



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109416248 B

(45) 授权公告日 2021.07.06

(21) 申请号 201780039862.7

(22) 申请日 2017.06.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109416248 A

(43) 申请公布日 2019.03.01

(30) 优先权数据  
62/354,955 2016.06.27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.12.26

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/039443 2017.06.27

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/005452 EN 2018.01.04

(73) 专利权人 福姆实验室公司  
地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 亚历山大·诺莱 本·弗朗茨达莱  
德米特里·梅格列茨基

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
代理人 黄霖 王艳江

(51) Int.Cl.  
G01B 21/02 (2006.01)  
G01B 5/06 (2006.01)  
G01L 5/00 (2006.01)  
B29C 64/124 (2017.01)  
B29C 64/232 (2017.01)  
B29C 64/393 (2017.01)  
B33Y 30/00 (2015.01)  
B33Y 50/02 (2015.01)

审查员 兰东升

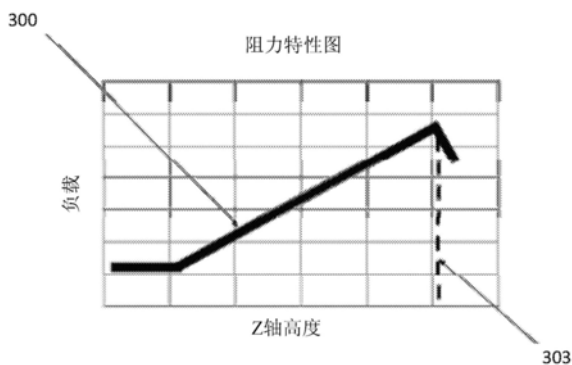
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

## (54) 发明名称

用于添加制造的位置检测技术以及相关的系统和方法

## (57) 摘要

根据一些方面,提供了用于确定添加制造装置中的构建平台的位置的技术。根据一些实施方式,测量抵抗构建平台与相对表面分离的力,以及确定构建平台相对于相对表面的位置。在一些实施方式中,这种力可以包括在构建平台与液体感光聚合物容器的内部表面分离期间存在的流体力。



1. 一种添加制造装置,所述添加制造装置构造成在构建平台的表面上形成材料层,所述添加制造装置包括:

容器,所述容器具有内部表面;

构建平台,所述构建平台具有与所述容器的内部表面相对的构建表面;

一个或者多个致动器,所述致动器构造成相对于所述容器移动所述构建平台;以及

至少一个控制器,所述控制器构造成通过以下步骤确定所述构建平台相对于所述容器的位置:

使所述构建平台远离所述容器移动,其中,在所述移动的初始期间,所述构建表面与所述容器的内部表面接触,并且在所述移动完成时,所述构建表面不与所述容器的内部表面接触;

测量在使所述构建平台远离所述容器移动期间施加到所述构建平台的力;以及

至少部分地基于所测量的力来确定所述构建平台相对于所述容器的位置。

2. 根据权利要求1所述的添加制造装置,其中,所述至少一个控制器构造成通过测量所述一个或多个致动器中的至少一个致动器上的反电动势,来测量在使所述构建平台远离所述容器移动期间施加到所述构建平台的力。

3. 根据权利要求1所述的添加制造装置,还包括:至少一个力传感器,所述力传感器构造成测量施加到所述构建平台的力,并且其中,所述至少一个控制器构造成基于所述至少一个力传感器的测量输出而测量在使所述构建平台远离所述容器移动期间施加到所述构建平台的力。

4. 根据权利要求1所述的添加制造装置,其中,所述至少一个控制器构造成至少部分地通过识别出所测量的力出现不连续性的所述构建平台的位置来确定所述构建平台相对于所述容器的位置。

5. 根据权利要求1所述的添加制造装置,其中,所述至少一个控制器构造成测量在使所述构建平台远离所述容器移动期间在所述构建平台的多个不同位置处施加到所述构建平台的力。

6. 根据权利要求5所述的添加制造装置,其中,所述至少一个控制器构造成至少部分地通过计算所测量的力相对于所述构建平台离所述容器的距离的变化而言的变化率来确定所述构建平台相对于所述容器的位置。

7. 根据权利要求1所述的添加制造装置,其中,所述容器安装在至少一个压缩装置上。

8. 根据权利要求1所述的添加制造装置,其中,所述至少一个控制器进一步构造成在使所述构建平台向所述容器移动直至所述构建表面与所述容器的内部表面接触和使所述构建平台远离所述容器移动直至所述构建表面不与所述容器的内部表面接触之间等待预定的时间长度。

9. 一种用于确定添加制造装置中构建平台的位置的方法,所述方法包括:

使所述构建平台远离与所述构建平台的构建表面相对的相对表面移动,其中,在所述移动的初始期间,所述构建表面与所述相对表面接触,并且在所述移动完成时,所述构建表面不与所述相对表面接触;

测量在使所述构建平台远离所述相对表面移动期间施加到所述构建平台的力;以及

至少部分地基于所测量的力来确定所述构建平台相对于所述相对表面的位置。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其中:

所述添加制造装置包括容器, 所述容器包括液体感光聚合物,

当所述构建表面与所述相对表面接触时, 至少部分的所述构建平台浸没到所述液体感光聚合物中, 并且

其中, 所测量的力包括抵抗所述构建表面与所述相对表面分离的流体力。

11. 根据权利要求9所述的方法, 其中, 确定所述构建平台的位置包括: 识别出所测量的力的不连续性被观察到的所述构建平台的位置。

12. 根据权利要求9所述的方法, 其中, 所述添加制造装置包括一个或多个电驱动致动器, 所述一个或多个电驱动致动器构造成移动所述构建平台, 并且其中, 测量施加到所述构建平台的力包括: 记录所述一个或多个致动器中的至少一个致动器上的反电动势。

13. 根据权利要求9所述的方法, 包括测量在使所述构建平台远离所述相对表面移动期间所述构建平台的多个位置中的每个位置处的施加到所述构建平台的力。

14. 根据权利要求13所述的方法, 其中, 所述添加制造装置包括容器, 所述容器具有用作所述相对表面的内部表面, 并且, 所述方法还包括: 计算所测量的力相对于所述构建平台离所述容器的距离的变化而言的变化率。

