

(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
2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/155728 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 1/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/115756

(22) 国际申请日: 2019 年 11 月 5 日 (05.11.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910103034.6 2019 年 2 月 1 日 (01.02.2019) 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: 佟浩 (TONG, Hao); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 普玉彬 (PU,

Yubin); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 李俊杰 (LI, Junjie); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 李勇 (LI, Yong); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 姬波林 (JI, Bolin); 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); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼 301 室, Beijing 100084 (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,

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR OPERATING MICRODROPLETS BY MEANS OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING FINE HYDROPHILIC PROBE

(54) 发明名称: 电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法及装置

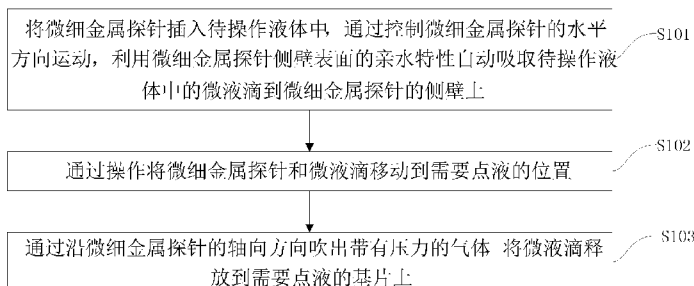


图 1

S101 Insert a fine metal probe into a liquid to be operated, and control the movement of the fine metal probe in a horizontal direction, so as to automatically suck microdroplets in said liquid onto the side wall of the fine metal probe by utilizing the hydrophilic property of the surface of the side wall of the fine metal probe

S102 Move, by means of operation, the fine metal probe and the microdroplets to a position where liquid dropping needs to be performed in drops

S103 Blow out pressurized gas in an axial direction of the fine metal probe, so as to release the microdroplets onto a substrate where liquid dropping needs to be performed in drops

(57) **Abstract:** A method and a device for operating microdroplets by means of an electrical discharge machining fine hydrophilic probe. Said method comprises: inserting a fine metal probe into a liquid to be operated, controlling the movement of the fine metal probe in a horizontal direction, so as to automatically suck microdroplets in said liquid onto the side wall of the fine metal probe by utilizing the hydrophilic property of the surface of the side wall of the fine metal probe; move, by means of operation, the fine metal

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。

(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))。

probe and the microdroplets to a position where liquid dropping needs to be performed in drops; and blowing out pressurized gas in an axial direction of the fine metal probe, so as to release the microdroplets onto a substrate where liquid dropping needs to be performed in drops. Said method can automatically suck and operate microdroplets by utilizing the hydrophilic surface of the fine metal probe, and has the advantages of energy saving, convenient operation, low system cost, etc.

(57) 摘要: 一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法及装置, 其中, 该方法包括: 将微细金属探针插入待操作液体中, 通过控制微细金属探针的水平方向运动, 利用微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取待操作液体中的微液滴到微细金属探针的侧壁上; 通过操作将微细金属探针和微液滴移动到需要点液的位置; 通过沿微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体, 将微液滴释放到需要点液的基片上。该方法利用微细金属探针的亲水表面能自动吸取和操作微液滴, 具有节能、操作便捷、系统成本低等优点。

电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法及装置

5 相关申请的交叉引用

本申请要求清华大学于 2019 年 02 月 01 日提交的、发明名称为“电火花加工微细亲水探针操作微液滴方法及装置”的、中国专利申请号“201910103034.6”的优先权。

技术领域

10 本申请属于特种加工技术领域，特别涉及一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法及装置。

背景技术

微液滴具有体积小、比表面积大、内部稳定等特性，使其在当前化学和生物领域中作用也越来越重要。试验中应用微液滴技术可降低特种试剂用量、降低实验成本，还可避免对超微量样品的稀释，实现常规剂量难以完成的化学分析要求。微液滴技术在药物控释、病毒检测、颗粒材料合成、催化剂等领域具有重要作用。但微液滴应用的前提是能够对微液滴进行精确的提取和操作。

液滴的形成机理是当某处施加的力大于其液面界面张力时，该处微量液体会突破界面张力形成液滴。基于毛细力的微液滴提取和操作方法简单、成本低，在化学、生物等相关试验中被广泛应用，其主要形式为蘸取式、毛细式和浸润式。生物和化学试验中，最常用的微液滴操作方法是通过对单个微液滴提取、移动和点样操作，其微液滴大小可控性较差，难以实现特别微小定量液滴的准确、快捷操作，而且吸管由橡胶、玻璃等制成，具有一定的使用寿命，难于满足大批量化高效微液滴操作需求。

