

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03153178.4

[51] Int. Cl.

G02B 27/02 (2006.01)

G02B 26/10 (2006.01)

G02B 17/08 (2006.01)

G02B 27/22 (2006.01)

G02B 5/02 (2006.01)

H04N 1/113 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100399104C

[22] 申请日 2003.8.8 [21] 申请号 03153178.4

[30] 优先权

[32] 2002.8.9 [33] JP [31] 232531/2002

[32] 2002.10.1 [33] JP [31] 288404/2002

[32] 2003.2.14 [33] JP [31] 036619/2003

[73] 专利权人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 研野孝吉 森田和雄

[56] 参考文献

JP9258642A 1997.10.3

JP6230738A 1994.8.19

JP2002196117A 2002.7.10

JP9073132A 1997.3.18

审查员 陈亚娟

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李 辉

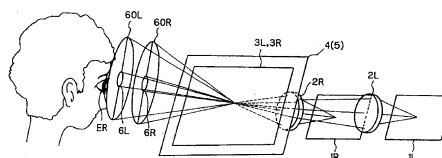
权利要求书 4 页 说明书 65 页 附图 60 页

[54] 发明名称

投影观察装置

[57] 摘要

本发明提供一种投影观察装置，该投影观察装置可以同时至少两个随观察方向不同而不同的影像可观察地显示在一个显示面上，并且结构简单、照明效率高。该投影观察装置具有：显示器件 1L、1R，其用于显示影像；投影光学系统 2L、2R，其用于对显示在显示器件 1L、1R 上的影像 3L、3R 进行扩大投影；扩散板 5，其配置于由投影光学系统 2L、2R 所投影的像的近旁；目镜光学系统 4，其将投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳投影到观察者的眼球位置 EL、ER。扩散板 5 的按光强度为 1/2 峰值时的全宽计算的扩散角小于等于 20°。



1. 一种投影观察装置，具有：

显示器件；

投影光学系统，其用于对显示于所述显示器件的影像进行扩大投影；

扩散板，具有在 1/2 峰值的全宽下小于等于 20° 的扩散角，并配置在由所述投影光学系统所投影的像的近旁；

目镜光学系统，其将所述投影光学系统的射出光瞳投影到观察者一侧。

2. 如权利要求 1 所述的投影观察装置，其特征在于，

所述扩散板的按光强度为 1/10 峰值时的全宽计算的扩散角小于等于 40° 。

3. 如权利要求 1 所述的投影观察装置，其特征在于，

所述扩散板的表面粗糙度满足下列条件：

$$5 < (S_m / R_a) < 1000 \quad \dots (1)$$

其中， S_m 是 JIS B0601 所规定的表面凹凸的平均间隔 (μm)， R_a 是表面的中心线的平均粗度 (μm)。

4. 如权利要求 3 所述的投影观察装置，其特征在于，

满足下列条件：

1 次透过型扩散板：

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (2)$$

2 次透过型扩散板：

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (3)$$

表面反射型扩散板：

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (4)$$

背面反射型扩散板：

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (5)$$

其中， S_m 是 JIS B0601 所规定的表面凹凸的平均距离 (μm)， R_a 是表面的中心线的平均粗度 (μm)， E_p 是从扩散板的扩散面到观察者的眼

睛的距离 (mm)。

5. 如权利要求 3 所述的投影观察装置, 其特征在于,
满足下列条件:

$$S_m < 200 \mu m \quad \dots (6)$$

6. 如权利要求 1 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述目镜光学系统由菲涅尔透镜构成。

7. 如权利要求 1 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述目镜光学系统由反射面构成。

8. 如权利要求 7 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述目镜光学系统由菲涅尔反射镜构成。

9. 如权利要求 7 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述目镜光学系统由菲涅尔背面反射镜构成。

10. 如权利要求 6 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述扩散面设置于所述目镜光学系统的至少一个面上。

11. 如权利要求 1 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述扩散板由透过型全息图构成,
目镜光学系统由与所述投影光学系统共用的凹面镜构成。

12. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
具有:

不是所述显示器件的另一显示器件;

不是所述投影光学系统的另一投影光学系统;

所述另一投影光学系统用于对显示在所述另一显示器件上的影像进行扩大投影。

13. 如权利要求 12 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述扩散板的按光强度为 1/2 峰值时的全宽计算的扩散角小于等于 8° 。

14. 如权利要求 12 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述扩散板的按光强度为 1/10 峰值时的全宽计算的扩散角小于等于 12° 。

15. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述凹面镜由菲涅尔凹面反射镜构成。

16. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
从所述投影光学系统到装置的射出光瞳的光线 2 次透过所述扩散板,

配置所述投影光学系统和所述扩散板, 使得第 1 次透过所述扩散板的角度与第 2 次透过所述扩散板的角度不同。

17. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述扩散板的按光强度为 1/10 峰值时的全宽计算的扩散角小于等于 40° 。

18. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
其使来自所述投影光学系统的轴上主光线倾斜地入射到所述凹面镜。

19. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
射出所述扩散板的 0 次光不入射到所述投影观察装置的射出光瞳。

20. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
射出所述扩散板的 0 次光朝向所述投影观察装置的射出光瞳位置,
所述 0 次光入射到距离射出光瞳的中心大于等于光瞳直径的 1/2 的位置。

21. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述扩散板具有由衍射引起的曲折作用。

22. 如权利要求 21 所述的投影观察装置, 其特征在于,
满足下列条件:

$$\gamma > 1^\circ \quad \dots (7)$$

这里, γ 为由所述扩散板引起的 d 线的光轴的曲折角。

23. 如权利要求 21 所述的投影观察装置, 其特征在于,
满足下列条件:

$$\gamma < 45^\circ \quad \dots (8)$$

这里, γ 为由所述扩散板引起的 d 线的光轴的曲折角。

24. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
由所述扩散板所引起的波长 700nm 的光与波长 400nm 的光之间的光轴衍射角之差小于等于 18° 。

25. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
在所述投影观察装置的射出光瞳的位置, 波长 700nm 的光轴与波长 400nm 的光轴的入射位置之差小于等于所述射出光瞳的光瞳直径的 $1/2$ 。

26. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
满足下列条件:

$$0^\circ < \beta < 45^\circ \quad \dots (10)$$

这里, β 为入射到所述凹面镜的 d 线的光轴的入射角。

27. 如权利要求 26 所述的投影观察装置, 其特征在于,
所述投影光学系统具有校正梯形变形像的像失真的功能。

28. 如权利要求 11 所述的投影观察装置, 其特征在于,
满足下列条件:

$$0.01 < \gamma / \beta < 1000 \quad \dots (11)$$

这里, γ 为由所述透过型扩散板引起的 d 线的光轴的曲折角, β 为入射到所述凹面镜的 d 线的光轴的入射角。

29. 一种投影观察装置, 其特征在于,
具有:

扫描装置, 其用于使来自光源的光束偏转;

投影光学系统, 其用于将来自所述扫描装置的光线聚光到规定位置;

扩散板, 具有在 $1/2$ 峰值的全宽下小于等于 20° 的扩散角, 并配置在所述规定位置的近旁;

目镜光学系统, 其将所述投影光学系统的射出光瞳投影到观察者一侧。

30. 如权利要求 29 所述的投影观察装置, 其特征在于,

对由所述扫描装置形成的像进行变形显示, 以补偿由所述投影光学系统引起的像失真。

投影观察装置

发明领域

本发明涉及一种投影观察装置，特别涉及可以从不同方向观察投影（或形成）到规定位置的影像（映像）的投影观察装置。

背景技术

本发明涉及以下的背景技术：

专利文献 1：特开平 6-230738 号公报

专利文献 2：特开平 10-115878 号公报

专利文献 3：特开平 11-84291 号公报

专利文献 4：特开 2001-281583 号公报

专利文献 5：特开平 9-127312 号公报

专利文献 6：特开 2000-171618 号公报

专利文献 7：美国专利第 6, 124, 989 号说明书

专利文献 8：特开 2000-66105 号公报

专利文献 9：特开平 9-258642 号公报

在专利文献 1 中，公开了在同一显示屏上显示随观察方向不同而不同的图像的方法。其中使用了两面凸的显示屏。在专利文献 2 中，公开了显示立体影像的系统。其中使用了循环型显示屏和两个投影仪。本发明人在专利文献 3 中提出了通过两眼来观察图像的显示装置。其中将两个偏转镜和偏心棱镜组合起来。在专利文献 4 中，提出了构成小型光扫描装置的方法，其中把单一 2 维扫描反射镜和偏心棱镜组合起来使用。

但是，使用两面凸的显示屏的方法时，必须使两个两面凸的显示屏的位置严格对准。此外，由于两台投影仪的光不能高效地朝向观察者，因此，为获得明亮的观察影像，必须使用亮度非常高的光源。

而使用利用循环型显示屏的方法时，光线会聚在投影仪（投影光学系统）的射出光瞳位置上。因此，不能观察到效率高的明亮的观察影像。

此外，关于影像显示装置，有在一个显示面上显示随观察角度不同而不同的影像的技术。作为其例子，有双凸透镜片和视差屏方式等。但是，这些技术不能实现在不降低分辨率的情况下，观察到明亮的观察影像。

发明内容

本发明就是鉴于现有技术的这些问题点而作出的。其目的在于提供一种投影观察装置。该装置可以同时从不同方向观察投影到规定位置的影像或者形成于规定位置的影像。本发明还提供结构简单、照明效率高的投影观察装置。

为达到上述目的的本发明的第1投影观察装置的特征在于，
具有：

显示器件，其用于显示影像；

投影光学系统，其用于对显示于所述显示器件的影像进行扩大投影；

扩散板，其配置在由所述投影光学系统所投影的像的近旁；

目镜光学系统，其将所述投影光学系统的射出光瞳投影到观察者一侧；

所述扩散板的按光强度为 $1/2$ 峰值时的全宽（下面有时简称为“半峰值全宽”，其中全宽是指角度的宽度，单位为“度”）计算的扩散角小于等于 20° 。

本发明的第2投影观察装置的特征在于，

具有：

扫描装置，其用于使来自光源的光束偏转；

投影光学系统，其用于将来自所述扫描装置的光线聚光到规定位置；

扩散板，其配置在所述规定位置的近旁；

目镜光学系统，其将所述投影光学系统的射出光瞳投影到观察者一侧。

所述扩散板的按光强度为 $1/2$ 峰值时的全宽计算的扩散角小于等于 20° 。

本发明的第 3 投影观察装置的特征在于，

具有：

至少两个扫描装置，其用于使来自光源的光束偏转；

至少两个投影光学系统，其用于将来自所述各扫描装置的光聚光到规定位置；

扩散板，其配置在所述规定位置的近旁；

共用目镜光学系统，其将所述投影光学系统各自的射出光瞳投影到观察者一侧，

配置所述投影光学系统，使得所述投影光学系统的任意一个光轴与所述目镜光学系统交叉，

在交点上的所述目镜光学系统的垂线与该光轴之间的夹角大于等于 10° 。

附图说明

图 1 是本发明的第 1 投影观察装置的光学系统的概念图。

图 2 是本发明的第 2 投影观察装置的光学系统的概念图。

图 3 是用于计算本发明中的透过型扩散板的算术平均粗度 R_a 和凹凸的平均间隔 S_m 之间的关系的图。

图 4 表示透过型扩散板的扩散面上的入射角与折射角的关系。

图 5 是用于计算本发明中的反射型扩散板的算术平均粗度 R_a 和凹凸的平均间隔 S_m 之间的关系的图。

图 6 表示反射型扩散板的扩散面上的入射角与反射角的关系。

图 7 表示本发明的扩散板的 S_m/R_a 与扩散半角之间的关系。

图 8 表示本发明的第 3 投影观察装置的光学系统的概念图。

图 9 是用于说明 2 维偏心配置投影光学系统的情况下的投影光学系统的光轴与目镜光学系统的垂线的夹角的图。

图 10 是 3 维偏心配置投影光学系统的情况下的与图 9 相同的图。

图 11 是旋转对称的透镜系统与偏心棱镜组合起来构成投影光学系统的情况下的光学系统的示意图。

图 12 表示根据本发明构成的投影观察装置的光学系统的概念图和投影观察装置的配置例。

图 13 是第一次通过时曲折的透过型全息图构成的扩散板和目镜光学系统的凹面镜的组的光路图。

图 14 是第二次通过时曲折的透过型全息图构成的扩散板和目镜光学系统的凹面镜的组的光路图。

图 15 是在目镜光学系统的凹面镜偏心的情况下的第一次通过时曲折的透过型全息图构成的扩散板和目镜光学系统的凹面镜的组的光路图。

图 16 是包含本发明的实施例 1 的目镜光学系统的光轴的光路图。

图 17 是包含本发明的实施例 2 的目镜光学系统的光轴的光路图。

图 18 是包含本发明的实施例 3 的目镜光学系统的光轴的光路图。

图 19 是从本发明的实施例 4 的光学系统的光源到扫描面的整体的 Y-Z 剖面内的光路图。

图 20 是图 19 的主要部分的 Y-Z 剖面内的光路图。

图 21 是从本发明的实施例 5 的光学系统的光源到扫描面的整体的 Y-Z 剖面内的光路图。

图 22 是图 21 的主要部分的 Y-Z 剖面内的光路图。

图 23 是本发明的实施例 6 的 Y-Z 剖面内的光路图。

图 24 表示本发明的实施例 6 的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图 25 表示本发明的实施例 6 的射出光瞳位置的 RGB 射出光瞳像的重叠状态和 0 次光及表面反射光的入射位置。

图 26 是本发明的实施例 7 的 Y-Z 剖面内的光路图。

图 27 表示本发明的实施例 7 的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图 28 表示本发明的实施例 7 的射出光瞳位置的 RGB 射出光瞳像的重

叠状态和0次光及表面反射光的入射位置。

图29是本发明的实施例8的Y-Z剖面内的光路图。

图30表示本发明的实施例8的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图31表示本发明的实施例8的射出光瞳位置的RGB射出光瞳像的重叠状态和0次光及表面反射光的入射位置。

图32是本发明的实施例9的Y-Z剖面内的光路图。

图33表示本发明的实施例9的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图34表示本发明的实施例9的射出光瞳位置的RGB射出光瞳像的重叠状态和0次光及表面反射光的入射位置。

图35是本发明的实施例10的Y-Z剖面内的光路图。

图36表示本发明的实施例10的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图37表示本发明的实施例10的射出光瞳位置的RGB射出光瞳像的重叠状态和0次光及表面反射光的入射位置。

图38是本发明的实施例11的Y-Z剖面内的光路图。

图39表示本发明的实施例11的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图40表示本发明的实施例11的射出光瞳位置的RGB射出光瞳像的重叠状态和0次光及表面反射光的入射位置。

图41是本发明的实施例12的Y-Z剖面内的光路图。

图42表示本发明的实施例12的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图43表示本发明的实施例12的射出光瞳位置的RGB射出光瞳像的重叠状态和0次光及表面反射光的入射位置。

图44是本发明的实施例13的Y-Z剖面内的光路图。

图45表示本发明的实施例13的用作扩散板的透过型全息图的摄影配置。

图 46 表示本发明的实施例 13 的射出光瞳位置的 RGB 射出光瞳像的重叠状态和 0 次光及表面反射光的入射位置。

图 47 表示将图 1 所示结构的投影观察装置作为立体观察装置时的一个示例图。

图 48 是表示图 47 的立体观察装置对观察用光瞳进行扩大的原理的说明图。

图 49 是本发明的立体观察装置的一个实施例的示意图。

图 50 是本发明的立体观察装置的另一个实施例的示意说明图

图 51 是把图 50 的实施例更加具体化的示例的侧视图。

图 52 是图 51 的实施例的变形例的从侧方看到的概略结构图，

图 53 表示可应用于本发明的反射型立体观察装置的反射型显示板的一个实施例。

图 54 表示可应用于本发明的反射型立体观察装置的反射型显示板的另一实施例。

图 55 是可应用于本发明的反射型立体观察装置的反射型显示板的另一实施例的从侧方看到的概略结构图。

图 56 是可应用于本发明的反射型立体观察装置的反射型显示板的另一实施例的从侧方看到的概略结构图。

图 57 是应用了本发明的立体观察系统的产品的 1 个实施例的示意说明图。

图 58 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意说明图。

图 59 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意说明图。

图 60 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意说明图。

图 61 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意说明图。

图 62 是应用了本发明的投影观察装置的手术用立体观察系统的 1 个

实施例的说明图。

图 63 是表示将本发明的投影观察装置构成为双筒体视显微镜时的外观的斜视图。

图 64 是加入光学系统的透视图。

图 65 是将本发明的投影观察装置应用于移动电话时的斜视图。

图 66 是将本发明的投影观察装置应用于移动电话的其它情况的斜视图。

图 67 是用于说明本发明中用于防止用作目镜光学系统的菲涅尔透镜的重影光的结构的例子的图。

图 68 是用于说明将图 67 所示的菲涅尔透镜成型的模具的制作方法的图。

具体实施方式

下面，对本发明采用上述结构的原因及其作用加以说明。

图 1 表示本发明的第 1 投影观察装置的光学系统的概念图。本发明的投影观察装置具有显示器件 1、投影光学系统 2、扩散板 5、目镜光学系统 4。显示器件 1 用于显示影像。投影光学系统 2 用于对显示在显示器件 1 上的影像进行扩大投影。所投影的影像 3 被投影到规定的第 1 位置。扩散板 5 配置在由上述投影光学系统 2 所投影的影像 3 的近旁、亦即配置在规定的第 1 位置的近旁。目镜光学系统 4 将投影光学系统 2 的射出光瞳投影到规定的第 2 位置。在观察时，该规定的第 2 位置是与观察者的眼球 E 一致的位置。并且，规定的第 2 位置也可以不与观察者的眼球 E 的位置严格一致。因此，也可以多少有些偏差。

图 1 所示的投影观察装置中，在一个显示面（投影面）上同时显示了左右眼 EL、ER 用的影像，但是，也可以只显示其中一只眼用的影像。

在图 1 的情况下，为了显示左右眼用的影像，配置有两个显示器件 1L、1R。在这两个显示器件 1L、1R 上可以显示彼此相同的影像或不同的影像。此外，作为相同影像，既可以是具有左右视差的影像，也可以是不具有左右视差的影像。进而，与两个显示器件 1L、1R 相对应，配置有两

个投影光学系统 2L、2R。因此，显示在显示器件 1L 上的影像由投影光学系统 2L 投影到规定的第 1 位置。显示在显示器件 1R 上的影像由投影光学系统 2R 投影到规定的第 1 位置。

该规定的第 1 位置是公共的显示面（投影面）。这里配置有单一的目镜光学系统 4。因此，对两个显示器件 1L、1R、两个投影光学系统 2L、2R 以及所投影的影像 3L、3R 来说，目镜光学系统 4 是公共的光学系统。

如图 1 所示，由两个投影光学系统 2L、2R 所投影的影像 3L、3R（以下称为投影像 3L、3R）以完全重叠的状态投影到目镜光学系统 4 的近旁。按照此结构，即使目镜光学系统 4 很小，也可以将各种影像显示在小显示面上。这里，所谓各种影像是指左右不同的影像、左右相同的影像或左右影像虽然相同但却具有视差的影像。并且，即使投影像 3L、3R 的重叠程度多少错开一点也没有关系。

该目镜光学系统 4 将投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳投影到观察者一侧。在图 1 中，用 6L、6R 来表示被投影的投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳（下面称为射出光瞳像）。观察者的眼球 EL、ER 位于该射出光瞳像 6L、6R 的位置。因此，其结果是目镜光学系统 4 将投影光学系统 2L、2R 各自的射出光瞳投影到观察者眼球 EL、ER 的近旁。通过设置这样的目镜光学系统 4，可以将从投影光学系统 2L、2R 射出的投影光线高效地集中到观察者眼球 EL、ER。其结果，当照明显示器件 1L、1R 时，即使采用低输出的光源，也可以观察到明亮的观察像。

而且，本发明中，在投影像 3L、3R 的近旁配置有公共的单一扩散板 5。并且使该扩散板 5 具有规定的扩散特性。由此，如图 1 所示，即使在射出光瞳像 6L、6R 的光瞳直径很小时，也可以将其扩大为射出光瞳像 60L、60R。此时，通过适当地设定扩大率，可以得到具有易于观察的大小的射出光瞳像 60L、60R。其结果，即使观察者眼球 EL、ER 的位置多少偏离射出光瞳像 6L、6R 的位置，也可以将投影像 3L、3R 作为观察像来进行观察。亦即，可以提供易于观察的投影观察装置。

并且，目镜光学系统 4 和扩散板 5 都配置在由投影光学系统 2L、2R 所投影的投影像 3L、3R（规定的第 1 位置）的近旁。因此，也可以在目

镜光学系统 4 的至少一个面上一体地设置起到扩散作用的扩散面以作为扩散板 5。或者,也可以分体形成扩散板 5 与目镜光学系统 4。

这里,扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角最好是小于等于 20° 。当扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角超过了 20° 时,扩散角就会变得过大。在这样的情况下,虽然观察视野扩大了,但观察像的亮度变暗。因此,照明观察物体的照明装置体积变大。如图 1 所示,当用两眼 EL、ER 来观察左右相同的观察像时,如上所述,按半峰值全宽计算的扩散角最好小于等于 20° 。当扩散角大于该值时,观察像就会变暗。

而且,扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角最好大于等于 10° ,这样,就可以用两眼 EL、ER 来进行观察,从而构成容易观察的投影观察装置。

图 2 表示本发明的第 2 投影观察装置的光学系统的概念图。该投影观察装置也在一个显示面上同时显示了左右眼 EL、ER 用的投影像 3L、3R。但是,也可以只显示任意一只眼用的影像。

在图 2 的情况下,准备有用于左右眼的两个光源 7L、7R。来自这些光源 7L、7R 的光束入射到左右扫描装置 8L、8R 后被偏转。被偏转的光束入射到投影光学系统 9L、9R,聚光到规定的第 1 位置。在该聚光位置,根据扫描图案形成投影像 3L、3R。在此情况下,投影像 3L、3R 既可以是左右不同的影像,也可以是左右相同的影像,或虽然左右相同但具有视差的影像。投影像 3L、3R 最好是完全重合,但也可以多少有些偏差。并且,在投影像 3L、3R 的近旁配置有目镜光学系统 4。

扫描装置 8L、8R 对来自光源的光束进行 2 维偏转。这里,作为扫描装置 8L、8R,可以采用专利文献 4 或专利文献 3 所示的结构。例如,有如专利文献 4 所示的单一 2 维扫描反射镜,亦即万向结构的扫描反射镜、或者如专利文献 3 所提出的将光束偏转到相互正交方向的两个偏转镜的组合等。

图 2 的结构中,目镜光学系统 4 也将投影光学系统 9L、9R 的射出光瞳投影到观察者一侧。用 6L、6R 来表示被投影的投影光学系统 9L、9R 的射出光瞳,亦即射出光瞳像。观察者眼球 EL、ER 位于该射出光瞳像 6L、

6R 的位置。其结果是目镜光学系统 4 将投影光学系统 9L、9R 各自的射出光瞳投影到观察者眼球 EL、ER 的近旁。通过设置这样的目镜光学系统 4，在图 2 的结构中，也可以使从扫描装置 8L、8R 射出的投影光线高效地聚光到观察者眼球 EL、ER。其结果是即使采用低输出的光源 7L、7R，也可以观察到明亮的观察像。

而且，本发明也在投影像 3L、3R 的近旁配置有公共的单一扩散板 5。并使该扩散板 5 具有规定的扩散特性。从而，如图 2 所示，即使在射出光瞳像 6L、6R 的光瞳直径很小时，也可以将其扩大为射出光瞳像 60L、60R。此时，通过适当地设定扩大率，可以得到具有易于观察的大小的射出光瞳像 60L、60R。其结果是，即使观察者眼球 EL、ER 的位置多少偏离射出光瞳像 6L、6R 的位置，也可以将投影像 3L、3R 作为观察像来进行观察。亦即，可以提供易于观察的投影观察装置。

并且，目镜光学系统 4 和扩散板 5 都配置在由扫描装置 8L、8R 形成的投影像 3L、3R 的近旁。因此，也可以在目镜光学系统 4 的至少一个面上一体地设置起到扩散作用的扩散面，将其作为扩散板 5。或者，也可以分体形成扩散板 5 与目镜光学系统 4。

这里，扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角最好是小于等于 20° 。当扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角超过了 20° 时，扩散角就变得过大。在这样的情况下，虽然观察视野被扩大，但观察像的亮度变暗。因此，照明观察物体的照明装置的体积变大。如图 2 所示，当用两眼 EL、ER 观察左右相同的观察像时，如上所述的按半峰值全宽计算的扩散角最好不超过 20° 。扩散角超过此值时，观察像会变暗。

而且，扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角最好大于等于 10° ，这样，就可以用两眼 EL、ER 来观察，构成容易观察的投影观察装置。

此外，按照图 1、图 2 的配置，假设作为左右投影像 3L、3R，观察到两眼具有视差的影像。在此情况下，由于用左右眼观察的影像不同，当扩散角大时，就会引起串扰。因此，不能识别为立体像，而是观察到重影。因此，扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角最好小于等于 8° 。

此外，扩散板 5 的按光强度为 1/10 峰值时的全宽（下面有时简称为

“1/10 峰值全宽”) 计算的扩散角最好不超过 12° 。因为至少扩散到 12° 以上的光线不会到达观察者, 所以满足上述条件可以有效利用照明光。并且, 最好是具有扩散光强度从半峰值全宽开始急剧降低的特性。

其次, 对为得到如上所述的扩散角的扩散板 5 的表面粗糙度进行说明。

图 3 是扩散板 5 为透过型的情况。假设在到透过型扩散板 5 的距离为 40cm 的位置, 把光线扩大到 $\phi 63\text{mm}$ 。则光线的扩散角必须具有按半角为 4.5° 的扩散角。当在扩散板 5 表面的微细凹凸上使光线折射时, 假定该凹凸的形状为正弦 (sin) 波形状, 扩散面的折射率为 1.5。那么, 如图 4 所示, 假设入射角为 θ , 曲折角为 θ' , 根据 $\theta' - \theta = 4.5^\circ$ 和斯奈尔 (折射定律) 公式可知, 入射角 θ 必须具有约 8.86° 的倾斜。亦即, 表面粗糙的倾斜角的最大值必须为 8.86° 。

这里, 由于假定面的形状为平滑的 sin 波形状, 该形状可表示为:

$$y = a \times \sin(2\pi x/T)$$

这里, a 表示振幅、 T 表示周期。因而, 其斜率为:

$$(\text{斜率}) = dy/dx = a \times \cos(2\pi x/T) \times 2\pi/T$$

由于 $x = 2\pi m$ (m 为整数) 时斜率最大, 因此:

$$(\text{斜率最大值}) = a \times 2\pi/T$$

只要求出 8.86° 时的 a/T 即可。

$$(\text{斜率最大值}) = a/T \times 2\pi = 8.86/180 \times \pi = 0.154$$

从该式来求 a/T , 则:

$$a/T = 0.0246$$

这里根据 JIS B0601, 粗糙度算术平均值 Ra 与 a 的关系在形状为正弦波的情况下为:

$$Ra/\sqrt{2} = a$$

而且, 凹凸的平均间隔 S_m 与上述周期 T 的关系为:

$$S_m = T$$

因此, 关于表面粗糙度, 得到以下结果:

$$S_m = 28.7 Ra$$

在此情况下，扩散面的最大倾角为 8.83° ，当折射率为 1.5 时，可以得到光线的扩散半角为 4.5° ，扩散全角为 9° 的扩散板。

其次，图 5 是扩散板 5 为反射型的情况。假设在到反射型扩散板 5 的距离为 40cm 的位置，把光线扩大到 $\phi 63\text{mm}$ 。则光线的扩散角就必须具有半角为 4.5° 的扩散角。当在扩散板 5 表面的微细凹凸上使光线反射时，假定该凹凸的形状为 sin 波形状。在此情况下，如图 6 所示，假设入射角、反射角为 θ ，由于 $2\theta = 4.5^\circ$ ，由此可知，入射角 θ 必须具有 4.5° 的一半、即约 2.25° 的倾斜角。亦即，表面粗糙的倾斜角的最大值必须为 2.25° 。这里，由于假定该面的形状是平滑的 sin 波形状，该形状可表示为：

$$y = a \times \sin(2\pi x/T)$$

因而，该斜率为：

$$(\text{斜率}) = dy/dx = a \times \cos(2\pi x/T) \times 2\pi/T$$

由于 $x = 2\pi m$ (m 为整数) 时斜率最大，因此：

$$(\text{斜率最大值}) = a \times 2\pi/T$$

只要求出 2.25° 时的 a/T 即可。

$$(\text{斜率最大值}) = a/T \times 2\pi = 2.25/180 \times \pi = 0.03927$$

从该式来求 a/T ，则：

$$a/T = 0.00625$$

这里根据 JIS B0601，粗糙度算术平均值 Ra 与 a 的关系，在形状为正弦波时为：

$$Ra/\sqrt{2} = a$$

而且，凹凸的平均间隔 S_m 与上述周期 T 的关系为：

$$S_m = T$$

因此，关于粗糙表面，得到以下结果：

$$S_m = 113.14 Ra$$

这种情况下，扩散面的最大倾角为 2.25° ，可以得到通过反射扩散半角为 4.5° ，扩散全角为 9° 的反射型扩散板。

也可以对 2 次透过型扩散板、背面镜型扩散板进行研究。在此情况

下, S_m/R_a 与扩散半角的关系如图 7 所示。这里, 假设扩散面的凹凸面能够近似为 $\sin$ 波形状。

从上述的讨论可以看出, 扩散板的表面粗糙度最好满足以下条件:

$$5 < (S_m / R_a) < 1000 \quad \dots (1)$$

该条件是使扩散板 5 具有理想的扩散特性而必须的条件。并且, 这里, 假设扩散特性是由表面的微细凹凸形状提供的特性。作为使光线扩散的方法, 利用扩散板 5 表面的微细凹凸形状时, 最好扩散特性很少依赖于波长。此外, 反射也只限于在扩散板 5 表面的菲涅尔 (Fresnel) 反射。因此, 与其它方法相比, 透过率降低少。而且, 通过进行 AR (防止反射) 涂覆等, 可以进一步提高透过率。

进而, 满足下列条件则更为理想:

$$10 < (S_m / R_a) < 500 \quad \dots (1-1)$$

此外, 本发明的扩散板 5 的扩散面也可以是满足下列条件的随机凹凸形状。从而, 以宽的射出光瞳直径, 得到没有闪烁感的清晰明亮的观察像。

扩散板最好满足下列条件:

1 次透过型扩散板:

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 70 \quad \dots (2)$$

2 次透过型扩散板:

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 80 \quad \dots (3)$$

表面反射型扩散板:

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 200 \quad \dots (4)$$

背面反射型扩散板:

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 250 \quad \dots (5)$$

这里, S_m 是 JIS B0601 所规定的表面凹凸的平均距离 (μm), R_a 是表面中心线的平均粗度 (μm), E_p 是从扩散面到观察者的眼的位置之间的距离 (: eye point 单位为 mm)。

当低于上述条件式 (2) ~ (5) 的下限时, 扩散角会变得过小, 因而很难获得大光瞳直径。而当超出上限时, 光线过分扩散, 因而观察像

变暗。

并且，当在目镜光学系统 4 中使用菲涅尔透镜时，最好是将扩散面的凹凸形状作成随机配置。若凹凸形状呈周期性的话，菲涅尔透镜的间距 (pitch) 和扩散面之间就会产生莫尔干涉条纹。而且，该莫尔干涉条纹重叠在观察像上。结果产生难看的影像。

最好对上述条件式 (2) ~ (5)，分别进一步作如下限定：

1 次透过型扩散板：

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 40 \quad \dots (2-1)$$

2 次透过型扩散板：

$$15 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 60 \quad \dots (3-1)$$

表面反射型扩散板：

$$70 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 150 \quad \dots (4-1)$$

背面反射型扩散板：

$$100 < (S_m / R_a) \times (E_p/400) < 200 \quad \dots (5-1)$$

而且，在扩散板的扩散面上，表面凹凸的平均间隔 S_m 可以满足条件 (6)。

$$S_m < 200 \mu m \quad \dots (6)$$

该条件 (6) 与观察画面的粗糙感有关。特别是在本发明的投影观察装置中，从投影光学系统 2、21、22 射出光束很细 (数值孔径 NA 很小) 的光线。然后，利用该很细的光束，在扩散板 4 的近旁形成投影像。此时， S_m 的大小对影像的粗糙感 (闪烁) 影响很大。因此，扩散面既满足条件 (2) ~ (5)，又满足条件 (6) 是很重要的。

对不满足该条件 (6) 的情况、亦即 S_m 大于等于 $200 \mu m$ 的情况进行说明。在此情况下，在很严重的时候，当观察者移动眼睛时，屏幕整体看起来像是在微微地眨眼。换句话说，看见了闪烁。此外，即使并未达到如此严重的地步，图像也会变得不清晰。这就好像将影像投影到例如毛玻璃上那样。其结果，不能观察到鲜明的影像。

进而，最好是满足以下条件：

$$S_m < 100 \mu m \quad \dots (6-1)$$

进而，最好满足以下条件：

$$S_m < 50 \mu m \quad \dots (6-2)$$

本发明人已在特願 2001-370950 中公开了满足上述条件的本发明的扩散板 5。其中公开了扩散板的制造方法。可以使用利用这种制造方法所制造的扩散板。可以用以下方法制造该扩散板：

(1) 喷砂制造法。在基板上喷涂粒径有限制的球形小珠。从而，在基板表面上形成凹面群、或者与该凹面群相似的凹面群、或者形成与这些凹面群互补的凸面群。由于这些凹面群随机配置，因此形成扩散面。从而制成扩散板。

(2) 在(1)的制造方法中，利用复制方法。在金属基板上喷涂球形小珠，形成随机配置的凹面群。利用该金属基板作为模型，将该随机配置的凹面群复制到透明基板上，从而制成扩散板。

(3) 在(1)的制造方法中，利用转印的方法。首先，在金属基板上形成加工层。在该金属基板（加工层）上喷涂球形小珠，形成随机配置的凹面群。继而，将形成于加工层上的随机配置的凹面群相似地转印到金属基板表面。然后，用该金属基板作为模型，将随机配置的凹面群复制到透明基板上。从而制成扩散板

(4) 在上述制造方法中，使用球形小珠的粒径为 0.01mm 至 2mm 的玻璃珠。

(5) 在上述制造方法中，喷涂球形小珠的空气压力为 $0.5 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ 。

(6) 在上述制造方法中，金属基板是黄铜。

(7) 在上述制造方法中，金属基板是比球形小珠硬度高的金属。

(8) 在上述制造方法中，当把形成于金属基板表面的凹面群复制到透明基板时，采用注射模塑成形或加压成形。

(9) 通过在基板上喷雾树脂液滴使其附着，形成随机配置的凸面群。继而，将随机配置的凸面群相似地转印到基板侧（基板表面）。或者，把与该凸面群互补的凹面群相似地转印到基板侧（基板表面），从而制成扩散板。

而且，可以使用在专利文献 5 中所述的扩散板。该扩散板是将透明基体的单面或两面粗糙化后制成的。作为将透明基体的单面或两面粗糙化的方法，有例如下述（1）～（4）的方法。

（1）蚀刻处理方法。该方法对透明基体的单面或双面进行蚀刻处理。

（2）采用涂覆或印刷的方法。该方法在树脂中加入填充剂，将其分为单层或多层设置在透明基体的单面或两面上。为实现此方法，使用涂覆或印刷。此外，根据需要，使用与水或有机溶剂一起分散的涂料或油墨。

（3）使用静电粉末涂料或粉末电镀涂料的方法。该方法中，将树脂或填充剂，或由它们的混合物组成的粉末设置在透明基板的单面或两面上。为实现此方法，使用静电粉末涂料或粉末电镀涂料。

（4）通过加压成形或注射模塑成形等薄膜化成形的方法。该方法是通过加热和加压使有机或无机的填充剂与树脂一起熔化。进而，将该熔化物通过加压成形或注射模塑成形等使其薄膜化并成形。在此情况下，该扩散板的 HAZE 值（JISK7105）最好是在 10～40 的范围内。

此外，也可以使用按专利文献 6 制造的扩散板。制造该扩散板的方法包括：层叠工序，其在基体上直接或通过其它层来层叠粘结层；埋入工序，其通过加压介质，将填充剂埋入粘结层；清除工序，其清除附着在通过上述工序所得的层叠体中的剩余填充剂。

作为目镜光学系统 4，如上所述，最好是由菲涅尔面构成。作为菲涅尔面，有菲涅尔透镜或菲涅尔反射镜。此外，目镜光学系统 4 也可以由偏心菲涅尔反射面来构成。通过用菲涅尔面来构成目镜光学系统 4，可以构成薄型目镜光学系统 4。其结果，可以使投影观察装置体积小而且很容易折叠起来，此外，也可以如后面的实施例那样，由一片凹面镜来构成投影观察装置。

此外，可以用反射光学系统来构成目镜光学系统 4。从而，投影到观察者一侧的投影光学系统（2L、2R 或 9L、9R）的射出光瞳（射出光瞳像）的像差的产生变少。其结果是，即使不提高扩散板 5 的扩散特性也

可以得到宽的观察视野。此外，可以在不增加与扩散到不需要的方向的扩散光的减少部分相对应的照明光量的情况下，观察到明亮的观察像。特别是，如本发明所述，在目镜光学系统 4 的光轴偏心的光学系统中，会产生很大的偏心像差。而且，在目镜光学系统 4 是单体的情况下，很难设置其它校正该偏心像差的面。从这点考虑，可以说最好是使用本来就很少产生偏心像差的反射光学系统。

此外，当用菲涅尔面来构成目镜光学系统 4 时，能够使目镜光学系统 4 变薄。这是由于菲涅尔面可以由大约平面来构成。此外，反射型菲涅尔面中，轮带状（輪带状）的反射面为光学作用面。该轮带状的反射面与垂直于光轴的面所成的角度比折射型的菲涅尔面（菲涅尔透镜）小。因此，如果是反射型菲涅尔面，则可以减少使用菲涅尔透镜时存在的在成为问题的菲涅尔端面（非作用面）上发生重影光的现象。此外，也可提高光线的透过效率。并且，如后所述，最好使扫描装置 8_1 、 8_2 所决定的两个光轴所成的角度较大。

图 8 表示本发明的第 3 投影观察装置的光学系统的概念图。本发明的第 3 投影观察装置是可以由多个观察者从不同方向同时观察影像的投影观察装置。图 8 所示的投影观察装置与图 2 相同，具有两个光源 7_1 、 7_2 和两个扫描装置 8_1 、 8_2 以及两个投影光学系统 9_1 、 9_2 。而且，在目镜光学系统 4 和扩散板 5 的近旁形成投影像 3_1 、 3_2 。而且，它具有这样的结构：将两个影像投影到不同观察者 M_1 、 M_2 的眼 E_1 、 E_2 中。此外，在图 8 中，用 6_1 、 6_2 来表示由目镜光学系统 4 所投影的投影光学系统 9_1 、 9_2 的射出光瞳，也就是射出光瞳像。此外，用 60_1 、 60_2 来表示由扩散板 5 扩大后的射出光瞳像。并且，也可以同样构成如图 1 所示的投影观察装置，亦即使用两个显示器件和两个投影光学系统的投影观察装置。

如图 8 所示，形成于目镜光学系统 4 近旁的投影像 3_1 、 3_2 至少有一部分重叠。通过该结构，即使显示面很小，也能够很小的显示面上显示不同影像。并且，该显示面是由目镜光学系统 4 和扩散板 5 构成。

按照图 8 的结构，通过投影光学系统 9_1 、 9_2 从扫描装置 8_1 、 8_2 到达目镜光学系统 4 的光轴与目镜光学系统 4 交叉。因此，在与任意一个光

轴交叉的点处，目镜光学系统 4 的垂线与该光轴所成的角度最好是大于等于 10° 。关于此点，用图 9 加以说明。

如图 9 所示，从扫描装置 8_1 、 8_2 通过投影光学系统 9_1 、 9_2 到达目镜光学系统 4 的光轴，通过扩散板 5 和目镜光学系统 4 的大约中心位置，到达观察者 M_1 、 M_2 的眼球位置。这里，假定不考虑扩散板 5 的扩散作用。

作为本发明的投影观察装置，可考虑作为个人用显示器来使用。利用该个人用显示器至少由不少于 2 人在不同方向进行观察形成在 1 个显示面上的影像。在这样的情况下，显示面和观察者之间的距离约为 $40\text{cm} \sim 1\text{m}$ 左右。另一方面，不少于 2 人的观察者、这里是两个观察者 M_1 、 M_2 不是将脸紧贴到一起进行观察。因此，可以认为两者的脸的中心之间的距离不小于 40cm 。在这样的情况下，投影光学系统 9_1 的光轴和投影光学系统 9_2 的光轴所成的角度为 $53^\circ \sim 22.6^\circ$ 。因此，当考虑到由于相互的脸的贴近而引起的心理因素时，在点 P 处目镜光学系统 4 的垂线 N 与投影光学系统 9_1 、 9_2 的光轴（通过投影光学系统 9_1 、 9_2 ，从扫描装置 8_1 、 8_2 入射到目镜光学系统 4 的光轴）中的至少任意一个光轴所成的角度 α 最好不小于 10° 。这里，点 P 是投影光学系统 9_1 、 9_2 的光轴中的至少任意一个光轴与目镜光学系统 4 的交点。此外，所谓目镜光学系统 4 的垂线 N 是指相对于目镜光学系统 4 的主面的垂线。并且，在用菲涅尔透镜或菲涅尔反射镜构成目镜光学系统 4 的情况下，是相对于该透镜或反射镜的垂线。

