



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107864639 B

(45)授权公告日 2019.05.10

(21)申请号 201680040658.2

(22)申请日 2016.06.07

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107864639 A

(43)申请公布日 2018.03.30

(30)优先权数据  
62/172,096 2015.06.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.01.09

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/IL2016/050587 2016.06.07

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/199131 EN 2016.12.15

(73)专利权人 斯特塔西有限公司  
地址 以色列霍沃特

(72)发明人 丹尼尔·季科夫斯基  
爱德华多·纳帕登斯凯

S·希尔施 叶夫根尼·莱文  
约阿夫·布雷斯勒

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理  
有限公司 11262

代理人 陆建萍 杨明钊

(51)Int.Cl.  
*B29C 64/118*(2017.01)  
*B29C 64/40*(2017.01)  
*B29C 64/20*(2017.01)  
*B29C 64/393*(2017.01)  
*B33Y 40/00*(2015.01)  
*B33Y 30/00*(2015.01)  
*B33Y 50/02*(2015.01)

(56)对比文件  
WO 2011144596 A1,2011.11.24,  
EP 1637307 A2,2006.03.22,  
CN 103394693 A,2013.11.20,

审查员 靳艳英

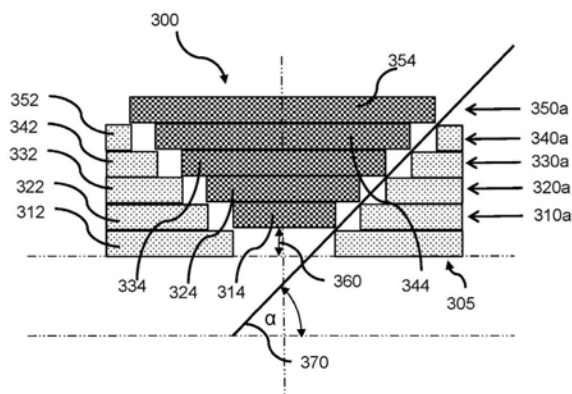
权利要求书2页 说明书11页 附图10页

### (54)发明名称

用于打印三维(3D)物体的方法和装置

### (57)摘要

本发明的一些实施方式可以涉及打印三维(3D)物体和3D物体的支撑结构的系统和方法。该系统可以包括打印单元和用于向打印单元供应主体材料和支撑材料的供应系统。该系统还可以包括控制器,该控制器被配置为:生成包括一组水平切片的3D横截面数字数据,操纵3D数字数据以通过在同一水平切片的主体区域和支撑区域之间执行垂直移位来创建一组移位切片以创建打印数字数据,和控制打印单元以基于打印数字数据来分层沉积主体材料和支撑材料,其中在单次扫描中,支撑材料的液滴和主体材料的液滴行进不同的距离。



1. 一种打印3D物体和所述3D物体的支撑结构的方法,所述方法包括:

生成包括一组水平切片的3D横截面数字数据,其中每个所述切片包括表示所述3D物体的水平横截面的一个或更多个主体区域,并且一些所述切片中的至少每一个还包括与所述主体区域相邻并且表示所述支撑结构的相应的水平横截面的一个或更多个支撑区域;

操纵所述3D横截面数字数据以通过在同一水平切片的主体区域和支撑区域之间执行垂直移位来创建一组移位切片以创建打印数字数据,其中,一些所述移位切片中的至少每一个包括所述水平切片中的一个的主体区域连同所述水平切片中的另一个的支撑区域;

基于所述打印数字数据来从打印头分层沉积主体材料和支撑材料,其中在同一扫描中,所述支撑材料的液滴和所述主体材料的液滴行进不同的距离;以及

在至少一些所述扫描之后硬化所沉积的主体材料和所沉积的支撑材料。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,沉积包括在同一扫描中创建与特定水平横截面相关的所述3D物体的区域连同与不同水平横截面层相关的所述支撑结构的区域。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于在所述3D物体与所述支撑结构之间的几何关系来确定在所述主体区域和所述支撑区域之间的所述垂直移位的大小。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述几何关系是在表示在所述主体区域和所述支撑区域之间的界面的表面与水平线之间形成的角度。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中较高的角度需要较大的垂直移位。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述3D横截面数字数据还包括一组垂直列,其中每个所述列包括表示所述3D物体的垂直列的主体区域的一个或更多个切片,并且一些所述列中的至少每一个还包括垂直地相邻于所述主体区域并且表示所述支撑结构的相应的垂直列的支撑区域的一个或更多个切片,

以及其中,操纵所述3D横截面数字数据还包括在每个垂直相邻的主体区域和支撑区域之间向每列添加打印过程中的延迟。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,每个切片包括两个或更多个沉积层。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中:

操纵所述3D横截面数字数据还包括:在至少一些所述切片中创建空位,使得在沉积所有层之后,所述3D物体和所述支撑结构两者在相同的高度处,其中在每个空位中,没有支撑材料或主体材料被滴下。

9. 一种用于打印3D物体和所述3D物体的支撑结构的系统,包括:

打印单元,其包括被配置成沉积用于形成所述3D物体的主体材料和用于形成所述支撑结构的支撑材料的一个或更多个打印头;

供应系统,其用于将所述主体材料和所述支撑材料供应到所述打印单元;以及

控制器,其被配置成:

生成包括一组水平切片的3D横截面数字数据,其中每个所述切片包括表示所述3D物体的水平横截面的一个或更多个主体区域,并且一些所述切片中的至少每一个还包括与所述主体区域相邻并且表示所述支撑结构的对应的水平横截面的一个或更多个支撑区域;

操纵所述3D横截面数字数据以通过在同一水平切片的主体区域和支撑区域之间执行垂直移位来创建一组移位切片以创建打印数字数据,其中,一些所述移位切片中的至少每

个包括所述水平切片中的一个的主体区域连同所述水平切片中的另一个的支撑区域；

控制所述打印单元以基于所述打印数字数据来从所述一个或更多个打印头分层沉积所述主体材料和所述支撑材料，其中，在单次扫描中，所述支撑材料的液滴和所述主体材料的液滴行进不同的距离；以及

所述打印单元还包括一个或更多个硬化设备，其中所述控制器还配置成控制所述一个或更多个硬化设备以在每次扫描之后硬化所沉积的主体材料和所沉积的支撑材料。

10. 根据权利要求9所述的系统，其中所述控制器还被配置为控制所述打印单元以同时沉积与特定水平横截面相关的所述3D物体的区域连同与不同水平横截面层相关的所述支撑结构的区域。

11. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述控制器还被配置为：

基于在所述3D物体与所述支撑结构之间的几何关系来确定在所述主体区域和所述支撑区域之间的垂直移位的高度。

12. 根据权利要求11所述的系统，其中，所述几何关系是在表示在所述主体区域与所述支撑区域之间的界面的表面与水平线之间形成的角度。

13. 根据权利要求12所述的系统，其中较高的角度需要较高的垂直移位。

14. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述3D横截面数字数据还包括一组垂直列，其中每个所述列包括表示所述3D物体的垂直列的主体区域的一个或更多个切片，并且一些所述列的至少每一个还包括垂直地相邻于所述主体区域并且表示所述支撑结构的相应的垂直列的支撑区域的一个或更多个切片，

以及其中，操纵所述3D横截面数字数据还包括在每个垂直相邻的主体区域和支撑区域之间向每列添加打印过程中的延迟。

15. 根据权利要求9所述的系统，其中每个切片包括两个或更多个沉积层。

16. 根据权利要求9所述的系统，还包括：

用于承载打印材料的制造平台。

## 用于打印三维 (3D) 物体的方法和装置

### [0001] 背景

[0002] 在三维 (3D) 打印或3D制造过程中,根据如由软件文件定义的预定配置,材料从一个或多个打印头选择性地喷射并且沉积到连续层中的制造托盘上。一些沉积过程包括沉积不同的材料以便形成单个物体或模型。例如,可以使用用于沉积主体结构的第一材料和用于沉积支撑结构以支撑主体结构的各个部分例如负角表面和悬垂部分的第二材料来沉积物体。随后通过机械、化学或其他手段去除支撑材料以显露最终物体。

[0003] 常规沉积方法涉及根据预定的配置来逐层同时沉积支撑材料和主体材料。支撑材料和主体材料都以液体或半液体状态沉积在同一层中,使得液体/液体界面在两种材料之间形成。在沉积之后,所沉积的层被硬化(例如通过紫外线(UV)固化)。主体材料和支撑材料的液滴形成混合层,并且在去除支撑材料时,微裂缝留在所打印的部件(即主体材料)中。表面微裂缝可能导致在负载下的增加的应力和打印部件的增加的脆性。表面越粗糙,所打印的模型的机械强度就越差。

### [0004] 概述

[0005] 本发明的一些实施方式可以针对一种打印三维 (3D) 物体和3D物体的支撑结构的系统和方法。该系统可以包括打印单元,该打印单元包括配置成沉积用于形成3D物体的主体材料和用于形成支撑结构的支撑材料的一个或多个打印头和用于将主体材料和支撑材料供应到打印单元的供应系统。该系统还可以包括执行根据本发明的一些实施方式的方法的控制器。

[0006] 控制器可以被配置为生成包括一组水平切片的3D横截面数字数据,其中每个切片包括表示3D物体的水平横截面的一个或多个主体区域,并且一些切片中的至少每一个进一步包括一个或多个支撑区域,该支撑区域与主体区域相邻并且表示支撑结构的对应的水平横截面。