25 为实现高效提取和快速自动化操作微液滴，机械式微液滴操作方法及系统逐渐被开发和应用。一种采用夹子式狭缝毛细力提取微液滴、利用被点样基片表面能吸附来释放微液滴的机器人系统，可实现直径 $<200\mu\text{m}$ 微液滴的点样操作。一种利用探针端部表面亲和性和侧壁表面不具有亲和性的探针拾取微液滴方法，可实现平面上皮升以下微量液滴精确提取操作。一种利用液体腔储液给液、压电喷嘴喷射点样的微液滴操作方法和装置，可实现体
30 积为 1 nL 的微液滴连续点样操作。

但现有的微液滴操作方法及系统还有微液滴机构较为复杂、液滴提取需要外加驱动能量、操作环境适应性较差、液滴试剂对橡胶等材料腐蚀等一些不足。目前尚缺乏一种耐腐

蚀、长寿命、自动化、低成本的微液滴操作方法及系统。

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。

- 5 为此，本申请的一个目的在于提出一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，该方法利用微细金属探针的亲水表面能自动吸取和操作微液滴，具有节能、操作便捷、系统成本低等优点。

本申请的另一个目的在于提出一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置。

- 10 为达到上述目的，本申请一方面实施例提出了一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，包括：将微细金属探针插入待操作液体中，通过控制所述微细金属探针的水平方向运动，利用所述微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取所述待操作液体中的微液滴到所述微细金属探针的侧壁上；通过操作将所述微细金属探针和所述微液滴移动到需要点液的位置；通过沿所述微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体，将所述微液滴释

- 15 放到需要点液的基片上。
- 15 本申请实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，通过利用探针直径和表面亲水特性来调控提取液滴大小，操作便捷、易于定量调控，采用金属材料作为微细探针，可制作出细长甚至尖端的探针，不仅具有刚度高、耐腐蚀、长工作寿命的优点，而且可以应用于穿刺提取，比如细胞的穿刺提取样液等。

- 20 另外，根据本申请上述实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法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，通过改变微细电火花加工制备过程中的电参数和工作液条件，调控所述微细金属探针表面的微观形貌，获得具有亲水特性的单根或多根或阵列的所述微细金属探针。

- 25 进一步地，在本申请的一个实施例中，所述微细金属探针的水平方向运动为左右、前后、旋转、摇动中的一个或多个方向的运动。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节所述微细金属探针直径、表面亲水特性、插入所述待操作液体的液面深度和时间中的一个或多个来改变提取的所述微液滴大小。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节气体的气体压力来调控释放所述微液滴的速度和大小。

- 30 为达到上述目的，本申请另一方面实施例提出了一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，包括：微细金属探针，用于插入待操作液体，通过控制所述微细金属探针的水平方向运动，利用所述微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取所述待操作液体中的

微液滴到所述微细金属探针的侧壁上；移动装置，用于控制所述微细金属探针和所述微液滴移动到需要点液的位置；供气系统，用于提供气体；吹气结构，所述吹气结构的吹气喷嘴与所述供气系统连接，用于通过沿所述微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体，将所述微液滴释放到需要点液的基片上。

5 本申请实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，通过利用探针直径和表面亲水特性来调控提取液滴大小，操作便捷、易于定量调控，采用金属材料作为微细探针，可制作出细长甚至尖端的探针，不仅具有刚度高、耐腐蚀、长工作寿命的优点，而且可以应用于穿刺提取，比如细胞的穿刺提取样液等。

10 另外，根据本申请上述实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置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，通过改变微细电火花加工制备过程中的电参数和工作液条件，调控所述微细金属探针表面的微观形貌，获得具有亲水特性的单根或多根或阵列的所述微细金属探针。

15 进一步地，在本申请的一个实施例中，所述微细金属探针的水平方向运动为左右、前后、旋转、摇动中的一个或多个方向的运动。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节所述微细金属探针直径、表面亲水特性、插入所述待操作液体的液面深度和时间中的一个或多个来改变提取的所述微液滴大小。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节气体的气体压力来调控释放所述微液滴的速度和大小。

20 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

25 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 为根据本申请一个实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法流程图；

图 2 为根据本申请一个实施例的微细电火花加工单根、多根、阵列微细探针工艺示意图；

图 3 为根据本申请一个实施例的微细亲水探针微液滴操作系统示意图；

30 图 4 为根据本申请一个实施例的微细亲水探针微液滴操作和点液过程示意图；

图 5 为根据本申请一个实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置结构示意图。

具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。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。

