



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102081339 B

(45) 授权公告日 2013.05.08

(21) 申请号 201010552912.1

(22) 申请日 2010.11.22

(73) 专利权人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路
135 号

(72) 发明人 滕东东 王彪 刘立林

(74) 专利代理机构 广州新诺专利商标事务所有
限公司 44100

代理人 张玲春

(51) Int. Cl.

G03H 1/22 (2006.01)

H04N 13/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102073264 A, 2011.05.25,

CN 101976032 A, 2011.02.16,

CN 102183883 A, 2011.09.14,

Yasuhiro Takaki 等. Increased horizontal
viewing zone angle of a hologram by
resolution redistribution of a spatial
light modulator. 《APPLIED OPTICS》. 2008, 第
47 卷 (第 19 期),

审查员 聂泽锋

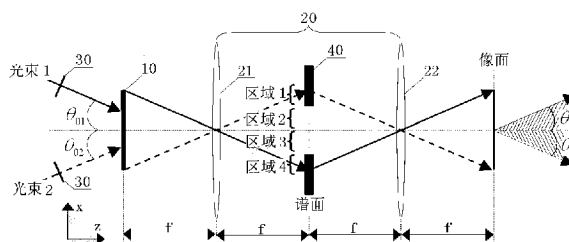
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显
示方法与系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示方法与系统。采用沿 x 方向的像素填充因子(像素透光部分线度和像素线度的比值)为 0.5 的空间光调制器,设计 2 束或 4 束不同传输方向的光束入射空间光调制器(像素间距 $p_x \times p_y$),使各入射光束对应的实现多个一阶谱项在傅里叶变换面上的顺序排列。设计光阑孔径,滤除非一阶谱信息,快速依次入射各不同入射角的入射光束,空间光调制器同步加载对应计算全息编码,利用人的视觉滞留,实现单调制器件显示三维图像观察视角的扩展。相对于单束光束入射,进一步结合偏振滤波,最大可达到约 4 倍的观察视角展宽。



1. 一种基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示系统,其特征在于其包括:

空间光调制器,输入二维计算全息编码,2束或4束不同偏振方向和传输方向的入射光束入射空间光调制器;

谱面滤波光学系统,由第一透镜和第二透镜组成,空间光调制器通过第一透镜的转换分布其谱信息于第一透镜的后焦面即频谱面上;

孔径光阑,位于频谱面上,孔径光阑的通光孔径和并列的一阶谱的分布区域重合,滤除通光孔径外的频谱信息,滤波后信息经第二透镜的再次转换,在像面上复现空间光调制器的输入信息;以及

控制单元,用于控制空间光调制器上所述不同入射光束的入射次序和时间;

其中,建立xyz轴坐标,空间光调制器、谱面滤波光学系统、孔径光阑均平行于xy面设置;

空间光调制器在x方向上像素的填充因子为0.5;

调节所述不同入射光束的入射角,使频谱面上的一阶谱在x方向上依次排列。

2. 根据权利要求1所述的全息三维图像显示系统,其特征在于:所述孔径光阑为偏振孔径光阑,通光孔径由并列的四个偏振片组成,偏振通光方向两两相互平行或垂直。

3. 根据权利要求1所述的全息三维图像显示系统,其特征在于:所述控制单元为快门或光源电流脉冲控制器。

4. 一种基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像的显示方法,其特征在于包括以下步骤:

建立xyz轴坐标,其中,谱面滤波光学系统、孔径光阑、空间光调制器均平行于xy面设置,谱面滤波光学系统由第一透镜和第二透镜组成,空间光调制器x方向上像素的填充因子为0.5,2束或4束不同偏振方向和传输方向的光束入射空间光调制器;

对同一个需要显示的三维图像,计算不同光束入射时对应的二维计算全息编码,作为该光束入射时空空间光调制器的输入信息;

空间光调制器输入信息经第一透镜转换分布其谱信息于频谱面,调节所述不同光束的入射角,使频谱面上一阶谱项沿x方向上依次排列;

光阑孔径和并列的一阶谱项分布区域重合,通过孔径滤波,或进一步结合偏振滤波,实现非一阶谱信息的滤除;

滤波后信息经过第二透镜的再次转换,在像面上复现空间光调制器的输入信息;

