



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101809511 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 15

(21) 申请号 200880100780. X

(22) 申请日 2008. 07. 25

(30) 优先权数据

102007036127. 2 2007. 07. 27 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 01. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2008/059765 2008. 07. 25

(87) PCT申请的公布数据

W02009/016105 DE 2009. 02. 05

(73) 专利权人 视瑞尔技术公司

地址 卢森堡蒙斯拜奇

(72) 发明人 诺伯特·莱斯特

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有

限公司 11278

代理人 王光辉

(51) Int. Cl.

G03H 1/22 (2006. 01)

G03H 1/32 (2006. 01)

G03H 1/26 (2006. 01)

(56) 对比文件

W0 2006/027228 A1, 2006. 03. 16,

W0 2006/066919 A1, 2006. 06. 29,

US 5483364 A, 1996. 01. 09,

审查员 李闻

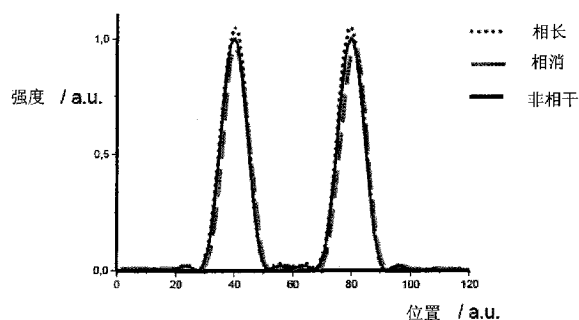
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

全息重建装置

(57) 摘要

3D 场景重建中斑点图样的减少可以通过平均来实现。全息重建装置中, 希望通过考虑场景重建的可见分辨率抑制斑点图样。全息重建装置设计成使得场景重建的可见分辨率与人类眼睛的分辨能力相匹配, 与所使用的重建装置 (RM) 的成像性能相匹配, 或者与所使用的光调制器装置 (SLM) 的分辨能力相匹配。执行方法步骤, 其中物点 (OP) 的网格比例在各种情况下在交叉平面 (SE) 内通过系统控制器装置 (SM) 生成, 其中网格比例在交叉平面 (SE) 内不能用于分离地分辨邻近物点 (OP), 并且执行各个交叉平面 (SE) 的物点 (OP) 的编辑以形成物点群, 该物点群具有可以被分离地分辨的邻近物点 (OP)。全息显示装置中, 本发明用于减少斑点图样并且减少将要计算和编码的场景物点的全息图的数量, 以及计算复杂性。



1. 用于全息重建场景的方法，

其中软件装置将场景分成物点，所述物点位于平行的截面层中，在每个截面层中确定网格，其中物点彼此如此靠近，以使得它们的相互距离对该截面层来说小于场景重建的可见分辨率，其中根据确定的网格在截面层中选择物点并且通过系统控制器装置将物点结合以形成物点群，其中计算每个物点群的计算机生成的全息图（CGH）并且该计算机生成的全息图（CGH）在由光源装置发出的相干光照亮的光调制器装置上编码，

其中重建装置从物点群的每个 CGH 中生成重建并且通过将各个 CGHs 加起来非相干地叠加已生成的重建，以便场景的单一全息重建在观察者眼睛位置的平面内变得可见，其中系统控制器装置具有用于存储物点的数据记录的存储装置，其特征在于，系统控制器装置依据场景重建的可见分辨率在截面层内根据网格进行物点的选择以及进行物点的结合以形成物点群，其中系统控制器装置

——在距眼睛位置不同距离的位置生成截面层，并且

——结合各个截面层的这些物点以形成物点群，其中这些物点的相互距离大于场景重建的可见分辨率，并且从包含表征可见分辨率的该群的物点之间的横向距离和物点的复值的数据记录中计算物点群的 CGH。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，系统控制器装置中的计算单元基于实际眼睛位置到场景的各个截面层的距离以及基于观察者的实际眼睛瞳孔直径计算物点密度，用于确定截面层中物点的间距。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，随后执行各个重建的非相干重叠。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，同时执行各个重建的非相干重叠，其中多个光调制器和多个重建装置同时生成多个重建，并且在观察者眼睛的位置将它们非相干重叠。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，使场景重建的可见分辨率适应于光调制器装置的分辨率。

6. 根据权利要求 1 所述的方法用于全息重建彩色场景，其特征在于，在系统控制器装置中通过软件装置将彩色场景分为不同的彩色组分，并且其中彩色重建由不同的光波长的至少两种不同的单色重建组成，其中将场景分为物点、将物点结合以形成物点群，以及单色 CGHs 的计算为每个彩色组分分离地进行。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，利用了三原色，为三原色的每个波长确定不同的网格间距，并且在物点的数据记录中通过计算单元为物点群确定不同的最小距离，或者为三原色的每个波长确定相同的网格间距，并且在物点的数据记录中通过计算单元为物点群确定相同的最小距离。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，场景的物点间距由计算单元确定为如此之小，以使得对于三原色的波长来说，物点不能再被分辨为分离的点。

9. 根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，物点群内物点的距离由计算单元确定为如此之大，以使得对于三原色的波长来说，物点可以被分辨为分离的点。

10. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，将已切分场景的每个物点分配给物点群仅一次。

11. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，使场景重建的可见分辨率适应于重建装

置的成像性能。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于,通过模拟或者基于测量曲线找到重建装置的成像性能。

13. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,物点群在光调制器装置上一维或二维编码。

14. 全息重建场景的装置,该装置具有

光调制器装置,该光调制器装置用由光源装置发出的相干光照亮,并且场景的物点群的计算机生成的全息图 (CGHs) 在该光调制器装置上编码,

重建装置,该重建装置从物点群的每个 CGH 中生成重建并且通过将单个 CGHs 加起来非相干地重叠已生成的重建,以便场景的单一全息重建在观察者眼睛位置的平面内变得可见,以及

系统控制器装置,该系统控制器装置用于通过截面层将场景分为物点,其中在截面层内根据确定的网格选择物点,并且将选择的物点结合以形成物点群,所述系统控制器装置包含用于存储物点的数据记录的存储装置,其特征在于,

系统控制器装置进一步设计成

——在距眼睛位置不同距离的位置生成截面层,该截面层总是具有网格,其中物点彼此如此靠近,以使得它们的相互距离对各截面层来说小于场景重建的可见分辨率,并且

——结合各个截面层的这些物点以形成物点群,其中这些物点的相互距离大于场景重建的可见分辨率,并且从包含表征可见分辨率的该群的物点之间的横向距离和物点的复值的数据记录中计算每个物点群的 CGH。

15. 根据权利要求 14 所述的装置,其特征在于,该装置具有用于检测关于至少一个观察者的实际眼睛位置的信息以及关于该观察者的眼睛瞳孔的实际尺寸的信息的位置探测器。

16. 根据权利要求 14 所述的装置,其特征在于,具有位置探测器,该位置探测器包含用于检测将要重建的场景的实际亮度值或者重建空间中环境光的实际亮度值的传感器,其中亮度值用来确定眼睛瞳孔的实际直径。

全息重建装置

[0001] 本发明涉及一种用于生成包含多个物体的三维场景的全息重建的装置。为了能够计算并且编码场景的全息图,将场景分为单个物点,这些物点结合起来形成以计算机生成的全息图 (CGH) 的形式在光调制器装置中显示的物点群 (object point groups)。利用相干光和重建装置生成每个物点群的各个重建并将其叠加,以便观察者从眼睛位置观看到斑点图样减少的时间平均的场景。本发明还涉及一种用于生成允许斑点图样减少的场景的全息重建的方法。

[0002] 本发明可以结合多种装置应用,该装置借助于利用实时或者接近实时的相干激光的全息术,允许记录和重建三维场景的复合波阵面,其中可以从可见区观看到该重建,该可见区也被称为观察者窗口。提供具有可控元件的光调制器装置用于用场景的复值调制入射相干光的波阵面。

[0003] 从申请人提交的较早的文件中知晓可以应用新方法的全息显示装置的特定类型,例如,(1)EP 1 563 346 A2,(2)DE 10 2004 063 838 A1或者(3)DE 10 2005 023 743 A1。在那些文件中,在以下基础上实现全息计算:为了编码和全息重建,将三维场景切分成截面层 (section layers),每个截面层包含场景的大量物点。物点表现表面和作为所有表面的总和的三维场景的特征。将它们作为复值写入到光调制器装置的多个可控元件中(或者在光调制器装置的多个可控元件中编码),因此每个物点在光调制器装置上形成分离的区域 (separate region)。这样的分离的区域被称为该物点的亚全息图。亚全息图大致对应于全息编码的透镜功能,该透镜功能在其焦点重建这个物点。复值的绝对值,即,振幅,在整个亚全息图中大约都是恒定的,并且其量值依赖于物点到屏幕的轴向距离以及物点的强度。亚全息图中复值的相位分布大致对应于透镜功能,该透镜的焦距依赖于物点到光调制器装置或者屏幕的轴向距离。由于相干光穿过光调制器,所以写入亚全息图的可控元件的复值修改光的振幅和/或相位。物点可以由已调制光重建。亚全息图之外,该物点在光调制器装置中具有数值“0”。场景的总已编码全息图由增加各个亚全息图的复值生成。

[0004] 场景的全息重建在重建空间中由重建装置生成,该重建空间在可见区和光调制器装置之间延伸。由场景的已编码全息图发出的波阵面在可见区中叠加,以便可以从眼睛位置观看到已重建的物点。重建基于叠加的波阵面生成,其中在时分多路或空分多路过程中为观察者的每只眼睛生成场景的各个透视图,但被大脑认知成单个全息 3D 显示,在该过程中,所述视图的视差不同。

[0005] 为了观察三维场景的重建,观察者可以注视光调制器装置,场景的全息图在该调制器装置上直接编码,并且该光调制器装置充当屏幕。这被称为直视布置 (direct-view arrangement)。可选择地,观察者也可以注视屏幕,图像或者在光调制器装置上编码的全息值的变换投射到该屏幕上。这被称为投影仪布置 (projector arrangement)。观察者的眼睛位置由位置探测器通过公知的方法检测,所述位置探测器通过软件装置与存储装置、计算单元以及系统控制器装置连接。存储装置还以查找表的形式主控在数据记录中计算 CGH 所必需的物点的信息。

[0006] 由于光调制器装置仅允许离散记录,所以为全息计算离散地扫描场景的物点。某

些编码方法提供了生成与在扫描点位置上的扫描的场景完全相符的重建的可能性。然而，物理重建导致重建强度的连续梯度，这也在扫描点之间。这些位置表明场景中强度梯度的偏差，这在重建中引起斑点图样，并且因此使全息显示的质量变差。当用物点的随机相位计算全息图时，该情况尤其明显。通常，斑点图样可以描述为类似粒状的干涉图样，其作为具有由具有统计上不规则分布的相位差的多个光波的干涉产生的随机分布强度最小值和最大值的空间结构生成。这些斑点图样实质上使重建场景的感知质量变差。

