



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107820075 A

(43)申请公布日 2018.03.20

(21)申请号 201711232304.0

(22)申请日 2017.11.27

(71)申请人 中国计量大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区
学源街258号

(72)发明人 周鹏威 季元吉 胡世传

(51)Int.Cl.

H04N 17/00(2006.01)

H04N 5/225(2006.01)

G02B 27/01(2006.01)

G01M 11/02(2006.01)

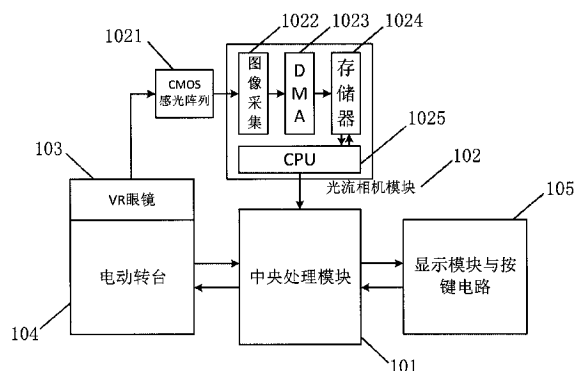
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于光流相机的VR设备延迟测试装置

(57)摘要

一种基于光流相机的VR(Virtual Reality, 虚拟现实)设备延迟测试装置,应用于测量VR设备从用户动作输入到显示画面切换之间的延迟时间。该装置包括光流相机模块、电控转台、中央处理模块、显示模块和VR眼镜;所述光流相机模块用于获取VR眼镜显示画面位移信息;所述电控转台用于模拟用户动作输出;所述中央处理模块根据位移信息和转台摆动信息确定延迟时间,并由显示模块显示最终的延迟结果。该装置特点在于利用光流相机测出位移量,并根据延迟时间计算算法得出VR眼镜延迟时间,所述装置可用于VR产品的延迟测试。



1. 一种基于光流相机的VR设备延迟测试装置,其特征在于,所述装置包括:

光流相机模块、电控转台、VR眼镜、中央处理模块和显示模块;

所述光流相机模块由图像采集单元、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 感光阵列、DMA (Direct Memory Access, 直接内存存取) 控制器、存储器单元和光流相机图像处理单元组成,用于测量不同时刻VR眼镜显示画面的偏移幅度信息,根据画面的偏移幅度信息和光流相机的成像原理可以确定画面的实时偏移角度信息;

所述电控转台是在平台的下方固定有运动驱动装置,包括由直流伺服电机和驱动器组成的伺服运动结构,中央处理模块产生经程序设计好的控制信号输入到伺服运动结构,所述伺服运动结构接收到控制信号并控制转台完成相应的转动操作,在电控转台的下方装有光电编码器,通过光电编码器测量电控转台的实时偏转角度信息;

所述VR眼镜是电控转台上载的待测设备,在VR眼镜上加载测试图片,通过电控转台的来回摆动模拟用户动作输出;

所述中央处理模块,用于电控转台的控制和延迟时间的计算;

所述显示模块用于显示电控转台运动曲线、VR眼镜偏移曲线和延迟时间结果。

2. 根据权利要求1所述的光流相机模块,其特征在于:

所述光流相机对准VR眼镜的显示部分,获取实时图像信息并利用光流算法计算出偏移量;

所述光流算法是指光流相机模块采集各相邻像素点的平均灰度信息,并建立关于各采集点的灰度函数,光流算法根据光流相机前后两帧图像各对应采集点灰度相同的原理,得灰度函数关系式:

$$L(x, y, t) = L(x+dx, y+dy, t+dt)$$

式中 $L(x, y, t)$ 表示显示图像任一点 (x, y) 在某时刻 t 处的灰度值, $L(x+dx, y+dy, t+dt)$ 表示图像偏移后在 $t+dt$ 时刻,偏移点 $(x+dx, y+dy)$ 处的灰度值;

根据灰度函数关系式,由已知的感光点灰度确定图像的光流值,即各采集点处瞬时速度,根据所述的瞬时速度对时间进行积分,可以求出图像偏移量 $\Delta x'$ 。

3. 根据权利要求1所述实时偏移角度的计算,其特征在于:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\Delta x'}{v}$$

