



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111940732 B

(45) 授权公告日 2022.04.19

(21) 申请号 202010665392.9

B33Y 10/00 (2015.01)

(22) 申请日 2020.07.11

B33Y 30/00 (2015.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B33Y 50/02 (2015.01)

申请公布号 CN 111940732 A

B33Y 70/10 (2020.01)

(43) 申请公布日 2020.11.17

审查员 郑玉凯

(73) 专利权人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72) 发明人 齐乐华 周怡 罗俊 李贺军

豆毅博

(74) 专利代理机构 西安凯多思知识产权代理事

务所(普通合伙) 61290

代理人 云燕春

(51) Int.Cl.

B22F 3/105 (2006.01)

B29C 64/118 (2017.01)

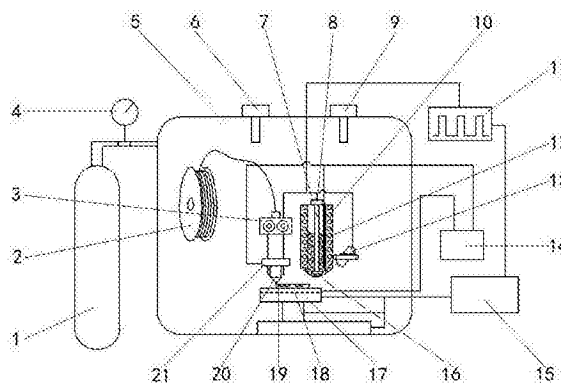
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置及方法

(57) 摘要

本发明一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置及方法,属于立体电路快速打印领域;包括抗氧化惰性气体气瓶、减压阀、手套箱、氧含量检测仪、水含量检测仪、高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件、信号发生器、激光器、温控仪、运动控制卡、三维移动平台、热床;抗氧化惰性气体气瓶通过减压阀与手套箱连通,三维移动平台固定于手套箱内舱底面,热床固定于三维移动平台的上表面;高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件和激光器均通过悬臂梁固定在手套箱内舱顶部,激光器接收到控制信号后将已沉积凝固到热床上的金属线路重熔;本发明解决了用银浆料进行线路打印时容易残留空气并形成孔隙的问题,从而可以改善线路成型质量和导电性。



1. 一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置,其特征在于:包括防氧化惰性气体气瓶(1)、减压阀(4)、手套箱(5)、氧含量检测仪(6)、水含量检测仪(9)、高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件、信号发生器(11)、激光器(13)、温控仪(14)、运动控制卡(15)、三维移动平台(17)、热床(18);防氧化惰性气体气瓶(1)通过减压阀(4)与手套箱(5)连通,用于向手套箱(5)内通入惰性气体;所述氧含量检测仪(6)和水含量检测仪(9)设置于手套箱(5)上,分别用于检测手套箱(5)内氧含量和水含量;

所述三维移动平台(17)固定于手套箱(5)内舱底面,热床(18)固定于三维移动平台(17)的上表面;所述高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件和激光器(13)均通过悬臂梁固定在手套箱(5)内舱顶部,并位于三维移动平台(17)上方,激光器(13)接收到控制信号之后能够发出高频激光将已沉积凝固到热床(18)上的金属线路重熔;

通过信号发生器(11)产生的信号控制高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件工作以及激光器(13)的激光作用,温控仪(14)用于控制热床(18)的加热温度,运动控制卡(15)用于控制三维移动平台(17)的空间三维移动以及信号发生器(11)的信号作用时机;

所述高分子聚合物打印组件从上到下依次包括线材挤出机(3)、高分子材料加热器(21)和高分子材料打印头(20),线材挤出机(3)的上部设有对接高分子线材(2)的安装孔,线材挤出机(3)接收到控制信号后将高分子线材(2)不断的输送到下部的分子材料加热器(21)中,高分子线材(2)经过高分子材料加热器(21)后被加热为熔融状态,再通过高分子材料加热器(21)下部的分子材料打印头(20)被挤压沉积到热床(18)上;

