



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108500261 A

(43)申请公布日 2018.09.07

(21)申请号 201710110216.7

(22)申请日 2017.02.27

(71)申请人 昆山宏天凯电子材料有限公司

地址 215300 江苏省昆山市张浦镇横贯泾
路与紫金路交叉处2号厂房

(72)发明人 李宁

(74)专利代理机构 武汉东喻专利代理事务所

(普通合伙) 42224

代理人 李佑宏

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

C23C 24/10(2006.01)

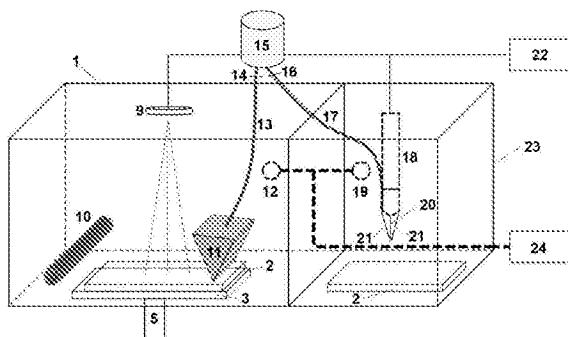
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种高真空多功能金属3D打印设备

(57)摘要

本发明公开了一种高真空多功能金属3D打印设备，包括真空腔室，位于所述真空腔室顶部的振镜，与所述振镜相连的激光器，所述真空腔室的内部设有铺粉辊，所述真空腔室的底部设有工作台，所述工作台的底部设有工作缸和升降平台；密封单元，其设于所述工作台与所述升降平台之间，用于实现所述工作缸和升降平台的密封；落粉单元，包括落粉斗和粉桶；加热冷却集成单元，其设于所属工作台之上，用于对所述金属粉末或3D打印件进行加热或冷却。本发明的设备，可实现 10^{-3} Pa及更高的真空度，实现选择性激光熔化、激光近净成形或激光熔覆修复多功能集成，将基板的加热—冷却功能集成一体，可实现粉末预热及成形件快冷，较大程度降低生产成本。



1. 一种高真空多功能金属3D打印设备，用于几何结构复杂金属零部件及装置的增材制造，其包括真空腔室，位于所述真空腔室顶部的振镜，与所述振镜相连的激光器，所述真空腔室的内部设有铺粉辊，所述真空腔室的底部设有工作台，所述工作台的底部设有工作缸和升降平台，其特征在于，该设备还包括：

密封单元，其设于所述工作台与所述升降平台之间，包括连接杆和密封螺纹管，所述连接杆用于连接所述工作台与升降平台，使其在所述工作缸中作升降运动，所述密封螺纹管与工作缸和升降平台连接，用于实现所述工作缸和升降平台的密封；

落粉单元，包括落粉斗和粉桶，所述落粉斗设于所述工作台上方，通过粉管与所述粉桶连接，用于持续提供金属粉末，所述粉桶设于所述真空腔室的外部，用于缩小真空腔室尺寸，提高真空度并缩短抽真空时间；

加热冷却集成单元，其设于所属工作台之上，用于对所述金属粉末或3D打印件进行加热或冷却，从而提升3D打印设备的功能，适应更大范围金属材料的3D打印。

2. 根据权利要求1所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，该设备还包括真空处理单元，其包括真空阀门、机械泵和分子泵，所述真空阀门设于所述真空腔室侧壁上，所述机械泵和分子泵依次与所述真空阀门连接，用于对所述真空腔室进行抽真空处理。

3. 根据权利要求1所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述落粉斗的轮毂上槽深槽宽可调节，轮毂转速可调整，从而控制落粉量，满足不同尺寸零件的激光3D打印成形。

4. 根据权利要求3所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述落粉斗上侧设有盖板，避免金属粉末溢出。

5. 根据权利要求1所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述真空腔室为两个，其中一个真空腔室用于设置选择性激光熔化单元，另一个真空腔室用于设置激光近净成形和激光熔覆单元。

6. 根据权利要求1或5所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述粉管上设有两个或多个密封阀，用于在所述选择性激光熔化单元或激光近净成形和激光熔覆单元工作时，控制所述金属粉末的供应和真空腔室的密封。

