



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109304859 B

(45) 授权公告日 2022.03.01

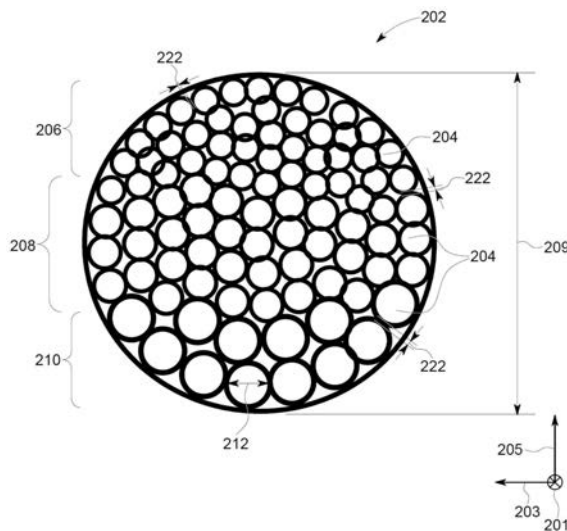
(21) 申请号 201810841193.1  
 (22) 申请日 2018.07.27  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 109304859 A  
 (43) 申请公布日 2019.02.05  
 (30) 优先权数据  
 15/663,341 2017.07.28 US  
 (73) 专利权人 通用电气公司  
 地址 美国纽约州  
 (72) 发明人 阿南达·巴鲁阿  
 阿伦·卡迪·苏伯拉马尼安  
 丹尼尔·杰森·埃尔诺  
 (74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300  
 代理人 徐颖聪

(51) Int.Cl.  
 B29C 64/10 (2017.01)  
 B29C 64/20 (2017.01)  
 B33Y 10/00 (2015.01)  
 B33Y 30/00 (2015.01)  
 (56) 对比文件  
 US 2013000247 A1,2013.01.03  
 CN 106694884 A,2017.05.24  
 审查员 张晓艳

权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称  
 包括含解耦结构刚度和质量密度的结构的部件

(57) 摘要  
 本发明提供了一种部件。所述部件包括连接在一起的多个单位单元的结构，所述多个单位单元的每个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的质量密度基本上相似的质量密度。所述多个单位单元包括单位单元的第一部分，所述单位单元的第一部分具有特征尺寸和第一部分平均刚度，单位单元的所述第一部分的特征尺寸具有第一值。所述多个单位单元还包括单位单元的第二部分，所述单位单元的第二部分具有特征尺寸和第二部分平均刚度，单位单元的所述第二部分的特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值，所述第二部分平均刚度与所述第一部分平均刚度不同。本发明还提供一种使用包括固结装置的增材制造系统制造部件的方法。



1. 一种部件,包括:

单位单元结构,所述单位单元结构具有解耦结构刚度和质量密度性质,所述单位单元结构包括多个单位单元,所述多个单位单元连接在一起,呈三维晶格形状,所述多个单位单元的每个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的质量密度基本上相似的质量密度,其中,

所述多个单位单元被配置为使得所述部件的刚度在所述部件的剖面上变化,同时所述部件的质量密度在所述剖面上是一致的,所述多个单位单元包括:

单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有第一部分特征尺寸和平均刚度,单位单元的所述第一部分的第一部分特征尺寸具有第一值;以及

单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有第二部分特征尺寸和平均刚度,单位单元的所述第二部分的第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,所述第二部分的所述平均刚度与所述第一部分的所述平均刚度不同。

2. 根据权利要求1所述的部件,其中,所述结构包括两个以上的单位单元的部分。

3. 根据权利要求1所述的部件,其中,所述第一部分特征尺寸和所述第二部分特征尺寸是高度、宽度、长度和直径中的一个。

4. 根据权利要求1所述的部件,其中,所述部件包括至少第一区段和第二区段,所述第一区段包括单位单元结构,且所述第二区段包括固态结构。

5. 根据权利要求4所述的部件,其中,所述第一区段包括第一材料,且所述第二区段包括第二材料。

6. 根据权利要求1所述的部件,其中,所述三维晶格形状包括单位单元,所述单位单元具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶中的至少一个。

7. 一种部件,包括:

单位单元结构,所述单位单元结构具有解耦结构刚度和质量密度性质,所述单位单元结构包括多个单位单元,所述多个单位单元连接在一起,呈三维晶格形状,所述多个单位单元的每个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的平均刚度基本上相似的平均刚度,其中,

所述多个单位单元被配置为使得所述部件的局部刚度在所述部件的剖面上是一致的,同时所述部件的质量密度在所述剖面上变化,所述多个单位单元包括:

单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有第一部分特征尺寸和质量密度,单位单元的所述第一部分的第一部分特征尺寸具有第一值;以及

单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有第二部分特征尺寸和质量密度,单位单元的所述第二部分的第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,所述第二部分的所述质量密度与所述第一部分的所述质量密度不同,且单位单元的所述第二部分具有与单位单元的所述第一部分平均刚度基本上相似的平均刚度。

8. 根据权利要求7所述的部件,其中,所述结构包括两个以上的所述单位单元的部分。

9. 根据权利要求7所述的部件,其中,所述第一部分特征尺寸和所述第二部分特征尺寸是高度、宽度、长度和直径中的一个。

10. 根据权利要求7所述的部件,其中,所述部件包括至少第一区段和第二区段,所述第一区段包括单位单元结构,且所述第二区段包括固态结构。

11. 根据权利要求10所述的部件,其中,所述第一区段包括第一材料,且所述第二区段包括第二材料。

12. 根据权利要求7所述的部件,其中,所述三维晶格形状包括单位单元,所述单位单元具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶中的至少一个。

13. 一种使用包括固结装置的增材制造系统制造部件的方法,所述方法包括:

在增材制造系统的控制器上提供部件的构建文件;

将材料沉积到表面上;以及

操作所述固结装置以固结材料,形成单位单元结构,所述单位单元结构具有解耦结构刚度和质量密度性质,所述单位单元结构包括多个单位单元,所述多个单位单元连接在一起,呈三维晶格形状,

其中,所述多个单位单元被配置为使得所述部件的刚度在所述部件的剖面上变化,同时所述部件的质量密度在所述剖面上是一致的,所述多个单位单元包括:

单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有第一部分特征尺寸和平均刚度,单位单元的所述第一部分的第一部分特征尺寸具有第一值;以及

单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有第二部分特征尺寸和平均刚度,单位单元的所述第二部分的第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,

其中,所述多个单位单元的每个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的质量密度基本上相似的质量密度,并且其中所述第二部分的所述平均刚度与所述第一部分的所述平均刚度不同;或者

其中,所述多个单位单元被配置为使得所述部件的局部刚度在所述部件的剖面上是一致的,同时所述部件的质量密度在所述剖面上变化,其中,所述多个单位单元包括:

单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有特征尺寸和质量密度,单位单元的所述第一部分的第一部分特征尺寸具有第一值;以及

单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有特征尺寸和质量密度,单位单元的所述第二部分的第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,

其中,所述第二部分的所述质量密度与所述第一部分的所述质量密度不同,且单位单元的所述第二部分具有与单位单元的所述第一部分的第一部分特征尺寸基本上相似的平均刚度。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,制造所述部件包括操作所述固结装置以固结材料,形成至少第一区段和第二区段,且所述第一区段包括单位单元结构,所述第二区段包括固态结构。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述多个单位单元连接在一起,呈三维晶格形状还包括:形成多个单位单元,所述多个单位单元具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶中的至少一个。

## 包括含解耦结构刚度和质量密度的结构的部件

### 技术领域

[0001] 本申请的领域大体上涉及部件,并且更具体地涉及包括单位单元的部件,单位单元尺寸被确定并被布置为在部件内建立具有独立和解耦结构刚度和质量密度的结构。

### 背景技术

[0002] 已知部件和结构被配置成在结构操作期间承载负载。结构的刚度和质量密度是耦合的,使得修改结构的刚度或质量密度的任一个典型地导致刚度和质量密度的另一个的变化。使用不同材料建立变化的刚度和质量密度的性质产生附加的热膨胀应力和腐蚀提高的可能性,这可降低部件的预期寿命,提高制造部件并将结构内的材料连接在一起的复杂性。因此,期望使用结构内的单一材料局部解耦结构内的刚度和质量密度,以促进对潜在应用产生具有优化的刚度和质量分布特性的多功能结构。

