



(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号
WO 2017/107777 A 1

(43) 国际公布日
2017 年 6 月 29 日 (29.06.2017) W I P O | P C T

- (51) 国际分类号 : G01B 11/24 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2016/108999
- (22) 国际申请日 : 2016 年 12 月 8 日 (08.12.2016)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 : 2015 10975 111.9 2015 年 12 月 23 日 (23.12.2015) CN
- (71) 申请人 : 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 (CHANGCHUN INSTITUTE OF OPTICS, FINE MECHANICS AND PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCE) [CN/CN]; 中国吉林省长春市东南湖大路 3888 号, Jilin 130033 (CN)。
- (72) 发明人 : 彭石军 (PENG, Shijun); 中国吉林省长春市东南湖大路 3888 号, Jilin 130033 (CN)。苗二龙 (MIAO, Erlong); 中国吉林省长春市东南湖大路 3888 号, Jilin 130033 (CN)。高松涛 (GAO, Songtao); 中国吉林省长春市东南湖大路 3888 号, Jilin 130033 (CN)。武东城 (WU, Dongcheng); 中国吉林省长春市东南湖大路 3888 号, Jilin 130033 (CN)。隋永新 (SUI, Yongxin); 中国吉林省长春市东南湖大路 3888 号, Jilin 130033 (CN)。
- (74) 代理人 : 中科专利商标代理有限责任公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.); 中国北京市海淀区西三环北路 87 号 4-1 105 室, Beijing 100089 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR MEASURING SURFACE SHAPE ERROR OF ROTARY SYMMETRICAL UNKNOWN ASPHERIC SURFACE, AND MEASUREMENT DEVICE THEREOF

(54) 发明名称 : 一种旋转对称未知非球面面形误差的测量方法及其测量装置

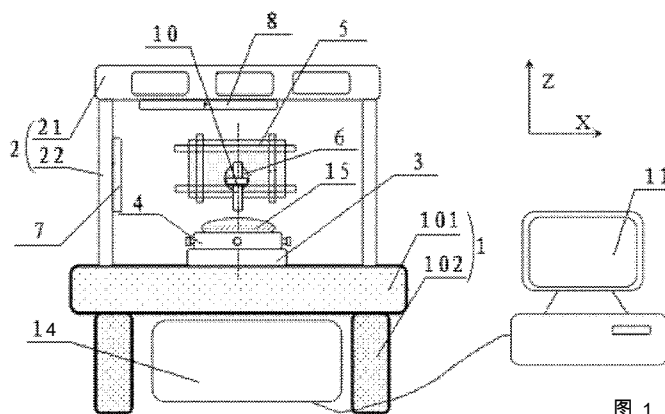


图 1

(57) Abstract: A high-precision measurement method for a rotary symmetrical unknown aspheric surface, and a measurement device. The measurement method comprises: enabling a target measurement head (1004) of an interferometer (10) to be perpendicular to a surface (15) to be measured and scan the surface (15) to be measured; after the scanning, obtaining a group of arrays that pass through a top point of an aspheric surface and that contain spatial coordinates; obtaining, according to an aspheric surface formula, the curvature radius of the top point of the aspheric surface and values of coefficients by using a least squares fitting method; and inputting the calculated aspheric surface parameters to carry out point-to-point scanning on the whole aspheric surface, and comparing an ideal aspheric surface to obtain a surface shape error of the aspheric surface. The measurement device comprises an interferometer (10), an interferometer actuating device, and an interferometer spatial position detection device.

(57) 摘要 :

[见续页]



2017 07777 1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, 本国际公布,

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, - 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种旋转对称未知非球面的高精度测量方法和测量装置。该测量方法包括：使干涉仪 (10) 的目标测头 (1004) 垂直于待测表面 (15) 并对待测表面 (15) 进行扫描，扫描完成后得到一组过非球面顶点的包含空间坐标的数组，根据非球面公式，采用最小二乘拟合法求解得到非球面顶点曲率半径以及各项系数的值；将计算得到的非球面参数输入以对整个非球面进行逐点扫描，对比理想非球面得到非球面的面形误差。该测量装置包括：干涉仪 (10)、干涉仪致动装置和干涉仪空间位置检测装置。

一种旋转对称未知非球面面形误差的测量方法及其测量装置

技术领域

本案涉及光学测量领域，特别提供了一种旋转对称未知非球面面形
5 误差的测量方法及其测量装置。

背景技术

在光学系统中的透镜及反射镜，曲面形式多数为平面和球面，原因是这些简单形式的曲面加工、检测容易，能够做到批量化生产，也容易达到高精度的面形要求，尤其是各种高精度面形检测干涉仪的出现大大
10 降低了高精度平面和球面面形检测的难度。尽管如此，在某些高精度成像系统中，如光刻物镜及核聚变系统，仅仅使用平面和球面镜难以达到预期的成像质量，然而非球面镜的引入成功解决了这一问题，而且非球面的应用增加了非球面设计的自由度，对改善光学系统的成像质量，提高光学性能，减小外形尺寸和重量几方面起着重要作用。采用非球面技
15 术设计的光学系统，可消除球差、慧差、象散、场曲，减小光能损失，从而获得高质量的成像和高品质的光学特性。然而，非球面的加工和检测都要比球面困难很多，这是因为：球面有无数个对称轴，而非球面只有一个，所以非球面不能采用球面加工时的方法加工；非球面各环带的曲率半径不同，在抛光时难以修正。目前，非球面检测的主要方法是轮廓法和干涉法。
20

干涉测量法是测量光学元件的重要方法，既能实现高精度测量，又不会对待测面产生损伤。但是这种干涉仪要实现非球面的测量，需要特殊的方法或装置。在干涉测量法中常用的测量方法有无像差点法、补偿镜法、计算全息图法、环带拼接法、子孔径拼接法、长波长法等。虽然
25 这些方法均能实现高精度测量，但是前提是必须知道非球面的所有几何参数，且补偿镜法、计算全息图法所使用的补偿装置只能针对一种非

球面，无像差点法只针对二次曲面。

轮廓测量法采用接触式或非接触式的测量方式，直接测量非球面的矢高，然后利用非球面方程，减去理想非球面的轮廓线，从而得到非球面的面形轮廓线。接触式测量仪器采用探针直接与非球面接触，通过横向移动探针，并记录探针的高度变化，从而获得非球面的轮廓，这种设备存在测量行程与测量精度矛盾的特点，且容易划伤被测表面；三坐标测量机也是接触式测量仪器，通过对空间坐标的测量，可以获得被测表面的外形轮廓，这种设备测量范围大，但是测量精度相对较低，且容易对被测表面造成损伤。

