

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G09G 3/34 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780013521.9

[43] 公开日 2009 年 4 月 29 日

[11] 公开号 CN 101421773A

[22] 申请日 2007.2.15

[21] 申请号 200780013521.9

[30] 优先权

[32] 2006. 2. 15 [33] US [31] 60/773,993

[32] 2006. 2. 24 [33] US [31] 60/776,553

[32] 2006. 3. 3 [33] US [31] 60/779,261

[32] 2006. 3. 31 [33] US [31] PCT/US2006/011757

[32] 2006. 5. 15 [33] US [31] 60/800,870

[32] 2006. 9. 1 [33] US [31] 11/515,420

[32] 2006. 12. 13 [33] US [31] 11/610,479

[86] 国际申请 PCT/US2007/004004 2007. 2. 15

[87] 国际公布 WO2007/095329 英 2007. 8. 23

[85] 进入国家阶段日期 2008. 10. 15

[71] 申请人 博达公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 罗杰·A·哈贾

阿兰·C·布洛赫斯

马克·A·帕贾道斯基

大卫·L·肯特 约翰·于宾

菲利普·H·马利亚克

唐纳德·克拉尔

[74] 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司

代理人 余朦 王艳春

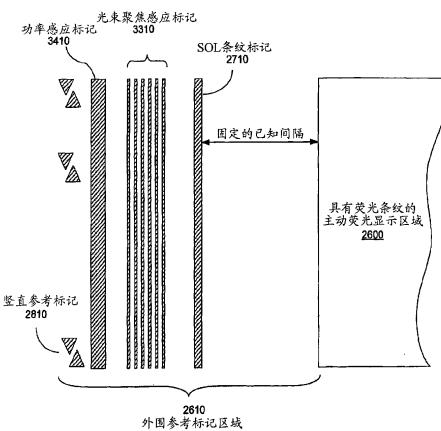
权利要求书 20 页 说明书 57 页 附图 44 页

[54] 发明名称

采用荧光屏的伺服辅助扫描光束显示系统

[57] 摘要

扫描光束显示系统，其利用各种伺服反馈控制机构来控制在荧光屏上的显示图像的质量，该荧光屏发出荧光以形成图像。



1. 扫描光束显示系统，包括：

光学模块，其能够操作以产生具有光学脉冲的激发光的扫描光束，所述光学脉冲能被用于携带图像信息；

荧光屏，其吸收所述激发光并发出可见荧光，以产生由所述扫描光束携带的图像；以及

光学传感器，其被定位，从而在所述扫描光束的照射下接收来自所述荧光屏的反馈光学信号，并产生监视信号，所述监视信号指示出所述荧光屏上的所述光学脉冲的空间对准，

其中所述光学模块包括反馈控制单元，其能够操作从而响应于所述监视信号调整由所述扫描光束携带的所述光学脉冲的时间，从而控制所述光学脉冲在所述荧光屏上的空间位置的空间对准。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括平行荧光条纹和伺服参考标记，所述平行荧光条纹产生由所述扫描光束携带的图像，所述伺服参考标记分别位于所述荧光条纹的边界，从而在所述扫描光束的照射下产生所述反馈光学信号，其中所述反馈光学信号的幅值随着跨过每条荧光条纹的扫描光束的位置而变化，并且

所述光学模块能够操作以产生所述扫描光束的光学脉冲时间的时间变化，从而将所述荧光屏上的所述光学脉冲的位置沿着垂直于所述荧光条纹的光束扫描方向平移，

其中所述反馈控制单元能够操作以响应于所述监视信号中的信息调整所述光学脉冲的时间，从而将每个光学脉冲的位置沿着所述光束扫描方向向荧光条纹的中央引导。

3. 如权利要求 2 所述的系统，其中：每个伺服参考标记都是光学反射的。

4. 如权利要求 2 所述的系统，其中：每个伺服参考标记都是光学荧光的，从而在所述激发光的照射下发出所述反馈光。

5. 如权利要求 4 所述的系统，其中：所述反馈光的波长与所述荧光屏发出的光的波长不同。

6. 如权利要求 4 所述的系统，其中：所述反馈光是不可见的。

7. 如权利要求 2 所述的系统，其中：所述光学脉冲时间的所述时间变化是时间上的周期变化。

8. 如权利要求 7 所述的系统，其中：所述光学脉冲时间中的时间变化被设置为对应于所述荧光屏上所述扫描光束的位置小于荧光条纹宽度的空间平移。

9. 如权利要求 2 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括在垂直于所述荧光条纹的光束扫描路径中、所述荧光条纹之外的线开始伺服参考标记，在由所述扫描光束照射时，所述线开始伺服参考标记产生线开始伺服反馈光，从而指示出来自所述荧光条纹的所述扫描光束的位置，

其中，所述系统进一步包括：

线开始光学检测器，其被放置以接收所述线开始伺服反馈光并产生线开始信号，并且

其中，所述光学模块能够操作以利用所述线开始信号控制所述光学脉冲时间处于当所述扫描光束到达所述荧光条纹的开始位置的时间。

10. 如权利要求 9 所述的系统，其中：所述线开始伺服参考标记是光学反射的。

11. 如权利要求 9 所述的系统，其中：所述线开始伺服参考标记是光学荧光的。

12. 如权利要求 2 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括在垂直于所述荧光条纹的光束扫描路径中、所述荧光条纹之外的竖直光束位置伺服参考标记，在由所述扫描光束照射时，所述竖直光束位置伺服参考标记产生竖直光束位置伺服反馈光，从而指示出竖直光束位置从预定的竖直光束位置在平行于所述荧光条纹的竖直方向上的偏移，

其中，所述系统进一步包括：

光学检测器，其被放置以接收所述竖直光束位置伺服反馈光，并产生竖直光束位置伺服信号，并且

其中，所述光学模块能够操作以利用所述竖直光束位置伺服信号来控制所述扫描光束的方向，从而减少所述荧光屏上竖直光束位置的偏移。

13. 如权利要求 12 所述的系统，其中：所述竖直光束位置伺服参考标记是光学反射的。

14. 如权利要求 12 所述的系统，其中：所述竖直光束位置伺服参考标记是光学荧光的。

15. 如权利要求 12 所述的系统，其中：所述竖直光束位置伺服参考标记包括第一伺服标记和第二伺服标记，所述第一伺服标记和第二伺服标记沿着所述光束扫描路径彼此分离。

16. 如权利要求 15 所述的系统，其中：所述光学模块能够操作以利用来自所述第一伺服标记和第二伺服标记的反射中的差异来确定所述荧光屏上所述竖直光束位置的偏移方向。

17. 如权利要求 15 所述的系统，其中：所述光学模块能够操作以利用接收来自所述第一伺服标记和第二伺服标记的光学信号的时间差异来确定所述荧光屏上所述竖直光束位置的偏移方向。

18. 如权利要求 2 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括在垂直于所述荧光条纹的光束扫描路径中、所述荧光条纹之外的光束聚焦传感参考标记，在由所述扫描光束照射时，所述光束聚焦传感参考标记产生光束聚焦伺服反馈光，从而指示出所述荧光屏上所述扫描光束的光束点尺寸，

其中，所述系统进一步包括：

光学检测器，其被放置以接收所述光束聚焦伺服反馈光，以产生光束聚焦伺服信号，并且

其中，所述光学模块能够操作以利用所述光束聚焦伺服信号来控制所述扫描光束的聚焦，从而控制所述荧光屏上扫描光束的光束点尺寸。

19. 如权利要求 18 所述的系统，其中：所述光束聚焦传感参考标记是光学反射的。

20. 如权利要求 18 所述的系统，其中：所述光束聚焦传感参考标记是光学荧光的。

21. 如权利要求 18 所述的系统，其中：

所述光束聚焦传感参考标记包括周期平行条纹标记，所述周期平行条纹标记平行于所述荧光条纹，并且两个相邻条纹标记间的间隔和每个条纹标记的宽度等于所述荧光屏上沿着所述光束扫描路径的预定点尺寸。

22. 如权利要求 2 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括在垂直于所述荧光条纹的光束扫描路径中、所述

荧光条纹之外的功率传感参考标记，在由所述扫描光束照射时，所述功率传感参考标记产生伺服反馈光，从而指示出所述荧光屏上所述扫描光束的功率水平，

其中，所述系统进一步包括：

光学检测器，其被放置以接收所述伺服反馈光并产生伺服信号，并且

其中，所述光学模块能够操作以利用所述伺服信号控制所述荧光屏上的所述扫描光束的功率。

23. 如权利要求 22 所述的系统，其中：所述功率传感参考标记是光学反射的。

24. 如权利要求 22 所述的系统，其中：所述功率传感参考标记是光学荧光的。

25. 如权利要求 1 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括平行荧光条纹，所述平行荧光条纹发出来自三条连续荧光条纹的三种不同颜色的荧光，从而产生由所述扫描光束携带的图像，

所述反馈光学信号是由所述荧光屏发出的可见荧光的一部分，

所述光学传感器包括第一光学滤波器，以过滤所述反馈光学信号，从而选择三种不同颜色的第一颜色的可见荧光，所述光学传感器还包括第一光学检测器，以接收来自所述第一光学滤波器的所述第一颜色的光，并且其中所述光学传感器至少基于所接收的所述第一颜色的光产生所述监视信号，并且

所述光学模块中的所述反馈控制单元处理所述监视信号，从而沿着垂直于所述荧光屏上的所述平行荧光条纹的扫描方向抽取所述扫描光束中的所述光学脉冲时间的误差，并控制所述扫描光束中的所述光学脉冲时间，以减小所述误差。

26. 如权利要求 25 所述的系统，其中：

所述光学模块能够操作为产生用于所述扫描光束中的所述光学脉冲的测试脉冲图案，从而在所述扫描光束扫描过每三条连续平行荧光条纹时输出至少一个光学脉冲，

所述光学传感器进一步包括第二光学滤波器，以过滤所述反馈光学信号，从而选择三种不同颜色的第二颜色的可见荧光，所述光学传感器还包括第二光学检测器，从而接收来自所述第二光学滤波器的所述第二颜色的光，并且其中所述光学传感器至少基于所接收的所述第一颜色的光和所接收的所述第二颜色的光产生所述监视信号，而且

所述光学模块中的所述反馈控制单元能够操作以利于所接收的所述第一颜色的光和所接收的所述第二颜色的光之间的差异，以指示出所述扫描光束中的所述光学脉冲时间的误差。

27. 如权利要求 26 所述的系统，其中：

所述光学模块能够操作以当要在所述荧光屏上显示给观察者的图像未被显示在所述荧光屏上的开机阶段的过程中，将所述测试脉冲图案应用于所述扫描光束，并接着在所述开机阶段之后，停止所述测试脉冲图案并在正常操作过程中将携带待显示图案的脉冲序列应用于所述扫描光束。

28. 如权利要求 25 所述的系统，其中：

所述荧光屏包括所述荧光条纹之外的线开始伺服参考标记，其在由所述扫描光束照射时，产生线开始伺服反馈光，

其中所述系统进一步包括：

线开始光学检测器，其被放置以接收所述线开始伺服反馈光，并向所述光学模块产生线开始信号，以指示出来自所述荧光条纹的所述扫描光束的位置，并且

其中所述光学模块能够操作以将所述线开始信号用作为时间参考，以在所述扫描光束扫描过所述荧光条纹时控制所述扫描光束的所述光学脉冲时间，从而在所述第一光学检测器处最大化接收到的所述

第一颜色的光，从而减小所述扫描光束中所述光学脉冲时间的误差。

29. 如权利要求 25 所述的系统，其中：

所述光学模块能够操作以滞后显示在所述荧光屏上的两个连续图像帧的一个图像帧中所述扫描光束的所述光学脉冲时间，并提前两个连续图像帧的另一个图像帧中所述扫描光束的光学脉冲时间，并且

所述光学模块中的所述反馈控制单元处理在所述两个连续图像帧中产生的监视信号，从而抽取沿着垂直于所述荧光屏上的所述平行荧光条纹的扫描方向的所述扫描光束中所述光学脉冲时间的所述误差，并控制连续图像帧中的所述扫描光束中所述光学脉冲时间，从而减小所述误差。

30. 如权利要求 25 所述的系统，其中：

所述光学模块能够操作以当要在所述荧光屏上显示给观察者的图像未被显示在所述荧光屏上的开机阶段将测试脉冲图案应用于所述扫描光束，从而监视并校正所述扫描光束中光学脉冲时间的误差，

所述光学模块进一步能够操作从而接着在所述开机阶段之后，将携带待显示图案的脉冲序列应用于所述扫描光束，并且（1）滞后显示在所述荧光屏上的两个连续图像帧的一个图像帧中的所述扫描光束的光学脉冲时间，以及（2）提前所述两个连续图像帧中的另一个图像帧中的所述扫描光束的光学脉冲时间，并且

所述光学模块中的所述反馈控制单元处理所述两个连续图像帧中产生的监视信号，从而抽取沿着垂直于所述荧光屏上的所述平行荧光条纹的扫描方向的所述扫描光束中所述光学脉冲时间的所述误差，并控制连续图像帧中的所述扫描光束中所述光学脉冲时间，从而减小所述误差。

31. 如权利要求 25 所述的系统，进一步包括：

信号积分器，其被耦合以接收来自所述第一光学检测器的检测器输出，从而在积分时间上对检测器输出进行积分；以及

模数转换器，其转换来自所述信号积分器的积分器输出，从而产生数字输出，并且

其中所述光学模块中的所述反馈控制单元利用所述数字输出抽取所述扫描光束中所述光学脉冲时间的所述误差。

32. 如权利要求 31 所述的系统，其中：

所述积分时间是处于一次上的，在所述积分时间的过程中，所述扫描光束扫描过所述荧光屏上的多个连续成组的三条连续荧光条纹。

33. 用于控制扫描光束显示系统的方法，包括：

在屏幕上扫描利用光学脉冲调制的激发光束，所述屏幕具有在垂直于荧光条纹的光束扫描方向上的平行荧光条纹，以激发荧光条纹，从而发出形成图像的可见荧光；

在所述激发光束的光学脉冲时间中提供时间变化，从而沿着所述屏幕上的所述光束扫描方向提前或滞后每个光学脉冲的空间位置；

在由所述激发光束照射下检测从所述屏幕产生的监视信号，所述监视信号具有随着所述光束相对于荧光条纹的位置而变化的幅值；

处理所述监视信号，以获得所述屏幕上的光学脉冲相对荧光条纹的中央位置的空间偏移的信息；以及

调整所述激发光束的所述光学脉冲时间，以减小所述空间偏移。

34. 如权利要求 33 所述的方法，进一步包括：

利用所述监视信号的幅值来指示出所述空间偏移的存在并利用所述监视信号的符号来指示出所述空间偏移的方向。

35. 如权利要求 33 所述的方法，其中：

所述监视信号是所述激发光束从所述屏幕的反射，并且所述光学脉冲时间的时间变化是周期性的。

36. 如权利要求 35 所述的方法，其中：

---

所述光学脉冲时间的时间变化的周期对应于所述扫描光束在所述屏幕上移动的距离，并且所述距离大于一组荧光条纹。

37. 如权利要求 33 所述的方法，其中：

所述光学脉冲时间的时间变化对应于所述扫描光束的位置在所述屏幕上的空间平移，所述空间平移小于所述荧光条纹的宽度。

38. 如权利要求 33 所述的方法，进一步包括：

在所述荧光条纹外、所述光束扫描方向上提供外围伺服参考标记，以在由所述扫描光束照射时产生反馈光；

控制扫描光束，以在荧光区域上扫描的过程中在所述外围伺服参考标记上扫描；

控制所述扫描光束，以使其在所述扫描光束在所述外围伺服参考标记上扫描时处于 CW 模式，并使所述扫描光束处于脉冲模式，从而在所述扫描光束在所述荧光条纹上扫描时携带光学脉冲；

利用所述反馈光形成所述外围伺服参考标记，以检测所述扫描光束的光束参数；以及

利用已检测的光束参数来调整所述扫描光束。

39. 如权利要求 38 所述的方法，其中：

所述外围伺服参考标记具有的结构在由所述扫描光束照射时产生竖直光束位置伺服反馈光，从而指示出竖直光束位置在平行于所述荧光条纹的竖直方向上从预定竖直光束位置的偏移。

40. 如权利要求 38 所述的方法，其中：

所述外围伺服参考标记具有的结构在由所述扫描光束照射时，产生光束聚焦伺服反馈光，从而指示出所述屏幕上的所述扫描光束的光束点尺寸。

41. 如权利要求 38 所述的方法，其中：

所述外围伺服参考标记在由所述扫描光束照射时产生线开始伺服反馈光，从而指示出来自所述荧光条纹的所述扫描光束的位置。

42. 如权利要求 38 所述的方法，其中：

所述外围伺服参考标记具有的结构在由所述扫描光束照射时产生伺服反馈光，从而指示出所述屏幕上的所述扫描光束的功率水平。

43. 如权利要求 33 所述的方法，其中：

所述监视信号是由所述屏幕发出的可见荧光的一部分，并且

所述屏幕上的三个连续平行荧光条纹由在所述扫描光束的激发下发出三种不同颜色的三种不同荧光材料制成，并且

其中所述方法进一步包括：

调制所述扫描光束，从而携带测试脉冲图案，所述测试脉冲图案在所述扫描光束扫描过每三条连续平行荧光条纹时产生至少一个光学脉冲，以及

利用所述监视信号中的三种不同颜色中的至少一种颜色获得所述空间偏移的信息。

44. 如权利要求 43 所述的方法，进一步包括：

选择所述监视信号的三种不同颜色中的第二种颜色的可见荧光，以及

利用接收的一种颜色的光和接收的第二种颜色的光之间的差异来指示出所述扫描光束中的所述空间偏移。

45. 如权利要求 43 所述的方法，进一步包括：

在所述屏幕上的待显示给观察者的图像未被显示在所述屏幕上的开机阶段过程中，将所述测试脉冲图案应用于所述扫描光束，以及

接着在所述开机阶段之后，利用携带着要在所述扫描光束上示出的图像的脉冲序列代替所述测试脉冲图案，从而在所述屏幕上显示图像。

46. 如权利要求 45 所述的方法，其中：

在所述屏幕上显示图像的过程中，滞后显示在所述屏幕上的两个连续图像帧的一个图像帧中的所述扫描光束的所述光学脉冲时间，同时提前提述两个连续图像帧中的另一个图像帧中的所述扫描光束的所述光学脉冲时间，

处理所述两个连续图像帧中产生的监视信号，从而抽取所述屏幕上的所述空间偏移，以及

控制连续图像帧中的所述扫描光束的所述光学脉冲时间，从而减小所述空间偏移。

47. 如权利要求 43 所述的方法，其中：

所述屏幕包括所述荧光条纹外的线开始伺服参考标记，所述线开始伺服参考标记在由所述扫描光束照射时产生线开始伺服反馈光，并且

其中所述方法进一步包括：

检测所述线开始伺服反馈光，从而产生指示出来自所述荧光条纹的所述扫描光束的位置的线开始信号，以及

当所述扫描光束扫描过所述荧光条纹时，相对于作为时间参考的所述线开始信号控制所述扫描光束的所述光学脉冲时间，从而最大化由所述屏幕发出的荧光中的接收的一种颜色的光，从而减小所述空间偏移。

48. 扫描光束显示系统，包括：

光学模块，其能够操作以产生具有光学脉冲的激发光的扫描光束，所述光学脉冲在时间上是排序的，并且携带了图像信息；

荧光屏，其包括荧光区域和所述荧光区域外的外围伺服参考标记区域，

其中所述荧光区域吸收所述激发光并发出可见荧光，以产生由所述扫描光束携带的图像，并且所述荧光区域包括在所述扫描光束照射

下产生第一反馈光学信号的多个第一伺服参考标记，

其中所述外围伺服参考标记区域包括在所述扫描光束照射下产生第二反馈光学信号的至少一个第二伺服参考标记；

第一光学传感器，其被定位以接收第一反馈光学信号并产生第一监视信号，所述第一监视信号指示出在所述荧光屏上所述光学脉冲的空间对准；以及

第二光学传感器，其被定位以接收第二反馈光学信号并产生第二监视信号，所述第二监视信号指示出在所述荧光屏上所述扫描光束的光学特性，

其中所述光学模块包括反馈控制单元，其能够操作以响应于所述第一监视信号和第二监视信号调整所述扫描光束，从而至少控制所述光学脉冲在所述荧光屏上的空间位置的所述空间对准。

49. 如权利要求 48 所述的系统，其中：

所述第二外围伺服参考标记包括线开始伺服参考标记，所述线开始伺服参考标记具有与所述荧光区域的固定间隔，并产生第二反馈光学信号，所述第二反馈光学信号指示出来自所述荧光区域的所述扫描光束的位置。

50. 如权利要求 48 所述的系统，其中：

所述荧光区域包括平行荧光条纹，

所述光学模块对所述扫描光束进行扫描，以通过多个水平扫描沿着垂直于所述平行荧光条纹的水平方向覆盖所述荧光区域，以及

所述第二外围伺服参考标记包括竖直光束位置伺服参考标记，所述竖直光束位置伺服参考标记产生第二反馈光学信号，所述第二反馈光学信号指示出竖直光束位置从预定的竖直光束位置、在平行于所述荧光条纹的竖直方向上的偏移。

51. 如权利要求 48 所述的系统，其中：

所述第二外围伺服参考标记包括光束聚焦传感参考标记，所述光

束聚焦传感参考标记产生第二反馈光学信号，以指示出所述荧光屏上的所述扫描光束的光束点尺寸。

52. 如权利要求 48 所述的系统，其中：

所述第二外围伺服参考标记包括光束功率传感参考标记，所述光束功率传感参考标记产生第二反馈光学信号，以指示出所述荧光屏上的所述扫描光束的功率水平。

53. 如权利要求 48 所述的系统，其中：

所述荧光区域包括平行荧光条纹，并且

所述第一伺服参考标记分别位于所述荧光条纹的边界。

54. 如权利要求 48 所述的系统，进一步包括：

光导管，其形成在所述荧光屏的所述外围伺服参考标记区域中，所述光导管具有输入部分，所述输入部分被耦合以接收由所述第二伺服参考标记产生的所述第二反馈光学信号，所述光导管还具有输出部分，所述输出部分被耦合到所述第二光学传感器，以将接收到的第二反馈光学信号引向所述第二光学传感器。

55. 如权利要求 54 所述的系统，其中：

所述第二伺服参考标记是光学传播的，从而将所述扫描光束的传播部分作为所述第二反馈光学信号引向所述光导管。

56. 扫描光束显示系统，包括：

光学模块，其包括第一扫描器，从而沿着第一方向扫描具有光学脉冲的至少一束扫描光束，所述至少一束扫描光束能够携带图像信息，所述光学模块还包括第二扫描器，所述第二扫描器具有多面体，所述多面体具有多个反射面且能够操作以绕着沿着所述第一方向的转动轴转动，从而沿着垂直于所述第一方向的第二方向扫描所述至少一束扫描光束；

屏幕，其被定位以接收来自所述光学模块的所述至少一束扫描光束，并被设置成包括（1）显示区域，其显示了由所述至少一条扫描光束携带的图像，以及（2）多个参考标记，其被定位在所述屏幕上沿着所述至少一条扫描光束的所述第二方向的路径中，并沿着所述第一方向彼此移位，每个参考标记能够操作从而在由所述至少一束扫描光束照射时产生光学监视信号；

光学检测器，其被定位以接收来自所述屏幕的所述光学监视信号，并产生检测器信号，所述检测器信号包含所述至少一条扫描光束相对于所述屏幕上的各自参考标记的的位置偏移的信息；以及

第一扫描器控制，其测量来自所述检测器信号的所述多面体的塔差，并控制所述第二扫描器的扫描，从而校正由所述塔差产生的位置偏移。

57. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

所述屏幕包括所述显示区域中的平行荧光条纹，所述平行荧光条纹吸收所述至少扫描光束的光，以发出荧光并产生由所述至少一条扫描光束携带的图像，并且

其中所述参考标记位于所述显示区域外。

58. 如权利要求 57 所述的系统，其中：

每个参考标记均是光学反射的。

59. 如权利要求 57 所述的系统，其中：

每个参考标记均是光学荧光的，从而在所述至少一条扫描光束照射下发出光学所述光学监视信号的光。

60. 如权利要求 59 所述的系统，其中：

所述光学监视信号的波长不同于由所述屏幕发出的所述荧光的波长。

61. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

所述屏幕的所述显示区域不具有发光荧光材料，并且操作为利用所述至少一条扫描光束的光来呈现由所述至少一条扫描光束携带的图像。

62. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

每个参考标记均是光学反射的。

63. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

每个参考标记均是光学荧光的，从而在由所述至少一条扫描光束照射下发出所述光学监视信号的光。

64. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

每个参考标记均包括第一特征和第二特征，所述第一特征和第二特征沿着所述第一方向和沿着所述第二方向彼此分离。

65. 如权利要求 64 所述的系统，其中：

所述第一扫描器控制包括误差信号发生器，所述误差信号发生器产生来自所述检测器信号中的第一信号分量和第二信号分量的误差信号，从而指示出所述至少一条扫描光束相对于所述屏幕上各自的参考标记的位置偏移，所述第一信号分量和第二信号分量分别由所述第一特征和第二特征产生。

66. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

所述第一扫描器控制包括识别产生所测量到的塔差的多面体的面的机构，并且所述第一扫描器控制还控制着所述第二扫描器的扫描，从而在所识别的面随后扫描所述至少一条扫描光束时校正由塔差导致的位置偏移。

67. 如权利要求 56 所述的系统，其中：

所述第一扫描器是电流计镜。

68. 用于操作扫描光束显示系统的方法，包括：

采用第一扫描器扫描用光学脉冲调制的至少一束光，从而沿着屏幕上的第一方向携带图像，以及采用具有多个反射面的第二多面体扫描器，从而沿着所述屏幕上的第二垂直方向扫描所述至少一束光，从而显示图像；

采用所述屏幕上的多个参考标记，所述多个参考标记分别位于多个位置上，所述多个位置分别处于通过所述多个反射面的所述至少一束光的光束扫描路径中，从而在扫描过程中在由所述至少一束光照射时产生光学监视信号，每个光学监视信号均具有所述至少一束光相对于所述屏幕上各自的参考标记的位置偏移的信息，所述位置偏移的信息是由所述多面体扫描器中的各自反射面的塔差导致的；

检测来自所述屏幕的所述光学监视信号，从而产生包含位置偏移信息的检测器信号；以及

调整沿着所述第一方向的所述第一扫描器的扫描，从而响应于所述检测器信号中的位置偏移以减少所述屏幕上的所述至少一束光的位置偏移。

69. 如权利要求 68 所述的方法，进一步包括：

控制所述至少一束光的扫描，从而在所述屏幕的中央区域显示图像；以及

对所述第一扫描器的扫描进行调整，从而在所述至少一束光位于所述中央区域之外时减少位置偏移。

70. 如权利要求 69 所述的方法，其中：

所述参考标记位于所述中央区域外。

71. 如权利要求 68 所述的方法，进一步包括：

测量所述至少一束光相对于所述屏幕上各自的参考标记的位置偏

移，所述位置偏移是沿着所述第二方向、在所述至少一束光束的第一次扫描中由所述多面体扫描器中各自的反射面的塔差导致的；以及

对所述第一扫描器的扫描进行调整，从而减少通过所述各自的反射面的后续扫描中的位置偏移。

72. 扫描光束显示系统，包括：

光学模块，其能够操作以产生具有光学脉冲的激发光的扫描光束，所述激发光的扫描光束能够携带图像信息；

第一扫描器，用于沿着第一方向扫描所述扫描光束的；

第二扫描器，其包括具有反射面的多面体，并且能够操作以绕着平行于所述第一方向的轴旋转，并采用所述反射面沿着第二垂直方向扫描所述扫描光束；

荧光屏，其包括沿着所述第一方向具有多个平行荧光条纹的荧光区域，其中每条荧光条纹都沿着所述第二方向彼此空间移位，所述荧光屏还包括在所述荧光区域外的外围伺服参考标记区域，

其中所述荧光条纹吸收所述激发光并发出可见荧光，以产生由所述扫描光束携带的图像，并且所述荧光区域包括多个第一伺服参考标记，所述多个第一伺服参考标记在所述扫描光束照射下产生第一反馈光学信号，从而指示出所述光学脉冲沿着所述第二方向对所述荧光条纹的空间对准，

其中所述外围伺服参考标记区域包括多个第二伺服参考标记，每个所述第二伺服参考标记均在所述扫描光束照射下产生指示出所述扫描光束沿着所述第一方向的位置偏移的第二反馈光学信号；

第一光学传感器，其被定位以接收所述第一光学信号并产生指示出所述光学脉冲相对于所述荧光条纹的空间对准的第一监视信号；

第二光学传感器，其被定位以接收第二反馈光学信号并在由各自的反射面扫描时产生指示出所述扫描光束沿着所述第一方向的位置偏移的第二监视信号；以及

控制单元，其能够操作以响应于所述第一监视信号和第二监视信号调整所述扫描光束，从而至少控制所述光学脉冲相对于所述荧光条

---

纹的空间位置的空间对准，并减少所述扫描光束沿着所述第一方向的位置偏移。

73. 如权利要求 72 所述的系统，其中：  
每个第二伺服参考标记是光学反射的。

74. 如权利要求 72 所述的系统，其中：  
每个第二伺服参考标记是光学荧光的，从而在所述扫描光束照射下发出所述第二反馈光学信号的光。

75. 如权利要求 72 所述的系统，其中：  
每个第二伺服参考标记均包括沿着所述第一方向并沿着所述第二方向彼此分离的第一特征和第二特征。

76. 如权利要求 75 所述的系统，其中：  
所述控制单元包括误差信号发生器，所述误差信号发生器产生来自所述第二反馈光学信号中的第一信号分量和第二信号分量的误差信号，从而指示出所述至少一条扫描光束相对于所述屏幕上各自的参考标记的位置偏移，所述第一信号分量和第二信号分量分别由所述第一特征和第二特征产生。

77. 如权利要求 72 所述的系统，其中：  
所述控制单元包括识别产生塔差的多面体的面的机构，所述塔差导致了位置偏移，并且所述控制单元控制所述第二扫描器的扫描，从而在被识别的面扫描所述扫描光束时校正由塔差导致的位置偏移。

78. 如权利要求 72 所述的系统，其中：  
所述光学模块产生多个扫描光束，  
所述第一扫描器和第二扫描器沿着所述第一方向和第二方向在所述屏幕上扫描所述多个扫描光束，并且

所述第二扫描器利用公共反射面、沿着所述第二方向每次在一个屏幕段上同时扫描所述多个扫描光束，并利用不同的反射面通过在不同时刻顺序地扫描不同的屏幕段以在整个屏幕上扫描所述多个扫描光束。

79. 扫描光束显示系统，包括：

多面体扫描器，其具有多个反射面，并能够操作以沿着第一方向扫描光学光束；

第二扫描器，其具有反射体，以使得所述光学光束在垂直于所述第一方向的第二方向上扫描；以及

控制单元，其与所述第二扫描器通讯，以控制所述第二扫描器的扫描，所述控制单元进一步能够操作以抖动所述第二扫描器，从而使得所述光学光束在每次扫描过程中、以高于由所述光学光束携带图像的帧频率的抖动频率、沿着所述第二方向向后向前改变其自身的方向。

80. 如权利要求 79 所述的系统，进一步包括根据所述多面体扫描器中不同面的塔差控制所述光学光束的光强度的机构。

81. 用于显示的方法，包括：

采用具有多个反射体面的多面体扫描器，以沿着第一方向扫描光学光束；

采用具有反射体的第二扫描器在垂直于所述第一方向的第二方向上扫描所述光学光束；以及

控制所述光学光束的扫描，从而利用所述多面体扫描器的不同面在连续帧的每条水平扫描线上扫描所述光学光束。

82. 如权利要求 81 所述的方法，进一步包括：

抖动所述第二扫描器，以使得所述光学光束在每次扫描过程中、以高于由所述光学光束携带图像的帧频率的抖动频率、沿着所述第二方向向后向前改变其自身的方向。

83. 如权利要求 82 所述的方法，进一步包括：

根据所述多面体扫描器中不同面的塔差控制所述光学光束的光强度。

84. 如权利要求 81 所述的方法，进一步包括：

根据所述多面体扫描器中不同面的塔差控制所述光学光束的光强度。

## 采用荧光屏的伺服辅助扫描光束显示系统

本 PCT 申请要求下列四个美国临时专利申请的优先权：

1. 2006 年 1 月 15 日提交的题为 “Display Systems Using Optical Fluorescent Screens and Servo Feedback Control for Such Systems (采用光学荧光屏的显示系统及该系统的伺服反馈控制)” 的 60/773,993 号美国临时专利申请；

2. 2006 年 2 月 24 日提交的题为 “Pyramidal Error Correction in Laser Displays Using Polygon Scanners (采用多面体扫描器的激光显示的塔差校正)” 的 60/776,553 号美国临时专利申请；以及

3. 2006 年 3 月 3 日提交的题为 “Display Systems Using Scanning Light and Electronic Correction of Optical Distortion by Imaging Lens Assembly (采用扫描光和利用成像透镜组件进行光学扭曲的电子校正的显示系统)” 的 60/779,261 号美国临时专利申请；

4. 2006 年 5 月 15 日提交的题为 “Display Systems Using Fluorescent Screens Including Fluorescent Screens With Prismatic Layer(采用荧光屏的显示系统，所采用的荧光屏包括具有棱镜层的荧光屏)” 的 60/800,870 号美国临时专利申请。

本 PCT 申请是以下 PCT 专利申请的部分继续申请并要求其优先权：2006 年 3 月 31 日提交的题为 “Display Systems Having Screens With Optical Fluorescent Materials (包括具有光学荧光材的屏幕的显示系统)” 的 PCT/US2006/11757 号 PCT 专利申请。

另外，本 PCT 申请是以下两个美国申请的部分继续申请并要求其优先权：

1. 2006 年 9 月 1 日提交的题为 “Servo-Assisted Scanning Beam Display Systems Using Fluorescent Screens (采用荧光屏的伺服辅助扫描光束显示系统)” 的 11/515,420 号美国申请，其要求以上的第 1、3 和 4 项美国临时专利申请的优先权以及以上引用的 PCT/

US2006/11757号PCT申请的优先权；以及

2. 2006年12月13日提交的题为“Correcting Pyramidal Error of Polygon Scanner In Scanning Beam Display Systems(在扫描光束显示系统中校正多面体扫描器的塔差)”的11/610,479号美国申请，其要求以上的第1到4项美国临时专利申请的优先权以及以上引用的PCT/US2006/11757号PCT申请和11/515,420号美国申请的优先权。

本PCT申请以引用的方式并入所有上述引用的专利申请的全部公开内容，且将其作为本PCT申请说明书的一部分。

## 技术领域

本申请涉及扫描光束显示系统。

## 背景技术

在扫描光束显示系统中，能够在屏幕上扫描光束，以在该屏幕上形成图像。例如激光显示系统的许多显示系统采用多面体扫描器，所述多面体扫描器具有多个反射面，以提供水平扫描，和诸如电流计驱动(galvo-driven)镜的竖直扫描镜，从而提供竖直扫描。在操作中，在多面体扫描器旋转以改变一个面的位置和方向时，多面体扫描器的该面扫描一条水平线，并且下一个面扫描下一个水平线。水平扫描和竖直扫描彼此同步，以将图像投射在屏幕上。

这种扫描光束显示系统能具有各种配置。例如，扫描光束显示系统可采用被动屏幕，该被动屏幕不发光，但通过一下机制中的一种或其组合发出观察者可见的扫描光束的光，所述机制例如光反射、光漫射、光散射和光衍射。各种前方和后方投射显示器采用被动屏幕。扫描光束显示系统也能够采用例如荧光屏的主动屏幕，其包含在光激发下发出彩色光的荧光材料，其中，所发出的彩色光形成对于观察者可见的图像。

## 发明内容

本申请的说明书在其中描述了显示系统和基于在屏幕上扫描光的

装置。也描述了用于该显示系统的伺服控制机构。

在某些实施中，能够采用多重激光器以同时扫描多重激光光束来照亮一个屏幕。例如，多重激光光束每次能够照亮一个屏幕段，并继续扫描多重屏幕段以实现全屏扫描。屏幕能包含在扫描光激发下发出可见光的荧光材料，从而通过发出的可见光形成图像。

在一个实施方式中，扫描光束显示系统，包括：光学模块，其能够操作以产生具有光学脉冲的激发光的扫描光束，所述光学脉冲能被用于携带图像信息；荧光屏，其吸收所述激发光并发出可见荧光，以产生由所述扫描光束携带的图像；以及光学传感器，其被定位，从而在所述扫描光束的照射下接收来自所述荧光屏的反馈光学信号，并产生监视信号，所述监视信号指示出所述荧光屏上的所述光学脉冲的空间对准，其中所述光学模块包括反馈控制单元，其能够操作从而响应于所述监视信号调整由所述扫描光束携带的所述光学脉冲的时间，从而控制所述光学脉冲在所述荧光屏上的空间位置的空间对准。

在上述光束扫描光束系统中，所述荧光屏包括平行荧光条纹和伺服参考标记，所述平行荧光条纹产生由所述扫描光束携带的图像，所述伺服参考标记分别位于所述荧光条纹的边界，从而在所述扫描光束的照射下产生所述反馈光学信号，其中所述反馈光学信号的幅值随着跨过每条荧光条纹的扫描光束的位置而变化，并且所述光学模块能够操作以产生所述扫描光束的光学脉冲时间的时间变化，从而将所述荧光屏上的所述光学脉冲的位置沿着垂直于所述荧光条纹的光束扫描方向平移，其中所述反馈控制单元能够操作以响应于所述监视信号中的信息调整所述光学脉冲的时间，从而将每个光学脉冲的位置沿着所述光束扫描方向向荧光条纹的中央引导。

在另一个实施方式中，描述了用于控制扫描光束显示系统的方法，包括：在屏幕上扫描利用光学脉冲调制的激发光束，所述屏幕具有在垂直于荧光条纹的光束扫描方向上的平行荧光条纹，以激发荧光条纹，从而发出形成图像的可见荧光；在所述激发光束的光学脉冲时间中提供时间变化，从而沿着所述屏幕上的所述光束扫描方向提前或滞后每个光学脉冲的空间位置；在由所述激发光束照射下检测从所述屏幕产

生的监视信号，所述监视信号具有随着所述光束相对于荧光条纹的位置而变化的幅值；处理所述监视信号，以获得所述屏幕上的光学脉冲相对荧光条纹的中央位置的空间偏移的信息；以及调整所述激发光束的所述光学脉冲时间，以减小所述空间偏移。

在上述方法中，可执行以下操作来控制系统。在所述荧光条纹外、所述光束扫描方向上提供外围伺服参考标记，以在由所述扫描光束照射时产生反馈光；控制扫描光束，以在荧光区域上扫描的过程中在所述外围伺服参考标记上扫描；控制所述扫描光束，以使其在所述扫描光束在所述外围伺服参考标记上扫描时处于 CW 模式，并使所述扫描光束处于脉冲模式，从而在所述扫描光束在所述荧光条纹上扫描时携带光学脉冲；利用所述反馈光形成所述外围伺服参考标记，以检测所述扫描光束的光束参数；以及利用已检测的光束参数来调整所述扫描光束。

在另一个实施方式中，扫描光束显示系统，包括：光学模块，其能够操作以产生具有光学脉冲的激发光的扫描光束，所述光学脉冲在时间上是排序的，并且携带了图像信息；荧光屏，其包括荧光区域和所述荧光区域外的外围伺服参考标记区域，其中所述荧光区域吸收所述激发光并发出可见荧光，以产生由所述扫描光束携带的图像，并且所述荧光区域包括在所述扫描光束照射下产生第一反馈光学信号的多个第一伺服参考标记，其中所述外围伺服参考标记区域包括在所述扫描光束照射下产生第二反馈光学信号的至少一个第二伺服参考标记；第一光学传感器，其被定位以接收第一反馈光学信号并产生第一监视信号，所述第一监视信号指示出在所述荧光屏上所述光学脉冲的空间对准；以及第二光学传感器，其被定位以接收第二反馈光学信号并产生第二监视信号，所述第二监视信号指示出在所述荧光屏上所述扫描光束的光学特性，其中所述光学模块包括反馈控制单元，其能够操作以响应于所述第一监视信号和第二监视信号调整所述扫描光束，从而至少控制所述光学脉冲在所述荧光屏上的空间位置的所述空间对准。