图 9 是将扫描装置 8_1 、 8_2 和投影光学系统 9_1 、 9_2 以 2 维偏心方式进行配置时的示意图。在以 3 维偏心方式进行配置的情况下，也可得出同样的结论。图 10 是将扫描装置 8_1 、 8_2 和投影光学系统 9_1 、 9_2 进行 3 维偏心配置时的示意图。并且，在图 10 中，只图示了其中一个扫描装置 8_1 和投影光学系统 9_1 。分别用 16_1 、 16_2 来表示投影光学系统 9_1 、 9_2 的射出光瞳。用 6_1 、 6_2 来表示射出光瞳像。这里，表示射出光瞳像的 6_1 、 6_2 是由目镜光学系统 4 对射出光瞳 16_1 、 16_2 进行投影所得的投影像。

如图 10 所示，当将投影光学系统 9_1 、 9_2 进行 3 维偏心配置时，与图 9 相同，最好也使在点 P 处垂线 N 与投影光学系统 9_1 、 9_2 的光轴所成的角

度 α 不小于 10° 。

顺便说明一下，在本发明的情况下，扩散板 5 的按半峰值全宽计算的扩散角最好不超过 20° 。通过使扩散板 5 具有上述条件的扩散特性，可以使各观察者分别观察到各投影像 3_1 、 3_2 。当超过该条件的上限 20° 时，若投影像 3_1 、 3_2 是不同的影像时，就会发生把不同的影像看成重影的“串扰”。因此，导致观察者不能正确观察到显示内容。此外，当超过上限 20° 时，扩散角变得过大。观察像的亮度会变暗。因此，为了确保必要的光量，光源 7_1 、 7_2 的体积会变大。在投影像 3_1 、 3_2 是相同影像的情况下，不会产生串扰问题。

此外，最好是扩散板 5 具有按 $1/10$ 峰值全宽计算的扩散角不超过 40° 的扩散特性。至少扩散到 40° 以上的光线不会到达观察者。因此，通过满足上述条件，减少了浪费的照明光，提高了照明光的利用效率。其结果是，可以使用小型低输出的光源作为光源 7_1 、 7_2 。并且，最好是具有使扩散光强度从半峰值全宽开始急剧降低的特性。

而且，扩散板 5 最好具有按 $1/10$ 峰值全宽计算的扩散角不超过 30° 的扩散特性。满足上述条件可以高效地利用照明。因为至少扩散到 30° 以上的光线很少到达观察者，所以满足上述条件可以高效地利用与照明。并且，最好是具有使扩散光强度从半峰值全宽开始急剧降低的特性。

其次，图 9、图 10 所示结构为从倾斜方向将由扫描装置 8_1 、 8_2 所扫描的影像向目镜光学系统 4 投影的配置。按照这样的配置，当由旋转对称的光学系统构成投影光学系统 9_1 、 9_2 时，所投影的像成为梯形变形像（アオリ像）并发生像失真。如图 10 所示通过将由扫描装置 8_1 、 8_2 扫描形成的显示面、投影光学系统 9_1 、 9_2 的主面、以及目镜光学系统 4 的主面平行配置，并使投影光学系统 9_1 、 9_2 为与光轴垂直地偏移的状态来校正该像失真。或者，通过配置该 3 者，使它们满足夏以姆傅鲁库（シヤイムフルク：Shymfluk）法则，来校正该像失真。

此外，也可以对这样的像失真进行电气校正。在此情况下，对电气地清除该像失真进行预估，预先使由扫描装置 8_1 、 8_2 形成的像失真。当然

也可以同时利用上述光学校正方法和电气校正方法。

此外，作为投影光学系统 9_1 、 9_2 ，最好使用偏心光学系统。在此情况下，投影光学系统 9_1 、 9_2 最好具有旋转非对称面。并且，作为旋转非对称的曲面形状，虽然没有限制，但最好是利用自由曲面。自由曲面例如是专利文献 7（专利文献 8）中的（a）式所定义的自由曲面，该定义式的 Z 轴为自由曲面的轴。

此外，投影光学系统 9_1 、 9_2 中的至少一个由偏心棱镜光学系统构成。该偏心棱镜光学系统具有一个或一个以上的偏心棱镜，这些偏心棱镜由折射率（ n ）大于 1（ $n > 1$ ）的介质形成。该偏心棱镜具有：使光束入射到棱镜内的入射面；在棱镜内反射该光束的至少一个反射面；将光束射出到棱镜外的射出面。并且，入射到入射面的光束是从扫描装置或显示器件射出的光束。

而且，偏心棱镜的至少一个反射面具有为光束提供折射力的曲面形状，该曲面形状最好是以校正由于偏心而产生的像差的旋转非对称面形状构成。从而，可以大幅度地提高像失真的校正能力。特别是在至少有两个投影光学系统 9_1 、 9_2 的光轴相互所成的角度大于等于 30° 时最理想。

并且，在本发明中，作为投影光学系统 9_1 、 9_2 而使用的偏心棱镜光学系统可以使用一个或多个偏心棱镜。或者如图 11 的示意图所示，也可以使用将旋转对称的透镜系统和偏心棱镜组合起来的系统。

作为偏心棱镜的 1 个例子，存在具有下列结构和特征的棱镜：其设有：

- 入射面，其使来自扫描装置 8_1 、 8_2 的光束入射到棱镜内；
- 第 1 反射面，其用于在棱镜内反射从该入射面入射到棱镜内的光束；
- 第 2 反射面，其用于在棱镜内反射由该第 1 反射面所反射的光束；
- 射出面，其用于把该第 2 反射面所反射的光束射出到棱镜外；

具有使从入射面朝向第 1 反射面的光束与从第 2 反射面朝向射出面的光束在棱镜内交叉的面配置；

- 入射面、第 1 反射面、第 2 反射面、射出面中的至少一面由旋转

非对称面构成。

当使用这样的偏心棱镜时，棱镜内的光路为交叉光路，在反射面（第1反射面和第2反射面）上的入射角变小。其结果，可以减少偏心像差的发生。

或者，作为用作投影光学系统 9_1 、 9_2 的偏心棱镜的又一个例子，存在具有下列结构和特征的棱镜。

- 入射面，其使来自扫描装置 8_1 、 8_2 的光束入射到棱镜内；
- 第1反射面，其用于在棱镜内反射从该入射面入射到棱镜内的光束；
- 第2反射面，其用于在棱镜内反射由该第1反射面所反射的光束；
- 射出面，其用于把该第2反射面所反射的光束射出到棱镜外；
- 该入射面和第2反射面共用一面；

该第2反射面和入射面共用型的偏心棱镜在第2反射面上使光线大幅度曲折。另一方面，第1反射面以很小的曲折角将光线反射到第2反射面。因此，该偏心棱镜可以减薄棱镜光学系统的入射光线方向的厚度。

如上所述，当用偏心棱镜光学系统构成投影光学系统 9_1 、 9_2 时，存在着如下的优点。即，当从倾斜方向向目镜光学系统4入射由扫描装置 8_1 、 8_2 形成的影像时，通过将偏心棱镜光学系统构成为面对称形状，可以容易地校正梯形变形像的像失真。亦即，由于该倾斜配置所发生的像失真，从规定方向观察时为非对称的形状。但是，该非对称形状与由于偏心棱镜光学系统所发生的非对称像失真的发生方向一致。因此，可以根据偏心棱镜光学系统的偏心像差，校正该像失真，使像差校正变得容易进行。并且，假设投影光学系统 9_1 、 9_2 的光轴与目镜光学系统4的交点为P，所谓规定方向是指包含该点P的偏心棱镜光学系统的对称面方向。

当然，在此情况下，对这样的像失真也可以进行电气校正。在这样的情况下，通过对电气地清除该像失真进行预估，预先使由扫描装置 8_1 、 8_2 形成的像失真。当然也可以同时利用上述光学校正方法和电气校正方法。

顺便提一下，假设这样采用面对称形状的偏心棱镜光学系统来构成

投影光学系统 9_1 、 9_2 。但在这样的情况下，也必须使在点 P 的目镜光学系统 4 的垂线与投影光学系统 9_1 、 9_2 的光轴（至少其中一个）所成的角度大于等于如上所述的 10° 。

其次，用图 11 来对偏心棱镜和扫描装置的优选配置进行说明。在图 11 中，点 P 是偏心棱镜光学系统 9_1 的光轴与目镜光学系统 4 的交点。偏心棱镜光学系统 9_1 具有对称面，并配置偏心棱镜光学系统 9_1 ，使对称面包含点 P。此外，在偏心棱镜光学系统 9_1 的入射面侧（物体面侧）配置有扫描装置 8_1 。由该扫描装置 8_1 在目镜光学系统 4 的近旁形成影像。此时，对扫描装置 8_1 绕光轴进行旋转配置，使得形成影像的光束移动的方向，亦即纵扫描方向或横扫描方向与目镜光学系统 4 的纵或横方向大约一致。对偏心棱镜光学系统 9_2 和扫描装置 8_2 也进行同样的配置。

通过对扫描装置 8_1 、 8_2 进行这样的配置，可以用面对称形状的偏心棱镜光学系统来校正旋转非对称的像失真。该旋转非对称的像失真是由于投影光学系统 9_1 、 9_2 相对于目镜光学系统 4 倾斜配置而发生的畸变。

此外，不仅如此，还可以将投影光学系统 9_1 、 9_2 的偏心棱镜光学系统都作成相同形状。例如，作成相互面对称的形状。如果这样作的话，与将左右投影光学系统 9_1 、 9_2 形状不同的情况相比较，可以大幅度地降低投影光学系统 9_1 、 9_2 的制造成本。

并且，作为扫描装置 8_1 、 8_2 ，可以采用如专利文献 4 所示的在 2 维方向扫描的具有万向结构的扫描反射镜。在这样的情况下，就不一定要用投影光学系统 9_1 、 9_2 。

顺便提一下，在上述图 1、图 2、图 8～图 11 结构的投影观察装置中，作为扩散板 5，假设以具有定向性扩散特性的微细凹凸面或粗糙面构成的扩散板为主。但是，作为扩散板 5，也可以把由全息图构成的扩散板用于各投影观察装置。作为由全息图构成的扩散板，可以考虑透过型全息图和反射型全息图。这里，在记录于体积型感光材料中的全息图的情况下，透过型全息图的波长选择性较低，而反射型全息图的波长选择性较高。在用于显示彩色图像的投影观察装置的情况下，为了使 R（红色）、G（绿色）、B（蓝色）3 种波长的光扩散，必须多重记录 3 个全息干涉条

纹。因此，作为全息图，最好是利用波长选择性较低的透过型全息图。而为了构成小型的投影观察装置，最好采用凹面镜（包含菲涅尔凹面反射镜）作为目镜光学系统，并且把它与由这样的透过型全息图构成的扩散板组合起来构成该投影观察装置。以下，在本发明中，把由透过型全息图构成的扩散板作为扩散板。

下面，对投影观察装置进行说明。该投影观察装置采用了由凹面镜 24 构成的目镜光学系统和扩散板 25。而且，扩散板 25 使用透过型全息图。但是，以后在这样构成的投影观察装置中，省略显示器件、光源以及扫描装置的图示。并且，与图 1 和图 2 等相同，目镜光学系统配置在投影光学系统 2、9 的入射侧。以后在这样构成的投影观察装置中，只表示左右或多个光学系统中的任意 1 个，省略其它来进行说明。

图 12 (a) 中表示根据本发明构成的投影观察装置的光学系统的概念图，在图 12 (b) 中表示该投影观察装置的配置例。在图 12 (b) 中，凹面镜 24 由菲涅尔凹面反射镜构成。如上所述，省略了显示器件、光源以及扫描装置的图示。在图 12 (b) 中，显示在显示器件中的影像，或者来自这些光源的光束被扫描装置偏转。所形成的影像被投影光学系统 2 (9) 扩大投影。在该投影像的近旁配置有扩散板 25 和目镜光学系统。

目镜光学系统由凹面镜 24 构成，将投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳形成在规定的位置。该规定位置与观察者 M 的眼球大约一致。在该投影观察装置中，通过目镜光学系统 24 形成投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳像 6。该射出光瞳像 6 由扩散板 25 扩大为具有容易观察的大小的射出光瞳像 60。从而，即使观察者 M 的眼 E 的位置多少偏离射出光瞳像 6 的位置，也可以把投影像作为观察像来进行观察。其结果与图 1 等情况相同，可以得到容易观察的投影观察装置。

这里，如图 12 (a) 所示，本发明的扩散板 25 配置在目镜光学系统的凹面镜 24 的入射侧。因此，从投影光学系统 2 (9) 到射出光瞳像 60 位置的光线，往复共计 2 次通过透过型全息图 25。这就是本发明的特征点。由于具有这样的特征，光线在透过型全息图 25 上衍射两次。根据上述情况，本发明主动地使第 1 次（入射到凹面镜 24 之前）通过透过型全

息图 25 的角度与第 2 次（入射到凹面镜 24 之后）通过透过型全息图 25 的角度不同。通过这样的处理，利用该全息图的角度选择性，可以避免其中一次衍射。关于用于此目的的配置，后面加以说明。

而且，扩散板 25 与上述扩散板 5 相同，基于同样的理由，其按半峰值全宽计算的扩散角最好小于等于 20° 。而且，按半峰值全宽计算的扩散角最好大于等于 10° 。

该扩散板 25 最好具有按 1/10 峰值全宽计算的扩散角小于等于 40° 的扩散特性。进而，具有按 1/10 峰值全宽计算的扩散角小于等于 30° 的扩散特性则更为理想。

与图 1、图 2 的情况相同，在采用观察立体像的结构的情况下，扩散板 25 的按半峰值全宽计算的扩散角最好小于等于 8° 。此外，按 1/10 峰值全宽计算的扩散角最好小于等于 12° 。

其次，对扩散板 25 的曲折作用和波长分散的关系、目镜光学系统的凹面镜 24 和扩散板 25 的配置关系进行说明。可根据参考光与来自扩散光源（2 次光源）的物体光之间的干涉记录来制作扩散板 25。此时，假定是参考光和物体光是配置在同轴（在轴：online）时的记录。在此情况下，如图 13（a）所示，来自投影光学系统 2（9）的轴上主光线 26 第 1 次入射到扩散板 25，在扩散板 25 上并不曲折而直接通过。进而，直接通过扩散板 25 的主光线被凹面镜 24 反射而改变方向。被反射的主光线从背面侧入射到扩散板 25，并直接通过扩散板 25。此时，第 1 次入射时的入射光的入射角度如果满足透过型全息图（扩散板 25）的再现光入射角度（衍射效率处于峰值近旁的角度）的话，则当第 1 次透过时，在直接通过的主光线的周围分布有由衍射引起的扩散光。在第 2 次透过时，该扩散光几乎全部直接通过。另一方面，当第 2 次入射时，入射光的入射角度若满足再现光入射角度的话，当第 1 次透过时，轴上主光线 26 并不衍射，几乎全部直接通过。而当第 2 次透过时，在直接通过的主光线的周围分布有由衍射产生的扩散光。无论哪种情况，0 次光 27₀ 和主光线 27₁ 都沿相同方向行进。图 13（a）就是表示这种情况的图。但扩散光未图示。在该图中，只图示了未被扩散板 25 衍射的 0 次光 27₀ 和被衍射的

扩散光中的主光线（中心光线） 27_i 。在该图中，0次光 27_0 和主光线 27_i 都沿相同方向行进，到达装置的射出光瞳像60的中心。从而，如图13（a）所示，当扩散板25只具有扩散作用而不具有光路的曲折作用时，不仅扩散光而且未被衍射扩散的0次光 27_0 也到达射出光瞳像60。结果在所观察的影像中心看到0次光 27_0 的光点，因此不理想。

因此，作为扩散板25，使用以离轴（offline）配置的关系记录的扩散板。离轴配置的关系中参考光与物体光相互不同轴。按这样的离轴配置记录的扩散板25，当满足再现光入射角度而衍射时，在产生光线曲折的同时产生波长分散。根据该曲折方向，采用如图13（b）、（c）所示的光路以及如图14（a）、（b）所示的光路。其中，图13（b）、（c）是在第1次入射时满足扩散板25的再现光入射角度条件的情况。另一方面，图14（a）、（b）是第2次入射时满足该条件的情况。图13（b）、图14（a）表示扩散板25的曲折方向是相对于相对法线的入射角衍射角变小的方向的情况。图13（c）、图14（b）是相对于入射角衍射角变大的方向的情况。在各图中省略了扩散光的图示。分别用 27_R 、 27_G 、 27_B 来表示通过扩散板25衍射而曲折的R、G、B的波长的主光线（中心光线）。作为扩散板25，假定使用具有光线曲折作用的透过型全息图。在此情况下，如从各图所知，可将未被全息图衍射的0次光 27_0 从衍射光 27_R 、 27_G 、 27_B 中分离出来。其结果是可以使其不入射到装置的射出光瞳像60。具体来说，最好是如下构成：即在装置的射出光瞳像60的位置，距离射出光瞳像60的中心大于等于该光瞳直径的1/2的位置，入射0次光 27_0 。

并且，用上述入射角和衍射角的差的绝对值 γ 来定义在透过型全息图的曲折角（偏角），并且，假定用d线（波长587.6nm）来测量该曲折角。在这样的情况下，如果曲折角 γ 过小，则如上所述，0次光入射到观察像中。反之，如果过大，则波长分散过大。其结果，在射出光瞳像60，在R、G、B的3个波长重叠的范围，亦即可以颜色再现性良好地进行观察的射出光瞳像范围会变得过小。

从而，扩散板25的用d线所测的曲折角（偏角） γ ，可以满足以下条件。

$$\gamma > 1^\circ \quad \dots (7)$$

进而，最好满足以下条件：

$$\gamma > 2^\circ \quad \dots (7-1)$$

进而，最好满足以下条件：

$$\gamma > 10^\circ \quad \dots (7-2)$$

此外，最好满足以下条件：

$$\gamma < 45^\circ \quad \dots (8)$$

进而，最好满足以下条件：

$$\gamma < 20^\circ \quad \dots (8-1)$$

将上述条件 (7-2) 和 (8-1) 组合起来即为下述条件 (9)。因而，最好满足该条件：

$$10^\circ < \gamma < 20^\circ \quad \dots (9)$$

对该条件 (9) 进一步进行说明。当低于该条件的下限 10° 时，0 次光和使显示像成为可观察的标准观察光之间的分离变小。因此，观察者稍稍动动头，0 次光就会进入眼睛而引起目眩的情况增多。此外，当超过该条件的上限 20° 时，由透过型全息图 25 所引起的色像差就会变大。其结果就会使观察范围变窄。

进而，当假定 R 为 700nm 波长的光，B 为 400nm 波长的光时，衍射光 27_R 、 27_B 之间的衍射角的差越小越好。具体来说，最好是小于等于 18° 。如上所述，这是为了使能进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围不要太小所必需的。此外，关于装置的射出光瞳像 60 的位置，当假定 R 为 700nm 波长的光，B 为 400nm 波长的光时，衍射光 27_R 、 27_B 之间的入射位置的差也是越小越好。具体来说，最好是小于等于射出光瞳像 60 的光瞳直径的 $1/2$ 。

在图 13、图 14 中，考虑了来自投影光学系统 2 (9) 的轴上主光线 26 或 0 次光 27_0 倾斜地（在凹面镜 24 的入射位置与法线的夹角为 β ）入射到凹面镜 24 的情况。这里，假定轴上主光线 26 或 0 次光 27_0 大约按直角（ $\beta \approx 0^\circ$ ）入射到凹面镜 24 上。在此情况下，在 2 次通过扩散板 25 后，从全息图射出的主光线 27_R 、 27_G 、 27_B 朝向与轴上主光线 26 大约相反

的方向。因此，装置的射出光瞳像 60 的位置与投影光学系统 2 (9) 发生干涉。所以，来自投影光学系统 2 (9) 并入射到凹面镜 24 的轴上主光线 26 或者其 0 次光 27₀ 对凹面镜 24 的入射角 β ，最好满足以下条件。

$$0^\circ < \beta < 45^\circ \quad \dots (10)$$

进而，最好满足以下条件。

$$5^\circ < \beta < 20^\circ \quad \dots (10-1)$$

对该条件 (10-1) 进一步加以说明。当低于该条件的下限 5° 时，凹面镜 24 的偏心量变小。因此，在扩散板 25 上引起共轭再现，使可用于观察显示影像的光量降低。此外，当超过该条件的上限 20° 时，凹面镜 24 的偏心量变得过大。因此，被投影的光瞳像差变大，使得很难观察到均匀明亮的影像。

此外，在图 13、图 14 中，假定来自投影光学系统 2 (9) 的轴上主光线 26 入射到扩散板 25 和其背面侧的凹面镜 24 上的位置大约为它们各自的中心。此外，假定扩散板 25 和凹面镜 24 之间没有偏心。在此情况下，由图 13、图 14 可知，2 次通过扩散板 25 后的投影光（衍射光）27_r、27_g、27_b 相对扩散板 25 形成一角度。因而，装置的射出光瞳像 60 并不位于扩散板 25 的正面。因此，观察者从倾斜方向观看所投影的影像，所观察的影像会成为梯形变形像而发生像失真。

因此，如图 15 (a) ~ (c) 所示，使凹面镜 24 相对扩散板 25 偏心（所有都是向上偏心）。这样一来，由凹面镜 24 所反射的主光线 27_r、27_g、27_b 第 2 次通过扩散板 25，相对扩散板 25 大约成直角。并且，图 15 (a) ~ (c) 分别是对应于图 13 (a) ~ (c) 的情况。

因为从投影光学系统 2 (9) 将投影像沿倾斜方向入射到扩散板 25 上，所以在扩散板 25 上的投影像也成为梯形变形像而发生像失真。因此，最好是使用具有校正功能的投影光学系统 2 (9)，以校正这样的梯形变形像的像失真。

此外，使装置的射出光瞳像 60 位于扩散板 25 的正面。并使来自投影光学系统 2 (9) 的轴上主光线 26 或 0 次光 27₀ 倾斜入射到凹面镜 24 上。从而，可以得到作为噪声光的表面正反射光不会入射到装置的射出

光瞳像 60 上的效果。该噪声光是从投影光学系统 2 (9) 入射到扩散板 25 的投影光在该表面反射后的光。

并且, 最好使上述曲折角 (偏角) γ 与入射到凹面镜 24 的入射角 β 之比 γ/β 满足下列条件:

$$0.01 < \gamma/\beta < 1000 \quad \dots (11)$$

进而, 最好满足下列条件:

$$0.5 < \gamma/\beta < 2 \quad \dots (11-1)$$

对该条件 (11-1) 作进一步说明。当低于该条件的下限 0.5 时, 透过型全息图 25 的曲折角就会变小。因此, 在透过型全息图 25 上没有衍射的 0 次光入射到装置的射出光瞳像 60。其结果导致光斑叠加到观察像中。此外, 当超出上限 2 时, 凹面镜 24 的偏心量变得较小。在此情况下, 当入射到透过型全息图 25 上后, 经凹面镜 24 反射之后, 在透过型全息图 25 的背面, 也有极其微量的光线通过菲涅尔反射被反射, 再一次在凹面镜 24 上反射。然后, 该光线入射到射出光瞳像 60 上。由于该光线作为光斑被观察到, 因此不理想。

进而, 最好是满足下列条件:

$$1 < \gamma/\beta < 1.5 \quad \dots (11-2)$$

从光斑角度考虑, 这是比较理想的。

当使用扩散板 25 时, 对显示器件 1、1L、1R 进行照明的光源, 最好是利用单色性高的 LED 或 LD。在此情况下, 最好组合利用 RGB 三色。此外, 使光束入射到扫描装置 8、8L、8R、8₁、8₂ 的来源, 作为光源 7、7L、7R、7₁、7₂, 最好也利用上述 LED 或 LD。

以下, 就本发明的投影观察装置的光学系统的实施例进行说明。

首先, 对目镜光学系统 4 的实施例进行说明。用于本发明的投影观察装置的目镜光学系统 4 的实施例是实施例 1 至实施例 3。此外, 各实施例的光路图表示在图 16 至图 18 中。在各实施例中, 利用从面 11 (物体面) 到面 12 (像面) 的逆光线跟踪来进行光线跟踪。这里, 面 11 相当于观察者的瞳孔位置, 面 12 相当于投影光学系统 9L、9R、9₁、9₂ (图 2 ~ 图 3、图 9 ~ 图 11) 的射出光瞳 16₁、16₂ (图 10) 的位置。并且, 实际

的投影观察装置中在目镜光学系统的近旁配置有具有扩散作用的扩散面，或者具有扩散作用的扩散板。但是，在下面所示的实施例 1 至实施例 3 中，假定不存在扩散板或扩散面。

此外，各面以目镜光学系统 4 作为基准，以偏离其的偏心量来表示。此外，具有扩散作用的扩散面配置于目镜光学系统 4 的面近旁。

屏幕（目镜光学系统）的大小都是 $162.56 \times 121.92\text{mm}$ 的大小。

如图 16 所示，实施例 1 是将变形反射镜 31 作为目镜光学系统 4 的例子。

如图 17 所示，实施例 2 是利用自由曲面作为反射镜 32，并将其作为目镜光学系统 4 的例子。

如图 18 所示，实施例 3 是将菲涅尔背面反射镜 33 作为目镜光学系统 4 的例。这里，将菲涅尔背面反射镜 33 的入射面 34 作成平面，而将背面 35 作为菲涅尔反射面。

上述实施例 1 ~ 3 的结构参数将在后面说明。

其次，对投影光学系统 9L、9R、 9_1 、 9_2 的实施例进行说明。用于本发明的投影观察装置的投影光学系统的实施例是实施例 4 和实施例 5。

各实施例的光路图表示在图 19 至图 22 中。在实施例 4 和实施例 5 中，进行顺光线跟踪。亦即，按照从光源 7 朝向扫描面 40 的顺序进行光线跟踪。偏心的基准坐标是以光源 7 作为基准以距离它的偏心量来表示的。扫描面 40 的大小都是 $162.56 \times 121.92\text{mm}$ 。

实施例 4 表示在图 19 和图 20 中。图 19 是从光学系统的光源 7 到扫描面 40 的全体的 Y-Z 剖面内的光路图。图 20 是其主要部分的 Y-Z 剖面内的光路图。

从光源 7 发出的光线，经过凸平正透镜 71 成为大约平行的光。这里，凸平正透镜 71 构成了照明光学系统。此外，凸平正透镜 71 的第 2 面由非球面构成。大约平行的光束入射到扫描反射镜 80 上。该扫描反射镜 80 绕正交的两个轴转动。

由扫描反射镜 80 所反射的扫描光束顺序经偏心反射镜 91 和 92 反射后，在配置于远方的扫描面 40 上形成扫描线。这里，偏心反射镜 91 和

92 构成了投影光学系统 9。此外，偏心反射镜 91 和 92 由自由曲面构成。

本实施例的扫描反射镜 80 绕正交的 2 轴（X 轴、Y 轴）的倾角为：
绕 X 轴的倾角是 $\pm 10.9886^\circ$ ，绕 Y 轴的倾角是 $\pm 13.3719^\circ$ 。

实施例 5 表示在图 21 和图 22 中。图 21 是从光学系统的光源 7 到扫描面 40 的全体的 Y-Z 剖面内的光路图。图 22 是其主要部分在 Y-Z 剖面内的光路图。

从光源 7 发出的光线，经过正凹凸透镜 72 成为大约平行的光。这里，正凹凸透镜 72 构成了照明光学系统。此外，正凹凸透镜 72 具有凹面朝向光源 7 侧的凹凸形状。正凹凸透镜 72 的第 2 面由非球面构成。成为大约平行的光束入射到扫描反射镜 80 上。该扫描反射镜 80 绕正交的两个轴转动。

由扫描反射镜 80 所反射的扫描光束，从偏心棱镜 90 的第 1 面 93 入射到棱镜内。这里，偏心棱镜 90 构成了投影光学系统 9。偏心棱镜 90 的第 2 面 94、第 3 面 95 由自由曲面构成。入射到棱镜内的光束由第 2 面 94 反射，继而由第 3 面 95 反射。此时，由第 3 面 95 反射的光束，与棱镜内从第 1 面 93 朝向第 2 面 94 的光路交叉。进而，从第 4 面 96 射出到棱镜外。继而，在配置于远方的扫描面 40 上形成扫描线。

该实施例的扫描反射镜 80 绕正交的 2 轴（X 轴、Y 轴）的倾角为：
绕 X 轴的倾角是 $\pm 1.5924^\circ$ ，绕 Y 轴的倾角是 $\pm 0.69452^\circ$ 。

其次，对投影光学系统 2（9）的实施例 6 ~ 13 进行说明。投影光学系统 2（9）是对射出光瞳进行扩大投影的光学系统。该投影光学系统 2（9）是由凹面镜 24 和扩散板 25 组合而成的光学系统。这里，扩散板 25 由透过型全息图构成。此外，在任何一个实施例中，凹面镜 24 都由菲涅尔凹面反射镜 24' 构成。

此外，在各实施例中，将投影光学系统 2（9）的射出光瞳 16 作为物体面，将装置的射出光瞳（射出光瞳 16 的扩大后的射出光瞳像）60 作为像面。进而，光线跟踪是按照从投影光学系统 2（9）的射出光瞳 16 的中心到装置的射出光瞳 60 的顺光线跟踪进行的。

实施例 6 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 23 中。在图 24 中，表示

用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 25 中, 表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次光和表面反射光的入射位置。此时, 射出光瞳像是波长 400nm、波长 586nm、波长 700nm 的像。并且, 图 24、图 25 中的数字以 mm 为单位。

实施例 6 对应于图 13 (b)。实施例 6 中, 第 1 次入射时满足再现光入射角度条件, 第 2 次入射时不衍射。而且, 扩散板 25 的曲折方向是相对于相对法线的入射角衍射角变小的方向。

此外, 菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β , 则:

$$MY=89.27\text{mm}$$

$$\gamma = 13.15^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.49 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta = 7.02^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.49 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外, 本实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 24 中所示。这里, 把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并如下定义曝光时的坐标系: 把全息图面作为 X-Y 面, 把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

这时, 用于曝光的第 1 光源位置 (X_1, Y_1, Z_1) 如下。并且, 假定光源为点光源:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (0, 297.11, -578.12)$$

第 2 光源位置 (X_2, Y_2, Z_2) 如下。此外, 假定第 2 光源是以光源位置为中心具有 $\phi 82\text{mm}$ 的面积扩散面光源。

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (0, 235.57, -605.67)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而, 由扩散板 25 所扩散的光束由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后, 在观察者瞳面成为 $\phi 60$ 的扩大光瞳 60。

实施例 7 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 26 中。在图 27 中表示用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 28 中表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次

光和表面反射光的入射位置。此时,射出光瞳像是波长 400nm、波长 586nm、波长 700nm 时的像。并且,图 27、图 28 中的数字以 mm 为单位。

实施例 7 对应于图 13 (c)。实施例 7 中,第 1 次入射时满足再现光入射角度条件,第 2 次入射时不衍射。而且,扩散板 25 的曲折方向是相对于相对法线的入射角衍射角变大的方向。

菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β , 则:

$$MY=130.46\text{mm}$$

$$\gamma = 6.61^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.49 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta = 10.29^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.49 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外,该实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 27 中所示。这里,把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并如下定义曝光时的坐标系:把全息图面作为 X-Y 面,把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

这时,用于曝光的第 1 光源位置 (X_1, Y_1, Z_1) 如下。并且,假定光源为点光源:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (0, 297.11, -578.12)$$

第 2 光源位置 (X_2, Y_2, Z_2) 如下。假定第 2 光源是以光源位置为中心具有 $\phi 82\text{mm}$ 的面积扩散面光源。

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (0, 341.33, -553.14)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而,由扩散板 25 所扩散的光束,由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后,在观察者瞳面成为 $\phi 60$ 的扩大光瞳 60。

实施例 8 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 29 中。在图 30 中,表示用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 31 中,表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次光和表面反射光的入射位置。此时,射出光瞳像是波长 400nm、波长 586nm、波长 700nm 时的像。并且,图 30、图 31 中的数字以 mm 为单位。

实施例 8 对应于图 13 (b)。实施例 8 中, 第 1 次入射时满足再现光入射角度条件, 第 2 次入射时不衍射。而且, 扩散板 25 的曲折方向是相对于相对法线的入射角, 衍射角变小的方向。

此外, 菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量设为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β , 则:

$$MY=90.64\text{mm}$$

$$\gamma = 14.28^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.62 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta = 6.46^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.62 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外, 该实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 30 中所示。这里, 把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并如下定义曝光时的坐标系: 把全息图面作为 X-Y 面, 把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

这时, 用于曝光的第 1 光源位置 (X_1, Y_1, Z_1) 如下。并且, 假定光源为点光源:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (0, 297.11, -578.12)$$

此外, 第 2 光源位置 (X_2, Y_2, Z_2) 如下。并且, 假定第 2 光源是以光源位置为中心具有 $\phi 82\text{mm}$ 的面积扩散面光源。

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (0, 235.70, -605.76)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而, 由扩散板 25 所扩散的光束, 由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后, 在观察者瞳面成为 $\phi 60$ 的扩大光瞳 60。

实施例 9 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 32 中。在图 33 中, 表示用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 34 中, 表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次光和表面反射光的入射位置。此时, 射出光瞳像是波长 400nm、波长 586nm、波长 700nm 时的像。并且, 图 33、图 34 中的数字以 mm 为单位。

实施例 9 对应于图 14 (a)。实施例 9 中, 第 2 次入射时满足再现光入射角度条件, 第 1 次入射时不衍射。而且, 扩散板 25 的曲折方向是相

对于相对法线的入射角，衍射角变小的方向。

此外，菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β ，则：

$$MY=89.27\text{mm}$$

$$\gamma=3.76^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.49 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta=10.80^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.49 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外，该实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 33 中所示。这里，把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并把曝光时的坐标系设定为：把全息图面作为 X-Y 面，把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

这时，用于曝光的第 1 光源位置 (X_1, Y_1, Z_1) 如下。并且，假定光源为点光源：

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (0, 0, -450)$$

此外，第 2 光源位置 (X_2, Y_2, Z_2) 如下。并且，假定第 2 光源是以光源位置为中心具有 $\phi 60\text{mm}$ 的面积扩散面光源。

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (0, -41.73, -424.62)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而，由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后，由扩散板 25 所扩散的光束，在观察者瞳面成为 $\phi 60$ 的扩大光瞳 60。

实施例 10 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 35 中。在图 36 中，表示用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 37 中，表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次光和表面反射光的入射位置。此时，射出光瞳像是波长 400nm、波长 550nm、波长 650nm 时的像。并且，图 36、图 37 中的数字以 mm 为单位。

实施例 10 对应于图 13 (b)。实施例 10 中，第 1 次入射时满足再现光入射角度条件，第 2 次入射时不衍射。而且，扩散板 25 的曲折方向是相对于相对法线的入射角，衍射角变小的方向。

此外，菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔

背面镜的偏心量为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β ，则：

$$MY=43.23\text{mm}$$

$$\gamma=15.00^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.4924 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta=3.36^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.4924 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外，该实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 36 (a) 中所示。这里，把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并把曝光时的坐标系设定为：把全息图面作为 X-Y 面，把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

其次，将全息图的尺寸表示在图 36 (b) 中。这里，采用了纵×横为 190mm×250 mm 的全息图。

此外，用于曝光的第 1 光源位置 (X1, Y1, Z1) 如下。并且，假定光源为点光源：

$$(X1, Y1, Z1) = (0, 297.11, -578.12)$$

此外，第 2 光源中心位置 (X2, Y2, Z2) 如下。此外，如图 36 (c) 所示，假定第 2 光源是具有纵×横为 144.7mm×86.67 mm 面积的扩散面光源。

$$(X2, Y2, Z2) = (0, 136.36, -635.53)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而，由扩散板 25 所扩散的光束由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后，如图 37 所示，成为纵×横为 60 mm×60 mm 的正方形的扩大光瞳 60。并且，该范围是在观察者瞳面能够进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围。而且，可得到其中的 $\phi 60$ 的圆形光瞳。

在本实施例中，瞳的色像差为 40.2mm。该色像差是波长 450nm 的射出光瞳像与波长 650nm 的射出光瞳像的偏移量。

并且，本实施例中，在将透过型全息图进行曝光时，使用了长方形的光源作为扩散面光源。并且射出光瞳为正方形。这样，因为能够使观察者观察颜色再现性良好的显示图像的范围比圆形光瞳的情况宽，因此较为理想。

下面的实施例 11 ~ 实施例 13 的情况也是如此。

实施例 11 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 38 中。在图 39 中, 表示用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 40 中, 表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次光和反射光的入射位置。此时, 射出光瞳像是波长 400nm、波长 550nm、波长 650nm 时的像。并且, 图 39、图 40 中的数字以 mm 为单位。

实施例 11 对应于图 14 (a)。实施例 11 中, 第 2 次入射时满足再现光入射角度条件, 第 1 次入射时不衍射。而且, 扩散板 25 的曲折方向是相对于相对法线的入射角, 衍射角变小的方向。

此外, 菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β , 则:

$$MY=49.77\text{mm}$$

$$\gamma=12.30^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.4924 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta=12.60^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.4924 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外, 该实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 39 (a) 中所示。这里, 把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并把曝光时的坐标系设定为: 把全息图面作为 X-Y 面, 把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

其次, 将全息图的尺寸表示在图 39 (b) 中。这里, 采用了纵×横为 190mm×250 mm 的全息图。

此外, 用于曝光的第 1 光源位置 (X_1, Y_1, Z_1) 如下。并且, 假定光源为点光源:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (0, -96.13, -439.65)$$

此外, 第 2 光源中心位置 (X_2, Y_2, Z_2) 如下。并且, 如图 39 (c) 所示, 假定第 2 光源是具有纵×横为 112mm×60 mm 面积的扩散面光源。

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (0, 0, -450.00)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而, 由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后, 由扩散板 25 所扩散的光束, 如图 40

所示,成为纵×横为 60 mm×60 mm 的正方形的扩大光瞳 60。并且,该范围是在观察者瞳面能够进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围。而且,可得到其中的 $\phi 60$ 的圆形光瞳。

在本实施例中,瞳的色像差为 52nm。该色像差是波长 450nm 的射出光瞳像与波长 650nm 的射出光瞳像的偏移量。

实施例 12 的 Y-Z 剖面内的光路图表示在图 41 中。在图 42 中,表示用于该实施例的扩散板 25 的透过型全息图的摄影配置。在图 43 中,表示在该实施例中的射出光瞳 60 的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及 0 次光和表面反射光的入射位置。此时,射出光瞳像是波长 400nm、波长 550nm、波长 650nm 时的像。并且,图 42、图 43 中的数字以 mm 为单位。

实施例 12 对应于图 13 (c)。实施例 12 中,第 1 次入射时满足再现光入射角度条件,第 2 次入射时不衍射。进而,扩散板 25 的曲折方向是相对于相对法线的入射角,衍射角变大的方向。

此外,菲涅尔凹面反射镜 24' 由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量为 MY、轴上主光线 10 的由透过型全息图 25 引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜 24' 的入射角为 β , 则:

$$MY=157.23\text{mm}$$

$$\gamma=15.00^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.4924 \text{ 的玻璃材料中})$$

$$\beta=12.57^\circ \quad (\text{在折射率为 } 1.4924 \text{ 的玻璃材料中})$$

此外,该实施例的透过型全息图 25 的曝光条件如图 42 (a) 中所示。这里,把原点作为轴上主光线 10 在透过型全息图 25 的面上的入射点。并把曝光时的坐标系设定为:把全息图面作为 X-Y 面,把远离投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的方向作为 Z 轴。

其次,将全息图的尺寸表示在图 42 (b) 中。这里,采用了纵×横为 190mm×250 mm 的全息图。

此外,用于曝光的第 1 光源位置 (X_1, Y_1, Z_1) 如下。并且,假定光源为点光源:

$$(X_1, Y_1, Z_1) = (0, 297.11, -578.12)$$

此外,第 2 光源中心位置 (X_2, Y_2, Z_2) 如下。并且,如图 42 (c)

所示,假定第2光源是具有纵×横为144.44mm×86.67 mm面积的扩散面光源。

$$(X_2, Y_2, Z_2) = (0, 435.32, -482.72)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板25使用。从而,由扩散板25所扩散的光束由菲涅尔凹面反射镜24'反射之后,如图43所示,成为纵×横为60 mm×60 mm的正方形的扩大光瞳60。并且,该范围是在观察者瞳面能够进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围。而且,可得到其中 $\phi 60$ 的圆形光瞳。

本实施例中,瞳的色像差为40mm。并且,该色像差是波长450nm的射出光瞳像与波长650nm的射出光瞳像的偏移量。

实施例13的Y-Z剖面内的光路图表示在图44中。在图45中,表示用于该实施例的扩散板25的透过型全息图的摄影配置。在图46中,表示在该实施例中的射出光瞳60的位置上的射出光瞳像的重叠状态、以及0次光和表面反射光的入射位置。此时,射出光瞳像是在波长400nm、波长550nm、波长650nm时的像。并且,图45、图46中的数字以mm为单位。

实施例13对应于图14(b)。实施例13中,第2次入射时满足再现光入射角度条件,第1次入射时不衍射。而且,扩散板25的曲折方向是相对于相对法线的入射角,衍射角变大的方向。

