分辨率小于绿色或红色图像的分辨率。

然而，使用如图 5 所示的方法可纠正对于第一色带的象散，图 5 示出一类似于如图 4 所示的彩色棱镜，例外的是第一棱镜 402 由两部分 402a 和 402b 形成，且其间夹有一空气间隙 502。出于制造的原因，要求在棱镜 402b 的锐角端部做成钝角的末端 504。较佳地，间隙 502 的尺寸和位置应做成：空气间隙 502 不阻挡光线 410 从 PBS450 进入彩色棱镜 400。再者，间隙 502 的尺寸和位置应做成：间隙 502 不在第一色带的光 414 的光路上，直到光线 414 已全内反射出输入面 416。利用上述表达式 (1)，空气间隙 502 应大约为 0.875mm 的宽度，角度约为 32.25° ，以便补偿 $196\mu\text{m}$ 的象散，而对其它间隙 422 纠正的象散可以是不同的值。尽管此颇大的分离可包括其它的色散，但可使用引入较小色散的较小的间隙，以便局部地补偿象散。本技术领域内的技术人员将会认识到，可通过计算机上的光学模拟或通过试用经验数据来优化图像。

应该认识到：空气间隙 422 和 502 只是这样的实例，即，低的折射率材料片层（空气）被较高折射率材料（例如，棱镜玻璃）包围。间隙 422 和 502 可不需只用空气填充，但由于空气对于棱镜材料给出大的折射率差，所以，空气是十分有效的。间隙 422 和 502 也可用除空气之外的相当低的折射率的其它材料填充。然而，应该理解的是：例如，即使当间隙 422 不填充空气时，在第二棱镜 404 与间隙 422 之间的折射率差也应足以保持光线 420 的全内反射。同样地，下面将讨论的其它的间隙不需要填充空气，但仅需要填充比包围间隙的材料折射率低的材料。

现将参照图 6 来描述纠正象散的另一方法。在该实施例中，一楔形棱镜 662 设置在彩色棱镜 600 与 PBS650 之间，在楔形棱镜 662 和彩色棱镜 600 之间有一间隙 664。已知为修改的菲利普棱镜的彩色棱镜 600 由第一、第二和第三棱镜 602、604 和 606 形成，在第一和第二棱镜 602 和 604 之间有一全内反射的间隙 622。在所示的实施例中，第三棱镜 606 也包括一全内反射表面 656。这并不是这情形，第三棱镜 606 的形成可使用不包括一全内反射表面的几何形。

在传统的楔形棱镜系统中，楔形棱镜 662 与第一棱镜 602 之间的空气间隙 664 之大，只足以允许在第一棱镜 602 内反射的第一色带的光 614 的全内反射。然而，在楔形棱镜 662 与第一棱镜 602 之间的空气间隙 664 可选择具有一较大

的宽度，以便基本上减小和纠正在 PBS650 内产生的象散。间隙 664 的宽度可根据表达式 (1) 进行选择。

例如，当 PBS650 的象散为 $181\mu\text{m}$ ，且楔形棱镜 662 的楔形角为 10° 时，表达式 (1) 得出，象散可由约 2.104mm 的空气间隙 664 进行纠正。

应该认识到的是：尽管参照图 4-6 将低折射率板描述为一空气间隙，但也可使用具有低折射率的其它材料，例如低折射率的聚合物薄膜。此外，可使用在彩色棱镜的棱镜之间的诸间隙以及彩色棱镜与楔形棱镜之间的一间隙的组合来补偿象散。还应该认识到：象散的减小还可在除上述例举的例子之外的其它彩色棱镜的不同的实施例中实施。

纠正上述引入的在 PBS 内的象散的第二种方法是引入一相当高折射率的平面，它倾斜于与 PBS 偏振器薄膜的倾斜轴线平行的一轴线。该方法适用于不相对于 PBS 转动的彩色棱镜的情形，因此，来自 PBS 名义上被 s-偏振了的光也是在彩色棱镜内名义上被 s-偏振了。

该方法的一特定的实施例示于图 7 中，它示出由第一、第二和第三棱镜 702、704 和 706 形成的一彩色棱镜 700。一由透明材料形成的高折射率板 760 设置在第一棱镜 702 的输出薄膜上，透明材料的折射率大于第一和第二棱镜 702 和 704 的折射率。一通常约为 $10\mu\text{m}$ 宽的空气间隙 722 设置在高折射率板 760 与第二棱镜 704 之间，这样，第二色带内的光线在第二棱镜 704 内朝向输出面 727 进行内部反射。

在第一过滤镜 712 设置在高折射率板 760 的第二表面 762 上的情形中，第一色带 714 内的光线在离开第一棱镜 702 之前两次通过高折射率板，而第二色带内的光线 720 和第三色带内的光线 724 在离开第二和第三棱镜 704 和 706 之前仅一次通过高折射率板 760。因此，第一色带内的光线经历与第二和第三色带不同的象散纠正量。如上所述，由于蓝光的象散对于观察者对图像的感受不比绿或红光那么重要，所以，在第一色带是蓝光时，该实施例可提供足够的象散补偿。

如图所示，当第一过滤镜 712 放置在第一棱镜的输出表面 703 上时，在第一色带内的光线 714 不通过高折射率板 760，于是，在第一色带内的光线 714 没经历象散的纠正。如上所述，当在第一色带内的光线 714 是蓝光时，只有对

于绿和红光的象散纠正才对观察提供足够的纠正。

在另一实施例中，如图8所示，第一棱镜702可分裂成两个部分702a和702b。第二高折射率板862可定位在棱镜部分702a与702b之间，其厚度、定向角和折射率应选择为减小在第一色带内的象散。对于位于第一棱镜部分702a与高折射率板760之间的过滤镜712，本实施例显得尤其有用。因此，彩色棱镜800可对所有三个色带提供纠正。

象散纠正也可在一X立方分光镜(X-cube beamsplitter)/组合器中实施。采用X立方分光镜和组合器的一投射引擎900的实施例局部地示于图9中。由光源（未示出）发出的光线902入射在一X立方分光镜904上，它将光线902分离成三个色带。在第一色带内的光线906透射通过X立方分光镜904到第一反射器908上，而在第二色带内的光线910由X立方分光镜904反射到朝向第二反射器912的图形平面内。在第三色带内的光线914沿着走出图形平面朝向第三反射器的方向反射。为了清楚起见，用于在第三色带上操作的光学元件未示于图形中。在使用三个PBS的投射引擎900中可减小背焦长度(back focal length)，因此，允许使用一简化的投影透镜系统。此外，可减小广视角所要求的投影透镜系统的重量。

第一和第二反射器908和912分别反射在第一和第二色带内的光朝向第一和第二偏振分光镜916和918。例如，第一和第二反射器可以是平面镜、多层镜或金属镜，或可以是反射偏振器，其定向成反射在要求的偏振状态的光线朝向第一和第二偏振分光镜916和918。

在第一色带906内的光线由具有一MPBR薄膜917的第一PBS916朝向第一反射成像器920反射，该成像器反射第一色带内的光线906并转动光线906的波前的选定的部分的偏振，以形成透射通过第一PBS916到X立方组合器924的第一色带内的光线的成像光束922。同样地，在第二色带内的光线910由第二PBS918朝向第二反射成像器926反射。第二反射成像器926产生在第二色带内的光线的成像光束928，它透射通过第二PBS918朝向X立方组合器924。

应该认识到：投射引擎900还包括一第三反射器（未示出）、一第三PBS（未示出）和一第三成像器（未示出），以形成沿从一走出图形平面的方向朝向X立方组合器924的第三色带内的光线的成像光束930。三个成像光束922、

928 和 930 在 X 立方组合器内组合，以形成一三色图像光束 932，它通常借助于一组投射光学装置投射到一屏幕上。

X 立方组合器 924 的更为详细的图示于图 10A 中，图中示出一通过成像光束 922、928 和 930 的平面内的 X 立方组合器的截面图。X 立方组合器 924 由四个具有不同反射涂层的直角棱镜 1002、1004、1006 和 1008 组合而成，例如，介于棱镜 1002—1008 的某些交界面之间的多层绝缘反射涂层。涂层 1010 和 1012 反射在第二色带内的成像光束 928，而涂层 1014 和 1016 反射在第三色带内的成像光束 930。

两个板 1020 和 1022 插入到 X 立方组合器 924 中的一定位置上，这样，除了第一成像光束 922 的小的中心部分之外，在各成像光束 922、928 和 930 中的光线通过板 1020 或 1022 中的一个仅有一次。在所示的实施例中，第一板 1020 设置在第四棱镜 1008 与第一棱镜 1002 之间，而第二板 1022 设置在第一棱镜 1002 与第二棱镜 1004 之间。

在如图 9 和 10A 所示的实施例中，MPBR 薄膜 917 的转动轴线和板 1020 和 1022 的转动轴线垂直。因此，选择板 1020 和 1022 的折射率小于棱镜 1002—1008 的折射率。例如，诸棱镜可由 SF57 玻璃形成，而板 1020 和 1022 由低折射率玻璃，例如具有 1.517 的折射率的 BK7 形成。板 1020 和 1022 的厚度较佳地选择成至少部分地补偿在 PBS 内形成的象散。例如，当象散为 $181\mu\text{m}$ 时，棱镜 1002—1008 由 SF57 玻璃形成，而板 1020 和 1022 由 BK7 形成，当板厚度为 $150\mu\text{m}$ 时，纠正象散。假定在 X 立方组合器 924 内的入射角是 45° 。

具有宽度 d_1 的第一成像光束 922 的中心部分不令有单一的光通过板 1020 和 1022 中任一个的全厚度，于是，不能为象散作出纠正。通常，中心部分区域相对于光束 922 的通光孔径为较小，于是，不能对象散进行纠正的光量较小，是总输出光量的百分之几。中心部分对象散可不作纠正，或者，例如可使用黑漆进行阻塞，形成小于 5% 的功率损失。如果光束 922 包含对观察者眼睛内产生较小象散效应（例如蓝光）的色带的光线，则可减小不纠正光束 922 的中心部分的总体效应。

X 立方组合器 1050 的另一实施例示于图 10B 中。一个色带的光线 1070 进入 PBS1054 并反射到成像器 1072，它转动光线 1070 的某些部分的偏振以形成

图像光线 1074。图像光线 1074 透射通过 PBS1054 到 X 立方组合器 1050。一个或多个色带的图像光线 1076 引导到 X 立方组合器 1050，并与图像光线 1074 组合。

在该实施例中，在 PBS1054 内的 MPBR 薄膜 1052 的转动轴线平行于板 1056 和 1058 的转动轴线。因此，选择板 1056 和 1058 的折射率大于形成 X 立方组合器的棱镜 1060—1066 的折射率。

