



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106794626 B

(45)授权公告日 2019.08.27

(21)申请号 201580051944.4

(22)申请日 2015.09.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106794626 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(30)优先权数据
62/056,186 2014.09.26 US
62/056,200 2014.09.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.03.27

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/052683 2015.09.28

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/049642 EN 2016.03.31

(73)专利权人 斯特塔思有限公司
地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 J·塞缪尔·巴彻尔德
威廉·J·斯旺森

(74)专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 阳开亮

(51)Int.Cl.
B29C 64/118(2017.01)
B29C 64/295(2017.01)
B29C 64/321(2017.01)
B33Y 30/00(2015.01)
B33Y 40/00(2015.01)

(56)对比文件
WO 9748557 A2,1997.12.24,
US 2014159284 A1,2014.06.12,
CN 102294478 A,2011.12.28,

审查员 金媛媛

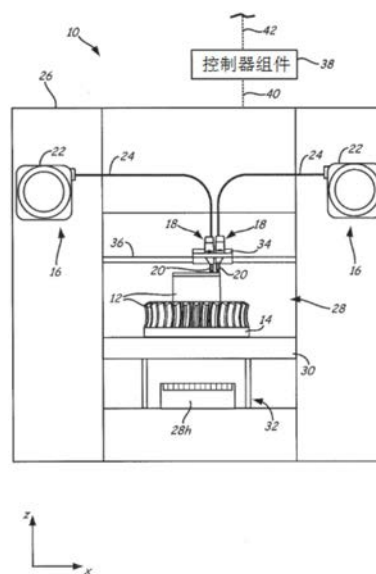
权利要求书2页 说明书22页 附图22页

(54)发明名称

用于增材制造系统的液化器组件及其使用方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于在增材制造系统(10)中打印三维部件(12)的液化器组件(20)。在一个方面,液化器组件(20)包括:液化器(52),其可横向压缩并且具有配置成接收固态或熔融状态的消耗材料(48)的入口端(64)和出口端(66);位于出口端处的喷嘴(56);以及致动器机构(62),其配置成以受控方式使液化器(52)横向压缩和膨胀。在另一个方面,液化器组件(20)是自加热的。



1. 一种用于在增材制造系统中打印三维部件的液化器组件,所述液化器组件包括:
带状液化器,其具有沿着纵轴偏移的入口端和出口端,其中所述带状液化器可横向压缩;
位于所述带状液化器的所述出口端处的喷嘴;以及
致动器机构,其可操作地定位在所述带状液化器附近并且配置成可控制地施加压力以横向压缩所述带状液化器。
2. 根据权利要求1所述的液化器组件,还包括一个或多个电线,所述一个或多个电线配置成将所述致动器机构可操作地连接至所述增材制造系统的控制器组件。
3. 根据权利要求1所述的液化器组件,其中所述致动器机构包括一个或多个压电致动器。
4. 根据权利要求3所述的液化器组件,还包括框架,其中所述框架包括定位在带状液化器管的相对侧上的间隔开的凸缘,其中所述致动器组件还包括配置成将所述凸缘偏压在一起的一个或多个机构。
5. 根据权利要求1所述的液化器组件,还包括配置成加热所述带状液化器的一个或多个加热器组件。
6. 根据权利要求1所述的液化器组件,还包括配置成测量所述带状液化器的压缩和膨胀的一个或多个传感器。
7. 根据权利要求1所述的液化器组件,还包括附接至所述带状液化器的至少一个电极,其中所述至少一个电极配置成连接至电源,使得电流强制通过所述带状液化器以加热所述带状液化器。
8. 一种用于印刷三维部件的增材制造系统,所述增材制造系统包括:
驱动机构;
液化器组件,其包括:
具有入口端和出口端的带状液化器,
位于所述带状液化器的所述出口端处的喷嘴,以及
可操作地连接至框架的致动器机构;以及
控制器组件,其配置成命令所述驱动机构将消耗材料供给到所述带状液化器的入口端并且命令所述致动器机构可控制地压缩所述带状液化器。
9. 根据权利要求8所述的增材制造系统,其中,所述消耗材料包括细丝,并且其中所述驱动机构包括细丝驱动机构。
10. 根据权利要求8所述的增材制造系统,所述控制器配置成命令所述致动器机构在一个或多个条件下可控制地压缩所述带状液化器,所述一个或多个条件包括工具路径道路起、工具路径拐角出口或它们的组合。
11. 根据权利要求8所述的增材制造系统,其中所述致动器机构包括一个或多个压电致动器。
12. 根据权利要求8所述的增材制造系统,还包括框架,其中所述框架包括一对凸缘和互连所述一对凸缘以限定通道的基部,其中所述液化器设置在所述通道内。
13. 根据权利要求8所述的增材制造系统,其中所述控制器组件进一步构造成命令所述致动器机构可控制地从所述带状液化器释放压力。

14. 根据权利要求13所述的增材制造系统,其中所述控制器配置成命令所述致动器机构在一个或多个条件下可控制地从所述液化器释放压力,所述一个或多个条件包括工具路径道路停止、工具路径接近拐角或它们的组合。

15. 根据权利要求8所述的增材制造系统,其中所述液化器组件包括附接至所述液化器的多个电极,所述多个电极中的每个电极配置成独立于其它电极而将电流传递到所述液化器,并且其中所述控制器组件配置成可操作地向所述多个电极中的每个电极施加电流,以通过电阻加热来加热所述液化器。

16. 一种利用增材制造系统打印三维零部件的方法,所述方法包括:

通过所述增材制造系统保持的驱动机构将细丝供给到由所述增材制造系统保持的液化器;

在所述液化器中熔融所供给的细丝以产生所述细丝的熔融材料;

利用将所述细丝供给到所述液化器的粘性泵动作从所述液化器的喷嘴挤出所述熔融材料;以及

横向压缩所述液化器以从所述喷嘴产生所述熔融材料的挤出物涌出。

17. 根据权利要求16所述的方法,还包括:响应于工具路径流速变化调节所述驱动机构将所述细丝供给到所述液化器的速率,其中横向压缩所述液化器与以所述驱动机构将所述细丝供给到所述液化器的速率进行调节被协同控制。

18. 根据权利要求16所述的方法,还包括:以受控方式从所述液化器释放所述横向压缩。

19. 根据权利要求16所述的方法,其中横向压缩所述液化器包括在框架的一对凸缘之间压缩所述液化器。

20. 根据权利要求16所述的方法,其中横向压缩所述液化器包括操作一个或多个致动器。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中所述一个或多个致动器包括压电致动器。

用于增材制造系统的液化器组件及其使用方法

背景技术

[0001] 本公开涉及用于打印或以其它方式制造三维(3D)部件和支撑结构的增材制造系统。特别是,本公开涉及使用增材制造技术以逐层方式打印3D部件和支撑结构的液化器组件。

[0002] 增材制造系统用于采用一种或多种增材制造技术根据3D部件的数字表示(digital representation)(例如,AMF和STL格式文件)来打印或以其它方式构建3D部件。商业上可获得的增材制造技术的示例包括:基于挤出的技术、喷射法、选择性激光烧结、粉末/粘结剂喷射、电子束熔练、数字光处理(DLP)以及立体平面打印工艺。对于这些技术中的每一种,3D部件的数字表示最初被切分成多个水平层。

[0003] 例如,在基于挤出的增材制造系统中,可以通过挤出可流动部件材料,根据3D部件的数字表示以逐层方式打印3D部件。部件材料通过该系统的打印头所附带的挤出尖端挤出,并且在平面层的压板上沉积为一系列道路(road)。挤出的部件材料熔合至先前沉积的部件材料,并且在温度下降时凝固。然后,打印头相对于基板的位置递增,并且重复该过程以形成类似于所述数字表示的3D部件。

[0004] 在通过部件材料的沉积层制造3D部件时,通常在悬伸部分的下面或建造中的3D部件的腔(其不被部件材料本身所支撑)内构建支撑层或支撑结构。可以利用沉积部件材料所采用的相同的沉积技术来构建支撑结构。主机产生附加的几何结构,该附加几何结构用作形成中的3D部件的悬伸段或自由空间段的支撑结构。然后在打印工艺期间依照所产生的几何形状来沉积支撑材料。支撑材料在制造期间粘附至部件材料,并且可以在打印工艺完成时从完成的3D部件上移除。

发明内容

[0005] 本公开的一个方面涉及一种用于在增材制造系统中打印3D部件的液化器组件。所述液化器组件包括具有凸缘的框架,其中该框架限定了沿着凸缘之间的纵轴延伸的通道。液化器组件还包括液化器,该液化器设置在通道内并具有沿着纵轴偏移的入口端和出口端,并且其中液化器可横向压缩。液化器组件还包括位于液化器出口端处的喷嘴和可操作地连接至框架的致动器机构,其中致动器机构配置成可控制地施加压力以横向压缩液化器。在一些实施例中,液化器组件是具有驱动机构的打印头的子部件和/或可拆卸且可更换的消耗组件的子部件。

[0006] 本公开的另一个方面涉及一种用于打印3D部件的增材制造系统。所述增材制造系统包括驱动机构和液化器组件,液化器组件包括:框架,设置在框架内并具有入口端和出口端的液化器,位于液化器出口端处的喷嘴以及可操作地连接至框架的致动器机构。所述系统还包括控制器组件,该控制器组件配置成命令驱动机构将消耗材料供给到液化器的入口端并且命令致动器机构可控制地对框架施加压力以横向压缩液化器。

[0007] 本发明的另一个方面涉及一种利用增材制造系统打印3D部件的方法。所述方法包括:利用由增材制造系统保持的驱动机构将细丝供给到由增材制造系统保持的液化器,以

及在液化器中熔融所供给的细丝以产生细丝的熔融材料。所述方法还包括：利用将细丝供给到液化器的粘性泵动作从液化器的喷嘴挤出熔融材料，以及横向压缩液化器以使熔融材料的挤出物从喷嘴涌出。

[0008] 本公开的另一个方面涉及一种用于打印三维部件的增材制造系统，所述增材制造系统包括驱动机构和液化器，该液化器具有沿着纵轴偏移的入口端和出口端，其中液化器在组成上包括导热导电材料。所述系统还包括位于液化器出口端处的喷嘴以及控制器组件；该控制器组件配置成：将电流可操作地施加给液化器，以便通过电阻加热来加热液化器，根据所施加电流产生的电阻来实时监控液化器的一个或多个温度，并且命令驱动机构将消耗材料供给到液化器的入口端。

[0009] 本公开的另一个方面涉及一种用于在增材制造系统中打印3D部件的液化器组件，所述液化器组件包括液化器，该液化器设置成具有沿着纵轴偏移的入口端和出口端，其中液化器在组成上包括导热导电材料。液化器组件还包括位于液化器出口端处的喷嘴，位于液化器入口端处的第一电极以及沿着纵轴连接至液化器的一个或多个位置的一个或多个电线，其中所述一个或多个电线配置成可操作地从增材制造系统的控制器组件接收电流，以通过电阻加热来加热液化器。

[0010] 本公开的另一个方面涉及一种利用增材制造系统打印3D部件的方法。所述方法包括：利用施加给液化器的电流来电阻加热由增材制造系统保持的液化器，以及利用由增材剂制造系统保持的驱动机构将细丝供给到经加热的液化器。所述方法还包括：在加热后的液化器中熔融所供给的细丝以产生细丝的熔融材料，以及从连接至液化器的喷嘴挤出熔融材料。

[0011] 定义

[0012] 除非另有说明，本文使用的下列术语具有下文中提供的含义：

[0013] 相对于彼此可操作地连接的物项而言，术语“可操作地连接”是指直接连接（物理上彼此接触）和间接连接（利用设置在它们之间的一个或多个附加部件（诸如间隔件）彼此连接）。

[0014] 相对于命令装置（例如，驱动机构、致动器等）的控制器组件而言，术语“命令（command）”、“命令（commanding）”等是指控制信号从控制器组件到装置的直接和/或间接中继，使得装置根据中继的信号进行操作。可以对任何合适形式的信号进行中继，诸如传送到装置上的微处理器的通信信号，用于操作装置所施加的电功率等。

[0015] 术语“优选的”和“优选地”是指可以在某些情况下提供某些益处的本发明的实施例。然而，在相同或其它情况下，其它的实施例也可以是优选的。此外，一个或多个优选实施例的列举并不意味着其它实施例不是有益的，并且不旨在将其它实施例排除在本公开的范围之外。

[0016] 诸如“上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等的方向方位是相对于3D部件的层打印方向而言。在下面示出的实施例中，层打印方向是沿着垂直z轴的向上方向。在这些实施例中，术语“上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等是基于垂直z轴。然而，在其中沿着不同的轴线（诸如沿着水平x轴或y轴）打印3D部件的层的实施例中，术语“上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等是相对于给定轴线而言的。

[0017] 术语“提供”（诸如对于“提供材料”），当在权利要求中描述时，不意图要求对所提

供的项目的任何特定传递或接收。相反,出于清楚和易于阅读的目的,术语“提供”仅用于列举在权利要求的后续元件中及将被提及的项目。

[0018] 除非另有说明,本文提及的温度是基于大气压力(即一个大气压)。

[0019] 术语“至少一个”和“一个或多个”元素可互换使用,并且具有包括单个元素和多个元素的相同含义,还可以在元素的结尾处由后缀“(s)”表示。

[0020] 本文中,术语“约”和“基本上”的使用是相对于因本领域技术人员已知的预期变化(例如,测量中的限制和变化)而产生的可测量值和范围而言。

附图说明

[0021] 图1是增材制造系统的前视图,该增材制造系统配置成利用本公开的一个或多个液化器组件打印3D部件和支撑结构。

[0022] 图2是保持本公开的驱动机构和液化器组件的打印头的立体图。

[0023] 图3是在打印3D部件的打印操作期间使用的液化器组件的前视图。

[0024] 图4是液化器的俯视图,示出了液化器压缩阶段。

[0025] 图5是液化器组件的俯视图,示出了液化器释放和膨胀阶段。

[0026] 图6是与液化器组件和驱动机构一起使用的增材制造系统的控制器组件的示意图。

[0027] 图7A-7C是挤出物体积流速随着打印头围绕工具路径拐角移动的时间的信号曲线图。

[0028] 图8是第一替代液化器组件的俯视图,其包括固定至液化器的侧向端的替代加热器组件。

[0029] 图9是第二替代液化器组件的俯视图,其包括具有反向夹紧布置的致动器机构。

[0030] 图10是第三替代液化器组件的前视图,其包括可拆卸且可更换的液化器。

[0031] 图11是第四替代液化器组件的前视图,其包括具有沿着液化器组件的纵向长度偏移的多个单独致动器的致动器机构。

[0032] 图12是第五替代液化器组件的俯视图,其包括用于测量液化器组件的压缩和膨胀的一个或多个传感器。

[0033] 图13是第六替代液化器组件的俯视图,其包括用于测量液化器组件的压缩和膨胀的电容传感器。

[0034] 图14是第七替代液化器组件的俯视图,其包括用于适应液化器组件压缩和膨胀的铰接框架。

[0035] 图15是第八替代液化器组件的俯视图,其包括铰接框架和用于保持致动器机构的相对凸缘。

[0036] 图16是第九替代液化器组件的俯视图,其包括一对相对的致动器。

[0037] 图17是第十替代液化器组件的俯视图,其包括一对相对的致动器以及圆柱形框架。

[0038] 图18是在打印3D部件的打印操作期间使用的自加热液化器组件的前视图。

[0039] 图19是在打印3D部件的打印操作期间使用的替代自加热液化器组件的前视图,其可任选地是不具有致动器机构的独立液化器。

[0040] 图20是在打印3D部件的打印操作期间使用的另一个替代自加热液化器组件的前视图,其包括多个加热区。

[0041] 图21是包括约束电线的另一个替代自加热液化器组件的前视剖面图。

[0042] 图22是示例性测试中挤出物体积流速相对于时间的图表,示出了对带状液化器横向施加的压缩和释放可实现的快速响应时间。

[0043] 图23是示例性自加热导向管测试的红外照片。

具体实施方式

[0044] 本公开涉及一种用于在增材制造系统中采用增材制造技术以逐层方式打印3D部件和支撑结构的液化器组件。所述液化器组件包括液化器和用于从液化器挤出熔融消耗材料的两种不同机构。具体而言,两种不同的机构包括:(i) 一个或多个驱动机构,其将消耗材料供给到液化器并且产生轴向压力(例如,粘性泵动作)以从液化器挤出熔融材料,和ii) 一个或多个致动器,其产生液化器中的熔融材料的快速涌出和缩回。

[0045] 如下所述,致动器配置成以受控方式横向压缩和释放液化器或其一部分,以产生熔融材料的涌出和缩回。已经发现,具有特定几何形状的液化器(诸如带状液化器)可以在施加的载荷下横向压缩和膨胀,以便以非常快的时间响应挤出熔融材料。事实上,这些时间响应可明显快于利用较慢反应的细丝驱动机构可实现的那些。

[0046] 然而,在不受理论束缚的情况下,由于喷嘴尖端附近的区域中的压力变化可以与液化器的入口端处的压力变化同时发生,因此认为实现了快速时间响应。因此,当压力波沿着液化器下降时,没有出现传播延迟。此外,常规液化器的壁附近的流动条件被认为是液化器中黏和滑条件(stick and slip)的复杂混合。然而,在当前情况下,壁条件可以在最初被固定为黏性条件。

[0047] 这提供了用于快速改变挤出物流速的独特机构,它可以用来以受控方式补充较慢反应的驱动机构(诸如细丝驱动机构)。具体而言,横向压缩和膨胀改变液化器的横截面面积,但不改变其周长尺寸。以体积计,横向压缩和膨胀改变液化器的体积,但不改变其表面积。与熔融材料的可挤压或可流动性质相结合,可以容易地对此进行建模和精确控制。因此,打印头的挤出物流速的变化可以更精确地对预测流速变化进行建模。因此,这使得打印头在沿着具有非稳态条件的各种不同工具路径轨迹(诸如道路起动和停止、拐角和其它条件)移动时产生体积精确且一致的道路,其中挤出物流速可以改变。

[0048] 液化器组件可以具有多种配置,以适应增材制造系统的不同台架机构。在一些实施例中,诸如以下图2-17中所示的,液化器组件具有单级布置,其中固体消耗材料被供给到由致动器压缩和释放的液化器中,并且在相同的液化器中熔融。

[0049] 在另一个方面,本公开涉及一种具有自加热液化器的液化器组件。在此方面,液化器可以直接接收施加的电流,该电流可以沿着液化器产生电阻加热。施加电的电阻也可以用来实时测量和监控液化器52的温度。自加热液化器可以与上述具有可横向压缩液化器和致动器的液化器组件组合使用。可替代地,如下所述,自加热液化器可以是不同的,并且独立于上述可横向压缩的液化器组件。

[0050] 在任一个方面,液化器组件可以与任何合适的增材制造系统一起使用。例如,系统10是采用基于层的增材制造技术打印3D部件或模型和对应的支撑结构(例如,3D部件12和

支撑结构14)的示例性增材制造系统。用于系统10的合适增材制造系统包括由Stratasys有限公司(伊登普雷利,明尼苏达州(Eden Prairie,MN))开发的基于挤出的系统,例如商标为“FDM”的熔融沉积成型系统。在示出的实施例中,使用打印头18分别由消耗组件16的部件和支撑材料来打印3D部件12和支撑结构14,其中每个打印头18优选地包括本公开的液化器组件20。