此外,菲涅尔凹面反射镜24'由菲涅尔背面镜构成。假设该菲涅尔背面镜的偏心量为MY、轴上主光线10的由透过型全息图25引起的偏角量为 γ 、入射到菲涅尔凹面反射镜24'的入射角为 β ,则:

$$MY=171.54\text{mm}$$

$$\gamma=15.00^\circ \text{ (在折射率为1.4924的玻璃材料中)}$$

$$\beta=2.88^\circ \text{ (在折射率为1.4924的玻璃材料中)}$$

此外,该实施例的透过型全息图25的曝光条件如图45(a)中所示。这里,把原点作为轴上主光线10在透过型全息图25的面上的入射点。并把曝光时的坐标系设定为:把全息图面作为X-Y面,把远离投影光学系统2(9)的射出光瞳16的方向作为Z轴。

其次，将全息图的尺寸表示在图 45 (b) 中。这里，采用了纵×横为 190mm×250 mm 的全息图。

此外，用于曝光的第 1 光源位置 (X1, Y1, Z1) 如下。并且，假定光源为点光源：

$$(X1, Y1, Z1) = (0, 116.62, -434.63)$$

此外，第 2 光源中心位置 (X2, Y2, Z2) 如下。并且，如图 45 (c) 所示，假定第 2 光源是具有纵×横为 128mm×60 mm 面积的扩散面光源。

$$(X2, Y2, Z2) = (0, 0, -450.00)$$

将按上述曝光条件制作的透过型全息图作为扩散板 25 使用。从而，由菲涅尔凹面反射镜 24' 反射之后，由扩散板 25 所扩散的光束，如图 46 所示，成为纵×横为 60 mm×60 mm 的正方形的扩大光瞳 60。并且，该范围是在观察者瞳面能够进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围。而且，可得到其中的 $\phi 60$ 的圆形光瞳。

在本实施例中，瞳的色像差为 68mm。并且，该色像差是波长 450nm 的射出光瞳像与波长 650nm 的射出光瞳像的偏移量。

在实施例 6 ~ 9 中，在装置的射出光瞳 60 的位置上，波长 700nm 的光轴与波长 400nm 的光轴的入射位置之差小于等于射出光瞳的光瞳直径的 1/2。亦即，RGB 的瞳所重叠的范围扩大。而且，可以看出，0 次光和在全息图上的表面反射光未入射在该范围中。因此，能够进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围扩大。这可以从图 25、图 28、图 31、图 34 看出。

此外，在实施例 10 ~ 13 中，在装置的射出光瞳 60 的位置上，波长 650nm 的光轴与波长 650nm 的光轴的入射位置之差（色像差）小于等于射出光瞳的光瞳直径的大约 1/2。亦即，RGB 的瞳所重叠的范围扩大（都在纵×横为 60 mm×60 mm 的正方形的范围内）。而且，可以看出，0 次光和在全息图上的表面反射光未入射在该范围中。因此，能够进行颜色再现性良好的观察的射出光瞳范围扩大。这可以从图 37、图 40、图 43、图 46 看出。

并且，与实施例 6~9 比较，实施例 10~13 将 0 次光的入射位置设

定在离扩大光瞳 60 更远的位置。

下面说明上述实施例 1~13 的结构参数。如上所述,在实施例 1~3 中,把从物体面 11 的中心发出,通过光阑面(配置在目镜光学系统 4 的入射面位置上)中心到达像面 12 的中心的射线,定义为轴上主光线 10。此外,在实施例 4~5 中,把从光源 7 中心发出,通过形成光学系统的光瞳的扫描镜 80 的中心到达扫描面 40 的射线,定义为轴上主光线 10。在实施例 6~13 中,把从投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的中心发出,通过扩散板 25 的中心到达装置的射出光瞳 60 中心的射线,定义为轴上主光线 10。

在实施例 1~3 中,在逆光线跟踪时,以光阑面中心为原点,以光阑面为 X-Y 面,以垂直于光阑面的方向为 Z 轴方向,以朝向目镜光学系统 4 的背面方向为 Z 轴正方向。在实施例 4~5 中,在顺光线跟踪时,以光源 7 的中心为原点,以轴上主光线 10 的行进方向为 Z 轴正方向,以投影光学系统 9 的偏心面为 Y-Z 面。在实施例 6~13 中,在顺光线跟踪时,以投影光学系统 2 (9) 的射出光瞳 16 的中心为原点,以瞳面为 X-Y 面,以垂直于瞳面的轴上主光线 10 的行进方向为 Z 轴正方向。

进而,对于偏心面给定偏心量和倾斜角,偏心量是指从光学系统的原点到该面的面顶位置的偏心量,倾斜角是指分别以该面的中心轴 X 轴、Y 轴、Z 轴作为中心的倾斜角(分别为 α 、 β 、 γ ($^{\circ}$))。

这里,将 X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向的偏心量分别设为 X、Y、Z。此外,自由曲面的中心轴是上述 (a) 式的 Z 轴;非球面的中心轴是下述 (b) 式的 Z 轴;变形面的中心轴是下述 (c) 式的 Z 轴。

在此情况下, α 和 β 为正意味着相对于各自的轴的正方向的反时针旋转方向, γ 为正意味着相对于 Z 轴的正方向的顺时针旋转方向。并且,使面的中心轴旋转 α 、 β 、 γ 的方式如下:将面的中心轴和其 XYZ 直角坐标系首先绕 X 轴沿反时针旋转方向旋转 α ,其次,绕新坐标系的 Y 轴旋转,使该旋转后的面的中心轴沿反时针旋转方向旋转 β ,并使旋转过 1 次的坐标系也绕 Y 轴反时针旋转 β ,继而,将旋转过 2 次的面的中心轴绕新坐标系的 Z 轴顺时针旋转 γ 。

此外,在本发明中所用的自由曲面的面的形状,例如可以是由专利文献 7 (专利文献 8) 的 (a) 式定义的自由曲面,该定义式的 Z 轴为自由曲面的轴。

此外,非球面是按以下的定义式给定的旋转对称非球面。

$$Z = \frac{\frac{Y^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - \frac{(1+k)Y^2}{R^2}}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots \quad \dots(b)$$

其中, Z 为以光的行进方向为正方向的光轴 (轴上主光线), Y 为垂直于光轴的方向。这里, R 是近轴曲率半径, K 是圆锥常数, A、B、C、D、… 分别是 4 次、6 次、8 次、10 次非球面系数。该定义式的 Z 轴为旋转对称非球面的轴。

此外,变形面的形状由下式定义。通过面形状的原点并垂直于光学面的直线为变形面的轴。

$$Z = \frac{C_x X^2 + C_y Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x)C_x^2 X^2 - (1 + K_y)C_y^2 Y^2}} + \sum R_n((1 - P_n)X^2 + (1 + P_n)Y^2)^{n+1}$$

这里,作为例子,考虑 n=4 (4 次项) 的情况展开时,可用下述式 (c) 来表示。

$$\begin{aligned} Z = & \frac{C_x X^2 + C_y Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x)C_x^2 X^2 - (1 + K_y)C_y^2 Y^2}} \\ & + R1((1 - P1)X^2 + (1 + P1)Y^2)^2 \\ & + R2((1 - P2)X^2 + (1 + P2)Y^2)^3 \\ & + R3((1 - P3)X^2 + (1 + P3)Y^2)^4 \\ & + R4((1 - P4)X^2 + (1 + P4)Y^2)^5 \\ & \dots(c) \end{aligned}$$

其中, Z 是距离面形状的原点的切平面的偏移量, C_x 是 X 轴方向曲率, C_y 是 Y 轴方向曲率, K_x 是 X 轴方向圆锥系数, K_y 是 Y 轴方向圆锥系数, R_n 是非球面项旋转对称成分, P_n 是非球面项旋转非对称成分。并且, 在 X 轴方向曲率半径 R_x 、Y 轴方向曲率半径 R_y 与曲率 C_x 、 C_y 之间, 存在下列关

系:

$$R_x = \frac{1}{C_x}, \quad R_y = \frac{1}{C_y}$$

并且，与未记录数据的自由曲面有关的项为 0。折射率表示对 d 线（波长 587.56nm）的测量值。长度的单位为 mm。

以下，表示上述实施例 1~13 的结构参数。并且，下列表中的“FFS”表示自由曲面，“ASS”表示非球面，“ANM”表示变形面，“FL”表示菲涅尔面，“RE”表示反射面，“SM”表示扫描反射镜，“HOE”表示透过型全息图，“PIM”表示图像投影面。

实施例 1

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞		偏心 (1)		
1	ANM (1) (光阑面, RE)				
像面	∞		偏心 (2)		
ANM (1)					
R _x	-502.13				
K _x	1.0632×10 ⁺¹				
R1	5.3570×10 ⁻¹				
R2	6.9470×10 ⁻¹				
R _y	-399.96				
K _y	1.0632×10 ⁺¹				
P1	1.0015×10 ⁻⁸				
P2	1.9188×10 ⁻¹³				
偏心 (1)					
X	-500.00	Y	150.38	Z	-852.87
α	-10.00	β	-30.00	γ	0.00
偏心 (2)					
X	150.00	Y	-45.12	Z	-255.86
α	10.00	β	30.00	γ	0.00

实施例 2

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞		偏心 (1)		
1	FFS (1) (光阑面, RE)				
像 面	∞		偏心 (2)		
FFS (1)					
C4	-9.4100×10^{-4}	C6	-1.2455×10^{-3}		
偏心 (1)					
X	-500.00	Y	150.38	Z	-852.87
α	-10.00	β	-30.00	γ	0.00
偏心 (2)					
X	150.00	Y	-45.12	Z	-255.86
α	10.00	β	30.00	γ	0.00

实施例 3

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞		偏心 (1)		
1	∞ (光阑面)			1.5163	64.1
2	ASS (1) (RE, FL)		偏心 (2)	1.5163	64.1
3	∞				
像 面	∞		偏心 (3)		
ASS (1)					
R	-1039.03				
K	9.3942×10^{-11}				
A	-4.0647×10^{-8}				
B	5.7192×10^{-12}				
偏心 (1)					
X	-500.00	Y	150.38	Z	-852.87
α	-10.00	β	-30.00	γ	0.00

偏心 (2)					
X	0.00	Y	-0.07	Z	2.00
α	-0.49	β	0.00	γ	0.00
偏心 (3)					
X	150.00	Y	-45.12	Z	-255.86
α	10.00	β	30.00	γ	0.00

实施例 4

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	1.36		偏心 (1)	1.5163	64.1
2	ASS (1)		偏心 (2)		
3	∞ (光阑面, SM)		偏心 (3)		
4	FFS (1) (RE)		偏心 (4)		
5	FSS (2) (RE)		偏心 (5)		
像 面	∞		偏心 (6)		
	ASS (1)				
R	∞				
K	$-6.4654 \times 10^{+6}$				
A	1.4044×10^{-1}				
B	-2.8953×10^{-1}				
	FFS (1)				
C4	-7.9957×10^{-3}	C6	-1.5691×10^{-2}	C8	-8.7517×10^{-3}
C10	-9.2783×10^{-4}	C11	-8.7817×10^{-4}	C13	-5.7719×10^{-4}
C15	-3.5738×10^{-5}				
	FFS (2)				
C4	-9.5591×10^{-3}	C6	-1.0370×10^{-2}	C8	-1.0324×10^{-3}
C10	-2.0894×10^{-4}	C11	-6.6411×10^{-6}	C13	-1.7961×10^{-5}
C15	-2.8612×10^{-6}				

偏心 (1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	2.80
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (2)					
X	0.00	Y	0.00	Z	3.80
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (3)					
X	0.00	Y	0.00	Z	5.80
α	45.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (4)					
X	0.00	Y	-2.00	Z	5.80
α	-45.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (5)					
X	0.00	Y	-2.00	Z	8.00
α	-45.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (6)					
X	0.00	Y	-292.00	Z	8.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

实施例 5

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	-4.6344		偏心 (1)	1.5163	64.1
2	ASS (1)		偏心 (2)		
3	∞ (光阑面, SM)		偏心 (3)		
4	∞		偏心 (4)	1.5163	64.1
5	FSS (1) (RE)		偏心 (5)	1.5163	64.1
6	FSS (2) (RE)		偏心 (6)	1.5163	64.1
7	∞		偏心 (7)		

像 面 ∞		偏心 (8)			
ASS (1)					
R	-1.06				
K	-5.4859×10^{-1}				
A	2.2734×10^{-2}				
B	5.2264×10^{-3}				
FFS (1)					
C4	-7.3742×10^{-2}	C6	-1.3926×10^{-1}	C8	-1.2695×10^{-2}
C10	1.3989×10^{-3}	C11	-1.1007×10^{-2}	C13	-6.4887×10^{-2}
C15	-7.2394×10^{-3}				
FFS (2)					
C4	2.5914×10^{-1}	C6	-1.4332×10^{-2}	C8	-1.1310×10^{-2}
C10	-2.9605×10^{-4}	C11	3.4328×10^{-4}	C13	-2.9433×10^{-2}
C15	-2.0034×10^{-4}				
偏心 (1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	2.80
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (2)					
X	0.00	Y	0.00	Z	3.80
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (3)					
X	0.00	Y	0.00	Z	5.80
α	45.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (4)					
X	0.00	Y	-1.00	Z	5.80
α	90.00	β	0.00	γ	0.00
偏心 (5)					
X	0.00	Y	-6.00	Z	5.80
α	112.50	β	0.00	γ	0.00

偏心 (6)

X	0.00	Y	-4.00	Z	3.80
α	157.50	β	0.00	γ	0.00

偏心 (7)

X	0.00	Y	-4.00	Z	7.80
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏心 (8)

X	0.00	Y	-4.00	Z	288.86
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

实施例 6

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	HOE		偏心 (1)	1.49	57.4
2	∞ (PIM)		偏心 (2)	1.49	57.4
3	ASS (1) (RE, FL)		偏心 (3)	1.49	57.4
4	∞		偏心 (1)		
像 面	∞		偏心 (4)		
	ASS (1)				
R	-816.43				
K	-2.0000×10^{-6}				
A	1.4845×10^{-11}				
B	-5.8165×10^{-15}				
C	2.3649×10^{-19}				
D	-1.5631×10^{-24}				
	偏心 (1)				
X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
α	27.2	β	0.00	γ	0.00
	偏心 (2)				

X	0.00	Y	0.46	Z	650.89
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

偏心 (3)

X	0.00	Y	MY	Z	604.70
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

偏心 (4)

X	0.00	Y	-205.69	Z	249.76
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

实施例 7

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
-----	------	-----	----	-----	-----

物体面	∞				
-----	----------	--	--	--	--

1	HOE		偏心 (1)	1.49	57.4
---	-----	--	--------	------	------

2	∞ (PIM)		偏心 (2)	1.49	57.4
---	----------------	--	--------	------	------

3	ASS (1) (RE, FL)		偏心 (3)	1.49	57.4
---	------------------	--	--------	------	------

4	∞		偏心 (1)		
---	----------	--	--------	--	--

像 面	∞		偏心 (4)		
-----	----------	--	--------	--	--

ASS (1)

R	-816.43
---	---------

K	-2.0000×10^{-6}
---	--------------------------

A	1.4845×10^{-11}
---	--------------------------

B	-5.8165×10^{-15}
---	---------------------------

C	2.3649×10^{-19}
---	--------------------------

D	-1.5631×10^{-24}
---	---------------------------

偏心 (1)

X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
---	------	---	------	---	--------

α	27.2	β	0.00	γ	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心 (2)

X	0.00	Y	0.46	Z	650.89
---	------	---	------	---	--------

α	27.2	β	0.00	γ	0.00
偏心 (3)					
X	0.00	Y	MY	Z	584.08
α	27.2	β	0.00	γ	0.00
偏心 (4)					
X	0.00	Y	-205.69	Z	249.76
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

实施例 8

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	HOE		偏心(1)	1.62	23.9
2	∞ (PIM)		偏心(2)	1.62	23.9
3	ASS(1)(RE, FL)		偏心(3)	1.62	23.9
4	∞		偏心 (1)		
像 面	∞		偏心 (4)		
	ASS (1)				
R	-835.62				
K	0.0332				
A	4.8760×10^{-9}				
B	-2.5964×10^{-13}				
C	6.8805×10^{-18}				
D	-6.6177×10^{-23}				
	偏心 (1)				
X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
α	27.2	β	0.00	γ	0.00
	偏心 (2)				
X	0.00	Y	0.46	Z	650.89
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

偏心 (3)					
X	0.00	Y	MY	Z	604.54
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

偏心 (4)					
X	0.00	Y	-205.69	Z	249.76
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

实施例 9

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	∞		偏心(1)	1.49	57.4
2	∞ (PIM)		偏心(2)	1.49	57.4
3	ASS(1) (RE, FL)		偏心(3)	1.49	57.4
4	HOE		偏心 (1)		
像 面	观察者瞳面 ∞		偏心 (4)		

ASS (1)					
R	-816.43				
K	-2.0000×10^{-6}				
A	1.4845×10^{-11}				
B	-5.8165×10^{-15}				
C	2.3649×10^{-19}				
D	-1.5631×10^{-24}				
偏心 (1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
α	27.2	β	0.00	γ	0.00
偏心 (2)					
X	0.00	Y	0.46	Z	650.89
α	27.2	β	0.00	γ	0.00
偏心 (3)					

X	0.00	Y	MY	Z	604.70
α	27.2	β	0.00	γ	0.00
偏心 (4)					
X	0.00	Y	-205.69	Z	249.76
α	27.2	β	0.00	γ	0.00

实施例 10

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	HOE		偏心 (1)	1.4924	57.6
2	∞ (PIM)		偏心 (1)	1.4924	57.6
3	ASS (1) (RE, FL)		偏心 (2)	1.4924	57.6
4	∞		偏心 (1)		
像 面	∞		偏心 (3)		
	ASS (1)				
R	-794.83				
K	-5.3753×10				
A	1.0973×10^{-6}				
B	2.4736×10^{-11}				
C	-2.7488×10^{-16}				
	偏心 (1)				
X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
α	25.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心 (2)				
X	0.00	Y	MY	Z	630.94
α	25.00	β	0.00	γ	0.00
	偏心 (3)				
X	0.00	Y	-190.18	Z	242.16
α	25.00	β	0.00	γ	0.00

实施例 11

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	∞ (PIM)		偏心 (1)	1.4924	57.6
2	ASS (1) (RE, FL)		偏心 (2)	1.4924	57.6
3	∞		偏心 (1)		
4	HOE		偏心 (1)	1.4924	57.6
像 面	∞		偏心 (3)		
	ASS (1)				
R	-792.61				
K	0.0000				
A	3.70000×10^{-9}				
B	-2.3710×10^{-13}				
C	5.4398×10^{-18}				
	偏心 (1)				
X	0.00	Y 0.00	Z 650.00		
α	25.00	β 0.00	γ 0.00		
	偏心 (2)				
X	0.00	Y MY	Z 627.89		
α	25.00	β 0.00	γ 0.00		
	偏心 (3)				
X	0.00	Y -190.18	Z 242.16		
α	25.00	β 0.00	γ 0.00		

实施例 12

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	HOE		偏心 (1)	1.4924	57.6

2	∞ (PIM)	偏心 (1)	1.4924	57.6
3	ASS (1) (RE, FL)	偏心 (2)	1.4924	57.6
4	∞	偏心 (1)		
像 面	∞	偏心 (3)		
	ASS (1)			
R	-407.45			
K	-5.8103×10			
A	-7.5130×10^{-7}			
B	7.5802×10^{-12}			
C	-3.1478×10^{-17}			
	偏心 (1)			
X	0.00	Y	0.00	Z 650.00
α	25.00	β	0.00	γ 0.00
	偏心 (2)			
X	0.00	Y	MY	Z 577.79
α	25.00	β	0.00	γ 0.00
	偏心 (3)			
X	0.00	Y	-190.18	Z 242.16
α	25.00	β	0.00	γ 0.00

实施例 13

面编号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
物体面	∞				
1	∞ (PIM)		偏心(1)	1.4924	57.6
2	ASS (1) (RE, FL)		偏心 (2)	1.4924	57.6
3	∞		偏心 (1)		
4	HOE		偏心 (1)	1.4924	57.6
像 面	∞		偏心 (3)		
	ASS (1)				

R -763.19
 K -2.3408
 A -1.8903×10^{-8}
 B 1.4268×10^{-13}
 C -4.9692×10^{-19}

偏心 (1)

X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
α	25.00	β	0.00	γ	0.00

偏心 (2)

X	0.00	Y	MY	Z	571.11
α	25.00	β	0.00	γ	0.00

偏心 (3)

X	0.00	Y	-190.18	Z	242.16
α	25.00	β	0.00	γ	0.00

其次，以具有图 1 结构的投影观察装置为例，对将本发明的投影观察装置作为立体观察装置的实施例进行说明。

图 47 表示将图 1 所示结构的投影观察装置作为立体观察装置时的一个示例图。这里，图 47 (a) 是透过型立体观察装置的概略结构图，图 47 (b) 是反射型立体观察装置的概略结构图。并且，在图 47 (b) 中，为方便起见，只表示了右眼用结构而省略了左眼用结构。

图 47 (a)、(b) 所示的立体观察装置具有如下结构：显示器件 1L、1R；投影光学系统 2L、2R；目镜光学系统 4；扩散板 5 (图 47 中省略其图示)。

投影光学系统 2L、2R 将由显示器件 1L、1R 所显示的影像投影到观察者一侧。此时，构成光学系统，使得所投影的影像投影到同一显示面上。目镜光学系统 4 配置于同一显示面的近旁。而且，把投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳 16L、16R 投影到观察者一侧。观察者通过使瞳孔 EL、ER 与所投影的射出光瞳像的位置相一致，可以观察显示在显示器件 1L、1R 上的影像。扩散板 5 具有扩大观察用光瞳的作用。此外，目镜光学系

统 4 和扩散板 5 配置在显示面位置。

显示面位置为由投影光学系统 2L、2R 所投影的显示器件 1L、1R 的影像的成像位置。而且，作为配置于该成像位置的目镜光学系统 4，在透过型立体观察装置（图 47（a））中设有菲涅尔透镜。而在反射型立体观察装置（图 47（b））中设有菲涅尔反射镜。

使菲涅尔反射镜以及两个射出光瞳 16L、16R 的像成像到观察者一侧。菲涅尔透镜也是如此。由于这些菲涅尔面配置在显示面位置（或其近旁），因此，所投影的影像图像质量不会劣化。此外，与凹面镜不同，其配置为平板状。

图 48 是表示在上述立体观察装置中，射出光瞳像（观察用光瞳）的扩大原理说明图。并且，在图 48 中，采用了透过型立体观察装置的结构。

在平面状的显示面位置或其近旁，与目镜光学系统 4 一起还配置有扩散板 5。在图 48 中，目镜光学系统 4 具有将左右投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳 16L、16R 成像在观察者一侧的规定位置的作用。在此情况下，射出光瞳 16L、16R 的光瞳直径 $\phi 0$ 投影为 $\phi 0'$ 大小。

该规定位置是观察者的眼球（瞳孔）EL、ER 所在的位置。这里，扩散板 5 通过其扩散作用，把本来应以 $\phi 0'$ 的大小成像的 6L、6R 的光瞳像（左右投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳 16L、16R 的像）扩大到 $\phi 1$ 大小。并且，设定由扩散板 5 所扩大的左右射出光瞳像 60L、60R，使它们在距离 L 的观察位置不会重叠。这是为了防止串扰的发生。由于只通过 1 次设置在显示面位置的扩散板 5，因此在透过型立体观察装置中该扩散板 5 的扩散作用只作用 1 次。另一方面，由于反射型立体观察装置（图 48 未图示）中 2 次透过设置在显示面位置的扩散光学系统，因此作用 2 次。

图 49 是根据本发明的立体观察装置的一个实施例的示意图。图 49（a）是从上方看见的概略结构图，图 49（b）是图 49（a）的侧视图。本实施例的立体观察装置为透过型。在显示面位置配置有目镜光学系统 4。目镜光学系统 4 将投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳 16L、16R 投影到观察者一侧。通过使观察者的眼球（瞳孔）EL、ER 与该投影的位置相一致，观察者可对影像进行观察。

这里，作为目镜光学系统 4，在观察者一侧使用了朝向菲涅尔面 4a 的菲涅尔透镜。在该菲涅尔透镜 4 的近旁，配置有用于扩大光瞳的扩散板 5，由这些部件构成了透过型显示板。本实施例中，菲涅尔透镜面 4a 配置在由投影光学系统 2L、2R 所投影的投影像的成像位置。因此，不会发生由菲涅尔透镜面 4a 引起的图像质量的劣化。扩散板 5 的扩散面 5a 设置在菲涅尔透镜 4 的菲涅尔透镜面 4a 侧。扩散面 5a 配置在靠近菲涅尔透镜面 4a 的位置，以减少模糊和抑制图像质量的劣化。

此外，在本实施例中，透过型显示板用偏心光学系统来构成。亦即，菲涅尔透镜面 4a 为偏心菲涅尔透镜面，如图 49 (b) 所示，菲涅尔透镜面 4a 的光轴位于中心的下侧。并且，菲涅尔透镜面 4a 具有正折射力。

如本实施例所述，当用偏心光学系统来构成透过型显示板时，显示板面本身不必变厚。因此，显示板的配置不会造成妨碍。并且，如本实施例所述，尽量接近地配置扩散面 5a 和菲涅尔面 4a 可以减少图像质量的劣化，因而比较理想。

图 50 是根据本发明的立体观察装置的另一个实施例的示意说明图。图 50 (a) 是斜视图，图 50 (b) 是侧视图。

本实施例的立体观察装置为反射型。而且，显示板设置有目镜光学系统 4 和用于扩大光瞳的扩散板 5。具体来说，目镜光学系统 4 是菲涅尔反射镜 4。目镜光学系统 4 将投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳 16L、16R 投影到观察者一侧。观察者通过使瞳 EL、ER 与该投影的位置相一致，可对影像进行观察。

顺便说明一下，在反射型立体观察装置的情况下，必须配置各光学部件，使投影光学系统 2L、2R 与观察者的脸不会发生干涉。此外，观察者从正面观察显示板时，比较容易观察。因此，在本实施例中，使入射到显示板中心的投影光的入射光轴与从显示板中心射出的光线的出射光轴之间具有角度 θ 。此外，使菲涅尔反射镜 4 的光轴相对于显示板的中心沿上下方向（在图 50 中为上方向）偏心。

图 51 是把图 50 的实施例更加具体化的示例的侧视图。在图 51 的实施例中，在投影光学系统 2R (2L) 中采用球面透镜系统，并将显示器件

1R (1L) 配置在与透镜的光轴偏心的位置。通过这样作, 投影光学系统 2R (2L) 就不会与观察者的脸发生干涉。显示板相对于观察者的眼和投影光学系统 2R (2L) 垂直配置。此外, 采用非球面的菲涅尔反射镜作为显示板面。

并且, 如上所述, 最好是采用使观察者从正面观察显示板的结构, 但在本实施例中, 即使在显示板倾斜 $\pm 30^\circ$ 的位置也可以使用。如果是倾斜 $\pm 15^\circ$ 左右的话, 可以观察到良好的影像。

图 52 是图 51 的实施例的变形例的示意图, 是从侧面所看到的概略结构图。在图 52 中, 观察者的视线固定在水平方向。在本实施例中, 显示板和观察者眼球(瞳孔)ER (EL) 的位置关系由下列两个量来决定。(1) 显示板面的倾斜角度。(2) 设置于显示板面的偏心菲涅尔透镜面的光轴的偏心量。通过将该两个量组合起来进行调整, 能够以最佳状态进行观察。并且, 投影光学系统 2R (2L) 相对于显示板面垂直配置。并且, 在图 52 中, 符号 17 是支撑臂, 支撑臂 17 支撑着两个投影光学系统 2R(2L)、显示器件 1R (1L) 以及显示板。此外, 显示板面的倾斜角度 α 是连接显示板中心和观察者的瞳孔之间的连线与从显示板中心引出的垂线之间的夹角, 从容易观察的观点来说, 最好是将其设为小于等于 $\pm 30^\circ$ 。

图 52 (a) 的立体观察装置的显示板面的倾斜角度 α 为 0° 。图 52 (b)、(c) 的立体观察装置的显示板面的倾斜角度 α 小于等于 30° 。并且, 在图 52 的实施例中, 与 (c) 的结构相比, (a) 或 (b) 的结构由于易观看比较自然和成像作用的偏心量较少而更为有利。

其次, 对用于本发明的立体观察装置的显示板的具体结构例进行说明。

图 53 是可应用于本发明的反射型立体观察装置的反射型显示板的实施例的示意图。这里, 图 53 (a) 是斜视图, 图 53 (b) 是从侧面看到的概略结构图。本实施例的显示板由菲涅尔面 4a 和由随机配置有凹面的扩散面 5a 形成一体来构成。具体来说, 例如, 利用菲涅尔面用的模具以及散射面用的随机配置的凹面模具, 从两侧对聚碳酸酯或丙烯等塑料树脂进行加压使其一体成型。然后, 在菲涅尔面 4a 上涂覆铝膜作为反射膜,

然后，在其上涂布黑色涂料作为防护膜。

显示板的菲涅尔面 4a 具有对两个投影光学系统 2L、2R 的射出光瞳 16L、16R 的像进行成像的作用。因此，观察者可以使眼球（瞳孔）与该成像位置一致来观察影像。此外，扩散面 5a 具有扩大观察用的光瞳的作用。因此，观察者的眼球（瞳孔）即使多少偏离成像位置，也可以与一致时同样来观察影像。

并且，图 53 所示的本实施例的显示板作为偏心菲涅尔背面镜构成。这里，对表面镜与背面镜的菲涅尔面 4a 的曲率半径 R 进行考虑。

构成为背面镜时的曲率半径 R 为：

$$R=2n \cdot f$$

构成为表面镜时的曲率半径 R 为：

$$R=2f$$

这里，n 是折射率，f 是焦点距离。

这样，用背面镜构成时可以加大菲涅尔面的曲率半径 R。因此，有利于减少光瞳成像时的像差的发生。

而且，本实施例的显示板中，菲涅尔面 4a 由越接近周边曲率半径越大的非球面菲涅尔面构成。当采用这样的结构时，可以利用非球面来进一步减少和抑制观察用光瞳在成像时产生的像差，因此十分有利。

图 54 是反射型显示板的另一实施例的示意图。这里，图 54 (a) 是从侧面所见的概略结构图，图 54 (b) 是扩散装置的扩大图。本实施例的显示板代替图 53 所示的随机配置有凹面的扩散面 5a，如图 54 (b) 所示，作为扩散装置，在菲涅尔面 4 a 上一体形成微小的凹面 5b。并且，在菲涅尔面 4a 上涂覆有反射膜，构成背面菲涅尔反射镜。此外，本实施例中，显示板表面为平面，可以很容易地涂覆反射防止膜。

这样，根据本实施例的反射型显示板，实现成像作用的菲涅尔面 4a 和实现扩散作用的微小的凹面 5b 形成于同一背面。因此，图 53 所示的反射型显示板通常要 2 次通过扩散面，而本实施例的投影光只通过 1 次扩散面，因此只接受 1 次扩散作用。其结果就相应地难以产生模糊，可以减少和抑制图像质量的劣化。

图 55 是反射型显示板的另一实施例的示意图,是从侧面所见的概略结构图。本实施例的显示板用菲涅尔表面镜构成目镜光学系统 4,并用扩散板 5 来构成扩散装置。而且,把菲涅尔面 4a 与形成于扩散板 5 表面的具有扩散性的凹凸面 5b' 对置接近配置。

根据本实施例的显示板,菲涅尔反射镜面 4a 形成于表面,可以使它与具有扩散性的凹凸面 5b' 尽可能地紧贴。因此,可以尽量地减少和抑制由于 2 次通过扩散面所产生的模糊。并且,本实施例的显示板除了使表面菲涅尔反射镜 4 与扩散板 5 紧贴之外,也可以代替扩散板,将扩散性薄膜张贴在表面菲涅尔反射镜上。

图 56 是反射型显示板的另一实施例的示意图,它是从侧面所见的概略结构图。本实施例的显示板代替在图 53 的实施例所示的在偏心菲涅尔背面镜表面形成微小的凹凸面,采用粘合扩散性薄膜 5c 来构成。并且,扩散性薄膜 5c 既可以用内部散射式的薄膜,也可以用通过在表面形成的凹凸进行散射的薄膜。

其次,对本发明的投影观察装置的各种形式进行示例。这里,可采用凹面镜、菲涅尔反射镜等反射型镜作为目镜光学系统。可采用由凹凸面或粗糙面构成的扩散板,或者采用由透过型全息图构成的扩散板作为配置在目镜光学系统前面的扩散板。在显示板上,用图 1 或图 2 那样的配置进行投影并显示。

此外,在以下说明中,假定将反射型目镜光学系统与扩散板的组合作为显示板 100。此外,如图 1 所示,假定投影装置 101、101L、101R 由显示器件 1 以及对显示在该显示器件 1 上的影像进行扩大投影的投影光学系统 2 所构成。或者,如图 2 所示,假设投影装置由使从光源 7 入射的光束偏转的扫描装置 8 以及对被偏转的光束进行投影聚光的投影光学系统 9 所构成。

图 57 是可应用本发明的立体观察系统的实施例的概略结构示意图。该系统具有上述各实施例所示的结构。本实施例中,左右投影装置 101L、101R 连接到投影装置控制装置 102 上。投影装置控制装置 102 可选择图像,并将所选择的图像发送到左右投影装置 101L、101R 进行显示。图像

是由设置于立体(3D)图像输入装置中的照相机所拍摄的图像。立体(3D)图像输入装置是指立体(3D)内窥镜、或立体(3D)显微镜等,并具有左右照相机。

此外,作为其它可选择输入的图像还有通过个人计算机作成的具有视差的立体(3D)图像。因此,投影装置控制装置 102 也可以把这样的图像作为对输入显示板 100 的图像进行处理。亦即,投影装置控制装置 102 可以将这样的图像显示在投影装置 101L、101R 上。

其次,对应用了本发明的立体观察系统的产品的实施例进行说明。

图 58 是应用了本发明的立体观察系统的产品的 1 个实施例的示意说明图。本实施例的产品由以下部分构成:反射型立体投影观察装置;支撑保持部 103 的支撑臂 104;支撑着支撑臂 104 的安装有小脚轮的支撑部主体 105。反射型立体投影观察装置是将显示板 100 和左右投影装置 101L、101R 一体地安装到保持部 103 上而构成的。

反射型立体投影观察装置从左右投影装置 101L、101R 将相互间具有视差的影像投影到显示板 100 上。进而,所投影的影像由显示板 100 反射,然后在观察者的左右眼 EL、ER 上成像。此时,使各观察用光瞳(光学系统的光瞳)扩大,对影像进行成像。

保持部 103 通过与支撑臂 104 连接的连接部 104a,以沿箭头方向可转动的方式相连接。进而,支撑臂 104 通过连接部 104b 连接到支撑部主体 105。此时,支撑臂 104 沿箭头方向可转动地连接。因此,保持部 103 通过将支撑臂 104 沿期望的方向转动,可以改变观察者的观察姿势。此外,在保持部 103 上设置有操作部 103a,使沿期望方向的转动变得非常容易。

此外,支撑部主体 105 安装有小脚轮 105a。从而,可以使支撑部主体 105 移动。因此,可以改变观察位置。

图 59 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意说明图。在该实施例的产品中,与图 58 相同,反射型立体投影观察装置由支撑臂 104 保持。但是,支撑着支撑臂 104 的支撑部主体 105 安装在天花板 106 上。根据本实施例这样的结构,可以节省放置立体投影观察

装置的空间。

图 60 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意图。本实施例的产品具有把支撑臂 104 安装在手术用椅 107 上的结构。

显示板 100 安装在保持部件 103b 上，投影装置 101L、101R 安装在保持部件 103c 上。进而，保持部件 103b 可转动地安装在保持部件 103c 上。因此，可以把显示板 100 相对于投影装置 101L、101R 的方向改变为规定的方向。

保持部件 103c 通过连接部 104c 安装到支撑臂 104 上。这里，保持部件 103c 安装为可以作 360° 转动。因此，可以使显示板 100 和投影装置 101L、101R 的方向改变到规定方向。而且，在显示板 100 的左右侧方向设有把手 108。因此，不必直接用手接触显示板 100，就可以很容易地进行方向的调整操作。此外，手术用椅 107 上设有小脚轮 107a。因此，通过使手术用椅 107 移动，可以改变观察位置。

图 61 是应用了本发明的立体观察系统的产品的另一实施例的示意图。本实施例的产品在支撑臂 104 上连接了两个保持部件 103 和手术用显微镜的图像输入部 109。由两个保持部件 103 分别保持投影装置 101L、101R 以及显示板 100。并且，支撑臂 104 通过连接部 104c 连接到安装有小脚轮 105a 的支撑部主体 105 上。而且，支撑臂 104 通过连接部 104c 可以转动。

在手术用显微镜的图像输入部 109 中内设有 2 台照相机。而且，其结构为将输入图像分别发送到立体投影观察装置的投影装置 101L、101R 上。因此，该结构可以使多个观察者同时观察手术用显微镜中的立体图像。

并且，图 58～图 61 中所示的实施例的产品的立体观察系统可以应用于手术用显微镜的显示装置、内窥镜的显示装置、与医疗有关的立体信息图像的显示装置、利用了计算机的游戏机等娱乐产品的显示装置、各种立体（3D）的 CAD 图像等与业务有关的立体（3D）图像的显示装置等。

图 62 是应用本发明的投影观察装置的手术用立体观察系统的 1 个实施例的示意说明图。本实施例的产品在设有小脚轮 105a 的支撑部主体 105 上连接着自由臂 110。进而，通过该自由臂 110 安装有支撑臂 104。该支撑臂 104 可在 3 维方向自由移动，并可作 360° 自由转动。此外，在该支撑臂 104 上，通过连接部 104d 安装有保持部件 103。该保持部件 103 同样也可以自由移动和自由转动。进而，在保持部件 103 上安装有投影装置 101L、101R 以及显示板 100。

另一方面，在支撑臂 104 的顶端安装有手术用显微镜的图像输入部 109。在图像输入部 109 中内设有 2 台照相机，其对患者 P 的患部进行摄影。所摄图像作为输入图像发送到立体投影观察装置。更详细地说，发送到投影装置 101L、101R。

按照这样的结构，用图 62 的装置，可以一边用手术用显微镜观察患者 P 的患部的立体图像，一边进行手术。

此外，如上所述的本发明的投影观察装置可以构成为双筒体视显微镜。例如，在图 63 中示出其外观，在图 64 中示出光学系统的透视图。在本例的情况下，双筒体视显微镜 130 具有如下结构：在载物台 131 上直立着镜柱 132。在该镜柱 132 上安装有镜筒盒 133。在镜筒盒 133 上设有调焦用螺旋 136。因此，通过操作调焦用螺旋 136，可以调整距离载物台 131 的高度。另一方面，在镜筒盒 133 的下端设有物镜光学系统镜筒 134。此外，在镜筒盒 133 的上端安装有罩 135。

进而，从图 64 可知，在物镜光学系统镜筒 134、镜筒盒 133、罩 135 内配置有光学系统。该光学系统配置有：物镜光学系统 111；左右成像光学系统 114L、114R；光学元件 118；左右投影光学系统 2L、2R；用于使光轴弯曲的反射镜 116。这里，光学元件 118 共计由 4 片平面镜构成，具有切换光路的作用以及扩大光路间隔的作用。

在该光学系统中，通过左右投影光学系统 2L、2R，物体 O 的左眼用扩大像和右眼用扩大像被扩大投影到显示板 100 上。进而，通过显示板 100，被扩大的左右射出光瞳 60L、60R 形成在左右眼的眼位 (eye point)。其结果，通过观察者的两眼可以扩大观察到物体 O 的体视像 (立体像)。

此外,如上所述的本发明中,反射型的显示板 100 由反射型目镜光学系统和扩散板组合而成。该显示板 100 不仅显示立体图像,也能够作为显示单一图像的投影观察装置。

在图 65、图 66 中示出这种投影观察装置的例子。图 65、图 66 是移动电话的例子。

在该移动电话 138 中设有话筒 139、扬声器 140、天线 141、142 以及本发明的投影观察装置。这里,话筒 139 将操作者的声音作为信息输入。扬声器 140 用于输出通话对方的声音。天线 141 用于进行通信电波的发送和接收。操作按钮 142 用于由操作者输入信息。

本发明的投影观察装置用于投影显示操作者自身或通话对方等的摄影像以及电话号码等信息。这里,设置有投影装置 101 和反射型显示板 100,使其射出光瞳 60 的位置上,可以毫不费力地观察该显示影像。

图 65 的移动电话具有将可显示板 100 相对于移动电话 138 打开关闭的机构。因此,在携带时可将其折叠起来收藏到衣袋等中。此外,图 66 的移动电话的显示板 100 固定在移动电话 138 的主体内部。因此,不必折叠可直接将其收藏到衣袋等中。

作为本发明的投影观察装置的目镜光学系统 4,可以采用菲涅尔透镜或菲涅尔反射镜。在此情况下,必须注意重影光。在菲涅尔透镜的情况下,重影光是由于在轮带状的曲折作用面之间的非作用面上反射了周围的光线等而发生的。在菲涅尔反射镜的情况下,它也是由于在轮带状的反射作用面之间的非作用面上反射周围的光线等而发生的。当该重影光入射到射出光瞳 60L、60R、601、602 上时,就会妨碍观察。如图 67 所示,非作用面 43 位于构成菲涅尔面的轮带状的曲折作用面 42 之间。因此,在该非作用面 43 上,例如喷涂小玻璃珠 55 以形成毛面。此时,沿倾斜于菲涅尔透镜 41 的中心方向的方向进行喷涂。通过这样,可以使原来由该面反射成为重影光②的光扩散。优选通过这样来防止产生重影光。进而,若在该毛面上涂覆黑色涂料等使其具有光吸收性则更为理想。并且,在图 67 中,①表示标准的折射光。

