



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108340593 B

(45) 授权公告日 2021.08.06

(21) 申请号 201711419124.3

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2017.12.25

B29C 70/30 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B29C 70/54 (2006.01)

申请公布号 CN 108340593 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2018.07.31

WO 2016199038 A1, 2016.12.15

(30) 优先权数据

WO 2016186682 A1, 2016.11.24

15/412,674 2017.01.23 US

US 2015039123 A1, 2015.02.05

(73) 专利权人 波音公司

US 2014288893 A1, 2014.09.25

地址 美国伊利诺伊州

CN 105487486 A, 2016.04.13

(72) 发明人 C·E·亨利 J·R·拉尔金

CN 104960317 A, 2015.10.07

K·P·拉尔金 H·H·塔特

CN 103619567 A, 2014.03.05

Y-J·吴

US 2015375344 A1, 2015.12.31

审查员 郭紫琪

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

权利要求书4页 说明书15页 附图14页

代理人 吕俊刚 杨薇

(54) 发明名称

用于形成复合零件的系统和方法

(57) 摘要

本申请涉及用于形成复合零件的系统和方法。具体地，一种用于形成复合零件的方法包括如下步骤：基于零件规范，切割序列中的多层材料并定位这些层，以形成堆。针对各层，在定位层之后且在切割序列中的下一层之前，该方法包括如下步骤：(i) 沿着层的长度扫描，以确定层的图像；(ii) 基于图像来确定层的至少两个边缘；(iii) 基于边缘来确定沿着层的长度的位置处的测量宽度；(iv) 将各位置处的测量宽度与该位置处的目标宽度进行比较；(v) 基于比较来决定是否调节生产工艺；以及(vi) 如果决定是调节生产工艺，那么基于比较来调节生产工艺。零件规范指定各位置处的目标宽度。



B

CN 108340593

1. 一种用于形成复合零件的方法 (600) , 该方法 (600) 包括如下步骤:

基于零件规范来一次一层地切割 (600) 序列中的多层材料, 其中, 所述零件规范指定用于形成所述复合零件的生产工艺的参数;

一次一层且基于所述零件规范来定位 (612) 所述多层, 以在层叠装置的测量区域中形成堆;

针对各层 (614) , 在定位所述层之后且在切割所述序列中的下一层之前, 进行如下操作:

沿着所述层的长度扫描 (614A) , 以确定所述层的图像;

基于所述图像, 来确定 (614B) 所述层的至少两个边缘;

基于所述至少两个边缘, 来确定 (614C) 沿着所述层的所述长度的多个位置处的测量宽度;

执行 (614D) 各位置处的所述层的所述测量宽度与所述位置处的目标宽度的比较, 其中, 由所述零件规范指定的所述参数包括沿着所述层的所述长度的各位置处的所述目标宽度;

基于所述比较来决定 (614E) 是否调节所述生产工艺; 以及

如果所述决定 (614F) 是调节所述生产工艺, 那么基于各位置处的所述测量宽度与所述目标宽度的所述比较来调节所述生产工艺,

其中, 针对至少一层, 所述决定是调节所述生产工艺,

其中, 调节 (614F) 所述生产工艺的步骤包括:

确定 (622) 所述多个位置中的第一位置处的所述测量宽度与所述目标宽度之间的差; 以及

基于所述差来调节 (624) 用于切割所述序列中的所述下一层的、所述零件规范的至少一个参数。

2. 根据权利要求1所述的方法 (600) , 其中, 沿着所述层的所述长度扫描以确定所述图像的步骤包括:

针对所述测量区域中的多个点, 测量 (616) 各点处的相应高度; 以及

通过将各点处的测量高度空间地映射到所述测量区域, 来确定 (618) 所述图像。

3. 根据权利要求1所述的方法 (600) , 其中, 所述测量宽度小于所述第一位置处的所述目标宽度, 并且,

其中, 调节 (624) 所述零件规范的所述至少一个参数的步骤包括: 增大 (624A) 用于所述零件规范中的所述下一层的、所述第一位置处的所述目标宽度。

4. 根据权利要求1所述的方法 (600) , 其中, 所述测量宽度大于所述第一位置处的所述目标宽度, 并且,

其中, 调节 (624) 所述零件规范的所述至少一个参数的步骤包括: 减小 (624B) 用于所述零件规范中的所述下一层的、所述第一位置处的所述目标宽度。

5. 根据权利要求1或2所述的方法 (600) , 其中, 调节 (614F) 所述生产工艺的步骤还包括:

基于所述差来确定 (628) 要在所述第一位置处添加到所述层的所述材料的量; 以及

在所述第一位置处将所述量的材料添加 (630) 到所述层。

6. 根据权利要求1或2所述的方法(600),其中,调节(614F)所述生产工艺的步骤还包括:

从所述堆去除(632)所述层;

切割(634)所述材料的更换层;以及

在切割(636)所述更换层并从所述堆去除所述层之后,将所述更换层定位在所述堆上。

7. 根据权利要求1或2所述的方法(600),所述方法(600)还包括如下步骤:

基于针对所述序列中的第一层而确定的所述至少两个边缘,来确定(638)所述序列中的第一层的参考中心线;

针对在所述序列中的第一层之后的所述序列中的各层(640),进行如下操作:

基于针对所述层而确定的所述至少两个边缘,来确定(640A)所述层的中心线;

确定(640B)所述层的所述中心线与所述参考中心线之间的差;

确定(640C)所述差是否大于阈值量;以及

响应(640D)于所述差大于所述阈值量,将所述层重新定位在所述堆上,以减小所述层的所述中心线与所述参考中心线之间的所述差。

8. 根据权利要求1或2所述的方法(600),所述方法(600)还包括如下步骤:

针对各层(642),进行如下操作:

基于所述至少两个边缘,来确定(642A)所述层的表面积;

基于所述表面积,来确定(642B)在所述测量区域中的所述堆的测量体积;

将所述测量体积与在所述测量区域中的所述堆的目标体积进行比较(642C),其中,所述零件规范指定所述目标体积;

基于所述测量体积与所述目标体积的所述比较,来决定(642D)是否调节用于切割所述序列中的所述下一层的、所述零件规范的至少一个参数;以及

如果决定(642E)调节所述零件规范的所述至少一个参数,那么

基于所述比较来调节所述至少一个参数,

其中,针对至少一层,基于所述测量体积与所述目标体积的所述比较的所述决定是调节所述至少一个参数。

9. 根据权利要求8所述的方法(600),其中,所述测量体积大于所述目标体积,并且

其中,调节(642)用于切割所述下一层的所述零件规范的所述至少一个参数的步骤包括:针对沿着所述下一层的所述长度的至少一个位置,减小(644)所述目标宽度。

10. 根据权利要求8所述的方法(600),其中,所述测量体积小于所述目标体积,并且

其中,调节(642)用于切割所述下一层的所述零件规范的所述至少一个参数的步骤包括:针对沿着所述下一层的所述长度的至少一个位置,增大(646)所述目标宽度。

11. 一种用于形成复合零件(100)的系统(200),该系统(200)包括:

切割装置(218),该切割装置(218)用于一次一层(110)地切割多层(110)材料;

测量区域(242),该测量区域(242)用于一次一层(110)地接收所述多层(110),以形成堆(112);

测量装置(224),该测量装置(224)用于扫描所述测量区域(242);以及

控制器(217),该控制器(217)被配置为进行如下操作:

使所述切割装置(218)基于零件规范(236)来一次一层(110)地切割序列中的所述多层

(110), 其中, 所述零件规范 (236) 指定用于形成所述复合零件 (100) 的生产工艺的参数; 以及

针对各层 (110), 在所述测量区域 (242) 中接收所述层 (110) 之后且在使所述切割装置 (218) 切割所述序列中的下一层 (110) 之前, 进行如下操作:

使所述测量装置 (224) 沿着所述层 (110) 的长度扫描, 以确定所述层 (110) 的图像;

基于所述图像, 来确定所述层 (110) 的至少两个边缘 (116);

基于所述至少两个边缘 (116), 来确定沿着所述层 (110) 的所述长度的多个位置处的测量宽度;

执行各位置处的所述层 (110) 的所述测量宽度与该位置处的目标宽度的比较, 其中, 由所述零件规范 (236) 指定的所述参数包括: 沿着所述层 (110) 的所述长度的各位置处的所述目标宽度;

基于所述比较来决定是否调节所述生产工艺; 以及

如果所述决定是调节所述生产工艺, 那么基于所述比较来调节用于切割所述序列中的所述下一层 (110) 的、所述零件规范 (236) 的至少一个参数,

其中, 针对至少一层 (110), 所述决定是调节所述生产工艺。

12. 根据权利要求11所述的系统 (200), 其中, 所述控制器 (217) 还被配置为进行如下操作:

基于针对所述序列中的第一层 (110) 确定的所述至少两个边缘 (116), 来确定所述第一层 (110) 的参考中心线;

针对在所述第一层 (110) 之后的所述序列中的各层 (110), 进行如下操作:

基于针对所述层 (110) 确定的所述至少两个边缘 (116), 来确定所述层 (110) 的中心线 (114);

确定所述层 (110) 的所述中心线 (114) 与所述参考中心线之间的差;

确定所述差是否大于阈值量; 以及

响应于所述差大于所述阈值量, 将所述层 (110) 重新定位在所述堆 (112) 上, 以减小所述层 (110) 的所述中心线 (114) 与所述参考中心线之间的所述差。

13. 根据权利要求11所述的系统 (200), 其中, 所述控制器 (217) 还被配置为进行如下操作:

针对各层 (110), 进行如下操作:

基于所述至少两个边缘 (116), 来确定所述层 (110) 的表面积;

基于所述表面积, 来确定在所述测量区域 (242) 中的所述堆 (112) 的测量体积;

将所述测量体积与在所述测量区域 (242) 中的所述堆 (112) 的目标体积进行比较, 其中, 所述零件规范 (236) 指定所述目标体积;

基于所述测量体积与所述目标体积的所述比较, 来决定是否调节用于切割所述序列中的所述下一层 (110) 的、所述零件规范 (236) 的至少一个参数; 以及

如果决定调节所述零件规范 (236) 的所述至少一个参数, 那么

基于所述比较来调节所述至少一个参数,

其中, 针对至少一层 (110), 基于所述测量体积与所述目标体积的所述比较的所述决定是调节所述零件规范 (236) 的所述至少一个参数。

14. 一种存储有程序指令的非暂时计算机可读介质(234),所述程序指令在由控制器执行时,使复合零件生产系统(200)执行一组动作,其中,所述复合零件生产系统(200)包括:切割装置(218),该切割装置(218)用于切割多层(110)材料;测量区域(242),该测量区域(242)用于接收所述多层(110),以形成堆(112);以及测量装置(224),该测量装置(224)用于扫描所述测量区域(242),所述一组动作包括:

由所述切割装置(218)且基于零件规范(236)一次一层(110)地切割序列中的多层(110),其中,所述零件规范(236)指定用于形成所述复合零件的生产工艺的参数;

一次一层(110)且基于所述零件规范(236),来定位所述多层(110),以在所述测量区域中形成所述堆(112);以及

针对各层(110),在定位所述层(110)之后且在切割所述序列中的下一层(110)之前,进行如下操作:

由所述测量装置沿着所述层(110)的长度扫描,以确定所述层(110)的图像;

基于所述图像,来确定所述层(110)的至少两个边缘(116);

基于所述至少两个边缘(116),来确定沿着所述层(110)的所述长度的多个位置处的测量宽度;

执行各位置处的所述层(110)的所述测量宽度与该位置处的目标宽度的比较,其中,由所述零件规范(236)指定的所述参数包括沿着所述层(110)的所述长度的各位置处的所述目标宽度;

基于所述比较来决定是否调节所述生产工艺;以及

如果所述决定是调节所述生产工艺,那么基于所述比较来调节用于切割所述序列中的所述下一层(110)的、所述零件规范(236)的至少一个参数,

其中,针对至少一层(110),所述决定是调节所述生产工艺。

用于形成复合零件的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开总体涉及复合零件 (composite part) , 更具体地涉及用于形成复合零件的系统和方法。

背景技术

[0002] 除非这里另外指示,否则本节中所描述的材料不是权利要求的现有技术,并且并非因为包含在本节中而被承认是现有技术。

[0003] 凭借轻量和高强度特性,复合材料广泛用于在各种行业中制造零件。例如,航空航天工业使用复合零件来制作飞机和航天器的轻量结构部件(诸如比如,机身框架结构、桁条、机翼、水平稳定器(stabilizer)和/或垂直稳定器)。用于形成复合零件的一种方法包括切割多层复合材料,在具有期望形状的形式上定位层,然后在处于期望形状的同时固化层。

发明内容

[0004] 公开了用于形成复合零件的方法和系统。在示例中,一种用于形成复合零件的方法包括如下步骤:基于零件规范来一次一层地切割序列中的多层材料。零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数。该方法还包括如下步骤:一次一层且基于零件规范来定位多层,以在层叠装置的测量区域中形成堆。针对各层,在定位层之后且在切割序列中的下一层之前,方法包括如下步骤: (i) 沿着层的长度扫描,以确定层的图像; (ii) 基于图像来确定层的至少两个边缘; (iii) 基于至少两个边缘来确定沿着层的长度的多个位置处的测量宽度; (iv) 执行各位置处的层的测量宽度与位置处的目标宽度的比较; (v) 基于比较来决定是否调节生产工艺; 以及 (vi) 如果决定是调节生产工艺,那么基于各位置处的测量宽度与目标宽度的比较,来调节生产工艺。由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度。同样,针对至少一层,决定是调节生产工艺。

