



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102922389 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201210467005. 6

(22) 申请日 2012. 11. 16

(73) 专利权人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路 422 号

(72) 发明人 郭隐彪 潘日 王振忠 谢银辉

王春锦 杨峰

(74) 专利代理机构 厦门南强之路专利事务所

(普通合伙) 35200

代理人 马应森

(51) Int. Cl.

B24B 13/01 (2006. 01)

B24B 13/005 (2006. 01)

审查员 陈立兵

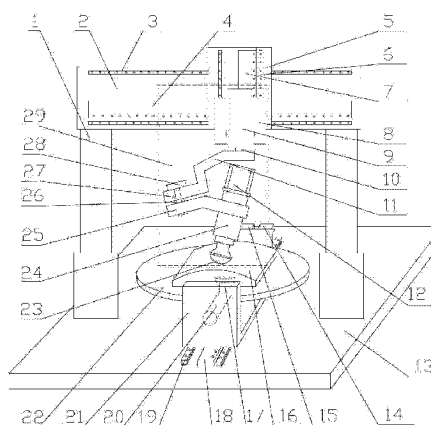
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种非球面光学元件抛光装置及抛光方法

(57) 摘要

一种非球面光学元件抛光装置及抛光方法，涉及一种机械加工抛光装置。设有底座、工作台旋转驱动电机、工作台翻转驱动电机、工作台旋转轴、三轴直线电机、三轴导轨、工作台翻转轴、工作台底座、工作台、立柱、横梁、Z轴底座、气囊工具和控制系統。抛光方法：气囊工具以两轴联动方式配合工作台的旋转完成对非球面光学元件上某点及其环带上其他点的抛光；工作台停止旋转，控制Z轴直线电机和工作台翻转驱动电机使元件上下一个抛光点的法线方向转至竖直方向，计算气囊工具在X轴方向需要进给的长度，并通过X轴直线电机完成；控制Z轴直线电机向下带动气囊工具以两轴联动方式配合工作台的旋转完成元件上下一个抛光点及其环带上其他点的抛光。



1. 一种非球面光学元件抛光装置,其特征在于设有底座、工作台旋转驱动电机、工作台翻转驱动电机、工作台旋转轴、Y轴直线电机、Y轴导轨、工作台翻转轴、工作台底座、工作台、立柱、横梁、X轴导轨、X轴直线电机、Z轴底座、Z轴导轨、Z轴直线电机、气囊工具和控制系统;

所述工作台底座直接与Y轴直线电机相连并通过Y轴导轨固定在底座上,Y轴直线电机驱动工作台底座沿Y轴导轨运动;工作台翻转轴直接与工作台翻转驱动电机相连并安装在工作台底座上,工作台通过工作台旋转轴与工作台翻转轴相连,工作台旋转轴与工作台旋转驱动电机相连,工作台可以进行旋转和翻转;2根立柱直接固定在底座上并通过横梁连接,横梁上安装有X轴导轨和X轴直线电机;Z轴直线电机、Z轴底座、Z轴导轨和气囊工具悬挂于X轴导轨上并可在X轴直线电机驱动下沿X轴导轨进行X方向的移动;Z轴直线电机固定在Z轴底座上方,气囊工具通过气囊工具底座固定在Z轴导轨上并可在Z轴直线电机驱动下沿Z轴导轨进行Z方向的移动;所述气囊工具设有2根旋转轴、2个旋转轴电机、上连接板、编码盘、编码盘连接轴、连接板连接轴、下连接板和气囊,所述2根旋转轴为气囊工具A轴和气囊工具B轴,所述2个旋转轴电机为气囊工具A轴电机和气囊工具B轴电机,气囊工具A轴电机通过气囊工具底座固定在Z轴导轨上,气囊工具A轴电机和气囊工具A轴连接并通过上连接板与编码盘相连,编码盘和下连接板通过编码盘连接轴连接,通过调节编码盘使编码盘连接轴旋转可以控制气囊工具B轴与非球面光学元件抛光点法线的夹角,上连接板和下连接板通过连接板连接轴连接,连接板连接轴不能旋转,下连接板连接气囊工具B轴和气囊工具B轴电机;X轴直线电机、Y轴直线电机、Z轴直线电机、工作台旋转驱动电机、工作台翻转驱动电机、气囊工具A轴电机、气囊工具B轴电机都与控制系统相连接并由控制系统统一调控。

