



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106197323 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(21)申请号 201610473360.2

(22)申请日 2016.06.27

(71)申请人 长春理工大学

地址 130022 吉林省长春市朝阳区卫星路
7089号

(72)发明人 董渊 金光勇 李青松 李述涛
于永吉 王超 张喜和

(74)专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 陶尊新

(51)Int.Cl.

G01B 11/26(2006.01)

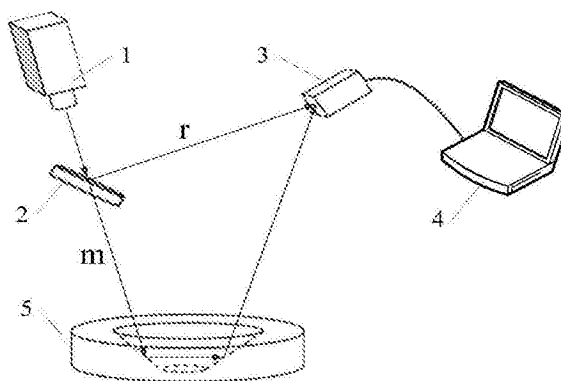
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

内圆锥角激光干涉测量装置及方法

(57)摘要

内圆锥角激光干涉测量装置及方法属于激光测量技术领域。现有技术为接触测量,可能损伤被测工件。在本发明之测量装置中,激光器与分光镜同光轴排列,分光镜与光轴夹角为 45° ;显微镜CCD位于分光镜的反射光轴上,显微镜CCD接计算机。本发明之测量方法其特征在于,激光器发出的一束激光被分光镜分光为测量光和参考光,由相交的测量光的光轴和参考光的光轴确定的平面与待测内圆锥器件的圆锥面的任意一个子午面重合,测量光被圆锥面两次反射后与参考光交汇,沿参考光光轴将显微镜CCD感光面的位置调整到测量光与参考光的交汇处,显微镜CCD将测量光与参考光交汇后产生的干涉条纹图像发送给计算机,由计算机分析得到干涉条纹间距,再根据公式
$$\beta = \frac{1}{2} \left(270^\circ - 2 \arcsin \frac{\lambda}{2d \cos \theta} \right)$$
计算内圆锥角。



1. 一种内圆锥角激光干涉测量装置,其特征在于,激光器(1)与分光镜(2)同光轴排列,分光镜(2)与光轴夹角为 45° ;显微镜CCD(3)位于分光镜(2)的反射光轴上,显微镜CCD(3)接计算机(4)。

2. 根据权利要求1所述的内圆锥角激光干涉测量装置,其特征在于,激光器(1)输出波长 λ 为532nm。

3. 根据权利要求1所述的内圆锥角激光干涉测量装置,其特征在于,分光镜(2)的入射反射镜面镀有激光器(1)输出波长 λ 的透过率为50%的膜系,分光镜(2)的透射镜面镀有激光器(1)输出波长 λ 的透过率大于99.5%的膜系。

4. 根据权利要求1所述的内圆锥角激光干涉测量装置,其特征在于,分光镜(2)的反射光轴与显微镜CCD(3)感光面(s)的夹角 θ 设定为 76.98° 。

5. 根据权利要求1所述的内圆锥角激光干涉测量装置,其特征在于,显微镜CCD(3)的技术参数包括:1000万像素、5000倍放大率、1/2.3"尺寸、有效像素 3664×2748 (10M)、像元尺寸 $1.67\mu\text{m} \times 1.67\mu\text{m}$ 。

