

(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

(43) 国际公布日
2021 年 9 月 23 日 (23.09.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/184480 A1

(51) 国际专利分类号:
B24B 1/00 (2006.01) *B24B 41/04* (2006.01)
B24B 29/02 (2006.01) *B24B 49/12* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/085342

(22) 国际申请日: 2020 年 4 月 17 日 (17.04.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010202480.5 2020年3月20日 (20.03.2020) CN

(71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 周平 (ZHOU, Ping); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。耿志超 (GENG, Zhichao); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。闫英

(YAN, Ying); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。王林 (WANG, Lin); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。王凯 (WANG, Kai); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。郭东明 (GUO, Dongming); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(74) 代理人: 大连东方专利代理有限责任公司 (DALIAN EAST PATENT AGENT LTD.); 中国辽宁省大连市西岗区黄河路263号608室, Liaoning 116011 (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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

(54) Title: ROCKER ARM TYPE POLISHING DEVICE AND METHOD FOR PLANE PART FULL-CALIBER DETERMINISTIC POLISHING

(54) 发明名称: 一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置和方法

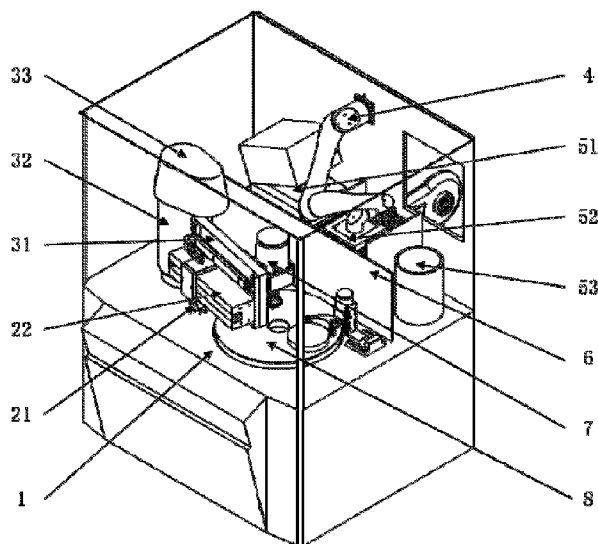


图 2

(57) Abstract: A rocker arm type polishing device and method for plane part full-caliber deterministic polishing. The rocker arm type polishing device for plane part full-caliber deterministic polishing comprises a control system, a base (1), a lifting plate (6), a polishing module and a measuring module. The polishing module and the measuring module are both located on the base (1); the lifting plate (6) is positioned between the polishing module and the measuring module; the polishing module comprises a rocker arm mechanism (3), a polishing pad surface finishing mechanism (7), a polishing pad surface shape measuring device (2) and an annular polishing tool disc mechanism (8); and the measuring module comprises a plane part surface shape automatic measuring device (5) and a mechanical arm mechanism (4).



WO 2021/184480 A1



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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置和方法, 平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置包括控制系统、基座 (1)、升降板 (6)、抛光模块和测量模块; 抛光模块和测量模块均位于基座 (1) 上; 升降板 (6) 位于抛光模块和测量模块之间; 抛光模块包括摇臂机构 (3)、抛光垫表面修整机构 (7)、抛光垫面形测量装置 (2) 和环形抛光工具盘机构 (8); 测量模块包括平面零件面形自动化测量装置 (5) 和机械臂机构 (4)。

一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置和方法

技术领域

本发明涉及抛光技术领域，特别是一种适用于平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置和方法。

背景技术

光学系统在航空航天、国防军事、空间探测以及天文光学观测等方面被广泛应用。在紫外光学、强光光学、短波光学、远红外波光学等方面的工程光学领域，平面零件通常被作为透射元件、反射元件、衍射元件等成像元件或其它功能元件。随着光学技术的不断发展及应用，对光学元件的制造技术水平要求不断提高。一方面，光学元件的精度要求不断提高，另一方面，随着光学系统的需求增加，对光学元件的需求数量日益增大，提高光学元件的加工效率成为光学技术发展的迫切要求之一。

为了实现光学元件的高精度和高表面质量加工，传统平面光学元件的加工包括磨削、研磨、聚氨酯抛光、沥青抛光和局部修形等工艺流程。聚氨酯抛光能够有效去除磨削损伤，但是，加工过程中边缘效应显著，容易出现塌边现象，聚氨酯抛光垫的非均匀磨损也容易导致中凸面形，难以获得高的面形精度。沥青盘环抛是当前最为流行的全口径高精度平面加工方法，可以获得高的面形精度。但是，沥青盘环抛材料去除率低，且沥青盘面形的修整高度依赖人工经验，不确定性高，造成了加工效率低下，难以实现大批量光学元件的稳定高效加工。为此，需要一种全口径确定性抛光的装置与方法，通过材料去除率的准确分析和抛光垫面形的精准控制，使平面零件面形快速收敛，实现大批量光学元件的稳定高效加工。

目前，诸多学者对全口径抛光加工的方法及装置等方面进行了一些研究。在加工方法领域，可以通过将工具盘修平使得平面零件表面凹凸位置产生压力差异进而产生差异性材料去除率，逐步将工具盘面形复制到平面零件表面，来实现高精度平面加工（Zhang,C.,Zhao,H.,Gu,Y.,Ban,X.,&Jiang,C.2017.Design of an ultra-precision CNC chemical mechanical polishing machine and its implementation. Optifab 2017, 104482Q.）；也可以通过调整修整轴的倾斜角度，将抛光垫面形修

整为与平面零件面形近似相反的形状，借助增大平面零件凹、凸位置接触压力的差异性来实现更高的抛光效率（谢瑞清,李亚国,王健,陈贤华,黄浩,&许乔.2010.光学加工中抛光垫特征对工件面形的影响分析.光电工程,37.）；在专利“一种平面零件全局修形加工装置和方法”（CN108381331A）中，根据平面零件面形将抛光垫修整为带特定沟槽的图案抛光垫，进而控制平面零件表面的材料去除率分布函数，使该材料去除率分布函数与平面零件面形呈归一化后的镜像对称关系，实现平面零件的确定性加工。

为了实现平面零件的高精度平面加工，保证工具盘的平面度并将其复制给被加工的平面零件，在抛光作业前需要将抛光垫修平，在专利“一种精密丝杠驱动式环型气体静压导轨”（CN106736612A）中，通过一种精密丝杠驱动式环型气体静压导轨，来保证气体静压导轨具有更小的气膜间隙、更高刚度和精度，但是，该装置配备的高精度静压导轨成本较高。

为了实现平面零件的确定性加工，即确定性控制平面零件表面的材料去除率分布函数，可以通过采用开槽装置在抛光垫上开设沟槽的方式来实现。在专利“一种平面零件全局修形加工装置和方法”（CN108381331A）中，通过在传统研磨或抛光机床上增加抛光垫表面车平机构和表面沟槽车削机构，加工出具有高平面度及沟槽结构的抛光垫，但每次作业前需要对抛光垫重新开槽，导致对抛光垫耗损严重。

为了实现抛光垫的表面修整，保证抛光过程中材料去除率的稳定，在专利“抛光垫修整器及其制造方法、抛光垫修整装置及抛光系统”（CN104209863A）中，增加修整器基体研磨面的表面粗糙度，并选用形状规则且为多面体的研磨颗粒；在专利“Closed-loop control for effective pad conditioning”（US20090318060A1）中，通过闭环控制来自动调整修整器对抛光垫的作用力。但是上述抛光垫修整装置功能单一，仅实现作业过程中产生的釉化层的去除。

综上所述，目前在全口径抛光加工的方法与装置方面的研究仍然存在以下问题：

（1）未充分考虑平面零件具体的面形，只是将工具盘修平，导致平面零件面形在抛光过程中的收敛速度较慢；

（2）抛光垫的修平设备采用静压装置，导致设备成本较高；

（3）采用在抛光垫上开设沟槽的方式来进行全口径确定性抛光对抛光垫的

利用率较低，造成加工成本较高；

(4) 部分装置对抛光垫的修整仅实现了釉化层的去除，缺乏对抛光垫整体面形的控制能力；

(5) 当前抛光设备没有实现加工-测量一体化设计，导致平面零件的自动化批量制造能力不足。

发明内容

为了解决现有技术存在的上述问题，本发明要设计一种能实现平面零件面形收敛速度快、设备成本低、加工效率高、可确定性修整抛光垫面形、自动化水平高的平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置和方法。

