

(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
2024 年 10 月 24 日 (24.10.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/217271 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01M 10/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/085336
- (22) 国际申请日: 2024 年 4 月 1 日 (01.04.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310405400.X 2023年4月17日 (17.04.2023) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园,
Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 韩福柱 (HAN, Fuzhu); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 唐文翰 (TANG,

Wenhan); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 徐星汉 (XU, Xinghan); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区悦秀路99号4层2单元417, Beijing 100085 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: ONLINE DISTANCE MEASUREMENT DEVICE AND METHOD BASED ON JET

(54) 发明名称: 基于射流的在线距离测量的设备和方法

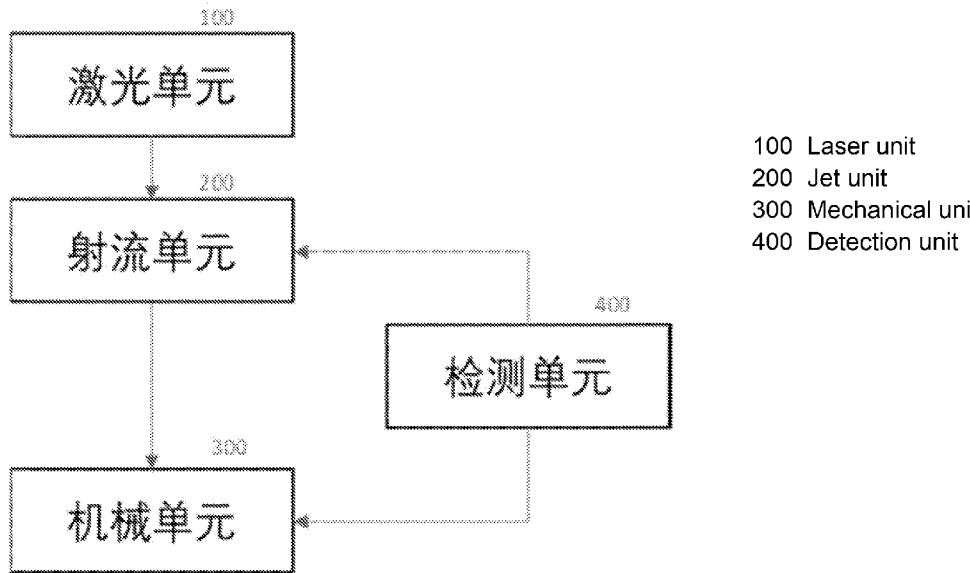


图 1

(57) Abstract: Disclosed in the present application are an online distance measurement device and method based on a jet. The method comprises: acquiring processing parameter data, and conductive jet data of a jet unit; performing data processing on a processing member of a mechanical unit on the basis of the processing parameter data and the conductive jet data, so as to obtain a data processing result; on the basis of the data processing result, detecting a voltage value between a metal structure portion of the jet unit and the processing member of the mechanical unit, so as to determine a conductive jet state according to the detected voltage value. By means



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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

of the online distance measurement method in the present invention, a complex and expensive device does not have to be added, it is not necessary to make a great adjustment on the overall structure, and online depth measurement can also be achieved, thereby measuring a processing state of a workpiece.

(57) 摘要: 本申请公开了用于基于射流的在线距离测量设备及方法, 该方法包括: 获取加工参数数据和射流单元的导电射流数据; 基于加工参数数据和导电射流数据对机械单元的加工件进行数据加工得到数据加工结果; 基于数据加工结果检测射流单元的金属结构部分和机械单元的加工件之间的电压值, 以根据检测的电压值大小判断导电射流状态。本发明采用的在线距离测量方法可以不添加复杂昂贵的设备, 对于整体结构不需要做很大调整, 同时可以实现在线测量深度, 进而测量工件的加工状态。

基于射流的在线距离测量的设备和方法

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 202310405400.X、申请日为 2023 年 4 月 17、申请名称为“用于在线测量水导激光导电射流的设备及方法”的中国专利申请提出，
5 并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本申请的实施例涉及加工测量技术领域，特别是涉及基于射流的在线距离测量的设备和方法。

10 背景领域

水导激光加工是一种射流与激光复合的特种加工技术。实际使用过程中，射流只能在一定长度范围内保持稳定，即层流形态，一旦超出该长度，液体不再稳定，当射流液体不稳定时，便无法使激光在其中发生全反射，限制了加工长度。相关技术中测量射流会对射流产生干扰从而破碎射流，测量精度低；或者测量设备依赖特定位置或特定碰撞对象，在加工过程中难以进行实时测量。
15

发明内容

本申请旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

为此，本申请的一个方面的实施例提出一种基于射流的在线距离测量的设备，该用于射流的距离测量设备测量稳定的导电射流的电信号得出射流长度，
20 可以对射流实时测量，该设备的测量精度高且对射流干扰小。