所述均匀金属微滴喷射组件位于高分子材料打印头(20)右侧,包括激振杆(7)、压电陶瓷(8)、加热炉(10)和金属微滴喷嘴(16),金属微滴喷嘴(16)高于高分子材料打印头(20) 2cm;激振杆(7)通过螺纹与其上的压电陶瓷(8)相连接,并伸入到加热炉(10)的内部,金属微滴喷嘴(16)被固定在加热炉(10)的底部,加热炉(10)将金属加热为熔融状态,压电陶瓷(8)接收到控制信号之后会产生振动形变,并通过激振杆(7)将振动形变传递到加热炉(10)中,加热炉(10)内熔融金属(12)受到振动后被挤出金属微滴喷嘴(16)形成金属微滴,最终沉积到热床(18)上;

所述均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置进行立体电路打印的方法,具体步骤如下:

步骤一、使用防氧化惰性气体气瓶(1)对手套箱(5)进行清洗,保持手套箱(5)内压强高于大气压强0~1毫巴,以保证空气不会进入密闭手套箱内;使用氧含量检测仪(6)检测手套箱(5)内的氧气浓度,保证氧含量在10PPM以下,使用水含量检测仪(9)检测手套箱(5)内的水蒸气浓度,保证水蒸气含量在5PPM以下;

步骤二、将熔点为50~150℃的低温合金料加入加热炉(10),并将熔点为200~350℃的高分子线材(2)接入线材挤出机(3)的安装孔内,启动加热系统,调节温控仪(14),将加热炉(10)加热到低温合金料液相线以上20~50℃,使内部金属材料完全融化为熔融金属(12);将高分子材料加热器(21)加热到高分子线材(2)的熔点温度以上20~80℃;将热床(18)升温至100~150℃,防止打印过程中空间电路绝缘基材(19)发生翘曲,并保证其与热床(18)之间的良好接触;

步骤三、保温20分钟后,将激光器(13)对准金属微滴沉积位置,调节激光器(13)输出功率,使打印过程中相邻金属微滴表面能够充分重熔,同时应避免因激光器(13)功率过高使

已沉积的高分子材料发生热变形或烧蚀；

步骤四、采用空间电路建模软件建立所要成型的空间电路三维模型，将其转化为STL格式，对该模型进行二维切片处理，并生成三维移动平台(17)的运动轨迹信息、线材挤出机(3)、激振杆(7)和激光器(13)的作用时间信息；

步骤五、调整打印步距为金属微滴喷嘴(16)内径的0.7~0.8倍，避免线路发生断裂；启动打印程序，将步骤四中生成的沉积路径文件进行导入和读取，通过运动控制卡(15)精确控制三维移动平台(17)的运动轨迹，先在热床(18)上形成电路沉积所需的绝缘基材凹模，再将熔融金属(12)沉积并填充于绝缘基材凹模内形成互联线路，同时激光器(13)发出的连续激光作用于金属互联线路表面进行加热从而形成高质量电路；

步骤六、按照步骤五中的方法逐点、逐层进行成型，如此反复，形成最终的空间电路。

2. 根据权利要求1所述均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置，其特征在于：所述激光器(13)高度高于金属微滴喷嘴(16) 2cm。

3. 根据权利要求1所述均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置，其特征在于：所述步骤二中金属材料为锡银合金、锡铜合金、铋基合金或镓铟合金。

4. 根据权利要求1所述均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置，其特征在于：所述步骤二中高分子线材(2)为聚醚醚酮树脂、聚亚苯基砜树脂或聚醚酰亚胺。

一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于立体电路快速打印领域,具体涉及一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置及方法。

背景技术

[0002] 随着电子电路设计与制造技术的进步,电路制造向着大规模、数字化、个性化方向发展,为了进一步缩小产品尺寸,增加电路集成密度和布线自由度,立体电路被广泛应用于电路的设计与制造中。近年来3D打印技术的兴起,将层层沉积制造技术与电子电路制造技术结合起来并实现数字化已成为可能,这种方式不仅能够在零件内部所有维度上以任意形式(斜线或平滑曲线路径)进行电气互连,而且可以将零件打印成任意形状安装到其他物体上。3D打印技术能够突破传统制造技术的限制,将高自由度电子线路成型到零件内部,从而进一步提高电路集成密度,为实现真正意义上的立体电路的制造提供了新方向。