[0051] 每个消耗组件16包括容器部分22,容器部分22是一种易装载、可拆卸且可更换的容器装置,其保持供应系统10打印所用的消耗细丝。每个容器部分22可以将消耗细丝保持在绕线卷轴、无卷轴线圈或其它供应装置上,诸如在以下文献中所描述的:美国专利第7,374,712号(Swanson等人);美国专利第7,938,356号(Taatjes等人);美国公开第2013/0161432和2013/0161442号(Mannella等人);以及美国公开第2004/0158802号(Batchelder等人)。

[0052] 在替代实施例中,容器部分22可以用消耗材料的其它供应源来替换,其中消耗材料可以是任何合适的物料类型,诸如细丝、粉末、丸状物、粘流(slugs)等。例如,在以粉末形式提供消耗材料的实施例中,容器部分22可以替换为一个或多个料斗,诸如在美国公开第2013/0333798号(Bosveld等人)中所描述的。

[0053] 每个容器部分22优选地与导向管24接合,导向管24将容器部分22互连至其相关联的打印头18。因此,打印头18(和/或系统10)的驱动机构将消耗细丝的连续段从容器部分22通过导向管24抽吸到打印头18的液化器组件20。

[0054] 在一些实施例中,打印头18和导向管24是系统10的固定子部件,并且每个消耗组件16包括容器部分22和所保持的消耗细丝。然而,在替代实施例中,打印头18、容器部分22和导向管24是消耗组件16的子部件,使得打印头18、容器部分22和导向管24以可更换的方式被共同替换,诸如美国专利第8,403,658号(Swanson)中所描述的。

[0055] 如图1进一步所示,系统10还可以包括系统外壳26、腔室28、压板30、压板台架32、头托架34和头台架36。系统外壳26是系统10的结构部件,并且可以包括多个结构子部件,诸如支撑框架、壳体壁等。在一些实施例中,系统外壳26可以包括容器壁龛(bay)或配置成接收消耗组件16的容器部分22的其它接收区域。在替代实施例中,可以省略容器壁龛以减少系统10的整体占用面积。在这些实施例中,容器部分22可以邻近系统外壳26,同时为导向管24和打印头18提供足够的移动范围。

[0056] 腔室28是容纳用于打印3D部件12和支撑结构14的压板30的示例性构建环境,其中可以任选地省略腔室28和/或替换为不同类型的构建环境。例如,3D部件12和支撑结构14可以在对周围条件开放或可用替代结构(例如,柔性帘幕)封闭的构建环境中进行构建。在示出的示例中,腔室28的内部体积可以用加热器28h加热,以降低部件和支撑材料在挤出和沉积之后凝固的速率(例如,减少变形和卷曲)。加热器28h可以是(诸如)通过辐射加热和/或使加热的空气或其它气体(例如,惰性气体)循环来加热腔室28的内部体积的任何合适的装置或组件。在替代实施例中,加热器28h可以替换为其它调节装置(诸如冷却单元),以产生冷却空气或其它气体并使其循环。构建环境的特定热条件可以根据所使用的特定消耗材料而变化。

[0057] 压板30是一种在其上以逐层方式打印3D部件12和支撑结构14的平台,并且由压板台架32支撑。在一些实施例中,压板30可以接合并支撑构建基板,该构建基板可以是如美国

专利第7,127,309号(Dunn等人)中所公开的托盘基板,可以由塑料、瓦楞纸板或其它合适的材料制成,并且还可以包括柔性聚合物膜或衬垫、漆用胶带、聚酰亚胺胶带、粘合层压体(例如,涂布胶水)或用于将沉积材料粘附到压板30上或涂布到构建基板上的其它一次性构造物。在一些实施例中,可以(诸如)利用一个或多个电阻加热元件来加热压板30和/或构建基板。

[0058] 压板台架32是配置成使压板30沿着(或基本上沿着)垂直z轴移动的台架组件。压板台架32可以利用一个或多个电动机(例如,步进电动机和编码DC电动机)、齿轮、滑轮、皮带、螺杆、机械手臂等来操作。

[0059] 头托架34是配置成接收并保持一个或两个打印头18的示例性效应器单元,并且由头台架36支撑。用于头托架34的合适装置的示例和用于将打印头18保持在头托架34和头台架36中的技术包括以下专利中所公开的:美国专利第5,340,433号(Crump);美国专利第8,153,182号(Comb等人);以及美国专利第8,647,102号(Swanson等人)。

[0060] 头托架34优选地以防止或约束打印头18相对于头托架34在x-y构建平面内的运动的方式来保持每个打印头18,但是允许打印头18可控制地移出x-y构建平面(例如,随动、拨动或者以线性或枢转方式切换)。在一些实施例中,如上所述,可以(诸如)利用卡扣机构从头托架34可拆卸地更换打印头18。在另外的实施例中,打印头18可以任选地改装到现有系统10中。

[0061] 在示出的实施例中,头台架36是机械机构,其配置成使头托架34(和所保持的打印头18)在(或基本上在)压板30上方的水平x-y平面内移动。用于头台架36的合适的台架组件的示例包括以下文献中所公开的:美国专利第6,722,872号(Swanson等人)和美国公开第2013/0078073号(Comb等人),其中头台架36还可以支撑限定腔室28的顶板的可变形隔板(未示出)。

[0062] 虽然示出为桥型台架,但是头台架36可以利用任何合适的机械机构来移动头托架34(和所保持的打印头18),诸如利用一个或多个电动机(例如,步进电动机和编码DC电动机)、齿轮、滑轮、皮带、螺杆、机械臂等。在一些优选的实施例中,每个打印头18由多级机械臂保持。

[0063] 在另外的替代实施例中,压板30可以配置成在腔室28内的水平x-y平面内移动,并且头托架34(和打印头18)可以配置成沿着z轴移动。也可以使用其它类似的布置,使得压板30和打印头18中的一个或两个可相对于彼此移动。压板30和头托架34(以及打印头18)也可以沿着不同的轴线定向。例如,压板30可以垂直定向,而打印头18可以沿着x轴或y轴打印3D部件12和支撑结构14。在另一个示例中,压板30和/或头托架34(以及打印头18)可以在非笛卡尔坐标系中(诸如在极坐标系中)相对于彼此移动。

[0064] 系统10还包括控制器组件38,控制器组件38是配置成对系统10的部件进行操作的一个或多个基于计算机的系统。控制器组件38可以通过通信线路40与系统10的各种部件通信,诸如打印头18(包括液化器组件20)、腔室28(例如,加热器28h)、头托架34、用于压板台架32和头台架36的电动机以及各种传感器、校准装置、显示装置和/或用户输入装置。在一些实施例中,控制器组件38还可以与压板30、压板台架32、头台架36以及系统10的任何其它合适的部件中的一个或多个通信。

[0065] 另外,控制器组件38还可以通过通信线路42经由网络连接(例如,因特网连接、局

域网 (LAN) 连接、通用串行总线 (USB) 连接、蜂窝连接等) 与外部设备 (诸如其它计算机和服务器等) 通信。尽管通信线路40和42中的每个被示出为单个信号线,但是它们各自可以包括一个或多个电气、光学和/或无线信号线和中间控制电路,其中通信线路40的一些部分也可以是打印头18和液化器组件20的子部件。例如,在一些实施例中,通信线路40可以包括与快速加速和减速的设备 (例如,高g力台架) 通信的无线部件,其中物理电缆可靠性可能是一个问题。

[0066] 在一些实施例中,控制器组件38的一个或多个基于计算机的系统位于系统10的内部,而允许用户通过网络通信线路42 (诸如来自外部计算机) 以与二维打印机相同或相似的方式来操作系统10。可替代地,控制器组件38还可以包括一个或多个基于外部计算机的系统 (例如,台式机、笔记本电脑、基于服务器的设备、基于云的设备、平板、移动媒体设备等),这些系统可以与控制器组件38的基于内部计算机的系统通信,并且经由通信线路42通过网络进行通信。

[0067] 在该替代实施例中,以下描述的控制器组件38的处理功能可以在基于内部计算机和基于外部计算机的系统之间划分。在又一个替代实施例中,控制器组件38的基于计算机的系统可以全部位于系统10的外部 (例如,一个或多个外部计算机),并且可以通过通信线路40与系统10通信。

[0068] 在打印操作期间,控制器组件38可以命令压板台架32将压板30移动至腔室28内的预定高度。然后,控制器组件38可以命令头台架36使头托架34 (和所保持的打印头18) 在腔室28上方的水平x-y平面内四处移动。控制器组件38还可以分别地命令打印头18选择性地从容器部分22并通过导向管24抽取消耗细丝 (或其它消耗材料) 的连续段。

[0069] 然后,每个消耗细丝的连续段在相应打印头18的液化器组件20中熔融,以产生熔融材料。细丝的向下运动起到粘性泵的作用,以挤出熔融材料作为挤出物。如上简略提及的,在控制器组件38命令驱动机构改变消耗细丝供给到液化器的速率时和液化器的挤出物流速实际上改变时之间存在时间响应延迟。因此,控制器组件38还可以命令液化器组件20的致动器组件产生液化器的挤出物的快速响应涌出和缩回,从而补充驱动机构的较慢反应的粘性泵动作。

[0070] 在离开液化器组件20时,所得到的挤出物可以作为一系列道路沉积到压板30上,用于以逐层方式打印3D部件12或支撑结构14。例如,可以通过以堆叠在彼此顶部上的二维横截面图案产生沉积道路的连续层,而以三维方式打印或以其它方式构建3D部件12或支撑结构14。在一些申请中,诸如美国专利第5,121,329号 (Crump) 中所描述的,沉积的道路也可以 (诸如) 以垂直延伸的圆弧延伸到x-y构建平面上方的自由空间内。在完成打印操作之后,可以从腔室28移除所得到的3D部件12和支撑结构14,并且可以从3D部件12移除支撑结构14。然后,可以根据需要对3D部件12实施一个或多个附加的后处理步骤。

[0071] 图2是示例性打印头18的分解图,其包括本公开的壳体44、驱动机构46和液化器组件20,这些被示出为与细丝48一起使用。壳体44可以包括用于系统10的任何合适的设计,其中导向管24优选地接合壳体44或以其它方式将细丝48引导至壳体44中,并且液化器组件20可以从壳体44向下延伸。壳体44的合适设计的示例包括美国专利第8,403,658和8,647,102号 (Swanson等人) 中所公开的。可替代地,如果需要,可以省略壳体44。此外,在一些实施例中,驱动机构46可以是液化器组件20的子部件。

[0072] 驱动机构46是用于供给细丝48(或其它消耗材料)的机动化装置,诸如一个或多个可旋转的轮、齿轮、轴和/或螺杆,这些可操作地连接至一个或多个电动机(例如,步进电动机和编码DC电动机)。用于驱动机构46的合适装置的示例包括滚花轮、齿轮传动轮或带齿轮,诸如美国专利第7,384,255和7,604,470号(LaBossiere等人)以及美国专利第8,236,227号(Batchelder等人)中所描述的。另外的示例包括:内螺纹部件(例如,螺旋线圈),诸如美国专利第7,896,209号(Batchelder等人)中所公开的;和可旋转的带齿轴,诸如美国专利第8,647,102号(Swanson等人)和美国公开第2004/0159273号(Koop等人)中所公开的。

[0073] 在一些实施例中,驱动机构46可以用作将细丝、粉末或丸状物供给到液化器组件20的螺杆泵。螺杆泵尤其适用于其中液化器组件20包括多部件液化器(例如,下面在图21中所示)的实施例。用于驱动或供给细丝的合适的螺杆泵的示例包括美国专利第7,891,964号(Skubic等人)中所描述的。用于驱动或供给粉末和/或粒状物的合适的螺杆泵的示例包括美国公开第2013/0333798号(Bosveld等人)中所描述的。在其它实施例中,驱动机构46可以用作容积式泵(displacement pump)。

[0074] 在示出的实施例中,驱动机构46是细丝驱动机构,其位于液化器组件20的上游,并且配置成基于控制器组件38的命令在机动动力下将连续的细丝段48从导向管24供给到液化器组件20。驱动机构46还可以包括任何合适的支承表面(例如,旋转支承表面,未示出),该支承表面配置成在驱动机构46作用于细丝48时支撑细丝48的相对侧。如本文所使用的,术语“上游”和“下游”是相对于细丝供给方向和熔融材料流动方向(如箭头50所示)而言的。

[0075] 尽管驱动机构46在图2中被示出为直接定位在液化器组件20的上游,但在替代实施例中,一个或多个驱动机构可以沿着容器22和液化器组件20(且包括容器22)之间的细丝48的途径定位在任何合适的位置。例如,在一些实施例中,线轴驱动机构(未示出)可以用来与容器22中的线轴接合,其中线轴保持卷绕供应的细丝48。在这种情况下,线轴驱动机构可以使线轴旋转,以通过导向管24将细丝48供给到液化器组件20内(而不是直接接合细丝48)。

[0076] 可替代地,驱动机构46可以通过液化器组件20中的端口接合细丝48,诸如美国专利第7,897,074号(Batchelder等人)中所描述的。在又一个实施例中,驱动机构46可以沿着导向管24位于容器22和打印头18之间,并且通过导向管24中的端口或交叉点接合细丝48。此外,多个驱动机构可以一起使用。例如,可以使用第一驱动机构将细丝48从容器22供给到打印头18。然后,由打印头18保持的第二驱动机构(例如,驱动机构46)可以从第一驱动机构接收供给的细丝48,并且将接收的细丝48供给到液化器组件20内。

[0077] 如图2和图3所示,液化器组件20包括液化器52、加热器组件54、喷嘴56、间隔件58、蛤壳式框架60和致动器机构62,其中本实施例中的液化器52是单部件液化器,其中细丝48被供给到由致动器机构62压缩和释放的液化器52中,并且在相同的液化器52中熔融。此外,在本文中,液化器组件20被描述为具有与带状细丝一起使用的带状液化器结构。如本文所使用的术语“带状细丝”是指具有沿其纵向长度大致为矩形、弓形和/或椭圆形横截面的细丝(例如细丝48),其可包括用于与驱动机构46接合的一个或多个表面轨道,诸如美国专利第8,236,227号(Batchelder等人)中所公开的。相应地,如本文所用的术语“带状液化器”是指具有沿其纵向长度基大致为矩形、弓形和/或椭圆形的中空内通道横截面的中空液化器(例如,液化器52)。

[0078] 对于带状细丝和带状液化器中的每一个,横截面具有宽度和厚度,其中宽度的最大范围是厚度的最大范围的至少约2.5倍。对于具有大致为矩形或弓形横截面的带状细丝或带状液化器,横截面可以具有尖角(即,90度角)和/或圆角。在带状细丝具有椭圆形横截面的方面,椭圆形横截面优选地具有约0.8或更大、更优选为约0.9或更大的偏心率。用于细丝48和液化器组件20的合适的带状细丝和带状液化器结构的示例包括美国专利第8,221,669、8,236,227和8,439,665号(Batchelder等人)中所描述的。

[0079] 如图3所示,液化器52包括相对的面52a和相对的侧向端52b,其中面52a作为液化器52的较大尺寸(对应于液化器52的宽度),而侧向端52b作为液化器52的较小尺寸52(对应于液化器52的厚度)。液化器52优选地由一种或多种刚性导热材料(诸如不锈钢)制成,并且可以以各种不同的方式来制造。在第一示例中,可以通过使圆柱形液化器变平或以其它方式将其压扁或压塌(诸如围绕垫片插入件)而获得液化器52的横截面尺寸。

[0080] 可替代地,液化器52可以通过将一对金属片冲压成半截面(half-sections)而制成,然后将其焊接或以其它方式封在一起以获得所需的横截面尺寸。在另一个示例中,可以将U形沟槽激光切割或以其它方式机械加工成金属块以形成液化器52的侧壁,然后可以用包围沟槽的一个或多个金属膜覆盖以形成内部通道。在又一个示例中,液化器52可以由横跨平版印刷形成的通道或沟槽的硅膜形成。在一些情况下,诸如对于低温应用,液化器52的面52a可以由聚合物膜形成,诸如聚酰亚胺膜。

[0081] 液化器52还具有入口端64和出口端66,入口端64和出口端66优选地沿着纵轴68彼此偏移。入口端64配置成从驱动机构46接收细丝48,其中入口端64和细丝48优选地具有互补性横截面几何形状,诸如美国专利第8,221,669和8,439,665号(Batchelder等人)中所描述的。出口端66是液化器52的下游部分,并且终止于喷嘴56。

[0082] 液化器52的合适尺寸包括美国专利第8,221,669和8,439,665号(Batchelder等人)中所描述的。在一些优选的实施例中,液化器52沿着纵轴68的长度范围为约7.6毫米(约0.3英寸)至约130毫米(约5英寸),更优选为约50毫米(约2英寸)至约100毫米(约4英寸)。面52a之间合适的中空内通道的厚度范围为约0.25毫米(约10密耳)至约2.5毫米(约100密耳),在一些实施例中为约0.76毫米(约30密耳)至约1.3毫米(约50密耳)。

[0083] 侧向端52b(垂直于内通道宽度)之间合适的中空内通道的宽度范围为约2.5毫米(约100密耳)至约10.2毫米(约400密耳),在一些实施例中为约5.1毫米(约200密耳)至7.6毫米(约300密耳)。液化器52的合适的壁厚度范围为130微米(约5密耳)至约500微米(约20密耳)。液化器52的上述宽度和厚度是基于宽度和厚度的最大范围。

[0084] 此外,液化器52优选地具有这样的壁厚度(至少在面52a处),使得当由一种或多种多晶金属制成时,对于面52a的横向压缩和膨胀优选地产生小于约0.3%的应变。在液化器52由一种或多种非晶态金属和/或聚合物制成的实施例中,对于面52a的横向压缩和膨胀优选地产生小于约3%的应变。

[0085] 加热器组件54是一个或多个加热元件,其配置成基于控制器组件38的命令(例如,通过线路40接收的电功率)将热传导至液化器52以熔融液化器52内所接收的细丝48。例如,加热器组件54可以包括:缠绕在液化器52周围的一个或多个电阻丝线圈,固定至液化器52的一个或多个加热器块,固定至液化器52的一个或多个电阻加热器,一个或多个感应加热元件,或用于加热液化器52(以及任选地用于冷却液化器52)的任何其它合适的热电加热元

件。

[0086] 在示出的示例中,加热器组件54与液化器52的面52a配合接触,诸如美国专利第8,221,669、8,236,227和8,439,665号(Batchelder等人)中以及美国专利申请第14/046,301号(Batchelder等人)中所描述的。在该实施例中,如下所述,加热器组件54优选地具有足够的柔性而随着液化器52的压缩和膨胀而折曲。可替代地(或另外),如下所述,一个或多个加热器组件54可以位于液化器52的一个或两个侧向端52b处。

[0087] 另外,液化器52还可以包含单独的独特且有益的特征,该特征区别于且独立于液化器52的横向可压缩性质和致动器机构62的使用。在该实施例中,液化器52(优选地是导热导电的)可以直接接收所施加的电流(例如,经由线路40),该电流可以沿着液化器52产生电阻加热。控制器组件38还可以通过施加电流(例如,经由线路40)的电阻实时地测量和监控液化器52的温度。这有效地提供了自加热和/或自传感液化器,这对于液化器52的横向可压缩性质是特别有利的,因为可以任选地不需要位于面52a处的加热器组件并且还可以降低部件成本。除了液化器52之外,本公开的这种自加热特征还可以与任何合适的薄壁液化器(圆柱形和/或非圆柱形)一起使用,如下所述。