本申请的另一个方面的实施例提出一种基于射流的在线距离测量的方法。

为达上述目的，本申请一方面提出一种基于射流的在线距离测量的设备，包括：

射流单元，用于为设备提供导电射流，所述射流单元至少包括金属结构部分，所述金属结构部分与水腔接触；

机械单元，包括加工件；

检测单元，用于检测所述射流单元的金属结构部分和所述机械单元的加工件之间的电信号，以根据检测的电信号变化值判断导电射流状态。

另外，根据本申请上述实施例的用于在线测量射流的设备还可以具有以下附加的技术特征：

进一步地，在本申请的一个实施例中，所述导电射流状态处于稳定状态时视为一段固定宽度的导体，所述导体的电阻值为：

10
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

其中， ρ 为射流的电阻率， l 为导电射流长度， S 为导电射流截面积。

进一步地，在本申请的一个实施例中，所述导体的电阻值，包括射流单元电阻、导电射流电阻和机械单元电阻的串联电阻。

进一步地，在本申请的一个实施例中，当导电射流处于所述稳定状态时，得到所述电阻值基于所述导电射流长度的单调变化数据。

进一步地，在本申请的一个实施例中，所述射流单元，包括耦合单元，所述耦合单元上下移动得到上下移动数据；

所述检测单元根据所述上下移动数据检测得到电信号变化值，以根据所述电信号变化值得到稳定状态下的导电射流长度的最大值

20 进一步地，在本申请的一个实施例中，所述机械单元沿预设的三个轴运动对加工件进行加工的同时，所述检测单元检测实时导电射流长度，并根据电阻值大小判断导电射流是否中断。

进一步地，在本申请的一个实施例中，所述加工件的非测量面上设置导电

结构,所述检测单元检测所述射流单元的金属结构部分和所述机械单元的加工件的导电结构之间的电信号。

进一步地,在本申请的一个实施例中,基于射流的在线距离测量的设备还包括位移单元,所述位移单元与所述射流单元或所述加工件相连以使所述射流单元相对所述加工件在正交于上下方向的平面内移动。

为达上述目的,本申请另一方面提出一种基于射流的在线距离测量的方法,包括:

获取加工参数数据和射流单元的导电射流数据;

基于所述加工参数数据和导电射流数据对机械单元的加工件进行数据加工得到数据加工结果;

基于所述数据加工结果检测所述射流单元的金属结构部分和机械单元的加工件之间的电压值,以根据检测的电压值大小判断导电射流状态。

本申请实施例的基于射流的在线距离测量的设备及方法,实现在线检测导电射流状态与导电射流长度,射流长度反映加工系统状态和加工进度,可以了解加工实际情况。

本申请附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本申请的实践了解到。

附图说明

本申请上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

图 1 是根据本申请实施例的一种基于射流的在线距离测量的设备的结构示意图;

图 2 是根据本申请实施例的另一种基于射流的在线距离测量的设备的结

构示意图；

图 3 是根据本申请实施例的检测信号变化趋势的示意图；

图 4 是根据本申请实施例的又一种基于射流的在线距离测量的设备的结构示意图；

5 图 5 是根据本申请实施例的基于射流的在线距离测量的方法的流程图。

图 6 是根据本申请实施例的另一种基于射流的在线距离测量的设备的结构示意图。

具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，所述实施例的示例在附图中示出。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。在本申请的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”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，
10 仅是为了便于描述本申请和简化描述，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，因此不能理解为对本申请的限制。

下面参考附图描述根据本申请实施例提出的基于射流的在线距离测量的设备和方法。

20 图 1 是本申请实施例的基于射流的在线距离测量的设备的结构示意图。

如图 1 所示，该基于射流的在线距离测量的设备，包括：

射流单元 200，用于为设备提供导电射流，射流单元至少包括金属结构部分，金属结构部分与水腔接触；

机械单元 300，包括加工件；

检测单元 400，用于检测射流单元 200 的金属结构部分和机械单元 300 的加工件之间的电信号，以根据检测的电信号变化值判断导电射流状态。

具体地，射流单元 200，为设备提供导电射流，至少有一部分为金属结构
5 并与水腔接触；机械单元 300，可以为实际加工件，也可以为固定的检测面；
检测单元 400，其通过将电压加载于射流单元 200 金属部分及机械单元 300 之间，并检测电压和/或电流，判断导电射流状态。导电射流可以采用水、酒精与甘油混合物等电解质溶液作为可导电的流体，该流体还可以是酸性或碱性电解质溶液。导电射流采用可导电的流体目的在于测量流体的电信号并将电信号
10 的变化值与导电射流的长度相关联，通过测量流体的电信号得出对应的导电射流的长度。

可以理解的，激光单元 100 为设备提供激光，测量导电射流长度时无需激光单元 100 参与，开启激光单元 100 能够实现加工件测量与激光加工同步进行，无需取下加工件进行测量、也避免了重新装夹和对准，能够避免再次装夹产生
15 新的误差，并避免测量影响加工效率。加工件测量与激光加工同步进行有助于缩短加工步骤，提高加工精度和效率。

在本申请的一些实施例中，导电射流于稳定状态时，可以视为一段固定宽度的导体，其电阻为：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

20 其中 ρ 为水的电阻率， l 为导电射流长度， S 为导电射流截面积。

在本申请的一些实施例中，实际整体电阻为导电射流电阻和测量回路其他部分电阻的串联。

可以理解的是，测量回路其他部分电阻可以包括射流单元电阻和机械单元

电阻等，由于导电射流截面积相比于射流单元的水腔小很多，所以射流单元水的电阻比导电射流小很多；射流单元另一部分为大面积金属，电阻亦可忽略；机械单元同理。在射流单元、导电射流和机械单元形成的测量回路上，导电射流电阻大于其他部分的电阻，以确保导电射流电阻变化影响测量回路电阻变化。

5 可以理解的是，检测单元所检测电阻基本为导电射流的电阻。

在本申请的一些实施例中，当导电射流处于所述稳定状态时，得到所述电阻值基于所述导电射流长度的单调变化数据。

具体地，当导电射流处于稳定状态时，电阻值随导电射流长度单调变化，电阻与长度具有一一对应的关系，电阻值的变化规律可以是线性的。因此检测
10 单元可以检测到有规律的电压和/或电阻值，从而反推出导电射流的长度。

