



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102183883 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201110127056. X

(22) 申请日 2011. 05. 17

(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 刘立林

(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 林丽明

(51) Int. Cl.

G03H 1/22(2006. 01)

H04N 13/00(2006. 01)

审查员 夏涛

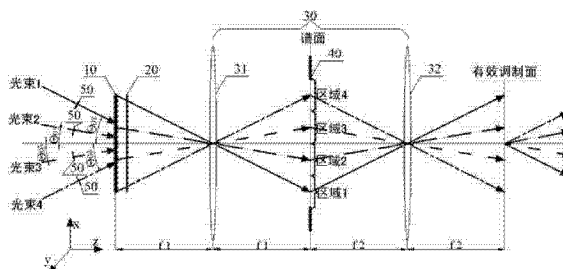
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

多光束时分复用全息三维显示系统及其显示方法

(57) 摘要

本发明涉及一种多光束时分复用全息三维显示系统及其显示方法,该系统包括:4f 系统,由第一、第二透镜组成;空间光调制器,输入计算全息编码,通过第一透镜的转换,在空间光调制器对应频谱面上显示输入编码的频谱分布;偏振选通单元,结合空间光调制器,对相邻入射光,获取偏振态正交的调制信息;孔径光阑,通光孔径由依次正交的偏振片排列组成,其位于空间光调制器经第一透镜所确定频谱面上;控制单元,用于控制空间光调制器入射光入射次序和时间;光信息由偏振孔径光阑滤波后,经第二透镜再次转换,在有效调制面复现空间光调制器的输入信息。本发明实现衍射视角的展宽合成,显示大视角真三维图像,有利于计算全息三维显示技术实用化发展。



1. 一种多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,包括:
 - 4f 系统,由第一、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计算全息编码的频谱分布;
 - 偏振选通单元,对各入射光对应的调制信息光进行偏振选通,使相邻入射光对应调制信息具有正交的偏振方向;
 - 偏振孔径光阑,由相邻正交的偏振片组成通光孔径,其位于上述空间光调制器经第一透镜所确定的频谱面上;
 - 控制单元,用于控制空间光调制器入射光的入射次序和时间;空间光调制器输入计算全息编码,通过偏振选通单元获取正交偏振方向的调制信息光,由第一透镜转换后投射在频谱面,经偏振孔径光阑滤波后,光信息经过第二透镜的再次转换,在有效调制面复现空间光调制器的输入信息。
2. 根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,空间光调制器的像素填充因子为 0.45~0.65。
3. 根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,该第一透镜和第二透镜采用多个透镜或透镜组。
4. 根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,该控制单元为快门或光源电流脉冲控制器。
5. 根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,该偏振选通单元为液晶偏振开关,置于空间光调制器后。
6. 根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,当空间光调制器采用镜面反射式空间光调制器时,该偏振选通单元为偏振片组,并控制空间光调制器多束入射光为相邻偏振正交的线偏光。
7. 根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,当空间光调制器采用多空间光调制器时,该偏振选通单元为偏振分光棱镜,或为偏振片和半透半反镜的组合,各空间光调制器关于对应偏振分光棱镜镜面或偏振片和半透半反镜镜面的像重合于同一空间位置,调制信息在频谱面上的各零阶谱项相邻偏振正交排列。
8. 根据权利要求1至7任一项所述的多光束时分复用全息三维显示系统,其特征在于,第一、第二透镜均为傅里叶变换透镜。
9. 一种根据权利要求1所述的多光束时分复用全息三维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,其中,4f 系统、偏振孔径光阑及空间光调制器均平行 xy 面设置;多束平行光在 xz 平面内不同角度入射空间光调制器;
 - b、对同一个需要显示的三维图像,计算不同入射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;
 - c、空间光调制器调制信息经偏振选通单元、第一透镜转换后投射于频谱面,调节光束在 xz 平面内的入射角,使谱面上的零阶谱项在 x 方向上依次排列;
 - d、偏振孔径光阑的光阑孔径和各零阶谱重合,偏振孔径光阑的每个偏振片的偏振方向和相同位置零阶谱信息光的偏振方向一致,滤去奇数项高阶谱信息;

e、滤波后光信息经过第二透镜的再次转换,在有效调制面上复现空间光调制器的输入信息;

f、利用控制单元控制多束入射光循环入射空间光调制器,调制器同步加载对应二维计算全息编码,调制信息经偏振选通,在频谱面上实现相邻零阶谱的偏振正交分布,获取稳定三维图像的显示。