对于 X 立方组合器 1050 的玻璃选择不限于高折射率玻璃，于是，组合器 1050 可由更普通型玻璃，例如 BK7 来形成。如果由 PBS1054 引入的象散大约为 $181\mu\text{m}$ ，则需要达到象散纠正的板 1056 和 1058 的厚度，经计算大致为 1.1mm，其中，板 1056 和 1058 由 PBH71 玻璃形成，而棱镜 1060—1066 由 BK7 形成。

一利用相对高折射率材料的板的投影系统内象散纠正的另一特定实施例示于图 11，该实施例包括在 PBS1100 内相对高折射率材料的板。

PBS1100 由带有两层的两个棱镜 1102 和 1104 形成，一 MRPB/粘结剂层 1106 和一高折射率层 1108 夹在棱镜 1102 与 1104 之间。高折射率层 1108 的折射率 n_2 高于棱镜 1102 和 1104 的折射率 n_0 。当 MRPB/粘结剂层的折射率给定为 n_1 时，保持下列的关系： $n_2 > n_0 > n_1$ 。选择高折射率层 1108 的厚度 d_2 ，以使由高折射率层 1108 引入的象散减小由 MRPB/粘结剂层 1106 引起的象散。例如，当棱镜 1102 和 1104 由具有折射率为 1.85 的 PBH55 玻璃形成，且厚度为 $225\mu\text{m}$ 的 MRPB/粘结剂层 1106 具有 1.56 的折射率时，象散为 $181\mu\text{m}$ 。该象散的值可使用 3.8mm 厚、1.92 折射率的 PBH71 玻璃层作为高折射率层 1108 进行补偿。应该认识到，可使用一粘结剂层来将高折射率层附连到棱镜上：为简化起见，这里已忽略这样一粘结剂的效应。在 PBS1100 内的色散可导致色移位效应(color shift effect)，其中，在一种颜色中的光横贯图像相对于另一波长的光平移。可使用一跟从第一 PBS 的第二 PBS 来减小色移位效应，其中，第二 PBS 定向成透射图像光线，以提供一对第一 PBS1100 内引起的色移位进行补偿的色移位。

PBS1100 可用于只有一个成像器且没有彩色棱镜存在的情形中。使用仅一个单一的成像器的优点之一在于，不需如在多成像器的投射引擎中的情形那样，由一个成像器形成的图像在由另一成像器形成的图像上去对齐。另一优点在于，由于不要求彩色分离器/组合器，例如，彩色棱镜、x-棱镜等，可减小

引擎的后焦距，于是，可使用低 f 值，例如，低至 $f/1.8$ 或更低的投影透镜系统。

通常地，单板成像器与某些类型的选色方案一起操作，例如，一彩色转盘或快速可调彩色过滤镜。因此，包含在三个色带其中一个内、仅大约为三分之一的入射到成像器上的光线被用于任何一时间，于是，在一单一的板引擎内比在三个板引擎甚至更要求高的光效率。采用 $f/1.8$ 的 f 值，系统 *etendue* 是具有 $f/3.0$ 的 f 值的一引擎的 2.7 倍，于是，在低 f 值，引擎的总的光透射量得到提高。此外，投射引擎的相干长度在第 f 值减小，导致低的小斑点。

一多成像器投影系统 1600 的实施例示意地显示在图 16 中，其中，通过提供 PBS 本身内的象散补偿来实现象散的减小。光线 1602 从一光源 1604 发出。光源 1604 可以是一弧光的或灯丝的灯，或用来产生适于投射图像的光线的任何其它合适的光源。光源 1604 可被一反射器 1606，例如一椭圆形反射器（未示出）、一抛物线反射器，或诸如此类的反射器所包围，以便增加引导朝向投射引擎的光量。

光 1602 通常在分裂成不同色带之前进行处理。例如，光 1602 可通过一可选择的再偏振器 1608，这样，只有要求偏振的光被引导朝向投射引擎。预偏振器可呈反射式偏振器的形式，这样，处于不希望偏振状态的反射光被再次引导到光源 1604 以作再循环。光 1602 也可以是均匀的，这样，在投射引擎内的成像器被均匀地照明。一种使光线 1602 均匀化的方法是使光线 1602 通过一反射管道 (reflecting tunnel) 1610，但是应该认识到，也可采用使光线均匀化的其它诸种方法。

在所示的实施例中，均匀的光线 1612 通过一第一透镜 1614 以减小发散角。然后，光线 1612 入射到一第一彩色分离器 1616 上，该第一彩色分离器 1616 例如可以是一绝缘的薄膜过滤器。第一彩色分离器 1616 在第一色带中从余下的光线 1620 中分离出光线 1618。在第一色带内的光线 1618 可通过一第二透镜 1622 和供选择的一第三透镜 1623，以控制入射在第一 PBS 1624 上的第一色带内的光线 1618 的发散。光线 1618 从第一 PBS 1624 通过到一第一成像器 1626。该成像器反射处于偏振状态的图像光线 1628，它透射通过 PBS 1624 到一 X 立方彩色组合器 1630。PBS 1624 可对反射的图像光线提供象散补偿。例如，PBS 1624

可类似于参照图 11 进行描述的 PBS1100。成像器 1626 可包括一个或多个补偿元件，例如，一阻滞器元件，以提供附加的偏振转动，并因此使图像光线中对比度最大。

余下的光线 1620 可通过一第三透镜 1632。然后，余下的光线 1620 入射到一第二彩色分离器 1634 上，例如，一薄膜过滤器，或诸如此类的分离器，以形成在一第二色带内的光束 1636 以及在一第三色带内的光束 1638。在第二色带内的光束 1636 通过一第二 PBS1642 引导到一第二成像器 1640。第二 PBS1642 可对第二色带内的光提供象散补偿。第二成像器 1640 引导第二色带内的图像光线 1644 到 x 立方彩色组合器 1630。

在第三色带内的光线 1638 通过一第三 PBS1648 引导到一第三成像器 1646。第三 PBS1648 可对第三色带内的光线提供象散补偿。第三成像器 1646 引导第二色带内的图像光线 1650 到 x 立方彩色组合器 1630。

在第一、第二和第三色带内的图像光线 1628、1644 和 1650 组合在 x 立方彩色组合器 1630 内，并作为一全色图像光束引导到投射光学装置 1652。偏振转动光学装置 1654，例如半波阻滞板等可设置在 PBS1624、1642 和 1648 及 x 立方彩色组合器 1630 之间，以控制组合在 x 立方彩色组合器 1630 内的光线的偏振。在所示的实施例中，诸偏振转动光学装置 1654 分别设置在 x 立方彩色组合器 1630 与第一 PBS 的 1624 之间和与第三 PBS 的 1648 之间。

应该认识到，可采用所示实施例的各种变体。例如，不是将光线反射到成像器，然后透射图像光线，PBS 可透射光线到成像器，然后反射图像光线。

投影系统的若干个优点示于图 16 中。一个优点来自于这样的事实：多层薄膜 PBS 可呈广角笛卡尔分光镜的形式，而不是如 McNeille 偏振器。因此，多层薄膜 PBS 允许使用快速照明光学装置，例如，具有一 2.5 的 f 值或不到 2.5，于是可增加投影系统的总体效率。另一个优点来自于这样的事实：多层薄膜 PBS 各对其对应的色带可进行优化，于是在各色带内的图像光的偏振对比度较高。其结果，投影系统可无后偏振器进行操作。此外，可仅使用一单一的预偏振器来覆盖所有的色带，而不是对每一色带使用一单独的预偏振器。该实施例的另一优点在于：多层薄膜 PBS 对于角度对齐相当敏感，于是系统的投影系统 1600 更易于对齐。

此外，因为 PBS 对于各自的色带可进行优化，所以，在暗的状态中很少有泄漏，于是，可提高图像的对比度。一示出作为波长（x 轴）函数的对比度比（contrast ratio）（y 轴）的曲线图示于图 17 中。为了获得图 17 提供的数据，成像器可由四分之一波长镜(quarter wave mirror)替代。一四分之一波长镜是一四分之一波长阻滞器(quarter wave retarder)和一铝镜的组合。沿一个方向的四分之一波长阻滞器的定向导致反射光无偏振的转动，于是反射光通过 PBS 的背引导到光源。四分之一波长阻滞器的再度定向导致反射光偏振的转动，这样，通过 PBS 基本上所有反射光引导到投影透镜。由此可见，投射图像的对比度较高，落入 400 以下，哪处都不在约 425nm—700nm 的波长范围内。

投射引擎 1800 的另一实施例示于图 18 中。该投射引擎基于使用两个成像器。光线照明光学装置可以是类似于上述有关投射引擎 1600 的描述，因此，标注以相同的标号。

偏振的、均匀的光线 1612 通过一第一发散减小透镜(divergence reducing lens)1614，并入射到一第一彩色分离器 1810。该彩色分离器 1810 可以是呈绝缘薄膜过滤器的形式。在第一色带内的光线 1818 引向一第一 PBS1820。光线 1818 可通过另一透镜 1822 或透镜系统。光线 1818 引向一将图像强加在反射光线 1826 上的第一成像器 1824。图像光线 1826 通过 PBS1820 到彩色组合器 1828。

从第一色带分离为第二色带的光线 1830 引向第二 PBS1832，它将光线 1830 引向第二成像器 1834。光线 1830 可通过一个或多个透镜 1831，以控制其发散。成像器 1834 将图像强加在反射光 1836 上。然后，图像光 1836 与图像光 1826 在彩色组合器 1828 内进行色彩组合。在第二色带内的光 1830 可以由一彩色调制器 1838，例如通过一由电机 1840 转动的彩色转盘进行色彩调制。该彩色转盘包括用于至少两个不同的副色带(color sub-bands)的透射过滤器 1842 和 1844。因此，光线 1830 可暂时地被调制成交替地在第一和第二副色带内。如实例所示，在第一色带内的光线 1818 可以是蓝光，而在第二色带内的光线 1830 是绿光和红光。在这种情形中，彩色转盘通常具有交替的绿光和红光透射过滤器，这样，在任何时候，到达第二 PBS1832 的色彩调制的光线 1846 不是绿光就是红光。在另一实施例中，在第一色带内的光线 1818 是红光，而在第二色带内的光线 1830 是绿光或蓝光。应该认识到：也可采用其它的方法来对光线

1830 进行色彩调制。例如，色彩调制器 1838 可以是电-光方法的色彩调制器，在 SID 2000 Digest, paper 9.4, 2000 中由 G.D. Sharp 等人所著的“用于连续彩色投影的高通量的彩色开关”一文中，已有对上述色彩调制器的描述。

