

(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 3 月 4 日 (04.03.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/035971 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01F 7/02 (2006.01) **B24B 1/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/117610
- (22) 国际申请日: 2019 年 11 月 12 日 (12.11.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910810297.0 2019 年 8 月 29 日 (29.08.2019) CN
- (71) 申请人: 广东工业大学 (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510090 (CN)。
- (72) 发明人: 阎秋生 (YAN, Qiusheng); 中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510090 (CN)。黄展亮 (HUANG, Zhanliang); 中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510090 (CN)。潘继生 (PAN, Jisheng);

中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510090 (CN)。

(74) 代理人: 广州粤高专利商标代理有限公司 (YOGO PATENT & TRADE MARK AGENCY LIMITED COMPANY); 中国广东省广州市天河区体育西路 191 号中石化大厦 B 塔 4416 室, Guangdong 510620 (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, 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。

(54) Title: ELECTROMAGNETIC COUPLING DEVICE, POLISHING DEVICE HAVING SAME, AND ELECTROMAGNETIC RHEOLOGICAL PROPERTY MEASURING DEVICE

(54) 发明名称: 电磁耦合装置及其具有的抛光装置、电磁流变性能测量装置

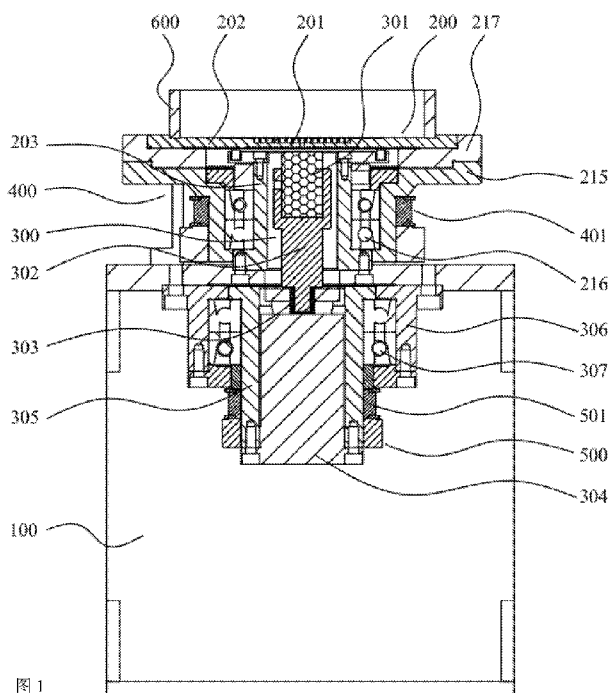


图 1

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of precise optical processing, and more particularly to an electromagnetic coupling device, a polishing device with same, and an electromagnetic rheological property measuring device. The electromagnetic coupling device comprises a base, an electric field generation assembly, a magnetic field generation assembly, a first rotating assembly, a second rotating assembly and an insulating flange provided above the electric field generation assembly, wherein the first rotating assembly is connected to the electric field generation assembly; the second rotating assembly is connected to the magnetic field generation assembly; the electric field generation assembly and the magnetic field generation assembly are both connected to the base; and an electric field generated by the electric field generation assembly and a magnetic field generated by the magnetic field generation assembly are distributed in the insulating flange. According to the present invention, by changing the structure of an electric field generation part and the structure of a magnetic pole, different forms of electric and magnetic coupling fields are achieved, and a device basis is provided for research on an electromagnetic rheological chain control means and an



(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))。

electromagnetic rheological polishing means; and the device is applied to an electromagnetic rheological polishing experiment and an electromagnetic rheological property test, such that wide applications for electromagnetic rheological polishing are promoted in the field of optical precision processing.

(57) 摘要: 本发明涉及精密光学加工的技术领域, 更具体地, 涉及电磁耦合装置及具有其的抛光装置、电磁流变性能测量装置, 包括底座、电场发生组件、磁场发生组件、第一旋转组件、第二旋转组件以及设于电场发生组件上方的绝缘挡边, 第一旋转组件与电场发生组件连接, 第二旋转组件与磁场发生组件连接, 电场发生组件、磁场发生组件均与底座连接, 绝缘挡边内部分布有电场发生组件产生的电场以及磁场发生组件产生的磁场。本发明通过改变电场发生部分结构和磁极结构实现不同形式的电、磁耦合场, 为电磁流变链串控制方式和电磁流变抛光方式的研究提供设备基础; 并应用于电磁流变抛光试验、电磁流变性能测试, 推动电磁流变抛光在光学精密加工领域的广泛应用。

电磁耦合装置及具有其的抛光装置、电磁流变性能测量装置

技术领域

本发明涉及精密光学加工的技术领域，更具体地，涉及电磁耦合装置及具有其的抛光装置、电磁流变性能测量装置。

背景技术

信息科学技术在高速发展，半导体材料在微电子元器件领域的应用愈加广泛，同时对其使用性能提出了更高的要求，常见的半导体材料包括单晶硅、蓝宝石和单晶碳化硅等。一般半导体晶片制造要经过切片、研磨、抛光等工序，要达到良好的使用性能，一方面晶片的表面精度需要达到超光滑程度（粗糙度 Ra 达到 1nm 以下），面型精度也有较高要求（面形精度达到 0.5 微米以下），另一方面晶片尺寸的不断扩大也给超精密抛光加工带来更大的挑战。现有国内外对大尺寸半导体晶片的加工装置主要是高效研磨、超精密抛光、化学机械抛光、磁流变抛光和基于端面磨床的磨抛加工等。其中，磁流变抛光技术是应用磁流变流变效应产生半固着的柔性抛光头从事抛光加工的方法，因相对抛光技术能够有效减少工件加工表面的细微裂纹和残余应力而得到广泛应用。

尽管电磁耦合式抛光装置陆续被开发出来，但或多或少存在一定的缺陷，如：中国专利 CN103192297B 公开了一种单晶碳化硅晶片的化学集群磁流变耦合加工方法，基于芬顿反应腐蚀单晶 SiC 反应、磁流变抛光原理、集群作用机理提出化学反应和机械加工的耦合抛光方法，有效提高了一定尺寸单晶 SiC 的加工效率，但是加工方法适应性弱，不能广泛应用于其他晶片材料的抛光加工，且其磁极集群程度较低；中国专利 CN 103317413 B 公开了一种电磁自激震动电流变耦合抛光方法及装置，引入电磁自激振动实现电场发生装置的高速纵向往复运动，从而对由电流变效应产生的柔性磨头产生纵向作用，提高加工效率，但由于采用的是单点抛光方法，不能适应大尺寸晶片加工的需求。影响电磁耦合式抛光装置性能的因素很多，而目前尚未有有效的抛光质量影响因素的试验装置，阻碍了电磁流变在光学精密加工领域的应用。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种电磁耦合装置及具有其的抛光装置、电磁流变性能测量装置，可实现不同形式的电磁耦合场，且针对不同

形式的电磁耦合场对电磁流变性能进行测量,为电磁流变链串控制方式和电磁流变抛光方式的研究提供了基础。

为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

提供一种电磁耦合装置,包括底座、电场发生组件、磁场发生组件、驱动电场发生组件转动的第一旋转组件、驱动磁场发生组件转动的第二旋转组件以及设于电场发生组件上方的绝缘挡边,所述第一旋转组件与电场发生组件连接,所述第二旋转组件与磁场发生组件连接,所述电场发生组件、磁场发生组件均与底座连接,所述绝缘挡边内部分布有电场发生组件产生的电场以及磁场发生组件产生的磁场。

10 本发明的电磁耦合装置,电场发生组件、电磁发生组件配合在绝缘挡边内形成电磁耦合场,通过改变电场发生组件的参数生成不同分布结构、不同大小的电场,通过改变磁场发生组件的参数生成不同形成的永磁动场,不同电场和不同磁场的结构为电磁流变链串控制方式和电磁流变抛光方式的研究提供设备基础。

进一步地,所述电场发生组件包括电极组、电极底盘、电极盘轴筒、第一碳刷、第一碳刷架、第二碳刷、第二碳刷架、第一导电环以及第二导电环:

所述第一碳刷架固定安装于电极盘轴筒、所述第一碳刷固定于第一碳刷架且第一碳刷和第一碳刷架之间设有第一导电片,所述第一碳刷贴设于电极底盘的底部且第一导电环设于第一碳刷与电极底盘之间;

