



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101371594 B

(45) 授权公告日 2012.02.29

(21) 申请号 200780002759.1

G03H 1/22 (2006.01)

(22) 申请日 2007.01.15

G03B 21/62 (2006.01)

(30) 优先权数据

102006004301.4 2006.01.20 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.07.21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2007/001478 2007.01.15

(87) PCT申请的公布数据

W02007/099458 DE 2007.09.07

(73) 专利权人 视瑞尔技术公司

地址 卢森堡大公国蒙斯拜奇

(72) 发明人 菲利普·瑞德-乔德

(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.

H04N 13/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2005/0285027 A1, 2005.12.29,

US 2005/0285027 A1, 2005.12.29,

JP 特开平 9-68674 A, 1997.03.11,

US 2002/0034006 A1, 2002.03.21,

US 5652666 A, 1997.07.29,

CN 1427632 A, 2003.07.02, 全文.

US 2003/0179435 A1, 2003.09.25,

US 2002/0071178 A1, 2002.06.13,

审查员 肖靖

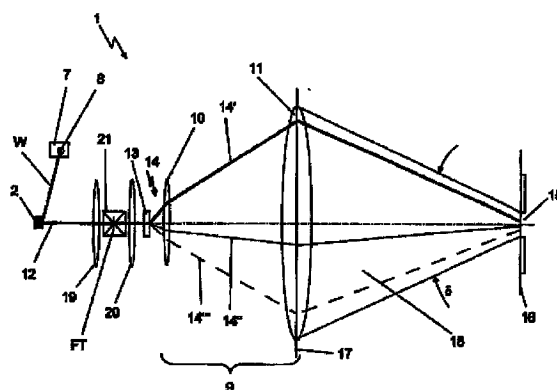
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于放大重建立体尺寸的全息投影装置

(57) 摘要

本发明涉及包含反射镜元件(微反射镜形式)阵列(3)的全息投影装置(1)。该全息投影装置(1)包括至少一个包含反射镜元件阵列(3)的光成形装置(2、2R、2G、2B)。每一个反射镜元件(3)具有至少一个致动器(4)。反射镜元件(3)的各个致动器(4)使反射镜元件(3)在至少一个方向上倾斜和/或轴向位移。因而直接形成代表重建景象的波前(W)。本全息投影装置(1)包括光学系统(9)用于将形成的波前(12、12R、12G、12B、12L)在观察者位置平面(16)的至少一个虚拟观察者视窗(15、15R、15L、28L)中重建。



1. 一种全息投影装置,具有反射镜元件阵列,用来通过反射镜元件阵列 (3) 针对包括有至少一个波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 的重建景象放大其重建立体尺寸 (18),每个反射镜元件 (3) 分别具有至少一个致动器 (4),使每个反射镜元件 (3) 可以在至少一个致动器 (4) 的协助下朝至少一个方向移动,来产生相位偏移,借此直接形成呈现重建景象的波前 (w),全息投影装置还包含光学系统 (9),用于将波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 形成的波前 (12、12R、12G、12B、12L) 成像到观察者位置平面 (16) 中的至少一个虚拟观察者视窗 (15、15R、15L、28L) 中。

2. 根据权利要求1所述的全息投影装置,其特征在于波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 的反射镜元件 (3) 为微反射镜形式。

3. 根据权利要求1或2中的一个所述的全息投影装置,其特征在于反射镜元件 (3) 可以倾斜或轴向位移以便调制光的相位。

4. 根据权利要求1或2中的一个所述的全息投影装置,其特征在于反射镜元件 (3) 可以倾斜以便以预定的重建立体尺寸 (18) 来重建景象。

5. 根据权利要求1所述的全息投影装置,其特征在于光学系统 (9) 包括屏幕 (11) 和至少一个成像机构 (10、24)。

6. 根据权利要求1所述的全息投影装置,其特征在于包括一维波前调制装置 (2、2R、2G、2B)。

7. 根据权利要求6所述的全息投影装置,其特征在于包括用以产生二维波前 (14) 的偏转元件 (13),其可以向波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 直角执行光学偏转。

8. 根据权利要求7所述的全息投影装置,其特征在于偏转元件 (13) 设置在至少一个光源 (8、8R、8G、8B) 与波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 之间。

9. 根据权利要求1所述的全息投影装置,其特征在于包括位置检测系统 (22) 以便检测观察者位置平面 (16) 中至少一个观察者的眼睛位置。

10. 根据权利要求9所述的全息投影装置,其特征在于包括至少一个偏转机构 (23) 用于依据眼睛位置来追踪至少一个观察者视窗 (15、15R、15L、28L)。

11. 根据权利要求10所述的全息投影装置,其特征在于为根据每个观察者的个别眼睛位置来追踪多个观察者的观察者视窗 (11、11R、11L、24R、24L、28R、28L),针对每一位观察者设有偏转机构 (23),所有偏转机构 (23) 共用透镜瞄准阵列 (24),而共同对焦元件 (30) 则以前后排列方式 (从光传递的方向看) 设置。

12. 根据权利要求10或11所述的全息投影装置,其特征在于偏转机构 (23) 是反射镜。

13. 根据权利要求5所述的全息投影装置,其特征在于从光传递的方向看,成像机构 (10、24) 前方设置有分光元件 (21),用于进行景象的彩色重建,或者影幕 (11) 是反射镜,尤其是凹面镜。

14. 根据权利要求1所述的全息投影装置,其特征在于在光路中包括有透镜元件 (19、20) 用于减少像差。

15. 一种放大重建立体尺寸以便观看重建景象的方法,至少一个光源发出充分相干的光线,其中这个充分相干的光线成像在屏幕 (11) 上,其中至少一个波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 的至少一个反射镜元件 (3) 由至少一个致动器 (4) 移动以产生相位偏移效果以便调制入射光线,据以根据重建景象直接调制从光源 (8、8R、8G、8B) 中产生的波前 (w),并成像

到观察者位置平面 (16) 的虚拟观察者视窗 (15, 15R、15L、28L) 中。

16. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于反射镜元件 (3) 可倾斜或轴向位移以调制光的相位。

17. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于该充分相干的光线的波前 (W) 通过该反射镜元件 (3) 倾斜进行原地导向, 或者景象通过倾斜该反射镜元件 (3) 以零衍射级重建。

18. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于光学系统 (9) 将所形成的波前 (12、12R、12L、27L) 成像在虚拟观察者视窗 (15、15R、15L、28L) 中, 其中至少一个光学系统 (9) 的成像机构 (10、24) 将所形成的波前 (12、12R、12L、27L) 的傅立叶转换成像在屏幕 (11) 上它的影像侧焦平面 (17) 上。

19. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于位置检测系统 (22) 检测至少一个观看重建景象的观察者的眼睛位置。

20. 根据权利要求 19 所述的方法, 其特征在于该虚拟观察者视窗 (15、15R、15L、28L) 根据所检测到的观察者眼睛位置进行追踪。

21. 根据权利要求 20 所述的方法, 其特征在于至少有一个偏转机构 (23) 追踪观察者位置平面 (16) 中的虚拟观察者视窗 (15、15R、15L、28L)。

22. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于针对两个或两个以上的观察者, 其中所有的观察者左眼只使用一个波前调制装置 (2、2R、2G、2B)、所有的观察者右眼也只使用一个波前调制装置 (2、2R、2G、2B), 而多个光源 (8) 以不同的入射角度将光线引导到反射镜元件 (3) 上。

23. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于偏转元件 (13) 根据由一维波前调制装置 (2、2R、2G、2B) 所形成的一维波前 (12、12R、12L、27L) 产生二维波前 (14、14R、14L、29L)。

24. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于该景象的彩色重建在分光元件 (21) 的协助下针对三原色同步执行。

25. 根据权利要求 24 所述的方法, 其特征在于该景象的同步彩色重建在三个波前调制装置 (2R、2G、2B) 的协助下进行, 其中分光元件 (21) 重新组合排列由三个波前调制装置 (2R、2G、2B) 调制的三个个别波前 (12R、12G、12B)。

26. 根据权利要求 15 所述的方法, 其特征在于该景象的彩色重建针对三原色依次执行。

27. 根据权利要求 26 所述的方法, 其特征在于该景象的依次彩色重建在至少一个波前调制装置 (2) 的协助下进行。

## 用于放大重建立体尺寸的全息投影装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及包含反射镜元件阵列的全息投影装置。本发明还涉及用来放大重建立体尺寸以便观察重建的（尤其是三维）景象的方法，其中具有至少一个光源的照明装置会发出充分相干光线。