[0007] 控制器可进一步配置成操纵3D数字数据以通过在同一水平切片的主体区域与支撑区域之间执行垂直移位来创建一组移位切片以创建打印数字数据,其中一些移位切片中的至少每个包括水平切片中的一个的主体区域连同水平切片中的另一个的支撑区域;以及控制打印单元以基于打印数字数据从一个或多个打印头分层沉积主体材料和支撑材料,其中在单次扫描中,支撑材料的液滴和主体材料的液滴行进不同的距离。

### [0008] 附图简述

[0009] 视为本发明的主题在说明书的结束部分中被特别指出并被清楚地要求保护。然而,关于操作方法和组织的本发明以及其目的、特征和优点在与附图一起阅读时通过参考以下详细描述可得到最好的理解,其中:

[0010] 图1是根据本发明的一些实施方式的打印系统的图示。

[0011] 图2是根据本发明的一些实施方式的打印三维 (3D) 物体和3D物体的支撑结构的方法的流程图;

[0012] 图3A-3B是根据本发明的一些实施方式的物体和支撑结构的示例性横截面数字数据的图形表示;

[0013] 图4是根据本发明的一些实施方式的物体和支撑结构的示例性横截面数据的图形表示;

[0014] 图5是根据本发明的一些实施方式的物体和支撑结构的示例性横截面数字数据的图形表示;

[0015] 图6A-6B是根据本发明的一些实施方式的物体和支撑结构的示例性横截面数据的图形表示;

[0016] 图7A为根据本发明的一些实施方式的示例性打印物体的图像;以及

[0017] 图7B是根据本发明的一些实施方式的图7A的示例性打印物体的横截面图像以及与打印物体的表面曲率相匹配的图表;

[0018] 图8A和8B是根据本发明的一些实施方式的示例性打印物体;

[0019] 图9是根据本发明的一些实施方式的示例性支撑结构的图像;

[0020] 图10包括根据本发明的一些实施方式的示例性打印物体的图像;

[0021] 图11A和11B是根据本发明的一些实施方式的示例性打印物体。

[0022] 应当理解,为了说明的简单和清楚,图中所示的元素不一定按比例绘制。例如,为了清楚起见,一些元素的尺寸可以相对于其他元素被放大。此外,在认为适当的情况下,参考数字可在图中重复以指示对应或类似的元素。

[0023] 本发明的详细描述

[0024] 在以下详细描述中,阐述了许多具体细节以便提供对本发明的透彻理解。然而,本领域技术人员将理解,可以在没有这些具体细节的情况下实践本发明。在其他情况下,没有详细描述公知的方法、过程和组件,以免模糊本发明。

[0025] 本发明的实施方式可以针对使用喷墨打印系统来打印3D模型。为了打印复杂的形状,支撑材料被沉积在期望的区域处以在模型的构造期间支撑主体材料。当支撑材料和主体材料一起打印在同一层中时,形成包括支撑材料液滴和主体材料液滴的混合界面。在打印层硬化之后,在支撑材料和主体材料之间形成的界面是粗糙的。因此,在去除支撑材料并露出主体结构时,主体表面也会粗糙且充满微裂缝,这导致减小的机械强度和差的机械性质。

[0026] 在通常的实践中,在单次扫描期间沉积在一起的主体材料和支撑材料的液滴可能产生混合界面,并且在移除支撑材料时,微裂缝留在打印主体部件中。表面微裂缝可能导致一旦在负荷下就增加的微应力,以及打印部件的增加的脆性。通常实践的打印方法的结果具有差的机械性质和较细(例如较平滑)的表面粗糙度。

[0027] 除了脆性问题之外,因而得到的无光泽表面(即与有光泽表面相反的粗糙表面)的不规则形态可能导致以下问题:部件变形、较低的准确度、较低的尺寸稳定性、较高的吸水率、增加的蠕变、不均匀外观和其他不希望有的光学效应。上述问题中的至少一些可以通过昂贵和耗时的后处理例如打磨、抛光和涂漆来解决。

[0028] 表面裂缝可能由在主体材料和支撑材料液滴之间的重叠和/或混合引起。因此,在支撑和造型材料之间的直接接触的防止可以消除上述问题。在一些实施方式中,修改3D打印过程,并且在主体材料和支撑材料的沉积之间引入延迟。这样的过程明显提高了最终打印部件或物体的性能和外观。

[0029] 在没有与其他材料的任何混合界面的情况下沉积的模型或支撑材料的自由表面

可能更平滑并具有更好的机械性质。有时,以逐层方式沉积的固体/固体界面和固体/液体界面可能导致具有较差机械性质的粗糙界面(混合界面)。

[0030] 本发明的实施方式可涉及用于打印由支撑结构支撑的3D物体的系统和方法,使得实质上没有混合界面在主体材料(形成3D物体)和支撑材料(形成支撑结构)之间形成。根据本发明的实施方式打印的3D物体可以具有更平滑的表面,其具有更少的微裂缝和更好的机械性质。3D物体和支撑结构的3D数字数据可以被生成包括水平切片,该水平切片包括表示3D物体的水平横截面的一个或更多个主体区域以及可选地还包括与主体区域相邻并表示支撑结构的相应的水平横截面的一个或更多个支撑区域。

[0031] 可以进一步操纵3D数字数据以通过在主体区域和支撑区域之间执行垂直移位以在打印期间分离主体区域与支撑区域来创建一组移位切片。在一些实施方式中,当在单次扫描中根据所操纵的3D数字数据打印3D物体和支撑结构时,支撑材料的液滴和主体材料的液滴可行进不同的距离。在单次扫描中,可以沉积主体材料以形成第一高度的第一水平切片,并且可以沉积该支撑材料以形成在第二高度处的第二水平切片。在一些实施方式中,第二高度可以比第一高度高该垂直移位。

[0032] 参考图1,其示出根据本发明的一些实施方式的用于沉积3D物体的系统的图示。系统10可以包括打印单元20、供应系统30、控制器40、用户接口50以及制造平台或托盘60。控制器40可以配置成控制系统10的所有其它元件。

[0033] 打印单元20可以包括一个或更多个打印头22例如头1-n、一个或更多个硬化设备24以及一个或更多个调平设备26。打印头22可以被配置为使用任何喷墨方法来沉积材料。打印单元20可以在X和Y方向上都水平移动,并且在Z方向上垂直移动。

[0034] 打印头22可以包括例如布置在单行中或在二维阵列中的两个或更多个喷嘴的阵列。不同的打印头22可以沉积不同的材料,以便可以在单次沉积扫描中沉积两种或更多种材料。例如,打印头1和2可以被配置成打印支撑材料,并且打印头3和4可以被配置成打印主体材料。打印头22可以从供应系统30(用沉积材料)被供料。

[0035] 硬化设备24可以包括被配置为发射光、热等的、可以使打印材料硬化的任何设备。例如,硬化设备24可以包括用于固化所沉积的材料的一个或更多个紫外线(UV)灯。调平设备26可以包括被配置为通过扫过新近形成的层并去除多余的材料来调平该层和/或建立该层的厚度的任何设备。例如,调平设备26可以是轧辊。调平设备24可以包括用于收集在调平期间产生的多余材料的废物收集设备(未示出)。

[0036] 供应系统30可以包括用于向打印头22供应多种建筑材料的一个或更多个建筑材料容器或筒。在一些实施方式中,可以通过在从打印头22沉积主体材料之前混合两种或更多种基础材料来形成主体材料。每个基础材料可以被保持在被包括在供应系统30中的不同容器中。两种或更多种基础材料可以在给打印头22供料之前在另外的容器中混合,或者可以一起供给到打印头22并在沉积过程中混合在一起。可选地,两种或更多种基础材料中的每一种可以从不同的打印头22沉积在一个位置处(例如,多个不同基础材料的液滴可以沉积在同一斑点处)并且在沉积之后混合在一起。当支撑材料包括一种或更多种基础材料的混合时,可以对形成支撑结构的材料实施类似的过程。两种或更多种基础材料的混合过程和从供应系统30到打印头22的材料供应的其他方面可以由控制器40控制。

[0037] 控制器40可以包括处理器42,处理器42例如可以是中央处理单元处理器(CPU)、芯

片或任何合适的计算或计算设备。控制器40还可以包括：存储器44和存储单元46。例如，处理器42可以控制打印单元20在期望的方向上的移动。存储器44可以包括例如随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、动态RAM (DRAM)、同步DRAM (SD-RAM)、双数据速率 (DDR) 存储器芯片、闪存、易失性存储器、非易失性存储器、高速缓存存储器、缓冲器、短期存储器单元、长期存储器单元或其他合适的存储器单元或存储单元。存储器44可以是或可以包括多个可能不同的存储器单元。

[0038] 存储器44可以包括可执行代码，例如应用、程序、进程、任务或脚本。根据本发明的实施方式，可执行代码可以包括用于控制装置10打印3D物体的代码或指令。例如，存储器44可以包括用于使用例如第一组打印头22来沉积支撑材料以形成3D物体的第一区域并且使用例如硬化设备来硬化第一区域中的材料24的代码。该代码还可以包括仅在第一区域中的材料被硬化之后才在与第一区域水平相邻的3D物体的第二区域中沉积主体材料。

[0039] 在一些实施方式中，存储器44可以包括用于生成包括一组水平切片的3D横截面数字数据的指令。该指令还可以包括基于3D数字数据来沉积主体和支撑材料，使得至少一些切片是组合切片，其包括将由支撑材料打印的支撑区域和将由主体材料打印的主体区域。与3D物体和支撑结构的横截面切片相对应的3D数字数据可以存储在存储单元46中。

