



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105818375 B

(45)授权公告日 2018.11.09

(21)申请号 201610018369.4

B29C 64/393(2017.01)

(22)申请日 2016.01.12

B33Y 30/00(2015.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B33Y 50/00(2015.01)

申请公布号 CN 105818375 A

B33Y 50/02(2015.01)

(43)申请公布日 2016.08.03

(56)对比文件

(30)优先权数据

CN 1623782 A, 2005.06.08,

14/603,817 2015.01.23 US

CN 1907708 A, 2007.02.07,

(73)专利权人 施乐公司

CN 1944058 A, 2007.04.11,

地址 美国康涅狄格州

CN 101284459 A, 2008.10.15,

(72)发明人 H·A·迈兹 D·A·曼特尔

CN 102105307 A, 2011.06.22,

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

CN 103969075 A, 2014.08.06,

代理人 樊英如 李献忠

US 6180049 B1, 2001.01.30,

(51)Int.Cl.

US 2013/0328227 A1, 2013.12.12,

B29C 64/112(2017.01)

JP 特开平6-6632 A, 1994.01.14,

B29C 64/386(2017.01)

JP 特开2007-235534 A, 2007.09.13,

审查员 赵胥英

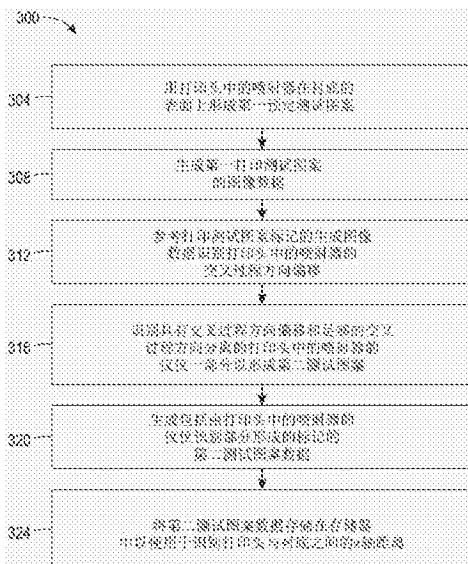
权利要求书4页 说明书14页 附图8页

(54)发明名称

用于生成测试图案以便测量打印机中的打印头到衬底的分离的系统和方法

(57)摘要

本发明提供一种生成在三维物体打印机中的打印头与衬底之间的z轴距离的识别中使用的测试图案的方法，所述方法包括用打印头在衬底上形成第一预定测试图案并且生成第一测试图案的图像数据。所述方法还包括识别第一测试图案的图像数据中的标记的交叉过程方向偏移并且使用打印头中的喷射器的仅仅一部分生成打印头的第二测试图案数据，并且不包括来自具有这样的交叉过程方向偏移的打印头中的至少一个喷射器的标记，所述交叉过程方向偏移小于喷射器的所述部分中的至少一个喷射器的另一交叉过程方向偏移。



1. 一种操作三维物体打印机的方法,其包括:

参考存储图像数据用控制器操作打印头中的多个喷射器以在衬底的表面上形成包括在交叉过程方向上布置的第一多个标记的第一预定测试图案;

用图像传感器生成所述衬底上的所述第一多个标记的第一生成图像数据;

用所述控制器识别所述第一预定测试图案的所述第一生成图像数据中的所述第一多个标记的多个交叉过程方向偏移,参考所述第一生成图像数据中的标记的位置和形成所述第一预定测试图案所参考的所述存储图像数据中的所述标记的预定位置之间的差异识别每个交叉过程方向偏移;

用所述控制器生成第二测试图案数据,所述第二测试图案数据对应于将由所述打印头中的所述多个喷射器的仅仅一部分形成的布置在交叉过程方向上的第二多个标记并且没有由所述多个喷射器中的至少一个其它喷射器形成的标记,所述标记对应于具有识别交叉过程方向偏移的至少一个其它喷射器,所述识别交叉过程方向偏移小于所述打印头中的所述多个喷射器的所述部分中的至少一个喷射器的另一识别交叉过程方向偏移;以及

用所述控制器将所述第二测试图案数据存储在存储器中以便操作所述多个喷射器的所述部分从而能够识别所述打印头与所述衬底之间的z轴距离,所述z轴垂直于所述衬底的表面。

2. 根据权利要求1所述的方法,生成所述第二测试图案数据还包括:

参考最大和最小间距过程用所述控制器识别所述多个喷射器的所述部分,所述最大和最小间距过程应用于所述多个交叉过程方向偏移以识别形成所述第一多个标记中的具有交叉过程方向偏移的最大和的标记的所述多个喷射器的所述部分。

3. 根据权利要求2所述的方法,所述最大和最小间距过程还包括:

在所述最大和最小间距过程期间用所述控制器识别所述多个喷射器的所述部分,其中不在所述多个喷射器的所述部分中的所述多个喷射器中的预定最小数量的喷射器分离形成所述第二测试图案数据中的交叉过程方向上的相邻标记的所述多个喷射器的所述部分中的喷射器。

4. 根据权利要求1所述的方法,生成所述第二测试图案数据还包括:

用所述控制器生成包括由所述打印头中的所述多个喷射器的所述部分形成的标记的多个行的所述第二测试图案数据。

5. 根据权利要求1所述的方法,其还包括:

参考所述第二测试图案数据用所述控制器操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述打印头与所述衬底之间的第一z轴距离处参考所述第二测试图案数据在所述衬底的表面上形成具有所述第二多个标记的第二测试图案;

用所述图像传感器生成所述第一z轴距离处所述衬底上的所述第二测试图案中的所述第二多个标记的第二生成图像数据;

参考所述第二生成图像数据用所述控制器识别所述第二测试图案的所述第二多个标记中的标记之间的交叉过程方向距离的第一变化;

操作致动器以沿着z轴将所述打印头和所述衬底中的至少一个移动预定偏移距离以将所述打印头和所述衬底分离第二z轴距离;

参考所述第二测试图案数据用所述控制器操作所述打印头中的所述多个喷射器以在

所述打印头与所述衬底之间的所述第二z轴距离处在所述衬底的表面上形成所述第二测试图案；

用所述图像传感器生成所述第二z轴距离处所述衬底上的所述第二测试图案的第三生成图像数据；

参考所述第三生成图像数据用所述控制器识别所述第二测试图案的所述第二多个标记中的标记之间的交叉过程方向距离的第二变化；

参考所述第一变化、所述第二变化和所述预定偏移距离用所述控制器生成所述打印头的分布图，所述分布图包括测试图案中的标记之间的交叉过程方向距离的多个变化和所述打印头与所述衬底之间的相应z轴距离之间的关系；以及

将所述分布图存储在存储器中以便用于在打印操作期间识别所述打印头与所述衬底之间的z轴距离。

6. 根据权利要求5所述的方法，生成所述分布图还包括：

参考所述第一变化、所述第二变化和所述预定偏移距离用所述控制器生成打印测试图案中的标记之间的交叉过程方向距离的多个变化和所述打印头与所述衬底之间的相应z轴距离之间的线性关系。

7. 根据权利要求1所述的方法，其还包括：

参考所述第二测试图案数据用所述控制器操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述衬底的表面上形成具有所述第二多个标记的第二测试图案；

用所述图像传感器生成所述衬底上的所述第二测试图案的第二生成图像数据；

参考所述第二生成图像数据用所述控制器识别所述第二测试图案的所述第二多个标记中的标记之间的交叉过程方向距离的变化；

参考识别到的所述变化用所述控制器识别所述打印头和所述衬底之间的z轴距离，所述z轴垂直于所述衬底的表面；以及

响应于识别到的所述z轴距离在预定z轴距离范围之外，用所述控制器操作至少一个致动器以沿着所述z轴移动所述打印头和所述衬底中的至少一个。

8. 一种三维物体打印机，其包括：

打印头，所述打印头具有配置成将材料滴喷射到衬底的表面上的多个喷射器；

致动器，所述致动器配置成沿着z轴移动所述衬底和所述打印头中的至少一个；

图像传感器，所述图像传感器配置成生成所述衬底的表面和形成于所述衬底上的测试图案的图像数据；

存储器；以及

控制器，所述控制器可操作地连接到所述打印头、所述致动器、所述图像传感器和所述存储器，所述控制器配置成：

参考存储在所述存储器中的图像数据操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述衬底的表面上形成包括在交叉过程方向上布置的第一多个标记的第一预定测试图案；

用所述图像传感器生成所述衬底上的所述第一多个标记的第一生成图像数据；

识别所述第一预定测试图案的所述第一生成图像数据中的所述第一多个标记的多个交叉过程方向偏移，参考所述第一生成图像数据中的标记的位置和形成所述第一预定测试图案所参考的所述存储图像数据中的所述标记的预定位置之间的差异识别每个交叉过程

方向偏移；

生成第二测试图案数据，所述第二测试图案数据对应于将由所述打印头中的所述多个喷射器的仅仅一部分形成的布置在交叉过程方向上的第二多个标记并且没有由所述多个喷射器中的至少一个其它喷射器形成的标记，所述标记对应于具有识别交叉过程方向偏移的至少一个其它喷射器，所述识别交叉过程方向偏移小于所述打印头中的所述多个喷射器的所述部分中的至少一个喷射器的另一识别交叉过程方向偏移；以及

将所述第二测试图案数据存储在所述存储器中以便操作所述多个喷射器的所述部分从而能够识别所述打印头与所述衬底之间的z轴距离，所述z轴垂直于所述衬底的表面。

9. 根据权利要求8所述的三维物体打印机，所述控制器还配置成：

参考最大和最小间距过程识别所述多个喷射器的所述部分，所述最大和最小间距过程应用于所述多个交叉过程方向偏移以识别形成所述第一多个标记中的具有交叉过程方向偏移的最大和的标记的所述多个喷射器的所述部分。

10. 根据权利要求9所述的三维物体打印机，所述控制器还配置成：

在所述最大和最小间距过程期间识别所述多个喷射器的所述部分，其中不在所述多个喷射器的所述部分中的所述多个喷射器中的预定最小数量的喷射器分离形成所述第二测试图案数据中的交叉过程方向上的相邻标记的所述多个喷射器的所述部分中的喷射器。

11. 根据权利要求8所述的三维物体打印机，所述控制器还配置成：

生成包括由所述打印头中的所述多个喷射器的所述部分形成的标记的多个行的所述第二测试图案数据。

12. 根据权利要求8所述的三维物体打印机，所述控制器还配置成：

参考所述第二测试图案数据操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述打印头与所述衬底之间的第一z轴距离处参考所述第二测试图案数据在所述衬底的表面上形成具有所述第二多个标记的第二测试图案；

用所述图像传感器生成所述第一z轴距离处所述衬底上的所述第二测试图案中的所述第二多个标记的第二生成图像数据；

参考所述第二生成图像数据识别所述第二测试图案的所述第二多个标记中的标记之间的交叉过程方向距离的第一变化；

操作所述致动器以沿着z轴将所述打印头和所述衬底中的至少一个移动预定偏移距离以将所述打印头和所述衬底分离第二z轴距离；

参考所述第二测试图案数据操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述打印头与所述衬底之间的第二z轴距离处在所述衬底的表面上形成所述第二测试图案；

用所述图像传感器生成所述衬底上的所述第二测试图案的第三生成图像数据；

参考所述第三生成图像数据识别所述第二测试图案的所述第二多个标记中的标记之间的交叉过程方向距离的第二变化；

参考所述第一变化、所述第二变化和所述预定偏移距离生成所述打印头的分布图，所述分布图包括测试图案中的标记之间的交叉过程方向距离的多个变化和所述打印头与所述衬底之间的相应z轴距离之间的关系；以及

