

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04N 5/74 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680018049.3

[43] 公开日 2008 年 5 月 14 日

[11] 公开号 CN 101180873A

[22] 申请日 2006.4.26

[21] 申请号 200680018049.3

[30] 优先权

[32] 2005. 4. 26 [33] US [31] 60/674,981

[86] 国际申请 PCT/US2006/015892 2006.4.26

[87] 国际公布 WO2006/116536 英 2006.11.2

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.23

[71] 申请人 图象公司

地址 加拿大安大略

[72] 发明人 马修·奥多尔 史蒂文·里德
安东·巴列特 菲利普·英萨尔

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任
公司

代理人 余 刚 尚志峰

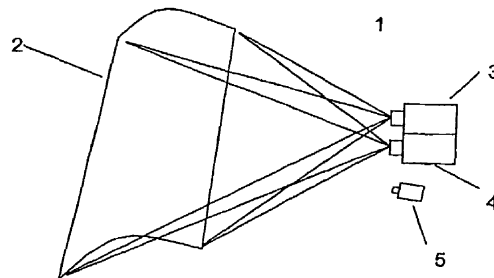
权利要求书 7 页 说明书 29 页 附图 21 页

[54] 发明名称

电子投影系统及其方法

[57] 摘要

本发明的实施例包括电子投影系统和方法。本发明的一个实施例包括通过包括第一投影器和至少一个第二投影器的投影系统生成组合图像的方法，包括通过确定来自第二投影器的至少一个第二图像中的像素与来自第一投影器的第一图像的对应像素之间的偏移量生成图像的像素对应映射；接收源图像；基于对应映射的至少一部分来扭曲源图像以产生扭曲图像；以及通过第一投影器显示源图像以及通过第二投影器显示扭曲图像，来生成组合图像。



1. 一种通过包括第一投影器和至少一个第二投影器的投影系统生成组合图像的方法，包括：

通过确定来自所述第二投影器的至少一个第二图像中的像素和来自所述第一投影器的第一图像的对应像素之间的偏移，生成图像的像素对应映射；

接收源图像；

至少部分基于所述对应映射，扭曲所述源图像以产生扭曲图像；以及

通过所述第一投影器显示所述源图像并通过所述第二投影器显示所述扭曲图像，以产生组合图像。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中，经验地生成所述对应映射。
3. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述第一图像和所述第二图像为相同的测试图案。
4. 根据权利要求1所述的方法，其中，在所述扭曲图像上重叠所述源图像，以产生所述组合图像。
5. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述第二投影器包括多个投影器且在所述多个投影器上产生用于显示的多个扭曲图像。
6. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述源图像和所述扭曲图像是二维呈现的一部分。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述源图像和所述扭曲图像是三维呈现的一部分。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述对应映射包括用于每个投影器像素的偏移量。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,利用子像素精度生成所述对应映射。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过利用所述第一投影器投影测试图案、利用所述第二投影器投影所述测试图案、以及测量与来自所述第一投影器的所述测试图案中的对应第一像素相对应的来自所述第二投影器的所述测试图案中的第二像素的位置,来生成所述对应映射。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,调整所述测试图案,以补偿所述屏幕增益。
12. 根据权利要求10所述的方法,其中,生成单独的测试图案并计算针对每种颜色的单独的对应映射。
13. 根据权利要求10所述的方法,其中,生成测试图案并计算针对白色光的对应映射。
14. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述测试图案包括由至少一个像素组成的点阵。
15. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述测试图案包括具有均匀照度分布的多像素点、具有非均匀照度分布的多像素点、或者具有高斯分布的多像素点中的至少一个。

16. 根据权利要求1所述的方法,其中,在显示过程中更新所述对应映射。
17. 根据权利要求1所述的方法,其中,在显示之前预先变形所述源图像,以去除梯形变形。
18. 根据权利要求17所述的方法,其中,在显示之前预先变形所述源图像,以去除透镜变形。
19. 根据权利要求4所述的方法,其中,降低所述第一投影器和所述第二投影器中灯的功率。
20. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一投影器和所述第二投影器中的每一个均包括多个颜色通道;所述第一投影器和所述第二投影器中的每一个均包括投影透镜,所述投影透镜输出用于所述多个颜色通道的具有不同偏光状态的光;以及在来自所述第一投影器和所述第二投影器中的每一个的一个颜色通道上执行所述扭曲。
21. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一投影器和所述第二投影器中的每一个均包括多个颜色通道;所述第一投影器和所述第二投影器中的每一个均包括投影透镜,所述投影透镜输出用于所述多个颜色通道的具有不同偏光状态的光;以及在来自所述第一投影器的一个颜色通道上和来自所述第二投影器的所有颜色通道上执行所述扭曲。
22. 根据权利要求7所述的方法,其中,在二维呈现和三维呈现之间的转换包括改变到所述第一投影器和所述第二投影器的图像流。

23. 根据权利要求 7 所述的方法, 其中, 对以所述三维呈现的图像进行编码以允许通过观察者佩戴眼镜来分开立体图像。
24. 根据权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述源图像具有比所述第一投影器和所述第二投影器的显示分辨率更高的分辨率。
25. 根据权利要求 24 所述的方法, 其中, 所述源图像包括高分辨率图像和较低分辨率图像的三维立体对, 其中, 所述高分辨率图像被扭曲。
26. 根据权利要求 24 所述的方法, 其中, 用电增强三维图像并通过所述第二投影器显示所述增强型图像。
27. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 用电增强源图像并通过所述第二投影器显示所述增强型源图像。
28. 根据权利要求 1 所述的方法, 还包括将所述第一投影器和所述第二投影器关闭, 以建立消隐期。
29. 根据权利要求 28 所述的方法, 其中, 所述消隐期的时间长度能够调整。
30. 根据权利要求 29 所述的方法, 其中, 在所述源图像和所述扭曲图像的显示期间执行所述调整。
31. 根据权利要求 28 所述的方法, 其中, 使所述消隐期与所述源图像和所述扭曲图像的显示同步。
32. 根据权利要求 31 所述的方法, 其中, 所述消隐期的开始时刻能够调整。

33. 根据权利要求1所述的方法,其中,使所述第一投影器和所述第二投影器之间的颜色相匹配。
34. 根据权利要求1所述的方法,其中,使所述第一投影器和所述第二投影器之间的照度相匹配。
35. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述组合图像的亮度大于所述源图像的亮度。
36. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述组合图像的逼真度高于所述源图像的逼真度。
37. 一种能够生成组合图像的投影系统,包括:
- 第一投影器;
 - 至少一个第二投影器;
 - 对准照相机,能够记录由所述第一投影器产生的至少一个第一图像以及由所述第二投影器产生的至少一个第二图像,用于通过确定在来自所述第二图像的像素和来自所述第一图像的对应像素之间的偏移量来生成图像像素的对应映射;
 - 源图像缓存器,能够提供源图像;以及
 - 扭曲单元,能够基于所述对应映射的至少一部分扭曲所述源图像,以产生扭曲图像,
 - 其中,通过所述第一投影器显示所述源图像并通过所述第二投影器显示所述扭曲图像,以生成组合图像。
38. 根据权利要求37所述的投影系统,其中,所述投影系统能够显示电影呈现。

39. 根据权利要求 37 所述的投影系统, 其中, 所述投影系统能够显示二维呈现和三维呈现。
40. 根据权利要求 37 所述的投影系统, 其中, 通过实验方法生成所述对应映射。
41. 根据权利要求 37 所述的投影系统, 其中, 所述第一图像和所述第二图像为相同的测试图案。
42. 根据权利要求 37 所述的投影系统, 其中, 在所述扭曲图像上重叠所述源图像, 以生成所述组合图像。
43. 根据权利要求 37 所述的投影系统, 还包括用于所述第一投影器的第一快门和用于所述第二投影器的第二快门, 其中, 每个快门都能够在帧之间嵌入消隐期, 以减少运动伪像。
44. 一种通过包括第一投影器和至少一个第二投影器的投影系统生成组合图像的方法, 包括:

接收包括至少一个第一图像帧和第二图像帧的图像序列;

扭曲与所述第一图像帧相关的所述第二图像帧, 以产生扭曲的图像帧; 以及

在第一时间间隔通过所述第一投影器显示所述第一图像帧, 以及在第二时间间隔通过所述第二投影器显示所述扭曲图像, 其中, 所述第二时间间隔与所述第一时间间隔不相同。

-
45. 根据权利要求 44 所述的方法, 还包括在所述第一时间间隔关闭所述第二投影器以及在所述第二时间间隔关闭所述第一投影器, 以将所述第一图像帧的显示与所述扭曲的图像帧的显示暂时分开。
 46. 根据权利要求 45 所述的方法, 其中, 快门间隔能够调整。
 47. 根据权利要求 46 所述的方法, 其中, 当显示所述第一图像或所述第二图像时执行所述调整。
 48. 根据权利要求 44 所述的方法, 其中, 所述第二投影器的所述关闭与所述第一图像同步, 以及所述第一投影器的所述关闭与所述第二图像同步。
 49. 根据权利要求 48 所述的方法, 其中, 所述快门的时间能够调整。

电子投影系统及其方法

相关申请的交叉参考

本申请要求于 2005 年 4 月 26 日提交的美国临时申请第 60/674,981 号的优先权，其全部内容结合于此作为参考。

5 技术领域

总的来说，本发明涉及投影显示器领域，更具体地，涉及包括两个或多个其输出被结合以形成合成图像的投影器的电子投影系统领域。

背景技术

- 10 对于电影制片人和参展商在多元化的电影院中将他们的产品与竞争者的产品区别开来以及将用户可以在家里获得的体验与剧院体验的区别开来存在日益增加的需要。一种方法是提供比观众可以在别处体验图像更大、更清晰、且更明亮的图像。

- 15 这些年来已经进行了许多尝试通过一起平铺多个投影器（例如，20 世纪 50 年代的全息电影）或通过使用较大的 5 片孔 70 mm 的胶片帧（film frame）（例如，Todd AO 或立体声宽银幕电影）来改进基于投影器的电影效果。申请人 IMAX 公司利用 15 片孔 70 mm 的胶片帧成功开发了较高性能的电影系统；使其能够通过滚动环形胶片传送机构来播放。

区别基于投影器的电影效果的另一种方法是展示 3D 电影。这些年来，已经通过包括申请人在内的各种组织使这种方法商业化了。代表性地，3D 呈现 (presentation) 需要两个电影胶片 (每个胶片对应于每个眼睛)，并且需要两个独立的投影器，以显示包含在
5 电影胶片上的图像。有时，可以期望转换该系统，以使其能够放映标准 2D 电影，并且在两个投影系统都是一直向前的情况下；在使用一个投影器时可以关掉另一个投影器。我们可以看出，下面公开的本发明具有通过在 2D 操作中使用第二投影器而不是让其处于空闲状态来提高效果的优点。

10 电影产业的发展趋势是，由于包括节约电影发行的成本和实时地放映实况转播事件的各种原因，用现有技术的电子投影器来代替基于投影的标准电影。当前电子投影器的缺点在于，其在大沉浸屏幕所需的分辨率和光输出方面受到限制。这主要原因在于，仅与基于投影的标准 35 mm 胶片竞争为目的的电子投影器制造成本以及
15 当前重要性。用于处理电子投影器的分辨率和光输出限制的一种方法是，平铺或结合多个单独投影器的输出，以在显示屏表面形成一个大的组合图像。已被授权了用于论述将单个电子投影器的图像平铺或接合在一起的不同方法的多个专利，包括：

20 美国专利第 5,956,000 号公开了将 N 个投影器结合在一起以形成组合图像的方法，其中，子图像重叠并调整重叠区域来补偿这些区域中增加的亮度。还校正未对准的子图像。

美国专利第 6,115,022 号涉及平滑因数的三维阵列的使用，该阵列用于混合重叠图像接缝以及其它组合图像伪像。

25 美国专利第 6,456,339 号公开了通过将照相机到屏幕映射的结果与照相机到投影器映射的结果相结合来生成投影器到屏幕映射的方法。该投影器到屏幕映射用于产生依次用于扭曲图像的像素校

正函数，以校正未对准以及校正图像重叠的屏幕区域中的照度和颜色伪像。

美国专利第 6,222,593 号描述了一起平铺图像来实现高分辨率显示器的多投影器系统。由照相机拍摄图像并计算参数以通过解析式来允许扭曲每一个投影器的输出。

美国专利第 6,568,816 号和第 6,760,075 号均描述了具有将光提供给多个投影头的单个光源的投影系统，该多个投影头的输出是重叠以形成组合图像的子图像。单个光源保证消除子图像之间的色度匹配问题。

10 美国专利第 6,570,623 号公开了使用位于投影透镜和显示屏之间的混合框（blending frame）来控制重叠区中的图像亮度，并进一步公开了使用利用基于迭代算法的照相机的适当技术来微调重叠图像的混合。

15 美国专利第 6,771,272 号公开了一种包括像素计算单元和采样缓存器的图形系统，该系统用于通过在投影之前适当调整像素值来校正显示不均匀性，例如接缝重叠亮度。

20 美国专利第 6,733,138 号描述了一种将由通过投射来自每个投影器的配准图像（registration image）来形成联合配准图像的多个投影器组成镶嵌图像的系统。然后，该配准图像用于生成投影矩阵，该投影矩阵用于扭曲单独的源图像以实现统一的组合图像。对在重叠区域内每个投影器的亮度进行加权以使接缝可见度最小化。

美国专利第 6,804,406 号描述了利用显示器到屏幕和屏幕到照相机的空间变换函数以及空间照度传递函数以在投影之前预先扭

曲图像段的组合图像显示方法。空间照度函数的逆函数用于混合平铺组合图像中的颜色。

美国专利第 6,814,448 号公开了使用测试图像和感测方法以确定用于提供相同等级的照度的校正数据，重叠横跨整个显示屏表面
5 所包含的区域的组合图像显示系统。

所有这些平铺技术使用光学和电子图像校正的各种组合来保证重叠区域与未重叠区域无差别。电子图像校正牺牲了大量可用于显示图像的位（位深度），因为一些可用的图像位用于校正亮度和颜色的不均匀性。为了校正投影器之间像素的亮度、颜色不匹配以及
10 空间未对准，必须采用测量屏幕上的图像以确定所需校正的校准技术。