2. 一种非球面光学元件抛光方法,其特征在于采用如权利要求1所述非球面光学元件抛光装置,所述抛光方法包括以下步骤:

1) 气囊工具以两轴联动方式配合工作台的旋转完成对非球面光学元件上某点及其环带上其他点的抛光;

2) 工作台停止旋转,控制Z轴直线电机向上运动将气囊工具抬起,同时控制工作台翻转驱动电机驱动工作台翻转使非球面光学元件上下一个抛光点的法线方向转至竖直方向,再根据几何关系计算出气囊工具A轴运动到与该抛光点的法线延长线重合时气囊工具在X轴方向需要进给的长度,并通过X轴直线电机完成;

3) 控制Z轴直线电机向下带动气囊工具以两轴联动方式配合工作台的旋转完成非球面光学元件上下一个抛光点及其环带上其他点的抛光,抛光动作依次类推,即完成非球面光学元件的抛光。

3. 如权利要求2所述的一种非球面光学元件抛光方法,其特征在于所述抛光非球面光学元件上某点及其环带上其他点时是采用气囊工具两轴联动,工作台旋转的运动方式;而从上一个抛光点到下一个抛光点是通过工作台翻转和X轴、Z轴方向进给共同完成的。

## 一种非球面光学元件抛光装置及抛光方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种机械加工抛光装置,尤其是涉及一种非球面光学元件抛光装置及抛光方法。

### 背景技术

[0002] 非球面光学元件具有矫正像差、简化系统、提高光学系统精度的优点。激光核聚变装置、高能激光、红外热成像、卫星用光学系统等对高精度非球面元件都有极大的需求。然而由于大口径非球面光学元件最后成型需要经历磨削、研磨和抛光等几道冷加工工序,每道工序对光学元件表面质量都会产生不同的影响。因此获得高精密非球面光学元件成为国内外学者面临的难题。作为光学元件冷加工的最后一道工序精密抛光,近年来得到了迅速发展,主要有小工具抛光方法、磁流变抛光、应力盘抛光、离子束抛光、计算机控制光学表面成型技术等。现有的主流抛光方法数控抛光方法存在显著缺点,即抛光工具不能很好地和工件吻合,这也是造成非球面光学元件难以加工得到高精度的原因。

[0003] 气囊式抛光作为近几年国内外新兴的抛光技术,采用具有一定充气压力的球形气囊作为抛光工具,不仅可以保证抛光头与被抛光工件表面吻合性好,而且可以通过调节压力控制抛光效率和被抛光工件的表面质量,是一种具有发展潜力的非球面光学元件抛光方法。

[0004] 中国专利 CN101774146A 公开一种微型非球面元件研磨及抛光装置,包括主电机和主电机驱动的若干凸轮,还包括磨盘架和磨盘架上设置的磨盘,还包括夹持非球面元件的夹具头,在工作状态下,所述磨盘接触并研磨或抛光夹具头上夹持的非球面元件;所述凸轮支撑磨盘架,磨盘架随着凸轮的转动发生摆动,使得磨盘对非球面元件表面形成切向研磨或抛光。

[0005] 中国专利 CN101323097 公开一种用于超大口径非球面光学零件的磁流变抛光装置,它包括机床、磁流变抛光装置以及与分别以上各组件相连的控制系统,机床包括用来放置待加工工件的床身,其 X 轴向直线运动机构布置于床身上两侧,可移动龙门固定于 X 轴向直线运动机构的滑块上, Y 轴向直线运动机构布置于可移动龙门的横梁上, Z 轴向直线运动机构固定于 Y 轴向直线运动机构的滑块上,用来安装磁流变抛光装置的 A 轴转台固定于 Z 轴向直线运动机构的滑块上,磁流变抛光液循环系统通过第四直线运动机构固定于横梁上,两者的运动方向一致,磁流变抛光装置位于待加工工件的正上方。

[0006] 中国专利 CN2721313 公开一种非球面光学零件柔性抛光装置,包括支撑件和设置在支撑件下端的安装在机器主轴上的接头,支撑件可通过万向轴承与机器摆轴相连接,支撑件内部为一空腔结构,在支撑件的下端固定有柔性抛光模,支撑件与柔性抛光模共同组成了压缩气室,支撑件上还开设有压缩气体进气口。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于针对非球面光学元件需求量的日益增长以及非球面光学元件

