

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 9/023 (2006.01)

G03H 1/16 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910067382.9

[43] 公开日 2009 年 12 月 30 日

[11] 公开号 CN 101614523A

[22] 申请日 2009.8.10

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所

[21] 申请号 200910067382.9

代理人 刘树清

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

[72] 发明人 巩 岩 李 顺 张 巍

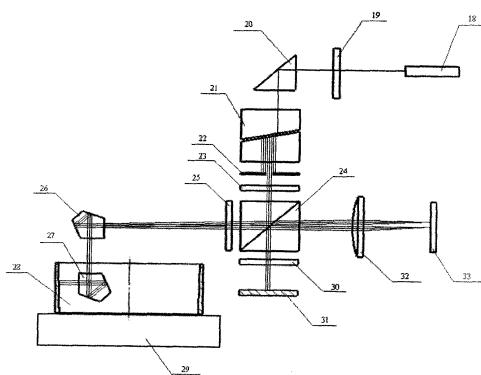
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

### [54] 发明名称

一种检测掠射筒状离轴非球面镜的多光束长轨干涉仪

### [57] 摘要

一种检测掠射筒状离轴非球面镜的多光束长轨干涉仪，属于光学检测技术领域中的检测设备。要解决的技术问题：提供一种检测掠射筒状离轴非球面镜的多光束长轨干涉仪，技术方案：包括激光光源、起偏器、多光束分光器、光阑、偏振分光镜、 $1/4$  波片、五棱镜、待测筒状非球面镜、傅里叶变换透镜、CCD 相机等。在激光光源的光轴上，依次放置起偏器、直角棱镜、多光束分光器、光阑、半波片、偏振分光镜、第二  $1/4$  波片、参考平面镜；偏振分光镜的分光面与光轴 45 度，右边依次放置傅里叶透镜、CCD 相机；左边光路上依次放置第一  $1/4$  波片、第一、二五棱镜，第二五棱镜的出射面正对待测筒状非球面镜的内表面；待测筒状非球面镜放置在旋转平台上。



1、一种检测掠射筒状离轴非球面镜的多光束长轨干涉仪，包括：激光光源（18）、起偏器（19）、半波片（23）、偏振分光镜（24）、第一 1/4 波片（25）、第一五棱镜（26）、第二五棱镜（27）、待测筒状非球面镜（28）、旋转平台（29）、第二 1/4 波片（30）、参考平面镜（31）、傅里叶变换透镜（32）、CCD 相机（33）；其特征在于还包括：直角棱镜（20）、多光束分光器（21）、光阑（22）；在激光光源（18）的光传播方向上，在光轴上依次放置起偏器（19）、直角棱镜（20），直角棱镜（20）一直角面与光轴垂直，斜面与光轴成 45 度夹角；在直角棱镜（20）反射光的光轴上依次置有多光束分光器（21）、光阑（22）、半波片（23）、偏振分光镜（24）、第二 1/4 波片（30）、参考平面镜（31）；多光束分光器（21）由两块梯形棱镜组成，梯形斜边与底边的夹角在 85~87 度之间，两个梯形棱镜的斜面为工作面，两斜面保持严格平行且中间有一约 1mm 左右空隙，在多光束分光器（21）下面的光阑（22）和半波片（23）的工作面与光轴垂直，偏振分光镜（24）的分光面与光轴 45 度放置，以偏振分光镜（24）为中心，右边依次放置傅里叶透镜（30）、CCD 相机（33），CCD 相机（33）放置在傅里叶变换透镜（32）的焦面上，用于干涉条纹的成像；左边依次放置第一 1/4 波片（25）、第一五棱镜（26），第一五棱镜（26）的一个直角面为入射面与光轴垂直且正对第一 1/4 波片，另一直角面为出射面；第二五棱镜（27）置于第一五棱镜（26）的正下方，第一五棱镜（26）的出射面与第二五棱镜（27）的入射面平行相对，第二五

棱镜（27）的出射面正对待测筒状非球面镜（28）的内表面；待测筒状非球面镜（28）放置在旋转平台（29）上，使待测筒状非球面镜（28）的轴与旋转平台（29）的转轴重合。