[0088] 喷嘴56是位于液化器52的出口端66处的小直径喷嘴,并且配置成以所需的道路宽度挤出熔融材料。喷嘴56的优选内部尖端直径包括高达约760微米(约0.030英寸)、更优选为约125微米(约0.005英寸)至约510微米(约0.020英寸)的直径。在一些实施例中,喷嘴56可以包括孔环(annular rings)之间的一个或多个凹槽,以产生具有不同道路宽度的道路,如美国公开第2004/0048969号(Swanson等人)中所描述的。在其它实施例中,喷嘴90可以具有较大的内部尖端直径,诸如对于大量挤出物的实施例。

[0089] 喷嘴56还可以具有轴向通道,该轴向通道具有任何合适的长径比。例如,在一些实施例中,喷嘴56的轴向通道可以具有用于产生高流动阻力的长径比,诸如约2:1至约5:1的比率。在其它实施例中,喷嘴56的轴向通道可以具有用于产生较低流动阻力的长径比,诸如小于约1:1的比率。因此,喷嘴56的轴向通道的合适长径比范围可以为约1:2至约5:1,其中在一些低流动阻力实施例中,约1:2至约1:1的比率范围可以是优选的。

[0090] 间隔件58是设置在加热器组件54和蛤壳式框架60之间的一对相对的间隔块或组件。每个间隔件58优选地由相对柔顺的一种或多种材料制成,以在液化器52、加热组件54和蛤壳式框架60之间提供良好的配合界面,但这些材料也足够刚性而防止间隔件58被显著压缩。

[0091] 在一些实施例中,诸如美国专利申请公开第2015/007053号(Batchelder等人)中所描述的,用于间隔件58的材料也可以具有适度的热传导性以从液化器52和加热器组件54吸取热量,并且还可以具有用于将单独的加热区热隔离的多组凹痕(indentations)(未示出)。用于间隔件58合适的材料包括片状硅酸盐材料,诸如片状云母。在一些替代实施例中,可以省略间隔件58,并且液化器52和(任选的)加热器组件54可以直接由蛤壳式框架60保持。

[0092] 如图3和图4最佳示出,蛤壳式框架60是U形或C形刚性框架,其包括一对相对的凸缘70a和70b,在示出的示例中,凸缘70a和70b从基部72大体上彼此平行地延伸。可替代地,凸缘70a和70b可以以非平行的角度延伸,诸如布置成V形。基部72与凸缘70a和70b共同限定了沿着纵轴68延伸的通道74,通道74优选地至少与液化器52一样长。在示出的布置中,液化

器52设置在通道74内以及相对的加热器组件54之间,其中通过间隔件58以及凸缘70a和70b使加热器组件54保持抵靠液化器52的面52a。凸缘70a和70b优选地在足够的压缩下夹持液化器52、加热器组件54和间隔件58,以维持部件之间良好的界面接触并且防止它们滑开,但优选的是,液化器52优选在组件中是可更换的。

[0093] 蛤壳式框架60可以由提供坚固和刚性结构的一种或多种材料制成,诸如一种或多种金属(例如,不锈钢和铝)。另外,蛤壳式框架60优选地能够在保持对通道74内的部件的压缩,同时还能够折曲而不会断裂、破裂或塑性变形。

[0094] 在打印操作期间,驱动机构46将连续的细丝段48供给到液化器52的入口端64。在这种情况下,细丝48被推挤到入口端64内。可替代地,在诸如美国专利第7,897,074号(Batchelder等人)中所描述的端口式液化器实施例中,其中驱动机构46位于入口端64的下游,驱动机构46可以通过将细丝48拉到入口端64而将细丝48的连续段48供给到入口端64内。

[0095] 当细丝48沿着箭头50的方向穿过液化器52时,加热器组件54将接收的连续段热熔融,其中细丝材料的熔融部分围绕细丝48的未熔融部分形成弯月形。细丝48的向下运动起到粘性泵的作用,以对熔融材料加压并将其挤出为用于打印3D部件12(或支撑结构14)的挤出物。

[0096] 可以理解,当打印3D部件12或支撑结构14时,来自喷嘴56的挤出物流难以保持在恒定的稳态速率。相反,挤出物流速通常反复地改变以适应各种不同的工具路径条件,诸如道路起动加速度、道路停止减速度、拐弯减速度和加速度、道路宽度变化等。

[0097] 通常,基于控制器组件38的命令,通过利用驱动机构46调节细丝48到液化器52的供给速率来控制这些流速变化。这相应地调节了粘性泵动作对熔融材料所造成的压力。然而,当控制器组件38命令驱动机构46改变细丝48到液化器52的供给速率(以改变来自喷嘴56的挤出物流速)时,在信号命令和喷嘴的挤出速率实际上改变时之间存在响应延迟56;这是由于驱动机构46的电动机中的响应限制和液化器52中的粘性泵动作而导致。

[0098] 对于上述时间响应延迟的先前解决方案包括:在预测模型下操作,其中控制器组件38利用预泵运动、回滚运动和超速驱动(例如,如美国专利第6,054,077和6,547,995号(Comb)中所公开的)来命令驱动机构46。已经证明这些解决方案在减少对于各种非稳态条件的时间响应延迟的影响方面是有效的。然而,因为(在示出的实施例中)液化器52以开环方式操作,这不包括对来自喷嘴56的挤出物流速的反馈,所以挤出物流速的变化将仍旧体现出时间响应限制。

[0099] 然而,液化器组件20通过液化器52的压缩和膨胀来补充这种较慢响应的粘性泵动作。如上面简略提及的,已经发现,具有特定横截面几何形状的液化器(诸如带状液化器(例如,液化器52))易受横向施加的压力的影响,并且可以在面52a处向内压缩并向外膨胀。例如,已经发现,液化器52由于打印操作期间所产生的内部压力而在面52a处横向向外膨胀或鼓起。这些内部压力一般由供给的细丝48的粘性泵动作和细丝材料熔融时的热膨胀所导致。

[0100] 控制器组件38可以以独特的方式来利用液化器52的可压缩性,以便在压缩液化器52时产生来自喷嘴56的挤出物的快速涌出,并且在允许液化器52膨胀时产生来自喷嘴56的向上挤出物流的快速缩回。这些快速响应操作可以补充由于粘性泵动作的较慢响应的流速

变化,以便改善非稳态条件期间的挤出物流的精度。

[0101] 具体而言,控制器组件38可以命令致动器机构62可控制地将凸缘70a和70b拉到一起(从而压缩液化器52)并且释放臂70a和70b(从而释放对液化器52的压缩)。在图3和图4所示的实施例中,致动器机构62包括张紧螺栓76、偏压弹簧78和压电致动器80。张紧螺栓76包括轴部分76a和头螺母76b,其中轴部分76a自由地延伸通过凸缘70b并与凸缘70a螺纹接合。头螺母76b位于凸缘70b的外部,而偏压弹簧78被压在头螺母76b和凸缘70b之间。这种布置沿着箭头82的方向使凸缘70a和70b偏压在一起,这将凸缘70a和70b拉到一起而抵靠间隔件58、加热器组件54和液化器52,并且对抗液化器52的任何膨胀压力。

[0102] 压电致动器80是用于对液化器52快速产生横向压缩的示例性致动器。如图所示,压电致动器80具有固定在凸缘70a和70b之间的压电叠堆配置,并且配置成基于电功率的施加(诸如从线路40施加电功率)延伸和收缩。控制器组件38优选地将压电致动器80的基线收缩设置设定在完全膨胀和完全收缩之间的中间状态或中间位置。这样允许压电致动器80根据需要收缩和伸展。致动器机构62还优选地包括一个或多个位移传感器(例如,电容传感器,未示出),所述位移传感器监控和/或校正可能由于滞后、热效应等造成的压电致动器80中的位移误差。因此,可以任选地更新压电致动器80的基线收缩设置,以将这些位移误差考虑在内。

[0103] 如图4所示,当控制器组件38命令压电致动器80收缩(如箭头84所示)时,抵抗偏压弹簧78的阻力减小,从而允许偏压弹簧78进一步将凸缘70a和70b压在一起而抵靠液化器52、加热器组件54和间隔件58(如箭头83所示)。由于加热器组件54和间隔件58与液化器52相比是相对不可压缩的,因此横向施加的压力将液化器52的面52a快速压在一起(如箭头86所示),这迅速减小了液化器52相对于其初始横截面的内部体积。因为液化器52中的熔融材料也是相对不可压缩的,所以液化器52的快速压缩导致来自喷嘴56的熔融材料的涌出或快速喷射。

[0104] 压电致动器80是特别适用于以这种受控方式压缩和释放液化器52的致动器,这是因为它能够以非常快的频率产生高的压缩载荷。然而,由于液化器52本身可以响应于压缩载荷而压缩,因此这正好是可以实现的。凸缘70a和70b优选地沿着其整个长度或其整个长度的至少大部分压缩液化器52。这允许液化器52相对于其表面积(基本上保持不变)较大的内部体积被压缩,从而如果需要,则允许体积相对大的熔融材料在涌出时从喷嘴56快速挤出。

[0105] 另外,如图5所示,当控制器组件38命令压电致动器80延伸(如箭头88所示)时,凸缘70a和70b克服偏压弹簧78的偏压而被压开(如箭头90所示)。这减小了施加给液化器52的横向压力,从而允许液化器52向外膨胀(如箭头92所示),诸如膨胀回其初始状态(例如,基于压电致动器80的基线收缩设置),或者回到完全膨胀状态(例如,对于挤出物的缩回)。

[0106] 可以理解,由致动器机构62以及凸缘70a和70b施加给液化器52的压缩是在液化器52外部横向施加的压力,并且施加到液化器52的外表面(例如,施加在面52a处)。这与由细丝48的粘性泵动作或由于熔融时细丝材料的热膨胀产生的内部压力或由于液化器52的内部或内部区域而影响液化器52的任何其它压力有所不同。

[0107] 图6示出了与液化器组件20和驱动机构46一起使用的控制器组件38的示例性结构。控制器组件38可以包括任何合适的基于计算机的硬件,诸如用户接口94、存储器控制器

96、处理器98、存储介质100、输入/输出(I/O)控制器102以及通信适配器104。控制器组件38还可以包括常规计算机、服务器、媒体设备、信号处理设备和/或打印机控制器中所包含的各种附加部件。

[0108] 用户接口94是配置成操作控制器组件38的用户操作接口(例如,键盘、触摸板、触摸屏显示器、显示监视器以及其它眼睛、语音、移动或手动控制装置)。存储器控制器96是一种使控制器组件38的部件与存储介质100的一个或多个易失性随机存取存储器(RAM)模块相互作用的电路组件。处理器98是一个或多个计算机处理单元,其配置成任选地利用存储器控制器96且优选地利用相关处理电路(例如,可编程门阵列、数字和模拟组件等)来操作控制器组件38。例如,处理器98可以包括一个或多个基于微处理器和/或基于微控制器的单元,一个或多个中央处理单元和/或一个或多个前端处理单元。

[0109] 存储介质100是用于控制器组件38的一个或多个内部和/或外部数据存储设备或计算机存储介质,诸如易失性RAM模块、只读存储器模块、光学介质、磁介质(例如硬盘驱动器)、固态介质(例如闪存存储器和固态驱动器)、模拟介质等。存储介质100可以留存处理程序106的可执行副本,并且可以留存待利用系统10打印的一个或多个数字模型(诸如数字模型108)。控制器组件38可以通过通信线路42接收数字模型108,其中数字模型108可以具有任何合适的文件格式,诸如STL文件格式、AMF文件格式等。

[0110] 处理程序106是一个或多个预处理和/或后处理程序,用于任选地定向数字模型108,将定向的数字模型108切片成层,生成支撑结构,生成用于利用系统10打印每个切片层的工具路径指令等。I/O控制器102是一种使存储器控制器96、处理器98和存储介质100与控制器组件38的各种输入和输出部件(包括用户接口94和通信适配器104)相互作用的电路组件。通信适配器104是配置成通过通信线路40和42进行通信的一个或多个有线或无线发射器/接收器适配器。

[0111] 利用以下中的一个或多个来执行从控制器组件38到系统10和打印头18的部件(诸如驱动机构46、加热组件54和致动器机构62)的命令:如本领域技术人员所知道的,用户接口94、存储器控制器96、处理器98、存储介质100、输入/输出(I/O)控制器102、通信适配器104、处理程序106和/或其它合适的硬件和软件实现。

[0112] 控制器组件38可以以各种方式利用液化器52的可压缩性质,以改变来自液化器组件20的挤出物流速。例如,控制器组件38可以命令致动器机构62以补充中继到驱动机构46(或任何其它驱动机构)的命令的受控方式压缩液化器52并使其膨胀,以改变细丝48到液化器52的供给速率。

[0113] 在一个实施例中,控制器组件38对如下两者进行比较:(i)用于获得具有预期尺寸的挤出道路的所需喷嘴56的挤出物流速,和(ii)实际上可利用提供给驱动机构46的命令获得的喷嘴56的挤出物流速。来自喷嘴56的实际挤出物流速可以以多种方式获得,诸如利用低通过滤器(例如,单极贝塞尔过滤器)和/或预先建模的挤出物流数据的编译表,诸如从速度测量传感器获得(如美国专利申请第13/840,538号(Batchelder)中所公开的)。然后,控制器组件38可以命令压电致动器80延伸或收缩而减小或消除这些流速差。

[0114] 例如,控制器组件38可以将沿着工具路径的挤出物体积流速作为时变流速信号 $Q(t)$ 处理,流速信号 $Q(t)$ 具有命令驱动机构46的低通分量 $Q_{lp}(t)$ 和命令压电致动器80的高通分量 $Q_{hp}(t)$,如等式1所示:

[0115] $Q_{hp}(t) = Q(t) - Q_{lp}(t)$ (等式 1) 等式 1 的表达式也可以用时变体积 $V(t)$ 和 $V_{lp}(t)$ (它们是信号 $Q(t)$ 和 $Q_{lp}(t)$ 的积分) 表示, 如等式 2 所示:

$$[0116] \quad Q_{hp}(t) = \frac{d}{dt}(V(t) - V_{lp}(t)) \quad (\text{等式 2})$$

[0117] 采用等式 2 的模型具有如下益处: 高通信号 $Q_{hp}(t)$ 的积分在相比于低通信号 $Q_{lp}(t)$ 的反相比较长的时间段上为零, 并且不需要校正来维持压电致动器 80 的基线收缩设置。

[0118] 控制器组件 38 可以将这些时变信号 $Q(t)$ 、 $Q_{lp}(t)$ 、 $Q_{hp}(t)$ 、 $V(t)$ 、 $V_{lp}(t)$ 和/或 $V_{hp}(t)$ 中的一个或多个作为一个或多个数据文件 (例如, 数据文件 110、112 和 114) 存储在存储介质 100 上, 并且可以使用这些数据文件 110、112 和/或 114 与处理程序 106 生成用于利用系统 10 打印每个切片层的工具路径指令。

[0119] 以这种交叉方式组合使用低通和高通信号特别适用于诸如拐弯、道路起动和道路停止的工具路径轨迹。例如, 如图 7A 所示, 当以给定挤出物流速 (例如区域 116 处) 接近工具路径拐角时, 优选地降低挤出物流速 (区域 118), 以在打印头 18 接近拐角并在拐角处转动时与降低的打印头 18 速度一致。然后优选地再次增大挤出物流速 (区域 120), 以在离开工具路径拐角时与增大的打印头 18 速度一致, 然后在打印头 18 沿着工具继续操作时保持在原始流速 (区域 122) 路径。

[0120] 图 7B 示出了基于利用驱动机构 46 (例如, 基于低通过滤器和/或预建模的挤出物流数据) 可获得的时间响应的驱动机构 46 的流速分量。可以看出, 在稳态挤出物流动 (例如区域 124 处) 期间, 信号 $Q_{lp}(t)$ 与区域 116 处的信号 $Q(t)$ 基本上相同。然而, 当控制器组件 38 试图利用驱动机构 46 降低挤出物流速 (区域 126) 时, 则驱动机构 46 和细丝 48 的粘性泵动作不能与区域 118 处的信号 $Q(t)$ 的期望流速分布相匹配。

[0121] 类似地, 当控制器组件 38 试图在经过拐角之后再次增大挤出物流速 (区域 128) 时, 则粘性泵动作不能与区域 120 处的信号 $Q(t)$ 的期望流速加速度相匹配。相反, 信号 $Q_{lp}(t)$ 需要更长的时间才能达到原始流速 (区域 130)。

[0122] 因此, 控制器组件 38 可以利用图 7C 所示的信号 $Q_{hp}(t)$ 补充每个时间间隔处信号 $Q_{lp}(t)$ (图 7B 所示) 和信号 $Q(t)$ (图 7A 所示) 之间的差。这些信号 $Q_{hp}(t)$ 可以通过通信线路 40 中继到压电致动器 80 (例如, 作为施加的电压)。

[0123] 如图 7C 所示, 信号 $Q_{hp}(t)$ 最初被调到压电致动器 80 的基线收缩设置的零位 (区域 132)。因此, 在稳态挤出物流动 (例如区域 124 处) 期间, 液化器 52 的压缩状态保持恒定。然而, 在接近拐角时, 中继的信号 $Q_{hp}(t)$ 增大 (区域 134), 以补偿信号 $Q(t)$ 和 $Q_{lp}(t)$ 之间的差。虽然最初看似违反直观, 但这使得从喷嘴 56 得到的挤出物流速更加接近地匹配由信号 $Q(t)$ 指示的期望流速。

[0124] 区域 134 处增大的信号 $Q_{hp}(t)$ 致使压电致动器 80 收缩 (由箭头 84 示出, 如上图 4 中所示)。如上所述, 这在偏压弹簧 78 的偏压下 (由箭头 83 示出, 在上图 4 中所示) 将凸缘 70a 和 70b 快速地压靠在一起。这相应地以受控的方式压缩液化器 52 (由箭头 86 示出, 如上图 4 中所示), 以便增加喷嘴 56 的挤出物流。

[0125] 然而, 当信号 $Q(t)$ 在区域 118 处减小时, 则中继到压电致动器 80 的信号 $Q_{hp}(t)$ 减小 (区域 136), 从而继续弥补信号 $Q(t)$ 和 $Q_{lp}(t)$ 之间的差。区域 136 处减小的信号 $Q_{hp}(t)$ 致使压电致动器 80 延伸 (由箭头 88 示出, 如上图 5 中所示)。如上所述, 这克服偏压弹簧 78 的偏压而

将凸缘70a和70b压开。这相应地以受控的方式使液化器52横向膨胀(由箭头92示出,如上图5中所示),以便减少喷嘴56的挤出物流。

[0126] 当信号 $Q(t)$ 在经过拐角之后在区域120处增大时,则中继到压电致动器80的信号 $Q_{hp}(t)$ 增大(区域138),以继续弥补信号 $Q(t)$ 和 $Q_{lp}(t)$ 之间的差。区域138处增大的信号 $Q_{hp}(t)$ 再次致使压电致动器80收缩而压缩液化器52(由箭头86示出,如上图4中所示),以便以受控的方式增加喷嘴56的挤出物流。

[0127] 当信号 $Q(t)$ 在区域122处增大至原始流速时,则中继到压电致动器80的信号 $Q_{hp}(t)$ 减小(区域140),以继续弥补信号 $Q(t)$ 和 $Q_{lp}(t)$ 之间的差。区域140处减小的信号 $Q_{hp}(t)$ 致使压电致动器80延伸,这使得液化器52横向膨胀(由箭头92示出,如上图5中所示),以便以受控的方式减少喷嘴56的挤出物流。

