(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
2019 年 12 月 19 日 (19.12.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/237443 A1

(51) 国际专利分类号:
B23H 3/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/094737

(22) 国际申请日: 2018 年 7 月 6 日 (06.07.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810622392.3 2018年6月15日 (15.06.2018) CN

(71) 申请人: 江 苏 大 学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中 国 江 苏 省 镇 江 市 学 府 路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 徐 坤 (XU, Kun); 中 国 江 苏 省 镇 江 市 学 府 路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 张 朝 阳 (ZHANG, Zhaoyang); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 朱 浩 (ZHU, Hao); 中国江苏省镇江市学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 戴 学 仁 (DAI, Xueren); 中 国 江 苏 省 镇 江 市 学 府 路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 顾 秦 铭 (GU, Qinming); 中 国 江 苏 省 镇 江 市 学 府 路301号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14号A5楼7层701, Beijing 100015 (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:** DEVICE FOR INSULATING CATHODE SURFACE IN ELECTROCHEMICAL MACHINING

(54) 发明名称: 一种电解加工中阴极表面绝缘的装置

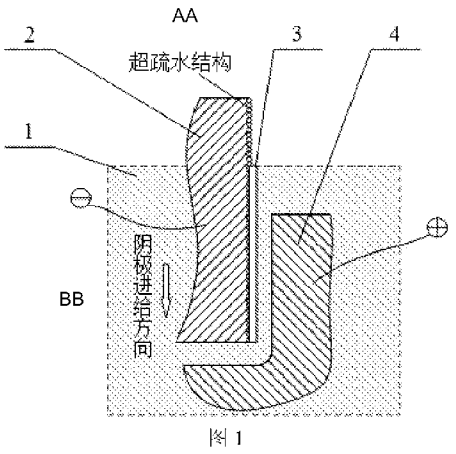


图 1

AA SUPER HYDROPHOBIC STRUCTURE
BB CATHODE FEEDING DIRECTION

(57) **Abstract:** A device for insulating a cathode surface in electrochemical machining, comprising: a cathode tool (2), a workpiece (4), an electrolyte solution container (6), a power source (7), and a movement mechanism (13). The electrolyte solution container (6) is provided on a working platform (5), and an electrolyte solution (1) and the workpiece (4) are provided inside the electrolyte solution container (6). The workpiece (4) and the cathode tool (2) are respectively connected to a positive and negative electrode of the power source (7). The cathode tool (2) is installed on the movement mechanism (13) via a cathode clamp (11). The movement mechanism (13) is connected to a computer (12). The computer (12) controls the movement mechanism (13) to move, and a super hydrophobic microstructure is prepared on a cathode surface requiring insulation.

(57) 摘要: 一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，包括工具阴极（2）、工件（4）、电解液槽（6）、电源（7）、移动机构（13）；电解液槽（6）置于工作台（5）上，电解液槽（6）内有电解液（1）和工件（4）；工件（4）与工具阴极（2）分别接电源（7）的正极、负极；且工具阴极（2）通过阴极夹具（11）安装在移动机构（13）上；移动机构（13）与计算机（12）相连；计算机（12）控制移动机构（13）的移动，在需要绝缘的阴极表面制备超疏水微结构。

WO 2019/237443 A1

[见续页]

(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))。

一种电解加工中阴极表面绝缘的装置

技术领域

本发明涉及电化学加工领域，尤其涉及到一种电解加工中阴极表面绝缘的装置。

背景技术

电解加工是基于阳极工件电化学溶解的材料去除过程，具有生产效率高，加工范围广泛，表面质量好，无残余应力与塑性变形，无工具损耗等优点，广泛用于航空航天、军工国防等领域。

由于电解加工时难以将电场约束在加工区域，电场分散极易导致工件已加工区域被二次加工，造成杂散腐蚀；并且在加工三维结构时往往造成侧面间隙不断增大，侧壁形成锥状，限制了电解加工制备高精度三维结构的精度。在电解加工中进行电极表面绝缘处理，将电场限定在电极端部，是减小杂散腐蚀，降低侧壁锥度的常用做法。