成像器 1824 和 1834 可由控制器 1850 进行操作，以在正确的时间显示合适的图像。色彩调制器 1838 还可由控制器 1850 进行控制，这样，透射通过色彩调制器的光线 1846 的颜色与由成像器 1834 显示的图像同步。

PBS1820 和 1832 可提供象散补偿，例如，以参照图 11 所述的方式进行补偿。也可采用其它的对象散的方法，例如，如下面参照图 15 所述的方法。

三成像器投影系统 1900 的另一实施例示意地示于图 19 中。类似于投影系统 1600 的元件的投影系统 1900 的诸元件标以相同的标号。

在此实施例中，第一和第二 PBS1924 和 1942 采用盖 1950 形成，盖 1950 的折射率接近多层偏振薄膜 1952 的折射率。这对于不需使用诸如 PET 基的偏振薄膜的高度透明的蓝光偏振薄膜的色带内的光线尤为有利。另一方面，业已发现：当由蓝光照明时，PET 薄膜较之其它类型的多层薄膜不易劣化，于是，PET 基的多层薄膜普遍用于蓝色带。蓝色带还易于热致双折射，于是，较佳地是，用于蓝色带内的 PBS 的盖具有低的光弹性模量。因此，为了使用 PET 基的多层薄膜并减小热致双折射，对蓝色带普遍使用相当高折射率的玻璃材料的盖。其结果，在蓝色带内的 PBS1948 可仍包括象散补偿。

由于绿和红色带可使用具有高光功率的多层薄膜，例如，PEN 基的薄膜可对这些色带使用低折射率的玻璃盖，以减小由 PBS1924 和 1942 引入的象散。例如，如果 PBS1924 和 1942 的盖由具有折射率 $n=1.62$ 的 SF12 玻璃形成，则当多层薄膜基于 PEN 时象散较小，约为 $17\mu\text{m}$ 。因此，在绿和红色带内的光线可使用不包括象散补偿的 PBS。可将用于蓝色带的 PBS1948，例如，PBH55 玻璃用于盖，而玻璃板由 PBH71 制成。

介于成像器与投射光学装置 1652 之间的光路长度可设定为近似等于各对应的光带。例如，通过将各成像器与彩色组合器 1630 之间的物理分离分别设定为不同的值，或通过使用不同厚度的玻璃盖，即可达到上述光路长度的设定。

仅使用一个单一的成像器的系统内的补偿象散的另一方法示于图 12 所示的实施例中。从光源（未示出）发出的光线 1202 被由夹在玻璃棱镜 1210 之间

的MRPB薄膜1208形成的PBS1206反射朝向成像器1204。从成像器1204反射的图像光线1212透射通过PBS1206。由于通过PBS1206，所以图像光线1212是象散的。

图像光线1212通过一象散纠正立方1214，它具有夹在两个相当高折射率的棱镜1218之间的折射率相当低的薄膜1216。薄膜1216的平面绕垂直于PBS1206内的MRPB薄膜1208的转动轴线1222的一转动轴线1220转动。可选择薄膜1216的厚度和角度来减小或基本上纠正在PBS1206内或在透射系统的其它元件内产生的象散。

在一实施例中，立方1214可由一类似于MRPB薄膜1208的MRPB薄膜1216形成，它夹在类似于PBS1206的玻璃棱镜1210D的两个玻璃棱镜1218之间。在这样的情形中，MRPB薄膜1216定向成透射图像光线1212。第二MRPB薄膜1216可用作为后偏振器，因此，通过减小被PBS1206阻塞的处于偏振状态的光线的透射可提高对比度。

第一MRPB薄膜1208的高的光学要求，即，一偏振状态的高透射性和另一偏振状态的高反射性，使在图像光束1212中获得良好的对比度。这意味着：MRPB薄膜的制造长度只有其最佳执行部分(performing section)适于用作第一MRPB薄膜1208。然而，第二MRPB薄膜的光学要求则较为放松，由于它不是产生对比的主要装置，而主要地用作象散补偿和清理(clean up)。透射光的消光系数(extinction ratio)可在100:1-10:1范围内。因此，第二MRPB薄膜1216可由MRPB薄膜制造长度中的不是最佳的执行部分来形成，由此，增加有用的MRPB薄膜制造长度的比例。

立方1214还可以是具有一厚板的MacNeille PBS。在此实施例中，可使用MacNeille PBS，因为它只在透射中进行操作，且可忽略包含混合偏振状态(mixed polarization state)的由MacNeille PBS反射的光线。在使用MacNeille PBS的情形中，第二立方可由BK7玻璃形成。

应该认识到：图12所示的象散纠正的实施例还可在一多成像器核心内实施，其中，在PBS1206和成像器之间使用一彩色分离器/组合器。

图13示意地示出另一象散纠正的特定的实施例，它对于在基于两个成像器的投射引擎1300中的象散纠正尤其显得有利。在此实施例中，由光源（未示

出)发出的光线 1302a 和 1302b 入射在对应的笛卡儿 PBS1304a 和 1304b 上。使用一反射二向色过滤器(reflective dichroic filter)或用来产生两个色带的任何其它合适方法,通过从一光源中分离光而可产生不同的光束 1302a 和 1302b。PBS1304a 和 1304b 可使用各自的 MRPB 薄膜 1306a 和 1306b 来反射处于一特定偏振状态的光线。从 PBS1304a 和 1304b 反射的光线 1308a 和 1308b 引导到各自的成像器 1314 和 1318。通过第一成像器 1314 反射的图像光线 1312a 透射通过 PBS1304a 到二向色组合器(dichroic combiner)1310。通过第二成像器 1318 反射的图像光线 1312b 透射通过 PBS1304b 到二向色组合器 1310。在第一色带内的图像光线 1312a 透射通过二向色组合器 1310,而在第二色带内的图像光线 1312b 由二向色组合器 1310 反射,以与第一图像光线 1312a 组合,并产生组合的图像光的输出 1320。

二向色组合器 1310 由两个棱镜 1322 和 1324,通常是玻璃棱镜形成。棱镜 1322 和 1324 由具有一第一折射率的材料形成。各棱镜 1322 和 1324 沿其基底具有各自高折射率材料的板 1326 和 1328,例如高折射率玻璃。二向色薄膜 1330 设置在两个高折射率材料的板 1326 与 1328 之间。

选择高折射率材料的板 1326 和 1328 具有基本上减小象散的厚度,例如,形成在 PBS1304a 和 1304b 内的象散。如图所示,板 1326 和 1328 可选择具有相等的厚度。板 1326 和 1328 还可选择为一个板厚于另一个板(如图 14 所示)。该后一个实施例可具有优点,例如,其中可以确定一个色带比另一个色带要求更高的象散纠正。例如,具有较短波长范围的色带可确定为比较长波长色带内的光线要求较低的象散纠正。在第一板 1326a 具有厚度 d_1 和第二板 1328a 具有厚度 d_2 的情形中,在第一色带内的光线 1312a 通过了高折射率材料的组合的厚度 d_1+d_2 。另一方面,在第二色带内的光线 1312b 通过了的高折射率材料的组合的厚度 $2 \times d_2$ 。因此,其中 $d_1 > d_2$,在第一色带内的图像光线 1312a 比在第二色带内的图像光线 1312b 经历一更大量的象散纠正。

除了为象散纠正对光学系统添加高折射率或低折射率的板之外,还可通过将一楔形元件引入到光学系统中,以减小象散。一楔形象散纠正元件的特定实施例的特征示于图 15 中,图中示出由两个玻璃棱镜 1502 和 1504 形成的一 PBS1500,其间夹有一 MRPB 薄膜 1506。从光源(未示出)发出的光线 1508 由

MRPB 薄膜 1506 反射到至少一个成像器 1510。如果采用一个以上的成像器 1510，则可将一彩色棱镜 1512 放置在 PBS1500 和多个成像器之间。

一楔形板 1514 设置在 MRPB 薄膜 1506 与棱镜 1502 和 1504 中的一个之间。楔形板 1514 可由任何合适的透明材料形成。例如，楔形板 1514 可由玻璃或聚合物形成。在一特定的实施例中，楔形板 1514 由诸如 Norland 61 的光学粘结剂形成，其将 MRPB 薄膜 1506 粘结到棱镜 1504 上。

实施例还用一实例来进一步说明。对于由 SF57 玻璃和厚度为 $225\ \mu\text{m}$ 的 MRPB 薄膜/粘结剂层形成的玻璃棱镜 1502 和 1504，使用一光线跟踪程序 (ray tracing program) ZEMAX，计算求得象散纠正要求的楔形角 α 介于 $0.15^\circ - 0.25^\circ$ 。对于棱镜高度 h ，在楔形 1514 的宽侧的楔形厚度 w 由下列表达式给出：

$$w = h \cdot \sqrt{2 \cdot \alpha \cdot \pi} / 180 \quad (2)$$

其中， $h = 35\text{mm}$ ，计算求得厚度 w 为 $129\ \mu\text{m}$ ，于是，在 PBS 中心处的光路长度变化等于 $65\ \mu\text{m}$ 。通过将一 $129\ \mu\text{m}$ 的间隔件放置在棱镜 1504 的一侧上，并用光学粘结剂填充形成的楔形空间，楔形即可由光学粘结剂形成。然后，可使用紫外光使光学粘结剂固化。

间隔件可以是仅沿楔形的宽侧放置的玻璃或塑料球。或者，间隔件可以是形成在 MRPB 薄膜 1506 内的浮雕的结构，或附连在 PBS 棱镜 1504 上。如果制造公差适当地高，则可根本不用间隔件。一机器可对填充粘结剂的楔形自动地形成间隙，在制造过程中，仅通过棱镜中的一个相对于另一个倾斜即可实现。

可调整另一棱镜 1502 的形状来纠正在成像途径内的 PBS1500 内的不平行性。

使用楔形元件 1514 来纠正象散的诸多优点之一在于：PBS 的总厚度可小于图 11 所示的实施例，其中，添加高折射率板使光路增加了超过 2.8mm 。由于楔角较小，楔形 1514 可仅由用来将 MRPB 薄膜 1506 附连到棱镜 1502 和 1504 上的粘结剂形成。在楔形 PBS 组件中不要求诸如板之类的任何光学元件。应该认识到：楔形象散补偿可以其它的元件引入，例如，二向色的分离器/组合器，或 X 立方组合器。

应该认识到：如图 15 所示，一单一的成像器投影系统也可使用不同类型的象散减小的 PBS。例如，如图 11 所示，PBS1500 可用诸如 PBS1100 的 PBS 来代替。同样地，象散减小的 PBS1500 可用于多成像器投影系统，例如，示意地如图 16 和 18 所示的多成像器投影系统。

