



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106862562 A

(43)申请公布日 2017.06.20

(21)申请号 201611125067.3

(22)申请日 2016.12.09

(30)优先权数据

2015-241005 2015.12.10 JP

(71)申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 蒲池康 木谷耕治

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 宋岩

(51)Int. Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B22F 1/00(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 40/00(2015.01)

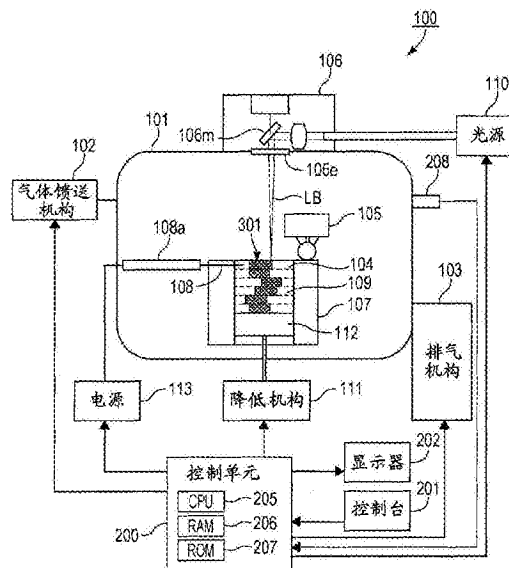
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

原料粉末处理方法、原料粉末处理装置和物体产生方法

(57)摘要

公开了原料粉末处理方法、原料粉末处理装置和物体产生方法。用于处理原料粉末的方法包括形成原料粉末的层,以及去除形成在原料粉末的表面的氧化膜,所述层由所述原料粉末形成。



1. 一种用于处理原料粉末的方法,其特征在于,所述方法包括:
形成原料粉末的第一层;以及
去除形成在原料粉末的表面上的氧化膜,所述第一层由所述原料粉末制成。
2. 如权利要求1所述的用于处理原料粉末的方法,其中氧化膜的去除是通过在含氢气氛中的化学还原来执行的。
3. 如权利要求1所述的用于处理原料粉末的方法,其中氧化膜的去除是通过如下操作来执行的:通过向所述第一层施加电压而在含氢气氛中生成等离子体。
4. 如权利要求1所述的用于处理原料粉末的方法,其中氧化膜的去除是通过如下操作来执行的:通过向所述第一层施加电压而在含惰性元素的气氛中生成等离子体。
5. 如权利要求1所述的用于处理原料粉末的方法,其中:
在所述第一层的形成中,第一层在可抽空的外壳中形成;以及
氧化膜的去除是在外壳被抽空到低于大气压的压强的情况下执行的。
6. 如权利要求5所述的用于处理原料粉末的方法,其中低于大气压的压强为10Pa以上且小于10kPa的压强。
7. 如权利要求5所述的用于处理原料粉末的方法,所述方法还包括通过以下操作来创建气氛:将外壳抽空至第一压强并且然后将惰性元素输送到外壳中以创建比第一压强高且比大气压低第二压强的气氛。
8. 如权利要求5所述的用于处理原料粉末的方法,其中在位于外壳中并与外壳电绝缘的粉末容器中形成所述第一层。
9. 如权利要求1所述的用于处理原料粉末的方法,其中,在去除氧化膜之后,在所述第一层上形成第二层。
10. 如权利要求3所述的用于处理原料粉末的方法,其中等离子体的生成是在利用加热器或能量束加热所述第一层的情况下来执行的。
11. 如权利要求1所述的用于处理原料粉末的方法,其中原料粉末是通过水雾化形成的金属颗粒。
12. 一种用于产生物体的方法,其特征在于,所述方法包括:
形成原料粉末的层;
去除形成在原料粉末的表面上的氧化膜,所述层由所述原料粉末形成;以及
利用射束来成形,包括通过利用能量束的照射来固化已去除氧化膜的原料粉末。
13. 如权利要求12所述的用于产生物体的方法,其中氧化膜的去除是通过在含氢气氛中的化学还原来执行的。
14. 如权利要求12所述的用于产生物体的方法,其中氧化膜的去除是通过如下操作来执行的:通过向所述层施加电压而在含氢气氛中生成等离子体。
15. 如权利要求12所述的用于产生物体的方法,其中氧化膜的去除是通过如下操作来执行的:通过向所述层施加电压而在含惰性元素的气氛中生成等离子体。
16. 如权利要求12所述的用于产生物体的方法,其中利用射束来成形是在通过向所述层施加电压而在含惰性元素的低氧气氛中生成等离子体的同时执行的。
17. 一种用于处理原料粉末的装置,其特征在于,所述装置包括:
可抽空的外壳;

气氛生成器,被配置为在外壳中生成包含氢和/或惰性元素的气氛;
粉末容器,位于外壳中并与外壳电绝缘;
形成单元,被配置为在粉末容器中形成原料粉末的层;以及
通电单元,被配置为向由形成单元形成的层施加电压。

18. 如权利要求17所述的用于处理原料粉末的装置,其中与所述层接触的粉末容器的表面是绝缘的。

19. 如权利要求17所述的用于处理原料粉末的装置,其中通电单元具有被配置为与所述层接触并向粉末容器中的所述层施加AC电压的电极。

20. 如权利要求17所述的用于处理原料粉末的装置,所述装置还包括作为粉末容器的部件的被配置为加热所述层的加热器。

21. 一种用于产生物体的系统,其特征在于,所述系统包括:

如权利要求17所述的用于处理原料粉末的装置;以及

射束发射器,被配置为利用能量束来照射已经由用于处理原料粉末的装置利用等离子体处理过的所述层。

22. 一种利用如权利要求21所述的用于产生物体的系统建造的物体,其特征在于,所述物体包括晶体结构,其中晶体在层的堆叠方向上生长,所述层的堆叠通过阿基米德法测得的填充密度为99.9%或者更大。

原料粉末处理方法、原料粉末处理装置和物体产生方法

技术领域

[0001] 本公开涉及用于处理原料粉末的方法和装置，其中原料粉末是用等离子体处理的。

背景技术

[0002] 近年来，使用粉末床熔融技术的制造设备（被称为3D打印机）已经在开发中。在粉末床熔融中，形成原料粉末的薄片，每个形成的薄片要被固化的区域（下文中被称为固化区域）用激光束或电子束（下文中被称为能量束）来照射以加热固化区域，并且这种薄片被堆叠以形成三维物体（日本专利特许公开No.8-39275和10-88201）。

[0003] 一般认为利用粉末床熔融制造的三维物体（下文中被称为粉末床熔融产品）可以通过如下方式来增强：通过减少结构的空隙体积来增加填充密度（infill）。即使在球形原料粉末被最紧密堆积的薄片，每单位体积的颗粒间空隙体积也超过20%。这意味着在被称为烧结的状态下（其中颗粒仅在接触点处被熔融），在颗粒之间存在无数的空隙。

[0004] 日本专利特许公开No.8-39275提出了一种粉末床熔融技术，其中三维物体是通过在抽空的外壳中在供给惰性气体的气氛中形成薄片并利用激光束加热薄片的固化区域来制造的。日本专利特许公开No.10-88201指出，在不使用粘合剂的情况下由原料粉末形成成形制品并在激光束粉末床熔融之前压缩原料粉末可以增加三维物体的填充密度。

[0005] 发现根据这些出版物的用于制造三维物体的方法无法将粉末床熔融产品的填充密度增加到足够高的水平，因为这些方法在完成的三维物体的结构中留下非常小的空隙。本公开意在解决这些缺点。

发明内容

[0006] 根据本公开的一方面的用于处理原料粉末的方法包括：形成原料粉末的层；以及去除形成在构成所述层的原料粉末的表面上的氧化膜。

[0007] 根据本公开的一方面的用于产生物体的方法包括：形成原料粉末的层；去除形成在原料粉末的表面上的氧化膜，所述层由所述原料粉末形成；以及利用射束来成形，包括通过利用能量束的照射来固化已去除氧化膜的原料粉末。