## 用于添加制造的位置检测技术以及相关的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2016年6月27日提交的题目为《用于添加制造的位置检测技术以及相关的系统和方法》的美国临时专利申请序列号62/354,955的35U.S.C.§119(e)的权益,其全部内容在此通过参引并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本发明通常涉及用于添加制造(例如,三维打印)装置中的检测构建平台的位置的系统和方法。

### 背景技术

[0004] 添加制造,例如,三维(3D)打印,提供用于制造物体的技术,通常,是通过使构建材料的部分固化在特定位置。添加制造技术可以包括:光固化立体成型、选择性或熔融沉积成型、直接复合材料制造、分层实体制造、选择相区域沉积法、多相喷射固化、弹道粒子制造、粒子沉积、激光烧结或者它们的组合。许多添加制造技术通过形成连续的层来构建部件,所述层通常是期望的物体的横截面。通常,每个层形成为使得其粘附到先前形成的层上或者黏附到构建物体的基板上。

[0005] 在一种已知为光固化立体成型的添加制造方法中,通过连续地形成固化聚合物树脂的薄层来构建固体物体,通常第一层形成在基板上,然后一层形成在另一层之上。暴露在光化辐射下会固化液体树脂的薄层,这使其硬化并粘附到先前固化的层上或者基板的表面上。

### 发明内容

[0006] 提供了用于检测添加制造装置的构建平台的位置的系统和方法。

[0007] 根据一些方面,提供了一种添加制造装置,该添加制造装置构造成在构建平台的表面上形成材料层,所述添加制造装置包括:容器,所述容器具有内部表面;构建平台,所述构建平台具有与容器的内部表面相对的构建表面;一个或多个致动器,所述致动器构造成相对于容器移动构建平台;以及至少一个控制器,所述控制器构造成使构建平台向容器移动,其中,在所述移动的至少部分期间构建表面与容器的内部表面接触,将构建平台远离容器移动,其中,在所述移动的至少部分期间构建表面不与容器的内部表面接触,在将构建平台远离容器移动的所述步骤期间,测量施加在构建平台上的力,以及至少部分地基于所测量的力来确定构建平台相对于容器的位置。

[0008] 根据一些方面,提供了一种用于确定添加制造装置中的构建平台的位置的方法,所述方法包括:使构建平台向与构建平台的构建表面相对的表面移动,其中,在至少部分的所述移动的期间构建表面与相对表面接触,使构建平台远离相对表面移动,其中,在至少部分的所述移动的期间构建表面不与相对表面接触,在使构建平台远离相对表面移动的所述步骤期间,测量施加在构建平台上的力,以及基于所测量的力来确定构建平台相对于相对

表面的位置。

[0009] 前述发明内容是以说明性的方式提供的,而不是旨在限制性的。

### 附图说明

[0010] 附图不旨在按比例绘制。为清晰起见,在每个附图中不是每个部件都可以被标记。在附图中:

[0011] 图1A-B根据一些实施方式,描绘了说明性的添加制造装置;

[0012] 图2根据一些实施方式,提供了添加制造装置的示意图;以及

[0013] 图3A-3B根据一些实施方式,描绘了施加的负载和Z轴高度之间的说明性关系的曲线图。

### 具体实施方式

[0014] 提供了用于检测构建平台的位置的系统和方法。如上所述,在添加制造中,可以在构建平台上形成多层材料。为了说明一个示例性的添加制造系统,在图1A-B中描绘了一种反向光固化立体成型打印机。说明性光固化立体成型打印机100包括:支撑基座101;显示和控制面板108;以及用于将液体感光聚合物(例如,感光聚合物树脂)存储和分配到容器102中的储存器和分配系统104。所述支撑基座101可以含有各种可以操作成使用该系统制造物体的机械、光学、电器、电子部件。

[0015] 在操作期间,液体感光聚合物可以从分配系统104分配到容器102中。构建平台105可以沿垂直轴103(沿z轴方向定向,如图1A-B所示)移动,使得被制造的物体的底面层(最低z轴位置)或者构建平台105自身的底面层是沿z轴离容器102的内部表面111的期望的距离的。该期望的距离可以基于在构建平台上或者在正在制造的物体的先前形成的层上生产的固体材料的层的期望厚度来选择。

[0016] 在图1A-B的示例中,容器102的内部表面111对由位于支撑基座101内的辐射源(未示出)所产生的光化辐射可以(至少部分地)是透明的,使得位于容器102的内部表面111与构建平台105的底面部或者在其上正在制造的物体之间的液体感光聚合物可以暴露于辐射中。在暴露于这种光化辐射下时,液体感光聚合物可能经受化学反应,有时被称为“固化”,这种化学反应实质上使暴露的聚合物固化并附着到构建平台105的底面部或者附着在其上正在制造的物体上。图1表示在构建平台105上形成物体的任何层之前的光固化立体成型打印机101的构型,并且为了清晰起见,也省略了在所描绘的容器102中所示的任何液体感光聚合物。

[0017] 在材料层固化之后,通常进行分离过程以破坏在固化材料和容器102的内部表面111之间可能已经产生的任何结合(例如,粘黏结合)。如一个示例,构建平台105可以沿垂直运动轴103移动,以便重新定位构建平台105以形成新的层,并且/或者在与容器102的内部表面111有任何结合时施加分离力。此外,容器102安装在所述支撑基座上,使得光固化立体成型打印机101可以沿水平运动轴110移动容器,因此该运动在至少一些情况下,有利地引入附加的分离力。额外提供了擦拭器106,所述擦拭器106能够沿着水平运动轴110运动并且可以在109处可移除地或者以其它方式安装在支撑基座上。可以操作擦拭器的臂以在容器102周围重新分布液体感光聚合物,并且/或者将感光聚合物的任何部分固化部从用于固化

补充材料的容器区域移开。

[0018] 为了进一步说明上述添加制造过程的方面,图2描绘了反向光固化立体成型打印机200的示意图。在图2的示例中,光固化立体成型打印机200包括:构建平台205、容器202、调平机构201和液体感光聚合物(例如,感光聚合物树脂)212。面向下的构建平台205与容器202的内部表面211相对,容器202容纳液体感光聚合物212。