### 背景技术

[0002] 全息技术可以进行三维录影并且可以利用光波 - 光学方法以光学方式呈现物体。全息影像的重建（通常称为重建），根据全息影像的种类，可通过以相干的光线照亮承载全息影像的媒介来实现。现有技术全息投影装置由于重建空间、或观看角度对于观看（尤其是）三维景象来说都太小。

[0003] 通常，重建的结果可以直接观看，即，观察者直接观看计算机生成的全息图（CGH），这些图像由规则排列的像素所构成，而像素则依据全息影像的各种值进行编码。由于偏转的效果，CGH 的重建只会在周期性区间内进行，这个区间则根据 CGH 的分辨率来定义。重建结果通常会反复显示邻近周期性区间的不规则。要呈现的区域的大小因此会受分辨率的限制。全息图像的分辨率将必须大幅增加才能将观看角度至少放大到景象可以被两个眼睛观看的程度。

[0004] 由于放大物体的全息重建的重建立体尺寸和加大观看角度上的目的，承载全息影像的媒体因此需要有大量的微小像素。这些像素的大小应尽可能小，而它们的光学属性可以个别控制。用来说明分辨率的像素与像素之间的距离（间距）非常小，需要高成本的制造过程来进行排列。

[0005] CGH 的记录媒体包括光调制器，例如液晶显示器（LCD）、反射式液晶投影显示器（LCoS）、声光调制器、光寻址空间光调制器（OASLM）、及电寻址空间光调制器（EASLM），用来调制入射光线的相位和振幅。

[0006] WO 2005/059659A2 说明了一种使用光调制器来放大全息显示器的观看角度的装置范例。它使用分辨率大于光调制器的相位掩模来呈现全息影像，这个相位掩模设置在紧靠光调制器的正后方（从光传递的方向看）。光调制器的每一个像素都与四个或四个以上的相位掩模元件有关联。因此相位掩模可以产生更高的虚拟分辨率，并可因此扩大观看角度。

[0007] 然而，获得这些好处的代价是会有额外的噪音，因为每个物体的相位掩模都一样，而在提高分辨率时，它们的值会随机分布。

[0008] 除此之外，光调制器已知都包括有用于光调制的微反射镜。这些光调制器都是用来调制入射光的振幅和 / 或相位的。

[0009] US 6,028,689 说明了一种悬挂在固定架的四个载臂上的微反射镜。微反射镜可以通过对它的电极供应电压让它沿着两个轴线移动。微反射镜会进行轴向位移以消除或至少将影像中的相位误差减少到最低程度。

[0010] CA 2190329C 文件说明了用于调制入射光线的振幅和相位的光调制器。这个光调

制器包括微反射镜,并且在光调制器的底座和每一个微反射镜之间设有弯曲元件,用来在它施加静电力时使微反射镜作出相对于底座的倾斜移动或轴向位移。在振幅调制方面,会通过供应电压到微反射镜与光调制器底座上的电极之间来使光调制器的微反射镜作倾斜移动。如果同时给底座上的两个电极供应电压,则静电力会使微反射镜作轴向运动,以进行相位调制。

[0011] 重建的立体尺寸和与此相关的观看角度只能利用 CA 2190329C 中所载的光调制器通过增加像素数(及因此而获得分辨率的改善)来放大。除此之外,上述文件中所述的光调制器适用于相对较大的反射镜( $> 50 \mu\text{m}$ )。

## 发明内容

[0012] 因此,本发明的目的是提供一种方法和装置用来以尽可能增大的重建立体尺寸或观看角度来进行最好是三维的景象的全息呈现,而不必像传统装置一样增加光调制装置的像素数,并同时使像素的控制尽可能的简便。

[0013] 根据本发明,这个目的可以通过提供至少一个包括反射镜元件阵列的用于形成波前的波前调制装置用以放大重建景象的重建立体尺寸来解决,其中反射镜元件各有至少一个致动器,且该反射镜元件可以通过至少一个致动器作至少一个方向的移动来使它产生相位偏移,借此使波前可以直接形成来呈现重建景象,并且通过光学系统来将波前成像到观察者位置平面上的至少一个虚拟观察者视窗中。

[0014] 本发明装置包括至少一个波前调制装置,其中包括有反射镜元件用来形成入射波前。景象可以在依据所形成的波前的帮助下进行重建。波前调制装置上设有多个反射镜元件,并且可分别作倾斜移动和/或轴向位移来调制光的相位或产生相位偏移。反射镜元件可以作倾斜移动或轴向位移,或同时做这两个动作,以便形成波前。反射镜元件可以据此精密定位以便构成如前所述的波前。反射镜元件会倾斜移动及轴向位移以便调制入射波前的相位。然而,这并不表示如果要调制光的相位所有的反射镜元件都必须进行倾斜移动及轴向位移。取决于如前所述的波前,可以只倾斜移动几个反射镜元件或只让它们朝轴向移动,同时其它的反射镜元件则同时执行这两个动作,即倾斜移动及轴向位移。在呈现重建景象时会控制所有的反射镜元件。如果要调制入射波前的相位或提供相位偏移并将景象重建在界定的区域中,即所谓重建立体影像,可以同时让各个反射镜元件同时进行倾斜移动及轴向位移,或者快速的依次进行。如果景象改变或重建另一个景象,则波前调制装置的几个或所有反射镜元件的控制值都会改变,使反射镜元件移动到另一个倾斜位置,即另一个轴向位移位置。反射镜元件可以由每个反射镜元件至少一个的致动器来进行定位,但每个反射镜元件最好由两个致动器控制,使到达反射镜元件处的平面波前可以根据呈现三维物体所既定的功能直接调制。而据此所形成的波前则成像在观察者位置平面上的虚拟观察者视窗中,在这里让观察者观看到重建的景象,特别是三维景象。

[0015] 相比较其它所知的仅以相位调制为根据的空间光调制器(SLM)来说,这个方法让所需波前的精密相位重现成为可能。在此,直接形成波前的优点是用来计算快速傅立叶转换(FFT)所需的运算能力可以减到最低限度,而这可以节省即时呈现所需的时间并且不需要增加波前调制装置的像素数,在此也就是反射镜元件数,同时也不需要复杂化地控制各个反射镜元件的致动器,可以更精确地重现波前相位的全息投影装置实际上等于是增加

了分辨率并借此放大了重建立体影像或观看角度一样。

[0016] 间歇断续的情形（通常会发生的）可以通过结合反射镜元件的倾斜移动和轴向位移来避免。

[0017] 由于这里所述的致动器设置在反射镜元件下，因此反射镜元件可以彼此相隔最小的间距来紧密排列，因此可以更容易达到更大的“填充系数”。所谓的填充系数也就是反射镜表面的感光面积与波前调制装置的总体大小的比值。反射镜元件的填充系数越大，如果它们轴向位移，它的好处就是：如果用在全息投影装置中，间歇断续的情形可以明确的抑制。不过，如果各个反射镜元件都可以作倾斜及轴向位移，则不会发生间歇断续情形，并且对比度会提高。

[0018] 由于前述现有技术中的相位掩模是所有物体都相同，而在提高分辨率时它们的值会随机分布，因此在进行不同物体的编码时会产生各种不同强度的噪音。本发明并不采用固定的相位掩模，而是采用针对每个物体进行反射镜元件控制，因此可以有效的控制及消除噪音。

[0019] 这里的反射镜元件优选 MEMS 式微反射镜（微电机系统），因为这些反射镜可以进行高精密度的电动定位，且它们的移动非常快速。此外，它们的体积非常小且所整合的致动器控制电子装置大部分都是 CMOS 相容品（互补金属氧化物半导体相容）。同时，相较于反射比最大只有 70% 的传统用于以液晶为基础的调制器的微反射镜，这些微反射镜具有大于约 90% 的极大反射比  $\rho$ 。这表示几乎没有任何光线会被遗漏。

[0020] 在本发明的一个具体实施例中，波前调制装置可以进一步是一维波前调制装置，其用于生成偏转元件提供的二维波前，其中前述的偏转元件会进行垂直于一维波前调制装置的光学偏转。因此，本发明装置可包括偏转元件，优选的是检流计扫描器（反射镜检流计）或多边形反射镜用来快速地进行光束偏转，以便产生二维波前用来重建三维景象。据此所产生的二维波前包括有一系列的一维波前。纵排或横排（取决于一维波前调制装置是否以垂直或水平排列）的一维波前因此会在偏转元件的帮助下排列在一起。波前调制装置因此可以快速产生对应于横排或纵排的所需波前。其中每一个偏转元件的位置都对应于（例如）三维景象的一个断面层（切片）。