7. 根据权利要求1、5后6所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述密封单元、落粉单元、加热冷却集成单元的数量与所述真空腔室的数量相等，从而实现多功能3D打印。

8. 根据权利要求1或6所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述加热冷却集成单元包括上基板和下基板，下基板内开设有穿孔，所述穿孔用于容纳硅碳棒或其他电加热体。

9. 根据权利要求8所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述上基板设有上流道，用于通入水或其他冷却液体对所述3D打印材料或成形件进行冷却。

10. 根据权利要求8所述的一种高真空多功能金属3D打印设备，其特征在于，所述下基板设有下流道，用于通入水或其他冷却液体对所述连接杆及升降平台进行冷却。

一种高真空多功能金属3D打印设备

技术领域

[0001] 本发明属于金属3D打印机制造领域,具体涉及一种高真空多功能金属3D打印设备。

背景技术

[0002] 高能束3D打印(又称增材制造)是快速成型技术的一种。该技术以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可粘合材料,通过连续的物理层叠加,将复杂的三维加工转变为简单的二维加工,大大降低了复杂零件的成形难度,从而有望解决传统加工技术无法完成的复杂结构件的成形制造难题。近年来,3D打印技术逐渐应用于实际产品的制造,其中,金属材料的3D打印技术发展尤其迅速。在国防领域,欧美发达国家非常重视3D打印技术的发展,不惜投入巨资加以研究,而3D打印金属零部件一直是研究和应用的重点。随着激光的高输出化和控制、调整技术的发展,新的3D打印机种相继出现。据统计,金属用3D打印机的设备和材料在世界上已达3亿美元。尽管与先进的树脂用打印机相比,仅有1/10左右,但预计2020年将达到12亿~21亿美元。金属3D打印机已展现出十分广阔的应用前景,在汽车制造、模具、航空航天、武器装备、医疗、船舶、能源等领域具有强劲的发展势头。

[0003] 尽管金属用3D打印机备受期待,且呈现出爆发式增长态势,但仍存在较多的技术性问题。

[0004] (1) 市售设备在进行金属粉末的激光3D打印时,通常需要持续通入惰性保护气体以防止金属粉末在激光作用下氧化,但惰性气体长期消耗无疑会大幅增加制造成本。低真密度,高含氧量在对氧化性敏感金属材料3D打印时,易于形成氧化物,从而降低3D打印件的力学性能。

[0005] (2) 设备功能单一,如一台3D打印设备往往只能实现选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)或激光熔覆修复,若能将上述功能集成一体,共享一台激光器、振镜、机械装置等资源,则会较大程度降低生产成本。

[0006] (3) 基板加热有助于降低温度梯度和热应力,避免成形件变形与开裂;基板冷却则有助于调整成形件微观组织结构。但目前设备大多采用基板加热对粉体进行预热,无冷却功能,且基板/工作台采用隔热板绝热。若能将基板加热—冷却功能集成一体,则将会提升3D打印设备功能,适应更大范围金属材料的3D打印。

发明内容

[0007] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供一种高真空、多功能的金属3D打印设备。该设备可以满足打印腔室的高真密度要求,避免惰性气体的持续消耗;集选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)与激光熔覆修复功能于一体,且将基板的加热—冷却功能集成一体。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供一种高真空多功能金属3D打印设备,用于几何结构复杂金属零部件及装置的增材制造,其包括真空腔室,位于所述真空腔室顶部的振镜,与所

述振镜相连的激光器，所述真空腔室的内部设有铺粉辊，所述真空腔室的底部设有工作台，所述工作台的底部设有工作缸和升降平台，该设备还包括：

[0009] 密封单元，其设于所述工作台与所述升降平台之间，包括连接杆和密封螺纹管，所述连接杆用于连接所述工作台与升降平台，使其在所述工作缸中作升降运动，所述密封螺纹管与工作缸和升降平台连接，用于实现所述工作缸和升降平台的密封；

[0010] 落粉单元，包括落粉斗和粉桶，所述落粉斗设于所述工作台上，通过粉管与所述粉桶连接，用于持续提供金属粉末，所述粉桶设于所述真空腔室的外部，用于缩小真空腔室尺寸，提高真空度并缩短抽真空时间；