[0008] 根据本公开的一方面的用于处理原料粉末的装置包括：可抽空的外壳；气氛生成器，被配置为在外壳中生成包含氢和/或惰性元素的气氛；粉末容器，位于外壳中并与外壳电绝缘；形成单元，被配置为在粉末容器中形成原料粉末的层；以及通电单元，被配置为向由形成单元形成的层施加电压。

[0009] 根据本公开内容的某些方面，原料粉末的表面上的氧化物和异物的量是通过对原料粉末的等离子体处理来减少的。这减小了原料粉末的表面上的氧化物和异物留在完成的三维物体的结构中的空隙的体积。因此，本公开的某些方面将粉末床熔融产品的填充密度增加到足够高的水平。此外，本公开的某些方面通过使用利用等离子体处理的原料粉末来使粉末床熔融产品更坚固。

[0010] 参照附图,从下面对示例性实施列的描述,本公开内容的进一步的特征将变得清楚。

附图说明

[0011] 图1是根据本公开的一个或多个实施列的物体产生系统的配置的说明图。

[0012] 图2是根据本公开的一个或多个实施列的建造容器的配置的说明图。

[0013] 图3是根据本公开的一个或多个实施列的用于产生物体的处理的流程图。

[0014] 图4A至图4F是根据本公开的一个或多个实施列的利用物体产生系统执行的堆叠阶段的说明图。

[0015] 图5是根据本公开的一个或多个实施列的物体产生系统的配置的说明图。

具体实施方式

[0016] 下面参照附图详细描述本公开的一些实施列。

[0017] 已知粉末床熔融技术的问题

[0018] 由在熔炉中产生的金属锭加工出来的物体通常具有99.9%或更高的填充密度。另一方面,使用已知的粉末床熔融技术制造的金属物体具有至多99.7%的填充密度,并因此不能像由金属锭加工的物体那样致密。当预期用途是诸如成型模具之类的要求高表面质量的用途时,利用已知的粉末床熔融技术创建的物体由于其粗糙的表面而难以被直接用于该用途。

[0019] 此外,利用已知的粉末床熔融技术制造的金属物体在其表面上或在其内部结构中具有许多孔或空隙。当这种已知物体被用于要求高抗拉强度和弯曲强度的建造目的时,出现关于源自物体的表面上和内部结构中的孔的裂纹生长或疲劳断裂的问题。

[0020] 当被用作需要具有高表面质量的成型模具或者用于要求高强度的建造用途时,粉末床熔融产品通常要具有99.9%或更高的填充密度。利用已知的粉末床熔融技术制造的物体的低填充密度(小于99.7%)与其表面上和其内部结构中存在许多孔或空隙相结合是这种物体被广泛使用的限制因素之一。

[0021] 在实施列1中,原料粉末的薄片在氩气和氢气的气氛中用等离子体进行处理,然后薄片的固化区域(要被固化的区域)立即用激光束在氩气和氢气的气氛中加热,并且这种薄片被堆叠。与已知技术相比,这以高频率和高再现性提供了具有大于99.9%的填充密度的三维物体。

[0022] 这表明利用已知的粉末床熔融技术观察到的低填充密度可归因于在原料粉末的表面上存在的钝化膜或污垢,并且等离子体处理利用其物理或化学效应去除它们。此外,等离子体处理通过增加表面能量来提高原料粉末的表面润湿性,并且这也有助于防止在熔融期间夹带气泡。

[0023] 实施列1

[0024] 物体产生系统

[0025] 图1是根据实施列1的物体产生系统的配置的说明图。图2是建造容器的配置的说明图。如图1中所示,物体产生系统100是使用粉末床熔融技术的系统,因此被称为3D打印机。外壳101由不锈钢制成并且能够防止外部空气进入其内部空间。存在连接到外壳101的

真空计208(检测器的示例)。真空计208检测外壳101中的压强。

[0026] 排气机构103(抽空器的示例)能够减小外壳101中的压强。排气机构103将空气移出外壳101,主要是为了减少外壳101中的气氛中的氧气量。排气机构103是干式泵和涡轮分子泵的串联连接并且能够将外壳101抽空至例如 1×10^{-4} Pa的真空度。

[0027] 排气机构103还在与外壳101的连接处具有孔口调节阀,利用该孔口调节阀可以调节孔口尺寸。控制单元200通过操作下文所述的气体馈送机构102以将气体输送到外壳101中并根据真空计208的输出来调节这个孔口调节阀来控制外壳101中的气氛和真空度。

[0028] 气体馈送机构102(馈送器的示例)将氩气(惰性气体的示例)和氢气输送到外壳101中。气体馈送机构102能够将任何混合比例的氩气和氢气的混合物输送进入外壳101。可以有两个单独的气体馈送机构来分开输送氩气和氢气。

[0029] 如图2中所示,建造容器107(粉末容器的示例)具有在建造室109内可垂直移动的堆叠平台112。降低机构111能够以逐步的方式使堆叠平台112向下移动对应于层104的厚度的任何节距长度。在建造室109中,作为每一层104的等离子体处理的结果,经处理的层104'被堆叠。

[0030] 在建造室109的壁中存在能够加热层104的嵌入式电阻加热器137(加热器的示例)。在堆叠平台112的顶表面上存在温度传感器209。控制单元200根据温度传感器209的输出来打开和关断电流流入电阻加热器137中,以维持层104的恒定温度。

[0031] 层形成机构105(形成单元的示例)在位于外壳101中的建造容器107的建造室109中形成原料粉末的层104。由层形成机构105形成的原料粉末的层非常薄,具有 $5\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下的厚度。因此,原料粉末的层104在本文被称为薄片。

[0032] 薄片形成机构105具有移动单元133,在被引导件132引导时,移动单元133沿着建造容器107的顶表面在箭头R105的方向移动。原料粉末135存储在原料储存器130中并且通过底板134的提升而被升高到高于建造容器107的顶表面的水平。薄片形成机构105在相对于建造容器107的顶表面在相反方向旋转其金属辊131的同时,刮除(strikes off)已经出现在建造容器107的顶表面上的原料粉末,由此以均匀厚度和致密的结构在堆叠平台112的顶表面上形成原料粉末135的薄片104。薄片形成机构105还在经处理的(一个或多个)薄片104'上形成原料粉末的新薄片104,经处理的(一个或多个)薄片104'中的每个薄片是在建造室109中形成并利用等离子体处理的薄片104。

[0033] 建造容器

[0034] 即使原料粉末的内部是金属,原料粉末通常也在其颗粒之间导电性低,因为其表面被诸如氧化膜之类的钝化膜覆盖。因此,一般认为通过暴露于等离子体电弧对原料粉末进行等离子体处理需要将AC电压施加到面向薄片104的板电极。但是,被置于薄片104上方的板电极阻挡了通过其用激光束照射薄片104的光路并且与沿着建造容器107的顶表面移动的薄片形成机构105碰撞。因此一般认为被置于薄片104上方的板电极需要从薄片104上方物理地收回板电极的收回机构。

[0035] 但是,如下所述,即使在建造具有几十毫米厚度的物体时,物体产生系统100也几百到几千次地重复形成薄片104并利用等离子体对其进行处理。因此每次在形成薄片104时从薄片104上方收回板电极将导致时间的大量损失。还将存在与板电极的收回关联的飘落污染物和收回机构中的故障的问题。

[0036] 本发明人开发了不在薄片104上方使用板电极的用于建造容器107中形成的薄片104的等离子体处理的等离子体放电模式。本发明人首先发现,相对于诸如用于外壳101和建造容器107的支撑结构之类的部件在电浮置状态下向薄片104施加AC电压跨薄片104的表面区域产生均匀的等离子体电弧。本发明人进一步将其发展成等离子体放电的模式,在该模式中外壳101接地,建造容器107与外壳101电隔离,并且AC电压被施加到与薄片104接触的电极108。这种等离子体放电模式可以在没有面向薄片104的板电极的情况下执行,因为薄片104自身充当放电电极。

