



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99100072.2

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1182444C

[22] 申请日 1999.1.6 [21] 申请号 99100072.2

[30] 优先权

[32] 1998. 1. 6 [33] JP [31] 001134/1998

[32] 1998. 9. 24 [33] JP [31] 270217/1998

[71] 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

[72] 发明人 木原信宏

审查员 刘 杰

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

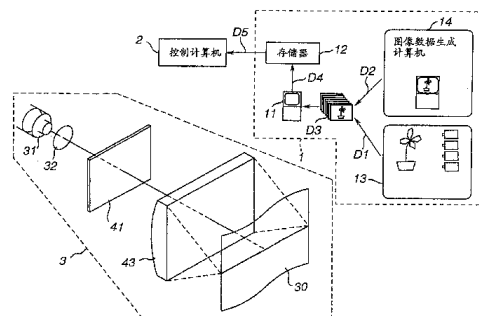
代理人 马 莹

权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 13 页

[54] 发明名称 全息立体照片打印装置

[57] 摘要

一种形成全息立体照片的全息立体照片打印装置，在光利用效率和图像均匀性上表现优越。该装置使源自激光源的激光落在图像显示器件(41)上用来照明穿过显示器件(41)和部分未穿过显示器件(41)的光，分别形成物光和参考光照射于全息记录介质上，从而在全息记录介质(30)上形成连续的象元全息图。在全息立体照片打印装置中，使入射到显示器件(41)上的光束的强度均匀化的光积分器(63)被安置于激光光路之中，并位于显示器件(41)之前。



1. 一种全息立体照片打印装置，包括：  
发射激光光束的激光源；
- 5 半透半反镜，用于将所述激光光束分为物光光束和参考光束；  
照明装置，用于处理所述物光光束以均匀照明显示装置；所述显示装置用于显示要作为全息图记录的图像；所述照明装置包括由棒型光积分器跟随的聚光透镜；所述棒型光积分器设计为出现在所述显示装置上的多次内反射干涉条纹的间距小于所述显示装置的象素间距的一半；
- 10 投影装置，用于将所显示图像的映像投影到全息记录介质上；所述映像通过处理经过所述显示装置发射的物光光束而产生；所述投影装置包括一维漫反射板；以及  
包含所述全息记录介质的全息记录装置，所述全息记录介质用于将通过叠加所述参考光束和所述图像的投影映像而表示的全息图顺序记录在记录
- 15 介质上。
2. 如权利要求 1 所述的全息立体照片打印装置，其中所述聚光透镜是柱面透镜，其仅在非视差方向产生所述显示装置的均匀照明。
3. 如权利要求 1 所述的全息立体照片打印装置，其中所述聚光透镜是网状透镜，其仅在非视差方向产生所述显示装置的均匀照明。
- 20 4. 如权利要求 3 所述的全息立体照片打印装置，其中所述网状透镜是蝇眼型透镜。
5. 如权利要求 1 所述的全息立体照片打印装置，其中所述聚光透镜是每个具有不同发散角的一对网状透镜，以使均匀照明投影映像。
6. 如权利要求 1 所述的全息立体照片打印装置，其中所述照明装置还包括跟随着所述棒型光积分器的偏振片，用于修正所述棒内多次反射引起的偏振面旋转。
- 25

## 全息立体照片打印装置

## 5 技术领域

本发明涉及一种全息立体照片打印或形成装置，用于产生一幅全息立体照片，可以识别一幅实体成像图像或一幅计算机生成的三维图像。

## 背景技术

10 一幅全息立体照片通过连续记录大量的图像来形成，这些图像是从不同视点对于一个物体连续成像而得到的，作为原始图像，以条状或点状象元全息图的形式记录于专用的全息记录介质上。

在全息立体照片仅于水平方向存在视差信息之情况下，例如，通过在水平方向上从不同视点对于一个物体连续成像而得到的若干原始图像 101a 至 15 101e，以条状象元全息图的形式连续记录于全息记录介质 102 上。

若从一个给定位置用一只眼睛观察该全息立体照片，反映相关象元全息图部分图像信息的二维图像可以被观察到，因此若眼睛的位置在水平方向移动，反映相关象元全息图另一部分图像信息的二维图片可被观察到。所以假若一位观察者用两只眼睛观察该全息立体照片，由于左右两只眼睛在水平方 20 向上位置轻微不同，以致由左右两只眼睛看到的二维图像会彼此有轻微的不同。因此观察者觉察出视差，该复现之图像被视为一幅三维图像。

同时，在形成高质量图像的全息图过程中，已经知道在图像显示装置的邻近区域放置一块漫反射板是很有效的。参考文献如“Endo and Yamaguchi 等在 1992 年第 23 届 光学图像会议(Picture Optical Conference)的文献第 317 25 页内容”以及“Michael Klug 等在 1993 年的 Proc SPIE #1914 Practical Holograplcy (全息照相应用) VII”。

然而，若在图像显示装置的邻近区域置一块漫反射板，会在产生的全息图中于无穷远的位置观察到一种非均匀噪声。试图移动漫反射板来降低噪声的方法已在日本公开专利 8-1722382 中提出，但是若存在一定数量的移动部 30 件，又会产生与抗震动性有关的问题。如果使用漫反射板，光利用效率则会降低。

### 发明内容

因此,本发明的目的是提供一种具有高的光利用效率的全息立体照片形成装置,使用该装置无穷远点处的噪声可被消除,可以生成高质量的全息图,

5 并且使采用便宜的低输出功率激光器成为可能。

本发明提供一种全息立体照片打印装置,包括:用于发射激光光束的激光源;半透半反镜,用于将所述激光光束分为物光光束和参考光束;照明装置,用于处理所述物光光束以均匀照明显示装置;所述显示装置用于显示要作为全息图记录的图像;所述照明装置包括由棒型光积分器跟随的聚光透镜;所述棒型光积分器设计为出现在所述显示装置上的多次内反射干涉条纹的间距小于所述显示装置的象素间距的一半;投影装置,用于将所显示图像的映像投影到全息记录介质上;所述映像通过处理经过所述显示装置发射的物光光束而产生;所述投影装置包括一维漫反射板;以及包含所述全息记录介质的全息记录装置,所述全息记录介质用于将通过叠加所述参考光束和所述图像的投影映像而表示的全息图顺序记录在记录介质上。

15 本发明涉及的全息立体照片打印装置不同于传统的系统,它无需使用物镜和小孔进行扩束,因此进一步提高了光利用效率。

而且,利用本发明涉及的全息立体照片打印装置,图像显示装置可被均匀照明。

20 因此,利用本发明涉及的全息立体照片打印装置,即便采用便宜的低输出功率激光器也能生成高质量的全息立体照片。

### 附图说明

- 图 1 为一幅用于说明一种全息立体照片形成方法的草图;
- 25 图 2 给出了全息立体照片形成系统的结构示意图;
- 图 3 给出了全息立体照片打印装置光学系统的示意图;
- 图 4a 和图 4b 给出了一个图像投影光学系统的例子;
- 图 5 给出了一个类似的图像投影光学系统的例子;
- 图 6 表明了玻璃棒中多次反射的状态;
- 30 图 7 表明了多狭缝干涉条纹生成的原理;
- 图 8 为一根玻璃棒以及由玻璃棒中多次反射所形成的一个虚点光源;