下面参照附图描述根据本申请实施例提出的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法及装置。

首先将参照附图描述根据本申请实施例提出的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法。

图 1 为根据本申请一个实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法流程图。

如图 1 所示，该电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法包括以下步骤：

在步骤 S101 中，将微细金属探针插入待操作液体中，通过控制微细金属探针的水平方向运动，利用微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取待操作液体中的微液滴到微细金属探针的侧壁上。

其中，微细金属探针的水平方向运动为左右、前后、旋转、摇动中的一个或多个方向的运动。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过改变微细电火花加工制备过程中的电参数和工作液条件，调控微细金属探针表面的微观形貌，获得具有亲水特性的单根或多根或阵列的微细金属探针。

进一步地，多根或阵列微细金属探针通过空间位置分布和设计，可实现图形化、阵列多微液滴的提取、移动和点液操作，多根微细金属探针之间的距离要求足够大，避免提取的液滴相互接触。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节微细金属探针直径、表面亲水特性、插入待操作液体的液面深度和时间中的一个或多个来改变提取的微液滴大小。

在步骤 S102 中，通过操作将微细金属探针和微液滴移动到需要点液的位置。

在本申请的实施例中，利用运动操作平台或机械手用于实现微液滴精确移动到目标位置。

在步骤 S103 中，通过沿微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体，将微液滴释放到需要点液的基片上。

在本申请的实施例中，使用供气系统用于提供一定压力气体，利用吹气喷嘴吹出一定压力气体来释放微细探针上的微液滴。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节气体的气体压力来调控释放微液滴的

速度和大小。

本申请的实施例利用现有的微细电火花加工技术制备单根/多根/阵列微细探针，可制备各种金属材料的探针，而且探针的形状和尺寸精度易于保证，探针的表面亲水特性易于通过电参数调控，并且采用亲水表面特性探针的表面能自动提取液滴，提取过程无需外加能量和驱动机构，具有节能、小巧和成本低。

下面结合附图和实施实例来描述本申请的系统组成和具体操作步骤。

图 2 为根据本申请一个实施例的微细电火花加工单根、多根、阵列微细探针工艺示意图，展示了微细电火花加工单根、多根、阵列微细探针加工工艺方法，如图 2 (a) 所示：脉冲电源正极接初始棒状电极，负极通过接金属顶尖将电流导到运动的线电极丝上，利用微细电火花加工实现线电极放电磨削制备单根微细探针。加工多根微细探针方法如图 2(b1) 所示：脉冲电源正极接初始电极，负极通过接金属顶尖将电流导到运动的线电极丝上；沿水平两方向移动初始电极，与运动的线电极丝在不同位置进行微细电火花加工，可实现电火花线切割加工出多根微细探针如图 2 (b2) 所示。阵列微细探针加工工艺如图 2 (c) 所示：利用线电极放电磨削先制备出单根微细电极如图 2 (c1) 所示；使用制备单根微细电极在反拷片上进行电火花穿孔加工出阵列微孔如图 2 (c2) 所示；再利用反拷片上反拷孔进行微细电火花反拷加工阵列微细探针如图 2 (c3)，加工获得的阵列微细探针如图 2 (c4) 所示。以“TH”图形阵列微细探针为例，其加工工艺如图 2 (d) 所示：利用线电极放电磨削制备出单根微细电极如图 2 (d1)；使用制备的微细电极在反拷片上进行微细电火花加工出“TH”图形的阵列反拷孔如图 2 (d2)，再利用反拷片上反拷孔进行微细电火花反拷加工图形化多个微细针如图 2 (d3)，加工获得的阵列微针如图 2 (d4) 所示。

如图 3 所示，微细亲水探针微液滴操作系统主要包括：单根或多根或阵列的微细金属探针、运动操作平台或机械手、吹气喷嘴及供气系统组成。微细亲水探针用于浸入取液槽内吸取一定量液体；运动操作平台或机械手用于实现微液滴精确移动到目标位置；吹气喷嘴用于吹出一定压力气体来释放微细探针上的微液滴；供气系统用于提供一定压力气体；取液槽用于存储待操作液体。

如图 4 所示，为微细亲水探针操作微液滴和点液过程。单根微细探针操作微液滴过程为：将微细探针浸入液体或刺破柔性膜，利用电极的移动和旋转以及自身亲水性提取一定量液体如图 4(a1)所示；利用运动定位操作平台，将微细探针精确对准目标位置如图 4(b1)所示；供气系统向喷嘴供气，沿微细探针轴向喷气释放微液滴如图 4 (c1)；最终微液滴被释放在基板的确定目标位置上如图 4 (d1) 所示。多根或图形阵列微细探针操作微液滴过程为：将多根图形化或阵列微细探针浸入液体，利用电极平移运动或摇动以及自身亲水性提取一定量液体如图 4 (a2) 所示；利用运动定位操作平台，将多根图形化或阵列微细探针