6. 一种内圆锥角激光干涉测量方法,其特征在于,激光器(1)发出的一束激光被分光镜(2)分光为两束,透射分光镜(2)沿原方向传播的一束为测量光(m),被分光镜(2)反射沿与原方向垂直的方向传播的一束为参考光(r),测量光(m)的光轴和参考光(r)的光轴相交于激光器(1)发出的激光在分光镜(2)上的入射点,由相交的测量光(m)的光轴和参考光(r)的光轴确定的平面与待测内圆锥器件(5)的圆锥面的任意一个子午面重合,测量光(m)被圆锥面两次反射后与参考光(r)交汇,沿参考光(r)光轴将显微镜CCD(3)感光面(s)的位置调整到测量光(m)与参考光(r)的交汇处,显微镜CCD(3)将测量光(m)与参考光(r)交汇后产生的干涉条纹图像(i)发送给计算机(4),由计算机(4)分析得到干涉条纹间距(d),再根据公式
$$\beta = \frac{1}{2} \left(270^{\circ} - 2 \arcsin \frac{\lambda}{2d \cos \theta} \right)$$
得出待测内圆锥器件(5)的圆锥面的内圆锥角(β),式中: λ 为激光器(1)发出的激光的波长, θ 为参考光(r)与显微镜CCD(3)感光面(s)的夹角。

7. 根据权利要求6所述的内圆锥角激光干涉测量方法,其特征在于,设定参考光(r)与显微镜CCD(3)的感光面(s)的夹角(θ)为 76.98° ,内圆锥角(β)的最大测量范围为 $90 \sim 135^{\circ}$ 。

内圆锥角激光干涉测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种内圆锥角激光干涉测量装置及方法,利用激光干涉技术高精度非接触直接测量内圆锥角,属于激光测量技术领域。

背景技术

[0002] 在高精密机床、光学精密仪器、激光器、光束整形等领域常用到具有内圆锥面的器件,内圆锥角误差的存在将会直接影响器件的配合精度及使用寿命。其中,内圆锥角的误差是此类零件或者部件的重要评价标准。现有测量内圆锥角的方法包括直接测量法和间接测量法,前者如三坐标检测法,后者如双球测量法。“采用机械接触式实现内圆锥角测量的方法”就是一种双球测量法,该方法记载在中国计量出版社出版的《精密测量技术》(修订版)一书p121~122,作者李岩、花国梁、廖念钊。该方法利用两个直径不同但已知的测量球测量内圆锥角,如图1所示,先后将直径为 ϕ 的小球和直径为 Φ 的大球放入待测内圆锥器件的锥筒中,用计量器具先后测出小球、大球顶点切线与锥筒端面间隔尺寸 X 和 x ,由公式(1)即可计算出锥筒内圆锥角的半角 α :

$$[0003] \quad \alpha = \arcsin \left(\frac{\frac{\Phi}{2} - \frac{\phi}{2}}{X - x - \frac{\Phi}{2} + \frac{\phi}{2}} \right) \quad (1)$$

[0004] 然而,所述双球测量法存在以下不足:其一,该方法属于接触式测量,容易损伤锥面,如造成划痕,当锥面为光学镜面,这种损伤是不允许的;其二,该方法需要使用两个预先确定直径的测量球,如果锥筒较浅,测量球放入锥筒后,其顶点高于锥筒端面,则无法实现测量,进一步说,测量球的通用性较差,如果要扩大待测内圆锥器件尺度范围,该方法就要准备更多的测量球;其三,对待测内圆锥器件的要求较为严格,如果锥筒顶口并非规则平面,测量难度加大,同时也会引入额外测量误差。

发明内容

[0005] 为了实现内圆锥器件内圆锥角的非接触无损测量,并且,不受待测内圆锥器件尺度、形状所限,我们发明了一种内圆锥角激光干涉测量装置及方法。

[0006] 在本发明之内圆锥角激光干涉测量装置中,如图2所示,激光器1与分光镜2同光轴排列,分光镜2与光轴夹角为 45° ;显微镜CCD 3位于分光镜2的反射光轴上,显微镜CCD 3接计算机4。

[0007] 本发明之内圆锥角激光干涉测量方法其特征在于,如图2、图3所示,激光器1发出的一束激光被分光镜2分光为两束,透射分光镜2沿原方向传播的一束为测量光 m ,被分光镜2反射沿与原方向垂直的方向传播的一束为参考光 r ,测量光 m 的光轴和参考光 r 的光轴相交于激光器1发出的激光在分光镜2上的入射点,由相交的测量光 m 的光轴和参考光 r 的光轴确定的平面与待测内圆锥器件5的圆锥面的任意一个子午面重合,测量光 m 被圆锥面两次反射后与参考光 r 交汇,沿参考光 r 光轴将显微镜CCD 3感光面 s 的位置调整到测量光 m 与参考光 r

