



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103097857 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201080069007. 9

(22) 申请日 2010. 09. 07

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2013. 03. 07

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2010/065690 2010. 09. 07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02012/032668 JA 2012. 03. 15

(73) 专利权人 大日本印刷株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 仓重牧夫 石田一敏 高野仓知枝
大八木康之

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240
代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

G01B 11/25(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2006-333493 A, 2006. 12. 07,

CN 201508161 U, 2010. 06. 16,

CN 101788273 A, 2010. 07. 28,

CN 1415067 A, 2003. 04. 30,

审查员 舒畅

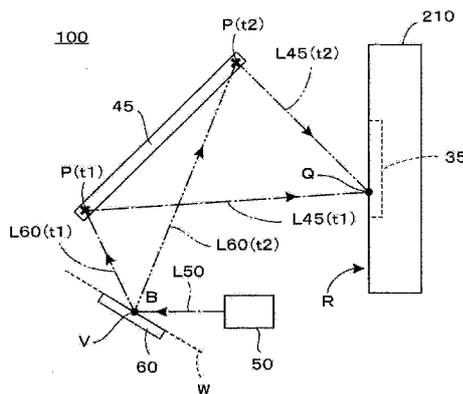
权利要求书5页 说明书30页 附图25页

(54) 发明名称

扫描器装置及物体的三维形状测定装置

(57) 摘要

使激光束 (L50) 被光束扫描装置 (60) 反射, 并照射至全息图记录介质 (45)。在全息图记录介质 (45) 中, 使用会聚于扫描基点 (B) 的参照光将线状散射体的像 (35) 记录为全息图。光束扫描装置 (60) 使激光束 (L50) 在扫描基点 (B) 弯折后照射至全息图记录介质 (45)。此时, 使激光束的弯折状态随时间变化, 以使弯折后的激光束 (L60) 对全息图记录介质 (45) 的照射位置随时间变化。来自全息图记录介质 (45) 的衍射光 (L45) 在载台 (210) 的受光面 (R) 上生成线状散射体的再现像 (35)。将物体载置于受光面 (R) 后, 通过全息图再现光投影线状图案, 因此拍摄其投影像, 以进行物体的三维形状测定。



1. 一种扫描器装置,用光的线状图案(U) 扫射物体(M) 并取得所述物体(M) 的表面信息,其特征在于,具备:

照明单元(100、110),对所述物体(M) 投影光的线状图案(U);

图案扫射机构(200),使所述线状图案(U) 对所述物体(M) 的投影位置随时间变化;以及

拍摄单元(300、301 ~ 303),从规定方向拍摄投影有所述线状图案(U) 的所述物体(M),并取得所述物体(M) 的表面信息,

所述照明单元(100、110) 具有:

相干光源(50),产生相干光束(L50);

全息图记录介质(45、46、85),记录有具有与所述线状图案(U) 对应的形状的散射体(30) 的像(35);以及

光束扫射装置(60、65),将所述光束(L60、L65) 照射至所述全息图记录介质(45、46、85),且以所述光束(L60、L65) 对所述全息图记录介质(45、46、85) 的照射位置随时间变化的方式进行扫射,

在所述全息图记录介质(45、46、85) 中,使用沿指定光路照射的参照光(L23、Lref),记录有所述散射体(30) 的像作为全息图,

所述相干光源(50) 产生具有能再现所述散射体的像(35) 的波长的光束(L50),

所述光束扫射装置(60、65) 以使所述光束(L60、L65) 对所述全息图记录介质(45、46、85) 的照射方向为沿所述参照光(L23、Lref) 的光路的方向的方式,进行所述光束(L60、L65) 的扫射,

通过从所述全息图记录介质(45、46、85) 获得的全息图的再现光来投影所述线状图案(U)。

2. 根据权利要求1所述的扫描器装置,其中,

在全息图记录介质(45、46、85) 记录有1条或彼此平行的多条线状散射体(30) 的像(35),并通过全息图的再现光来投影具有1条或彼此平行的多条线的线状图案(U)。

3. 根据权利要求2所述的扫描器装置,其中,

图案扫射机构(200) 具有:

载置台(210),放置物体(M);以及

传送装置(220),使所述载置台(210) 在与构成线状图案(U) 的线正交的方向移动。

4. 根据权利要求2所述的扫描器装置,其中,

图案扫射机构(200) 具有:

载置台(210),放置物体(M);以及

传送装置,使照明单元(100、110) 相对于所述载置台(210) 在与构成线状图案(U) 的线正交的方向移动。

5. 根据权利要求2所述的扫描器装置,其中,

图案扫射机构(200) 具有改变从照明单元(100、110) 获得的全息图的再现光的方向的光学系统,并在与构成线状图案(U) 的线正交的方向扫射通过所述再现光投影的线状图案(U)。

6. 根据权利要求1所述的扫描器装置,其中,

全息图记录介质 (88) 被分割成多个分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n), 在各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 分别记录有 1 条或多条的线状散射体 (30) 的像, 并通过从各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 获得的全息图的再现光分别投影具有 1 条或多条线的线状图案, 且使通过从一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案与通过从另一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案形成在空间上的不同位置。

7. 根据权利要求 6 所述的扫描器装置, 其中,

光束扫射装置 (60、65) 以第 1 个分割区域、第 2 个分割区域、第 3 个分割区域……这样的指定顺序进行光束的扫射, 并在扫射第 i 个 ($i = 1、2、3……$) 分割区域时, 在空间上的第 i 个位置投影第 i 个线状图案, 光束扫射装置 (60、65) 兼具图案扫射机构的功能。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的扫描器装置, 其中,

全息图记录介质 (88) 以横向细长的多个分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 在纵向排列配置的方式被分割, 并以各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 的长边方向与从各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 获得的再现像的长边方向平行的方式进行全息图的记录。

9. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的扫描器装置, 其中,

光束扫射装置 (60) 使光束 (L50) 在指定的扫射基点 (B) 弯折, 并将弯折后的光束 (L60) 照射至全息图记录介质 (45), 且通过使所述光束 (L50) 的弯折状态随时间变化, 从而使弯折后的光束 (L60) 对所述全息图记录介质 (45) 的照射位置随时间变化,

在所述全息图记录介质 (45) 中, 使用会聚于特定的会聚点 (C) 的参照光 (L23) 或从特定的会聚点 (C) 发散的参照光 (L23), 记录有散射体 (30) 的像作为全息图,

所述光束扫射装置 (60) 以所述会聚点 (C) 作为所述扫射基点 (B) 进行光束 (L60) 的扫射。

10. 根据权利要求 9 所述的扫描器装置, 其中,

在全息图记录介质 (45) 中, 使用沿以会聚点 (C) 为顶点的圆锥的侧面三维地会聚或发散的参照光, 记录有散射体 (30) 的像。

11. 根据权利要求 9 所述的扫描器装置, 其中,

在全息图记录介质 (45) 中, 使用沿包含会聚点 (C) 的平面二维地会聚或发散的参照光, 记录有散射体 (30) 的像。

12. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的扫描器装置, 其中,

光束扫射装置 (65) 通过使光束 (L65) 平行移动的同时照射至全息图记录介质 (46), 从而使所述光束 (L65) 对所述全息图记录介质 (46) 的照射位置随时间变化,

在所述全息图记录介质 (46) 中, 使用由平行光束构成的参照光 (Lref), 记录有散射体 (30) 的像 (35) 作为全息图,

所述光束扫射装置 (65) 从与所述参照光 (Lref) 平行的方向将光束 (L65) 照射至所述全息图记录介质 (46) 以进行光束 (L65) 的扫射。

13. 一种物体的表面信息取得方法, 将光的线状图案 (U) 投影至物体 (M) 并取得所述物体 (M) 的表面信息, 其特征在于, 具有:

准备阶段, 通过将用于构成线状图案 (U) 的散射体 (30) 的像 (35) 作为全息图记录在记录用介质 (40、80) 上, 从而创建全息图记录介质 (45、46、85);

投影阶段,在接收从所述全息图记录介质(45、46、85)获得的全息图的再现光的照射的位置配置有所述物体(M)的状态下,将相干光束(L60)照射至所述全息图记录介质(45、46、85)上,且以使照射位置随时间变化的方式使所述光束(L60)在所述全息图记录介质(45、46、85)上扫描,而将所述线状图案(U)投影至所述物体(M)上;以及

拍摄阶段,从规定方向拍摄投影有所述线状图案(U)的所述物体(M),并取得所述物体(M)的表面信息,

在所述准备阶段,将相干的照明光(L12)照射至所述散射体(30),将从所述散射体(30)获得的散射光(L30)用作物体光,将沿指定光路照射所述记录用介质(40、80)且与所述照明光(L12)相同波长的相干光(L23、Lref)用作参照光,将由所述物体光与所述参照光形成的干涉条纹记录在所述记录用介质(40、80),从而创建所述全息图记录介质(45、46、85),

在所述投影阶段,以具有能再现所述散射体的像(35)的波长的光束(L60、L65)通过沿所述参照光(L23、Lref)的光路的光路朝向所述全息图记录介质(45、46、85)上的照射位置的方式进行扫描。

14. 一种扫描器装置,以光的线状图案(U)扫描物体(M)并取得所述物体(M)的表面信息,其特征在于,具备:

照明单元(120),对所述物体(M)投影光的线状图案(U);

图案扫描机构(200),使所述线状图案(U)对所述物体(M)的投影位置随时间变化;以及

拍摄单元(300、301~303),从规定方向拍摄投影有所述线状图案(U)的所述物体(M),并取得所述物体(M)的表面信息,

所述照明单元(120)具有:

相干光源(50),产生相干光束(L50);

微透镜阵列(48),由多个独立透镜的集合体构成;以及

光束扫描装置(60),将所述光束(L50)照射至所述微透镜阵列(48),且以所述光束(L60)对所述微透镜阵列(48)的照射位置随时间变化的方式进行扫描,

构成所述微透镜阵列(48)的独立透镜分别具有使从所述光束扫描装置(60)照射的光折射并在所述物体(M)的附近面(R)形成线状的照射区域(I)的功能,且构成为通过任一个独立透镜形成的照射区域(I)在所述附近面(R)上成为相同的共同区域。

15. 一种扫描器装置,以光的线状图案(U)扫描物体(M)并取得所述物体(M)的表面信息,其特征在于,具备:

照明单元(100、110、120),对所述物体(M)投影光的线状图案(U);

图案扫描机构(200),使所述线状图案(U)对所述物体(M)的投影位置随时间变化;以及

拍摄单元(300、301~303),从规定方向拍摄投影有所述线状图案(U)的所述物体(M),并取得所述物体(M)的表面信息,

所述照明单元(100、110、120)具备:

相干光源(50),产生相干光束(L50);

光束扫描装置(60、65),通过控制所述光束(L50)的方向或位置或其两者来进行光束

扫射；以及

光扩散元件 (45、46、48)，使入射后的光束扩散并射出，

所述光束扫射装置 (60、65) 将所述相干光源 (50) 产生的所述光束 (L50) 朝向所述光扩散元件 (45、46、48) 射出，且以所述光束 (L60) 对所述光扩散元件 (45、46、48) 的入射位置随时间变化的方式进行扫射，

所述光扩散元件 (45、46、48) 具有使入射后的光束扩散并在所述物体 (M) 的附近面 (R) 上形成线状的照射区域 (I) 的功能，且形成的照射区域 (I) 成为所述附近面 (R) 上相同的共用区域，而与光束的入射位置无关。

16. 一种物体的三维形状测定装置，测定物体 (M) 的三维形状，其特征在于，具备：

照明单元 (100、110)，对所述物体 (M) 投影光的线状图案 (U)；

拍摄单元 (300、301 ~ 303)，从规定方向拍摄投影有所述线状图案 (U) 的所述物体 (M)；以及

形状分析单元 (400)，通过分析所述拍摄单元 (300、301 ~ 303) 的拍摄图像 (G) 上的所述线状图案 (U)，从而创建所述物体 (M) 的三维形状数据 (T)，

所述照明单元 (100、110) 具有：

相干光源 (50)，产生相干光束 (L50)；

全息图记录介质 (45、46、85)，记录有具有与所述线状图案 (U) 对应的形状的散射体 (30) 的像 (35)；以及

光束扫射装置 (60、65)，将所述光束 (L60、L65) 照射至所述全息图记录介质 (45、46、85)，且以所述光束 (L60、L65) 对所述全息图记录介质 (45、46、85) 的照射位置随时间变化的方式进行扫射，

在所述全息图记录介质 (45、46、85) 中，使用沿指定光路照射的参照光 (L23、Lref)，记录有所述散射体 (30) 的像作为全息图，

所述相干光源 (50) 产生具有能再现所述散射体的像 (35) 的波长的光束 (L50)，

所述光束扫射装置 (60、65) 以使所述光束 (L60、L65) 对所述全息图记录介质 (45、46、85) 的照射方向为沿所述参照光 (L23、Lref) 的光路的方向的方式，进行所述光束 (L60、L65) 的扫射，

通过从所述全息图记录介质 (45、46、85) 获得的全息图的再现光来投影所述线状图案 (U)。

17. 根据权利要求 16 所述的物体的三维形状测定装置，其中，

在全息图记录介质 (45、46、85) 中记录有 1 条或多条的线状散射体 (30) 的像 (35)，并通过全息图的再现光来投影具有 1 条或多条线的线状图案 (U)。

18. 根据权利要求 16 所述的物体的三维形状测定装置，其中，

全息图记录介质 (88) 被分割成多个分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n)，在各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 分别记录有 1 条或多条的线状散射体 (30) 的像，并通过从各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 获得的全息图的再现光分别投影具有 1 条或多条线的线状图案，且使通过从一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案与通过从另一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案形成在空间上的不同位置。

19. 根据权利要求 18 所述的物体的三维形状测定装置，其中，

光束扫射装置 (60、65) 以第 1 个分割区域、第 2 个分割区域、第 3 个分割区域……这样的指定顺序进行光束的扫射,并在扫射第 i 个 ($i = 1、2、3、\dots$) 分割区域时,在空间上的第 i 个位置投影第 i 个线状图案,使线状图案 (U) 对物体 (M) 的投影位置随时间变化。

20. 根据权利要求 18 或 19 所述的物体的三维形状测定装置,其中,

全息图记录介质 (88) 以横向细长的多个分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 在纵向排列配置的方式被分割,并以各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 的长边方向与从各分割区域 (88-1、88-2、88-3……88-n) 获得的再现像的长边方向平行的方式进行全息图的记录。

21. 根据权利要求 16 所述的物体的三维形状测定装置,其中,

在全息图记录介质 (45、46、85) 中,记录有使多个横向延伸的线状散射体 (30A-1、30A-2、30A-3……30A-n) 以彼此平行的方式在纵向排列的横格状散射体 (30A) 的像,并通过全息图的再现光来投影具有彼此平行的多条线 (U1、U2、U3……Un) 的线状图案。

22. 根据权利要求 16 所述的物体的三维形状测定装置,其中,

在全息图记录介质 (45、46、85) 中,重叠记录有使多个横向延伸的线状散射体 (30A-1、30A-2、30A-3……30A-n) 以彼此平行的方式在纵向排列的横格状散射体 (30A) 的像与使多个纵向延伸的线状散射体 (30B-1、30B-2、30B-3……30B-m) 以彼此平行的方式在横向排列的纵格状散射体 (30B) 的像,并通过全息图的再现光投影网格状的线状图案。

23. 根据权利要求 16 所述的物体的三维形状测定装置,其中,

在全息图记录介质 (45、46、85) 中,记录有网格状散射体 (30C) 的像,并通过全息图的再现光投影网格状的线状图案。

24. 根据权利要求 16 ~ 19、21 ~ 23 中任一项所述的物体的三维形状测定装置,还具备:

载置台 (210),放置物体 (M);以及

传送装置 (220),使照明单元 (100、110) 与载置台 (210) 中的一方相对于另一方移动。

25. 根据权利要求 16 ~ 19、21 ~ 23 中任一项所述的物体的三维形状测定装置,其中,所述物体的三维形状测定装置还具有改变从照明单元 (100、110) 获得的全息图的再现光的方向的光学系统,并扫射利用所述再现光投影的线状图案 (U)。

26. 根据权利要求 16 ~ 19、21 ~ 23 中任一项所述的物体的三维形状测定装置,其中,拍摄单元 (300) 具有分别从不同方向拍摄物体 (M) 的多台摄像机 (301 ~ 303),

形状分析单元 (400) 分析所述多台摄像机 (301 ~ 303) 拍摄的拍摄图像 (G) 上的线状图案 (U),从而创建所述物体 (M) 的三维形状数据 (T)。

扫描器装置及物体的三维形状测定装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种对物体投影光的线状图案并对其进行扫描的扫描器装置。而且，涉及一种拍摄将光的线状图案投影到物体后的状态并通过分析所得的图像来创建三维形状数据的物体的三维形状测定装置。

背景技术

[0002] 一般而言，测定物体的三维形状的装置被称为三维扫描器，已知有基于各种原理的装置。例如，在日本特开 2001-12942 号公报中已公开有通过用传感器检测作为被测定对象的物体与接触件之间的接触状态并测定物体表面的三维位置从而进行形状测定的三维扫描器。而且，在日本特开平 7-91930 号公报中已公开有从光源对物体的各部照射光束并根据反射光的强度测定从光源到各部的距离从而进行形状测定的三维扫描器。

[0003] 另一方面，也提出通过分析用 CCD 摄像机等拍摄的物体的二维图像从而利用运算求出三维形状的方法。例如，在日本特开平 7-91927 号公报中已公开有用 2 台摄像机从不同方向拍摄将指定的图案光投影到物体后的状态并基于使用了立体法的分析进行三维形状的测定的装置。尤其是，通过拍摄将光的线状图案投影到物体后的状态并分析所得的二维影像从而测定该物体的三维形状的方法一般被称为光切断法。

[0004] 由于最近计算机的图像分析技术逐渐提升，使用该光切断法进行形状测定的装置也作为商业基本的量产型装置而被实用化，而且，也提出各种设计。例如，在日本特开 2001-255125 号公报已公开在物体周围配置狭缝投光器并通过透射过狭缝的光进行线状图案的投影的三维形状测定装置，在日本特开 2010-14505 号公报中已公开有可通过设计投光器与拍摄装置的配置来提升测定精度的三维形状测定装置。还有，在日本特开 2003-50112 号公报中已公开有通过将由具有多条线的条纹花纹构成的线状图案投影至物体并分析拍摄图像上的条纹花纹从而进行三维形状测定的装置。

[0005] 如上所述，在通过向物体投影由 1 条或多条线构成的线状图案并分析其拍摄图像从而测定三维形状的情形下，必须尽可能地投影具有高精度的线状图案。以往，虽采用使用透镜等光学系统聚集光以形成线状图案的方法、或使来自光源的光通过狭缝以形成线状图案的方法，但形成的线状图案的精度未必充分。例如，如果采用用狭缝来成型的方法，虽然构造简单，但由于发生在狭缝内面的反射或衍射，因此，线状图案的轮廓容易不鲜明。

[0006] 而且，为了在拍摄图像上取出线状图案，形成在物体表面的线状图案优选是尽可能地具有高亮度的图案。因此，必须将高压水银灯等高亮度放电灯做为光源使用，但此种特殊光源寿命较短，必须频繁地进行更换灯。

[0007] 可解决上述问题的理想光源是激光光源等相干光源。例如，在工业上广泛利用的半导体激光与高压水银灯等高亮度放电灯相比，寿命极长且可进行高亮度的照明。且由于指向性优异，因此即使不进行光学系统或狭缝的成形，也可投影具有鲜明轮廓的线状图案。

[0008] 然而，在使用了激光等相干光源的照明中发生产生斑点的新问题。斑点 (speckle) 是将激光等相干光照射至扩散面时表现出的斑点状的花纹，如果将激光投影至物体表面，

则可观察到斑点状的亮点不均。因此,如果使用激光光源将线状图案投影至物体,则在物体表面上的线状图案中发生斑点,产生亮点不均。

[0009] 例如,在用激光指针指示银幕上 1 点的情况下,可观察到激光的点在银幕上闪烁发光。其原因在于,在银幕上产生斑点噪声。一旦使用相干光就产生斑点的原因在于,在屏幕等扩散反射面的各部反射后的相干光因其极高的可干涉性而彼此干涉。例如,在“Speckle Phenomena in Optics, Joseph W. Goodman, Roberts & Co., 2006”中有关于斑点产生的详细理论研究。

[0010] 如果是激光指针的用途,则观察者仅观察到微小的点,不会产生大问题。然而,若用在三维形状的测定的线状图案包含这种斑点引起的亮度不均,则在拍摄图像上无法正确地取出线状图案的轮廓形状,无法进行正确的形状分析。

[0011] 当然,也提出各种用于降低这种斑点噪声的具体方法。例如,在日本特开平 6-208089 号公报中已公开将激光照射至散射体并将自其获得的散射光用于照明且通过马达旋转驱动散射体从而降低斑点的技术。而且,在日本特开 2004-144936 号公报中已公开通过将激光光源照射至散射体后作为照明利用并使该散射体振动从而降低斑点的技术。然而,使散射体旋转或振动需要大型的机械驱动机构,装置整体大型化且耗电也增加。

[0012] 因此,本发明的目的在于提供一种具有使用相干光源进行对物体投影线状图案的功能且可抑制在物体表面产生斑点的扫描器装置及物体的三维形状测定装置。

发明内容

[0013] (1) 本发明的第一方式是一种扫描器装置,用光的线状图案扫描物体并取得所述物体的表面信息,其特征在于,具备:照明单元,对所述物体投影光的线状图案;图案扫描机构,使所述线状图案对所述物体的投影位置随时间变化;以及拍摄单元,从规定方向拍摄投影有所述线状图案的所述物体,并取得所述物体的表面信息,所述照明单元具有:相干光源,使相干光束产生;全息图记录介质,记录有具有与所述线状图案对应的形状的散射体的像;以及光束扫描装置,将所述光束照射至所述全息图记录介质,且以所述光束对所述全息图记录介质的照射位置随时间变化的方式进行扫描,在所述全息图记录介质中,使用沿指定光路照射的参照光,记录有所述散射体的像作为全息图,所述相干光源产生具有能再现所述散射体的像的波长的光束,所述光束扫描装置以使所述光束对所述全息图记录介质的照射方向为沿所述参照光的光路的方向的方式,进行所述光束的扫描,通过从所述全息图记录介质获得的全息图的再现光来投影所述线状图案。

[0014] (2) 本发明的第二方式是上述第一方式涉及的扫描器装置,其中,在全息图记录介质记录有 1 条或彼此平行的多条线状散射体的像,并通过全息图的再现光来投影具有 1 条或彼此平行的多条线的线状图案。

[0015] (3) 本发明的第三方式是上述第二方式涉及的扫描器装置,其中,图案扫描机构具有:载置台,放置物体;以及传送装置,使所述载置台在与构成线状图案的线正交的方向移动。

[0016] (4) 本发明的第四方式是上述第二方式涉及的扫描器装置,其中,图案扫描机构具有:载置台,放置物体;以及传送装置,使照明单元相对于所述载置台在与构成线状图案的线正交的方向移动。

[0017] (5) 本发明的第五方式是上述第二方式涉及的扫描器装置,其中,图案扫射机构具有改变从照明单元获得的全息图的再现光的方向的光学系统,并在与构成线状图案的线正交的方向扫射通过所述再现光投影的线状图案。

[0018] (6) 本发明的第六方式是上述第一方式涉及的扫描器装置,其中,全息图记录介质被分割成多个分割区域,在各分割区域分别记录有 1 条或多条的线状散射体的像,并通过从各分割区域获得的全息图的再现光分别投影具有 1 条或多条线的线状图案,且使通过从一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案与通过从另一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案形成在空间上的不同位置。

[0019] (7) 本发明的第七方式是上述第六方式涉及的扫描器装置,其中,光束扫射装置以第 1 个分割区域、第 2 个分割区域、第 3 个分割区域……这样的指定顺序进行光束的扫射,并在扫射第 i 个分割区域时,在空间上的第 i 个位置投影第 i 个线状图案,光束扫射装置兼具图案扫射机构的功能。

[0020] (8) 本发明的第八方式是上述第六或第七方式涉及的扫描器装置,其中,全息图记录介质以横向细长的多个分割区域在纵向排列配置的方式被分割,并以各分割区域的长边方向与从各分割区域获得的再现像的长边方向平行的方式进行全息图的记录。

[0021] (9) 本发明的第九方式是上述第一至第八方式中任一项涉及的扫描器装置,其中,光束扫射装置使光束在指定的扫射基点弯折,并将弯折后的光束照射至全息图记录介质,且通过使所述光束的弯折状态随时间变化,从而使弯折后的光束对所述全息图记录介质的照射位置随时间变化,使用会聚于特定的会聚点的参照光或从特定的会聚点发散的参照光将散射体的像作为全息图记录在所述全息图记录介质中,所述光束扫射装置以所述会聚点作为所述扫射基点进行光束的扫射。

[0022] (10) 本发明的第十方式是上述第九方式涉及的扫描器装置,其中,在全息图记录介质中,使用沿以会聚点为顶点的圆锥的侧面三维地会聚或发散的参照光,记录有散射体的像。

[0023] (11) 本发明的第十一方式是上述第九方式涉及的扫描器装置,其中,在全息图记录介质中,使用沿包含会聚点的平面二维地会聚或发散的参照光,记录有散射体的像。

[0024] (12) 本发明的第十二方式是上述第一至第八方式中任一项涉及的扫描器装置,其中,光束扫射装置通过使光束平行移动的同时照射至全息图记录介质,从而使所述光束对所述全息图记录介质的照射位置随时间变化,在所述全息图记录介质中,使用由平行光束构成的参照光 (Lref),记录有散射体的像作为全息图,所述光束扫射装置从与所述参照光平行的方向将光束照射至所述全息图记录介质以进行光束的扫射。

[0025] (13) 本发明的第十三方式是一种物体的表面信息取得方法,将光的线状图案投影至物体并取得所述物体的表面信息,其特征在于,具有:准备阶段,通过将用于构成线状图案的散射体的像作为全息图记录在记录用介质上,从而创建全息图记录介质;投影阶段,在接收从所述全息图记录介质获得的全息图的再现光的照射的位置配置有所述物体的状态下,将相干光束照射至所述全息图记录介质上,且以使照射位置随时间变化的方式使所述光束在所述全息图记录介质上扫射,而将所述线状图案投影至所述物体上;以及拍摄阶段,从规定方向拍摄投影有所述线状图案的所述物体,并取得所述物体的表面信息,在所述准备阶段,将相干的照明光照射至所述散射体,将从所述散射体获得的散射光用作物体光,将

沿指定光路照射所述记录用介质且与所述照明光相同波长的相干光用作参照光,将由所述物体光与所述参照光形成的干涉条纹记录在所述记录用介质,从而创建所述全息图记录介质,在所述投影阶段,以具有能再现所述散射体的像的波长的光束通过沿所述参照光的光路的光路朝向所述全息图记录介质上的照射位置的方式进行扫描。