利用控制单元控制所述不同入射光束依次快速入射空间光调制器,空间光调制器同步加载对应二维计算全息编码,利用人的视觉滞留,获取稳定三维图像的显示。

基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示方法与系统

技术领域

[0001] 本发明涉及三维图像显示技术领域,具体公开了一种基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示方法与系统。

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。全息三维图像显示技术记录物光的振幅和位相信息,并将物光的全部信息重新构建出来,是各种显示方法中唯一真正意义上的三维显示技术。

[0003] 早期的光学全息需要制备三维物体的模型,反射光束进行相干记录,限制了全息技术的实际应用。随着光电技术及器件的迅速发展,数字全息三维图像显示技术的发展及应用取得了飞速发展,其基本原理是用计算机模拟光学衍射过程,并用空间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记录,再通过光学衍射,复现出三维图像。

[0004] 但受空间光调制器空间分辨率的限制,空间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,需要采用其它方法,对显示三维图像的视角进行展宽。为了解决这个问题,目前常用的方法是分时复用,采用具有较高刷新频率的空间光调制器件,将显示图像不同观察方位角对应的计算编码依次输入,通过同步扫描等技术,将不同视角的三维图像顺序快速显示,依靠人眼的视觉停留,获得大视角三维图像的视觉效果。但由于扫描装置的引入,造成了系统复杂性,不利于这用技术的实用化。

[0005] 以空间光调制器 10 作为三维图像信息的二维编码载入器件,其有限的个像素间距($p_x \times p_y$)和分辨率($M \times N$)限制了生成图像的观察视角和尺寸。比如对菲涅尔计算全息,以 x 方向为例,平行光束垂直或接近垂直入射空间光调制器,生成图像的最大观察视角 θ 可以通过光栅方程 $p_x \sin(\theta) = \lambda$ 求得。目前技术下空间光调制器 10 的最小像素尺寸在微米量级,假设 $p_x = 8\mu\text{m}$, $\lambda = 532\text{nm}$,则 $\theta = 3.2^\circ$,在正常的观察距离(约 0.5 米),观察者不能同时两个眼睛接收到图像信息。

[0006] 若入射光束倾斜入射空间光调制器 10,其衍射角也发生变化,如图 1 所示。

[0007] 以两束入射光束为例,设计其入射角度,使它们通过空间光调制器 10 生成的衍射区域顺序连接,如图 2 中的阴影区域。通过快门或照明光源的电流控制等办法,反复顺序入射各照射光束,并通过空间光调制器 10 同步输入对应的计算全息编码,当变换频率达到一定值时,根据视觉滞留效应,观察者可以看到稳定的三维图像,其观察视角($\theta_1 + \theta_2$)是单束入射光束所能实现观察视角的近似两倍。这样,在不引入扫描装置的情况下,实现了观察视角的分时复用合成扩展。

[0008] 但目前所用任何空间光调制器都存在一个像素填充因子 σ ,其周期结构会引入高阶衍射项。如图 3 所示,平行光束以倾斜角 θ_0 入射,在空间光调制器 10 的菲涅尔衍射区,不但具有零阶衍射光,还有 ± 1 阶等高衍射光。若采用多个入射光束,某一角度入射光束对

应的零阶衍射项会和其它角度入射光束对应的高阶衍射项在空间上重叠。结合图 2 和图 3, 令图 2 中的 θ_{02} 等于图 3 中的 θ_0 , 在两束入射光束情况下, 图 2 中 θ_{01} 对应的零阶衍射区域(即 θ_1 对应阴影区域)和图 3 中的 +1 阶衍射区域在空间上重叠。若采用分时复用, 某一入射光束对应的高阶衍射项会叠加在其它入射光束对应的零阶衍射项上, 严重影响图像的显示质量, 不利于这种方法的实际应用。

发明内容

[0009] 针对空间光调制器件衍射生成的三维图像观察视角有限的问题, 本发明的目的是通过空间光调制器件像素填充因子和光束入射角的设计, 利用周期像素结构产生的一阶谱, 提出一种无串扰的计算全息三维图像显示方法及系统, 可以实现显示三维图像观察视角的扩展。

