



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102081340 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 03

(21) 申请号 201010577360. X

(22) 申请日 2010. 12. 08

(73) 专利权人 中山大学

地址 510275 广东省广州市新港西路 135 号

(72) 发明人 滕东东 王彪

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 禹小明

(51) Int. Cl.

G03H 1/22 (2006. 01)

G02B 27/22 (2006. 01)

H04N 13/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102213943 A, 2011. 10. 12,

CN 101630066 A, 2010. 01. 20,

JP 2005072848 A, 2005. 03. 17,

王辉. 数字化全息及其在三维显示和检测中

的应用.《激光与光电子学进展》. 2009, (第 8 期),
尹霞等. 基于 SLM 的计算全息三维显示视角
扩展编码.《光子学报》. 2008, 第 37 卷 (第 6 期),
郑华东等. 三维立体显示技术研究新进展.
《光学技术》. 2008, 第 34 卷 (第 3 期),

审查员 聂泽锋

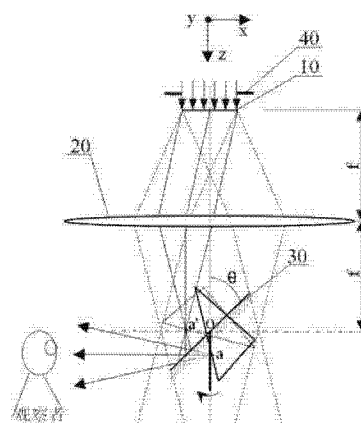
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

全视角真三维图像显示系统及其显示方法

(57) 摘要

本发明属于三维图像显示技术领域,涉及一种全视角真三维图像显示系统及其显示方法,该系统包括:空间光调制器,用于加载傅里叶计算全息编码;傅里叶变换透镜,傅里叶变换上述空间光调制器的输出光信息,并形成傅里叶全息三维图像;扫描反射镜,用于将上述傅里叶全息三维图像沿不同方向反射扫描;控制单元,其根据扫描反射镜不同的角位置,获取三维图像关于扫描反射镜镜面的像,计算该像在空间光调制器上的傅里叶计算全息编码,作为扫描反射镜处于该角位置时空间光调制器的输入编码,从而控制光束入射上述空间光调制器的时间。本发明可以实现 360 度的全视角三维图像显示。



1. 一种全视角真三维图像显示系统,其特征在于,包括:

一空间光调制器,用于输入加载傅里叶计算全息编码;

一傅里叶变换透镜,傅里叶变换上述空间光调制器的输出光信息,并形成傅里叶全息三维图像;

一扫描反射镜,用于将上述傅里叶全息三维图像沿零位置、角位置 1、角位置 2、...、角位置 n 的顺序反射扫描;

一控制单元,其根据扫描反射镜不同的角位置,获取三维图像关于扫描反射镜镜面的像,计算该像在空间光调制器上的傅里叶计算全息编码,作为扫描反射镜处于该角位置时空间光调制器的输入编码,从而控制光束入射上述空间光调制器的时间;

建立 xyz 轴坐标,傅里叶变换透镜和空间光调制器均平行 xy 面设置;

将扫描反射镜镜面平行于 y 轴、且其反射光沿 x 轴负方向时的位置作为扫描反射镜的零位置,沿 z 轴正方向观察,扫描反射镜绕 z 轴顺指针旋转所到达的各个角位置依次设为角位置 1、角位置 2、...、角位置 n,且零位置、角位置 1、角位置 2、...、角位置 n 对应的观察视角顺序连接;

