



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00818579.4

[43] 公开日 2004 年 10 月 27 日

[11] 公开号 CN 1541346A

[22] 申请日 2000.12.20 [21] 申请号 00818579.4

[86] 国际申请 PCT/US2000/034583 2000.12.20

[87] 国际公布 WO2001/046755 英 2001.6.28

[85] 进入国家阶段日期 2002.7.23

[71] 申请人 刹车技术公司

地址 美国马里兰

[72] 发明人 克里斯托弗·T·科顿

詹姆斯·T·瓦里格丹

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

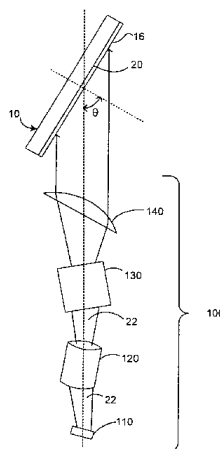
代理人 蒋世迅

权利要求书 5 页 说明书 18 页 附图 6 页

[54] 发明名称 用于显示屏面的光学系统

[57] 摘要

一种由多个玻璃片叠层构成的超薄屏面，这些玻璃片可以涂敷透明的包层物质或可以不涂敷，利用环氧树脂或粘结剂固定在一起。耦合元件(16)粘贴到叠层的输入面(20)。一种有光发生器(12)的外壳，光发生器(12)与耦合元件在光路上对准。最好是，光发生器放置成与输入面平行并和它紧邻，因而可以减小这种结构的深度。一种光学系统，包括：图像源(110)；成像单元(120)，用于在中间图像平面生成物体的图像；变形单元(130)，用于减小图像的变形失真；和远心单元(140)，用于减小图像的梯形失真。