[0037] 如图1中所示,建造容器107位于接地的外壳101中,并且与外壳101电隔离。建造容器107和堆叠平台112由绝缘材料制成以避免在其表面上形成等离子体。与薄片104接触的建造容器107的表面是绝缘的。向原料粉末的薄片104供给来自电源113的电压的电极108(通电单元)具有绝缘盖108a,以避免在其表面上形成等离子体。

[0038] 在实施例1中,在绝缘建造容器107的建造室109中形成的薄片104与外壳101电隔离,并且电极108被用来向薄片104施加AC电压。通过建造容器107保持薄片104并且与外壳101电隔离,AC电压被施加到与薄片104接触的电极108。利用这种配置,在实施例1中可以跨薄片104的表面区域生成均匀的等离子体并且对薄片104的原料粉末快速执行均匀等离子体处理,而无需板电极或任何类似的部件。

[0039] 等离子体处理

[0040] 如图1中所示,物体产生系统100通过向薄片104施加AC电压而在与形成在建造容器107中的原料粉末的薄片104相邻的空间中生成等离子体。物体产生系统100执行在堆叠平台112上被形成为第一层的薄片104的等离子体处理,并且对在经处理的薄片104'上形成的作为第二层和后续层的薄片104执行等离子体处理。

[0041] 电源113(通电单元的示例)和电极108向薄片104施加AC电压。电源113经由电极108向原料粉末的薄片104施加AC电压。如图2中所示,电极108与建造容器107中的薄片104或经处理的薄片104'接触。电源113还能够产生DC电压或者与DC电压叠加的AC电压。可以从-500V至+500V的范围选择多个DC电压。对于AC电压,可以分别从0V至2000V和10kHz至500kHz的范围选择多个幅度和多个频率。

[0042] 控制单元200操作电源113,其中外壳101被馈送氢气和/或惰性气体并且其真空度为10Pa以上且小于10kPa。这确保等离子体在与薄片104相邻的空间中局部形成,从而提供将用于薄片104的原料粉末有效地暴露于等离子体以及原料粉末的快速等离子体处理。

[0043] 在等离子体处理期间,原料粉末被保持在包含氢离子和/或氩(惰性气体的示例)离子以及自由电子的等离子体中。使用氩离子和自由电子的等离子体处理意在提供被称为溅射清洁的效果。氩离子与原料粉末的颗粒的表面碰撞并且扫除附着的氧化膜或异物。自由电子也与原料粉末的颗粒的表面碰撞,并且被加热到高温的表面蒸发掉附着的氧化膜或异物。结果,用于原料粉末的材料从异物的覆盖下暴露。

[0044] 另一方面,使用氢离子的等离子体处理主要目的在于通过化学还原去除原料粉末的颗粒的表面上的钝化膜。这给出了原料粉末脱氧和高度可结晶的颗粒表面,从而确保原料粉末的颗粒即使在相对低的温度下也熔融并且帮助它们形成具有很少晶格不规则的晶体。

[0045] 如图2中所示,电阻加热器137可以在等离子体处理期间被通电,以额外地加热堆

叠平台112上原料粉末的薄片104,以使等离子体处理更有效。激光束LB可代替电阻加热器137被用作额外的热源或与电阻加热器137组合而被用作额外的热源。更具体而言,通过以降低的强度或者跨更广泛的斑点区域横穿(traversing)激光束LB,可以在不熔化薄片104的情况下对其加热。

[0046] 激光热成型

[0047] 如图1中所示,扫描加热机构106可选地包括诸如聚光透镜和准直透镜之类的光学元件。光源110是功率为500W的YAG激光振荡器。扫描加热机构106利用电流计镜106m来移动在光源110处生成的激光束来扫描经处理的薄片104'的固化区域,以利用激光束LB的束斑加热这个区域。

[0048] 用于利用3D CAD软件生成的三维物体的设计数据在2D CAM软件上被处理成用于多个固化区域的二维薄片数据,这些区域之间的间隔对应于薄片104的厚度。用于扫描加热机构106的NC程序将用于特定固化区域的二维数据转换成用于每个薄片104的固化区域的扫描程序,该扫描程序控制在两个水平方向的同时相对移动。控制单元200如由用于每个固化区域的扫描程序指示的那样控制扫描加热机构106,以利用激光束LB扫描建造容器107的平面上的预定路径。

[0049] 扫描加热机构106(射束发射器的示例)利用激光束LB(能量束的示例)照射经处理的薄片104'或用等离子体处理的薄片104。形成建造容器107的建造室109的顶表面的经处理的薄片104'被从扫描加热机构106发射的激光束加热。激光束几乎在一瞬间熔化经处理的薄片104'并且将其与下面的固体结构固化。结果,作为建造室109的顶表面的经处理的薄片104'的区域被熔化并固化在一起。等离子体处理以及电阻加热器137的通电可以在这个激光热成型阶段期间继续,使得经处理的薄片104'保持在高温。维持经处理的薄片104'处于高温导致更有效的激光热成型并且因此即使在激光束的功率低时也使得能够快速激光热成型,并且此外,通过确保经处理的薄片104'以更一致的方式熔化来给予得到的物体301更均匀的结构。

[0050] 应当指出,在激光热成型的这个阶段中利用激光束加热可被用来促进用于经处理的薄片104'的原料粉末的等离子体处理。因此,原料粉末的等离子体处理不需要在上面的等离子体处理阶段中100%完成。例如,可以在等离子体处理阶段中在大约80%的进程处中止处理,并且在熔化原料粉末之前的激光热成型阶段中实现100%的预期处理水平。这通过减少等离子体处理所需的时间而加速了物体301的产生。

[0051] 用于物体产生的处理

[0052] 图3是用于物体产生的处理的流程图。图4A至图4F是利用物体产生系统执行的堆叠阶段的说明图。如图1中所示,控制单元200具有CPU 205、RAM 206和ROM 207。通过将ROM 207调用的处理控制程序存储在RAM 206中,CPU 205充当物体产生系统100的处理控制器。用户经由控制台201指示系统开始该处理。

[0053] 如图3中所示,响应于处理起动命令,控制单元200操作排气机构103将外壳101抽空(S11)。在外壳101中的压强已达到 1×10^{-2} Pa之后,气体馈送机构102被操作以开始气体馈送并将外壳101中的压强调节至低于大气压的处理压强(S12)。在由步骤S11和步骤S12组成的气氛生成阶段中,如图1中所示,外壳101被抽空至第一压强,并且然后氩气和氢气被输送到外壳101中,以在外壳101中创建高于第一压强且低于大气压的第二压强的气氛。

[0054] 如图3中所示,在外壳101中的压强已达到第二压强(例如,5kPa)之后,控制单元200操作薄片形成机构105以形成原料粉末的薄片104(S13)。如图4A中所示,在降低阶段,放低机构111被操作来放低堆叠平台112以在建造容器107内部产生用于让薄片104在其中形成的空间。如图4B中所示,在这个形成阶段,或者在步骤S13中,薄片形成机构105被操作以便在堆叠平台112上形成原料粉末的薄片104。

[0055] 如图3中所示,控制单元200操作电源113以开始等离子体生成(S14)并且继续薄片104的等离子体处理直到经过指定的时间为止(S15中的“否”)。如图4C中所示,在由步骤S14和步骤S15组成的这个等离子体处理阶段中,堆叠平台112上原料粉末的薄片104利用等离子体进行处理。在等离子体处理阶段中,通过利用电源113向薄片104施加AC电压而在包含氩气和氢气的低氧气氛中生成等离子体。等离子体处理阶段在外壳101中生成的低于大气压(优选地是10Pa以上且小于10kPa)的气氛中执行。通过利用电阻加热器137加热薄片104来维持薄片104的恒定温度的同时,执行等离子体处理阶段。