用于实现平铺的传统方法要求扭曲来自系统中每个投影器的图像。每个投影器都具有需要被去除的其自身的一组变形，以防止重叠区域附近或重叠区域内的伪像。去除所有变形需要到绝对屏幕
15 坐标上的映射，其通过解析式来完成。

在平衡两个投影器之间的亮度和颜色的过程中，必须调整每个颜色通道的输出。该调整是减法并导致组合系统的较低亮度输出。由于随着灯寿命而导致的亮度降低或颜色改变，所以使用平铺的这些显示器必须首先频繁地被重新校准。

同样，上面列出的这些专利并没提出投影 3D 立体动画图像的独特要求。首先，3D 投影需要待投影的图像数据的两个单独的编码通道，每个通道针对于每只眼睛（左和右）的观察位置。在平铺系统中，获得单独的左眼和右眼图像而不进行系统修改的唯一方法是实时多路复用左眼和右眼图像。如此，每个帧的显示持续时间被
20 二等分为用于显示左眼图像的第一部分和用于显示右眼图像的第
25

二部分。虽然这种方法是可能的，但在一个实施中，它要求观众佩戴昂贵的可更换的快门眼镜（eye shutter glasses）。可以通过使用切换右眼和左眼的图像偏光的快速动作的偏光转换元件来消除更换眼镜的需要，从而，使观众可以佩戴无源偏光眼镜，例如，参见美国专利第 4,281,341 号。无论使用可更换快门眼镜还是使用快速动作偏光镜，左眼和右眼图像的时间多路复用牺牲了亮度。同样，这些方法对电子投影机提出了较高的要求从而以较快速帧频放映内容并导致投影图像的位深降低。

也存在用于在平铺的投影系统中的投影 3D 的可替换方法，该方法需要修改屏幕上图像的位置。在两个投影机系统的情况下，该方法将需要使两个投影器的输出完全重叠。然后可以使用无源 3D 技术（偏光片或滤色片）来分开左眼和右眼图像。然而，在 2D 和 3D 电影屏幕之间的较短时间周期内转换将平铺 2D 操作和重叠 3D 操作的图像所需的系统将是复杂且成本高昂的。

用于结合用于 3D 和 2D 呈现的两个或多个投影器的输出的优选方法是完全重叠两个图像。当图像完全重叠时，两个投影机之间的亮度和颜色差异并不表现为肉眼容易检测到的局部不连续。这样，完全重叠的图像不会遭受平铺显示中导致的图像位深度和亮度的损失，以实现所要求的不均匀性，并且不要求校准来保证重叠和未重叠的区域是不可辨别的。在完全重叠的系统中，所需要的唯一校准是不同投影机投影的像素中产生像素未配准的空间变形的测量。因此，由于随着系统使用而产生的图像的亮度和颜色改变的不敏感性，重叠图像的投影系统更加稳定（robust）。

下述专利论述了通过电扭曲图像数据来实现的完全重叠的组合投影器的不同实施例。美国专利第 6,456,339 号，在该专利的一个实施例中，具有较小像素填充系数的两个投影器的图像被完全重叠以产生很好的分辨率显示。美国专利第 6,222,593 号描述了一个

实施例，其中，其扭曲系统用于重叠可用于增加 2D 亮度水平或者可用于 3D 应用的两个图像。

美国专利申请第 2004/0239885 号公开了使用到目标表面的导出的投影器对应映射的很好分辨率的组合方法。将所有图像分量扭曲到目标表面，然后空间频域中的算法操作优化了图像质量。该优化过程取决于正被显示的图像，并且该重复使其不适用于进行实时电影投影。

下述专利描述了一种用于通过使其与图像分量（component image）之间的一半像素偏移量进行叠加而不进行电扭曲图像来增加显示分辨率的方法。可以将偏移量定义为具有两个正交分量的矢量位移。

美国专利第 5,490,009 号公开了一种通过同时结合两个或多个空间偏移的光调节器的输出来增强显示设备的水平和/或垂直分辨率的方法。

美国专利第 6,222,593 号主要提出了一种平铺的方法，但提及了重叠图像以增加亮度级并允许系统使用 3D 呈现的可能性。

美国专利第 6,231,189 号公开了能够进行 2D 和 3D 呈现的双重偏光的光学投影系统，其中，在投影之前通过单个投影透镜结合单独的图像分量。在投影屏幕上充分重叠生成的图像，并且其可用于增加显示器的亮度，通过利用与不同于一个像素的另一像素相关的一个图像的固定偏移量来增加显示器的分辨率，或者利用图像分量的正交偏光以区分左眼图像和右眼图像从而投射立体图像。

诸如美国专利第 6,231,189 号和第 5,490,009 号的其他专利公开了用于通过彼此相关的固定子像素偏移重叠投影器来实现较高亮

度和分辨率的方法。为了在投影到弯曲屏幕上时达到固定偏移量，必须通过如美国专利第 6,231,189 号中公开的单个投影透镜来结合这些图像。这否定了使用现用投影器的可能性。此外，存在涉及通过固定子像素偏移量机械地配准像素以及在重复使用的整个过程中保持该偏移量的重要挑战。特别是，当照亮较大屏幕时，必须通过系统传播的光的总量产生更加挑战像素配准的热循环。

为了克服保存在结合多个投影器以增强亮度并增加分辨率时所需的固定子像素配准的挑战，某些专利或公开的专利申请（例如，美国专利申请第 2004/0239885 号和美国专利第 6,456,339 号、第 6,814,448 号、以及第 6,570,623 号）公开了图像扭曲的方法。这些扭曲方法使用校准方法来测量不同投影器之间的空间未对准。这些校准方法计算投影器和用于扭曲图像数据的屏幕坐标系统之间的对应映射来校正几何变形。这些变形由投影器间的光学或投影点的差异而产生。公开的校准方法在能够计算绝对屏幕位置的前提下工作。需要绝对屏幕位置来校正由投影点引起的变形，该投影点严重偏离与屏幕相关的法向入射或对变形敏感的预计应用。为了将由照相机拍摄的图像转换到绝对屏幕位置，照相机的变形和照相机与屏幕的关系必须已知。在这些系统中，将这两个图像都扭曲到绝对屏幕坐标上。如果使用多个照相机，则照相机与屏幕的校准必须极其精确，以保证正确扭曲图像来实现像素配准。如现有技术中公开的那样，这要求横跨屏幕表面来移动实体测试目标。在较大的电影投影系统中，该校准方法并不实际。

上述专利并没有提出电影院投影系统必须满足成功对抗竞争显示技术的需要。特别是，要求确定绝对屏幕坐标来重叠图像的系统不必很复杂且不切实际地在电影剧院环境中实现。它们没有得到在剧院环境中，来自投影器的图像具有相对低的变形且可以在屏幕上基本无需修改地进行投影的实际好处。这引起在典型的剧院环境

中投影系统的光轴接近法向入射到屏幕上的情况。此外，沉浸式电影体验需要不能同时看到大视野。在这种情形下，变形相对于观察者的凝视逐渐发生且并不明显。

5 当电影院投影器必须放映 2D 和 3D 呈现时，或在一种呈现是 2D 和 3D 格式的混合时，存在现有技术不容易满足的附加要求。在一些情况下，必须对常规的投影系统进行设计。在其它情况下，必须借助于使用昂贵的快门眼镜或引起光损失的 3D 方法，其使用时间多路复用来区分左眼和右眼图像。

10 现有技术并不具有 2D 和 3D 呈现的不同要求以及沉浸体验所需的显示特性的优点。2D 投影与 3D 投影相比它们的最佳亮度之间存在差异。在 3D 投影中，折中 (trade-off) 存在于左眼和右眼间亮度和感测的窜扰之间。在右眼图像泄漏到左眼时发生窜扰，反之亦然。在屏幕亮度增加时该幻影伪像更加明显。结果，3D 投影的最佳亮度通常比 2D 投影所需的亮度更低。

15 除了将增强提供给两种模式的显示之外，还必须提供成功的系统：这些模式中的高质量显示；具有成本效率；易于建立并校准；允许从一种模式快速转换到另一种模式，并且易于维护。

20 上述需要要求一种物理布置、校准以及组合投影器的映射的唯一且最佳组合。本发明的目的是提出一种元件的组合并将在下面进行更详细地讨论。

发明内容

本发明的实施例提供了一种能够通过相对于参考（主）投影器将图像扭曲成子像素精度 (sub-pixel accuracy) 来将多个投影器的输出结合来改善图像逼真度的电子投影系统。本发明的实施例包括

多个投影器以主-从关系配置的方法和系统。相对于主投影器将从属投影器图像扭曲成子像素精度来实现较高亮度水平和改进的图像逼真度。通过使用这些相同的投影器来获得进一步差异以显示立体（3D）动画或增强型 2D 动画。

- 5 在本发明的一个实施例中，从属投影器的图像单应地映射到主投影器。与所有投影器都通过照相机单应地映射到绝对屏幕坐标上的传统投影系统的区别在于，其单应地映射到屏幕上。不同于这些传统系统，本发明的一个实施例并不尝试除去主投影器的所有变形，而是映射所有从属投影器以匹配主投影器的图像。在本发明中
- 10 公开的相关扭曲大大简化了为使图像重叠达到子像素精度所需的系统。

- 在本发明的实施例中，经验数据用于实现重叠达到子像素精度。传统的投影系统通常注重于通过映射到绝对屏幕坐标来去除系统中的所有色差。为了实现这种映射，通过该系统使用解析式来校正和去除所有投影图像中的变形。相反，本发明的一个实施例使用
- 15 经验上推导像素对应映射（pixel correspondence map）来用作扭曲方法。本方法的优点是，即使在发生较高级别变形以及难以构建分析模型的区域内，也可以实现子像素精度的重叠。这种变形的实例是，在安装到在水平方向上弯曲的框时乙烯基屏幕发生变形。为了
- 20 去除所有折痕，必须横跨整个框延伸乙烯基。该延伸使屏幕偏离圆柱形。此外，该形状将随着屏幕松弛的时间而改变。通过使用经验方法来实现重叠，用于实现子像素配准的能力独立于模拟较高级别变形的能力。

- 简要地，根据本发明的一个方面，描述了最佳地使用两个电子
- 25 投影器来提供 3D 立体模式操作和 2D 投影模式操作的投影系统和方法。在这些模式操作之间的切换可以发生在显示之间以及显示之内。通过基本上或完全重叠的图像区域物理上装配这两个投影器。

照相机用于测量在屏幕上投影的测试图案。照相机图像用于计算像素对应映射，该像素对应映射借助于子像素精度将一个投影器投影的像素位置映射到另一个投影器投影的像素位置。

在 2D 模式操作的第一实施例中，选择一个投影器作为主投影器，并且无需扭曲地投影源图像。其优点在于节约了主要用于投影动画显示的计算。同样，在并不需要扭曲主图像的系统存在图像质量优点。扭曲需要内插法并可以将伪像引入到图像中，由此与未扭曲的图像相比降低了图像逼真度。第二（从属）投影器利用像素对应映射通过选择性地采样源图像来投影被扭曲的图像以与主投影器中的图像相匹配。由于图像伪像的减少，所以生成的组合图像具有两倍亮度且而在图像逼真度方面表现出改进，这一点将在下面描述。

在 2D 模式操作的第二实施例中，可以降低投影灯的功率来延长所述灯的寿命，同时仍保持大于等于单个投影器的亮度的屏幕亮度。

在 2D 模式操作的第三实施例中，图像的总重叠是利用在另一方面被认为太低而不能实现的投影技术来提供较高帧频显示的方法。

在 2D 模式操作的第四实施例中，主投影器投影预变形图像，使得屏幕上合成的图像免于一级变形。一级变形影响的实例是梯形变形和圆筒或枕形变形。根据另一个 2D 实施例，以子像素分辨率扭曲从属投影器，以与主投影器图像相匹配。

在 3D 模式操作中，立体对的第二只眼被扭曲成与第一只眼相匹配，来消除为匹配左眼和右眼图像大小所需的高精度光学。匹配图像大小失败将产生降低立体效果的变形并可能导致眼疲劳。

在 3D 立体模式操作的第二实施例中，每个电子投影器将三个单独的颜色通道结合成统一的光束，这三个通道中的两个具有一个偏光方向，第三个具有正交的偏光方向。基于液晶的调节器系统被配置为一般的输出偏光配置，其中，通过偏光灵敏的 x 管来组合颜色通道。两个投影器中所有通道的偏光状态通过适当的光学装置彼此正交渲染。这样做时，第二投影器中的一个颜色通道具有与第一投影器中的两个互补颜色通道一致的偏光。两个投影器中的其他三个颜色通道均具有与前三个颜色通道正交的相同的偏光状态。组合具有相同偏光的颜色通道以形成立体图像，每个通道用于一只人眼。因为每个人眼的图像都是通过一个投影器中的两个颜色通道和第二投影器中的第三个颜色通道的组合图像，其中，利用像素对应映射，必须扭曲分量之一，以使存在颜色通道的精确的整体配准。这种颜色独立的扭曲技术消除了对引起光损耗并改变颜色的附加偏光器或偏光转换元件的需要。

15 附图说明

当参照附图阅读下面的详细描述时，可以更好地理解本发明的这些和其它特征、方面、以及优点。

图 1 是示出了根据本发明一个实施例的投影系统的总体组件的示意图；

20 图 2 是示出了根据本发明一个实施例的以 2D 模式操作的图像数据的操作流程的示意图；

图 3 是示出了根据本发明一个实施例的以 3D 模式操作的图像数据的操作流程的示意图；

图 4 是示出了根据本发明一个实施例当高分辨率源被用于投影 2D 图像时图像数据的操作流程的示意图；

图 5 是示出了根据本发明一个实施例当高分辨率源被用于投影 3D 图像时图像数据的操作流程的示意图；

5 图 6 是示出了根据本发明一个实施例在彩像通道具有不同偏光的交替 3D 模式中图像数据的操作流程的示意图；

图 7 是示出了根据本发明一个实施例在彩色通道具有不同偏光以及扭曲从属投影器的所有颜色的交替 3D 模式中的图像数据的操作流程的示意图；

10 图 8 是示出了根据本发明一个实施例在生成像素对应映射以将一个图像扭曲以使其与另一图像对准期间执行的步骤的流程图；

图 9 是根据本发明一个实施例的用于校准的测试图案的实例；

图 10 是示出了根据本发明一个实施例的一个投影图像与另一个投影图像相关且改变的偏移量的示意图；

15 图 11 示出了根据本发明一个实施例的用于利用像素偏移映射对应于另一图像扭曲一个图像的一个可能的采样函数的示例性形状；

图 12 示出了根据本发明一个实施例的作为屏幕位置的函数的示例性的部分像素偏移映像；

20 图 13 示出了根据本发明一个实施例的对于不同频率的正弦输入信号的单个和重叠的投影器的像素化输出的示意图；

图 14 示出了根据本发明一个实施例的具有 100% 填充系数的单个和重叠的投影器的 MTF 的示意性比较;