将所述分布图存储在所述存储器中以便用于在打印操作期间识别所述打印头与所述衬底之间的z轴距离。

13. 根据权利要求12所述的三维物体打印机,所述控制器被进一步配置为:

参考所述第一变化、所述第二变化和所述预定偏移距离,生成打印测试图案中的标记之间的交叉过程方向距离的多个变化和所述打印头与所述衬底之间的相应z轴距离之间的线性关系。

14. 根据权利要求8所述的三维物体打印机,所述控制器还被配置为:

参考所述第二测试图案数据操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述衬底的表面上形成具有所述第二多个标记的第二测试图案;

用所述图像传感器生成所述衬底上的所述第二测试图案的第二生成图像数据;

参考所述第二生成图像数据用所述控制器识别所述第二测试图案的所述第二多个标记中的标记之间的交叉过程方向距离的变化;

参考识别到的所述变化用所述控制器识别所述打印头和所述衬底之间的z轴距离,所述z轴垂直于所述衬底的表面;以及

响应于识别到的所述z轴距离在预定z轴距离范围之外,操作所述致动器以沿着所述z轴移动所述打印头和所述衬底中的至少一个。

用于生成测试图案以便测量打印机中的打印头到衬底的分离 的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及三维物体打印系统，并且更特别地，涉及识别和控制打印头沿着z轴相对于支撑构件或打印物体的上层的相对位置的系统和方法。

背景技术

[0002] 三维打印也称为数字增材制造，是从实质上任何形状的数字模型制造三维固体物体的过程。许多三维打印技术使用增材过程，其中在先前沉积的层的顶部上构建部件的连续层。这些技术中的一些使用喷墨打印，其中一个或多个打印头喷射材料的连续层。三维打印与主要依赖通过减材过程从工件去除材料的传统物体形成技术（如切割或钻孔）可区分。

[0003] 在用喷墨打印机产生三维打印物体期间，打印机在离接收构建材料的衬底的表面的较窄范围距离内调节一个或多个打印头的相对位置。在一些情况下衬底是三维物体打印机中的支撑构件，而在其它情况下衬底是形成于三维物体打印机中的物体的上层。当打印机从一系列构建材料层形成物体时打印机调节打印头与保持物体的支撑构件之间的相对距离以使打印头能够在物体的上层上打印材料的附加层。打印机控制打印头的位置以保证打印头足够接近衬底的表面以便准确和精确放置构建材料滴。打印头也控制打印头的位置以保持打印头与衬底之间的足够分离，这防止打印物体接触打印头，所述接触将导致喷嘴的堵塞，阻止以后发射或导致喷射器射不出以及正在构建的物体的损坏。

[0004] 在三维物体打印机的操作期间，支撑构件或打印头中的至少一个在物体打印过程中沿着z轴移动以适应从支撑构件朝着打印头延伸的打印物体。支撑构件或物体的上层与打印头之间的距离的精确测量使打印头能够以改善的精确性和可靠性操作。因此，用于识别和控制三维物体打印机中的打印头与支撑构件或物体之间的分离的改进系统和方法将是有益的。

发明内容

[0005] 在一个实施例中，已开发一种生成在三维物体打印机中的打印头与衬底之间的z轴距离的识别中使用的测试图案的方法。所述方法包括：参考存储图像数据用控制器操作打印头中的多个喷射器以在衬底的表面上形成包括在交叉过程方向上布置的第一多个标记的第一预定测试图案；用图像传感器生成所述衬底上的所述第一多个标记的第一生成图像数据；用所述控制器识别所述第一预定测试图案的所述第一生成图像数据中的所述第一多个标记的多个交叉过程方向偏移，参考所述第一生成图像数据中的标记的位置和形成所述第一预定测试图案所参考的所述存储图像数据中的所述标记的预定位置之间的差异识别每个交叉过程方向偏移；用所述控制器生成第二测试图案数据，所述第二测试图案数据对应于将由所述打印头中的所述多个喷射器的仅仅一部分形成的布置在交叉过程方向上的第二多个标记并且没有由所述多个喷射器中的至少一个其它喷射器形成的标记，所述标记对应于具有识别交叉过程方向偏移的至少一个其它喷射器，所述识别交叉过程方向偏移

小于所述打印头中的所述多个喷射器的所述部分中的至少一个喷射器的另一识别交叉过程方向偏移;以及用所述控制器将所述第二测试图案数据存储在存储器中以便操作所述多个喷射器的所述部分从而能够识别所述打印头与所述衬底之间的z轴距离,所述z轴垂直于所述衬底的表面。

[0006] 在另一实施例中,已开发一种配置成生成在打印头与衬底之间的z轴距离的识别中使用的测试图案的三维物体打印机。所述方法包括:打印头,所述打印头具有配置成将材料滴喷射到衬底的表面上的多个喷射器;致动器,所述致动器配置成沿着z轴移动所述衬底和所述打印头中的至少一个;图像传感器,所述图像传感器配置成生成所述衬底的表面和形成于所述衬底上的测试图案的图像数据;存储器;以及控制器,所述控制器可操作地连接到所述打印头、所述致动器、所述图像传感器和所述存储器。所述控制器配置成:参考存储在所述存储器中的图像数据操作所述打印头中的所述多个喷射器以在所述衬底的表面上形成包括在交叉过程方向上布置的第一多个标记的第一预定测试图案;用所述图像传感器生成所述衬底上的所述第一多个标记的第一生成图像数据;识别所述第一预定测试图案的所述第一生成图像数据中的所述第一多个标记的多个交叉过程方向偏移,参考所述第一生成图像数据中的标记的位置和形成所述第一预定测试图案所参考的所述存储图像数据中的所述标记的预定位置之间的差异识别每个交叉过程方向偏移;生成第二测试图案数据,所述第二测试图案数据对应于将由所述打印头中的所述多个喷射器的仅仅一部分形成的布置在交叉过程方向上的第二多个标记并且没有由所述多个喷射器中的至少一个其它喷射器形成的标记,所述标记对应于具有识别交叉过程方向偏移的至少一个其它喷射器,所述识别交叉过程方向偏移小于所述打印头中的所述多个喷射器的所述部分中的至少一个喷射器的另一识别交叉过程方向偏移;以及将所述第二测试图案数据存储在所述存储器中以便操作所述多个喷射器的所述部分从而能够识别所述打印头与所述衬底之间的z轴距离,所述z轴垂直于所述衬底的表面。

附图说明

[0007] 在结合附图进行的以下描述中解释生成打印测试图案以用于在操作期间识别一个或多个打印头与衬底之间的z方向距离的装置或打印机的前述方面和其它特征。

[0008] 图1A是三维物体打印机的图示。

[0009] 图1B是在物体打印操作期间的图1A的三维物体打印机的图示。

[0010] 图2是描绘以打印头与衬底之间的不同z轴距离从打印头喷射到衬底上的滴的示例性分布的图示。

[0011] 图3是用于生成打印头中的测试图案数据的过程的方块图,其中生成的测试图案包括由打印头中的喷射器的仅仅一部分形成的标记。

[0012] 图4是用于生成三维物体打印机中的打印头的分布图的过程的方块图,所述分布图包括打印头离衬底的z轴距离和从不同z轴距离处的打印头喷射的滴的交叉过程方向位置的变化之间的关系。

[0013] 图5是用于识别三维物体打印机中的打印头与衬底之间的z轴距离的过程的方块图。

[0014] 图6是包括在交叉过程方向上形成的打印标记的第一预定测试图案和具有由形成

预定测试图案的打印头中的喷射器的仅仅一部分形成的第二多个标记的第二测试图案的示例性例子。

[0015] 图7是描绘从打印头喷射到衬底的表面上的滴的交叉过程方向位置的变化和打印头与衬底之间的不同z轴距离之间的关系的图形。

具体实施方式

[0016] 为了本文中所公开的设备的环境以及设备的细节的一般理解,参考附图。在附图中,相似的附图标记标示相似的要素。

[0017] 当在本文中使用时,术语“构建材料”指的是以液滴的形式从一个或多个打印头中的多个喷射器喷射以形成在三维物体打印机中形成的物体中的材料层的材料。构建材料的例子包括、但不限于热塑性塑料、UV可固化聚合物和粘结剂,其可以被液化以便作为液滴从一个或多个打印头中的喷射器喷射并且随后硬化成通过增材三维物体打印过程形成物体的固体材料。在一些三维物体打印机实施例中,多种形式的构建材料用于产生物体。在一些实施例中,具有变化物理或化学特性的不同构建材料形成单个物体。在其它实施例中,打印机配置成喷射单个类型的构建材料的滴,所述构建材料通过包括在构建材料中的颜料或其它着色剂包含不同颜色。三维物体打印机控制具有不同颜色的构建材料的滴的喷射以形成具有变化颜色并且可选地在物体的表面上具有打印文字、图形或其它单色或多色图案的物体。

[0018] 当在本文中使用时,术语“支撑材料”指的是在三维物体打印过程期间可以从打印头喷射以稳定由构建材料形成的物体的另一种材料。例如,当三维物体打印机施加构建材料层以形成物体时,打印机中的至少一个打印头也喷射接合物体的部分的支撑材料层。在用构建材料构造的物体是完成物体并且被支撑之前支撑材料将构建材料的一个或多个部段保持就位,原因是物体是单个物体。使用支撑材料的简单例子包括使用三维物体打印机构造手杖。手杖的弓形部分处于物体的顶部,并且在完成手杖中的弓形结构的顶部之前支撑材料为手柄的指向下方部分提供支撑。在足够的构建材料存在以将物体保持在一起之前,支撑材料也防止新形成的特征断裂,并且在硬化过程完成之前防止未完全固化的构建材料的部分流动脱位。支撑材料的例子包括、但不限于在打印过程期间为物体提供支撑并且在打印过程完成之后可以容易地从物体去除的蜡状材料。

[0019] 当在本文中使用时,术语“过程方向”指的是在三维物体形成过程期间支撑构件移动经过一个或多个打印头的方向。支撑构件在打印过程期间保持三维物体和伴随的支撑材料和构建材料。在一些实施例中,支撑构件是平面构件,如金属板,而在其它实施例中支撑构件是旋转圆柱形构件或具有另一形状的构件,其在三维物体打印过程期间支撑物体的形成。在一些实施例中,打印头保持静止而支撑构件和物体移动经过打印头。在其它实施例中,打印头移动而支撑构件保持静止。在另外的其它实施例中,打印头和支撑构件都移动。

[0020] 当在本文中使用时,术语“交叉过程方向”指的是垂直于过程方向并且在支撑构件的平面中的方向。两个或更多个打印头中的喷射器在交叉过程方向上配准以使打印头的阵列能够在二维平面区域上形成构建材料和支撑材料的打印图案。在三维物体打印过程期间,从配准打印头形成的构建材料和支撑材料的连续层形成三维物体。

[0021] 当在本文中使用时,术语“z轴”指的是垂直于过程方向、交叉过程方向并且垂直于

三维物体打印机中的支撑构件的平面的轴线。在三维物体打印过程的开始时,沿着z轴的分离指的是支撑构件与形成构建材料和支撑材料的层的打印头之间的分离的距离。当打印头中的喷射器形成构建材料和支撑材料的每个层时,打印机调节打印头与最上层之间的z轴分离以在打印操作期间保持打印头与物体的最上层之间的大致恒定距离。许多三维物体打印机实施例将打印头与打印材料的最上层之间的z轴分离保持在较窄公差内以允许构建材料和支撑材料的喷射滴的一致放置和控制。在一些实施例中,支撑构件在打印操作期间移动远离打印头以保持z轴分离,而在其它实施例中打印头移动远离部分打印物体和支撑构件以保持z轴分离。