图 9 给出了图像照明光学系统和图像投影光学系统的典型例子；

图 10 给出了为避免出现莫尔条纹而仅在非视差方向均匀光强的情况下一个图像照明光学系统的示意图；

5 图 11 为一个将一块网状透镜置于玻璃棒前面的典型图像照明光学系统的示意图；

图 12A 和图 12B 为一个将一对网状透镜置于玻璃棒前面的典型图像照明光学系统的示意图；

图 13A 和图 13B 是一个将一对网状透镜置于玻璃棒前面的典型物光光学系统的示意图；

10 图 14 给出了蝇眼型光积分器 (integrator) 的结构示意图。

#### 具体实施方式

参照附图，详尽解释本发明的优选实施例。下列实施例仅用于说明，并不意味着对本发明的限制。

15 首先，将解释用于形成全息立体照片的全息立体照片形成系统的结构。在此，以下述一个全息立体照片形成系统为例，该系统用于形成依据水平方向的视差信息且通过在专用记录介质上记录若干条状象元全息图而得到的全息立体照片。当然，本发明亦可应用于形成两个方向均有视差信息的全息立体照片的系统中，这些图像通过在专用记录介质上记录若干点状象元全息图而获得。

20 此时所解释的全息立体照片形成系统，是用于形成一种被称作单步全息立体照片的系统。在这些图像中，已经记录了物光与参考光干涉环的记录介质，直接用作全息立体照片。如图 2 所示，该系统包括一个数据处理单元 1，用于处理被记录的图像数据；一台用于控制整个系统的计算机 2 和具有用来形成全息立体照片的光学系统的全息立体照片打印设备 3。

数据处理单元 1 在多个图像数据 D1 或 D2 基础上生成一串视差图像 D3，其中 D1 含有由具备多眼相机或可移动相机的视差图像串成像设备 13 所提供的视差信息，而 D2 则含有由图像数据生成计算机 14 所产生的视差信息。

30 含有由视差图像串成像设备 13 所提供的视差信息的多个图像数据 D1，是水平方向上于不同视点对物体成像所获得的若干图像数据。

含有由图像数据生成计算机 14 所产生的视差信息的多个图像数据 D2，

是那些通过连续记录水平方向视差而生成的多个 CAD(计算机辅助设计)或 CG(计算机图形)图像的图像数据。

图像处理计算机 11 进行全息立体照片的预置图像处理, 由数据处理单元 1 对视差图像 D3 进行加工。通过预置图像处理加工的图像数据 D4, 储存在存储设备 12 中, 如存储器或硬盘。

在全息记录介质上记录图像时, 数据处理单元 1 以图像为单元有序地读出图像数据 D4 的各图像, 将图像数据 D5 发送至控制计算机 2, 其中 D4 是记录于记录装置 12 之上的。

控制计算机 2 驱动全息立体照片打印装置 3 在全息立体照片打印装置 3 中的全息记录介质 30 之上顺序记录图像, 该图像对应于从数据处理单元 1 传来的图像数据。

5 与此同时, 控制计算机 2 控制设在全息立体照片打印装置 3 之中的快门 32, 显示器件 41 或记录介质进给 (feed) 单元等。即: 在发送图像数据 D5 至显示器件 41 以便使与图像数据 D5 相关联的图像显示于显示器件 41 的过程中, 控制计算机 2 将控制信号 S1 发至快门 32 以控制其开/关。控制计算机 2 还发送控制信号 S2 给记录介质进给单元以便控制通过记录介质进给单元进行的全息记录介质 30 的进给操作。

10 全息立体照片打印装置 3 在图 3 中给予详尽解释, 图 3 给出了上述整个全息立体照片打印装置 3 的光学系统示意图。

如图 3 所示, 全息立体照片打印装置 3 包括一台用于发射预置波长激光光束的激光源 31, 一个置于源自激光源 31 的激光光束 L1 光轴之上的快门 32 以及一块半透半反镜 33。激光源 31 使用一台 YAG 激光器, 其波长为 15 532nm, 输出功率为 400mW。

快门 32 受控于控制计算机 2, 当全息记录介质 30 不曝光或曝光时, 分别关闭或打开。半透半反镜 33 用于将通过快门 32 进入激光光束 L2 的激光束分束成为参考光和物光, 由半透半反镜 33 反射的光和由半透半反镜透射的光分别成为参考光和物光。

20 请注意由半透半反镜 33 反射而落在全息记录介质 30 之上的参考光光程长度与由半透半反镜透射而落在全息记录介质 30 之上的物光光程长度之间的差别不大于激光源的相干长度。这增强了参考光与物光之间的相干性以致形成具有清晰复现影像的全息立体照片。

25 在由半透半反镜 33 反射的光束 L3 的光轴上, 依次安置着一块柱面透镜 34, 一块用于准直参考光束的准直透镜 35 和一块用于反射来自准直透镜 35 的已准直光束的全反射镜 36。

在由半透半反镜 33 透射的光束 L4 的光轴上, 安置着物光光学系统。该物光光学系统可粗略分为图像照明光学系统 50 和图像投影光学系统 51。

30 图像投影光学系统的示意图在图 4A 和图 4B 中给出, 其中图 4A 为该光学系统俯视图, 即从视差方向或在象元全息图短轴方向上的视图; 图 4B 显示该光学系统的外侧视图, 即从非视差方向或在象元全息图长轴方向上的视

图。

如图 4A 所示,在非视差方向上,显示器件 41 上的图像通过投影透镜 42 和 44 成像成于全息记录介质 30 的表面上。如图 4B 所示,在视差方向上,全部光束通过柱面透镜 45 收集于全息记录介质 30 上。置于光路中的狭缝 43 5 用于防止参考光偏离象元全息图而曝光于邻近全息象元图形成部分光。图像形成中狭缝 43 与全息记录介质 30 的全息图表面有关,投影透镜 44 及柱面透镜 45 插入在狭缝 43 与全息记录介质 30 之间。在柱面透镜 45 和全息记录介质 30 之间置有一维漫反射板 46,其作用将在下面解释。

图像照明光学系统 50 是本发明的一个特点,图 5 给出了图像照明光学系统 50 的第一个实施例。从光源发出的入射光束 61,经由聚光镜 62 收集后落在玻璃棒 63 上,玻璃棒 63 构成了一个棒型光积分器。光束在棒型光积分器的玻璃棒 63 中多次反射,当光束到达玻璃棒 63 的末端 64 时,经过不同方向的许多光学元件后,成为强度均匀的光束。投影放大系数由透镜 65,66 的焦距比给出。

15 为了纠正发生在玻璃棒 63 中的多次反射所引起的偏振面旋转,一块光偏振片 67 布置于光路之中。

象玻璃棒 63 这样的棒型光积分器,除了能对入射光束 61 进行扩束使光强均匀以外,还能控制入射光束 61 的平行度。因此对于提高全息立体照片的质量棒型光积分器起着重要的作用。

20 请注意正如在图 4 中所见到的那样,显示器件 41 的照明光所需的平行度由狭缝 43 和透镜 42 的焦距决定。即:若透镜 42 的焦距,狭缝 43 的宽度及光束的平行度分别为  $f_1$ ,  $w$  和  $\theta_2$ , 则:

$$2 \times f_1 \times \tan(\theta_2/2) = w$$

并且,从图 4 中可见:

25 
$$\theta_1 = A \times \theta_2$$

将棒型光积分器应用于采用象激光这样的相干光的光学系统时所出现的问题以及解决问题的方法,将解释如下。

如图 5 所示,若激光光束被收集并入射到棒型光积分器的玻璃棒 63 上进行多次反射,到达作为光出口的末端 64 的光束等同于从如图 6 所示的大量点光源发出的光束的波前。原因在于产生了类似于如图 7 所示的多狭缝干涉所产生的干涉条纹,干涉条纹的强度分布由下式给出:

30



$$I = \{\sin(\pi NWY/L\lambda)/\sin(\pi WY/L\lambda)\}^2$$

该式在作为光束出口的末端 64 成立，其中 L 和 W 分别为玻璃棒 63 的长度和厚度，如图 8 所示。N，λ 和 Y 分别为光束在玻璃棒 63 中反射的次数，入射于玻璃棒 63 上的激光光束的波长和玻璃棒 63 末端面 64 上的位置。

5 若考虑玻璃棒 63 的折射率，则在玻璃棒 63 的末端面 64 上所产生的干涉条纹间距 d 为：

$$d = \lambda \times L / (n \times W)$$

其中 n 为玻璃棒 63 的折射率，且通常在 1.5 的水平上。

10 如图 5 所示，在玻璃棒 63 末端面 64 上所产生的干涉条纹由透镜 65，66 投影到显示器件 41 上。因此，若将一块液晶板用作显示器件 41，则在由棒型光积分器的玻璃棒 63 所产生的上述干涉条纹与液晶板上显示图像的象素之间很可能会产生莫尔条纹。当液晶象素之间的间距越近以及干涉条纹之间的间距越近，则莫尔条纹会显著增强。

15 莫尔条纹的出现可以用使干涉条纹的间距足够窄的方法或在视差方向不使光强度均匀化的方法来避免。这些方法将在此予以逐一的解释。

首先解释使干涉条纹间距足够窄的方法，这是消除莫尔条纹的第一个方法。

20 我们的实验已经显示，若干涉条纹的间距不大于显示器件 41 上显示的图像象素间距的大约 1/2，则莫尔条纹不再显著，实际上已不再引起干扰，若干涉条纹之间的间距不大于象素间距的大约 1/3，则莫尔条纹事实上不再是问题。

因此，若在玻璃棒 63 之末端面 64 产生的干涉条纹间距为 d，显示在显示器件 41 上的图像的象素间距为 P，玻璃棒 63 之末端面 64 的显示器件 41 的投影放大系数为 A，则若关系

25  $d \times A < P/2$  并且更希望，关系

$d \times A < P/3$  得到满足，则足以消除莫尔条纹的影响。

请注意前面已经给出干涉条纹的距离 d 由下式给出：

30  $d = \lambda \times L / (n \times W)$  所以为了使干涉条纹间距足够窄而使莫尔条纹更不显著，当下列关系  $\lambda \times L \times A / (n \times W) < P/2$  并且更希望，关系  $\lambda \times L \times A / (n \times W) < P/3$  满足时，便已经足够。

若使用象素间距 P 大约为 30 μm 的液晶板作为显示器件 41，W，λ，

A 和 n 分别等于 8.4mm, 532nm, 2 和 1.5, 则玻璃棒 63 的长度 L 大约为 17cm 或更短便已足够, 当然, 更希望为大约 12cm 或更短。

即, 若在上述条件下, 玻璃棒 63 的长度 L 大约为 17cm 或更短, 投影到显示器件 41 的干涉条纹间距  $d \times A$ , 不大于显示在显示器件 41 上的图像象素间距的大约 1/2, 则莫尔条纹不再突出, 达到实际可以接受的程度。

而且, 若在上述条件下, 玻璃棒 63 的长度 L 不超过大于 12cm, 投影到显示器件 41 上的干涉条纹间距  $d \times A$ , 不大于显示在显示器件 41 上的图像象素间距的大约 1/3, 则莫尔条纹几乎不出现了。

通过使玻璃棒 63 产生的干涉条纹的间距足够窄, 莫尔条纹不再出现, 使得生成高图像质量的全息立体照片而不受莫尔条纹的影响成为可能。

然而, 因为所使用的特殊光学系统, 使得窄化相邻干涉条纹间距的方法不能应用。图像照明光学系统 50 和图像投影光学系统 51 共同示意于图 9 中。同时, 光偏振片 67 或一维漫反射板 46 未示于图 8 和图 10-13 中。

正如在图 9 中所见的那样, 位于玻璃棒 63 的前面的聚光透镜 62 的焦平面, 狭缝平面和全息平面均为共轭平面。因此由玻璃棒 63 中多次反射形成的一个虚点光源的影像, 也形成在狭缝平面和全息平面上。即, 虚像点之间的间距不能被光学系统的参数足够地扩大。在另一方面, 由于使用特殊光学系统, 通过足够窄化干涉条纹间距而使莫尔条纹不再突出的方法不能应用。

作为第二个消除莫尔条纹的方法, 在全息立体照片的视差方向对光强不加以均匀化从而避免莫尔条纹产生的方法现在予以解释。该方法可以不依赖于光学系统的参数而应用, 因此该方法可以如愿地应用于不能采用窄化干涉条纹间距消除莫尔条纹方法的光学系统。

图 10 给出了用于图像照明光学系统 50 的一个例子, 在该例中通过使用仅在全息立体照片的非视差方向均匀光强而在视差方向对光强不加均匀的方法, 从而避免了莫尔条纹的出现。

在上述第一种方法中, 当将光引入玻璃棒 63 时, 在玻璃棒 63 的前面用一块普通的旋转对称透镜作为聚光镜 62。在本方法中, 如图 10 所示, 使用一块仅在非视差方向收集入射光的柱面透镜作为聚光镜置于玻璃棒 63 的前面。

若只在非视差方向收集入射光的柱面透镜作为玻璃棒 63 前面的聚光镜 62, 则发生在玻璃棒 63 中非视差方向的多次反射将会对光强加以均匀。但

是，这样的多次反射在视差方向不会发生，因此光强不会被均匀。在这样的情况下，玻璃棒 63 中多次反射的结果是在视差方向没有多次反射发生因而不产生干涉条纹。这就避免了莫尔条纹的产生。

5 若使用本方法来避免莫尔条纹，既然在视差方向对光强不加均匀，则可能导致在一个相对于视差方向的特定角度上观察生成的全息立体照片时在亮度上有细微的变化。但是，既然该方向上亮度的变化通常不是很令人讨厌，那么对光强不加均匀所带来的仅是一点小小的不便而已。

参考图 11 - 13，解释图像照明光学系统 50 的第二个实施例。

10 在作为第二个实施例的图像照明光学系统 50 中，一块网状透镜 70 被用作玻璃棒 63 前面的透镜，用来替代图 5 中第一个实施例中的聚光镜 62。即：光积分器由玻璃棒 63 和网状透镜 70 所组成。在这种情况下，网状透镜 70 在非视差方向有折射率。这在非视差方向对光强加以均匀。

若将网状透镜 70 用在玻璃棒 63 之前，则带来这样一个优点，即在第一个实施例中解释的虚点电源造成的干涉条纹对眼睛而言更不突出。

15 若网状透镜用作玻璃棒 63 前面的透镜，则可使用成对的网状透镜 70a，70b，这些透镜的集光方向彼此成直角。即：图 12A 中所示的在非视差方向具有折射率的 70b 可以与图 12B 中所示的在视差方向具有折射率的 70a 共同用在玻璃棒 63 的前面。

20 使用成对的网状透镜 70a，70b，使得不仅在非视差方向对光强加以均匀，而且在视差方向也加以均匀成为可能。而且，若使用网状透镜 70 作为玻璃棒前面的透镜，可以获得一个好处，即在第一个实施例中解释的虚点光源生成的干涉条纹不再突出，所以若使用成对的网状透镜 70a，70b 来对非视差方向和视差方向的光强加以均匀，则几乎不生成干涉条纹，从而避免了莫尔条纹的出现。

25 同时，若使用由图 12 所示的成对的网状透镜 70a、70b，成对的网状透镜 70a、70b 的折射率最好单独设定到由使用的特定光学系统所决定的最优值。更准确地说，网状透镜 70a 的折射率(视差方向的折射率，即沿象元全息图短轴方向的折射率)被选为与 70b 的折射率(非视差方向，即沿象元全息图长轴方向的折射率)不同，所以各自的折射率是由所使用的特定光学系统所  
30 决定的最佳值。