因此，研发一种在完全未知被测面的几何参数的情况下，实现无损伤检测，成为人们亟待解决的问题。

发明内容

鉴于此，本案的目的在于提供一种旋转对称未知非球面面形误差的测量方法及其测量装置，以至少解决以往在非球面测量过程中需要已知非球面对应的几何参数，以及测量方法精度不高，对待测非球面造成损伤等问题。

本案一方面提供了一种旋转对称未知非球面面形误差的测量方法，包括以下步骤：

使用干涉仪沿待测非球面表面一经线方向进行逐点扫描采样，获得一组关于待测非球面空间坐标的数组 $L(x, z, t)$ ，其中，所述数组 $J(x, z, t)$ 中包含待测非球面的顶点空间坐标；

依据所述数组 $L(x, z, t)$ ，利用最小二乘拟合法计算获得所述待测非球面的顶点曲率半径 r_0 、二次项系数 K 和高次项系数式；

依据所述待测非球面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数式，计算获得所述待测非球面的理想矢高面；

使用干涉仪对所述待测非球面整个表面进行逐点扫描采样，获得所述待测非球面的测量矢高面；

将所述待测非球面的测量矢高面与所述待测非球面的理想矢高面进行比较，获得所述待测非球面的面形误差。

5 本案另一方面还提供了一种旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，用于执行前述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法。

该测量装置优选地包括干涉仪致动装置，用于使干涉仪的目标测头对待测物体的未知非球面进行扫描，并在扫描过程中使所述目标测头始终垂直于所述未知非球面且保持固定的距离。

10 该测量装置优选地还包括干涉仪空间位置检测装置，用于在所述扫描过程中实时获得所述目标测头的空间位置。

该测量装置优选地还包括处理装置，用于获取所述目标测头的空间位置以计算待测非球面空间坐标的数组及执行所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法。

15 本案提供的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法，可以在完全未知非球面方程的情况下，依据待测非球面的一组经线方向空间坐标数组（即一条经过顶点的矢高曲线），通过最小二乘拟合计算获得待测非球面的几何参数，依据该参数获得被测非球面的几何参数，获得理想矢高面，再依据逐点检测获得被测非球面的测量矢高面，通过比较测量矢高面和理想矢高面获得面形误差，完成非球面面形的测量，测量方法简单，方便。

20

本案提供的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，通过多波长干涉仪作为测量头，测量精度高，可测量的非球面种类多，而且为非接触测量，能够满足加工阶段和最后的镀膜阶段的检测，不会对非球面表面产生任何损伤。

25

附图说明

图 1 为旋转对称未知非球面面形误差测量装置的结构示意图；

图 2 为测量装置的多波长干涉仪的前视结构示意图；

图 3 为测量装置的多波长干涉仪的侧视结构示意图；

5 图 4 为测量装置的多波长干涉仪中目标测头扫描待测非球面时运动轨迹示意图；

图 5 为测量装置的多波长干涉仪中目标测头扫描待测非球面时坐标变化示意图。

10 具体实施方式

下面结合具体的实施方案对本案进行进一步解释，但是并不用于限制本案的保护范围。

为了解决以往在非球面测量过程中需要已知非球面对应的几何参数以及还存在测量方法精度不高等问题，本实施方案提供了一种旋转对称
15 未知非球面面形误差的测量方法，包括以下步骤：

S1：使用干涉仪沿待测非球面表面一经线方向进行逐点扫描采样，获得一组关于待测非球面空间坐标的数组 $L(x, z, t)$ ，其中，所述数组 $L(x, z, t)$ 中包含待测非球面的顶点空间坐标，即测量获得的数组 $J(x, z, t)$ 为一条经过待测非球面顶点的矢高曲线。其中， x, z, t 分别是 X 向、Z 向和 T
20 向的坐标，所述 X 向一个水平方向、Z 向为竖直方向，T 向是绕 XZ 平面的法线的旋转方向， χ 、 ζ 、T 共同构成一个空间坐标。

S2：依据上述测量获得的数组 $L(x, z, t)$ ，利用最小二乘拟合法计算获得待测非球面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数 A_n ；

S3：上述计算获得的待测非球面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K
25 和高次项系数式，计算获得待测非球面的理想矢高面；

S4: 使用干涉仪对待测非球面整个表面进行逐点扫描采样，获得待测非球面的测量矢高面；

S5: 将步骤 S4 获得的测量矢高面与步骤 S3 获得的理想矢高面进行比较，获得待测非球面的面形误差，完成非球面的面形测量。

5 其中，步骤 S2 对应的计算过程为：将步骤 S1 扫描采样获得的数组 $J(x, z, t)$ 中各采样点对应的 x 向和 z 向值代入到下面公式 (a) 中，当公式 (a) 的值最小时，计算得到待测非球面相应的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数 A_n ；

公式 (a) 具体为，

$$10 \quad \sum_{i=1}^N [z_i - \left[\frac{cx_i^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2x_i^2}} + \sum_{n=1}^M A_n x_i^n \right]^2] \quad (a)$$

其中， N 为采样点个数， $c = 1/R_0$ 为顶点曲率， R_0 为顶点曲率半径， K 为二次项系数， M 为非球面系数的总阶数， A_n 为高次项系数。

步骤 S3 对应的计算公式为：

$$z = \frac{c\rho^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2\rho^2}} + \sum_{n=1}^M A_n \rho^n$$

15 其中， z 为非球面的矢高， $c = 1/R_0$ 为顶点曲率， R_0 为顶点曲率半径， K 为二次项系数， ρ 为非球面的径向坐标， M 为非球面系数的总阶数， A_n 为高次项系数。

20 由于以往的接触式测量，容易给待测非球面造成损伤，为了解决该问题，在本实施方案中，干涉仪进行扫描采样过程中，干涉仪的测量头始终保持与待测非球面垂直，且测量头到待测非球面的距离保持恒定，优选，测量头到被测非球面的距离大于测量头的焦距，由于在测量头的焦点处容易受灰尘颗粒及表面瑕疵的干扰，通过大于焦距的设计能够提

高了测头抗环境干扰的能力。

本案还提供一种旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，用于执行前述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法。

5 该测量装置至少包括干涉仪致动装置，用于使干涉仪的目标测头对待测物体的未知非球面进行扫描，并在扫描过程中使所述目标测头始终垂直于所述未知非球面且保持固定的距离。这样，通过检测干涉仪的扫描时的运动轨迹即可计算出待测物体的面形。此外，该测量装置还可包括干涉仪空间位置检测装置，其用于在所述扫描过程中实时获得所述目标测头的空间位置。