1. 一种光学系统，以大于零的入射角 θ 投影物体的图像到显示图像平面上，包括：

图像源；

成像单元，用于在中间图像平面上生成物体的图像；

变形单元，用于减小图像的畸形失真；和

远心单元，用于减小图像的梯形失真。

2. 按照权利要求 1 的系统，其中中间图像平面的倾角是介于物平面与显示图像平面之间的倾角。

3. 按照权利要求 1 的系统，其中成像单元，变形单元，和远心单元的曲率中心各自对准到一个公共平面。

4. 按照权利要求 1 的系统，其中成像单元是反射镜。

5. 按照权利要求 1 的系统，其中成像单元是透镜。

6. 按照权利要求 1 的系统，其中成像单元是透镜和反射镜的组合。

7. 按照权利要求 1 的系统，其中成像单元包括旋转对称面。

8. 按照权利要求 7 的系统，其中成像单元包括非球面。

9. 按照权利要求 1 的系统，其中成像单元，变形单元，和远心单元各自使物体的图像发生倾斜。

10. 按照权利要求 1 的系统，其中选自成像单元，变形单元，和远心单元中的一个或两个单元使物体的图像发生倾斜。

11. 按照权利要求 1 的系统，其中变形单元是反射镜。

12. 按照权利要求 1 的系统，其中变形单元是透镜。

13. 按照权利要求 1 的系统，其中变形单元是透镜和反射镜的组合。

14. 按照权利要求 1 的系统，其中变形单元包括旋转对称面。

15. 按照权利要求 14 的系统，其中成像单元和远心单元各自沿中央纵向光轴对准，而其中变形单元相对于中央纵向光轴倾斜和偏离中

心。

16. 按照权利要求 14 的系统，其中变形单元包括球面和非球面。

17. 按照权利要求 14 的系统，其中成像单元和远心单元各自沿中央纵向光轴对准，而其中变形单元包括球面和非球面，且相对于中央纵向光轴倾斜和偏离中心。

18. 按照权利要求 1 的系统，其中变形单元包括：正聚焦组，负聚焦组，和负图像扩展组。

19. 按照权利要求 18 的系统，其中变形单元内的每个组使物体的图像发生倾斜。

20. 按照权利要求 18 的系统，其中变形单元内的每个组至少包含一个柱面单元或双向对称非球面单元。

21. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元是反射镜。

22. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元是透镜。

23. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元是透镜和反射镜的组合。

24. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元包括非球面。

25. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元包括环形面。

26. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元包括非旋转对称面。

27. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元包括非球面的非旋转对称面。

28. 按照权利要求 1 的系统，其中远心单元包括费涅耳面。

29. 按照权利要求 1 的系统，其中显示图像平面是由多个光波导的端部确定的。

30. 按照权利要求 1 的系统，其中入射角 θ 约在 50° 至 85° 的范围内。

31. 按照权利要求 30 的系统，其中入射角 θ 约为 78° 。

32. 一种有光屏面和至少一个光学系统的显示系统，以大于零的入射角 θ 投影物体的图像到显示图像平面上，所述显示系统包括：

光屏面，包括：

多个叠层光波导，每个光波导有第一端和第二端，其中输出面是由多个第一端确定的，而其中输入面是由多个第二端确定的；和

输入面处至少一个耦合元件，它把沿非垂直于输入面的轴传播的光转向成沿垂直于输入面的轴；

至少一个光学系统，每个所述光学系统包括：

图像源；

成像单元，用于在中间图像平面上生成物体的图像；

变形单元，用于减小图像的变形失真；和

远心单元，用于减小图像的梯形失真。

33. 按照权利要求 32 的系统，其中中间图像平面的倾角是介于物平面与显示图像平面之间的倾角。

34. 按照权利要求 32 的系统，其中成像单元，变形单元，和远心单元的曲率中心各自对准到一个公共平面。

35. 按照权利要求 32 的系统，其中成像单元是反射镜。

36. 按照权利要求 32 的系统，其中成像单元是透镜。

37. 按照权利要求 32 的系统，其中成像单元是透镜和反射镜的组合。

38. 按照权利要求 32 的系统，其中成像单元包括旋转对称面。

39. 按照权利要求 38 的系统，其中成像单元包括非球面。

40. 按照权利要求 32 的系统，其中成像单元，变形单元，和远心单元各自使物体的图像发生倾斜。

41. 按照权利要求 32 的系统，其中选自成像单元，变形单元，和远心单元中的一个或两个单元使物体的图像发生倾斜。

42. 按照权利要求 32 的系统，其中变形单元是反射镜。

43. 按照权利要求 32 的系统，其中变形单元是透镜。

44. 按照权利要求 32 的系统，其中变形单元是透镜和反射镜的组合。

45. 按照权利要求 32 的系统，其中变形单元包括旋转对称面。

46. 按照权利要求 45 的系统，其中成像单元和远心单元各自沿中

央纵向光轴对准，而其中变形单元相对于中央纵向光轴倾斜和偏离中心。

47. 按照权利要求 45 的系统，其中变形单元包括球面和非球面。

48. 按照权利要求 45 的系统，其中成像单元和远心单元各自沿中央纵向光轴对准，而其中变形单元包括球面和非球面，且相对于中央纵向光轴倾斜和偏离中心。

49. 按照权利要求 32 的系统，其中变形单元包括：正聚焦组，负聚焦组，和负图像扩展组。

50. 按照权利要求 49 的系统，其中变形单元内的每个组使物体的图像发生倾斜。

51. 按照权利要求 49 的系统，其中变形单元内的每个组至少包含一个柱面单元或双向对称非球面单元。

52. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元是反射镜。

53. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元是透镜。

54. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元是透镜和反射镜的组合。

55. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元包括非球面。

56. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元包括环形面。

57. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元包括非旋转对称面。

58. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元包括非球面的非旋转对称面。

59. 按照权利要求 32 的系统，其中远心单元包括费涅耳面。

60. 按照权利要求 32 的系统，其中显示图像平面是由多个波导的多个第二端确定的。

61. 按照权利要求 32 的系统，其中入射角 θ 约在 50° 至 85° 的范围内。

62. 按照权利要求 61 的系统，其中入射角 θ 约为 78° 。

63. 按照权利要求 32 的系统，其中显示系统包括两个或多个光学系统。

64. 按照权利要求 32 的系统，其中显示系统包括三个光学系统，其中光学系统分别投射红光，绿光和蓝光。

65. 按照权利要求 32 的系统，其中多个波导中的每个波导制成为沿输出面在水平方向上连续延伸的扁平带。

66. 一种方法，以大于零的入射角 θ 投影物体的图像到显示图像平面上，所述方法包括以下步骤：

投影来自图像源的图像；

利用成像单元使物体的图像引向中间图像平面；

利用变形单元减小图像的变形失真；和

利用远心单元减小图像的梯形失真。

67. 一种方法，以大于零的入射角 θ 显示物体的图像到光屏面的显示图像平面上，所述方法包括以下步骤：

投影来自图像源的图像；

利用成像单元使物体的图像引向中间图像平面；

利用变形单元减小图像的变形失真；和

利用远心单元减小图像的梯形失真；

其中光屏面包括多个叠层光波导，每个光波导有第一端和第二端，其中输出面是由多个第一端确定的，而其中输入面是由多个第二端确定的，且其中光屏面还包括输入面处至少一个耦合元件，它把沿非垂直于输入面的轴传播的光转向成沿垂直于输入面的轴。

用于显示屏面的光学系统

技术领域

本发明一般涉及显示装置领域。具体地说，本发明涉及一种用于耦合物体图像到显示装置上的光学系统和方法。更具体地说，本发明涉及一种用于耦合物体图像到超薄平面光学显示装置上的光学系统和方法，该装置能够减小或消除失真，这种失真通常是在图像投影到关于入射图像倾斜的显示装置上时发生的。

背景技术

光屏幕通常使用阴极射线管（CRT）以投影图像到屏幕上。标准屏幕的宽高比为 4:3，有 425 条垂直线的分辨率。电子束沿屏幕的水平方向和垂直方向扫描以形成大量像素，这些像素的总体构成图像。

普通的阴极射线管受到实际尺寸的限制，它相对地较深以容纳必要的电子枪。现在已有较大的屏幕，它包含各种形式的图像投影。然而，这种屏幕有各种视觉上的缺点，包括受限的视角，分辨率，亮度，和对比度，且这种屏幕在重量和形状上通常是相对地笨拙。此外，还要求各种尺寸的屏幕呈现黑色以提高视觉对比度。然而，直视式 CRT 实际上不可能是黑色的，因为它们利用荧光粉形成图像，而那些荧光粉是非黑色的。

可以通过叠层光波导制成光屏面（optical panel），每个光波导有第一端和第二端，其中输出面是由多个第一端确定的，而其中输入面是由多个第二端确定的。与屏面的高度和宽度比较，这种屏面的深度是很薄的，波导的包层可以制成黑色的以增大黑色表面区，但是这种屏面可能需要昂贵和笨拙的投影设备以分配图像光到输入面上，因此，这种设备增大了屏面的整体尺寸和成本。

所以，我们需要这样一种光屏面，它具有对应于叠层波导屏面的优点，但不要求使用昂贵和笨拙的投影设备，也不会增大这种设备的

尺寸和所需成本。

在要求外壳（包含光屏面和投影设备）的深度为最小的光屏面中，投影设备的定位通常适应于这些整体尺寸的约束。所以，相对于屏面的目标输入面，投影设备的定位可能要求图像路程是以锐角改变方向。因此，由于输入面的表面相对于图像路程一般是高度倾斜的，能够产生聚焦和没有失真图像的成像系统是很关键的。不但要求合适的聚焦图像，而且在保持物体与图像之间线性的点对点变换关系的同时，输入面表面上产生的图像还必须保留原始物体的纵横比。

所以，我们还需要这样一种光屏面的光学系统，它能够在相对于图像路程为高度倾斜的输入面表面上产生准确的图像，而不会产生不合适聚焦图像和图像失真，图像失真会造成原始物体的错误纵横比以及物体与图像之间非一致的线性点对点变换。

发明内容

本发明的目的是一种光学系统，以大于零的入射角投影物体的图像到光屏面的显示图像平面上。该光学系统包括：图像源和成像单元。成像单元在中间图像平面上生成物体的图像。该光学系统还包括：变形单元，用于减小图像的变形失真；和远心单元，用于减小图像的梯形失真。本发明的另一个目的是一种显示系统，该显示系统包括：光学系统和光屏面的组合。

本发明解决现有技术中遇到的问题，例如，使用昂贵和笨拙的投影设备，本发明提供一种有折合光程的光学系统，它在相对于图像路程为高度倾斜的输入面表面上产生准确的图像，而不会产生不合适聚焦图像和图像失真，图像失真会造成原始物体的错误纵横比以及物体与图像之间非一致的线性点对点变换。本发明还保留相当于叠层波导屏面的优点，例如，改进的对比度和最小的深度。

根据以下对本发明的详细描述，我们容易理解本发明的这些优点和其他优点。

附图说明

为清楚地理解和容易地实践本发明，结合以下的附图描述本发明，

其中:

图 1 是超薄光屏面的等角示意图;

图 2 是超薄光屏面的横截面侧视图;

图 3 是利用棱镜耦合元件的超薄光屏面的水平和垂直横截面示意图;

图 4 是包含光屏面的光学系统的简化后视图;

图 5 是利用包括远心透镜单元的一个优选光学系统中超薄光屏面的横截面侧视图;

图 6 是利用包括远心反射镜单元的另一个优选光学系统中超薄光屏面的横截面侧视图。

具体实施方式

应当明白, 本发明的附图和描述已经简化以说明与清楚理解本发明有关的单元, 为了清晰起见, 省略典型光学显示屏面上常有的许多其他单元。本领域专业人员可以认识到, 这些其他单元是实现本发明所需要的和/或必要的。然而, 因为这些单元是本领域专业人员都知道的, 且它们无助于更好地理解本发明, 此处不对这些单元进行讨论。

图 1 是光屏面 10 的等角示意图。光屏面 10 包括: 多个波导 10a, 其中每个波导 10a 的一端形成该波导的输入端, 每个波导 10a 的相对一端形成该波导 10a 的输出端; 光发生系统 12; 外壳 14, 其中安装光发生系统 12 和多个波导 10a; 和耦合元件 16。

每个波导 10a 沿水平方向延伸, 而多个叠层波导 10a 沿垂直方向延伸。多个输入端确定接收图像光 22 的输入面 20。多个输出端确定显示图像光 22 的输出面 24, 输出面 24 大致平行于输入面 20。例如, 图像光 22 可以显示成视频图像 22a 的形式, 但不限于这种形式。

外壳 14 的高度和宽度大于光发生系统 12 和多个波导 10a 组合的尺寸, 允许在其中放置多个波导 10a 和光发生系统 12。外壳 14 有开放的前面, 可以观察到输出面 24; 并有闭合的深度 D, 深度 D 是从开放的前面到外壳 14 背面的距离。

光发生系统 12 提供通过波导 10a 观察的光。光发生系统 12 包括:

光源 30, 和光转向单元 32, 它把来自光源 30 的入射光 22 转向到耦合元件 16, 与耦合元件 16 组合的光转向单元 32 可以减小外壳 14 的深度 D。允许发生这种减小的原因是, 光转向单元 32 配置成把来自光源 30 的光 22 转向到耦合元件 16, 其中光源 30 放置在外壳 14 内, 紧邻和平行于多个波导 10a 的垂直叠层, 于是, 耦合元件 16 急剧地转向光 22 进入波导 10a。最好是, 耦合元件 16 是在典型的约 45° 至约 90° 范围内有效地转向图像光, 为的是产生传输通过多个波导 10a 的近似水平光。光发生系统 12 还可以包括: 调制器和其他的成像光学元件。以下结合图 2 更具体地讨论光发生系统 12。

输入面 20 和输出面 24 的平行表面允许屏面 10 和封闭外壳 14 制成超薄的深度。屏面 10 的标称厚度为 T, 它是输入面 20 与输出面 24 之间波导 10a 的深度, 且厚度 T 远远小于输出面 24 的高度 H 和宽度 W。例如, 屏面 10 可以配置成典型电视的宽高比 4:3 或 16:9。对于高度 H 约为 100 cm 和宽度 W 约为 133 cm 的情况, 本发明的屏面厚度 T 可以是约 1 cm。深度 D 可以随厚度 T 而变化, 但在上述的实施例中, 外壳 14 的深度 D 最好不大于约 12 cm。

图 2 是超薄光屏面 10 的横截面侧视图。屏面 10 包括: 多个叠层波导 10a, 光发生系统 12, 耦合元件 16, 和外壳 14。

在本发明的一个实施例中, 光发生系统 12 包括: 投影仪 60, 它与光转向单元 32 的光路对准。图像投影到光转向单元 32, 然后, 被转向到耦合元件 16, 用于传输通过波导 10a 显示在输出面 24 上。在一个优选实施例中, 投影仪 60 放置在输入面 20 顶部附近, 以便投影与其大致平行的图像光 22, 且投影仪 60 与它之间有足够的距离, 允许图像光 22 从光转向单元 32 转向到耦合元件 16, 以便传输通过波导 10a。

投影仪 60 可以包括: 用于产生光 22 的合适光源 30。光源 30 可以是灯泡 (例如, 灯丝或电弧型灯泡) 或激光器。投影仪 60 可以是幻灯投影仪或视频投影仪, 它可以包括用于调制光 22 的调制器 62 以形成图像 22a。例如, 调制器 62 可以是普通的液晶显示器 (LCD), 数字

微反射镜装置 (DMD), GLV, 激光光栅扫描器, PDLC, LCOS, MEMS, 或 CRT。投影仪 60 还可以包括: 合适的图像光学元件 64, 用于在光转向单元 32 上沿水平方向和垂直方向分配或广播图像光 22, 以便合适地会聚传输光到耦合元件 16。图像光学元件 64 可以包括: 聚焦和放大透镜和/或反射镜。一个或多个光发生系统 12, 例如, 2 与 4 之间的这种系统, 用于提供光给耦合元件 16 的一个或多个部分。放大透镜可用于成像光学元件 64 和光转向单元 32, 沿水平方向和垂直方向放大耦合元件 16 上的图像光 22。或者, 合适的光栅系统可用作光发生系统 12, 沿水平方向和垂直方向扫描耦合元件 16 上的图像光 22 以形成图像。

在所说明的实施例中, 从投影仪 60 最初投影的光 22 是在外壳 14 内部沿垂直方向向下到安装光转向单元 32 的外壳 14 底部, 然后, 光转向单元 32 以小的锐角沿垂直方向向上转向图像光 22, 用于广播到耦合元件 16 的整个暴露表面。在另一个实施例中, 投影仪 60 可以放置在输入面 20 之下, 而不是放置在输入面 20 之后。

图像光 22 到耦合元件 16 上的容许入射角是由耦合元件 16 的转向能力所确定, 耦合元件 16 把图像光 22 转向到屏面 10 的输入面 20。耦合元件 16 的转向能力越大, 安装的投影仪 60 可以越接近于耦合元件 16 以减小外壳 14 的必要深度 D。

图 3 是超薄光屏面 10 的水平和垂直横截面的示意图。屏面 10 包括: 多个垂直叠层的光波导 10a, 光发生系统 12 (见图 2), 耦合元件 16, 和外壳 14。

多个波导 10a 中的每个波导 10a 包含有第一折射率的中央透明芯 80。芯 80 可以利用现有技术中适合于传播光波的任何材料制成, 例如, 有机玻璃或聚合物, 但不限制于这些材料。中央芯 80 可以利用光学塑料制成, 例如, Lexan®, 它是通用电气公司的商品, 或诸如 BK7 型号的玻璃。本发明的这个优选实施例是利用各种玻璃片实现的, 其厚度是在 2 微米至 100 微米的范围内, 并有可控制的长度和宽度。中央芯 80 是制成在至少两个包层 82 之间的薄层。与玻璃紧密接触的包层

82 有第二折射率，第二折射率小于中央芯 80 的第一折射率，因此，允许光 22 在芯 80 中传播时基本发生光的全内反射。例如，包层 82 可以是合适的塑料，有机玻璃，普通玻璃，粘结剂，聚氨脂，低折射率聚合物，或环氧树脂，其颜色最好是黑的。在使用多个包层 82 时，最好是，清澈的包层接触玻璃片，而黑着色层放置在相邻两个清澈包层之间，从而改进输出面 24 的视觉对比度和光 22 通过芯 80 的内反射。在输出面 24 处提供附加的黑度，使用至少一个黑着色层就可以改进对比度。此外，输出面 24 处黑着色层的暴露边缘是观察者可以直接观察到的。而且，通过输出面 24 离轴进入波导的环境光在内部被黑着色层吸收。可以按照任何适当的方法制成黑着色层，例如，在一个或多个黑着色层中，利用黑色喷漆，或环氧树脂粘合剂内的碳颗粒与相邻芯 80 粘贴在一起。以下更具体地讨论制成包层 82 和芯 80 的方法。

该优选实施例中的波导 10a 制成沿输出面 24 的宽度在水平方向上连续延伸的扁平带形式。最好是，带状波导 10a 在垂直方向上沿输出面 24 的高度叠层。因此，光屏面 10 的垂直分辨率取决于沿输出面 24 高度叠层的波导 10a 数目。例如，525 个波导的叠层给出 525 条垂直线的分辨率。

多个叠层波导 10a 可以是这样制成的，首先在其尺寸略微大于第一个玻璃片的槽中铺设第一个玻璃片。然后，该槽中可以填充热固化环氧树脂。环氧树脂最好是黑色的，为了在各个波导之间形成一个黑色层，从而供改进视觉对比度。此外，环氧树脂应当具有合适包层 82 的性质，例如，其折射率低于玻璃片的折射率，可以使玻璃片内的光 22 基本发生全内反射。在槽中填充环氧树脂以后，反复地重叠玻璃片 80，因而在各个玻璃片 80 之间形成一层环氧树脂。在形成约 500 片至 800 玻璃片叠层之前反复地进行重叠。然后，可以给叠层加上均匀的压力，使环氧树脂在各个玻璃片 80 之间流动，形成大致均匀的薄层。在本发明的一个优选实施例中，得到各个玻璃片 80 之间的均匀薄层约为 0.0002"。然后，叠层可以在 80 摄氏度下烘干，烘干时间是固化环氧树脂所需的时间，再缓慢地冷却叠层以避免玻璃的破裂。在固化之