如上所述，本发明适用于显示器设备，并被认为特别适用于减小投影系统内的象散现象，例如，由使用一聚合物多层的、反射的偏振分光镜薄膜的偏振分光镜引入的象散。普通类型的聚合物多层的、反射偏振分光镜薄膜是一匹配的折射率多层薄膜(matched index multilayer film)。本发明还可用来减小由投影系统的其它元件引起的象散。此外，本发明适用于具有宽范围 f 值的投影系统，但被认为特别适用于具有一低 f 值的投影系统。

本发明不应被认为局限于上述的特定的实例，相反，应理解为涵盖由附后的权利要求书所陈述的本发明的所有方面。本发明所面向的本技术领域内的技术人员在阅读本说明书后，显然会容易地作出本发明所适用的各种改型、等价的工艺过程以及许多种结构。权利要求书意在涵盖这样的改型和设备。

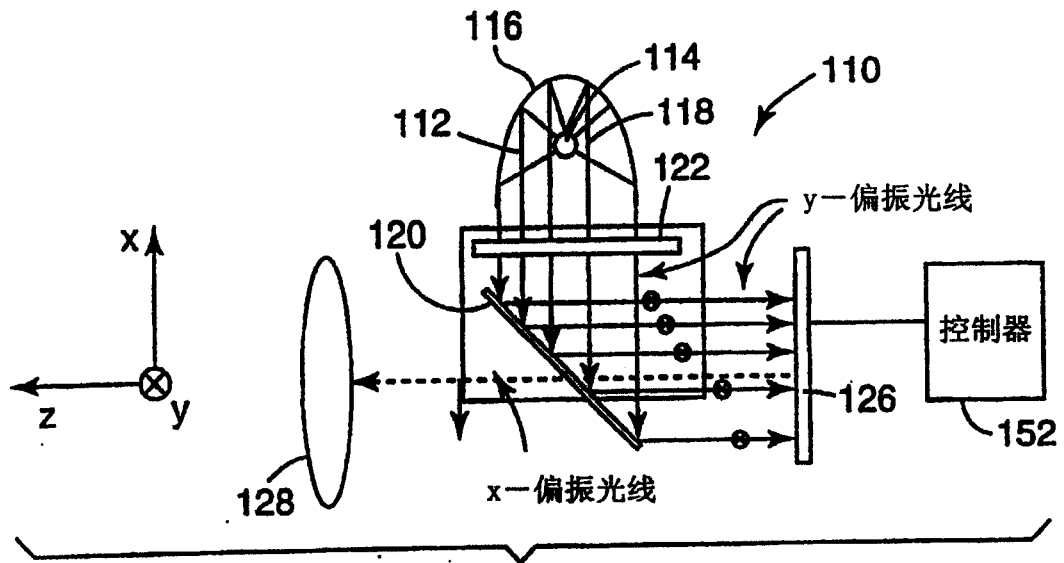


图 1

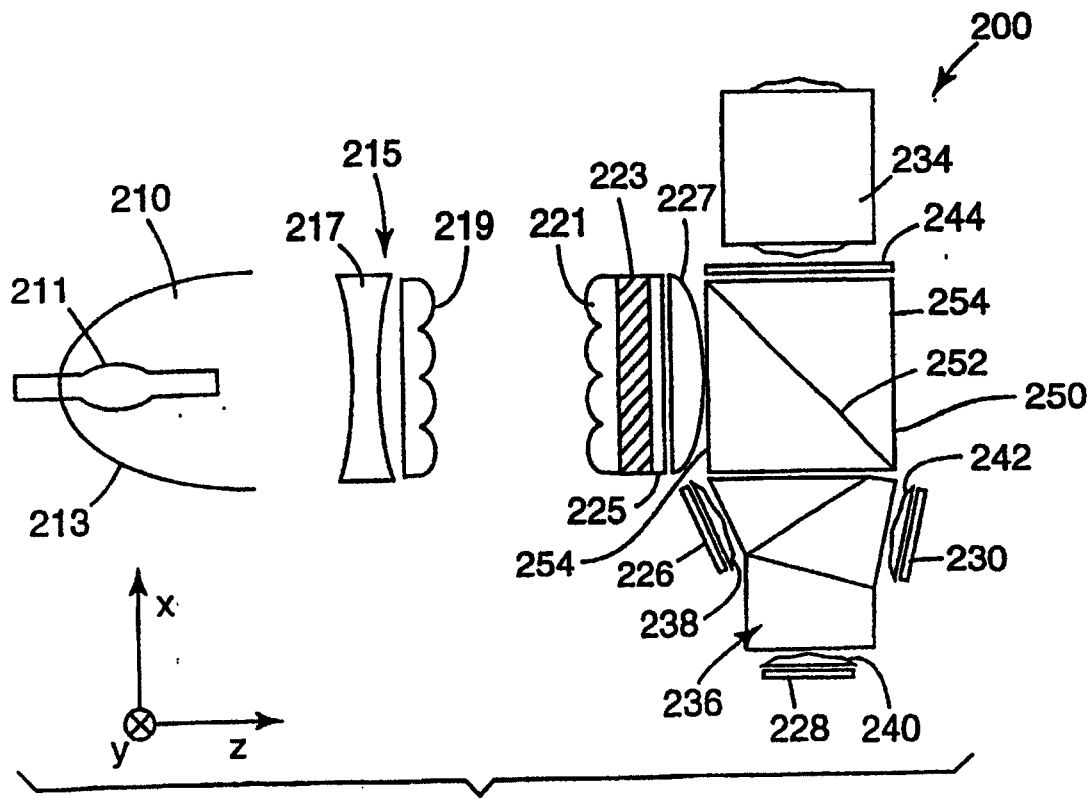


图 2

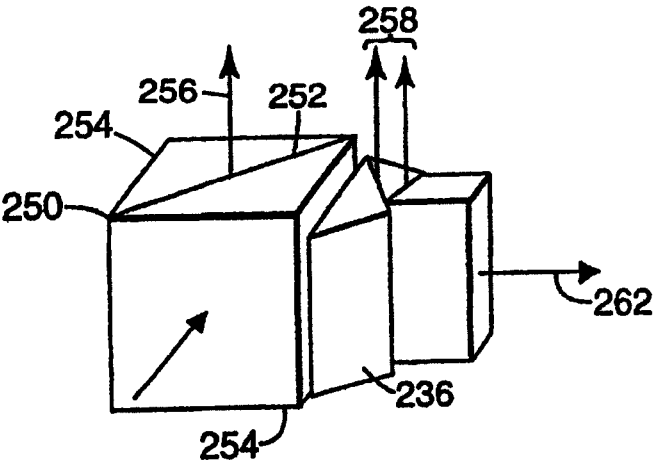


图 3A

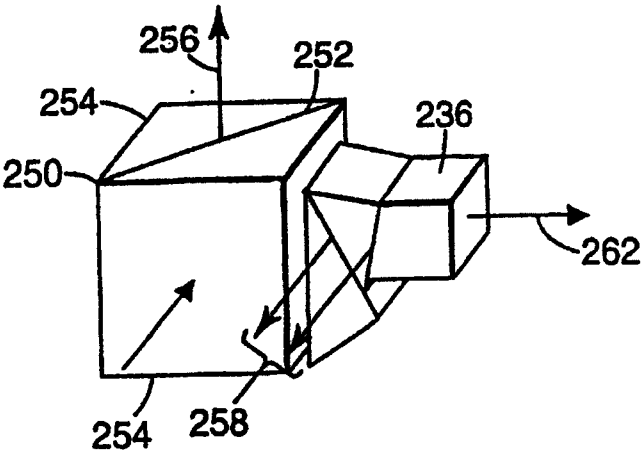


图 3B

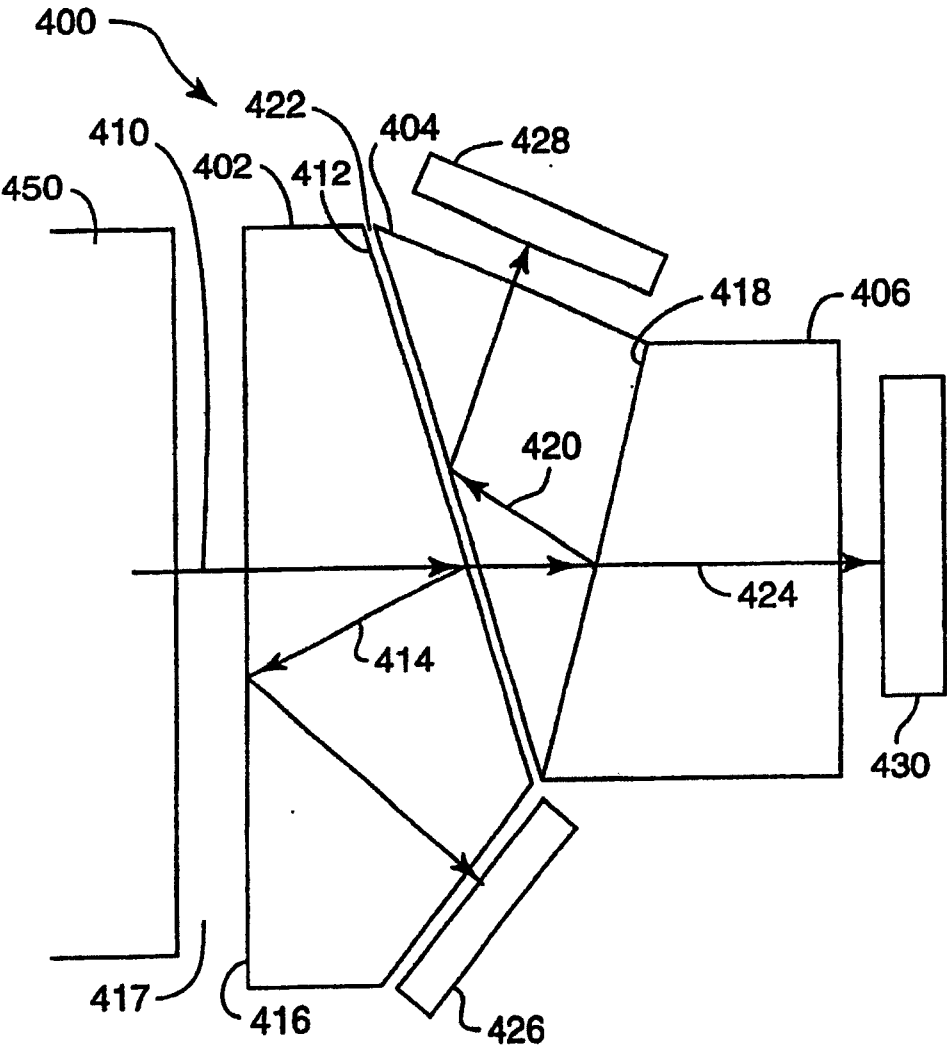


图 4

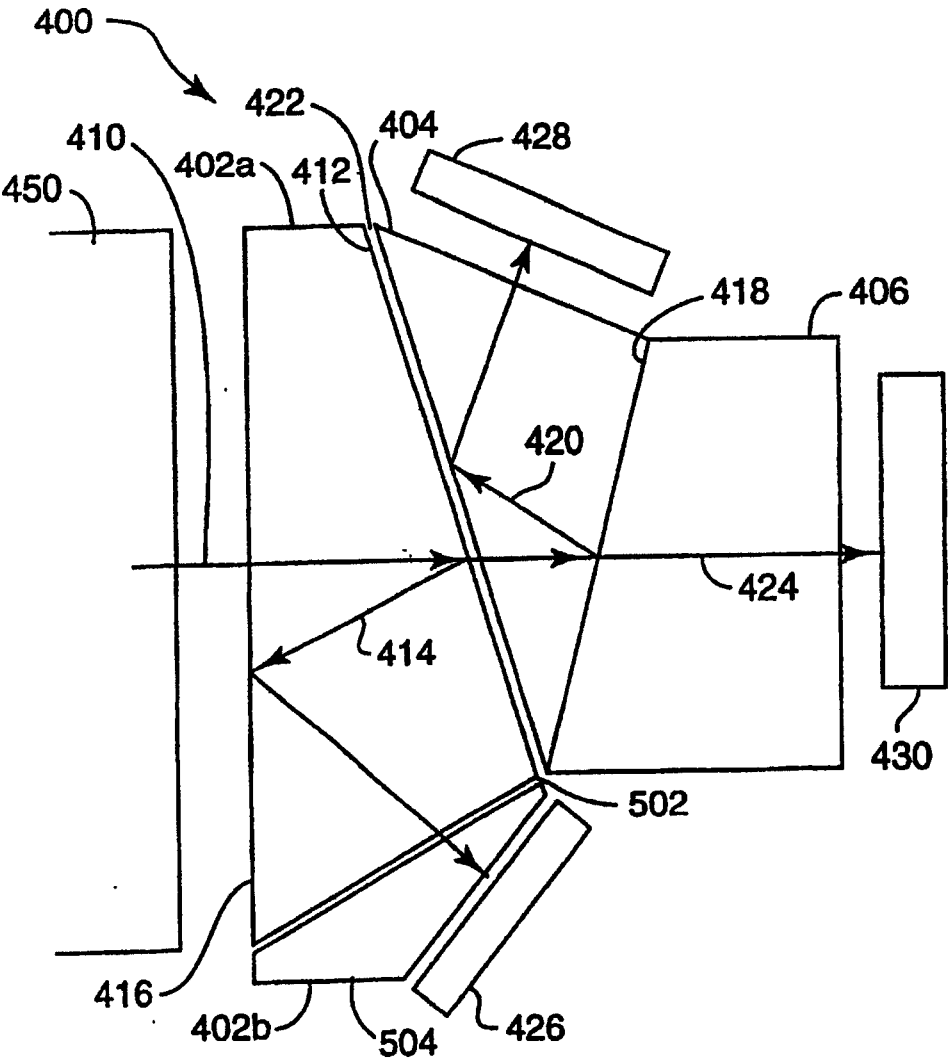


图 5

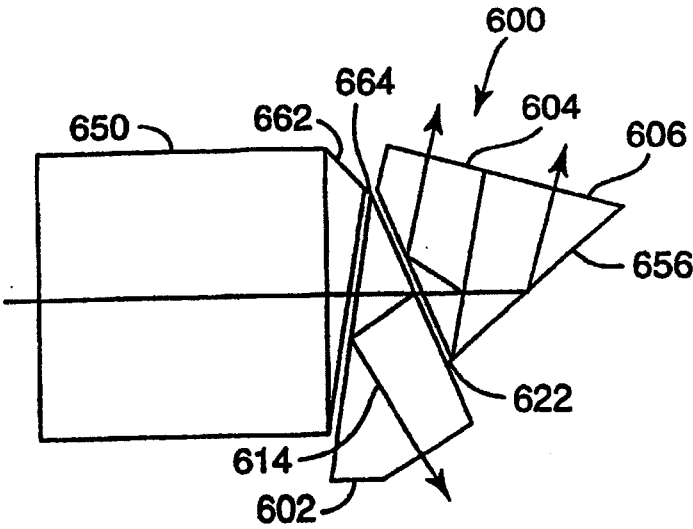