10 该测量装置还可包括处理装置，用于获取所述目标测头的空间位置以计算待测非球面空间坐标的数组及执行所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法。该处理装置可以是计算机等任何具有信息处理能力的设备。

15 所述干涉仪致动装置可以是任何能在 χ 、 ζ 、 T 三个方向上致动的设备，例如垂直设置的二维运动台和固定在二维运动台上的 τ 向旋转台。所述二维运动台其能够在 X 方向和 Z 方向上作平移， T 向旋转台上再固定所述干涉仪。

20 所述干涉仪空间位置检测装置可以是任何能够获取干涉仪的目标测头空间位置的设备，例如，若干涉仪可以包括 X 向参考测头 χ 、 ζ 、 T 三个方向的参考测头，并另在固定位置设置 X 向参考测头反射镜、 z 向参考测头反射镜和 τ 向圆弧形反射镜，由此，可以直接由 X 、 Z 、 T 三个方向的参考测头获得干涉仪目标测头的空间位置。

25 此外，装置还可包括转台，其旋转面为水平面，其上用于放置具有未知非球面的待测物体。转台可以是气浮转台，并可被控制以进行转动。转台上还可以具有调平调心工作台。

为了安装干涉仪及其他部件，测量装置还可包括安装平台，所述转台、二维运动台、X 向参考测头、Z 向参考测头均可安装在安装平台上。

下面以一个具体的实施例对本案进行进一步的详细说明，但是并不用于限制本案的保护范围。

图 1 为旋转对称未知非球面面形误差的测量装置的结构示意图。该装置包括基座 1，在基座 1 的上方跨设有龙门吊 2，该龙门吊 2 包括横梁 21 和设置于横梁 21 下方的支架 22，在基座 1 的上表面还设置有气浮转台 3，该气浮转台 3 恰好位于龙门吊 2 的下方，在气浮转台 3 的上方固定安装有用来安装待非球面的调平调心工作台 4，该调平调心工作台 4 可对待测非球面进行倾斜和偏心的调整，同时调平调心工作台 4 在气浮转台 3 的带动下可以进行旋转，且其转轴恰好与测量坐标系的 Z 轴重合，气浮转台 3 的上表面即为测量坐标系的 XOY 平面，气浮转台 3 的径向端跳及轴向端跳均小于 $0.1\mu\text{m}$ ，在基座 1 上还固定安装有二维运动台 5，为二维运动台 5 与气浮转台 3 上表面垂直，该二维运动台 5 可沿着测量坐标系的 X 轴方向和 Z 轴方向进行平移，在二维运动台 5 上垂直连接有 T 向旋转台 6，该 T 向旋转台 6 可绕着与 Y 轴进行旋转，在龙门吊 2 的一侧支架 22 上固定设置有 X 向参考测头反射镜 7，在龙门吊 2 的横梁 21 上固定设置有 Z 向参考测头反射镜 8，且 Z 向参考测头反射镜 8 与 X 向参考测头反射镜 7 垂直。参见图 3，二维运动台 5 通过第一悬臂梁 12 固定连接有多波长干涉仪 10，在二维运动台 5 和 T 向旋转台 6 上还连接有多波长干涉仪 10，与气浮转台 3、二维运动台 5、T 向旋转台 6 和多波长干涉仪 10 电连接有主控计算机 11，该主控计算机 11 可控制气浮转台 3、二维运动台 5 和 T 向旋转台 6 的运动，并接收多波长干涉仪 10 发送来的测量数据，依据所述测量数据进行计算和分析，

与主控计算机 11 连接有电源 14。

多波长干涉仪 10 中目标测头 1004 出射的光垂直入射待测非球面 15 的上表面，通过合理控制二维运动台 5 的 X 向、Z 向运动以及 T 向旋转台 6 的运动，使目标测头 1004 始终垂直于待测非球面 15 表面，且目标测头 1004 到被测非球面 15 上表面的距离恒定。固定于调平调心工作 4 上的被测非球面 15 在气浮转台 3 的带动下绕转轴匀速转动，在目标测头 1004 的平动及转动的共同作用下，实现整个被测非球面 15 的面形扫描。调平调心工作台 4 的功能是通过倾斜及偏心的调节使待测非球面 15 的光轴与转轴重合。由型钢制作而成的龙门吊 2 的横梁 21 以及左侧支架 22 上分别固定了一块高精度长条 Z 向参考测头反射镜 8 和 X 向参考测头反射镜 7，将多波长干涉仪 10 中 Z 向参考测头 1002 和 X 向参考测头 1001 的垂直入射光反射回去，实时反馈目标测头 1004 的 X 向和 Z 向位移量。基座 1 支撑起整个测量装置，基座 1 由大理石隔振台 101 以及用于大理石隔振台 101 支撑的气浮隔振腿 102 组成，其中气浮隔振腿 102 有效降低了周围环境振动对测量的影响。电源 14 与主控计算机 11 连接在一起，主控计算机 11 还与气浮转台 3、二维运动台 5、T 向旋转台 6 和多波长干涉仪 10 连接，对气浮转台 3、二维运动台 5 和 T 向旋转台 6 发送运动指令，同时实时读取多波干涉仪 10 中各测头的测量数据，然后进行分析和计算。

其中，气浮转台 3、调平调心工作台 4、二维运动台 5 和 T 向旋转台 6 均为市购的成品。

参见图 2 和图 3，多波长干涉仪 10 包括 X 向参考测头 1001、Z 向参考测头 1002、T 向参考测头 1003、目标测头 1004，其中，参见图 2，X 向参考测头 1001 和 Z 向参考测头 1002 分别固定连接于 T 向圆弧形反射镜 9 的第一侧壁 901 和第二侧壁 902 上，且 X 向参考测头 1001 与 X 向

参考测头反射镜 7 相对，Z 向参考测头 1002 与 Z 向参考测头反射镜 8 相对，参见图 3，T 向参考测头 1003 和目标测头 1004 背向连接，且通过第二悬臂梁 13 与 T 向旋转台 6 固定连接，参见图 2，T 向参考测头 1003 与 T 向圆弧形反射镜 9 的内弧面相对。

5 为了降低环境对于该装置测量的影响，在本实施方案中，参见图 1，将基座 1 设计为包括：大理石隔振台 101 以及用于所述大理石隔振台 101 支撑的气浮隔振腿 102。

