



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103521920 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201310483042. 0

(22) 申请日 2013. 10. 16

(73) 专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

(72) 发明人 康正阳 符永宏 王浩 华系俊
符昊

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 汪旭东

(51) Int. Cl.

B23K 26/50(2014. 01)

B23K 26/08(2014. 01)

审查员 顾艳君

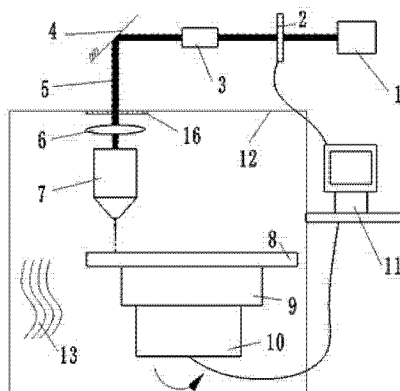
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种无需吹送辅助气体的激光加工装置及方法

(57) 摘要

本发明为一种无需吹送辅助气体的激光加工装置及方法。工件运动,使得激光加工位置的瞬时线速度大于 2m/s;激光加工在封闭气室内进行,其内部填充环境气体,环境气体循环使用。本发明最终的有益效果是,最大限度的降低了激光加工过程中负面热效应的累积和等离子屏蔽,激光加工区域表面质量显著提高;辅助气体以环境气体的形式循环使用,极大程度降低生产成本。本发明还公开了一种实现上述加工方法的装置,该装置结合了高能技术与数控技术,适用于脉冲激光打孔、表面织构和雕刻作业。



1. 一种无需吹送辅助气体的激光加工装置,其特征在于:包括工件夹具(9)、运动执行系统、激光系统、外光路系统、控制系统和环境气体系统;

运动执行系统使工件发生位移和运动,包括电机(10)和水平工作台;电机(10)位于工件夹具(9)下方,电机(10)固定在水平工作台上;电机(10)带动工件夹具(9)作周期旋转运动;水平工作台调节工件夹具(9)与激光头(7)的相对位置;

激光系统包括脉冲激光器(1)、调Q开关(2)和光束整形器(3);所述脉冲激光器(1)发射的脉冲激光光束依次通过调Q开关(2)、光束整形器(3)和外光路系统,最终激光光束到达水平工作台表面,激光光束与水平工作台表面相垂直;调Q开关(2)压缩激光脉冲的脉宽并接收由工控机(11)发出激光脉冲发射信号,光束整形器(3)对激光光束整形处理,提高光束质量;

外光路系统包括全反镜(4)、聚焦透镜(6)和激光头(7);激光光束(5)依次通过全反镜(4)、聚焦透镜(6)和激光头(7),全反镜(4)改变激光光束(5)的传输方向,聚焦透镜(6)将激光光束(5)聚焦用于加工作业;

控制系统包括工控机(11)和数据传输线,工控机(11)与电机(10)和调Q开关(2)通过数据传输线分别相连,并能够使数据信号交互传递;工控机(11)接受电机(10)上编码器反馈的脉冲信号,获得工件a(8)的运动位置,当激光头(7)运动至加工位置时工控机(11)向调Q开关(2)发出激光脉冲发射信号;

环境气体系统包括封闭气室(12)、密封透镜(16)和环境气体(13),封闭气室(12)为密封容器,将工件夹具、运动执行系统、聚焦透镜(6)和激光头(7)包裹起来;封闭气室(12)内充满环境气体(13),密封透镜(16)安装在封闭气室(12)顶部,激光光束(5)从密封透镜(16)射入封闭气室(12)中;环境气体系统还包括真空气泵(20)、集气装置(21)、滤网、补充气站(24)、气压计和阀门a(25)、阀门b(26)、阀门c(27)、阀门d(28);真空气泵(20)位于封闭气室(12)外,封闭气室(12)与真空气泵(20)的进气口(22)和补充气站(24)气路连通,所述真空气泵(20)的出气口(23)与集气装置(21)和大气环境气路连通;阀门a(25)位于出气口(23)与大气环境连通气路上,阀门b(26)位于出气口(23)与集气装置(21)的连通气路上,阀门c(27)位于封闭气室(12)与补充气站(24)的连通气路上,阀门d(28)位于封闭气室(12)与进气口(22)的连通气路上;滤网位于集气装置(21)和真空气泵(20)的连通气路上,过滤进入集气装置的环境气体(13)中所含粉尘和水分;气压计位于封闭气室(12)内,检测封闭气室(12)的气压,当气压低于设计值时,补充气站向封闭气室(12)放出环境气体(13)。

