

(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
2016 年 12 月 22 日 (22.12.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/201761 A1

- (51) 国际专利分类号:
B23H 5/04 (2006.01) *B23H 11/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/084544
- (22) 国际申请日: 2015 年 7 月 21 日 (21.07.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510338688.9 2015 年 6 月 17 日 (17.06.2015) 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: 张朝阳 (ZHANG, Zhaoyang); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。刘皋 (LIU, Gao); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。黄磊 (HUANG, Lei); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。姜雨佳 (JIANG, Yujia); 中国江苏省镇江市学府路 301

号, Jiangsu 212013 (CN)。陆海强 (LU, Haiqiang); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。庄鸿武 (ZHUANG, Hongwu); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。聂昕 (NIE, Xin); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。郭晓杰 (GUO, Xiaojie); 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); 中国北京市朝阳区万红西街 2 号燕东大厦 A 座 1010 室, 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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,

[见续页]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MACHINING MATERIALS BY COMBINING ELECTROCHEMICAL DISCHARGING AND LASER

(54) 发明名称: 电化学放电与激光复合加工材料的装置和方法

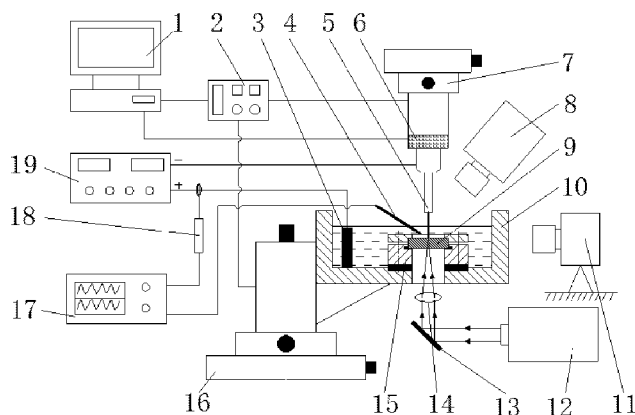


图 1

(57) Abstract: A device and method for machining materials by combining electrochemical discharging and laser belong to the field of special combined machining. Combined machining through electrochemical discharging and laser is carried out on transparent crisp and hard materials; an electrochemical discharging circuit is formed in an electrolyte solution by means of an auxiliary electrode and a tool electrode; a laser beam generates a focus on a surface of a sample, when energy reaches a certain value, an impact stress and a cavitation stress are produced; and laser energy and spark discharging cooperatively act on a workpiece from an upper direction and a lower direction, so that effective combination of two kinds of energy is guaranteed, the energy density of a machining area is improved, and the corrosion removing speed of a machined sample is increased.

(57) 摘要: 一种电化学放电与激光复合加工材料的装置和方法, 属于特种复合加工领域; 对透明的硬脆材料同时进行电化学放电与激光复合加工, 通过辅助电极与工具电极在电解液中形成电化学放电回路, 同时激光光束在试样表面产生焦点, 当能量达到一定值时, 形成冲击应力和空化应力, 激光能量和火花放电分别从上下两个方向协同作用于工件上, 保证了两种能量的高效复合, 提高了加工区域的能量密度, 加快了被加工试样的蚀除速度。



WO 2016/201761 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

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)。

- (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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

电化学放电与激光复合加工材料的装置和方法

技术领域

本发明属于特种复合加工领域，尤其是电化学放电与激光复合加工材料的装置和方法。

背景技术

以玻璃为代表的绝缘硬脆材料，具有高硬度、耐化学腐蚀、透明和良好的生物相容性等优良属性，在微机电系统中的微加速器、微反应器、微型泵、医疗器械和光学系统中应用越来越多。尤其是在一些复杂、恶劣或极端的工作环境中，对微小器件的耐腐蚀、耐高温、耐磨损等性能要求十分严格，如果部分换用绝缘硬脆材料加工的零件，就能很好的解决腐蚀问题。在日常生活中，对玻璃类零件的需求也越来越大，苹果手机上的 Touch ID 传感器和后置摄像头以及显示屏都使用了蓝宝石玻璃制造，其成分类似钢玉，比普通玻璃硬度更高，有着很好的热特性和介电特性，其在军用红外和空间技术装备方面也取得广泛地应用。虽然绝缘透明硬脆材料在 MEMS 领域的应用具有很大的优势，但由于它们的硬脆性使得加工工艺性低下，传统加工工艺很能难对其进行高效微细加工。