并且,图 67 所示的示例是在菲涅尔透镜 41 上直接喷涂小玻璃珠 55

等把非作用面作成毛面的方法，但也有其它方法。例如，还有如下方法：如图 68 所示，在制作菲涅尔透镜 41 的模具 51 中，在对应于非作用面 43 的面 53 上，与图 67 同样地沿倾斜方向喷涂小玻璃珠 55 以形成毛面。还可以将该毛面转印到菲涅尔透镜 41 上。在图 68 中，符号 52 表示的面是对应于菲涅尔透镜 41 的轮带状曲折作用面 42 的面。当用菲涅尔反射镜来构成目镜光学系统 4 时，最好也进行与上述同样的处理。

本发明的实施例所使用的扩散板是根据特愿 2001-370950 的制作方法如下制作的。首先，通过喷砂法将粒径有限制的球形小珠喷涂到作为模具的金属板上。其次，把形成在该金属板上的随机配置的凹面群转印复制到透明树脂板上。这样，就制成了在透明树脂板的 1 面上形成随机凹凸形状的 1 次透过型扩散板。

共制作了 11 个样品。这里，假设各样品的编号为 #1~#11。#1~#11 扩散板的 S_m/R_a 值、该按半峰值全宽计算的扩散角、按 1/10 峰值全宽计算的扩散角如下所列。根据该结果，最好使用 #11 扩散板作为上述实施例的扩散板 5。

样品	S_m / R_a	扩散角半峰值全宽	扩散角 1/10 峰值全宽
#1	316.67	0.096	0.858
#2	206.25	0.104	0.980
#3	205.88	0.114	1.164
#4	163.64	0.144	1.510
#5	177.78	0.230	2.236
#6	223.53	0.108	1.062
#7	172.00	0.148	1.572
#8	174.07	0.156	1.632
#9	165.52	0.286	2.572
#10	160.61	1.368	3.470
#11	138.46	2.470	5.040

根据本发明，可提供如下的观察装置。它可以同时从不同方向对投影在规定位置的影像进行观察。或者，可以同时从不同方向对形成于规

定位位置的影像进行观察。此外，它结构虽然简单，但照明效率高。

此外，根据本发明，可以在很小的显示面上，可观察地显示左右相同或左右具有视差的明亮的影像。

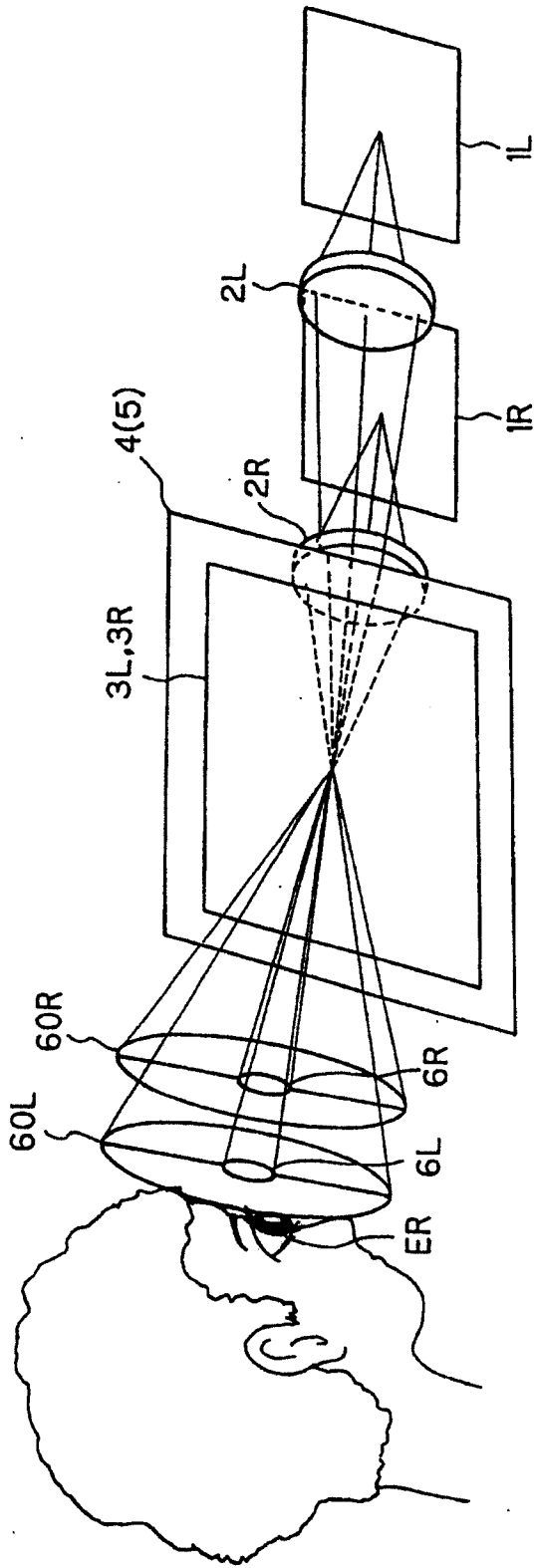


图 1

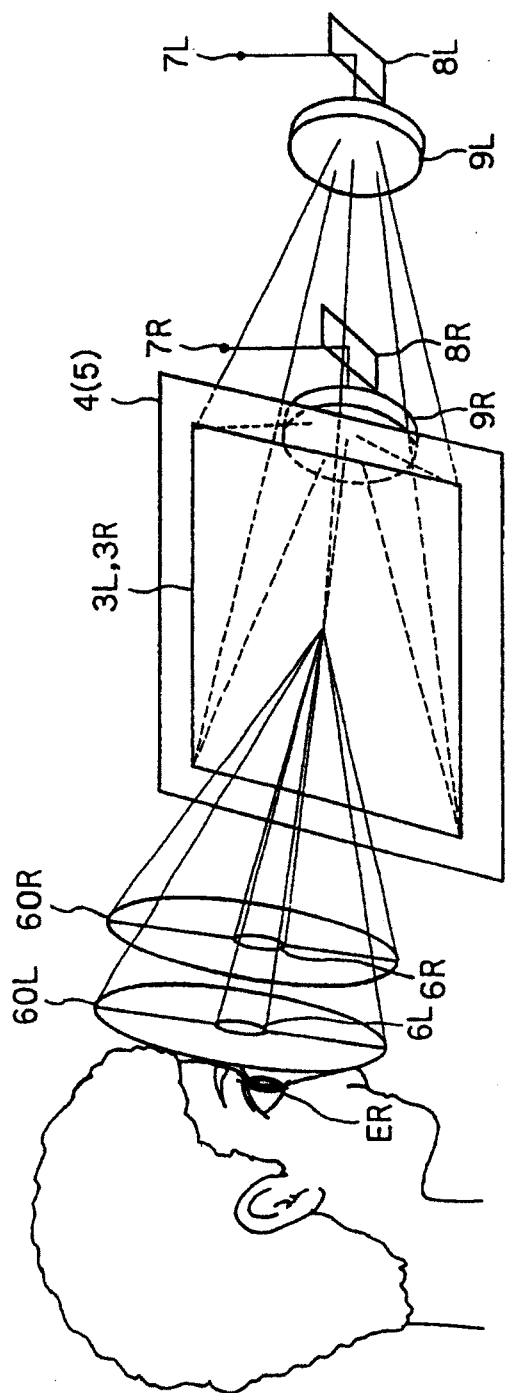


图 2

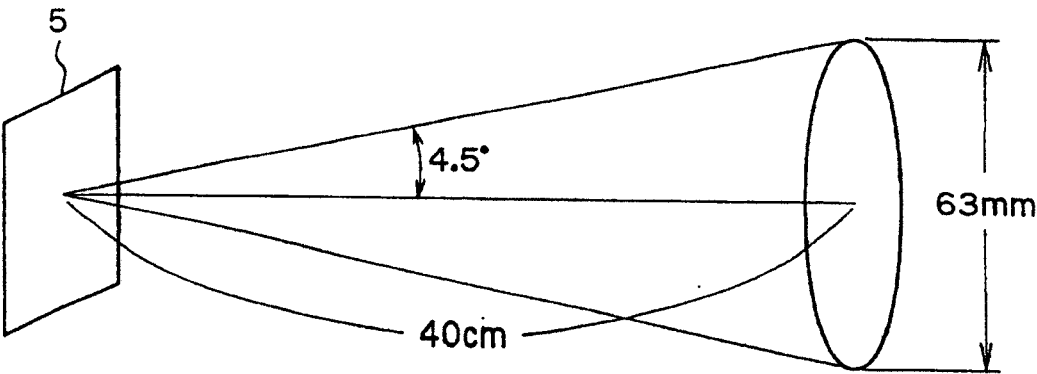


图 3

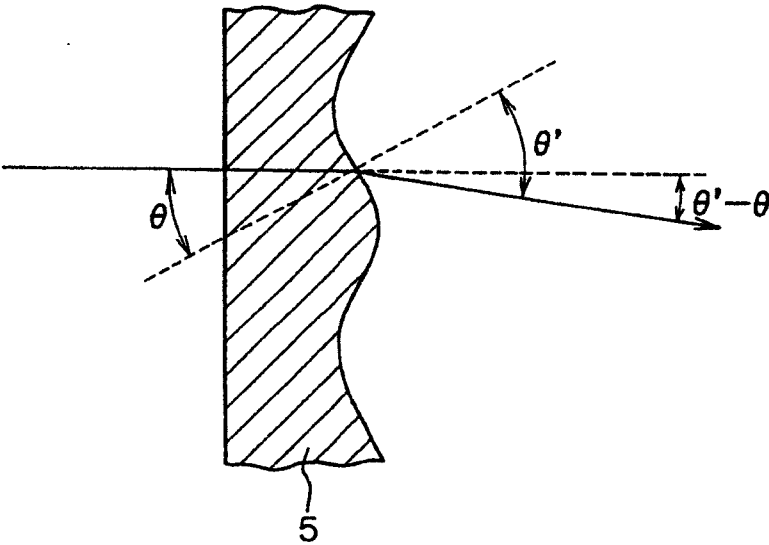


图 4

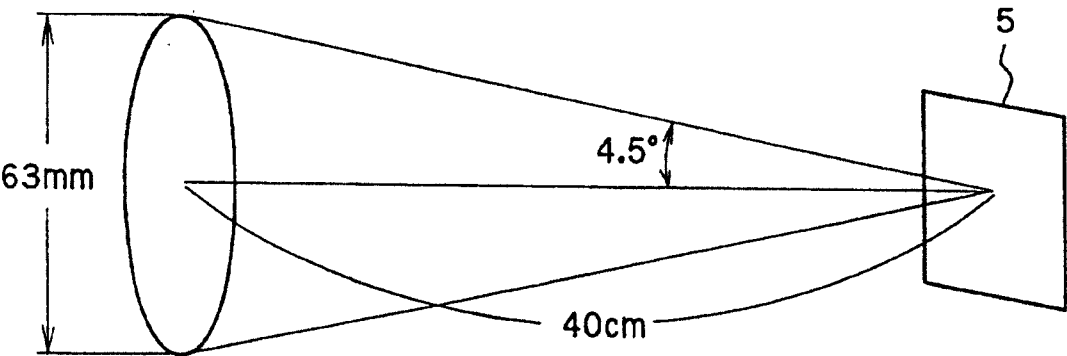


图 5

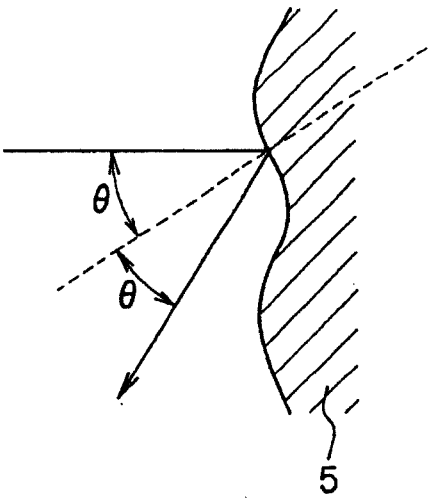


图 6

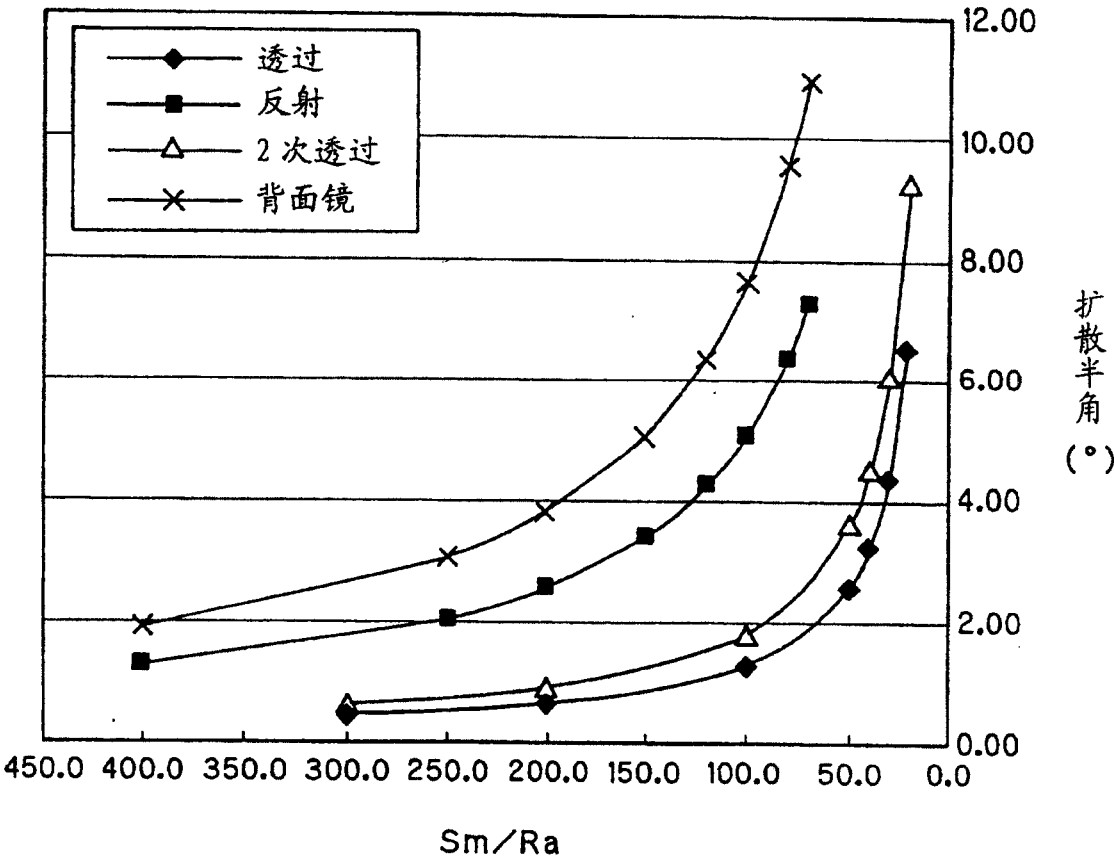


图 7

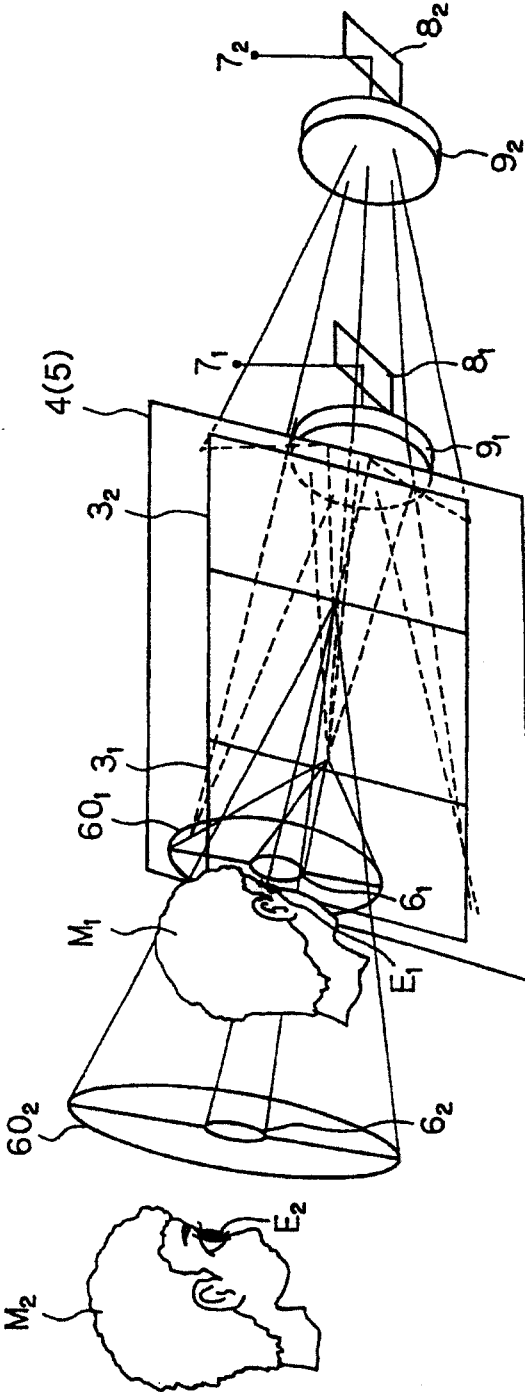


图 8

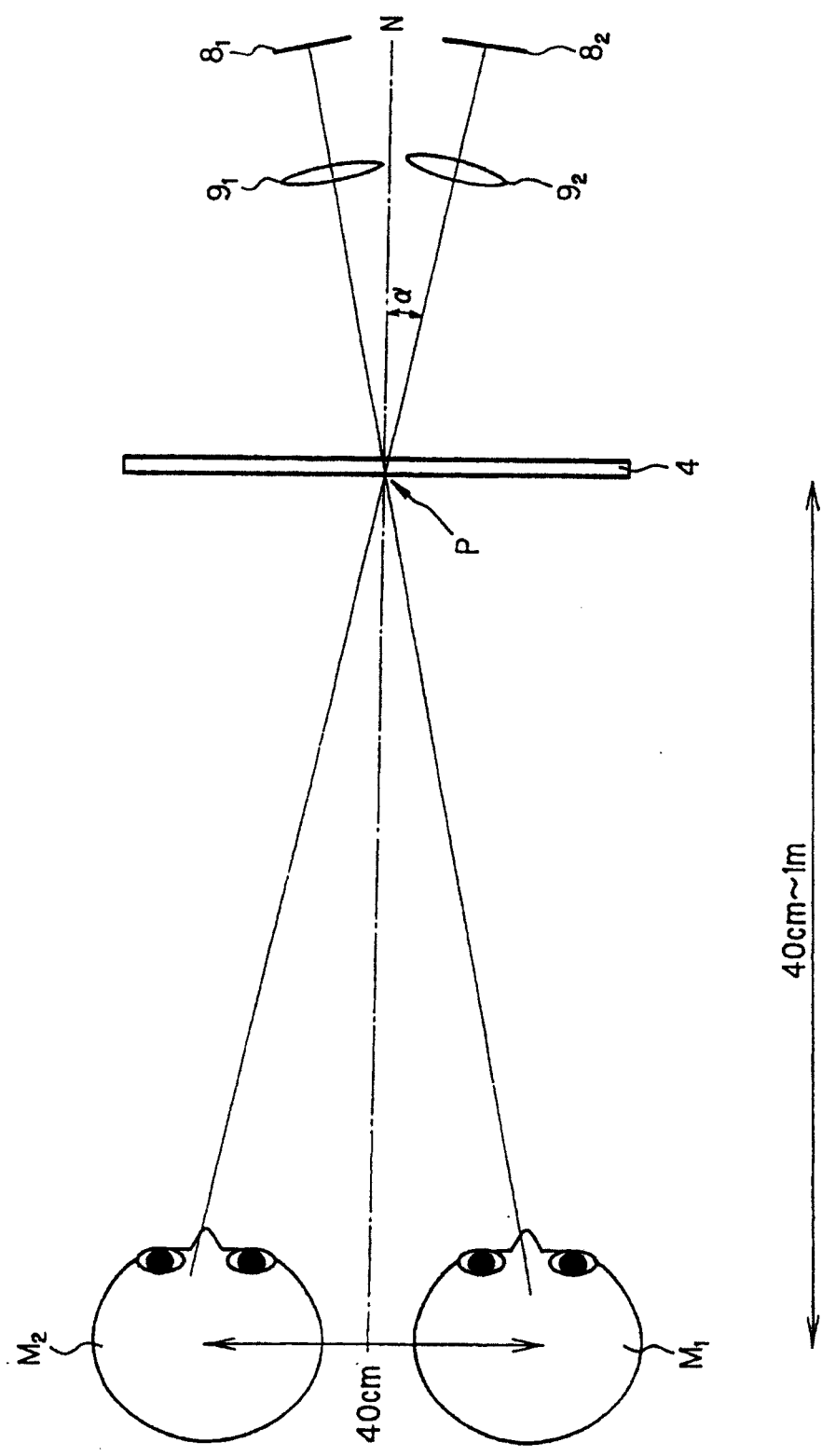


图 9

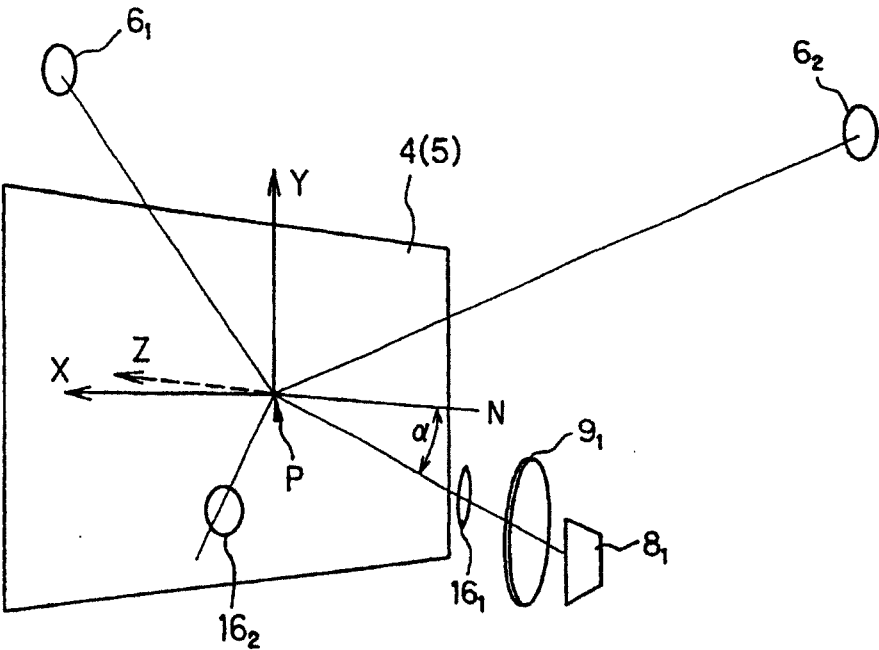


图 10

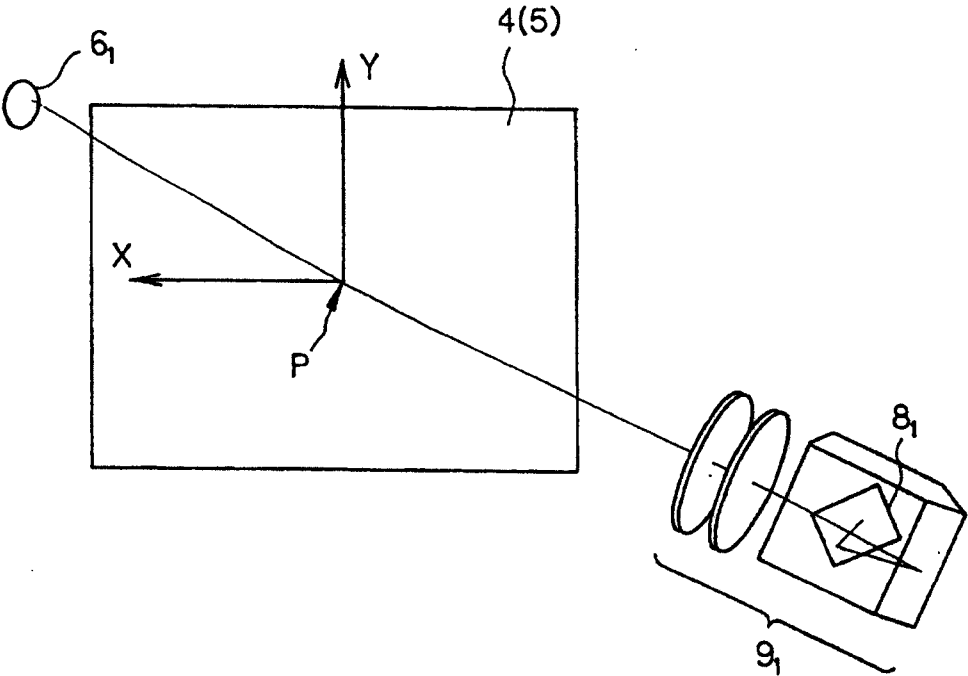


图 11

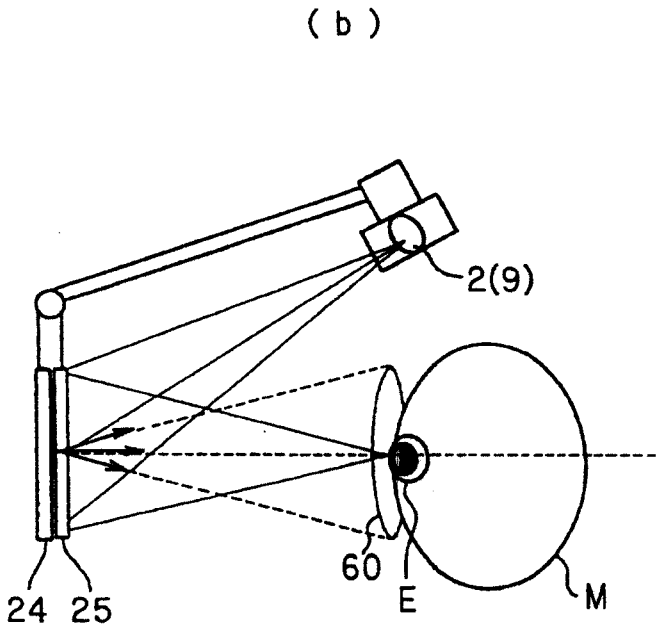
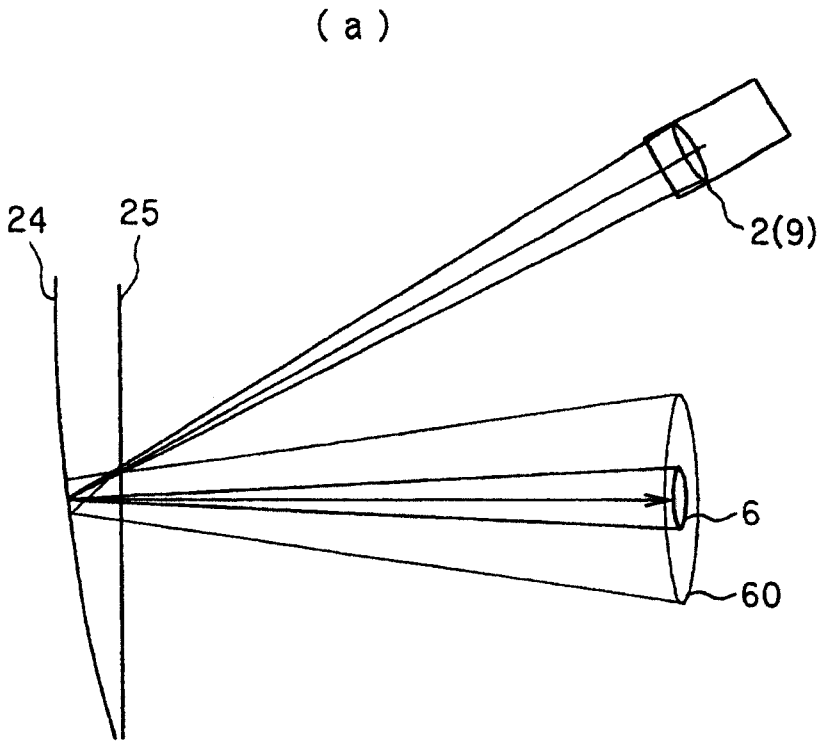