为了实现上述目的，本发明的基本思路是：在传统环形抛光设备基础上增设基座，在基座上借助立柱安装摇臂机构，在摇臂机构的摇臂一侧安装保持恒压的金刚石修整器，在摇臂的另一侧安装直线导轨并搭载激光位移传感器。将摇臂调整至使激光位移传感器测头沿着抛光工具盘径向移动位置，通过激光位移传感器沿着直线导轨的移动采集抛光垫的原始面形。根据该抛光垫面形的测量数据，采用抛光垫表面修整机构，通过调整每个位置的修整时间将抛光垫修平，并抛光平面零件。通过平面零件抛光前后表面面形差值获得材料去除率分布函数，根据平面零件和平整抛光垫的表面面形，以及平面零件在平整抛光垫抛光时的去除率分布函数，采用抛光垫面形设计方法确定能够使平面零件面形快速收敛的抛光垫理想面形及其修整参数。采用抛光垫表面修整机构将抛光垫面形修整为计算获得的抛光垫理想面形，利用此抛光垫对平面零件进行抛光。机械臂机构将抛光后的平面零件送至平面零件面形自动化测量装置中进行清洗和干燥，然后在测量工位测量并判断抛光结果是否符合要求，如果不符合要求，则重复上述完整流程，直至获得符合要求的高精度平面零件。

本发明的技术方案如下：

一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置，包括控制系统、基座、升降板、抛光模块和测量模块；

所述的控制系统用于控制机械臂的位姿、摇臂的摆动、导轨滑块的移动、激光位移传感器的启动、升降板的升降、与金刚石修整器相连接的电机的启动及环抛设备的作业，所述的控制系统的控制面板位于整个装置的侧边；

所述的抛光模块和测量模块均位于基座上；所述的升降板位于抛光模块和

测量模块之间；

所述的抛光模块包括摇臂机构、抛光垫表面修整机构、抛光垫面形测量装置和环形抛光工具盘机构；

所述的摇臂机构包括步进电机、立柱和摇臂，所述的立柱安装在基座上，所述的摇臂的一端铰接于立柱上，摇臂的另一端悬空于环形抛光工具盘机构上方；

所述的抛光垫表面修整机构包括圆柱轴、直线轴承、电机和金刚石修整器；所述的圆柱轴固定于摇臂的后侧，所述的电机通过直线轴承安装在圆柱轴上，所述的金刚石修整器安装于电机的转轴上并位于在抛光垫上方；

所述的抛光垫面形测量装置包括直线导轨和激光位移传感器；所述的直线导轨固定于摇臂的前侧，所述的激光位移传感器通过滑块与直线导轨滑动连接，所述的激光位移传感器固定在滑块的下方；

所述的环形抛光工具盘机构包括抛光垫、固定螺栓、从动轮、拨叉、主动轮电机、固定架、主动轮和转台；所述的转台通过固定螺栓安装到环形抛光设备的主轴上，所述的抛光垫粘贴在转台上，所述的固定架通过螺钉安装在基座上，所述的主动轮电机安装在固定架侧壁，所述的拨叉安装在固定架侧壁并位于主动轮电机下方，所述的从动轮及主动轮分别安装在拨叉两端并悬空于抛光垫上方；

所述的测量模块包括平面零件面形自动化测量装置和机械臂机构，所述的平面零件面形自动化测量装置包括清洗工位、干燥工位和测量工位；

所述的清洗工位、干燥工位和测量工位从左至右依序安装于基座上；所述的机械臂机构的底座固定在整个装置的侧壁并位于干燥工位上方；

所述的步进电机通过控制系统控制摇臂沿立柱转动的角度及速度；

所述的抛光垫面形测量装置由摇臂带动至使得激光位移传感器的测量轨迹穿过抛光垫中心的位置，调整激光位移传感器的姿态及距离抛光垫的高度至满足测量数据采集要求，控制激光位移传感器沿直线导轨移动，即沿抛光垫径向方向移动，获得抛光垫的径向面形；

所述的抛光垫表面修整机构通过直线轴承与摇臂相连，在修整抛光垫过程中，金刚石修整器依靠自重及电机重量保持恒定压力接触于抛光垫表面，通过控制摇臂的摆动速度控制金刚石修整器在抛光垫不同径向位置处的驻留时间，

实现对抛光垫的确定性修整。

进一步地，所述的清洗工位包括去离子水喷淋设备与污水存储容器，所述的干燥工位包括一个带平面零件夹紧定位装置的搁物架和强力吹风机，所述的测量工位包括一个平面度测量仪。

一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光方法，利用平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置进行抛光，包括以下步骤：

A、测量抛光垫及平面零件原始面形

将摇臂调整至使激光位移传感器测头沿着抛光垫径向移动位置，通过激光位移传感器沿着直线导轨移动采集抛光垫的原始面形，采用机械臂机构将平面零件送至测量工位获得平面零件原始面形；

B、获得采用平整抛光垫时的平面零件材料去除率分布函数

启动导轨及激光位移传感器，使导轨的滑块带动激光位移传感器沿抛光垫径向移动，测得抛光垫原始面形，启动摆臂及与金刚石修整器相连接的电机，使金刚石修整器沿着抛光垫径向匀速修整抛光垫，然后，再次测得该抛光垫面形数据，根据抛光垫修整前后的面形之差与修整时间，获得抛光垫修整去除率分布函数如下：

$$MRR_{pi} = \frac{u_{pi}^0 - u_{pi}^1}{t_p} n, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

其中， MRR_{pi} 表示抛光垫在第*i*个离散点处的修整去除率， u_{pi}^0 表示抛光垫在第*i*个离散点处的原始面形， u_{pi}^1 表示抛光垫在第*i*个离散点处修整后的面形， t_p 表示抛光垫的修整时间， n 表示抛光垫径向离散点的个数。所述的面形为抛光垫表面所有离散点的高度数据。

将原始抛光垫面形与水平面进行求差处理，确定抛光垫表面的去除量分布函数，修整过程中修整压力保持恒定，抛光垫修整去除率分布函数已知，确定金刚石修整器在抛光垫各径向位置处的驻留时间，将抛光垫修平后在该平整抛光垫抛光平面零件，通过平面零件抛光前后表面面形差值获得平面零件材料去除率分布函数 $MRR_c(r, \theta)$ 如下：

$$MRR_c(r, \theta) = \frac{u_c(r, \theta) - u'_c(r, \theta)}{t_c} \quad (2)$$

其中， $MRR_c(r, \theta)$ 表示平面零件材料去除率分布函数， $u_c(r, \theta)$ 表示平面零

件抛光前的表面面形, $u'_c(r, \theta)$ 表示平面零件抛光后的表面面形, r 表示平面零件上一点到平面零件中心的距离, θ 表示以平面零件中心为坐标原点的坐标系下平面零件上一点所在的角度, t_c 表示抛光时间。

C、确定使平面零件面形快速收敛的抛光垫理想面形及其修整参数

根据平面零件和平整抛光垫的表面面形, 以及平面零件在平整抛光垫抛光时的去除率分布函数, 采用抛光垫面形设计方法确定使平面零件面形快速收敛的抛光垫理想面形及其修整参数, 具体包括以下步骤:

C1、求得普林斯顿系数 $K(r, \theta)$: 平面零件材料去除率分布函数满足普林斯顿方程:

$$MRR_c(r, \theta) = K(r, \theta)P(r, \theta)V(r, \theta) \quad (3)$$

其中, $K(r, \theta)$ 表示普林斯顿系数, $P(r, \theta)$ 表示抛光作业中的接触压力, $V(r, \theta)$ 表示平面零件相对于抛光垫的转速;

为求得普林斯顿系数 $K(r, \theta)$, 将普林斯顿方程(3)变换为式(4):

$$K(r, \theta) = \frac{MRR_c(r, \theta)}{P(r, \theta)V(r, \theta)} \quad (4)$$

平整抛光垫时的平面零件材料去除率分布函数 $MRR_c(r, \theta)$ 按式(2)计算;

根据抛光过程中使用的转速工艺参数, 借助运动学分析获得每个位置平面零件和抛光垫的相对运动速度 $V(r, \theta)$ 如下:

$$\begin{cases} V(r, \theta) = \sqrt{v_x(r, \theta)^2 + v_y(r, \theta)^2} \\ v_x(r, \theta) = -\omega_c r \sin \theta + \omega_p r \sin \theta \\ v_y(r, \theta) = \omega_c r \cos \theta - \omega_p (e + r \cos \theta) \end{cases} \quad (5)$$

其中, $v_x(r, \theta)$ 表示平面零件和抛光垫的相对运动速度在平面零件 x 轴上的速度分量, $v_y(r, \theta)$ 表示平面零件和抛光垫的相对运动速度在平面零件 y 轴上的速度分量, ω_p 表示抛光垫的公转速度, ω_c 表示平面零件的自转速度;