[0021] 本发明所特别优选的一个具体实施例中，偏转元件可以设置在至少一个光源与波前调制装置之间。在以本发明为依据的投影装置中，这样的偏转元件设置具有这样的优点，即到达波前调制装置的波前还未进行编码，因此可以大幅避免产生二维波前时的错误，或将它减到最低程度。

[0022] 为了构成可以在广大观察区域中观看的观察者视窗，可以使用位置检测系统在观察者观看重建景象时检测观察者位置平面中的一位观察者或多位观察者的眼睛位置。

[0023] 位置检测系统会在观察者观看重建景象时追踪一位或多位观察者的眼睛位置，并依据观察者眼睛位置的变化来进行景象编码。这么做的优点是，可以依据眼睛位置的变化据此控制波前调制装置反射镜元件的倾斜和 / 或轴向位移来更新重建景象的位置和 / 或内容。然后，可以根据新的眼睛位置来追踪观察者视窗。

[0024] 最好可以提供至少一个偏转机构用来追踪观察者视窗对眼睛的位置。这样的偏转机构可以是机械、电动、磁性、或光学元件，像是声光元件。

[0025] 关于本发明的方法方面，本发明的目的是通过放大用来观看重建景象的重建立体

尺寸的方法来达成,其中,由光源所发出的相干光成像在屏幕上,其中至少一个波前调制装置的至少一个反射镜元件可以由至少一个致动器移动以便产生相位偏移来调制入射光线,据以使波前成像,此波前源自光源,并且会根据重建景象直接在观察者位置平面的虚拟观察者视窗中形成影像。

[0026] 根据新的方法,可发出充分相干光线的照明装置的光线会被引导到至少一个波前调制装置上以便放大重建立体尺寸或观看角度。光线因此会被成像在屏幕上,优选的是成像在反射镜上。波前调制装置的反射镜元件通过由至少一个(优选的是每个反射镜元件两个)可控制致动器进行倾斜移动和/或轴向位移来调制入射光线。它会移动至少一个反射镜元件,像是产生相位偏移(取决于目标波前)。通过这样的方法,反射镜元件会在平面波前在从物体反射后描绘它的形状,调制接着会在近似理想的波前在从该物体反射后进行。这让近似于预期的波前,即比所知的相位调制式光调制器更精密的波前相位重现成为可能。这个波前接着会(优选)成像到观察者位置平面上的虚拟观察者视窗中,观察者可在这里以二维或三维模式观看重建景象。

[0027] 直接形成波前的方法的优点是已经不再需要将目标波前转换成为全息影像,借此来减少过去的解决方案所需的高运算能力。在各两个致动器的协助下控制反射镜元件可以允许移动反射镜元件大于  $\lambda/2$  (优选  $2\lambda$ )。由于这个更大的反射镜元件位移量,分辨率可以实质增加并且波前的形成可以变得更精确。因此,可以达到更大的重建立体尺寸或观看角度。根据新的方法,它可以以极大的重建立体尺寸或观看角度重建具有真实深度的三维景象来供至少一个观察者观看。

[0028] 根据本发明的一个优选的具体实施例,景象可以通过倾斜移动反射镜元件在零衍射级中进一步重建。优选这样的处理是因为在零衍射级中可以获得最大的亮度。

[0029] 本发明的进一步具体实施例由其它从属权利要求加以定义。以下将详细说明本发明的具体实施例并结合相应的附图以图解说明。本发明的原理将根据单色光的全息重建来说明,然而,如个别具体实施例的说明中所示,本发明所述的技术也适用于彩色全息重建。

## 附图说明

[0030] 图1为在公知的相位调制式光调制器的协助下以一串方波函数图形化表示波前的调制的示意图。

[0031] 图2图解说明以本发明为根据的全息投影装置用来形成波前的波前调制装置的示意图。

[0032] 图3是以图形化显示由图2中所示的波前调制装置的波前形成图。

[0033] 图4a显示根据本发明的用来重建三维景象的全息投影装置的作用原理(俯视图)。

[0034] 图4b显示图4a中所示的投影装置的放大局部图。

[0035] 图5显示以本发明为根据的投影装置的另一个具体实施例,它具有位置检测系统用来检测眼睛位置的变化(俯视图)。

[0036] 图6显示以本发明为根据的投影装置,供至少两位重建景象观察者观看的另一个具体实施例(俯视图)。

[0037] 图7a显示一维波前调制装置的作用原理。

[0038] 图 7b 显示二维波前调制装置的作用原理。

[0039] 图 8 显示针对一位或一位以上的观察者重建景象的可能性。

[0040] 图 9 显示针对一位或一位以上的观察者重建景象的另一种可能性。

### 具体实施方式

[0041] 图 1 显示由公知的相位调制式光调制器所调制的波前,其中每一个像素仅代表经过调整的波与参考波之间的特定的相位差。以这样的光调制器所调制的波前可以以理想化形式如坐标系统中的一串方波函数式来表示。波前在光调制器上的坐标标在横坐标上,而相位差模数  $2\pi$  则标在纵坐标上。因此,优选的相位调制会在  $0$  到  $2\pi$  的范围内执行。根据波前扫描方法,这样的光调制器只能获得近似值。光调制器将需要更大的分辨率(或像素数)才能改善这个近似值的精确度。越大,可以重建的立体尺寸越大。

[0042] 为了可以达到更精确的相位重现并因此可以增大重建立体尺寸或观看角度,本发明采用全息投影装置 1 的优点,它包括波前调制装置 2,如图 2 中所示,用来调制波前 W。为了更容易了解相位调制,图 2 只显示出波前调制装置 2,而完整的全息投影装置 1 则只在图 4a 中显示。因此这个图只简要说明波前 W 的调制或形成,其中波前调制装置 2 在本具体实施例中为一维式。波前调制装置 2,也就是相位调制式波前调制装置 2,包括反射镜元件 3,具有(例如)平面式反射表面,并且优选的是微反射镜,尤其是(例如)MEMS(微电机系统式)。反射镜元件 3 当然也可以有任何其它的反射表面。这些反射镜元件 3 代表个别的像素并且连结有至少一个致动器 4,这里是两个致动器 4,每个致动器设在波前调制装置 2 的衬底 5 与反射镜元件 3 之间。反射镜元件 3 可以通过这些致动器 4 的个别控制绕着至少一个轴倾斜移动和/或轴向位移。图 2 中可以清楚的看到倾斜移动及轴向位移的反射镜元件 3。反射镜元件 3 的设置应彼此靠近以便让反射镜元件 3 的反射表面达到更高的填充系数。反射镜元件 3 的大小为(例如)  $49\mu\text{m}$ ,间距为  $50\mu\text{m}$ ,即两个相邻反射镜元件之间的间隙应不超过  $1\mu\text{m}$ ,以维持更高的填充系数(这里是 98%)。现在,波前调制装置 2 包括多个反射镜元件 3,例如,一维波前调制装置是  $1 \times 2000$  个反射镜元件或二维波前调制装置是  $2000 \times 2000$  个反射镜元件,用来调制波前 W 的相位。在二维波前调制装置中,反射镜元件 3 可以绕着两个轴倾斜移动。以下将略过反射镜元件 3 的进一步详细说明和控制,因为它从现有技术文件,例如 CA2190329C 文件中即已经可以得知。

[0043] 波前调制装置 2 以照明装置(没有显示出来)的光源 6 来照明用于入射波前 W 的相位调制。光源 6 发射的波前 W 是平面波前,如图 2 中的阶段 1 及 2 所示。如小箭头所示,在阶段 3 中这个平面波前 W 到达波前调制装置 2 的反射镜元件 3 处,在这里它会根据反射镜元件 3 的倾斜和轴向位移来形成和反射,反射镜元件 3 则会根据呈现物体所被赋予的功能来定位。在阶段 4 中,所形成的波前 W 会在从反射镜元件 3 处反射后显示出来。反射镜元件 3 因此会塑造平面波前 W,必须要这样才能重建特定的三维景象。

[0044] 图 3 显示波前在由可倾斜和可位移的反射镜元件 3 形成后的相位曲线。曲线的 3a、3b、3c、3d 和 3e 线段相当于反射镜元件 3 的所需位置。因此可能在要表示相应的反射镜元件 3 的终止点的相位函数曲线中会有超过  $2\pi$  的相位差,如示例曲线中的线段 3b。由于反射镜元件 3 结合了倾斜移动和轴向位移,理想的波前可以趋近图 1 中所示的光调制器装置所能达到的更大精确度。因此,分辨率可以实质增加,并因此可以放大重建立体尺寸或观看