[0003] 文献“Carranza G T,Robles U,Valle C L,et al.Design and Hybrid Additive Manufacturing of 3-D/Volumetric Electrical Circuits[J].IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology,2019,9(6):1176-1183.”中提出一种基于微点胶技术和熔融沉积制造技术相结合,利用高分子和银浆材料制备三维空间电路的工艺。该工艺能实现电路在三个维度上较高的布线自由度,在低频空间电路打印方面具有优势,但很难应用于对线路质量要求较高的高频空间电路打印。由于银浆料本身容易残留空气并形成孔隙,且3D打印工艺本身具有台阶效应会导致成型的电路光滑性和导电性较差,因此无法用于高频电路打印。

[0004] 均匀金属微滴喷射技术具有高柔性,可将电子线路打印成任意形状集成到任何物体内部或表面;能够满足高频电路打印需求,打印过程中金属微滴通过互熔实现良好冶金结合,线路加热后能够实现光滑的电气互联线路;整个打印过程无需掩模板,制造效率高且成本低等优势,有望在快速制备三维复杂电子电路方面取得广泛应用。

发明内容

[0005] 要解决的技术问题:

[0006] 为了避免现有技术的不足之处,本发明提出一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置及方法,是将绝缘高分子材料熔融沉积、均匀金属微滴打印与连续激光微滴重熔技术相结合以实现高自由度空间电路互联线路快速制备的装置和方法。所述空间电路打印方法利用高熔点绝缘高分子材料打印空间电路中的介质,用高导电率的低温合金打印空间电路中的互联线路。所述空间电路打印方法根据电路的数字模型,运用切片算法提取每层的几何信息、材料信息、嵌入芯片类型及时机信息,同时生成相应基板运动轨迹,通过下位机控制实现基板运动、绝缘高分子材料熔融沉积成型、互联导线沉积和电子线路激光重熔成型的协调控制,从而完成高质量空间电路的快速制备成型。所述方法将多重工艺整合在同一工序中,材料的供给和沉积可定点定量柔性控制,能够更加有效的利用模型三维空间,

提高电气互联密度,降低成本和能耗,可集成多种芯片和MEMS器件,有利于制备成型多功能、多形态的电路。

[0007] 本发明的技术方案是:一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置,其特征在于:包括防氧化惰性气体气瓶1、减压阀4、手套箱5、氧含量检测仪6、水含量检测仪9、高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件、信号发生器11、激光器13、温控仪14、运动控制卡15、三维移动平台17、热床18;防氧化惰性气体气瓶1通过减压阀4与手套箱5连通,用于向手套箱5内通入惰性气体;所述氧含量检测仪6和水含量检测仪9设置于手套箱5上,分别用于检测手套箱5内氧含量和水含量;

[0008] 所述三维移动平台17固定于手套箱5内舱底面,热床18固定于三维移动平台17的上表面;所述高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件和激光器13均通过悬臂梁固定于手套箱5内舱顶部,并位于三维移动平台17上方,激光器13接收到控制信号之后能够发出高频激光将已沉积凝固到热床18上的金属线路重熔;

[0009] 通过信号发生器11产生的信号控制高分子聚合物打印组件、均匀金属微滴喷射组件工作以及激光器13的激光作用,温控仪14用于控制热床18的加热温度,运动控制卡15用于控制三维移动平台17的空间三维移动以及信号发生器11的信号作用时机。

[0010] 本发明的进一步技术方案是:所述高分子聚合物打印组件从上到下依次包括线材挤出机3、高分子材料打印头20和高分子材料加热器21,线材挤出机3的上部设有对接高分子线材2的安装孔,线材挤出机3接收到控制信号后将高分子线材2不断的输送到下部的分子材料加热器21中,高分子线材2经过高分子材料加热器21后被加热为熔融状态,再通过高分子材料加热器21下部的高分子材料打印头20被挤压沉积到热床18上。