[0022] 当在本文中使用时,与打印测试图案结合使用的术语“变化”指的是对应于来自打印机中的打印头的打印测试图案中的打印标记的相对交叉过程方向位置相比于打印标记的预定布置之间的差异的任何统计测量。当在本文中使用时,术语“标记”指的是由打印机中的单个喷射器形成并且沿着过程方向轴线布置的一个或多个滴的打印图案。使用打印头中的多个喷射器从标记的布置形成测试图案。例如,测试图案包括以每行中的相邻标记之间的预定交叉过程方向距离形成的打印标记的一个或多个行。具有与z轴平行地喷射材料滴的喷射器的打印头形成没有变化或具有很小变化的预定测试图案。然而,打印机中的打印头的实际实施例包括成角度地喷射材料滴的至少一些喷射器,其产生测试图案中的打印标记之间的交叉过程方向距离相比于预期交叉过程距离之间的差异。如下面更详细地所述,打印机参考测试图案中的打印标记的交叉过程方向位置的识别变化水平识别打印机中的不同打印头与衬底之间的z轴距离。

[0023] 在测试图案中打印的标记的变化统计的非限制性例子包括标准偏差、方差、平均绝对偏差、范围、四分位数范围等。例如,预定测试图案包括以每行中的相邻标记之间的均匀交叉过程方向距离形成的打印标记的多个行。如下面更详细地所述,打印机基于打印头中的喷射器的特性执行优化过程以生成包括打印标记之间的高变化水平的测试图案。打印机参考生成测试图案中的打印标记的交叉过程方向位置的识别变化水平识别打印机中的一个或多个打印头与衬底之间的z轴距离。

[0024] 图1A和图1B描绘三维物体打印机100,其配置成识别打印机100中的一个或多个打印头与衬底之间的z轴距离。打印机100包括支撑构件102,包括打印头104A-104C的第一打印头阵列,包括打印头108A-108C的第二打印头阵列,打印头阵列致动器120A和120B,支撑构件致动器124,图像传感器116,控制器128,以及存储器132。在一个配置中,打印头阵列104A-104C和108A-108C喷出两种不同类型的构建材料以用两种不同类型的构建材料形成三维打印物体。在另一配置中,一个打印头阵列喷出构建材料并且另一打印头阵列喷出支撑材料以形成三维打印物体。替代打印机实施例包括不同数量的打印头阵列或每个打印头阵列中的不同数量的打印头。

[0025] 在打印机100中,支撑构件102是在过程方向P上移动的平面构件,如金属板。打印头阵列104A-104C和108A-108C以及图像传感器116形成打印区域110。支撑构件102在过程方向P上运载支撑材料和构建材料的任何先前形成的层通过打印区域110。在打印操作期间,支撑构件102在多次通过打印头的预定过程方向路径P中移动以形成三维打印物体(如在图1B中描绘的物体150)的连续层。打印头104A-104C和108A-108C也喷射材料滴以形成预定测试图案,如图1A中所示的测试图案192A-192B和194A-194B以及图1B中所示的测试图案

184和186。在一些实施例中，类似于构件102的多个构件以转盘或类似配置通过打印区域110。在打印机100中，一个或多个致动器将构件102在过程方向P上移动通过打印区域110。在其它实施例中，致动器120A和120B或其它致动器沿着过程方向P相应地移动打印头104A-104C和108A-108C以在支撑构件102上形成打印物体。

[0026] 在打印机100中，在将每个材料层施加到支撑构件之后致动器124也将支撑构件102沿着z方向轴线(z)移动远离打印区域110中的打印头。在一些实施例中，致动器124或可操作地联接到支撑构件102的其它致动器配置成调节支撑构件102围绕交叉过程方向轴线CP(倾斜箭头172和174)和过程方向轴线P(倾斜箭头176和178)的倾斜角。在另一配置中，致动器120A和120B沿着z轴向上相应地移动打印头阵列104A-104C和108A-108C以保持打印头与打印物体之间的分离。在打印机100中，致动器124和120A-120B是机电致动器，如步进马达，其接收来自控制器128的控制信号以将支撑构件102或打印头阵列104A-104C和108A-108C沿着z轴移动预定距离。打印机100的示例性实施例包括调节支撑构件102和打印头阵列104A-104C和108A-108C两者的z轴位置的致动器，但是替代打印机实施例包括可操作地连接到仅仅支撑构件102或仅仅打印头的致动器。打印区域110在每次巡回通过路径以平行地形成多组三维物体期间在每个构件上形成一个或多个三维打印物体的附加层。

[0027] 包括打印头104A-104C和108A-108C的打印头阵列朝着支撑构件102喷射材料以形成三维打印物体(如在图1B中描绘的物体150)的层。打印头104A-104C和108A-108C的每一个包括喷射构建材料或支撑材料的液化滴的多个喷射器。在一个实施例中，每个喷射器包括接收液体构建材料的流体压力室，致动器(如压电致动器)，和出口喷嘴。压电致动器响应电触发信号而变形并且推动液化构建材料通过喷嘴以朝着构件102喷射构建材料滴。如果构件102承载三维物体的先前形成的层，则构建材料的喷射滴形成物体的附加层。打印头104A-104C和108A-108C的每一个包括喷射器的二维阵列，示例性打印头实施例包括880个喷射器。在操作期间，控制器128控制电触发信号的生成以在不同时间操作选定喷射器从而形成用于物体的构建材料的每个层。如下面更详细地所述，控制器128也针对打印头104A-104C和108A-108C中的喷射器生成触发信号以打印打印机100用于识别打印区域110中的每个打印头与衬底之间的沿着z轴的距离的测试图案。衬底可以是支撑构件102的表面或形成于支撑构件102上的三维打印衬底的上层。

[0028] 尽管图1A和图1B描绘喷射构建材料的滴的两个打印头阵列，但是替代实施例可以包括用附加构建材料形成打印物体的三个或更多个打印头阵列。另一实施例包括仅仅单个打印头阵列。尽管打印头阵列104A-104C、108A-108C均描绘为包括三个打印头，但是替代配置可以包括很少的打印头或更大数量的打印头以适应在交叉过程方向上具有不同尺寸的打印区域。另外，在光栅化三维物体打印机实施例中，一个或多个打印头在打印操作期间沿着交叉过程方向轴线CP并且可选地沿着过程方向轴线P移动。

[0029] 图像传感器116包括在交叉过程方向CP上横越打印区域110布置并且配置成生成数字化图像数据的光电检测器的阵列，所述数字化图像数据对应于从形成于构件102上的构建材料和支撑材料反射的光。在一个实施例中，光电检测器生成总共具有256(0至255)个水平的灰度级8位图像数据，其对应于每个光电检测器从打印支撑材料和打印构建材料的最上层接收的反射光的水平。在其它实施例中，图像传感器116包含多谱光电检测器元件，如红、绿、蓝(RGB)传感器元件。在操作期间，图像传感器116生成对应于材料滴的打印图案

的多个图像扫描线,所述打印图案包括形成于支撑构件102上或从构建材料或支撑材料的层形成的衬底上的打印测试图案。当支撑构件102移动经过图像传感器116时,图像传感器116从一系列扫描线生成二维生成图像数据。控制器128接收生成图像数据并且执行生成图像数据的进一步处理以参考打印测试图案的生成图像数据识别打印头与衬底之间的z轴方向距离。

[0030] 控制器128是数字逻辑器件,如微处理器、微控制器、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)或配置成操作打印机100的任何其它数字逻辑。在打印机100中,控制器128可操作地连接到控制支撑构件102的运动的致动器124和控制打印头阵列104A-104C和108A-108C的z轴运动的致动器120A和120B。控制器128也可操作地连接到打印头阵列104A-104C和108A-108C、图像传感器116和存储器132。

[0031] 在打印机100的实施例中,存储器132包括诸如随机存取存储器(RAM)的易失性数据存储设备和诸如固态数据存储设备、磁盘、光盘或任何其它合适的数据存储设备的非易失性数据存储设备。存储器132存储编程指令136、3D物体图像数据138、预定测试图案数据140、每个打印头生成测试图案数据142以及与打印头104A-104C和108A-108C的每一个关联的滴变化对z轴距离分布图144。控制器128执行存储的程序指令136以操作打印机100中的部件从而形成三维打印物体(如物体150)并且打印识别打印区域110中的打印头与衬底之间的z轴方向距离的测试图案。控制器128也生成打印头104A-104C和108A-108C的滴变化对z轴距离分布图,如下面在过程400中更详细地所述。在一些配置中,控制器128也识别打印区域110中的支撑构件102或另一衬底的表面的远离z轴的倾斜角。例如,3D物体图像数据138包括对应于打印机100在三维物体打印过程期间形成的构建材料和支撑材料的每个层的多个二维图像数据图案。控制器128参考二维图像数据的每个集从打印头104A-104C和108A-108C喷射构建材料的滴以形成物体150的每个层。

[0032] 存储器132也存储测试图案数据140,所述测试图案数据对应于打印头104A-104C和108A-108C中的喷射器在打印区域110中的衬底上形成的标记的预定图案。如下面更详细地所述,打印机100基于存储测试图案数据140形成预定测试图案以在逐打印头基础上生成附加测试图案。打印机100生成打印头104A-104C和108A-108C的每一个的第二测试图案,所述第二测试图案从打印头中的喷射器的仅仅一部分形成以增加在第二测试图案中形成交叉过程方向标记的变化水平。控制器128与每个打印头测试图案数据142一起将每个打印头的第二测试图案存储在存储器132中。

[0033] 图1B描绘三维物体打印操作期间的打印机100。在图1B中,打印头104A-104C和108A-108C形成三维打印物体150。支撑构件102包括配置成接收来自打印头104A-104C和108A-108C中的一些或全部的附加打印测试图案184的边缘区域。在图1B的实施例中,打印物体150的上表面也用作接收来自打印头104A的打印测试图案186的衬底。当物体150的一个或多个最上层由在光学上不同的材料(如具有不同颜色的构建材料或从打印头108A-108C喷射的支撑材料)形成时图像传感器116生成包括测试图案186中的可辨别打印标记的图像数据。在其它配置中,打印头104A-104C和108A-108C从两种不同的构建材料或构建材料和支撑材料形成结构以形成接收打印测试图案并且具有类似于物体150的高度的z轴高度的衬底结构。控制器128使用衬底结构识别打印头中的一个或多个与物体150的最上层之间的z轴距离。

[0034] 图2描绘在第一z轴方向位置240和第二z轴位置244的打印头104A和衬底202。如上所述,衬底202可以是支撑构件102的表面或形成于支撑构件102上的打印结构的上表面。在图2的示例性例子中第一z轴方向位置240相比于第二位置244将打印头104A和衬底202置于沿着z轴更靠近在一起,但是在另一配置中第一位置比第二位置将打印头104A和衬底202置于更大z轴距离。在图2的配置中,控制器128操作致动器124以沿着z轴在第一位置240和第二位置244之间移动衬底,而在其它实施例中致动器120A移动打印头104A或致动器124和120A沿着z轴相应地移动衬底202和打印头104A两者。

[0035] 打印头104A包括沿着交叉过程方向轴线CP布置的多个喷射器。在一些实施例中,打印头104A包括横越打印头104A的面以二维布置交错的喷射器的对角布置。如上所述,控制器128仅仅操作打印头104中的喷射器的一部分以形成测试图案的行集中的标记的单集。图2仅仅描绘喷射滴以形成单行集的打印头104A中的喷射器的子集并且打印头104A包括分离交叉过程方向CP上相邻的激活喷射器的每一个的四个喷射器以形成图6的测试图案600和675。例如,在图2中喷射器220和224形成打印测试图案的一行中的相邻标记,但是四个附加喷射器在交叉过程方向上分离喷射器220和224。控制器128操作中间喷射器以形成预定测试图案600中的另一行集。在不同测试图案配置中,控制器128操作喷射器以形成单行集中的标记,至少一个喷射器在交叉过程方向上定位在激活喷射器之间。