整体移动精确对准目标位置如图 4 (b2) 所示；供气系统向喷嘴供气，沿多个或阵列微细探针轴向同时均匀喷气，同时释放多个或阵列微液滴如图 4 (c2)；最终液体被释放在基板上确定目标位置上如图 4 (d2) 所示。

根据本申请实施例提出的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，通过利用探针直径和表面亲水特性来调控提取液滴大小，操作便捷、易于定量调控，采用金属材料作为微细探针，可制作出细长甚至尖端的探针，不仅具有刚度高、耐腐蚀、长工作寿命的优点，而且可以应用于穿刺提取，比如细胞的穿刺提取样液等。

其次参照附图描述根据本申请实施例提出的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置。

图 5 为根据本申请一个实施例的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置结构示意图。

如图 5 所示，该电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置包括：微细金属探针、移动装置、供气系统和吹气结构。

其中，微细金属探针用于插入待操作液体，通过控制微细金属探针的水平方向运动，利用微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取待操作液体中的微液滴到微细金属探针的侧壁上。

移动装置用于控制微细金属探针和微液滴移动到需要点液的位置。

供气系统用于提供气体。

吹气结构，吹气结构的吹气喷嘴与供气系统连接，用于通过沿微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体，将微液滴释放到需要点液的基片上。

该电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置利用微细金属探针的亲水表面能自动吸取和操作微液滴，具有节能、操作便捷、系统成本低等优点。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过改变微细电火花加工制备过程中的电参数和工作液条件，调控微细金属探针表面的微观形貌，获得具有亲水特性的单根或多根或阵列的微细金属探针。

进一步地，在本申请的一个实施例中，微细金属探针的水平方向运动为左右、前后、旋转、摇动中的一个或多个方向的运动。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节微细金属探针直径、表面亲水特性、插入待操作液体的液面深度和时间中的一个或多个来改变提取的微液滴大小。

进一步地，在本申请的一个实施例中，通过调节气体的气体压力来调控释放微液滴的速度和大小。

需要说明的是，前述对火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法实施例的解释说明也

适用于该实施例的装置，此处不再赘述。

根据本申请实施例提出的火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，通过利用探针直径和表面亲水特性来调控提取液滴大小，操作便捷、易于定量调控，采用金属材料作为微细探针，可制作出细长甚至尖端的探针，不仅具有刚度高、耐腐蚀、长工作寿命的优点，而且可以应用于穿刺提取，比如细胞的穿刺提取样液等。

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，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。

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。

在本申请中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。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在本申请中的具体含义。

在本申请中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

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，描述的具体特征、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。

尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本申请的限制,本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，其特征在于，包括以下步骤：

将微细金属探针插入待操作液体中，通过控制所述微细金属探针的水平方向运动，利用所述微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取所述待操作液体中的微液滴到所述微细金属探针的侧壁上；

通过操作将所述微细金属探针和所述微液滴移动到需要点液的位置；

通过沿所述微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体，将所述微液滴释放到需要点液的基片上。

2、根据权利要求1所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，其特征在于，通过改变微细电火花加工制备过程中的电参数和工作液条件，调控所述微细金属探针表面的微观形貌，获得具有亲水特性的单根或多根或阵列的所述微细金属探针。

3、根据权利要求1所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，其特征在于，所述微细金属探针的水平方向运动为左右、前后、旋转、摇动中的一个或多个方向的运动。

4、根据权利要求1所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，其特征在于，通过调节所述微细金属探针直径、表面亲水特性、插入所述待操作液体的液面深度和时间中的一个或多个来改变提取的所述微液滴大小。

5、根据权利要求1所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴方法，其特征在于，通过调节气体的气体压力来调控释放所述微液滴的速度和大小。

6、一种电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，其特征在于，包括：

微细金属探针，用于插入待操作液体，通过控制所述微细金属探针的水平方向运动，利用所述微细金属探针侧壁表面的亲水特性自动吸取所述待操作液体中的微液滴到所述微细金属探针的侧壁上；

移动装置，用于控制所述微细金属探针和所述微液滴移动到需要点液的位置；

供气系统，用于提供气体；

吹气结构，所述吹气结构的吹气喷嘴与所述供气系统连接，用于通过沿所述微细金属探针的轴向方向吹出带有压力的气体，将所述微液滴释放到需要点液的基片上。

7、根据权利要求6所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，其特征在于，通过改变微细电火花加工制备过程中的电参数和工作液条件，调控所述微细金属探针表面的微观形貌，获得具有亲水特性的单根或多根或阵列的所述微细金属探针。