## 一种检测掠射筒状离轴非球面镜的多光束长轨干涉仪

### 技术领域

本发明属于光学检测技术领域中涉及的一种基于多光束干涉的长轨扫描干涉仪，是一种对筒状离轴非球面镜进行检测的设备。

### 背景技术

在极紫外及 X 射线波段工作的光学元件，大多工作在掠射方式下，光学元件多为筒状和条状，且对光学元件的面型要求极高，使用常规光学检测设备很难对掠射光学元件进行高精度检测。国外对筒状非球面进行检测多采用扫描重建的方法，与本发明最为接近的已有技术是意大利 Sincrotrone Trieste 公司的钱石南、美国大陆光学公司的李海章及美国 BNL 实验室的 Peter Z Takacs 等人研制的五棱镜长轨轮廓仪（SPIE, Vol 2805, 108~114, 1996 年 8 月）原理结构如图 1 所示：包括激光光源 1、起偏器 2、分光镜 3、第一直角棱镜 4、第二直角棱镜 5、半波片 6、偏振分光镜 7、第一 1/4 波片 8、道威棱镜 9、第一五棱镜 10、第二五棱镜 11、待测筒状非球面镜 12、旋转平台 13、第二 1/4 波片 14、参考平面镜 15、傅里叶变换透镜 16、CCD 相机 17。

由激光光源 1 发出的光束经过起偏器 2 变为线偏振光，然后进入分光镜 3，分光镜 3 将入射光束分成两束分别进入第一直角棱镜 4 和第二直角棱镜 5、两直角棱镜分别将光束产生一个与传播方向垂直的位移后反射回分光镜 3、通过调整第一直角棱镜 4 和第二直角棱镜 5

的位置可以改变由分光镜 3 出射的两束相互平行的相干光之间的距离。由分光镜 3 出射的两束相互平行的相干光通过半波片 6 进入偏振分光镜 7，偏振分光镜 7 将两平行光分成偏振方向为平行和垂直的两部分，一部分为检测光束通过第一 1/4 波片 8 进入道威棱镜 9，通过道威棱镜 9 后进入第一五棱镜 10，然后进入第二五棱镜 11，由第二五棱镜 11 出射的光照射到待测筒状非球面镜 12 表面，经待测筒状非球面镜 12 反射依次通过第二五棱镜 11、第一五棱镜 10、道威棱镜 9、第一 1/4 波片 8 进入偏振分光镜 7，此检测光束再次通过第一 1/4 波片 8 后偏振状态发生改变，从而能够通过偏振分光镜 7 入射到傅里叶变换透镜 16 上，最终在 CCD 相机 17 上参与干涉成像；另一部分光束为参考光束，由偏振分光镜 7 射出后通过第二 1/4 波片 14，入射到参考平面镜 15 表面，经参考平面镜 15 反射后，再次通过第二 1/4 波片 14，然后通过偏振分光镜 7 入射到傅里叶变换透镜 16 上，最终在 CCD 相机 17 上干涉成像。通过测量检测光束和参考光束在 CCD 相机 17 上所成干涉条纹间的距离就可以得到待测筒状非球面镜 12 表面的斜率信息，进而得到待测筒状非球面镜 12 的表面轮廓。

该五棱镜长轨轮廓仪存在的问题是：分光装置由分光镜 3、第一直角棱镜 4 和第二直角棱镜 5 组成，通过此装置一束光被分成两束平行的相干光，在 CCD 相机 17 上产生干涉条纹，测量待测筒状非球面镜 12 的表面倾斜。双光束产生的干涉条纹锐度不够，难以更精确的定位到条纹中心而影响测量精度。而且分光装置各元件的相对位置易受环境因素影响，影响测量精度。

## 发明内容

为了克服已有技术存在的缺陷，本发明的目的在于进一步提高长轨干涉仪的测量精度。特设计一种利用多光束干涉来代替已有技术中的双光束干涉，使干涉条纹更加细锐，测量结果更精确。

本发明要解决的技术问题是：提供一种检测掠射筒状离轴非球面镜的多光束长轨干涉仪。解决技术问题的技术方案如图 2 所示：包括激光光源 18、起偏器 19、直角棱镜 20、多光束分光器 21、光阑 22、半波片 23、偏振分光镜 24、第一 1/4 波片 25、第一五棱镜 26、第二五棱镜 27、待测筒状非球面镜 28、旋转平台 29、第二 1/4 波片 30、参考平面镜 31、傅里叶变换透镜 32、CCD 相机 33。