### 发明内容

[0003] 在一方面,提供了一种部件。所述部件包括含连接在一起的多个单位单元的结构,所述多个单位单元的每个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的质量密度基本上相似的质量密度。所述多个单位单元包括单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有特征尺寸和第一部分平均刚度,单位单元的所述第一部分特征尺寸具有第一值。所述多个单位单元还包括单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有特征尺寸和第二部分平均刚度,单位单元的所述第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,其中,所述第二部分平均刚度与所述第一部分平均刚度不同。

[0004] 在另一方面,提供了一种部件。所述部件包括含连接在一起的多个单位单元的结构。所述多个单位单元包括单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有特征尺寸和第一部分质量密度,单位单元的所述第一部分特征尺寸具有第一值。所述多个单位单元还包括单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有特征尺寸和第二部分质量密度,单位单元的所述第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,其中,所述第二部分质量密度与所述第一部分质量密度不同,并且其中,单位单元的所述第二部分具有与单位单元的所述第一部分的平均刚度基本上相似的平均刚度。

[0005] 在又一方面,提供了一种使用包括固结装置的增材制造系统制造部件的方法。所述方法包括在增材制造系统的控制器上提供部件的构建文件。所述方法还包括将材料沉积到表面上。所述方法还包括操作所述固结装置以固结材料,形成包括连接在一起的多个单位单元的结构,其中,所述多个单位单元包括单位单元的第一部分和单位单元的第二部分。所述单位单元的第一部分具有特征尺寸,单位单元的所述第一部分特征尺寸具有第一值。所述单位单元的第二部分具有特征尺寸,单位单元的所述第二部分特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值。

[0006] 技术方案1.一种部件,包括:包括连接在一起的多个单位单元的结构,所述多个单位单元的每个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的质量密度基本上

相似的质量密度,所述多个单位单元包括:单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有特征尺寸和第一部分平均刚度,单位单元的所述第一部分的特征尺寸具有第一值;以及单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有特征尺寸和第二部分平均刚度,单位单元的所述第二部分的特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,所述第二部分平均刚度与所述第一部分平均刚度不同。

[0007] 技术方案2.根据技术方案1所述的部件,其中,所述结构包括两个以上的单位单元的部分。

[0008] 技术方案3.根据技术方案1所述的部件,其中,所述特征尺寸是高度、宽度、长度和直径中的一个。

[0009] 技术方案4.根据技术方案1所述的部件,其中,所述部件包括至少第一区段和第二区段,所述第一区段包括单位单元结构,且所述第二区段包括固态结构。

[0010] 技术方案5.根据技术方案4所述的部件,其中,所述第一区段包括第一材料,且所述第二区段包括第二材料。

[0011] 技术方案6.根据技术方案4所述的部件,其中,所述第一区段包括所述多个单位单元的晶格结构。

[0012] 技术方案7.根据技术方案6所述的部件,其中,所述晶格结构包括单位单元,所述单位单元具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶中的至少一个。

[0013] 技术方案8.一种部件,包括:包括连接在一起的多个单位单元的结构,所述多个单位单元包括:单位单元的第一部分,所述单位单元的第一部分具有特征尺寸和第一部分质量密度,单位单元的所述第一部分的特征尺寸具有第一值;以及单位单元的第二部分,所述单位单元的第二部分具有特征尺寸和第二部分质量密度,单位单元的所述第二部分的特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值,所述第二部分质量密度与所述第一部分质量密度不同,且单位单元的所述第二部分具有与单位单元的所述第一部分的平均刚度基本上相似的平均刚度。

[0014] 技术方案9.根据技术方案8所述的部件,其中,所述结构包括两个以上的所述单位单元的部分。

[0015] 技术方案10.根据技术方案8所述的部件,其中,所述特征尺寸是高度、宽度、长度和直径中的一个。

[0016] 技术方案11.根据技术方案8所述的部件,其中,所述部件包括至少第一区段和第二区段,所述第一区段包括单位单元结构,且所述第二区段包括固态结构。

[0017] 技术方案12.根据技术方案11所述的部件,其中,所述第一区段包括第一材料,且所述第二区段包括第二材料。

[0018] 技术方案13.根据技术方案11所述的部件,其中,所述第一区段包括所述单位单元的晶格结构。

[0019] 技术方案14.根据技术方案13所述的部件,其中,所述晶格结构包括单位单元,所述单位单元具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶中的至少一个。

[0020] 技术方案15.一种使用包括固结装置的增材制造系统制造部件的方法,所述方法包括:在增材制造系统的控制器上提供部件的构建文件;将材料沉积到表面上;以及操作所述固结装置以固结材料,形成包括连接在一起的多个单位单元的结构,其中,所述多个单位

单元包括：单位单元的第一部分，所述单位单元的第一部分具有特征尺寸，单位单元的所述第一部分的特征尺寸具有第一值；以及单位单元的第二部分，所述单位单元的第二部分具有特征尺寸，单位单元的所述第二部分的特征尺寸具有不同于所述第一值的第二值。

[0021] 技术方案16.根据技术方案15所述的方法，其中，制造所述部件包括操作所述固结装置以固结材料，形成至少第一区段和第二区段，且所述第一区段包括单位单元结构，所述第二区段包括固态结构。

[0022] 技术方案17.根据技术方案16所述的方法，其中，操作所述固结装置还包括形成多个单位单元，所述多个单位单元具有与所述多个单位单元的每个其它单位单元的质量密度基本上相似的质量密度。

[0023] 技术方案18.根据技术方案16所述的方法，其中，操作所述固结装置还包括：固结材料以形成单位单元的第一部分，其中，单位单元的第一部分具有第一部分质量密度；以及固结材料以形成单位单元的第二部分，其中，单位单元的第二部分具有第二部分质量密度，所述第二部分质量密度不同于所述第一部分质量密度，单位单元的第二部分具有与单位单元的第一部分的平均刚度基本上相似的平均刚度。

[0024] 技术方案19.根据技术方案16所述的方法，其中，操作所述固结装置还包括固结材料以形成所述多个单位单元的晶格结构。

[0025] 技术方案20.根据技术方案19所述的方法，其中，形成所述晶格结构还包括形成多个单位单元，所述多个单位单元具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶中的至少一个。

## 附图说明

[0026] 当参考附图阅读以下详细描述时，本申请的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解，在所有附图中相同的标号表示相同的零件，在附图中：

[0027] 图1是增材制造系统的示意图；

[0028] 图2是用于操作图1中所示出的增材制造系统的控制器的框图；

[0029] 图3是具有固态结构部分和示例性单位单元结构部分的部件的侧视图；

[0030] 图4是沿图3的剖面线4-4截取的单位单元结构的剖视图；

[0031] 图5是具有固态结构部分和示例性单位单元结构部分的另一实施例的部件的侧视图；

[0032] 图6是沿图5的剖面线5-5截取的单位单元结构的剖视图；以及

[0033] 图7是用于在粉末床中制造部件的方法的流程图。

[0034] 除非另外指明，否则本说明书中所提供的附图用来说明本申请的实施例的特征。这些特征被认为适用于包括本申请的一个或多个实施例的广泛多种系统。由此，附图并非意在包括所属领域的技术人员已知的实践本说明书中所公开的实施例所需的所有常规特征。