[0056] 如图3中所示,在薄片104的等离子体处理PN完成之后(S15中的“是”),控制单元200控制扫描加热机构106和光源110,以对经处理的薄片104'执行激光热成型(S16)。在利用射束成形的这个阶段中,或者在步骤S16中,扫描加热机构106和光源110被操作以执行激光热成型,从而熔化和固化在堆叠平台112上的经处理的薄片104',如图4D中所示。在利用射束成形的阶段中,经处理的薄片104'的固化区域被能量束照射以用于固化。通过向经处理的薄片104'施加AC电压而在包含氩气和氢气的低氧气氛中生成等离子体的同时,执行利用射束成形的阶段。

[0057] 如图3中所示,在一个经处理的薄片104'的激光热成型完成之后(S16),控制单元200关断电源113以停止在经处理的薄片104'上的等离子体生成PS(S17)。控制单元200重复薄片的形成(S13)、等离子体处理(S14和S15)、激光热成型(S16)和停止等离子体生成(S17),直到达到完成物体301的堆叠计数(堆叠的层数)(S18中的“否”)。如图4E中所示,在第二降低阶段,放低机构111被操作来放低堆叠平台112,以在整个经处理的薄片104'(包括未固化部分)上形成空间,以用于让原料粉末的新薄片104在其中形成。如图4F中所示,在第二形成阶段中,薄片形成机构105被操作以形成原料粉末的第二薄片104。该新薄片104在建造容器107的底表面上经处理的薄片104'上形成。

[0058] 如图3中所示,物体产生系统100重复薄片的形成、等离子体处理和激光热成型以建造作为经处理的薄片104'的固化区域的堆叠的三维物体301。在达到完成物体301的堆叠计数之后(S18中的“是”),控制单元200停止气体馈送(S19)并将外部空气引入外壳101(S20)。然后,控制单元200经由显示器202告诉用户物体(成形的制品)301已准备好被取出。

[0059] 用不同的材料制作物体

[0060] 如示例1、2和3中那样,利用这种物体产生系统100,一些物体301是利用不同材料的原料粉末、不同的等离子体处理条件和不同的激光热成型条件制造的。对所得到的物体301的密度进行测试。

[0061] 示例1

[0062] 在示例1中,原料不锈钢粉末在以下条件下经受等离子体处理/激光热成型。

[0063] 等离子体处理条件

[0064] 外壳101中的压强:6.66kPa

- [0065] 馈送气体:氩气
- [0066] 原料粉末:颗粒直径为7 μ m的水雾化原料SUS613粉末
- [0067] 薄片104的厚度:20 μ m
- [0068] 施加的电压:AC电压1kV,频率100kHz
- [0069] 处理的持续时间:1分钟
- [0070] 激光热成型条件
- [0071] 被熔化的区域:在薄片104上测量25mm宽和25mm长的正方形区域
- [0072] 堆叠计数:5000
- [0073] 堆叠高度:100mm
- [0074] 如通过阿基米德法测量的在示例1中获得的物体301的填充密度为99.9%以上。通过这个发现示例1中使用的条件提供了比使用普通粉末烧结方法制造的不锈钢物体更致密的物体301。
- [0075] 示例2
- [0076] 在示例2中,原料钛粉末在以下条件下经受等离子体处理/激光热成型。
- [0077] 等离子体处理条件
- [0078] 外壳101中的压强:13.3Pa
- [0079] 馈送气体:含有50%氩气+50%氢气(按分子数的%)的混合气体,
- [0080] 原料粉末:颗粒直径为50 μ m的水雾化原料Ti粉末
- [0081] 薄片104的厚度:100 μ m
- [0082] 施加的电压:AC电压20kV,频率7kHz
- [0083] 处理的持续时间:3分钟
- [0084] 粉末容器107利用电阻加热器137预热并被控制以使薄片104和物体301维持在400 $^{\circ}$ C,从而加速钝化膜的氢还原。
- [0085] 激光热成型条件
- [0086] 被熔化的区域:在薄片104上测量25mm宽和25mm长的正方形区域
- [0087] 堆叠计数:500
- [0088] 堆叠高度:50mm
- [0089] 如通过阿基米德法测量的在示例2中获得的物体301的填充密度为99.9%以上。通过这发现示例2中使用的条件提供了比使用普通粉末烧结方法制造的钛物体更致密的物体301。
- [0090] 示例3
- [0091] 在示例3中,原料铝粉末在以下条件下经受等离子体处理/激光热成型。
- [0092] 等离子体处理条件
- [0093] 外壳101中的压强:1.0kPa
- [0094] 馈送气体:100%氢气
- [0095] 原料粉末:颗粒直径为80 μ m的气体雾化的原料Al粉末
- [0096] 薄片104的厚度:100 μ m
- [0097] 施加的电压:AC电压1.5kV,频率100kHz
- [0098] 处理的持续时间:3分钟

[0099] 粉末容器107利用电阻加热器137预热并被控制以使薄片104和物体301维持在400℃,以加速钝化膜的氢还原。

[0100] 激光热成型条件

[0101] 被熔化的区域:在薄片104上测量5mm宽和5mm长的正方形区域

[0102] 堆叠计数:50

[0103] 堆叠高度:5mm

[0104] 如通过阿基米德法测量的在示例3中获得的物体301的填充密度为99.9%以上。如通过热熔融测得的物体氧含量小于0.1%。通过这发现示例3中使用的条件提供了比使用普通粉末烧结方法制造的铝物体更致密和更纯的物体301。

[0105] 实施例1的优点

[0106] 在实施例1中,用于薄片104的原料粉末的等离子体处理在低氧气氛中执行,并且这防止了通过其形成钝化膜的原料粉末的氧化。此外,薄片104的原料粉末在其中经受等离子体处理的气氛含有氩。氩离子和电子与原料粉末的表面碰撞并且去除和加热附着的异物,从而留下高度结晶的表面。用于薄片104的原料粉末的等离子体处理的气氛还含有氢,并且这加速了存在于原料粉末的表面上的氧化膜的氢还原,钝化膜通过氢还原被消除。以这种方式,这个实施例解决了关于粉末床熔融的填充密度问题,并且使得能够建造具有更高密度(例如99.9%或更高的填充密度)、优异的表面特性和更高强度的物体。

[0107] 在实施例1中,通过向薄片104施加AC电压,在与气氛中的气体交界的薄片104的表面处生成等离子体。当电极108与建造容器107中的薄片104或经处理的薄片104'接触并向其施加AC电压时,薄片104充当放电电极。在薄片104上方不需要用于施加AC电压的电极。在薄片104上方不需要诸如板电极或线圈之类的辅助放电的部件。在薄片104上方留有大量的空间,其中没有什么干扰用激光束LB照射薄片104以及通过薄片形成机构105形成薄片104。

[0108] 在实施例1中,其中薄片104经受AC电压的建造容器107由绝缘材料制成。这确保等离子体在与气氛中的气体交界的薄片104的表面上局部形成,而在建造容器107上没有等离子体发生。等离子体在薄片104的这个表面上的局部形成导致跨薄片104的整个表面的高度均匀的等离子体处理。等离子体中的氩离子和氢离子以有效的方式撞击薄片104并快速去除覆盖原料粉末表面的物质,诸如氧化物、钝化膜和污垢。结果,这个实施例中的等离子体处理快速且高效。

[0109] 在实施例1中,所形成的原料粉末的薄片104直接经受等离子体处理。因此,通过延长等离子体生成的持续时间,可以获得任何预期的处理水平的经处理的薄片104'。可以通过调节等离子体生成的持续时间来精确地控制经处理的薄片104'的等离子体处理的水平。

[0110] 在实施例1中,等离子体处理在外壳101中生成的低于大气压的气氛中执行。因此,与在大气压或更高压强气氛中执行的等离子体处理的情况相比,等离子体保持在稳定状态。

[0111] 在实施例1中,等离子体处理在外壳101中生成的10Pa以上且小于10kPa的压强的气氛中执行。因此,原料粉末的等离子体处理比其在较低真空度下的等离子体的处理速度更快。