[0011] 加热冷却集成单元，其设于所属工作台之上，用于对所述金属粉末进行加热或冷却，从而提升3D打印设备的功能，适应更大范围金属材料的3D打印。

[0012] 进一步地，该设备还包括真空处理单元，其包括真空阀门、机械泵和分子泵，所述真空阀门设于所述真空腔室侧壁上，所述机械泵和分子泵依次与所述真空阀门连接，用于对所述真空腔室进行抽真空处理。

[0013] 进一步地，所述落粉斗的轮毂上槽深槽宽可调节，轮毂转速可调整，从而控制落粉量，满足不同尺寸零件的激光3D打印成形。

[0014] 进一步地，所述落粉斗上侧设有盖板，避免金属粉末溢出。

[0015] 进一步地，所述真空腔室为两个，其中一个真空腔室用于设置选择性激光熔化单元，另一个真空腔室用于设置激光近净成形和激光熔覆单元。

[0016] 优选地，所述粉管上设有两个或多个密封阀，用于在所述选择性激光熔化单元或激光近净成形和激光熔覆单元工作时，控制所述金属粉末的供应。

[0017] 优选地，所述密封单元、落粉单元、加热冷却集成单元的数量与所述真空腔室的数量相等，从而实现多功能3D打印。

[0018] 进一步地，所述加热冷却集成单元包括上基板和下基板，下基板内开设有穿孔，所述穿孔用于容纳硅碳棒或其他电加热体。

[0019] 进一步地，所述上基板设有流道，用于通入水或其他冷却液体对所述3D打印材料或成形件进行冷却。

[0020] 进一步地，所述下基板设有下流道，用于通入水或其他冷却液体对所述连接杆及升降平台进行冷却。

[0021] 总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，能够取得下列有益效果：

[0022] (1) 本发明的技术方案中，取消粉缸，工作缸与升降台表面采用波纹管密封，较大程度缩小成形腔室体积。且采用机械泵与分子泵结合，可实现 10^{-3} Pa及更高的真空度。

[0023] (2) 本发明的技术方案中，成形腔室的真空度可达 10^{-3} Pa及以上，高真空度、低氧含量，避免了激光作用下，金属材料与氧化物反应生成脆性氧化物并引起成形件性能下降。

[0024] (3) 本发明的技术方案中，将选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)或激光熔覆修复集成一体，共享一台激光器、振镜、机械装置等资源，则会较大程度降低生产成本。

[0025] (4) 本发明的技术方案中，将基板的加热—冷却功能集成一体，可实现粉末预热及成形件快冷，有效进行成形件调形调控。此外，在基板中设置冷却通道，可有效将加热基板与工作缸、升降平台之间进行隔热。

附图说明

[0026] 图1为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备涉及的工作缸与升降装置密封示意图；

[0027] 图2为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备涉及的选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)与激光熔覆一体布置图；

[0028] 图3为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备涉及的落粉斗轮毂截面图；

[0029] 图4为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备加热—冷却集成基板设计图。

[0030] 所有附图中，同一个附图标记表示相同的结构与零件，其中：1-SLM成形真空腔室、2-加热、冷却一体基板、3-工作台、4-工作缸、5-连接杆、6-密封螺纹管、7-升降平台、8-升降丝杠、9-振镜、10-铺粉辊、11-落粉斗、12-真空阀门、13-粉管、14-粉管13上的密封阀、15-粉桶、16-粉管17上的密封阀、18-喷头、19-真空阀门、20-激光、21-喷头喷出的金属粉末、22-激光器、23-LENS与激光熔覆修复真空室、24-真空泵系统、25-上基板、26-用于冷却样品的流道、27-下基板、28-用于隔热连接杆及升降装置的流道、29-用于插入加热体的通孔。

具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0032] 激光3D打印腔室与一般腔室不同，存在升降机构。升降机构的上下运动使得其密封较为困难。若将整个升降机构放置在真空腔室内，则会造成抽速慢，耗时长，真空度低，惰性气体用量大，经济性差等问题。图1为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备涉及的工作缸与升降装置密封示意图。如图1所示，避免升降平台7直接与工作台3相连接，在二者之间设计连接杆5，当升降机构的丝杠8带动平台7运动时，连接杆5随之升降，从而带动工作台3一起运动，实现升降功能。采用波纹管6将运动平台7与工作缸4密封，波纹管6的伸缩能满足升降机构的上下运动，且不影响其密封性，从而实现3D打印腔室的密封。