多光束时分复用全息三维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,涉及一种大视角的多光束时分复用全息三维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。全息三维显示技术利用光的衍射或干涉,记录物光的振幅和位相信息,再通过光的衍射将物光的信息重新构建出来,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,计算全息三维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。

[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,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,目前常用分时复用的方法,采用具有较高刷新频率的光调制器件,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顺序快速显示,依靠人眼的视觉滞留,获得较大视角的三维图像显示。但由于扫描装置的引入,造成了系统的复杂,不利于这用技术的实用化。

[0005] 以空间光调制器 10 作为三维图像信息二维编码的载入器件,其有限的个像素间距和分辨率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 $p_x = 8\mu m$, $\lambda = 532nm$, 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] 若入射光倾斜入射,根据光栅衍射方程,衍射视角也相应变化,如图 1 所示。

[0007] 以两束入射光为例,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,并通过空间光调制器 10 同步输入对应的计算全息编码,当不同入射光之间的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,平行光束以倾斜角 θ 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、 ± 2 阶等高衍射光。若采用多个入射光,某一角度入射光对应的零阶衍射项会和其它角度入射光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_{0i} 等于图 3 中的 θ_0 ,在两束入射光情况下,图 2 中 θ_{0i} 对应的零阶衍射区域(即 θ_i 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] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足,本发明将以多束平行光束轮换入射空间光调制器,设计其入射角度,通过调制信息的偏振分量选通,实现正交偏振的零阶谱信息在谱面上的相邻分布,通过偏振孔径光阑,滤去像素周期结构引入的奇数项高阶谱信息,选用像素填充因子 0.45~0.65 的空间光调制器抑制偶数项高阶谱信息,提出一种多光束时分复用全息三维显示系统及其显示方法,可以实现三维图像观察视角的展宽。

[0010] 为实现上述目的,本发明的技术方案为一种基于偏振滤波和时分复用的全息三维显示系统,其中,包括:

[0011] 一 4f 系统,由第一、第二透镜组成;

[0012] 一空间光调制器,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编码的频谱分布;

[0013] 一偏振选通单元,对各入射光对应的调制信息光进行偏振选通,使相邻入射光对应调制信息具有正交的偏振态;

[0014] 一偏振孔径光阑,通光孔径由相邻正交的偏振片组成,其位于上述空间光调制器经第一透镜所确定的频谱面上;

[0015] 一控制单元,用于控制空间光调制器入射光的入射次序和时间;

[0016] 空间光调制器输入信息,通过偏振选通单元获取不同偏振方向的调制信息光,由第一透镜转换后投射在频谱面,经偏振孔径光阑滤波后,光信息经过第二透镜的再次转换,在有效调制面复现空间光调制器的输入信息。

[0017] 该空间光调制器的像素填充因子为 0.45~0.65。

[0018] 该第一透镜和第二透镜采用多个透镜或透镜组。该控制单元为快门或光源电流脉冲控制器。

[0019] 该偏振选通单元为液晶偏振开关,置于空间光调制器后,可以迅速在不同的偏振通光方向间切换;

[0020] 偏振选通单元若采用镜面反射式空间光调制器(如 DMD),该偏振选通单元为偏振片组,控制空间光调制器多束入射光为相邻偏振正交的线偏光;

[0021] 偏振选通单元若采用多空间光调制器,该偏振选通单元为偏振分光棱镜,或为偏振片和半透半反镜的组合,各空间光调制器关于对应镜面(偏振分光镜镜面或半透半反镜镜面)的像重合于相同空间位置,调制信息在谱面上的各零阶谱相邻偏振正交排列;