[0112] 在实施例1中,外壳101被抽空至第一压强,并且然后惰性元素被输送到外壳101中,以创建高于第一压强且低于大气压的第二压强的气氛。因此,许多氧已经从生成等离子

体的气氛中被去除,并且这防止气氛在等离子体处理期间被包含在原料粉末中的污染物(诸如氧、有机物质和水)污染。

[0113] 在实施例1中,在其中形成薄片104并利用等离子体进行处理的建造容器107与外壳101电隔离。因此,当薄片104经受AC电压时,很少的电流泄漏,并且随后等离子体在薄片104的与气氛中的气体交界的表面上局部化导致有效的等离子体处理。

[0114] 在实施例1中,在薄片104利用加热器加热以维持薄片104的恒定温度的同时执行等离子体处理。这通过提高原料粉末的温度而导致更快的等离子体处理并且确保从第一个到最后一个所有堆叠的层的原料粉末的更一致的处理水平。

[0115] 在实施例1中,原料粉末是通过水雾化形成的金属颗粒。因此,原料成本低于使用利用气体雾化形成的金属颗粒的原料成本。一般而言,通过水雾化形成的金属颗粒被厚的钝化膜覆盖。但是,在这个实施例中,钝化膜通过与处于等离子体状态的氢离子的反应而被消除,并且这使得原料粉末的等离子体处理有效。

[0116] 在实施例1中,经处理的薄片104'的固化区域被激光束LB照射以用于固化。不像电子束,即使当外壳101的内部不是高真空度时,激光束也不会衰减或散射。因此,即使在10Pa以上且小于10kPa的低真空度,也可以以有效的方式加热经处理的薄片104'。

[0117] 在实施例1中,经等离子体处理的薄片104'立即进行激光热成型,而不暴露于外部空气。等离子体处理在激光热成型期间继续。因此,在激光热成型时,大部分氧化物和异物已经从原料粉末的表面被去除,从而允许有效的粉末床熔融。

[0118] 物体的晶体结构

[0119] 在实施例1中,晶体在其下面的芯晶体上重复地向上生长,以与在被称为区熔化的方法中单晶体生长相同的方式形成物体301。因此,由固态层组成的物体301具有其中晶体在从第一层侧的平面到最后一层侧的平面的方向平行生长的晶体结构,其中每个固态层通过原料粉末的薄片104的等离子体处理以及随后利用激光束LB对经处理的薄片104'的熔化和固化而形成。此外,物体301在内部及其表面上没有氧化物和异物。

[0120] 如上面所提到的,在实施例1中,如由阿基米德法测得的物体301的填充密度为99.9%以上。迄今为止还没有将金属粉末固化成这种高填充密度的技术。高填充密度的一个原因是等离子体处理以高效的方式从原料粉末中去除了氧化物和异物。另一个原因是外壳101中适度的真空度允许为等离子体处理保存足量的氩离子。例如,用等离子体处理完成的物体301会在内部留下大量的氧化物和异物,因为等离子体中的氩离子将只撞击物体301的表面,而不会到达物体301的内部。如果不充分,则每个薄片的等离子体处理也将在物体301内部留下氧化物和异物。在实施例1中,每个薄片在特定的等离子体气氛中用等离子体进行处理,并且这确保薄片的内部以及表面都用等离子体进行处理。得到的物体301即使在内部也几乎没有与氧化物和异物关联的空隙。

[0121] 实施例2

[0122] 实施例1中的示例是其中产生合金(不锈钢)和纯金属(钛)物体的示例。在实施例2中,描述利用图1中所示的物体产生系统100产生渗氮合金(不锈钢)和渗碳金属(硅)物体的示例。

[0123] 示例4

[0124] 如图1中所示,在物体产生系统100中的等离子体处理期间经由气体馈送机构102

馈送含氮物质启动等离子体渗氮,等离子体渗氮是在等离子体中生成的氮离子通过其被吸收到原料粉末中的反应。在等离子体中加速的氮离子通过已在等离子体中被加热、清洁和活化的原料粉末的表面进入并扩散到内部。

[0125] 在示例4中,作为含氢物质的氢气和作为含氮物质的氮气经由气体馈送机构102被馈送。在这个状态下以与实施例1中相同的方式操作物体产生系统100启动原料粉末的等离子体渗氮,而不是等离子体处理。如在实施例1中那样,原料粉末的等离子体处理(等离子体渗氮)之后的激光热成型将渗氮的粉末材料成形为三维物体。

[0126] 如图3中所示,在含有氢气和氮气的混合气氛中,重复原料粉末的等离子体处理(S14和S15)和薄片的激光热成型(S16和S17),以建造物体301。在示例4中,不锈钢颗粒在以下条件下经受等离子体渗氮/激光热成型。

[0127] 等离子体渗氮条件

[0128] 外壳101中的压强:13.3kPa

[0129] 馈送气体:气体混合比为1:1的含有氮气和氢气的混合气体

[0130] 原料粉末:颗粒直径为7 μ m的水雾化不锈钢(SUS613)颗粒

[0131] 薄片104的厚度:20 μ m

[0132] 电压条件:AC电压1kV,频率100kHz

[0133] 处理的持续时间:3分钟

[0134] 激光热成型条件

[0135] 被熔化的区域:在经处理的薄片(渗氮薄片)上测量25mm宽和25mm长的正方形区域

[0136] 堆叠计数:2000

[0137] 物体301的高度:40mm

[0138] 在示例4中获得的物体301利用XPS(x射线光电子能谱)来分析氮浓度,结果氮浓度为12%(按原子数的百分比)。如由阿基米德法测量的物体301的填充密度为99.9%。如利用维氏硬度计测量的物体301的硬度为HV 2200。

[0139] 示例5

[0140] 在图1中所示的物体产生系统100中的等离子体处理期间经由气体馈送机构102馈送含碳物质启动等离子体渗碳,等离子体渗碳是在等离子体中生成的碳离子通过其被吸收到原料粉末中的反应。在等离子体中加速的碳离子通过已在等离子体中被加热、清洁和活化的原料粉末的表面进入并扩散到内部。

[0141] 在示例5中,作为含氢物质的氢气、作为含惰性气体的物质的氩气和作为含碳物质的甲烷气体经由气体馈送机构102被馈送。在这个状态下以与实施例1中相同的方式操作物体产生系统100启动原料粉末的等离子体渗碳,而不是等离子体处理。如在实施例1中那样,原料粉末的等离子体处理(等离子体渗碳)之后的激光热成型将渗碳的粉末材料成形为三维物体。

[0142] 如图3中所示,在含有氢气、氩气和甲烷气体的混合气氛中,重复原料粉末的等离子体处理(S14和S15)和薄片的激光热成型(S16和S17),以建造物体301。在示例5中,原料硅粉末在以下条件下经受等离子体渗碳/激光热成型。

[0143] 等离子体渗碳条件

[0144] 外壳中的压强:13.3kPa

[0145] 馈送气体:气体混合比为1:2:1的含有甲烷、氢气和氩气的混合气体

[0146] 原料粉末:颗粒直径为5 μ m的水雾化原料硅粉末

[0147] 薄片厚度:40 μ m

[0148] 电压条件:AC电压20kV,频率100kHz

[0149] 每层的处理持续时间:5分钟

[0150] 激光热成型条件

[0151] 被熔化的区域:在经处理的薄片(渗碳薄片)上测量25mm宽和25mm长的正方形区域

[0152] 堆叠计数:100

[0153] 堆叠高度:4mm

[0154] 在示例5中,利用电阻加热器137在整个等离子体渗碳/激光热成型阶段执行加热以将薄片104和物体301的温度维持在800 $^{\circ}$ C。将薄片104和物体301维持在高温使得碳和硅之间的反应更快。在示例5中,等离子体渗碳在经处理的薄片104'利用激光束照射以便激光热成型的同时继续。这确保不仅薄片104而且物体301继续用元素碳掺杂。

[0155] 在示例5中获得的物体301利用XPS(x射线光电子能谱)仪器分析碳浓度,结果碳浓度为11%(按原子数的百分比)。如由阿基米德法测量的物体301的填充密度为99.2%。如利用维氏硬度计测量的物体301的硬度为HV 3000。

