



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03816732.8

[43] 公开日 2005 年 9 月 14 日

[11] 公开号 CN 1669066A

[22] 申请日 2003.5.16 [21] 申请号 03816732.8

[30] 优先权

[32] 2002.5.17 [33] US [31] 10/150,223

[86] 国际申请 PCT/US2003/015987 2003.5.16

[87] 国际公布 WO2003/098581 英 2003.11.27

[85] 进入国家阶段日期 2005.1.14

[71] 申请人 因佛卡斯公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 S·比尔惠岑

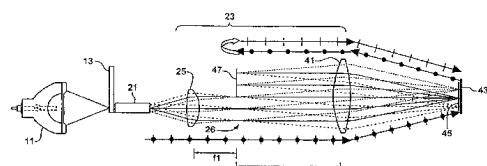
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 梁永

权利要求书 5 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称 具有反向光路的偏振光源系统

[57] 摘要

一种用于显示系统的偏振光源包括：光学系统(23)，用于将来自光源(11)的光成像在显示器上(43)；反射型偏振器(45)，用于接收来自光学系统(23)的光，将具有第一偏振态的光射向显示器(43)，并将具有第二偏振态光反射到光源(11)；反射镜(47)，用于接收来自反射型偏振器(45)的具有第二偏振态的光并将其反射回到反射型偏振器(45)；以及偏振转换系统，它位于反射型偏振器(45)和反射镜(47)之间，用于将反射的第二偏振态的光的偏振态转换成第一偏振态。



1. 一种偏振光源系统，它包括：

5 光源，它产生具有多个偏振态的光，所述光源包括灯和通道，所述通道被构造成产生具有对应于显示器的长宽比的光锥；

光学系统，它将来自所述光源的光成像在所述显示器上，所述光学系统具有在所述光源一侧并且对准所述显示器的中心的光轴；

反射型偏振器，它接收来自所述光学系统的光，将具有第一偏振态的光射向所述显示器并将具有第二偏振态光反射到所述光学系统；

10 反射镜，它位于所述光学系统光轴的一侧，与所述光源相对，以便接收来自所述反射型偏振器的具有所述第二偏振态的光，并将其反射回所述反射型偏振器；

四分之一波片，它位于所述反射镜和所述反射型偏振器之间，用于将从所述反射型偏振器反射的光的偏振态转换成所述第二偏振态；

15 其中从所述反射镜到所述偏振转换反射镜系统再到所述显示器的光程长度是从所述光源到所述显示器的光程长度的整数倍。

20 2. 权利要求1所述的系统，其中所述反射型偏振器与来自所述光学系统的入射光的光轴构成角度，所述偏振光源系统还包括第二反射镜，所述第二反射镜设置成接收来自偏振光束分离器的具有第二偏振态的光并将其反射回所述偏振光束分离器，以便向所述反射镜反射。

3. 权利要求1所述的系统，其中所述光学系统还包括一组中继光学元件，用于将来自所述光源的光成像到所述显示器上。

4. 权利要求3所述的系统，其中所述中继光学元件相对于所述反射镜偏心，并且所述反射镜位于所述中继光学元件的光轴的与所述光源相对的一侧。

25 5. 权利要求1所述的系统，其中所述四分之一波片包括在所述反射镜上的涂层。

30 6. 权利要求1所述的系统，其中所述反射镜包括在主动(powered)光学元件上的反射涂层，所述主动光学元件还形成所述中继光学系统的一部分。

7. 权利要求 4 所述的系统，其中从所述显示器到所述反射镜的光程长度是从所述光源到所述显示器的光程长度的整数倍。

8. 一种偏振光源系统，它包括：

光学系统，它将来自光源的光成像在显示器上；

5 反射型偏振器，它接收来自所述光学系统的光，将具有第一偏振态的光射向所述显示器并将具有第二偏振态光反射到所述光源；

反射镜，它接收来自所述反射型偏振器的具有所述第二偏振态的光并将其反射回所述反射型偏振器；以及

10 偏振转换系统，它位于所述反射型偏振器和所述反射镜之间，用于将所述第二偏振态的所述反射光的偏振态转换成第一偏振态。

9. 权利要求 8 所述的系统，其中还包括第二反射镜，所述第二反射镜设置成接收来自所述反射型偏振器的反射光并将其反射回所述反射型偏振器。

10. 权利要求 8 所述的系统，其中所述光学系统包括中继光学系统，
15 用于将来自所述光源的光成像到所述显示器上。

11. 权利要求 10 所述的系统，其中所述中继光学系统相对于所述光源偏心但与所述显示器对中。

12. 权利要求 11 所述的系统，其中所述中继光学系统相对于所述反射镜偏心，并且所述反射镜在所述中继光学系统的光轴的与所述光源相对的
20 一侧。

13. 权利要求 12 所述的系统，其中从所述反射镜到所述显示器的光程长度是从所述光源到所述显示器的光程长度的整数倍。

14. 权利要求 9 所述的系统，其中从所述第二反射镜到所述第一反射镜再到所述显示器的光程长度是从所述光源到所述显示器的光程长度的整
25 数倍。

15. 权利要求 8 所述的系统，其中所述偏振转换系统包括反射镜涂层。

16. 权利要求 8 所述的系统，其中所述反射镜由在所述中继光学系统的一部分上的涂层形成。

17. 权利要求 8 所述的系统，其中所述光学系统包括一组中继光学元
30 件，用于将来自所述光源的光成像到所述显示器上，其中所述光源在所述

中继光学系统的光轴的一侧，其中所述反射镜在所述光轴的离开所述光源的另一侧，并且其中所述反射镜包括涂敷在所述一组中继光学元件的一个元件上的涂层。

18. 权利要求 8 所述的系统，其中还包括第二反射型偏振器，用于接收来自所述反射型偏振器的光，将所述接收的光中的具有所述第一偏振态的部分射向所述显示器，并将所述接收的光中具有所述第二偏振态的部分反射出所述显示器。
5

19. 权利要求 8 所述的系统，其中所述反射型偏振器包括偏振光束分离器。

10 20. 权利要求 8 所述的系统，其中所述反射型偏振器包括胆甾型偏振器。

21. 权利要求 8 所述的系统，其中来自所述光学系统的光具有伸长的亮斑，其中来自所述反射镜的光具有伸长的亮斑，并且其中所述反射型偏振器根据所述亮斑的伸长方向定向。

15 22. 权利要求 8 所述的系统，其中所述反射型偏振器具有较大接收轴，并且其中所述较大接收轴与从所述灯和所述反射镜射到所述反射型偏振器上的照明的强度分布对准。

24. 权利要求 8 所述的系统，其中所述光源包括灯和细长的光导管；所述光导管在其一端具有入射孔径，用于接收来自光源的光，并且在所述光导管的相对的另一端具有出射孔径，以便允许光从所述入射孔径进入而从所述出射孔径射出，所述出射孔径具有和所述入射孔径不同的尺寸，所述细长的光导管包括在所述入射孔径和所述出射孔径之间的反射内侧壁，使所述反射内侧壁与所述入射孔径和所述出射孔径的相对尺寸成比例地倾斜。
20

25 25. 权利要求 24 所述的系统，其中所述光学积分器具有在所述入射孔径和所述出射孔径之间的矩形横截面，并且其中所述反射内侧壁包括两个逐渐变细的相对的侧壁。