[0022] 同时,本发明还提供了一种基于偏振滤波和时分复用的全息三维显示系的显示方法,其包括以下步骤:

[0023] a、建立 xyz 轴坐标,其中,4f 系统、偏振孔径光阑及空间光调制器(或空间光调制

器关于偏振分光镜、半反半透镜的像)均平行 xy 面设置;多束平行光在 xz 平面内不同角度入射空间光调制器;

[0024] b、对同一个需要显示的三维图像,计算不同入射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光调制器的输入信息;

[0025] c、空间光调制器调制信息经第一透镜转换后投射于频谱面,调节光束在 xz 平面内的入射角,使谱面上的零阶谱项在 x 方向上依次排列;

[0026] d、相邻正交偏振片组成的光阑孔径和各零阶谱重合,每个偏振片的偏振方向和相同位置零阶谱信息光的偏振方向一致,滤去奇数项高阶谱信息;

[0027] e、滤波后光信息经过第二透镜的再次转换,在有效调制面上复现空间光调制器的输入信息;

[0028] f、利用控制单元控制多束入射光循环入射空间光调制器,调制器同步加载对应二维计算全息编码,调制信息经偏振选通,在谱面上实现相邻零阶谱的偏振正交分布,获取稳定三维图像的显示。

[0029] 这里的循环入射指的是,若 N 束入射光,先让束光 1 入射,同时空间光调制器输入对应编码,并由偏振选通单元选通偏振方向 1 的调制信息通过,持续一小段时间;关闭光束 1,让相邻光束 2 入射,调制器输入光束 2 对应的编码,偏振选通单元选通偏振方向 2 (正交于偏振方向 1)的调制信息通过,持续一小段时间;关闭光束 2,再让相邻光束 3 入射,调制器输入光束 3 对应的编码,液晶偏振开关选通偏振方向 1 的调制信息通过;关闭光束 3,再让相邻光束 4 入射,调制器输入光束 4 对应的编码,液晶偏振开关选通偏振方向 2 的调制信息通过……这样反复,其中各光束的入射顺序可以改变,对应调制信息的选通偏振方向也相应改变。

[0030] 与现有技术相比较,本发明具备如下优势,

[0031] 以单个高刷新频率的光调制器为输入器件,采用 N 束光入射,可以将其生成三维图像的观察视角近似增加 N 倍,利用现有高速空间光光调制器件,可以实现大视角范围真三维图像的单调制器件衍射显示;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两束光的快速顺序入射,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显示技术实用化的发展。

附图说明

[0032] 图 1 空间光调制器件衍射角示意图；

[0033] 图2两束光入射形成观察视角范围的顺序连接扩展；

[0034] 图3 像素周期结构引入的高阶衍射项；

[0035] 图4 本发明的系统光路结构;

[0036] 图5 本发明偏振孔径光阑的通光孔径(以4束入射光为例)。

[0037] 10:空间光调制器 20:偏振选通单元

[0038] 30: $4f$ 系统 31: 第一傅里叶变换透镜

[0039] 32:第二傅里叶变换透镜 40:偏振孔径光阑

[0040] 50:控制单元。

具体实施方式

[0041] 为了解决现有技术存在的问题,我们设计偏振孔径光阑,结合像素填充因子的选择,抑制高阶衍射项,以多束光入射,通过时分复用,实现大视角的全息三维显示。光路结构如图 4 所示。

[0042] 本发明公开了一种多光束时分复用全息三维显示系统,其包括:液晶偏振开关 20、4f 系统 30、偏振孔径光阑 40、空间光调制器 10 及控制单元 50;

[0043] 其中,偏振选通单元 20,为液晶偏振开关,可以快速改变偏振通光方向,选通调制信息的不同偏振分量;