图 12 是一个应用上述图像照明光学系统 50 之第二个实施例的全息立体

照片打印器件的物光部分光学系统的具体例子。图 13A 是从上面，即物光光学系统的视差方向(象元全息图的短轴方向)的视图。图 13B 是从外侧，即物光光学系统的视差方向(象元全息图的短轴方向)的视图。在图 13 中，还给出了光学系统参数的特定数值。

5 在这样一个光学系统中，激光光束通过网状透镜 70b 使光束在非视差方向产生了一个发散角。

由激光光束通过网状透镜 70b 而在非视差方向所产生的发散角，比视差方向的发散角有更大的自由度，因此可能有显著大的角幅度。我们的实验表明网状透镜 70b 的  $20^\circ$  或更大的发散角在整个非视差方向所涉及的范围内提  
10 高了均匀性。

因此，使用了一块具有  $20\ \mu\text{m}$  透镜倾角和  $40^\circ$  发散角的透镜作为网状透镜 70b，这提供了在非视差方向光强均匀的全息立体照片，具有优异的图像质量。

由于激光光束通过网状透镜 70a，光束在视差方向会有一个发散角，如  
15 图 13B 所示。

由激光光束通过网状透镜 70a 所引起的视差方向发散角，由全息立体照片 30 的象元全息图的宽度及本光学系统的参数确定。

例如，设全息记录介质 30 上形成的象元全息图的宽度为  $0.2\text{mm}$ ，此时若投影透镜 44 的焦距  $f$  设为  $80\text{mm}$ ，柱面透镜 45 的焦距  $f$  设为  $8.4\text{mm}$ ，则  
20 狭缝 43 的宽度需要设为  $0.2 \times 80/8.4 = 1.905\text{mm}$ 。

由于投影透镜的焦距  $f$  为  $80\text{mm}$ ，若想使光束在狭缝 43 的缝隙部分有足够的弥散，则入射到显示器件 41 上照明光需要有一个为  $\tan^{-1}(1.905/80) = 1.364^\circ$  的发散角。此时，从玻璃棒 63 末端 64 到显示器件 41 的投影放大系数  $A$  为 10 ( $A = 10$ )。因此在视差方向网状透镜 70a 所形成的发散角大约在  
25  $13.64^\circ$  的量级是比较理想的。

若网状透镜 70a 所形成的视差方向发散角超过了理论值，依据上述计算，在狭缝 43 处逆行光会增加，使光利用效率降低。相反地，若发散角小于理论值，象元全息图的成型部分不能被光均匀照明，因此会降低全息立体照片的质量。所以采用在视差方向上具有与上述理论值尽可能接近的发散角的  
30 网状透镜 70a，是比较理想的。

然而事实上，由于在这方面有象差现象，上述发散角并不需要严格与理

论值相等。本发明者在上述条件下准备全息立体照片，使用一块透镜间距为  $200\ \mu\text{m}$ ，焦距大约为  $1\text{mm}$  的透镜作为网状透镜 70a，在实现足够高的图像质量的同时实现足够高的光利用效率。

5 在上述的例子中，成对的网状透镜 70a，70b 置于玻璃棒 63 前面。或者可以将一块蝇眼状透镜置于玻璃棒 63 前面以取代成对的网状透镜 70a 和 70b。即：该蝇眼(fly-eye)透镜与玻璃棒 63 结合起来构成光积分器。

若蝇眼透镜与玻璃棒 63 结合起来构成光积分器，蝇眼透镜最好在象元全息图的长轴和短轴方向具有不同的折射率，所以蝇眼透镜在相应方向上的折射率将是由所使用的特定光学系统决定的最佳值。

10 与此同时，无论是网状透镜与玻璃棒一起构成光积分器，还是蝇眼透镜与玻璃棒一起构成光积分器，最好都将一块光偏振板置于玻璃棒的后面。无论使用网状透镜还是蝇眼透镜，使用光偏振板都能校正玻璃棒中由于多次反射所引起的偏振面旋转以准直光束的偏振平面。

15 上面描述的图像照明光学系统 50 和图像投影光学系统 51 均是本发明的光学系统方面的特点。在图像照明光学系统 50 和图像投影光学系统 51 中通行的光束在平面内光强分布上得以均匀化，然后到达全息记录介质 30 使其曝光，全息记录介质 30 的曝光参考图 3 予以解释。

20 在制备反射型全息立体照片时，通常直接放置一维漫反射板于全息记录介质 30 之前。因此在实施例 1 中，一维漫反射板 46 被直接置于全息记录介质 30 之前。该一维漫反射板沿着条状象元全息图的轴向一维地弥散收集到的物光，在垂直方向(轴向)提供了一个视场角。

25 尽管一维漫反射板 46 可静态安置，它也可以在每一幅象元全息图曝光时移动，以消除固定于全息图像平面的噪声。为移动一维漫反射板 46，条状象元全息图最好沿着长轴方向移动，以去除在全息立体照片的视差方向所产生的任何拖影。

显示器件 41 是光透射型图像显示器件，举例来说，可由一块液晶板构成。它受控于控制计算机 2，用来显示与源自控制计算机 2 的数据 D5 相关的图像。在制备全息立体照片过程中，本发明者使用了一块象素数目  $480 \times 1068$ ，尺寸  $16.8\text{mm} \times 29.0\text{mm}$  的单色液晶板作为显示器件 41。

30 显示于显示器件 41 上的图像被图像投影光学系统 51 投射到全息记录介质 30 上。由于全息记录介质 30 上同时有投影光(即物光)与参考光照明，因

此物光与参考光的干涉条纹在全息记录介质上以条纹象元全息图的形式记录下来。

对构成视差图像串的每一幅图像，条状象元全息图的记录连续进行。由记录介质进给单元控制，象元全息图以一个全息图的间距为步距，逐步移动，  
5 每次单独一幅象元全息图的曝光时间相近，所以与构成视差图像串中相应图像相联系的象元全息图将在视差方向排列。这样就产生了由全息记录介质 30 上连续形成的象元全息图所构成的全息立体照片。

本发明不仅仅局限于上述各实施例，这些实施例仅为说明之用。

例如，上述说明是基于仅在水平方向有视差的全息立体照片所做出的，  
10 该全息立体照片具有条状象元全息图，本发明可类似地应用于由矩形或圆形点状象元全息图构成的全息立体照片，该图像在垂直和水平两个方向上均有视差。

尽管上述说明是基于反射型全息立体照片所做出的，本发明可类似地应用于透射型全息立体照片或沿触发型全息立体照片。

15 尽管玻璃棒 63 上用于集光的透镜(透镜 62，网状透镜 70 和网状透镜组 70a，70b)是固定的，它们还是可以移动的，类似于一维漫反射板 46，每次象元全息图曝光。制备全息立体照片过程中每次象元全息图曝光时移动玻璃棒 63 上用于集光的透镜，可降低固定于无穷远处的噪声。

20 前述说明中，一根玻璃棒用作光积分器。或者，可使用其它类似的光积分器以取得类似的效果。

说到其它光积分器，有一种使用蝇眼透镜的光积分器。使用蝇眼透镜的光积分器，常常用于光强均匀化，例如如图 14 所示的用作半导体曝光器件的分档器(stepper)。入射光 80 落在蝇眼透镜 81 上，蝇眼透镜 81 的像又成在另一个蝇眼透镜 82 上。改变蝇眼透镜 81，82 的常数，可以将多个蝇眼透镜  
25 81 的影像以重叠的方式投射于照明物体 83 之上。通过以重叠的方式投影光束，可以消除入射光 80 的非均匀性以达到使光强均匀的目的。类似于棒型光积分器，这种蝇眼型光积分器可以应用于本发明中。

