



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480038609.2

[43] 公开日 2007年1月17日

[11] 公开号 CN 1898968A

[22] 申请日 2004.11.24  
 [21] 申请号 200480038609.2  
 [30] 优先权  
     [32] 2003.12.23 [33] US [31] 10/745,000  
 [86] 国际申请 PCT/US2004/039529 2004.11.24  
 [87] 国际公布 WO2005/067306 英 2005.7.21  
 [85] 进入国家阶段日期 2006.6.22  
 [71] 申请人 3M 创新有限公司  
     地址 美国明尼苏达州  
 [72] 发明人 西蒙·马加里尔  
     波里斯·阿达什尼考夫  
     小爱德华·R·英格利希

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司  
 代理人 顾红霞 张天舒

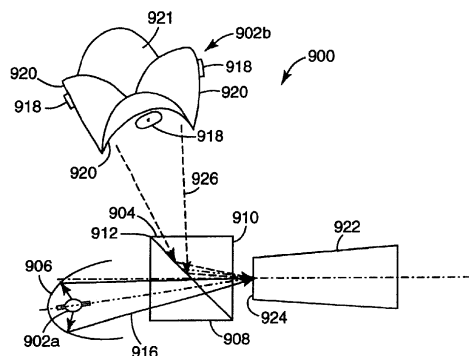
权利要求书 7 页 说明书 14 页 附图 8 页

## [54] 发明名称

用于投影显示的组合光源

## [57] 摘要

本发明公开一种使用两个或多个光源的投影系统。高压水银弧光灯通常用作很多投影系统中的照明源。这种灯在输出功率或光谱方面存在缺陷，因此令人期望的，是将来自该灯的光与来自第二光发生器的光进行组合。第二光发生器可以是另一个水银灯或固态光源诸如一个或多个发光二极管等。本发明说明了组合来自两个光发生器的光的不同方法。第二光源可以是多个红色 LED 的布置，该布置补充水银灯产生的红光。隧道积分器可以用于使组合光束均匀化并且减小来自两个光发生器的光束之间的角距。



1. 一种投影系统，包括：

光源，所述光源包括：

第一光发生器和第一反射器，所述第一光发生器产生第一光，所述第一反射器设置为聚集第一光的至少一部分并且将聚集的第一光朝第一方向引导，

第二光发生器和第二反射器，所述第二光发生器产生第二光，所述第二反射器设置为聚集第二光的至少一部分并且将聚集的第二光朝第二方向引导，以及

光组合器，其组合所述第一光和所述第二光以产生组合光束；以及

至少一个图像显示单元，其由所述组合光束的至少一部分照明，所述至少一个图像显示单元将图像施加在所述组合光束的至少一部分上以形成图像光束。

2. 如权利要求 1 所述的系统，还包括投影图像光束的投影透镜单元。

3. 如权利要求 1 所述的系统，还包括至少一个偏振分光器，所述组合光束经由所述偏振分光器入射在所述至少一个图像显示单元上，所述至少一个图像显示单元为反射式图像显示单元并且产生反射图像光束，通过所述偏振分光器将所述反射图像光束与所述组合光束分离。

4. 如权利要求 1 所述的系统，还包括光均化器单元，所述光均化器单元位于所述光源与所述至少一个图像显示单元之间用于使所述组合光束均匀化。

5. 如权利要求 4 所述的系统，其中，

所述均化器单元是隧道积分器。

6. 如权利要求 5 所述的系统，其中，

所述隧道积分器包括所述光组合器，所述第一光发生器和所述第二光发生器分别引导所述第一光和所述第二光进入所述隧道积分器，并且所述组合光束自所述隧道积分器出来。

7. 如权利要求 5 所述的系统，还包括图像中继系统，所述图像中继系统将所述均化器单元的输出中的图像传递给所述至少一个图像显示单元。

8. 如权利要求 5 所述的系统，其中，

所述隧道积分器具有入射孔和出射孔，所述入射孔具有与所述出射孔的尺寸不同的尺寸。

9. 如权利要求 8 所述的系统，其中，

所述隧道积分器是梯形隧道积分器。

10. 如权利要求 4 所述的系统，其中，

所述第一光以第一角分布进入所述均化器单元，并且所述第二光以第二角分布进入所述均化器单元，所述第二角分布与所述第一角分布基本上不重叠。

11. 如权利要求 4 所述的系统，其中，

所述第一光在第一孔口部分处进入所述均化器单元的入射孔，并且所述第二光在不同于所述第一孔口部分的第二孔口部分处进入所述入射孔。

12. 如权利要求 1 所述的系统，其中，

所述至少一个图像显示单元包括至少两个图像显示单元，所述

系统还包括颜色分离器,所述颜色分离器设置为将所述组合光束分离为至少两个不同色带的光束,从而分别采用不同色带的光束照明所述至少两个图像显示单元。

13. 如权利要求 12 所述的系统, 其中,

所述颜色分离器接收来自所述至少两个图像显示单元的不同色带的图像光, 并且将不同色带的图像光组合成通过所述投影透镜单元投影的图像光束。

14. 如权利要求 1 所述的系统, 还包括控制器, 所述控制器与所述至少一个图像显示单元连接, 用于控制所述至少一个图像显示单元产生的图像。

15. 一种用于投影系统的光源单元, 包括:

第一光发生器和第一反射器, 所述第一光发生器产生第一光, 所述第一反射器设置为聚集第一光的至少一部分并且将聚集的第一光朝第一方向引导;

第二光发生器和第二反射器, 所述第二光发生器产生第二光, 所述第二反射器设置为聚集第二光的至少一部分并且将聚集的第二光朝第二方向引导; 以及

光组合器, 其组合所述第一光和所述第二光以产生组合光束。

16. 如权利要求 15 所述的单元, 其中,

所述第二光发生器包括至少一个 LED。

17. 如权利要求 16 所述的单元, 其中,

所述第二反射器包括与围绕旋转轴线旋转的表面一致的反射表面, 所述至少一个 LED 单元具有与所述旋转轴线不平行的 LED 轴线。

18. 如权利要求 15 所述的单元, 其中,

所述第一光发生器包括高压水银灯。

19. 如权利要求 18 所述的单元，其中，  
所述第二光发生器包括高压水银灯。

20. 如权利要求 15 所述的单元，其中，  
所述光组合器包括由第一棱镜和第二棱镜形成的棱镜对，所述  
第一光在所述第一棱镜内基本上全内反射，并且所述第二光基本上透  
射穿过所述第一棱镜和所述第二棱镜，从而形成组合光束。

21. 如权利要求 20 所述的单元，还包括设置在所述第一棱镜与  
所述第二棱镜之间的折射率匹配层，基本上透射穿过所述第一棱镜和  
所述第二棱镜的所述第二光通过所述折射率匹配层。

22. 如权利要求 21 所述的单元，其中，  
所述折射率匹配层是粘接剂层。

23. 如权利要求 21 所述的单元，其中，  
在基本上没有所述折射率匹配层的表面区域上，所述第一光在  
所述第一棱镜内全内反射。

24. 如权利要求 20 所述的单元，还包括积分器，所述组合光束  
在所述积分器的入射孔处进入所述积分器。

25. 如权利要求 24 所述的单元，其中，  
所述积分器是隧道积分器。

26. 如权利要求 25 所述的单元，其中，  
所述隧道积分器是锥形积分器。

27. 如权利要求 15 所述的单元，其中，

所述光组合器包括组合反射器以及积分器，所述积分器具有入射孔，所述组合反射器设置在所述积分器的入射孔附近，所述第一光和所述第二光中的一个在传播进入所述入射孔之前经由所述组合反射器反射，所述第一光和所述第二光中的另一个传播进入所述入射孔而不经由所述组合反射器反射。

28. 一种用于投影系统的光源单元，包括：

第一光发生器单元，其产生具有第一锥角的第一光束，所述第一光束中的光具有相对较宽的光谱；

第二光发生器单元，其产生与所述第一光束分离的第二光束，所述第二光束具有基本上等于所述第一锥角的第二锥角，所述第二光束中的光具有相对较窄的光谱；以及

光积分器，其设置为接收所述第一光束和所述第二光束，从而产生组合输出光束。

29. 如权利要求 28 所述的单元，其中，

所述第一光发生器单元包括水银放电灯。

30. 如权利要求 28 所述的单元，其中，

所述第二光发生器单元包括至少一个 LED 单元。

31. 如权利要求 30 所述的单元，其中，

来自所述至少一个 LED 单元的光由反射器反射为第二光束，所述反射器具有至少一个与围绕旋转轴线旋转的表面一致的反射表面，所述旋转轴线与所述至少一个 LED 单元的 LED 轴线不平行。

32. 如权利要求 28 所述的单元，还包括设置在所述光积分器的入射孔附近的第一反射表面，所述第一光束和所述第二光束中的一个经由所述第一反射表面反射而被引导到所述入射孔中。