[0019] 图2表示在构建平台205上的部件的任何层形成之前的光固化立体成型打印机200的构型。在部件的任何层形成之前,确定构建平台205与容器202的内部表面之间的距离是有利的,所述内部表面作为表面211标注在图2中。这个距离在本文中被称为“z轴间隙”,或者更简单地称为 $Z_{\text{height}}$ ,并且如图2所示为距离203。在将构建平台定位在 $Z_{\text{height}}$ 之后,位于构建平台和容器底部之间的一些或全部液体感光聚合物可以被固化(例如,如上所述通过将光化辐射穿过容器的底部引导到树脂上)。

[0020] 如上所述,如图1A-B和图2中所示的光固化立体成型打印机100和200,可以分别地固化与期望的构建表面(例如,构建平台105或者205,并且/或者先前形成的材料层)和相对表面111或者211接触的液体感光聚合物的区域,以形成固体聚合物层。这种方法可实施于有时被称为“反向”光固化立体成型机的系统中,其中光化辐射通过容器底部的光学窗口引入。

[0021] 在这种机器和其它机器中, $Z_{\text{height}}$ 可以高精度地进行调节,但是准确地确定 $Z_{\text{height}}$ 当前的值是具有挑战性的。了解 $Z_{\text{height}}$ 是重要的,因为该距离基本上控制了位于构建表面和相对表面(例如,如图2的示例中的容器202的底部211)之间的固化的感光聚合物的厚度。即,当固化一层液体感光聚合物时,将 $Z_{\text{height}}$ 调节到相等于期望的层的厚度,其尺寸可以仅为几微米。然而,迄今为止,在不增加机器的成本和复杂性的情况下,达到所需的精确度仍是重大挑战。

[0022] 在一些添加制造系统中,构建平台的移动可以通过开环运动控制系统实现,例如,一个或多个步进电机,所述系统提供可重复的运动,但是不提供关于电动机的绝对位置的反馈。因此,如果电动机被用于移动构建平台,则系统可能无法基于电动机的操作直接了解平台的位置。在一些实施方式中,光学或者机械传感器可以构造成在z轴路径的一端,以检测构建平台在该方向上何时达到最大或最小范围,从而确定构建平台沿z轴何时处于固定位置。该位置有时被称作为 $Z_{\text{max}}$ 或 $Z_{\text{min}}$ ,因为它表示构建平台可以定位的最大或最小的z轴位置。一旦构建平台移动到 $Z_{\text{max}}$ 或 $Z_{\text{min}}$ 位置,由于构建平台已经处于 $Z_{\text{max}}$ 或 $Z_{\text{min}}$ ,系统可以基于控制系统如何移动构建平台,来估计构建平台的后续位置。然而,由于电动机或者其它致动器的估计和实际运动之间的偏移,这种估计可能随着时间的推移而越来越不准确。

[0023] 尽管存在这些困难,但仍期望直接确定下述构建平台沿z轴的位置:在该位置处,构建平台的底部表面与相对表面齐平,而不对所述表面施加不期望的力。该位置有时被称作为 $Z_0$ ,是在适当选择的坐标系中 $Z_{\text{height}}=0$ 的点。

[0024] 然而,经常不希望使用位于 $Z_0$ 或处于 $Z_0$ 附近的,例如可用于确定 $Z_{\text{height}}$ 的机械或光学传感装置。例如,附加这样的传感器可能会增加系统的复杂性和成本。此外,在一些实施方式中,容器可以是系统中的可移除部件,如果传感器以不会对容器的插入和移走造成过度干扰的方式放置,则可能会使传感器在 $Z_0$ 或者 $Z_0$ 附近处的安装和校准复杂化。替代地,可以执行手动用户校准,但这必然会给系统的用户带来不便,因此是不期望的。

[0025] 即使使用位于 $Z_0$ 或者处于 $Z_0$ 附近的机械或传感装置,准确地确定 $Z_{\text{height}}$ 的值也可能存在进一步复杂性的。例如,由于将容器更换为不同容器(可能表面上是相同,但可能会表现出微小的制造差异)而导致的设备几何形状的变化可能在 $Z_0$ /或 $Z_{\text{height}}$ 的估计值中产生进一步的误差。在一些情况下,由于负载下装置的失真, $Z_0$ 的校正值可能在装置的操作周期内发生变化。

[0026] 为了更准确地确定 $Z_{\text{height}}$ ,一种技术可以是通过测量构建平台的运动中的机械负载,以检测构建平台的底部表面在向相对表面(容器的内部表面)移动时何时与相对表面接触。作为这种技术的一个非限制性和简化示例,构建平台可以直接向相对表面降低。在所述运动期间,可以使用适当的技术重复测量放置在构件平台的运动系统上的负载。例如,一些步进电机系统包括测量电动机中的反电动势(“反EMF”)的传感器(例如,由TRINAMIC Motion Control GmbH&co KG销售的步进运动控制系统中存在的stallGuard2特征)。因此,一种用于测量放置在构建平台的运动系统上的负载的技术可以包括测量运动系统的反EMF。替代性地或另外地,一些测量构建平台上的负载的方法可以使用扭矩和/或者力传感器来测量所述负载。无论使用何种特定的传感器测量所述机械负载,与在与相对表面接触之前施加在运动系统上的负载相比,所测量的负载通常在与相对表面接触时增加,这是由于在某种程度上相对表面机械地抵抗所述运动。理论上,这一增加的起始可以用来识别出构建平台首次接触相对表面的位置(即, $Z_0$ )。

[0027] 然而,这些技术存在许多缺陷。例如,由构建平台所施加在相对表面上的力可能导致支撑所述平台和表面的设备的机械变形,并且这些变形可能在测量过程中带来明显的误差。此外,特别是对于使用液体感光聚合物构建材料的系统,由于构建材料的黏度,由构建平台的运动引起的负载随着构建平台接近相对表面但在与相对表面物理接触之前而增加。除了其它原因之外,这可能是由于构建平台的运动而引起的液体的位移所产生的力造成的。这种逐渐变化的负载测量增加了基于负载测量的变化来确定构建平台何时到达 $Z_0$ 位置的难度,并降低了准确性。