上述系统中的屏幕可进一步包括在屏幕的外围伺服参考标记区域中形成的导光管。所述光导管具有输入部分，所述输入部分被耦合以

接收由所述第二伺服参考标记产生的所述第二反馈光学信号，所述光导管还具有输出部分，所述输出部分被耦合到所述第二光学传感器，以将接收到的第二反馈光学信号引向所述第二光学传感器。所述第二伺服参考标记是光学传播的，从而将所述扫描光束的传播部分作为所述第二反馈光学信号引向所述光导管。

描述了具有第一扫描器和第二多面体扫描器的扫描光束显示系统的示例。在一个示例中，该系统能够包括光学模块和屏幕。光学模块，其包括第一扫描器，从而沿着第一方向扫描具有光学脉冲的至少一束扫描光束，所述至少一束扫描光束能够携带图像信息，所述光学模块还包括第二扫描器，所述第二扫描器具有多面体，所述多面体具有多个反射面且能够操作以绕着沿着所述第一方向的转动轴转动，从而沿着垂直于所述第一方向的第二方向扫描所述至少一束扫描光束。屏幕，其被定位以接收来自所述光学模块的所述至少一束扫描光束，并被设置成包括(1)显示区域，其显示了由所述至少一条扫描光束携带的图像，以及(2)多个参考标记，其被定位在所述屏幕上沿着所述至少一条扫描光束的所述第二方向的路径中，并沿着所述第一方向彼此移位，每个参考标记能够操作从而在由所述至少一束扫描光束照射时产生光学监视信号。该系统还可包括光学检测器，其被定位以接收来自所述屏幕的所述光学监视信号，并产生检测器信号，所述检测器信号包含所述至少一条扫描光束相对于所述屏幕上的各自参考标记的位置偏移的信息；以及第一扫描器控制，其测量来自所述检测器信号的所述多面体的塔差，并控制所述第二扫描器的扫描，从而校正由所述塔差产生的位置偏移。

也描述了用于操作扫描光束显示系统的方法，包括：采用第一扫描器扫描用光学脉冲调制的至少一束光，从而沿着屏幕上的第一方向携带图像，以及采用具有多个反射面的第二多面体扫描器，从而沿着所述屏幕上的第二垂直方向扫描所述至少一束光，从而显示图像；采用所述屏幕上的多个参考标记，所述多个参考标记分别位于多个位置上，所述多个位置分别处于通过所述多个反射面的所述至少一束光的光束扫描路径中，从而在扫描过程中在由所述至少一束光照射时产生

光学监视信号，每个光学监视信号均具有所述至少一束光相对于所述屏幕上各自的参考标记的位置偏移的信息，所述位置偏移的信息是由所述多面体扫描器中的各自反射面的塔差导致的；检测来自所述屏幕的所述光学监视信号，从而产生包含位置偏移信息的检测器信号；以及调整沿着所述第一方向的所述第一扫描器的扫描，从而响应于所述检测器信号中的位置偏移以减少所述屏幕上的所述至少一束光的位置偏移。

具有两个扫描器的扫描光束显示系统，包括：光学模块，其能够操作以产生具有光学脉冲的激发光的扫描光束，所述激发光的扫描光束能够携带图像信息；第一扫描器，用于沿着第一方向扫描所述扫描光束的；第二扫描器，其包括具有反射面的多面体，并且能够操作以绕着平行于所述第一方向的轴旋转，并采用所述反射面沿着第二垂直方向扫描所述扫描光束；荧光屏，其包括沿着所述第一方向具有多个平行荧光条纹的荧光区域，其中每条荧光条纹都沿着所述第二方向彼此空间移位，所述荧光屏还包括在所述荧光区域外的外围伺服参考标记区域，其中所述荧光条纹吸收所述激发光并发出可见荧光，以产生由所述扫描光束携带的图像，并且所述荧光区域包括多个第一伺服参考标记，所述多个第一伺服参考标记在所述扫描光束照射下产生第一反馈光学信号，从而指示出所述光学脉冲沿着所述第二方向对所述荧光条纹的空间对准，其中所述外围伺服参考标记区域包括多个第二伺服参考标记，每个所述第二伺服参考标记均在所述扫描光束照射下产生指示出所述扫描光束沿着所述第一方向的位置偏移的第二反馈光学信号；第一光学传感器，其被定位以接收所述第一光学信号并产生指示出所述光学脉冲相对于所述荧光条纹的空间对准的第一监视信号；第二光学传感器，其被定位以接收第二反馈光学信号并在由各自的反射面扫描时产生指示出所述扫描光束沿着所述第一方向的位置偏移的第二监视信号；以及控制单元，其能够操作以响应于所述第一监视信号和第二监视信号调整所述扫描光束，从而至少控制所述光学脉冲相对于所述荧光条纹的空间位置的空间对准，并减少所述扫描光束沿着所述第一方向的位置偏移。

本申请也描述了具有两个扫描器的扫描光束显示系统的示例，其包括多面体扫描器，其具有多个反射面，并能够操作以沿着第一方向扫描光学光束；第二扫描器，其具有反射体，以使得所述光学光束在垂直于所述第一方向的第二方向上扫描；以及控制单元，其与所述第二扫描器通讯，以控制所述第二扫描器的扫描，所述控制单元进一步能够操作以抖动所述第二扫描器，从而使得所述光学光束在每次扫描过程中、以高于由所述光学光束携带图像的帧频率的抖动频率、沿着所述第二方向向后向前改变其自身的方向。

另外，本申请描述了通过两个扫描器显示图像的方法的示例，其采用具有多个反射体面的多面体扫描器，以沿着第一方向扫描光学光束；采用具有反射体的第二扫描器在垂直于所述第一方向的第二方向上扫描所述光学光束；以及控制所述光学光束的扫描，从而利用所述多面体扫描器的不同面在连续帧的每条水平扫描线上扫描所述光学光束。

描述了用于具有荧光屏的扫描显示系统的基于来自屏幕的反馈光的各种伺服控制技术。检测到来自荧光屏的光以监控屏幕上的激发光扫描光束中光学脉冲的同步中的误差。例如，该光能够是激发光的反射光或散射光，或由激发光照亮的屏幕发出的荧光。描述了静态伺服控制和动态伺服控制。当屏幕不显示图像时在系统开机阶段中执行静态伺服控制，而在当屏幕显示图像时，在系统的正常运行过程中进行动态伺服控制。

在附图、发明内容和权利要求中详细地描述这些和其它的示例及实施方式。

#### 附图说明

图 1 示出了扫描激光显示系统的示例，其包括由可激光激发的荧光材料（例如磷）制成的荧光屏，该材料在携带待显示图像信息的扫描激光束的激发下发出彩色光。

图 2A 和 2B 示出了屏幕结构的一个示例，其具有如图 1 所述的屏幕上的平行荧光条纹和彩色像素结构。

图 2C 示出了具有荧光条纹的荧光屏的另一个示例，通过将平行光学滤波器置于在光激励下发出白光的均匀荧光层上形成所述荧光条纹。

图 3 和 4 示出了两种不同的扫描光束显示。

图 5 示出了图 3 中所示的激光器模块的实施例，该激光器模块具有将激光束引向屏幕的多个激光器。

图 6 示出了在每个经调制的激光束 120 上进行时间分割的一个示例，其中每个彩色像素时间被均匀地分割为三个彩色信道的三个顺序时隙。

图 7 示出了通过多激发激光束同时扫描顺序扫描线的一个示例。

图 8 示出了采用伺服反馈控制的扫描显示系统和屏幕上的光学传感单元的一个示例。

图 9 示出了具有屏幕内光学伺服检测器的荧光屏的示例。

图 10 示出了采用伺服反馈控制和屏幕外光学传感单元的扫描显示系统的一个示例。

图 11 示出了具有外围参考标记区域的荧光屏的示例，所述外围参考标记区域包括为各种伺服控制功能产生反馈光的伺服参考标记。

图 12 示出了外围参考标记区域中的线开始参考标记，以为屏幕上的主动荧光区域的开始提供参考。

图 13 示出了用于图 11 所示屏幕的竖直光束位置参考标记的一个示例。

图 14A 和 14B 示出了伺服反馈控制电路及其在使用图 13 所示竖直光束位置参考标记的操作，以控制屏幕上的竖直光束位置。

图 15 和 16 示出了用于图 11 所示屏幕的竖直光束位置参考标记的另一个示例以及相应的伺服反馈控制电路。

图 17 示出了激光致动器的示例，其为屏幕上的竖直光束位置的伺服控制而控制激光束的竖直方向。

图 18 示出了用于图 11 所示屏幕的光束聚焦传感标记的示例，其为控制屏幕上的光束聚焦提供伺服反馈。

图 19 示出了图 11 所示屏幕的一个实施，其包括各种参考标记，

其中包括用于监控屏幕上激发光束的光功率的功率传感标记。

图 20A、20B、20C 和 20D 示出了图 8 所示扫描显示系统中基于为红色、绿色和蓝色检测测试图案的伺服反馈控制的操作。

图 21 示出了具有基于屏幕上的伺服参考标记的伺服反馈控制和激发光束中光学脉冲时间的时序变化的扫描显示系统的一个示例。

图 22、23 和 24 示出了具有为伺服控制产生反馈光的伺服参考标记的荧光屏的示例。

图 25 示出了在具有荧光条纹的荧光屏上的光学脉冲的时间和光束位置。

图 26A、26B 和 26C 示出了当在不同的光束位置、沿着垂直于荧光条纹的水平扫描方向开启脉冲时荧光屏中条纹分割体上的伺服参考标记的操作。

图 27 示出了通过荧光屏中条纹分割体上伺服参考标记的反射激发信号的空间依赖性。

图 28 示出了子像素中的三个区域，所述子像素具有用于反射激发信号的三个不同功率水平，其中在条纹分割体上形成伺服参考标记。

图 29、30、31 和 32 示出了响应于激发光束中光学脉冲时间的周期性时滞信号、在条纹分割体上形成的伺服参考标记的操作。

图 33 示出了基于图 20、30、31 和 32 所示的激发光束中光学脉冲的时间的周期时滞信号，产生来自反射信号的误差信号，所述反射信号来自条纹分割体上的伺服参考标记。

图 34、35 和 36 示出了通过在 CW 模式下扫描屏幕以获得作为一个水平扫描部分的扫描时间函数的检测反射反馈光的测量，对荧光屏进行的校准、峰值检测器的各自输出和采样时钟信号的示例。

图 37 示出了图 5 所示的扫描显示中的竖直扫描器(例如电流计镜)的扫描。

图 38、39A 和 39B 示出了屏幕上的光束位置上的多面体扫描器的塔差的效应。

图 40 示出了图 5 中扫描显示的竖直扫描器的抖动操作。

图 41 和 42 示出了利用屏幕的外围区域中的竖直参考标记来检测

扫描显示系统中的多面体扫描器的面的塔差。

图 43 示出了扫描光束显示系统的示例，其实现了塔差监视机构和塔差校正机构。

图 44 示出了基于图 43 中的设计的示例性系统中显示一个视频帧中塔差的校正。

图 45 示出了用于伺服反馈控制的伺服检测设计示例，其中使用三个光学检测器以收集和检测来自荧光屏的三种不同颜色的光。

图 46 和 47 示出了使用基于图 45 中的两个检测器的差异的差异信号，以在屏幕不显示图像时（例如在显示系统的开启阶段中），提供静态伺服反馈信号用以校正激光脉冲的时间误差。

图 48 示出了在显示系统的正常操作过程中动态伺服控制信号的生成。

### 具体实施方式

本申请描述的扫描光束显示系统的示例采用竖直扫描镜和转动多面体镜，以提供在屏幕上的一束或多束扫描光束的 2 维扫描，从而形成图像。光束可以先引向竖直扫描镜，然后引到水平多面体镜，或者是相反的顺序。在运行时，在通过扫描多面体扫描器描绘水平线的过程中，竖直扫描镜起作用，以竖直地移动水平线。能够通过例如将与检流计接合的镜子用作为竖直扫描器而实现竖直扫描镜。

多面体镜的不同镜面相对多面体扫描器的转动轴可以不精确地处于同一方向（例如，竖直方向），因而不同面可在不同竖直方向引导相同光束。这种从一个面到另一个面的偏差就是塔差，且能够引起由多面体扫描器的不同面扫描的不同水平线的竖直位置的误差。该塔差能降低屏幕上图像的质量。当多面体没有塔差时，如果竖直扫描镜在竖直方向上以恒定的扫描速度运行，则由不同面扫描的屏幕上的多个水平线均匀地分隔开。然而，如果多面体扫描器具有塔差，那么当竖直扫描器在竖直方向上以恒定的扫描速度运行时，来自于不同面的屏幕上的水平线不均匀地分隔开。两个相邻水平扫描线之间的线间距的变化依赖于多面体扫描器的各个相邻面的方向的不同。这种非均匀的线

间隔能够扭曲显示的图像，并降低图像质量，例如颜色、分辨率以及屏幕上显示的图像的其它质量因素。

能够以高精度设计和制造多面体扫描器以使塔差最小化。但是，具有低塔差的多面体价格昂贵。为了降低成本，在该系统中能够实现塔差校正机构，以校正已安装的多面体扫描器的已知塔差。使用这种校正机构允许使用具有塔差的相对并不昂贵的多面体而不会影响显示性能。另外，多面体扫描器的面方向可因各种因素随着时间而改变，例如温度和其它环境因素（例如，湿度）的改变、在多面体扫描器中采用的材料随时间的老化等。而且，系统中的多面体扫描器可以在原来的多面体发生故障或失效时由不同的多面体扫描器替换，并且由于两个不同的多面体具有不同的塔差，因此该替换会改变塔差。因此，为了在塔差变化的条件下保持较高图像质量，塔差校正机构能够被设计为在多个面的塔差改变时向塔差提供可调整校正。

本申请描述了技术、用于塔差校正的校正机构和扫描光束显示其它方面的示例。所描述的技术和用于塔差校正的校正机构可在具有“被动”屏幕和主动屏幕的扫描光束显示中实施。被动屏幕不发光，但通过以下机制的一种或其组合发出对于观察者可见的一束或多束扫描光束的光，所述机制例如光反射、光漫射、光散射和光衍射。例如，被动屏幕能够反射或散射接收到的扫描光束，从而显示图像。主动屏幕通过吸收一个或多束扫描光束而发光，并且发出的光形成了形成所显示的图像的光的部分或全部。这样的主动屏幕可包括一种或多种荧光材料，以在由屏幕接收的一束或多束扫描光束的光学激发下发出光，从而产生图像。这里将在一个或更多扫描激发激光束的激发下的具有磷光材料的屏幕描述为各种系统中的光学激发荧光材料的具体实施例。

以下内容首先描述扫描光束显示系统和设备的示例，其采用具有荧光材料的荧光屏，以在光学激发下发出光，从而产生图像，然后描述用于塔差校正的技术和机构，这些技术和机构用于采用被动屏幕或主动屏幕的扫描光束显示系统。

采用荧光屏的扫描光束显示系统可包括激光矢量扫描显示装置和

激光视频显示装置，其采用激光可激发荧光屏，通过吸收激发激光并发出彩色光来产生图像。本文描述了具有荧光材料的显示屏设计的各种示例。受一条或多条扫描激发激光束激发的、具有磷光材料的显示屏在本文中得到详细描述，并且作为本申请中各种系统和装置的实施例中的光学激发荧光材料的具体实施例。在一种实施中，例如，受到激光束的光学激发以分别产生适于形成彩色图像的红、绿、蓝色光的、三种不同颜色的磷光体，可在显示屏上形成为平行的重复的红色、绿色和蓝色磷光体条纹。本申请中描述的各种实施例采用具有平行的彩色磷光体条纹（用于发出红色、绿色和蓝色光）的显示屏，以说明基于激光的显示器的各种特征。磷光材料是一种荧光材料。在采用磷光体作为荧光材料的实施例中描述的各种系统、设备和特征适用于具有由其他光学可激发、发光、无磷荧光材料制成的屏幕的显示器。

例如，量子点材料在适当的光学激发下发光，因而可用作本申请中的系统和装置的荧光材料。更具体地说，半导体化合物，例如 CdSe 和 PbS 等，可以制成粒子形式从而发光，其中该粒子的直径接近于作为量子点材料的化合物的激子波尔半径。为了产生不同颜色的光，具有不同能量带隙结构的不同的量子点材料可用来在同一激发光下发出不同的颜色。某些量子点的大小在 2 至 10 纳米之间，并且大约包括几十个原子，例如 10 到 50 个原子。量子点可扩散和混合到各种材料中，以形成液态溶液、粉末、胶状矩阵材料以及固体（例如固态溶液）。量子点薄膜或薄膜条纹可形成在作为本申请中的系统或装置显示屏的衬底上。在一种实施中，例如三种不同的量子点材料可被设计成可以由作为光学泵浦的扫描激光束来光学激发，以发出适于形成彩色图像的红色、绿色和蓝色光。这种量子点可作为以平行线（例如，重复的连续红色像素点线、绿色像素点线和蓝色像素点线）排列的像素点而形成于显示屏上。

在此描述的基于激光的显示技术和系统的某些实施，采用至少一条扫描激光束来激发沉积在显示屏上的彩色发光材料以产生彩色图像。所述扫描激光束被调制为携带红色、绿色和蓝色或其他可见光颜色的图像，并且以如下方式对其进行控制，即激光束激发分别具有红

色、绿色和蓝色图像的红色、绿色和蓝色的彩色发光材料。因而，所述扫描激光束携带图像但不直接产生观察者所看到的可见光。相反，显示屏上的彩色发光荧光材料吸收扫描激光束的能量并发出红色、绿色和蓝色或其他颜色的可见光，从而产生观察者所看到的实际的彩色图像。

采用其能量足以使荧光材料发光或发冷光的一条或多条激光束对荧光材料进行激光激发，是多种光学激发形式中的一种。在其他实施中，光学激发可通过具有足够的能量以激发显示屏中所采用的荧光材料的非激光光源来产生。非激光激发光源的示例包括各种发光二极管（LED）、灯和其他光源，这些非激光激发光源所产生的波长或光谱带内的光能够激发将高能量的光转换成可见光范围的低能量的光的荧光材料。激发显示屏上的荧光材料的激发光束的频率或光谱范围可高于所述荧光材料所发出的可见光的频率。因此，所述激发光束可以在紫光光谱范围内和紫外（UV）光谱范围内，例如波长在 420nm 以下。在下面描述的实施例中，UV 光或 UV 激光束用作磷光材料或其他荧光材料的激发光的示例，并且可以是其他波长的光。

图 1 示出了基于激光的显示系统的一例，其采用具有彩色磷光体条纹的显示屏。可选地，彩色磷光体点也可用来限定显示屏上的图像像素。该系统包括激光器模块 110，用于产生至少一条扫描激光束 120 并将其投影到显示屏 101 上。显示屏 101 在竖直方向具有平行的彩色磷光体条纹，其中红色磷光体吸收激光而发出红色光，绿色磷光体吸收激光而发出绿色光，蓝色磷光体吸收激光而发出蓝色光。相邻的三个彩色磷光体条纹具有三种不同颜色。图 1 示出的条纹的一个特定空间颜色序列为红色、绿色和蓝色。也可以采用其他的颜色序列。激光束 120 的波长在彩色磷光体的光学吸收带宽内，因而激光束 120 的波长通常小于用于彩色图像的可见的蓝色、绿色和红色光的波长。作为示例，彩色磷光体可以是吸收光谱范围在约 380nm 到约 420nm 内的 UV 光以发出期望的红色、绿色和蓝色光的磷光体。激光器模块 110 可以包括用以产生光束 120 的一个或多个例如 UV 二极管激光器的激光器、用以水平和竖直扫描光束 120 从而在显示屏 101 上一次提供一

一个图像帧的光束扫描机构、以及用以调制光束 120 以携带红色、绿色和蓝色图像信道的信息的信号调制机构。这种显示系统可以被配置成背扫描器系统，其中观察者和激光器模块 110 位于显示屏 101 的相对侧。可选地，这种显示系统也可以被配置成前扫描器系统，其中观察者和激光器模块 110 与显示屏 101 位于同一侧。

图 2A 示出了图 1 中的屏幕 101 的一种示例性的设计。在该具体示例中，显示屏 101 包括背部衬底 201，背部衬底 201 对于扫描激光束 120 是透明的，并且面向激光器模块 110，以接收扫描激光束 120。第二前衬底 202 相对于背部衬底 201 固定并面向观察者，从而使荧光穿过衬底 202 向观察者传输。彩色磷光体条纹层 203 置于衬底 201 和 202 之间并包含磷光体条纹。用于发出红色、绿色和蓝色的彩色磷光体条纹分别由“R”、“G”、“B”表示。前衬底 202 对于磷光体条纹所发出的红色、绿色和蓝色光是透明的。衬底 201 和 202 可由各种材料制成，包括玻璃或塑料板。每个彩色像素在水平方向上均包括三个相邻的彩色磷光体条纹的部分，并且其竖直尺寸由竖直方向的激光束 120 的光束扩散来限定。如此，每个彩色像素均包括三种不同颜色（例如，红色、绿色和蓝色）的三种子像素。激光器模块 110 一次扫描一条纹水平线上激光束 120，例如从左向右和从上到下扫描，以充满显示屏 101。激光器模块 110 相对于显示屏 101 固定于适当位置，从而可以预定的方式控制光束 120 的扫描，以确保激光束 120 与显示屏 101 上的各像素位置间的正确对准。

在图 2A 中，扫描激光束 120 被引导至像素内的绿色磷光体条纹处，从而为该像素产生绿色光。图 2B 以沿着垂直于显示屏 101 表面的方向的视图进一步示出了显示屏 101 的操作。由于每个颜色条纹的形状是纵向的，因此光束 120 的横截面可以成形为沿着条纹的方向伸长，以使像素的每个颜色条纹内的光束的填充因数最大。可以通过在激光器模块 110 中采用光束成形光学元件来实现这一点。用来产生激发显示屏上磷光材料的扫描激光束的激光光源，可以是单模激光或多模激光。所述激光还可以是沿着垂直于磷光体条纹的伸长方向的单模激光，从而具有由每个磷光体条纹的宽度所限制的、较小的光束分散。

沿着磷光体条纹的伸长方向，该激光束可具有多个模式，从而比在穿过磷光体条纹方向分散的光束能够覆盖更大的面积。在一个方向使用具有单一模式的激光束从而在屏幕上具有较小的覆盖区以及在竖直方向使用具有多个模式的激光束从而在屏幕上具有较大的覆盖区，使得光束成形为适合屏幕上的伸长的颜色子像素并通过多个模式在光束中提供足够的激光功率，从而确保足够的屏幕亮度。

可选地，图 2C 示出了荧光屏设计的示例，其具有连续和均匀的混合磷光体层 220。该混合磷光体层 220 被设计和构造为在激发光 120 的光学激发下发出白光。混合磷光体层 220 中的混合磷光体能以各种方式被设计，并且用于发白光的混合磷光体的多种组合是已知的且被记录。特别地，诸如红色-传播、绿色-传播和蓝色-传播滤色器的条纹的滤色器层 210 放置于混合磷光体层 220 的观察者侧，以过滤白光并产生有色的输出光。层 210 和 220 可被夹在衬底 201 和 202 之间。滤色器可在各种配置中实现，包括类似于用于彩色 LCD 板的滤色器的设计。在诸如红色-传播滤色器的每个滤色器区域中，滤色器传播红色光并吸收包括绿色光和蓝色光的其它色彩的光。层 210 中的每个滤色器可以是实现具有期望传播带宽的带通干涉滤波器的多层结构。各种设计和技术可用于设计和构造这种滤波器。例如题为 “Three color LCD with a black matrix and red and/or blue filters on one substrate and with green filters and red and/or blue filters on the opposite substrate (三色 LCD，其具有在一个衬底上的黑色矩阵和红色和/或蓝色滤波器，并具有在相对衬底上的绿色滤波器和红色和/或蓝色滤波器)” 的 5,587,818 号美国专利，和题为 “Color liquid crystal display having a color filter composed of multilayer thin films (具有由多层薄膜构成的滤色器的彩色液晶显示器)” 的 5,684,552 号美国专利描述了可用于图 2C 所示的屏幕设计的红色、绿色和蓝色滤波器。因此，在本申请中描述的各个示例中的荧光屏 101 中的荧光条纹在光学激发下发出指定颜色，并可以是由发出图 2A 中所设计的颜色的特定荧光材料形成的荧光条纹或者图 2C 所示的条纹滤光镜和白色荧光体层的组合。

能够以两种不同的配置实现图 1 所示的激光器模块 110 的光学调

制。图 3 示出了图 1 所示的显示器的实施，其中诸如二极管激光器的激光光源 310 直接被调制，以产生携带红、绿和蓝色图像信号的调制的激发光束 312。在该实施中的激光器模块 110 包括直接调制激光光源 310 的信号调制控制器 320。例如，信号调制控制器 320 能够控制作为激光光源 310 的激光二极管的驱动电流。于是，光束扫描和成像模块 330 将作为扫描激发光束 120 的调制的激发光束 312 扫描并投射到屏幕 101 上以激发彩色磷光体。

可选地，图 4 示出了图 1 中的显示器的另一种实现，其中激光光源 410 用来产生 CW 未调制的激发激光束 412，光学调制器 420 用来利用红色、绿色和蓝色图像信号对 CW 激发激光束 412 进行调制，并产生经调制的激发光束 422。信号调制控制器 430 用来控制光学调制器 420。例如，声光调制器或光电调制器可用作光学调制器 420。然后，来自于光学调制器 420 的经调制的光束 422 作为扫描激发光束 120，由光束扫描和成像模块 330 扫描并投射到屏幕 101 上。

图 5 示出了图 1 所示的激光器模块 110 的实施示例。采用具有多个激光器的激光器阵列 510 以产生多个激光束 512，从而同时扫描屏幕 101 以获得增强的显示亮度。能够以各种配置实现激光器阵列 510，例如在阵列中排列的分离的芯片上的离散激光二极管和具有在阵列中排列的集成激光二极管的单片激光器阵列芯片。设置信号调制控制器 520 以控制和调制激光器阵列 510 中的激光，这样激光束 512 被调至，以携带要显示在屏幕 101 上的图像。信号调制控制器 520 可包括为三个不同的彩色信道生成数字图像信号的数字图像处理器，和产生携带数字图像信号的激光控制信号的激光驱动器电路。接着，利用激光控制信号以调制激光器阵列 510 中的激光器，例如，用于激光二极管的电流。

通过使用用于竖直扫描的扫描镜 540（例如电流计镜）和用于水平扫描的具有多个面的多面体扫描器 550 以实现光束扫描。采用扫描透镜 560 将来自多面体扫描器 550 的扫描光束投射到屏幕 101 上。扫描透镜 560 被设计为将激光器阵列 510 中的每个激光成像在屏幕 101 上。多面体扫描器 550 的不同反射面中的每个同时扫描 N 条水平线，

其中 N 是激光的数量。在所示的示例中，激光束首先被引至电流计镜 540 上，接着从电流计镜 540 到多面体扫描器 550 上。然后将输出扫描光束 120 投射到屏幕 101 上。中继光学模块 530 放置在激光束 512 的光路上，以改变激光束 512 的空间特性并为电流计镜 540 和多面体扫描器 550 的扫描产生紧密光束 532，所述紧密光束 532 作为投射到屏幕 101 上的扫描光束 520，以激发磷光体并由磷光体发出的彩色光生成图像。

在空间上跨越屏幕 101 对激光束 120 进行扫描，从而在不同时间撞击不同颜色的像素。因此，每条经调制的光束 120 携带在不同时间用于每个像素的红色、绿色和蓝色图像信号，以及在不同时间用于不同像素的红色、绿色和蓝色图像信号。因而，由信号调制控制器 520 利用不同时间不同像素的图像信息对光束 120 进行编码。因此，光束扫描将光束 120 中实时编码的图像信号映射到屏幕 101 上的空间像素上。

例如，图 6 示出了用于在每个调制的激光束 120 上进行时间分割的一个示例，其中每个彩色像素时间被平均地分为用于三个颜色信道的三个连续时隙。光束 120 的调制可以采用脉冲调制技术，例如脉冲带宽调制、脉冲幅值调制或脉冲带宽调制和脉冲幅值调制的组合，以在每个颜色中产生期望的灰度、在每个像素中产生适当的颜色组合以及期望的图像亮度。

屏幕 101 上的光束 120 放置在不同的且相邻的竖直位置，并且在屏幕 101 上，两个相邻光束被屏幕 101 的一条水平线沿着竖直方向彼此分开。对于电流计镜 540 的给定位置和多面体扫描器 550 的给定位置，在屏幕 101 上，光束 120 可不沿着竖直方向彼此对齐，并可沿着水平方向位于屏幕 101 上的不同位置。光束 120 能够覆盖屏幕 101 的一部分。在电流计镜 540 的固定的角位置，多面体扫描器 550 的旋转使来自激光器阵列 510 中 N 个激光器的光束 120 扫描屏幕 101 上 N 个相邻水平线的一个屏幕段。在每次水平扫描结束时，电流计镜 540 被调整至不同的固定的角位置，这样调整所有 N 个光束 120 的竖直位置，以扫描 N 个水平线中的下一个相邻屏幕段。重复该过程直到整个屏幕

101 被扫描，以产生全屏显示。

图 7 示出了上述利用多个扫描激光束 120 一次同时扫描一个屏幕段。视觉上，光束 120 像画笔一样起作用，从而跨越屏幕 101 一次“画”较粗的、水平的一笔，以在屏幕 101 的图像区域的开始边缘和结束边缘之间覆盖一个屏幕段，然后，“画”较粗的、水平的另一笔，以覆盖相邻的竖直平移屏幕段。假设激光阵列 310 具有 36 个激光器，屏幕 101 的 1080 线的逐行扫描对于全屏将需要扫描 30 个竖直屏幕段。因此，这种设置将屏幕 101 沿着竖直方向分为多个屏幕段，这样 N 个扫描光束一次扫描一个屏幕段，而且每个扫描光束仅扫描屏幕段中的一条线，并且不同的光束扫描该屏幕段中的不同的连续线。在扫描一个屏幕段后，同时移动 N 个扫描光束以扫描下一个相邻屏幕段。

在上述具有多个激光束的设计中，每个扫描激光束 120 仅沿着竖直方向、横跨整个屏幕扫描多条线，所述多条线的数量等于屏幕段的数量。因此，用于水平扫描的多面体扫描器 550 能够以低于单光束设计所需的扫描速度运行，在单光束设计中，单光束扫描过屏幕的每条线。对于屏幕上给定数量的全部水平线(例如，HDTV 中的 1080 条线)，屏幕段的数量随着激光器数量的上升而下降。因此，在 36 个激光器的情况下，电流计镜和多面体扫描器每帧扫描 30 条线，而且当仅有 10 个激光器时，对每帧总共 108 条线进行扫描。因而，采用多个激光器能够增加图像亮度，该亮度与使用的激光器数量大致成比例，并且同时还能够有利地降低扫描系统的响应速度。

在制造过程中，能够对本说明书描述的扫描显示系统进行校准，从而使激光束开-关时间和激光束相对于屏幕 101 中荧光条纹的位置是已知的，并且被控制在允许的误差范围内，从而使得系统以指定的图像质量正确地运行。但是，屏幕 101 和系统的激光模块 101 中的元件会随着时间因各种因素而改变，例如扫描设备颤抖、温度或湿度的改变、系统相对于重力的定向的改变、振动引起的沉降、老化等。这些变化能够影响激光光源随时间相对于屏幕 101 的定位，因此，由于这些变化，能够改变工厂设置的对准。特别地，这些变化会产生显示图像上可视的（通常是不期望的）影响。例如，由于扫描光束 120 相对

于屏幕沿着水平扫描方向失准，所以扫描激发光束 120 中的激光脉冲会撞击邻近于该激光脉冲的预期目标子像素的子像素。当这种情况发生时，所显示图像的色彩从该图像的预期色彩改变。因此，在预期图像中的红色标记会在屏幕上显示为绿色标记。另一例，由于扫描光束 120 相对于屏幕沿着水平扫描方向失准，所以扫描激发光束 120 中的激光脉冲会撞击预期的目标子像素和邻近于该预期的目标子像素的下一个子像素。当这种情况发生时，所显示图像的色彩从该图像的预期色彩改变，并且图像分辨率会恶化。当由于对于位置变化更小的像素意味着更小的公差而使得屏幕显示分辨率提高时，这些改变的可视效果可提高。另外，当屏幕的尺寸增大时，由于与大屏幕关联的大力矩臂意味着角误差会引起屏幕上较大的位置误差，所以影响对准的改变的效果会更显著。例如，如果对于已知光束角的屏幕上的激光束位置随着时间改变，其结果是图像中的色彩平移。对于观察者而言，这种效果会被注意并且是不期望的。

本说明书中提供了各种对准机构的实施，以保持预期子像素上的扫描光束 120 的正确对准，以获得期望的图像质量。这些对准机构包括荧光区域中和荧光区域外的一个或多个外围区域中的参考标记，以提供反馈光，该反馈光是由激发光束 120 引起的，并表示屏幕上扫描光束的位置和其它特性。通过采用一个或更多的光学伺服传感器以产生反馈伺服信号，从而能够测量反馈光。激光模块 110 中的伺服控制处理该反馈伺服信号，以抽取光束定位和屏幕上的光束的其他特征的信息，并且在响应中，调整扫描光束 120 的方向和其它特性以确保显示系统的正确工作。

例如，能够提供反馈伺服控制系统，以采用位于显示区域外、且不可被观察者观察到的外围伺服参考标记，以提供各种光束特性的控制，例如沿着垂直于荧光条纹的水平扫描方向的水平定位、沿荧光条纹的纵向方向的竖直定位、用于控制图像锐度的屏幕上的光束聚焦、以及用于控制图像亮度的屏幕上的光束功率。在另一个示例中，能在显示系统启动时执行屏幕校准程序，以测量光束位置信息，作为具有时域内屏幕上子像素的精确位置的校准图。接着，由激光器模块 110

利用该校准图控制扫描光束 120 的时间和定位，以获得预期的色彩纯度。在又一个示例中，能够提供动态伺服控制系统，以在显示系统的正常工作过程中，通过使用屏幕的荧光区域中的伺服参考标记，有规律地更新校准图，以提供反馈光而不影响观察者的观察体验。

以下内容首先描述了屏幕检测技术和伺服反馈实施的示例。

能使用两种光学检测方法，以检测光束相对于屏幕上目标特性的位置，所述目标特性可以是屏幕上的子像素或屏幕上选出的位置，例如荧光区域的开始边缘。在第一种光学检测方法中，对于目标特性的伺服参考标记上的光碰撞能被引导为穿过空气或其它介质以到达一个或多个各自的光学伺服传感检测器的反馈光，光学伺服传感检测器将反馈光的光学亮度级转换成电幅值信号。第二种光学检测方法是用置于空气中的一个或多个光学伺服传感检测器，以收集来自屏幕上的伺服参考标记的漫射光，作为用于伺服控制的反馈光。在检测漫射光时，能将光学伺服传感检测器置于例如半球形透镜的收集透镜后面。能使用放射检测器以检测来自漫射型目标的反馈光，例如，漫射型目标允许光线在较宽的角度谱中漫射。漫射目标的示例是例如涂成白色的表面的粗糙表面。两种技术都能利用反射或可传播伺服参考标记。

图 8 示出了示例性扫描光束显示系统，其具有位于屏幕上的光学传感单元和反馈控制，以允许激光器模块 110 对水平失准进行校正。屏幕 101 包括屏幕上的光学传感单元 810，用于对屏幕 101 上的彩色子像素的响应进行光学检测，以产生传感器反馈信号 812。激光器模块 110 具有反馈控制，以使激光器模块 110 响应于来自屏幕 101 的反馈信号 812 而对失准进行校正。

图 9 示出了位于屏幕上的光学传感单元 810 的一个示例，其包括三个“直接”光学探测器 PD1、PD2 和 PD3，光学探测器 PD1、PD2 和 PD3 被配置成分别对红光、绿光和蓝光做出响应。在该具体示例中，三个分束器 BS1、BS2 和 BS3 分别放置在彩色像素的红色、绿色和蓝色子像素后方，并被用来使从彩色像素的彩色子像素发出的红色、绿色和蓝色光束中的一小部分分离，并到达在屏幕 101 的前衬底上形成的三个探测器 PD1、PD2 和 PD3。可选地，上述红色、绿色和蓝色光

学探测器 PD1、PD2 和 PD3 也可置于屏幕 101 上，以使每个探测器接收来自屏幕 101 上的多个像素的光。每个光学探测器仅响应于其指定的颜色，以产生相应的探测器输出，并且在接收到其它颜色的光时不产生探测器输出。这样，红色光学探测器 PD1 只探测红光而不响应于绿光和蓝光，绿色光学探测器 PD2 只探测绿光而不响应于红光和蓝光，蓝色光学探测器 PD3 只探测蓝光而不响应于红光和绿光。位于屏幕上的光学传感单元 810 的这种颜色选择性响应可通过以下方法来实现：例如，在每个探测器暴露于来自屏幕 101 的不同颜色光之下时，在光学探测器 PD1、PD2 和 PD3 前方分别采用红色、绿色和蓝色光学带通滤波器来实现，或者通过在只有指定颜色的光可进入该指定颜色的光学探测器的道路上放置光学探测器 PD1、PD2 和 PD3 来实现。假定相邻的彩色磷光体条纹在屏幕 101 的水平方向上从左到右按照红色、绿色和蓝色的顺序排列。考虑由激光器模块 110 中的显示处理器产生红色图像的情况。当水平对准没有按顺序或者由一个子像素而使水平对准失准时，在蓝色探测器或绿色探测器产生输出时，红色探测器不作出响应。该探测器输出能够由激光器模块 110 中的反馈控制处理，以检测水平失准，并且因此该探测器输出能够调整扫描光束中光学脉冲的时间，以校正失准。

除图 9 所示的分束器外，还能使用光导件或光导管。光导件是将部分光引导至光学伺服传感检测器的结构。能在屏幕上形成光导件，以通过光导件中的全部内部反射（TIR）将反馈光引导至检测器。

图 10 示出了采用辐射型检测器的、具有伺服反馈控制的另一个扫描光束显示系统。在该系统中，采用屏外（off-screen）光学传感单元 1010 检测从屏幕发出的红色、绿色和蓝色光。在传感单元 1010 中设置的三个光学检测器 PD1、PD2 和 PD3 分别检测红色、绿色和蓝色荧光。每个光学检测器被设计为接收来自整个屏幕的一部分的光。能将带通光学滤波器放置在每个光学检测器前，从而在拒绝其它颜色光的同时选择指定的颜色。

对于屏幕 101，能使用额外的对准参考标记来确定光束和屏幕的相对位置以及屏幕上激发光束的其它参数。例如，在激发光束 120 越

过荧光条纹的水平扫描过程中，能为系统设置线标记的开始，以确定屏幕 101 的主动荧光显示区域的开始，从而使系统的信号调制控制器能开始将光学脉冲传送至目标像素。能为系统设置线标记的端部，以在水平扫描过程中确定屏幕 101 的主动荧光显示区域的终端。另一例，可为系统提供了参考标记的竖直对准，从而确定光束 120 是否指向屏幕上的适当竖直位置。参考标记的其它示例可以是用于测量屏幕上光束点尺寸的一个或更多参考标记和测量激发光束 120 的光功率的屏幕上的一个或更多参考标记。这些参考标记能放置在屏幕 101 的主动荧光区域外的区域中，该区域是例如主动荧光屏区域的一个或更多外围区域。

图 11 示出了具有外围参考标记区域的荧光屏 101 的一个示例。屏幕 101 包括中央主动荧光区域 2600，其具有用于显示图像的平行荧光条纹、平行于荧光条纹的两个条纹外围参考标记区域 2610 和 2620。能够利用每个外围参考标记区域来为屏幕 101 提供各种参考标记。在某些实施中，当横跨荧光条纹的水平扫描从区域 2600 的左侧向右侧进行时，仅提供左侧外围参考标记区域 2610 而不提供第二区域 2620。

屏幕 101 上的该外围参考标记区域允许扫描显示系统监控系统的某些运行参数。特别地，由于外围参考标记区域中的参考标记在屏幕 101 的主动荧光显示区域 2600 外，因此当激发光束扫描通过主动荧光显示区域 2600 以显示图像时，能在显示操作过程之外执行相应的伺服反馈控制功能。因此，能够进行动态伺服操作而不影响对观察者的图像显示。这样，每次扫描可包括 CW 模式期，在此期间激发光束扫描通过参考标记区域的外围，用于动态伺服传感和控制，每次扫描还可包括显示模式期，此时，开启激发光束的调制，以产生携带图像的光学脉冲，作为扫描通过主动荧光显示区域 2600 的激发光束。

