



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102506750 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 20

(21) 申请号 201110334888. 9

(22) 申请日 2011. 10. 28

(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 王孝坤 闫锋 郑立功 张学军

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006. 01)

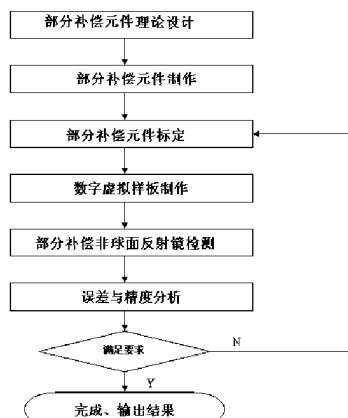
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

部分补偿非球面反射镜面形检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种部分补偿非球面反射镜面形检测方法，该方法包括下述步骤：对部分补偿元件进行标定，得到标定的相位分布 W_b ；利用标定的相位分布 W_b 、球面理论波前 W_q 和非球面理论波前 W_f 得到数字虚拟样板的相位分布 W_y ；对待测非球面反射镜面形进行测量，得到相位分布 W_a ；从测量得到的相位分布 W_a 中减去数字虚拟样板的相位分布 W_y ，获得非球面的面形误差分布 W_m 。本发明利用单块的部分补偿元件，就能够准确的实现对光学非球面面形的测量，降低了补偿器的设计难度、简化了补偿器的结构，其物理概念明确，数据处理和数学运算简单，实验操作简单易行，检测成本很低，测试时间短。



1. 一种部分补偿非球面反射镜面形检测方法,其特征在于包括如下步骤:

一、对部分补偿元件进行标定,具体标定过程如下:

1)、将单块透镜作为部分补偿元件放置于干涉仪与标准球面反射镜之间;

2)、调整干涉仪、部分补偿元件及标准球面反射镜的位置和角度,使干涉仪出射的标准球面波或平面波透过部分补偿元件后入射到标准球面反射镜上,经过标准球面反射镜反射后按原路返回,与干涉仪出射的标准球面波或者平面波产生干涉形成干涉条纹,由此得到相位分布 W_b ;

二、数字虚拟样板的相位分布 W_y 的求解及制作:

利用标定的相位分布 W_b 、球面理论波前 W_q 和非球面理论波前 W_f 得到数字虚拟样板的相位分布 W_y ,将 W_y 存成干涉仪的系统误差文件;

$$W_y = W_b + (W_q - W_f)$$

三、待测非球面反射镜面形的测量

1)、将部分补偿元件放置于干涉仪与待测非球面反射镜之间;

2)、调整干涉仪、部分补偿元件及待测非球面反射镜的位置和角度,使干涉仪出射的标准球面波或平面波透过部分补偿元件后入射到待测非球面反射镜上,经过待测非球面反射镜反射后返回,与干涉仪出射的标准球面波或者平面波产生干涉形成干涉条纹,由此得到相位分布 W_a ;

3)、从测量得到的相位分布 W_a 中减去数字虚拟样板的相位分布 W_y ,得到 W_m ;

$$W_m = W_a - W_y$$

四、判断 W_m 的均方根值与待测非球面反射镜面形精度要求的设计值之间的相对偏差是否大于 20%;若大于 20%,则重复步骤一、二、三,对待测非球面反射镜的面形进行检测,直至得到的 W_m 的均方根值与待测非球面反射镜面形精度要求的设计值之间的相对偏差小于 20%,此时得到的 W_m 即为待测非球面反射镜的面形误差分布。

部分补偿非球面反射镜面形检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测光学非球面反射镜面形的方法。

背景技术

[0002] 非球面面形的测量一直是光学检测中的难点和热点,对于二次曲面可以采用无像差点法对非球面进行测量,无像差点法是一种经典、可靠的检验二次曲面的方法,其优点是设计理论误差为零,缺点是需要大口径的 Hindle 球或者大口径的辅助平面,尤其是检测凸非球面时,辅助镜面的口径往往是待测镜面的几倍,这就造成了材料和工艺上的难度。此外利用该方法在检测反射系统时,非球面的中心部位往往无法检测。