在本实施方案中，T 向圆弧形反射镜 9 为圆心角为 120° 的弧形镜，且弧形镜的圆度 $< 1\mu\text{m}$ ，反射率 $> 95\%$ 。

10 如图 2 所示，1002 为 Z 向参考测头，焦距 200mm，从 Z 向参考测头 1002 出射的多波长光束垂直入射在长条 Z 向参考测头反射镜 8 上并被反射回来形成干涉，产生载频信号，通过移相算法得到 Z 向的位移量并发送到主控计算机 11 中。同理，1001 为 X 向参考测头，焦距 250mm，从 X 向参考测头 1001 出射的多波长光束被长条 X 向参考测头反射镜 7
15 反射回来形成干涉，产生载频信号，通过移相算法得到 X 向的位移量并发送到主控计算机 11 中。1003 为 T 向参考测头，焦距 10mm，从 T 向参考测头 1003 出射的多波长光束垂直入射在 T 向圆弧形反射镜 9 上并被反射回来形成干涉，产生载频信号，通过移相算法得到 T 向参考测头 1003 到弧形反射镜的径向位移量并发送到主控计算机 11 中。1004 为目
20 标测头，焦距约 2.7mm，从目标测头 1004 出射的多波长光束垂直入射待测面并被反射回去产生干涉，产生载频信号，通过移相算法得到目标测头到待测面的距离并发送到主控计算机中。

如图 3 所示，Z 向参考测头 1002 及 T 向圆弧形反射镜 9 通过第一悬臂梁 12 固定在二维运动台 5 上，T 向参考测头 1003 及目标测头 1004
25 则通过第二悬臂梁 13 固定在 T 向旋转台 6 上，而 T 向旋转台 6 又被固

定在二维运动台 5 上。因此，当二维运动台 5 发生平移运动时，所有的测头都随之发生平移运动，与此同时，T 向旋转台 6 还可以使目标测头 1004 及 T 向参考测头 1003 产生旋转运动，从而使目标测头 1004 到待测面的距离维持恒定。这种平移与旋转的同步进行是实现目标测头到待测面距离不变，光强不变的基本保证，也是实现未知非球面表面矢高的高精度扫描的前提。

如图 4 所示，在对待测非球面面形进行扫描测试时，目标测头 1004 始终垂直于被测表面。测头的运动是沿着非球面矢高面给出的矢高切线方向进行的，目标测头距离待测面表面的距离稍大于焦距。这是因为焦点处光斑直径为 $4\mu\eta$ ，容易受灰尘颗粒及表面瑕疵的干扰，因此，测量点偏离焦点位置，增大了测量光斑的直径，提高了测头抗环境干扰的能力。设定好径向及圆周向的采样间隔，目标测头沿着 X，Z 及 T 向运动时，气浮转台 3 同步发生旋转运动，最终扫描完待测面的整个通光口径区域。

如图 5 所示，当目标测头 1004 位于非球面顶点 $P_0(x_0, y_0)$ 时，光强大小为 I_0 ，此处目标测头 1004 的光轴与气浮转台 3 的转轴重合，目标测头 1004 到待测面的距离为 L ，略大于测头焦距 f_Q ，沿 X 轴方向运动 dx_i 的小量到达 P 点，此时的光强为 I_i ，保持当前 X，Z 位置不变，转动目标测头 1004，找到光强最大值时对应的旋转角 θ_i ，认为此角度下测头垂直于待测面。然后通过合理控制目标测头 1004 在 X 向和 Z 向的步进量，使目标测头 1004 始终沿着 (θ_i) 倾斜角方向接近或远离待测面运动。根据光强值由大变小的趋势，找到光强值为 I_0 时的位置，此时 P_i 点坐标为 (x_i, ζ_i, t_i) 。依此法继续移动目标测头 1004 直至待测面的边缘，从而

得到一系列的采样点的坐标。将得到的采样点的坐标，通过最小二乘法拟合，即可计算得到非球面的顶点曲率半径，二次项系数及高次项系数等几何参数。

上述各个方案中的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，适用于中心无孔的旋转对称抛光非球面或锥面的面形测量，其具体的测量过程为：

步骤 i: 将待测非球面安装在调平调心工作台 4 上，旋转待测非球面，通过目测将待测非球面光轴尽量与气浮转台 3 的转轴调一致，再次旋转气浮转台 3，然后利用精度 $1\mu\text{m}$ 的杠杆表，测量非球面的偏心量，利用垂直于非球面表面的多波长干涉仪 10 测量非球面的倾斜，通过多次调整气浮转台 3 的偏心和倾斜使非球面的光轴与转轴重合。

步骤 ii: 将多波长干涉仪 10 的目标测头 1004 置于非球面顶点位置且过光轴，从目标测头 1004 出射的光垂直入射非球面表面，目标测头 1004 到非球面的距离约 2.7mm ，记录此时目标测头距离非球面表面的精确距离以及光强值。移动目标测头 1004 至偏离顶点 $1/8$ 口径处，调整目标测头 1004 的空间坐标 (x, z, t) ，使目标测头 1004 到非球面的距离及光强值与顶点位置处一致，以此点为起始点，沿着接近顶点方向进行逐点扫描，直至扫描完通光口径范围，在整个扫描过程中保持目标测头 1004 到非球面表面的距离及光强值不变。

步骤 iii: 根据非球面公式，利用最小二乘拟合法将测量得到的多点采样数据进行数据处理和求解，得到非球面的几何参数。将计算得到的非球面几何参数输入测量软件中，在软件的控制下，对整个非球面进行逐点扫描，再将扫描得到的数据与理想非球面比较，得到非球面面形误差，从而完成非球面面形测量。

具体测量步骤是：

首先，给测量装置上电，打开相应的测量软件，待系统稳定后，将待测非球面 15 置于调平调心工作台 4 上。将一杠杆表表针与非球面外缘相接触，转动气浮转台 3，通过调节非球面的偏心，最后使非球面旋转一周，杠杆表的读数在微米量级变化。将目标测头 1004 置于待测非球面 15 上方，该位置距离中心位置约 $3/4$ 口径处，通过二维运动台 5 及 T 向旋转台 6 的调整，使目标测头 1004 垂直于待测面。再次转动气浮转台 3，通过调整待测非球面的倾斜，使待测非球面旋转一周，目标测头 1004 到被测非球面距离的变化量在微米量级。综合考虑杠杆表及目标测头的读数，反复调整非球面的偏心及倾斜，最后使非球面旋转一周，杠杆表及目标测头读数的变化均小于 $1\mu\text{m}$ 。此时可以认为非球面光轴与转轴重合。