图 15 示出了根据本发明一个实施例的以具有不同偏移量的重叠图像作为空间频率函数的示例性伪像;

5 图 16 示出了根据本发明一个实施例的与在所有像素偏移量上求平均的重叠图像的系统中的伪像相比的单个投影器中的示例性伪像;

图 17 示出了根据本发明一个实施例的在使用高帧速模块时的图像数据的示例性操作流程;

10 图 18 示出了根据本发明一个实施例的用于高帧速模式的示例性时序图;

图 19 示出了根据本发明一个实施例的具有增加的亮度的高帧速模式的示例性时序图;

15 图 20 示出了根据本发明一个实施例的通过降低的运动伪像的快门操作的高帧频模式的示例性时序图; 以及

图 21 示出了根据本发明一个实施例的通过降低的运动伪像的双倍快门操作的示例性时序图。

具体实施方式

20 现在参考图 1, 示出了由两个单独的电子电影放映机 (3, 4) 组成的可转换的投影系统 (1)。投影系统的其它实施例可以包括至少两个电子电影放映机。投影器不限于特定的电子技术, 事实上其可以基于 DMD (可变形镜面装置) 技术、LC (液晶) 反射或 LC

透射技术，或任何其它现有或新兴的电子投影技术。在图 1 中，以一个投影器放置在另一投影器上的优选实施例的形式示出了两个投影器（3，4）；然而，它们也可以以彼此相对的其它位置来设置。不考虑其物理布置，两个投影器将其图像投影在投影屏（2）上，
5 以使其充分重叠或叠加。

在其它实施例中，可以使用至少两个投影器。例如，至少两个投影器重叠以在单个区域上投影，可选地，另一实施例包括平铺和重叠，其中，由至少两个投影器照射屏幕上的任意点。

定位对准照相机（5）来记录由两个投影器（3，4）投影到屏幕（2）上的测试图像，以在扭曲单元（warping unit）（图 2，20）中计算由扭曲算法使用的像素对应映射（图 2，21）。只要物理上定为了两个投影器（3，4）并计算像素对应映射（图 2，21），投影系统（1）就可以通过简单地改变发送到投影器的电子数据来快速容易地进行投影的 2D 模式与 3D 模式的转换。如上所述，随着系统
10 寿命发生的颜色和亮度改变不对 2D 呈现的图像质量具有任何一级影响。对于 3D 呈现，投影器的亮度必须匹配，以确保高质量显示。
15

如图 1 中所示的实施例使用单个照相机来校准。然而，其它实施例可使用多个照相机来为相同功能服务。

仅当投影器（3，4）与屏幕（2）的相对位置改变时，才需要
20 该优选实施例的再校准。由于投影器的物理移动或由于屏幕位置的改变而可能发生这种情况。可能由于光路或调节器位置的改变而引起图像在屏幕上位置的改变。通过弯曲并平铺面向观众的屏幕来增强显示的沉浸性。屏幕通常由乙烯树脂制成，其在位于屏幕的周围的框上延伸。屏幕的位置可随乙烯树脂的延伸和下垂而改变。

图 2 和图 3 示意性地示出了从存储器到以 2D 和 3D 立体模式操作的每个投影器的投影的图像数据流。在图 2 中示出了 2D 模式中，单独的源图像缓存器（10）包括用于将由剧院观众观看的在投影屏上投影的一个图像的源图像数据。源图像数据缓存器（10）从未示出的外部图像存储单元以适当的显示速率（典型地，为 24 帧每秒）不断地由新图像刷新。来自源图像数据缓存器（10）的图像数据被同时且并行地传送到主投影器图像数据缓存器（11）和图像扭曲单元（20）。扭曲单元（20）根据在校准过程中生成的像素对应映射（21）扭曲源图像数据（如下所述并参考图 8 所示）。只要通过扭曲单元（20）扭曲了源图像，就将其传送到从属投影器图像缓存器（12）。然后，缓存器（11，12）中的图像数据同时被传送到向屏幕投影的投影器（3，4）上。图像被基本上或完全地重叠。以子像素精度扭曲从属投影器图像，以使其与主投影器图像相匹配。屏幕上的组合图像没有明显缺陷并在图像质量方面显示出高于仅使用一个投影器所得到的图像质量的改进。具体地，由于用于重叠图像的图像伪像的减少，所以组合图像将显示较高亮度和图像逼真度的改进。如果屏幕上增加的亮度超过完成期望显示质量所需的亮度，那么就可以降低投影灯的功率以延长其寿命并降低操作成本。

图 3 示出了以 3D 立体模式操作的图像数据流。在该模式中，每个投影器均具有图像数据的唯一源，一组图像与左眼图像相对应以及另一组图像与右眼图像相对应。源图像缓存器（13）将左眼图像数据传送到主投影器图像缓存器（11），其中，暂时存储传送到主投影器（3）以前的该左眼图像数据。单独的源图像缓存器（14）将右眼图像数据经由扭曲单元（20）传送到第二（从属投影器）图像缓存器（12），其中，暂时存储该右眼图像数据直至在该第二图像缓存器和主图像缓存器（11）中的图像均分别传送到投影器 4 和 3，然后将其投影到屏幕上以形成单独的 3D 图像。对一个图像进行

扭曲以除去使左眼和右眼图像大小相匹配所需的高精度光学器件。对来自投影器 3 和 4 的输出进行编码（未示出），使得仅由观众的左眼观看左眼图像且仅由他们的右眼观看右眼图像。一般的编码技术包括但不限于偏光、时分多路复用、和颜色。

5 图 4 示出了本发明的 2D 模式的第二实施例，其中，提供以比两个投影器中的任一个可以进行投影的分辨率更高的分辨率源图像缓存器（17）。调整用于主投影器（3）的数据的大小（19）来与投影器的期望显示分辨率相匹配。重新调节（18）像素对应映射（21）以匹配高分辨率源。由扭曲引擎（20）使用该高分辨率像素对应映射以对用于从属投影器的源图像数据进行采样。扭曲引擎（20）的
10 输出与投影器可以投影的分辨率相匹配。因为由于调整了来自较高清晰度源数据的投影图像数据的大小而出现的图像质量改进，所以在屏幕上投影的合成的组合图像可具有较高的逼真度。图 5 示出了该实施例的 3D 模式。

15 图 6 描述了由电子投影器使用的本发明系统的 3D 模式操作的第二实施例，该电子投影器使用正交偏光以将三个单独的颜色通道（通常为红、绿、和蓝）结合成用于投影的一个组合束（composite beam）。在这类投影器中，输出光具有与另外两个颜色通道正交偏光的一个颜色通道。如果由这类投影器使用第一实施例的 3D 模式，
20 那么由观众看到的图像将是杂混的。来自右眼图像的一个颜色对于观众的左眼是可见的，同时来自左眼图像的一个颜色对于左眼是可见的。该杂混将破坏立体效果。

 在该第二实施例中，在投影器 4 的光路内设置偏光转换器（22）；在这种情况下，在投影器和屏幕之间进行显示。该转换器（22）将
25 投影器（4）的所有分量颜色通道的偏光转换成与投影器（3）中的相应分量颜色的正交偏光状态。本领域技术人员可以理解，转换器（22）是 1/2 波片。可选地，具有其快速轴的适当定向的 1/4 波片

可被设置在每个投影器的前方或内部以达到相同效果。另外，可以设计投影器本身来发射正交偏光的光。

无需一般损失，例如，假设其是正交偏光到红色和蓝色通道的绿色通道。在图 6 中，左眼和右眼图像数据源缓存器（13，14）的绿色通道被传送到扭曲单元 20。用于左眼的图像数据的红色和蓝色图像数据直接从源缓存器（13）传送到投影器缓存器（11）以及用于右眼图像数据的红色和蓝色图像数据在缓存器（14）和缓存器（12）之间传输。利用像素对应映射（21）扭曲右眼绿色图像数据，以使在通过投影器（3）投影时，它将与通过投影器（4）投影的红色和蓝色通道空间上对准。在扭曲之后，用于绿色通道的图像数据被传送到投影器图像缓存器（11，12）并在同时传送到投影器（3，4）之前将在另一只眼的图像数据的红色和蓝色通道组合。当在屏幕（2）上组合图像时，右眼图像颜色通道将全部具有相同的偏光，同时左眼图像颜色通道将全部具有与右眼图像正交的偏光。

本发明该第二实施例的明显优点是，克服了用于将来自主投影器（3）的光转换成单个偏光状态以及将来自从属投影器（4）的光转换成与投影器（3）正交的单个偏光状态的需要。可以通过附加偏光片来实现偏光转换，该偏光片具有降低大约最小 50% 亮度的负面影响，这是因为偏光片的偏光轴必须与输出光的偏光状态成 45 度角。可选地，可以加入滤波器，其旋转一个颜色通道的偏光而留下相对不受影响的其它通道。在这种情况下，可能需要偏光片以去除不想要的光，来减少左眼图像和右眼图像之间的窜扰（cross-talk）。在其间添加的这个清理偏光器具有降低大约 15% 的亮度的负面影响且可能需要另外的损失以保证维持整个屏幕的白点精度和颜色一致性。在 2D 模式操作中，可以与图 2 中示出的第一实施例类似的方式执行该第二实施例。不要求特殊布置来解决颜色通道的不同偏光，这是因为观众将不佩戴偏光感光眼镜。

图6中示出的实施例没有扭曲到从属投影器的所有图像信息，因此，不能在相对于主投影器透镜的从属投影器透镜中进行色差校正。图7示出了本发明该第二实施例的另一种形式。在这种情况下
5 的差别是，除了去除投影所需的高精度光学元件需要的主投影器中的一个通道之外，扭曲来自从属投影器的所有颜色通道。扭曲一只眼睛图像相对于另一只眼睛图像的所有颜色的能力允许在两个图像之间的屏幕上引入偏差，以提高3D呈现的效果。本领域技术人员明白的是，第二实施例的其它方面覆盖在本发明的范围内。

本发明的各个实施例使用类似的组件。通过简单地改变源图像
10 可以在3D和2D实施例之间进行转换。为了从3D模式转换到2D模式，可以在两个源缓存器中复制源图像，或者关闭一个源缓存器并将一个图像发送到如图2所示的所有投影器中。返回到3D模式的转换将是逆过程。

重要的是应当注意，如图2至图7所示，本发明的实施例还包
15 括主投影器，该主投影器预先变形图像以减少或除去投影图像的一级变形，例如，梯形变形、和桶状或枕形透镜变形。可以通过预处理源内容来完成预先变形，或者可以进行在主投影器的电子数据路径中发生的实时校正。在一个实施例中，通过变形的分析描述来完成对主投影图像的一级校正。在与先前描述的方法一致的方法中，
20 随后扭曲从属投影器图像，以实现与主投影器图像的子像素配准。

在文中公开的任一实施例中，随着系统变热，可能需要修改扭曲量，以实现从属投影器和主投影器之间的精确像素配准。随着光通过系统中光学元件进行传播，光的吸收可能引起从属投影器和主投影器的相对像素位置的轻微改变。这些改变是可测量的并被认为是可重复的。
25 为了避免在屏幕上存在光之前系统达到热平衡以前的等待，可以根据先前的测量来更新像素对应映射，这是因为投影系统运行，以保证整个显示过程中的精确配准。

在热效应不完全可预料的情况下，像素对准中的动态改变引起可通过更新像素对应映射补偿的误差，而同时系统正显示 2D 或 3D 呈现。通过测量测试图案更新映射，利用观众不容易发觉的方法将该测试图案适于嵌入到显示图像中，例如，在屏幕边缘附近设置校准点或使这些点与内容合成一个整体。存在可以将校准信息嵌入到内容中的许多方法，这些方法中的一些将要求处理多个帧以提取校准信号。校准信息不限于在显示之前用于校准的点的全部阵列，但随着显示进行，可以是允许子集校正屏幕上的像素位置的细小变化。

10 在文中公开的任一实施例中，如图 1 所示的校准照相机 (5) 可以用于校准包括颜色和照度的投影图像的其它方面。通过适当的测试图案，照相机可以用于测量绝对颜色和投影到屏幕上的图像颜色的空间变化。扭曲单元可以具有附加算法以使用所测得的颜色映射校正任意或所有从属投影器和主投影器的平均颜色、任意或所有从属投影器和主投影器的颜色的空间变化，或使从属投影器的颜色与主投影器的颜色相匹配。类似地，照相机也可以用于测量屏幕上图像的绝对照度、照度的空间变化、或投影器之间的照度差。可通过扭曲单元来使用所测得的照度映射以电动调整图像数据来改变任意或所有从属投影器和主投影器中的投影图像的平均照度，调整任意或所有从属投影器和主投影器中的照度分布，或者使主投影器和从属投影器的照度相匹配。

图 8 是示出了在本发明的各种实施例中为校准由扭曲引擎 (20) 使用的像素对应映射 (21) 来扭曲图像所执行的步骤的流程图。该程序测量与来自主投影器 (3) 的相应像素有关的来自从属投影器 (4) 的图像中的像素位置。在投影器图像缓存器 (11, 12) 中，对应像素具有相同的索引坐标 (index co-ordinate)。步骤 30 涉及生成一栅格点 (60) 的测试图案 (图 9) (以每多个像素为直径)，来

显示高斯照度分布。可以同时通过几个具有白点的测试图案实现校准或可以对投影器的每个颜色通道执行该校准。在这种情况下，可以生成三组测试图案，每个颜色通道对应一组。通过对每种颜色重复校准，本发明克服了颜色通道之间汇聚的缺点，该缺点可能在照
5 亮大屏幕所需的强力流等级下系统加热时发生或者在重复使用额外时间来循环加热系统时发生。如果假设每种颜色都相同，则投影器之间汇聚（投影图像中的颜色通道的对准）的差将导致像素对应映射的误差。对每种颜色进行重复校准消除了这些误差。