[0011] 本发明的进一步技术方案是:所述均匀金属微滴喷射组件位于高分子材料打印头20右侧,包括激振杆7、压电陶瓷8、加热炉10和金属微滴喷嘴16,金属微滴喷嘴16高于高分子材料打印头202cm;激振杆7通过螺纹与其上的压电陶瓷8相连接,并伸入到加热炉10的内部,金属微滴喷嘴16被固定在加热炉10的底部,加热炉10将金属加热为熔融状态,压电陶瓷8接收到控制信号之后会产生振动形变,并通过激振杆7将振动形变传递到加热炉10中,加热炉10内熔融金属12受到振动后被挤出金属微滴喷嘴16形成金属液滴,最终沉积到热床18上。

[0012] 本发明的进一步技术方案是:所述激光器13高度高于金属微滴喷嘴162cm。

[0013] 一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印方法,其特征在于具体步骤如下:

[0014] 步骤一、使用防氧化惰性气体气瓶1对手套箱5进行清洗,保持手套箱5内压强高于大气压强0~1毫巴,以保证空气不会进入密闭手套箱内;使用氧含量检测仪6检测手套箱5内的氧气浓度,保证氧含量在10PPM以下,使用水含量检测仪9检测手套箱内5的水蒸气浓度,保证水蒸气含量在5PPM以下;

[0015] 步骤二、将熔点为50~150℃的低温合金料加入加热炉10,并将熔点为200~350℃的高分子线材2接入线材挤出机3的安装孔内,启动加热系统,调节温控仪14,将加热炉10加热到低温合金料液相线以上20~50℃,使内部金属材料完全融化为熔融金属12;将高分子材料加热器21加热到高分子线材2的熔点温度以上20~80℃;将热床18升温至100~150℃,防止打印过程中空间电路绝缘基材19发生翘曲,并保证其与热床18之间的良好接触;

[0016] 步骤三、保温20分钟后,将激光器13对准液滴沉积位置,调节激光器13输出功率,

使打印过程中相邻金属微滴表面能够充分重熔,同时应避免因激光器13功率过高使已沉积的高分子材料发生热变形或烧蚀;

[0017] 步骤四、采用空间电路建模软件建立所要成型的空间电路三维模型,将其转化为STL格式,对该模型进行二维切片处理,并生成三维移动平台17的运动轨迹信息、线材挤出机3、激振杆7和激光器13的作用时间信息;

[0018] 步骤五、调整打印步距为金属微滴喷嘴16内径的0.7~0.8倍,避免线路发生断裂;启动打印程序,将步骤四中生成的沉积路径文件进行导入和读取,通过运动控制卡15精确控制三维移动平台17的运动轨迹,先在热床18上形成电路沉积所需的绝缘基材凹模,再将熔融金属12沉积并填充于绝缘基材凹模内形成互联线路,同时激光器13发出的连续激光作用于金属互联线路表面进行加热从而形成高质量电路;

[0019] 步骤六、按照步骤五中的方法逐点、逐层进行成型,如此反复,形成最终的空间电路。

[0020] 本发明的进一步技术方案是:所述步骤二中金属材料为高导电率的低温合金材料锡银合金、锡铜合金、铋基合金或镓铟合金。

[0021] 本发明的进一步技术方案是:所述步骤二中高分子线材2为各种添加剂改性的高熔点绝缘聚合物材料聚醚醚酮树脂、聚亚苯基砜树脂或聚醚酰亚胺。

[0022] 有益效果

[0023] 本发明的有益效果在于:本发明提出了一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置及方法,以改善空间电路的成型质量和适用性。使用均匀金属微滴进行线路打印,金属微滴的物质浓度均匀性较稳定,解决了用银浆料进行线路打印时容易残留空气并形成孔隙的问题,从而可以改善线路成型质量和导电性;步骤三中使用激光器13对线路进行加热重熔,解决了3D打印过程中出现的台阶效应,形成的金属电路可遵循样条路径平滑地蜿蜒整个电路,从而降低电路寄生阻抗,实现高频空间电路的打印。