在本申请的一些实施例中，而当导电射流处于不稳定状态时，由于水流不再处于稳定状态，其电阻值会产生波动甚至断路，由此可以检测导电射流是否处于稳定状态内。

在本申请的一些实施例中，图 2 为本申请展示的一种用于确定导电射流长
15 度的设备连接示意图。

可以理解的是，射流单元，可以为耦合单元 201，耦合单元 201 上下移动得到上下移动数据；检测单元 300 根据上下移动数据检测得到电信号变化值，以根据电信号变化值得到稳定状态下的导电射流长度的最大值。

具体地，耦合单元 201 上下移动，检测单元 400 检测电信号的变化，以此
20 确定稳定的最大长度。

进一步地，随距离变化，其检测信号变化趋势如图 3 所示，在图 3 的①部分中为稳定阶段，检测到的电压值随向下移动的距离而增加；随后导电射流破碎，电压上升至电源电压。

在本申请的一些实施例中，图 3 为本申请展示的一种加工状态中在线监测的设备连接示意图，如图 3 所示，机械单元 300 沿三个轴运动，水导激光进行加工的同时，检测单元 400 检测导电射流长度，通过电阻值判断射流是否中断，以此判断加工装填与加工深度。

5 在本申请的一些实施例中，加工件的非测量面上设置导电结构，检测单元检测射流单元的金属结构部分和机械单元的加工件的导电结构之间的电信号。

具体地，导电结构安装在加工件的非测量面上，非测量面可以是工件的侧面等，导电射流流淌至非测量面在射流单元、加工件和检测单元之间形成了完整回路。当射流处于稳定状态时，射流可以视为一段电导率均匀的导体，进而
10 可以对其电学性质进行测量和计算，稳定导电射流的电阻可以通过下式进行计算；

$$R = \int_0^L \frac{l}{\sigma S(l)} dl$$

其中，L 为射流总长度，l 为射流截面到喷嘴的距离，S(l) 为射流在距离喷嘴处的截面面积， σ 为电解质溶液的电导率。射流的截面面积 S(l) 在 l 变化是看成不变量 S，已知射流截面面积 S 可以通过测量射流的电阻计算射流总
15 长度 L，实现对射流单元至加工件之间距离的测量。

在一些实施例中，机械单元的加工件是非金属材质等绝缘材质时，检测单元采用电阻计检测加工件到射流单元之间的电阻，加工件自身电阻过大不便电阻计检测计算导电射流的电阻，检测单元采用电阻计检测加工件到射流单元之
20 间的电阻，此时设置在加工件的非测量面的导电结构可以避免电阻计检测加工件的电阻，导电结构可以是黏贴在加工件非检测面的导电材料，导电材料可以是双导铜胶带，电阻计的两端分别与双导铜胶带和射流单元的金属结构相接触，此时电阻计测量的电阻包括射流单元电阻、射流电阻和双导铜胶带电阻的串联

电阻，射流单元电阻和双导铜胶带电阻可忽略，测量电阻时不局限在固定位置和固定加工件，既可以在加工前对射流单元进行调整，也可以在射流单元工作时进行在机测量检测加工状态，初始状态下射流与加工件接触发生液体的累积，液体与电阻计的测量端相连即可测量得到电阻，液体在加工件流动至非测量面
5 与导电材料接触能实现液体与电阻计的测量端的相连形成回路。

在本申请的一个实施例中，基于射流的在线距离测量的设备还包括位移单元，位移单元与射流单元或加工件相连以使射流单元相对加工件在正交于上下方向的平面内移动。

具体地，每次加工完成后，加工件都具有边缘位置，通过位移单元的驱动，
10 使得射流与加工件从非接触状态变为接触状态，从而检测单元可以检测到电学特性的变化，位移单元记录位置信息可以进行射流的位置测量，进而便于设备进行对刀确认射流位置，或者对加工件待加工面的形状测量。根据电学特性的变化得出处于层流状态的射流的电阻值，射流的截面面积作为不变量，根据射流的电阻值计算射流长度，根据射流长度、射流的状态变化和位移单元记录的位置信息完成位置测量，可以在加工前进行对刀、角度调整，也可以在加工过程
15 中进行在机测量，检测加工状态。位移单元能够使射流在加工件的前、后、左、右方向上移动，不同于耦合单元在加工件的上下方向移动，位移单元令射流和加工件产生相对移动，射流与加工件接触时产生电信号，射流离开加工件时电信号中断，无需拆卸加工件进而反复装夹加工件检测加工状态，简化工序
20 提高加工效率。

根据本申请实施例的基于射流的在线距离测量的设备，检测导电射流长度与射流状态进而测得加工位置信息，并且本申请采用的测量方法可以不添加复杂昂贵的设备，对于整体结构不需要做很大调整，同时可以实现在线测量深度，

进而测量工件的加工状态。本申请还可以进行对刀、角度调整，对工件进行在线测量，提高加工效率。本申请的设备和方法可以应用在对加工件加工前的检测、测量；对加工件加工中的在线监测、对加工件加工后的形貌检测、粗糙度检测等应用场景。