[0005] 在另一个示例中,一种用于形成复合零件的系统包括:切割装置,该切割装置用于一次一层地切割多层材料;测量区域,该测量区域用于一次一层地接收多层,以形成堆;以及测量装置,该测量装置用于扫描测量区域。系统还包括控制器,该控制器被配置为,使切割装置基于零件规范一次一层地切割序列中的多层。零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数。针对各层,当在测量区域中接收层之后且在使得切割装置切割序列中的下一层之前,控制器还被配置为: (i) 使测量装置沿着层的长度扫描,以确定层的图像; (ii) 基于图像来确定层的至少两个边缘; (iii) 基于至少两个边缘来确定沿着层的长度的多个位置处的测量宽度; (iv) 执行各位置处的层的测量宽度与位置处的目标宽度的比较; (v) 基于比较来决定是否调节生产工艺; 以及 (vi) 如果决定是调节生产工艺,那么基于比较来调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数。由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度。针对至少一层,决定是调节生产工艺。

[0006] 在另一个示例中,公开了一种存储有程序指令的非暂时计算机可读介质,所述程序指令在由控制器执行时,使复合零件生产系统执行一组动作。复合零件生产系统包括切

割装置,该切割装置用于切割多层材料;测量区域,该测量区域用于接收多层,以形成堆;以及测量装置,该测量装置用于扫描测量区域。所述一组动作包括:由切割装置且基于零件规范一次一层地切割序列中的多层。零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数。所述一组动作还包括:一次一层且基于零件规范定位多层,以在测量区域中形成堆。针对各层,在定位层之后且在切割序列中的下一层之前,所述一组动作还包括:(i)由测量装置沿着层的长度扫描,以确定层的图像;(ii)基于图像来确定层的至少两个边缘;(iii)基于至少两个边缘来确定沿着层的长度的多个位置处的测量宽度;(iv)执行各位置处的层的测量宽度与位置处的目标宽度的比较;(v)基于比较来决定是否调节生产工艺;以及(vi)如果决定是调节生产工艺,那么基于比较来调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数。由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度。针对至少一层,决定是调节生产工艺。

[0007] 这些以及其他方面、优点和另选方案将通过适当参照附图阅读以下具体实施方式对本领域普通技术人员变得明显。进一步地,应理解,在本文献的该发明内容章节和另外提供的描述旨在用示例的方式且并不限制地例示所要求保护的主题。

附图说明

[0008] 所附权利要求中阐述了被认为是例示性示例的特性的新型特征。然而,例示性示例及其优选的使用模式、另外的目的以及描述将在连同附图一起阅读时参照本公开的例示性示例的以下详细描述来最好地理解。

- [0009] 图1A描绘了根据示例的复合零件的侧视图。
- [0010] 图1B描绘了图1A的复合零件的另一个侧视图。
- [0011] 图1C描绘了图1A的复合零件的顶视图。
- [0012] 图2描绘了根据示例的、用于形成复合零件的系统的简化框图。
- [0013] 图3A描绘了根据示例的、用于扫描层叠装置的测量区域的测量装置的侧视图。
- [0014] 图3B描绘了图3A中的、用于扫描层叠装置的测量区域的测量装置的另一个侧视图。
- [0015] 图4A描绘了根据示例的、跨层的宽度绘制测量高度的曲线图。
- [0016] 图4B描绘了在图4A中所描绘的图线的斜率的曲线图。
- [0017] 图5A描绘了根据示例的、沿着层的长度的目标宽度的曲线图。
- [0018] 图5B描绘了图5A的曲线图的放大部分。
- [0019] 图6描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0020] 图7描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0021] 图8描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0022] 图9描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0023] 图10描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0024] 图11描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0025] 图12描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0026] 图13描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0027] 图14描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。

- [0028] 图15描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0029] 图16描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0030] 图17描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。
- [0031] 图18描绘了根据示例的、用于形成复合零件的示例工艺的流程图。

具体实施方式

- [0032] I. 综述

[0033] 本公开的系统和方法提供了用于形成复合零件的制造系统和方法。通常，复合零件可以通过以下方式来形成：切割多层未固化复合材料，将这些层定位在彼此上以形成堆，并且固化该堆。系统的操作可以基于指定用于生产工艺的参数的零件规范来控制。例如，零件规范可以指定提供要切割的层数和用于各层的目标尺寸的参数。使用这些参数，切割装置可以将各层切割至期望的形状和大小。作为另一个示例，零件规范可以指定提供用于切割层并将该层定位在堆上的参数，和/或提供该层在堆中相对于彼此的位置的参数。使用零件规范，系统由此可以进行用于根据由零件规范提供的期望设计形成复合零件的生产工艺。

[0034] 在生产工艺期间，这些层中的一个或更多个可以确切如由零件规范指定的来生产。例如，用于切割和/或定位层的工艺可以具有固有统计可变性，该固有统计可变性使得复合零件产生有相对于零件规范的一个或更多个变化和/或误差。根据复合零件和/或行业的最终用途，较小变化是可接受的，而较大变化可能导致对复合零件的拒绝。

[0035] 在航空航天工业中，例如，质量保证要求可以与复合零件的尺寸特性有关。在一些情况下，检查员在一些位置处（例如，使用卡尺）抽查各层，以估计该层的尺寸特性是否与零件规范偏离多于可允许工程公差。在检查员评价层时，可能停止生产工艺，从而将较长的延迟引入生产工艺。如果检查员确定该层的尺寸特性不满足可允许工程公差（即，检查员识别超差情况），则可能拒绝并丢弃整个复合零件。

[0036] 另外，一旦生产工艺完成，检查员就可以执行复合零件的最终检查。例如，检查员可以估计复合零件的最终体积，并且确定最终体积是否在零件规范的可允许工程公差内。在一些情况下，检查员在各层的检查期间无法识别超差（out-of-tolerance）情况，但检查员可以识别最终复合零件的超差情况。这可能发生在各层的小变化累积共同使得最终零件超差。另选地，因为检查员可以在一些位置处抽查各层，所以检查员可能错过一个或更多个层的超差情况。

[0037] 由此，用于形成复合零件的现有系统和方法由于检查过程、超差情况和/或所形成的复合零件的拒绝而易受延迟和/或废料的影响。本公开所提供的用于形成复合零件的系统和方法可以有利地帮助减轻现有系统和方法的这些缺陷。具体地，本公开的系统和方法可以通过以下方式来减小（或消除）延迟和浪费：逐层地评价层，以识别生产工艺期间的超差情况，并且如果识别到超差情况，则动态地调节生产工艺中一个或更多个随后的步骤，以减轻超差情况。

[0038] 在示例内，在切割各层之后，测量装置可以沿着层的长度扫描，以确定层的图像。控制器可以基于图像来确定层的边缘，并基于边缘来确定层的尺寸。所确定的尺寸例如可以包括沿着层的长度的多个位置处的所测量的宽度、沿着层的长度的中心线、层的所测量

的表面积、和/或层的所测量的体积。控制器可以将所确定的尺寸与由零件规范提供的用于层的对应目标尺寸进行比较。如果基于比较而确定超差情况存在(或将在工艺的随后步骤期间可能存在),那么调节生产工艺。

[0039] 在一个示例中,调节生产工艺包括:调节用于切割随后层的部件规范中的一个或更多个参数。比如,如果确定层的所测量的宽度太窄,则生产工艺可以被调节为用增大的宽度来切割随后的层。类似地,如果确定层的所测量的宽度太宽,则生产工艺可以被调节为用减小的宽度来切割随后的层。在另外或另选示例中,调节生产工艺包括:向堆中的层添加另外的材料,将层重新定位在堆上,和/或去除并切割更换层。在示例内,系统可以有利地对生产工艺实施这些动态调节,以没有中断地响应超差情况,从而提高制造效率。

[0040] II.示例复合零件

[0041] 图1A至图1C描绘了根据示例的复合零件100。具体地,图1A描绘了在坐标系102的X-Z平面中的复合零件100的侧的平面图,图1B描绘了在坐标系102的Y-Z平面中的复合零件100的侧的平面图,并且图1C描绘了在坐标系102的X-Y平面中的复合零件的顶视图。为了更清楚地描绘复合零件的方面,图1A中图1C相对于彼此不是等比例。

[0042] 如图1A至图1C所示,复合零件100包括设置在堆112中的多层110复合材料。可以使用的示例复合材料包括轻量材料(诸如未固化的预浸渍加强带或织物(即,“预浸料”))。带或织物可以包括嵌入在基质材料(诸如聚合物,例如,环氧树脂或酚醛树脂)内的多个纤维(诸如石墨纤维)。带或织物根据例如所需的加强程度而可以为单向或编织的。层110可以为提供各种加强程度的任意合适尺寸,并且复合零件100可以包括任意数量的层的预浸料带或织物。

[0043] 层110被铺放在彼此的顶部上,并且排列成预定尺寸和/或预定方位。要堆叠的层110的数量可以取决于复合零件100的最终设计几何结构,由此,复合零件100可以被组装为在预定方位上具有期望厚度。如图1C所示,所例示示例中的层110被定位在堆112中,使得层110围绕公共中心线114对齐,该中心线沿着在层110的两个边缘116之间的中点处的层110的厚度延伸。围绕公共中心线114对齐层110在一些示例中可以有利地促进实现零件规范的特定零件几何结构设计。

[0044] 如图1A至图1C所示,各层110具有沿与坐标系102的Y轴平行的方向延伸的长度、沿与坐标系102的X轴平行的方向延伸的宽度、以及沿与坐标系102的Z轴平行的方向延伸的高度。在所例示的示例中,层110通常具有相同的长度和高度,但具有不同的宽度。同样,在所例示的示例中,层110通常为矩形,并且层110从堆112中的最底层向堆112中的最顶层在宽度上减小。在另外或另选示例中,层110可以具有与在图1A至图1C中描绘的形状、大小和/或取向不同的形状、大小和/或取向。

[0045] III.示例系统

[0046] 图2描绘了根据示例的、用于形成复合零件100的系统200的简化图。如图2所示,系统200可以包括控制器217、切割装置218、定位装置220、层叠装置222、测量装置224、致动器226、固化装置228、以及输入/输出装置230。系统200的这些部件可以以任意方式连接(包括有线或无线连接)。进一步地,在一些示例中,被示出为单个实体的系统200的部件可以分布在多个物理实体之间,并且被示出为多个实体的部件可以被具体实施为单个物理实体。

[0047] 控制器217可以使用硬件、软件和/或固件来实施。例如,控制器217可以包括一个

或更多个存储器232、和存储机器语言指令或其他可执行指令的非暂时计算机可读介质234(例如,易失性和/或非易失性存储器)。指令在由一个或更多个处理器执行时,使得控制器217进行这里所描述的系统200的各种操作。

[0048] 如图2所示,计算机可读介质234存储零件规范236,该零件规范236指定与用于形成复合零件100的生产工艺有关的多个参数。作为示例,零件规范236可以包括与用于复合零件100的一些层、各层110的一个或更多个目标尺寸、用于切割层110的顺序、用于在层叠装置222上定位层110的顺序、各层110在堆112中的目标位置、和/或堆112在生产工艺的各步骤处的目标体积有关的参数。在一个实施方案中,各层110的目标尺寸包括沿着层110的长度的多个位置中的各位置处的目标宽度。作为另外或另选示例,参数可以与工程公差有关,这些工程公差可以为如下面进一步详细描述地确定是否调节生产工艺提供阈值或量。零件规范236的参数还可以包括计算机可读指令,这些计算机可读指令在由控制器217执行时,控制系统200的部件的操作,以进行用于形成复合零件100的生产工艺。

[0049] 在示例中,控制器217可以至少部分基于计算机实施的软件来确定零件规范236,该计算机实施的软件接收与复合零件100的设计有关的输入,并且从输入生成用于系统200的参数。例如,软件可以包括计算机辅助设计(CAD)软件工具,该CAD软件工具指定复合零件100的方面(包括与以上所描述的示例参数中的一个或更多个有关的设计方面)。

[0050] 切割装置218可操作为将材料238一次一层地切割成多层110。在示例中,切割装置218包括切割工具,该切割工具可以沿着一个或更多个机器轴线移动,以跟随基于零件规范236的已编程切割路径。比如,零件规范236的一个或更多个参数可以提供与层110的目标边缘对应的坐标,并且切割工具可以沿着包括坐标的切割路径移动。用于引导切割装置218的坐标可以基于指定沿着各层110的长度的多个位置中的各位置处的目标宽度的零件规范236的参数。由此可见,切割装置218将层110切割至由用于该层110的零件规范236的参数所指定的尺寸。

[0051] 在示例中,切割装置218可以包括具有一个或更多个超声刀具的计算机数字控制(CNC)机器,各超声刀具具有由超声换能器驱动的切割刀。超声刀具可以联接到刀架,该刀架可以沿着一个或更多个机器轴线移动,以跟随基于零件规范236的已编程切割路径。作为另外或另选示例,切割装置218可以包括用于从材料238切割各层110的一个或更多个带锯、刨槽机、刀锯、模具磨床和/或切割轮。

[0052] 层叠装置222具有层叠面240,在该层叠面240上,层110被定位为形成堆112。层叠装置222还具有测量区域242,该测量区域242包括从层叠面240朝向测量装置224延伸的自由空间的体积(如下面进一步详细描述的图3A至图3B所示)。由此可见,当层110在层叠面240上被定位为形成堆112时,层叠装置222在测量区域242中一次一层地接收层110。

[0053] 如图2所示,系统200可以包括定位装置220,该定位装置220促进将层110定位在层叠装置222的测量区域242中。例如,在切割装置218处于第一工位处且层叠装置222处于第二工位处的实施方案中,定位装置220可以包括运输装置,该运输装置用于将层110一次一层地从切割装置218移动至层叠装置222。比如,定位装置220可以包括用于从切割装置218向层叠装置222装备各层110的一个或更多个线轴。

[0054] 作为另一个示例,定位装置220可以包括一个或更多个机器人,所述一个或更多个机器人具有末端执行器,该末端执行器可以物理地操纵各层110,以将各层110相对于彼此

定位在测量区域242中。可以基于零件规范236来控制机器人。比如,零件规范236的参数可以针对各层的目标位置指定层叠装置222上的坐标,并且机器人可以将层110移动至目标位置。

[0055] 作为另外示例,定位装置220可以包括用于促进层110在层叠面240上的手动层叠的物理模板和/或光投射模板。模板的操作也可以基于零件规范236。比如,光投射模板可以基于用于由零件规范236的参数提供的光图案的坐标,而在层叠面240上投射指示各层110的位置的光图案。

