



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106662683 B

(45)授权公告日 2020.10.09

(21)申请号 201580025442.4

(72)发明人 J·克里斯马斯 D·马西亚诺

(22)申请日 2015.05.13

W·克罗斯兰

(65)同一申请的已公布的文献号

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

申请公布号 CN 106662683 A

11105

(43)申请公布日 2017.05.10

代理人 陈尧剑

(30)优先权数据

(51)Int.CI.

1408807.4 2014.05.16 GB

G02B 5/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G03H 1/00(2006.01)

2016.11.16

G02B 27/01(2006.01)

G02F 1/137(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

(56)对比文件

PCT/GB2015/051393 2015.05.13

CN 1305619 A,2001.07.25

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2013265622 A1,2013.10.10

W02015/173556 EN 2015.11.19

US 2013082905 A1,2013.04.04

(73)专利权人 两树光子学有限公司

WO 2010125367 A1,2010.11.04

地址 英国白金汉郡

审查员 王健

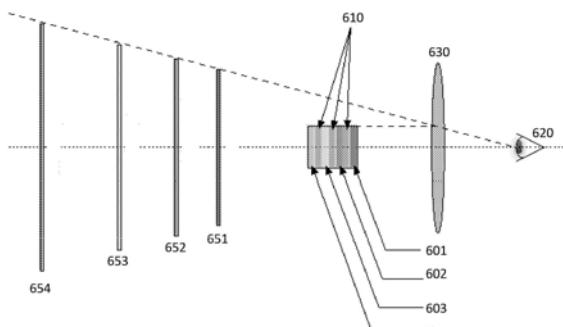
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

用于移动虚像的成像设备

(57)摘要

提供了一种成像设备。成像设备包括安排为形成物体的虚拟图像的投影光学器件。成像设备还包括被定位在距虚拟投影光学器件第一距离处的第一漫射器以及被定位在距虚拟投影光学器件第二距离处的第二漫射器。控制器被安排为控制所述第一和第二漫射器以使得实像在所述漫射器之上是可见的。



1. 一种平视显示器，包括：

成像设备，包括：

被安排为投射二维实像的全息投影仪，所述全息投影仪包括空间调光器，所述空间调光器被布置成将相位延迟分布应用于入射光以形成全息重构的所述实像，其中所述相位延迟分布包括表示透镜的第一纯相位数据以及表示所述实像的第二纯相位数据；

安排为形成实像的虚像的投影光学器件；

被定位在距所述投影光学器件第一距离处的第一漫射器；

被定位在距所述投影光学器件第二距离处的第二漫射器；

控制器，其被安排为控制所述第一和第二漫射器以使得所述实像在所述漫射器之一上是可见的；并且

所述全息投影仪还安排为选择由所述第一纯相位数据表示的透镜的焦距，使得所述实像基本上被聚焦在该实像在其上是可见的漫射器上，

其中通过使用所述投影光学器件以及分别与所述投影光学器件相距第一距离和第二距离的所述第一漫射器和所述第二漫射器，可变位置的所述虚像被形成。

2. 如权利要求1所述的平视显示器，其特征在于，每个漫射器能独立地在散射模式和透射模式之间切换。

3. 如权利要求2所述的平视显示器，其特征在于，所述控制器被安排成在任意一个时间点上在所述散射模式下操作不超过一个漫射器。

4. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，所述第一和/或第二漫射器包括在其中能选择性的感生光散射状态的液晶。

5. 如权利要求4所述的平视显示器，其中所述散射状态通过电压来选择性地感生。

6. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，所述第一和/或第二漫射器包括胆甾相液晶。

7. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，所述第一和/或第二漫射器包括聚合物分散液晶。

8. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，所述第一和/或第二漫射器包括近晶-A液晶。

9. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，进一步包括定位在距所述投影光学器件不同距离处的多个进一步的漫射器。

10. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，所述全息投影仪还包括被安排为执行从所述空间调光器接收到的调相光的光学傅立叶变换以形成所述实像的傅立叶变换光学器件。

11. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的平视显示器，其特征在于，所述显示系统被安装在车辆中，所述显示系统被配置为在距驾驶者的眼睛1.5米到3.5米的距离处形成所述虚像。

12. 一种车辆，包括被安装在所述车辆中的如权利要求11所述的平视显示器。

13. 一种使用多个漫射器来移动通过平视显示器形成的虚像的方法，所述方法包括：

将相位延迟分布应用于入射光以形成全息重构的二维实像，其中所述相位延迟分布包括表示透镜的第一纯相位数据以及表示所述实像的第二纯相位数据；

使用投影光学器件形成在多个漫射器的第一漫射器或第二漫射器上可见的所述实像的虚像；

控制所述实像是在被定位在距所述投影光学器件第一距离处的所述第一漫射器上可见还是在被定位在距所述投影光学器件第二距离处的所述第二漫射器上可见；以及

选择所述第一纯相位数据表示的透镜的焦距，使得所述实像基本上聚焦于该实像在其上是可见的漫射器上，

其中通过使用所述投影光学器件以及分别与所述投影光学器件相距第一距离和第二距离的所述第一漫射器和所述第二漫射器，可变位置的所述虚像被形成。

14. 如权利要求13所述的移动通过平视显示器形成的虚像的方法，其特征在于，还包括：

执行对从空间调光器接收的调相光的光学傅里叶变换以形成所述实像。

用于移动虚像的成像设备

发明领域

[0001] 本公开涉及成像领域。具体而言，本公开涉及虚拟成像领域。本公开还涉及平视显示器和用于平视显示器的查看系统的领域。

[0002] 背景

[0003] 从物体散射的光包含了振幅和相位信息两者。这一振幅和相位信息可例如通过公知干涉技术在光敏板上捕捉，以形成包括干涉条纹的全息记录或“全息图”。“全息图”可通过用合适的光照明该全息图而被重构以形成表示原始物体的全息重构或重放图像。

[0004] 已经发现，具备可接受质量的全息重构可以从仅包含与原始物体相关的相位信息的“全息图”中形成。这样的全息记录可被称为纯相位全息图。计算机生成的全息图可例如使用傅里叶技术来数字化地模拟干涉过程以产生计算机生成的纯相位全息图。计算机生成的纯相位全息图可被用来产生表示物体的全息重构。

[0005] 术语“全息图”因此涉及如下记录：该记录包含与该物体有关的信息并且可被用来形成表示该物体的重构。全息图可包含在频率或傅里叶域中与该物体有关的信息。

[0006] 已提出了在二维图像投影系统中使用全息技术。使用纯相位全息图对图像进行投影的优点是经由计算方法来控制许多图像属性——例如，所投影的图像的高宽比、分辨率、对比度以及动态范围——的能力。纯相位全息图的进一步优点是没有光学能量会经由调幅而丢失。

[0007] 计算机生成的纯相位全息图可以被“像素化”。也就是说，纯相位全息图可被表示在离散相位元件阵列上。每一离散元件都可被称为“像素”。每一像素都可充当诸如调相元件之类的光调制元件。计算机生成的纯相位全息图因此可被表示在调相元件阵列上，如硅上液晶空间调光器 (SLM)。SLM可以是反射性的，意味着经调制的光以反射方式从SLM输出。