[0036] 如图2中所示,当打印头104A与衬底202之间的z轴距离增加时衬底表面202上的打印材料滴和标记的位置之间的变化水平增加。在图2的实施例中,材料滴在从打印头104A中的喷射器喷出之后沿着相对线性路径行进。由于打印头104A中的制造变化,喷射器中的至少一些在交叉过程方向上成角地喷出材料滴,并且材料滴不遵循平行于z轴的路径到达衬底202。例如,喷射器220、224、226和228成不平行于z轴的角喷出材料滴。

[0037] 如图2中所示,当打印头104A与衬底202之间的z轴距离增加时从打印头104A喷射的材料滴的交叉过程方向位置之间的变化水平增加。在实际操作中,喷射材料滴沿着打印头104A与衬底202之间的大致线性路径行进。因此,当打印头104A与衬底202之间的z轴方向距离增加时来自指定喷射器的材料滴的沿着交叉过程方向轴线CP的滴位置变化的程度增加。在第一位置240,相应地从喷射器220和224喷出的滴250和252在相比于当两个喷射器平行于z轴喷出材料滴时的相邻打印标记之间的标称交叉过程方向距离在交叉过程方向上更靠近在一起的位置着陆。其它喷射器(如喷射器226和228)相应地喷出材料滴254和256,所述材料滴相比于当两个喷射器平行于z轴喷出材料滴时的相邻打印标记之间的标称交叉过程方向分离在交叉过程方向轴线上更远分开地着陆。在第二位置244,交叉过程方向滴放置的变化的相同类型发生,但是变化的程度由于打印头104A与衬底202之间的更长z轴距离而增加。例如,材料滴260和262比处于第一位置240的相应滴250和252更靠近在一起,而材料滴264和266比处于第一位置240的相应滴254和256更远地分开。

[0038] 如图2中所示,打印头104A中的喷射器具有喷射材料滴的交叉过程方向上的偏移的变化程度。交叉过程方向偏移由于打印头104A的制造的小差异而产生。具有与打印头104A相同配置的不同打印头(如打印机100中的打印头104B-104C和106A-106C)对于不同喷射器也具有交叉过程方向偏移的变化,但是喷射器之间的偏移的精确程度和方向在打印头之间不同。在许多打印头中,喷射器中的一些在喷射材料时几乎没有交叉过程方向偏移。例如,在图2中喷射器270沿着几乎平行于z轴的路径喷射材料滴。喷射器270在相应地处于位

置240和244的衬底202的交叉过程方向位置272和274喷出材料滴。如图2中所示,交叉过程方向位置272和274具有沿着交叉过程方向轴线CP的很小分离。因此喷射器270在衬底202上形成的打印标记的生成图像数据描绘打印头104A与衬底202之间的不同z轴距离上的很小或没有变化。

[0039] 尽管喷射器270有用于在打印操作期间喷射材料以形成具有最小交叉过程方向偏移的三维打印物体或支撑材料结构,但是打印标记272和274难以有助于使打印机100能够识别打印头104A与衬底202之间z轴距离。如下所述,打印机100生成一个或多个打印头(如打印头104A)的测试图案,其中几乎没有交叉过程方向偏移地喷射材料的至少一个喷射器不形成生成测试图案中的标记。而是,打印机100使用最大化测试图案中的总交叉过程方向偏移的打印头中的喷射器的一部分形成打印测试图案。因此,一些喷射器(如喷射器220-228)形成打印测试图案中的标记,而几乎没有交叉过程方向偏移的其它喷射器(如喷射器270)不形成生成测试图案中的标记。

[0040] 图3描绘用于生成包括从打印头中的喷射器的仅仅一部分形成的标记的测试图案的过程300的方块图。特别地,过程300形成没有由打印头中的至少一个喷射器形成的标记的测试图案,所述至少一个喷射器打印具有这样的交叉过程方向偏移的标记,所述交叉过程方向偏移小于包括在测试图案中的喷射器的部分中的至少一个喷射器的另一识别交叉过程方向偏移。在下面的描述中,对执行动作或功能的过程300的引用指的是操作打印机中的控制器以执行存储的程序指令从而用打印机中的其它部件执行功能或动作。为了示例性目的结合打印机100以及图1A-图1B、图2和图6描述过程300。

[0041] 过程300开始于打印机100操作打印头中的喷射器以使用打印头中的喷射器在衬底的表面上形成第一预定测试图案(方块304)。例如,在打印机100中,控制器128生成打印头104A中的喷射器的触发信号从而参考预定测试图案数据140以预定测试图案喷射材料滴。在打印机100中衬底是支撑构件102的表面或3D打印物体(如物体150)的表面,所述3D打印物体由在光学上不同于从打印头104A喷射的材料的构建材料或支撑材料形成。打印机100中的图像传感器116生成在衬底上的打印测试图案的图像数据并且控制器128从图像传感器116接收生成的图像数据(方块308)。

[0042] 在过程300中,第一预定测试图案包括打印头104A中的大部分或全部工作喷射器在支撑构件102上形成的多个标记。图6描绘预定测试图案600的例子。预定测试图案600包括沿着交叉过程方向轴线CP布置的多个打印标记。打印头(如打印头104A)中的单个喷射器喷射一个或多个材料滴以形成测试图案600中的每个打印标记。预定测试图案600包括五个行集602A、602B、602C、602D和602E。当在本文中使用时,术语“行集”指的是在衬底的表面上以在交叉过程方向上延伸的预定布置形成的多个打印标记。行集包括沿着交叉过程方向以单“行”布置的打印标记的至少一个集,但是一些图案包括具有多行打印标记的行集,其形成为沿着过程方向布置的行集。打印机100形成一些行集中的多个打印行以在识别打印测试图案中的标记的交叉过程方向位置的变化期间减小随机交叉过程材料滴放置误差的影响。

[0043] 在图6中,打印测试图案600包括行集602A-602E的每一个中的单行打印标记,每个行集包括沿着交叉过程方向轴线CP布置的打印标记。控制器128仅仅操作打印头中的喷射器的一部分以形成测试图案中的每个行集。图案600包括五个行集,原因是控制器128

使用打印头104A中的一组喷射器形成每个行集中的相邻标记,其中四个中间喷射器位于形成行集中的相邻标记的每对喷射器之间。预定测试图案600包括总共五个行集以操作打印头104中的每个喷射器以在行集中的一个中形成打印标记。在一些实施例中,控制器128形成包括在衬底表面的不同区域中的测试图案600或另一类似测试图案的多个实例的测试图案。在其它测试图案实施例中,行集包括多行打印标记。例如,在一些实施例中每个行集包括由打印头104A中的喷射器的单个部分形成的一系列两行或多行打印标记。控制器128形成具有每个行集中的多行的打印测试图案以在交叉过程方向上的打印标记的位置之间的变化的识别中减小随机滴放置误差的影响。

[0044] 如图6中所示,测试图案600描绘打印标记的理想化布置,其中相邻标记之间的交叉过程方向距离对于选定标记行集602A-602E的每一个是相等的。然而,如上面在图2中所示,打印头104A中的一些喷射器沿着不平行于z轴的路径喷出材料滴,这产生衬底的表面上的打印标记的位置的交叉过程方向偏移。在图6中,打印测试图案650描绘生成图像数据的例子,所述生成图像数据包括由包括以交叉过程方向偏移喷出材料滴的喷射器的打印头形成的标记。由于打印头104A中的至少一些喷射器沿着交叉过程方向而不是z轴以变化角喷射材料滴,因此测试图案650中的行集652A-652E中的相邻打印标记之间的交叉过程距离相比于测试图案600呈现变化。

[0045] 再次参考图3,过程300继续,控制器128识别第一打印测试图案的生成图像数据中的标记的交叉过程方向偏移(方块312)。当在本文中使用时,术语“交叉过程方向偏移”指的是控制器128在打印测试图案的生成图像数据中识别的打印标记的位置与预定测试图案的测试图案数据中的标记的相应位置之间的交叉过程方向距离。例如,在图6中交叉过程方向偏移611将测试图案600中的标记612A的名义位置与相应打印标记612B的实际位置分离。控制器128识别预定测试图案600中的每个标记与打印测试图案650中的标记的相应位置之间的交叉过程方向偏移。在一个实施例中,控制器128用边缘或中心检测核执行对应于打印测试图案中的打印标记的整个行的生成图像数据的过滤和卷积以识别打印头中的不同喷射器的打印标记的交叉过程方向位置和相应交叉过程方向偏移。

[0046] z轴偏移取决于交叉过程方向偏移的变化。当确定每个喷射的交叉过程方向时进行最精确的测量。然而,测量打印头上的每个喷射需要多个行集。一些实施例用单行集近似交叉过程方向偏移的变化,例如在衬底包括接收打印测试图案的有限空间量的配置中。使用单行集打印测试图案的一些配置与在三维物体打印过程期间在不同时间和不同位置接收打印测试图案的衬底(如支撑构件102)一起使用。包括单行或少量行的打印测试图案覆盖衬底的更小部分,这使打印机100能够在打印过程期间形成更大数量的测试图案而不从衬底表面清洁先前打印的测试图案。

[0047] 过程300继续,打印机100识别包括交叉过程方向偏移和在交叉过程方向上的足够分离的打印头104A中的喷射器的一部分以形成具有单行集的第二打印测试图案(方块316)。尽管预定测试图案典型地包括由打印头中的大部分或全部喷射器使用均匀图案形成的标记,但是第二打印测试图案仅仅包括由打印头中的喷射器的一部分形成的标记。控制器128识别形成第二测试图案的喷射器的部分,没有形成第一测试图案中的标记的打印头中的至少一个喷射器不形成第二测试图案中的标记。控制器128忽略具有识别交叉过程方向偏移的打印头104A中的至少一个喷射器,所述识别交叉过程方向偏移小于存在于形成第

二测试图案的喷射器的部分中的至少一个其它喷射器的交叉过程方向偏移。控制器128忽略第二测试图案中的任何两个相邻喷射之间的最小K个喷射。

[0048] 在过程300的一个实施例中,控制器128使用动态规划过程识别包括在第二测试图案中的打印头104A中的喷射器的部分,所述动态规划过程识别具有交叉过程方向偏移的最大和的喷射器,同时保持识别喷射器之间的最小交叉过程方向分离。在过程300中,控制器128识别形成第二测试图案的具有交叉过程方向偏移的最大总和的打印标记的喷射器。然而,控制器128参考识别喷射器之间的最小交叉过程方向分离的限制识别喷射器。例如,打印头104A形成预定测试图案中的行集652A-652E的每一个中的相邻标记,在形成行集652A-652E中的相邻标记的每对喷射器之间具有打印头104A中的四个喷射器的交叉过程方向上的分离。控制器128识别具有最大交叉过程方向偏移、同时满足分离形成第二测试图案中的标记的相邻喷射器的喷射器的预定数量的最小分离限制的打印头104A中的喷射器。控制器128执行具有不连续元素的最大和序列的变化。具有不连续元素动态规划过程的一般最大和序列在本领域中是已知的。在打印机100中,控制器128执行被称为“最大和最小间距”过程的动态规划过程的变化。控制器128执行存储程序指令136以识别具有交叉过程方向偏移的最大和(最大和)的喷射器并且满足最小化喷射器之间的交叉过程方向间距(最小间距)的喷射器分离限制。在其它实施例中,控制器128执行任何合适的算法以识别第二测试图案的打印头中的喷射器的部分。