图 12 示出了屏幕 101 中的左侧外围区域 2610 中线开始 (SOL) 参考标记 2710 的示例。SOL 参考标记 2710 可以是平行于屏幕 101 的主动荧光区域 2600 中荧光条纹的光反射、光漫射或荧光条纹。SOL 参考标记 2710 固定在离区域 2600 中第一荧光条纹已知距离的位置。SOL 图案可包括具有均匀或变化的间隔的多条竖直线。为冗余、增加

信噪比、位置（时间）测量精度和提供缺少的脉冲检测而选择多条线。

在操作中，通过首先扫描通过外围参考标记区域 2610 并接着扫描通过主动荧光区域 2600，从屏幕 101 的左侧向右侧扫描扫描激发光束 120。当光束 120 位于外围参考标记区域 2610 中时，系统中激光器模块 110 的信号调制控制器将光束 120 设置成 CW 模式，而没有携带图像数据的调制光学脉冲。当扫描激发光束 120 扫描过 SOL 参考标记 2710 时，因激发光束 2710 照亮、由 SOL 参考标记 2710 反射、散射或发出的光能够在靠近 SOL 参考标记 2710 的 SOL 光学检测器处被测量。该信号指示出光束 120 的位置。SOL 光学检测器能固定在屏幕 101 上或屏幕 101 外的区域 2610 内的位置。因此，能够利用 SOL 参考标记 2710 在系统的工作寿命期间进行定期的对准调整。

在扫描中在光束到达 SOL 标记 2710 前，连续地开启激光束以作为 CW 光束。当检测到来自检测到的 SOL 的脉冲时，激光器能够被控制以在图像模式下工作，并携带具有成像数据的光学脉冲。接着，系统召回从 SOL 脉冲到图像区域开始的滞后的先前测量值。在每次水平扫描中，能够执行该过程以确保每条线开启正确对准彩色条纹的图像区域。在为该条线绘制图像之前进行校正，从而在校正中不存在延迟以使得高频（达到线扫描速率）误差和低频误差得以校正。

SOL 传感器的物理实施可以是反射（镜面或漫射）图案，其具有区域检测器和具有光导管从而将已传输的光收集进入单个检测器或多个检测器的孔径掩膜。

利用反射方法，在反射区域上并在其上通过的多个激光器会同步地产生自干涉。防止该现象的方法是将激光束分隔开，从而一次仅一个主动光束在反射区域上通过。某些反射可能会来自屏幕的图像区域。为了防止该反射与 SOL 传感器信号干涉，可以使主动激光束分隔开，这样当预期的主动激光束在反射 SOL 传感器区域上通过时，在任何反射区域上没有其它激光束是主动的。传播方法不会受到来自图像区域的反射的影响。

与 SOL 标记 2710 类似，能在例如图 11 所示的外围参考标记区域 2620 的屏幕 101 的相对侧实现线结束（EOL）参考标记。SOL 标记用

于确保激光束与图像区域开始的正确对准。由于横跨屏幕存在位置误差，所以其无法确保在整个水平扫描过程中的正确对准。在区域 2620 中执行 EOL 参考标记和线结束光学检测器可用于提供跨越图像区域的激光束位置的线性、两点校正。

当执行 SOL 和 EOL 标记时，在到达 EOL 传感器区域前，以连续波（CW）模式连续地开启激光器。一旦检测到 EOL 信号，激光器能够回到图像模式，并且基于 SOL 和 EOL 脉冲之间的时差进行时间（或扫描速度）校正计算。将这些校正应用至下一条或下面的更多条线。可对 SOL 到 EOL 的多条线的时间测量结果进行平均以减小噪声。

除了沿着垂直于荧光条纹的扫描方向的水平光束位置的控制外，还可监视和控制沿着平行于荧光条纹的竖直位置的光束位置，以确保图像质量。参考图 2B，每个荧光条纹都可以不具有两个像素之间沿着竖直方向的任何物理边界。这不同于沿着垂直于荧光条纹的水平扫描方向的模糊化（pixilation）。沿荧光条纹的像素位置由屏幕上的竖直光束位置控制，以确保恒定、均匀的竖直像素位置，而没有两个不同水平扫描线之间的交叠和缝隙。参考图 7 所示的多光束扫描配置，当多条激发光束用于在屏幕的一个屏幕段内同步扫描连续水平扫描时，激光器彼此之间的正确竖直对准对于确保屏幕上的两个相邻激光束之间的均匀竖直间隔和确保两个相邻屏幕段之间沿着竖直方向的正确竖直对准是重要的。另外，屏幕上的竖直定位信息可用于提供反馈，以控制竖直扫描器幅值和测量竖直扫描器的线性度。

通过采用致动器、例如图 5 所示的电流计镜 540 的竖直扫描器、每条激光束的光路上的可调整透镜或者这些机构和其他机构的组合，能够调整每个激光器的竖直位置。在屏幕上能够提供竖直参考标记，以允许从屏幕到激光器模块的竖直伺服反馈。能够邻近屏幕 101 的图像区域提供一个或更多的反射、荧光或可传播竖直参考标记，以测量每个激发光束 120 的竖直位置。参考图 11，可将这种竖直参考标记置于外围参考标记区域。当被激发光束 120 照亮时，一个或更多的竖直标记光学检测器可用于测量来自竖直参考标记的反射、荧光体或传播光。每个竖直标记光学检测器的输出均被处理，并且光束竖直位置上

的信息用于控制致动器以调整屏幕 101 上的竖直光束位置。

图 13 示出了竖直参考标记 2810 的示例。标记 2810 包括一对相同的三角形参考标记 2811 和 2812，这一对参考标记在竖直和水平方向上彼此分离并间隔开，以沿着水平方向保持重叠。每个三角形参考标记 2811 或 2812 被定向，以沿着竖直方向在区域中产生变化，这样当沿着水平方向扫描过标记时，光束 120 与每个标记均部分地重叠。当光束 120 的竖直位置改变时，标记上与光束 120 重叠的区域的尺寸会改变。两个标记 2811 和 2812 的相对位置限定了预定的竖直光束位置，并且横跨该预定竖直位置、沿着水平线的扫描光束扫描过如两个标记 2811 和 2812 中的阴影区域标出的相同区域。当光束位置在该预定竖直光束位置上方时，光束产生于第一标记 2811 中的标记区域比第二标记 2812 中的标记区域大，并且这种由光束产生的标记面积的差别会随着光束位置进一步沿着竖直方向向上移动而增加。相反地，当光束位置在该预定竖直光束位置下方时，光束产生于第二标记 2812 中的标记面积比在第一标记 2811 中的标记面积大，并且由光束产生的这种标记面积的差别会随着光束位置进一步沿着竖直方向向下移动而增加。

来自每个三角标记的反馈光在标记上被综合，并且两个标记的综合信号被比较，以产生差分信号。差分信号的符号表示偏移于预定竖直光束位置的方向，并且差分信号的幅值表示偏移量。当来自于每个三角的综合光束相等，即差分信号是零时，则激发光束位于正确的竖直位置。

图 14A 示出了作为用于图 13 所示的竖直参考标记的激光器模块 110 的部分竖直光束位置伺服反馈控制的部分信号处理电路。PIN 二极管前置放大器 2910 为两个标记 2811 和 2812 的两个反射信号接收并放大差分信号，并将该放大的差分信号引导至积分器 2920。提供模数转换器 2930 将差分信号转换为数字信号。数字处理器 2940 处理差分信号，以确定竖直光束位置的调整量和方向，并相应地产生竖直致动器控制信号。该控制信号由数模转换器 2950 转换为模拟控制信号，并被应用至调整致动器的竖直致动器控制器 2960。图 14B 进一步示出了通过使用单个光学检测器产生差分信号。

图 15 示出了竖直参考标记 3010 的另一个示例和在图 16 所示的伺服控制电路中处理的部分信号。标记 3010 包括一对参考标记 3011 和 3012，这一对参考标记在水平扫描方向上彼此分离并分隔开，并且两个标记 3011 和 3012 之间的水平距离  $DX(Y)$  是竖直光束位置  $Y$  的单调函数。第一标记 3011 可以是竖直条纹，而第二标记 3012 可以是相对竖直方向具有倾斜角的条纹。对于屏幕上的给定水平扫描速度，光束从第一标记 3011 到第二标记 3012 扫描的时间是竖直光束位置的函数。对于给定的竖直光束位置，光束通过两个标记 3011 和 3012 扫描的对应的扫描时间是固定的扫描时间。一个或两个光学检测器能用于检测来自两个标记 3011 和 3012 的反射光，并且由两个标记反射的用于在 CW 模式中的激发光束 120 的两个光学脉冲或尖峰能被测量，以确定两个光学脉冲之间的时间间隔。在测量的扫描时间和用于预定竖直光束位置的固定扫描时间之间的差别能被用来确定偏移和偏移在竖直光束位置上的方向。接着将反馈控制信号施加到竖直致动器上，以减少竖直偏移。

图 16 示出了作为用于图 15 所示竖直参考标记的激光器模块 110 中的部分竖直光束位置伺服反馈控制的部分信号处理电路。PIN 二极管前置放大器 3110 接收并放大来自光学检测器的检测器输出信号，该光学检测器在水平扫描过程中检测来自两个标记 3011 和 3012 的反射光。放大信号由脉冲检测器 3120 处理，以产生对应反射光中不同时间的两个光学脉冲的相应脉冲。时间间隔测量电路 3130 用于测量两个脉冲之间的时间，并且该时间测量在模数转换器 3140 中被转换成数字信号，用于数字处理器 3150 的处理。数字处理器 3150 基于已测量时间，确定竖直光束位置的调整的量和方向，并相应地产生竖直致动器控制信号。该控制信号由数模转换器 3160 转换成模拟控制信号，并被施加到调整致动器的竖直致动器控制器 2960。

也可以通过使用如图 13 所示的单个三角形参考标记实现竖直参考标记，其中单个三角形参考标记 2811 或 2812 被定向，以沿着竖直方向产生标记的水平维度的变化，这样当沿着水平方向扫描过标记时，光束 120 部分地与标记重叠。当光束 120 的竖直位置改变时，由光束

120 扫描的标记的水平宽度也改变。因此，当光束 120 在标记上扫描时，在由标记产生的反射光或荧光中产生光学脉冲，并且产生的光学脉冲的宽度与标记的水平宽度成比例，且是竖直光束位置的函数。在预定的竖直光束位置，光学脉冲的宽度是固定值。因此，该固定光学脉冲宽度能够被用作参考，从而基于与光束 120 跨越标记的扫描相关联的光学脉冲宽度之间的差异，确定光束 120 相对于预定竖直光束位置的竖直位置。光学检测器能够靠近标记放置，以检测来自标记的反射光或荧光，并且来自固定值的脉冲宽度的差异能被用作反馈控制，以调整用于光束 120 的竖直致动器，从而减小竖直光束位置的偏移。

在执行用于在如图 7 所示的多重屏幕段中的一个中同时扫描连续线的激光器时，能够执行两个独立的竖直定位伺服控制机构。第一竖直定位伺服控制用于控制同时在每个屏幕段中由不同激光器扫描的不同水平线的线与线的间隔。从而，在每条线上，需要竖直参考标记和相关的光学检测器来提供伺服反馈，以控制每条激光束的竖直光束位置。因此，该第一竖直伺服控制机构包括分别用于 N 个激光器的 N 个竖直伺服反馈控制。

第二竖直定位伺服控制用于通过采用图 5 所示电流计镜 540 控制两个邻近的屏幕段之间的竖直对准，从而在完成扫描一个屏幕段后，将所有 N 个激光光束竖直移动至邻近的屏幕段。这能够通过控制电流计镜 540 为所有 N 个激光束进行竖直方向上的公共调整而实现。当 N 条激光束仍然正在扫描通过图 11 所示的外围参考标记区域 2610 时，图 11 所示的外围参考标记区域 2610 中的竖直参考标记和每个屏幕段中用于顶部线的相关光学检测器能被用来测量该 N 条激光束中的第一条的竖直位置。在该测量中获得该竖直信息被用作反馈信号，以控制电流计镜 540 的竖直角，以校正测量中指示的任何竖直误差。在实施中，该校正能够导致用于该扫描线的竖直电流计 540 的小幅值（微动（micro-jog））校正信号。

两个相邻屏幕段之间的竖直对准由很多因素确定，包括在电流计镜 540 不同电流计角的电流计线性度、多面体扫描器 550 的多面体塔差以及由例如镜和透镜的各种反射和折射光学元件引起的光学系统扭

曲。多面体塔差是竖直光束位置的误差，其是由于制造公差而在多面体 550 的不同多面体面、在竖直方向上由不同倾角产生的。多面体镜上的一种制造公差是多个面的塔差。实施第二竖直定位伺服控制能够补偿多面体塔差，因而能够在现有的扫描显示系统中采用相对不贵的多面体扫描器，而不会明显地影响显示质量。

基于电流计微动 (micro-jog) 校正信号的第二竖直伺服控制也能采用多面体 550 的塔差值查询表。该查询表中的塔差能够由之前的测量获得。当塔差不随温度、湿度及其它因素发生明显的变化时，在不采用基于（采用上述竖直参考标记的）测量竖直光束位置的伺服反馈的情况下，该查询表方法可足够。在实施中，反馈控制需要对多面体面的识别，该多面体面目前正在扫描线并因此能够从查询表中取得该多面体面的相应塔差值。对当前多面体面的识别能够从多面体 550 上的面编号码传感器确定。

在用于每个单个的激光器的上述竖直伺服反馈控制中，激光致动器用于响应伺服反馈以调整激光束的竖直方向，并用于将光束置于沿着屏幕上的荧光条纹所期望的竖直光束位置。图 17 示出了接合到瞄准仪透镜 3230 的激光致动器 3240 的一个示例，该瞄准仪透镜 3230 置于激光二极管 3210 前面，以瞄准由激光器 3210 产生的激光束。瞄准仪透镜 3230 外的瞄准的光束由电流计镜 540 和多面体扫描器 550 扫描，并由扫描透镜 560 投射到屏幕 101 上。激光二极管 3210、瞄准仪透镜 3230 和透镜致动器 3240 被安装在激光器安装件 3220 上。透镜致动器 3240 能够沿着基本上垂直于激光束的竖直方向调整瞄准仪透镜 3230 的竖直位置。瞄准仪透镜 3230 的该调整改变了激光束的竖直方向，从而改变了屏幕 101 上的竖直光束位置。透镜致动器 3240 也可以沿着激光束的传播方向移动瞄准仪透镜 3230 的位置，从而可移动瞄准仪透镜 3230 在激光束上的聚焦。这种调整能够改变屏幕 101 上光束点的尺寸。

屏幕 101 上每个激发光束 120 的光束点尺寸需要被控制为小于每个子像素的尺寸，从而获得期望的显示分辨率和色彩纯度。如果光束点尺寸大于每个子像素，那么部分光束会溢出进入邻近的荧光条纹，从而激发一个或两个错误色彩，并且减少该子像素中发出的荧光的量。

该结果会降低诸如图像分辨率和色彩饱和度的图像质量。扫描显示系统中的扫描激发光束的聚焦能在工厂设置为最佳聚焦状况。然而，该工厂聚焦设置会因温度和其它因素的变化而改变。因此，能够实施光束聚焦伺服控制，以保持适合的光束聚焦。

图 18 示出了位于屏幕 101 上的外围参考标记区域 2610 或 2620 中的聚焦传感标记 3310。该聚焦传感标记 3310 能够是光学反射的、光学荧光的或光学传播的，以测量光束点尺寸。能够将光学检测器置于聚焦传感标记 3310 附近，以产生携带光束点尺寸信息的检测器信号。伺服反馈控制能够用于调整屏幕 101 上的激光束的聚焦。例如，能够通过使用图 17 所示的透镜致动器 3240 沿着光束传播方向调整瞄准仪透镜 3230，以改变屏幕 101 上的光束聚焦。

在图 18 所示的示例中，聚焦传感标记 3310 包括平行于荧光条纹并沿着水平扫描方向布置在周期性阵列中的多个竖直条纹标记 3311。条纹宽度以及两个邻近条纹之间的间隔与预期的点宽度相等。在操作中，当在聚焦传感标记 3310 上通过时，在连续波 (CW) 模式中连续地开启激光束。当激光束扫描越过聚焦传感标记 3310 时，检测器监视来自聚焦传感标记 3310 的反射 (或传播) 光。如果光束点尺寸具有期望的尺寸，则由聚焦传感标记 3310 产生的反馈光的强度是由轨迹 3302 显示的具有 100% 调制的正弦波。当光束点尺寸大于期望的尺寸时，调制的深度下降。因此，对信号调制的测量能被用来推断点尺寸并控制激光束的聚焦。在某些实施中，能将第二焦聚传感标记以不同的深度 (从激光器到屏幕的光路长度) 置于屏幕 101 上。能够将从两个聚焦传感标记测量到的信号调制进行比较，以确定聚焦应当以哪种方法调整，以减小光束尺寸。

也可以在屏幕 101 上的外围参考标记区域中设置功率传感标记，以将部分扫描激发光束 120 引导进入检测器，以监视激光功率。该特征能够用于在操作过程中动态地监视激光功率。图 19 示出了作为功率传感标记 3410 的、平行于荧光条纹的宽竖直条纹。图 19 进一步示出了外围参考标记区域 2610 中的其它标记。在区域 2610 中也示出了其它参考标记。在操作中，在功率传感标记 3410 上通过之前，以预定的

驱动电流在 CW 模式中开启激光器。当测量不同扫描线的激光功率时，激光器的驱动电流能够变化，以允许激光器的功率-电流曲线的实时绘制。能够平均从多个扫描线获得的功率测量结果以减小检测中的噪声。

如果绿色探测器有输出而红色和蓝色探测器没有输出，那么用于校正图 8 和 10 所示的上述显示系统中的水平失准的一种方法是对激光器模块 110 中的显示处理器进行编程，从而使经调制的激光束 120 携带的经调制的图像信号延迟一个子颜色像素时隙，或者如果蓝色探测器有输出而红色和绿色探测器没有输出，则将其延迟两个子颜色像素时隙。这种通过时间延迟对空间对准误差的校正可在显示处理器中以数字方式来实现。不需要对激光器模块 110 中的光学扫描和成像单元进行物理调整。可选地，可以调整激光器模块 110 中的光学成像单元和扫描单元，从而在物理上平移屏幕 101 上的激发光束 120 的位置，从而响应于由屏幕上的光学传感单元 810 所探测到的误差，将屏幕 101 上的激光器位置水平向左或向右调整一个子像素。能够将由物理上调整扫描激光光束 120 进行的光学对准和通过控制光学脉冲时间进行的电子或数字对准结合，以控制适当的水平对准。

能够采用测试图案检查图 8 和 10 中显示系统中的水平对准。例如，可将红色、绿色和蓝色之一的帧用作为测试图案以测试对准。图 20A 示出了当水平对准恰当而没有误差时，用于嵌入有图 8 和 9 所示的探测器的彩色像素的测试图案以及三个探测器 PD1、PD2 和 PD3 的相应输出。该测试图案也能用于图 10 所示的系统中。图 20B、20C 和 20D 示出了当存在水平方向失准时，由三个探测器 PD1、PD2 和 PD3 产生的不同响应。探测器响应被馈送至激光器模块 110 并可用于采用时间延迟技术或光束成像光学器件的调整，以校正水平失准。

在图 8、9 和 10 所示的上述伺服控制示例中，屏幕上或屏幕外的光学传感单元检测多个独立的彩色信号。在各种实施中，便于采用入射到屏幕 101 上的扫描激发光束 120 的散射或反射光，以检测激发光束和屏幕 101 的荧光条纹之间的对准。上述伺服参考标记是位于屏幕的荧光区域外的外围伺服参考标记。下面进一步描述屏幕的荧光区域中的像素级伺服参考标记，其用于确定光束相对于屏幕上单个子像素

的中央的位置。

荧光条纹的周期性结构或者形成于荧光条纹的周期性结构上的周期性特性能够被用作伺服参考标记，该伺服参考标记散射或反射部分扫描激发光束 120，并且来自该伺服参考标记的散射或反射光被检测，以测量失准的存在和失准的方向。光学脉冲的时间的时间变化被叠加到扫描激发光束 120 上，并且通过由伺服参考标记测量扫描激发光束 120 的散射或反射光获得屏幕上光束位置的光学检测。关于周期伺服参考标记的屏幕 101 上的光束位置的信息用于控制屏幕 101 上光束的对准。

例如，能够像以下那样实施扫描光束显示系统的伺服反馈控制。由光学脉冲调制的激发光束被投射到具有平行荧光条纹的屏幕上，并在垂直于荧光条纹的光束扫描方向上扫描，以激发每条荧光条纹，从而发出形成图像的可见光。例如周期性时间变化的时间变化被应用于激发光束中的光学脉冲的时间，以沿着屏幕上的光束扫描方向提前或滞后每个光学脉冲的空间位置。来自屏幕的激发光束的反射被检测，以产生随着光束相对于每个荧光条纹的位置而变化的监视信号。监视信号中的信息用于指示光学脉冲沿着垂直于荧光条纹的光束扫描方向相对于期望的或目标荧光条纹的中央的空间偏移。基于空间偏移，调整激发光束中的光学脉冲的时间，以减小空间偏移。

可以各种方式实施该伺服反馈控制。具有该伺服反馈控制的扫描光束显示系统能够包括光学模块，该光学模块可操作为产生携带在时间上连续的光学脉冲的激发光的扫描光束，并可操作为携带图像信息；屏幕，其包括平行荧光条纹，该平行荧光条纹吸收激发光并发出可见光以产生由扫描光束携带的图像；光学传感器，将其定位，以接收由屏幕散射或反射的激发光，并产生指示光束相对于屏幕空间对准的监视信号；以及反馈控制单元，其与光学传感器通讯，并可操作成控制光学模块，从而响应于监视信号而调整由激发光束携带的光学脉冲的时间。在该系统中，光学模块能够用于在光束的光学脉冲的时间中产生时间变化。所述屏幕能够包含周期空间特性，这些周期空间特性根据与光束中光学脉冲时间中的时间变化的关系，改变了由光学传感器

接收的激发光的部分散射或反射光。所述反馈控制单元能够响应于监视信号中的信息调整光学脉冲的时间，所述监视信号由屏幕在由光学传感器接收的部分光中的修正和时间变化引起。

图 21 示出了具有基于图 3 所示的扫描显示系统的伺服反馈控制的扫描显示系统的一个示例。利用该伺服反馈控制，也能实施图 4 所示的扫描显示系统。在图 21 中，在控制激发光束 120 的调制时，信号调制控制器 320 在激发光束 120 中的光学脉冲的时间上叠加时间变化。周期性伺服参考标记设置在屏幕 101 上，以产生反馈光 1201，该反馈光 1201 是由伺服参考标记引起的扫描激发光束 120 的散射或反射光，或者由伺服参考标记在扫描激发光束 120 的光学激发下发出的荧光。设置例如屏幕外光学检测器的光学伺服传感器 1210 来收集来自屏幕 101 的反馈光 1201。能够采用多于一个的光学伺服传感器 1210。能在屏幕 101 外的合适位置放置光学伺服传感器 1210，以最大化来自屏幕 101 的反馈光的收集，例如，在图 5 所示系统中的扫描透镜 560 附近的位置。可以将收集透镜 1220 放置在光学伺服传感器 1210 的前面，从而便于光的收集。光学伺服传感器 1210 的输出用作伺服反馈信号并馈送给信号调制控制器 320。信号调制控制器 320 处理伺服反馈信号，以确定光学脉冲相对于荧光条纹的中央的位置偏移，并接着调整扫描激发光束 120 中的光学脉冲的时间，以减小位置偏移。

屏幕 101 上的周期伺服参考标记能够具有各种配置。参考图 2A、2B 和 2C，荧光条纹之间的条纹分割体能够被用作伺服参考标记。每个条纹分割体可以包括额外结构作为伺服参考标记。图 22 和 23 示出了两个示例。

在图 22 中，每个条纹分割体 1310 能够包括作为位于接收扫描激发光束 120 的屏幕 101 的荧光体层的一侧上的伺服参考标记的反射或荧光层 1312。反射伺服参考标记 1312 反射多于吸收激发光的荧光条纹的激发光束 120。因此，反射激发光的功率随着扫描激发光束 120 扫描跨过荧光条纹而变化。在每个条纹分割体 1310 的端部面上能够涂敷薄反射条纹作为伺服参考标记 1312。在每个面向观察者的条纹分隔器 1310 的面上可以形成光学吸收层 1314，以改善图像的对比度。当

在伺服参考标记 1312 和荧光条纹之间的激发光的反射存在较大的差异时，光学伺服传感器 1210 的检测灵敏度增强。当伺服参考标记 1312 由在扫描激发光束 120 照亮下发出荧光的荧光体层制成时，能够在光学伺服传感器 1210 中获得更高的检测灵敏度。用于标记 1312 的荧光材料可不同于荧光条纹，这样由标记 1312 发出的荧光的波长不同于荧光条纹的发出波长。作为示例，标记 1312 能够是红外荧光材料，在这种情况下，发出的红外光对于人眼是不可见的，并且不会影响对于观察者的图像质量。能够在光学伺服传感器 1210 前放置光学带通滤波器，从而只允许由标记 1312 发出的荧光进入光学伺服传感器 1210。

图 23 示出了另一种屏幕设计，其中荧光条纹间的条纹分割体 1410 由光学反射或光学荧光材料制成。作为选项，面向屏幕的观察者一侧的分割体面能够涂敷有黑色吸收层 1420，从而减少向观察者一侧的任何反射，例如从 400 纳米到 650 纳米的反射小于 10% 且吸收大于 80%。该特性能增强屏幕的分辨率和对比度。

图 24 进一步示出了图 23 所示的屏幕设计的实施。所有尺寸的单位是微米且是示例性的。在电介质层 1501 上形成条纹分割体 1500。在条纹分割体 1500 之间填充用于发出红色、绿色和蓝色的荧光材料，以形成荧光条纹。能够使用各种光学反射材料以形成条纹分割体 1500。能够采用例如铝的金属材料来构造分隔体 1500 或者作为涂敷材料，从而在需要具有反射性的每个分隔体 1500 的表面或面上形成涂层。另外，也能使用白色涂料来形成分割体 1500，从而获得高反射性。例如，能够配制由填充二氧化钛的树脂或填充硫酸钡的树脂制成的白色涂料，从而获得高于金属涂覆层的反射率，尤其是在反射回进入透明的聚合体时。例如，白色涂料材料的反射率可从 400 纳米到 650 纳米之间大于 90%。条纹分割体 1500 也能被制成包括荧光材料，该荧光材料发出波长不同于激发光 120、还不同于在相同激发光 120 照亮下由荧光条纹发出的可见光的光，从而改善光学伺服传感器 1210 的信噪比。

图 25 示出了当激发光束 120 沿着水平方向扫描越过荧光条纹时的光学脉冲的时间和屏幕 101 上的光束位置。激发光束 120 被调制成为

域中的一列光学脉冲。作为示例，在扫描过程中，在时间 t1、t2 和 t3 上显示了用于照亮屏幕 101 上的三个连续荧光条纹 1610、1620 和 1630 的激发光束 120 中的三个连续激光脉冲 1601、1602 和 1603。图 25 中的每个荧光条纹可以是具有指定颜色的特殊荧光体材料制成的条纹，或者是与用于指定颜色的条纹滤色器结合的均匀白色荧光体层制成的条纹。以光栅格式扫描激发光束 120，从而产生由已知为具有不同色彩的像素的小点构成的光栅图像。每个像素通常由具有红(R)、绿(G)和蓝(B)三原色的三种子像素构成。子像素在屏幕上以荧光条纹的形式构图。激光束 120 沿着水平扫描方向从左向右一次扫描一条线，从而形成图像。当光束 120 在每次扫描中从左向右行进时，为了适当地处理子像素，其应在时域中精确地调制。因此，扫描激发激光束 120 的脉冲在光束 120 到达相应的子像素的同时开启，并在光束 120 离开相应的子像素的同时关闭。如图所示，当激发光束 120 沿着水平扫描方向相对于屏幕 101 正确地对准时，脉冲 1601 在光束 120 扫描到荧光条纹 1610 的中央时开启，脉冲 1602 在光束 120 扫描到荧光条纹 1620 的中央时开启，并且脉冲 1603 在光束 120 扫描到荧光条纹 1630 的中央时开启。光束覆盖区 1621、1622 和 1623 分别说明了荧光条纹 1610、1620 和 1630 中的这些对准光束位置。

当沿着水平扫描方向存在失准时，每个脉冲在光束 120 扫描到荧光条纹的偏离中央的位置时开启。光束覆盖区 1631、1632 和 1633 分别说明了荧光条纹 1610、1620 和 1630 中的这些未对准的光束位置。考虑荧光条纹 1610，其中脉冲应在光束 120 位于位置 1621 时开启，并在光束 120 位于位置 1631 时关闭。如果脉冲在光束 120 位于位置 1631 而不是预期的位置 1621 时开启，那么荧光条纹 1610 由光束 120 照亮，并且不同色彩的邻近荧光条纹的一部分由光束 120 照亮，即，激光器在光束 120 正在从一个彩色子像素向下一个彩色子像素跨跃的过渡过程中开启。换句话说，在光束 120 中的时间的脉冲调制与空间中的子像素不同步时，会出现这种失准。在这种情况下，由于应该开启一种特定颜色子像素的脉冲目前在同一个颜色像素中或在两个相邻的颜色像素之间“溢出”到下一个不同的颜色像素，从而引起图像的

误登记并降低了图像的颜色纯度，所以色彩控制会受到不利地影响。

因此，希望根据屏幕上的激光位置精确地控制扫描激光束 120 的脉冲的时间，即开启或关闭光学脉冲的时间。为了控制扫描光束 120 中的激光脉冲的时间，当开启激光器时，使用伺服方法测量基于来自子像素背部的反射光的光束偏移。当激光器在子像素的中央开启或者在子像素中央外开启时，反射光的信号强度随着每个子像素上的激光的相对位置而变化。每个子像素边界的反射体或反射特性被用作伺服参考标记，以产生来自每个子像素的反射光，从而监视在每个子像素处的扫描激光束 120 的位置。如图 25 所示，当脉冲在荧光条纹 1610 中央的光束位置 1621 开启时，光束 120 被条纹分割体 1600 最少地反射，并且当脉冲在偏离荧光条纹 1610 中央的光束位置 1631 开启时，分割体 1600 的反射增加。当光束 120 在相对于荧光条纹中央的不同位置开启时的反射激发光的功率水平的这种差异和光束 120 中的光学脉冲的时间的临时变化被用于沿着扫描方向测量失准。

图 26A、26B 和 26C 示出了当激发光束 120 位于子像素中的不同位置时反射激发光的信号强度的变化。在图 26A 中，当光束 120 位于子像素的左侧时脉冲开启。在图 21 所示的系统的光学伺服传感器 1210 处检测到强反射 R1。当脉冲在光束 120 位于图 26B 所示的子像素中央而开启时，在光学伺服传感器 1210 处检测到相对弱的反射 R2。当脉冲在光束位于子像素中央的右手侧而开启时，在光学伺服传感器 1210 处再次检测到激发光的更高反射。

一般地，当脉冲开启时，反射的激发光的功率水平随着子像素中光束 120 的位置而变化。图 27 示出了子像素设计和在各激光束位置来自子像素的反射的激发光的光学功率密度的示例。在该示例中，子像素包括填充有适当荧光材料的中央荧光条纹 1801，所述荧光材料在扫描激光束 120 的激发下为该子像素发出指定颜色的光。两个条纹分割体 1802 置于荧光条纹 1801 的两个相对侧，同时两个外围反射体产生反射光。外围反射体可以被设计成衍射结构、能镜面反射光或漫射光的反射结构、诸如在光束 120 激发下发出光的磷光体的波长变换材料、或者衍射结构和反射结构的混合。

图 28 示出了反射的功率水平和偏离子像素中央的光束位置之间关系的示例。子像素能被设计成在从子像素中央的最外缘处产生最高的反射率 R3，和在子像素中央位置的最低反射率 R1，以及用于二者之间光束位置的中间反射率 R2。作为示例，当光束 120 在条纹分割体的中央开启时，能够产生最高的反射率 R3。因此，反射光的水平能被用于指示光束位置从每个子像素中央的相对偏移。

与上述荧光条纹相关的伺服参考标记允许反馈光、反射光或荧光的功率随着每个子像素中的激光束的位置而变化。反馈光的这种功率变化能被用于确定光束 120 是在子像素的中央还是在偏离子像素中央的位置开启。然而，这种功率变化不提供子像素中光束 120 位置的偏移方向的信息。为了产生伺服信号的符号以指示子像素中光束 120 位置的偏移方向，利用叠加在激光束 120 的扫描时间顶部上的小滞后信号进一步调制扫描激光束 120，从而控制光束 120 中光学脉冲的时间。该滞后信号在来自子像素的反射光中产生信号图案，以指示屏幕上的激光脉冲的位置应相对于子像素中央向右还是向左移动，或者在时域中，激光脉冲的时间应该被滞后还是提前。该滞后信号是周期性信号，并且在激光束 120 扫描屏幕 101 时，该滞后信号在时域中以周期的方式正向或负向的滞后。脉冲时间的这种周期性变化能够例如是正弦波或方波。

图 29 示出了正弦形式的该周期性滞后信号的一个示例。在滞后信号时间的每个周期中，扫描光束 120 沿着垂直于荧光条纹的水平扫描方向在多重子像素上扫描。在示出的示例中，由扫描光束 120 在滞后信号的一个周期中扫描全部三个子像素。由于脉冲的时间在扫描过程中被周期性地调制，因而由图 21 所示的光学伺服传感器 1210 检测到的反射信号也以周期形式变化。

图 30 进一步示出了在时域中光束 120 中的脉冲时间如何由滞后信号调制。特别地，光学脉冲中时间的时间变化被设置为对应于光束位置中、小于荧光条纹宽度沿着水平扫描方向的空间平移。因此，叠加的滞后信号提供了沿着水平光束扫描方向、在荧光条纹或子像素中、在当前光束位置附近的光束位置的扰动，从而导致伺服信号的变化。

由于条纹分割体上存在伺服参考标记，伺服信号中的这种变化指示出光束位置从子像素或荧光条纹的中央、沿着水平光束扫描方向的偏移方向和偏移量。

当脉冲在光束 120 位于子像素中央时开启，反射的光处于最低功率水平 R1。当脉冲在其他偏离中央的位置开启时，反射的光具有随着从中央偏移的量变化的更高功率水平。在完全对准的系统中，当滞后等于零时，“准时”的激光束位于子像素的中央。在这种情况下，当滞后是正或负时，产生反射信号 R1。当激光束 120 由于滞后信号而相对于子像素的中央偏移时，在靠近子像素中央的偏移位置开启光束 120 的脉冲，并产生反射信号 R2。特别地，在这种情况下，反射信号的振荡周期 T1 是滞后信号的周期 T0 的一半。

图 31 示出了光束向子像素中央左侧的位置偏移，其在从子像素中央的最外缘处产生最高的反射率 R3，并在子像素中央位置处产生最低反射率 R1，以及用于二者之间光束位置的中间反射率 R2。因此，当激光束 120 在从子像素中央向左偏移的位置开启时，叠加在扫描激光束顶部的滞后信号将激光束 120 的位置主要向每个子像素中央的左侧改变。因此，反射信号的幅值在水平 R1 和 R3 之间变化，并且反射信号的相位与滞后信号同步。如此，反射信号的周期 T2 等于滞后信号的周期 T0。反射信号的这种状态表示脉冲在时间上开启过早。

图 32 示出了光束位置向子像素中央右侧偏移的示例。在这种情况下，叠加在扫描激光束顶部的滞后信号使得激光束主要向子像素的右侧，并且反射信号不与滞后信号同步，并在滞后信号的同一周期 ( $T_3=T_0$ ) 异相。反射信号的振幅在信号水平 R1 和 R3 之间变化。反射信号的这种状态表示激光束 120 的脉冲在时间上开启的过晚。特别地，反射信号相对于图 31 和 32 中的滞后信号的相位是相反的，并且能够测量这种差异，从而为伺服控制确定偏移方向。

图 33 示出了利用检测到的反射信号来确定光束从子像素中央的偏移方向的方法。偏移指示器信号定义为滞后信号中的一个滞后周期上的所有时间位置上的滞后信号和反射信号的乘积的积分。图 33 的右手侧示出了偏移指示器信号的示例。该信号的正值表示光束在时间上

开启的过早，并在从屏幕的左侧向右侧的水平扫描过程中位于子像素中央的左侧。该信号的负值表示光束在时间上开启的过晚，并位于子像素的中央的右侧。

在中央的情况中，反射率信号具有滞后信号的两倍振动频率。因此，在一个滞后循环上的反射率信号的积分产生不可忽视的伺服误差信号。伺服反应电路能够被设置成保持脉冲的当前时间且不改变激光器在时间上的位置。当激光器主要向右侧或者左侧偏离子像素的中央时，反射信号相对于滞后信号彼此异相，并且每个反射信号均具有相同的滞后信号振动频率。整个反射率循环的积分与滞后信号相乘产生正或负的伺服误差信号。在这两种情况中，伺服控制机构能够调整激光束 120 中脉冲的时间，从而减少光束偏移并获得正确的子像素登记。

利用图 21 所示的光学伺服传感器 1210 捕获反射信号中的改变。一种检测方案是使用广域检测器作为传感器 1210，以捕获部分背散射光。利用透镜（或例如非成像集中器的其它通量收集元件）能够获得改善的信噪比（SNR）。透镜代表给检测器带来更多散射光的更大的收集面积。如果例如当使用荧光体伺服参考标记时，散射光与入射光相比具有不同的波长，那么可以使用光谱滤波器来排斥其它辐射源（包括入射光束的任何不需要的背散射）。另外，可以在多个位置放置多个检测器，以改善背辐射的可检测性。由于信号相比于来自其它光源的光可能较弱，因此可以在很多线和帧上对伺服信号进行平均，以改善信噪比。

滞后信号能够是周期性的或者非周期性的，具有大量的滞后和周期。这里将可变滞后信号用于测量校正的方向性。应当注意，由滞后信号引起的滞后被设置成足够小，这样滞后不对屏幕增加色彩扭曲。在某些实施中，滞后信号能够配置成使得由于滞后信号可以产生小于 10% 的颜色扩散。在一些其他实施中，激光束的周期滞后相位能够从一条扫描线到下一条移动 90 度，从而减少由滞后信号引起的相对观察者的固定图案效应。

在伺服控制的某些实施中，来自屏幕的较高亮度区域的伺服信号能够被测量，并且所测量信号的幅值由在控制沿着水平扫描方向的光

束校准中的输出视频信号的幅值规范。由于伺服滞后信号被叠加在可变的幅值视频信号上，所以该技术能够改善检测中的信噪比。

以上的时间滞后伺服技术提供了一种方法缓解系统中时间问题的方法，其中一束光束被用来传输显示器上的不同颜色，以精确地瞄准颜色元素。对于其上磷光体被布置成平行竖直条纹的屏幕，激发激光束被用于激发三原色磷光体，并且当光束扫描过磷光体时，光束在时间上顺序地激发每种颜色。于是空间中的目标问题变成了激光脉冲的控制时间中的时间问题。对于屏幕上的激光束的时间控制，需要解决由于温度、老化和其他因素导致的系统部件的变化以及在制造过程中的零件和装备公差。例如，热膨胀效应以及光学成像中的扭曲会需要精确时间中的相应调整，从而激发像素中的每种颜色。如果激光致动没有正确地对应时间，其中利用子像素的中央部分引导光束且该光束跨越预期的磷光体，那么光束会部分地或者完全地激发错误的彩色磷光体。

除了伺服控制，能够提供时间调整的校准“图”来辅助伺服控制，用于校正屏幕的不同部分上的时间。该校准图包括用于屏幕上的所有子像素的光束对准数据，并能够在工厂的显示系统组装完成后采用伺服控制得到校准，从而测量整个屏幕的对准。如果正在被补偿的效果没有快速地改变，那么该调整图能够被存储在激光器模块 110 的存储器中并在一定时间间隔后被重新使用。在操作过程中，当显示系统被开启时，显示系统能被设置成（作为缺省）基于校准图中的对准数据设置扫描激光束的激光脉冲的时间，并且伺服控制能够操作，以提供操作过程中的实时监视和对脉冲时间的控制。可以进行额外的校准测量来更新存储器中贮存的校准图。例如，可在相同的存储器中放置该图的单个或多个连续版本，其用于缓冲像素色彩数据。可以对这些校准图进行编码，以减少其占用的存储器量和其需要访问的存储器带宽。对于平稳地改变时间调整的情况，能够有效地使用例如三角调制的简单方法来对这些图进行压缩。