在步骤 32 中，通过校准照相机 (5) 获取屏幕 2 的图像，其中，
10 两个投影器处于关闭状态使得仅测量环境光而不测量来自于投影器的光。步骤 34 和步骤 36 涉及分别通过显示测试图案（图 9）的投影器 (3) 和投影器 (4) 获取屏幕 (2) 的图像。在步骤 38 中，从步骤 34 和 36 中拍摄的图像中减去环境光图像以除去环境光的影响。在步骤 40 中，在照相机图像中计算通过每个投影器投影的测试图案中的每个点的形心坐标 (centroid co-ordinate)。测试图案点
15 (60) 覆盖照相机图像中的多个像素。结果，可以利用多种方法计算具有子像素精度的点形心坐标。简单的方法涉及通过以像素的照度加权的点的图像中计算每个像素坐标的总和。本领域技术人员应当明白，在利用高斯分布的情况下，存在计算具有子像素精度的形心的其它方法，包括将照相机像素照度值调整为用于生成点测试图案的函数。本领域技术人员应当明白，其它的点图案也可以用于实现子像素精度。
20

在步骤 42 中，来自一个投影器的照相机图像的点的形心与另一个投影器的照相机图像相匹配。在步骤 44 中，通过在从属投影器点的形心 (dot centroid) 的坐标中减去主投影器点的形心的坐标
25 来以照相机像素为单位计算这些中心点之间的偏移量。可以通过将点之间所测得的照相机像素数量与测试图案上的点之间的投影器

像素数量相比较来计算照相机像素标准 (scale) 与投影器像素标准之间的转换。在步骤 46 中, 该标准用于将偏移量转换成投影器像素。在步骤 48 中, 通过在每对测试图案点所产生的偏移量之间进行内插来计算每个投影器像素的偏移量而完成像素对应映射 20。如果需要, 对每个颜色通道重复步骤 34 至步骤 48。

通常, 在 3D 呈现中使用的屏幕将具有明显的增益; 即, 屏幕不是兰伯特 (Lambertian)。由于高增益造成的该屏幕上的亮度变化将是校准照相机 (图 1, 图 5) 面临的主要问题, 该校准照相机在感测照度中的有限动态范围内。另外, 每个点的形心位置可能受屏幕增益影响, 从而导致在屏幕增益增加的方向上像素对应映射中的轻微误差。为了解决这两个问题, 测试图案的照度被调整为补偿屏幕增益的变化以使由均匀照度的照相机拍摄图像。这降低了通过由单次曝光的照相机使整个屏幕成像的照相机所得到图像的动态范围。此外, 其去除了通过屏幕照度变化引起的像素对应映射中的系统误差。可选地, 通过了解在整个屏幕上增益如何改变, 通过解决像素形心的计算中的增益变化来修改该误差。

现在参考图 10, 通过栅格 50 示意性地说明了由主投影器投影的像素阵列。通过栅格 51 描述来自第二从属投影器的重叠投影像素的第二阵列。所示的第二像素阵列 51 具有不同于像素阵列 50 的水平偏移和垂直偏移。该变化性是从两个单独的投影器投影的典型重叠图像。根据本发明, 在阵列的水平 and 垂直边上示出了按字母排序的数字索引值, 以帮助描述第二个像素阵列 (51) 如何扭曲。通过象征符号 (') 确定从属投影器中投影的像素。

为了示出图像扭曲的过程, 在下面讨论重叠的从属投影图像 (51) 的单独像素 D4' 的图像数据值。示出的像素 D4' 以在水平方向或 x 方向上的大约 -0.1 像素以及在垂直方向或 y 方向上的大约 -0.1 像素的像素宽度相对于主投影器像素 D4 偏移。实际上, 可以

从前面讨论的校准过程推导这些相关的偏移值，并将其存储在像素对应映射 (20) 中。偏移值和下面将描述的采样函数一起用来扭曲或传送图像，以使其与主投影器投影的图像更精确地一致。换句话说，电动移位每个像素的从属投影器图像数据，以补偿两个图像重叠中的物理差异。

图 11 中示出了采样函数 (49)。在优选实施例中，扭曲函数是 Lanczos 窗口函数，但也可以有效地使用其它类型的采样函数。为了示例性目的，将如在图 11 中描述的采样函数 49 被扭曲成一维。

采样函数上的点 D2、D3、D4、和 D5 涉及源图像数据 (10) 中的那些像素中的每一个相对于由扭曲单元 (20) 计算的扭曲像素 D4' 的贡献。图 11 中的坐标系表示以 D4' 为原点的从属投影器的像素位置。注意，图 11 中的位置 D4 示出了如图 10 所示的水平方向上的 -0.1 像素偏移。在垂直或 y 方向上的采样函数 (49) 的另一通道需要为 D4' 计算最终图像数据。

由于因为多种不同类型的变形 (光学变化、投影点差异) 导致投影器之间的偏移，所以像素之间的相对偏移量在整个屏幕上变化。图 12 示出了来自两个投影器的平面屏幕上各像素之间在水平方向上的微小像素偏移量，这两个投影器大略地彼此对准。微小偏移的范围在白色区域中示出的 1/2 像素到黑色区域中示出的 0 像素之间。通过获取投影器之间的计算偏移并减去整数像素偏移来产生图像。通过实例应当清楚，屏幕上的图像增强并不是恒定的。如果两个投影器更准确地对准以及如果投影透镜更好地彼此匹配，则可能减小整个屏幕的改变。然而，如果屏幕不是平面而是曲面，则即使优选对准投影器且优选使投影透镜匹配，两个投影器的不同投影点也使其不能达到在整个屏幕上的均匀偏移量。

现在将更详细描述当重叠具有偏移量的两个投影图像时，图像逼真度增加。图 13 以一维形式示出了如何通过由投影系统投影的采样像素来表示正弦信号图像。在每个子图中，水平轴表示像素位置，纵轴表示相关的像素照度。子图的上行、中间行和下行分别示出了以 10、2、和 1.43 像素为波长的正弦输入信号的采样响应。子图的左列、中间列和右列分别示出了一个投影器的输出，与第一投影器相比偏移 1/2 像素的第二投影器的输出，以及两个投影器的重叠输出。在后一种情况下，合成结果被分成两部分，以将结果保持在相同的标准上。为了描述性目的，如图中的虚线所示，正弦信号幅度认为相同。如在每个图中由实线圆 (80) 所示，通过像素中间处获取正弦信号的幅度来得到每个像素的信号幅度。实线表示投影系统的照度输出。这些实线表示将每个像素的填充系数假设为 100 %；即，像素之间不存在间隙。

图 13 的上行示出了在采样频率的奈奎斯特 (Nyquist) 极限之下的信号频率，通过单个投影器的像素化输出更好地描述正弦输入信号。在最右端示出的重叠投影系统被看作遵循比两个单独投影器中的任一个的信号更精确的输入正弦信号。

中间行示出了在奈奎斯特极限时的结果。这里，投影器输出严格地取决于对应于采样像素的正弦信号的相位。左图示出了在通过正弦信号以相位为单位对像素进行采样时的最大幅度输出，而中间图示出了通过正弦信号以 90 度相位差采样时输出无变化。当两个投影器重叠时，右图再次示出了该响应。

下行示出了当正弦信号的频率超过了奈奎斯特极限时的结果。这里，应当清楚，通过左图和右图示出了单个投影系统的充分采样的缺点，这导致原始正弦信号的不良显示。然而，当如右图所示的这些投影器的输出重叠时，虽然幅度较低，但采样的增加量产生表示原始正弦信号的更好工作的输出。

图 14 比较由单个投影器 (90) 和由以 1/2 像素偏移重叠的两个投影器组成的投影系统 (91) 的调制传递函数 (MTF)。该图示出了以像素倒数为单位表示的从 0 至 0.9 的空间频率范围的正弦调制的系统响应。在该图中, 其遵循以 0.5 频率给出奈奎斯特极限 (92)。

5 通过确定在与输入正弦曲线的频率相同的频率处的最佳适配正弦曲线, 来计算对与图 13 示出的像素化输出信号实例的 MTF 曲线。在对应于投影器像素的输入正弦信号波的所有相位上对每个频率处的最佳适配进行平均。这能够确定在图 14 中记录的平均最佳适配幅度及其误差。

10 图 14 还示出了单个投影系统 (90) 和重叠 (91) 在除奈奎斯特极限 (92) 附近之外非常相似的两个图像的一个投影系统的 MTF。如图 13 中描述的那样, 在奈奎斯特极限处, 单个投影系统的输出完全取决于与像素相关的正弦信号的相位。通过在图 14 中的奈奎斯特极限附近设置的误差棒 (error bar) (93) 示出了幅度中产生的

15 误差。可能奇怪的是, 该误差棒 (93) 延伸到比输入频率幅度更大的幅度。这可以通过回顾图 13 的中间左侧图来解释。最小化投影器的适配和输出之间的残差的最佳适配正弦信号的幅度大于输入信号的幅度。

随着从奈奎斯特频率处离开, 幅度的误差降低, 如对于单个投影器的 $f=0.8$ 处由较小误差棒 (94) 的在图上示出的那样。平均起来, 具有两个重叠的投影器的系统的适配幅度误差是在包括奈奎斯特极限频率处或附近的整个频率范围内的小于该误差棒 (94) 的幅度级别。

然而, 我们必须考虑图像伪像以理解重叠的好处, 但由于具有

25 100% 像素填充系数的两个投影器的重叠, 所以图 14 并未示出 MTF 的任何改进。可以通过确定通过正弦函数适配的投影系统中的像素化输出有多好来量化图像伪像。通过像素化输出和正弦配合之间的

方差来确定适配的优势。图 15 示出了平均方差除以图 14 示出的适配正弦曲线的相位平均幅度的平方根的视图。图中的每条线代表对应于一个投影器的另一投影器的微小像素偏移。示出了在投影器（标记为 0.0）之间的零像素偏移的重叠系统的图像伪像的最大量。

5 这与单个投影器的伪像量相等。示出了在投影器（标记为 0.5）之间的 $1/2$ 像素偏移的重叠系统的图像伪像的最小量。在 $f=1$ 附近，该系统的伪像大约比零像素偏移伪像少 $10x$ 。在奈奎斯特极限频率处或低于奈奎斯特极限的频率（标记为 100）处，伪像大约比零像素偏移伪像少 $2x$ 。图中的其它线示出了小于具有零像素偏移的图像

10 伪像的 0.4、0.3、和 0.1 像素偏移的图像伪像。

假设在如图 12 中所示的屏幕上的重叠变化，合理地讨论可以通过平均所有可能的像素偏移的改进而得到平均性能。图 16 示出了与单个投影器相比较的平均性能。这里，可以看出，伪像比零像素偏移的投影系统的伪像少 27% 至 42%。

15 由于图像伪像的降低，如上所述地扭曲从属图像并使其与主图像重叠来改进图像逼真度。这种增强由与一个投影器的像素与另一投影器的像素偏移所产生的，扭曲图像以替代适当的像素值。在偏移量是 $1/2$ 像素时该增强为最大值，且在如图 15 所示的 0 像素偏移时为最小值。

20 上面已经对像素具有 100% 填充系数的系统进行了讨论。当像素具有诸如在美国专利申请第 6,456,339 号中公开的低填充系数时，由其提高分辨率的机构不同于我们上面已经考虑的图像逼真度的改进。当多个投影器重叠设置使得一个投影器的像素在另一投影器的像素之间的间隙内发光时，才真正提高了分辨率。在通过一个投

25 影器的像素间的一半距离处的另一投影器的像素进行重叠的两个投影器的特殊情况下，很难看出，存在系统的奈奎斯特极限和分辨率的加倍。在这里公开的本发明进行更精细的处理，提高了感觉的

分辨率或图像逼真度，这种提高发生在具有高填充系数的系统中，其中重叠来自像素的光输出而不考虑偏移量的存在。在填充系数大于 25 % 时发生该转换，其中像素的大小大于像素间距离的 50 %。

当投影图像可以被彼此精确地重叠时附加优点是可能的。通过
5 重叠从两个或多个较低的响应投影系统（例如，LCD 投影器）投影的较高帧频图像，可以获得较高帧频显示，而不产生与较低速响应投影系统相关的恶化伪像。这可以在保持或改进整体图像照度的同时实现。

通过该灵活的投影系统，本发明的多个其它实施例是可能的。
10 图 17 示出了本发明的一个实施例，其中，利用具有用来交替阻挡来自每个投影器的光的附加的机械或电子快门（26，27）的两个较低帧频的投影器实现高帧频显示。在该实施例中，快门被设置在投影器和屏幕之间，但也可被设置在投影器内部的其它位置。在该实施例中，如图 18 所示的投影帧序列描述的那样，高帧频（该实例
15 中为双倍）投影被分割；通过主投影器（3）显示偶数帧以及通过第二投影器（4）显示奇数帧。在不同于奇数帧的时间投影偶数帧；在投影偶数帧时阻挡奇数帧投影图像。在该实施例中，在显示之前扭曲与偶数帧有关的奇数帧。可以通过生成如上所述的像素对应映射并利用它来扭曲奇数图像帧来实现扭曲。

20 该实施例要求投影器亮度和投影图像之间的颜色均衡的精确匹配以避免闪烁。已知的技术涉及使用照相机来反馈照度空间轮廓信息（幅度和光谱合成），然后将其用于修改电子投影器的信号以形成图像照度轮廓。在这种情况下，可以形成从属投影器（和/或主投影器）的照度轮廓，以使两个投影器的照度轮廓相匹配。可以
25 存储该照度成形信息并将其用于修改投影器的图像数据，如在美国专利第 5,386,253 号提出概述的那样。利用两个较低帧频投影器以实现较高帧频的一个权衡是，由于在任意时刻仅有一个投影器的光

被投影在屏幕上，因此降低了屏幕图像亮度。如图 19 所示，为了对其进行补偿，可能通过增加投影图像的占空度 (duty cycle) (53) 来恢复一些屏幕亮度，而无需明显地降低较高帧频的影响。由于增加占空度引起的闪光 (54) 将是投影器的两倍帧频，在优选实施例 5 中，这将是 48 Hz，其不容易通过人眼感测。