## 具体实施方式

[0035] 在以下说明书和权利要求书中，将引用若干术语，所述术语应定义为具有以下含义。

[0036] 除非上下文另外明确规定,否则单数形式“一”以及“所述”包括复数参考物。

[0037] “任选”或“视需要”意味着随后描述的事件或情形可能发生或可能不发生,且所述描述包括事件发生的情况和事件不发生的情况。

[0038] 如本说明书中在整个说明书以及权利要求书中所使用的近似语言可以应用于修饰可以许可的方式变化而不会导致其相关的基本功能改变的任何定量表示。因此,由例如“约”、“大约”和“大体上”等词语修饰的值并不限于所指定的确切值。如在说明书和权利要求书中使用的由术语“基本上相似”修饰的值可适用于修饰在被引用的定量表示的百分之五范围内并且更具体地在被引用的定量表示的百分之一的范围内的任何定量表示。在至少一些情况下,近似语言可对应于用于测量所述值的仪器的精度。此处以及在整个说明书以及权利要求书中,范围限制可以组合和/或互换;除非内容或语言另外指示,否则此类范围得以识别且包括其中所包含的所有子范围。

[0039] 如本说明书中所使用,术语“处理器”和“计算机”及相关术语(例如,“处理装置”、“计算装置”和“控制器”)不仅限于在本领域中被称为计算机的那些集成电路,而是广义地指代微控制器、微计算机、可编程逻辑控制器(PLC)和专用集成电路以及其它可编程电路,且这些术语在本说明书中可互换使用。在本说明书中所描述的实施例中,存储器可包括但不限于例如随机存取存储器(RAM)等计算机可读媒体和例如闪存等计算机可读非易失性媒体。或者,也可使用软盘、光盘只读存储器(CD-ROM)、磁光盘(MOD)和/或数字多功能光盘(DVD)。而且,在本说明书中所描述的实施例中,额外输入通道可以是但不限于与例如鼠标和键盘等操作者接口相关联的计算机外围设备。或者,也可使用其它计算机外围设备,其可包括例如但不限于扫描仪。此外,在示例性实施例中,额外输出通道可包括但不限于操作者接口监视器。

[0040] 此外,如本说明书中所使用,术语“软件”和“固件”是可互换的,且包括存储在存储器中用于由个人计算机、工作站、客户端和服务端执行的任何计算机程序。

[0041] 如本说明书中所使用,术语“非暂时性计算机可读媒体”旨在代表在任何技术方法中实现的任何有形的基于计算机的装置,以用于诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块和子模块、或在任何装置中的其它数据的信息的短期和长期存储。因此,本说明书中所描述的方法可被编码为嵌入包括但不限于存储装置和/或存储器装置的有形的非暂时性计算机可读媒体内的可执行指令。此类指令在由处理器执行时致使处理器执行本说明书中所描述的方法的至少一部分。此外,如本说明书中所使用,术语“非暂时性计算机可读媒体”包括所有有形的计算机可读媒体,包括但不限于非暂时性计算机存储装置,包括但不限于易失性和非易失性媒体以及可移动和不可移动的媒体,例如固件、物理和虚拟存储、CD-ROM、DVD、和例如网络或因特网的任何其它数字源,以及尚待开发的数字化手段,唯一的例外是暂时性传播的信号。

[0042] 此外,如本说明书中所使用,术语“实时”指代相关联的事件的发生时间、预定数据的测量和收集时间、处理数据的时间、以及对事件和环境的系统响应的时间中的至少一个。在本说明书中所描述的实施例中,这些活动和事件基本上瞬时地发生。

[0043] 本说明书中描述的实施例促进使用增材制造过程制造部件,其中,所述部件包含解耦结构刚度和质量密度性质的结构的单位单元。单位单元结构具有特征尺寸(即长度、宽度、高度),并包括在部件内耦连在一起的多个单位单元。通常,单个单位单元的结构刚度

是与大小无关的,即扩大或缩小单位单元(同时保持相同的比例因此保持相同的质量密度)不会影响单位单元的机械性质。然而,当单位单元作为限定特征尺寸的结构的一部分布置时,单位单元的给定组的有效结构刚度基于沿特征长度的单位单元的数目变化。当单位单元的数目在结构的特征尺寸上增大时,结构的刚度接近稳定值,允许不用修改结构的平均局部质量密度,优化结构的局部刚度。替代性地,单位单元的比例(因此质量密度)可被改变以在修改结构内的平均局部质量密度的同时保持结构内的局部刚度。

[0044] 主体的刚度 $k$ 是由主体对变形提供的阻力的测量。对于具有单一自由度(DOF)的主体(即压缩、拉伸、弯曲、扭转),刚度定义为 $k=F/\delta$ ,其中, $F$ 代表主体上的力, $\delta$ 代表由力沿相同的DOF产生的位移。主体的质量密度或体积质量密度为每单位体积的质量,其由 $\rho=m/V$ 定义,其中, $\rho$ 是主体的质量密度, $m$ 是主体的质量, $V$ 是主体的体积。结构的平均局部刚度为对于结构的区段内的结构的限定区域、单位单元的聚合的刚度。结构的平均局部质量密度是对于结构的区段内的结构的限定区域或部分、单位单元的聚合的质量密度。

[0045] 为了改变与结构的质量密度无关的结构的局部刚度 $k$ ,单位单元相对于结构的特征尺寸的大小被改变。单位单元被扩大或缩小以修改其大小,不管大小如何对于每个单位单元保持相同的质量密度。为了在保持局部结构刚度的同时改变单位单元结构的局部质量密度,通过修改例如壁厚的变量改变结构内的特定单位单元的质量密度,单位单元被缩放到不同大小,使得全局结构中的有效刚度保持相同。此外,单位单元结构可包括晶格单元结构配置。解耦给定单位单元结构内的结构刚度和质量密度会促进制造具有优化结构刚度和质量分布特征的轻量的多功能单位单元结构。

[0046] 增材制造方法和系统包括例如但不限于光聚合固化(vat photopolymerization)、粉末床融合、粘结剂喷射、材料喷射、片材层合、材料挤出、定向能量沉积和混合系统。这些方法和系统包括例如但不限于SLA-立体光刻设备;DLP-数字光处理;3SP-扫描、自旋和选择性光固化,CLIP-连续液体界面生成;SLS-选择性激光烧结;DMLS-直接金属激光烧结;SLM-选择性激光熔融;EBM-电子束熔融;SHS-选择性热烧结;MJF-多喷嘴融合;3D打印;体元喷射;聚合物喷射;SCP-平滑曲率打印;MJM-多喷嘴建模项目;LOM-分层物体制造;SDL-选择性沉积层压;UAM-超声增材制造;FFF-粘结丝制造;FDM-融合沉积建模;LMD-激光金属沉积;LENS-激光近形制造;DMD-直接金属沉积;混合系统;以及这些方法和系统的组合。这些方法和系统可使用例如但不限于所有形式的电磁辐射、加热、烧结、熔化、固化、结合、固结、压制、嵌入和其组合。

[0047] 增材制造方法和系统使用的材料包括,例如但不限于聚合物、塑料、金属、陶瓷、沙子、玻璃、蜡、纤维、生物质、复合物和这些材料的混合。这些材料可以适合给定材料和方法或系统的各种形式用在这些方法和系统中,包括例如但不限于液体、固体、粉末、板、箔、带、丝、球团、液体、浆、线、雾化、糊剂和这些形式的组合。

[0048] 图1为示例性增材制造系统100的示意图。坐标系102包括X轴,Y轴和Z轴。在示例性实施例中,增材制造系统100包括固结装置138,固结装置138包括用于使用逐层制造工艺制造部件104的激光装置130、扫描电机140、扫描镜142和扫描透镜160。可选择地,固结装置138可包括促进使用本说明书中描述的任一过程和系统的材料的固结的任何部件。激光装置130提供高强度热源,其被配置成使用能量束132在粉末状材料中生成熔体池134(未按比例示出)。激光装置130包含于外壳136内,外壳136连接到安装系统108。增材制造系统100还

包括计算机控制系统或控制器106。安装系统108由致动器或致动器系统112移动,致动器或致动器系统112被配置成在XY平面中移动安装系统108以与扫描镜142合作来促进在增材制造系统100内制造部件104的层。例如但不加限制,安装系统108关于中心点枢转,在线性路径、曲线路径移动和/或旋转以覆盖粉末床110上的粉末的一部分,从而促进沿部件104的表面引导能量束132。可选择地,外壳136和能量束132在使得增材制造系统100能够如本说明书中所描述而起作用的任何定向和方式移动。