[0007] 通常可以通过三维场景重建过程中的时间和 / 或空间平均来减少斑点图样。观察者眼睛总是将呈现给其的多个重建进行平均，这些重建中的每个具有不同的斑点图样。如果场景的物点显示出不同的随机相位，则斑点图样例如将是随机的并且是不同的。由于平均效应，观察者感知降至最低的该斑点图样。旨在减少斑点图样的时间平均例如由 Donghyun Kim 在名为“通过衍射特定伪随机扩散减少动态全息三维显示装置中的相干伪像 (Reduction of coherent artifacts in dynamic holographic three-dimensional displays by diffraction-specific pseudorandom diffusion)”的文件中进行描述。一个接一个地计算并且显示场景的不同的全息图，其中用变化的相对相位差重叠场景的各个物点。因此眼睛时间平均了干涉效应，即，斑点图样。然而，利用该方法的话就不得不接受因需要计算多个全息图而引起的较大计算量，因为总是为所有物点计算每个全息图。这在重建场景的实时显示中会是实质上的缺点。此外，全息显示需要具有较短转换时间的便宜的光调制器装置。这样的装置还没有商业化。

[0008] 此外，当在全息显示装置中重建场景时必须考虑人类眼睛的分辨能力。为了确保场景中的平坦表面被观察者感知为连续平面，而不是作为各个点的集合被观察者感知，当算术上将场景分为物点时，邻近物点之间的临界距离 (critical distance) 必须不超出该平面或者截面层的范围。然而，尤其是这些出现在彼此相互接近的物点之间的干涉，将对需要被消除的斑点图样贡献主要的份额。

[0009] 本发明的目的是设计计算和编码场景的计算机生成的全息图 (CGH) 的过程，使得在不增加计算量的情况下在很大程度上抑制场景全息重建中斑点图样的出现。同时，场景的全息显示总体上将在相应设计的全息重建装置中以良好的质量可见。

[0010] 公知技术中描述了用来与本发明相结合的三维场景的全息计算和全息重建的一般方法。该方法基于这样的事实：场景由物体组成，而物体又由物点组成。为重建场景提供各种装置，所述装置与系统控制器装置相联合或者与系统控制器装置相配合。它们允许选择物点并将物点结合以形成物点群，其中物点群可以作为单个 CGH 计算和显示。通过各种装置的配合，实现物点群的各个重建的光波阵面的重叠，以便观察者的眼睛在眼睛位置观看到场景的最终重建。

[0011] 基于该原则，通过一装置达到了根据本发明的该目的，该装置中，依赖于场景重建的可见分辨率，由系统控制器装置在截面层中根据网格完成物点的选择，以及进行物点的结合以形成物点群。为了通过系统控制器装置实现对场景重建的可见分辨率的适应，

[0012] ——每个截面层中，为具有在截面层中邻近物点不能被观察者分辨为分离点的间距的物点确定网格，并且

[0013] ——将可以被观察者分辨为分离点的各个截面层的这样的物点结合以形成物点群。

[0014] 这样做时,为重建选择已切分场景的每个物点。因此,最好实现将每个物点分配给物点群仅一次,并且因此需要计算并编码的物点群的全息图更少。除了减少斑点图样的出现,总体上还减少了计算时间。

[0015] 根据本发明,建议使场景重建的可见分辨率适应于人类眼睛的分辨能力。眼睛的分辨能力由艾里 (Airy) 函数 $2*j_1(r-r_0)/(r-r_0)$ 描述,其中 $r_0 = (x_0, y_0)$ 是物点的坐标, $r-r_0$ 是截面层内到该坐标的距离,以及 j_1 是贝塞尔 (Bessel) 函数。为了能够实现艾里函数,提供给装置用于检测关于至少一个观察者的实际眼睛位置的信息以及关于该观察者的眼睛瞳孔的实际尺寸的信息的位置探测器。此外,提供给装置基于实际眼睛位置到场景的各个截面层的距离并且基于观察者实际眼睛瞳孔直径计算物点密度的计算单元,该物点密度由系统控制器利用,用以确定各个截面层中物点的间距。

[0016] 实际瞳孔直径可选择地可以基于亮度值而找到,其中位置探测器装配有用于检测已重建场景的实际亮度值或者重建空间内周围光的实际亮度值的传感器。

[0017] 根据本发明,可以使场景重建的可见分辨率进一步适应于重建装置的成像性能。为此,建议通过模拟或者基于已测量的曲线找到重建装置的成像性能。在这里,可以借助于重建装置和在光调制器装置上编码的透镜的结合确定进入不同截面层成像的光源的点扩散函数 (point spread function),其或者用合适的光学软件算出,或者根据经验找出。具体地,决定可见分辨率特征的物点间的横向距离可以通过模拟或者测量曲线得到并且将其存储在存储装置中的各个数据记录中。进一步假定系统控制器装置依赖于观察者的实际眼睛位置和重建装置的分辨率在截面层中选择物点,并且将物点结合以形成物点群。

[0018] 进一步设计根据本发明的装置使得系统控制器装置控制在光调制器装置上编码 CGH 的过程以及场景的物点群的随后重建的过程。为此,物点群在光调制器装置上二维编码。然而,它们还可以在光调制器装置上一维编码。

[0019] 本发明的目标还通过全息重建场景的方法达到,其中所述方法的过程步骤可以主要用装置 (device) 的上述装置 (means) 执行。该方法的特征是系统控制器装置在截面层中根据网格完成物点的选择并且进行物点的结合以形成物点群,这依赖于场景重建的可见分辨率。为此,系统控制器装置