[0008] 每一调相元件(即，像素)可变化状态以向入射在该调相元件上的光提供可控制的相位延迟。诸如硅上液晶 (LCOS) SLM之类的调相元件阵列可因此表示(或“显示”)通过计算确定的相位延迟分布。如果入射在调相元件阵列上的光是相干的，则该光将用全息信息或全息图来调制。全息信息可以在频率或傅里叶域中。

[0009] 或者，相位延迟分布可被记录在相息图上。词语“相息图”可被一般地用来指纯相位全息记录或全息图。

[0010] 相位延迟可被量化。即，每一像素可设置为离散数量的相位水平之一。

[0011] 相位延迟分布可被应用于入射光波(通过例如照射LCOS SLM)并被重构。重构在空间中的位置可通过使用光学傅里叶变换透镜来控制，以形成空间域中的全息重构或“图像”。或者，如果重构发生在远场，则可不需要傅里叶变换透镜。

[0012] 计算机生成的全息图可以用多种方式来计算得到，包括使用诸如Gerchberg-Saxton等算法。Gerchberg-Saxton算法可被用来从空间域(如2D图像)中的振幅信息导出傅里叶域中的相位信息。即，与该物体相关的相位信息可从空间域中的纯强度(即，振幅)信息中“恢复”。因此，物体在傅里叶域中的纯相位全息表示可被计算。

[0013] 全息重构可通过照亮傅里叶域全息图并例如使用傅里叶变换透镜执行光学傅里

叶变换来形成,以在重放区处(如屏幕上)形成图像(全息重构)。

[0014] 图1示出了根据本公开的使用反射SLM(如LCOS-SLM)来在重放区位置处产生全息重构的示例。

[0015] 光源(110)(例如激光器或激光二极管)被部署以经由准直透镜(111)照射SLM(140)。准直透镜使得光的一般平面波前变为入射在SLM上。波前的方向稍微偏离法线(例如,与真正垂直于透明层的平面偏离2或3度)。该布置为使得来自光源的光被从SLM的反射后表面反射出,并与调相层相交以形成出射波前(112)。出射波前(112)被应用于包括傅里叶变换透镜(120)在内的光学器件,从而使其焦点处于屏幕(125)处。

[0016] 傅里叶变换透镜(120)接收从SLM出射的经调相光的光束并执行频率-空间变换以在屏幕(125)处在空间域中产生全息重构。

[0017] 在该过程中,来自光源的光——在图像投影系统的情况下是可见光——跨SLM(140)以及调相层(即,调相元件阵列)分布。从调相层出射的光可跨重放区分布。全息图的每一像素作为整体对重放图像作出贡献。即,在重放图像上的特定点和特定调相元件之间不存在一对一的关联。

[0018] 当光束分别在平面A和B中的强度截面 $I_A(x, y)$ 和 $I_B(x, y)$ 是已知的并且 $I_A(x, y)$ 和 $I_B(x, y)$ 通过单个傅里叶变换相关时,Gerchberg-Saxton算法考虑相位恢复问题。对于该给定强度截面,分别在平面A和B中的相位分布 $\Phi_A(x, y)$ 和 $\Phi_B(x, y)$ 的近似被发现。Gerchberg-Saxton算法根据迭代过程找到该问题的解决方案。

[0019] Gerchberg-Saxton算法迭代地应用空间和频谱约束,同时重复地在空间域和傅里叶(频谱)域之间转换(表示 $I_A(x, y)$ 和 $I_B(x, y)$ 的数据集(振幅和相位))。空间和频谱约束分别是 $I_A(x, y)$ 和 $I_B(x, y)$ 。空间或频谱域中任一个中的约束被施加到该数据集的振幅上。相应的相位信息是通过一系列迭代来恢复的。

[0020] 全息投影仪可使用这样的技术来提供。这样的投影仪已在用于车辆的平视显示器中得到应用。

[0021] 在汽车中使用平视显示器正变得越来越流行。平视显示器被划分成两个主要类别,使用组合器(其目的在于将虚像反射到驾驶员的视线中的独立式玻璃屏幕)的那些平视显示器以及利用车辆的挡风玻璃来实现同一目的的那些平视显示器。

[0022] 图2示出示例平视显示器,该平视显示器包括:光源206、被布置成用表示供投影的图像的全息数据来空间地调制来自光源的光的空间调光器204、傅里叶变换光学器件205、漫射器203、自由曲面反射镜201、挡风玻璃202和查看位置207。图2示出了所谓的“间接视图”系统,在该系统中,全息重构的实像被形成在漫射器203上的重放区处。全息重构因此被投影在漫射器203上,并通过聚焦在漫射器203上从查看位置207查看。投影的图像是通过离开自由曲面反射镜201的第一反射以及离开挡风玻璃202的第二反射来查看的。漫射器用于增加全息系统的数值孔径,从而完全照明这些自由曲面反射镜,由此允许虚像例如被驾驶员查看到。

[0023] 这样的显示系统需要使用固定的漫射器或类似组件来增加视角。此漫射器用作成像系统中的关键组件;其与投影光学器件(通常为自由曲面反射镜)的距离确定了与查看者的眼睛的虚像距离。

[0024] 或者,可以间接查看全息重构。使用“直接视图”全息术确实使得信息能够以3D形

式被呈现,然而顾名思义直接视图需要查看者在查看者和光源之间没有漫射器的情况下直接看着全息图。此类型的3D显示器具有多个问题,首先当代调相器具有相对较小的衍射角,并且因此要形成足够大的查看区域(眼框)需要使用复杂而昂贵的光学器件部件。其次并且更重要地,此类型的配置需要查看者被直接暴露于激光辐射。存在围绕激光器的使用的非常严格的规定,并且提供将确保眼睛永远都不会以危险的级别被暴露于激光辐射的足够稳健的安全系统显著增加了系统复杂性。

[0025] 在查看者和投影引擎之间使用漫射器消除了以上强调的这两个问题,并且因此藉此可在提供多个虚拟距离的显示器中使用漫射器的方法将提供显著的优势。

[0026] 在直接视图系统中提供“深度”的最明显的方式将是将漫射器安装在能够在虚拟成像光学器件的焦距内向后和向前移动的线性镜台,从而提供一种改变虚拟距离的机制。然而,这种类型的系统在制造时安装的组件被期望提供超过10,000小时的使用寿命的车辆中的使用是不合乎需要的。另外,当非基于激光器的投影引擎改变位置时它将需要能够在漫射器上重新聚焦,从而增加了系统的额外成本和复杂性。

[0027] 本公开旨在提供一种安全且稳健的查看系统,其中感知到的正被显示的信息的深度可以被改变。

[0028] 发明概述

[0029] 本发明的各方面在所附的独立权利要求中被限定。

[0030] 公开了利用多个漫射器和控制器的查看设备,所述控制器被安排为确定所述多个漫射器中的哪个漫射器显示物体。在实施例中,物体被投影到所选的漫射器上。在各实施例中,漫射器是可在透射状态和散射状态之间切换的液晶设备,在所述透射状态中,漫射器对于所投影的光实际上是透明的,而在散射状态中漫射器显示所述物体。在散射状态中,漫射器用作屏幕。

[0031] 各实施例描述了一种设备,在其中物体被投影到多个漫射器或漫射器阵列上,但该物体仅仅在所述漫射器中的一个漫射器上是可见的。每个漫射器被独立地控制以通过例如控制施加给该漫射器的电压来要么在显示模式(例如散射)要么在非显示(例如透明)模式中操作。可选地,所述多个漫射器是紧密间隔或层叠的。值得注意的是,各漫射器距虚拟成像光学器件不同的距离。