图 6

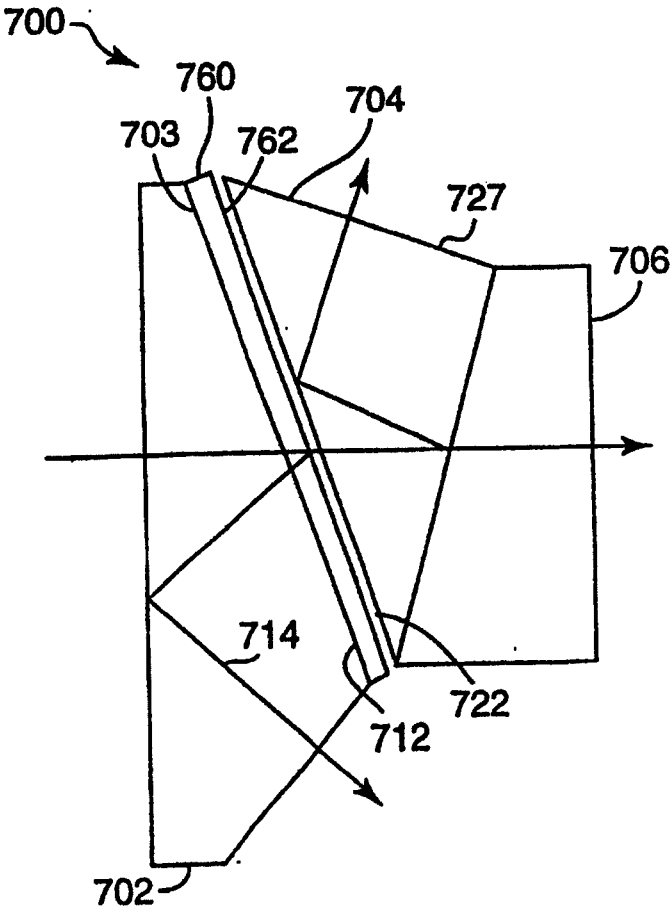


图 7

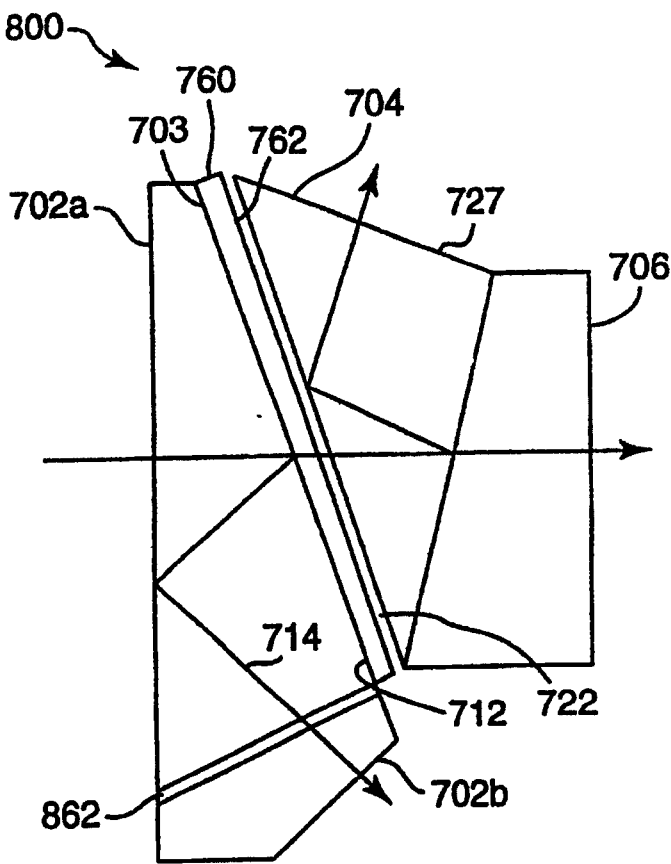


图 8

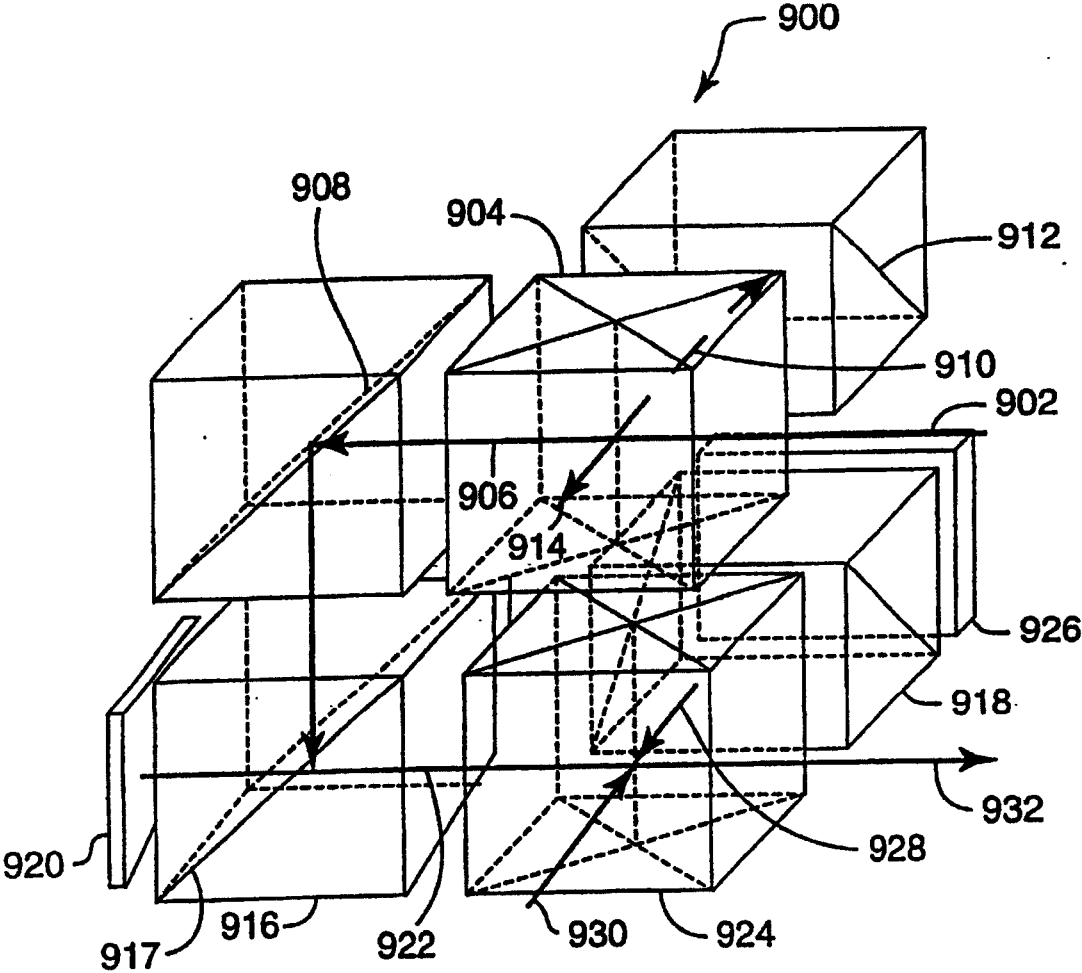


图 9

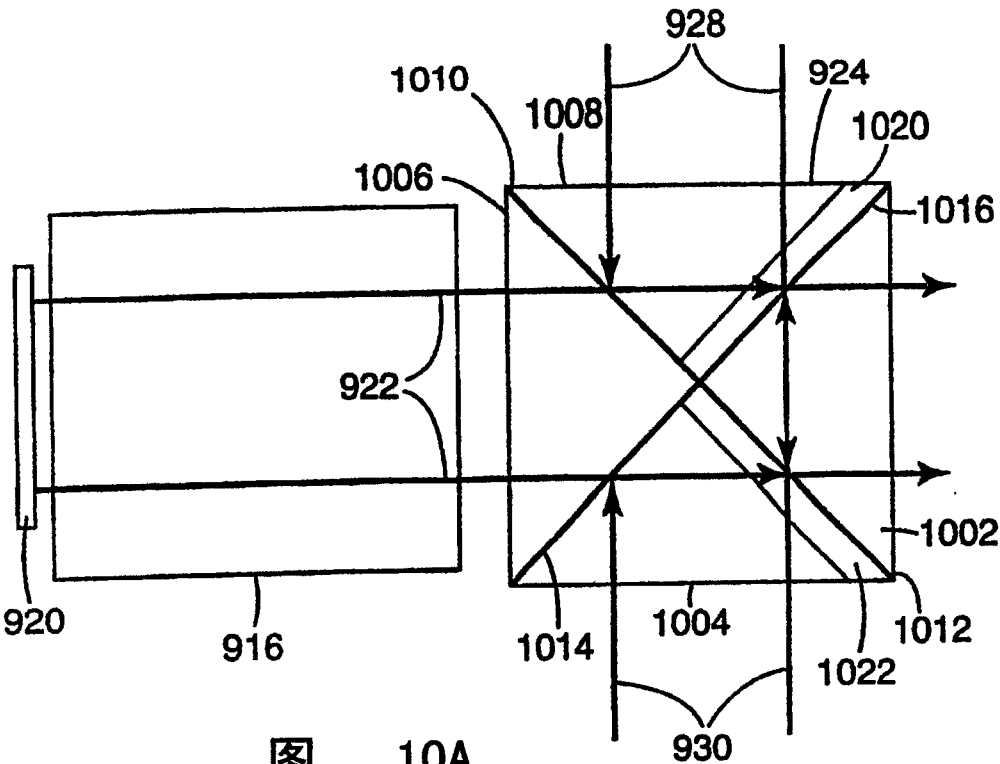


图 10A

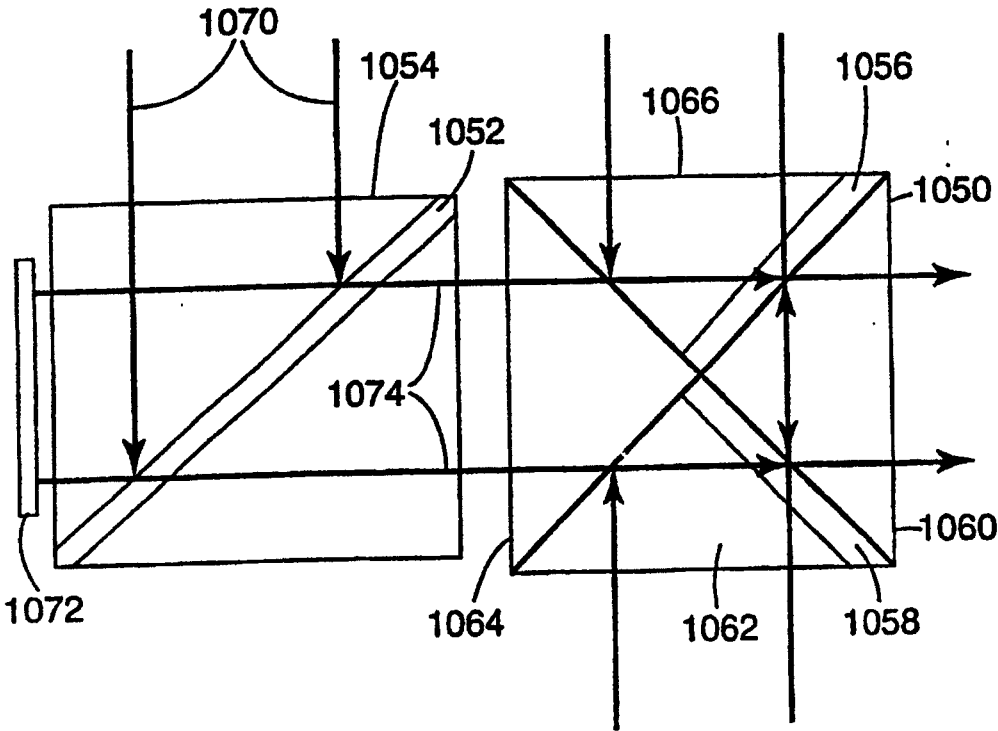


图 10B

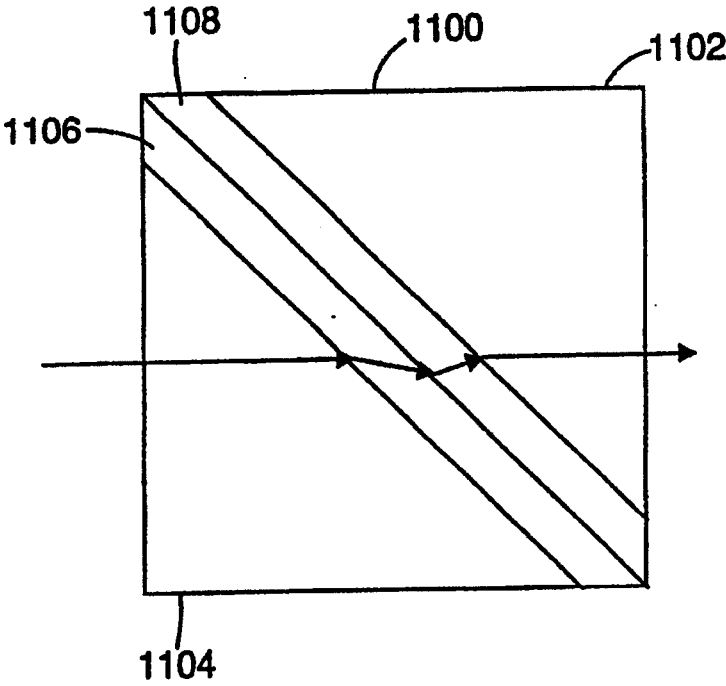
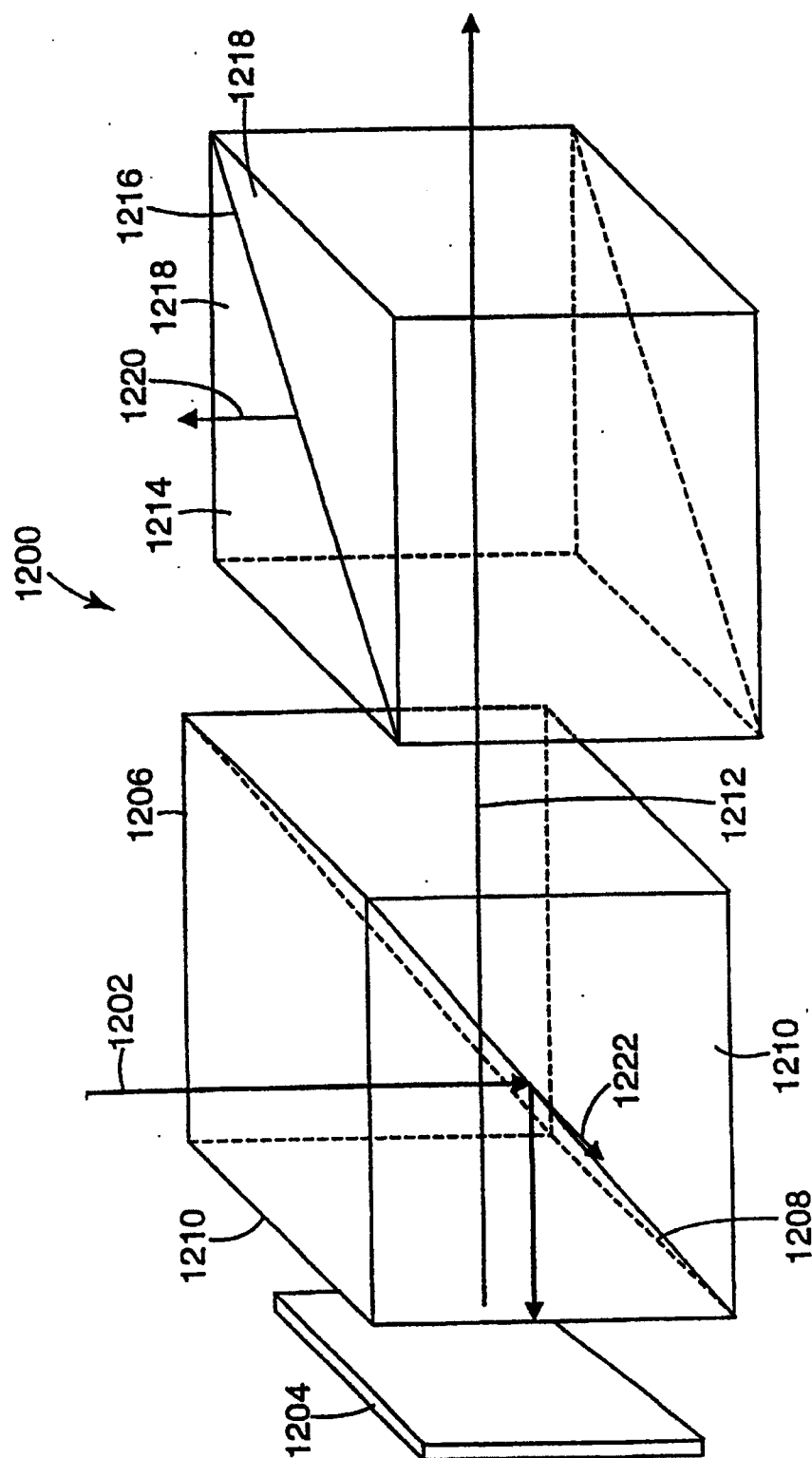