[0056] 在另外或另选示例中,定位装置220可以与切割装置218组合。比如,在一些示例中,切割装置218可以大致同时地切割各层110,并将层110定位在层叠装置222上。在一个实施方案中,材料238被置于堆112上,切割装置218然后从堆112上在原位的材料切割下一层110,并且去除任意额外的材料238。在另一个实施方案中,切割装置218可以在单个连续操作中分发材料238、从材料238切割层110并定位层110。

[0057] 测量装置224可操作以扫描测量区域242,以确定层叠面240上的层110的图像。在示例内,测量装置224可以包括位移传感器(例如,激光位移传感器和/或超声位移传感器),该位移传感器可以在测量区域242中的多个点处测量(i)测量装置224与在测量区域242和/或层叠面240中的(ii)层110之间的距离。在测量区域242中的各点处测量的相应距离与该点处的相应高度测量对应。由测量装置224获得的高度测量可以空间地映射到测量区域242中的相应点,以确定在测量区域242中的层110的图像。

[0058] 为了促进在测量区域242中的点上扫描测量装置224,致动器226可操作以使测量装置224相对于测量区域242移动。在示例内,致动器226可以包括用于使测量装置224移动的一个或更多个机械致动器、液压致动器、气动致动器、和/或机电致动器。在一个示例中,致动器226可以包括线性致动器,该线性致动器可操作以使测量装置224以沿着测量区域242中的层110的长度的单个维度来移动。在另一个示例中,致动器226可操作为使测量装置224以多个维度移动。使测量装置224以多个维度移动比如在以下实施方案中可以是有利的:需要移动测量装置224,以在层110和/或测量区域242的整个宽度上扫描。

[0059] 通常,致动器226可操作以使测量装置224移动,以允许测量装置224获得在测量区域242中的多个点处的距离和/或高度测量。作为示例,致动器226可操作以促进测量装置224跨测量区域242的宽度的每近似0.1毫米(即,近似0.0039英寸)且沿着测量区域242的长度的每近似4毫米(即,近似0.1575英寸)获得测量。由此,针对近似60毫米(即,近似2.3622英寸)宽和近似185毫米(即,近似7.2834英寸)长的层110,测量装置224测量在测量区域242中的近似27750个点的相应距离。

[0060] 图3A至图3B描绘了根据示例的、扫描测量区域242中的三个层110的测量装置224的侧视图。在图3A至图3B中,各层110具有沿与坐标系102的Y轴平行的方向延伸的长度、沿与坐标系102的X轴平行的方向延伸的宽度、以及沿与坐标系102的Z轴平行的方向延伸的高度。为了更清楚地描绘这些特征的方面,图3A至图3B相对于彼此不是等比例。

[0061] 如图3A至图3B所示,层110设置在层叠面240上的堆112中,该层叠面240是在测量区域242的第一平面(即,与坐标系102的X-Y平面平行的平面)中延伸的平坦面。也如图3A至图3B所示,测量装置224可以从测量区域242的第一端242A向测量区域242的第二端242B沿着层叠面240上方的轨道344移动。轨道344由此引导测量装置224在第二平面中的移动,该

第二平面与第一平面平行且间隔固定距离。这允许测量装置224以上下方式沿着层110的长度扫描。

[0062] 返回参照图2,固化装置228可操作以固化堆112。例如,固化装置228可以包括用于向堆112的层110施加热量和/或压力的高压釜和/或真空袋系统。

[0063] 输入/输出单元230包括被配置为从用户接收输入和/或向用户提供输出的一个或更多个装置。例如,输入/输出单元230可以包括被配置为向用户输出信息的显示器。在一个实施方案中,显示器是被配置为向用户输出信息且接收用户输入的触摸屏。输入/输出单元230可以另外和/或另选地包括:被配置为接收用户输入的一个或更多个按钮、开关、控制杆、麦克风等,和/或被配置为向用户呈现视觉/听觉输出的一个或更多个扬声器、指示灯等。如上所述,输入/输出单元230通信地联接到控制器217,以便从用户接收输入和/或向用户提供输出。

[0064] 在示例内,系统200可以被配置为自主和/或半自主操作。进一步地,系统200根据一个示例在图2中为了例示目的而示出,并且在另外或另选示例中可以包括更多或更少部件。

[0065] IV.示例操作

[0066] 在操作中,系统200进行包括用于形成复合零件100的一系列操作的生产工艺。在示例内,生产工艺包括(i)由切割装置218基于零件规范236一次一层切割序列中的多层110材料;(ii)一次一层且基于零件规范236来定位层,以在层叠装置222的测量区域242中形成堆112;(iii)在定位各层110之后,评价层110,以决定在切割序列中的下一层之前是否调节生产工艺;以及(iv)如果决定是调节生产工艺,那么基于评价来确定并实施对生产工艺的调节。

[0067] 为了切割层,切割装置218首先从材料供应接收材料238。切割装置218然后基于零件规范236来一次一层地切割序列中的多层110材料238。如上所述,可以基于零件规范236的参数来控制切割装置218的操作。例如,切割装置218可以基于零件规范236的参数将已编程序列中的已编程数量的层切割成已编程的尺寸。

[0068] 在一个实施方案中,切割装置218可以通过基于由用于各层110的零件规范26的参数指定的坐标沿着已编程切割路径移动,来切割该层110。由此,由零件规范236提供的坐标可以促进根据沿着层110的长度的多个位置处的一个或更多个目标宽度切割各层110。在一个实施方案中,坐标可以表示期望对层110的目标宽度的变化的转折点。

[0069] 层110一次一层且基于零件规范236定位为在层叠装置222的测量区域242中形成堆112。例如,定位装置220可以基于由零件规范236的参数指定的坐标相对于彼此来定位层110。坐标可以表示层110的目标位置。在一个实施方案中,层110的目标位置被配置为将各层110的中心线114与堆112中的其他层的中心线114对齐。

[0070] 如上所述,基于零件规范236定位层110可以另外或另选地包括:根据由零件规范236指定的层110的序列一次一层地定位层110。在示例内,序列中的第一层110被定位在层叠面240上,以开始形成堆112,并且序列中各随后的层110然后定位在序列中的之前层110的顶部上。

[0071] 为了在层110被定位在测量区域中之后且在切割序列中的下一层之前评价各层110,测量装置224沿着层110的长度扫描,以确定层110的图像。在示例中,在沿着层110的长

度扫描的同时,测量装置224测量在测量区域242中的多个点处的高度。测量装置224和/或控制器然后可以将各点处所测量的高度空间地映射到测量区域242,以形成图像。在一个实施方案中,控制器217还通过将多个灰度值编码为不同的高度测量,来生成图像的图形表示。输入/输出装置230可以向操作员输出图形表示。

[0072] 基于图像,控制器217确定层110的至少两个边缘116。例如,控制器217可以确定测量区域242中的第一组多个点和测量高度变化大于阈值量的测量区域中的第二组多个点。阈值量例如可以基于层110的厚度。

[0073] 图4A描绘了根据示例的、针对沿着层110的长度的单个位置在测量区域242中的点处测量的高度的曲线图400,并且图4B描绘了图4A所示的图的斜率的曲线图402。如图4A至图4B所示,由测量高度且由此斜率变化大于阈值量的点404来指示层110的边缘116。作为一个示例,阈值量在图4B的所例示示例中可以近似0.0025的斜率变化。

[0074] 基于至少两个边缘116,控制器217确定沿着层110的长度的各个位置处的测量宽度。例如,控制器217可以通过确定与位置处的层110的边缘116对应的第一组中的点与第二组中的点之间的距离,来确定各位置处的所测量的宽度。

[0075] 控制器217然后执行各个位置处层110的所测量的宽度与该位置处的目标宽度的比较,该目标宽度由零件规范236的参数来指定。控制器217接着基于比较确定是否在切割序列中的下一层之前调节生产工艺。例如,控制器217可以通过确定各位置处的所测量的宽度与目标宽度之间的差来执行比较,然后确定该差是否大于阈值量。如果至少一个位置的所测量的宽度与目标宽度之间的差大于阈值量,则控制器217可以决定调节生产工艺。在一个示例中,用于所测量的宽度与目标宽度之间的差的阈值量可以近似为0.03英寸(即,近似0.762毫米)。

[0076] 作为另一个示例,控制器217可以通过确定所测量的宽度中的过渡位置相对于目标宽度的过渡位置之间的差来执行比较。比如,在一些实施方案中,零件规范236可以指定在层110的长度上变化的目标宽度。目标宽度变化的位置可以被称为宽度过渡位置。在这种实施方案中,控制器217可以基于所测量的宽度来确定一个或更多个宽度过渡位置,并且确定所测量的宽度的宽度过渡位置与目标宽度的对应宽度过渡位置之间的差。如果所测量的宽度与目标宽度的宽度过渡位置之间的差大于阈值量,则控制器217可以决定调节生产工艺。在一个示例中,用于所测量的宽度和目标宽度的宽度过渡位置的差的阈值量可以近似为0.1英寸(即,近似2.54毫米)。

[0077] 图5A描绘了根据示例的、沿着一个层110的长度的多个位置处的目标宽度的曲线图500。如图5A所示,目标宽度在该示例中可以在多个宽度过渡位置508处变化。图5B描绘了在示例过渡位置处的、图5A所示的曲线图500的一部分的放大图。另外,图5B描绘了基于零件规范236的目标宽度、基于用于所测量的宽度与目标宽度之间的差的阈值量的层的最大可允许宽度、以及基于阈值量的最小可允许宽度。在图5B的示例中,阈值量为0.03英寸。图5B还描绘了基于目标宽度和用于宽度过渡位置的差的阈值量0.1英寸的最大可允许宽度过渡位置和最小可允许宽度过渡位置。

[0078] 如果控制器217决定调节生产工艺,那么基于各位置处的所测量的宽度与目标宽度的比较来调节生产工艺,在一个示例中,控制器217通过基于各位置处的所测量的宽度与目标宽度之间的差调节用于切割下一层的零件规范236的至少一个参数来调节生产工艺。

比如,如果层110的所测量的宽度在第一位置处小于目标宽度,则控制器217可以通过增大零件规范236中的下一层的第一位置处的目标宽度来调节零件规范236的参数。类似地,如果层110的测量宽度在第一位置处大于目标宽度,则控制器217可以通过减小零件规范236中的下一层的第一位置处的目标宽度来调节零件规范236的参数。由此,在生产工艺继续切割下一层110时,切割装置218将被编程为跟随穿过材料的已调节切割路径,以减轻在层110的评价期间识别的超差情况。

[0079] 在另外或另选示例中,控制器217可以通过针对堆112中的剩余层110中的多于一个层增大和/或减小目标宽度,来调节零件规范236的参数。例如,控制器217可以通过针对堆112中的、下两层110、下三层110、下四层110等增大和/或减小目标宽度,来调节零件规范236的参数。这可以提供为由对多层110的更小调节代替对单层110的较大调节来减轻超差情况。

[0080] 在另外或另选示例中,调节生产工艺包括向堆112中的层110添加另外材料。比如,控制器217可以基于在位置处的所测量的宽度与目标宽度之间的差来确定要在该位置处添加到层110的材料量。然后在该位置处向层110添加所确定的量的复合材料,以减轻超差情况。

[0081] 在另外或另选示例中,调节生产工艺包括在切割序列中的下一层之前去除并切割更换层110。通过在切割序列中的下一层之前基于层110的评价调节生产工艺,系统200可以有利地对生产工艺实施这些动态调节,以不中断地对超差情形响应,从而提高制造效率。

[0082] 在示例内,控制器217另外或另选地通过基于至少两个边缘116确定层的中心线114,并将中心线114与参考中心线进行比较,来评价层110。例如,控制器217可以通过确定沿着层110的长度在层110的边缘116之间相等隔开的、测量区域242中的一组点,来确定中心线114。参考中心线可以是序列中第一层的中心线114。控制器217可以通过确定层110的中心线114与参考中心线之间的差,并确定该差是否大于阈值量,来将层110的中心线114与参考中心线进行比较。

[0083] 在一个示例中,如果控制器217确定该差大于阈值量,那么层110被重新定位在堆112上,以减小层110的中心线114与参考中心线之间的差。在另一个示例中,如果控制器217确定该差大于阈值量,那么从堆112去除层110并重新切割,以减小层110的中心线114与参考中心线之间的差。

[0084] 同样,在示例内,控制器217另外或另选地通过基于至少两个边缘116确定层的表面积来评价层110。基于层110的所确定的表面积和层110的已知厚度,控制器217可以确定存在于定位层110之后的测量区域242中的堆112的体积。控制器217然后将所测量的体积与在生产工艺的该阶段预期在测量区域242中的堆112的目标体积进行比较。零件规范236可以指定用于生产工艺的各阶段的目标体积。

[0085] 控制器217然后基于所测量的体积与目标体积的比较,来决定是否调节用于切割序列中的下一层的零件规范236的至少一个参数。比如,控制器217可以确定在所测量的体积与目标体积之间的差是否大于阈值量,并且如果是这样的话,那么控制器217可以决定调节参数。如果控制器217决定调节参数,那么控制器217可以调节用于切割下一层的零件规范236的至少一个参数。

[0086] 比如,如果测量体积小于目标体积,则控制器217可以通过增大零件规范236中的

下一层的一个或更多个位置处的目标宽度,来调节零件规范236的参数。类似地,如果测量体积大于目标体积,则控制器217可以通过减小零件规范236中的下一层的一个或更多个位置处的目标宽度,来调节零件规范236的参数。由此,在生产工艺继续切割下一层时,切割装置218将被编程为跟随穿过材料的已调节切割路径,以减轻复合零件100在完成生产工艺时具有不可接受体积的风险。

[0087] 在另外或另选示例中,调节生产工艺包括向堆112中的层110添加另外材料,和/或在切割序列中的下一层之前去除并切割更换层110,以减轻复合零件100具有不可接受体积的风险。

[0088] 在所有层110已经被切割并定位在堆112中之后,固化装置228固化层110。例如,固化装置228可以施加热量和/或压力,以将层的堆固化成具有根据零件规范236的设计的尺寸和特性的最终复合零件100。