在激光光源 18 的光传播方向上，在光轴上依次放置起偏器 19、直角棱镜 20，直角棱镜 20 用于将光轴折转 90 度，直角棱镜 20 一直角面与光轴垂直，斜面与光轴成 45 度夹角；在直角棱镜 20 反射光的光轴上依次置有多光束分光器 21、光阑 22、半波片 23、偏振分光镜 24、第二 1/4 波片 30、参考平面镜 31；多光束分光器 21 由两块梯形棱镜组成，梯形斜边与底边的夹角在 85~87 度之间，两个梯形棱镜的斜面为工作面，两斜面保持严格平行且中间有一约 1mm 左右空隙，在多光束分光器 21 下面的光阑 22 和半波片 23 的工作面与光轴垂直，偏振分光镜 24 的分光面与光轴 45 度放置，以偏振分光镜 24 为中心，右边依次放置傅里叶透镜 30、CCD 相机 33，CCD 相机 33 放置在傅里叶变换透镜 32 的焦面上，用于干涉条纹的成像；左边依次放置第一 1/4 波片 25、第一五棱镜 26，第一五棱镜 26 的一个直角面为入射

面与光轴垂直且正对第一 1/4 波片，另一直角面为出射面；第二五棱镜 27 置于第一五棱镜 26 的正下方，第一五棱镜 26 的出射面与第二五棱镜 27 的入射面平行相对，第二五棱镜 27 的出射面正对待测筒状非球面镜 28 的内表面；待测筒状非球面镜 28 放置在旋转平台 29 上，使待测筒状非球面镜 28 的轴与旋转平台 29 的转轴重合。

工作原理说明：由激光光源 18 发出的光束通过起偏器 19 后，进入多光束分光系统，通过直角棱镜 20 投射到多光束分光器 21 上，由于多光束分光器 21 是由两块梯形棱镜组成的特殊结构，两个梯形棱镜的斜面是工作面，保持严格平行具有法布里一波罗标准具形式，把一束光分成多束相干平行光出射，多束平行光通过光阑 22 和半波片 23，进入偏振分光镜 24，由偏振分光镜 24 把入射光分成水平和垂直偏振方向的两部分光束，一部分光束为检测光束，通过第一 1/4 波片 25 进入由第一五棱镜 26 和第二五棱镜 27 组成的扫描系统，光束通过扫描系统入射到待测筒状非球面镜 28 表面，反射光束将由于待测筒状非球面镜 28 的表面斜率而产生微小的倾斜，带有微小倾斜的反射光束依次通过第二五棱镜 27、第一五棱镜 26、第一 1/4 波片 25 及偏振分光镜 24 后入射到傅里叶变换透镜 32 上，最后在 CCD 相机 33 上产生干涉条纹；另一部分光束为参考光束，通过第二 1/4 波片 30 垂直入射到参考平面镜 31，反射光再次经过第二 1/4 波片 30 将改变偏振方向，经过偏振分光镜 24 时将发生反射进入傅里叶变换透镜 32，然后在 CCD 相机 33 上产生干涉条纹；在 CCD 相机 33 上产生的干涉条纹与检测光束产生干涉条纹的间距即代表了待测表面产生倾斜的

大小。通过扫描系统测量表面各处倾斜的值然后通过积分运算即可反演出待测表面的面型结构。

本发明与已有技术比较，结构相同，特征在于在光路上，起偏器 19 和半波片 23 之间的分光系统采用了多光束分光器 21，能产生多束相干的平行光。

本发明的积极效果：多光束分光器，结构简单，容易制作；利用多条相干光束代替原来的双光束，能够在像面上产生更细的干涉条纹，使测量结果更加准确。而且通过绕光轴转动多光束分光器可以改变相干光束的排列方位，在扫描待测筒状非球面镜表面时不需要另加道威棱镜，使系统的结构更加简单。

#### 附图说明

图 1 是已有技术的结构示意图；

图 2 是本发明的结构示意图；

图 3 是本发明中多光束分光系统结构示意图。

#### 具体实施方式

本发明按图 2 和图 3 所示的结构实施。其中激光光源 18 采用氦氖激光器，要求输出功率稳定，起偏器 19 放置在激光光源 18 前面，用于将激光光源 18 发出的激光光束变为线偏振光，直径要求大于激光光束的横截面，直角棱镜 20 采用普通 K9 光学玻璃制作，一直角面作为入射面垂直于光轴放置，斜面作为反射面与光轴成 45 度，用于将激光光束偏转 90 度，多光束分光器 21 亦由普通 K9 光学玻璃制作，分为上下两部分，如图 3 所示两部分结构相同横截面都为梯形，