[0128] 中继的信号 $Q_{hp}(t)$ 可以以与信号 $Q_{lp}(t)$ 达到区域130处的原始流速所用的速率相匹配的受控速率继续减小至基线收缩设置。然后,中继到压电致动器80的信号 $Q_{hp}(t)$ 可以保持在基线收缩设置(区域142),直到下一个非稳态条件发生。通过图7A-7C的比较可以理解,利用液化器52的压缩和膨胀可以增加在经过拐角或其它非稳态条件时的挤出物流速的精度。增加的精度因此允许打印头18在沿着各种不同的工具路径轨迹移动时产生体积准确且一致的道路。

[0129] 类似的分布也可以用于道路起动和道路停止条件。例如,在道路起动期间,控制器组件38可以操作驱动机构46开始从喷嘴56挤出熔融材料的粘性泵动作。然而,如上对于区域120和128(分别示出在图7A和7B中)所描述的,较慢响应的粘性泵动作不能与信号 $Q(t)$ 的期望流速加速度相匹配。相反,信号 $Q_{lp}(t)$ 花费更长的时间才能达到期望流速。

[0130] 因此,控制器组件38还可以命令压电致动器80收缩而压缩液化器52(由箭头86示出,如上图4中所示),从而以受控的方式增大喷嘴56的挤出物流,使得喷嘴56的挤出物流速更加匹配期望流速。当信号 $Q_{lp}(t)$ 最终赶上信号 $Q(t)$ 时,控制器组件38可以命令压电致动器80开始延伸,而以逐步和受控的方式释放对液化器52的压缩,直到再次达到基线收缩设置。通过释放对液化器52的压缩而导致的减小的挤出物流速可以通过信号 $Q_{lp}(t)$ 的逐渐增加来补偿,以将实际挤出物流速保持在期望流速。

[0131] 类似地,当接近或到达道路末端时,控制器组件38可以停止操作驱动机构46而停止从喷嘴56挤出熔融材料。然而,较慢响应的粘性泵动作不能与信号 $Q(t)$ 的期望流率减速度相匹配。相反,信号 $Q_{lp}(t)$ 需要更长的时间才能达到零流量。

[0132] 为了补偿这一点,控制器组件38还可以命令压电致动器80延伸而允许液化器52横向膨胀(由箭头92示出,如上图5中所示),以快速地抽回挤出物并且中止喷嘴56的挤出物流。在到达道路末端之后,控制器组件38可以命令压电致动器80开始收缩而以逐步和受控的方式压缩液化器52,直到再次达到基线收缩设置。然后,液化器组件20准备好沿着下一个工具路径开始打印。

[0133] 采用等式1和2的模型也可以引起驱动机构46的预泵运动、回滚运动和/或超速驱动。例如,在驱动机构46在道路起动处的预泵运动期间,控制器组件38可以以类似于区域138和140(图7C所示)的方式使液化器52膨胀和压缩,使得信号 $Q_{hp}(t)$ 补偿信号 $Q_{lp}(t)$ 和 $Q(t)$ 之间的正差和负差。因此,控制器组件38可以结合各种预测性流动控制模型来操作液化器组件20。

[0134] 另外,虽然以上参照等式1和2关于补偿信号 $Q(t)$ 和 $Q_{1p}(t)$ 之间的差进行了论述,但是控制器组件38可以使用各种不同的流量控制模型来操作致动器机构62以实现期望的流量分布,其中致动器机构62的操作使液化器52横向压缩和膨胀从而以快速响应时间改变挤出物流速。例如,在一些实施例中,控制器组件38可以仅依靠液化器52的横向压缩和/或膨胀来改变挤出物流速。在这些实施例中,控制器组件38可以将信号 $Q_{1p}(t)$ 保持到驱动机构46恒定(或为零),并且仅通过液化器52(例如,利用致动器机构62)的压缩和膨胀来调节挤出物流。

[0135] 当打印头18在工具路径拐角周围移动时,可以发生该操作的如下示例。当接近拐角时,控制器组件38可以命令致动器机构62释放对液化器52的压缩(离开基线状态)以降低挤出物流速。在经过拐角之后,然后控制器组件38可以命令致动器机构62压缩液化器52(回到基线状态),以将挤出物流速提高回原始流速。在围绕拐角的整个操作期间,到驱动机构46的信号 $Q_{1p}(t)$ 可保持恒定,使得粘性泵动作犹如在稳态条件下运行。

[0136] 另外,根据特定的工具路径分布,控制器组件38可以在驱动机构46和致动器机构62的操作之间进行切换。例如,当需要缓慢且逐步的流速加速度或减速度时,控制器组件38可以仅仅依赖于驱动机构46的流速变化,并且使施加给液化器52的横向压力保持恒定。

[0137] 在本公开的另一个方面,控制器组件38可以以高频调制压电致动器80,以将熔融材料沉积为接触微滴而不是涌出物。用于调制压电致动器80的示例性频率范围为约500赫兹至约10千赫兹,在一些实施例中,所述频率范围为约1千赫兹至约5千赫兹。在不受理论束缚的情况下,认为压电致动器80的高频振荡可以对液化器52内的熔融材料产生剪切稀化效应。这种剪切稀化效应可以将熔融材料的粘度从其低剪切水平(例如,对于ABS为约3000泊)降低至多达100倍(例如,对于ABS为约30泊)。这被认为是以按需喷墨(drop-on-demand)方式产生接触微滴。

[0138] 用于液化器组件20的消耗材料由于其较高的粘度而通常不适用于高频的按需喷墨沉积。用于液化器组件20的合适的消耗材料(例如,作为细丝48)示例包括热塑性材料(诸如丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)共聚物、聚碳酸酯、聚砜、聚醚砜、聚苯砜、聚醚酰亚胺、聚酰胺、聚苯乙烯)、可溶性支撑材料、可断裂支撑材料以及它们的共混物。消耗材料还可以任选地包括一种或多种附加的添加剂,诸如增塑剂、流变改性剂、惰性填料、着色剂、稳定剂以及它们的组合。这些消耗材料在液化器组件20中的熔体粘度优选地在非剪切状态下大于2000泊,而在经受剪切稀化时降低至50倍或更多,在一些实施方案中降低至90倍或更多。

[0139] 在该实施例中,喷嘴56的底部尖端优选地沿着z轴定位在积聚挤出物的下垫面附近,诸如压板30的顶部表面或者3D部件12或支撑结构14的顶层。因此,形成的接触微滴具有很短的下落距离或无下落距离(即,同时微滴与喷嘴56的底部尖端和所述表面保持接触)。

[0140] 尽管以上通过图2-6所示的配置描述了液化器组件20和致动器机构62,但是液化器组件20和致动器机构62可选地具有各种不同的配置。例如,图8示出了替代液化器组件20,其包括沿着液化器52的侧向端52b延伸(而不是沿着面52a设置)的加热器组件54。在该实施例中,加热器组件54可以沿着侧向端52b轴向延伸,而部分沿着液化器52的长度向下延伸到出口端66和/或喷嘴56。加热器组件54优选地不向上延伸到入口端64,以防止细丝48在入口端64熔融,否则可能导致不期望的压曲或蕈状扩展效应。

[0141] 液化器52的带状结构的优点之一是面52a的大大的可加热表面积以及它们之间相对

小的厚度,这减少了热通过细丝48传递所需的时间。因此,如上图2-6所示的将热传导至面52a的加热器组件54可以减少由于细丝48的热熔融引起的时间响应延迟。

[0142] 然而,加热器组件54可选地(或另外地)放置成与液化器52的侧向端52b相接触,如图8所示。该实施例有益于防止液化器52的压缩和膨胀损坏加热器组件54,从而防止干扰液化器52和加热器组件54之间的配合接触。这也允许蛤壳式框架60机械地包围液化器52,从而增加蛤壳式框架60的强度并减小其所需质量。在这种情况下,每个加热器组件54可以包括钎焊连接(例如,钎焊到侧向端52b的铜导线),并且可以接收合适的电流(例如,约35安培)来产生热量。

[0143] 图9示出了致动器机构62的替代配置,其中可以省略张紧螺栓76和偏压弹簧78,并且替换为在反向夹紧布置中接合压电致动器80的夹持臂144a和144b。如图所示,夹持臂144a固定至凸缘70a或与凸缘70a一体形成,夹持臂144b固定至凸缘70b或与凸缘70b一体形成并且在夹持臂144a下方通过。夹持臂144a和144b中的每一个优选地是有效地用作凸缘70和70b的延伸部的刚性构件(例如,钢或铝)。

[0144] 在该实施例中,由于夹持臂144a和144b的反向夹紧布置,控制器组件38以与上述相反的方式操作压电致动器80。具体而言,当控制器组件38命令压电致动器80延伸(如箭头146所示)时,夹持臂144a和144b被压开(如箭头148所示)。这相应地由于反向夹紧布置而将凸缘70a和70b拉到一起(如箭头150所示),由此横向压缩液化器52(如箭头152所示)。

[0145] 相反,当控制器组件38命令压电致动器80收缩时,夹持臂144a和144b被拉到一起而将凸缘70a和70b压开。这相应地释放施加给液化器52的横向压力。因此,由于反向夹紧布置,控制器组件38实际上反转了中继到压电致动器80的纵向收缩和膨胀信号。这示出了致动器机构62的多种可选配置中的一种,这些配置允许压电致动器80压缩和释放液化器52。

[0146] 图2-6、8和9所示的实施例示出了用于将压电致动器80与液化器52和加热器组件54热隔离的设计的示例。压电致动器通常对高温敏感。因此,压电致动器80优选地与液化器52和加热器组件54热隔离,诸如利用一个或多个绝缘间隔件、气隙、散热片等。可替代地,压电致动器80可以替换为任何合适的致动器,诸如能够在高频(例如,压力变化小于一毫秒)下使液化器52压缩和膨胀的致动器。例如,压电致动器80可以替换为液压致动器,这样则从液化器52和加热器组件54的加热区域移除热敏压电致动器。任选地,液压致动器可以由一个或多个压电叠堆驱动。

[0147] 图10示出了一个实施例,其中液化器52和喷嘴56是可更换的消耗组件16的子部件,并且液化器组件20和打印头18的其余部件是系统10的子部件。在这种情况下,液化器52可以插入到加热器组件54之间的通道74中(如箭头154所示),然后可以紧固张紧螺栓62而将液化器52牢固地保持在适当的位置。

[0148] 然后,控制器组件38可以利用压电致动器80执行校正例程,以确保液化器52不会由于张紧螺栓62的紧固而被不适当地压缩。当需要更换液化器52(例如,更换为新的消耗组件16)时,可以松开张紧螺栓62,可以移除液化器52,并且可以采用与上述相同的方式插入新的液化器52。

[0149] 如图11所示,致动器机构62还可以包含沿着纵向长度68彼此偏移的多个致动器,诸如多个压电致动器80。在该实施例中,如果需要,控制器组件38可以统一命令压电致动器80一起收缩和延伸,以沿着纵向长度68进行压缩和膨胀。压缩和膨胀可以沿着纵向长度68

以统一的方式进行。可替代地(或另外地),如果需要,可以沿着纵向长度68以径向对称的方式执行压缩和膨胀以产生蠕动波。因此,液化器组件20可以包含具有一个或多个致动器的致动器组件,以基于控制器组件38的命令信号使液化器52压缩和膨胀。

[0150] 如图12所示,液化器组件20还可以包括配置成测量液化器组件20的压缩和膨胀的一个或多个传感器。例如,液化器组件20可以包括一个或多个应变仪传感器156,应变仪传感器156固定至基部72(或固定在液化器组件20的任何其它合适位置)并且沿着纵轴68彼此偏移。这允许测量基部72的压缩和膨胀(由于凸缘70a和70b的挠曲所致),并且通过通信线路40将基部72的压缩和膨胀传送到控制器组件38。传感器156可以用于多种目的,诸如打印操作(例如,用于到控制器组件38的反馈回路)期间的实时压力测量,和/或用于以施加给液化器52的压缩水平来校正压电致动器80的目的。

[0151] 可替代地,如图13所示,液化器组件20可以连接至电容传感器158,电容传感器158可以连接至控制器组件38或任何其它合适的基于计算机的系统。电容传感器158配置成(诸如)利用一个或多个电线160在间隔件58之间产生穿过通道74的电场,用于测量所产生电场的电容。具体而言,电容传感器158配置成测量在液化器52被横向压缩和释放时所产生电场的变化。这种布置允许准确地测量精确的时间相关压缩距离,从而为压电致动器80产生的涌出和缩回提供实时反馈。

[0152] 这还可以用于各种目的,诸如用来描述消耗材料的特性,用于打印操作(例如,用于到控制器组件38的反馈回路)期间的读取时间反馈控制,和/或用于以施加给液化器52的压缩水平校正压电致动器80的目的。在一些实施例中,控制器组件38也可以使用压电致动器80和电容传感器158的组合来测量液化器52的压缩性。在这种情况下,如果细丝48是湿的并且在液化器52中熔融时释放蒸汽,则形成的气囊相比熔融材料将具有更高的压缩性。因此,当这种情况发生时,液化器52的横向压缩将超出电容传感器158的预期,这可以指示错误状况。然后控制器组件38可以停止系统10的操作,给出错误状况的警告指示,和/或执行清除操作。

[0153] 图14示出了液化器组件20的另一个替代实施例。在该实施例中,蛤壳式框架60的基部72被分成基部子部分72a和72b,基部子部分72a和72b中的每一个通过一个或多个铰链机构162可操作地连接。铰链机构162可枢转地将基部子部分72a和72b连接,并且允许凸缘70a和70b折曲,而没有损坏基部72的风险并具有较小的横向偏压电阻。这减小了压电致动器80使液化器72压缩和膨胀所需的推拉压力。根据需要,具有铰链机构162(或任何其它合适的铰链机构)的这种铰链连接布置可以结合到本文所述的任何实施例中。

[0154] 如图15所示,蛤壳式框架60还可以延伸到基部72的相对侧,以利用凸缘164a和164b来保持致动器机构62。该实施例有利于进一步将压电致动器80与液化器52和加热器组件54热隔离。在操作期间,控制器组件38以与以上对于图2-6所示示例所述的方式相反的方式操作压电致动器80。具体而言,当控制器组件38命令压电致动器80延伸(如箭头166所示)时,则凸缘164a和164b被压开(如箭头168所示)。这相应地使基部子部分72a和72b(或基部72)围绕铰链机构162枢转,以在液化器52处将凸缘70a和70b的相对端拉到一起(如箭头170所示),由此横向压缩液化器52(如箭头172所示)。

[0155] 相反,当控制器组件38命令压电致动器80收缩时,则凸缘164a和164b被拉到一起而将凸缘70a和70b拉开。这相应地释放了施加给液化器52的横向压缩。因此,与图2-6所示

的示例相比,控制器组件38以与以上对于图9所示反向夹紧布置所述的方式相同的方式有效地使中继到压电致动器80的纵向收缩和延伸信号反转。

[0156] 图16示出了包括设置在间隔件58与凸缘70a和70b之间的两个(或更多个)相对的压电致动器80的实施例。在该实施例中,凸缘70a和70b优选地由于对液化器52直接施加横向压力而不折曲。因此,可以任选地省略张紧螺栓76和偏压弹簧78,并且蛤壳式框架60可以替换为具有相对底端72的封闭矩形框架60。

[0157] 由于压电致动器80与液化器52非常接近,因此间隔件58优选地将压电致动器80与液化器52(和加热器组件54)热隔离,以防止压电致动器80暴露于过热。在一些方面,间隔件58和/或框架60可以连接至一个或多个散热片,以便从液化器52吸走热量,从而减少传递到压电致动器80的热量。

[0158] 在操作期间,控制器组件38可以以同步的方式命令压电致动器80,使得两个压电致动器80延伸以对液化器52施加压缩压力(用于产生熔融材料的涌出),或者使得两个压电致动器80收缩以从液化器52释放施加横向的压力(用于产生熔融材料的缩回)。

[0159] 控制器组件38也可以以各种不同的方式命令压电致动器80,(诸如)用于提供喷嘴56沿着x轴的高精度运动。在这种情况下,控制器组件38可以命令压电致动器80中的一个延伸,并且命令另一个压电致动器80收缩。这使得液化器52和喷嘴56相对于框架60沿着x轴移动。这可以补充喷嘴56的任何精细-粗略定位。

[0160] 图17示出了类似于图16所示的优选实施例,其中封闭的矩形框架60替换为封闭的圆柱形框架60。圆柱形框架60是具有圆形或椭圆形横截面的刚性构件,使得相对的凸缘70a和70b以及相对的底端72彼此合并。因此,凸缘70a和70b可以以类似于图16所示实施例的方式发挥作用,并且由于对液化器52直接施加横向压力而优选地不折曲。本实施例中的框架60是有益的,这是因为与图1所示的矩形实施例相比,其圆柱形几何形状进一步地抵抗向内和向外折曲。这使得横向施加的压力几乎完全被引导至液化器52。

[0161] 如图中进一步所示,液化器52、间隔件58和压电致动器80可以利用附加的间隔件174而固定在圆柱形框架60内。间隔物174优选地是相对不可压缩的刚性部件(例如,不锈钢、铝或高强度塑料)。在一些方面,间隔件58、间隔件174和/或框架60可以连接至一个或多个散热片,以从液化器52吸走热量,从而减少传递到压电致动器80的热量。

[0162] 控制器组件38可以以与图16所示的实施例相同的方式来操作图17中所示的液化器组件20,(诸如)用于压缩和释放液化器52。此外,圆柱形框架60的圆柱形几何形状便于牢固地保持液化器52和压电致动器80,并且便于提供使液化器组件20的整体尺寸减小的紧凑设计。

[0163] 图18示出了替代液化器级176,其包括至少部分地被加热器组件190包围的圆柱形液化器184,并且与圆柱形细丝48一起使用。本实施例中的圆柱形液化器184可以具有用于熔融圆柱形细丝48以及用于将加压的熔融材料推向导管178的任何合适的尺寸(如上所述)。

[0164] 在该实施例中,圆柱形液化器184的合适长度的示例包括至少约1.5英寸,更优选为约1.5英寸至约5英寸,甚至更优选为约50毫米(约2英寸)至76毫米(约3.0英寸)。圆柱形液化器184的合适的中空内径的示例范围为约1.5毫米(约60密耳)至约2.5毫米(约100密耳),并且在一些实施例中为约2毫米(约80密耳)至约2.4毫米(约95密耳)。在其它实施例

中,中空内径范围为约1.5毫米(60密耳)至约2毫米(约80密耳)。圆柱形液化器184的合适壁厚范围为约0.25毫米(约10密耳)至约0.76毫米(约30密耳),更优选为约0.38毫米(约15密耳)至约0.5毫米(约20密耳)。

[0165] 从上述描述中还可以理解,驱动机构46和致动器机构62的协同操作允许控制器组件38在沿着具有非稳态条件(诸如道路起动和停止、拐角以及挤出物流速可以变化的其它条件)的各种不同工具路径轨迹移动时以精确且一致的体积打印熔融部件和支撑材料的道路。

[0166] 因此,这可以相应地提高所打印的3D部件和支撑结构(例如,3D部件12和支撑结构14)的分辨率和精度。此外,对于许多工具路径轨迹,由于时间响应延迟减少,控制器组件38可以基本上保持打印头18的速度。这提供的优点是以每层为基础减少了打印时间,这样可以大大减少打印大型3D部件和支撑结构所用的生产时间。

[0167] 另外,在任一上述实施例中,液化器52还可以接收沿着液化器52施加的可产生电阻加热的电流(例如,经由线路40)。控制器组件38还可以根据施加电流(例如,经由线路40)的电阻来实时地测量和监控液化器52的温度。这有效地提供了自加热和/或自传感液化器,这对于液化器52的横向可压缩性质是特别有利的,因为它可以任选地不需要位于面52a处的加热器组件54并且还可以降低部件成本。此外,该设计还可以减小移动质量,这可以降低台架成本并增加灵活性,并且还可以降低热质量,这可以减少漏液(drool)、提高温度精度并实现熔体流动的热膨胀控制。