难加工的情况,提供一种非球面光学元件抛光装置及其抛光方法。

[0008] 本发明设有底座、工作台旋转驱动电机、工作台翻转驱动电机、工作台旋转轴、Y轴直线电机、Y轴导轨、工作台翻转轴、工作台底座、工作台、立柱、横梁、X轴导轨、X轴直线电机、Z轴底座、Z轴导轨、Z轴直线电机、气囊工具和控制系统。

[0009] 所述工作台底座直接与Y轴直线电机相连并通过Y轴导轨固定在底座上,Y轴直线电机驱动工作台底座沿Y轴导轨运动;工作台翻转轴直接与工作台翻转驱动电机相连并安装在工作台底座上,工作台通过工作台旋转轴与工作台翻转轴相连,工作台旋转轴与工作台旋转驱动电机相连,工作台可以进行旋转和翻转;2根立柱直接固定在底座上并通过横梁连接,横梁上安装有X轴导轨和X轴直线电机;Z轴直线电机、Z轴底座、Z轴导轨和气囊工具悬挂于X轴导轨上并可在X轴直线电机驱动下沿X轴导轨进行X方向的移动;Z轴直线电机固定在Z轴底座上方,气囊工具通过气囊工具底座固定在Z轴导轨上并可在Z轴直线电机驱动下沿Z轴导轨进行Z方向的移动;所述气囊工具设有2根旋转轴(气囊工具A轴、气囊工具B轴)、2个旋转轴电机(气囊工具A轴电机、气囊工具B轴电机)、上连接板、编码盘、编码盘连接轴、连接板连接轴、下连接板和气囊,气囊工具A轴电机通过气囊工具底座固定在Z轴导轨上,气囊工具A轴电机和气囊工具A轴连接并通过上连接板与编码盘相连,编码盘和下连接板通过编码盘连接轴连接,通过调节编码盘使编码盘连接轴旋转可以控制气囊工具B轴与非球面光学元件抛光点法线的夹角,上连接板和下连接板通过连接板连接轴连接,连接板连接轴不能旋转,下连接板连接气囊工具B轴和气囊工具B轴电机。X轴直线电机、Y轴直线电机、Z轴直线电机、工作台旋转驱动电机、工作台翻转驱动电机、气囊工具A轴电机、气囊工具B轴电机都与控制系统相连接并由控制系统统一调控。

[0010] 所述一种非球面光学元件抛光方法,采用非球面光学元件抛光装置,包括以下步骤:

[0011] 1) 气囊工具以两轴联动方式配合工作台的旋转完成对非球面光学元件上某点及其环带上其他点的抛光;

[0012] 2) 工作台停止旋转,控制Z轴直线电机向上运动将气囊工具抬起,同时控制工作台翻转驱动电机驱动工作台翻转使非球面光学元件上下一个抛光点的法线方向转至竖直方向,再根据几何关系计算出气囊工具A轴运动到与该抛光点的法线延长线重合时气囊工具在X轴方向需要进给的长度,并通过X轴直线电机完成;

[0013] 3) 控制Z轴直线电机向下带动气囊工具以两轴联动方式配合工作台的旋转完成非球面光学元件上下一个抛光点及其环带上其他点的抛光,抛光动作依次类推,即完成非球面光学元件的抛光。

[0014] 采用非球面光学元件抛光装置抛光非球面光学元件上某点及其环带上其他点时,采用气囊工具两轴联动,工作台旋转的运动方式;而从上一个抛光点到下一个抛光点是通过工作台翻转和X轴、Z轴方向进给共同完成的。

[0015] 本发明所具有的突出优点如下:

[0016] 1、抛光效率高,面形适应性好

[0017] 本发明采用具有一定充气压力的球形气囊作为抛光工具,通过提高气囊内部充气压力和转速,可以提高单位时间内被加工工件的材料去除率,从而提高抛光效率;而气囊的柔性可以保证抛光工具表面与被加工工件表面很好得吻合,因此该装置适用于各种非球面

光学元件的超精抛光。

[0018] 2、抛光精度高

[0019] 本发明采用气囊工具两轴联动的加工方式,这种加工方式可以使得被工件加工区域的材料受到不同方向的切削作用,使得被加工工件表面更加均匀、光滑,抛光后工件的面形精度更高;而且由于抛光工具表面可以很好的与被加工工件表面吻合,也可以在一定程度上提高工件抛光后的精度。