[0010] 本发明的目的及解决其技术问题是采用以下技术方案来实现的。依据本发明提出的基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示系统, 包括: 谱面滤波光学系统, 由第一透镜和第二透镜组成; 空间光调制器, 输入计算全息编码, 并通过上述第一透镜的转换, 在空间光调制器对应频谱面上显示输入二维编码的频谱分布; 位于上述空间光调制器经第一透镜所确定的频谱面上的孔径光阑, 对谱面信息进行处理; 以及控制单元, 用于控制空间光调制器不同入射光的入射束次序和时间。

[0011] 上述全息三维图像显示系统还包括: 偏振孔径光阑, 通光孔径由并列的四个偏振片组成, 其偏振通光方向两两相互平行或垂直。

[0012] 上述控制单元为快门或光源电流脉冲控制器。

[0013] 上述空间光调制器在 x 方向像素透光部分线度和像素线度的比值为 0.5。

[0014] 上述第一透镜和第二透镜可以采用多个透镜或透镜组, 或具有位相调制功能的衍射光学元件。

[0015] 同时, 本发明还提供了一种基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示方法, 包括以下步骤:

[0016] 建立 xyz 轴坐标, 其中, 谱面滤波光学系统、光阑、及空间光调制器均平行于 xy 面设置, 不同偏振方向和传输方向的光束入射空间光调制器;

[0017] 对同一个需要显示的三维图像, 计算不同光束入射时对应的二维计算全息编码, 作为空间光调制器的输入信息;

[0018] 空间光调制器输入信息经第一透镜转换后透射在频谱面上, 调节光束入射角, 使谱面上的一阶谱项在 x 方向上依次排列;

[0019] 光阑孔径和并列的一阶谱项分布区域重合, 通过孔径滤波, 或进一步结合偏振滤波, 实现非一阶谱信息的滤除;

[0020] 滤波后信息经过第二透镜的再次转换, 在像面上复现空间光调制器的输入信息;

[0021] 利用控制单元控制不同入射光依次快速入射空间光调制器, 空间光调制器同步加载对应二维计算全息编码, 利用人的视觉滞留, 获取稳定三维图像的显示。

[0022] 借由上述技术方案, 本发明基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示方法与系统至少具有的有益效果是: 以单个空间光调制器为输入器件, 实现其生成三维图像观察视角的扩展, 采用具有偏振滤波功能的孔径光阑, 最大视角扩展可以达到 4 倍; 由于可以通

过快门或光源电流的输入脉冲控制等方法实现光束的快速迅速入射,避免了机械扫描装置的使用,降低了显示系统的复杂性,有利于计算全息三维图像显示技术实用化的发展。

附图说明

- [0023] 图 1 为现有技术空间光调制器件衍射角示意图 ;
 [0024] 图 2 为现有技术两束光束入射形成观察视角范围的顺序连接扩展示意图 ;
 [0025] 图 3 为现有技术的像素周期结构引入的高阶衍射项示意图 ;
 [0026] 图 4 为本发明的观察视角 2 倍扩展系统光路结构示意图。
 [0027] 图 5 为本发明的观察视角 4 倍扩展系统光路结构示意图。
 [0028] 图 6 为本发明的偏振孔径光阑示意图。
 [0029] 10 :空间光调制器 20 :谱面滤波光学系统
 [0030] 21 :第一透镜 22 :第二透镜
 [0031] 30 :快门 40 :光阑

具体实施方式

[0032] 为了更详细的解释本发明所提出的基于一阶谱分时复用技术的全息三维图像显示技术,以下结合附图及系统的某一具体参数,对本发明进行详细阐述。应当理解,此处所描述的实施例仅仅是用以解释本发明的设计,并不用于限定本发明。

[0033] 实施例 1

[0034] 为了解决现有技术存在的问题,设计空间光调制器件 10 在 x 方向上像素的填充因子 $\sigma=0.5$ 。以一维为例,将编码函数 $f(x_0)$ 输入空间光调制器 10, x_0 平面内入射角为 θ (入射方向与空间光调制器 10 的靶面法线方向夹角) 的平面光(波长 λ) 入射,经焦距 f 的第一透镜 21 变换,在其后焦面上得到光场:

$$\begin{aligned}
 [0035] \quad F & \left\{ \frac{1}{p_x} \exp(j2\pi x_0 \cos \theta / \lambda) f(x_0) \text{comb}\left(\frac{x}{p_x}\right) \otimes \text{rect}\left(\frac{x}{\sigma p_x}\right) \right\} \\
 [0036] \quad & = \sum_{-\infty}^{+\infty} F\left(u - \frac{\cos \theta}{\lambda} - n \frac{1}{p_x}\right) \sigma \text{sinc}(n\sigma) \\
 [0037] \quad & = \sigma F\left(u - \frac{\cos \theta}{\lambda}\right) + \frac{\sin(\sigma\pi)}{\pi} F\left(u - \frac{\cos \theta}{\lambda} - \frac{1}{p_x}\right) + \frac{\sin(2\sigma\pi)}{2\pi} F\left(u - \frac{\cos \theta}{\lambda} - \frac{2}{p_x}\right) + \dots \quad (1) \\
 [0038] \quad & = \sigma F\left(\frac{x - f \cos \theta}{\lambda f}\right) + \frac{\sin(\sigma\pi)}{\pi} F\left(\frac{x - f \cos \theta}{\lambda f} - \frac{1}{p_x}\right) + \frac{\sin(2\sigma\pi)}{2\pi} F\left(\frac{x - f \cos \theta}{\lambda f} - \frac{2}{p_x}\right) + \dots \\
 [0039] \quad & = F_0(u) + F_1(u) + F_2(u) + F_3(u) + \dots
 \end{aligned}$$

$$[0040] \quad = F_0(u) + F_1(u) + 0 + F_3(u) + 0 + \dots \quad (\text{代入 } \sigma = 0.5)$$

[0041] 可以看到,除零阶谱 $F_0(u)$ 外,式(1)中的偶数阶衍射谱均为零。

[0042] 为了能清楚说明本发明的三维图像显示系统结构,特建立 xyz 轴坐标,其中,谱面滤波光学系统 20、偏振孔径光阑 40 及空间光调制器 10 均平行 xy 面设置。

[0043] 若以两束光束入射空间光调制器 10,其入射方向和 z 向的夹角 $\theta_{01} = -\theta = -\arcsin(3\lambda/2p_x)$, $\theta_{02} = +\theta = \arcsin(3\lambda/2p_x)$,如图 4 所示。则第一透镜 21 的后

焦面上,光束 1 对应 0 阶、+1 阶和 +2 阶谱分别处于区域 4、区域 3 和区域 2,其中心位置分别为 $-f \sin \theta$ 、 $-f \sin \theta + \lambda f/p_x$ 和 $-f \sin \theta + 2\lambda f/p_x$;光束 2 对应 0 阶、-1 阶和 -2 阶谱分别处于区域 1、区域 2 和区域 3,其中心位置分别为 $+f \sin \theta$ 、 $+f \sin \theta - \lambda f/p_x$ 和 $+f \sin \theta - 2\lambda f/p_x$,每个区域的大小为 $(\lambda f/p_x, \lambda f/p_y)$ 。

[0044] 故区域 2 包含光束 2 对应 -1 阶谱和光束 1 对应 +2 阶谱信息,由于二阶谱为零,所以,区域 2 中只有光束 2 对应 -1 阶谱。同样道理,区域 3 中只有光束 1 对应的 +1 阶谱信息。令谱面上孔径光阑 40 的通光区域恰好为区域 2 和区域 3 之和,则经过光阑 40 后,只有两束入射光束对应的相同三维图像的一阶谱信息被保留下来。再次经过第二透镜 22,在像面上复现输入的计算全息编码信息,并消除了非一阶衍射项的叠加串扰。采用如前所述分时复用的方法,通过快门 30 控制光束 1 和光束 2 的快速交替入射,并通过空间光调制器 10 同步输入对应计算全息编码,可以实现无串扰的分时复用视角合成扩展,放大倍数约为 2。