33. 如权利要求 28 所述的单元，其中，

所述第一光束以第一角分布进入所述光积分器，并且所述第二光束以第二角分布进入所述光积分器，所述第二角分布与所述第一角分布基本上不重叠。

34. 如权利要求 28 所述的单元，其中，

所述第一光束在第一孔口部分处进入所述光积分器的入射孔，并且所述第二光束在不同于所述第一孔口部分的第二孔口部分处进入所述入射孔。

35. 如权利要求 32 所述的单元，还包括具有第一棱镜和第二棱镜的棱镜对，所述第一棱镜具有包括所述反射表面的全内反射表面，所述第一光束和所述第二光束中的另一个的光透射穿过所述第一棱镜和所述第二棱镜。

36. 如权利要求 32 所述的单元，其中，

所述第一光束和所述第二光束中的另一个的光进入所述入射孔而不通过所述反射表面。

37. 如权利要求 36 所述的单元，其中，

所述反射表面包括第一镜子。

38. 如权利要求 36 所述的单元，还包括设置在所述入射孔附近的第二反射表面，所述第一光束和所述第二光束中的另一个或第三光束中的光经由所述第二反射表面反射到所述入射孔中。

39. 如权利要求 28 所述的单元，其中，

所述积分器是隧道积分器。

40. 如权利要求 39 所述的单元，其中，  
所述隧道积分器是锥形隧道积分器。

41. 如权利要求 28 所述的单元，还包括图像单元和投影透镜单元，所述图像单元设置为接收所述组合输出光束以产生图像光束，所述投影透镜单元设置为投影图像光束。

42. 如权利要求 41 所述的单元，其中，  
所述图像单元包括至少一个反射式图像显示单元和至少一个对应偏振分光器，所述组合输出光束的至少一部分经由所述至少一个对应偏振分光器到达所述至少一个反射式图像显示单元，通过所述至少一个对应偏振分光器将来自所述至少一个反射式图像显示单元的图像光与所述组合输出光束的至少一部分分离。

43. 如权利要求 42 所述的单元，其中，  
所述至少一个反射式图像显示单元包括第一反射式图像显示单元、第二反射式图像显示单元和第三反射式图像显示单元，并且所述图像单元包括颜色分离单元，所述颜色分离单元设置为将所述组合输出光束分离为分别引导到所述第一反射式图像显示单元、第二反射式图像显示单元和第三反射式图像显示单元的第一色带、第二色带和第三色带。

44. 如权利要求 41 所述的单元，还包括控制器，所述控制器与所述图像单元中的至少一个图像显示装置连接，用于控制由所述至少一个图像显示装置产生的图像。



## 用于投影显示的组合光源

### 技术领域

本发明涉及光学系统，更具体地说，本发明涉及使用两个或多个光源的投影系统。

### 背景技术

用于将图像投影到屏幕上的投影系统使用几种不同的部件以提供图像显示单元的有效照明。投影系统通常使用灯产生照明光，并且在灯与图像显示单元之间设置几个光学元件以便将灯光有效传递到图像显示单元。图像显示单元可以使用不同的机理来将图像施加于入射光束上。例如，图像显示单元可以使用吸收机理，例如采用摄影幻灯片，偏振机理，例如采用液晶显示器，或者通过光的偏转，例如采用可单独编址的可倾斜镜子的微机械阵列。一些图像显示单元需要通过如下方式施加图像的不同颜色成分：将光束分为原色光束，在原色光束上施加单独的图像，然后重组原色图像以产生最终图像。

图像亮度是表征投影系统的关键参数。图像亮度可能受几个因素影响，诸如灯的亮度、聚集灯光的效率、使光束均匀化的效率、将光传递给图像显示单元的效率以及将图像施加于光束上的效率等。通常令人期望的是，能够形成尽可能明亮的图像。然而，当投影系统的聚光本领（Etendue）限制了图像中的光量时，增大亮度的方法是使用功率更大的灯。聚光本领是由光学系统的F数决定的成像面积与立体角的乘积。功率更大的灯不仅昂贵并且通常寿命更短。而且，功率更大的灯趋向于具有更大的电弧，这降低了聚光的几何效率。

### 发明内容

考虑到上述问题，需要增加用于照明投影系统的光源的亮度，同时保持长的寿命和高的聚光效率。

另外，高压水银弧光灯通常用于照明投影系统，因为它们具有相当长的寿命和较短的电弧长度，这种较短的电弧长度使得有可能获得较高的几何聚光效率。另一方面，高压水银弧光灯产生的光的光谱具有相对较高的蓝光强度和绿光强度以及相对较低的红光强度。因此，为了实现图像光中令人期望的色温，蓝光和绿光中的很大一部分不会得到使用，这降低了系统总效率。需要减小灯所发出的在图像光束中未使用的蓝光和绿光的数量。

考虑到上述问题，本发明的一个具体实施例涉及一种包括光源和至少一个图像显示单元的投影系统。所述光源包括产生第一光的第一光发生器。第一反射器设置为聚集第一光的至少一部分并且将聚集的第一光朝第一方向引导。第二光发生器产生第二光。第二反射器设置为聚集第二光的至少一部分并且将聚集的第二光朝第二方向引导。光组合器组合所述第一光和所述第二光以产生组合光束。所述至少一个图像显示单元由来自所述光源的所述组合光束的至少一部分照明。所述至少一个图像显示单元将图像施加在所述组合光束的至少一部分上以形成图像光束。

本发明的另一个实施例涉及用于投影系统的光源单元。所述光源单元包括产生第一光的第一光发生器。第一反射器设置为聚集第一光的至少一部分并且将聚集的第一光朝第一方向引导。第二光发生器产生第二光。第二反射器设置为聚集第二光的至少一部分并且将聚集的第二光朝第二方向引导。光组合器组合所述第一光和所述第二光以产生组合光束。

本发明的另一个实施例涉及用于投影系统的光源单元。所述光源单元包括产生具有第一锥角的第一光束的第一光发生器单元。所述第一光束中的光具有相对较宽的光谱。第二光发生器单元产生与所述第一光束分离的第二光束。所述第二光束具有基本上等于所述第一锥角的第二锥角。所述第二光束中的光具有相对较窄的光谱。光积分器设置为接收所述第一光束和所述第二光束以产生组合输出光束。

这里并不表示本发明的上述概要说明描述了本发明的每个举例说明的实施例或每个实施方式。后面的附图和详细说明更具体地举例

说明了这些实施例。

## 附图说明

结合附图阅读下面本发明各个实施例的详细说明将可以更全面地理解本发明，其中：

图 1 示意性显示投影系统的一个实施例；

图 2 示意性显示根据本发明原理的光源的一个实施例；

图 3 示意性显示根据本发明原理的图 2 所示光束组合棱镜对的一个实施例；

图 4A 至图 4C 示意性显示在根据本发明原理的投影系统的一个实施例中隧道积分器 (tunnel integrator) 之前和之后的光束的计算光点图；

图 5 示意性显示根据本发明原理的梯形隧道积分器的一个实施例；

图 6 示意性显示根据本发明原理的光束组合棱镜对的另一个实施例；

图 7 示意性显示根据本发明原理用于将两个不同的光发生器所发出的光组合到隧道积分器中的组合器的一个实施例；

图 8 显示一副曲线图，该图显示高压水银灯和红色发光二极管 (LED) 的标准化输出光谱；

图 9 示意性显示根据本发明实施例的用于投影系统的光源，其中使用棱镜对组合灯和 LED 光源发出的光；

图 10 示意性显示根据本发明实施例的用于投影系统的光源，其中使用镜子和隧道积分器组合灯和 LED 光源发出的光；以及

图 11 显示根据本发明实施例、由高压水银灯和具有不同数量 LED 的 LED 光源产生的照明光束的复合光谱。

虽然可以对本发明进行修改并获得各种变型和可选形式，在附图中还是作为示例显示了本发明的细节，并且在下面将进行详细说明。然而，应该理解，其意图并非将本发明限于所述具体实施例。相反，其意图是本发明包括位于所附权利要求书所限定的本发明的精神

和范围内的所有修改、等同物和选择。

## 具体实施方式

本发明适用于光学系统，具体地说，本发明适用于投影系统，特别是使用液晶图像显示单元的投影系统。

图 1 中显示投影系统 100 的图示。概括地说，来自光源 104 的光 102 被引导到图像显示装置 106。然后，来自图像显示装置 106 的图像光 108 经由投影透镜系统 110 传播，投影透镜系统 110 用于在屏幕上进行投影。该投影系统可以是例如在背投影电视中常见的背投影系统，或者可以是例如在正投影电视和显示系统中常见的正投影系统。

在所示实施例中，图像显示装置 106 包括颜色分离/组合器 112，所述颜色分离/组合器将光 102 分成三种不同原色 114a、114b 和 114c 例如红色、绿色和蓝色的光束，其中每束光被引导到相关的反射式图像显示单元 116a、116b 和 116c。颜色分离/组合器 112 可以为如图所示的 X 棱镜，或者可以包括其它结构的棱镜诸如飞利浦 (Philips) 棱镜等。在另一个未示出的实施例中，颜色分离/组合器可以包括二色分离器和/或彩色棱镜的组合。该方法允许投影系统 100 在每个原色中形成图像：在颜色分离/组合器中原色图像进行组合而形成投影到屏幕上的全色图像。