[0040] 存储单元46可以存储包括将由装置10打印的3D物体和相应的支撑结构的设计参数的文件。例如，包括3D物体的设计的3D计算机辅助设计 (CAD) 文件可以被存储在存储单元46中。这些文件可以包括3D物体的不同区域以及支撑结构的对应区域的尺寸和位置。

[0041] 装置10可以进一步包括用户接口50。用户接口50可以是或者可以包括输入设备，例如鼠标、键盘、触摸屏或者键盘或者任何合适的输入设备。将认识到，在用户接口50中可以包括任何合适数量的输入设备。用户接口50可以进一步包括输出设备，例如：一个或更多个显示器、扬声器和/或任何其它合适的输出设备。将认识到，在用户接口50中可以包括任何合适数量的输出设备。如由块50所示的，任何适用的输入/输出 (I/O) 设备都可以连接到控制器40。例如，在用户接口50中可以包括有线或无线网络接口卡 (NIC)、调制解调器、打印机或传真机、通用串行总线 (USB) 设备或外部硬盘驱动器。用户接口50可允许用户上传或更新用于根据本发明的一些实施方式控制3D物体的打印的代码和指令和/或将包括3D物体的设计的文件 (例如计算机辅助设计 (CAD) 文件) 上传和更新到存储单元46中。

[0042] 托盘60可以是适于支持3D物体以及相应的支撑结构的喷墨打印的任何托盘。托盘60可以附着或连接到X-Y工作台，并且可以例如由控制器40控制，以根据打印工艺的要求在X-Y平面中移动。另外或可选地，托盘60可以被配置成在Z方向上移动。

[0043] 控制器40可以控制打印单元20和/或托盘60以引起在托盘和打印头22之间的相对移动，使得打印头22中的每一个可以将打印材料 (例如主体或支撑材料) 的液滴沉积在X-Y平面中的预定位置处以及在Z方向上的预定高度处。

[0044] 参考图2，图2是根据本发明的一些实施方式的打印3D物体和3D物体的支撑结构的方法的流程图。图2的方法可以由系统例如系统10或由任何其它合适的系统执行。可以例如由控制器40生成包括一组水平切片的3D横截面数字数据 (框210)。这样的横截面数字数据的图形表示在图3A和3B中示出。图3A和3B是3D物体300和支撑结构305的3D数字数据中的切口的图示。3D数字数据可以包括5个水平切片310-350。正如本领域中的技术人员应该理解的，在图3A-3B中所示的5个切片作为例子给出，且本发明不限于任何数量的切片。

[0045] 在一些实施方式中,切片310-350中的每一个包括表示3D物体300的水平横截面的一个或更多个主体区域314-354,并且一些切片中的至少每一个还可以包括一个或更多个支撑区域312-352,其相邻于主体区域314-354并且表示支撑结构305的相应的水平横截面。例如,切片310可以包括支撑区域312和主体区域314。在一些实施方式中,每个切片包括一个或更多个沉积层,例如两个或更多个沉积层。

[0046] 回来参考图2,3D横截面数字数据可以例如由控制器40操纵,以通过在同一水平切片的主体区域314-354和支撑区域312-352之间执行垂直移位360来创建一组移位切片310a-350a(在图3B中示出)(框220)。移位切片310a-350a可以创建打印数字数据,使得一些移位切片中的至少每个包括水平切片中的一个的主体区域连同水平切片中的另一个的支撑区域。例如,移位切片320a可以包括最初被包括在水平切片320中的主体区域324以及最初被包括在水平切片330中的支撑区域332。

[0047] 在一些实施方式中,该方法包括基于在3D物体300和支撑结构305之间的几何关系来确定在主体区域314-354和支撑区域312-352之间的垂直移位360的大小(也称为“Z间隙”)。例如,几何关系可以是在表示在主体区域314-354与支撑区域312-352之间的界面的表面370与水平平面之间形成的角度 $\alpha$ (在图3B中示出)。在一些实施方式中,在相邻的主体区域和支撑区域之间的角度 $\alpha$ 为高达70°。更高的角度 $\alpha$ 需要更大的垂直移位360。在另一个例子中,几何关系可以包括在主体区域和支撑区域之间的曲率半径。

[0048] 在一些实施方式中,3D横截面数字数据可以进一步包括一组垂直列661-671,如关于图5详细说明和讨论的。在一些实施方式中,列661-671中的每一列可以包括表示3D物体的垂直列的主体区域610的一个或更多个切片,并且列661-671中的一些至少每一个还可以包括与主体区域垂直相邻并且表示支撑结构的相应的垂直列的支撑区域630的一个或更多个切片。在一些实施方式中,操纵3D数字数据还包括在每个垂直相邻的主体区域和支撑区域之间向每列661-671添加打印过程中的延迟。

[0049] 回来参考图2,控制器40可以控制打印单元20的打印头22以沉积主体材料和支撑材料(框230)。可以基于在框220的操作中创建的打印数字数据来沉积主体材料和支撑材料。在一些实施方式中,在同一沉积扫描期间,支撑材料的液滴和主体材料的液滴行进不同的距离。例如,在同一沉积扫描中,可以沉积支撑材料的液滴以形成支撑区域322,并且可以沉积主体材料的液滴以形成主体区域314。主体材料的液滴可以比支撑材料的液滴行进距打印头22更远的距离。主体材料的液滴可以行进等于“垂直移位”360的额外距离,直到到达它们的最终位置为止。

[0050] 在一些实施方式中,该方法还包括在至少一些扫描之后硬化所沉积的主体材料和所沉积的支撑材料。例如,当切片包括多于一个沉积层时,一个或更多个硬化设备24可以在每次扫描(每个沉积层)之后或者在整个切片的沉积之后硬化所沉积的液滴。在一些实施方式中,每次扫描可以包括沉积单层。在一些实施方式中,在沉积额外切片之前,整个所沉积的材料可以被硬化,以避免在支撑和主体材料之间形成混合界面。

[0051] 根据图4中的3D横截面数字数据的图形表示可以更好地理解根据本发明的一些实施方式的打印序列。物体400的示例性3D横截面数字数据可以包括一组水平切片,其包括一起形成例如“I”形3D物体的对应的多个主体区域401-409和一起形成“I”形3D物体的支撑结构的多个支撑区域421-427。3D横截面数字数据的每个区域的大小、维度和位置可以通过计



计算机模拟来确定,并且模拟的结果可以作为CAD文件存储在与用于打印3D物体的装置相关联的存储单元例如被包括在装置10中的存储单元46中。

[0052] 在一些实施方式中,可以根据本发明的一些实施方式,例如根据图2的方法,来打印物体400。可以使用被配置为通过逐层沉积材料来制造3D物体的任何装置(例如系统10)来制造物体400。

[0053] 物体400可被打印在可包括两层或更多层支撑材料的基底区域420上或可包括基底区域420。在打印“I”形3D物体之前,两层或更多层可被沉积在打印托盘(例如托盘60)上并硬化。

[0054] 在一些实施方式中,主体区域401可以被沉积在硬化区域420的顶部上。主体区域401可以包括用于构建“I”形3D物体的一层或更多层主体材料。区域401中的层可以以液体状态沉积并且可以在支撑区域421的沉积之前例如通过硬化设备24硬化。支撑区域421可以包括一层或更多层支撑材料。支撑区域421的层中的材料可以在主体区域402的沉积之前被硬化,使得在主体材料和支撑材料之间的混合界面不被启用。区域402可以与区域421水平相邻。

[0055] 在一些实施方式中,用于形成支撑区域422的支撑材料的相同扫描液滴可以与形成主体区域402的主体材料的液滴的沉积同时沉积在支撑区域421的顶部上。在主体区域402和支撑区域421之间可以形成区域421-427的厚度的大小的垂直移位。区域的交替沉积和硬化过程可以继续,只要在主体材料和支撑材料——当都在液体状态中时或当在主体和支撑材料之间的重叠以交替方式出现时——之间的界面不被启用。例如,可以在与区域423相同的扫描中沉积区域403,在与区域424相同的扫描中沉积区域404,在与区域425相同的扫描中沉积区域405,在与区域426相同的扫描中沉积区域406,在与区域427相同的扫描中沉积区域407中。要沉积的最后两个区域可以是主体结构区域408和409。

[0056] 参考图5,其是根据本发明的一些实施方式的3D横截面数字数据的图形表示。3D横截面数字数据可以包括包含多个沉积切片的垂直列,其中每个列可以与在每个切片处的单个沉积斑点相关。如果在特定的切片处,关于3D数字数据的信息可以在特定的列处包括待沉积的主体材料或支撑材料。每个沉积斑点或点可以包括单个墨滴,或者可以包括多于一个墨滴。例如,模型600可以被划分(在x方向上)为11列661-671。列661-671中的每一列可以包括主体材料切片和/或支撑材料切片。例如,列661可以从底部到顶部包括:3个支撑切片610、6个主体切片620、30个支撑切片360和6个主体切片620。在一些实施方式中,每个切片可以包括单个沉积层。

[0057] 在一些实施方式中,对于每列,可以确定在支撑材料和主体材料之间的转变点的数量和位置。转变点可以被定义为打印材料从支撑材料改变为主体材料或反过来的点。例如,列661具有三个转变点615、625和635,其中打印材料从支撑材料改变到主体材料,反之亦然。

[0058] 3D横截面数字数据可以包括可以呈现3D模型的矢量的2D矩阵,其中每个矢量预置单个列。矢量可以包括从底部到顶部计算属于第一材料的切片的数量,直到材料中的第一次变化(即,转变点)为止,然后计算第二材料的层的数量,直到第二转变点为止,等等。例如,呈现列661的矢量可以具有以下形式:

[0059] {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0060] 其中,每对数字中的第一个数字代表切片的数量,第二个数字代表切片的材料,例如0表示支撑材料,1表示主体材料。