[0020] ——在每个截面层中为具有在截面层中邻近的物点不能被观察者分辨为分离的点的间距的物点确定网格,并且

[0021] ——将可以被观察者分辨为分离的点的各个截面层的那些物点结合以形成物点群。

[0022] 可以随后执行各个重建的非相干重叠的过程步骤,以便观察者的眼睛在各个重建的强度的总和上时间平均重建的强度。然而,还可以同时进行各个重建的非相干重叠。为此,光调制器装置包含多个光调制器,在该光调制器上同时编码 CGH。

[0023] 基于这些 CGHs,具有相互不同的斑点图样并且其光波阵面同时生成并在观察者眼睛位置重叠的多个单个重建具有相应数量的重建装置。此外,场景重建的可见分辨率可以适应于光调制器装置的分辨率。

[0024] 本发明的实施例中,描述了全息重建彩色场景的方法,其中在系统控制器装置中通过软件装置将彩色场景分为不同的彩色组分,并且场景的彩色重建由光波长不同的至少两个不同的单色重建组成,其中场景分为物点,物点的结合以形成物点群,并且为每个彩

色组分分离地进行单色 CGHs 的计算。

[0025] 本方法的一个实施例中,利用了三原色,为三原色的每个波长确定不同的间距,并在截面层中网格的物点数据记录中通过计算单元为物点群确定不同的最小距离。不同的、有目的的过程步骤提供了为三原色的每个波长确定相同的网格间距,并且在物点的数据记录中通过计算单元为物点群确定相同的最小距离。

[0026] 场景彩色重建的另一个过程步骤中,场景物点的间距由计算机单元确定为如此之小以使对于三原色的波长来说,物点不能再被分辨为分离的点。此外,形成要满足的第二个标准的物点群内的物点之间的最小距离由计算单元确定为如此之大以使对于三原色的波长来说,物点可以被分辨为分离的点。

[0027] 以上述特征为特点的全息重建装置中场景的计算机生成的全息图 (CGHs) 的计算和编码相较于公知技术具有以下优势:

[0028] ——可以广泛地抑制场景全息重建中的斑点图样的出现。

[0029] ——在计算中每个物点仅利用一次。

[0030] ——在特征随后显示的实施例中,仅很少的单一全息图必须依次计算并且显示。

[0031] ——对计算能力和速度的要求减少。

[0032] 现在将结合附图、借助实施例对本发明进行详细说明,其中

[0033] 图 1 表示不能再被分辨为分离的点的两个物点的艾里 (Airy) 函数的振幅曲线,

[0034] 图 2 表示对于相消干涉和相长干涉以及对于这些物点的非相干重叠的经计算的强度,

[0035] 图 3 表示用随机相位计算的物点的平面场景的重建的模拟,其具有根据图 1 和图 2 的物点距离,

[0036] 图 4 表示图 2 中两个物点之间四倍距离的相似叠加,

[0037] 图 5 表示用随机相位计算的物点的平面场景的重建的模拟,其具有根据图 4 的物点距离,

[0038] 图 6 表示重建的模拟,其中生成 16 单个重建且 16 单个重建是非相干叠加的,以及

[0039] 图 7 是表示根据本发明的全息显示装置的主要组件的示意图。

[0040] 根据本发明的全息重建装置包含至少一个光调制器装置、重建装置和光源装置,这些装置可以是分离的单元或者组合在一个单元中。此外,提供包含多个存储装置和计算单元的系统控制器装置,用于借助于软件装置在全息重建装置中执行计算并且协调过程。根据本发明的方法将主要借助于两个物点的例子进行描述,这两个物点代表整个场景。

[0041] 正如前述那样,由光源装置发出的相干光的衍射在场景的各个物点之间引起干涉的干涉最大值和干涉最小值。观察者感知到它们是被称为斑点图样的干扰颗粒状结构。本发明消除了斑点图样,因为场景重建的可见分辨率适应于眼睛的分辨能力或者适应于重建装置的成像性能或者适应于光调制器装置的分辨率。在这里,场景的物点必须满足两个标准,这将在实施例的说明中详细描述。

[0042] 观察者用他的眼睛瞳孔观看重建。瞳孔具有衍射限制孔径的函数。对于圆形孔径,例如眼睛瞳孔,眼睛的分辨能力,以及因此物点的振幅曲线通常由艾里函数描述

[0043] $2*j_1(r-r_0)/(r-r_0)$

[0044] 其中 $r_0 = (x_0, y_0)$ 是物点的坐标, $r-r_0$ 是场景的截面层内到该坐标的距离, j_1 是

贝塞尔 (Bessel) 函数。

[0045] 假如重建装置没有给出其它限制因子, 观察者感知物点是艾里斑 (Airy disc)。该艾里斑具有 $Bd = 1.22 \lambda D/dp$ 的直径, 其中 D 是实际眼睛位置的平面与各个截面层之间的距离, λ 是光波长, dp 是眼睛瞳孔的直径。如果位于位置 $r0a$ 和 $r0b$ 的两个物点的共有距离是 $r0b-r0a \geq 301.22 \lambda D/dp$, 则它们可以正好被分辨为分离的点。然后一个物点的函数 $j_1(r-r0a)/(r-r0a)$ 的最大值与其它物点的函数 $j_1(r-r0b)/(r-r0b)$ 的第一最小值一致。