[0044] 4f 系统 30,由第一、第二透镜组成,两光学元件共轴;本实施例中,第一、第二透镜均为傅里叶变换透镜。

[0045] 偏振孔径光阑 40,通光孔径由相邻正交的偏振片组成,其位于上述空间光调制器经第一透镜所确定的频谱面上;

[0046] 空间光调制器 10,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,包括像素周期结构引入的各高阶衍射谱,其非零偶数项高阶谱受 $0.45 \sim 0.65$ 像素填充因子的抑制而变得很弱;

[0047] 控制单元 50,用于控制空间光调制器 10 入射光的入射次序和时间。

[0048] 该第一透镜和第二透镜采用多个透镜或透镜组。本实施例中,该第一、第二透镜均为多个透镜或透镜组。该控制单元为快门,当然,也可以为光源电流脉冲控制器。

[0049] 为了能清楚说明本发明结构,以 4 束光束入射为例,特建立 xyz 轴坐标,偏振选通开关采用液晶偏振开关,其中,4f 系统、液晶偏振开关、偏振孔径光阑及空间光调制器均平行 xy 面设置;令 4 入射光束 $\theta_{03} = \theta_{02} = \arctan(\lambda/2p_x)$ 、 $\theta_{01} = \theta_{04} = \arctan(3\lambda/2p_x)$,其中 λ 为入射光波长, p_x 为空间光调制器沿 x 方向的像素间距。第一傅里叶变换透镜 31 的后焦面为系统谱面,4 个对应 0 阶谱项沿 x 方向依次排列。

[0050] 由于像素的周期分布结构,空间光调制器衍射谱不但有我们需要的零阶谱信息,也包含了不必要的高阶谱信息。以一维为例,SLM 的像素填充因子为 σ (像素透光部分线度和像素线度的比值),加载信息 $f(x)$ 的傅里叶谱为:

[0051]

$$\begin{aligned} & F\left\{\frac{1}{p_x}\left[f(x)\text{comb}\left(\frac{x}{p_x}\right)\right]\otimes\text{rect}\left(\frac{x}{\sigma p_x}\right)\right\} \\ &= \sigma \left[F(u) + \text{sinc}(\sigma p_x u)F\left(u - \frac{1}{p_x}\right) + \text{sinc}(\sigma p_x u)F\left(u - \frac{2}{p_x}\right) + \text{sinc}(\sigma p_x u)F\left(u - \frac{3}{p_x}\right) + \dots \right. \\ & \quad \left. + \text{sinc}(\sigma p_x u)F\left(u + \frac{1}{p_x}\right) + \text{sinc}(\sigma p_x u)F\left(u + \frac{2}{p_x}\right) + \text{sinc}(\sigma p_x u)F\left(u + \frac{3}{p_x}\right) + \dots \right] \\ &= \sigma [F_0(u) + F_1(u) + F_2(u) + F_3(u) + \dots + F_{-1}(u) + F_{-2}(u) + F_{-3}(u) + \dots] \end{aligned}$$

[0052] 其中 $F_0(u)$ 为我们需要的频谱信息,定义为 0 阶谱, $F_1(u)$ 、 $F_{-1}(u)$ 等分别为 +1、-1 阶等高阶衍射项。

[0053] 当 $\sigma \in (0.45, 0.65)$ 时, 各偶数项高阶谱项相对于零阶谱的光强比很小。本专利选用此范围内的填充因子, 可以实现偶数项高阶谱项的有效抑制。

[0054] 置偏振孔径光阑 40 于谱面, 通光孔径由重叠区域 1、区域 2、区域 3 和区域 4 的 4 个相邻正交偏振片组成, 如图 5。控制偏振选通单元 20, 交替选通两正交的偏振通光方向: 态 1 和态 2, 和偏振孔径的偏振通光方向 1 和偏振通光方向 2 一致。

[0055] 区域 1、2、3 和 4 分别为入射光束 1、2、3 和 4 对应的零阶谱项分布区域, 由取样定理和透镜傅里叶变换可知, 其尺寸均为 $\lambda f / p_x \times \lambda f / p_x$ 。