当扫描速度和空间光调制器的刷新频率达到一定值时,利用人眼的视觉滞留来实现连续全视角真三维图像的显示。

2. 根据权利要求 1 所述的全视角真三维图像显示系统,其特征在于,该傅里叶变换透镜采用透镜组。

3. 根据权利要求 1 所述的全视角真三维图像显示系统,其特征在于,该扫描反射镜由旋转电机驱动进行旋转。

4. 根据权利要求 1 所述的全视角真三维图像显示系统,其特征在于,该控制单元为快门或光源电流控制器。

5. 一种根据权利要求 1 所述的全视角真三维图像显示系统的显示方法,其特征在于,包括以下步骤:

a、建立 xyz 轴坐标,傅里叶变换透镜和空间光调制器均平行 xy 面设置;

b、将扫描反射镜镜面平行于 y 轴、且其反射光沿 x 轴负方向时的位置作为扫描反射镜的零位置,沿 z 轴正方向观察,扫描反射镜绕 z 轴顺指针旋转所到达的各个角位置依次设为角位置 1、角位置 2、...、角位置 n,计算扫描反射镜在扫描范围内的各角位置;

c、对应扫描反射镜的不同角位置,获取三维图像关于扫描反射镜镜面的像,计算该像在空间光调制器上的傅里叶计算全息编码,作为扫描反射镜处于该角位置时空间光调制器的输入编码;

d、旋转扫描反射镜,当其运动到各角位置时,控制单元控制光入射,空间光调制器同步输入相应傅里叶计算全息编码,当扫描速度和空间光调制器的刷新频率达到一定值时,在 xy 平面内实现连续全视角三维图像显示。

全视角真三维图像显示系统及其显示方法

技术领域

[0001] 本发明属于三维图像显示技术领域,涉及一种基于扫描技术的全视角真三维图像显示系统及其显示方法。

背景技术

[0002] 由于二维显示难以清楚准确表达第三维的深度信息,人们一直在致力于研究可显示立体场景的显示技术——三维图像显示技术。目前主要的三维技术为体视三维图像显示技术,通过给观察者的双目提供不同视角的平面图像,由人脑合成获取三维显示效果。进一步,结合扫描技术,可以在 360 度的范围实现全视角的图像显示。但其基元图像是二维图像,若想获得连续的三维显示效果,需要大量的二维图像,对显示器件的刷新频率要求非常高,且由于体视技术不是真正意义上的三维显示,容易造成观察者视觉疲劳而影响了其推广应用。

[0003] 计算全息三维显示的基本原理是用计算机模拟光学衍射过程,并用光调制器件代替传统全息记录材料,在光波传输路径的某一个平面上模拟衍射光的复振幅,实现三维图像信息的全记录,再通过光学衍射,复现出三维图像。它可以提供三维物体所有的深度信息,是一种真正意义上的三维显示技术。

[0004] 但受调制器空间分辨率的限制,光调制器通过光学系统衍射直接生成的三维图像观察视角比较小。

发明内容

[0005] 为克服现有技术中的不足,本发明的目的在于提供一种全视角真三维图像显示系统及其显示方法,其将计算全息和扫描技术相结合,采用具有较高刷新频率的光调制器件,将具有一定观察视角的基元计算全息三维图像沿不同方向扫描,实现其观察视角的顺序连结,依靠人眼的视觉滞留,实现全视角的真三维图像显示,可以实现 360 度的全视角三维图像显示。

[0006] 为实现上述目的,本发明的技术方案为:一种全视角真三维图像显示系统,其包括:

[0007] 一空间光调制器,用于加载傅里叶计算全息编码;

[0008] 一傅里叶变换透镜,傅里叶变换上述空间光调制器的输出光信息,并形成傅里叶全息三维图像;

[0009] 一扫描反射镜,用于将上述傅里叶全息三维图像沿不同方向反射扫描;

[0010] 一控制单元,其根据扫描反射镜不同的角位置,获取三维图像关于扫描反射镜镜面的像,计算该像在空间光调制器上的傅里叶计算全息编码,作为扫描反射镜处于该角位置时空间光调制器的输入编码,从而控制光束入射上述空间光调制器的时间。

[0011] 该傅里叶变换透镜采用透镜组。

[0012] 该扫描反射镜由高速旋转电机驱动进行高速旋转。

[0013] 该控制单元为快门或光源电流控制器。

[0014] 另外,本发明提供了一种全视角真三维图像显示系统的显示方法,其包括以下步骤:

[0015] a、建立 xyz 轴坐标,傅里叶变换透镜和空间光调制器均平行 xy 面设置;