[0045] 实施例 2

[0046] 进一步,若以四束不同传播方向的光束入射,并采用由四片偏振片组成通光孔径的偏振孔径光阑 40,可以实现观察视角的约 4 倍扩展,其光路结构如图 5 所示,这里令第一透镜 21 和第二透镜 22 的焦距均为 f 。入射光束为偏振光,其中光束 4 和光束 1 的偏振方向平行于 xz 面,光束 2 和光束 3 的偏振方向垂直于 xz 面,它们的入射角(光束传输方向与 z 轴正方向夹角)分别为 $-\theta_{04} = -\arctan(3\lambda/2p_x)$ 、 $+\theta_{01} = \arctan(3\lambda/2p_x)$ 、 $+\theta_{02} = \arcsin(\lambda/2p_x)$ 和 $-\theta_{03} = -\arcsin(\lambda/2p_x)$,如图 5 所示。则第一透镜 21 后焦面上,光束 1 对应 0 阶、-1 阶、-2 阶和 -3 阶谱分别处于区域 1、区域 2、区域 3 和区域 4,其中心位置分别为 $(3\lambda f/2p_x, 0)$ 、 $(\lambda f/2p_x, 0)$ 、 $(-\lambda f/2p_x, 0)$ 和 $(-3\lambda f/2p_x, 0)$,每个区域大小均为 $(\lambda f/p_x, \lambda f/p_y)$;光束 2 对应 +1 阶、0 阶、-1 阶和 -2 阶谱分别处于区域 1、区域 2 和区域 3;光束 3 对应 +2 阶、+1 阶、0 阶和 -1 阶谱分别处于区域 1、区域 2、区域 3 和区域 4;光束 4 对应 +3 阶、+2 阶、+1 阶和 0 阶谱分别处于区域 1、区域 2、区域 3 和区域 4。设计光阑的孔径和这四个区域重合,且孔径由四个偏振片组成,其每个区域的偏振通光方向如图 6 所示。

[0047] 以区域 1 为例,其平面内入射有光束 1 对应的 0 阶谱、光束 2 对应的 +1 阶谱、光束 3 对应的 +2 阶谱和光束 4 对应的 +3 阶谱。其中,光束 1 对应 0 阶谱信息光的偏振方向垂直于区域 1 偏振片的通光偏振方向而被截止、光束 3 对应 +2 阶谱信息为零、光束 4 对应 +3 阶谱信息光的偏振方向垂直于区域 1 偏振片的通光偏振方向而被截止,只有光束 2 对应 +1 阶谱可以无遮挡通过。同样,区域 2、区域 3 和区域 4 处也分别只有光束 1 对应 -1 阶、谱光束 4 对应 +1 阶谱和光束 3 对应 -1 阶谱能够无遮挡通过。所以,经过孔径偏振光阑 40 后,只有四束入射光束对应的相同三维图像的一阶谱信息被保留下来。再次经过第二透镜 22,在像面上复现输入的计算全息编码信息,并消除了不同阶衍射项的叠加串扰。采用如前所述分时复用的方法,通过快门 30 控制四个光束快速交替入射,并同过空间光调制器 10 同步输入对应计算全息编码,可以实现无串扰的分时复用视角合成扩展,放大倍数约为 4。

[0048] 综上所述,本发明的特点在于丢弃零阶谱,以一阶谱为切割重组对象,设定空间光调制器 10 水平方向上的像素填充因子为 0.5;具有不同传输方向的平行光束入射空间光调制器 10,在谱面上形成对应一阶谱项的依次排列;采取孔径光阑,或具有偏振滤波功能的偏振孔径光阑,滤除非一阶谱的所有信息,再通过分时复用的方法,实现显示图像观察视角最大约 4 倍的扩展。

[0049] 若空间光调制器 10 的像素为 8 微米,以 500 纳米波长光束入射,则采用本发明的一阶谱分时复用三维显示系统后,生成衍射图像的最大观察视角 $\theta \approx 4\arcsin(\lambda / p_x) \approx 14^\circ$,可以实现单个空间光调制器件双目可视三维图像的显示,对计算全息三维图像显示技术的实用化,具有很积极的作用。