[0003] 当前,利用衍射元件计算全息能够实现对非球面的零位补偿测量,但是对于高陡度、大偏离量的非球面,计算全息的线频密度非常高,从而使其刻划制作成为不可能。

[0004] 目前,设计补偿透镜利用零位补偿法对非球面进行测量,仍是检测非球面面形最常用的方法之一。但是对于大偏离量、高陡度凹非球面补偿器的设计,一般需要几块透镜才能完全矫正球差;凸非球面补偿器的设计要比凹非球面补偿器的设计要复杂得多,凸非球面的补偿器至少要有两片透镜组成,有时补偿器本身可能还含有非球面元件,而要实现该非球面的高精度检测还要为其再设计一套补偿器,因此又给加工和装调带来了很多的困难。光学补偿器的设计、加工与装调都比较复杂和困难,此外并不能单独测量补偿器的补偿效果。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种利用单片补偿透镜元件进行部分补偿,实现对光学非球面面形准确测量的部分补偿非球面反射镜面形检测方法。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明的部分补偿非球面反射镜面形检测方法包括如下步骤:

[0007] 一、对部分补偿元件进行标定,具体标定过程如下:

[0008] 1)、将单块透镜作为部分补偿元件放置于干涉仪与标准球面反射镜之间;

[0009] 2)、调整干涉仪、部分补偿元件及标准球面反射镜的位置和角度,使干涉仪出射的标准球面波或平面波透过部分补偿元件后入射到标准球面反射镜上,经过标准球面反射镜反射后按原路返回,与干涉仪出射的标准球面波或者平面波产生干涉形成干涉条纹,由此得到相位分布 W_b ;

[0010] 二、数字虚拟样板的相位分布 W_y 的求解及制作:

[0011] 利用标定的相位分布 W_b 、球面理论波前 W_q 和非球面理论波前 W_f 得到数字虚拟样板的相位分布 W_y ,将 W_y 存成干涉仪的系统误差文件;

[0012] $W_y = W_b + (W_q - W_f)$

[0013] 三、待测非球面反射镜面形的测量

[0014] 1)、将部分补偿元件放置于干涉仪与待测非球面反射镜之间;

[0015] 2)、调整干涉仪、部分补偿元件及待测非球面反射镜的位置和角度,使干涉仪出射的标准球面波或平面波透过部分补偿元件后入射到待测非球面反射镜上,经过待测非球面反射镜反射后返回,与干涉仪出射的标准球面波或者平面波产生干涉形成干涉条纹,由此得到相位分布 W_a ;

[0016] 3)、从测量得到的相位分布 W_a 中减去数字虚拟样板的相位分布 W_y ,得到 W_m ;

$$[0017] W_m = W_a - W_y$$

[0018] 四、判断 W_m 的均方根值与待测非球面反射镜面形精度要求的设计值之间的相对偏差是否大于 20% ;若大于 20%,则重复步骤一、二、三,对待测非球面反射镜的面形进行检测,直至得到的 W_m 的均方根值与待测非球面反射镜面形精度要求的设计值之间的相对偏差小于 20%,此时得到的 W_m 即为待测非球面反射镜的面形误差分布。

[0019] 本发明首先对部分补偿元件进行标定得到标定的相位分布 W_b ,然后利用标定的相位分布 W_b 、球面理论波前 W_q 和非球面理论波前 W_f 得到数字虚拟样板的相位分布 W_y 。在每次测量中,数字虚拟样板的相位分布 W_y 早已标定和计算完毕并存储和集成在干涉仪中,且它的文件格式与干涉仪的相位数据文件格式是一致的。从而在每次测量时,将数字虚拟样板的相位分布 W_y 设定为干涉仪的系统误差文件,并开启干涉仪系统误差文件消除功能,即可实时的剔除数字虚拟样板的相位分布 W_y ,进而方便快捷的完成对待测非球面反射镜面形的检测。

[0020] 本发明利用单块的部分补偿元件,就能够准确的实现对光学非球面面形的测量,降低了补偿器的设计难度、简化了补偿器的结构,其物理概念明确,数据处理和数学运算简单,实验操作简单易行,检测成本很低,测试时间短。。

[0021] 本发明对检测结果进行精度分析和判别以其获得准确的待测非球面反射镜面形误差分布,检测精度可达 $\lambda /50$ 以上。

附图说明

[0022] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0023] 图 1 是本发明的部分补偿非球面反射镜面形检测方法流程图。