[0049] 最大和最小间距算法的简化例子包括打印头,该打印头具有九个喷射器,所述九个喷射器的测量的交叉过程方向偏移为[10,9,8,15,2,5,4,13,6] μm ,并且具有至少两个喷射器应将选择用于第二测试图案的相邻喷射器分离的限制。交叉过程方向偏移的序列对应于打印头中的喷射器的交叉过程方向位置。选择总共三个相等间隔的喷射器([10,18,4],[9,2,13]或[8,5,6])的朴素方法相应地产生29 μm 、27 μm 或19 μm 的交叉过程方向和。然而,动态规划过程识别一组三个喷射器([10,15,13]),其产生38 μm 的更大总交叉过程方向和,同时满足至少两个喷射器放置在第二测试图案中的喷射器的部分之间的限制。动态规划过程从第二测试图案忽略具有较小交叉过程方向偏移的喷射器中的一个或多个,如具有2 μm 交叉过程方向偏移的喷射器。在打印机100中,控制器128执行存储程序指令以执行最大和最小间距动态规划过程从而识别具有交叉过程方向偏移的最大和(最大和)的喷射器并且满足最小化喷射器之间的交叉过程方向间距(最小间距)的喷射器分离限制。在下面方程中给出最大和最小间距算法: $T[i] = \max \{T[i-s], T[i-s+1], \dots, T[i-1], T[i-s-1]+a[i]\}$,其中 $a[i]$ 是具有索引I的喷射器的交叉过程偏移并且 $T[i]$ 是具有在1到i的范围内的索引的识别交叉过程方向偏移数值的序列(s)的最大和,其满足最大和最小间距算法。控制器128使用 $T[i]$ 的动态规划规则来识别具有交叉过程方向偏移的最大和的打印头中的喷射器的部分。

[0050] 在以上例子中,控制器128以条件 $T[-2]=0$, $T[-1]=0$ 和 $T[0]=0$ 初始化动态规划过程。控制器128然后执行用于最大和最小间距算法的示例性例子的以下方程的功能:

$$[0051] T[1] = \max \{T[-1], T[0], T[1-3]+a[1]\} = \max \{0, 0, 0+10\} = 10$$

$$[0052] T[2] = \max \{T[0], T[1], T[2-3]+a[2]\} = \max \{0, 10, 0+9\} = 10$$

$$[0053] T[3] = \max \{T[1], T[2], T[3-3]+a[3]\} = \max \{10, 10, 0+8\} = 10$$

$$[0054] T[4] = \max \{T[2], T[3], T[4-3]+a[4]\} = \max \{10, 10, 10+15\} = 25$$

$$[0055] T[5] = \max \{T[3], T[4], T[5-3]+a[5]\} = \max \{10, 25, 10+2\} = 25$$

[0056] $T[6] = \max\{T[4], T[5], T[6-3] + a[6]\} = \max\{25, 25, 10+5\} = 25$

[0057] $T[7] = \max\{T[5], T[6], T[7-3] + a[7]\} = \max\{25, 25, 25+4\} = 29$

[0058] $T[8] = \max\{T[6], T[7], T[8-3] + a[8]\} = \max\{25, 29, 25+13\} = 38$

[0059] $T[9] = \max\{T[7], T[8], T[9-3] + a[9]\} = \max\{29, 38, 25+3\} = 38$

[0060] 控制器128计算方程T[9]以产生最大和最小间距值38, 其可以被看作上面提供的例子的检查的修正。对于喷射器的更大组, 该算法将产生满足喷射器之间的最小分离的规范的喷射器偏移的更大和。

[0061] 产生最大和的实际喷射器可以通过后向指针的使用进行识别。控制器128将上述项的序列的最大值和生成最大值的项的序列保存在存储器132中以生成后向指针。例如, 生成T[8]的项的最大值是从T[5]产生的序列的最后一个。控制器128从参考喷射器5的喷射器8生成后向指针。生成T[9]的项的最大值是中间项, 其为T[8]。所以, 控制器128从参考喷射器8的喷射器9生成后向指针。为了重建序列, 控制器128开始于序列中的最后喷射器并且遵循后向指针的序列以识别序列中的剩余喷射器。如果一个喷射器的后向指针指的是相邻喷射器(例如, 来自喷射器4的后向指针指的是喷射器3), 则相邻喷射器替换喷射器的选定序列中的当前喷射器。如果后向指针不指的是相邻喷射器, 则控制器128将当前喷射器加入喷射器的列表以用于重建, 控制器128以参考当前喷射器的下一个喷射器继续后向指针生成过程。控制器128重复后向指针过程直到到达形成测试图案的打印头或喷射器组中的最低喷射器。

[0062] 在过程300期间, 控制器128生成包括使用上面识别的喷射器的部分并且不使用打印头中的至少一个其它喷射器形成的标记的第二测试图案数据(方块320)。控制器128将第二测试图案数据和每个打印头测试图案数据142与打印头104A关联地存储在存储器132中(方块324)。第二测试图案数据包括控制器128用以操作打印头104A以形成第二测试图案的任何数据, 所述第二测试图案仅仅具有由喷射器的识别部分形成的标记并且没有由打印头中的剩余喷射器形成的标记。在一个实施例中, 控制器128生成第二测试图案数据的光栅化打印图像, 其包括由打印头104A的喷射器的识别部分中的每个喷射器形成的至少一个标记。

[0063] 图6描绘在第二测试图案675中形成的多个标记的示例性例子。在图6中, 第二测试图案675包括使用从最大和最小间距算法确定的喷射器的行集中的标记的多个打印行。图像传感器116生成多个标记行的图像数据以使控制器128能够以更大的精度识别来自每个喷射器的标记的交叉过程方向位置。第二测试图案675包括由形成测试图案600和650中的标记的喷射器的仅仅一部分形成的标记。例如, 在上述的动态规划过程期间, 控制器128识别来自测试图案600的标记612A、614A、616A、618A、620A和622A以及最大和最小间距过程期间的打印测试图案650中的相应打印标记612B、614B、616B、618B、620B和622B。对应于标记612A/B-622A/B的喷射器也彼此分离交叉过程方向上的足够大的距离以使图像传感器116能够清楚地区分来自打印头104A中的不同喷射器的打印标记的交叉过程方向位置。第二测试图案675也忽略来自喷射器中的一些的标记。例如, 测试图案600中的标记610A和测试图案中的相应标记610B具有最小交叉过程方向偏移。因此, 当打印头104A与衬底之间的z轴方向距离变化时打印标记610B的位置显示很小的变化, 并且控制器128忽略形成来自第二测试图案675的标记610A/610B的喷射器。

[0064] 在打印机100中,控制器128针对打印头104A-104C和108A-108C的每一个执行过程300,原因是打印头的制造过程产生每个打印头中的具有不同程度的交叉过程变化的喷射器。控制器128将打印头的每一个的第二测试图案数据与每个打印头生成测试图案数据142一起存储在存储器132中以便用于识别打印机100中的打印头104A-104C和108A-108C与衬底之间的z轴距离。

[0065] 图4描绘用于生成打印头与衬底之间的z轴距离和来自三维物体打印机中的打印头的沿着交叉过程方向的滴放置的变化水平之间的分布图的过程400的方块图。在下面的描述中,对执行动作或功能的过程400的引用指的是操作打印机中的控制器以执行存储的程序指令从而用打印机中的其它部件执行功能或动作。为了示例性目的结合打印机100以及图1A-图1B、图2、图6和图7描述过程400。

[0066] 过程400开始于打印机100将打印头和衬底放置在具有沿着z轴的第一分离距离的第一位置(方块404)。例如,控制器128操作致动器120A和124之一或两者以将打印头104A和衬底放置在沿着z轴的第一位置。如上所述,衬底是支撑构件102或形成打印衬底的构建材料或支撑材料结构的上表面。例如,在打印机100中控制器128可选地操作打印头108A-108C以形成具有均匀衬底表面的第二构建材料或支撑材料的表面,其在光学上不同于从打印头104A喷射的材料。在一些配置中控制器128在结构的表面上而不是在支撑构件的表面上形成打印图案。

[0067] 过程400继续,当打印头和衬底沿着z轴分离第一距离时控制器128操作打印头104A以在衬底的表面上形成测试图案(方块408)。在打印机100中,控制器128使用在过程300期间生成并且存储在存储器132中的每个打印头测试图案数据142以形成包括来自喷射器的标记的第二测试图案,所述标记已被识别为具有衬底上的打印标记的交叉过程方向偏移的增加水平。

[0068] 过程400继续,当打印头位于沿着z轴离衬底第一距离处时图像传感器116生成衬底和形成于衬底上的第二打印测试图案的图像数据(方块412)。在打印机100中,控制器128接收来自图像传感器116的生成图像数据。控制器128参考交叉过程方向位置和分离测试图案的扫描图像中的打印标记的交叉过程方向位置和相应交叉过程方向距离识别打印标记的交叉过程方向位置的第一变化(方块416)。当在本文中使用时,术语“变化”指的是相比于在没有交叉过程方向偏移的情况下形成打印标记时的测试图案的打印标记的预定位置,打印测试图案的生成图像数据中的打印标记之间的识别交叉过程方向偏移。

[0069] 在一个实施例中,控制器128参考标记之间的交叉过程方向距离相比于打印测试图案的行集中的标记之间的平均交叉过程方向距离的标准偏差识别标记的交叉过程位置的变化。在一个配置中,控制器128参考经验地来自打印测试图案的扫描图像数据的标记之间的平均交叉过程方向距离(例如,测试图案650的扫描图像数据中的标记之间的平均距离)识别变化,并且随后参考经验平均值识别标准偏差。在另一配置中,控制器128使用预定测试图案中的标记之间的预定交叉过程方向分离(例如,测试图案600中的标记之间的交叉过程方向分离)作为平均值并且参考预定平均值识别标准偏差。在另一配置中,控制器128基于打印标记对识别标准偏差。控制器128识别分离测试图案中的相邻打印标记的交叉过程方向距离和预定测试图案中的标记之间的平均预定分离距离之间的标准偏差。在另一配置中,控制器128识别标记的相邻组之间的平均交叉过程方向距离,并且随后参考每个长划

所属的组的经验平均值识别标准偏差。例如,在一个实施例中控制器128识别测试图案中的十六个长划的组的标准偏差并且作为长划的每个组的标准偏差值的平均值识别总变化。

[0070] 过程400继续,打印机100调节控制器128操作打印头致动器120A和支撑构件致动器124之一或两者以将打印头104A和衬底沿着z轴移动预定距离到达具有沿着z轴的第二分离距离的第二位置(方块420)。当打印头与衬底沿着z轴分离第二距离时控制器128操作打印头104A以在第二位置形成来自每个打印头测试图案数据142的第二测试图案(方块424),用图像传感器116生成打印测试图案的第二图像数据(方块428),并且识别第二生成图像数据中的标记之间的交叉过程方向距离的第二变化(方块432)。控制器128使用打印机100在过程300期间生成的生成每个打印头测试图案图像数据142操作每个打印头中的喷射器以产生具有标记位置之间的变化的增加水平的打印测试图案。打印机100以与方块408-416的处理分别基本相同的方式执行方块424-432的处理。控制器128在打印头104A与衬底之间的两个不同z轴距离相比于在第一z轴位置打印的测试图案的第一变化识别在第二z轴位置打印的测试图案中的打印标记之间的交叉过程方向距离的不同第二变化。例如,如果打印机100增加处于第二位置的打印头104A与衬底之间的z轴距离,则变化水平增加,原因是来自打印头的喷射材料滴行进更长的线性距离到达衬底的表面。然而,如果第二位置具有比第一位置更短的z轴距离,则变化减小,原因是来自打印头的喷射材料滴行进更短的线性距离到达衬底的表面。