[0028] 发明人已经认识并理解,可以通过利用来自构建平台远离相对表面而不是朝向相对表面的运动的反馈,来减轻上述测量 $Z_0$ 的困难,以确定构建平台相对于相对表面的位置,从而确定 $Z_0$ 。特别地,发明人已经理解,在许多系统的操作期间,例如,还原基液体感光聚合物系统,一旦构建平台和相对表面位于 $Z_0$ 处彼此齐平时,就会产生显著的力来抵抗构建平台和相对表面(例如,树脂容器的底部)的分离。这些抗分离力仅在构建平台相对靠近相对表面时作用,并且在构建平台远离相对表面移动时迅速衰减。通过测量这些力的起始和消减随 $z$ 轴的高度的变化,可以确定 $Z_0$ 的值。

[0029] 图3A-B说明了在 $z$ 轴的各种高度处测量的力的示例(例如,如图2中所示的说明性系统200的高度203)。在还原基感光聚合物系统中,例如图2中所示的系统,由于液体感光聚合物的流体流动以及在分离的构建平台与相对表面之间产生的真空压力,会产生显著的力抵抗构建平台和相对表面的分离。在替代性的系统中,可以人为地引入抵抗构建平台与相对表面分离的力,例如,通过使用磁场将靠近放置时的构建平台和相对表面彼此吸引(例如,通过在构建平台和相对表面的结构中安装一个或多个磁体)。无论哪种机构产生的抵抗构建平台与相对表面分离的力,发明人已经理解,通过在构建平台的各个位置测量这种力并分析如下所述的阻力模式,这种力的测量可用于提供可靠和一致的对 $Z_0$ 的测量。

[0030] 在如图2所示的说明性实施方式的上下文中可以理解本发明的方面。其中,与构建平台的表面相对的表面由液体感光聚合物容器的内部表面211表示。在说明性系统200中,容器安装成使得其通过例如弹簧201的压缩装置保持与硬止点齐平,但是能够从硬止点上偏离,使得压缩装置被压缩或者拉伸。用于这种压缩的说明性技术在美国专利申请公开No.US2014/0085620A1中描述,其全部内容在此通过参引并入本文中。在操作期间,容器201包含一定体积的液体感光聚合物212,使得构建平台205的下表面可以降入到所述体积的液体感光聚合物中(如图2所示)。在一些实施方式中,构建平台可以附接到运动系统,所述运动系统能够测量通过运动系统施加的运动(负载)、加速度、和/或力中的一个或多个阻力的相对变化。如上所述,例如,在一些实施方式中,可以通过使用步进驱动器的“保护措施”特征或其它方式检测和测量反EMF电流的大小来确定负载。

[0031] 在该说明性实施方式中,构建平台205可以远离相对表面移动,直到达到机械或光学限位开关,从而确定 $Z_{\max}$ 点的位置。下一步骤,然后构建平台205向相对表面211移动预期使构建平台205接触表面并通过压缩装置201压缩表面远离其静止位置的距离。在所述压缩之后,构建平台205的运动反转并且所述构建平台205远离相对表面移动。

[0032] 图3A和3B是描绘构建平台沿Z轴移动期间系统的负载力的曲线图。在所述运动期间,可以确定施加在构建平台上的力,以便更准确地评估构建平台何时与相对表面分离。

[0033] 图3A和3B的示例说明当搭建平台远离相对表面移动时通过记录施加到构建平台的负载来确定 $Z_{\text{height}}$ 的不同技术。虽然多个力可以起到抵抗构建平台的运动的作用,但是发明人已经观察到当平台移动通过与 $Z_0$ 对应的位置时可能存在特有的阻力模式。该模式的说明性示例如图3A和3B所示,所述图3A和3B标出了负载测量值与构建平台的位置之间的关系。在图3A和图3B中,z轴高度在附图中从左至右增加,每个曲线图的左侧表示构建平台与相对表面接触的位置。

[0034] 如曲线300所示,在操作的初始阶段构建平台远离相对表面的运动受到相对较小的阻力。该部分在图3A和图3B中示出为每个曲线图上的曲线300的左侧水平平直部分。

[0035] 在图2的示例的上下文中,曲线300的水平阶段可以是线性函数或非线性函数,这取决于压缩装置201的机械性质。在此阶段期间,构建平台的底部表面和相对的表面通常仍然是互相齐平的,使得随着压缩装置201的压缩逐渐释放,构建平台的运动与相对表面的运动相匹配。在随后的阶段,相对表面211在其运动范围内达到“硬止点”(例如,由于压缩装置的完全释放)并且不再随构建平台205移动。在此阶段,构建平台205只能通过与相对表面分离而继续移动。然而,因为构建平台在相对表面处或附近时浸没在液体感光聚合物212中,所以随后抵抗构建平台205和相对表面211的分离的巨大的流体力作用在构建平台上。

[0036] 因此,分离过程的开始与急剧且显著增加的运动阻力相关联,如图3A和3B所示,描绘了在z轴高度的特定值之上逐渐增加的负载。通过监测构建平台的负载、力或运动,可以可靠地检测到这种大幅增加的开始。发明人已经观察到,负载增加的开始与构建平台的底部位于 $Z_0$ 在时间上密切相关,即,沿z轴的构建平台的位置在构建平台的底部表面与相对的表面齐平时,不会对所述表面施加不期望的力。

[0037] 发明人已经认识到,至少存在两种技术可以用来识别出上述负载的增加,并利用这种认识来确定 $Z_0$ 的值。这些技术分别描绘在图3A和3B中。

[0038] 在图3A的示例中,可以测量在分离期间的曲线的部分的梯度301。与分离对应的该



部分中曲线的形状可以是线性的或非线性的；虽然力（例如，流体力）在它们施加到建造平台的荷载中可能近似于胡克定律，但是系统中的部件在分离过程中可能会弯曲而在根据 $z$ 轴高度的施加的负载中引入非线性。例如，构建平台和/或与构建平台接触的相对表面可能在负载下弯曲。在图3A所描绘的方法中，可以假设曲线基本上是线性的，并且测量梯度301。然后，可以通过将负载推算到假定发生分离的值并确定相应的 $z$ 轴的值来确定 $Z_0$ 的值，如图3A所示在设定点302处。