角度。

[0045] 反射镜元件 3 会针对到达反射镜元件 3 处的入射波前 W 的相位偏移进行倾斜移动及轴向位移。如果波前 W 通过可倾斜及可轴向位移的反射镜元件 3 到达 MEMS 处,它会根据倾斜角度原地改变传递方向,并根据反射镜元件 3 的轴向位移量原地拖延。这同时适用于个别的反射镜元件 3 以及采用一维或线性排列的毗邻反射镜元件。因为所有的反射镜元件 3 都显现相同的反射比,因此这仅是入射波前的相位调制。

[0046] 图 4a 是简单显示用来重建优选的三维景象的全息投影装置 1 的俯视图。为了更容易理解,全息投影装置 1 以简化的方式显示为如图 4a 及其后各图所示光传递装置。现在,我们先说明全息投影装置 1 的基本构造。如这个具体实施例中所见的,波前调制装置 2 是一维波前调制装置,在这里垂直地设置。波前调制装置 2 由照明装置 7(更精确的说是会发出充分相干的光线的直线光源 8)照亮。在本申请文件中,所谓的“充分相干的光线”表示可以针对三维景象的重建产生干涉的光线。照明装置 7 的光源 8 可以由激光二极管构成,包括 DPSS 激光(二极管泵浦固态激光器)或其它激光。只要可以发出充分相干的光线,也可以使用传统的光源。然而,这样的光源应经过过滤以达到充分相干的程度。全息投影装置 1 还进一步包括光学系统 9。该光学系统 9 包括成像机构 10 和屏幕 11。当然,光学系统 5 也可能包括其它的光学元件,例如以下所将见到并且将更详细说明的元件。屏幕 11 优选的是反射镜,尤其是凹面镜。屏幕 11 也可以是任何其它的成像光学元件,例如图中所示的透镜。如果屏幕 11 是凹面镜,则会有全息投影装置 1 的光学构造的大小远比只使用透镜的光传递装置明显更小的优点。屏幕 11 在任何情况下都不应有散射表面,以免扰乱从波前调制装置 2 所反射的波前 12。如果想要进行重建景象的二维呈现,屏幕 11 也可以有漫射表面。成像机构 10 也是反射镜或透镜。由波前调制装置 2 形成并从它反射过来的单色波前 12 会透过透镜元件 19 和 20 成像到偏转元件 13 上以便重建三维景象。这样的偏转元件 13 可以是检流计扫描器、压电扫描器、共振扫描器、多边形扫描器、微反射镜阵列,或类似装置。偏转元件 13 会对波前 12 进行垂直于波前调制装置 2 的光学偏转,以便产生二维波前 14。二维波前 14 由该偏转所产生的一连串的平行一维波前 14'、14''、14'''..... 所构成。光学系统 9 接着会将二维波前 14 成像到位于观察者位置平面 16 上的虚拟观察者视窗 15 中,观察者的眼睛即在这里观看重建的景象。由光源 8 所发出的充分相干的光线会成像到屏幕 11 上。借此,在透镜元件 19 与 20 之间(影像侧焦平面中)产生波前 12 的傅立叶转换 FT。光学系统 9 的成像机构 10 接着会将傅立叶转换 FT 成像在影像侧焦平面 17 中的屏幕 11 上。观察者可以以放大的重建立体尺寸 18(这个放大的重建立体尺寸是在观察者视窗 15 与屏幕 11 之间延伸出来的锥台形空间所形成的),也就是以加大的观看角度  $\delta$  来观看重建景象。由于波前调制装置 2 的反射镜元件 3 具有极高的填充系数,因此在观察者位置平面 16 中不会产生重建景象的间歇断续。

[0047] 由于波前调制装置 2 的反射镜元件 3 可以由致动器 4 倾斜移动,所形成的波前 12 可以受影响而使三维景象可以在零衍射级中重建。特别优选这样的设计,因为亮度或发光强度在零衍射级中会达到最大。

[0048] 此外,同时也可以直接将偏转元件 13 整合到波前调制装置 2 中。这表示波前调制装置 2 会通过反射镜元件 3 的帮助形成如前面所述的平面波前 W。然而,用来产生二维波前 14 的波前调制装置 2 会整体移动。透镜元件 19 和 20 在这个例子中可以被忽略。接着

将波前调制装置 2 设置在偏转元件 13 旁,也就是在成像机构 10 的物体侧焦平面中。因而,可以将用于彩色重建的分光元件 21 设置在(例如)波前调制装置 2 与成像机构 10 之间。它同时还可以只移动反射镜元件阵列 3 来产生二维波前而不必移动或倾斜整个系统。这使它可以为全息投影装置 1 赋予体积更精巧的整体设计。

[0049] 然而,全息投影装置 1 也可能在光路中可选地包括透镜元件 19 和 20。透镜元件 19 和 20 具有相同的折射能力以便减少像差,就像透过个别焦距所能看到的情形一样。然而,透镜元件 19 和 20 也可以具有不同的折射能力或焦距,以便修饰或最佳化偏转元件 13 上的一维波前 12 的大小(如果后者是设置在波前调制装置 2 与光学系统 9 之间)。透镜元件 19 和 20 在这个例子中还有另一个优点,它们可以让从波前调制装置 2 所反射的波前 12 成像在偏转元件 13 上以便产生二维波前 14。可以使用有无限远焦距的系统(在这里以透镜元件 19 和 20 来表示)来将波前 12 成像到偏转元件 13 上,借此让波前 12 的傅立叶转换 FT 产生在透镜元件 19 的影像侧焦平面中。通过透镜元件 20 和成像机构 10 的帮助,可将傅立叶转换 FT 成像到屏幕 11 上。

[0050] 偏转元件 13 另外也可以设置在光源 8 与波前调制装置 2 之间。这样的配置具有可以消除或尽可能减少二维波前 14 形成期间的像差的优点,因为平面波前 W 在到达波前调制装置 2 处之时尚未被编码。

[0051] 三维景象的彩色重建也可以通过全息投影装置 1 的帮助来达成。如图 4a 中所示,分光元件 21,优选的是块状棱镜,设置在成像机构 10 前方(从光传递的方向看)。分光元件 21(优选的是有二向分光层的 X 棱镜)可将红、绿、蓝光分解为三个分离的波前或将这些分离的波前重组来形成共同波前。景象的彩色重建可以借此通过同步处理光的三原色,即 RGB(红、绿、蓝),来完成。在本具体实施例中,分光元件 21 设置在透镜元件 19 和 20 之间,但它也可以被设置在全息投影装置 1 中的其它位置上。除此之外,也可以使用任何其它分光元件。

[0052] 图 4b 是显示图 4a 中的分光元件 21 的放大细节图。它有三个波前调制装置 2R、2G 及 2B,每一个各用于光的三原色(RGB)中的一个原色来进行三维景象的同步彩色重建。这三个波前调制装置 2R、2G 及 2B 分别由三个光源 8R、8G 及 8B 照亮。在由相应的波前调制装置 2R、2G 及 2B 形成个别的波前 12R、12G 及 12B 之后,这些波前会由分光元件 21 成像到透镜元件 20 上以便重组共同波前。它另外也可以只使用光源(尤其是白色光源)来进行彩色重建。在这样的安排中,分光元件 21 也设置在透镜元件 19 和 20 之间,然而,也可以有额外的半投影反射镜或其它偏转元件设置在分光元件 21 与透镜元件 20 之间。由光源所发射出来的光线被引导到半传递反射镜上,并从这里开始,它会被分光元件 21 成像到三个波前调制装置 2R、2G、2B 上来照亮它们并形成相应的波前,在这里分光元件 21 会将光线分解为三个单色波前 12R、12G 及 12B。此外,也可以只使用一个(而不是三个)波前调制装置来进行彩色重建。不过,本图中并没有显示这个选项。这个波前调制装置可以由光源照亮,该光源可以包含三个不同颜色光的 LED 或是只有白光 LED。除此之外,它还需要至少一个光学元件(例如,声光元件),这个光学元件负责将这些波前以(例如)不同的入射角度投影到波前调制装置上。

[0053] 除了利用如前面所述的三个波前调制装置 2R、2G、2B 来进行彩色重建外,还可以通过至少一个波前调制装置的帮助来依次重建个别的色彩。

[0054] 上述全息投影装置 1 只针对单一个观察者眼睛来做说明。然而,很明显的,我们必须提供第二个波前调制装置 2 才能让观察者的一对眼睛都能观看全息影像;而现有全息投影装置 1 的光学元件即可以用来达到这个目的。如果观察者处于观察者位置平面 16 中并通过观察者视窗 15 观看,它可以以重建的立体尺寸 18 观看到重建的三维景象,而景象会重建在屏幕 11 的前方、上、或后方(从光传递的方向看)不过,它也可以只利用一个以水平方式排列的波前调制装置 2 来为观察者的一对眼睛提供重建景象。