2. 根据权利要求1所述的一种无需吹送辅助气体的激光加工装置,其特征在于:还包括辅助夹具(14),辅助夹具(14)为长杆状,辅助夹具(14)的一端装夹在工件夹具(9)上,辅助夹具(14)的另一端设有夹具,工件b(15)装在辅助夹具(14)另一端的夹具上。

3. 根据权利要求1所述的一种无需吹送辅助气体的激光加工装置,其特征在于:还包括辅助夹具(14),辅助夹具(14)为长杆状,所述辅助夹具(14)两端设有夹具,工件b(15)装在辅助夹具(14)两端的夹具上,辅助夹具(14)的中心装夹在工件夹具(9)上,两个工件b(15)以工件夹具(9)的旋转轴呈轴对称分布。

4. 根据权利要求1或2所述的一种无需吹送辅助气体的激光加工装置,其特征在于:所述运动执行系统替换为丝杠导轨(18)和水平工作台,丝杠导轨(18)上固定工件夹具

(9), 工件 c (17) 在工件夹具(9)的固定和在丝杠导轨(18)传动下作周期直线往复运动, 水平工作台位于丝杠导轨(18)下方, 水平工作台调节工件夹具(9)与激光头(7)的相对位置。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种无需吹送辅助气体的激光加工装置, 其特征在于: 所述脉冲激光器(1)发射的脉冲激光光束依次通过调 Q 开关(2)、光束整形器(3)和外光路系统后, 再经过 45 度角全反镜(4)最终激光光束到达水平工作台表面上方, 激光光束与水平工作台表面相平行。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种无需吹送辅助气体的激光加工装置, 其特征在于: 所述环境气体(13)为氮气、氧气、氩气、氦气、空气中一种或两种以上的混合。

7. 利用权利要求 1—6 中任意一项所述的一种无需吹送辅助气体的激光加工装置的加工方法, 其特征在于: 激光加工在封闭气室(12)内进行, 其内部填充循环使用的环境气体(13); 工件一点的激光加工通过脉冲激光器(1)发出的多个激光脉冲完成, 相邻脉冲的时间间隔大于激光脉宽的 10^3 倍; 工件作周期性运动, 瞬时加工位置的线速度大于 2m/s ; 编码器检测工件运动并将工件的运动信号反馈给信号处理系统, 信号处理系统接收该运动信号, 并根据工件上的目标加工位置向调 Q 开关(2)发出激光脉冲发射信号, 调 Q 开关(2)根据激光脉冲发射信号控制脉冲激光器(1)激光脉冲的发射; 将激光脉冲发射信号与运动信号精确匹配, 使得对某一点加工的多个激光脉冲分别在工件不同的运动周期作用于该点。

一种无需吹送辅助气体的激光加工装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工领域,具体为一种无需吹送辅助气体的激光加工装置及方法。

背景技术

[0002] 激光因具有加工速度快、对环境无污染和良好的可控性等优点,在制造业中得到了广泛的应用,市场潜力巨大,其典型应用包括激光打孔,激光切割,激光焊接,激光淬火,激光熔覆,激光表面织构等。

[0003] 激光器按照出光方式分为连续激光器和脉冲激光器。脉冲激光器工作在脉冲方式,与连续激光器相比具有更大的输出功率,适用于激光打标、切割、测距等。常见的脉冲激光器包括:固体激光器中的钕铝石榴石(YAG)激光器、红宝石激光器、钕玻璃激光器等、氮分子激光器、准分子激光器。对脉冲激光进行调Q处理,能够将激光脉冲宽度进一步压缩,将单脉冲激光峰值功率提高几个数量级。常见的调Q技术有声光调Q、电光调Q、可饱和吸收染料调Q和Cr⁴⁺:YAG可饱和吸收调Q等。