[0071] 再次参考图4,过程400继续,控制器128生成打印头104A的分布图,所述分布图包括z轴距离和打印标记之间的交叉过程方向距离的第一和第二变化和第一位置与第二位置之间的预定z轴距离之间的关系(方块436)。在一个实施例中,控制器128将一个轴线上的第一和第二变化水平和沿着另一轴线的第一和第二位置之间的沿着z轴的预定位移距离之间的线性关系识别为该关系。控制器128与打印头104A关联地将生成的分布图以及滴变化对z轴距离分布图数据144存储在存储器132中。

[0072] 图7描绘打印头分布图中的打印测试图案中的标记的交叉过程方向位置的变化和z轴距离之间的关系的例子的图形700。图形700包括线732,所述线拟合对应于打印头和衬底距离的预定变化的增量728和对应于第一位置变化720和第二位置变化724之间的识别交叉过程方向滴放置变化的变动的游程730。图形700也包括在打印头与衬底之间的不同z轴距离处生成的附加识别变化水平,并且控制器128作为通过不同变化水平的最佳拟合线生成线性关系732。尽管图7描绘打印头分布图的线性关系,但是替代分布图实施例可以包括曲线、样条或交叉过程方向变化水平和z轴距离之间的其它关系。

[0073] 图5描绘用于识别三维物体打印机中的沿着z轴的打印头与衬底之间的距离的过程500的方块图。在下面的描述中,对执行动作或功能的过程500的引用指的是操作打印机中的控制器以执行存储的程序指令从而用打印机中的其它部件执行功能或动作。为了示例性目的结合打印机100和图1B描述过程500。为了示例性目的结合打印头104A描述过程500,但是对于打印头104A-104C和108A-108C中的一些或全部打印机100执行相同过程。

[0074] 过程500开始于控制器128操作打印头104A以形成三维打印物体(方块504)。在打印机100的操作期间,控制器128操作打印头104A以及其他打印头104B-104C和108A-108C以形成打印物体,如在图1B中描绘的打印物体150。在打印过程期间,控制器128操作打印头104A中的喷射器以参考与打印头104A关联的每个打印头测试图案数据142在衬底的表面上

形成测试图案。在图1B中,衬底是接收测试图案184的支撑构件102,或在支撑构件102上形成的另一衬底表面,如物体150的上层(方块508)。在图1B的例子中,物体150的上层使用与打印头108A-108C在光学上不同的材料形成衬底以形成与来自打印头104A的打印测试图案186形成对比的表面。在其它实施例中,打印头104A-104C和108A-108C形成对应于沿着z轴的三维打印物体的高度的独立衬底结构。

[0075] 过程500继续,打印机100用图像传感器116生成打印测试图案的图像数据(方块512)并且控制器128参考生成图像数据识别测试图案中的打印标记的交叉过程方向位置的变化(方块516)。控制器128以类似于上面在过程400中的相应方块412和416或相应方块424和428中所述的测试图案扫描和变化识别的方式执行方块512和516的处理。

[0076] 在过程500期间,控制器128使用打印测试图案中的标记的交叉过程方向位置的识别变化和存储在存储器132中的变化对z轴距离分布图数据144识别打印头104A与衬底之间的z轴距离(方块520)。如上面关于图7所述,控制器128使用先前生成的线性关系识别打印头104A与衬底(如支撑构件102或物体150的上层)之间的沿着z轴距离的距离。如果打印头与衬底之间的识别z轴距离在预定公差范围内(方块524),则打印机100继续使用打印头104A形成三维打印物体并且控制器128可选地在打印过程的后期阶段再次执行过程500。然而,如果打印头104A与衬底之间的z轴距离太小或太大,则控制器128操作致动器120A和124之一或两者以将打印头104A与衬底之间的z轴距离调节到预定公差范围内(方块528)。例如,在打印机100的实施例中可接受的z轴距离在大约0.4mm到0.8mm的范围内,但是对于不同的三维物体打印机实施例z轴距离不同。

[0077] 在一些实施例中,沿着z轴的第一位置和第二位置中的任意一个或两者处于打印头与衬底之间的预定测量距离(例如0.5mm和1mm)。在这些实施例中,控制器128可以使用分布图数据识别打印头104A与衬底之间的绝对距离,并且识别z轴距离对于打印操作是太小还是太大。然而,打印机100可以生成分布图而没有打印头与衬底表面之间的绝对z轴距离测量。而是,控制器128用沿着z轴的打印头和衬底的第一位置和第二位置之间的已知z轴位移生成分布图。控制器128使用对应于打印头与衬底之间的相对z轴距离的分布图识别打印头沿着z轴离衬底太近还是太远。