[0049] 扫描电机140由控制器106控制,并被配置成移动扫描镜142,使得能量束132被反射以沿着粉末床110沿预定路径入射,例如但不限于线性和/或旋转扫描路径152。在示例性实施例中,扫描电机140和扫描镜142的结合形成二维扫描检流计。可选择地,扫描电机140和扫描镜142可包括三维(3D)扫描检流计,动态聚焦检流计和/或可用来偏转激光装置130的能量束132的任何其它方法。

[0050] 在示例性实施例中,将粉末床110安装到支撑结构114,其通过致动器系统112而移动。如上文关于安装系统108所描述,致动器系统112还被配置成在Z方向上(即,垂直于粉末床110的顶部表面)移动支撑结构114。在一些实施例中,致动器系统112还被配置成在XY平面中移动支撑结构114。举例来说且不受限制,在外壳136是静止的可选择实施例中,致动器系统112在XY平面中移动支撑结构114以与扫描电机140和扫描镜142合作,围绕粉末床110沿着扫描路径152引导激光装置130的能量束132。在示例性实施例中,致动器系统112包括例如但不限于线性电动机、液压和/或气动活塞、螺钉传动机构和/或传送机系统。

[0051] 在示例性实施例中,操作增材制造系统100以根据部件104的3D几何形状的计算机模型表示而制造部件104。所述计算机模型表示可产生于计算机辅助设计(CAD)或类似文件中。将部件104的CAD文件转换成包括针对部件104的每一层,例如部件104的构建层116的多个构建参数的逐层格式。在示例性实施例中,相对于增材制造系统100中所使用的坐标系的原点在期望取向上对部件104建模。将部件104的几何形状切分成具有期望厚度的层的堆叠,使得每一层的几何形状为在所述特定层位置处穿过部件104的横截面的轮廓。跨越相应层的几何形状产生扫描路径152。沿着扫描路径152施加构建参数以由用于构造部件104的材料制造部件104的层。针对部件104的每一相应层的几何形状重复所述步骤。一旦完成所述工艺,产生包括所有层的一个或多个电子计算机构建文件。将所述构建文件载入到增材制造系统100的控制器106中以在每一层的制造期间控制所述系统。

[0052] 在将构建文件载入到控制器106中之后,操作增材制造系统100以通过实施逐层制造工艺,例如直接金属激光熔融方法产生部件104。示例性逐层增材制造工艺并不使用预先存在制品作为最终部件的前体,相反地,所述工艺由呈例如粉末的可配置形式的原料产生部件104。举例来说且不受限制,钢部件可使用钢粉末增材制造。增材制造系统100实现了使用例如但不限于金属、陶瓷、玻璃和聚合物的广泛范围的材料制造例如部件104的部件。

[0053] 图2为用于操作增材制造系统100(图1中示出)的控制器106的框图。在示例性实施例中,控制器106为通常由增材制造系统100的制造商提供的用以控制增材制造系统100的操作的任何类型的控制器。控制器106执行操作以至少部分地基于来自操作人员的指令而控制增材制造系统100的操作。控制器106包括例如待通过增材制造系统100制造的部件104的3D模型。由控制器106执行的操作包括控制激光装置130(图1中示出)的功率输出,并通过致动器系统112调节安装系统108和/或支撑结构114(全部在图1中示出),从而控制能量束

132的扫描速度。控制器106还被配置成控制变形镜146、圆柱形扩束器148和束旋转棱镜150以诱发能量束132的畸变。控制器106还被配置成控制扫描电机140以引导扫描镜142进一步控制在增材制造系统100内能量束132的扫描速度。在可选择的实施例中,控制器106可执行使得增材制造系统100能够如本说明书中描述的作用的任何操作。

[0054] 在示例性实施例中,控制器106包括存储装置118和耦连到存储装置118的处理器120。处理器120可包括一个或多个处理单元,例如但不限于多核配置。处理器120是准许控制器106如本说明书中所描述而操作的任何类型的处理器。在一些实施例中,可执行指令存储于存储装置118中。控制器106被配置成通过编程处理器120来执行本说明书中所描述的一个或多个操作。举例来说,可通过将操作编码为一个或多个可执行指令且提供存储装置118中的可执行指令来编程处理器120。在示例性实施例中,存储装置118是实现例如可执行指令或其它数据等信息的存储和检索的一个或多个装置。存储装置118可包括一个或多个计算机可读媒体,例如但不限于随机存取存储器(RAM)、动态RAM、静态RAM、固态磁盘、硬盘、只读存储器(ROM)、可擦除可编程ROM、电可擦除可编程ROM或非易失性RAM存储器。关于可用于计算机程序的存储的存储器类型,以上存储器类型仅为示例性的,且因此并不是限制性的。

[0055] 存储装置118可被配置成存储包括但不限于与部件104相关联的构建参数的任何类型的数据。在一些实施例中,处理器120基于数据的年限而去除或“清除”来自存储装置118的数据。举例来说,处理器120可覆盖与后续时间或事件相关联的先前记录和存储的数据。另外,或另一选择为,处理器120可去除超过预定时间间隔的数据。另外,存储装置118包括但不限于足够数据、算法和命令以促进监视通过增材制造系统100制造的部件104的构建参数和几何条件。

[0056] 在一些实施例中,控制器106包括连接到处理器120的呈现接口122。呈现接口122将例如增材制造系统100的操作条件等信息呈现给用户124。在一个实施例中,呈现接口122包括连接到例如阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)、有机LED(OLED)显示器或“电子墨水”显示器等显示装置(未示出)的显示适配器(未示出)。在一些实施例中,呈现接口122包括一个或多个显示装置。另外,或另一选择为,呈现接口122包括音频输出装置(未示出),例如但不限于音频适配器或扬声器(未示出)。

[0057] 在一些实施例中,控制器106包括用户输入接口126。在示例性实施例中,用户输入接口126耦连到处理器120且接收来自用户124的输入。用户输入接口126可包括例如但不限于键盘;指示装置;鼠标;手写笔;触敏面板,例如但不限于触摸垫或触摸屏;和/或音频输入接口,例如但不限于麦克风。例如触摸屏等单个部件可充当呈现接口122和用户输入接口126两者的显示装置。

[0058] 在示例性实施例中,通信接口128连接到处理器120且被配置成与例如激光装置130的一个或多个其它装置通信连接,且在作为输入通道执行的同时执行关于此类装置的输入和输出操作。举例来说,通信接口128可包括但不限于有线网络适配器、无线网络适配器、移动通信适配器、串行通信适配器或并行通信适配器。通信接口128可从一个或多个远程装置接收数据信号或将数据信号发射到一个或多个远程装置。举例来说,在一些实施例中,控制器106的通信接口128可将数据信号发射到致动器系统112/从致动器系统112接收数据信号。

[0059] 呈现接口122和通信接口128都能够提供适合于供本说明书中所描述的方法使用的信息,例如将信息提供到用户124或处理器120。因此,呈现接口122和通信接口128可被称为输出装置。类似地,用户输入接口126和通信接口128能够接收适合于供本说明书中所描述的方法使用的信息,且可被称为输入装置。

[0060] 图3为具有固态结构部分220和示例性单位单元结构202的部件200的侧视图。图4为沿剖面线4-4(图3中示出)截取的单位单元结构202的剖视图。部件200包括单位单元结构202,其代替部件200内的固态材料或结构,并促进包括为一致质量密度但变化的结构刚度的轻量结构。在示例性实施例中,部件200限定第一或长度尺寸207和第二或全局尺寸209。在示例性实施例中,全局尺寸209是部件200的直径。部件200的纵向或第一轴线201基本上平行于第一尺寸207延伸。横向或第二轴线203正交于第一轴线201延伸。竖直或第三轴线205在正交于第一轴线201并正交于第二轴线203的方向上延伸。因此,第一轴线201、第二轴线203和第三轴线205相互正交。在示例性实施例中,结构202包括连接在一起的多个球形单位单元204,多个单位单元204的每个单位单元204具有与多个单位单元204的其它单位单元204的质量密度和体积分数基本上相似的质量密度和体积分数。在其它可选择实施例中,全局尺寸209可由使得部件200能够如本说明书中所描述而起作用的部件200的任何尺寸限定。