通过对一个帧在连续波（CW）模式下运行每个扫描激光束 120 能够获得校准“图”，在该过程中，当如图 5 所示那样使用多个激光器

时，扫描激光束同时一次一段地扫描通过整个屏幕。如果使用单一激光器，那么单一扫描光束在 CW 模式下设置成一次一条线地扫描整个屏幕。来自条纹分割体上的伺服参考标记的反馈光用于测量屏幕上的激光位置。只要监视信号处于其最高的相对幅值，来自光电检测器的监视信号能够通过产生脉冲的电子“峰值”检测器发送。通过在用于处理和产生误差信号的数字电路或微控制器中的采样时钟，能够测量这些脉冲之间的时间。由于屏幕上的扫描光束的扫描速度是已知的，所以来自电子峰值检测器的两个相邻脉冲之间的时间能被用于确定产生该两个相邻脉冲的两个位置的间隔。该间隔能被用于确定子像素的宽度和子像素的位置。根据光束扫描速率和采样时钟的频率，对于每个像素存在一些标定数量的时钟。由于光学扭曲、屏幕缺陷或者以上扭曲和缺陷的组合，对于任何给定的子像素，两个相邻脉冲之间的时钟数量可从时钟的标定数量开始变化。该变化能够对于每个子像素被编码并存储在存储器中。

图 34 示出了作为一个水平扫描一部分的扫描时间的函数的检测的反射反馈光、峰值检测器的各自输出和采样时钟信号的一个示例。其中示出了具有对应于 9 个采样时钟的时钟周期宽度的标定子像素和对应于 8 个时钟周期的相邻的较短子像素。在某些实施中，子像素的宽度可对应于 10 到 12 个时钟周期。用于伺服控制的数字电路或微控制器的采样时钟信号的时钟周期规定了误差信号的空间分辨率。

图 35 示出了作为一个水平扫描一部分的扫描时间的函数的检测的反射反馈光、峰值检测器的各自输出和采样时钟信号的一个示例，其中示出了对应于 9 个时钟周期宽度的标定子像素和对应于 10 个时钟周期宽度的相邻较长子像素。

在校准过程中，例如屏幕上的灰尘的污染物、屏幕缺陷或某些其它因素可以引起反射的反馈光中的光学脉冲的缺失，其中该光学脉冲本应由屏幕上两个相邻子像素间的伺服参考标记产生。图 36 示出了脉冲缺失的示例。如果在标定加上从时钟的标定数量的最大期望偏差的范围内不对脉冲进行采样，那么能够确定缺失的脉冲。如果脉冲缺失，则能够为该子像素假设时钟的标定值，并且下一个子像素能够包含对

两个子像素的时间校正。能够在两个子像素上对时间校正进行平均，以改善检测精度。该方法可以延伸至任何数量的连续缺失脉冲。

利用上述各种特征能够实施扫描光束显示系统。例如，该系统能够包括光学模块，其可操作为产生具有光学脉冲的扫描激发光束，该脉冲在时间上连续并携带图像信息，还包括荧光屏，其包括荧光区域和荧光区域外的外围伺服参考标记区域。荧光区域吸收激发光并发出可见荧光，以产生由扫描光束携带的图像。荧光区域包括在扫描光束照亮下产生第一反馈光学信号的第一伺服参考标记。外围伺服参考标记区域包括在扫描光束照亮下产生第二反馈光学信号的至少一个第二伺服参考标记。该示例性的系统包括用于伺服控制的两个单个的传感器：(1) 第一光学传感器，其被定位以接收第一反馈光学信号并在荧光屏上产生指示光学脉冲的空间对准的第一监视信号；以及(2) 第二光学传感器，其被定位以接收第二反馈光学信号并在荧光屏上产生指示扫描光束的光学特性的第二监视信号。在光学模块中包括反馈控制单元，以响应于第一和第二监视信号调整扫描光束，从而至少控制光学脉冲在荧光屏上的空间位置的空间对准。

用于检测来自屏幕上的外围伺服参考标记区域的第二反馈光学信号的上述第二光学传感器能够是与光导管相连的光学探测器，该光导管与屏幕上的外围伺服参考标记区域相连接。在一个实施中，外围伺服参考标记区域中的第二伺服参考标记能够是传播性的，这样穿过标记的传播光在由激发光束 120 照亮时耦合到与例如在屏幕的观察者一侧的标记的另一侧相连接的光导管的一端中。光导管能够是具有反射表面的通道，该反射表面在全内反射 (TIR) 条件下由电介质界面形成，或者由金属反射侧壁表面形成。第二光学传感器能够被置于光导管的另一端，以接收由光导管引导的光学信号。当在外围伺服参考标记区域提供不同类型的伺服参考标记，以监视诸如光束聚焦和光束 SOL 位置的不同参数时，在外围伺服参考标记区域中能够为不同的参考标记实施不同的光导管。各光导管将信号引向其各自的光学检测器。

如上所述，多面体扫描器的不同面因制造的不精确及其它因素而趋向于相对于扫描器转动轴具有不同的面定向，并且这种误差能够降

低显示图像的质量。图 5 示出了具有荧光屏的扫描显示系统，其中一个或更多激发激光光束 532 由电流计镜 540 和多面体扫描器 550 扫描到荧光屏 101 上。采用被动屏幕的显示系统也能够基于图 5 所示的设计而构造，其中携带图像数据的不同颜色（例如，红色、绿色和蓝色）的三个调制的光束能交叠为单个的光束，该单个的光束由电流计镜 540 和多面体扫描器 550 扫描至被动屏幕上，以形成彩色的图像。

图 37 示出了电流计镜 540 的操作。电流计镜 540 动作的每个循环被分成规则的扫描阶段和竖直折回阶段。在规则的扫描阶段中，电流计镜 540 在一个扫描时间上扫描，在该时间内，光被引导至电流计镜 540，并且电流计镜 540 扫描光，以在不同的竖直位置产生多条水平扫描线。在该扫描时间中，多面体 540 的多个面扫描光束。在竖直折回阶段中，光被关闭或阻挡并且电流计镜 540 将其位置重置回其初始扫描位置，而从此位置开始另一个竖直扫描。依据电流计镜 540 的设计，竖直折回时间通常占整个扫描的较小比例，例如 5%。作为示例，如果竖直扫描率为 60 赫兹，其对应于大约 16.7 毫秒的竖直扫描时间，竖直折回时间是 5% ( $1/60$ ) = 890 微秒。

图 38 示出了图 5 中的水平多面体扫描器 550 的塔差的影响。两个相邻面（1 号面和 2 号面）相对于扫描器的竖直转动轴具有不同的面定向。因此，对于待扫描的相同入射光束，1 号面和 2 号面将光束投射在屏幕上的两个不同竖直位置上，该两个位置在屏幕上以距离 D 分开。如果多面体 550 以距离 L 离开屏幕，那么塔差为  $1/2\tan(D/L)$ 。

图 39A 和 39B 进一步示出了当多个扫描光束如图 7 所示同时被扫描时图 2 中的多面体扫描器 550 的塔差的影响。如果多面体 550 没有塔差，则不同的光束被同时扫描在其指定的竖直位置上，以产生具有均匀竖直间隔的平行水平扫描线。由于竖直扫描，每条水平线并非理想地水平并被倾斜。图 39A 示出了由没有塔差的多面体 550 的不同连续面的激光器的单一激光束的扫描。图 39B 示出了当多面体 550 具有塔差时，多面体 550 的连续面上的水平扫描会具有非均匀的竖直间隔。

减小塔差影响的一个示例性技术是设计扫描系统使得连续帧中的每条水平扫描线由多面体上的不同面扫描。因此，由观察者观察到的

每条线显得更宽，沿着竖直方向、关于在同一条水平线上伸展的位置的线宽由塔差引起。该技术从本质上使塔差得到平衡，并且同时轻微地降低了屏幕上的竖直分辨率。

在操作中，该技术通过采用连续帧中的不同多面体面扫描每条水平线，以使连续帧中的相同线位于不同的竖直位置，从而由于不同多面体面上不同的塔差产生“模糊”线。作为一个具体示例，电流计镜 540 上的折回时间能够被设置为小于 1 个面时间。能够在各种配置中进行用于扫描不同线的面分配。例如，在以下布置中，指定给折回线 1 的面可以是 5、6、7、8 或 9 号面。

面编号 为扫描线 1 的面分配

5	1 2 3 4 5 1
6	1 2 3 4 5 6 1
7	1 4 7 3 6 2 5 1
8	1 8 7 6 5 4 3 2 1
9	1 5 9 4 8 3 7 2 6

通过控制多面体扫描器能够获得该扫描的面分配。

上述技术是平均技术，且该平均也能通过以小幅值和高于帧率的抖动频率抖动竖直扫描镜而实现。该抖动是被控的，这样由抖动引起的屏幕上的扫描光束的竖直分布是由塔差引起的相同水平线上的光束位置分布。图 40 示出了高频抖动电流计镜 540 的效应。有一些抖动选项可供实施：恒定抖动幅值，变化抖动幅值，恒定抖动频率，变化抖动频率，或者以上任何项的组合。抖动（幅值和或频率）的分布能够是随机的、高斯分布或者其它分布，例如白噪声、粉红噪声，其中在粉红噪声中，随机信号的幅值在保持每个频率增加产生恒定的信号功率时随着信号频率的增加而减小。

另外，通过减小塔差引起水平线更紧密的位置上的强度并通过增加塔差引起水平线更稀疏的位置上的强度可以调整扫描光束的光强度。光强度的这种调整能减小塔差对图像质量的影响。

因此，基于上述内容，扫描光束显示系统能被设置成包括多面体

扫描器，该多面体扫描器具有反射面并可操作成转动，以沿着第一方向（例如水平方向）扫描光束，扫描光束显示系统能被设置成还包括第二扫描器，该第二扫描器具有反射体以使光束在垂直于第一方向的第二方向（例如竖直方向）上扫描。该系统能够包括与第二扫描器通信的控制单元，以控制第二扫描器的扫描。控制单元可操作为在每次扫描过程中抖动第二扫描器从而引起光束沿着第二方向前后改变自身的方向，其中抖动的频率高于由光束携带的图像的帧频率。在一个实施中，该系统能够包括机构，以控制与多面体扫描器中不同面的塔差相关的光束的光强。

同样基于上述内容，能够提供用于显示的方法，以操作扫描光束显示。在该方法中，具有反射体面的多面体扫描器用于沿着第一方向扫描光束，并且具有反射体的第二扫描器用于在垂直于第一方向的第二方向上扫描光束。光束的扫描被控制，以利用多面体扫描器的不同面在连续帧中的每条水平扫描线上扫描光束。在该方法的一个实施中，第二扫描器能够抖动，以导致光束在每次扫描中沿着第二方向前后改变其方向，其中抖动的频率高于由光束携带的图像的帧频率。另外，光束的光强度能够根据多面体扫描器的不同面的塔差而被控制，以减小塔差对屏幕的任何可视影响。

参考图 13 到 16，荧光屏能够具有显示区域外的一个或更多外围参考标记区域，以提供测量扫描光束的竖直位置的竖直参考标记。具有一个或更多外围参考标记区域和竖直参考标记或其它标记的屏幕设计能被延伸至没有荧光材料的被动屏幕。检测电路能够用于抽取来自于从参考标记获取的光学信号的光束的竖直位置信息。如上所述，反馈控制能够应用于电流计镜 540，以校正由多面体扫描器 550 的面的塔差引起的竖直平移。由于塔差能从面到面变化，因此入射激光束在水平扫描的竖直维度上未被均匀地反射到显示屏上。图 41、42 和 43 示出了基于伺服的塔差校正的示例性实施，其采用竖直扫描器和屏幕上的竖直参考标记，以用于利用被动或主动屏幕扫描显示系统。

在该示例中，扫描显示具有六个激光器，从而将六条激光束引到屏幕上。参考图 7，这六条激光束同时一次扫描到屏幕的一个屏幕段

上，并继续扫描屏幕上在竖直方向上连续布置的其它屏幕段。一个多元体面沿着水平方向扫描全部六条激光束，从而一次覆盖一个竖直屏幕段，并且不同的多元体面继续扫描不同的竖直屏幕段。

该系统中的屏幕被设计成包括在多重竖直屏幕段中每一个中的竖直参考标记，以监视多元体扫描器的塔差。图 41 示出了四个示例性连续水平扫描，它们由多元体扫描器上的四个连续面标记为分别在四个连续竖直屏幕段上的扫描 1 号、扫描 2 号、扫描 3 号和扫描 4 号。每个扫描均具有来自六个标识为 1 号激光器、2 号激光器、3 号激光器、4 号激光器、5 号激光器和 6 号激光器的六条激光束。屏幕包括其中未显现出显示图像的外围参考标记区域 4121 和其中显现出显示的图像的中央显示区域 4120。在外围参考标记区域 4121 中，竖直参考标记 4110 位于第一竖直屏幕段的左上角，从而测量来自 1 号激光器的第一激光束的竖直位置。类似地，竖直参考标记 4120、4130 和 4140 分别位于第二、第三和第四竖直屏幕段的左上角，从而测量来自 1 号激光器的激光束的竖直位置。可选地，每个屏幕段中的竖直参考标记能够处于不同且已知的位置，以测量来自 1 号激光器的激光束或另一条激光束的竖直位置。每个屏幕段中的竖直参考标记用于测量六条激光束中的一条的竖直位置，并且该被测量的竖直位置用于表示从相应多元体面反射的激光器扫描的竖直位置。每个屏幕段中的竖直参考标记和竖直位置的检测能够由图 13 到 16 中的示例实施。

当多元体扫描器没有任何塔差时，1 号到 4 号激光扫描应该彼此均匀地隔开。来自不同屏幕段的不同竖直参考标记的竖直位置信号应为每个多元体面指示竖直位置上的相同偏移，或者指示在所有扫描的竖直位置中无误差。当多元体扫描器在至少一个面上具有塔差时，误差信号不同。竖直扫描器的位置能被控制，以补偿竖直位置中的误差，或最小化竖直位置中的误差，从而校正屏幕上塔差的影响。

在示出的来自四个连续多元体面的屏幕上的四个连续扫描中，1 号扫描和 2 号扫描与其各自的竖直参考标记竖直对准，并因此未显示出来自多元体扫描器的相应面的塔差。但是，用于产生 3 号扫描和 4 号扫描的面显示出塔差：由于 3 号扫描的竖直位置过高，所以 2 号扫

描和 3 号扫描彼此过近，并且由于 3 号扫描在竖直方向上过高且 4 号扫描在竖直方向上过低，所以 3 号扫描和 4 号扫描分离的过远。这是由于使光束从面到面转移的塔差所致。

图 42 示出了在图 41 所示的每个屏幕段中的竖直参考标记基于图 13 所示参考标记的操作。每个参考标记包括彼此位移的两个对称三角形参考标记 2811 和 2812。在操作中，由三角形特征 2811 和 2812 反射到屏幕上的激光产生图 42 下部所示的波形。对来自第一三角形的光进行积分。检测器电路能够被设计成产生脉冲宽度与每个参考标记上的扫描光束的长度成比例的脉冲。与来自于第一三角标记 2811 的检测器信号的值相比较，对来自于第二三角形参考标记 2812 的光进行积分。当光束竖直地居中于两个三角形参考标记 2811 和 2812 之间时，从第二积分值中减去第一积分值的结果应该是零。将该误差信号传递到微控制器，该误差信号由微控制器用于确定电流计位置误差的幅值和方向，并校正由相同面进行的连续扫描中的相应塔差。

在图 42 示出的示例中，光束位置 4211 过高并因而产生检测器信号 4210。来自两个参考标记的脉冲之间的差是负值并表明光束的竖直位置过高。因此，下一次当相同面进行水平扫描时，竖直扫描器的位置被调整至偏离该测量的塔差。作为另一个示例，光束位置 4221 是适当的，并在检测器信号 4220 中产生两个相等脉冲。相应的误差信号是零，并且对于该面不需要校正。作为再一个示例，光束位置 4231 过低并因此产生检测器信号 4230。来自两个参考标记的脉冲之间的差是正值，并表明光束的竖直位置过低。因此，下一次当相同面进行水平扫描时，竖直扫描器被调整至偏离该测量的塔差。

图 43 示出了竖直扫描器控制的框图。屏幕 4301 包含具有竖直参考标记的外围参考区域和用于显示图像的中央显示区域。光学检测器 4310 位于屏幕 4301 前面，从而接收来自竖直参考标记的光并产生检测器信号。塔差信号发生器电路 4312 用于接收和处理检测器信号，从而产生误差信号。例如，图 14A 中的电路能够用于构造该电路 4312。控制 4314 利用误差信号以产生电流计控制信号，该控制信号控制电流计镜 540 的竖直位置，以校正各自多面体面的检测的塔差。控制 4314

可以包括产生控制信号的微处理器或微控制器。在操作中，微控制器利用上述误差信号，以从电流计镜 540 的正常斜坡位置对其进行轻微地再定位。该再定位校正了由多面体塔差引起的激光束的小竖直偏转误差。

在单个的帧中，激光束通过电流计镜 540 的转动从屏幕 4301 的顶部到底部、以连续地方方式偏转。理想地，电流计镜 540 以连续、线性的角度扫描，从而从屏幕 4301 的顶部到底部引导光。但是，在该竖直扫描中，在水平扫描中涉及不同的连续多面体面，并且因此对于任何水平扫描的多面体塔差均需要由电流计镜 540 的较小偏移在每个各自的水平扫描上校正，该水平扫描位于电流计镜 540 进行的其它连续竖直扫描的中间。为了避免屏幕上的任何可见的影响，当光束位于外围参考标记区域内且在屏幕 4301 的中央显示区域外时，应用向电流计镜 540 的竖直定位的较小偏移。

图 44 示出了在为屏幕 4301 上的单个视频帧的扫描过程中，在校正塔差时电流计镜 540 的工作。在该示例中，具有八个面的多面体扫描器被用作扫描器 550，并且屏幕 4301 被分成十六个竖直屏幕段，这样多面体扫描器 550 转动两周，从而扫描过整个屏幕并产生单个视频帧。如图所示，对电流计角的每次校正在一个水平扫描的结束和后续的新水平扫描的开始之间轻微地改变。在这两个连续的水平扫描之间的过渡期中，激光束在显示上不可见。在示例中，在多面体转动一周中进行四次塔差校正：由第二个面在水平扫描开始时进行的第一次校正，其也由第三个面应用到下一次扫描中，由第四个面在水平扫描的开始进行的第二次校正，其继续到第五个面，以及由第六个面在水平扫描的开始进行的第三次校正，其继续到第七个面，以及在第八个面的开始时的第四次校正。用于校正的图案的变化通常相对较小并形成微动图案。每转动一周重复相同的校正。在该示例中，一次完成电流计折回，以用于扫描过三个多面体面。该示例中的图案被省去三个面时间，并且下一个视频帧扫描在 4 号面开始。微动图案为多面体的每次转动（而不是为每个视频帧）重复。

通过图 43 中的控制 4314 中的微控制器可执行微动时间，并且角

度由从误差信号确定的幅值和方向增加或减少。多面体 550 能够被设置成包括面编号传感器，该传感器为面提供面身份号码。微控制器接收面身份号码并知道多面体上的哪一个面将是将激光束引导至屏幕上的下一个面，并且微控制器将根据用于水平扫描的面的顺序控制电流计镜 540。

上述塔差校正包括基于屏幕上的竖直参考标记和来自竖直参考标记的散射或反射光的光学检测的误差测量机构，从而测量每个多面体面的塔差，还包括在连续水平扫描中控制竖直扫描器的误差校正机构，以校正测量到的塔差。因此，当塔差改变时，误差测量机构能够检测该变化，并因此能够相应地调整对竖直扫描器的校正。塔差校正的该动态特性能被用于增强显示性能和改善可靠性。

以下部分描述了采用由荧光屏发出的荧光产生静态和动态伺服控制信号的额外示例，其用于控制扫描光束中的激光脉冲的时间和屏幕上的激光脉冲的对准。图 45 到 48 示出了以下示例。

在一个方面中，以下示例中的伺服控制用于对准激光器时钟或激光脉冲的时间，从而在沿着跨过屏幕上荧光条纹的水平扫描扫描激光束时，照亮屏幕上的正确颜色子像素。在该系统的正常运行中，激光器被脉冲调制，从而向屏幕上选出的子像素传递光学脉冲，从而由屏幕上的荧光材料产生的荧光形成待显示的图像。脉冲幅值、脉冲宽度或二者能够被控制，以在每个子像素处产生适当水平的激发荧光亮度。伺服控制被用于使激光脉冲居中于目标子像素的中央，从而避免了照亮邻近于目标子像素的相邻子像素。

在某些实施中，伺服控制能够包括误差检测机制，其检测相对于屏幕上子像素的激光脉冲时间或对准的误差，还可包括减少检测误差的反馈控制机制。例如，在校正激光脉冲的时间的伺服控制中，可沿着水平方向通过改变相对于参考点的激光时钟时间完成控制（例如用于线开始（SOL）的外围参考标记）。通过检测和观察在由激光脉冲激发下来自荧光屏的红色、绿色和蓝色光的相对幅值能够获得误差检测。

可以实施两种不同的伺服控制：静态伺服控制和动态伺服控制。在系统开始屏幕上图像的正常显示前，显示系统开机时执行一次静态

伺服反馈算法。显示系统被控制，以执行初始时钟校准，从而将激光脉冲对准于子像素中央位置。在系统初始启动之后执行动态伺服反馈算法，并例如可在显示系统的正常运行过程中持续地执行。该动态伺服反馈克服温度的变化、屏幕移动、屏幕扭曲、系统老化以及能够改变激光和屏幕间对准的其他因素，将脉冲的时间保持在子像素中央位置。动态伺服控制在视频数据显示在屏幕上时执行，并且被设计为对于观察者不明显。如上所述，激光束被控制成具有周期性滞后信号，该信号引起激光脉冲在时域中以周期的方式正向或负向的滞后。作为示例，激光脉冲的相位能够为一次水平扫描而提前例如伺服数字电路或微处理器的一个时钟周期，并在接下来的扫描中滞后例如一个时钟周期。在某些实施中，伺服数字电路的时钟周期能够被设置，从而使子像素的宽度对应于每个子像素超过 10 个时钟周期（例如 16 到 20 个时钟周期）的屏幕上的扫描距离。作为示例，一个时钟周期的持续时间可以是几个纳秒。

图 45 示出了采用光学传感器 4501 的光学伺服设计的示例，该光学传感器 4501 在扫描光束显示系统中远离屏幕 101 的激发侧上的荧光屏 101，在该扫描光束显示系统中，屏幕 101 被设计成允许至少某些由荧光屏 101 发出的荧光出现在激发侧。在某些实施中，也可以将光学传感器 4501 放置在屏幕 101 的观察者侧。光学传感器 4501 可以被设置和定位成具有整个屏幕 101 的视野。可以在屏幕 101 和传感器 4501 之间使用收集透镜，以便于对来自屏幕 101 的荧光进行收集。光学传感器 4501 能够包括至少一个光学检测器，从而检测由屏幕 101 发出的光，该光具有例如从不同颜色（例如，红色、绿色和蓝色）中选择的颜色，例如绿色。依据在伺服控制中使用的具体技术，对于在某些实施中用于单个颜色的单个检测器对于伺服控制是足够的，而在另一些实施中，则可能需要用于检测来自屏幕 101 的荧光的两个或更多颜色的两个或更多的光学检测器。可以采用额外的检测器来为伺服控制提供检测冗余性。基于如图 11 到 19 所示出的参考信号，参考用于产生参考信号的参考标记、对这些参考信号的检测以及控制功能，伺服控制能够与用于系统的参考标记的控制功能结合。在如下所述的

示例中，具有荧光条纹的屏幕区域外的线开始参考标记能被用作用于扫描光束的光学脉冲时间的静态伺服控制的时间参考。

在图 45 中的示例中，光学传感器 4501 包括三个伺服光学检测器 4510、4520 和 4530（例如，光电二极管），其分别地检测由屏幕 101 发出的三种不同的颜色。在三个组中布置光电二极管，并且由红色滤波器 4511、绿色滤波器 4521 或蓝色滤波器 4531 对每个组进行滤波，从而使三个光电二极管 4510、4520 和 4530 分别接收三种不同的颜色。每个滤波器可以各种设置实现，例如使光电二极管仅对来自观察屏幕的红色、绿色和蓝色中的一种敏感的膜。用于每个颜色组的检测器电路能够包括前置放大器 4540，信号积分器（例如，电荷积分器）4541，以及用于将红色、绿色或蓝色检测器信号数字化从而在可以是微型计算机或微处理器的数字伺服电路 4550 中进行处理的模/数（A/D）转换器 4540。能够测量从屏幕发出的荧光的红色、绿色和蓝色光的强度，并且测量结果被发送到数字伺服电路 4550 中。数字伺服电路 4550 能够产生并使用复位信号 4552 来复位积分器 4541，从而控制检测器的积分操作。利用这些信号，数字伺服电路 4550 能够确定屏幕 101 上的扫描激光束的对准中是否存在误差，并且基于检测到的误差确定激光器时钟是否在时间上需要提前或滞后，从而将子像素上的激光脉冲居中于屏幕 101 上。可以在例如图 10 中的系统的各种扫描显示系统中实现图 45 中的伺服检测，并且可以将图 45 中的伺服检测用于在屏幕不显示图像的系统开机阶段过程中的静态伺服控制和图像被显示在屏幕上的系统正常运行过程中的动态伺服控制。

当显示系统不处于用于在屏幕上显示图像的正常操作中时，执行这里描述的静态伺服控制操作。因此，能够避免在正常运行过程中采用电流计竖直扫描器和多面体水平扫描器在两个方向上的有规律的帧扫描。由电流计扫描器进行的竖直扫描能被用于在希望的竖直位置引导扫描激光束，并且该竖直扫描可被固定在该位置，从而在激光脉冲时间中进行具有不同时间滞后的重复水平扫描，从而得到所期望的误差信号，该信号表明了水平扫描中的激光时间误差。另外，不携带图像信号的特定激光脉冲图案（例如，图 46）能在静态伺服运行过程中

被用于产生误差信号。

在静态伺服控制中，能够选择用于激光器的激光脉冲图案，从而产生与屏幕 101 上的激光脉冲的位置误差成比例的信号。在使用多重激光器的一个实施中，每个激光器一次发出一个脉冲越过屏幕 101，并且剩余的激光器被关闭。这种运行的模式使得每个激光器的时间在静态伺服控制过程中被独立地测量和校正。

图 46 和 47 示出了用于产生误差信号来实施静态伺服控制的示例性技术。图 46 示出了在扫描激光束上调制的测试光学脉冲图案的一例，其具有激光脉冲的周期性脉冲图案。在该测试脉冲图案时间上的脉冲宽度对应于屏幕上的空间宽度，该空间宽度大于两个相邻子像素之间边界的宽度 ( $d$ )，并小于子像素宽度 ( $D$ ) 的两倍（一个荧光条纹）。例如，该脉冲图案时间上的脉冲宽度对应于等于子像素宽度 ( $D$ ) 的空间宽度。脉冲图案的重复时间对应于屏幕上两个相邻激光脉冲的空间间隔，该空间间隔等于一个颜色像素的宽度 ( $3D$ )（三个连续的荧光条纹）。

在操作中，调整图 46 中的激光脉冲图案的时间，这样每个激光脉冲与一个子像素和相邻的子像素部分地交叠，从而在两个相邻的子像素中激发不同颜色的光。因此，与两个相邻子像素（例如红色子像素和绿色子像素）交叠的激光脉冲具有与红色子像素交叠的红色激发部分，以产生红色光，还具有与相邻的绿色子像素交叠的绿色激发部分，以产生绿色光。发出的红色光和发出的绿色光的相对功率水平用于确定激光脉冲的中央是否位于两个相邻子像素之间边界的中央，并确定激光脉冲的中央和上述边界的中央之间的位置偏移。基于位置偏移，伺服控制调整激光脉冲图案的时间，以减小偏移，并在边界的中央对准激光脉冲的中央。在完成该对准时，伺服控制使激光脉冲图案的时间提前或滞后，从而将每个激光脉冲平移子像素宽度的一半，从而将激光脉冲的中央置于两个相邻子像素的任一个的中央。这样完成了激光器和彩色像素间的对准。在上述过程中，竖直扫描器被固定，从而在对准的情况下将激光引向固定的竖直位置，并且水平多面体扫描器沿着相同的水平线重复地扫描激光束，以产生误差信号。

上述过程采用发出的红光和发出的绿光的相对功率水平，从而在激光脉冲中央和两个相邻子像素间的边界的中央之间确定位置偏移。实施该技术的一种方法是采用差分信号，该差分信号基于由两种不同的磷光体材料发出光的量的差异。图 45 所示的伺服检测中的很多因素能够影响实施。例如，用于发出不同颜色的光的不同荧光材料可以具有在给定激发波长上的不同发射效率，这样在相同的扫描激发光束下，两个相邻的子像素能够发出具有不同功率水平的两种不同颜色（例如绿色和红色）的光。作为另一个示例，用于传播红色、绿色和蓝色的滤色器 4511、4521 和 4531 可以具有不同的传输值。作为再一个示例，光学检测器 4510、4520 和 4530 对于三种不同的颜色可以具有不同的探测器效率，因此，对于同样量的光进入不同颜色的探测器，探测器输出将是不同的。现在考虑以下条件：激光脉冲的中央与两个相邻子像素之间的边界的中央对准，因此该激光脉冲在两个相邻的子像素之间同样地发出。由于以上因素和其他因素，当激光脉冲在两个相邻子像素之间同样地发出时，对应于两个相邻子像素的发出颜色的伺服光学探测器可产生两个不同信号水平的两个探测器输出。因此，对于给定的显示系统，可校准伺服探测器信号，以解决上述因素和其他因素，从而精确地体现出激光脉冲的位置偏移。该校准可通过以下方式实现：硬件设计、图 45 中伺服数字电路 4550 中的数字信号处理软件、或者硬件设计和信号处理软件二者的结合。以下，假设进行了适当的校准，从而在脉冲激光在两个相邻子像素之间同样地发出时，使来自于两个不同的伺服光学探测器的校准的探测器输出相等。

因此，在正确对准情况下，每个激光脉冲均具有绿色子像素上的一半脉冲，以及相邻红色子像素上的剩余的一半相同脉冲。当对准正确时，该脉冲图案在伺服检测器上产生相同量的红色和绿色光。因此，红色检测器和绿色检测之间的检测器输出电压之间的差异是误差信号，其指示对准是否正确。当对准正确时，红色和绿色检测器之间的差异信号是零；并且，当对准偏离正确对准时，差异是指示对准的偏离方向的正值或负值。这种两个颜色信道之间的差异信号的利用能够用于消除测量从观察屏幕磷光体发出的光的绝对幅值的重要性。可选

地，两个不同颜色信道之间（蓝色和红色检测器之间或者绿色和蓝色检测器之间）的差异也可用于指示对准误差。在某些实施中，由于蓝色光最接近入射激发激光的波长，所以利用用于伺服控制的绿色和红色检测器之间的差异能够更加实际。用于检测来自参考标记的光的光学传感器用于产生检测信号并与数字伺服电路 4550 连接，该光学传感器与用于检测来自图 45 中屏幕的荧光反馈光的光学传感器 4501 分离。

在静态伺服控制中，能够首先采用扫描激光束中的测试脉冲图案校正时间扫描的开始。校正沿着水平扫描的第一组相邻像素（例如 5 个像素）的时间，接着是具有相同尺寸的下一组相邻像素，例如下 5 个，接着是再下 5 个，直到对于给定激光器的整个扫描都被校正。这里，5 个像素的数目是为了说明而选择的示例。这种分组能够用于减少伺服控制所需的时间，并当对从一个组中的不同像素产生的信号进行积分时增加误差信号的信噪比。实际上，能够基于显示系统的具体需要选择每一组的像素的数目。例如，在以下情况下可以考虑初始时间误差的严重性：较长时间误差可以允许大量的连续像素处于一组中以用于伺服控制，以及较大时间误差会需要较少数量的连续像素组成组，以用于伺服控制。在每次测量中，扫描光束的时间误差能够被校正至数字伺服电路 4550 的数字时钟的一个时钟周期。在图 45 中，数字伺服电路 4550 是微控制器，其被设计成具有用于每个单个激光器的时间控制并用于校正用于每个像素的激光脉冲的时间。

特别地，许多磷光体在发出荧光时具有持续性。磷光体的这种特性能够使得磷光体在激光脉冲移动至下一个像素后发光。参考图 45，信号积分器 4541 能够在前置放大器 4540 的输出处连接起来，从而为每个伺服检测器偏离荧光体的这种效应。积分器 4541 能够用于当用于积分器的复位线低到将积分器设置为积分模式时为给定前置放大器 4540 有效地“加上”多重像素上的所有光。当微控制器启动模/数(A/D)采样时，对于给定颜色的相加的光被采样。接着用于每个积分器 4541 的复位线 4552 升高，直到积分器电压被设置回零，以复位积分器 4515，并且复位线 4552 接着被释放回较低位置，以重新开始新的积分过程，在该过程中，积分器 4541 再次开始光的相加。

图 47 示出了采用图 46 中的激光脉冲图案时，当激光器时间从其直接居中于红色和绿色子像素之间的标定位置变化的同时误差信号如何变化。如图 47 所示，当基于图 46 中激光脉冲图案的差异信号的误差电压等于零时，在红色和绿色伺服检测器上具有相等量的红色和绿色光，并且激光脉冲的时间直接处于两个相邻子像素间的边界之上。以这样的方式，每次采样的误差信号仅对先前复位脉冲后的阶段表示激光时间误差。采用这种方法，能够为每个激光器在每个水平扫描上产生校正的激光时间图，直到整个屏幕时间对于每个激光器被校正。竖直扫描器用于改变来自每个激光器的水平扫描光束的竖直位置。

用于产生静态伺服误差信号的上述技术利用两个相邻子像素之间的边界作为对准参考，以在激光脉冲图案中校准激光脉冲。可选地，每个子像素的中央可以直接地被用作对准参考，以直接在子像素上将激光脉冲居中，而不利用两个相邻子像素之间的边界。在该可选方法下，单个颜色伺服光学检测器的输出足以产生用于伺服控制的误差信号。诸如图 12 中的线开始 (SOL) 外围对准参考标记和检测来自 SOL 标记的反馈光的单个 SOL 光学检测器的对准参考标记能被用于提供时间参考并辅助对准。参考图 45，SOL 光学检测器被连接，以将其输出引导至数字伺服电路 4550。

该可选的静态伺服技术能够以下述方式实施。当脉冲宽度对应于一个子像素宽度 (D) 或更少时，具有对应像素中一个子像素的至少一个脉冲的测试脉冲图案用于调制扫描激光束。在水平扫描中，在 SOL 信号由 SOL 光学检测器检测后，在扫描的第一组子像素上调整激光时间。基于来自 SOL 信号的时间参考，调整激光脉冲图案的激光时间，从而最大化由荧光屏发出的例如绿色光（或红色，或蓝色）的三种颜色之一的检测光学功率。能够通过每个像素一次脉冲一个激光器并调整激光时间获得该调整。当绿色光在第一组 5 个像素上得以最大化时，下一组五个绿色子像素将被脉冲。在一次水平扫描过程中时间被提前一个时钟周期，接着在屏幕上的相同竖直位置接下来的激光水平扫描上滞后一个时钟周期。产生最大绿色光的时间被选为正确的激光时间。如果提前时钟周期的输出信号等于滞后时钟周期的输出信号，那么激

光时间是适当的并保持不变。于是下一组 5 个像素在提前或滞后的激光时钟周期被照亮，并且为该组 5 个像素选择产生最大绿色光的时间。在屏幕的水平长度上重复该操作，直到到达屏幕的端部。该方法也能产生激光器时钟，其在来自激光器的光束水平扫描过屏幕时被校正，以用于每个激光器。

在显示系统不处于普通操作时，执行上述的静态伺服控制操作，并且因此而能够使用不携带图像信号的测试脉冲图案（例如图 46）。在正常操作和观察屏幕上的图像时，执行动态伺服校正。因此，需要使用激发荧光屏的、携带图像的扫描光束而不使用单独的测试脉冲图案获得误差检测。当静态和动态伺服控制都得以实施时，在待向观察者在屏幕上显示的图像未显示在屏幕上的开机阶段将测试脉冲图案应用到扫描光束，并且接着在开机阶段后，由携带正常操作过程中显示的图像的脉冲序列代替在扫描光束上调制的测试脉冲图案。在正常操作过程中，激光脉冲应该在屏幕上的各自的子像素上直接居中，以确保希望的显示图像质量。在处于图 7 中的扫描模式并具有多个激光器的扫描显示系统中（例如图 5 中的系统），来自多个激光器的扫描激光束在观察屏幕上限定了一个区域（例如大约 1 英寸 × 1 英寸）。在正常操作过程中，执行正常的光栅帧扫描，从而在帧中会出现一次特殊的水平扫描。为了获得具有不同激光脉冲时间滞后的相同水平扫描线上的误差测量，需要不同的帧扫描来产生误差信号。

在给定的水平扫描上，所有的激光的相位能够提前数字电路 4550 的一个时钟周期。该操作引起所述有激光束在屏幕上的位置在一个时钟周期上平移扫描距离，并且当扫描距离较小（例如小于子像素宽度的十分之一）时，该平移也较小。相应地，从子像素（例如，绿色检测器）发出的颜色光的幅值被轻微地改变。在下一个帧上，所有激光的相位滞后一个时钟周期。如果标定激光脉冲位置是初始正确的，那么对于被选择来测量和观察的任何颜色，两个不同和连续的图像帧的滞后和提前的扫描的幅值应该相等。当两个不同帧的滞后和提前的扫描的幅值不同时，存在激光时间误差，并且在误差信号在被监视以及校正基于新产生的误差信号被更新时，能够将校正应用到激光时间，

以减少接下来的图像帧之间的差异。差异的符号指示出激光时间误差的偏移方向，从而使伺服控制能够应用校正以消除偏移。与上述的第二静态伺服控制方法类似，单个色彩伺服光学检测器的输出足以产生用于动态伺服控制的误差信号。

图 48 示出了在连续水平激光扫描上产生动态反馈伺服信号的示例。当激光器时间提前或滞后一个时钟周期时，通过为所有的颜色的所有脉冲进行提前或滞后，能够避免屏幕上显示图像中的颜色转换。以这种方式，会使得所有颜色的强度轻微地更亮或更暗，从而避免了不希望的颜色转换。由于两个连续的图像帧可以具有非常不同的亮度含量，所以伺服能够使伺服光学检测器信号规范，从而消除连续帧之间的幅值差异的影响。作为示例，由微控制器产生的最终误差信号能够由下式规范：

$$\text{误差信号} = (\text{Vtick}/\text{激光幅值}) - (\text{Vtock}/\text{激光幅值})$$

其中激光幅值是用于伺服控制的颜色的激光驱动 (drive) 的总和， $\text{Vtick}$  和  $\text{Vtock}$  的值分别是用于在两个连续帧中提前和滞后一个时钟周期的积分器的电压输出。如果误差信号是零，那么标定激光脉冲位置居中于子像素上。将激光脉冲从其标定值提前或滞后（直接居中于子像素上）会使得从屏幕发出的光减少。如果当激光脉冲时间变化时光增加，那么光学系统的位置已经轻微地平移，并且脉冲的时间必须调整，直到误差信号再次为零。

动态伺服系统能够为多重激光束校正屏幕上的激光图案的同样近似尺寸的屏幕上的运动变化，例如大约 1 英寸  $\times$  1 英寸。这是因为所有的激光的相位一起被提前或滞后，并照亮大约 1  $\times$  1 英寸的面积。进一步的改进可以使得部分激光的相位提前或滞后例如一半或更少，并且误差信号的幅值可相应地下降。

尽管本说明书包含了很多细节，但是不应将其视为对本发明或权利要求范围的限制，而应视为本发明具体实施方式的具体特征的描述。在本说明书中，在不同实施方式中描述的某些特征也可以在单个实施方式中组合实施。相反地，在单个实施方式中描述的多个特征也可在多个实施方式中分开实施或以任何适当的部分组合实施。此外，尽管