图 12

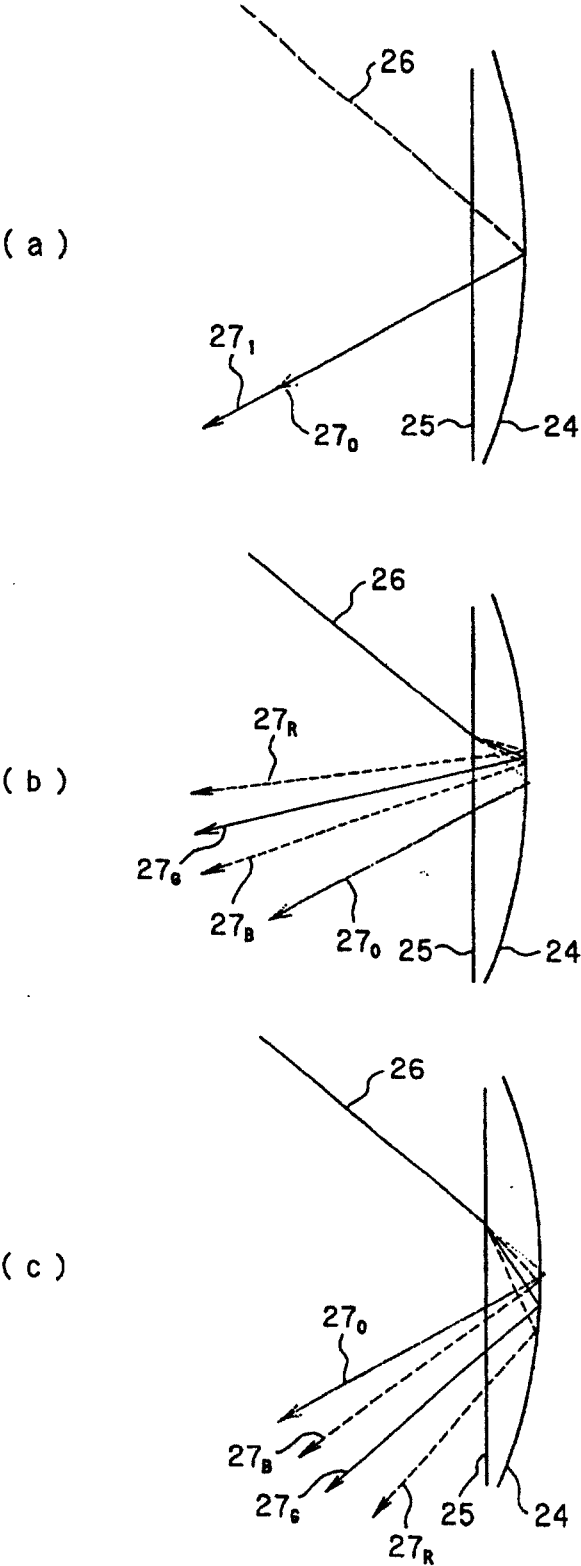


图 13

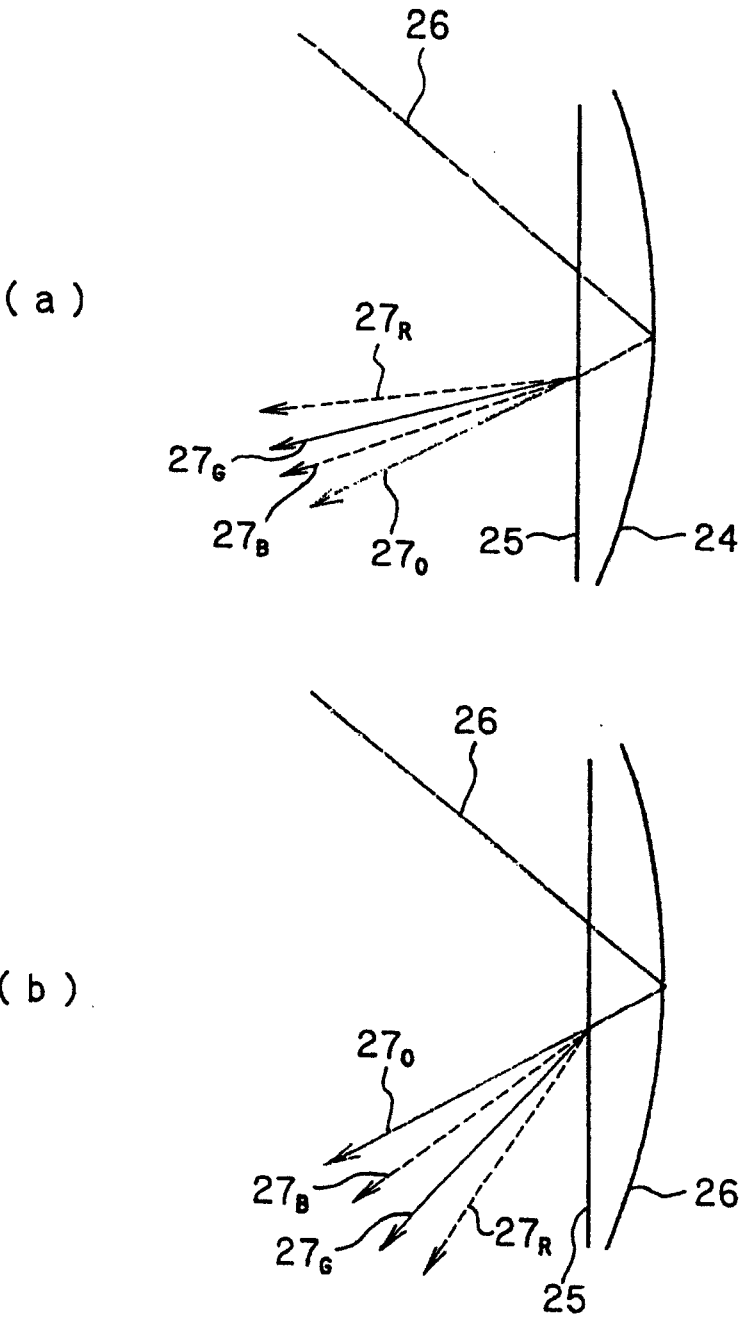


图 14

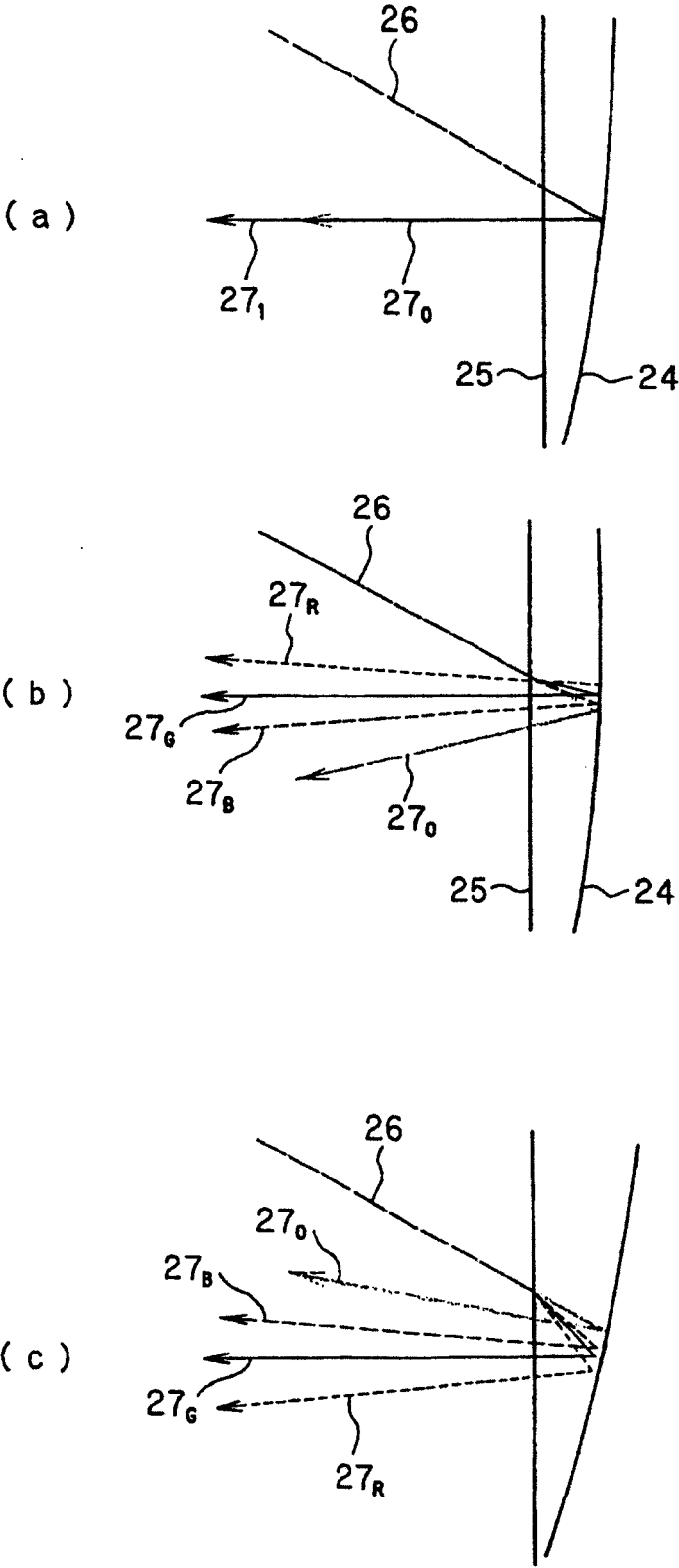


图 15

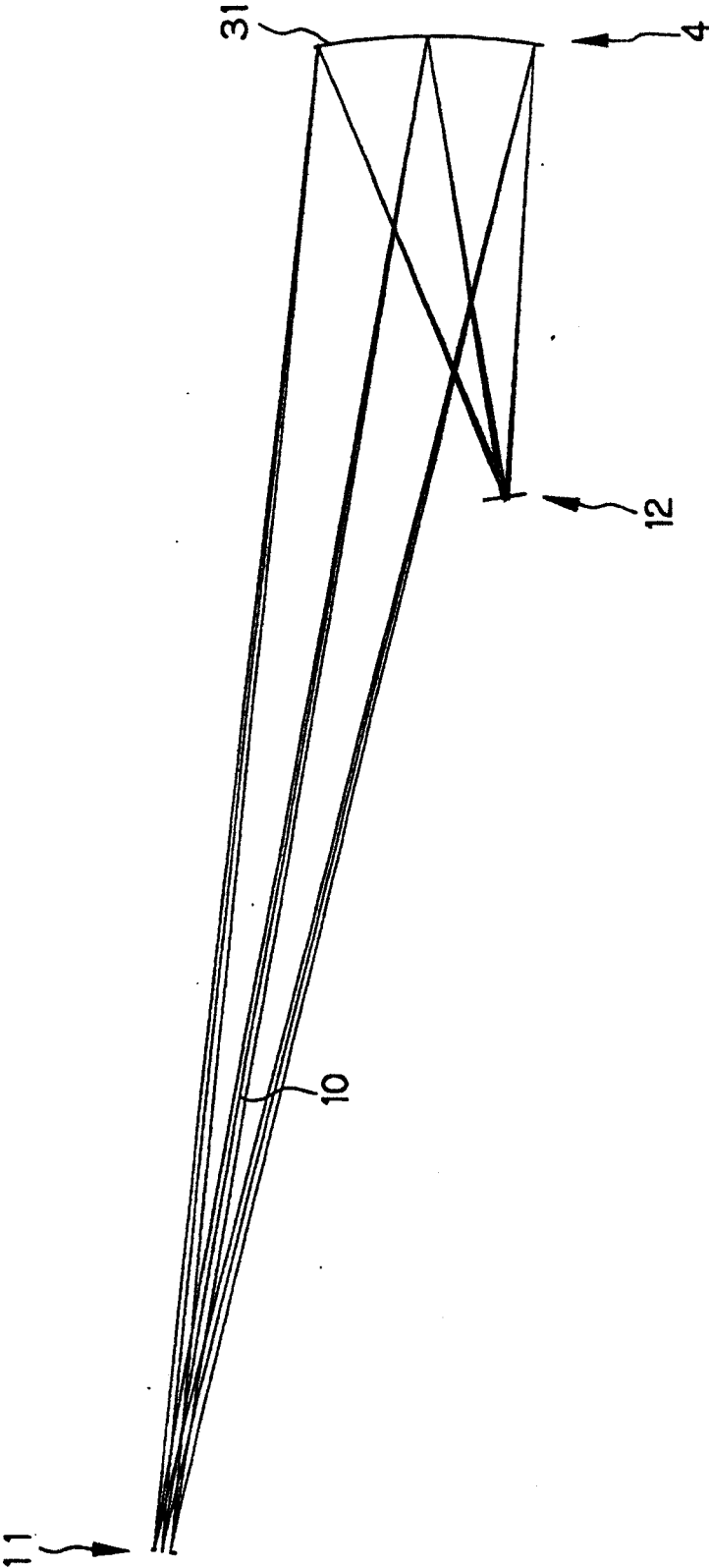


图 16

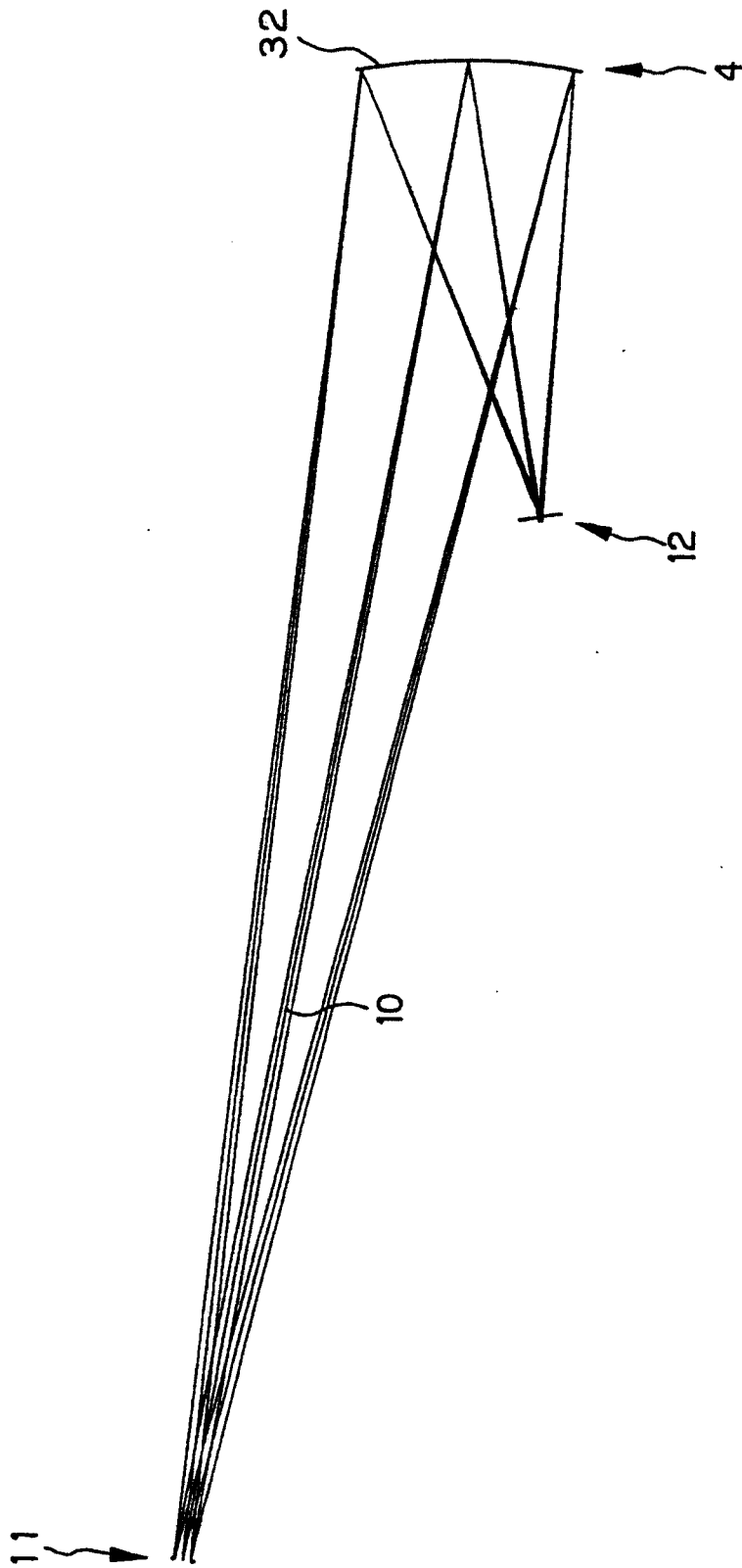


图 17

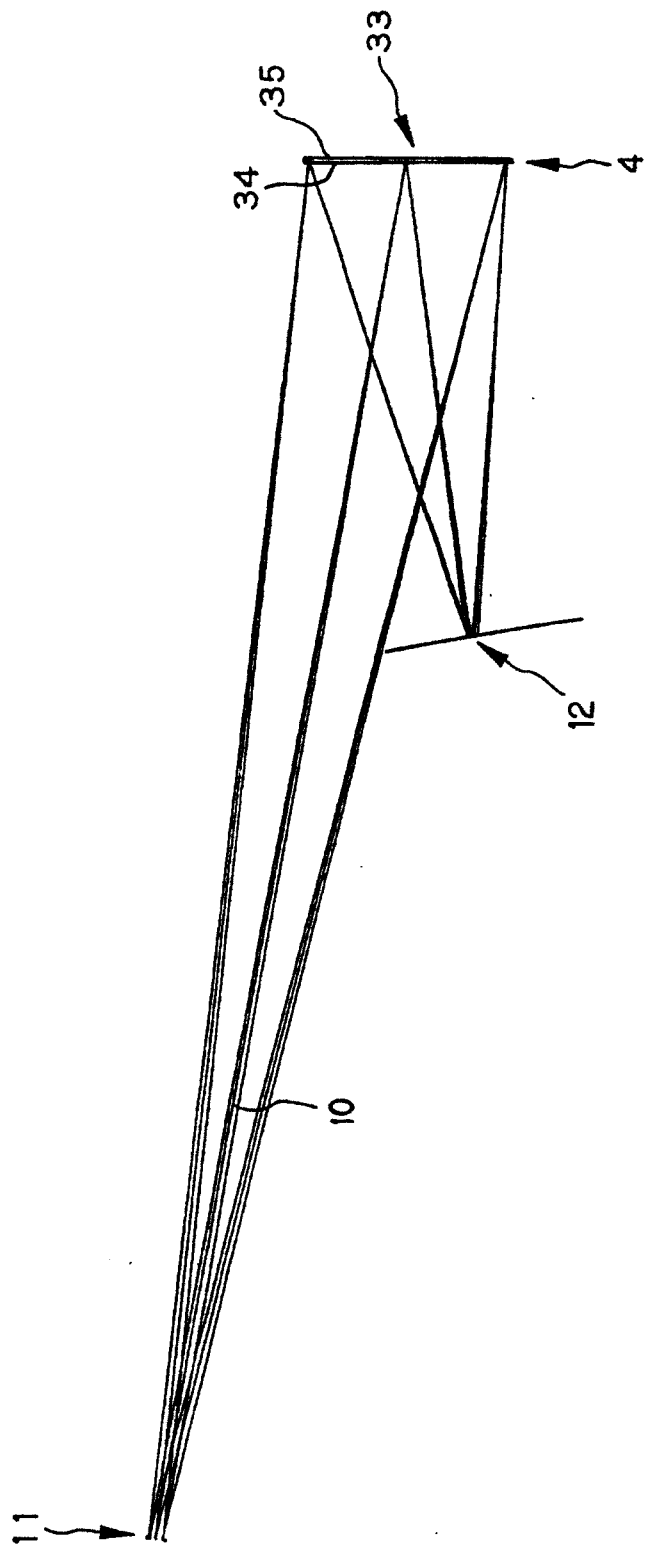


图 18

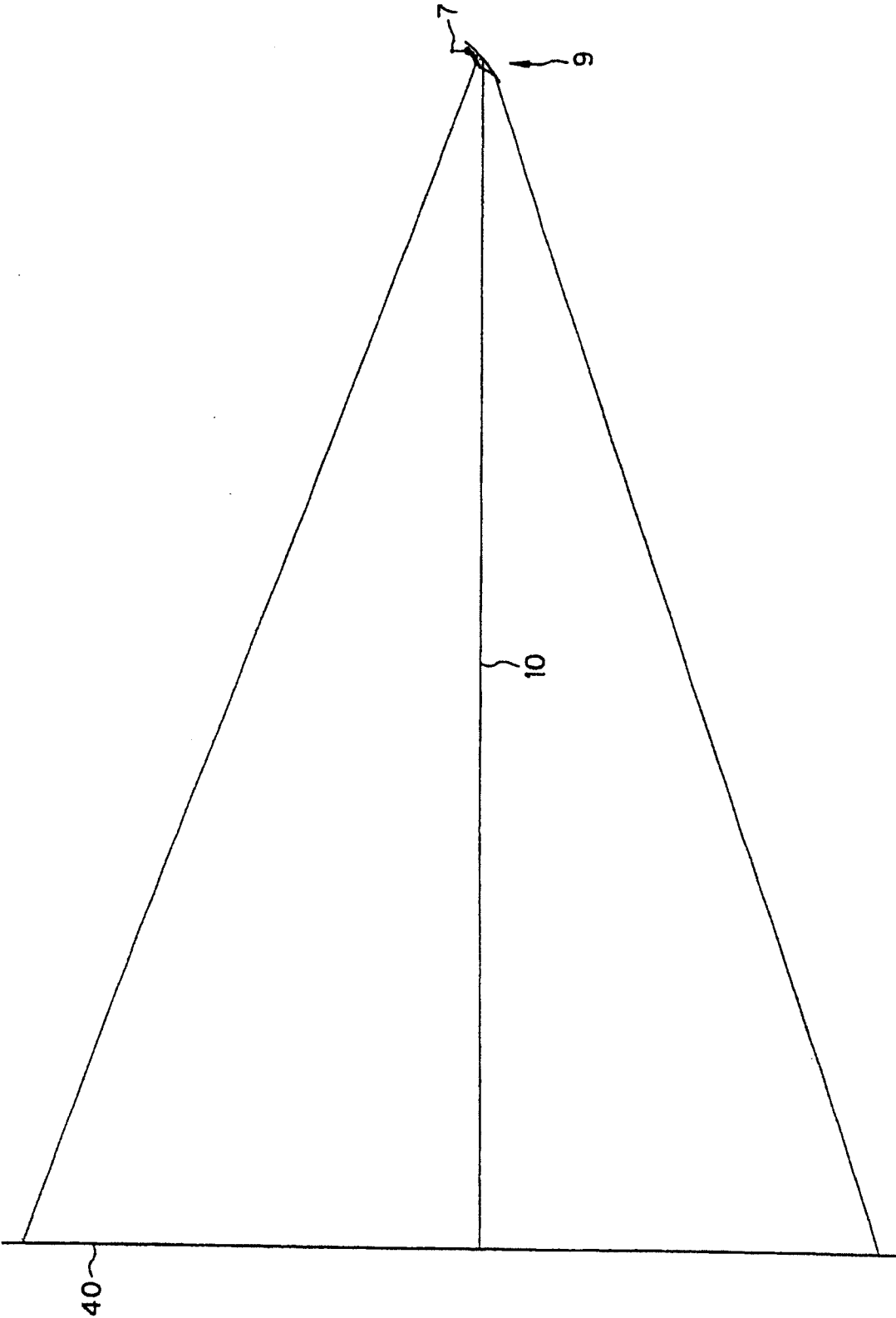


图 19

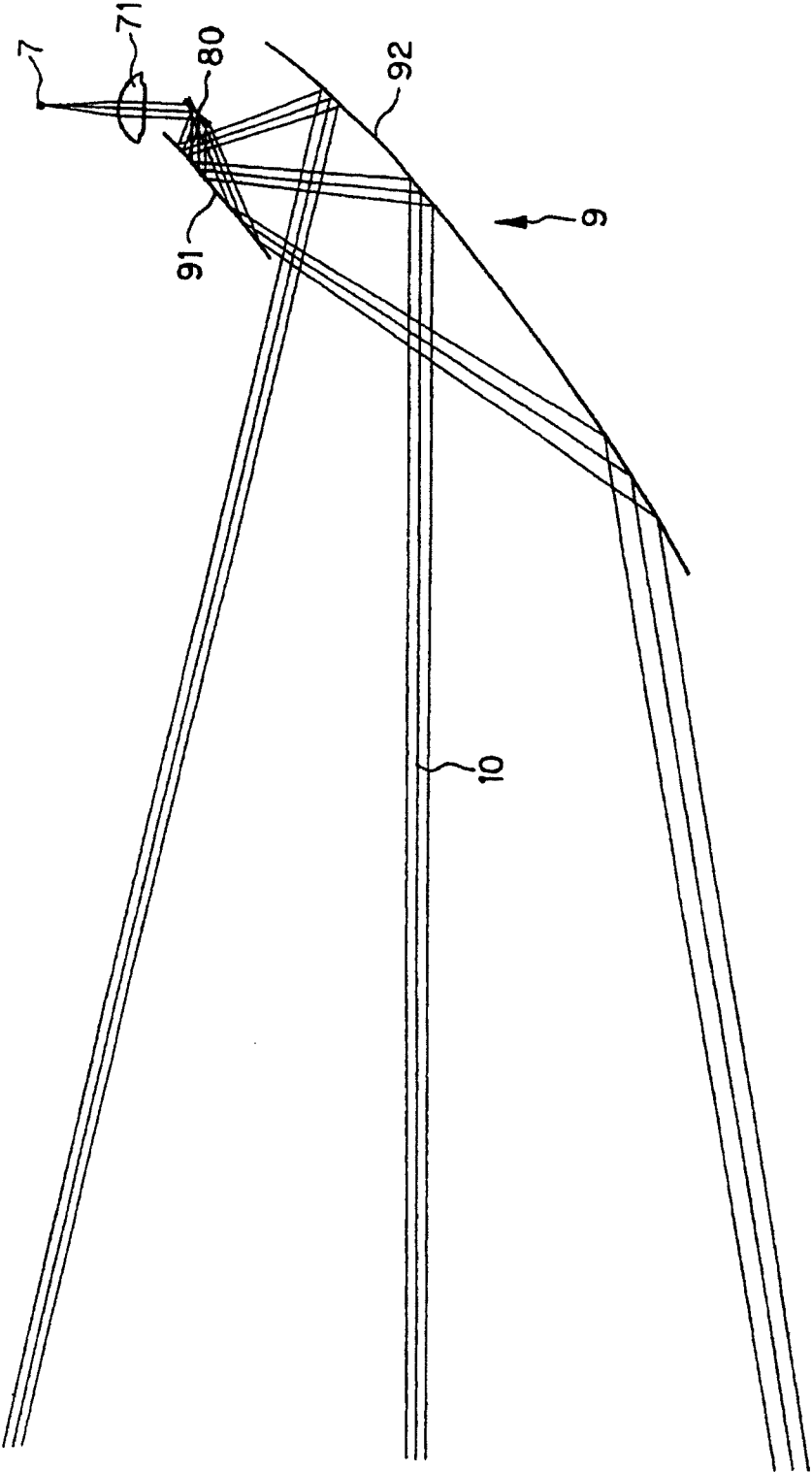


图 20

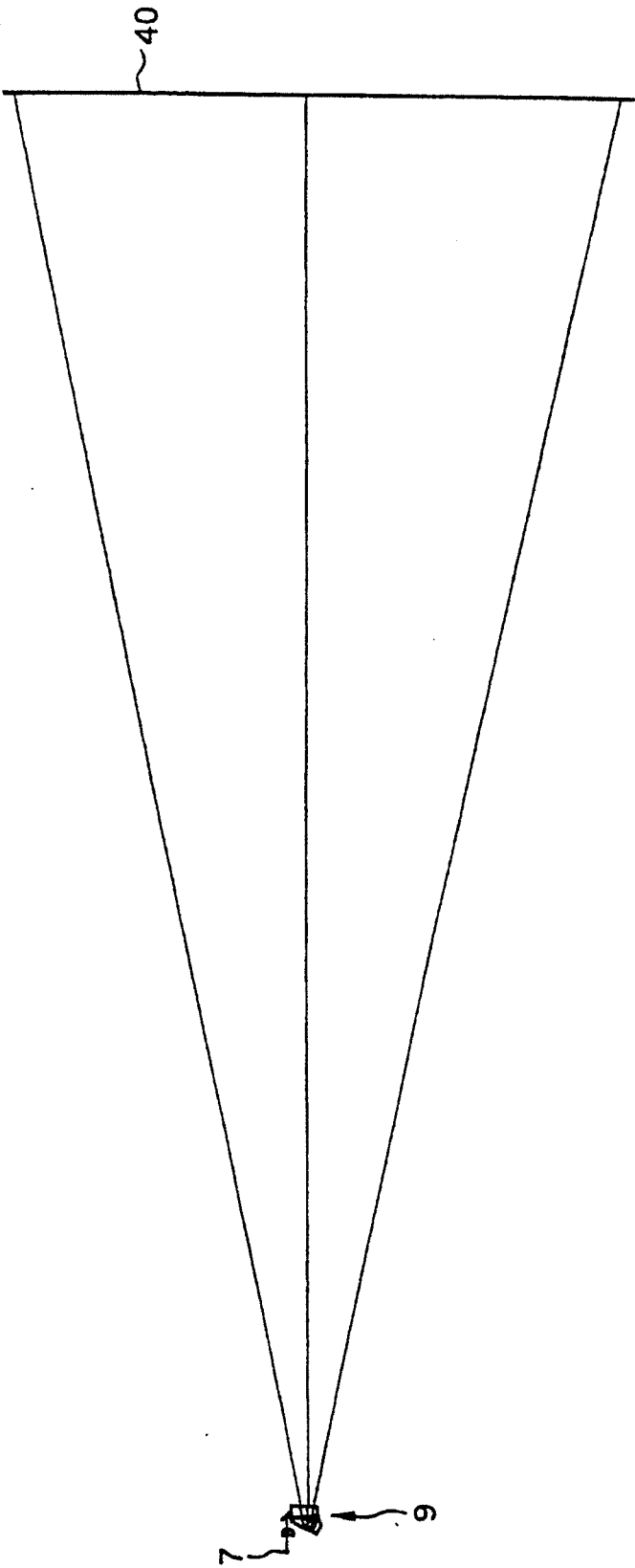


图 21

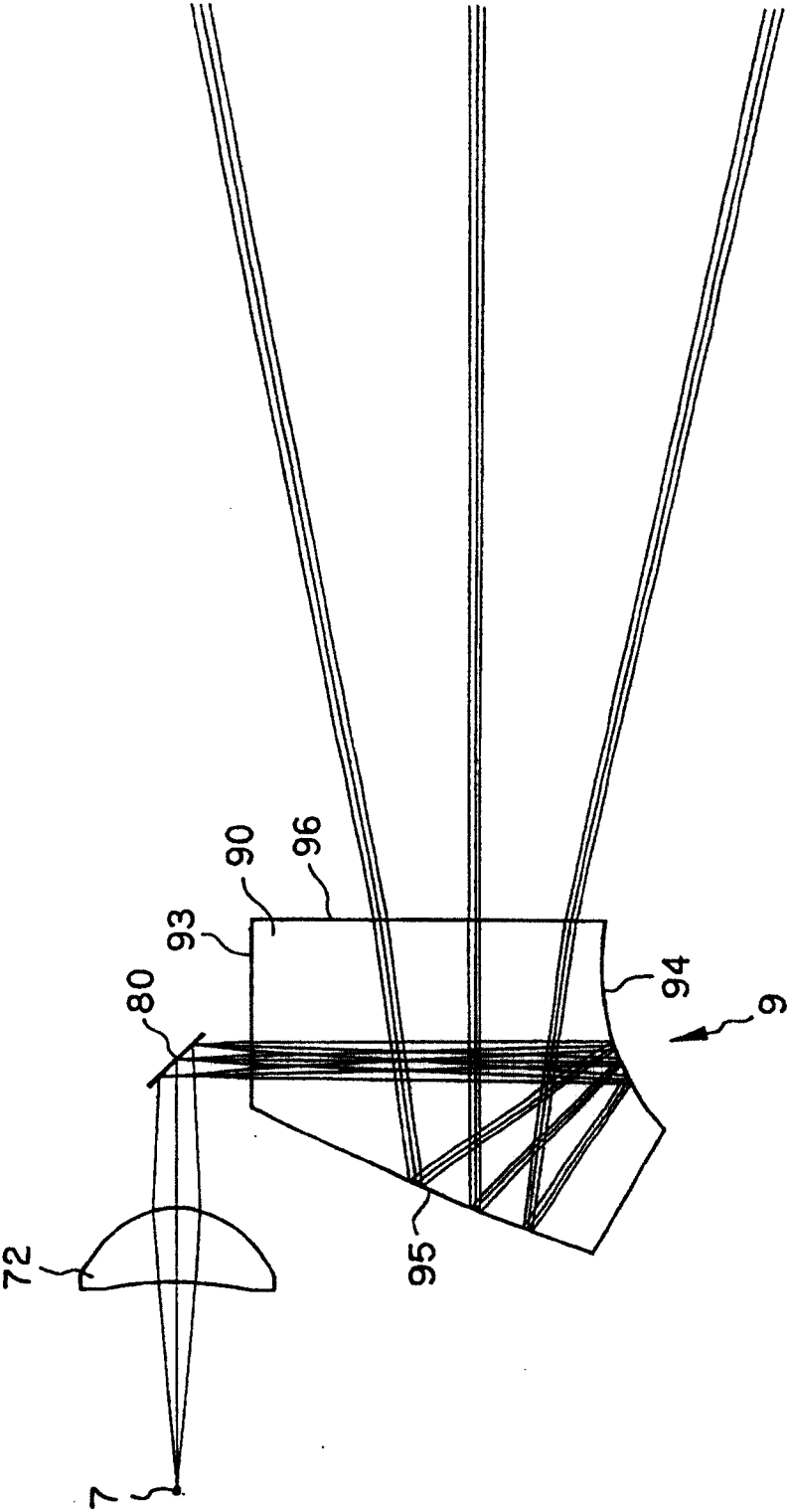


图 22

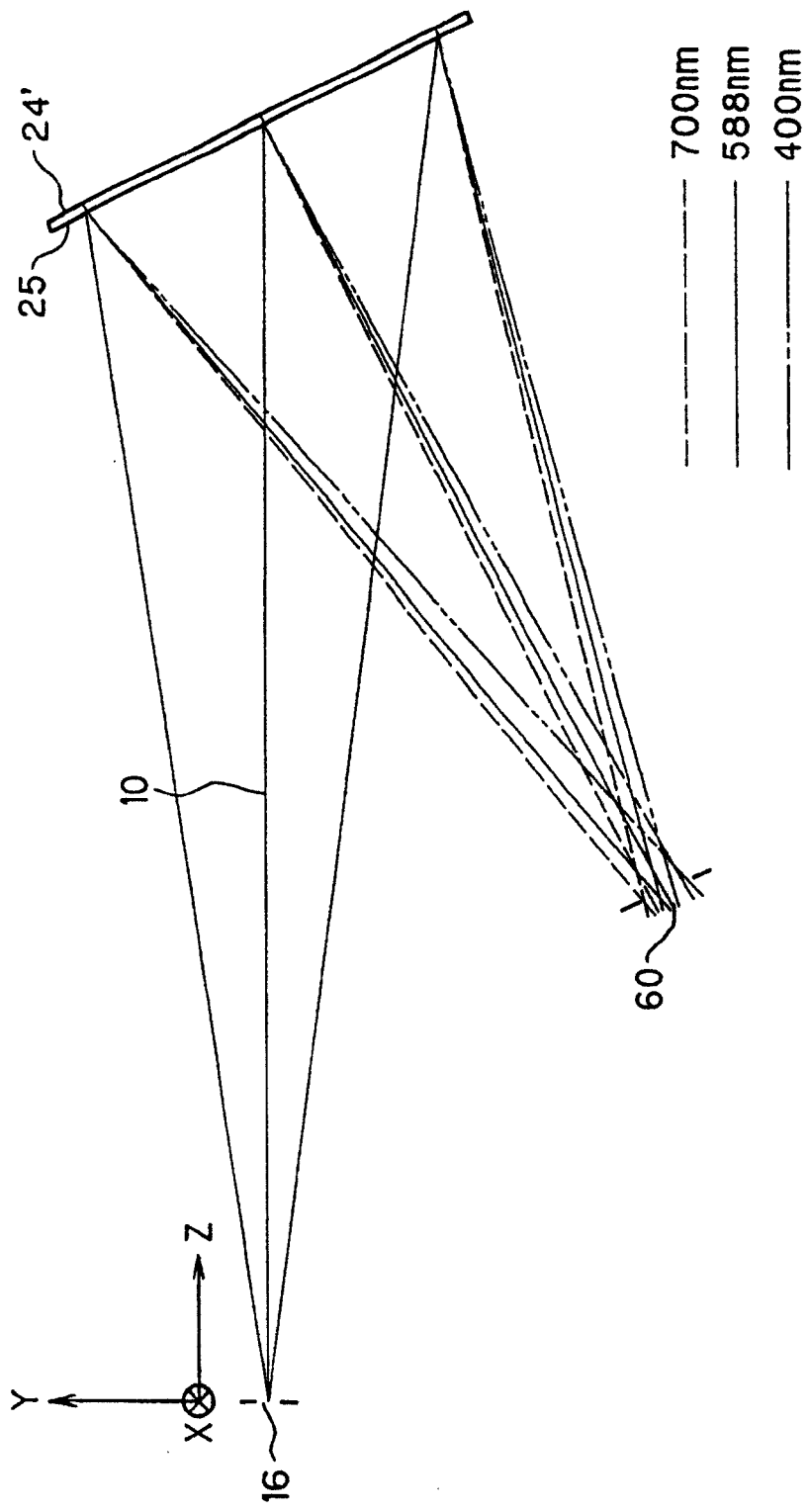


图 23

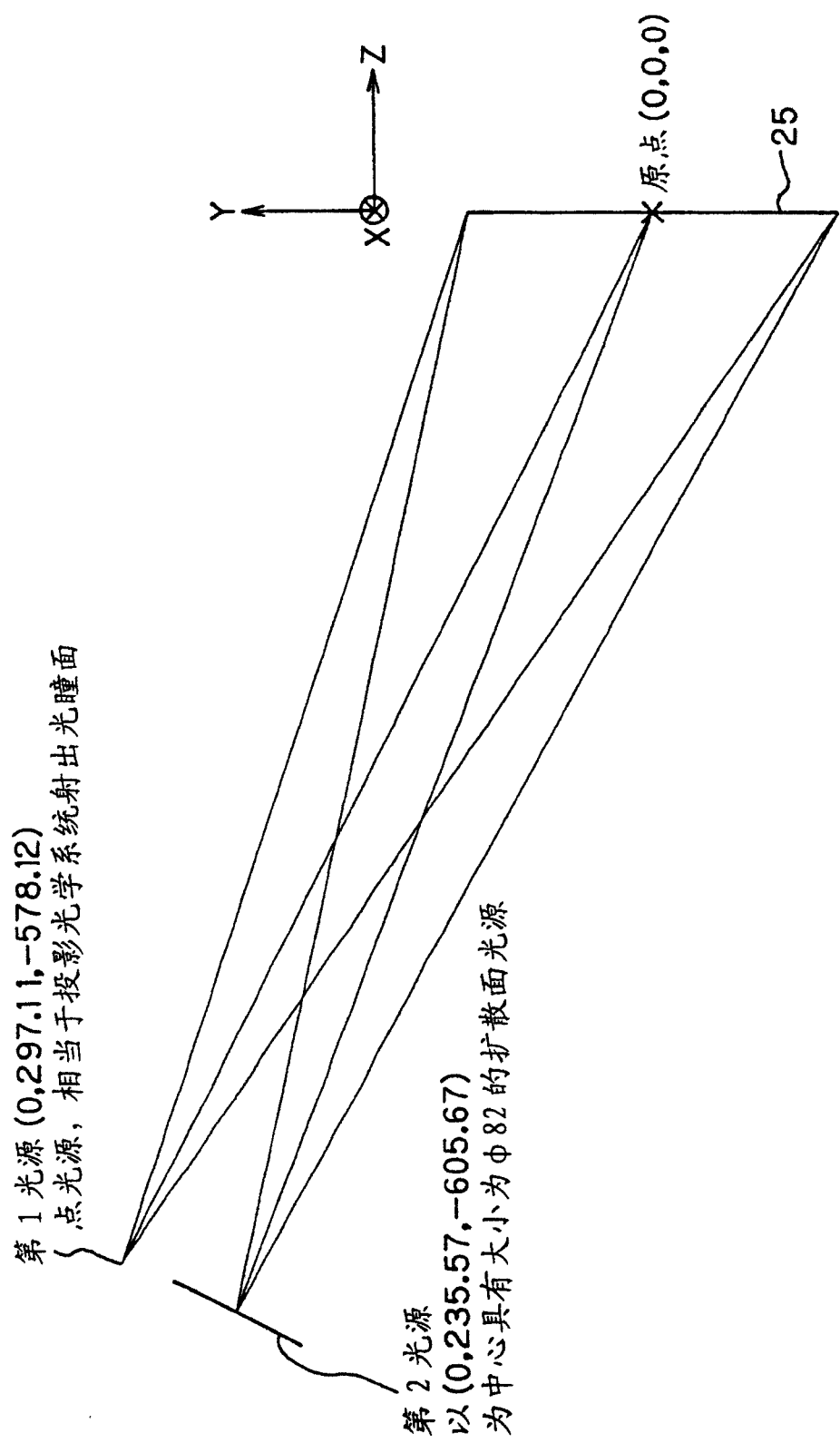


图 24

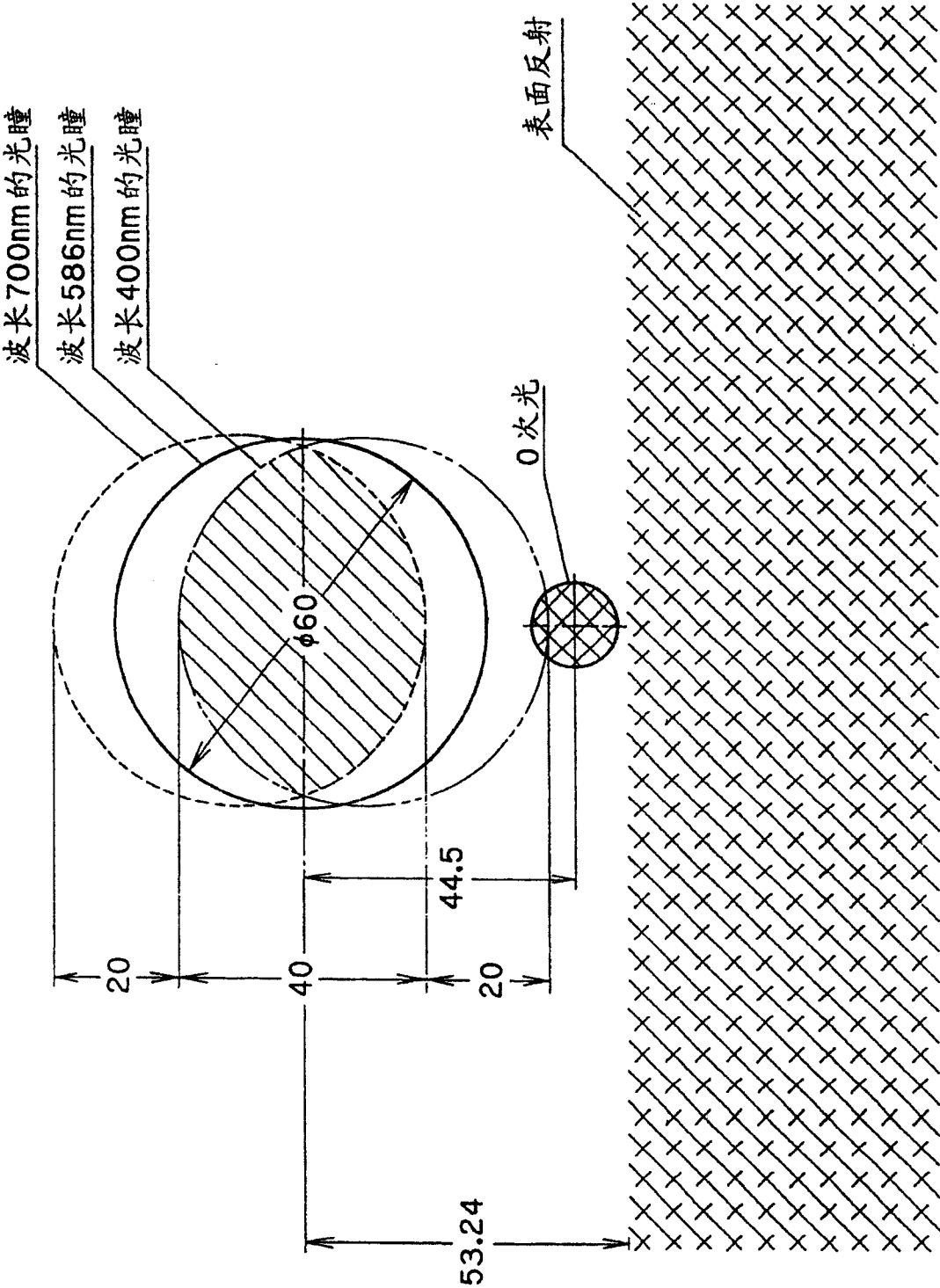