然后将目标测头 1004 移至待测非球面 1004 顶点位置上方，并使目标测头 1004 的光轴与气浮转台 3 转轴重合，目标测头 1004 到待测非球面 1004 的距离略大于焦距 f ，记录此时目标测头 1004 的位置坐标 $P_0(x_0, z_0, t_0)$ ，及光强大小 I_0 。其中 x_0 的值由 X 向参考测头 1001 给出， z_0 的值由 Z 向参考测头 1002 给出， t_0 的值由 T 向参考测头 1003 给出， I_0 的值由目标测头 1004 给出。

目标测头 1004 沿着 X 轴远离中心位置的方向运动一小段距离 dx 后到达 P_1 点，此时目标测头接收到的光强值为 I_i 。保持当前 X，Z 位置不变，转动目标测头，找到光强最大值时对应的旋转角 $($ ，认为此角度下目标测头垂直于待测面。严格控制二维运动台 X 向和 Z 向的步进量，使测头始终沿着倾斜角 $($ 方向接近或远离待测面。当光强值由大变小时，在这附近即可找到光强值为 I_0 时的位置，记录此时测头的位置坐标

$P_1(x_1, z_1, t_1)$ 。依此法继续移动测头直至待测面的边缘，从而得到一系列的

采样点的坐标 $\sum_{i=1}^N P_i(x_i, z_i, t_i)$ ，其中 N 为总采样点数。

非球面方程表达式被写为：

$$z = \frac{c\rho^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2\rho^2}} + \sum_{n=1}^M A_n \rho^n$$

5 其中 z 为非球面的矢高， $e = 1/R_0$ 为顶点曲率， R_0 为顶点曲率半径， K 为二次曲面常数， ρ 为球面的径向坐标， A_n 为高次项系数， M 为非球面系数的总阶数。将采样得到的位置坐标 $\sum P_i(x_i, z_i, t_i)$ 的 x, z 向的值代入非球面方程中并取平方和得到下式：

$$\sum_{i=1}^N \left[z_i - \left(\frac{cx_i^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2x_i^2}} + \sum_{n=1}^M A_n x_i^n \right) \right]^2$$

10 当上式的值最小时，计算得到非球面的顶点曲率半径，二次项系数及高次项系数等几何参数，该计算方法即为最小二乘法拟合法。

最后，将计算得到的非球面几何参数逐一输入到测量软件中计算得到待测非球面的理想矢高面，主控计算机 11 发出指令使目标测头垂直非球面表面，并从偏离光轴 1/8 通光口径的距离处开始扫描，直至测头
15 运动至非球面边缘。扫描过程中气浮转台 3 始终以一恒定速率转动，该速率由采样间隔决定，扫描完成后，将所测得的整个面的测量矢高面与理想矢高面比较，即可获得非球面面形误差，从而完成旋转对称未知非球面面形的测量。

为了实现高精度测量，还需要完成以下工作：

20 二维运动台 5 中 X 向、Z 向运动机构直线度误差标定，Z 向参考测头与转轴夹角的标定，X 向参考测头与转轴垂直度的标定。T 向旋转台

与 T 向圆弧形反射镜的圆度误差，目标测头光轴相对转轴的偏心量标定等。

光学测量传感器容易受环境的温度、湿度、压强以及气流扰动的影响，温度、湿度、压强的变化使空气折射率发生变化，气流扰动引起空气折射率的分布不均匀。因此，除了对测量环境的温度、湿度、压强进行严格控制外，还增加了防护罩降低气流扰动的影响。

以上所述仅为本案的优选实施例而已，并不用于限制本案，对于本领域的技术人员来说，本案可以有各种更改和变化。凡在本案的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本案的保护范围之内。

权利要求

1、一种旋转对称未知非球面面形误差的测量方法，包括以下步骤：
使用干涉仪沿待测非球面表面一经线方向进行逐点扫描采样，获得
一组关于待测非球面空间坐标的数组 $J(x, z, t)$ ，其中，所述数组 $J(x, z, t)$ 中
5 包含待测非球面的顶点空间坐标， x 、 z 、 t 分别是 X 向、 Z 向和 T 向的坐
标， X 向一个水平方向、 Z 向为竖直方向， T 向是绕 XZ 平面的法线的
旋转方向；

依据所述数组 $L(x, z, t)$ ，利用最小二乘拟合法计算获得所述待测非球
面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数式；

10 依据所述待测非球面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系
数 A_n ，计算获得所述待测非球面的理想矢高面；

使用干涉仪对所述待测非球面整个表面进行逐点扫描采样，获得所
述待测非球面的测量矢高面；

15 将所述待测非球面的测量矢高面与所述待测非球面的理想矢高面
进行比较，获得所述待测非球面的面形误差。

2、按照权利要求 1 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方
法，依据所述数组 $L(x, z, t)$ ，利用最小二乘拟合法计算获得所述待测非球
面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数 A_n 步骤，具体为：

20 将所述数组 $L(x, z, t)$ 中各采样点对应的 x 向和 z 向值代入到公式 (a)
中，当公式 (a) 的值最小时，计算得到待测非球面相应的顶点曲率半径
 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数式；

所述公式 (a) 具体为，

$$\sum_{i=1}^N \left[z_i - \left[\frac{cx_i^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2x_i^2}} + \sum_{n=1}^M A_n x_i^n \right] \right]^2$$

其中， N 为采样点个数， $c = 1/R_0$ 为顶点曲率， R_0 为顶点曲率半径， K 为二次项系数， M 为非球面系数的总阶数， A_n 为高次项系数。

3、按照权利要求 1 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法，依据所述待测非球面的顶点曲率半径 R_0 、二次项系数 K 和高次项系数式，计算获得所述待测非球面的理想矢高公式为：

$$z = \frac{c\rho^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2\rho^2}} + \sum_{n=1}^M A_n \rho^n$$

其中， z 为非球面的矢高， $c = 1/R_0$ 为顶点曲率， R_0 为顶点曲率半径， K 为二次项系数， ρ 为非球面的径向坐标， M 为非球面系数的总阶数， A_n 为高次项系数。

4、按照权利要求 1 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法，干涉仪进行扫描采样过程中，干涉仪的测量头始终保持与待测非球面垂直，且测量头到待测非球面的距离保持恒定。

5、按照权利要求 4 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法，所述测量头到被测非球面的距离大于测量头的焦距。

6、一种旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，用于执行权利要求 1 至 5 中任一项所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法。

7、根据权利要求 6 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，包括干涉仪致动装置，用于使干涉仪的目标测头对待测物体的未知非球面进行扫描，并在扫描过程中使所述目标测头始终垂直于所述未知非球面且保持固定的距离。

8、根据权利要求 7 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装

置，还包括干涉仪空间位置检测装置，用于在所述扫描过程中实时获得所述目标测头的空间位置。

9、根据权利要求 8 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，还包括处理装置，用于获取所述目标测头的空间位置以计算待测非球面空间坐标的数组及执行权利要求 1 至 5 中任一项所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量方法。