附图说明

[0024] 图1是本发明所使用装置进行空间电路基材打印状态示意图。

[0025] 图2是本发明所使用装置进行空间电路线路打印状态示意图。

[0026] 图3是空间电路的快速制备详细过程示意图。

[0027] 图4是本发明方法实施例2通过联合打印成型的多功能车模空间电路布局示意图。

[0028] 附图标记说明:1、防氧化惰性气体气瓶,2、高分子线材,3、线材挤出机,4、减压阀,5、手套箱,6、氧含量检测仪,7、激振杆,8、压电陶瓷,9、水含量检测仪,10、加热炉,11、信号发生器,12、熔融金属,13、激光器,14、温控仪,15、运动控制卡,16、金属微滴喷嘴,17、三维移动平台,18、热床,19、空间电路绝缘基材,20、高分子材料打印头,21、高分子材料加热器,22、熔融状态线材,23、高分子凹模,24、金属微滴,25、连续激光,26、电路导线,27、电源位置,28、控制芯片位置,29、电阻位置,30、车灯位置,31、电机位置,32、车轮位置。

具体实施方式

[0029] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0030] 在本发明的描述中,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”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发明和简化描述,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发明的限制。

[0031] 参照图1和图2,本发明一种均匀微滴/聚合物空间电路联合打印装置,包括防氧化惰性气体气瓶1,线材挤出机3,减压阀4,手套箱5,氧含量检测仪6,激振杆7,压电陶瓷8,水含量检测仪9,加热炉10,信号发生器11,激光器13,温控仪14,运动控制卡15,金属微滴喷嘴16,三维移动平台17,热床18,高分子材料打印头20,高分子材料加热器21。

[0032] 所述防氧化惰性气体气瓶1的端口处有外螺纹,与减压阀4一端所设内螺纹旋合连接,并放置在手套箱5外部,减压阀4另一端设有导气软管接口,通过导气软管与手套箱5相连接,防氧化惰性气体气瓶1内预装惰性气体,惰性气体流经减压阀4,再通过导气管不断的输送到手套箱5内,从而保证手套箱5内无氧环境的维持,减压阀4通过显示防氧化惰性气体气瓶1内的气体气压来判断惰性气体的余量,并可以通过阀门的闭合控制惰性气体的通断,手套箱5设有氧含量检测仪6和水含量检测仪9,分别用于手套箱5内氧含量和水含量的检测;所述三维移动平台17固定在手套箱5内舱下侧,热床18通过螺栓固定在三维移动平台17最上部;

[0033] 所述线材挤出机3、高分子材料打印头20与高分子材料加热器21共同构成了高分子聚合物打印组件,通过悬臂梁均被固定在手套箱5内舱顶部,线材挤出机3的上部设有对接高分子线材2的安装孔,线材挤出机3接收到控制信号后可将高分子线材2不断的输送到下部的分子材料加热器21,线材经过高分子材料加热器21后被加热为熔融状态,再通过高分子材料加热器21下部的高分子材料打印头20被挤压沉积到热床18上;所述激振杆7、压电陶瓷8、加热炉10与金属微滴喷嘴16共同构成了均匀金属微滴喷射组件,均通过悬臂梁固定在手套箱5内舱顶部,并位于高分子材料打印头20右侧,金属微滴喷嘴16高于高分子材料打印头20约2cm,激振杆7通过螺纹与其上的压电陶瓷8相连接,并伸入到加热炉10的内部,金属微滴喷嘴16被固定在加热炉10的底部,加热炉10可将金属加热为熔融状态,压电陶瓷8接收到控制信号之后会产生振动形变并通过激振杆7将振动形变传递到加热炉10中,加热炉10内熔融金属12受到振动后被挤出金属微滴喷嘴16形成金属液滴,最终沉积到热床18上;