目前对于绝缘透明硬脆材料加工技术及其应用的研究，主要有激光加工和电化学放电加工。激光加工和电化学放电加工都属于特种加工方式，又各有特点。激光加工以高能量的光束作为加工能源，脉冲宽度可以从纳秒级到飞秒量级；峰值功率可以达到数百兆瓦，它通过光路传输聚焦于工件表面时会产生独特的光、热、力等非线性效应。电化学放电加工是利用工具电极表面发生电化学反应形成气膜层，使电极与溶液之间短期绝缘；当工具电极和工作液之间电位差不断增大至击穿气膜的放电电压时，发生火花放电，所产生的瞬间高温和冲击波作用于玻璃类绝缘材料表面，使材料被热蚀去除。

国内外对绝缘硬脆材料的微加工技术的研究，也提出了一些复合加工方法，主要是基于激光加工或电化学放电加工其中之一，再辅助旋转、振动、充气或磨削等方法。

经过对现有的技术检索发现，公开号为 CN2342925Y 的中国专利公开了一种非导电材料超声电解放电复合加工装置，其在电化学放电加工系统中引入超声振动装置，实现电化学放电加工与超声加工的复合加工，该方法提高了加工效率，但是在其加工过程中由于机械力的频繁作用，容易导致被加工材料表面出现微裂纹以及加工工具的快速损耗。申请号为 200410023547.X 的中国专利提供了一种非导电超硬材料电火花磨削复合加工方

法，利用导电磨轮和一个辅助电极之间的火花放电蚀除材料，辅以机械磨削作用去除碳化和变质层。该方法提高了试样被加工表面的加工精度，但是由于导电磨轮尺寸的限制，该方法不适合于加工微孔等尺寸很小的形貌。学者郭永丰等在“非导电材料的电化学电火花复合加工工艺研究”一文中提出了一种采用物理充气辅助电化学放电加工的方法，通过物理充气在管形工具电极端面 and 电解液之间持续充入少量气体，以弥补仅靠电解产生气体的不足，该方法增强了生成气膜的稳定性，提高了加工效率，但是由于充气的需要，工具电极必须带有通孔，增大了电极的尺寸，因而限制了该方法在微小尺寸加工中的运用。

发明内容

针对现有技术中存在不足，本发明提供了一种电化学放电与激光复合加工材料的装置和方法，通过将激光和电化学放电两种能量复合，来增强加工区域能量密度，提高玻璃类绝缘透明硬脆材料的刻蚀加工效率和表面质量，可用于加工微小尺寸的试样。

本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

一种电化学放电与激光复合加工材料的方法，包括如下步骤：

将透明硬脆的试样、辅助电极和工具电极下部置于电解液中，工具电极与电源负极相连、位于所述试样上方，辅助电极与电源正极相连，通电时，所述辅助电极与所述工具电极在电解液中形成电化学放电回路；