[0061] 二维模型600的示例性矩阵可以包括以下矢量:

[0062] 列661: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0063] 列662: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0064] 列663: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0065] 列664: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0066] 列665: {3-0,42-1}

[0067] 列666: {3-0,42-1}

[0068] 列667: {3-0,42-1}

[0069] 列668: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0070] 列669: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0071] 列670: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0072] 列671: {3-0,6-1,30-0,6-1}

[0073] 在一些实施方式中,可以在转变点中引入打印过程中的延迟,作为在每列的每个转变点处的N个打印切片(例如层)的沉积延迟。可以在每个转变点处施加沉积延迟,使得在完成第一材料的沉积之后,对于N个沉积切片,在该特定点处没有材料被沉积。例如,当N=7时,列661的沉积序列可以包括沉积3层支撑材料并且在后面的7次沉积中不沉积任何材料。这意味着打印头(例如打印头22)在7次扫描期间不在列661中滴下任何材料,并且只有硬化设备(例如设备24)加热或辐射所沉积的支撑材料7次,允许支撑材料完全硬化或固化。在延迟之后,可以沉积6层主体材料,并且可以应用另一7层的延迟。

[0074] 应该理解,每次扫描可以包括在期望的位置处沉积材料以及每层的硬化。因此,当避免在特定位置(例如列)处的材料沉积时,仅在该特定位置处施加硬化过程。例如,在区域610中沉积前3层支撑材料之后,没有材料应沉积在任何列上,且只有硬化设备可以扫描整个模型7次。

[0075] 包括由数字2表示的7层的延迟的二维模型600的示例性矩阵可以包括对应于列661-671的以下矢量:

[0076] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0077] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0078] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0079] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0080] {3-0,7-2,42-1}

[0081] {3-0,7-2,42-1}

[0082] {3-0,7-2,42-1}

[0083] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0084] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0085] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0086] {3-0,7-2,6-1,7-2,30-0,7-2,6-1}

[0087] 在一些实施方式中,根据所确定的切片和列逐层沉积物体可以包括通过对N层不

沉积任何材料来在每个转变点处施加延迟,其中每个层在单次扫描时被沉积。例如,在转变点625之后沉积的接下来的7个层可以包括不在列661-664处沉积任何材料,在列665-667处沉积主体材料并且不在列668-671处沉积任何材料,在每层之后使主体材料硬化。在点625之上的第8层的沉积可以包括在列661-664处沉积支撑材料,在列665-667处沉积主体材料,并在列668-671处再次沉积支撑材料,后面是额外的固化扫描而没有材料的进一步沉积,以便完全硬化所沉积的支撑材料。因此,在列661-664和668-671处的支撑材料可以被滴到比列665-667中的主体材料低7层之处,在一些实施方式中,延迟可以等于垂直移位。

[0088] 本发明的一些实施方式可以涉及无辊沉积工艺。在一些实施方式中,材料被沉积在至少两个不同的高度处,如关于图2-5所示和所讨论的。当在两个不同高度处(例如以垂直移位)将两个区域(例如区域322和314)一起沉积时,可能难以通过使用调平设备(例如调平设备26)调平每个所沉积的层。在一些实施方式中,为了避免多余材料的沉积和使用调平设备的需要,并非被包括在层中的所有液滴都被沉积。例如,装置10可以仅在液滴可被沉积的位置的80%处沉积主体或支撑材料的液滴。未沉积的“空位”可以使用来自沉积在层的80%位置上的多余材料填充。空位的数量和位置可以使得实质上没有多余的材料可被沉积。

[0089] 参考图6A-6C,其是根据本发明的一些实施方式的物体和支撑结构的示例性横截面数据的图形表示的图示。可以使用至少两种材料(例如主体材料和支撑材料)来逐层沉积物体1110、1120和1130。可以使用现有技术方法来沉积物体1110,使得在每次沉积扫描时,第一材料区域1111和第二材料区域1115可以同时沉积在相同高度处,使得在每次沉积扫描(或每隔几次沉积扫描)之后,调平设备可以将沉积层调平,使得每个相邻区域1111和1115可以具有相同的高度。

[0090] 可以使用在图2中公开的沉积方法来沉积物体1120。该方法可以包括由第一材料沉积第一底部区域1111,调平并固化每个层,且然后在相同的扫描中由第二材料沉积第一区域1125和由第二材料沉积第二区域111。因为在区域1125中的第二材料沉积在第一区域1111下方,调平设备不能将所沉积的入口第二材料调平。当液滴沉积时,它变平并占据比液滴的直径更大的面积,使得相邻的所沉积的液滴彼此重叠,在表面上的一些区域中形成多余的材料。为了保持每个区域的受控高度,应该去除这个多余的材料。当多余的材料没有被去除时,该区域的高度不能被控制。因此,如果沉积序列继续而没有通过调平设备去除区域1125中的多余材料,则每个区域1125可以包括比在多余材料已经被调平设备去除的每个区域1111中更多的所沉积的材料,并且可以高于区域1111,导致物体1120的不均匀的最终高度。

[0091] 在一些实施方式中,为了解决这个问题,预期要被沉积在形成区域1125的每个层中的第二材料中的至少一些不被沉积,并且空位(没有材料被沉积的位置)“被沉积”。可以计算空位的数量,使得没有调平可能是需要的,并且由第二材料沉积的至少一些区域的高度可以实质上类似于使用第一材料沉积的区域的高度。

[0092] 未使用空位沉积的材料数量可以实质上等于可以通过调平设备去除的多余材料的数量。例如,如果调平设备去除了单次扫描中沉积的材料15%,则只有85%的材料可以沉积在调平设备在调平过程期间可能不直接接触的区域中(由于Z-间隙)。换句话说,在单次扫描中应该滴下的第二材料的液滴的15%是空位。

[0093] 图6C所示的物体1130可以包括由两种不同材料沉积的两个部分。可以使用图2中公开的方法来沉积物体1130。物体1130的左侧部分可以包括通过滴下第一材料的液滴而沉积的区域1111,并且右侧部分可以包括通过滴下第二材料的液滴而沉积的区域1135和1125。在区域1111中的任何一个的沉积之后,调平设备可以将所沉积的材料调平。第二材料的第一区域1135可以在至少一个区域1111的沉积之后沉积,并且因此不能被调平设备调平。为了使最终区域1135在与区域1111相同的高度处,与相应的相邻区域1111相比,可以在区域1135中沉积更少的材料。

[0094] 在一些实施方式中,在区域1135处的预定数量的打印点处,不放置液滴并形成空位。空位可以用来自正被沉积的相邻液滴的材料填充。在调平过程之后,待沉积的材料数量可以与在区域1111中剩余的材料数量成比例。例如,如果在调平过程之后保留了沉积在区域1111中的第一材料的80%,则可以将第二材料的原始数量的仅80%沉积在区域1135中。

[0095] 在一些实施方式中,可以采取减少多余材料的可选方法,如在区域例如区域1125中所说明和展示的。在区域1125中,所有的材料都可以被沉积(即,没有空位被引入到打印指令中)。打印方法可以包括使用减少数量的材料沉积预定数量的区域(例如区域1135)以及使用全部数量的材料沉积额外的预定数量的区域(例如区域1125)使得第二材料的所有所沉积的区域的总高度可以不超过第一材料的所有所沉积的区域(包括区域1111)的总高度的指令。可使用调平设备来调平被沉积的第二材料的最后一层。

[0096] 在一些实施方式中,没有液滴被沉积的空位或地方位于在打印物体的表面上的预定区域处。当所有液滴都被沉积并且没有调平设备将所沉积的液滴调平时,结果可能是所沉积的物体或区域的不均匀高度,如例如图7A所示的。图7A是根据本发明的一些实施方式的示例性打印物体。可以在所沉积的区域的侧面和中间部分中形成一定量的多余材料。当调平设备调平所沉积的材料时,可以移除在侧面和中间部分中的多余材料。为了不使用时避免这种不均匀性(例如,当应用图2的方法时),可能在更多的多余材料应被沉积的区域例如图7A的打印区域的侧面和中间部分处引入空位。

[0097] 在一些实施方式中,如图7B所示,空位可以根据遵循所预期的多余沉积的分布(profile)来定位。图7B是图7A的示例性打印物体的横截面以及打印物体的表面曲率相匹配的示例性剖面的曲线图(灰线)。等式(1)是遵循横截面的剖面的曲线的函数:

[0098] (1) 
$$I = n_1 A_1 \left( \frac{x}{L_1} \right)^{n_1} + n_2 A_2 \left( \frac{x}{L_2} \right)^{n_2}$$

[0099] 其中: $x$ 是在扫描方向上距打印区域的边缘的距离, $Y$ 是作为 $x$ 的函数的分布曲线,并且 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $n_1$ 、 $n_2$ 和 $x_2$ 是已知的常量。要引入到打印指令中的空位的数量可以根据函数例如等式(1)的函数。

[0100] 在一些实施方案中,当角度 $\alpha$ (在图3B中示出)高于 $70^\circ$ ,例如在 $70^\circ$ 和 $90^\circ$ 之间时,为了进一步确保在被沉积的支撑材料层和被沉积的主体材料层之间没有接触产生,可以在用支撑材料沉积的区域与用模型材料沉积的区域之间形成间隙。该间隙可以是水平间隙或有角度的间隙。在一些实施方式中,在沉积具有间隙的预定数量的层或预定高度的沉积材料之后,可以通过沉积额外的支撑材料或额外的模型材料来闭合间隙,使得至少一些沉积层