[0046] 图 1 表示距离为 $1.0 \lambda D/dp$ 的两个物点的振幅曲线。振幅明显地交迭并且这两个点不能被观察者眼睛分辨为分离的点。如果两个物点的艾里斑彼此相互靠近并且交迭, 则两个物点的相对相位实质上影响这些物点最终的相干重建。因此, 显著的强度最大值会随着相长干涉 (constructive interference) 出现, 并且显著的强度最小值会随着相消干涉 (destructive interference) 出现。

[0047] 图 2 表示在一个位置的图 1 的物点的相消干涉和相长干涉以及非相干重叠的经计算的强度。非相干重叠大致上与平面场景的预期值一致。如果在网格中存在超过两个具有彼此相互靠近的距离的物点, 这些物点已生成的重建形成具有大约恒定强度的连续平坦表面。相干重叠的通常情况下, 强度在相消干涉和相长干涉的极端情况之间的某处——这依赖于两个物点的相对相位。相反, 具有多个物点的相干重叠的干涉将导致斑点图样。参照图 7, 观察者从位于可见区的眼睛位置 AP 观看场景的重建, 该眼睛位置 AP 也被称为观察者窗口 VW。该观察者窗口 VW 典型地略大于眼睛瞳孔。光从不同的物点 OP 到观察者窗口 VW 的光程长度 (optical pathlength) 的差值对出现的这类干涉是很重要的。然而, 该光程长度差值依赖于观察者窗口 VW 内眼睛瞳孔的位置而改变。这就是如果眼睛在观察者窗口 VW 内移动, 会出现不同的干涉的原因。在一种极端情况下, 干涉的类型会从相长变为相消或者反之。现在, 为了能让观察者从观察者窗口 VW 内的任何眼睛位置 AP 以高质量观察到重建, 在相长干涉和相消干涉之间必须仅有很小的差值。

[0048] 图 3 表示用随机相位计算的物点的平面场景 (即二维布置) 重建的模拟, 上述物点具有根据图 1 和图 2 的物点距离。结果, 可以观看到干扰的斑点图样而不是统一明亮的表面。该斑点图样由两个物点的干涉引起。如果观察者在观察者窗口内移动, 斑点图样将改变其外观。

[0049] 为了实现在无干扰斑点图样的情况下统一、明亮地照亮表面, 场景重建的可见分辨率必须适应于眼睛的分辨能力或者例如适应于重建装置的分辨率或者重建装置的成像性能。

[0050] 如果不同物点的艾里斑位于某一距离, 仅较小的次级最小值将发生干涉。因此, 相消干涉和相长干涉之间或物点的艾里斑的非相干重叠之间将仅存在很小的差值。

[0051] 如果为物点群的集合选择两个位于足够远距离的邻近物点, 斑点图样减少得甚至更好。因此, 图 4 表示两个物点之间四倍距离, 即 $r0a-r0b = 4.0 \lambda D/dp$, 的强度的叠加。对于相长干涉和相消干涉以及对于两个物点的非相干重叠的强度值在这里仅表现出很小的差值。因此两个物点被感知为重建中的两个清晰地分离的点。

[0052] 图 5 表示用随机相位计算的物点的二维布置的重建的模拟, 具有根据图 4 的物点距离。物点被清晰地分辨为单个物点。由于物点相互之间的较大距离, 没有斑点图样出现。

[0053] 然而, 图 5 所示的单一全息图不允许显示连续表面。具有如图 5 所示的物点距离

的多个重建的重叠是必须的,但是具有位移的物点。对于这样的位移,物点的二维布置最初使用具有如图 1 所示的 $1.0 \lambda D/dp$ 的距离。将这些物点分配给不同的物点群,使得它们具有如图 4 所示的 $4.0 \lambda D/dp$ 的最小距离。然后从每个物点群中计算全息图并且在光调制器装置上编码。

[0054] 图 6 中的图片表示重建的模拟,其中基于 16 个单一全息图生成 16 个单个重建,并且 16 个单个重建非相干重叠。图 5 所示的全息图用于该模拟。为此,为具有在表征截面层的区域的水平和垂直方向都有 $1.0 \lambda D/dp$ 的间距的物点确定网格。结合物点以形成 16 个物点群。在物点群中,物点在水平和垂直方向都具有 $4.0 \lambda D/dp$ 的最小距离。基于这 16 个物点群计算 16 个全息图。根据所有 16 个全息图的重建强度将其非相干重叠。这意味着将各个重建的强度加和起来以得到最终的强度。结果是用统一亮度照亮的已重建平坦表面,并且该重建平坦表面表现出与图 4 相比实质上更少的斑点图样。

[0055] 图 7 中的示意图表示根据本发明的直视显示式全息显示装置的主要组件。该图中,LQ 是光源装置,RM 是重建装置,SLM 是光调制器装置,SM 是系统控制器装置,SE 是具有物点 OP 的多个截面层中的其中一个截面层,VW 是观察者窗口,以及 AP 是观察者窗口 VW 中的眼睛位置。截面层位于离观察者窗口 VW 距离 D 的位置,并且所示的眼睛瞳孔具有直径 dp。重建空间从观察者窗口 VW 延伸到 SLM,在该重建空间中,观察者从眼睛位置 AP 观看重建的场景。在截面层中将两个物点拖拽到彼此相互靠近以使它们不会被观察者分辨为分离的点。其它两个物点位于较大相互距离的位置,并且都属于一个物点群。