[0024] 图 2 是对部分补偿元件进行标定的装置结构示意图。

[0025] 图 3 是测量光学凸非球面反射镜面形的装置结构示意图。

[0026] 图 4 是测量光学凹非球面反射镜面形的装置结构示意图。

具体实施方式

[0027] 如图 2- 图 4 所示,实现本发明的部分补偿非球面反射镜面形检测方法的装置包括激光干涉仪 1、部分补偿元件 2、标准球面反射镜 3、调整机构 4、调整结构 5、调整结构 6。

[0028] 如图 1 所示,本发明的部分补偿非球面面形检测方法如下:

[0029] 1) 首先,根据待测非球面反射镜的数学方程设计单块透镜作为部分补偿元件 2。

[0030] 部分补偿元件 2 的设计原则是,干涉仪 1 出射的标准平面或者标准球面波经过部分补偿元件 2 后的出射波面入射到待测非球面反射镜上反射后与干涉仪 1 的参考波面能够产生干涉并能够被干涉仪 1 所分辨和测定。

[0031] 因为利用干涉仪 1 出射的标准平面波或者标准球面波直接入射到待测非球面反

射镜上对非球面进行检测时,反射后的波面可能将无法进入干涉仪 1,即使能够进入干涉仪,被干涉仪接收,该波面与干涉仪参考波面所形成的干涉条纹将会很密,形成条纹混叠,干涉仪将无法分辨和测量。部分补偿元件 2 能够使干涉仪出射的标准波面叠加一定的球差,也即补偿待测非球面反射镜理论波前的部分球差,从而使得入射到待测非球面反射镜的波前与待测非球面反射镜的理论波前有一定的吻合度,两个波面之间的理论偏差将可以被干涉仪分辨和测量。

[0032] 根据待测非球面反射镜的理论方程,部分补偿元件一般可设计成平凸或者平凹的单块透镜。

[0033] 2) 根据光学设计结果,加工和制作部分补偿元件;

[0034] 3) 对部分补偿元件 2 进行标定;具体标定过程如下:

[0035] 标定光路示意图如图 2 所示。利用调整机构 4、调整结构 5、调整结构 6 调整好光路,使干涉仪 1 出射的标准球面波或平面波透过部分补偿元件 2 后入射到标准球面反射镜上,经过超高精度的标准球面反射镜 3 反射后按原路返回,与干涉仪 1 出射的标准球面波或者平面波产生干涉形成干涉条纹。假设标定得到的相位分布为 W_b ,则其可以表达为下式:

$$[0036] W_b = W_s + W_t = W_s + (W'_c - W_q) \quad (1)$$

[0037] 其中 W_s 为部分补偿元件 2 本身的系统误差,它包含了部分补偿元件 2 两个光学表面的面形制造误差、顶点曲率误差、折射率误差、厚度误差,以及位置装调误差等; W_t 为部分补偿元件 2 出射的参考波面与球面理论波前之间的偏差; W_q 为球面理论波前; W'_c 是位于标准球面反射镜 3 面前时部分补偿元件 2 的出射波前(即参考波面)。

[0038] 为了保证标定位置和实际测量位置部分补偿元件 2 出射的参考波面是相同的,对于凸非球面检测时的标定我们将标准球面反射镜 3 置于与待测凸非球面 7 共轭的位置;对于凹非球面的检测,我们将标准球面反射镜 3 放置于待测凹非球面 8 的位置。

[0039] 4) 数字虚拟样板的数值求解及制作

[0040] 假定利用部分补偿元件 2 测定非球面反射镜所得的相位分布为 W_a ,则 W_a 由三部分误差组成,即为下式:

$$[0041] W_a = W_1 + W_s + W_m = W_c - W_f + W_s + W_m \quad (2)$$

[0042] 其中 W_1 为部分补偿元件 2 出射的参考波面与非球面理论波前之间的偏差; W_s 为部分补偿元件 2 本身的系统误差; W_m 为非球面面形误差分布; W_c 为位于待测非球面反射镜面前时部分补偿元件 2 的出射波前; W_f 为非球面理论波前。