后，可以用锯切割叠层，例如，利用金刚石锯进行切割成所需的尺寸，但不限制于使用金刚石锯。然后，可以利用金刚砂抛光屏面 10 的切割部分以去除一些锯痕。

在本发明的另一个实施例中，多个玻璃片 80 分别涂敷或浸泡在其折射率低于玻璃折射率的物质中，并利用胶水或热固化环氧树脂把多个涂敷薄片固定在一起，胶水或热固化环氧树脂最好是黑色的。第一个涂敷玻璃片 10a 放入其尺寸略微大于第一个涂敷玻璃片 10a 的槽中，该槽中填充热固化黑色环氧树脂，并反复地重叠涂敷的玻璃片 10a，从而在各个涂敷玻璃片 10a 之间形成一层环氧树脂。最好是，在形成约 500 片至 800 玻璃片叠层之前反复地进行重叠。在环氧树脂固化之前，可以给叠层加上均匀的压力，并切割叠层成所需的尺寸。叠层可以切割成弯曲或平整的，在切割之后可以抛光或不抛光叠层。

在本发明的另一个实施例中，玻璃片 80 的宽度最好是在 0.5" 至 1.0" 的范围内，且有可控制的长度，例如，在 12" 与 36" 之间。利用放置在各个玻璃片 80 之间的一层黑色紫外粘合剂重叠各个玻璃片 80。然后，利用紫外线辐射固化每个粘合层，可以切割和/或抛光该叠层。

在切割和/或抛光叠层之后，以上每个实施例的方法还包括：在矩形的外壳内，粘贴耦合元件 16 到叠层的输入面 20，并固定粘贴了耦合元件 16 的叠层。叠层是这样固定的，外壳 14 的开放前面与输出面 14 对准，外壳 14 内的光发生器 12 与耦合元件 16 的光路对准。

光发生系统 12 提供入射到耦合元件 16 上的光 22，并参照图 2 给以讨论。光发生系统 12 中的光源 30 可以安装在外壳 14 内的适当位置以减小外壳 14 的体积和深度。光源 30 最好安装在外壳 14 内输入面 20 顶部的正后方，使最初投射的光 22 是垂直向下，于是，光 22 被光发生系统 12 中的光转向单元 32 沿垂直方向朝上转向，以便在光路上对准耦合元件 16。在本发明的一个优选实施例中，各个波导 10a 沿水平方向延伸而不倾斜，因此，允许图像沿水平方向直接传输通过波导 10a，便于观察者直接观察，使观察者可以接收光 22 的全部强度以得到最大的亮度。可以在输出面 24 上任选地放置一片漫射材料以改进显

示装置的视角。或者，替代利用一片漫射材料，漫射面可以直接形成在输出面 24 上，以实现相同的改进视角的目的。因此，为了获得最大的亮度，来自光发生系统 12 的入射光 22 必须基本上转向水平方向。棱镜耦合元件 16 可用于以高达 90 度的角度转向光，从而使光进入输入面 20。在本发明的一个实施例中，透射式直角薄膜 (TRAF) 以 81 度角转向光。

光耦合元件 16 紧邻整个输入面 20，并可以适当地粘贴到此输入面上，用于耦合或转向来自光发生系统 12 的入射光 22 进入输入面，以便传输通过波导 10a。本发明的波导 10a 可以有一个接收入射光 22 的有限接收角，以及使耦合元件 16 对准以保证图像光 22 合适地转向，进入到容许接收角内的波导芯 80。

在本发明的一个优选实施例中，耦合元件 16 包括：费涅耳棱镜槽 16a，棱镜槽 16a 沿输入面 20 的宽度方向是笔直的，而沿输入面 20 的高度方向是垂直等间隔的，这种棱镜耦合元件 16 能使光转向高达 90 度角。在本发明的另一个优选实施例中，棱镜耦合元件 16 是 Minneapolis 市 St. Paul 3M 公司®生产的商品 TRAF，其商标名为 TRAF II®。任选的光反射器可以放置在紧靠棱镜耦合元件 16，用于把棱镜槽 16a 处的任何杂散光 22 反射回波导 10a 中。在本发明的一个优选实施例中，耦合元件 16 (或光转向面) 可以制成在输入面 20 上。

耦合元件 16 还可以是衍射元件 16 的形式。衍射耦合元件 16 包括有大量微小槽的衍射光栅，槽沿水平方向延伸并与各个波导 10a 平行，这些槽在输入面 20 高度的上方沿垂直方向紧密排列。耦合元件 16 还可以是其他的形式，包括全息元件，但不限于全息元件。

外壳 14 支承基本密闭机箱中的波导叠层 10a 和光发生系统 12。输出面 24 是面朝外并朝向观察者和环境光，而输入面 20 和相邻的耦合元件 16 是面朝内，最好是朝向外壳 14 内的黑表面，从而提供附加的黑色以增强输出面 24 的对比度。由于波导 10a 和耦合元件 16 具有无源性质，这个附加的黑色是在输出面 24 上。若这些无源器件密闭在黑色区，则在没有被入射到输入面 20 上的图像光 22 照射的情况下，

输出面 24 呈现黑色。

图 4 是说明投影来自图像源 110 的图像到光屏面 10 上的光学系统 100 的简化后视图（也表示图 4 中所示的例子）。光学系统 100 可以代替以上结合图 2 描述的光发生系统 12。光学系统 100 包括：图像源 110，成像单元 120，变形单元 130，和远心单元 140。光屏面 10 可以是以上图 1 至图 3 的实施例中描述的类型。或者，光屏面可以是不同的类型，取决于专业人员的设计选择或例行实验。图像源 110，成像单元 120，变形单元 130，和远心单元 140 相对于一个平面在名义上都是对称的，理想的是，这个平面包含所有光学单元的曲率中心。为了便于讨论，以下称这个平面为“y-z 平面”。

此处，入射角 θ 定义为从物平面中心到显示图像平面中心的直线与垂直于显示图像平面的直线之间形成的夹角。图 5 中画出这个夹角，其中投影系统使用透镜而非反射镜。在投影系统中使用反射镜作为光学元件的实施例中，如图 6 所示，从物平面中心到图像平面中心的直线是“折叠的”或“反射的”，其中远心单元是反射镜。图像以大于零的入射角 θ 投影到显示图像平面上。在本发明的一个优选实施例中，入射角 θ 约在 50° 至 85° 的范围内，在本发明的另一个优选实施例中，入射角 θ 约为 78° 。

由于与这种配置相关的倾斜是很重要的，所以，在整个光学系统中图像平面的光倾斜操作最好是逐渐展开的。换句话说，光学系统中的光学单元，即，成像单元 120，变形单元 130，和远心单元 140，各自使物体的图像发生倾斜。虽然利用光学系统中仅仅一个或几个光学单元完成这种倾斜操作也是可以的。图像源 110 和成像单元 120 各自绕 x 轴倾斜。倾斜图像源 110 和成像单元 120 是按照这种方法，利用 Scheimflug 规则使图像平面产生中间倾斜。

成像单元 120 在中间图像平面上生成物体的图像，形成的夹角介于图像源 110 的平面（“物平面”）和目标输入面 20 的平面（“显示图像平面”）之间。变形单元 130 和远心单元 140 也绕 x 轴倾斜，使图像平面产生进一步的中间倾斜。虽然变形单元 130 产生倾斜图像的

倾斜操作对于光学系统 100 不是必要的，但是变形单元 130 提供某种程度的倾斜操作是有利的，它可以提高图像的质量。

图像源 110 可以是照明物体，例如，LCD 或 DMD，或可以是发光物体，例如，LED 阵列或激光器。成像单元 120 最好包括旋转对称面，它是由可以包含球面或非球面的玻璃或塑料制成。