图 20 示出了所设计的投影系统的另一实施例，其中，在一个多投影器系统中降低运动伪像。在整个帧周期中保持光输出的电子投影器中，运动模糊产生（例如，如在 Kurita, SID DIGEST 2001, 986 中描述的）。通过强制投影器间歇地输出光，从而降低运动伪像。

10 图 20 示出了将被分成曝光 65 和消隐期 (blanking interval) 66 的帧周期 67。该消隐期可以提供两个好处。首先是通过强制投影器间歇地发光来降低运动伪像。其次是由于投影器的响应时间从而去除伪像。

图 20 中的图表 82 的特征在于，当在一系列图像帧中顺序地观察移动对象时运动模糊的程度变得明显。在该曲线的简单说明中，察觉的图像位置误差是实际的移动对象和在显示器上显示的对象的位置误差量。从显示器开始显示移动对象位置时刻到下一图像帧显示对象的更新位置时，感觉的图像位置误差增加。由于图像模糊，所以移动对象在曲线 87 中的位置误差等级将对在显示器上观

15 看移动对象的观察者来说变得明显。图像帧的周期 67 越长，与呈现给显示器观察者相同的运动地显示的对象就越模糊。在诸如 LC 类型的较低响应图像投影器的情况下，图像像素采取有限时间来转变后续帧 (subsequent frame) 中的值。阴影交叉线区域 88 表示在该转换周期期间像素值可能具有的误差范围。

25 图 20 中所示的时间示出了在后续帧之前快门拦截的投影屏幕图像帧 67 的一部分 66。这个操作已经产生导致图像模糊的误差数

量的降低。在这种情形下，该降低与区域 89 相等。其优点将是降低运动模糊，然而，是以亮度降低为代价。

也可以位移该拦截间隔（blocking interval）66 以在部分或全部像素转换时间期间拦截投影图像的其它部分。其优点将是运动伪像降低，但也以亮度的降低为代价。

尽管降低图像亮度来使运动伪像减少，但图像亮度的这个损失通过从利用用于在屏幕上重叠图像的多个投影器中得到的亮度来进行一些补偿。

通过调整快门拦截周期或通过移动快门拦截周期（blocking period）或者这两者的组合，可以通过找到降低运动伪像与图像亮度之间的最佳权衡来得到对于具有大量运动的场面的整体感觉的显示改进。

图 21 示出了另一实施例，其中，投影器的帧频足够低使得间歇投影的光产生对人眼注意到的闪光。在这种情况下，曝光被分成两个周期 68 和 69，同样消隐周期将被分成 70 和 71。在这种情景中，通过调整快门拦截周期或通过移动快门拦截周期或者其组合，可以通过找到降低运动伪像与图像亮度之间的最佳权衡来得到对于具有大量运动的场面的整体感觉的显示改进。

在 2D 图像已经被转换为用于 3D 投影的立体图像对的情况下，通常在较低分辨率处提供人造眼来降低成本和提供时间。在这种情形下，可以通过扭曲引擎将较高分辨率图像发送给从属投影器（4），以保证由从属投影器投射的图像质量增强被最大化。

在获取立体图像对的情况下，立体像对中的一个图像可用于利用适当的图像增强算法来电增强其它图像的分辨率。在这种情形

下，随后，增强的图像被发送到使用扭曲图像（4）的投影器，以保证由第二投影器投射的图像质量增强被最大化。

数字增强可应用于 2D 图像以提高其分辨率。该较高分辨率图像可被用于图 4 所示的实施例中以提高图像质量。

- 5 如上所述，扭曲需要使图像质量稍微恶化的内插。在本申请的另一实施例中，通过将数字增强算法应用于扭曲图像来恢复图像逼真度。

- 10 为了示例性和说明性的目的仅示出了本发明实施例的上述描述，但不将详述本发明或将本发明限制于所公开的精确形式。根据上述理解，可以进行一些修改和变化。选择并描述本实施例，以便解释本发明的原理及其实际应用，以使本领域的其他技术人员能够利用本发明，以及具有不同修改的不同实施例适用于特殊使用目的。