[0032] 在有利的实施例中,物体是使用全息投影仪被投影的全息重构,在该投影仪中,可编程的纯相位透镜数据被应用到全息数据以有效移动全息重构的焦平面。因此,可以容易地完成对聚焦的小的调节以补偿多个漫射器的不同空间位置。因此,提供了用于无论哪个漫射器被激活以供显示都确保物体被聚焦的装置。

[0033] 虽然各实施例描述了“漫射器”,可以理解在示例中所公开的漫射器以非漫射模式(例如透射模式)而操作。漫射器可以被认为是具有可选择的漫射器状态或模式的元件。

附图说明

[0034] 现将针对附图来描述各实施例,在各附图中:

[0035] 图1是示出被布置成在重放区位置处产生全息重构的反射SLM(如LCOS)的示意图;

[0036] 图2示出用于车辆的平视显示器的所谓的“间接视图”全息投影仪;

[0037] 图3示出供计算机生成纯相位全息图的示例算法;

[0038] 图4示出图3的示例算法的示例随机相位种子；

[0039] 图5是虚拟成像示意图；

[0040] 图6是根据本公开的多漫射器示意图；以及

[0041] 图7是LCOS SLM的示意图。

[0042] 在这些附图中，相同的参考标记指示相同的部分。

[0043] 附图的详细描述

[0044] 本公开涉及一种改善的所谓“间接视图”系统，在该系统中，查看者查看全息重构的虚像。然而，所公开的间接视图系统同样适合于间接地查看漫射器上可见的任何类型的物体。即，虽然各实施例描述了全息重构的间接视图，但被间接查看的“物体”不需要必须为全息重构。换言之，本公开同样适用于其他显示系统，诸如较传统的LED背光液晶显示投影仪等。各实施例仅作为示例描述了一种计算机生成全息图的方法。

[0045] 全息地生成的2D图像已知拥有超越它们常规地投影的对应物的大量优点，尤其是在清晰度和效率方面。

[0046] 基于Gerchberg-Saxton的经修改的算法已被开发——参见例如共同待审的已公布PCT申请WO 2007/131650，它通过援引纳入于此。

[0047] 图3示出了经修改的算法，该算法恢复数据集的傅里叶变换的相位信息 $\Psi[u, v]$ ，这产生了已知振幅信息 $T[x, y]362$ 。振幅信息 $T[x, y]362$ 表示目标图像（例如，照片）。相位信息 $\Psi[u, v]$ 被用于在图像平面处产生目标图像的全息表示。

[0048] 因为振幅和相位在傅里叶变换中被固有地组合在一起，所以经变换的振幅（以及相位）包含与计算得到的数据集的准确性有关的有用信息。由此，该算法可提供关于振幅和相位信息两者的反馈。

[0049] 图3中示出的算法可被认为具有复杂的波输入（具有振幅信息301和相位信息303）和复杂的波输出（同样具有振幅信息311和相位信息313）。出于该描述的目的，振幅和相位信息被分开地考虑，但是它们被固有地组合以形成数据集。应当记住，振幅和相位信息两者本身都是远场图像的空间坐标 (x, y) 以及全息图的空间坐标 (u, v) 的函数，并且两者都可被认为是振幅和相位分布。

[0050] 参考图3，处理框350根据具有振幅信息301和相位信息303的第一数据集产生傅里叶变换。结果是具有振幅信息和相位信息 $\Psi_n[u, v]305$ 的第二数据集。来自处理框350的振幅信息被设为表示光源的分布，但相位信息 $\Psi_n[u, v]305$ 被保留。相位信息305通过处理框354来量化，并且作为相位信息 $\Psi[u, v]309$ 来输出。相位信息309被传递到处理框356，并且通过处理框352与新的振幅组合。第三数据集307、309被应用于执行逆傅里叶变换的处理框356。这产生空间域中的具有振幅信息311和相位信息313的第四数据集 $R_n[x, y]$ 。

[0051] 从第四数据集开始，它的相位信息313形成第五数据集的相位信息，用作下一迭代303'的第一数据集。它的振幅信息 $R_n[x, y]311$ 通过减去来自目标图像的振幅信息 $T[x, y]362$ 来修改以产生振幅信息315集合。从目标振幅信息 $T[x, y]362$ 中减去经缩放的振幅信息315（被缩放了 a ）以产生第五数据集的输入振幅信息 $\eta[x, y]301$ 以供用作下一迭代的第一数据集。这在数学上在以下等式中表达：

$$[0052] R_{n+1}[x, y] = F' \{ \exp(i\Psi_n[u, v]) \}$$

$$[0053] \Psi_n[u, v] = \angle F \{ \eta \cdot \exp(i\angle R_n[x, y]) \}$$

[0054] $\eta = T[x, y] - a(|R_n[x, y]| - T[x, y])$

[0055] 其中：

[0056] F' 是逆傅里叶变换；

[0057] F 是正傅里叶变换；

[0058] R 是重放区；

[0059] T 是目标图像；

[0060] \angle 是角度信息。

[0061] Ψ 是角度信息的经量化的版本；

[0062] ϵ 是新目标振幅， $\epsilon \geq 0$ ；以及

[0063] a 是增益元素 ~ 1 。

[0064] 增益元素 a 可基于传入目标图像数据的尺寸和速率来预先确定。

[0065] 在缺少来自在前迭代的相位信息的情况下，该算法的第一次迭代使用随机相位生成器来提供随机相位信息作为起始点。图4示出了示例随机相位种子。

[0066] 在一修改中，从处理框350所得的振幅信息不被丢弃。从振幅信息中减去目标振幅信息362以产生新的振幅信息。从振幅信息362中减去多个振幅信息以产生处理框356的输入振幅信息。作为又一替换方案，相位不被完全回馈，而是只有与它在最后两次迭代上的变化成比例的一部分被回馈。因此，表示感兴趣的图像的傅里叶域数据可被形成。

[0067] 总之，提供了一种包括多个可控制漫射器或选择性地漫射的元件的经改进的成像设备。控制漫射器以便在任何一个时间点上图像仅在所述漫射器的一个漫射器上是可见的。通过使用虚拟投影透镜并在距虚拟投影光学器件的不同距离处定位漫射器，可变位置虚像被形成。

[0068] 图5示出本公开的其中虚拟投影光学器件505形成物体503的虚像501的实施例。物体503在漫射器上是可见的。虚像501通过观察平面507来观察。

[0069] 虚像距离是通过将物体放置在成像光学器件的焦距内部来设置的，该明显的虚拟距离随后可被计算。

[0070] 对于以上示出的光学示意图，虚像距离(i)通过以下等式来确定：

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{o} \quad (1)$$

[0072] 物体距离的线性改变导致虚拟距离的非线性改变。

[0073] 虚像必须足够远离眼睛，使得从无限远(在驾驶时其为正常焦距)到显示信息的眼睛重聚焦时间是小的，由此降低盲眼飞行时间。然而，虚像距离还必须足够接近，使得向驾驶员呈现的信息是清楚可辨的。这两个竞争性的因素通常导致虚像距离被配置为使得必要的驾驶信息被呈现在距驾驶员的眼睛1.5到3.5m(优选为2.5m)的距离处。