26. 权利要求 24 所述的系统，其中所述光学积分器具有在所述入射孔径和所述出射孔径之间的矩形横截面，其中所述反射内侧壁成矩形，并且其中两个相对的内侧壁是倾斜的，使得在一端的所述入射孔径的各边缘以
30

及在另一端的所述出射孔径的各边缘相交。

27. 权利要求 24 所述的系统，其中选择所述光学积分器的所述入射孔径和所述出射孔径的相对尺寸来满足入射角度和出射角度的标准。

5 28. 权利要求 24 所述的系统，其中所述细长的光导管包括光透明固体棒，并且其中所述内侧壁包括所述固体棒的外边界。

29. 权利要求 24 所述的系统，其中所述积分器的所述内侧壁包括在所述入射孔径和所述出射孔径之间的弯曲抛物面。

30. 权利要求 29 所述的积分器，其中所述细长的光导管构造成复合抛物面聚光器。

10 31. 一种产生用于显示器的偏振光的方法，所述方法包括：

接收具有多个偏振态的光；

将所述接收的光成像在所述显示器上；

在反射型偏振器上将所述成像光的具有第一偏振态的部分射向所述显示器，并且在所述反射型偏振器上将所述成像光的具有第二偏振态的部分向所述光源反射；

将所述反射的成像光反射回到所述显示器；以及

将所述第二偏振态的所述反射光的偏振态转换成所述第一偏振态。

32. 权利要求 31 所述的方法，其中还包括接收来自所述反射型偏振器的反射光并且在其向所述光源反射之前将其反射回到所述反射型偏振器。

20 33. 权利要求 31 所述的方法，其中将所述成像光向所述光源反射的步骤包括沿着这样的路径反射所述成像光：所述路径平行于来自所述光源的所述成像光的路径并且偏移来自所述光源的所述成像光的路径。

25 34. 权利要求 31 所述的方法，其中将所述接收的光成像在所述显示器的步骤包括将所述接收的光成像在所述显示器的第一部分上，并且其中将所述反射的成像光反射回到所述显示器的步骤包括将所述反射的成像光反射回到所述显示器的第二部分。

35. 权利要求 31 所述的方法，其中还包括：

在通道的入射孔径处将光接收到通道中，所述光具有第一锥角；

从所述通道的倾斜的侧面反射所述光的边缘光线以便改变所述光的所

30 述锥角；

使所述光以第二锥角穿过所述通道的出射孔径；以及

其中接收光的步骤包括接收来自所述通道的所述出射孔径的光。

36. 权利要求 35 所述的方法，其中反射边缘光线的步骤包括从所述通道的逐渐变细的侧面反射所述光的边缘光线，以便减小所述光的所述锥角，并且其中所述第二锥角小于所述第一锥角。

具有反向光路的偏振光源系统

5 技术领域

本发明一般涉及偏振光源领域，例如直接或通过投影观看显示的偏振转换系统(PCS)。更详细地说，本发明涉及一种用于增强亮度的具有反向光路的偏振光源系统。

10 发明背景

许多用于投影和直接观察系统的显示器都基于偏振光工作。这样的显示器包括例如 LCoS(硅上液晶)、超扭转向列(STN)和铁电体(FLC)的反射型显示器以及例如薄膜晶体管(TFT)、多晶硅(p-si)和硅-绝缘体(SOI)的透射型显示器。这些显示器可通过改变入射光透射或反射的偏振态产生高分辨率图像。例如在 LCoS 显示器中，在暗状态(dark state)下，像素基本上不改变偏振态地反射所有的光，在亮状态(bright state)下，像素将反射的入射光的偏振态旋转成与其对应的正交偏振态。通过用偏振光照明显示器，然后滤除几乎所有所述偏振态的反射光，显示图像可由人眼观察或投射到观看屏幕上。

20 在单板投影系统中，当显示器与脉冲光源同步以反射图像的适当的颜色分量时，显示器由红、绿和蓝光的短脉冲群照明。白光或其他颜色的光脉冲群可以单独使用或与红、绿和蓝光结合使用。短脉冲群可来自色轮或脉冲 LED(发光二极管)。快速交替的红、绿和蓝图像在人的感觉中混合以形成显示的全色图像。然而，显示器也可以被用于数据或目标显示器的单色光照明。这种显示器还可用于私人显示观察或虚拟现实系统中，例如在头盔、挡风板和护目镜投影系统中，以及小型便携式投影仪和手机中。

30 由于大部分传统的低成本的光源产生具有混合偏振态的光，光一般由 PBS(偏振光束分离器)分解。一个偏振方向的光(通常为 S 偏振光)经 PBS 传播，而其正交偏振方向的光(通常为 P 偏振光)被 PBS 反射。另一种常见的处理是采用吸收一个偏振方向的光的偏振滤波器。通常在这种没有偏振

转换系统的系统中，由于或者被反射或者被吸收而损耗一半的光。其导致灯光减暗的显示或需要更亮的光源。在投影仪中，灯光减暗的显示更不利于观察，而更亮的光源增加了功率消耗和投影系统的成本。由于通常产生额外的热量，更亮的光源需要更大的外壳来提供足够的冷却空间或容纳风 5 扇来冷却光源。风扇将增加附加成本、功率消耗和噪声。

为了提高效率，用多个 PBS 代替简单的单一 PBS。多个 PBS 具有小偏振光束分离器和关联的透镜的二维阵列。精确对准光束分离器和透镜以便使多个 PBS 的出射光基本上是准直的，并且具有单一偏振态。多个 PBS 将几乎所有的入射光转换成相同的偏振态。但是，由于其所需的结构复杂 10 以及需要每个 PBS 与每个透镜精密对准，因此制造费用昂贵。所以多个 PBS 增加了投影系统的成本。

多个 PBS 系统和单个 PBS 系统的另一个缺点在于，在一般的 PBS 中，在水平轴和垂直轴之间不同的入射角度透射率不同。在大多数情况下，PBS 将以一个轴方向上比另一个轴方向上更大的入射角范围透射接收的光。因此，PBS 在垂直方向比在水平方向更有效。通过在所述方向上扩展光可以 15 提高 PBS 的效率，然而传统的 PCS(偏振转换系统)的角向强度分布是关于中心点对称的。

发明内容

20 本发明提供一种用于显示系统的增强型偏振光源。在一个实施方案中，本发明包括：将来自光源的光成像在显示器的光学系统；接收所述光学系统的光的反射偏振器，其将第一偏振态的光射向显示器，并将第二偏振态的光向光源反射；反射镜，其接收来自反射偏振器的具有第二偏振态的光，并将其反射回反射偏振器；和位于反射偏振器和反射镜之间的偏振 25 转换系统，其将被反射的第二偏振态的光的偏振态转换成第一偏振态。