在先前沉积的层之外延伸,形成负角度。

[0101] 现在参考示出根据已知方法的物体打印的图8A,并且进一步参考示出根据本发明的一些实施方式的3D物体的图8B。如图8A所示,在主体和支撑部分之间没有间隙。物体700可以包括基底部分702、实质上垂直的部分704和顶部部分708。部分702、704和708可以包括第一材料,例如主体材料。部分704可能不需要是垂直的并且可以包括具有相对于基底部分702的角度例如 $1-30^{\circ}$ 的至少一个壁。物体700可以进一步包括部分706,其包括第二材料,例如支撑材料。在一些实施方式中,部分702、704和708可以包括支撑材料,并且部分706可以包括模型材料。

[0102] 部分704和706可以逐层地同时被打印,使得在这些部分之间没有间隙形成。在一些实施方式中,在部分704和706之间的界面的质量可以是低质量的,因为第一材料和第二材料都同时沉积在单层中,形成混合界面。为了避免这样的混合界面,可以在这些部分之间形成间隙。在图8B中给出了所打印的物体的例子,使得间隙在支撑材料和主体材料之间形成。

[0103] 物体720可以包括基底部分722和具有至少一个实质上垂直的壁725的部分724。在一些实施方式中,壁725可以相对于基底部分722的上表面具有角度例如 $1-30^{\circ}$ 。物体720可以进一步包括顶部部分728。部分722、724和728可以包括第一材料,例如模型材料。物体720可以进一步包括具有至少一个实质上水平的壁727的部分726和沉积在部分726的顶部上的部分736。在一些实施方式中,壁727可以相对于基底部分722的上表面具有角度例如 $1-30^{\circ}$ 。部分724和726可以被逐层打印或沉积,使得间隙730在壁725和壁727之间形成。间隙可以具有至少 $100\mu\text{m}$ 、例如在 $200\mu\text{m}-500\mu\text{m}$ 之间的宽度。在下面讨论的图10的图像中示出了间隙的宽度对表面质量的影响的例子。部分736沉积在部分726的顶部上,使得间隙730通过在负角度737下沉积第二材料而逐渐闭合。负角度737可以具有至少 $1^{\circ}$ ,例如在 $5^{\circ}$ 和 $25^{\circ}$ 之间。

[0104] 现在参考图9,其示出了根据本发明的一些实施方式的由在各种负角度下打印的支撑材料制成的物体的图像。示出了八对,每对具有实质上垂直的部分和具有负角度的部分。每对都被沉积,使得当具有负角度的部分被沉积时,在形成该对的两个部分之间形成的间隙可能被闭合。对于每一对,负角度被写在相应的图像下方。可以看到,一直到 $12.5^{\circ}$ ,间隙由实心结构很好地闭合。沉积具有大于 $25^{\circ}$ 的负角度的部分造成该部分的局部碰撞,而间隙仍然是开放的。

[0105] 可以使用喷墨打印系统例如图1的系统10来打印或沉积物体700和720。可以通过在基底上沉积至少两种不同的材料(例如主体材料和支撑材料)来打印物体720。第一部分(例如部分724)可以由第一材料逐层沉积,并且第二部分(例如部分726)可以由第二材料逐层沉积,使得间隙(例如间隙730)可在第一部分(例如壁725)的表面和第二部分(例如壁727)的表面之间形成。在一些实施方式中,可以同时沉积第一和第二部分的层,使得在单次沉积扫描中,第一部分的层和第二部分的层都沉积在实质上相同的高度处。间隙可能大于 $200\mu\text{m}$ 。

[0106] 在第一部分和第二部分的预定数量的层之后,可以通过在第二部分(例如部分726)的顶部上由第二材料逐层打印第三部分(例如部分736)使得至少一些所沉积的层在第二部分的表面(例如壁727)之外延伸(朝着第一部分的表面(例如壁725))以在第三部分中形成负角度来闭合间隙。负角度可能高于 $1^{\circ}$ ,例如高于 $5^{\circ}$ 。在一些实施方式中,第一部分可

以进一步与第三部分的沉积同时逐层被沉积,至少直到间隙闭合为止。

[0107] 在一些实施方式中,可以基于在沉积期间第二材料的粘度来确定负角度的大小。第二种材料的粘度越高,负角度就可能越大。在一些实施方式中,可以基于第二材料的液滴的表面张力来确定负角度的大小。表面张力越高,负角度就可能越大。在一些实施方式中,可以基于沉积期间第二材料的液滴的速度来确定负角度的大小。

[0108] 在一些实施方式中,第二和第三部分(例如部分726和736)可以从物体上移除以形成最终模型。

[0109] 在图10中示出了使得间隙在支撑和主体材料之间形成的支撑和主体材料的实验性沉积的结果。图10包括根据本发明的一些实施方式的示例性打印物体的图像。使用主体材料以形成内部条并使用支撑材料以覆盖每个条的垂直壁来打印物体910-960。如例如图8A所示,物体910被打印,使得没有间隙在支撑和模型材料之间形成。分别以在物体920和930的支撑和主体部分之间的80 $\mu\text{m}$ 和160 $\mu\text{m}$ 的窄间隙打印物体920和930。在物体910-930中不可能去除支撑材料并且具有主体条的光滑的、有光泽的、高质量的表面。物体940、950和960被打印,使得分别在物体的主体和支撑部分之间形成250 $\mu\text{m}$ 、350 $\mu\text{m}$ 和430 $\mu\text{m}$ 的间隙。如可以看到的,主体材料条的光滑的、有光泽的、高质量的表面被得到。

[0110] 在一些实施方式中,在完成物体的具有负角度的第三部分之后,可以沉积额外的材料以形成缓冲区。图11A和11B示出根据本发明的一些实施方式的两个示例性打印物体。物体1010和1020可以分别包括主体部分1012和1022、间隙1015和1025以及支撑部分1017和1027。根据本发明的实施方式,间隙1015和1025可以具有负角度。可以通过在主体部分和支撑部分之间的接触中打印缓冲区来闭合间隙1015和1025。物体1010可以包括笔直缓冲区1013,并且物体1020可以包括有角度的缓冲区1023。缓冲区1013和1023仅作为例子被给出。根据本发明的缓冲区可具有任何期望的几何形状。

[0111] 虽然本文已经图示和描述了本发明的某些特征,但是本领域普通技术人员将想到许多修改、替换、改变和等同物。因此,应当理解,所附权利要求旨在覆盖落入本发明的真实精神内的所有这样的修改和改变。