光学系统 100 中的变形单元 130 主要用于减小图像的变形失真，最好放在光学系统 100 的光程内成像单元 120 之后的位置。虽然，在某些配置中，可能要求成像单元 120 是在光学系统 100 的光程内变形单元 130 之后的位置。在这个公开的内容中，变形单元是这样一种单元，它在两个正交轴（例如，x 轴和 y 轴）上有不同的屈光本领。

变形单元 130 最好包括三个元件组，即，正聚焦组 130，负聚焦组 131，和负图像扩展组 133。在这三个元件组中的每个组内，至少有一个非球面的柱面或双向对称元件。每个元件组还可以任选地包含这样的元件，它有球面或非球面的旋转对称面。各个元件组中的每个组可以相对于光学系统 100 的中央纵向光轴 101(图 4)倾斜或偏离中心，取决于所需的校正量或校正类型。各个元件组中的这些调整（即，倾斜或偏离中心）可以通过例行的实验确定，根据此处公开的内容，这些调整对于本领域专业人员是显而易见的。每个元件组的安排或调整可以独立于光学系统 100 中的其余单元（包括变形单元 130 内其余的各个元件组）。例如，这种安排或调整可能要求负聚焦组 132 相对于光学系统 100 的中央纵向光轴 101 有正的倾斜，而正聚焦组 131 和负图像扩展组 133 相对于光学系统 100 的中央纵向光轴 101 各有负的倾斜。当然，参照这个描述的其他配置也是在本发明的范围内。或者，在所有的配置中不必要求正好有三个元件组（变形单元 130 内）。虽然，在理想上，变形单元 130 内三个元件组中的每个组使物体的图像发生倾斜，但总的要求是总体倾斜效果是达到某个值，这个值可以由变形单元 130 内的或多或少的元件组完成。变形单元 130 内元件组的准确数目可以取决于光学系统的总体配置（包括上述的倾斜操作），入射角 θ 的值，和所要求的图像质量。

光学系统 100 中的远心单元 140 主要用于减小或消除图像的梯形图像失真（或称之为“梯形”失真），这种失真往往发生在入射角 θ 大于零的成像系统中。此外，如果需要，远心单元 140 可以任选地对物体的图像实施倾斜操作（如上所述），也可以任选地用于聚焦图像。远心单元 140 最好是在光学系统 100 的光程内变形单元 130 和成像单元 120 之后的位置，且可以包括透镜，反射镜或透镜/反射镜的组合。如上所述，可能要求远心单元 140 是图 6 所示的反射镜，使光学系统 100 的光程发生折叠，从而减小包含光屏面 10 和光学系统 100 的外壳 14（图 1-3）的总体深度 D。

在这个公开的内容中，远心单元是使光线变成大致平行的一种单元。换句话说，从远心反射镜元件反射的光，或从远心透镜元件出射的光，不再进一步扩展（不是圆锥形），因此，这似乎是来自无限远距离的物体。

可能要求远心单元 140 相对于光学系统 100 的中央纵向光轴 101 是倾斜和偏离中心，它取决于所要求的校正量和校正类型。远心单元 140 的这些调整（即，倾斜和偏离中心）可以通过例行的实验确定，根据此处公开的内容，这些调整对于本领域专业人员是显而易见的。在这个优选实施例 100 中，远心单元 140 可以包括环形和/或非球面的非旋转对称面，其目的是提高图像的质量。

作为远心单元 140 是上述透镜，反射镜，或透镜/反射镜组合的另一种方案，可以利用电子学方法减小或消除梯形失真。例如，图像源 110 可以是 DMD，它配置成产生有“反梯形失真”的图像，“反梯形失真”补偿投影路径光学系统所造成的梯形失真。当然，这种失真校正技术可用于补偿光学系统中聚焦元件的任何其他的失真校正。虽然这种技术的描述是参照 DMD 调制器，但是也可以利用诸如 LCD 的其他调制器。

图 5 是利用图 4 所示类型优选光学系统 100 中超薄光屏面 10 的横截面侧视图。常用的光学设计软件，例如，ZEMAX（Focus Software, Inc.），可用于辅助描述各种特性（例如，半径，厚度，玻璃类型，直径，以及表面是否为二次曲线），这些特性对应于光学系统 100 内每

个单元/组中每个表面区。在图 4 所示的典型配置中, ZEMAX 软件输出描述这些表面特性的表面数据, 如表 1 中所示。表面#4-#16 的表面数据(表 1 中的左侧一列)对应于成像单元 120。表面#19-#26, #29-#31, 和#35-#39 的表面数据分别对应于变形单元 130 内的正聚焦组 131, 负聚焦组 132, 和负图像扩展组 133。表面#43 的表面数据对应于远心单元 140。

当然, 根据此处公开的内容, 每个单元/组的其他表面数据值对于本领域的一般专业人员是显而易见的, 通过例行的实验可以确定这些表面数据值, 它取决于光学系统 100 内各个单元/组的总体配置和定位(包括上述的倾斜操作), 入射角 θ 的值, 和所要求的图像质量。

表 1

描述光学系统 100 内每个单元的表面数据汇总和细节的 ZEMAX 软件输出

10 SURFACE DATA SUMMARY:

	Surf	Type	Radius	Thickness	Glass	Diameter	Conic
	OBJ	STANDARD	Infinity	0		21.756	0
	1	STANDARD	Infinity	0		21.756	0
15	2	COORDBRK	-	292.175	-	-	-
	3	COORDBRK	-	-249.4148	-	-	-
	4	STANDARD	Infinity	10.69606	SFL6	64.80751	0
	5	STANDARD	-74.6184	19.99612		65.37593	0
	6	STANDARD	228.0807	10.34738	SK5	50.95582	0
20	7	STANDARD	-55.44567	4.999329	SF2	49.81779	0
	8	STANDARD	Infinity	19.96982		46.37759	0
	STO	STANDARD	Infinity	6		35.65802	0
	10	STANDARD	-45.74455	15.99918	SF2	37.60689	0
	11	STANDARD	Infinity	3.357388		56.80725	0
25	12	STANDARD	-184.6081	14.13996	LAKN22	58.86762	0
	13	STANDARD	-42.9287	8.995559	SF1	62.42738	0
	14	STANDARD	-66.38955	0.5		75.3492	0
	15	STANDARD	Infinity	15	SK5	88.60007	0
	16	STANDARD	-100.051	119.414		91.11639	0
30	17	COORDBRK	-	-84.414	-	-	-
	18	COORDBRK	-	0	-	-	-
	19	BICONICX	Infinity	20	BK7	157.8103	0
	20	IRREGULA	Infinity	-20		152.2011	0
	21	COORDBRK	-	108.4461	-	-	-
35	22	COORDBRK	-	0	-	-	-
	23	IRREGULA	Infinity	20	BK7	163.0092	0
	24	BICONICX	Infinity	0	SAN	214.3203	0
	25	BICONICX	Infinity	15	SFL56	214.3203	0
	26	BICONICX	Infinity	-35		227.1676	0
40	27	COORDBRK	-	189.2805	-	-	-
	28	COORDBRK	-	0	-	-	-
	29	BICONICX	Infinity	20	BK7	181.0634	0
	30	BICONICX	Infinity	0	SAN	201.5716	0
	31	BICONICX	Infinity	25	SFL56	201.5716	0
45	32	BICONICX	Infinity	-45		209.3956	0
	33	COORDBRK	-	364.5128	-	-	-
	34	COORDBRK	-	0	-	-	-