[0016] b、计算扫描反射镜在扫描范围内的各角位置;

[0017] c、将反射镜面平行于 y 轴、且其反射光沿 x 轴负方向时的位置作为反射镜的零位置,沿 z 轴正方向观察,扫描反射镜绕 z 轴顺指针旋转所到达的各个角位置依次设为角位置 1、角位置 2、...角位置 n,计算扫描反射镜在扫描范围内的各角位置;

[0018] d、高速旋转扫描反射镜,当其运动到各角位置时,控制单元控制光入射,空间光调制器同步输入相应傅里叶计算全息编码,实现全视角三维图像显示。

[0019] 与现有技术相比较,本发明具备如下优势,

[0020] 以空间光调制器生成的具有一定观察视角的计算全息三维图像为基元图像,通过扫描,将其观察视角顺序连接,利用人的视觉滞留,当光调制器件的刷新频率和扫描反射镜的扫描速度达到一定值时,可以实现 360 度的全视角真三维图像显示,对真三维图像显示技术的发展具有有效的推进作用。

附图说明

[0021] 图 1 垂直光入射系统光路结构;

[0022] 图 2 (a) 傅里叶计算全息图像显示平面区域示意图;

[0023] (b) 傅里叶计算全息图像显示立体区域示意图;

[0024] 图 3 (a) 角位置 0 基元图像衍射角 (b) 角位置 n 基元图像衍射角;

[0025] 图 4 镜面和旋转轴的夹角对观察方位的影响;

[0026] 图 5 镜面不动点位置对显示图像最大尺寸的影响;

[0027] 图 6 倾斜光入射系统光路结构;

[0028] 图标说明:10、空间光调制器;20、傅里叶变换透镜;30、扫描反射镜;40、快门。

具体实施方式

[0029] 为了解决现有技术存在的问题,我们设计一种全视角真三维图像显示系统,光路结构如图 1 所示:空间光调制器处于傅里叶变换透镜前焦面,其分辨率为 $M \times N$,像素间距为 $P_x \times P_y$,波长为 λ 的平行光垂直入射;扫描反射镜绕 z 轴旋转,镜面相对于旋转轴倾角 $\theta = 45^\circ$,镜面与旋转轴交于傅立叶变换透镜(焦距为 f)后焦面的 o 点。

[0030] 傅里叶计算全息图像显示区在 xz 平面内的分布如图 2(a)所示;其在三维空间内的分布为图 2(b) 所示多面体约束的区域。在傅里叶计算全息图像显示区内计算全息三维图像,其各点具有相同的观察视角。

[0031] 假设扫描反射镜镜面垂直于 xz 平面,如图 1 所示,用实线三角形代表目标图像,其关于反射镜面的反射像用虚线三角形表示,定义该反射像为基元反射图像。将基元反射图像的傅里叶计算全息编码输入空间光调制器,生成的基元反射像经扫描反射镜,成虚像于

目标图像位置,实现目标图像的显示,其视角受调制器空间带宽积的限制而比较小,定义该小视角目标图像为基元图像。例如,若 a 和 a' 分别为基元图像及其基元反射图像上的一对对称点,空间光调制器衍射生成的 a' 点,经反射镜面反射,显示给观察者的是其虚像 a 。

[0032] 将反射镜面平行于 y 轴、且其反射光沿 x 轴负方向时的位置作为反射镜的零位置,沿 z 轴正方向观察,反射镜绕 z 轴顺指针旋转所到达的各个角位置依次设为角位置 1、角位置 2, ..., 角位置 n , ...。这些角位置代表目标三维图像不同的观察方位角,每个角位置对应一对基元图像(基元图像 n)和基元反射图像(基元反射图像 n),其中基元反射图像 n 的傅里叶计算全息编码定义为编码 n 。

[0033] 不同的基元图像在 xy 平面和 xy 垂直平面内的视角范围是变化的,如图 3 所示。小视角基元图像通过扫描,合成全视角三维图像的过程中,各基元图像的观察视角顺序相连,避免相邻基元图像视角范围的重叠。