20 所述第二碳刷架固定安装于电极盘轴筒、所述第二碳刷固定于第二碳刷架且第二碳刷和第二碳刷架之间设有第二导电片,所述第二碳刷贴设于电极底盘的底部且第二导电环设于第二碳刷与电极底盘之间;

所述第一导电环与所述电极组的正极电连接,所述第二导电环与所述电极组的负极电连接,所述第一导电片、第二导电片与直交流高压电源接通;

所述电极组嵌设于电极底盘且电极底盘的上表面设有耐磨绝缘层。

25 直交流高压电源的电能通过第一导电片、第一碳刷、第一导电环传递到电极组的正极,通过第二导电片、第二碳刷、第二导电环传递到电极组的负极,从而在电极的正负极之间形成电场,通过改变电极组的种类、直交流高压电源电压大小和频率改变电场的形式和电场强度。

进一步地,所述电极底盘安装于电极盘转轴,所述电极盘转轴设于电极盘轴筒外周且电极盘转轴与电极盘轴筒之间设有第一轴承,所述电极盘转轴外周连接

有第一带轮。

进一步地，所述第一旋转组件包括第一电机以及第一同步带，所述第一电机安装于底座，所述第一同步带连接于第一电机和第一带轮之间。第一电机工作通过第一同步带带动第一带轮转动，第一带轮带动电极盘转轴转动，由于电极盘转
5 轴与电极盘轴筒之间设有第一轴承，电极盘转轴可相对电极盘轴筒旋转。

进一步地，所述磁场发生组件包括磁极、磁极固定轴、磁极滑块以及磁极导轨，所述磁极滑块安装于磁极固定轴的一端，磁极固定轴的另一端设有安装磁极的内孔，所述磁极滑块与磁极导轨连接。

进一步地，所述磁极导轨安装于磁极旋转筒，所述磁极旋转筒外周连接有磁
10 极定轴筒，所述磁极定轴筒与底座连接，所述磁极旋转筒与磁极定轴筒之间连接有第二轴承且磁极旋转筒的外周连接有第二带轮。

进一步地，所述第二旋转组件包括第二电机以及第二同步带，所述第二电机安装于底座，所述第二同步带连接于第二电机与第二带轮之间。第二电机工作通过第二同步带带动第二带轮转动，第二带轮带动磁极旋转筒转动，由于磁极旋转
15 筒与磁极定轴筒之间连接有第二轴承，磁极旋转筒可相对磁极定轴筒旋转；本发明可通过调整磁极滑块与磁极导轨之间的相对位置，使得磁极以一定的偏心距旋转，实现电极底盘盘面的静态磁场向动态磁场转变。

本发明还提供了一种抛光装置，包括抛光转轴、用于夹持工件的夹具以及如前所述的电磁耦合装置，所述夹具连接于抛光转轴底部，所述绝缘挡边内部盛装
20 有电磁流变抛光液，所述工件底面与电磁流变抛光液接触设置。

本发明的抛光装置，夹具夹持工件并在抛光转轴的带动下旋转，工件表面与电磁流变抛光液之间发生相对运动，实现工件表面的高效超光滑加工。

本发明还提供了一种电磁流变性能测量装置，包括如前所述的抛光装置、旋转测力感应器以及信号传送器，所述旋转测力感应器连接于抛光转轴的一端，所
25 述信号传送器与旋转测力感应器信号连接，所述绝缘挡边外罩设有能量屏蔽罩。

本发明的电磁流变性能测量装置，夹具夹持工件并在抛光转轴的带动下旋转，工件表面与电磁流变抛光液之间发生相对运动，实现工件表面的高效超光滑加工，同时通过旋转测力感应器测试抛光力的大小，易于实现对抛光过程抛光力的监测以及研究抛光力大小对抛光效果的影响。

30 本发明还提供了一种电磁流变性能测量装置，包括测量转子、扭矩仪以及如

前所述的电磁耦合装置，测量转子与扭矩仪连接，所述绝缘挡边内部盛装有电磁流变抛光液，所述测量转子的端部伸入至电磁流变抛光液中，所述绝缘挡边外罩设有能量屏蔽罩。

5 本发明的电磁流变性能测量装置，测量转子伸入至磁流变液中，通过扭矩仪测试测量转子的扭矩，并换算得到电磁流变液的剪切应力和粘度。本发明可用于研究电磁流变液在不同电场及不同磁场耦合作用下的流变性能，为电磁流变链串控制方式和电磁流变抛光方式的研究提供数据基础。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

10 本发明的电磁耦合装置可以通过改变电场发生部分结构和磁极结构实现不同形式的电、磁耦合场，为电磁流变链串控制方式和电磁流变抛光方式的研究提供设备基础；本发明的电磁耦合装置可用于进行电磁流变抛光试验、电磁流变抛光的抛光力测量以及电磁流变液性能测试，为研究电磁流变抛光影响因素创立了试验条件，促进电磁流变抛光在光学精密加工领域的广泛应用。

附图说明

- 15 图 1 为实施例一电磁耦合装置的剖视图；
图 2 为实施例一电磁耦合装置的立体图；
图 3 为实施例一电磁耦合装置的电场发生组件的部分细节图；
图 4 为图 3 中电磁耦合装置的电场发生组件的 A-A 截面剖视图；
图 5 为图 4 中电磁耦合装置的电场发生组件的局部 B 的放大图；
20 图 6 为实施例一电磁耦合装置的同心环组电极组的结构示意图；
图 7 为实施例一电磁耦合装置的条型组电极组的结构示意图；
图 8 为实施例一电磁耦合装置的点阵型电极组的结构示意图；
图 9 为实施例二抛光装置的结构示意图；
图 10 为实施例三电磁流变性能测量装置的结构示意图；
25 图 11 为实施例四电磁流变性能测量装置的结构示意图；

附图中：100-底座；101-安装孔；200-电场发生组件；201-电极组；202-电极底盘；203-电极盘轴筒；204-第一碳刷；205-第一碳刷架；206-第二碳刷；207-第二碳刷架；208-第一导电环；209-第二导电环；210-正极；211-负极；212-耐磨绝缘层；213-长槽；214-屏蔽铜片；215-电极盘转轴；216-第一轴承；217-转换盘；300-磁场发生组件；301-磁极；302-磁极固定轴；303-磁极滑块；304-磁极

30

导轨；305-磁极旋转筒；306-磁极定轴筒；307-第二轴承；400-第一旋转组件；401-第一带轮；402-第一电机；403-第一同步带；404-第一旋转限位器；500-第二旋转组件；501-第二带轮；502-第二电机；503-第二同步带；505-第二旋转限位器；600-绝缘挡边；700-抛光装置；701-抛光转轴；702-夹具；800-电磁流变性能测量装置；801-旋转测力感应器；802-信号传送器；803-能量屏蔽罩；804-测量转子；805-扭矩仪。

具体实施方式

下面结合具体实施方式对本发明作进一步的说明。其中，附图仅用于示例性说明，表示的仅是示意图，而非实物图，不能理解为对本专利的限制；为了更好地说明本发明的实施例，附图某些部件会有省略、放大或缩小，并不代表实际产品的尺寸；对本领域技术人员来说，附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件；在本发明的描述中，需要理解的是，若有术语“上”、“下”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明，不能理解为对本专利的限制，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

20 实施例一

如图1至图8所示为本发明的电磁耦合装置的实施例，包括底座100、电场发生组件200、磁场发生组件300、驱动电场发生组件200转动的第一旋转组件400、驱动磁场发生组件300转动的第二旋转组件500以及设于电场发生组件200上方的绝缘挡边600，第一旋转组件400与电场发生组件200连接，第二旋转组件500与磁场发生组件300连接，电场发生组件200、磁场发生组件300均与底座100连接，绝缘挡边600内部分布有电场发生组件200产生的电场以及磁场发生组件300产生的磁场。为了便于本实施例的电磁耦合装置的安装于组装，本实施例的底座100可设置为门型结构，并在门型结构的底部设置多个安装孔101用以安装。本实施例在实施时，电场发生组件200、电磁发生组件配合在绝缘挡边600内形成电磁耦合场，通过改变电场发生组件200的参数生成不同分布结构、