图 25

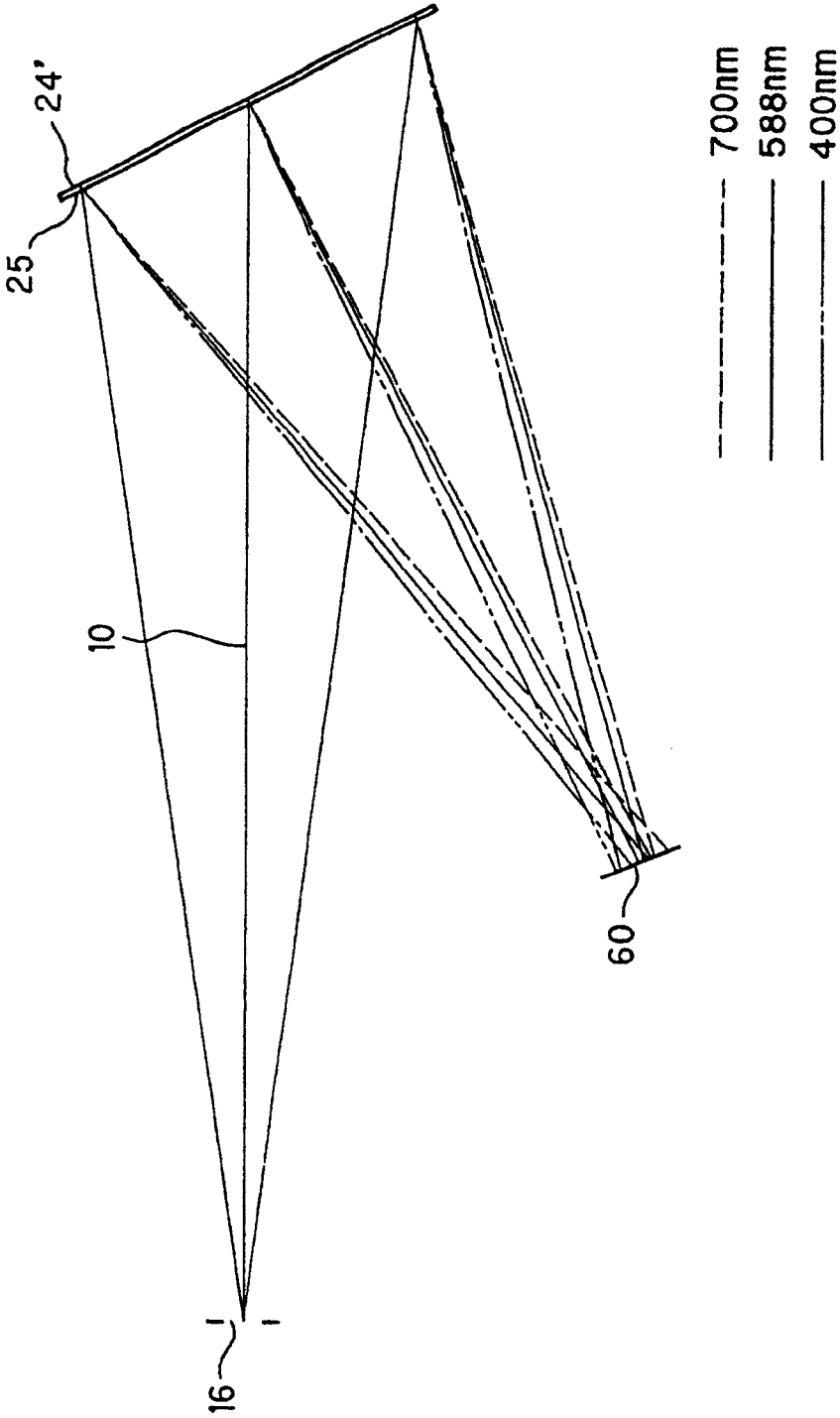


图 26

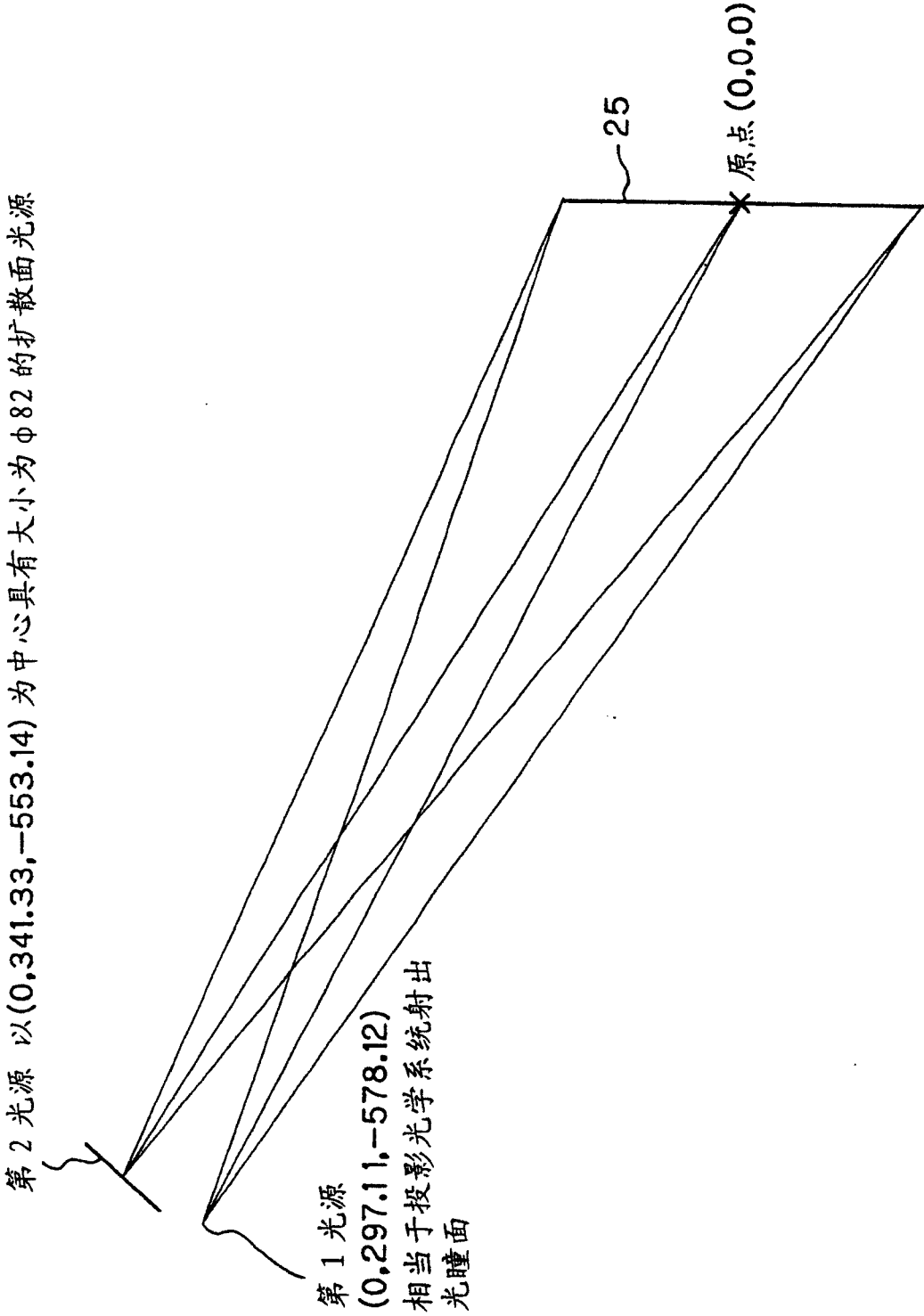


图 27

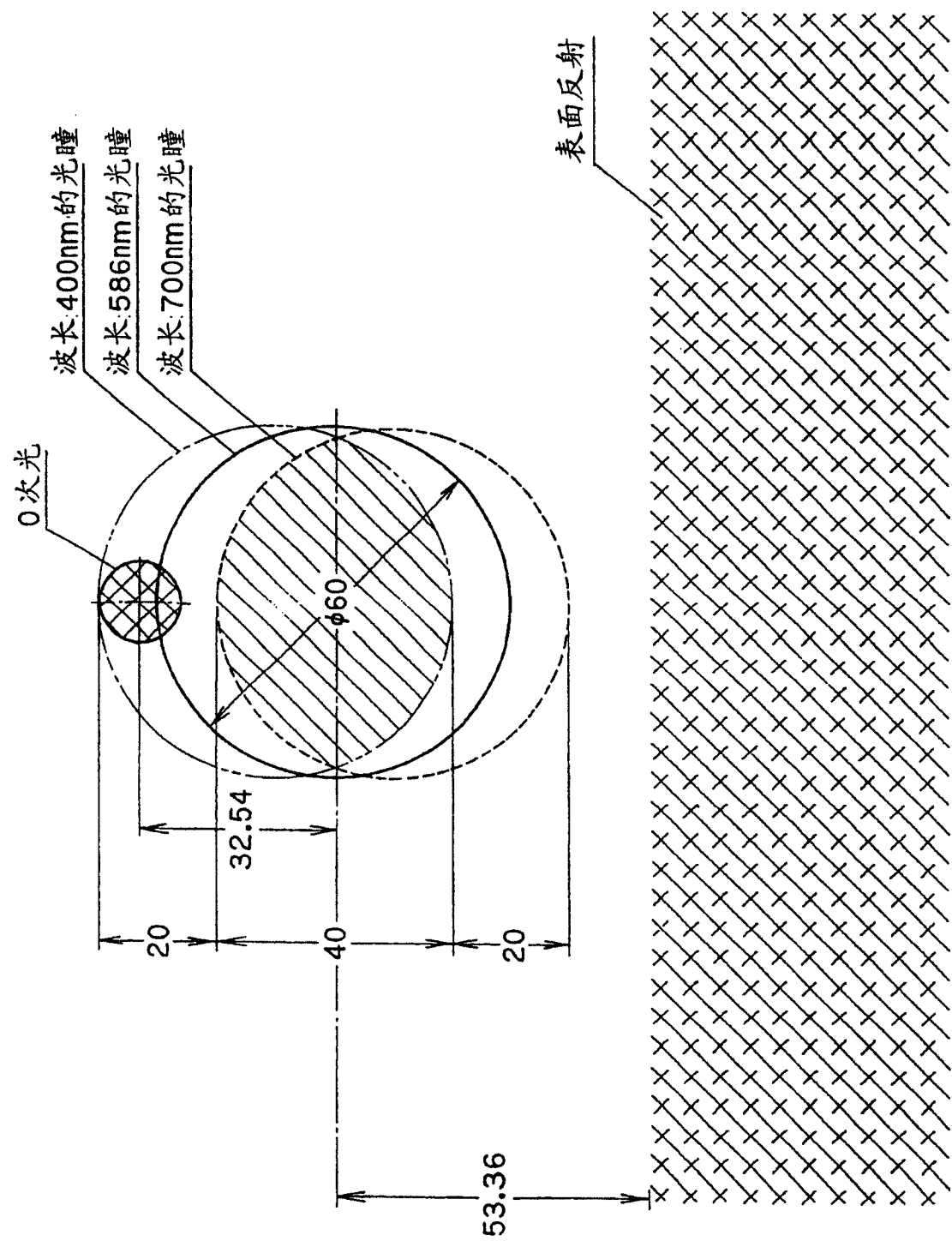


图 28

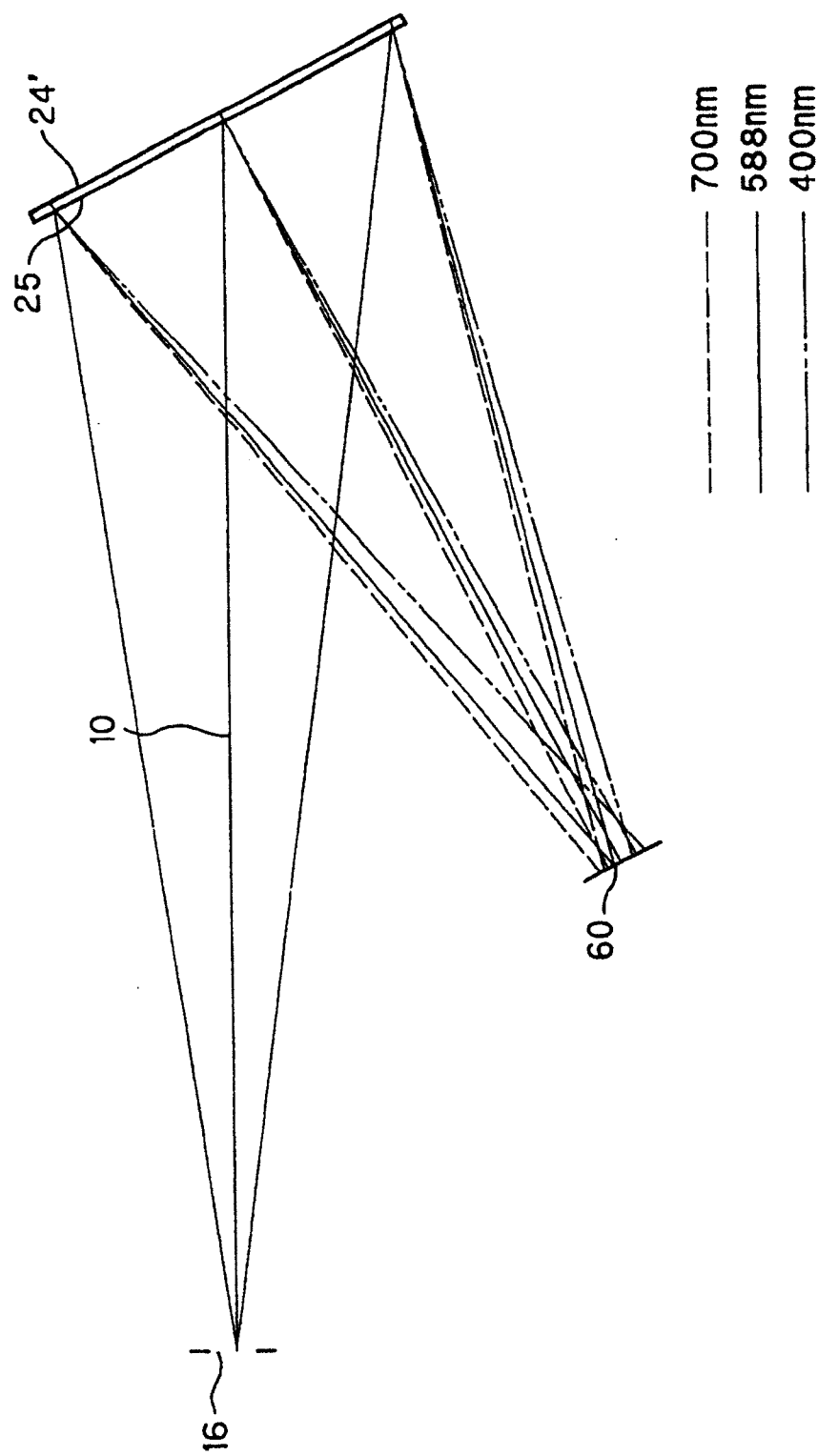


图 29

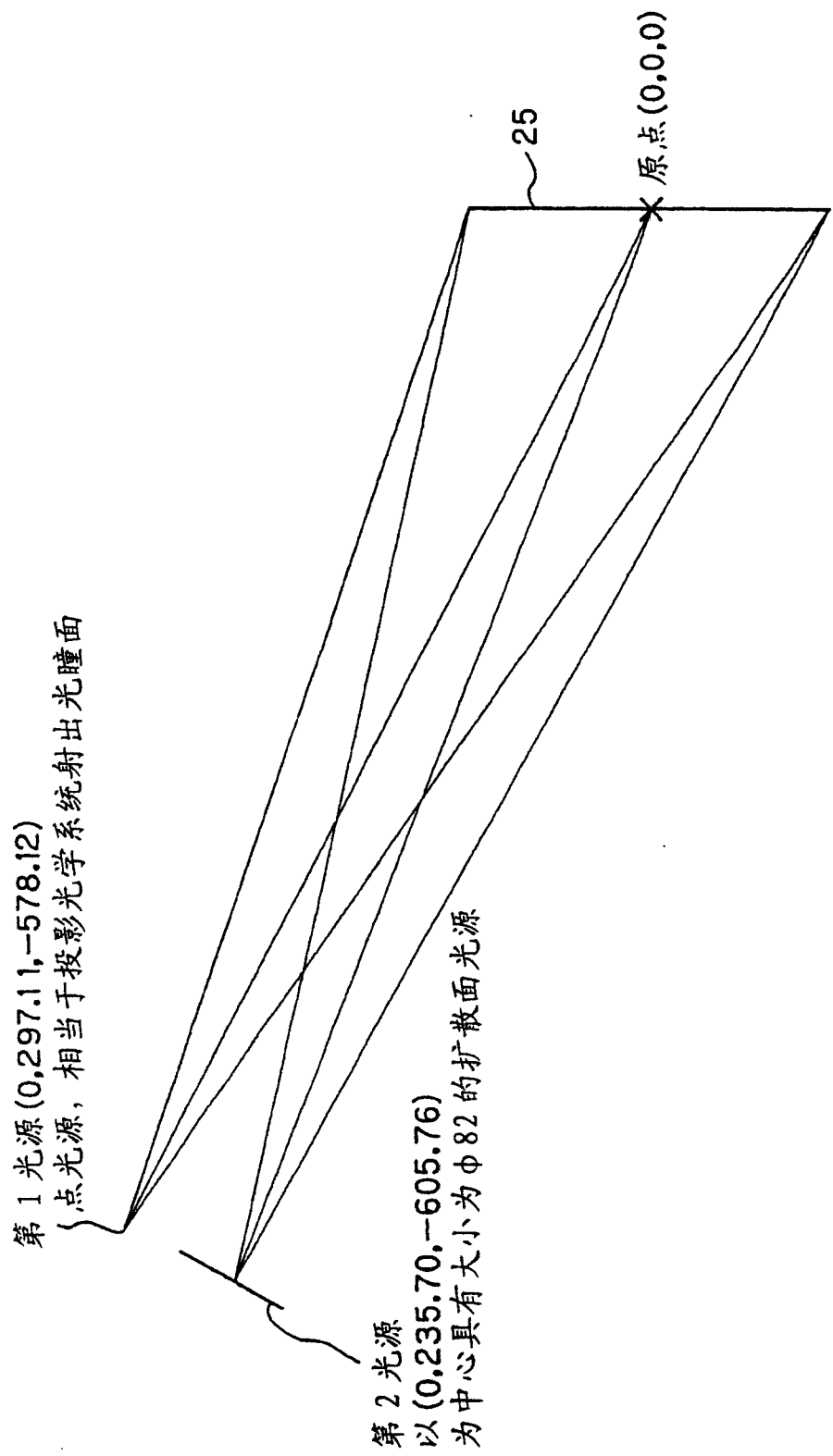


图 30

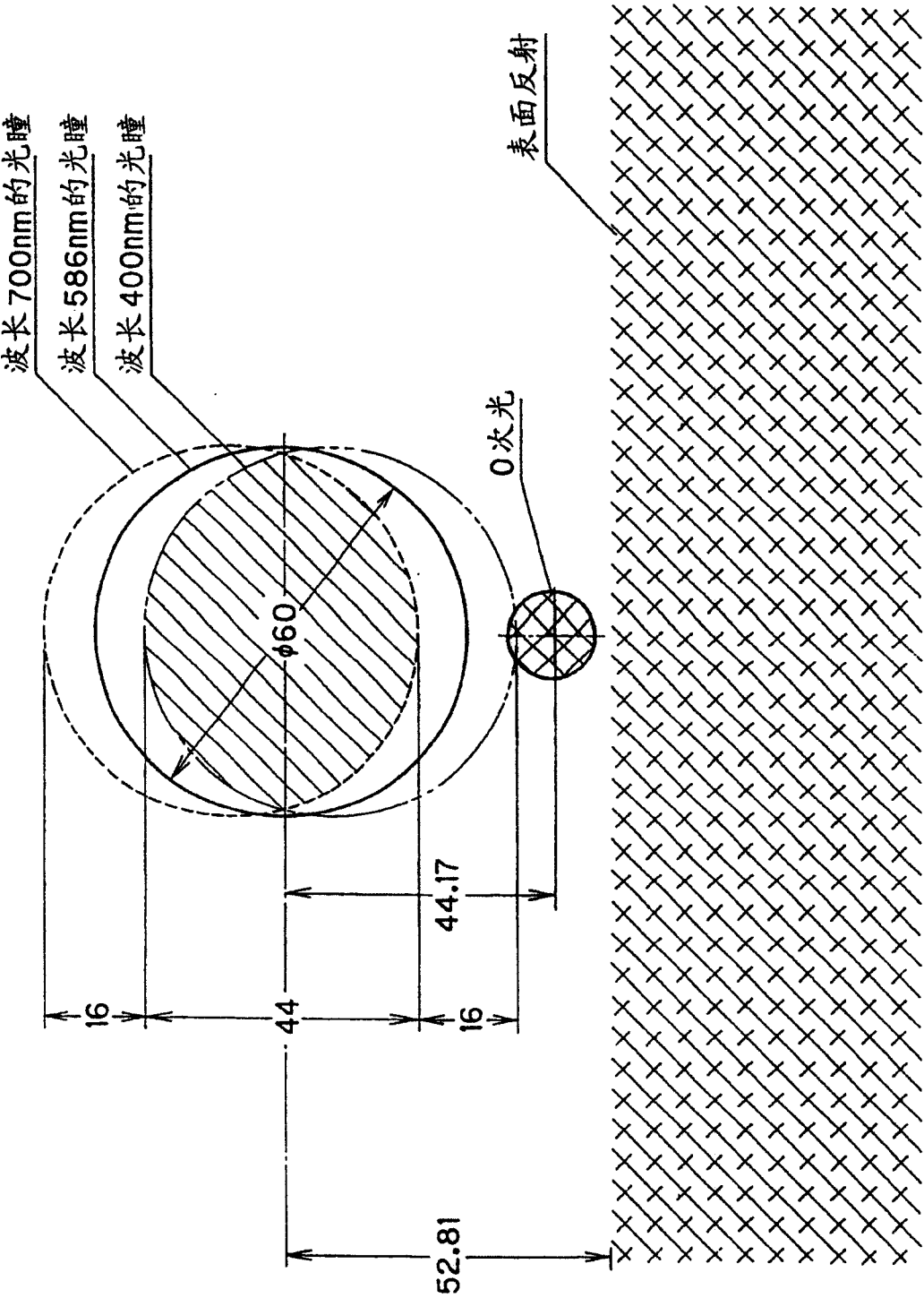


图 31

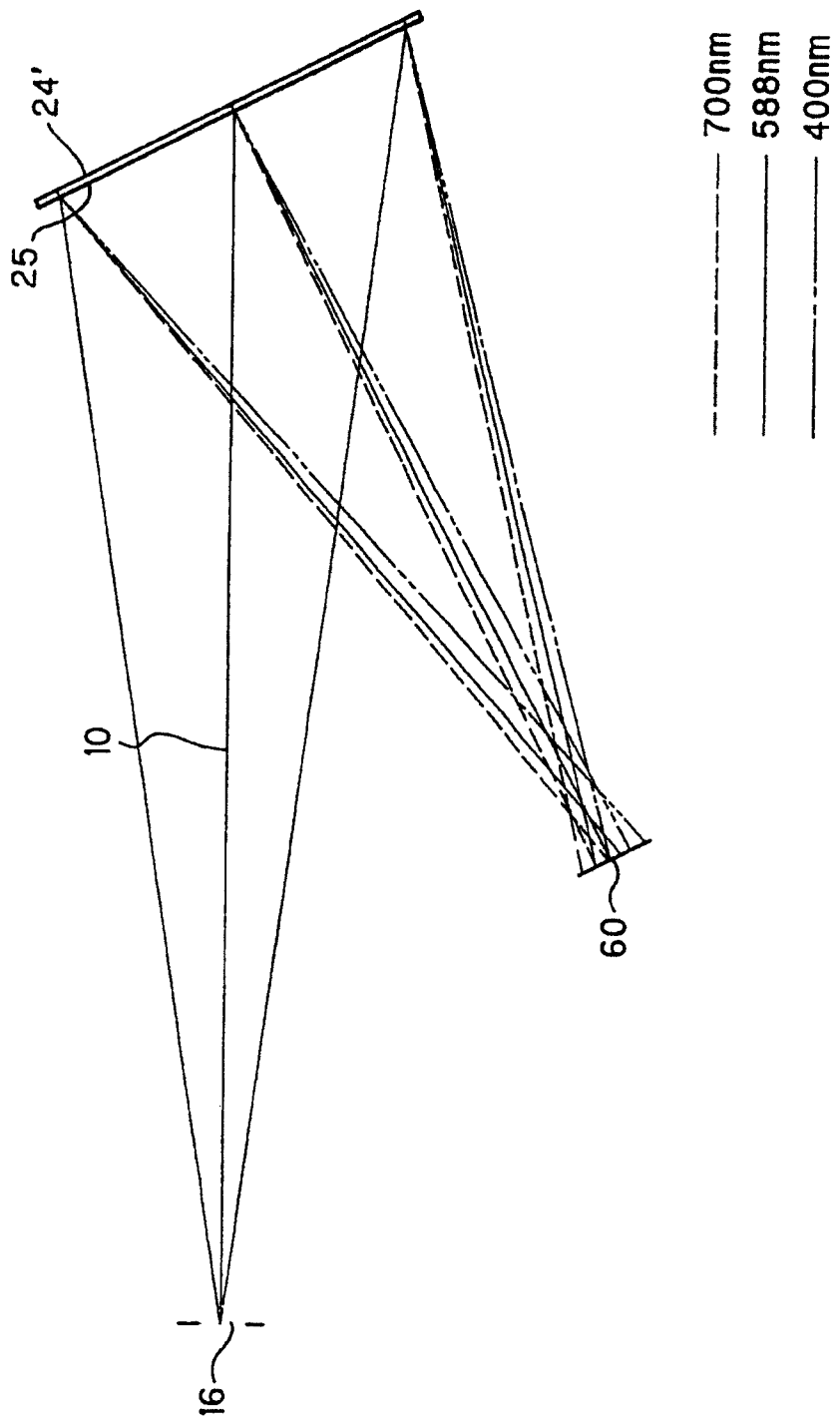


图 32

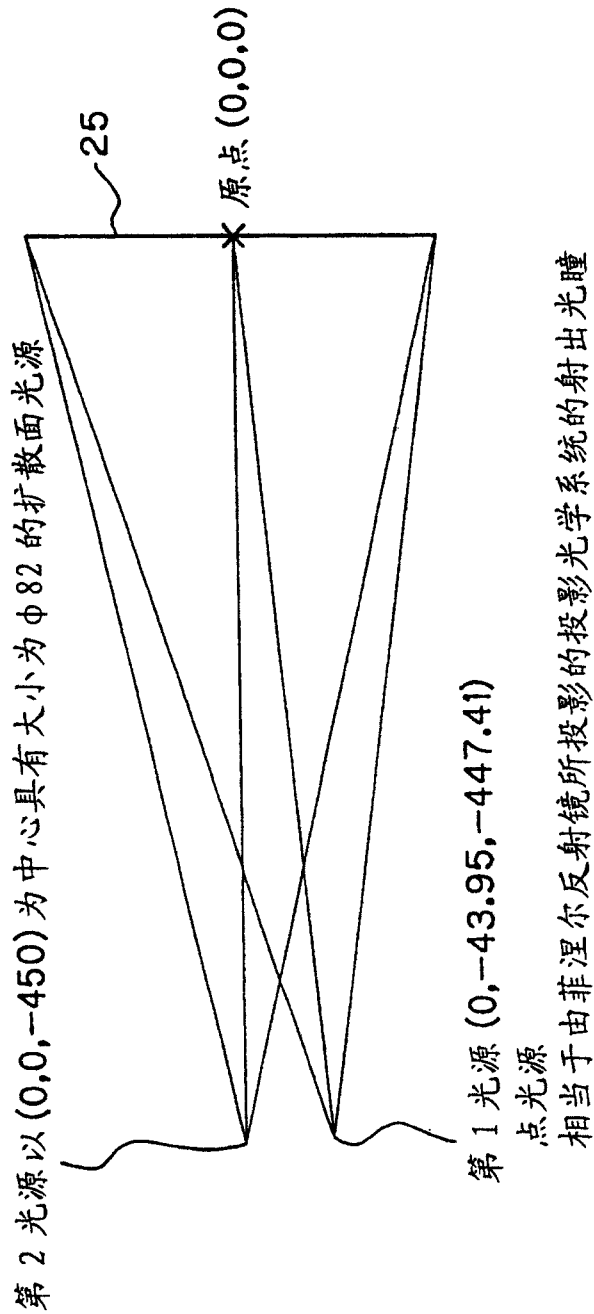


图 33

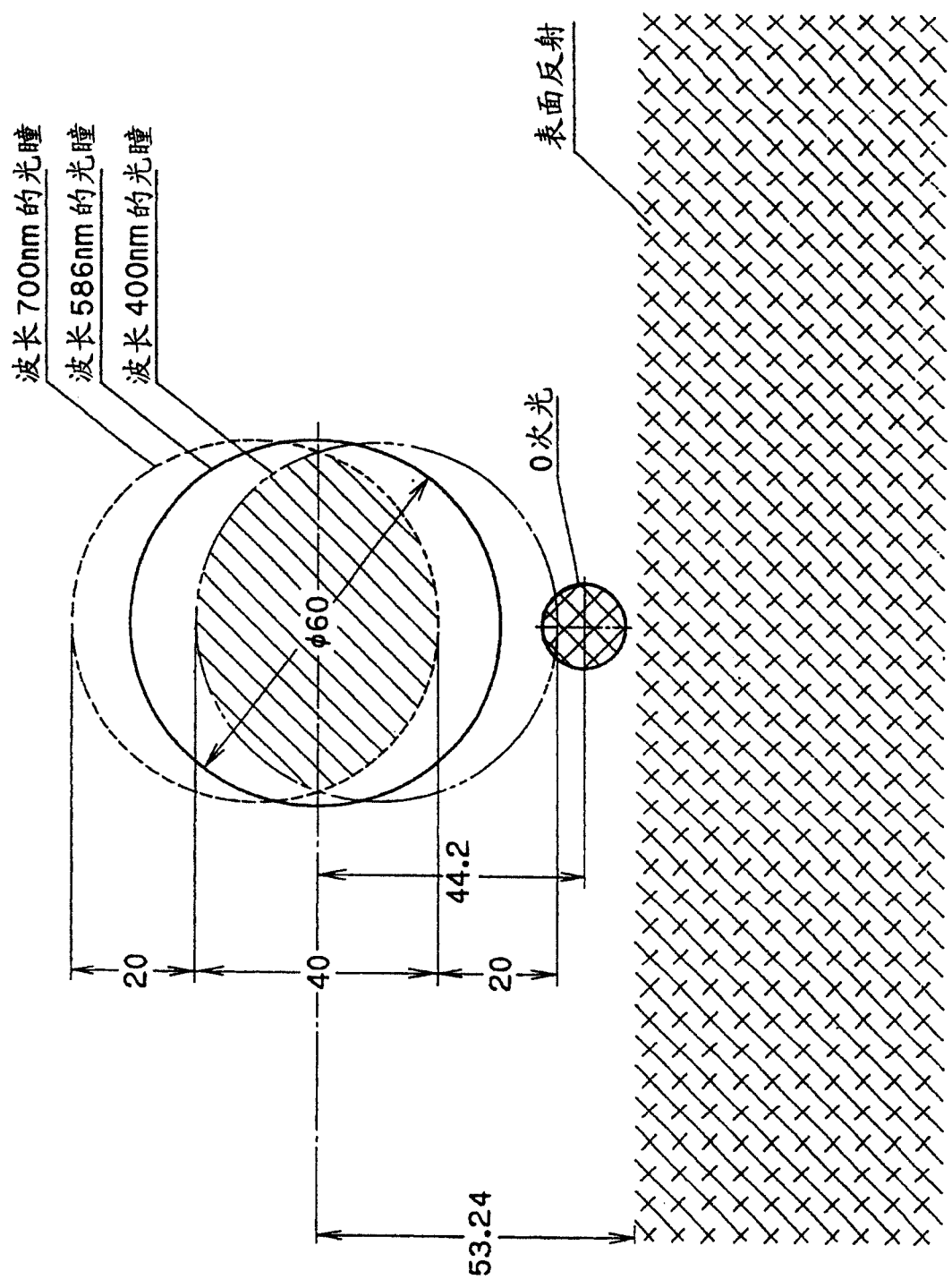


图 34

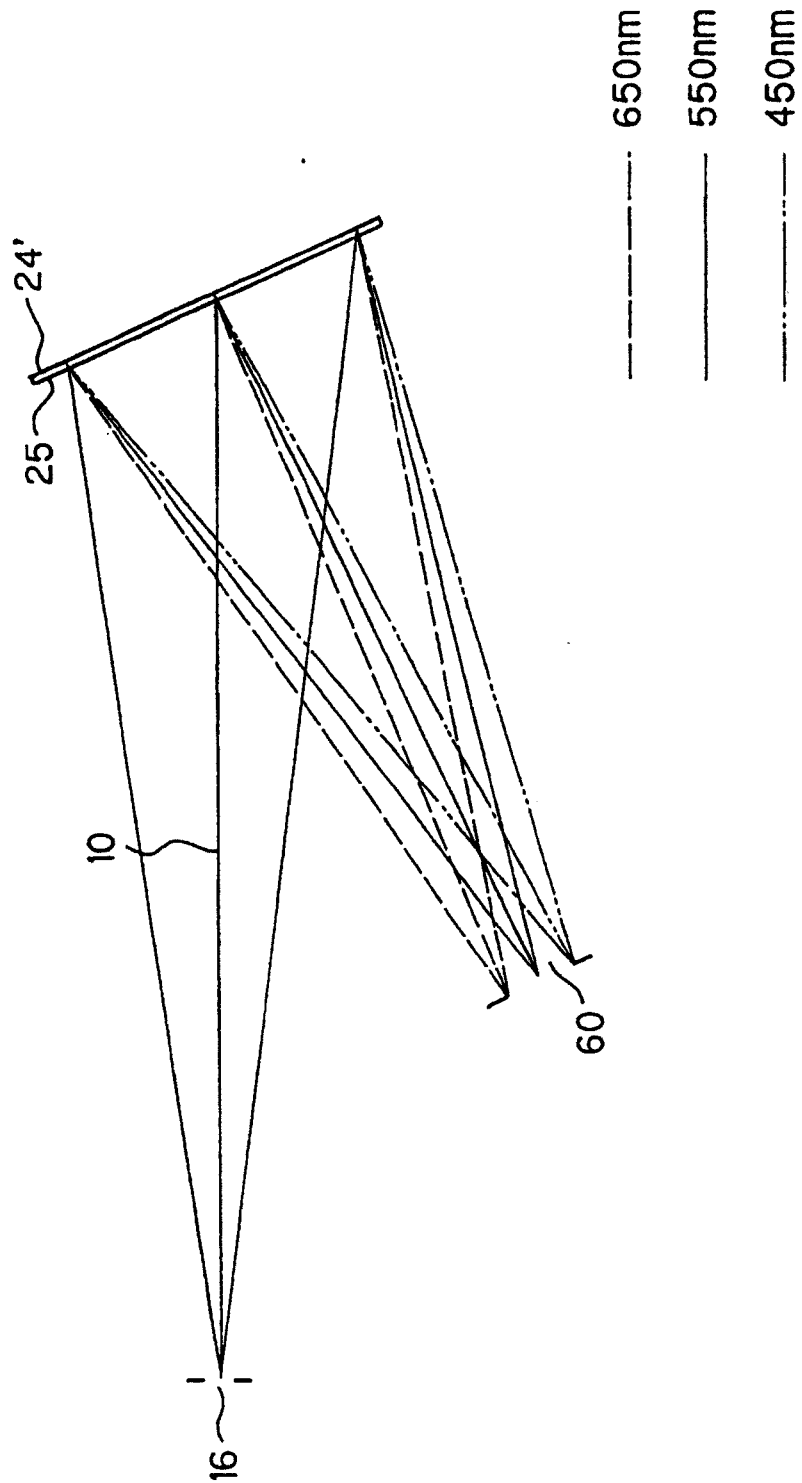


图 35

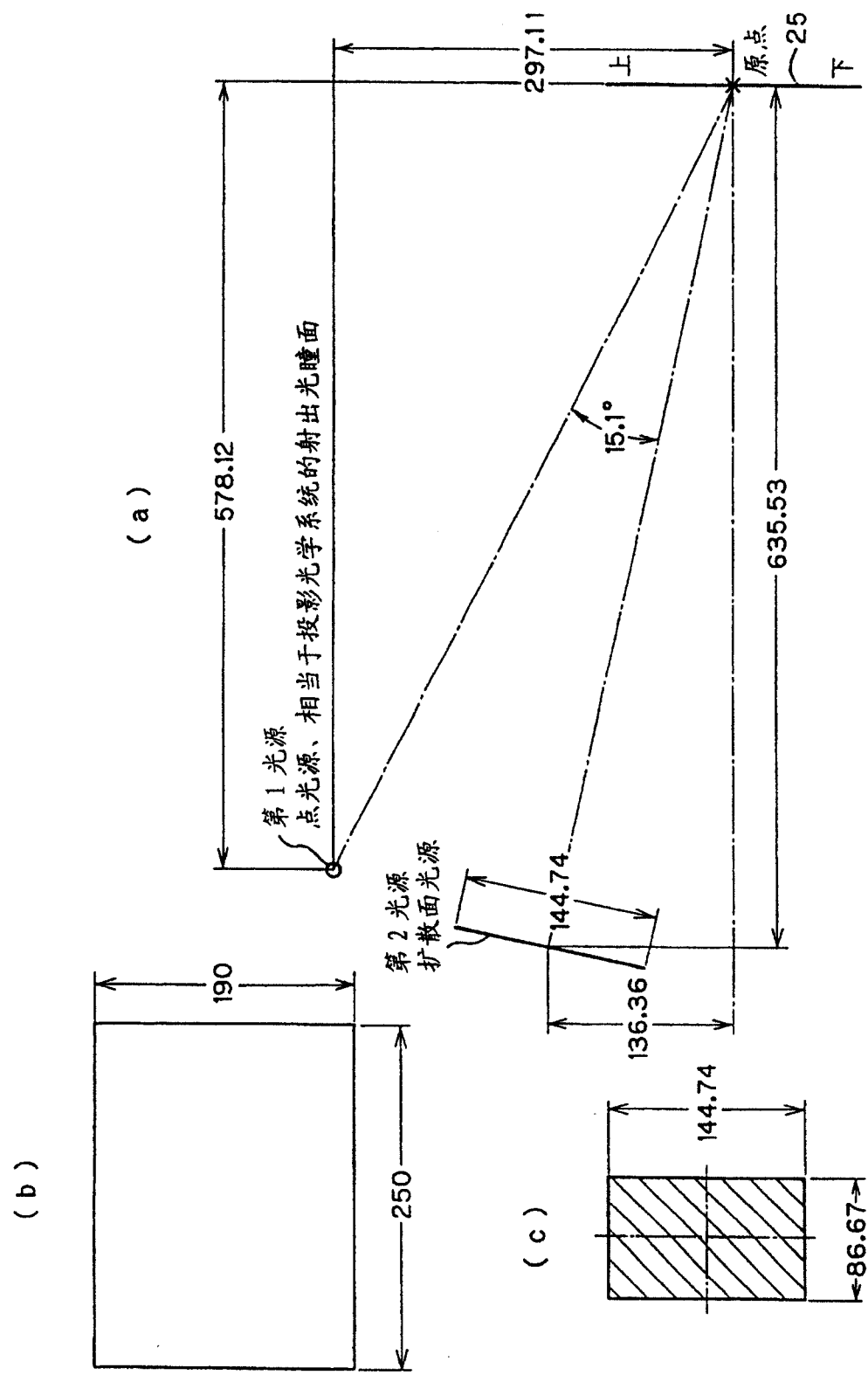


图 36

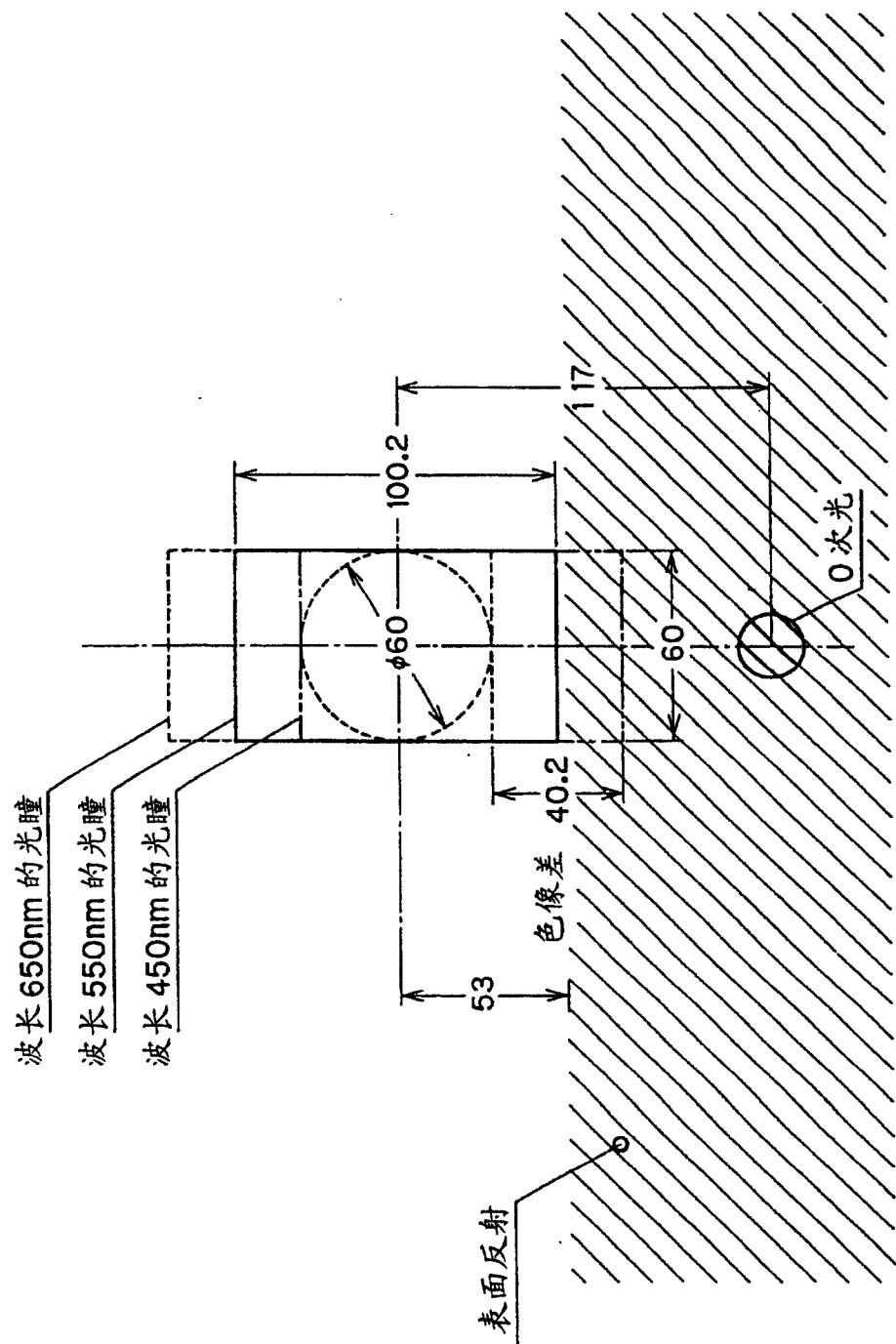


图 37