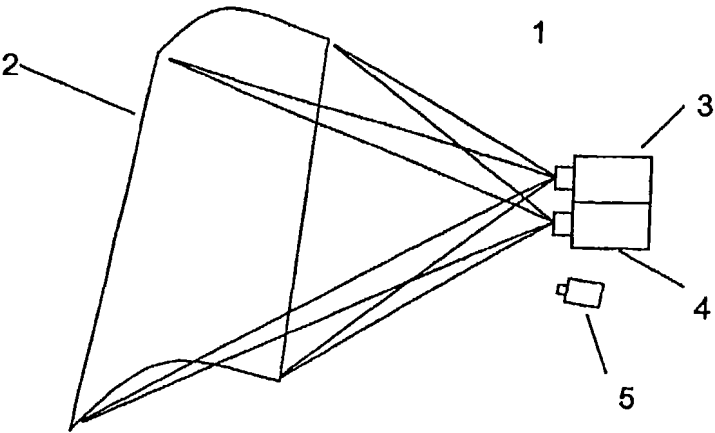


图 1

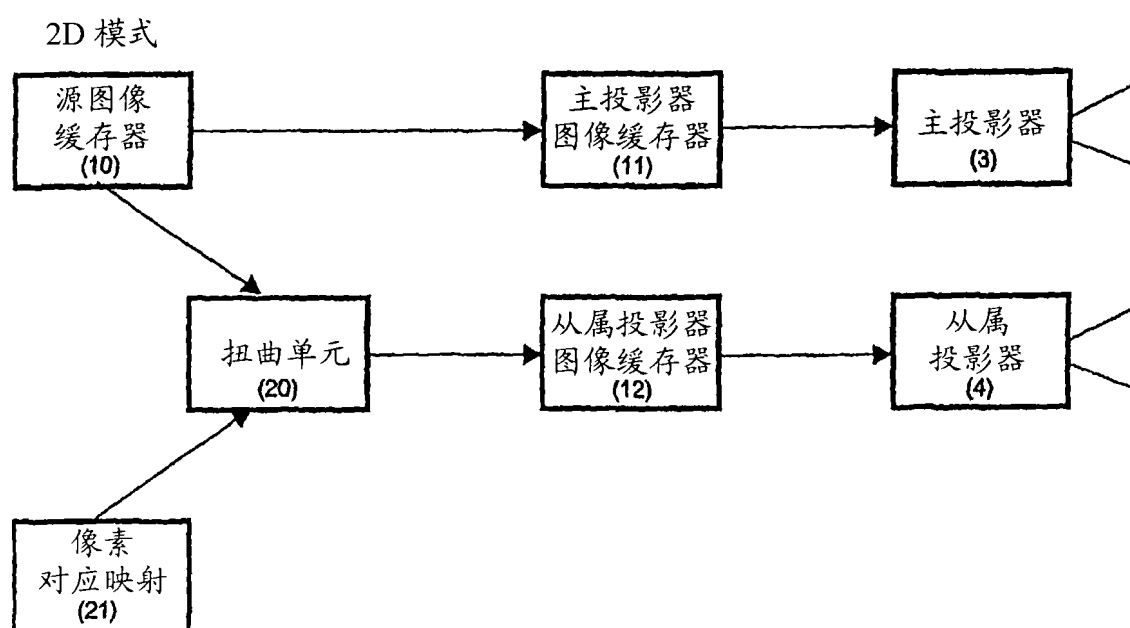


图 2

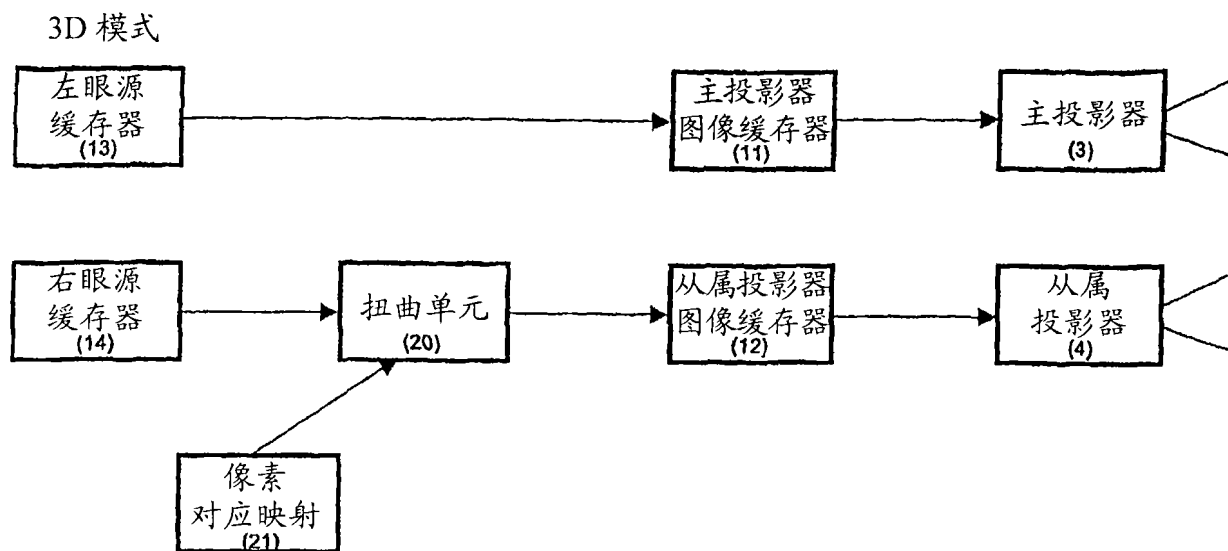


图 3

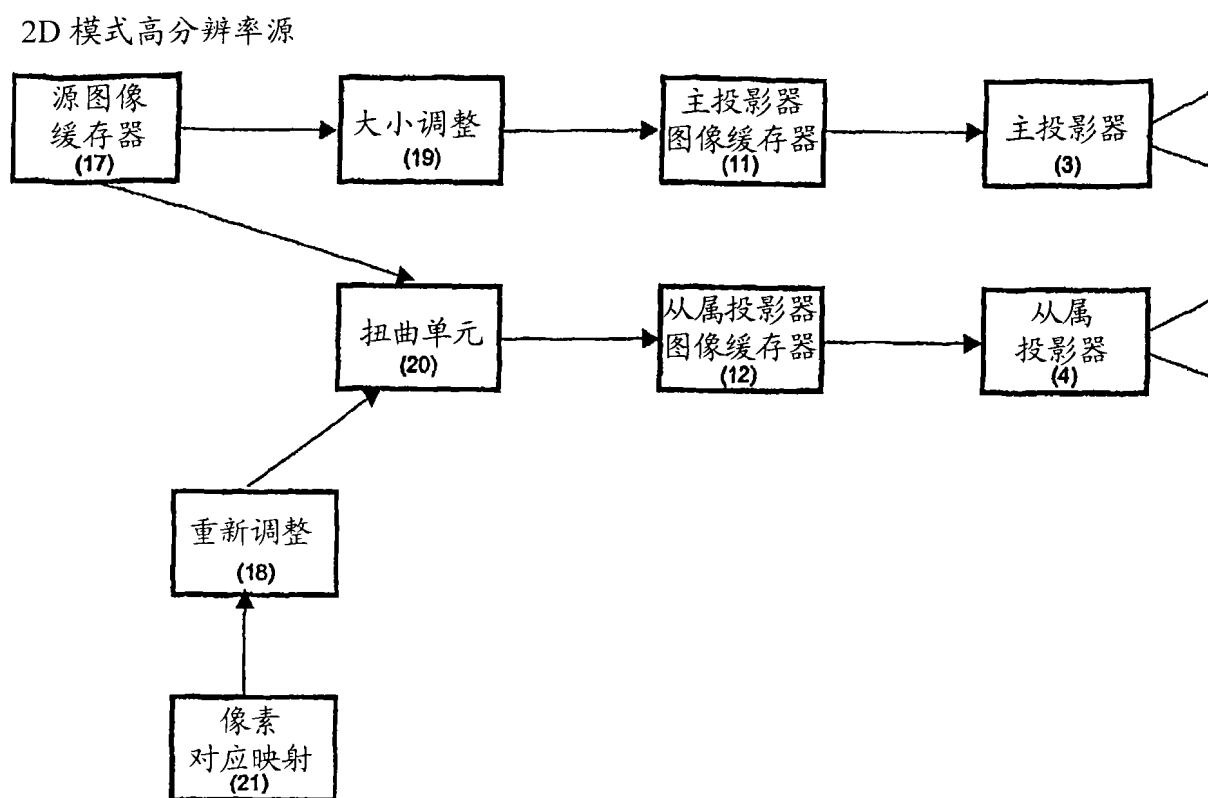


图 4

3D 模式高分辨率源

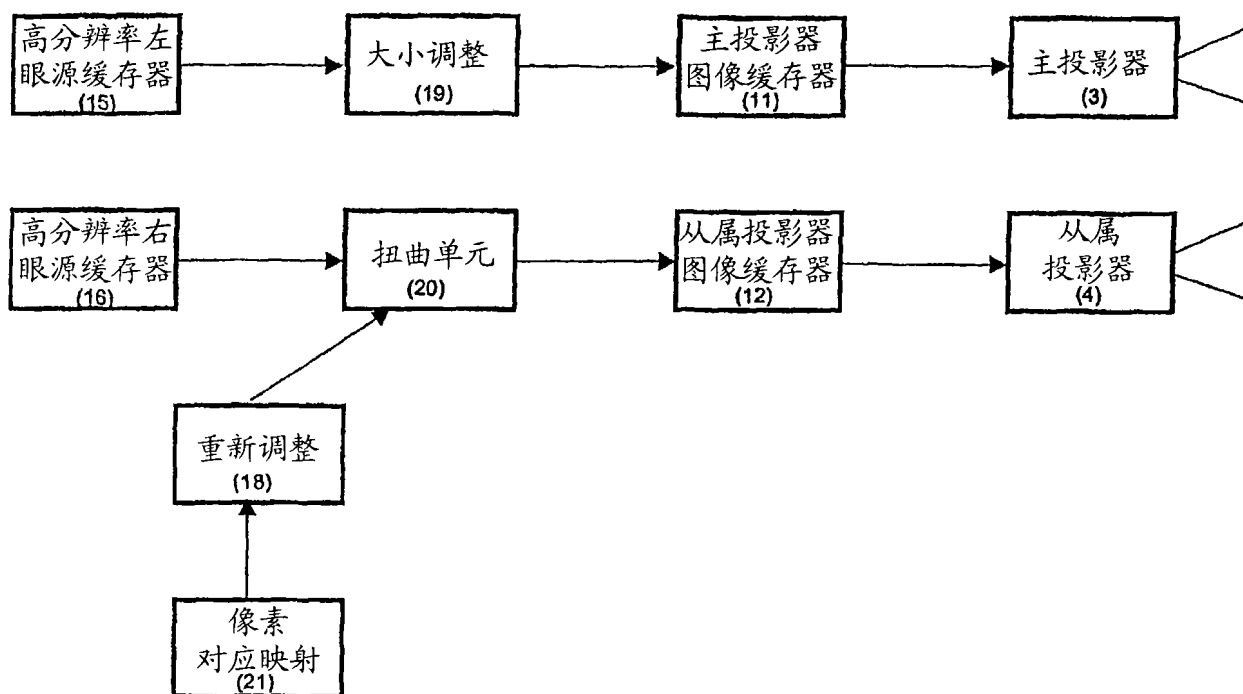


图 5

利用具有不同颜色偏光的投影器的 3D 模式

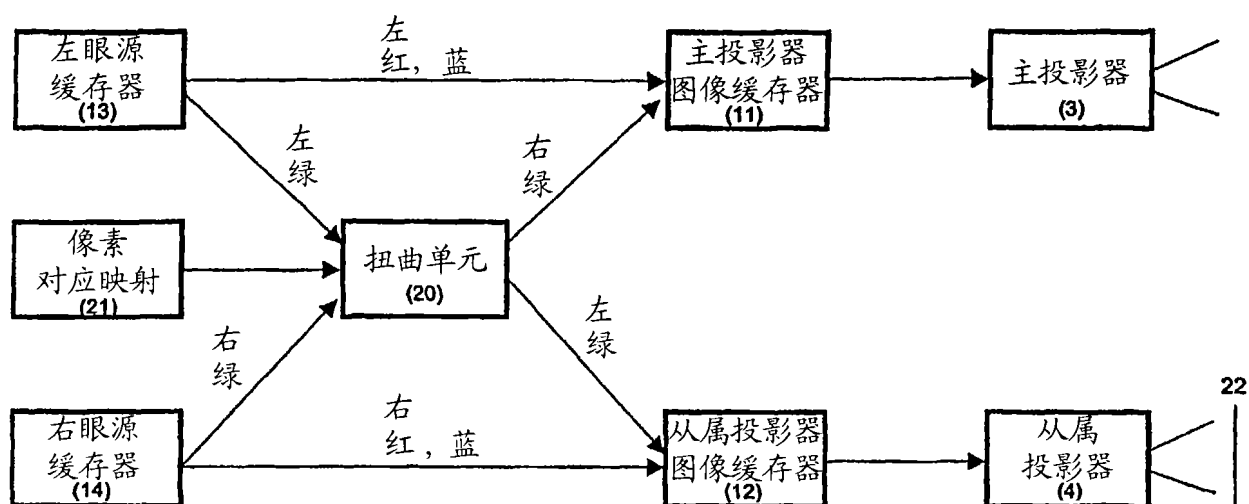


图 6

利用具有不同颜色偏光的投影器的 3D 模式