[0056] 区域 1 的偏振通光方向为态 1, 在光束 1 入射时, 空间光调制器加载对应计算全息编码, 通过偏振选通单元, 只允许态 1 的偏振信息分量通过, 则偏振选通后的零阶谱项信息可以无阻碍地通过区域 1。同时, 入射光束 2 对应的 1 阶谱项、光束 3 对应 2 阶谱和光束 4 对应 3 阶谱也分布于区域 1 内, 其中光束 3 对应 2 阶谱受调制器像素填充因子的影响, 相对光强非常低。为了滤除奇数项高阶谱, 光束 2 和光束 4 入射时, 可以通过偏振选通单元, 只允许态 2 的偏振调制信息分量通过。

[0057] 结合图 4 和图 5, 整个工作流程为:

[0058] 1. 液晶偏振开关转换到态 1, 控制光束 1 入射, SLM 同步加载对应编码;

[0059] 2. 关闭光束 1, 入射光束 3, 同步加载对应编码;

[0060] 3. 液晶偏振开关转换到态 2, 关闭光束 3, 入射光束 2, 同步加载对应编码;

[0061] 4. 关闭光束 2, 入射光束 4, 同步加载对应编码;

[0062] 5. 高频重复上述过程。

[0063] 经偏振孔径滤波, 只剩偶数阶谱项作为串扰噪声存在, 由于其弱的相对光强, 可以实现低噪声的大视角三维显示。

[0064] 抑制高阶谱信息后的光束继续通过第二傅里叶变换透镜 32, 成空间光调制器 10 的输入信息于有效调制面处, 通过 4 束入射光的反复顺序入射, 并由空间光调制器 10 同步输入对应的计算全息编码信息, 可以实现显示图像观察视角的分时复用合成扩展, x 方向观察视角 $\theta_x \approx 4 \arcsin(\lambda / p_x)$ 。在 y 方向, 由于没有进行分时复用合成扩展, 观察视角

$\theta_y = \arcsin(\lambda / p_y)$, 相对于单束光入射, 没有发生变化。

[0065] 若采用空间光调制器的刷新频率足够高, 采用 N 束平行入射光, 同理, 可以实现约 N 倍的视角展宽

[0066] 综上所述, 本发明的特点在于设计多束入射光的入射角度, 结合偏振选通单元, 实现谱面上偏振正交的零阶谱顺序排列, 并置由相邻正交偏振片组成的偏振孔径光阑于零阶谱处, 滤除奇数阶高阶谱项, 结合空间光调制器像素填充因子对偶数阶高阶谱项的抑制, 通过时分复用, 实现显示图像观察视角的合成扩展。

[0067] 若空间光调制器 10 的像素为 8 微米, 以 500 纳米波长光入射, 则采用本专利技术分时复用后, 以两束光入射, 生成衍射图像的观察视角 $\theta = 2 \arcsin(\lambda / p_x) \approx 7.2^\circ$, 取人双眼间距约 55 毫米, 则在 440 毫米处, 就可以双目同时观察到生成的三维图像, 实现单个空间光调制器的双目可视三维图像显示; 现有铁电空间光调制器的刷新频率已经达到 KHz, 可以