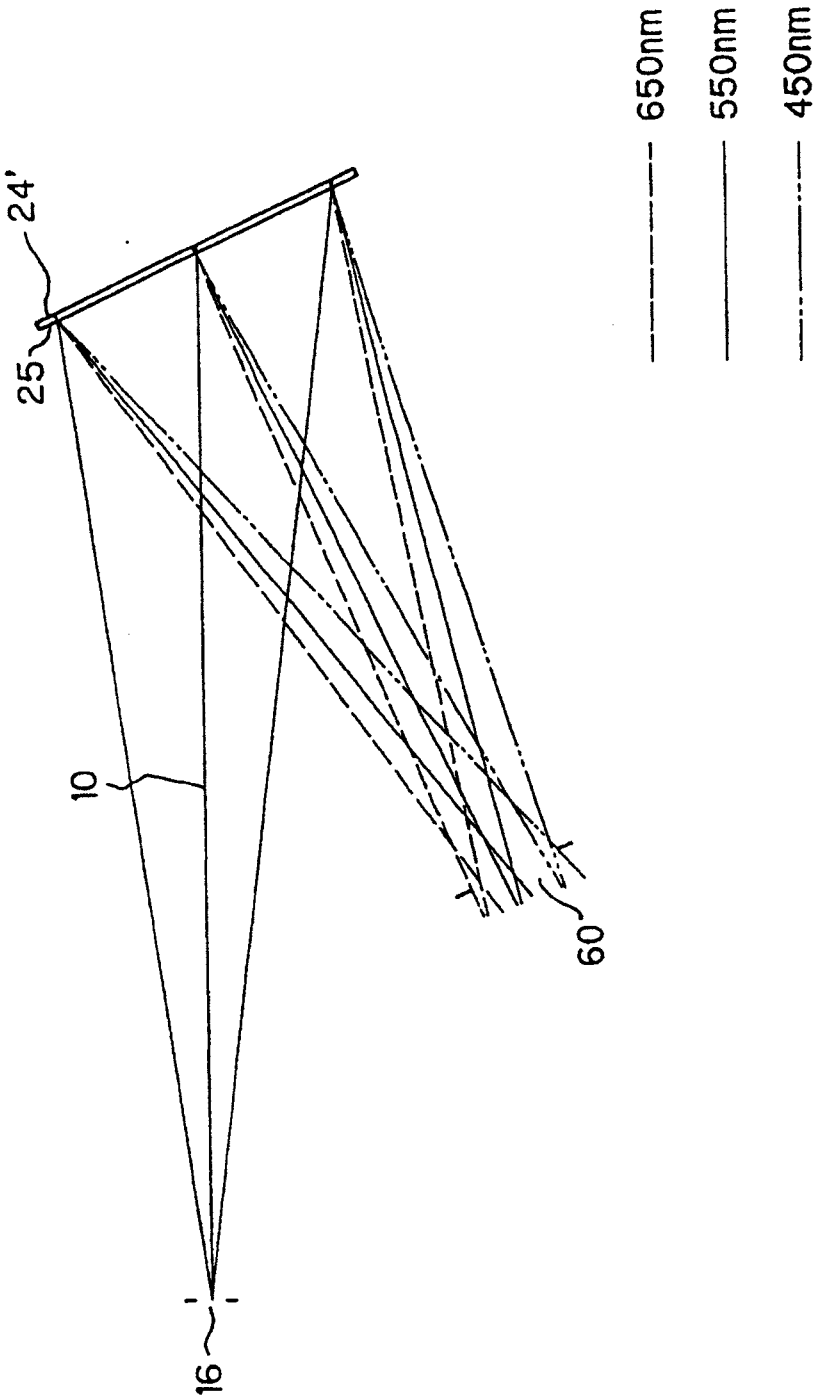


图 38

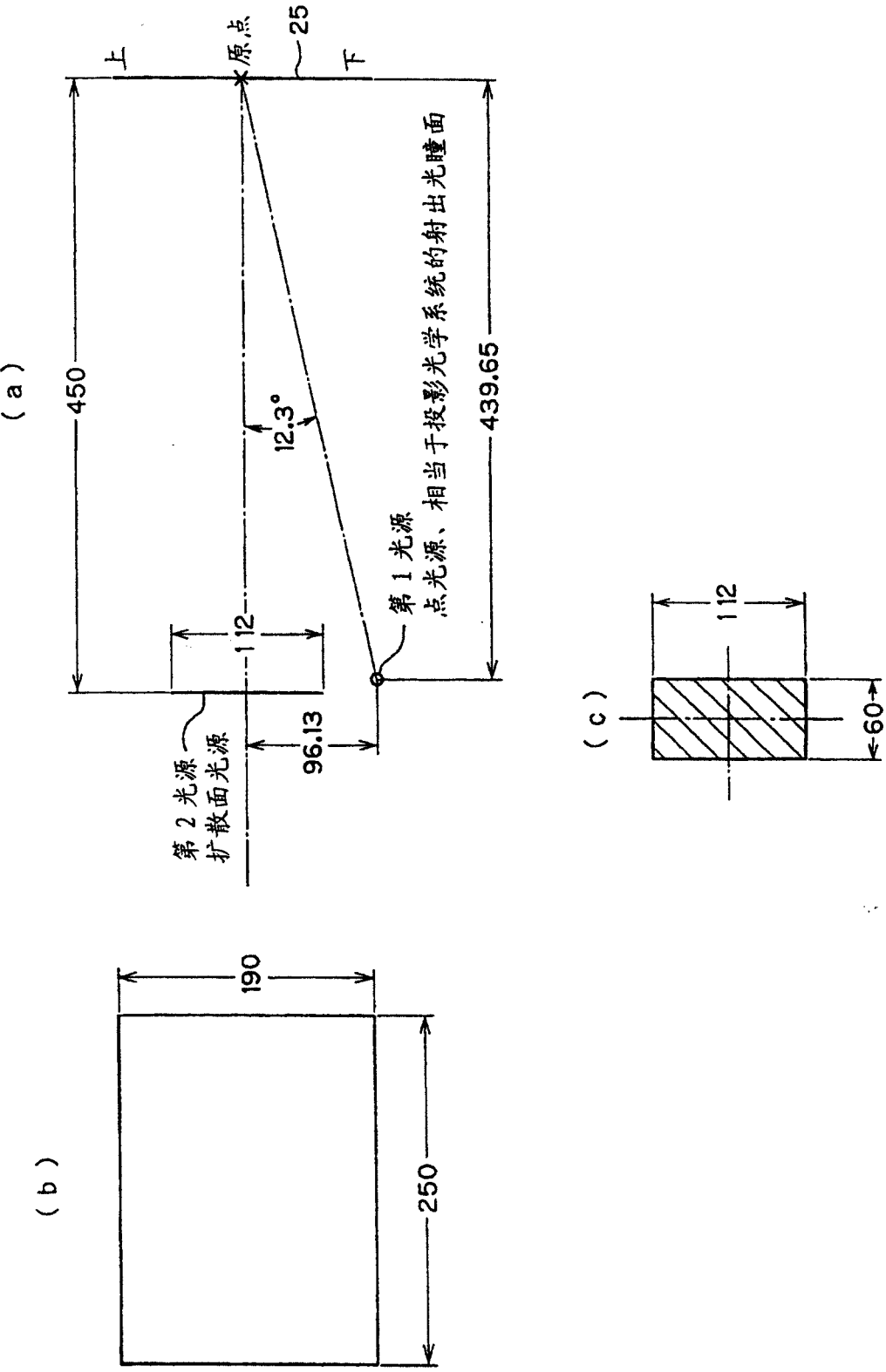


图 39

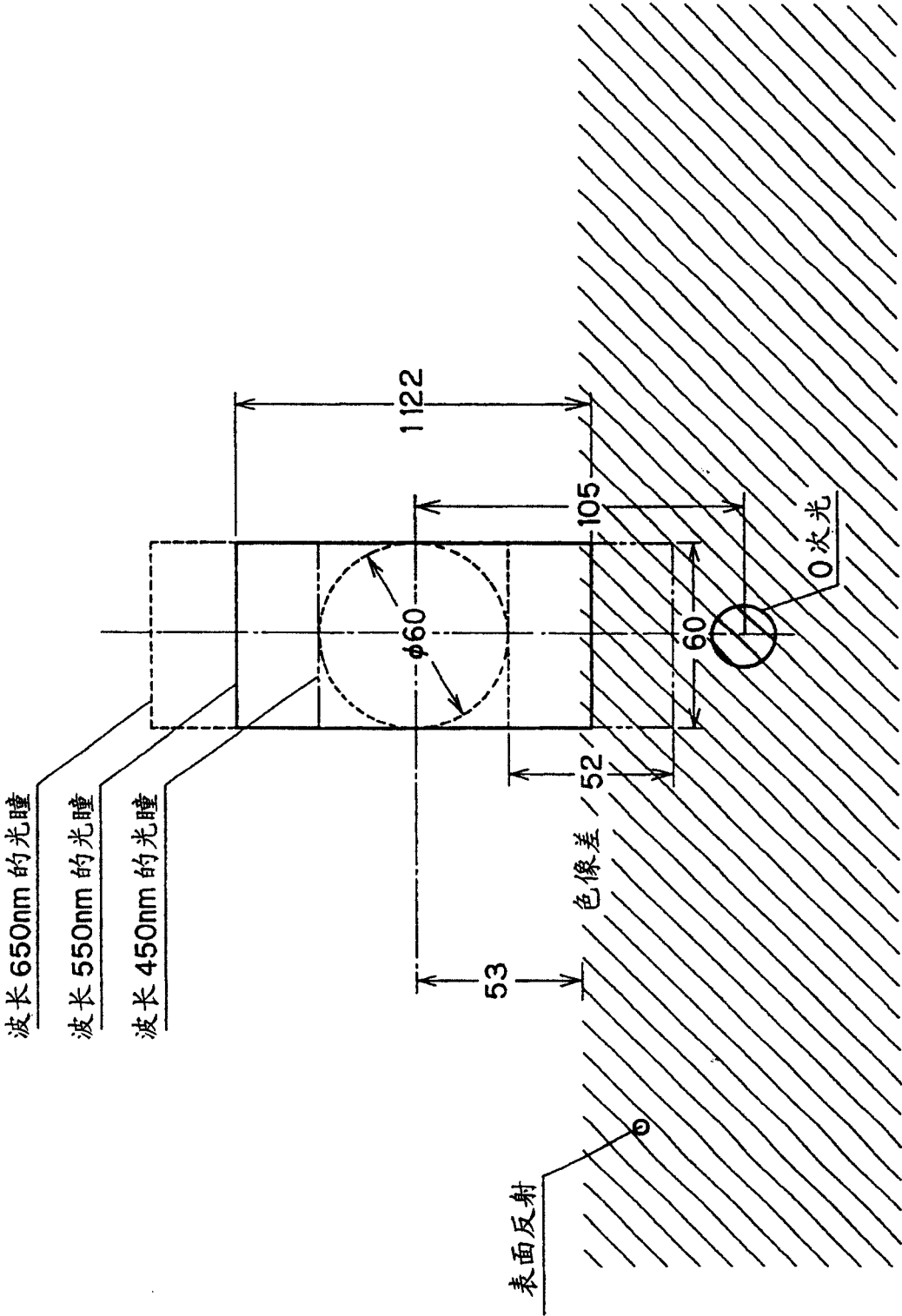


图 40

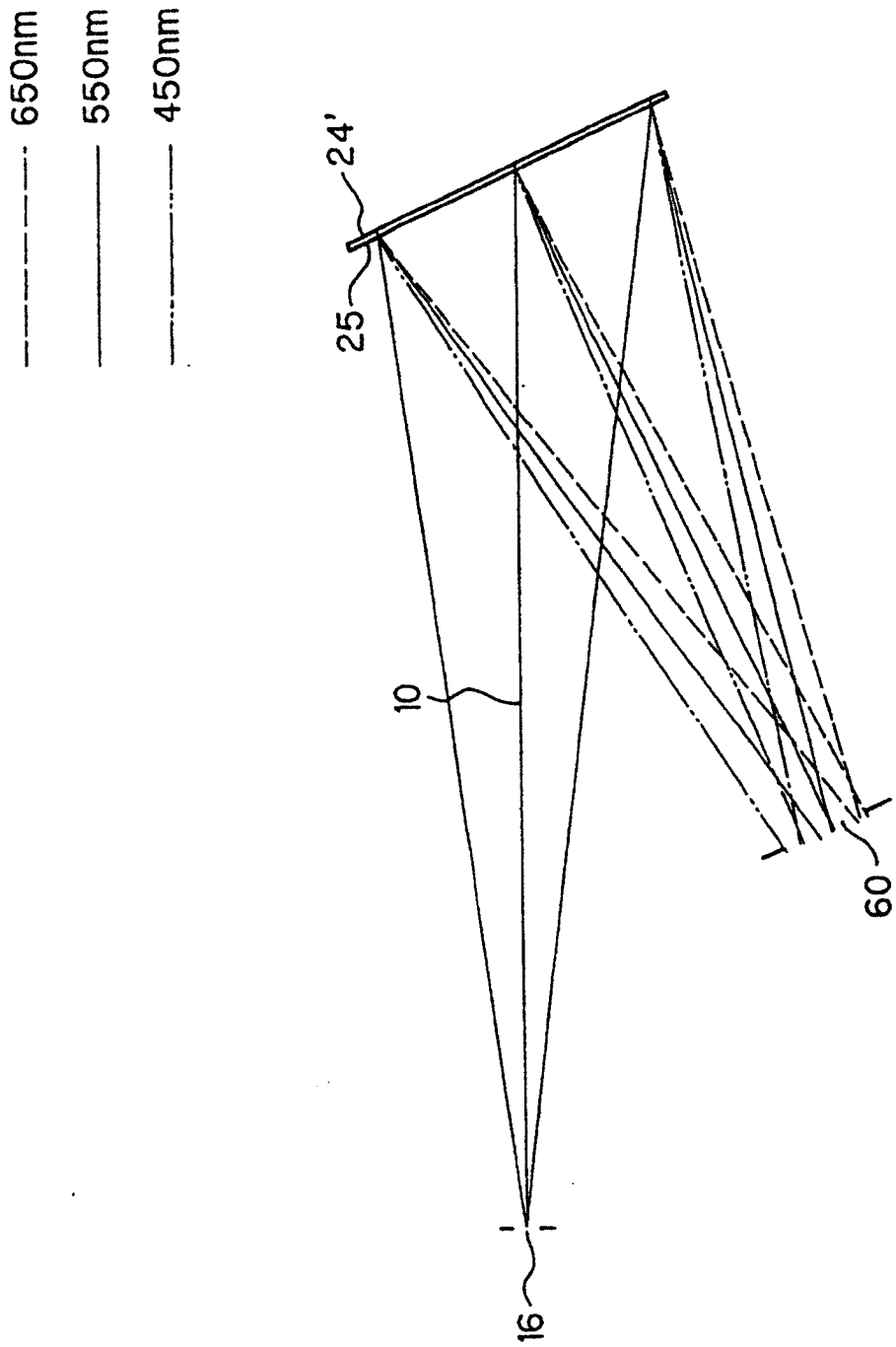


图 41

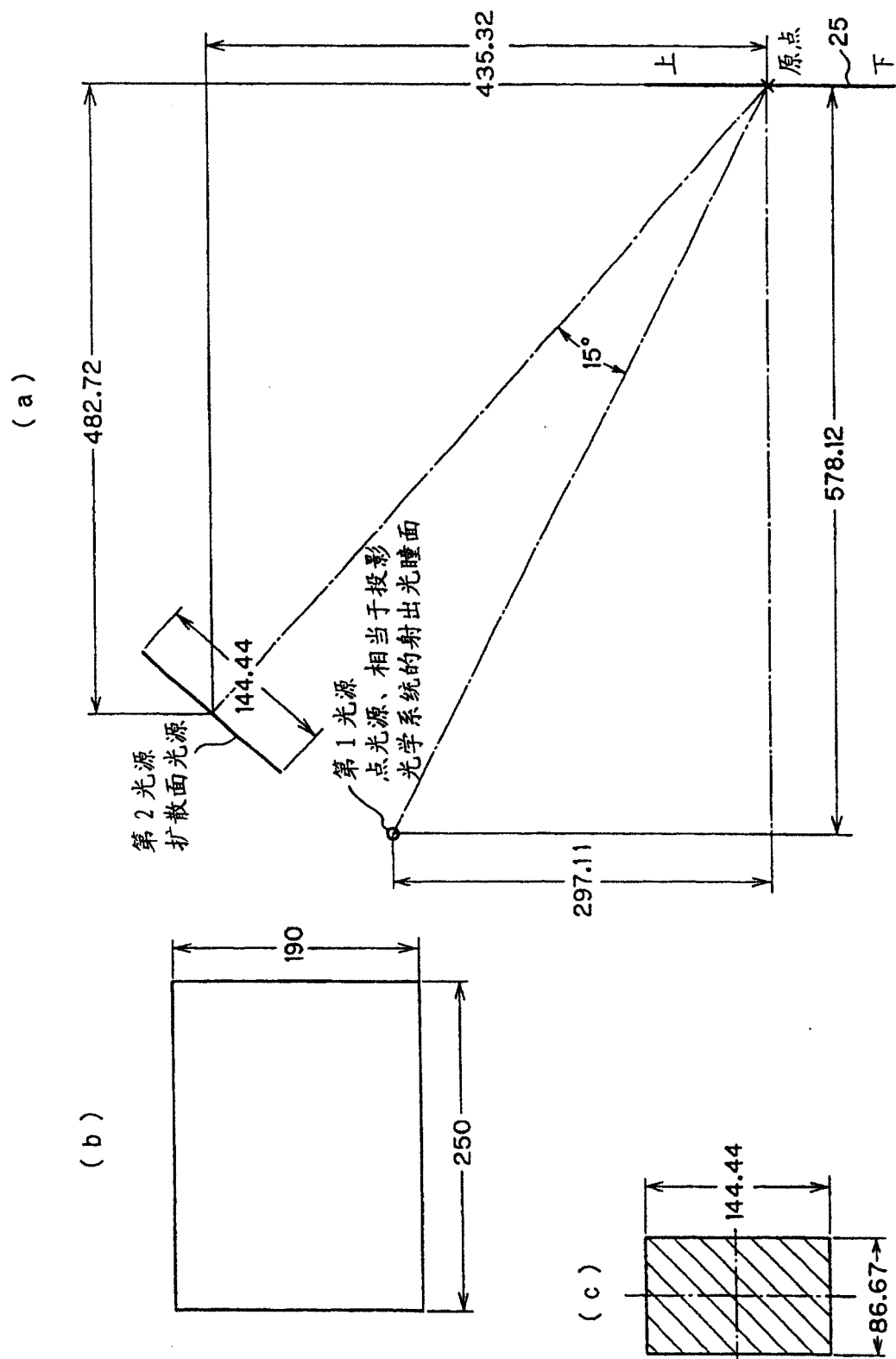


图 42

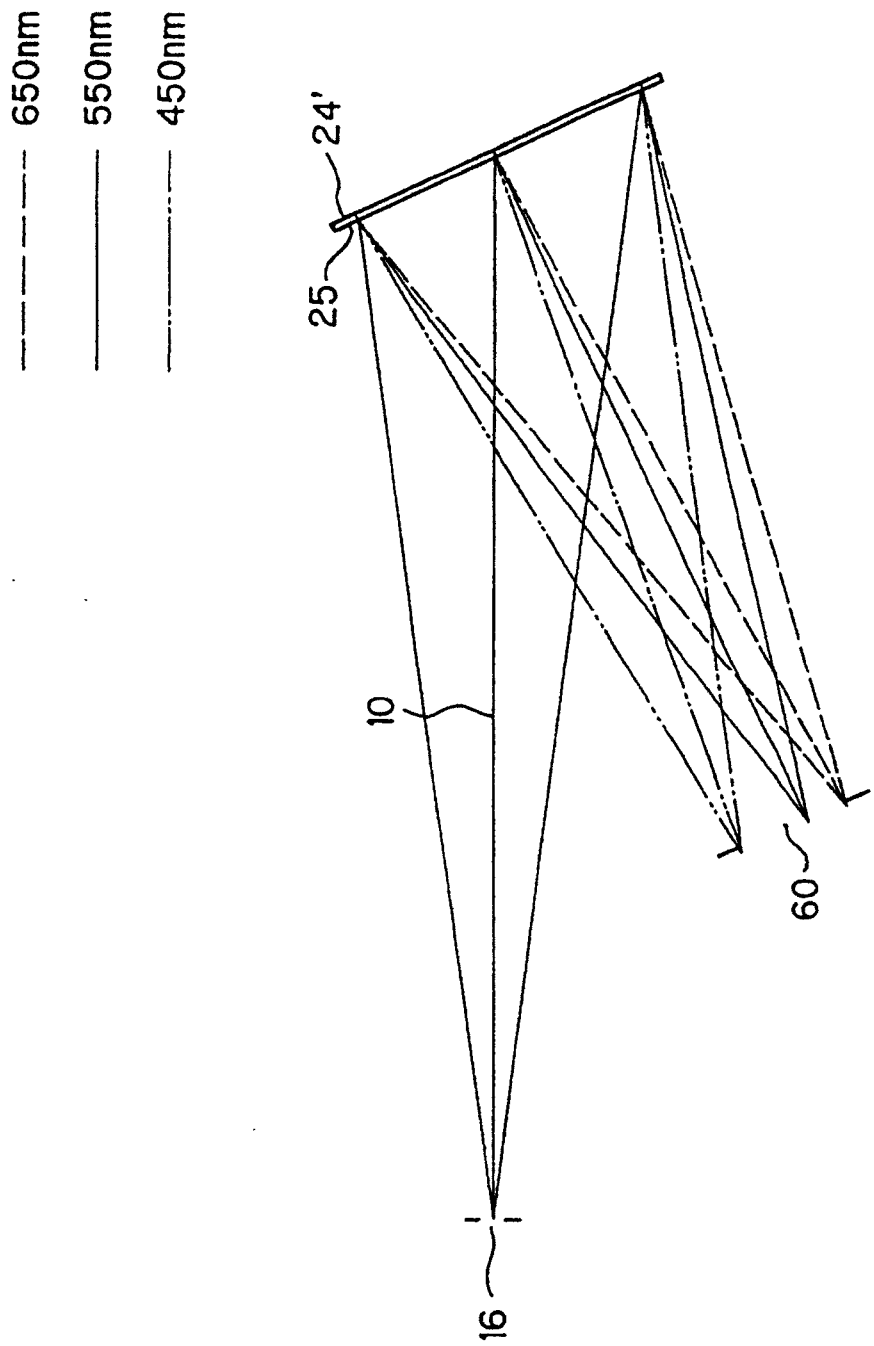


图 44

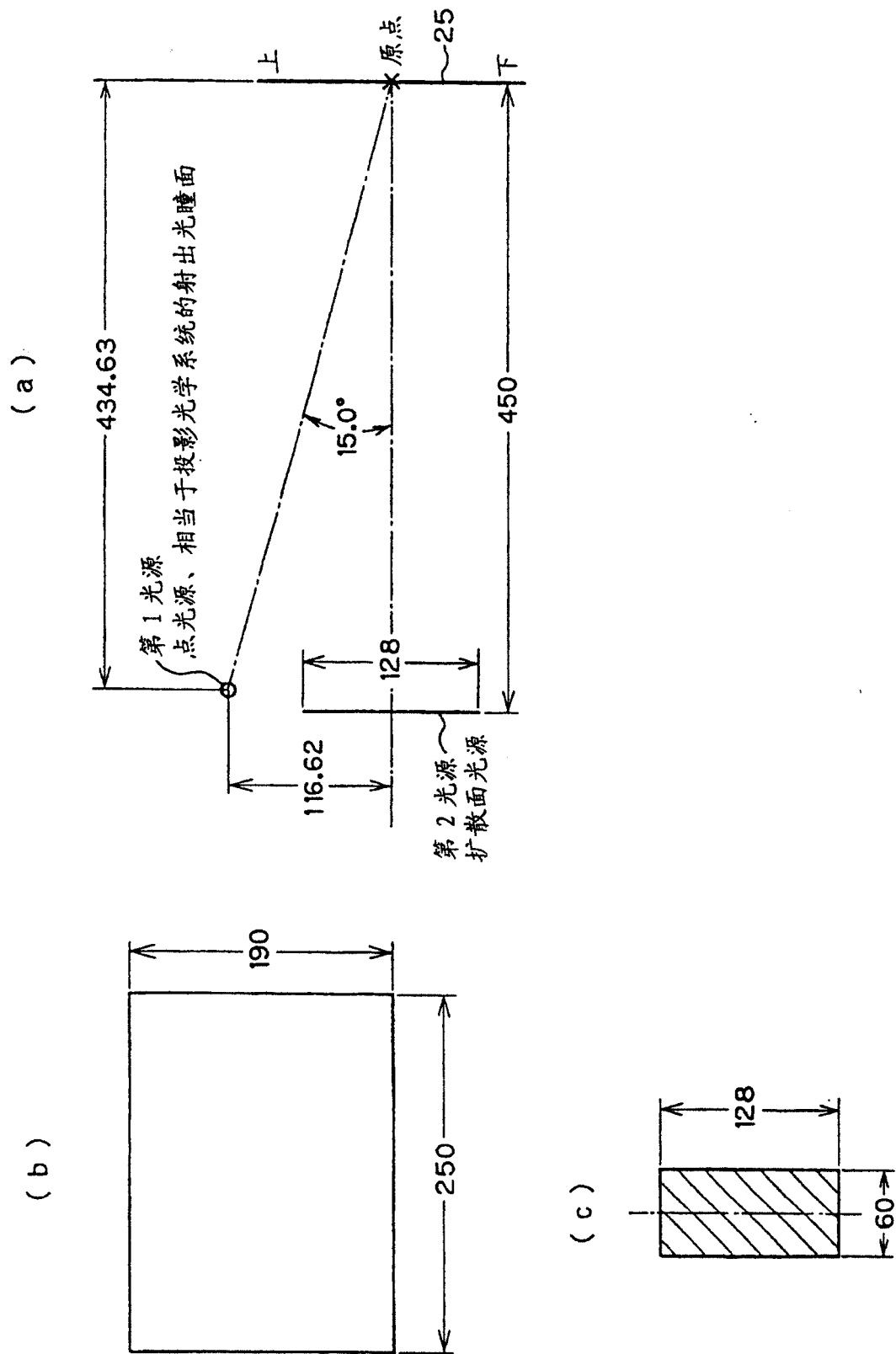


图 45

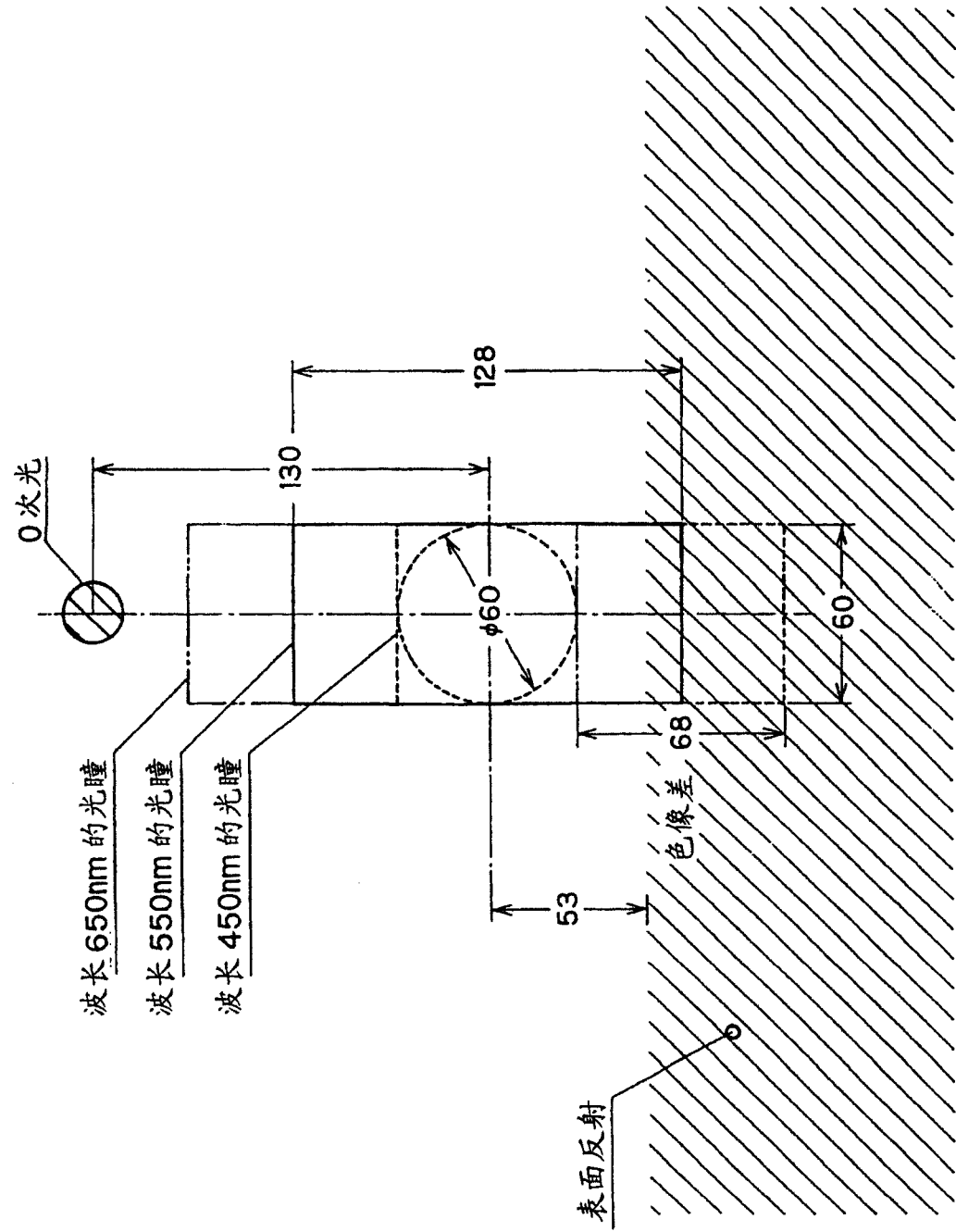


图 46

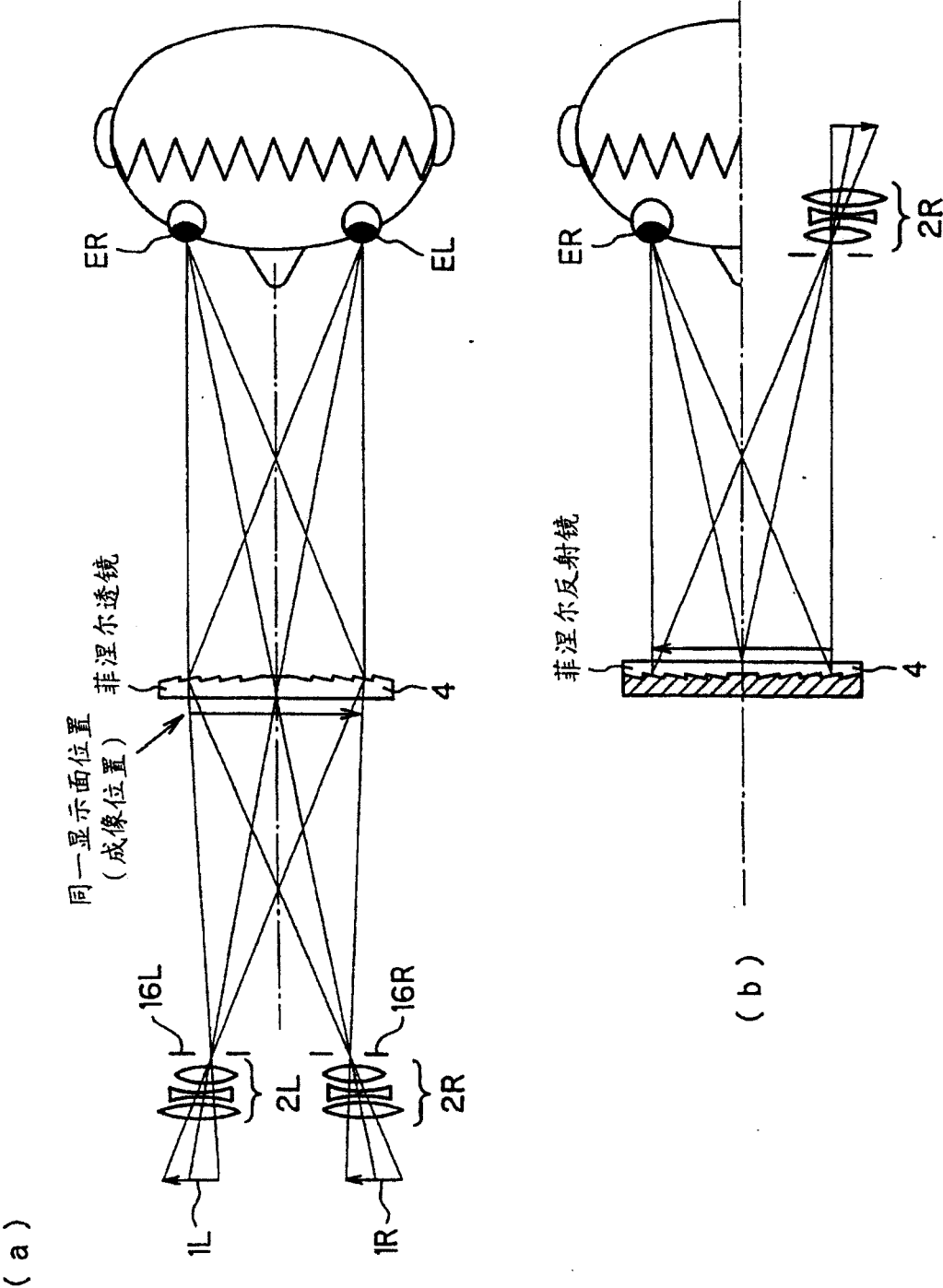


图 47

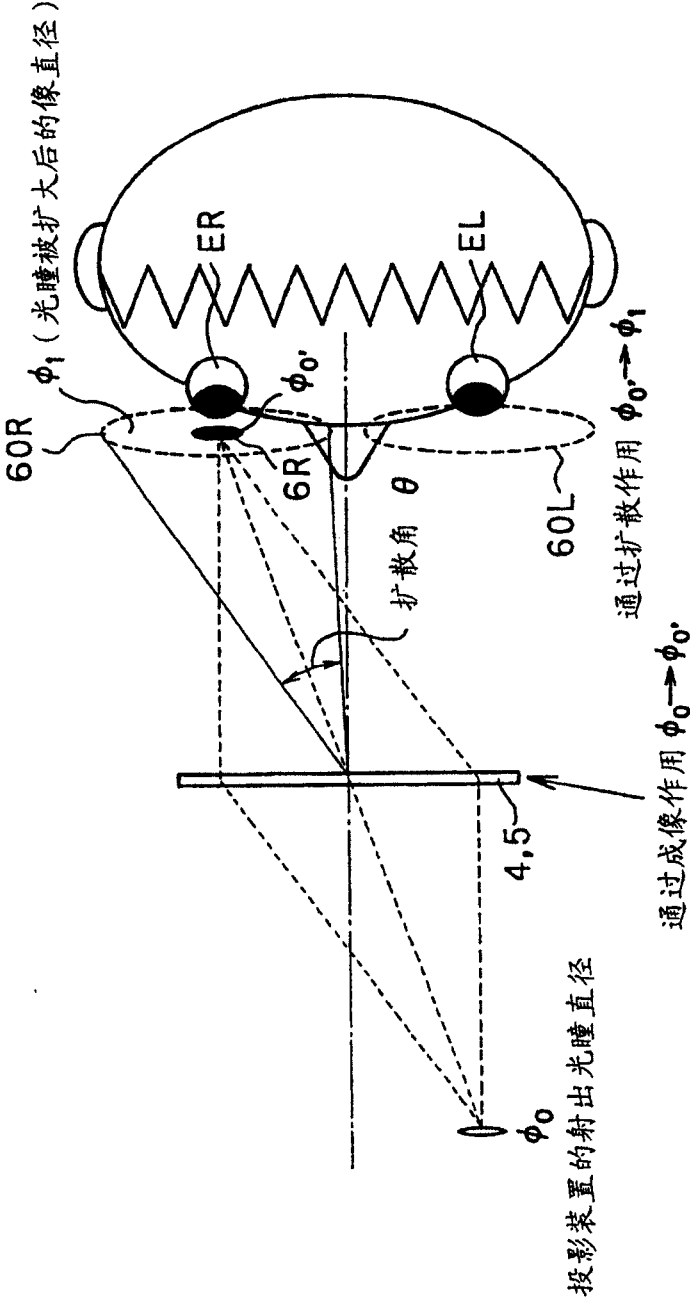


图 48

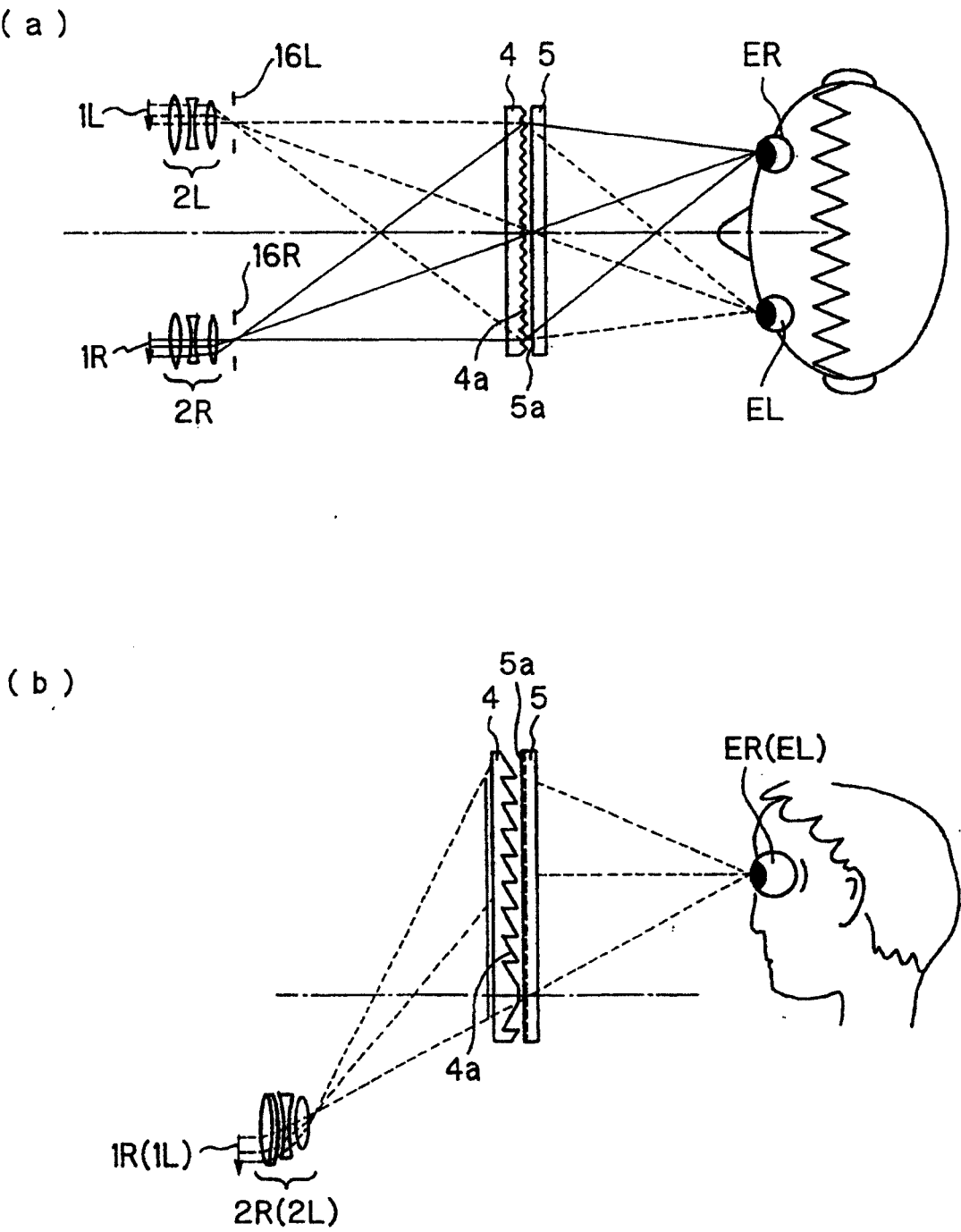


图 49

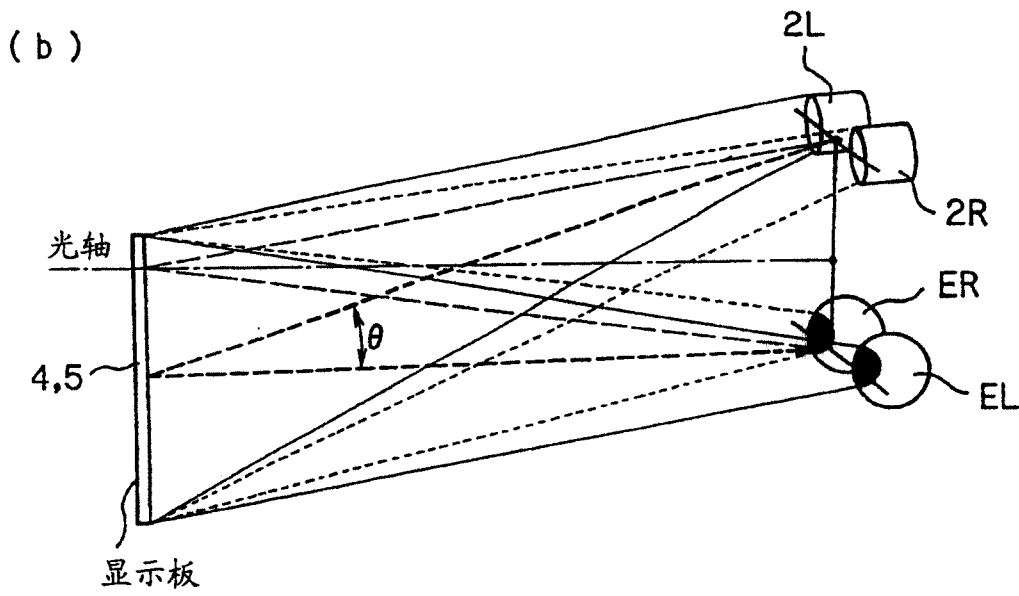
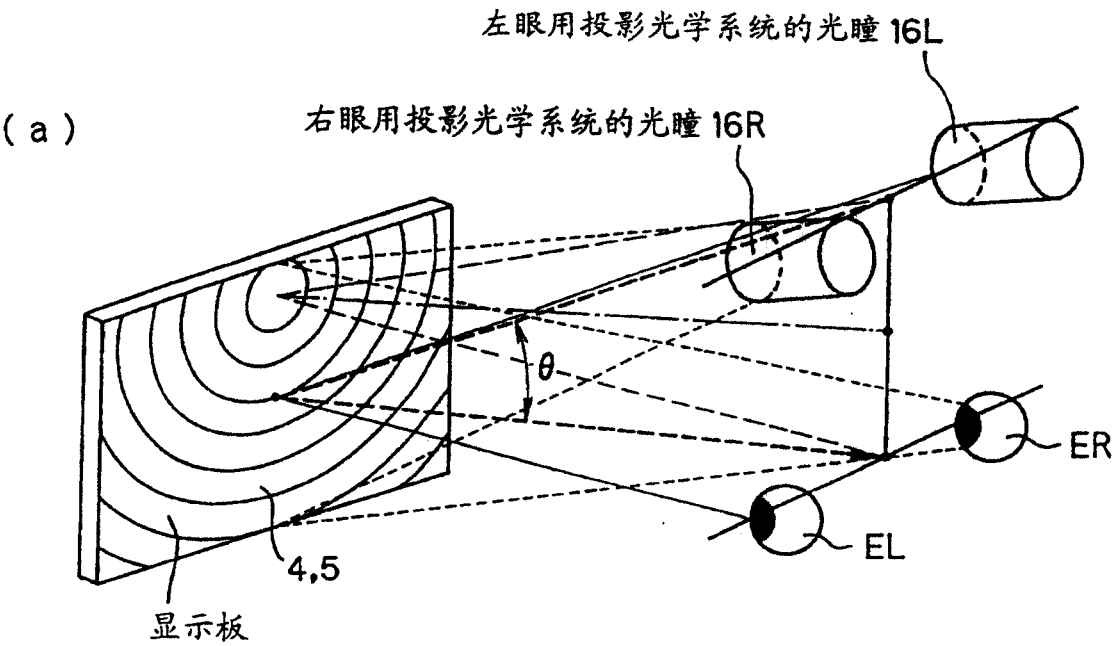