30 尽管在上述实施例中只使用一种激光器来制备单色全息立体照片，本发明也可通过使用三种颜色的激光器应用于彩色全息立体照片的制备。既然应用本发明可提高光利用效率，那么通过使用三台小型激光器来设计更实际的彩色全息立体照片打印仪器将成为可能。

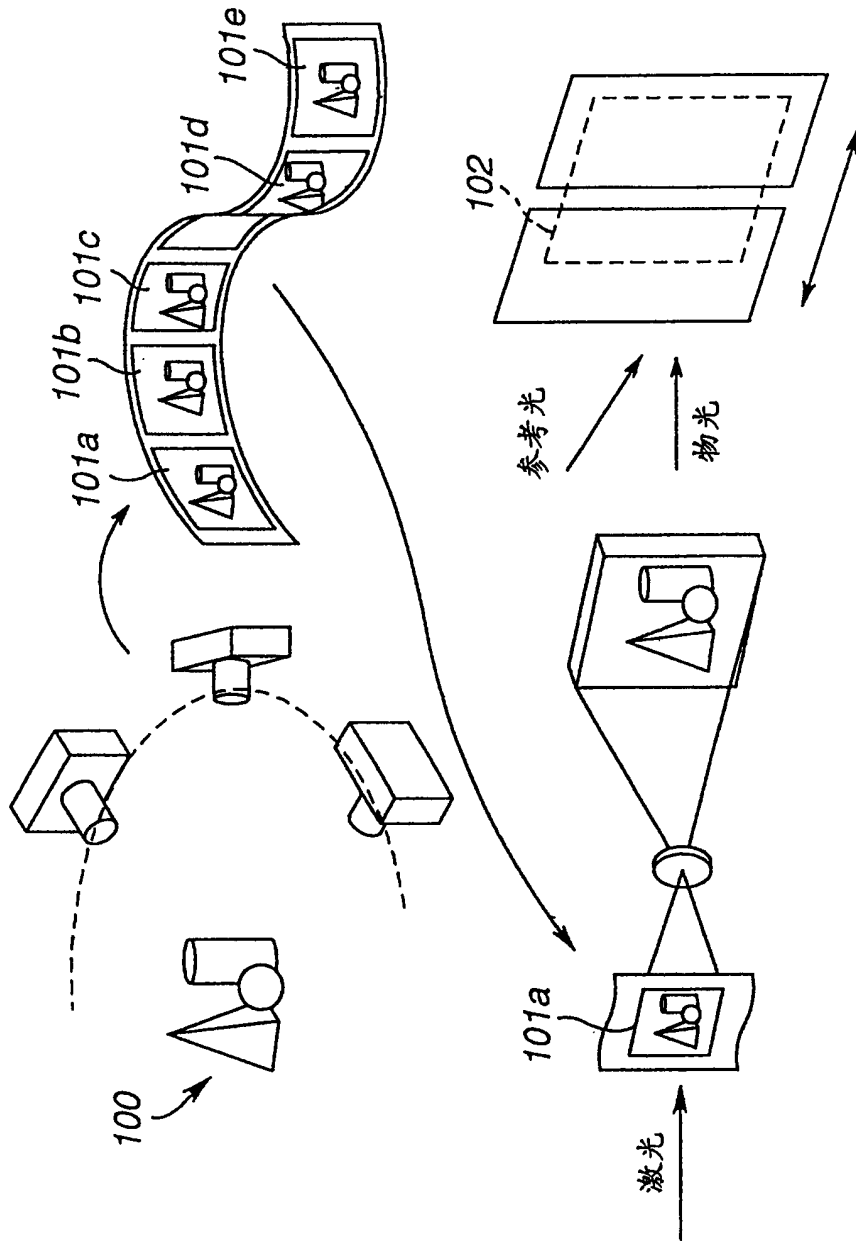


图 1

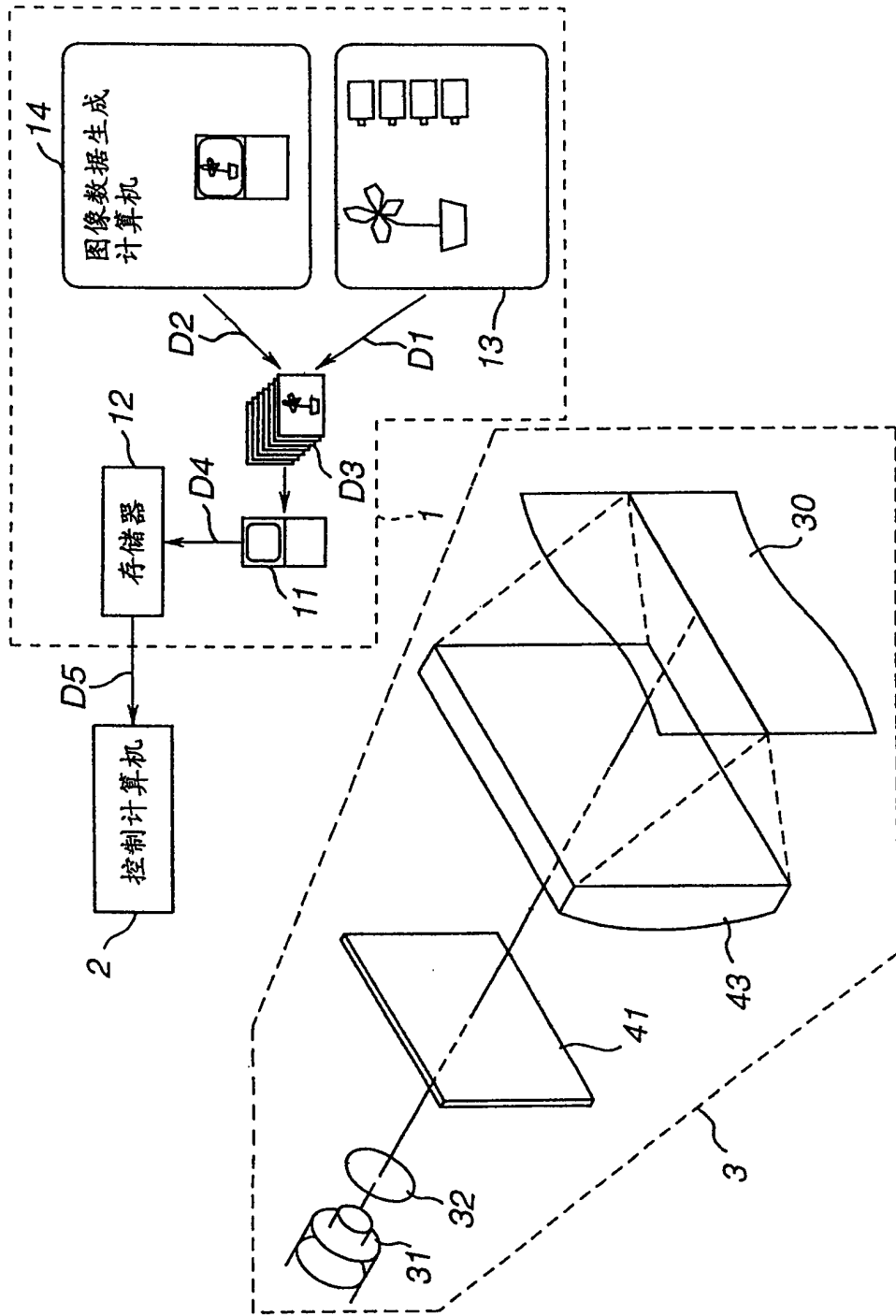


图 2