[0034] 定义角位置 n 对应基元图像在 xy 平面内的视角为 θ_{n0} 、垂直 xy 平面的视角为 θ_{n1} 。

在 0 位置,已知 $\theta_{01} = 2 \arctan\left(\frac{Mp_x}{2f}\right)$, $\theta_{00} = 2 \arctan\left(\frac{Mp_y}{2f}\right)$, 如图 3 (a), 则 $L_{jx} = 2H \tan\left(\frac{\theta_{01}}{2}\right)$, $L_{jy} = 2H \tan\left(\frac{\theta_{00}}{2}\right)$, $L_{jx} = 2H \tan\left(\frac{\theta_{01}}{2}\right) - Mp_x$, $L_{jy} = 2H \tan\left(\frac{\theta_{00}}{2}\right) - Mp_y$, H 为常数。

[0035] 反射镜绕 z 轴从位置 0 旋转 θ_1 到位置 1 时,其 θ_{11} 和 θ_{10} 可通过图 3 (b) 的几何关系确定,其中 $\theta_{10} = 2 \arctan\left(\frac{\tan(0.5\theta_{00})}{\cos\theta_1}\right)$, 令 $\theta_{00} + \theta_{10} = 2\theta_1$ 即可求出 θ_1 , 则 $\theta_1 = \theta_1$ 即为

位置 0 相对位置 1 的偏转角度。同理,可以计算角位置 n 相对于角位置 0 的偏转角 θ_n , 确定各角位置。

[0036] 扫描反射镜高速旋转,到达任一位置 n 时,控制单元让照射光束入射,高速空间光调制器同步输入编码 n ; 当扫描速度和空间光调制器的刷新频率达到一定值时,利用人眼的视觉滞留,可以在 xy 平面内实现连续全视角真三维图像的显示。

[0037] 反射镜镜面和旋转轴的夹角 θ 会影响基元图像垂直于 xy 面内的观察视角,如图 4 所示,夹角 θ 不同时,显示图像光点 a 的基元反射图像分别为 a_1' 和 a_2' 点,经过反射, a 点在垂直 xy 面内的观察视角分别为 θ_{11} 和 θ_{12} , 故观察者的观察方位也应相应调整。

[0038] 根据图 1,各基元反射图均处于傅里叶计算全息显示区内,保证了基元图像各点的衍射角度相等,可以避免 xy 平面内相邻基元图像视角范围的叠加。当镜面旋转不动点 o' 位置偏离傅里叶变换透镜后焦面中心 o 时,如图 5 所示,系统所能显示图像的最大尺寸变小,以保证各基元反射图均处于傅里叶计算全息显示区内。

[0039] 光束以 φ 倾斜入射空间光调制器时,显示区域在 xy 平面沿倾斜方向平移一段距离,扫描反射镜的旋转轴和透镜后焦面的交点由光轴上中的 o 点移动到 o' , 如图 6,

$oo' = f \tan \varphi$, 其特性和光束垂直入射的例子完全一样。采用反射式空间光调制器时, 入射光倾斜入射, 和图 6 所示情况等同, 只是其入射光和反射光在空间光调制器的同侧。

[0040] 针对本发明, 若空间光调制器 10 的像素为 $16\mu m$, 分辨率 1920×1200 , 傅里叶变换透镜焦距 $f = 100mm$ 以 $532nm$ 波长光入射, 生成傅里叶计算全息基元图像在 xy 平面内的观察视角最小为 $\theta_0 = 2 \arctan \left(\frac{1200 \times 16}{2 \times 100 \times 10^3} \right) \approx 5.5^\circ$, 则需要约 60 幅基元三维图就可以覆盖 xy 平面 360 度内的所有视图。要消除人眼的闪烁感, 单幅基元图像的刷新频率要到达 15Hz, 则空间光调制器的刷新频率需要达到 $60 \times 15 = 900$ Hz。目前市场上已经有刷新频率 1000Hz 的空间光调制器, 采用本发明, 可以实现全视角的全息真三维图像显示, 对三维图像显示技术的发展, 具有很积极的作用。