的交汇处,显微镜CCD 3将测量光m与参考光r交汇后产生的干涉条纹图像i发送给计算机4,由计算机4分析得到干涉条纹间距d,再根据公式(2)计算得出待测内圆锥器件5的圆锥面的内圆锥角 β :

$$[0008] \quad \beta = \frac{1}{2} \left(270^\circ - 2 \arcsin \frac{\lambda}{2d \cos \theta} \right), \quad (2)$$

[0009] 式中: λ 为激光器1发出的激光的波长, θ 为参考光r与显微镜CCD 3感光面s的夹角。

[0010] 本发明其技术效果在于,实现了内圆锥器件内圆锥角的非接触无损测量,并且,不受待测内圆锥器件尺度、形状所限,实现了一机多测,减少测量工时。另外,由于激光测量的精度远高于机械测量精度,因此,本发明能够在极高精度范围内最大限度满足内圆锥角类零件的测量要求。

附图说明

[0011] 图1为采用现有双球测量法测量内圆锥角过程示意图,图2为本发明之内圆锥角激光干涉测量装置及方法示意图,该图同时作为摘要附图。图3为测量光与参考光交汇于显微镜CCD感光面产生干涉条纹图像状况示意图。图4为测量光被圆锥面两次反射后的偏折角 α 与内圆锥角 β 的关系示意图。图5为参考光与显微镜CCD的感光面的夹角 θ 与内圆锥角 β 的最小极限值之间的关系图。

具体实施方式

[0012] 在本发明之内圆锥角激光干涉测量装置中,如图2所示,激光器1与分光镜2同光轴排列,分光镜2与光轴夹角为 45° 。激光器1输出波长 λ 为532nm。分光镜2的入射反射镜面镀有激光器1输出波长 λ 的透过率为50%的膜系,分光镜2的透射镜面镀有激光器1输出波长 λ 的透过率大于99.5%的膜系。显微镜CCD 3位于分光镜2的反射光轴上,显微镜CCD 3接计算机4。分光镜2的反射光轴与显微镜CCD 3感光面s的夹角 θ 设定为 76.98° ,此时,内圆锥角 β 的最大测量范围为 $90^\circ \sim 135^\circ$ 。显微镜CCD 3的技术参数包括:1000万像素、5000倍放大率、1/2.3"尺寸、有效像素 3664×2748 (10M)、像元尺寸 $1.67\mu\text{m} \times 1.67\mu\text{m}$,所述显微镜CCD 3探测到的干涉条纹图像经计算机4分析得到干涉条纹间距d为 $8350 \pm 1.67\mu\text{m}$,测量精度达到 $36''$ 。

[0013] 采用本发明之内圆锥角激光干涉测量方法的测量过程如下所述,如图2、图3所示,激光器1发出的一束激光被分光镜2分光为两束,透射分光镜2沿原方向传播的一束为测量光m,被分光镜2反射沿与原方向垂直的方向传播的一束为参考光r,测量光m的光轴和参考光r的光轴相交于激光器1发出的激光在分光镜2上的入射点,由相交的测量光m的光轴和参考光r的光轴确定的平面与待测内圆锥器件5的圆锥面的任意一个子午面重合,测量光m被圆锥面两次反射后与参考光r交汇,沿参考光r光轴将显微镜CCD3感光面s的位置调整到测量光m与参考光r的交汇处,显微镜CCD3将测量光m与参考光r交汇后产生的干涉条纹图像i发送给计算机4,由计算机4分析得到干涉条纹间距d,再根据公式(2)即可计算出待测内圆锥器件5的圆锥面的内圆锥角 β 。

[0014] 本发明之方法利用了光学中的反射定律与双光束干涉原理。根据反射定律中反射角与入射角相等的内容可知,在圆锥面的子午面内,经圆锥面两次反射后测量光m的偏折角 α 与内圆锥角 β 之间存在如下所述对应关系。如图4所示,直线AB为测量光m入射光线,点B为