不同大小的电场，通过改变磁场发生组件 300 的参数生成不同形成的永磁动场，从而形成不同形式的电磁耦合场。

如图 3 至图 5 所示，电场发生组件 200 包括电极组 201、电极底盘 202、电极盘轴筒 203、第一碳刷 204、第一碳刷架 205、第二碳刷 206、第二碳刷架 207、
5 第一导电环 208 以及第二导电环 209：

第一碳刷架 205 固定安装于电极盘轴筒 203、第一碳刷 204 固定于第一碳刷架 205 且第一碳刷 204 和第一碳刷架 205 之间设有第一导电片，第一碳刷 204 贴设于电极底盘 202 的底部且第一导电环 208 设于第一碳刷 204 与电极底盘 202 之间；

10 第二碳刷架 207 固定安装于电极盘轴筒 203、第二碳刷 206 固定于第二碳刷架 207 且第二碳刷 206 和第二碳刷架 207 之间设有第二导电片，第二碳刷 206 贴设于电极底盘 202 的底部且第二导电环 209 设于第二碳刷 206 与电极底盘 202 之间；

第一导电环 208 与电极组 201 的正极 210 电连接，第二导电环 209 与电极组 201 的负极 211 电连接，第一导电片、第二导电片与直交流高压电源接通；其中，
15 直交流高压电源的电压范围为 0~10kV，频率范围为 0Hz~50Hz。

电极组 201 嵌设于电极底盘 202 且电极底盘 202 的上表面设有耐磨绝缘层 212，防止电极底盘 202 磨损，延长电极底盘 202 的使用寿命；其中，耐磨绝缘层 212 的厚度可在 0.3mm~1mm 的范围内进行调整，本实施例的耐磨绝缘层 212
20 可采用氧化铝陶瓷涂层。

本实施例中电极组 201 可根据不同的耦合电磁场的模拟需要可设置为多种形状排布方式：如同心环组电极组 201、条型组电极组 201、点阵型电极组 201，分别如图 6、图 7、图 8 所示。但需要说明的是，本发明的电极组 201 并不限于上述形状排布方式，在实际应用时，电极组 201 的位置、数量均可根据需求进行
25 调整。

为了便于电极组 201 的安装，在电极底盘 202 的下表面与电极组 201 对应的位置开设有长槽 213，在长槽 213 内设置导线与电极组 201 焊接，相邻电极接相反的导线，导线末端分别与第一导电环 208、第二导电环 209 焊接，第一导电片、第二导电片引出导线与直交流高压电源接通，如此设置便可将直交流高压电源产生的电压导向至电极组 201 的正负极。
30

为了避免电极盘轴筒 203、磁场发生组件 300 等对电极组 201 通入高压电后产生的电场产生影响,本实施例在电极组 201 和磁场发生组件 300 之间设置有屏蔽铜片 214。

5 为了便于第一导电环 208、第二导电环 209、屏蔽铜片 214 的安装与定位,本实施例可在电极底盘 202 的底面分别设置与第一导电环 208、第二导电环 209、屏蔽铜片 214 匹配的定位槽口。

10 为了避免第一导电环 208、第二导电环 209 之间的干涉,本实施例的第一碳刷 204、第二碳刷 206 并非关于电极底盘 202 中心线对称,且第一导电环 208 和第二导电环 209 不会发生重合。而为了保证电磁耦合装置运动的平稳性,本实施例的电极底盘 202、绝缘挡边 600、转换盘 210 同心设置。

在本实施例中,电极底盘 202 可采用氧化铝陶瓷、氧化锆陶瓷制成,但不作为限制性规定,电极底盘 202 还可采用其他绝缘材料制得;本实施例的电极组 201 材料采用纯铜、铝或不锈钢材料制得,但不作为限制性规定,电极组 201 材料还可采用其他导电不导磁材料制得。

15 为了实现电场对电磁流变液内粒子作用方向改变和电磁流变液的转动以达到抛光的目的,本实施例的电极底盘 202 安装于电极盘转轴 215,电极盘转轴 215 设于电极盘轴筒 203 外周且电极盘转轴 215 与电极盘轴筒 203 之间设有第一轴承 216,电极盘转轴 215 外周连接有第一带轮 401;第一旋转组件 400 包括第一电机 402 以及第一同步带 403,第一电机 402 安装于底座 100,第一同步带 403 连接于第一电机 402 和第一带轮 401 之间,如图 2 所示。如此设置,当第一电机 402 工作时,通过第一带轮 401 的传动便可带动第一带轮 401 转动,电极盘转轴 215 带动电极盘旋转,同时,第一碳刷 204 在第一导电环 208、第二碳刷 206 在第二导电环 209 上滑动。

25 本实施例中,电极盘转轴 215 通过第一轴承 216 同心安装在电极盘轴筒 203 的外周,但电极盘转轴 215 与电极盘轴筒 203 相对位置的设置是为了获得稳定的运动效果而做出的优选,并不作为限制性的规定。

另需要说明的是,本实施例第一电机 402 与电极盘转轴 215 之间的传动采用皮带带轮的传动方式,但本发明不应限于此,还可采用链条链轮、齿轮传动等能够带动电极盘转轴 215 转动的传动方式。本实施例第一电机 402 带动极盘转轴的 30 转动形式也不限于完整的 360° 旋转,可通过在设置第一旋转限位器 404 和第一

电机 402 的工作方式使得极盘转轴在预设角度范围内进行旋转。

如图 1 所示, 磁场发生组件 300 包括磁极 301、磁极固定轴 302、磁极滑块 303 以及磁极导轨 304, 磁极滑块 303 安装于磁极固定轴 302 的一端, 磁极固定轴 302 的另一端设有安装磁极 301 的内孔, 磁极滑块 303 与磁极导轨 304 连接。

5 其中, 磁极导轨 304 安装于磁极旋转筒 305, 磁极旋转筒 305 外周连接有磁极定轴筒 306, 磁极定轴筒 306 与底座 100 连接, 磁极旋转筒 305 与磁极定轴筒 306 之间连接有第二轴承 307 且磁极旋转筒 305 的外周连接有第二带轮 501; 第二旋转组件 500 包括第二电机 502 以及第二同步带 503, 第二电机 502 安装于底座 100, 第二同步带 503 连接于第二电机 502 与第二带轮 501 之间, 如图 2 所示。如此设置, 当第二电机 502 工作时, 通过第二带轮 501 的传动便可带动第二带轮 501 转动, 磁极旋转筒 305 跟随第二带轮 501 转动, 磁极 301 旋转, 不断改变磁场对绝缘挡边 600 内部电磁流变液的作用方向, 迫使形成的电磁流变抛光垫内结构链串不断重组更新, 从而实现均匀抛光的目的。

15 其中, 设置磁极滑块 303 和磁极导轨 304, 可通过调整磁极滑块 303 与磁极导轨 304 之间的相对位置, 使得磁极 301 以一定的偏心距旋转, 实现电极底盘 202 盘面的静态磁场向动态磁场转变; 磁极固定轴 302 为中空结构, 电场发生组件 200 中与直交流高压电源接通的导线可从该中空结构的内部引出。

另需要说明的是, 本实施例第二电机 502 与电极盘转轴 215 之间的传动采用皮带带轮的传动方式, 但本发明不应限于此, 还可采用链条链轮、齿轮传动等能够带动电极盘转轴 215 转动的传动方式。本实施例第二电机 502 带动极盘转轴的转动形式也不限于完整的 360° 旋转, 可通过在设置第二旋转限位器 505 和第一电机 402 的工作方式使得极盘转轴在预设角度范围内进行旋转。

25 在本实施例中, 磁极 301 的材料为钕铁硼, 磁场强度范围为 1000GS-3000GS, 而与磁极 301 接触或相邻的零件材料均采用非导磁材料, 如铝合金、不锈钢、塑料等材料。

实施例二

30 本实施例为实施例一用作抛光装置 700 的实施例, 包括抛光转轴 701、用于夹持工件的夹具 702 以及如前的电磁耦合装置, 夹具 702 连接于抛光转轴 701 底部, 绝缘挡边 600 内部盛装有电磁流变抛光液, 工件底面与电磁流变抛光液接触设置, 如图 9 所示。