[0039] 图3B的示例描绘了一种技术，通过该技术，步进电机控制系统被用来确定逐渐增加的负载突然减小的点，该点对应于构建平台克服了阻止平台与相对表面分离并且挣脱约束的力。这一点如图3B所示具有 $Z$ 轴高度303。可以通过各种方式测量该点。例如，可以通过计算图3B中绘制的函数的导数来确定 $Z_0$ 。运动阻力的急剧和显著的增加导致线300的导数显著改变。举例说明，图3B示出了点303作为从正导数到负导数的变化。虽然不连续性在图3B中示出为函数导数的快速变化，但在任何情况下，曲线300变化率的变化率都不需要如此巨大而是梯度可以逐渐变化。尽管如此， $Z_0$ 的 $Z$ 轴高度值可以在任何情况下，例如，通过识别梯度开始比临界值更快地变化处的 $z$ 轴高度来识别。

[0040] 可以注意的是，在图3B的技术中，曲线300的函数不需要是如在图3A的技术的情况下的已知函数或假设为线性函数。相反， $Z_0$ 的值是通过计算负载随 $z$ 轴高的变化率的导数（和/或更高阶导数），并且通过识别对应于构建平台和相对表面之间的分离时刻的导数的变化来确定的。

[0041] 在确定 $Z_0$ 之后，构建平台可以远离相对表面移动，移动距离为 $Z_{\text{height}}$  203。基于这些测量，可以进行关于 $Z_0$ 和 $Z_{\text{max}}$ 两者的准确的重新定位。

[0042] 根据一些实施方式，还可以进一步包括一些附加技术，与上面讨论的任何技术组成任何合适的组合。在一种附加的技术中，在将构建平台定位于齐平抵靠于相对表面与开始分离过程之前等待一段时间会是有利的，该等待被称为挤压等待。该时间段允许系统回到平衡状态，包括由构建平台的运动而移位的液体感光聚合物的运动。在另一种附加技术中，在基于液体感光聚合物的系统中，将上述确定 $Z_0$ 的步骤与感光聚合物材料的初始层的暴露和固化相结合可能是有利的。这可以通过将构建平台定位在离相对表面的近距离处来实现，所述距离预测在 $Z_0$ 与被引导到液体感光聚合物中的光化辐射的固化深度之间的某处，然后在相对表面和构建平台底部之间固化大的初始的感光聚合物材料“筏”层。这种组合具有若干优点，包括减少在构建过程开始之前在校准中花费的时间量。此外，在构建平台和相对表面之间的固化材料可以增加上述过程中使用的力差，从而确保检测过程有更清晰的信号。

[0043] 尽管已经描述了关于上面的特定实施方式的技术，但是本领域的技术人员将理解，本文的描述旨在覆盖以下权利要求范围内的所有改型和等同物，并且以上呈现的特定实施方式不旨在加以限制。例如，虽然已经在添加制造装置的构建平台的上下文中描述了上述技术，但是可以认识到，至少在某些情况下，在制造部件期间确定 $Z_0$ 的值是方便的。这可以作为在使用构建平台的表面进行制造之前确定 $Z_0$ 的附加性的方法或替代性的方法来执行。为了在制造期间确定 $Z_0$ ，可以应用上述技术测量 $Z_0$ ，同时使用部件的最近制造的层的表面而不是构建平台的表面与例如为容器底部的相对表面进行接触，并对例如为容器底部的相对表面施加力。虽然在某些情况下这可能导致部件损坏，但至少在某些情况下，例如，

当最近制造的层具有大的表面积(例如,是筏的一部分或其它情况)时,这种损坏可能为最小或没有产生。

[0044] 此外,虽然已经给出了关于液体感光聚合物添加制造系统的示例,但是上述技术可以用于其它液体添加制造系统或者不使用液体的添加制造系统中。例如,熔融沉积成型(FDM)装置的构建表面可以与相对表面接触,并且可以引入磁力和/或其它合适的力以抵抗两个表面的分离。因此,本文所描述的技术不限于在光固化立体成型中使用,而是可以应用于任何存在抵抗 $Z_0$ 处的两个表面分离的力的适合的添加制造装置中来确定 $Z_0$ 。

[0045] 可以注意到,在添加制造设备的相同模型的不同示例之间的制造差异,可能导致每个装置示例在上述分离过程期间表现不同。然而,通过使用上述技术执行 $Z_0$ 校准,可以确定对于所操作的特定设备特定的 $Z_0$ 的值。

[0046] 在上述讨论中,其中,通过机械力的测量来确定的 $Z_0$ 的值或其它 $Z_{\text{height}}$ 的值,这些值可以通过至少一个处理器在制造期间、制造之前或制造期间和制造之前来计算(即,至少一些方面的给定计算可以在预制期间中执行而另一些在制造期间执行)。在上述描述中,其中“添加制造系统”被引用为执行计算(例如,计算梯度以确定 $Z_0$ ),该描述旨在包含包括一个或多个处理器的添加制造装置以及联接至外部计算装置的添加制造装置,因为在特定位置处执行计算不仅限于执行制造过程的装置。

[0047] 因此,计算 $Z_0$ 的值或其它 $Z_{\text{height}}$ 的值的至少一个处理器可以是添加制造装置本身的一部分,并且/或者可以位于通过有线和/或无线连接联接至添加制造装置的计算装置中。这种联接在本质上可以是暂时的,例如,计算装置的处理器的处理器可以计算一个或多个 $Z_0/Z_{\text{height}}$ 的值,并且将该值无线地传送到添加制造装置,该添加制造装置存储该值并在随后的制造过程中使用它们。