[0004] 人们发现随着激光脉冲宽度的缩短,激光热效应也会随之下降,于是研制出了皮秒(10^{-12} 秒)甚至飞秒(10^{-15} 秒)激光器,以期完全消除激光的热效应。但是当激光脉冲峰值功率达到某一阈值,靶材表面会产生等离子体,对后续激光脉冲的能量产生屏蔽作用,极大的降低激光能量的利用率。因此,现有高能激光加工技术必须通过向工件吹送辅助气体以实时清除加工表面产生的等离子体,缓解能量屏蔽效应。

[0005] 激光加工常用的辅助气体包括空气、氮气、氧气、氦气和氩气,辅助气体对成本的增加主要体现在:辅助气体的消耗量十分巨大,其储存、运输、管理都会增加激光加工设备的运行成本;辅助气体扩散至大气中造成严重的浪费,有些价格昂贵的辅助气体,如氩气,更是如此;在激光加工设备的设计及制造中不得不考虑气路因素,并且气路和光路间存在耦合问题,设计、制造成本相应上升。

[0006] 发明人曾公开一种特殊激光加工工艺,即“单脉冲同点间隔多次工艺”。该工艺的核心思想是将激光脉冲间隔多次的作用在靶材同一位置,以避免负面热效应的累积,使得激光加工后的工件表面质量(主要是平整度)上升。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是,在激光加工过程中,脉冲激光在工件表面的热效应累积使得金属表面产生熔渣、重铸层,造成工件表面平整度不高;高能激光脉冲在靶材表面产生等离子体,吸收甚至屏蔽后续激光脉冲的能量,大大降低激光能量利用效率;现有技术通过向工件表面吹送辅助气体解决上述问题,但是辅助气体增加了各方面成本,绝非经济、环保的解决方案。本发明提供一种无需吹送辅助气体的脉冲激光加工方法及实现上述方法的装置。

[0008] 本发明一种无需吹送辅助气体的脉冲激光加工装置的技术方案为,包括工件夹具

系统,运动执行系统,激光系统,外光路系统,控制系统,环境气体系统。

[0009] 工件夹具系统包括工件夹具和辅助夹具。工件固定于工件夹具上,跟随工件夹具运动,工件夹具在电机的传动下旋转;旋转转速的设定是这样的,首先确定激光脉冲作用于靶材,作用位置所需最小线速度,最小线速度高于 2m/s,然后根据加工位置的旋转半径确定在该位置的激光加工所对应的转速;对于工件 b,首先将工件 b 装夹在辅助夹具上成一组,然后将辅助夹具装夹在工件夹具上,工件 b 和辅助夹具为一组或多组,在多组情况下,多个工件 b 以工件夹具 9 的旋转轴呈轴对称分布以抵消旋转产生的离心力。

[0010] 运动执行系统包括电机和水平工作台。电机位于工件夹具下方,工件夹具和电机均固定在水平工作台上。工件夹具在电机的传动下旋转,使被加工工件做周期旋转运动,水平工作台调节激光头与工件的相对空间位置。

[0011] 激光系统,包括脉冲激光器、调 Q 开关、光束整形器。脉冲激光器发射的脉冲激光依次通过调 Q 开关,光束整形器,外光路系统直至工件表面;调 Q 开关压缩激光脉冲的脉宽并且根据接受到的外部脉冲信号控制激光脉冲的发射;光束整形器对激光光束整形处理,提高光束质量。

[0012] 外光路系统,包括全反镜、聚焦透镜、激光头。全反镜调整激光的传输方向,聚焦透镜将激光光束聚焦,聚焦后的激光用于加工作业,激光头对聚焦透镜 6 起到承载、保护的作用。