激光光束经聚焦后由试样下方经过试样在试样上表面产生焦点，进而形成冲击应力和空化应力作用于试样表面，所述工具电极下端位于所述焦点处；

通过设定所述试样的运动路径对所述试样进行持续加工。

进一步，所述工具电极上方设有力传感器，所述力传感器用于实时检测所述工具电极与所述试样的接触力大小。

进一步，所述试样为玻璃，所述辅助电极为石墨电极，所述工具电极为碳化钨电极，所述电解液为碱性溶液。

在上述方案中，所述激光光束的波长为 532 nm，脉宽为 10 ns，频率 0-100 KHz，单脉冲激光能量为 0~1 mJ。

本发明还包括一种电化学放电与激光复合加工材料的装置，包括激光加工系统、运动控制系统和电化学放电加工系统；

所述激光加工系统包括激光器、反射镜和聚焦透镜，所述反射镜用来改变激光器发出的脉冲激光光束的光路，所述聚焦透镜用来将脉冲激光光束聚焦产生焦点；

所述运动控制系统包括计算机、运动控制卡、电化学加工放电装置和三坐标数控平台，所述计算机与所述运动控制卡相连，所述运动控制卡与所述电化学加工放电装置和三坐标数控平台分别连接，所述计算机通过控制所述运动控制卡进而控制所述电化学加工放电装置和三坐标数控平台运动；

所述电化学放电加工系统包括辅助电极、工具电极、工作腔、示波器、电流探头和可调脉冲电源，所述工具电极固定安装在所述电化学加工装置上，所述工作腔内盛有电解液，所述工具电极的底部与辅助电极在电解液中，所述辅助电极与所述可调脉冲电源的正极相连，所述工具电极与所述可调脉冲电源的负极相连；

所述工作腔固定于所述三坐标数控平台上，所述工作腔底部及夹具设有通孔，试样固定于所述夹具的通孔处，所述试样和所述夹具位于电解液中，所述工具电极与所述激光加工系统分别位于所述试样的上方和下方，所述工具电极底端与所述激光光束在试样表面产生的焦点位置相对应。

进一步，所述试样与所述夹具、所述夹具与所述工作腔之间分别设有密封圈。

进一步，所述运动控制系统还包括力传感器，所述力传感器位于所述电化学放电加工装置与所述工具电极之间，所述力传感器与所述计算机相连，所述力传感器将力信号传递给计算机。

进一步，所述装置还包括示波器和水听器，所述示波器分别与所述水听器和所述辅助电极相连，所述示波器用于显示所述水听器和所述辅助电极传递的信号。

进一步，所述装置还包括热成像仪和高速摄像机，所述热成像仪位于所述试样斜上方，所述热成像仪用于检测加工过程中试样表面温度，所述高速摄像机位于所述试样一侧。

在上述方案中，所述可调脉冲电源的电压 0~60 V，频率 1~5000 Hz，占空比 0~100%。

本发明的有益效果：

(1) 将激光束从下方引入电化学放电刻蚀加工系统中，为电化学放电的电极进给提供了空间条件，使激光能量和火花放电分别从上下两个方向协同作用于工件上，保证了两种能量的高效复合，提高了加工区域的能量密度，加快了被加工试样的蚀除速度。

(2) 在加工过程中，由激光辐照作用可生成大量气泡，并与工具电极处电化学反应所产生的气泡融合，增大了工具电极外层形成气膜的速度和稳定性，使得电化学放电加工过程更加稳定，提高了加工速率。

(3) 引入力反馈系统，通过将工具电极和试样接触力与参考力进行比较，进而控制

试样的进给以及回退，避免了工具电极和试样接触力过大而造成工具电极变形或断裂，也可以保证加工时试样不会因为接触力过大而发生破裂或产生表面裂纹，提高了被加工试样的表面质量；工具电极的回退，使得工具电极和试样之间留有一定的间隙，有利于加工区域溶液的进入，保证了电化学放电的稳定性，提高了加工效率。

附图说明

图 1 为本发明所述电化学放电与激光复合加工材料的装置的结构示意图。

图 2 为本发明所述夹具局部放大图。

附图标记说明如下：1-计算机，2-运动控制卡，3-辅助电极，4-水听器，5-工具电极，6-力传感器，7-电化学放电加工装置，8-热成像仪，9-试样，10-工作腔，11-高速摄像机，12-激光器，13-反射镜，14-聚焦透镜，15-夹具，16-三坐标数控平台，17-示波器，18-电流探头，19-可调脉冲电源，20-上密封圈，21-下密封圈。