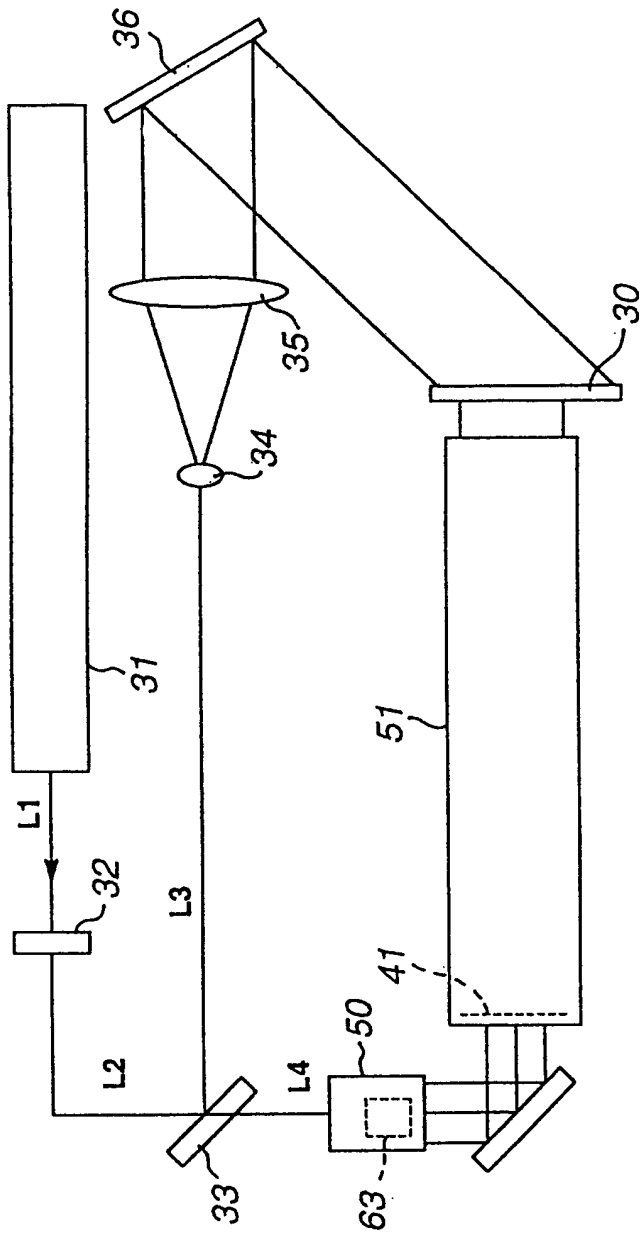


图 3

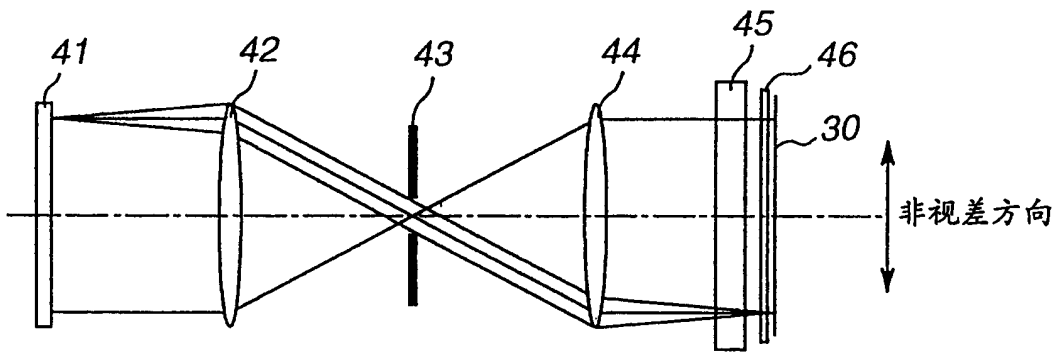


图 4A

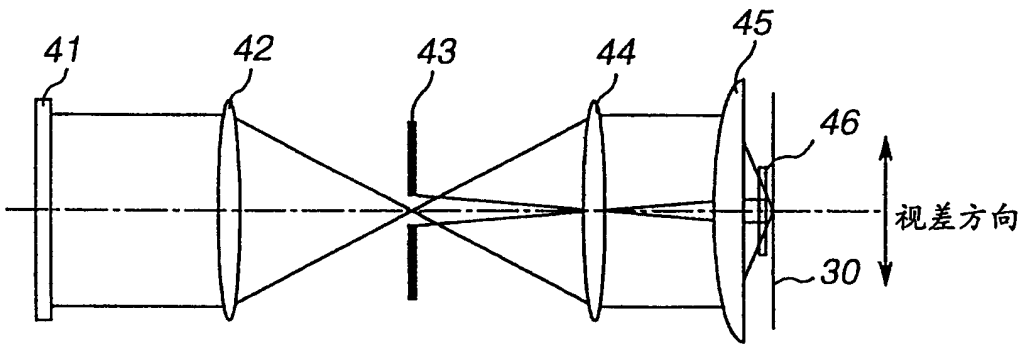


图 4B

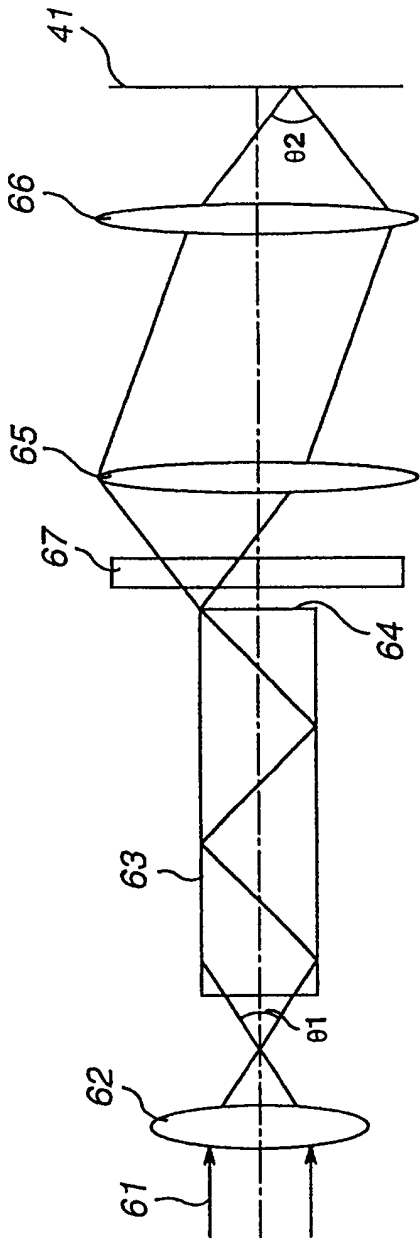


图 5

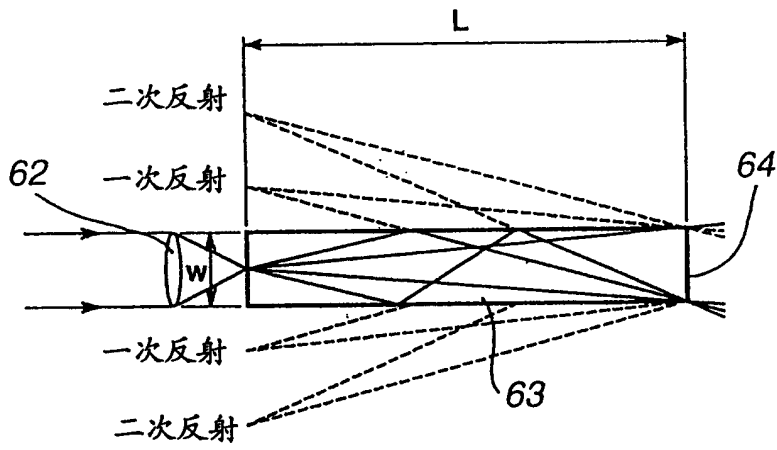