[0074] 本公开提供了包括多个漫射器和控制器的查看设备，所述控制器被安排为控制图像在哪个漫射器上是可见的。

[0075] 图6示出本公开的实施例，在其中从观看者620到由虚拟投影光学器件630形成的虚像651、652、653、654的距离通过选择该图像在哪个漫射器601、602、603、604上是可见的来改变。在该实施例中，漫射器601、602、603、604是基本上平行的且层叠在一起。在该实施

例中,各漫射器由玻璃基板610间隔开。如果图像在漫射器601上是可见的,则虚像651将出现在距观看者620的第一深度处。如果图像在漫射器602上是可见的,则虚像652将出现在距观看者620的第二深度处。

[0076] 因此,提供了一种成像设备,包括:安排为形成实像的虚像的投影光学器件;定位在距所述虚拟投影光学器件第一距离处的第一漫射器;定位在距所述虚拟投影光学器件第二距离处的第二漫射器;以及控制器,其被安排为控制所述第一和第二漫射器以使得所述实像在所述漫射器之一上是可见的。就是说,控制器可以被安排为控制所述实像在哪个漫射器上是可见的。

[0077] 因此,虚像的有效位置可以通过选择实像在哪个漫射器上是可见的或将实像“显示”在哪个漫射器上来改变。

[0078] 还提供了一种使用多个漫射器移动虚像的方法,所述方法包括:使用投影光学器件形成在漫射器上可见的实像的虚像;控制所述实像是在定位在距所述投影光学器件第一距离处的第一漫射器上还是在定位在距所述投影光学器件第二距离处的第二漫射器上可见。

[0079] 在一个实施例中,实像是全息重构,但如前所述,实像可以通过任何手段被投影到一个/多个漫射器上。

[0080] 在一个实施例中,每个漫射器可以独立地在散射模式和透射模式之间切换。在透射模式中操作的漫射器将使投影的物体透过,而在散射模式中操作的漫射器将有效地“显示”该物体。就是说,(真实)图像在散射模式中操作的漫射器上是可见的。通过将多个漫射器层叠在一起并安排它们使得每个漫射器在距虚拟投影光学器件的不同距离处,公式1中的参数“o”可以变化。因此,从观察平面到被查看的虚像的距离被改变。因此,可以理解,观察到的所显示的信息的深度可以通过选择漫射器而改变。

[0081] 在一个实施例中,控制器被安排成在任意一个时间点上在散射模式下操作不超过一个漫射器。就是说,一个漫射器在散射模式中操作,而所有其它漫射器在透射模式中操作。

[0082] 在一个实施例中,为了实现眼睛安全,可以在散射和透射模式之间切换的低复杂度的、可变距离的平视显示器、液晶设备被使用。就是说,在一个实施例中,第一和/或第二漫射器包括在其中可以选择性地感生光散射状态的液晶。

[0083] 通过将这些设备夹在一起,可以通过选择哪个设备通电到散射状态来简单确定漫射器的有效位置。

[0084] 光散射状态可以通过多种机制被包括在薄的液晶层中。在每个情况中,在幅度和空间频率足够接近光的波长时液晶的折射率随点到点改变,从而导致强的散射。

[0085] 这些液晶光电效应中的一些是静态的,而另一些则是动态的(由涡旋运动构成)。静态效应可以是暂时的(仅当电压被维持时存在)、双稳态的(可以通过电压脉冲接通和断开的单个稳定状态)或多稳态的(可以通过电压脉冲接通和断开的多个不同的稳定散射状态)。就是说,在一个实施例中,散射状态是通过电压来选择性地感生的。

[0086] 各实施例使用从下述组中选择的液晶,包括:

[0087] (1)具有适合的小胆甾相间距的胆甾相液晶(也被称为手性向列相)可以通过介电重定向被驱动成透明状态和光散射状态。聚合物材料可以被添加到这些材料中以稳定纹

理。所述纹理是静态的并且可以展现双-稳定性(但非多-稳定性)。为寻求关于这种类型的液晶的更多信息,请读者参考Gruebel,W.U.Wolff.和H.Kruber的“Electric field induce texture changes in certain nematical cholesteric liquid crystal mixtures(电场引起特定向列胆甾相液晶混合物中的纹理变化)”Mol.Cryst.Liq.Cryst,卷24,1973,第103-109页,以及V.G.Chigrinov的“Liquid Crystal devices,Physics and Applications(液晶设备、物理性质和应用)”,ISBN 0-89006-895-4,由Artech House在1999年出版,第134-148页。

[0088] (2) 聚合物矩阵中的向列液滴膜(聚合物分散液晶或“PDLC”)可以展现光散射,并且可以通过介电重定向被切换成透明状态。这是一种静态纹理,并且在移除驱动电压就松弛回透明状态,即PDLC并不总是双-稳定的。一些双-稳定性可以通过使用手性向列液晶(即胆甾相液晶)来感生以取代液滴中的向列相。为寻求关于这种类型的液晶的更多信息,请读者参考Coates D.的“Polymer dispersed Liquid Crystals(聚合物分散液晶)”,J.Mater.Chem.,卷5,第12期,1994年,第2063-2072页,以及Doane,J.W.等人的“Wide-angle View PDLC Displays(宽视角PDLC显示器)”。SID’ 90文摘,1990年,第224-226页。

[0089] (3) 动态散射也可以是在液晶近晶(smectic)A相中电化学地被感生,其使得所述向列相更加有序。低频电压的施加产生了类似在向列液晶中发生的扰动的动态散射状态。然而,当移除电压时,所述散射状态没有松弛回透明状态,而是保持为半永久静态纹理。然而,通过施加更高的频率电压(>1KHz),可以将其移除。该散射状态是“多-稳定”,因为可以感生不同的散射程度并且它们在缺少电压的情况下都是稳定的。对于近晶动态散射需要高电压(大约100V)。为寻求关于这种类型的液晶的更多信息,请读者参考D.Coates、W.A.Crossl和J.H.Morrissy以及B.Needham,J.Phys.D.11,1(1978);以及Crossland W.A.、Davey A.B.、Chu D.、Clapp T.V.的“Smectic A Memory Displays(近晶A存储器显示器)”,在由J.W.Goodby、P.J.Collings、T.Kato、C.Tschierske、H.Gleeson和P.Raynes编辑的,在2013年由Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA出版的液晶手册,7卷组,第二版,章节7,第1-39页。

[0090] 发明人已经根据本发明标识出这些液晶中的哪些是适用的。这些可能性被概括在下表中。

	可切换的漫射器	散射状态的双-稳定性	散射状态的多-稳定性
[0091]	胆甾相液晶	是	否
	PDLC	可能	否
	近晶动态散射	是	是

[0092] 表1

[0093] 在一个实施例中,第一和/或第二漫射器包括胆甾相液晶。在另一个实施例中,第一和/或第二漫射器包括聚合物分散液晶。在又一个实施例中,第一和/或第二漫射器包括近晶-A液晶。

[0094] 如在图6中所示,在一个实施例中,第一和第二漫射器基本上平行和/或被定位在共同光轴上。

[0095] 虽然图6示出了4个漫射器的布置,但可以理解可以依据所需的分辨率使用任何数

目的漫射器。就是说，在一个实施例中，该设备进一步包括定位在距投影光学器件不同距离处的多个进一步的漫射器。所有的漫射器基本上平行和/或被定位在共同光轴上。在一个实施例中，漫射器是在和虚拟投影光学器件共同的光轴上。