[0026] (14) 本发明的第十四方式是一种扫描器装置,以光的线状图案扫描物体并取得所述物体的表面信息,其特征在于,具备:照明单元,对所述物体投影光的线状图案;图案扫描机构,使所述线状图案对所述物体的投影位置随时间变化;以及拍摄单元,从规定方向拍摄投影有所述线状图案的所述物体,并取得所述物体的表面信息,所述照明单元具有:相干光源,使相干光束产生;微透镜阵列,由多个独立透镜的集合体构成;以及光束扫描装置,将所述光束照射至所述微透镜阵列,且以所述光束对所述微透镜阵列的照射位置随时间变化的方式进行扫描,构成所述微透镜阵列的独立透镜分别具有使从所述光束扫描装置照射的光折射并在所述物体的附近面形成线状的照射区域的功能,且构成为通过任一个独立透镜形成的照射区域在所述附近面上成为大致相同的共同区域。

[0027] (15) 本发明的第十五方式是一种扫描器装置,以光的线状图案扫描物体并取得所述物体的表面信息,其特征在于,具备:照明单元,对所述物体投影光的线状图案;图案扫描机构,使所述线状图案对所述物体的投影位置随时间变化;以及拍摄单元,从规定方向拍摄投影有所述线状图案的所述物体,并取得所述物体的表面信息,所述照明单元具备:相干光源,使相干光束产生;光束扫描装置,通过控制所述光束的方向或位置或其两者来进行光束扫描;以及光扩散元件,使入射后的光束扩散并射出,所述光束扫描装置将所述相干光源产生的所述光束朝向所述光扩散元件射出,且以所述光束对所述光扩散元件的入射位置随时间变化的方式进行扫描,所述光扩散元件具有使入射后的光束扩散并在所述物体的附近面上形成线状的照射区域的功能,且形成的照射区域成为所述附近面上大致相同的共用区域,而与光束的入射位置无关。

[0028] (16) 本发明的第十六方式是一种物体的三维形状测定装置,测定物体的三维形状,其特征在于,具备:照明单元,对所述物体投影光的线状图案;拍摄单元,从规定方向拍摄投影有所述线状图案的所述物体;以及形状分析单元,通过分析所述拍摄单元的拍摄图像上的所述线状图案,从而创建所述物体的三维形状数据,所述照明单元具有:相干光源,使相干光束产生;全息图记录介质,记录有具有与所述线状图案对应的形状的散射体的像;以及光束扫描装置,将所述光束照射至所述全息图记录介质,且以所述光束对所述全息图记录介质的照射位置随时间变化的方式进行扫描,在所述全息图记录介质中,使用沿指定光路照射的参照光,记录有所述散射体的像作为全息图,所述相干光源产生具有能再现所述散射体的像的波长的光束,所述光束扫描装置以使所述光束对所述全息图记录介质的照射方向为沿所述参照光的光路的方向的方式,进行所述光束的扫描,通过从所述全息图记录介质获得的全息图的再现光来投影所述线状图案。

[0029] (17) 本发明的第十七方式是上述第十六方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,在全息图记录介质中记录有1条或多条的线状散射体的像,并通过全息图的再现光来投影具有1条或多条线的线状图案。

[0030] (18) 本发明的第十八方式是上述第十六方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,全息图记录介质被分割成多个分割区域,在各分割区域分别记录有1条或多条的线状

散射体的像,并通过从各分割区域获得的全息图的再现光分别投影具有 1 条或多条线的线状图案,且使通过从一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案与通过从另一个分割区域获得的全息图的再现光而投影的线状图案形成在空间上的不同位置。

[0031] (19) 本发明的第十九方式是上述第十八方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,光束扫射装置以第 1 个分割区域、第 2 个分割区域、第 3 个分割区域……这样的指定顺序进行光束的扫射,并在扫射第 i 个分割区域时,在空间上的第 i 个位置投影第 i 个线状图案,使线状图案对物体的投影位置随时间变化。

[0032] (20) 本发明的第二十方式是上述第十八或第十九方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,全息图记录介质以横向细长的多个分割区域在纵向排列配置的方式被分割,并以各分割区域的长边方向与从各分割区域获得的再现像的长边方向平行的方式进行全息图的记录。

[0033] (21) 本发明的第二十一方式是上述第十六方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,在全息图记录介质中,记录有使多个横向延伸的线状散射体以彼此平行的方式在纵向排列的横格状散射体的像,并通过全息图的再现光来投影具有彼此平行的多条线的线状图案。

[0034] (22) 本发明的第二十二方式是上述第十六方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,在全息图记录介质中,重叠记录有使多个横向延伸的线状散射体以彼此平行的方式在纵向排列的横格状散射体的像与使多个纵向延伸的线状散射体以彼此平行的方式在横向排列的纵格状散射体的像,并通过全息图的再现光投影网格状的线状图案。

[0035] (23) 本发明的第二十三方式是上述第十六方式涉及的物体的三维形状测定装置,其中,在全息图记录介质中,记录有网格状散射体的像,并通过全息图的再现光投影网格状的线状图案。

[0036] (24) 本发明的第二十四方式是上述第十六至第二十三方式中任一项涉及的物体的三维形状测定装置,还具备:载置台,放置物体;以及传送装置,使照明单元与载置台中的一方相对于另一方移动。

[0037] (25) 本发明的第二十五方式是上述第十六至第二十三方式中任一项涉及的物体的三维形状测定装置,其中,所述物体的三维形状测定装置还具有改变从照明单元获得的全息图的再现光的方向的光学系统,并扫射利用所述再现光投影的线状图案。

[0038] (26) 本发明的第二十六方式是上述第十六至第二十五方式中任一项涉及的物体的三维形状测定装置,其中,拍摄单元具有分别从不同方向拍摄物体的多台摄像机,形状分析单元分析所述多台摄像机拍摄的拍摄图像上的线状图案,从而创建所述物体的三维形状数据。

附图说明

[0039] 图 1 是示出本发明的物体的三维形状测定装置的测定原理的立体图。

[0040] 图 2 是示出针对用图 1 所示的测定装置拍摄的拍摄图像进行的图像分析的基本原理的框图。

[0041] 图 3 是示出本发明的物体的三维形状测定装置的基本构成的框图。

[0042] 图 4 是在图 3 所示的照明单元 100 内的全息图记录介质记录有像的线状散射体 30

的立体图。

[0043] 图 5 是示出创建组装到本发明的扫描器装置的全息图记录介质的处理的光学系统的配置图。

[0044] 图 6 是示出图 5 所示的处理中参照光 L23 的剖面 S1 与全息图感光介质 40 的位置关系的俯视图。

[0045] 图 7 是示出图 5 所示的处理中参照光 L23 的另一剖面 S2 与全息图感光介质 40 的位置关系的俯视图。

[0046] 图 8 是图 5 所示的光学系统中散射体 30 及全息图感光介质 40 的周围的部分放大图。

[0047] 图 9 是示出使用以图 5 所示的处理创建的全息图记录介质 45 来再现散射体的像 35 的处理的图。

[0048] 图 10 是示出对以图 5 所示的处理创建的全息图记录介质 45 仅照射 1 条光束来再现散射体的像 35 的处理的图。

[0049] 图 11 是示出对以图 5 所示的处理创建的全息图记录介质 45 仅照射 1 条光束来再现散射体的像 35 的处理的另一图。

[0050] 图 12 是示出图 10 及图 11 所示的再现处理中光束的照射位置的俯视图。

[0051] 图 13 是示出用于本发明的实施方式的扫描器装置的照明单元 100 的构成的侧视图。

[0052] 图 14 是示出使用图 13 所示的照明单元 100 照明载置台 210 的状态的侧视图。

[0053] 图 15 是示出使用图 13 所示的照明单元 100 将线状图案 U 投影至物体 M 上的状态的侧视图。

[0054] 图 16 是示出图 13 所示的照明单元 100 中全息图记录介质 45 上的光束的扫射方式的第 1 例的俯视图。

[0055] 图 17 是示出图 13 所示的照明单元 100 中全息图记录介质 45 上的光束的扫射方式的第 2 例的俯视图。

[0056] 图 18 是示出图 13 所示的照明单元 100 中全息图记录介质 45 上的光束的扫射方式的第 3 例的俯视图。

[0057] 图 19 是示出图 13 所示的照明单元 100 中全息图记录介质 45 上的光束的扫射方式的第 4 例的俯视图。

[0058] 图 20 是示出使用了带状的全息图记录介质 85 的情况下的光束的扫射方式的俯视图。

[0059] 图 21 是示出创建图 20 所示的带状的全息图记录介质 85 的处理的光学系统的配置图。

[0060] 图 22 是示出用 CGH 的方法创建本发明的扫描器装置的构成要素即全息图记录介质的原理的侧面图。

[0061] 图 23 是图 22 所示的假想的散射体 30' 的正视图。

[0062] 图 24 是示出本发明获得的斑点降低效果的实验结果的表。

[0063] 图 25 是示出用于本发明的扫描器装置的变形例的全息图记录介质 88 的俯视图。

[0064] 图 26 是示出图 25 所示的全息图记录介质 88 上的光束的扫射方式的俯视图。

[0065] 图 27 是示出通过图 25 所示的全息图记录介质 88 的再现像形成在载置台 210 上的受光面 R 的线状图案 U 的俯视图。

[0066] 图 28 是示出记录在用在本发明的变形例的扫描器装置的全息图记录介质的第 1 散射体 30A 的形状的俯视图。

[0067] 图 29 是示出记录在用在本发明的变形例的扫描器装置的全息图记录介质的第 2 散射体 30B 的形状的俯视图。

[0068] 图 30 是示出记录在用在本发明的变形例的扫描器装置的全息图记录介质的第 3 散射体 30C 的形状的俯视图。

[0069] 图 31 是示出使用会聚参照光创建反射型的全息图记录介质的处理的侧视图。

[0070] 图 32 是示出用图 31 所示的方法创建后的反射型的全息图记录介质 45 的再现处理的侧视图。

[0071] 图 33 是示出使用会聚参照光创建透射型的全息图记录介质的处理的侧视图。

[0072] 图 34 是示出用图 33 所示的方法创建后的透射型的全息图记录介质 45 的再现处理的侧视图。

[0073] 图 35 是示出使用发散参照光创建全息图记录介质的情况下的准备处理的侧视图。

[0074] 图 36 是示出用图 35 的准备处理创建后的准备用全息图记录介质 95 的再现处理的侧视图。

[0075] 图 37 是示出使用发散参照光创建反射型的全息图记录介质的处理的侧视图。

[0076] 图 38 是示出使用发散参照光创建透射型的全息图记录介质的处理的侧视图。

[0077] 图 39 是示出使用发散参照光创建全息图记录介质的情况下的另一准备处理的侧视图。

[0078] 图 40 是示出用图 39 的准备处理创建后的准备用全息图记录介质 95 的再现处理的侧视图。

[0079] 图 41 是示出创建本发明的变形例的扫描器装置的构成要素即全息图记录介质的处理的光学系统的配置图。

[0080] 图 42 是示出用于本发明的变形例的扫描器装置的照明单元 110 的基本构成的侧视图。

[0081] 图 43 是示出用于本发明的另一变形例的扫描器装置的照明单元 120 的基本构成的侧视图。

[0082] 图 44 是示出图 43 所示的照明单元 120 的动作原理的侧视图。

具体实施方式

[0083] § 1. 本发明的三维形状测定装置的基本构成

[0084] 本发明是使用了相干光源的扫描器装置及利用其的物体的三维形状测定装置。因此,此处说明本发明的三维形状测定装置的基本构成。

[0085] 图 1 是示出本发明的物体的三维形状测定装置的测定原理的立体图。此处,示出了使用来自照明单元 100 的照明测定半球状的物体 M 的三维形状的例子。如图所示,物体 M 载置在载置台 210 的上面,如果使该载置台 210 向图中白色箭头所示方向移动,则物体 M

也向同方向移动。另一方面,在物体 M 的上方配置有照明单元 100,并对物体 M 投影线状图案 U。为方便说明,该线状图案 U 用黑色粗线显示,但实际上是在载置台 210 上形成的带状的照明区域。

[0086] 而且,在载置台 210 的上方配置有 3 台摄像机 301、302、303,能分别从不同方向拍摄投影有线状图案 U 的物体 M。3 台摄像机 301、302、303 安装于载置台 210,随着载置台 210 的移动而移动。若使载置台 210 以指定步骤往图中白色箭头所示方向(通常使与线状图案 U 正交的方向)移动并同时以 3 台摄像机 301、302、303 拍摄物体 M,则可获得将线状图案 U 投影在物体 M 的表面的各位置的状态的拍摄影像。

[0087] 图 2 是示出分析以此方式获得的多个拍摄图像以获得关于物体 M 的三维形状信息的处理的基本原理的框图。图 2 的左侧示出的图像 G(301, i) 是第 1 摄像机 301 的拍摄图像,中央示出的图像 G(302, i) 是第 2 摄像机 302 的拍摄图像,右侧示出的图像 G(303, i) 是第 3 摄像机 303 的拍摄图像。此处, i 是表示使载置台 210 移动的步骤数的参数,例如,影像 G(301, i) 是指在第 i 移动步骤中的第 1 摄像机 301 的拍摄图像。

[0088] 步骤数 i 相同的 3 张拍摄图像是针对相同被拍摄体(物体 M 与线状图案 U)的拍摄图像,但由于拍摄方向分别不同,因此图像上呈现的线状图案 U 的位置或形状彼此不同。因此,一边考虑 3 台摄像机 301、302、303 相对于物体 M 的几何学配置信息一边分析各拍摄图像中呈现的线状图案 U,从而可获得物体 M 的三维形状数据 T。

[0089] 图 3 是示出本发明的物体的三维形状测定装置的基本构成的框图。如图所示,该测定装置具备照明单元 100、图案扫射机构 200、拍摄单元 300、形状分析单元 400。照明单元 100 如图 1 所示,可实现向物体 M 投影光的线状图案 U 的功能。

[0090] 图案扫射机构 200 具有使线状图案 U 相对于物体 M 的投影位置随时间变化的功能,在图示的基本实施方式的情况下,由载置台 210 与传送装置 220 构成。如图 1 所示,载置台 210 是用于将物体 M 载置其上的构造体,传送装置 220 是使该载置台 210 向图中白色箭头所示方向移动的装置。该传送装置 220 例如可由带式输送机等构成。使载置台 210 移动的方向只要不是与构成线状图案 U 的线平行的方向,可为任意方向,但实用上,为了对物体 M 进行高效率扫射,优选在与构成线状图案 U 的线正交的方向移动。在图 1 所示的实施方式中,以可朝上述方向移动的方式调整照明单元 100 的位置或方向。

[0091] 另一方面,拍摄单元 300 从规定方向拍摄被投影了线状图案 U 的物体 M,可实现取得物体 M 的表面信息的功能。图 1 所示的例虽是将 3 台摄像机 301、302、303(CCD 摄像机等)作为拍摄单元 300 使用的例子,但所使用的摄像机的台数不限于 3 台,只要根据物体 M 的形状或必要的三维形状数据的内容等准备所需台数即可。视情形也有只要 1 台摄像机即足够的情况,但一般而言,优选采用准备多台摄像机并能分别从不同方向拍摄物体 M 的构成。

[0092] 而且,形状分析单元 400 如图 2 所示,通过分析拍摄单元 300(3 台摄像机 301 ~ 303)所拍摄的拍摄图像 G 上的线状图案 U 来进行创建物体 M 的三维形状数据 T 的处理。即,形状分析单元 400 具有获得由拍摄单元 300 赋予的拍摄图像 G 并作为数字数据,参照关于拍摄单元 300 的几何学信息(3 台摄像机 301 ~ 303 的位置、方向、拍摄的光学条件)根据指定算法进行运算,求出物体 M 的三维形状数据 T 的功能。

[0093] 实际上,该形状分析单元 400 通过将专用的形状分析用程序安装到计算机而构成。关于这种形状分析的具体方法,如前所述,作为光切断法已知各种算法(例

如, 在 Model-based Analysis and Evaluation of Point Sets from Optical3D Laser Scanners, Shaker Verlag GmbH, Germany(2007 年 12 月 17 日刊行):ISBN-13: 978-3832267759,从三维形状测定的基础原理至具体的激光扫描的方法皆有详细记载),且并非直接关于本发明的特征的部分,因此此处省略详细说明。

[0094] 其结果,在图 3 所示的测定装置中,照明单元 100、图案扫射机构 200、拍摄单元 300 的部分可实现用光的线状图案 U 扫射物体 M 来取得该物体 M 的表面信息的扫描器装置的功能。图 3 所示的测定装置可说是进一步附加有形状分析单元 400 的装置,该形状分析单元 400 分析通过上述扫描器装置获得的物体 M 的表面信息以创建三维形状数据 T。

[0095] 此外,如果是不需扫射线状图案 U 的三维形状测定装置,则可省略图案扫射机构 200。例如,如图 1 所示,在用于以半球状的物体 M 作为被测对象、仅测定通过其顶点的圆周的形状即可的用途的情况下,如图所示只要获得投影有通过物体 M 的顶点的线状图案 U 的状态的拍摄图像即足够,因此即使省略图案扫射机构 200 也无影响。而且,之后 <5-4> 所述的变形例的情况也可省略图案扫射机构 200。

[0096] 以上,参照图 1 ~ 图 3,说明了本发明的扫描器装置及三维形状测定装置的基本构成,但本发明的本质特征是这些构成要素中的照明单元 100 的部分。照明单元 100 是用于对物体 M 投影线状图案 U 的构成要素。此处,线状图案 U 为在形状分析单元 400 的图像分析中赋予重要指标的要素,因此优选尽可能是鲜明的相同图案且尽可能是亮度高的图案。

[0097] 即,在形状分析单元 400 的图像分析中,首先,必须从图 2 所示的各拍摄图像 G 分辨出线状图案 U 的区域并将其取出。对以这种方式取出的线状图案 U 进行几何学分析。因此,若线状图案 U 不鲜明或亮度低,则在拍摄图像 G 上,线状图案 U 的区域与其它区域的识别困难,无法进行正确的区域取出。

[0098] 因此,在现有装置中,采用使用透镜等光学系统聚光以形成线状图案 U、或使来自光源的光通过狭缝以形成线状图案 U 的方法,根据需要进行利用高压水银灯等高亮度光源的设计。然而,如上所述,在这种方法中,未必一定能形成充分的线状图案 U,且也产生高亮度光源的寿命较短的问题。

[0099] 与此相对,若使用激光光源等的相干光源构成照明单元 100,则能解决上述问题。由于相干光源能产生指向性优异的光,因此例如若以激光束直线状扫射载置台 210 上,则能形成轮廓极鲜明的线状图案 U。而且,由于相干光源能产生高亮度的光,因此在拍摄图像 G 上,线状图案 U 的区域与其它区域容易识别。且由于相干光源在单色性优异,因此在拍摄图像 G 上,以颜色为基准筛分各自的像素,从而能仅取出线状图案 U 的区域。而且,半导体激光等相干光源也有相较于高压水银灯等寿命极长且可谋求小型化的优点。

[0100] 在上述观点下,相干光源作为组装到扫描器装置或三维形状测定装置的照明单元用光源,可说是理想光源。然而,如上所述,使用了相干光源的照明会产生产生斑点的新问题。

[0101] 实际上,在图 1 所示的构成中,在照明单元 100 内组装激光光源,在载置台 210 上扫射激光束以投影线状图案 U 的情况下,获得的线状图案 U 会出现闪烁的斑点。因此,若使用这种线状图案 U 进行基于拍摄单元 300 的拍摄,则获得的拍摄图像上的线状图案 U 的部分产生斑点状的亮度不均,若不实施任何图像处理,则无法正确地仅取出线状图案 U 的区域。

[0102] 当然,作为用于降低斑点噪声的设计,上述公报公开有使激光碰触散射体,使该散射体旋转或使其振动的方法,但该方法中,必须要大型的机械驱动机构,具有装置整体大型化且耗电也增加的问题的点,如上所述。

[0103] 本申请发明人构思出通过采用激光光源般的相干光源并同时实施特有的办法从而有效降低斑点的新颖方法。本发明的照明单元 100 具有以此构思为依据的特征。

[0104] 本申请发明人最初的构思是在图 1 所示的构成中,通过细长的散射体的全息图再现像形成线状图案 U 的想法。例如,准备图 4 所示的线状散射体 30。该散射体 30 如果是具有使入射后的照明光在表面或内部一样地散射的性质的物体,则是什么都可以。全息图是使用相干光使任意的物体的再现像在任意的空间上再现的技术,是将物体的三维像记录在介质上的技术。

[0105] 因此,首先,作为准备阶段,准备图 4 所示的线状散射体 30,将其三维像作为全息图预先记录在记录介质。接着,在照明单元 100 的内部预先组装进行了上述记录后的全息图记录介质与其再现所需的构成要素,在投影阶段,通过线状散射体 30 的再现像形成线状图案 U。例如,在图 1 所示的例子,的情况下,从照明单元 100 向图的下方照射的照明光成为图 4 所示的线状散射体 30 的再现光。

[0106] 此处,再现像的形成位置若调整成在载置台 210 的上面,则在载置台 210 的上面作为线状散射体 30 的再现像形成线状图案 U,投影到物体 M 上的线状图案 U 成为通过用于形成该再现像的再现光而产生的图案。如上所述,通过相干光产生的线状图案 U 具有高亮度、单色性优异、其轮廓也鲜明。且,由于通过散射体 30 的再现像形成图案,因此可获得整体具有一样亮度的图案。

[0107] 然而,为了获得全息图再现像而使用相干光,因此若不实施任何办法则无法避免斑点的产生。因此,本申请发明人获得针对用于降低斑点的进一步的办法的构思。其基本概念是,在再现全息图时,用相干光束(再现用照明光)扫射全息图记录介质,使介质上有助于再现的区域随时间变化。若以这种方法获得再现像,则从全息图记录介质照射的再现光的方向随时间变化,因此斑点的发生主要原因被经时分散,其结果,可获得抑制斑点产生的效果。以下,针对这种办法进行详细说明。

[0108] § 2. 本发明中使用的全息图记录介质

[0109] 首先,针对要组装到本发明的基本实施方式的扫描器装置(或物体的三维形状测定装置)的照明单元 100,说明作为其构成要素使用的全息图记录介质的特征。图 5 是示出创建该全息图记录介质的处理的光学系统的配置图。通过该光学系统创建记录有散射体的像的全息图记录介质。

[0110] 图中右上所示的相干光源 10 是产生相干光束 L10 的光源,实际上,使用产生剖面为圆形的单色激光光的激光光源。该激光光源产生的相干光束 L10 被分光器 20 分成 2 束。即,光束 L10 的一部分直接透射过分光器 20 而导向图的下方,其余一部分被分光器 20 反射而作为光束 L20 导向图的左方。

[0111] 透射过分光器 20 的光束 L10 可实现产生散射体的物体光 L_{obj} 的功能。即,向图的下方行进的光束 L10 被反射镜 11 反射成为光束 L11,再者,通过束放大器 12 使直径扩大,构成平行光束 L12,照射至散射体 30 的右侧面的整个区域。

[0112] 散射体 30 是图 4 的立体图所示的细长的线状散射体。该线状散射体 30 的形状只

要是与形成在载置台 210 上的线状图案 U 对应的形状即可。以下的图中,为了方便图示,将图 4 所示的线状散射体 30 的形状变形(缩短全长)显示。

[0113] 作为此散射体 30,一般只要使用被称为光学扩散板的具有使照射的光散射的性质
的板状材料即可。在此处所示的实施例的情况下,使用在内部混练有用于使光散射的微小
粒子(光的散射体)的透射型散射体(例如,乳白玻璃板)。因此,如图所示,照射至散射体
30 的右侧的面的平行光束 L12,透过散射体 30 从左侧的面作为散射光 L30 射出。该散射光
L30 构成散射体 30 的物体光 L_{obj} 。

[0114] 另一方面,被分光器 20 反射的光束 L20 可实现产生参照光 L_{ref} 的功能。即,从分
光器 20 往图的左方行进的光束 L20 被反射镜 21 反射成为光束 L21,接着,通过扩束器 22 放
大直径,构成平行光束 L22,被以点 C 为焦点的凸透镜 23 折射后照射至全息图感光介质 40。
此外,即使平行光束 L22 未必是严格的平行光线的集合,只要是大致平行光线的集合,则实
用上无问题。全息图感光介质 40 为用于记录全息图像的感光性介质。向该全息图感光介
质 40 照射的照射光 L23 构成参照光 L_{ref} 。

[0115] 其结果,全息图感光介质 40 被散射体 30 的物体光 L_{obj} 与参照光 L_{ref} 照射。此
处,物体光 L_{obj} 与参照光 L_{ref} 皆为由相干光源 10(激光光源)产生的具有相同波长 λ 的
相干光,因此,在全息图感光介质 40 记录有两者的干涉条纹。换言之,在全息图感光介质
40,将散射体 30 的像作为全息图记录。

[0116] 图 6 是示出图 5 所示的参照光 L23(L_{ref}) 的剖面 S1 与全息图感光介质 40 的位置
关系的俯视图。通过扩束器 22 扩大直径的平行光束 L22 具有圆形剖面,因此,以凸透镜 23
聚光的参照光 L_{ref} 会聚于以透镜的焦点 C 为顶点的圆锥状。然而,在图 5 所示的例中,全
息图感光介质 40 被配置成相对该圆锥的中心轴倾斜,因此,由全息图感光介质 40 的表面切
断参照光 L23(L_{ref}) 而得的剖面 S1 如图 6 所示成为椭圆。

[0117] 如上所述,图 6 所示的例子中,参照光 L_{ref} 仅照射至全息图感光介质 40 的整个
区域中的图中斜线所示的区域内,因此,散射体 30 的全息图成为仅记录在施加该斜线区域
内。当然,若通过扩束器 22 产生直径更大的平行光束 L22,并使用直径更大的凸透镜 23,则
如图 7 所示的例,在参照光 L_{ref} 的剖面 S2 内也可包含全息图感光介质 40。此情况下,如
图中施加斜线般,散射体 30 的全息图记录在全息图感光介质 40 的整面。在创建用于本发
明的全息图记录介质的状况下,用图 6、图 7 的任一形态进行记录皆可。

[0118] 接着,进一步详细说明散射体 30 的像记录在全息图感光介质 40 上的光学处理。图
8 是图 5 所示的光学系统中散射体 30 及全息图感光介质 40 的周围的部分放大图。如上所
述,参照光 L_{ref} 是用具有焦点 C 的凸透镜 23 将具有圆形剖面的平行光束 L22 聚光而成,会
聚成以焦点 C 为顶点的圆锥状。因此,以下,将此焦点 C 称为会聚点。照射至全息图感光介
质 40 的参照光 L23(L_{ref}) 如图所示,成为会聚于该会聚点 C 的光。

[0119] 另一方面,从散射体 30 发出的光(物体光 L_{obj}) 为散射光,因此朝向各种方向。例
如,如图所示,如果考虑物体点 Q1 在散射体 30 的左侧面的上端,则从该物体点 Q1 向四面八
方射出散射光。同样地,也从任意的物体点 Q2 或 Q3 向四面八方射出散射光。因此,若着
眼于全息图感光介质 40 内的任意点 P1,则记录来自物体点 Q1、Q2、Q3 的物体光 L31、L32、L33
与朝向会聚点 C 的参照光 L_{ref} 的干涉条纹的信息。当然,实际上,散射体 30 上的物体点不
仅 Q1、Q2、Q3,因此来自散射体 30 上的所有物体点的信息同样作为与参照光 L_{ref} 的干涉条