[0048] 因此,在描述了本发明的至少一个实施方式的几个方面之后,应该理解的是,本领域的技术人员将很容易地进行各种改变、修改和改进。

[0049] 这些改变、修改和改进旨在成为本公开的一部分,并且旨在包含在本发明的精神和范围内。此外,尽管已经指出了本发明的优点,但应该理解的是,不是本文描述的技术的每个实施方式都包含每个所描述的的优点。一些实施方式可以不实施在本文中描述为有利的任何特征,并且在一些示例中,所描述的一个或多个特征可以实施为获得另外的实施方式。因此,上述描述和附图仅作为示例。

[0050] 本发明的各个方面可以单独使用、组合使用,或者在前文描述的实施方式中没有具体讨论的各种布置中使用,因此其应用不限于前文描述或如附图中所示的部件的细节和布置。例如,一个实施方式中描述的方面可以以任何方式与其它实施方式中描述的方面组合。

[0051] 此外,本发明可以作为一种已经提供了示例的方法实施。作为方法的一部分而实施的动作可以以任何适当的方式排序。因此,实施方式可以构造成以与图示不同的顺序来实施动作,其中包括可以同时实施一些动作,即使在说明性地实施方式中显示为顺序动作。

[0052] 在权利要求中使用诸如“第一”、“第二”、“第三”等的序数术语来修饰权利要求要素本身并不意味着一个权利要求要素相对于另一个权利要求要素的任何优先权、优先级或顺序,也不意味着实施方法动作的时间顺序,但仅用作标签来区分具有特定名称的一个权利要求要素与具有相同名称(如果没有使用序数术语)的另一个要素以区分权利要求要素。

[0053] 此外,在本文中使用的表达方式和术语是出于描述的目的,而不应被视为限制性的。本文中的“包含”、“包括”、或“具有”、“含有”、“涉及”及其变化形式的使用,旨在涵盖其后列出的项及其等同物以及其他项。