[0096] 在可选实施例中，图像在所选的漫射器上是可见的，因为该漫射器是散射的，并且图像通过投影仪被投影到漫射器上。在一实施例中，图像由全息投影仪投影到漫射器上，并且物体是预定物体的全息重构。一个示例的全息投影仪已经在先前的例如WO 2013/153354 (通过援引纳入于此) 中被描述。

[0097] 在一个实施例中，因此，提供了一种包括先前所述的成像设备和全息投影仪的显示系统，所述全息投影仪包括被安排成将相位延迟分布应用于入射光的空间调光器，其中相位延迟分布包括表示透镜的纯相位数据和表示物体的纯相位数据。

[0098] 在现有技术中已知如何将纯相位可编程透镜与纯相位物体数据组合起来，这样当由逆傅里叶变换(例如可选的)重构时，聚焦的全息重构在重放区的所选深度处形成。在各实施例中，该数据通过简单的向量加法来组合。

[0099] 在一个实施例中，全息投影仪因而还包括被安排为执行从空间调光器接收到的调相光的光学傅里叶变换以形成物体的傅立叶变换光学器件。

[0100] 因此，所公开的移动虚像的方法还包括：将相位延迟分布应用于入射光，其中相位延迟分布包括表示透镜的纯相位数据和表示物体的纯相位数据；执行从空间调光器接收到的调相光的光学傅里叶变换以形成物体；以及选择菲涅耳透镜的焦距，以便图像基本上聚焦于图像在其上是可见的漫射器上。

[0101] 由于漫射平面可能被改变，距投影系统的距离也可以被改变，这可能失焦并因而降低了所显示的图像的质量。然而，有利地，当上述系统结合纯相位全息投影仪使用时，可以通过将全息与表示合适的焦距的透镜的相位组合来克服该问题。在非基于激光器的系统中，可能需要使用可调节自动对焦，增加了投影引擎的复杂度。

[0102] 就是说，在一个有利的实施例中，全息投影仪还安排为选择纯相位透镜的焦距，这样，图像基本上被聚焦在该图像在其上是可见的漫射器上。

[0103] 在又一个实施例中，全息投影仪所利用的傅里叶变换光学器件不是物理光学器件，而改为是使用相同全息技术实现的其他纯相位透镜。

[0104] 在实施例中，显示系统是平视显示器，但是可以理解所公开的成像设备可等同地应用于其它显示系统和投影系统。

[0105] 示例系统

[0106] 在图6中论述的系统示出了具有由玻璃窗分隔的4个液晶漫射器的系统。对于使用具有200mm后焦距的虚拟成像透镜和分隔每个可切换的漫射器的5mm厚的窗的系统，下述虚拟距离是可能的。

[0107]	漫射器	漫射器位置	虚像距离
	1	181mm	2.02m
	2	187mm	2.88m
	3	192mm	4.80m
	4	197mm	13.13m

[0108] 表2

[0109] 尽管示例示出被线性间隔的4个漫射器,所述间隔可以是非线性的,并且漫射器的数目可以根据期望的距离分辨率而被改变。

[0110] 有利地,由于缺少了像素化电路和相关联的驱动器,这些液晶漫射器的制造和组装是低成本的,在封装中使用多个漫射器将不是成本高昂的。

[0111] 可理解,平视显示器可显示如本领域公知的各种信息。因此,与所有可能的显示相对应的全息图可被预先计算并被存储在储存库中,或者被实时地计算。在一实施例中,投影仪进一步包括表示多个2D图像的傅里叶域数据的储存库。

[0112] 仅作为示例,本文中描述的各实施例涉及傅里叶全息术。本公开同等地适用于其中菲涅尔变换在全息图的计算期间被使用的菲涅尔全息术。

[0113] 所重构的全息图的质量可受所谓的零阶问题的影响,这是该重构的衍射性质的结果。这样的零阶光可被认为是“噪声”并且包括例如镜面反射光以及来自SLM的其他不想要的光。

[0114] 这一“噪声”一般聚焦在傅立叶透镜的焦点处,从而在所重构的全息图的中心处造成亮点。传统地,零阶光被简单地阻挡,然而这将清楚地意味着用暗点来代替亮点。

[0115] 选择性滤波器可被替换地并成角度地用于仅移除该零阶光中的准直光线。也可使用其他管理零阶光的方法。

[0116] 尽管在此描述的各实施例涉及每帧显示一个全息图,但本公开决不限于在一方面,并且在任何一次可在SLM上显示一个以上全息图。

[0117] 例如,各实施例实现分块(“tiling”)技术,其中SLM的表面区域被进一步分成多个块,这些块中的每一个被设置成与原始块的相位分布相似或相同的相位分布。因此,相比于SLM的整个分配区域被用作一个大型相位模式的情况,每一块具有更小的表面区域。在图像被产生时,块中频率分量的数目越小,经重构的像素分开得越远。该图像在第零衍射阶内被创建,并且第一和后续阶移位得足够远以便不与该图像重叠并且可通过空间过滤器来阻塞是优选的。

[0118] 如上所示,通过本方法所产生的图像(无论是否使用分块)包括形成图像像素的各点。所使用的块的数目越高,这些点变得越小。如果以无限正弦波的傅里叶变换为例,则单个频率被产生。这是最优的输出。在实践中,如果只使用一个块,则这对应于正弦波的单个周期的输入,其中零值在正和负方向上从正弦波的端节点延伸到无穷远。取代从其傅里叶变换中产生单个频率,主频率分量与一系列毗邻频率分量一起在其任一侧上被产生。对分块的使用降低了这些毗邻频率分量的振幅,并且作为这个事实的直接结果,更少的干扰(建设性的和破坏性的)发生在毗邻图像像素之间,由此改善了图像质量。

[0119] 优选地,每一个块是整个块,但使用块的小部分是可能的。

[0120] 仅作为示例,各实施例涉及Gerchberg-Saxton算法的变型。

[0121] 本领域技术人员将理解,在此公开的改进方法同样适用于计算被用来形成物体的三维重构的全息图。

[0122] 同样,本公开不限于单色图像的投影。

[0123] 彩色2D全息重构可被产生并且有两种主要方法来达到这一点。这些方法之一被称为“帧顺序制色”(FSC)。在FSC系统中,使用三个激光(红色、绿色、以及蓝色),并且每一激光器在SLM处接连发光以产生视频的每一帧。这些色彩以足够快的速率被循环(红色、绿色、蓝

色、红色、绿色、蓝色等),使得人类查看者从此三个激光的组合中看见多色图像。因此,每一全息图都是特定色彩的。例如,在每秒钟25个帧的视频中,第一帧将通过在1/75秒内发射红色激光、随后在1/75秒内发射绿色激光、并最后在1/75秒内发射蓝色激光来被产生。下一帧随后被产生,以红色激光开始,以此类推。

[0124] 一种替换方法(将被称为“空间上分开的制色”(SSC))涉及同时发射全部三个激光,但采取不同的光路,例如每一个激光使用不同的SLM或单个SLM的不同区域并随后组合以形成彩色图像。

