



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102297725 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 28

(21) 申请号 201110129360. 8

(22) 申请日 2011. 05. 18

(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 卢增雄 金春水 王丽萍

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 李晓莉

(51) Int. Cl.

G01J 9/02 (2006. 01)

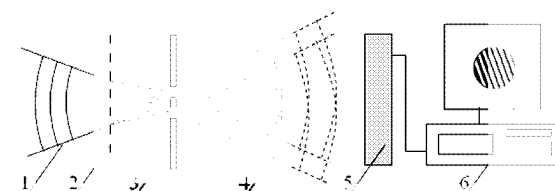
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置及方法

(57) 摘要

可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置及方法, 本发明属于参考球面波超高精度检测方法领域, 克服了哈特曼波前传感器对波前微小偏差检测的限制, 能够实现波前的高精度检测。光路包括: 一束入射会聚光波, 一块光栅, 一个沿正交方向开有三个圆孔的小孔板, 一个电荷耦合器, 该电荷耦合器的输出端接计算机。一束入射会聚光波经过光栅衍射后, 被分成若干个衍射级, 让 ± 1 级衍射光分别通过两个小孔, 由小孔衍射后产生近于理想的球面波, 两个球面波发生剪切干涉, 在 CCD 探测器上记录干涉图, 采集到干涉图后便可获得衍射波前的偏差。本发明在可见光波段, 通过双孔衍射产生的球面波进行剪切干涉, 从而实现衍射波前的高精度检测。



1. 可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置,其特征在于,该装置包括有:一块光栅(2)、一个沿正交方向开有三个圆孔的小孔板(3)、一个 CCD 探测器(5)、计算机(6),所述的小孔板(3)位于光栅(2)和 CCD 探测器(5)之间;所述的光栅(2)使经过它的会聚光波(1)发生衍射,且衍射光经小孔板(3)衍射后干涉叠加,并在 CCD 探测器(5)上记录下干涉图;所述的计算机(6)通过信号线从 CCD 探测器(5)上采集所记录下的干涉图。

2. 根据权利要求1所述的可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置,其特征在于,所述的小孔板(3)沿正交方向所开的三个圆孔分别为孔一(10)、孔二(9)、孔三(11),三个圆孔的中心连线构成以孔一(10)为直角顶点的等腰直角三角形。

3. 可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差的检测方法,其特征在于,该方法包括下列步骤:

①会聚光波(1)照射到光栅(2)上,生成0级、 ± 1 级、 ± 2 级依级别递增的衍射光,利用小孔板(3)只让 ± 1 级衍射光透过水平方向的孔一(10)和孔三(11),发生衍射,产生两个球面波(4),利用 CCD 探测器(5)记录两个球面波(4)干涉叠加产生的干涉条纹,该干涉条纹即为沿X方向的横向剪切干涉图,利用计算机(6)采集此干涉图,由此获得衍射波前沿X方向的微分波前;

②旋转光栅(2),采取与步骤①相同的方式,利用小孔板(3)让 ± 1 级衍射光透过垂直方向的孔一(10)和孔二(9),获得沿Y方向的横向剪切干涉图,由此获得衍射波前沿Y方向的微分波前;

③依据X方向的微分波前和Y方向的微分波前进行波前重建,得到原始的衍射参考波前,经过计算得到衍射波前偏差值;

④更换小孔板(3),改变小孔之间的距离,重复步骤①至步骤③,获得不同剪切量的横向剪切干涉图,进而获得原始衍射波前及其偏差值;

⑤对步骤④中不同剪切量下求得的衍射波前求平均值,得到最终的衍射波前偏差值,完成可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差的检测方法。

可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于参考球面波超高精度检测方法领域,即采用干涉仪检测圆孔衍射出的参考球面波偏差的方法。

背景技术

[0002] 极紫外光刻投影物镜中包含若干个非球面,各非球面的抛光精度必须达到 $0.2\text{nm RMS} \sim 0.3\text{nm RMS}$ 。普通商用斐索干涉仪或泰曼-格林干涉仪由于受参考元件的限制,其检测精度远远无法满足这种超高精度检测任务的要求,点衍射干涉仪(PDI)通过小孔衍射来产生参考球面波,可以实现超高精度的检测,PDI所能达到的检测精度主要取决于参考球面波的质量。实际中,如何去检测由圆孔衍射出的近于理想的参考球面波的偏差是一件困难的事情,因此,发展可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测方法具有很大的实际价值。