[0156] 实施例3

[0157] 在实施例1中,激光热成型被用来熔化和固化经处理的薄片。在实施例3中,电子束热成型被用来熔化和固化经处理的薄片。

[0158] 物体产生系统

[0159] 图5是根据实施例3的用于物体产生系统的配置的说明图。如图5中所示,根据实施例3的物体产生系统使用电子束而不是激光束来热成型每个经处理过的薄片,但是除此之外,与根据实施例1的系统具有相同的配置并且进行相同的等离子体处理/热成型阶段。图5中与实施例1中的部件相同的任何部件被给予与图1中相同的标号并且在下文中不详细描述。

[0160] 物体产生系统300是使用粉末床熔融技术的系统,因此被称为3D打印机。排气机构103将外壳101抽空。气体馈送机构102将气体输送到外壳101中。物体产生系统300还可被用作原料粉末处理系统,即,如实施例1中那样仅利用等离子体处理原料粉末并产生经处理的粉末的系统。

[0161] 电子束加热设备(利用电子束执行加热的设备)306根据输入数据生成并横穿电子束,以利用电子束的斑点来加热薄片104的固化区域。电子束控制单元310是通过电子束加热设备306控制电子束的生成和横穿的控制器。

[0162] 电子束热成型中的真空度

[0163] 因为电子束被存在于外壳101中的气体分子散射,所以根据实施例3的物体产生系统300可能在电子热成型阶段期间在外壳101内部需要 10^{-1} Pa或更小的真空度。为此,根据实施例3的物体产生系统300首先通过馈送含碳和氢气的混合气体在维持100Pa的真空度的同时执行等离子体处理。其后,系统停止馈送混合气体并且在将真空度恢复到 10^{-1} Pa之后进行电子束热成型。

[0164] 其它实施例

[0165] 根据本公开的某些方面的用于处理原料粉末或产生物体的方法和装置不限于实施例1至实施例3中所描述的任何具体配置、部件形式、数值条件或控件。可以在其它实施例中实现这些方法和装置,在其它实施例中实施例1至实施例3的配置已被部分或全部地用等同的部件替换。

[0166] 示例1、2、3和4中的具体电压和压强条件可以根据参数进行调节,该参数诸如是建造容器107的尺寸、原料粉末的尺寸和薄片104的厚度。例如,虽然在示例1、2、3和4中每个薄片104仅经受AC电压,但是AC电压可以与负DC电压叠加来增加正离子碰撞时的速度,以增强薄片104的加热。用来向外壳101中的气氛供给氢的物质可以是例如氢气、氨气或非甲烷烃气体。

[0167] 在实施例1中,在向每个薄片104施加电压以生成等离子体期间,混合气体中氢气和氩气的比例保持恒定。但是,它们的比例可以在等离子体生成的初始阶段、中间阶段和终止阶段之间不同。

[0168] 在实施例1中,电阻加热器137被用于在等离子体处理期间的加热。但是,加热器不是在等离子体处理期间的加热的唯一可能途径。可以使电流通过薄片以生成焦耳热。施加到薄片104的AC电压可以在存在氩气的情况下与负偏置电压叠加以诱发所谓的溅射加热。

[0169] 实施例1中的示例是其中物体由像不锈钢或钛的纯金属或合金制成的示例,而实施例2中的示例是其中物体由像渗氮不锈钢或渗碳硅的渗氮或渗碳金属制成的示例。但是,本公开的一些实施例可以产生除实施例1中的示例中提到的不锈钢和钛以外的合金或纯金属(例如硅)的物体。作为替代,物体可以由氧化金属制成。原料氧化金属粉末的等离子体处理可以在仅含有惰性气体而不含氢的气氛中执行,以便不将原料粉末还原成纯金属。

[0170] 在实施例1中描述的示例中,原料金属粉末在堆叠的固化区域中被完全熔化和再结晶。但是,实施例1中用于原料粉末的处理和激光热成型的加热温度可被选择为使得具有高熔点的原料金属或氧化金属粉末的颗粒被烧结在一起。

[0171] 虽然已经参照示例性实施例描述了本公开,但是应当理解,本公开不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围应被赋予最广泛的解释,以便涵盖所有此类修改以及等同的结构和功能。