在一些其它的实施例中，原色图像并非同时形成，而是顺序形成。在这样的系统中，通常没有颜色分离/组合器。然而，在入射在图像显示装置上之前，光通过滤色器，使得一次只有一种原色光入射在图像显示装置上。同步控制图像显示装置以施加适合于当前入射光颜色的图像。不同原色的图像顺序形成并且投影在屏幕上。如果颜色变化的顺序足够快，观察者的眼睛将不同原色的图像相结合并且感觉到全色图像。

可以使用不同类型的图像显示装置。一种简单的图像显示装置为摄影幻灯片。这不需要颜色分离。其它类型的图像显示装置允许有效改变施加在光上的图像。这种图像显示装置的例子包括液晶显示器

(LCD) 单元, 包括硅液晶 (LCoS) 单元, 以及微机械显示器。微机械显示器的一个例子以可以单独编址的可倾斜镜子的阵列为基础, 在 Texas Instruments, Plano TX 所供应产品的 DLP™ 范围内。

图像显示装置 106 可以为透射型, 此时图像光透射穿过装置。图像显示装置 106 也可以为如图所示的反射式, 此时图像光从装置反射。图像显示装置 106 甚至可以为透反射式, 既使用由装置反射的光也使用透射穿过装置的光。通常使用偏振分光器 (PBS) 118 用于将入射光与来自图像显示装置的反射图像光分离, 其中图像显示装置使用偏振调制将图像施加于入射光上。

来自光源 104 的光 102 可以通过一个或多个使光束的强度分布更均匀的均化器 120。均化器的一种常用类型为隧道积分器。隧道积分器通常为管形或杆形, 其横截面经常为矩形但是并非只限于矩形。光通过入射孔进入积分器并且在通过出射孔之前由壁进行几次反射。多次反射的结果是使出射孔处光的强度分布相对于入射孔处的强度分布更均匀。光可以经由全内反射或者使用前表面反射在隧道积分器内反射。中空隧道积分器不使入射光折射, 因此可以在比内反射式隧道积分器更短的距离上使光均匀。

来自光源诸如灯等的光通常为非偏振光。然而, 几种类型的图像显示装置诸如液晶类图像显示装置等依赖于偏振的入射光。一个使光偏振的简单方法是使光通过预偏振器和/或 PBS118。然而, 这可能导致 50% 的光损失, 效率很低。可以使用偏振变换器 122 变换入射光, 从而增大入射到图像显示装置上所需要的处于偏振状态的光束部分。

投影系统 100 可以包括几个透镜, 用于将光中继传播通过装置。例如, 通常包括多个中继透镜 124, 用于将均化器 120 出射孔的图像传递到图像显示装置 116a-116c 的表面上。这增大了投影系统的效率。图像显示装置 116a-116c 可以与控制器 130 例如微处理器相连, 所述控制器用于控制由图像显示装置 116a-116c 施加于光上的图像。

如果使用更高功率的灯, 则可以使投影图像更明亮。然而, 更

高功率的灯其寿命更短。另外，更高功率的灯通常具有更大的电弧，因此可能减小几何聚光效率，即，将光从电弧传播到图像显示装置的效率。用于增加图像亮度的不同方法是将来自两个光源的光进行组合。这允许使用较低功率的弧光灯，从而能够提供更大的亮度并且不降低寿命或几何聚光效率。

在图 2 中示意性显示将来自两个不同光发生器的光进行组合的光源 200 的一个具体实施例。在该实施例中，光源 200 使用棱镜对 204 组合来自两个弧光灯 202a 和 202b 的光。来自每个弧光灯 202a 和 202b 的光由各个反射器 206a 和 206b 聚集并朝向棱镜对 204 引导。反射器 206a 和 206b 可以为椭圆形反射器。棱镜对 204 包括沿对角线由间隙 212 分隔的两个棱镜 208 和 210。间隙 212 可以为气隙。一个弧光灯 202a 位于棱镜 210 的侧面，并且发自灯 202a 的中心射线（如轴线 214 所示）与轴线 216 形成角度  $\theta 1$ 。另一个弧光灯 202b 位于棱镜 208 的侧面，并且发自灯 202b 的中心射线（如轴线 218 所示）与轴线 220 形成角度  $\theta 2$ 。

积分器 222 诸如隧道积分器等也位于轴线 220 上。来自第一弧光灯 202a 的光基本上在棱镜 210 内部全内反射，而来自第二弧光灯 202b 的光基本上透射穿过棱镜 208 和 210。积分器 222 的入射孔 224 接收来自弧光灯 202a 和 202b 的光。

现在结合图 3 更详细地说明棱镜对 204 的工作，其中图 3 显示来自每个弧光灯 202a 和 202b 的光线。光通常由具有圆锥形状的椭圆形反射器 206a 和 206b 引导到棱镜对 204。来自灯 202a 的虚线所示光 224a 入射在棱镜 210 的表面 226 上。光 224a 中的大部分以等于或大于棱镜 210 内全内反射角的角度入射在表面 226 上，并且朝向积分器 222 反射而成为光 227。光 224a 中的一些可能以小于全内反射角的角度入射在表面 226 上，透射穿过表面 226 和气隙 212 并且进入棱镜 208 而成为光 228。光 228 没有由积分器 222 聚集。

来自灯 202b 的实线所示光 224b 入射在棱镜 208 的表面 230 上。光 224b 中的大部分以小于棱镜 208 内全内反射角的角度入射在表面 230 上，并且透射穿过表面 230 和棱镜 210 并且朝向积分器 222 传播

而成为光 231。光 22b 中的一些可能以等于或者大于全内反射角的角度入射在表面 230 上,在表面 230 反射为光 232 并且不会传播到积分器 222。光 232 没有由积分器 222 聚集。

于是,两个反射器 206a 和 206b 将来自两个光发生器 202a 和 202b 的光聚集并且引导到棱镜对 204,棱镜对 204 在组合所述光并且将组合光引导到积分器 222 方面很有效。可以认识到,光 227 和 231 不必正好在积分器的入射孔 224 处聚焦或者达到最高强度,尽管这样可以增加亮度。反射器 206a 和 206b 减小从弧光灯 202a 和 202b 发出的光的分散性,使得很大部分光量进入积分器 222。因此,光 224a 和 224b 可以进入在一定区域上展开的积分器。此外,可以认识到,尽管使用弧光灯作为光发生器说明了图 2 所示实施例,但是可以使用其它的光发生器,例如其它类型的灯。

棱镜对 204 实质上允许在积分器中角向组合具有不同角分布的光束 227 和 231。现在将结合图 4A 至图 4C 说明这一点,其中图 4A 至图 4C 显示代表角分布的远场光分布的计算光点图。图 4A 显示来自单个光发生器和单个反射器的光的计算光点图。图 4B 显示来自两个光发生器 202a 和 202b 的光在棱镜对 204 中组合之后的计算光点图。从图中可以看出,来自两个不同光发生器的光沿不同方向传播,并且在两束光之间存在非常少量的重叠。两个光束之间的计算角距为  $23^\circ$ 。

可以使用锥形隧道积分器减小两个光束之间的角距。在图 5 中示意性显示锥形光学隧道积分器 400 的一个例子,其中入射孔 502 具有尺寸  $x$  和  $y$ ,并且出射孔 504 具有尺寸  $x$  和  $y'$ ,其中  $y' \neq y$ 。在所示实施例中,隧道积分器 500 的侧面为直的,并且隧道相对侧面中的两个相对于轴线 506 以角度  $\theta$  设置。侧壁 508 和 510 与轴线不平行的事实导致通过隧道积分器 500 的光束的角尺寸减小。图 4C 显示来自两个光发生器 202a 和 202b 的光在穿过隧道积分器 500 传播之后的计算光点图。两个光束的角距计算为  $12^\circ$ ,大大小于图 4B 中所示角距。在获得图 4B 和图 4C 的计算过程中,假定隧道积分器为 40mm 长,具有  $4.5\text{mm} \times 4.5\text{mm}$  的入射窗和  $4.5\text{mm} \times 7.8\text{mm}$  的出射窗。因此,锥形

侧面相对于轴线 506 的角度  $\theta$  为  $\pm 2.36^\circ$ 。

角距的减小取决于隧道积分器的角度和隧道内的反射次数。因为与隧道积分器相关的光学损失随着反射次数而增大,因此反射次数以及角距的减小量对于专门的照明系统仍然是设计标准。在美国专利 No. 5625738 中更详细地描述了锥形隧道积分器,其内容以引用的方式并入本文。