5 为了实现上述实施例，如图 4 所示，本实施例中还提供了基于射流的在线距离测量的方法，包括：

S1，获取加工参数数据和射流单元的导电射流数据；加工参数包括要求加工形状和机床基本参数。通过靠近加工件的导电射流的物理变化状态得到初始位置信息。

10 S2，基于加工参数数据和导电射流数据对机械单元的加工件进行数据加工得到数据加工结果；在加工过程中，根据加工参数数据和导电射流数据可以得到实际加工形状。在每次加工完成后，加工件单元都具有边缘位置。通过系统的规划，可以使导电射流靠近加工件，通过检测导电射流的状态变化得到位置信息。可以理解的，进行水导激光加工时，激光单元的激光数据属于加工参数。

15 S3，基于数据加工结果检测射流单元的金属结构部分和机械单元的加工件之间的电压值，以根据检测的电压值大小判断导电射流状态。

进一步地，所述导电射流状态处于稳定状态时视为一段固定宽度的导体，所述导体的电阻值为：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

20 其中， ρ 为射流的电阻率， l 为导电射流长度， S 为导电射流截面积。

进一步地，所述导体的电阻值，包括射流单元电阻、导电射流电阻和机械单元电阻的串联电阻。

进一步地，当导电射流处于所述稳定状态时，得到所述电阻值基于所述导

电射流长度的单调变化数据。

根据本申请实施例的基于射流的在线距离测量的方法，实现在线检测导电射流状态与导电射流长度，并且本申请采用的测量方法可以不添加复杂昂贵的设备，对于整体结构不需要做很大调整，同时可以实现在线测量深度，进而测量工件的加工状态。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的特定特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本申请的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

权利要求书

1. 一种用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，包括：

射流单元，用于为设备提供导电射流，所述射流单元至少包括金属结构部分，所述金属结构部分与水腔接触；

机械单元，包括加工件；

5 检测单元，用于检测所述射流单元的金属结构部分和所述机械单元的加工件之间的电信号，以根据检测的电信号变化值判断导电射流状态。

2. 根据权利要求 1 所述的用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，所述导电射流状态处于稳定状态时视为一段固定宽度的导体，所述导体的电阻值为： $R = \rho \frac{l}{S}$

10 其中， ρ 为水的电阻率， l 为导电射流长度， S 为导电射流截面积。

3. 根据权利要求 2 所述的用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，所述导体的电阻值，包括射流单元电阻、导电射流电阻和机械单元电阻的串联电阻。

4. 根据权利要求 2 所述的用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，当导电射流处于所述稳定状态时，得到所述电阻值基于所述导电射流长度的线性变化数据。

5. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，所述射流单元，包括耦合单元，所述耦合单元上下移动得到上下移动数据；所述检测单元根据所述上下移动数据检测得到电信号变化值，
20 以根据所述电信号变化值得到稳定状态下的导电射流长度的最大值。

6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，还包括激光单元，所述激光单元用于为设备提供激光，所述机械单元沿预设的三个轴运动以使所述激光单元对加工件进行加工的同时，所

述检测单元检测实时导电射流长度，并根据电阻值大小判断导电射流是否中断。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项所述的用于基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，所述加工件的非测量面上设置导电结构，所述检测单元检测
5 所述射流单元的金属结构部分和所述机械单元的加工件的导电结构之间的电信号。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项所述的基于射流的在线距离测量的设备，其特征在于，还包括位移单元，所述位移单元与所述射流单元或所述加工件相连以使所述射流单元相对所述加工件在正交于上下方向的平面内移动。

10 9. 一种基于射流的在线距离测量的方法，其特征在于，包括：

获取加工参数数据和射流单元的导电射流数据；

基于所述加工参数数据和导电射流数据对机械单元的加工件进行数据加工得到数据加工结果；

15 基于所述数据加工结果检测所述射流单元的金属结构部分和机械单元的加工件之间的电压值，以根据检测的电压值大小判断导电射流状态。

10. 根据权利要求 9 所述方法，其特征在于，所述导电射流状态处于稳定状态时视为一段固定宽度的导体，所述导体的电阻值为：其中， ρ 为射流的电阻率， l 为导电射流长度， S 为导电射流截面积。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述导体的电阻值，包括
20 射流单元电阻、导电射流电阻和机械单元电阻的串联电阻。

12. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，当导电射流处于所述稳定状态时，得到所述电阻值基于所述导电射流长度的单调变化数据。