10、根据权利要求 8 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，所述空间位置指 X 向、Z 向和 T 向的坐标，所述 X 向一个水平方向、Z 向为竖直方向，T 向是绕 XZ 平面的法线的旋转方向。

11、根据权利要求 10 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，所述干涉仪致动装置包括二维运动台 (5) 和 T 向旋转台 (6)，所述二维运动台 (5) 其能够在 X 方向和 Z 方向上作平移；T 向旋转台 (6)，固定于所述二维运动台 (5) 上，其上固定所述干涉仪。

12、根据权利要求 11 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，所述干涉仪空间位置检测装置包括 X 向参考测头反射镜 (7)、Z 向参考测头反射镜 (8)、T 向圆弧形反射镜 (9)；

所述干涉仪 (10) 还包括 X 向参考测头 (1001)、Z 向参考测头 (1002)、T 向参考测头 (1003)；

所述 X 向参考测头 (1001) 与所述 X 向参考测头反射镜 (7) 相对，所述 Z 向参考测头 (1002) 与所述 Z 向参考测头反射镜 (8) 相对，所述 T 向参考测头 (1003) 和目标测头 (1004) 背向连接，且各参考测头均与所述 T 向旋转台 (6) 固定连接，所述 T 向参考测头 (1003) 与所述 T 向圆弧形反射镜 (9) 的内弧面相对。

13、根据权利要求 12 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量

装置，还包括转台（3），其旋转面为水平面，其上用于放置具有未知非球面的待测物体。

14、根据权利要求 13 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，还包括安装平台，所述转台、二维运动台（5）、X 向参考测头（1001）、
5 Z 向参考测头（1002）均安装在安装平台上。

15、根据权利要求 14 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，所述安装平台包括基座（1）和跨设于所述基座（1）的上方的龙门吊（2），龙门吊（2）包括横梁（21）和设置于所述横梁（21）下方的支架（22）；

10 所述转台（3）位于所述龙门吊（2）的下方，安装于所述基座（1）的上表面；

所述 X 向参考测头反射镜（7）固定设置于所述龙门吊（2）的一侧支架（22）上；

15 所述 Z 向参考测头反射镜（8）固定设置于所述龙门吊（2）的横梁（21）上，且与所述 X 向参考测头反射镜（7）垂直。

16、根据权利要求 15 所述的旋转对称未知非球面面形误差的测量装置，还包括调平调心工作台（4），其固定安装于所述气浮转台（3）的上方。

17、按照权利要求 16 所述旋转对称未知非球面面形误差的测量装
20 置，所述基座（1）包括大理石隔振台（101）以及用于所述大理石隔振台（101）支撑的气浮隔振腿（102）。