图 6

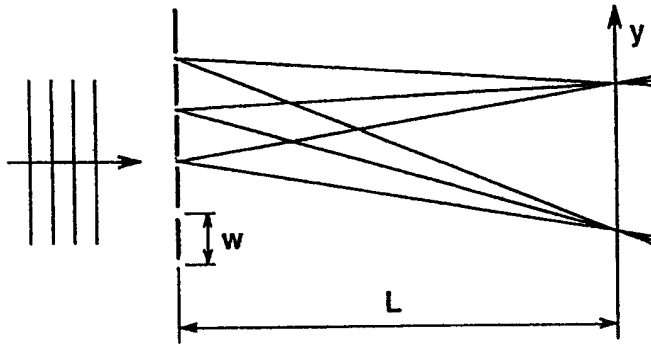


图 7

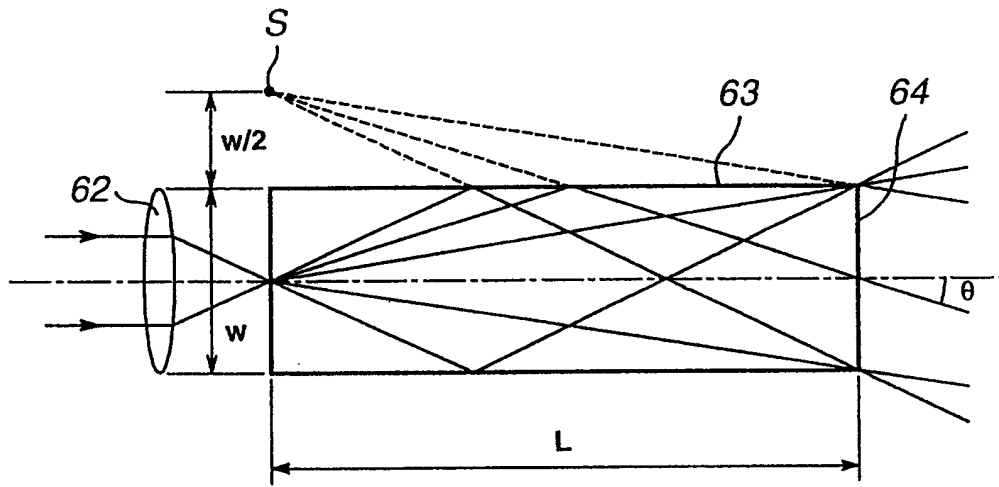


图 8

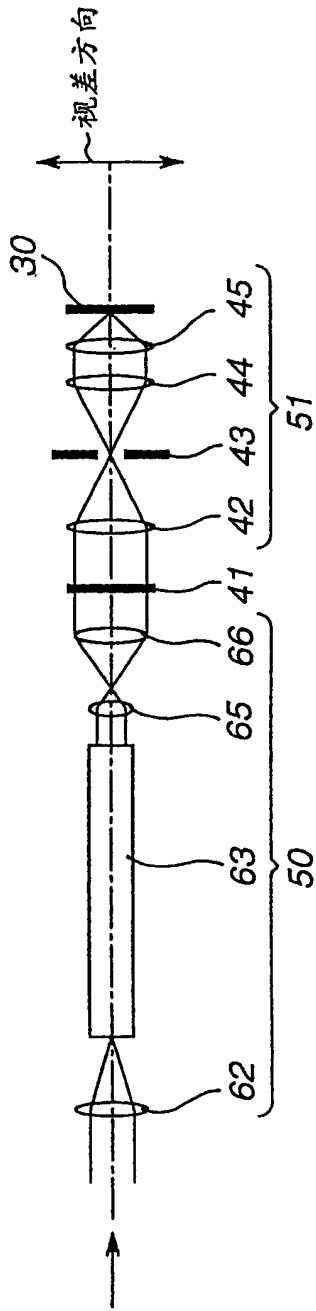


图 9

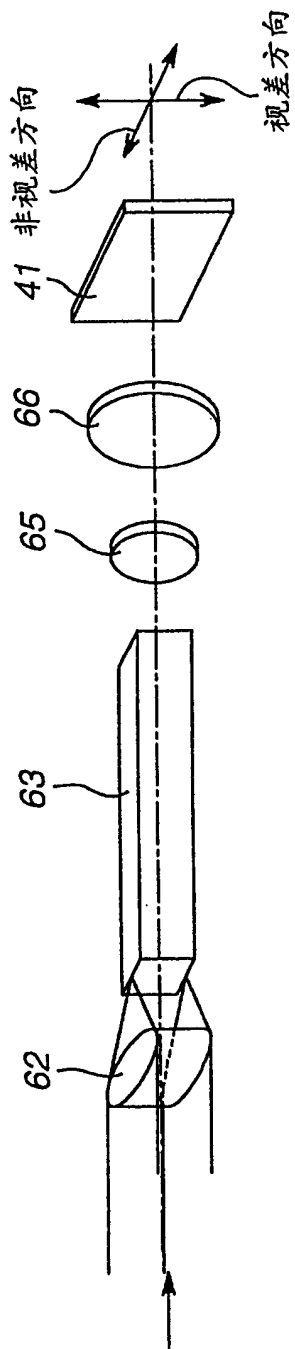


图 10

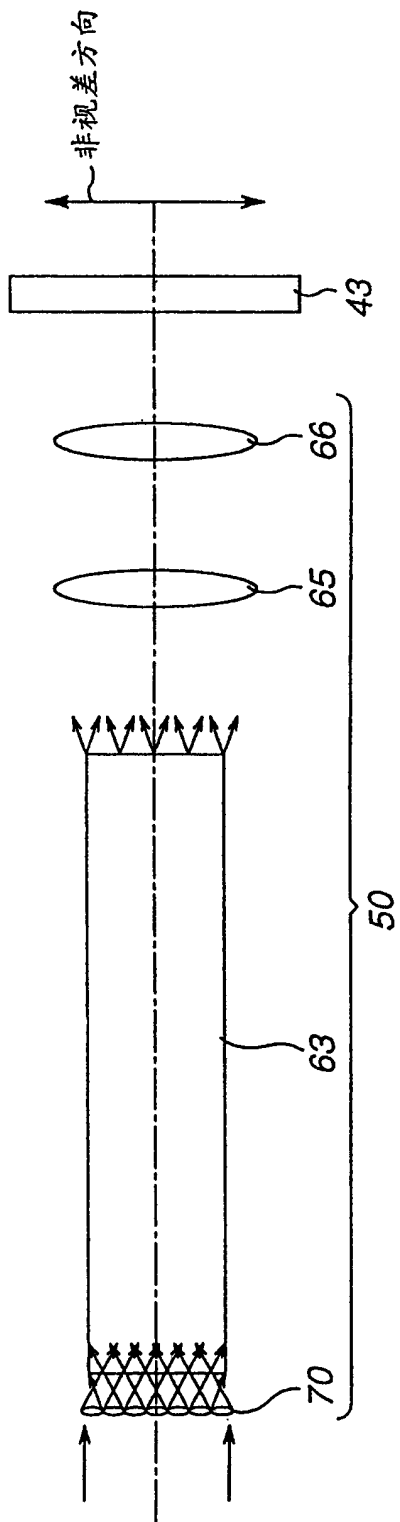