电极表面绝缘通常采用添加表面绝缘膜的方法，而各种表面绝缘方法也往往存在绝缘膜容易被溶解破坏，与基体结合力不强，或者制膜工序复杂成本高等缺点。超疏水表面在自清洁、防冰防霜、流体减阻、油水分离、微液滴定向传输、防腐防污、生物医学材料等领域展现出了优异的性能，极具应用潜力，本发明利用超疏水表面气体极易取代液体的特性，通过超疏水表面吸附气体形成绝缘气膜，实现电解加工中工具阴极选择性绝缘的功能。

发明内容

本发明的目的是针对电解加工中表面绝缘需求，提供一种可靠便捷的方法，一种电解加工中阴极表面绝缘的方法，在需要绝缘的表面制备超疏水微结构，通过超疏水微结构对气体的吸附，在表面生成绝缘气膜，达到绝缘效果。

本发明是通过如下技术方案得以实现的：

一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，包括工具阴极、工件、电解液槽、电源、移动机构；所述电解液槽置于工作台上，电解液槽内有电解液和工件；工件与工具阴极分别接电源的正极、负极；且工具阴极通过阴极夹具安装在移动机构上；所述移动机构与计算机相连；计算机控制移动机构的移动。

进一步的，所述工具阴极外壁上通过激光扫描或者电化学沉积或者二者结合的方式制备有超疏水结构。

进一步的，所述工具阴极为中空结构。

进一步的，所述工具阴极内通有气体，该气体通过气泵经气管通入到工具阴极内部。

进一步的，所述超疏水结构可吸附电解液中的气泡形成绝缘气膜，实现工具阴极外壁的绝缘。

进一步的，所述电源为脉冲电源。

进一步的，所述工具阴极置于电解液的部分外壁上开设有微小细孔。

有益效果：

1. 在工具阴极表面需要绝缘的区域制备超疏水结构，利用超疏水结构在液下对气泡的吸附作用，吸附电解液中气体形成绝缘气膜，实现了工具阴极表面的选择性绝缘，从而实现了将电场约束在加工区域，降低杂散腐蚀和侧壁锥度，提高加工效率和精度的目的。

2. 超疏水结构的作用是：①吸附气泡，形成绝缘气膜；②维持绝缘气膜的稳定，防止气膜因冲液等原因被破坏。

3. 通过在工具阴极内部开设中空结构，中空阴极的空腔和超疏水表面之间分布有气孔，气泵通过气管向中空阴极输送气体，气体通过气孔直接到达超疏水表面附近，更有利于生成和维持稳定的绝缘气膜。

附图说明

图 1 是采用超疏水侧壁绝缘阴极电解加工示意图；

图 2 是通气辅助超疏水侧壁绝缘阴极电解加工系统示意图。

附图标记如下：

1、电解液；2、工具阴极；3、绝缘气膜；4、工件；5、工作台；6、电解液槽；7、电源；8、气泵；9、气管；10、中空阴极；11、阴极夹具；12、计算机；13、移动机构。

具体实施方式

下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明，但本发明的保护范围并不限于此。

一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，包括工具阴极 2、工件 4、电解液槽 6、电源 7 和移动机构 13；所述电解液槽 6 置于工作台 5 上，电解液槽 6 内置有电解液 1 和工件 4；工件 4 与工具阴极 2 分别接电源 7 的正极、负极；且工具阴极 2 通过阴极夹具 11 安装在移动机构 13 上；所述移动机构 13 与计算机 12 相连；计算机 12 控制移动机构 13 的移动。所述工具阴极 2 外壁上通过激光扫描或者电化学沉积或者二者结合的方式制备有超疏水结构。所述工具阴极 2 为中空结构。所述工具阴极 2 内通有气体，该气体通过气

泵 8 经气管 9 通入到工具阴极 2 内部。所述超疏水结构可吸附电解液 1 中的气泡形成绝缘气膜 5，实现工具阴极 2 外壁的绝缘。所述电源 7 为脉冲电源。所述工具阴极 2 置于电解液 1 的部分外壁上开设有微小气孔。

图 1 是采用超疏水侧壁绝缘阴极电解加工示意图，包括电解液 1、工具阴极 2、绝缘气膜 3 和工件 4。其特点是在工具阴极 2 表面需要绝缘的区域制备超疏水结构，利用超疏水结构在液下对气泡的吸附作用，吸附电解液 1 中气体形成绝缘气膜 3，实现工具阴极 2 表面的选择性绝缘。在电解加工时，工具阴极 2 表面超疏水结构通过吸附气体形成绝缘气膜，实现工具阴极 2 表面选择性绝缘的功能。气泡的来源可以是电解加工产生的，也可以是混气电解加工中电解液混入的气体，也可以是采用辅助气源输送至阴极表面的气体。