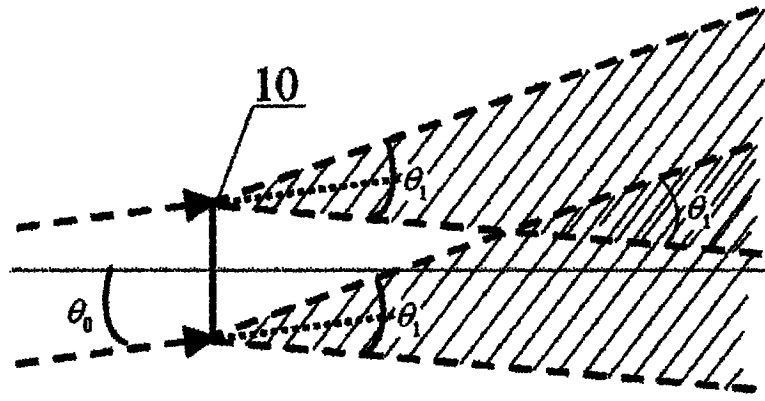


图 1

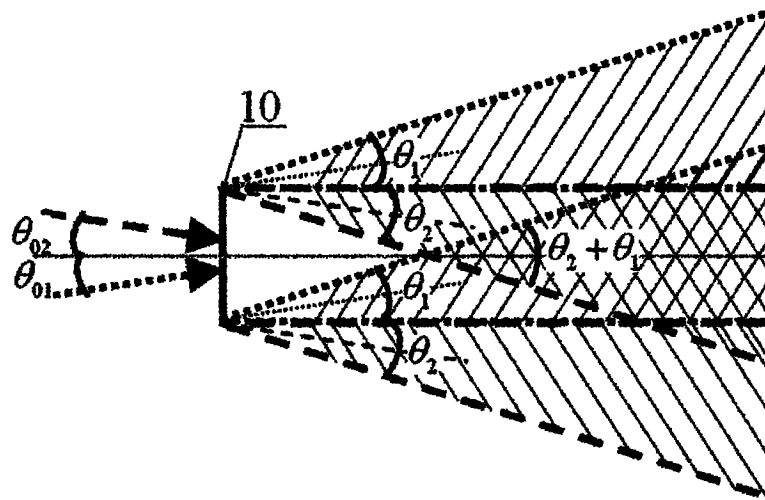


图 2

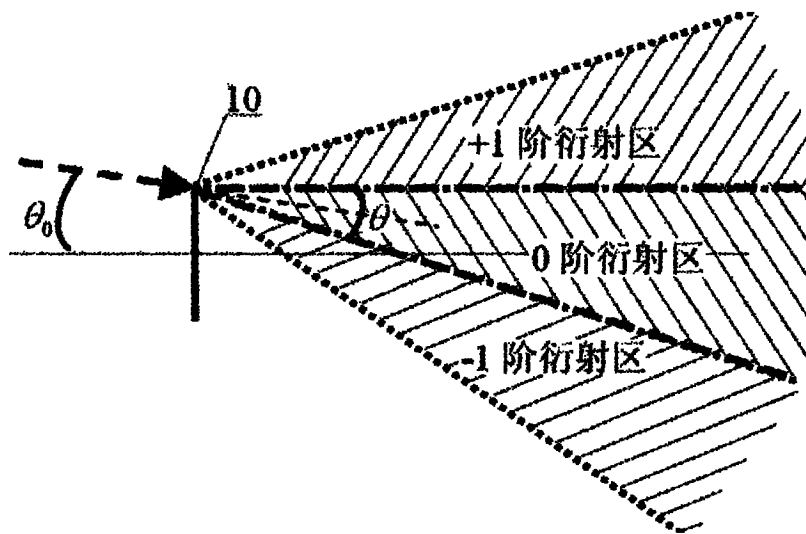


图 3