[0168] 例如,如图18所示,液化器组件20还可以包括顶部电极208,顶部电极208被夹持或以其它方式保持在液化器52的入口端64处,并且可以用作电触头和机械接地。液化器组件20还包括电线210,电线210可以固定(例如钎焊)至液化器52和/或喷嘴56的出口端66并用作尖端电极。电线210的相对端可以终止于连接器,该连接器可以连接至任何合适的电触头以接收电流(例如,经由线路40)。

[0169] 电极208和电线210还可以连接至一个或多个电流传感器(例如,一个或多个霍尔传感器211),所述电流传感器可以是控制器组件36的子部件和/或与控制器组件36分离。电流或霍尔传感器211可以测量并监控施加电流的电阻,从而有效地用作液化器52的温度传感器。这允许控制器组件36调整所施加的电流,以便使用一个或多个过程控制回路来维持沿着液化器52的期望热分布。

[0170] 电极208和电线194可以通过焊接、钎焊、分子键合、夹持(例如,用碳或银接口)等以电力和机械的方式接触液化器52。在这些实施例中,液化器52可以可选地由除了不锈钢之外的一种或多种其它材料制成,诸如合金(例如镍、钨、镍铬合金、块状金属玻璃等)、半导体(例如硅)、正和/或负温度系数陶瓷(钛酸钡)等。

[0171] 另外,如上所述,本公开的这种自加热特征也可以与任何合适的液化器(圆柱形和/或非圆柱形)一起使用,诸如图19和20所示的液化器。在这些实施例中,液化器组件20不一定包括任何致动器机构(例如致动器机构62),并且可以作为液化器组件改装成现有的增材制造系统。

[0172] 在这种情况下,可受益于该自加热(和/或自感)特征的合适的液化器的示例包括以下文献中所公开的:美国专利第7,897,074、8,221,669、8,236,227和8,439,665号(Batchelder等人);美国专利第6,004,124、8,647,098和8,647,102号(Swanson等人);美国

公开第2013/0241102号 (Rodgers等人);美国公开第2014/0048969号 (Swanson等人);以及美国公开第2014/0159284号 (Leavitt),这些中的每一个的公开内容通过引用并入本文,在此意义上,它们与本公开并不冲突。因此,本实施例中的液化器52可以具有中空圆柱形几何形状、中空带状几何形状或任何其它合适的中空几何形状。

[0173] 如图19所示,在该示例中,液化器组件20还可以包括顶部电极208,顶部电极208被夹持或以其它方式保持在液化器52的入口端64处,并且可以用作电触头和机械接地。液化器组件20还包括电线210,电线可以固定(例如钎焊)至液化器52和/或喷嘴56的出口端66并用作尖端电极。电线194的相对端可以终止于电连接器,电连接器可以连接至任何合适的电触头以接收电流(例如,经由线路40)。

[0174] 在图18和图19所示的配置中,控制器组件36可以通过电线210施加电流,诸如施加的具有“接通”和“断开”状态的直流电。当接通时,所施加电压除以电流消耗则给出电路的电阻,电阻随着液化器52温度的升高而升高。可以任选地在室温启动时测量电路的非控制电阻(主要是触头)。此后,电阻/温度系数的变化可以(诸如)利用霍尔传感器211来提供温升(和/或可以任选地使用查找表)。

[0175] 由于在该实施例中使用了单个电线210(即,单个加热区设计),因此所测量的温度是液化器52的平均温度。在稳态流动期间,沿着液化器52的最高温度的位置通常会位于距喷嘴56(沿着液化器52)的三分之一距离处。这是因为在使用期间,喷嘴56被3D部件22和空气冷却,并且入口端64可以通过进入的入口空气和细丝48的熔融来冷却。

[0176] 如果需要在高的操作温度下具有长寿命,则电流驱动器优选地改变符号,使得施加给液化器52的平均电流为零。这优选地执行为使缺陷电迁移最小化,并且可以用H桥、变压器耦合或其它驱动技术来实现。

[0177] 图20示出了图18和图19所示的替代实施例,其可以包括带有多个电线210的多区自加热,电线210在任何合适的位置处连接至液化器52。在该实施例中,液化器组件20可以包括2至10个电线210(对于多达10个加热区),2至8个电线210(对于多达8个加热区),2至6个电线210(对于多达6个加热区),2至4个电线210(对于多达4个加热区),2至3个电线210(对于多达3个加热区)和/或2个电线210(对于2个加热区)。

[0178] 如图21所示,在一些实施例中,电线210可以替换为外管210,外管210可以围绕液化器52延伸(诸如围绕液化器52同轴地延伸),其中术语“同轴地”不旨在限于圆柱形液化器实施例,并且可以包括带状和/或其它非圆柱形液化器52。外管210(可以由一种或多种导电材料制成)的使用有利于将电连接约束在远离喷嘴56的位置。在这种情况下,液化器52的出口端66和外管210可以(诸如)利用一个或多个钎焊连接212连接至喷嘴56。

[0179] 这通过外管210、钎焊连接212和液化器52形成电路。外管210和液化器52可以由一个或多个电隔离材料隔离,诸如绝缘氧化物和/或空气。因此,电流可以进入(由箭头213a示出)并向下流经外管210(由箭头213b示出),通过钎焊连接212,返回向上流经液化器52(由箭头213c示出),以及从电极208流出(由箭头213d示出)。这具有以下优点:液化器52的有效电阻率可以乘以4,这可以显著降低所需的峰值电流,并且可以显著减少辐射。可替代地,电流可以沿着箭头213a-213d的相反方向经过。在另外的替代方案中,外管210也可以由一个或多个电绝缘层和/或隔热层包围或以其它方式覆盖。

[0180] 实施例

[0181] 在以下实施例中对本公开进行了更具体的描述,这些实施例仅作为说明,本公开范围内的许多修改和变化对于本领域技术人员将是显而易见的。

[0182] I. 实施例1

[0183] 装配根据图2-5所示实施例的液化器组件,以便比较细丝驱动机构的响应时间和对带状液化器横向施加和释放的压力。带状液化器的宽度为6.85毫米(0.27英寸),厚度为0.991毫米(0.039英寸),壁厚为0.076毫米(0.003英寸),加热长度为35.6毫米(1.4英寸)。液化器组件不包括与致动器机构62相对应的致动器机构。相反,蛤壳式框架的一个凸缘固定至刚性安装件以防止液化器组件移动,并且杆被固定至另一个凸缘。

[0184] 在测试期间,使用速度测量传感器(如美国专利申请第13/840,538号(Batchelder)中所公开的)测量挤出物的流速,将速度测量传感器与到细丝驱动机构的信号命令进行比较。图22是挤出物的体积流速相对于时间的曲线图。步阶图214示出了对细丝驱动机构的电动机的信号指令,曲线216示出了响应于输入变化的挤出物的体积流速。

[0185] 可以看出,当细丝驱动机构在阶段218将细丝供给到带状液化器中时,挤出物流速表现出时间响应延迟以达到期望的流速,如在阶段218处斜率增大的流速所示。类似地,当在阶段220命令细丝驱动机构停止将细丝供给到带状液化器中时,挤出物流速表现出时间响应延迟(以指数衰减)以停止挤出,如在阶段220处斜率减小的流速所示。

[0186] 相比之下,如峰222所示,当使用者压缩和释放杆以压缩带状液化器(增大的斜率222a)和释放带状液化器(减小的斜率222b)时,挤出物流速迅速增大为具有非常快的响应时间的短促涌出。如峰224和226所示,进行数次压缩和释放,其中在释放阶段期间也施加负压以引起挤出物的吸回,如在减小的斜率224b和226b处降低的流速所示。

[0187] 在细丝驱动机构被命令停止之后也进行类似的压缩和释放测试,如峰228、230和232所示。由于带状液化器的压缩和膨胀,这些峰228、230和232也表现出非常快的响应时间。由带状液化器(峰222-232)的压缩和膨胀产生的挤出物的这些时间响应明显快于用细丝驱动机构可获得的挤出物的时间响应(阶段218和220)。

[0188] II. 实施例2

[0189] 还进行了确定导向管(例如,对应于导管178)是否能够在所施加的电流下自加热的测试。图30是处于电加热的测试导向管的红外图像。所述导向管是14号304不锈钢管,12英寸长,外径为84密耳,壁厚为10密耳。12号铜线(长度为3英尺)将导向管连接至10安培的电源,这需要大约1.9伏的驱动。使用丙烷炬利用Muggy Weld SSF-6银焊料将铜线钎焊至导向管。如图23所示,通过导向管进栈10安培将导向管在环境空气中的温度升高至约90°C。这说明本公开的导向管、液化器和蓄电池能够在施加的电流下自加热。

[0190] 虽然已经参考优选实施例描述了本公开,但是本领域技术人员将认识到,在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可以在形式和细节上进行改变。申请人在此通过引用将于2014年9月26日提交的序列号为62/056,200的美国临时专利申请(标题为“用于增材制造系统的打印组件及其使用方法(PRINT ASSEMBLY FOR ADDITIVE MANUFACTURING SYSTEM, AND METHODS OF USE THEREOF)”)的全部内容并入本文。