[0056] 以下将借助一些实施例详细说明本发明。本发明的第一实施例表示场景重建的可见分辨率是如何适应于观察者眼睛的分辨能力的。第一过程步骤中,系统控制器装置确定场景的截面层中的水平线和垂直线的交叉点的网格。网格的间距取决于观察者的实际眼睛位置。要么,在眼睛位置和截面层之间给定固定距离;这样观察者必须位于固定位置。要么由位置探测器检测距离。此外,为了计算,必须知晓观察者眼睛瞳孔的尺寸。为此,本过程利用眼睛瞳孔的典型直径,或者由位置探测器或者专用传感器检测眼睛瞳孔的实际直径并将其存储在存储装置中。用于确定眼睛瞳孔的实际尺寸的另一个可能的装置设计成使传感器检测将要重建的场景的实际亮度值或者重建空间中环境光的实际亮度值并将该值传送到计算单元,该计算单元根据该信息计算瞳孔尺寸。然后,为了能够计算单个 CGHs,系统控制器使各个截面层的网格的间距以及物点之间的最小距离适应于该值。

[0057] 基于场景的各个截面层到眼睛位置的距离以及眼睛瞳孔的直径,作为系统控制器装置的组件的计算单元计算大于眼睛分辨能力的物点密度。基于该物点密度,系统控制器装置确定各个截面层中的邻近物点的间距。在任意一个方向,网格线平行延伸并且彼此具有相同的距离。然而,由于各个截面层和观察者眼睛位置之间的不同距离,各个截面层之间的间距不同。

[0058] 一个截面层的邻近网格位置中的物点相对于眼睛到该截面层的确定的轴向距离具有这样的水平和垂直横向距离,即它们不能被分辨为分离的点。因此多个邻近的物点就被感知成连续的平坦表面。因此满足了本发明的第一个标准,与物点密度相关。将将要重建的物点的特征信息存储在系统控制器装置的存储装置中的数据记录中,从中它们可以被软件装置寻回。

[0059] 第二过程步骤中,根据本发明的第二个标准,为了能够在重建中观看到物点再次

清晰地分离,必须减小物点密度。因此,截面层这样的物点结合以形成物点群——根据已存储的数据——该物点群具有这样的相互距离,即被位于离该截面层的确定的轴向距离的观察者清晰地感知为分离的点。

[0060] 根据本发明的装置中,计算每个物点群的计算机生成的全息图 (CGH),并且该计算机生成的全息图 (CGH) 在光调制器装置上编码,该光调制器装置由在另外的过程步骤中的光源装置发出的相干光照亮。光调制器装置包含可控元件,例如,规则排列的像素,用于入射相干光的波阵面的调制。对于一维编码,例如形成 2、3 或 4 个物点群,对于二位编码,例如形成 4、9 或 16 个物点群,并且计算相应的全息图。将要生成的单个重建的数量相应较高。

[0061] 全息装置的重建装置生成每个物点群的单个重建。系统控制器装置非相干地叠加重建,以便场景的单一全息重建在观察者的实际眼睛位置的平面内变得可见。

[0062] 各个重建在眼睛位置的非相干重叠可以相继进行。各个重建以这样快的节奏叠加使得观察者的眼睛在各个重建的强度的总和上时间平均重建的强度。可选择地,各个重建的非相干重叠可以同时进行,其中多个光调制器和多个重建装置同时生成多个重建并且在观察者眼睛的位置将它们非相干地重叠。满足上述两个标准的场景的物点在被重建时将没有斑点图样或者呈现很少的斑点图样。任意一种情况下,观察者从实际眼睛位置观看仅具有很少斑点的整个场景的平均重建。

[0063] 本发明的第二实施例中,使场景重建的可见分辨率适应于重建装置的分辨率。这意味着不是考虑眼睛瞳孔的效应,而是考虑光重建系统的瞳孔效应或其成像质量,其中光重建系统是重建装置的组件。其例如还可以是这样的情况:光源的空间范围,或者在 SLM 上编码的值的不理想显示,或者光重建系统中的像差会导致单个物点以放大的方式重建。然后物点的可见分辨率不由眼睛瞳孔的衍射限制尺寸确定。在这样的情况下,必须选择最初的物点密度使得实际由整个重建装置重建的物点恰好没有被感知为分离的点,但被感知为连续的表面。

[0064] 为此,在一个过程步骤中,建立至少一个用于例如在距具有用于全息重建的光重建系统的 SLM 不同距离的位置的单一物点重建的测量曲线,并将该曲线存储在存储装置中。可选择地,表示物点特征并且从该测量曲线中计算得到的参数可以存储在存储装置中。系统控制器装置基于该测量曲线的宽度和线路决定物点密度并且依赖于观察者实际眼睛位置为场景的物点确定网格。正如在第一实施例中描述的那样,然后必须再次减小物点密度。为此,选择具有确定的相互距离的物点,并将它们结合以形成物点群使得它们可以被分辨为分离的点。类似本发明的第一实施例中所描述的过程,进行光调制器装置上的编码以及各个物点群的重建,但要考虑重建装置的成像质量。在本实施例的某些变型中,用于距 SLM 不同距离的物点的重建的测量曲线由重建装置的性能的模拟代替。

[0065] 根据本发明的第三实施例,场景重建的可见分辨率可以适应于光调制器装置的分辨率。场景的重建从观察者窗口内的眼睛位置可见。观察者窗口的尺寸依赖于光调制器装置的分辨率:

[0066] $VW_{h,v} = D \lambda / p_{h,v}$

[0067] 其中 D 是观察者眼睛和光调制器装置之间的距离, λ 是波长,以及 $p_{h,v}$ 是像素间距,即,两个像素之间水平 (h) 或垂直 (v) 方向的距离。两个像素是光调制器装置的可控元件,在该光调制器装置中编码复值数。观察者窗口通常是矩形。如果观察者窗口在水平