[0020] 3、结构紧凑,控制简单

[0021] 本发明采用立式龙门布局,加工时通过工作台的旋转及翻转配合 X、Z 轴的进给实现非球面光学元件的超精抛光,装置结构紧凑,加工控制简单。

## 附图说明

[0022] 图 1 为本发明实施例的整体结构示意图。

[0023] 图 2 为本发明实施例的气囊工具抛光非球面光学元件示意图。

[0024] 图 3 为本发明实施例的气囊工具两轴联动加工的模拟磨粒轨迹。

[0025] 图 4 为本发明实施例的气囊工具单轴加工的模拟磨粒轨迹。

[0026] 图 5 为本发明实施例的气囊工具抛光两个相邻点的运动控制过程。

[0027] 在图 1~5 中,各标记为:1、立柱,2、横梁,3、X 轴导轨,4、X 轴直线电机,5、Z 轴底座,6、Z 轴导轨,7、Z 轴直线电机,8、气囊工具底座,9、气囊工具 A 轴电机,10、气囊工具 A 轴,11、上连接板,12、气囊工具 B 轴电机,13、底座,14、工作台旋转驱动电机,15、工作台翻转驱动电机,16、非球面光学元件,17、工作台旋转轴,18、Y 轴直线电机,19、Y 轴导轨,20、工作台翻转轴,21、工作台底座,22、工作台,23、气囊,24、气囊工具 B 轴,25、下连接板,26、连接板连接轴,27、编码盘连接轴,28、编码盘,29、气囊工具,31、抛光点局部法线。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合附图对本发明的技术方案作进一步阐述。

[0029] 以下以轴对称非球面的抛光为例对本发明的技术方案阐述,当然,本发明不仅局限于轴对称非球面光学元件的抛光,而且可以根据不同工件的加工需要进行扩展。

[0030] 由于轴对称非球面光学元件的旋转对称性,并且本发明抛光装置的工作台可旋转,气囊工具只需走轴对称非球面光学元件一条母线的一半即可实现对工件的加工。

[0031] 参见图 1 和 2,本发明实施例设有底座 13、工作台旋转驱动电机 14、工作台翻转驱动电机 15、工作台旋转轴 17、Y 轴直线电机 18、Y 轴导轨 19、工作台翻转轴 20、工作台底座 21、工作台 22、立柱 1、横梁 2、X 轴导轨 3、X 轴直线电机 4、Z 轴底座 5、Z 轴导轨 6、Z 轴直线电机 7、气囊工具 29 和控制系统。

[0032] 所述工作台底座 21 直接与 Y 轴直线电机 18 相连,并通过 Y 轴导轨 19 固定在底座 13 上,Y 轴直线电机 18 可以驱动工作台底座 21 沿 Y 轴导轨 19 运动;工作台翻转轴 20 直接与工作台翻转驱动电机 15 相连,并安装在工作台底座 21 上,工作台 22 通过工作台旋转轴 17 与工作台翻转轴 20 相连,工作台旋转轴 17 与工作台旋转驱动电机 14 相连,工作台 22 可以进行旋转和翻转;两根立柱 1 直接固定在底座 13 上,并通过横梁 2 连接,横梁 2 上安装有 X 轴导轨 3 和 X 轴直线电机 4。Z 轴直线电机 7、Z 轴底座 5、Z 轴导轨 6 和气囊工具

29 悬挂于 X 轴导轨 3 上,并且可以在 X 轴直线电机 4 驱动下沿 X 轴导轨 3 进行 X 方向的移动。Z 轴直线电机 7 固定在 Z 轴底座 5 上方,气囊工具 29 通过气囊工具底座 8 固定在 Z 轴导轨 6 上,并可以在 Z 轴直线电机 7 驱动下沿 Z 轴导轨进行 Z 方向的移动。气囊工具 29 设有第 1 旋转轴 10、第 2 旋转轴 24 第 1 旋转轴电机 9、第 2 旋转轴电机 12、上连接板 11、编码盘 28、编码盘连接轴 27、连接板连接轴 26、下连接板 25 和气囊 23。第 1 旋转轴电机 9 通过气囊工具底座 8 固定在 Z 轴导轨 6 上,第 1 旋转轴电机 9 和第 1 旋转轴 10 连接,并且通过上连接板 11 与编码盘 28 相连,编码盘 28 和下连接板 25 通过编码盘连接轴 27 连接,通过调节编码盘 28 使编码盘连接轴 27 旋转可以控制第 2 旋转轴 24 与非球面光学元件 16 抛光点法线的夹角,上连接板 11 和下连接板 25 通过连接板连接轴 26 连接,连接板连接轴 26 不能旋转,下连接板 25 连接第 2 旋转轴 24 和第 2 旋转轴电机 12。X 轴直线电机 4、Y 轴直线电机 18、Z 轴直线电机 7、工作台旋转驱动电机 14、工作台翻转驱动电机 15、第 1 选装轴电机 9、第 2 旋转轴电机 12 都与控制系统(在图中未标出)相连接,并由控制系统(在图中未标出)统一调控。