1/1

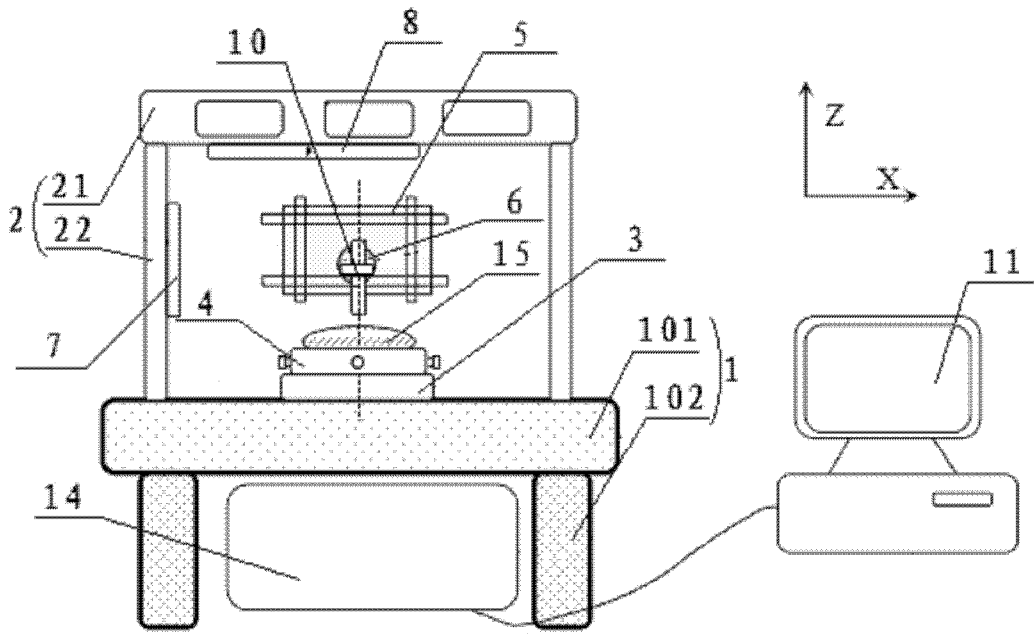


图 1

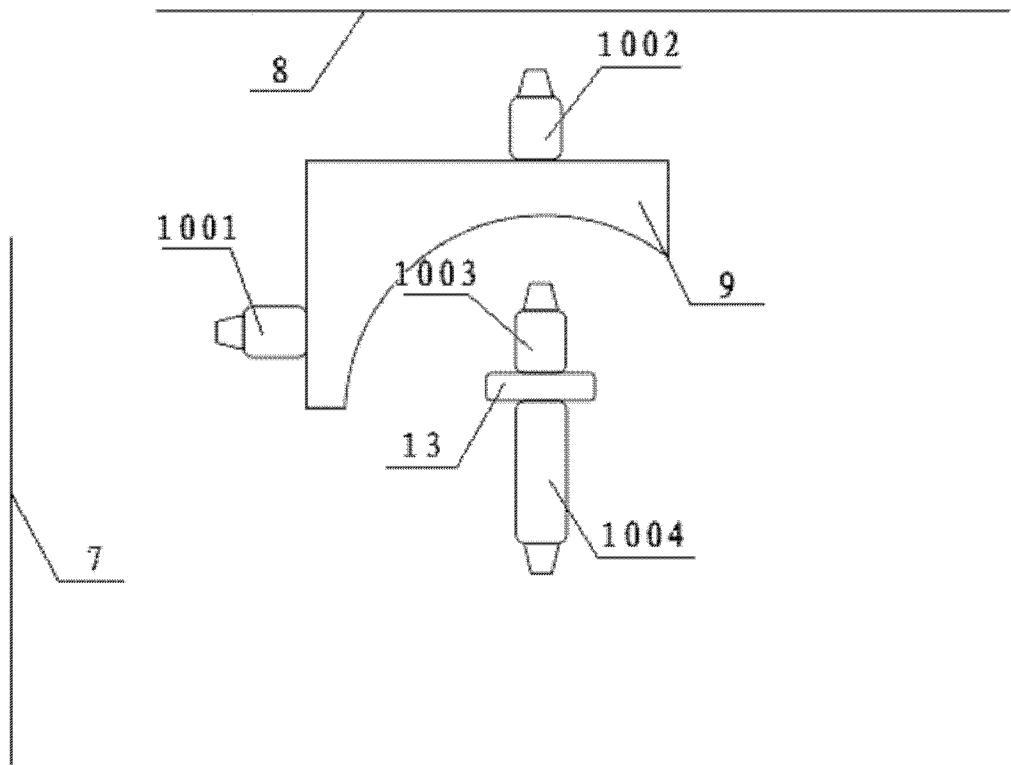


图 2

2/2

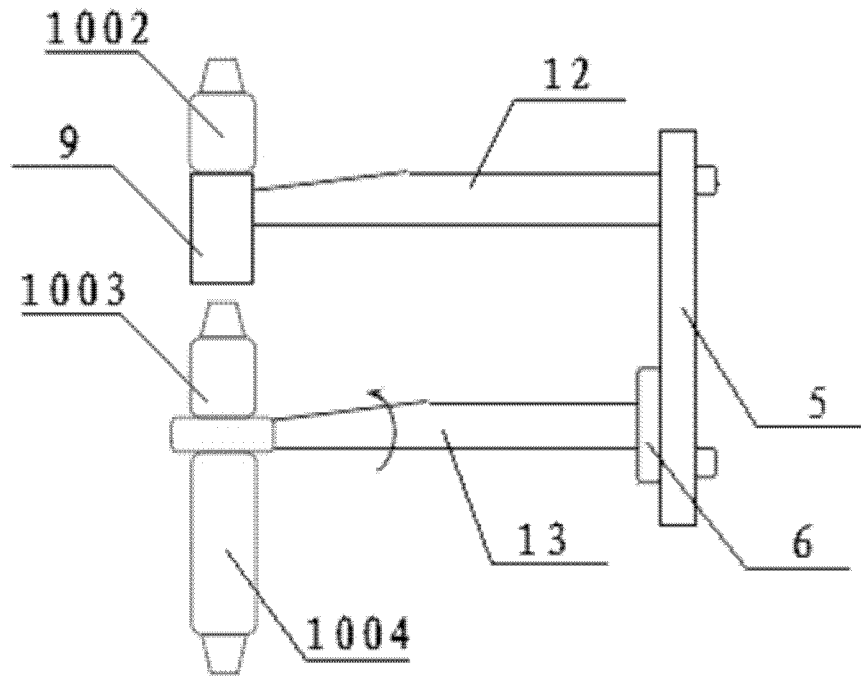


图 3

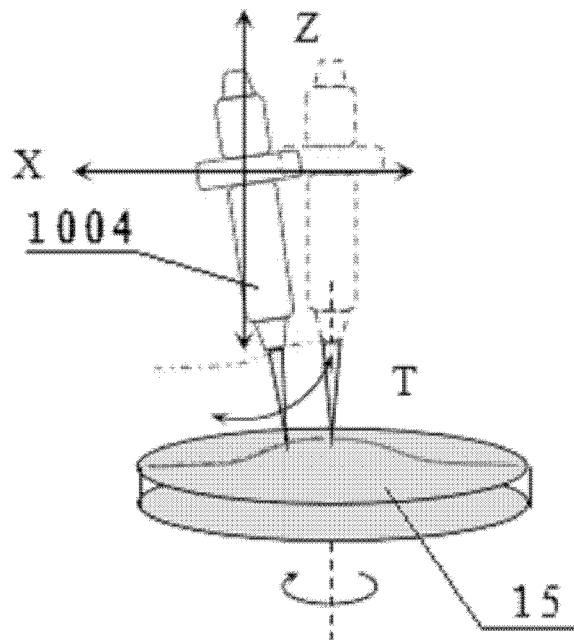


图 4

3/3

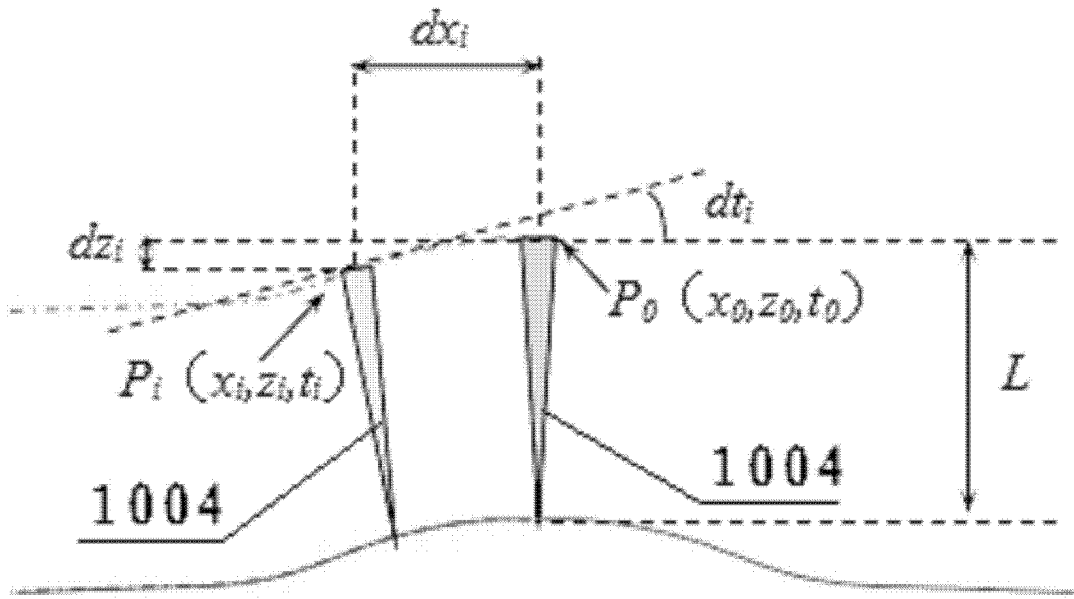


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN20 16/108999

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01B 11/24 (2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G01B 11/-		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, ISI: changchun institute of optics fine mechanics and physics Chinese academy of sciences, peng shiju II, sui yongxin, miao erlong, yang huaijiang, gao songtao, wu dongcheng, aspheric, non- spherical, shape, error, interference, rotate, coordination, radius, meridional		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105627947 A (CHANGCHUN INSTITUTE OF OPTICS, FINE MECHANICS AND PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 01 June 2016 (01.06.2016) description, paragraphs [0046]-[0088], and figures 1-5	1-17
A	YUAN, Ljun et al. "Method of digital wavefront for testing asphere", Journal of Applied Optics, vol. 6, no. 33, 30 November 2012 (30.11.2012), ISSN:1002-2082, pages 1118-1121	1-17
A	CN 104913732 A (NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY, P.R.C) 16 September 2015 (16.09.2015) the whole document	1-17
A	CN 101571382 A (XIAMEN UNIVERSITY) 04 November 2009 (04.11.2009) the whole document	1-17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
06 February 2017	01 March 2017	
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer SHI, Mingfeng Telephone No. (86-10) 62413914	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/108999