[0089] 现在参照图6,根据示例描绘了用于形成复合零件的工艺600的流程图。在块610处,工艺600包括基于零件规范一次一层地切割序列中的多层材料。零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数。在块612处,工艺600包括如下步骤:一次一层且基于零件规范定位多层,以在层叠装置的测量区域中形成堆。

[0090] 在块614处,工艺600包括:针对各层,在定位层之后且在切割序列中的下一层之前,执行包括块614A至614F的多个步骤。如块614A处所示,步骤包括沿着层的长度扫描,以确定层的图像。在块614B处,步骤包括基于图像来确定层的至少两个边缘。在块614C处,步骤包括基于至少两个边缘,来确定沿着层的长度的多个位置处的所测量的宽度。在块614D处,步骤包括执行各位置处层的所测量的宽度与该位置处的目标宽度的比较。由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度。

[0091] 在块614E处,步骤包括基于比较来决定是否调节生产工艺。在块614F处,如果在块614E处决定是调节生产工艺,那么步骤包括基于各位置处的所测量的宽度与目标宽度的比较来调节生产工艺。针对至少一层,块614E处的决定是调节生产工艺。

[0092] 图7至图18描绘了根据另外示例的工艺600的另外方面。如图7所示,块614A处的沿着层的长度扫描以确定图像可以包括:在块616处针对测量区域中的多个点测量各点处相应高度,并且在块618处通过将各点处的所测量的高度空间映射到测量区域来确定图像。如图8所示,在块614B处确定至少两个边缘可以包括:在块720处确定所测量的高度变化大于阈值量的第一组多个点和第二组多个点。

[0093] 如图9所示,在块614F处调节生产工艺包括在块622处确定多个位置中的第一位置处的所测量的宽度与目标宽度之间的差,并且在块624处基于该差来调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数。

[0094] 如图10所示,在块624处调节零件规范的至少一个参数可以包括:在块624A处增大零件规范中下一层的第一位置处的目标宽度,其中,所测量的宽度在第一位置处小于目标宽度。如图11所示,在块624处调节零件规范的至少一个参数可以包括:在块624B处减小零件规范中下一层的第一位置处的目标宽度,其中,所测量的宽度在第一位置处大于目标宽度。

[0095] 如图12所示,在块614F处调节生产工艺包括在块626处确定多个位置中的第一位置处的所测量的宽度与目标宽度之间的差,并且在块628处基于该差确定要在第一位置处

添加到层的材料的量，并且在块630处在第一位置处向层添加该量的材料。

[0096] 如图13所示，在块614F处调节生产工艺包括在块632处从堆去除层，在块634处切割材料的更换层，并且在块632处切割更换层且在块634处从堆去除层之后，在块636处将更换层定位在堆上。

[0097] 如图14所示，工艺600还可以包括在块638处基于在块614C针对第一层所确定的至少两个边缘，来确定序列中的第一层的参考中心线。在块640处，工艺600还包括针对第一层之后的序列中的各层，执行在块640A至640D中所示的多个步骤。在块640A处，步骤包括基于针对层确定的至少两个边缘来确定该层的中心线。在块640B处，步骤包括确定层的中心线与参考中心线之间的差。在块640C处，步骤包括确定该差是否大于阈值量。在块640D处，响应于该差大于阈值量，步骤包括将层重新定位在堆上，以减小层的中心线与参考中心线之间的差。

[0098] 如图15所示，在块642处，工艺600还可以包括针对各层，执行在块642A至642E中所示的一系列步骤。在块642A处，工艺600包括基于至少两个边缘来确定层的表面积。在块642B处，工艺600包括基于表面积来确定在测量区域中的堆的所测量的体积。在块642C处，工艺600包括将所测量的体积与在测量区域中的堆的目标体积进行比较。零件规范指定目标体积。在块642D处，工艺600包括基于所测量的体积与目标体积的比较而决定是否调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数。在块642E处，如果在块642D处决定调节零件规范的至少一个参数，那么工艺包括基于该比较来调节至少一个参数。针对至少一层，在块642D处基于所测量的体积与目标体积的比较的决定是调节至少一个参数。

[0099] 如图16所示，在块642E处调节用于切割下一层的零件规范的至少一个参数包括：在块644处针对沿着下一层的长度的至少一个位置减小目标宽度，其中，所测量的体积大于目标体积。如图17所示，在块642E处调节用于切割下一层的零件规范的至少一个参数包括：在块646处针对沿着下一层的长度的至少一个位置增大目标宽度，其中，所测量的体积小于目标体积。

[0100] 如图18所示，在块614A处沿着层的长度扫描可以包括：在块648处，使激光位移传感器在与第一平面平行的第二平面中从测量区域的第一端移至测量区域的第二端。堆被定位在平坦面上，该平坦面在测量区域的第一平面中延伸，并且第一平面与第二平面间隔固定距离。

[0101] V.示例变体

[0102] 在图3A至图3B所描绘的示例中，层叠面240是平坦面；然而，在另一个示例中，层叠面240可以是具有三维形状的心轴上的面。另外，在图1A至图1C以及图3A至图3B所描绘的示例中，层具有大致矩形形状；然而，在另外或另选示例中，层可以具有不同的形状和大小。

[0103] 由这里所用的术语“大致”或“大约”，意指所列举的特性、参数或值不需要确切实现，而是意指偏差或差异（例如包括公差、测量误差、测量准确度限制以及为本领域技术人员已知的其他因素）可以在不排除特性旨在提供的效果的量上发生。

[0104] 上面已经描述了示例方面。然而，在研究这里所描述的配置、示例以及结构之后，技术人员可以将理解，可以在不偏离本公开的真实范围和精神的情况下进行变更和修改。对不同有利方面的描述是为了例示和描述的目的而提出的，并非旨在穷尽，或者限于所公开的形式。在查阅本公开之后，许多修改例和变型例将对本领域普通技术人员变得明显。进

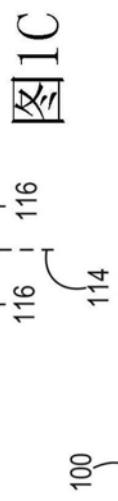
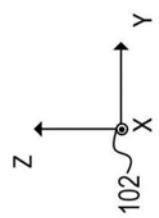
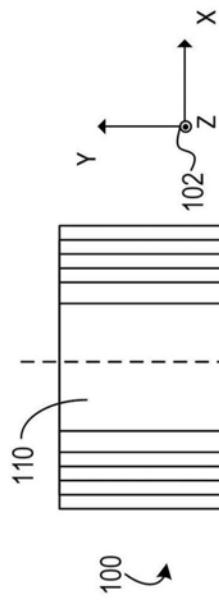
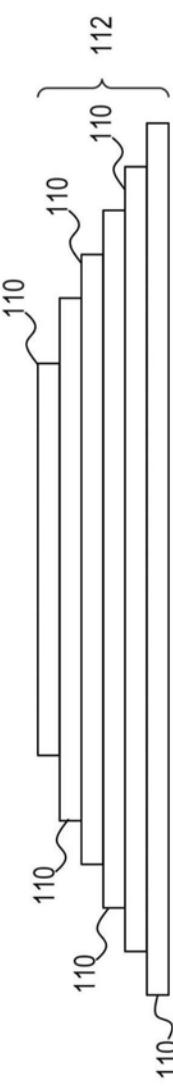
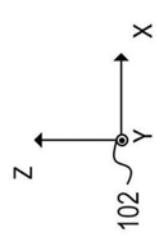
一步地,不同的有利方面可以提供与其他有利方面相比的不同优点。选择并描述所选示例方面以便说明本公开的原理、实际应用,并且使得本领域其他普通技术人员能够理解本公开,以及适合于所设想的具体用途的各种变型。

- [0105] 进一步地,公开包括根据以下条款的示例:
- [0106] 1.一种用于形成复合零件的方法,该方法包括如下步骤:
 - [0107] 基于零件规范来一次一层地切割序列中的多层材料,其中,零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数;
 - [0108] 一次一层且基于零件规范来定位多层,以在层叠装置的测量区域中形成堆;
 - [0109] 针对各层,在定位层之后且在切割序列中的下一层之前,进行如下操作:
 - [0110] 沿着层的长度扫描,以确定层的图像;
 - [0111] 基于图像来确定层的至少两个边缘;
 - [0112] 基于所述至少两个边缘,来确定沿着层的长度的多个位置处的测量宽度;
 - [0113] 执行各位置处的层的测量宽度与位置处的目标宽度的比较,其中,由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度;
 - [0114] 基于比较来决定是否调节生产工艺;以及
 - [0115] 如果决定是调节生产工艺,那么基于各位置处的测量宽度与目标宽度的比较来调节生产工艺,
 - [0116] 其中,针对至少一层,决定是调节生产工艺。
 - [0117] 2.条款1的方法,其中,沿着层的长度扫描以确定图像包括:
 - [0118] 针对测量区域中的多个点测量各点处的相应高度;以及
 - [0119] 通过将各点处的测量高度空间地映射到测量区域确定图像。
 - [0120] 3.条款2的方法,其中,确定至少两个边缘的步骤包括:确定测量高度变化大于阈值量的第一组多个点和第二组多个点。
 - [0121] 4.条款1的方法,其中,调节生产工艺包括:
 - [0122] 确定多个位置中的第一位置处的测量宽度与目标宽度之间的差;以及
 - [0123] 基于差调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数。
 - [0124] 5.条款4的方法,其中,测量宽度小于第一位置处的目标宽度,并且,
 - [0125] 其中,调节零件规范的至少一个参数的步骤包括:增大用于零件规范中的下一层的第一位置处的目标宽度。
 - [0126] 6.条款4的方法,其中,测量宽度大于第一位置处的目标宽度,并且,
 - [0127] 其中,调节零件规范的至少一个参数的步骤包括:减小用于零件规范中的下一层的第一位置处的目标宽度。
 - [0128] 7.条款1的方法,其中,调节生产工艺包括:
 - [0129] 确定多个位置中的第一位置处的测量宽度与目标宽度之间的差;
 - [0130] 基于该差来确定要在第一位置处添加到层的材料的量;以及
 - [0131] 在第一位置处将该量的材料添加到层。
 - [0132] 8.条款1的方法,其中,调节生产工艺包括:
 - [0133] 从堆去除层;
 - [0134] 切割材料的更换层;以及

- [0135] 在切割更换层并从堆去除层之后,将更换层定位在堆上。
- [0136] 9. 条款1的方法,还包括如下步骤:
- [0137] 基于针对第一层确定的至少两个边缘,来确定序列中的第一层的参考中心线;
- [0138] 针对第一层之后的序列中的各层,进行如下操作:
- [0139] 基于针对层确定的至少两个边缘,来确定层的中心线;
- [0140] 确定层的中心线与参考中心线之间的差;
- [0141] 确定该差是否大于阈值量;以及
- [0142] 响应于该差大于阈值量,将层重新定位在堆上,以减小层的中心线与参考
- [0143] 中心线之间的差。
- [0144] 10. 条款1的方法,还包括如下步骤:
- [0145] 针对各层,进行如下操作:
- [0146] 基于至少两个边缘来确定层的表面积;
- [0147] 基于表面积来确定在测量区域中的堆的测量体积;
- [0148] 将测量体积与在测量区域中的堆的目标体积进行比较,其中,零件规范指定目标体积;
- [0149] 基于测量体积与目标体积的比较来决定是否调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数;以及
- [0150] 如果决定调节零件规范的至少一个参数,那么
- [0151] 基于比较调节至少一个参数,
- [0152] 其中,针对至少一层,基于测量体积与目标体积的比较的决定是调节至少一个参数。
- [0153] 11. 条款10的方法,,其中,测量体积大于目标体积,并且
- [0154] 其中,调节用于切割下一层的零件规范的至少一个参数的步骤包括:沿着下一层的长度的至少一个位置减小目标宽度。
- [0155] 12. 条款10的方法,其中,测量体积小于目标体积,并且
- [0156] 其中,调节用于切割下一层的零件规范的至少一个参数的步骤包括:沿着下一层的长度的至少一个位置增大目标宽度。
- [0157] 13. 条款1的方法,其中,堆被定位在平坦面上,该平坦面在测量区域的第一平面中延伸,
- [0158] 其中,沿着层的长度扫描的步骤包括:使激光位移传感器在与第一平面平行的第二平面中从测量区域的第一端移至测量区域的第二端,并且
- [0159] 其中,第一平面与第二平面间隔固定距离
- [0160] 14. 一种用于形成复合零件的系统,该系统包括:
- [0161] 切割装置,该切割装置用于一次一层地切割多层材料;
- [0162] 测量区域,该测量区域用于一次一层地接收多层,以形成堆;
- [0163] 测量装置,该测量装置用于扫描测量区域;以及
- [0164] 控制器,该控制器被配置为进行如下操作:
- [0165] 使切割装置基于零件规范一次一层地切割序列中的多层,其中,零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数;并且