梯形斜边与底边的夹角在 85~87 度之间，梯形棱镜的斜面为工作面，镀银反射膜，对 632.8nm 的激光的反射率约为 95%，两斜面保持平行且中间有一薄空气层，空气层的厚度在 1mm 左右，为了保持两工作面的平行可在两面之间加一铟钢圆环，使两工作面之间的距离固定不变；光阑 22 由金属铝制作表面漆黑，置于多光束分光器 21 的出射光路上，用于拦掉多余的光束，小孔的直径约为 2~3mm 用于限制检测光束的数量和宽度；光阑 22 后面放置半波片 23，由云母制作，它可以绕光轴转动，用于调整偏振光束平行和垂直分量的相对强度；半波片 23 后放置偏振分光镜 24，分光面与光轴成 45 度放置；正下方放置第二 1/4 波片 30 由云母制作，第二 1/4 波片 30 的下方是参考平面镜 31，参考平面镜 31 与光轴垂直放置；偏振分光镜 24 的右边水平方向上依次放置傅里叶变换透镜 32 和 CCD 相机 33，其中 CCD 相机 33 的接收面与傅里叶变换透镜 32 的焦面重合；偏振分光镜的左边放置第一 1/4 波片 25，然后是第一五棱镜 26，一直角面正对第一 1/4 波片 25 另一直角面向下正对第二五棱镜 27；第二五棱镜 27 一直角面向上与第一五棱镜 26 的一直角面相对，另一直角面正对待测筒状非球面镜 28 表面，两个五棱镜规格相同，技术条件相同，都用 K9 光学玻璃制作；以上各光学元件除第一五棱镜 26、第二五棱镜 27 和待测筒状非球面镜 28 外，其它元件都由机械结构固定，保证测量时元件的相对位置不变；第一五棱镜 26 装在与偏振分光镜 24 水平的一空气静压导轨上，使能够水平滑动；第一五棱镜 26 和第二五棱镜 27 之间由垂直空气静压导轨相连，使第二五棱镜 27 能够沿垂直导轨上

下移动，对筒状待测筒状非球面镜 28 进行上下扫描；待测筒状非球面镜 28 放置在水平旋转平台 29 上，待测筒状非球面镜 28 的中心轴与旋转平台 29 的旋转轴重合，旋转平台 29 采用高精度光学转台保证转动时平台表面的水平度，通过旋转平台 29 的转动对待测筒状非球面镜 28 进行水平方向的扫描。为了保证测量精度，整个系统要求置于有防震、温控系统的光学车间内工作，保证室内温度波动在 1 摄氏度内，并尽量减少室内的空气扰动带来的测量误差。