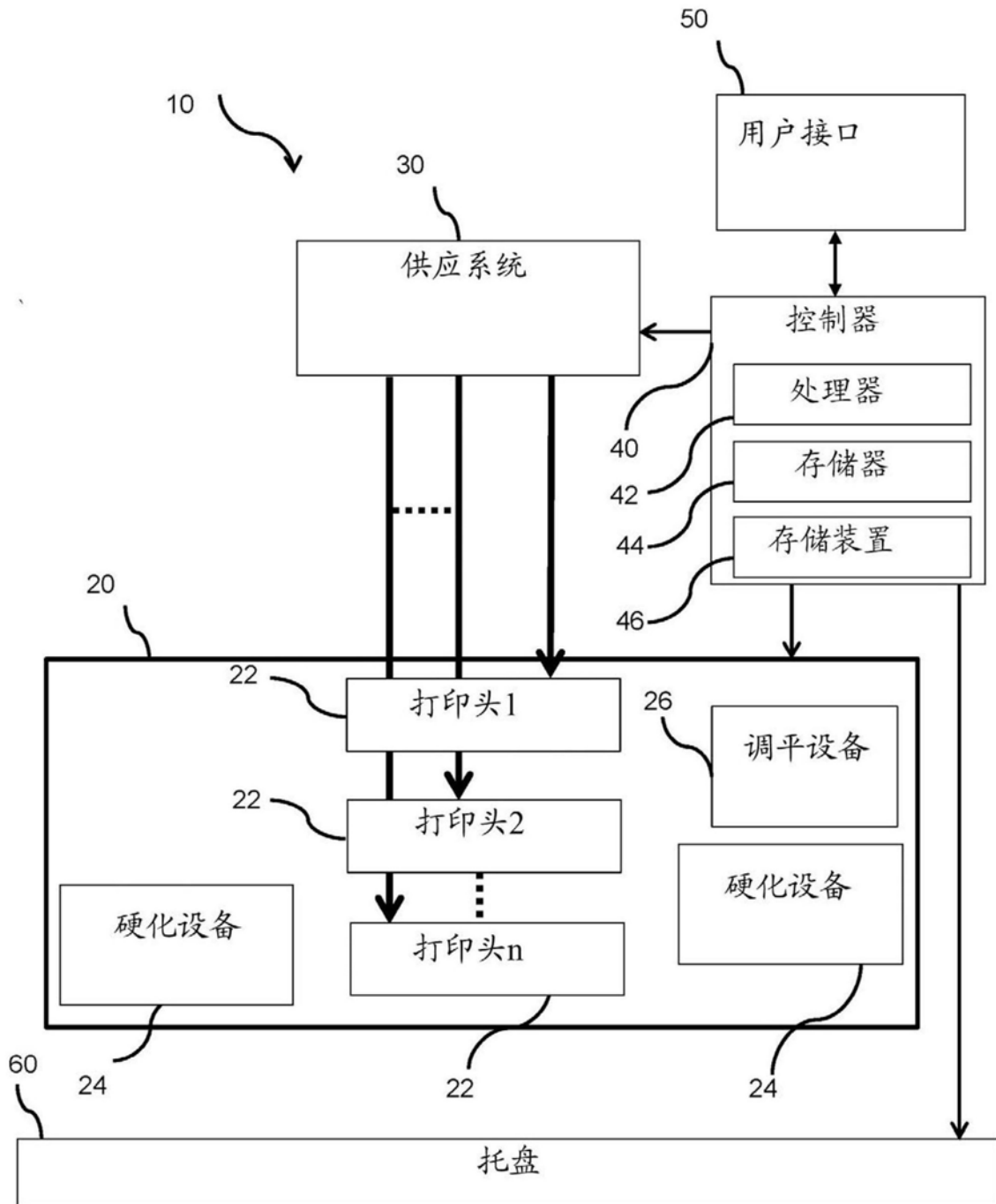


图1

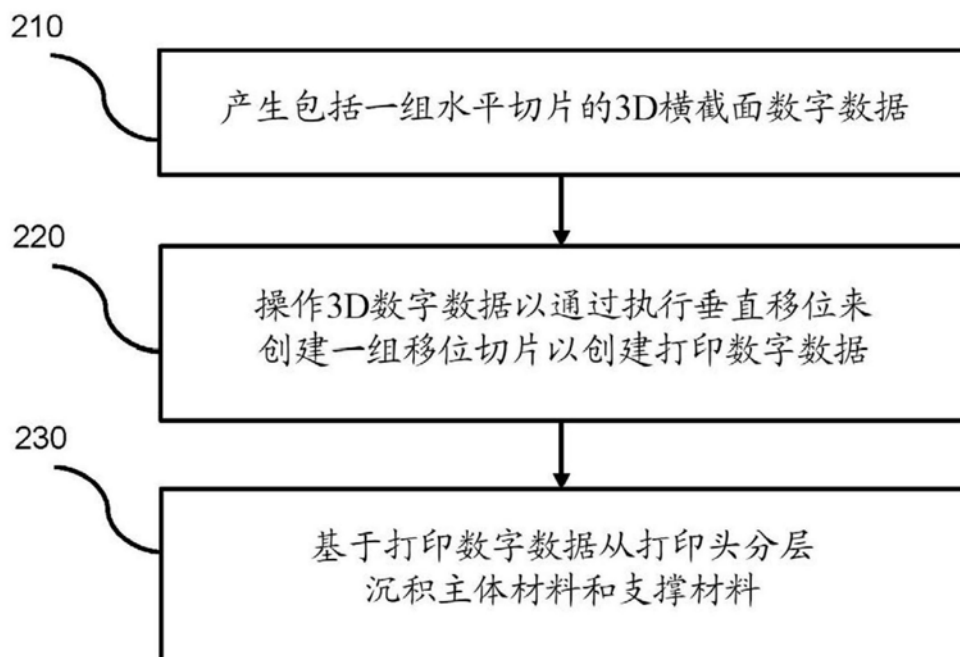


图2

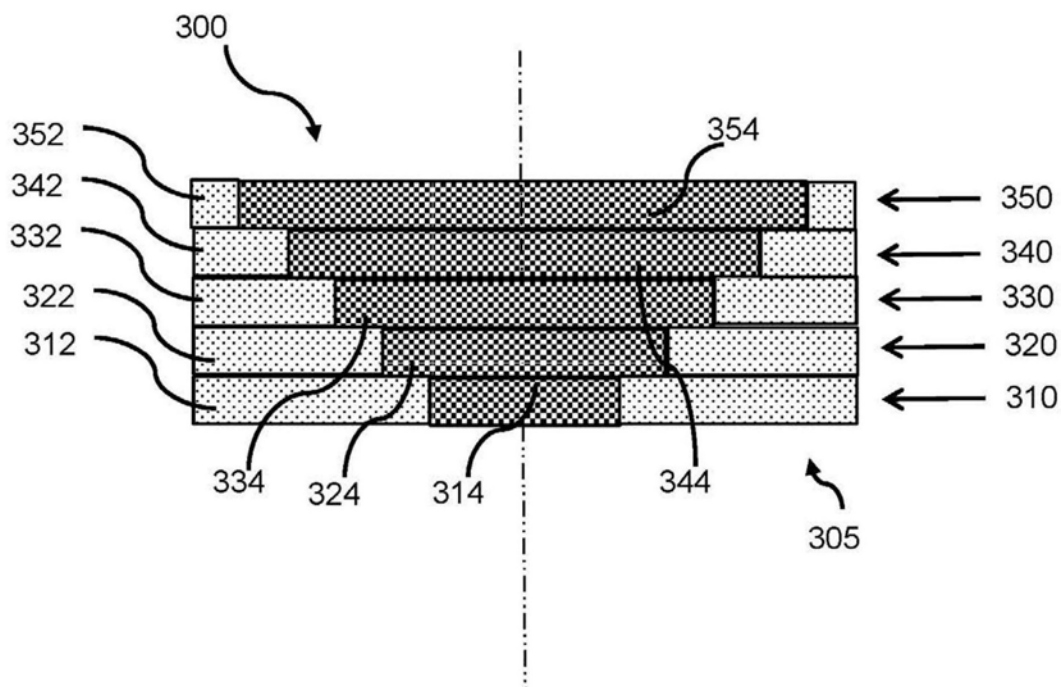


图3A



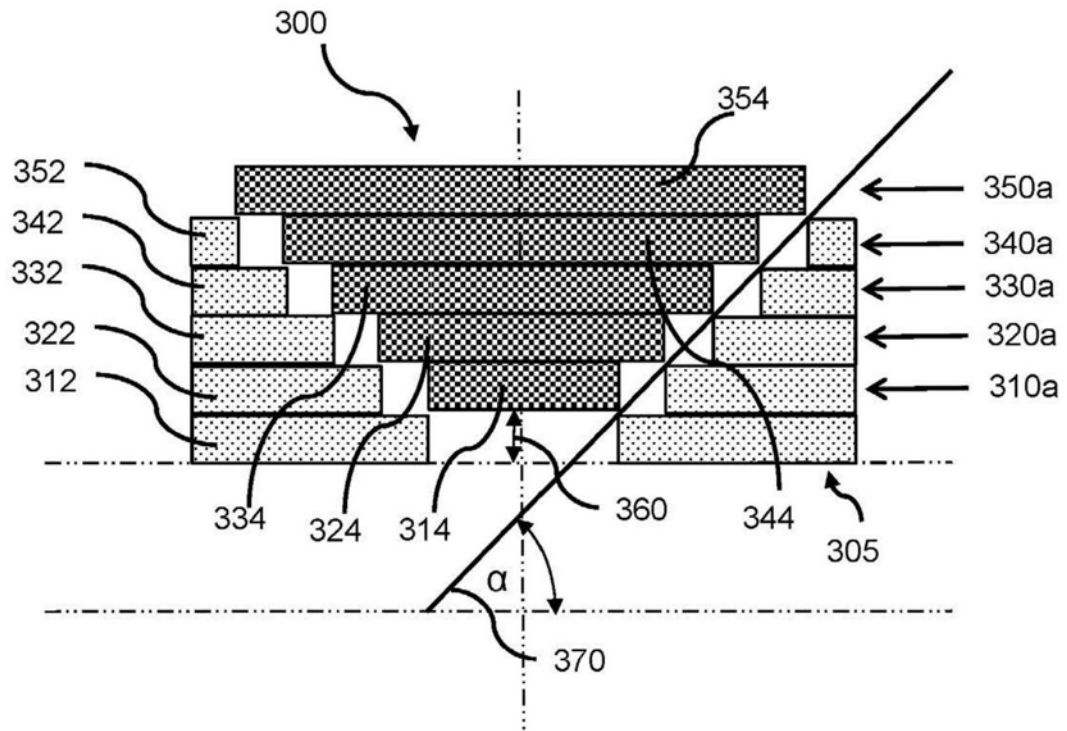


图3B

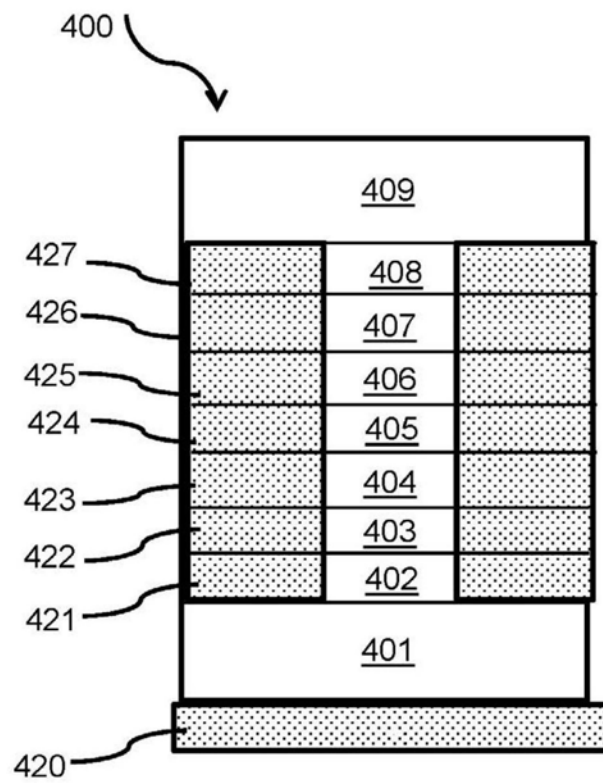


图4

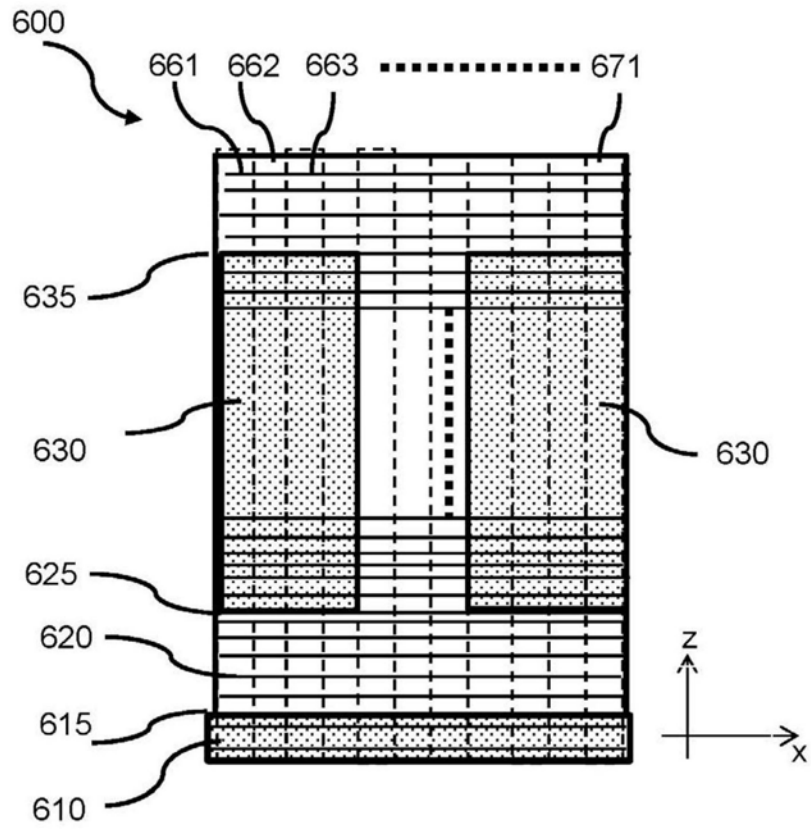