8、根据权利要求6所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，其特征在于，

所述微细金属探针的水平方向运动为左右、前后、旋转、摇动中的一个或多个方向的运动。

9、根据权利要求 6 所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，其特征在于，通过调节所述微细金属探针直径、表面亲水特性、插入所述待操作液体的液面深度和
5 时间中的一个或多个来改变提取的所述微液滴大小。

10、根据权利要求 6 所述的电火花加工的微细亲水探针操作微液滴装置，其特征在于，通过调节气体的气体压力来调控释放所述微液滴的速度和大小。

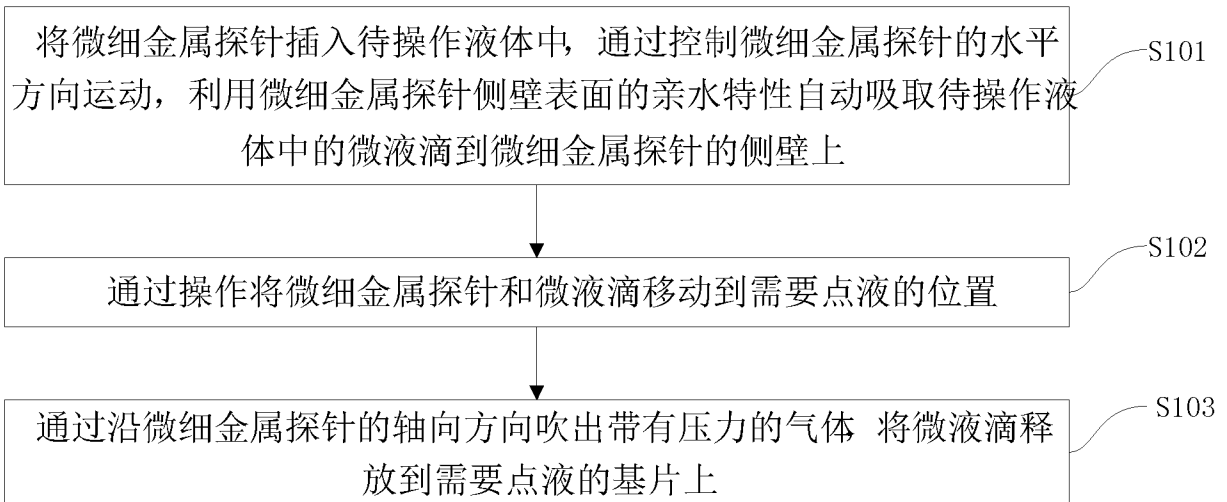


图 1

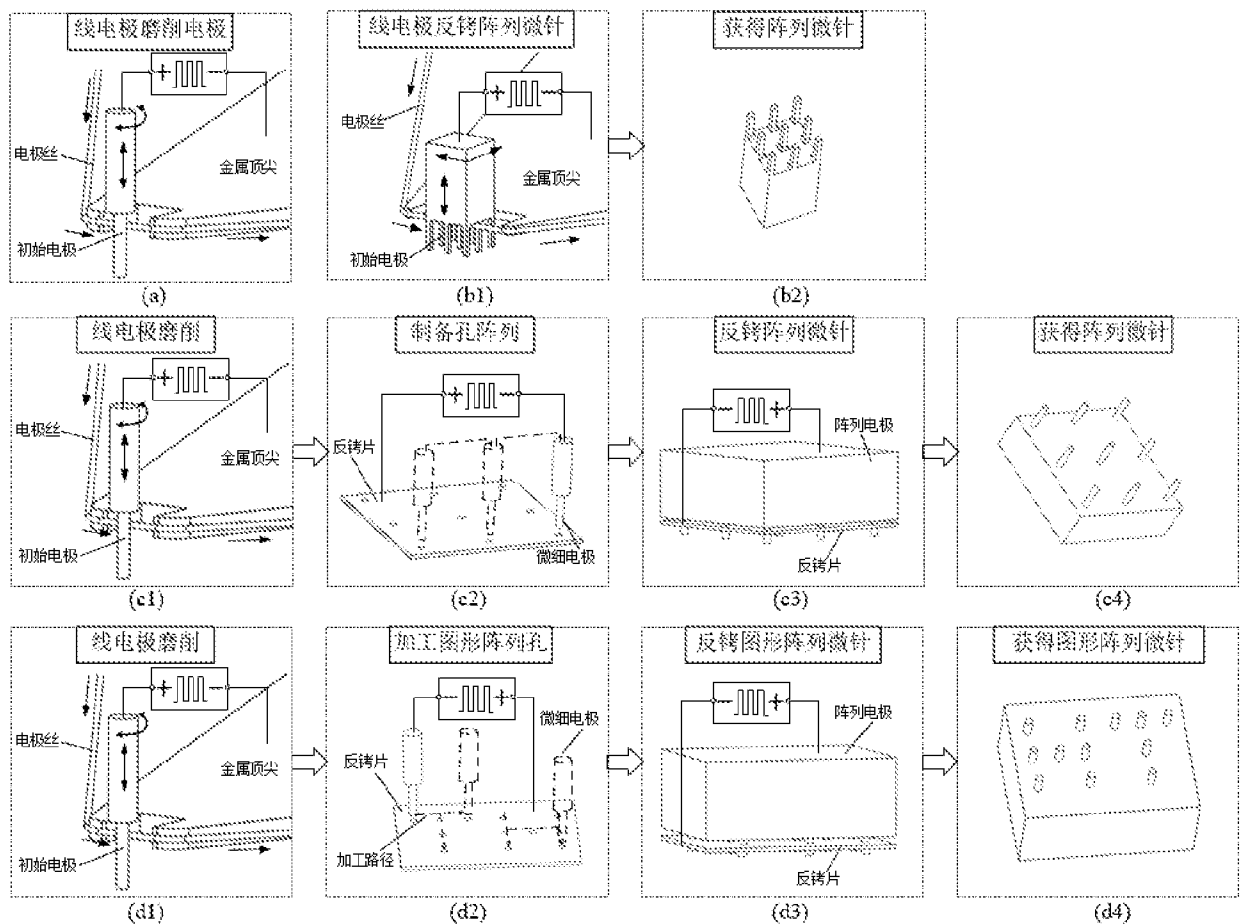


图 2

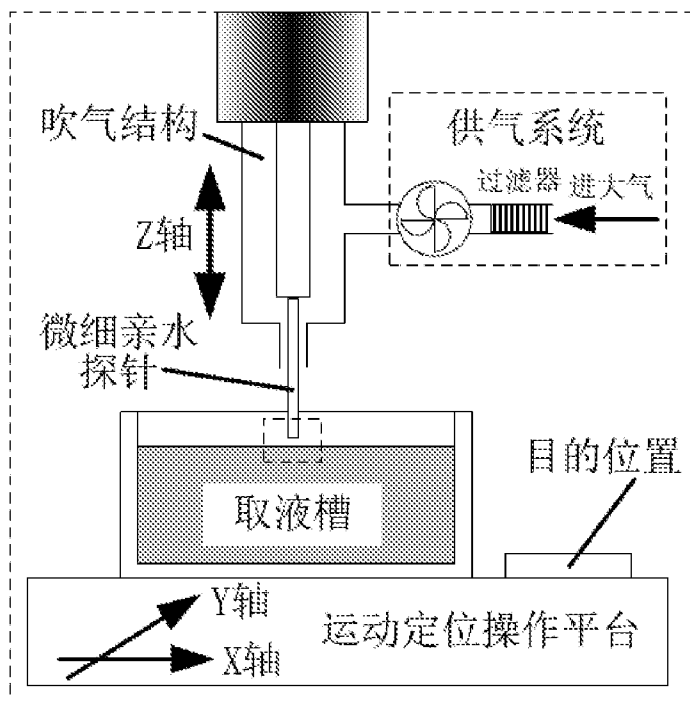


图 3

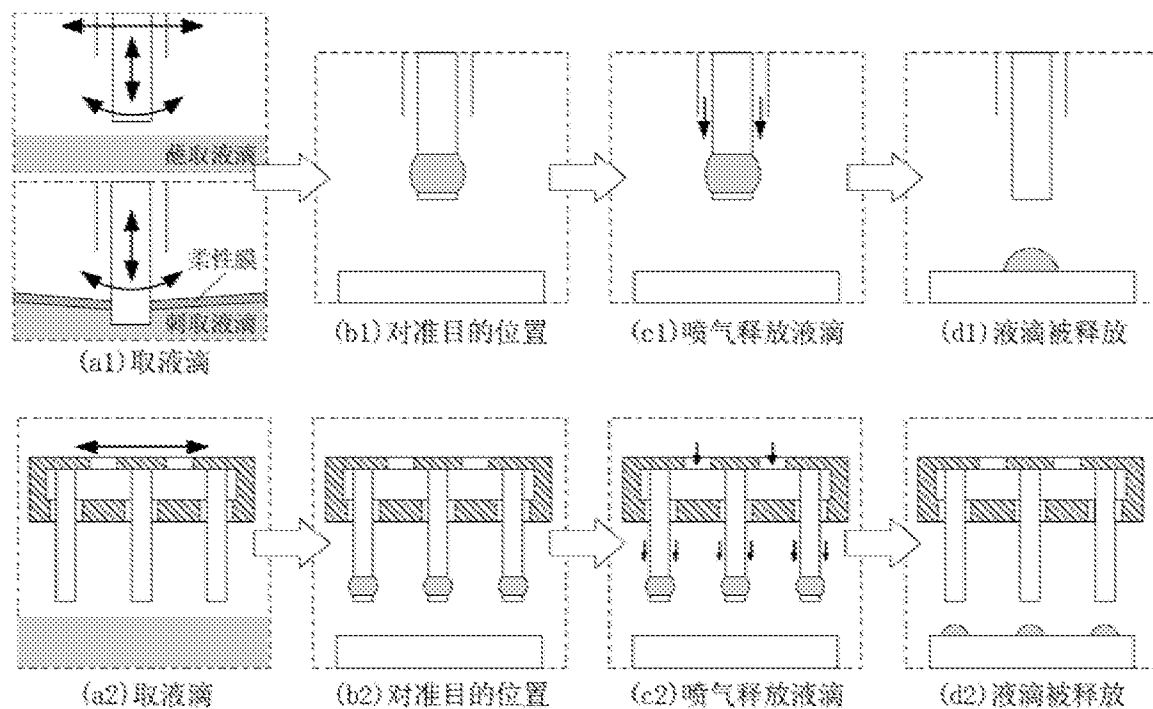


图 4

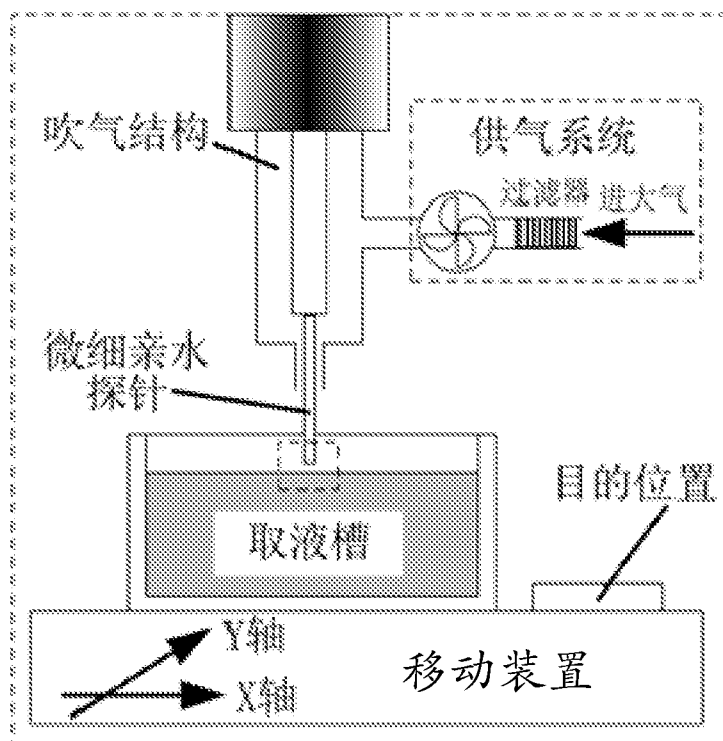


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/115756