隧道积分器 500 可以为中空积分器或者可以为实心积分器。此外,入射孔 502 不必为正方形并且出射孔不必为矩形,而是可以为其它形状。在很多投影系统中,由出射孔成像于图像显示装置上,因此出射孔 504 的长宽比通常与图像显示装置的长宽比相同,否则投影系统的总体几何聚光效率可能减小。

如下面结合图 6 所述,可以修改棱镜对 204 以减小透射穿过棱镜 208 和 210 的光的反射损失。可以在气隙 212 中光 224b 从棱镜 208 到 210 所穿过的部分中设置折射率匹配材料 612。在这种情况下,折射率匹配意味着材料 612 的折射率与棱镜 208 和 210 的折射率之间的差小于棱镜 208 和 210 的折射率与空气的折射率之间的差。如此,可以减小棱镜 208 与气隙 212 之间界面处的反射损失。如果材料 612 的折射率与棱镜 208 和 210 相同,那么对于穿过棱镜 208 到 210 的光 224b 就不存在反射损失。材料 612 可以是光学透明的粘接剂,用于将棱镜 208 与 210 保持在一起。

如果棱镜 210 与材料 612 之间的折射率差不够大,就在棱镜 210 完全内反射光 224a 的区域中气隙 212 处保持棱镜 208 与 210 之间的高折射率差,从而保持高效率地反射光 224a,这一点很重要。

在上面结合图 2 所述的方法中,通过提供角距将来自两个光发生器的光组合。现在将结合图 7A 说明将来自不同光发生器的光进行组合的另一个方法,其中来自不同光发生器的光被空间上分离。来自第一光发生器的虚线所示光 702 入射在旋转反射器 704 上,该旋转反射器将光 702 反射到积分器 708 诸如隧道积分器等的入射孔 706 中。实线所示光 710 直接入射在入射孔 706 上,而没有通过旋转反射器 704 反射。旋转反射器 704 延伸为只覆盖入射孔 706 的一部分,从而



允许光 710 直接入射在孔 706 上。光 702 基本上进入入射孔的一部分，而光 710 基本上进入入射孔 706 的另一部分。

旋转反射器 704 可以为任何适当类型的反射器，包括如图所示的前表面反射器、后表面反射器、全内反射器等。旋转反射器 704 可以以大约  $45^\circ$  的角度设置，从而朝向入射孔 706 使光转过大约  $90^\circ$  的角度，尽管实际状况并非必须如此。

如果需要，可以在入射孔 706 的前面放置另一个旋转反射器 724，如图 7B 中示意性显示，从而反射来自另一个光发生器的光 726（点线所示）。在这种情况下，光 702、光 710 和光 726 分别进入入射孔 706 上基本上不同的部分。

于是，图 7A 和图 7B 所示来自不同光源的光的组合方法涉及为不同光束使用入射孔的不同部分，同时光束的角分布可以重叠，或者甚至可以相同。在图 2 和图 3 所示来自不同光源的光的组合方法中，来自两个光源的光束在积分器的入口处重叠，但是具有不重叠的角分布。可以认识到，可以使用其它方法来组合两个或多个光束，例如，以如下方式组合来自两个单独光束的光：即，允许积分器入射孔处光束的部分空间重叠和两个光束的角分布中的部分重叠。

组合来自不同光发生器的光的方法可以用于组合来自不同类型的光发生器的光，所述光发生器包括但是不限于弧光灯、白炽灯、其它类型的灯以及固态光发生器。在首先反射性聚光并且将光引导到积分器的场合下，这些方法对于组合来自光发生器的光可能特别有用。在美国专利申请 10/701201 中更详细地描述了反射性聚集和引导来自一个或多个发光二极管（LED）的光的方法，其内容以引用的方式并入本文。

在组合来自不同光发生器的光的光源中，一个特别的应用是将具有某一特定光谱的光添加到具有另一光谱的光中。投影系统经常使用高压水银灯作为光源。这些灯的例子包括可以从 Philips Electronics, New York, NY 获得的 UHP®系列灯和可以从 Osram Sylvania, Danvers, MA 获得的 VIP®系列灯。这些灯的电弧尺寸通常较短，这使得有可能获得较高的几何聚光效率和较长的寿命。高压水

银（HPM）灯的光谱如图 8 中曲线 802 所示。该光谱显示，输出功率的大部分存在于光谱的蓝色区，具体地说，位于大约 400nm 至大约 460nm 之间，并且存在于光谱的绿色/黄色区，具体地说，位于大约 540nm 至 580nm 之间。光谱的红色区例如从大约 600nm 向上的区域中的输出功率总量相对较小。

重要的是，保持投影系统所投影的图像中的期望的色平衡。在三片式（three panel）投影系统中，保持期望的色平衡通常包括如下步骤。首先，将来自灯的光分离为具有由适当的标准确定的色坐标的原色。一个用于投影图像的常用标准是由电影电视工程师协会（SMPTE）制订的 RP145-1999 标准。这提供了期望的色纯度级别，并且可以在投影系统中使用双色滤光器实现。为了获得红色通道和绿色通道正确纯度，需要除去一些黄光。其次，在采用各个图像显示装置调制分离的有色光束之后，重组并投影光。在该阶段，调节蓝色光束、绿色光束和红色光束中的功率值从而实现投影图像中期望的色温。除了色温之外，另一个有用的颜色衡量是白点的色坐标，即所有三种光束：红光、蓝光、绿光的混合物的色坐标。

针对各个通道并且针对屏幕上混合颜色的不同假设情况，典型高压水银灯的色坐标的例子示于表 1 中。考虑表 1 数据时所做的一些假设包括：i) 在投影系统中不存在菲涅耳或偏振损失，ii) 不存在各个通道的渐晕或变迹，和 iii) 绿色通道使用一种偏振光，而红色通道和蓝色通道使用其它偏振光。最后一条假设使得蓝色通道和绿色通道的光谱可以部分重叠，因此增大总效率。表 1 中的第一行显示与 SMPTE RP145-1999 标准相关的理想化色坐标（0.313, 0.329）。第二行显示 Philips UHP-100 HPM 灯所发出的光的色坐标（0.300, 0.304）的真实值。第三行显示 UHP-100 灯所发出的光中三个分离色带：蓝色、绿色和红色的不同色坐标。如果我们假设三个色带中每个具有一致的权重系数，如第四行所示，那么屏幕上的白光将具有如第五行中所示的色坐标（0.26, 0.30）。该白光具有与第一行的白色 SMPTE 标准不同的色坐标。因为在将光分离为不同色带的过程中废弃了一些光，因此屏幕上的白光在颜色上也不同于从灯发出的光。第六

行中所示的权重值为导致屏幕上的白光具有如第七行所示与参考标准相似的色坐标的那些值。于是，为了产生符合 SMPTE 标准的白光，只使用 46.1% 的绿光和 36.5% 的蓝光，同时使用全部红光。

表 1 来自 HP 水银弧光灯的未校正光和校正光的色坐标

	蓝		绿		红		白	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1. SMPTE	0.155	0.07	0.31	0.595	0.63	0.34	0.313	0.329
2. 来自 Hg 光源							0.300	0.304
3. 色纯度	0.147	0.081	0.326	0.59	0.638	0.346		
4. 权重系数	1		1		1			
5. 屏幕上							0.26	0.30
6. 权重系数	0.365		0.461		1			
7. 屏幕上							0.313	0.329

因此，为了获得期望的色温，高压水银灯所发出的光中的很大一部分被废弃。其原因在于高压水银灯产生的红光与绿光和蓝光相比相对较少。因此，令人期望的是，采用来自一些其它光源的红光补充来自高压水银灯的光。将红光添加到高压水银灯的输出中可以有效增加投影图像中的红光数量，因此减少为实现期望的白场色坐标而需要废弃的蓝光和绿光的数量。结果，增大系统总效率。

上述用于组合来自不同光发生器的不同方法可以用于组合来自一个或多个 LED 的红光与来自放电灯的光。来自红色 LED 的光的标准化光谱的例子如图 8 中曲线 804 所示，其中心在大约 650nm 处。

在图 9 中示意性显示使用来自放电灯 902a 和 LED 基光源 902b 的组合光的光源 900 的一个实施例。光源 900 使用由棱镜 908 和 910 形成的棱镜对 904，上述两棱镜之间具有气隙 912，从而按照与图 2 所示相似的方式组合来自放电灯 902a 和 LED 基光源 902b 的光。

反射器 906 设置有放电灯 902a，用于聚集来自灯 902a 的光 916 并且朝向积分器 922 例如隧道积分器的入射孔 924 引导光 916（以实

线显示)。光 916 透射穿过两个棱镜 908 和 910。LED 基光源 902b 使用一个或多个 LED 单元 918, 其中每个 LED 单元包括 LED 发射器和透镜(通常为半球透镜)。透镜可以包括通常与 LED 相关联的圆顶封装体。从 LED 发射器发出的光通过各个反射器 920 反射性聚集, 所述反射器 920 具有与围绕旋转轴线旋转的表面一致的反射表面。在美国专利申请 No. 10/701201 中更详细地描述了这一点, 其内容在此以引用的方式并入本文。