[0061] 在示例性实施例中,多个单位单元204包括具有特征尺寸212的单位单元204的第一部分206。特征尺寸212可以是例如单位单元高度、单位单元宽度、单位单元长度或单位单元直径。在示例性实施例中,特征尺寸212是单位单元204的直径。第一部分206的特征尺寸212具有第一值,所述第一值对第一部分206的每个单位单元204相同。多个单位单元204还包括单位单元204的第二部分208,第二部分208的每个单位单元204具有特征尺寸212。第二部分208的特征尺寸212具有第二值,所述第二值对第二部分208的每个单位单元204相同。多个单位单元204还包括单位单元204的第三部分210,第三部分210的每个单位单元204具有特征尺寸212。第三部分210的特征尺寸212具有第三值,所述第三值对第三部分210的每个单位单元204相同。在示例性实施例中,对于第三部分210的特征尺寸212的第三值比对于第二部分208的特征尺寸212的第二值要大。此外,对于第二部分208的特征尺寸212的第二值比对于第一部分206的特征尺寸212的第一值要大。在替代性实施例中,结构202可包括使得部件200能够如本说明书中所描述而起作用的单位单元204的许多部分。

[0062] 在示例性实施例中,多个单位单元204被配置成使得部件200的刚度在剖面4-4上变化,同时部件200的质量密度在剖面4-4上是一致的。更具体地,部件200的平均局部结构刚度关于第三轴线205在剖面4-4上竖直地变化。在示例性实施例中,通过改变单位单元204大小因此改变特征尺寸212,实现部件200的平均局部刚度的改变。单位单元204被扩大或缩小以修改其大小,同时保持相同的比例和尺度,使得对于每个单位单元204的质量密度在剖面4-4上对多个单位单元204的每个单位单元204是基本上相同的。例如,在示例性实施例中,第一部分206的单位单元204是第二部分208和第三部分210的比例模型。更具体讲,每个球形单位单元204具有壁厚222,对于第一部分206、第二部分208和第三部分210中的每一个,壁厚222与特征尺寸(单位单元直径)212的比率是基本上相等的。单位单元204的一部分的平均局部刚度在该部分的每个尺度单位单元204的直径减小时增大。因此,通过修改单位单元204的每个部分的比例,同时对于每个单位单元204保持几何比例关系,从而保持部件

200的平均局部质量密度,可改变结构202内的部件200的平均局部刚度,同时保持结构202的平均局部质量密度。

[0063] 在示例性实施例中,单位单元204的第三部分210具有第一平均刚度,单位单元204的第二部分208具有第二平均刚度,其比第三部分210的第一平均刚度大,单位单元204的第一部分206具有第三平均刚度,其比第二部分208的第二平均刚度大。在替代性实施例中,第一部分206、第二部分208和第三部分210可具有使得部件200能够如本说明书中所描述而起作用的任何刚度。

[0064] 在示例性实施例中,部件200的平均局部刚度关于第三轴线205在剖面4-4上变化,同时平均局部质量密度在剖面4-4上保持恒定。在示例性实施例中,通过改变单位单元204的尺度大小,实现结构202的平均局部刚度的改变。

[0065] 在示例性实施例中,结构202包括连接在一起的多个球形单位单元204。在替代性实施例中,结构202包括布置为晶格结构的多个单位单元204。在替代性实施例中,结构202包括多个晶格结构单位单元204,其中,单位单元204具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶的至少一个的晶格形状。在其它替代性实施例中,结构202包括具有束结构的多个单位单元。在再一替代性实施例中,结构202包括使得部件能够如本说明书中所描述而起作用的单位单元204的任何布置。

[0066] 图5为具有固态结构部分320和示例性单位单元结构部分302的部件300的侧视图。图6为沿剖面线5-5(图5中示出)截取的单位单元结构302的剖视图。部件300包括单位单元结构302,其代替部件300内的固态材料或结构,并促进包括为一致质量密度但变化的结构刚度的轻量结构。在示例性实施例中,部件300限定第一或长度尺寸307和第二或全局尺寸309。在示例性实施例中,全局尺寸309是部件300的直径。部件300的纵向或第一轴线301平行于第一尺寸307延伸。横向或第二轴线303正交于第一轴线301延伸。竖直或第三轴线305在正交于第一轴线301并正交于第二轴线303的方向上延伸。因此,第一轴线301、第二轴线303和第三轴线305相互正交。在其它替代性实施例中,全局尺寸309可由使得部件300能够如本说明书中所描述而起作用的部件300的任何尺寸限定。

[0067] 在示例性实施例中,结构302包括连接在一起的多个球形单位单元304。多个单位单元304包括单位单元304的第一部分306,多个单位单元304的每个单位单元304具有特征尺寸312和第一部分质量密度。特征尺寸312可以是例如单位单元高度、单位单元宽度、单位单元长度或单位单元直径。在示例性实施例中,特征尺寸312是单位单元304的直径。第一部分306的特征尺寸312具有第一值,所述第一值对第一部分306的每个单位单元304相同。

[0068] 在示例性实施例中,多个单位单元304还包括单位单元304的第二部分308,第二部分308的每个单位单元304具有特征尺寸312和第二部分质量密度。第二部分308的特征尺寸312具有第二值,所述第二值对第二部分308的每个单位单元304相同。在示例性实施例中,对于第二部分308的每个单位单元304的第二部分质量密度比对于第一部分306的每个单位单元304的第一部分质量密度要大。

[0069] 多个单位单元304还包括单位单元304的第三部分310,第三部分310的每个单位单元304具有特征尺寸312和第三部分质量密度。第三部分310的特征尺寸312具有第三值,所述第三值对第三部分310的每个单位单元304相同。在示例性实施例中,对于第二部分308的每个单位单元304的第二部分质量密度比对于第一部分306的每个单位单元304的第一部分

质量密度要大。此外,对于第三部分310的特征尺寸312的第三值比对于第二部分308的特征尺寸312的第二值要大。此外,对于第二部分308的特征尺寸312的第二值比对于第一部分306的特征尺寸312的第一值要大。在可选择的实施例中,结构302可包括使得部件300能够如本说明书中所描述而起作用的单位单元304的许多部分。

[0070] 在示例性实施例中,单位单元304的第三部分310具有第一平均刚度,单位单元304的第二部分308具有与第三部分310的第一平均刚度基本上相同的第二平均刚度,单位单元304的第一部分306具有基本上等于第二部分208的第二平均刚度的第三平均刚度。在替代性实施例中,第一部分306、第二部分308和第三部分310可具有使得部件300能够如本说明书中所描述而起作用的任何平均刚度。

[0071] 在示例性实施例中,参照图6,多个单位单元304被配置成使得部件300的局部刚度在剖面5-5内是恒定的,同时部件300的质量密度在结构302的剖面5-5上是变化的。更具体地,在示例性实施例中,部件300的平均局部质量密度关于第三轴线305在剖面5-5上是变化的,同时平均局部刚度在剖面5-5上保持恒定。在示例性实施例中,通过改变单位单元304的比例和大小,包括特征尺寸312,实现对结构302的平均局部质量密度的改变。例如,在示例性实施例中,第一部分306的单位单元304不是第二部分308和第三部分310的比例模型。更具体地,每个球形单位单元304具有壁厚322,在第一部分306、第二部分308和第三部分310中的每一个之间壁厚322与特征尺寸(单位单元直径)312的比率不同。因此,通过修改单位单元304之间的比例关系,并通过修改单位单元304的几何比例,以改变部件300的平均局部质量密度,可保持结构302内部件300的平均局部刚度,同时改变结构302的平均局部质量密度。