[0055] 图 5 显示全息投影装置 1 的另一个具体实施例。它的总体设计和图 4a 中所示的投影装置 1 完全相同,这也是为什么类似的零组件会标示类似的编号的原因。这里所显示的投影装置 1 另外包括有位置检测系统 22 用来检测观察者位置平面 16 中的观察者眼睛位置的变化。位置检测系统 22 可是摄影机。偏转机构 23 设置在成像机构 10 与屏幕 11 之间,优选的是在成像机构 10 的影像侧焦平面中,用来依据观察者眼睛位置的变化来追踪虚拟观察者视窗 15。偏转机构 23 可以独立控制,并且优选的是反射镜。它必须是作用非常精密的偏转机构才能够正确的追踪观察者视窗 15,这也是为什么偏转机构 23 可以是检流计扫描器的原因。不过也可以采用其它的偏转机构,例如像是 MEMS 阵列、压电扫描器、或类似的装置。此外,偏转机构 23 可以朝至少一个方向偏斜(亦即,水平和/或垂直方向)。这表示,一维版本的偏转机构 23 只能够在水平或垂直方向上追踪观察者视窗 15,而二维版本的偏转机构 23 则可以同时在水平和垂直方向上追踪观察者视窗 15。偏转机构 23 可以是 xy 式检流计扫描器,或者可以将两个检流计扫描器前后排列,其中一个用于水平追踪,而另一个用于垂直追踪。此外,在偏转机构 23 后方(从光传递的方向看)设有第二成像机构 24。由于需要极大的放大倍率才能填满屏幕 11,这个第二成像机构 24 可以是透镜组系统来取代单一个透镜,以避免或减少像差。

[0056] 现在,我们将通过这个具体实施例的帮助来说明三维景象的重建。由光源 8 所发出的波前 W 到达反射镜元件 3 处,它会形成波前并反射所形成的波前 12。在这个反射之后,所形成的波前 12 会通过透镜元件 19 和 20,透镜元件则将它成像到偏转元件 13 上。在此同时,波前 12 的傅立叶转换(FT)会由透镜元件 19 在透镜元件 19 的影像侧焦平面中产生。在产生之后,二维形成波前 14 通过成像机构 10 并入射到偏转机构 23 上。位置检测系统 22 可以通过偏转机构 23 的控制来检测观察者的任何动作并据此追踪观察者视窗 15。成像机构 10 和 24 会在第二成像机构 24 的影像侧焦平面 25 中产生所形成的二维波前 14 的影像,接着将焦平面 25 中的这个二维影像通过屏幕 11 成像到虚拟观察者视窗 15 中。在此同时,傅立叶转换 FT 的影像会在成像机构 10 的影像侧焦平面 26 中产生,接着会由第二成像机构 24 将傅立叶转换 FT 的影像成像到屏幕 11 上。

[0057] 同样很显然的,必须提供第二波前调制装置 2 才能让观察者的一对眼睛看到全息景象。如果观察者处于观察者位置平面 16 中并透过观察者视窗 15 观看,他可以以重建的立体尺寸 18 观看到重建的三维景象,而景象则在屏幕 11 的前方、上、或后方(从光传递的方向看)重建。然而,同样也可以只使用一个波前调制装置 2(同样是以水平方式排列)来为观察者的一对眼睛提供重建景象。

[0058] 三维景象可以如前面所述利用分光元件 21 来进行彩色重建。

[0059] 此外,具有光源 8 的照明装置 7 可以设置在投影装置 1 中的任何合适的位置上。举例来说,如果波前调制装置 2 和本具体实施例中的例子一样是反射式形成装置,照明装置 7

也可以依照所发出的波前 W 会由偏转元件（像是反射式或半投射式反射镜）导向到波前调制装置 2 上的方式来安排。如果光源 8 会被成像到其中设置有偏转元件的傅立叶平面中，这是非常有利的。在偏转元件与波前调制装置 2 之间，可以设置至少一个光学元件，像是透镜、反射镜等。参考图 5，这样的偏转元件可以设置在原来设置分光元件 21 的地方；在这样的情况下，分光元件 21 可以设置在透镜元件 19 与偏转元件之间，或者设置在偏转元件与透镜元件 20 之间。这让它可以为投影装置 1 赋予更为精巧的设计。

[0060] 图 6 显示全息投影装置 1 的另一个具体实施例。它的总体设计和图 5 中所示的投影装置 1 的一般设计完全相同，这也是为什么类似的零组件会标示类似的编号的原因。然而，与图 4a 和 5 所显示的装置相反的是，本图中的全息投影装置 1 是预定供多位观察者使用。为了让本图容易理解，在本具体实施例中只显示出两个观察者的光路以及每位观察者一个一维波前；然而，它通常可供两位以上的观察者来观看重建的三维景象。以字母 R 标示的观察者视窗是观察者右眼的观察者视窗，而以字母 L 标示的观察者视窗则是左眼的观察者视窗。图中所示的全息投影装置 1 包括两个波前调制装置 2 用来呈现重建的三维景象，这两个波前调制装置 2 每一个都由具有至少一个光源 8 的至少一个照明装置 7 来照亮。光源 8 为彼此独立，并且会产生不同的入射角度。因此，每个波前调制装置 2 的光源 8 的数量会因重建景象的观察者数量而异并且依此决定。在有两位以上的观察者的情况下，每一种观察者视窗只使用一个波前调制装置 2，也就是说，所有观察者右眼的观察者视窗或所有观察者左眼的观察者视窗只使用一个波前调制装置 2。光源 8 以不同入射角度的充分相干光线照亮波前调制装置 2 的反射镜元件 3，因而用于同一位观察者双眼的观察者视窗 15R 和 15L 的光源 8 的入射角度永远会几乎完全相同。这表示，为观察者视窗 15L 和 28L 产生所形成波前 12L 和 27L 的光源 8 所发出的光线的入射角度不一样。屏幕 11、偏转元件 13、透镜元件 19 和 20、以及成像机构 10 和 24 则可以同时用于两个波前调制装置 2。

[0061] 和图 5 相反，这里设置有两个偏转机构 23 用来根据个别观察者的眼睛位置来追踪至少两个（这里是三个）观察者视窗 15R、15L 及 28L。偏转机构 23 的数量取决于观察者的数量，这表示，每一位观察者只有一个偏转机构 23 同时用于两个眼睛，这里是观察者视窗 15R 和 15L。第二成像机构 24 结合有对焦元件 30 并设置在偏转机构 23 后（从光传递的方向看）。这里的第二成像机构 24 是透镜阵列，它会对准并瞄准波前 14R 和 14L，而这两个供右眼与左眼观看的波前 14R 和 14L 会通过指定给偏转机构 23 的第二成像机构 24 的透镜。一旦这两个波前 14R 和 14L 通过第二成像机构 24 的相应透镜后，对焦元件 30 会对准以便将波前 14R 和 14L 在屏幕 11 上重叠及聚焦。另一个偏转机构 23 则用来追踪二维波前 29L 的观察者视窗 28L。图中所示的第三个偏转机构 23 则用于第三位观察者。一般而言，可以有超过三位以上的观察者同时观看重建的三维景象。第二成像机构 24 的透镜数因此会和投影装置 1 的偏转机构 23 的数量相当。对焦元件 30 可以由更复杂排列的透镜组来取代以便将像差减少到最低限度。对焦元件 30 可以是（例如）消色差透镜组。也有可能设置第二个成像机构 24 和对焦元件 30 用来（例如）作为投影装置 1 中的单一透镜阵列。

[0062] 三维景象会以如我们已经结合图 5 所说明的方式重建，（除了在本具体实施例中全息投影装置 1 是针对服务多位观察者所设计，因此会有多个偏转机构 23 用来追踪观察者视窗 15R、15L 及 28L 以外。上面所述的全息投影装置 1 可以同时用于三个观察者视窗）。

[0063] 除了使用可以发出充分相干的光线以不同的入射角度到达每个波前调制装置 2

处的多个光源 8 以外,每个波前调制装置 2 也可以只使用一个光源 8。在这种情况下,波前会在由波前调制装置 2 的反射镜元件 3 形成并反射后倍增。这可以通过分光栅元件的帮助(例如)在偏转元件 13 附近进行。这个解决方案具有可以修正由单一光源 8 所发出并到达波前调制装置 2 处的波前的相位缺失的优点。