[0003] 通常采用哈特曼波前传感器来测量波前偏差,但其精度十分有限,根本无法满足可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测的要求。在先技术[1](参见:Appl. Opt. Vol. 38, No. 35, P7252-7263, 1999)中描述的极紫外光刻投影物镜系统波像差检测的零检验中将方形窗口换成小圆孔,从而实现极紫外光波经双孔的衍射,不过其双孔的间距是固定的,双孔之间的距离等于原来的孔与窗之间的距离。本发明则通过设置不同的双孔间距来改变剪切量的大小,获得可见光情况在不同剪切量下的波面偏差,从而实现高精度的波前偏差检测。在先技术[2](参见:Rev. Sci. Instrum., Vol. 79, No. 033107, 2008)采用光纤锥衍射产生近于理想的球面波,通过调整两根光纤之间的夹角来实现两个球面波之间的剪切干涉,对于通过小孔衍射来产生参考球面波的情况,本发明采用两个孔衍射来产生近于理想的球面波,从而实现剪切干涉。本发明提出在可见光波段,通过双孔的横向剪切干涉进行小孔衍射波前偏差的检验。由于小孔衍射产生的近于理想的球面波,其偏差较小,要直接进行波前偏差的检测非常困难,通过横向剪切干涉能够实现波前微小偏差的高精度检测。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差的检测方法。该方法采用横向剪切的方式对波前的偏差进行检测,克服了哈特曼波前传感器对波前微小偏差检测的限制,能够实现波前的高精度检测。

[0005] 本发明的技术构思是通过改变两个圆孔之间的距离来调整剪切量,通过在两个正交的方向布局小孔的分布来进行X方向和Y方向的剪切,从而实现两个光波的剪切干涉。横向剪切干涉是实现波前高精度检测的有效方法,通过干涉图获得微分波前,经过波前重建获得原始波前,最终求得波前偏差。

[0006] 本发明的技术解决方案如下:

[0007] 可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置,其特征在于,该装置包括有:一块光栅、一个沿正交方向开有三个圆孔的小孔板、一个CCD探测器、计算机,所述的小孔板位于光栅和CCD探测器之间;所述的光栅使经过它的会聚光波发生衍射,且衍射光经小孔

板衍射后干涉叠加,并在 CCD 探测器上记录下干涉图;所述的计算机通过信号线从 CCD 探测器上采集所记录下的干涉图。

[0008] 所述的小孔板沿正交方向所开的三个圆孔分别为孔一、孔二、孔三,三个圆孔的中心连线构成以孔一为直角顶点的等腰直角三角形。

[0009] 可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差的检测方法,其特征在于,该方法包括下列步骤:

[0010] ①会聚光波照射到光栅上,生成 0 级、 ± 1 级、 ± 2 级依级别递增的衍射光,利用小孔板只让 ± 1 级衍射光透过水平方向的孔一和孔三,发生衍射,产生两个球面波,利用 CCD 探测器记录两个球面波干涉叠加产生的干涉条纹,该干涉条纹即为沿 X 方向的横向剪切干涉图,利用计算机采集此干涉图,由此获得衍射波前沿 X 方向的微分波前;

[0011] ②旋转光栅,采取与步骤①相同的方式,利用小孔板让 ± 1 级衍射光透过垂直方向的孔一和孔二,获得沿 Y 方向的横向剪切干涉图,由此获得衍射波前沿 Y 方向的微分波前;

[0012] ③依据 X 方向的微分波前和 Y 方向的微分波前进行波前重建,得到原始的衍射参考波前,经过计算得到衍射波前偏差值;

[0013] ④更换小孔板,改变小孔之间的距离,重复步骤①至步骤③,获得不同剪切量的横向剪切干涉图,进而获得原始衍射波前及其偏差值;

[0014] ⑤对步骤④中不同剪切量下求得的衍射波前求平均值,得到最终的衍射波前偏差值,完成可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差的检测方法。

[0015] 本发明的有益效果如下:

[0016] 1、在可见光波段,通过双孔衍射产生的球面波进行剪切干涉,从而实现衍射波前的高精度检测;

[0017] 2、通过改变两个小孔之间的距离来改变剪切量的大小;

[0018] 3、通过在两个正交的方向布局小孔的分布,从而实现 X 方向和 Y 方向的剪切干涉。

附图说明

[0019] 下面结合附图及具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0020] 图 1 为本发明可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测方法原理示意图。