图 11



12

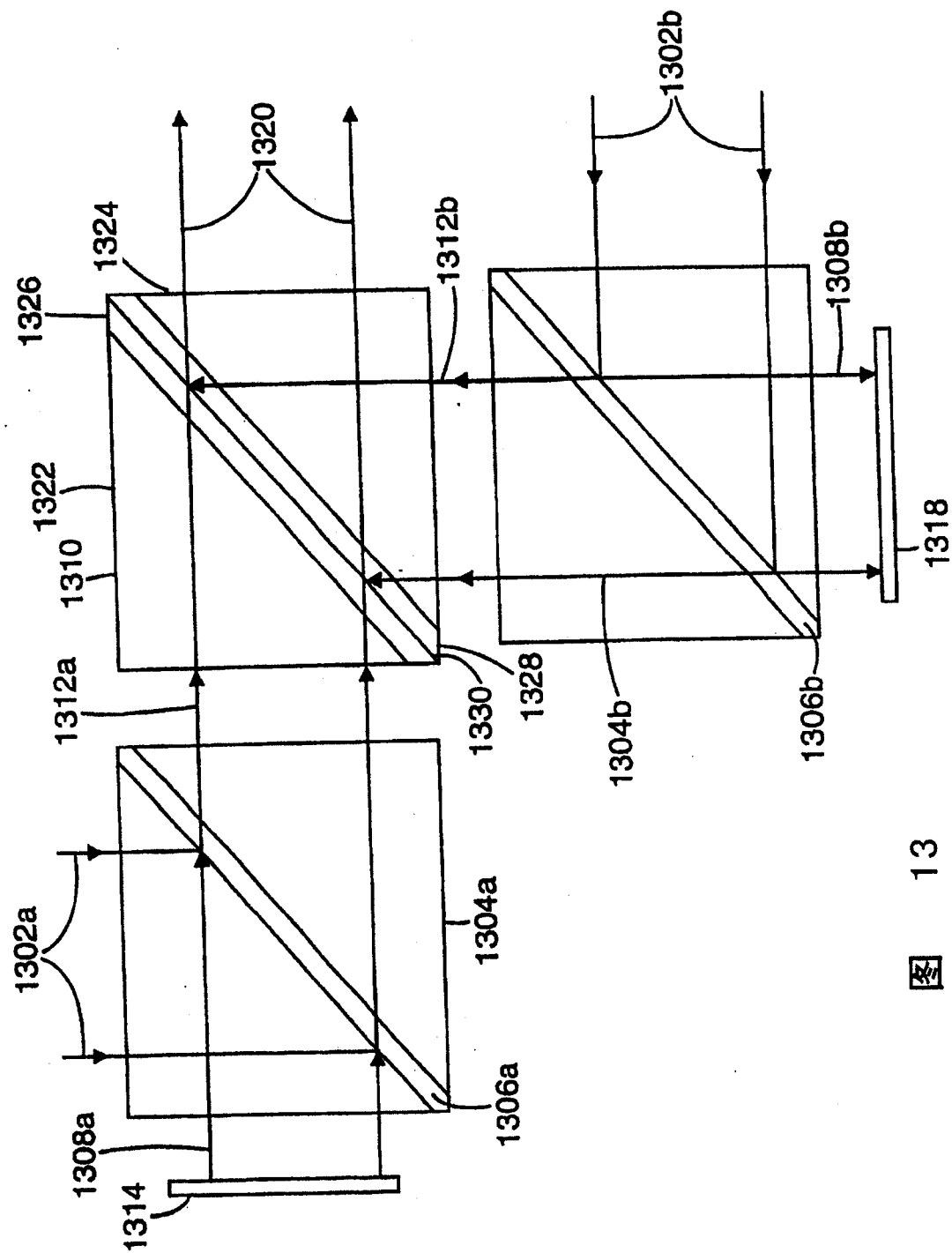


图 13

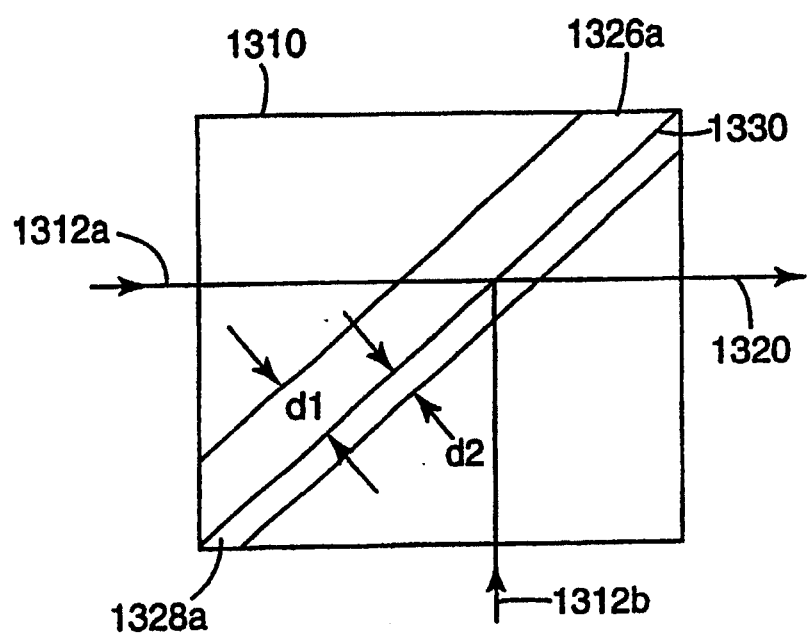


图 14

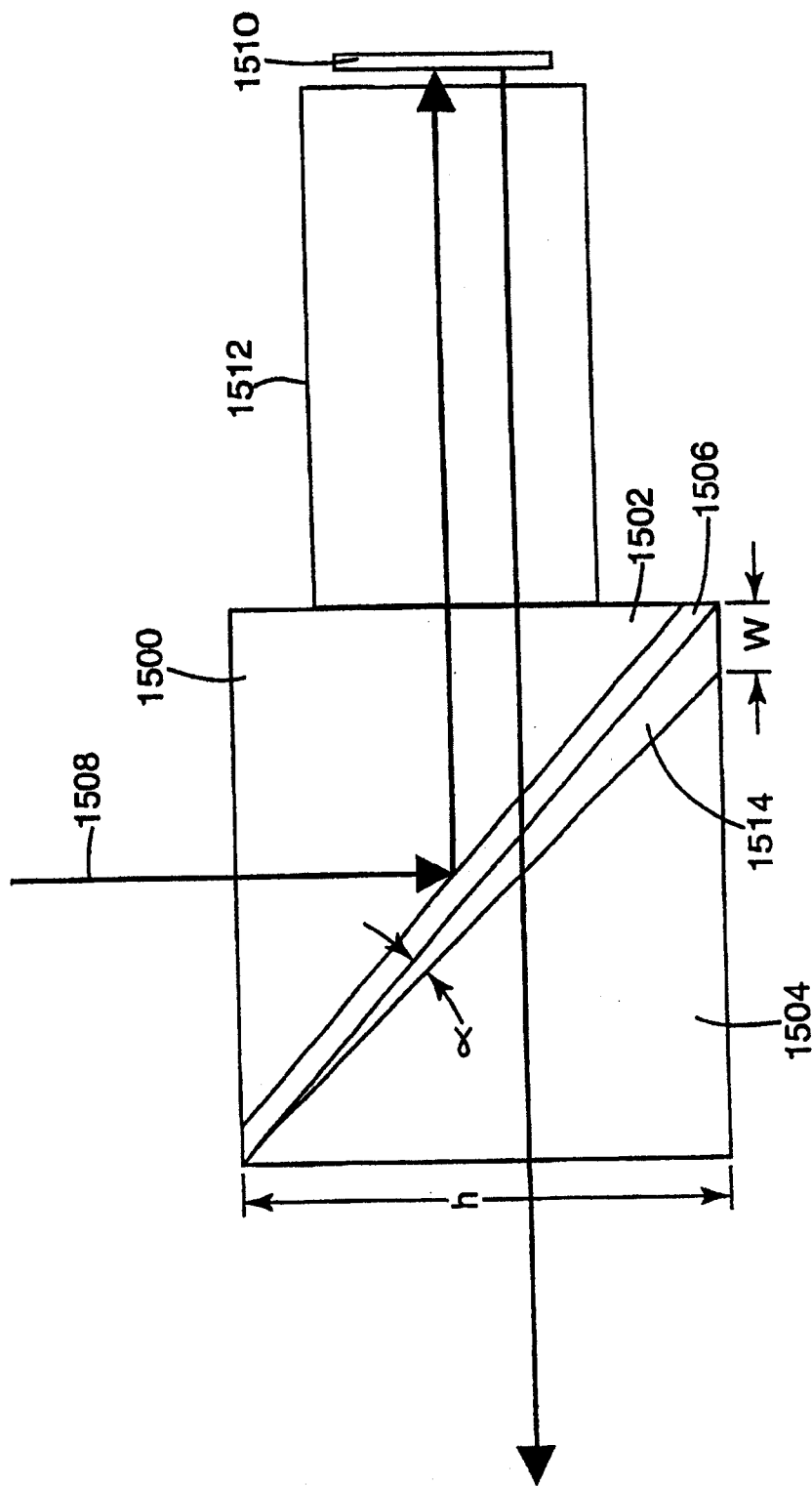