基于弹性地基假设计算接触压力分布函数模型如下:

$$\begin{aligned}
P(r, \theta) &= \begin{cases} K[\delta - u(r, \theta)], & \delta > u(r, \theta) \\ 0, & \delta \leq u(r, \theta) \end{cases} \\
K &= \frac{(1 - \nu)E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)L} \\
u(r, \theta) &= u_c(r, \theta) - u_p(r, \theta) \\
\frac{F}{K} &= \sum A[\delta - u(r, \theta)]
\end{aligned} \tag{6}$$

其中, K 表示刚度系数, δ 表示侵入深度, $u(r, \theta)$ 表示弹性层厚度, ν 表示泊松比, E 表示弹性模量, L 表示抛光垫的厚度, $u_p(r, \theta)$ 表示抛光作业范围内的抛光垫周向均化面形, F 表示正压力, 即平面零件及配重块的重量, A 表示平面零件离散点所代表区域的面积;

基于弹性地基假设, 在平面零件面形和平整抛光垫面形已知情况下, 借助力学分析获各点的抛光压力 $P(r, \theta)$;

综上, 由于 $MRR_c(r, \theta)$ 、 $V(r, \theta)$ 和 $P(r, \theta)$ 均已求得, 根据式(4)求得平面零件的普林斯顿系数 $K(r, \theta)$;

C2、获得抛光垫理想面形: 基于抛光过程中普林斯顿系数不变的假设和弹性地基假设, 将步骤 B 获得的平面零件的面形进行归一化及镜像对称处理, 将其视为理想抛光垫对应的平面零件材料去除率分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 的归一化结果, 结合计算平面零件材料去除率分布函数的模型分析获得进行全口径确定性抛光所需要的抛光垫理想面形;

所述的获得抛光垫理想面形的方法如下:

将步骤 B 获得平面零件的面形进行归一化及镜像对称处理, 将其视为理想抛光垫对应的平面零件材料去除率分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 的归一化结果, 具体公式如下:

$$\frac{MRR'_c(r, \theta) - \min[MRR'_c(r, \theta)]}{\max[MRR'_c(r, \theta)]} = \frac{-u'_c(r, \theta) - \min[-u'_c(r, \theta)]}{\max[-u'_c(r, \theta)]}$$

即

$$\frac{MRR'_c(r, \theta) - \min[MRR'_c(r, \theta)]}{\max[MRR'_c(r, \theta)]} = \frac{u'_c(r, \theta) - \max[u'_c(r, \theta)]}{\min[u'_c(r, \theta)]} \tag{7}$$

基于抛光过程中普林斯顿系数 $K(r, \theta)$ 不变的假设, 考虑由于抛光过程中使

用的转速工艺参数不变则 $V(r, \theta)$ 不变的实况，结合计算平面零件材料去除率分布函数的模型分析获得平面零件表面理想接触压力分布函数 $P'(r, \theta)$ 归一化的结果；

基于弹性地基假设，在步骤 B 获得平面零件的面形已知的情况下，任意抛光垫的面形对应的接触压力均求得，将理想接触压力分布函数 $P'(r, \theta)$ 的归一化结果视为优化目标，获得相应的进行全口径确定性抛光所需要的抛光垫理想面形，并求得该平面零件表面理想接触压力分布函数 $P'(r, \theta)$ ；

C3、确定抛光垫修整参数：抛光垫理想面形与平整抛光垫面形已分别测得，修整过程中修整压力保持恒定，抛光垫修整去除率分布函数根据步骤 B 已知，确定金刚石修整器在抛光垫径向位置处的驻留时间如下：

$$T_{pi} = \frac{u_{pi} - u'_{pi}}{MMR_{pi}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

其中， T_{pi} 表示金刚石修整器在抛光垫第 i 个离散点处的驻留时间， u_{pi} 表示平整抛光垫在第 i 个离散点处的面形， u'_{pi} 表示抛光垫在第 i 个离散点处的理想面形；

C4、预测抛光时间：获得理想抛光垫对应的平面零件材料去除率分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 如下：

$$MRR'_c(r, \theta) = \frac{MRR_c(r, \theta) P'(r, \theta)}{P(r, \theta)} \quad (9)$$

结合步骤 B 获得平面零件的面形与理想抛光垫对应的平面零件表面材料去除分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 来推演抛光过程中平面零件面形演化，择选平面零件的表面面形的最大峰谷值即 PV 值最低时的对应的抛光时间作为预测的抛光时间；

D、修整抛光垫

控制抛光垫表面修整机构将抛光垫面形修整为计算获得的抛光垫理想面形；

E、抛光平面零件

采用步骤 B 在平整抛光垫下测试平面零件材料去除率分布函数时同样的工艺参数对平面零件进行抛光，所述的工艺参数包括平面零件和抛光垫各自的转速、抛光液成分、抛光液供应位置、抛光液流速和抛光载荷；

F、测量平面零件表面面形

机械臂机构将抛光后的平面零件送至清洗工位，用 20-26℃ 的去离子水清洗

平面零件表面的抛光液及其余杂质；然后将平面零件送至干燥工位内的夹紧定位装置，用输出 20-26℃的室温风的强力吹风机对平面零件进行快速干燥处理；待平面零件表面处理干净后移至测量工位，测量平面零件表面面形，判断抛光结果是否符合要求，如果不符合，转步骤 A，直至获得符合要求的高精度平面零件的表面。

与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

1、由于本发明充分考虑了平面零件的具体面形，通过控制平面零件表面的材料去除率分布函数，使平面零件材料去除率分布函数和平面零件面形成归一化后的镜像对称关系，实现平面零件的确定性抛光，保证了平面零件面形在抛光过程中的高效收敛。

2、由于本发明通过控制金刚石修整器在抛光垫上的驻留时间来修整抛光垫面形，采用了低成本的作业方式完成了高精度的抛光过程，降低了设备成本；

3、由于本发明在修整过程中未对抛光垫造成破坏，提高了抛光垫的利用次数，延长了该耗材的使用寿命，降低了全口径确定性抛光的成本。

4、由于本发明中的抛光垫表面修整机构可以同时实现抛光垫面形的修整及表面釉化层的去除，这种一举两全的功能设计促进了设备的结构精简，成本低廉。

5、由于本发明借助机械臂机构抓取平面零件保证了加工-测量一体化，对增强自动化、实现批量化、促进生产率、提高成品率的高水平抛光作业有着重要意义，提高了光学元件的自动化批量制造能力。

6、本发明的升降板位于抛光模块和测量模块之间，在抛光作业期间，为了防止抛光模块的抛光液影响到测量模块，升降板升起，在测量作业期间，为防止机械臂受到阻碍，升降板降落。

附图说明

图 1 是本发明的装置结构示意图。

图 2 是图 1 的轴测图。

图 3 是抛光垫表面修整机构示意图。

图 4 是环形抛光工具盘机构示意图。

图 5 是平面零件相对于抛光垫的相对速度原理图。

图 6 是全口径确定性抛光加工流程图。

图中：1、基座，2、抛光垫面形测量装置，3、摇臂机构，4、机械臂机构，5、平面零件面形自动化测量装置，6、升降板，7、抛光垫表面修整机构，8、环形抛光工具盘机构，21、激光位移传感器，22、直线导轨，31、摇臂，32、立柱，33、步进电机，51、测量工位，52、干燥工位，53、清洗工位，71、电机，72、直线轴承，73、圆柱轴，74、金刚石修整器，81、抛光垫，82、固定螺栓，83、从动轮，84、拨叉，85、主动轮电机，86、固定架，87、主动轮，88、平面零件，89、转台。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方法对本发明作进一步说明。