[0033] 本发明采用气囊工具 29 两轴联动方式进行加工(即抛光时,采用第 1 旋转轴 10、第 2 旋转轴 24 同时旋转的抛光方式),气囊工具 29 抛光非球面光学元件 16 示意图如图 2 所示,其中当  $\omega_1 \neq 0$ ,  $\omega_2=0$  时,为气囊工具 29 单轴抛光方式;当  $\omega_1 \neq 0$ ,  $\omega_2 \neq 0$  时,气囊工具 29 两轴联动抛光方式。气囊工具 29 两轴联动加工与单轴加工的模拟磨粒轨迹对比如图 3 和 4 所示。气囊工具 29 两轴联动抛光方式相比气囊工具 29 单轴抛光方式具有以下优点:被加工区域的材料受到不同方向的切削作用,使得被加工工件表面更加均匀、光滑。气囊工具 29 两轴联动方式加工方式只有在抛光点局部法线 31 延长线与第 1 旋转轴 10 轴线重合时达到最佳效果。

[0034] 根据本发明中抛光装置的结构可知,第 1 旋转轴 10 轴线在加工过程中一直处于竖直方向,为使气囊工具 29 以两轴联动方式抛光非球面光学元件 16 过程中非球面光学元件 16 上所有抛光点局部法线 31 延长线始终与第 1 旋转轴 10 轴线重合,抛光非球面光学元件 16 上每个加工点时都要先调节工作台翻转驱动电机 15 驱动工作台 22 翻转使非球面光学元件 16 上该抛光点局部法线 31 为竖直方向,而后,利用本发明抛光装置 X 轴直线电机 4、Z 轴直线电机 7 共同作用,使第 1 旋转轴 10 轴线方向与非球面光学元件 16 上该抛光点局部法线 31 重合。

[0035] 以抛光非球面光学元件 16 上两个相邻环带上的点之间的控制过程为例说明本发明的加工方法。如图 5 所示,首先,气囊工具 29 以两轴联动方式配合工作台 22 的旋转完成对非球面光学元件 16 上点及其环带上其他点的抛光;而后,工作台 22 停止旋转,控制 Z 轴直线电机 7 向上运动将气囊工具 29 抬起,同时控制工作台翻转驱动电机 15 驱动工作台 22 翻转使非球面光学元件 16 点的抛光点局部法线 31 转至竖直方向,再根据几何关系计算出第 1 旋转轴 10 轴线运动到与非球面光学元件 31 上点的抛光点局部法线 31 延长线重合时气囊工具 29 在 X 轴方向需要进给的长度,并通过 X 轴直线电机 4 完成,最后,控制 Z 轴直线电机 7 向下带动气囊工具 29 以两轴联动方式配合工作台 22 的旋转完成非球面光学元件 16 上点及其环带上其他点的抛光。抛光动作依次类推,即可完成非球面光学元件 16 的抛光。