	35	IRREGULA	-194.006	35	POLYCARB	288.6875	0
	36	IRREGULA	-194.006	-35		309.3933	0
	37	COORDBRK	-	80	-	-	-
	38	COORDBRK	-	0	-	-	-
5	39	BICONICX	Infinity	30	ACRYLIC	306.0721	0
	40	BICONICX	Infinity	-30		252.3439	0
	41	COORDBRK	-	850	-	-	-
	42	COORDBRK	-	0	-	-	-
	43	BICONICX	-3722.143	0	MIRROR	367.4967	0
10	44	COORDBRK	-	-35	-	-	-
	45	COORDBRK	-	-415	-	-	-
	46	COORDBRK	-	0	-	-	-
	47	STANDARD	Infinity	-12.5	BK7	0	0
15	IMA	STANDARD	Infinity			1272.227	0

SURFACE DATA DETAIL:

	Surface	OBJ	:	STANDARD
	Surface	1	:	STANDARD
20	Surface	2	:	COORDBRK
	Decenter	X	:	0
	Decenter	Y	:	0
	Tilt About	X	:	-14
	Tilt About	Y	:	0
25	Tilt About	Z	:	0
	Order	:	Decenter then tilt	
	Surface	3	:	COORDBRK
	Decenter	X	:	0
	Decenter	Y	:	0
30	Tilt About	X	:	-3.6145015
	Tilt About	Y	:	0
	Tilt About	Z	:	0
	Order	:	Decenter then tilt	
	Surface	4	:	STANDARD
35	Surface	5	:	STANDARD
	Surface	6	:	STANDARD
	Surface	7	:	STANDARD
	Surface	8	:	STANDARD
	Surface	STO	:	STANDARD
40	Surface	10	:	STANDARD
	Surface	11	:	STANDARD
	Surface	12	:	STANDARD
	Surface	13	:	STANDARD
	Surface	14	:	STANDARD
45	Surface	15	:	STANDARD
	Surface	16	:	STANDARD
	Surface	17	:	COORDBRK
	Decenter	X	:	0
	Decenter	Y	:	0
50	Tilt About	X	:	3.6145015
	Tilt About	Y	:	0
	Tilt About	Z	:	0
	Order	:	Decenter then tilt	
	Surface	18	:	COORDBRK
55	Decenter	X	:	0
	Decenter	Y	:	0
	Tilt About	X	:	-33.784948

```

      Tilt About Y : 0
      Tilt About Z : 0
      Order : Tilt then decenter
      Surface 19 : BICONICX
5     X Radius : 173.59718
      X Conic : 0
      Aperture : Rectangular Aperture
      X Half Width : 50
      Y Half Width : 57
10    Y- Decenter : -35
      Surface 20 : IRREGULA
      Decenter X : 0
      Decenter Y : 0
      Tilt X : 0
15    Tilt Y : 0
      Spherical : 0
      Astigmatism : 0
      Coma : 0
      Aperture : Rectangular Aperture
20    X Half Width : 50
      Y Half Width : 57
      Y- Decenter : -35
      Surface 21 : COORDBRK
      Decenter X : 0
25    Decenter Y : 0
      Tilt About X : 33.784948
      Tilt About Y : 0
      Tilt About Z : 0
      Order : Decenter then tilt
30    Surface 22 : COORDBRK
      Decenter X : 0
      Decenter Y : 0
      Tilt About X : -37.672381
      Tilt About Y : 0
35    Tilt About Z : 0
      Order : Tilt then decenter
      Surface 23 : IRREGULA
      Decenter X : 0
      Decenter Y : 0
40    Tilt X : 0
      Tilt Y : 0
      Spherical : 0
      Astigmatism : 0
      Coma : 0
45    Aperture : Rectangular Aperture
      X Half Width : 35
      Y Half Width : 70
      Y- Decenter : -48
      Surface 24 : BICONICX
50    X Radius : -218.64119
      X Conic : 0
      Aperture : Rectangular Aperture
      X Half Width : 35
      Y Half Width : 70
55    Y- Decenter : -48
      Surface 25 : BICONICX
      X Radius : -218.64119

```

```

      X Conic      :      0
      Aperture    : Rectangular Aperture
      X Half Width :      35
      Y Half Width :      70
5      Y- Decenter :      -48
      Surface 26  : BICONICX
      X Radius    :    173.59718
      X Conic     :      0
      Aperture    : Rectangular Aperture
10     X Half Width :      35
      Y Half Width :      70
      Y- Decenter :      -48
      Surface 27  : COORDBRK
      Decenter X  :      0
15     Decenter Y  :      0
      Tilt About X :    37.672381
      Tilt About Y :      0
      Tilt About Z :      0
      Order       : Decenter then tilt
20     Surface 28  : COORDBRK
      Decenter X  :      0
      Decenter Y  :      0
      Tilt About X :    -19.557286
      Tilt About Y :      0
25     Tilt About Z :      0
      Order       : Decenter then tilt
      Surface 29  : BICONICX
      X Radius    :    -97.933517
      X Conic     :      0
30     Aperture    : Rectangular Aperture
      X Half Width :      58
      Y Half Width :      65
      Y- Decenter :      -43
      Surface 30  : BICONICX
35     X Radius    :    218.64119
      X Conic     :      0
      Aperture    : Rectangular Aperture
      X Half Width :      58
      Y Half Width :      65
40     Y- Decenter :      -43
      Surface 31  : BICONICX
      X Radius    :    218.64119
      X Conic     :      0
      Aperture    : Rectangular Aperture
45     X Half Width :      58
      Y Half Width :      65
      Y- Decenter :      -43
      Surface 32  : BICONICX
      X Radius    :    -218.64119
50     X Conic     :      0
      Aperture    : Rectangular Aperture
      X Half Width :      58
      Y Half Width :      65
      Y- Decenter :      -43
55     Surface 33  : COORDBRK
      Decenter X  :      0
      Decenter Y  :      0

```

```

      Tilt About X :      19.557286
      Tilt About Y :          0
      Tilt About Z :          0
      Order       : Decenter then tilt
5  Surface 34    : COORDBRK
      Decenter X  :          0
      Decenter Y  :     -53.183452
      Tilt About X :     -2.0483201
      Tilt About Y :          0
10  Tilt About Z :          0
      Order       : Decenter then tilt
      Surface 35 : IRREGULA
      Decenter X  :          0
      Decenter Y  :          0
15  Tilt X       :          0
      Tilt Y       :          0
      Spherical   :          0
      Astigmatism :          0
      Coma        :          0
20  Aperture     : Rectangular Aperture
      X Half Width :      90
      Y Half Width :      80
      Surface 36  : IRREGULA
      Decenter X  :          0
25  Decenter Y   :          0
      Tilt X       :     4.132604
      Tilt Y       :          0
      Spherical   :          0
      Astigmatism :          0
30  Coma         :          0
      Aperture     : Rectangular Aperture
      X Half Width :      90
      Y Half Width :      80
      Surface 37  : COORDBRK
35  Decenter X   :          0
      Decenter Y   :     53.183452
      Tilt About X :     2.0483201
      Tilt About Y :          0
      Tilt About Z :          0
40  Order        : Tilt then decenter
      Surface 38  : COORDBRK
      Decenter X   :          0
      Decenter Y   :          0
      Tilt About X :     11.853793
45  Tilt About Y :          0
      Tilt About Z :          0
      Order        : Decenter then tilt
      Surface 39  : BICONICX
      X Radius     :    -108.26109
50  X Conic       :    -0.43754756
      Aperture     : Rectangular Aperture
      X Half Width :      90
      Y Half Width :      78
      Y- Decenter  :     -63
55  Surface 40   : BICONICX
      X Radius     :          0
      X Conic      :          0