[0125] 帧顺序制色(FSC)方法的优点是整个SLM被用于每一颜色。这意味着所产生的这些三色图像的质量将被折衷,因为SLM上的所有像素被用于这些彩色图像中的每一者。然而,FSC方法的缺点是所产生的整个图像将不与通过SSC方法产生的对应图像乘以约3的因子一样亮,因为每一激光仅被使用三分之一的时间。这一缺陷可潜在地通过过速驱动这些激光器或者通过使用更强大的激光来解决,但这会需要使用更多的功率,会涉及更高的成本并且会使得系统更不紧凑。

[0126] SSC(空间上分开的制色)方法的优点是图像因所有三个激光同时发射而更亮。然而,如果由于空间限制它需要只使用一个SLM,则SLM的表面区域可被分成三个部分,实际上担当了三个分开的SLM。这一点的缺陷是由于可用于每一单色图像的SLM表面区域的减少,每一单颜色图像的质量降低。因此,多色图像的质量被相应地降低了。可用的SLM表面区域的减少意味着SLM上更少的像素可被使用,由此降低了图像的质量。图像的质量被降低了,因为其分辨率被降低了。

[0127] 在各实施例中,SLM是硅上液晶(LCOS)设备。LCOS SLM具有以下优点:信号线、栅极线、以及晶体管处于反射表面之下,这造成高填充因子(通常大于90%)和高分辨率。

[0128] 现在可获得具有 $2.5\mu\text{m}$ 和 $15\mu\text{m}$ 之间的像素的LCOS设备。

[0129] LCOS设备的结构在图7中示出。

[0130] LCOS设备是使用单个晶体硅基板(802)来形成的。它具有由间隙(801a)隔开的、安排在基板的上表面上的方形平面铝电极(801)的2D阵列。电极(801)中的每一者都可经由埋在基板(802)中的电路系统(802a)来寻址。电极中的每一者形成各自的平面反射镜。对准层(803)被设置在电极阵列上,并且液晶层(804)被设置在对准层(803)上。第二对准层(805)被设置在液晶层(804)上,并且例如为玻璃的平面透明层(806)被设置在第二对准层(805)上。例如为ITO的单个透明电极(807)被设置在透明层(806)和第二对准层(805)之间。

[0131] 方形电极(801)中的每一个与透明电极(807)的覆盖区和居间液晶材料一起限定了可控制的调相元素(808),通常称为像素。在考虑像素(801a)之间的间隔的情况下,有效像素区域或填充因子是光学上活跃的总像素的百分比。通过相对于透明电极(807)控制向每一电极(801)施加的电压,相应的调相元件的液晶材料的属性可被改变,由此向入射在其上的光提供可变的延迟。效果是向波前提供纯相位调制,即没有发生振幅影响。

[0132] 使用反射LCOS空间调光器的主要优点是液晶层的厚度可以是在使用透射设备的情况下所需厚度的一半。这大大地改善了液晶的切换速度(用于移动视频图像的投影的关键点)。LCOS设备还独有地能够在小孔径中显示大型纯相位元件的阵列。小元件(通常为大致10微米或更小)导致实用的衍射角(为几度),使得该光学系统不需要非常长的光学路径。

[0133] 与较大的液晶设备的孔径相比,充分地照亮LCOS SLM的小孔径(几平方厘米)是更容易的。LCOS SLM还具有大孔径比,在各像素之间存在非常小的死角(因为用于驱动这些像素的电路系统被埋在这些反射镜之下)。这对于降低重放区中的光学噪声而言是一个重要的问题。