[0064] 此外,个别的光源 8 也可以由主光源通过至少一个光学元件产生(图中未显示)。

[0065] 在图 5 及图 6 方面,偏转机构 23(它是反射镜,并且优选的是检流计扫描器)可以具有散光层。因此偏转机构 23 可以是可朝水平方向散光的反射镜。散光层可以是(例如)玻璃薄片。散射的光线或波前必须以和所形成的一维波前呈直角方式传播。由于相干性对于全息重建非常重要,因此必须通过散光层的使用使它不受影响。然而,这因此也有可能当观察者视窗 15、15R、15L、28L 因衍射级次的延伸而在其它方向上受限的同时,观察者视窗 15、15R、15L、28L 会朝不相干的方向放大。如果波前调制装置 2 以水平方式排列,这是特别优选的配置。通过这种方法,个别的观察者视窗 15、15R、15L、28L 可以朝垂直(即不相干的)方向放大。这也是为什么在这样的波前调制装置 2 的安排下它不再需要追踪垂直于观察者位置的观察者视窗 15、15R、15L、28L 的原因,因为观察者视窗 15、15R、15L、28L 在这个方向上具有极大的延伸。此外,同样也可能在屏幕 11 上加上散光层(它不仅在之后要用来成像及显示,也要用来朝不相干的方向散射波前的傅立叶转换)。

[0066] 以图 4a、5、及 6 为根据的发明的具体实施例永远与使用至少一个一维波前调制装置 2 来形成至少一个入射波前有关。这样的一维波前调制装置 2 以透视图的方式显示在图 7a 中。如本图中所示,反射镜元件 3 以一种横排或纵排的方式排列在衬底 5 上,它们的致动器图中并没有显示出来。

[0067] 如图 7b 中所示,本发明也可以使用二维波前调制装置 2 来实现。这目的在于产生二维波前的偏转元件变成多余。反射镜元件 3 以多列横排或纵排的方式排列在衬底 5 上,二维波前调制装置 2 的反射镜元件 3 可以分别由至少一个致动器沿着一个或两个轴线作轴向位移和/或倾斜移动。

[0068] 图 8 和 9 说明了在结合一维波前调制装置 2 通过偏转元件 13 的帮助针对两位或多位观察者 B1、B2 传递重建三维景象中的局部影像的二维波前时,所形成的波前 12 的横排或纵排 S 的多种乘倍的可能性。如图 8 中所示,局部影像的二维波前会先针对观察者 B1 完整产生,然后再针对观察者 B2 产生。如图 9 中所示,与个别观察者 B1 及 B2 有关的局部影像所形成的波前的横排或纵排会轮流呈现。

[0069] 全息投影装置 1 的可能应用范围包括用于个人或工作环境中呈现二维和/或三维影像的各种显示器,例如用于电脑显示器、电视荧幕、电子游戏、汽车产业中用以显示资讯、用于娱乐产业、医疗工程(其中尤其是低侵入性调查应用或电脑断层扫描资讯的空间化表现)、以及呈现地形地物的军事工程用途。当然,投影装置 1 的高度技术也可能适用于上面没有提及的其它领域。