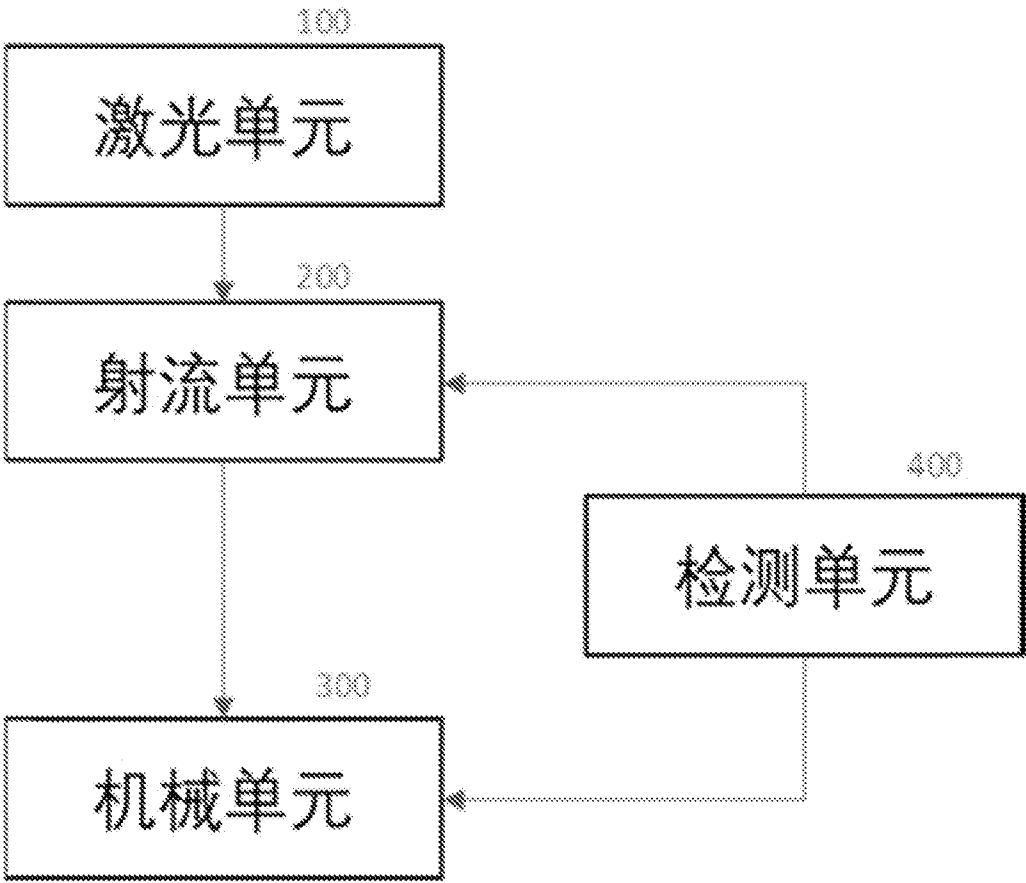


图 1

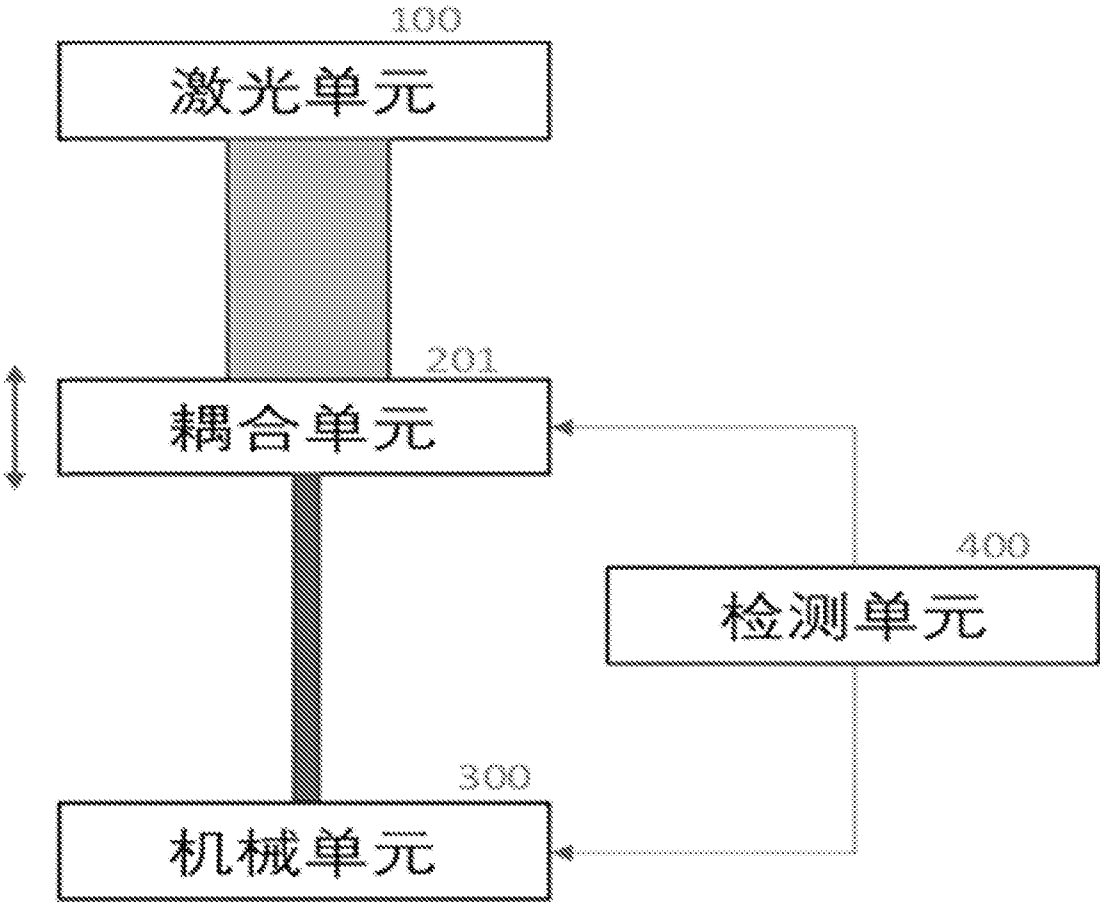


图 2

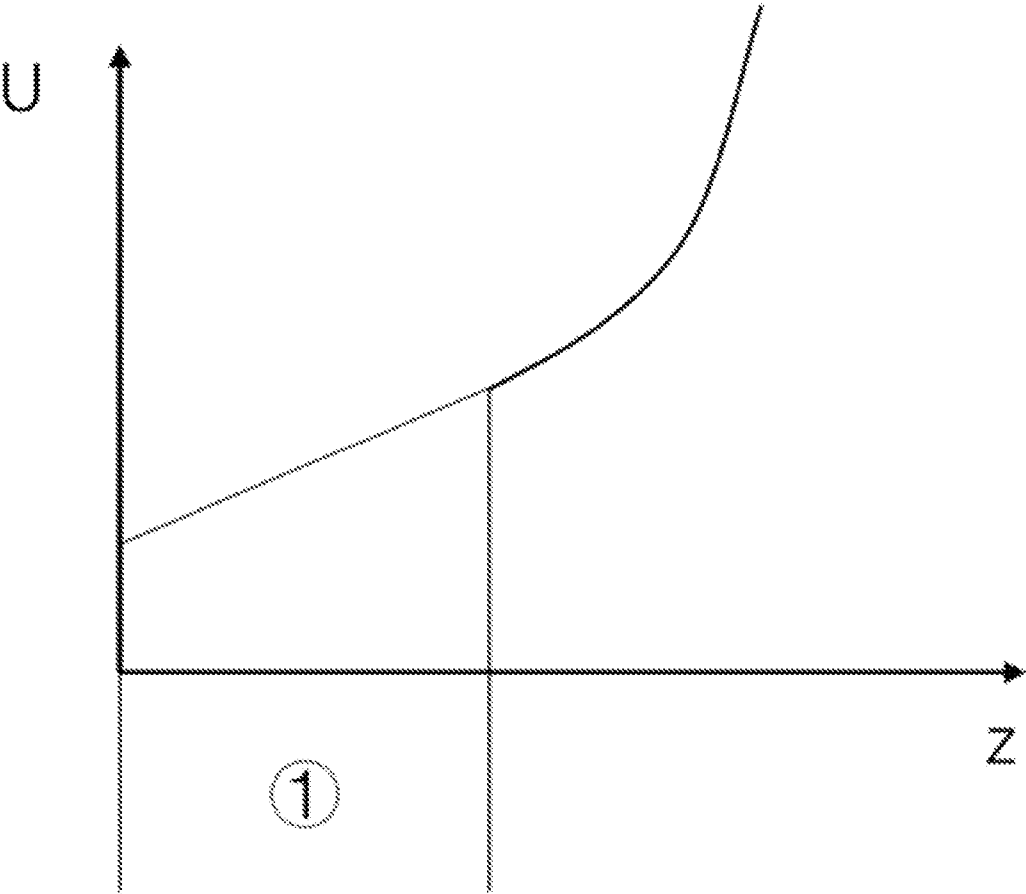


图 3

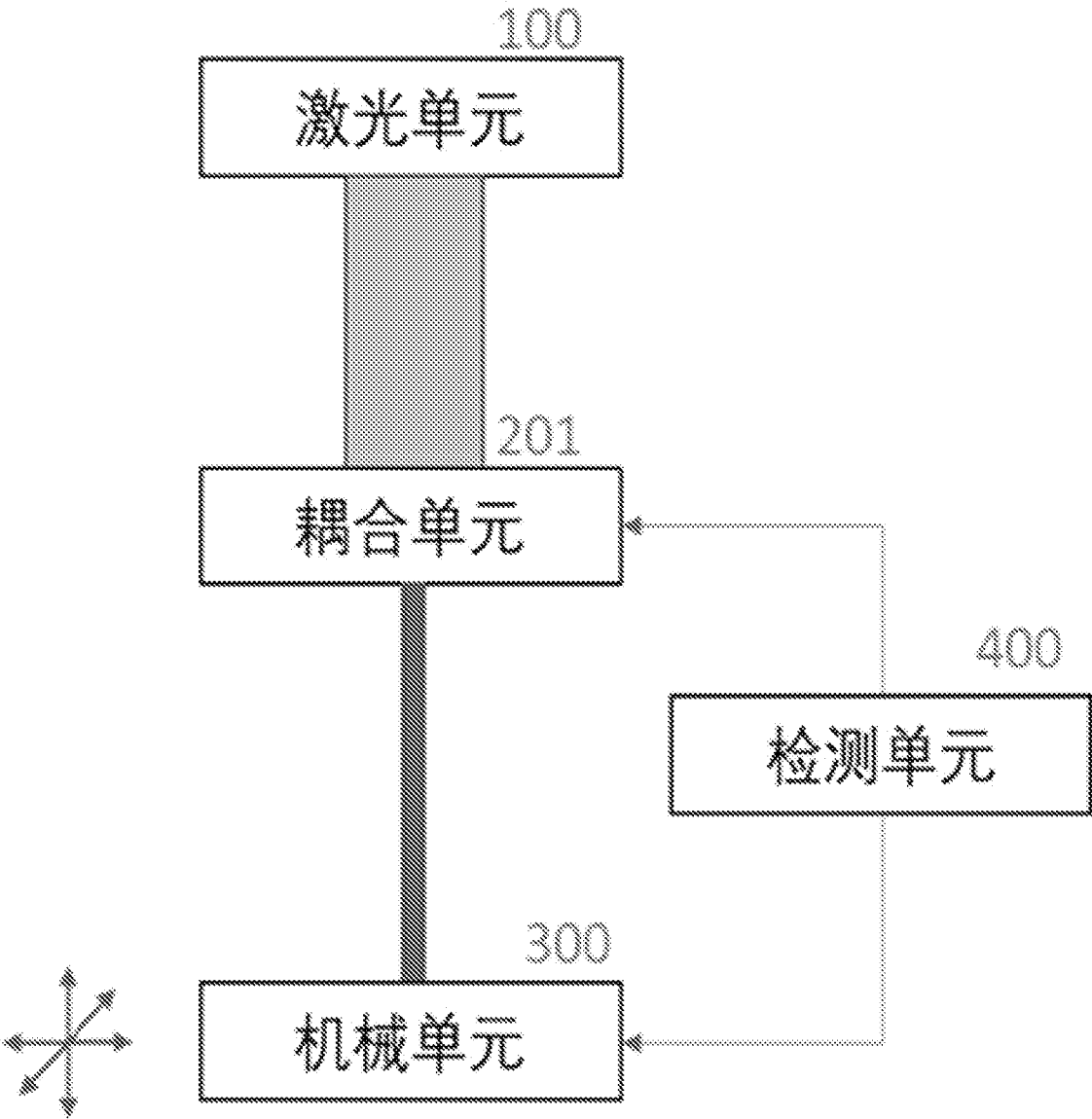


图 4

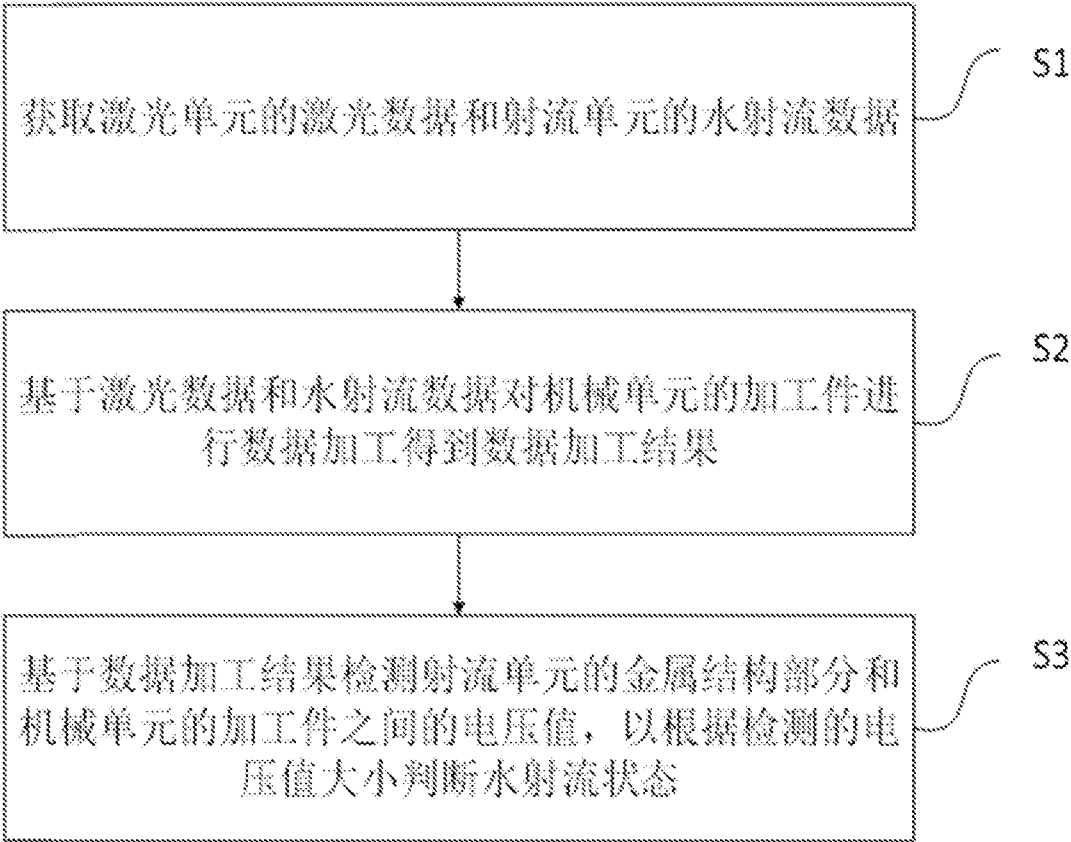


图 5

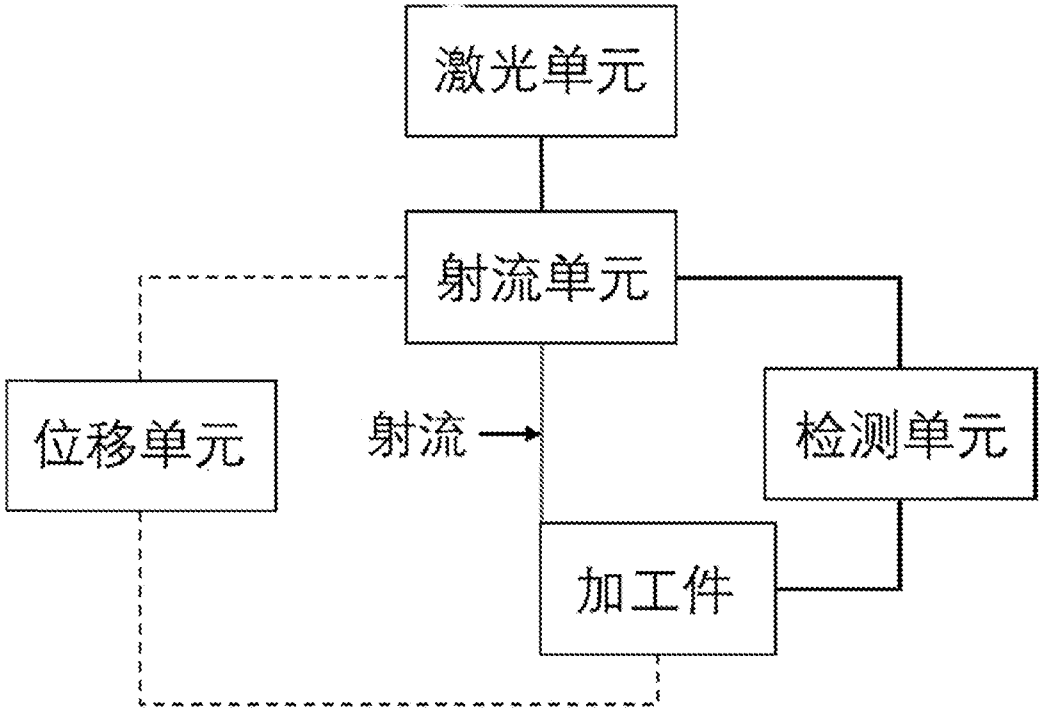


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/085336

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01M10/00(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) IPC:G01M,G01B,B23K 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) CNTXT; CNKI; ENTXTC; DWPI: 射流, 液体, 激光, 加工, 导电, 电阻, 电压, fluid jet, liquid, laser, process, conductive, resistance, voltage		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116399556 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 07 July 2023 (2023-07-07) description, paragraphs [0005]-[0026]	1-12
X	DE 10320330 A1 (NORDMANN, Klaus) 20 November 2003 (2003-11-20) description, paragraphs [0008]-[0051], and figures 1 and 4	1-4, 7
Y	DE 10320330 A1 (NORDMANN, Klaus) 20 November 2003 (2003-11-20) description, paragraphs [0008]-[0051], and figures 1 and 4	5-6, 8-12