上述某些特征以某些特定的组合方式工作并甚至最初如此进行权利要求，但在某些情况下，权利要求的组合的一个或多个特征可从该组合中分出来，并可将权利要求的组合分为部分组合及其变体。

本申请只公开了部分实施。然而，可以理解本申请可进行各种变化和改进。

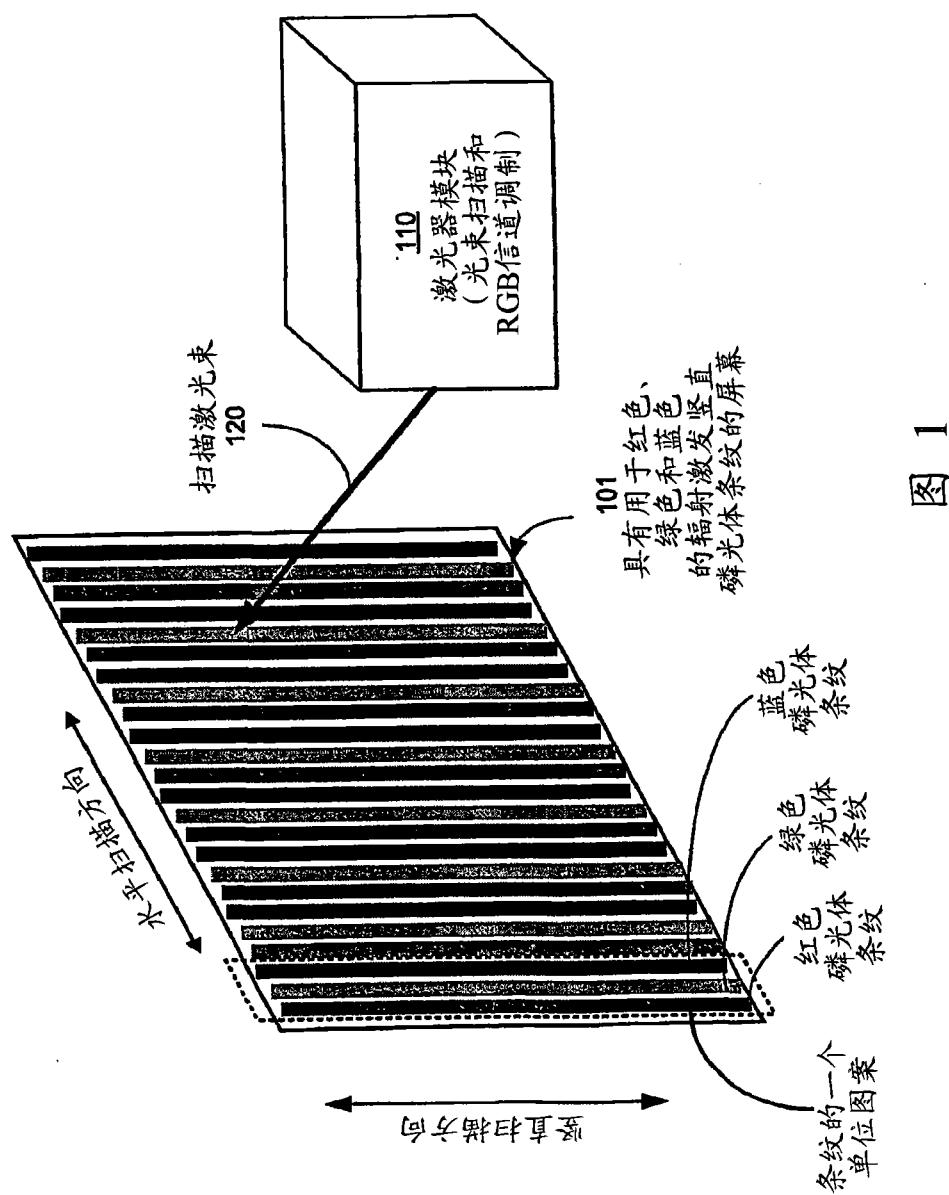


图 1

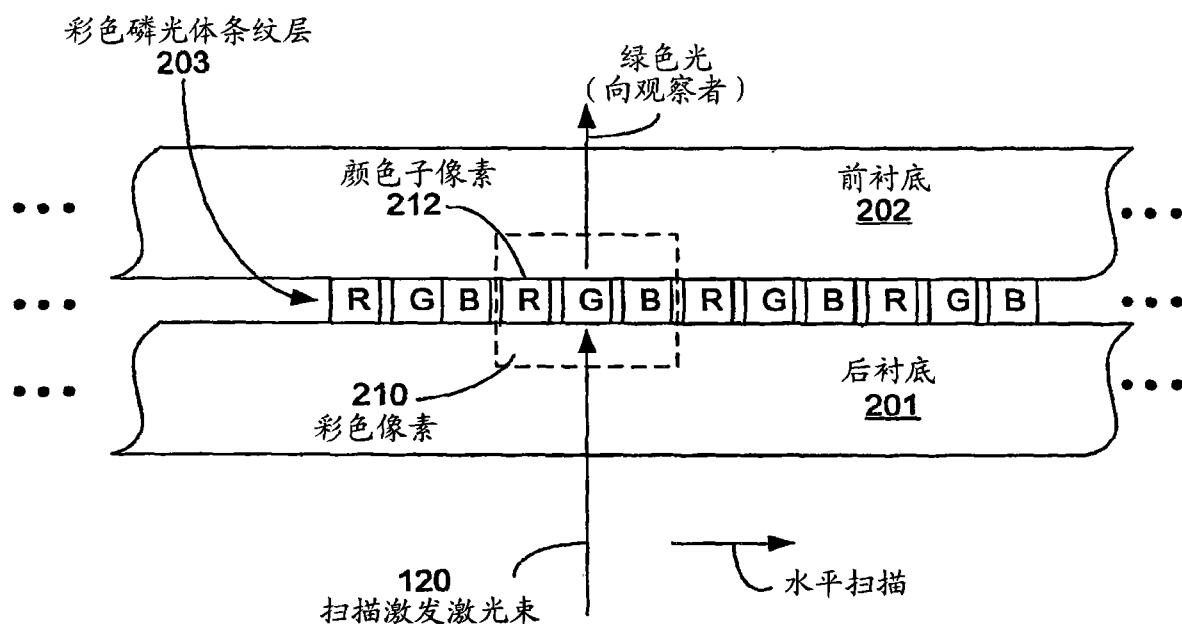


图 2A

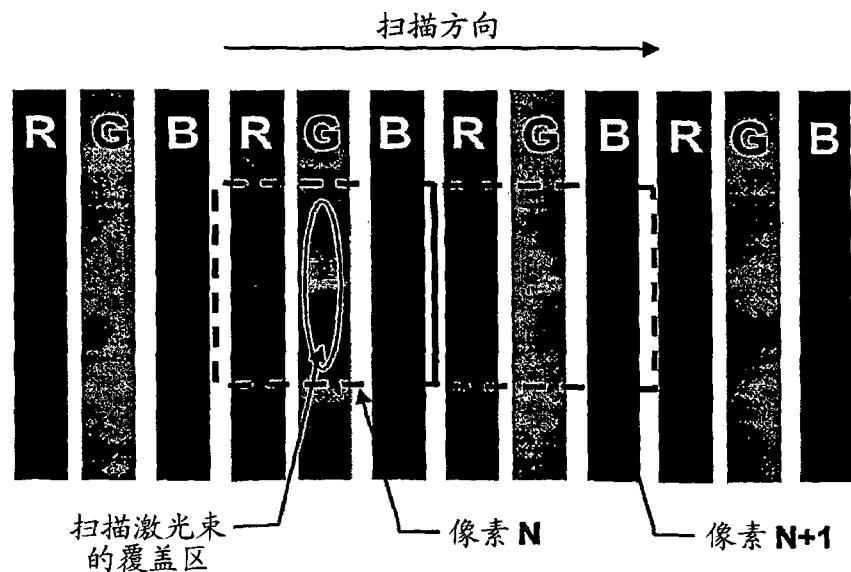


图 2B

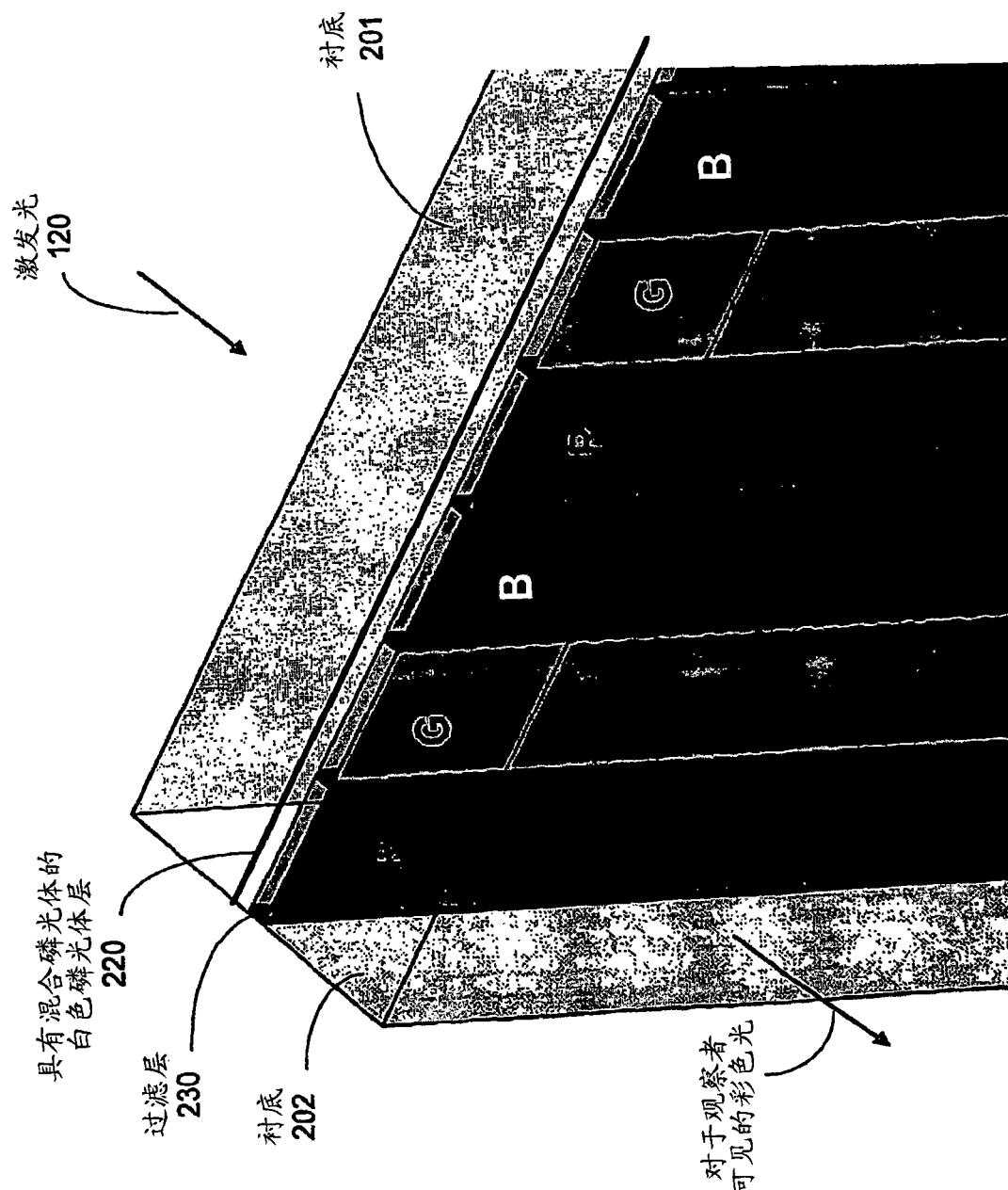


图 2C

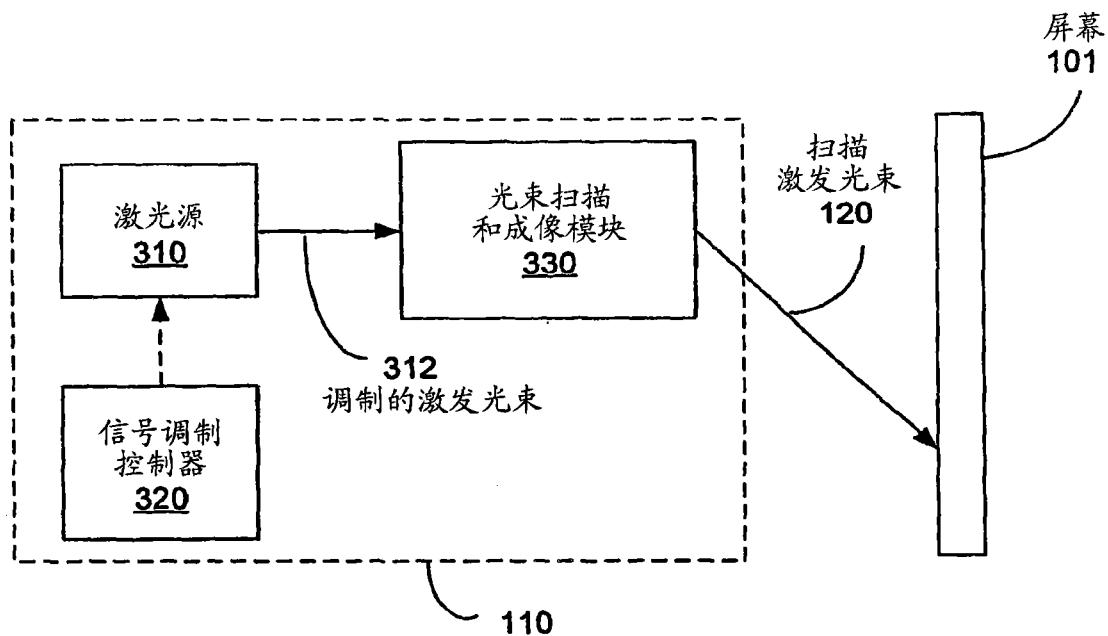


图 3

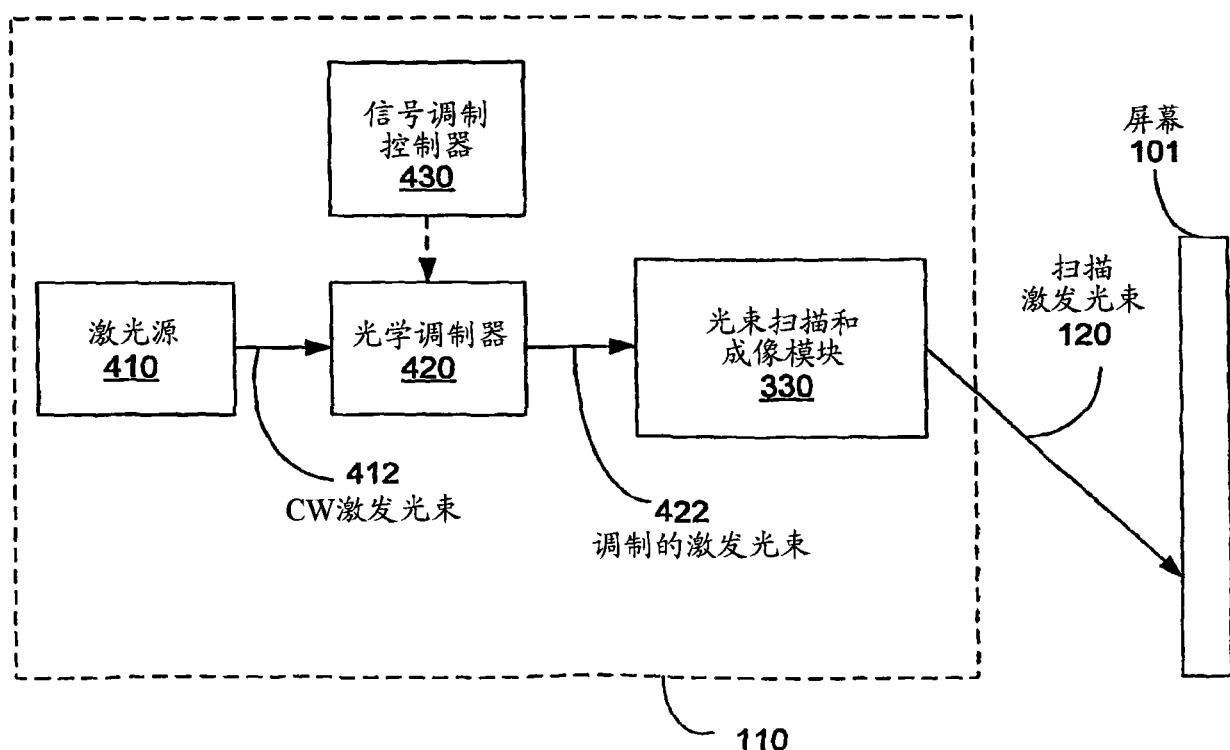


图 4

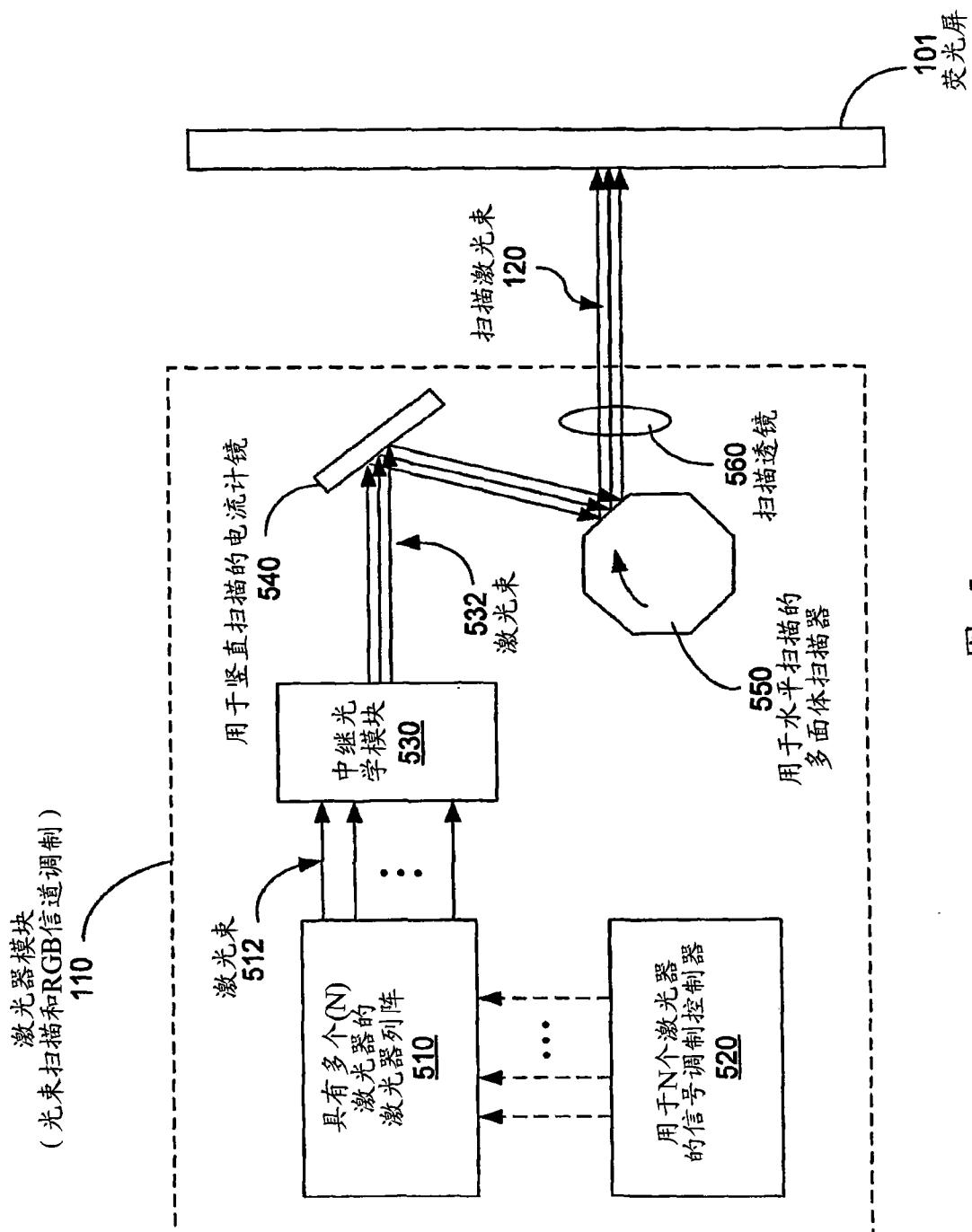


图 5

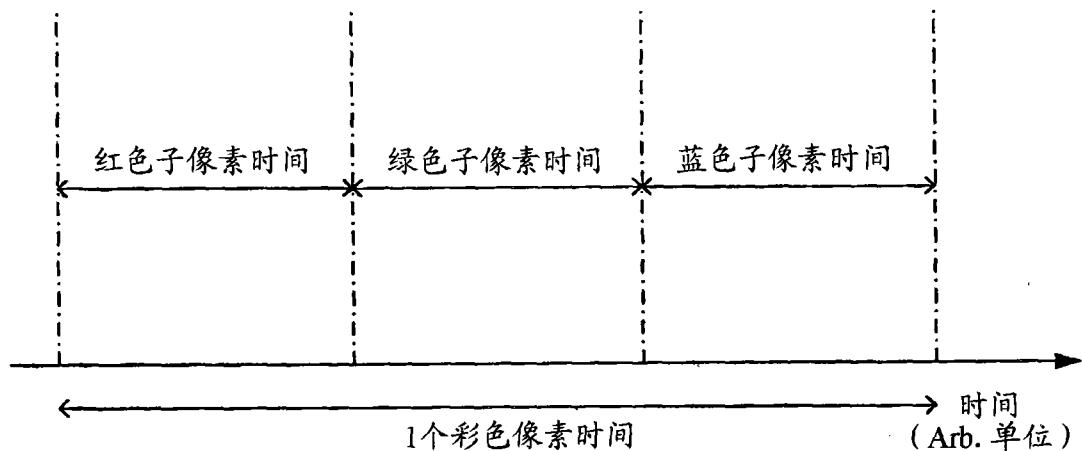


图 6

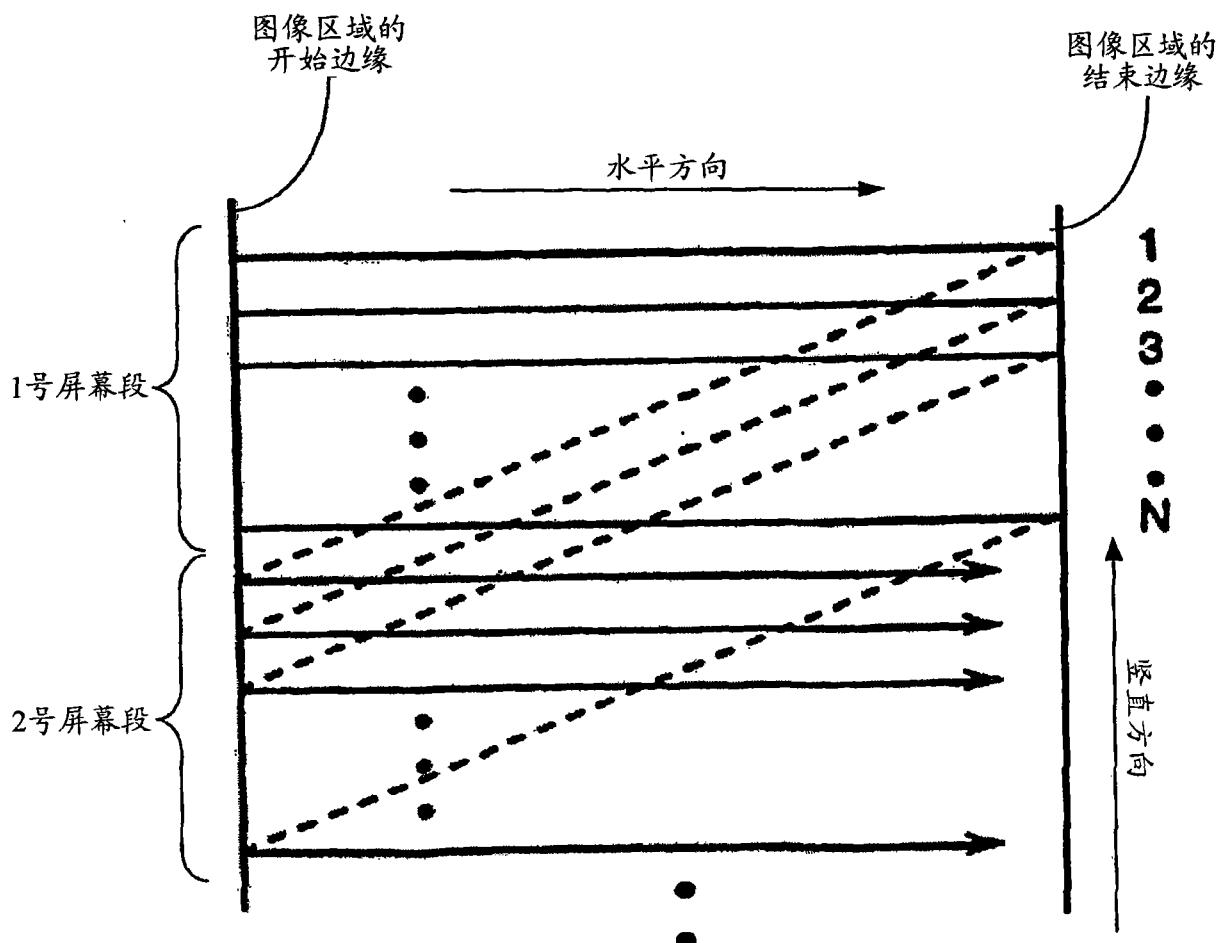


图 7

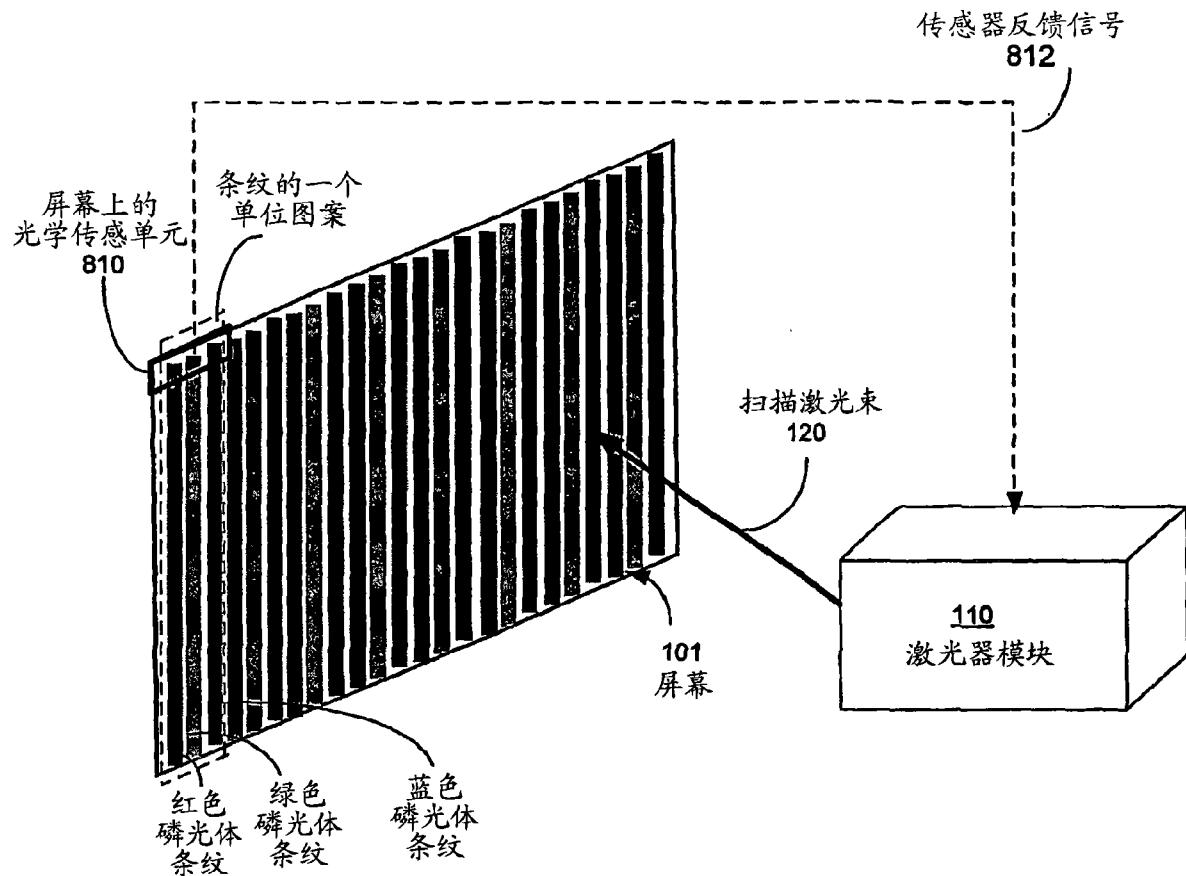


图 8

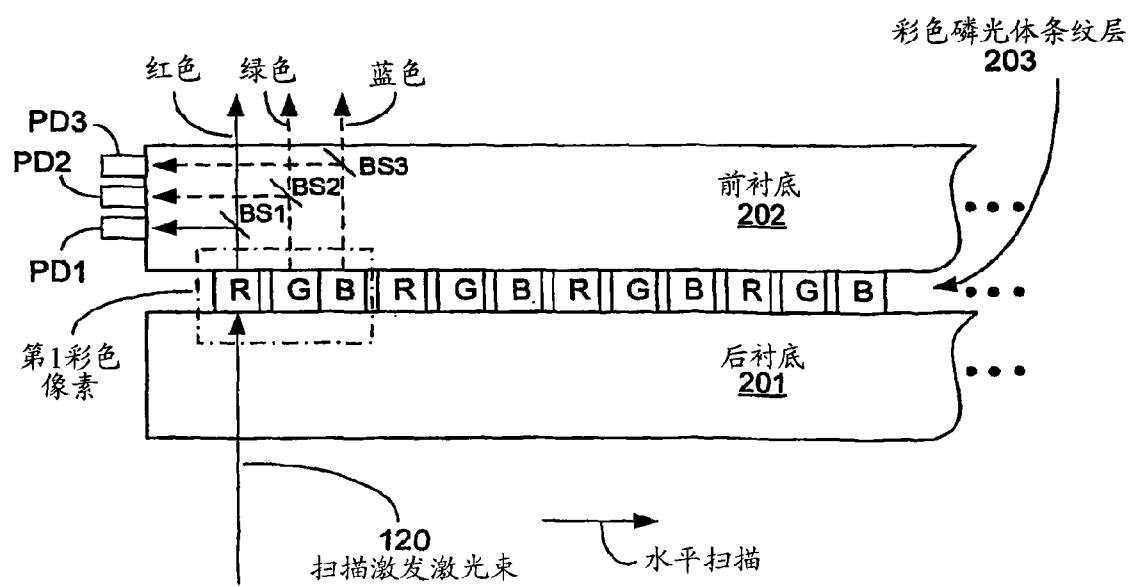


图 9

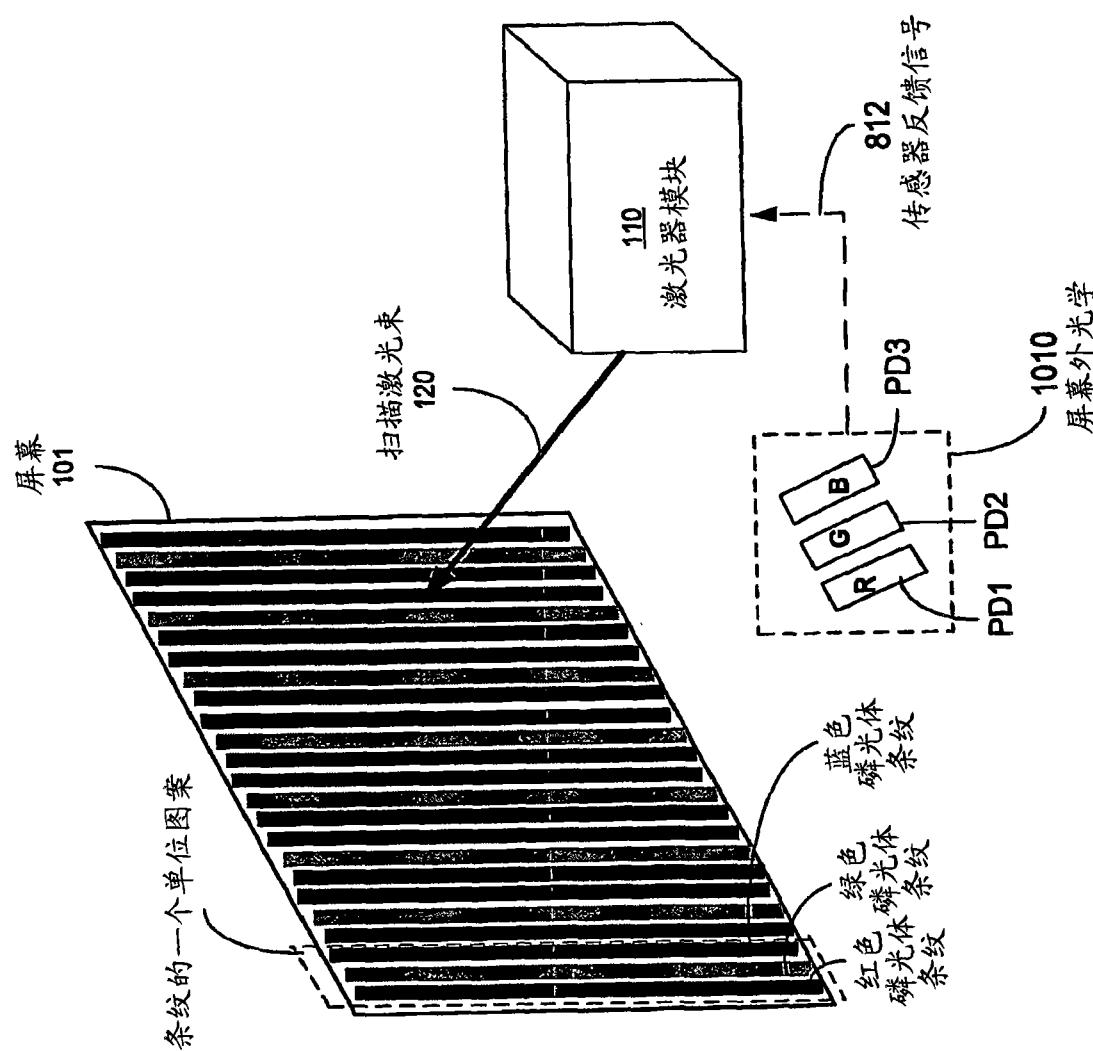


图 10

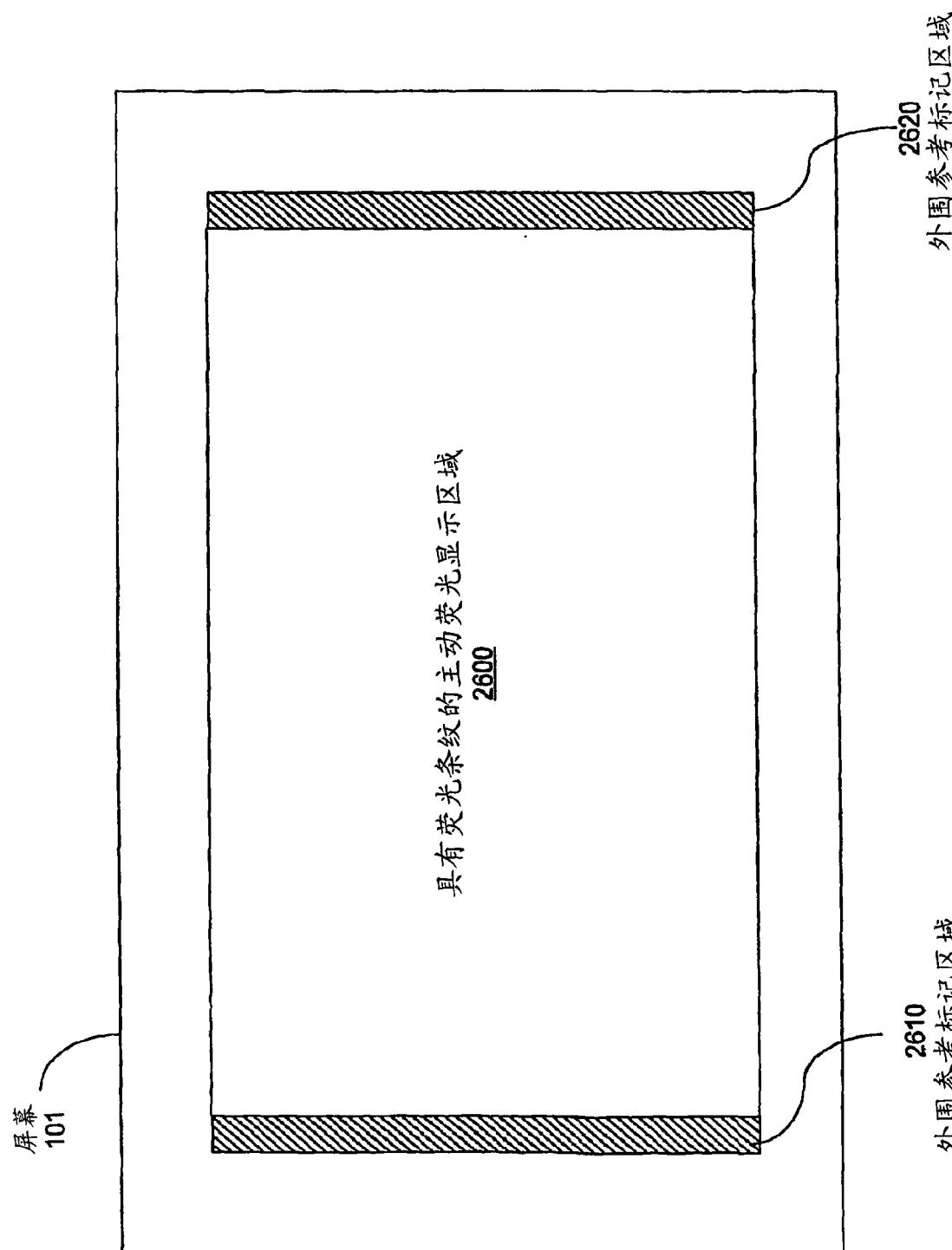
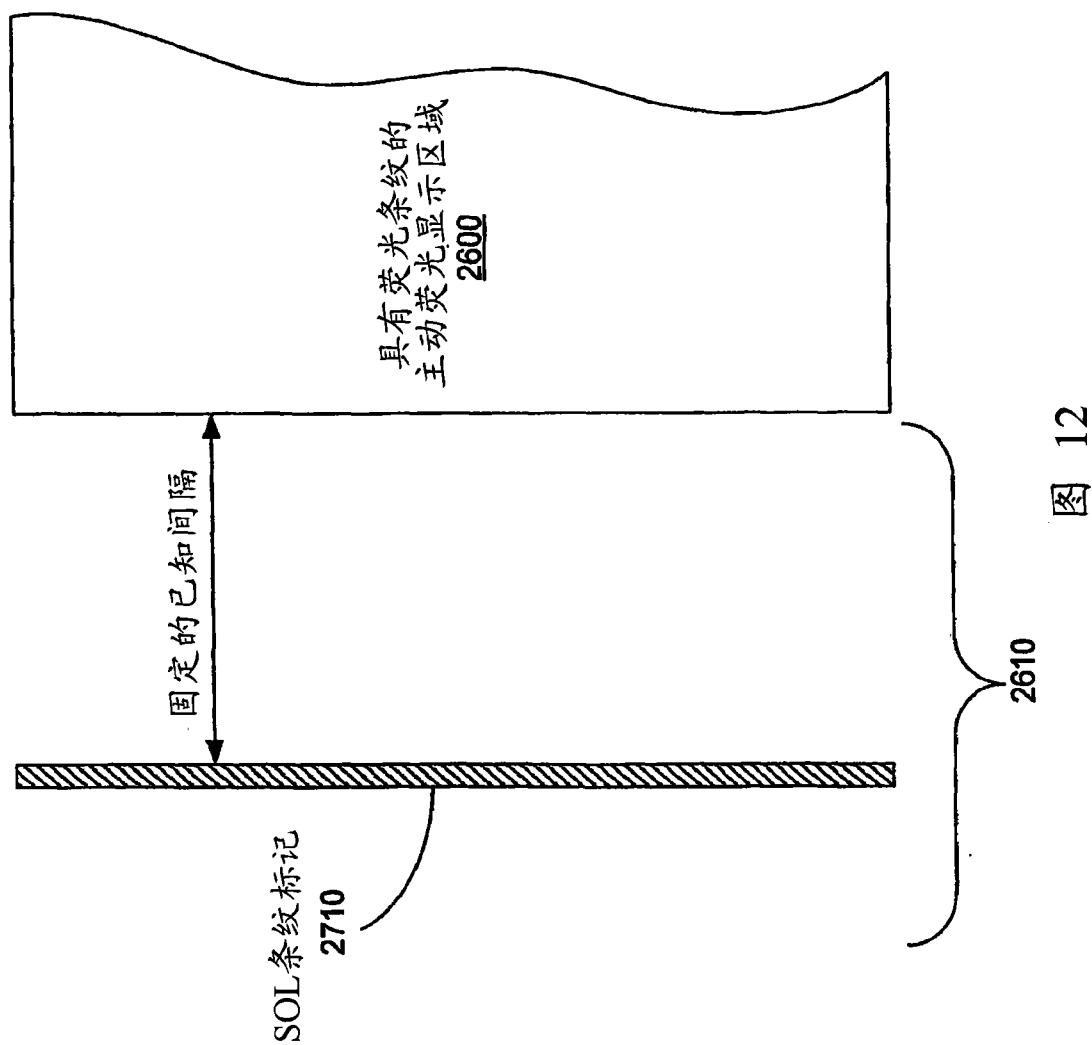