从附图和下面的详细描述将明白本发明的其他特征。

附图说明

附图中以举例的方式而不是限制的方式说明本发明，附图中相同的元件 30 用相同的标号表示，其中：

图 1 是用于透射型显示器的包含本发明第一实施方案的投影照明系统的横截面侧视图，包括轴向光线和非轴向光线的光线追迹；

图 2 是用于反射型显示器的包含本发明第二实施方案的投影照明系统的横截面俯视图，示出了中心光线；

5 图 3 是用于透射型显示器的包含本发明第三实施方案的投影照明系统的横截面侧视图，包括轴向光线和非轴向光线的光线追迹；

图 4 是用于反射型显示器的包含本发明第四实施方案的投影照明系统的横截面俯视图，示出了中心光线；

10 图 5 是用于反射型显示器的包含本发明第五实施方案的投影照明系统的横截面俯视图，其除了包括两个偏振光束分离器之外与图 4 类似；

图 6 是适用于本发明的锥形光学积分通道的横截面图，示出了边缘光线的路径；和

图 7 是适用于本发明的形状如复合抛物面聚光器的锥形光学积分通道的横截面图。

15

具体实施方式

本发明提供一种低价高效的照明光源，其用于使用反向光路连同前向光路的反射和透射型显示器。本发明还提供在一个方向上扩展的强度图，还通过典型的反射型偏振器或 PBS(偏振光束分离器)部件来提高效率。在 20 投影系统以及许多其他方法中，其可以用作反射型 LCD(液晶显示器)的 PCS(偏振转换系统)。从而，能以更低的成本在亮度和对比度上获得同等或更高系统性能。

图 1 示出了本发明的第一实施方案的实施例。图 1 的实施方案特别适用于使用例如液晶显示器或液晶光阀的透射型显示器的投影装置，不过通过适当修改也能使用任何其他的反射或透射型显示器。在图 1 的实施方案中，图示组件构成了用于透射型显示器的背光。简单地说，来自投影灯系统 11 的光，由红、绿、蓝的色轮 13 滤光，并且在由反射型偏振器 45 滤光后入射到显示器 43 上。在一些实施方案中，除了红色、绿色、蓝色部分之外色轮还可包括白色部分或任何其他的颜色或者可以包括替代红色、绿色、蓝色部分的白色部分或任何其他的颜色。另外，也可使用 LED 照

明系统或各种其他的照明系统。

投影透镜(未示出)将图像成像到屏幕(未示出)上。图像可以是来自任何类型图像或视频媒介的静止或运动的图像。所述系统可用作计算机合成幻灯片的投影装置和数字源映像的投影装置，另一方面，也能获得许多其他应用，例如游戏、电影、电视、广告和数据显示。本发明还可容易地适应于需要偏振照明的反射型显示器以及任何类型的薄膜和板。图 1 的系统可连接到各种显示驱动器(未示出)。显示驱动器接收图像或视频信号并将所述信号驱动和转换成适用于驱动显示器和灯系统的形式。

更详细地考虑图 1 的实施例，灯系统 11 和色轮 13，将来自灯系统的光耦合到通道通道 21 中。所述通道通道将光部分地准直并使所述光具有所需的截面形状。典型的通道具有矩形截面，在其接近光源的入口处或者是直的或者较小，而在其出口处较大，但是也可使用任何类型的光准直装置或光源。对于传统的投影装置，理想的截面形状是设计成适应投影图像的长宽比的矩形。例如，对于计算机显示器图像可具有 4:3 的长宽比，对于影片显示器可具有 16:9 的长宽比。还可以选择长宽比来匹配显示器 43 的长宽比。如果需要，可运用各种公知技术来使投射图像获得不同于显示器的长宽比。

灯系统、色轮和通道可以具有传统的设计或者任何其他的设计，取决于特定的应用。色轮可以用其他任何类型的颜色选择或调制系统代替，或者，如果灯系统能够产生不同颜色的光，或如果在实施例中只需要一个颜色，那么可取消色轮。在一个实施例中，灯系统是一组红、绿和蓝色 LED(发光二极管)，所述 LED 被与显示器同步的脉冲调制以产生向观察者显示的不同颜色。在另一实施方案中，提供具有三个不同显示器 43 的三个不同系统，红、绿和蓝中每一种颜色一个系统，并且三个图像光学组合以用于显示。这样的系统可采用具有利用本领域公知的棱镜或分光镜分离的各种颜色的单个灯。

由于通道的设计，射出通道 21 的光基本上是远心的。来自通道的光进入成像透镜 25，然后进入由另一个光学元件 41 组成的中继光学系统 23。这些元件可以是传统的的球面透镜。各种非球面表面、衍射表面或菲涅尔表面都可包括在实现系统的成本和尺寸目标的所需表面中。对于指定的应

用，也可适当地加入棱镜、反射镜和附加的校正元件，以便将照明光折叠、弯曲或修正。中继光学系统设计成在显示器上产生灯系统照明的远心图像。成像透镜 25 在两个透镜 25、41 之间的中间位置 26 处构造灯系统的中间图像。第二透镜是用于在显示器上产生中间图像的远心图像的中继系统。
5 如果采用不同的灯系统或显示器尺寸，那么可对光学系统进行适当的变形来适应这种差异。

对于本实施方案的远心光源，假定灯系统在无限远处。第一元件 25 具有焦距 f_1 ，焦距 f_1 等于从其焦平面到通道的出射孔端的距离，还等于从其焦平面到中间图像位置 26 之间的距离。因此，通道的出射孔端成像
10 在无限远处。来自灯系统的光成像在系统的中间位置 26，所述光在通道出口基本上是远心的。如上所述，任何其他远心或非远心的照明源都可用于代替图中所示的灯、色轮和通道系统。因此成像光学元件 25 可以适合于在中间位置产生灯图像，取决于照明系统的性质。如上所述，在适当的时候，第一透镜 25 可以被多个各种类型的光学元件取代。因此，进行适当
15 调整的会聚或发散光源可应用于光学中继系统。

更详细地考虑焦距，第一透镜 25 具有焦距 f_1 并且设置在距灯通道 21 近似相同距离 f_1 处。因此，其形成灯图像并且在位置 26 具有出射光瞳，所述位置 26 离透镜的距离为 f_1 。第二透镜 41 具有焦距 f_2 并且设置在距中间位置 26 和显示器距离为 f_2 的位置上。第二透镜在远心照明的无限远处将来自第一透镜的光瞳(即在中间位置 26 处的灯的图像)再次成像在显示板上。第二透镜还将通道的出射端在显示板的位置上成像。
20

从图 1 中可看出，第一透镜以通道为中心。换句话说，成像透镜的光轴与通道的中心对准，不过，也可使用其他的配置。第二透镜 41 相对于通道和光源是偏心的。这使显示板上的照明成为离轴的，其填充系统尺寸
25 (*étendue*)的一半。第二透镜非常偏心，以致其光轴位于灯系统的图像的光路边缘附近，或者完全在灯系统的图像的光路外面。这种偏心为下面所讲的反向光路作好准备。但是，如图 1 所示，第二透镜基本上以显示器为中心。这意味着虽然来自灯系统的光到达相对于显示器偏心的第一透镜，但第二透镜可将灯的图像置于显示器的中心。
30

如图所示，这些透镜不需要严格地关于通道或显示器定中心。如果一

个透镜偏心，那么，每一个透镜可以作轻微的移动。另外，如果反射型偏振器以一个角度放置，那么可以将第二透镜相应地移动。在图示实施方案中所选择的透镜布置，可使光学系统的尺寸最小化。如果移动第一透镜，或者如果反射型偏振器或反射镜以一个角度放置，那么可能会增加一些尺寸，但是元件以各种不同方式移动能满足特殊的尺寸和形状因子的限制。

PBS45，例如栅网网偏振器、胆甾型偏振器、聚合物膜堆叠或介质涂层堆叠堆叠透射一种偏振态(P 偏振态)并且反射另一种偏振态(S 偏振态)。在例如 Perkins 等人申请的美国专利 No.6,122,103 中记述了适当的栅网偏振器能被用作 PBS 以代替典型的各向异性 - 各向同性的聚合物膜堆叠。合适的栅网偏振器为 ProFluxTM 偏振器，其可以从美国犹他州的 Moxtek 公司获得。