- [0166] 针对各层,当在测量区域中接收该层之后且在使切割装置切割序列中的下一层之前:
- [0167] 使测量装置沿着层的长度扫描,以确定层的图像;
- [0168] 基于图像来确定层的至少两个边缘;
- [0169] 基于所述至少两个边缘来确定沿着层的长度的多个位置处的测量宽度;
- [0170] 执行各位置处的层的测量宽度与位置处的目标宽度的比较,其中,由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度;
- [0171] 基于比较来决定是否调节生产工艺;以及
- [0172] 如果决定是调节生产工艺,那么基于比较来调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数,
- [0173] 其中,针对至少一层,该决定是调节生产工艺。
- [0174] 15. 条款14的系统,其中,测量装置是激光位移传感器。
- [0175] 16. 条款14的系统,其中,控制器还被配置为进行如下操作:
- [0176] 基于针对第一层确定的至少两个边缘来确定序列中的第一层的参考中心线;
- [0177] 针对第一层之后的序列中的各层,进行如下操作:
- [0178] 基于针对层确定的至少两个边缘来确定层的中心线;
- [0179] 确定层的中心线与参考中心线之间的差;
- [0180] 确定该差是否大于阈值量;以及
- [0181] 响应于该差大于阈值量,将层重新定位在堆上,以减小层的中心线与参考
- [0182] 中心线之间的差。
- [0183] 17. 条款14的系统,其中,控制器还被配置为进行如下操作:
- [0184] 针对各层进行如下操作:
- [0185] 基于至少两个边缘来确定层的表面积;
- [0186] 基于表面积来确定在测量区域中的堆的测量体积;
- [0187] 将测量体积与在测量区域中的堆的目标体积进行比较,其中,零件规范指定目标体积;
- [0188] 基于测量体积与目标体积的比较,来决定是否调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数;以及
- [0189] 如果决定调节零件规范的至少一个参数,那么
- [0190] 基于该比较来调节至少一个参数,
- [0191] 其中,针对至少一层,基于测量体积与目标体积的比较的决定是调节零件规范的至少一个参数。
- [0192] 18. 一种存储有程序指令的非暂时计算机可读介质,所述程序指令在由控制器执行时,使复合零件生产系统执行一组动作,其中,复合零件生产系统包括:切割装置,该切割装置用于切割多层材料;测量区域,该测量区域用于接收所述多层,以形成堆;以及测量装置,该测量装置用于扫描测量区域,所述一组动作包括:
- [0193] 由切割装置且基于零件规范一次一层地切割序列中的多层,其中,零件规范指定用于形成复合零件的生产工艺的参数;
- [0194] 一次一层且基于零件规范定位多层,以在测量区域中形成堆;以及

- [0195] 针对各层,在定位层之后且在切割序列中的下一层之前进行如下操作:
- [0196] 由测量装置沿着层的长度扫描,以确定层的图像;
- [0197] 基于图像来确定层的至少两个边缘;
- [0198] 基于至少两个边缘来确定沿着层的长度的多个位置处的测量宽度;
- [0199] 执行各位置处的层的测量宽度与位置处的目标宽度的比较,其中,由零件规范指定的参数包括沿着层的长度的各位置处的目标宽度;
- [0200] 基于比较来决定是否调节生产工艺;以及
- [0201] 如果决定是调节生产工艺,那么基于该比较来调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数,
- [0202] 其中,针对至少一层,该决定是调节生产工艺。
- [0203] 19. 条款18的非暂时计算机可读介质,其中,所述一组动作还包括:
- [0204] 基于针对第一层确定的至少两个边缘,来确定序列中的第一层的参考中心线;
- [0205] 针对第一层之后的序列中的各层,进行如下操作:
- [0206] 基于针对层确定的至少两个边缘来确定层的中心线;
- [0207] 确定层的中心线与参考中心线之间的差;
- [0208] 确定该差是否大于阈值量;以及
- [0209] 响应于该差大于阈值量,将层重新定位在堆上,以减小层的中心线与参考中心线之间的差。
- [0210] 20. 条款18的非暂时计算机可读介质,其中,所述一组动作还包括:
- [0211] 针对各层,进行如下操作:
- [0212] 基于至少两个边缘确定层的表面积;
- [0213] 基于表面积确定在测量区域中的堆的测量体积;
- [0214] 将测量体积与在测量区域中的堆的目标体积进行比较,其中,零件规范指定目标体积;
- [0215] 基于测量体积与目标体积的比较,来决定是否调节用于切割序列中的下一层的零件规范的至少一个参数;以及
- [0216] 如果决定调节零件规范的至少一个参数,那么
- [0217] 基于该比较来调节至少一个参数,
- [0218] 其中,针对至少一层,基于测量体积与目标体积的比较的决定是调节零件规范的至少一个参数。