LED 基光源 902b 可以包括带有各自的反射器 920 的多于一个的 LED 单元 918。每个反射器 920 可以形成反射器体 921 的一部分。反射器体 921 可以形成为包含不同反射器 920 的整体。

所示实施例显示包括四个 LED 单元 918 的光源 902b。然而, 可以认识到, 特别是考虑到美国专利申请 No. 10/701201 中包含的教导, 可以使用不同数量的 LED 单元。例如, 光源 902b 可以包括六个、八个或十六个 LED 单元。然而, 应该注意到, 使用这些例子并不是想要限制光源 902b 中可以使用的 LED 单元的数量, 并且使用例子仅仅是为了举例说明。

来自 LED 基光源 902b 的光 926 (以虚线显示) 由反射器 920 引导到棱镜对 904。向棱镜对 904 传播的方向使得光 926 在棱镜 908 与气隙 912 之间的界面处基本上朝向积分器入射孔 924 全内反射。于是, 可以有效聚集来自一个或多个 LED 的光并且将所述光与来自弧光灯的光组合。

图 10 中示意性显示用于光源 1000 的另一种方法, 该方法在某些方面与结合图 7A 所述的实施例相似, 其中一个光束中的光在 LED 基光源中产生。光源 1000 包括弧光灯 1002a, 该弧光灯发出的光 1004 由反射器 1010 聚集并且引导到积分器 1008 的入射孔 1006。反射器 1010 可以为椭球形或非椭球形。

LED 基光源 1002b 包括一个或多个 LED 单元 1012, 所述 LED 单元的光由一个或多个反射器 1014 聚集和引导, LED 基光源 1002b 将光 1016 引导到旋转反射器 1018, 而旋转反射器 1018 使光 1016 转变方向进入积分器 1008 的入射孔 1006 中。于是, 来自灯 1002a 的光

1004 和来自 LED 单元 1012 的光 1016 照明入射孔 1006 的基本上不同的部分。

可以认识到，图 9 和图 10 中所示的不同光源布置可以用于组合来自 LED 单元的光与来自弧光灯的光。例如，可以将弧光灯 902a 设置为其光在棱镜对 904 内部反射，而将 LED 基光源 902b 设置为其光透射穿过棱镜对 904。另外，可以将弧光灯 1002a 设置为其光由旋转反射器 1018 转向为朝向积分器 1008，而将 LED 基光源 1002b 设置为其光直接透射到积分器 1008 中。

图 11 显示如下两个光谱之间的比较：其一为高压水银弧光灯产生的光的光谱（曲线 1102），其二为在水银灯产生的光中添加多个红色 LED 产生的光之后的复合光谱。曲线 1104 是给水银灯添加四个 LED 之后的计算光谱，而曲线 1106 和 1108 显示给水银灯分别添加八个和十六个 LED 之后的光谱。从图中可以看出，红色 LED 的使用大大增加了光谱红色区中的光量。因此，为了实现期望的色平衡，只需要废弃更少的绿光和蓝光，并且灯所发出的光的使用效率更高。在表 2 中进一步显示了这一点，该表列出了每个 LED 部件的总聚光效率并且还列出了与单独的水银灯（100%）相比添加光源的发光效率。相对于单个 LED 发出的全部光将 LED 部件的聚光效率标准化。于是，当给水银灯添加四个 LED 时，符合 SMPTE RP 145-1999 标准的白光的总亮度比单独使用水银灯时高 14%。

表 2 添加不同数量 LED 的光源的白光效率的比较

LED 单元的数量	单元聚光效率	平衡白光的发光效率
0	n/a	100%
4	256%	114%
8	394%	120%
16	518%	124%

表 2 中列出的值是基于下面假设计算的。每个 LED 包括封装在具有 2.8mm 半径的 PMMA 半球透镜中的  $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$  平面发射区

域。假设每个 LED 是朗伯 (Lambertian) 发射器。来自 LED 的光在  $\pm 22^\circ$  的聚光立体角内被组合到  $6.4\text{mm} \times 12.8\text{mm}$  的矩形目标区域中。从表 2 中可以看出, 发光效率没有随着 LED 的数量线性增大。这是因为, 至少部分因为如下事实: 聚光区域具有有限的立体角并且每个 LED 具有关联的有限尺寸的反射器。因此, 随着 LED 数量增大, 通过将更多 LED 压入目标区域所对着的  $\pm 22^\circ$  的锥形内以实现相同的光增益就愈加困难。

不应该认为本发明只限于上述特定实例, 而是应该认为本发明包括如所附权利要求书中明确提出的本发明的所有方面。在评审本说明书时本发明所属领域的技术人员将很容易明白适用于本发明的各种修改、等同处理以及多种结构。权利要求书旨在包括这些修改和设计。