[0072] 在示例性实施例中,结构302包括连接在一起的多个球形单位单元304。在替代性实施例中,结构302包括布置为晶格结构的多个单位单元304。在替代性实施例中,结构302包括多个晶格结构单位单元304,其中,单位单元304具有三斜晶、单斜晶、正交晶、四方晶、六方晶、立方晶和球形晶的至少一个的晶格形状。在其它可选择实施例中,结构302包括具有束结构的多个单位单元。在再一可选择实施例中,结构302包括使得部件能够如本说明书中所描述而起作用的单位单元304的任何布置。

[0073] 图7示出使用包括固结装置138的增材制造系统100制造部件104的方法400的流程图。参照图1、图2和图7,方法400包括在增材制造系统100的控制器106上提供402部件104的构建文件。方法400还包括将材料沉积404到部件104的表面上。最后,方法400还包括操作406固结装置138以固结材料,形成结构或构建层116的至少一部分,其包括连接在一起的多个单位单元。

[0074] 上述的单位单元结构提供了用于解耦部件内的结构刚度和质量密度的有效方法。具体讲,单位单元被扩大或缩小以改变其大小,不管大小如何,对于每个单位单元保持相同的质量密度。为了在保持局部结构刚度的同时改变单位单元结构的局部质量密度,通过修改例如壁厚的变量改变结构内的特定单位单元的质量密度,单位单元被缩放到不同大小,使得全局结构中的有效刚度保持相同。解耦给定单位单元结构内的结构刚度和质量密度会促进制造具有优化结构刚度和质量分布特征的轻量的多功能单位单元结构。

[0075] 本说明书中所描述的方法、系统和设备的示例性技术效果包括以下各项中的至少一项:(a)用单位单元结构代替部件的固态结构的至少一部分;(b)解耦结构的结构刚度和

质量密度;以及(c)建立具有优化的结构刚度和质量分布特征的部件。

[0076] 在上面详细地描述了具有解耦的结构刚度和质量密度的单位单元结构的示例性实施例。单位单元结构和制造此部件和结构的方法不限于本说明书所描述的具体实施例,但相反地,系统的部件和/或方法的步骤可以独立地且与本说明书所描述的其它部件和/或步骤分开地使用。举例来说,方法还可结合需要单位单元内部结构的其它部件使用,且不限于仅使用如本说明书中所描述的系统和方法来实践。相反,示例性实施例可结合需要单位单元结构的许多其它制造或构造应用来实施和利用。

[0077] 尽管本申请的各种实施例的具体特征可在一些附图中示出而在其它附图中示出,但这仅仅是为了方便。根据本申请的原则,附图的任何特征可以与任何其它附图的任何特征组合引用和/或要求保护。

[0078] 本书面描述用实施例来描述包括最佳模式的本发明,且还使所属领域的技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统以及进行任何所并入的方法。本申请的可获专利的范围由权利要求书限定,并且可以包括本领域的技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有并非不同于权利要求书的字面语言的结构要素,或如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质差异的等效结构要素,那么它们既定在权利要求书的范围内。