采用更多束入射光,以单空间光调制器实现多人可以同时观察的真三维图像显示,计算全息三维图像显示技术的实用化,具有很积极的作用。

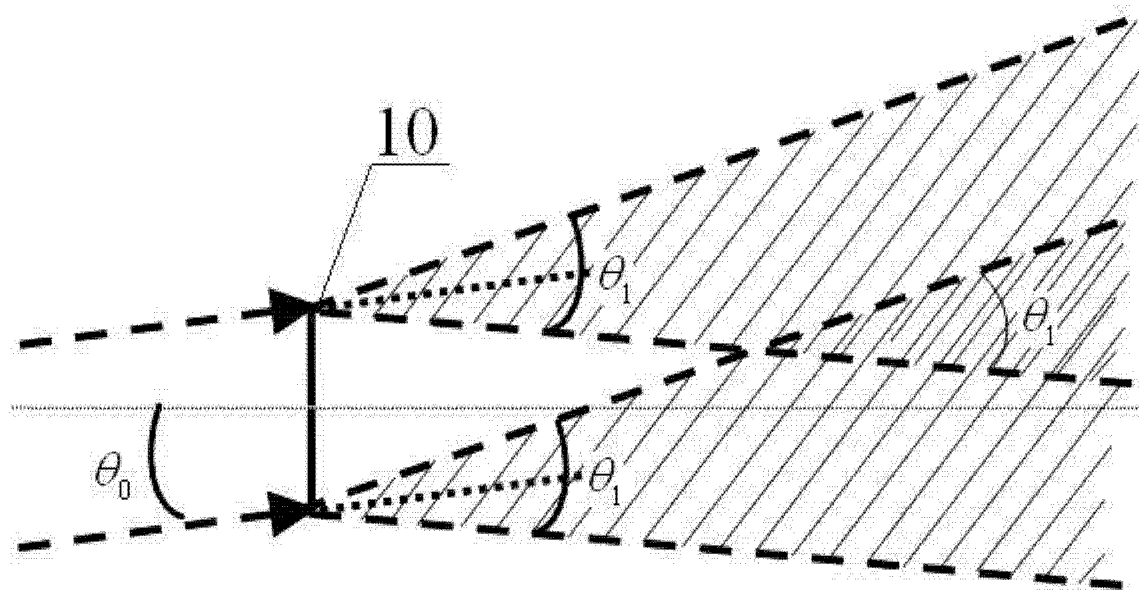