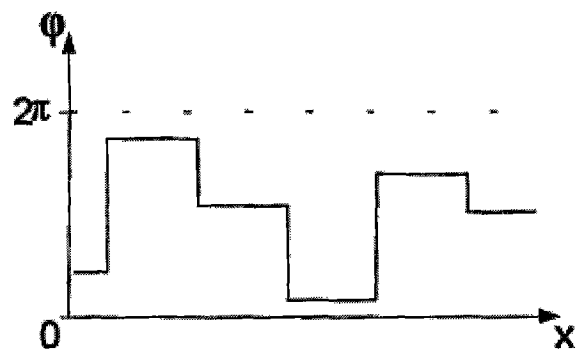


Fig. 1

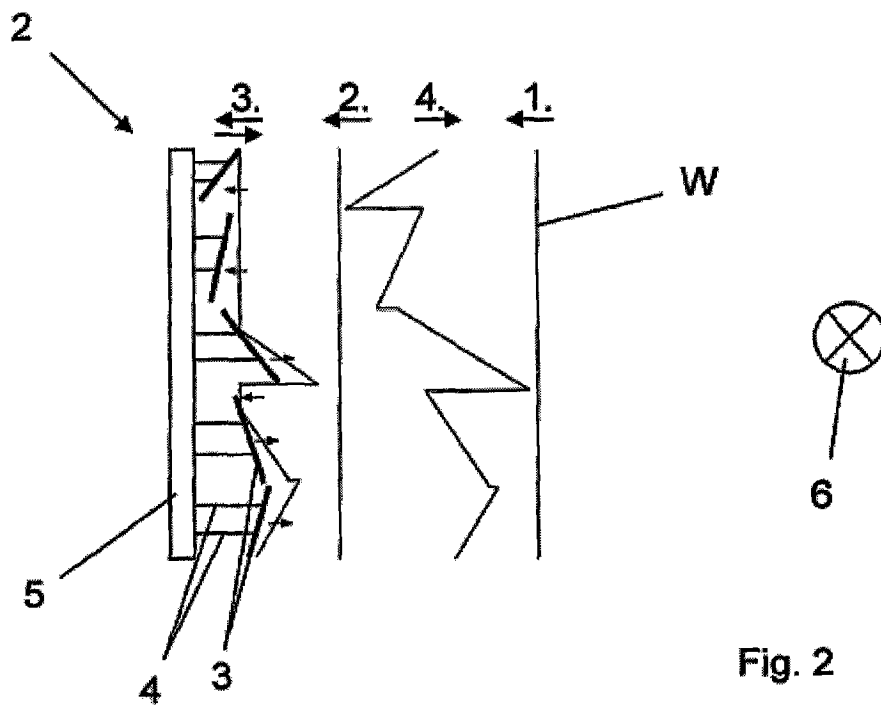


Fig. 2

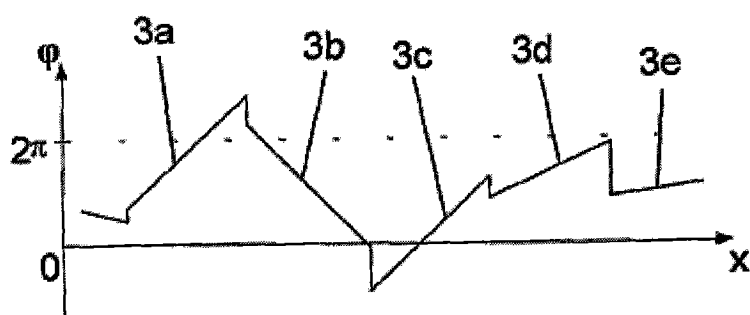


Fig. 3

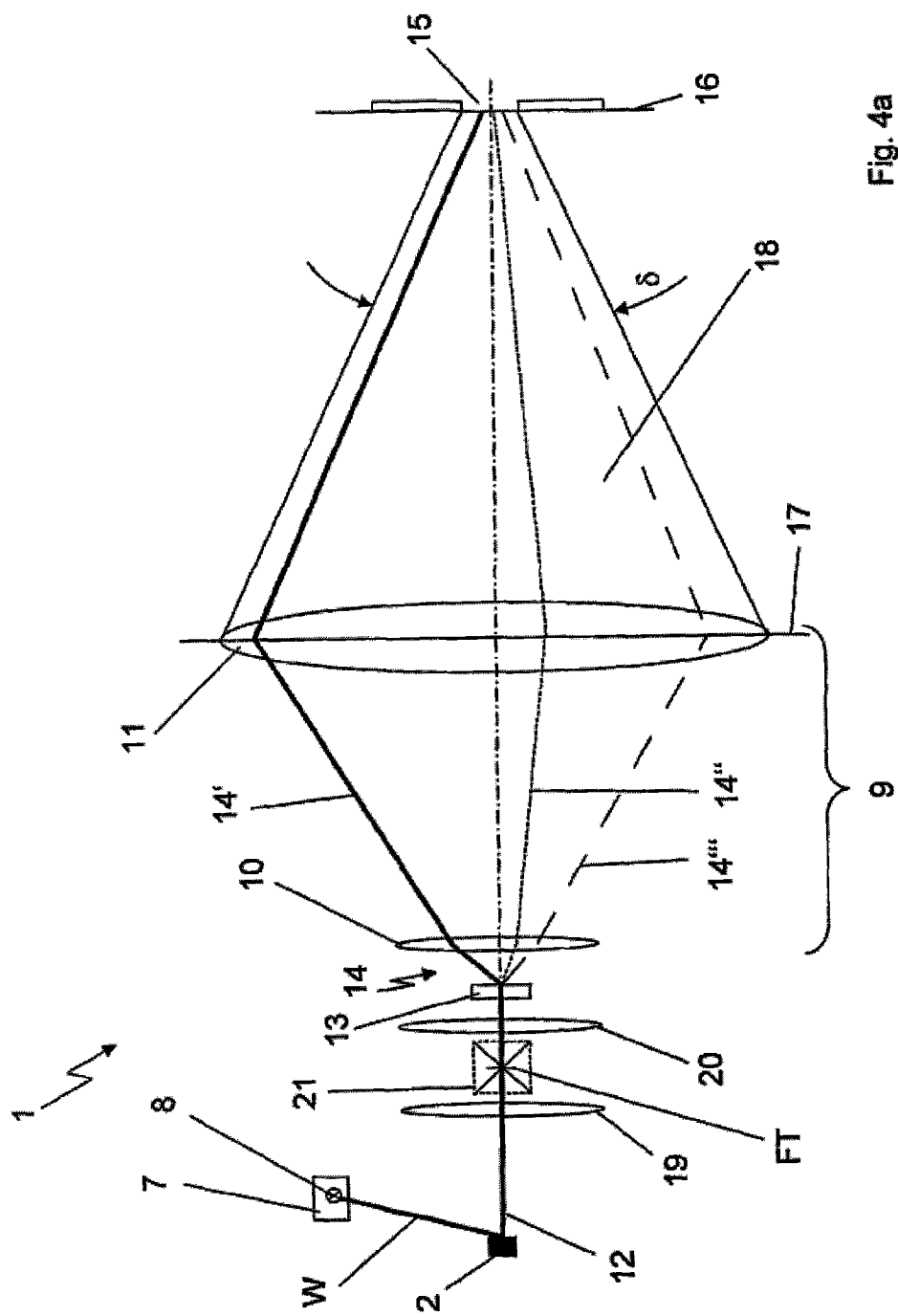


Fig. 4a

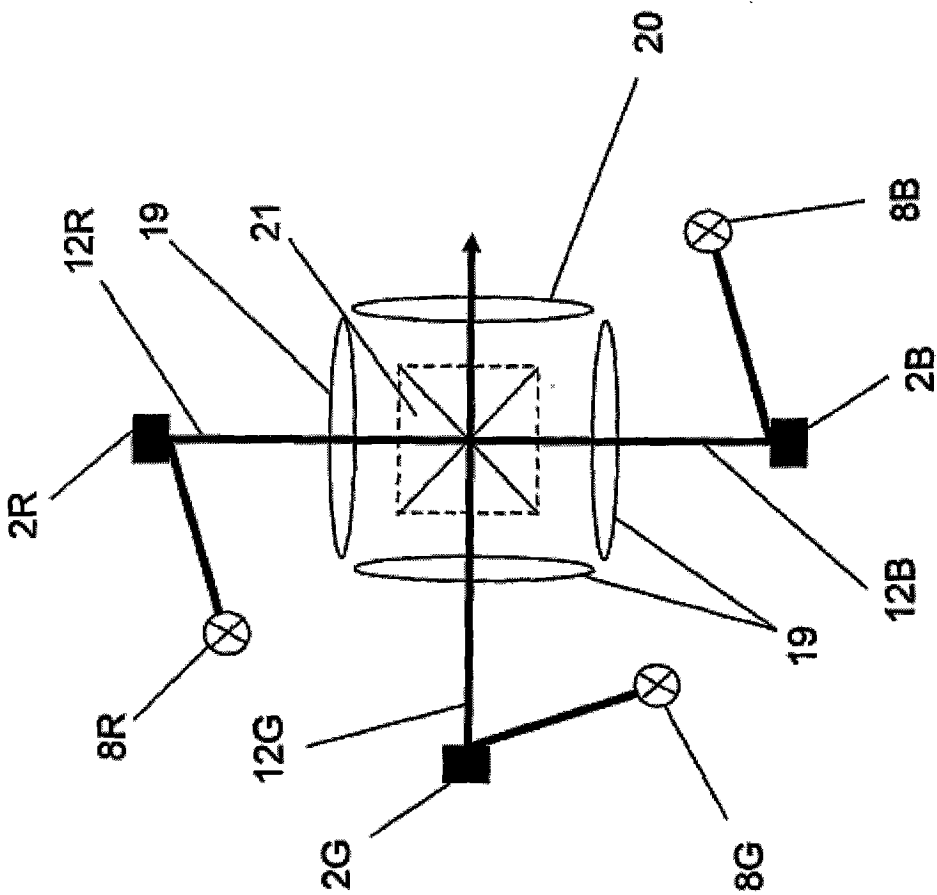


Fig. 4b

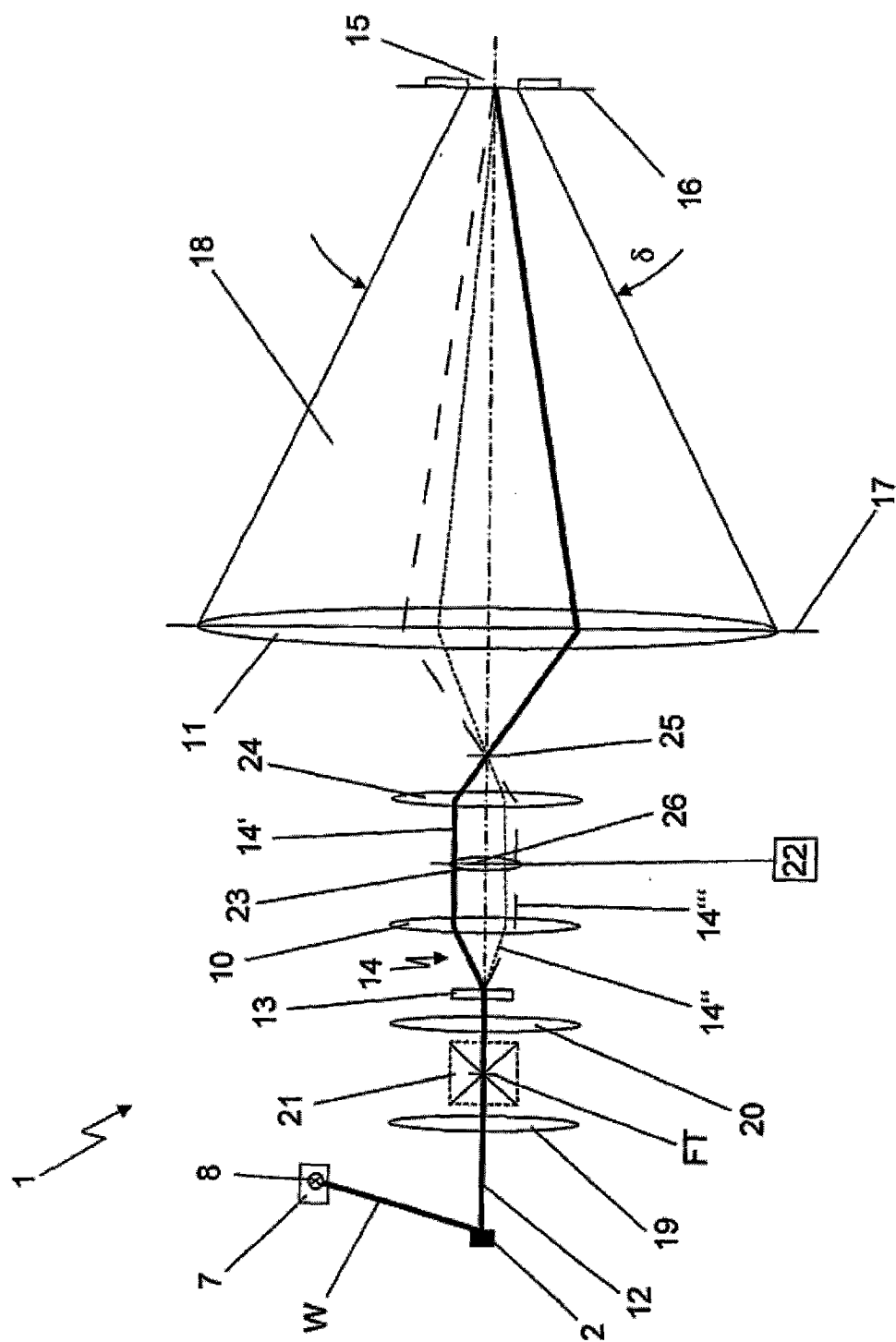