来自透射的 P 偏振态的光被第二透镜 41 成像在显示板 43 上。为了通过投影仪或观察光学系统观察，可从这里对其再次成像。来自反射的 S 偏振态的光在灯图像的位置 26 处可被第二透镜 41 成像在具有四分之一波长膜或涂层的反射镜 47 上。偏振方向在反射镜处旋转，“窗口”被再次成像回 PBS 上，PBS 这时将透射改变后的偏振态，从而填充系统尺寸(étendue)的另一半。四分之一波片或某种其他偏振转换装置可以放置在反射镜和反射型偏振器间的任何位置。所述系统可以包括在显示器后(未示出)的检偏器(例如碘基 PVA(聚乙烯醇)膜或栅网偏振器)来滤除其他杂散的 P 偏振光，以增强对比度。对于特殊应用或灯系统，检偏器和偏振滤波器还可适当地放置在系统的其他位置上。

在图示实施方案中直接来自灯的 P 偏振光成像在显示器的整个表面上，就像来自四分之一波片的偏振态转换过的光一样。来自上部反向路径的照明重叠在下部的路径上以增强显示器的亮度。作为选择，所述光可用于增加被照亮的面积。例如，正向下部路径的照明能成像在显示器的第一部分上，而反射的上部路径能成像在显示器的第二部分上。这可通过调整反射镜和透镜位置来完成。

在图 1 中示意性地示出光的 S 偏振分量的路径。S 偏振态以点示出，表明偏振态向量垂直于图的纸面。由虚线示出的 S 偏振光在光学系统下部经过通道穿过第一和第二透镜到达反射型偏振器。S 偏振光从这里被反

射，其穿过第二透镜到达反射镜 47，如光学系统上部的虚线所示。反射后，S 偏振态被旋转成 P 偏振态，其用短线表示。所述线表明偏振态向量垂直对准图的纸面。由线示出的 P 偏振态经过第二透镜返回到反射型偏振器，在这里 P 偏振态可通过反射型偏振器入射到显示器 43 上。从图中可看出，
5 入射到显示器上的全部的光都是 P 偏振光，几乎所有经过色轮的照明光都入射到显示器上。损耗仅存在于组件的固有缺陷中，例如反射镜和透镜的吸收、在通道和偏振器中的损耗等等。所述系统以紧凑廉价的组件提供非常高的效率。

根据显示器的设计，显示器暗部分的光将被显示器吸收或被显示器反射回光学系统。如果所述光偏振态不改变地反射回来(P 偏振态)，那么其
10 将经过偏振器 45 向反射镜 41 和灯系统 11 返回。如果所述光向反射镜反射，那么其将被四分之一波片转换成 S 偏振态，被反射出反射型偏振器并被四分之一波片转换回 P 偏振态以照明显示器。根据灯的设计，可经灯的
15 光学系统回收向灯反射的光。在本发明的实施例中，光可在很大程度上得到回收，同样还可以增强显示器的亮度。此外，吸收性偏振器(例如二向色滤光片)
15 可放置在合适的位置以吸收反射回的光。除了反射镜、透镜和其他组件的损耗和散射外，显示器上照明的强度与许多不包括多个 PBS 系统成本的系统相比被加倍了。

另外，在图示的实施方案中，这样设置反射镜，使得从灯系统经反射
20 镜到显示器的光程长度变为从灯系统直接到显示器的光程长度的两倍。灯系统的的确切位置可以有些不精确。其可作为光源出射光瞳的像来测量。在图示的实施方案中，可考虑将灯定位在通道的出射光瞳附近，即紧接中继系统的通道末端。可以这样设置光学组件，使得光程长度相差不等于二的
25 任何整数倍。这确保反射镜和四分之一波片反射出的光也成像在显示器上。当所述光与从灯系统直接入射到显示器的光组合时，能获得更亮，更清晰的图像。

在显示器 43 上，灯系统产生的光在投影透镜入射光瞳中的角向强度
30 分布(即角向扩展或随入射角，例如方位角 θ 和极角 ϕ 而变的光透射)，看起来像一个在另一个上的两个拉长的亮斑。下部亮斑来自直接由灯系统射出的下部光路。上部亮斑来自被四分之一波片反射的上部光路。光强度水

平地在两个垂直对准的点(水平线可看作是通过图纸平面的线)上扩展。两个亮斑对应于具有与显示器接近垂直的平均入射角度的中心区域。入射光的平均角度总是从与中心有一段距离的垂线处有规则的地发散。传统的系统可能产生中心圆环的角强度分布亮斑而不是图示实施方案的两个扩展的
5 椭圆形亮斑。如果适当地选择并定位反射型偏振器，可利用照明的椭圆形扩展性来改善反射型偏振器的效率。

许多类型的反射型偏振器和偏振光束分离器(PBS)都具有与正交轴之间不同的透射率相依存的角度。在一个轴上(例如水平轴)透射的入射光的角度范围大于另一正交轴(例如垂直轴)的角度范围。二向色 PBS 棱镜、栅网偏振器、胆甾型反射偏振器和一些 PBS 堆叠都显示出这种性质。通过如图 1 的配置所示在水平轴上扩展光的角向强度，其与角向强度关于中心点对称地逐渐减小相比，将会有更多的光透射过偏振器。可以通过适当地设置偏振部件使得具有较大角向透射特性或较大角向接收(acceptance)的轴与照明的角强度分布对准来利用这种性质。换一种说法，系统透射率的
10 提高可通过将亮斑的扩展方向与特定偏振器的等对比度曲线中高对比度的方向匹配来实现。伴随着透射率的提高，亮度和对比度也将相应地增强。
15

同样的偏振回收系统还可以应用于单板反射系统，例如使用如图 2 所示的反射型栅网 PBS 15 的 LCOS 或 STN 显示板 17PBS 15。图 2 显示出与图 1 相比较的系统的俯视横截面图。图 2 中，来自任何各种不同光源 11 中的光，在 PBS 上被分离成 S 偏振光和 P 偏振光。PBS 可以是棱镜、光束分离立方体、栅网或薄膜。各种不同的已知光束分离装置都可使用，例如胆甾型偏振器、在对角线光束分离表面上的聚合物薄膜堆叠或介质涂层堆叠。栅网偏振器可用作 PBS 来代替典型的各向异性-各向同性聚合物薄膜堆叠。在图示的实施方案中，PBS 配置成具有与传统的光束分离立方体类似的几何形状，其中 PBS 与显示器和从灯传播出的光成 45 度角。也可以选择其它几何形状以满足封装和价格因素的考虑。
20
25

反射出 PBS 的来自灯的 S 偏振光被反射镜 33 或第二反射型偏振器再次反射回反射型 PBS 15，然后返回第二中继透镜 41。第二透镜直接将所述光射到包括四分之一波片膜的反射镜 47 上。如同图 1 的实施方案一样，
30 S 偏振光被转换成 P 偏振态再次反射回 PBS。这次，PBS 将所述光透射到