[0013] 控制系统,包括工控机、数据传输线。工控机与电机和调 Q 开关通过数据传输线相连,并能够实现数据信号的交互传递;工控机接受电机上编码器反馈的脉冲信号,获得工件 a 的运动位置,当激光头运动至加工位置时工控机向调 Q 开关发出激光脉冲发射信号。

[0014] 环境气体系统,包括封闭气室、密封透镜、环境气体、真空气泵、集气装置、滤网、补充气站、气压计。封闭气室将整个加工环境包裹起来,激光光束从密封透镜射入封闭气室中,环境气体在某次加工完成后通过真空气泵收集进入集气装置,在下次加工开始之前,真空气泵将封闭气室真空,随后集气装置收集的环境气体经过滤网的过滤重新释放到封闭气室中,气压计检测封闭气室的气压,当气压低于设计值时,补充气站向封闭气室放出一部分环境气体,弥补加工过程中的损失。

[0015] 本发明的一种无需吹送辅助气体的脉冲激光加工方法的技术方案是,在脉冲激光对工件加工过程中,使工件以大于 2m/s 的线速度移动,工件与环境气体发生摩擦,产生的摩擦力不间断的清洁工件表面的污染、熔渣、重铸层和等离子体。实现“单脉冲同点间隔多次工艺”,激光加工在封闭气室内进行,封闭气室填充循环使用的环境气体,环境气体为氮气、氧气、氩气、氦气、空气中一种或几种的混合。

[0016] 本发明一种无需吹送辅助气体的脉冲激光加工方法具体技术方案为:在加工过程中,被加工工件运动,使得激光光束加工位置的线速度大于 2m/s;运动反馈元件检测工件运动并将工件的运动信号反馈给信号处理系统,信号处理系统接收该运动信号,并根据工件上的目标加工位置向调 Q 开关发出激光脉冲发射信号,调 Q 开关根据激光脉冲发射信号控制脉冲激光器激光脉冲的发射。单脉冲同点间隔多次特殊激光加工特指:工件某点的激光加工通过多个激光脉冲完成,且相邻脉冲的时间间隔大于激光脉宽的 10^3 倍;实现上述工艺的方法是,工件周期直线往复或周期旋转运动,信号处理系统将激光脉冲发射信号与运动信号精确匹配,对工件某点加工的若干脉冲分别在不同的工件运动周期作用于该点。

[0017] 本发明的有益效果是,在激光加工过程中实现了“单脉冲同点间隔多次工艺”,最大限度的降低了负面热效应的累积,靶材表面平整度提高,同时减少了等离子屏蔽效应对激光加工的影响,提高了激光加工效率;加工过程中无需向工件表面吹送辅助气体,加工设备的制造、运行成本大大降低;辅助气体以环境气体的形式循环使用,极大的节省加工成本。

附图说明

[0018] 图 1 是无需吹送辅助气体的脉冲激光加工装置结构示意图。

[0019] 图 2 是装置气路示意图。

[0020] 图 3 是工件 b 装夹方案示意图。

[0021] 图 4 是工件直线往复运动方案示意图。

[0022] 图 5 是孔类零件的加工装置示意图。

[0023] 图中,1,脉冲激光器;2,调 Q 开关;3,光束整形器;4,全反镜;5,激光光束;6,聚焦透镜;7,激光头;8,工件 a;9,工件夹具;10,电机;11,工控机;12,封闭气室;13,环境气体;14,辅助夹具;15,工件 b;16,密封透镜;17,工件 c;18,丝杠导轨;19,孔类工件;20,真空泵;21,集气装置;22,进气口;23,出气口;24,补充气站;25,阀门 a;26,阀门 b;27,阀门 c;28,阀门 d。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。

[0025] 本发明方法的具体实施方式如下:

[0026] 在加工过程中,被加工工件运动,使得激光光束 5 瞬时加工加工位置的线速度大于 2m/s ;运动反馈元件检测工件运动并将工件的运动信号反馈给信号处理系统,信号处理系统接收该运动信号,并根据工件上的目标加工位置向调 Q 开关 2 发出激光脉冲发射信号,调 Q 开关 2 根据激光脉冲发射信号控制脉冲激光器 1 激光脉冲的发射;激光加工在封闭气室 12 内进行,其内填充环境气体 13,环境气体 13 循环使用。实现单脉冲同点间隔多次特殊激光加工,特指:工件某点的激光加工通过多个激光脉冲完成,且相邻脉冲的时间间隔大于激光脉宽的 10^3 倍;实现上述工艺的方法是,工件周期直线往复或周期旋转运动,信号处理系统将激光脉冲发射信号与运动信号精确匹配,对工件某点加工的若干脉冲分别在不同的工件运动周期作用于该点。

[0027] 下面通过列举多个实施例,详细说明实现本发明的方法及装置。值得注意的是,其它简单变形或微小改进的实施方式也应在本专利的保护范围内。

[0028] 实施例一。

[0029] 如图 1 所示,实施例一中的一种无需吹送辅助气体的脉冲激光加工装置包括工件夹具系统、运动执行系统、激光系统、外光路系统、控制系统和环境气体系统;

[0030] 工件夹具系统包括工件 a8 和工件夹具 9,工件 a8 固定于工件夹具 9 上,工件夹具 9 在电机 10 的传动下旋转。工件夹具 9 的旋转转速的设定是这样的,首先确定激光脉冲与工件 a8 作用位置所需最小线速度,最小线速度高于 2m/s ,然后根据该位置的旋转半径确定对该位置的激光加工所需的转速。

[0031] 运动执行系统包括电机 10 和水平工作台；电机 10 位于工件夹具 9 下方，并被固定在水平工作台上；电机 10 通过工件夹具 9 将周期旋转运动传递给工件 a8；水平工作台调节激光头 7 与工件 a8 的相对位置。

[0032] 激光系统，包括脉冲激光器 1、调 Q 开关 2、光束整形器 3。脉冲激光器 1 发射的脉冲激光依次通过调 Q 开关 2，光束整形器 3，外光路系统直至工件表面；调 Q 开关 2 压缩激光脉冲的脉宽并接收由工控机 11 发出激光脉冲发射信号，光束整形器 3 对激光光束整形处理，提高光束质量。

[0033] 外光路系统包括全反镜 4、聚焦透镜 6 和激光头 7；激光光束 5 依次通过全反镜 4、聚焦透镜 6 和激光头 7，全反镜 4 改变激光光束 5 的传输方向；聚焦透镜 6 将激光光束 5 聚焦用于加工作业。

[0034] 控制系统包括工控机 11 和数据传输线，工控机 11 与电机 10 和调 Q 开关 2 通过数据传输线分别相连，并能够实现数据信号的交互传递；工控机 11 接受电机 10 上编码器反馈的脉冲信号，获得工件 a8 的运动位置，当激光头 7 运动至加工位置时工控机 11 向调 Q 开关 2 发出激光脉冲发射信号。

[0035] 如图 2 所示，环境气体系统，包括封闭气室 12、密封透镜 16、环境气体 13、真空气泵 20、集气装置 21、滤网、补充气站 24、气压计和阀门 a25~d28。封闭气室 12 将工件夹具系统和外光路系统包裹起来，密封透镜 16 安装在封闭气室 12 顶部，激光光束 5 从密封透镜 16 射入封闭气室 12 中。真空气泵 20 位于封闭气室 12 外，其上有进气口 22 和出气口 23；封闭气室 12 与进气口 22 和补充气站 24 气路连通，出气口 23 与集气装置 21 和大气环境气路连通；阀门 a25~d28 控制所在气路的通断，阀门 a25 位于出气口 23 与大气环境连通气路上，阀门 b26 位于出气口 23 与集气装置 21 的连通气路上，阀门 c27 位于封闭气室 12 与补充气站 24 的连通气路上，阀门 d28 位于封闭气室 12 与进气口 22 的连通气路上；滤网位于集气装置 21 和真空气泵 20 的连通气路上，过滤进入集气装置 21 的环境气体 13 中所含粉尘和水分；气压计位于封闭气室 12 内，检测封闭气室 12 的气压，当气压低于设计值时，补充气站 24 向封闭气室 12 放出环境气体 13，此时仅阀门 c27 开启。激光加工完成后，真空气泵 20 工作，阀门 b26 和阀门 d28 开启，阀门 a25 和阀门 c27 关闭，环境气体 13 进入集气装置 21。在下一加工开始之前，真空气泵 20 工作，阀门 a25 和阀门 d28 开启，阀门 a26 和阀门 c27 关闭，封闭气室 12 内气体被排除。随后真空气泵 20 关闭，集气装置 21 收集的环境气体 13 重新释放到封闭气室 12 中。