图 2 是通气辅助超疏水侧壁绝缘阴极电解加工系统示意图。该系统由电解液 1、绝缘气膜 3、工件 4、工作台 5、电解液槽 6、电源 7、气泵 8、气管 9、中空阴极 10、计算机 11、阴极夹具 12 和移动机构 13 组成。电解液槽 6 和移动机构 13 安装在工作台 5 上，工件 4 安装在电解液 6 上，并在电解液槽 6 中注入适量电解液 1；中空阴极 10 通过阴极夹具 12 连接移动机构 13，通过计算机 12 控制移动机构 13 带动中空阴极 10 移动，可以实现对刀、进给、加工等功能。

下面结合图 1 和图 2 其工作过程简述如下：

在工具阴极需要绝缘区域（通常为侧壁）制备超疏水结构，制备方法可以是激光刻蚀、化学刻蚀、溶胶凝胶法、阳极氧化法、水热法，电化学沉积法等方法中的一个或者多种复合或者多种组合，且超疏水结构不改变工具阴极的宏观尺寸。

工作中，工具阴极 2 接电源 7 负极，工件 4 接电源 7 正极，加工过程中阴极表面会产生氢气，当气泡接触到超疏水表面，受到超疏水结构表面的吸附，在工具阴极 2 表面形成绝缘气膜 3，实现工具阴极 2 的选择性绝缘。

在电解加工中，混气电解加工是提高加工精度的一种加工方法。在电解液 1 中混入一定比例的气体，使气液混合物进入加工间隙，混气可使加工间隙趋向均匀，提高复制精度。在混气电解加工中，电解液 1 中的气体不仅有电解反应产生的氢气，还有混入的气体，气体含量的增加，更加有利于在超疏水表面形成稳定绝缘气膜 3。

在成形电解加工中，往往需要冲液来促使加工产物排出、更新电解液，冲液会影响稳定绝缘气膜 3 的形成和保持，图 2 提供一种更加容易形成和保持稳定绝缘气膜 3 的设备，由气泵 8、气管 9 和中空阴极 10 组成。该中空阴极的空腔和超疏水表面之间分布有

气孔，气泵 8 通过气管 9 向中空阴极输送气体，气体通过气孔直接到达超疏水表面附近，有利于生成和维持稳定的绝缘气膜。

工具阴极 7 表面需要绝缘的区域制备超疏水结构，利用超疏水结构在液下对气泡的吸附作用，吸附电解液中气体形成绝缘气膜 5，实现工具阴极 7 表面的绝缘；超疏水结构吸附的气泡，可以是电解加工中阴极产生的气体，也可以是混气电解加工中电解液混入的气体，也可以是通过气泵等辅助装置或设备添加的气体。使用侧壁分布微细小孔的中空结构工具阴极 2 时，可采用气泵 8 将气体通过微细小孔传输至工具阴极 2 表面，在超疏水结构表面形成稳定的绝缘气膜 3，混气电解加工中电解液混入的气体，或者通过气泵等辅助装置或设备添加的气体，均不与电解液发生化学反应，也不会腐蚀工具阴极和工件，也不会对超疏水结构造成破坏。

所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的情况下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：包括工具阴极（2）、工件（4）、电解液槽（6）、电源（7）和移动机构（13）；所述电解液槽（6）置于工作台（5）上，电解液槽（6）内置有电解液（1）和工件（4）；工件（4）与工具阴极（2）分别接电源（7）的正极、负极；且工具阴极（2）通过阴极夹具（11）安装在移动机构（13）上；所述移动机构（13）与计算机（12）相连；计算机（12）控制移动机构（13）的移动。

2. 根据权利要求 1 所述的一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：所述工具阴极（2）外壁上通过激光扫描或者电化学沉积或者二者结合的方式制备有超疏水结构。

3. 根据权利要求 1 所述的一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：所述工具阴极（2）为中空结构。

4. 根据权利要求 3 所述的一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：所述工具阴极（2）内通有气体，该气体通过气泵（8）经气管（9）通入到工具阴极（2）内部。