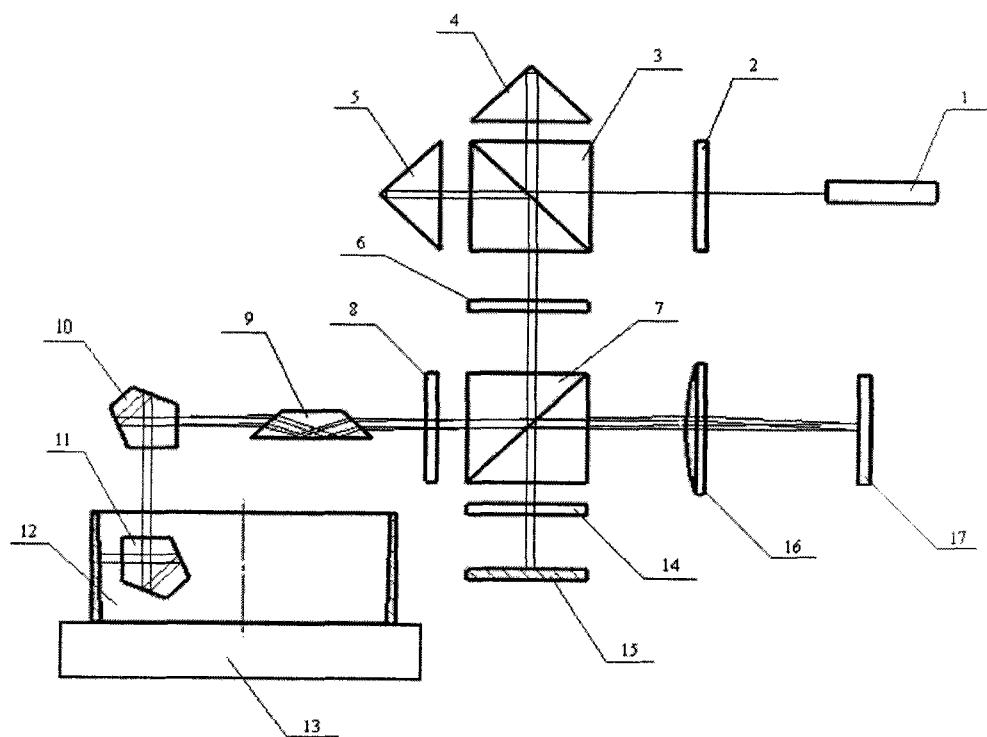


图 1

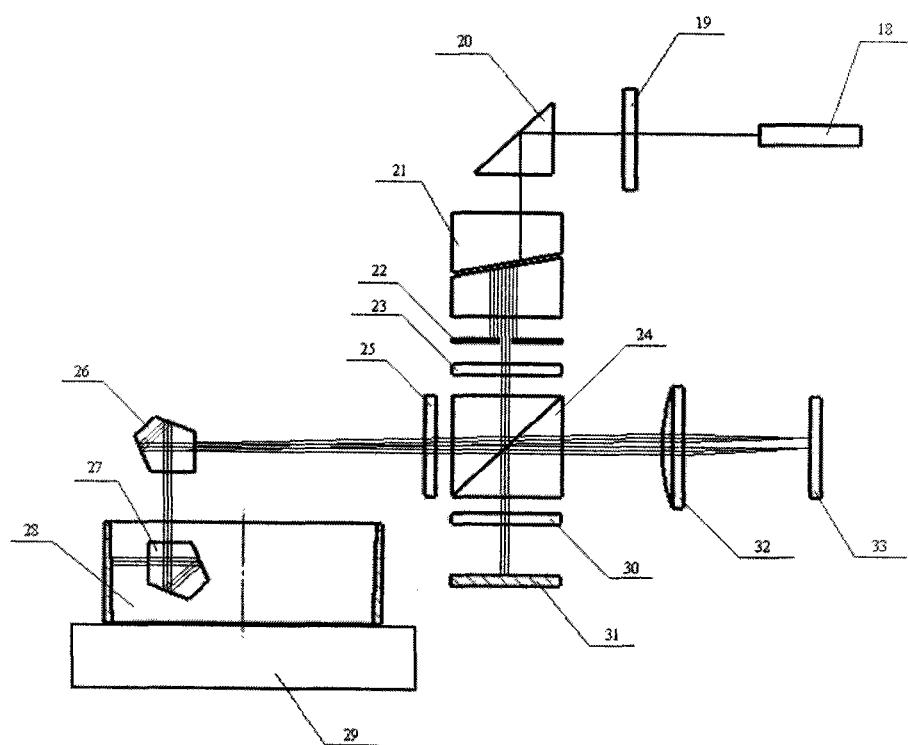


图 2

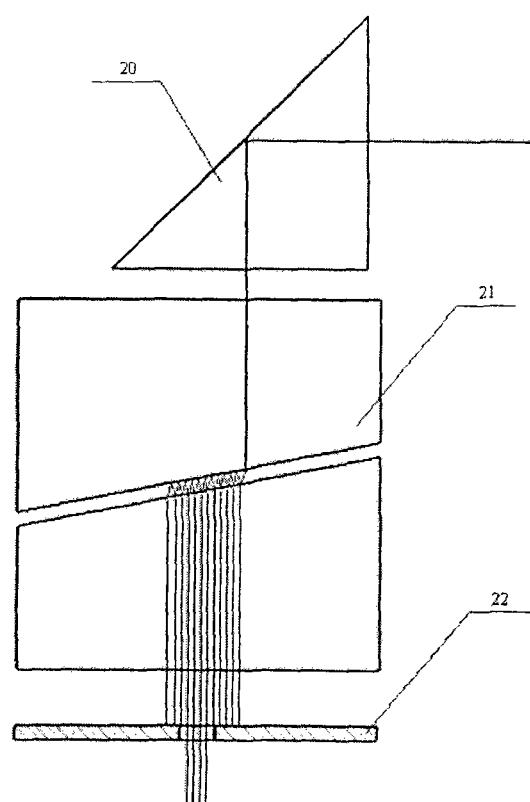


图 3