[0036] 实施例二，如图 3。

[0037] 对于工件 b15 的加工，工件夹具系统还包括辅助夹具 14。首先将工件 b15 装夹在辅助夹具 14 一端，然后再将辅助夹具 14 另一端装夹在工件夹具 9 上。实施例二其余结构与实施例一相同。

[0038] 实施例三。

[0039] 工件 b15 装夹在辅助夹具 14 的两端，工件夹具 9 夹持辅助夹具 14 中部，工件 b15 以工件夹具 9 的旋转轴呈轴对称分布，以抵消旋转产生的离心力。实施例三其余结构与实施例一相同。

[0040] 实施例四，如图 4。

[0041] 实施例四的运动执行系统包括丝杠导轨 18 和水平工作台，丝杠导轨 18 上固定工

件夹具 9, 工件 c17 在工件夹具 9 的固定和在丝杠导轨 18 传动下作周期直线往复运动, 水平工作台位于丝杠导轨 18 下方, 调节激光头 7 与工件 c17 的相对空间位置。丝杠导轨 18 附带的光栅尺向工控机 11 反馈脉冲信号, 工控机 11 获得工件 c17 的运动位置, 当激光头 7 运动至加工位置时工控机 11 向调 Q 开关 2 发出一个新的脉冲信号, 实现对激光脉冲发射的控制。实施例四其余结构与实施例一相同。

[0042] 实施例五, 如图 5。

[0043] 实施例五中的脉冲激光加工对象为孔类工件 19, 上述孔类工件 19 的孔是轴对称的。对孔类工件 19 的装夹, 工件夹具 9 的旋转轴与孔类工件 19 孔的对称轴同轴。激光光束 5 经过 45 度角全反镜 4 垂直入射孔壁表面。实施例五的其余结构与实施例一相同。