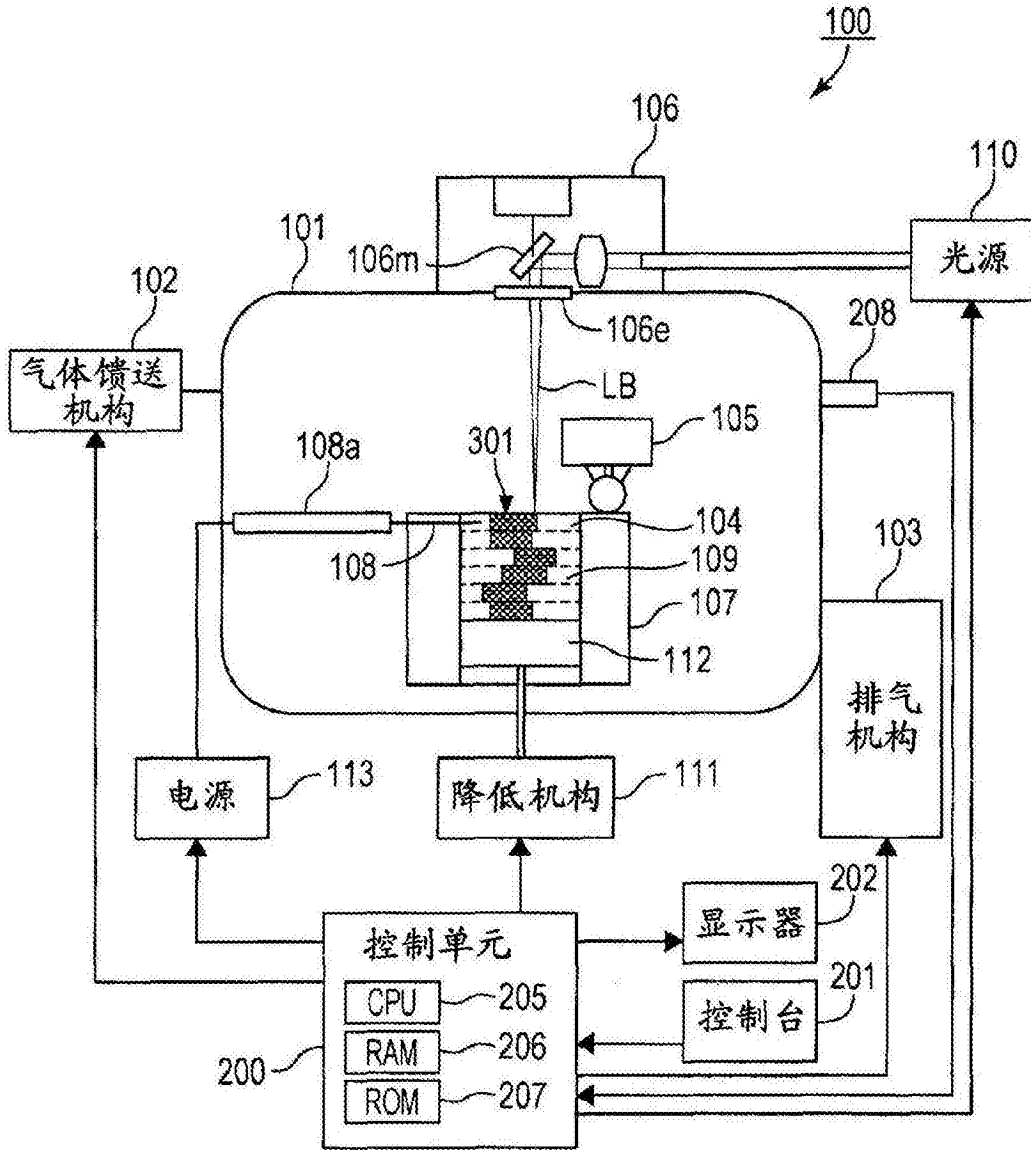


图1

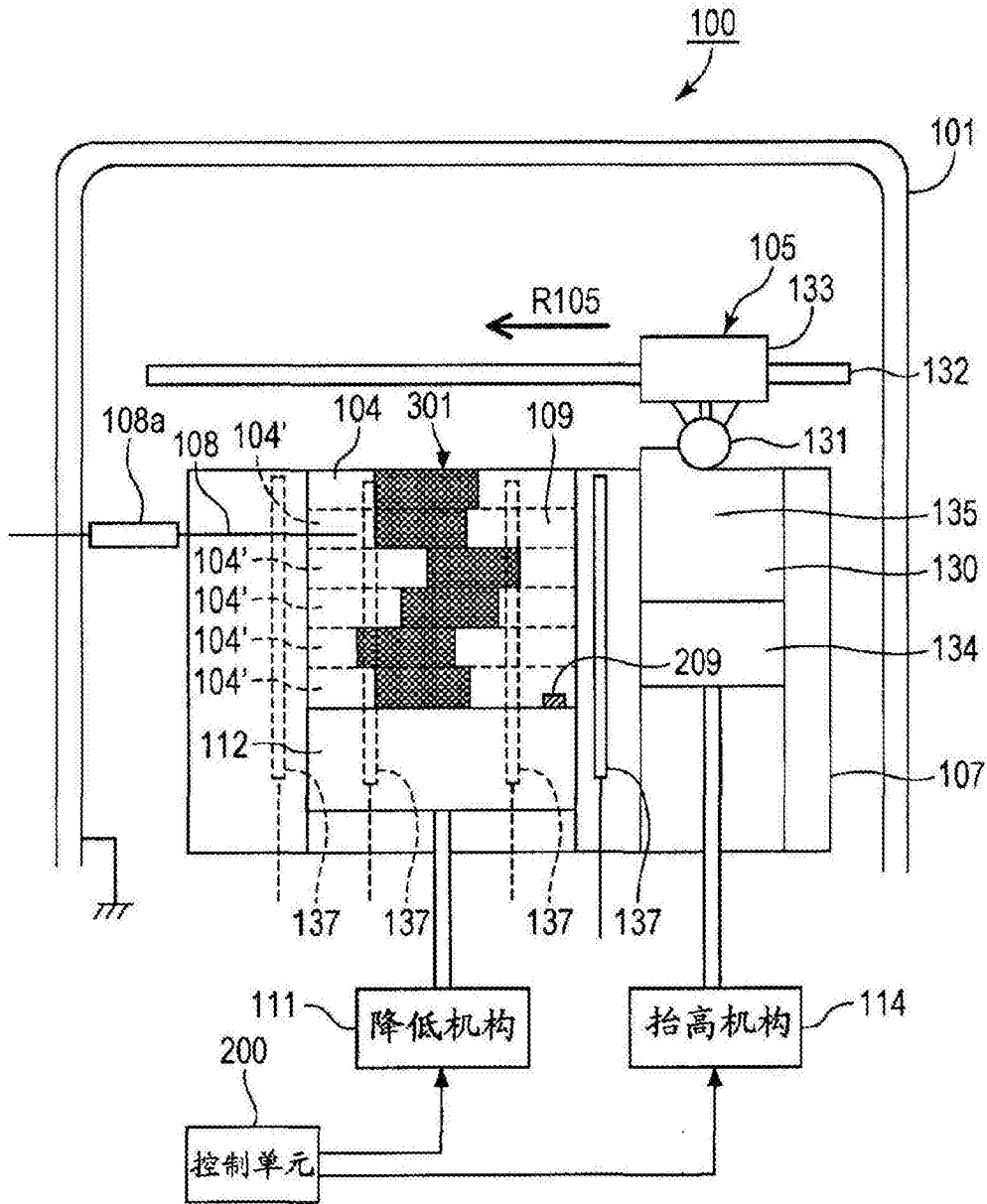


图2

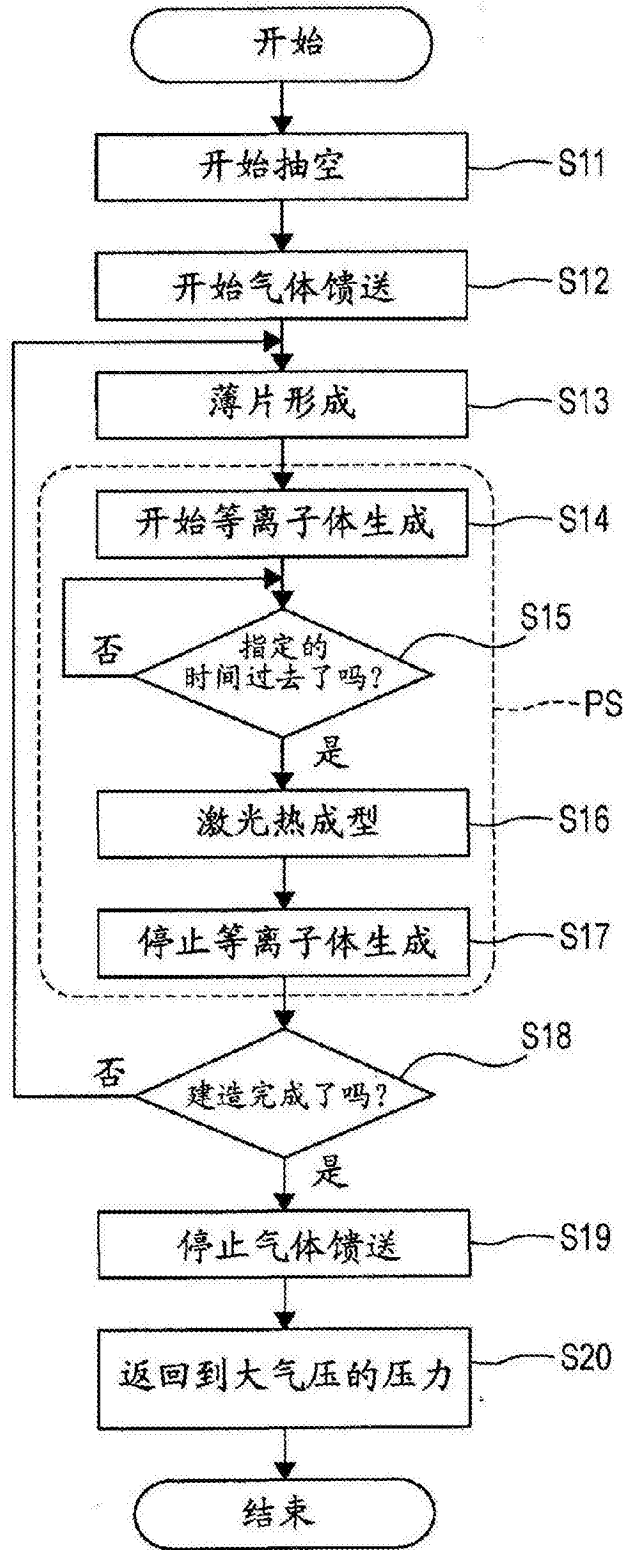


图3

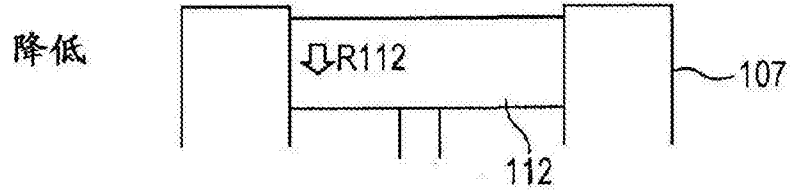


图4A

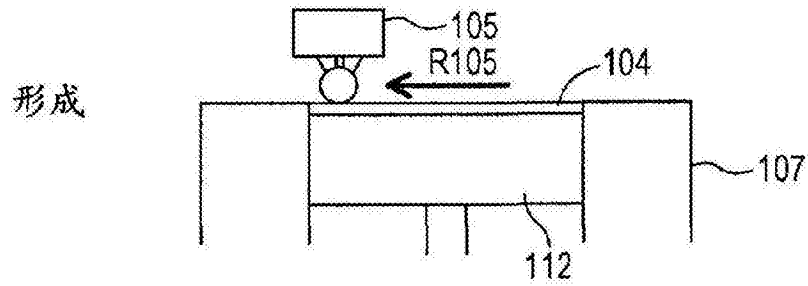


图4B