[0021] 图 2 为本发明小孔板的结构示意图。

[0022] 图 3 为本发明小孔板中小孔的布局示意图。

[0023] 图中:1 为会聚光波、2 为光栅、3 为小孔板、4 为球面波、5 为 CCD 探测器、6 为计算机、7 为玻璃基底、8 为金属铬层、9 为孔二、10 为孔一、11 为孔三。

具体实施方式

[0024] 如图 1 所示,本发明的可见光点衍射干涉仪中参考球面波偏差检测装置中包括:一块光栅 2、一个沿正交方向开有三个圆孔的小孔板 3、一个 CCD 探测器 5、计算机 6,所述的小孔板 3 位于光栅 2 和 CCD 探测器 5 之间;所述的光栅 2 使经过它的会聚光波 1 发生衍射,且衍射光经小孔板 3 衍射后干涉叠加,并在 CCD 探测器 5 上记录下干涉图;所述的计算机 6 通过信号线从 CCD 探测器 5 上采集所记录下的干涉图。

[0025] 如图 2、图 3 所示,玻璃基底 7,金属铬 (Cr) 层 8,三个圆孔:孔一 10,孔二 9 和孔三 11,孔一 10 位于小孔板的中央,孔二 9 位于孔一 10 的正上方,孔三 11 位于孔一 10 的右边,三个孔的中心连线构成等腰直角三角形。

[0026] 本发明的具体检测方法如下:

[0027] 会聚光波 1 照射到光栅 2 上,经光栅 2 衍射,生成 0 级、±1 级、±2 级……的衍射光,小孔板 3 位于会聚光波 1 的焦面上,小孔板 3 开有三个孔,在实际中,孔一 10 和孔二 9 用于 Y 方向的横向剪切干涉,孔一 10 和孔三 11 用于 X 方向的横向剪切干涉。先让 ±1 级衍射光分别通过孔一 10 和孔三 11,其它级次的衍射光被小孔板的不透光部分挡住,入射光经孔一 10 和孔三 11 衍射后产生球面波,两球面波干涉叠加,在 CCD 探测器 5 上得到干涉条纹,计算机 6 采集到干涉图,干涉图反映的是实际衍射波前的微分波前。获得 X 方向的横向剪切干涉图。然后旋转光栅,让 ±1 级衍射光分别通过孔一 10 和孔三 9,其它级次的衍射光被小孔板的不透光部分挡住,入射光经孔一 10 和孔三 9 衍射后产生球面波,两球面波干涉叠加,在 CCD 探测器 5 上得到干涉条纹,计算机 6 采集到干涉图,干涉图反映的是实际衍射波前的微分波前。获得 Y 方向的横向剪切干涉图。

[0028] 若 X、Y 方向小孔中心的距离分别为 S 和 T,则有剪切干涉方程

$$\Delta W_s = W(x+S, y) - W(x, y) = \sum_{n=0}^{k-1} \sum_{m=0}^n C_{nm} x^m y^{n-m} \quad (1a)$$

$$\Delta W_t = W(x, y+T) - W(x, y) = \sum_{n=0}^{k-1} \sum_{m=0}^n D_{nm} x^m y^{n-m} \quad (1b)$$

[0030] 其中系数 C_{nm} 和 D_{nm} 为

[0031]

$$C_{nm} = \sum_{j=1}^{k-n} \binom{j+m}{j} S^j B_{j+n, j+m} \quad (2a)$$

$$D_{nm} = \sum_{j=1}^{k-n} \binom{j+n}{j} T^j B_{j+n, m} \quad (2b)$$

[0032] 式中 $W(x, y)$ 表示原始待检波前,其表达式为

$$W(x, y) = \sum_{n=0}^k \sum_{m=0}^n B_{nm} x^m y^{n-m} \quad (3)$$

[0034] $W(x+S, y)$ 、 $W(x, y+T)$ 表示沿 X、Y 方向剪切后的波前, ΔW_s 和 ΔW_t 即为由剪切干涉图上获得的信息。由剪切干涉图和方程 (1) 可求得系数 C_{nm} 和 D_{nm} ,再由方程 (2) 即可求得原始衍射波前 $W(x, y)$,继而计算衍射波前的偏差。

[0035] 改变剪切量,重复以上操作,又可求得原始衍射波前 $W(x, y)$ 及其偏差,通过三个不同剪切量情况下求得的偏差,取平均即得原始衍射波前的最终偏差值。