[0043] 因为标定时位于标准球面反射镜 3 面前的部分补偿元件 2 出射的参考波面与实际测量时位于待测非球面反射镜面前的部分补偿元件 2 出射的参考波面是相同的,即:

$$[0044] W'_c = W_c \quad (3)$$

[0045] 由 (1)-(3) 可得非球面面形误差分布 W_m 为下式:

$$[0046] W_m = W_a - W_b + (W_f - W_q) = W_a - [W_b + (W_q - W_f)] \quad (4)$$

[0047] 因此若令:

$$[0048] W_y = W_b + (W_q - W_f) \quad (5)$$

[0049] 则 (4) 式可写为:

$$[0050] W_m = W_a - W_y \quad (6)$$

[0051] W_a 是实际测量的相位分布, W_b 是标定所得的相位分布, W_f 与 W_q 是理论波前,可以通

过理论计算得到。因此我们可以将标定获得的 W_b 与 W_f 和 W_q 的理论偏差叠加在一起得到数字虚拟样板的相位分布 W_y , 将此存成干涉仪的系统误差文件。

[0052] 5) 检测实验

[0053] 部分补偿检测非球面反射镜光路如图 3 和图 4 所示。利用调整机构 4、调整结构 5、调整结构 6 调整好检测光路, 使干涉仪 1 出射的标准球面波或平面波透过部分补偿元件 2 后入射到待测非球面反射镜上, 经非球面反射镜反射后与干涉仪 1 的参考光束(即标准球面波或平面波)产生干涉形成干涉条纹, 我们可以测定得到其相位分布为 W_a , 从每次测量的相位分布 W_a 中减去数字虚拟样板的相位分布 W_y , 即可获得非球面反射镜的面形误差分布 W_m , 完成对非球面面形的测量。

[0054] 6) 误差与精度分析:

[0055] 非零位补偿非球面反射镜面形检测精度受很多因素的影响: 如部分补偿元件制作精度、部分补偿元件标定精度、标准球面反射镜精度以及测试环境等影响。一般部分补偿元件制作精度、部分补偿元件标定精度、标准球面反射镜精度的精度都能满足要求, 测量结果精度主要受测试环境(如振动、气流、温度等)的影响, 因此我们对检测结果进行精度分析和判别以其获得准确的非球面面形误差分布, 若非球面的面形误差分布 W_m 的均方根值与待测非球面反射镜面形精度要求的设计值之间的相对偏差大于 20%, 则重复上述步骤, 直至测量精度满足要求。采用本发明方法测量精度可达到 $\lambda /50$ 。