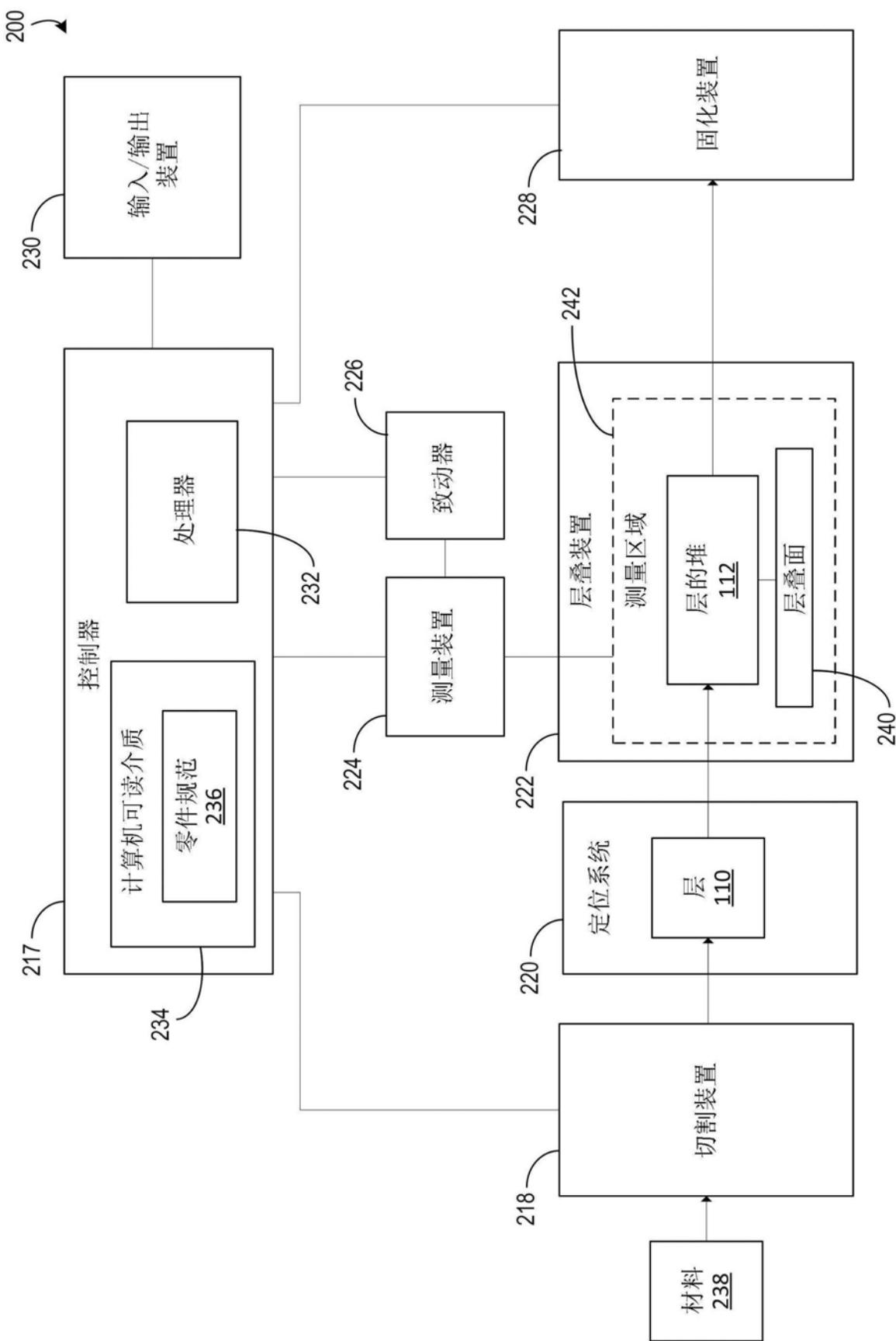


图2

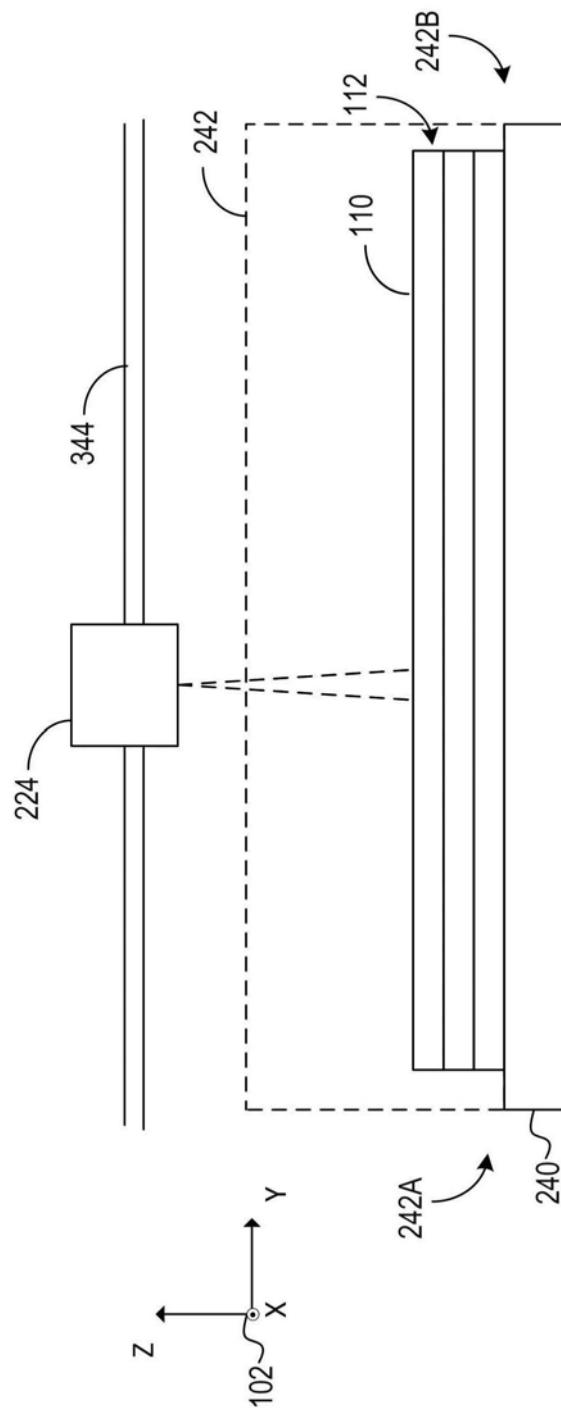


图3A

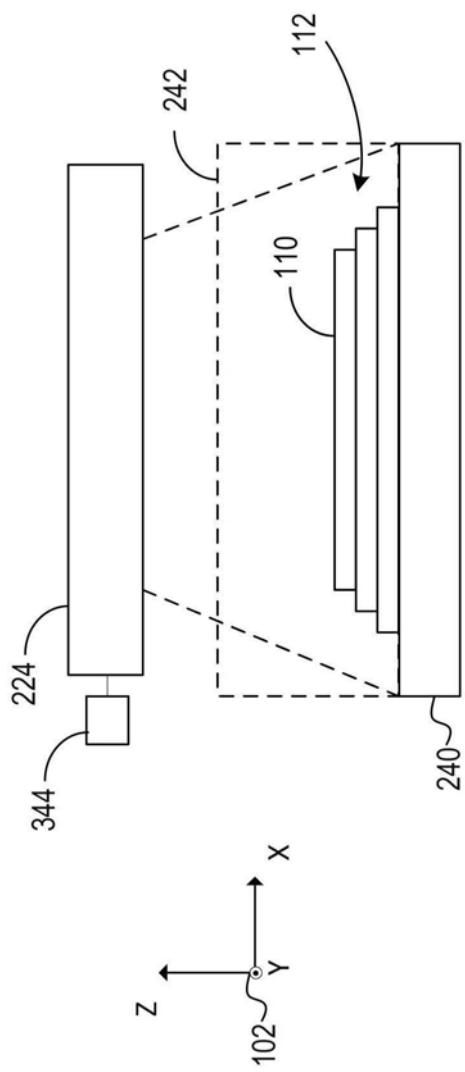


图3B

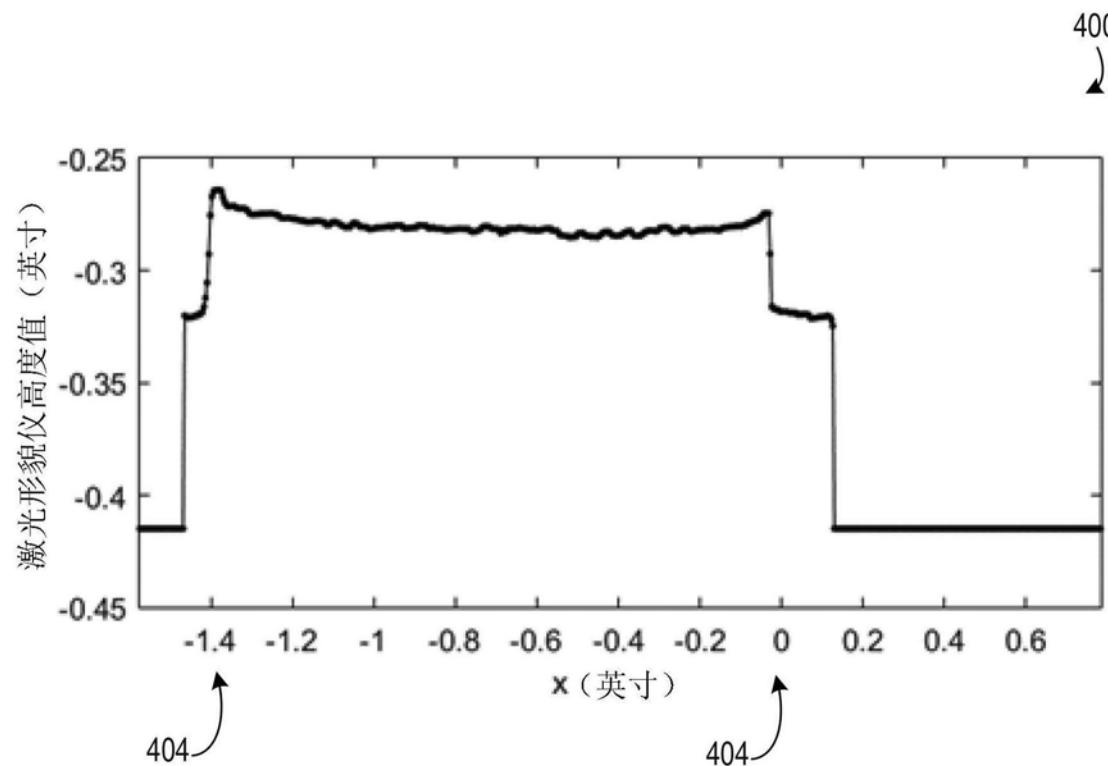


图4A

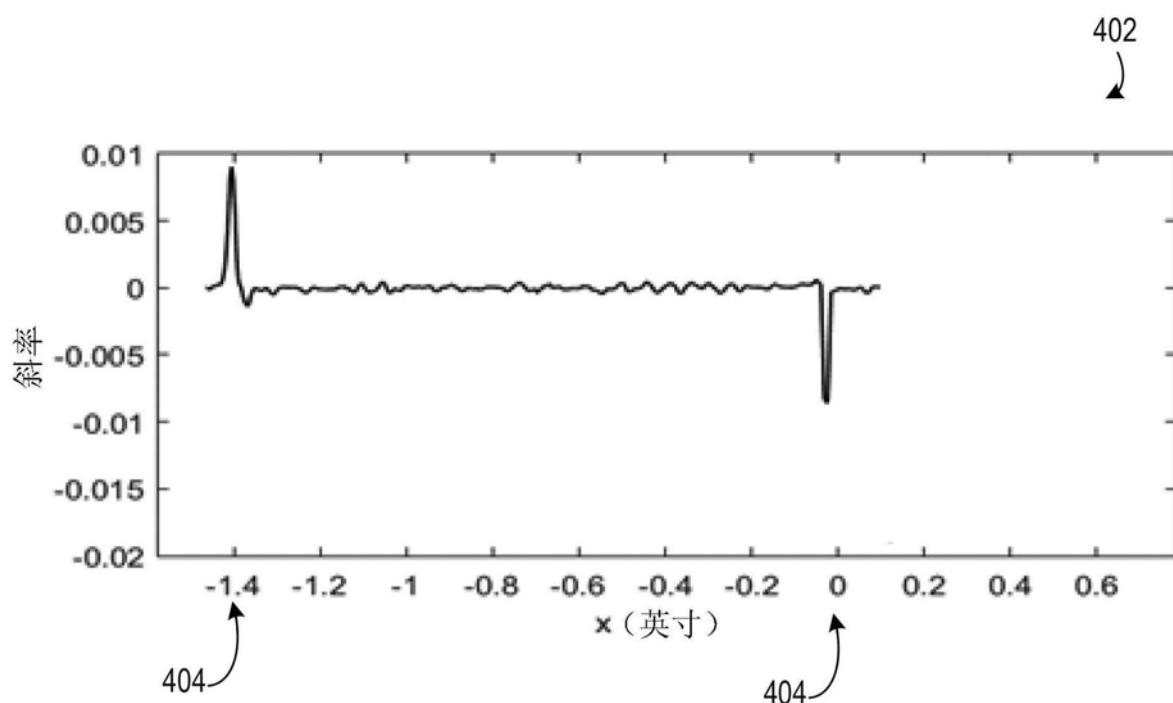


图4B

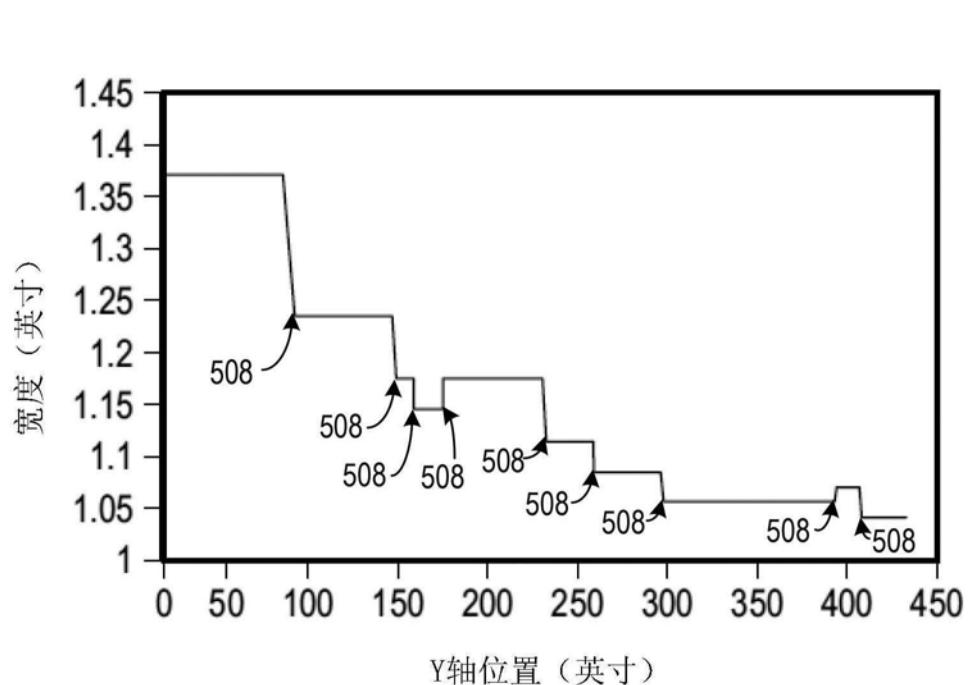


图5A

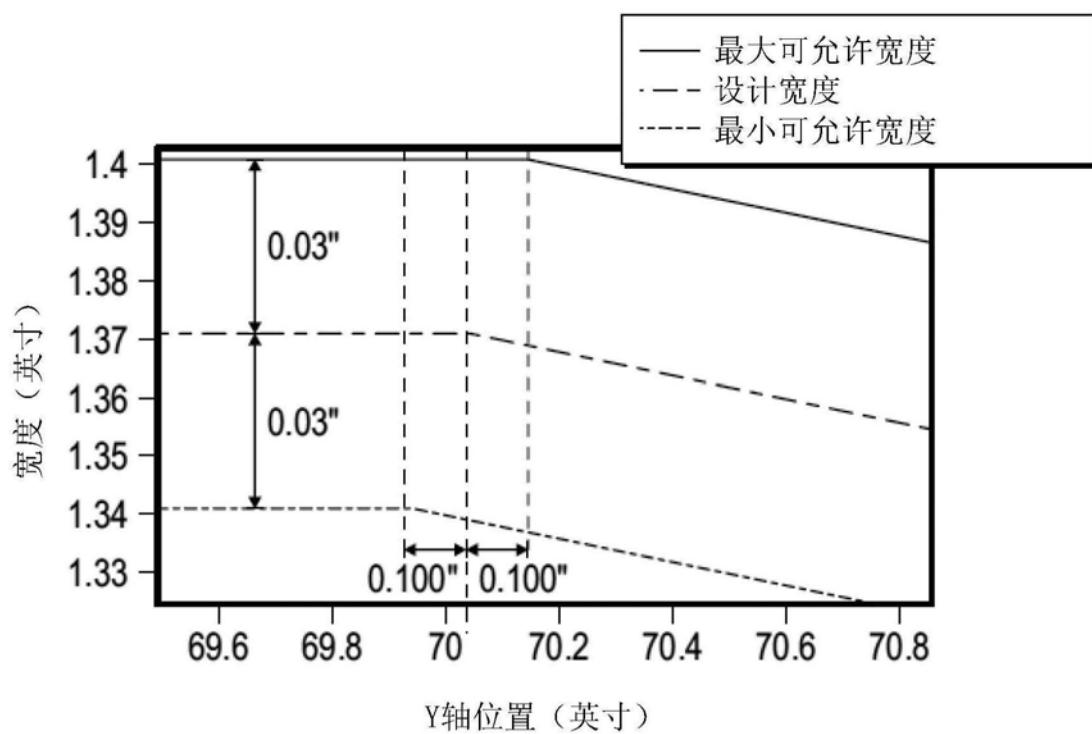