本实施例实施时，具体按以下步骤进行：

将抛光装置 700 安装在精密立式数控铣床上，如图 9 所示，针对加工对象的特点，在磁极 301 底部加装垫片或调整垫片厚度控制工件表面的磁场强度为 1000GS~3000GS，通过调整磁极导轨 304 和磁极滑块 303 的相对位置控制磁极 5 301 的旋转偏心距为 0 mm ~5mm，根据是否需要限位需要安装第一旋转限位器 404 和第二旋转限位器 505 来分别控制电极底盘 202 和磁极 301 的转动限位，选择电极组 201 的结构和尺寸；

将工件安装在夹具 702，夹具 702 安装在抛光转轴 701 的下段，抛光转轴 701 上段与铣床主轴连接，工件下表面与耐磨绝缘层 212 保持端面水平，通过铣床 Z 10 轴上下运动系统调整工件下表面和耐磨绝缘层 212 之间间距为 0.5mm~3mm；

根据加工对象配置电磁流变抛光液，电磁流变抛光液包括 70wt%~85 wt %粘度为 50CS~500CS 的硅油、10 wt %~30 wt %微米级 Fe_3O_4 粒子、1 wt %~5 wt %分散剂、2 wt %~10 wt %微米级抛光磨粒及少量稳定添加剂，将各组分混合后充分搅拌后通过超声波震动 10~30 分钟，形成电磁流变抛光液。

15 将电磁流变抛光液均匀倒在抛光设备的绝缘挡边 600、电极底盘 202 以及耐磨绝缘层 212 的空腔内，启动第二电机 502，磁极 301 在第二皮带和第二带轮 501 的带动下以一定的偏心距旋转，实现电极底盘 202 盘面的静态磁场向动态磁场转变，电磁流变抛光液在动态磁场的作用下形成实时磨料更新自锐和形状恢复的柔性抛光垫；

20 根据加工对象的特征，通过直交流高压电源为电极组 201 提供合适电压大小和频率的交直流电，相邻电极在电极底盘 202 盘面形成 1000kV/mm~5000kV/mm 的高压电场，电场和磁场对柔性抛光垫的耦合作用进一步提高柔性抛光垫的剪切应力和粘度，同时不同的电极组 20121 的形状能够使抛光垫不同位置的去除率产生变化，进而可以通过优化轨迹运动，实现平坦化抛光；

25 启动铣床主轴，转速为 60rpm~1000rpm，工件与电磁耦合柔性抛光头形成相对运动，实现工件表面的高效超光滑加工。

经过以上步骤，本实施例可通过电磁耦合场进行精密光学加工，能够获取较好的抛光效果和广泛的适用范围。

实施例三

30 本实施例为应用实施例二的抛光装置 700 的电磁流变性能测量装置 800，用

于电磁耦合抛光装置 700 的力学性能测试, 如图 10 所示, 包括如实施例二的抛光装置 700、旋转测力感应器 801 以及信号传送器 802, 旋转测力感应器 801 连接于抛光转轴 701 的一端, 信号传送器 802 与旋转测力感应器 801 信号连接, 绝缘挡边 600 外罩设有能量屏蔽罩 803。

5 本实施例实施时, 具体按以下步骤进行:

将电磁流变性能测量装置 800 安装在精密立式数控铣床上, 将工件安装在夹具 702, 夹具 702 安装在抛光转轴 701 的下段, 抛光转轴 701 上段与铣床主轴连接, 铣床主轴通过通过旋转测力感应器 801 连接, 信号传送器 802 固定在铣床上, 工件下表面与耐磨绝缘层 212 保持端面水平, 能量屏蔽罩 803 与绝缘挡边 600 同心且通过能量屏蔽罩 803, 能量屏蔽罩 803 固定在电场发生部件与测力仪之间;

10 根据加工对象配置电磁流变抛光液, 电磁流变抛光液包括 70wt%~85 wt %粘度为 50CS~500CS 的硅油、10 wt %~30 wt %微米级 Fe_3O_4 粒子、1 wt %~5 wt %分散剂、2 wt %~10 wt %微米级抛光磨粒及少量稳定添加剂, 将各组分混合后充分搅拌后通过超声波震动 10~30 分钟, 形成电磁流变抛光液, 将电磁流变抛光液均匀倒在抛光设备的绝缘挡边 600、电极底盘 202 以及耐磨绝缘层 212 的空腔内;

调整磁场结构及参数、电场结构及参数、以及铣床加工工艺参数; 启动铣床主轴, 启动旋转测力感应器 801, 设置采集时间为 30s、60s、120s 内的正压力信号以及扭矩信号, 测力过程中, 通过铣床 Z 轴上下运动系统调整工件下表面和耐磨绝缘层 212 间距为 0.1mm~3mm, 测力结束, 铣床主轴停止。

20 经过以上步骤, 本实施例可研究抛光装置 700 的转速对抛光效果的影响, 为获取更好的精密光学材料表面加工效果提供研究基础。

实施例四

如图 11 所示为应用实施例一的电磁耦合装置的电磁流变性能测量装置 800, 用于电磁流变抛光液的流变性能的测试, 包括测量转子 804、扭矩仪 805 以及如实施例一的电磁耦合装置, 测量转子 804 与扭矩仪 805 连接, 绝缘挡边 600 内部盛装有电磁流变抛光液, 测量转子 804 的端部伸入至电磁流变抛光液中, 绝缘挡边 600 外罩设有能量屏蔽罩 803。

本实施例实施时, 具体按以下步骤进行:

30 试验装置安装在精密立式数控铣床上, 电极底盘 202 上表面安装绝缘挡边 600, 测量转子 804 同心设置在绝缘挡边 600 的内孔中, 测量转子 804 通过扭矩

仪 805 连接机床主轴，能场屏蔽罩与绝缘挡边 600 同心且固定在电场发生组件 200 与扭矩仪 805 之间，不安装第一旋转限位器 404 和第二旋转限位器 505；

配置不同组分和组分比例的少量电磁流变抛光液，并置于测量转子 804 与耐磨绝缘层 212 的间隙内；

5 调整磁场结构及参数、电磁结构参数；

通过铣床 Z 轴上下运动系统调整工件下表面和耐磨绝缘层 212 间距为 1mm，锁紧铣床主轴，启动扭矩仪 805，设置采集时间为 60S 内的扭矩信号，启动第一电机 402、第二电机 502 实现电极底盘 202 旋转和磁极 301 旋转，转速为 60rpm~200rpm，当两者转速相同时为静磁场，两者转速不等时，电磁流变液受

10 到动磁场作用；

测力结束，主轴停止，关闭直交流高压电源；根据获得的扭矩通过公式换算得出电磁流变抛光液的剪切应力和粘度。

经过以上步骤，便可研究不同组成的电流流变抛光液在不同磁场形式、电场形式的电磁耦合场中的流变性能，为获取更好的精密光学材料表面加工效果提供

15 研究基础。

显然，本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例，而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进

20 等，均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 电磁耦合装置，其特征在于，包括底座（100）、电场发生组件（200）、磁场发生组件（300）、驱动电场发生组件（200）转动的第一旋转组件（400）、驱动磁场发生组件（300）转动的第二旋转组件（500）以及设于电场发生组件（200）
5 上方的绝缘挡边（600），所述第一旋转组件（400）与电场发生组件（200）连接，所述第二旋转组件（500）与磁场发生组件（300）连接，所述电场发生组件（200）、磁场发生组件（300）均与底座（100）连接，所述绝缘挡边（600）内部分布有电场发生组件（200）产生的电场以及磁场发生组件（300）产生的磁场。

2. 根据权利要求1所述的电磁耦合装置，其特征在于，所述电场发生组件
10 （200）包括电极组（201）、电极底盘（202）、电极盘轴筒（203）、第一碳刷（204）、第一碳刷架（205）、第二碳刷（206）、第二碳刷架（207）、第一导电环（208）以及第二导电环（209）：

所述第一碳刷架（205）固定安装于电极盘轴筒（203）、所述第一碳刷（204）
固定于第一碳刷架（205）且第一碳刷（204）和第一碳刷架（205）之间设有第
15 一导电片，所述第一碳刷（204）贴设于电极底盘（202）的底部且第一导电环（208）
设于第一碳刷（204）与电极底盘（202）之间；

所述第二碳刷架（207）固定安装于电极盘轴筒（203）、所述第二碳刷（206）
固定于第二碳刷架（207）且第二碳刷（206）和第二碳刷架（207）之间设有第
20 二导电片，所述第二碳刷（206）贴设于电极底盘（202）的底部且第二导电环（209）
设于第二碳刷（206）与电极底盘（202）之间；