图5

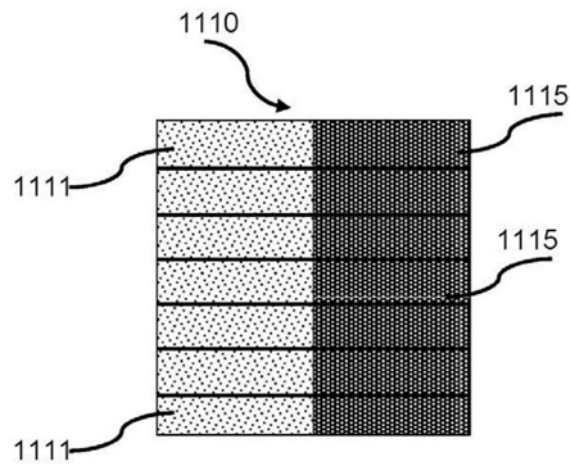


图6A

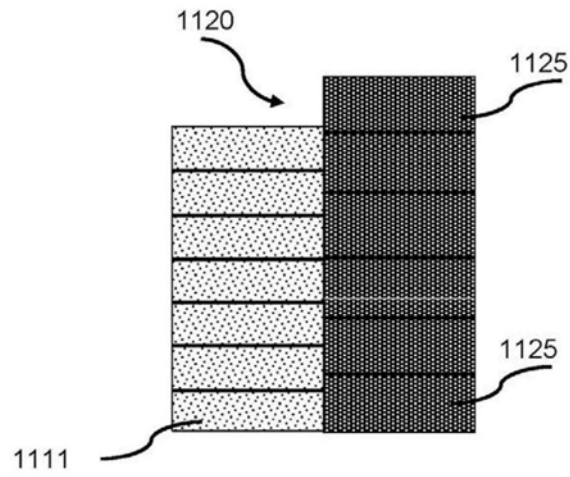


图6B

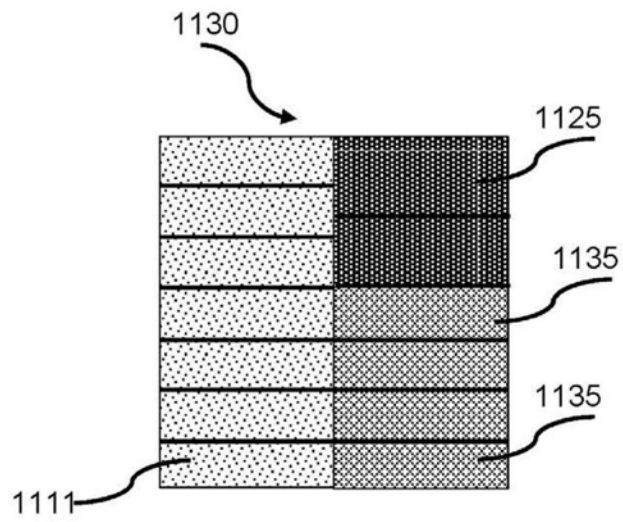


图6C

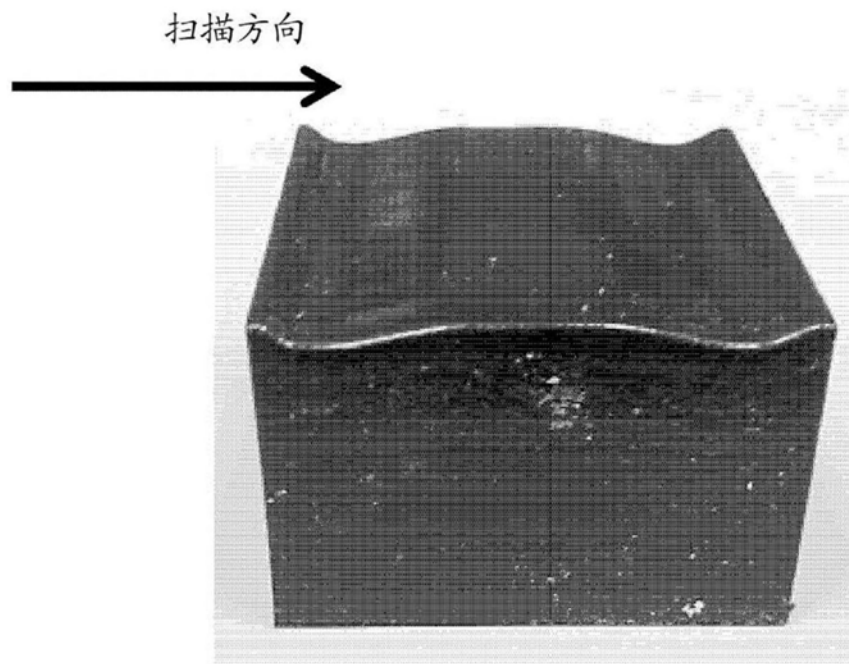


图7A

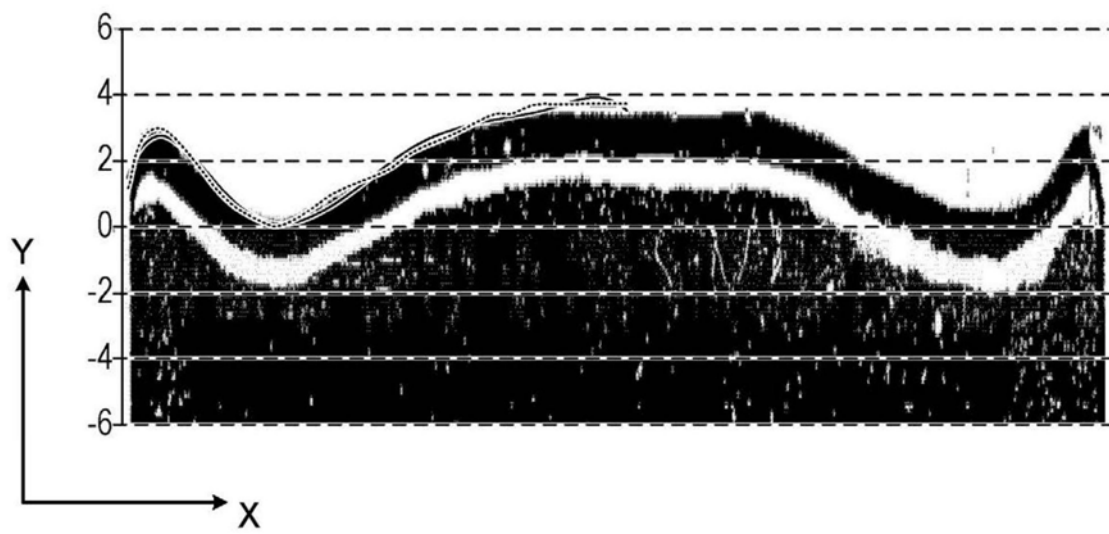


图7B