5. 根据权利要求 2 所述的一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：所述超疏水结构可吸附电解液（1）中的气泡形成绝缘气膜（5），实现工具阴极（2）外壁的绝缘。

6. 根据权利要求 1 所述的一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：所述电源（7）为脉冲电源。

7. 根据权利要求 3 所述的一种电解加工中阴极表面绝缘的装置，其特征在于：所述工具阴极（2）置于电解液（1）的部分外壁上开设有微小气孔。

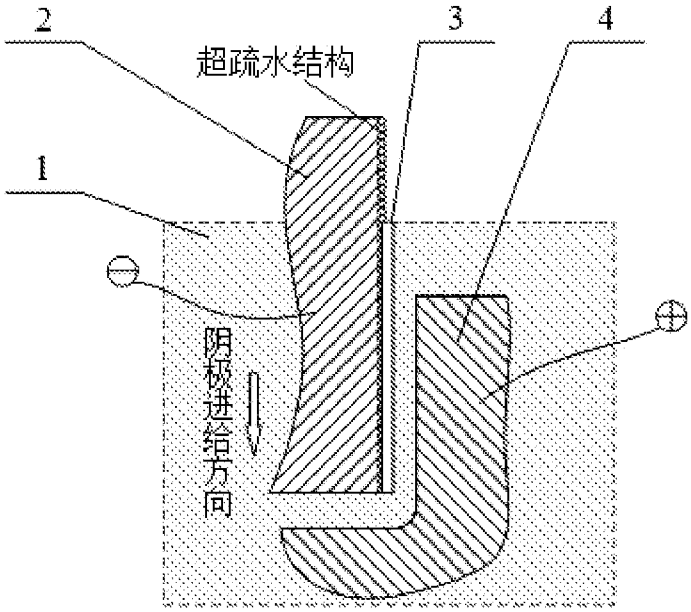


图 1

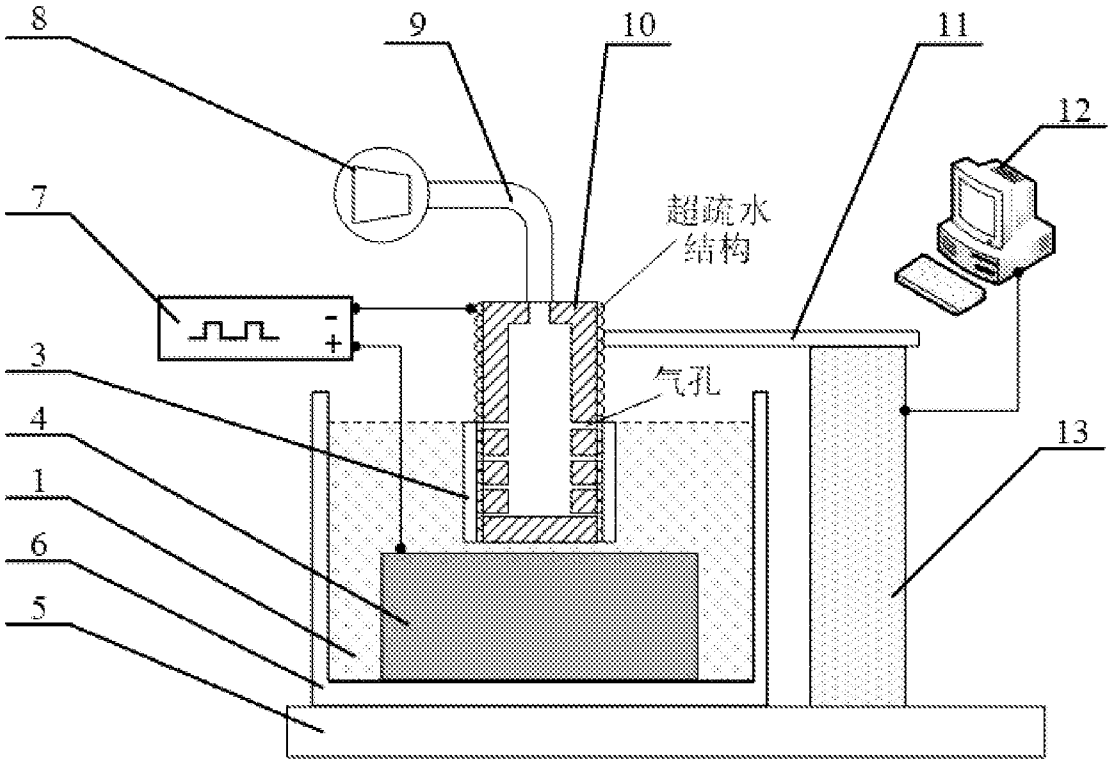


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/094737

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23H 3/04(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)