本发明主要针对平面零件 88 加工，能够通过对材料去除率的准确分析和抛光垫面形的精准控制，使平面零件 88 的面形快速收敛，实现大批量平面零件 88 的稳定高效加工。本发明在传统环形抛光设备基础上增设基座 1，在基座 1 上借助立柱 32 安装摇臂机构 3，在摇臂机构 3 的摇臂 31 一侧安装可保持恒压的金刚石修整器 74，在摇臂 31 的另一侧安装直线导轨 22 并搭载激光位移传感器 21。利用控制系统控制机械臂 4 的位姿、摇臂 31 的摆动、导轨 22 的移动、激光位移传感器 21 的启动、升降板 6 的升降、与金刚石修整器 74 相连接的电机的启动及环抛设备的作业，所述控制系统采用工业控制计算机和 PLC 控制技术。将摇臂 31 调整至能使激光位移传感器 21 的测头沿着抛光垫 81 径向移动位置，通过激光位移传感器 21 沿着直线导轨 22 的移动采集抛光垫 81 的原始面形，根据该抛光垫 81 面形的测量数据，采用抛光垫表面修整机构 7，通过调整每个位置的修整时间将抛光垫 81 修平，并抛光平面零件 88。通过平面零件 88 抛光前后表面面形差值获得材料去除率分布函数，根据平面零件 88 和平整抛光垫 81 的表面面形，以及平面零件 88 在平整抛光垫 81 抛光时的去除率分布函数，采用抛光垫面形设计方法确定能够使平面零件 88 面形快速收敛的抛光垫 81 的理想面形及其修整参数。采用抛光垫表面修整机构 7 将抛光垫 81 的面形修整为计算获得的抛光垫 81 的理想面形，利用抛光垫 81 对平面零件 88 进行抛光加工。机械臂机构 4 将抛光后的平面零件 88 送至平面零件面形自动化测量装置 5 中进行清洗和干燥，然后在测量工位 51 测量并判断抛光结果是否符合要求，如果不符合要求，则重复上述完整流程，直至获得符合要求的高精度平面零件 88。

图 1-2 所示为本发明的全口径确定性抛光装置示意图，该装置包括：基座 1，

位于基座 1 中心位置的环形抛光工具盘机构 8（详见图 4），安装在基座 1 上的立柱 32，铰接于立柱 32 并位于环形抛光工具盘机构 8 上方的摇臂 31，用于控制摇臂 31 摆动的步进电机 32，固定于摇臂 31 前侧的直线导轨 22，与直线导轨 22 滑动连接的激光位移传感器 21，固定于摇臂 31 后侧的抛光垫表面修整机构 7（详见图 3），位于基座 1 上抛光模块与测量模块交界线处的升降板 6，从左至右依次安装于基座 1 上的清洗工位 53、干燥工位 52 和测量工位 51，及固定在整个装置的侧壁并位于干燥工位 52 上方的机械臂机构 4。

需要修整作业时，启动位于立柱 32 顶端的步进电机 33 和电机 71 通过控制摇臂 31 的摆动速度，调整抛光垫表面修整机构 7 中的金刚石修整器 74 在每个位置的修整时间，将抛光垫 81 修整至理想面形；

需要测量抛光垫 81 面形时，抛光垫面形测量装置 2 由摇臂 31 带动至使得激光位移传感器 21 的测量轨迹穿过抛光垫 81 的中心位置，调整激光位移传感器 21 的姿态及距离抛光垫 81 的高度至满足测量数据采集要求，控制激光位移传感器 21 沿直线导轨 22 移动，即沿抛光垫 81 径向方向移动，获得抛光垫 81 的径向面形；

需要测量平面零件 88 面形时，升降板 6 落下，机械臂机构 4 将抛光后的平面零件 88 送至清洗工位 53 下清洗，待抛光液及其余杂质被冲洗尽后送至干燥工位 52 内进行干燥处理，待平面零件 88 表面处理干净后移至测量工位 51 测量平面零件 88 的表面面形。

图 3 所示为抛光垫表面修整机构 7 示意图，该装置包括：圆柱轴 73，与圆柱轴 73 采用滑动配合的直线轴承 72，安装在直线轴承 73 侧面的电机 71，及通过联轴器安装在电机 71 转轴上的金刚石修整器 74。

需要修整作业时，先使得金刚石修整器 74 与抛光垫 81 接触，借助直线轴承 72 与圆柱轴 73 直接的滑动配合，使金刚石修整器 74 与抛光垫 81 保持恒定的接触压力，启动电机 71，使金刚石修整器 74 旋转，从而实现对抛光垫 81 的修整。

图 4 所示为环形抛光工具盘机构 8 示意图，该装置包括：通过固定螺栓 82 安装到环形抛光设备主轴上的转台 89，贴在转台 89 上的抛光垫 81，安装在基座上的固定架 86，安装在固定架 86 侧壁的主动轮电机 85，安装在固定架 86 侧壁并位于主动轮电机 85 下方的拨叉 84，分别安装在拨叉 84 两端并悬空于抛光

垫 81 上方的从动轮 87 及主动轮 83，以及紧贴在主动轮 83 与从动轮 87 的待抛光平面零件 88。

需要抛光作业时，启动主动轮电机 85，使主动轮 83 旋转，平面零件 88 随着主动轮 83 旋转，平面零件 88 上方放置配重块，使得加工时平面零件 88 与抛光垫 81 保持恒压接触，从而实现平面零件 88 的面形快速收敛。

图 5 所示为平面零件相对于抛光垫的相对速度原理图，步骤 C1 中的式(5)可参照该图。

图 6 所示为全口径确定性抛光流程图，主要包括以下步骤：

步骤 1：测量抛光垫 81 和平面零件 88 的原始面形，将抛光垫 81 修平并加工平面零件 88，通过平面零件 88 加工前后表面面形差值获得材料去除率分布函数，根据平面零件 88 和平整抛光垫 81 的表面面形，以及平面零件 88 在平整抛光垫 81 加工时的去除率分布函数，采用抛光垫面形设计方法确定能够使平面零件面形快速收敛的抛光垫理想面形及其修整参数，修整抛光垫 81 至理想面形，对平面零件 88 进行抛光加工；

步骤 2：测量并判断平面零件 88 是否满足加工精度要求，满足，则停止加工；

步骤 3：不满足，继续循环步骤 1。

根据本发明的实施案例，待加工平面零件 88 的直径为 $\Phi 200$ mm，抛光垫 81 的直径为 $\Phi 610$ mm。

如图 2 所示，本发明的实施案例的具体过程如下：

步骤 1、将抛光垫 81 贴到直径为 $\Phi 610$ mm 的转台 89 上，将转台 89 安装到环形抛光设备的主轴上。

步骤 2、通过抛光垫面形测量装置 2 采集抛光垫 81 的原始面形，根据该面形测量数据，使用摇臂机构 3 控制金刚石修整器 74 在每个位置的修整时间将抛光垫 81 修平，并加工平面零件 88。通过平面零件 88 加工前后表面面形差值获得材料去除率分布函数，根据平面零件 88 和平整抛光垫 81 的表面面形，以及平面零件 88 在平整抛光垫 81 加工时的去除率分布函数，采用抛光垫面形设计方法确定能够使平面零件 88 面形快速收敛的抛光垫 81 的理想面形及其修整参数。

步骤 3、使得金刚石修整器 74 与抛光垫 81 接触，借助直线轴承 72 与圆柱

轴 73 直接的滑动配合,使得金刚石修整器 74 与抛光垫 81 保持恒定的接触压力,启动电机 71,使金刚石修整器 74 旋转,启动步进电机 33,通过控制摇臂 31 的摆动速度,调整金刚石修整器 74 在每个位置的修整时间,将抛光垫 81 修整至理想面形。

步骤 4、由获得的理想抛光垫 81 对平面零件 88 进行抛光加工,抛光作业完成后,升降板 6 落下,机械臂机构 4 将抛光后的平面零件 88 送至清洗工位 53 下清洗,待抛光液及其余杂质被冲洗尽后送至干燥工位 52 内进行干燥处理,待平面零件 88 表面处理干净后移至测量工位 51 测量平面零件 88 的面形并判断加工结果是否符合要求,如果不符合,则重新进行上述完整流程,直至获得符合要求的高精度平面零件 88 的表面。

本发明不局限于本实施例,任何在本发明披露的技术范围内的等同构思或者改变,均列为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置，其特征在于：包括控制系统、基座（1）、升降板（6）、抛光模块和测量模块；

所述的控制系统用于控制机械臂的位姿、摇臂（31）的摆动、导轨滑块的移动、激光位移传感器（21）的启动、升降板（6）的升降、与金刚石修整器（74）相连接的电机（71）的启动及环抛设备的作业，所述的控制系统的控制面板位于整个装置的侧边；

所述的抛光模块和测量模块均位于基座（1）上；所述的升降板（6）位于抛光模块和测量模块之间；

所述的抛光模块包括摇臂机构（3）、抛光垫表面修整机构（7）、抛光垫面形测量装置（2）和环形抛光工具盘机构（8）；

所述的摇臂机构（3）包括步进电机（33）、立柱（32）和摇臂（31），所述的立柱（32）安装在基座（1）上，所述的摇臂（31）的一端铰接于立柱（32）上，摇臂（31）的另一端悬空于环形抛光工具盘机构（8）上方；