测量光m入射光线在圆锥面上的第一次入射点,直线BC为测量光m第一次反射光线,点C为测量光m入射光线在圆锥面上的第二次入射点,直线CD为测量光m第二次反射光线,点F为圆锥面顶点,直线EB、直线EC分别为入射点B、入射点C处的法线,故 $EB \perp BF$, $EC \perp CF$,点G为直线AB延长线与直线CD延长线的交点,根据反射定律与平面几何,经圆锥面两次反射后测量光m的偏折角 α 与内圆锥角 β 存在以下关系:

$$[0015] \quad \alpha = 2(\beta - 90^\circ), \quad (3)$$

[0016] 测量光m与参考光r交汇后产生的干涉条纹的间距d由测量光m、参考光r与显微镜CCD3的感光面s所成角度决定,参考光r与显微镜CCD3感光面s的夹角 θ 可以先行设定,测量光m与参考光r所成角度为夹角 γ ,如图3所示,则根据双光束干涉原理,在显微镜CCD 3的感光面s上形成的干涉条纹的间隔d与夹角 γ 的关系式为:

$$[0017] \quad \gamma = 2 \arcsin \frac{\lambda}{2d \cos \theta}, \quad (4)$$

[0018] 结合公式(3)、(4),最后得到公式(2)。

[0019] 由公式(2)和(3)可知,理论上待测内圆锥器件5的圆锥面的内圆锥角 β 的最大测量范围为: $135^\circ > \beta > 90^\circ$,结合本发明选用的显微镜CCD 3的参数,当干涉条纹的间距d为显微镜CCD 3的极限分辨率 $1.67\mu\text{m}$ 时,由显微镜CCD 3探测到的干涉条纹的间距d为 $8350 \pm 1.67\mu\text{m}$,根据公式(2)确定测量精度为 $36''$,此时,参考光r与显微镜CCD 3的感光面s的夹角 θ 与内圆锥角 β 的最小极限值之间的关系也可获得,如图5所示,选取 θ 为 76.98° ,此时内圆锥角 β 有最大测量范围 $90 \sim 135^\circ$ 。