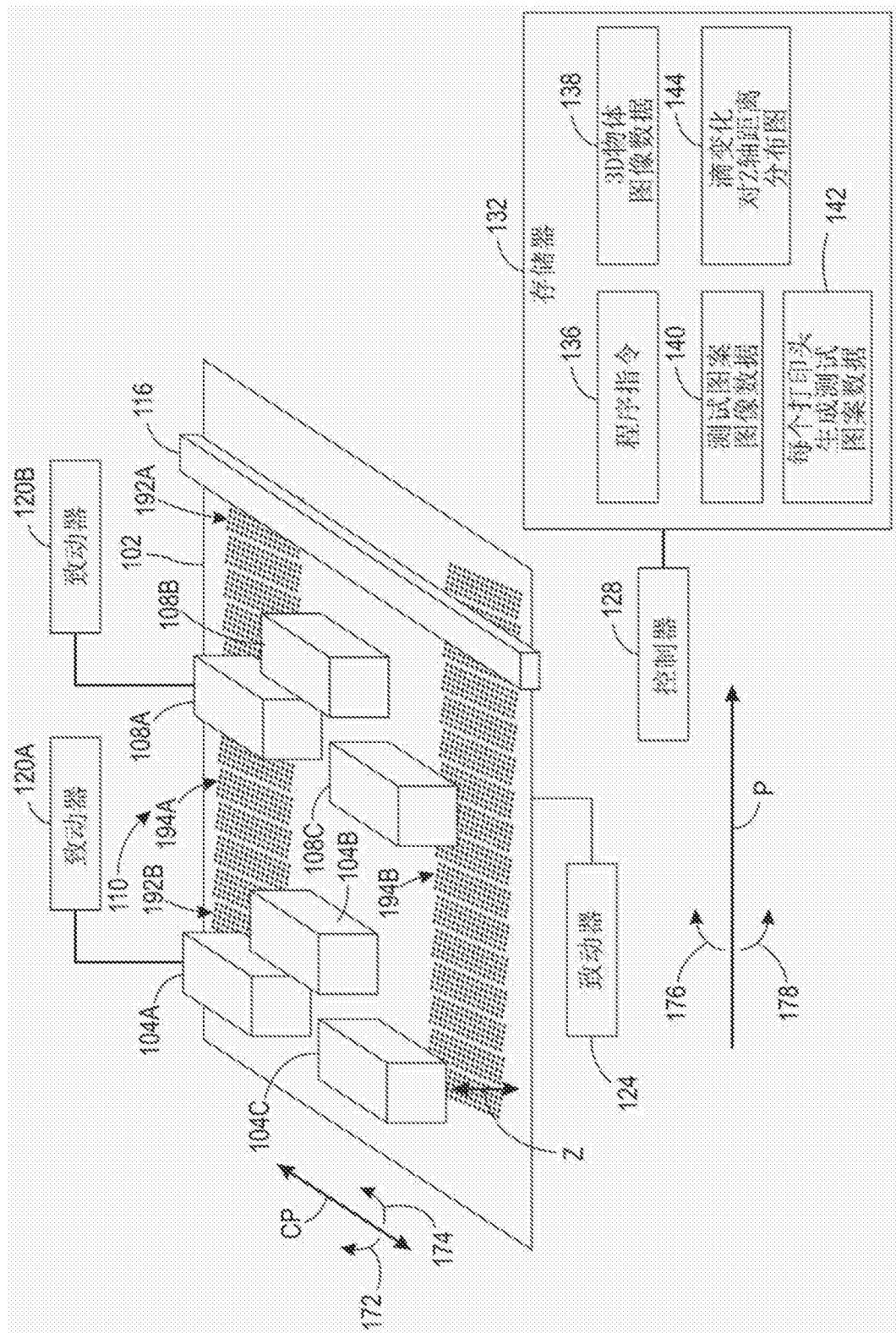


图1A

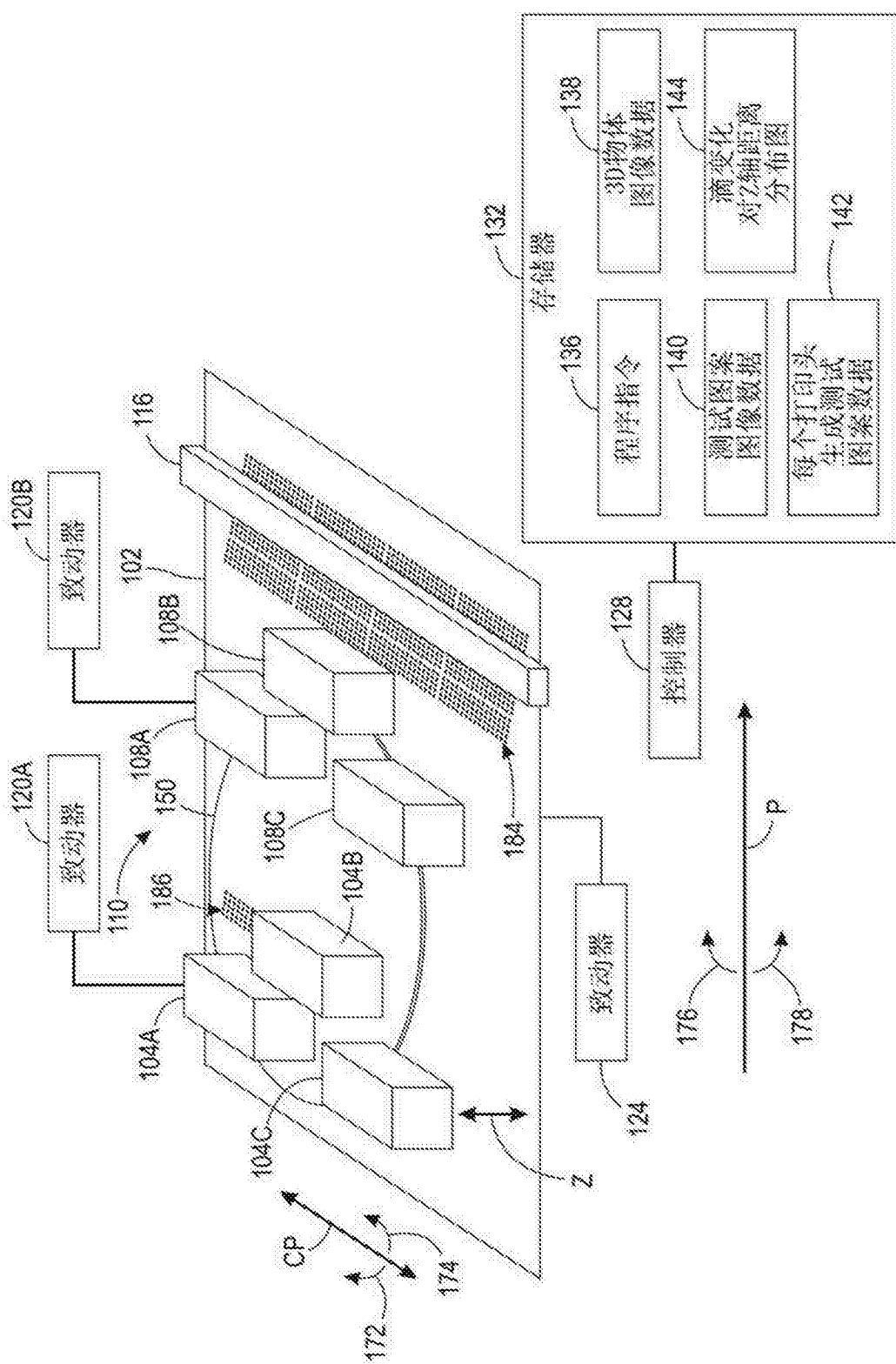


图1B

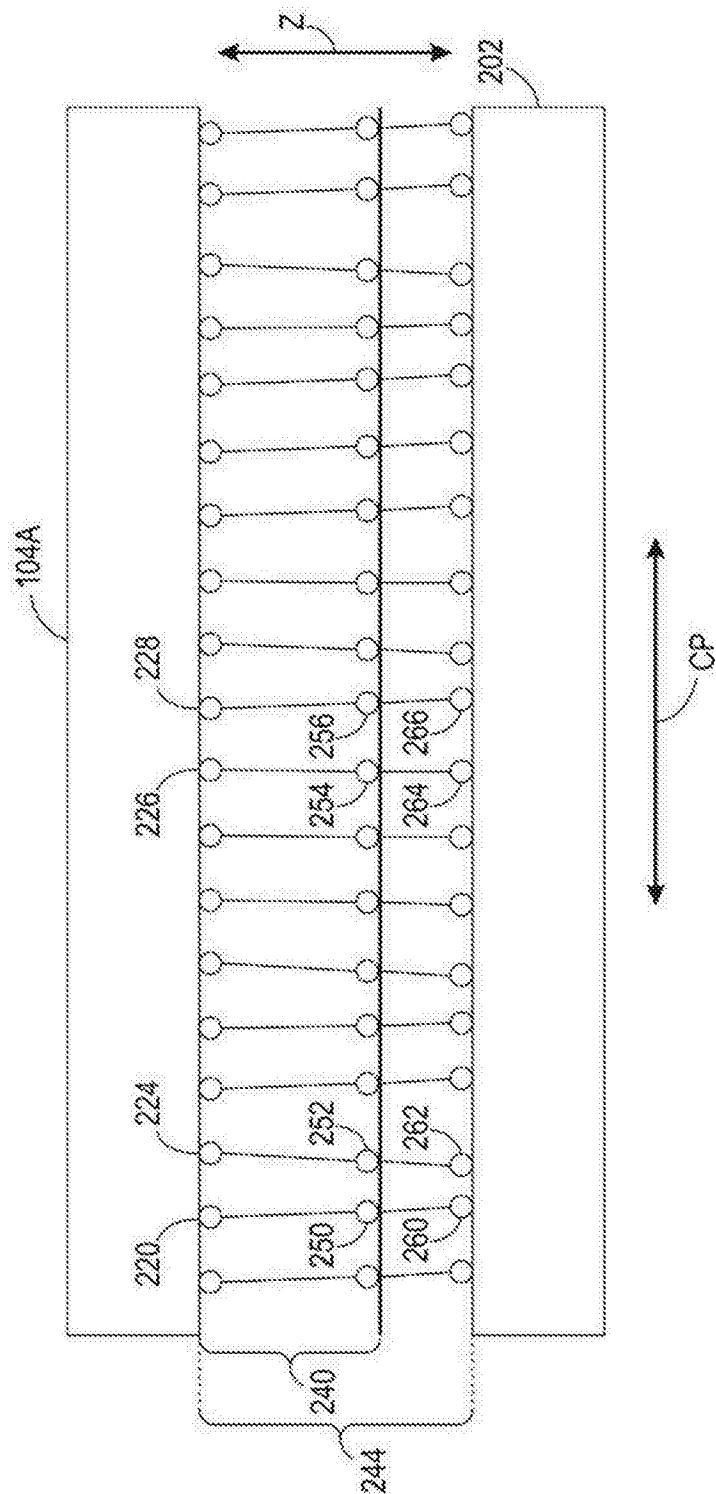


图2

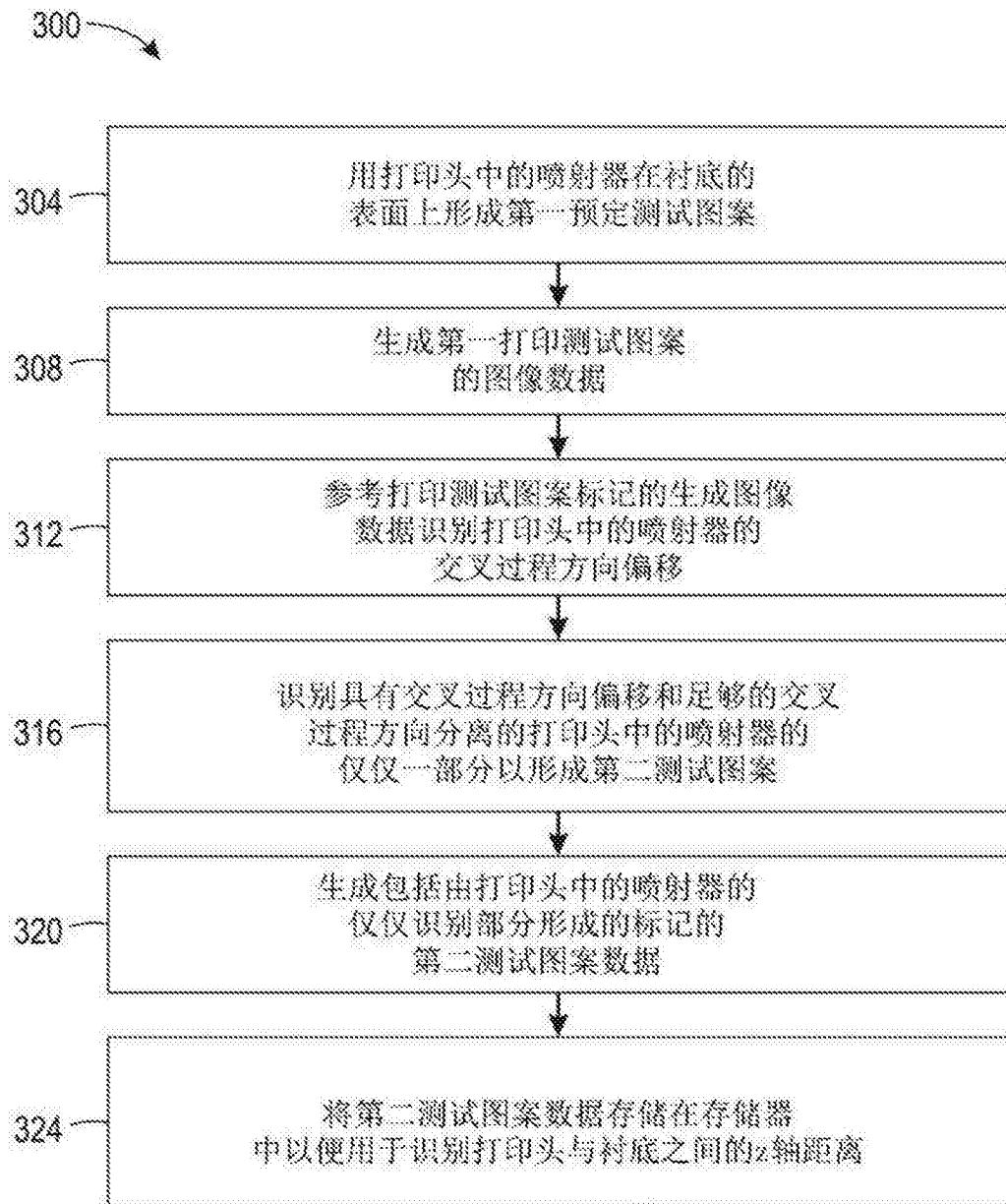