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。

如图 1 所示的电化学放电与激光复合加工材料的装置，包括激光加工系统、运动控制系统和电化学放电加工系统，将加工试样 9 固定于夹具 15 的通孔处，其中试样 9 与夹具 15 之间装有上密封圈 20，夹具 15 下方与工作腔 10 之间装有以下密封圈 21，工作腔 10 内盛有碱性电解液，工作腔 10 固定于 X-Y-Z 三坐标数控平台 16 的 Z 轴上，试样 9 随三坐标数控平台 16 单轴或多轴联动。

激光器 12 输出的为脉冲激光，激光波长 532nm，脉宽 10ns，频率 0-100kHz，单脉冲激光能量 0~1mJ，脉冲激光光束经反射镜 13 改变方向后，由聚焦透镜 14 将能量汇聚，由试样 9 下方穿过试样 9 在试样与电解液界面聚焦，激光能量达到一定值后，击穿电解液产生等离子体，等离子体吸收激光能量向外膨胀，形成冲击应力和空化应力，直接作用于试样 9 表面，实现材料去除。

工具电极 5 夹紧在电化学放电加工装置 7 的主轴上，工具电极为钨电极，电化学放电加工装置 7 主轴转速为 0~5000rpm 可调，由电化学放电加工装置 7 带动工具电极 5 运动，工具电极 5 的底端浸于可导电的电解液中，并定位于激光焦点的正上方；将可调脉冲电源 19 负极连接工具电极 5，正极连接辅助电极 3，辅助电极 3 采用石墨电极，电极两端由可调脉冲电源 19 加载电压，可调脉冲电源的电压 0~60 V，频率 1~5000 Hz，占空

比 0~100%，工具电极 5 表面由电解反应生成氢气泡，随着载入电压的升高，生成氢气泡的量随之增加，当载入电压达到或超过临界电压时，气泡就会相互结合形成气层并包裹住工具电极 5，将工具电极 5 和电解液之间形成短时绝缘，因此工具电极 5 和电解液之间会产生电势差形成电场，当场强超过临界值时，引起点击穿，产生火花放电，作用于试样 9 表面，实现材料去除。激光能量和火花放电分别从上下两个方向协同作用于工件上，由激光辐照作用造成焦点处产生的大量气泡，与电化学反应所产生的气泡融合，增强了电化学放电形成气膜的稳定性，保证了两种能量的高效复合，提高了加工区域的能量密度，加快了被加工试样的蚀除速度。

计算机 1 内载入数控程序，计算机 1 根据程序输出指令给运动控制卡 2，运动控制卡 2 控制 X-Y-Z 三坐标数控平台 16 运行，加工过程中试样 9 随 X-Y-Z 三坐标数控平台 16 沿程序设定的路径运动，而保持激光焦点和工具电极位置不变，由激光和电化学放电复合作用刻蚀试样。

工具电极 5 和电化学放电加工装置 7 之间安装力传感器 6，实时检测工具电极 5 和试样 9 接触力大小，由力传感器 6 将力信号传给计算机 1，计算机将接触力与参考力进行比较，进而控制试样 9 的进给以及回退；当接触力小于所述参考力时，试样 9 按照设定程序进给；当所述接触力超过所述参考力时，试样 9 沿反方向回退，回退距离 10~20 μm ，并停留 0.5s，然后再次进给，重复上述步骤，直至程序结束。

加工过程中，水听器 4 检测加工区域激光和火花放电产生的热力冲击信号并传输到示波器 17，显示波形状态；由热成像仪 8 检测加工区域的热场分布；由高速摄像机 11 观察工具电极 5 处气泡向气层转变的动态过程；同时电路中使用电流探头 18 采集加工过程中火花放电的脉冲信号并传输到示波器 17，检测脉冲电流的大小、频率等信息。