[0034] 所述激光器13通过悬臂梁被固定在手套箱5内舱顶部,并位于金属微滴喷嘴16右侧,激光器13高度高于金属微滴喷嘴16约2cm,激光器13接收到控制信号之后可发出高频激光将已沉积凝固到热床18上的金属线路重熔;所述信号发生器11、温控仪14和运动控制卡15均放置在手套箱5外部,信号发生器11产生特定控制信号控制线材挤出机3的运动、压电陶瓷8的振动以及激光器13的激光作用,温控仪14用于控制热床18和高分子材料加热器21的加热温度,运动控制卡15用于控制三维移动平台17的上下左右移动以及信号发生器11的信号作用时机。

[0035] 实施例1:多面体空间电路功能件的打印。首先打开减压阀4,使用防氧化惰性气体气瓶1对手套箱5进行清洗,保证手套箱5内的低氧工作环境。将聚醚醚酮树脂线材安装到线材挤出机3的安装孔内,并将锡银合金料加入加热炉10,调节温控仪14,设定加热炉10温度

为180℃左右、设定高分子材料加热器21温度为350℃左右、设定热床18的温度为150℃左右。对空间电路模型进行二维切片处理并生成三维移动平台17的运动轨迹信息、线材挤出机3、激振杆7和激光器13的作用时间信息。

[0036] 在进行电子线路快速制造时,使用运动控制卡15输出信号控制信号发生器11的脉冲信号有效作用时间,产生的脉冲信号作用于线材挤出机13、压电陶瓷8和激光器13。脉冲信号作用于线材挤出机13时,高分子线材2被输送到高分子材料加热器21使高分子线材加热成熔融状态,熔融状态线材22通过高分子材料打印头20沉积到热床18上,从而进行空间电路绝缘基材19的打印;脉冲信号作用于压电陶瓷8时,激振杆7将应力波传递到金属微滴喷嘴16处,形成的金属微滴24用于成型电路导线26。

[0037] 将生成的沉积路径文件进行导入和读取,通过运动控制卡15精确控制三维移动平台17运动至高分子材料打印头20下,使得绝缘高分子材料沉积到热床18上,如此反复,形成电路沉积所需的高分子凹模23。通过运动控制卡15精确控制三维移动平台17运动至金属微滴喷嘴16下,将金属微滴24沉积并填充于高分子凹模23内。脉冲信号作用于激光器13时,激光器13发射连续激光25作用于已沉积于高分子凹模23内的金属液滴,对高分子凹模23内的线路表面进行跟随加热,避免液滴之间发生冷隔并使线路更加平整光滑,从而提高线路的打印质量。如此反复,完成多面体空间电路功能件的逐点、逐层堆积成型。

[0038] 实施例2:多功能车模空间电路联合打印。本实施例与实施例1的工艺步骤基本相同,不同的是模型外形和内部布线方式。由于小车模型车灯位置30、电机位置31和车轮位置32相对固定,不可随意进行更改,因此在进行模型打印前,先在专用空间电路建模软件中对模型布局进行合理设计,在不造成车灯位置30、电机位置31和车轮位置32干涉的情况下留出电源位置27、控制芯片位置28和电阻位置29的空间,然后在三维模型内部对电路导线26进行合理布置形成最终的三维数据模型。将生成的沉积路径文件进行导入和读取,按照实施例1的方式反复沉积完成车模空间电路的成型。之后可直接在模型的电源位置27、控制芯片位置28、电阻位置29、车灯位置30、电机位置31和车轮位置32安装其他部件完成最终的多功能车模。