式中, $\Delta x'$ 表示光流相机测出的图像偏移幅度, v (像距)表示光流相机的镜头光心面到CMOS感光面的距离, θ 表示偏移角度;

根据上述关系式由图像偏移幅度确定出偏移角度。

4. 根据权利要求3所述像距 v 的确定过程,其特征在于:

在所述电控转台VR眼镜显示面的位置放置一个平面靶标,平面靶标上有很多等间距对称的方格点,相邻两方格点的间隔为 Δx_1 ;

光流相机的CMOS感光阵列像元尺寸为 m ,光流相机所摄图像中两相邻方格点间隔 n 个像素,则可以确定出CMOS感光阵列所呈图像中相邻方格点的间距 $\Delta x_1'$ 为:

$$\Delta x_1' = nm$$

根据光流相机的成像原理有:

$$\frac{\Delta x_1'}{\Delta x_1} = \frac{v}{u}$$
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

式中, Δx_1 表示平面靶标两相邻方格点的实际间距、 $\Delta x_1'$ 表示光流相机CMOS感光阵列所呈图像中两相邻方格点的间距、 v 表示像距、 u 表示物距、 f 表示光流相机镜头的焦距,所述焦距在实际中是已知的;

根据上述关系式,可以确定对焦后在实际测量中的像距 v 。

5. 根据权利要求1所述的延迟时间的计算,其特征在于:

所述光电编码器获取摆动角度大小,光流相机模块和中央处理模块确定显示器显示图像的偏移角度,由此建立关于时间的摆动角度和偏移角度变化曲线;

电控转台在所述控制信号的驱动下一秒内发生多次左右摆动,反映在摆动角度曲线上呈现出一定时间间隔内存在多次波峰和波谷;

所述电控转台的摆动角度曲线和图像偏移角度曲线对应的波峰波谷处为延迟时间的测试点,两曲线对应测试点处的时间差即为该点处的延迟时间。

一种基于光流相机的VR设备延迟测试装置

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理与分析领域,更为具体的讲,涉及一种VR设备延迟时间的测量装置。

背景技术

[0002] 随着虚拟现实技术的兴起和逐渐完善,VR产品和VR消费也逐渐走进人们的视野。VR技术是一种结合了计算机图像处理技术与立体视觉显示技术的一门新兴技术。其与之前的全景视频和3D电影显示技术有着本质区别,因为其是通过计算机建模和渲染出3D动画,并通过头戴式设备实时显示,它更侧重于人机交互并为用户提供一种沉浸式体验。

[0003] 但是VR产品目前存在诸多技术缺陷亟待解决,目前最突出的问题是当用户长时间使用VR产品时会普遍出现眩晕和人眼疲劳等症状。究其原因,是大脑通过视觉接受到的信息与对运动的认知不能实时同步,通俗的说就是“身已动而画面未动”,或“画面已动而身未动”,也即受到VR中的“延迟”影响。

[0004] 这里所述的“延迟”是指从用户做出运动动作到显示画面切换之间的延迟效应。VR系统组成的复杂性决定了产生延迟原因的多样性,在用户动作信息的采集与处理、数据的传输、以及图像显示等诸多步骤中都会产生延迟。鉴于“延迟”对于用户体验的重要影响,所以用于衡量一个VR产品的用户体验效果时,“延迟时间”则是一个重要的定量衡量标准。

发明内容

[0005] 本发明的技术解决问题是:克服现有测量技术的不足,通过设计一种基于光流相机的VR设备延迟测试装置,提供一种更准确更方便的VR设备延迟时间的测量方案,其可以在产品的开发过程中用于测试产品是否满足要求,也可以用于比较不同VR产品的实际性能。

[0006] 本发明的技术解决方案是:一种基于光流相机的VR设备延迟测试装置,由光流相机模块、电控转台、VR眼镜、中央处理模块和显示模块组成。其中光流相机模块由CMOS感光阵列、图像采集单元、DMA控制器、存储器单元和光流相机图像处理单元组成,用于测量不同时刻VR眼镜显示画面的偏移幅度信息,根据画面的偏移幅度信息和光流相机的成像原理可以确定画面的实时偏移角度信息。