[0134] 使用硅背板具有各像素在光学上平坦的优点,这对于调相器件而言是重要的。

[0135] 尽管各实施例涉及反射LCOS SLM,但本领域技术人员将理解,可以使用包括透射SLM在内的任何SLM。

[0136] 本发明不限于所描述的实施例,而是延及所附权利要求书的完全范围。

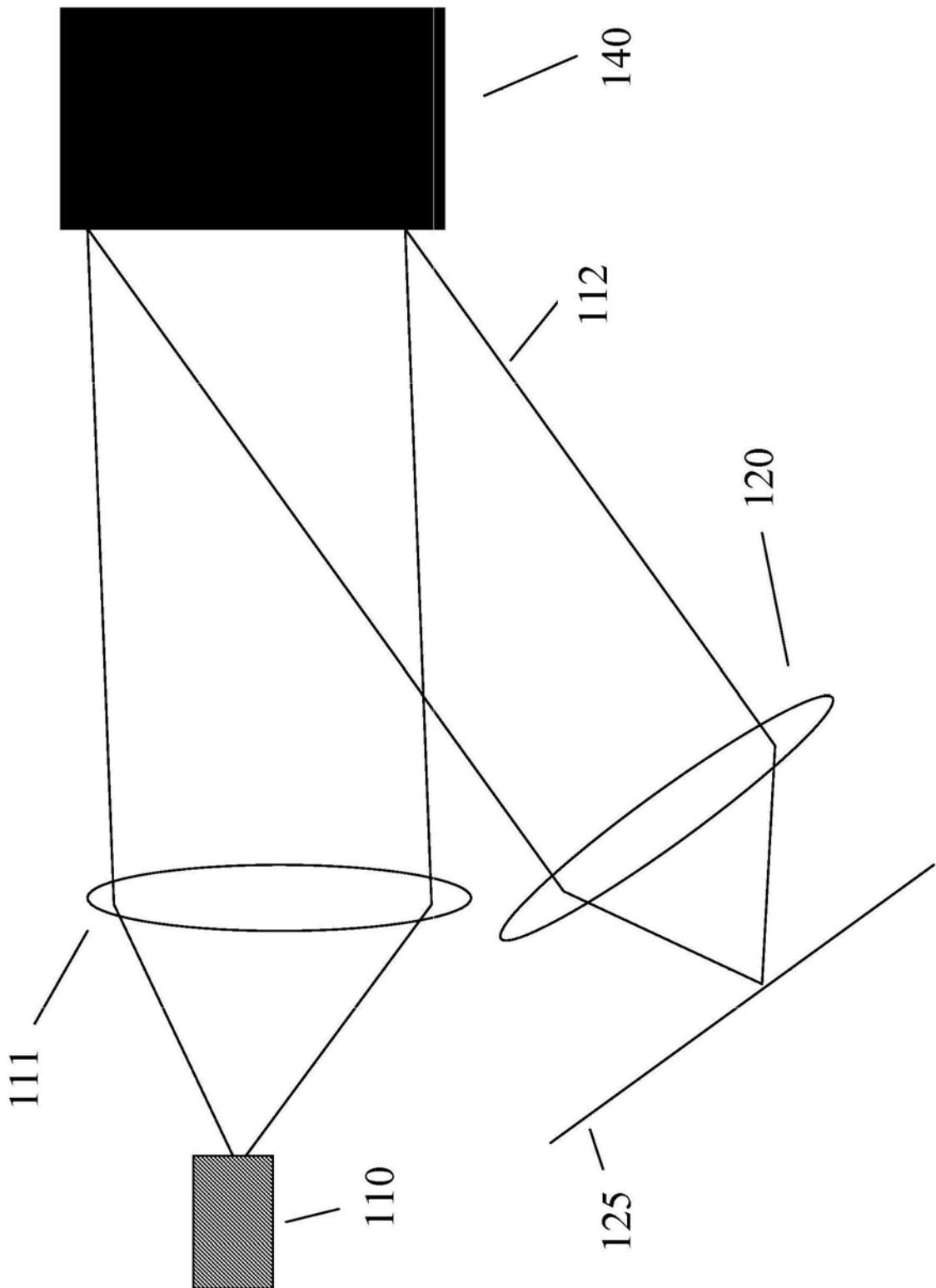


图1

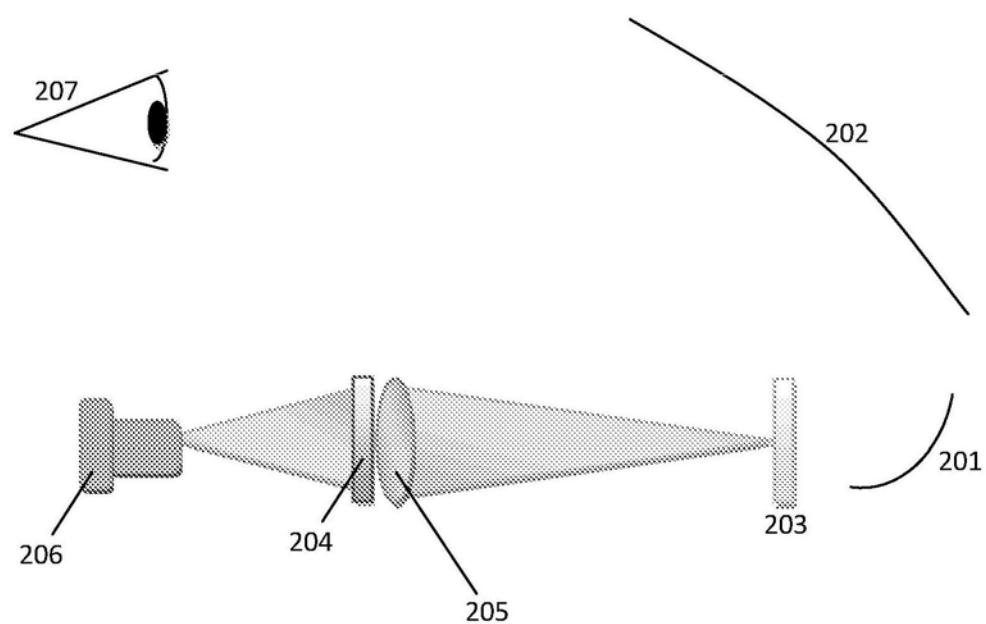