纹的信息被记录。换言之,在图示的点 P1 记录散射体 30 的所有信息。而且,同样地,在图示的点 P2 也记录散射体 30 的所有信息。这样,在全息图感光介质 40 内的任一部分均记录散射体 30 的所有信息。这是全息图的本质。

[0120] 接着,以下,将用这种方法记录有散射体 30 的信息的全息图感光介质 40 称为全息图记录介质 45。为了再现全息图记录介质 45,以得到散射体 30 的全息图再现像,只要将与用在记录时的光相同波长的相干光从与记录时的参照光 Lref 对应的方向作为再现用照明光照射即可。

[0121] 图 9 是示出使用以图 8 所示的处理创建的全息图记录介质 45 再现散射体的像 35 的处理的图。如图所示,对全息图记录介质 45 从下方照射再现用照明光 Lrep。该再现用照明光 Lrep 是从位于会聚点 C 的点光源作为球面波发散的相干光,其一部分如图示放大成圆锥状并同时成为照射全息图记录介质 45 的光。而且,该再现用照明光 Lrep 的波长与全息图记录介质 45 的记录时的波长(即,图 5 所示的相干光源 10 产生的相干光的波长)相同。

[0122] 此处,图 9 所示的全息图记录介质 45 与会聚点 C 的位置关系与图 8 所示的全息图感光介质 40 与会聚点 C 的位置关系完全相同。因此,图 9 所示的再现用照明光 Lrep 与逆行图 8 所示的参照光 Rref 的光路的光对应。若将满足这种条件的再现用照明光 Lrep 照射至全息图记录介质 45,则通过其衍射光 L45(Ldif) 获得散射体 30 的全息图再现像 35(图中以虚线显示)。图 9 所示的全息图记录介质 45 与再现像 35 的位置关系与图 8 所示的全息图感光介质 40 与散射体 30 的位置关系完全相同。

[0123] 如上所述,将任意物体的像记录为全息图并使其再现的技术是一直以来实用的公知技术。而且,在创建用于一般用途的全息图记录介质的情况下,使用平行光束作为参照光 Lref。使用由平行光束构成的参照光 Lref 记录的全息图在再现时也只要利用由平行光束构成的再现用照明光 Lrep 即可,因此方便性优异。

[0124] 与此相对,如图 8 所示,若将会聚在会聚点 C 的光用作参照光 Lref,则在再现时,如图 9 所示,必须将从会聚点 C 发散的光用作再现用照明光 Lrep。实际上,为了获得图 9 所示的再现用照明光 Lrep,必须将透镜等光学系统配置在特定位置。而且,若再现时的全息图记录介质 45 与会聚点 C 的位置关系与记录时的全息图感光介质 40 与会聚点 C 的位置关系不一致,则无法获得正确的再现像 35,因此,限定了再现时的照明条件(若使用平行光束再现的情况下,照明条件只要照射角度满足即可)。

[0125] 根据上述理由,使用会聚在会聚点 C 的参照光 Lref 创建的全息图记录介质并不适于一般用途。尽管如此,在此处所示的实施方式,将会聚在会聚点 C 的光用作参照光 Lref 的原因是使再现时进行的光束扫描变容易。即,图 9 中,为了方便说明,示出了使用从会聚点 C 发散的再现用照明光 Lrep 产生散射体 30 的再现像 35 的方法,但本发明中,实际上,不进行如图示使用放大成圆锥状的再现用照明光 Lrep 的再现。替代其,采用使光束扫描的方法。以下,详细说明此方法。

[0126] 图 10 是示出对以图 8 所示的处理创建的全息图记录介质 45 仅照射 1 条光束使散射体 30 的像 35 再现的处理的图。即,在该例中,仅将从会聚点 C 朝向介质内的 1 点 P1 的 1 条光束 L61 作为再现用照明光 Lrep 给予。当然,光束 L61 为具有与记录时的光相同波长的相干光。如图 8 所说明,在全息图记录介质 45 内的任意点 P1 记录有散射体 30 整体的信息。因此,若对图 10 的点 P1 的位置用与记录时使用的参照光 Lref 对应的条件照射再现用

照明光 L_{rep} , 则能仅使用记录在该点 P_1 附近的干涉条纹产生散射体 30 的再现像 35。图 10 是示出通过来自点 P_1 的衍射光 $L_{45}(L_{dif})$ 使再现像 35 再现后的状态。

[0127] 另一方面, 图 11 是仅将从会聚点 C 朝向介质内的另一点 P_2 的 1 条光束 L_{62} 作为再现用照明光 L_{rep} 给予的例。此情况下, 在点 P_2 记录有散射体 30 整体的信息, 因此, 若对点 P_2 的位置用与记录时使用的参照光 L_{ref} 对应的条件照射再现用照明光 L_{rep} , 则能仅使用记录在该点 P_2 附近的干涉条纹产生散射体 30 的再现像 35。图 11 是示出通过来自点 P_2 的衍射光 $L_{45}(L_{dif})$ 使再现像 35 再现后的状态。图 10 所示的再现像 35 及图 11 所示的再现像 35 均以相同散射体 30 为原图像, 因此, 理论上, 形成所谓在相同位置产生的相同的再现像。

[0128] 图 12 是示出图 10 及图 11 所示的再现处理中光束的照射位置的俯视图。图 12 的点 P_1 与图 10 的点 P_1 对应, 图 12 的点 P_2 与图 11 的点 P_2 对应。A1、A2 分别表示再现用照明光 L_{rep} 的剖面。剖面 A1、A2 的形状及大小取决于光束 L_{61} 、 L_{62} 的剖面的形状及大小。而且, 也取决于全息图记录介质 45 上的照射位置。其中, 虽示出圆形的剖面 A1、A2, 为了方便, 但实际上, 在使用具有圆形剖面的光束 L_{61} 、 L_{62} 的情况下, 剖面形状根据照射位置而成为扁平的椭圆。

[0129] 如上述, 在图 12 所示的点 P_1 附近与点 P_2 附近分别记录的干涉条纹的内容完全不同, 但对任一点照射作为再现用照明光 L_{rep} 的光束的情况下, 均在相同位置获得相同的再现像 35。其原因在于, 再现用照明光 L_{rep} 是从会聚点 C 朝向各点 P_1 、 P_2 的光束, 因此对任一点均给予与图 8 所示的记录时的参照光 L_{ref} 的方向对应的方向的再现用照明光 L_{rep} 。

[0130] 图 12 中虽仅例示 2 点 P_1 、 P_2 , 但当然就全息图记录介质 45 上的任意点而言都相同。因此, 对全息图记录介质 45 上的任意点照射了光束的情况下, 只要该光束为来自会聚点 C 的光, 则在相同位置获得相同的再现像 35。不过, 如图 6 所示, 仅在全息图感光介质 40 的一部分的区域 (图中施加斜线显示的区域) 记录了全息图的情况下, 仅限于对该区域内的点照射有光束的情况下, 可获得再现像 35。

[0131] 其结果, 此处所述的全息图记录介质 45 是使用在特定的会聚点 C 会聚的参照光 L_{ref} 将散射体 30 的像作为全息图记录的介质, 并具有若将通过该会聚点 C 的光束作为再现用照明光 L_{rep} 照射至任意位置则产生散射体 30 的再现像 35 的特征。因此, 作为再现用照明光 L_{rep} , 若使通过会聚点 C 的光束在全息图记录介质 45 上扫描, 则通过从各照射部位获得的衍射光 L_{dif} , 相同的再现像 35 被再现在相同位置。

[0132] § 3. 本发明的基本实施方式的照明单元

[0133] 本发明的特征是在扫描器装置或物体的三维形状测定装置采用具有斑点抑制功能的特有的照明单元。因此, 此处, 参照图 13 的侧视图说明本发明的基本实施方式的照明单元 100 的构成。如图所示, 该照明单元 100 由全息图记录介质 45、相干光源 50、光束扫描装置 60 构成。

[0134] 其中, 全息图记录介质 45 是具有在 § 2 中叙述的特征的介质, 并记录有散射体 30 的像 35。而且, 相干光源 50 是产生具有与创建全息图记录介质 45 时使用的光 (物体光 L_{obj} 及参照光 L_{ref}) 的波长相同波长的相干光束 L_{50} 的光源。

[0135] 另一方面, 光束扫描装置 60 是以使相干光源 50 产生的光束 L_{50} 在指定的扫描基点 B 弯折并照射至全息图记录介质 45 且通过使光束 L_{50} 的弯折状态随时间变化以使弯折

后的光束 L60 对全息图记录介质 45 的照射位置随时间变化的方式扫射的装置。这样的装置,一般作为扫射型镜器件 (mirror device) 而公知的装置。在图中,为了方便说明,以点划线表示在时刻 t_1 的弯折状态,以双点划线表示在时刻 t_2 的弯折状态。即,在时刻 t_1 ,光束 L50 在扫射基点 B 弯折,作为光束 L60(t_1) 照射至全息图记录介质 45 的点 P(t_1),但在时刻 t_2 ,光束 L50 在扫射基点 B 弯折并作为光束 L60(t_2) 照射至全息图记录介质 45 的点 P(t_2)。

[0136] 在图中,为了方便说明,仅显示在时刻 t_1 、 t_2 这 2 个时间点的弯折状态,但实际上,在时刻 $t_1 \sim t_2$ 期间,光束的弯折方向平滑地变化,光束 L60 对全息图记录介质 45 的照射位置以由图中的点 P(t_1) 向 P(t_2) 的方式缓慢移动。即,在时刻 $t_1 \sim t_2$ 期间,光束 L60 的照射位置在全息图记录介质 45 上以由点 P(t_1) 向 P(t_2) 的方式扫射。

[0137] 其中,若使扫射基点 B 的位置与图 8 所示的会聚点 C 的位置一致(换言之,若使图 13 的全息图记录介质 45 与扫射基点 B 的位置关系与图 8 中全息图感光介质 40 与会聚点 C 的位置关系相同),则在全息图记录介质 45 的各照射位置,光束 L60 照射至与图 8 所示的参照光 L_{ref} 对应的方向(逆向行进图 8 所示的参照光 R_{ref} 的光路的方向)。因此,光束 L60 在全息图记录介质 45 的各照射位置,作为用于再现记录在该全息图的正确的再现用照明光 L_{rep} 而发挥作用。

[0138] 例如,在时刻 t_1 ,通过来自点 P(t_1) 的衍射光 $L_{45}(t_1)$ 产生散射体 30 的再现像 35,在时刻 t_2 ,通过来自点 P(t_2) 的衍射光 $L_{45}(t_2)$ 产生散射体 30 的再现像 35。当然,在时刻 $t_1 \sim t_2$ 期间,通过来自光束 L60 照射的各位置的衍射光同样地产生散射体 30 的再现像 35。即,光束 L60,只要是从扫射基点 B 向全息图记录介质 45 的光,则无论光束 L60 照射至全息图记录介质 45 上的任何位置,通过来自照射位置的衍射光,相同的再现像 35 被生成在相同位置。

[0139] 引起此种现象的原因在于,如图 8 所示,在全息图记录介质 45 中,使用在指定的会聚点 C 会聚的参照光 L_{23} 将散射体 30 的像记录为全息图,光束扫射装置 60 以该会聚点 C 作为扫射基点 B 进行光束 60 的扫射。当然,即使停止光束扫射装置 60 的扫射,将光束 L60 的照射位置固定在全息图记录介质 45 上的 1 点,仍然在相同位置持续产生相同的再现像 35。尽管如此,扫射光束 60 是为了抑制斑点噪声,无其它原因。

[0140] 图 14 是示出使用图 13 所示的照明单元 100 照明载置台 210 的状态的侧视图。其中,虽然为便于说明,示出了从左侧照明被配置在右端的载置台 210 的状态,但是在用于图 1 所示的三维形状测定装置的情况下,照明单元 100 从上方照明被配置在下方的载置台 210。

[0141] 如上所述,照明单元 100 是将从全息图记录介质 45 得到的散射体的像 35 的再现光作为照明光使用的装置。其中,为了用照明单元 100 照明载置台 210 的左侧面(如果是图 1 所示的结构,则是上面),如图所示,考虑在使载置台 210 的左侧面与散射体的再现像 35 的左侧面一致的位置配置有载置台 210 的情况。此时,载置台 210 的左侧面成为受光面 R,来自全息图记录介质 45 的衍射光照射至该受光面 R。

[0142] 因此,在该受光面 R 上设定任意的着眼点 Q,并虑到达该着眼点 Q 的衍射光为怎样的光。首先,在时刻 t_1 ,从相干光源 50 射出的光束 L50 如图中点划线所示在扫射基点 B 弯折,并作为光束 L60(t_1) 照射至点 P(t_1)。接着,来自点 P(t_1) 的衍射光 $L_{45}(t_1)$ 到达着眼

点 Q。另一方面,在时刻 t_2 ,从相干光源 50 射出的光束 L_{50} ,如图中双点划线所示在扫描基点 B 弯折,作为光束 $L_{60}(t_2)$ 照射至点 $P(t_2)$ 。接着,来自点 $P(t_2)$ 的衍射光 $L_{45}(t_2)$ 到达着眼点 Q。

[0143] 其结果,通过这样的衍射光,在着眼点 Q 的位置总是产生与散射体 30 在着眼点 Q 的位置对应的再现像,但对着眼点 Q 的衍射光的入射角在时刻 t_1 与时刻 t_2 不同。换言之,在扫描了光束 L_{60} 的情况下,形成在受光面 R 上的再现像 35 虽不变,但到达受光面 R 上的各点的衍射光的入射角度随时间变化。这样的入射角度随时间变化在降低斑点方面具有很大的贡献。

[0144] 如上所述,使用相干光导致产生斑点的原因在于,在受光面 R 的各部反射的相干光因其极高的可干涉性而彼此干涉。然而,本发明中,通过光束 L_{60} 的扫描,衍射光对受光面 R(或物体 M 的表面)的各部的入射角度随时间变动,因此干涉方式也随时间变动,具有多样性。因此,能使斑点产生的主要原因在时间上被分散,能够使发生在线状图案 U 的亮度偏差降低。这是图 14 所示的照明单元 100 所具有的有利的特征。

[0145] 本发明涉及的扫描器装置及物体的三维形状测定装置使用具有这种特征的照明单元 100 对物体 M 进行线状图案 U 的投影。图 15 是示出使用图 13 所示的照明单元 100 将线状图案 U 投影到物体 M 的状态的侧视图。线状图案 U 本是没有厚度的图案,但此处为了便于说明,使用粗黑线表示。

[0146] 在图示的例子情况下,显示在构成用于载置物体 M 的载置台 210 的上面的受光面 R 形成有全息图再现像 35 的状态。因此,线状图案 U 中形成在受光面 R 上的部分成为全息图再现像 35 本身,但形成在物体 M 上面的部分可说是由全息图再现光被物体 M 的表面遮蔽而散射的区域构成的图案。因此,相较于前者,后者的轮廓部分些许模糊而不鲜明,但相较于物体 M 的高度,若照明单元 100 与受光面 R 的距离充分大,则实用上不会产生问题。

[0147] 根据相同理由,全息图再现像 35 的形成位置不一定要与载置台 210 的上面的位置正确地一致,例如,也可以使全息图再现像 35 形成在物体 M 的上面的位置。如上所述,相较于物体 M 的高度,若设定成照明单元 100 与受光面 R 的距离充分大,则在物体 M 的附近面上形成全息图再现像 35,实用上不会产生问题。

[0148] 因此,若使用本发明的照明单元 100,可通过使用相干光将具有单色性的高亮度的线状图案 U 投影至物体 M 上并同时谋求斑点的降低。且,由于能以较小型的装置实现光束扫描装置 60,因此相较于使散射体旋转或振动的现有装置,能使照明单元 100 小型化,将耗电抑制成较低。

[0149] § 4. 照明单元各部的详细说明

[0150] 图 13 所示的照明单元 100 如在 § 3 所述,由全息图记录介质 45、相干光源 50、光束扫描装置 60 构成。此处,针对这些构成要素进行更详细的说明。

[0151] 4-1. 相干光源

[0152] 首先,作为相干光源 50,使用产生具有与创建全息图记录介质 45 时使用的光(物体光 L_{obj} 及参照光 L_{ref}) 的波长相同波长的相干光束 L_{50} 的光源即可。然而,相干光源 50 产生的光束 L_{50} 的波长不必与创建全息图记录介质 45 时使用的光的波长完全相同,只要是近似波长即可获得全息图的再现像。总之,本发明使用的相干光源 50 只要是产生具有能再现散射体的像 35 的波长的相干光束 L_{50} 的光源即可。

[0153] 实际上,可将与图 5 所示的相干光源 10 相同的光源直接用作相干光源 50。此处所示的实施方式中,将可射出波长 $\lambda = 532\text{nm}$ (绿色) 的激光的 DPSS(二极管泵浦固体:Diode Pumped Solid State) 激光装置作为相干光源 50 使用。DPSS 激光器小型且同时可获得较高输出的期望波长的激光,因此是适用于本发明的照明单元的相干光源。

[0154] 该 DPSS 激光装置,相较于一般半导体激光器相干长度较长,因此容易产生斑点,以往被认为不适用于照明。即,以往,为了降低斑点,努力使激光的振荡波长的宽度增加,以尽可能缩短相干长度。相对于此,本发明中,即使使用相干长度长的光源,也可利用上述原理有效抑制斑点的产生,因此,作为光源即使使用 DPSS 激光装置,实用上,产生斑点也不是问题。在这点上,利用本发明则可获得进一步增加光源的选择范围的效果。

[0155] 4-2. 光束扫射装置

[0156] 光束扫射装置 60 为具有使光束在全息图记录介质 45 上扫射的功能的装置。此处,说明该光束扫射装置 60 进行的光束扫射的具体方法。图 16 是示出图 13 所示的照明单元 100 中全息图记录介质 45 上的光束扫射方式的第 1 例的俯视图。在此例中,作为全息图记录介质 45,使用宽度 $D_a = 12\text{mm}$ 、高度 $D_b = 10\text{mm}$ 的介质,作为扫射该介质上的光束 L60,使用具有直径 1mm 的圆形剖面的激光束。如图所示,采用下述方法,即、与 CRT 中电子束的扫射相同,使光束 L60 的照射位置从第 1 行的开始区域 A1S 至结束区域 A1E 在水平方向扫射,接着,从第 2 行的开始区域 A2S 至结束区域 A2E 在水平方向扫射,……,最后,从第 n 行的开始区域 AnS 至结束区域 AnE 在水平方向扫射,再次,返回第 1 行的开始区域 A1S,反复同样的作业。

[0157] 在该图 16 所示的扫射方法中,全息图记录介质 45 的整面受到光束的扫射,但本发明中,不一定要毫无遗漏地扫射全息图记录介质 45 的整面。例如,图 17 是仅进行图 16 所示的扫射方法中第奇数行的扫射而省略第偶数行的扫射的例。如上所述,若隔行进行扫射,则记录在全息图记录介质 45 的一部分区域的全息图信息对像的再现无任何帮助,但尽管如此也不会产生特殊问题。图 18 是示出更极端的扫射方法的例,在高度 D_b 的中央位置,反复进行从开始区域 A1S 至结束区域 A1E 在水平方向仅扫射一行的作业。

[0158] 当然,扫射方向的设定也是自由的,第 1 行的扫射从左至右进行后,第 2 行的扫射也可以从右至左进行。而且,扫射方向并不限于直线,也可以是在全息图记录介质 45 上进行画圆的扫射。

[0159] 此外,如图 6 所示的例中,仅对全息图感光介质 40 的一部分区域(施加斜线的区域)照射参照光 L_{ref} 进行记录的情况,在其它区域(外侧的空白区域)不记录全息图。此时,如果扫射至外侧的空白区域为止则无法获得再现像 35,因此照明暂时变暗。因此,实用上,优选仅在记录有全息图的区域内进行扫射。

[0160] 如上所述,光束在全息图记录介质 45 上的扫射是通过光束扫射装置 60 进行。该光束扫射装置 60 具有使来自相干光源 50 的光束 L50 在扫射基点 B(全息图记录时的会聚点 C)弯折并照射至全息图记录介质 45 的功能。而且,通过使该弯折状态(弯折的方向与弯折角度的大小)随时间变化,从而以使弯折的光束 L60 对全息图记录介质 45 的照射位置随时间变化的方式扫射。具有此种功能的装置被作为扫射型镜器件使用在各种光学系统。

[0161] 例如,在图 13 所示的例,作为光束扫射装置 60,为方便,仅描绘反射镜的图,但实际上是具备使该反射镜在双轴方向转动的驱动机构。即,在将扫射基点 B 设定在图示的反

射镜的反射面的中心位置,并定义通过该扫射基点 B 且在反射面上彼此正交的 V 轴及 W 轴的情况下,具备使该反射镜绕 V 轴(与图的纸面垂直的轴)转动的机构和绕 W 轴(图中以虚线所示的轴)转动的机构。

[0162] 如上所述,若使用可绕 V 轴及 W 轴独立转动的反射镜,则反射后的光束 L60 可在全息图记录介质 45 上在水平方向及垂直方向扫射。例如,在上述机构中,若使反射光绕 V 轴转动,则能在图 16 所示的全息图记录介质 45 上使光束 L60 的照射位置在水平方向扫射,若绕 W 轴转动,则能在垂直方向扫射。

[0163] 总之,光束扫射装置 60 若具有以在包含扫射基点 B 的平面上进行摇动运动的方式使光束 L60 弯折的功能,则能在全息图记录介质 45 上使光束 L60 的照射位置在一维方向扫射。如图 18 所示的例,若活用成使光束仅在水平方向进行扫射,则光束扫射装置 60 具有使在全息图记录介质 45 上的光束的照射位置在一维方向扫射的功能足矣。

[0164] 与此相对,若活用成在全息图记录介质 45 上使光束 L60 的照射位置在二维方向扫射,则使光束扫射装置 60 具有以在包含扫射基点 B 的第 1 平面上进行摆动运动的方式使光束 L60 折射的功能(图 13 中,若使反射镜绕 V 轴转动,则光束 L60 在纸面所含的平面上进行摆动运动)、及以在包含扫射基点 B 且与第 1 平面正交的第 2 平面上进行摆动运动的方式使光束 L60 折射的功能(图 13 中,若使反射镜绕 W 轴转动,则光束 L60 在与纸面垂直的平面上进行摆动运动)即可。

[0165] 作为用于使光束的照射位置在一维方向扫射的扫射型镜器件,多面镜被广泛利用。而且,作为用于在二维方向扫射的扫射型镜器件,可将 2 组多面镜组合使用,已知有万向镜(gimbal mirror)、电流镜、MEMS(微型机电系统)镜等器件。再者,除了通常的镜器件以外,全反射棱镜、折射棱镜、电气光学晶体(KTN(铌铯酸钾)晶体等)也可用作光束扫射装置 60。

[0166] 此外,若光束 L60 的直径接近全息图记录介质 45 的尺寸,则有损抑制斑点的效果,因此需要注意。图 16 ~ 图 18 所示的例子,如上所述,全息图记录介质 45 的宽度为 $D_a = 12\text{mm}$ 、高度为 $D_b = 10\text{mm}$,光束 L60 为具有直径 1mm 的圆形剖面的激光束。若是这种尺寸条件,则能充分获得抑制斑点的效果。这是因为,全息图记录介质 45 上的任一区域皆只暂时受到光束 L60 的照射,不会从相同区域持续射出衍射光。

[0167] 然而,例如,图 19 所示的例子,在照射具有接近全息图记录介质 45 的直径的光束的情况下,会形成持续射出衍射光的区域(图中斜线部分)。即,即使使光束 L60 的照射位置从第 1 行的开始区域 A1S 至结束区域 A1E 在水平方向扫射,图中画了斜线的区域 a1 总受到光束的照射。同样地,即使从第 n 行的开始区域 AnS 至结束区域 AnE 在水平方向扫射,区域 a2 总受到光束的照射。而且,若考虑垂直方向的扫射,则对于各行的开始区域,区域 a3 成为重复的区域,对于各行的结束区域,区域 a4 成为重复的区域,因此即使改变扫射的行,也总受到光束的照射。

[0168] 其结果,关于这些画了斜线的区域,持续射出衍射光,无法得到光束扫射的好处。其结果,从这样的区域发出的衍射光以相同角度持续射入照明对象物的受光面 R 上,成为斑点产生的主要原因。因此,光束 L60 的直径不应大到接近全息图记录介质 45 的尺寸。

[0169] 此种弊端,在将扫射间距设定成小于光束 L60 的直径的情况下也会产生。例如,图 16 是将纵向的扫射间距设定成与光束 L60 的直径相等的例子,图 17 是将纵向的扫射间距设

定成光束 L60 的直径的 2 倍的例子。如上所述,若将纵向(副扫描方向)的扫描间距设定成光束的直径以上,则第 i 行的扫描区域与第 (i+1) 行的扫描区域不重复,但若扫描间距不足光束的直径,则产生重复区域,可能成为上述斑点产生的主要原因。

[0170] 而且,扫描速度比拍摄单元 300 的拍摄时间 (CCD 摄像机的曝光时间) 慢也成为斑点产生的主要原因。例如,即使以一行扫描需要一小时的慢速度扫描,从拍摄单元 300 的拍摄时间的尺度与未进行扫描相同,在拍摄图像上出现斑点。通过扫描光束以降低斑点如上所述,是指因照射在受光面 R(或者物体 M 的表面)的各部的光的入射角度随时间而多样化。因此,为了充分获得基于光束扫描的斑点降低的效果,使成为产生斑点的原因的相同干涉条纹维持的时间比拍摄单元 300 的拍摄时间短、且在用于拍摄一个图像的曝光时间的期间使发生斑点的条件随时间变化即可。

[0171] 4-3. 全息图记录介质

[0172] 关于全息图记录介质 45,已在 § 2 说明详细制造处理。即,用于本发明的全息图记录介质 45 只要是具有使用在指定的会聚点 C 会聚的参照光将散射体 30 的像作为全息图记录的特征的介质即可。因此,此处说明适于用在本发明的具体的全息图记录介质的方式。

[0173] 全息图有多个物理形态(方式)。本申请的发明人认为为了用于本发明,最优选体积型全息图。特别是,最适合使用使用了光聚合物的体积型全息图。

[0174] 一般而言,在现金卡或现金券等中用作防伪用片的全息图被称为表面起伏(浮凸)型全息图,通过表面的凹凸构造进行全息图干涉条纹的记录。当然,除了实施本发明外,也可以利用将散射体 30 的像作为表面起伏型全息图记录的全息图记录介质 45(一般而言,被称为全息图漫射器(diffuser))。然而,在该表面起伏型全息图的情况下,由于表面的凹凸构造导致的散射可能成为新的斑点产生主要原因,因此从降低斑点的观点来看并不优选。而且,在表面起伏型全息图,由于产生多次衍射光,因此衍射效率降低,再者,衍射性能(能使衍射角增大至何种程度的性能)也有极限。