[0007] 电控转台是在平台的下方固定有运动驱动装置,包括由直流伺服电机和驱动器组成的伺服运动结构,中央处理模块产生经程序设计好的控制信号输入到伺服运动结构,所述伺服运动结构接收到控制信号并控制转台完成相应的转动操作,在电控转台的下方装有光电编码器,通过光电编码器测量电控转台的实时偏转角度信息。VR眼镜是电控转台上载的待测设备,在实际应用中由所要测试的设备代替,在待测设备上加载测试图片,通过电控转台的来回摆动模拟用户动作输出。中央处理模块用于电控转台的控制和延迟时间的计算并由显示模块显示电控转台运动曲线、VR眼镜偏移曲线和延迟时间计算结果。

[0008] 光流相机模块对准VR眼镜的显示部分,获取实时图像信息并利用光流算法计算出

偏移量。所述光流算法是指光流相机模块采集各相邻像素点的平均灰度信息,并建立关于各采集点的灰度函数,光流算法根据光流相机前后两帧图像各对应采集点灰度相同的原理,得灰度函数关系式:

$$[0009] \quad L(x, y, t) = L(x+dx, y+dy, t+dt)$$

[0010] 式中 $L(x, y, t)$ 表示显示图像任一点 (x, y) 在某时刻 t 处的灰度值, $L(x+dx, y+dy, t+dt)$ 表示图像偏移后在 $t+dt$ 时刻,偏移点 $(x+dx, y+dy)$ 处的灰度值。

[0011] 根据上述灰度函数关系式,由已知的感光点灰度确定图像的光流值,即各采集点处瞬时速度,根据所述的瞬时速度对时间进行积分,即可以求出图像偏移量 $\Delta x'$ 。

[0012] 光流相机模块利用光流算法确定VR眼镜显示图像的偏移幅度,中央处理模块将偏移幅度信息转化为偏转角度信息,其计算过程为:

$$[0013] \quad \theta = \tan^{-1} \frac{\Delta x'}{v}$$

[0014] 式中, $\Delta x'$ 表示光流相机测出的图像偏移幅度, v (像距)表示光流相机的镜头光心面到CMOS感光面的距离, θ 表示偏移角度。

[0015] 在根据上式计算出偏移角度的过程中,需要先确定出像距 v ,在本设计中通过在电控转台VR眼镜显示面的位置放置一个平面靶标来间接的测出像距 v ,所述平面靶标上有很多等间距对称的方格点。相邻两方格点的间隔为 Δx_1 ,光流相机的CMOS感光阵列像元尺寸为 m ,光流相机所摄图像中两相邻方格点间隔 n 个像素,则可以确定出CMOS感光阵列所呈图像中相邻方格点间距 $\Delta x_1'$ 为:

$$[0016] \quad \Delta x_1' = nm$$

[0017] 根据光流相机的成像原理有:

$$[0018] \quad \frac{\Delta x_1'}{\Delta x_1} = \frac{v}{u}$$

$$[0019] \quad \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

[0020] 式中, Δx_1 表示平面靶标两相邻方格点的实际间距、 $\Delta x_1'$ 表示光流相机CMOS感光阵列所呈图像中两相邻方格点的间距、 v 表示像距、 u 表示物距、 f 表示光流相机镜头的焦距,所述焦距在实际中是已知的,所以根据上述关系式,即可以确定出对焦后,在实际测量中的像距 v 。

[0021] 根据上述原理由光流相机模块和中央处理模块确定显示器显示图像的偏移角度,所述光电编码器获取摆动角度大小,并由此建立关于时间的偏移角度和摆动角度变化曲线。

[0022] 电控转台在所述控制信号的驱动下一秒内发生多次左右摆动,反映在摆动角度曲线上呈现出一定时间间隔内存在多次波峰和波谷。所述图像偏移角度曲线和电控转台的摆动角度曲线对应的波峰波谷处为延迟时间的测试点,两曲线对应测试点处的时间差即为该点处的延迟时间。

[0023] 本发明的原理是:电控转台上载VR眼镜,通过控制电控转台的左右摆动模拟用户头部的动作输出,故VR眼镜显示图像随转台的摆动而发生偏移。电控转台下方的光电编码