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前提下，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、一种电化学放电与激光复合加工材料的方法，其特征在于，包括如下步骤：

将透明硬脆的试样、工具电极下部和辅助电极置于电解液中，工具电极与电源负极相连、位于所述试样上方，辅助电极与电源正极相连，通电时，所述辅助电极与所述工具电极在电解液中形成电化学放电回路；

激光光束经聚焦后由试样下方穿过试样在试样上表面产生焦点，进而形成冲击应力和空化应力作用于试样表面，所述工具电极下端位于所述焦点处；

通过设定所述试样的运动路径对所述试样进行持续加工。

2、如权利要求 1 所述的电化学放电与激光复合加工材料的方法，其特征在于，所述工具电极上方设有力传感器，所述力传感器用于实时检测所述工具电极与所述试样的接触力大小。

3、如权利要求 2 所述的电化学放电与激光复合加工材料的方法，其特征在于，所述试样为玻璃，所述辅助电极为石墨电极，所述工具电极为碳化钨电极，所述电解液为碱性溶液。

4、如权利要求 1~3 中任意一项所述的电化学放电与激光复合加工材料的方法，其特征在于，所述激光光束的波长为 532 nm，脉宽为 10 ns，频率 0~100 KHz，单脉冲激光能量为 0~1 mJ。

5、一种电化学放电与激光复合加工材料的装置，其特征在于，包括激光加工系统、运动控制系统和电化学放电加工系统；

所述激光加工系统包括激光器、反射镜和聚焦透镜，所述反射镜用来改变激光器发出的脉冲激光光束的光路，所述聚焦透镜用来将脉冲激光光束聚焦产生焦点；

所述运动控制系统包括计算机、运动控制卡、电化学加工放电装置和三坐标数控平台，所述计算机与所述运动控制卡相连，所述运动控制卡与所述电化学加工放电装置和三坐标数控平台分别连接，所述计算机通过控制所述运动控制卡进而控制所述电化学加工放电装置和三坐标数控平台运动；

所述电化学放电加工系统包括辅助电极、工具电极、工作腔、示波器、电流探头和可调脉冲电源，所述工具电极固定安装在所述电化学加工装置上，所述工作腔内盛有电解液，所述工具电极的底部与辅助电极在电解液中，所述辅助电极与所述可调脉冲电源的正极相连，所述工具电极与所述可调脉冲电源的负极相连；

所述工作腔固定于所述三坐标数控平台上，所述工作腔底部及夹具设有通孔，试样固定于所述夹具的通孔处，所述试样和所述夹具位于电解液中，所述工具电极与所述激光加工系统分别位于所述试样的上方和下方，所述工具电极底端与所述激光光束在试样表面产生的焦点位置相对应。

6、如权利要求 5 所述的电化学放电与激光复合加工材料的装置，其特征在于，所述试样与所述夹具、所述夹具与所述工作腔之间分别设有密封圈。

7、如权利要求 6 所述的电化学放电与激光复合加工材料的装置，其特征在于，所述运动控制系统还包括力传感器，所述力传感器位于所述电化学放电加工装置与所述工具电极之间，所述力传感器与所述计算机相连，所述力传感器将力信号传递给计算机。

8、如权利要求 7 所述的电化学放电与激光复合加工材料的装置，其特征在于，所述装置还包括示波器和水听器，所述示波器分别与所述水听器和所述辅助电极相连，所述示波器与所述辅助电极之间设有电流探头，所述示波器用于显示所述水听器和所述辅助电极传递的信号。

9、如权利要求 8 所述的电化学放电与激光复合加工材料的装置，其特征在于，所述装置还包括热成像仪和高速摄像机，所述热成像仪位于所述试样斜上方，所述热成像仪用于检测加工过程区域的热场分布，所述高速摄像机位于所述试样一侧，用于观察电解过程。