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102997863 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 27 March 2013 (27.03.2013) the whole document	1-17
A	CN 101666628 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 10 March 2010 (10.03.2010) the whole document	1-17
A	CN 103292729 A (XIAMEN UNIVERSITY) 11 September 2013 (11.09.2013) the whole document	1-17
A	JP H08 35909 A (RICOH K. K.) 06 February 1996 (06.02.1996) the whole document	1-17
A	JP 2006343234 A (YASKAWA INFORMATION SYSTEMS K. K. et al.) 21 December 2006 (21.12.2006) the whole document	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

International application No.
 PCT/CN2016/108999

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105627947 A	01 June 2016	None	
CN 104913732 A	16 September 2015	None	
CN 101571382 A	04 November 2009	None	
CN 102997863 A	27 March 2013	CN 102997863 B	03 June 2015
CN 101666628 A	10 March 2010	CN 101666628 B	01 December 2010
CN 103292729 A	11 September 2013	None	
JP H0835909 A	06 February 1996	None	
JP 2006343234 A	21 December 2006	None	

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01B 11/24 (2006. 01) i</p> <p>按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)</p> <p>G01B1 1/-</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))</p> <p>CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, ISI : 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 彭石军, 隋永新, 苗二龙, 杨怀江, 高松涛, 武东城, 非球面, 面型, 面形, 误差, 干涉, 旋转, 转动, 坐标, 径, 经, aspheric, non-spherical, shape, error, interference, rotate, coordination, radius, meridional</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">类 型*</th> <th style="width:70%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width:20%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105627947 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2016 年 6 月 1 日 (2016 - 06 - 01) 说明书第 [0046] - [0088] 段, 附图 1-5</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>袁吕军等. "非球面数字波面检测技术" 应用光学, 第6卷, 第33期, 2012 年 11 月 30 日 (2012 - 11 - 30), ISSN: 1002-2082, 第 1118- 1121 页</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104913732 A (中国计量科学研究院) 2015 年 9 月 16 日 (2015 - 09 - 16) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101571382 A (厦门大学) 2009 年 11 月 4 日 (2009 - 11 - 04) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102997863 A (北京理工大学) 2013 年 3 月 27 日 (2013 - 03 - 27) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101666628 A (哈尔滨工业大学) 2010 年 3 月 10 日 (2010 - 03 - 10) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 105627947 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2016 年 6 月 1 日 (2016 - 06 - 01) 说明书第 [0046] - [0088] 段, 附图 1-5	1-17	A	袁吕军等. "非球面数字波面检测技术" 应用光学, 第6卷, 第33期, 2012 年 11 月 30 日 (2012 - 11 - 30), ISSN: 1002-2082, 第 1118- 1121 页	1-17	A	CN 104913732 A (中国计量科学研究院) 2015 年 9 月 16 日 (2015 - 09 - 16) 全文	1-17	A	CN 101571382 A (厦门大学) 2009 年 11 月 4 日 (2009 - 11 - 04) 全文	1-17	A	CN 102997863 A (北京理工大学) 2013 年 3 月 27 日 (2013 - 03 - 27) 全文	1-17	A	CN 101666628 A (哈尔滨工业大学) 2010 年 3 月 10 日 (2010 - 03 - 10) 全文	1-17
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 105627947 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2016 年 6 月 1 日 (2016 - 06 - 01) 说明书第 [0046] - [0088] 段, 附图 1-5	1-17																					
A	袁吕军等. "非球面数字波面检测技术" 应用光学, 第6卷, 第33期, 2012 年 11 月 30 日 (2012 - 11 - 30), ISSN: 1002-2082, 第 1118- 1121 页	1-17																					
A	CN 104913732 A (中国计量科学研究院) 2015 年 9 月 16 日 (2015 - 09 - 16) 全文	1-17																					
A	CN 101571382 A (厦门大学) 2009 年 11 月 4 日 (2009 - 11 - 04) 全文	1-17																					
A	CN 102997863 A (北京理工大学) 2013 年 3 月 27 日 (2013 - 03 - 27) 全文	1-17																					
A	CN 101666628 A (哈尔滨工业大学) 2010 年 3 月 10 日 (2010 - 03 - 10) 全文	1-17																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在c栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>"I" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</p> <p>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>"?" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>"&" 同族专利的文件</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>"I" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</p> <p>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>"?" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>"&" 同族专利的文件</p>																			
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>"I" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</p> <p>"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>"?" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>"&" 同族专利的文件</p>																						
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p style="text-align: center;">2017 年 2 月 6 日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p style="text-align: center;">2017 年 3 月 1 日</p>																					
<p>ISA/CN 的名称和邮寄地址</p> <p style="text-align: center;">中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10) 62019451</p>		<p>受权官员</p> <p style="text-align: center;">史敏峰</p> <p>电话号码 (86-10) 62413914</p>																					

C. 相关文件		
类型 ^k	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103292729 A (厦门大学) 2013 年 9 月 11 日 (2013 - 09 - 11) 全文	1-17
A	JP H0835909 A (RICOH K.K.) 1996 年 2 月 6 日 (1996 - 02 - 06) 全文	1-17
A	JP 2006343234 A (YASKAWA INFORMATION SYSTEMS K.K. ET AL) 2006 年 12 月 21 日 (2006 - 12 - 21) 全文	1-17

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/108999

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105627947	A	2016年6月10	无	
CN	104913732	A	2015年9月16日	无	
CN	101571382	A	2009年11月4日	无	
CN	102997863	A	2013年3月27日	CN	102997863 B 2015年6月3日
CN	101666628	A	2010年3月10日	CN	101666628 B 2010年12月1日
CN	103292729	A	2013年9月11日	无	
JP	H0835909	A	1996年2月6日	无	
JP	2006343234	A	2006年12月21日	无	