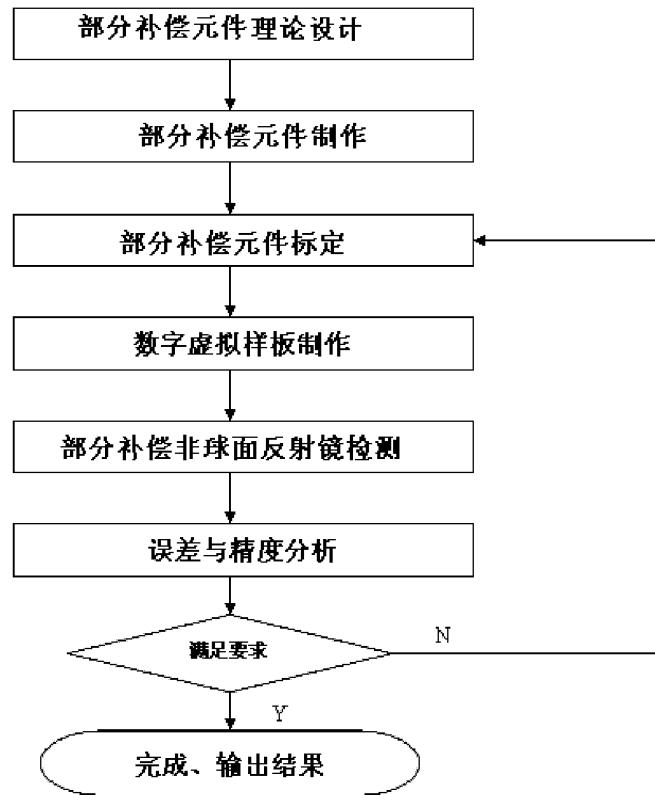


图 1

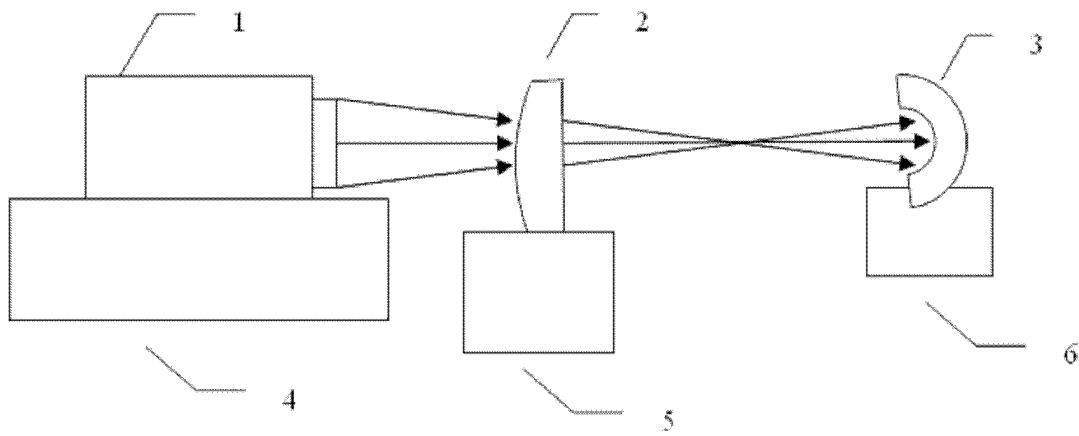


图 2

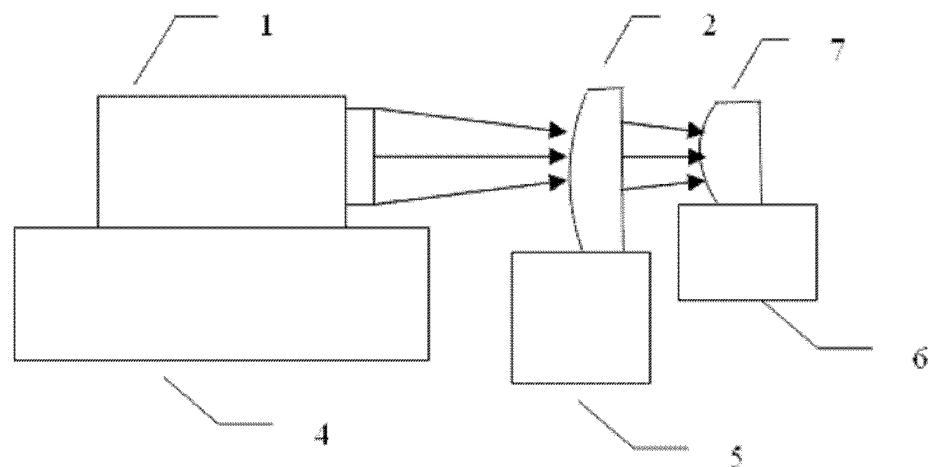


图 3

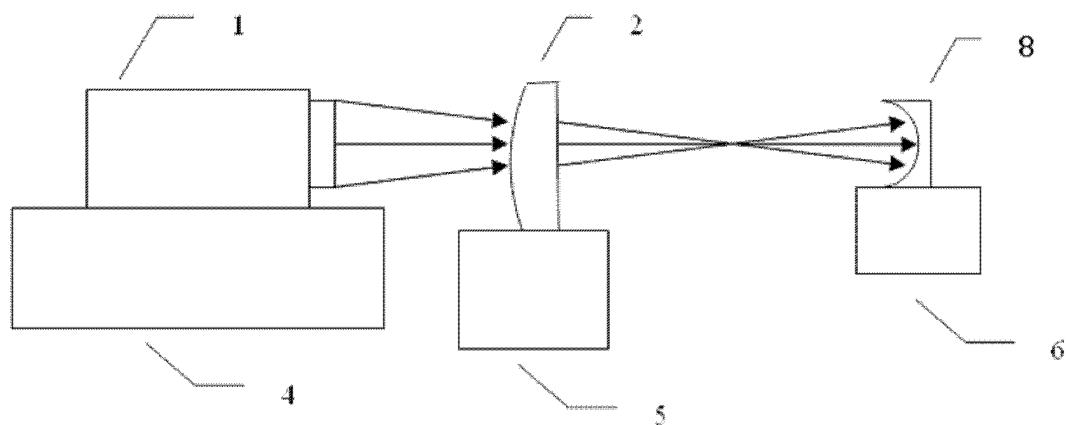


图 4