[0175] 与此相对,在体积型全息图中,由于作为介质内部的折射率分布进行全息图干涉条纹的记录,因此不会受到表面的凹凸构造所导致的散射的影响。而且,一般而言,衍射效率或衍射性能也较表面起伏型全息图优异。因此,实施本发明时,将散射体 30 的像记录为体积型全息图的介质最适合被用作全息图记录介质 45。

[0176] 然而,即使是体积型全息图,由于利用含有银盐材料的感光介质进行记录的类型中银盐粒子所导致的散射有可能成为新的斑点产生主要原因,因此优选避免。根据上述原因,本申请发明人认为作为本发明中利用的全息图记录介质 45,理想的是使用了光聚合物的体积型全息图。上述使用了光聚合物的体积型全息图的具体化学组成公开于例如日本专利第 2849021 号公报。

[0177] 然而,对于量产性的点,表面起伏型全息图较体积型全息图优异。表面起伏型全息图,通过创建表面具有凹凸构造的原版,并进行使用了该原版的加压加工,从而能够进行介质的量产。因此,在必须降低制造成本的情况下,利用表面起伏型全息图即可。

[0178] 而且,作为全息图的物理形态,在平面上作为浓淡图案而记录了干涉条纹的振幅调制型全息图也被广泛地普及。然而,此振幅调制型全息图由于衍射效率低且以浓的图案部分进行光的吸收,因此用于本发明时,无法确保充分的照明效率。但在该制造工序中,由于能采用在平面上印刷浓淡图案的简便的方法,因此在制造成本方面有优点。因此,根据用

途,本发明也可以采用振幅调制型全息图。

[0179] 此外,图 5 所示的记录方法中,虽创建所谓菲涅尔类型的全息图记录介质,但也可以创建利用通过透镜记录散射体 30 而获得的傅立叶转换类型的全息图记录介质。此时,根据需要,也可以在衍射光 L45 的光路上设置透镜进行聚光,以提升照明效率,但即使无透镜也可充分实现作为照明装置的功能。

[0180] § 5. 本发明所使用的照明单元的变形例

[0181] 至此为止说明本发明的扫描器装置及物体的三维形状测定装置的基本实施方式。此基本实施方式的特征在于使用图 13 所示的具有固有特征的照明单元 100 进行对物体 M 的照明。

[0182] 即,在利用照明单元 100 进行照明的情况下,首先,进行通过将用于构成线状图案 U 的散射体 30 的像 35 作为全息图记录在记录用介质 40 上从而创建全息图记录介质 45 的准备阶段,使用在该准备阶段创建的全息图记录介质 45 构成照明单元 100。接着,进行:投影阶段,在接收从全息图记录介质 45 获得的全息图的再现光的照射的位置配置有物体 M 的状态下,以对全息图记录介质 45 上照射相干光束 L60 且使照射位置随时间变化的方式使光束 L60 在全息图记录介质 45 上扫描,将线状图案 U 投影至物体 M 上;以及拍摄阶段,从规定方向拍摄被投影有此线状图案 U 的物体 M 并取得物体 M 的表面信息,从而取得物体 M 的表面信息即可。

[0183] 此时,在准备阶段,如图 5 所示,对散射体 30 照射相干的照明光 L12,将从散射体 30 获得的散射光 L30 用作物体光 L_{obj} 。而且,沿指定光路照射记录用介质 40,将与照明光 L12 相同波长的相干光 L23 用作参照光 L_{ref} 。接着,将由物体光 L_{obj} 与参照光 L_{ref} 形成的干涉条纹记录在记录用介质 40,从而创建全息图记录介质 45。而且,在照明阶段,如图 13 所示,在与参照光 L_{ref} 相同波长(或能使全息图再现的近似波长)的光束 L60 通过沿参照光 L_{ref} 光路的光路并朝向全息图记录介质 45 上的照射位置的方式进行扫描(换言之,从与参照光 L_{ref} 光学共轭的方向给予光束 L60),将从全息图记录介质 45 获得的、散射体 30 的像 35 的再现光作为照明光。

[0184] 此处,针对组装有上述基本实施方式的扫描器装置及物体的三维形状测定装置的照明单元 100,说明多个变形例。

[0185] 5-1. 以一维扫描为前提的全息图记录介质

[0186] 在图 5 所示的全息图记录介质的创建处理中,通过凸透镜 23(在会聚点 C 的位置具有焦点的透镜)使平行光束 L22 聚光,并作为参照光 L_{ref} 照射至介质 40。即,沿以会聚点 C 为顶点的圆锥(理论上,半径彼此不同的圆锥无限存在)的侧面,使用三维会聚在会聚点 C 的参照光 L_{ref} 记录散射体 30 的像。

[0187] 如上所述,使用三维会聚的参照光 L_{ref} 的原因在于,在图 13 所示的照明单元中,为了获得从扫描基点 B 三维发散的光路,以使光束 L60 三维扫描(组合反射镜的绕 V 轴的转动与绕 W 轴的转动使光束扫描)为前提。此外,使光束 L60 三维扫描是为了使全息图记录介质 45 上的光束的照射位置二维扫描(图 16 中,为进行横方向的扫描与纵向的扫描)。

[0188] 然而,扫描全息图记录介质 45 上的光束的照射位置不一定要二维地进行。例如,图 18 是显示使光束仅在水平方向扫描的例子。这样,若以使光束的照射位置一维扫描为前提,则全息图记录介质也以这样的前提创建是合理的。具体而言,若以一维扫描为前提,则

代替创建图 18 所示的全息图记录介质 45, 只要创建图 20 所示的带状的全息图记录介质 85 足矣。

[0189] 使用了该全息图记录介质 85 的情况下, 光束扫射装置 60 的扫射只要反复从左端的起点区域 A1S 至右端的终点区域 A1E 扫射 1 行的量即可。此时, 也可以反复从左向右扫射 1 行的量, 也可以进行从左至右扫射后再从右往左扫射的往复运动。在使用的光束 L60 是具有直径 1mm 的圆形剖面的激光束的情况下, 使图 20 所示的全息图记录介质 85 的高度 $D_b = 1\text{mm}$ 即足矣。因此, 与使用图 18 所示的全息图记录介质 45 的情况相比, 可谋求节省空间, 能使装置整体小型化。

[0190] 虽然这样的以一维扫射为前提的全息图记录介质 85 可以使用图 5 所示的光学系统来创建, 但代替其也可以使用图 21 所示的光学系统来创建。该图 21 所示的光学系统中, 将图 5 所示的光学系统中凸透镜 23 替换为圆柱状透镜 24, 并将具有矩形平面的全息图感光介质 40 替换为具有细长带状平面的全息图感光介质 80, 其它构成要素则不变。全息图感光介质 80 的宽度 D_a 与全息图感光介质 40 的宽度相同, 但其高度 D_b (图 21 中与纸面垂直方向的宽度) 为光束的直径的程度 (上例情况下, 1mm 左右)。

[0191] 圆柱状透镜 24 是带有具有与图 21 的纸面垂直的中心轴的圆柱表面的透镜, 且在图 21 中定义了通过会聚点 C 且与纸面垂直的聚光轴, 此时, 可实现将平行光束 L22 聚光在该聚光轴的功能。然而, 从圆柱状透镜的性质考虑, 光的折射仅在与纸面平行的平面内产生, 不会发生向与纸面垂直的方向的折射。换言之, 若着眼于包含会聚点 C 且与圆柱状透镜的圆柱的中心轴正交的平面 (图 21 的纸面), 则沿该平面二维会聚的光 L24 被作为参照光 L_{ref} 而给予。

[0192] 如上所述, 本申请中提及“光在会聚点 C 会聚”时, 不仅指图 5 的光学系统所示的凸透镜 23 的三维会聚, 也指图 21 的光学系统所示的圆柱状透镜 24 的二维会聚。此外, 创建图 20 例示的以一维扫射为前提的全息图记录介质 85 时, 如图 21 的光学系统所示, 也可以使用带有具有与通过会聚点 C 的指定聚光轴 (图例情况下, 通过会聚点 C 且与纸面垂直的轴) 平行的中心轴的圆柱面的圆柱状透镜 24 将大致平行的相干光的光束 L22 聚光在该聚光轴上, 将二维会聚在会聚点 C 的光 L24 用作参照光 L_{ref} , 记录散射体 30 的全息图像。

[0193] 5-2. 由 CGH 构成的全息图记录介质

[0194] 至此已说明的全息图记录介质的创建处理是实际地对全息图感光介质照射光并将通过感光介质的化学变化来固定此时产生的干涉条纹的纯粹的光学方法。与此相对, 最近, 已确立有在计算机上模拟此种光学处理, 通过运算来计算干涉条纹的信息并以某种物理方法将其结果固定在介质上的方法。以这种方法创建的全息图一般被称为计算机合成全息图 (CGH: Computer Generated Hologram)。

[0195] 记录在本发明所使用的全息图记录介质的全息图可以是这样的计算机合成全息图。即, 也可以替代用 § 2 所述的光学处理创建全息图记录介质, 执行使用了来自假想的散射体的假想物体光与假想参照光的模拟运算, 求出在假想记录面上产生的干涉条纹的信息, 并将此信息以物理方法记录在介质上, 以创建计算机合成全息图。

[0196] 图 22 是示出用 CGH 的方法创建本发明的照明单元的构成要素即全息图记录介质的原理的侧视图, 示出在电脑上模拟图 8 所示的光学现象的方法。此处, 图 22 所示的假想的散射体 30' 与图 8 所示的真实的散射体 30 对应, 图 22 所示的假想的记录面 40' 与图 8

所示的真实的全息图感光介质 40 对应。图示的物体光 L_{obj} 是从假想的散射体 30' 发出的假想的光, 图示的参照光 L_{ref} 是与该物体光 L_{obj} 相同波长的假想光。参照光 L_{ref} 是在会聚点 C 会聚的光这一点与至此为止叙述的方法完全相同。对在记录面 40' 上的各点, 运算该假想的物体光 L_{obj} 与参照光 L_{ref} 的干涉条纹的信息。

[0197] 此外, 作为假想的散射体 30', 例如, 也可使用以多面体等表现的细微的三维形状模型, 但此处使用在平面上将多个点光源 D 排列成格子状的单纯的模型。图 23 是图 22 所示的假想的散射体 30' 的正视图, 小 (白) 圈分别表示点光源 D。如图所示, 多个点光源 D 以横方向间距 P_a 、纵向间距 P_b 排列成格子状。间距 P_a 、 P_b 是确定散射体的表面粗度的参数。

[0198] 本申请发明人将点光源 D 的间距 P_a 、 P_b 分别设定成 $10\ \mu\text{m}$ 左右的尺寸以运算在记录面 40' 上产生的干涉条纹的信息, 根据其结果, 在真实的介质表面形成凹凸图案, 创建了表面起伏型的 CGH。于是, 构成了将该 CGH 用作全息图记录介质 45 的照明单元 100, 获得抑制斑点的良好照明环境。

[0199] 图 24 是示出利用本发明获得了斑点降低效果的实验结果的表。一般而言, 作为表示在受光面 R 上产生斑点的程度的参数, 提出有使用称为斑点对比 (单位: %) 的数值的方法。该斑点对比是被定义为在本应实现均匀亮度分布的条件下将实际产生的亮度偏差的标准偏差除以亮度的平均值而得的值的量。该斑点对比的值越大意味着受光面 R 上的斑点产生程度越大, 对观察者而言, 斑点状的亮度不均图案更显著。

[0200] 图 24 的表示出针对利用图 13 所示的照明的单元 100 或用于与其对比的现有照明单元照明载置台 210 的 4 种测定系统, 测定载置台 210 上面的斑点对比的结果。测定例 1 ~ 3 均为将可射出绿色激光的相同 DPSS 激光装置用作照明单元 100 内的相干光源 50 的结果。此外, 测定例 2、3 所使用的全息图记录介质的扩散角 (从全息图记录介质上的点望向再现像 35 的最大角度) 在任何情况下均设定成 20° 。

[0201] 首先, 测定例 1 所示的测定结果是使用利用扩束器将来自相干光源 50 的光束 L_{50} 放大成为平行光束并将该平行光束 (激光平行光) 直接照射至载置台 210 的测定系统替代使用图 13 所示的照明单元 100, 所得的结果。此情况下, 如表所示, 获得斑点对比为 20.1% 的结果。这是肉眼观察时能够非常显著观察到斑点状的亮度不均图案的状态, 是不适于实用的三维形状测定的等级。

[0202] 另一方面, 测定例 2 及 3 所示的测定结果均为利用图 13 所示的照明单元 100 进行照明的结果。此处, 测定例 2 是利用以光学方法创建的体积型全息图作为全息图记录介质 45 的结果, 测定例 3 是利用上述表面起伏型 CGH 作为全息图记录介质 45 的结果。均获得不足 4% 的斑点对比, 这是肉眼观察时几乎观察不到亮度不均图案的极良好的状态 (一般而言, 若斑点对比值为 5% 以下, 则观察者不会产生不愉悦感)。因此, 作为全息图记录介质 45, 利用了以光学方法创建的体积型全息图的情况与利用了表面起伏型 CGH 的情况均可构成充分实用的三维形状测定装置。测定例 2 的结果 (3.0%) 比测定例 3 的结果 (3.7%) 更好的原因可认为是作为原图像的真实散射体 30 的分辨率比假想的散射体 30' (图 23 所示的点光源的集合体) 的分辨率高。

[0203] 最后的测定例 4 所示的测定结果是使用将来自绿色的 LED 光源的光直接照射至载置台 210 的测定系统替代使用照明单元 100, 所得的结果。由于原本 LED 光源并非相干光

源,因此不需考虑斑点产生的问题,如表所示,获得斑点对比为4.0%的良好结果。使用了非相干光的测定例4的结果较使用了相干光的测定例2、3的结果差的原因可认为是因为LED光源发出的光本身产生亮度不均。

[0204] 5-3. 线状图案U的扫射方式

[0205] 在图3所示的基本实施方式的物体的三维形状测定装置设有图案扫射机构200。此处所示的图案扫射机构200由放置物体M的载置台210、及使该载置台210在与作为线状图案U的构成要素的线正交的方向移动的传送装置220构成。即,在图1中,通过使载置台210沿白色箭头的方向移动,从而进行线状图案U对物体M的扫射。

[0206] 然而,图案扫射机构200的构成并不限于上述构成。例如,传送装置220具有使照明单元100与载置台210中一方相对另一方移动的功能即可。因此,也可以使照明单元100相对于载置台210在与作为线状图案U的构成要素的线正交的方向移动来代替使载置台210移动。

[0207] 而且,图案扫射机构200未必需要采用上述进行机械式扫射的机构,也可以采用进行光学式扫射的机构。例如,若通过可改变从照明单元100获得的全息图的再现光的方向的光学系统(例如,多面镜)构成图案扫射机构200,则能使利用再现光投影的线状图案U在与作为其构成要素的线正交的方向光学扫射。

[0208] 扫射投影至物体M的线状图案U的另一方法是,预先将全息图记录介质分割成多个分割区域,在各分割区域预先记录分别在不同的位置产生线状图案U的再现像的不同全息图的方法。即,投影至物体M上的线状图案U通过从全息图记录介质获得的全息图的再现光而形成,因此预先记录分别在不同的位置产生再现像的多个全息图,若依序使其再现,则实质上进行与至此为止说明的图案扫射机构200进行的扫射相同的扫射。

[0209] 图25是显示用于此变形例的全息图记录介质88的俯视图。如图所示,全息图记录介质88被分割成多(n)个分割区域88-1、88-2、88-3……88-n,在各分割区域88-1、88-2、88-3……88-n分别记录有图4所示的线状散射体30的像。

[0210] 如在5-1所述,在以光束的一维扫射为前提的情况下,以使用图21所示的圆柱状透镜24的记录方法进行向具有细长带状平面的全息图感光介质80的记录,可创建具有图20所示的纵宽Db的细长全息图记录介质85。图25所示的全息图记录介质88相当于所谓将图20所示的带状全息图记录介质85纵向排列n组。实际上,记录在各分割区域88-1、88-2、88-3……88-n的全息图的干涉条纹与记录在图20所示的带状全息图记录介质85的干涉条纹相同。

[0211] 若相较于在至此为止说明的基本实施方式使用的全息图记录介质45,则图25所示的全息图记录介质88在再现像35的位置产生不同。即,对前者进行再现时,如图16所示,无论对介质上哪个位置照射光束,产生再现像35的位置皆相同。其原因在于,在全息图记录介质45的整个面记录有相同的线状散射体30的像。与此相对,对在后者进行再现时,与照射光束的分割区域对应,产生再现像35的位置不同。其原因在于,在各分割区域分别记录有个别独立的线状散射体30的像。

[0212] 图26是示出图25所示的全息图记录介质88上的光束的扫射方式的俯视图。例如,对第1分割区域88-1进行再现时,虽从此分割区域88-1内的开始区域A1S至结束区域A1E在水平方向进行扫射,但此时产生的再现像形成图27所示的第1线状图案U1。而且,

对第 2 分割区域 88-2 进行再现时,虽从此分割区域 88-2 内的开始区域 A2S 至结束区域 A2E 在水平方向进行扫射,但此时产生的再现像形成图 27 所示的第 2 线状图案 U₂。以下同样地,最后,对第 n 分割区域 88-n 进行再现时,虽从此分割区域 88-n 内的开始区域 AnS 至结束区域 AnE 在水平方向进行扫射,但此时产生的再现像形成图 27 所示的第 n 线状图案 U_n。

[0213] 其结果,通过从各分割区域 88-1、88-2、88-3……88-n 获得的全息图的再现光分别投影由 1 条线构成的线状图案 U₁、U₂、U₃……U_n。换言之,通过从任一个分割区域获得的全息图的再现光投影的线状图案与通过从任意另一个分割区域获得的全息图的再现光投影的线状图案被形成于空间上的不同位置。

[0214] 因此,如图 26 所示,若以光束扫射全息图记录介质 88 的所有分割区域,则在载置台 210 上,如图 27 所示,形成由 n 条线状图案 U₁、U₂、U₃……U_n 构成的合并线状图案 U,但实际上,该合并线状图案 U 并非是同时出现的图案,是逐行依序出现的图案。

[0215] 因此,在图 13 所示的照明单元 100 中,使用图 25 所示的全息图记录介质 88 替代全息图记录介质 45,通过光束扫射装置 60,如图 26 所示,按照第 1 个分割区域 88-1、第 2 个分割区域 88-2、第 3 个分割区域 88-3、… 这样的指定顺序进行光束的扫射。

[0216] 如此,光束扫射第 i 个 (i = 1、2、3、……) 分割区域 88-i 时,在空间上的第 i 个位置投影第 i 个线状图案 U_i。即,以扫射第 1 个分割区域 88-1 时,图 27 所示的第 1 个线状图案 U₁ 出现,扫射第 2 个分割区域 88-2 时,图 27 所示的第 2 个线状图案 U₂ 出现……这样的方式,由 1 条线构成的线状图案 U_i 依序出现。这与以线状图案 U_i 扫射物体 M 上的情况相同。

[0217] 此外,在上例中,也可以在各分割区域分别记录有 1 条线状散射体 30 的像,但在各分割区域分别记录有多条线状散射体 30 的像。此时,光束扫射第 i 个 (i = 1、2、3、……) 分割区域 88-i 时,在空间上的第 i 个位置投影由多条线构成的线状图案 U_i。

[0218] 如上述,若使用图 25 所示的全息图记录介质 88,通过光束扫射装置 60,进行如图 26 所示的扫射,则光束扫射装置 60 兼具至此为止说明的基本实施方式中图案扫射机构 200 的作用。因此,不需另外设置图案扫射机构 200。

[0219] 此外,形成在全息图记录介质 88 的 n 个分割区域,理论上可以是分别为具有任意形状的区域。然而,为了记录图 4 所示的细长线状散射体 30 的像,实用上,如图 25 所示的例,优选进行横向细长的多个分割区域 88-1、88-2、88-3……88-n 在纵向排列配置的分割,以各分割区域 88-1、88-2、88-3……88-n 的长边方向与从各分割区域 88-1、88-2、88-3……88-n 获得的再现像 35 的长边方向平行的方式进行全息图的记录。其原因在于,由于在记录在全息图记录介质上的干涉条纹的衍射能力(表示使入射光弯折至多大程度的角度为止的能力)有界限,因此在细长记录区域使细长现图像与长边方向一致来记录效率较佳。

[0220] 5-4. 线状图案 U 的形状

[0221] 在上述 5-3 中,虽说明了以扫射投影在物体 M 上的线状图案为前提的实施方式,但本发明的物体的三维形状测定装置中,未必需要进行线状图案的扫射(当然,为了降低斑点需要光束的扫射。本发明中,在全息图记录介质上的光束的扫射与在物体 M 上的线状图案的扫射是完全不同的扫射)。

[0222] 原本,在至此为止说明的实施方式中,扫射线状图案的原因在于,在线状图案是由 1 条线构成的图案的前提下,测定物体 M 的整体形状。例如,在图 1 所示的例的情况下,若

不进行线状图案 U 的扫射,则仅能进行沿通过半球状物体 M 的顶点的圆周部分的形状测定。通过使线状图案 U 相对于物体 M 沿图中白色箭头方向扫射,物体 M 的整体形状测定始成为可能。

[0223] 然而,线状图案未必需要是由 1 条线构成的图案。即,若预先在全息图记录介质记录原本由多条线构成的原图像,则全息图再现像也成为由多条线构成的线状图案,因此在物体 M 上投影一次有由多条线构成的条纹花纹的线状图案。因此,即使不在物体 M 上扫射线状图案,也可进行物体 M 的整体形状测定。

[0224] 图 28 是示出记录在这种变形例中使用的全息图记录介质的散射体 30A 的形状的俯视图。在至此为止说明的基本实施方式中,将图 4 所示的 1 条细长线状散射体 30 作为全息图记录,并将其再现像用作线状图案 U,但作为全息图记录的散射体未必是 1 条线状散射体,可以是多条线状散射体。

[0225] 图 28 所示的散射体 30A 是由彼此平行的多 (n) 条线状散射体 30A-1、30A-2、30A-3……30A-n 构成的被称为横格状散射体的集合散射体。若使用将这种散射体 30A 作为全息图记录的全息图记录介质进行再现,则可通过全息图的再现光投影具有彼此平行的多条的线 U1、U2、U3……Un 的线状图案 U。即,能够将具有图 27 所示的条纹花纹的线状图案 U 投影至物体 M 上,通过拍摄单元 300 拍摄在表面投影有这种条纹花纹的物体 M。形状分析单元 400 通过在拍摄图像上分析投影至物体 M 上的条纹花纹的形状,从而创建表示物体 M 的整体形状的三维形状数据 T。

[0226] 当然,也可以投影纵横条纹花纹交叉的网格花纹的线状图案来替代图 27 所示的条纹花纹。具体而言,也可以在全息图记录介质预先重叠记录如图 28 所示的使在横方向延伸的 n 条线状散射体 30A-1、30A-2、30A-3……30A-n 彼此平行地排列在纵向的横格状散射体 30A 的像及如图 29 所示的使在纵向延伸的 m 条线状散射体 30B-1、30B-2、30B-3……30B-m 彼此平行地排列在横方向的纵格状散射体 30B 的像即可。

[0227] 如上所述,若使用将散射体 30A、30B 作为全息图重叠记录的全息图记录介质进行再现,则可通过全息图的再现光投影纵条纹与横条纹重叠的网格花纹的线状图案。拍摄单元 300 能够拍摄在表面投影了这种网格花纹的物体 M,因此形状分析单元 400 通过在拍摄图像上分析投影至物体 M 上的网格花纹的形状,从而创建表示物体 M 的整体形状的三维形状数据 T。

[0228] 为了将横格状散射体 30A 与纵格状散射体 30B 作为全息图重叠记录,使用图 5 所示的光学系统,对相同的全息图感光介质 40 反复进行二次记录全息图的处理即可。即,第一次进行记录图 28 所示的横格状散射体 30A 的处理,第二次进行记录图 29 所示的纵格状散射体 30B 的处理即可。或者,也可以个别创建记录有横格状散射体 30A 的层与记录有纵格状散射体 30B 的层,将两者贴合。

[0229] 作为投影网格花纹的线状图案的另一方法,也可以预先准备图 30 所示的网格状散射体 30C,在全息图记录介质记录该网格状散射体 30C 的像。此时,也通过全息图的再现光投影网格状的线状图案。

[0230] 如上所述,本发明中投影至物体 M 的线状图案 U,未必一定是图 1 所示的由 1 条线构成的图案,也可以是图 27 所示的由多条线构成的条纹状图案,也可以是这种条纹状图案纵横重叠获得的网格状的图案。此外,若将条纹状图案或网格状图案投影至物体 M 上,则不

需使用图案扫射机构 200 即可测定物体 M 的整体形状。

[0231] 当然,根据,也可以进一步设置图案扫射机构 200,在物体 M 上扫射条纹状图案或网格状图案。例如,在投影了图 27 所示的由条纹状花纹构成的线状图案 U 的状态下,若在图的下方扫射该线状图案 U 整体,扫射后的新图案 U1 出现在图案 Un 的下方,则可进行覆盖更广区域的线状图案的投影。

[0232] 或者,预先准备再现从图 27 所示的具有 n 条线的线状图案 U 减去第偶数个图案 U2、U4、U6……后仅由第奇数个图案 U1、U3、U5……构成的线状图案 U 的全息图记录介质,并通过进行基于图案扫射机构 200 的扫射,使第奇数个图案 U1、U3、U5……移动至减去后的第偶数个图案 U2、U4、U6……的位置,其结果,也可进行具有 n 条线的线状图案 U 的投影。

[0233] 如上所述,若本发明中使用的线状图案 U 是包含线成分的图案,则可以是任何图案。形状分析单元 400 通过分析投影至物体 M 上的线的成分,可创建三维形状数据 T。

[0234] 因此,记录在全息图记录介质的散射体也不限于图 4 所示的线状散射体 30,只要是可用作线状图案 U 的形状,则使用何种形状的散射体皆可。图 28 所示的散射体 30A、图 29 所示的散射体 30B、图 30 所示的散射体 30C 是这种散射体的一例。其结果,在本发明中,预先将具有与具有线的成分的线状图案 U 对应的形状的散射体的像记录于全息图记录介质即可。

[0235] 此外,具有图 28~图 30 所示的形状的散射体 30A、30B、30C 虽然可以组合多个图 4 所示的线状散射体 30 来创建,但实用上,将在一片散射体(例如,如乳白玻璃板般,一般称为光学扩散板的板)的上面重叠有遮蔽部分区域的光的光罩者作为散射体的原图像使用即可。

[0236] 例如,若记录图 28 所示的散射体 30A 的像,则准备使光仅透过与图示的线状散射体 30A-1、30A-2、30A-3……30A-n 对应的区域、并遮蔽除此以外的区域的光的光罩,将在一片透光性散射体的上面被覆该光罩的者作为图 5 所示的散射体 30 使用,进行全息图的记录即可。记录图 29 所示的散射体 30B 或图 30 所示的散射体 30C 的像的情况也相同。而且,记录图 4 所示的线状散射体 30 的像的情况也是在一片透光性散射体的上面重叠使光仅透过细长狭缝区域的光罩来进行记录即可。