Y	CN 111372715 A (SYNOVA S.A.) 03 July 2020 (2020-07-03) description, paragraphs [0054]-[0091], and figure 1	5-6, 8-12
A	CN 114043073 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 15 February 2022 (2022-02-15) entire document	1-12
A	CN 109623140 A (NINGBO INSTITUTE OF MATERIAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 16 April 2019 (2019-04-16) entire document	1-12
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 19 June 2024		Date of mailing of the international search report 26 June 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/085336

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 113210894 A (SHANGHAI UNIVERSITY) 06 August 2021 (2021-08-06) entire document	1-12
A	JP 2005288472 A (SHIBUTANI KOGYO K. K.) 20 October 2005 (2005-10-20) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/085336

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116399556	A	07 July 2023	None			
DE	10320330	A1	20 November 2003	None			
CN	111372715	A	03 July 2020	US	2020298336	A1	24 September 2020
				WO	2019101783	A1	31 May 2019
				KR	20200086286	A	16 July 2020
				KR	102614961	B1	19 December 2023
				EP	3486027	A1	22 May 2019
				EP	3486027	B1	28 December 2022
				JP	2021504149	A	15 February 2021
				JP	7302888	B2	04 July 2023
				CN	111372715	B	18 October 2022
CN	114043073	A	15 February 2022	None			
CN	109623140	A	16 April 2019	CN	109623140	B	27 July 2021
CN	113210894	A	06 August 2021	None			
JP	2005288472	A	20 October 2005	JP	4269230	B2	27 May 2009

A. 主题的分类

G01M10/00(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)

IPC:G01M,G01B,B23K

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))

CNTEXT;CNKI;ENTXTC;DWPI: 射流, 液体, 激光, 加工, 导电, 电阻, 电压, fluid jet, liquid, laser, process, conductive, resistance, voltage

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
PX	CN 116399556 A (清华大学) 2023年7月7日 (2023 - 07 - 07) 说明书第[0005]-[0026]段	1-12
X	DE 10320330 A1 (NORDMANN,Klaus) 2003年11月20日 (2003 - 11 - 20) 说明书第[0008]-[0051]段, 图1和图4	1-4,7
Y	DE 10320330 A1 (NORDMANN,Klaus) 2003年11月20日 (2003 - 11 - 20) 说明书第[0008]-[0051]段, 图1和图4	5-6,8-12
Y	CN 111372715 A (辛诺瓦有限公司) 2020年7月3日 (2020 - 07 - 03) 说明书第[0054]-[0091]段, 图1	5-6,8-12
A	CN 114043073 A (哈尔滨工业大学) 2022年2月15日 (2022 - 02 - 15) 全文	1-12