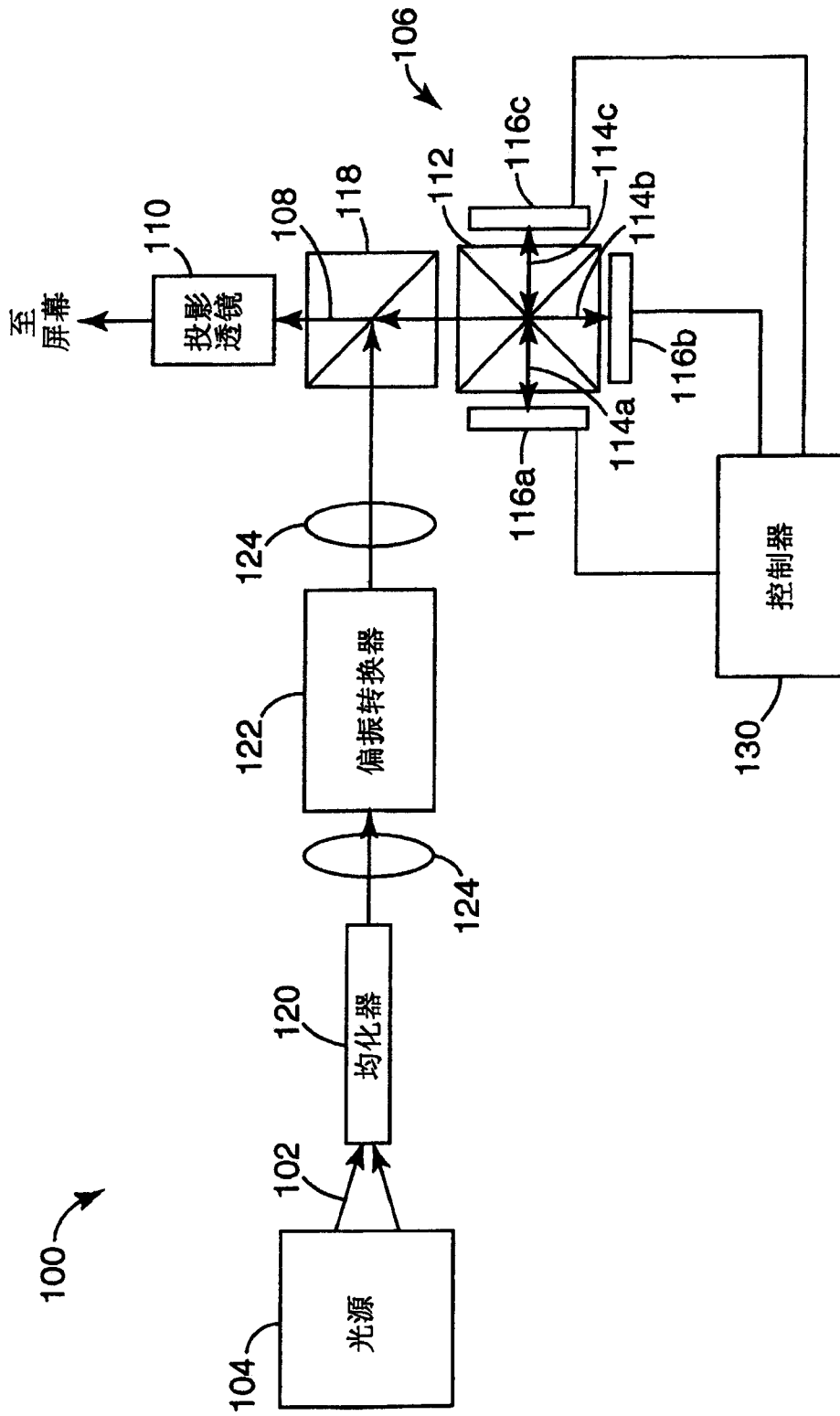


图 1

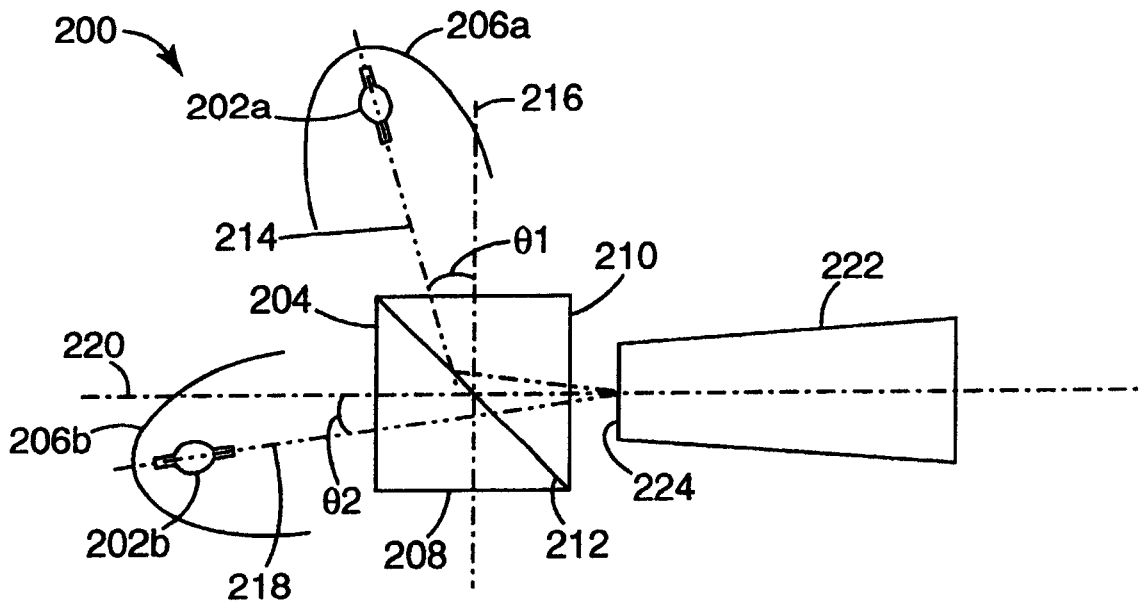


图 2

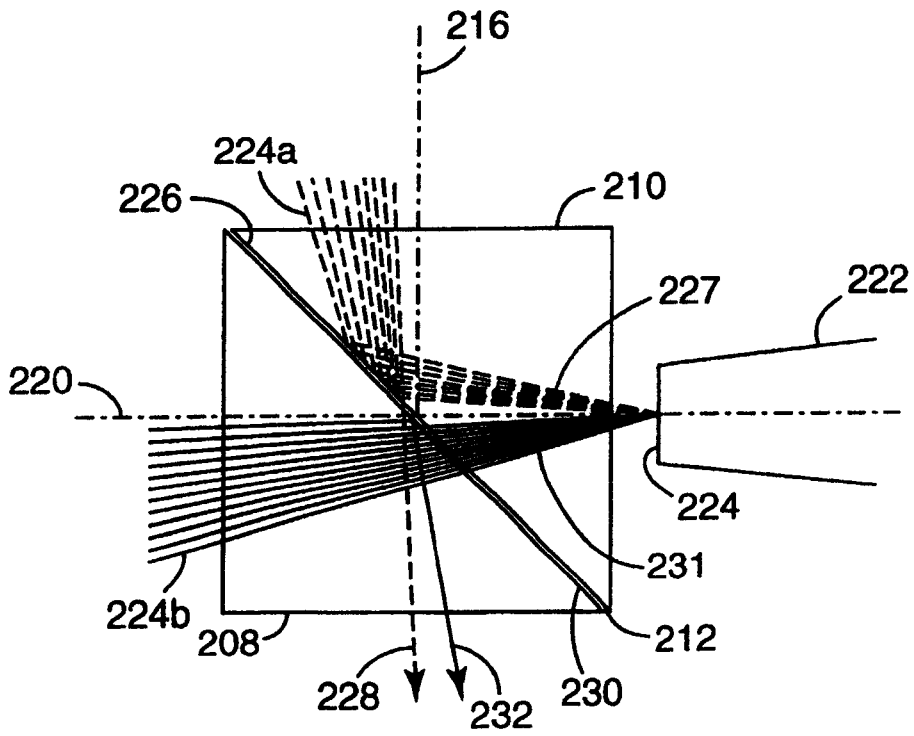


图 3



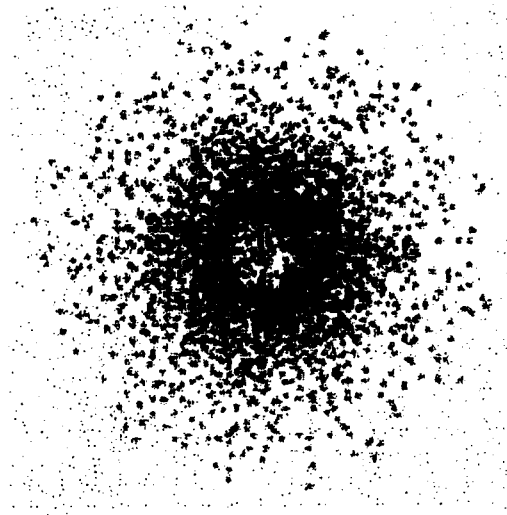


图 4A

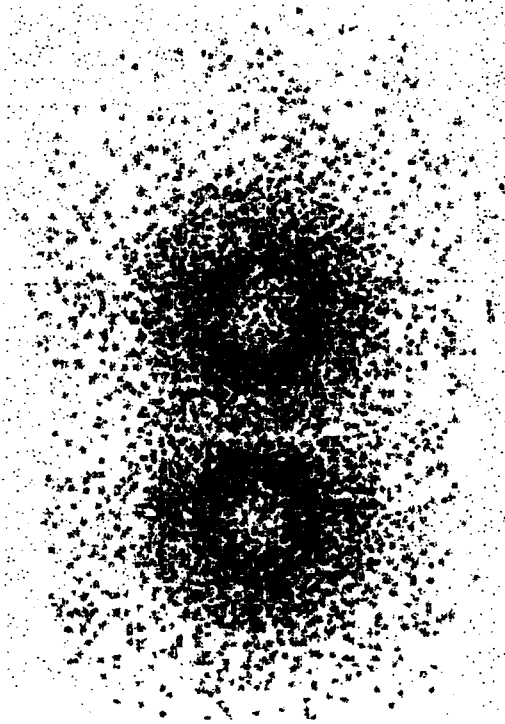