[0237] 5-5. 全息图记录介质创建的几何学多样性

[0238] 在 § 2. 中,参照图 5 说明了将散射体 30 的全息图像记录在全息图感光介质 40 的方法。该方法是使用会聚在会聚点 C 的参照光创建反射型全息图记录介质的方法,必要的构成要素的几何学配置如图 31 的侧视图所示。

[0239] 图 31 所示的例的情况下,通过凸透镜 23 产生朝向会聚点 C 的会聚参照光 Lref,介质 40 配置在凸透镜 23 与会聚点 C 之间。而且,介质 40 如图倾斜地配置,在其下表面侧照射来自散射体 30 的物体光 Lobj。按这种方法创建的全息图记录介质成为反射型的介质。即,在再现时,如图 32 所示,作为再现用照明光 Lrep 而发挥作用的光束照射至介质 45 的下表面侧,通过来自点 P 的反射衍射光 Ldif 生成再现像 35。

[0240] 如上所述,至此为止说明的例子是记录在全息图记录介质 45 中的全息图为反射型全息图且将光束的反射衍射光用作照明光的例子。与此相对,也可以使记录在全息图记录介质 45 的全息图为透射型全息图并将光束的透射衍射光用作照明光。

[0241] 图 33 是示出创建这样的透射型全息图的情况下的几何学配置的侧视图。与图 31

所示的配置的不同点在于介质 40 的方向。在图 31 所示的反射型全息图的创建方法中,从介质的上面照射参照光 L_{ref} ,并从介质的下面照射物体光 L_{obj} 。这样,若将参照光与物体光照射至相反侧的面,则能记录反射型的全息图。与此相对,图 33 所示的方法中,参照光 L_{ref} 及物体光 L_{obj} 的两者被照射至介质 40 的上表面。这样,若从相同侧这样地照射参照光与物体光则能记录透射型的全息图。即,在再现时,如图 34 所示,作为再现用照明光 L_{rep} 而发挥作用的光束照射至介质 45 的下表面侧,通过来自点 P 的透射衍射光 L_{dif} 产生再现像 35。

[0242] 而且,至此说明的例子均是使用会聚在会聚点 C 的参照光创建反射型或透射型的全息图记录介质的方法,但也可以替代其使用从会聚点 C 发散的参照光创建反射型或透射型的全息图记录介质。然而,为此必须预先创建准备用全息图记录介质。以下,依序说明用于进行该方法的处理。

[0243] 首先,如图 35 所示,配置准备用全息图感光介质 90 与散射体 30,对介质 90 如图所示从右斜上照射平行的参照光 L_{ref} 。接着,将利用来自散射体 30 的物体光 L_{obj} 与参照光 L_{ref} 产生的干涉条纹记录到介质 90。如上所述,在记录时,若从相同侧照射物体光与参照光,则能记录透射型的全息图。此处,将进行了这种记录的介质 90 称为准备用全息图记录介质 95。

[0244] 图 36 是示出该准备用全息图记录介质 95 的再现处理的侧视图。如图所示,对介质 95 从左斜下照射平行的再现用照明光 L_{rep} ,则通过透射衍射光 L_{dif} 在图的右方产生再现像 35。此处,再现用照明光 L_{rep} 的方向的延长线是与图 35 所示的参照光 L_{ref} 的方向一致的方向,再现像 35 的产生位置与图 35 所示的散射体 30 的配置位置一致。

[0245] 接着,将准备用全息图记录介质 95 的再现像 35 代替实物的散射体 30,进行向全息图感光介质 40 记录散射体 30 的像的处理。即,如图 37 所示,在准备用全息图记录介质 95 的右侧配置全息图感光介质 40,对介质 95 从左斜下照射平行的再现用照明光 L_{rep} ,在图的右侧产生再现像 35。此时,从介质 95 向右侧射出的光为用以使再现像 35 再现的透射衍射光 L_{dif} ,同时对介质 40 实现作为物体光 L_{obj} 的功能。

[0246] 另一方面,从图的下方向介质 40 照射发散参照光 L_{ref} 。该发散参照光 L_{ref} 是从会聚点 C 发散的光(在会聚点 C 存在点光源的情况下从该点光源发出的光),对介质 40 照射圆锥状扩散的光束。在图示的例中,通过在会聚点 C 的位置具有焦点的凸透镜 25,使平行光束 L_{10} 会聚在会聚点 C,产生点光源,以产生发散参照光 L_{ref} 。作为凸透镜 25,例如,若使用直径 1mm 程度的微透镜,则能将激光光源发出的剖面径 1mm 程度的激光束直接用作平行光束 L_{10} ,产生发散参照光 L_{ref} 。

[0247] 在图 37 所示的方法中,物体光 L_{obj} 照射至介质 40 的上表面,参照光 L_{ref} 照射至介质 40 的下表面。这样,若将参照光与物体光照射至相反侧的面,则能记录反射型的全息图。因此,用图 37 所示的方法创建的全息图记录介质 45 成为实质上与用图 24 所示的方法创建的全息图记录介质 45 相同的反射型全息图。因此,在再现时,可以采用图 32 所示的几何学配置。

[0248] 与此相对,图 38 是示出使用发散参照光 L_{ref} 创建透射型全息图的例子的侧视图。与图 37 所示的配置的不同点是介质 40 的方向。在图 37 所示的反射型全息图的创建方法中,从介质的上面照射物体光 L_{obj} ,从介质的下面照射参照光 L_{ref} 。与此相对,在图 38 所

示的方法中,物体光 L_{obj} 及参照光 L_{ref} 的两者都照射到介质 40 的下表面。这样,若从同侧照射参照光与物体光,则能记录透射型的全息图。用图 38 所示的方法创建的全息图记录介质 45 成为实质上与用图 33 所示的方法创建的全息图记录介质 45 相同的透射型全息图。因此,在再现时,采用图 34 所示的几何学配置即可。

[0249] 此外,在图 37 及图 38 所示的记录处理中,作为准备用全息图记录介质 95 虽使用以图 35 所示的方法创建的透射型全息图,但作为准备用全息图记录介质 95 也可以使用以图 39 所示的方法创建的反射型全息图。在图 39 所示的方法中,从准备用全息图感光介质 90 的左侧照射参照光 L_{ref} ,从右侧照射物体光 L_{obj} ,因此,创建的准备用全息图记录介质 95 成为反射型全息图。

[0250] 使用该反射型的准备用全息图记录介质 95 进行再现的情况下,如图 40 所示,从介质 95 的右侧照射再现用照明光 L_{rep} ,通过获得的反射衍射光 L_{dif} 产生再现像 35。因此,在图 37 及图 38 所示的处理中,替代从左侧照射再现用照明光 L_{rep} ,而是从右侧照射。

[0251] 5-6. 光束的平行移动扫描

[0252] 在至此说明的实施方式中,虽采用照明单元 100 内的光束扫描装置 60 在指定扫描基点 B 弯折光束,并使该弯折状态(弯折的方向与弯折角度的大小)随时间变化,从而扫描弯折后的光束的方式,但光束扫描装置 60 的扫描方法,并不限于使光束在扫描基点 B 弯折的方法。

[0253] 例如,也可采用使光束平行移动的扫描方法。然而,此时,也需要变更对全息图记录介质 45 的散射体 30 的记录方法。即,如图 41 所示的例子那样,对全息图感光介质 40 照射由平行光束构成的参照光 L_{ref} ,记录与来自散射体 30 的物体光 L_{obj} 的干涉条纹的信息。换言之,在这样创建的全息图记录介质 46 中,使用由平行光束构成的参照光 L_{ref} 将散射体 30 的像 35 作为全息图记录。

[0254] 图 42 是使用了用图 41 所示的方法创建的全息图记录介质 46 的照明单元 110 的侧视图。如图所示,该照明单元 110 由全息图记录介质 46、相干光源 50、光束扫描装置 65 构成。

[0255] 此处,全息图记录介质 46 是用图 41 所示的方法创建的介质,利用由平行光束构成的参照光 L_{ref} 将散射体 30 的像 35 记录为全息图。而且,相干光源 50 为产生具有与创建全息图记录介质 46 时使用的光(物体光 L_{obj} 及参照光 L_{ref})的波长相同波长(或能再现全息图的近似波长)的相干光束 L_{50} 的光源。

[0256] 另一方面,光束扫描装置 65 虽具有将相干光源 50 产生的光束 L_{50} 照射至全息图记录介质 46 的功能,但此时,以从与在图 41 所示的创建处理使用的参照光 L_{ref} 平行的方向将光束 L_{65} 照射至全息图记录介质 45 的方式进行扫描。更具体而言,使光束 L_{65} 边平行移动边照射至全息图记录介质 46,从而以光束 L_{65} 对全息图记录介质 46 的照射位置随时间变化的方式扫描。

[0257] 进行这种扫描的光束扫描装置 65,例如,可由可动反射镜 66 和驱动该可动反射镜 66 的驱动机构构成。即,如图 42 所示,可以在可接收相干光源 50 产生的光束 L_{50} 的位置配置可动反射镜 66,并设置使此可动反射镜 66 沿光束 L_{50} 的光轴滑动的驱动机构。此外,实用上,通过利用了 MEMS 的微镜器件能够构成具有与上述功能相同的功能的光束扫描装置 65。或者,通过图 13 所示的光束扫描装置 60 使在扫描基点 B 的位置弯折后的光束 L_{60} 通

过在扫描基点 B 具有焦点的凸透镜,也能够产生平行移动的光束。

[0258] 图 42 所示的例子的情况下,接收被可动反射镜 66 反射的光束 L65 的照射的全息图记录介质 46 根据记录的干涉条纹产生衍射光,并通过该衍射光产生散射体 30 的再现像 35。照明单元 110 进行将这样得到的再现像 35 的再现光用作照明光的照明。

[0259] 图 42 中,为方便说明,用点划线表示时刻 t_1 的光束的位置,用双点划线表示时刻 t_2 的光束的位置。即,在时刻 t_1 ,光束 L50 在可动反射镜 66(t_1) 的位置反射,并作为光束 L65(t_1) 照射至全息图记录介质 46 的点 P(t_1),但在时刻 t_2 ,光束 L50 在可动反射镜 66(t_2) 的位置反射(图示的可动反射镜 66(t_2) 是可动反射镜 66(t_1) 移动后的情况),并作为光束 L65(t_2) 照射至全息图记录介质 46 的点 P(t_2)。

[0260] 图中,为了方便说明,仅示出时刻 t_1 、 t_2 的二个时间点的扫描方式,但实际上,时刻 $t_1 \sim t_2$ 期间,光束 L65 在图的左右平行移动,光束 L65 对全息图记录介质 46 的照射位置从图的点 P(t_1) 向 P(t_2) 缓慢移动。即,在时刻 $t_1 \sim t_2$ 期间,光束 L65 的照射位置在全息图记录介质 46 上从点 P(t_1) 向 P(t_2) 扫描。此处,虽说明了使光束 L65 在一维方向(图的左右方向)平行移动的例子,但当然,若设置使光束 L65 也在与图的纸面垂直的方向平行移动的机构(例如,在 XY 载台上配置反射镜的机构),则能使其在二维方向平行移动。

[0261] 此处,光束 L65 是以总是与在图 41 所示的创建处理中使用的参照光 L_{ref} 平行的方式扫描,因此,在全息图记录介质 46 的各照射位置,光束 L65 作为用于再现记录于此的全息图的正确再现用照明光 L_{rep} 而发挥作用。

[0262] 例如,在时刻 t_1 ,通过来自点 P(t_1) 的衍射光 L46(t_1) 产生散射体 30 的再现像 35,在时刻 t_2 ,通过来自点 P(t_2) 的衍射光 L46(t_2) 产生散射体 30 的再现像 35。当然,在时刻 $t_1 \sim t_2$ 的期间,也通过来自光束 L65 所照射的各位置的衍射光同样地产生散射体 30 的再现像 35。即,只要光束 L65 承担平行移动扫描,则无论光束 L65 照射至全息图记录介质 46 上的任何位置,都能通过来自照射位置的衍射光在相同位置产生相同的再现像 35。

[0263] 结果,该图 42 所示的照明单元 110 与图 13 所示的照明单元 100 同样地,具有通过全息图再现光投影线状图案 U 的功能。总之,本发明中,在全息图记录介质中,使用沿指定光路照射的参照光将散射体的像记录为全息图,并通过光束扫描装置以光束对该全息图记录介质的照射方向为沿参照光的光路的方向(光学共轭方向)的方式进行光束的扫描即可。

[0264] 5-7. 微透镜阵列的利用

[0265] 至此说明的实施方式是准备记录有散射体 30 的全息图像的全息图记录介质,并对该全息图记录介质扫描相干光,将获得的衍射光用作照明光的情况。此处,替代该全息图记录介质,论述利用了微透镜阵列的变形例。

[0266] 图 43 是利用了该微透镜阵列的变形例的侧视图。该变形例的照明单元 120 由微透镜阵列 48、相干光源 50、光束扫描装置 60 构成。相干光源 50 与之前说明的实施方式相同,是产生相干光束 L50 的光源,具体而言,可使用激光光源。

[0267] 而且,光束扫描装置 60 与至此说明的实施方式相同,是进行相干光源 50 产生的光束 L50 的扫描的装置。更具体而言,具有使光束在扫描基点 B 弯折以照射至微透镜阵列 48 的功能,且按照使光束 L50 的弯折状态随时间变化从而使光束 L60 对微透镜阵列 48 的照射位置随时间变化的方式扫描。

[0268] 另一方面,微透镜阵列 48 是包括多个独立透镜的集合体的光学元件。构成该微透镜阵列 48 的独立透镜都具有使从扫射基点 B 射入的光折射、并在配置在指定位置的物体 M 的附近面 R(图例情况下,放置有物体 M 的载置台 210 的上面(图的左面))上形成照射区域 I 的功能。

[0269] 该照射区域 I 是形成至此为止说明的实施方式中线状图案 U 的区域,此处所示的实施例的情况下,是图中在上下方向细长的线状的照射区域。即,与图的纸面垂直方向的宽度成为投影的线状图案 U 的宽度(或,也可以是与图的纸面垂直方向成为投影的线状图案 U 的长边方向)。

[0270] 此处的重点在于,利用任一独立透镜形成的照射区域 I 也构成该附近面 R 上的相同的共同区域。换言之,通过任一独立透镜的光都在附近面 R 上的相同位置形成相同的照射区域 I。作为具有这种功能的微透镜阵列,例如,市售有被称为「复眼透镜」的微透镜阵列。

[0271] 图 44 是示出图 43 所示的照明单元 100 的动作原理的侧视图。此处,为方便说明,用点划线表示光束 L60 在时刻 t1 的弯折状态,用双点划线表示在时刻 t2 的弯折状态。即,在时刻 t1,光束 L50 在扫射基点 B 弯折,并作为光束 L60(t1)射入至位于微透镜阵列 48 下方的独立透镜 48-1。该独立透镜 48-1 具有扩大从扫射基点 B 射入的光束并将其照射至物体 M 附近面 R(在该例中,载置台 210 的上面)的二维照射区域 I 的功能。因此,在附近面 R 如图所示地形成有纵向细长的照射区域 I,该照射区域 I 构成线状图案 U。

[0272] 而且,在时刻 t2,光束 L50 在扫射基点 B 弯折,并作为光束 L60(t2)射入至位于微透镜阵列 48 上方的独立透镜 48-2。该独立透镜 48-2 具有扩大从扫射基点 B 射入的光束并将其照射至附近面 R 上的二维照射区域 I 的功能。因此,在时刻 t2,在附近面 R 也如图所示地形成有照射区域 I。

[0273] 在图中,为方便说明,仅示出在时刻 t1、t2 的 2 个时间点的动作状态,但实际上,在时刻 t1 ~ t2 期间,光束的弯折方向平滑地变化,且光束 L60 照射微透镜阵列 48 的照射位置从图的下方往上方缓慢移动。即,在时刻 t1 ~ t2 期间,在微透镜阵列 48 上,上下扫射光束 L60 的照射位置。当然,在作为微透镜阵列 48 而使用多个独立透镜二维配置而成的阵列的情况下,通过光束扫射装置 60 使光束在该二维排列上扫射即可。

[0274] 根据上述微透镜阵列 48 的性质,无论光束 L60 射入任何独立透镜,形成在附近面 R 上的二维照射区域 I(线状图案 U)都共用。即,不论光束的扫射状态怎样,在附近面 R 总是形成相同的照射区域 I(线状图案 U)。因此,如果在该照射区域 I 内配置物体 M,则成为在其表面总投影有线状图案 U 的状态。当然,如果根据需要设置有图案扫射机构 200,则能够在物体 M 上扫射线状图案 U。

[0275] 结果,此处所示的照明单元 120 的情况下,光束扫射装置 60 具有以将光束 L60 照射至微透镜阵列 48 且光束 L60 照射微透镜阵列 48 的照射位置随时间变化的方式扫射的功能。另一方面,构成微透镜阵列 48 的独立透镜均具有使从光束扫射装置 60 照射的光折射、并在指定的附近面 R 上形成线状的照射区域 I 的功能,且被构成为通过任一独立透镜形成的照射区域 I 在附近面 R 上是大致相同的共同区域。因此,能够将该线状照射区域 I 用作至此为止叙述的实施方式中的线状图案 U。

[0276] 在该照明单元 120 的情况也与至此为止叙述的实施方式中的照明单元 100 相同,

照射到附近面 R 的各部的光的入射角度随时间而多样化,而且扫射光束 L60,因此,能够抑制斑点的发生。

[0277] 5-8. 光扩散元件的利用

[0278] 至此,作为基本实施方式,以使用记录有散射体 30 的全息图像的全息图记录介质构成照明单元为例进行说明,在上述“5-7”中,以使用微透镜阵列替代全息图记录介质来构成照明单元为例进行说明。在这样的照明单元中,全息图记录介质或微透镜阵列的结果是实现具有使射入后的光束扩散以在指定面上形成线状的照射区域的功能的光扩散元件的作用。且,该光扩散元件具有形成的照射区域在物体 M 的附近面上是相同的共同区域而与光束的入射位置无关的特征。

[0279] 因此,构成本发明的照明单元不一定要使用上述全息图记录介质或微透镜阵列,一般而言,能使用具有上述特征的光扩散元件构成。

[0280] 总之,本发明的装置所使用的照明单元,本质上,可通过使用产生相干光束的相干光源、控制该光束的方向或位置或两者以进行光束扫射的光束扫射装置、及使射入后的光束扩散并射出的光扩散元件构成。

[0281] 此处,光束扫射装置只要具有以使相干光源产生的光束朝向光扩散元件射出且使该光束入射到光扩散元件的入射位置随时间变化的方式扫射的功能即可。而且,光扩散元件只要被构成为具有使射入后的光束扩散以在位于物体附近的指定附近面上投影线状的照射区域的功能且形成的照射区域在该附近面上是大致相同的共同区域而与光束的入射位置无关即可。

[0282] 工业实用性

[0283] 本发明的扫描器装置可广泛地用于对物体进行光学扫射的用途。上述实施例中,虽说明了将该扫描器装置用于物体三维形状测定装置的例子,但该扫描器装置的用途并不限于三维形状测定装置。例如,也可利用在扫射纸张等二维物体上的信息的用途。

[0284] 另一方面,本发明涉及的物体的三维形状测定装置能以非接触方式测定各种物体的三维形状,因此在以各种物体作为对象实施加工的领域或检查的领域等产业上被广泛应用。