所述第一导电环（208）与所述电极组（201）的正极（210）电连接，所述
第二导电环（209）与所述电极组（201）的负极（211）电连接，所述第一导电
片、第二导电片与直交流高压电源接通；

所述电极组（201）嵌设于电极底盘（202）且电极底盘（202）的上表面设
25 有耐磨绝缘层（212）。

3. 根据权利要求2所述的电磁耦合装置，其特征在于，所述电极底盘（202）
安装于电极盘转轴（215），所述电极盘转轴（215）设于电极盘轴筒（203）外周
且电极盘转轴（215）与电极盘轴筒（203）之间设有第一轴承（216），所述电极
盘转轴（215）外周连接有第一带轮（401）。

30 4. 根据权利要求3所述的电磁耦合装置，其特征在于，所述第一旋转组件

(400) 包括第一电机 (402) 以及第一同步带 (403), 所述第一电机 (402) 安装于底座 (100), 所述第一同步带 (403) 连接于第一电机 (402) 和第一带轮 (401) 之间。

5 5. 根据权利要求 1 至 4 任一项所述的电磁耦合装置, 其特征在于, 所述磁场发生组件 (300) 包括磁极 (301)、磁极固定轴 (302)、磁极滑块 (303) 以及磁极导轨 (304), 所述磁极滑块 (303) 安装于磁极固定轴 (302) 的一端, 磁极固定轴 (302) 的另一端设有安装磁极 (301) 的内孔, 所述磁极滑块 (303) 与磁极导轨 (304) 连接。

10 6. 根据权利要求 5 所述的电磁耦合装置, 其特征在于, 所述磁极导轨 (304) 安装于磁极旋转筒 (305), 所述磁极旋转筒 (305) 外周连接有磁极定轴筒 (306), 所述磁极定轴筒 (306) 与底座 (100) 连接, 所述磁极旋转筒 (305) 与磁极定轴筒 (306) 之间连接有第二轴承 (307) 且磁极旋转筒 (305) 的外周连接有第二带轮 (501)。

15 7. 根据权利要求 6 所述的电磁耦合装置, 其特征在于, 所述第二旋转组件 (500) 包括第二电机 (502) 以及第二同步带 (503), 所述第二电机 (502) 安装于底座 (100), 所述第二同步带 (503) 连接于第二电机 (502) 与第二带轮 (501) 之间。

20 8. 一种抛光装置, 其特征在于, 包括抛光转轴 (701)、用于夹持工件的夹具 (702) 以及如权利要求 1 至 7 任一项所述的电磁耦合装置, 所述夹具 (702) 连接于抛光转轴 (701) 底部, 所述绝缘挡边 (600) 内部盛装有电磁流变抛光液, 所述工件底面与电磁流变抛光液接触设置。

25 9. 一种电磁流变性能测量装置, 其特征在于, 包括如权利要求 8 所述的抛光装置、旋转测力感应器 (801) 以及信号传送器 (802), 所述旋转测力感应器 (801) 连接于抛光转轴 (701) 的一端, 所述信号传送器 (802) 与旋转测力感应器 (801) 信号连接, 所述绝缘挡边 (600) 外罩设有能量屏蔽罩 (803)。

30 10. 一种电磁流变性能测量装置, 其特征在于, 包括测量转子 (804)、扭矩仪 (805) 以及如权利要求 1 至 7 任一项所述的电磁耦合装置, 测量转子 (804) 与扭矩仪 (805) 连接, 所述绝缘挡边 (600) 内部盛装有电磁流变抛光液, 所述测量转子 (804) 的端部伸入至电磁流变抛光液中, 所述绝缘挡边 (600) 外罩设有能量屏蔽罩 (803)。