图 4B

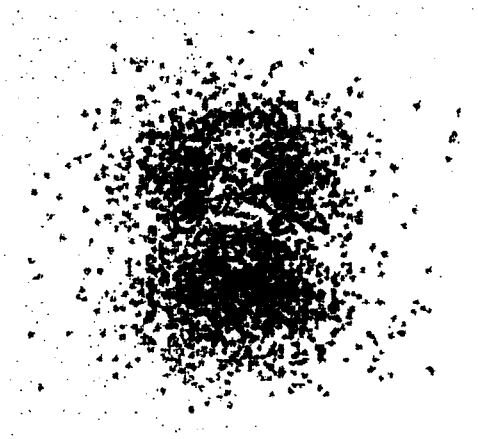


图 4C

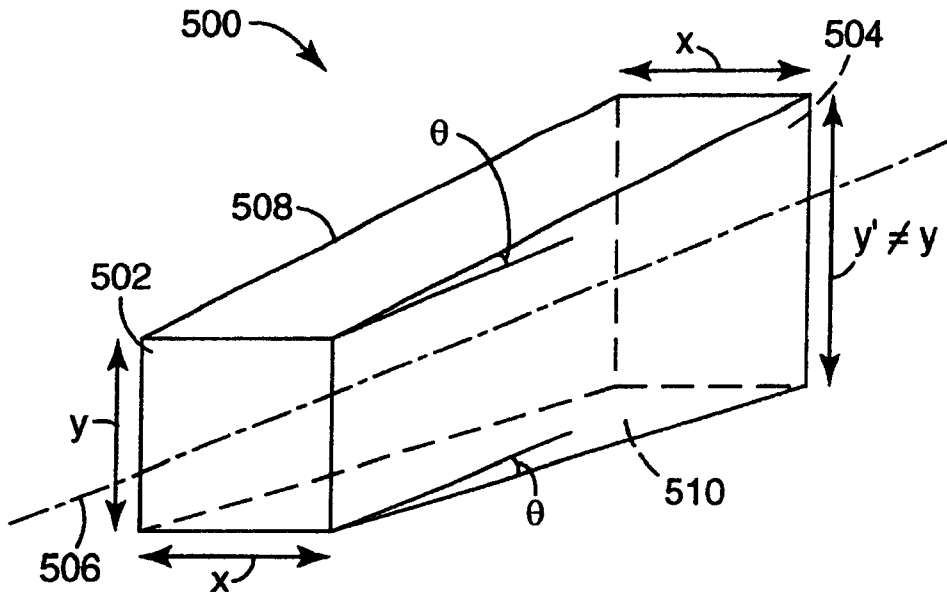


图 5

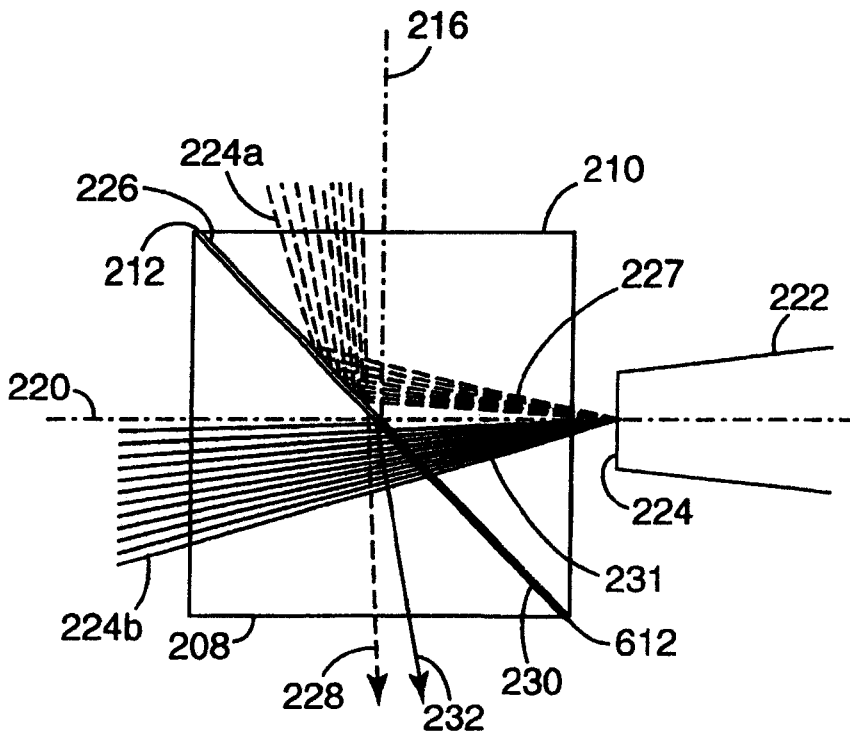


图 6

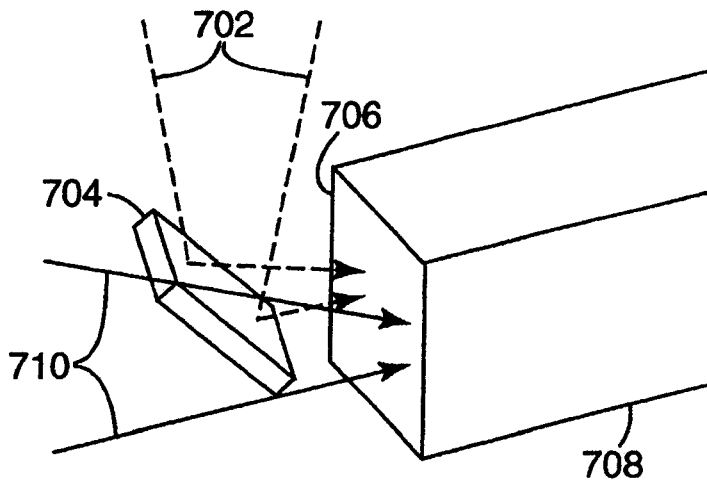


图 7A