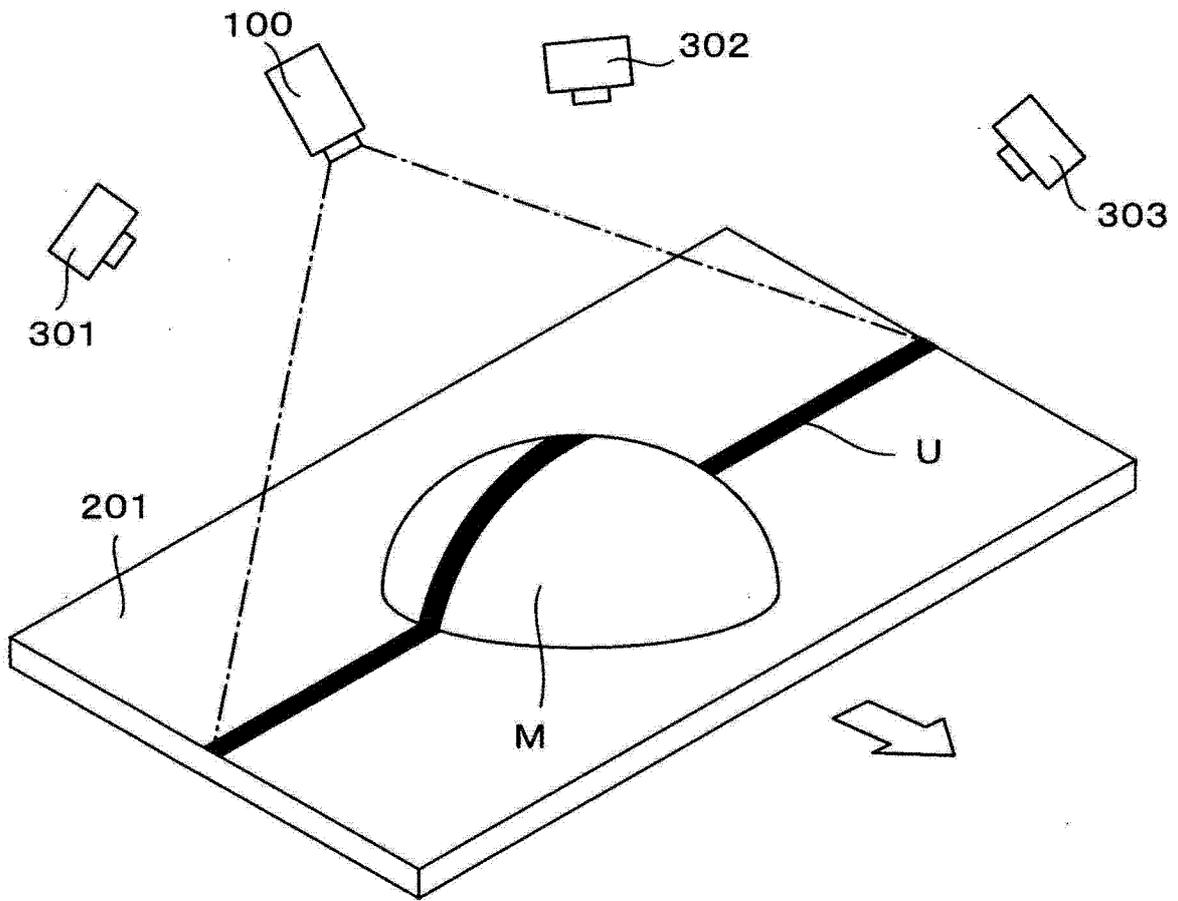


图 1

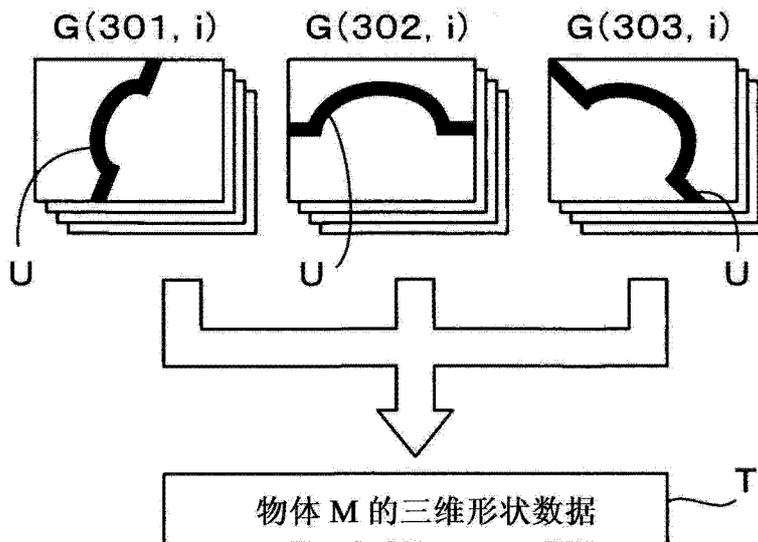


图 2

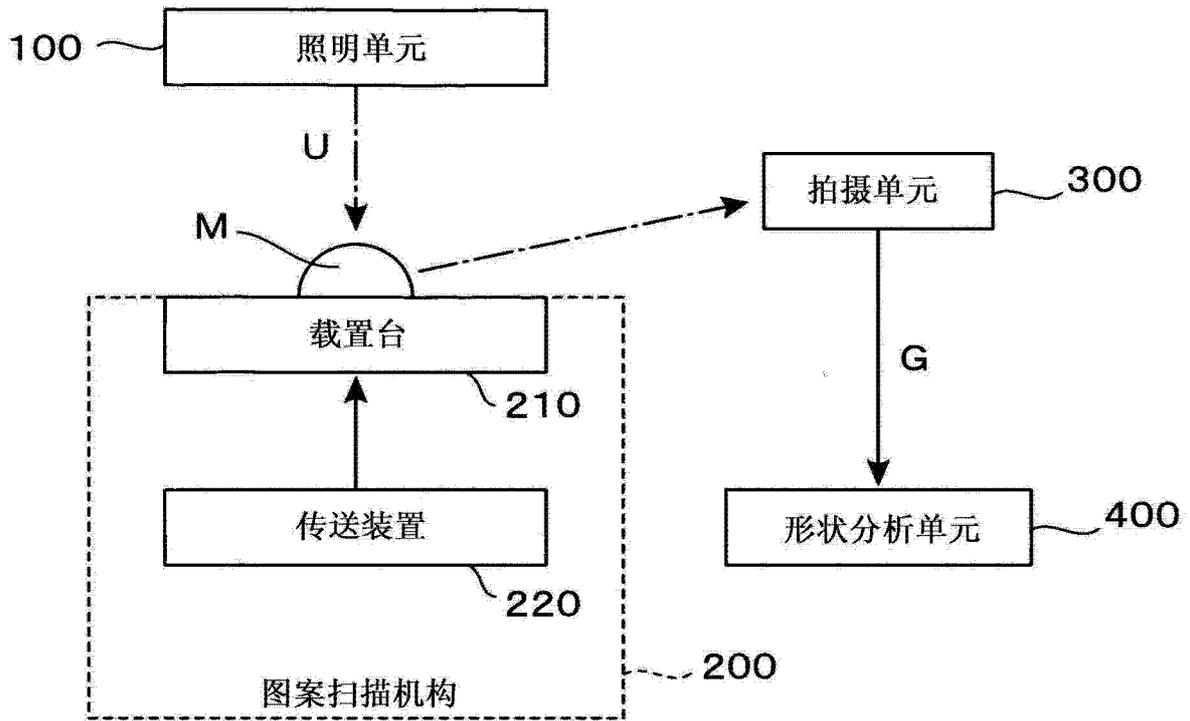


图 3

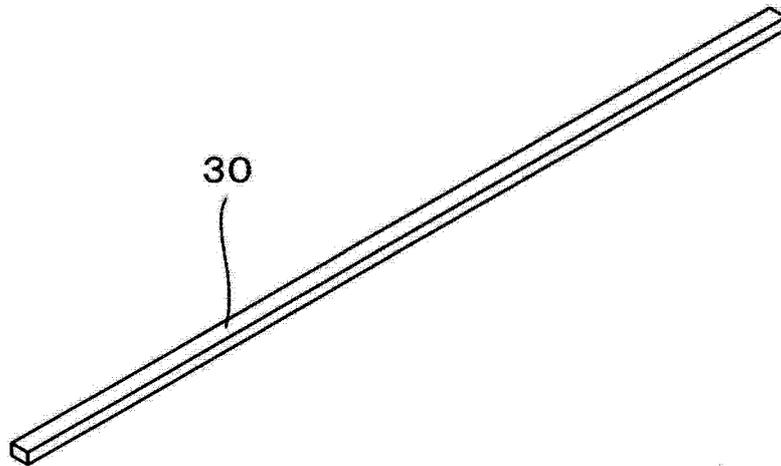


图 4

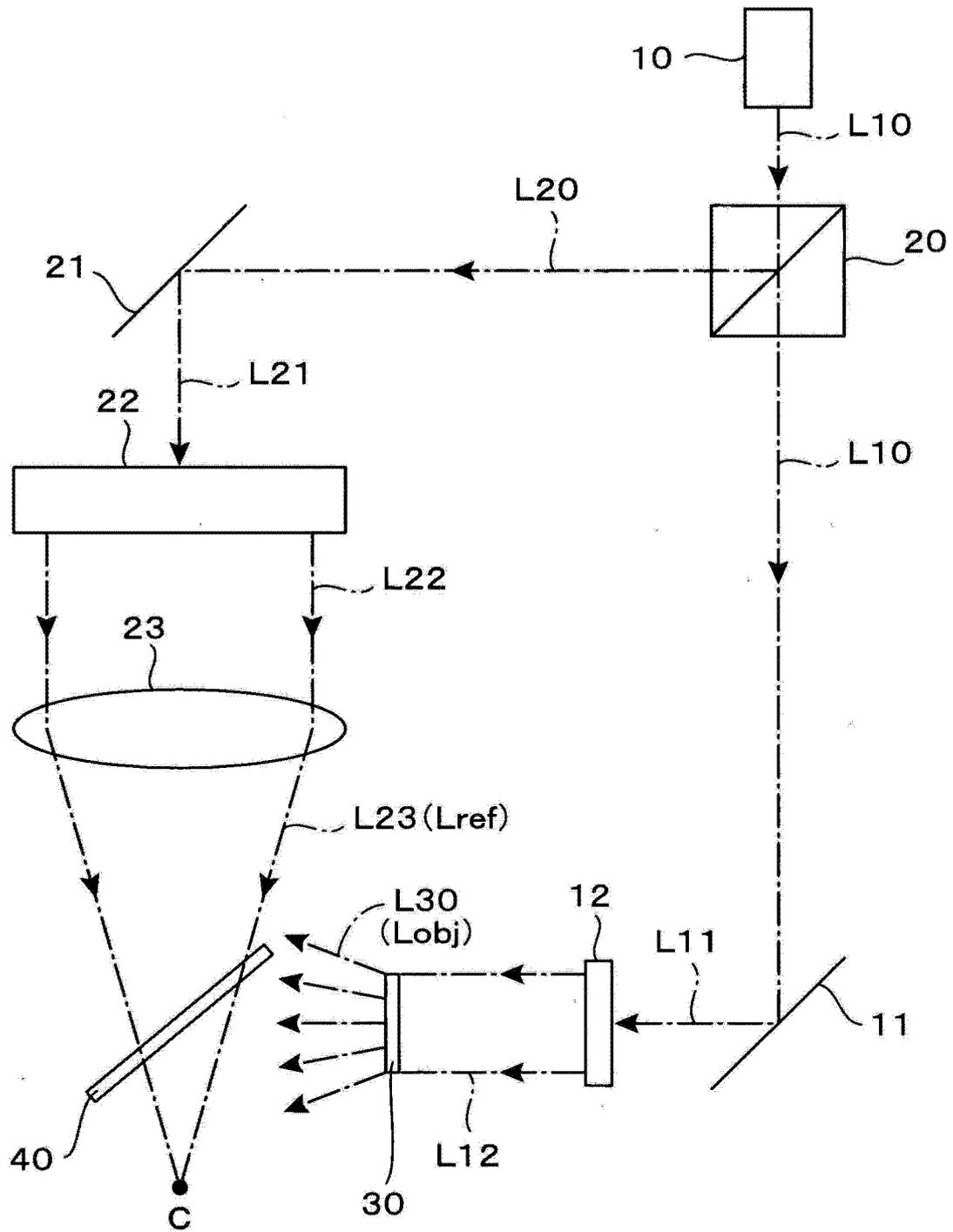


图 5

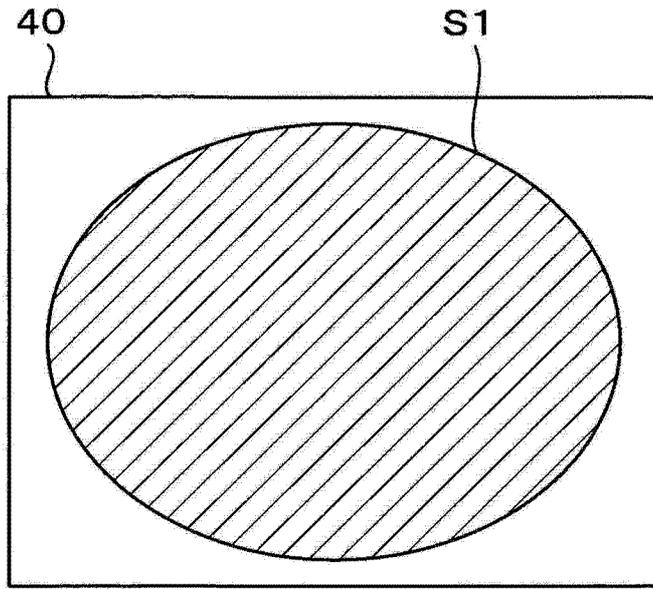


图 6

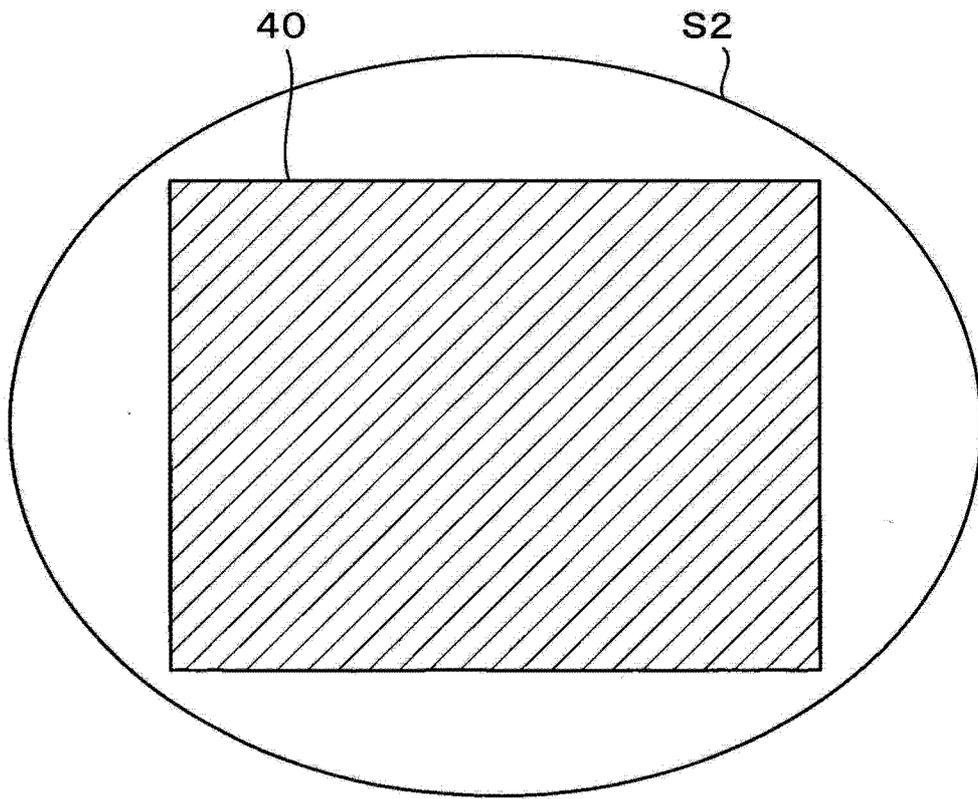


图 7

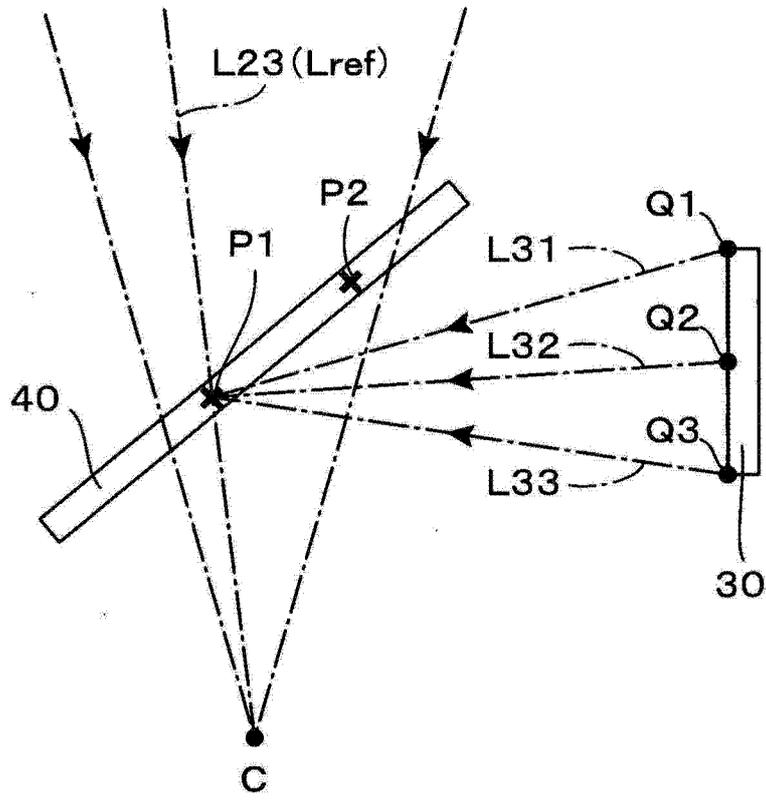


图 8

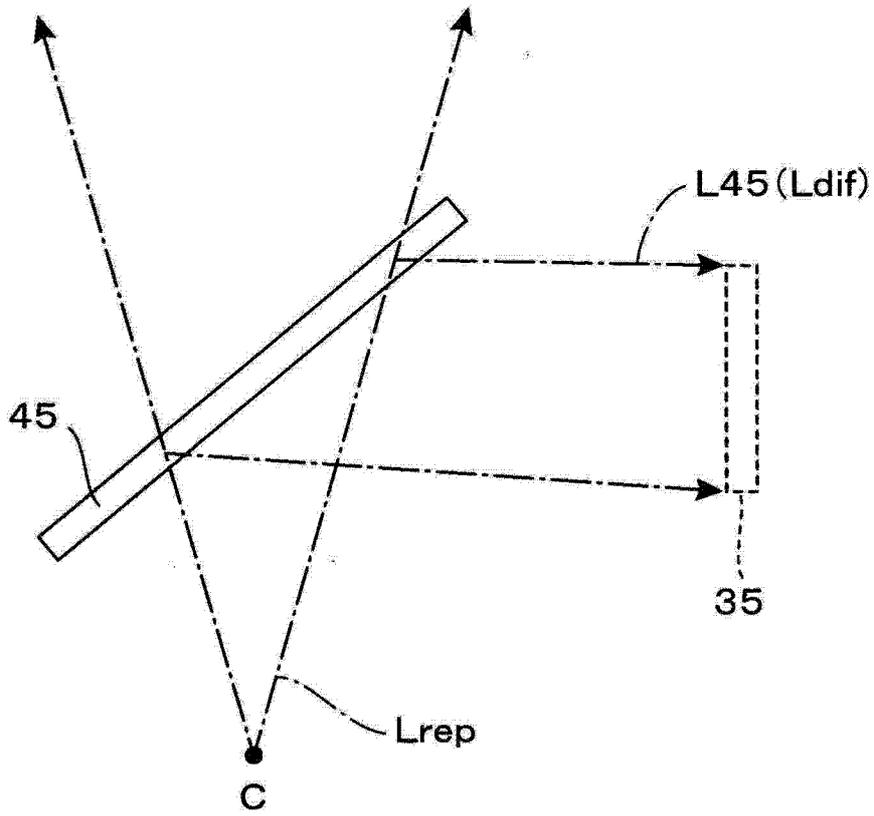


图 9

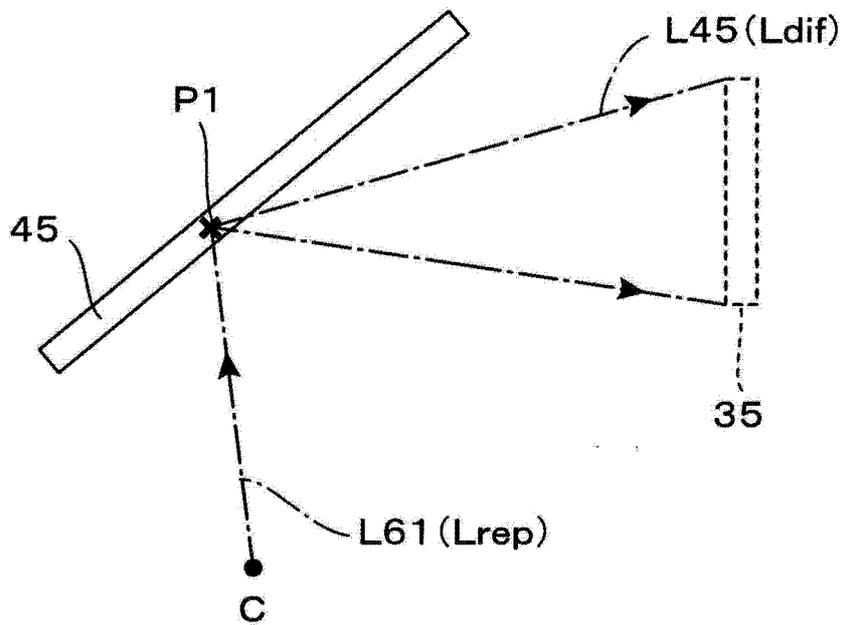


图 10

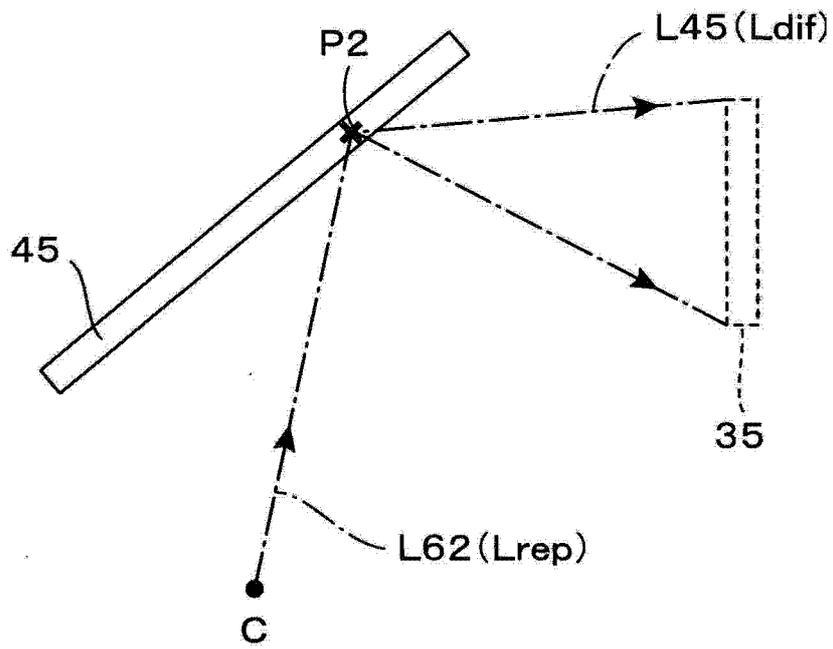


图 11

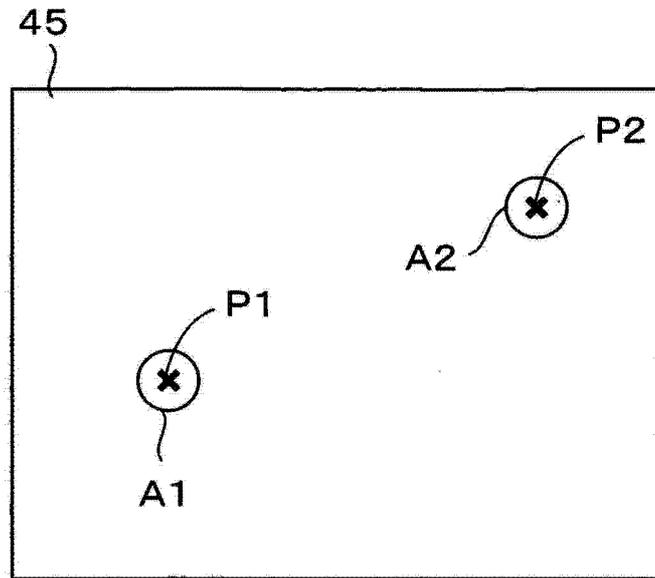


图 12

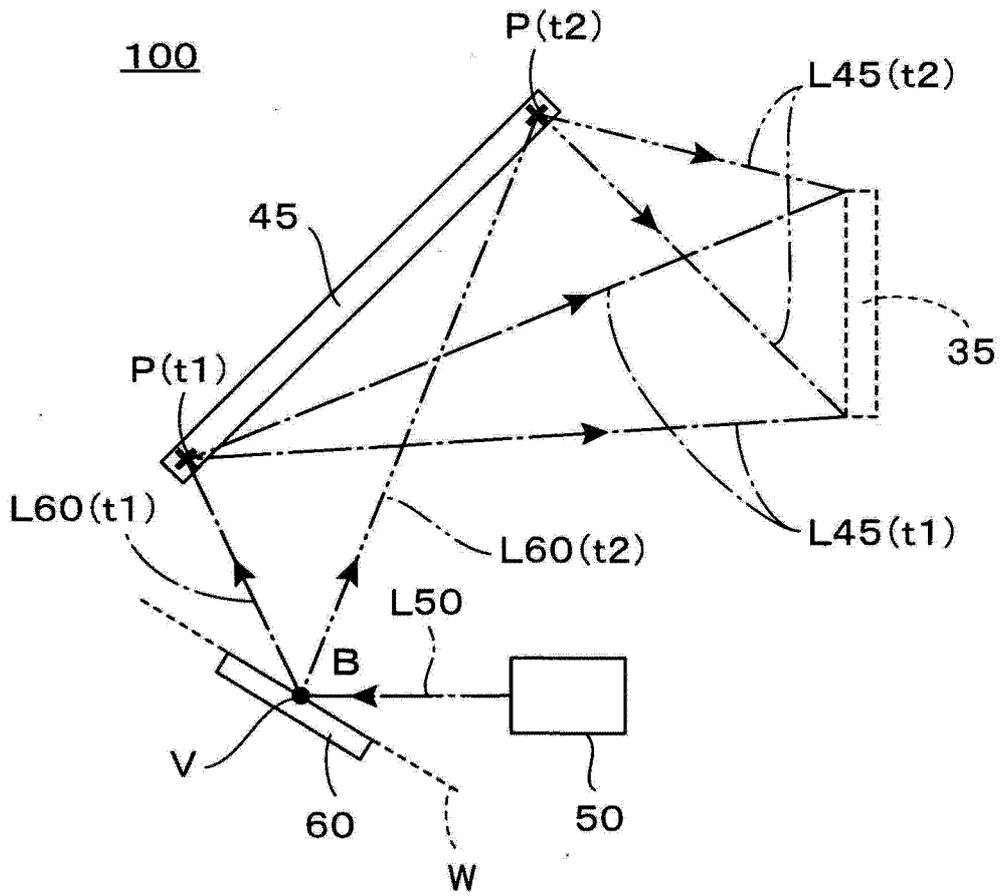


图 13

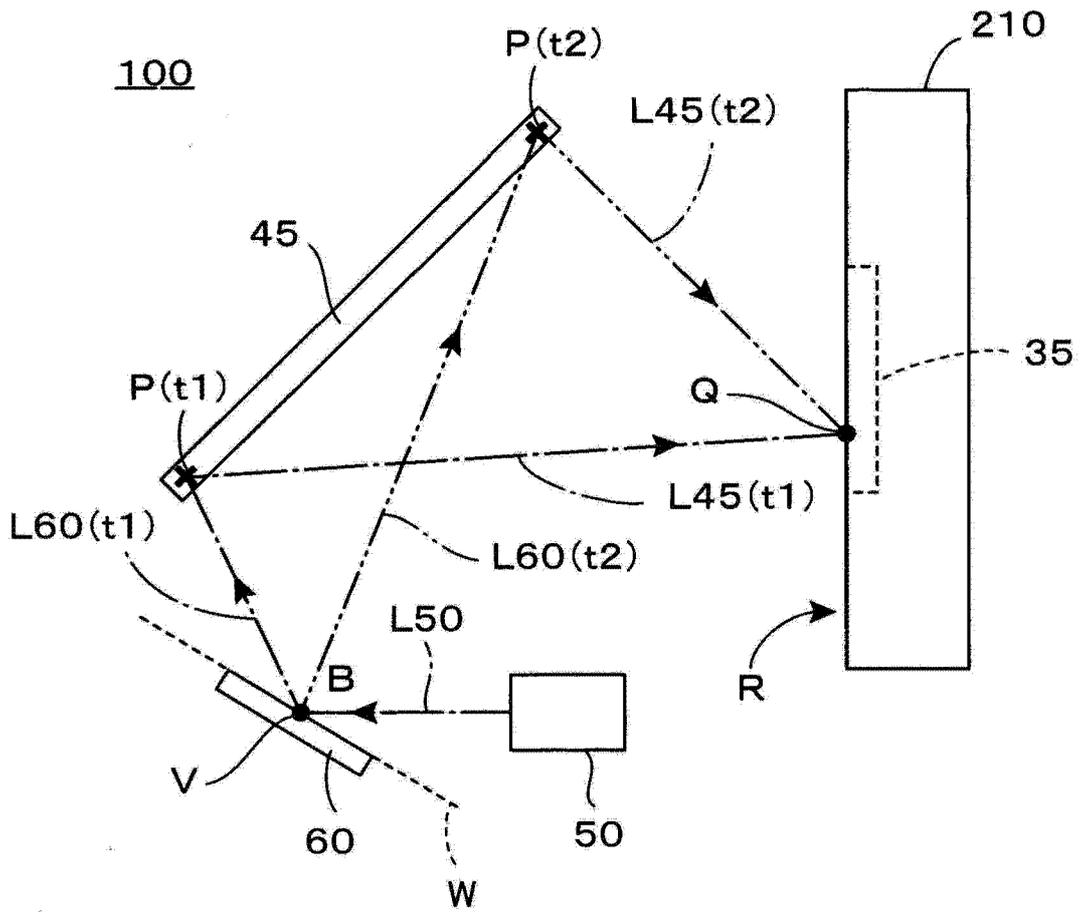


图 14

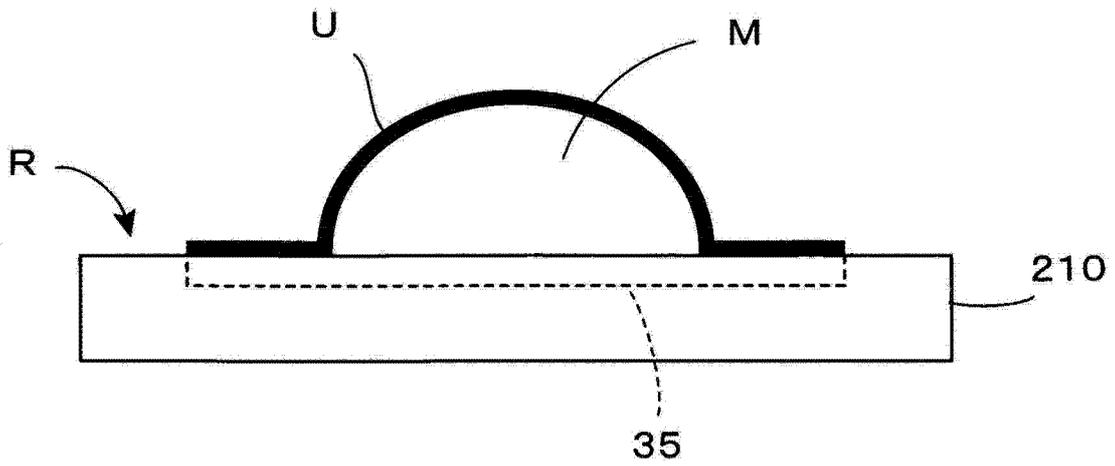


图 15