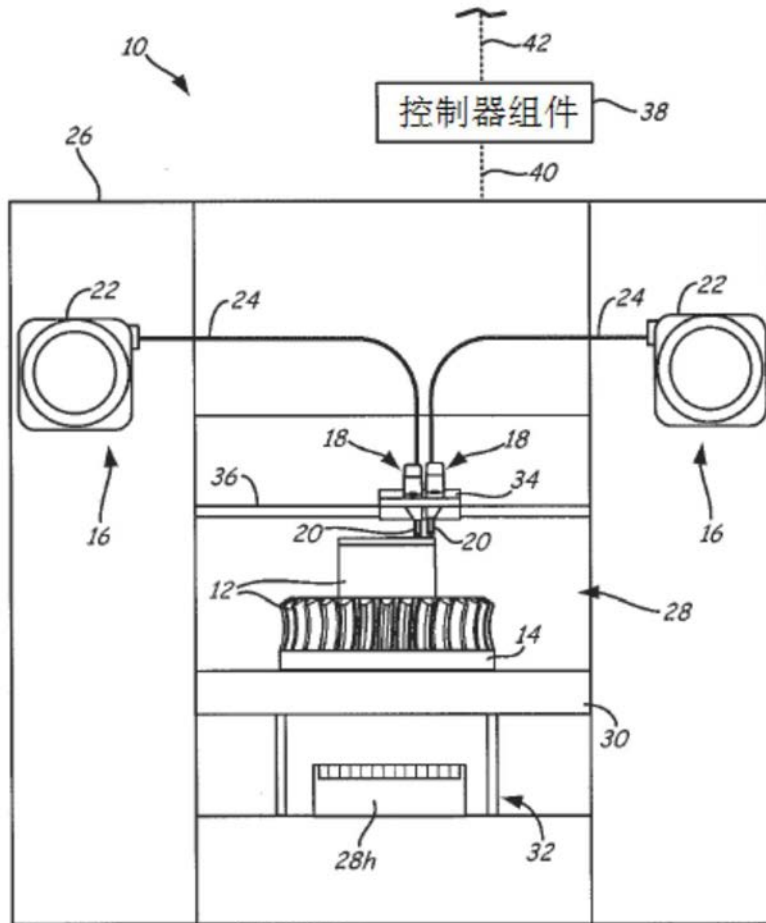


图1

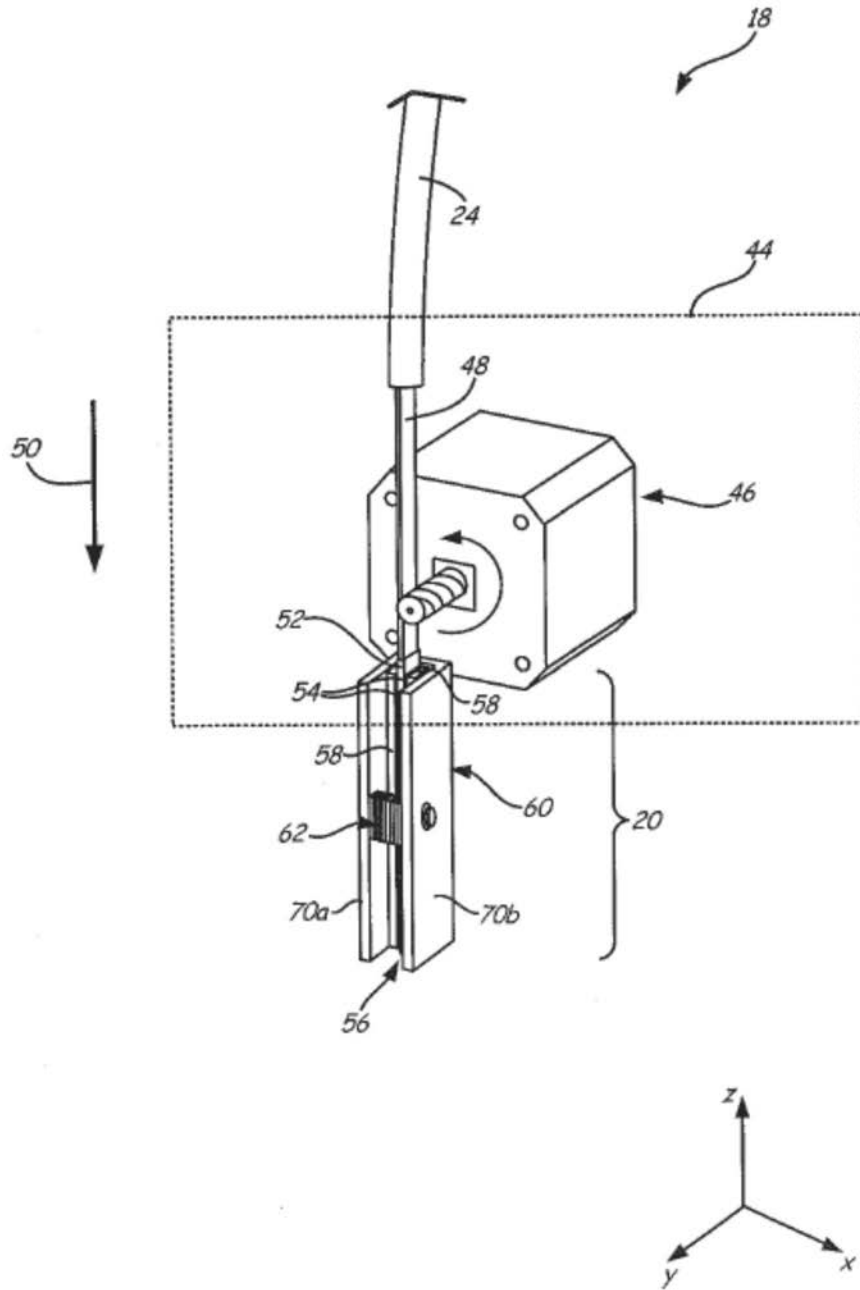


图2

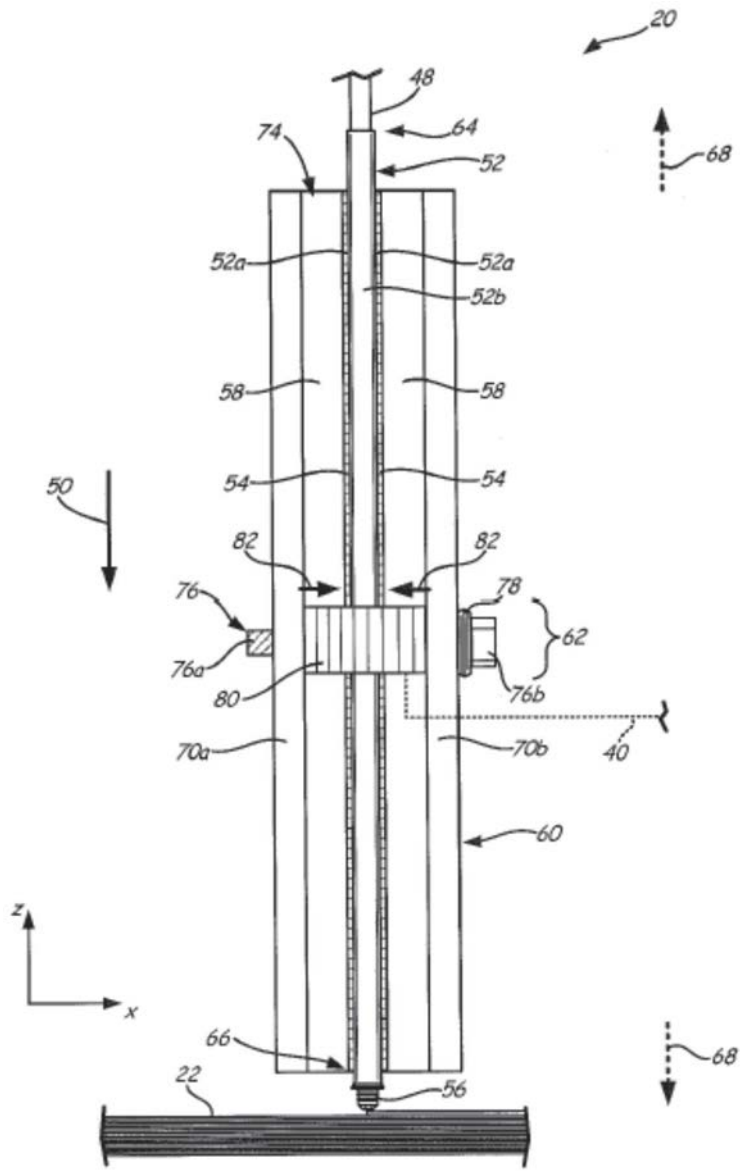


图3

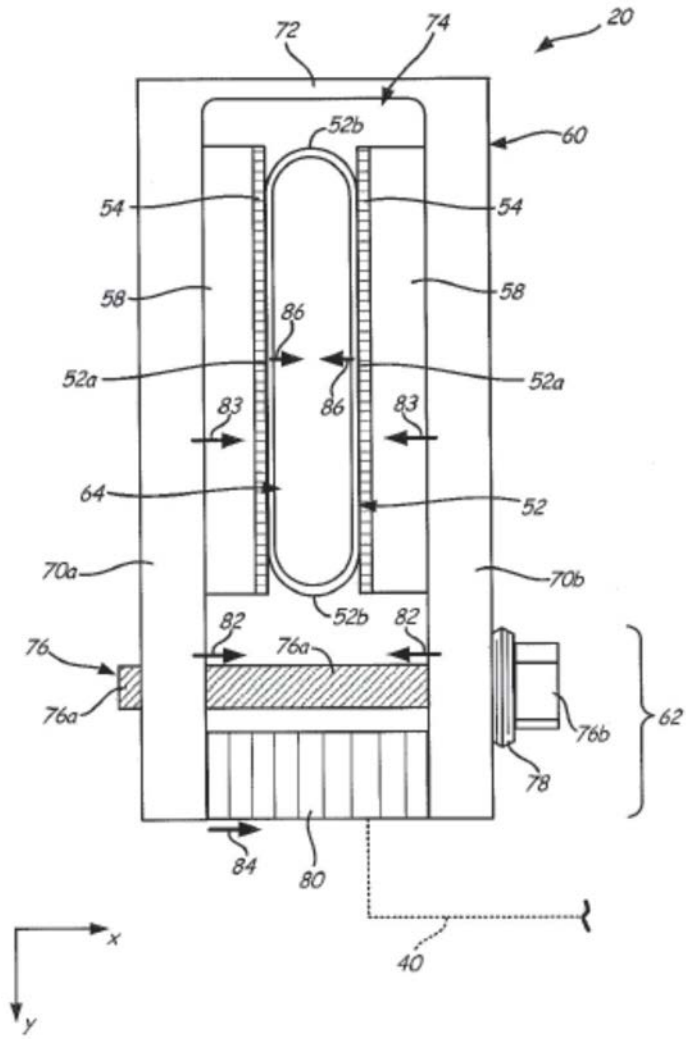


图4

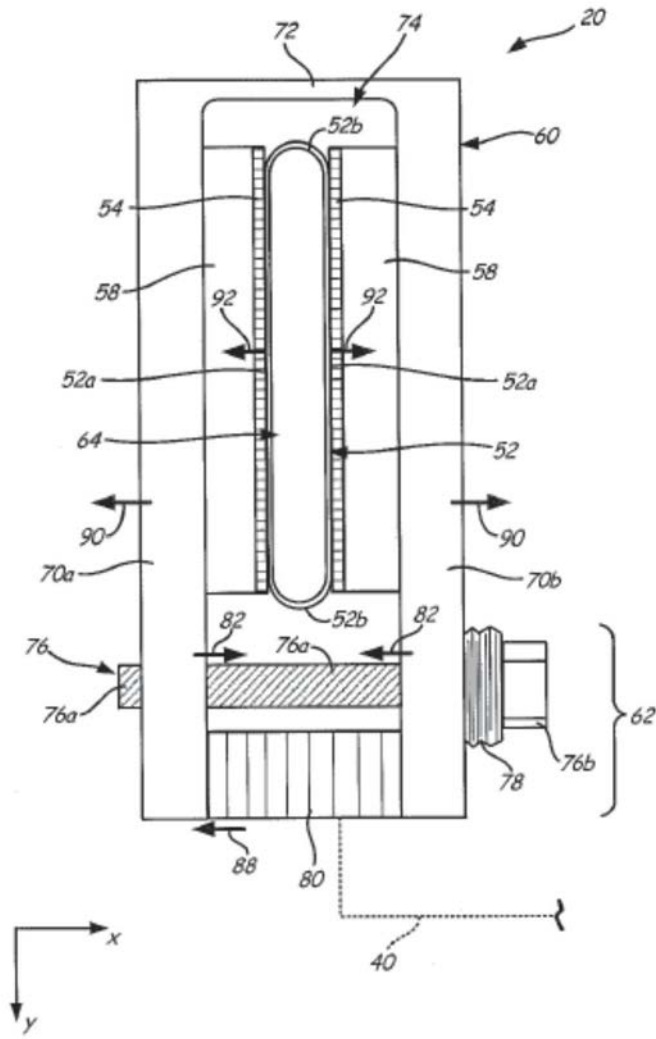


图5

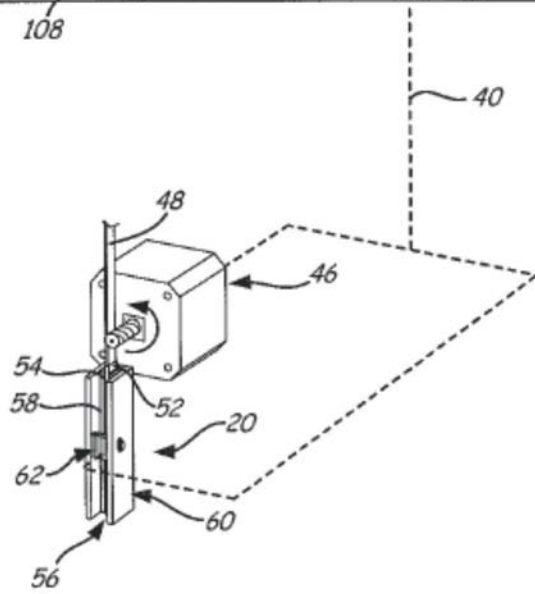
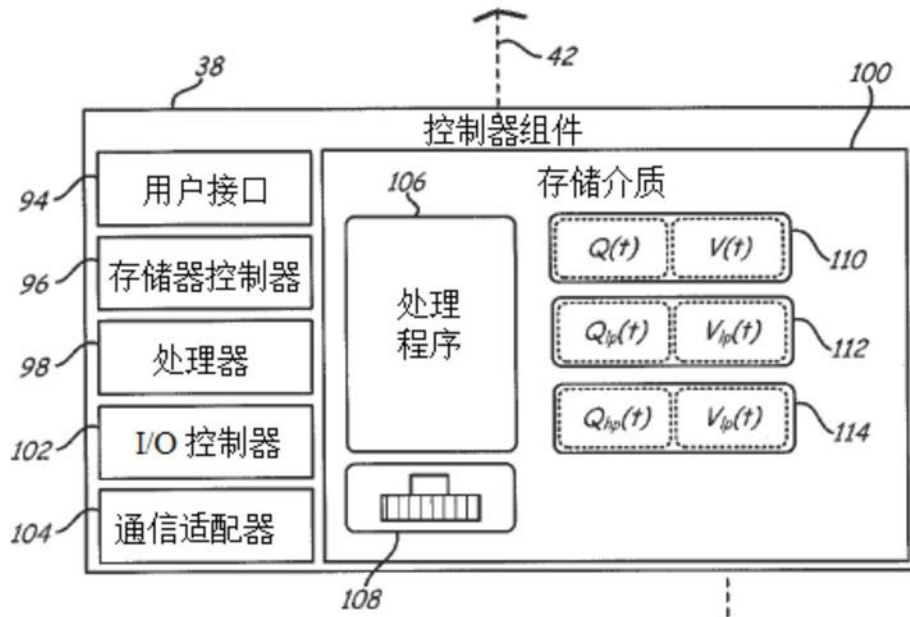