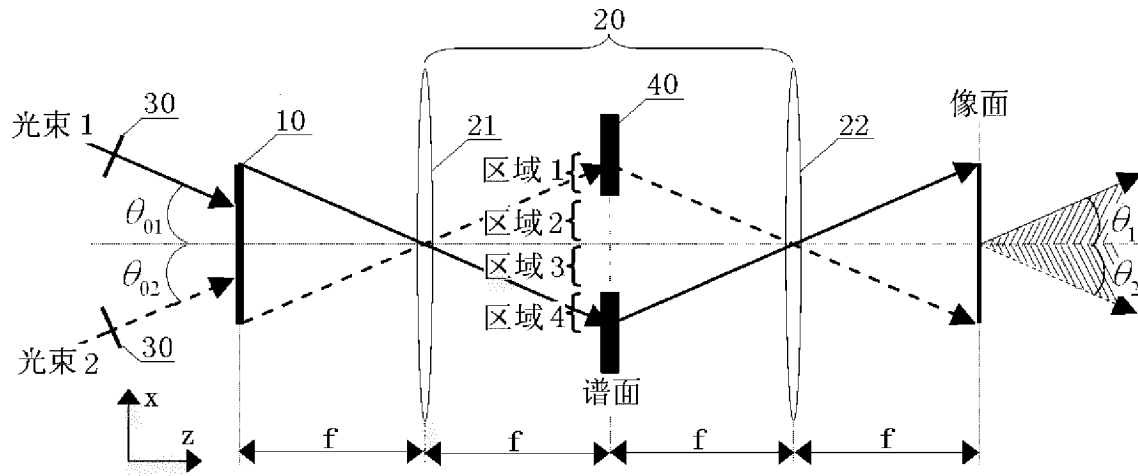


图 4

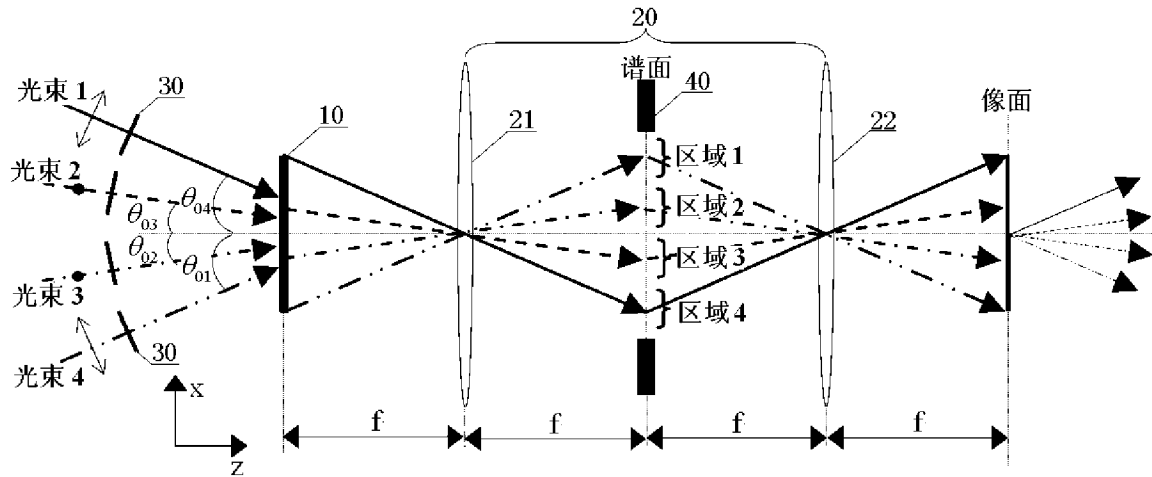


图 5

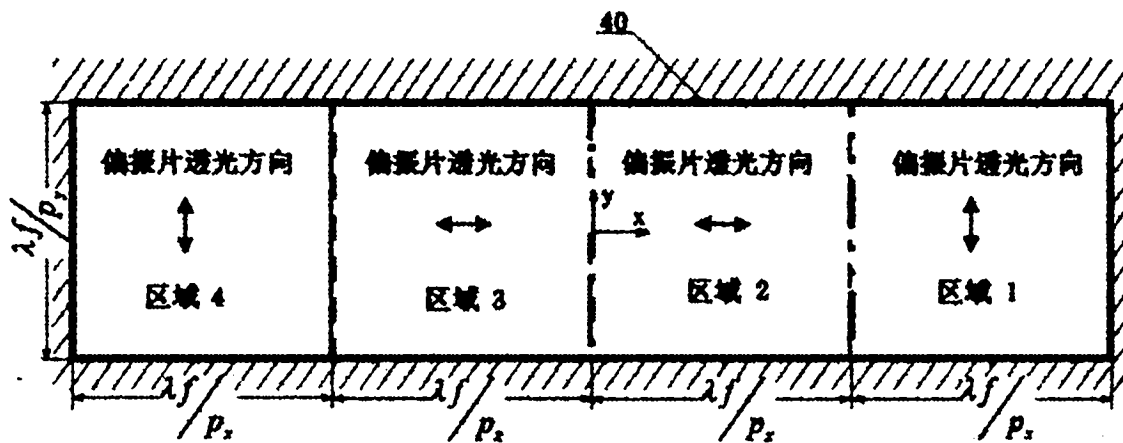


图 6