图 1

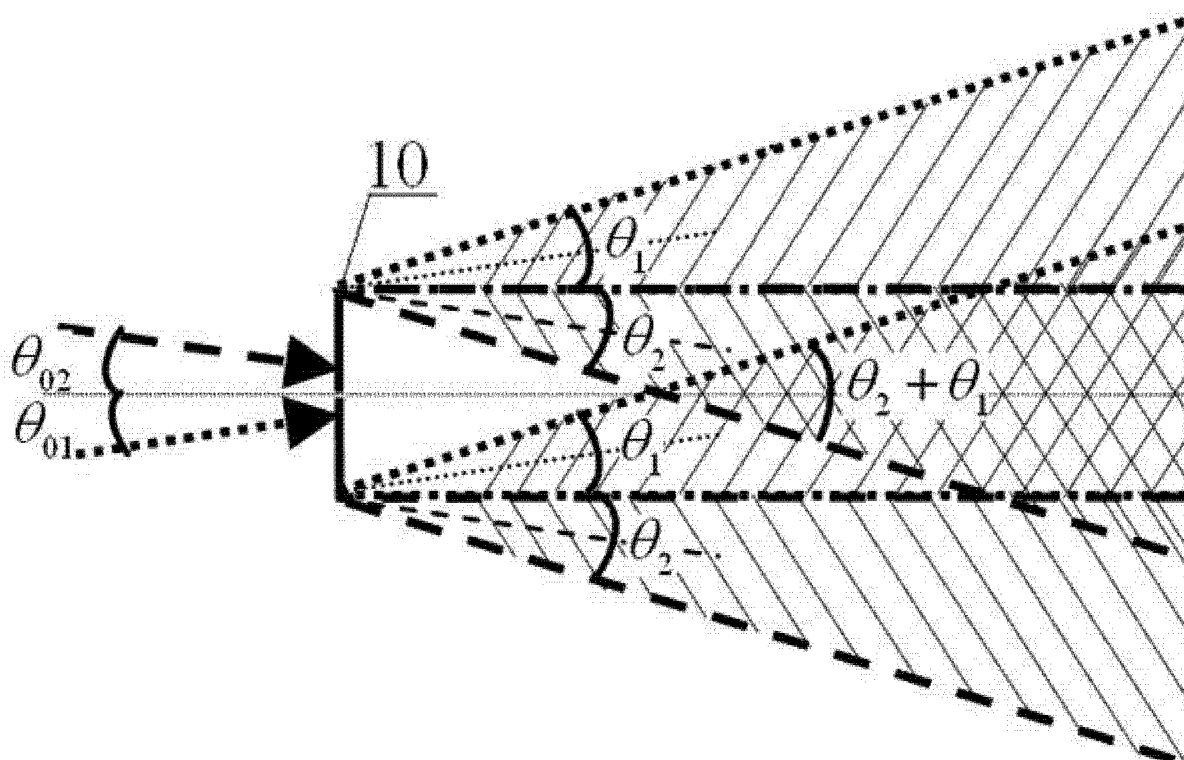


图 2

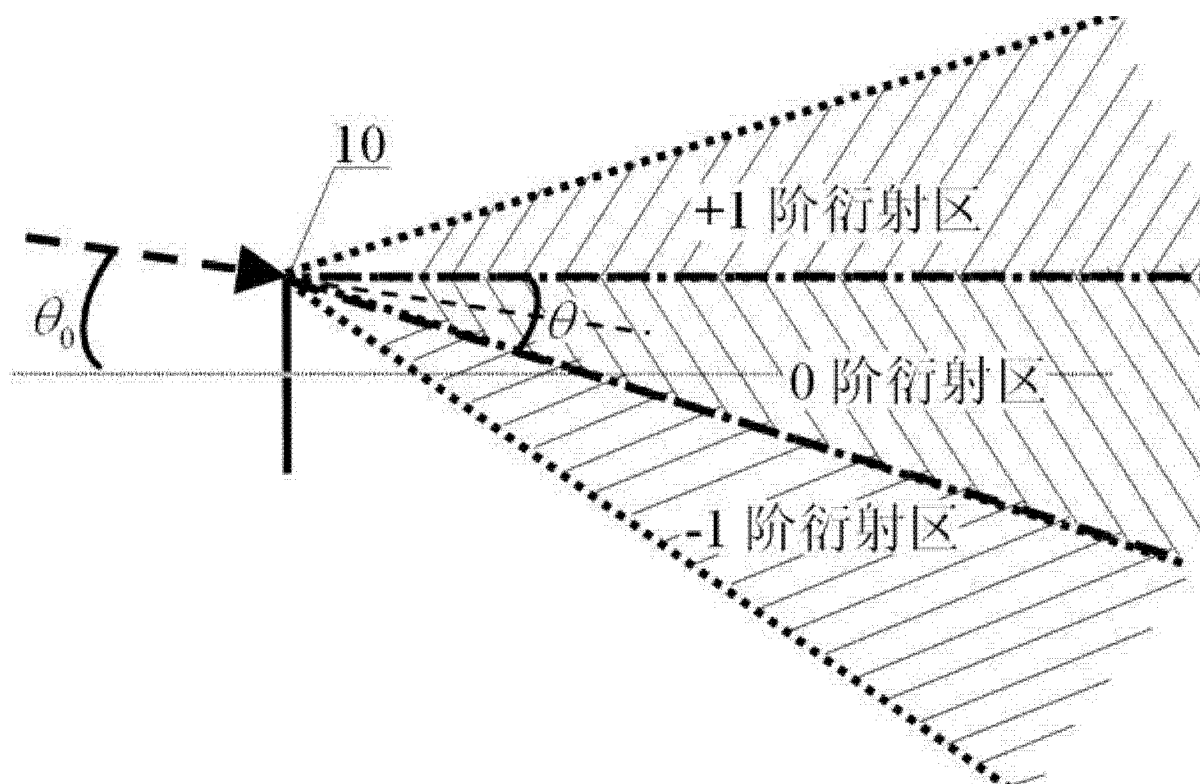