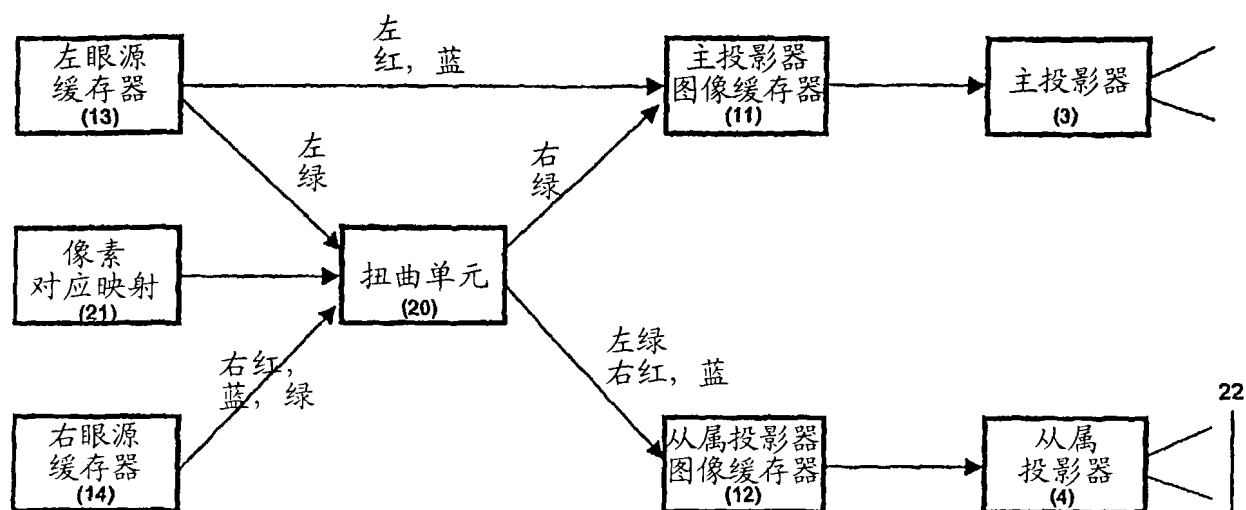


图 7

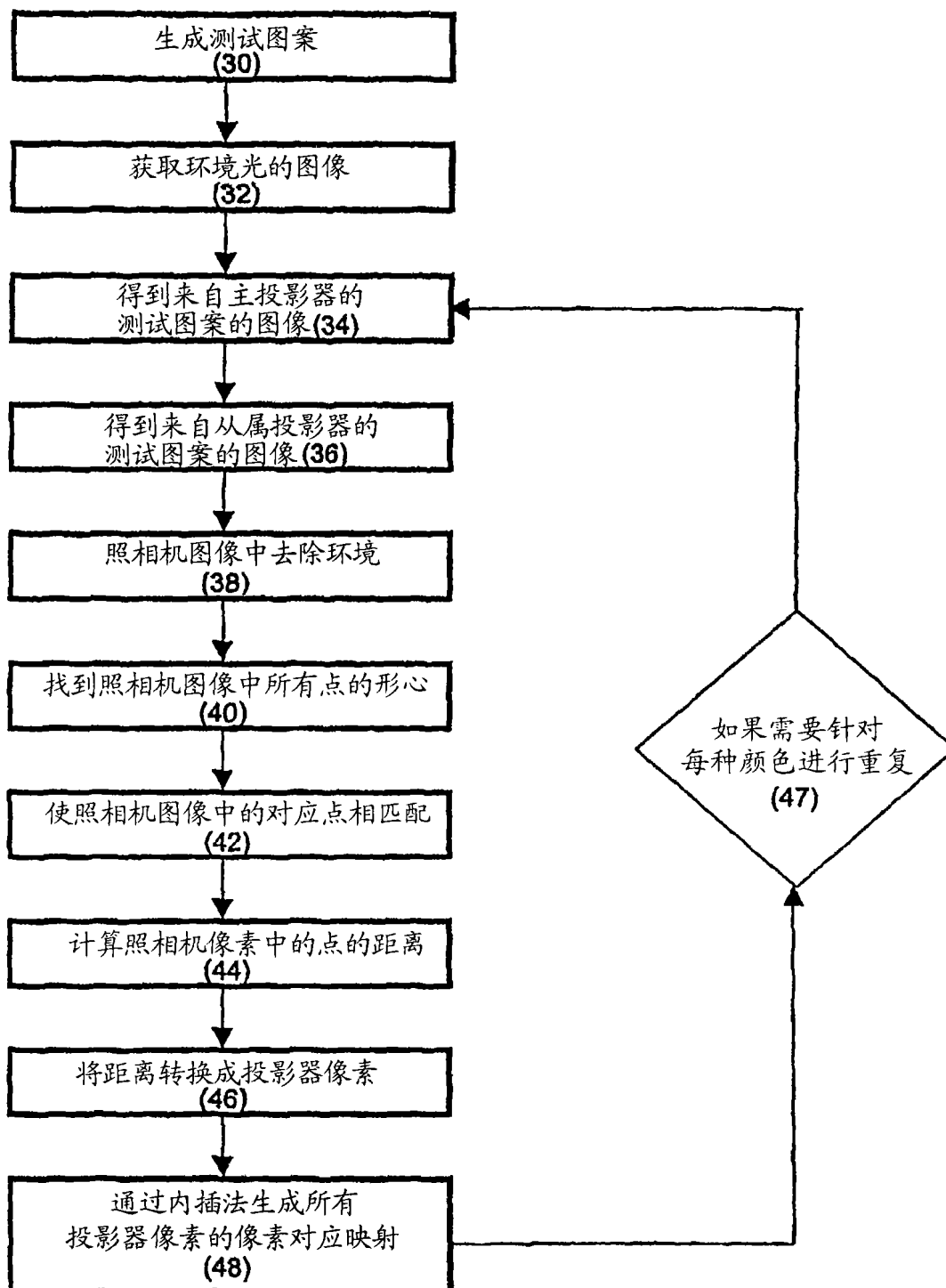


图 8

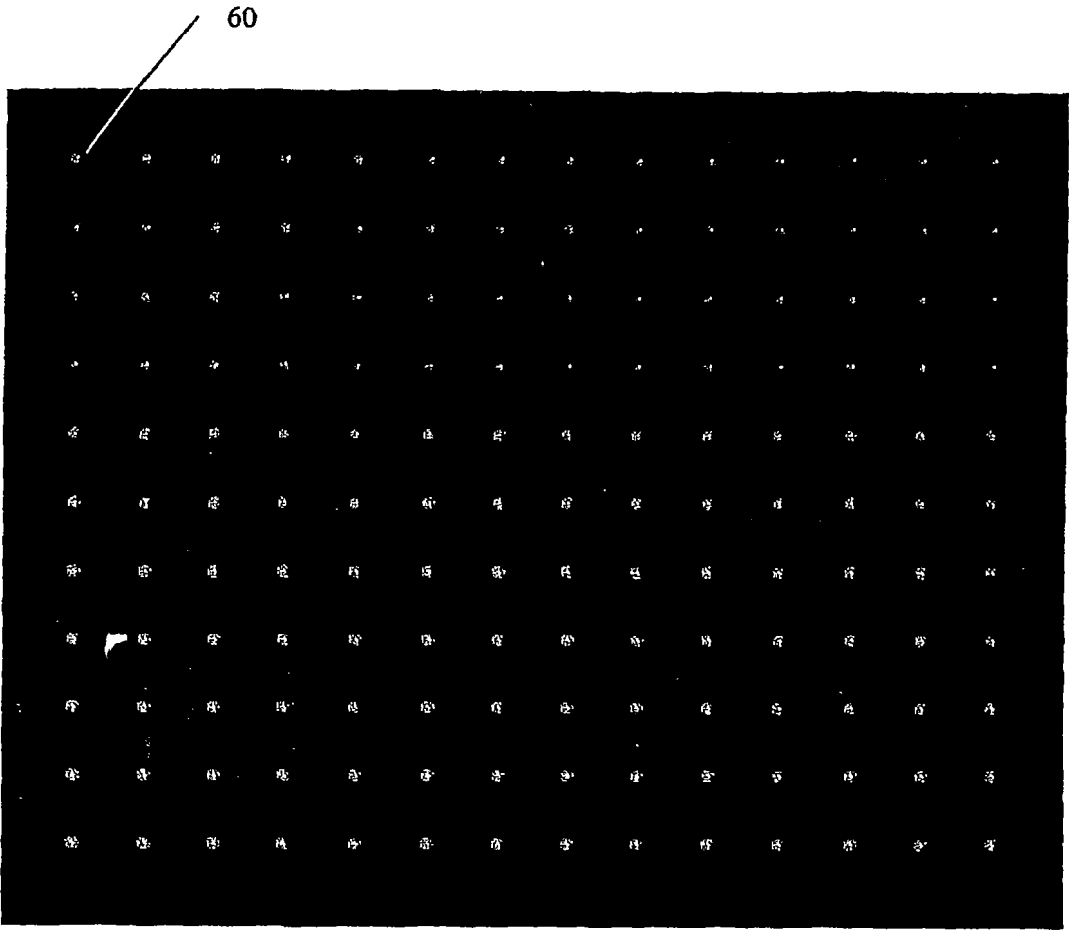


图 9

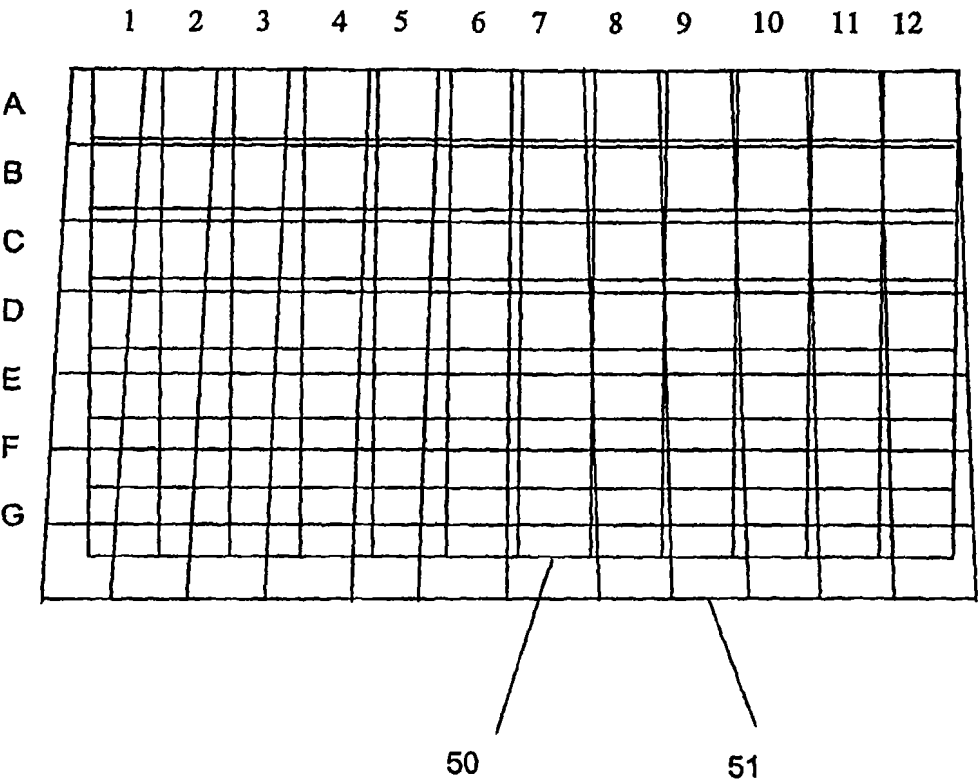


图 10

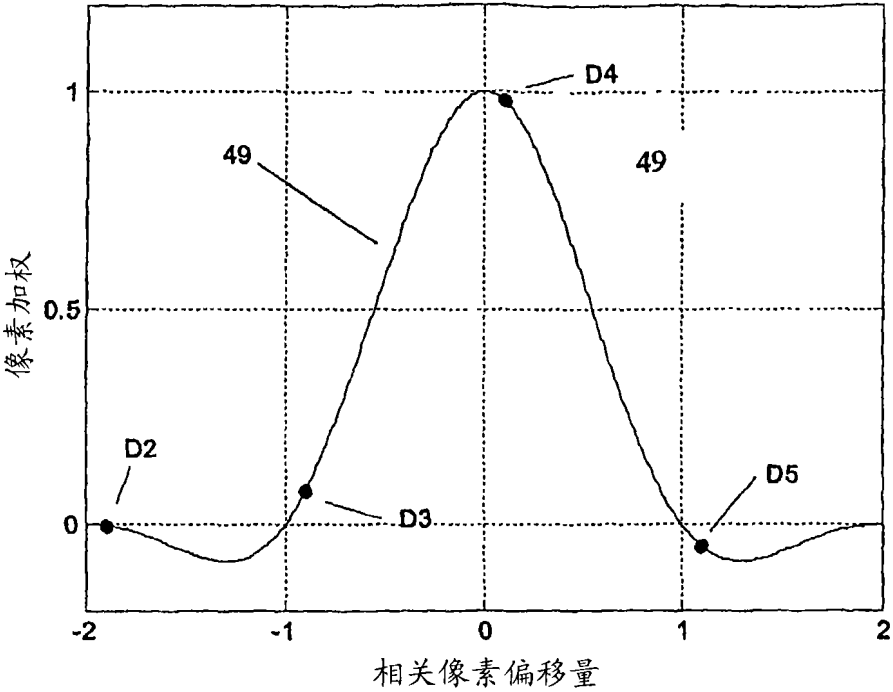


图 11

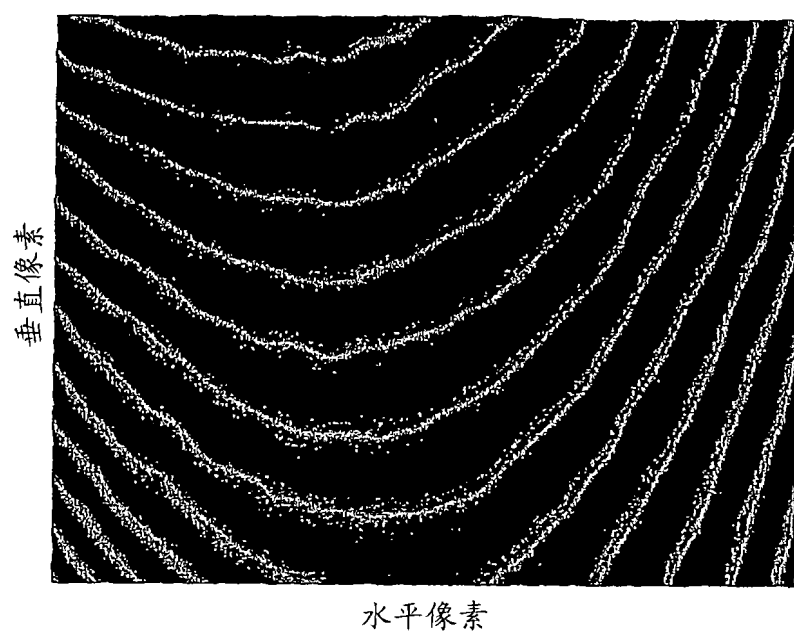


图 12

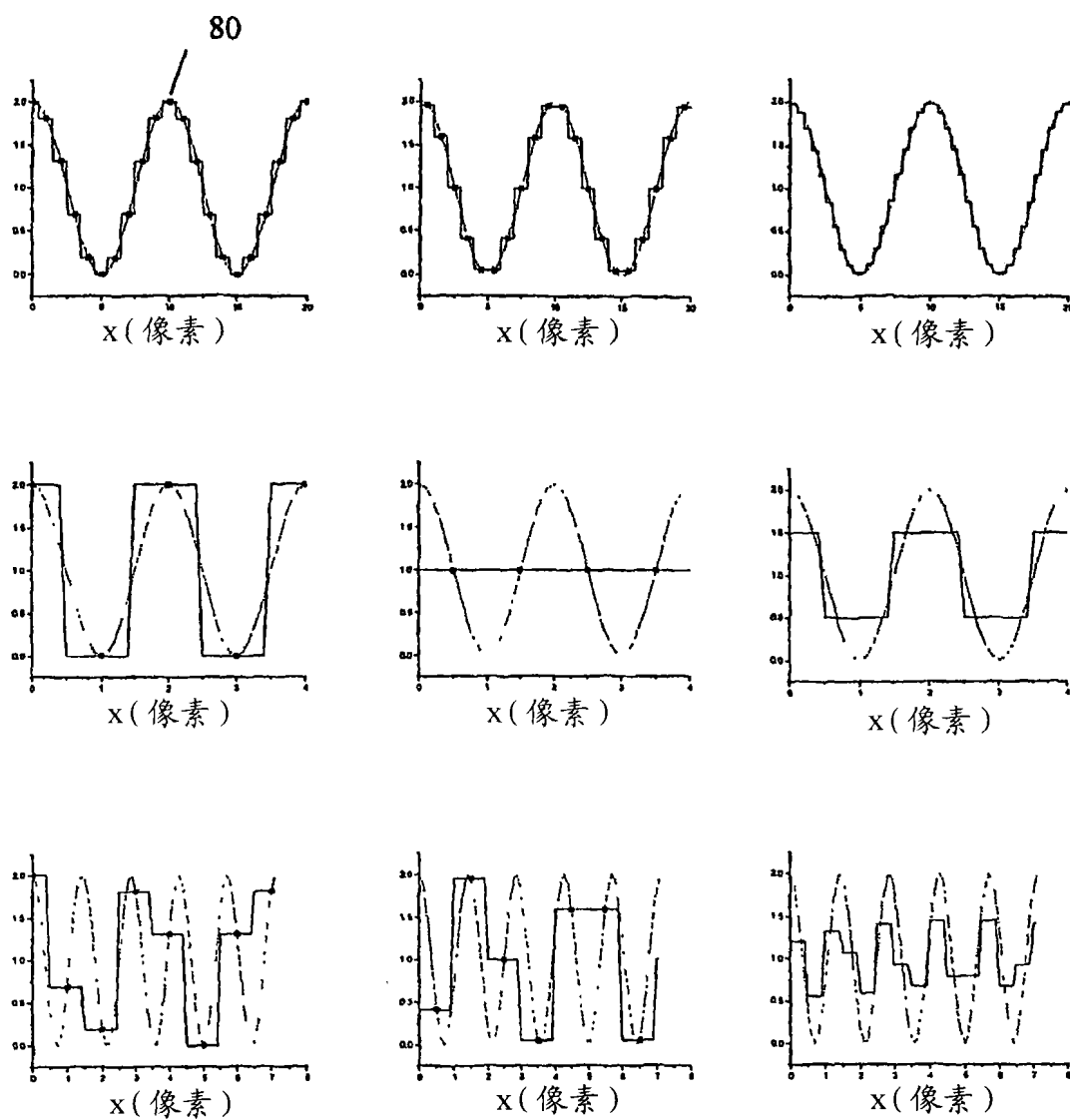


图 13

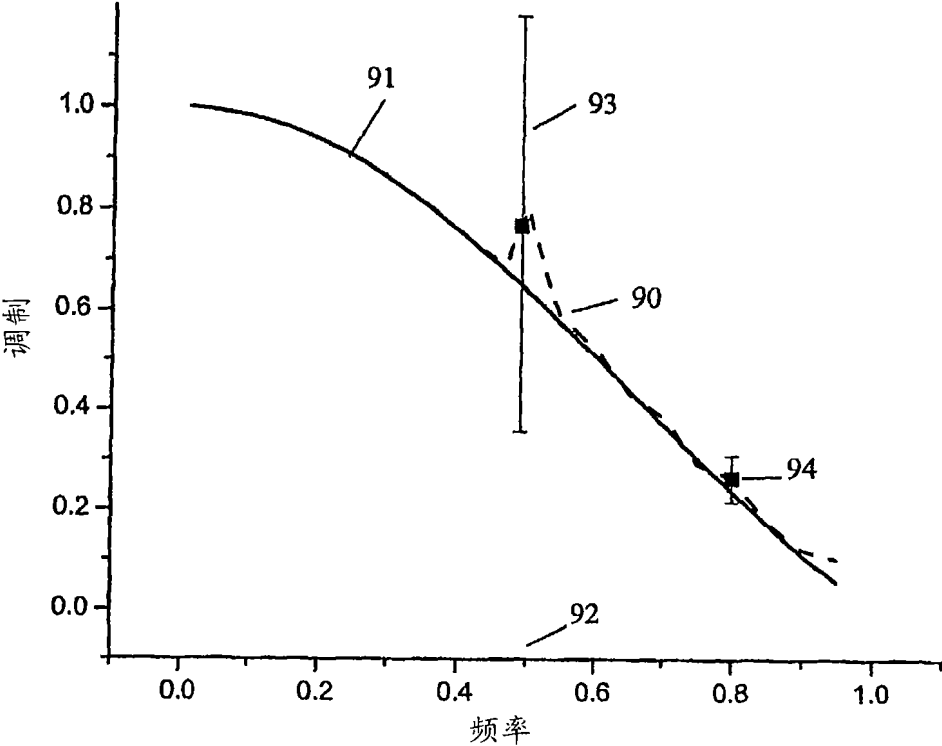