所述的抛光垫表面修整机构（7）包括圆柱轴（73）、直线轴承（72）、电机（71）和金刚石修整器（74）；所述的圆柱轴（73）固定于摇臂（31）的后侧，所述的电机（71）通过直线轴承（72）安装在圆柱轴（73）上，所述的金刚石修整器（74）安装于电机（71）的转轴上并位于抛光垫（81）上方；

所述的抛光垫面形测量装置（2）包括直线导轨（22）和激光位移传感器（21）；所述的直线导轨（22）固定于摇臂（31）的前侧，所述的激光位移传感器（21）通过滑块与直线导轨（22）滑动连接，所述的激光位移传感器（21）固定在滑块的下方；

所述的环形抛光工具盘机构（8）包括抛光垫（81）、固定螺栓（82）、从动轮（83）、拨叉（84）、主动轮电机（85）、固定架（86）、主动轮（87）和转台（89）；所述的转台（89）通过固定螺栓（82）安装到环形抛光设备的主轴上，所述的抛光垫（81）粘贴在转台（89）上，所述的固定架（86）通过螺钉安装在基座（1）上，所述的主动轮电机（85）安装在固定架（86）侧壁，所述的拨叉（84）安装在固定架（86）侧壁并位于主动轮电机（85）下方，所述的从动轮（83）及主动轮（87）分别安装在拨叉（84）两端并悬空于抛光垫（81）上

方；

所述的测量模块包括平面零件面形自动化测量装置（5）和机械臂（4），所述的平面零件面形自动化测量装置（5）包括清洗工位（53）、干燥工位（52）和测量工位（51）；

所述的清洗工位（53）、干燥工位（52）和测量工位（51）从左至右依序安装于基座（1）上；所述的机械臂机构（4）的底座固定在整个装置的侧壁并位于干燥工位（52）上方；

所述的步进电机（33）通过控制系统控制摇臂（31）沿立柱（32）转动的角度及速度；

所述的抛光垫面形测量装置（2）由摇臂（31）带动至使得激光位移传感器（21）的测量轨迹穿过抛光垫（81）中心的位置，调整激光位移传感器（21）的姿态及距离抛光垫（81）的高度至满足测量数据采集要求，控制激光位移传感器（21）沿直线导轨（22）移动，即沿抛光垫（81）径向方向移动，获得抛光垫（81）的径向面形；

所述的抛光垫表面修整机构（7）通过直线轴承（72）与摇臂（31）相连，在修整抛光垫（81）过程中，金刚石修整器（74）依靠自重及电机（71）重量保持恒定压力接触于抛光垫（81）表面，通过控制摇臂（31）的摆动速度控制金刚石修整器（74）在抛光垫（81）不同径向位置处的驻留时间，实现对抛光垫（81）的确定性修整。

2、根据权利要求1所述的一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置，其特征在于：所述的清洗工位（53）包括去离子水喷淋设备与污水存储容器，所述的干燥工位（52）包括一个带平面零件（88）夹紧定位装置的搁物架和强力吹风机，所述的测量工位（51）包括一个平面度测量仪。

3、一种平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光方法，其特征在于：利用平面零件全口径确定性抛光的摇臂式抛光装置进行抛光，包括以下步骤：

A、测量抛光垫（81）及平面零件（88）原始面形

将摇臂（31）调整至使激光位移传感器（21）测头沿着抛光垫（81）径向移动位置，通过激光位移传感器（21）沿着直线导轨（22）移动采集抛光垫（81）的原始面形，采用机械臂机构（4）将平面零件（88）送至测量工位（51）获得平面零件（88）原始面形；

B、获得采用平整抛光垫时的平面零件材料去除率分布函数

启动导轨及激光位移传感器(21)，使导轨的滑块带动激光位移传感器(21)沿抛光垫(81)径向移动，测得抛光垫(81)原始面形，启动摆臂及与金刚石修整器(74)相连接的电机(71)，使金刚石修整器(74)沿着抛光垫(81)径向匀速修整抛光垫(81)，然后，再次测得该抛光垫(81)面形数据，根据抛光垫(81)修整前后的面形之差与修整时间，获得抛光垫(81)修整去除率分布函数如下：

$$MRR_{pi} = \frac{u_{pi}^0 - u_{pi}^1}{t_p} n, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

其中， MRR_{pi} 表示抛光垫(81)在第*i*个离散点处的修整去除率， u_{pi}^0 表示抛光垫(81)在第*i*个离散点处的原始面形， u_{pi}^1 表示抛光垫(81)在第*i*个离散点处修整后的面形， t_p 表示抛光垫(81)的修整时间， n 表示抛光垫(81)径向离散点的个数；所述的面形为抛光垫(81)表面所有离散点的高度数据；

将原始抛光垫(81)面形与水平面进行求差处理，确定抛光垫(81)表面的去除量分布函数，修整过程中修整压力保持恒定，抛光垫修整去除率分布函数已知，确定金刚石修整器(74)在抛光垫(81)各径向位置处的驻留时间，将抛光垫(81)修平后在该平整抛光垫抛光平面零件(88)，通过平面零件(88)抛光前后表面面形差值获得平面零件材料去除率分布函数 $MRR_c(r, \theta)$ 如下：

$$MRR_c(r, \theta) = \frac{u_c(r, \theta) - u'_c(r, \theta)}{t_c} \quad (2)$$

其中， $MRR_c(r, \theta)$ 表示平面零件材料去除率分布函数， $u_c(r, \theta)$ 表示平面零件(88)抛光前的表面面形， $u'_c(r, \theta)$ 表示平面零件(88)抛光后的表面面形， r 表示平面零件(88)上一点到平面零件(88)中心的距离， θ 表示以平面零件(88)中心为坐标原点的坐标系下平面零件(88)上一点所在的角度， t_c 表示抛光时间；

C、确定使平面零件(88)面形快速收敛的抛光垫(81)理想面形及其修整参数

根据平面零件(88)和平整抛光垫的表面面形，以及平面零件(88)在平整抛光垫抛光时的去除率分布函数，采用抛光垫面形设计方法确定使平面零件(88)面形快速收敛的抛光垫理想面形及其修整参数，具体包括以下步骤：

C1、求得普林斯顿系数 $K(r, \theta)$ ：平面零件材料去除率分布函数满足普林斯顿

方程：

$$MRR_c(r, \theta) = K(r, \theta)P(r, \theta)V(r, \theta) \quad (3)$$

其中， $K(r, \theta)$ 表示普林斯顿系数， $P(r, \theta)$ 表示抛光作业中的接触压力， $V(r, \theta)$ 表示平面零件（88）相对于抛光垫（81）的转速；

为求得普林斯顿系数 $K(r, \theta)$ ，将普林斯顿方程(3)变换为式(4)：

$$K(r, \theta) = \frac{MRR_c(r, \theta)}{P(r, \theta)V(r, \theta)} \quad (4)$$

平整抛光垫（81）时的平面零件（88）材料去除率分布函数 $MRR_c(r, \theta)$ 按式(2)计算；

根据抛光过程中使用的转速工艺参数，借助运动学分析获得每个位置平面零件（88）和抛光垫（81）的相对运动速度 $V(r, \theta)$ 如下：

$$\begin{cases} V(r, \theta) = \sqrt{v_x(r, \theta)^2 + v_y(r, \theta)^2} \\ v_x(r, \theta) = -\omega_c r \sin \theta + \omega_p r \sin \theta \\ v_y(r, \theta) = \omega_c r \cos \theta - \omega_p (e + r \cos \theta) \end{cases} \quad (5)$$

其中， $v_x(r, \theta)$ 表示平面零件（88）和抛光垫（81）的相对运动速度在平面零件（88） x 轴上的速度分量， $v_y(r, \theta)$ 表示平面零件（88）和抛光垫（81）的相对运动速度在平面零件（88） y 轴上的速度分量， ω_p 表示抛光垫（81）的公转速度， ω_c 表示平面零件（88）的自转速度；

基于弹性地基假设计算接触压力分布函数模型如下：

$$\begin{aligned} P(r, \theta) &= \begin{cases} K[\delta - u(r, \theta)], & \delta > u(r, \theta) \\ 0, & \delta \leq u(r, \theta) \end{cases} \\ K &= \frac{(1 - \nu)E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)L} \\ u(r, \theta) &= u_c(r, \theta) - u_p(r, \theta) \\ \frac{F}{K} &= \sum A[\delta - u(r, \theta)] \end{aligned} \quad (6)$$