图 15

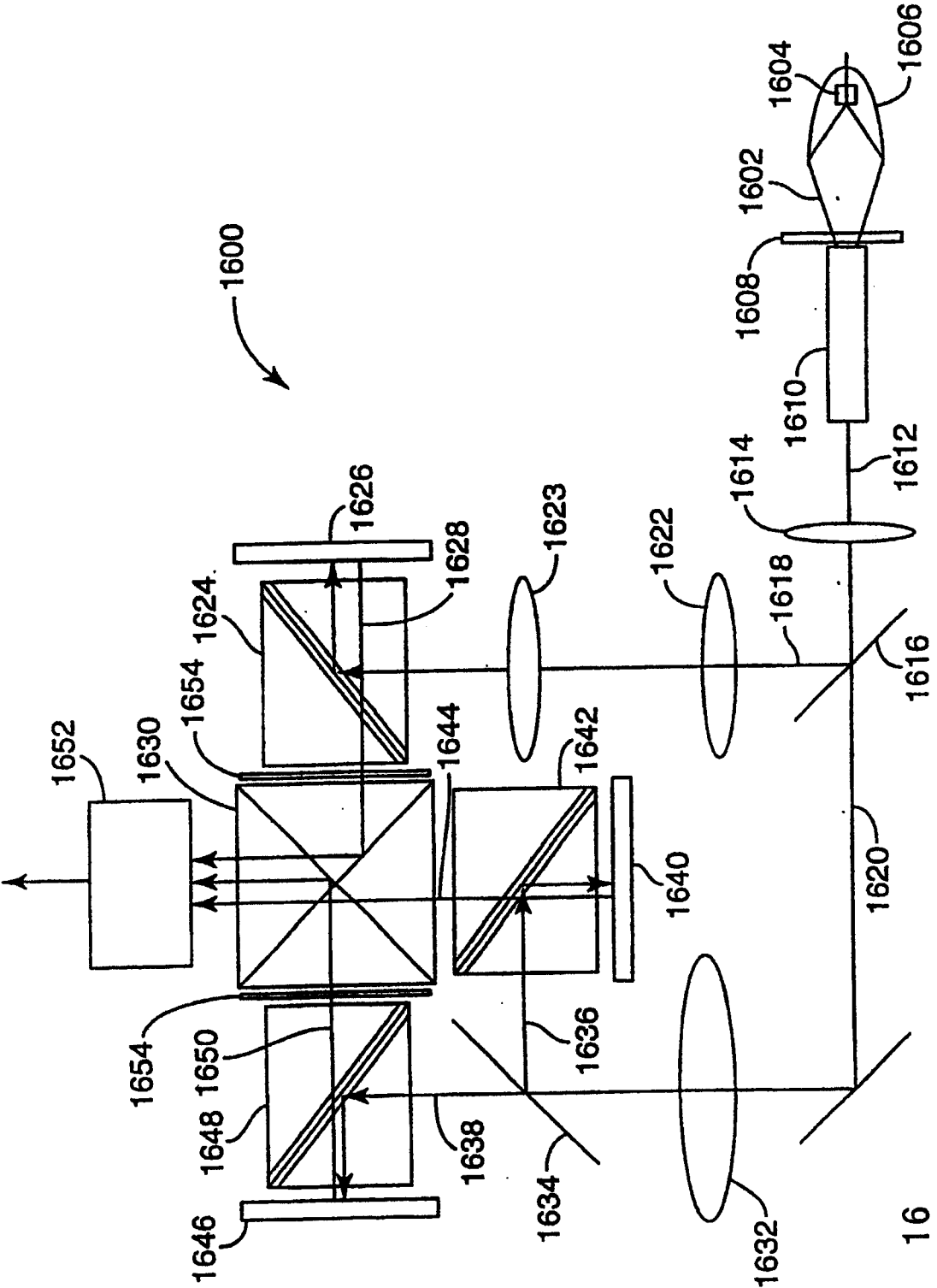


图 16

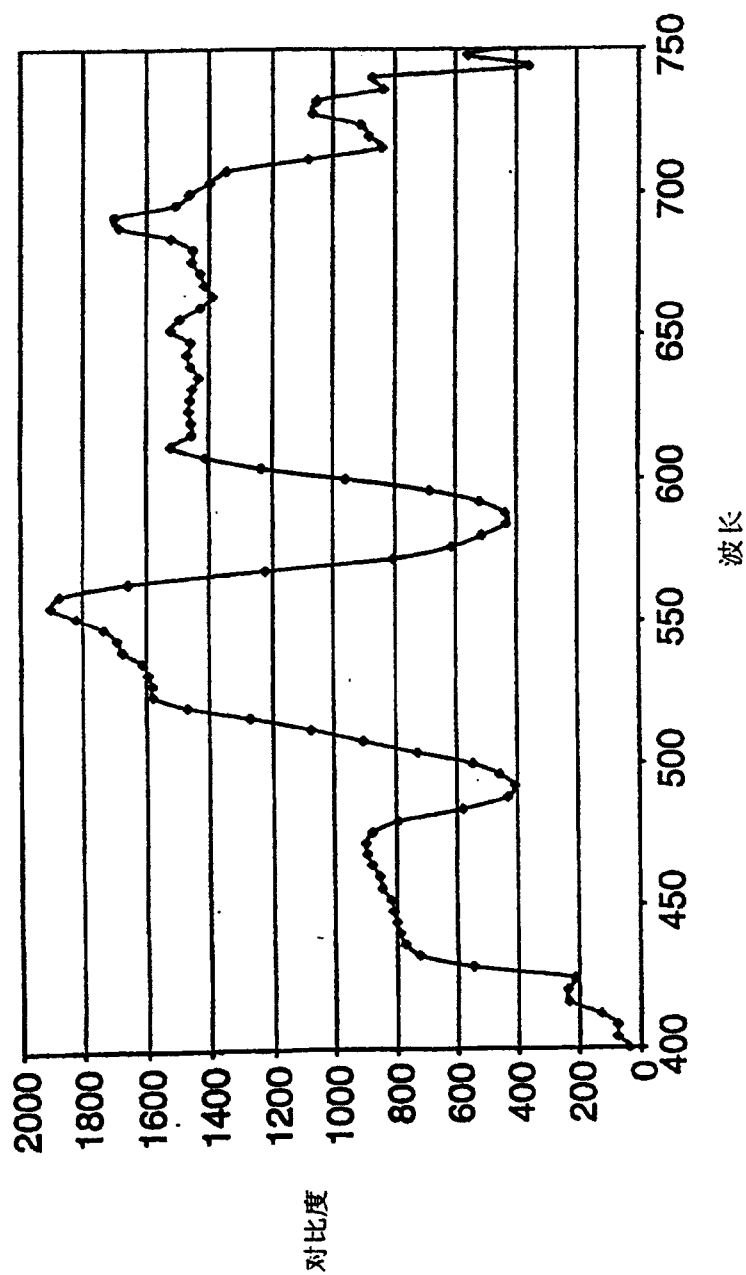
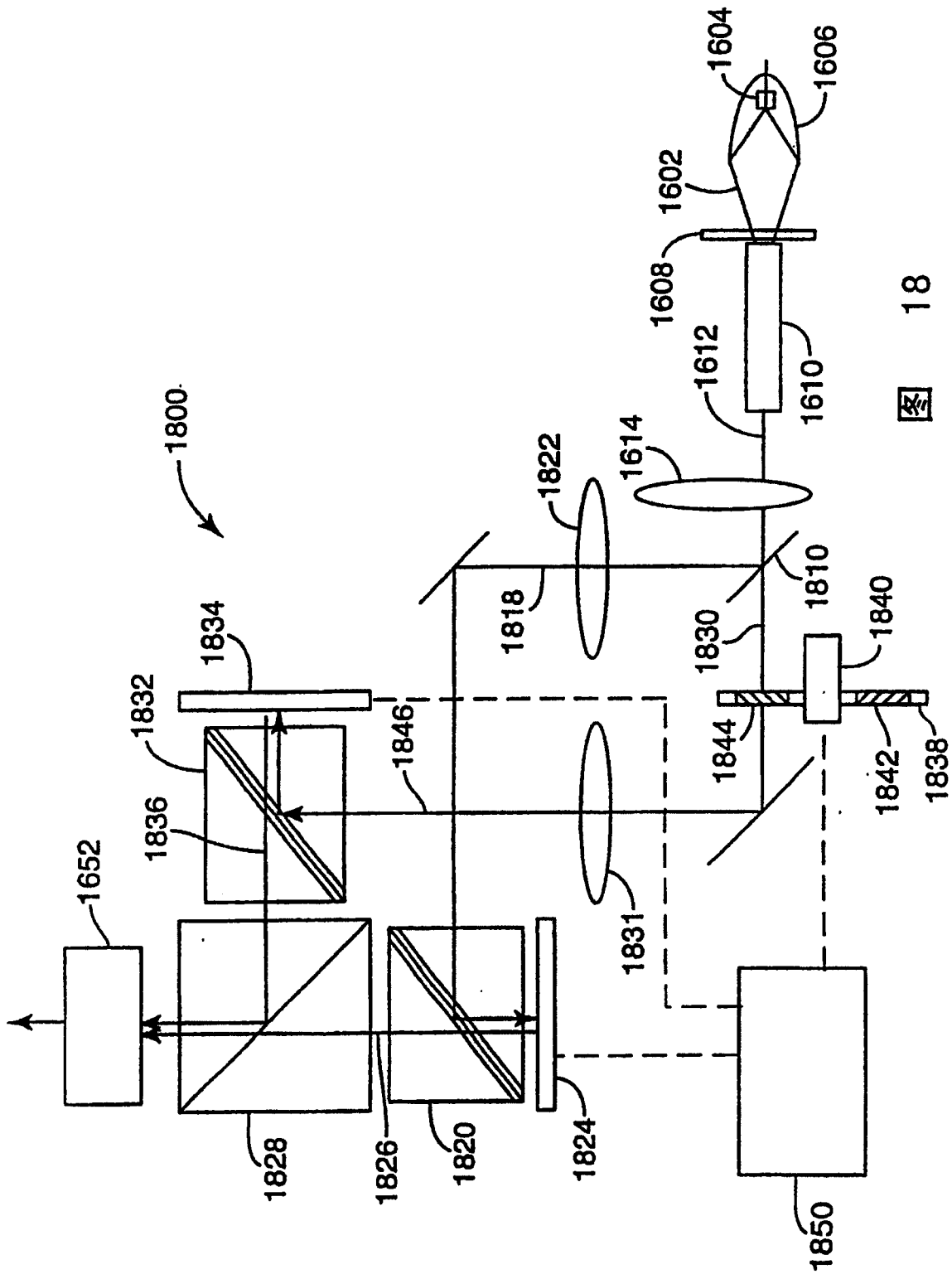


图 17

18