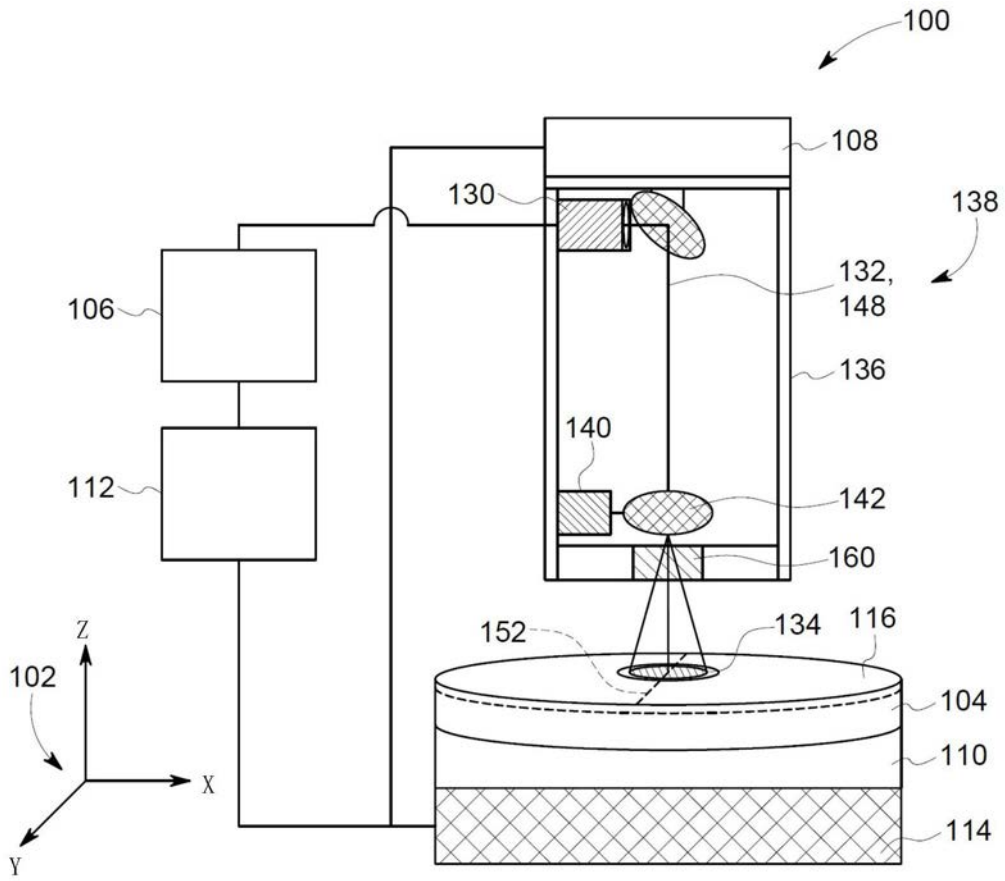


图1

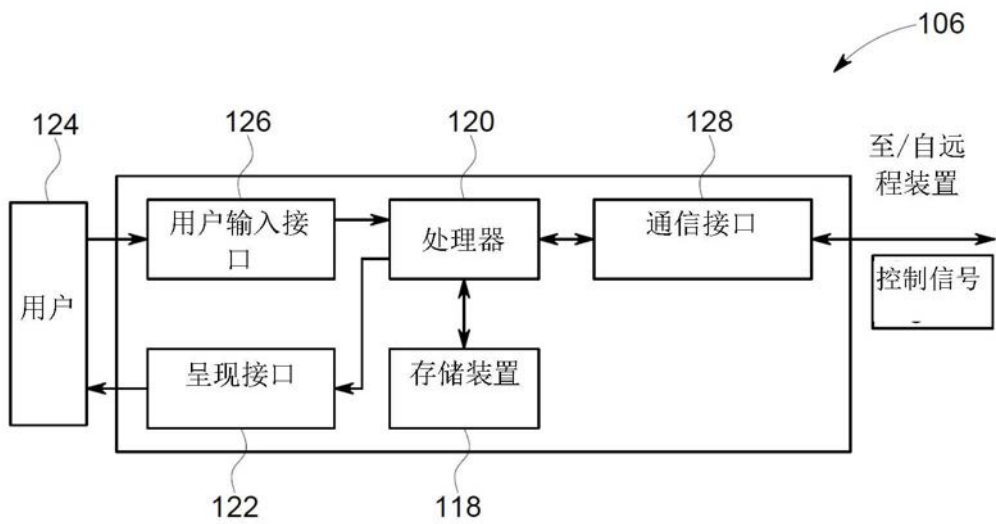


图2

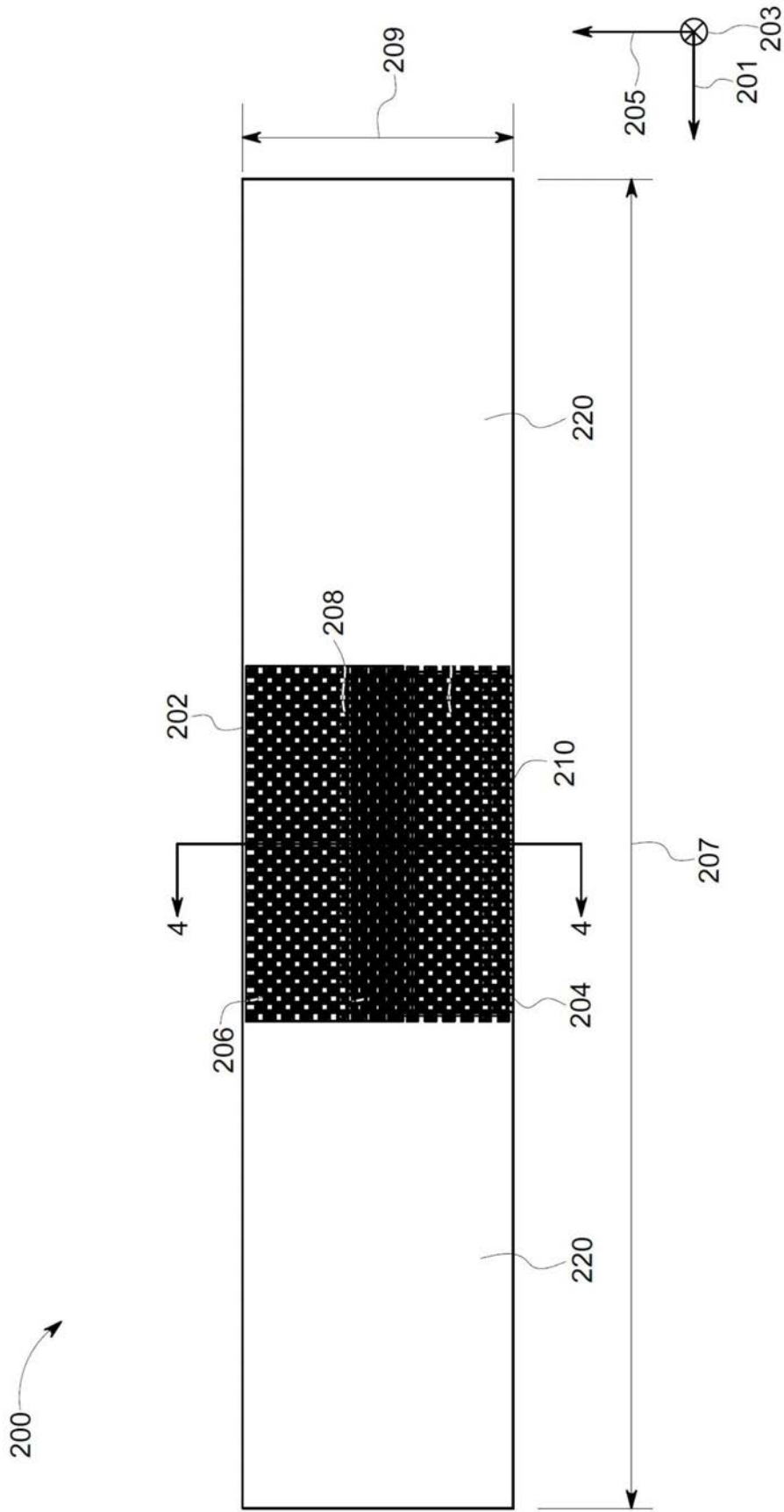


图3

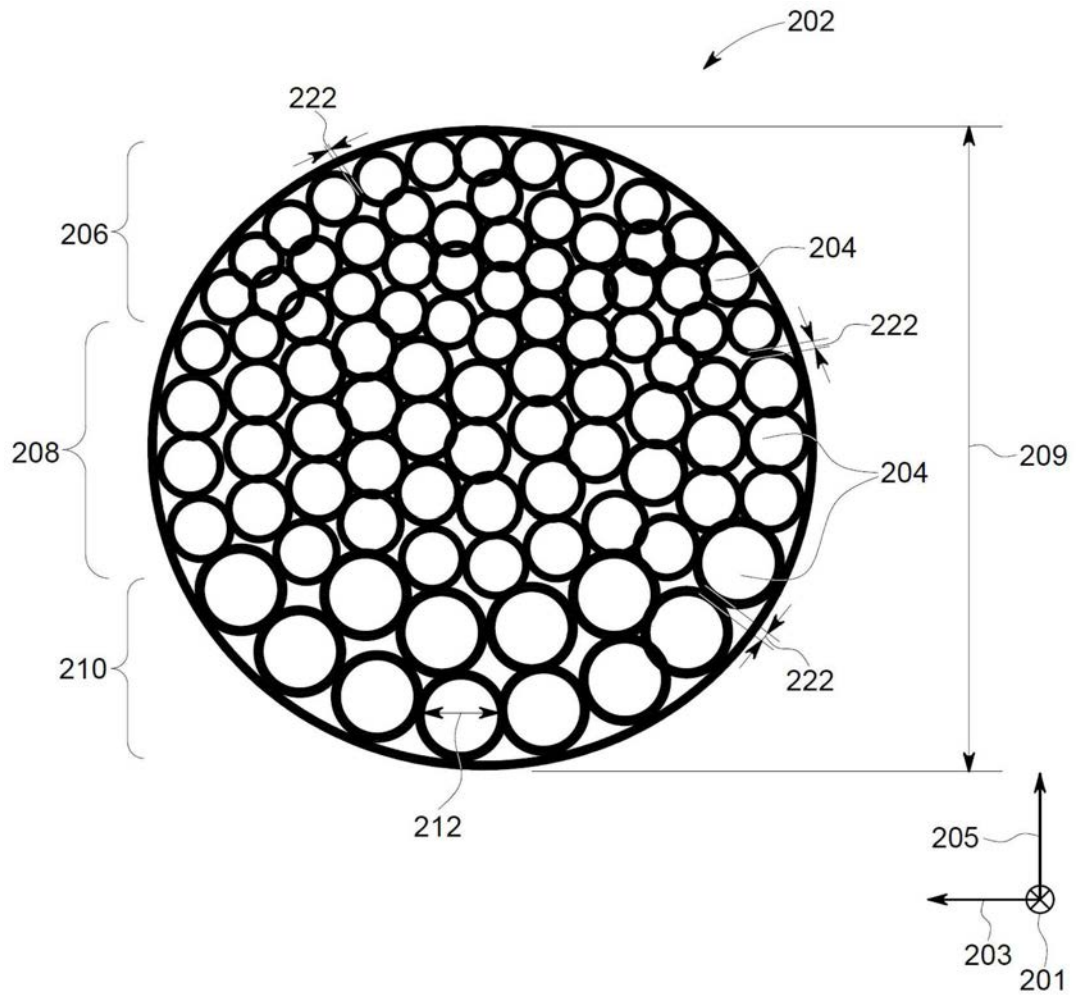