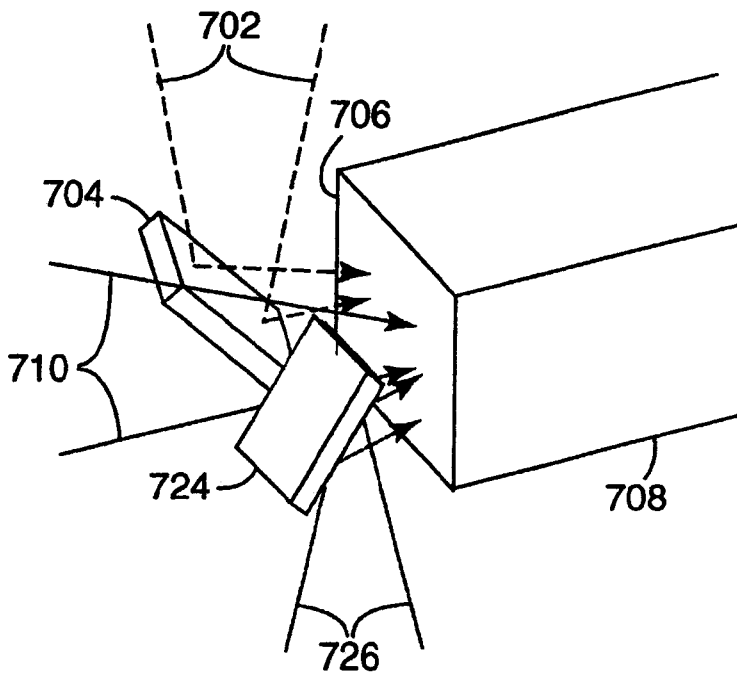


图 7B

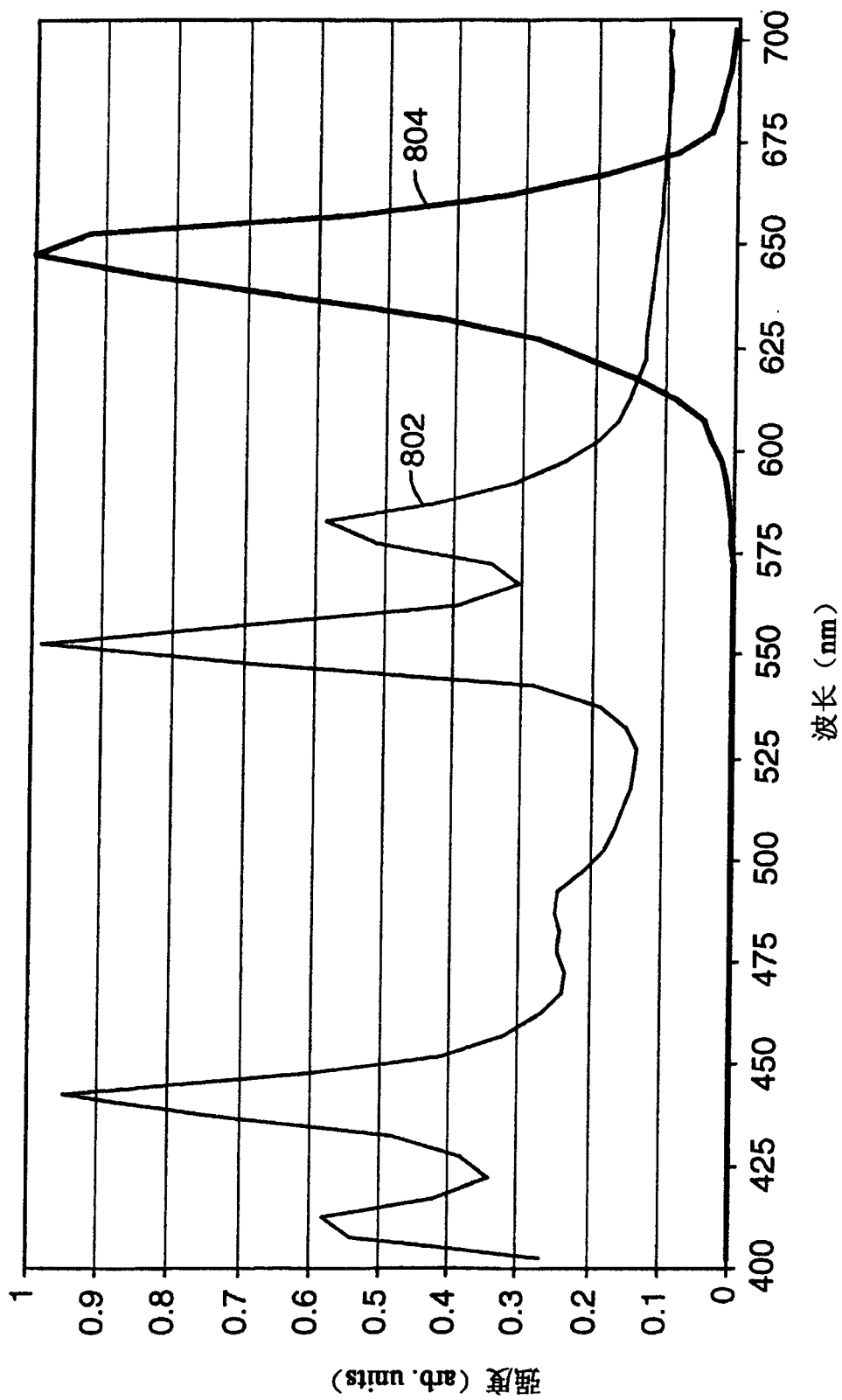


图 8

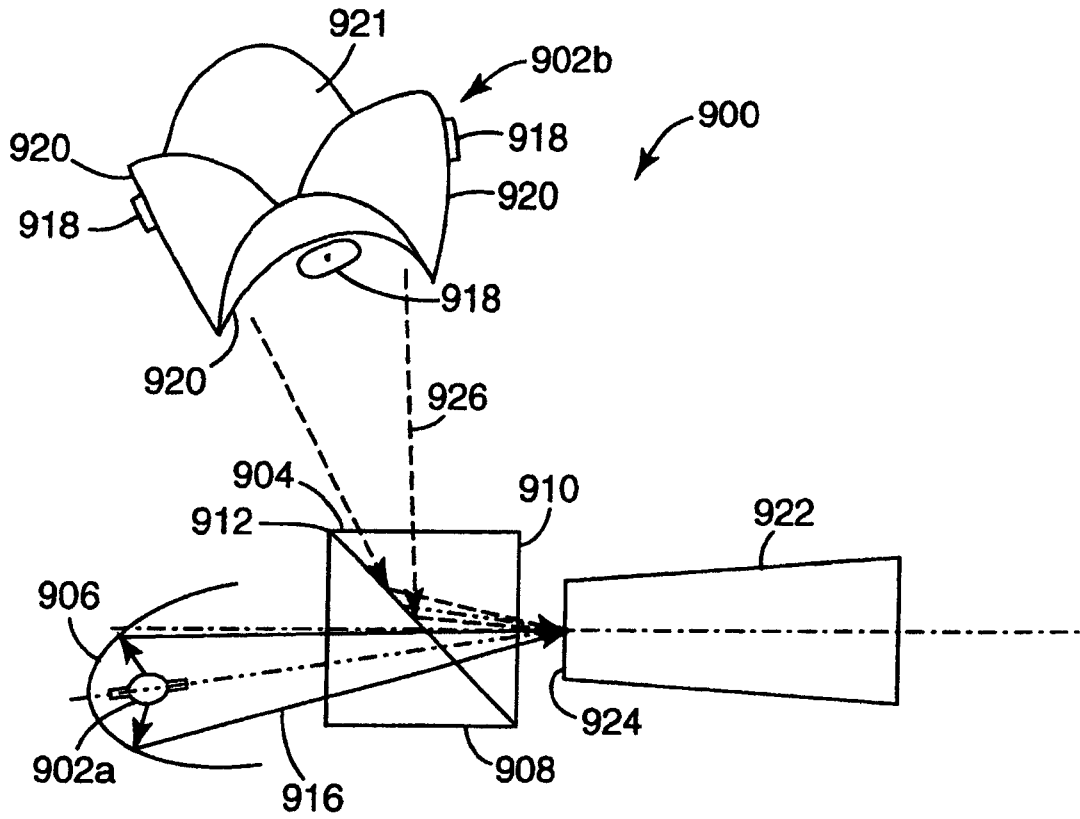


图 9

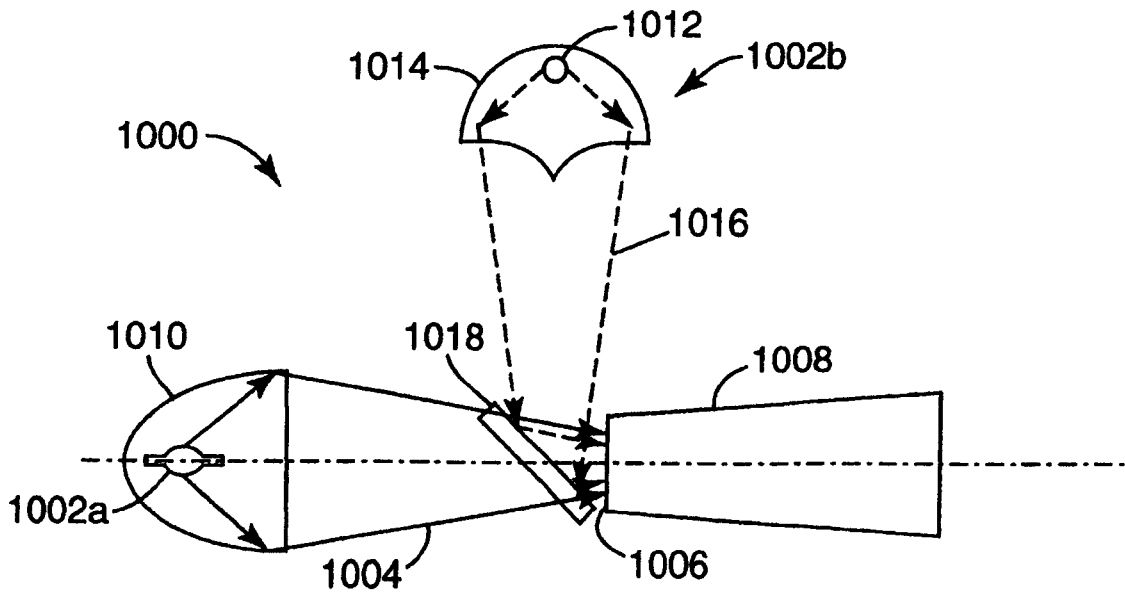


图 10

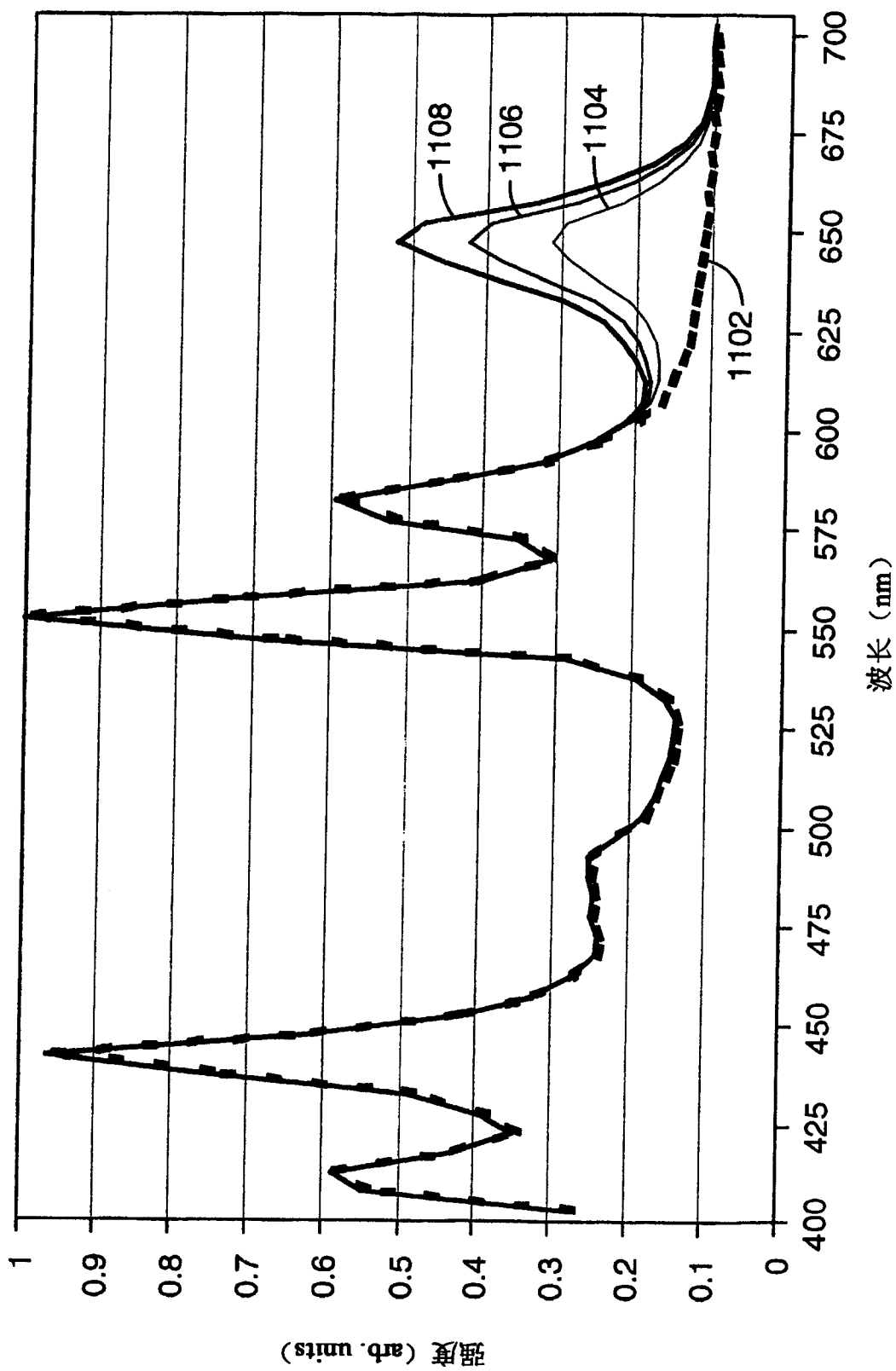


图 11