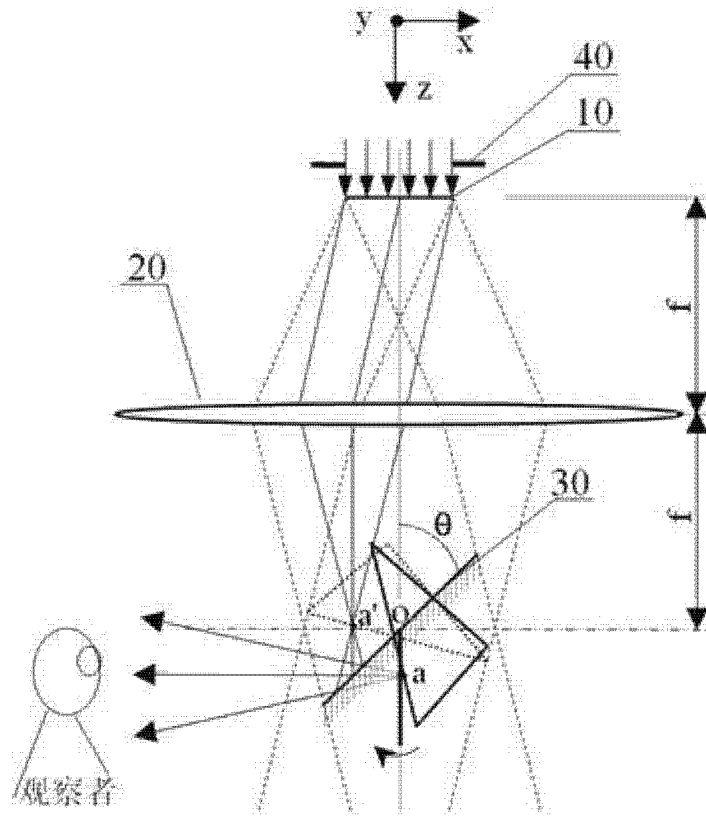


图 1

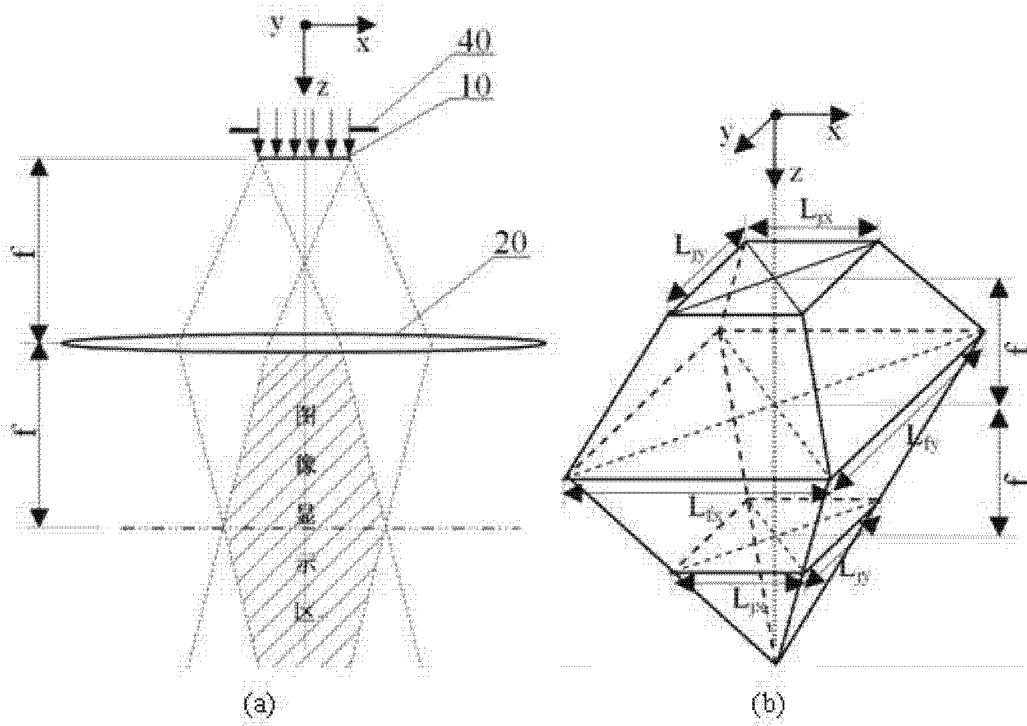


图 2