图4

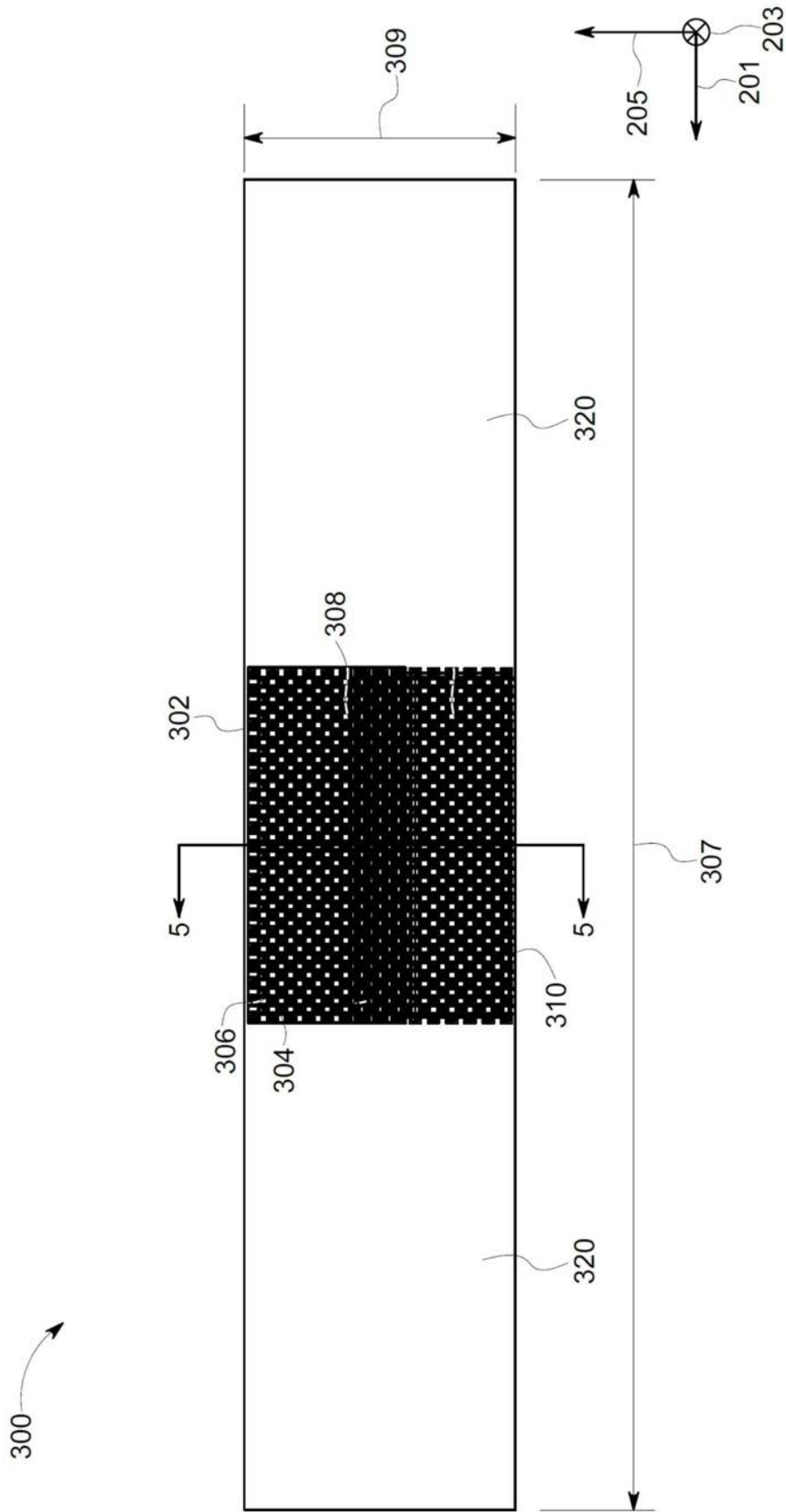


图5

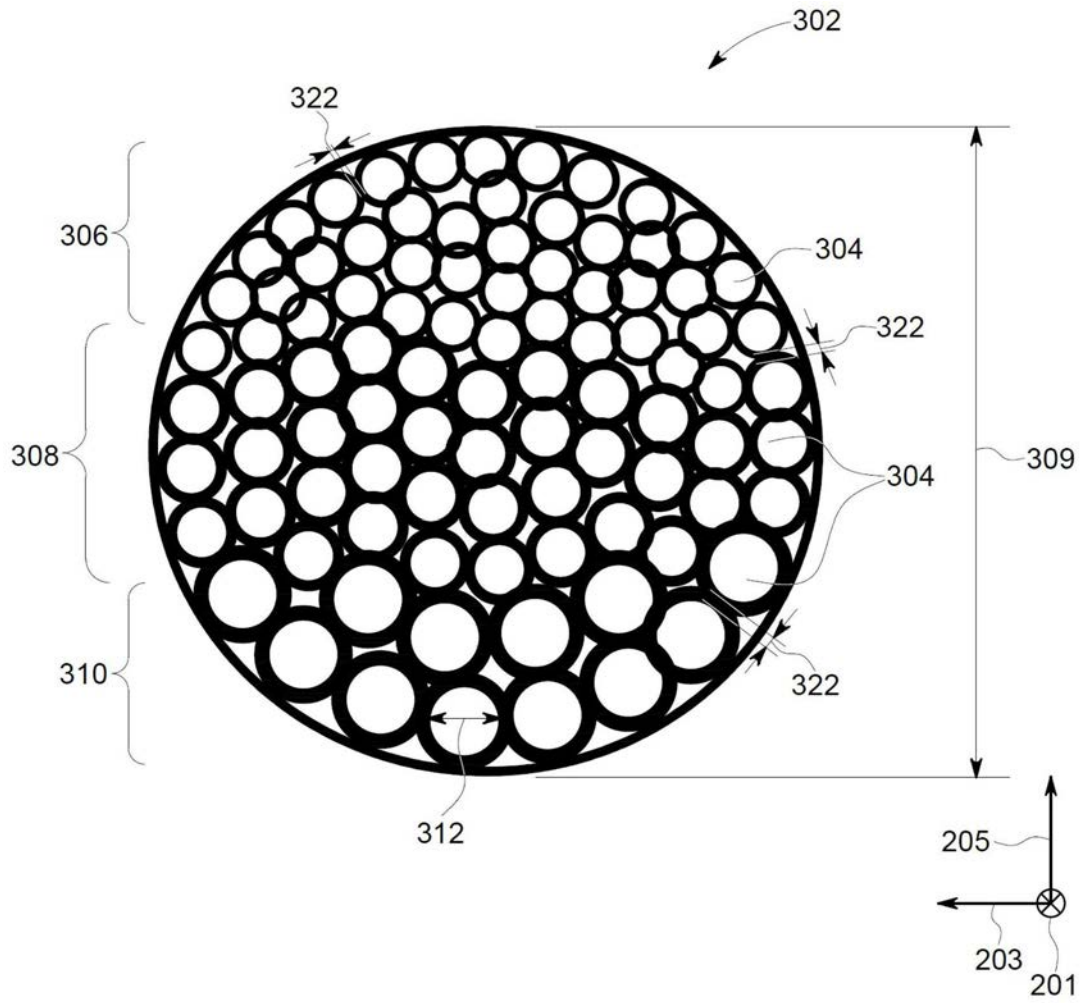


图6

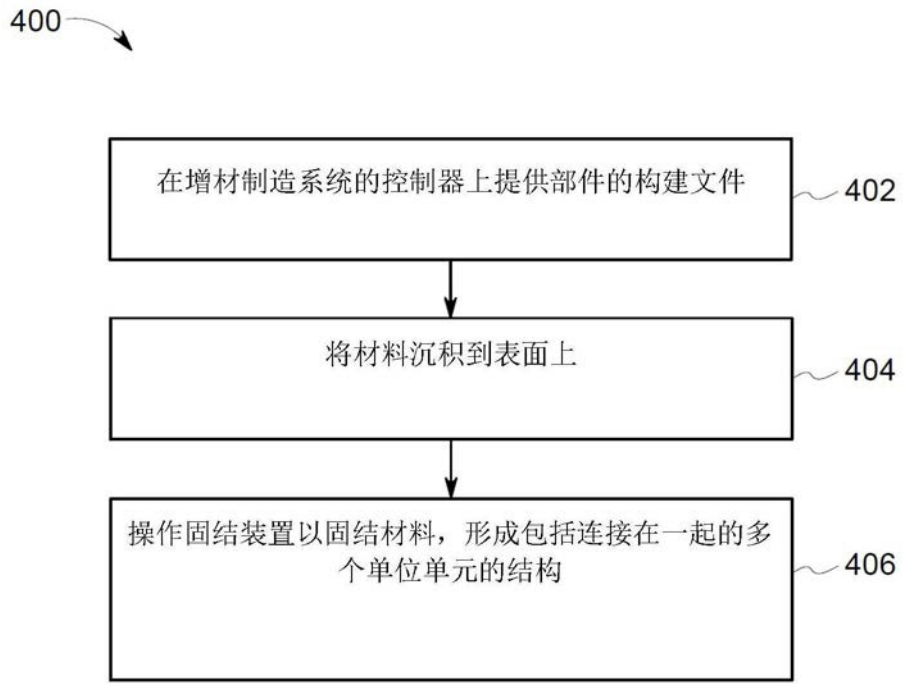


图7