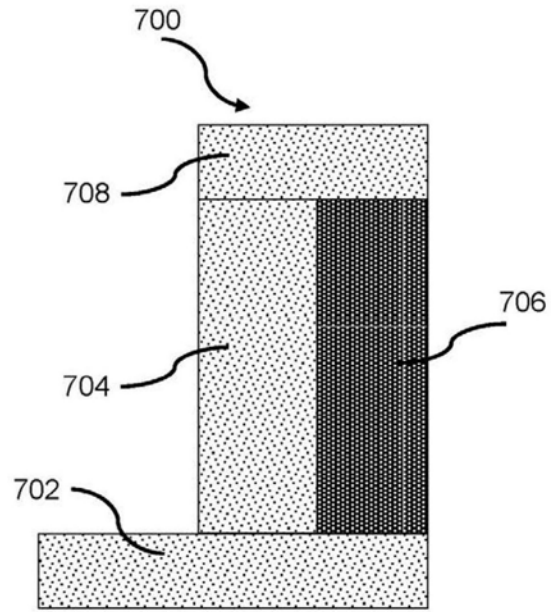


图8A

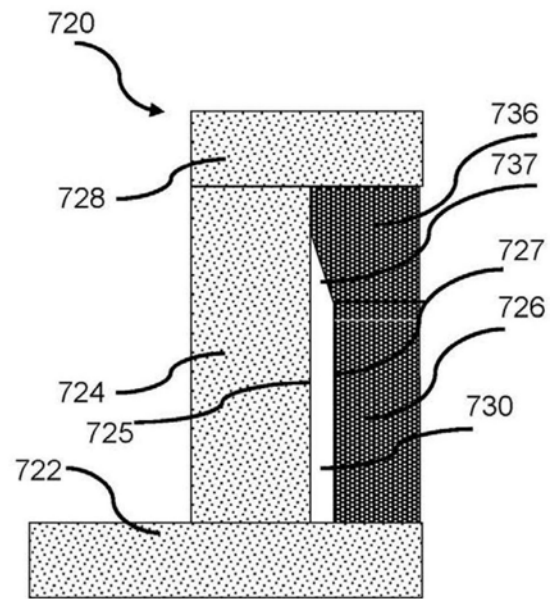


图8B

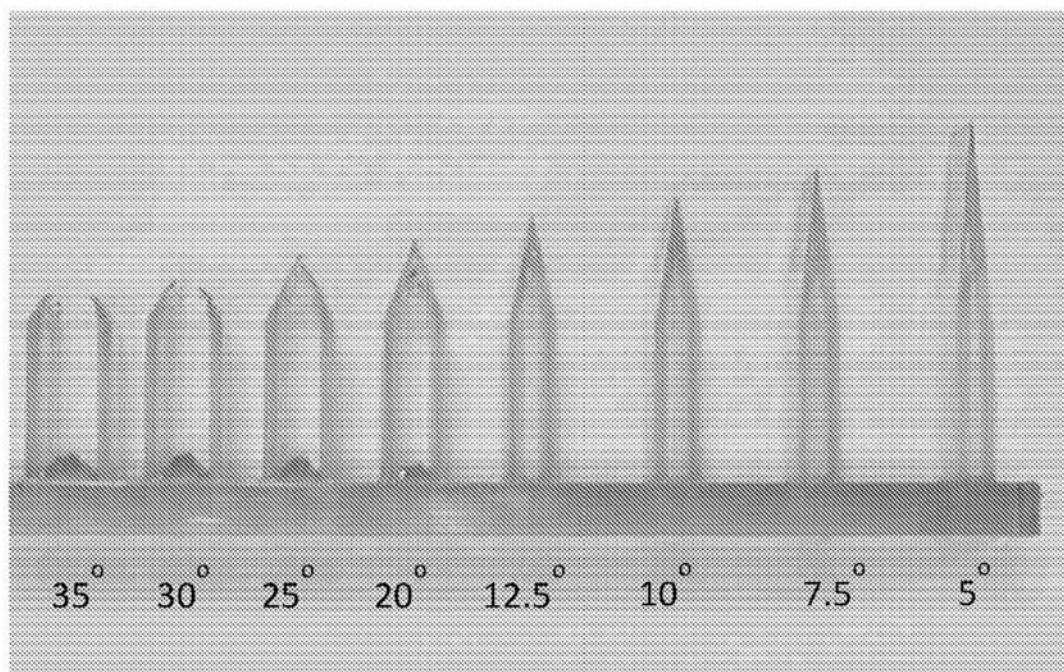


图9

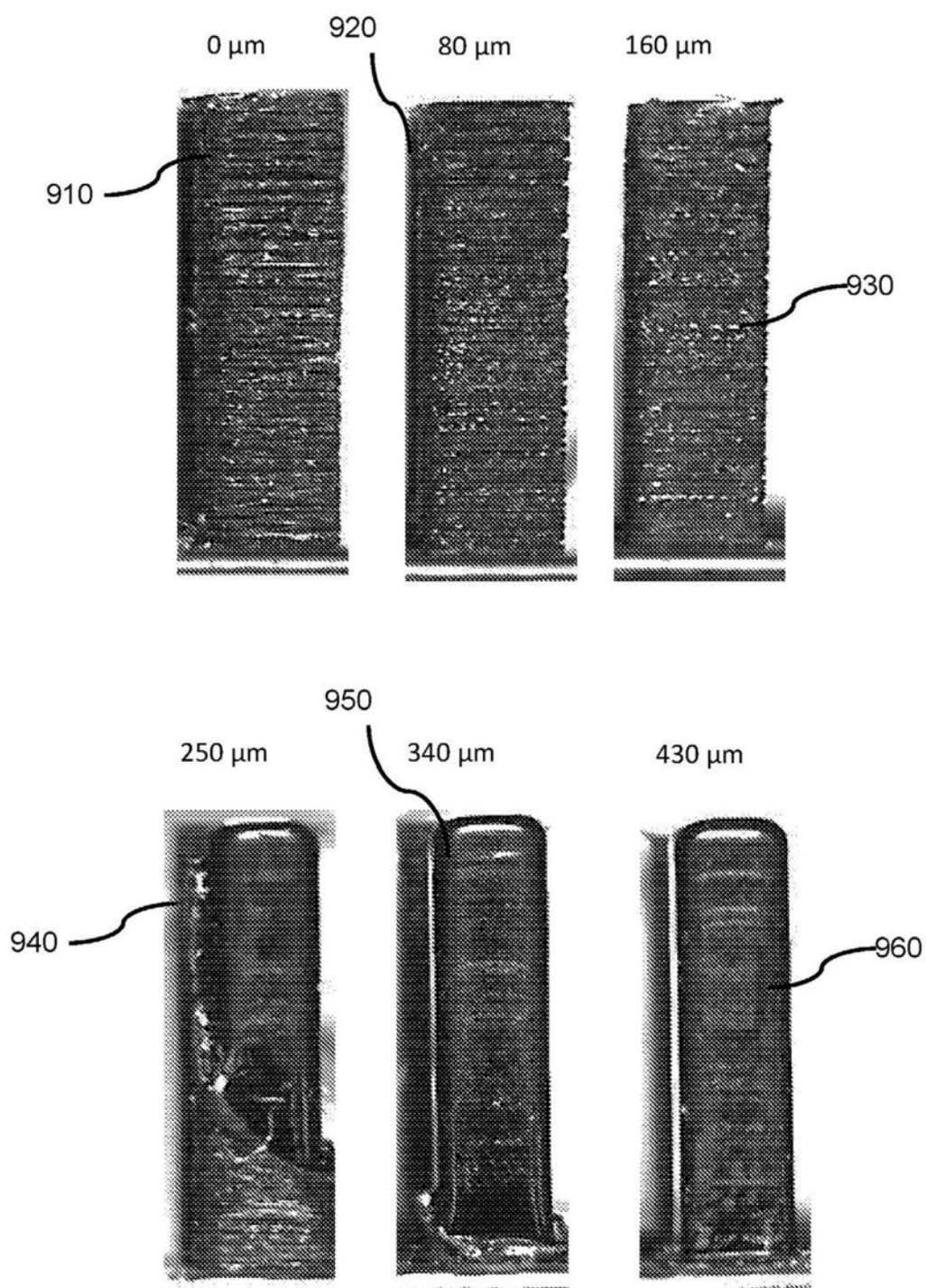


图10

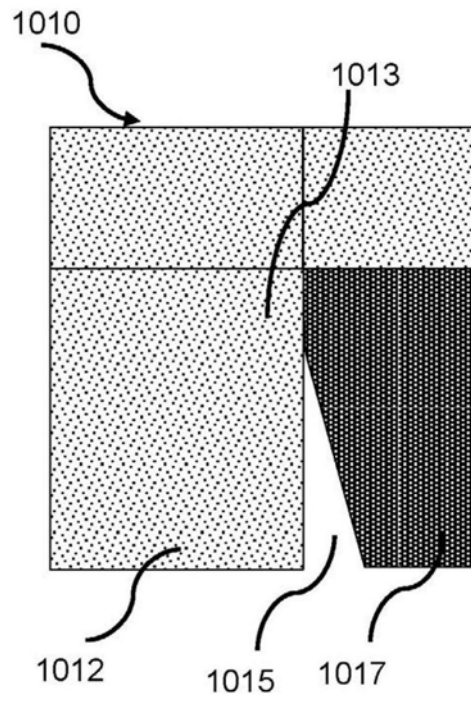


图11A

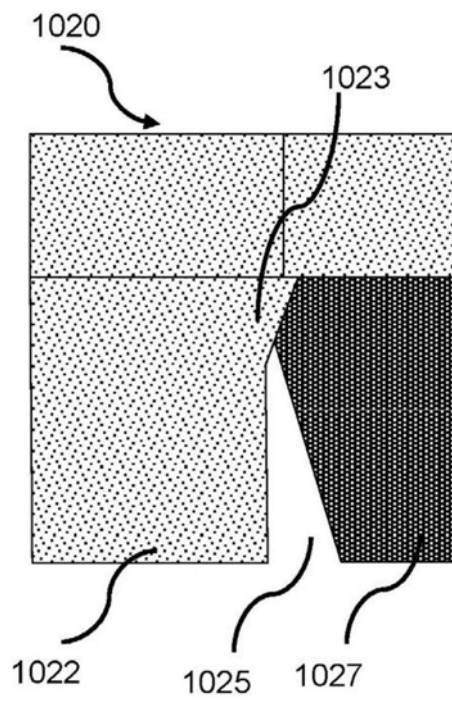


图11B