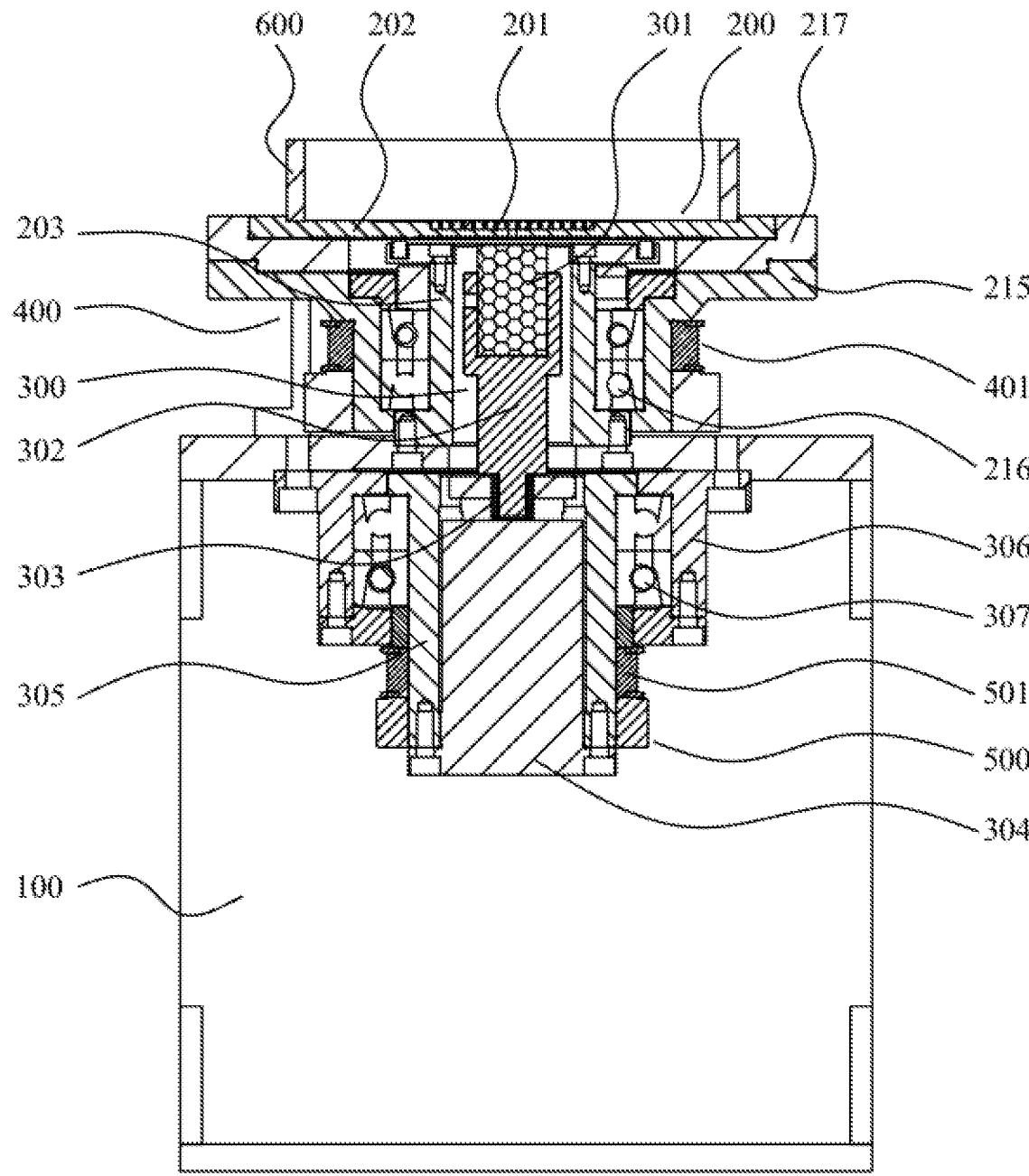


图 1

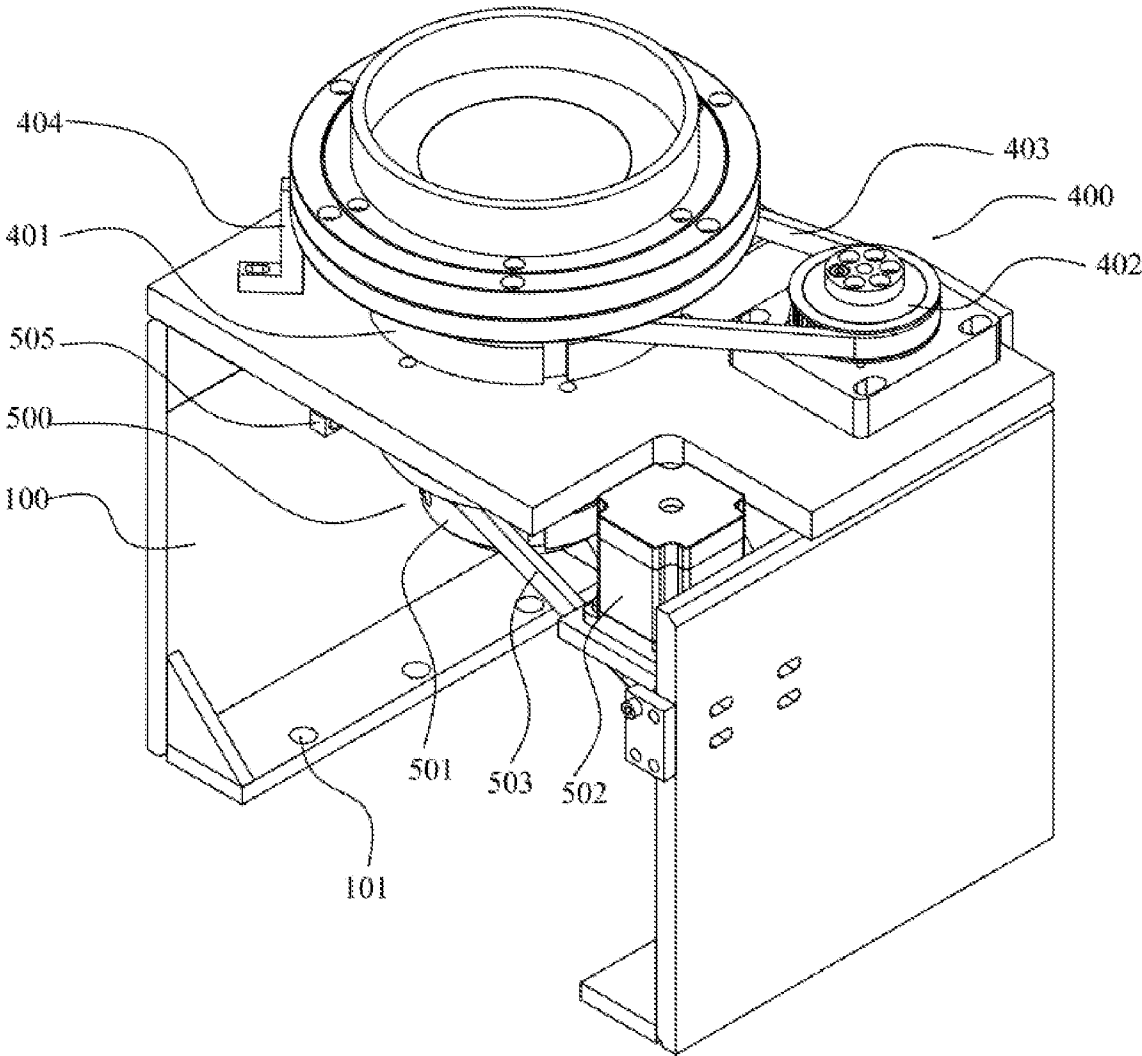


图 2

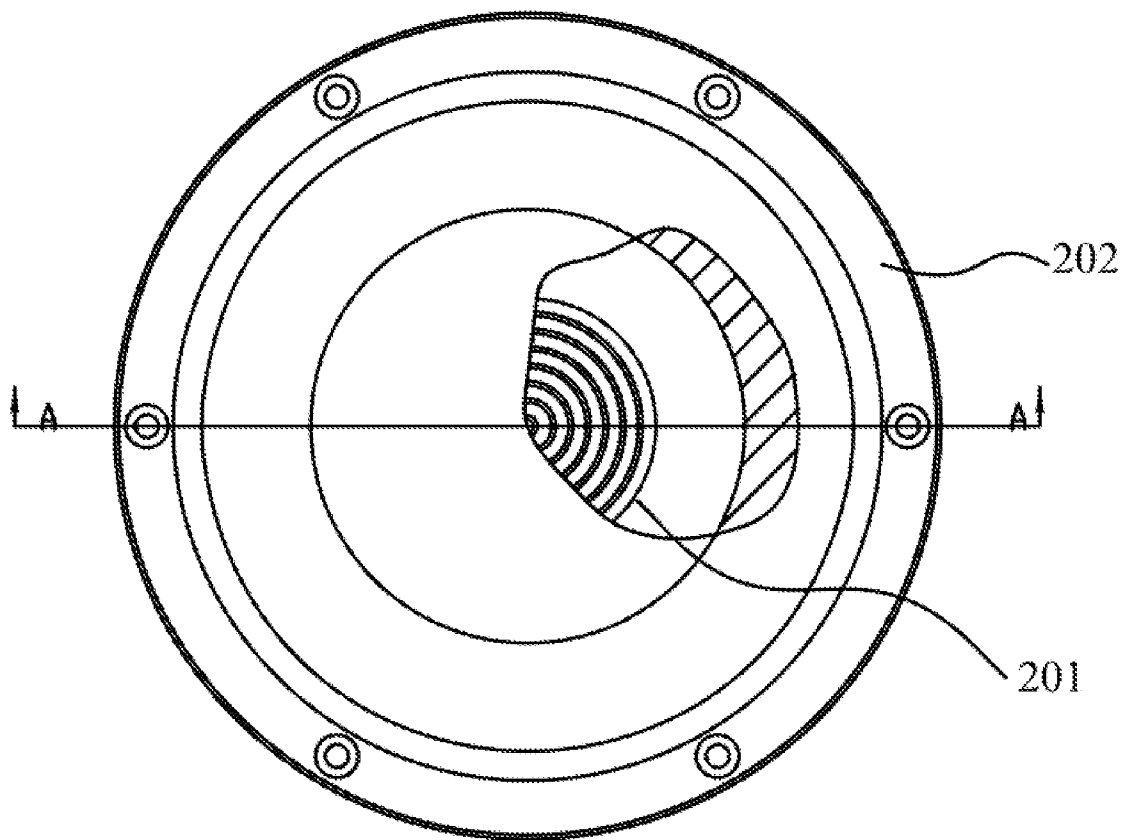


图 3

A-A

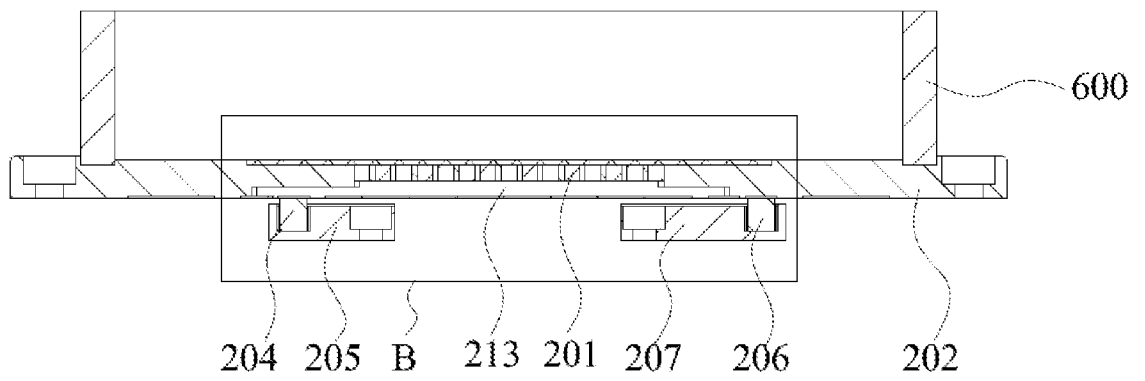


图 4

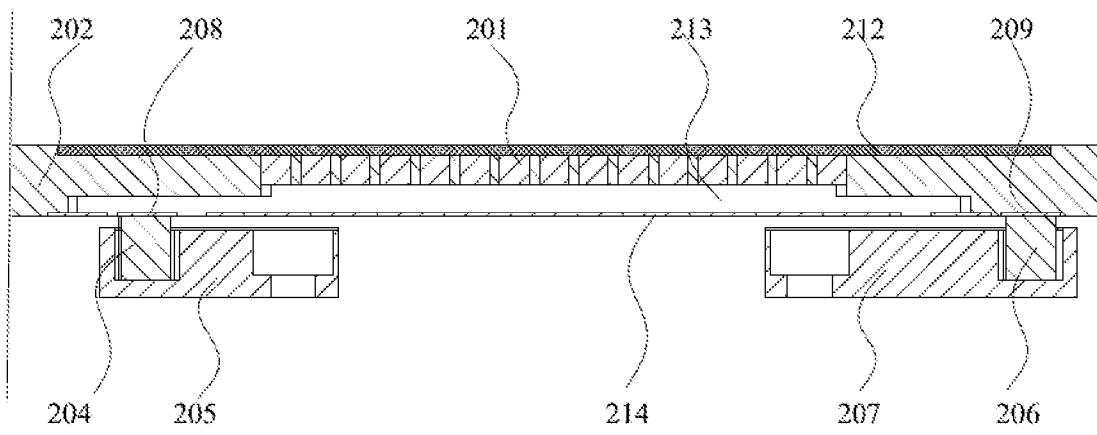


图 5

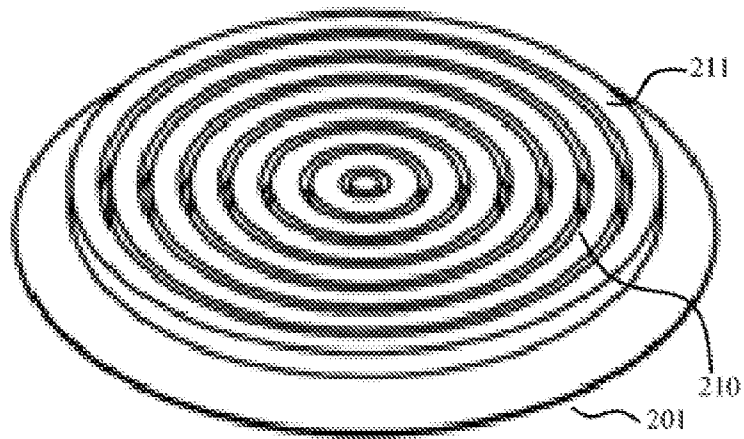


图 6

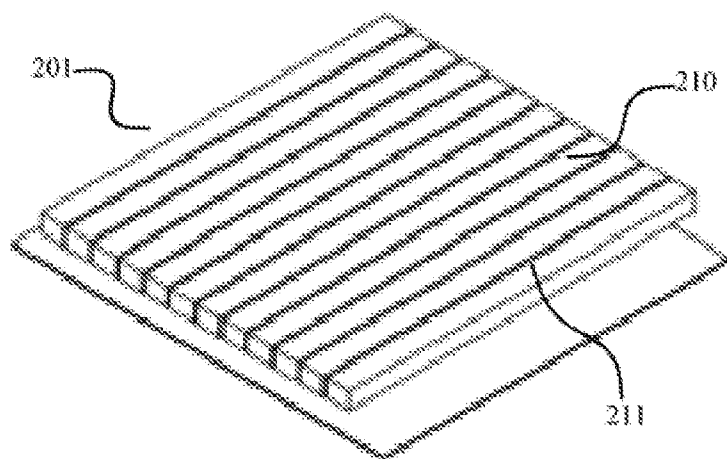


图 7

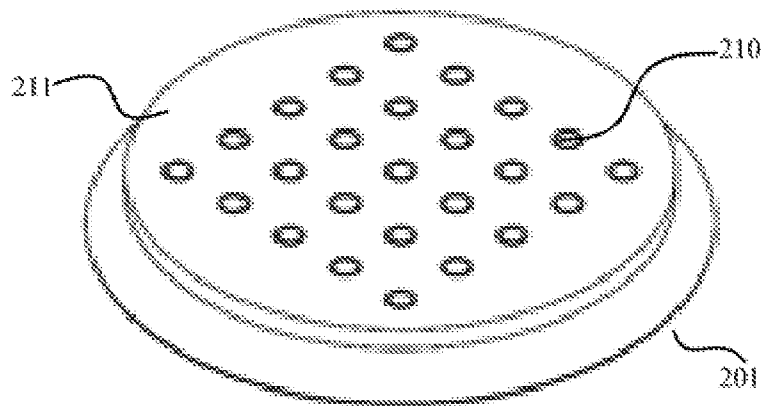


图 8

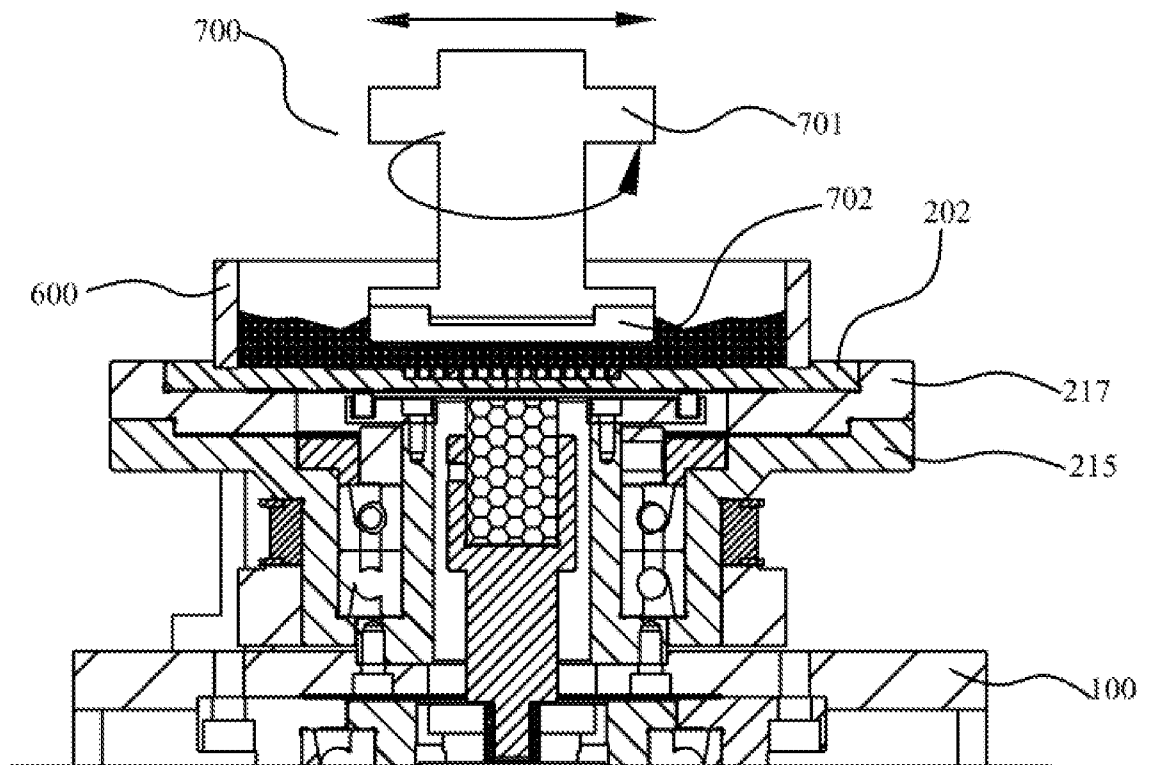


图 9

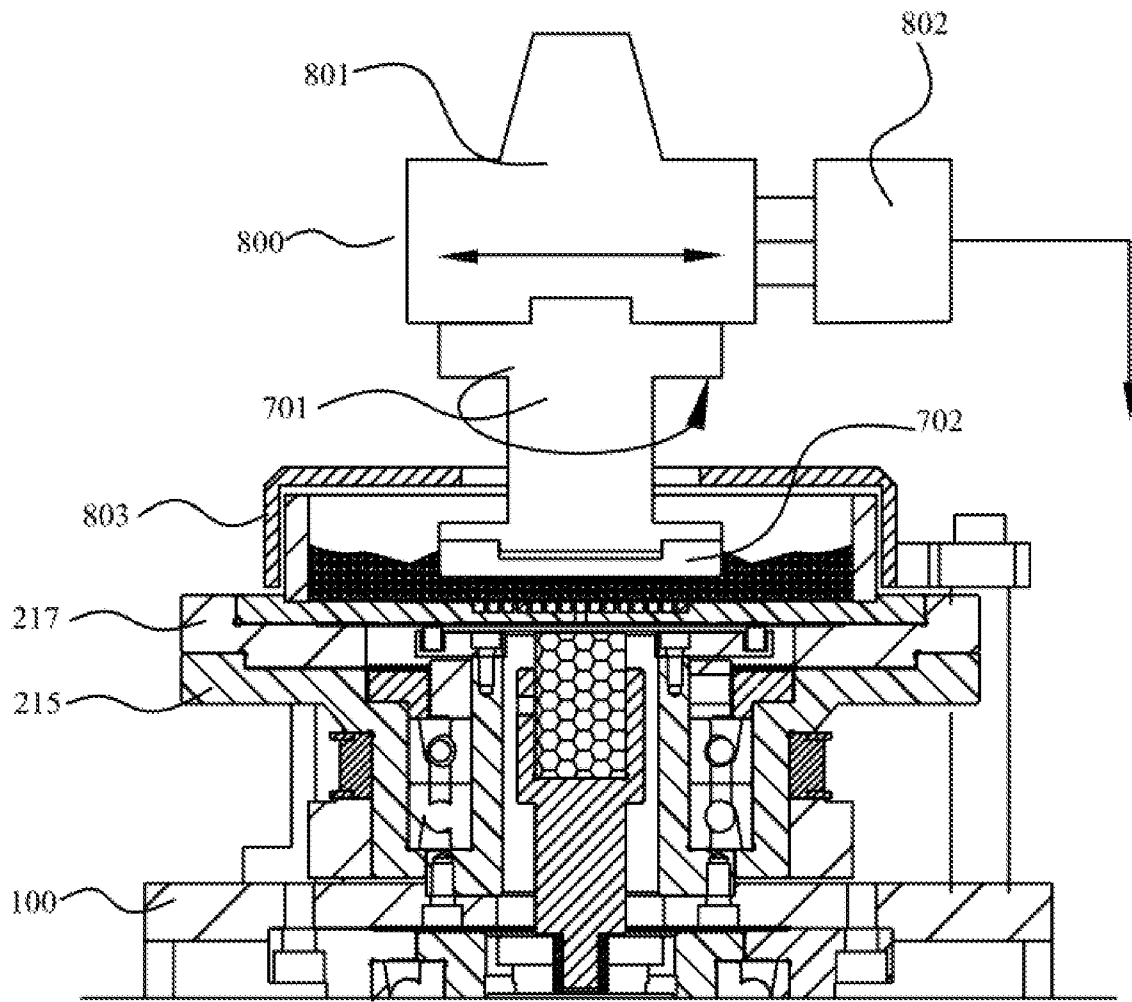


图 10

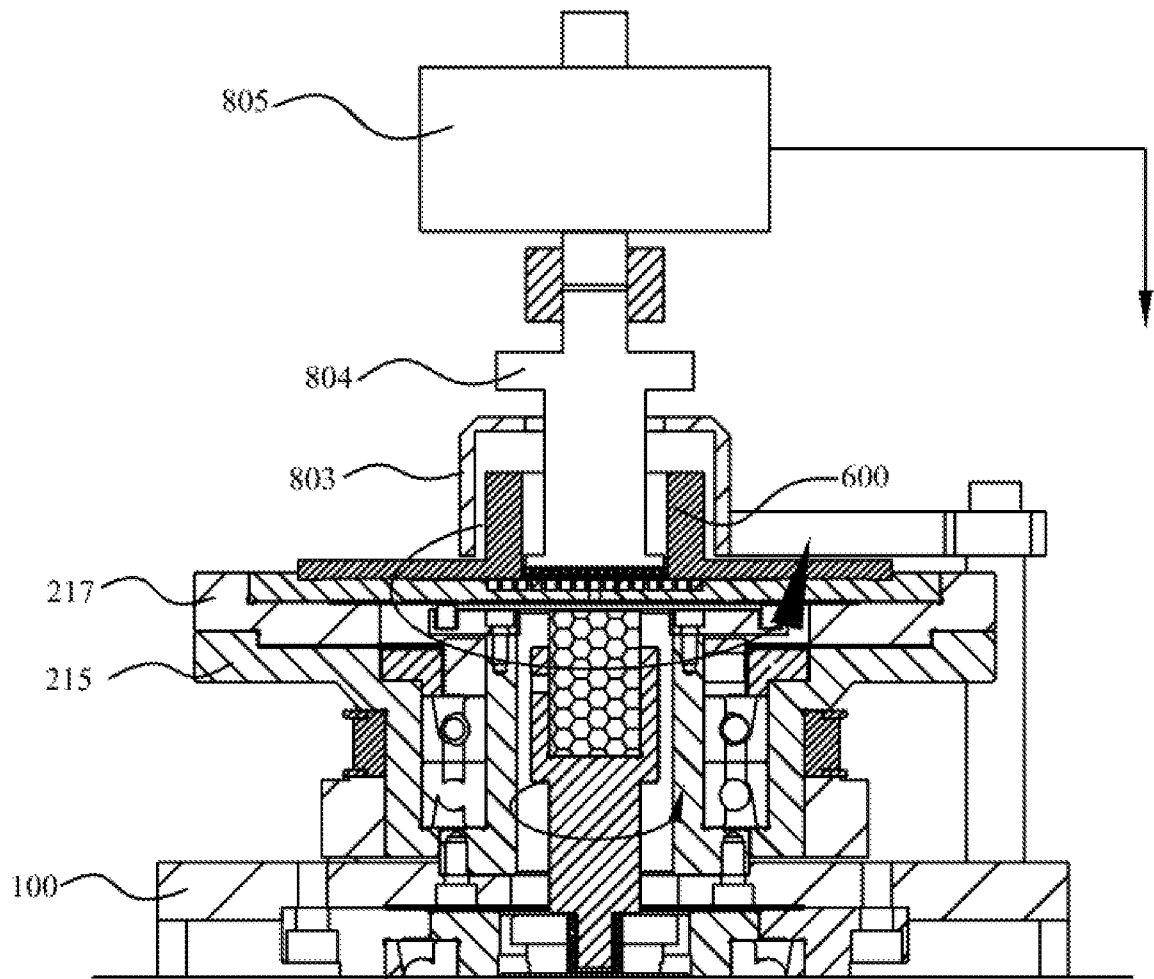


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/117610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F 7/02(2006.01)i; B24B 1/00(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)

H01F;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, VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT, CNKI: 抛光, 电磁, 磁流变, 碳刷, polish, electromagnetism, magnetorheological, carbon brush

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106312796 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 11 January 2017 (2017-01-11) description paragraphs 39-67, figures 3-4, 6	1, 5-10