[0039] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

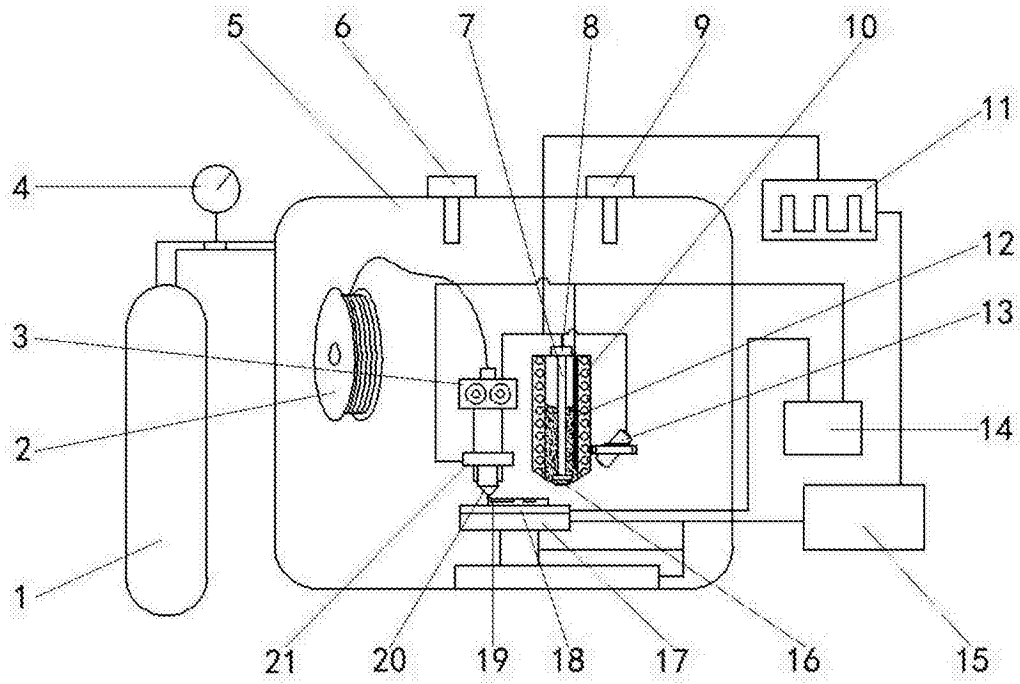


图1