显示器 17 上。可加入附加的检偏器通过吸收经过或射出 PBS 而没被完全滤掉的光来增强对比度。

在图 2 的实施方案中，同一个 PBS 可用于偏振转换和成像，以节约成本。栅网偏振器可被成像 PBS 棱镜或任何其它棱镜代替。通过将反射镜放置在和显示器相同距离上来运用图 1 中使灯在显示器上成像的同一成像原理。这使灯的图像成像在反射镜和四分之一波片上。所述系统还可产生上面提及的两个水平扩展强度亮斑。如上所述可利用水平扩展来改善观察图像的亮度和对比度。

图 3 显示使用透射型显示器的另一个实施方案，所述显示器可例如是 10 液晶显示器，但也可使用任何其它透射型显示器。在图 3 的实施方案中，中继透镜系统 23 包括两个透镜 27、29。如图 1 和 2 所示，附加的透镜定位在聚焦透镜 25 的焦点 26 上。如图 1 中，来自投影灯系统 11 的光经过红、绿、蓝色轮 13 滤光，并经过反射型偏振器 45 滤光后入射到透射型显示器 43 上。入射到显示器的 P 偏振光被显示器反射成 S 偏振光，被反射 15 出偏振器的另一面并入射到投影透镜(未示出)中。投影透镜将图像成像在屏幕(未示出)上。

来自通道的光被第一透镜成像在中继光学系统 23 中。这些元件可以是传统的球面透镜或任何其它类型的光学元件。第一透镜 25 在第二透镜 27 上形成灯系统的中间像。第二和第三透镜组成中继系统在显示器上 20 产生中间像的远心图像。在本发明的远心光源下，入射到第一元件 25 上的光是远心的。在图 3 的实施方案中，第一元件具有与其到通道的距离相等的焦距。因此，通道成像在无限远处而灯成像在第二光学元件 27 上。

如同图 1，第一透镜以通道为中心以在第二透镜上产生图像。中继透镜组 27、29 相对于灯系统、通道和第一透镜是偏心的。其偏心为如图 1 25 和 2 的反向光路作好准备。但是，中继透镜组基本上以显示器为中心，使得来自灯系统的光到达相对于显示器偏心的第一透镜，而中继透镜组将光的图像置于显示器的中心。

与上面所述的实施方案的情况一样，由于中继系统相对于通道和成像透镜 25 偏移(偏心)，所以出自这些透镜的光相对于中继透镜形成半个光 30 锥。来自灯的光经图 3 所示的中继透镜的下半部分到达显示器。偏振器 45

反射的光经过两个中继透镜 27、29 的上半部分。紧接在两个中继透镜后，有一个将光反射回 PBS 的第二反射镜。第二反射镜具有旋转偏振态的四分之一波片。所述反射镜可以是中继透镜后的单独部件或者可以是直接涂敷在中继透镜上的银涂层。在所示的实施方案中，中继透镜是曲面面向显示器的平凸透镜。因此，可涂敷平坦的平表面来形成反射镜。涂敷反射镜作为涂层可减少零件数和最终产品的装配成本。四分之一波片可以像涂层一样制造在反射镜、中继透镜或单独部件上。四分之一波片可置于反射镜和 PBS 之间的任何位置。作为选择，任何其它偏振转换装置都可用四分之一波片代替。

在返回经过中继透镜后，反射的 S 偏振光然后被四分之一波片转换成 P 偏振光，并再次通过中继系统到达显示器。这使得所有反射的 S 偏振光被回收并成像在显示器 17 上。所述光以非常类似于图 1 和 2 的方式显示出水平扩展，而来自反射型偏振器的大部分反射的 S 偏振光被旋转并回收。

图 4 显示本发明的一个实施方案，其除了为了适应使用而采用了使用 PBS 的反射型显示器外，非常类似于图 3 的实施方案。所述图是很清楚地显示 PBS 的俯视截面图。如同图 2 的实施方案一样，PBS 可采用任何各种不同形式。上述的许多相同部件将被用于相同的配置，并且不再对其描述。

运行中，如图 4 中描绘的中心光线所示，出自色轮和通道的光入射到成像系统中，所述成像系统在这种情况下由单透镜 25 组成。所述成像系统在光学中继系统 23 的第一透镜 27 的位置上产生灯的中间像。光从这里经中继透镜 27、29 的下半部分传播到显示器。在入射到显示器之前，光先到达 PBS 15。P 偏振光被传播并在显示器成像。从显示器反射的光作为 S 偏振图像被从 PBS 反射到投射光学装置 19 上。从显示器反射的 P 偏振光经 PBS 被反射回到灯，作为可能的回收。S 偏振光从 PBS 反射到反射镜再返回到 PBS，然后到达偏心中继透镜的上半部。第二反射镜和四分之一波片将 S 偏振光反射成 P 偏振光并经中继透镜返回到 PBS，并经过 PBS 到达显示器。

所述系统还能回收大部分滤去的偏振光并产生上述两个水平扩展角向

强度亮斑。可利用角向强度的水平扩展性来改善观察图像的亮度和对比度。本说明书中所用的水平和垂直意在帮助理解并提供方便。可采用指定的特定轴来适合任何特定应用，其并不需要是笛卡尔坐标或正交坐标。对角线和极线方向也可用于扩展光的角向强度分布以提高透射率。

5 图 5 示出本发明的另外一个实施方案的实施例。图 5 的实施方案还适用于使用反射型显示器的投影仪，反射型显示器例如 LCOS 或 STN 显示器，不过也可使用任何其它反射型或透射型的显示器。图 4 的实施方案和图 5 的实施方案之间主要的不同在于，图 5 的方案中加入了另一个 PBS 31，以及移动反射镜 33 使其与加入的 PBS 31 对准。这提高了系统的对比度但也增加了系统的成本和尺寸。偏振光束分离器在实施中并不理想，虽然几乎所有的 S 偏振光都被 PBS 反射，但仍有一些 S 偏振光被透射，一些 P 偏振光被反射。图 5 的实施例中，经过两个 PBS 的照明有助于增强对比度。在经过两者后，仅有很少量的 S 偏振光入射到显示器。如同另一个实施方案一样，如上所述，附加的检偏器可用于更进一步增强投影光学装置 10 15 19 的对比度。检偏器可例如是吸收偏振器或栅网偏振器，或者任何其他适用形式的检偏器。

一对 PBS31、15 设置在中继光学系统和显示器之间。但是如图 4 所示系统也可具有一个 PBS 或如图 3 所示没有 PBS。第一个 PBS 接收来自中继系统 23 的光，反射来自灯系统光的 S 偏振分量，并透射 P 偏振分量。20 P 偏振分量传播到第二 PBS 15 上。第二 PBS 将光的 P 偏振分量透射到显示器 17 上。如同上面另一个实施方案一样，出自通道末端的光将通过中继光学系统成像在显示器 17 上。在显示器上，显示图像亮区的光经偏振态旋转变成 S 偏振光，然后从显示器反射回第二 PBS 15。第二 PBS 设置成和显示器构成一定角度，并且入射光来自中继光学系统。虽然这不会影响穿过第二 PBS 的光的方向，但是其可改变反射光的方向。25

观察光学装置 19 设置在可接收被 PBS 反射的光的位置上。在图 5 的实施方案中，观察光学装置和显示器垂直。因此，构成所观察图像的来自显示器的光从第二 PBS 反射到观察光学装置 19。在一个实施方案中，观察光学装置是将图像投射到屏幕的投影透镜系统。观察光学装置可包括检 30 偏器，例如碘基 PVA(聚乙烯醇)膜或栅网偏振器(未示出)来滤除其他杂散