[0036] 本发明是一种结构紧凑、控制简单且加工能力强的用于非球面光学元件的抛光装置。

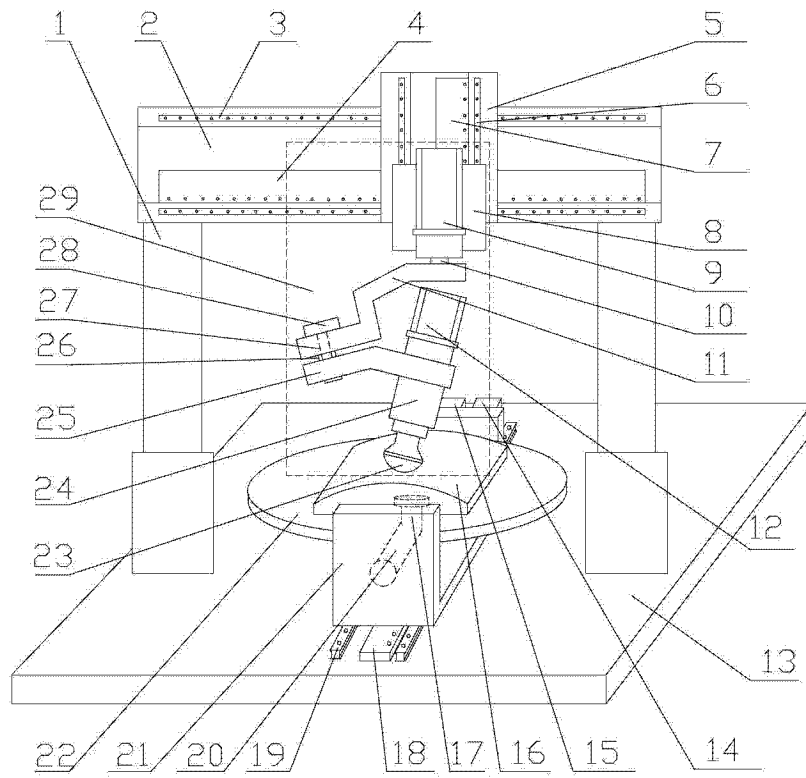


图 1

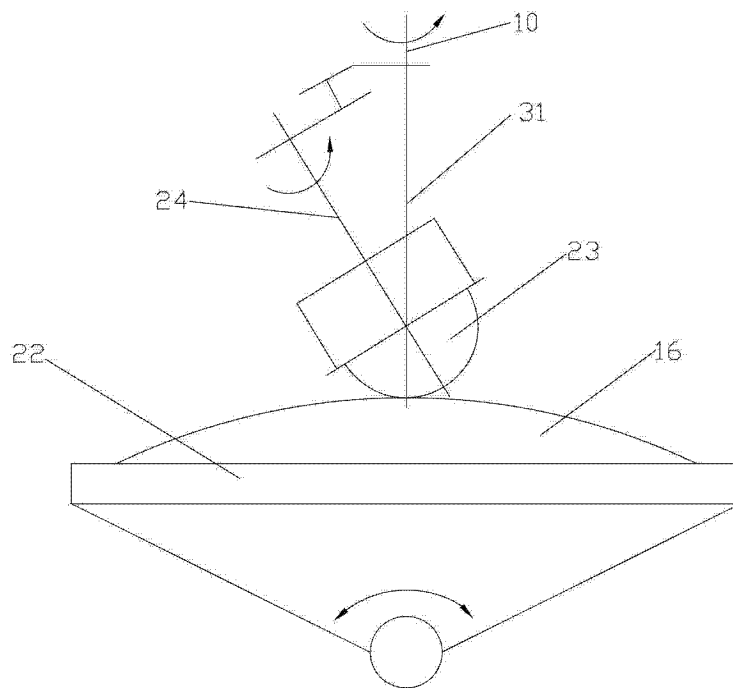


图 2