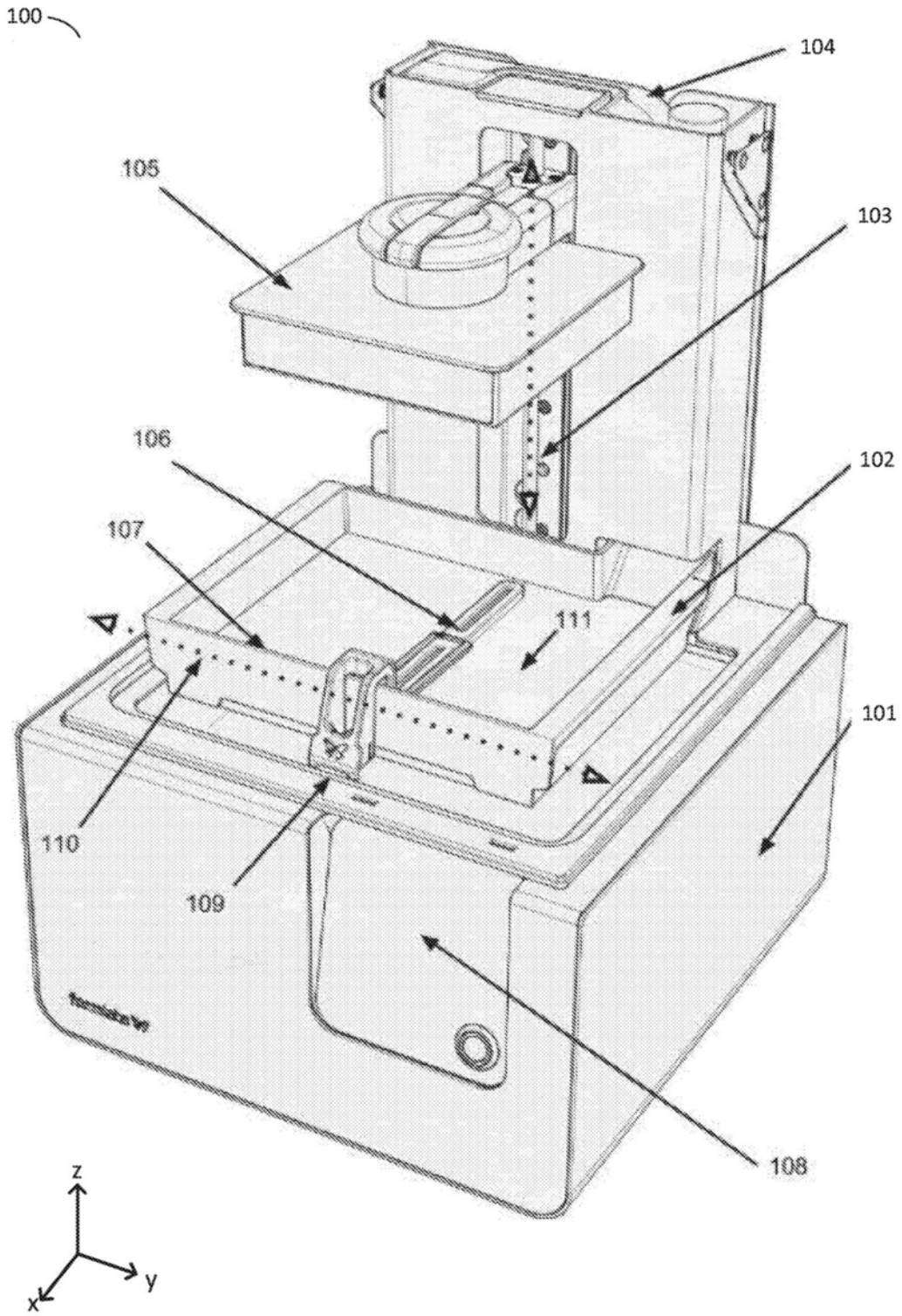


图1A

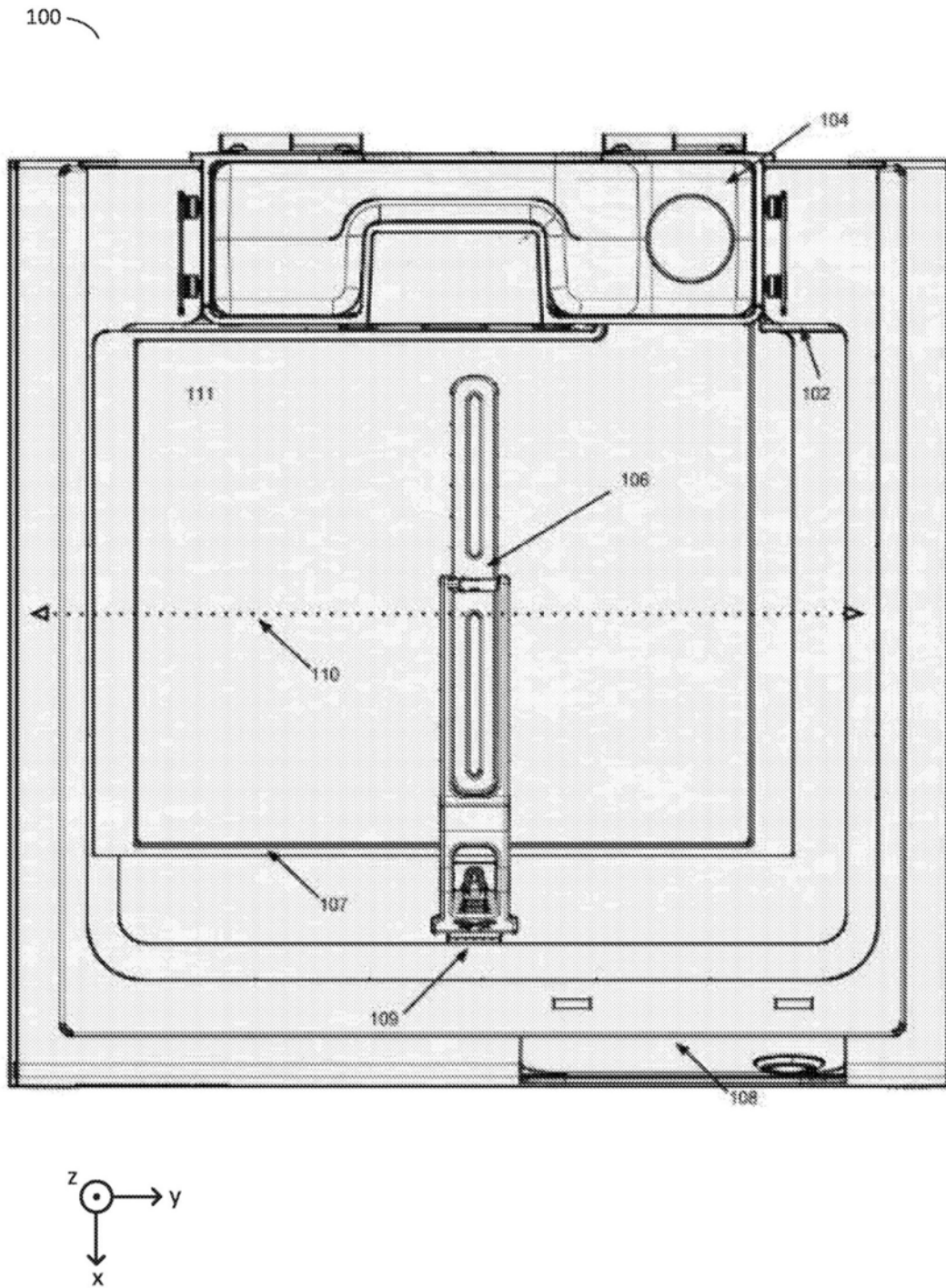


图1B

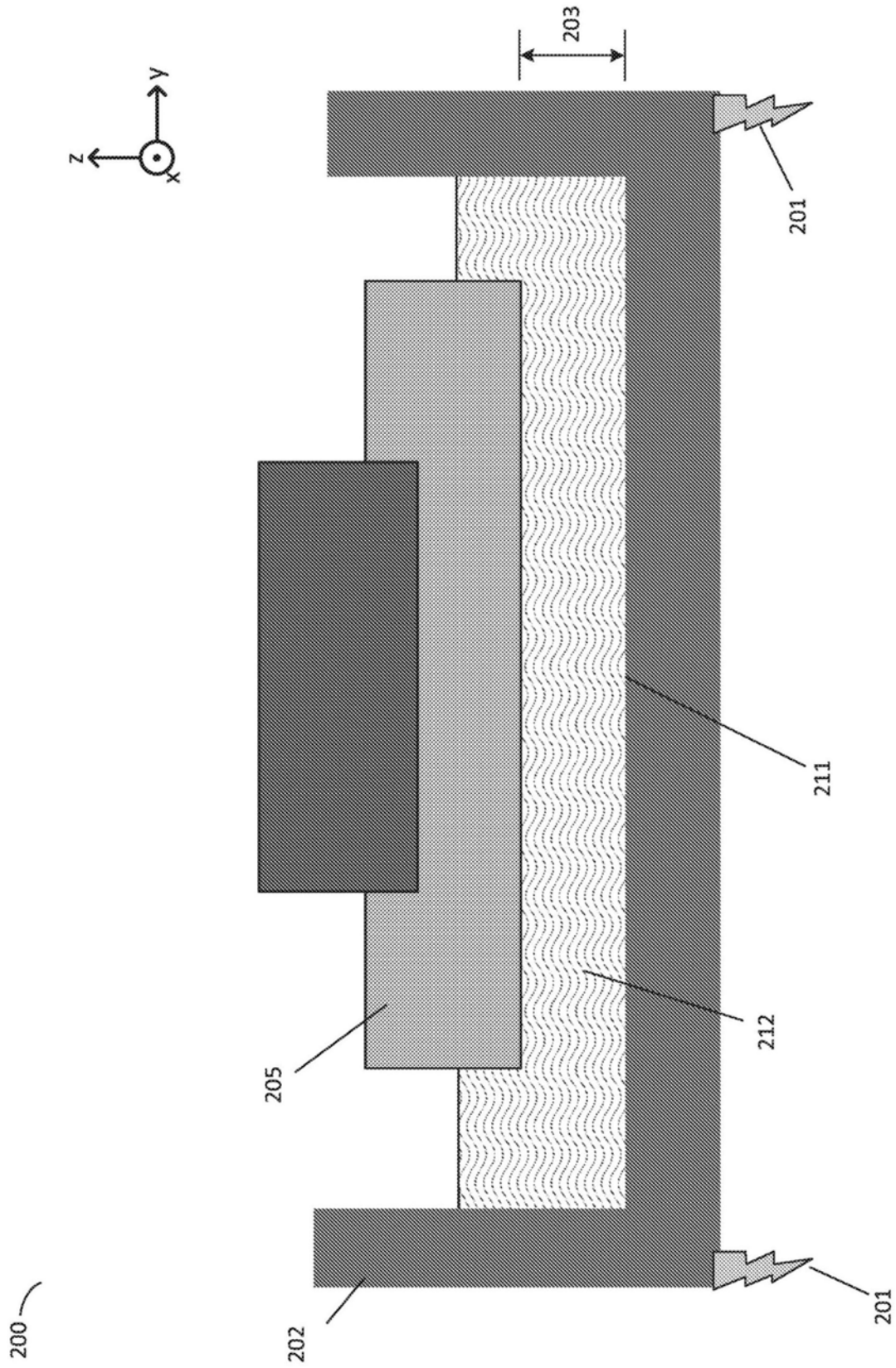