其中， K 表示刚度系数， δ 表示侵入深度， $u(r, \theta)$ 表示弹性层厚度， ν 表示泊松比， E 表示弹性模量， L 表示抛光垫（81）的厚度， $u_p(r, \theta)$ 表示抛光作业范围内的抛光垫（81）周向均化面形， F 表示正压力，即平面零件（88）及配重块的重量， A 表示平面零件（88）离散点所代表区域的面积；

基于弹性地基假设，在平面零件（88）面形和平整抛光垫面形已知情况下，

借助力学分析获各点的抛光压力 $P(r, \theta)$;

综上, 由于 $MRR_c(r, \theta)$ 、 $V(r, \theta)$ 和 $P(r, \theta)$ 均已求得, 根据式(4)求得平面零件 (88) 的普林斯顿系数 $K(r, \theta)$;

C2、获得抛光垫理想面形: 基于抛光过程中普林斯顿系数不变的假设和弹性地基假设, 将步骤 B 获得的平面零件 (88) 的面形进行归一化及镜像对称处理, 将其视为理想抛光垫对应的平面零件材料去除率分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 的归一化结果, 结合计算平面零件材料去除率分布函数的模型分析获得进行全口径确定性抛光所需要的抛光垫理想面形;

所述的获得抛光垫理想面形的方法如下:

将步骤 B 获得平面零件 (88) 的面形进行归一化及镜像对称处理, 将其视为理想抛光垫对应的平面零件材料去除率分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 的归一化结果, 具体公式如下:

$$\frac{MRR'_c(r, \theta) - \min[MRR'_c(r, \theta)]}{\max[MRR'_c(r, \theta)]} = \frac{-u'_c(r, \theta) - \min[-u'_c(r, \theta)]}{\max[-u'_c(r, \theta)]}$$

即

$$\frac{MRR'_c(r, \theta) - \min[MRR'_c(r, \theta)]}{\max[MRR'_c(r, \theta)]} = \frac{u'_c(r, \theta) - \max[u'_c(r, \theta)]}{\min[u'_c(r, \theta)]} \quad (7)$$

基于抛光过程中普林斯顿系数 $K(r, \theta)$ 不变的假设, 考虑由于抛光过程中使用的转速工艺参数不变则 $V(r, \theta)$ 不变的实况, 结合计算平面零件材料去除率分布函数的模型分析获得平面零件表面理想接触压力分布函数 $P'(r, \theta)$ 归一化的结果;

基于弹性地基假设, 在步骤 B 获得平面零件 (88) 的面形已知的情况下, 任意抛光垫 (81) 的面形对应的接触压力均求得, 将理想接触压力分布函数 $P'(r, \theta)$ 的归一化结果视为优化目标, 获得相应的进行全口径确定性抛光所需要的抛光垫理想面形, 并求得该平面零件 (88) 表面理想接触压力分布函数 $P'(r, \theta)$;

C3、确定抛光垫 (81) 修整参数: 抛光垫理想面形与平整抛光垫面形已分别测得, 修整过程中修整压力保持恒定, 抛光垫修整去除率分布函数根据步骤 B 已知, 确定金刚石修整器 (74) 在抛光垫 (81) 径向位置处的驻留时间如下:

$$T_{pi} = \frac{u_{pi} - u'_{pi}}{MMR_{pi}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

其中, T_{pi} 表示金刚石修整器 (74) 在抛光垫 (81) 第 i 个离散点处的驻留时间, u_{pi} 表示平整抛光垫在第 i 个离散点处的面形, u'_{pi} 表示抛光垫 (81) 在第 i 个离散点处的理想面形;

C4、预测抛光时间: 获得理想抛光垫对应的平面零件材料去除率分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 如下:

$$MRR'_c(r, \theta) = \frac{MRR_c(r, \theta) P'(r, \theta)}{P(r, \theta)} \quad (9)$$

结合步骤 B 获得平面零件 (88) 的面形与理想抛光垫对应的平面零件材料去除分布函数 $MRR'_c(r, \theta)$ 来推演抛光过程中平面零件 (88) 面形演化, 择选平面零件 (88) 的表面面形的最大峰谷值即 PV 值最低时的对应的抛光时间作为预测的抛光时间;

D、修整抛光垫 (81)

控制抛光垫表面修整机构 (7) 将抛光垫 (81) 面形修整为计算获得的抛光垫理想面形;

E、抛光平面零件 (88)

采用步骤 B 在平整抛光垫下测试平面零件材料去除率分布函数时同样的工艺参数对平面零件 (88) 进行抛光, 所述的工艺参数包括平面零件 (88) 和抛光垫 (81) 各自的转速、抛光液成分、抛光液供应位置、抛光液流速和抛光载荷;

F、测量平面零件 (88) 表面面形

机械臂机构 (4) 将抛光后的平面零件 (88) 送至清洗工位 (53), 用 20-26℃ 的去离子水清洗平面零件 (88) 表面的抛光液及其余杂质; 然后将平面零件 (88) 送至干燥工位 (52) 内的夹紧定位装置, 用输出 20-26℃ 的室温风的强力吹风机对平面零件 (88) 进行快速干燥处理; 待平面零件 (88) 表面处理干净后移至测量工位 (51), 测量平面零件 (88) 表面面形, 判断抛光结果是否符合要求, 如果不符合, 转步骤 A, 直至获得符合要求的高精度平面零件 (88) 的表面。