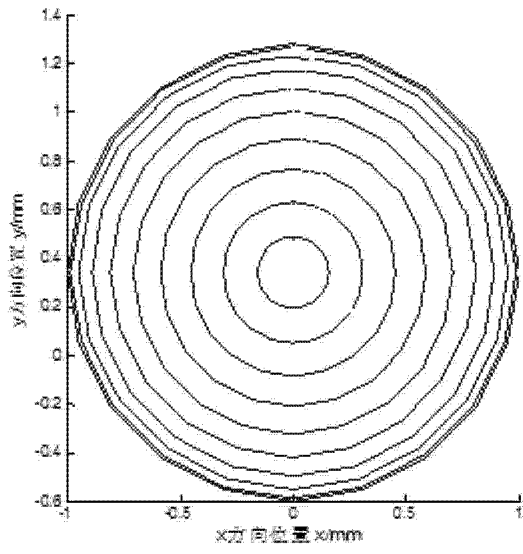


图 3

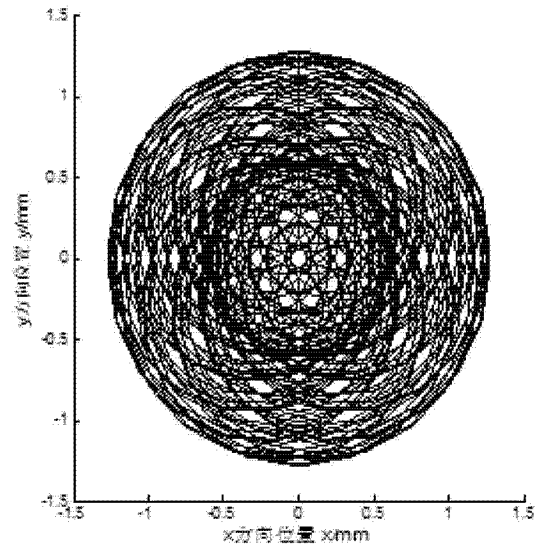


图 4



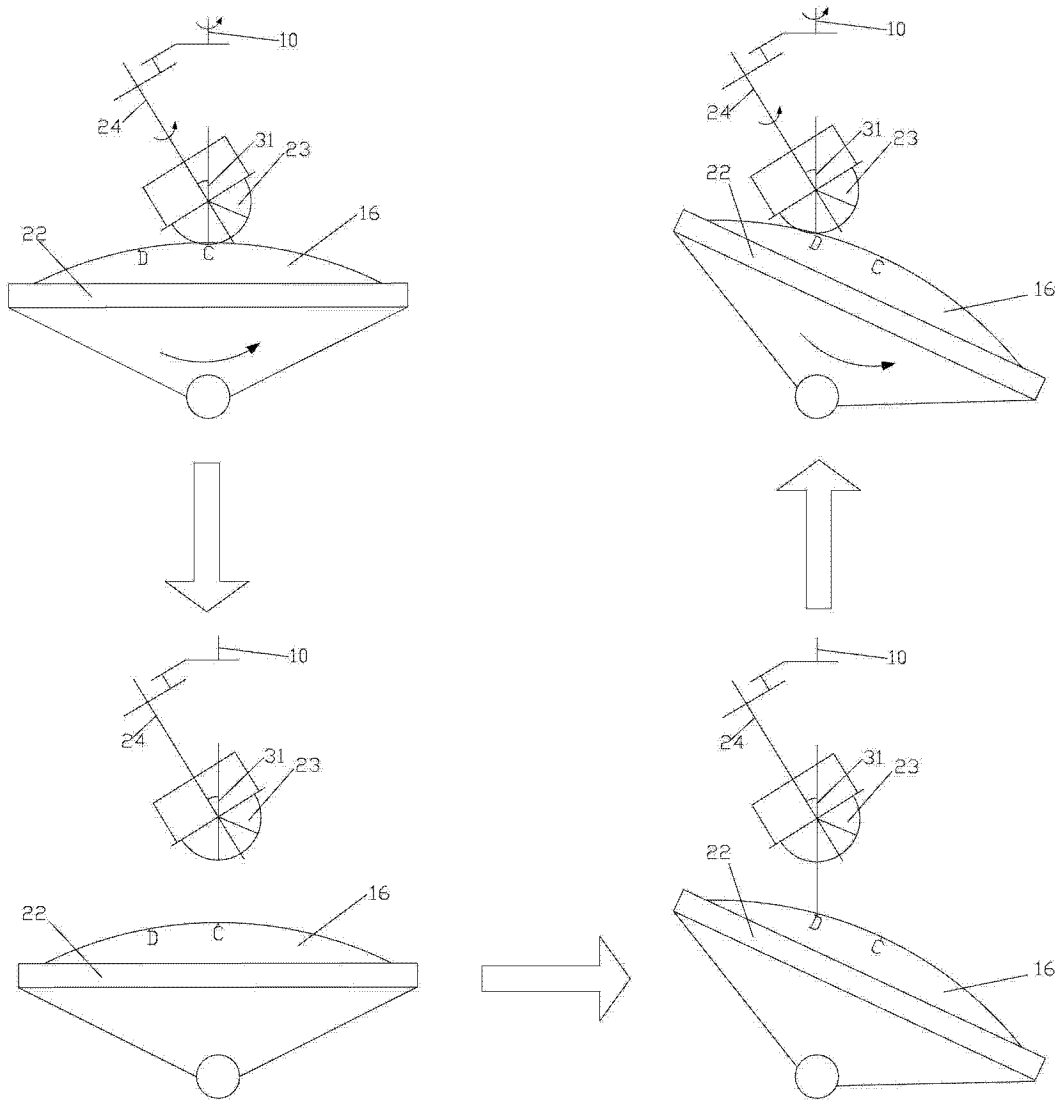


图 5