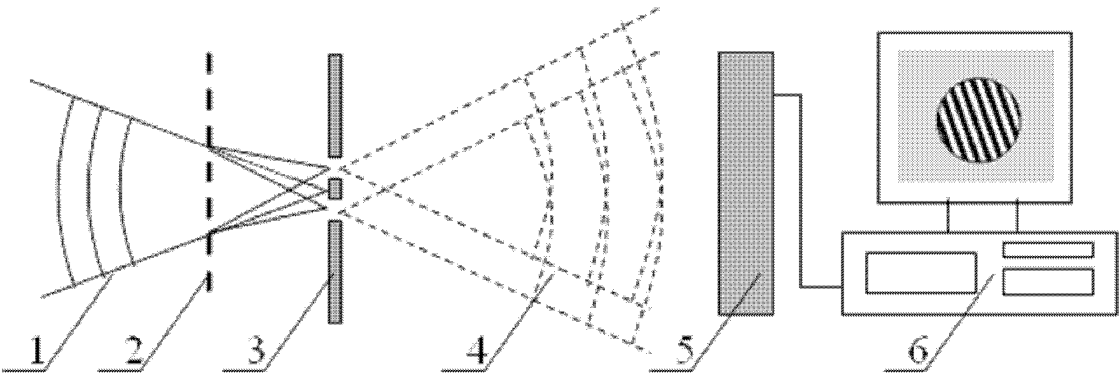


图 1

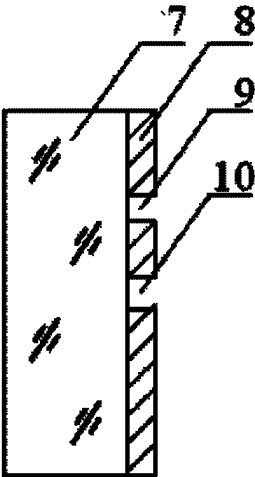


图 2

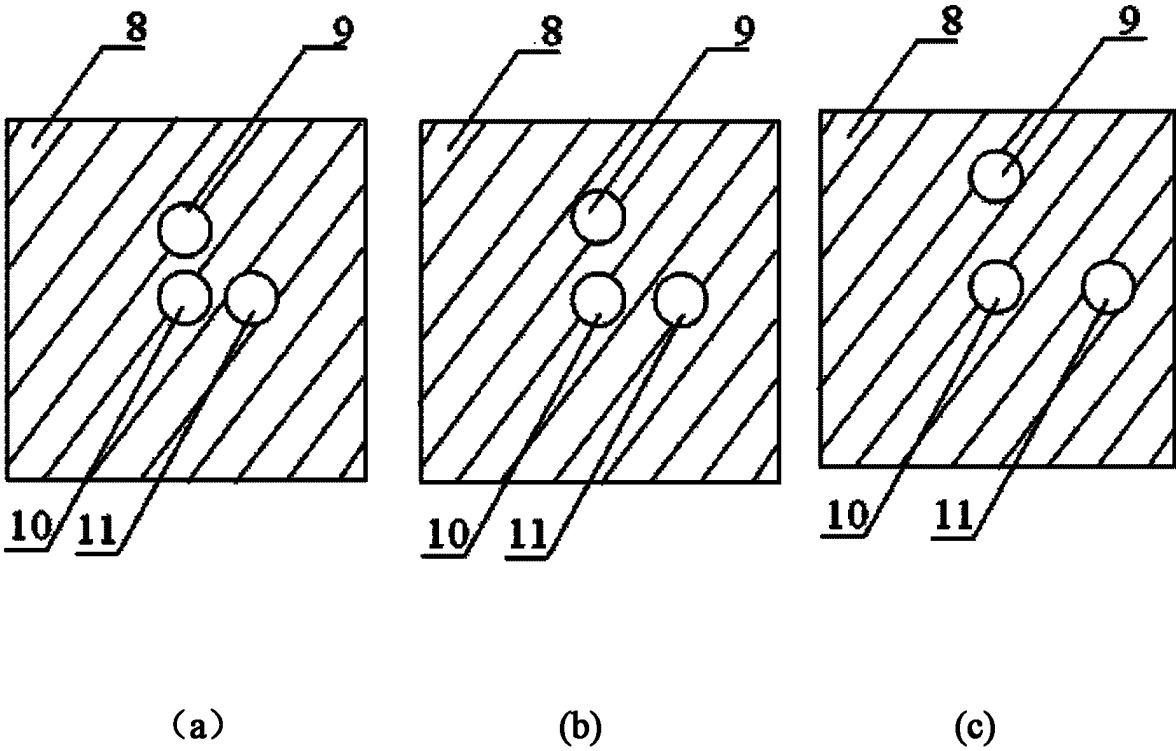


图 3