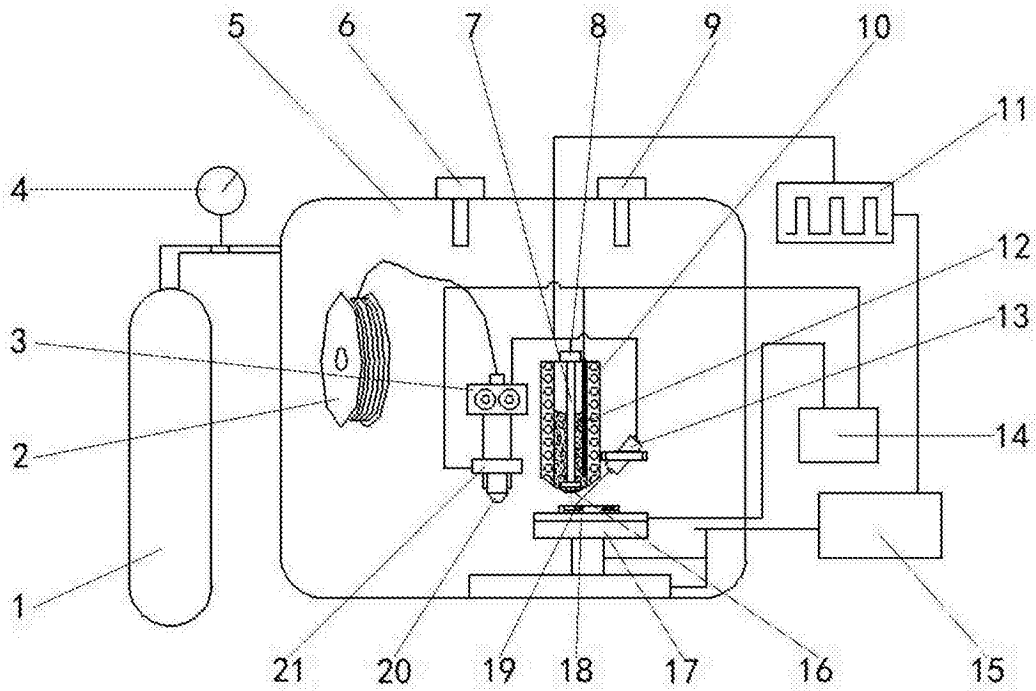


图2

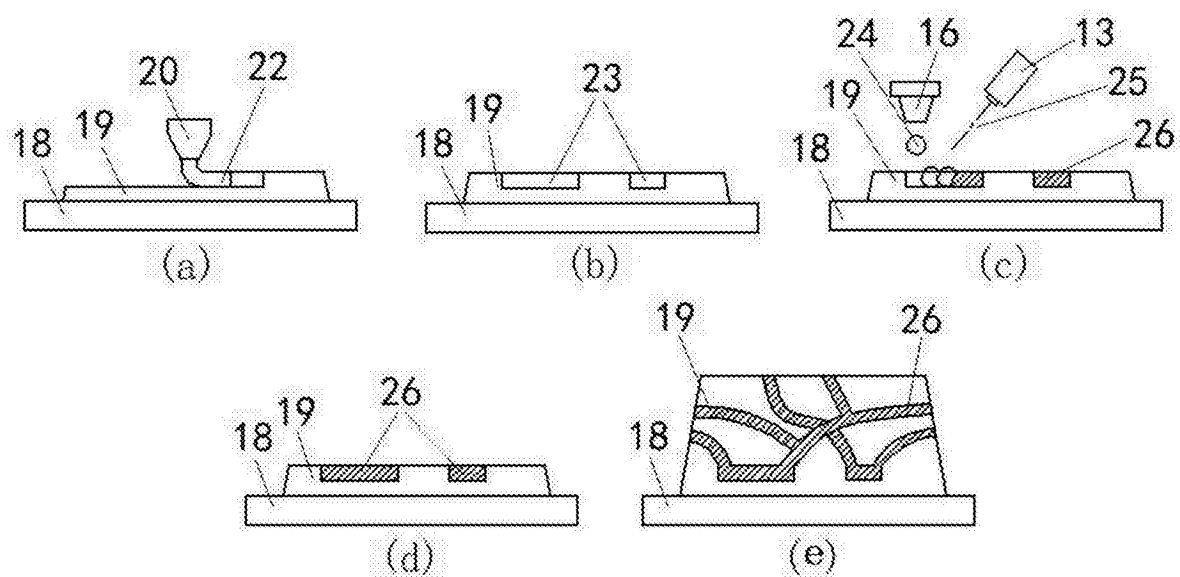


图3

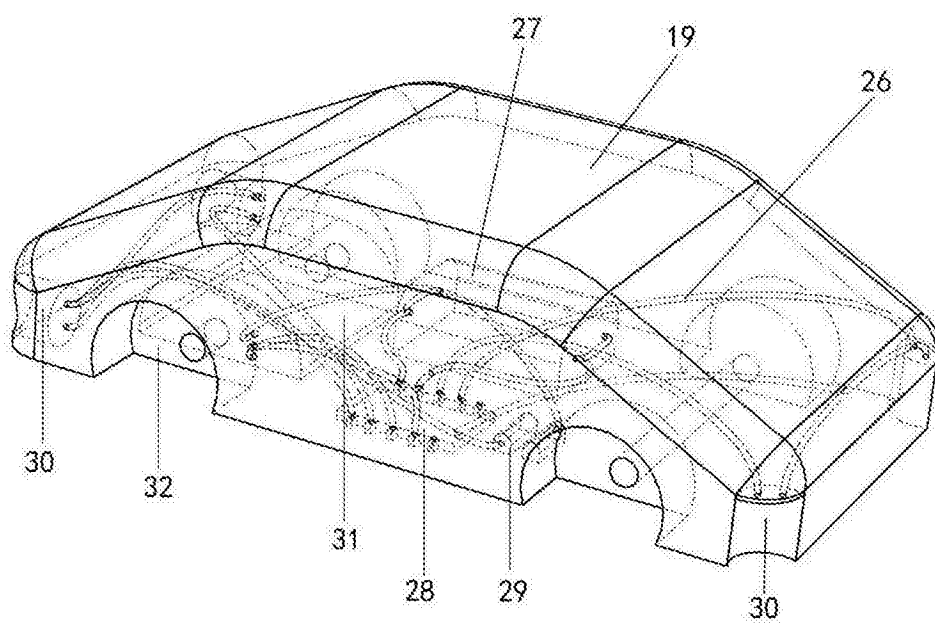


图4