器获得转台的实时摆动角度信息;光流相机根据所摄VR眼镜显示的图像,并利用光流算法计算出偏移位移信息;根据光流相机的成像原理和定标法将偏移位移转化为偏移角度信息。由摆动角度信息和偏移角度信息建立两者关于时间的曲线,两曲线的对应波峰波谷处的时间差即为该测试点的延迟时间,进而由多个测试点的延迟时间计算出平均延迟时间。

[0024] 本发明与现有技术相比的优点在于:本发明利用光流相机测定VR眼镜显示图像的实时偏移角度信息,并利用电控转台模拟用户头部摆动动作输出,与现有的延迟时间测试技术只能一次测量某一个点的延迟时间相比,并没有增加电路实现的复杂程度,但却实现了一次试验可以快速测量多个测试点的延迟时间,并由此计算出平均延迟时间,从而提高了延迟时间的测量准确度,此外也简化了操作流程。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明,下面将对该装置和技术方案描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见,下面描述中的附图仅仅是本发明的一种实施例:

[0026] 图1是关于该装置的原理图;

[0027] 图2是关于该装置的操作流程图;

[0028] 图3是光流相机的成像原理和定标原理;

[0029] 图4是该技术方案测试延迟时间的曲线图;

[0030] 图5是关于该装置的结构图。

具体实施方式

[0031] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的叙述,以便本领域的技术人员更好地理解本发明。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一种典型实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例或其原理,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0032] 借助于电控转台(104)和VR眼镜(103)等辅助测试器材,本说明书提供了一种典型实施例,其原理说明和具体结构如附图所示。

[0033] 本实施例的具体原理如附图1所示,图像信息由光流相机模块(102)采集并根据光流算法产生偏移位移信息交由中央处理模块(101),其利用光流相机成像原理和定标法将偏移位移转化为偏移角度信息;中央处理模块(101)发出控制信号输入到电控转台(104)模拟用户动作输出,并由光电编码器测量出电控转台(104)的实时摆动角度信息;最后由中央处理模块(101)进行分析和比较,建立图像偏移角度和电控转台摆动角度关于时间的曲线;再通过计算两曲线对应波峰波谷处的时间差,即可得出延迟时间测量结果,并由显示模块(105)显示最终延迟时间计算结果。

[0034] 所述光流相机模块由CMOS感光阵列(1021)、图像采集单元(1022)、DMA控制器(1023)、存储器单元(1024)和光流相机图像处理单元(1025)组成,其中图像处理单元(1025)采用4x4分级剪裁算法对一幅图像中的每4x4相邻的像素子块取一个平均灰度值,这样做的目的是在精度满足试验条件的情况下提高计算速度,减小响应时间。然后将平均灰度值带入灰度函数,应用光流算法计算出图像的实时偏移大小。

[0035] 所述光流算法是利用图像序列中像素在时间上的变化以及相邻帧之间的相关性来找到上一帧跟当前帧之间存在的对应关系,从而计算出相邻帧之间物体的运动信息的一种方法。而在本发明中光流相机模块通过计算出像素点的光流,进而得出偏移信息。所述的光流是指空间运动物体在其所成像平面上的像素运动的瞬时速度,而各像素点的瞬时移动速度也即光流组成的场定义为光流场。当相机的帧频足够大,可以假设相邻帧之间灰度相等且运动比较“微小”,同一子图像的各像素点具有相同的运动。并定义该运动的瞬时速度向量为 $\vec{u} = (\mu, \nu)$,根据前面的假设有灰度函数方程:

$$[0036] \quad L(x, y, t) = L(x+dx, y+dy, t+dt);$$

[0037] 由于帧频足够大,灰度函数可以看成是连续函数,且在含有 (x, y, t) 的开区间内具有关于 x, y, t 的一阶连续偏导数,故对上式的左边函数在 (x, y, t) 处作一阶泰勒级数展开,可得:

$$[0038] \quad L(x+dx, y+dy, t+dt) = L(x, y, t) + \frac{\partial L}{\partial x} dx + \frac{\partial L}{\partial y} dy + \frac{\partial L}{\partial t} dt + \Delta;$$

$$[0039] \quad \text{即: } L_x dx + L_y dy + L_t dt = 0;$$

$$[0040] \quad L_x \mu + L_y \nu = -L_t;$$

$$[0041] \quad \mu = \frac{dx}{dt}; \nu = \frac{dy}{dt};$$

$$[0042] \quad L_x = \frac{\partial L}{\partial x}; L_y = \frac{\partial L}{\partial y}; L_t = \frac{\partial L}{\partial t};$$