[0033] 在本发明的优选实施例中，如图2所示，采用机械泵+分子泵组合，实现3D打印真空腔室的高真空度。为了满足这一要求并提高效率，本发明取消粉缸，采用落粉斗与外置粉桶结合的方式，实现持续供粉。粉缸的取消，一方面节约升降机构成本，降低金属粉末污染；另一方面缩小了真空腔室尺寸，利于提高真空度并缩短操作时间。

[0034] 图3为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备涉及的落粉斗轮毂截面图。如图3所示，在本发明的优选实施例中，落粉斗的轮毂采用齿轮式设计，轮毂上槽深槽宽可调，轮毂转速可调，据此控制落粉量。落粉斗宽度方向尺寸可调，满足不同尺寸零件的激光3D打印成形。

[0035] 在本发明的优选实施例中，落粉斗上侧设有盖板，避免金属粉末溢出。

[0036] 如图1所示，在本发明的优选实施例中，所示连接杆5位单金属杆、双金属杆或多金

属杆。

[0037] 图2为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备涉及的选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)与激光熔覆一体布置图。如图2所示,本发明将选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)与激光熔覆进行一体化设计。

[0038] 如图2所示,在本发明的优选实施例中,根据选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)与激光熔覆的加工特点,将选择性激光熔化(SLM)功能放置在一个真空腔室1,将激光近净成形(LENS)与激光熔覆功能放置在相邻真空腔室23。

[0039] 在进行选择性激光熔化(SLM)进行零件成形时:

[0040] (1)首先将外置粉桶15与腔室23相连粉末输送管上的密封阀16关闭;将真空机组24(机械泵+分子泵)与腔室23的密封阀关闭。

[0041] (2)将基板2固定在工作台3上。

[0042] (3)在粉桶15中放置满足使用要求的金属粉末,确保粉末能无障碍输送至落粉斗11。

[0043] (4)关闭真空腔室1后对其抽真空。

[0044] (5)待真空腔室1的真空度达 5×10^{-3} Pa时洗气,洗气后当真空腔室1的真空度再次达 5×10^{-3} Pa时,通入循环惰性气体。

[0045] (6)落粉斗11在工作区域内落粉,铺粉辊10随之铺粉。

[0046] (7)打开激光器22,利用振镜系统9对粉末进行SLM成形,通过调节落粉斗轮毂的转速,控制齿槽的转动角(如图3中的θ角),控制落粉量。

[0047] 当进行激光近净成形(LENS)或激光熔覆修复时:

[0048] (1)将外置粉桶15与腔室1相连粉末输送管上的密封阀14关闭;将真空机组24(机械泵+分子泵)与腔室1的密封阀关闭。

[0049] (2)在工作台2上固定基板或零件。

[0050] (3)在粉桶15中放置满足使用要求的金属粉末,确保粉末能无障碍输送至喷头18。

[0051] (4)关闭真空腔室23后对其抽真空。

[0052] (5)待真空腔室23的真空度达 5×10^{-3} Pa时洗气,洗气后当真空度再次达 5×10^{-3} Pa时,通入循环惰性气体。

[0053] (6)打开激光器22,利用喷头18对进行激光近净成形(LENS)或激光熔覆修复。

[0054] 如图2所示,在本发明的优选实施例中,粉桶与各腔室连接粉末输送管上设有阀门,即可调节粉体流量,也可起密封作用,将真空腔室与外置粉桶隔开。

[0055] 在进行选择性激光熔化(SLM)进行零件成形时,大的温度梯度往往会引起大的热应力/残余应力,从而导致工件开裂或变形。此时需要对基板进行加热,降低温度梯度,从而减小热应力/残余应力,避免工件变形或开裂。对某些材料,如非晶态合金,则需要进行快速冷却以获得较高的非晶相含量,或者材料的某种微观组织结构。图4为本发明实施例的一种高真空多功能金属3D打印设备加热—冷却集成基板设计图。如图4所示,本发明的加热—冷却一体化基板能很好的实现上述功能,提升3D打印设备功能,满足更大范围金属材料的3D打印。