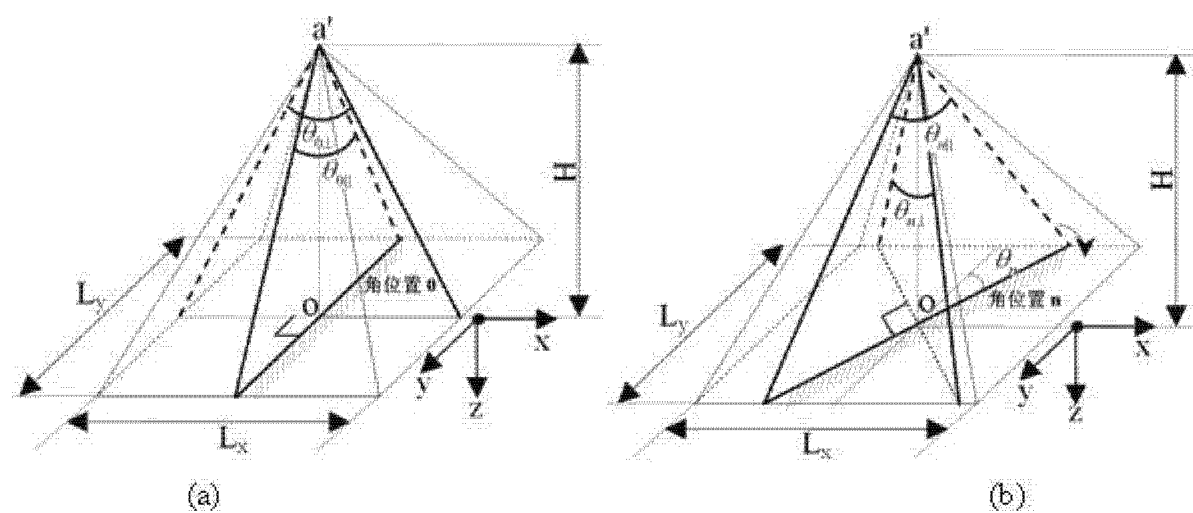


图 3

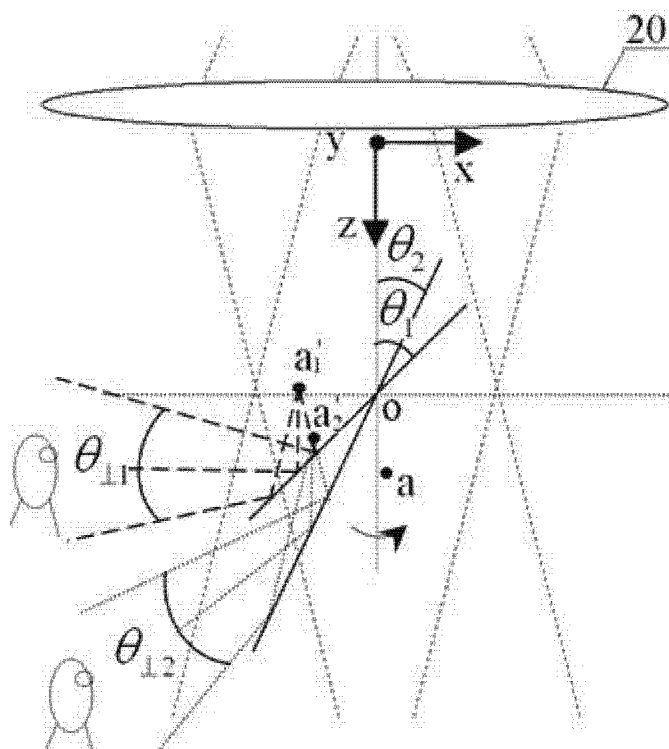


图 4