图3

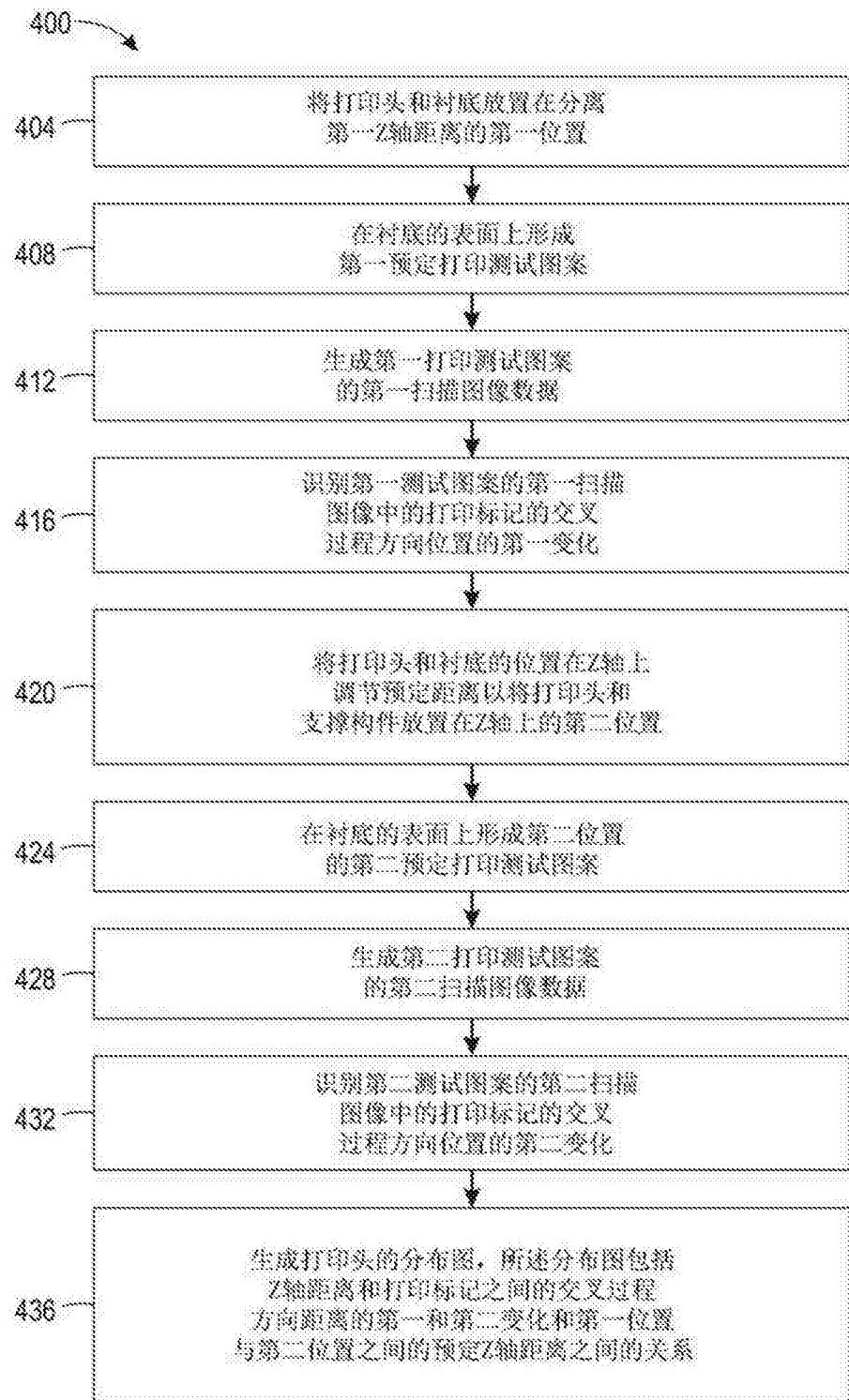


图4

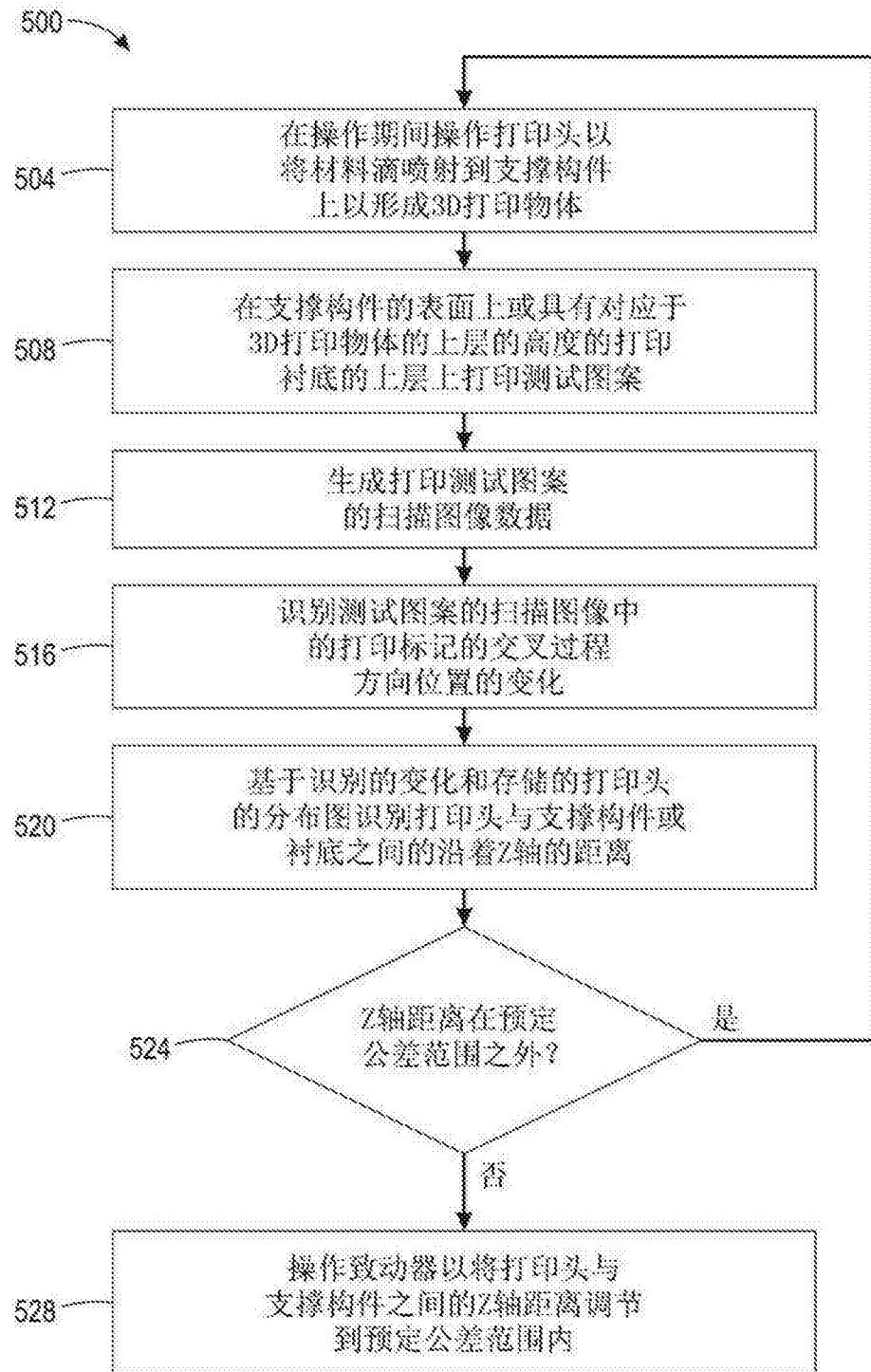


图5

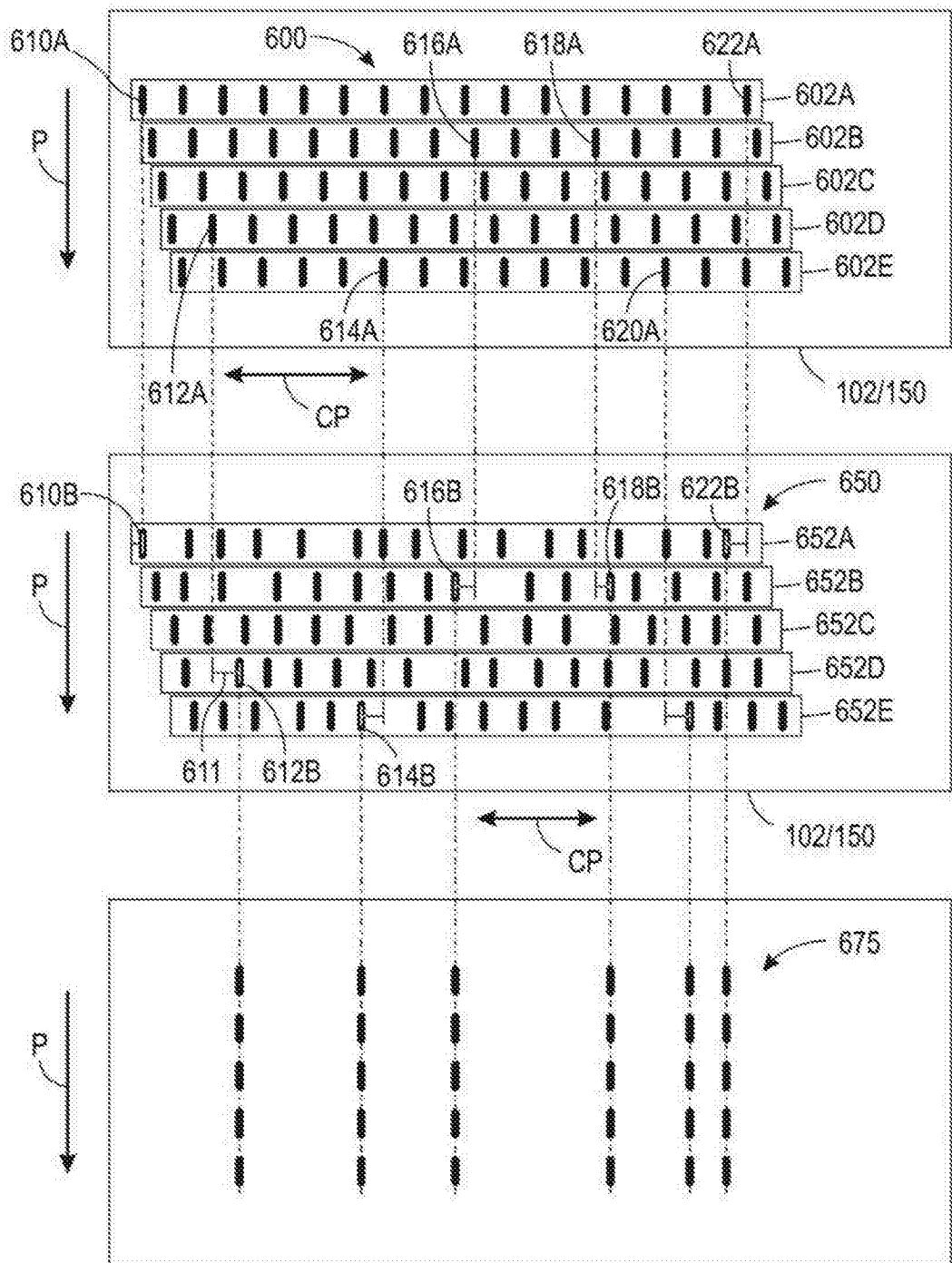


图6

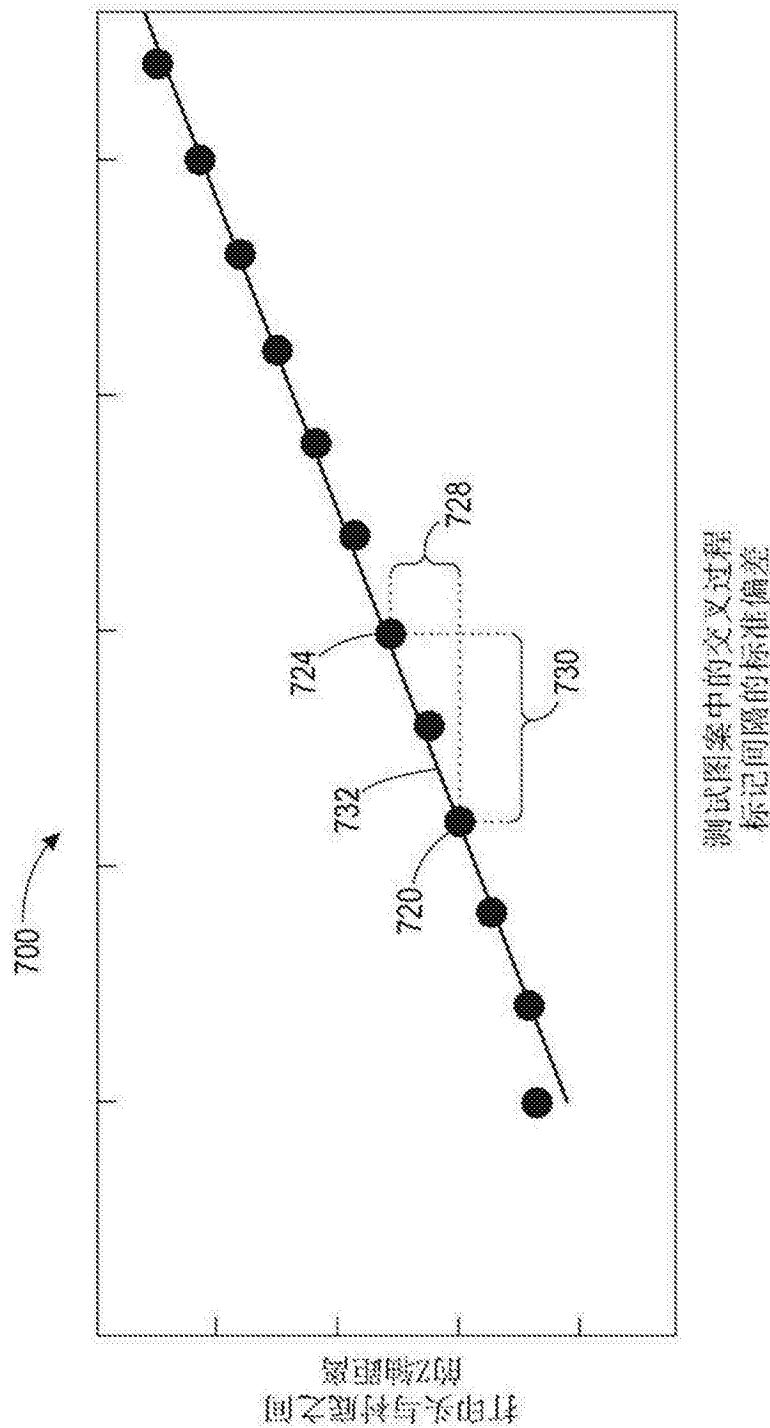


图7