[0056] 如图4所示,基板由上基板27和下基板25组成,在下基板27上加工穿孔29,将硅碳棒或其他电加热体插入孔29中即可进行基板加热。所述上基板设有上流道,用于通入水或

其他冷却液体对所述3D打印材料或成形件进行冷却；所述下基板设有下流道，用于通入水或其他冷却液体对所述连接杆及升降平台进行冷却。在加热过程中，为了避免基板温度对升降机构造成影响，对靠近工作台位置的流道28通入一定流量的冷却水。加热完毕后，关闭加热电源，对流道26通冷却水，迅速对靠近零件位置的上机板25降温。

[0057] 在本发明的优选实施例中，为了便于加工，流道深度在上、下基本各占一半，合起来密封好就是一个整的流道。

[0058] 如图4所示，在本发明的优选实施例中，所述上基板、下基板可以选择不锈钢、铜/铜合金、铝/铝合金、钛/钛合金、铸铁、钢等金属材料。

[0059] 如图4所示，在本发明的优选实施例中，所述上流道、下流道可以口形、回形、田形、目形、日形等其他几何形状设计。

[0060] 如图4所示，在本发明的优选实施例中，在靠近升降平台、或者基板靠近粉缸侧面位置均可设计流道，通入冷却水，避免高温对升降机构或粉缸的影响。

[0061] 本发明的技术方案中，取消粉缸，工作缸与升降台表面采用波纹管密封，较大程度缩小成形腔室体积。且采用机械泵与分子泵结合，可实现 10^{-3} Pa及更高的真空度，金属材料与氧化物反应生成脆性氧化物并引起成形件性能下降。同时，本发明将选择性激光熔化(SLM)、激光近净成形(LENS)或激光熔覆修复集成一体，共享一台激光器、振镜、机械装置等资源，则会较大程度降低生产成本，此外，本发明将基板的加热—冷却功能集成一体，可实现粉末预热及成形件快冷，有效进行成形件调形调控。此外，在基板中设置冷却通道，可有效将加热基板与工作缸、升降平台之间进行隔热。