```

```

Aperture      : Rectangular Aperture
X Half Width  :      110
Y Half Width  :      78
Y- Decenter   :     -63
5  Surface 41  : COORDBRK
  Decenter X   :      0
  Decenter Y   :      0
  Tilt About X :    -11.853793
  Tilt About Y :      0
10  Tilt About Z :      0
  Order       : Decenter then tilt
Surface 42    : COORDBRK
  Decenter X   :      0
  Decenter Y   :      0
15  Tilt About X :      6.25
  Tilt About Y :      0
  Tilt About Z :      0
  Order       : Decenter then tilt
Surface 43    : BICONICX
20  X Radius   :   -2108.2232
  X Conic      :      0
  Aperture     : Rectangular Aperture
  X Half Width :      510
  Y Half Width :      92
25  Y- Decenter :     -92
Surface 44    : COORDBRK
  Decenter X   :      0
  Decenter Y   :      0
  Tilt About X :      0
30  Tilt About Y :      0
  Tilt About Z :      0
  Order       : Decenter then tilt
Surface 45    : COORDBRK
  Decenter X   :      0
35  Decenter Y   :      0
  Tilt About X :      6.25
  Tilt About Y :      0
  Tilt About Z :      0
  Order       : Decenter then tilt
40  Surface 46  : COORDBRK
  Decenter X   :      0
  Decenter Y   :   -78.542123
  Tilt About X :      79
  Tilt About Y :      0
45  Tilt About Z :      0
  Order       : Decenter then tilt
Surface 47    : STANDARD
  Aperture     : Rectangular Aperture
  X Half Width :      518
50  Y Half Width :      391
  Y- Decenter   :      4
Surface IMA    : STANDARD
  Aperture     : Rectangular Aperture
  X Half Width :      518
55  Y Half Width :      391

```

以上描述的光学系统 100 在光屏面 10 的输入面 20 表面上产生正确聚焦的图像，在保持物体与图像之间线性点对点变换的情况下，保留原始物体的纵横比。

本领域专业人员知道，可以实现本发明的许多改动和变化。例如，替代包括透镜，成像单元 120 和变形单元 130 可以各自包括反射镜或透镜或透镜/反射镜的组合。可以要求提供的成像单元 120 和/或变形单元 130 是反射镜，或提供附加的反射镜，以实现光学系统 100 中光程的折叠或多次折叠，从而减小包含光屏面 10 和光学系统 100 的外壳 14（图 1-3）的总体深度 D。以上的描述和以下的权利要求书的目的是覆盖所有这些改动和变化。