或垂直方向中的任意一个方向或者在两个方向都小于眼睛瞳孔的直径 d_p , 则场景的可见分辨率由观察者窗口的范围决定而不是由眼睛瞳孔的分辨能力决定。如果观察者窗口在两个方向都小于眼睛瞳孔的直径, 两个辛克 (sinc) 函数代替艾里函数, 例如:

[0068] $\text{sinc}(D\lambda/vw_h)\text{sinc}(D\lambda/vw_v)$

[0069] 然后必须修改根据本发明的装置和相应的方法以类似地匹配该分辨率。

[0070] 本发明的第四实施例中, 提供用于全息重建彩色场景的装置和方法。在系统控制器装置中通过软件装置将彩色场景分为规定色彩的不同组分。场景的彩色重建从光的不同波长的至少两个单色重建中生成。将场景分为物点、将物点结合以形成物点群、以及单色 CGHs 的计算和编码依照本发明第一实施例的描述为每个彩色组分分离地进行。

[0071] 为了能够执行重建过程, 计算单元为物点群对用在物点的数据记录中的原色的每个波长确定不同的网格间距以及不同的最小距离。为了简化计算和过程, 根据本过程步骤的修改, 为三原色的每个波长确定相同的网格间距, 并且在物点的数据记录中通过计算单元为物点群确定相同的最小距离。为此, 作为第一个标准, 场景物点的间距最好由计算单元确定为小得对于所使用的原色的波长来说, 物点不能再被分辨为分离的点。本过程的第二个标准这样得以满足, 物点群内的物点之间的距离由计算单元确定为大得对于三原色的波长来说, 物点可以被分辨为分离的点。由于彩色场景重建的分辨率例如适应于眼睛的分辨能力, 所以在场景的重建中可以实现斑点图样数量的减少。根据本发明的全息重建装置可以设计成透射类型或者反射类型的全息装置, 并且该全息重建装置能够为一个观察者或者多个观察者服务。