10、如权利要求 5~9 中任意一项所述的电化学放电与激光复合加工材料的装置，其特征在于，所述可调脉冲电源的电压 0~60 V，频率 1~5000 Hz，占空比 0~100%。

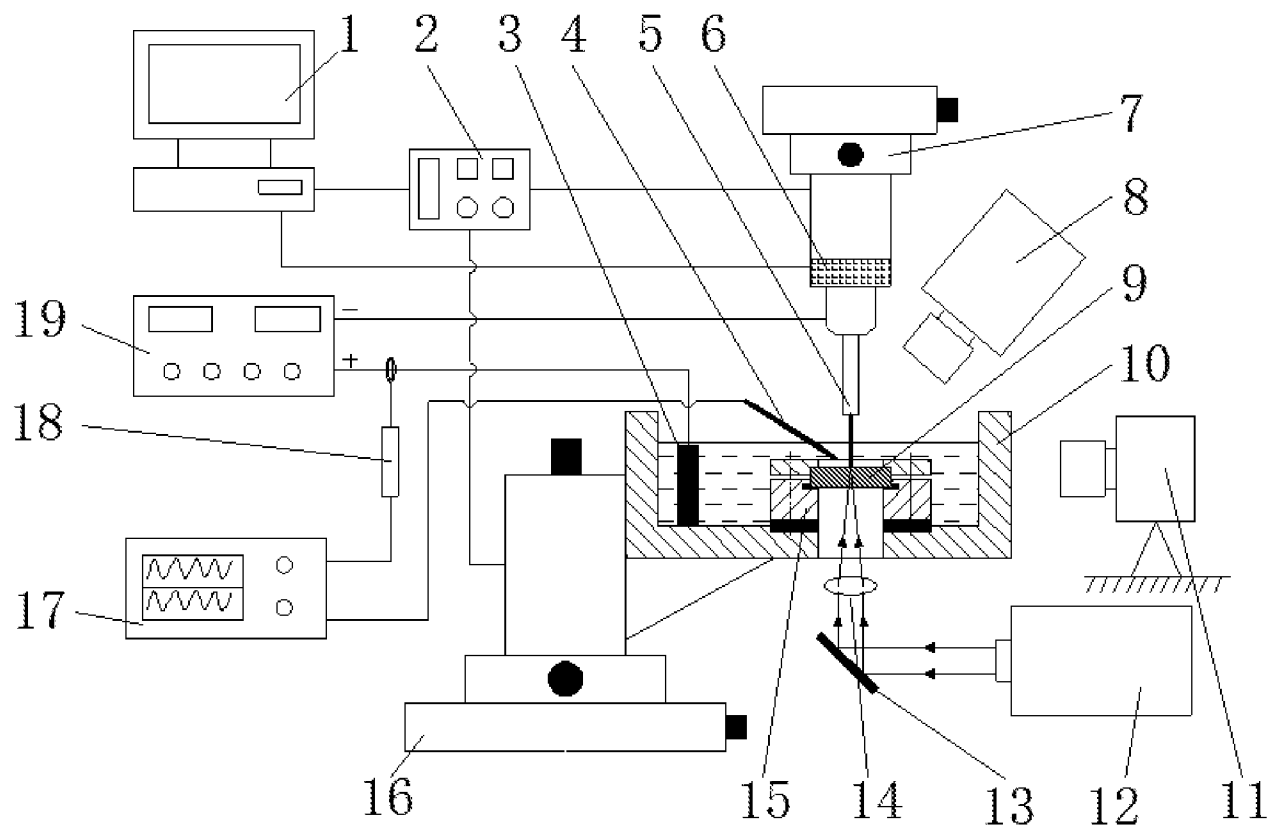


图 1

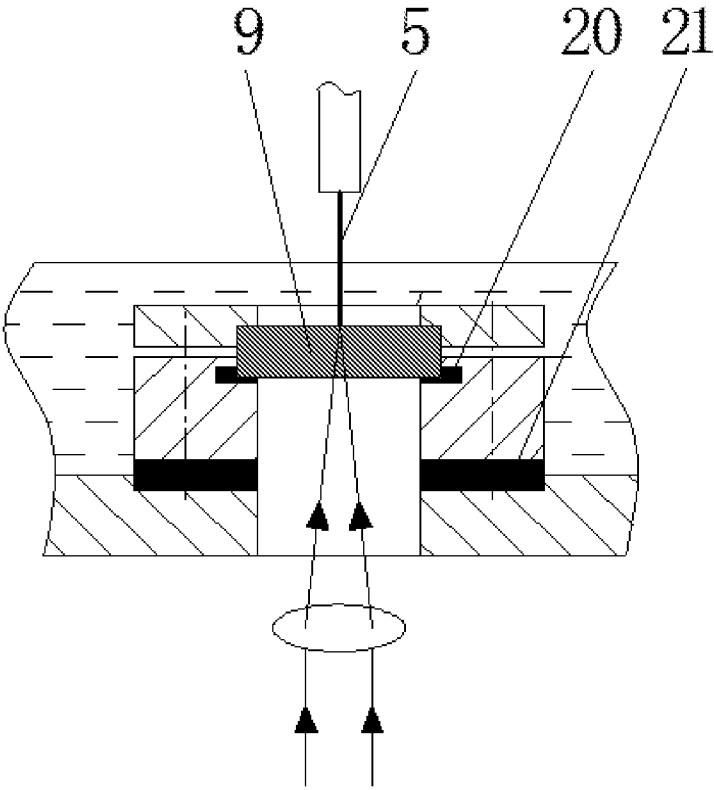


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/084544

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23H 5/04 (2006.01) i; B23H 11/00 (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)

B23H 5, B23H 11

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, CNPAT, VEN, ISI: JIANGSU UNIVERSITY; ZHANG, Chaoyang; HUANG, Lei; LIU, Gao; JIANG, Yujia; LU, Haiqiang; ZHUANG, Hongwu; NIE, Xin; GUO, Xiaojie; electrochemical discharge, spark discharge, electrical discharge machining, electric corrosion method, electrolytic discharge, beam, hard and brittle material, electrochemical, electric, spark, arc, electroly+, discharg+, process+, machin+, laser, metalwork+, upper, above, bottom, down, two, double, bi+, duplex, dryness, sensor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TW 200824825 A (GUO, Jialong et al.), 16 June 2008 (16.06.2008), see claims 8, and description, page 7, paragraphs 1 and 2	1-10
A	EP 2062671 A1 (SIEMENS AG), 27 May 2009 (27.05.2009), see the whole document	1-10
A	CN 103028799 A (JIANGSU UNIVERSITY), 10 April 2013 (10.04.2013), see the whole document	1-10
A	CN 103501949 A (DIAMOND INNOVATIONS, INC.), 08 January 2014 (08.01.2014), see the whole document	1-10
A	CN 102725090 A (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH), 10 October 2012 (10.10.2012), see the whole document	1-10
A	US 2007283786 A1 (KAPPMAYER, G.), 13 December 2007 (13.12.2007), see the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
21 December 2015 (21.12.2015)

Date of mailing of the international search report
30 December 2015 (30.12.2015)

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

Authorized officer

LI, Li

Telephone No.: (86-10) **620084549**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/084544