[0043] 当所取的像素点足够多时,则有:

$$[0044] \quad \begin{bmatrix} L_{x1} & L_{y1} \\ L_{x2} & L_{y2} \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu \\ \nu \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} L_{t1} \\ L_{t2} \\ \vdots \end{bmatrix};$$

[0045] 在所取第一像素点处:

$$[0046] \quad L_{x1} = \frac{\partial L}{\partial x1}; L_{y1} = \frac{\partial L}{\partial y1}; L_{t1} = \frac{\partial L}{\partial t1};$$

[0047] 在所取第二像素点处:

$$[0048] \quad L_{x2} = \frac{\partial L}{\partial x2}; L_{y2} = \frac{\partial L}{\partial y2}; L_{t2} = \frac{\partial L}{\partial t2};$$

[0049] 其它像素点与此类似,故可得:

$$[0050] \quad A\vec{u} = B;$$

[0051] A 表示各像素点的灰度函数关于 x 和 y 的偏导数组成的矩阵, B 表示灰度函数关于时间 t 的偏导数组成的列矩阵;

[0052] 则对上式进行矩阵变换可得:

$$[0053] \quad \vec{u} = \frac{A^T}{|A|^2} B;$$

[0054] 由上式可求得瞬时速度向量 \vec{u} ,也即沿 X 轴和 Y 轴的速度分量,此外该速度分量是连续变化的,对时间积分可以确定图像关于 X 轴和 Y 轴的偏移量。

[0055] 本实施例中具体操作流程如附图2所示,实施例中的按键电路包括电源开关和记录按钮等。将VR眼镜和光流相机固定在转台上(201);打开电源开关装置开始工作,通过观察显示器所示光流相机所摄图像,对光流相机对焦直到成像清晰为止(202);然后将VR眼镜换成平面靶标,利用光流相机对其进行定标,求出对焦后光流相机的物距(203);定标完成后,将靶标换成待测VR眼镜,并加载待测试图片(204);点击记录按钮,电控转台会带动VR眼镜和光流相机左右摆动模拟用户动作输出(205);根据该模拟测试环境,点击保存按钮,电控转台停止摆动,并输出延迟时间的拟合曲线和计算结果(206)。

[0056] 本实施例中光流相机的成像原理和定标原理如附图3所示,图中光流相机镜头光心面(301)为所述镜头中凸透镜的光心面;CMOS成像面(302)为CMOS感光阵列所在的平面,用于将光信号转换为电信号;VR眼镜显示面(303)为VR眼镜显示器所在的平面;平面靶标(304)用于测出光流相机在对焦后的像距 v 。物距 u 为平面靶标(304)距光流相机镜头光心面(301)的距离,也即待测VR眼镜显示面(303)距光流相机镜头光心面(301)的距离,该长度在实际中是不可变的,而为了使光流相机成像清晰,通过改变像距 v 也即对焦实现。

[0057] 本实施例中所述图像偏移角度和电控转台摆动角度关于时间的曲线如附图4所示,图中实线表示的是VR眼镜(103)摆动角度曲线(401),虚线表示的是图像偏移角度曲线(402),图中曲线在一秒时间间隔内存在多次波峰和波谷,这是因为电控转台的摆动是在所述控制信号的驱动下在一秒内发生多次左右摆动,反映在曲线上就是在一秒时间间隔内存在多次波峰和波谷,而两曲线对应波峰波谷处的时间差即为该点处的延迟时间。

[0058] 本实施例中具体装置结构如附图5所示,在具体实施例中将VR眼镜(502)放在电控转台(501)上,由中央处理模块(504)控制的电机转动带动VR眼镜(502)摆动进而模拟出VR眼镜使用者的动作输出。板载有摄像头的光流相机(503)应用固定结构(505)固定在电控转台(501)上,并对准VR眼镜(502)的显示部分,光流相机(503)内部的图像采集单元(3022)实时捕捉图像信息并交由内部图像处理单元(3025)进行处理,将最终处理结果交由外设中央处理模块(504),连接有显示装置的中央处理模块(504)计算出延迟时间,并由显示器显示。