图5B

600

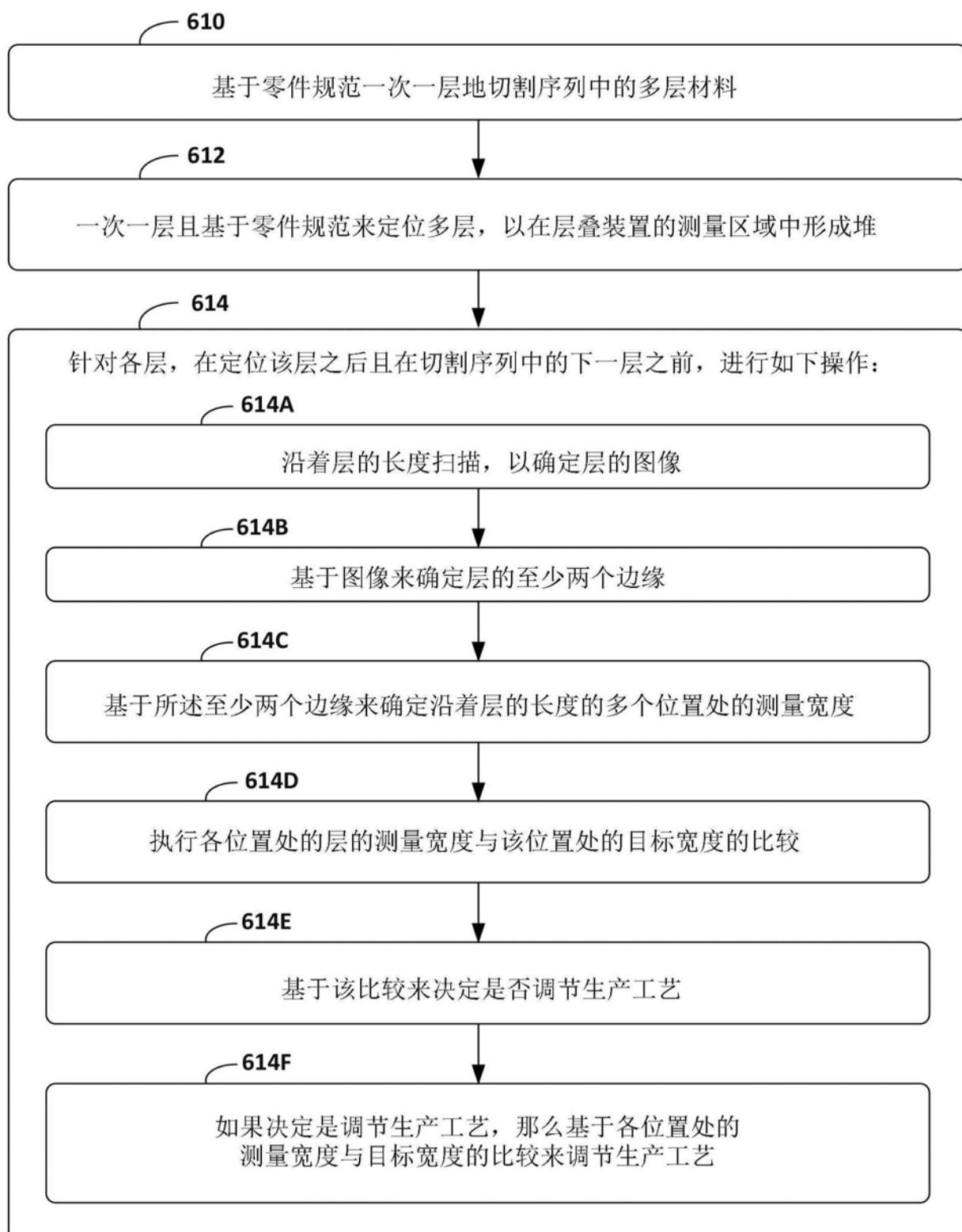


图6

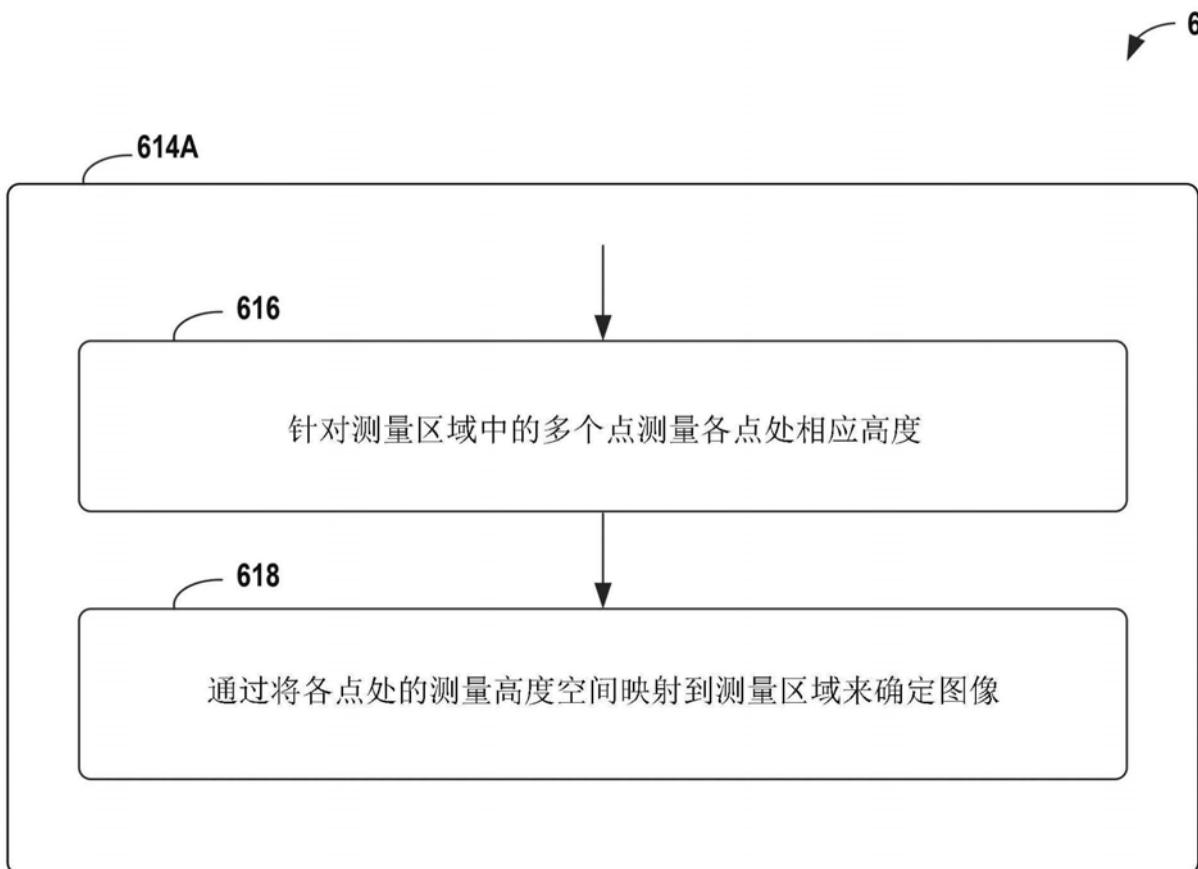


图7

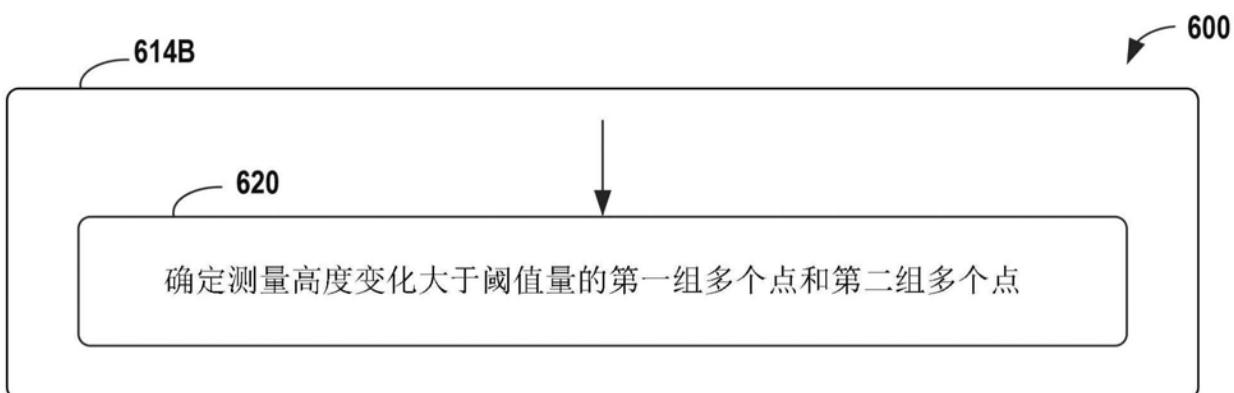


图8

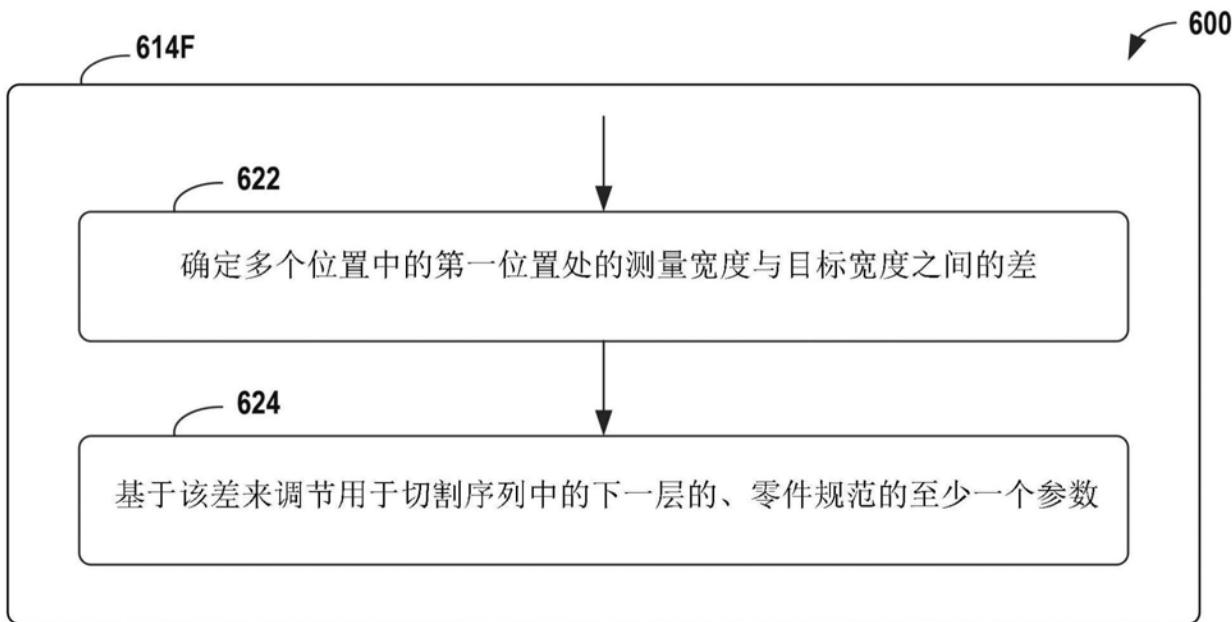


图9

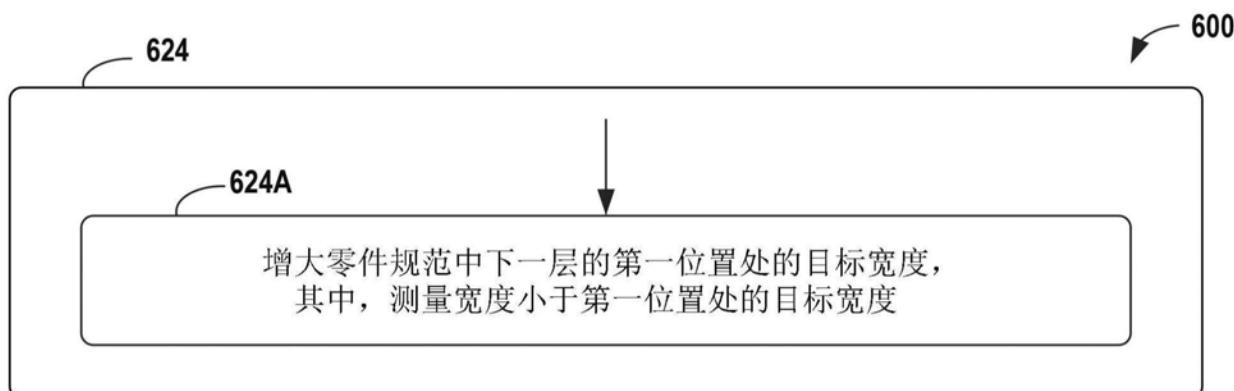


图10

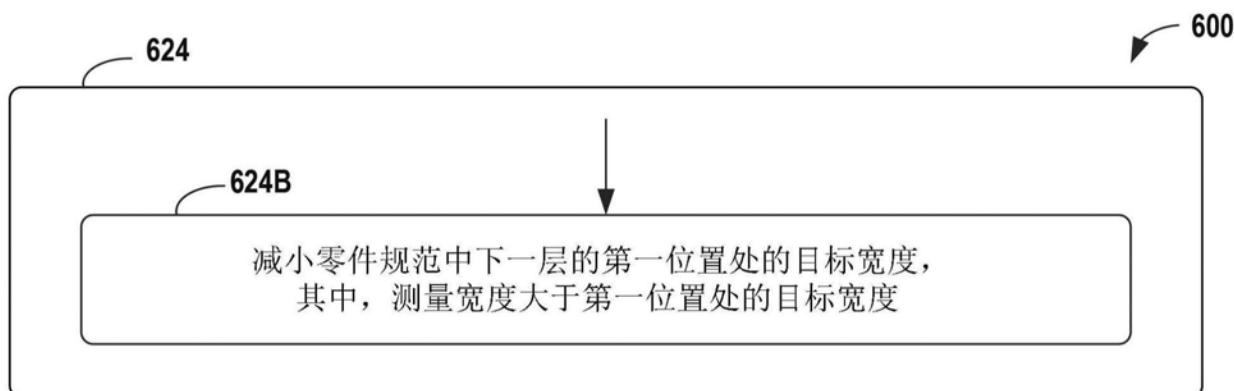


图11