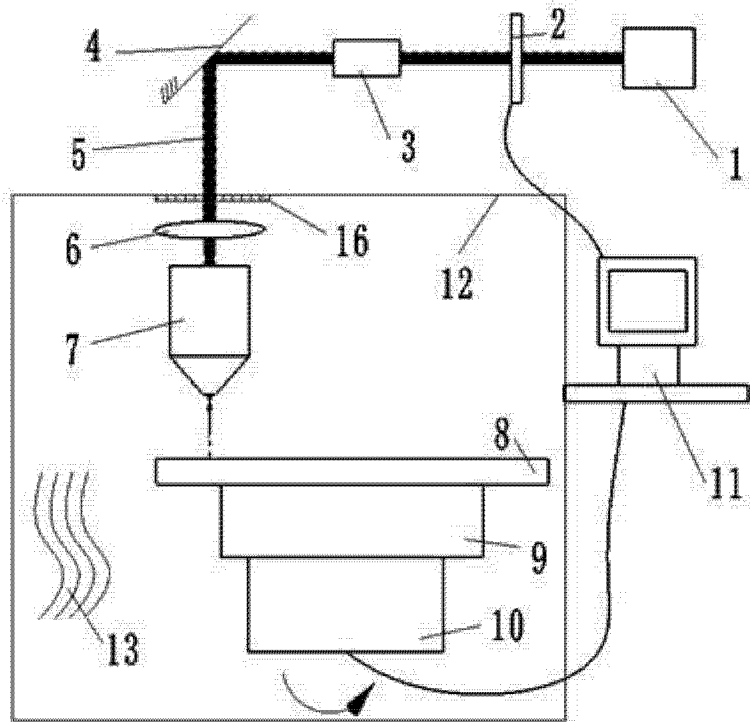


图 1

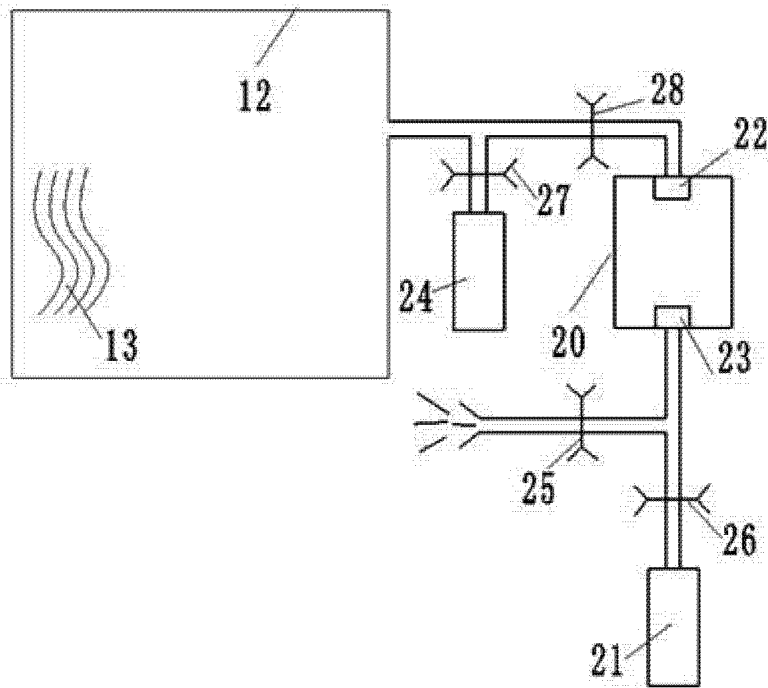


图 2

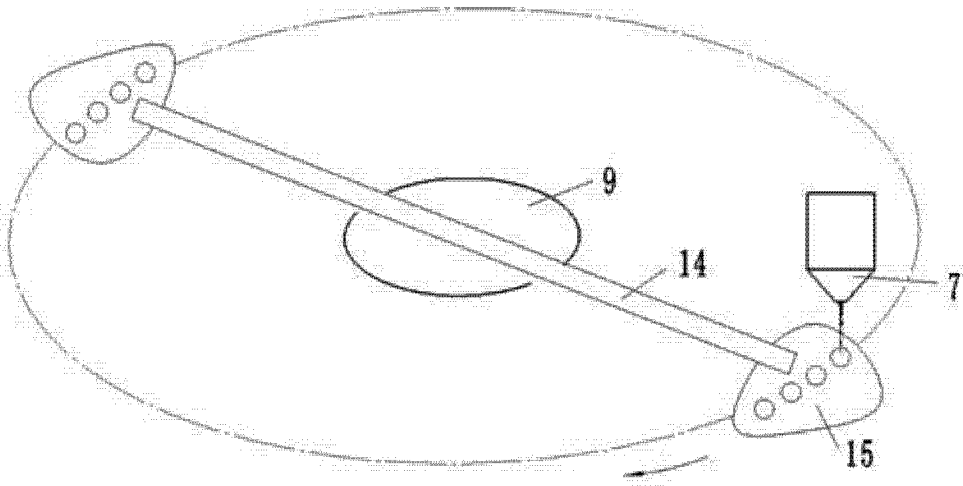