图2

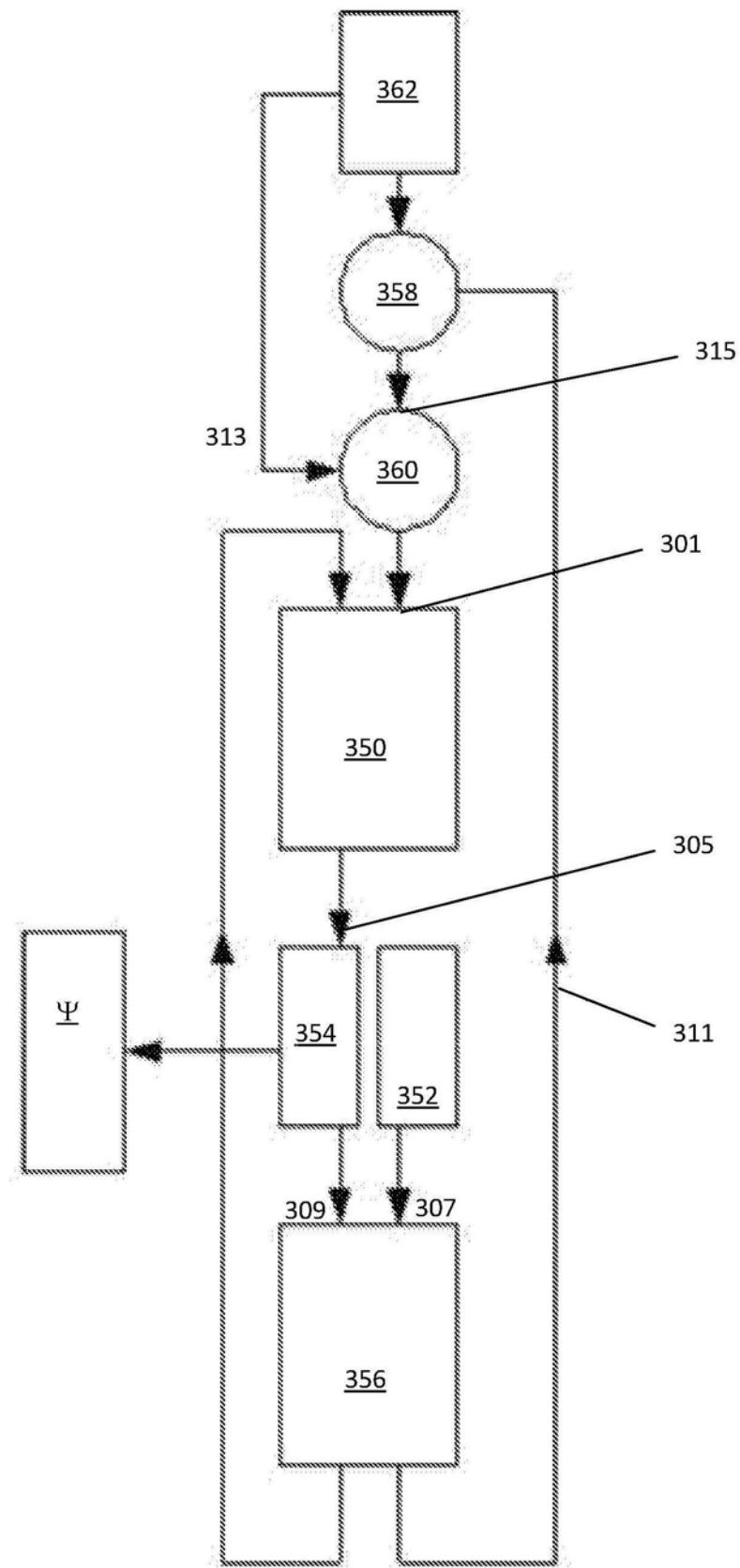


图3

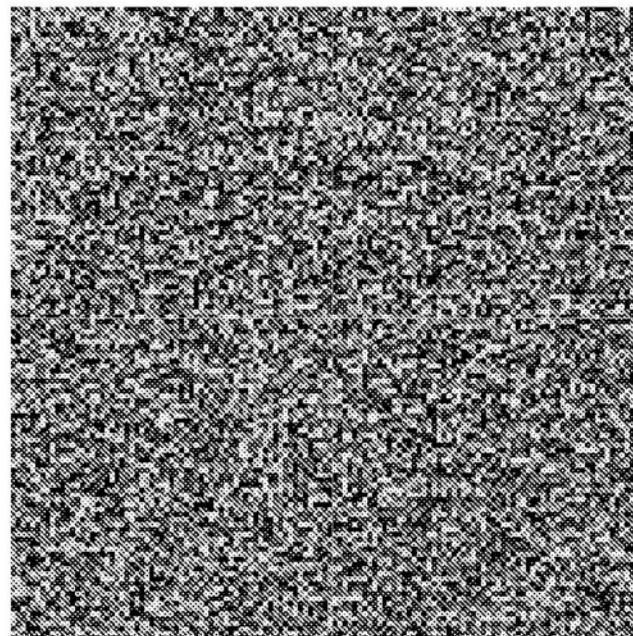


图4

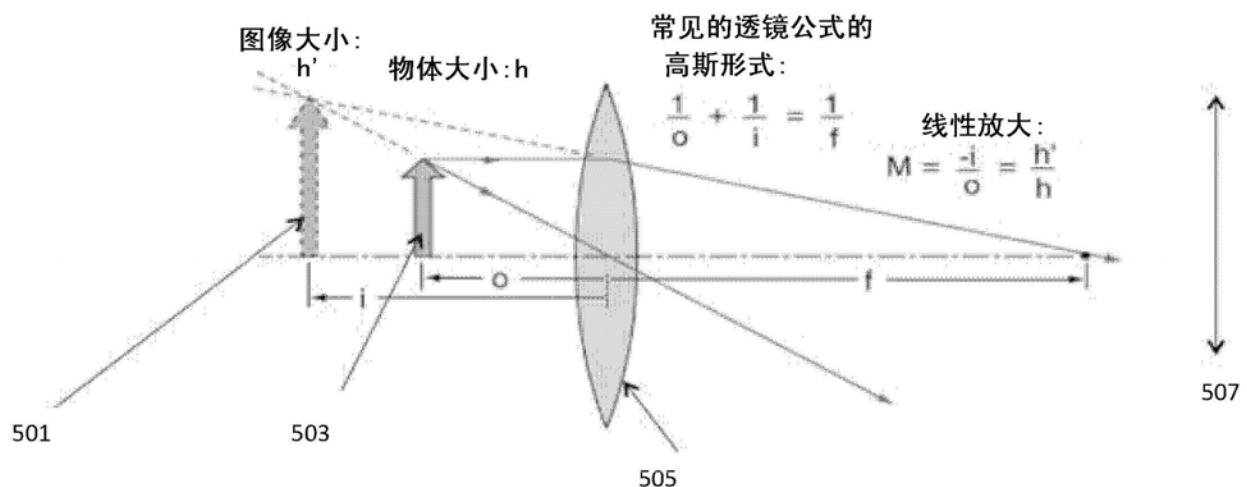


图5

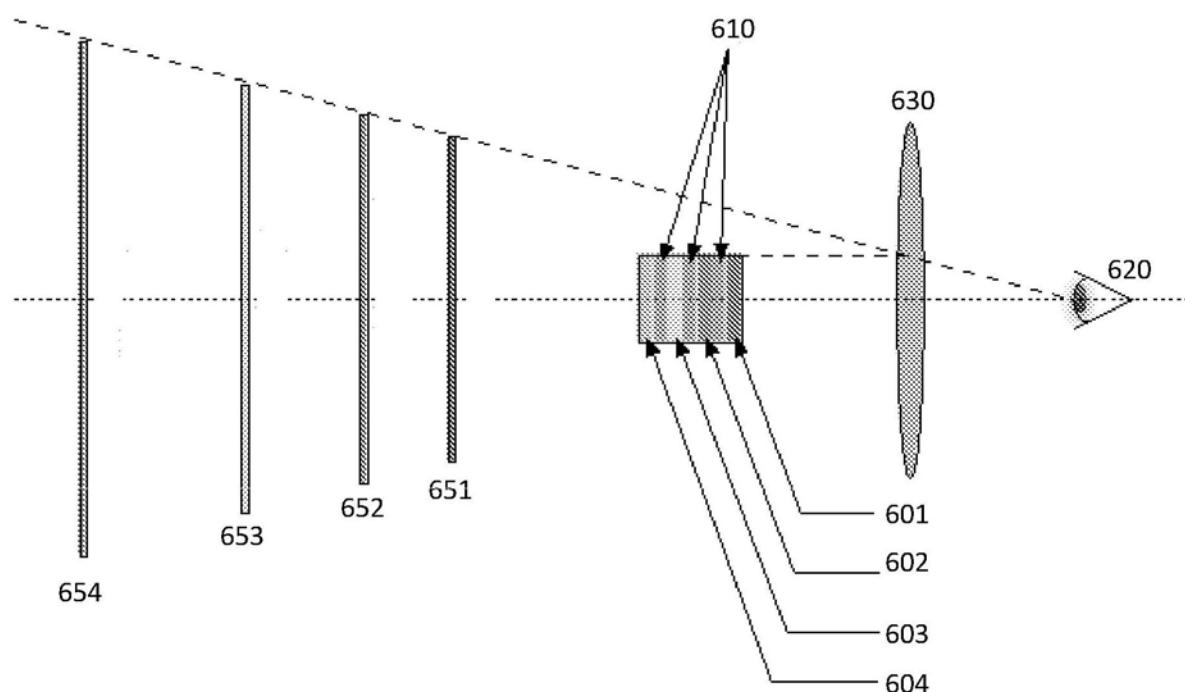


图6

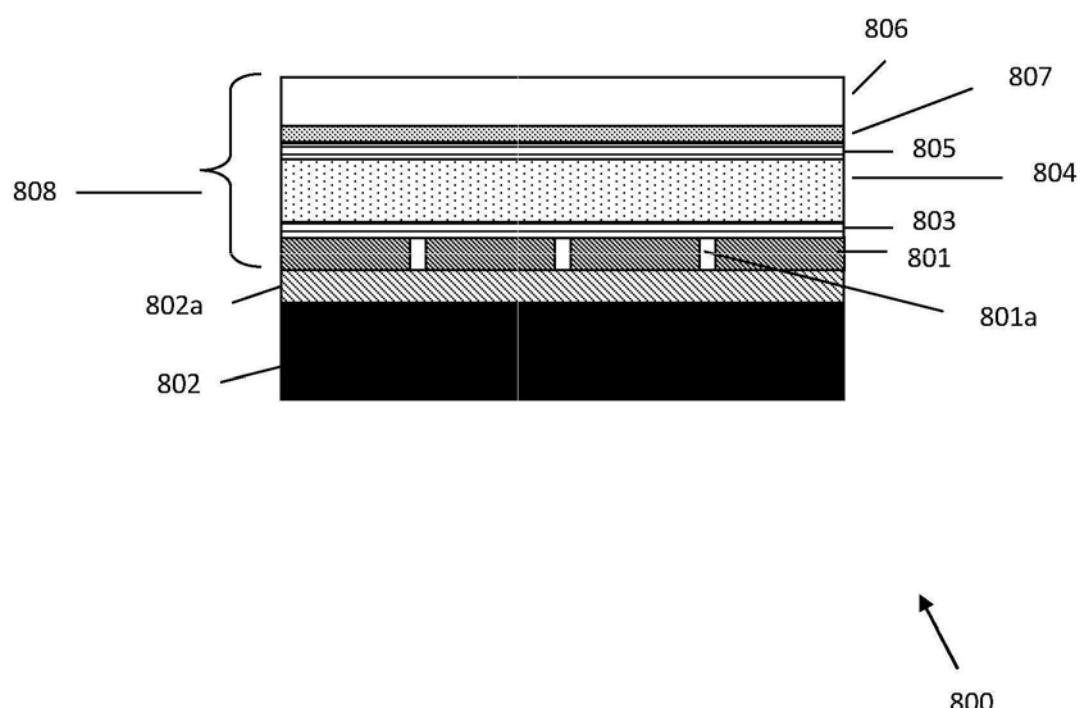


图7