图 11



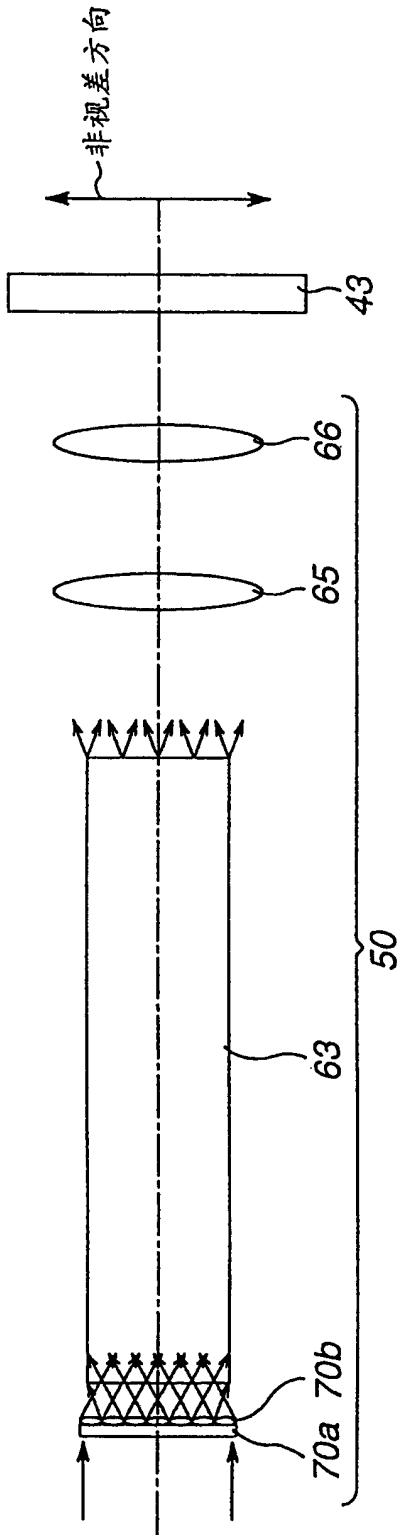


图 12A

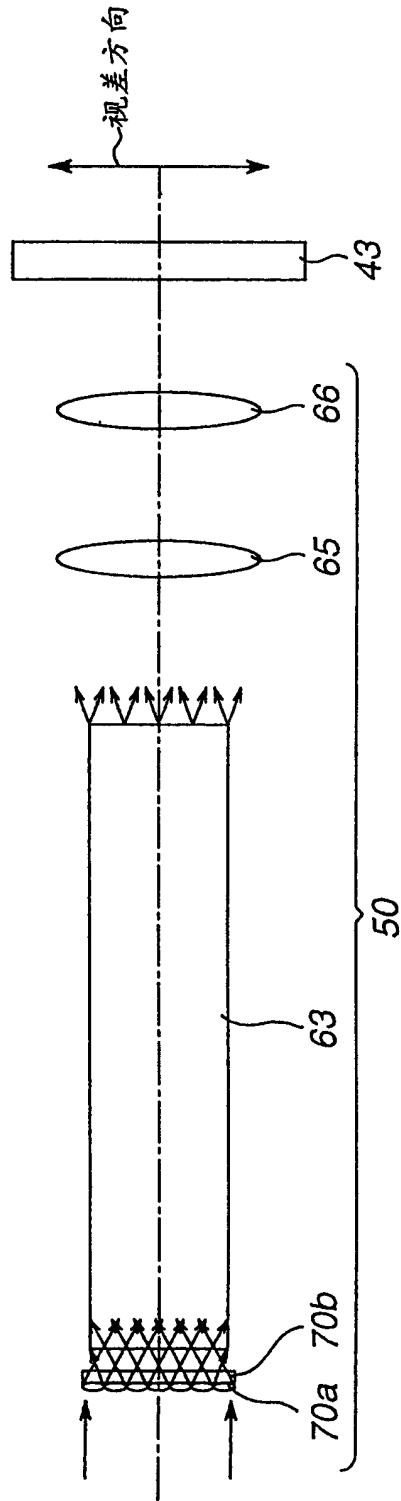


图 12B

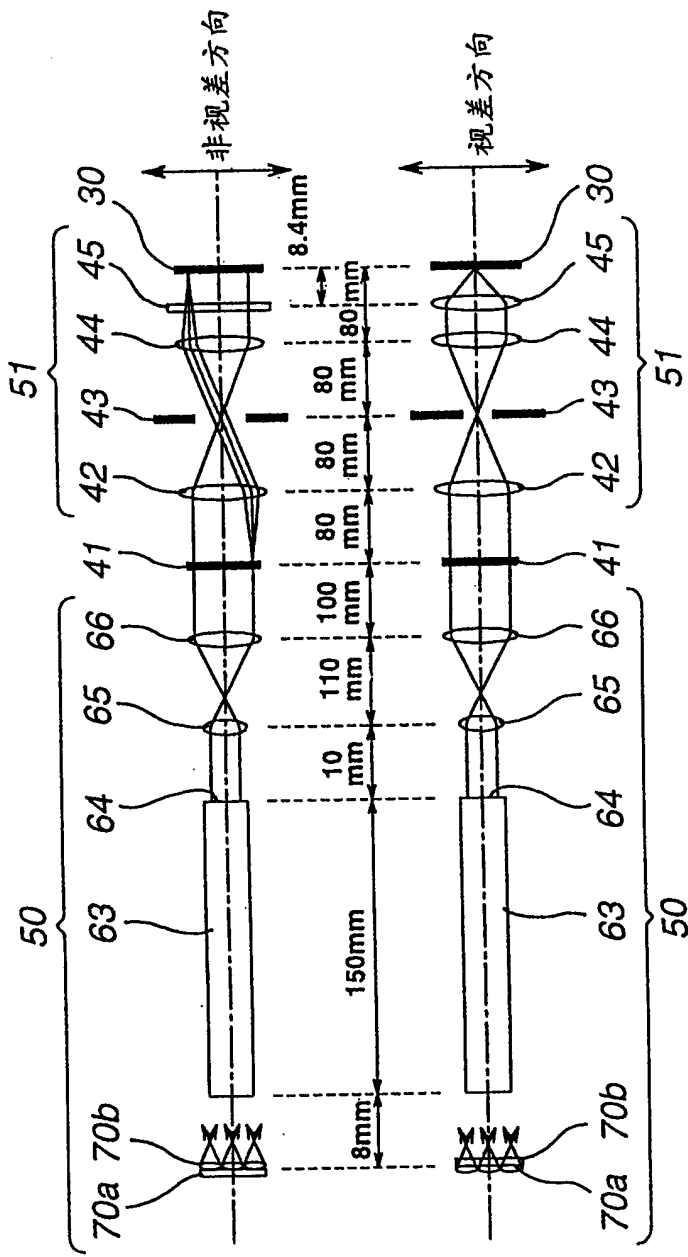


图 13A

图 13B

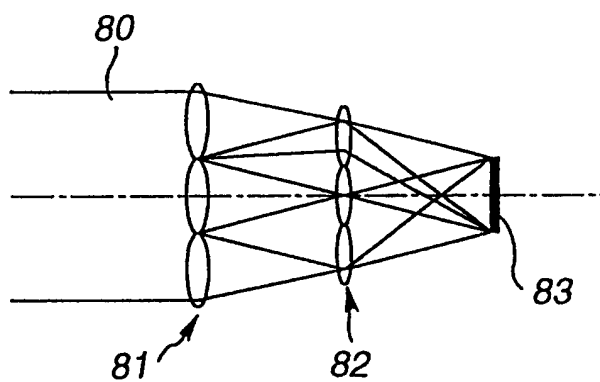


图 14