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
TW 200824825 A	16 June 2008	TW I305738 B	01 February 2009
EP 2062671 A1	27 May 2009	AT 512743 T	15 July 2011
		EP 2062671 B1	15 June 2011
		US 8618438 B2	31 December 2013
		US 2009134136 A1	28 May 2009
CN 103028799 A	10 April 2013	CN 103028799 B	22 April 2015
CN 103501949 A	08 January 2014	JP 2014506195 A	13 March 2014
		KR 20140015286 A	06 February 2014
		EP 2678129 A1	01 January 2014
		US 9089900 B2	28 July 2015
		US 2012170988 A1	05 July 2012
CN 102725090 A	10 October 2012	WO 2011070090 A1	16 June 2011
		JP 2013512791 A	18 April 2013
		EP 2509736 A1	17 October 2012
		DE 102009057410 A1	09 June 2011
		US 9004335 B2	14 April 2015
		US 2012234888 A1	20 September 2012
US 2007283786 A1	13 December 2007	DE 102006026967 A1	13 December 2007
		EP 1864748 B1	05 August 2009
		EP 1864748 A1	12 December 2007
		US 8946585 B2	03 February 2015
		DE 502007001220 D1	17 September 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/084544

A. 主题的分类

B23H 5/04(2006.01)i; B23H 11/00(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)

B23H 5, B23H 11

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, CNPAT, VEN, ISI: 江苏大学, 张朝阳, 黄磊, 刘皋, 姜雨佳, 陆海强, 庄鸿武, 聂昕, 郭晓杰, 电化学放电, 火花放电, 电火花加工, 电腐蚀法, 电弧, 电解放电, 激光, 镭射, 光束, 金属加工, 上, 下, 两, 双, 硬脆材料, 传感器, electrochemical, electric, spark, arc, electroly+, discharg+, process+, machin+, laser, metalwork+, upper, above, bottom, down, two, double, bi+, duplex, dryness, sensor

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	TW 200824825 A (郭佳隽等) 2008年 6月 16日 (2008 - 06 - 16) 参见权利要求8, 说明书第7页第1-2段	1-10
A	EP 2062671 A1 (SIEMENS AG) 2009年 5月 27日 (2009 - 05 - 27) 参见全文	1-10
A	CN 103028799 A (江苏大学) 2013年 4月 10日 (2013 - 04 - 10) 参见全文	1-10
A	CN 103501949 A (戴蒙得创新股份有限公司) 2014年 1月 8日 (2014 - 01 - 08) 参见全文	1-10
A	CN 102725090 A (欧陆汽车有限责任公司) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 参见全文	1-10
A	US 2007283786 A1 (KAPPMAYER GREGOR) 2007年 12月 13日 (2007 - 12 - 13) 参见全文	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

2015年 12月 21日

国际检索报告邮寄日期

2015年 12月 30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

授权官员

李丽

电话号码 (86-10)620084549

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/084544

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)
TW	200824825	A	2008年 6月 16日	TW	I305738	B	2009年 2月 1日
EP	2062671	A1	2009年 5月 27日	AT	512743	T	2011年 7月 15日
				EP	2062671	B1	2011年 6月 15日
				US	8618438	B2	2013年 12月 31日
				US	2009134136	A1	2009年 5月 28日
CN	103028799	A	2013年 4月 10日	CN	103028799	B	2015年 4月 22日
CN	103501949	A	2014年 1月 8日	JP	2014506195	A	2014年 3月 13日
				KR	20140015286	A	2014年 2月 6日
				EP	2678129	A1	2014年 1月 1日
				US	9089900	B2	2015年 7月 28日
				US	2012170988	A1	2012年 7月 5日
CN	102725090	A	2012年 10月 10日	WO	2011070090	A1	2011年 6月 16日
				JP	2013512791	A	2013年 4月 18日
				EP	2509736	A1	2012年 10月 17日
				DE	102009057410	A1	2011年 6月 9日
				US	9004335	B2	2015年 4月 14日
				US	2012234888	A1	2012年 9月 20日
US	2007283786	A1	2007年 12月 13日	DE	102006026967	A1	2007年 12月 13日
				EP	1864748	B1	2009年 8月 5日
				EP	1864748	A1	2007年 12月 12日
				US	8946585	B2	2015年 2月 3日
				DE	502007001220	D1	2009年 9月 17日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)