图 11



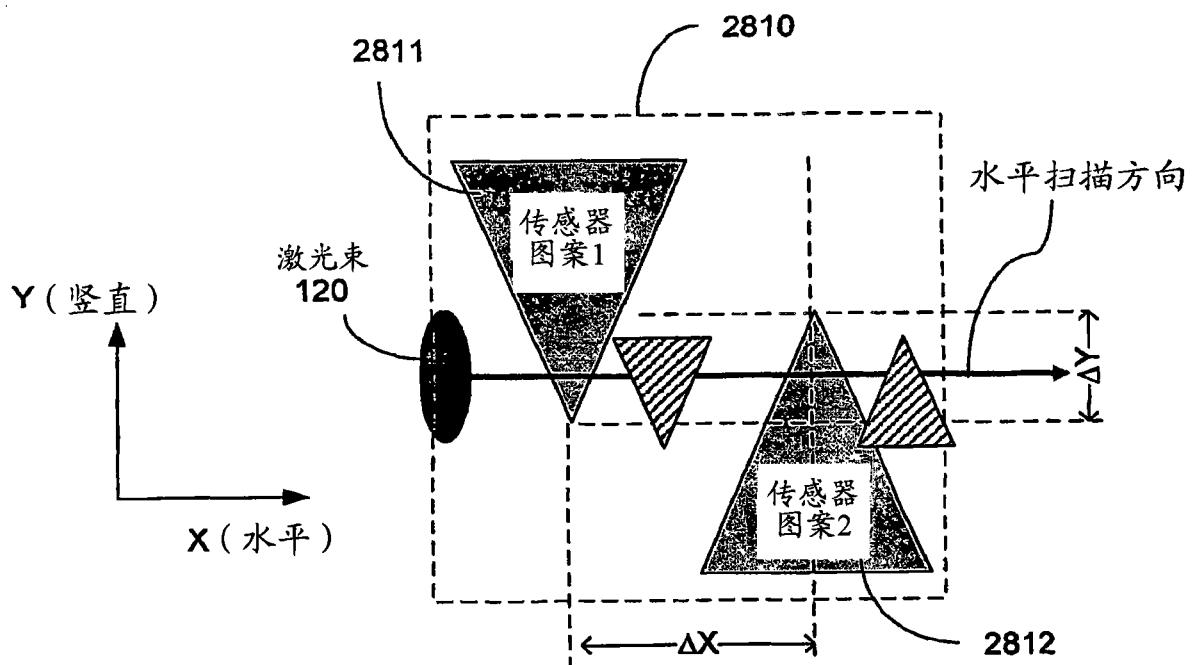


图 13

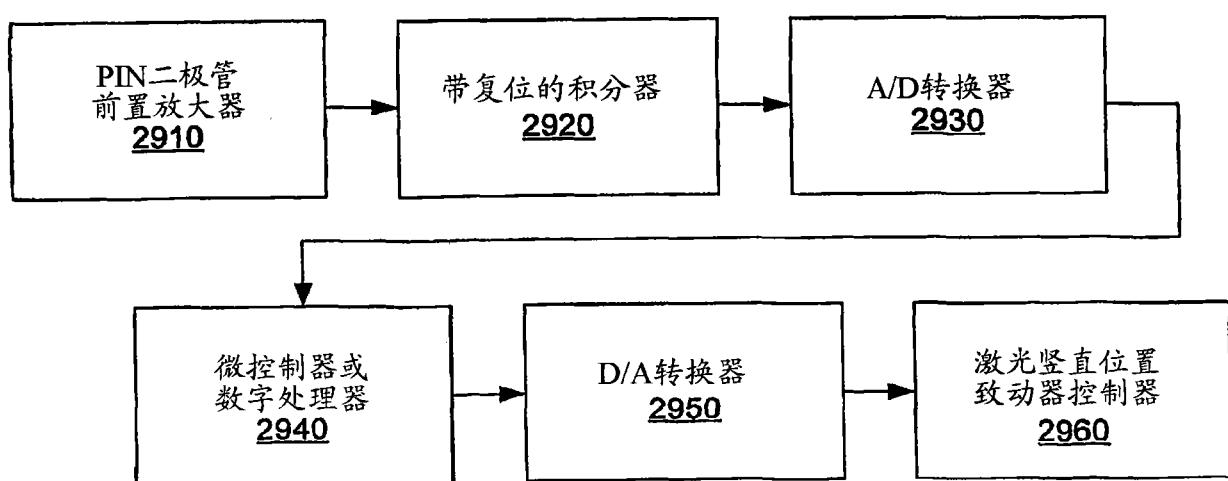


图 14A

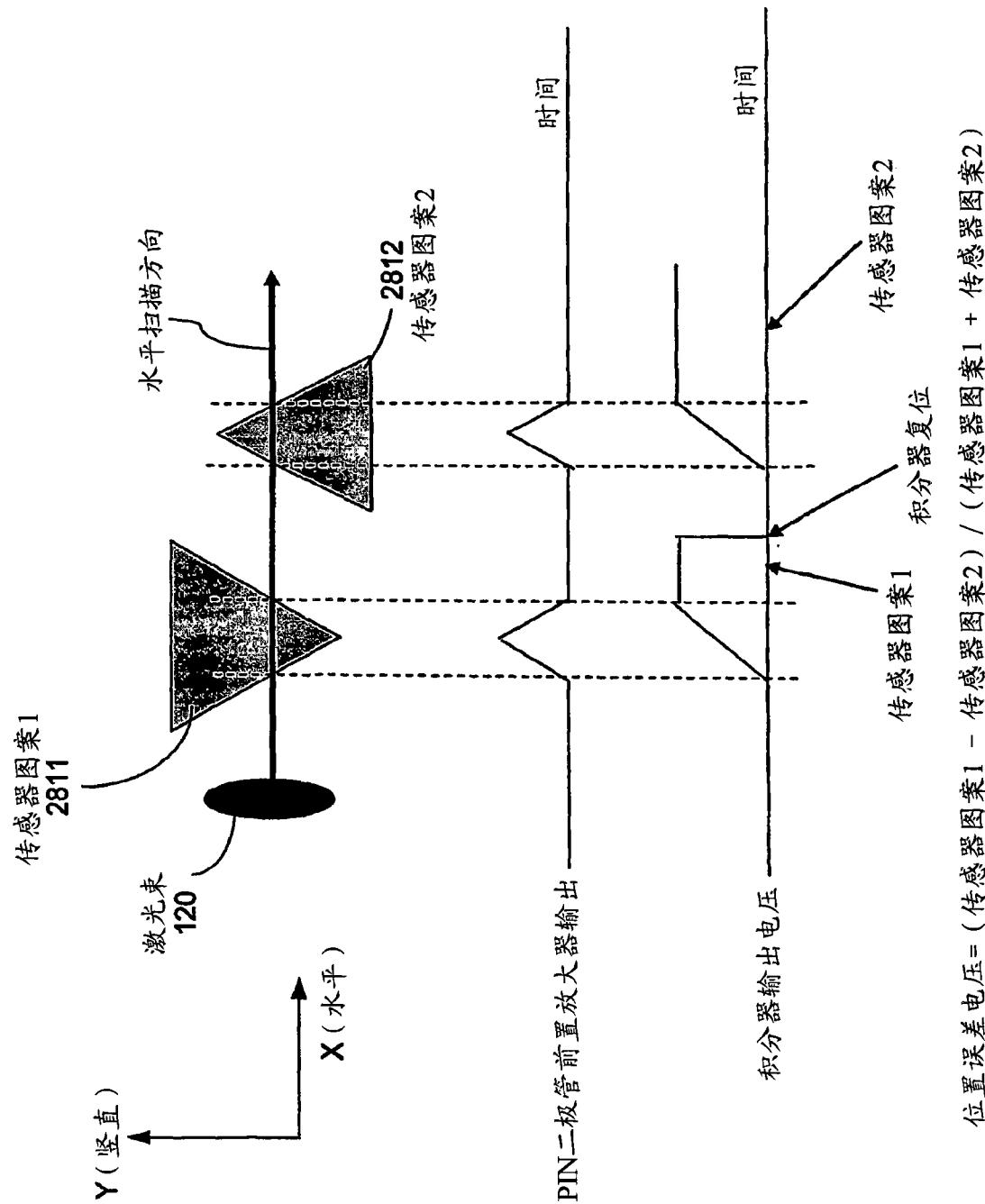


图 14B

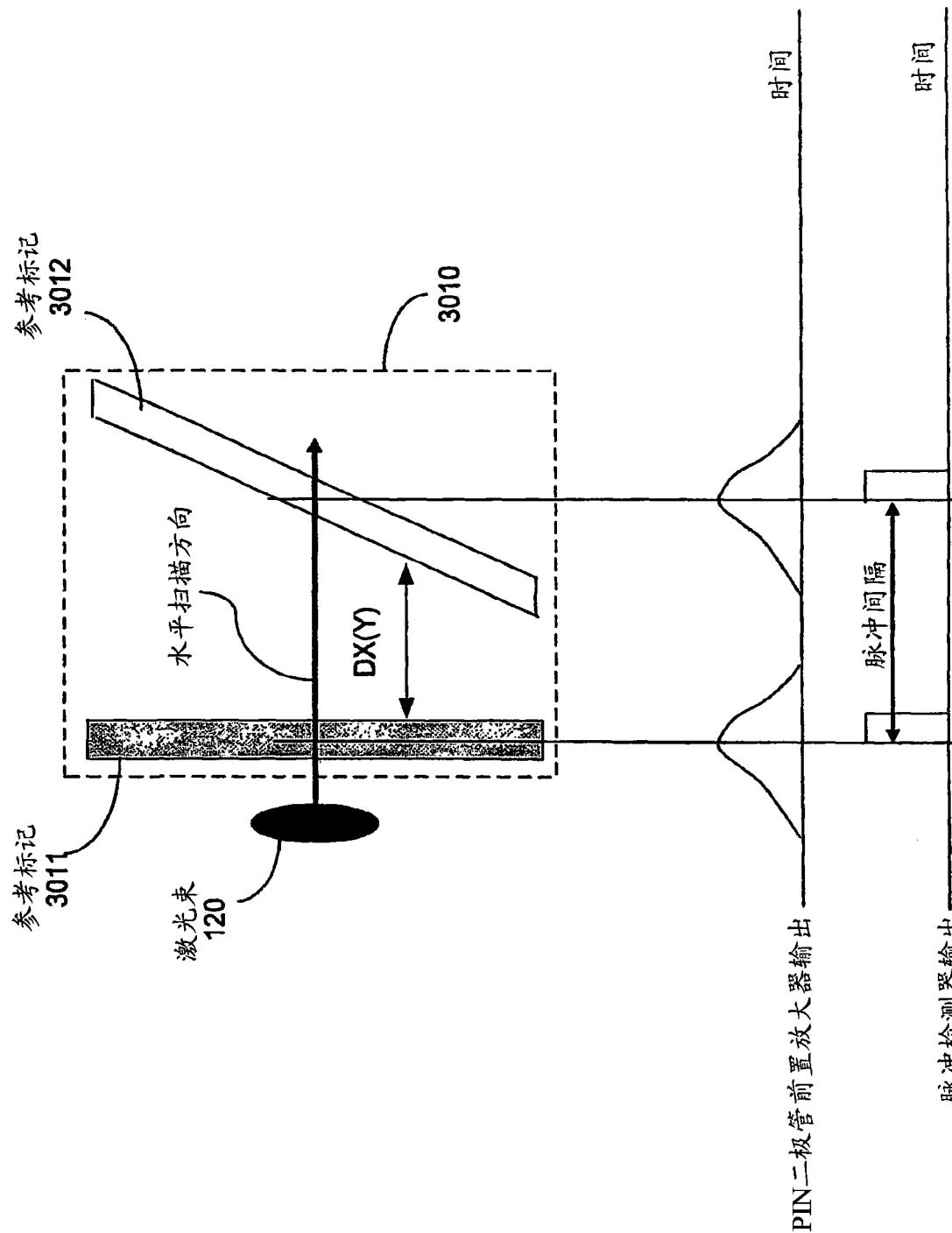


图 15

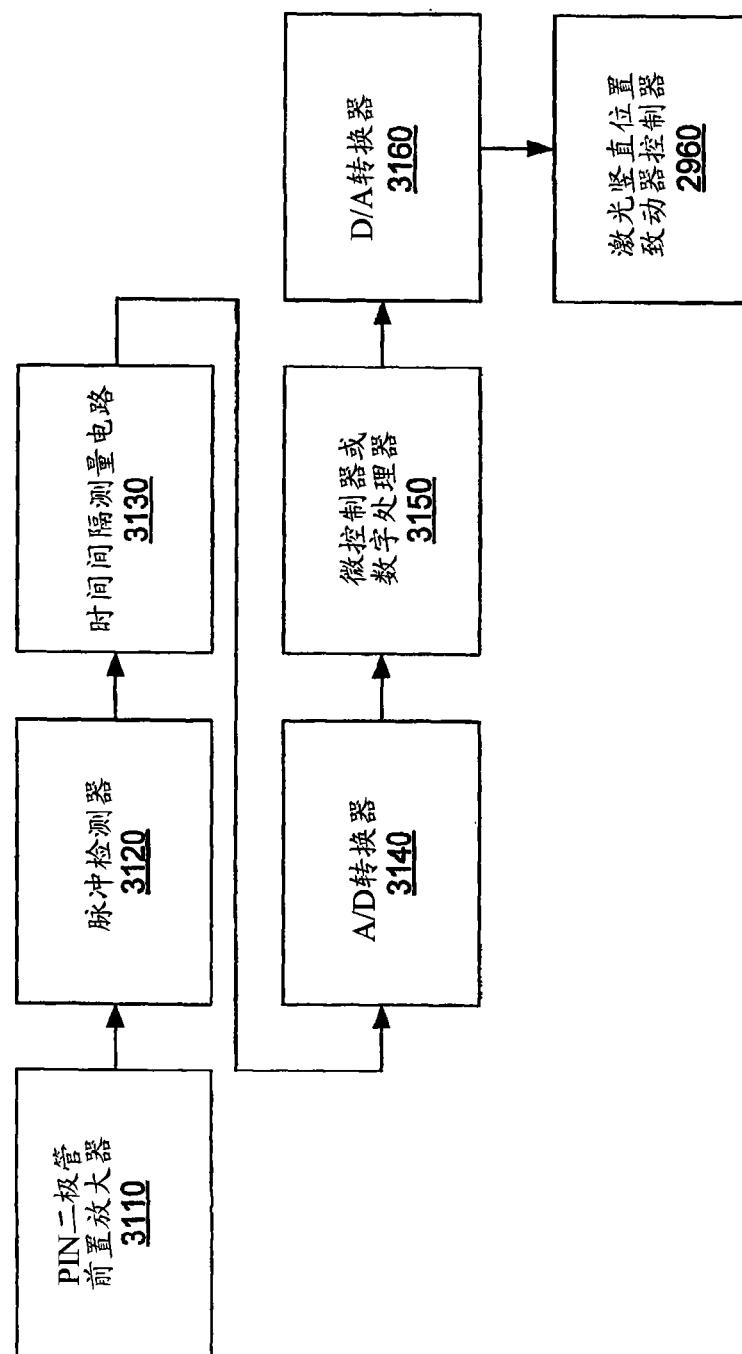


图 16

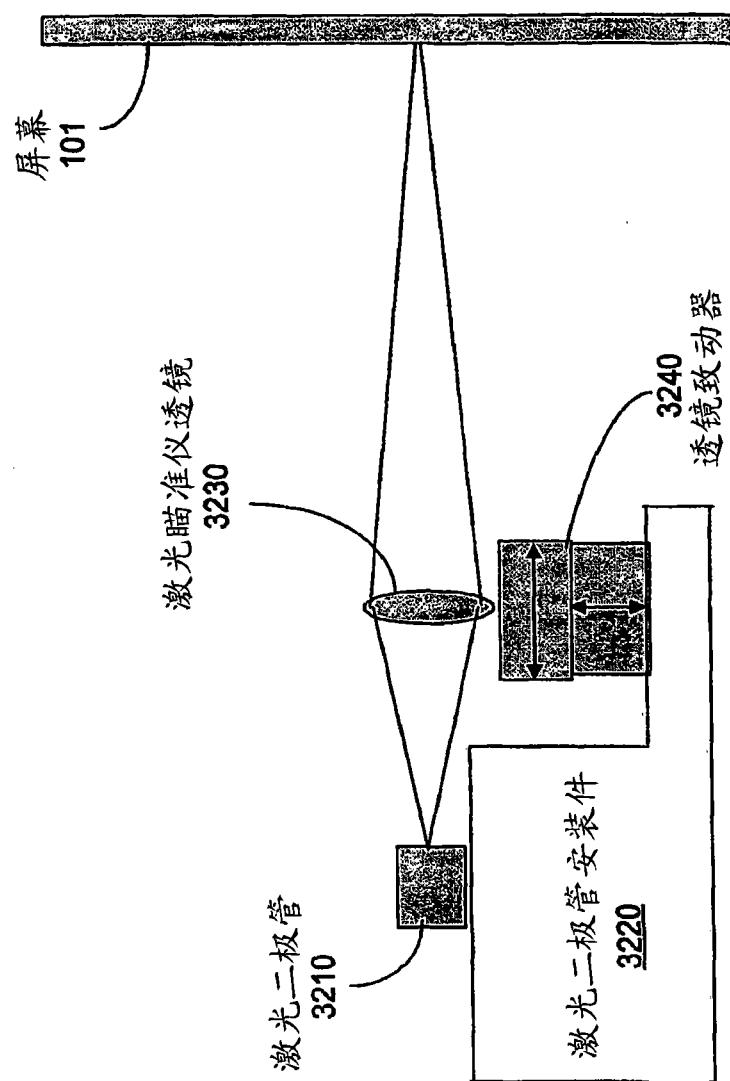


图 17

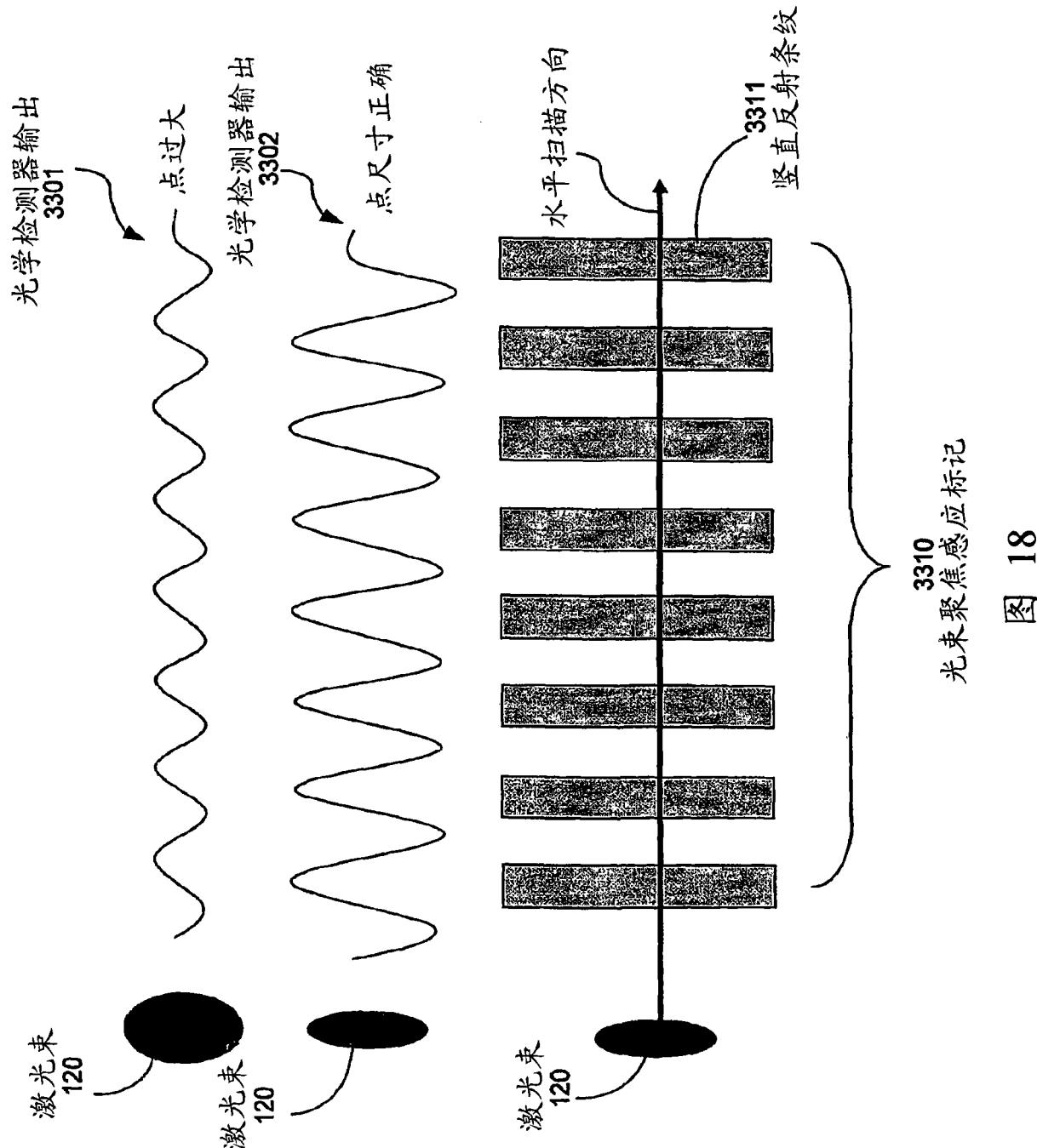
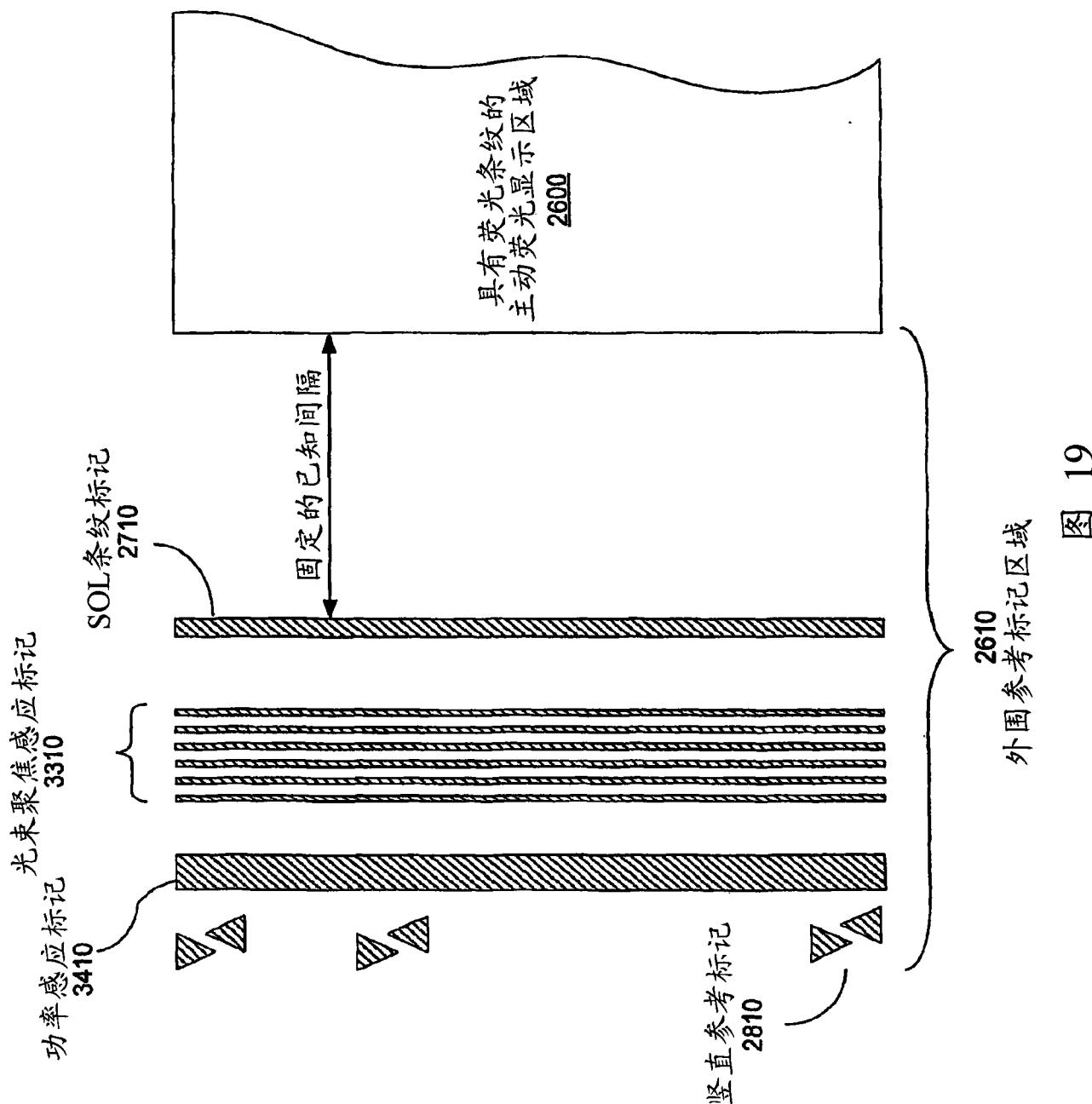
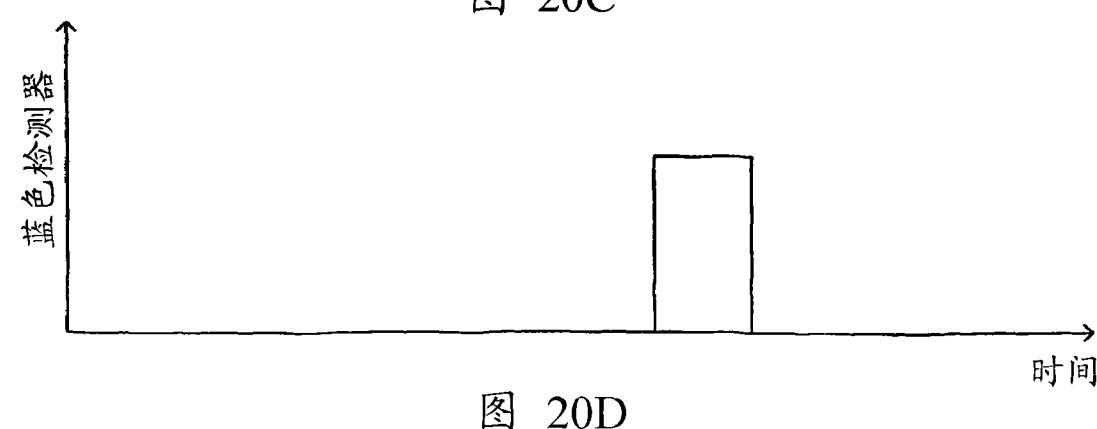
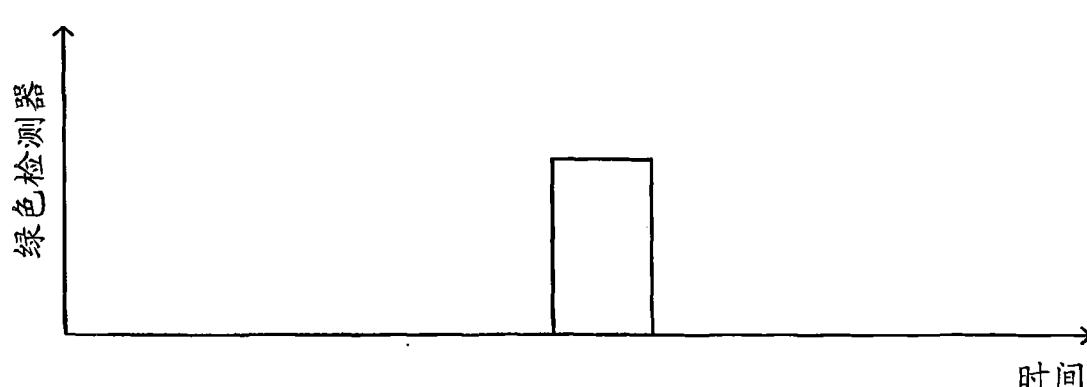
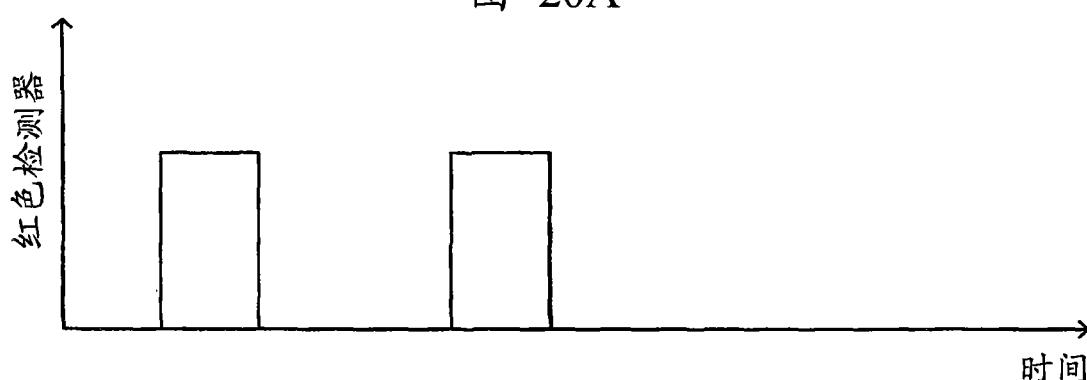
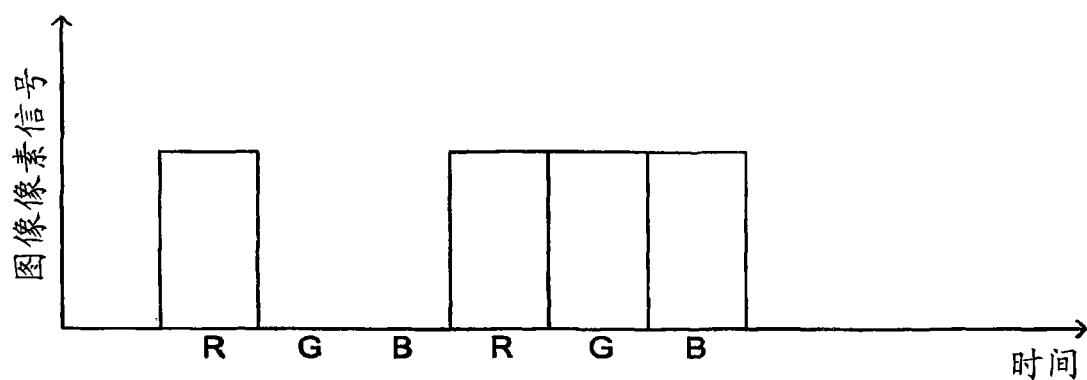