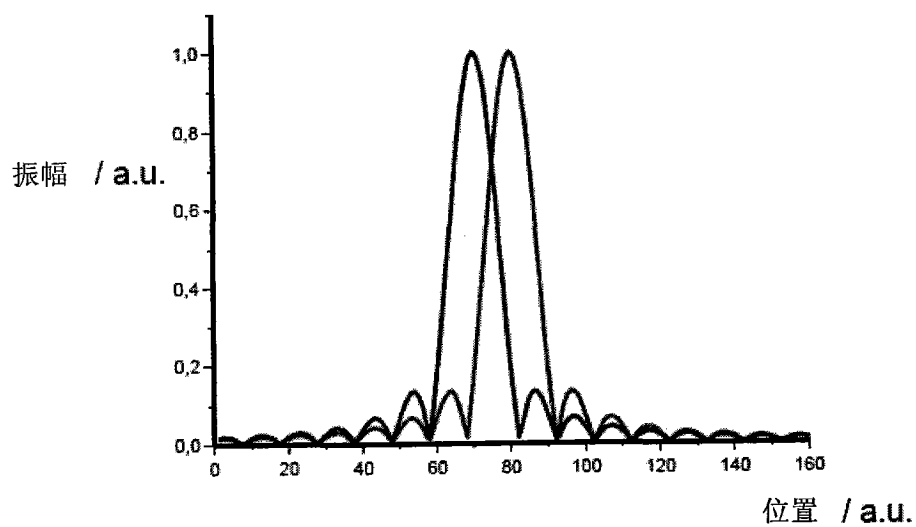


Fig. 1

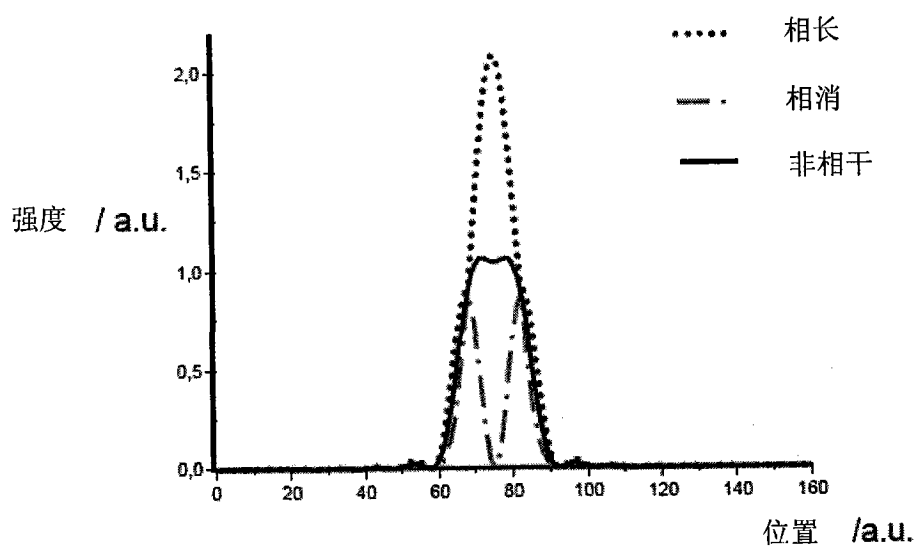


Fig. 2

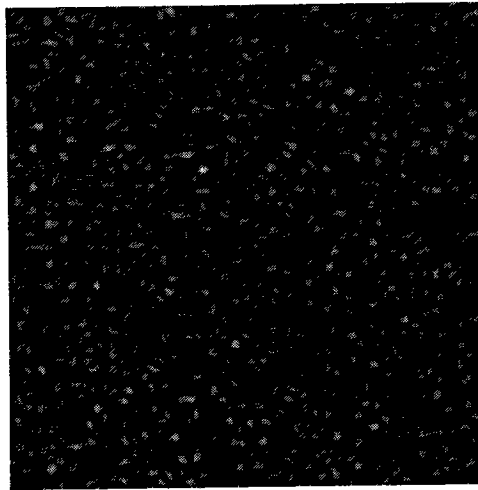


Fig. 3

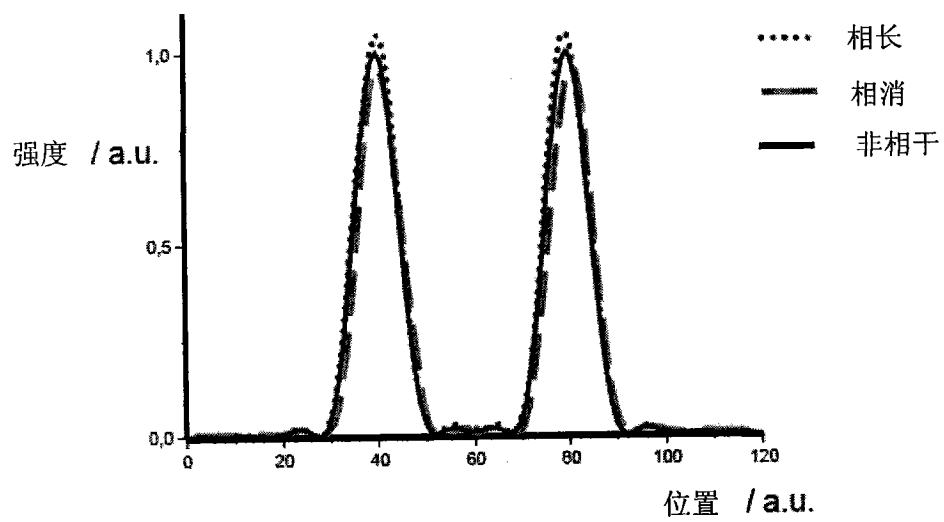
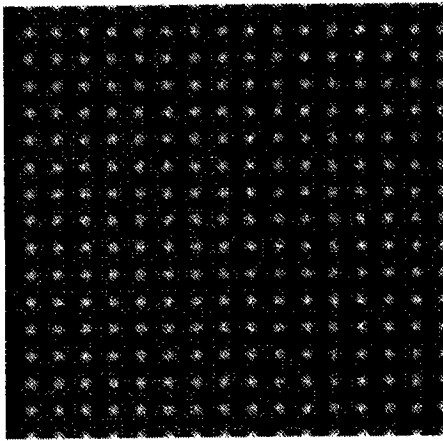
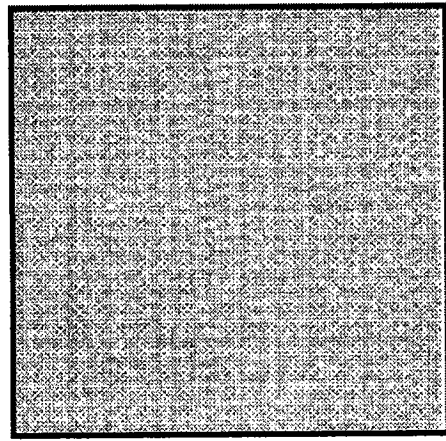


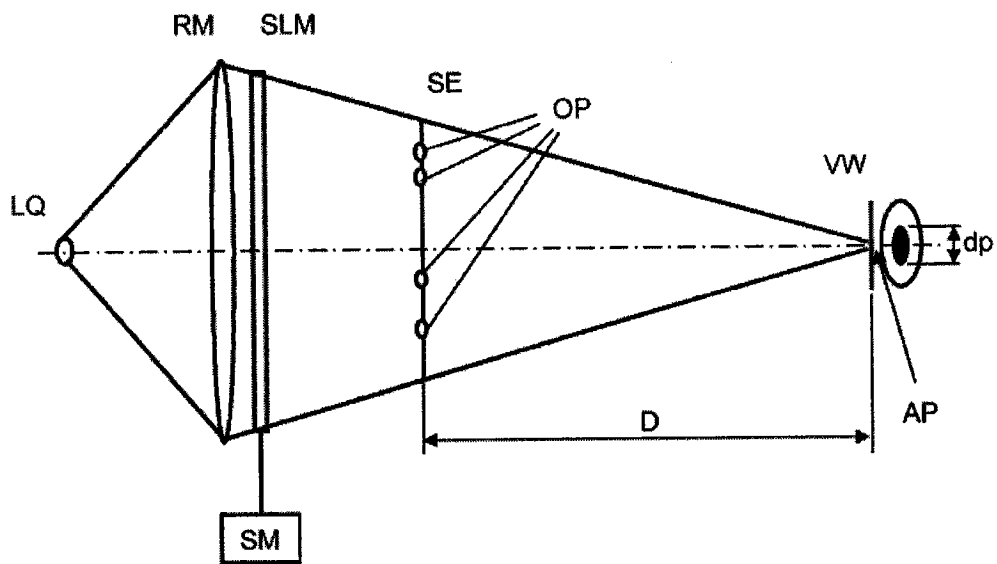
Fig. 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7