的 P 偏振光，以增强对比度。对于特殊应用或灯系统，检偏器和偏振滤波器还可适当地设置在系统的其他位置上。

显示器暗区的光将在偏振态不变的情况下以 P 偏振光的形式从显示器反射。所述光经过两个 PBS 返回到灯系统 11。所述光的一部分可被系统回收，并反射回显示器。图中仅以实施例示出了特定的显示器和投影光学装置的配置，但本发明还可应用于透射型显示器和其他类型的显示和观察配置。

如上所述，入射到第一 PBS 31 上的 S 偏振光将被反射。然而，由于 PBS 并不完美，透过的少量的 S 偏振光仍可到达第二 PBS 15 上。几乎所有剩下的 S 偏振光都可被第二 PBS 反射。由于 PBS 与入射光的方向构成角度，所以所述光将被反射出系统的光路。然后其可被漏出系统或被构造为吸收任何杂散光的外壳所吸收(未示出)。作为选择，可在第二 PBS 下面加入第二反射镜 33b 来将被第二 PBS 反射的光反射回系统。这些反射镜中的任何一个都可添加例如四分之一波片或栅网偏振器来校正反射光的偏振态。

第一 PBS 31 的方向平行于第二 PBS 15，但在不影响其他组件的情况下其方向也可垂直于第二 PBS。因此，反射的 S 偏振光被引导出灯和显示器的光路并到达反射镜 33。所述反射镜设置成平行于中继光学系统的光轴，使得反射自第一 PBS 的光被反射到反射镜，反射镜将反射光在偏振态没有显著变化的情况下反射回第一 PBS。从第一 PBS 反射的光朝向灯反射回到中继光学系统。

利用关于另一个实施方案所述的反向光路，被反射镜 33 和第一 PBS 反射的光经反向光路向第二反射镜和四分之一波片 35 行进，所述四分之一波片将光反射回 PBS。反射的 S 偏振光被四分之一波片转换成 P 偏振光，所述光再次经过中继透镜后，将经过 PBS 到达显示器。这使得几乎所有反射的 S 偏振光都被回收并在显示器上成像。

在所示的实施方案中，这样设置第一和第二反射镜使得从灯系统经第二反射镜到达显示器的光程长度是从灯系统直接到显示器的光程长度的两倍。实际上，如图 4 所示，附加的 PBS 设置在中继透镜 29 和单个 PBS 之间。

通过通道的仔细设计可更进一步增强角向强度分布和系统的总亮度，虽然当使用任何形式的光源时，本发明上述实施方案的实施例都可具有优势。矩形通道沿一对相对的侧壁从在入口端的正方形或矩形横截面至出口端的正方形或矩形横截面(例如 4:3 或 16: 9)逐渐变细。还可这样设计锥形，使出口端更大。这可用于减少出自通道的光的出射角度。作为选择，也可将所述锥形设计为入口端较大。这可增加出自通道的光的出射角度。特定的选择取决于光源和将光传播到显示器上的光学系统。在每一种情况下，增加适当的锥度可使通道更有效地填充投影透镜的光瞳。这也可使灯的图像成椭圆形，并增加光瞳的填充因数以及对给定 F 数的聚光。

如图 6 所示，在一个实施例中，50mm 长的中空通道 21 具有 16:9 长宽比的 $5.75\text{mm} \times 3.24\text{mm}$ 的出射孔径 51。所述通道可由能形成适当形状的任何固体材料制成，以便使经所述通道传播的光经周围环境、空气或选定的气体传播。通过使通道的两个相对的侧壁 53、57 各自以大约一度的方式逐渐变细(对于两个侧壁为两度)，入射光瞳 57 可为 $4\text{mm} \times 3.24\text{mm}$ 。作为选择，通道可以是由任何光学透射材料制成的固体通道，所述光学透射材料包括丙烯酸树脂、聚碳酸酯和其他塑性材料。如果通道需保持偏振态，那么可选择低双折射材料。

因此，如果光具有 30 度的入射锥角，每次从渐缩形侧壁反射的角将减小 2 度。跟踪 30 度的边缘光线 59，表明将有五次反射，因此出射角减小到 20 度，其有 10 度的变化。在一个实施例中，由于全内反射，光从固体玻璃棒的壁反射。如果光的入射角更大，那么棒可沿其长度方向具有反射涂层。也可使用其他相位或抗反射涂层。可以制造其内壁上具有反射表面的中空通道。

其他两个相对的壁，在图 5 的横截面图上看不到，在所述实施例中这两个壁没有逐渐变细。通过仅仅使一对侧壁逐渐变细，使角向强度是椭圆形的。在逐渐变细方向上的出射锥角被减小到 20 度，而在直线方向上的出射锥角和入射锥角相同，为 30 度。如上所述，可利用椭圆的角向强度改善系统中任何偏振反射器的效率。

应用这些原理，可以改变积分通道的长度和每一侧上锥度来适应任何所需的入射和出射锥角和任何所需的入射和出射孔径尺寸。例如如果两侧

壁倾斜 2 度而不是 1 度，那么出射锥角在每一次反射时减小 4 度。改变通道长度可控制发生反射的次数。改变两壁上的相对锥度能改变在出射孔径上角向强度分布的椭圆率。类似地，可以使锥度反向，使得入射孔径大于出射孔径。这可减小入射孔径上的接收角，并能相对于入射孔径增加出射 5 锥角。

各通道的侧壁可具有不同或相反的锥度，通道也可由更多或更少的侧壁构成。换句话说，虽然如图 5 所示的整个纸面上所呈现的，在沿通道的每个点上通道的横截面都是矩形，但是其形状可由具有任何边数的多边形或例如圆形和椭圆形的环形代替。所述最佳形状将取决于显示器和中继光学系统的形状，将光经通道传递到显示器上。对于矩形显示器，可发现所示和所述的矩形横截面很紧凑并高效，不过也可使用其他配置的显示器。10

可以通过利用 CPC(复合抛物面聚光器)原理使侧壁弯曲为抛物线形状来设计一种可供选择的通道形状。CPC 已用于太阳能聚光器阵列或一些照明光学装置中。CPC 在没有尺寸损耗的情况下，可提供从入射光束到出射 15 光束的良好转换。CPC 可遵循下列关系来设计 CPC: $\sin \theta_1 D_1 = \sin \theta_2 D_2$ ，其中 θ_1 和 θ_2 分别是通道的入射锥角和出射锥角， D_1 和 D_2 是入射孔径和出射孔径的高度。

参照图 7，图中示出基于 CPC 的通道 61 的横截面图。所示的 CPC 表面应用在相对的抛物线形内侧顶壁 63 和内侧底壁 65 上。如同图 6 的实施方案一样，图 7 的通道在整个纸面上具有矩形横截面。类似的处理也可应用于所述侧壁和任何其他的壁，结果可使用圆形通道或具有不同于矩形横截面形状的通道。图 7 显示一个具有等于 1 的入射孔径 D_1 67 和 90 度的入射角 θ_1 ，选择等于 2 的出射孔径 D_2 69，使出射锥角 θ_2 为 30 度。从所述实施例可看出，CPC 在非常紧凑的尺寸下能有效地减小极限入射角(90 度)。25