B23H

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)

CNKI; CNTXT; CNABS; VEN; USTXT: 江苏大学, 电解, 电极, 阴极, 绝缘, 疏水, electrochemical, electrode, insulation, hydrophobic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104903040 A (INST TECH PRECISION ELECT) 09 September 2015 (2015-09-09) description, paragraphs [0040]-[0045], and figure 1	1, 3, 6
Y	CN 104903040 A (INST TECH PRECISION ELECT) 09 September 2015 (2015-09-09) description, paragraphs [0040]-[0045], and figure 1	2, 5
Y	胡满红等 (HU, Manhong et al.). "采用疏水材料侧壁绝缘电极的微细电解加工实验 (Non-official translation: Microelectrolysis Machining Experiment Using Hydrophobic Material Sidewall Insulating Electrode)" *纳米技术与精密工程 (Nanotechnology and Precision Engineering).* Vol. 11, No. 4, 31 July 2013 (2013-07-31), p. 350, column 2, last paragraph, and figure 6	2, 5
A	CN 101579762 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 18 November 2009 (2009-11-18) entire document	1-7
A	US 2002110726 A1 (AKZO NOBEL NV ET AL.) 15 August 2002 (2002-08-15) entire document	1-7

☐ 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	Date of mailing of the international search report
06 September 2018	**29 September 2018**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/094737

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104903040	A	09 September 2015	JP	6308678	B2	11 April 2018
				JP	WO2014073453	A1	08 September 2016
				US	2015273603	A1	01 October 2015
				WO	2014073453	A1	15 May 2014
				EP	2918363	A1	16 September 2015
				CN	104903040	B	30 March 2018
				EP	2918363	A4	29 June 2016
				US	2018185943	A1	05 July 2018
CN	101579762	A	18 November 2009	CN	102101205	B	06 November 2013
US	2002110726	A1	15 August 2002	US	6733639	B2	11 May 2004

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2018/094737

A. 主题的分类

B23H 3/04(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)

B23H

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））

CNKI;CNTXT;CNABS;VEN;USTXT:江苏大学，电解，电极，阴极，绝缘，疏水，electrochemical，electrode，insulation，hydrophobic

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 104903040 A (株式会社放电精密加工研究所) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 说明书第[0040]-[0045]段，附图1	1，3，6
Y	CN 104903040 A (株式会社放电精密加工研究所) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 说明书第[0040]-[0045]段，附图1	2，5
Y	胡满红等. "采用疏水材料侧壁绝缘电极的微细电解加工实验" 纳米技术与精密工程，第11卷，第4期，2013年 7月 31日 (2013 - 07 - 31)， 第350页第2栏最后一段，附图6	2，5
A	CN 101579762 A (通用电气公司) 2009年 11月 18日 (2009 - 11 - 18) 全文	1-7
A	US 2002110726 A1 (AKZO NOBEL NV等) 2002年 8月 15日 (2002 - 08 - 15) 全文	1-7

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2018年 9月 6日	2018年 9月 29日
ISA/CN的名称和邮寄地址 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 传真号 (86-10)62019451	受权官员 袁媛 电话号码 86-(512)-88995308

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/094737

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	104903040	A	2015年 9月 9日	JP	6308678	B2	2018年 4月 11日
				JP	WO2014073453	A1	2016年 9月 8日
				US	2015273603	A1	2015年 10月 1日
				WO	2014073453	A1	2014年 5月 15日
				EP	2918363	A1	2015年 9月 16日
				CN	104903040	B	2018年 3月 30日
				EP	2918363	A4	2016年 6月 29日
				US	2018185943	A1	2018年 7月 5日
CN	101579762	A	2009年 11月 18日	CN	102101205	B	2013年 11月 6日
US	2002110726	A1	2002年 8月 15日	US	6733639	B2	2004年 5月 11日