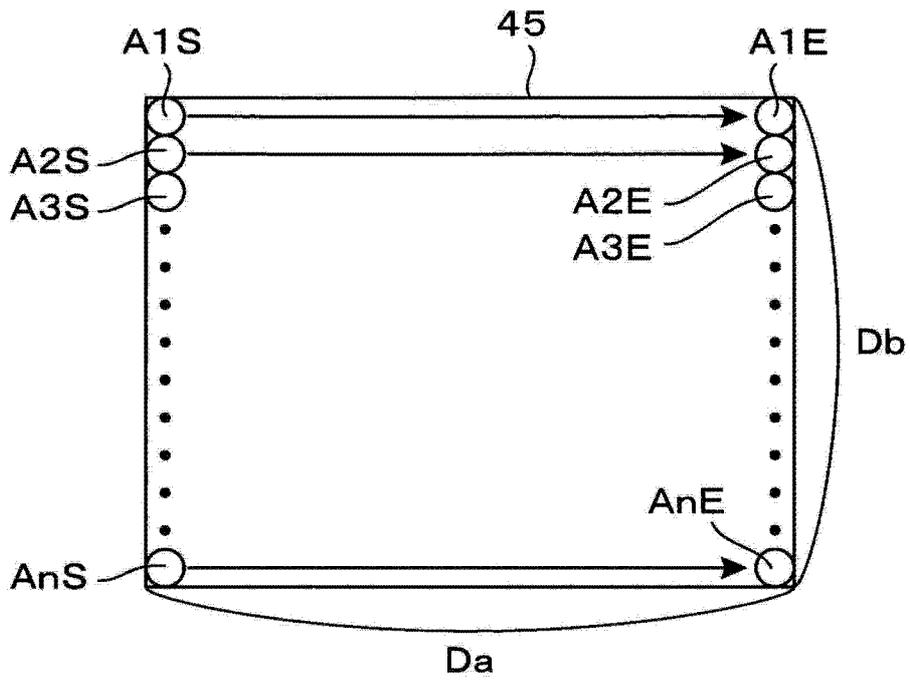


图 16

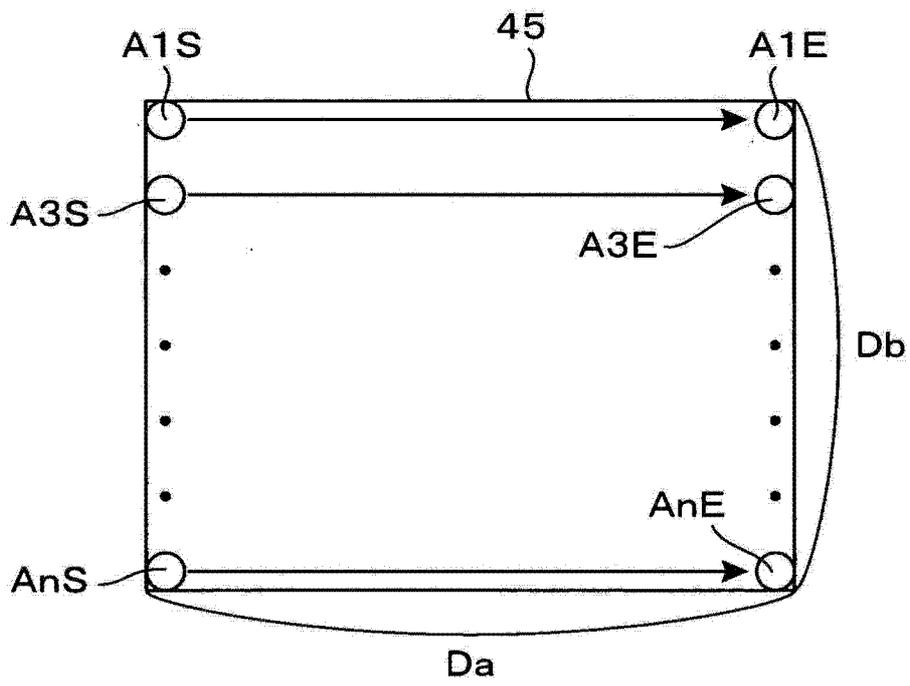


图 17

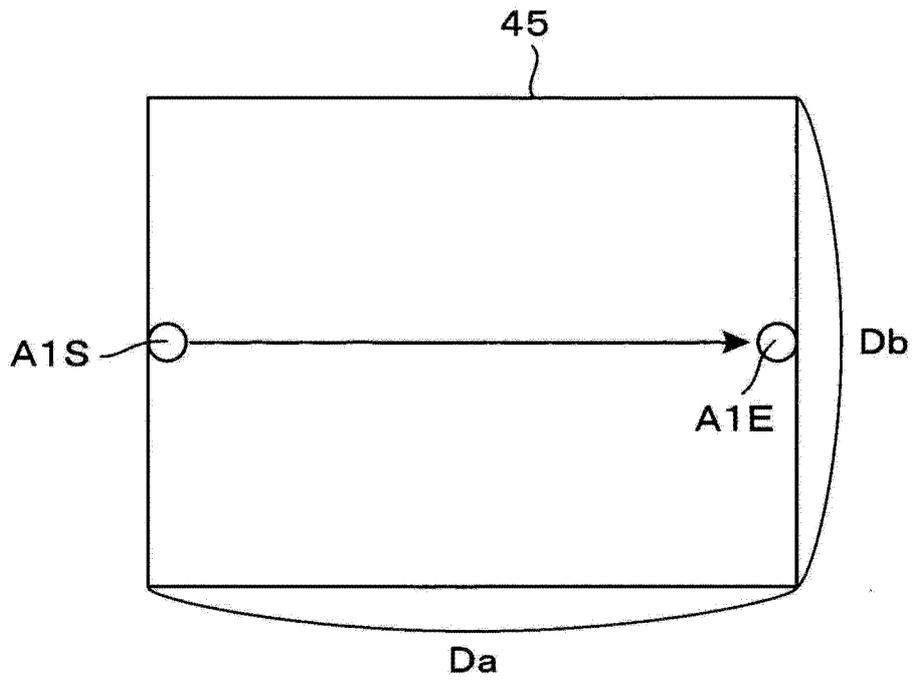


图 18

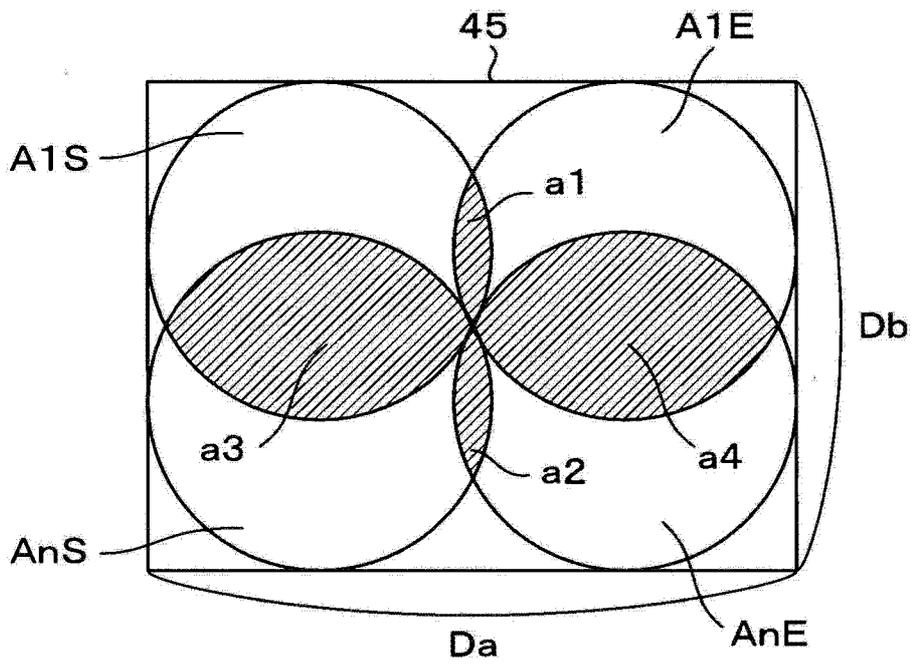


图 19

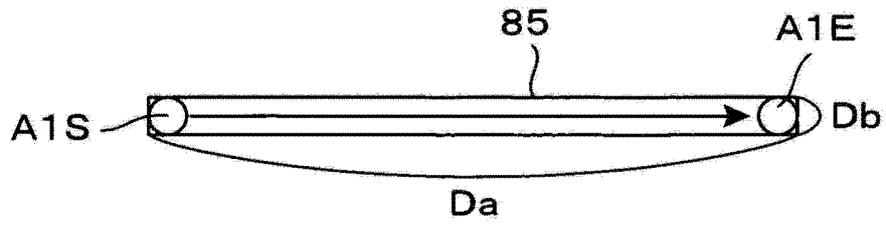


图 20

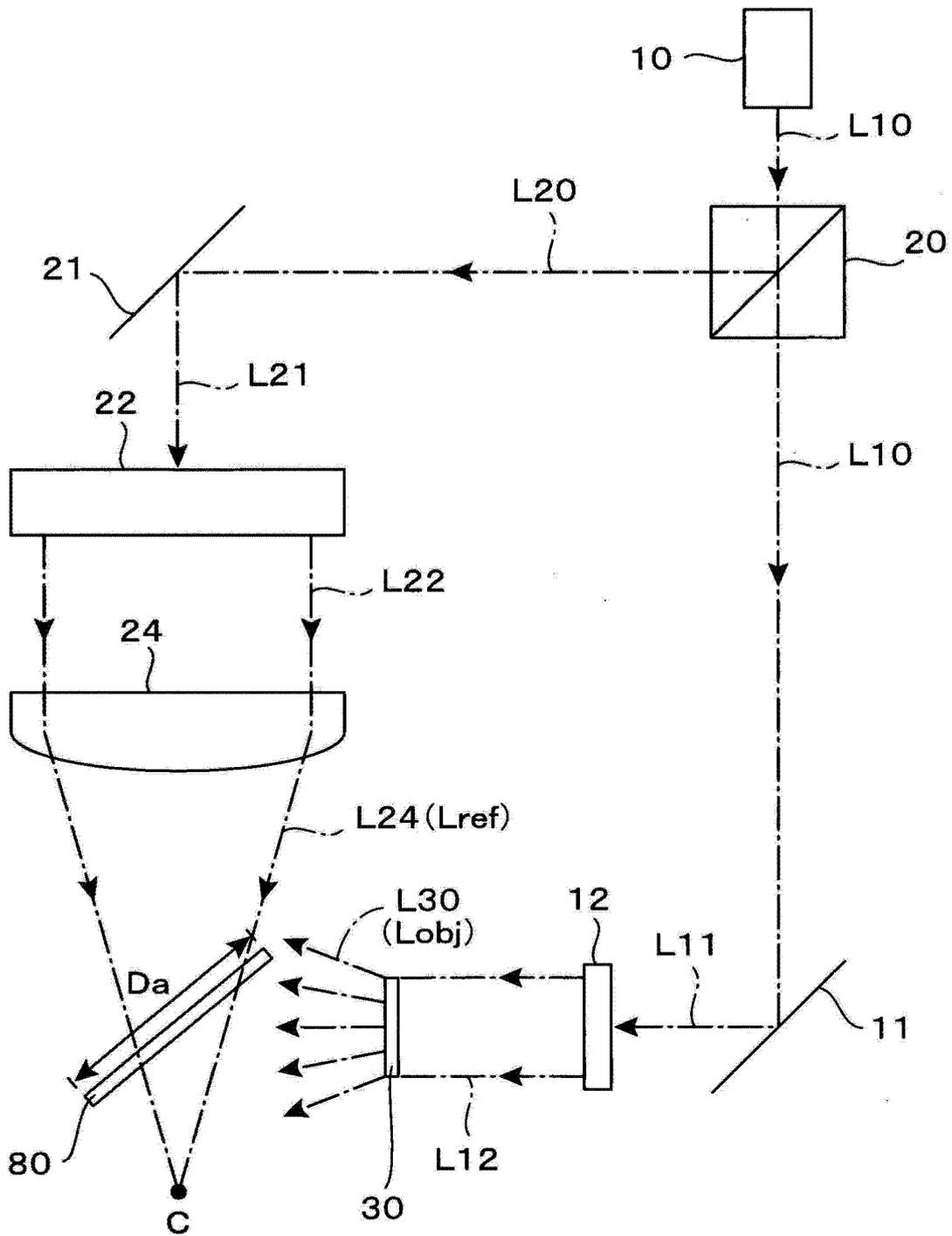


图 21

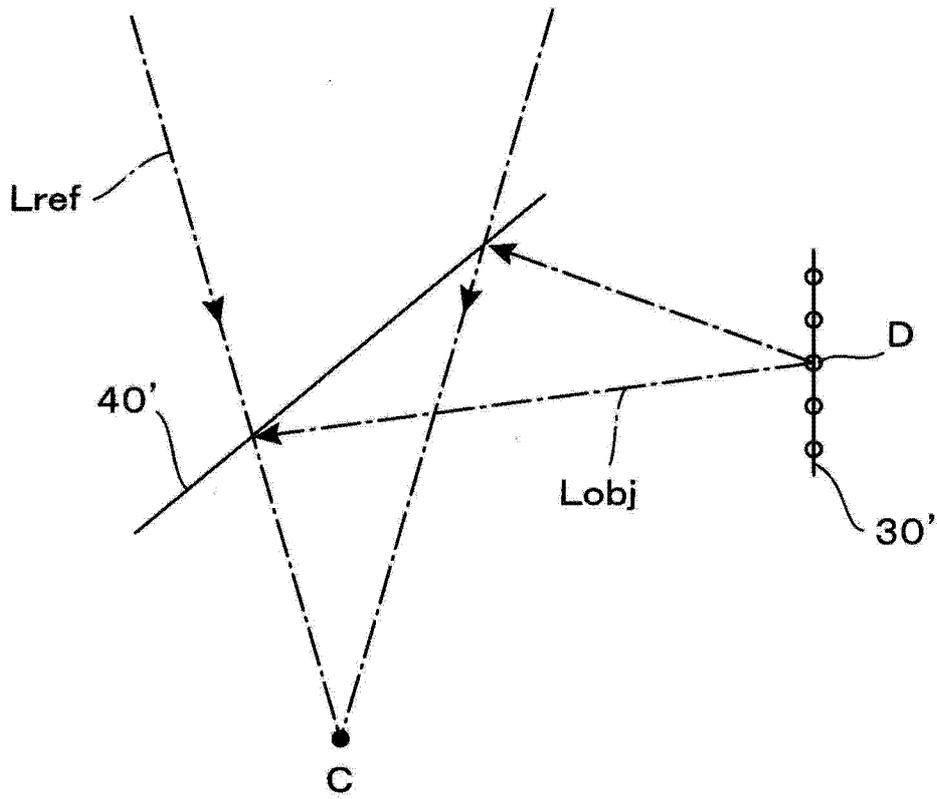


图 22

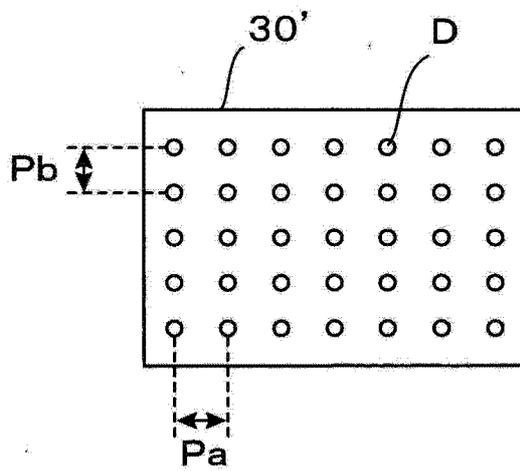


图 23

测定例	测定系统	斑点对比
1	激光平行光	20.1
2	本发明（体积型全息图）	3.0
3	本发明（表面起伏型 CGH）	3.7
4	单色 LED	4.0

图 24

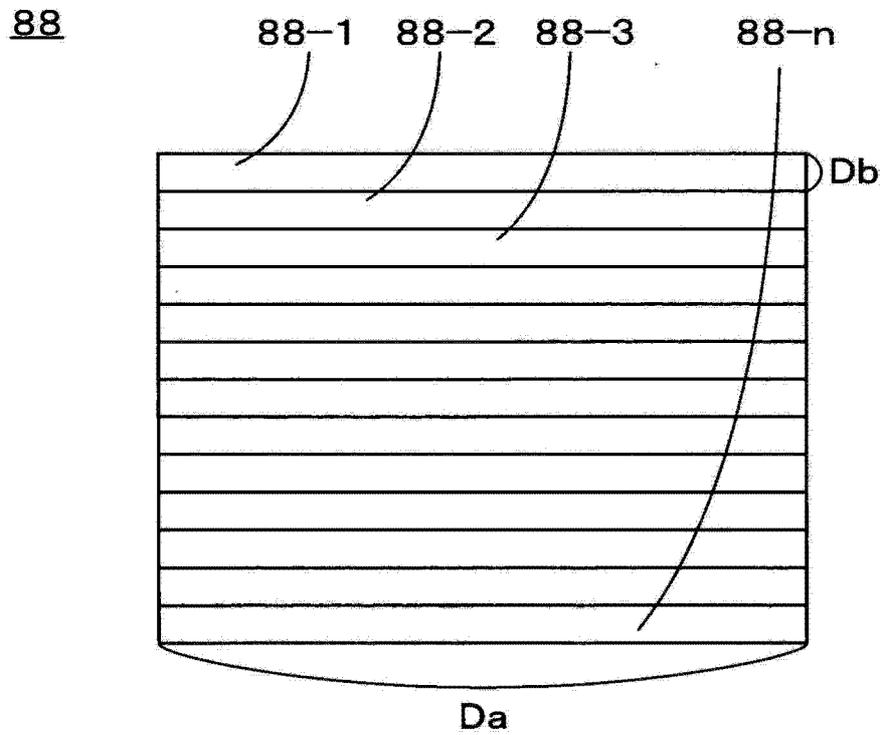


图 25

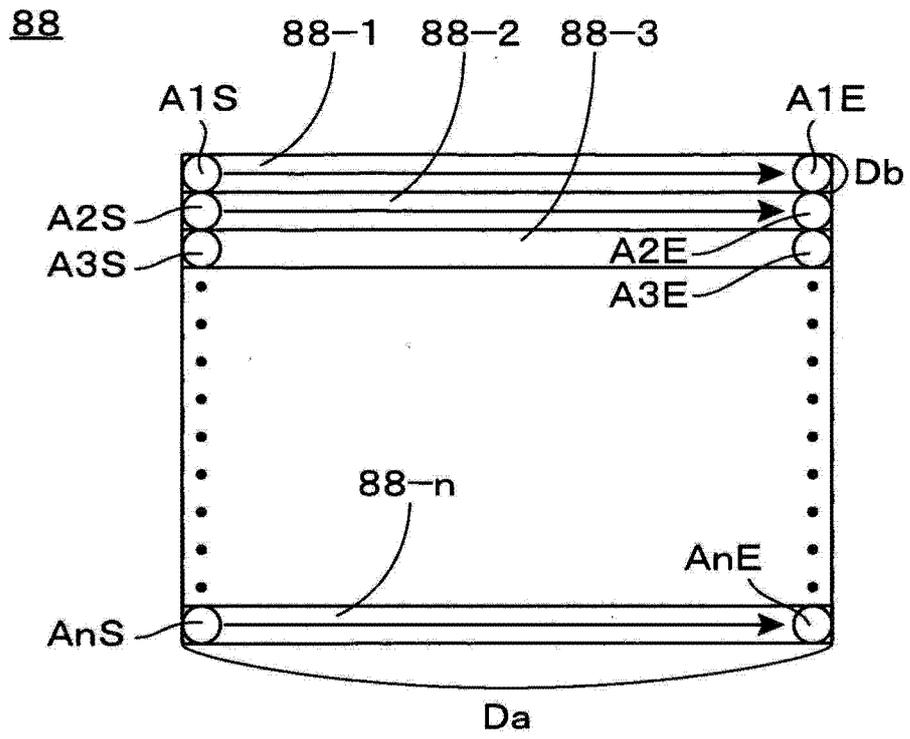


图 26

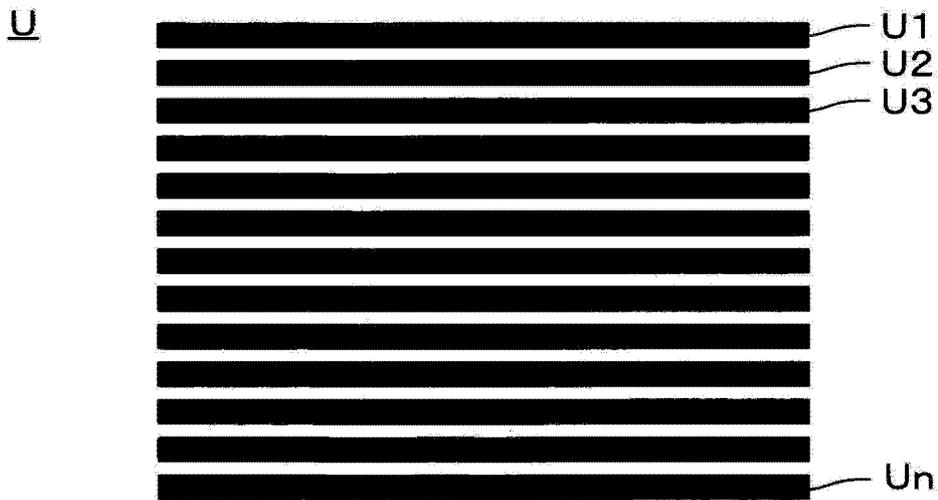


图 27

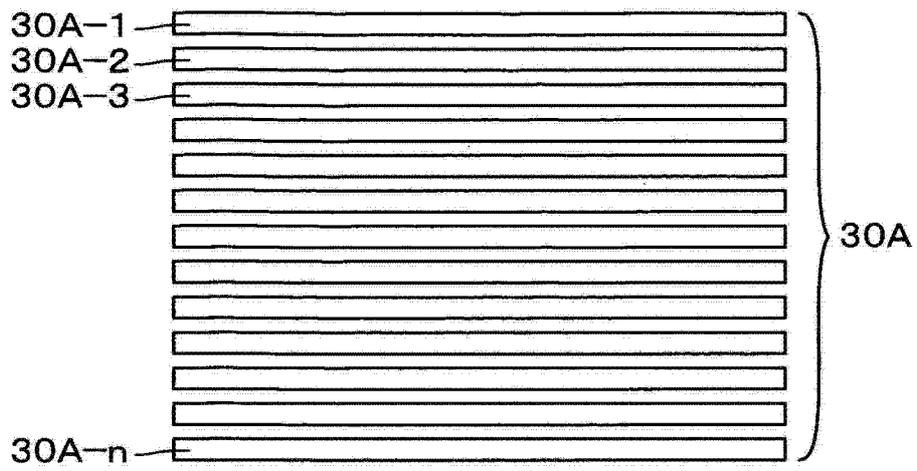


图 28

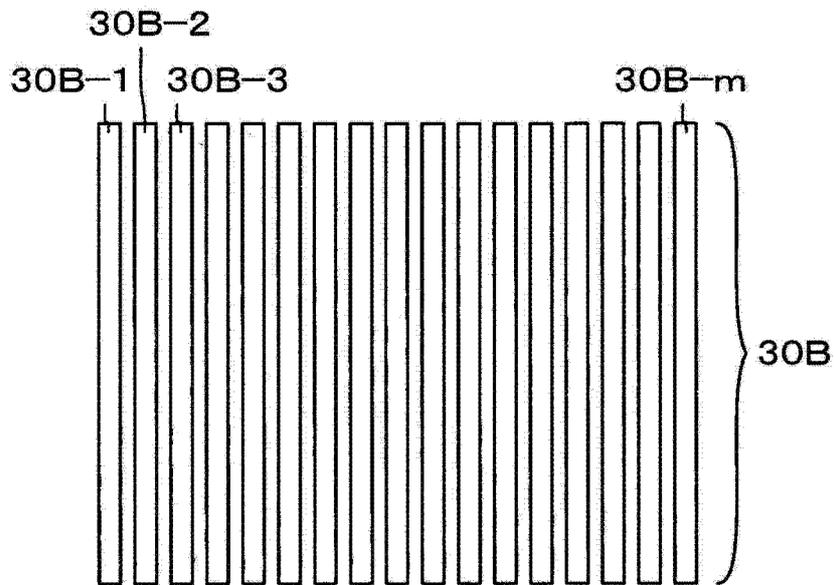


图 29