A	CN 109623140 A (中国科学院宁波材料技术与工程研究所) 2019年4月16日 (2019 - 04 - 16) 全文	1-12
A	CN 113210894 A (上海大学) 2021年8月6日 (2021 - 08 - 06) 全文	1-12

☒ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2024年6月19日

国际检索报告邮寄日期

2024年6月26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

韩雪

电话号码 (+86) 010-53962625

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

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	JP 2005288472 A (SHIBUTANI KOGYO K.K.) 2005年10月20日 (2005 - 10 - 20) 全文	1-12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/085336

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	116399556	A	2023年7月7日	无			
DE	10320330	A1	2003年11月20日	无			
CN	111372715	A	2020年7月3日	US	2020298336	A1	2020年9月24日
				WO	2019101783	A1	2019年5月31日
				KR	20200086286	A	2020年7月16日
				KR	102614961	B1	2023年12月19日
				EP	3486027	A1	2019年5月22日
				EP	3486027	B1	2022年12月28日
				JP	2021504149	A	2021年2月15日
				JP	7302888	B2	2023年7月4日
				CN	111372715	B	2022年10月18日
CN	114043073	A	2022年2月15日	无			
CN	109623140	A	2019年4月16日	CN	109623140	B	2021年7月27日
CN	113210894	A	2021年8月6日	无			
JP	2005288472	A	2005年10月20日	JP	4269230	B2	2009年5月27日