图 18





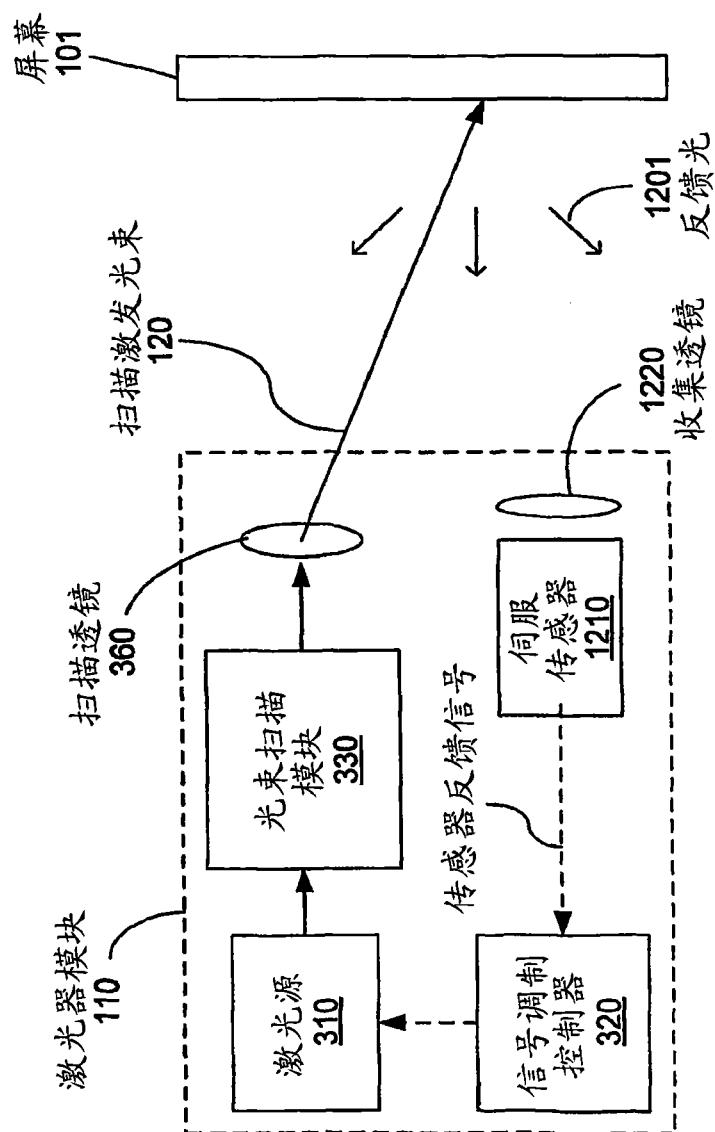


图 21

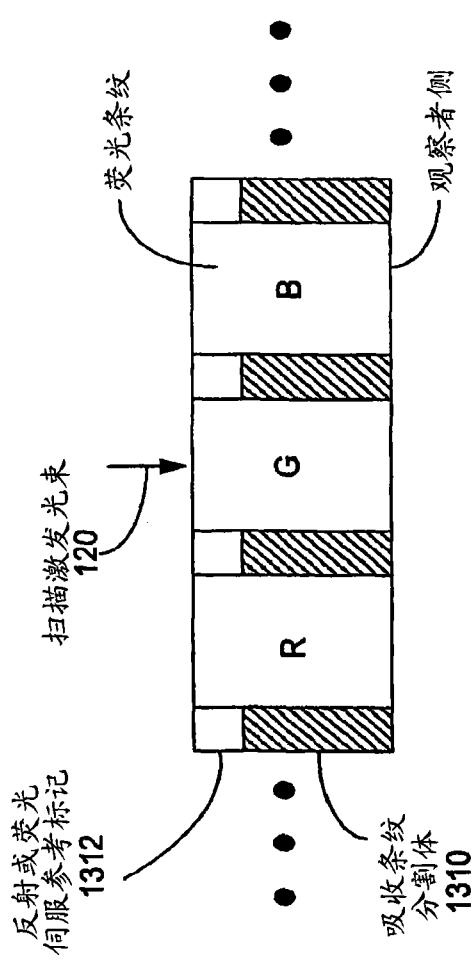


图 22

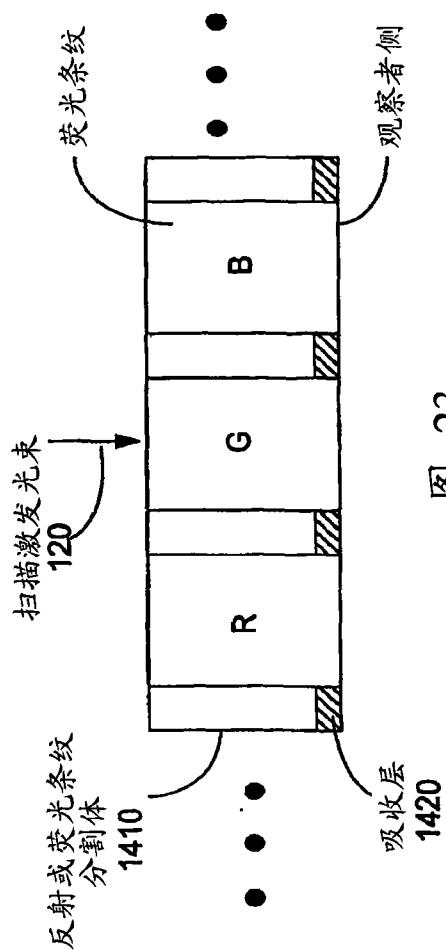


图 23

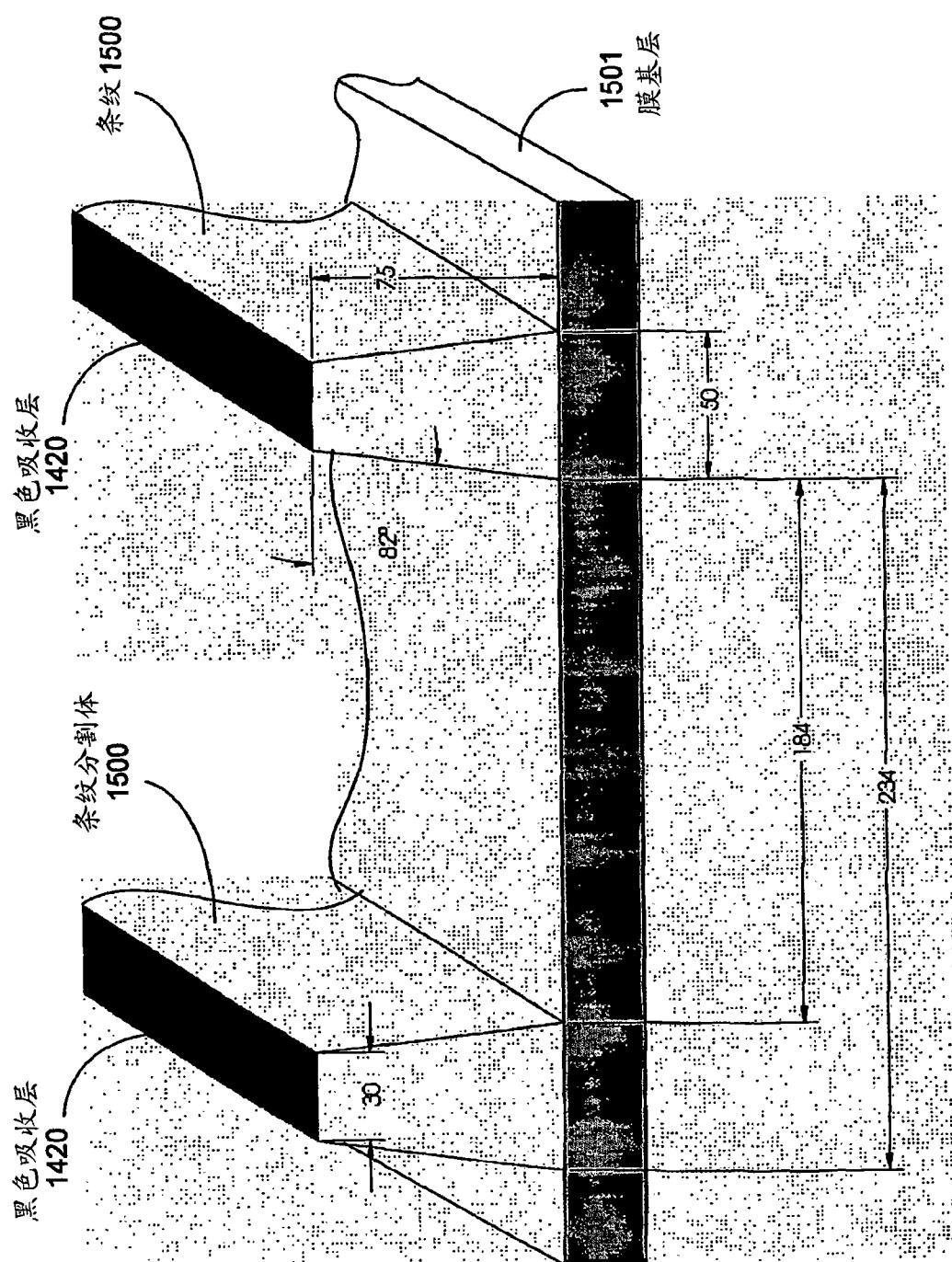


图 24

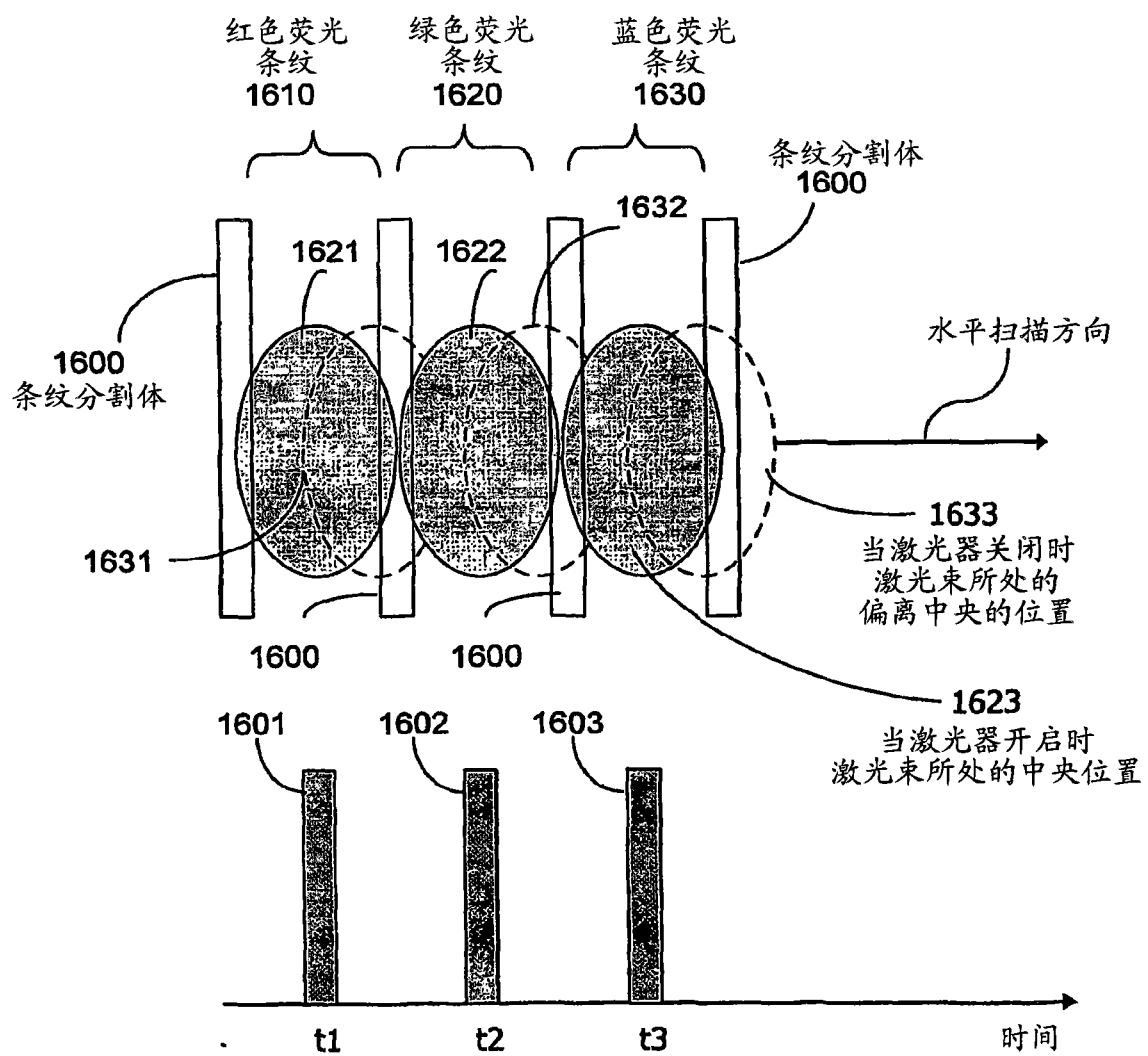
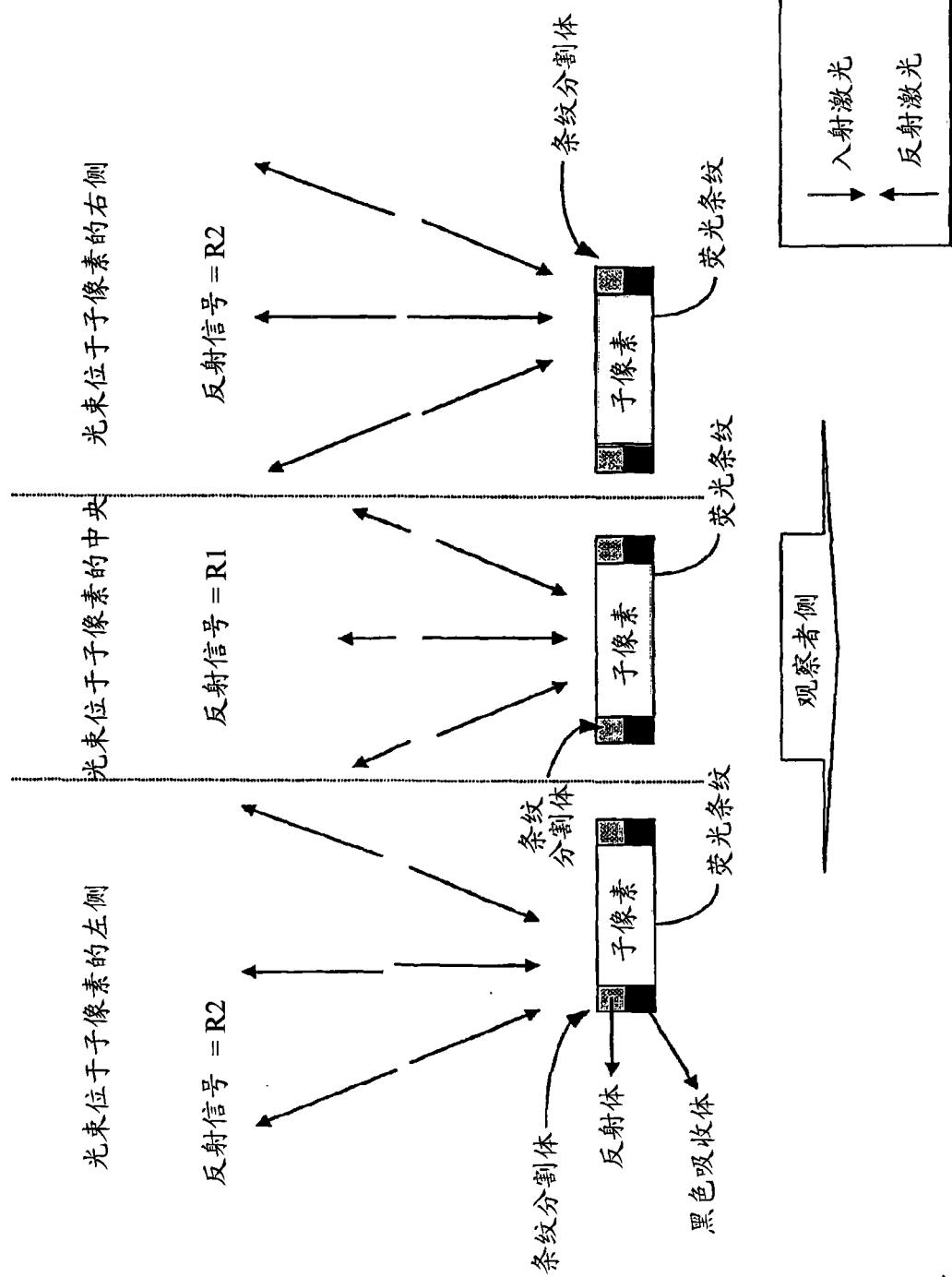


图 25

图 26A    图 26B    图 26C



子像素宽点反射光

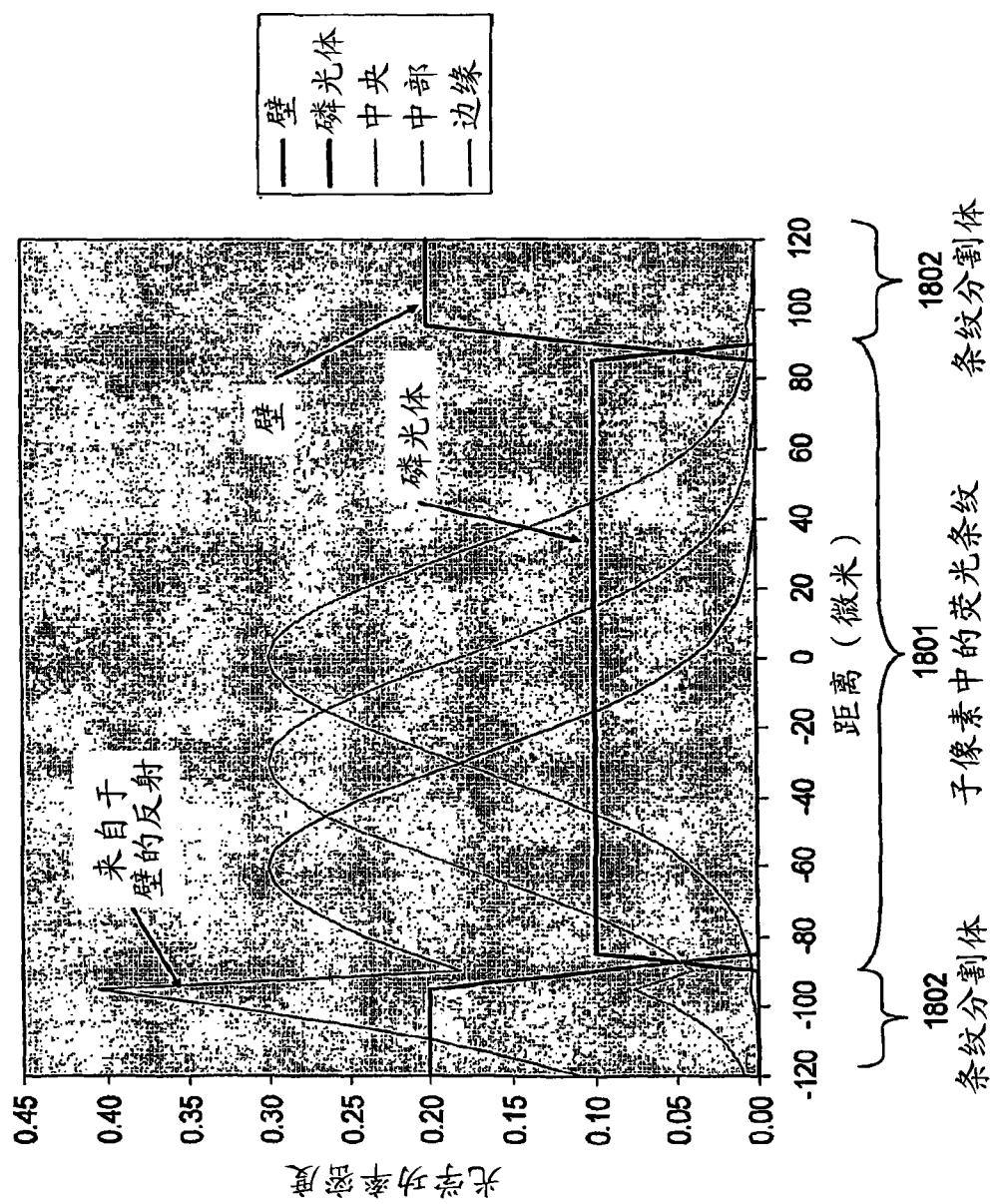


图 27

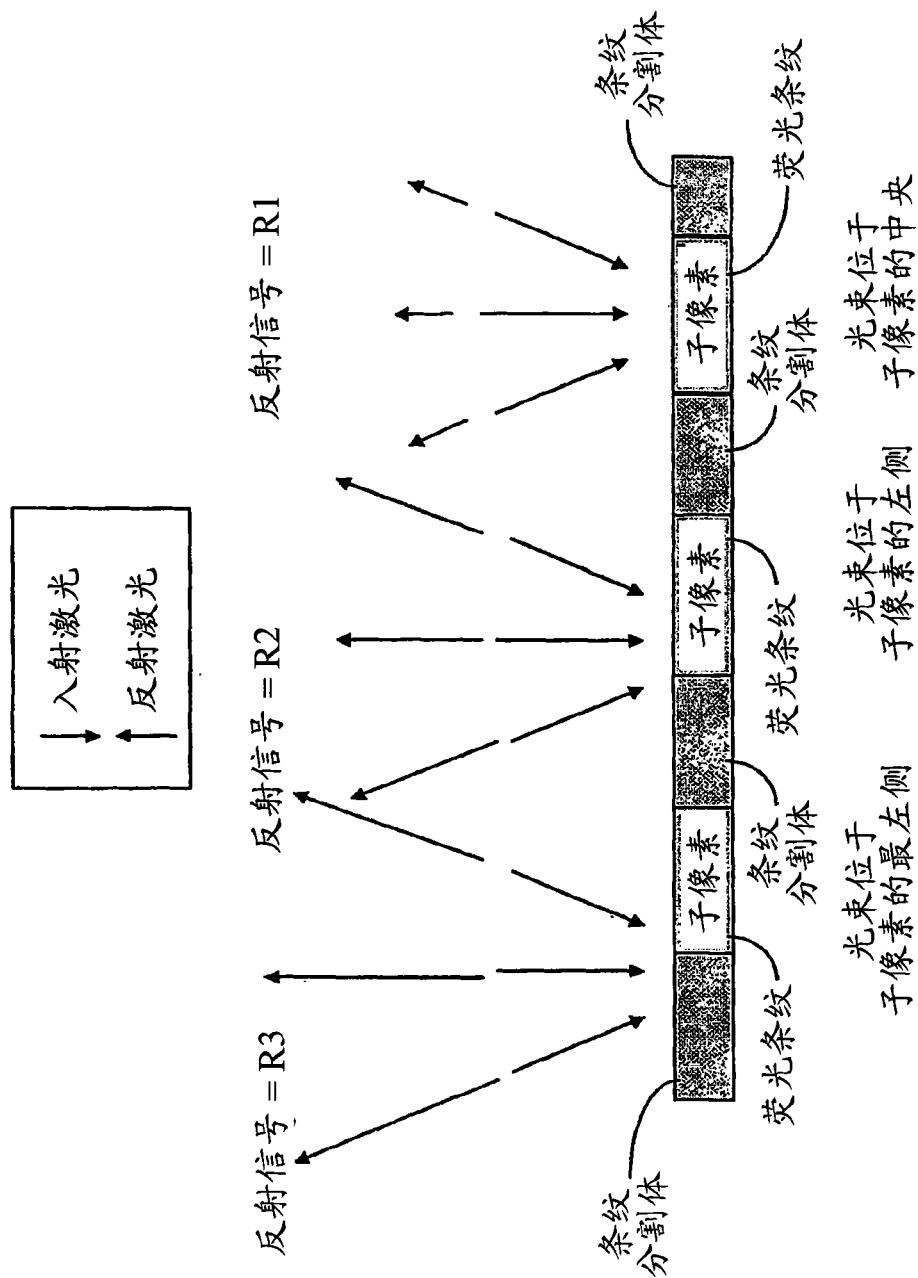


图 28

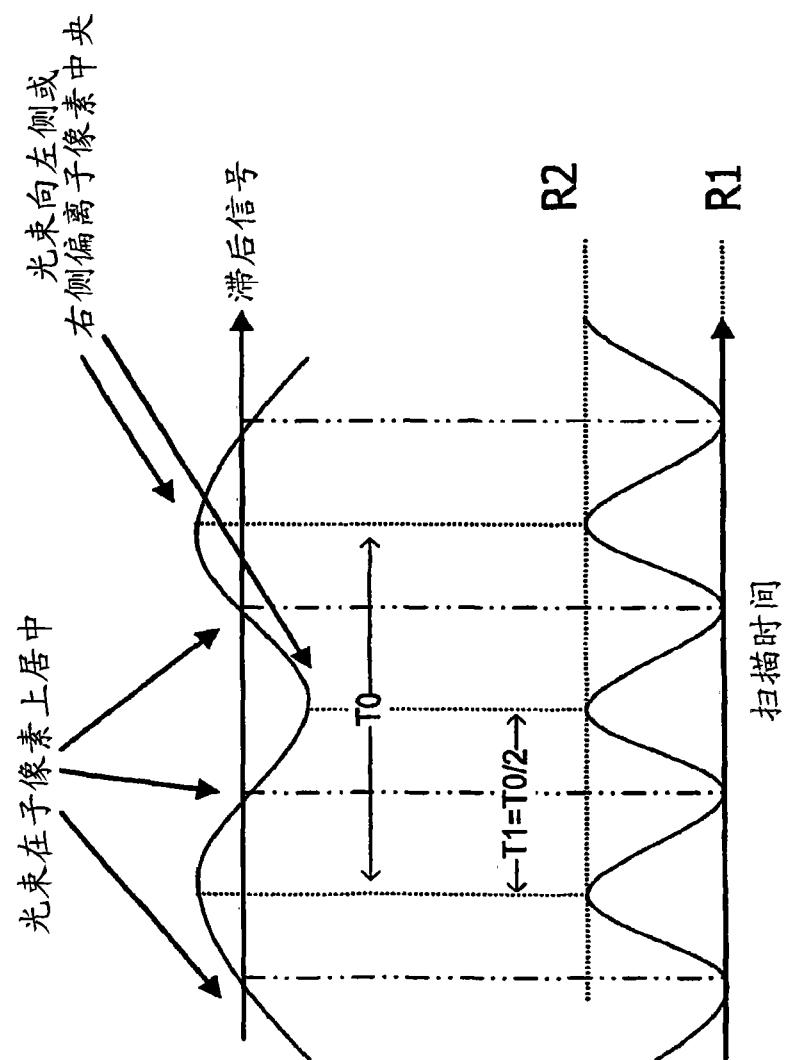
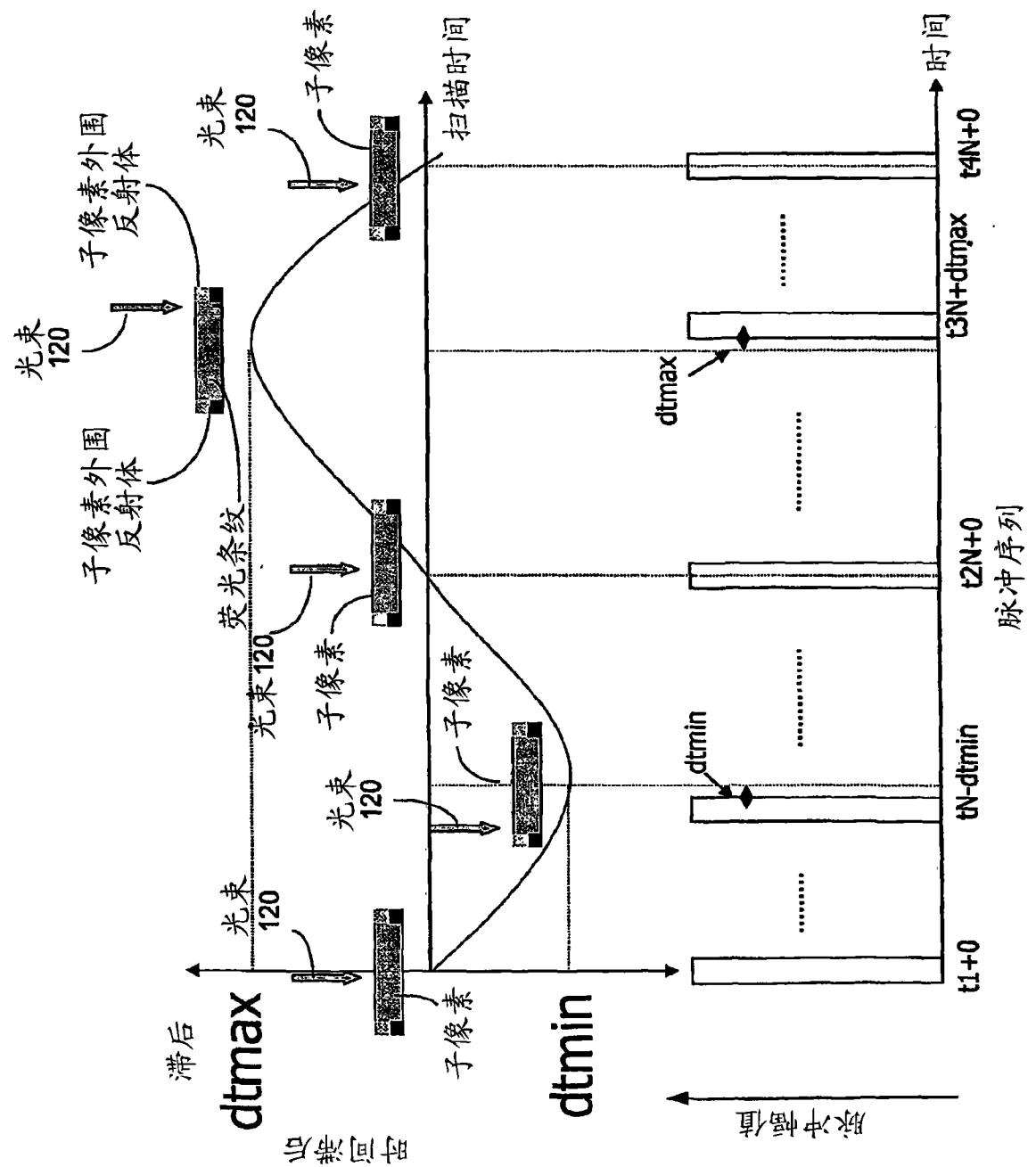
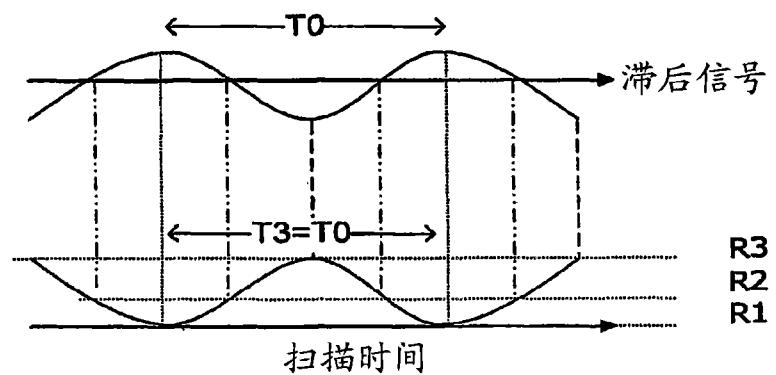
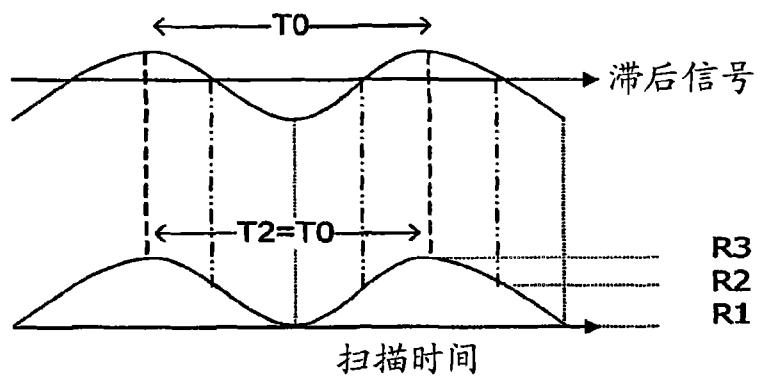