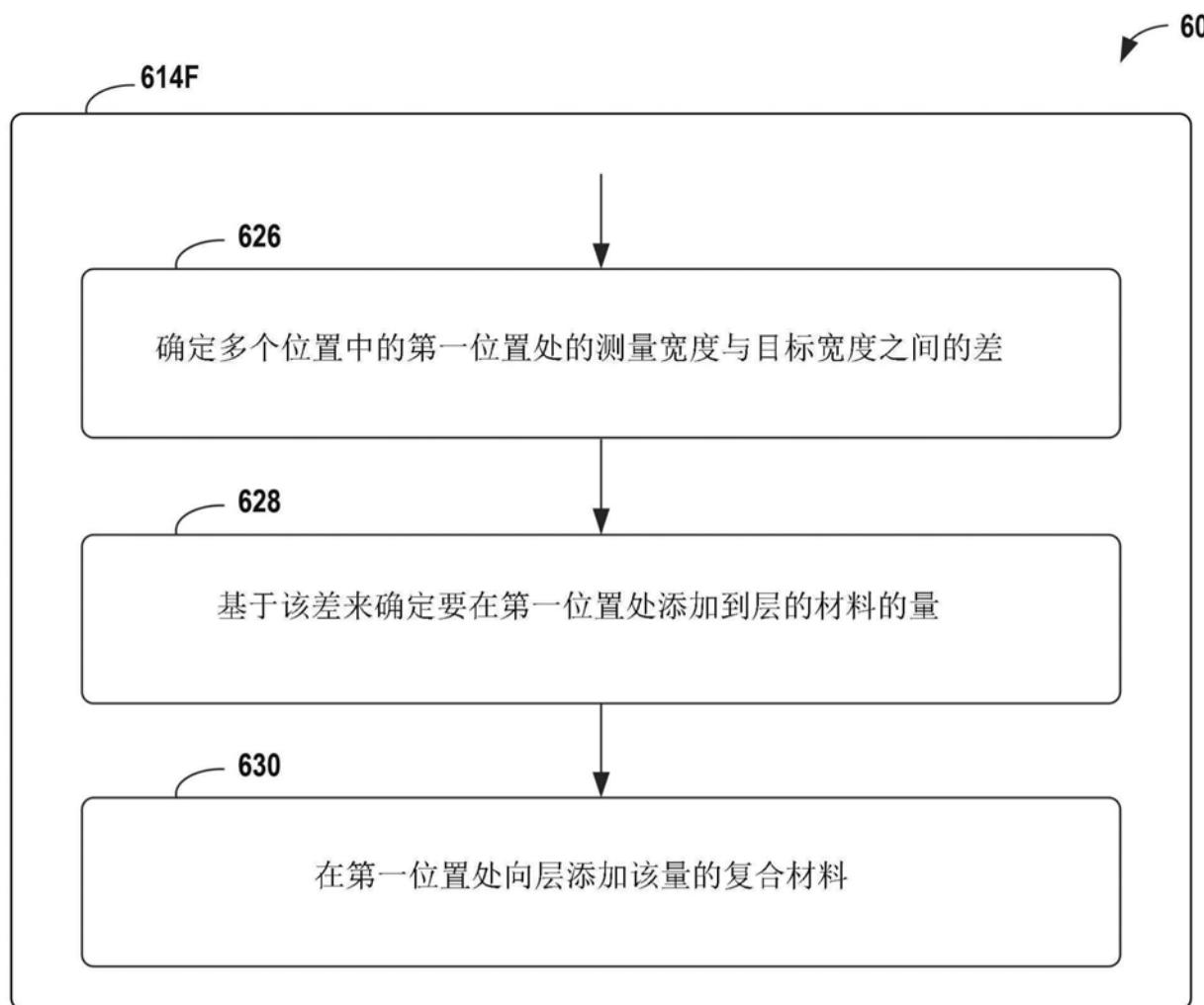


图12

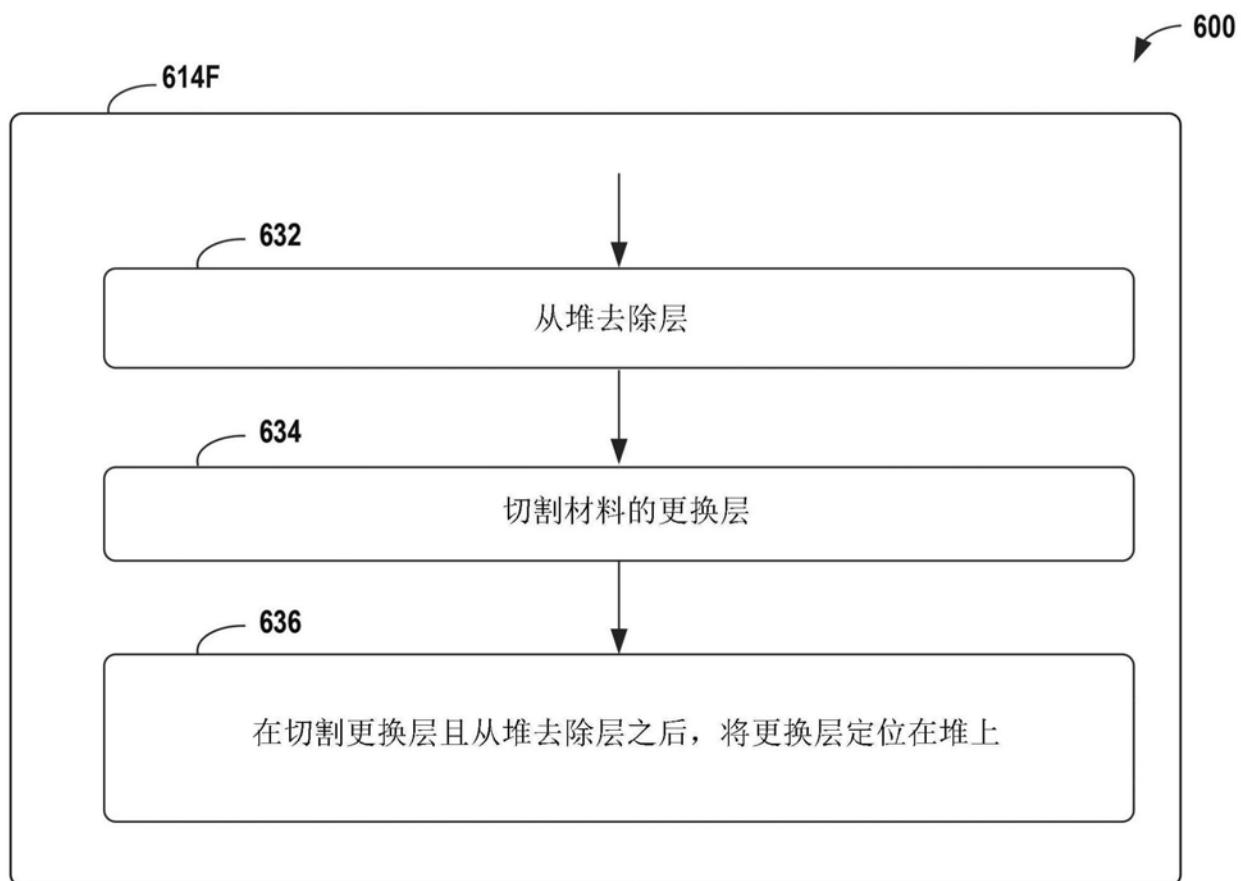


图13

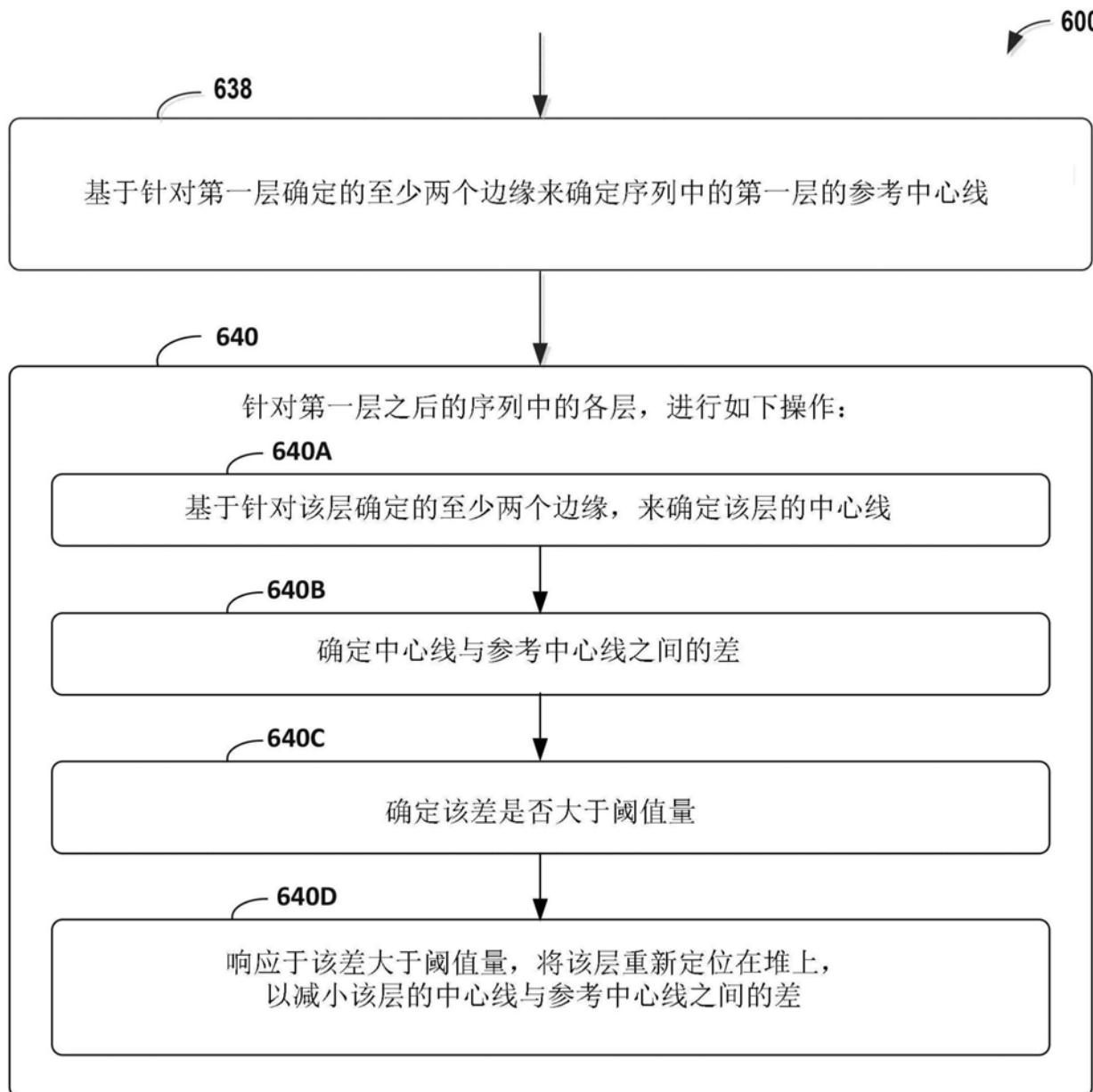


图14

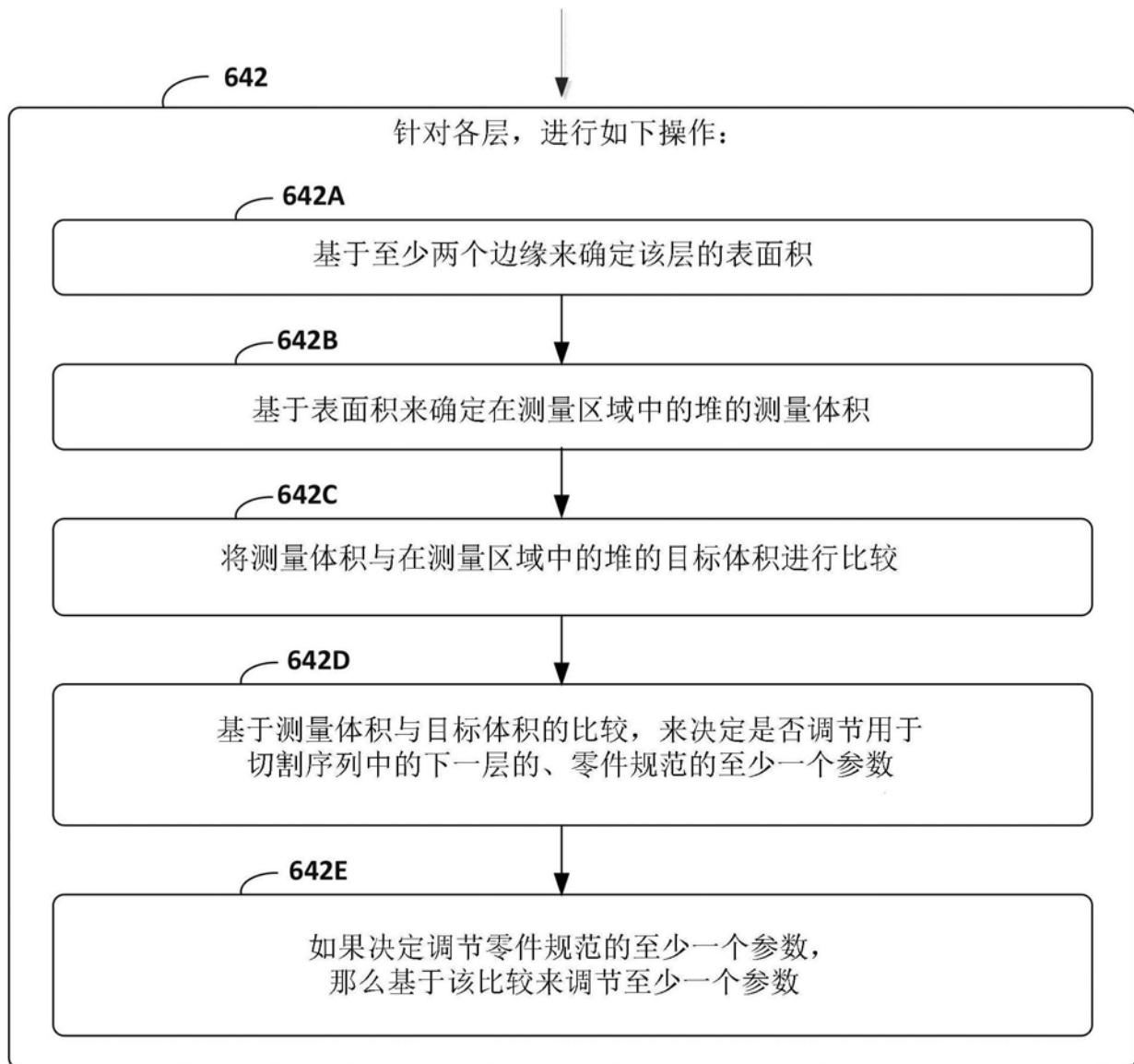


图15

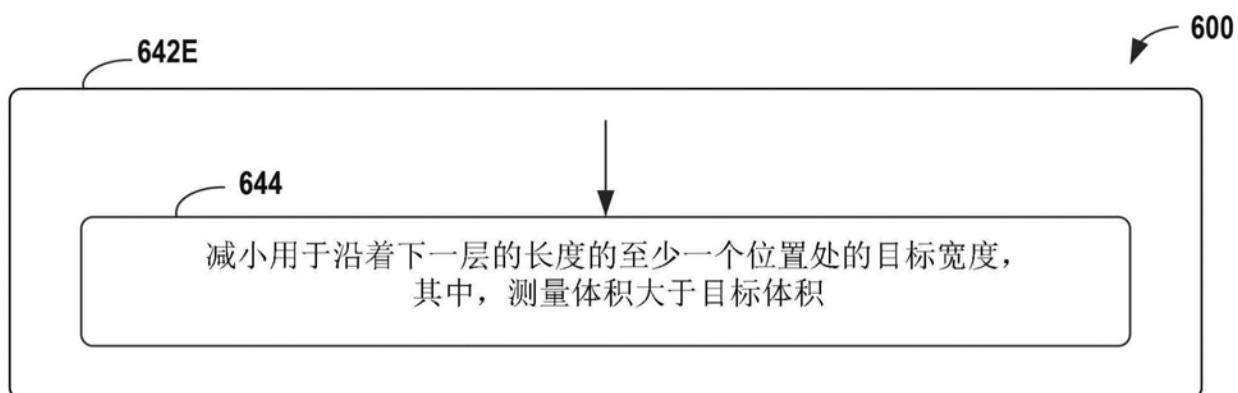


图16

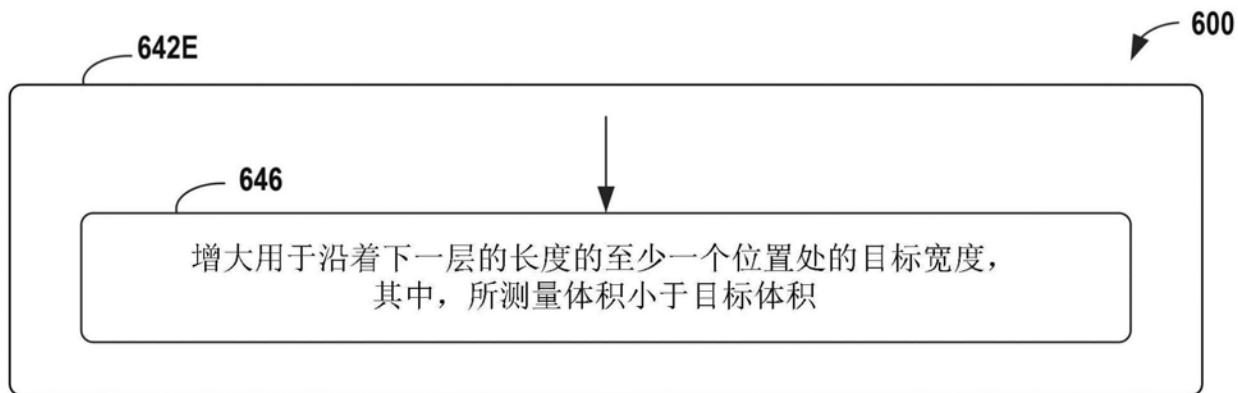


图17

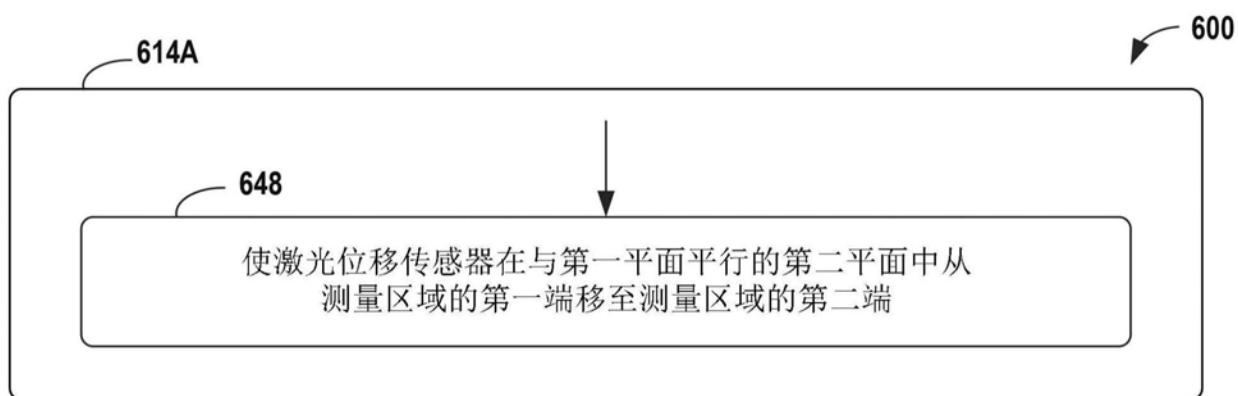


图18