[0059] 文中结合附图对该装置的原理和具体实施方式进行了详细的阐述。此外,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制,一切利用本发明思想的应用与发明创造均在保护之列。

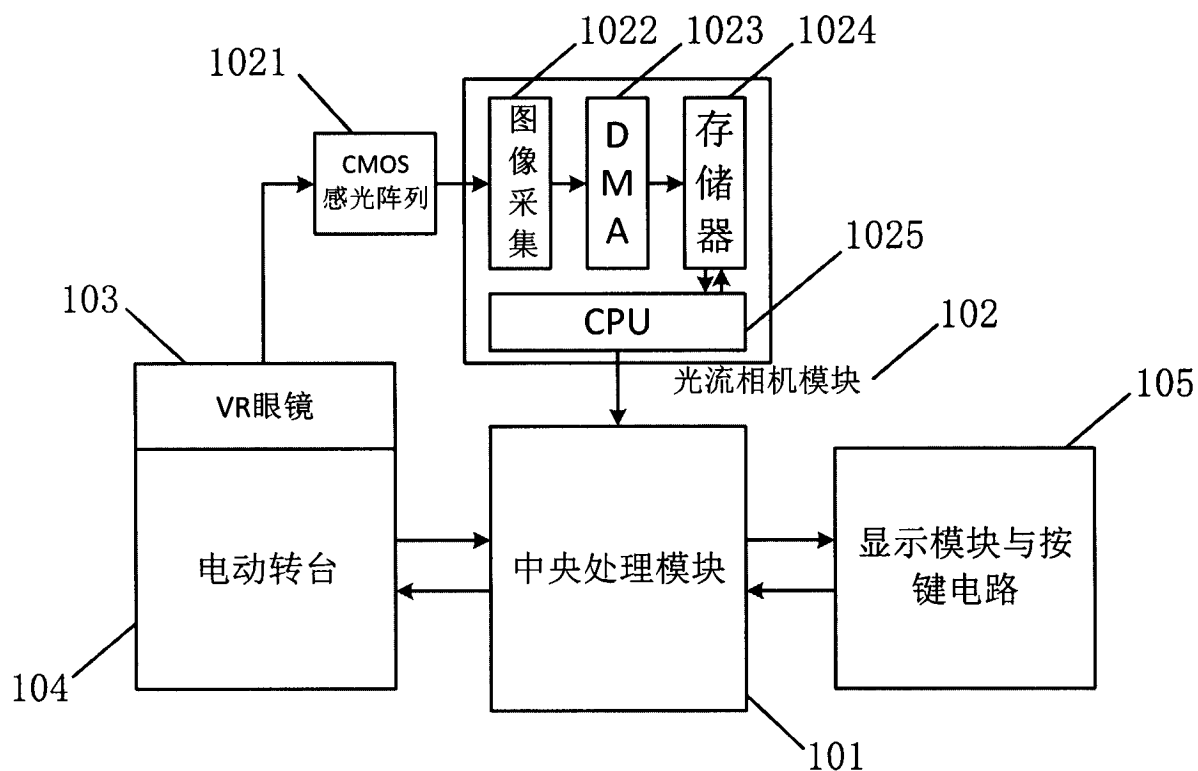


图1

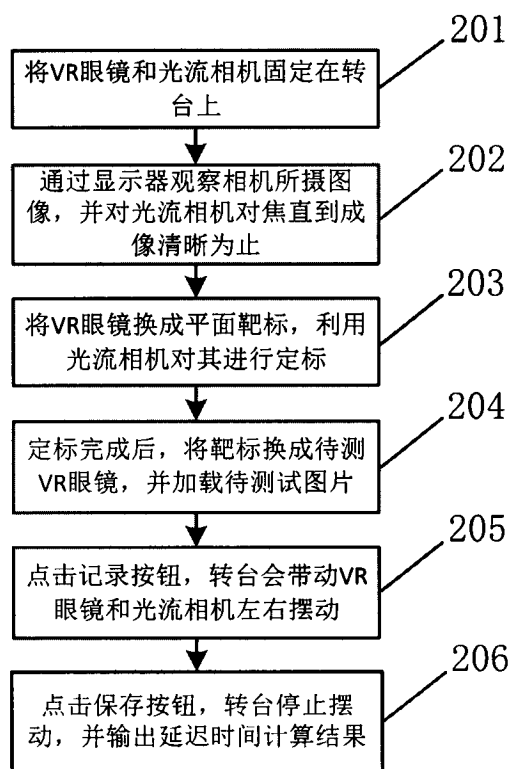


图2

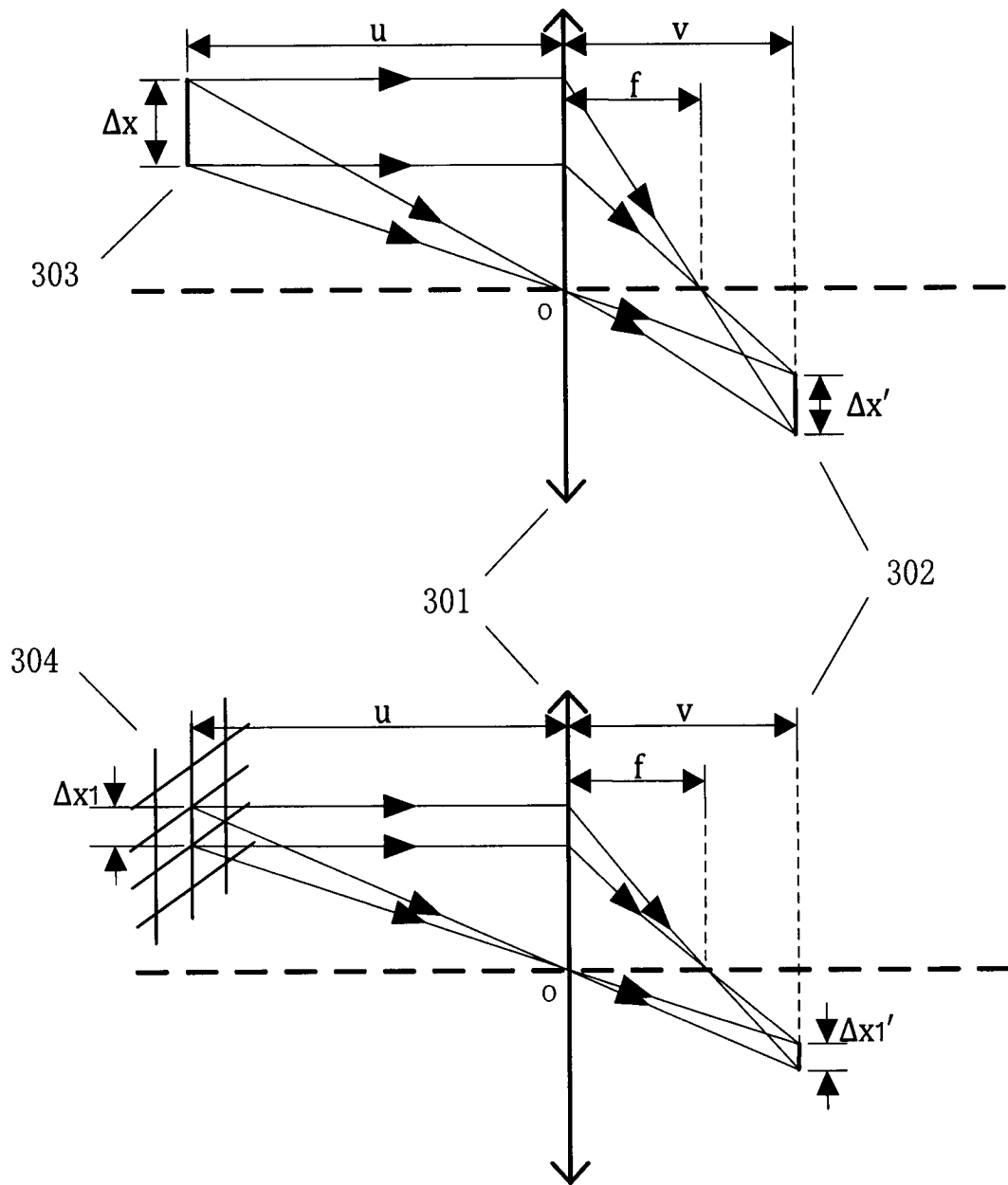