图 3

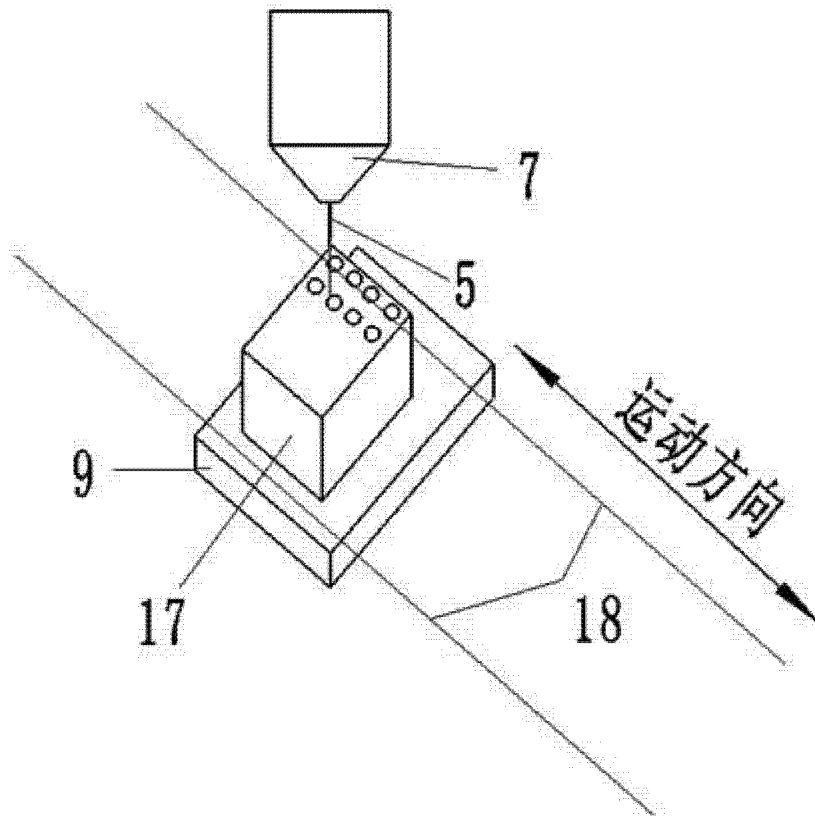


图 4

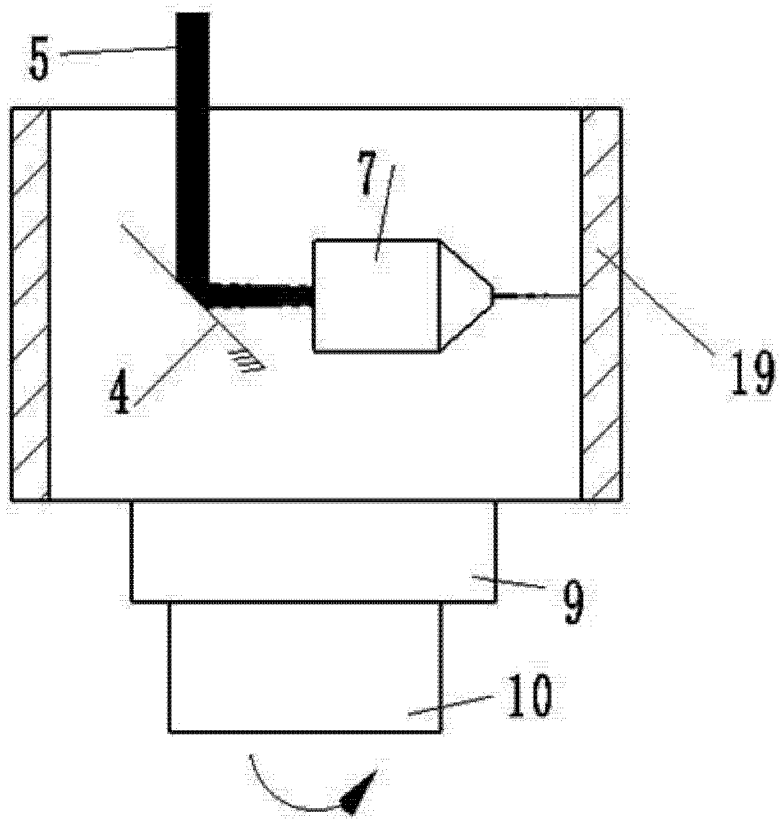


图 5