在另一实施方案中，也可使用上面用到的直边式渐缩通道的比例。在所述实施例中，入射孔径为 $4\text{mm} \times 3.24\text{mm}$ ，出射孔径 $5.75\text{mm} \times 3.24\text{mm}$ 。为了获得 20 度的出射锥角，入射锥角可由 $\sin \theta_1 = \sin \theta_2 (D_2 / D_1)$ 确定。在这种情况下，CPC 可接收 30 度的入射锥角。这样，基于 CPC 的通道在保持尺寸较小的封装中可产生类似于直边式渐缩通道的效果。30

任何一种类型的渐缩通道都可使用，其不仅可控制射出通道的光的角向强度分布，还可以改变入射对出射的长宽比。例如，如果采用正方形的光源照明矩形显示器(例如 4:3 或 16:9)，那么将在水平方向(如显示给观察者)上使通道逐渐变细。这将致使在水平方向上的角向强度扩展。水平扩展可使上述系统中任何偏振器的透射率和反射率增强。具有矩形出射和大角度分布的光源很容易获得，其可增强渐缩通道的价值。

渐缩通道的另一优点在于其可使灯系统的光瞳成为椭圆形。当照明系统使用如上述实施例中的双光路时，其有助于更好地填充投影或观察透镜的圆形光瞳。为了进一步增强椭圆形光瞳的好处，可使用产生椭圆形光瞳的灯系统。许多传统的灯系统可以适合于这个目的。

例如在 Li 的美国专利 No.6,227,682 中，示出一个这样的对小尺寸系统特别有效的椭圆形灯系统。所述灯使用双抛物面反射器，在确定的位置上，以一个方向 90 度的角扩展、另一方向 45 度的角扩展将弧光灯光源再次成像。通常被认为是不利的角扩展的所述差异，当光被第一次耦合入楔形通道中，却可以增强结果光束的积累和均匀性。还可利用弧光灯上的涂层代替底部反射器使其进一步简化。这可减少反射器的数量并使灯更紧凑。

在本说明书中，出于解释的目的，为了对本发明提供详尽的理解而阐述了许多具体细节。但是，本领域的技术人员应该明白，本发明没有某些具体细节也可以实施。在另一例中，以图表形式示出了公知的结构和装置。可由本领域普通技术人员提供适合于任何特殊设备的特定细节。

重要的是，尽管根据视频投影仪对本发明的实施方案进行了描述，但无论是用于投影或是直接观看，无论紧凑与否，这里描述的装置同样可应用于基于偏振光的显示器的任何形式的照明系统中。例如，在此描述的技术可认为有助于与计算机和数据装置显示器、电视和电影投影仪、互联网适用的显示器、视频娱乐系统和游戏机的连接。

在前述的描述中，根据其中的具体实施方案对本发明进行描述。但是很明显，可以对其进行的各种修改和变化而不脱离本发明的主要精神和范围。因此说明书和附图应被认为是说明性的而不是限制性。