[0062] 本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

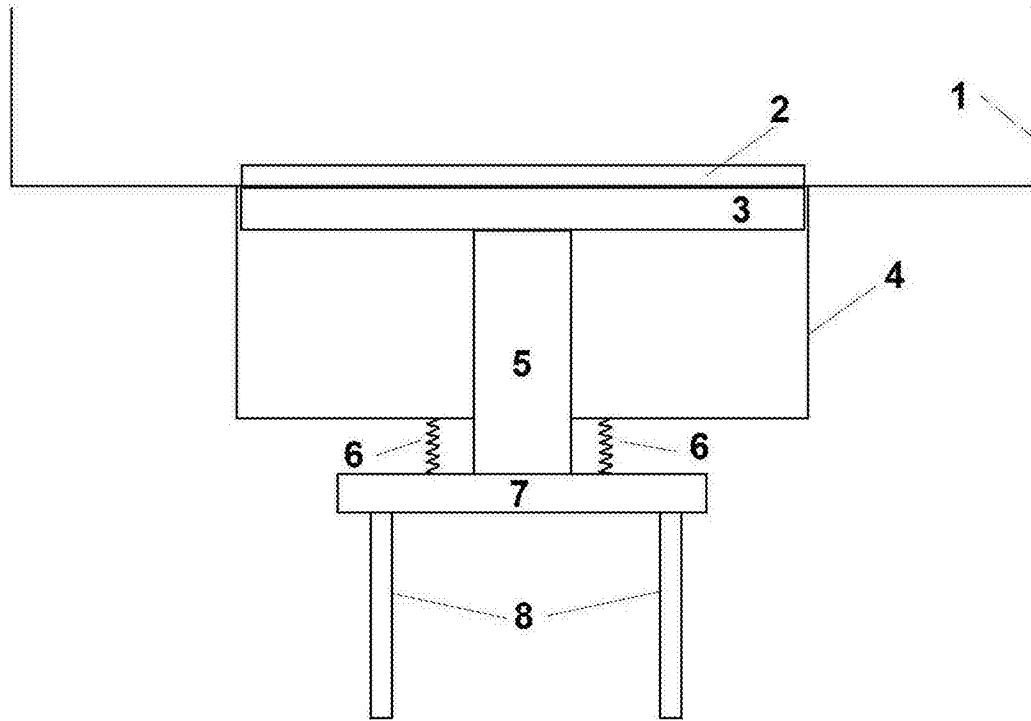


图1