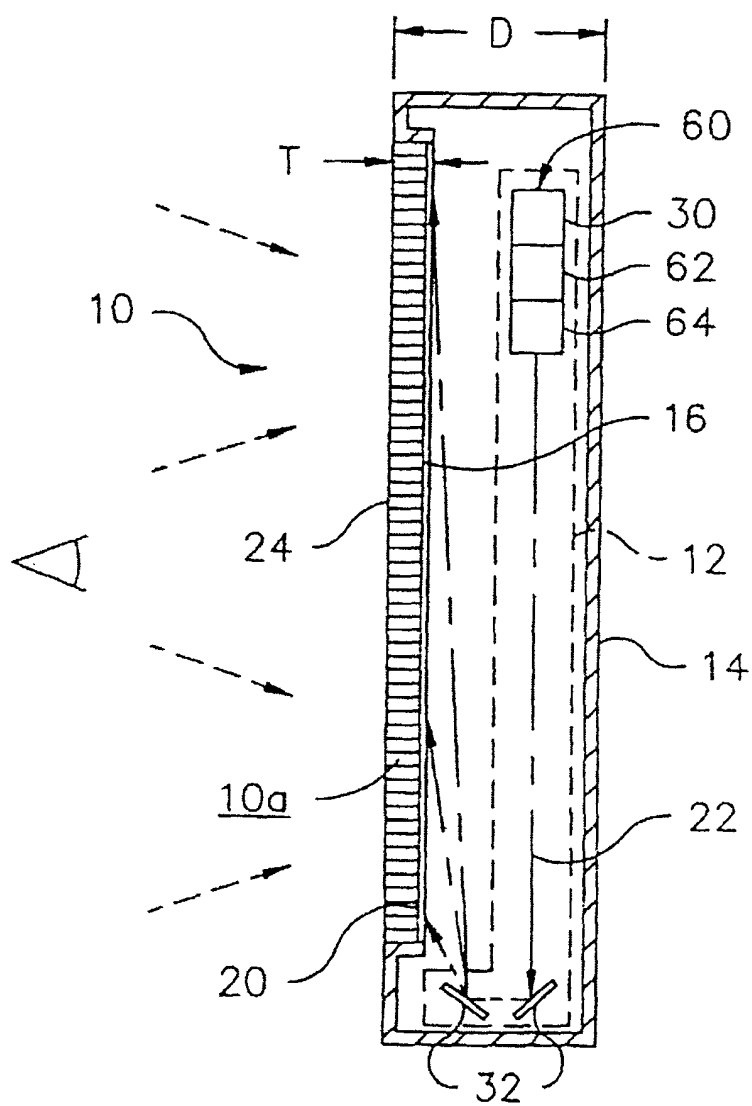


图2

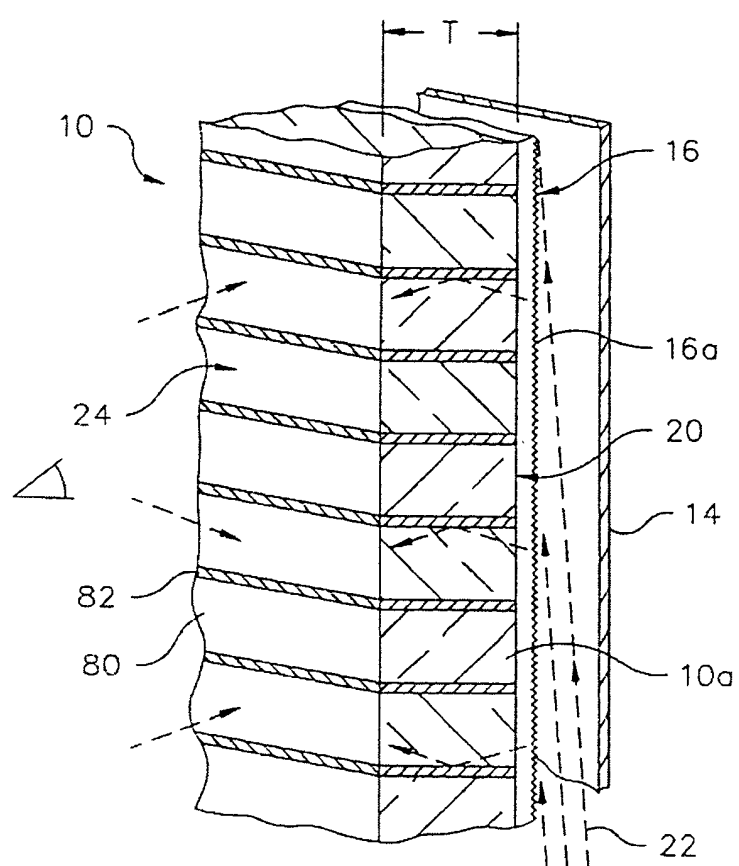


图3

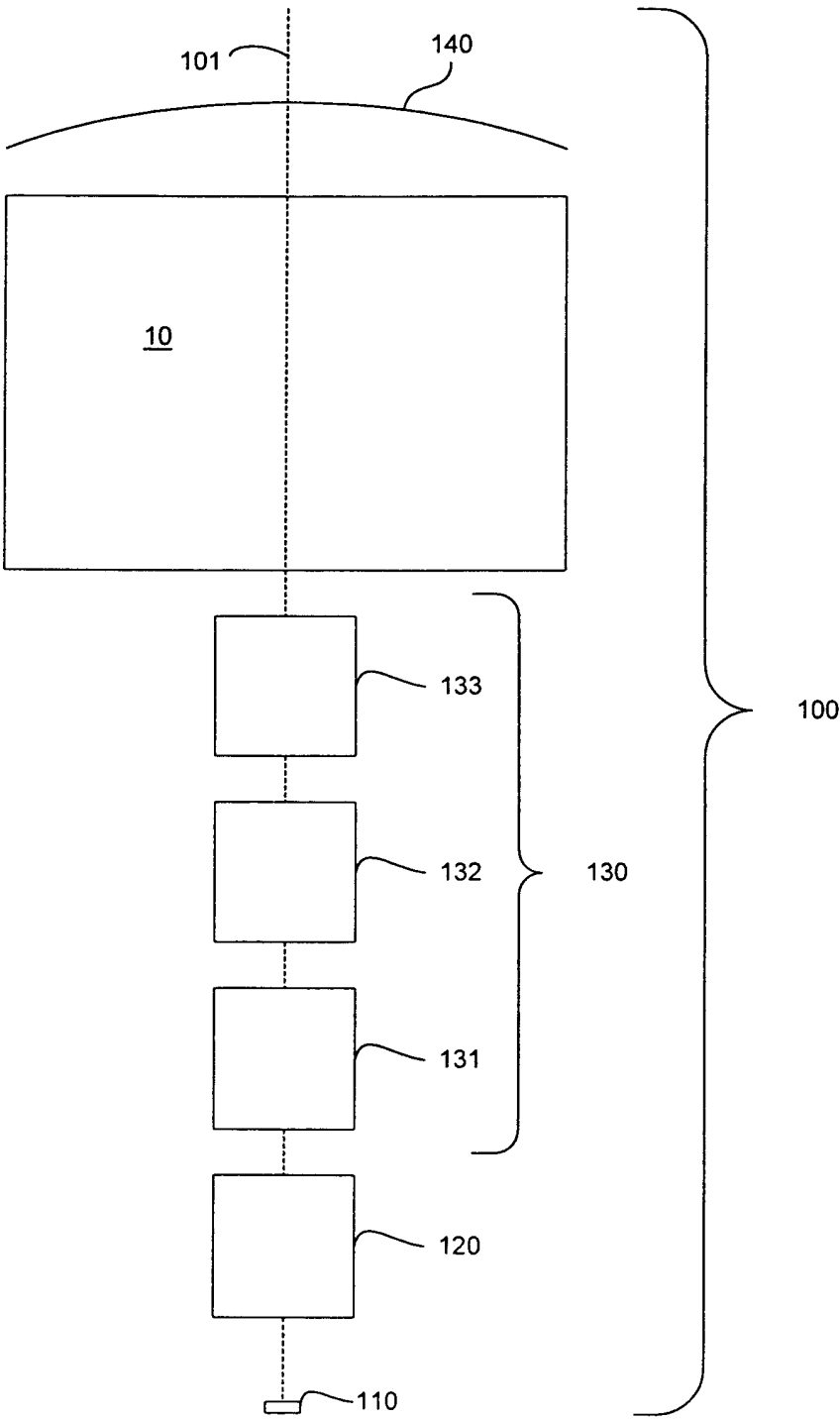


图4

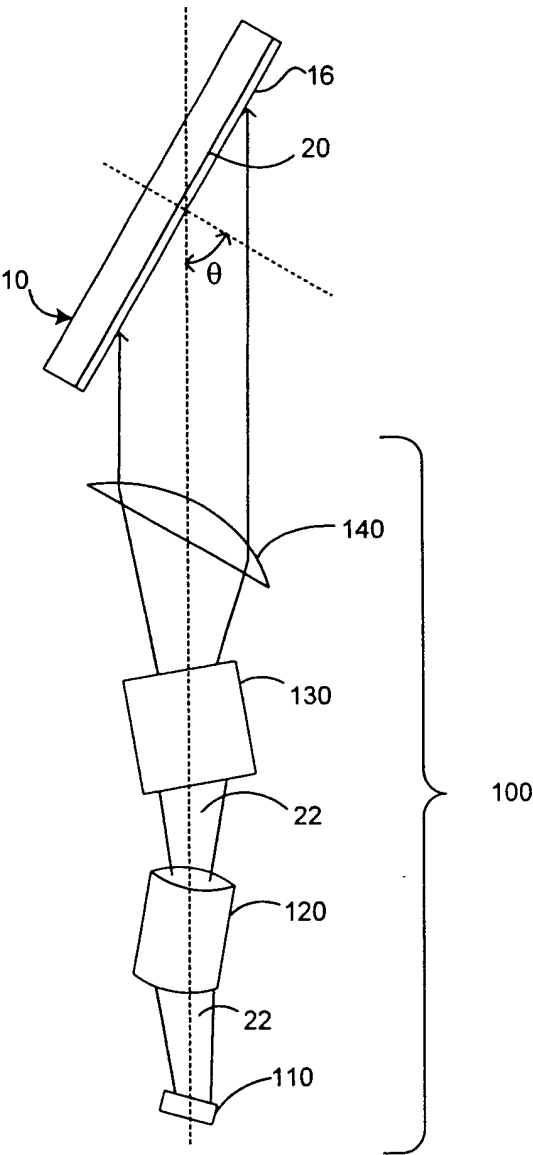


图 5

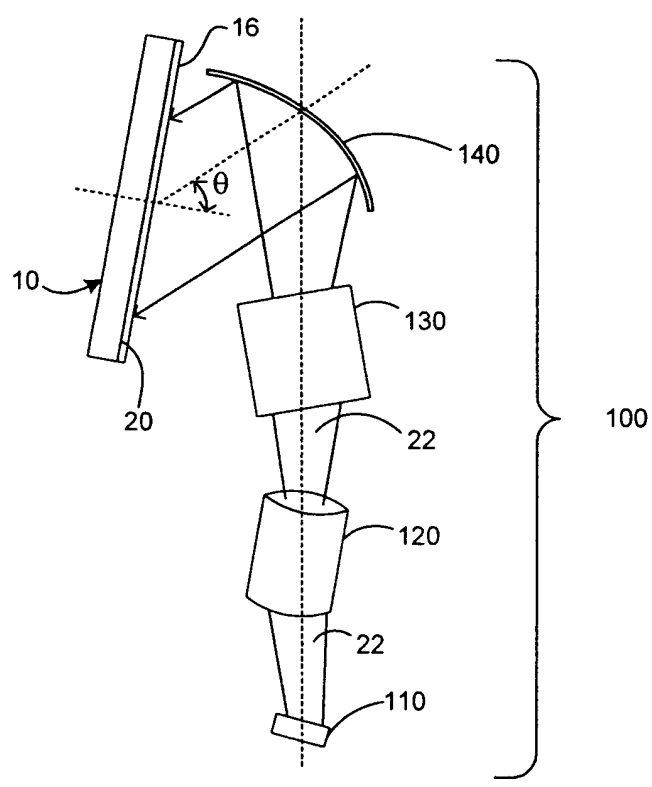


图6