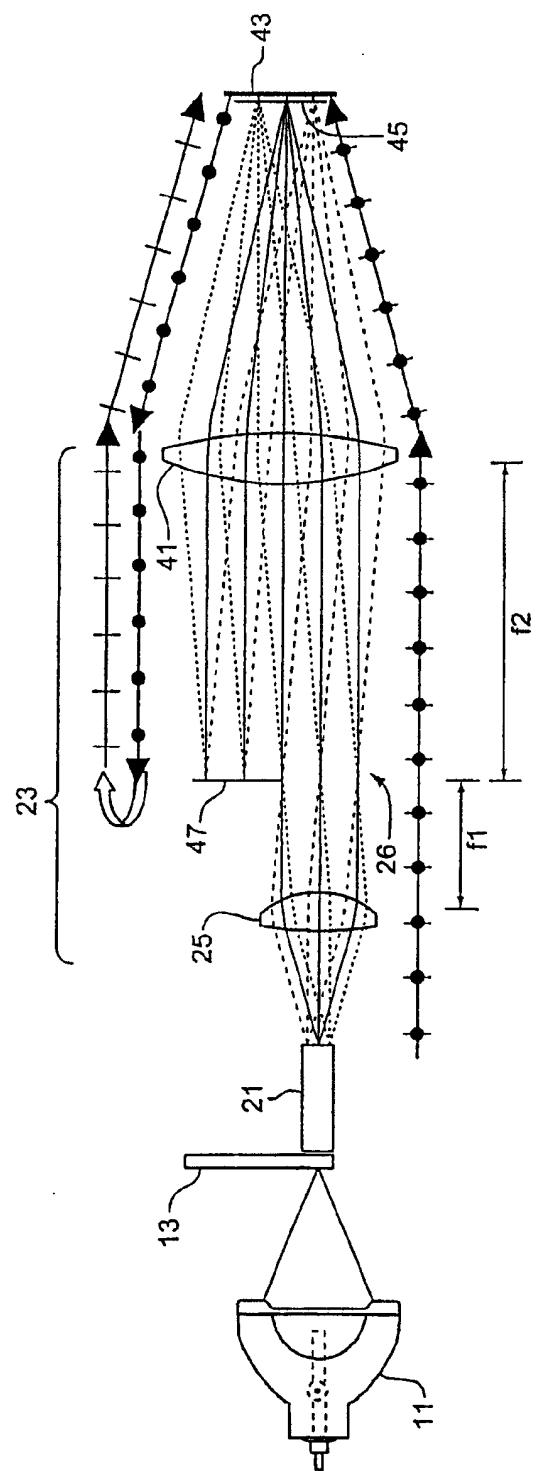


图 1

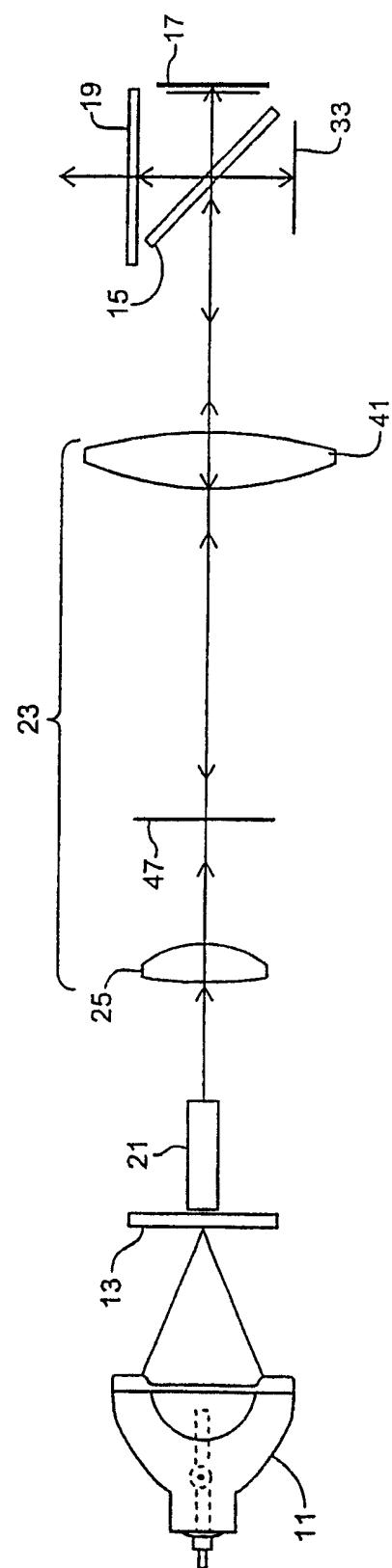


图 2

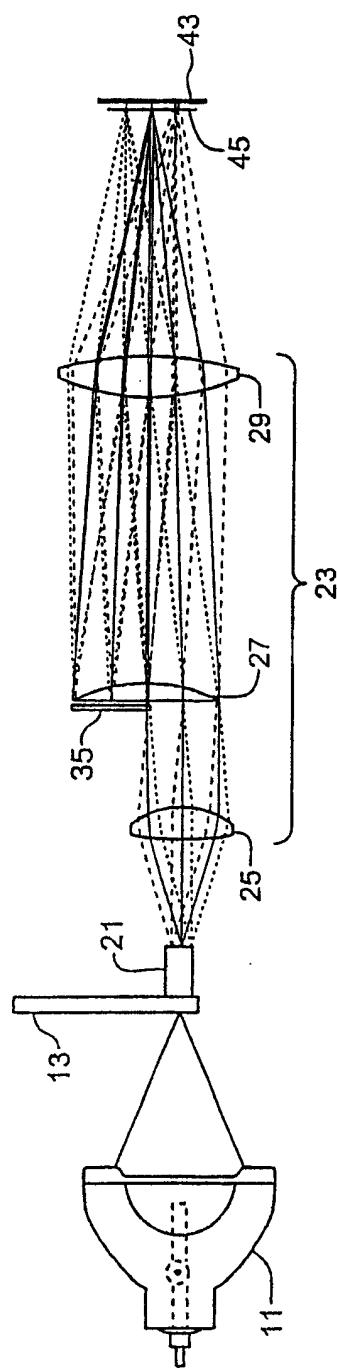


图 3

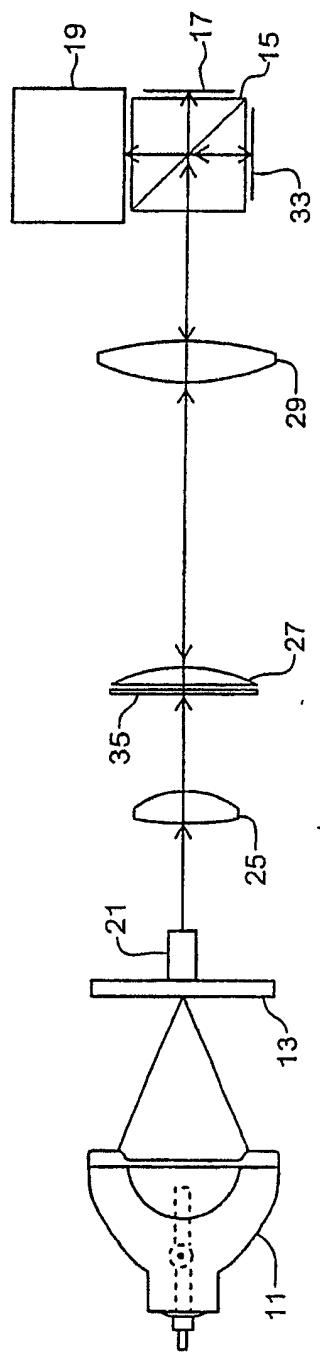


图 4

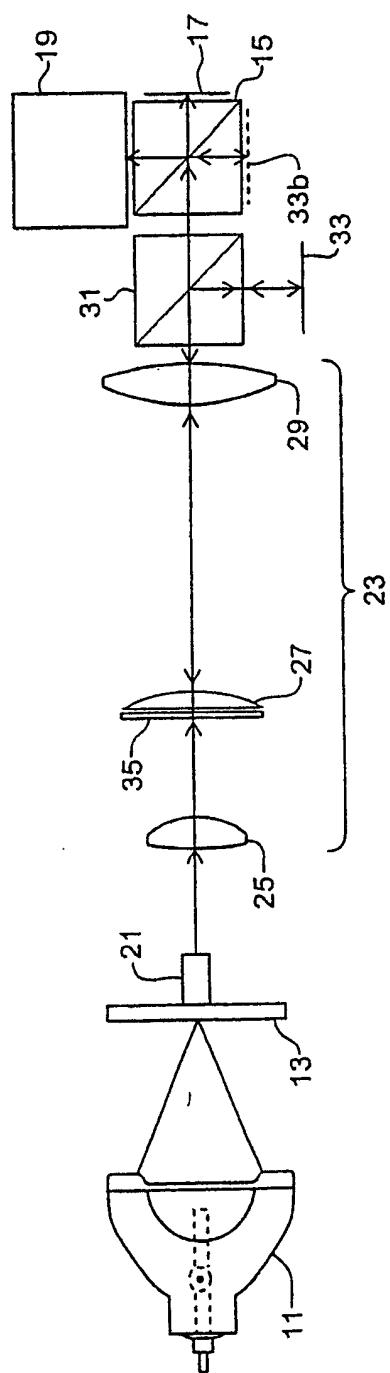


图 5

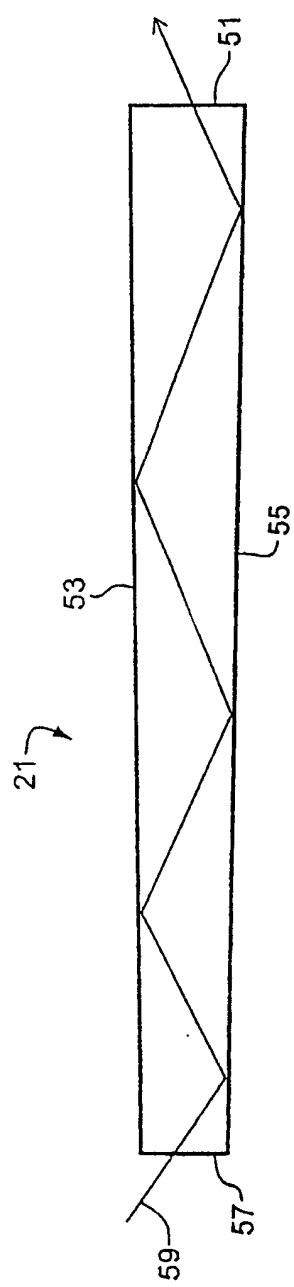


图 6

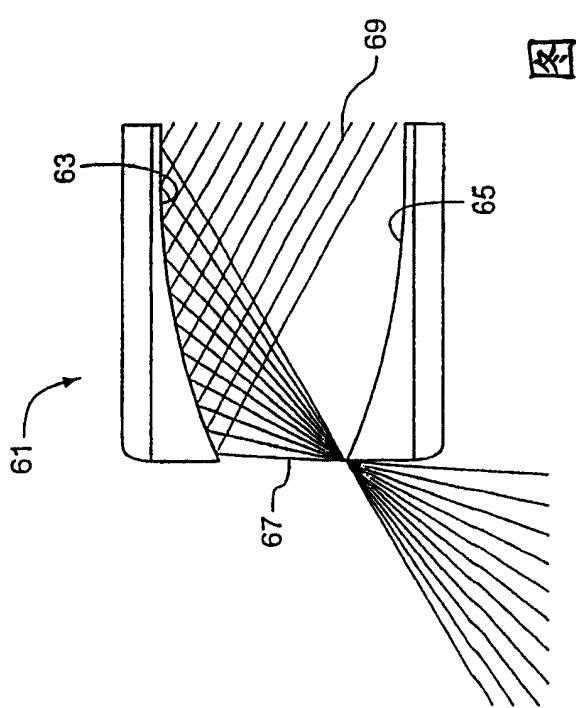


图 7