图2

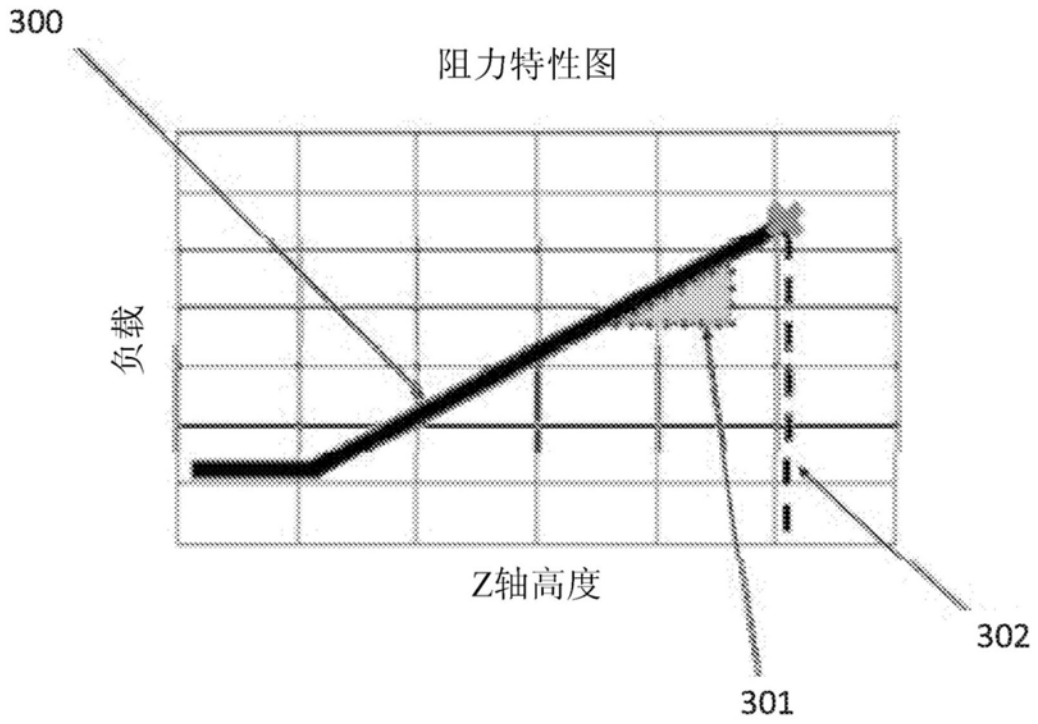


图3A

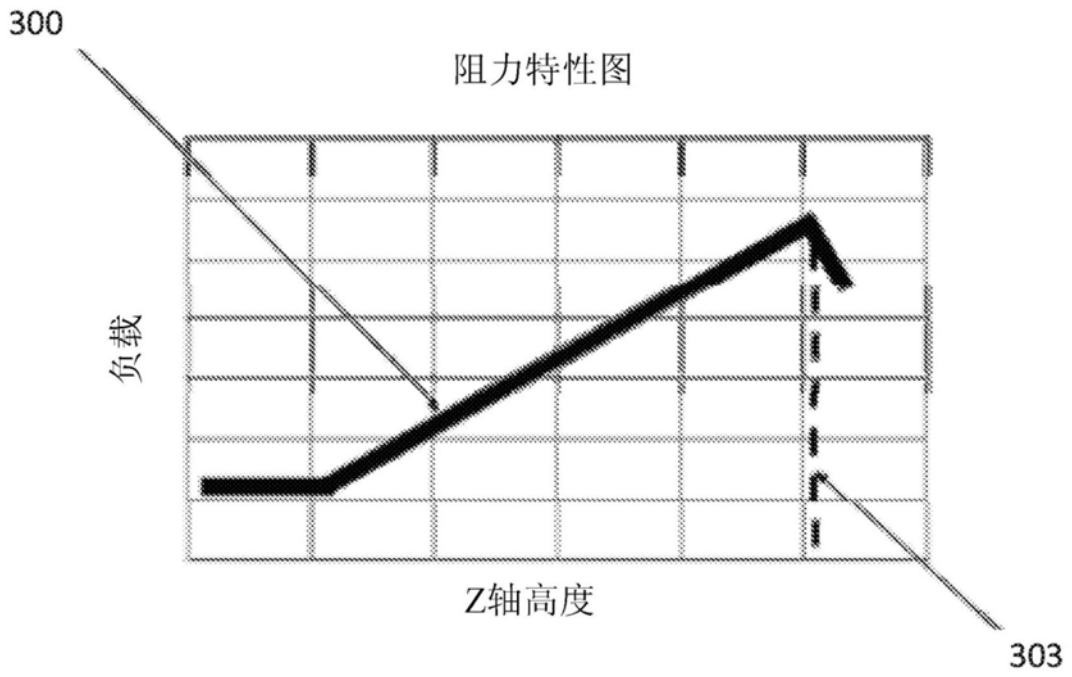


图3B