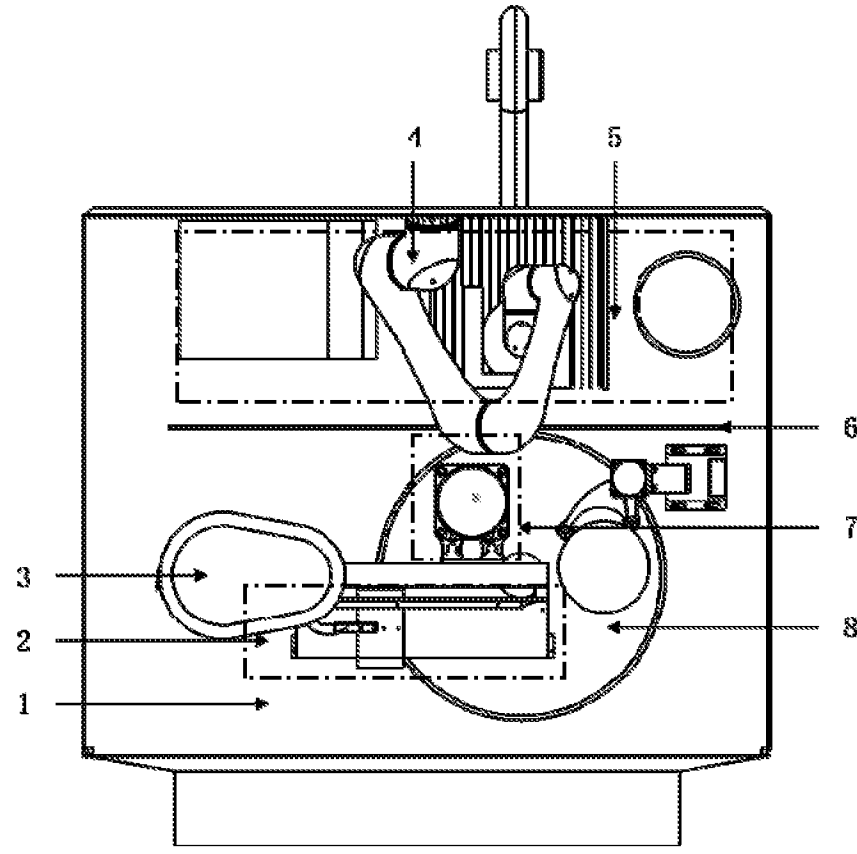


图 1

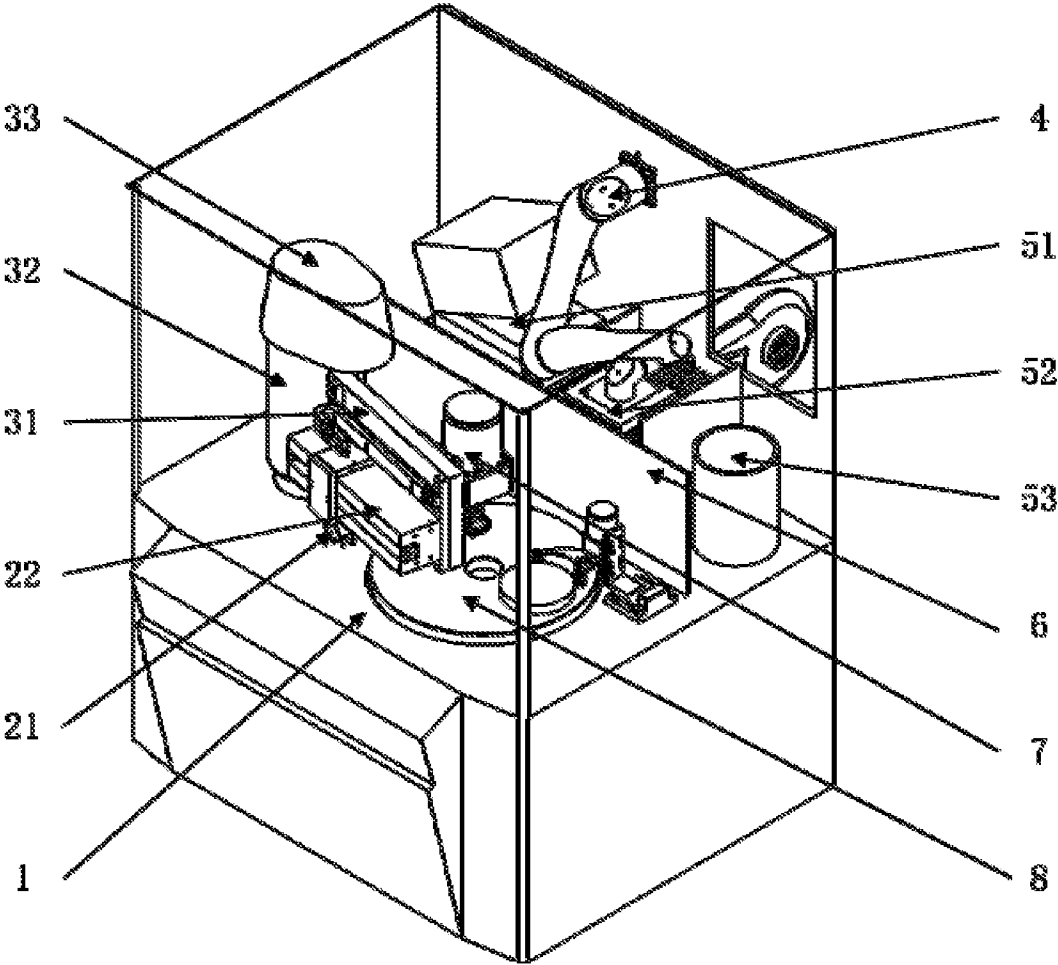


图 2

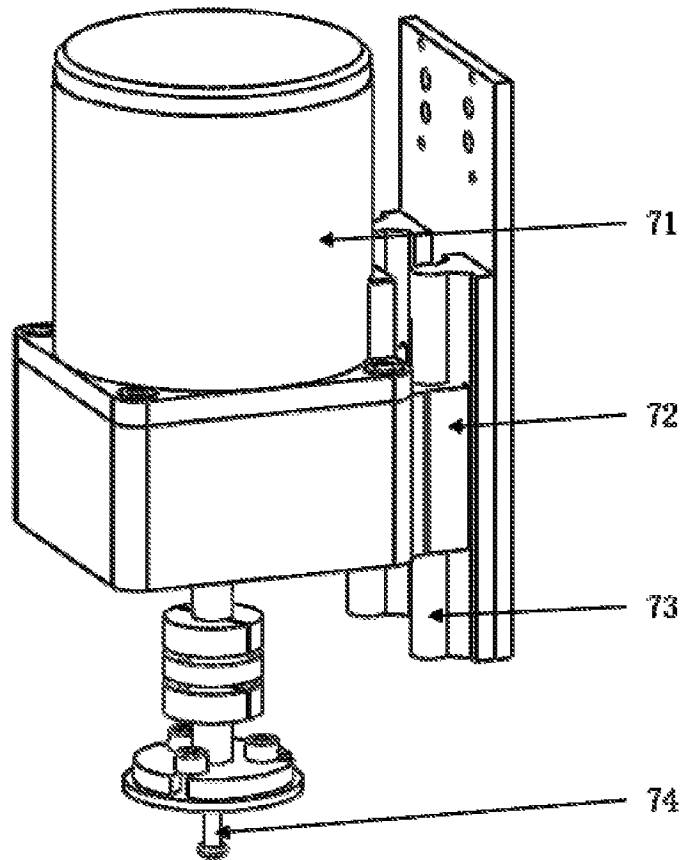


图 3

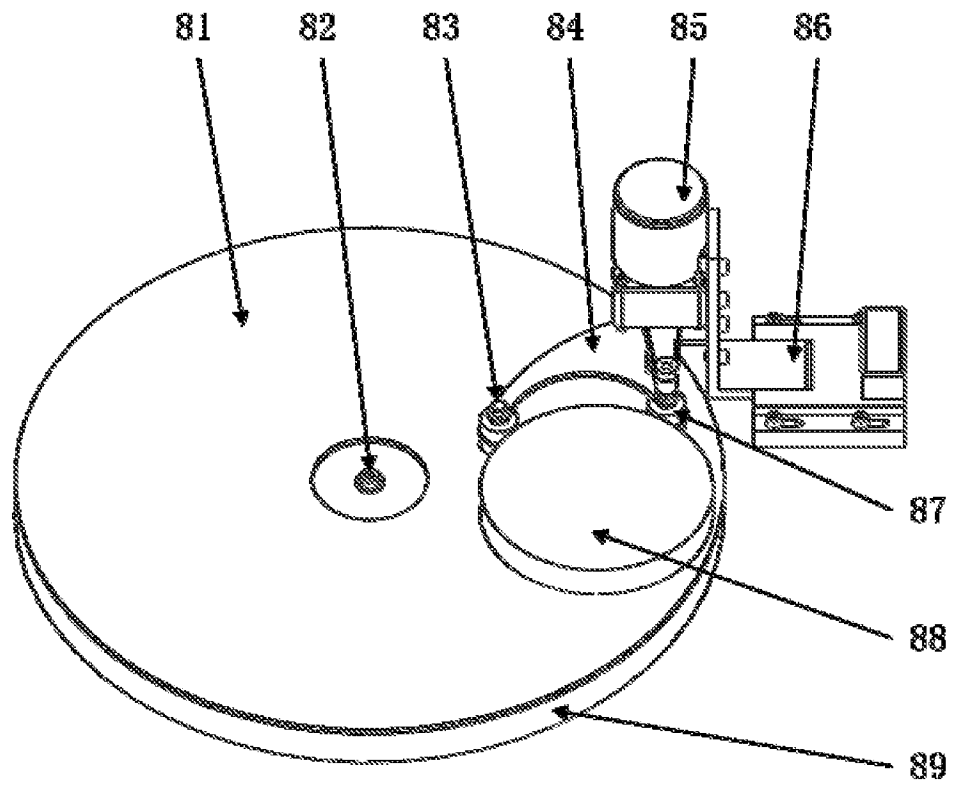


图 4

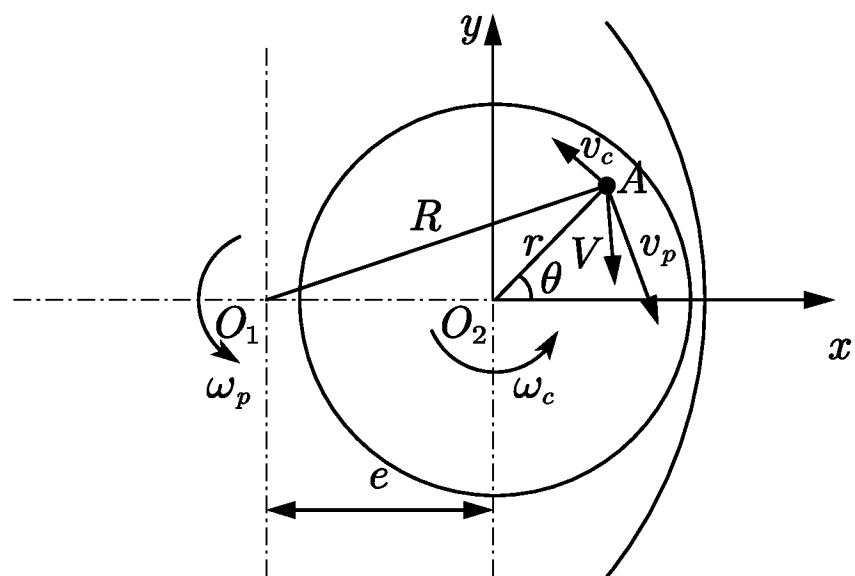


图 5

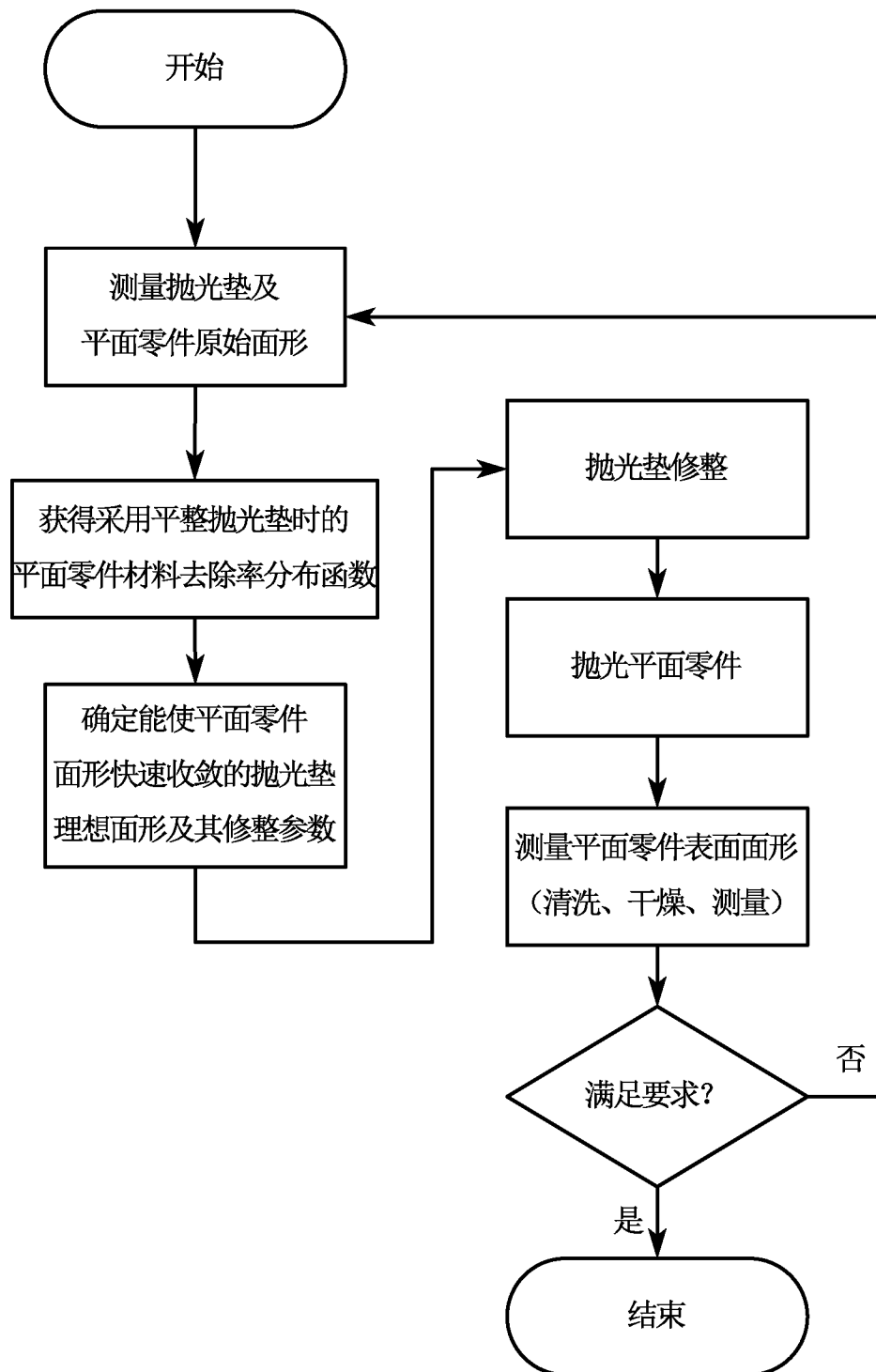


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/085342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B24B 1/00(2006.01)i; B24B 29/02(2006.01)i; B24B 41/04(2006.01)i; B24B 49/12(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)

B24B

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)

CNABS; CNTXT; CNKI; WOTXT; VEN; USTXT; EPTXT: 摇臂式, 平面, 抛光, 测量, 修整, 垫, 位移, 传感器, 面形, 拨叉, swing+, arm, plane, flat, measur+, monitor+, detect+, dress+, displacement, sensor?, transducer?, shape, fork

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015314416 A1 (EBARA CORP.) 05 November 2015 (2015-11-05) description, paragraphs [0012]-[0111], and figures 1-24	1-3
A	CN 104191370 A (CHENGDU PRECISION OPTICS ENGINEERING RESEARCH CENTRE) 10 December 2014 (2014-12-10) entire document	1-3
A	CN 110394728 A (TSINGHUA UNIVERSITY et al.) 01 November 2019 (2019-11-01) entire document	1-3
A	JP 2006093296 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO., LTD.) 06 April 2006 (2006-04-06) entire document	1-3
A	JP 2019063964 A (EBARA CORP et al.) 25 April 2019 (2019-04-25) entire document	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 October 2020

Date of mailing of the international search report

09 December 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/085342

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
US	2015314416	A1	05 November 2015	US	2012309267	A1	06 December 2012		
				TW	I556911	B	11 November 2016		
				KR	101821886	B1	24 January 2018		
				US	9156122	B2	13 October 2015		
				TW	201309421	A	01 March 2013		
				TW	I565562	B	11 January 2017		
				US	9943943	B2	17 April 2018		
				US	2016207162	A1	21 July 2016		
				KR	101638216	B1	08 July 2016		
				KR	20120135080	A	12 December 2012		
				TW	201700217	A	01 January 2017		
				JP	5896625	B2	30 March 2016		
				KR	20160084827	A	14 July 2016		
				JP	2012250309	A	20 December 2012		
				US	9302366	B2	05 April 2016		
				JP	2016128209	A	14 July 2016		