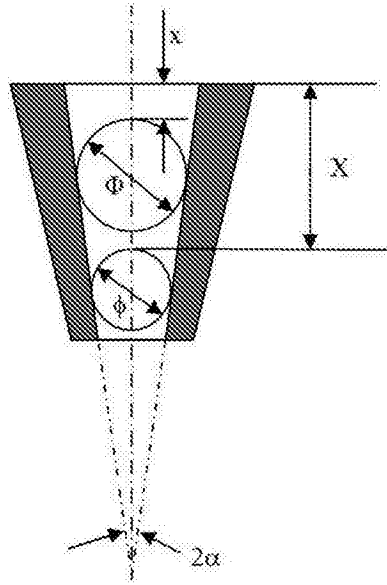


图1

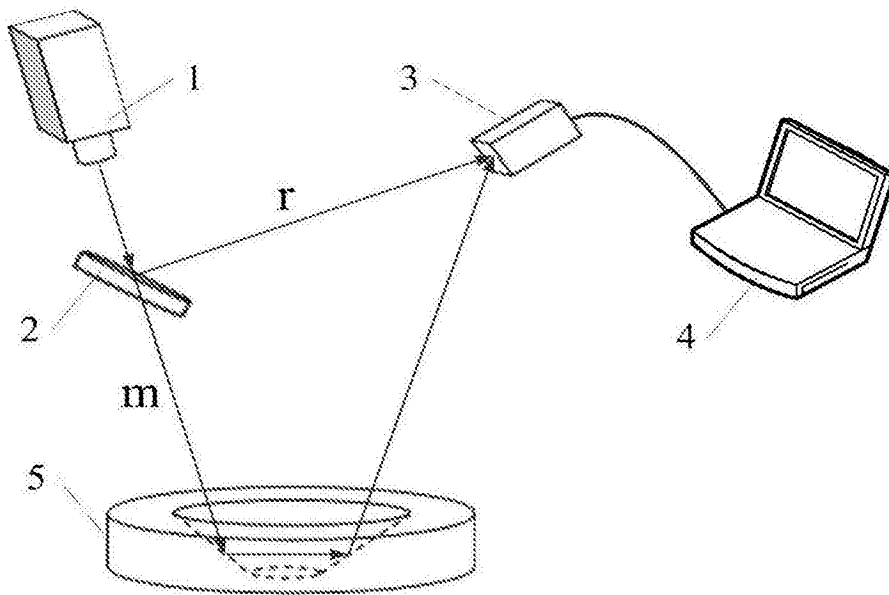


图2

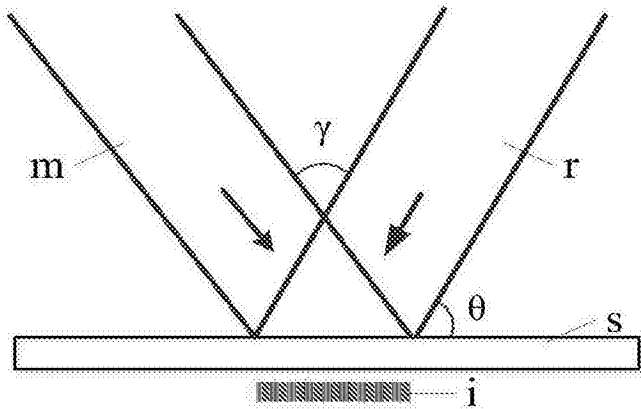


图3

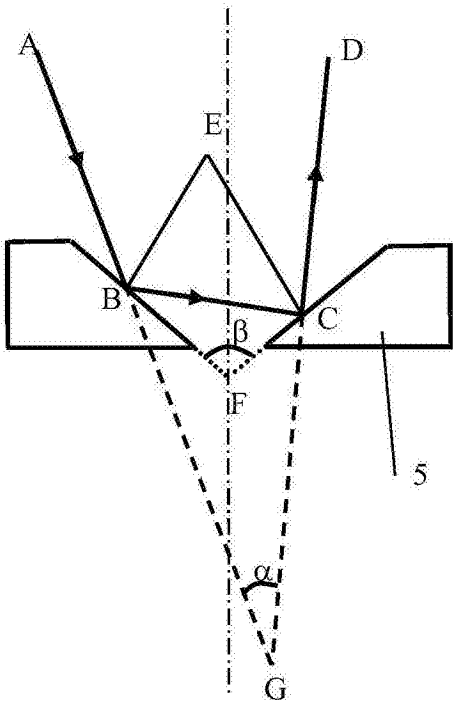


图4

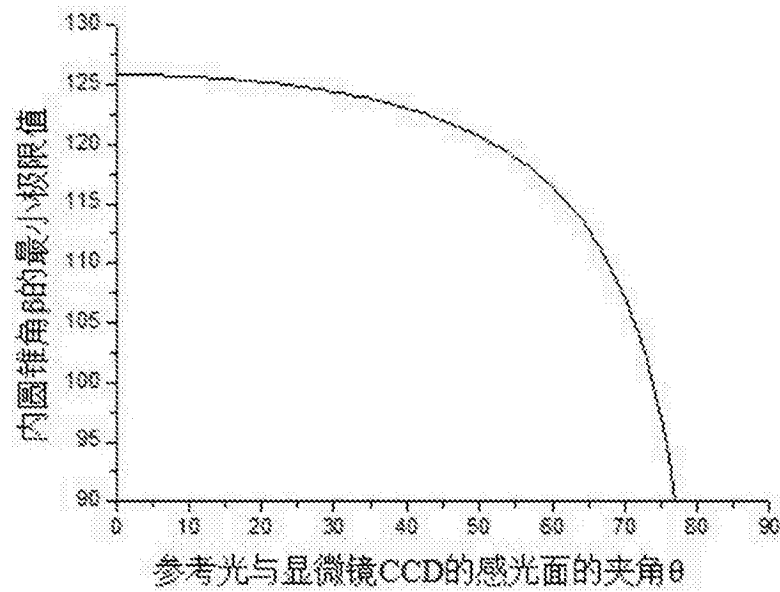


图5