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 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)

G01N; B81C; B23H; B01L

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, CNKI, EPODOC, WPI: 佟浩, 普玉彬, 李俊杰, 李勇, 姬波林, 清华大学, 电火花, 探针, 微针, 液滴, 微液滴, 取液, 水滴, 气, 吹, 分离, eject+, micro, liquid, fluid, probe, gas, air, drop+, spark, blow+.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109865904 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 11 June 2019 (2019-06-11) claims 1-10	1-10
Y	CN 104492508 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 08 April 2015 (2015-04-08) description, paragraphs [0006]-[0043], and figures 1-5	1-10
Y	CN 1576838 A (SHIMADZU CORPORATION) 09 February 2005 (2005-02-09) description, specific embodiment, and figures 1-3	1-10
A	JP 2005017226 A (SHIMADZU CORPORATION) 20 January 2005 (2005-01-20) entire document	1-10
A	CN 101799486 A (KING YUAN ELECTRONICS CO., LTD.) 11 August 2010 (2010-08-11) entire document	1-10
A	CN 106568982 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 19 April 2017 (2017-04-19) entire document	1-10
A	JP 2002286736 A (CANON K. K.) 03 October 2002 (2002-10-03) 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

10 January 2020

Date of mailing of the international search report

03 February 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

International application No.