图6

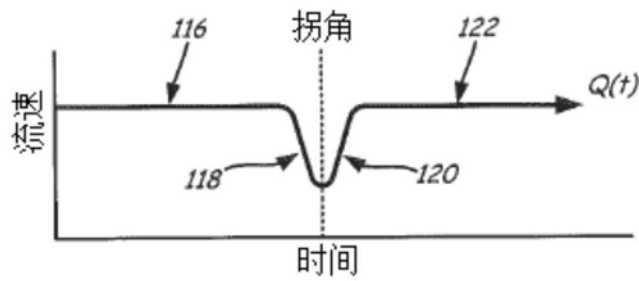


图7A

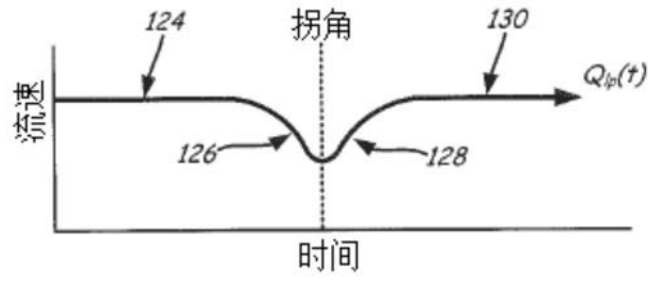


图7B

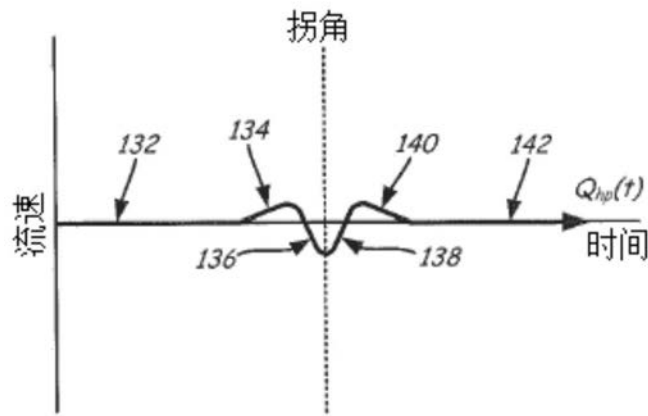


图7C

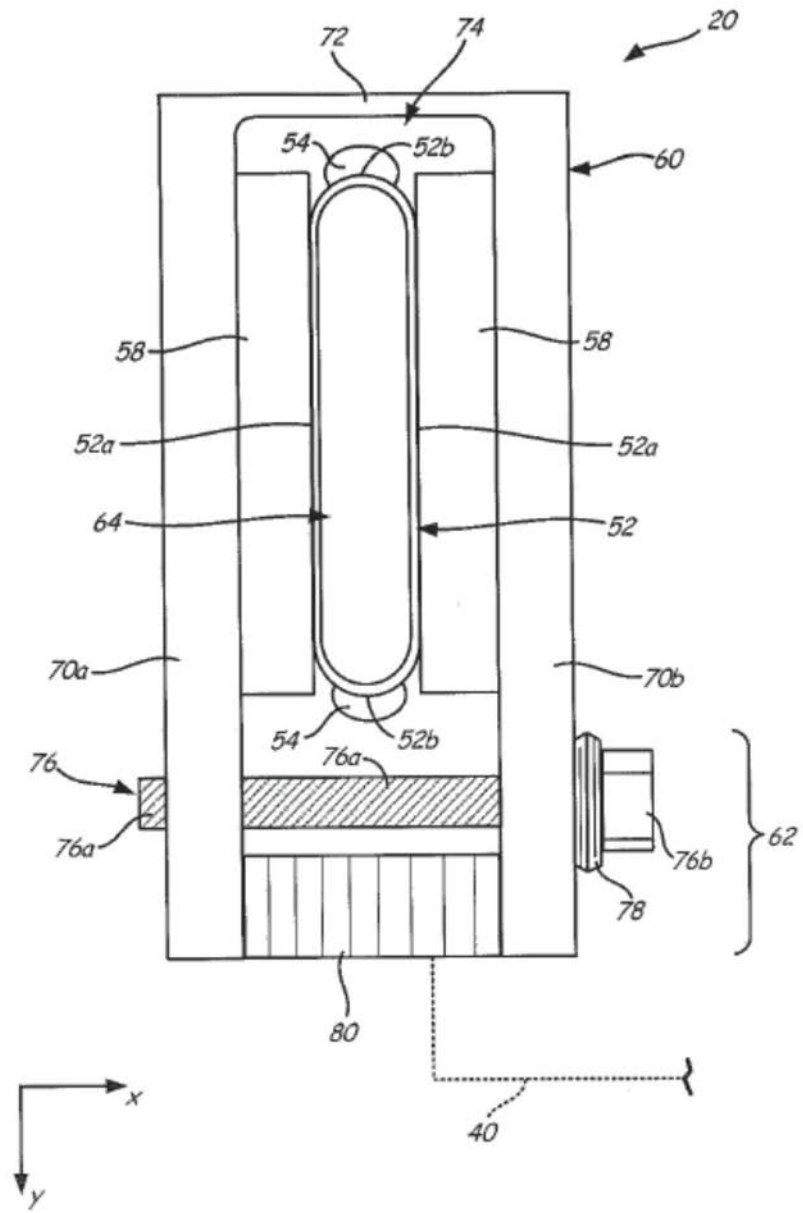


图8

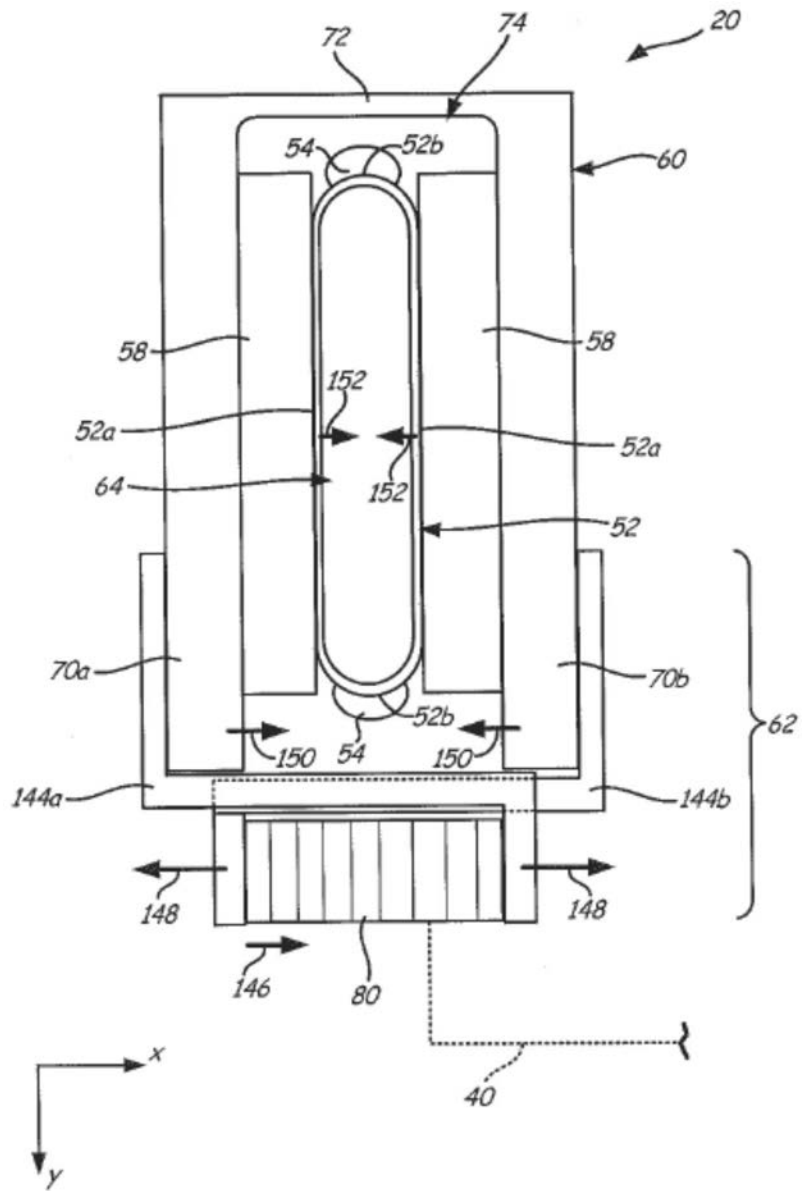


图9

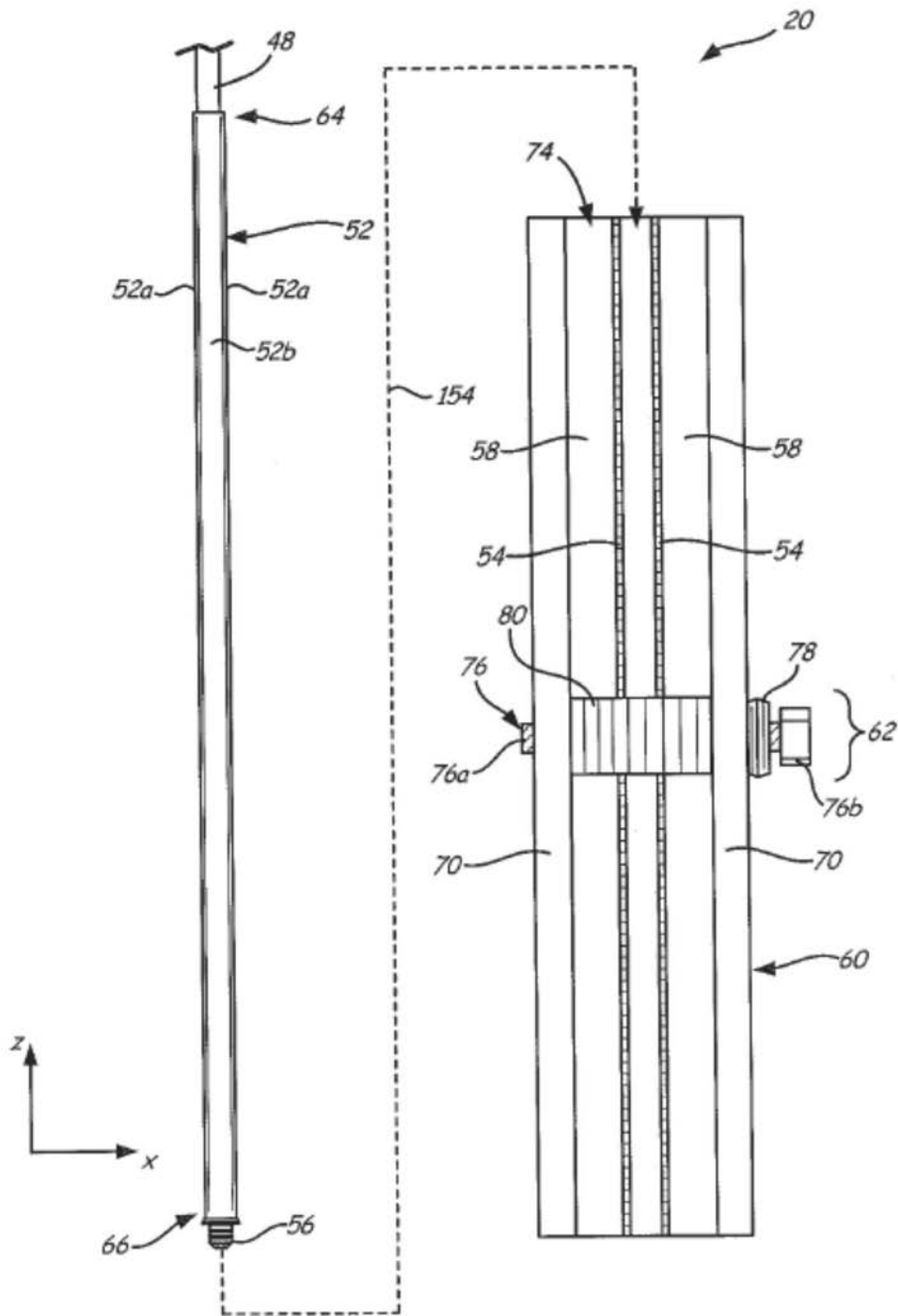


图10

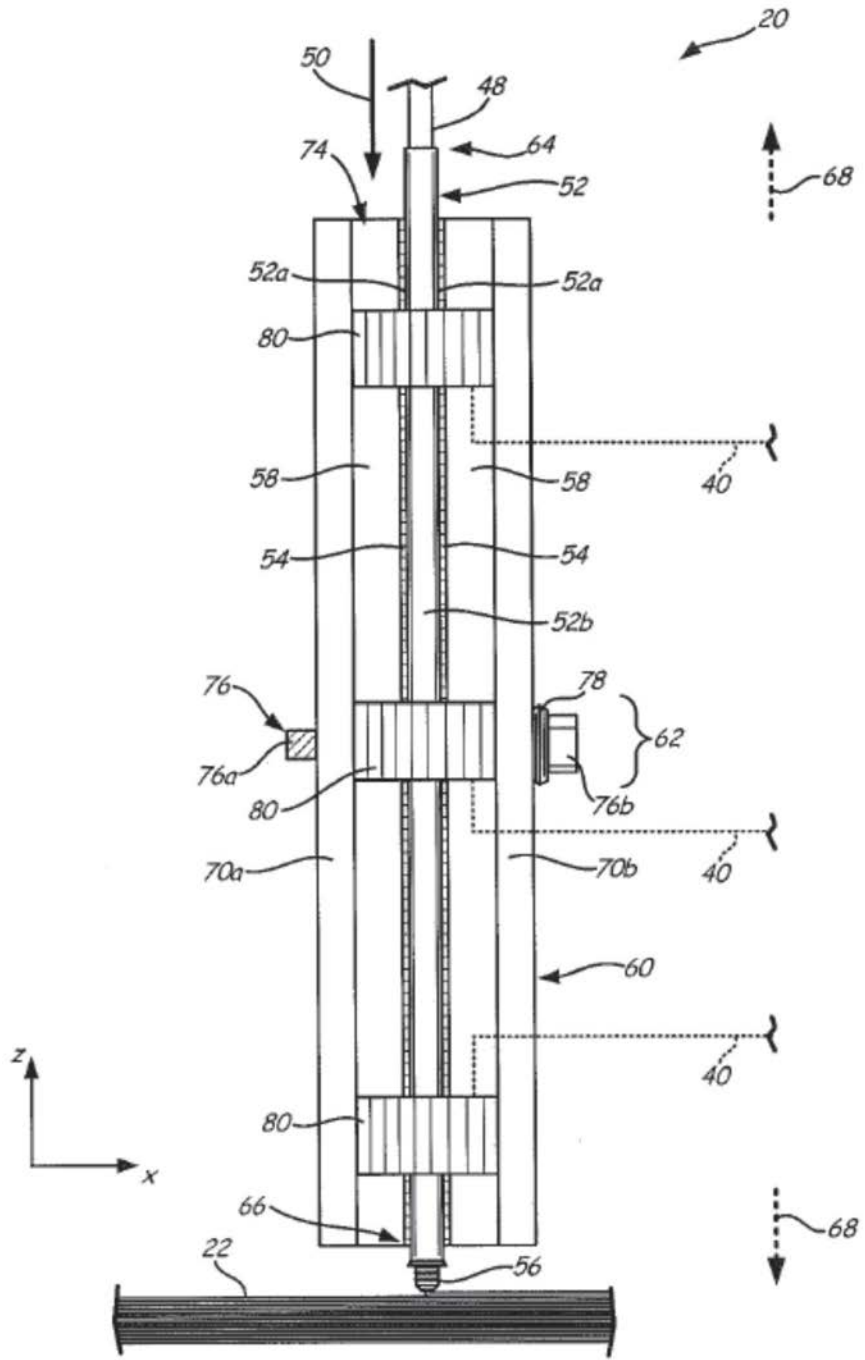


图11

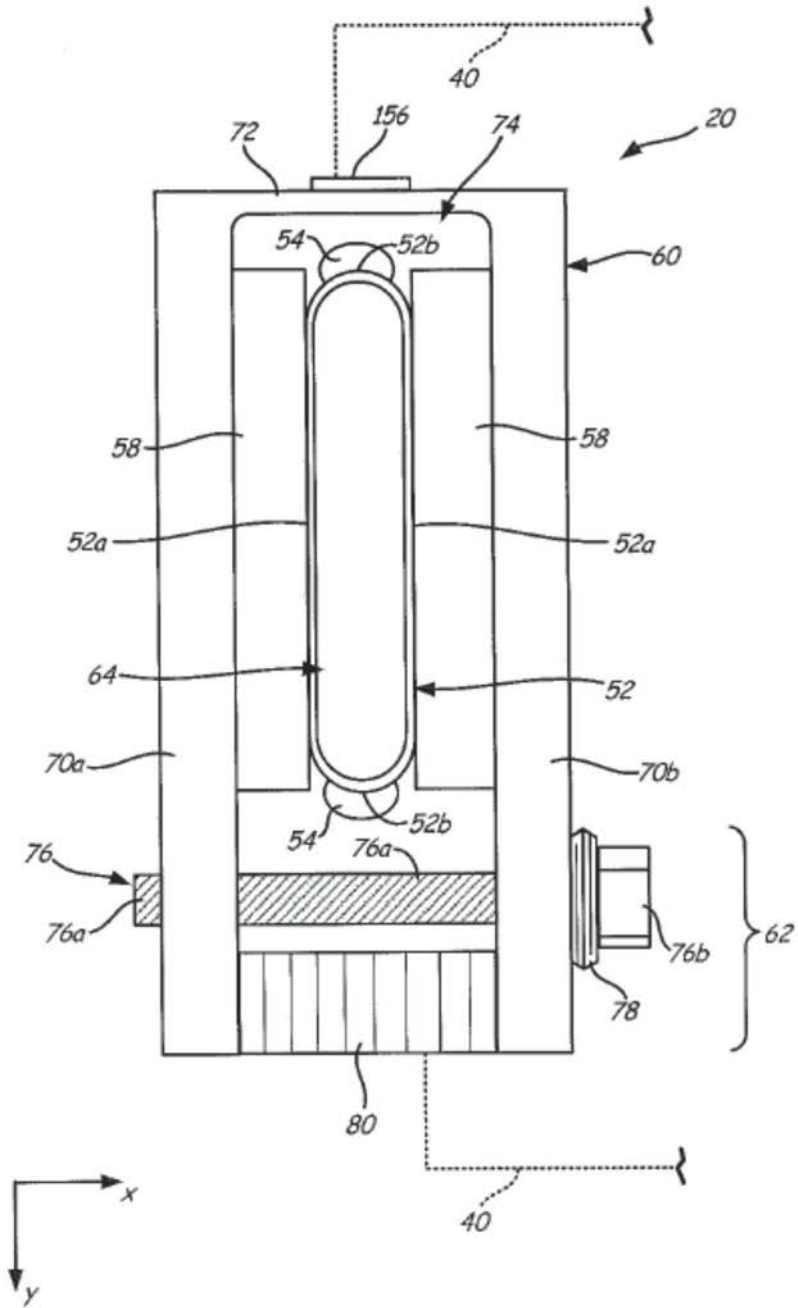


图12

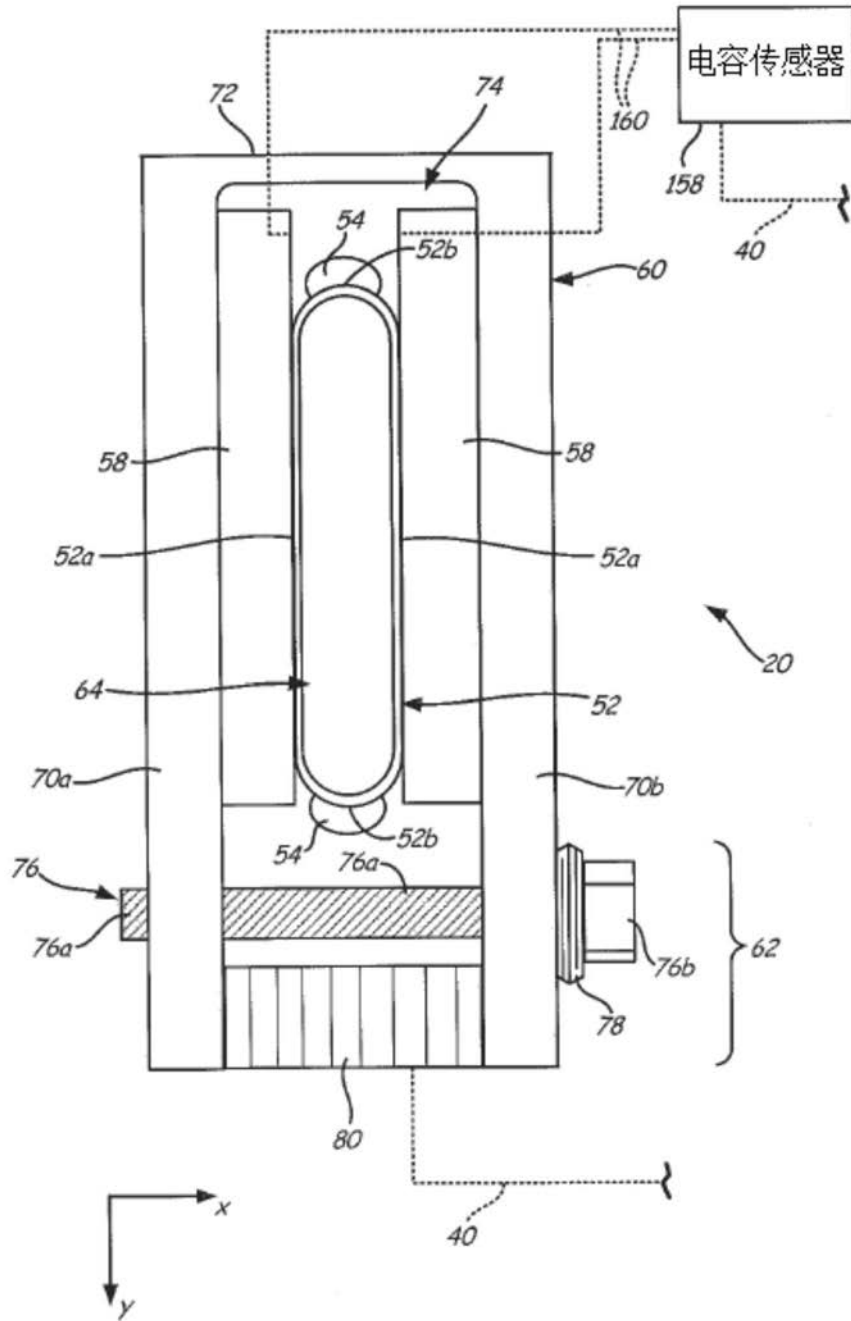


图13

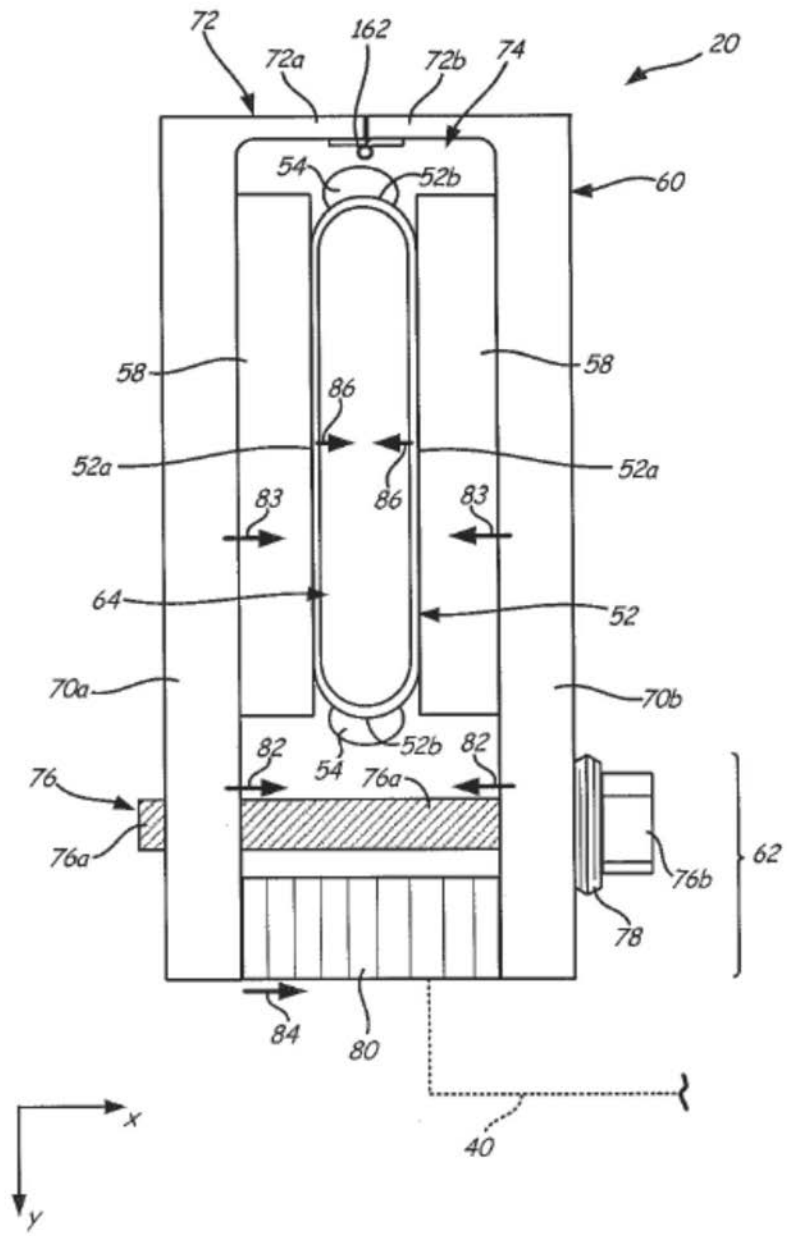