A	CN 103317413 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 25 September 2013 (2013-09-25) description, paragraphs 24-30	1-10
A	US 2005026544 A1 (ELLEDDGE, Jason B.) 03 February 2005 (2005-02-03) entire document	1-10
A	CN 105458840 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 April 2016 (2016-04-06) entire document	1-10



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

14 April 2020

Date of mailing of the international search report

28 May 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/CN2019/117610

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106312796	A	11 January 2017	CN	106312796	B	15 May 2018
CN	103317413	A	25 September 2013	CN	103317413	B	30 March 2016
US	2005026544	A1	03 February 2005	US	7033251	B2	25 April 2006
CN	105458840	A	06 April 2016	CN	105458840	B	29 December 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/117610

A. 主题的分类

H01F 7/02(2006.01)i; B24B 1/00(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)

H01F;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, VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT, CNKI: 抛光, 电磁, 磁流变, 碳刷, polish, electromagnetism, magnetorheological, carbon brush

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
X	CN 106312796 A (广东工业大学) 2017年 1月 11日 (2017 - 01 - 11) 说明书39-67段, 图3-4、6	1, 5-10
A	CN 103317413 A (北京理工大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书24-30段	1-10
A	US 2005026544 A1 (ELLEDGE, Jason B.) 2005年 2月 3日 (2005 - 02 - 03) 全文	1-10
A	CN 105458840 A (广东工业大学) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 全文	1-10

☐ 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 4月 14日

国际检索报告邮寄日期

2020年 5月 28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

授权官员

李娇娇

电话号码 86-(20)-28950416

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/117610

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	106312796	A	2017年 1月 11日	CN	106312796	B	2018年 5月 15日
CN	103317413	A	2013年 9月 25日	CN	103317413	B	2016年 3月 30日
US	2005026544	A1	2005年 2月 3日	US	7033251	B2	2006年 4月 25日
CN	105458840	A	2016年 4月 6日	CN	105458840	B	2017年 12月 29日