图3

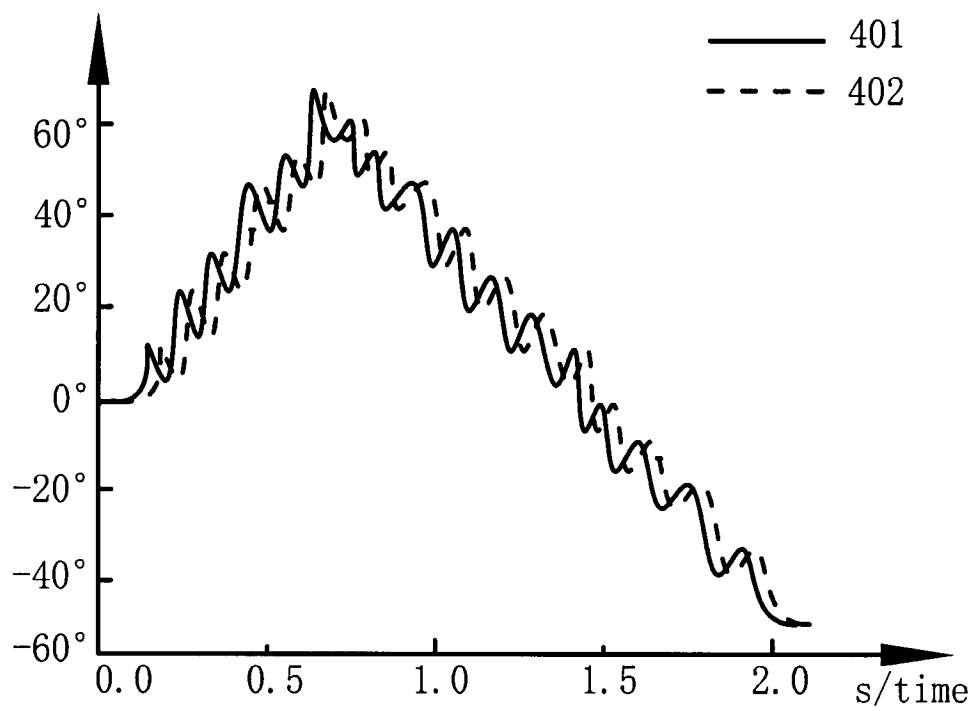


图4

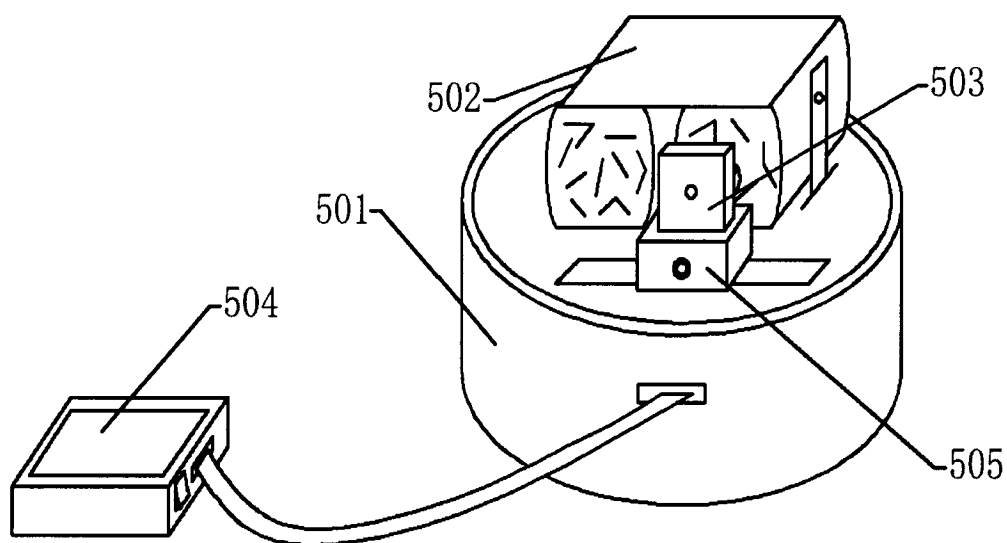


图5