图 29





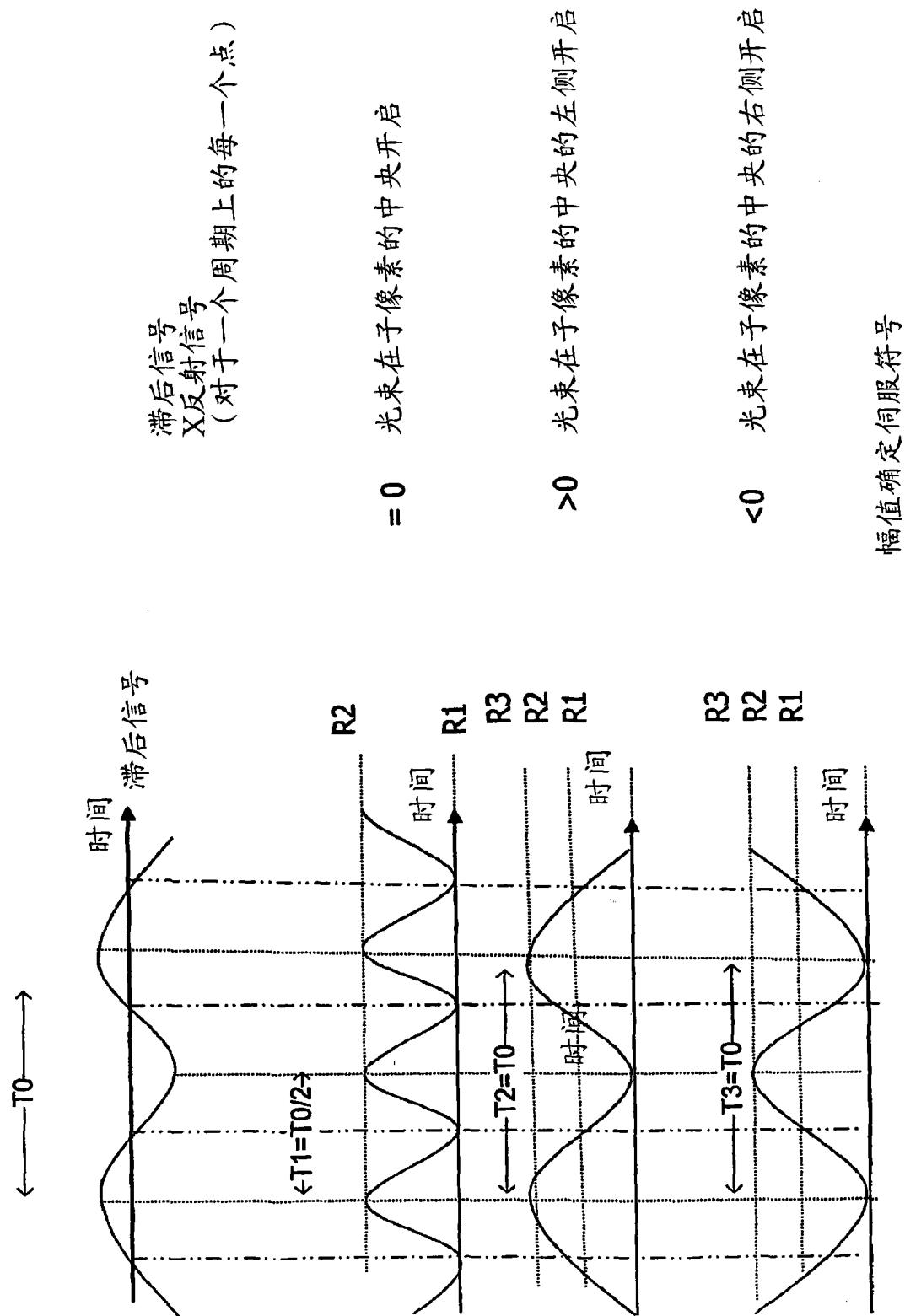


图 33

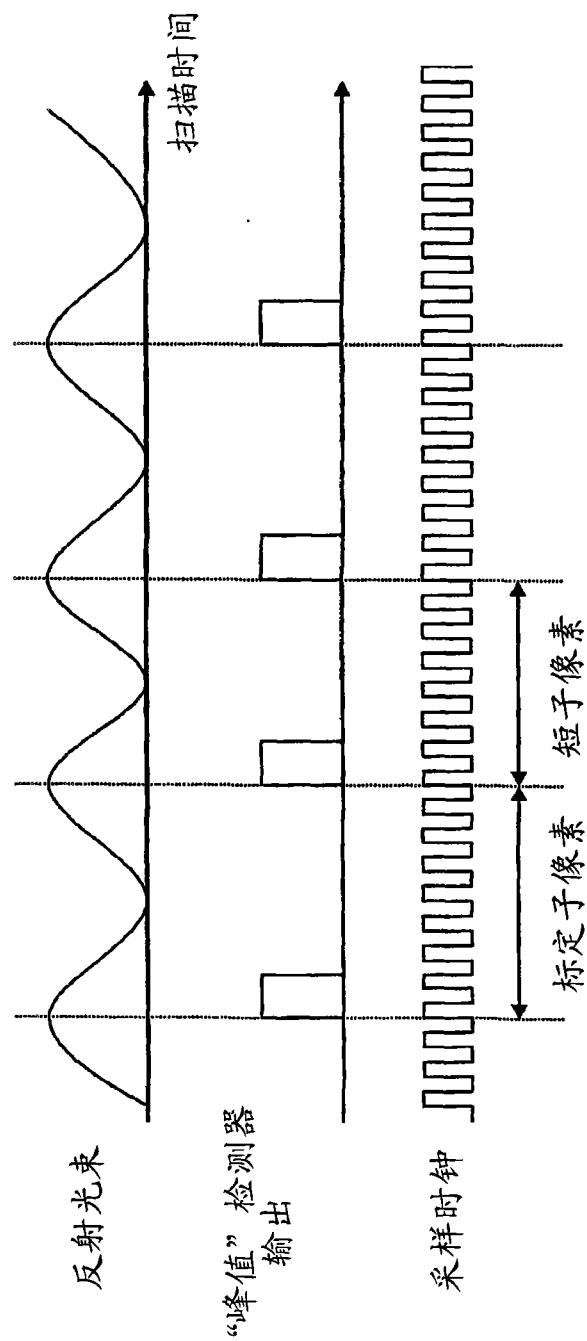


图 34

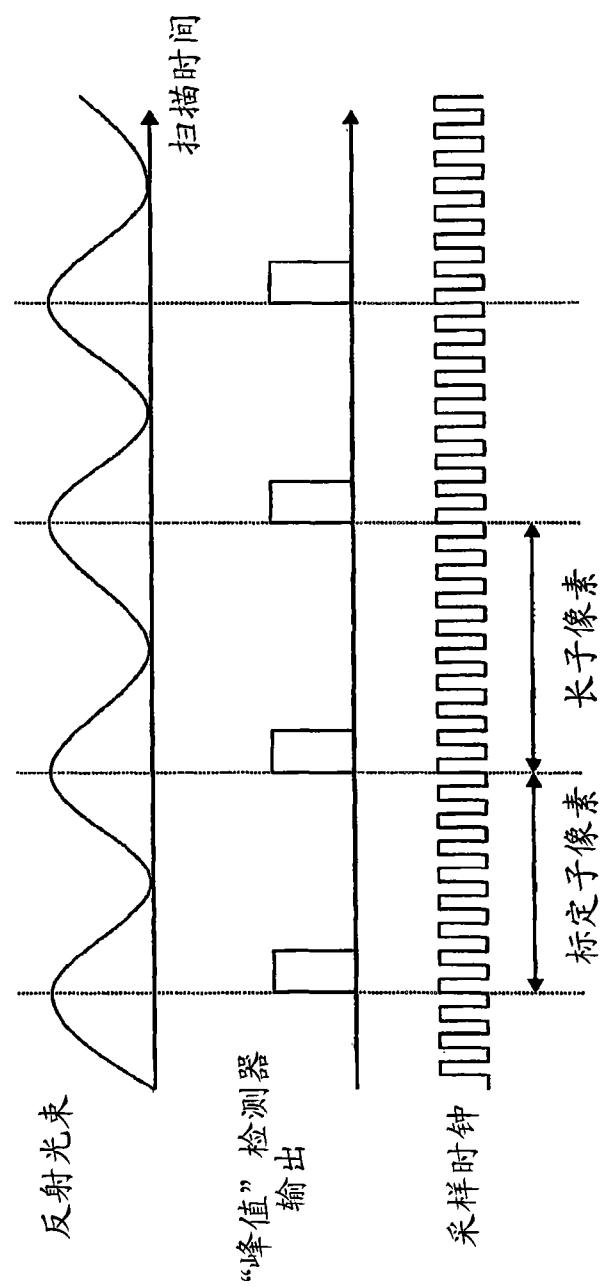


图 35

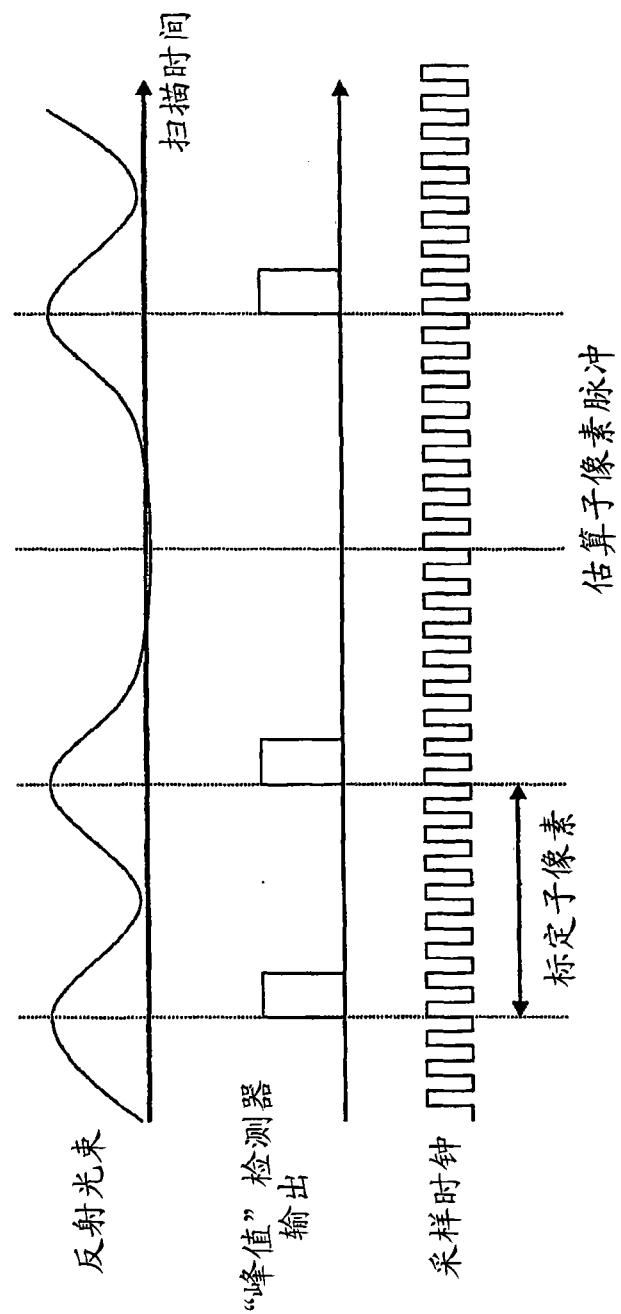


图 36

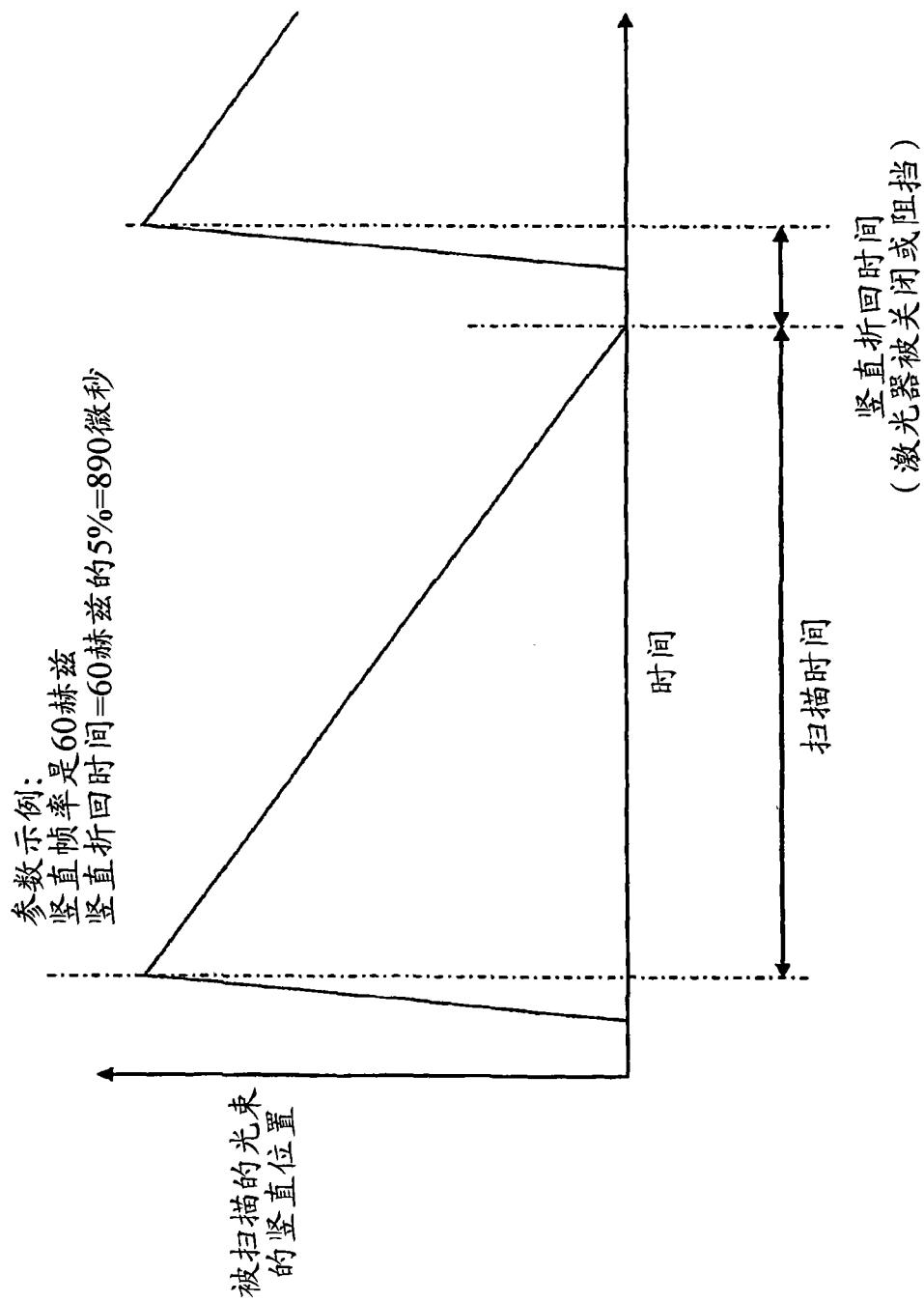
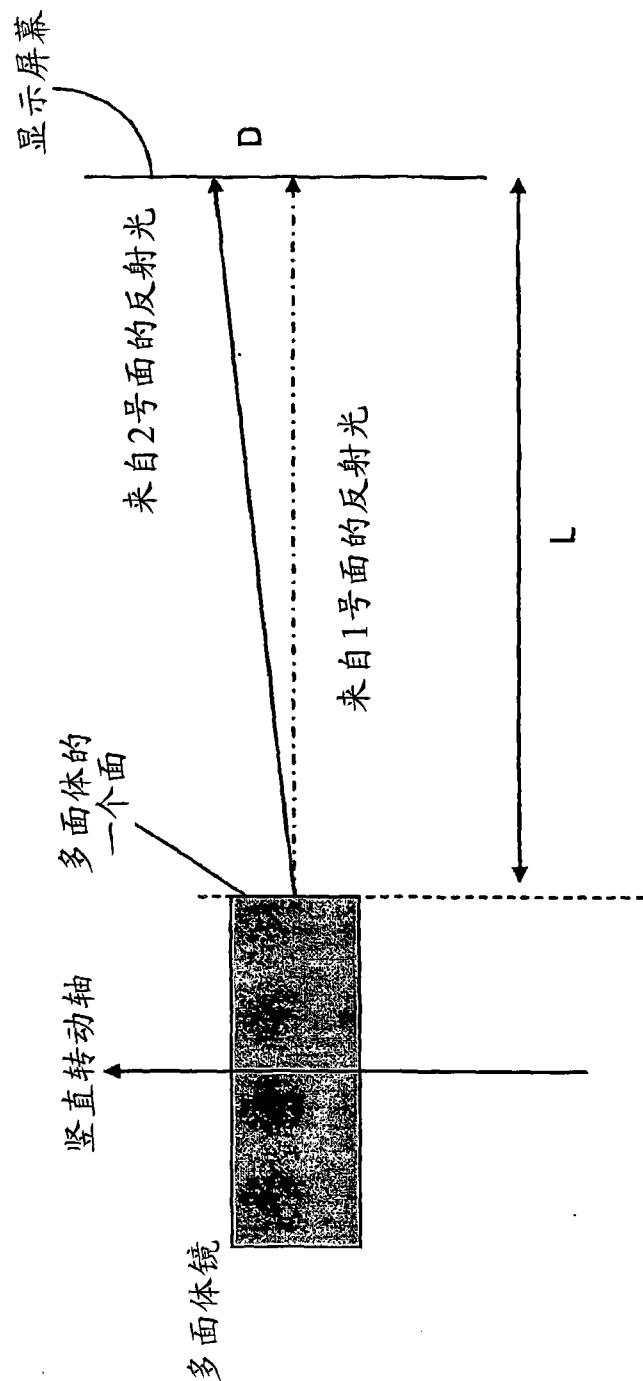
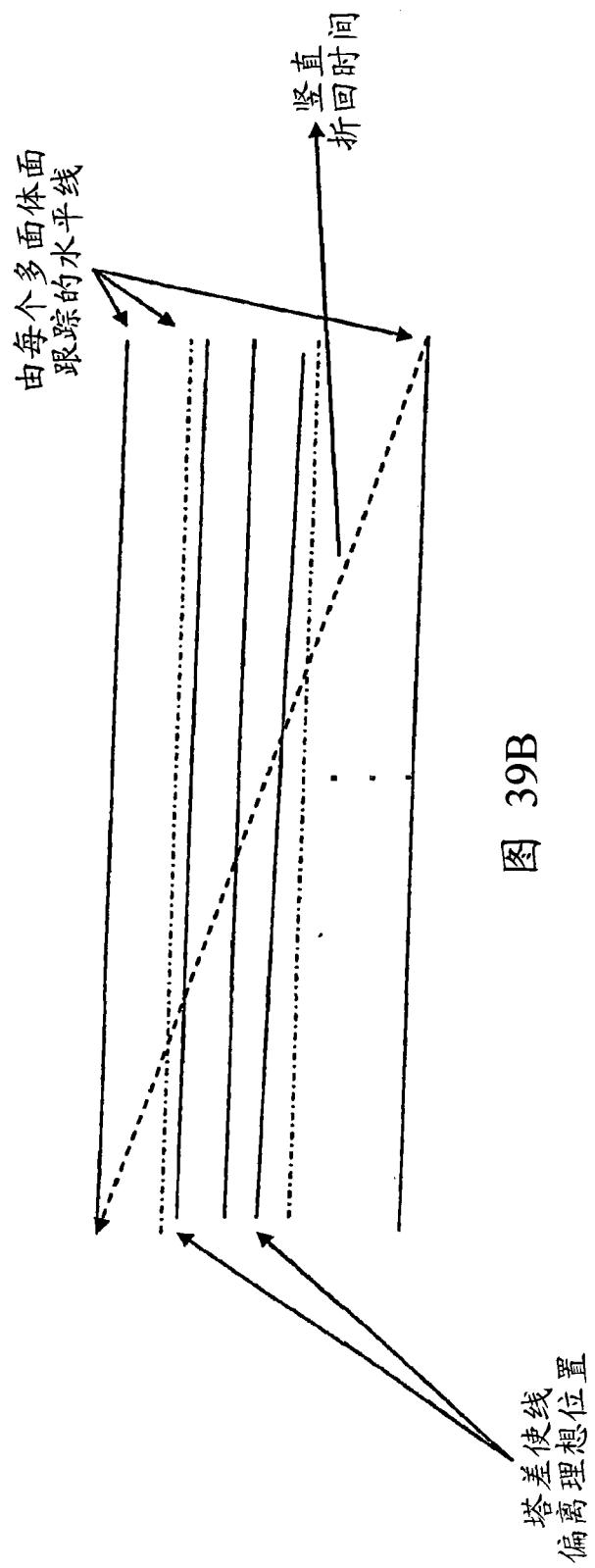
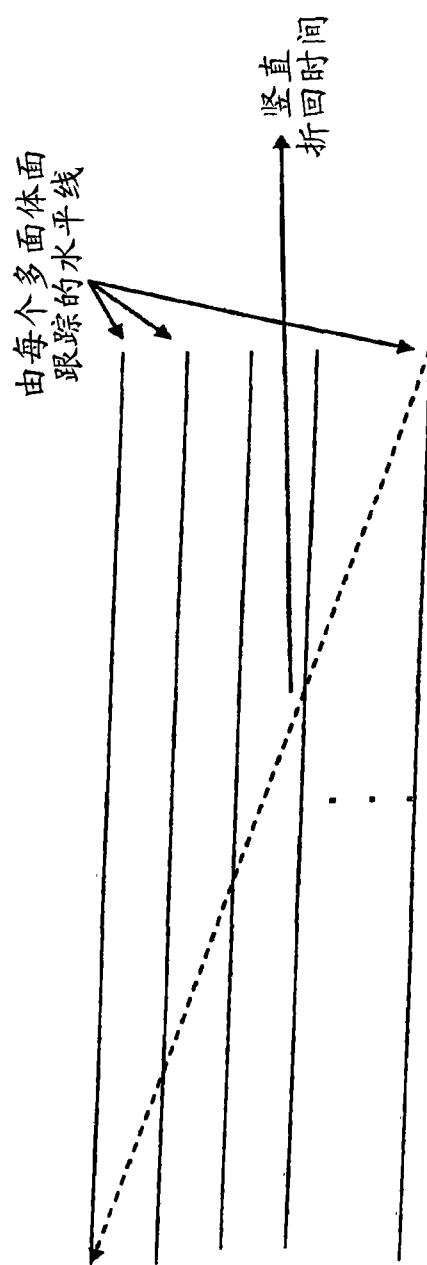


图 37



动态塔差角误差 =  $1/2 \tan(D/L)$

图 38



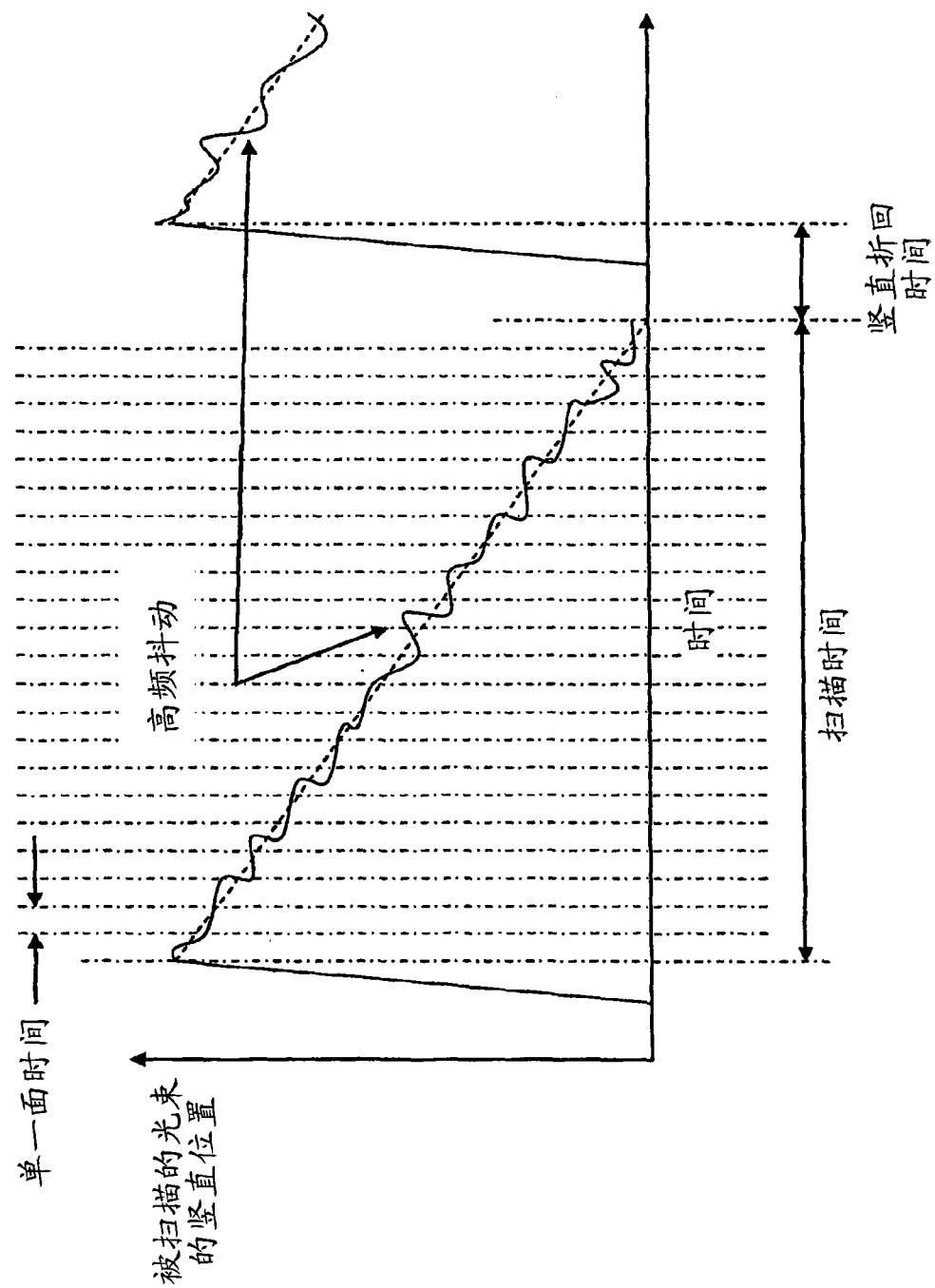


图 40

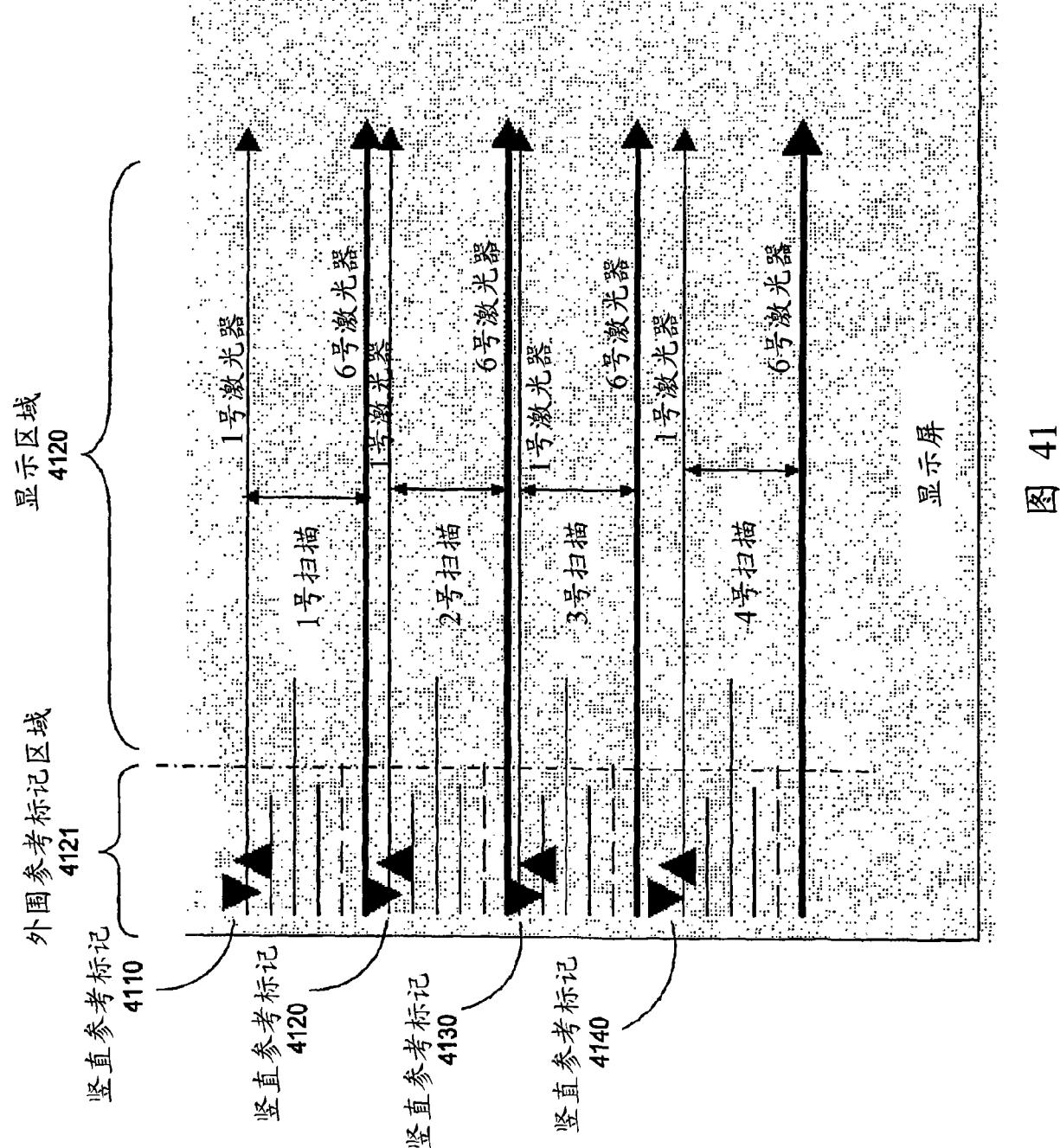


图 41

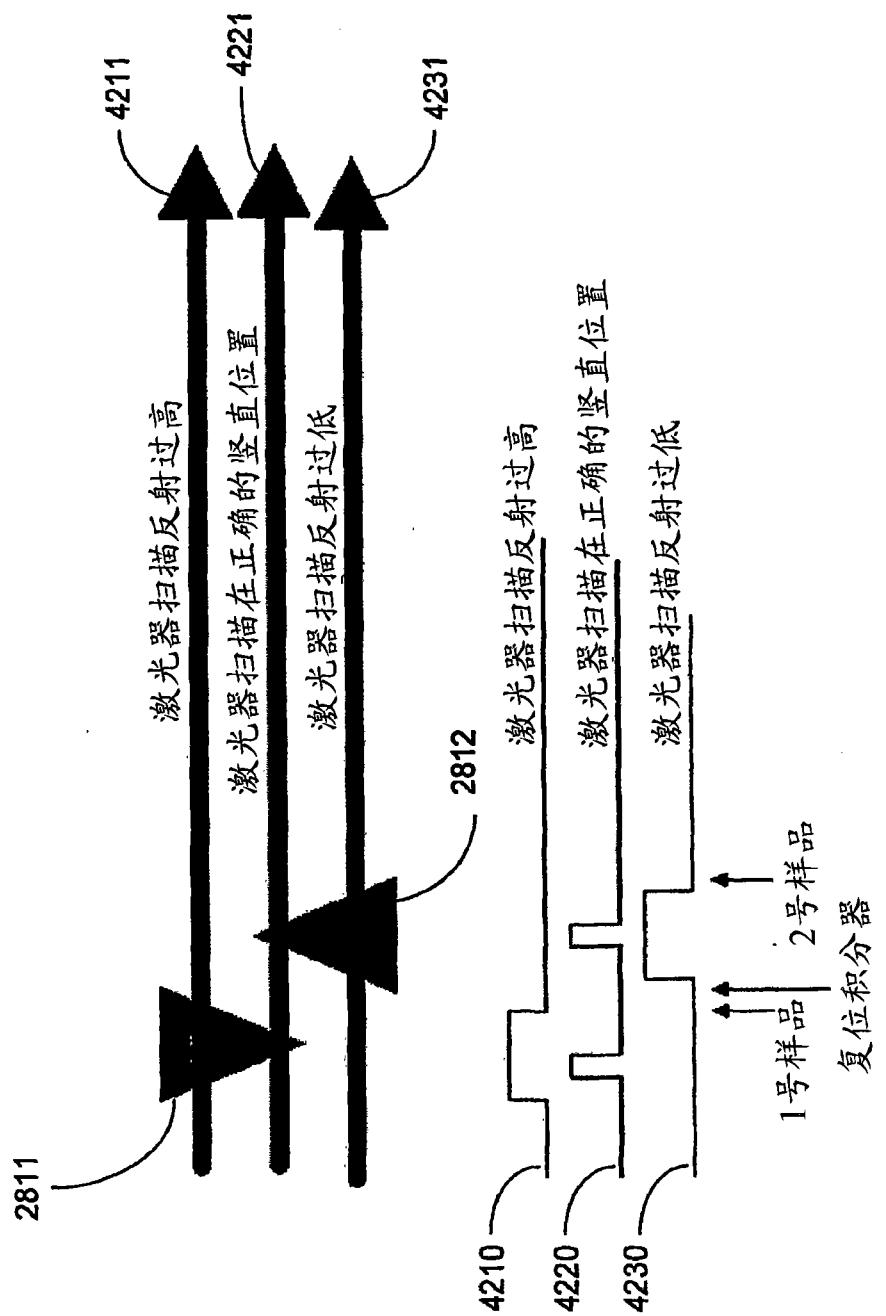


图 42

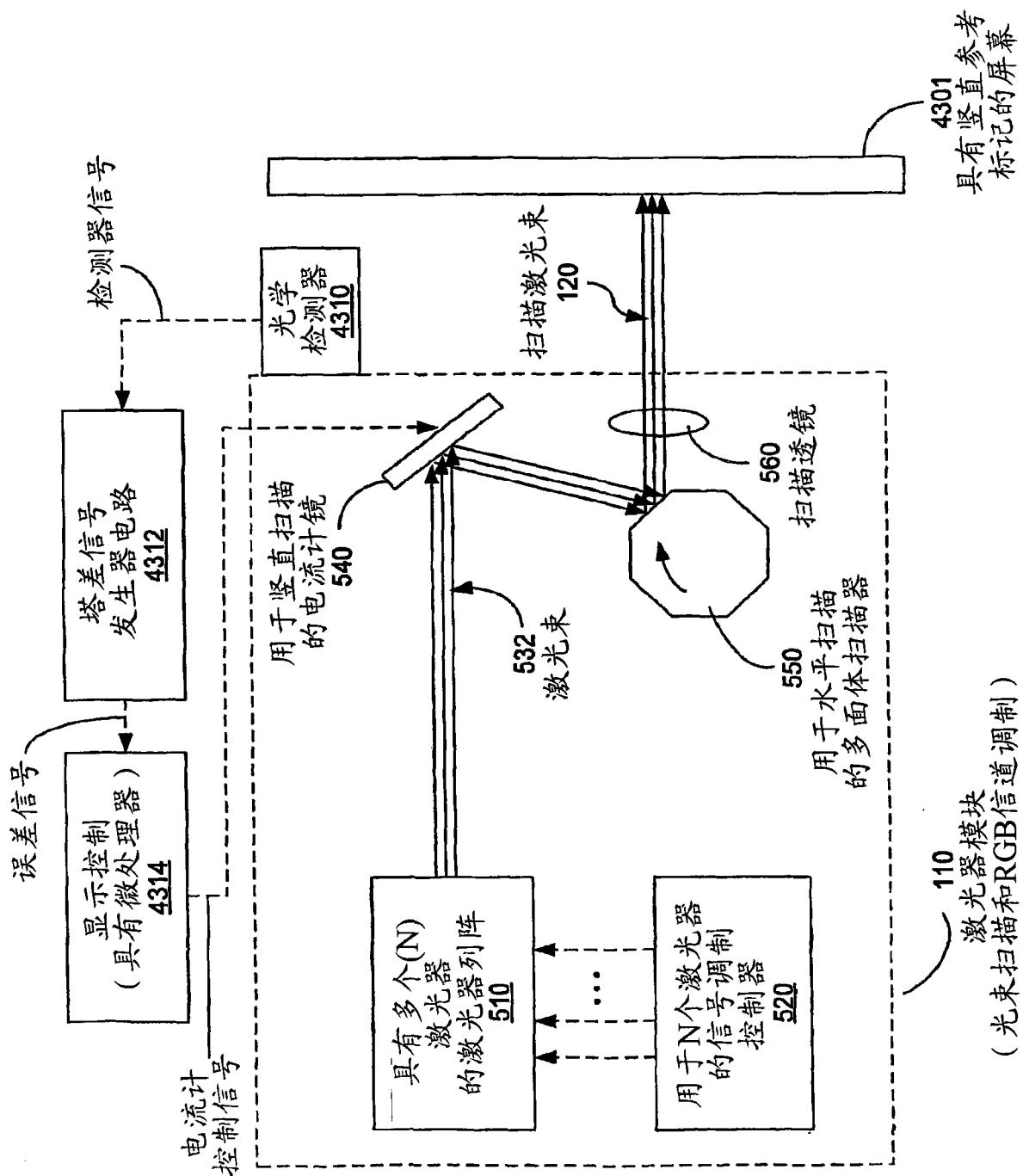


图 43

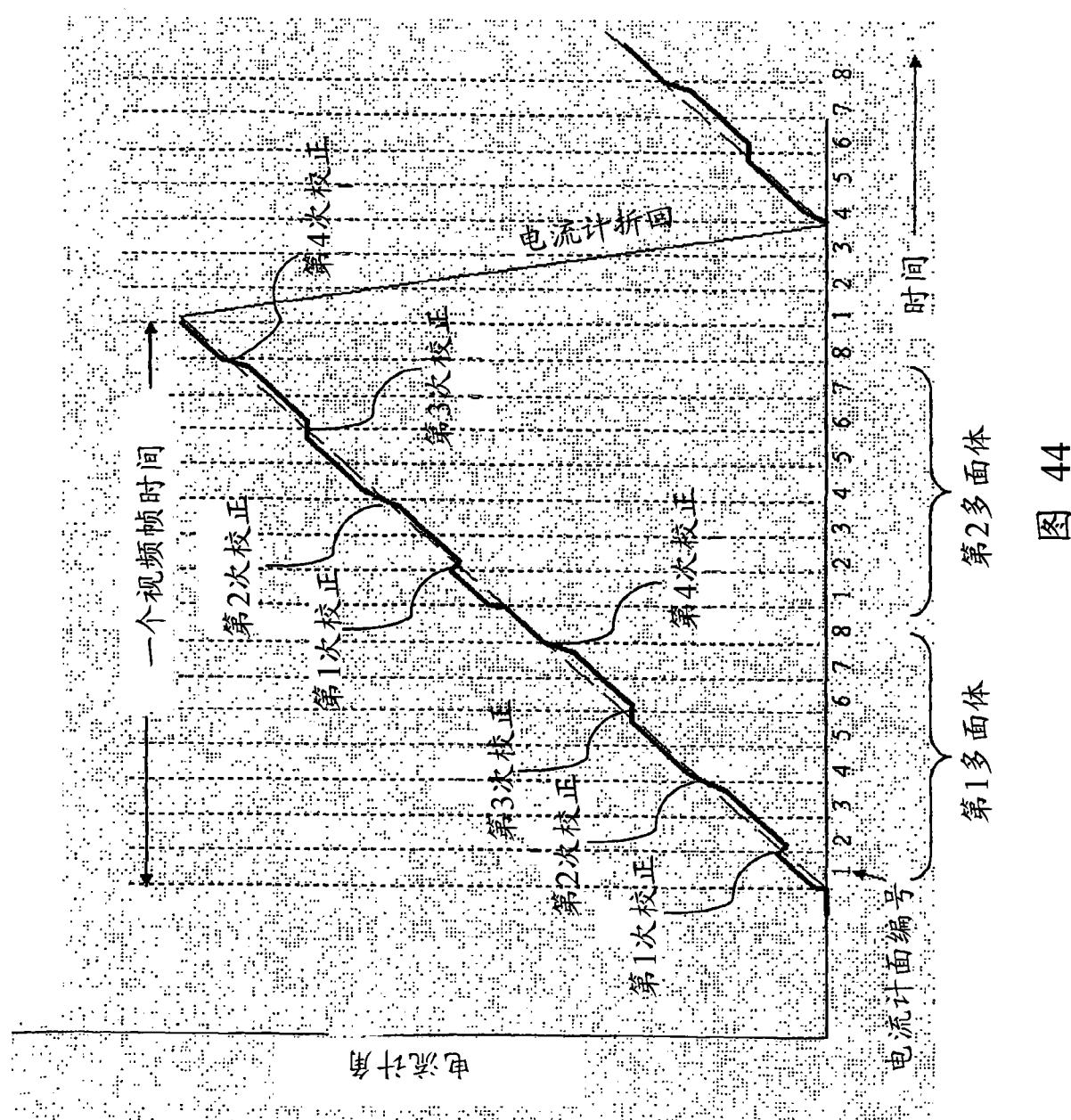


图 44

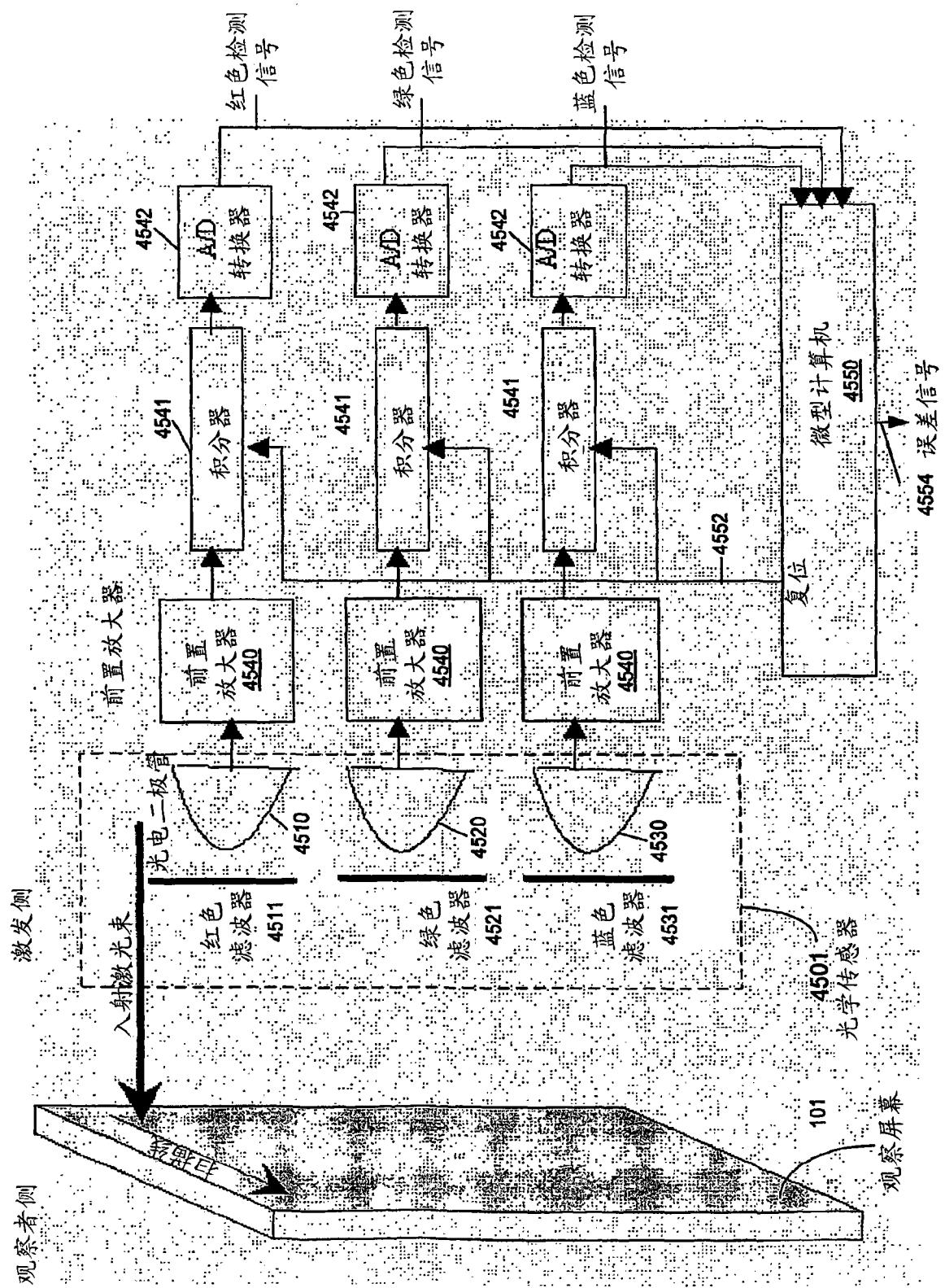


图 45

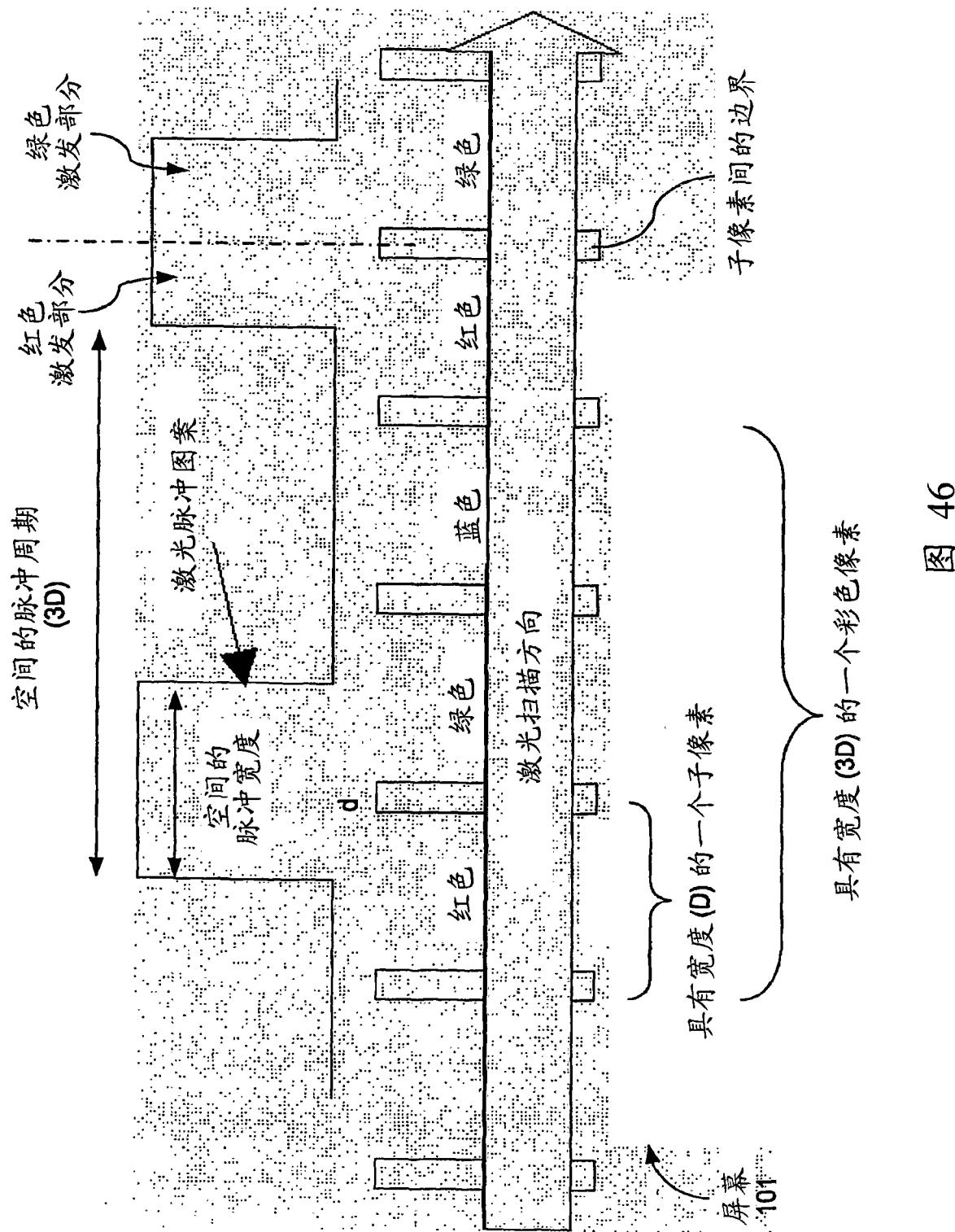


图 46

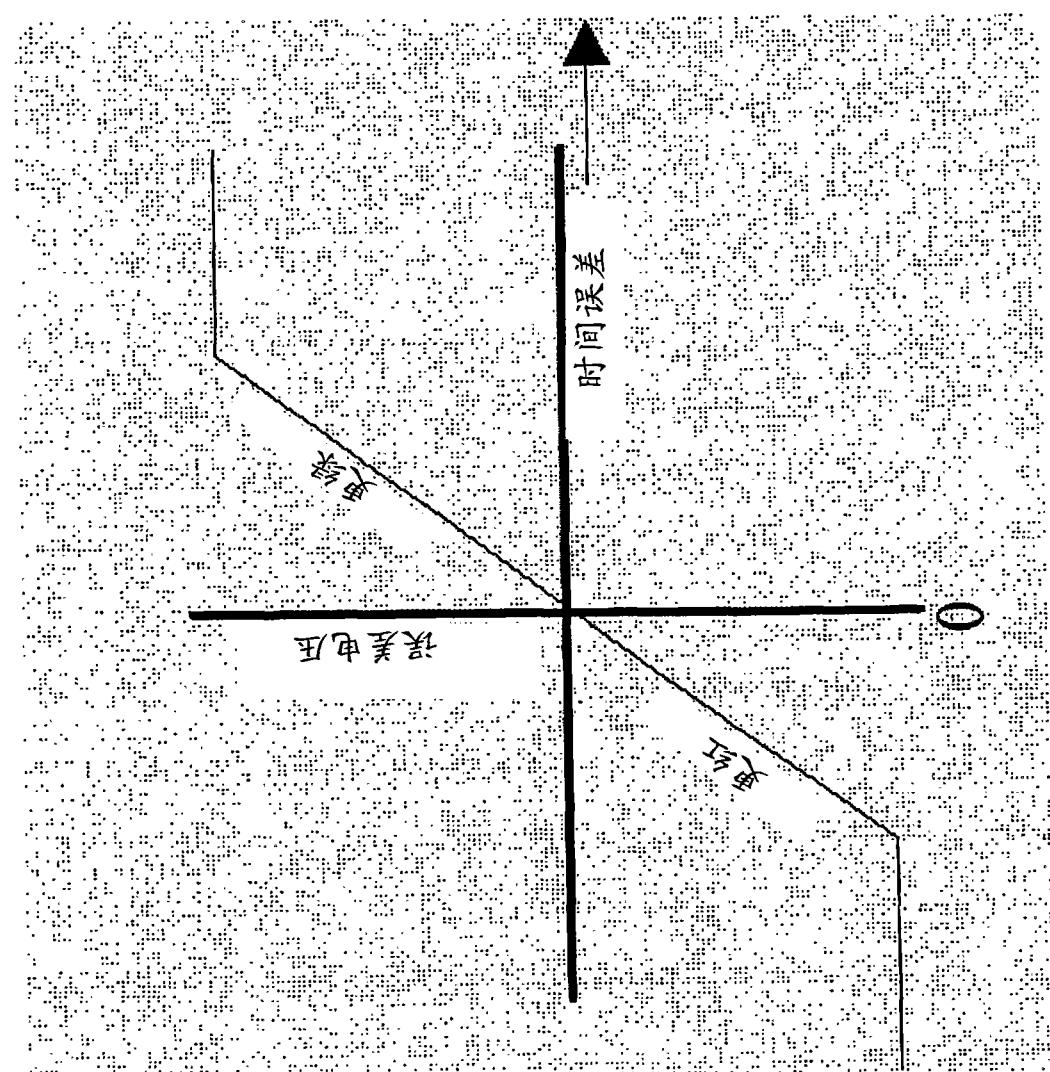


图 47

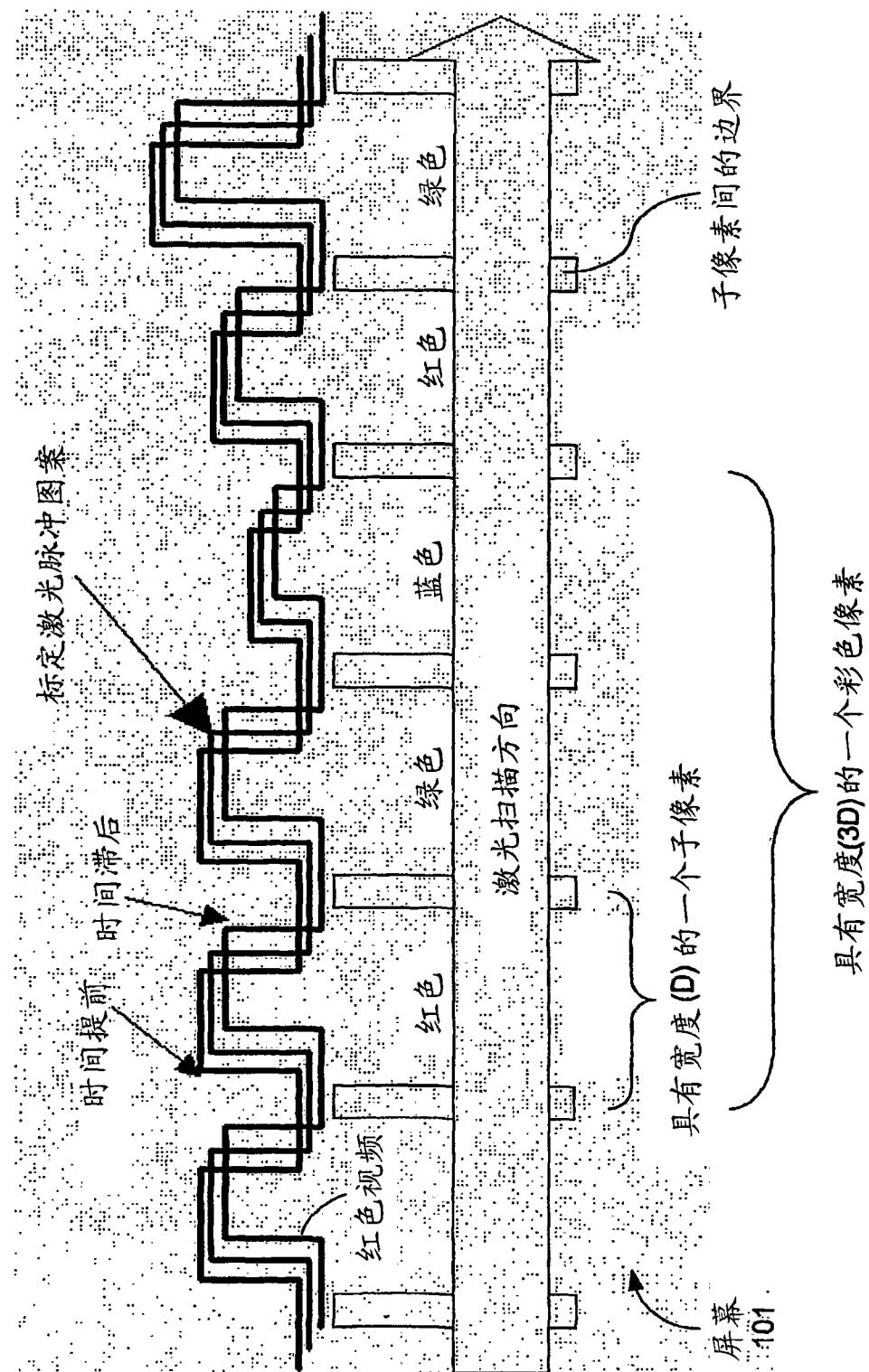


图 48