PCT/CN2019/115756

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 208109479 U (HUNAN LEZHUN ZHIXIN BIOTECHNOLOGY CO., LTD.) 16 November 2018 (2018-11-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/115756

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109865904	A	11 June 2019	None			
CN	104492508	A	08 April 2015	CN	104492508	B	24 August 2016
CN	1576838	A	09 February 2005	US	2005006291	A1	13 January 2005
				US	7169299	B2	30 January 2007
				JP	4174599	B2	05 November 2008
				JP	2005030969	A	03 February 2005
				CN	100403025	C	16 July 2008
JP	2005017226	A	20 January 2005	None			
CN	101799486	A	11 August 2010	None			
CN	106568982	A	19 April 2017	CN	106568982	B	29 May 2018
JP	2002286736	A	03 October 2002	None			
CN	208109479	U	16 November 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/115756

A. 主题的分类 G01N 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) G01N; B81C; B23H; B01L 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)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 佟浩, 普玉彬, 李俊杰, 李勇, 姬波林, 清华大学, 电火花, 探针, 微针, 液滴, 微液滴, 取液, 水滴, 气, 吹, 分离, eject+, micro, liquid, fluid, probe, gas, air, drop+, spark, blow+.																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109865904 A (清华大学) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104492508 A (浙江大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第6-43段, 图1-5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 1576838 A (株式会社岛津制作所) 2005年 2月 9日 (2005 - 02 - 09) 说明书具体实施方式部分, 图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2005017226 A (SHIMADZU CORP.) 2005年 1月 20日 (2005 - 01 - 20) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101799486 A (京元电子股份有限公司) 2010年 8月 11日 (2010 - 08 - 11) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106568982 A (浙江大学) 2017年 4月 19日 (2017 - 04 - 19) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2002286736 A (CANON K.K.) 2002年 10月 3日 (2002 - 10 - 03) 全文</td> <td>1-10</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 109865904 A (清华大学) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 权利要求1-10	1-10	Y	CN 104492508 A (浙江大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第6-43段, 图1-5	1-10	Y	CN 1576838 A (株式会社岛津制作所) 2005年 2月 9日 (2005 - 02 - 09) 说明书具体实施方式部分, 图1-3	1-10	A	JP 2005017226 A (SHIMADZU CORP.) 2005年 1月 20日 (2005 - 01 - 20) 全文	1-10	A	CN 101799486 A (京元电子股份有限公司) 2010年 8月 11日 (2010 - 08 - 11) 全文	1-10	A	CN 106568982 A (浙江大学) 2017年 4月 19日 (2017 - 04 - 19) 全文	1-10	A	JP 2002286736 A (CANON K.K.) 2002年 10月 3日 (2002 - 10 - 03) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 109865904 A (清华大学) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 权利要求1-10	1-10																								
Y	CN 104492508 A (浙江大学) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 说明书第6-43段, 图1-5	1-10																								
Y	CN 1576838 A (株式会社岛津制作所) 2005年 2月 9日 (2005 - 02 - 09) 说明书具体实施方式部分, 图1-3	1-10																								
A	JP 2005017226 A (SHIMADZU CORP.) 2005年 1月 20日 (2005 - 01 - 20) 全文	1-10																								
A	CN 101799486 A (京元电子股份有限公司) 2010年 8月 11日 (2010 - 08 - 11) 全文	1-10																								
A	CN 106568982 A (浙江大学) 2017年 4月 19日 (2017 - 04 - 19) 全文	1-10																								
A	JP 2002286736 A (CANON K.K.) 2002年 10月 3日 (2002 - 10 - 03) 全文	1-10																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																						
* 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 1月 10日		国际检索报告邮寄日期 2020年 2月 3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 张艺 电话号码 86-10-53961168																								

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	CN 208109479 U (湖南乐准智芯生物科技有限公司) 2018年 11月 16日 (2018 - 11 - 16) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/115756

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	109865904	A	2019年 6月 11日	无	
CN	104492508	A	2015年 4月 8日	CN	104492508 B 2016年 8月 24日
CN	1576838	A	2005年 2月 9日	US	2005006291 A1 2005年 1月 13日
				US	7169299 B2 2007年 1月 30日
				JP	4174599 B2 2008年 11月 5日
				JP	2005030969 A 2005年 2月 3日
				CN	100403025 C 2008年 7月 16日
JP	2005017226	A	2005年 1月 20日	无	
CN	101799486	A	2010年 8月 11日	无	
CN	106568982	A	2017年 4月 19日	CN	106568982 B 2018年 5月 29日
JP	2002286736	A	2002年 10月 3日	无	
CN	208109479	U	2018年 11月 16日	无	