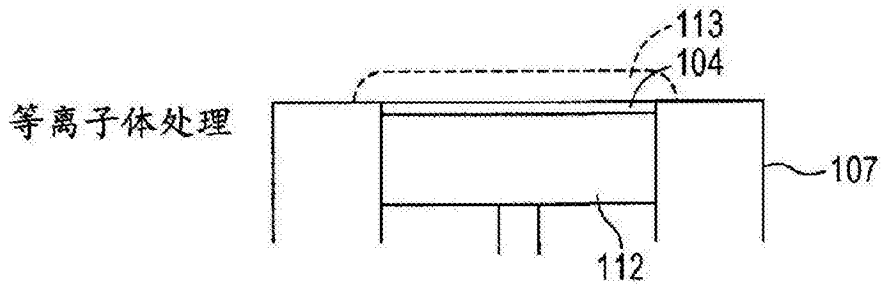


图4C

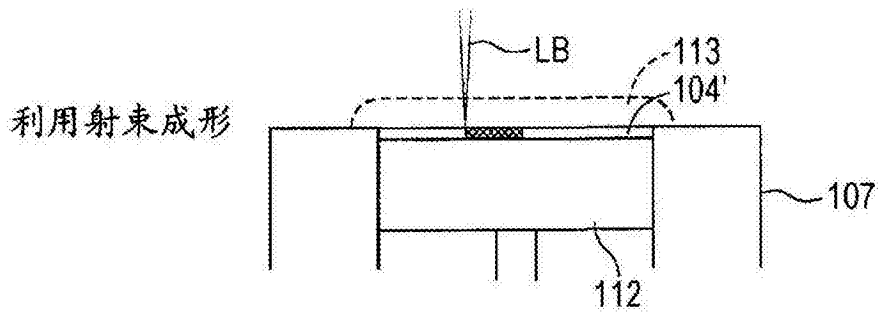


图4D

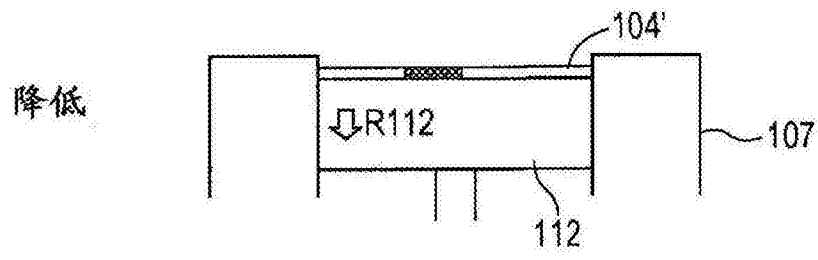


图4E

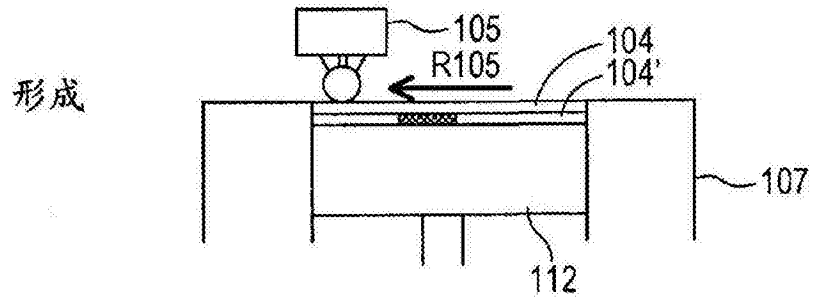


图4F

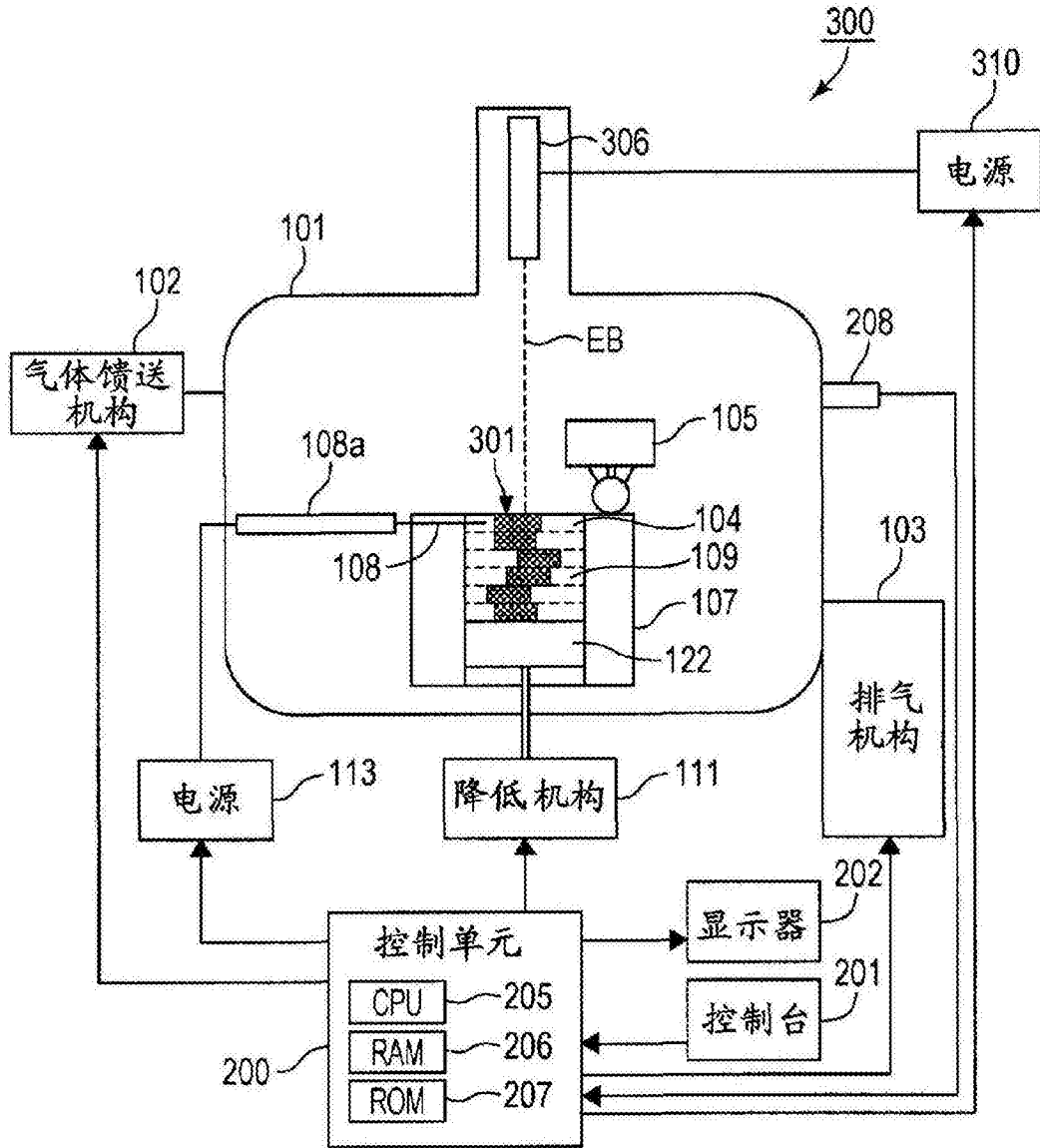


图5