图 3

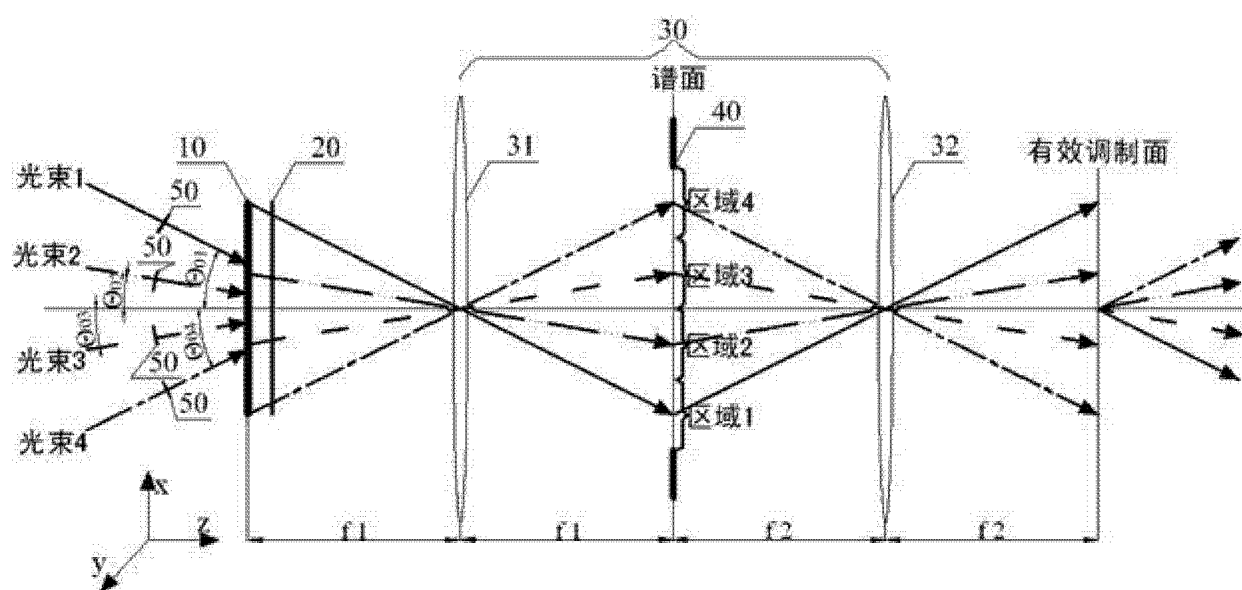


图 4

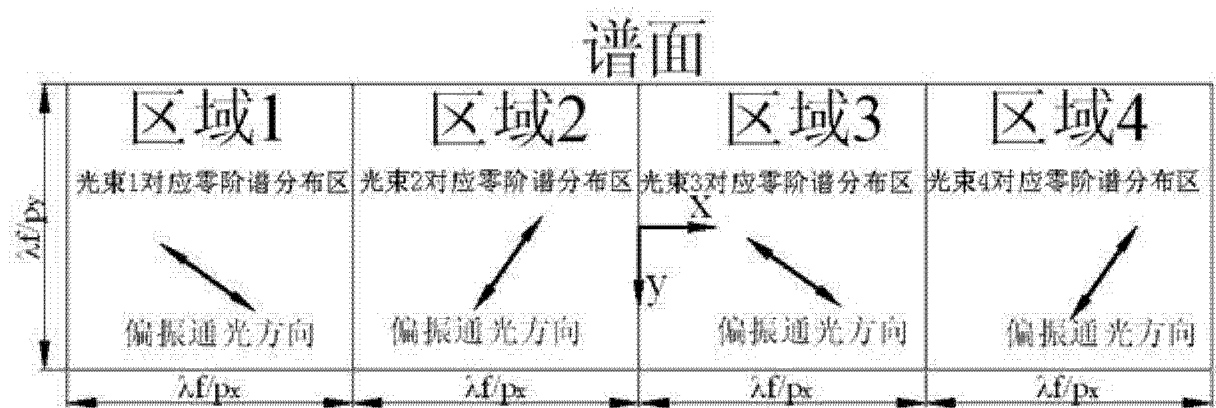


图 5