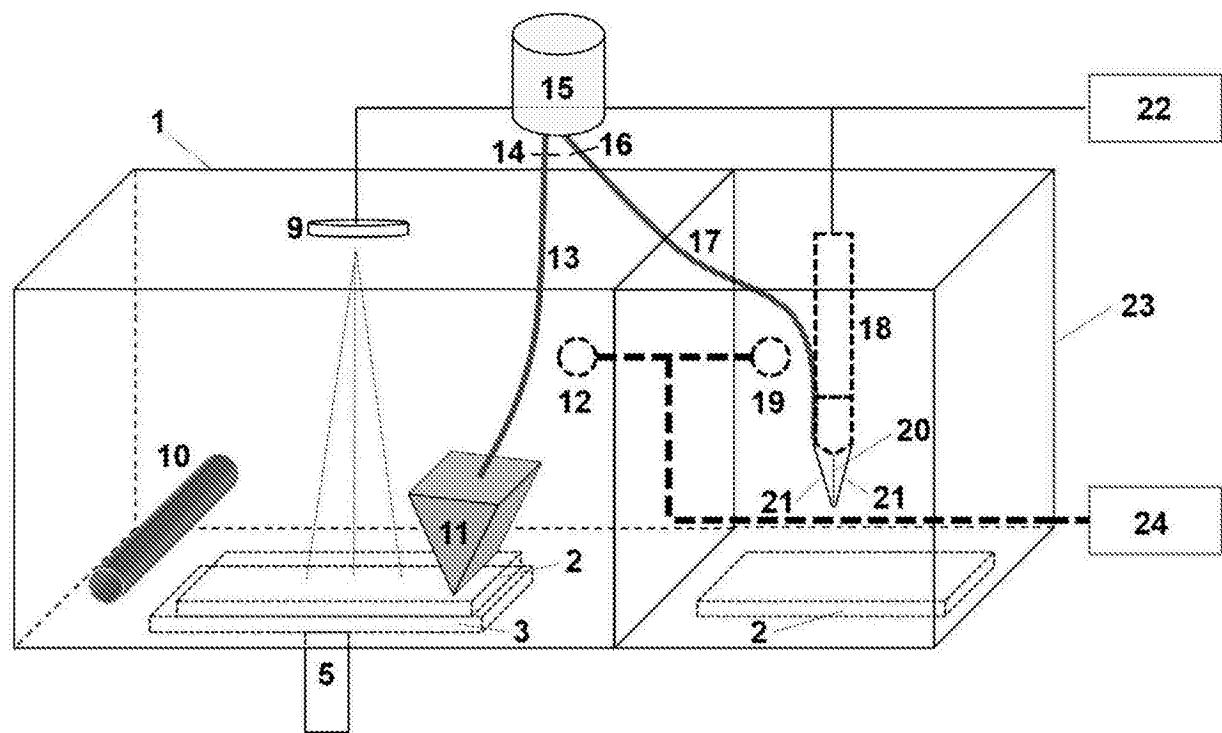


图2

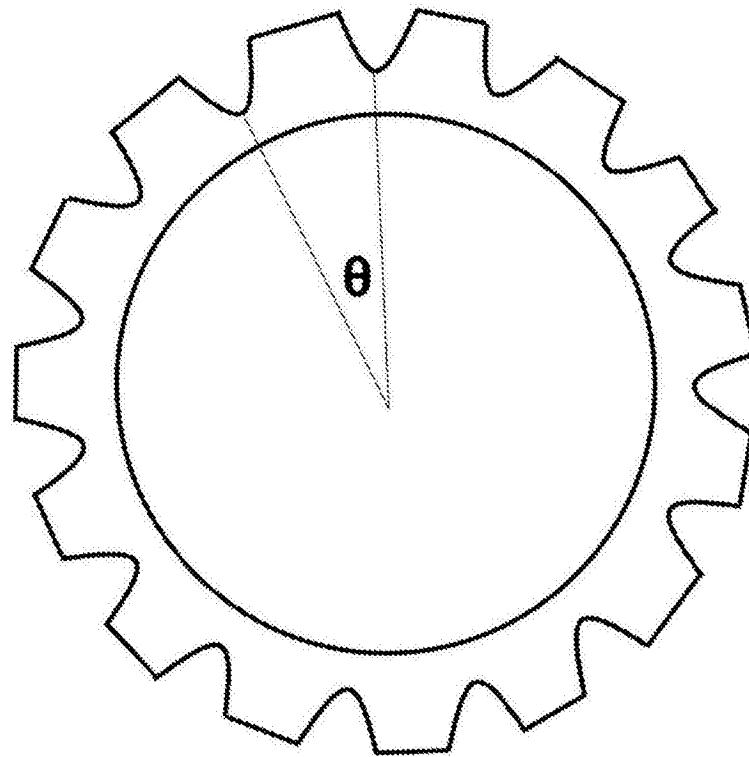


图3

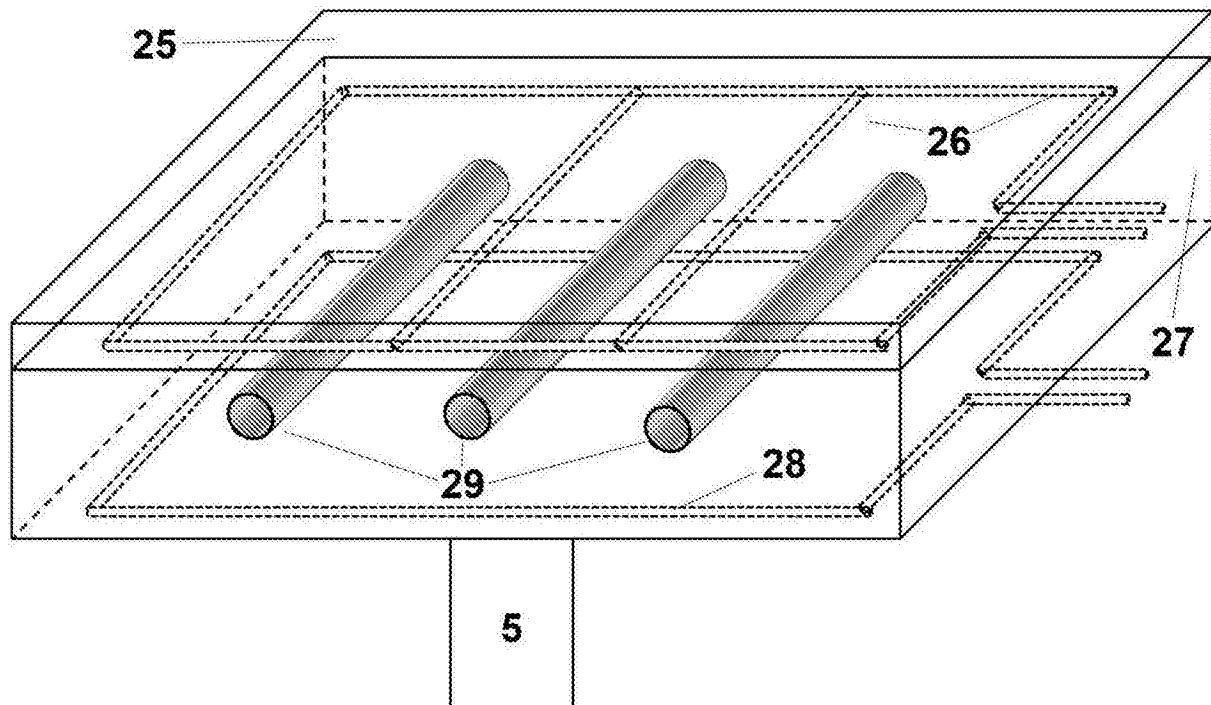


图4