图 50

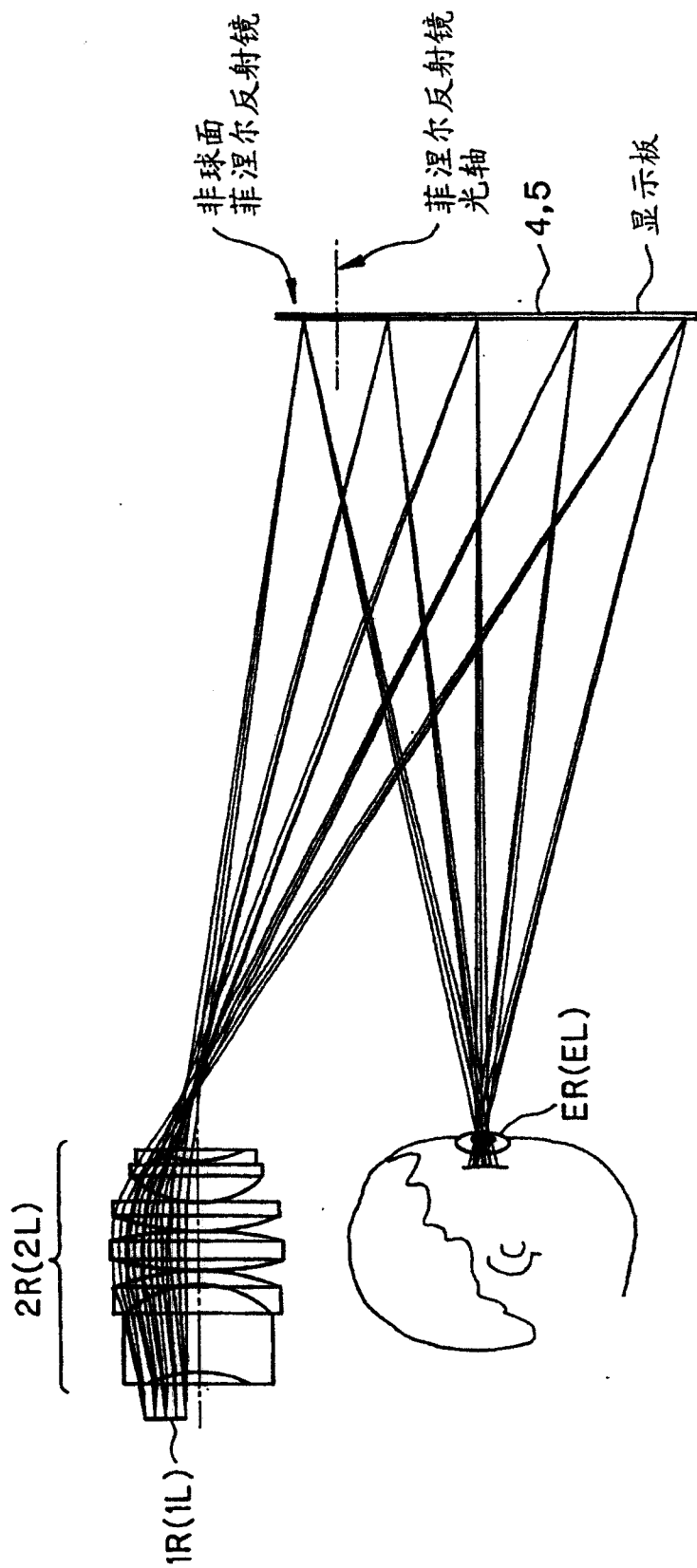


图 51

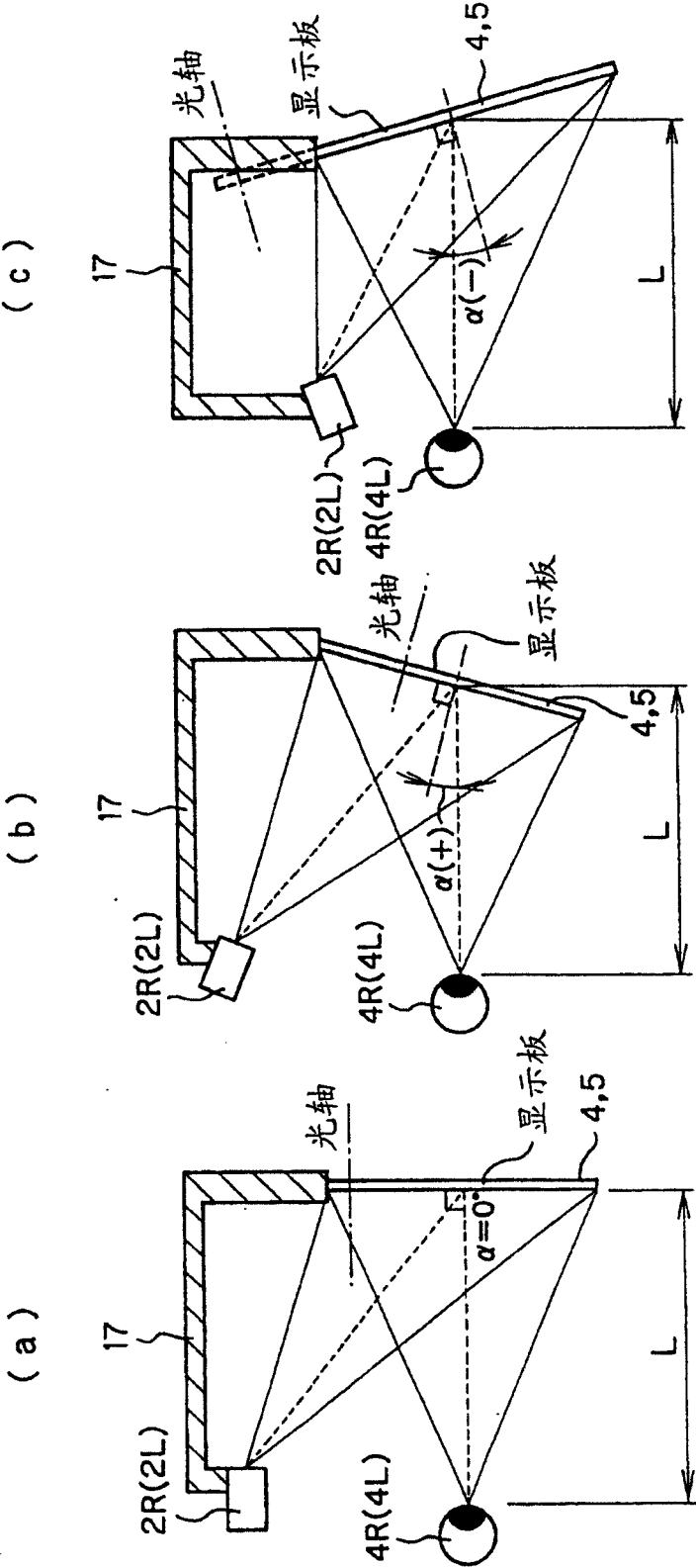


图 52

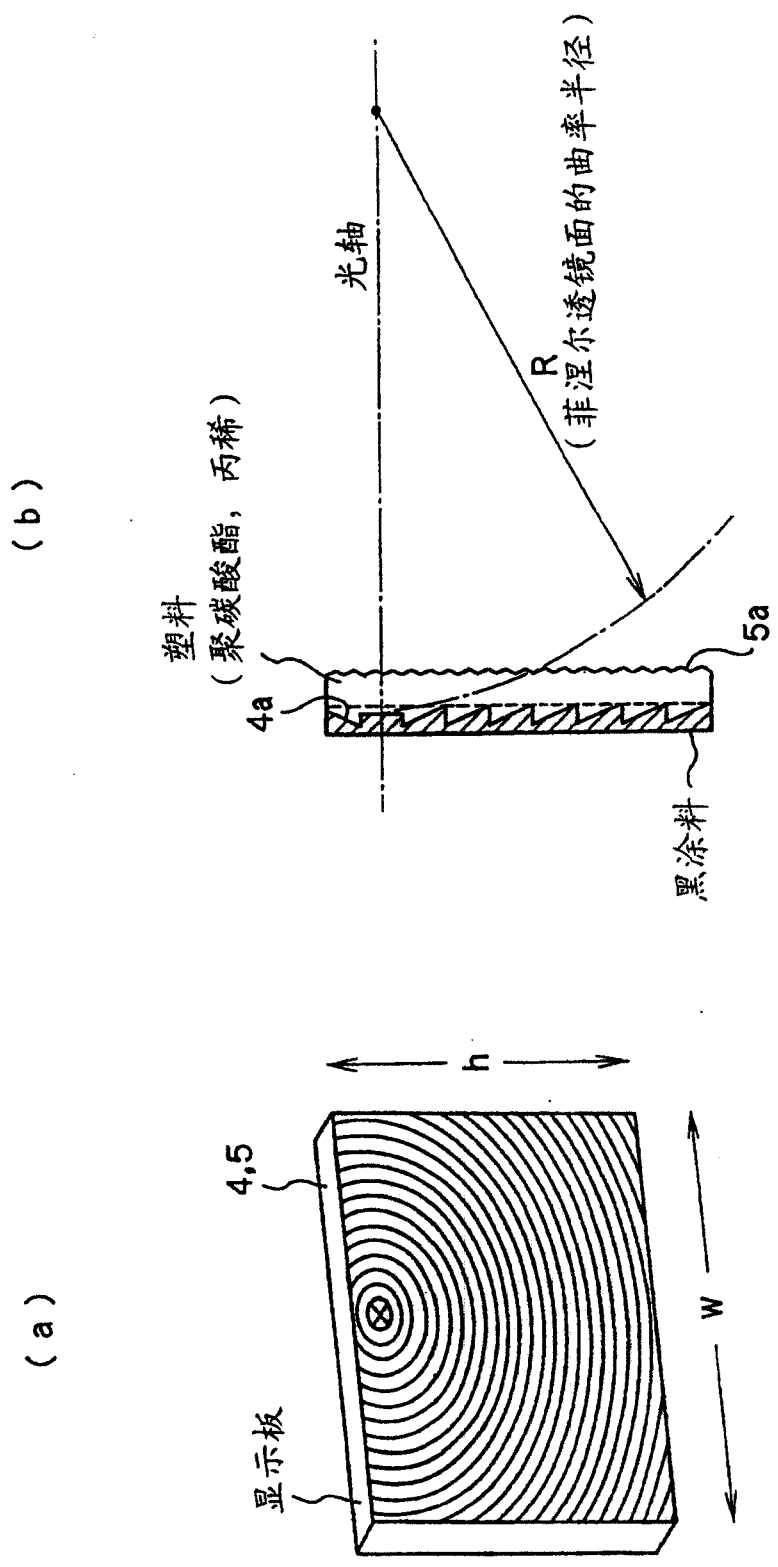


图 53

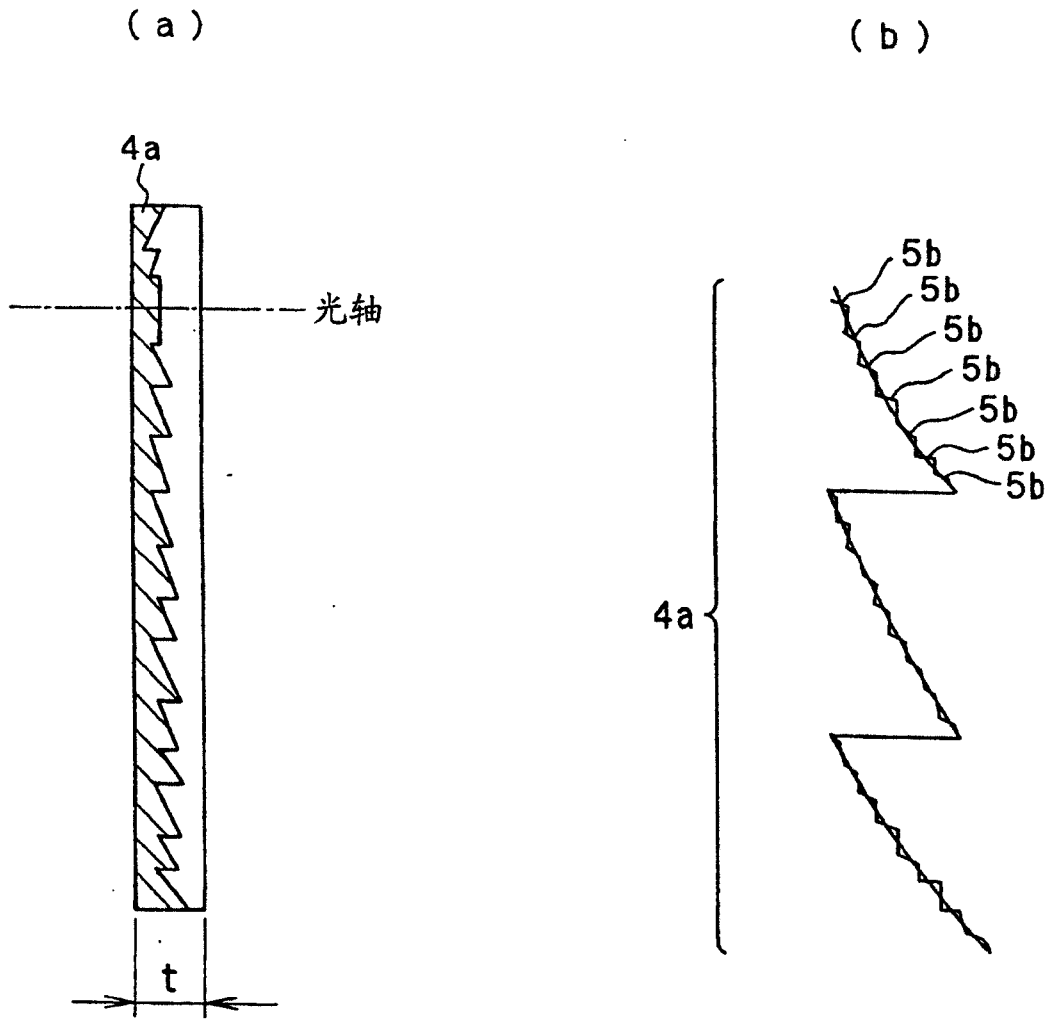


图 54

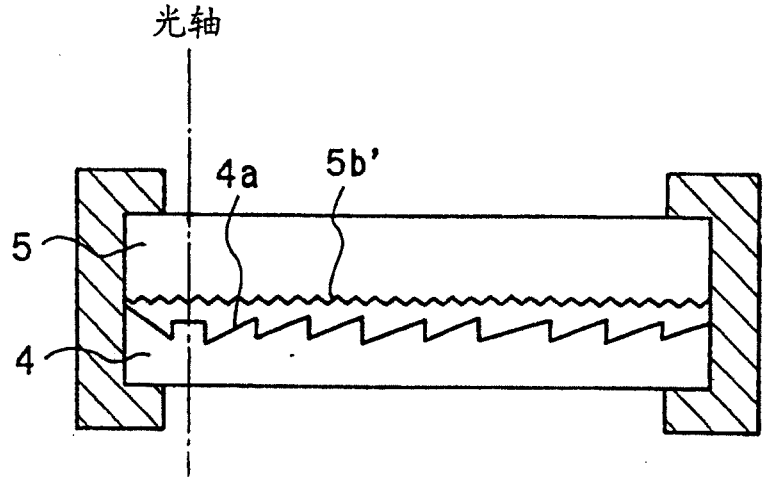


图 55

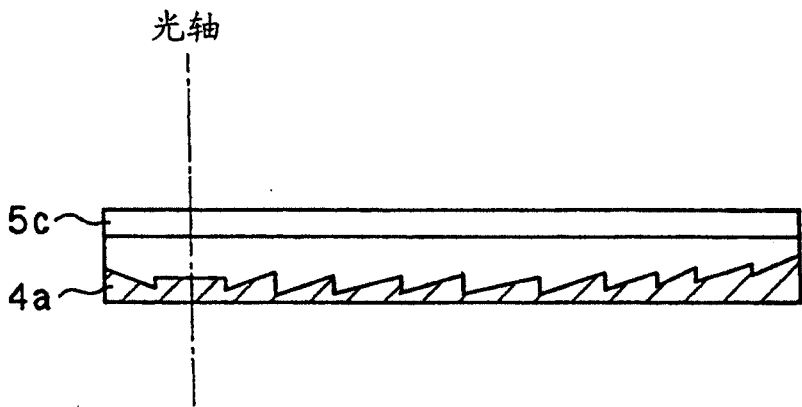


图 56

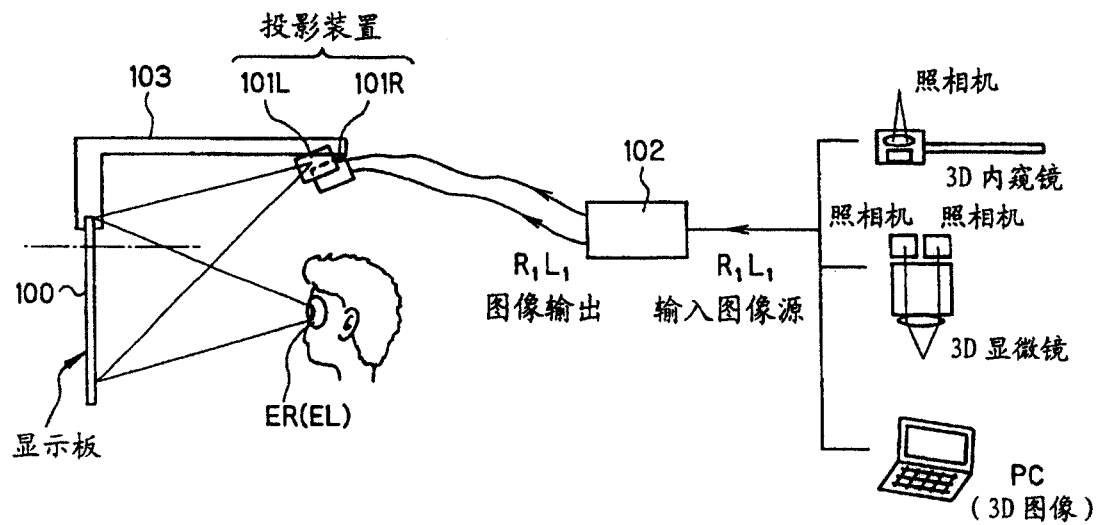


图 57

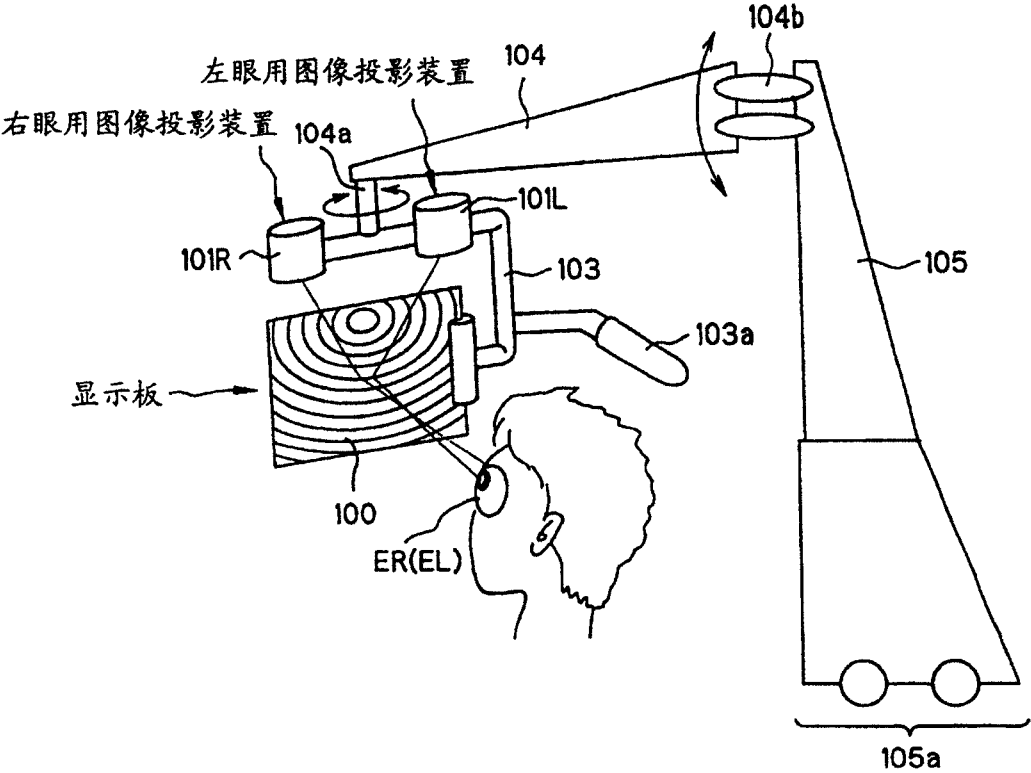


图 58

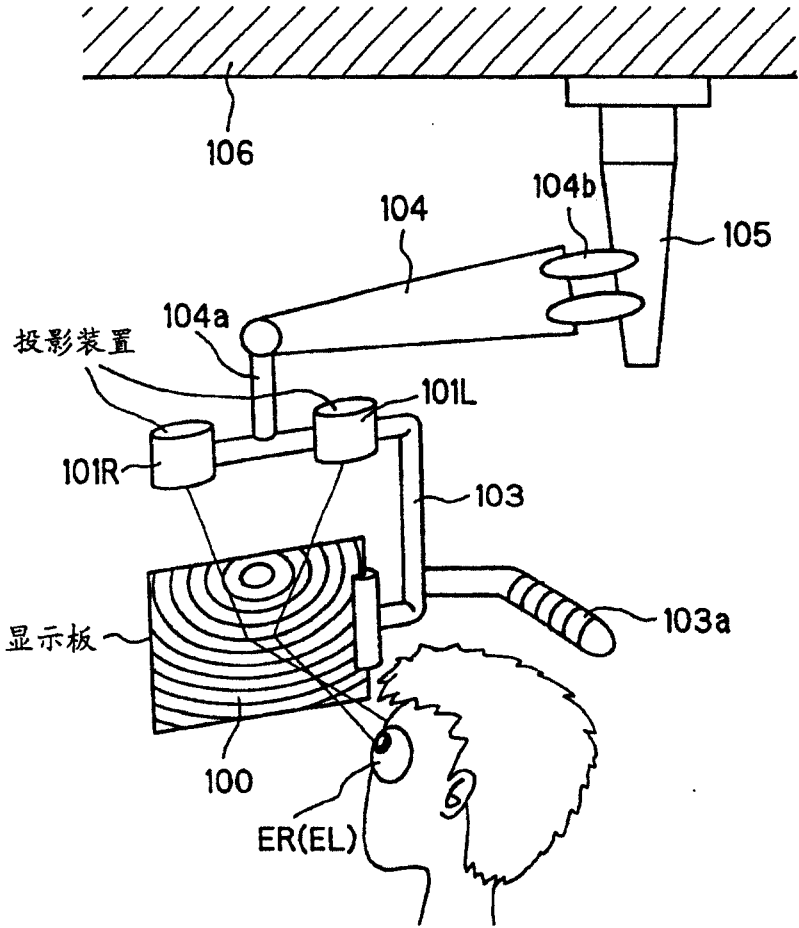


图 59

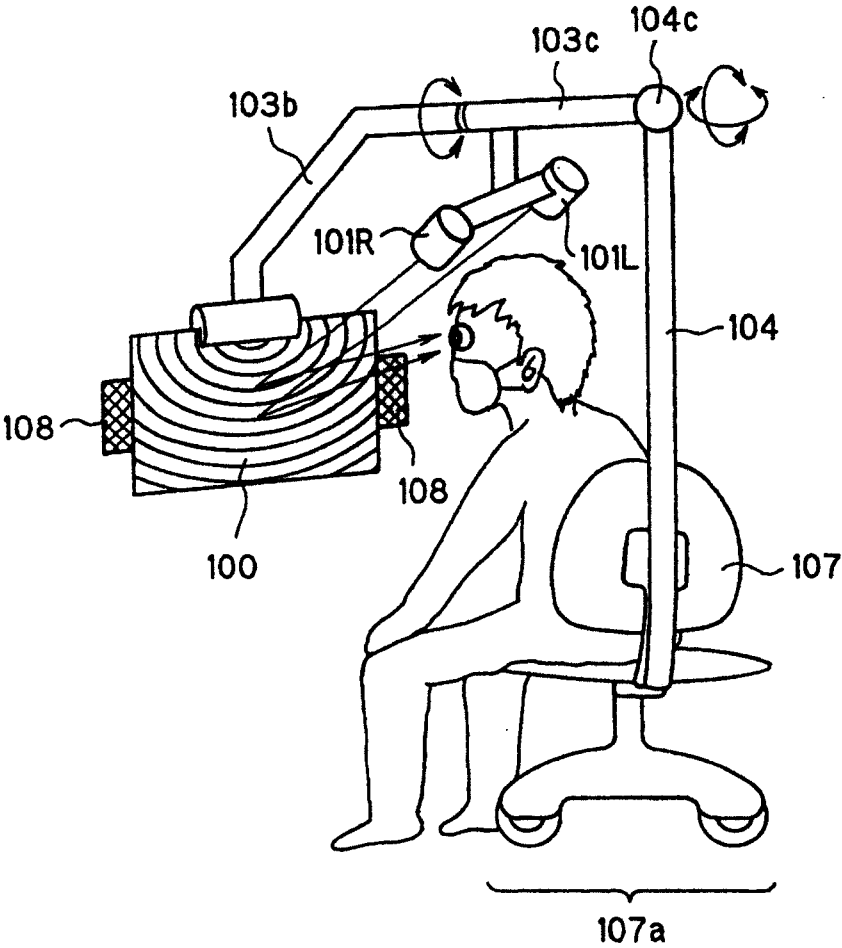


图 60

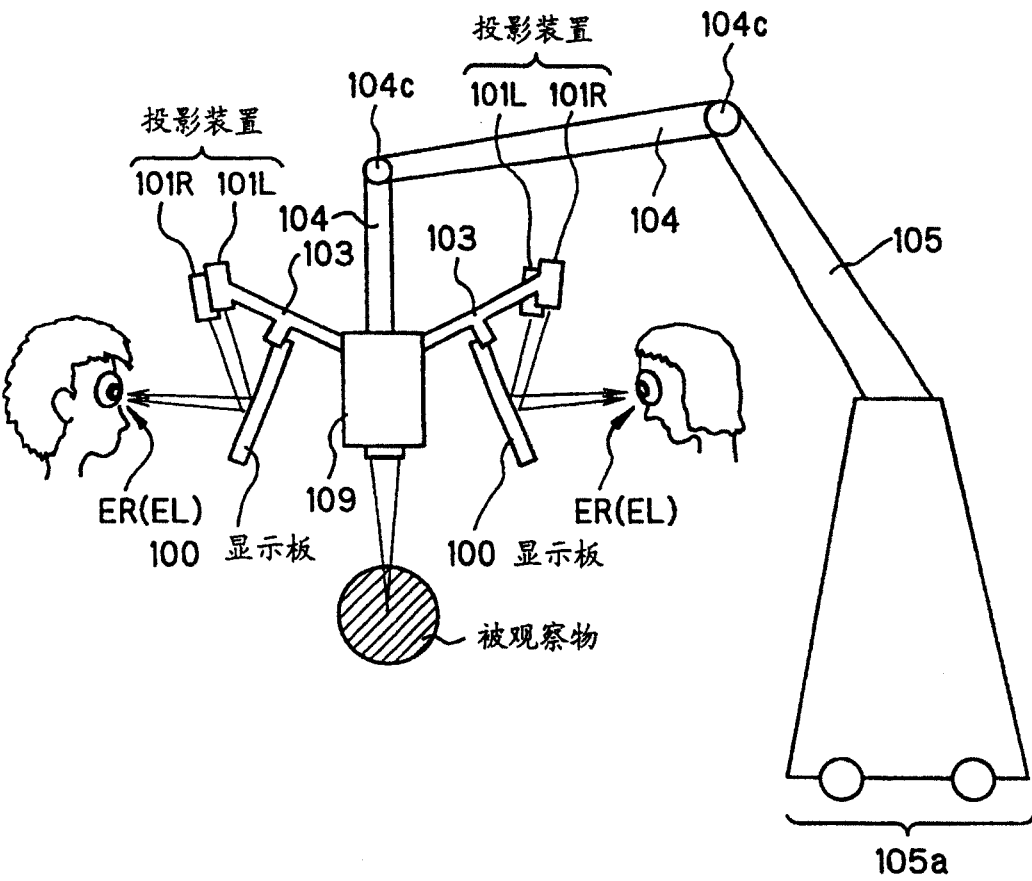


图 61

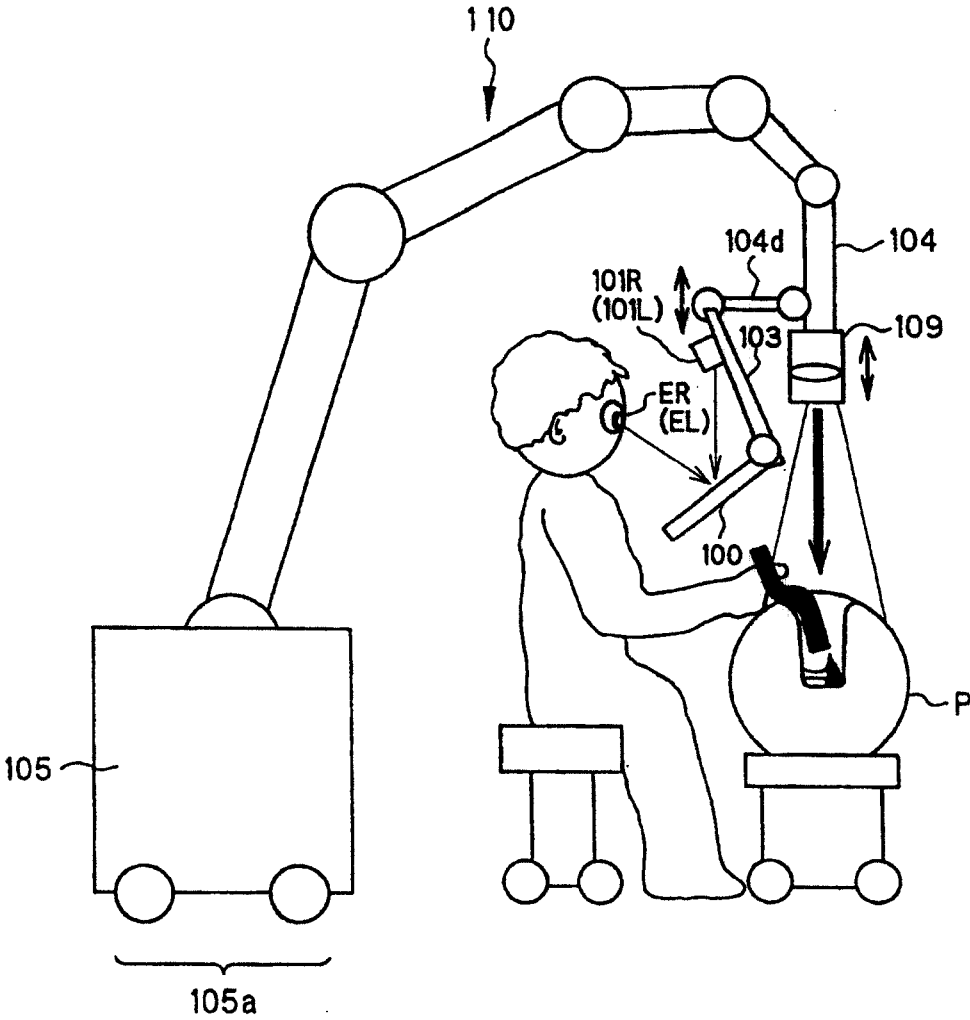


图 62

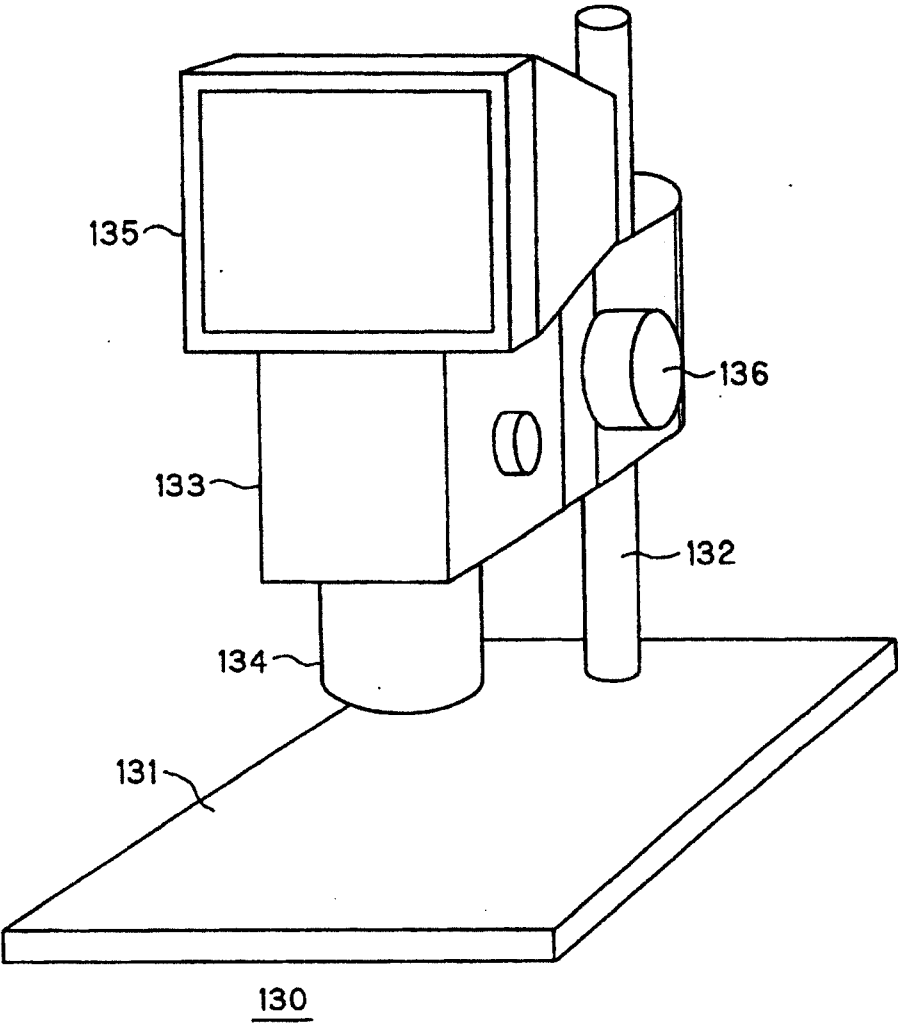


图 63

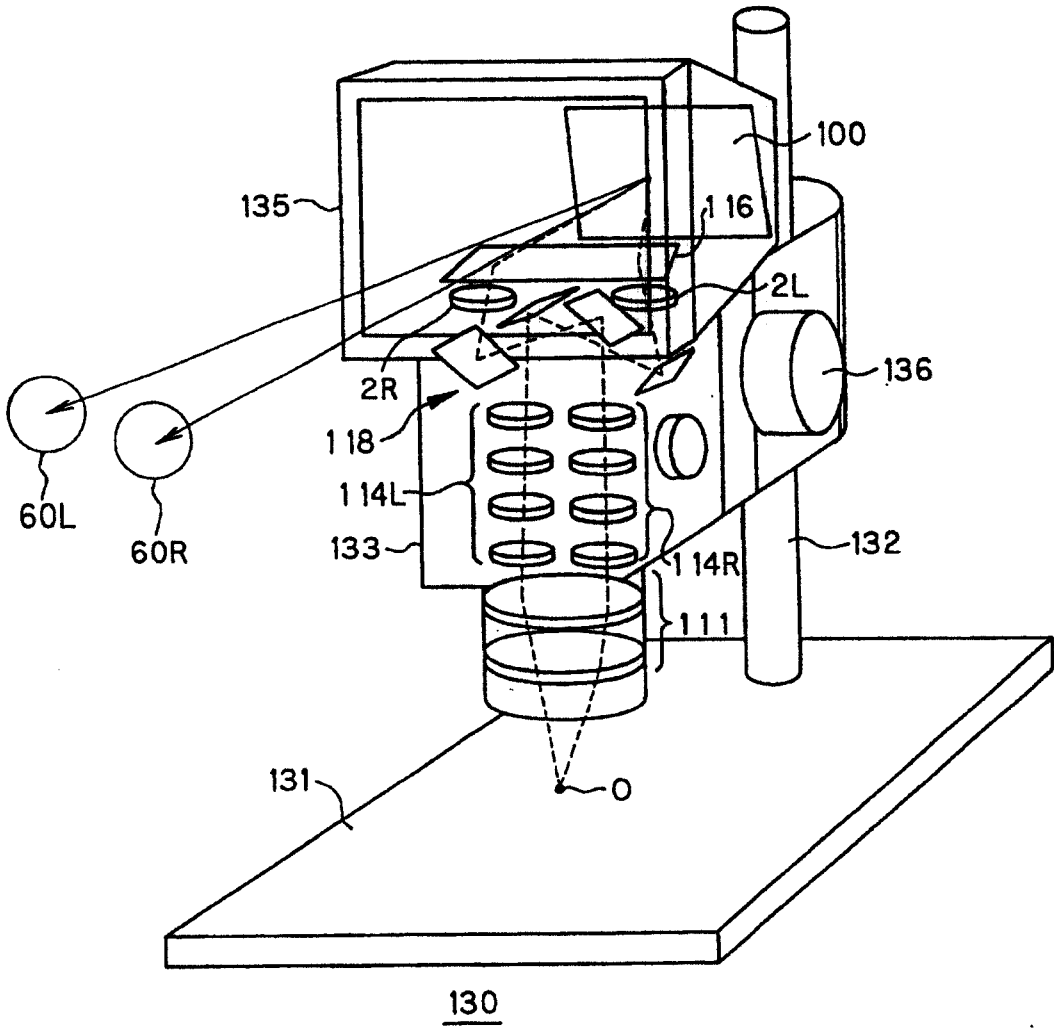


图 64

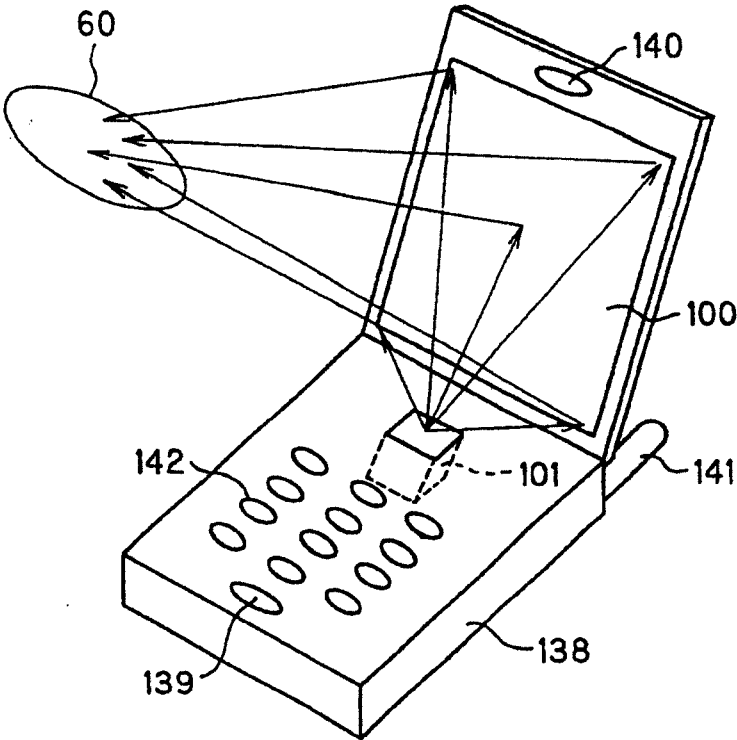


图 65

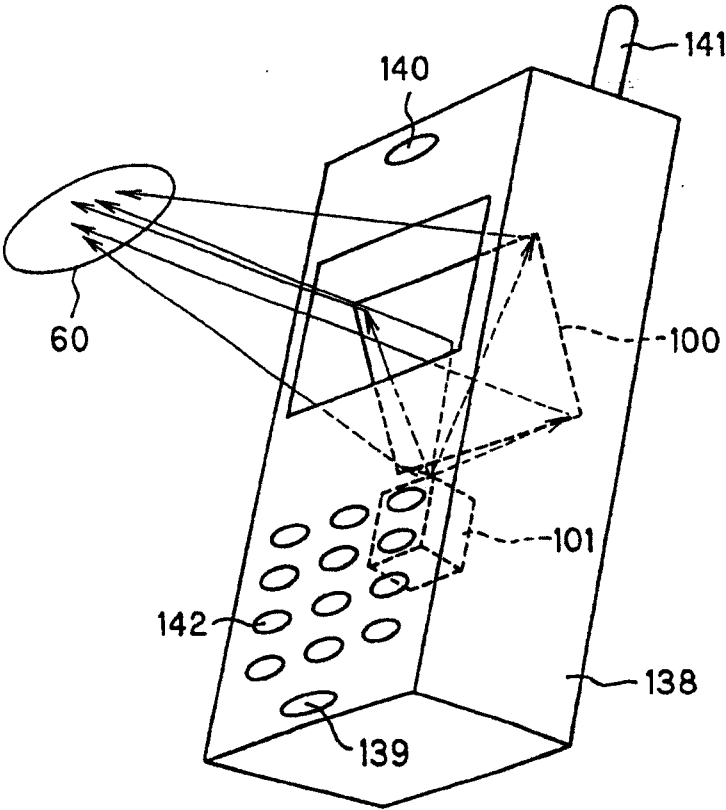


图 66

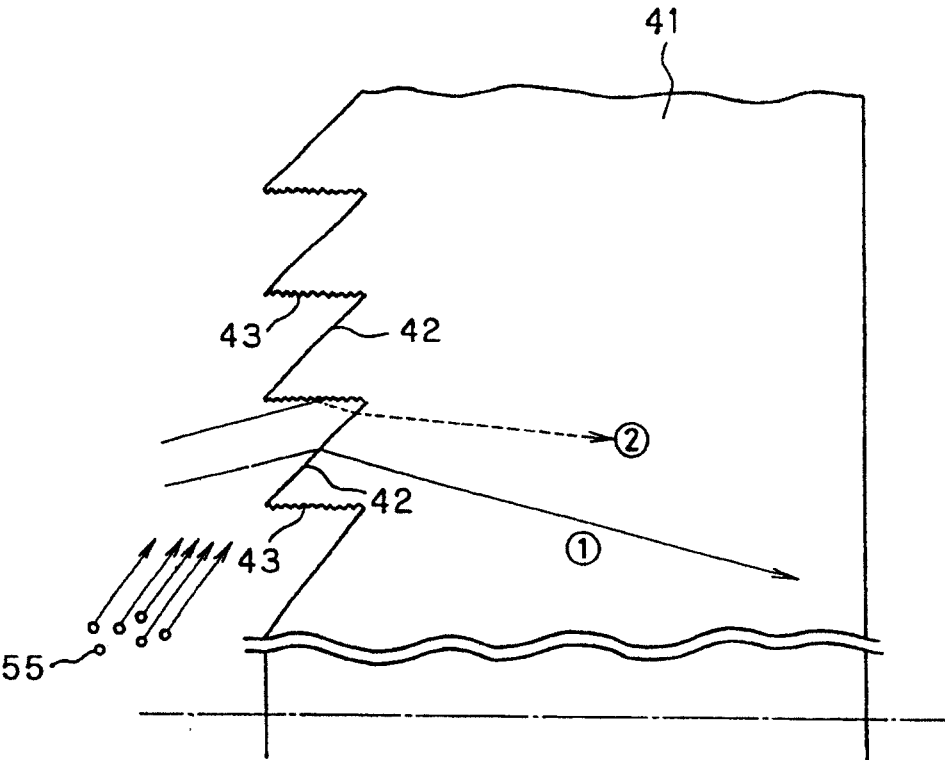


图 67

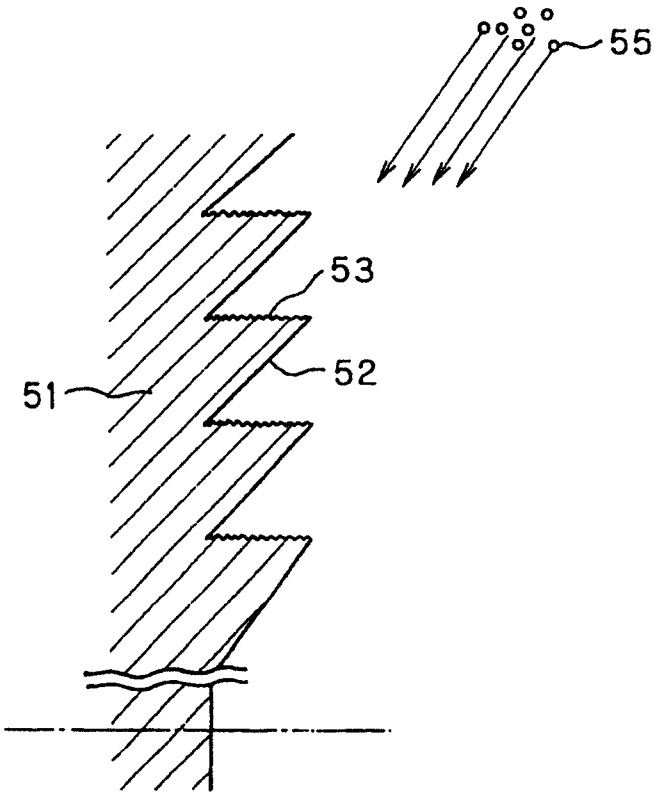


图 68