图 14

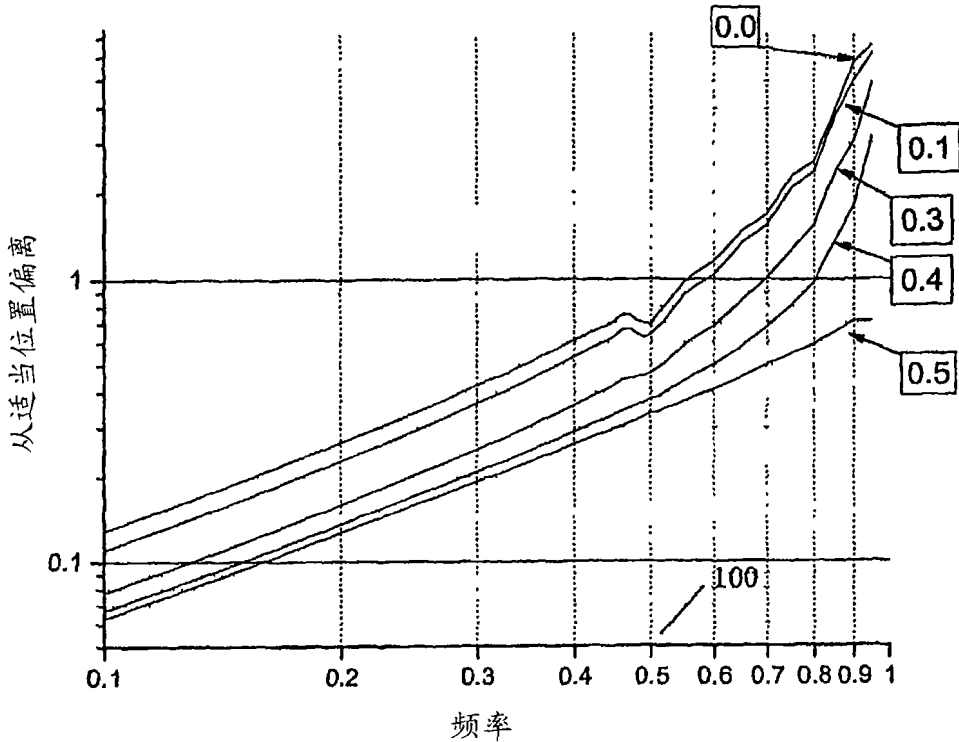


图 15

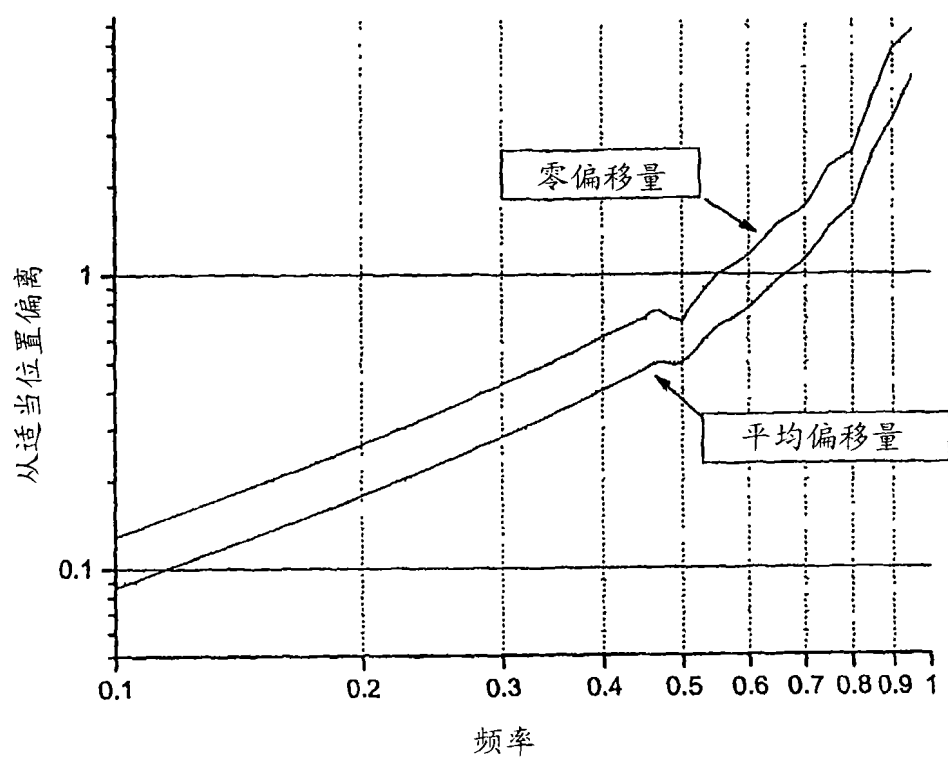


图 16

高帧频模式 2D

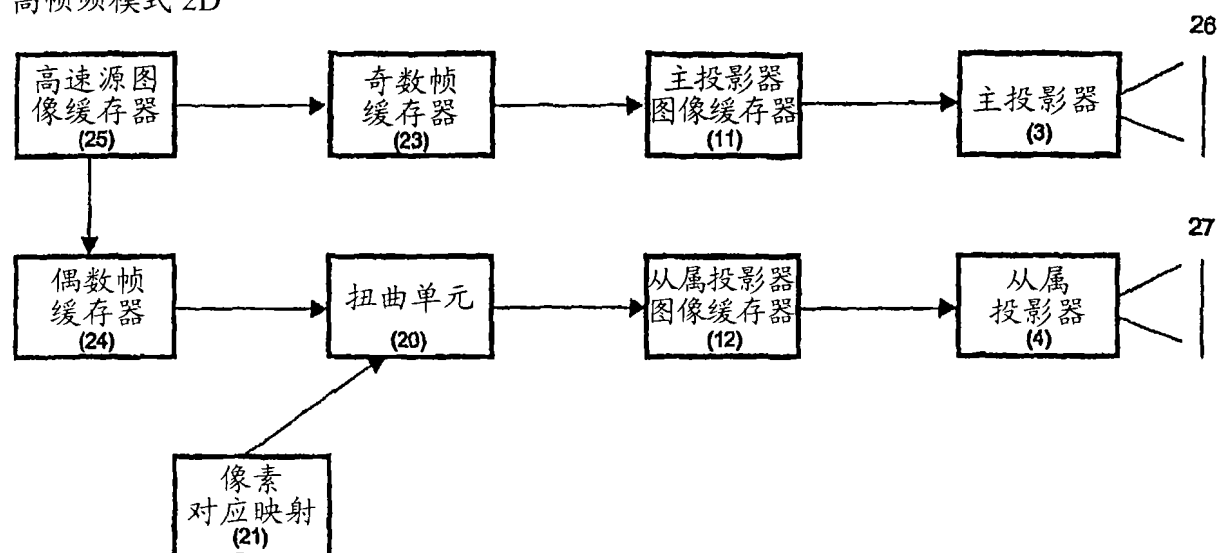


图 17

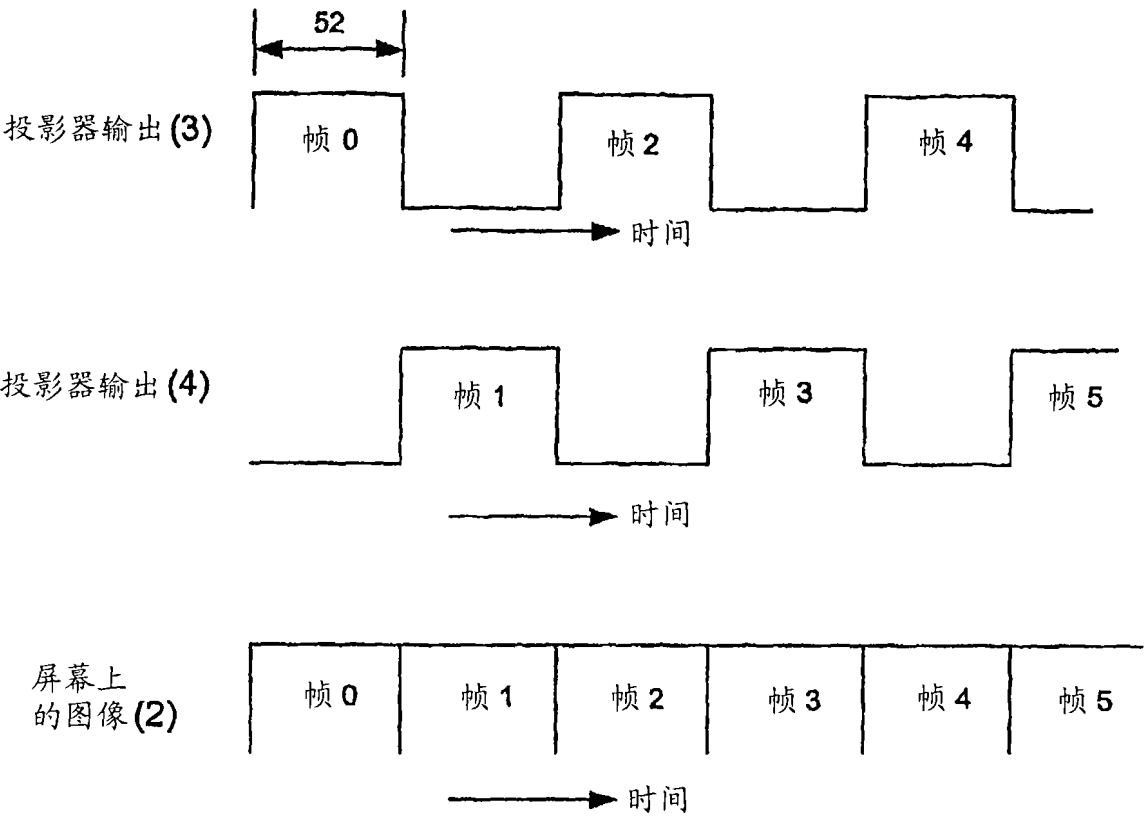


图 18

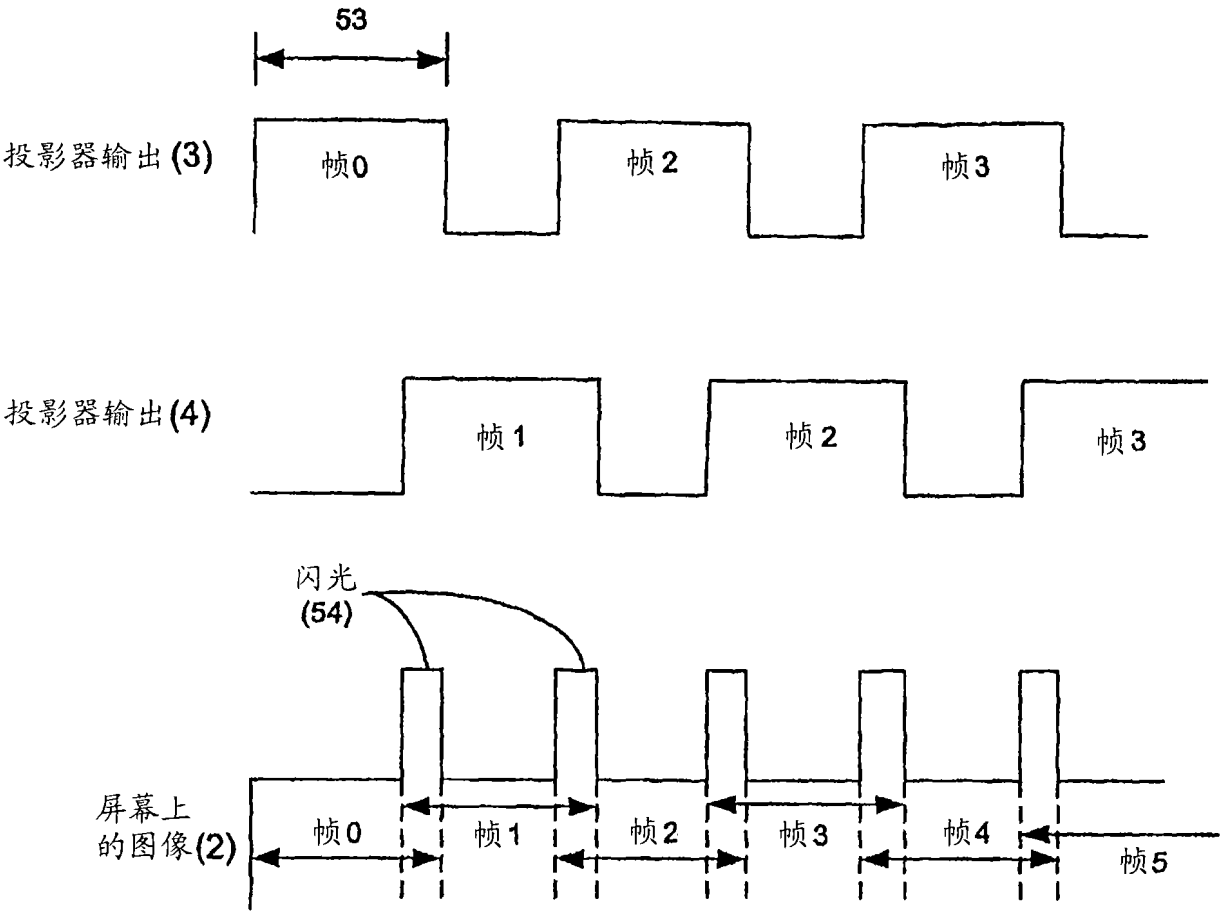


图 19

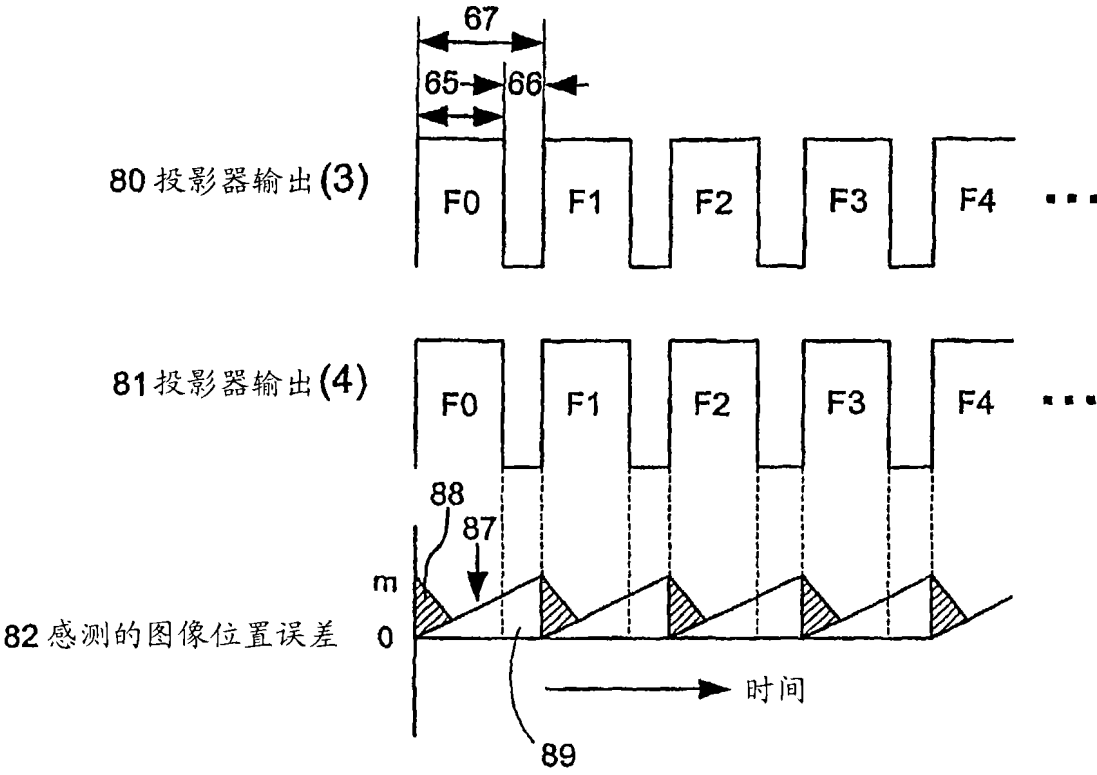


图 20

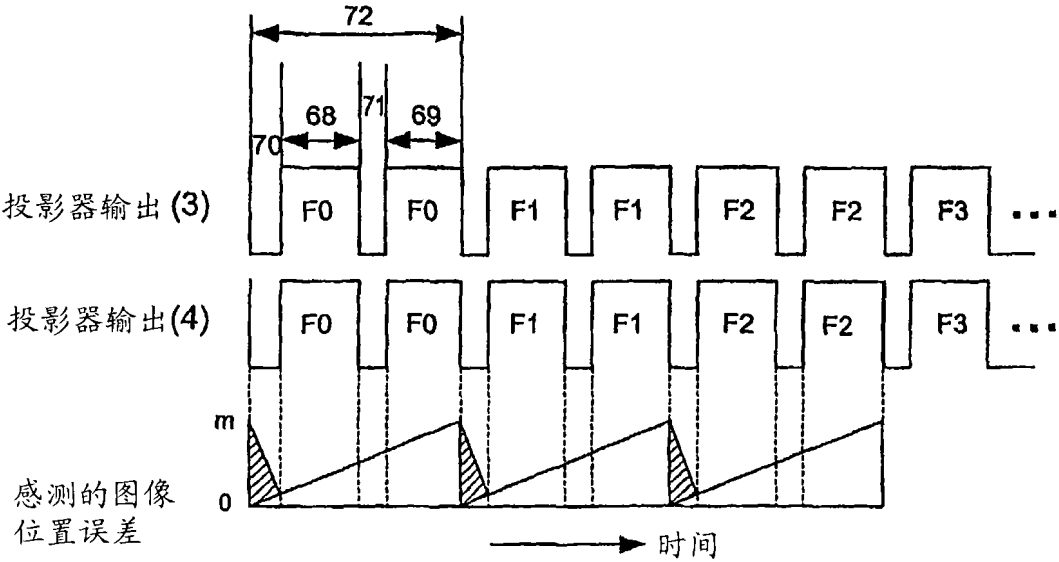


图 21