图14

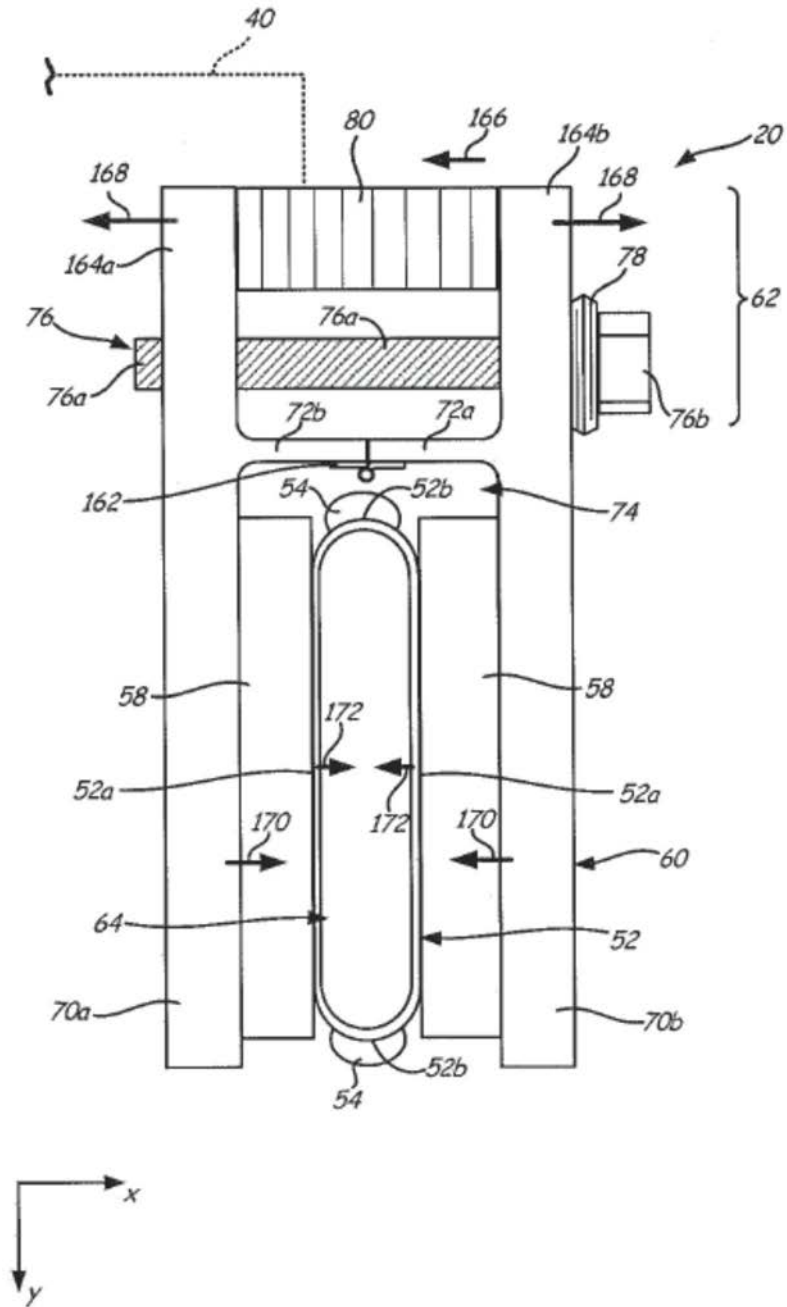


图15

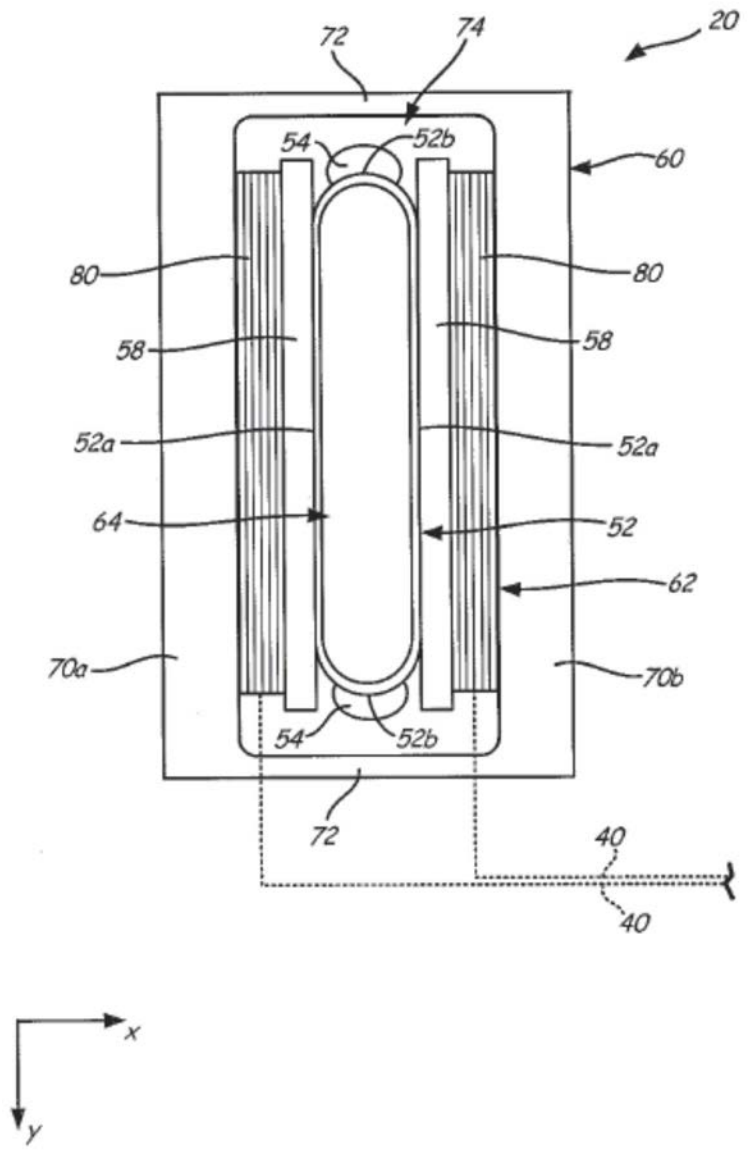


图16

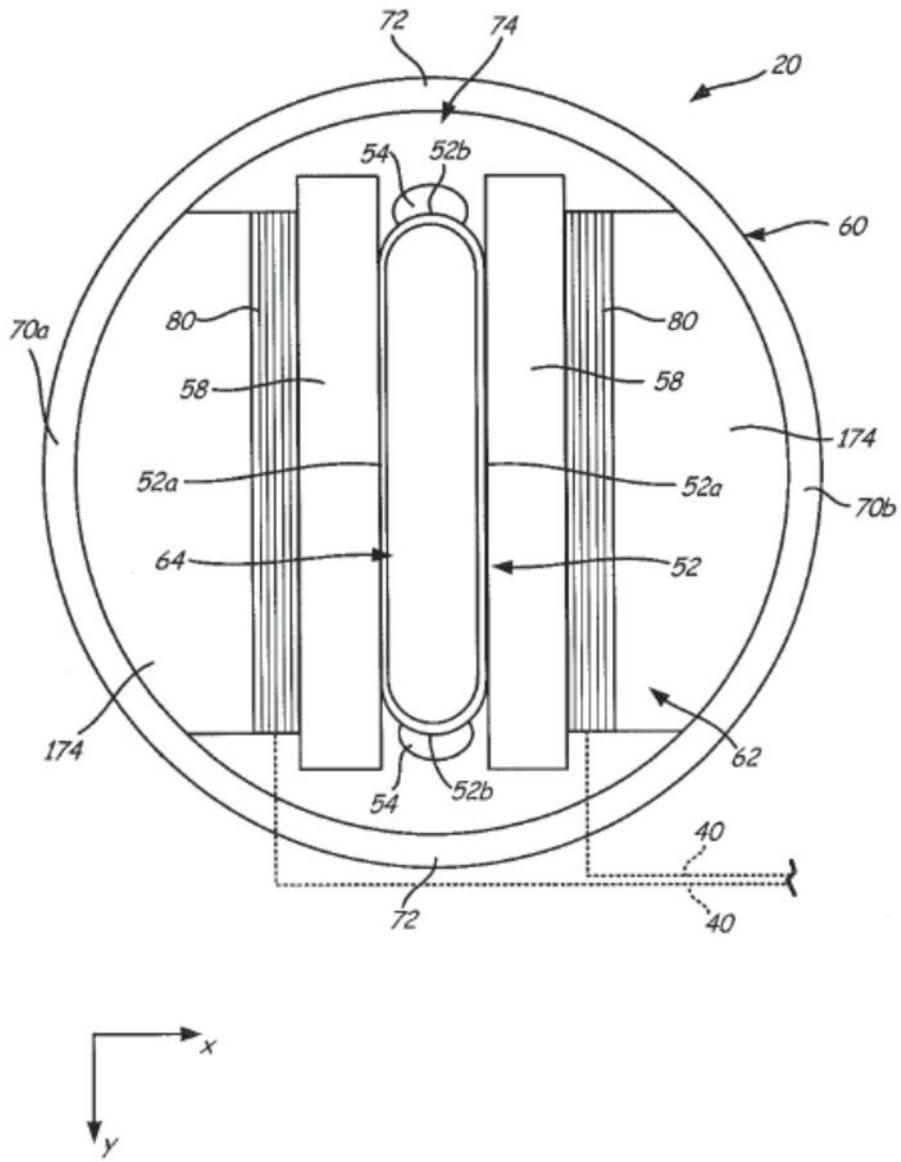


图17

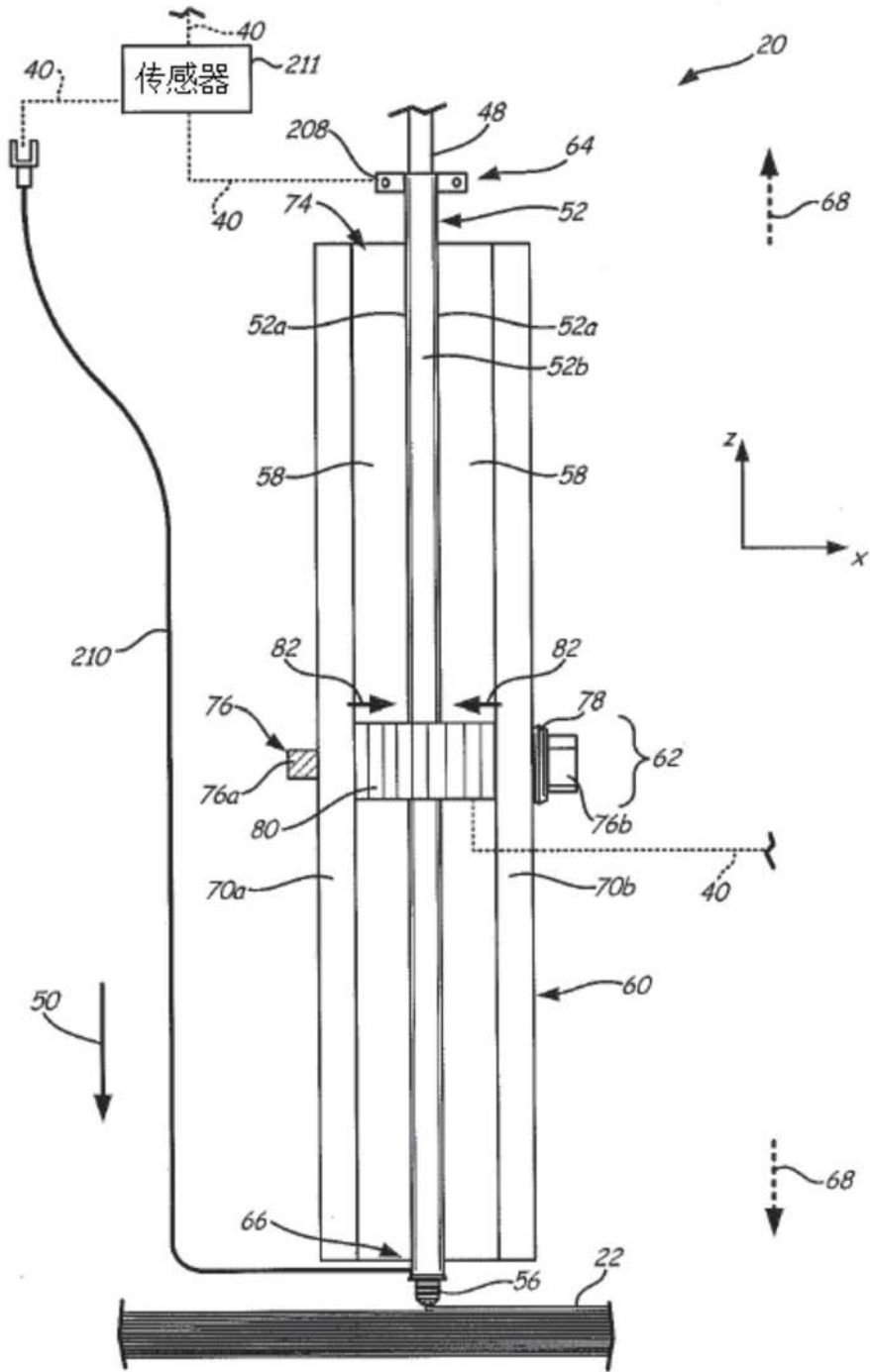


图18

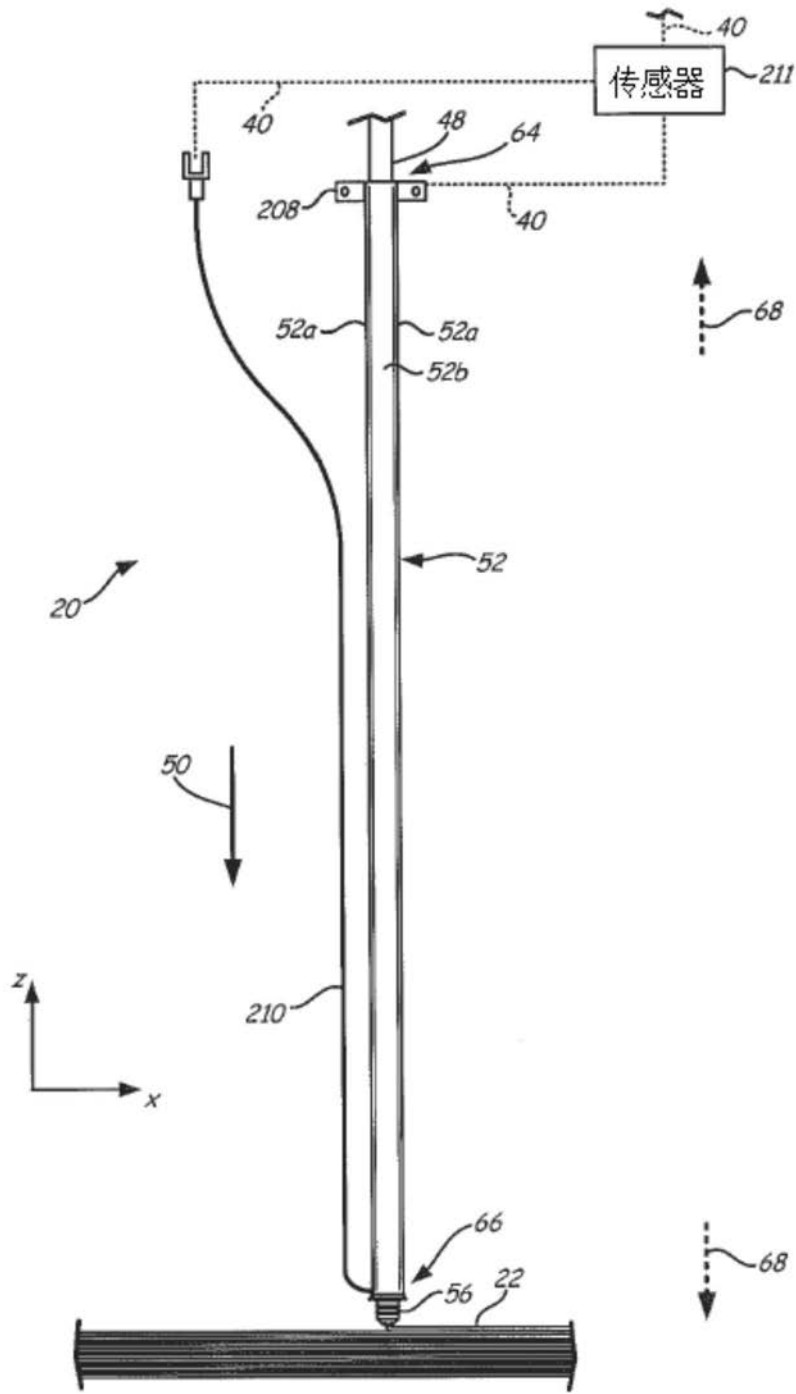


图19

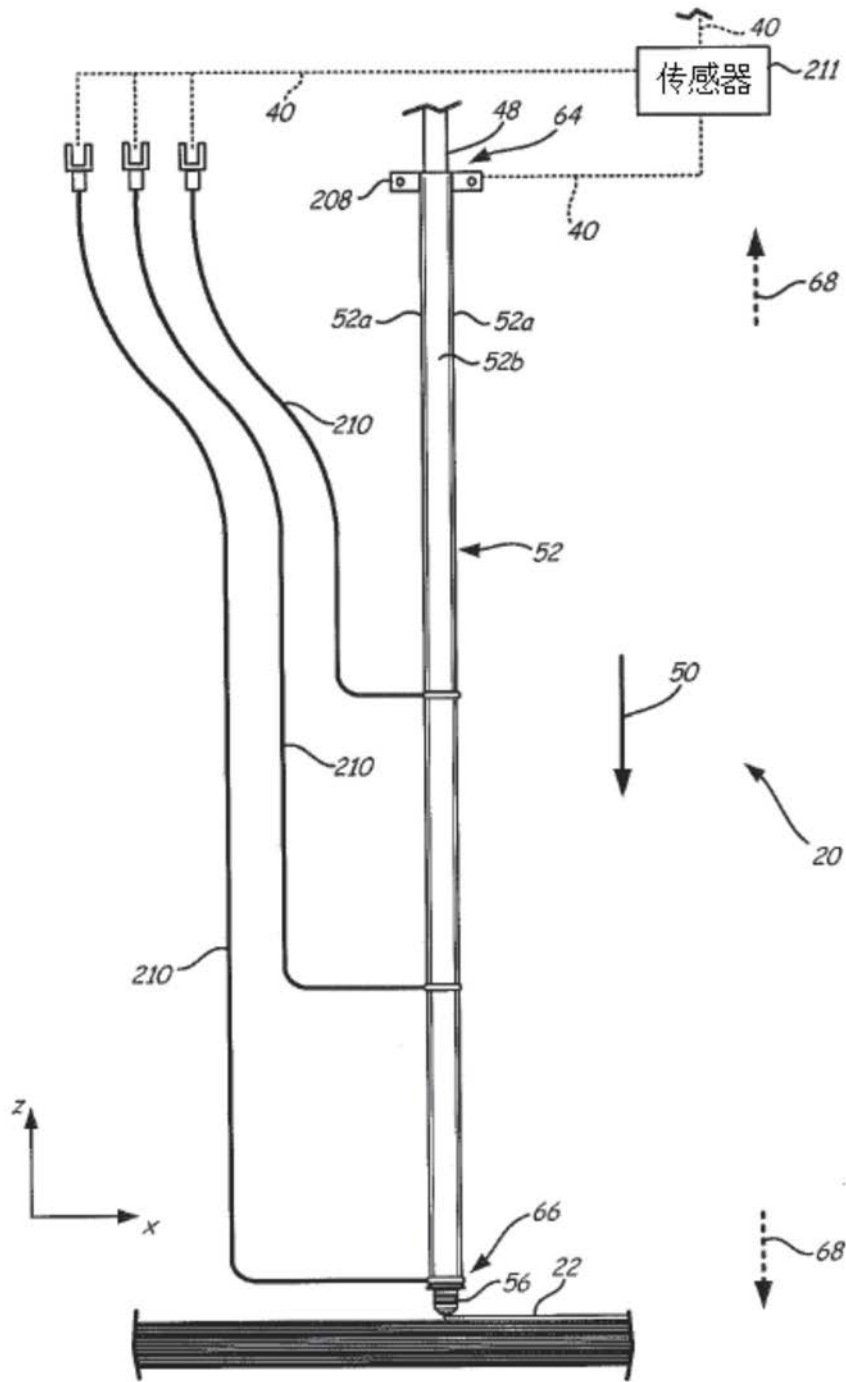


图20

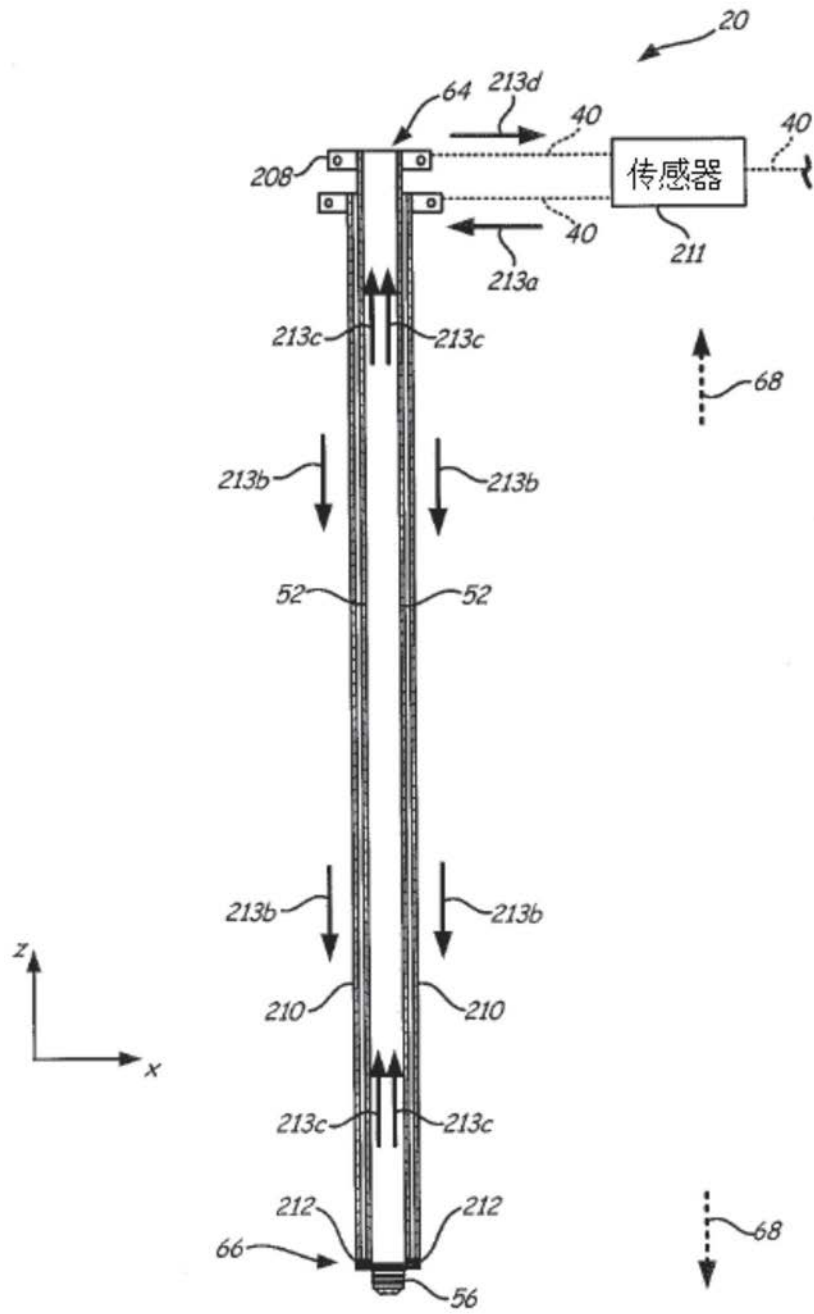


图21

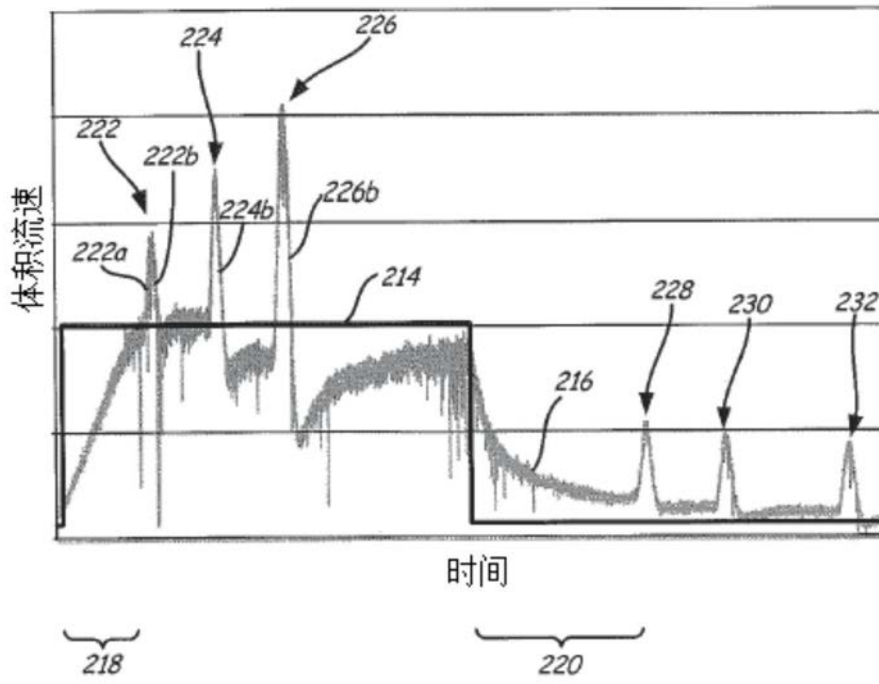


图22

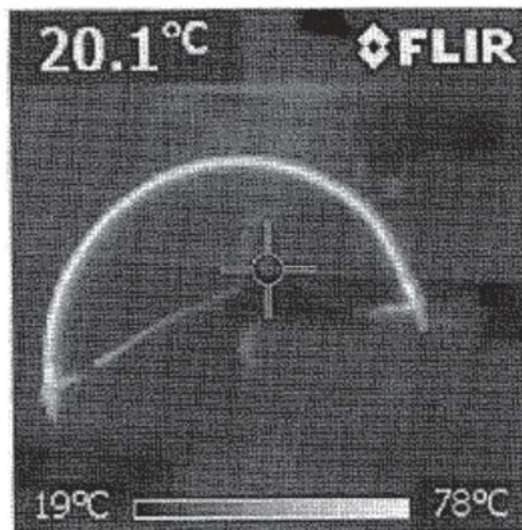


图23