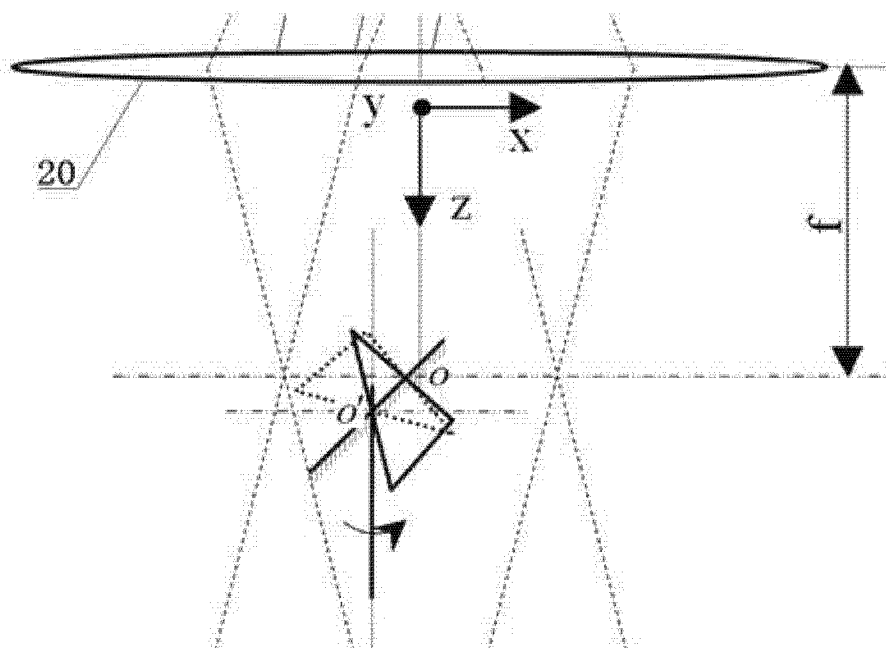


图 5

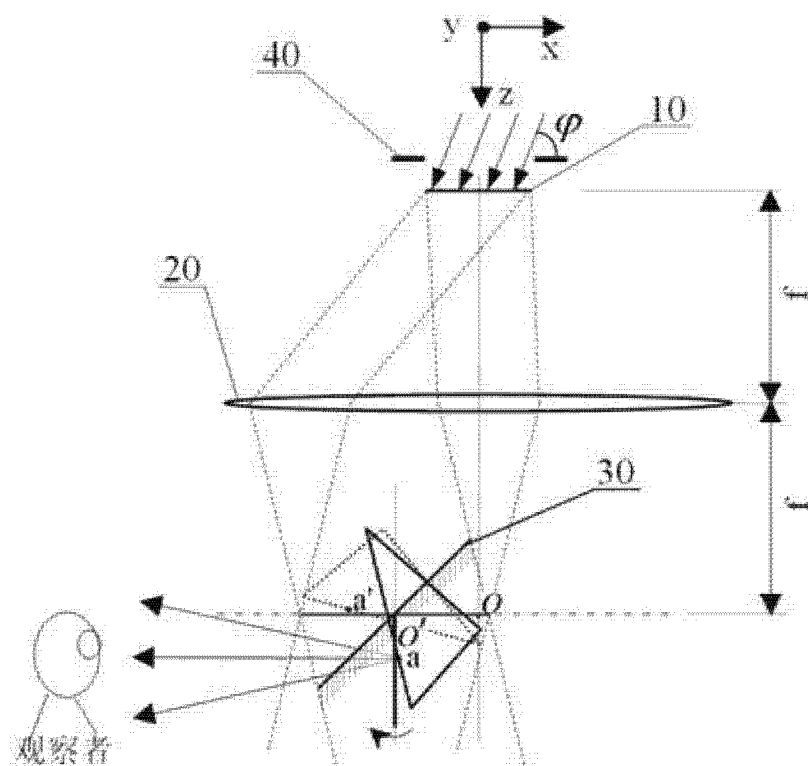


图 6