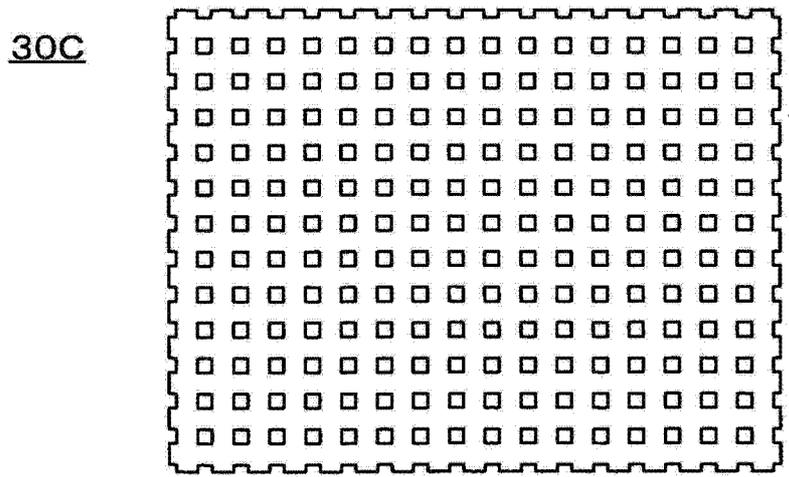


图 30

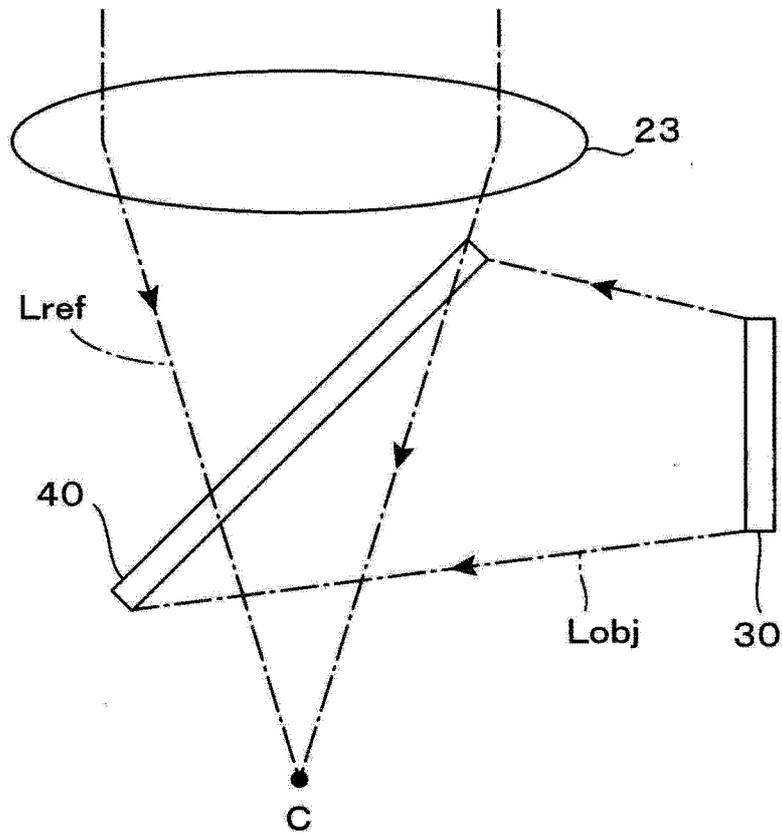


图 31

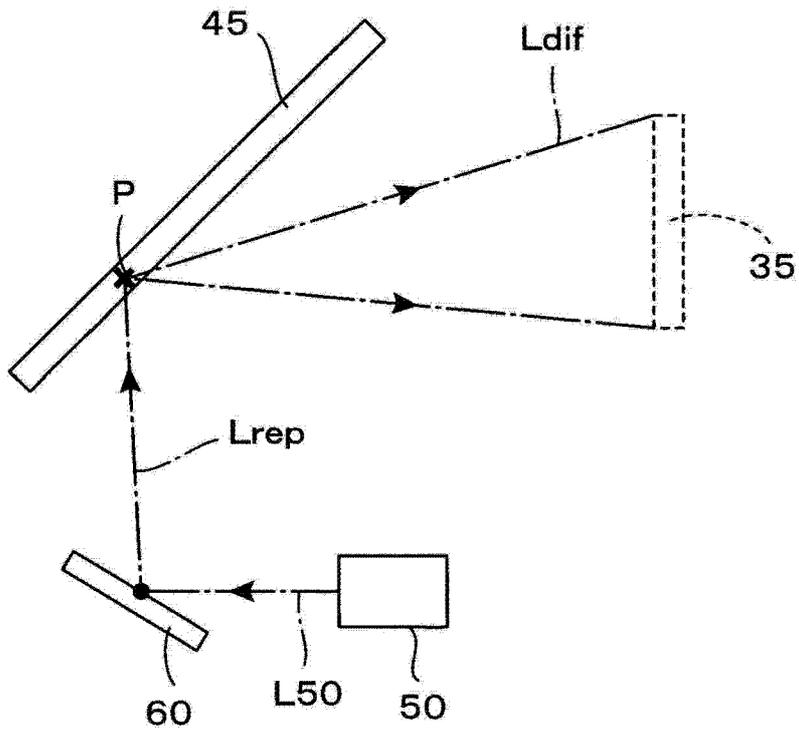


图 32

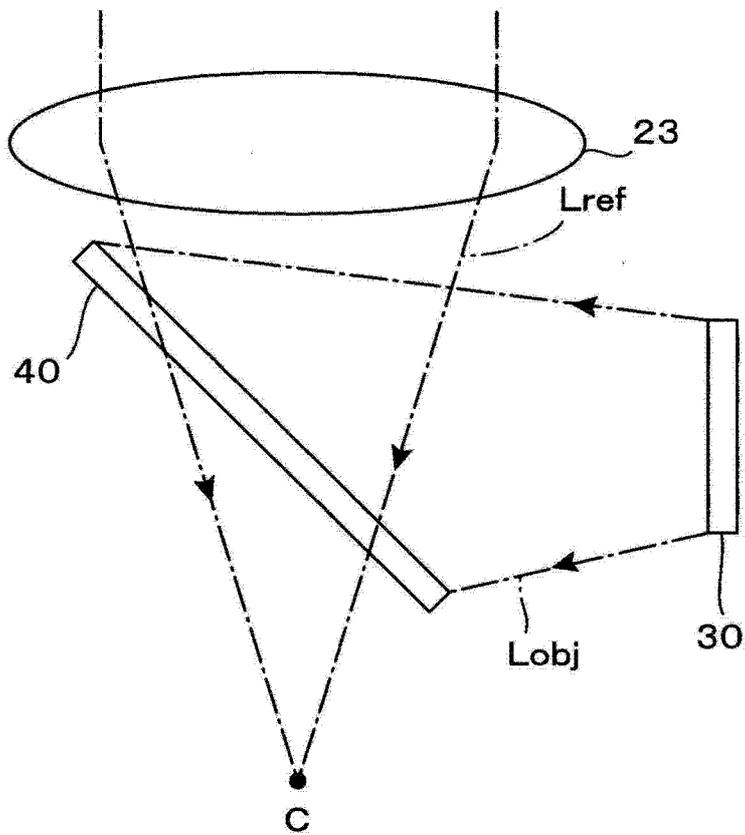


图 33

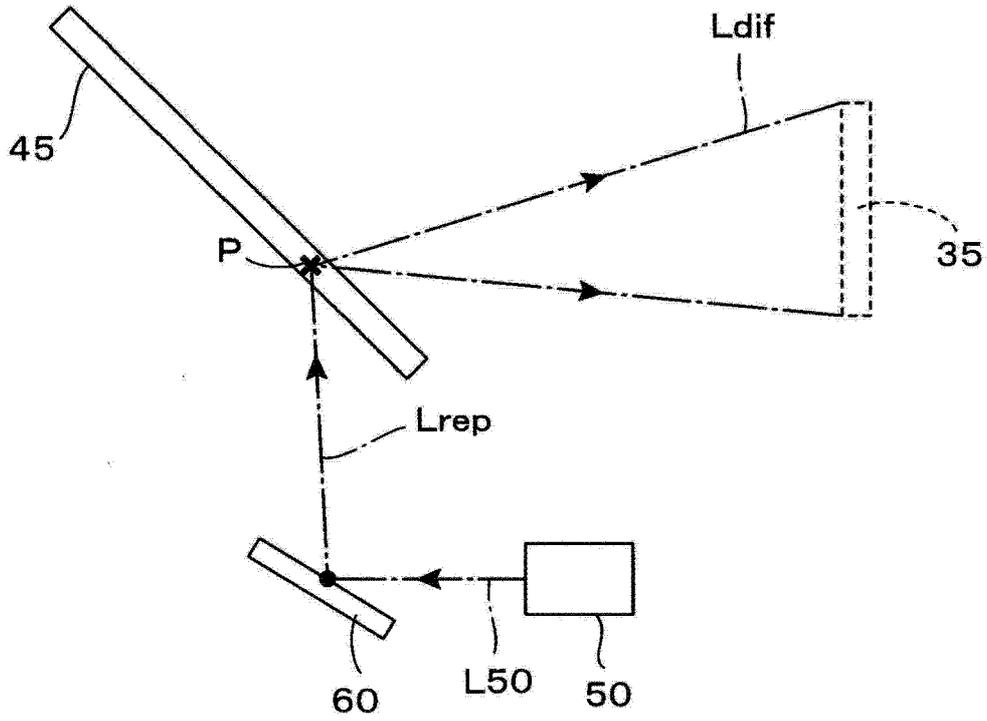


图 34

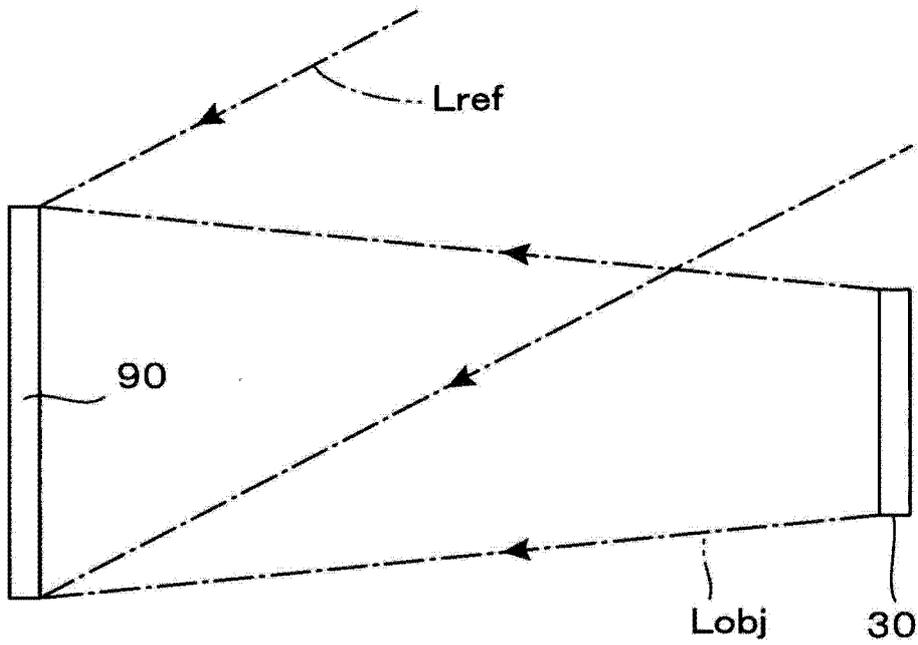


图 35

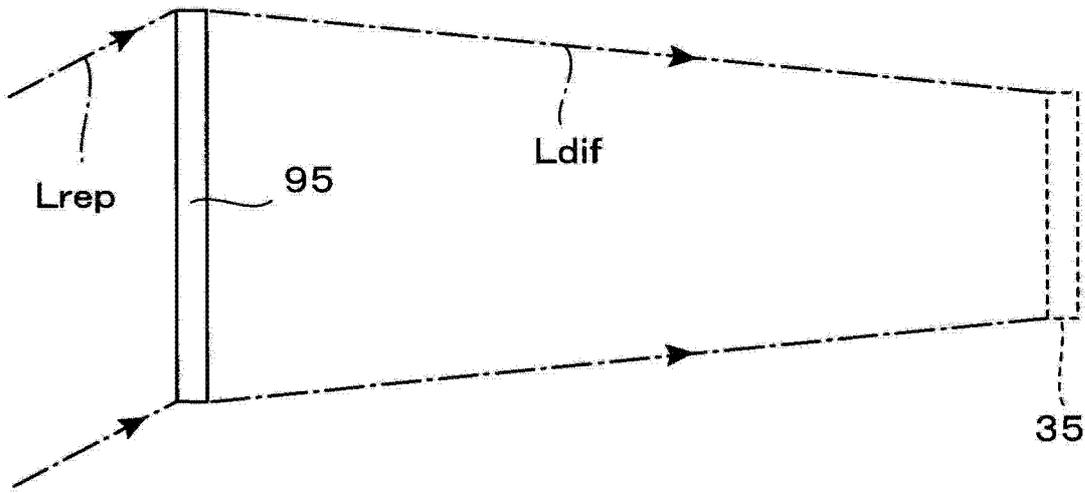


图 36

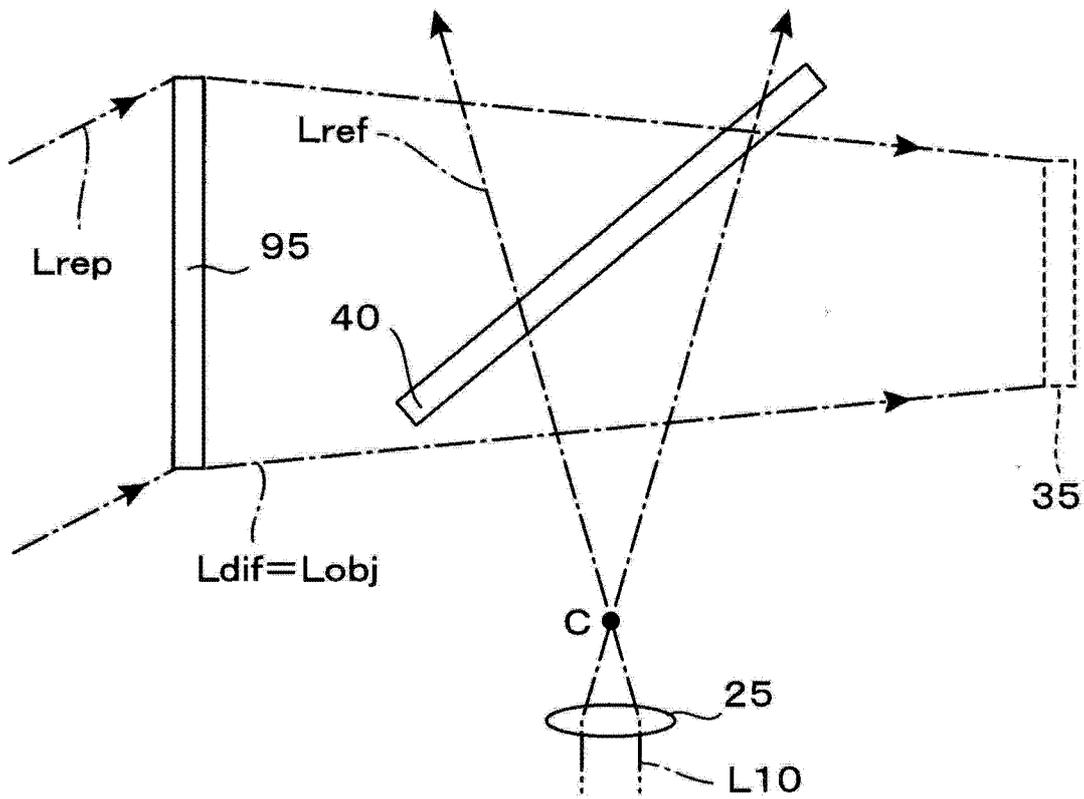


图 37

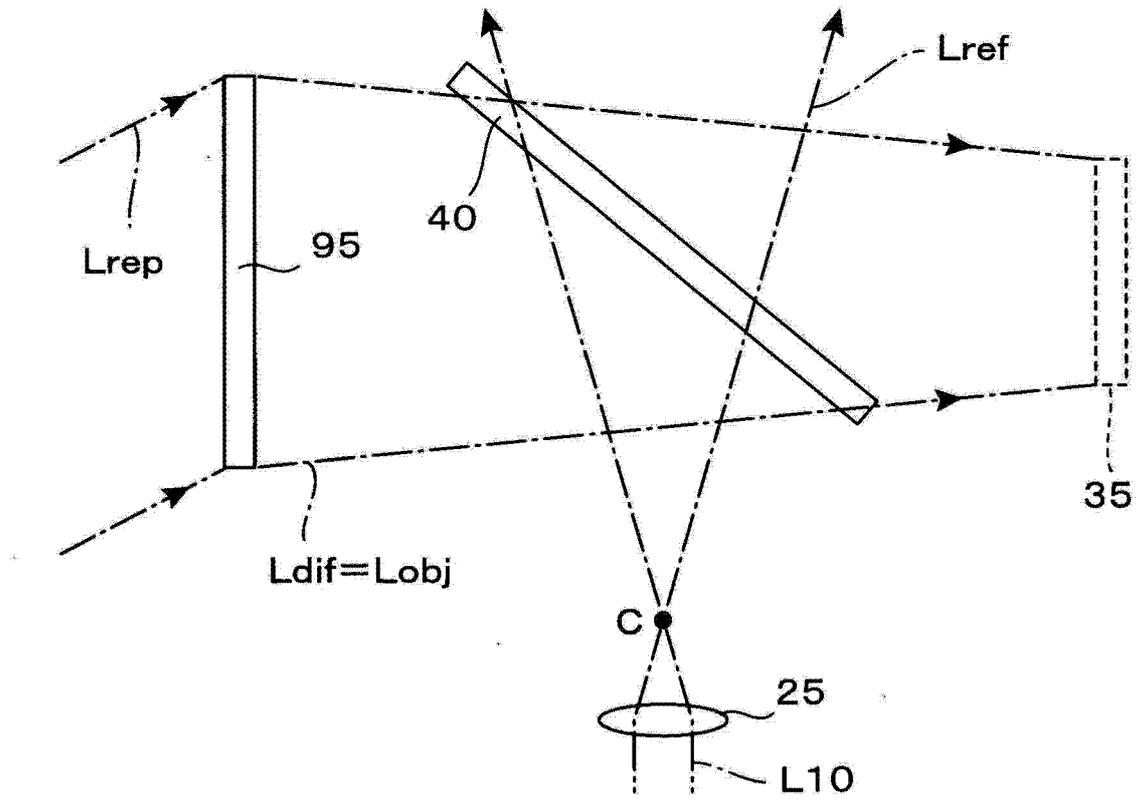


图 38

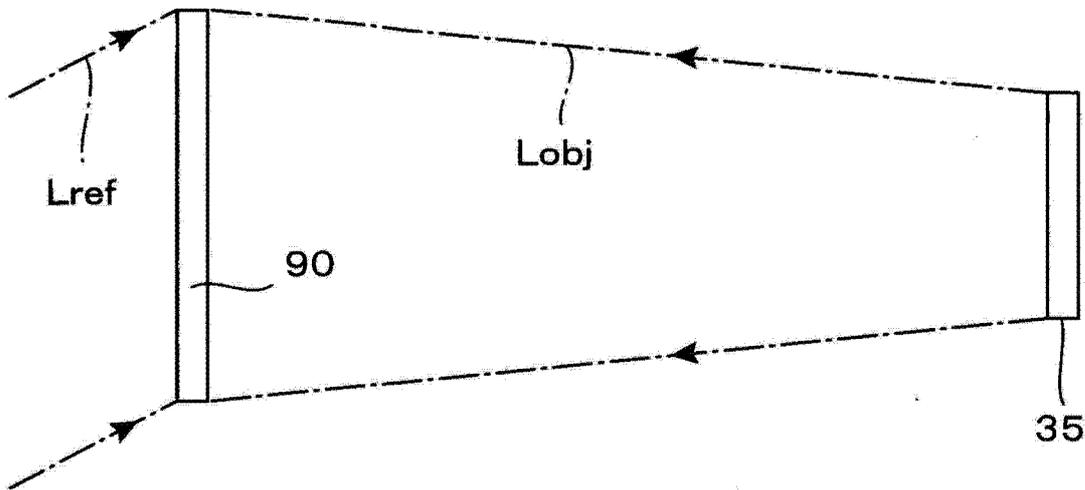


图 39

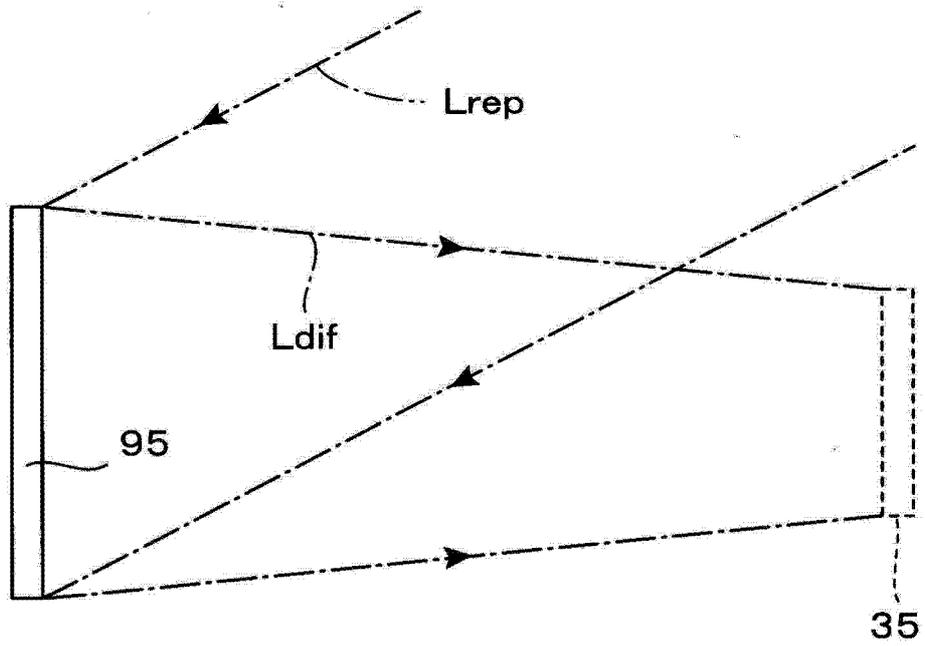


图 40

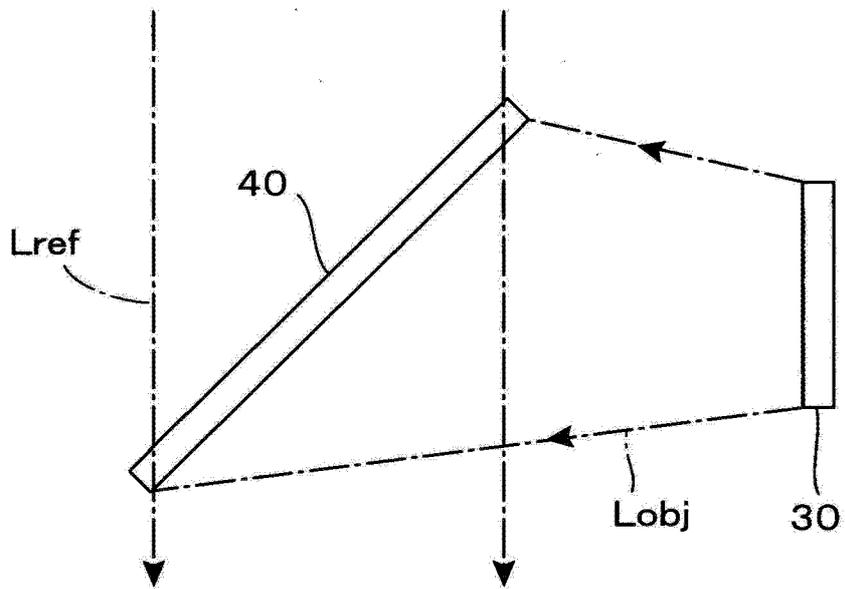


图 41

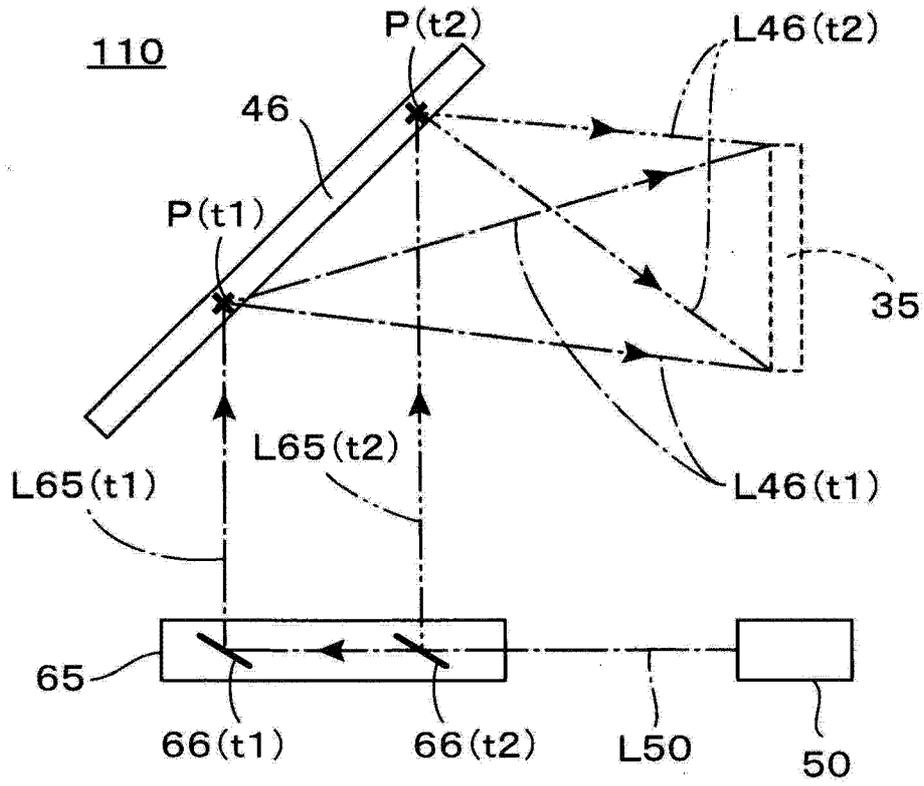


图 42

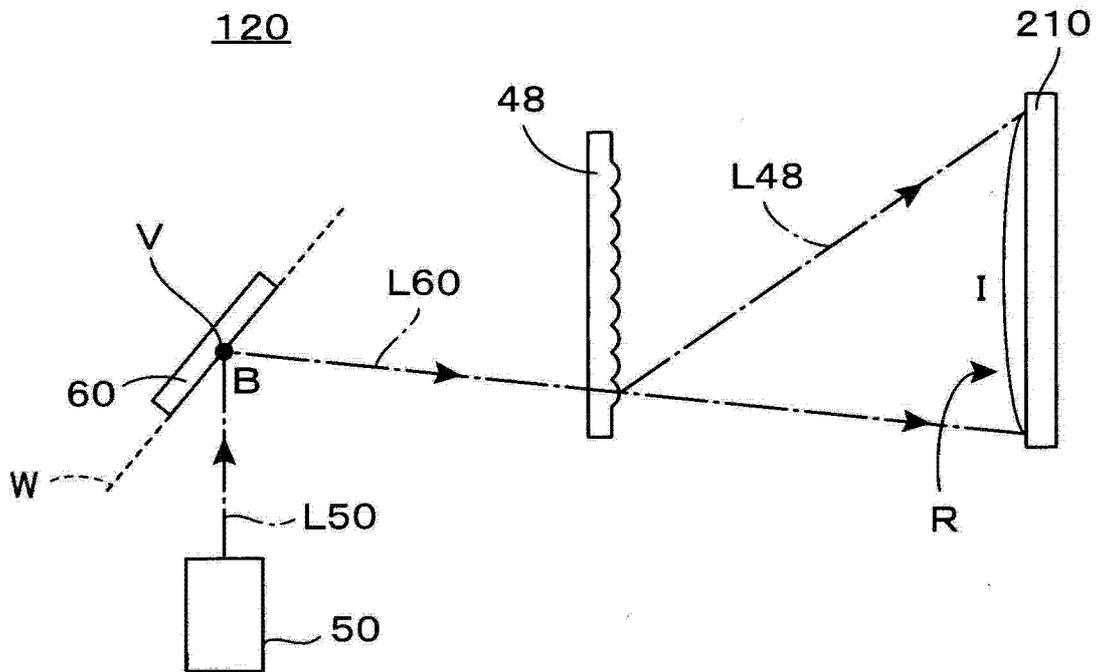


图 43

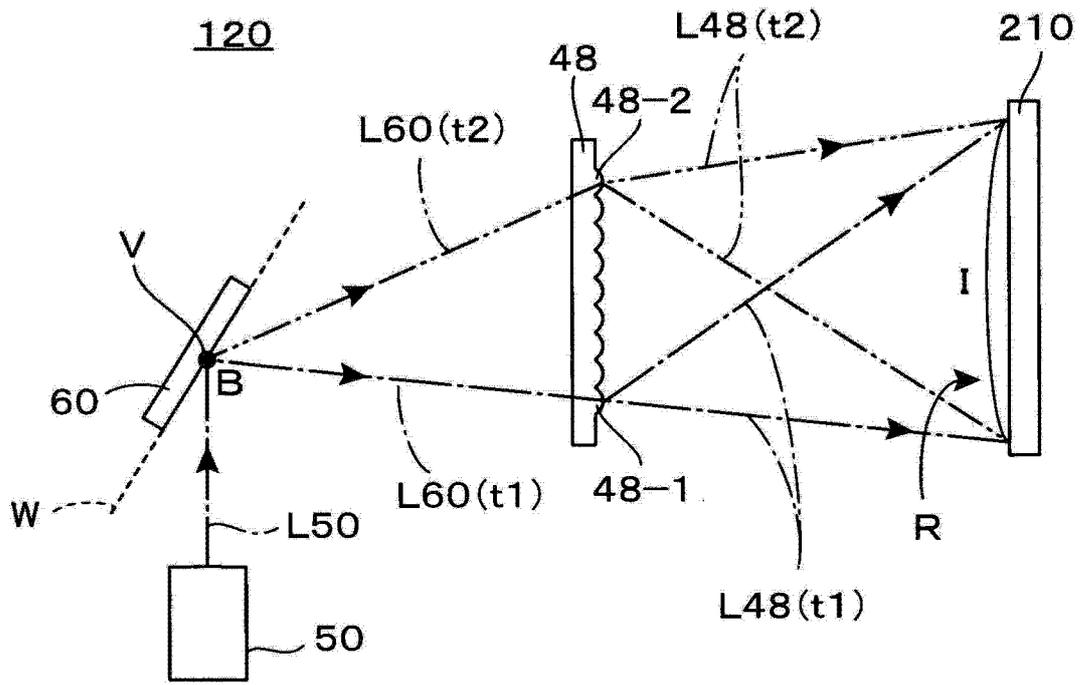


图 44