Fig. 5

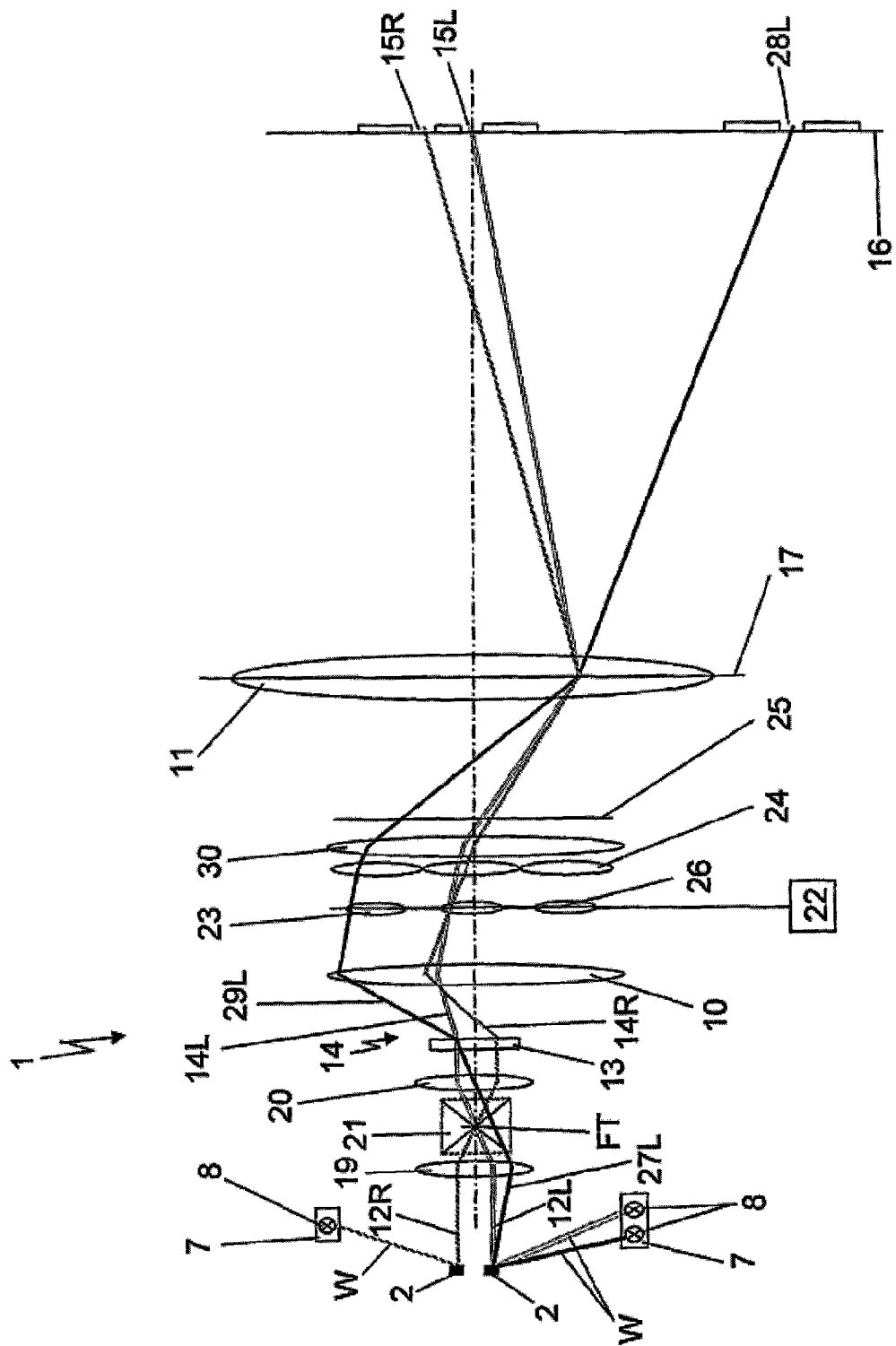


Fig. 6

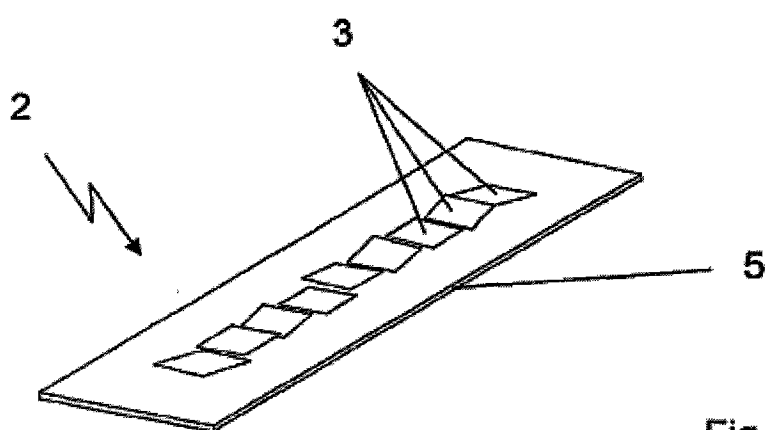


Fig. 7a

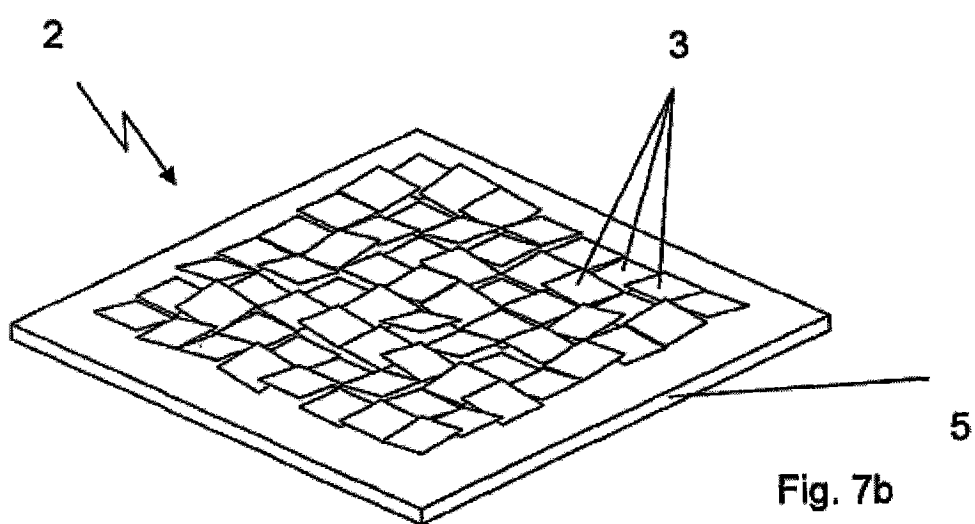


Fig. 7b

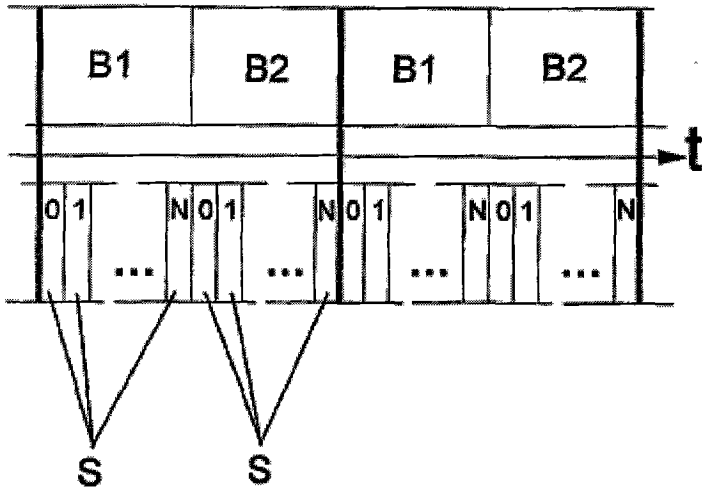


Fig. 8

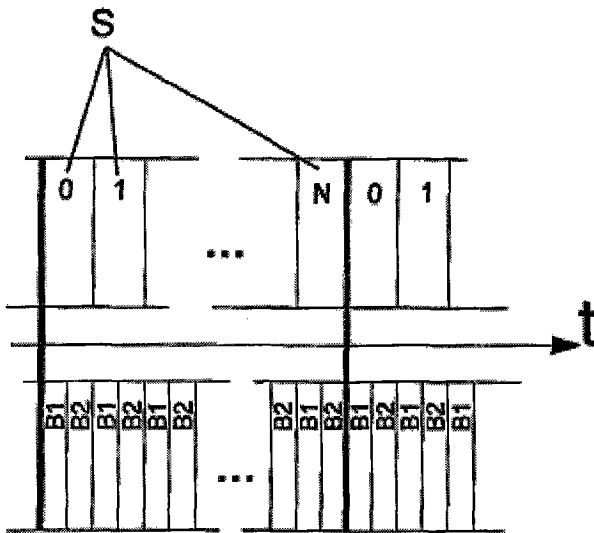


Fig. 9