				JP	6088680	B2	01 March 2017		
CN	104191370	A	10 December 2014	CN	104191370	B	15 February 2017		
CN	110394728	A	01 November 2019	CN	108555771	A	21 September 2018		
JP	2006093296	A	06 April 2006		None				
JP	2019063964	A	25 April 2019		None				

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/085342

A. 主题的分类

B24B 1/00(2006.01)i; B24B 29/02(2006.01)i; B24B 41/04(2006.01)i; B24B 49/12(2006.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B24B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNABS;CNTXT;CNKI;WOTXT;VEN;USTXT;EPTXT: 摇臂式, 平面, 抛光, 测量, 修整, 垫, 位移, 传感器, 面形, 拨叉, swing+, arm, plane, flat, measur+, monitor+, detect+, dress+, displacement, sensor?, transducer?, shape, fork

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2015314416 A1 (EBARA CORP) 2015年 11月 5日 (2015 - 11 - 05) 说明书第[0012]-[0111]段, 附图1-24	1-3
A	CN 104191370 A (成都精密光学工程研究中心) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 全文	1-3
A	CN 110394728 A (清华大学 等) 2019年 11月 1日 (2019 - 11 - 01) 全文	1-3
A	JP 2006093296 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2006年 4月 6日 (2006 - 04 - 06) 全文	1-3
A	JP 2019063964 A (EBARA CORP 等) 2019年 4月 25日 (2019 - 04 - 25) 全文	1-3

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 10月 20日

国际检索报告邮寄日期

2020年 12月 9日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

孙永昌

电话号码 (86-512)88995375

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/085342

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)
US	2015314416	A1	2015年 11月 5日	US	2012309267	A1	2012年 12月 6日
				TW	1556911	B	2016年 11月 11日
				KR	101821886	B1	2018年 1月 24日
				US	9156122	B2	2015年 10月 13日
				TW	201309421	A	2013年 3月 1日
				TW	1565562	B	2017年 1月 11日
				US	9943943	B2	2018年 4月 17日
				US	2016207162	A1	2016年 7月 21日
				KR	101638216	B1	2016年 7月 8日
				KR	20120135080	A	2012年 12月 12日
				TW	201700217	A	2017年 1月 1日
				JP	5896625	B2	2016年 3月 30日
				KR	20160084827	A	2016年 7月 14日
				JP	2012250309	A	2012年 12月 20日
				US	9302366	B2	2016年 4月 5日
				JP	2016128209	A	2016年 7月 14日
				JP	6088680	B2	2017年 3月 1日
CN	104191370	A	2014年 12月 10日	CN	104191370	B	2017年 2月 15日
CN	110394728	A	2019年 11月 1日	CN	108555771	A	2018年 9月 21日
JP	2006093296	A	2006年 4月 6日		无		
JP	2019063964	A	2019年 4月 25日		无		